

Галицький фаховий коледж імені В'ячеслава Чорновола  
відділення комп'ютерних технологій  
циклова комісія інформатики та комп'ютерних дисциплін

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач відділення

комп'ютерних технологій

Наталія СТЕФУРАК/\_\_\_\_\_ /

підпис

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проєкту  
освітньо-кваліфікаційного рівня «молодший спеціаліст»  
зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»

на тему: «Розумний» домофон

Студент групи КН-41      Горохівська Л.М. \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник проєкту      Павлюс В.П. \_\_\_\_\_  
(підпис)

Консультанти:

з техніко-економічного      Меленчук Л.І. \_\_\_\_\_  
обґрунтування      (підпис)

нормоконтролер      Гавришків Н.Г. \_\_\_\_\_  
(підпис)

Галицький фаховий коледж імені В'ячеслава Чорновола  
відділення комп'ютерних технологій  
циклова комісія інформатики та комп'ютерних дисциплін

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач відділення  
комп'ютерних технологій

Наталія СТЕФУРАК / \_\_\_\_\_ /

підпис

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломне проектування

на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «молодший спеціаліст»  
студенту \_\_\_\_\_  
Горохівській Людмилі Михайлівні  
(прізвище, ім'я та по-батькові студента)

1. Тема проєкту «Розумний» домофон \_\_\_\_\_

затверджена наказом по коледжу від “16” \_\_\_\_\_ грудня \_\_\_\_\_ 2022 р., № 1193-н

2. Термін здачі студентом завершеного проєкту “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 202\_ р.

3. Вихідні дані до проєкту \_\_\_\_\_

4. Перелік питань, які повинні бути розроблені в проєкті:

а) основна частина \_\_\_\_\_

б) техніко-економічне обґрунтування \_\_\_\_\_

5. Перелік графічного матеріалу \_\_\_\_\_

6. Консультанти проєкту: \_\_\_\_\_

Розділ	Консультанти	Підпис, дата	
		Завдання видано	Завдання прийнято
з техніко-економічного обґрунтування	_____ (вчена ступень, звання П.І.Б. _____ консультанта)		

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН дипломного проєктування

№ п/п	Найменування етапу	Терміни	
		початку	завершення
1.	Вибір теми, ознайомлення з вимогами до дипломного проєктування	18.11.22	16.12.22
2.	Огляд типових рішень та написання відповідного розділу ПЗ	16.12.22	27.01.23
3.	Дослідження технологій реалізації та написання відповідного розділу ПЗ	27.01.23	14.02.23
4.	Розробка функціональних вимог до проєкту та робота над структурою програмного продукту. Написання відповідного розділу ПЗ	17.02.23	2.03.23
5.	Встановлення на налаштування середовища реалізації та написання відповідного розділу ПЗ	2.03.23	16.03.23
6.	Проектування апаратно-програмного засобу (функціоналу, інтерфейсу) та написання відповідного розділу ПЗ	16.03.23	17.04.23
7.	Реалізація та налаштування програмного засобу та написання відповідного розділу ПЗ	17.04.23	4.05.23
8.	Доопрацювання модулів	5.05.23	18.05.23
9.	Тестування на налагодження програмного продукту та написання відповідного розділу ПЗ	18.05.23	19.06.23
10.	Опрацювання економічного розділу дипломного проєкту та оформлення спеціального розділу	19.05.23	5.06.23
11.	Робота над оформленням пояснювальної записки	8.06.23	18.06.23
12.	Попередній захист дипломного проєкту, доопрацювання	15.06.23	23.06.23
13.	Підготовка до захисту дипломного проєкту	23.06.23	25.06.23
14.	Захист дипломного проєкту	26.06.23	26.06.23

7. Дата видачі завдання “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022 р.

Керівник \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

## Реферат

«Розумний» домофон. Дипломний проєкт. Галицький фаховий коледж імені В'ячеслава Чорновола, відділення комп'ютерних технологій. Спеціальність 122 “Комп'ютерні науки”. ГФК, 2023. Сторінок – 74 , Рисуноків – 28 , Додатків – 5.

Об'єкт дослідження – «Розумний» домофон.

Метою даного проєкту є розробка і реалізація домофонної системи з функцією розпізнавання обличчя на основі плати ESP32-CAM. Система спрямована на підвищення рівня безпеки в приватних будинках та офісних приміщеннях, шляхом ідентифікації осіб, які намагаються отримати доступ до об'єкту. Метою є створення надійної та ефективної системи, яка забезпечує автоматичне розпізнавання обличчя, збереження біометричних даних і виявлення несанкціонованого доступу. Основною метою є створення надійної та ефективної системи безпеки, яка забезпечує захист особистої та конфіденційної інформації, а також забезпечує зручну і безпечну взаємодію користувача з системою домофону.

Актуальність даного проєкту визначається широкими можливостями застосування системи домофону з функцією розпізнавання обличчя на основі плати ESP32-CAM. Зростання популярності сучасних технологій інтернету речей (IoT), а також зростання потреби в безпеці та захисті особистого простору ставлять цю технологію в центр уваги.

Для реалізації проєкту було використано камеру ESP32-CAM, програмне забезпечення Arduino IDE для програмування мікроконтролера ESP32, бібліотеки для розпізнавання обличчя та USB-з'єднання для забезпечення комунікації з комп'ютером.

Результатом розробки стала система розпізнавання обличчя «Розумного» домофону.

ESP32-CAM, ARDUINO IDE, РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧЧЯ

## Abstract

«Smart» Doorbell System. Diploma Project. Galician Vocational College named after Vyacheslav Chornovil, Department of Computer Technology. Specialty 122 "Computer Science". GFC, 2023. Pages – 74, Figures – 28, Appendixes – 5.

Research Object - "Smart" intercom.

The purpose of this system is to develop and implement a doorbell system with facial recognition functionality based on the ESP32-CAM board. The system aims to enhance security levels in private homes and office premises by identifying individuals attempting to gain access to the property. The goal is to create a reliable and efficient system that enables automatic facial recognition, stores biometric data, and detects unauthorized access. The main objective is to create a reliable and efficient security system that ensures the protection of personal and confidential information and enables convenient and secure user interaction with the doorbell system.

The relevance of this project is determined by the broad application possibilities of a doorbell system with facial recognition functionality based on the ESP32-CAM board. The increasing popularity of modern Internet of Things (IoT) technologies and the growing need for safety and personal space protection place this technology in the spotlight.

To implement the project, the ESP32-CAM camera, Arduino IDE software for ESP32 microcontroller programming, facial recognition libraries, and USB connection for communication with the computer were used.

The result of the development is the facial recognition system of the "Smart" Doorbell.

ESP32-CAM, ARDUINO IDE, FACE RECOGNITION

## ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки .....	6
Вступ.....	7
1. Аналіз існуючих рішень та постановка задачі .....	8
1.1 Обґрунтування доцільності створення системи .....	8
1.2 Огляд існуючих рішень.....	10
1.3 Постановка задачі .....	19
2. Проєктування системи.....	21
2.1 Формалізація вимог до системи .....	21
2.2 Проєктування структури системи.....	28
2.3 Проєктування алгоритму роботи системи .....	30
3. Реалізація та тестування .....	34
3.1 Вибір засобів реалізації.....	34
3.2 Програмна реалізація .....	39
3.3 Тестування готового продукту.....	44
4. Техніко-економічне обґрунтування .....	52
4.1 Аналіз ринку .....	52
4.2 Розрахунок витрат на проєктування .....	54
4.3 Обґрунтування необхідності розробки .....	58
Висновки .....	61
Перелік джерел посилання .....	63
Додатки.....	64

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Горохівська Л.М			«Розумний» домофон	Літ.	Арк.
Перевір.		Павлюс В.П.					Аркушів
Реценз..		Посвятовська.				5	74
Н.контр.		Гавришків Н.Г.				ГФК.ВКТ.ЦКІКД КН - 41	
Зав. відділ.		Стефурак Н.А.					

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

IP – Internet Protocol

IoT – Internet of Things

Wi-Fi – Wireless Fidelity

HTTP – Hyper Text Transfer Protocol

EEPROM – Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory

GP IO – General-purpose input/output

ПК – Персональний комп'ютер

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		6

## ВСТУП

У сучасному світі Інтернету речей (IoT) розпізнавання обличчя стає невід'ємною технологією для різних застосувань: від систем безпеки та відеоспостереження, до автоматизації та особистої ідентифікації.

Саме тому камери розпізнавання обличчя мають досить високу конкурентність і для того щоб триматися на ринку додають щоразу новіший і більш довершений функціонал, зокрема безпека та конфіденційність, які займають чільне місце серед вимог користувачів.

Однак, безпека – це лише одна з із переваг подібних систем, оскільки вони можуть надавати зручний та швидкий доступ до будівлі без необхідності використання фізичних ключів або паролів. Користувачам просто потрібно презентувати своє обличчя перед системою, і вони отримають авторизований доступ.

Одним з популярних і доступних рішень для реалізації систем розпізнавання обличчя на базі IoT є використання мікроконтролерів ESP32, які поєднують в собі високу продуктивність та можливості бездротового підключення до мережі.

У світі, де безпека та зручність є пріоритетами для багатьох, система домофону з функцією розпізнавання обличчя на основі мікроконтролерів ESP32 виявляється невід'ємною частиною сучасного життя. Ця розробка втілює передові технології, які забезпечують надійний контроль доступу та забезпечують зручність та комфорт для користувачів. Оскільки кожне обличчя є унікальним і має свої власні характеристики, такі як форма обличчя, розташування очей, риси лиця тощо, це робить систему надзвичайно складною для підробки або обману, оскільки імітування унікальних рис обличчя є непростим завданням.

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		7



# 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

## 1.1 Обґрунтування доцільності створення системи

Система розпізнавання обличчя – це технологія, яка здатна ідентифікувати або перевірити особу на цифровому зображенні або відеокадрі. Системи з подібною функцією працюють відносно недавно і переважно в якості камери охоронного телебачення. Раніше їх завдання виконували дорогі відеореєстратори, та й сьогодні ці пристрої актуальні для великомасштабних об'єктів, на яких працює величезна кількість відеокамер. Однак, в деяких випадках навіть для серйозних об'єктів доцільно застосовувати камери з вбудованою відеоаналітикою, які не вимагають присутності в системі безпеки відеореєстраторів. До таких місць належать:

- проходи на територію приватних територій;
- проходи на територію торгових і розважальних комплексів;
- аеропорти, морські та залізничні вокзали;
- будь-які інші місця, де розміри і статистика потоку людей адекватна

можливостям відеокамери.

Камери розпізнавання і визначення або ж детекції обличчя працюють по різному, а тому слід їх розрізняти. Детекція обличчя коштує дешевше, оскільки містить тільки сервіс відеоаналітики, який дозволяє визначити присутність людини у кадрі. Якщо говорити про розпізнавання обличчя, то вбудована відеоаналітика на порядок серйозніша. Окрім ідентифікації обличчя в кадрі, вона підтримує його «захоплення», визначає геометричні характеристики, порівнює із базою фото обличч. База даних може знаходитися на сервері, або у вигляді достатнього сховища, що працює як носій на борту камери – вбудована пам'ять або SD-карта.

Створення проєкту на основі плати ESP32-CAM є досить доцільним і має великий потенціал для різноманітних застосувань і сфер використання. Основним його аргументом є висока функціональність. ESP32-CAM поєднує в собі мікроконтролер ESP32 та камеру, що надає широкі можливості для розробки

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		8

різноманітних проєктів. Завдяки мікроконтролеру ESP32, плата може виконувати різні обчислювальні завдання, керувати додатковими пристроями та забезпечувати підключення до бездротових мереж. Камера забезпечує здатність знімати високоякісне відео та зображення, що розширює можливості проєкту.

Окрім цього, ESP32-CAM має кілька переваг, які роблять її кращою за багатьох конкурентів на ринку.

ESP32-CAM має вбудовану підтримку бездротових технологій, таких як Wi-Fi та Bluetooth. Це дозволяє легко підключати плату до мережі Інтернет та інших пристроїв. Завдяки цьому, ESP32-CAM може передавати дані у реальному часі, віддалено керувати пристроями та отримувати сповіщення через мобільні додатки або веб-інтерфейс.

ESP32-CAM має високоякісну камеру, здатну знімати високоякісне відео та фотографії. Завдяки цьому, вона надає чітке та деталізоване зображення, що є важливим для багатьох застосувань, таких як відеоспостереження, розпізнавання обличчя та візуальна аналітика.

ESP32-CAM має роз'єми GPIO, які дозволяють підключати додаткові сенсори, пристрої введення-виведення, дисплеї та інші периферійні пристрої. Це дає можливість розширити функціональні можливості ESP32-CAM та пристосувати її до конкретних потреб проєкту. Додатково можна підключити датчики руху, температури, вологості або будь-які інші сенсори для збору додаткової інформації. Також, використовуючи GPIO піни, можна підключати датчики, які дозволять здійснювати дії на основі отриманих даних (наприклад, вмикати або вимикаючи пристрої, керувати освітленням, відкривати двері або активувати інші системи).

Загалом, модуль ESP32-CAM є передовою та вигідною камерою завдяки своєму функціоналу, якості зображення, інтегрованому мікроконтролеру, підтримці бездротового зв'язку, розширюваності та доступності. Вона пропонує широкий спектр можливостей для розробки різноманітних проєктів, починаючи від відеоспостереження та систем безпеки, до розумного дому та вбудованих систем.

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		9

Ще однією перевагою камери є можливість її програмувати за допомогою Arduino IDE або інших середовищ розробки, що дозволяє легко налаштувати та керувати різними функціями пристрою.

ESP32-CAM є відкритою платформою, що приваблює розробників та ентузіастів[3]. Велика спільнота розробників активно ділиться знаннями, бібліотеками та прикладами коду, що спрощує процес розробки. Розробники можуть отримати підтримку, вирішити проблеми та знайти інспірацію у спільноті ESP32-CAM.

Окрім того, вартість ESP32-CAM більш ніж демократична, що робить її доступною для широкого кола користувачів. Завдяки широкому спектру доступних аксесуарів та модулів можна легко налаштувати ESP32-CAM під свої потреби та розширити її функціонал без значних витрат.

Узагальнюючи вище сказане, можна вкотре відмітити, що ESP32-CAM є передовою камерою завдяки своєму функціоналу, якості зображення, розширюваності та доступності при цілком доступній ціні. Вона надає користувачам широкі можливості для реалізації своїх ідей та проєктів у сфері IoT, відеоспостереження, розумного дому та багатьох інших областей.

## 1.2 Огляд існуючих рішень

Face Landmark (мімічні орієнтири) – дозволяють розрізняти різні обличчя. Орієнтири обличчя використовуються для ідентифікації та представлення ключових частин людського обличчя, таких як ніс, брови, рот або куточки очей.

Візуалізація виконання роботи алгоритму позиціонування обличчя має вигляд наведений на рисунку 1.1.

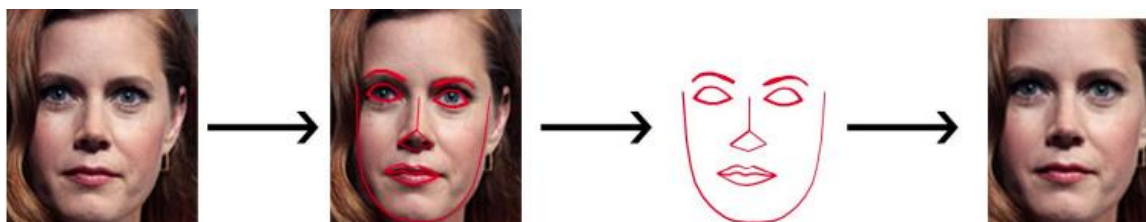


Рисунок 1.1 – Візуалізація роботи алгоритму позиціонування обличчя

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		10

Мімічні орієнтири використовуються в різних галузях, зокрема в рекламі, маркетингу, дослідженнях споживачів та розвагах. Вони можуть бути використані для аналізу реакцій споживачів на рекламу, ефективності продуктів, оцінки задоволення користувачів та багато іншого.

Facial Emotion Recognition (Емоційне розпізнавання обличчя) – Використовує аналіз міміки та виразів обличчя для виявлення емоцій. Принцип роботи полягає в аналізі рухів м'язів обличчя та їхньому співставленні з певними емоціями (рис. 1.2). Ця технологія знаходить широке застосування в різних галузях, включаючи психологічні дослідження, рекламу, медицину, розваги та людський інтерфейс з комп'ютером [1].

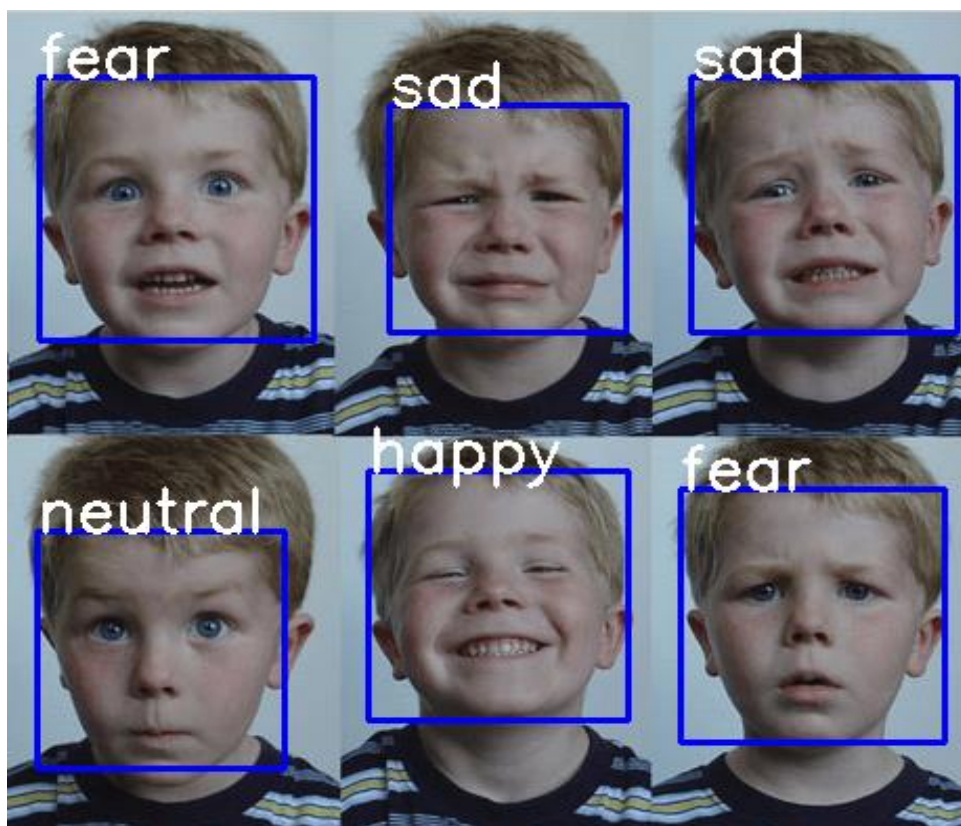


Рисунок 1.2 – Аналіз міміки

Facial Motion Tracking (Відстеження руху обличчя) – Використовує спеціальні алгоритми для відстеження руху обличчя на відео чи зображеннях. Принцип роботи полягає в розпізнаванні та відстеженні точок обличчя для визначення його форми та руху [5].

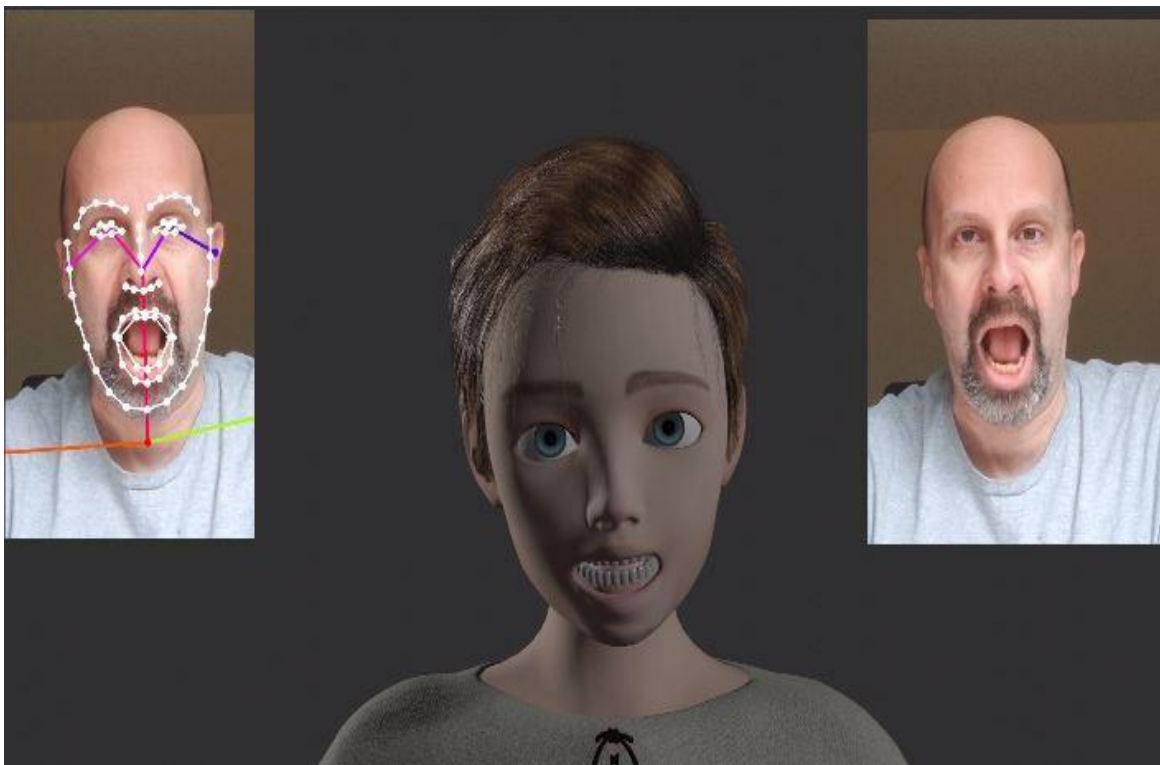


Рисунок 1.3 – Відстеження руху обличчя

Face Authentication and Identification (Авторизація та ідентифікація особи)  
– Використовується для авторизації особи на основі розпізнавання обличчя. Система витягує унікальні особливості з виділеної області обличчя. Це можуть бути геометричні характеристики, такі як розміри обличчя, відстані між ключовими точками, або текстурні особливості, які описують текстуру шкіри обличчя.

На основі витягнутих особливостей створюється унікальний шаблон обличчя, який представляє особу. Шаблон може бути представлений числовим вектором або іншим форматом, який дозволяє зберігати та порівнювати дані.

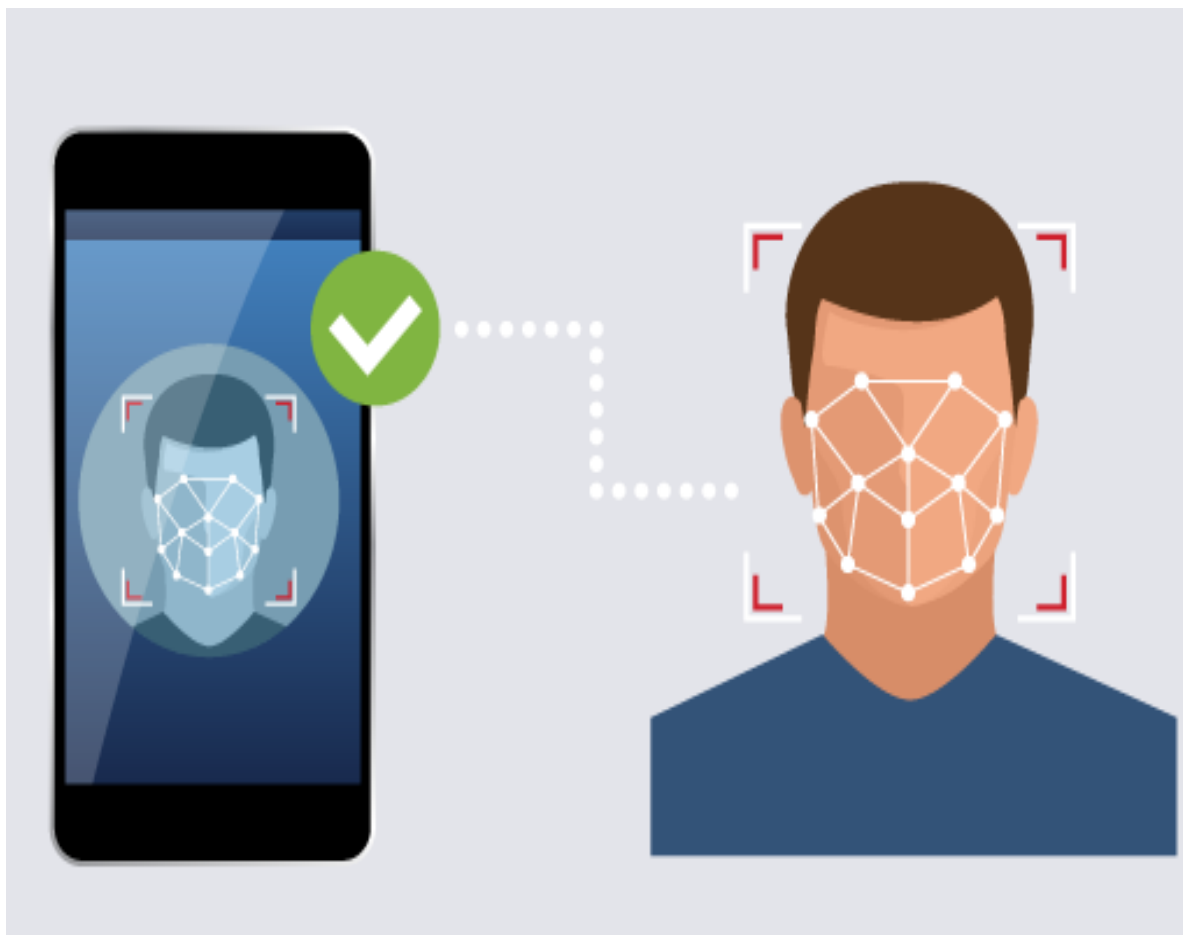


Рисунок 1.4 – Ідентифікація особи

На сьогоднішній день існує багато аналогів домофонів з системами розпізнавання обличчя, які забезпечують надійну та безпечну охорону приміщень. Ці системи використовують передові технології біометричного розпізнавання для ідентифікації осіб та контролю доступу. Найпопулярніші із існуючих аналогів, яким люди вже не один рік віддають перевагу [6].

Ring Video Doorbell (рис. 1.5)

Ціна: Вартість починається від, приблизно, \$99 за базову модель.

Функціонал: Зйомка відео та зображень, сповіщення на смартфон про прибуття гостей, двосторонній аудіо зв'язок, можливість розпізнавання обличчя, збереження відео на хмарному сховищі та інші функції.

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		13



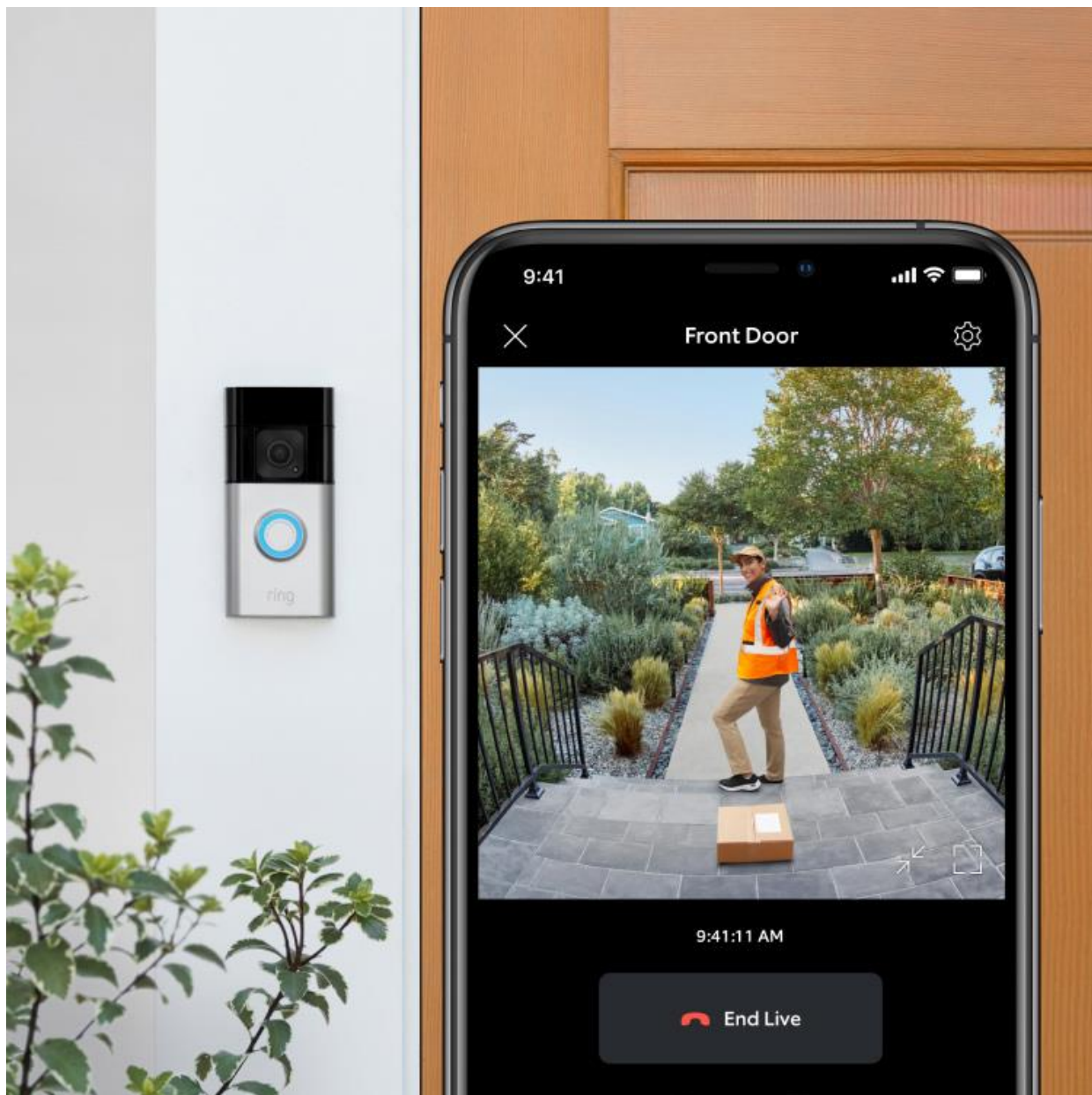


Рисунок 1.5 – Ring Video Doorbell

Arlo Video Doorbell (рис. 1.6)

Ціна: Вартість приблизно \$149 за базову модель.

Функціонал: Відео зйомка, сповіщення на смартфон про прибуття гостей, двосторонній аудіо зв'язок, можливість розпізнавання обличчя, збереження відео на хмарному сховищі та інші функції [7].

Arlo Video Doorbell – інноваційний пристрій, який поєднує в собі функціонал домофону та системи відеоспостереження. Вироблений компанією Arlo Technologies, він має високу якість відеозапису та розпізнавання обличчя,

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		14

що дозволяє точно ідентифікувати людей, які наближаються до входу. Завдяки вбудованій камері з роздільною здатністю HD, можна в реальному часі спостерігати за відвідувачами на екрані смартфона чи планшета. Будь-де, де є доступ до Інтернету, можна бачити, хто стоїть біля входу.

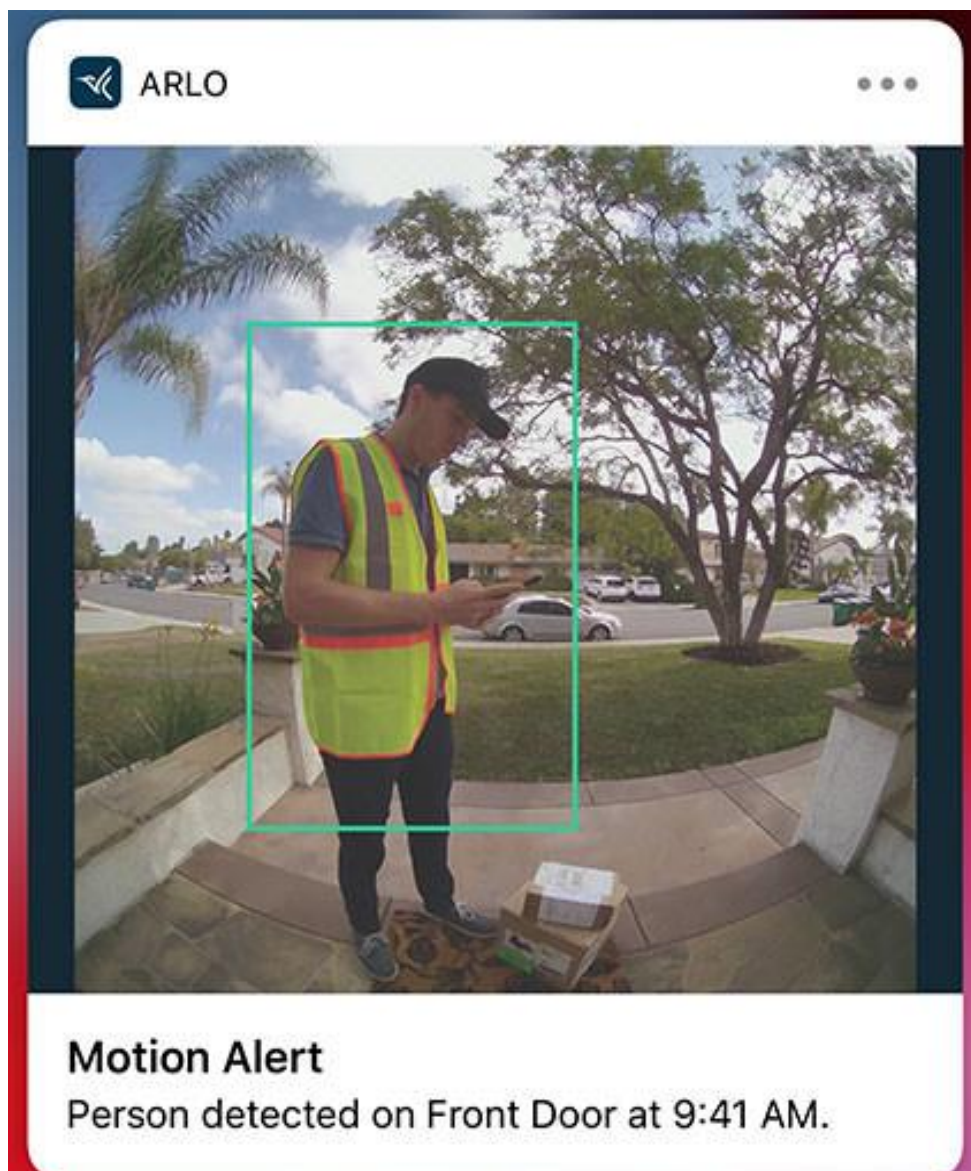


Рисунок 1.6 – Arlo Video Doorbell

Google Nest Hello (рис. 1.7)

Ціна: Вартість приблизно \$229 за базову модель.

Функціонал: Зйомка відео та зображень, сповіщення на смартфон про прибуття гостей, двосторонній аудіо зв'язок, можливість розпізнавання обличчя,

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		15



збереження відео на хмарному сховищі, інтеграція з іншими розумними пристроями та інші функції.

Google Nest Hello – це сучасний відеодомофон, розроблений компанією Google. Цей пристрій поєднує в собі передові технології розпізнавання обличчя та відеоспостереження, щоб забезпечити безпеку та зручність для користувачів.

Однією з унікальних функцій Google Nest Hello є можливість взаємодії з голосовими асистентами, такими як Google Assistant. Можете отримувати сповіщення про прибуття гостей або невідомих осіб, а також спілкуватися з ними через голосові команди. Це забезпечує зручність і безпеку при зустрічі з відвідувачами.

Google Nest Hello також має функцію запису відео, яка дозволяє зберігати відеодані для подальшого перегляду. Можна переглянути архівні записи, щоб побачити, хто відвідував будинок протягом певного часу. Крім того, він має функцію нічного режиму, яка забезпечує чітке зображення навіть у темряві.

Google Nest Hello легко інтегрується з іншими пристроями Google Nest, такими як розумний дім, детектори руху тощо. З його допомогою можна створити повноцінну систему безпеки для дому, яка буде підконтрольна за допомогою одного мобільного додатка.

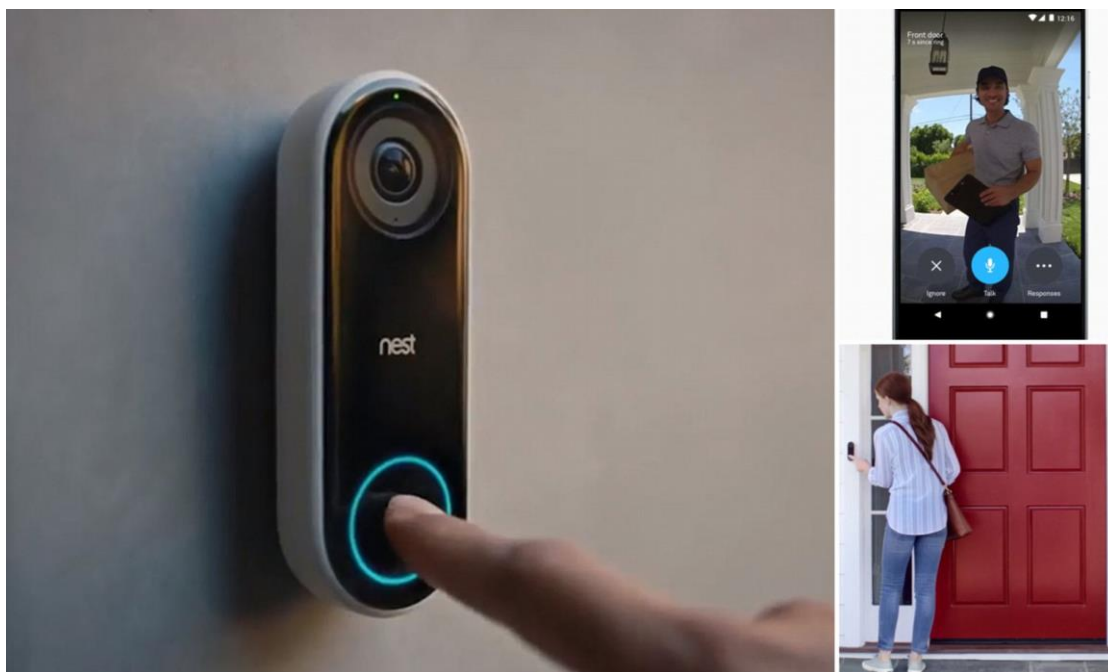


Рисунок 1.7 – Google Nest Hello

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		16

### Hikvision Video Intercom System (рис. 1.8)

Ціна: Вартість приблизно \$200 за базову модель.

Функціонал: Зйомка відео та зображень, сповіщення на монітори або смартфони, двосторонній аудіо зв'язок, можливість розпізнавання обличчя, інтеграція з додатковими пристроями (камерами, замками) та інші. Hikvision Video Intercom System має високоякісні відеокамери з роздільною здатністю HD, що дозволяють отримати чітке зображення в реальному часі. Завдяки системі розпізнавання обличчя, тому є можливим точно ідентифікувати відвідувачів та контролювати доступ до приміщення. Це забезпечує високу безпеку та захист від несанкціонованого доступу.

Однією з важливих функцій Hikvision Video Intercom System є двосторонній аудіо зв'язок, який дозволяє спілкуватися з відвідувачами через вбудований динамік та мікрофон. У такий спосіб можна надати інструкції, запитати про мету візиту або просто поспілкуватися, навіть якщо знаходишся усередині будівлі або далеко від неї.

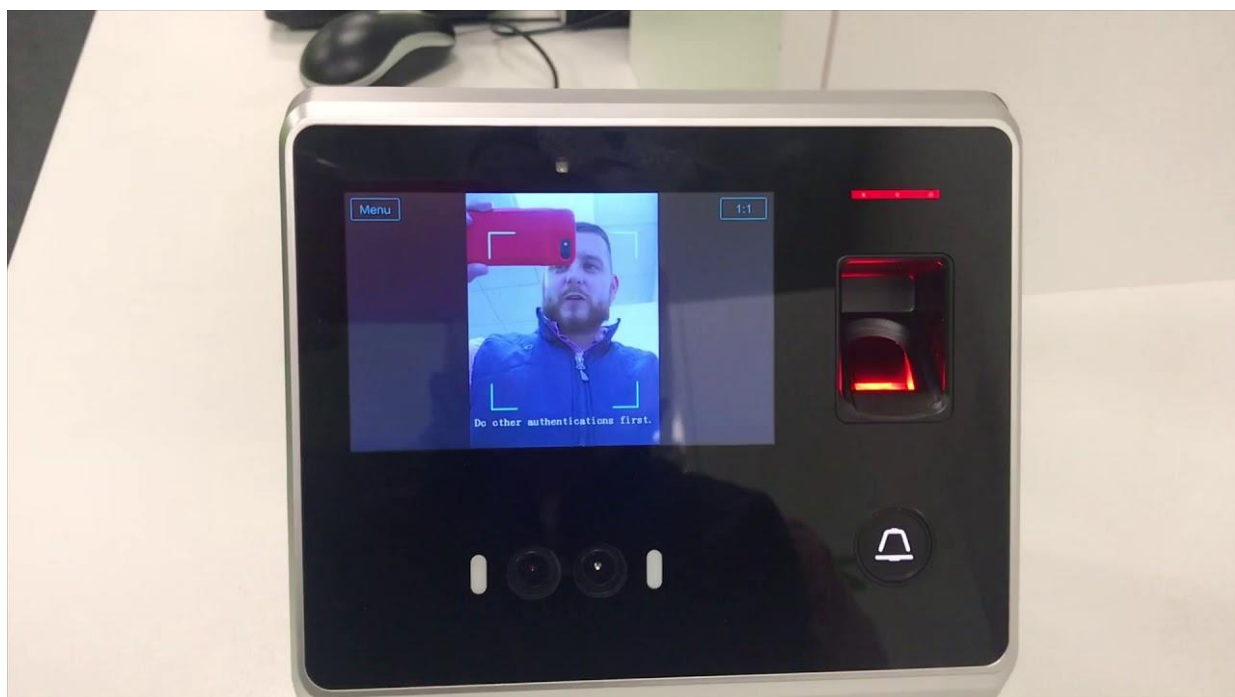


Рисунок 1.8 – Hikvision Video Intercom System

### ZKTeco Video Doorbell (рис. 1.9)

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		17

Ціна: Вартість приблизно \$250 за базову модель.

Функціонал: Зйомка відео та зображень, сповіщення на смартфон про прибуття гостей, двосторонній аудіо зв'язок, можливість розпізнавання обличчя, збереження відео на хмарному сховищі, віддалене керування замком та інші функції. ZKTeco відомий своїми рішеннями у сфері біометричних технологій та доступу, тому їх система розпізнавання обличчя може бути добре інтегрована в домофон.

ZKTeco є одним із провідних виробників у галузі розпізнавання обличчя який спеціалізується на розробці рішень у сфері біометричних технологій та доступу. Їх домофони з розпізнаванням обличчя забезпечують широкий функціонал, включаючи зйомку відео та зображень, сповіщення на смартфон про прибуття гостей, двосторонній аудіо зв'язок, збереження відео на хмарному сховищі та можливість віддаленого керування замком.



Рисунок 1.9 – ZKTeco Video Doorbell

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		

### 1.3 Постановка задачі

Процедура розпізнавання обличчя передбачає виконання певних кроків.

Пошук обличчя – виникає незалежно від потреби розпізнати людину за фото, відеорядом чи у будь-який інший спосіб.

Позиціонування обличчя – не завжди вдається додати до системи фото людини, яка стоїть прямо, тому слід позиціонувати фото обличчя так, наче фотографія зроблена прямо.

Визначення унікальних особливостей обличчя – цей крок може бути повноцінним етапом розпізнавання обличчя. На цьому етапі відбувається аналіз зображення і отримання унікального цифрового значення обличчя.

Ідентифікація особи – етап порівняння отриманих даних з уже наявними, і, якщо знайдено збіг даних – виведення імені особи, якщо ні – відповідно, маємо незнайому особу.

Мета даного проєкту полягає у розпізнаванні обличчя з використанням плати ESP32-CAM, яка здатна визначати обличчя людини та здійснювати доступ до приміщення на основі порівняння з базою даних на флеш пам'яті мікроконтролера. У разі впізнання особи, система автоматично відкриває двері, а у разі невпізнання – ні.

Тому, завдання, що поставленні до проєкту, мають наступний вигляд:

- захоплення вхідного зображення за допомогою камери, вбудованої до плати ESP32-CAM;
- застосування алгоритмів обробки зображень для виділення та витягнення особливостей обличчя;
- реалізація алгоритму порівняння зображення обличчя з базою даних для визначення, чи знаходиться обличчя в базі даних;
- у разі, якщо обличчя визнано, система відкриває двері за допомогою підключених пристроїв управління доступом;
- надання можливості користувачам вносити та видаляти біометричні дані через веб-сервер, а також переглядати відео з камери онлайн.

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		19

Для реалізації даного проєкту було обрано саме ESP32-CAM через її компактність та потужність. Вона розроблена компанією Espressif Systems, та поєднує в собі мікроконтролер ESP32 та камеру. Ця плата має великий потенціал у сфері вбудованих систем, розумного дому, відеоспостереження та багатьох інших додатків.

ESP32-CAM оснащена високоякісною камерою, здатною знімати зображення та відео в роздільній здатності до 2 мегапікселів. Вона підтримує яскраве та деталізоване зображення, що робить її ідеальним вибором для використання в системах відеоспостереження, розпізнавання обличчя та інших візуальних додатках.

Однією з основних переваг ESP32-CAM є його висока продуктивність та розширювані можливості. Мікроконтролер ESP32 забезпечує швидку та ефективну обробку даних, а також підтримує бездротові технології, такі як Wi-Fi та Bluetooth. Це відкриває широкі можливості для побудови підключених систем та інтернету речей [8].

ESP32-CAM має вбудований слот для карт пам'яті microSD, що дозволяє зберігати зображення та відео безпосередньо на платі. Це дозволяє легко записувати та зберігати дані для подальшого аналізу чи використання.

Крім того, плата ESP32-CAM підтримує різні інтерфейси для підключення додаткових пристроїв. Вона має GPIO піни, які можуть бути використані для підключення датчиків, реле, дисплеїв та інших пристроїв. Це робить її універсальним інструментом для розробки різноманітних пристроїв та систем.

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		20

## 2 ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ

### 2.1 Формалізація вимог до системи

Для забезпечення ефективного та точного розпізнавання обличчя в реальному часі, що може бути використано у різних сферах, включаючи безпеку, контроль, та ідентифікацію осіб, наводять певні вимоги:

- аналіз контексту використання системи та встановлення цілей, що мають бути досягнені;
- архітектура системи та визначення її компонентів згідно протоколів обміну даними;
- визначення точності та швидкості розпізнавання обличчя, а також обмежень, пов'язаних з ресурсами плати ESP32-CAM;
- нефункціональні вимоги, що встановлюють умови щодо продуктивності, надійності та конфіденційної безпеки;
- визначення вимог до інтерфейсу користувача, зручності використання та локалізації.

Під час аналізу контексту та визначення необхідних компонентів для розумного домофону з навиком розпізнавання обличчя, необхідно ретельно вивчити вимоги та потреби замовника, а також розглянути основні аспекти інфраструктури та сценарії використання.

Як уже було зазначено, основним компонентом, необхідним для виконання даної роботи, є модуль ESP32-CAM (рис. 2.1), який має вбудовану камеру та може використовуватися для захоплення зображень обличчя. Цей модуль забезпечує можливість обробки зображень, виконання алгоритмів розпізнавання обличчя та здійснення ідентифікації.

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		21



Рисунок 2.1 – Модуль ESP32-CAM

Однак, для створення розумного домофону з навиком розпізнавання обличчя, можуть бути потрібні й інші компоненти, зокрема:

- ESP32-CAM-MB (рис. 2.2) – програматор, що необхідний для запису інформації на мікроконтролер ESP32;
- кабель MicroUSB, що використовується для передавання інформації із ПК на плату ESP32.





Рисунок 2.2 – Програматор ESP32-CAM-MB



Рисунок 2.3 – Кабель MicroUSB

Основні цілі, які мають бути досягнуті у ході виконання роботи зокрема стосуються вимог до розпізнавання обличчя, яке виконується в режимі реального часу. Система повинна точно та швидко розпізнавати обличчя вхідних осіб, шляхом порівняння їх зі заздалегідь збереженими образами обличчя у базі даних. Це може бути досягнуто шляхом порівняння отриманого зображення зі



збереженими шаблонами обличчя у базі даних та співставленням відповідної інформації про ідентифіковану особу.

Система повинна забезпечувати безпеку та контроль доступу до приміщень. Це означає, що лише ідентифіковані та авторизовані особи повинні мати доступ до місця встановлення домофону, а неавторизованим особам повинен бути запобіжний механізм.

Також, розроблена система повинна бути стійкою до різних умов та факторів, таких як зміна освітлення, зміщення камери або зміна зовнішнього вигляду осіб. Вона повинна забезпечувати надійну та стабільну роботу, навіть у складних умовах.

Архітектура системи розумного домофону з навиком розпізнавання обличчя включає різні компоненти, які взаємодіють між собою для забезпечення правильного функціонування системи. Комунікація між цими компонентами здійснюється за допомогою певних протоколів обміну даними. Основні компоненти та протоколи обміну даними, що використовуються в системі, описані нижче:

- плата ESP32-CAM – використовується як основний компонент та має вбудовану камеру для захоплення зображень обличчя;
- веб-сервер використовується для створення веб-інтерфейсу, який дозволяє користувачам взаємодіяти з системою через стандартний веб-браузер. Він забезпечує можливість перегляду інформації про розпізнані обличчя, внесення біометричних даних нових користувачів, або видалення даних уже наявних, надає можливість керування доступом та налаштуваннями системи. Веб-сервер взаємодіє з платою ESP32 для отримання та передачі даних.

Для більш узагальненого вигляду формалізації вимог створимо таблицю, яка відображатиме всі вимоги до системи розпізнавання обличчя і допомагатиме визначити основні функції та технічні характеристики, які необхідно врахувати під час проєктування та розробки системи.

Задоволення цих вимог дозволить створити потужну та ефективну систему розпізнавання обличчя на базі ESP32-CAM (таблиця 2.1).

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		24

Таблиця 2.1 – Вимоги до системи розпізнавання обличчя

Вимога	Опис
Підтримка камери	Система повинна підтримувати камеру ESP32-CAM або сумісну модель
Трансляція	Система повинна мати можливість транслювати в режимі реального часу
Розпізнавання обличчя	Система повинна бути здатна розпізнавати обличчя осіб
Детекція обличчя	Система повинна бути здатна виявляти присутність обличчя
Зберігання біометричних даних	Система повинна забезпечувати зберігання біометричних даних
Управління доступом	Система повинна мати можливість керувати доступом до приміщення
Веб-інтерфейс для налаштувань та відображення даних	Система повинна мати веб-інтерфейс для зручного управління Система може мати мобільний застосунок для зручного керування
Надійна і безпечна робота	Система повинна забезпечувати надійну та безпечну роботу
Швидкість і точність розпізнавання	Система повинна бути швидкою та максимально точною в розпізнаванні

При формалізації вимог до проєкту слід зазначити чому саме плата ESP32-CAM рекомендується до використання, оскільки у неї є не мало конкурентів, таких як AI-THINKER, FREENOVE WROVER, ESP-EYE, M5-CAMERA A/B, TTGO T-PLUS, TTGO T-CAMERA, T-JOURNAL та M5 ESP32-CAMERA [2] .

AI-THINKER: AI-THINKER є модулем, що базується на мікроконтролері ESP32. Він має вбудований Wi-Fi та Bluetooth і може бути використаний для розробки проєктів з підтримкою бездротового зв'язку.

**FREENOVE WROVER:** FREENOVE WROVER – це розширена версія плати ESP32, яка має додаткову пам'ять типу Flash та модуль пам'яті PSRAM. Це дозволяє збільшити об'єм доступної пам'яті для зберігання даних і програм.

**ESP-EYE:** ESP-EYE є спеціалізованою камерою на основі мікроконтролера ESP32, яка розроблена для застосувань в області комп'ютерного зору і розпізнавання обличчя. Вона має вбудований модуль камери з високою роздільною здатністю та підтримує розширені функції обробки зображень.

**M5-CAMERA A/B:** M5-CAMERA A/B – це камера, яка поєднує в собі мікроконтролер ESP32 і високоякісний модуль камери. Вона має інтерфейси для підключення додаткових модулів та сенсорів, що дозволяє розширити її функціональні можливості.

**TTGO T-PLUS:** TTGO T-PLUS – це плата розробки на базі ESP32, яка має вбудований модуль камери. Вона підтримує різні роздільні здатності камери та може бути використана для проєктів з розпізнаванням обличчя та відео інтеграцією.

**TTGO T-CAMERA:** TTGO T-CAMERA – це плата розробки з вбудованим модулем камери, яка працює на базі мікроконтролера ESP32. Вона підтримує різні роздільні здатності камери та має розширювальні роз'єми для додаткових модулів та сенсорів.

**T-JOURNAL:** T-JOURNAL є модулем з камерою на базі ESP32, який має вбудовану функцію запису відео. Він може бути використаний для розробки проєктів з відеоспостереження та відео реєстрації.

**M5 ESP32-CAMERA:** M5 ESP32-CAMERA – це модуль камери на базі мікроконтролера ESP32, який має високоякісний модуль камери і підтримує різні роздільні здатності. Він має розширювальні можливості для підключення додаткових модулів та сенсорів.

Незважаючи на те, що кожна з цих плат має свої унікальні характеристики і можливості, є кілька причин, чому ESP32-CAM може бути вигіднішою і передовою порівняно з ними:

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		26

AI-THINKER: ESP32-CAM має вбудований Wi-Fi та Bluetooth, що дозволяє безпроблемне підключення до мережі та обмін даними з іншими пристроями. Також, ESP32-CAM має більш широкий спектр функцій і розширювальних можливостей.

FREENOVE WROVER: ESP32-CAM має компактний розмір і високу масову доступність, що робить його зручним для використання в проєктах з обмеженим простором або бюджетом.

ESP-EYE: ESP32-CAM має більш високу роздільну здатність камери та додаткову пам'ять для зберігання даних. Це робить його привабливим для застосувань в області комп'ютерного зору та обробки зображень.

M5-CAMERA A/B: ESP32-CAM має аналогічні можливості з підключенням додаткових модулів та сенсорів, як M5-CAMERA A/B. Однак, завдяки широкій підтримці та активній спільноті, ESP32-CAM може мати більшу кількість доступних модулів і бібліотек.

TTGO T-PLUS: ESP32-CAM має більшу кількість вбудованих функцій та підтримує розширені можливості обробки відео, які можуть бути корисними для проєктів, пов'язаних з розпізнаванням обличчя та відео інтеграцією.

TTGO T-CAMERA: ESP32-CAM має більшу пам'ять і потужність обробки, що може позитивно позначитися на продуктивності проєктів, пов'язаних з обробкою зображень та відео.

T-JOURNAL: ESP32-CAM має більш широкий спектр функцій і можливостей порівняно з T-JOURNAL. Він підтримує більшу кількість протоколів і має вбудований Wi-Fi, що спрощує підключення та інтеграцію з мережею.

M5 ESP32-CAMERA: ESP32-CAM має ширший вибір доступних додаткових модулів та сенсорів, що робить його більш гнучким і придатним для різних проєктів. Він також має покращену підтримку програмного забезпечення та активну спільноту, що сприяє розробці та розширенню функціональності.

В загальному, ESP32-CAM вирізняється своїми високими технічними характеристиками, розширювальними можливостями, широкою підтримкою та

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		27

доступністю, що робить його привабливим вибором для розробників проєктів з камерами та обробкою зображень.

## 2.2 Проєктування структури системи

Проєктування структури системи є важливим етапом у розробці будь-якого комплексного проєкту. В цьому контексті проєктування структури системи передбачає створення чіткої та організованої архітектури, яка дозволяє ефективно інтегрувати компоненти системи, забезпечує масштабованість, модульність та зручність управління.

Після аналізу вимог можна розпочати проєктування структури системи. Одним із перших кроків є визначення компонентів системи та їх взаємозв'язків. У нашому випадку, компонентами системи є ESP32-CAM камера, мікроконтролер ESP32, сервер або хмарна платформа для обробки даних, а також засоби зв'язку для передачі інформації.

Після визначення компонентів системи слід розробити архітектуру системи, включаючи розподіл функцій між компонентами, встановлення протоколів зв'язку та взаємодії між ними. Наприклад, ESP32-CAM може здійснювати зйомку фотографій або відео, обробку даних за допомогою вбудованого програмного забезпечення та передачу даних на сервер через Wi-Fi або інші засоби зв'язку.

Окремою частиною проєктування структури системи є розробка інтерфейсу користувача. Це може бути веб-інтерфейс. Інтерфейс користувача дозволяє взаємодіяти з системою, налаштовувати параметри, переглядати дані та керувати режимами роботи.

Проєктування структури системи також включає аналіз та врахування питань безпеки. Це передбачає захист даних, обмеження доступу до системи, шифрування комунікаційних каналів та інші заходи для запобігання несанкціонованому доступу та зламам системи.

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		28

Нарешті, проєктування структури системи має передбачати можливість масштабування та розширення. Система повинна бути гнучкою і здатною пристосовуватися до змінних потреб та вимог.

Враховуючи всі ці аспекти, проєктування структури системи допомагає створити добре організовану, ефективну та надійну систему, яка відповідає потребам та вимогам користувачів. Це забезпечує успішну реалізацію проєкту та задоволення його цілей і завдань.

При проєктуванні структури системи розумного домофону з навиком Штучного Інтелекту розпізнавання обличчя необхідно визначити компоненти, їх взаємозв'язки та логіку взаємодії. Це допомагає забезпечити ефективну та надійну роботу системи.

Плата ESP32-CAM здійснює захоплення та обробку зображення обличчя користувача, який стоїть перед дверима. Застосовуються алгоритми розпізнавання обличчя, що дозволяють ідентифікувати користувача на основі його обличчя. Після успішного розпізнавання обличчя, мікроконтролер ESP32 звіряє із базою даних збережених шаблонів обличч на внутрішній flash-пам'яті і перевіряє права доступу до приміщення. Якщо розпізнаний шаблон обличчя присутній у базі даних – генерується сигнал для відкриття електронного замка дверей, що сповіщається сигналом діода.

Сигнал для відкриття дверей передається до електронного замка, який керує механізмом замикання дверей. Замок розблоковується, і двері відчиняються для розпізнаного користувача.

Таким чином, система реалізовує логіку взаємозв'язку компонентів, що дозволяє розпізнати обличчя користувача і надавати йому доступ до приміщення шляхом відкриття дверей. Ця система має значний потенціал застосування в різних областях, включаючи житлові будинки, офісні приміщення, громадські установи та інші, де безпека та контроль доступу є важливими факторами.

Оптимальна структура системи забезпечує ефективну роботу, надійність та розширюваність.

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		29

Проектування структури системи дозволяє забезпечити оптимальну роботу системи розпізнавання обличчя на базі ESP32-CAM. Це включає підключення та ініціалізацію компонентів, розробку алгоритмів обробки обличчя, створення веб-інтерфейсу та мобільного додатка для зручної взаємодії з системою. Комбінація апаратної потужності ESP32-CAM, алгоритмів розпізнавання обличчя та різноманітних інтерфейсів користувача забезпечує ефективну та зручну систему, яка може бути використана для контролю доступу, безпеки та ідентифікації осіб.

### 2.3 Проектування алгоритму роботи системи

Створення алгоритму роботи системи є важливим етапом при проектуванні даного проєкту. Алгоритм визначає послідовність дій, які необхідно виконати для коректної роботи системи, та забезпечує її правильну функціональність. Він враховує всі основні етапи роботи системи та дозволяє зручно керувати її функціями.

Проектування алгоритму роботи системи, що включає розпізнавання обличчя, вимагає врахування кількох кроків та етапів для ефективної та надійної роботи. Нижче представлений загальний опис алгоритму.

Запуск програми: При старті системи виконується ініціалізація необхідних компонентів, встановлення початкових значень змінних та параметрів.

Підключення камери: Камера ESP32-CAM підключається до мікроконтролера ESP32 за допомогою відповідних інтерфейсів. Здійснюється налаштування параметрів камери, таких як роздільна здатність, кадрова частота тощо.

Підключення та ініціалізація Wi-Fi: Мікроконтролер ESP32 встановлює з'єднання з мережею Wi-Fi, використовуючи відповідні налаштування, які можна ввести або отримати автоматично.

Запуск HTTP сервера: На ESP32 запускається HTTP сервер, який дозволяє здійснювати взаємодію з системою через веб-інтерфейс. Це може включати перегляд відео потоку, керування параметрами системи та отримання статусу.

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		30

Запуск потоку відео: Мікроконтролер ESP32 починає зчитування відео потоку з камери ESP32-CAM. Цей потік відео буде використовуватися для детекції обличчя та подальшого розпізнавання.

Детекція обличчя: За допомогою алгоритмів комп'ютерного зору та обробки зображень проводиться детекція обличчя на відео потоці. Це може включати використання алгоритмів, таких як Наар-каскади, або глибинного навчання для точного виявлення обличчя.

Розпізнавання обличчя: Якщо обличчя було успішно виявлено, використовуються алгоритми розпізнавання обличчя, щоб ідентифікувати особу. Це може бути засноване на порівнянні збережених біометричних даних осіб або використанні нейромережі для виявлення унікальних рис обличчя.

Розгалуження: В залежності від результату розпізнавання обличчя система здійснює відповідні дії. Якщо обличчя впізнано і збігається зі збереженими даними, відбувається активація GPIO пристрою на певний час, що може, наприклад, відкрити двері або активувати сигналізацію. У випадку, якщо обличчя невідоме або незнайомця, виводиться повідомлення про намагання несанкціонованого доступу.

Зчитування та запис біометричних даних: У разі, якщо обличчя не було впізнано або є незнайомим, користувачу пропонується ввести біометричні дані особи через веб-інтерфейс. Ці дані записуються на EEPROM або інше надійне зберігання для майбутнього використання.

Обробка та аналіз даних: Зібрані дані про детекцію обличчя, розпізнавання та інші події можуть бути оброблені та проаналізовані для виконання різних завдань. Це може включати статистику розпізнавання, виявлення шаблонів поведінки або відстеження активності.

Безпека та захист: Проектування системи також включає заходи забезпечення безпеки, такі як шифрування комунікаційних каналів, захист доступу до системи за допомогою паролів або інших методів автентифікації, а також механізми виявлення і запобігання вторгнень.

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		31



Інтеграція з іншими системами: Система може бути інтегрована з іншими домашніми автоматизованими системами або системами безпеки, що дозволяє здійснювати взаємодію з ними та спрощувати управління.

Для покращення ефективності контролю виконання роботи було створено таблицю, яка містить структуровані дані щодо проєктування алгоритму роботи системи (таблиця 2.2). Схематичне зображення перерахованих пунктів наведено у додатку А.

Таблиця 2.2 – Проєктування алгоритму роботи системи

Крок проєктування	Опис
Запуск програми	Створення основного модуля програми, який виконує початкову ініціалізацію системи та запускає всі необхідні компоненти і функції.
Підключення камери	Встановлення з'єднання з камерою ESP32-CAM та налаштування параметрів камери, таких як роздільна здатність та частота кадрів
Підключення та ініціалізація Wi-Fi	Підключення ESP32-CAM до мережі Wi-Fi шляхом введення відповідних налаштувань, включаючи SSID та пароль, та налаштування режиму роботи мережі.
Запуск HTTP сервера	Запуск вбудованого HTTP сервера, який забезпечує взаємодію з системою через веб-інтерфейс, надає доступ до налаштувань та відображення даних.
Запуск потоку відео	Запуск потокового відео з камери, що дозволяє отримувати та відображати в реальному часі зображення з камери на веб-інтерфейсі або мобільному додатку.
Запуск детекції обличчя	Застосування алгоритмів детекції обличчя для виявлення присутності обличчя на зображенні.

Крок проектування	Опис
Розпізнавання обличчя	Використання алгоритмів розпізнавання обличчя для ідентифікації осіб на зображенні та порівняння їх з збереженими біометричними даними.
Запис біометричних даних	Зберігання біометричних даних осіб, які пройшли розпізнавання, для подальшого порівняння та ідентифікації під час майбутніх перевірок.
Управління доступом	Встановлення прав доступу до приміщення на основі розпізнавання обличчя та порівняння збережених даних з даними осіб, які мають дозвіл на вхід.
Реакція на розпізнавання / не розпізнавання	Залежно від результату розпізнавання, система виконує певні дії, такі як активація GPIO для відкриття дверей або виведення повідомлення про невідому особу.

### 3 РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ

#### 3.1 Вибір засобів реалізації

Для реалізації даного проєкту було важливо вибрати необхідні засоби, що забезпечують високу ефективність та надійність системи. Основним засобом, який був обраний – це плата ESP32-CAM, яка містить потужний мікроконтролер, має камеру, вбудований Wi-Fi модуль, а також достатню обчислювальну потужність для виконання алгоритмів розпізнавання обличчя. Вона є оптимальним вибором для реалізації цього проєкту.

Для взаємодії користувача із системою та перевірки прав доступу було обрано веб-сервер. Веб-сервер забезпечує обробку запитів, валідацію та авторизацію користувачів, а також керування доступу до електронного замка.

Ці засоби були обрані на основі їх функціональних можливостей, підтримки необхідних протоколів обміну даними (наприклад, HTTP для веб-сервера), а також широкої підтримки та активної спільноти розробників.

Вибір цих засобів забезпечує ефективну взаємодію та надійну роботу системи розумного домофону з навиком розпізнавання обличчя, забезпечуючи безпеку та зручність для користувачів.

Для реалізації програмного коду проєкту було використано середовище розробки Arduino IDE.

Arduino IDE – це програмне забезпечення з відкритим кодом, яке використовується для написання та завантаження коду на плати Arduino та сумісні з ними. Arduino IDE підходить для різних операційних систем, таких як Windows, Mac OS X і Linux. Воно підтримує мови програмування C і C++. Також має підтримку широкого спектру мікроконтролерів і готових бібліотек.

Наприклад, можна використовувати камери, датчики руху, дисплеї, NFC мітки, клавіатури та інші компоненти, що допоможуть використовуватись для різноманітного виявлення чи ідентифікації особи та виконувати необхідні обчислення.

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		34

Arduino IDE дозволяє легко інтегрувати проєкт з різними сервісами та платформами. Наприклад, можна запустити веб-сервер і навчити його взаємодіяти із необхідними компонентами для збереження та обробки зображень обличчя.

Arduino використовує спеціальну мову програмування, що базується на мові C/C++. Ця мова є простою для вивчення та розуміння, а також має широкий спектр функцій і бібліотек для обробки зображень та розпізнавання обличчя.

Arduino має велику спільноту користувачів, що активно ділиться досвідом та знаннями. Це означає, що у відкритому доступі є багато документацій, мануалів, прикладів коду, підручників та форумів, де можна отримати підтримку та поради щодо розробки подібних проєктів.

Роботу із даним проєктом слід розпочати із встановлення точки доступу, для цього у коді прописуємо назву точки доступу та її пароль, аби після заливки даних на плату, вона автоматично підключилася до мережі, на рисунку 3.1 наведено зразок підключення до мережі.

```
32  
33 const char* ssid = "myhome";  
34 const char* password = "Qwerty11";  
35
```

Рисунок 3.1 – підключення до мережі

Для здійснення безпосереднього доступу до плати за допомогою Arduino IDE використовується підключення через комунікаційний порт.

Порт – це фізичний інтерфейс, який дозволяє передавати дані між комп’ютером та платою.

Arduino IDE підтримує різні типи комунікаційних портів, такі як USB-порти, вбудовані послідовні порти, Bluetooth або інші. Для кожної плати може бути використаний певний тип порту, залежно від доступних фізичних з’єднань.

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		35

Для підключення ESP32-CAM до Arduino IDE, необхідно вибрати відповідний порт у налаштуваннях середовища розробки. Зазвичай, підключення відбувається за допомогою USB-кабелю, який з'єднує ESP32-CAM з комп'ютером. При підключенні Arduino IDE автоматично виявляє доступні порти та дозволяє обрати потрібний.

Правильне підключення до порту дозволяє Arduino IDE взаємодіяти з платою, відправляти на неї програми, отримувати вивід із серійного порту для налагодження коду, а також здійснювати моніторинг та контроль плати в реальному часі.

Для цього в панелі інструментів обираємо «Tools => Port» і обираємо той порт, який пропонується автоматично, оскільки саме через нього і під'єднано плату ESP32-CAM (рис. 3.2).

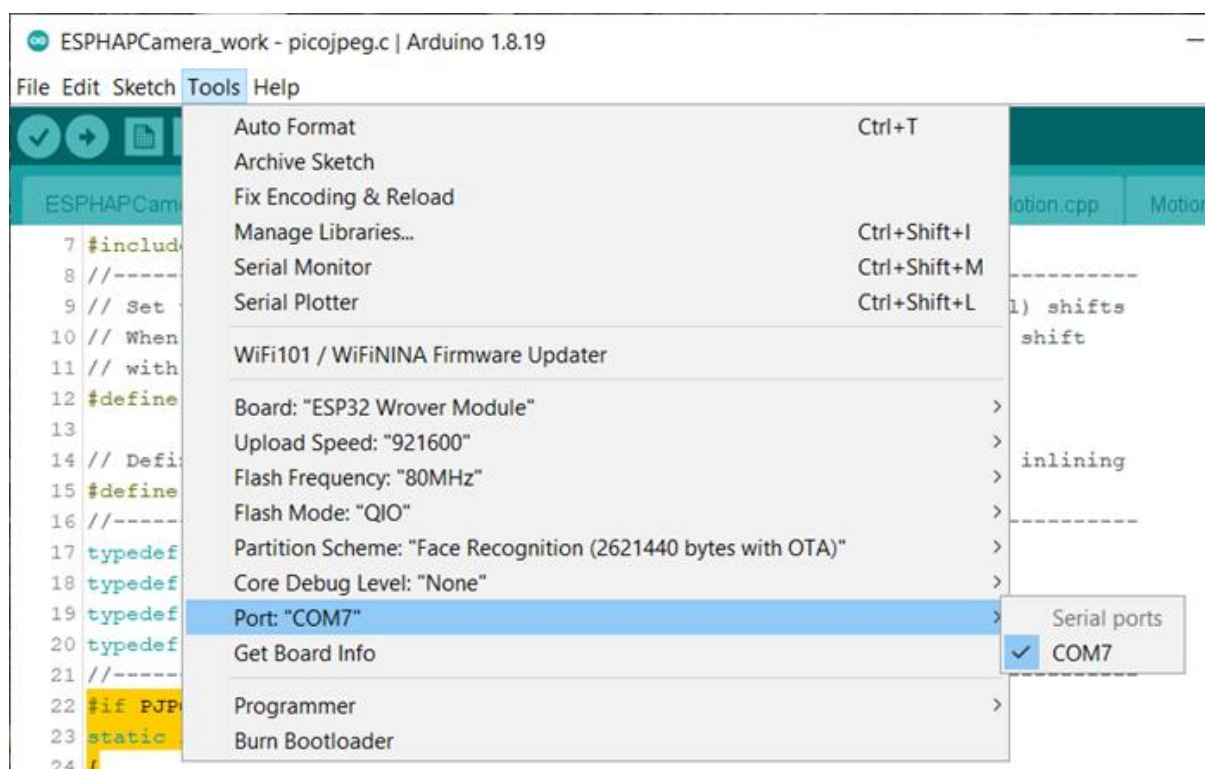


Рисунок 3.2 – Налаштування порта доступу

Після того, як доступ отримано – вивантажуємо готовий код на плату, використовуючи стрілочку, що зображена на рисунку 3.3.

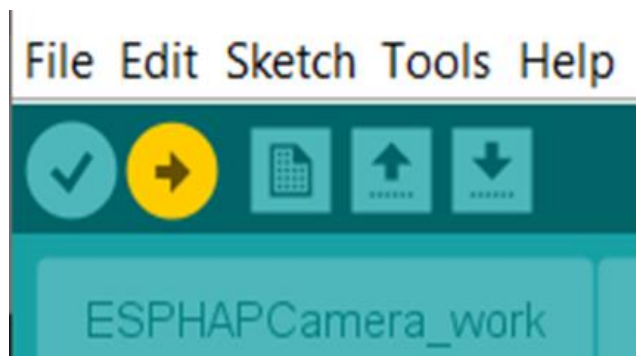


Рисунок 3.3 – Кнопка вивантаження коду

По виконанню всіх зазначених кроків внизу сторінки відобразиться екран із поточним прогресом завантаження та інформацією. Коли показник завантаження дійде до 100% програму буде завантажено на плату. Тепер плата потребує лише постійного джерела живлення.

Для здійснення входу на веб-сервер потрібно знати його IP-адресу. IP-адреса – це унікальний числовий ідентифікатор, який призначений кожному пристрою, підключеному до мережі Інтернет.

У середовищі Arduino IDE можна використати Serial Monitor для того щоб дізнатися IP-адресу веб-сервера. Це може бути корисно, якщо використовується мережа Wi-Fi на платі щоб отримати IP-адресу, яку пристрій отримав від маршрутизатора.

Відкриваємо Serial Monitor, натиснувши на кнопку «Серійний монітор» у верхньому правому куті вікна Arduino IDE, або вибравши «Інструменти» => «Серійний монітор» у головному меню.

Встановлюємо правильну швидкість передачі даних (baud rate) внизу Serial Monitor. Цей параметр повинен відповідати швидкості передачі даних, встановленій у коді для зчитування IP-адреси. Зазвичай використовується швидкість 115200.

Цей спосіб дозволяє переглянути IP-адресу пристрою на Serial Monitor безпосередньо з Arduino IDE (рис. 3.4). З цим значенням IP-адреси можна виконувати вхід на веб-сервер та взаємодіяти з ним.

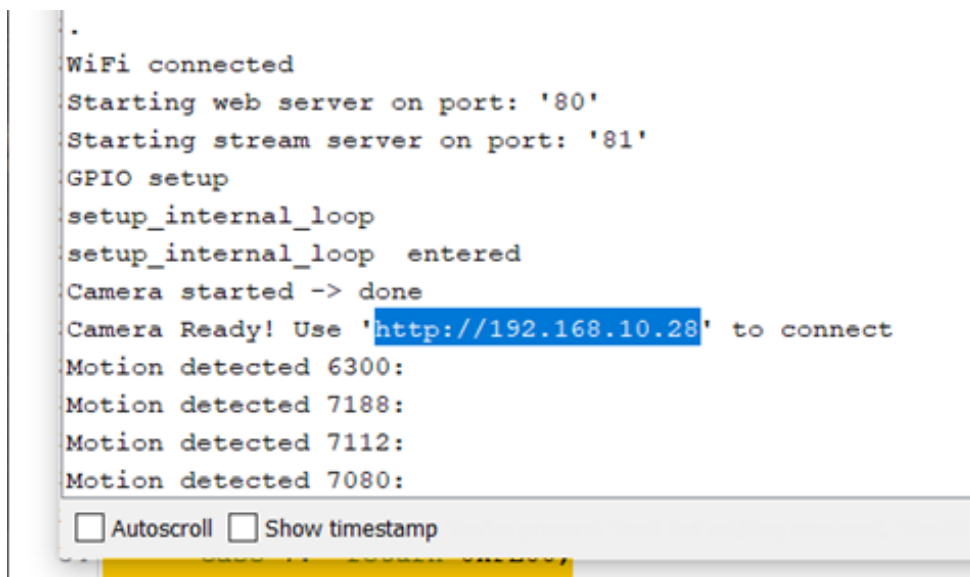


Рисунок 3.4 – IP-адреси пристрою

Копіюємо посилання і вводимо у строку пошуку браузерa. Відкривається сторінка веб сервера, на якій можна виконувати подальшу роботу.

Дана сторінка надає можливість запуску трансляції, зупинки кадру та створення шаблону лиця.

Для того щоб додати нового користувача до системи необхідно натиснути кнопку «Enroll Face» (рис. 3.5) і за посиланням <http://IP/subjects> ввести ім'я користувача, дані якого було записано (рис. 3.6.)

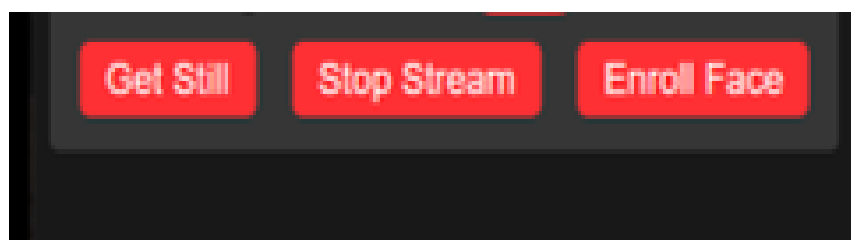


Рисунок 3.5 – Додавання нового користувача до системи

Рисунок 3.6 – Внесення імені користувача

### 3.2 Програмна реалізація

Перед тим як приступити до написання коду системи розпізнавання обличчя на основі плати ESP32-CAM слід підготувати середовище розробки: Arduino IDE і встановити необхідні бібліотеки для роботи з мікроконтролером ESP32 та камерою.

Для того, щоб встановити платформу для підтримки мікроконтролерів ESP32, слід виконати наступні кроки:

- перейти до Tools => Board => Boards manager;
- відшукати необхідну до встановлення платформу, наприклад «ESP32» (рис. 3.7);
- встановити потрібну версію платформи.



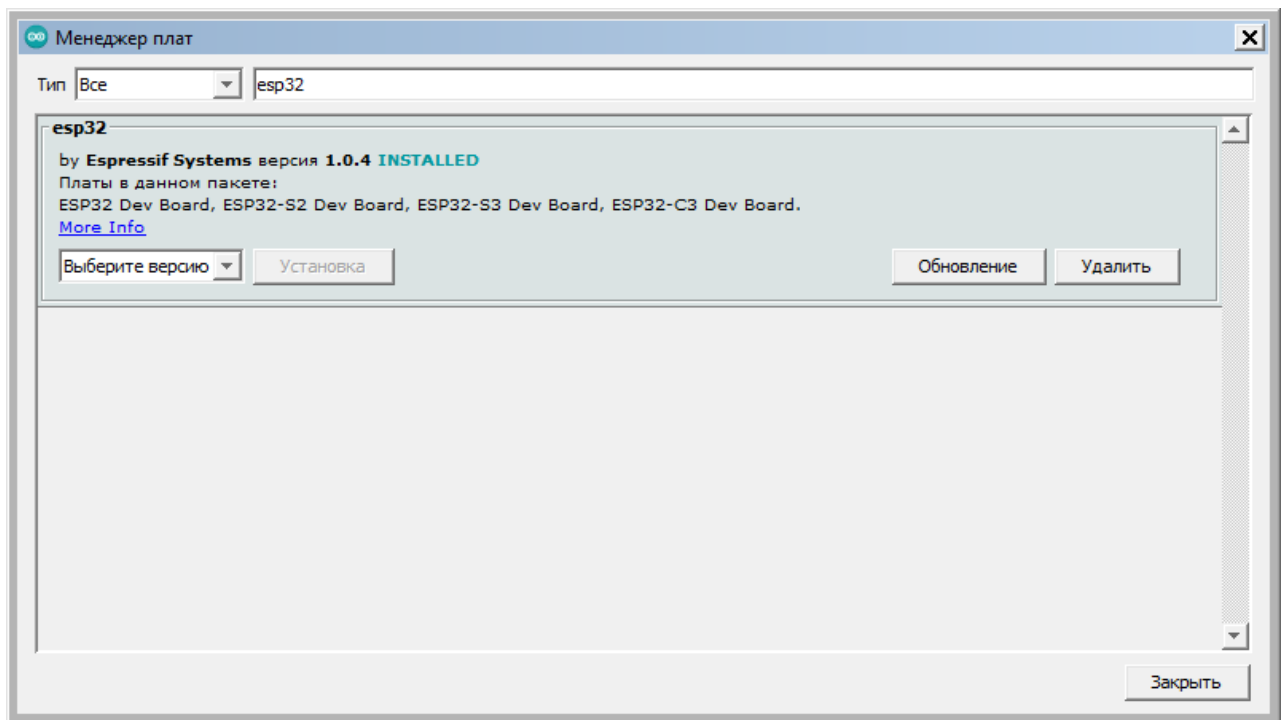


Рисунок 3.7 – Встановлення бібліотеки esp32

Для встановлення необхідного набору бібліотек для роботи із окремими компонентами системи необхідно виконати наступні кроки:

- перейти до Sketch => Include Library => Manage Libraries (рис. 3.8);
- відшукати необхідну бібліотеку, наприклад «Wi-Fi» (рис. 3.9);
- встановити потрібну версію платформи.

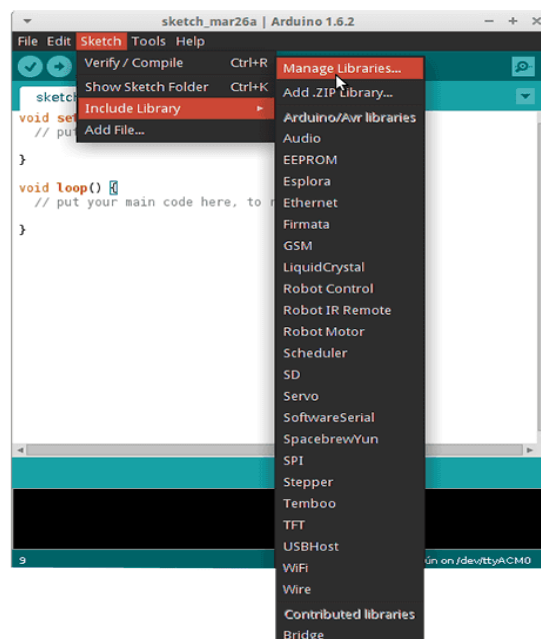


Рисунок 3.8 – Manage Libraries

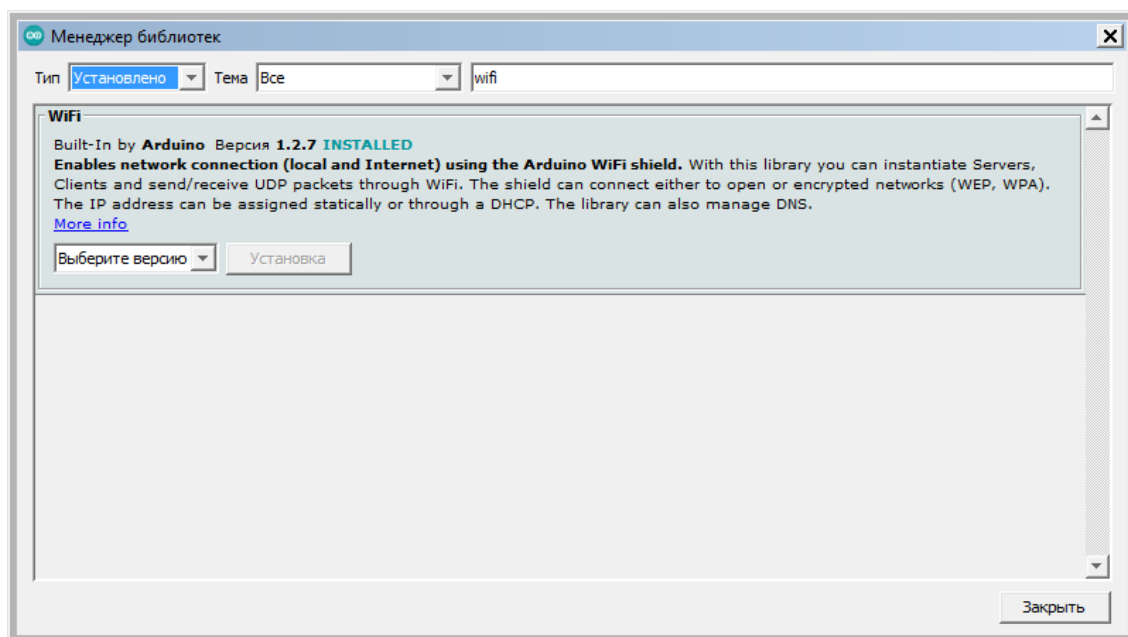


Рисунок 3.9 – Бібліотека Wi-Fi

Для зручності розподілення частин коду деякі його елементи будуть міститися на інших вкладках, що полегшить їхню організацію та пошук у майбутньому. Так, наприклад, основний скетч, що відповідає за конфігурацію роботи плати розміщено на вкладці зі іменем «ESP8266Camera\_work», на цій сторінці оголошено головні бібліотеки, модель камери та здійснено підключення до мережі інтернет, без якої робота даного проекту є неможливою.

Оголошення підключення камери до плати ESP32-CAM здійснюється стрічкою `void startCameraServer()`, ця функція викликається для запуску HTTP сервера камери, який дозволяє отримувати зображення з камери через мережу.

Бібліотека `user_http.h` містить алгоритм запису і читання розпізнаних шаблонів обличчя на flash пам'яті мікросхеми.

Сторінка із іменем `html_subj.h` – являється програмним кодом веб-сторінки через яку реалізується можливість керування біометричними даними (запис чи знищення розпізнаних шаблонів) (рис. 3.10).

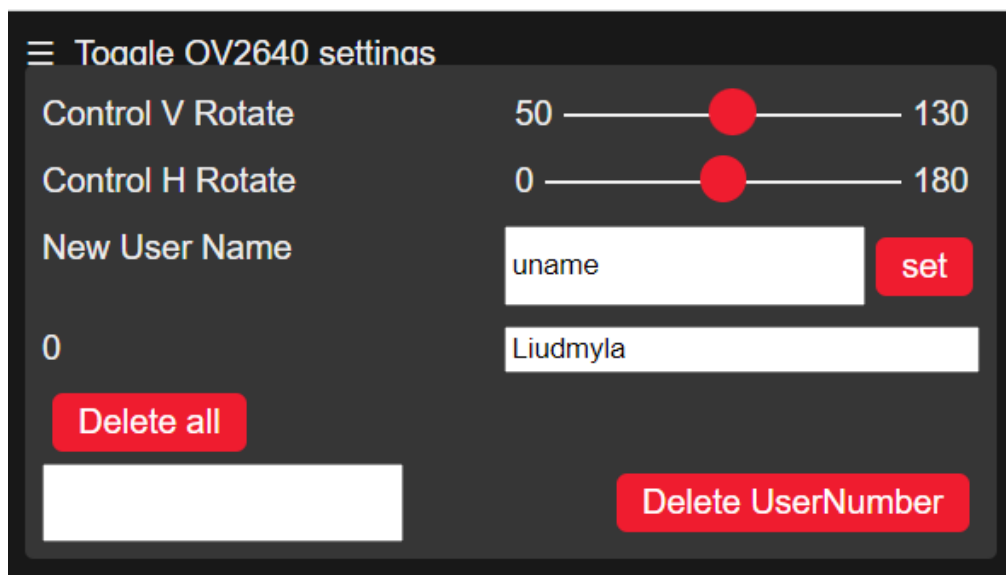


Рисунок 3.10 – Користувацький веб-сервер

Забезпечення паралельності задач на мікроконтролері ESP32 є необхідним та корисним аспектом, особливо при виконанні складних завдань, які вимагають одночасної роботи з різними компонентами пристрою.

ESP32 має двоядерний процесор, що надає можливість ефективного розподілу завдань між ядрами. У даному проєкті перше ядро використовується для забезпечення роботи Wi-Fi модуля, що включає в себе ініціалізацію з'єднання та обмін даними з мережею. Друге ядро використане для веб-сервера та розпізнавання обличчя, що вимагає обробки великих обсягів даних та виконання складних алгоритмів.

Завдяки паралельній роботі ядер, перше ядро може постійно перевіряти та підтримувати з'єднання з Wi-Fi, тим часом, як друге ядро займається обробкою запитів веб-сервера та розпізнаванням обличчя. Це дозволяє покращити загальну продуктивність системи та забезпечити плавну роботу пристрою навіть при великому навантаженні.

Крім того, паралельна обробка завдань на різних ядрах забезпечує відокремленість функцій і поліпшує надійність системи. Якщо одне з ядер виникає проблема або потребує зупинки для певного обслуговування, інше ядро може продовжувати свою роботу без перебоїв. Це важливо, особливо в

ситуаціях, коли система має важливі функції, які повинні функціонувати безперервно.

Паралельність задач реалізовано через бібліотеку `looptask_int.h`.

Для підключення камери використовується оголошення функцій її конфігурації:

Налаштування підключення (Додаток Б):

- налаштування пінів для передачі даних і керування камерою;
- встановлення параметрів шини зв'язку, таких як LEDC канал і таймер, які використовуються для керування світлодіодами.

Для налаштування формату даних обираємо формат зображення (наприклад, JPEG), який використовується для збереження фотографій або відео.

Налаштування параметрів зображення - вибір розміру кадру і якості JPEG-стиснення для збереження зображень, визначення кількості буферів кадрів для кращої продуктивності.

Ініціалізація камери - ініціалізація камери з заданою конфігурацією, перевірка наявних помилок під час ініціалізації камери.

Налаштування параметрів сенсора - встановлення параметрів сенсора, таких як орієнтація, насиченість кольорів та яскравість зображення, зниження розміру кадру для підвищення початкової швидкості зйомки.

Підключення та ініціалізація точки доступу Wi-Fi відбувається у самому початку коду одразу після оголошення бібліотек стрічкою:

```
const char* ssid = "myhome";  
const char* password = "Qwerty11";
```

Це робиться для можливості змінювати налаштування мережі, такі як SSID (ідентифікатор мережі) та пароль. Це дозволяє користувачам налаштувати плату залежно від своїх потреб та забезпечити безпеку мережі.

Процес ініціалізації підключення до мережі Wi-Fi прописаний кодом `WiFi.begin(ssid, password)` (Додаток В), що ініціалізує підключення до мережі Wi-Fi з використанням заданого ідентифікатора мережі (SSID) та пароля. Встановлення очікування з'єднання з мережею описується циклом перевірки

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		43

статусу підключення: `while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)`, що дозволяє затримку в 500 мілі секунд між перевірками статусу. Для технічного контролю статусу підключення плати до мережі можна використовувати екран Serial Monitor, куди виводяться вся необхідна інформація, у тому числі задана IP адреса, яка знадобиться для підключення до веб інтерфейсу.

Безпосередній запуск веб-сервера відбувається за допомогою бібліотеки `app_httpd.h`.

Детекція та розпізнавання обличчя (додаток Г) здійснюється за рахунок:

- ініціалізації змінних та буферів;
- встановлення типу вмісту та заголовків http-відповіді та відео потік;
- основного циклу потокового відтворення, у якому відбуваються отримання та обробка відеокадру з камери за допомогою `esp_camera_fb_get()`;
- перевірки формату відеокадру;
- обчислення часових параметрів для відстеження продуктивності таких як `ready_time` – час готовності відеокадру для обробки, `face_time` – час виявлення облич, `recognize_time` – час розпізнавання обличчя, `encode_time` – час кодування відеокадру у формат JPEG, `process_time` – загальний час обробки відеокадру.

Внесення біометричних даних до системи по замовчуванні вимкнене, однак за необхідності його активувати можна користуватися веб-інтерфейсом, після чого відбудеться запис даних на `eeprom`.

Якщо зчитування даних із `eeeprom` пройдено успішно – на 5 секунд активується GP ІО, у даному коді він засвітить діод (Додаток Д).

### 3.3 Тестування готового продукту

Тестова частина проєкту розпочинається з перевірки функціоналу розпізнавання обличчя камерою. При запуску системи, камера починає захоплювати зображення із певною частотою кадрів.

Якщо при порівнянні захоплених зображень виявлено, що перед камерою з'явилася нова людина, система відразу розпізнає її як незнайомця (рис. 3.11),

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		44

оскільки дані цієї особи не були внесені до пам'яті системи. У такому випадку на екрані або через звукове повідомлення виводиться спеціальне повідомлення, що інформує про те, що особа є незнайомцем та вхід обмежений.

Цей етап тестування дозволяє перевірити ефективність системи розпізнавання обличчя і виявлення незнайомців. Дані про незнайомців можуть бути записані для подальшого аналізу та можливого додавання їх до пам'яті системи.

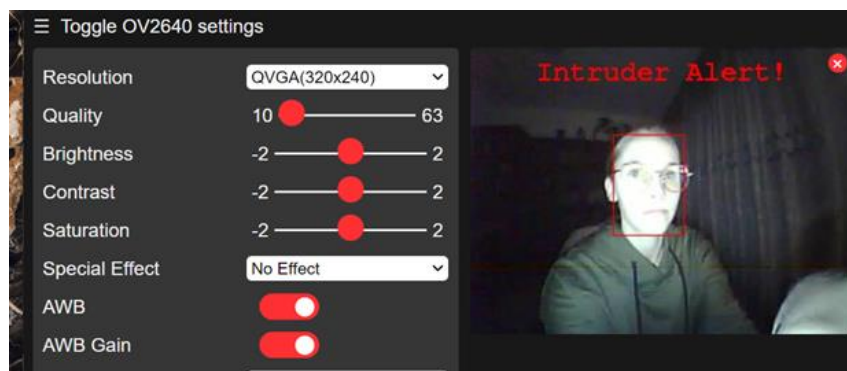


Рисунок 3.11 – Розпізнавання невідомої особи

Камера успішно помітила нове обличчя, дані якого не були записані і вивела повідомлення одразу ж, як обличчя з'явилося у кадрі.

Наступним кроком введемо дані нової особи до пам'яті системи. Для цього скориставшись посиланням, що складається з IP адреси та «/subjects» (рис. 3.4) вводимо ім'я розпізнаного шаблону та натискаємо кнопку «Set», після чого на сторінці із посиланням натискаємо кнопку «Enroll Face» і стоїмо навпроти камери декілька секунд. За цей час відбувається зчитування даних з обличчя та збереження кадрів у базі даних. По завершенні даної процедури засвітиться ліхтар, що розташований поряд з камерою, а на екрані виведеться повідомлення про успішно виконану дію розпізнавання особи та її ім'я (рис. 3.12).

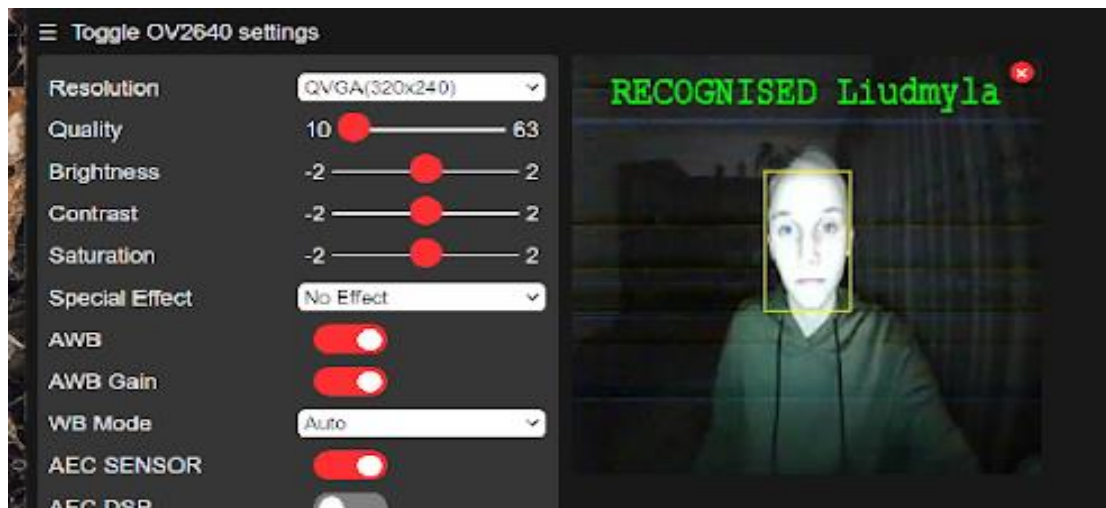


Рисунок 3.12 – Розпізнавання особи

Під час розпізнавання обличчя за допомогою камери можуть виникати різні виклики та проблеми, які можуть впливати на точність та надійність процесу розпізнавання. Одним з таких факторів є варіація зовнішнього вигляду людини, яка може впливати на розпізнавання обличчя.

Зміни в зовнішньому вигляді, такі як аксесуари (наприклад, окуляри, шапки), макіяж, капелюхи, освітлення та інші фактори, можуть впливати на алгоритми розпізнавання обличчя. Наприклад, носіння окулярів може змінювати форму очей або викликати відблиски, що може ускладнити розпізнавання. Так само, макіяж, капелюх або освітлення можуть змінювати контури обличчя або тіні, що також може впливати на точність розпізнавання.

Перевірка розпізнавання обличчя із внесенням змін у зовнішній вигляд людини має на меті встановити, наскільки добре система може розпізнати обличчя в різних умовах. Це важливо для забезпечення високої точності та надійності розпізнавання навіть у реальних умовах, коли зовнішні фактори можуть змінюватися.

Перевірка змінного зовнішнього вигляду може допомогти виявити потенційні проблеми з алгоритмами розпізнавання та спрямувати зусилля на покращення системи. Такий підхід дозволяє забезпечити більш широкий спектр

розпізнавання обличчя, що в свою чергу забезпечує більшу гнучкість та застосування системи в різних ситуаціях.

Так, наприклад, для проведення тестування на виклики було використано окуляри що спричиняють відблиск, та щойно камеру було наведено на обличчя – вона розпізнала попередньо внесену особу та вивела дані на екран (рис. 3.13).

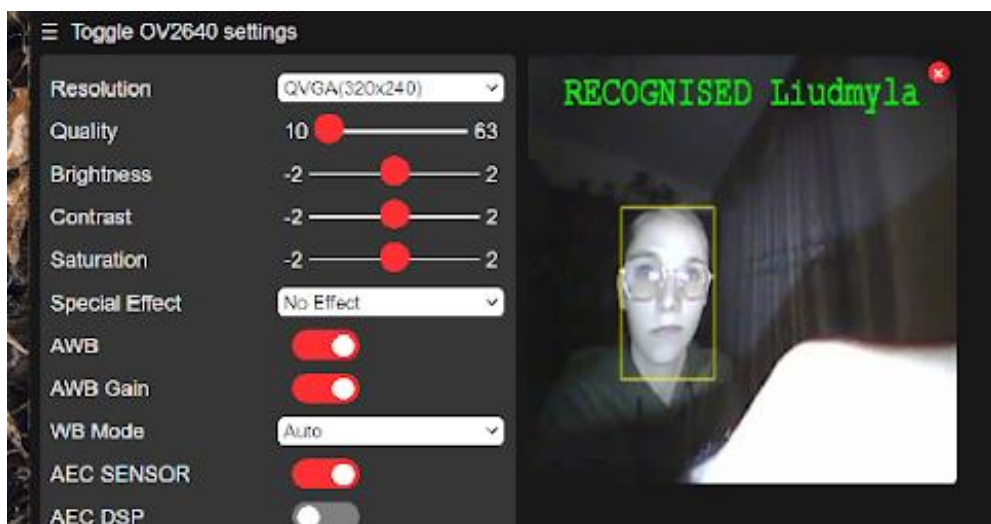


Рисунок 3.13 – Розпізнавання обличчя зі змінами

Існує загроза використання фотоматеріалу з біометричними даними людини для неправомірного доступу через камеру розпізнавання обличчя. Це може мати серйозні наслідки та негативний вплив на безпеку та приватність особи.

Однією з основних небезпек є можливість використання скомпрометованого або підробленого фотоматеріалу, який може бути використаний для обходу системи розпізнавання обличчя. Це може дозволити несанкціонованим особам отримати доступ до захищених приміщень або приватних даних.

Крім того, використання біометричних даних, таких як обличчя, для авторизації та ідентифікації може потенційно відкрити шлях до крадіжки особистих даних. Якщо такі дані потрапляють у руки зловмисників, вони можуть використовуватися для шахрайства, шпигунства або навіть крадіжки особистості.

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		47



Важливо перевіряти проєкт у цьому напрямку, проводити тестування на вразливості та розробляти механізми захисту від неправомірного використання біометричних даних. Це може включати застосування шифрування, захисту доступу до бази даних, контроль над зберіганням та передачею даних, а також перевірку на присутність підроблених або фотографій вмісту.

Для перевірки роботи проєкту у цьому напрямку було використано фото особи, біометричні дані якої було попередньо внесено до пам'яті системи, і камера підтвердила доступ (рис. 3.14).



Рисунок 3.14 – Спроба доступу через фотоматеріал

Важливим аспектом у роботі даного проєкту є не лише надання доступу користувачам, але й його обмеження. Так, наприклад, можна видалити користувача із пам'яті системи (рис. 3.15), для цього на сторінці із посиланням “<http://IP/subjects>”, у текстовому полі, вводимо номер користувача, якого буде видалено і натискаємо кнопку «Delete UserNumber».

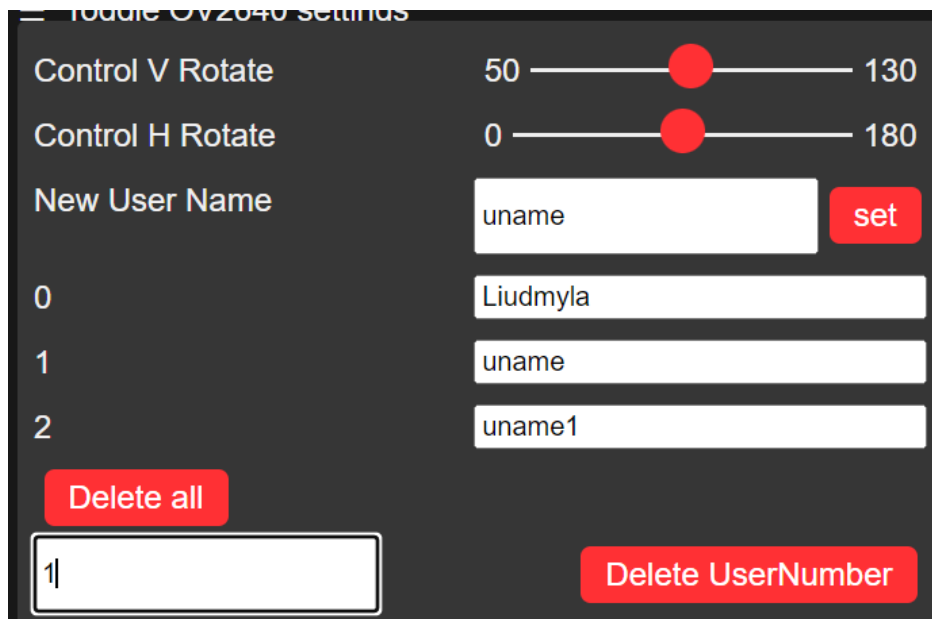


Рисунок 3.15 – Видалення користувача

У випадку, коли необхідно видалити не одного, а всіх користувачів, із пам'яті системи – натискаємо кнопку «Delete all» (рис. 3.16).

Мати кнопки видалення користувачів з пам'яті системи розпізнавання обличчя, такі як «Delete All» і «Delete User Number» є важливою функціональністю з кількома перевагами.

**Забезпечення приватності:** Відображення кнопок видалення користувачів дозволяє власникам системи контролювати збереження обличчя в пам'яті. Це особливо важливо, оскільки біометричні дані є чутливими особистими даними, і користувачі мають право на контроль над їхнім збереженням і використанням.

**Управління доступом:** Можливість видалення користувачів з пам'яті системи дозволяє змінювати список дозволених осіб для доступу. Це корисно в ситуаціях, коли потрібно додавати або видаляти користувачів, наприклад, при зміні персоналу або в разі втрати пристрою.

**Забезпечення безпеки:** Важливо мати можливість швидкого видалення користувачів з пам'яті системи в разі потреби. Це дозволяє запобігти несанкціонованому доступу або зловживанню системою розпізнавання обличчя.

**Зручність в експлуатації:** Наявність кнопок видалення спрощує процес управління користувачами в системі розпізнавання обличчя. Власники можуть

легко видаляти одного або всіх користувачів згідно своїх потреб без необхідності вдаватися до складних процедур.

Враховуючи ці переваги, кнопки видалення користувачів є цінним додатком до системи розпізнавання обличчя. Вони дозволяють забезпечити приватність, управляти доступом, забезпечувати безпеку та забезпечити зручність в експлуатації.

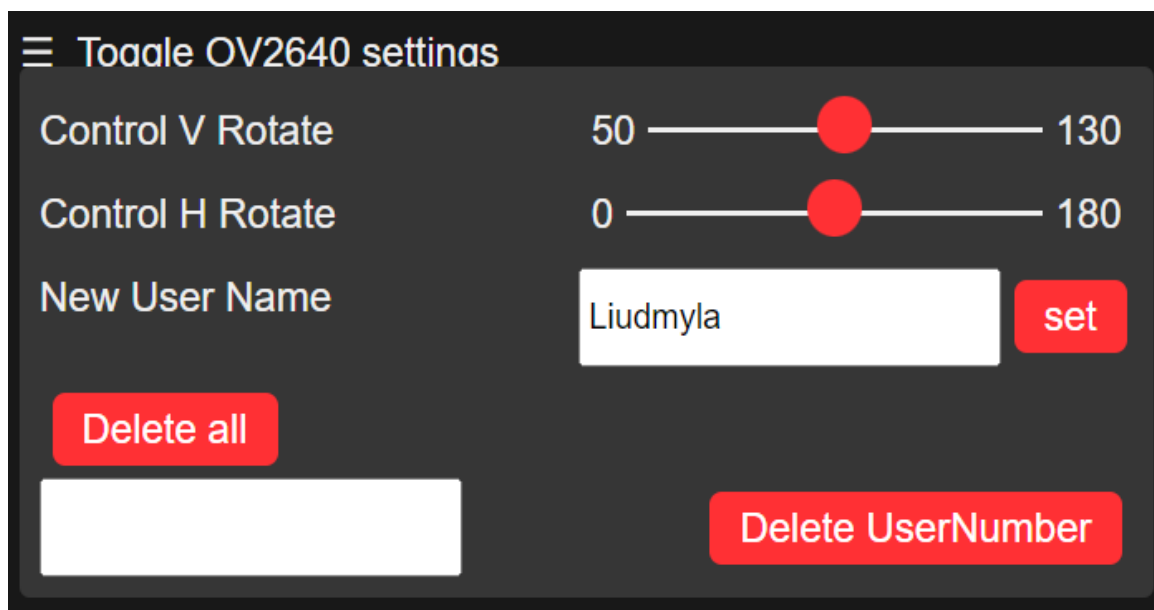


Рисунок 3.16 – Видалення всіх користувачів

Кнопка «Get Still» на веб-сторінці, яка зупиняє зображення на певному кадрі, є корисною функцією, яка дозволяє отримати статичне зображення з камери в конкретний момент часу. Ця можливість має кілька застосувань:

- аналіз обличчя: Зупинення зображення на певному кадрі дозволяє уважно розглянути обличчя, збережені на цьому кадрі;
- верифікація та ідентифікація: Перевірка зупиненого кадру може бути використана для верифікації або ідентифікації особи;
- візуальна перевірка: Зупинення зображення на певному кадрі дозволяє візуально перевірити якість зображення та точність розпізнавання;
- документація: Збереження статичного зображення з камери може служити документаційною функцією. Наприклад, при фіксуванні відвідувачів

або подій, зупинений кадр може бути використаний як доказ або джерело інформації.

Усі ці використання роблять кнопку «Get Still» цінним додатком до веб-сторінки, яка дозволяє переглядати деталі роботи камери і дані осіб. Вона забезпечує більш гнучкий та повний доступ до інформації.

У розглянутому коді було запущено і протестовано всі необхідні функції для обробки відеокadrів з камери. Вони працюють ефективно і без проблем.

Однак, важливо зазначити, що можливість підтвердження біометричних даних особи на основі фотографії залишається викликом, який треба вирішити в майбутньому. Це необхідно для запобігання несанкціонованому доступу до системи, оскільки можливість підміни або використання фотографій для отримання доступу може створити потенційні проблеми з безпекою.

Удосконалення системи шляхом впровадження додаткових методів автентифікації або розпізнавання руху та «живих» ознак потенційно може допомогти уникнути таких проблем і підвищити безпеку системи біометричної ідентифікації.

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		51

## 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

### 4.1 Аналіз ринку

На ринку існує кілька аналогів систем з розпізнаванням обличчя, які поєднуються з функціональністю розумного домофону. Під час вивчення та аналізу пропозицій онлайн ринку, було знайдено популярні аналоги та вивчено їхній функціонал.

Nest Hello є одним з провідних виробників розумних домофонів з функцією розпізнавання обличчя. Він має вбудовану камеру з високою якістю зображення, може відправляти сповіщення на мобільний пристрій, відтворювати відео в реальному часі та записувати зйомку. Ціна Nest Hello зазвичай починається від \$199.

Ring Video Doorbell Pro є ще одним популярним варіантом, який має функцію розпізнавання обличчя. Він пропонує високоякісне відео та аудіо зв'язок, сповіщення на смартфон, можливість збереження відеозаписів у хмарі та використання додаткових функцій, таких як детектор руху. Ціна Ring Video Doorbell Pro зазвичай становить приблизно \$249.

Arlo Video Doorbell: Arlo Video Doorbell також пропонує розпізнавання обличчя, високу якість відео та аудіо зв'язку. Він має функцію запису відео, можливість налаштування розумного рухового сповіщення та сумісність з платформами голосового керування, такими як Amazon Alexa та Google Assistant. Ціна Arlo Video Doorbell зазвичай починається від \$149.

Варто враховувати, що ці ціни можуть варіюватися залежно від місця продажу, додаткових функцій та акційних пропозицій.

Кількість та розповсюдження конкурентів є важливим аспектом при аналізі ринку камер розпізнавання обличчя. Для визначення ступеня конкуренції та потенційних ринкових можливостей, слід звернути увагу на їхню географічну доступність, оскільки це може вплинути і на вартість проєкту, їхній рейтинг та репутація, які мають вплив на рішення покупців стосовно того чи іншого вибору, маркетингові стратегії.

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		52

На території України доступні різні аналоги проєкту по розпізнаванню обличчя, такі як Nest Hello, Ring Video Doorbell Pro та інші. Географічна присутність цих аналогів може бути різною, залежно від виробника та його міжнародних ринків.

Щодо доступності, більшість комерційних аналогів, таких як Nest Hello та Ring Video Doorbell Pro, зазвичай доступні для придбання українським споживачам через різноманітні роздрібні та онлайн-магазини. Деякі компанії можуть також пропонувати пряме замовлення через свої офіційні веб-сайти.

Аналізуючи кращі країни щодо доступності аналогів, це може варіюватися залежно від конкретного виробника та його розповсюдження. Наприклад, якщо мова йде про Nest Hello, то він має більш широкий географічний охоплення, доступний у багатьох країнах світу, включаючи США, Канаду, Європейські країни та інші. У той же час, доступність деяких інших аналогів може бути обмежена лише до окремих регіонів чи країн.

Маркетингові стратегії конкурентів можуть бути різноманітними і спрямовані на привернення уваги та залучення клієнтів.

Акції зі знижками – конкуренти можуть проводити регулярні акції, спеціальні пропозиції або програми лояльності, щоб залучити нових клієнтів та зберегти існуючу базу клієнтів.

Рекламні кампанії – конкуренти можуть запускати рекламні кампанії на різних медіа-платформах, таких як телебачення, радіо, Інтернет та соціальні мережі, для привернення уваги цільової аудиторії до своїх продуктів та послуг.

Партнерські угоди – конкуренти можуть укладати партнерські угоди з іншими компаніями або брендами для спільної реклами або взаємного сприяння. Це може включати спільні промоакції, спонсорство подій або взаємну рекомендацію продуктів.

Інтернет-маркетинг – конкуренти можуть активно використовувати інтернет-маркетингові інструменти, такі як пошукова оптимізація (SEO), контент-маркетинг, електронна пошта та маркетинг в соціальних мережах, для залучення та утримання клієнтів.

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		53

Клієнтська підтримка – конкуренти можуть надавати високоякісну клієнтську підтримку, таку як швидка відповідь на запити, технічна підтримка та гарантійне обслуговування, що створює додаткову цінність для клієнтів.

Рейтинг та репутація конкурентів грають важливу роль в оцінці їхньої позиції на ринку. Дослідження рейтингу та репутації дозволяє отримати відгуки та оцінки від різних зацікавлених сторін, таких як клієнти та фахівці. Основні джерела інформації про рейтинг та репутацію конкурентів включають:

Відгуки клієнтів: Реальні відгуки клієнтів, які вже користувалися послугами або продуктами конкурентів, є важливим джерелом інформації. Вони можуть бути знайдені на різних платформах, таких як веб-сайти компаній, соціальні мережі, форуми та спеціалізовані портали.

Професійні огляди: Думки та огляди фахівців в галузі також можуть бути важливим джерелом інформації про рейтинг та репутацію конкурентів. Це можуть бути огляди, публікації або експертні статті, які досліджують та порівнюють продукти або послуги конкурентів.

Рейтингові агентства: Існують рейтингові агентства та дослідницькі компанії, які проводять дослідження та складають рейтинги компаній у певній галузі. Ці рейтинги можуть враховувати критерії, такі як якість продукту, клієнтське обслуговування, інновації та інші фактори.

#### 4.2 Розрахунок витрат на проєктування

Розрахунок витрат на проєктування системи має велику важливість для успішної реалізації проєкту. Оцінка витрат дозволяє забезпечити фінансову прозорість та контроль над бюджетом проєкту.

Розрахунок витрат дозволяє визначити вартість проєкту заздалегідь. Це дозволяє залучити необхідні фінансові ресурси та розподілити їх ефективно між різними аспектами проєкту.

Знаючи витрати на проєктування системи, можна уникнути непередбачуваних витрат та забезпечити належне використання ресурсів.

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		54

Розрахунок витрат встановлює основу для контролю за фінансовими аспектами проєкту. За допомогою систематичного моніторингу витрат, можна виявити будь-які відхилення від бюджету та прийняти вчасні корективні заходи.

Знання витрат на проєктування системи допомагає приймати обґрунтовані рішення. Розрахунок витрат дозволяє зважувати вартість відносно користі та визначати пріоритети у витрачанні ресурсів.

Розрахунок витрат також сприяє задоволенню клієнтів. Запевнення клієнта щодо фінансової прозорості та раціонального використання його ресурсів підвищує довіру та задоволеність результатами проєкту.

Для реалізації даного проєкту, оцінювання витрат - середня ціна на плату ESP32-CAM варіюється від 7 до 17 доларів США. Вартість дротів та кабелю USB залежить від їхньої довжини та якості. Приблизна середня ціна на дроти становить від \$0.10 до \$5 за штуку, в залежності від якості та довжини.

Враховуючи ці складові, загальні витрати на реалізацію проєкту можуть коливатися від \$10 до \$50, в залежності від вибраних компонентів, їх якості та кількості.

Важливо також враховувати можливі додаткові витрати, які можуть включати в себе інструменти, електронні компоненти, корпус для системи, інші додаткові функціональні елементи, а також витрати на розробку програмного забезпечення та тестування системи.

Мінімальна зарплата в Україні на 2023 рік становить 6000 гривень на місяць. Для приблизного розрахунку зарплати програміста системи, тривалість роботи якого становить один місяць, із урахуванням того, що проєкт невеликого масштабу і не потребує великих затрат часу та ресурсу – зарплата програміста буде розраховуватися наступним чином:

Приблизна заробітна плата = Мінімальна зарплата \* Тривалість роботи

Підставляючи вище наведені значення отримуємо:

Приблизна заробітна плата = 6000 грн/міс \* 1 = 6000 грн.

Таким чином, приблизна зарплата програміста програми, якого було найнято на термін створення проєкту становить 6000 гривень за 1 місяць.

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		55



Вираховуємо із зарплати податки, які встановлено законодавством України:

Податок на доходи фізичних осіб (ПДФО): ПДФО становить 18% від заробітної плати. При розрахунку суми ПДФО отримуємо:

$$\text{ПДФО} = (\text{Приблизна заробітна плата} * \text{Ставка ПДФО}) / 100$$

$$\text{ПДФО} = (6000 \text{ грн} * 18\%) / 100 = 1080 \text{ грн}$$

Військовий збір: Військовий збір становить 1.5% від заробітку.

При розрахунку військового збору отримуємо:

$$\text{Військовий збір} = (\text{Приблизна заробітна плата} * 1.5\%) / 100$$

$$\text{Військовий збір} = (6000 \text{ грн} * 1.5\%) / 100 = 90 \text{ грн}$$

Отже, сума податків, які потрібно відняти від приблизної зарплати у 6000 гривень за 1 місяць складатиме:

$$\text{Сума податків} = \text{ПДФО} + \text{Військовий збір}$$

$$\text{Сума податків} = 1080 \text{ грн} + 90 \text{ грн} = 1170 \text{ грн}$$

Таким чином, після відрахування податків зарплата становитиме:

$$6000 \text{ грн} - 1170 \text{ грн} = 4830 \text{ грн}$$

Для оцінки економічної доцільності створення системи розпізнавання обличчя було проведено кошторис витрат на проектування, який висвітлено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Кошторис витрат на проектування системи

Найменування статей витрат	Сума, грн	Обґрунтування
Зарплата програміста	4830 грн	Витрати на оплату праці розраховуються спираючись на кількість осіб, що працюють на проектом
Обладнання та програмне забезпечення	-	Програмне забезпечення необхідне для проекту. Вартість придбання цих продуктів

Найменування статей витрат	Сума, грн	Обґрунтування
Матеріали та ресурси	1500 грн	Витрати на закупівлю електронних компонентів необхідних для проєкту
Проведення тестування	3000 грн	Витрати на проведення тестувань
Інші витрати	4000 грн	Інші можливі витрати

Ці затрати є приблизними і можуть змінюватися залежно від конкретних вимог проєкту, локальних ринкових цін та вибраних постачальників компонентів.

Використання доступних та дешевих компонентів, таких як ESP32-CAM та USB, дозволяє знизити загальні витрати на проєктування і реалізацію системи розпізнавання обличчя. Це робить розробку конкурентоспроможною, особливо для маленьких підприємств або проєктів з обмеженим бюджетом.

Найбільшою перевагою розробленого проєкту є його вартість – у порівнянні з іншими комерційними рішеннями, які часто коштують більше 100 доларів США, ESP32-CAM є більш доступним варіантом. Це дозволяє більш широкому колу користувачів використовувати технологію розпізнавання обличчя без значних витрат.

Обрана модульна плата може бути легко інтегрована в різні пристрої або системи. Вона має вбудований модуль Wi-Fi та змінну камеру, яку можна із легкістю замінити в залежності від вимог, що робить її ідеальним вибором для розробки проєктів з розпізнавання обличчя. Крім того, плата ESP32-CAM має відкритий код та активну спільноту розробників, що сприяє легкому розширенню функціональності та адаптації до потреб користувача.

Водночас, комерційні аналоги, такі як Nest Hello та Ring Video Doorbell Pro, зазвичай коштують більше, проте вони можуть мати свої переваги порівняно з проєктом на базі ESP32-CAM.

#### 4.3 Обґрунтування необхідності розробки

Розробка системи домофону з функцією розпізнавання обличчя на основі плати ESP32 є необхідною і має велике значення з різних аспектів. По-перше, ця розробка сприяє підвищенню рівня безпеки, оскільки система здатна розпізнавати обличчя та ідентифікувати осіб, що намагаються отримати доступ до приміщення. Це дозволяє уникнути несанкціонованого входу та забезпечити контроль над доступом.

По-друге, система з функцією розпізнавання обличчя на основі плати ESP32 дозволяє забезпечити зручність та швидкість входу в будівлю. Замість використання традиційних ключів або кодів, користувачам достатньо просто пройти перед камерою, і їх обличчя буде автоматично розпізнане та ідентифіковане системою.

По-третє, реалізація системи з використанням плати ESP32, веб-серверу надає можливість віддаленого доступу та керування. Це означає, що користувачі можуть керувати системою домофону, переглядати відео онлайн, навіть якщо вони знаходяться далеко від будівлі. Це забезпечує гнучкість та зручність в управлінні системою, а також дозволяє оперативно реагувати на будь-які події, пов'язані з безпекою або доступом.

В промислових та комерційних галузях система розпізнавання обличчя може використовуватися для автоматизації процесів. Наприклад, в магазинах вона може служити для відстеження клієнтів і надання персоналу інформації про їх покупки та переваги. У системах відеоспостереження вона може допомагати виявляти особи, які потребують особливої уваги або які мають несанкціонований доступ до об'єкту.

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		58

Збір і аналіз даних про присутність людей за допомогою системи розпізнавання обличчя може бути корисним для розуміння поведінки клієнтів, виявлення тенденцій та вдосконалення процесів.

Крім того, використання плати ESP32 дозволяє легко інтегрувати систему домофону з іншими пристроями або системами.

Також, комерційні аналоги, такі як Nest Hello, Ring Video Doorbell Pro та інші, зазвичай відрізняються від проєкту на базі ESP32-CAM більш високою якістю зображення та ширшим функціоналом. Компанії, які розробляють такі пристрої, мають значні ресурси для вдосконалення технологій розпізнавання обличчя, використання передових камер з високою роздільною здатністю, а також розширення можливостей за допомогою хмарних сервісів та інтеграції з іншими системами.

Ціна комерційних аналогів, як правило, вища через витрати на дослідження і розробку, маркетинг та підтримку покупців. Однак, вартість цих пристроїв може відповідати їхній функціональності та якості, і вони можуть надавати розширені можливості для безпеки та комфорту користувача.

Таким чином, проєкт на базі ESP32-CAM відповідає вимогам багатьох користувачів, які шукають доступне та ефективне рішення з розпізнавання обличчя. Він демонструє, як Інтернет речей може бути використаний для покращення щоденного життя, надаючи безпеку, зручність та інтелектуальні можливості без великих витрат. Крім того, проєкт на базі ESP32-CAM може бути розширений та адаптований залежно від потреб і вимог користувача, забезпечуючи гнучкість та індивідуальність.

Попередні дані та існуючі проєкти в галузі розпізнавання обличчя мають значний вплив на наш розроблений проєкт на базі ESP32-CAM і створюють конкуренцію.

Узагальнюючи, попередні дані впливають на наш проєкт розпізнавання обличчя з використанням ESP32-CAM у декількох аспектах. Вони створюють конкуренцію, спонукаючи нас до поліпшення технологічних рішень, стратегій маркетингу та забезпечення конкурентоспроможності.

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		59

Аналіз попередніх даних допомагає нам розуміти потреби та вимоги ринку, а також забезпечує нам можливість уникнути помилок, які вже були зроблені конкурентами. Врахування репутації та визнання існуючих проєктів допомагає нам побудувати власну репутацію та довіру серед клієнтів і фахівців. Дослідження ширшого функціоналу та доступності допомагає нам визначити можливі можливості для покращення та інновацій у нашому проєкті. Остаточо, розуміння впливу попередніх даних дозволяє нам підготуватися до конкуренції, розробити стратегії для відмінності та ефективно просувати наш проєкт на ринку розпізнавання обличчя.

Розроблений проєкт розпізнавання обличчя на базі ESP32-CAM може бути дуже вигідним для використання в невеликих підприємствах та особистих цілях, особливо для тих користувачів, які бажають забезпечити безпеку та зручність доступу до свого жилого будинку чи інших приміщень.

Окупність проєкту може бути досягнута через кілька шляхів: зниження витрат, зручність встановлення та налаштування, забезпечення безпеки, економія часу та зручність.

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		

## ВИСНОВКИ

Проект по розпізнаванню обличчя є яскравим прикладом того, як Інтернет речей (IoT) та штучний інтелект (ШІ) можуть бути успішно впроваджені у щоденне життя будь-якої людини. Цей проект пропонує інноваційні рішення, що сприяють безпеці, зручності та ефективності в різних сферах.

В області безпеки система розпізнавання обличчя на базі IoT та ШІ може бути використана для контролю доступу до приміщень або пристроїв. За допомогою вбудованих камер та алгоритмів розпізнавання обличчя, проект дозволяє автоматично ідентифікувати осіб і дозволяти доступ лише авторизованим користувачам. Це покращує рівень безпеки та запобігає несанкціонованому доступу до об'єктів.

У сфері зручності, система розпізнавання обличчя на базі IoT може бути використана для персоналізованого обслуговування в різних закладах. Наприклад, у готелях або ресторанах система може автоматично розпізнавати клієнтів і надавати індивідуальний сервіс, враховуючи їхні уподобання та попередні відвідування. Це створює персоналізований досвід для клієнтів і підвищує рівень задоволення від обслуговування.

Крім того, проект по розпізнаванню обличчя може мати застосування в системах безпеки на дорозі або громадському транспорті. Він може виявляти водіїв, які порушують правила дорожнього руху, або ідентифікувати осіб, пов'язаних зі злочинами. Це сприяє покращенню безпеки громадськості.

У рамках даного проекту було виконано аналіз існуючих рішень та постановку задачі. В процесі аналізу було обґрунтовано доцільність створення системи розпізнавання обличчя та проведено огляд існуючих рішень на ринку. Постановка задачі визначила основні вимоги до системи.

Після цього було розпочато проектування системи. Формалізація вимог до системи визначила необхідний функціонал та основні характеристики. Проектування структури системи визначило необхідні компоненти, їх

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		61

взаємозв'язок та архітектуру системи. Проектування алгоритму роботи системи структурувало послідовність дій та логіку роботи системи.

Далі було здійснено реалізацію та тестування проєкту. Обрано відповідні засоби для реалізації, такі як плата ESP32-CAM та необхідне програмне забезпечення. Програмна реалізація включала розробку необхідних модулів, алгоритмів розпізнавання обличчя та інтеграцію з додатковими функціями, такими як зчитування біометричних даних та керування GPIO. Готовий проєкт був підданий тестуванню для перевірки його функціональності та надійності.

Техніко-економічне обґрунтування було проведено шляхом аналізу ринку та існуючих рішень. Виконаний розрахунок витрат на проектування дозволив оцінити фінансову ефективність проєкту. Обґрунтування необхідності розробки системи включало розгляд потенційних користувачів, їх потреб та переваг використання даної системи.

Загалом, реалізація проєкту системи домофону з функцією розпізнавання обличчя на базі плати ESP32-CAM була проведена шляхом аналізу, проектування, реалізації та тестування. Цей процес дозволив створити надійну та функціональну систему, яка сприяє підвищенню рівня безпеки та зручності використання. Техніко-економічне обґрунтування підтвердило доцільність та вигідність розробки даного проєкту.

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		62

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ESP32-CAM Розпізнавання лиця: веб-сайт. URL: <https://robotzero.one/esp32-face-door-entry/> (дата звернення: 10.05.2023).
2. ESP32 Огляд і порівняння панелей розробників камер: веб-сайт. URL: <https://makeradvisor.com/esp32-camera-cam-boards-review-comparison/> (дата звернення: 11.05.2023).
3. Платформа розробників Github «esp-who»: веб-сайт. URL: <https://github.com/espressif/esp-who> (дата звернення: 15.05.2023).
4. OpenPose AI Facial Motion Capture to Blender Навчальний посібник і сценарій: веб-сайт. URL: <https://blenderartists.org/t/openpose-ai-facial-motion-capture-to-blender-tutorial-and-script/1223147> (дата звернення: 17.05.2023).
5. Розпізнавання виразу обличчя в реальному часі на потокових даних: веб-сайт. URL: <https://sefiks.com/2018/01/10/real-time-facial-expression-recognition-on-streaming-data/> (дата звернення: 17.05.2023).
6. Перевірка обличчя та розпізнавання обличчя: відмінності: веб-сайт. URL: <https://visionify.ai/face-verification-vs-face-recognition-the-differences/> (дата звернення: 17.05.2023).
7. Найкращі дверні дзвінки з камерою 2023 року: веб-сайт. URL: <https://www.cnet.com/home/security/best-ring-video-doorbells/> (дата звернення: 18.05.2023).
8. Горохівська Л.М. Збірник наукових тез. *Використання мікроконтролерів ESP32 в системах розпізнавання обличчя*: Збірник наукових тез. Тернопіль, 2023. С.106-108.

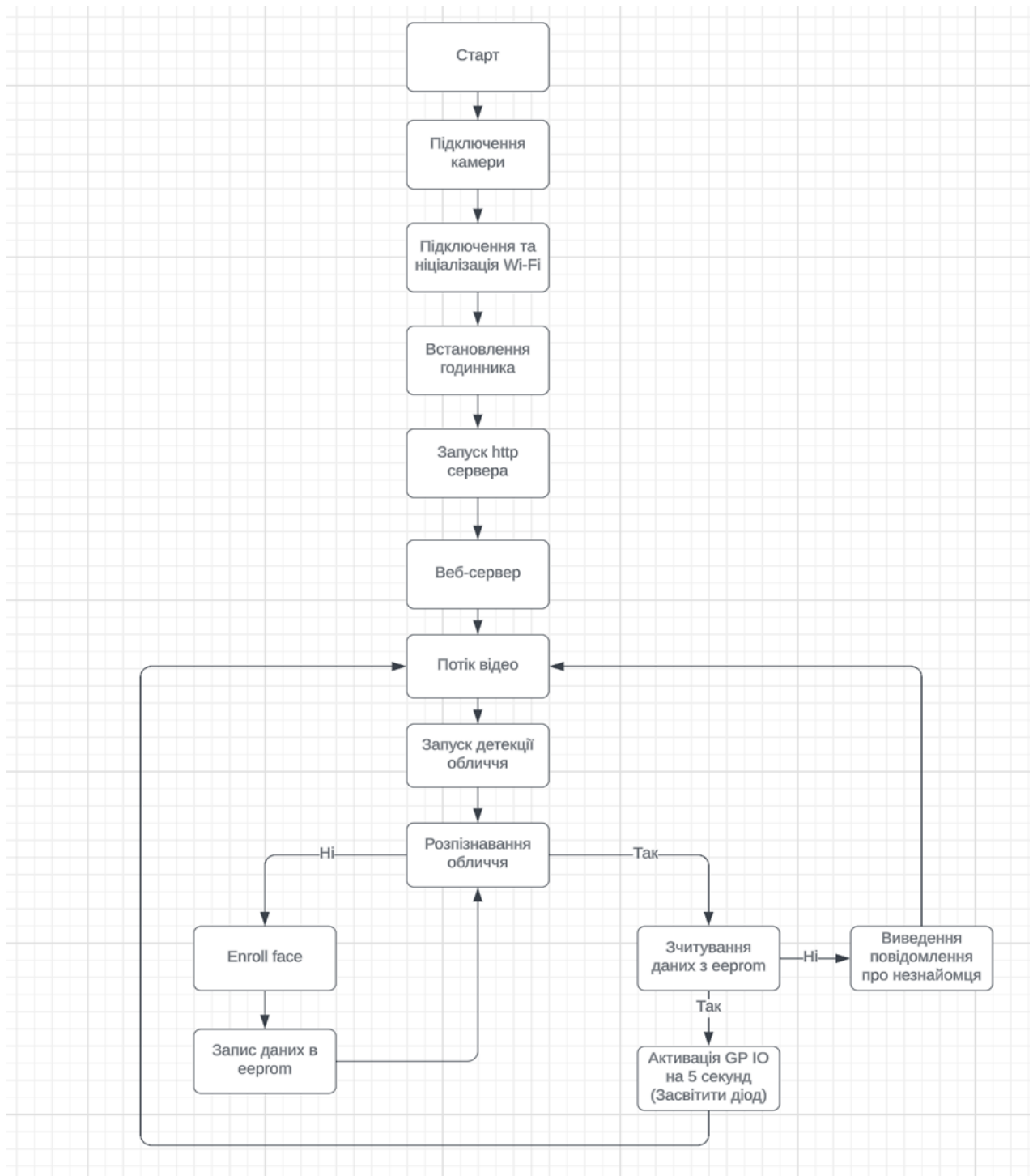
					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		63



## ДОДАТКИ

### Додаток А

Схематичне зображення алгоритму роботи системи розпізнавання обличчя



## Додаток Б

### Код налаштування підключення камери

```
void setup() {
    Serial.begin(115200);
    Serial.setDebugOutput(true);
    Serial.println();
    WRITE_PERI_REG(RTC_CNTL_BROWN_OUT_REG, 0);
    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.xclk_freq_hz = 10000000;
    config.pixel_format = PIXFORMAT_JPEG;
    //init with high specs to pre-allocate larger buffers
    if(psramFound()){
        config.frame_size = FRAMESIZE_UXGA;
        config.jpeg_quality = 10;
        config.fb_count = 2;
    } else {
```

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		65

```

        config.frame_size = FRAMESIZE_SVGA;
        config.jpeg_quality = 12;
        config.fb_count = 1;
    }

#if defined(CAMERA_MODEL_ESP_EYE)
    pinMode(13, INPUT_PULLUP);
    pinMode(14, INPUT_PULLUP);
#endif

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

    sensor_t * s = esp_camera_sensor_get();
    //initial sensors are flipped vertically and colors are a
bit saturated
    if (s->id.PID == OV3660_PID) {
        s->set_vflip(s, 1); //flip it back
        s->set_brightness(s, 1); //up the blightness just a bit
        s->set_saturation(s, -2); //lower the saturation
    }

    //drop down frame size for higher initial frame rate
    s->set_framesize(s, FRAMESIZE_QVGA);
#if defined(CAMERA_MODEL_M5STACK_WIDE)
    s->set_vflip(s, 1);
    s->set_hmirror(s, 1);
#endif
#if defined(T_Camera_V17_VERSION)
    s->set_vflip(s, 1);
    // s->set_hmirror(s, 1);
#endif
#endif

```

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		66

## Додаток В

### Код процесу ініціалізації до мережі Wi-Fi

```
WiFi.begin(ssid, password);  
int num_attempts=0;  
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {  
    delay(500);  
    Serial.print(".");  
}  
  
Serial.println("");  
Serial.println("WiFi connected");  
  
startCameraServer();  
  
Serial.print("Camera Ready! Use 'http://");  
Serial.print(WiFi.localIP());  
Serial.println("' to connect");
```

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		67

## Додаток Г

### Здійснення детекції та розпізнавання обличчя

```
static esp_err_t stream_handler(httpd_req_t *req){
    // YK    block internal loop
    sem_guard guard;
    camera_fb_t * fb = NULL;
    esp_err_t res = ESP_OK;
    size_t _jpg_buf_len = 0;
    uint8_t * _jpg_buf = NULL;
    char * part_buf[64];
    dl_matrix3du_t *image_matrix = NULL;
    bool detected = false;
    int face_id = 0;
    int64_t fr_start = 0;
    int64_t fr_ready = 0;
    int64_t fr_face = 0;
    int64_t fr_recognize = 0;
    int64_t fr_encode = 0;
    static int64_t last_frame = 0;
    if(!last_frame) {
        last_frame = esp_timer_get_time();
    }
    res = httpd_resp_set_type(req, _STREAM_CONTENT_TYPE);
    if(res != ESP_OK){
        return res;
    }
    httpd_resp_set_hdr(req, "Access-Control-Allow-Origin",
    "*");

    while(true){
        if (motion_detection_enabled) {
            run_motion_detection();
        }
        detected = false;
        face_id = 0;
```

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		68

```

fb = esp_camera_fb_get();
if (!fb) {
    Serial.println("Camera capture failed");
    res = ESP_FAIL;
} else {
    fr_start = esp_timer_get_time();
    fr_ready = fr_start;
    fr_face = fr_start;
    fr_encode = fr_start;
    fr_recognize = fr_start;

    if(!detection_enabled || fb->width > 400){
        if(fb->format != PIXFORMAT_JPEG){
            bool jpeg_converted = frame2jpg(fb, 80,
            &_jpg_buf, &_jpg_buf_len);

            esp_camera_fb_return(fb);
            fb = NULL;
            if(!jpeg_converted){
                Serial.println("JPEG compression
failed");

                res = ESP_FAIL;
            }
        } else {
            _jpg_buf_len = fb->len;
            _jpg_buf = fb->buf;
        }
    } else {
        image_matrix = dl_matrix3du_alloc(1, fb-
        >width, fb->height, 3);

        if (!image_matrix) {
            Serial.println("dl_matrix3du_alloc
failed");

            res = ESP_FAIL;
        } else {

```

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		69

```

        if(!fmt2rgb888(fb->buf,      fb->len,      fb->format, image_matrix->item)){
            Serial.println("fmt2rgb888 failed");
            res = ESP_FAIL;
        } else {
            fr_ready = esp_timer_get_time();
            box_array_t *net_boxes = NULL;
            if(detection_enabled){
                net_boxes =
face_detect(image_matrix, &mtmn_config);
            }
            fr_face = esp_timer_get_time();
            fr_recognize = fr_face;
            if (net_boxes || fb->format !=
PIXFORMAT_JPEG) {
                if(net_boxes){
                    detected = true;
                    if(recognition_enabled){
                        face_id =
run_face_recognition(image_matrix, net_boxes);
                    }
                    fr_recognize =
esp_timer_get_time();
                    draw_face_boxes(image_matrix,
net_boxes, face_id);
                    free(net_boxes->score);
                    free(net_boxes->box);
                    free(net_boxes->landmark);
                    free(net_boxes);
                }
                if(!fmt2jpg(image_matrix->item,
fb->width*fb->height*3, fb->width, fb->height, Pixmapat_RGB888,
90, &_jpg_buf, &_jpg_buf_len)){
                    Serial.println("fmt2jpg
failed");

```

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		

```

        res = ESP_FAIL;

    }

    esp_camera_fb_return(fb);
    fb = NULL;
} else {
    _jpg_buf = fb->buf;
    _jpg_buf_len = fb->len;
}

fr_encode = esp_timer_get_time();
}

dl_matrix3du_free(image_matrix);
}

}

}

if(res == ESP_OK){
    size_t hlen = snprintf((char *)part_buf, 64,
_STREAM_PART, _jpg_buf_len);
    res = httpd_resp_send_chunk(req, (const char
*)part_buf, hlen);
}

if(res == ESP_OK){
    res = httpd_resp_send_chunk(req, (const char
*)_jpg_buf, _jpg_buf_len);
}

if(res == ESP_OK){
    res = httpd_resp_send_chunk(req, _STREAM_BOUNDARY,
strlen(_STREAM_BOUNDARY));
}

if(fb){
    esp_camera_fb_return(fb);
    fb = NULL;
    _jpg_buf = NULL;
} else if(_jpg_buf){
    free(_jpg_buf);
    _jpg_buf = NULL;
}

```

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		71



```

    }
    if(res != ESP_OK){
        break;
    }
    int64_t fr_end = esp_timer_get_time();
    int64_t ready_time = (fr_ready - fr_start)/1000;
    int64_t face_time = (fr_face - fr_ready)/1000;
    int64_t recognize_time = (fr_recognize - fr_face)/1000;
    int64_t encode_time = (fr_encode - fr_recognize)/1000;
    int64_t process_time = (fr_encode - fr_start)/1000;
    int64_t frame_time = fr_end - last_frame;
    last_frame = fr_end;
    frame_time /= 1000;

#ifdef DEBUG_FRAMES
    uint32_t avg_frame_time = ra_filter_run(&ra_filter,
frame_time);

    Serial.printf("MJPG:  %uB  %ums  (%.1ffps),  AVG:  %ums
(%.1ffps),  %u+%u+%u+%u=%u  %s%d\n",
        (uint32_t)(_jpg_buf_len),
        (uint32_t)frame_time,          1000.0          /
(uint32_t)frame_time,
        avg_frame_time, 1000.0 / avg_frame_time,
        (uint32_t)ready_time,          (uint32_t)face_time,
(uint32_t)recognize_time,              (uint32_t)encode_time,
(uint32_t)process_time,
        (detected)?"DETECTED ":"", face_id
    );
#endif
}

last_frame = 0;
return res;
}

```

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		72

## Додаток Д

### Activation/deactivation GP IO:

```
esp_err_t face_detected_action(char* facename){
    Serial.println("face_detected_action");
    #ifdef SUPPORT_GPIO
        ActivateGpio();
    #endif
};

void DeactivateGpio(){
    Serial.println("DeactivateGpio");
    digitalWrite(GPIO_RECOGNIZE, LOW);
};

static esp_err_t ActivateGpio(){
    Serial.println("ActivateGpio");
    digitalWrite(GPIO_RECOGNIZE, HIGH);
    TickGpio.once_ms(3000, DeactivateGpio);
};
```

					ДП.КН 23.501.19.000 ПЗ	Адк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		73

ВІДГУК  
на дипломний проєкт  
освітньо-кваліфікаційного рівня «молодший спеціаліст»  
зі спеціальності «Комп'ютерні науки»

студентки  
Галицького фахового коледжу  
імені В'ячеслава Чорновола

*Горохівської Людмили*

на тему  
**«Розумний» домофон»**

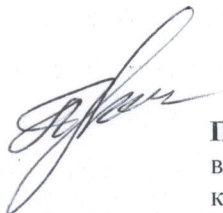
Дипломний проєкт присвячений вирішенню практичної задачі – реалізація надійної та ефективної домофонної системи з функцією розпізнавання обличчя на основі плати ESP32-SAM. Поставлена задача є дуже актуальною, оскільки впровадження такої апаратно-програмної системи дозволить підвищити рівень безпеки в приватних будинках та офісних приміщеннях шляхом ідентифікації осіб, які намагаються отримати доступ до об'єкта.

У процесі роботи над проєктом авторка добре дослідила предметну область, розібралася у сучасних технологіях розпізнавання об'єктів, проаналізувала доступне апаратне та програмне забезпечення для розпізнавання обличчя та реалізувала відповідну апаратно-програмну систему засобами мови програмування C++ та середовища розробки Arduino IDE.

Під час виконання плану дипломного проєкту студентка продемонструвала вміння використовувати відповідні навчальні та пізнавальні ресурси, вести пошук інформації в Інтернеті, ставити та вирішувати фахові завдання.

У цілому дипломний проєкт виконаний на належному для присвоєння відповідної фахової кваліфікації рівні.

Керівник дипломного проєкту:



**Павлюс В.П.,**  
викладач ЦК інформатики та  
комп'ютерних дисциплін

РЕЦЕНЗІЯ  
на дипломний проєкт  
студентки відділення комп'ютерних технологій  
Галицького фахового коледжу імені В'ячеслава Чорновола  
групи КН-1

\_\_\_\_\_ Горохівської Людмили Михайлівни \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Спеціальність 122 „Комп'ютерні науки”

Обсяг дипломного проєкту: Сторінок – 74 , Рисунків – 28 , Додатків – 5.

Тема: ««Розумний» домофон»

1 . Актуальність теми  
розробка і реалізація домофонної системи з функцією розпізнавання обличчя на даний час є надзвичайно затребуваним, оскільки система спрямована на підвищення рівня безпеки в приватних будинках та офісних приміщеннях, шляхом ідентифікації осіб. Технологія розпізнавання обличчя, не є новою на ринку, але розроблена система з використанням сучасних технологій є технічно та економічно привабливою, відповідає вимогам сучасних систем IoT .

2 Практична або теоретична цінність опрацьованих питань  
Проведено ґрунтовне дослідження та аналіз систем на основі технології розпізнавання обличчя. Створення система з функцією розпізнавання обличчя на базі плати ESP32-CAM було проведено шляхом аналізу, проєктування, реалізації та тестування. Цей процес дозволив створити надійну та функціональну систему, яка сприяє підвищенню рівня безпеки та зручності використання. Техніко-економічне обґрунтування підтвердило доцільність розробки даного проєкту.

3. Недоліки роботи \_\_\_\_\_ суттєвих недоліків не виявлено \_\_\_\_\_

4. Загальний висновок\_ дипломний проєкт виконаний на високому рівні відповідно до поставленого завдання з дотриманням всіх вимог щодо оформлення і заслуговує на оцінку «відмінно».

Рецензент О.Б. Посвятовська \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали рецензента) . викладач комп'ютерних дисциплін  
Галицького фахового коледжу імені В'ячеслава Чорновола

«22» \_\_\_\_ 06 \_\_\_\_ 2023р. \_\_\_\_\_

Ім'я користувача:  
Василь Кузик

Дата перевірки:  
15.06.2023 23:03:20 EEST

Дата звіту:  
15.06.2023 23:06:06 EEST

ID перевірки:  
1015619543

Тип перевірки:  
Doc vs Internet + Library

ID користувача:  
100012366

Назва документа: Горохівська

Кількість сторінок: 60 Кількість слів: 9604 Кількість символів: 72738 Розмір файлу: 5.87 MB ID файлу: 1015266791

## 1.84% Схожість

Найбільша схожість: 0.93% з Інтернет-джерелом (<https://bezpeka.com.ua/ua/kamery-videonabludeniya-s-funktsiyei-rasp>).

1.71% Джерела з Інтернету

29

Сторінка 62

0.22% Джерела з Бібліотеки

6

Сторінка 62

## 0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

## 0% Вилучень

Немає вилучених джерел