

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: *Комп'ютерна система відеоспостереження, фіксації та ідентифікації динамічних та статичних об'єктів*

Виконав: студент 4 курсу, групи СІс-42
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

Сюрніта О.Я.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Стрембіцький М.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Тили Є.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Осухівська Г.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Стоянов Ю.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2026

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Осухівська Г.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)
«24» квітня 2026 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»
(шифр і назва спеціальності)

студента Сюрпіта Олександр Ярославович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютерна система відеоспостереження, фіксації та ідентифікації динамічних та статичних об'єктів

Керівник роботи Стрембіцький М.О.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 24 » квітня 2026 року № 4/9-189.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 17.06.2026

3. Вихідні дані до роботи Технічне завдання

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Аналіз технічного завдання

2. Проєктна частина

3. Практична частина

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Схеми електричні принципи

2. Блок схеми алгоритми роботи апарату

3. Схема електрична функціональна

4. Блок схема алгоритму роботи відстежування обличчя

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>			

7. Дата видачі завдання 27.01.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Розробка технічного завдання.</i>	<i>27.01 – 02.02</i>	<i>Викон.</i>
2.	<i>Аналіз задачі</i>	<i>2.05 – 5.05</i>	<i>Викон.</i>
3.	<i>Ознайомлення з документацією ESP32 сат</i>	<i>8.05 – 10.05</i>	<i>Викон.</i>
4.	<i>Розробка та збір комп'ютеризованої системи</i>	<i>11.05 – 22.05</i>	<i>Викон.</i>
5.	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>23.05 – 25.05</i>	<i>Викон.</i>
6.	<i>Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу</i>	<i>26.05 – 02.06</i>	<i>Викон.</i>
7.	<i>Перевірка на академічний плагіат, перевірка керівником та консультантами</i>	<i>9.06 – 15.06</i>	
8.	<i>Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра</i>	<i>16.06 – 22.06</i>	<i>Викон.</i>
9.	<i>Захист кваліфікаційної роботи бакалавра</i>	<i>25.06</i>	<i>Викон.</i>

Студент

(підпис)

Сюрніта О.Я.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Стрембіцький М.О.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Сюрпіта О.Я. Комп'ютерна система відеоспостереження, фіксації та ідентифікації динамічних та статичних об'єктів: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра: спец. 123 -комп'ютерна інженерія. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2026.

Ключові слова: комп'ютерний зір, відеоспостереження, розпізнавання об'єктів, OpenCV, ESP32-CAM, сервопривід MG996R, Arduino IDE, Fusion 360, 3D-друк, автоматизоване стеження.

У кваліфікаційній роботі розроблено комп'ютерну систему комплексного відеоспостереження, фіксації, розпізнавання та ідентифікації динамічних і статичних об'єктів у реальному часі. Основою системи є модуль ESP32-CAM, який здійснює захоплення та передавання відеопотоку для подальшої обробки засобами бібліотеки OpenCV.

Система виконує виявлення та розпізнавання об'єктів на зображенні, визначає їх координати та забезпечує автоматичне стеження за рухомими об'єктами. Для керування положенням камери використано два сервоприводи MG996R, які забезпечують її поворот у горизонтальній та вертикальній площинах. Алгоритми керування реалізовано в середовищі Arduino IDE.

Конструкцію поворотного механізму та корпус пристрою спроектовано в програмному середовищі Fusion 360 та виготовлено за допомогою технології 3D-друку з використанням програмного забезпечення OrcaSlicer. Розроблена система демонструє ефективну інтеграцію методів комп'ютерного зору, вбудованих систем та механізмів автоматизованого позиціонування для задач моніторингу, розпізнавання та супроводу об'єктів.

ANNOTATION

Syurpita O.Y. Computer System for Computer System for Video Surveillance, Recording, and Identification of Dynamic and Static Objects: Bachelor's Qualification Thesis in Specialty 123 – Computer Engineering. Ternopil: Ivan Puluj Ternopil National Technical University, 2026.

Keywords: computer vision, video surveillance, object recognition, OpenCV, ESP32-CAM, MG996R servo motor, Arduino IDE, Fusion 360, 3D printing, automated tracking.

This thesis presents a computerised system for comprehensive video surveillance, detection, recognition and identification of dynamic and static objects in real time. The system is based on the ESP32-CAM module, which captures and transmits a video stream for subsequent processing using the OpenCV library.

The system detects and recognises objects in the image, determines their coordinates and provides automatic tracking of moving objects. Two MG996R servo motors are used to control the camera's position, enabling it to rotate in the horizontal and vertical planes. The control algorithms are implemented in the Arduino IDE.

The design of the rotation mechanism and the device housing were created in the Fusion 360 software environment and manufactured using 3D printing technology with OrcaSlicer software. The developed system demonstrates the effective integration of computer vision methods, embedded systems and automated positioning mechanisms for the tasks of monitoring, recognising and tracking objects.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....	11
1.1 Аналіз області застосування комп'ютерної системи.....	11
1.2 Аналіз вимог до комп'ютерної системи	12
1.3 Аналіз існуючих аналогів та переваги комп'ютерної системи	14
РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	17
2.1 Опис логіки роботи комп'ютеризованої системи.....	17
2.1.1 Передача відеопотоку	18
2.1.2 Обробка кадру за допомогою OpenCV та обчислення координат	18
2.1.3 Передача команди повороту	19
2.2 Обґрунтування вибору апаратного забезпечення комп'ютеризованої системи	20
2.2.1 Обґрунтування вибору відеокамери	20
2.2.2 Обґрунтування вибору сервоприводу.....	23
2.2.3 Опис розробленого штативу	26
2.2.4 Структурна схема роботи комп'ютеризованої системи	28
2.3 Обґрунтування вибору програмного забезпечення комп'ютеризованої системи	29
2.3.1 Схема алгоритму роботи комп'ютеризованої системи	31
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	35
3.1 Реалізація практичних рішень	35
3.1.1 Налаштування середовища розробки для програмування ESP32cam	35
3.1.2 Налаштування середовища розробки для роботи з OpenCV	38
3.1.3 Налаштування середовища розробки для Arduino Nano.....	39
3.2 Тестування комп'ютеризованої системи.....	40
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ .	44
4.1 Загальні вимоги з охорони праці для організації робочого місця системи відеоспостереження	44
4.2 Вимоги електробезпеки під час експлуатації системи відеоспостереження	46
ВИСНОВКИ.....	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	52
Додаток А Технічне завдання	
Додаток Б Перелік елементів	
Додаток Г Лістинг Коду	

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сюрніта О.Я			Комп'ютерна система відеоспостереження, фіксації та ідентифікації динамічних та статичних об'єктів	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Стрембіцький М.О.					6	4
Реценз.		Стоянов Ю.С.				ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-42		
Н. Контр.		Тиш Є.В.						
Затверд.		Осухівська Г.М.						

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

CV – Computer Vision

DNN – Deep Neural Network

Haar – Haar Cascade Classifier

FPS – Frames Per Second

UART – Universal Asynchronous Receiver-Transmitter

IDE – Integrated Development Environment

USB – Universal Serial Bus

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

З розвитком цифрових технологій системи відеоспостереження з комп'ютерним забезпеченням стають важливими інструментами для безпеки, автоматизації управління, контролю виробництва, моніторингу довкілля та підтримки різних сфер діяльності. Одним із головних напрямків є створення засобів, які автоматично виявляють, розпізнають і супроводжують статичні та рухомі об'єкти в реальному часі. Це важливо для швидкого аналізу великих обсягів відеоданих без участі оператора, що підвищує ефективність спостереження і зменшує вплив людського фактора.

Особливу увагу приділяється розробці інтелектуальних систем відеомоніторингу, які працюють на сучасних мобільних, вбудованих та енергоефективних платформах. Такі системи мають не лише забезпечувати високоякісне зображення, але й виконувати автоматичне фокусування, аналіз сцени та відстежування рухомих і нерухомих об'єктів, незалежно від їхніх характеристик чи способів пересування. Однією з головних переваг є здатність систем автоматично налаштовувати свої параметри без необхідності постійного втручання людини, що дає змогу ширше використовувати їх у різних сферах відеоспостереження.

Подальший прогрес у галузі штучного інтелекту, комп'ютерного зору та сучасних обчислювальних пристроїв відкриває широкі можливості для створення сучасних безпілотних авіаційних платформ на основі мікроконтролерів і одноплатних комп'ютерів. Інтеграція таких рішень з мережевою інфраструктурою створює умови для віддаленого моніторингу, централізованого управління та автоматичного аналізу подій у режимі реального часу.

У цій роботі розглядається система відеоспостереження, яка фіксує, розпізнає та ідентифікує статичні й рухомі об'єкти. Вона забезпечує

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

безперервне спостереження, автоматично відстежує рух цілей і класифікує їх за допомогою комп'ютерного зору та алгоритмів машинного навчання.

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Аналіз області застосування комп'ютерної системи

Сучасна інженерія, зокрема в автоматизації, робототехніці, комп'ютерному зорі та IoT, широко використовує вбудовані системи. Це компактні мікропроцесорні або мікроконтролерні платформи, які поєднують апаратне та програмне забезпечення і автономно виконують визначені завдання. Основна перевага таких систем - швидка взаємодія з навколишнім середовищем через сенсори, оперативна обробка даних і керування виконавчими механізмами.

Перспективним напрямком використання таких систем є автоматичне відеоспостереження та стеження за об'єктами. Зростає попит на доступні та гнучкі рішення для зйомки лекцій, заходів, онлайн-трансляцій, освітнього контенту й домашнього відеоспостереження. У межах цієї кваліфікаційної роботи розробляється комп'ютеризована система багатокамерного відеозапису з автоматичним стеженням за обличчям людини.

Система працює так: вбудована камера розпізнає обличчя в реальному часі, визначає його положення в кадрі та керує поворотним механізмом, щоб утримувати людину в центрі. Це дозволяє імітувати роботу професійного відеооператора, забезпечуючи плавне супроводження об'єкта без постійного ручного втручання.

Пристрій виконано у вигляді поворотного штатива з корпусом, надрукованим на 3D-принтері. На штативі закріплено смартфон для основної зйомки. Додатково використовується модуль ESP32-CAM як «сенсор зору», який формує допоміжний відеопотік і передає його на комп'ютер для обробки.

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Сюрніта О.Я.			Комп'ютерна система відеоспостереження, фіксації та ідентифікації динамічних та статичних об'єктів			Літ.	Арк.	Аркушів		
Перевір.		Стрембіцький М.О.								10	6	
Реценз.		Стоянов Ю.С						ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-42				
Н. Контр.		Стоянов Ю.С										
Затверд.		Осухівська Г.М.										

Для забезпечення повороту платформи використовуються два сервоприводи MG996R, керування якими здійснює мікроконтролер. Обробка відеопотоку виконується на персональному комп'ютері за допомогою програмного забезпечення, розробленого мовою Python із використанням бібліотеки OpenCV. Програма отримує відеодані з модуля ESP32-CAM через бездротове Wi-Fi з'єднання, виконує виявлення обличчя, визначає координати його центру та, у разі необхідності, формує команди для сервоприводів з метою утримання об'єкта в центрі кадру. Використання бездротової передачі даних забезпечує більшу гнучкість під час розгортання системи та спрощує її експлуатацію. Корпус і елементи кріплення були спроектовані у середовищі Fusion 360 та виготовлені за допомогою технології 3D-друку з використанням програмного забезпечення OrcaSlicer. Програмування мікроконтролера здійснювалося в середовищі Arduino IDE.

Таку архітектуру обрано через обмежені обчислювальні можливості ESP32-CAM: вона ефективно передає відео та виконує базову обробку, але складні алгоритми комп'ютерного зору доцільніше реалізовувати на ПК. У майбутньому систему можна масштабувати до багатокамерної, підключивши кілька ESP32-CAM для одночасного стеження за об'єктом, зйомки загального плану та додаткових ракурсів.

Основні переваги рішення -модульність, доступність компонентів, відкритий код і можливість легко адаптувати систему під власні потреби. Вона підходить для запису лекцій, стрімів, навчальних відео, спостереження за дітьми чи тваринами, а також для експериментальних і демонстраційних проєктів.

1.2 Аналіз вимог до комп'ютерної системи

Під час розробки комп'ютеризованої системи автоматичного відеоспостереження зі стеженням за об'єктами необхідно враховувати

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

функціональні, технічні та конструктивні вимоги. Це забезпечить стабільну роботу системи в освітньому, домашньому або експериментальному середовищі.

Функціонально система має в реальному часі виявляти людину в кадрі, розпізнавати обличчя та автоматично відстежувати його переміщення. Після визначення координат обличчя щодо центру кадру обчислюється необхідний кут повороту платформи. Завдяки цьому пристрій працює як «розумна камера» і самостійно утримує об'єкт у центрі без втручання оператора.

Для реалізації системи використовується модуль ESP32-CAM, який виступає допоміжною камерою-сенсором: він знімає відеопотік і передає його на комп'ютер. Основна обробка зображення здійснюється на ПК за допомогою Python-скрипта та бібліотеки OpenCV. Після розпізнавання обличчя система надсилає команди на мікроконтролер, який керує двома сервоприводами MG996R для повороту платформи.

Технічні вимоги включають стабільну роботу Wi-Fi-з'єднання, достатній обсяг PSRAM-пам'яті на ESP32-CAM для передачі якісних JPEG-кадрів і швидку обробку даних на ПК. Необхідно забезпечити мінімальну затримку між виявленням обличчя та реакцією механізму, бажано не більше однієї секунди. Це дає змогу зручно використовувати систему для запису лекцій, стрімів, навчальних відео та домашнього спостереження.

Особливу увагу приділено конструкції. Всі компоненти розміщені в корпусі, розробленому у Fusion360 і надрукованому на 3D-принтері з використанням OrcaSlicer. Конструкція забезпечує надійне кріплення ESP32-CAM, сервоприводів MG996R і має спеціальне місце для смартфона, який здійснює основну зйомку. Це робить пристрій компактним, зручним для транспортування та простим у модернізації.

Загалом ці вимоги спрямовані на створення доступної, надійної та гнучкої системи, що поєднує сучасні технології комп'ютерного зору з механікою. Завдяки модульній архітектурі та відкритому програмному

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

забезпеченню (Arduino IDE, OpenCV, Python) систему легко адаптувати до конкретних завдань -від освітніх проєктів до домашнього відеоспостереження за дітьми чи тваринами.

1.3 Аналіз існуючих аналогів та переваги комп'ютерної системи

Одним із найближчих до нашого винаходу комерційних продуктів за спектром можливостей є веб-камера OBSBOT Tail Air (рис.1.1). Її позиціонують як "інтелектуальну" систему, що автоматично відстежує об'єкти у кадрі. OBSBOT Tail Air - це сучасний пристрій із вбудованим процесором для обробки зображення в реальному часі. Камера автономно розпізнає обличчя, автоматично вибирає кадр, змінює масштаб, стежить за об'єктами та підтримує зйомку у різних форматах із високою роздільною здатністю. Найчастіше її використовують для відеоблогів, стрімінгу, відеоконференцій і створення креативного контенту, де потрібна динамічна та інтелектуальна робота камери без участі оператора.



Рисунок 1.1 – OBSBOT Tail Air

Основна задача цієї камери, подібно до нашої розробки, полягає в захопленні рухомих об'єктів у полі зору та подальшому автоматичному відстеженні їхньої траєкторії. OBSBOT Tail Air використовує штучний інтелект і сучасні алгоритми комп'ютерного зору для точного розпізнавання об'єктів, плавного керування камерою завдяки вбудованим моторам і системі стабілізації. Камера вміє розпізнавати не тільки обличчя, а й жести, рухи голови, змінювати фокус і реагувати на голосові команди.

Як і наша система, OBSBOT Tail Air автоматично обертає камеру, щоб утримувати об'єкт у центрі кадру. Водночас наша розробка має значні переваги, особливо для індивідуального використання, навчання та наукових досліджень.

Система повністю відкрита та модульна, що дозволяє легко адаптувати її під конкретні задачі. Вона складається з доступних компонентів: модуль ESP32-CAM для зйомки та передачі відео через Wi-Fi, два сервоприводи MG996R для механічного повороту платформи, а також персональний комп'ютер для обробки зображення з використанням бібліотеки OpenCV. Програмування мікроконтролера здійснюється у середовищі Arduino IDE, а корпус пристрою розроблено у Fusion360 і надруковано на 3D-принтері за допомогою OrcaSlicer.

Така архітектура дозволяє вільно модифікувати систему, додавати нові функції або інтегрувати її з іншими пристроями. Собівартість розробки у кілька разів нижча за промислові аналоги, що робить її оптимальною для самостійного виготовлення, прототипування та навчальних проєктів. 3D-друкований корпус легко адаптується до різних умов: від штатива до мобільних або багатокомпонентних рішень.

Функціональність системи також можна суттєво розширити в майбутньому: додати нічне бачення, цифровий зум, мультиоб'єктний трекінг, розпізнавання жестів чи навіть голосове керування. На відміну від OBSBOT

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Tail Air, де більшість можливостей закрито на рівні прошивки, наша система повністю відкрита для змін і кастомізації.

Принцип роботи в обох випадках схожий - активне стеження за об'єктом у реальному часі. У нашій системі координати обличчя обчислюються на комп'ютері за допомогою OpenCV, після чого команди передаються на сервоприводи MG996R, які плавно повертають платформу. Завдяки цьому забезпечується мінімальна затримка, що дозволяє використовувати розробку для запису лекцій, онлайн-курсів, стрімів, наукових досліджень та домашнього відеоспостереження.

Хоча наша система поступається OBSBOT Tail Air за рівнем комерційної інтеграції та готової функціональності, вона забезпечує якісний автоматичний трекінг обличчя. Вона також перевершує за гнучкістю, відкритістю архітектури, можливістю доопрацювання та значно нижчою вартістю. Це робить її особливо цінною для студентів, викладачів, технічних гуртків і всіх, хто прагне глибше вивчити вбудовані системи, мікроконтролери та комп'ютерний зір.

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

2.1 Опис логіки роботи комп'ютеризованої системи

Опис взаємодії складових комп'ютеризованої системи через протоколи комунікації має ключове значення для розуміння того, як окремі частини пристрою синхронізують свою роботу в реальному часі. У даній системі основними компонентами є модуль ESP32-CAM, персональний комп'ютер з програмним забезпеченням на Python (з використанням бібліотеки OpenCV) та два сервоприводи MG996R, які забезпечують механічне обертання платформи.

ESP32-CAM виконує роль допоміжної камери-сенсора: він захоплює відеопотік і передає його на комп'ютер по Wi-Fi. Персональний комп'ютер здійснює основну обробку зображення в реальному часі за допомогою OpenCV, виявляє обличчя, обчислює його координати відносно центру кадру та формує команди для керування поворотом. Ці команди передаються на мікроконтролер, який керує двома сервоприводами MG996R.

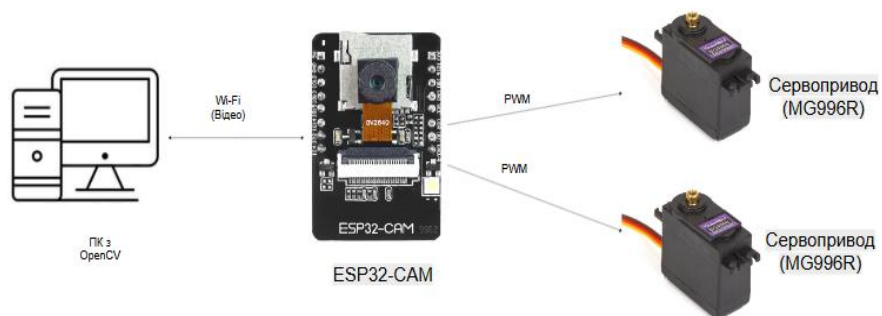


Рисунок 2.1 - Структура комп'ютеризованої системи багатокамерного відеозапису динамічних об'єктів

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сюрніта О.Я			Комп'ютерна система відеоспостереження, фіксації та ідентифікації динамічних та статичних об'єктів	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Стрембіцький М.О					16	18
Реценз.		Стоянов Ю.С				ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-42		
Н. Контр.		Тимків Ю.С						
Затверд.		Осухівська Г.М.						

2.1.1 Передача відеопотоку

На першому етапі основним джерелом зображення виступає модуль ESP32-CAM — компактна плата з вбудованою камерою, що формує відеопотік у реальному часі. Для передачі зображення на комп'ютер модуль підключається до локальної Wi-Fi мережі. Прошивка, створена в Arduino IDE, запускає HTTP-сервер для трансляції MJPEG-поток за визначеною IP-адресою.

Передача здійснюється через протокол TCP у форматі MJPEG. Кожне JPEG-зображення надсилається як частина HTTP-відповіді з MIME-типом multipart/x-mixed-replace. Це дозволяє комп'ютеру безперервно отримувати нові кадри без розриву з'єднання.

На ПК розроблено Python-скрипт, який підключається до потоку через urllib.request, а для обробки кадрів використовується OpenCV. Скрипт безперервно зчитує байтовий потік, знаходить маркери початку (0xFFD8) та кінця (0xFFD9) кожного JPEG-зображення і декодує їх у формат, придатний для подальшої обробки.

2.1.2 Обробка кадру за допомогою OpenCV та обчислення координат

OpenCV - це потужна бібліотека комп'ютерного зору, яку ми використовуємо для виявлення облич на відеопотоці з модуля ESP32-CAM. Обробка здійснюється на персональному комп'ютері: скрипт зчитує MJPEG-потік через HTTP, декодує JPEG-кадри та передає їх для аналізу.

Розпізнавання обличчя здійснюється за допомогою попередньо навченого детектора на базі алгоритму SSD (Single Shot Multibox Detector) з моделлю Caffe. Для цього зображення попередньо перетворюється на blob - нормалізований масив розміром 300×300 пікселів. Після прямого проходу (forward pass) нейронна мережа видає координати прямокутника навколо виявленого обличчя. Ці координати масштабуються до оригінального розміру

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кадру, після чого обчислюється центр обличчя та його відхилення відносно центру зображення.

Якщо обличчя виходить за межі центральної «мертвої зони», система формує команду на поворот платформи. Команда передається на сервоприводи MG996R, які забезпечують механічне обертання камери, утримуючи об'єкт у центрі кадру.

Нейронна мережа SSD ефективно працює, розділяючи зображення на сітку, де кожна комірка прогнозує можливе розташування обличчя та його ймовірність. Завдяки цьому обробка відбувається достатньо швидко для реального часу навіть на звичайному персональному комп'ютері без дискретної відеокарти. Це робить рішення на базі OpenCV зручним і доступним для вбудованих та студентських проєктів.

2.1.3 Передача команди повороту

Після розрахунку координат Python-програма визначає кут повороту (0–180 градусів) і надсилає це значення на модуль ESP32-CAM через Wi-Fi, використовуючи простий HTTP-запит або TCP-сокет.

ESP32-CAM, запрограмований у середовищі Arduino IDE, приймає команду, перетворює її з текстового формату в числове значення та генерує PWM-сигнал. Два сервоприводи MG996R використовують цей сигнал для плавного повороту платформи у заданому напрямку.

Такий простий текстовий протокол забезпечує надійну передачу команд і спрощує налагодження. Він також дозволяє легко розширювати функціональність системи, додаючи нові команди, наприклад, керування зумом або записом.

2.2 Обґрунтування вибору апаратного забезпечення компютерезованої системи

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір компонентів для комп'ютерної системи автоматичного відеоспостереження з трекінгом рухомих об'єктів визначався потребою забезпечити стабільну роботу в реальному часі за обмежених ресурсів. Проєкт спрямовано на компактність, низьке енергоспоживання, мінімальну залежність від зовнішніх джерел живлення та низьку загальну вартість.

Цей підхід особливо важливий для розгортання багатокамерних систем, де кожен додатковий модуль суттєво впливає на загальну вартість, габарити та енергоспоживання.

Система побудована на доступних компонентах: модулі ESP32-CAM, двох сервоприводах MG996R, 3D-друкованому корпусі, розробленому у Fusion360 та надрукованому через OrcaSlicer, а також відкритому програмному забезпеченні Arduino IDE і бібліотеці OpenCV.

2.2.1 Обґрунтування вибору відеокамери

Ключовий компонент системи - модуль ESP32-CAM. Це компактна плата з двоядерним процесором Xtensa LX6, вбудованим Wi-Fi модулем і камерою.

ESP32-CAM обрано завдяки кільком ключовим перевагам. Модуль забезпечує захоплення зображень з роздільною здатністю до UXGA (1600×1200 пікселів), що достатньо для якісного розпізнавання облич та інших об'єктів. Підтримка форматів JPEG і RGB дозволяє ефективно балансувати між якістю зображення та обсягом переданих даних.

Інтегрований Wi-Fi забезпечує бездротову передачу відеопотоку на персональний комп'ютер, що спрощує монтаж і розміщення камери. Відсутність дротового підключення підвищує гнучкість системи та спрощує масштабування: до однієї мережі можна підключити кілька модулів ESP32-CAM для багатокамерного відеоспостереження.

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19



Рисунок 2.2 – ESP32 cam

Серед можливих варіантів реалізації систем комп'ютерного зору на вбудованих пристроях доцільно розглянути камеру OV7670 як одну з популярних альтернатив (рис. 2.3). Цей сенсор часто використовують у простих проєктах на базі Arduino завдяки низькій вартості та доступності.

Попри популярність у навчальних і хобі-проєктах, OV7670 має суттєві обмеження, що ускладнюють його використання для сучасних систем відеоспостереження та розпізнавання облич. Основні недоліки: низька роздільна здатність, слабка якість зображення при недостатньому освітленні, відсутність апаратної підтримки JPEG-стиснення та обмежені можливості передачі даних. Це ускладнює створення стабільного відеопотоку в реальному часі та якісного комп'ютерного зору.

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.3 – OV7670

OV7670 підтримує лише інтерфейс SCCB (аналог I²C) і для передачі відео потребує прямого підключення до мікроконтролера з великою кількістю GPIO. Більшість плат, таких як Arduino Uno або Nano, не мають достатньої обчислювальної потужності чи обсягу оперативної пам'яті для обробки навіть базової відеоінформації. Зберігання повного кадру в оперативній пам'яті цих пристроїв неможливе. Крім того, OV7670 не має вбудованого JPEG-енкодера, тому обробку даних потрібно виконувати зовнішньо. Натомість ESP32-CAM оснащена вбудованим JPEG-кодером, PSRAM для буферизації відео та Wi-Fi-модулем, що дозволяє передавати відеопотік безпосередньо на ПК або сервер без додаткових хост-контролерів. Це забезпечує повноцінний стримінг з мінімальними затримками, чого неможливо досягти з OV7670 без складних обхідних рішень.

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Таблиця 2.1 – Порівняння характеристик ESP32 cam та OV7670

Назва	ESP32	OV7670
Роздільна здатність	До 1600×1200 (JPEG)	До 640×480 (VGA, без JPEG)
Формат зображення	JPEG (апаратне кодування)	RAW RGB565/YUV (без стиснення)
Підключення до Wi-Fi	Вбудований Wi-Fi	Вимагає додатковий модуль
Підтримка потокового відео	Так (HTTP, MJPEG)	Ні (вимагає зовнішній буфер)
Застосування для OpenCV	Пряма інтеграція через Wi-Fi	Потрібен проміжний пристрій

Отже, ESP32-CAM є оптимальним вибором для створення автономних і доступних рішень у сфері комп'ютерного зору. Вона забезпечує ефективний баланс функціональності, вартості та простоти впровадження, значно перевершуючи модулі на кшталт OV7670 у практичному використанні.

2.2.2 Обґрунтування вибору сервоприводу

Сервопривід Tower Pro MG996R (рис.2.4) один з найпопулярніших та надійних у своєму сегменті. З аналоговим сервомеханізмом та великим крутним моментом, що дозволяє переміщати об'єкти значної ваги з високою точністю.



Рисунок 2.4 – Tower Pro MG996R

MG996R має міцний пластиковий корпус і металевий редуктор, що забезпечує високу зносостійкість і надійну роботу під значними навантаженнями. На відміну від простіших моделей, MG996R обертається до 180° і оснащений двомісним підшипником для плавного та стабільного обертання. Підтримка широкого діапазону напруги (4.8В–7.2В) спрощує проектування системи живлення. Крутний момент 9.4 кг·см при 6В дозволяє використовувати пристрій із камерою на важкій конструкції без втрати потужності чи ризику пошкодження.

MG996R оснащений захистом від перегріву та перевантаження, що знижує ризик поломки під час тривалої або циклічної роботи. Це робить його оптимальним для систем із частими циклами відстеження, де пристрій постійно реагує на координати обличчя та коригує положення камери відповідно до руху об'єкта.

У рамках проєкту, цей сервопривід відповідає за поворот камери (або смартфона) згідно з координатами обличчя, отриманими в результаті обробки відеопотоку. Варто також розглянути сервопривід TS90D (рис.2.5) компактний аналоговий сервомеханізм.

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.5 – TS90D

Редуктор TS90D виготовлено з пластику, що знижує його зносостійкість, проте це компенсується малою вагою, швидкою реакцією та простотою інтеграції. Серводвигун підтримує стандартний кут обертання 0–180 градусів, що підходить для повороту та позиціонування легких компонентів. Крутний момент становить близько 2.5 кг·см при 6В, чого достатньо для точного повороту об'єктів з невеликою інерцією, наприклад, датчиків, лазерів, невеликих камер або декоративних елементів. Низьке енергоспоживання дозволяє використовувати TS90D з обмеженими джерелами живлення, такими як акумулятор або USB.

Через пластикові шестерні, відсутність захисту від перевантажень і низький крутний момент, TS90D не рекомендується для систем із значним або інтенсивним циклічним навантаженням, зокрема для нашої автоматизованої поворотної камери. Його використання може призвести до передчасного зносу або втрати точності через люфти в редукторі.

Отже, TS90D підходить для легких задач, але не забезпечує достатньої стабільності, надійності та потужності для нашої системи сервокерованого

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

повороту відеокамери на основі комп'ютерного зору. Для обґрунтованого вибору порівняємо MG996R із відомим аналогом TS90D.

Таблиця 2.2 – Порівняння характеристик MG996R cam та TS90D

Назва	Tower Pro MG996R	TS90D
Тип шестерень	Металеві	Пластикові
Макс. Крутний момент	9.4 кг·см	9.4 кг·см
Швидкість обертання	0.17 сек/60°	0.12 сек/60°
Тип управління	Аналогове	Аналогове
Захист від перегріву/навантаження	Є	Відсутній

2.2.3 Опис розробленого штативу

У конструкції комп'ютеризованої системи відеоспостереження використано індивідуально розроблений штатив, який враховує особливості експлуатації ESP32-CAM та смартфона як знімальних пристроїв. Штатив спроектовано і виготовлено за допомогою 3D-друку, що забезпечує гнучкість розробки та адаптацію до технічних вимог. Основне призначення штатива — надійна фіксація пристроїв з можливістю динамічного обертання у горизонтальній і вертикальній площинах завдяки сервоприводам (рис. 2.6).

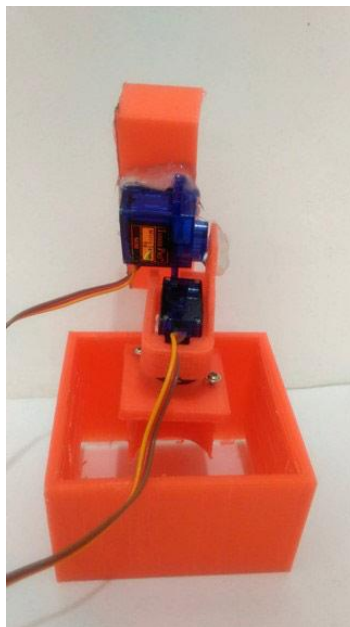


Рисунок 2.6 – Штатив розроблений для компютеризованої системи

Конструкція складається з базової платформи, двох поворотних вузлів і спеціального утримувача для знімального модуля. Нижній сервопривід забезпечує обертання по горизонталі, а верхній регулює кут нахилу по вертикалі. Всі компоненти з'єднані болтами та фіксуючим клеєм, що гарантує міцність і спрощує обслуговування пристрою. Використання 3D-друку дозволило знизити вартість виробництва корпусу та оптимізувати його форму з урахуванням розмірів електронних компонентів, кабельних з'єднань і центру мас. Така технологія також дає змогу швидко вносити зміни в конструкцію, наприклад, адаптувати кріплення для інших камер або смартфонів. Габарити штатива дозволяють легко розміщувати його на робочому столі або фіксувати на нерухомих об'єктах, що робить систему зручною для стаціонарного та мобільного використання.

Штатив, виготовлений за допомогою 3D-друку, не лише забезпечує механічну підтримку, а й виступає інтегруючим елементом, що точно спрямовує камеру відповідно до команд контролера. Це апаратне рішення поєднує доступність, функціональність і високий рівень адаптивності.

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

2.2.4 Структурна схема роботи комп'ютеризованої системи

Система складається з послідовного ланцюга взаємодіючих модулів, кожен з яких виконує конкретну функцію у процесі виявлення та супроводу об'єкта (обличчя) в кадрі (рис.2.7).

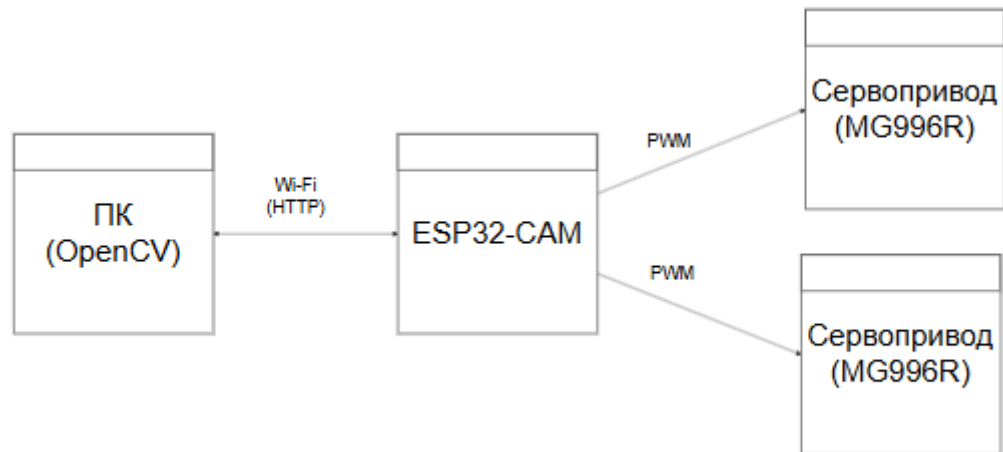


Рисунок 2.7 – Структурна схема

Першим елементом є ESP32-CAM, який виконує роль візуального сенсора. Пристрій оснащений камерою та модулем Wi-Fi, що забезпечує бездротову трансляцію відеопотоку на персональний комп'ютер через HTTP. ESP32-CAM не обробляє зображення локально, а лише передає «сире» відео на зовнішній обчислювальний вузол, що значно знижує навантаження на мікроконтролер.

Наступним елементом є персональний комп'ютер із програмним забезпеченням на базі OpenCV. Тут здійснюється основна обробка відео: детекція обличчя, визначення його координат у кадрі та оцінка відхилення від центральної осі. Персональний комп'ютер виконує функцію аналітичного ядра системи, приймаючи рішення щодо корекції положення зйомного пристрою (смартфона, закріпленого на сервоосі).

Результатом обробки є числове значення кута повороту, яке передається по дротовому інтерфейсу UART до Arduino Nano — недорогого та

енергоефективного мікроконтролера. Arduino не займається обробкою зображень, а лише виконує команди, отримані з ПК. Це розділення функціональності дозволяє знизити навантаження на кожний модуль і збільшити загальну швидкодію системи. Вихідні сигнали з Arduino надходять на два сервоприводи MG996R, котрі керуються через PWM-сигнали (широтно-імпульсна модуляція). Завдяки високому крутному моменту ці приводи можуть обертати тримач смартфона, забезпечуючи горизонтальне або вертикальне позиціонування. У такій конфігурації можлива побудова двовісної платформи, що дозволяє системі адаптуватись до положення обличчя в просторі.

Таким чином, структурна схема відображає чітку розподілену архітектуру, в якій кожен модуль виконує спеціалізовану функцію — сенсорну, обчислювальну або виконавчу — і взаємодіє з іншими за допомогою уніфікованих інтерфейсів. Така модульність дозволяє легко замінювати компоненти, масштабувати систему або адаптувати її під інші задачі, наприклад - жестове керування або трекінг об'єктів у промисловості.

2.3 Обґрунтування вибору програмного забезпечення комп'ютеризованої системи

Вибір програмного забезпечення для розробки комп'ютерної системи відеоспостереження, фіксації, розпізнавання та ідентифікації об'єктів здійснювався з урахуванням функціональних вимог проєкту, особливостей апаратної платформи та можливості подальшого розширення. Основну увагу було зосереджено на забезпеченні стабільної роботи відеомодуля, впровадженні алгоритмів комп'ютерного зору, керуванні позиціонуванням камери та розробці конструктивних елементів пристрою.

Для програмування модуля ESP32-CAM використовувалося середовище Arduino IDE, яке повністю підтримує мікроконтролери ESP32 та забезпечує

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

швидку інтеграцію з периферійними пристроями. Завдяки широкому вибору бібліотек і технічної документації було налаштовано роботу камери, організовано передавання відеопотоку та керування сервоприводами без залучення складних платформ.

Обробка відеоданих та розпізнавання об'єктів виконувалися із застосуванням бібліотеки OpenCV. Її функціональні можливості дозволяють здійснювати аналіз цифрових зображень у реальному часі, виявляти об'єкти в кадрі, визначати їх координати та формувати керувальні сигнали для системи стеження. Використання OpenCV дало змогу реалізувати автоматичне супроводження як рухомих, так і нерухомих об'єктів, що є однією з ключових функцій розробленої системи.

Для просторового позиціонування камери використано два сервоприводи MG996R, що забезпечують поворот конструкції по горизонтальній і вертикальній осях. Така конфігурація формує двокоординатну систему наведення, яка дозволяє камері автоматично утримувати об'єкт у полі зору під час його переміщення.

Проектування механічної частини пристрою виконувалося в системі автоматизованого проектування Fusion 360. За допомогою цього програмного середовища було створено тривимірну модель корпусу, елементів кріплення камери та посадкових місць для сервоприводів. Використання параметричного моделювання дало можливість швидко вносити зміни до конструкції та оптимізувати її геометричні характеристики ще до виготовлення фізичного зразка.

Підготовка розроблених моделей до тривимірного друку здійснювалася за допомогою програмного забезпечення OrcaSlicer. Даний інструмент використовувався для формування траєкторій руху друкувальної головки, налаштування параметрів друку та генерації G-коду для 3D-принтера. Завдяки цьому було отримано корпус необхідної міцності та точності, придатний для розміщення всіх компонентів системи.

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, застосування Arduino IDE, OpenCV, Fusion 360 та OrcaSlicer забезпечило повний цикл розроблення комп'ютерної системи комплексного відеоспостереження - від програмування апаратної частини та реалізації алгоритмів розпізнавання об'єктів до проєктування й виготовлення механічної конструкції пристрою. Обраний комплекс програмних засобів характеризується доступністю, функціональністю та достатньою гнучкістю для подальшого вдосконалення системи.

2.3.1 Схема алгоритму роботи компютеризованої системи

Алгоритмічна схема відображає послідовність операцій у кожному функціональному модулі системи. Вона складається з трьох основних блоків, що відповідають модулям ESP32-CAM, ПК (OpenCV) та Arduino Nano. Усі процеси синхронізовані та працюють у реальному часі, забезпечуючи безперервне реагування на зміну положення обличчя в кадрі (див. рис. 2.8-2.10).

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.8 – Схема алгоритму роботи коду для ESP32Cam

Алгоритм починається з ініціалізації пінів та модуля Wi-Fi на ESP32-CAM. Після цього система перевіряє підключення до мережі. Якщо з'єднання відсутнє, виконується повторна спроба підключення.

Після успішного з'єднання налаштовуються параметри камери та

запускається передача відеопотоку на сервер. Далі система постійно контролює надходження даних. У разі їх відсутності виконується корекція або повернення сервера за заданим кутом.

Робота відбувається циклічно: після перевірок і обробки даних система повертається до передачі відео. Завершення алгоритму відбувається лише після отримання команди на зупинку програми.

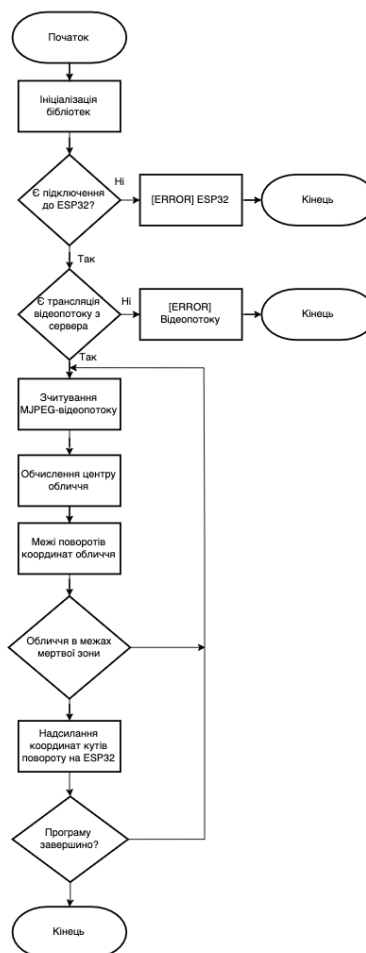


Рисунок 2.9 – Схема алгоритму роботи коду OpenCV

Алгоритм роботи коду OpenCV починається з ініціалізації бібліотек, після чого система перевіряє підключення до ESP32. Якщо підключення відсутнє, формується помилка «ERROR: ESP32» і робота завершується.

Далі перевіряється наявність відеопотоку з сервера. У випадку його відсутності генерується помилка «ERROR: Video stream» і процес також завершується.

Якщо потік доступний, виконується декодування MJPEG-відеопотоку та подальша обробка кожного кадру. Після цього система визначає центр обличчя на зображенні за допомогою моделі детекції.

Далі координати обличчя порівнюються з центральною зоною кадру. Якщо обличчя знаходиться в межах допустимого відхилення, система не виконує додаткових дій і продовжує обробку відео.

Якщо обличчя виходить за межі центральної зони, обчислюється кут повороту камери або механізму керування, і відповідні координати передаються на ESP32 для корекції положення.

Процес виконується циклічно до моменту завершення програми, після чого робота завершується.

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Реалізація практичних рішень

У розділі розглянуто практичний етап створення комп'ютеризованої системи, який передбачає реалізацію прийнятих проєктних рішень у вигляді апаратно-програмного комплексу. Основна увага приділяється налаштуванню середовища розробки, підключенню та взаємодії основних компонентів системи, а також перевірці коректності їхньої роботи.

3.1.1 Налаштування середовища розробки для програмування ESP32cam

Щоб запрограмувати модуль ESP32-CAM, використовуйте середовище Arduino IDE. Його можна завантажити з офіційного сайту (рис. 3.1).

Downloads



Рисунок 3.1 – Завантаження середовища розробки Arduino IDE

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сюрніта О.Я			Комп'ютерна система відеоспостереження, фіксації та ідентифікації динамічних та статичних об'єктів	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Стрембіцький М.О					34	9
Реценз.		Стоянов Ю.С.				ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-42		
Н. Контр.		Тиш С.В.						
Затверд.		Осуківська Г.М.						

У налаштуваннях IDE у полі "Додаткові URL для Менеджера плат" потрібно вставити посилання на пакет підтримки ESP32 (див. рис. 3.2).

Відкрийте меню Файл і виберіть Параметри.

У полі «Додаткові URL-адреси для менеджера плат» додайте посилання.

“ https://dl.espressif.com/dl/package_esp32_index.json ”.

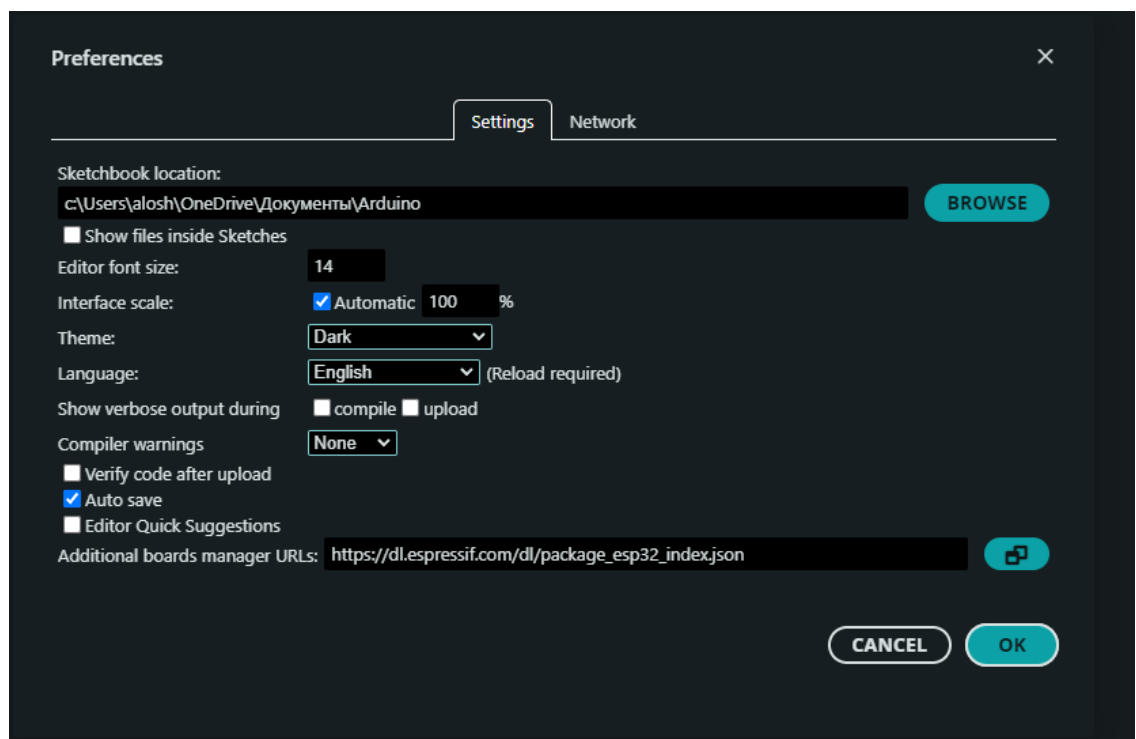


Рисунок 3.2 – Додаткові URL – адресі плат

Далі, в меню "Керування платами" відбувається встановлення офіційної бібліотеки.

Інструменти → Плати → Керування платами встановлено пакет ESP32 by Espressif Systems (рис3.3).

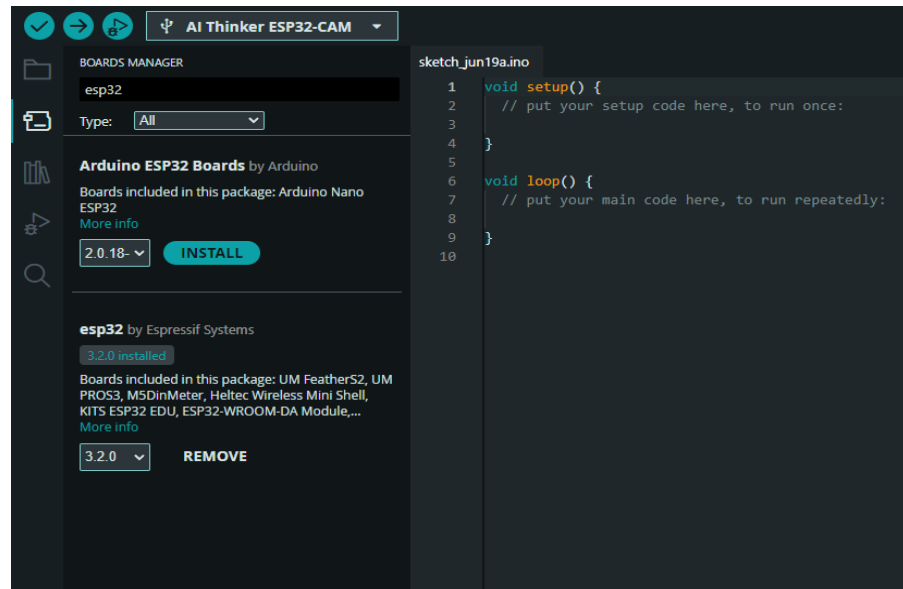


Рисунок 3.3 – Завантаження пакету ESP32 by Espressif Systems

У параметрах обирається плата AI Thinker ESP32-CAM, яка оснащена вбудованою камерою та PSRAM для передачі відео з високою чіткістю. Далі встановлюється тактова частота 240 МHz, вибирається відповідний COM-порт і швидкість завантаження 115200 бод (див. рис. 3.4).

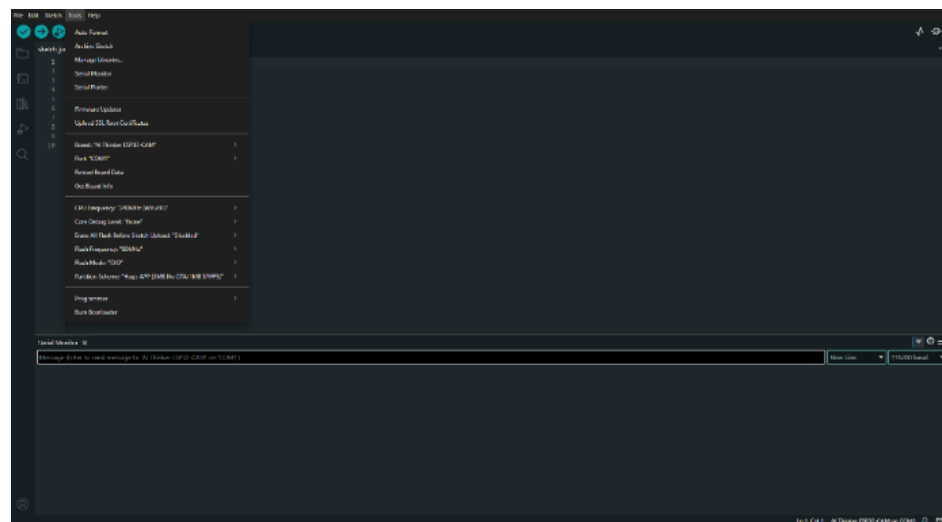


Рисунок 3.4 – Завершення налаштувань середовища розробки

Перед прошиванням пін IO0 під'єднали до GND для переведення пристрою в режим завантаження. Після натискання кнопки Upload в Arduino IDE відбулося компілювання та завантаження прошивки.

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після завершення прошивання IO0 від'єднали від GND і натиснули Reset, щоб ESP32-CAM перейшла у звичайний режим роботи. Лістинг коду програми наведено у Додатку Г.

3.1.2 Налаштування середовища розробки для роботи з OpenCV

Система обробки зображень працює на Python 3.10 або новішої версії. Будь ласка, встановіть Python з офіційного сайту.

more resources

- [Online Documentation](#)
- [PEP 719, 3.13 Release Schedule](#)
- Report bugs at <https://github.com/python/cpython/issues>
- [Help fund Python directly](#) (or via GitHub Sponsors), and support the Python community.

[Full Changelog](#)

Files

Version	Operating System	Description	MD5 Sum	File Size	GPG	Sigstore	SBOM
Gzipped source tarball	Source release		88dc0b8317cab6e4e8336995bcc577f	28.1 MB	SIG	sigstore	SPDX
XZ compressed source tarball	Source release		dbaa8833aa736eddbb18a6a5ae0c10fa	21.8 MB	SIG	sigstore	SPDX
macOS 64-bit universal2 installer	macOS	for macOS 10.13 and later	a0f126b7f757ef9db7e1d0863a6f176f	67.1 MB	SIG	sigstore	
Windows installer (64-bit)	Windows	Recommended	da9f24ae94e5b3491f3d92b07d34cc72	27.5 MB	SIG	sigstore	SPDX
Windows installer (32-bit)	Windows		d389bd8ea3a1524b043458311446c0b3	26.2 MB	SIG	sigstore	SPDX
Windows installer (ARM64)	Windows	Experimental	75b8a99cfd9d5c15771b598bc067385	26.8 MB	SIG	sigstore	SPDX
Windows embeddable package (64-bit)	Windows		370a345d8ea8bc1830a2385f24632d2	10.4 MB	SIG	sigstore	SPDX
Windows embeddable package (32-bit)	Windows		589d9d4938b4e19c9fa4de83aad3d425	9.2 MB	SIG	sigstore	SPDX
Windows embeddable package (ARM64)	Windows		0d2b5391a1df1319242f17a8339b8bc6	9.7 MB	SIG	sigstore	SPDX

Рисунок 3.6 – Завантаження Python 3.15.5

Тепер потрібно встановити бібліотеки для роботи з OpenCV через pip, вони забезпечують обробку відео, роботу з масивами та зв'язок з Arduino.

```
pip install opencv-python
pip install numpy
pip install pyserial
```

На відміну від традиційних каскадів Хаара, у цьому проєкті використовується нейромережевий детектор обличчя на базі SSD (Single Shot Detector), що гарантує вищу точність та надійність. Для реалізації цього застосовуються два DNN-файли:

- `deploy.prototxt` — архітектура моделі;
- `res10_300x300_ssd_iter_140000.caffemodel` — ваги алгоритму.

Ці файли були поміщені в директорію з Python-скриптом (рис.3.7)

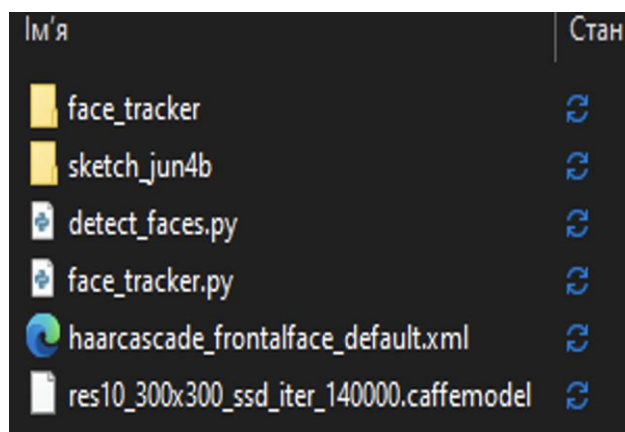


Рисунок 3.7 – Директорія комп'ютерної системи

Python-скрипт зчитує MJPEG-потік з ESP32-CAM, виділяє JPEG-кадри, передає їх у нейронну мережу для визначення координат обличчя. Якщо об'єкт знаходиться поза центральною зоною, система визначає напрямок повороту камери, обчислює новий кут і надсилає його на Arduino через COM-порт (див. Додаток Б).

3.1.3 Налаштування середовища розробки для Arduino Nano

В Arguino IDE у параметрах обирається плата Arduino Nano та COM port до якого підключений мікроконтролер (рис.3.9)

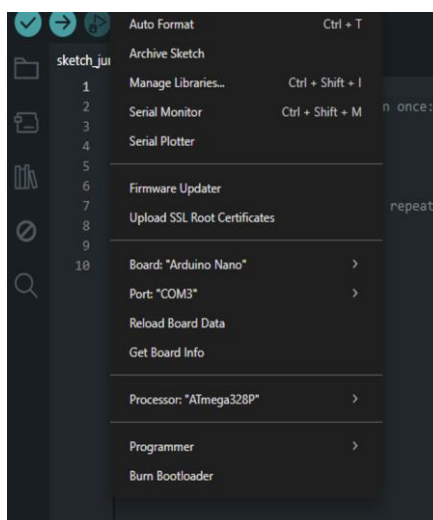


Рисунок 3.9 – Завершення налаштувань середовища розробки

Для створення керуючого сигналу використовується бібліотека Servo.h. Після отримання значення Arduino обмежує його діапазоном від 0 до 180° і надсилає відповідний PWM-сигнал на контакт, до якого приєднано сервомотор MG996R. Сервопривід обертає платформу зі смартфоном або камерою, забезпечуючи фізичне відстеження об'єкта в кадрі.

Уся логіка Arduino є простою та ефективною: обробка послідовного вводу, обчислення кута, передавання сигналу — усе функціонує з мінімальною затримкою, що дозволяє камері вчасно реагувати на зміни у положенні обличчя лістинг (рис.3.10).

```

CameraWebServer.ino: servo_control.ino
CameraWebServ app_httpd.c servo_control.ino

1  #include <Servo.h> // Підключення бібліотеки для роботи з сервоприводом
2  Servo myservo;    // Створення об'єкту сервоприводу
3  int angle = 90;   // Початковий кут сервоприводу (90° - центральне положення)
4
5  void setup() {
6    Serial.begin(9600); // Ініціалізація послідовного порту
7    myservo.attach(9);  // Підключення сервоприводу до піна D9
8    myservo.write(angle); // Встановлення початкового положення
9  }
10
11 void loop() {
12   if (Serial.available()) {
13     String input = Serial.readStringUntil('\n');
14     int new_angle = input.toInt();
15
16     new_angle = constrain(new_angle, 0, 180);
17
18     myservo.write(new_angle);
19     delay(15);
20   }
21 }
  
```

Рисунок 3.10 – Лістинг системи повороту сервоприводу

3.2 Тестування комп'ютеризованої системи

Після впровадження системи проводиться поетапне тестування всіх компонентів для перевірки їх функціональності, коректної взаємодії та відповідності заданим характеристикам.

Тестування охоплює як окремі блоки, так і систему в цілому. Спочатку перевіряється модуль ESP32-CAM. Після підключення живлення та запуску прошивки через Arduino IDE у вікні Serial Monitor відображається IP-адреса пристрою (рис. 3.11).

```

CameraWebServer.ino  app_httpd.cpp  camera_index.h  camera_pins.h  cJSON
35
36 //*****
37 //Enter your WiFi credentials
38 //*****
39 const char *ssid = "Alexey";
40 const char *password = "wif1537386";
41
42 void startCameraServer();
43 void setupLedFlash(int pin);
44
45 void setup() {
46   Serial.begin(115200);
47   Serial.setDebugOutput(true);
48   Serial.println();
49
50   camera_config_t config;
51   config.ledc_channel = LEDC_CHANNEL_0;
52   config.ledc_timer = LEDC_TIMER_0;
53   config.pin_d0 = Y2_GPIO_NUM;
54   config.pin_d1 = Y3_GPIO_NUM;
55   config.pin_d2 = Y4_GPIO_NUM;
56   config.pin_d3 = Y5_GPIO_NUM;
57   config.pin_d4 = Y6_GPIO_NUM;
58   config.pin_d5 = Y7_GPIO_NUM;
59   config.pin_d6 = Y8_GPIO_NUM;
60   config.pin_d7 = Y9_GPIO_NUM;
61   config.pin_xclk = XCLK_GPIO_NUM;
62   config.pin_pclk = PCLK_GPIO_NUM;
63   config.pin_vsync = VSYNC_GPIO_NUM;
64   config.pin_href = HREF_GPIO_NUM;
65   config.pin_sccb_sda = SIOD_GPIO_NUM;
66   config.pin_sccb_scl = SIOC_GPIO_NUM;
67   config.pin_pwdn = PWDN_GPIO_NUM;
68   config.pin_reset = RESET_GPIO_NUM;
69   config.xclk_freq_hz = 20000000;
70   config.frame_size = FRAMESIZE_SVGA;
71   config.pixel_format = PIXFORMAT_RGB565; //for streaming
  
```

Output Serial Monitor X

Message (Enter to send message to 'AI Thinker ESP32-CAM' on 'COM6')

```

load:0x3fff0030,len:4888
load:0x40078000,len:16516
load:0x40080400,len:4
load:0x40080404,len:3476
entry 0x400805b4

WiFi connecting....
WiFi connected
Camera Ready! Use 'http://192.168.1.1' to connect
  
```

Рисунок 3.11 – Перевірка відображення IP-адреси пристрою

Після введення цієї адреси у браузері користувач може переглядати відеопотік у реальному часі. Це підтверджує справність камери, правильність налаштування Wi-Fi з'єднання та роботу web-сервера. Таким чином, зображення з камери є першим підтвердженням коректної роботи модуля ESP32 (рис. 3.12).

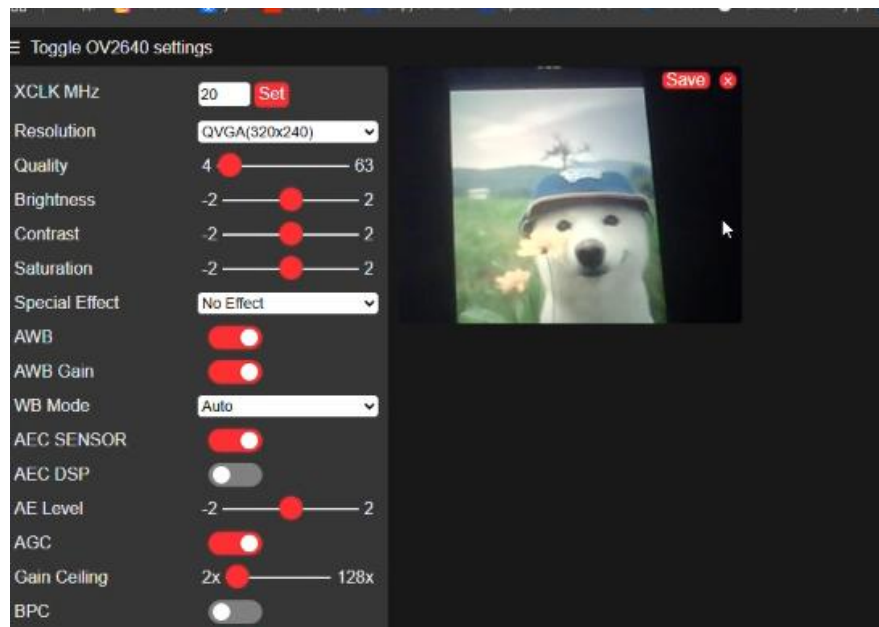


Рисунок 3.12 – Трансляція відопотоку на веб сервер

Щоб перевірити коректність роботи Python-скрипту для обробки відеоряду в реальному часі, необхідно його запустити. Після запуску у терміналі система відображає інформацію про свою роботу, зокрема поточні кути нахилу сервоприводів і дані про виявлення обличч у кадрах. За правильного налаштування всіх компонентів, Python-оточення забезпечує стабільний обмін даними з мікроконтролерами ESP32 або Arduino Nano через послідовний порт чи інші протоколи, визначені у коді. Консоль є основним інструментом для моніторингу роботи системи, що дозволяє швидко виявляти збої у зв'язку або некоректну роботу алгоритмів.

Якщо система працює безперебійно, всі повідомлення з'являються без затримок і помилок, що підтверджує успішну взаємодію програмної та апаратної частин.

Якщо обличчя виходить за межі центральної ділянки кадру ("мертвої зони"), програма визначає відхилення та надсилає команду сервоприводу. Arduino отримує числове значення кута і коригує положення привода. Тестування цього етапу необхідне для перевірки безперебійної передачі даних між комп'ютером і Arduino, а також коректної та надійної роботи сервопривода (рис. 3.14).

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

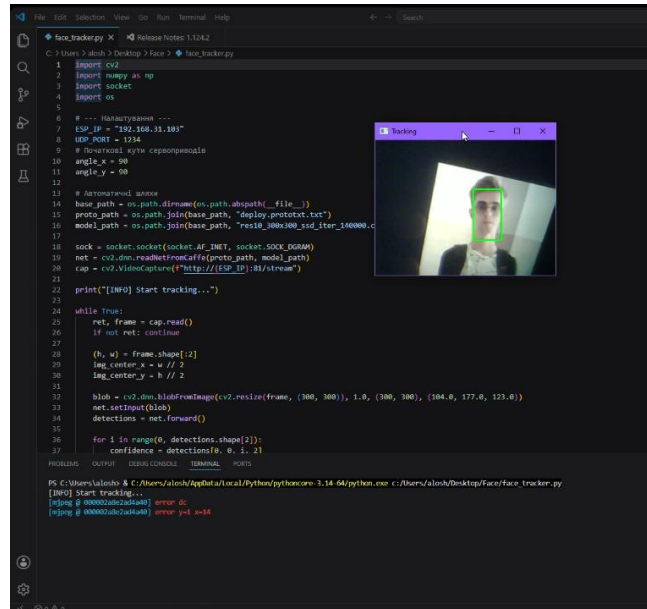


Рисунок 3.14 – Перевірка передачі інформації на ESP32

Проведене тестування підтвердило надійну роботу всіх компонентів системи, включаючи обмін інформацією та активацію виконавчих вузлів. Система стабільно працює в режимі реального часу, швидко реагує на ідентифікацію об'єктів і коректно обчислює кутові параметри.

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Загальні вимоги з охорони праці для організації робочого місця системи відеоспостереження

Організація робочого місця оператора системи відеоспостереження є важливою складовою забезпечення безпечних умов праці, оскільки така діяльність пов'язана з тривалою роботою за комп'ютером, постійним візуальним контролем зображення з камер, використанням електронного обладнання та підвищеним навантаженням на органи зору й нервову систему. Під час організації такого робочого місця необхідно враховувати вимоги Закону України «Про охорону праці», НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин», ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення», Правил улаштування електроустановок, Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів та Правил пожежної безпеки в Україні.

Робоче місце оператора системи відеоспостереження повинно бути організоване так, щоб забезпечити зручне розміщення комп'ютера, монітора або кількох моніторів, клавіатури, миші, мережевого обладнання, блоків живлення та іншої апаратури. Усі елементи робочого місця мають розташовуватися таким чином, щоб оператор міг виконувати свої обов'язки без зайвого фізичного напруження, тривалого нахилу тулуба, перенапруження рук або вимушеного положення тіла.

Відповідно до вимог охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин, робочий стіл повинен мати достатню площу для розміщення основного обладнання та документів.

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сюрніта О.Я.			Комп'ютерна система відеоспостереження, фіксації та ідентифікації динамічних та статичних об'єктів	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Стрембіцький М.О.					43	10
Консульт.		Стоянов Ю.С				ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-42		
Н. Контр.		Тиш Є.В.						
Затверд.		Осухівська Г.М.						

Монітор необхідно встановлювати перед оператором так, щоб верхня частина екрана була приблизно на рівні очей або трохи нижче. Відстань від очей до екрана має бути комфортною для сприйняття відеоінформації та не повинна спричиняти напруження зору. Клавіатура і миша повинні розміщуватися на зручній висоті, щоб руки оператора перебували у природному положенні.

Особливу увагу слід приділяти кріслу оператора. Воно має бути стійким, зручним, бажано з можливістю регулювання висоти сидіння та підтримкою спини. Правильне положення тіла під час роботи зменшує навантаження на хребет, плечовий пояс і м'язи ший. Тривале перебування в незручній позі може призводити до швидкої втоми, зниження працездатності та виникнення дискомфорту під час виконання професійних обов'язків.

Освітлення робочого місця повинно відповідати характеру виконуваної роботи. Під час роботи з системою відеоспостереження важливо уникати прямих відблисків на екрані монітора, різких перепадів яскравості та надмірного затемнення приміщення. Джерела штучного освітлення мають забезпечувати рівномірне освітлення робочої зони. Неправильне освітлення може спричиняти втому очей, зниження уваги та погіршення якості сприйняття зображення з камер.

Мікроклімат у приміщенні, де розміщене робоче місце оператора, має відповідати санітарним нормам. Необхідно забезпечити належну температуру повітря, відносну вологість і вентиляцію. Надмірна сухість повітря, підвищена температура або недостатній повітрообмін негативно впливають на самопочуття працівника, сприяють швидкій втомі та зниженню концентрації уваги. Приміщення повинно регулярно провітрюватися або бути обладнане системою вентиляції.

Під час експлуатації системи відеоспостереження необхідно дотримуватися вимог електробезпеки. Комп'ютер, монітори, камери, мережеве обладнання, блоки живлення та інші електронні компоненти мають бути справними та підключеними відповідно до технічної документації.

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Забороняється використовувати обладнання з пошкодженими кабелями, вилками, розетками, корпусами або ознаками перегрівання. Кабелі живлення та сигнальні кабелі потрібно розміщувати так, щоб вони не створювали перешкод для пересування та не могли бути випадково пошкоджені.

Усі електроприлади повинні підключатися до справної електромережі. Не допускається перевантаження розеток, використання несправних подовжувачів або саморобних з'єднань. У разі появи запаху горілого, іскріння, нестабільної роботи обладнання або перегрівання блоків живлення експлуатацію системи необхідно негайно припинити до виявлення та усунення причини несправності.

Важливою вимогою є забезпечення пожежної безпеки. У приміщенні не допускається накопичення легкозаймистих матеріалів біля електронного обладнання, блоків живлення та кабельних з'єднань. Вентиляційні отвори комп'ютерної техніки не повинні перекриватися сторонніми предметами, оскільки це може призвести до перегрівання пристроїв. Робоче місце має утримуватися в чистоті, а після завершення роботи обладнання, яке не потребує постійного функціонування, слід вимикати.

Оскільки робота оператора системи відеоспостереження пов'язана з тривалим спостереженням за відеоінформацією, важливо дотримуватися раціонального режиму праці та відпочинку. Рекомендується робити короткі перерви для зняття напруження зору, зміни положення тіла та зменшення статичного навантаження.

4.2 Вимоги електробезпеки під час експлуатації системи відеоспостереження

Під час експлуатації системи відеоспостереження необхідно дотримуватися вимог електробезпеки, оскільки до складу такої системи входять електронні та електротехнічні пристрої: персональний комп'ютер,

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

монітор або декілька моніторів, відеокамери, блоки живлення, мережеве обладнання, кабельні з'єднання та інші допоміжні компоненти.

Неправильне підключення обладнання, використання пошкоджених кабелів або несправних блоків живлення може призвести до ураження електричним струмом, короткого замикання, перегрівання пристроїв або виникнення пожежонебезпечної ситуації.

Перед початком роботи оператор або відповідальна особа повинні переконатися у справності обладнання системи відеоспостереження. Необхідно перевірити цілісність кабелів живлення, штекерів, розеток, блоків живлення, корпусів пристроїв і з'єднувальних елементів.

Забороняється використовувати обладнання з пошкодженою ізоляцією, оголеними проводами, нестійким контактом у роз'ємах, слідами перегрівання або механічними пошкодженнями. У разі виявлення несправностей експлуатацію системи потрібно припинити до їх повного усунення.

Підключення комп'ютера, моніторів, відеокамер, маршрутизаторів та інших елементів системи повинно здійснюватися лише до справної електромережі.

Не допускається перевантаження розеток великою кількістю пристроїв, використання несправних подовжувачів, саморобних перехідників або несертифікованих блоків живлення. Для підвищення надійності роботи системи доцільно застосовувати мережеві фільтри або джерела безперебійного живлення, які зменшують ризик пошкодження обладнання під час перепадів напруги.

Основні небезпечні чинники, які можуть виникати під час експлуатації системи відеоспостереження, наведено в таблиці 4.1.

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 – Основні небезпечні чинники під час експлуатації системи відеоспостереження

Небезпечний чинник	Можливі наслідки	Заходи запобігання
Пошкодження ізоляції кабелів живлення	Ураження електричним струмом, коротке замикання	Регулярна перевірка кабелів, заміна пошкоджених проводів
Перевантаження розеток або подовжувачів	Перегрівання, займання електропроводки	Використання справних розеток, мережевих фільтрів та недопущення перевантаження мережі
Використання несправних блоків живлення	Нестабільна робота системи, перегрівання, пожежонебезпека	Застосування справних і сертифікованих блоків живлення
Потрапляння вологи на електронні компоненти	Коротке замикання, вихід обладнання з ладу	Заборона розміщення рідин біля обладнання, робота лише в сухому приміщенні
Перегрівання комп'ютера, камер або мережевого обладнання	Пошкодження пристроїв, ризик займання	Забезпечення вентиляції, недопущення перекривання вентиляційних отворів
Самостійний ремонт обладнання без підготовки	Травмування, ураження електричним струмом	Ремонт лише кваліфікованими спеціалістами після відключення живлення

Кабелі живлення та сигнальні кабелі потрібно розміщувати так, щоб вони не створювали перешкод для пересування працівника, не перегиналися, не затискалися меблями та не контактували з нагрівальними приладами. Неправильне розміщення кабелів може призвести до їх пошкодження, короткого замикання або випадкового відключення обладнання. Робоче місце оператора повинно утримуватися в порядку, а доступ до розеток, вимикачів і засобів аварійного вимкнення має бути вільним.

Під час роботи системи відеоспостереження необхідно контролювати температурний стан обладнання. Блоки живлення, комп'ютер, монітори, мережеве обладнання та камери не повинні перегріватися. Вентиляційні

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

отвори пристроїв забороняється закривати паперами, тканиною або іншими предметами. Обладнання слід розміщувати так, щоб забезпечити нормальний відвід тепла та вільну циркуляцію повітря.

Оператору забороняється самостійно розбирати електронні пристрої, ремонтувати блоки живлення, відкривати корпуси обладнання під напругою або виконувати монтажні роботи без відповідної підготовки.

Усі роботи, пов'язані з ремонтом, заміною електричних елементів або усуненням складних несправностей, повинні виконуватися кваліфікованими спеціалістами з дотриманням вимог електробезпеки.

Не дозволяється торкатися електрообладнання мокрими руками, виконувати підключення або відключення пристроїв у вологому середовищі, а також розміщувати поруч із технікою ємності з рідинами. Потрапляння вологи на електронні компоненти може спричинити коротке замикання, вихід обладнання з ладу або ураження електричним струмом.

У разі появи запаху горілого, диму, іскріння, стороннього шуму, різкого нагрівання корпусу або нестабільної роботи системи відеоспостереження необхідно негайно вимкнути обладнання з електромережі та повідомити відповідальну особу. Повторне ввімкнення допускається лише після перевірки справності обладнання та усунення причини несправності.

Після завершення роботи обладнання, яке не потребує безперервного функціонування, необхідно вимкнути згідно з інструкцією з експлуатації. Якщо система відеоспостереження працює у цілодобовому режимі, вона повинна мати стабільне живлення, належну вентиляцію, захист від перенапруги та проходити періодичний технічний огляд.

					<i>КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було розроблено та досліджено комп'ютеризовану систему багатокамерного відеозапису динамічних об'єктів, побудовану на основі модулів ESP32-CAM, Arduino Nano та програмних засобів комп'ютерного зору OpenCV.

Під час виконання роботи було вирішено низку поставлених завдань.

По-перше, створено працездатну апаратно-програмну систему, яка забезпечує безперервне отримання відеопотоку, його обробку в режимі реального часу та автоматичне керування положенням камери залежно від розташування об'єкта в кадрі. Розробка базується на використанні доступних за вартістю електронних компонентів, що дозволило отримати функціональне рішення без значних матеріальних витрат. Побудована архітектура передбачає взаємодію трьох основних складових: модуля захоплення відео на базі ESP32-CAM, персонального комп'ютера з програмним забезпеченням Python та OpenCV для обробки зображень, а також виконавчого модуля на основі Arduino Nano і сервопривода. Такий підхід забезпечує модульність системи, спрощує її модернізацію та створює можливості для подальшого розширення функціоналу.

По-друге, реалізовано алгоритм автоматичного виявлення облич у відеопотоці та систему стеження за об'єктом шляхом повороту камери. Для визначення координат обличчя використано нейромережеву модель SSD (Single Shot Detector), яка забезпечує достатню точність та швидкодію під час обробки відеоданих. Отримані координати аналізуються відносно центральної області кадру, після чого формуються керуючі команди для зміни положення сервопривода. Завдяки цьому камера автоматично супроводжує об'єкт у межах свого поля зору без необхідності втручання оператора. Проведені випробування підтвердили стабільність роботи системи, коректність передачі відеопотоку та ефективність алгоритмів обробки зображень.

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

По-третє, проаналізовано можливості практичного застосування розробленої системи в галузі безпеки, автоматизованого контролю та відеомоніторингу. Відкрита архітектура програмного забезпечення дає змогу адаптувати систему до широкого спектра завдань без суттєвих змін апаратної частини.

Зокрема, перспективними напрямками використання є виявлення небезпечних ситуацій на виробничих об'єктах і будівельних майданчиках, контроль дотримання вимог охорони праці, моніторинг використання засобів індивідуального захисту, а також виявлення несанкціонованого доступу до контрольованих територій. Це дозволяє розглядати створену систему як складову майбутніх комплексів інтелектуального відеоспостереження та відеоаналітики.

Отримані результати підтверджують доцільність використання відкритого програмного забезпечення та доступної мікроконтролерної бази для створення сучасних систем комп'ютерного зору. Розроблене рішення демонструє можливість ефективного поєднання апаратних і програмних засобів для автоматизації процесів спостереження та аналізу відеоданих. Практична цінність роботи полягає у можливості подальшого вдосконалення системи та її адаптації до реальних завдань у сферах безпеки, робототехніки, автоматизації технологічних процесів і цифрового моніторингу. З огляду на стрімкий розвиток технологій штучного інтелекту та комп'ютерного зору, подібні системи мають значний потенціал для подальшого розвитку та впровадження в різних галузях діяльності.

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Жаровський Р.О., Луцик Н.С., Осухівська Г.М., Паламар А.М., Тиш Є.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» усіх форм навчання. Тернопіль: ТНТУ, 2024. 39 с.
2. Espressif Systems. ESP32-CAM Technical Reference Manual. URL: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32/resources> (дата звернення 6.03.2025р).
3. Arduino. Огляд плати Arduino Nano. Режим доступу URL: <https://docs.arduino.cc/hardware/nano> (дата звернення 6.03.2025р).
4. Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д., Пасічник В.В. Комп'ютерні мережі. Книга 2. Львів: «Магнолія 2006», 2024. 328 с.
5. Брадскі, Г., та Келер, А. Вивчення OpenCV: Комп'ютерний зір з бібліотекою OpenCV. O'Reilly Media, 2008. 580 ст.
6. Паламар М.І., Стрембіцький М.О., Паламар А.М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів. Навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ. 2019. 150 с.
7. Обласюк, А.М. Вбудовані системи керування: підручник. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2019. 276 стор.
8. Kharchenko A., Bodnarchuk I., Yatcysyn V. The Method for Comparative Evaluation of Software Architecture with Accounting of Trade-offs. American Journal of Information Systems. 2014. Vol. 2, No. 1. P. 20-25.
9. GitHub. ESP32-CAM Розпізнавання облич і приклади стрімінгу. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://github.com/espressif/esp32-camera>
10. Лупенко С.А., Пасічник В.В., Тиш Є.В. Комп'ютерна логіка. Навчальний посібник. Львів: Видавництво «Магнолія 2006», 2024. 354 с.

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

11. Lupenko S., Orobchuk O., Stadnik N., Zozulya A. Modeling and signals processing using cyclic random functions. In Proceedings of the 13th IEEE International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). Lviv, Ukraine, 11–14 September, 2018. P. 360–366.

12. Тиш Є.В. Узагальнений алгоритм синтезу компонентів комп'ютерних систем на основі мікропрограмних автоматів. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Том 36 (75), № 1, 2025. С. 247-253.

13. Tysh Ie. Approach and method of evaluation of the general reliability indicator of computer systems. International scientific journal “Computer systems and information technologies”, 3 (5). Khmelnytskyi National University. 2021. P.74-80.

14. Тиш Є.В., Шалапай Р.І. Типи вимог до комп'ютерних систем і методи їх виявлення. Матеріали XII міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (6-7 грудня 2023 року). Тернопіль: ТНТУ. 2023. С. 437.

15. Palamar A., Karpinski M., Palamar M., Osukhivska H., Mytnyk M. Remote Air Pollution Monitoring System Based on Internet of Things. CEUR Workshop Proceedings, 2nd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP 2022), Ternopil, Ukraine, November 22–24, 2022. Vol. 3309. P. 194-204.

16. Palamar A., Palamar M., Osukhivska H. Real-time Health Monitoring Computer System Based on Internet of Medical Things. CEUR Workshop Proceedings, 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP 2023), Ternopil, Ukraine, Opole, Poland, November 22–24, 2023. Vol. 3628. P. 106-115.

17. Скобло Ю. С, Соколовська Т. Б., Мазоренко Д. І., Б 40 Тіщенко Л. М., Троянов М. М. Безпека життєдіяльності, 2003. 424

					КС КРБ 123.236.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Додаток А

Технічне завдання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

“Затверджую”

Завідувач кафедри КС

_____ Осухівська Г.М.

“ __ ” _____ 2026 р.

Компютерна система комплексного відеоспостереження, фіксації та розпізнавання
і ідентифікації динамічних та статичних об'єктів

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на 9 листках

Вид робіт:

Кваліфікаційна робота

На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

«УЗГОДЖЕНО»

Керівник кваліфікаційної роботи

к.т.н., доц. Стрембіцький М.О

“ __ ” _____ 2026 р.

«ВИКОНАВЕЦЬ»

Студент групи Сіс-42

_____ Сюрпіта О.Я.

“ __ ” _____ 2026 р.

Тернопіль 2026

1 1 Загальні відомості

1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи: «Комп'ютеризована система багатокамерного відеозапису динамічних об'єктів».

Умовне позначення кваліфікаційної роботи: КС КРБ 123.244.00.00

1.2 Виконавець

Студент групи СІс-42, факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедри комп'ютерних систем та мереж, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Сюрпіта О.Я.

1.3 Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ по університету (№4/7-53 від 27.01.2026 р.)

1.4 Планові терміни початку та завершення роботи

Плановий термін початку виконання кваліфікаційної роботи – 27.01.2026 р.

Плановий термін завершення виконання кваліфікаційної роботи – 23.06.2026 р.

1.5 Порядок оформлення та пред'явлення результатів роботи

Порядок оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу здійснюється у відповідності до чинних норм та правил ISO, ЕСКД, ЕСПД та ДСТУ.

Пред'явлення проміжних результатів роботи з виконання кваліфікаційної роботи здійснюється у відповідності до графіку, затвердженого керівником роботи. Попередній захист кваліфікаційної роботи відбувається при готовності роботи – наявності пояснювальної записки та графічного матеріалу.

Пред'явлення результатів кваліфікаційної роботи відбувається шляхом захисту на відповідному засіданні ЕК, ілюстрацією основних досягнень за допомогою графічного матеріалу.

2 Призначення і цілі створення системи

2.1 Призначення системи

Система, що розробляється, призначена для:

- автоматичного спостереження за рухомими об'єктами в полі зору;
- утримання об'єкта зйомки в центрі кадру за допомогою повороту смартфона чи камери.

2.2 Мета створення системи

Метою кваліфікаційної роботи є розробка системи відеозйомки з функцією автоматичного наведення на обличчя особи.

2.3 Характеристика об'єкту

Розробляювана система призначено для використання для зйомки відео без участі оператора.

3 Вимоги до системи

3.1 Вимоги до системи в цілому

3.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

Система має складатися з:

- вбудованого модуля ESP32-CAM;
- програмного забезпечення на персональному комп'ютері;
- контролера Arduino Nano;
- сервоприводу з платформою для відеокамери.

3.1.2 Вимоги до способів та засобів зв'язку між компонентами системи

Основна вимога, що висувається до методів та засобів інформаційного обміну – це їх відповідність.

Елементи системи мусять взаємодіяти за допомогою наступних каналів:

- ESP32-CAM передає відеопотік на персональний комп'ютер через Wi-Fi з використанням протоколу HTTP;
- персональний комп'ютер обробляє відеопотік і передає координати обличчя на мікроконтролер Arduino Nano через послідовний інтерфейс UART;
- мікроконтролер керує сервоприводом через цифровий сигнал PWM.

Усі засоби зв'язку повинні бути відповідні за швидкістю, форматом даних і логікою обміну, що забезпечує надійність і безперервність функціонування системи в реальному часі.

3.1.3 Вимоги до режимів функціонування системи

Для системи визначено два режими роботи:

Нормальний режим роботи;

Аварійний режим роботи.

Головним режимом роботи є звичайний режим. Для забезпечення звичайного режиму роботи системи необхідно виконувати вимоги та дотримуватись умов експлуатації програмного забезпечення та комплексу технічних засобів системи, зазначені у відповідних технічних документах

Аварійний режим функціонування системи визначається втратою з'єднання з одним чи кількома компонентами. При цьому система мусить утримувати теперішнє положення чи автоматично відновлювати з'єднання.

3.1.4 Вимоги по діагностуванню системи

Для діагностування системи використовуються:

- інструменти моніторингу програмного забезпечення (термінал, логи-файли);
- інструменти діагностики апаратної частини (послідовний монітор Arduino, індикатори приєднання);
- елементи самодіагностики, вмонтовані у середовище.

Інструменти мають забезпечувати зручний інтерфейс задля можливості перегляду діагностичних подій, моніторингу виконання головних процесів.

3.1.5 Перспективи розвитку, проектування системи

Цю систему можна вдосконалити через застосування додаткових програмних складників, а також підключення декількох камер до одного ПК задля створення багатокамерної системи з розширеними функціями спостереження.

3.2 Показники призначення

Система має передбачати можливість розширення. Здібності масштабування мають гарантуватися засобами використовуваного базового програмного та технічного забезпечення.

Система електроживлення має забезпечувати захисне вимикання при перевантаженнях і коротких замиканнях в колах навантаження, а також аварійне ручне вимкнення.

Загальні вимоги пожежної безпеки мають відповідати нормам на побутове електрообладнання. У разі пожежі не повинні виділятися отруйні гази та дим. Після зняття електроживлення має бути доступне застосування будь-яких засобів пожежогасіння.

3.2.1 Вимоги до надійності

Система повинна забезпечувати працездатність та відновлення своїх функцій при виникненні наступних ситуацій:

- при збоях в системі електропостачання апаратної частини;
- при помилках в роботі апаратних засобів (Сервопривід, камера);
- при помилках, пов'язаних з програмним забезпеченням (ОС і драйвери пристроїв).

Для захисту апаратури від стрибків напруги і комутаційних завад повинні стабілізатори живлення та конденсатори.

3.3 Вимоги до безпеки

Зовнішні елементи технічних засобів системи, що перебувають під напругою, повинні мати захист від випадкового дотику, а самі технічні засоби мати занулення або захисне заземлення .

Система електроживлення повинна забезпечувати захисне вимикання при перевантаженнях і коротких замиканнях в колах навантаження, а також аварійне ручне вимикання.

Загальні вимоги пожежної безпеки повинні відповідати нормам на побутове електрообладнання. У разі пожежі не мають виділятися отруйні гази і дим. Після зняття електроживлення має бути доступне застосування будь-яких засобів пожежогасіння.

3.3.1 Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту і зберігання компонентів системи

Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту та зберігання компонентів системи

Мікроклімат в приміщеннях повинен відповідати нормам виробничого мікроклімату за ДСН 3.3.6.042-99:

температуру повітря в межах від +10оС до +35оС;

відносну вологість повітря при 25оС в межах від 30% до 80%;

атмосферний тиск 760 ± 25 мм рт. ст.

Періодичне технічне обслуговування використаних технічних засобів має здійснюватися відповідно до вимог технічної документації, але не рідше ніж один раз на рік.

Періодичне технічне обслуговування і тестування технічних засобів мають містити обслуговування та тестування всіх використаних засобів, зокрема: модулів ESP32-CAM, Arduino Nano, сервоприводів, джерел живлення та елементів комунікації.

На підставі результатів тестування технічних засобів повинні проводитися аналіз причин появи виявлених дефектів і вживатися заходи щодо їх ліквідації.

3.4 Вимоги до захисту інформації від несанкціонованого доступу

Система мусить забезпечувати захист від несанкціонованого доступу на рівні не нижче визначеного вимогами, що висуваються до категорії 1Д за класифікацією документа, який чинний, “Автоматизовані системи. Захист від несанкціонованого доступу до інформації. Класифікація автоматизованих систем”.

Компоненти підсистеми захисту від НСД мають забезпечувати:

ідентифікацію користувача;

перевірку повноважень користувача під час роботи з системою;
розмежування доступу користувачів.

Рівень захищеності від несанкціонованого доступу засобів обчислювальної техніки, що виконують обробку конфіденційної інформації, повинен відповідати вимогам класу захищеності згідно з вимогами документу “Засоби обчислювальної техніки. Захист від несанкціонованого доступу до інформації. Показники захищеності від несанкціонованого доступу до інформації.”

3.4.1 Вимоги по збереженню інформації при аваріях

Інформація, у разі виникнення аварійних випадків, мусить бути збережена на запасних носіях, чи дубльована у вигляді журналів логування в межах наявної файлової системи комп'ютера.

3.4.2 Вимоги по стандартизації і уніфікації

Система мусить відповідати вимогам ергономіки та зручності використання за умови комплектування високоякісним обладнанням (ЕОМ, монітор та інше устаткування), яке має необхідні сертифікати відповідності та безпеки.

3.4.3 Вимоги до функцій (завдань), що виконуються системою:

- забезпечення зручного графічного інтерфейсу користувача;
- виявлення облич у відеопотоці;
- передача координат обличчя на мікроконтролер;

4 Вимоги до документації

Документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ

Комплект документації повинен складатись з:

- пояснювальної записки;
- графічного матеріалу:
 - а) Структурна схема.
 - б) Блок схема роботи комп'ютеризованої системи.
 - в) Схема електрична принципова.
 - г) Схема електрична монтажна (з'єднань).

*Примітка: У комплект документації можуть вноситися зміни та доповнення в процесі розробки.

5 Стадії та етапи проектування

Таблиця 1 – Стадії та етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

№ етапу	Назва етапу виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання
1	Розробка технічного завдання.	27.01.2026р. – 02.02.2026р.
2	Аналіз задачі	02.05 – 05.05
3	Ознайомлення з документацією ESP32 sam	08.05 – 10.05
4	Розробка та збір комп'ютеризованої системи	11.05 – 22.05
5	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	23.05 – 25.05
6	Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу	26.05 – 02.06
7	Перевірка на академічний плагіат, перевірка керівником та консультантами	9.06 – 15.06
8	Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра	16.06.2026р. – 22.06.2026р.
9	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	25.06

6 Додаткові умови виконання кваліфікаційної роботи

Під час виконання кваліфікаційної роботи у дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.

Додаток Б. Перелік елементів									
Поз. позначення		Найменування			Кіл.		Примітка		
		Мікроконтролерний модуль							
DD1		Модуль ESP8266 NodeMCU			1				
		Персональний комп'ютер							
PC1		Персональний комп'ютер			1				
		Серводвигун							
M1		Серводвигун MG996R			1				
M2		Серводвигун MG996R			1				
		Джерело живлення							
GB1		Джерело живлення 5 В			1				

Додаток Г

Лістинг Г — Лістинг коду ESP32

```
#include "esp_camera.h"
#include <WiFi.h>
#include <WiFiUdp.h>

// ===== НАЛАШТУВАННЯ КАМЕРИ =====
#define CAMERA_MODEL_AI_THINKER
#include "camera_pins.h"

// ===== НАЛАШТУВАННЯ WI-FI =====
const char *ssid = "Alexey";
const char *password = "*****";

// ===== НАЛАШТУВАННЯ СЕРВОПРИВОДІВ =====
const int servoXPin = 12;
const int servoYPin = 13;

const int pwmFreq = 50;
const int pwmResolution = 16;

int angleX = 90;
int angleY = 90;

// ===== НАЛАШТУВАННЯ UDP =====
WiFiUDP udp;
const int udpPort = 1234;

// ===== ОГОЛОШЕННЯ ФУНКЦІЙ =====
void startCameraServer();

void setServo(int pin, int angle) {
    angle = constrain(angle, 0, 180);

    // Перетворення кута 0-180° у PWM-сигнал для сервоприводу
    int duty = map(angle, 0, 180, 1638, 8192);

    ledcWrite(pin, duty);
}

// ===== ПОЧАТКОВЕ НАЛАШТУВАННЯ =====
void setup() {
    Serial.begin(115200);
    Serial.setDebugOutput(true);

    // ----- Конфігурація камери -----
    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_sccb_sda = SIOD_GPIO_NUM;
config.pin_sccb_scl = SIOC_GPIO_NUM;

config.pin_pwdn = PWDN_GPIO_NUM;
config.pin_reset = RESET_GPIO_NUM;

config.xclk_freq_hz = 200000000;
config.pixel_format = PIXFORMAT_JPEG;

config.frame_size = FRAMESIZE_SVGA;
config.jpeg_quality = 10;
config.fb_count = 1;

if (psramFound()) {
    config.jpeg_quality = 5;
    config.fb_count = 2;
    config.grab_mode = CAMERA_GRAB_LATEST;
}

// ----- Ініціалізація камери -----
if (esp_camera_init(&config) != ESP_OK) {
    Serial.println("[ERROR] Camera initialization failed");
    return;
}

sensor_t *s = esp_camera_sensor_get();

if (s->id.PID == OV3660_PID) {
    s->set_vflip(s, 1);
    s->set_brightness(s, 3);
    s->set_saturation(s, -2);
    s->set_contrast(s, 1);
    s->set_gainceiling(s, (gainceiling_t)3);
}

s->set_framesize(s, FRAMESIZE_QVGA);

// ----- Ініціалізація сервоприводів -----
ledcAttach(servoXPin, pwmFreq, pwmResolution);
ledcAttach(servoYPin, pwmFreq, pwmResolution);

setServo(servoXPin, angleX);
setServo(servoYPin, angleY);

// ----- Підключення до Wi-Fi -----
WiFi.begin(ssid, password);
WiFi.setSleep(false);

Serial.print("WiFi connecting");

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
}

Serial.println("\nWiFi connected");
Serial.print("IP address: ");
Serial.println(WiFi.localIP());

// ----- Запуск UDP -----
udp.begin(udpPort);
Serial.println("UDP server is ready");

```

```

// ----- Запуск вебсервера камери -----
startCameraServer();

Serial.println("Camera server is ready");
}

// ===== ОСНОВНИЙ ЦИКЛ ПРОГРАМИ =====
void loop() {
    int packetSize = udp.parsePacket();

    if (packetSize) {
        char incoming[50];
        int len = udp.read(incoming, sizeof(incoming) - 1);

        if (len > 0) {
            incoming[len] = '\0';
        }

        int receivedX;
        int receivedY;

        // Очікуваний формат повідомлення: "кутX,кутY"
        if (sscanf(incoming, "%d,%d", &receivedX, &receivedY) == 2) {
            angleX = constrain(receivedX, 0, 180);
            angleY = constrain(receivedY, 0, 180);

            setServo(servoXPin, angleX);
            setServo(servoYPin, angleY);

            Serial.print("Servo X: ");
            Serial.print(angleX);
            Serial.print(" | Servo Y: ");
            Serial.println(angleY);
        }
    }

    // ----- Контроль стану Wi-Fi -----
    if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        Serial.println("[ERROR] WiFi disconnected. Restarting...");
        delay(3000);
        ESP.restart();
    }

    delay(10);
}

```

Лістинг Г.2 — Програмний код Python для розпізнавання обличчя та передавання координат на ESP32-CAM

```
import cv2
import numpy as np
import socket
import os

# ===== НАЛАШТУВАННЯ ПІДКЛЮЧЕННЯ =====
ESP_IP = "192.168.31.103"
UDP_PORT = 1234

# ===== ПОЧАТКОВІ КУТИ СЕРВОПРИВОДІВ =====
angle_x = 90
angle_y = 90

# ===== ШЛЯХИ ДО МОДЕЛІ РОЗПІЗНАВАННЯ =====
base_path = os.path.dirname(os.path.abspath(__file__))

proto_path = os.path.join(
    base_path,
    "deploy.prototxt.txt"
)

model_path = os.path.join(
    base_path,
    "res10_300x300_ssd_iter_140000.caffemodel"
)

# ===== ІНІЦІАЛІЗАЦІЯ UDP ТА НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ =====
sock = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_DGRAM)

net = cv2.dnn.readNetFromCaffe(
    proto_path,
    model_path
)

# Отримання відеопотоку з ESP32-CAM
cap = cv2.VideoCapture(f"http://{ESP_IP}:81/stream")

print("[INFO] Face tracking started")

# ===== ОСНОВНИЙ ЦИКЛ РОБОТИ =====
while True:
    ret, frame = cap.read()

    if not ret:
        continue

    h, w = frame.shape[:2]

    img_center_x = w // 2
    img_center_y = h // 2

    # Підготовка кадру для нейронної мережі
    blob = cv2.dnn.blobFromImage(
        cv2.resize(frame, (300, 300)),
        1.0,
        (300, 300),
        (104.0, 177.0, 123.0)
    )

    net.setInput(blob)
    detections = net.forward()
```

```

for i in range(detections.shape[2]):
    confidence = detections[0, 0, i, 2]

    if confidence > 0.6:
        box = detections[0, 0, i, 3:7] * np.array(
            [w, h, w, h]
        )

        x1, y1, x2, y2 = box.astype("int")

        face_center_x = (x1 + x2) // 2
        face_center_y = (y1 + y2) // 2

        # ----- Обчислення кута повороту по горизонталі -----
        if abs(face_center_x - img_center_x) > 20:
            if face_center_x < img_center_x:
                angle_x += 2
            else:
                angle_x -= 2

        # ----- Обчислення кута повороту по вертикалі -----
        if abs(face_center_y - img_center_y) > 20:
            if face_center_y < img_center_y:
                angle_y -= 2
            else:
                angle_y += 2

        # Обмеження діапазону роботи сервоприводів
        angle_x = int(np.clip(angle_x, 0, 180))
        angle_y = int(np.clip(angle_y, 0, 180))

        # Формування та передавання UDP-повідомлення
        message = f"{angle_x},{angle_y}"

        sock.sendto(
            message.encode(),
            (ESP_IP, UDP_PORT)
        )

        # Відображення області розпізнаного обличчя
        cv2.rectangle(
            frame,
            (x1, y1),
            (x2, y2),
            (0, 255, 0),
            2
        )

        cv2.circle(
            frame,
            (face_center_x, face_center_y),
            4,
            (0, 0, 255),
            -1
        )

        break

cv2.imshow("Face Tracking", frame)

if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord("q"):
    break

# ===== ЗАВЕРШЕННЯ РОБОТИ =====

```

```
cap.release()  
cv2.destroyAllWindows()  
sock.close()
```