

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Комп'ютеризована система спостереження та моніторингу
за зоною автономної автомобільки

Виконав: студент IV курсу, групи CI-41
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Вітюк Д.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Яцишин В.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Луцик Н.С.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Осухівська Г.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Никитюк В.В.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

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)

« ____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Вітюку Данилу Максимовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютеризована система спостереження та моніторингу за зоною автономної автомобільки

Керівник роботи Яцишин Василь Володимирович, к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом ректора від «27» січня 2025 року № 4.7-53

2. Термін подання студентом завершеної роботи 16.06.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи Мікроконтролер на базі Arduino Uno 4, мікроконтролер ESP32, камера сумісна з мікроконтролерами, моделі розпізнавання зображень, сенсор руху

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

Вступ. 1. Аналіз функціональних вимог і прототипів комп'ютеризованих систем управління автомобільками. 2. Проектування комп'ютеризованої системи спостереження та моніторингу за автономною зоною автомобільки 3. Програмне забезпечення мікроконтролерів комп'ютеризованої системи. 4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. Висновки

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

1. Архітектура комп'ютеризованої системи.

2. Структурна схема комп'ютеризованої системи.

3. Схема підключення компонентів комп'ютеризованої системи.

4. Блок-схема алгоритму роботи комп'ютеризованої системи

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>Пилипець М.І., д.т.н., проф., каф. МТ</i>		

7. Дата видачі завдання _____

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 функціональних вимог і прототипів комп'ютеризованих систем управління автомобілями</i>	<i>02.02-03.03</i>	<i>Викон.</i>
3.	<i>Проектування комп'ютеризованої системи спостереження та моніторингу за автономною зоною автомобіля</i>	<i>04.03-25.04</i>	<i>Викон.</i>
4.	<i>Програмне забезпечення мікроконтролерів комп'ютеризованої системи</i>	<i>25.04-18.05</i>	<i>Викон.</i>
5.	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>19.05-28.05</i>	<i>Викон.</i>
6.	<i>Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу</i>	<i>28.05-07.06</i>	<i>Викон.</i>
7.	<i>Перевірка на академічний плагіат, перевірка керівником та консультантами</i>	<i>9.06 – 15.06</i>	<i>Викон.</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>23.06.2025</i>	<i>Викон.</i>

Студент

(підпис) *Вітюк Данило Максимович*

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис) *Яцишин Василь Володимирович*

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Вітюк Д.М. Комп'ютеризована система спостереження та моніторингу за зоною автономної автомийки: робота на здобуття ступеня бакалавра: спец. 123 – комп'ютерна інженерія. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

Ключові слова: система, спостереження, моніторинг, автомийка.

У кваліфікаційній роботі проведено комплексне дослідження принципів побудови сучасних комп'ютеризованих систем керування та моніторингу в умовах автономного функціонування обладнання автомийок. Розглянуто переваги й недоліки існуючих технічних рішень в галузі автоматизованого обслуговування транспортних засобів та обґрунтовано доцільність створення системи, що поєднує апаратні сенсори, виконавчі механізми та інтелектуальні алгоритми обробки даних.

В основі роботи системи – використання модуля ESP32-CAM із попередньо навченою моделлю на платформі Edge Impulse, а також контролера Arduino UNO R4, який керує виконавчими механізмами та реагує на сигнали з датчиків і кнопок.

Апаратна частина системи включає мікроконтролер Arduino UNO R4, драйвер A4988, кроковий двигун NEMA17, реле для керування водяною помпою, датчики кінцевого положення платформи, а також звукову та світлову індикацію. Програмна логіка реалізована в середовищі Arduino IDE з використанням FreeRTOS, що забезпечує незалежну паралельну обробку подій.

ANNOTATION

Vitiuk D.M. Computerized observation and monitoring system for the autonomous car wash area. Bachelor's Graduation Thesis: speciality 123 — computer engineering. Ternopil: Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2025.

Keywords: system, watching, monitoring, car wash.

The qualification thesis presents a comprehensive study of the principles for developing modern computerized control and monitoring systems under conditions of autonomous operation of car wash equipment. The work examines the advantages and disadvantages of existing technical solutions in the field of automated vehicle servicing and substantiates the feasibility of designing a system that integrates hardware sensors, actuators, and intelligent data processing algorithms.

At the core of the system's operation is the use of an ESP32-CAM module with a pre-trained model deployed via the Edge Impulse platform, as well as an Arduino UNO R4 controller, which manages actuators and responds to signals from sensors and buttons.

The hardware components of the system include the Arduino UNO R4 microcontroller, A4988 stepper motor driver, NEMA17 stepper motor, relay for controlling the water pump, limit switches for platform positioning, as well as sound and light indicators. The software logic is implemented using the Arduino IDE environment with FreeRTOS, enabling parallel and independent event processing.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВИМОГ І ПРОТОТИПІВ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ АВТОМІЙКАМИ.....	9
1.1 Аналіз особливостей характеристик комп'ютеризованої системи спостереження та моніторингу за автономною зоною автомійки.....	9
1.2 Аналіз систем управління сучасними автомійками.....	18
РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ТА МОНІТОРИНГУ ЗА АВТОНОМНОЮ ЗОНОЮ АВТОМІЙКИ	23
2.1 Архітектура комп'ютеризованої системи спостереження та моніторингу автомійки	23
2.2 Мікроконтролер управління на базі Arduino UNO R4.....	27
2.3 Мікроконтролер ESP32-CAM.....	30
2.4 Кроковий двигун NEMA17 та драйвер A4988.....	32
2.5 Водяна помпа у системі автомійки	37
2.6 Проектування схеми електричної принципової та схеми підключення компонентів комп'ютеризованої системи.....	39
РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ.....	43
3.1 Розробка загального алгоритму роботи програмного забезпечення комп'ютеризованої системи	43

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Комп'ютеризована система спостереження та моніторингу за автономною зоною автомійки		
Розроб.		Вітюк Д.М.					
Перевір.		Яцишин В.В.					
Реценз.							
Н. Контр.		Луцик Н.С.					
Затверд.		Осухівська Г.М.			ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41		
					Літ.	Арк.	Аркушів
						6	

3.2 Системне програмне забезпечення контролера управління Arduino UNO R4.	46
3.3 Реалізація програмного забезпечення для виявлення транспортного засобу та людини (мікроконтролер ESP32-CAM).....	52
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	59
4.1 Вимоги до режимів праці і відпочинку при роботі з ВДТ	59
4.2 Вплив діяльності людини на довкілля.....	61
ВИСНОВКИ	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	67
Додаток А Технічне завдання	
Додаток Б Перелік елементів	

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Інформатизація та стрімке впровадження комп'ютерних систем у виробничі, побутові та сервісні процеси охоплює дедалі ширші сфери діяльності. Особливого значення такі технології набувають у галузях, що пов'язані з обслуговуванням споживачів, де автоматизація дозволяє мінімізувати участь людини, підвищити точність та ефективність виконання операцій. Однією з таких сфер є індустрія автомобільного сервісу, зокрема – функціонування автомийок.

Сьогодні попит на автоматизовані та автономні мийні системи зростає, що зумовлено необхідністю зменшення експлуатаційних витрат, забезпечення безперервності обслуговування, а також зниженням ризиків, пов'язаних з людським фактором. Одночасно з цим важливим залишається питання безпеки та ефективного контролю за простором роботи автомийки, особливо в умовах повної або часткової автономності. Технології комп'ютерного зору, мікроконтролерного керування та інтелектуального аналізу даних дозволяють розширити функціональність таких систем, підвищуючи їх гнучкість та адаптивність.

Актуальність теми обумовлена потребою у розробці комп'ютеризованої системи спостереження та моніторингу для зони автономної автомийки, яка не лише розпізнає присутність транспортного засобу, а й забезпечує виявлення людей у потенційно небезпечній зоні. Такий підхід забезпечує інтеграцію інтелектуальних технологій в інфраструктуру автомийок та створює умови для безпечної, ефективної й самостійної роботи обслуговуючих систем.

Метою даної роботи є проєктування та реалізація апаратно-програмного комплексу, що здатен здійснювати моніторинг, розпізнавання об'єктів та керування процесом миття на основі сигналів від сенсорів, результатів роботи моделей комп'ютерного зору та програмної логіки, реалізованої на базі мікроконтролерів Arduino та ESP32-CAM.

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВИМОГ І ПРОТОТИПІВ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ АВТОМИЙКАМИ

1.1 Аналіз особливостей характеристик комп'ютеризованої системи спостереження та моніторингу за автономною зоною автомийки

Комп'ютеризована система спостереження та моніторингу за зоною автономної автомийки розробляється як «розумна система» управління мийкою авто та представляє собою інноваційне рішення, яке поєднує передові технології штучного інтелекту та автоматизацію і є альтернативою традиційному процесу миття автомобілів. Для того, щоб досягти безпеки експлуатації автомийки необхідно використовувати Edge Impulse, який дає змогу застосовувати розширений набір методів і засобів виявлення об'єктів. При цьому виконується ідентифікація присутності людини у зоні автомийки тим самим, зменшуючи ризик аварій. Окрім функцій спостереження та моніторингу зони автономної мийки авто, комп'ютеризована система повинна забезпечити автоматизацію всього циклу миття з визначеним рівнем ефективності, шляхом оптимізації використання води та значного скорочення втрат ресурсів. Такий підхід дозволяє не лише підвищити безпеку та надійність функціонування автомийки, але й сприяє сталому розвитку екологічного середовища. Система спрямована на оптимізацію операцій миття автомобілів, роблячи їх безпечнішими, розумнішими та ресурсоефективнішими.

Комп'ютеризована система спостереження та моніторингу за зоною автономної автомийки призначена для автоматичного виявлення транспортних засобів та людей, які перебувають у зоні дії мийки. Таке спостереження та моніторинг необхідне для унеможливлення перебування водія транспортного

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Вітюк Д.М.			Аналіз функціональних вимог і прототипів комп'ютеризованих систем управління автомийками			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Яцишин В.В.								9	
Реценз.								ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41			
Н. Контр.		Луцик Н.С.									
Затверд.		Осухівська Г.М.									

засобу у небезпечній зоні високого тиску води і своєчасне сповіщення оператора автомийки про потенційну небезпеку. Окрім цього, система повинна забезпечувати управління та контроль за подачею води в автономну зону для миття авто.

Вода подається лише у випадку, коли у визначеній зоні наявний автомобіль та відсутній водій. Ідентифікація наявності людини повинна бути реалізована із застосування методів і засобів штучного інтелекту. В якості апаратного засобу отримання зображення повинна використовуватися відеокамера, сумісна з мікроконтролерами, які керують подачею води на автомийці.

Основна ціль побудови комп'ютеризованої системи полягає у підвищенні ефективності роботи автономної автомийки шляхом впровадження автоматизованих процесів спостереження та моніторингу, які орієнтовані на ідентифікацію транспортних засобів і наявність людей у зоні миття авто та контролю стану зони обслуговування.

Досягнення мети роботи можливе при розв'язанні сукупності наступних задач:

- проведення аналізу специфіки і технічних характеристик існуючих рішень при побудові систем моніторингу та управління автомийками;
- розробка структурної та функціональної архітектури комп'ютеризованої системи спостереження та моніторингу за автономною зоною миття авто;
- обґрунтування вибору апаратного забезпечення комп'ютеризованої системи (камери, сенсори, контролери);
- розробка схеми підключення компонентів системи;
- реалізація програмного забезпечення для збору, обробки та відображення даних;
- проведення тестування системи та оцінка її ефективності.

Комп'ютеризована система, яка проектується у кваліфікаційній роботі, характеризується інноваційністю рішень та підходів, зокрема в контексті

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

застосування інтернету речей та штучного інтелекту, а саме – комп’ютерного зору.

Основними характеристиками системи є здатність в автоматичному режимі виявляти у зоні миття автомобілів сам транспортний засіб, а також забезпечувати управління подачі води високого тиску при виявленні у цій зоні людини.

Система повинна використовувати методи і засоби комп’ютерного зору для виявлення людини у потенційно небезпечній зоні шляхом аналізу відеопотоку, яке отримується з відеокамери. Камера спрямована на визначену область для миття авто і постійно фіксує зміни. Відеокамера повинна бути підключена та узгоджена з мікроконтролером, який здатний забезпечити можливість передачі даних до мікроконтролера управління подачею води, а також його апаратні ресурси повинні відповідати можливостям ефективного функціонування моделі машинного навчання при вирішенні задач комп’ютерного зору.

У випадку, коли у зону потрапляє людина, спрацьовує тригер, що отримує результати розпізнавання з попередньо навченої моделі виявлення об’єктів. Після цього повинно бути відправлено повідомлення до мікроконтролера управління мийкою авто, який надсилає сигнал до помпи та відключає реле для подачі води. Окрім цього, для забезпечення якості виконання робіт щодо миття транспортних засобів, у комп’ютеризованій системі повинно бути передбачена можливість управління кроковим двигуном. Кроковий двигун забезпечує повертання форсунок, які розпилюють воду та інші хімічні елементи, які використовуються в процесі миття автомобіля.

Для забезпечення безпеки функціонування автономної автомийки необхідно передбачити можливість підключення звукового сповіщувача – зумера. Зумер повинен спрацьовувати у випадку, коли людина потрапляє у зону дії високого тиску води. Це є сигналом як для самої людини, так і для оператора автомийної станції.

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Окрім цього, для аварійного вимкнення подачі води, потрібно передбачити можливість апаратного відключення подачі води, зокрема передбачити можливість застосування фізичних кнопок.

Управління автомийкою передбачає також наявність програмно-апаратних елементів увімкнення, вимкнення та перезавантаження комп'ютеризованої системи.

Вимоги, що висуваються до комп'ютеризованої системи спостереження та моніторингу за зоною автономної автомийки, умовно можна поділити на дві частини: функціональні та нефункціональні. Функціональні вимоги потрібно враховувати як при проектуванні апаратної складової системи, так і програмної. Оскільки, управління комп'ютеризованою системою здійснюється через апаратні елементи керування, то нефункціональні вимоги повинні враховувати вимоги зручності використання, ергономіки. Нефункціональні вимоги до програмного забезпечення, зокрема, в контексті виявлення людей у зоні автономної автомийки включають вимоги надійності та продуктивності.

Основними функціональними вимогами, які висуваються до комп'ютеризованої системи спостереження та моніторингу за автономною зоною автомийки є:

- можливість отримання відеопотоку в режимі реального часу з відеокамери, підключеної до мікроконтролера;
- можливість ідентифікації транспортного засобу та людини у зоні дії підвищеного тиску води при митті авто;
- можливість безпроводної передачі сигналів небезпеки на центральний мікроконтролер управління;
- здатність автоматичного відключення подачі води з високим тиском у випадку виявлення людини;
- здатність керувати помпою для подачі води через реле;
- здатність апаратного аварійного відключення подачі води;
- можливість фіксувати стан і позиціонування форсунок при автоматичному митті авто;

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- здатність повертати форсунки у вихідне положення при виникненні аварійної ситуації;
- можливість запускати звуковий сигнал безпеки при виявленні людини у зоні автономної мийки авто;
- можливість донавчати модель ідентифікації транспортного засобу та людей у зоні автономної мийки.

На програмному рівні комп'ютеризованої системи повинні бути реалізовані наступні вимоги:

- здатність виявляти транспортні засоби та людей з точністю не нижче 93%;
- здатність реагувати на появу та розпізнавання людей до 2 с.
- можливість надсилання сповіщення на центральний мікроконтролер з інтервалом не більшим, ніж 1 с;
- можливість постійного спостереження та моніторингу за станом зони автономної мийки автомобілів;
- можливість логування стану апаратних складових комп'ютеризованої системи;
- можливість програмно-апаратного перезапуску комп'ютеризованої системи;
- здатність програмного відновлення попереднього стану комп'ютеризованої системи.

У комп'ютеризованій системі спостереження та моніторингу за зоною автономної автомийки необхідно передбачити використання двох мікроконтролерів: мікроконтролер для збору відеоінформації та інтелектуального виявлення транспортних засобів і людей; мікроконтролер управління комп'ютеризованою системою.

Зв'язок між двома мікроконтролерами повинен забезпечуватися шляхом безпроводної передачі даних з використанням технології WiFi. До першого мікроконтролера фізично під'єднується тільки відеокамера, а сам контролер

повинен містити вбудований WiFi-модуль. До мікроконтролера управління підключаються:

- реле;
- помпа для подачі води;
- кнопки керування та аварійного вимкнення автомийки;
- кроковий двигун, що відповідає за рух форсунок при митті авто;
- зумер, що спрацьовує у випадку виникнення небезпечної ситуації

(появи людини у зоні автомийки).

Таким чином при організації комп'ютеризованої системи основними способами підключення компонентів є безпроводна технологія WiFi і провідникове підключення у відповідності до інтерфейсів компонентів системи.

Діагностування комп'ютеризованої системи спостереження та моніторингу за зоною автономної автомийки передбачає виконання перевірки працездатності як кожного компонента окремо, так і комплексної діагностики підсистем.

Перевірка працездатності апаратних компонентів повинна виконуватися під час їх ініціалізації та шляхом аналізу файлів логування щодо стану елементів системи при роботі як в штатному, так і в поза штатній ситуації.

Діагностичній перевірці підлягають мікроконтролер, що відповідає за взаємодію з камерою та інтелектуальну ідентифікацію транспортних засобів і людей у потенційно небезпечній автономній зоні автомийки. Найбільш важливий діагностиці повинен піддаватися контролер управління автомийкою. В процесі його діагностики перевіряється зв'язок з мікроконтролером виявлення об'єктів у зоні автомийки та зумер, який сповіщає про виникнення небезпечної ситуації. Окрім цього, проводиться діагностування апаратних кнопок аварійного вимкнення подачі води під високим тиском та керування позиціонуванням. В якості індикаторів роботи автомийки використовуються світлодіоди: зелений колір – автомийка вільна для використання, червоний колір – автомийка зайнята, тобто в процесі обслуговування автомобілів.

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До діагностичних заходів також належить перевірка коректності фізичних з'єднань між компонентами комп'ютеризованої системи.

Серед перспектив розвитку та відповідно модернізації комп'ютеризованої системи потрібно відмітити можливість розширення функціональності, зокрема підключення додаткових датчиків, наприклад, температури навколишнього середовища та вологості. Це дозволить на основі значень, одержаних від сенсорів, оптимально виконувати підігрів води та виконувати дозування хімічних речовин для миття транспортних засобів. Окрім цього, перспективними завданнями є організація та інтеграція елементів комп'ютеризованої системи у загальний процес управління автомийкою. Це передбачає можливість онлайн резервування місць для миття автомобілів, а також трекінг та формування звітності щодо ефективності використання автомийки.

Зазначені розширені функціональні властивості забезпечать можливість масштабування автономних зон автомийки та підвищать продуктивність і пропускну здатність при обслуговуванні клієнтів.

Комп'ютеризована система спостереження та моніторингу за зоною автономної автомийки повинна забезпечувати високий рівень надійності, оскільки від правильності функціонування системи залежить здоров'я водіїв, які користуються послугами миття транспортних засобів. Для забезпечення цієї характеристики у системі необхідно передбачити високу якість розпізнавання об'єктів, які захоплює відеокамера.

Окрім цього, з точки зору функціональності, що пов'язана з надійністю роботи комп'ютеризованої системи, потрібно передбачити можливість аварійного апаратного відключення подачі води під тиском в автономну зону автомийки.

Система повинна проводити спостереження та моніторинг в режимі реального часу та адекватно реагувати на появу як транспортного засобу, так і людини. Надійність системи також повинна бути забезпечена у випадку тимчасової зупинки роботи станції автомийки з подальшим поверненням до стану перед тим як відбулось відключення.

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Надійність каналу передачі даних при комунікації мікроконтролерів також повинна бути на високому рівні, зокрема, це стосується відсутності перешкод в області дії сигналу.

Апаратні компоненти комп'ютеризованої системи повинні відповідати заявленим характеристикам і забезпечувати повноту функцій, які на них покладені. Надійність функціонування програмного забезпечення повинна бути забезпечена на системному рівні, що передбачає визначений рівень продуктивності та адекватності кожного з програмних компонентів. Фізичне підключення компонентів також повинно відповідати критеріям надійності, оскільки від цього залежить здатність отримувати, передавати та відображати інформацію.

Вимоги до функціональності і задач, виконання яких повинна забезпечувати комп'ютеризована система спостереження та моніторингу за автономною зоною автомийки, представляють собою здатність реалізовувати базові функції автомийки з підвищеним рівнем безпеки для водіїв.

Функція виявлення транспортних засобів та людей у визначеній зоні автомийки повинна бути реалізована як інтелектуальний сервіс, що функціонує на базі мікроконтролера. Перед цим, модель інтелектуального виявлення об'єктів повинна бути додатково навчена на реальному наборі даних. Відеопотік повинен отримуватися з камери, підключеної до мікроконтролера. Програмне забезпечення мікроконтролера повинно мати можливість надсилати сповіщення у випадку виявлення людей у небезпечній зоні до мікроконтролера управління автомийкою.

Мікроконтролер управління повинен забезпечування виконання таких функцій як:

- можливість отримання даних через безпроводний канал зв'язку;
- управління помпою подачі води у зону автономної автомийки;
- керування кроковим двигуном для визначення позиціонування форсунок при мийці транспортного засобу;

- можливість увімкнення та вимкнення звукового сигналу зумера у випадку виникнення небезпечної ситуації;
- можливість візуального відображення стану автомийки за допомогою світлодіодів;
- здатність ручного керування вимкненням автомийки та позиціонування і керування програмами миття транспортних засобів.

Таким чином, комп'ютеризована система спостереження та моніторингу за автономною зоною автомийки, повинна забезпечувати здатність виконання основних функцій миття авто в автоматичному режимі з підвищеним рівнем надійності та безпеки для водіїв і випадкових людей, які можуть потрапити у небезпечну зону.

Вимогами до комп'ютеризованої системи спостереження та моніторингу за автономною зоною автомийки в контексті апаратного забезпечення є надійність, продуктивність та функціональність у відповідності до задач, які повинна забезпечувати система. Основними апаратними компонентами системи повинні бути:

- мікроконтролер для отримання відеопотоку з камери та виявлення транспортних засобів і людей у небезпечній зоні – пропонується ESP32-CAM;
- Мікроконтролер управління процесами автоматичної мийки авто та взаємодією із контролером виявлення людей – пропонується Arduino UNO R4;
- сигнальні світлодіоди – інтепретують стан автомийки;
- зумер – звуковий сповіщувач про небезпечну ситуацію;
- кроковий двигун і драйвер – забезпечує рух платформи на якій встановлено форсунки розпилення води під високим тиском;
- реле напруги на 5В;
- помпа для подачі води.

Основними вимогами до програмного забезпечення є сумісність та підтримка мобільних платформ мікроконтролерів, які використовуються у комп'ютеризованій системі спостереження та моніторингу за автономною зоною автомийки.

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Системне програмне забезпечення мікроконтролера управління повинно бути реалізованим за допомогою мови програмування C++, а модель та прикладне програмне забезпечення для роботи мікроконтролера опрацювання зображень відеокамери повинно підтримувати мову програмування Python.

1.2 Аналіз систем управління сучасними автомийками

У сучасному світі автоматизація та інтеграція Інтернету речей (IoT) відіграють ключову роль у підвищенні ефективності та якості послуг у багатьох галузях, включаючи автомийки. Серед існуючих типів автомийок, доцільно розглянути особливості їх функціонування та можливості щодо інтеграції IoT компонентів для управління та контролю за процесами миття транспортних засобів [1].

Найбільш простим способом помити автомобіль з використанням засобів автоматизації є ручні автомийки самообслуговування. На рис. 1.1 показано зовнішній вигляд таких систем.



Рисунок 1.1 – Автомийка самообслуговування компанії Karcher

До основних компонентів керування таких систем належать механічні або електронні таймери та перемикачі, що дозволяють клієнту обирати програму

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

мийки (вода, піна, віск, сушка) та контролювати час подачі ресурсів. Окрім цього, на мийках присутні апаратно-програмні комплекси систем оплати, які можуть приймати готівку, зчитувати банківські картки, або приймати наперед куплені жетони.

Характерною особливістю такого класу автомийок є наявність простих сенсорів, які дозволяють вимірювати рівень води або хімічних речовин у відповідних ємностях звідки відбувається їх подача для зони миття транспортних засобів. Це запобігає роботі автомийки в сухому режимі [2].

Модернізація таких автомийок можлива завдяки впровадженню IoT-пристроїв. Перевагами, які забезпечить експлуатація пристроїв інтернету речей, є дистанційний моніторинг. Це дозволяє відстежувати рівень води та активної піни, тиску води, споживання електроенергії в реальному часі і забезпечує миттєву реакцію операторів у випадку нестачі ресурсів або появи технічних несправностей.

Окрім цього, застосування IoT компонентів дає змогу проводити аналіз даних щодо зносу обладнання (наприклад, pomp, форсунок) для планування профілактичного обслуговування до виникнення поломки.

Підсумовуючи, розвиток простих автомийок можливий за рахунок впровадження нових технологій з використанням IoT елементів, що дозволить оптимізувати ресурси автомийок, автоматизувати збір даних щодо використання різних програм при митті транспортних засобів, а також забезпечити віддалене керування при увімкненні/вимкненні постів, перезавантаженні системи, зміни налаштувань [2-3].

Інший тип автомийок, який широко застосовується як в Україні, так і за кордоном – автоматичні порталні автомийки. На рис. 1.2 показано одну з реалізацій такого типу автомийки. Основними компонентами автоматичних порталних автомийок є програмовані логічні контролери (PLC), які контролюють рух порталу, роботу щіток, подачу води, піни, воску, сушки згідно з обраною програмою.

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.2 – Вигляд автоматичної порталної автомийки

До складу системи керування порталною автомийкою входить широкий спектр датчиків, починаючи від оптичних та ультразвукових, які використовуються для визначення габаритів автомобіля, а також сенсори положення, тиску води та безпеки.

Для користувачів та оператора автомийки використовується панель управління, що забезпечує можливість вибору типу програми для миття авто та власне запуску самого процесу. Також у PLC доволі часто інтегрують системи оплати [4].

Потенціал впровадження і застосування IoT компонентів при організації такого типу автомийок включає в себе:

- віддалену діагностику та моніторинг – детальний моніторинг стану кожного компонента (двигуни, насоси, щітки, форсунки) у реальному часі, виявлення несправностей та попереджувальні сигнали;
- оптимізація процесу миття транспортного засобу – налаштування програм мийки на основі даних про забруднення автомобілів (через інтегровані

камери зі штучним інтелектом) або погодних умов, що дозволяє економити ресурси та покращувати якість мийки;

- моніторинг споживання електроенергії та води для оптимізації їх використання.

- управління чергою, яка реалізується шляхом інтеграції з системами бронювання через мобільні додатки.

Ще один поширений тип автомийок - тунельні автомийки. Типовий вигляд тунельної автомийки показаний на рис. 1.3.

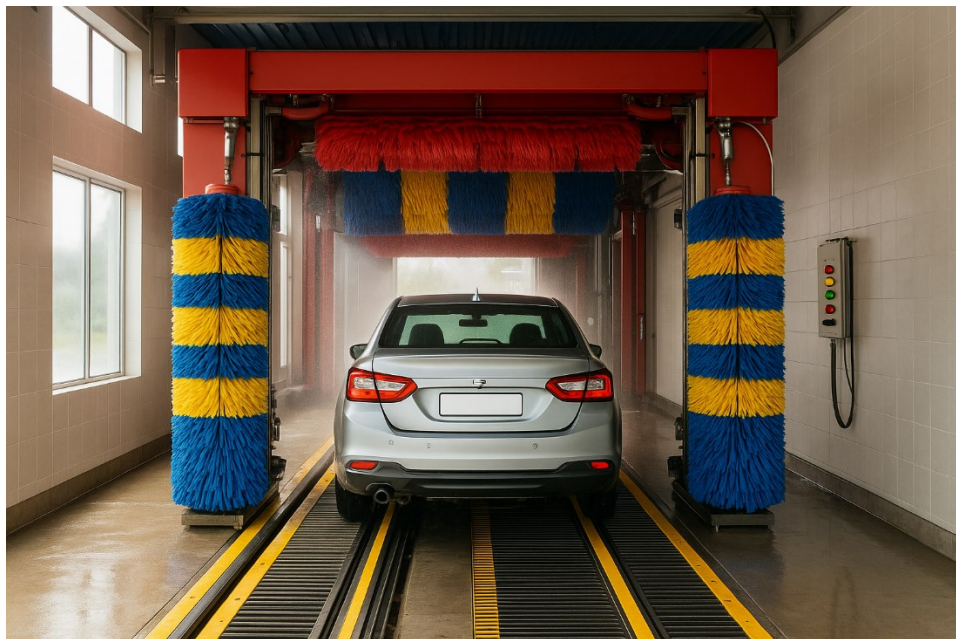


Рисунок 1.3 – Тунельна автомийка

Як і у випадку порталних автомийок, у тунельних використовуються централізовані комплексні системи управління, що забезпечують координацію роботи численних модулів (попереднє змочування, різні види щіток, миття дисків, сушка, полірування) у послідовному тунелі [5].

У тунельних типах автомийок застосовуються розширені мережі датчиків для точного позиціонування автомобіля, контролю швидкості конвеєра, виявлення перешкод та моніторингу роботи кожного модуля.

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для візуалізації та диспетчеризації всього процесу використовуються SCADA-системи, які дозволяють операторам контролювати та налаштовувати роботу мийки.

Тунельні автомийки можна модернізовувати шляхом інтеграції розумних пристроїв для забезпечення повного контролю над кожним етапом мийки, моніторингу споживання ресурсів кожним модулем, при виявленні відхилень від показників роботи компонентів системи від норми.

Зважаючи на той факт, що такий тип автомийки дозволяє збирати велику кількість даних з датчиків, за допомогою додатково інтегрованих IoT пристроїв можна виконувати предиктивну аналітику та обслуговування системи.

Провівши аналіз трьох різних типів автомийок, можна констатувати, що усі вони все ще потребують функціональної оптимізації та модернізації. Одним з шляхів підвищення ефективності таких комп'ютеризованих систем управління є застосування IoT та засобів штучного інтелекту, що дозволить збільшити операційну ефективність, покращити якість надання послуг, скоротити експлуатаційні витрати і водночас забезпечити високий рівень задоволеності клієнтів.

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						22
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ТА МОНІТОРИНГУ ЗА АВТОНОМНОЮ ЗОНОЮ АВТОМИЙКИ

2.1 Архітектура комп'ютеризованої системи спостереження та моніторингу автономийки

Комп'ютеризована система спостереження та моніторингу за автономною зоною автономийки представляє собою різновид системи розумного миття автомобілів. Така система є інноваційним рішенням, яке поєднує передові технології штучного інтелекту та автоматизацію з метою революціонізації традиційного процесу миття автомобілів. Застосування платформи Edge Impulse дає змогу донавчити модель штучного інтелекту для розширеного виявлення об'єктів. При цьому система забезпечує безпеку експлуатації, ідентифікуючи присутність людини та зменшуючи ризик аварій. Для підвищення ефективності процесів автономийки, система автоматизує весь цикл миття, оптимізуючи використання води та значно зменшуючи втрати ресурсів. Цей екологічний підхід не лише підвищує безпеку та надійність, але й сприяє сталому розвитку. Система спрямована на оптимізацію операцій миття автомобілів, роблячи їх безпечнішими, розумнішими та ресурсоефективнішими [6].

Принцип функціонування систем миття автомобілів з рухомою платформою на якій розташовано форсунки для подачі води та хімічних речовин передбачає наявність визначеної зони для автоматичного миття автомобіля. При цьому кроковий двигун забезпечує пересування платформи вздовж автомобіля, а миття відбувається за рахунок форсунок, які розташовані на рамі платформи. Подача води та інших хімічних речовин виконується водяною помпою. Для управління процесом подачі води та рухом платформи використовується, а

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Вітюк Д.М.			Проектування комп'ютеризованої системи спостереження та моніторингу за автономною зоною автомобіля				Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Яцишин В.В.									23	
Реценз.									ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41			
Н. Контр.		Луцик Н.С.										
Затверд.		Осухівська Г.М.										

також забезпечення безпеки водіїв пропонується застосувати мікроконтролер Arduino UNO R4.

Безпосереднє спостереження та моніторинг за автономною зоною автомийки повинен виконувати інший мікроконтролер. До функцій такого мікроконтролера належить захоплення відеопотоку з камери, що підключена до нього та розпізнавання об'єктів, які знаходяться у цій зоні. Даний мікроконтролер повинен підтримувати можливість розпізнавання транспортних засобів та людей з використанням моделі штучного інтелекту, що базується на алгоритмах комп'ютерного зору. Для вирішення цієї задачі пропонується використати мікроконтролер ESP32-CAM [4].

Враховуючи вимоги та результати аналізу, проведеного у першому розділі кваліфікаційної роботи, загальну структуру комп'ютеризованої системи на апаратному рівні можна представити у вигляді, як показано на рис. 2.1.

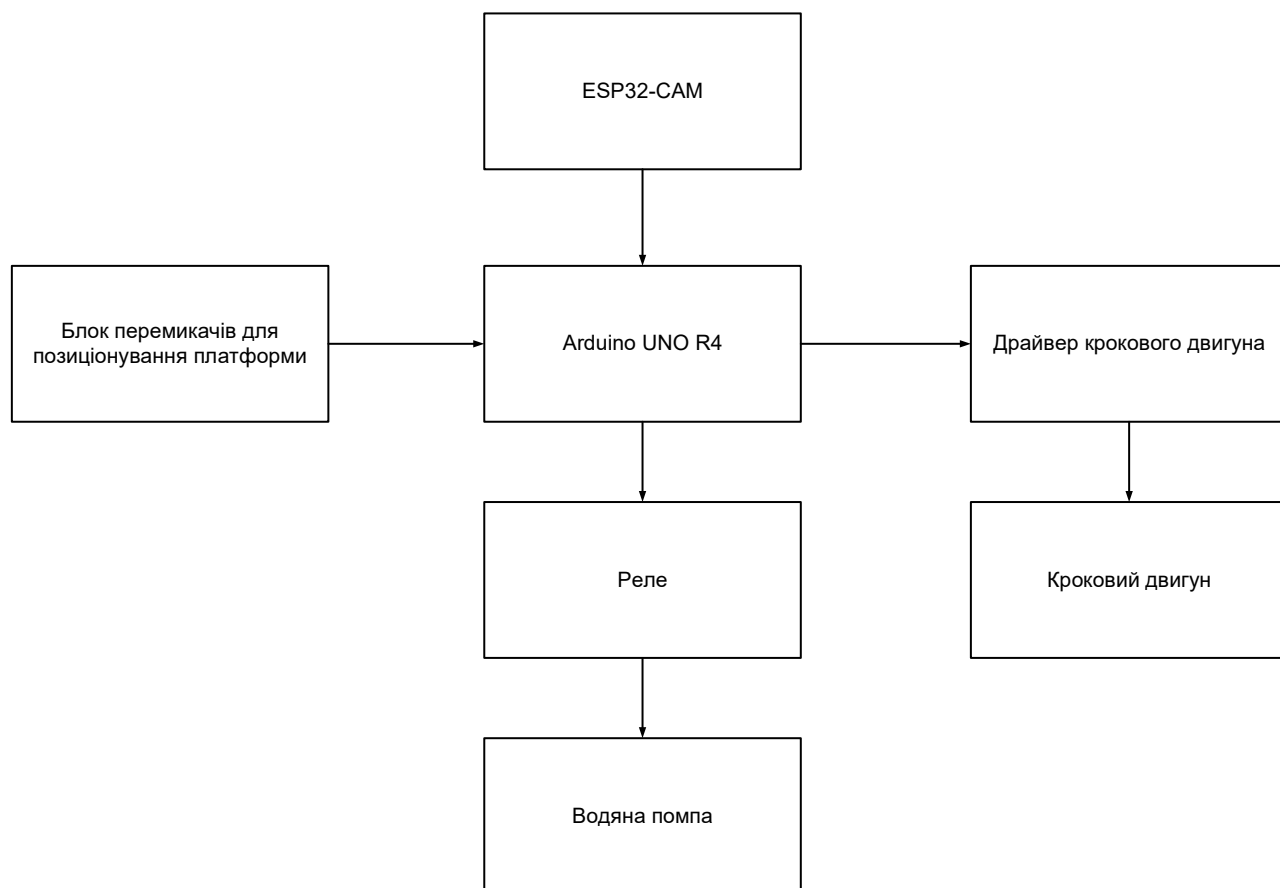


Рисунок 2.1 – Базова структура комп'ютеризованої системи спостереження та моніторингу за зоною автомийки

З приведеної на рис. 2.1 базової структури комп'ютеризованої системи видно, що для її ефективної роботи необхідно забезпечити комунікацію між двома мікроконтролерами – контролер керування автомийкою Arduino UNO R4 та контролер спостереження і моніторингу на базі ESP32-CAM.

До контролера управління через реле підключається водяна помпа, що забезпечує подачу і тиск води у форсунках на рамі пересувної платформи. Окрім цього, важливо забезпечити рух платформи та її позиціювання. Для вирішення цієї задачі застосується блок кінцевих перемикачів і кроковий двигун, що підключається через відповідний привід (драйвер) [7].

З метою підвищення безпеки та аналізу стану комп'ютеризованої системи, до схеми (рис. 2.1) необхідно передбачити можливість підключення звукового сигналізатора та світлодіодів, а також кнопку перезавантаження комп'ютеризованої системи. Більш детальну архітектуру комп'ютеризованої системи спостереження та моніторингу за автономною зоною автомийки на рівні підсистем представлено на рис. 2.2.

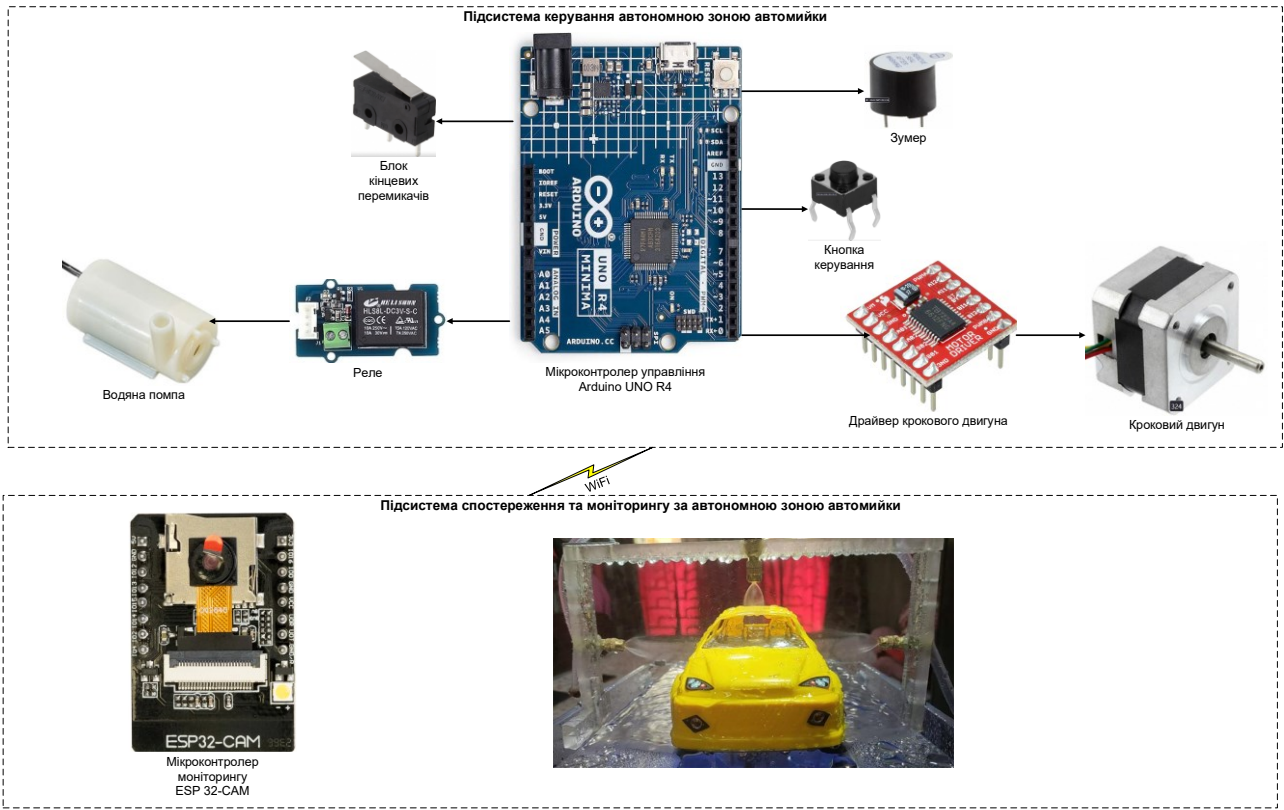


Рисунок 2.2 – Архітектура комп'ютеризованої системи на рівні підсистем

Як видно з рис. 2.2 комп'ютеризовану систему спостереження та моніторингу за автономною зоною автомийки можна розглядати на рівні двох підсистем:

- підсистема керування – забезпечує керування пристроями для миття автомобілів;
- підсистема спостереження та моніторингу – забезпечує контроль в режимі реального часу за зоною для миття авто шляхом отримання даних з відеокамери.

Такий підхід дає можливість організувати повноцінний прототип системи та забезпечити високий рівень надійності та безпеки при обслуговуванні клієнтів автомийки. Для реалізації комп'ютеризованої системи необхідно визначити компоненти, проаналізувати їх технічні характеристики, розробити схему електричну принципову з метою забезпечення можливості подальшого прототипування. Окрема задача при організації системи полягає у розробці програмної моделі для інтелектуального виявлення об'єктів, зокрема транспортних засобів та людей, а також системного програмного забезпечення для ефективного управління пристроями та комунікації між мікроконтролерами.

Перелік апаратних складових, необхідних для проектування та реалізації комп'ютеризованої системи спостереження та моніторингу за автономною зоною автомийки включає в себе:

- мікроконтролер Arduino UNO R4;
- мікроконтролер ESP32-CAM;
- реле;
- водяна помпа;
- зумер;
- світлодіоди;
- привід (драйвер) крокового двигуна;
- кроковий двигун;
- блок кінцевих перемикачів;
- кнопка перезавантаження комп'ютерної системи.

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

2.2 Мікроконтролер управління на базі Arduino UNO R4

Мікроконтролер Arduino UNO R4 представляє собою оновлену версію класичної плати Arduino UNO, яка поєднує високу обчислювальну потужність, сучасні інтерфейси та простоту використання. Вона ідеально підходить для побудови комп'ютеризованих систем управління, що потребують збору та обробки даних у реальному часі.

До основних технічних характеристик цього мікроконтролера належать представлені у табл. 2.1 дані [5].

Таблиця 2.1 – Основні технічні характеристики Arduino UNO R4

Мікроконтролер	Renesas RA4M1 ARM Cortex-M4, 48 МГц
Пам'ять Flash	256 КБ
Оперативна пам'ять (RAM)	32 КБ
Напруга живлення	5В (USB або зовнішнє джерело)
Логічна напруга	5В
Кількість цифрових входів/виходів	14 (з них 6 PWM)
Кількість аналогових входів	6
Комунікаційні інтерфейси	UART I2C SPI USB CAN WiFi (через модуль ESP32/ESP8266)
Додатково	Вбудований 12-бітний ЦАП RTC операційний підсилювач

На рис. 2.3 показано зовнішній вигляд мікроконтролера, що використовується в якості контролера управління автономною зоною автомийки.

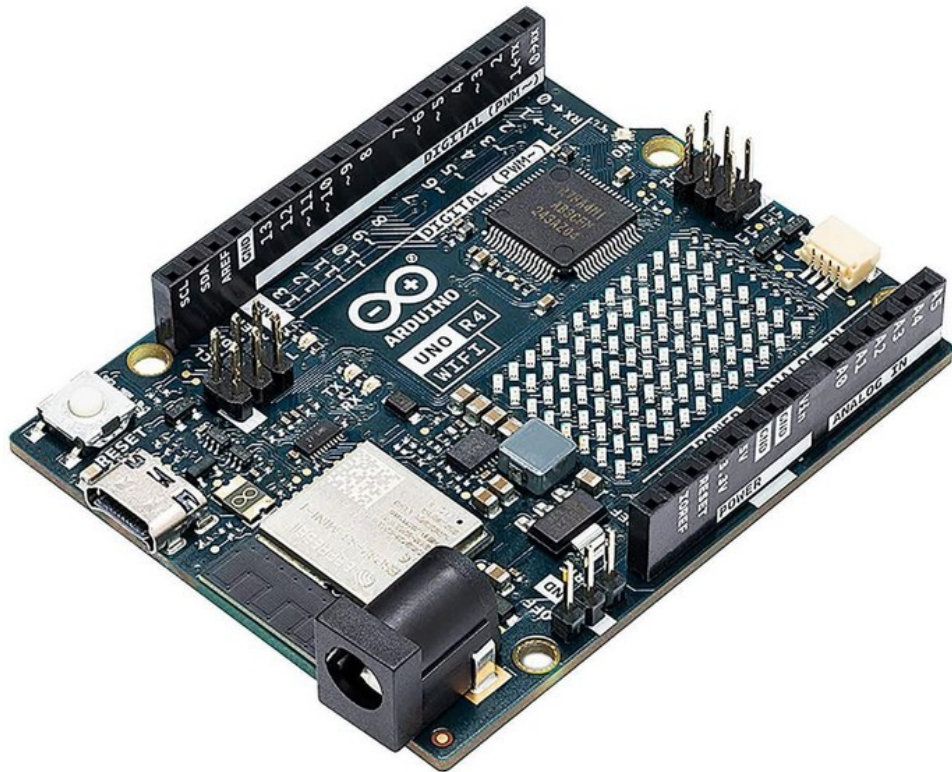


Рисунок 2.3 – Контролер управління автономною зоною автомийки

У даному випадку, Arduino UNO R4 виконує роль центрального контролера у комп'ютеризованій системі управління, забезпечуючи збір даних від сенсорів, керування виконавчими пристроями (двигуни, реле, насос), обмін даними через інтерфейс WiFi, реалізацію алгоритмів управління в реальному часі, можливість інтеграції із зовнішніми модулями та хмарними сервісами.

Комунікаційні інтерфейси, які можуть бути використані при застосуванні Arduino UNO R4 включають:

- UART – для підключення GSM, GPS, комп'ютера;
- I2C – для сенсорів та дисплеїв;
- SPI – для карт пам'яті, дисплеїв TFT;
- CAN – для промислових мереж;
- WiFi – для бездротового обміну даними.

Типи портів і структурна схема мікроконтролера Arduino UNO R4 продемонстрована на рис. 2.4 [1].

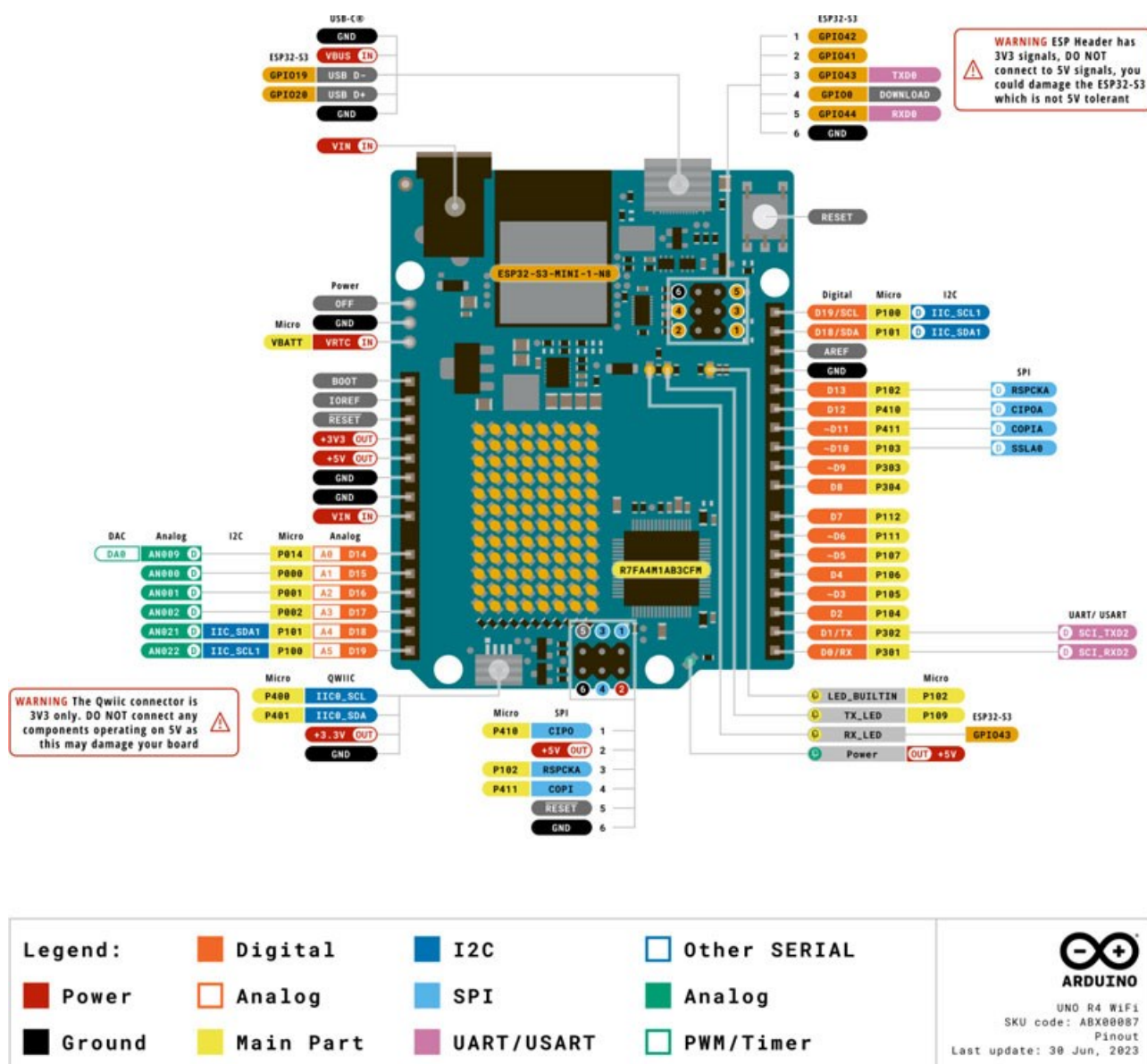


Рисунок 2.3 – Структурна схема Arduino Uno R4

До переваг застосування Arduino UNO R4 у комп'ютеризованих системах управління потрібно віднести високу обчислювальна потужність при опрацюванні сигналів у режимі реального часу. Окрім цього, він підтримує сучасні інтерфейси для підключення датчиків і модулів, а також доволі простий при програмуванні завдяки розвинутій екосистемі Arduino. Мікроконтролер здатний забезпечити надійну роботу 24/7, що особливо важливо при організації

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

комп'ютеризованої системи спостереження та моніторингу за автономною зоною автономії.

2.3 Мікроконтролер ESP32-CAM

У комп'ютеризованій системі спостереження та моніторингу за зоною автономної автономії використовується мікроконтролер ESP32-CAM, що є універсальним модулем для реалізації систем комп'ютерного зору. Він застосовується при моніторингу і поєднує мікроконтролер ESP32 з камерою OV2640. Модуль дозволяє реалізувати захоплення зображень, передавання їх по Wi-Fi, а також обробку даних у реальному часі.

Найбільш важливі технічні характеристики ESP32-CAM представлені у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Основні характеристики ESP32-CAM

Параметри мікроконтролера	Значення характеристик
Процесор	Tensilica Xtensa LX6 Двоядерний 240 МГц
Оперативна пам'ять (PSRAM)	4 МБ
Flash-пам'ять	4 МБ
Камера	OV2640 2 Мп 1600x1200 пікселів
Підтримка Wi-Fi	802.11 b/g/n
Підтримка MicroSD-карт	так
GPIO	до 9 доступних виводів
Інтерфейси	UART, SPI, I2C, PWM, ADC
Робоча напруга	3.3В

ESP32-CAM виконує функцію основного модуля захоплення, передавання та опрацювання візуальних даних у комп'ютеризованих системах. Основні можливості, які здатний забезпечити даний мікроконтролер полягають у захопленні та передачі зображень і відео в реальному часі через Wi-Fi. Окрім цього, в межах реалізації комп'ютеризованої системи спостереження та моніторингу за зоною автономної автоматички даний модуль здійснює опрацювання кадрів для виявлення людей і транспортних засобів.

Існує можливість інтеграції ESP32-CAM з серверами для збереження та обробки даних, а також локального збереження на карті пам'яті MicroSD. Даний модуль може працювати повністю в автономному режимі без додаткових пристроїв.

Комунікаційні інтерфейси, якими володіє даний тип мікроконтролера, забезпечують надійну передачу даних і включають в себе [3]:

- Wi-Fi – передача даних на сервер або хмару;
- UART – налагодження та обмін даними;
- SPI, I2C – підключення додаткових модулів та сенсорів;
- GPIO – керування світлодіодами, реле, іншими пристроями.

Зовнішній вигляд ESP32-CAM показано на рис. 2.4.



Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд ESP32-CAM

Виводи і порти модуля ESP32-CAM показані на рис. 2.5.

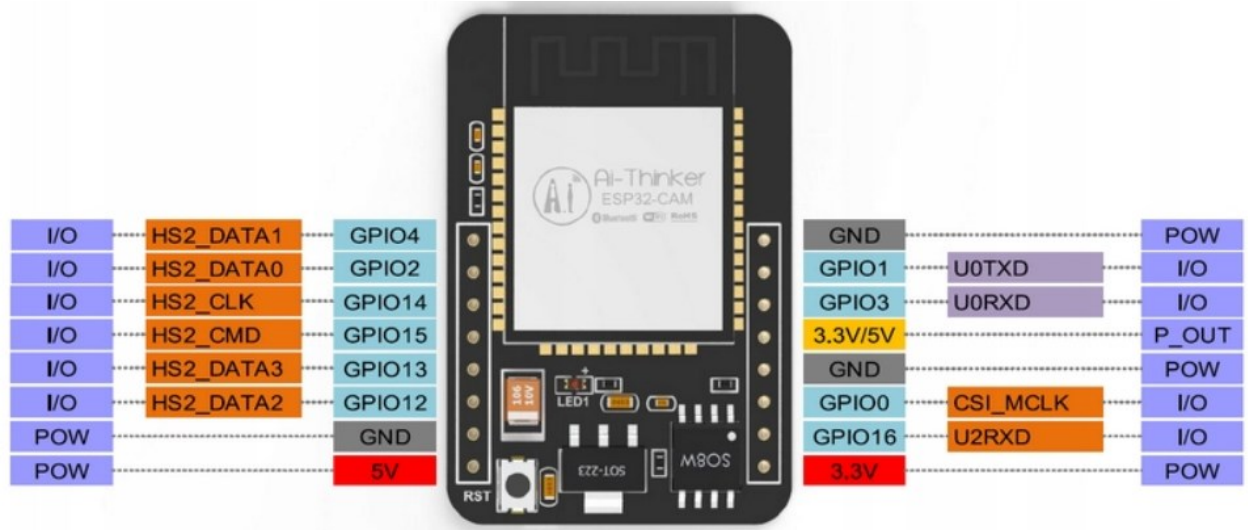


Рисунок 2.5 – Порти і виводи ESP32-CAM

Переваги використання ESP32-CAM у системах спостереження та моніторингу полягають в інтеграції камери та контролера як єдиного цілого. Даний мікроконтролер підтримує також технологію Wi-Fi для бездротової передачі даних, а його потужності вистачає для забезпечення можливості обробки зображень прямо на пристрої [9].

Окрім цього, важливими перевагами ESP32-CAM відносно інших типів мікроконтролерів такого класу є доступна вартість та компактний розмір, простота програмування та інтеграції в існуючі системи.

2.4 Кроковий двигун NEMA17 та драйвер A4988

Одним з основних компонентів комп'ютеризованої системи спостереження та моніторингу за автономною зоною автомийки є кроковий двигун, який забезпечує рух платформи на якій розміщені форсунки. Кроковий двигун NEMA17 – це електромеханічний пристрій, який перетворює електричні імпульси у точне кутове переміщення вала. Завдяки своїй конструкції і високій точності, він широко використовується у системах автоматизації, 3D-принтерах, робототехніці та комп'ютеризованих системах управління [10].

На рис. 2.5 представлено двигун NEMA17.

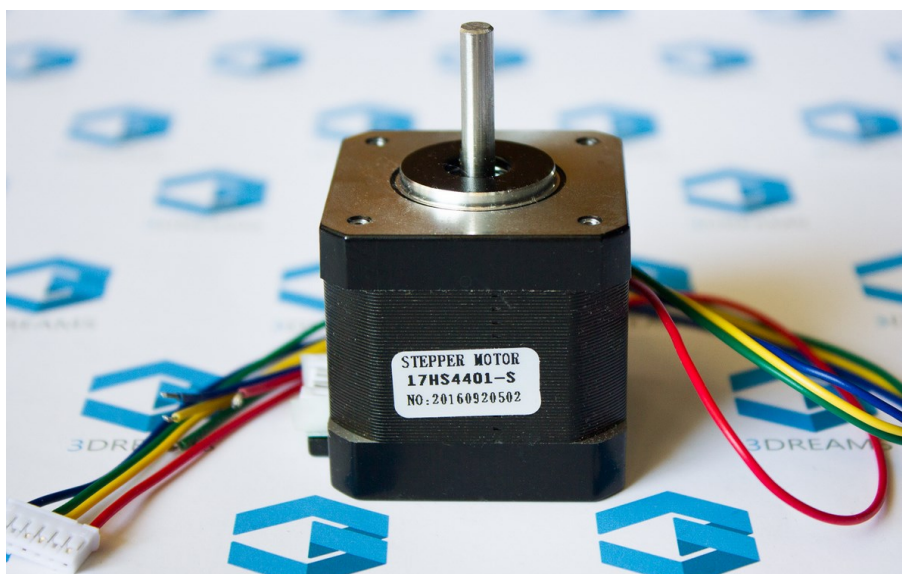


Рисунок 2.5 – Кроковий двигун NEMA17

Найбільш важливі та інформативні характеристики використаного крокового двигуна показано у табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Характеристики крокового двигуна NEMA17

Характеристика	Значення
Типорозмір	NEMA17 (42 x 42 мм)
Кут повороту за один крок	1.8° (200 кроків на оберт)
Номінальний струм	1.7 А на фазу
Опір обмотки	1.5 Ом
Напруга живлення	2.55 В
Максимальний тримальний момент	40 Н·см
Індуктивність обмотки	2.8 мГн

Кроковий двигун NEMA17 використовується як виконавчий елемент у системах, де потрібна висока точність позиціонування.

Для прикладу, даний пристрій може бути застосований при керуванні поворотом або нахилом камери у системах відеоспостереження.

У випадку проектованої комп'ютеризованої системи кроковий двигун забезпечує привід та управління рухом механізмів подачі води або мийних засобів. Широке використання даного типу двигуна спостерігається при виконанні автоматичних рухів у виробничих лініях або лабораторних пристроях, а також у системах автоматичного завантаження/розвантаження. Обмотка та виводи крокового двигуна представлено на рис. 2.6.

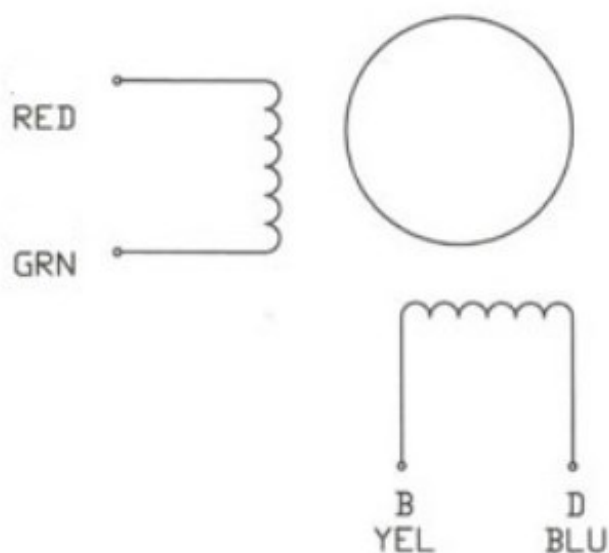


Рисунок 2.6 – Обмотки крокового двигуна NEMA17

Двигун серії NEMA17 підключається через драйвер крокового двигуна (наприклад, A4988 або DRV8825), який формує сигнали STEP та DIR для керування напрямком і кількістю кроків. Типове підключення обмоток двигуна наведено у табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Підключення крокового двигуна до драйвера A4988

Фаза	Колір провідника
Фаза A+	Червоний
Фаза A-	Синій
Фаза B+	Зелений
Фаза B-	Чорний

Схема підключення крокового двигуна та драйвера представлена у табл. 2.5 та на рис. 2.7.

Таблиця 2.5 – Підключення виводів драйвера та крокового двигуна

Компонент	Вивід	Підключення до Arduino UNO R4
A4988	VMOT	+12V зовнішнє живлення
A4988	GND (живлення)	GND зовнішнє живлення
A4988	VDD	5V Arduino
A4988	GND (логіка)	GND Arduino
A4988	STEP	D3 (або інший цифровий пін)
A4988	DIR	D2 (або інший цифровий пін)
A4988	EN (необов'язково)	GND або керування з Arduino
A4988	1A, 1B, 2A, 2B	До фаз A+/A-, B+/B- NEMA17
NEMA17	Червоний, синій, зелений, чорний	Відповідно до фаз на A4988

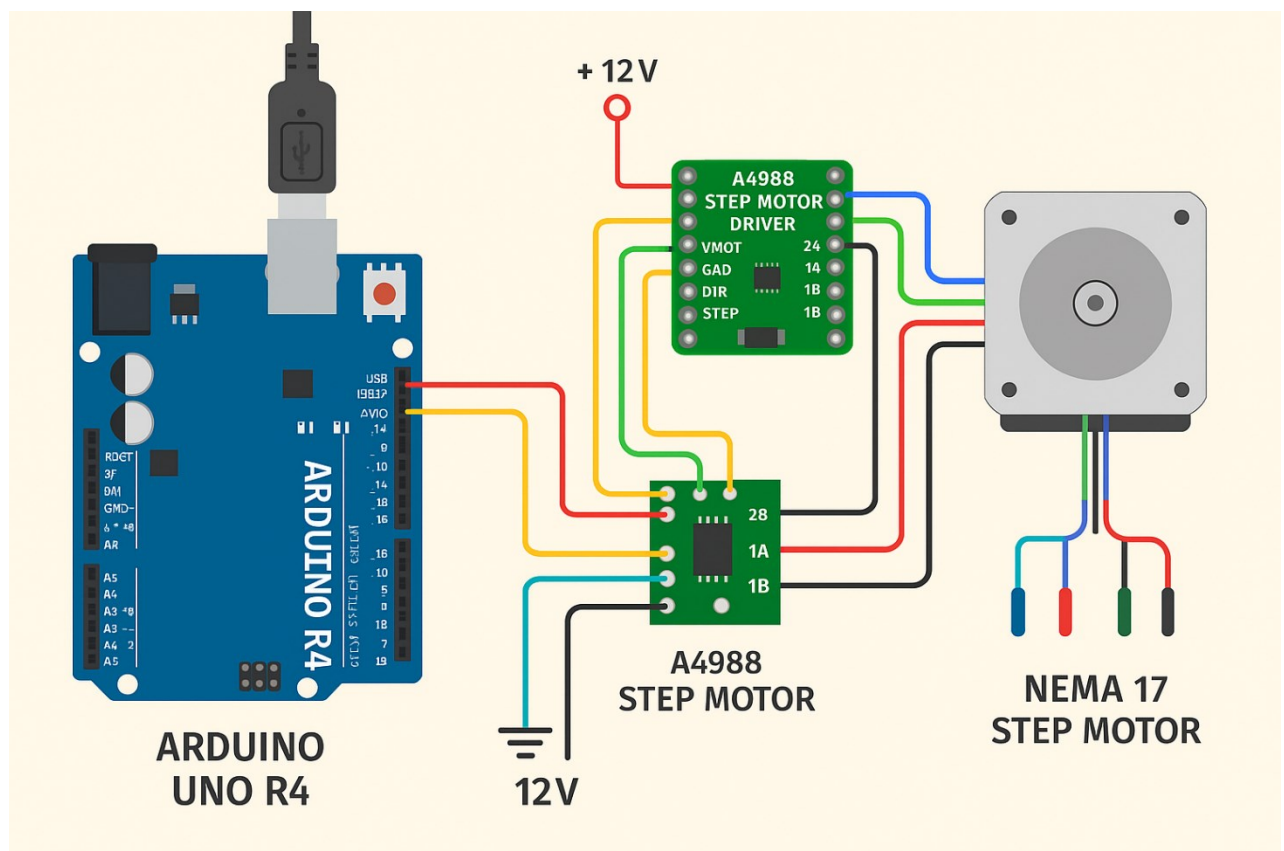


Рисунок 2.7 – Типова схема підключення крокового двигуна та драйвера

A4988 – це драйвер крокового двигуна, що дозволяє керувати двофазними біполярними кроковими двигунами, такими як NEMA17 [13]. Він підтримує режим мікрокрокового керування, що дозволяє досягати високої точності руху. Основні технічні характеристики приведені у табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики драйвера A4988

Характеристика	Значення
Напруга живлення двигуна (VMOT)	до 35В
Напруга живлення логіки (VDD)	3.3–5В
Максимальний струм	до 2А на фазу (з охолодженням)
Підтримка мікрокрокового режиму	повний, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16
Захисти	від перегріву, перевантаження, короткого замикання
Інтерфейси	STEP, DIR, ENABLE, MS1-3

Драйвер A4988 використовується для точного керування кроковими двигунами, забезпечуючи їхнє позиціонування з високою точністю. Він дозволяє реалізувати плавний та безпечний рух механізмів у таких системах, як 3D-принтери, маніпулятори, конвеєри, платформи з керованим рухом. Драйвер серії A4988 від SparkFun показано на рис. 2.8.

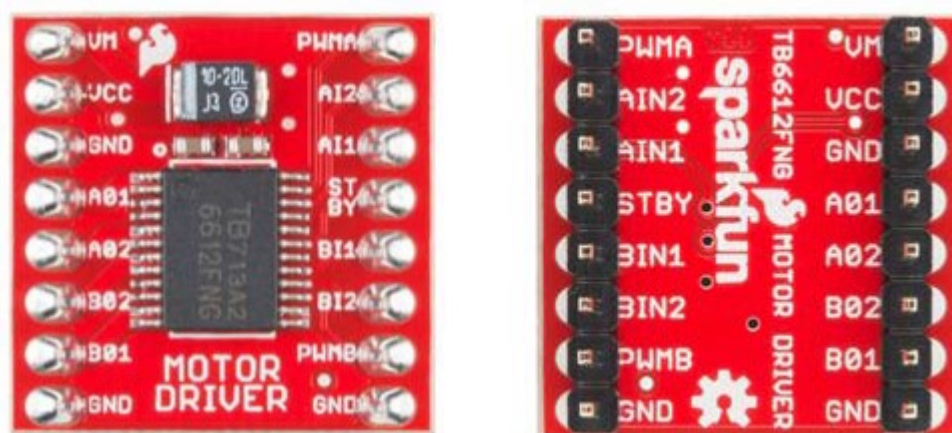


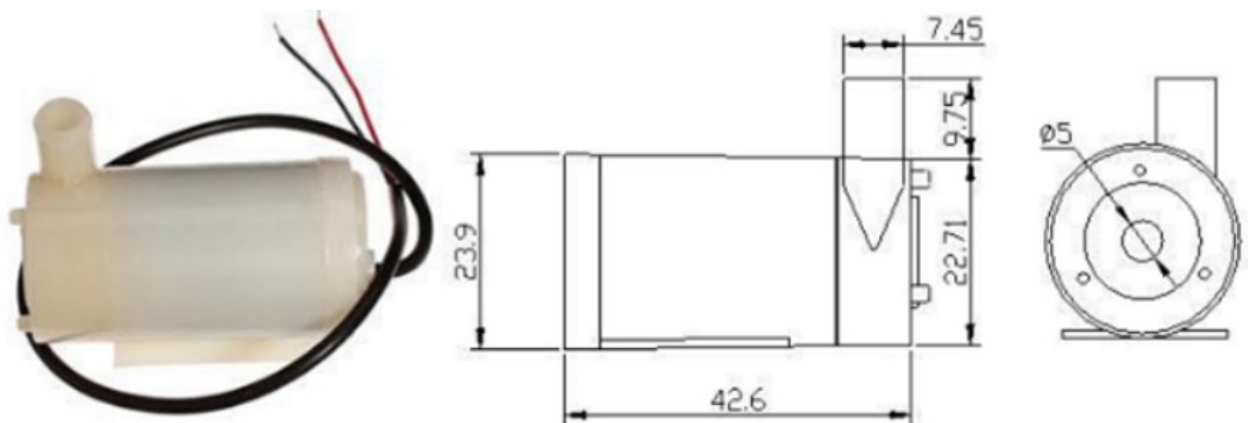
Рисунок 2.8 – Драйвер A4988 крокового двигуна NEMA17

Перевагами використання A4988 є компактний розмір і зручне підключення, підтримка мікрокрокового керування для плавної роботи, вбудовані захисти від перевантаження та перегріву. Даний драйвер доволі просто інтегрується з Arduino, ESP32 та іншими мікроконтролерами.

Основними перевагами застосування двигуна NEMA17 у системах управління є його висока точність позиціонування (1.8° на крок) і простота керування через стандартні драйвери. Окрім цього, він володіє високими характеристиками надійності та стабільності роботи. Він користується широкою доступністю та сумісністю із популярними контролерами (Arduino, ESP32), а також можливістю реалізації відкритого або замкнутого контуру керування.

2.5 Водяна pompa у системі автоматизації

В якості водяної помпи для подачі води і мийчих засобів в автономну зону автоматизації при прототипуванні комп'ютеризованої системи використано 12V DC Water Pump. Дана помпа представляє собою компактний, ефективний і універсальний пристрій для перекачування води. Це модуль системи широко використовується у системах автоматизації, побутових приладах, системах охолодження та, зокрема, у комп'ютеризованих системах управління автоматизацією [14]. Ця помпа забезпечує постійний потік води під час роботи системи, дозволяючи реалізувати автоматичне подавання мийного розчину або води до зони обслуговування. На рис. 2.9 проілюстровано зовнішній вигляд цієї помпи.



					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Рисунок 2.9 – Водяна помпа

У табл. 2.7 представлено характеристики водяної помпи, яка застосовується при проектуванні комп'ютеризованої системи.

Таблиця 2.7 – Характеристики водяної помпи

Характеристика	Значення
Номинальна напруга	12 В постійного струму (DC)
Номинальний струм	0.5–1.2 А (залежно від моделі)
Максимальна продуктивність	3–6 літрів за хвилину (л/хв)
Робочий тиск	До 0.48 МПа
Висота підйому води	До 3–5 метрів
Діаметр входу/виходу	8–10 мм

У системі автоматизації 12V DC Water Pump виконує ключову функцію подачі води або мийного розчину до активної зони обслуговування. Помпа підключається до реле, керованого мікроконтролером (Arduino), що дозволяє точно вмикати/вимикати подачу рідини залежно від поточного етапу роботи системи. Схема підключення водяної помпи через реле до мікроконтролера Arduino UNO R4 показано на рис. 2.10.

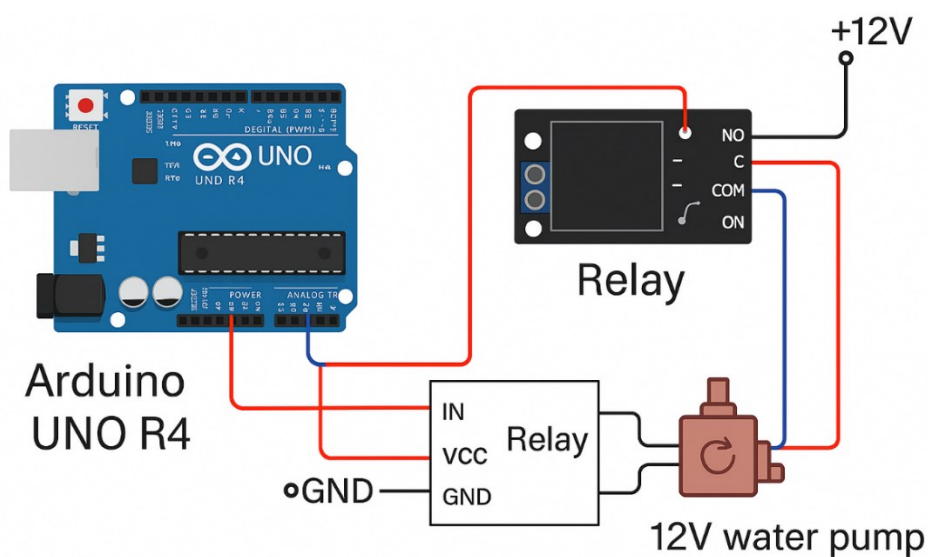


Рисунок 2.10 – Схема підключення водяної помпи та Arduino UNO R4

Основні сценарії застосування помпи у комп'ютеризованих системах управління:

- автоматична подача води для попереднього змочування поверхні;
- дозування мийних засобів у зону очищення;
- створення струменевого потоку для видалення забруднень;
- системи рециркуляції води для економії ресурсів.

До переваг використання 12V DC Water Pump у системах управління автомийками належать низька напруга живлення, що дає змогу безпечно її використовувати у побутових та промислових системах, компактні габарити та простота монтажу. Дана помпа сумісна практично з усіма системами автоматизації та мікроконтролерами і забезпечує стабільний потік води для ефективного виконання завдань.

2.6 Проектування схеми електричної принципової та схеми підключення компонентів комп'ютеризованої системи

Для проектування схеми електричної принципової використано середовище EasyEDA. Проект комп'ютеризованої системи представлено на рис. 2.11.

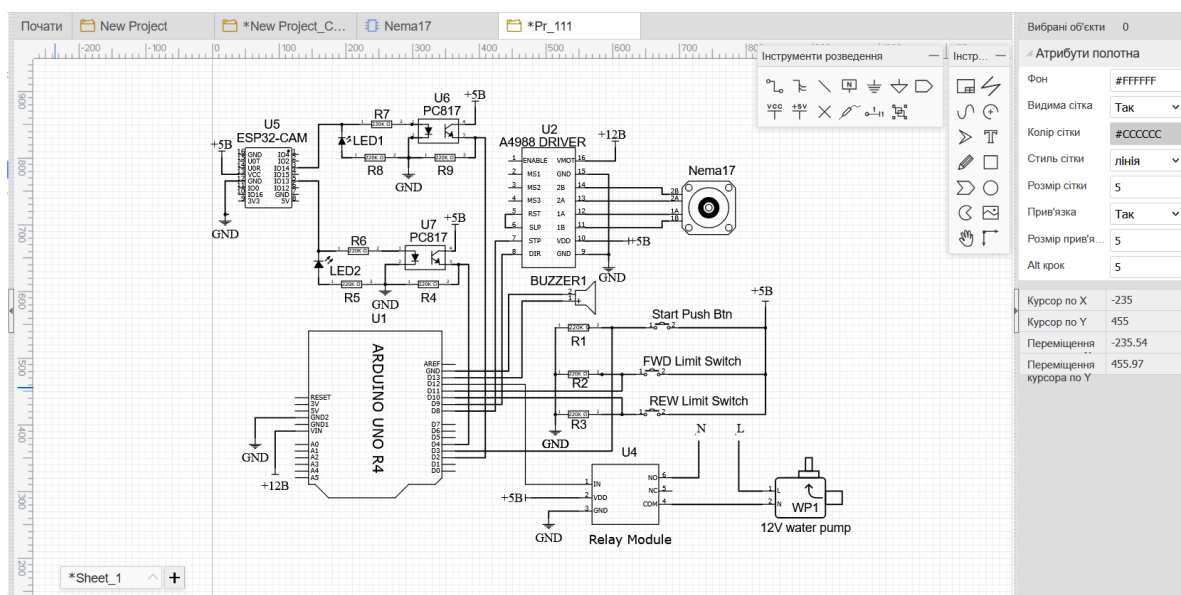


Рисунок 2.11 – Проектування схеми електричної принципової

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Arduino UNO R4 виступає центральним контролером системи, керуючи логікою та обробкою даних і як наслідок виконує функцію управління всіма логічними процесами системи. Його цифрові виводи використовуються для керування напрямком (DIR) та кроками (STEP) драйвера A4988 (виводи D2, D3), зчитування стану кнопки запуску, кінцевих вимикачів (D4, D5, D6), керування зумером (D7), керування реле (D8), що активує водяну помпу. Мікроконтролер Arduino живиться від USB або зовнішнього джерела 5В.

Драйвер A4988 (U2) призначений для управління кроковим двигуном NEMA17. Він забезпечує живлення на обмотки двигуна через виводи 1A, 1B, 2A, 2B, відповідно до поданих імпульсів: STEP (на D3 Arduino) визначає кількість кроків, DIR (на D2 Arduino) встановлює напрямок обертання, ENABLE активується постійно (через оптопару), VDD забезпечує логічне живлення (5В), VMOT використовує потужність на двигун (12В). Мікрокроковий режим не задіяний (MS 1-3 не підключені).

Модуль ESP32-CAM живиться від шини +5В і використовується для захоплення зображення/відео із зони обслуговування з метою виявлення транспортних засобів на основі моделі комп'ютерного зору. Передача даних від ESP32-CAM до Arduino UNO R4 виконується по Wi-Fi.

Реле-модуль (U4) виконує роль перемикача для водяної помпи WP1. Вхід IN керується сигналом з D8 Arduino. Виводи VCC, GND реалізують логічне живлення (5В). Високовольтна частина передбачає підключення COM з одним контактом помпи і на NO подається 12В. Таким чином, реле замикає коло живлення помпи.

Кнопки та кінцеві вимикачі, які використовуються у комп'ютеризованій системі спостереження та моніторингу за автономною зоною автомийки, згідно позначення виконують наступні функції:

- Start_Push_Button (кнопка запуску) – підключена через R1 до D4 Arduino;
- FWD_Limit_Switch – кінцевий вимикач на рух вперед (через R2 → D5);
- REV_Limit_Switch – кінцевий вимикач на рух назад (через R3 → D6).

Всі кнопки мають резистори номіналом 220 кОм і заземлені через GND.

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Схема підключення компонентів комп'ютеризованої системи спостереження та моніторингу за автономною зоною автомийки проілюстрована у табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Схема підключення компонентів системи

Компонент	Вивід	Підключення	Призначення
Arduino UNO R4	5V	5V шина	Живлення логіки 5V
Arduino UNO R4	GND	GND шина	Загальна земля системи
Arduino UNO R4	D2	DIR драйвер A4988	Напрямок обертання двигуна
Arduino UNO R4	D3	STEP драйвер A4988	Кроковий імпульс двигуна
Arduino UNO R4	D4	Start Button	Кнопка запуску
Arduino UNO R4	D5	FWD Limit	Кінцевий вимикач вперед
Arduino UNO R4	D6	REV Limit	Кінцевий вимикач назад
Arduino UNO R4	D7	Relay IN	Керування реле насоса
ESP32-CAM	GND	GND шина	Загальна земля
ESP32-CAM	5V	5V шина	Живлення ESP32-CAM
ESP32-CAM	U0T/U0R	UART	Обмін даними по UART
A4988	VMOT	12V шина	Живлення крокового двигуна
A4988	GND	GND шина	GND крокового двигуна

Компонент	Вивід	Підключення	Призначення
A4988	VDD	5V шина	Живлення логіки драйвера
A4988	STEP	D3 Arduino	Кроковий імпульс
A4988	DIR	D2 Arduino	Напрямок обертання
A4988	1A, 1B, 2A, 2B	NEMA17	Фази крокового двигуна
NEMA17	4 дроти	A4988	Підключення обмоток двигуна
Relay Module	IN	D7 Arduino	Керування реле
Relay Module	VCC	5V шина	Живлення реле
Relay Module	GND	GND шина	GND реле
Relay Module	NO/COM/ NC	12V насос	Керування насосом

Спроектована комп'ютеризована система дозволяє автоматизувати роботу автомийки, включаючи контроль позиції мийного механізму через кроковий двигун, моніторинг зони за допомогою камери ESP32-CAM, керування насосом для подачі води, індикацію стану через зумер, безпечну зупинку механізму при досягненні кінцевих вимикачів. Наступний етап полягає у розробці алгоритмів і програмного забезпечення для мікроконтролерів Arduino UNO R4 та ESP32-CAM.

РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

3.1 Розробка загального алгоритму роботи програмного забезпечення комп'ютеризованої системи

Першим кроком при реалізації програмного забезпечення комп'ютеризованої системи спостереження та моніторингу за автономною зоною автономії є розробка алгоритму функціонування системи з врахуванням особливостей та показників безпеки для людей, які можуть перебувати у цій зоні.

Як і для будь-якої комп'ютерної системи, спершу при запуску системи повинен відбуватися процес ініціалізації апаратних пристроїв. Подача живлення переводить систему у режим ініціалізації, що супроводжується запуском мікроконтролера Arduino UNO R4 та встановленням зв'язку з модулем ESP32-CAM. Далі відбувається перевірка готовності драйвера A4988 та крокового двигуна, активація сенсорів, реле та зумера. У випадку, коли ініціалізація хоча б одного компонента системи пройшла з помилкою, то система повинна повернутися на початок і повторити спробу.

Наступна ітерація після ініціалізації системи полягає у захопленні відеопотоку з камери ESP32-CAM. Кожен кадр потоку обробляється у реальному часі за допомогою попередньо донавченої моделі Edge Impulse [15].

Система повинна аналізувати кадри на наявність транспортного засобу в зоні обслуговування. і якщо його не виявлено, то виконується повернення до опрацювання нового кадру. У випадку виявлення авто, комп'ютеризована система спостереження та моніторингу за автономною зоною автономії переходить до наступного етапу. Графічне представлення алгоритму роботи комп'ютеризованої системи показано на рис. 3.1.

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Вітюк Д.М.			Програмне забезпечення мікроконтролерів комп'ютеризованої системи	Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевірів.		Яцишин В.В.						43	
Реценз.						ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-42			
Н. Контр.		Луцик Н.С.							
Затверд.		Осухівська Г.М.							

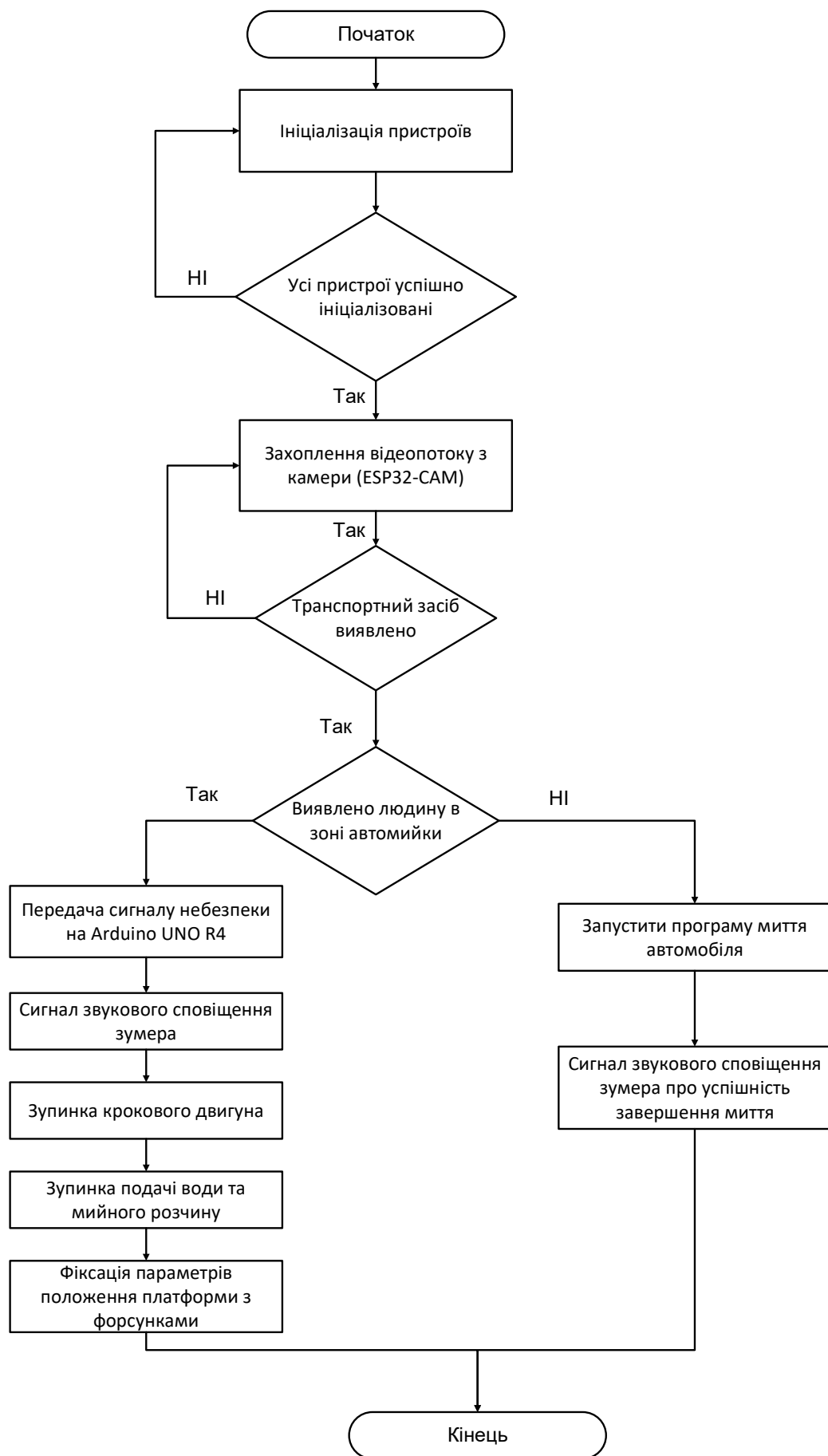


Рисунок 3.1 – Загальний алгоритм роботи системи спостереження та моніторингу за зоною автомийки

Паралельно з виявленням автомобіля, алгоритм роботи системи повинен передбачати перевірку присутності людини у робочій зоні (наприклад, оператора чи клієнта). При цьому розпізнавання автомобіля та людини повинно здійснюється тією ж або окремою моделлю нейромережі.

У випадку, коли людина виявлена повинен передаватися сигнал тривоги на Arduino UNO R4. Далі відбувається увімкнення звукового попередження через зумер. Паралельно виконуються такі процеси як:

- зупинка крокового двигуна (механічні частини автомийки);
- зупинка подачі води та мийного розчину (через реле);
- фіксується поточне положення платформи з форсунками.

Реалізація сукупності процесів, які описані вище дозволяють забезпечити безпеку оператора або клієнта в зоні миття.

Якщо людина не виявлена, то комп'ютеризована система повинна запустити програму миття автомобіля. Запуск програми миття транспортного засобу супроводжується виконанням таких процесів:

- запуск крокового двигуна (позиціонування платформи);
- активація водяної помпи та подачу мийного розчину;
- алгоритм черговості миття (може бути циклічний або за траєкторією).

Після того, як завершено усі етапи миття алгоритмом роботи передбачено подачу відповідного звукового сигналу про успішне завершення і система повертається у режим очікування нового автомобіля.

Розроблений алгоритм роботи комп'ютеризованої системи спостереження та моніторингу за зоною автономної зони автомийки підтримує адаптивну безпеку – система призупиняється у разі появи людини. Окрім цього, додатково можна зберігати логи подій для аудиту або віддаленого моніторингу.

Камера ESP32-CAM працює в циклі розпізнавання кадрів (наприклад, кожні 0.5–1 секунду), Arduino UNO R4 реалізує реактивну логіку за сигналами з ESP32.

3.2 Системне програмне забезпечення контролера управління Arduino UNO R4

Основним компонентом управління у комп'ютеризованій системі спостереження та моніторингу за автономною зоною автомийки є мікроконтролер Arduino UNO R4 [6]. Програмна ініціалізація виводів, підключення пристроїв до мікроконтролера показана на рис. 3.2.

```
#include <Arduino_FreeRTOS.h>
```

```
int stepFWD = 11;
```

```
int stepREV = 10;
```

```
int stepPin = 9;
```

```
int dirPin = 8;
```

```
int carDetect = 2;
```

```
int startWash = 3;
```

```
int humanDetect = 4;
```

```
int greenLED = 7;
```

```
int blueLED = 6;
```

```
int redLED = 5;
```

```
int BuzzerPin = 13;
```

```
int relayPin = 12;
```

```
int speed = 1;
```

```
int fwdRotation = 0;
```

```
int revRotation = 0;
```

Рисунок 3.2 – Програмна ініціалізація виводів Arduino UNO R4

Програму керування спостереженням та моніторингом пропонується реалізувати на базі Arduino FreeRTOS. Це є розширенням для імплементації багатозадачного виконання. В перспективі програма розділяється на два основні потоки:

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Task_StepperMotor — відповідає за керування кроковим двигуном;
- Task_InputButton — обробляє сигнали від кнопок, датчиків і приймає рішення щодо запуску/зупинки автомийки.

Програмний блок оголошення функцій, які в подальшому будуть реалізовані та використані у проекті, представлено на рис. 3.3.

```
void Task_StepperMotor(void *param);
void Task_InputButton(void *param);

TaskHandle_t StepperMotor;
TaskHandle_t InputButton;

void forwardRotation();
void reverseRotation();
```

Рисунок 3.3 – Оголошення функцій програми

Функція setup() є основною функцією програми, яка забезпечує встановлення режиму роботи пінів як INPUT або OUTPUT, виконує початкове вимкнення зумера і реле, а також забезпечує створення двох RTOS-задач. Лістинг програмного коду функції setup() проілюстрований на рис. 3.4.

Основний цикл loop() використовується як порожній, оскільки вся логіка системи реалізована через FreeRTOS задачі.

Для керування платформою мийки реалізовано функцію Task_StepperMotor. Дана функція опрацьовує автоматичний рух форсунок (платформи) при blueLED == HIGH, тобто коли розпочато миття. Алгоритм, який реалізовано у програмному коді управління платформою (рис. 3.5) передбачає виконання послідовності наступних операцій:

- рух уперед до кінцевого вимикача (stepREV);
- зупинка реле (насоса);
- затримка 2 секунди;
- рух назад до stepFWD;
- повторна зупинка реле.

```

void setup() {

    Serial.begin(115200);

    pinMode(stepFWD, INPUT);
    pinMode(stepREV, INPUT);

    pinMode(stepPin, OUTPUT);
    pinMode(dirPin, OUTPUT);

    pinMode(carDetect, INPUT);
    pinMode(startWash, INPUT);
    pinMode(humanDetect, INPUT);

    pinMode(greenLED, OUTPUT);
    pinMode(blueLED, OUTPUT);
    pinMode(redLED, OUTPUT);

    pinMode(relayPin, OUTPUT);
    pinMode(BuzzerPin, OUTPUT);
    digitalWrite(BuzzerPin, LOW);
    digitalWrite(relayPin, LOW);

    //xTaskCreate(Task, "Task_Name", Stack_Memory, Parameter, Priority, &Task_Handle)

    xTaskCreate(Task_StepperMotor, "Task_1", 100, NULL, 1, &StepperMotor);
    xTaskCreate(Task_InputButton, "Task_2", 100, NULL, 1, &InputButton);
}

```

Рисунок 3.4 – Реалізація функції ініціалізації

```

void Task_StepperMotor(void *param) {
    for(;;) {
        // Stepper Motor Code

        //Serial.println();
        if(digitalRead(blueLED) == 1) {

            //for(int i=0; i<=1; i++) {
            do {
                forwardRotation();
                digitalWrite(relayPin, HIGH);
            } while((digitalRead(stepREV) != 1)&&(digitalRead(blueLED)!=0));
            digitalWrite(relayPin, LOW);
            vTaskDelay(2000 / portTICK_PERIOD_MS);

            do {
                reverseRotation();
                digitalWrite(relayPin, HIGH);
            } while((digitalRead(stepFWD) != 1)&&(digitalRead(blueLED)!=0));
            digitalWrite(relayPin, LOW);
            vTaskDelay(2000 / portTICK_PERIOD_MS);
            //}
            vTaskDelay(1000 / portTICK_PERIOD_MS);
            digitalWrite(BuzzerPin, HIGH);
            digitalWrite(blueLED, LOW);
        }
    }
}

```

Рисунок 3.5 – Функція Task_StepperMotor()

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Як видно з рис. 3.5, у кінці функція Task_StepperMotor реалізує подачу звукового сигналу шляхом встановлення значенні BuzzerPin = HIGH та завершення циклу миття – blueLED = LOW.

Наступна функція, яка реалізована у системному програмному забезпеченні Arduino UNO R4, функція Task_InputButton – реалізує логіку реагування на ситуації. На рис. 3.6 приведено її програмний код.

```
void Task_InputButton(void *param) {
    for(;;) {
        // Button Code

        if(digitalRead(carDetect) == 1) {
            digitalWrite(greenLED, HIGH);
        }

        if( digitalRead(greenLED) == 1) {
            do {

                if(digitalRead(startWash) == 1){
                    digitalWrite(blueLED, HIGH);
                }

                if(digitalRead(humanDetect) == 1) {
                    digitalWrite(BuzzerPin,HIGH);
                    digitalWrite(greenLED, LOW);
                    digitalWrite(blueLED, LOW);
                    digitalWrite(redLED, HIGH);
                    do {
                        reverseRotation();
                    } while((digitalRead(stepFWD) != 1));
                }
            } while((digitalRead(greenLED) == 1) && (digitalRead(humanDetect) != 1));
        }

        while(digitalRead(redLED) == 1) {
            digitalWrite(greenLED, LOW);
            digitalWrite(blueLED, LOW);
        }
    }
}
```

Рисунок 3.6 – Реалізація функції Task_InputButton

Реалізація у програмному коді зчитування сигналів із сенсорів та кнопок відповідає відповідному блоку у запропонованому алгоритмі роботи комп'ютеризованої системи [12]. Сценарій виконання функцій, наведений на рис. 3.6 передбачає перевірку і виконання відповідних функцій. Якщо виявлено автомобіль ($carDetect == 1$) – вмикається діод зеленого кольору ($greenLED$). У випадку істинного результату перевірки ($greenLED == 1$) натиснуто $startWash$, то відбувається запуск ораної програми миття автомобіля миття і діод переходить в стан $blueLED = HIGH$.

Якщо виявлено людину, тобто істинною є результат перевірки $humanDetect == 1$ відбувається активація зумера і усі процеси зупиняються, стан діодів переходить у режим – $greenLED, blueLED \rightarrow LOW, redLED = HIGH$. Після цього платформа повертається у вихідну позицію ($stepFWD$) через $reverseRotation()$. Якщо $redLED == 1$, то автомийка повністю блокується і переходить у режим очікування ручного скидання/перезапуску [13].

Для керування кроковим двигуном імплементовано дві функції – $forwardRotation()$ та $reverseRotation()$, які відповідно представлені на рис. 3.7 та рис. 3.8.

```
void forwardRotation() {
    // Stepper Motor Forward Rotation

    digitalWrite(dirPin, LOW);
    digitalWrite(stepPin, HIGH);
    delay(speed);
    digitalWrite(stepPin, LOW);
    delay(speed);
}
```

Рисунок 3.7 – Функція обертання крокового двигуна прямого руху

```

void reverseRotation() {
    // Stepper Motor Reverse Rotation

    digitalWrite(dirPin, HIGH);
    digitalWrite(stepPin, HIGH);
    delay(speed);
    digitalWrite(stepPin, LOW);
    delay(speed);
}

```

Рисунок 3.8 – Функція обертання крокового двигуна зворотного руху

Як видно з рис. 3.7 та рис. 3.8 у коді реалізовано прості функції з керування напрямком обертання: LOW – обертання в одному напрямку; HIGH – обертання у зворотному напрямку.

Індикатори стану комп'ютеризованої системи спостереження та моніторингу за автономною зоною автомийки мають наступну інтерпретацію:

- зелений діод (greenLED) – автомобіль виявлено, система перебуває у стані готовності до миття транспортного засобу;
- синій діод (blueLED) – процес миття транспортного засобу перебуває в активній фазі;
- червоний діод (redLED) – сигналізує про зупинку функціонування автомийки через виявлення людини в автономній зоні.

Звукова індикація BuzzerPin сповіщає про небезпеку або про завершення процесу миття авто.

Активація водяної помпу під час кожного циклу руху платформи (вперед/назад) здійснюється через relayPin.

Таким чином розроблене програмне забезпечення мікроконтролера Arduino UNO R4 реалізує розумну, безпечну систему керування автомийкою з урахуванням: черговості подій, наявності людини, роботи платформи, індикації та керування помпою.

3.3 Реалізація програмного забезпечення для виявлення транспортного засобу та людини (мікроконтролер ESP32-CAM)

Для реалізації інтелектуальної складової комп'ютеризованої системи щодо розпізнавання транспортних засобів та людей в автономній зоні автономної пропонується скористатися можливостями платформи Edge Impulse. Вона використовується для розробки та донавчання моделей штучного інтелекту, яка може виявляти присутність транспортних засобів і людей у зоні обслуговування автономної автономної. Це дозволяє автоматично активувати мийні системи лише за наявності транспортного засобу, підвищити безпеку обслуговування (наприклад, уникнути запуску механізмів, коли в зоні є люди), реалізувати розумне управління черговістю та оптимізацію ресурсів.

При реалізації рішення щодо інтелектуального розпізнавання об'єктів можуть використовуватися такі компоненти як ESP32-CAM або Raspberry Pi та камера для захоплення зображення. Edge Impulse Studio слугує інструментом для навчання/донавчання моделі. На платформі можна обрати або завантажити власну модель класифікації зображень або розпізнавання об'єктів. Після цього вказується мікроконтролер або кінцевий пристрій, на який розгортається модель.

Завершальним етапом роботи є імплементація програмної логіки, що забезпечує прийняття рішення (наприклад, запуск насоса, звукове попередження).

Процес донавчання моделі при розпізнаванні об'єктів в автономній зоні автономної передбачає збір користувацьких даних. При цьому зображення з камери ESP32-CAM фіксують ситуації, які в подальшому будуть використані в якості міток класу:

- авто в кадрі (різні положення);
- люди в зоні (оператор, клієнт);
- порожня зона.

Важливо також забезпечувати збір даних у різний час доби та за різних умов освітлення. Після цього дані завантажуються в проєкт через інтерфейс або CLI.

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У платформі Edge Impulse потрібно також створити навчальний пайплайн, шляхом задання відповідних параметрів:

- вибір типу задачі – виявлення об’єктів або класифікація зображень.
- використання MobileNetV2 або EON-подібної моделі.
- налаштування препроцесингу (розмір кадру, нормалізація).

Навчання та донавчання моделі виконується з використанням невеликої користувацької вибірки із застосуванням методу transfer learning та автоматичною валідацією моделі і тестування на нових кадрах.

Розгортання моделі інтелектуального виявлення транспортних засобів та людей в автономній зоні автономії виконується шляхом експорту у відповідні середовища Arduino C++, TensorFlow Lite, WebAssembly або ESP32 binary.

Інтеграція у прошивку ESP32-CAM передбачає завантаження моделі у PSRAM, а результат розпізнавання передається на Arduino UNO R4, що викликає певну логіку – старт мийки авто, зупинка подачі води та ін. Переваги використання платформи Edge Impulse представлені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Переваги використання Edge Impulse у проектованій системі

Критерій	Перевага
Безпека	Можна виявити людину в небезпечній зоні до запуску механізмів
Автоматизація	Модель самостійно реагує на наявність транспортного засобу
Оптимізація ресурсів	Вода і мийні засоби подаються лише за необхідності
Реальний час	Рішення виконується локально на пристрої, без потреби використання хмарних сховищ
Гнучкість	Модель можна перенавчити для іншої зони, кута камери або умов

Перший крок практичної реалізації модель виявлення та ідентифікації об'єктів в автономній зоні автономії полягає у проходженні реєстрації та отриманні доступу до інструментів платформи (рис. 3.9).

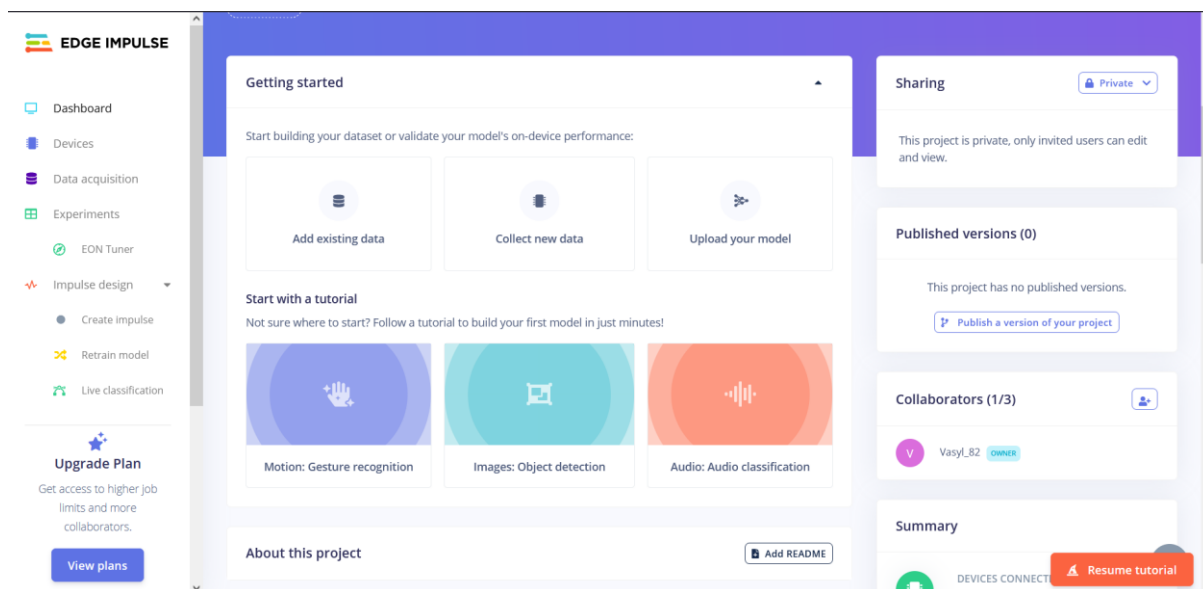


Рисунок 3.9 – Інтерфейс платформи Edge Impulse

Оскільки у платформу вже інтегровані готові моделі комп'ютерного зору, в тому числі і для розпізнавання об'єктів, то виникає необхідність донавчити модель шляхом завантаження користувацьких фото з автономної зони автономії (рис. 3.10).

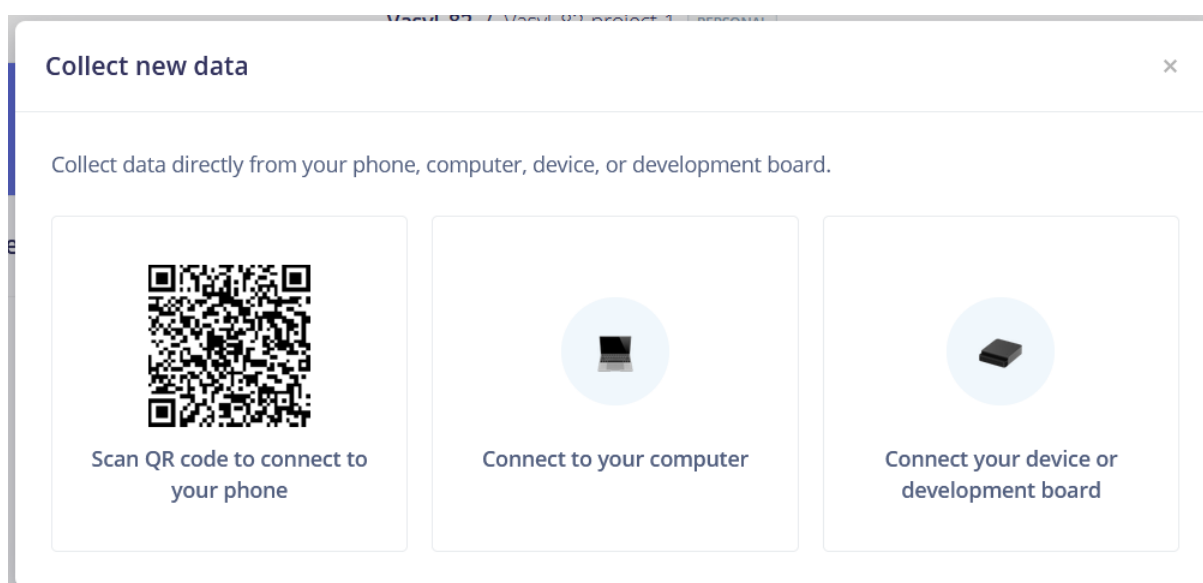


Рисунок 3.10 – Збір та завантаження користувацьких даних

Дані можна завантажувати зі смартфона, попередньо сфотографувавши відповідну зону автомийки (рис. 3.11).

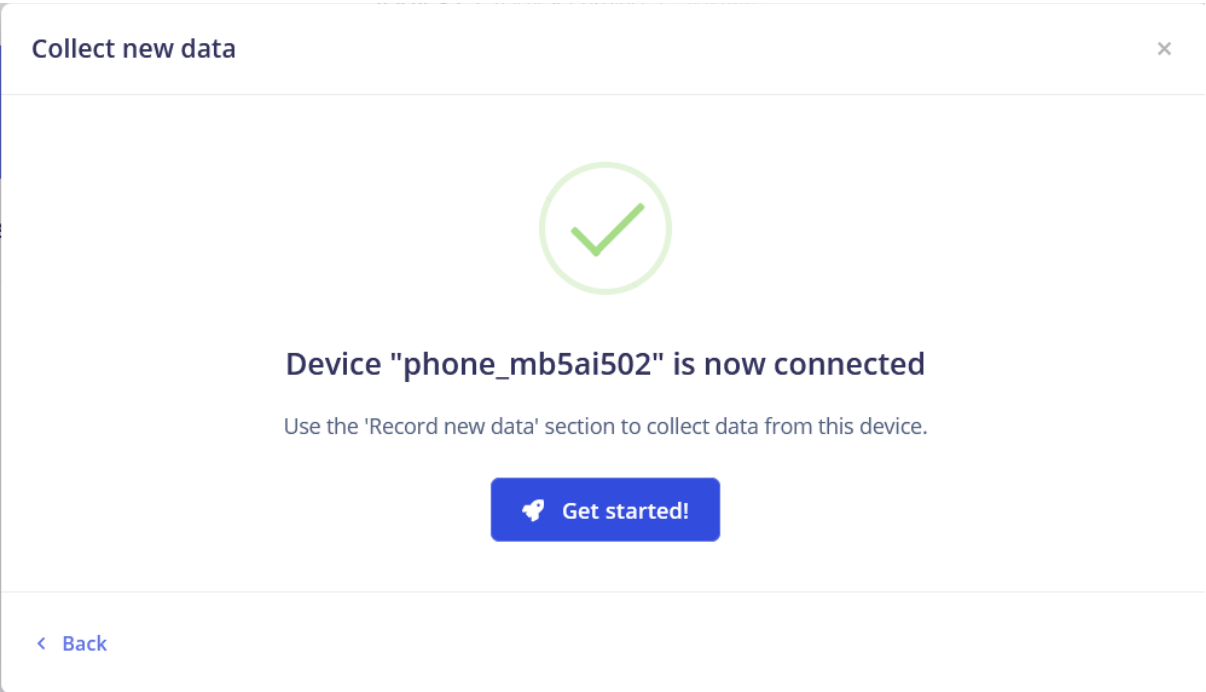


Рисунок 3.11 – Збір даних з використанням смартфона

Наступний етап передбачає розмічання даних, тобто присвоєння зображенням відповідних міток, які описані раніше. Даний процес показано на рис. 3.12.

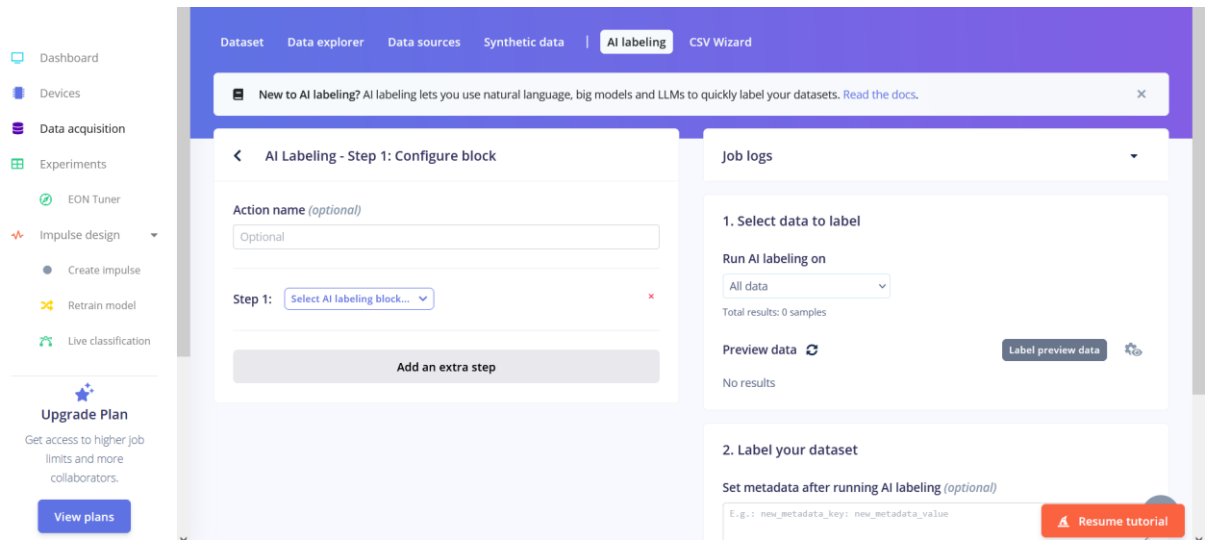


Рисунок 3.12 – Присвоєння міток зображенням

Усі зібрані зображення будуть підготовлені для анотації в черзі "labeling queue". Позначення об'єктів настільки ж просте, як обведення об'єкта рамкою та введення мітки. Однак, коли зображень багато, такий ручний метод анотації може стати втомливим і трудомістким.

Щоб спростити це завдання, Edge Impulse надає 3 методи анотації з підтримкою ШІ, які допомагають зекономити час і зусилля. До них належать:

Використання YoloV5 – корисно, якщо об'єкти є частиною стандартного набору об'єктів COCO.

Використання власної натренованої моделі – корисно, якщо уже є модель з подібними класами.

Використання відстеження об'єктів (Object tracking) – корисно, якщо об'єкти подібні за розміром і повторюються на зображеннях або у відео.

У даному випадку, оскільки об'єкт "car" є частиною датасету COCO, можна скористатися попередньо навченою моделлю YOLOv5, щоб прискорити цей процес. Щоб увімкнути цю функцію, спочатку потрібно натиснути на Label suggestions, а потім обирати "Classify using YOLOv5" (рис. 3.13).

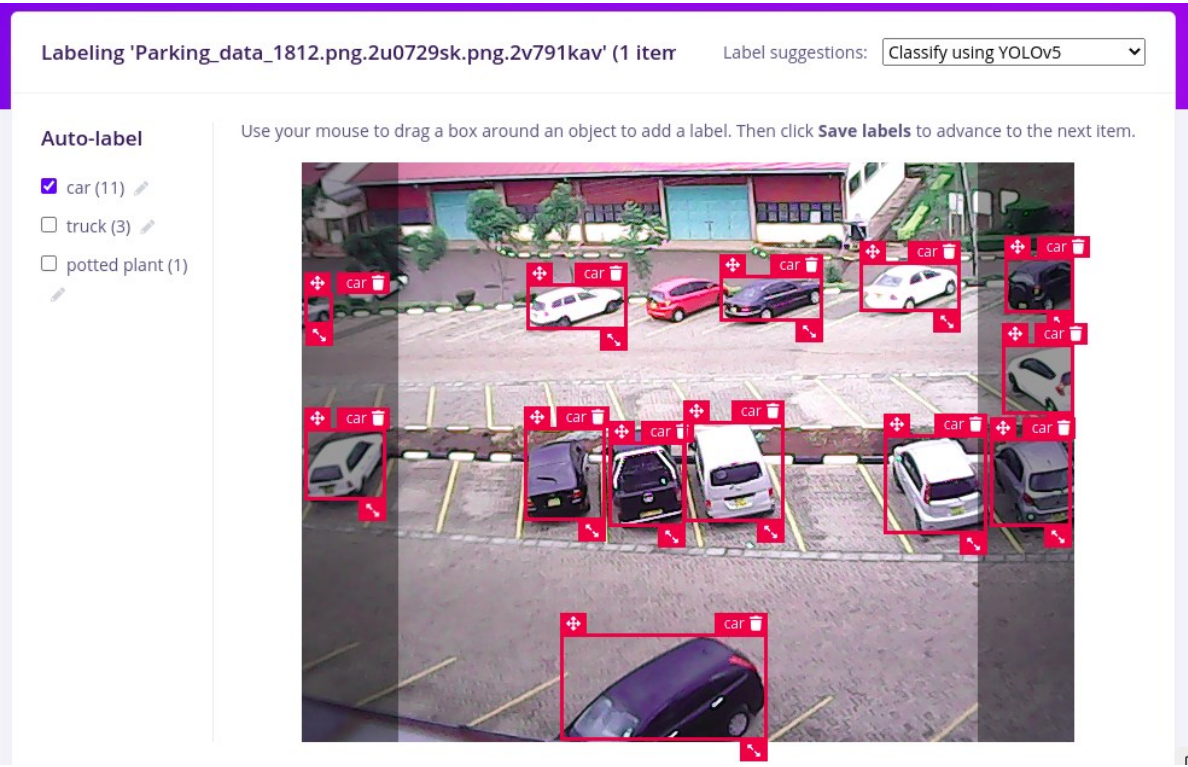


Рисунок 3.13 – Нанесення рамок для виявлення автомобілів

Щоб налаштувати власний блок обробки, необхідно натиснути зображення в меню зліва. Це покаже необроблені дані поверх екрана та результати кроку обробки праворуч. Тут можна використовувати параметри для перемикавання між режимами RGB та сірого (рис. 3.14).

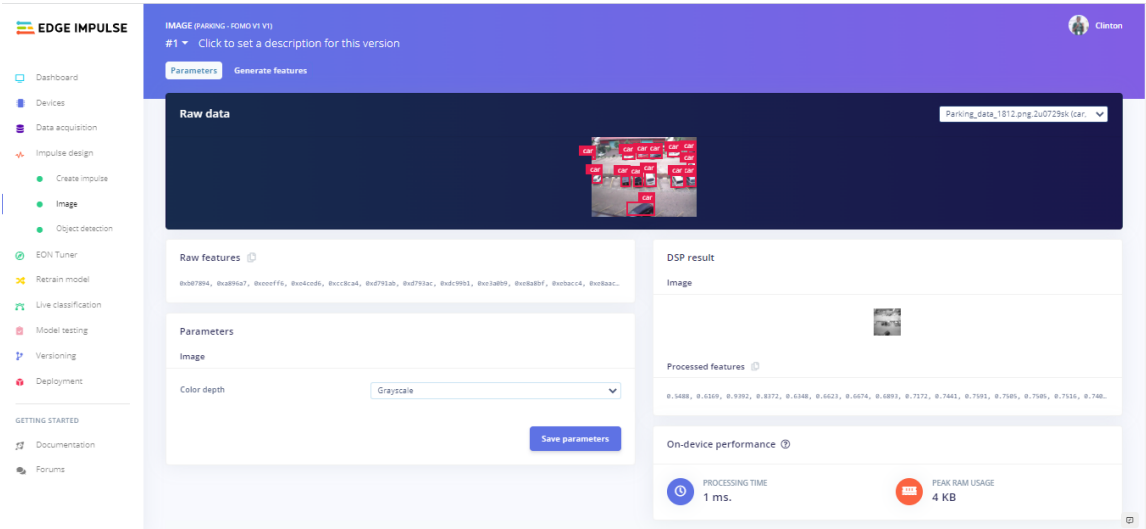


Рисунок 3.14 – Блок опрацювання власних даних

Навчивши модель на користувацьких даних, досягнуто прийнятної точності розпізнавання транспортних засобів (рис. 3.15)

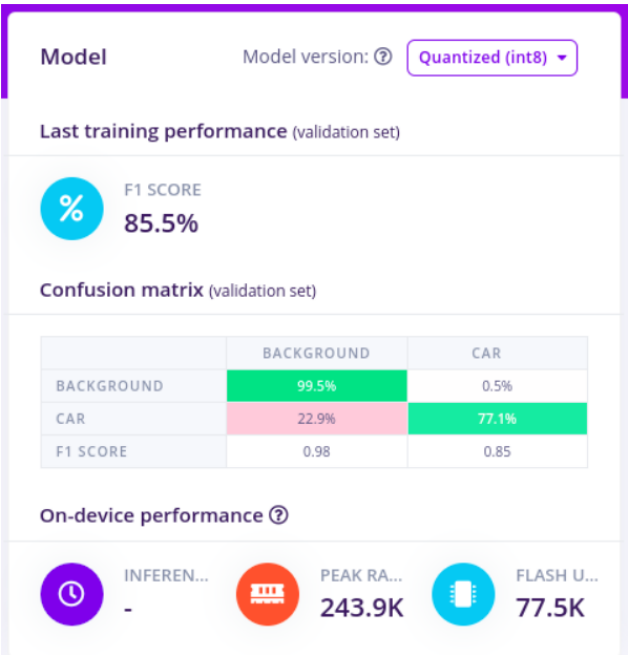


Рисунок 3.15 – Метрики якості навчання моделі

По аналогії виконано навчання щодо розпізнавання людини у зоні автономної автомийки. Керуючись інструкціями від Edge Impulse далі було виконано завантаження моделі у ESP32-CAM через Arduino Studio. Фрагмент програмного коду завантаженого у мікроконтролер представлено на рис. 3.16.

```
#include <Car_Human_Detection_inferencing.h>
#include "edge-impulse-sdk/dsp/image/image.hpp"

#include "esp_camera.h"

// Select camera model - find more camera models in camera_pins.h file here
// https://github.com/espressif/arduino-esp32/blob/master/libraries/ESP32/examples/Camera/CameraWebServer/camera_pins.h

// #define CAMERA_MODEL_ESP_EYE // Has PSRAM
#define CAMERA_MODEL_AI_THINKER // Has PSRAM

#if defined(CAMERA_MODEL_ESP_EYE)
#define PWDN_GPIO_NUM -1
#define RESET_GPIO_NUM -1
#define XCLK_GPIO_NUM 4
#define SIOD_GPIO_NUM 18
#define SIOC_GPIO_NUM 23

#define Y9_GPIO_NUM 36
#define Y8_GPIO_NUM 37
#define Y7_GPIO_NUM 38
#define Y6_GPIO_NUM 39
#define Y5_GPIO_NUM 35
#define Y4_GPIO_NUM 14
#define Y3_GPIO_NUM 13
#define Y2_GPIO_NUM 34
#define VSYNC_GPIO_NUM 5
#define HREF_GPIO_NUM 27
```

Рисунок 3.16 – Фрагмент коду розпізнавання транспортних засобів та людей

Комп'ютеризована система спостереження та моніторингу за автономною зоною автомийки формує значний стрибок вперед при автоматизації процесів обслуговування автомобіля. Інтегруючи виявлення об'єктів, що працюють на основі моделей штучного інтелекту з розширеною автоматизацією, система забезпечує безпеку, ефективність та стійкість.

Використання Edge Impulse для виявлення присутності людини посилює протоколи безпеки, тоді як такі функції, як розпилення води з високим тиском, кроковий рух та вимикачі забезпечують точну та керовану роботу. Система зменшує втручання людини, оптимізує використання води та мінімізує відходи ресурсів, що робить його екологічно прийнятним рішенням.

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Вимоги до режимів праці і відпочинку при роботі з ВДТ

При організації праці, пов'язаної з використанням ВДТ ЕОМ і ПЕОМ, для збереження здоров'я працюючих, запобігання професійним захворюванням і підтримки працездатності передбачаються внутрішньозмінні регламентовані перерви для відпочинку [18].

Внутрішньозмінні режими праці і відпочинку містять додаткові нетривалі перерви в періоди, що передують появі об'єктивних і суб'єктивних ознак стомлення і зниження працездатності [18].

При виконанні робіт, що належать до різних видів трудової діяльності, за основну роботу з ВДТ вважається така, що займає не менше 50% робочого часу. Впродовж робочої зміни передбачаються:

- перерви для відпочинку і вживання їжі (обідні перерви);
- перерви для відпочинку і особистих потреб (згідно з трудовими нормами);
- додаткові перерви, що вводяться для окремих професій з урахуванням особливостей трудової діяльності.

За характером трудової діяльності розрізняють три професійні групи, згідно з діючим класифікатором професій (ДК-003-95 і Зміна N1 до ДК-003-95):

- розробники програм (інженери-програмісти) виконують роботу переважно з відеотерміналом та документацією при необхідності інтенсивного обміну інформацією з ЕОМ і високою частотою прийняття рішень. Робота характеризується інтенсивною розумовою творчою працею з підвищеним напруженням зору, концентрацією уваги на фоні нервово-емоційного напруження, вимушеною робочою позою, загальною гіподинамією,

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Вітюк Д.М.			Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевірив.		Яцишин В.В.							
Консульт.		Пилипець М.І.					59		
Н. Контр.		Луцик Н.С.				ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41			
Затверд.		Осухівська Г.М.							

періодичним навантаженням на кисті верхніх кінцівок. Робота виконується в режимі діалогу з ЕОМ у вільному темпі з періодичним пошуком помилок в умовах дефіциту часу;

- оператори електронно-обчислювальних машин виконують роботу, пов'язану з обліком інформації, одержаної з ВДТ за попереднім запитом, або тієї, що надходить з нього, супроводжується перервами різної тривалості, пов'язана з виконанням іншої роботи і характеризується напруженням зору, невеликими фізичними зусиллями, нервовим напруженням середнього ступеня та виконується у вільному темпі;

- оператор комп'ютерного набору виконує одноманітні за характером роботи з документацією та клавіатурою і нечастими нетривалими переключеннями погляду на екран дисплея, з введенням даних з високою швидкістю. Робота характеризується як фізична праця з підвищеним навантаженням на кисті верхніх кінцівок на фоні загальної гіподинамії з напруженням зору (фіксація зору переважно на документи), нервово-емоційним напруженням.

Правилами встановлюються такі внутрішньозмінні режими праці та відпочинку при роботі з ЕОМ при 8-годинній денній робочій зміні в залежності від характеру праці:

- для розробників програм із застосуванням ЕОМ слід призначати регламентовану перерву для відпочинку тривалістю 15 хвилин через кожну годину роботи за ВДТ;

- для операторів із застосуванням ЕОМ слід призначати регламентовані перерви для відпочинку тривалістю 15 хвилин через кожні дві години;

- для операторів комп'ютерного набору слід призначати регламентовані перерви для відпочинку тривалістю 10 хвилин після кожної години роботи за ВДТ.

У всіх випадках, коли виробничі обставини не дозволяють застосувати регламентовані перерви, тривалість безперервної роботи з ВДТ не повинна перевищувати 4 години [18].

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При 12-годинній робочій зміні регламентовані перерви встановлюють в перші 8 годин роботи аналогічно перервам при 8-годинній робочій зміні, а протягом останніх 4-х годин роботи, незалежно від характеру трудової діяльності, через кожну годину тривалістю 15 хвилин.

Для зниження нервово-емоційного напруження, втомлення зорового аналізатора, поліпшення мозкового кровообігу, подолання несприятливих наслідків гіподинамії, запобігання втомі доцільно деякі перерви використовувати для виконання комплексу вправ, які наведені у Державних санітарних правилах і нормах роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПІН 3.3.2.007-98.

4.2 Вплив діяльності людини на довкілля

В умовах науково-технічного прогресу значно ускладнились взаємовідносини суспільства з природою. Людина отримала можливість впливати на хід природних процесів, підкорила сили природи, почала опановувати майже всі доступні відновні і невідновні природні ресурси, але разом з тим забруднювати і руйнувати довкілля [20].

За оцінкою Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), із більш ніж 6 млн. відомих хімічних сполук практично використовується до 500 тис. сполук; із них біля 40 тис. мають шкідливі для людини властивості, а 12 тис. є токсичними [20].

До кінця XX століття початку XXI століття забруднення навколишнього середовища відходами, викидами, стічними водами всіх видів промислового виробництва, сільського господарства, комунального господарства міст набуло глобального характеру і поставило людство на грань екологічної катастрофи.

Втручання людини у природні процеси різко зростає і може спричиняти зміну режиму ґрунтових і підземних вод у цілих регіонах, поверхневого стоку, структури ґрунтів, інтенсифікацію ерозійних процесів, активізацію геохімічних та хімічних процесів у атмосфері, гідросфері та літосфері, зміни мікроклімату тощо.

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сучасна діяльність, наприклад, будівництво гідротехнічних споруд, шахт, рудників, доріг, свердловин, водойм, дамб, деформація суші ядерними вибухами, будівництво гігантських міст, обводнення і озеленення пустель, та інші повсякденні аспекти діяльності людини, вже викликали значні видимі і приховані зміни довкілля [20].

В історичному плані виділяють декілька етапів зміни біосфери людством, які увінчались екологічними кризами та революціями, а саме:

- вплив людства на біосферу як звичайного біологічного виду;
- надінтенсивне полювання без змін екосистем у період становлення людства;
- зміни екосистем внаслідок процесів, що відбуваються природнім шляхом: випасання, посилення росту трав шляхом випалювання тощо;
- інтенсифікація впливу на природу шляхом розорювання ґрунтів та вирубування лісів;
- глобальні зміни всіх екологічних компонентів біосфери в цілому.

Вплив людини на біосферу зводиться до чотирьох головних форм:

- зміна структури земної поверхні (розорювання степів, вирубування лісів, меліорація, створення штучних водойм та інші зміни режиму поверхневих вод тощо);
- зміна складу біосфери, кругообігу і балансу тих речовин, які її складають (добування корисних копалин, створення відвалів, викиди різних речовин у атмосферу та водойми);
- зміна енергетичного, зокрема теплового, балансу окремих регіонів земної кулі і всієї планети;
- зміни, які вносяться у біоту (сукупність живих організмів) внаслідок знищення деяких видів, руйнування їх природних місць існування, створення нових порід тварин та сортів рослин, переміщення їх на нові місця існування тощо.

Під забрудненням навколишнього середовища розуміють надходження в біосферу будь-яких твердих, рідких і газоподібних речовин або видів енергії

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

(теплоти, звуку, радіоактивності і т.п.) у кількостях, що шкідливо впливають на людину, тварин і рослини як безпосередньо, так і непрямим шляхом [20].

Безпосередньо об'єктами забруднення (акцепторами забруднених речовин) є основні компоненти екотопу (місце існування біотичного угруповання):

- атмосфера,
- вода,
- ґрунт.

Опосередкованими об'єктами забруднення (жертвами забруднення) є складові біогеоценозу:

- рослини,
- тварини,
- гриби,
- мікроорганізми.

Втручання людини в природні процеси в біосфері, котре викликає небажані для екосистем антропогенні зміни, можна згрупувати за наступними видами забруднень:

- інгредієнтне забруднення - забруднення сукупністю речовин, кількісно або якісно ворожих природним біогеоценозам (інгредієнт - складова частина складної сполуки або суміші);

- параметричне забруднення пов'язане зі зміною якісних параметрів навколишнього середовища (параметр навколишнього середовища - одна з його властивостей, наприклад, рівень шуму, радіації, освітленості);

- біоценотичне забруднення полягає у впливі на склад та структуру популяції живих організмів;

- стаціонально-деструкційне забруднення (стація- місце існування популяції, деструкція - руйнування) викликає зміну ландшафтів та екологічних систем в процесі природокористування.

Фахівці по різному класифікують забруднення природного середовища, в залежності від того, який принцип беруть за основу класифікації, зокрема - за типом походження, за часом взаємодії з довкіллям, за способом впливу.

За просторовим поширенням (розміру охоплюючих територій) забруднення поділяють на:

- локальні забруднення характерні для міст, значних промислових підприємств, районів видобутку тих або інших корисних копалин, значних тваринницьких комплексів.
- регіональні забруднення охоплюють значні території й акваторії, що підлягають впливу значних промислових районів.
- глобальні забруднення частіше всього викликаються атмосферними викидами, поширюються на великі відстані від місця свого виникнення і створюють несприятливий вплив на крупні регіони, а іноді і на всю планету.

За силою та характером дії на навколишнє середовище забруднення бувають:

- фонові;
- імпульсні (від англ. імпульс - удар; синонім - залпові);
- постійні (перманентні);
- катастрофічні.

За джерелами виникнення забруднення поділяють на:

- промислові (наприклад, SO₂);
- транспортні (наприклад, альдегіди вихлопів автотранспорту);
- сільськогосподарські (наприклад, пестициди);
- побутові (наприклад, синтетичні мийних засобів).

За типом походження розрізняють

- фізичні забруднення – це зміни теплових, електричних, радіаційних, світлових полів у природному середовищі, шуми, вібрації, гравітаційні сили, спричинені людиною.
- механічні забруднення – це різні тверді частки та предмети (викинуті як непридатні, спрацьовані, вилучені з вжитку).
- зімічні забруднення – тверді, газоподібні й рідкі речовини, хімічні елементи й сполуки штучного походження, які надходять - у біосферу, порушуючи встановлені природою процеси кругообігу речовин і енергії.

– Біологічні забруднення – різні організми, що з'явилися завдяки життєдіяльності людства - бактеріологічна зброя, нові віруси (збудники СНІДу, хвороби легіонерів, епідемій, інших хвороб, а також катастрофічне розмноження рослин чи тварин, переселених з одного середовища в інше людиною чи випадково.

Джерела забруднення дуже різноманітні: серед них не тільки промислові підприємства і паливно-енергетичний комплекс, але і побутові відходи, відходи тваринництва, транспорту, а також хімічні речовини, які людина цілеспрямовано вводить до екосистеми для захисту корисних продуцентів і консументів від шкідників, хвороб і бур'янів [20].

Серед інгредієнтів забруднення – тисячі хімічних сполук, особливо важкі метали та оксиди, токсичні речовини та аерозолі. Різні джерела викидів можуть бути однаковими за складом і характером забруднюючих речовин. Так вуглеводні надходять у атмосферу і при спалюванні палива, і від нафтопереробної промисловості, і від газовидобувної промисловості.

Розвиток автомобільного транспорту призвів до забруднення атмосфери міст і транспортних комунікацій важкими металами і токсичними вуглеводнями, а постійне зростання масштабів морських перевезень викликало майже повсюдне забруднення морів і океанів нафтою і нафтопродуктами. Масове застосування мінеральних добрив і хімічних засобів захисту рослин призвело до появи отрутохімikatів в атмосфері, ґрунтах і природних водах, забрудненню біогенними елементами водойм, водотоків і сільськогосподарської продукції (нітрати, пестициди і т.п.) [20].

При гірських розробках на поверхню землі витягаються мільйони тон різноманітних, найчастіше фітотоксичних гірських порід, що утворюють терикони і відвали, що пилять і горять. В процесі експлуатації хімічних заводів і теплових електростанцій також утворюються величезні кількості твердих відходів (недогарок, шлаки, золи і т.п.), що складаються на великих площах, вчиняючи негативний вплив на атмосферу, поверхневі і підземні води, ґрунтовий покрив (пилення, виділення газів і т.п.).

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі проведено комплексне дослідження принципів побудови сучасних комп'ютеризованих систем керування та моніторингу в умовах автономного функціонування обладнання автомийок. Розглянуто переваги й недоліки існуючих технічних рішень в галузі автоматизованого обслуговування транспортних засобів та обґрунтовано доцільність створення системи, що поєднує апаратні сенсори, виконавчі механізми та інтелектуальні алгоритми обробки даних.

У роботі запропоновано реалізацію комп'ютеризованої системи, яка забезпечує виявлення транспортного засобу у зоні мийки, контроль за присутністю людини для забезпечення безпеки, автоматичне керування механізмом подачі мийного розчину, а також позиціонування активного мийного модуля.

В основі роботи системи – використання модуля ESP32-CAM із попередньо навченою моделлю на платформі Edge Impulse, а також контролера Arduino UNO R4, який керує виконавчими механізмами та реагує на сигнали з датчиків і кнопок.

Апаратна частина системи включає мікроконтролер Arduino UNO R4, драйвер A4988, кроковий двигун NEMA17, реле для керування водяною помпою, датчики кінцевого положення платформи, а також звукову та світлову індикацію. Програмна логіка реалізована в середовищі Arduino IDE з використанням FreeRTOS, що забезпечує незалежну паралельну обробку подій.

Результати роботи засвідчують, що спроектована система забезпечує надійний моніторинг зони обслуговування, своєчасне реагування на зміну умов у робочому просторі та ефективне виконання мийного циклу в автономному режимі. Отримане рішення може бути масштабованим і адаптованим до інших сфер автоматизованого сервісного обслуговування.

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Arduino UNO R4. Офіційна документація. URL: <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-r4> (дата звернення 01.06.2025 р.).
2. Edge Impulse Documentation. URL: <https://docs.edgeimpulse.com> (дата звернення 03.06.2025 р.).
3. A4988 Stepper Motor Driver – Product Datasheet. Pololu. URL: <https://www.pololu.com/product/1182> (дата звернення 04.06.2025 р.).
4. ESP32-CAM Camera Module. AI Thinker Documentation. URL: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-cam-video-streaming-web-server-camera-home-surveillance/> (дата звернення 04.06.2025 р.).
5. FreeRTOS. Official Real-Time Operating System Kernel. URL: <https://www.freertos.org/> (дата звернення 04.06.2025 р.).
6. Yatsyshyn V., Pastukh O., Lutskevych A., Tsymbalistyy V., Martsenko N. A Risks management method based on the quality requirements communication method in agile approaches. Information technologies: theoretical and applied problems, 2022. P. 1-10.
7. YOLOv5. GitHub Repository. URL: <https://github.com/ultralytics/yolov5> (дата звернення 06.06.2025 р.).
8. COCO Dataset. Common Objects in Context. URL: <https://cocodataset.org> (дата звернення 06.06.2025 р.).
9. Садіку М.Н. Вбудовані системи: проектування та застосування. Навчальний посібник. Київ: Ліра-К, 2022. 312 с.
10. Yatsyshyn V., Pastukh O., Palamar A., Zharovskyi R. Technology of relational database management systems performance evaluation during computer systems design. Scientific Journal of TNTU.Tern.: TNTU. 2023. Vol 109. No 1. P. 54–65.
11. Yatsyshyn V., Pastukh O., Zharovskyi R., Shabliy N. Software tool for productivity metrics measure of relational database management system. Mathematical Modeling. No 1 (48). 2023. P. 7-17
12. Войцеховський А.А. Мікроконтролери та периферійні пристрої: проектування та програмування. Львів: Афіша, 2019. 284 с.

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

13. Паламар М.І., Стрембіцький М.О., Паламар А.М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів. Навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ. 2019. 150 с.

14. Жаровський Р.О., Луцик Н.С., Осухівська Г.М., Паламар А.М., Тиш Є.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для розроблені у відповідності з освітньою програмою «Комп'ютерна інженерія» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» галузі знань 12 «Інформаційні технології». Тернопіль, ТНТУ. 2024. 39 с.

15. Pastukh O., Yatsyshyn V. Brain-computer interaction neurointerface based on artificial intelligence and its parallel programming using high-performance calculation on cluster mobile devices. Scientific Journal of TNTU. Tern.: TNTU. 2023. Vol 112. No 4. P. 26–31.

16. Pastukh O., Yatsyshyn V. Development of software for neuromarketing based on artificial intelligence and data science using high-performance computing and parallel programming technologies. Scientific Journal of TNTU. Vol 113. No 1. 2024. pp. 143–149.

17. НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями». Київ. 2018.

18. Катренко Л.А., Катренко А.В. Охорона праці в галузі комп'ютингу. Львів: Магнолія-2006. 2012. 544 с.

19. Методичні вказівки для написання розділу «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього рівня „бакалавр”. Для студентів всіх форм навчання рівень вищої освіти перший (бакалаврський) / укл. : О. Я. Гурик , І. Б. Окіпний. Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 20 с.

20. Безпека життєдіяльності: навч. посіб. / Т.Є. Стиценко, Г.В. Пронюк, Н.М. Сердюк, І.І. Хондак. Харків: ХНРУЕ, 2018. 336 с.

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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.

“___” _____ 2025 р

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА СПОСТЕРЕЖЕННЯ ТА МОНІТОРИНГУ
ЗА ЗОНОЮ АВТОНОМНОЇ АВТОМІЙКИ

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на 13 листках

Вид робіт:

Кваліфікаційна робота

На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

«УЗГОДЖЕНО»

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ к.т.н., доц. Яцишин В.В.

«___» _____ 2025 р.

«ВИКОНАВЕЦЬ»

Студент групи СІ-41

_____ Вітюк Д.М.

«___» _____ 2025 р.

Тернопіль 2025

1 Загальні відомості

1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи: «Комп'ютеризована система спостереження та моніторингу за зоною автономної автомийки».

Умовне позначення кваліфікаційної роботи: КС КРБ 123.197.00.00

1.2 Виконавець

Студент групи СІ-41, факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедри комп'ютерних систем та мереж, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Вітюк Данило Максимович.

1.3 Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ по університету (№4/7-53 від 27.01.2025 р.)

1.4 Планові терміни початку та завершення роботи

Плановий термін початку виконання кваліфікаційної роботи – 27.01.2025 р.

Плановий термін завершення виконання кваліфікаційної роботи – 23.06.2025 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 на 90% , 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

Комп'ютеризована система спостереження та моніторингу за зоною автономної автомийки розробляється як «розумна система» управління мийкою авто та представляє собою інноваційне рішення, яке поєднує передові технології штучного інтелекту та автоматизацію і є альтернативою традиційному процесу миття автомобілів. Для того, щоб досягти безпеки експлуатації автомийки необхідно використовувати Edge Impulse, який дає змогу застосовувати розширений набір методів і засобів виявлення об'єктів. При цьому виконується ідентифікація присутності людини у зоні автомийки тим самим, зменшуючи ризик аварій. Окрім функцій спостереження та моніторингу зони автономної мийки авто, комп'ютеризована система повинна забезпечити автоматизацію всього циклу миття з визначеним рівнем ефективності, шляхом оптимізації використання води та значного скорочення втрат ресурсів. Такий підхід дозволяє не лише підвищити безпеку та надійність функціонування автомийки, але й сприяє сталому розвитку екологічного

середовища. Система спрямована на оптимізацію операцій миття автомобілів, роблячи їх безпечнішими, розумнішими та ресурсоефективнішими.

Комп'ютеризована система спостереження та моніторингу за зоною автономної автомийки призначена для автоматичного виявлення транспортних засобів та людей, які перебувають у зоні дії мийки. Таке спостереження та моніторинг необхідне для унеможливлення перебування водія транспортного засобу у небезпечній зоні високого тиску води і своєчасне сповіщення оператора автомийки про потенційну небезпеку. Окрім цього, система повинна забезпечувати управління та контроль за подачею води в автономну зону для миття авто.

Вода подається лише у випадку, коли у визначеній зоні наявний автомобіль та відсутній водій. Ідентифікація наявності людини повинна бути реалізована із застосування методів і засобів штучного інтелекту. В якості апаратного засобу отримання зображення повинна використовуватися відеокамера, сумісна з мікроконтролерами, які керують подачею води на автомийці.

2.2 Мета створення системи

Основна ціль побудови комп'ютеризованої системи полягає у підвищенні ефективності роботи автономної автомийки шляхом впровадження автоматизованих процесів спостереження та моніторингу, які орієнтовані на ідентифікацію транспортних засобів і наявність людей у зоні миття авто та контролю стану зони обслуговування.

Досягнення мети роботи можливе при розв'язанні сукупності наступних задач:

- проведення аналізу специфіки і технічних характеристик існуючих рішень при побудові систем моніторингу та управління автомийками;
- розробка структурної та функціональної архітектури комп'ютеризованої системи спостереження та моніторингу за автономною зоною миття авто;
- обґрунтування вибору апаратного забезпечення комп'ютеризованої системи (камери, сенсори, контролери);

- розробка схеми підключення компонентів системи;
- реалізація програмного забезпечення для збору, обробки та відображення даних;
- проведення тестування системи та оцінка її ефективності.

2.3 Характеристика об'єкту

Комп'ютеризована система, яка проектується у кваліфікаційній роботі, характеризується інноваційністю рішень та підходів, зокрема в контексті застосування інтернету речей та штучного інтелекту, а саме – комп'ютерного зору.

Основними характеристиками системи є здатність в автоматичному режимі виявляти у зоні миття автомобілів сам транспортний засіб, а також забезпечувати управління подачі води високого тиску при виявленні у цій зоні людини.

Система повинна використовувати методи і засоби комп'ютерного зору для виявлення людини у потенційно небезпечній зоні шляхом аналізу відеопотоку, яке отримується з відеокамери. Камера спрямована на визначену область для миття авто і постійно фіксує зміни. Відеокамера повинна бути підключена та узгоджена з мікроконтролером, який здатний забезпечити можливість передачі даних до мікроконтролера управління подачею води, а також його апаратні ресурси повинні відповідати можливостям ефективного функціонування моделі машинного навчання при вирішенні задач комп'ютерного зору.

У випадку, коли у зону потрапляє людина, спрацьовує тригер, що отримує результати розпізнавання з попередньо навченої моделі виявлення об'єктів. Після цього повинно бути відправлено повідомлення до мікроконтролера управління мийкою авто, який надсилає сигнал до помпи та відключає реле для подачі води. Окрім цього, для забезпечення якості виконання робіт щодо миття транспортних засобів, у комп'ютеризованій системі повинно бути передбачена можливість управління кроковим двигуном. Кроковий двигун забезпечує повертання форсунок,

які розпилюють воду та інші хімічні елементи, які використовуються в процесі миття автомобіля.

Для забезпечення безпеки функціонування автономної автомийки необхідно передбачити можливість підключення звукового сповіщувача – зумера. Зумер повинен спрацьовувати у випадку, коли людина потрапляє у зону дії високого тиску води. Це є сигналом як для самої людини, так і для оператора автомийної станції.

Окрім цього, для аварійного вимкнення подачі води, потрібно передбачити можливість апаратного відключення подачі води, зокрема передбачити можливість застосування фізичних кнопок.

Управління автомийкою передбачає також наявність програмно-апаратних елементів увімкнення, вимкнення та перезавантаження комп'ютеризованої системи.

3 Вимоги до системи

3.1 Вимоги до системи в цілому

Вимоги, що висуваються до комп'ютеризованої системи спостереження та моніторингу за зоною автономної автомийки, умовно можна поділити на дві частини: функціональні та нефункціональні. Функціональні вимоги потрібно враховувати як при проектуванні апаратної складової системи, так і програмної. Оскільки, управління комп'ютеризованою системою здійснюється через апаратні елементи керування, то нефункціональні вимоги повинні враховувати вимоги зручності використання, ергономіки. Нефункціональні вимоги до програмного забезпечення, зокрема, в контексті виявлення людей у зоні автономної автомийки включають вимоги надійності та продуктивності.

Основними функціональними вимогами, які висуваються до комп'ютеризованої системи спостереження та моніторингу за автономною зоною автомийки є:

- можливість отримання відеопотоку в режимі реального часу з відеокамери, підключеної до мікроконтролера;
- можливість ідентифікації транспортного засобу та людини у зоні дії підвищеного тиску води при митті авто;
- можливість безпроводної передачі сигналів небезпеки на центральний мікроконтролер управління;
- здатність автоматичного відключення подачі води з високим тиском у випадку виявлення людини;
- здатність керувати помпою для подачі води через реле;
- здатність апаратного аварійного відключення подачі води;
- можливість фіксувати стан і позиціонування форсунок при автоматичному митті авто;
- здатність повертати форсунки у вихідне положення при виникненні аварійної ситуації;
- можливість запускати звуковий сигнал небезпеки при виявленні людини у зоні автономної мийки авто;
- можливість донавчати модель ідентифікації транспортного засобу та людей у зоні автономної мийки.

На програмному рівні комп'ютеризованої системи повинні бути реалізовані наступні вимоги:

- здатність виявляти транспортні засоби та людей з точністю не нижче 93%;
- здатність реагувати на появу та розпізнавання людей до 2 с.
- можливість надсилання сповіщення на центральний мікроконтролер з інтервалом не більшим, ніж 1 с;
- можливість постійного спостереження та моніторингу за станом зони автономної мийки автомобілів;
- можливість логування стану апаратних складових комп'ютеризованої системи;

- можливість програмно-апаратного перезапуску комп'ютеризованої системи;
- здатність програмного відновлення попереднього стану комп'ютеризованої системи.

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

У комп'ютеризованій системі спостереження та моніторингу за зоною автономної автомийки необхідно передбачити використання двох мікроконтролерів: мікроконтролер для збору відеоінформації та інтелектуального виявлення транспортних засобів і людей; мікроконтролер управління комп'ютеризованою системою.

Зв'язок між двома мікроконтролерами повинен забезпечуватися шляхом безпроводної передачі даних з використанням технології WiFi. До першого мікроконтролера фізично під'єднується тільки відеокамера, а сам контролер повинен містити вбудований WiFi-модуль. До мікроконтролера управління підключаються:

- реле;
- помпа для подачі води;
- кнопки керування та аварійного вимкнення автомийки;
- кроковий двигун, що відповідає за рух форсунок при митті авто;
- зумер, що спрацьовує у випадку виникнення небезпечної ситуації (появи людини у зоні автомийки).

Таким чином при організації комп'ютеризованої системи основними способами підключення компонентів є безпроводна технологія WiFi і провідникове підключення у відповідності до інтерфейсів компонентів системи.

3.1.2 Вимоги по діагностуванню системи

Діагностування комп'ютеризованої системи спостереження та моніторингу за зоною автономної автомийки передбачає виконання перевірки працездатності як кожного компонента окремо, так і комплексної діагностики підсистем.

Перевірка працездатності апаратних компонентів повинна виконуватися під час їх ініціалізації та шляхом аналізу файлів логування щодо стану елементів системи при роботі як в штатному, так і в поза штатній ситуації.

Діагностичній перевірці підлягають мікроконтролер, що відповідає за взаємодію з камерою та інтелектуальну ідентифікацію транспортних засобів і людей у потенційно небезпечній автономній зоні автомийки. Найбільш важливій діагностиці повинен піддаватися контролер управління автомийкою. В процесі його діагностики перевіряється зв'язок з мікроконтролером виявлення об'єктів у зоні автомийки та зумер, який сповіщає про виникнення небезпечної ситуації. Окрім цього, проводиться діагностування апаратних кнопок аварійного вимкнення подачі води під високим тиском та керування позиціонуванням. В якості індикаторів роботи автомийки використовуються світлодіоди: зелений колір – автомийка вільна для використання, червоний колір – автомийка зайнята, тобто в процесі обслуговування автомобілів.

До діагностичних заходів також належить перевірка коректності фізичних з'єднань між компонентами комп'ютеризованої системи.

3.1.3 Перспективи розвитку, модернізація системи

Серед перспектив розвитку та відповідно модернізації комп'ютеризованої системи потрібно відмітити можливість розширення функціональності, зокрема підключення додаткових датчиків, наприклад, температури навколишнього середовища та вологості. Це дозволить на основі значень, одержаних від сенсорів, оптимально виконувати підігрів води та виконувати дозування хімічних речовин для миття транспортних засобів. Окрім цього, перспективними завданнями є організація та інтеграція елементів комп'ютеризованої системи у загальний процес управління автомийкою. Це передбачає можливість онлайн резервування місць для миття автомобілів, а також трекінг та формування звітності щодо ефективності використання автомийки.

Зазначені розширені функціональні властивості забезпечать можливість масштабування автономних зон автономії та підвищать продуктивність і пропускну здатність при обслуговуванні клієнтів.

3.1.4 Вимоги до надійності системи

Комп'ютеризована система спостереження та моніторингу за зоною автономної автономії повинна забезпечувати високий рівень надійності, оскільки від правильності функціонування системи залежить здоров'я водіїв, які користуються послугами миття транспортних засобів. Для забезпечення цієї характеристики у системі необхідно передбачити високу якість розпізнавання об'єктів, які захоплює відеокамера.

Окрім цього, з точки зору функціональності, що пов'язана з надійністю роботи комп'ютеризованої системи, потрібно передбачити можливість аварійного апаратного відключення подачі води під тиском в автономну зону автономії.

Система повинна проводити спостереження та моніторинг в режимі реального часу та адекватно реагувати на появу як транспортного засобу, так і людини. Надійність системи також повинна бути забезпечена у випадку тимчасової зупинки роботи станції автономії з подальшим поверненням до стану перед тим як відбулось відключення.

Надійність каналу передачі даних при комунікації мікроконтролерів також повинна бути на високому рівні, зокрема, це стосується відсутності перешкод в області дії сигналу.

Апаратні компоненти комп'ютеризованої системи повинні відповідати заявленим характеристикам і забезпечувати повноту функцій, які на них покладені. Надійність функціонування програмного забезпечення повинна бути забезпечена на системному рівні, що передбачає визначений рівень продуктивності та адекватності кожного з програмних компонентів. Фізичне підключення компонентів також повинно відповідати критеріям надійності, оскільки від цього залежить здатність отримувати, передавати та відображати інформацію.

3.1.5 Вимоги до функцій та задач, які виконує система

Вимоги до функціональності і задач, виконання яких повинна забезпечувати комп'ютеризована система спостереження та моніторингу за автономною зоною автомийки, представляють собою здатність реалізовувати базові функції автомийки з підвищеним рівнем безпеки для водіїв.

Функція виявлення транспортних засобів та людей у визначеній зоні автомийки повинна бути реалізована як інтелектуальний сервіс, що функціонує на базі мікроконтролера. Перед цим, модель інтелектуального виявлення об'єктів повинна бути додатково навчена на реальному наборі даних. Відеопотік повинен отримуватися з камери, підключеної до мікроконтролера. Програмне забезпечення мікроконтролера повинно мати можливість надсилати сповіщення у випадку виявлення людей у небезпечній зоні до мікроконтролера управління автомийкою.

Мікроконтролер управління повинен забезпечувати виконання таких функцій як:

- можливість отримання даних через безпроводний канал зв'язку;
- управління помпою подачі води у зону автономної автомийки;
- керування кроковим двигуном для визначення позиціонування форсунок при мийці транспортного засобу;
- можливість увімкнення та вимкнення звукового сигналу зумера у випадку виникнення небезпечної ситуації;
- можливість візуального відображення стану автомийки за допомогою світлодіодів;
- здатність ручного керування вимкненням автомийки та позиціонування і керування програмами миття транспортних засобів.

Таким чином, комп'ютеризована система спостереження та моніторингу за автономною зоною автомийки, повинна забезпечувати здатність виконання основних функцій миття авто в автоматичному режимі з підвищеним рівнем надійності та безпеки для водіїв і випадкових людей, які можуть потрапити у небезпечну зону.

3.1.6 Вимоги до апаратного забезпечення

Вимогами до комп'ютеризованої системи спостереження та моніторингу за автономною зоною автомийки в контексті апаратного забезпечення є надійність, продуктивність та функціональність у відповідності до задач, які повинна забезпечувати система. Основними апаратними компонентами системи повинні бути:

- мікроконтролер для отримання відеопотоку з камери та виявлення транспортних засобів і людей у небезпечній зоні – пропонується ESP32-CAM;
- Мікроконтролер управління процесами автоматичної мийки авто та взаємодією із контролером виявлення людей – пропонується Arduino UNO R4;
- сигнальні світлодіоди – інтегрують стан автомийки;
- зумер – звуковий сповіщувач про небезпечну ситуацію;
- кроковий двигун і драйвер – забезпечує рух платформи на якій встановлено форсунки розпилення води під високим тиском;
- реле напруги на 5В;
- помпа для подачі води.

3.1.7 Вимоги до програмного забезпечення

Основними вимогами до програмного забезпечення є сумісність та підтримка мобільних платформ мікроконтролерів, які використовуються у комп'ютеризованій системі спостереження та моніторингу за автономною зоною автомийки.

Системне програмне забезпечення мікроконтролера управління повинно бути реалізованим за допомогою мови програмування C++, а модель та прикладне програмне забезпечення для роботи мікроконтролера опрацювання зображень відеокамери повинно підтримувати мову програмування Python.

4 Вимоги до документації

Документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ

Комплект документації повинен складатись з:

- пояснювальної записки;
- графічного матеріалу:
- 1 Структурна схема комп'ютеризованої системи.
- 2 Схема електрична принципова комп'ютеризованої системи.
- 3 Схема підключення компонентів комп'ютеризованої системи.
- 4 Мікроконтролери Arduino UNO R4 та ESP32-CAM.
- 5 Блок схема алгоритму роботи автономної мийки авто.

*Примітка: У комплект документації можуть вноситися міни 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 – 02.02.2025
2	Аналіз функціональних вимог і прототипів комп'ютеризованих систем управління автомийками	02.02 – 03.03.2025
3	Проектування комп'ютеризованої системи спостереження та моніторингу за автономною зоною автомийки	04.03 – 25.04.2025
4	Програмне забезпечення мікроконтролерів комп'ютеризованої системи	25.04 – 18.05.2025
5	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	19.05 – 28.05.2025
6	Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу	28.05 – 07.06.2025
7	Перевірка на академічний плагіат, перевірка керівником та консультантами	9.06 – 15.06.2025
8	Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра	16.06 – 22.06.2025
9	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	23.06.2025

6 Додаткові умови виконання кваліфікаційної роботи

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

Додаток Б
Перелік елементів

Перш. викорис.		Поз. позначення	Найменування			Кіл.	Примітка			
		Мікросхеми								
		U1	Плата макетування Arduino UNO R4			1				
		U2	Драйвер крокового двигун A4988 Stepper Motor Driver			1				
		U5	Мікроконтролер ESP32-CAM			1				
		U6, U7	Оптопара PC817			2				
		WP1	Водяна помпа 12V Water Pump			1				
Довід. №		Nema17	Кроковий двигун			1				
		BUZZER1	BUZZER-R6.0-2P-7.6MM							
		Реле								
		U4	Модуль реле HW-279 2 RELAYS			1				
		Кнопки/Вимикачі								
		Start Push Btn	Кнопка пуску (NO контакт)			1				
		FWD Limit Switch	Кінцевий вимикач (вперед)			1				
		REW Limit Switch	Кінцевий вимикач (назад)			1				
		Резистори								
		R1 – R9	Резистор 220кОм RESAD1020W45L320D175			9				
Підпис і дата		Світлодіоди								
		LED1	Світлодіод PKG-LED-5MM-GREEN			1				
		LED2	Світлодіод PKG-LED-5MM-RED			1				
Інв. № дубл.										
Зам. інв. №										
Підпис і дата										
Інв. № ориг.							Літ Н Аркуш Аркушів ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41			
		КС КРБ 123.197.00.00 ПЕ								
		Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата				
		Розроб.	Вітюк Д.М.							
		Перевір.	Яцишин В.В.							
Реценз.					Комп'ютеризована система спостереження та моніторингу за зоною автономної автомобілки Перелік елементів					
Н. контр.		Луцик Н.С								
Зав. каф.		Осухівська Г.М								