

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр
Освітній рівень

Система автоматичного контролю прозорості води в природних водоймах з використанням мікроконтролера ESP32-CAM
Назва теми

КвРКІ 200118.20.01.16 ПЗ
Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»

Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Шифр, назва

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія та програмування»
Назва

Виконав: студент IV курсу, група KI2-20-1

Підпис

В.Ю. Рудніцький
Ініціали, прізвище

Керівник

Підпис, дата

І.О. Засорнова
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер

Підпис, дата

І.О. Засорнова
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри комп'ютерної
інженерії та інформаційних
систем

Підпис

Т.О. Говорушенко
Ініціали, прізвище

«19» червня 2024 р.

Хмельницький 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень БАКАЛАВР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Т.О. Говорушенко

“ 10 ” 01 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Рудніцькому Віталію Юрійовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Система автоматичного контролю прозорості води в природних водоймах з використанням мікроконтролера ESP32-CAM

Керівник проекту (роботи) Засорнова І.О., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджена наказом ректора університету від 15.02.2024 р. № 8

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 10.06.2024 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на кваліфікаційну роботу

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

Аналіз відомих методів та рішень для моніторингу прозорості води в природних водоймах

Аналіз предметної області та виявлення наявних проблем та завдання для автоматичної системи контролю прозорості води в природних водоймах

Програмно-апаратна реалізація системи автоматичного контролю прозорості води в природних водоймах

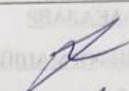

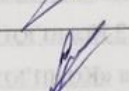
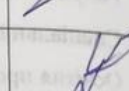
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) _____

Взаємодія структурних елементів

Електрично-принципова схема мікроконтролера ESP32-CAM

Демонстрація розробленої системи

6. Консультанти розділів дипломного проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Засорнова І.О., доцент кафедри КПС		
Антиплагіат	Нічепорук А.О., доцент кафедри КПС		

7. Дата видачі завдання « 10 » 01 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проєкту (роботи)	Термін виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	10.01.2024	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2024	виконано
3	Робота над розділом 1 – дослідження предметної області та постановка задачі	01.03.2024	виконано
4	Робота над розділом 2 – вибір компонентів для проєктування системи автоматичного контролю прозорості води в природніх водоймах	01.04.2024	виконано
5	Робота над розділом 3 – проєктування системи системи автоматичного контролю прозорості води в природніх водоймах	29.04.2024	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	25.05.2024	виконано
7	Попередній захист ВКР	30.05.2024	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2024 року	

Студент


Підпис



В.Ю. Рудницький
Ініціали, прізвище

Керівник роботи


Підпис

І.О. Засорнова
Ініціали, прізвище

ийняв
7
мітка
онано
онано
онано
онано
онано
онано
онано
онано

№ р я д к а	Ф о р м а т	Позначення	Найменування	К і л · л и с т і в	№ ек з	П р и м і т к а
			<u>Текстові документи</u>			
1		КвРКІ 200118.20.01.16 ПЗ	Пояснювальна записка	73		
			<u>Графічні матеріали</u>			
2		КвРКІ 200118.20.01.16 Е8	Системний код мікроконтролера	7		
3		КвРКІ 200118.20.01.16 Е2	Електрично-принципова схема ESP32-CAM	1		
4		КвРКІ 200118.20.01.16 Е8	Демонстрація розробленої системи	1		
5		КвРКІ 200118.20.01.16 Е8	Взаємодія структурних елементів	1		
КвРКІ 200118.20.01.16 ВП						
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата	Відомість проекту	
Розробив		Рудницький			Літера	Аркуш
Перевір.		Засорнова			У	1
Н. контр.		Засорнова			ХНУ, КІ2-20-1	
Затв.		Говорушенко		19.06		

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Система автоматичного контролю прозорості води в природних водоймах з використанням мікроконтролера ESP32-CAM».

Автор роботи: Рудніцький Віталій Юрійович.

Керівник роботи: Засорнова Ірина Олександрівна.

Пояснювальна записка: 73 с., 33 рис., 8 табл., 4 дод., 42 джерел.

Графічна частина: 3 креслення

Ключові слова: моніторинг, прозорість води, природні водойми, автоматична система, мікроконтролер, ESP32-CAM, мережа, IP-камера.

Метою цієї кваліфікаційної роботи є забезпечення контролю прозорості води в природних водоймах за допомогою мікроконтролера ESP32-CAM.

Об'єктом дослідження є процес автоматичного контролю прозорості води в природних водоймах за допомогою зображень, які надсилає мікроконтролер ESP32-CAM, визначення та заміри її каламутності і забарвлення.

Предметом дослідження кваліфікаційної роботи є підсистема управління обробкою повідомлень та зображень у автоматичній системі контролю прозорості води.

Практичне значення полягає в готовій та реалізованій системі контролю прозорості води в природних водоймах за допомогою мікроконтролера ESP32-CAM.


Підпис студента



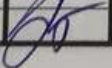

30.05.2024

Дата

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ МЕТОДІВ ТА РІШЕНЬ ДЛЯ МОНИТОРИНГУ ПРОЗОРОСТІ ВОДИ В ПРИРОДНІХ ВОДОЙМАХ	6
1.1 Актуальність проблеми забруднення природних водойм та наслідки для суспільства	6
1.2 Аналіз стану водних ресурсів: ключові методи та їх застосування	10
1.3 Готові проекти досліджень води	20
1.4 Висновки. Постановка задачі	27
2 ВИБІР КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ПРОЗОРОСТІ ВОДИ В ПРИРОДНІХ ВОДОЙМАХ	28
2.1 Модуль ESP32-CAM	28
2.2 Технічні характеристики та можливості модуля ESP32	29
2.3 Висновки	44
3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ПРОЗОРОСТІ ВОДИ В ПРИРОДНІХ ВОДОЙМАХ	47
3.1 Опис реалізації системи	47
3.2 Програмна та апаратна реалізація проєкту	51
3.3 Фінансова частина проєкту	58
3.6. Висновки	71
ВИСНОВКИ	72
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	75
ДОДАТОК А Електрично-принципова схема ES332-CAM	78
ДОДАТОК Б Демонстрація розробленої системи	79
ДОДАТОК В Взаємодія структурних елементів системи	80
ДОДАТОК Г Системний код мікроконтролера ES332-CAM	81

КвРКІ. 200118.20.01.16 ПЗ

Зм.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата				
Виконав		Рудницький В.Ю.		19.06	Система автоматичного контролю прозорості води в природних водоймах з використанням мікроконтролера ESP32-CAM	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Засорнова І.О.				у	2	73
Н.контр.		Засорнова І.О.			ХНУ КІ2-20-1			
Затвер.		Говорушченко Т.О.		19.06				

ВСТУП

Забезпечення якості води в природних водоймах - ключове завдання, що стоїть перед сучасними технологіями і науковими дослідженнями. Водні ресурси є важливою частиною екосистеми і гарантією здоров'я людини. Прозорість води, яка є показником її чистоти і ясності, є одним з найважливіших критеріїв оцінки її якості та корисності.

Зростаюча урбанізація та індустріалізація призводять до забруднення водних джерел, що негативно позначається на екосистемах і здоров'ї людей. Проблемою сьогодення є те, що збільшується тиск на природні ресурси в зв'язку з забрудненнями, які зумовлені промисловими викидами, застосування пестицидів у вирощуванні аграрної продукції і звичайно необережне та неправильне поводження з побутовими відходами, хімічна дія яких є категорично-небезпечною для водних ресурсів.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці та реалізації такої системи з використанням мікроконтролера ESP32-CAM. Цей мікроконтролер відкриває широкі можливості для створення ефективних і доступних технологій контролю якості води, оскільки поєднує в собі численні обчислювальні можливості і здатність обробляти зображення.

Перш за все, розглянемо актуальність проблеми. Забруднення водних джерел серйозний екологічний виклик, що вимагає негайних заходів з контролю і запобігання. Системи моніторингу води вже існують, але ефективність і доступність багатьох із них обмежена. Таким чином, розробка нових, більш ефективних і доступних систем контролю стає вельми актуальним завданням.

Розвиток напрямку систем контролю прозорості води в природних водоймах є актуальним питанням на сьогодні, тому що впливає на ряд факторів.

Здоров'я населення: стан питної води напряму впливає на людей, на здоров'я, самопочуття, тощо. Якщо ж за допомогою систем контролю води буде збиратись

					КВРКІ. 200118.20.01.16 ПЗ	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інформація про стан води, то буде можливість інформувати населення та вживати заходів щодо безпеки водопостачання.

Охорона довкілля: для збереження екологічної рівноваги в океанах, морях, річках, озерах та інших природних водоймах такі заходи з контролю є обов'язковими. Завдяки моніторингу відбувається швидке реагування та вирішення проблеми, через це проблема вирішується на початковому рівні і не розвивається.

Туризм та рекреація: дуже багато відомих та популярних туристичних водойм втратили своїх відвідувачів саме через чистоту та стан водних ресурсів. Адже для забезпечення туристичного бізнесу чистота природних водойм є дуже важливим фактором.

Аграрна промисловість та рибальство: для утримання сільського господарства необхідно тримати якість води в належному рівні, водойми для рибальства потребують особливого нагляду, адже від цього напряму залежить популяція риби, її види, розміри та кількість.

Метою цієї кваліфікаційної роботи є забезпечення контролю прозорості води в природних водоймах за допомогою мікроконтролера ESP32-CAM.

Для реалізації проєкту буде використано модуль ESP32-CAM, він має багато функцій, багато з них зможуть допомогти у виконанні цього проєкту, а особливо можливість збирати та обробляти інформацію з вбудованої камери і отримувати зображення. Завдяки цьому можемо не тільки вимірювати прозорість, стан води, але й аналізувати як змінювались характеристики протягом певного відрізка часу.

Об'єктом дослідження є процес автоматичного контролю прозорості води в природних водоймах за допомогою зображень, які надсилає мікроконтролер ESP32-CAM, визначення та заміри її каламутності і забарвлення.

Предметом дослідження кваліфікаційної роботи є підсистема управління обробкою повідомлень та зображень у автоматичній системі контролю прозорості води.

					КВРКІ. 200118.20.01.16 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Практичне значення полягає в готовій та реалізованій системі контролю прозорості води в природніх водоймах за допомогою мікроконтролера ESP32-CAM.

Отже, проблема забруднення природних ресурсів та водойм є надзвичайно актуальною та вимагає негайних дій для того, щоб запобігти подальшому погіршенню ситуації та відновлення здоров'я водних екосистем, в цьому допоможе система контролю прозорості води в природніх водоймах.

					КВРКІ. 200118.20.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ МЕТОДІВ ТА РІШЕНЬ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ПРОЗОРОСТІ ВОДИ В ПРИРОДНІХ ВОДОЙМАХ

1.1 Актуальність проблеми забруднення природних водойм та наслідки для суспільства

Екологія нашої планети сильно потерпає від активного розвитку різних галузей промисловості. З кожним днем енергетичні ресурси витрачаються з шаленим темпом, в тому числі і вода. Кількість якісної води постійно зменшується, тому контролювання якості води повинно бути пріоритетним для кожного мешканця нашої планети. Забезпечення людей питною водою є глобальною проблемою для вищого керівництва держав кожної країни.

Продумана та ефективна стратегія для контролю водних ресурсів дозволила б зробити процес очистки питної води набагато легшим. Ця система тримала б усі водні ресурси в рамках контролю і не дозволяла б рівню забрудненості підніматись до критичної поділки і дозволяло б реагувати відповідним органам та здійснювати превентивні заходи для очистки. Це також сприяло б позитивно на економіку, так як грошей на очисні заходи витрачалось б менше. В розпорядженні є дуже багато джерел, з яких можна добути водні ресурси, в тому числі і питну воду, категорії зображені на рисунку 1.1. Природні джерела води в основному забруднюються через велику кількість промислових відходів, комунальних стоків, сільськогосподарська продукція та її відходи, продукти нафти, поверхневі стоки.

Найбільшою складовою цих відходів являються промислові стічні води, які можуть мати в своєму складі різні хімічні об'єкти з шкідливим впливом. Каналізаційні стоки мають поживний вміст, який є корисним для рослин, але з другої ці стоки насичені миючими засобами, фекаліями, різними шкідливими мікроорганізмами, які можуть нашкодити екосистемі водойми. Сільськогосподарські відходи містять добрива, які не завжди є корисними для водойми, в більшості випадків – навіть дуже шкідливими.

					КВРКІ. 200118.20.01.16 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Атмосферні опади, які змивають та підіймають у повітря весь бруд з промислових територій, різних фабрик та виробництв, це все також потрапляє до наших природних джерел води і від цього вони також страждають [1].



Рисунок 1.1 – Джерела водних ресурсів

Головне джерело для отримання питної води для населення – це водні ресурси країни. А якщо враховувати те, що обсяг цих ресурсів розподіляється по всій території країни не зовсім рівномірно, тому що найбільші знаходяться на заході, а найменші розмістились в південній частині України, це потребує правильного та розумного підходу до їх використання, а особливо до охорони та профілактики забруднень [2].

Щоб врегулювати таку нерівномірність розташування водних ресурсів на території України було побудовано 1102 водосховища, найбільші знаходяться на Дніпрі та Дністрі. Завдяки цьому різниця у забезпеченні регіонів прісною водою не така відчутна. Також було створено приблизно 50 тисяч ставків, 7 достатньо великих каналів, 10 водоводів, тощо. Незважаючи на таку велику кількість водних ресурсів дуже багато з них не відповідають державним санітарним нормам і категорично не можуть бути задіяні. Джерела забруднення водних ресурсів зображені на рисунку 1.2.

Центральне водопостачання населення України забезпечує близько 70% населення. 20% отримують водозабезпечення завдяки підземним прісним водам, а 80% використовують водні ресурси завдяки поверхневим водам таких річок як Дніпро або Десна. Більша частина річок, водоймищ та інших водних джерел, які використовуються у забезпеченні населення водою, не можуть вважатись екологічно безпечними, відхиління від норми складає близько 79-80% [3].



Рисунок 1.2 – Джерела забруднення водних ресурсів

За роки російської агресії проти України ситуація з забрудненням природних водойм погіршилась в декілька разів і це не тільки в громадах, які знаходяться в зоні бойових дій або близькі до неї, а безпосередньо по всій території України. Варто розуміти, що усі техногенні аварії, такі як пошкодження військової техніки, яка споживає нафтопродукти, залишки боєприпасів, які теж мають в своєму складі ракетне паливо, таких прикладів можна навести дуже багато, але проблема полягає в тому, що абсолютно кожен з них впливає на забруднення природних водойм на нашій землі [4].

На рисунку 1.3 можемо спостерігати як військова техніка переїжджає водойму, тим самим залишає за собою сліди від мастил, паливних відходів та інших не бажаних речовин для водойми.



Рисунок 1.3 – Військова техніка переправляється через водойму [5]

Подія, яка сталась 4-го квітня, на початку повномасштабного вторгнення Росії, не може просто так минути без наслідків для екологічної ситуації в країні. Через уламки збитої ракети були пошкоджені резервуари в яких зберігались мінеральні добрива Кременецького району. Всі вони потрапили до басейну річки Іква. Результати контролю якості води показали, що забруднення води перевищує норму в 162 рази. Резервуари в місті Миколаєві, в яких зберігалась рослинна олія, були зруйновані через атаку дронів-камікадзе на місто. Внаслідок цієї події Бузький лиман був забруднений і з його території площею 800 м² було зібрано з поверхневих вод 700м³ олії.

Загрозу довкіллю та безпеці людей становить і безпосереднє забруднення боєприпасами. Високотоксичне ракетне паливо – є одною з найнебезпечніших загроз, крім того забруднення водойм відбувається і через взаємодію важких металів. Наведено було лише декілька прикладів, які показують, масштаби завданної шкоди водним ресурсам України через російську агресію [5].

Водні ресурси, які є на території України – вкрай обмежені. Поверхневі Вєсь обсяг дорівнює 55 км³/рік, з них поверхневі води складають 40 км³/рік, а підземні води – 15 км³/рік . Водоспоживання країни з кожним днем зростає і ця цифра дорівнює 35 км³/рік. 90% природніх водойм перебувають в критичному стані, вони катастрофічно забруднені. Тільки 5% від всіх природніх водойм мають задовільні показники і можуть бути придатними для використання у питних цілях.

					КВРКІ. 200118.20.01.16 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Враховуючи цю всю інформацію, можемо зробити висновок, що поверхневі води в небезпеці і з кожним роком кількість питної води буде зменшуватись, якщо не прийняти відповідні міри і не взятись за ретельний контроль забрудненості цих водних ресурсів [6].

1.2 Аналіз стану водних ресурсів та ключові методи та їх застосування

У сучасному світі проблема забруднення водою залишається однією з найбільш актуальних і загрозливих для нашого середовища. Проте, над цією проблемою працюють науковці з усього світу, які кожного дня віддано досліджують її та розробляють нові методи контролю та протидії. Їхні зусилля спрямовані на збереження та відновлення водних ресурсів, а також на пошук інноваційних рішень для покращення якості води в природних водоймах. Ця постійна праця відображає нашу віру в те, що з плином часу ми знайдемо ефективні способи подолання цієї екологічної проблеми і забезпечимо здорове майбутнє для нашої планети [7].

Давайте розглянемо та детальніше ознайомимось з тими методами, які вже є та активно використовуються науковцями та дослідниками. Їх є декілька штук і кожен з них по-своєму унікальний, має певні переваги та недоліки.

Моніторинг поверхневих вод – це послідовні спостереження, збір та обробка даних про водні об'єкти, прогноз та розробка наукових рекомендацій для того, щоб контролювати та покращувати ситуацію по стану води.

Основна ціль системи для спостереження, контролю забруднених водою є збір інформації про природні якості води, оцінка хімічного складу води та дія різних антропогенних факторів. А також велику роль грає аналіз результатів і спостережень, щоб контролювати зміни, які відбулись з водою за той чи інший проміжок часу.

					КВРКІ. 200118.20.01.16 ПЗ	Арк. 10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Система моніторингу поверхневих вод вирішить наступні запитання:

- контроль рівня забруднення, спостереження за водним середовищем за наступними показниками (хімічні, фізичні, гідробіологічні);
- спостереження за динамікою вмісту речовин, які забруднюють водойму;
- дослідження щодо варіантів самоочищення цих природних водойм;
- збір інформації через які гирлові виходи відбувається забруднення;
- оцінка та прогнози стану якості водних ресурсів.

В роботі моніторингу та спостережень основна робота полягає в пунктах спостережень, де гідрометеослужби проводять дослідження гідрологічних та гідрометичних властивостей водойм і визначають різні хімічні показники водойм.

В Україні розполягаються 11 річкових басейнів і на кожен з цих басейнів виділяються ці спостерігальні пункти. Зазвичай такі спостерігальні пункти спостережень розміщуються на великих та надважливих водоймах, стан водних ресурсів яких напряму залежить від якості та забезпечення водою населення.

Інформація, яку збирає центр спостережень дуже корисна, адже якщо взяти данні за декілька років і зробити з них певну статистику, проаналізувати, то це допоможе з розв'язання теперішніх проблем та прогнозування вирішень для майбутнього.

Для професійного моніторингу якості води обов'язковою умовою є наявність або створення стаціонарної мережі пунктів спостережень. Якщо область спостереження за природною водоймою – велика, то в цьому випадку передбачається створення мережі пунктів для спостереження.

Вони можуть бути мобільними, тимчасовими або стаціонарними, тип центру для спостереження напряму залежить від цілей та досліджень, які будуть проводитись на природній водоймі.

Всі мережі спостережень мають суворі правила та вимоги до розташування, це обумовлено тим, що від дотримання цих правил будуть залежати і результати, які отримає центр спостережень при досліджах [8].

Основні умови для пунктів спостережень за контролем прозорості води в природніх водоймах:

- системний та комплексний спосіб спостереження за фізико-хімічними, біологічними властивостями води;
- чітке ухвалення термінів спостереження з гідрологічними випадками; визначення показників якості води єдиними методами;
- швидке отримання інформації про стан води;
- основним принципом організації спостережень є їх комплексність, яка передбачає узгоджену програму робіт з гідрохімії, гідрології, гідробіології та забезпечує моніторинг якості води за фізичними, хімічними, гідробіологічними показниками [33].

Вибір місця розташування центру спостереження є найважливішим пунктом. Центри для проведення спостережень діляться на 2 типи: тимчасові або постійні, зазвичай це місця, де наявна або відсутня промислова, господарська діяльність.

Пункт спостережень – місце на території водойми, де проводиться весь обсяг робіт та завдання для отримання даних та інформації про стан водних ресурсів.

Пункти спостережень діляться на 4 групи. Пункти спостережень першої групи повинен бути розміщений на водотоках або водоймах, які несуть важливе господарське призначення. Далі йдуть пункти спостережень групи номер два, які розміщуються в промислових містах або районах, там де існує централізоване водопостачання, реалізовані місця для відпочинку, в місцях межування річок. Пункт спостереження третьої групи зазвичай встановлюють, де помірно або слабке навантаження, це райони невеликих населених пунктів або підприємств. Пункти спостереження під номером групи чотири формуються на водних об'єктах, які перебувають в задовільному стані.

Для того, щоб отримати повний звіт по ситуації на природній водоймі, потрібно використати не один метод, адже кожен з них дає різного виду інформацію і якщо зіп'явставити її разом, то можна отримати всю інформацію про стан водойми [9].

Розглянемо ще декілька популярних методів для дослідження природніх водойм.

Гідрологічні вимірювання – сенс цього методу полягає у вивченні гідрологічних процесів, які відбуваються у воді, таких як швидкість течії, напрямок течії, рівень води, температуру та багато іншого. Це дає змогу зрозуміти як ці всі процеси можуть впливати на стан та якість водних ресурсів [10].

Використання дистанційного зондування доволі сучасний та прогресивний метод, який дозволяє вивчати та спостерігати за водоймою за допомогою супутника. Він слідкує за змінами в геодезії, температурою води та іншими змінами у водному середовищі [32].

Біологічний метод використовує різноманітні живі організми, наприклад, рослини, тварини, риби, зокрема представники водної флори та фауни, спостерігаючи за життям яких можна робити висновки в якому стані перебуває вода у цій водоймі. Дуже цікавий та широкий метод, завдяки ньому можна отримати багато інформації, адже якщо якийсь параметр води буде змінюватись, то організми відразу будуть реагувати на це [11].

Гідрографія – це метод, який вивчає структуру водойми, її рельєф, глибину, ширину, протяжність, характер течії. Це все також має великий вплив на дослідження води. Від цих всіх параметрів буде залежати основна характеристика водойми, річки з повільно течією мають більшу схильність до забруднення, застою води, річки з більшою глибиною та швидшою течією легше справляться з зоною забруднення і зможуть очиститись, тому це все обов'язково потрібно враховувати під час досліджень [10].

Гідроакустичні методи – сенс яких полягає у вивченні акустичних параметрів води. Від них залежить місцезнаходження риби у водоймі, на основі цього можна робити висновки в якій частині водойми більше сприятливі умови для риби, які конкретно види розміщуються в тій чи іншій водоймі і вже після цього можна аналізувати інформацію про стан води, адже для кожного виду риби потрібні особливі умови [12].

Географічні інформаційні системи здатні аналізувати та візуалізувати данні про водні ресурси, пошук зон забруднення. Такі системи зазвичай використовуються для картографії, але також мають призначення у дослідженнях.

Існує ще багато методів для дослідження стану природних водойм. У кожного є свої переваги та недоліки, але кожен з них по-своєму хороший. Вибір залежить від мети дослідження, наукових можливостей, фінансування, тощо.

Розглянемо які існують методи для аналізу води на рисунку 1.4.

Їх є всього п'ять: хімічний аналіз, фізичний аналіз, біологічні тести, сенсорні тести та мікробіологічні тести.



Рисунок 1.4 – Методи дослідження води

Почнемо з хімічного аналізу, це метод який за допомогою хімічних реакцій визначає кількість хімічних речовин у складі води, їхню концентрацію та походження. Основними принципами є реакції, молекулярна біологія, культивування [35].

Цей метод відомий тим, що може забезпечити точний та максимально інформативний результат дослідження, за допомогою нього можна виявити вміст шкідливих речовин та організмів на початкових стадіях забруднення.

Недоліками або обмеженнями у використанні цього методу є те, що він вимагає наявності професійного обладнання та працівників, які мають високу кваліфікацію. Проведення хімічних дослідів та аналізів на вміст тих чи інших елементів займають багато часу.

Наступним методом, який ми будемо розглядати це метод біологічних тестів. Для проведення дослідження потребується наявність живих організмів, таких як риби або організми, які мають чутливість до токсичних речовин. Сенс досліджень полягає в тому, що при виявленні змін у стані здоров'я цих організмів, їх поведінці можна виявити забруднення водяного середовища.

Якщо розглядати переваги цього методу, то він допомагає розглянути ситуацію з додаткових сторін, таких як вплив забруднення на життя організмів в цій екосистемі [38].

До недоліків методу біологічних тестів можна віднести, той факт, що точність досліджень не завжди може вказувати на конкретний вид забруднення, цей метод потребує чіткого та правильного плану спостереження.

Розглянемо наступний метод – фізичний аналіз. Вода, окрім своїх хімічних властивостей має також і фізичні, за якими також можна робити спостереження, контроль і аналіз. Принцип роботи полягає в тому, що буде вимірювання таких фізичних властивостей води як температурний стан, здатність розчинювати тверді речовини, рН (показчик кислотності води) та турбідність.

До переваг цього методу відноситься те, що за короткий час можна отримати інформацію про загальний стан якості води.

З недоліків науковці виокремлюють те, що цей метод не завжди може бути точним та виявити конкретне хімічне забруднення.

Також в дослідженнях якості води використовується такий метод як сенсорні тести. Принцип роботи полягає в залученні сенсорних пристроїв, які мають здатність оцінювати запах води, її колір та смак і на результатах отриманої інформації робити висновки щодо стану води.

Головною перевагою цього методу є те, що він простий і швидкий у використанні, адже навіть людина без професійних навичок зможе запустити процес контролю і отримувати інформацію про стан води.

До обмежень належить той момент, що результати досліджень є менш детальними, точними і виявити забруднення на низькому рівні буде важко, але для простого пересічного користувача це хороший варіант.

Розглянувши кожен метод, з'ясувавши плюси та мінуси можна зробити вибір для проєктів з різними потребами. Всі вони є ефективними у конкретних ситуаціях, але в основному для детального наукового дослідження та контролю вони використовуються всі разом одночасно, щоб отриманні результати були максимально точними [13].

Аналіз прозорості води – це процес вимірювання ступеня проникнення світла через воду. Цей параметр дуже важливий для визначення якості водного середовища та його придатності для життя організмів. Вода, яка має хорошу прозорість, має меншу кількість суспендованих частинок та забруднень.

Існують різні методи для вимірювання прозорості води, які використовуються в наукових дослідженнях, промисловості та моніторингу середовища [14].

Секчі (Secchi disk) – це простий і досить популярний спосіб визначення прозорості води. Він базується на використанні спеціального диска, який зазвичай має чорний колір і фіксований діаметр. Цей диск опускають у воду і спостерігають, на якій глибині він перестає бути видимим.

Принцип дії методу Секчі полягає в тому, що чим менше прозора вода, тим менше глибина, на якій диск залишається видимим. Коли диск перестає бути видимим, вимірюється глибина. Ця глибина є показником прозорості води. Чим більше глибина, тим чистіша та прозоріша вода.

Метод Секчі використовується як швидкий та простий спосіб оцінки прозорості води, особливо у місцях, де недоступні дорогі та професійні обладнання для більш точних вимірювань. Його також можна використовувати для

					КВРКІ. 200118.20.01.16 ПЗ	Арк. 16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

моніторингу змін у прозорості води протягом тривалого часу. Однак цей метод може бути обмеженим у точності порівняно з більш сучасними методами, такими як фотометрія або турбідиметрія.

Транспарентність використовується для кількісної оцінки прозорості води, тобто здатності пропускати світло. Цей метод зазвичай використовує спеціальні прилади, такі як транспарентометри або сенсори, що вимірюють кількість світла, яке проходить через воду.

Принцип дії методу транспарентності полягає в тому, що світло, яке проходить через воду, зменшується в залежності від ступеня її прозорості. Інтенсивність світла вимірюється приладом, який потім перетворює ці дані на значення, що відображають прозорість води.

Цей метод дозволяє отримати більш точні та кількісні дані про прозорість води порівняно з візуальною оцінкою, так як він враховує фактори, такі як колір води та поглинання світла. Крім того, він дозволяє проводити заміри в різних умовах і в різних глибинах.

Метод транспарентності широко використовується у наукових дослідженнях, моніторингу водних екосистем, а також в промисловості для контролю якості води. Його можна використовувати як незалежний метод аналізу або в поєднанні з іншими методами для отримання комплексної інформації про стан водних ресурсів.

Метод візуальної оцінки є одним з простих і доступних способів аналізу прозорості води. Він використовується для оцінки прозорості без використання складних приладів або інструментів. Зазвичай цей метод застосовують у громадських програмах моніторингу водних ресурсів або для швидкої перевірки якості води на місці [36].

Принцип дії методу візуальної оцінки досить простий - спостерігач оцінює прозорість води за допомогою власних очей. Він аналізує, наскільки далеко можна побачити під водою, або наскільки вода прозора, порівнюючи її з відомими точками або об'єктами на дні водоймища. На основі свого спостереження спостерігач може зробити висновок про ступінь прозорості води.

Цей метод має свої переваги та обмеження. З одного боку, візуальна оцінка є швидким і простим способом, який можна використовувати на місці без спеціального обладнання. З іншого боку, вона може бути суб'єктивною і менш точною порівняно з більш сучасними методами, такими як турбідиметрія або фотометрія. Також вона може бути обмежена у визначенні низьких рівнів турбідності або прозорості води. Тому візуальна оцінка часто використовується в поєднанні з іншими методами для отримання більш об'єктивних результатів.

Метод турбідиметрії використовується для вимірювання турбідності води, що є показником розмірів та концентрації часток, які розсіюють світло у воді. Турбідність води може бути спричинена такими частками, як глина, мул, органічні рештки та інші забруднювачі.

Принцип дії турбідиметрії полягає в вимірюванні кількості світла, яке розсіюється при зіткненні з частками у воді. Це вимірюється за допомогою турбідиметра, який використовується для вимірювання інтенсивності розсіяного світла під кутом до напрямку його поширення через воду. Чим більша турбідність, тим більше світла розсіюється, і тим менше світла проходить через воду.

Метод турбідиметрії є дуже чутливим і дозволяє виміряти навіть низькі рівні турбідності. Він широко використовується в промисловості, водопостачанні, органах охорони навколишнього середовища та наукових дослідженнях для моніторингу та контролю якості води. Також використовується для оцінки ефективності процесів очищення води в очисних спорудах та стану водних екосистем.

Метод фотометрії використовується для кількісної оцінки прозорості води шляхом вимірювання інтенсивності світла, яке проходить через воду. Цей метод є одним з найбільш точних і чутливих для вимірювання прозорості води.

Принцип дії методу фотометрії полягає в тому, що вода, яка має високу прозорість, пропускає більше світла, ніж вода з низькою прозорістю, через відсутність часток, які розсіюють світло. Фотометр вимірює інтенсивність світла, що проходить через воду, і конвертує ці дані в числові значення, які відображають

					КВРКІ. 200118.20.01.16 ПЗ	Арк. 18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ступінь прозорості води. Чим більша інтенсивність світла, тим більша прозорість води [33].

Однією з переваг методу фотометрії є його висока точність та чутливість до навіть низьких рівнів турбідності чи інших забруднень у воді. Крім того, він дозволяє проводити вимірювання в різних діапазонах довжин хвиль світла, що дозволяє отримати додаткову інформацію про склад часток у воді.

Метод фотометрії широко використовується в наукових дослідженнях, промисловості, контролі якості води та моніторингу водних екосистем. Він дозволяє отримати об'єктивні та точні дані про прозорість води, що є важливим для оцінки якості водних ресурсів та екологічного стану водойм [14].

Випадки коли необхідна перевірка на прозорість води та наявність у ній домішок:

- підготовка води до її подачі в системи централізованих водопостачань будинків;
- дотримання норм екологічних стандартів під час досліджень природніх водойм;
- реалізації будівельних заходів, де для досягнення цілей важлива наявність якісних розчинів.

Такі пристрої для вимірювання каламутності води зазвичай знаходяться на підприємствах, де обов'язковим є наявність чистих водних ресурсів, без різних домішок та шкідливих речовин. Це в основному хімічні, косметологічні, фармацевтичні та харчові галузі, де напряму від якості води буде залежати кінцевий результат виробництва.

У дослідженні буде використовуватись метод візуального спостереження, адже можливості мікроконтролера ESP32-CAM передбачають наявність камери, завдяки якій система буде отримувати зображення зі станом прозорості води на природній водоймі [15].

1.3 Готові проекти досліджень стану води

У сучасному світі проблема забруднення водою залишається однією з найбільш актуальних і загрозливих для середовища. Проте, над цією проблемою працюють науковці з усього світу, які кожного дня досліджують її та розробляють нові методи контролю та протидії.

Використання технологій та систем на базі мікроконтролерів не є новинкою в галузі досліджень, ці мікроконтролери вже давно використовуються та показують результати як на простому домашньому рівні так і у великих дослідницьких центрах. Все через те, що ці модулі є дуже простим та зрозумілим і мають чималу кількість можливостей. Магазины радіоелектронних товарів можуть запропонувати сотні різних додаткових аксесуарів для мікроконтролерів, зокрема і для ESP32-CAM, плата підтримує підключення камери, різних датчиків руху, температури, вологості, освітлення, тиску, датчик газів і багато інших.

За наявності елементарних знань в написанні програмного коду та моделювання - підключення цих всіх додаткових пристроїв та їх налаштування не буде важким, мікроконтролер підтримує сучасні стандарти WiFi та Bluetooth і під'єднатись до мікроконтролера для завантаження нової прошивки або системного коду для роботи проекту не викликає ніяких труднощів. Це все однозначно є величезним плюсом для проектів в галузях дослідження.

Наприклад, так як напрямок кваліфікаційної роботи - це дослідження якості води в природніх водоймах, то за допомогою цих всіх датчик відкривається можливість досліджувати, визначати, аналізувати та спостерігати за великою кількістю параметрів, такою як колір води, каламутність, прозорість, температура води, склад в ній тих чи інших речовин, активність течії та інших активностей у водоймі. Для досліджень – це прогресивно та інформативно, адже можна вивчати стан води та водойми з різних сторін для отримання повної картини.

					КВРКІ. 200118.20.01.16 ПЗ	Арк. 20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В інтернеті можна знайти багато прикладів та варіантів як можна використати мікроконтролер ESP32 з додатковою камерою, користувачі створюють корисні та цікаві, які можливо реалізувати навіть в домашніх умовах.

Користувач створив систему, яка моніторить якість питної води в будинку на основі мікроконтролера ESP32 та інтернету речей. Проєкт був реалізований за допомогою модуля ESP32, датчика TDS / EC і датчика температури. EC – це значення електропровідності і відповідно до державних стандартів це число не повинно бути більшим за 400 мкСм/см. Коливання цих значень та зміну стану води можна спостерігати з будь-якої точки світу на сервері IoT, назва ThinkSpeak. Результати вимірювань можна також дивитись на 0,96 дюймовому I2C OLED дисплеї, який також може бути під'єднаний до модуля ESP-32. Вигляд зібраної системи можна спостерігати на рисунку 1.4.

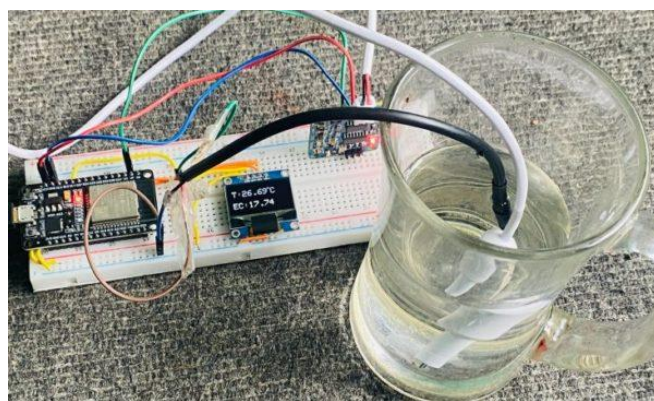


Рисунок 1.4 – Система для моніторингу якості питної води [17]

Електропровідність води (EC) – це її здатність проводити електричний струм. Солі та інші хімічні речовини, які розчиняються у воді, можуть розпадатися на позитивно та негативно заряджені іони. Солоність і загальна кількість розчинених твердих речовин (TDS) використовуються для розрахунку EC води, що допомагає визначити чистоту води, датчик TDS зображений на рисунку 1.5. Чим чистіша вода, тим менша провідність.

Використання датчика температури, що зображений на рисунку 1.6, в цій системі обумовлене тим, що значення електропровідності води залежить від її температури, тому щоб компенсувати похибку потрібно використовувати значення температури.



Рисунок 1.5 – Датчик TDS для вимірювання електропровідності [17]



Рисунок 1.6 – Датчик температури [17]

Завдяки підключенню до ThinkSpeak відкривається можливість спостерігати за даними не тільки на дисплеї пристрою, але і на сайті, данні формуються в зручну діаграму, де показані зміни у електропровідності води та температури. Данні оновлюються кожні 15 секунд.

Таку систему не так важко реалізувати для домашнього використання, щоб моніторити та досліджувати стан домашньої води [17].

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Наступний проєкт пов'язаний з дослідженням води на платформі мікроконтролера ESP32-CAM є не менш цікавим, полягає він у вимірюванні параметрів води в домашньому акваріумі. Забезпечити правильні умови для проживання живих організмів у акваріумі є не легким завданням, цей процес вимагає встановлення багатьох станцій для очистки, обробка води різними засобами, щоб вона не псувалась та була прийнятна для існування там різних видів риб. Ця система за допомогою мікроконтролера ESP32-CAM буде вираховувати TDS та температуру води. Нормальною температурою для життя риб є 25-27 градусів за Цельсієм, а значення TDS становить 200-400 мг/дм³.

Для реалізації проєкту потрібен власне мікроконтролер ESP32, датчик TDS, датчик температури, датчик , а ці всі значення будуть відображатись в реальному часі на кольоровому РК-дисплеї TFT. Готову систему можна розглянути на рисунку 1.7.

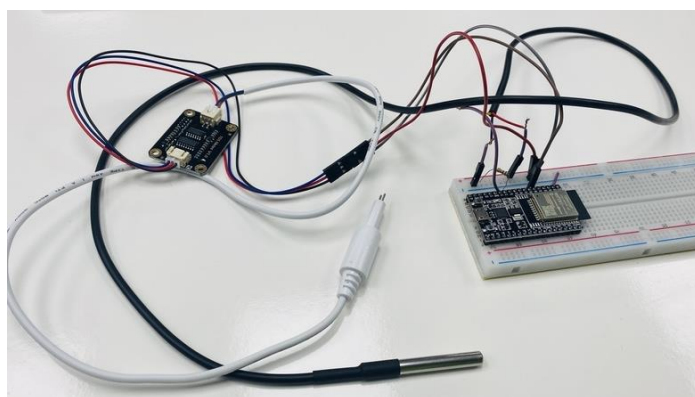


Рисунок 1.7 – Процес збирання елементів системи [18]

Влив на живі організми показників TDS у акваріумі. Якщо не слідкувати за станом води у акваріумі, за вмістом рН, станом каламутності, прозорості, запаху, TDS, температурою, то мешканці акваріума загинуть, через те, що не були забезпечені правильні умови для його існування. Ця система зможе полегшити процес контролю за станом води, схему підключення зображено на рисунку 1.8.

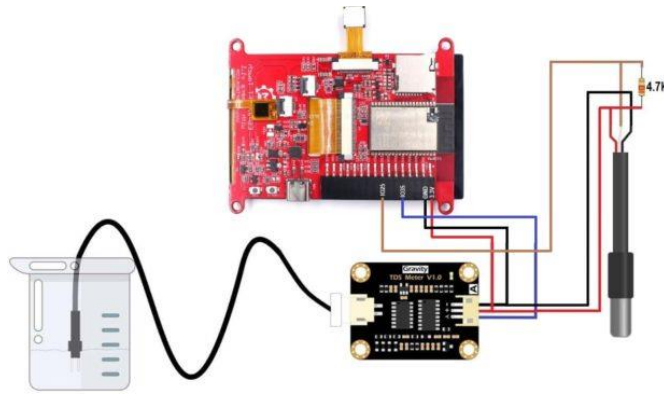


Рисунок 1.8 – Схема підключення [18]

Наявність дисплею є великою перевагою та додатковим варіантом для спостереження за результатами, приклад на рисунку 1.9.



Рисунок 1.9 – Фотографія готової системи моніторингу якості води [18]

Ця система дуже схожа на попередню, комплектуючі майже ідентичні, але призначення самого проєкту різне, головною схожістю є те, що вони мають корисне призначення та можуть полегшити повсякденне життя.

Наступна система буде пов'язана з таким параметром води як рН. За допомогою датчиків та модуля ESP32 система буде вимірюватись цей показник у воді. Завдяки значенням рН вимірюється кислотність або лужність води. Кислотні рідини мають показник менше 7, а лужні рідини – більше 7. Від цього параметру залежить використання цієї води у харчових технологіях, придатність води до питного споживання, життєдіяльність організмів у водоймі, тощо.

Принцип реалізації майже ідентичний з попередніми проєктами, нам потрібен модуль ESP32, датчики рН, з'єднувальні елементи та елементи живлення. Цього разу дисплей потрібен не буде, адже данні будуть транслюватись на сервер в Thingspeak.

Цей рН-метр із промисловим електродом спеціально розроблений для Arduino , ESP8266 , ESP32 та інших мікроконтролерів. Він використовує промисловий електрод і має просте та практичне підключення. Цей прилад має тривалий термін служби до 1 року, що робить його придатним для тривалого онлайн-моніторингу. Елементи системи можна спостерігати на рисунку 1.10, а принципова схема готового приладу зображена на рисунку 1.11.



Рисунок 1.10 – рН-метр та сигнальна плата для роботи пристрою [19]

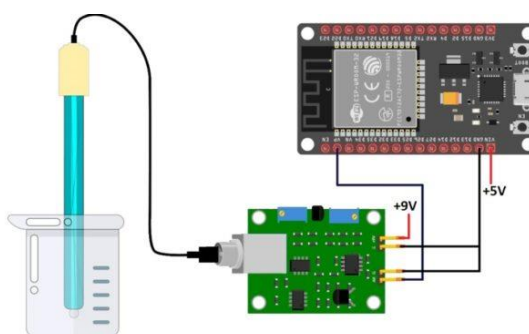


Рисунок 1.11 – Схема готової системи моніторингу рівня рН у воді [19]

Ця система також корисна та цікава, а додаткова реалізація через Thingspeak робить її більш зручною та автоматизованою. Реалізація також не важка в домашніх

умовах. Більше інформації по кожному з цих проєктів можна знайти на інтернет ресурсі та спробувати його реалізувати самостійно.

1.4 Висновки. Постановка задачі

У межах розділу 1 була проведена пошукова робота над темою, а саме «Система автоматичного контролю прозорості води в природних водоймах з використанням мікроконтролера ESP32-CAM», спочатку була розглянута екологічна ситуація в світі, наскільки критичний вплив на екосистему, на природу, на населення та різні живі організми впливає забруднення води. Далі була проведена робота над пошуком інформації по дослідження. Розглянуто багато методів, як для домашнього використання так і для промислового або дослідницького, дізнались всі недоліки та переваги кожного методу та змогли зупинитись лише на одному – методу візуального огляду, адже у проєкті обумовлені обмеження мікроконтролером ESP32-CAM, тому реалізація системи можлива тільки з використанням візуального методу, а саме способом шрифту. Також була проведена робота по збору інформації над вже актуальними проєктами, які є вже опубліковані на різних інтернет ресурсах. Декілька цікавих та корисних розглянули більш детально, вивчили способи та варіанти реалізації. Це дозволить зробити систему максимально збалансованою та оптимізованою у кожній частині.

					КВРКІ. 200118.20.01.16 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ВИБІР КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ПРОЗОРОСТІ ВОДИ В ПРИРОДНІХ ВОДОЙМАХ

2.1 Модуль ESP32-CAM

В сучасному світі технології з кожним днем виходять на новий рівень, мікроконтролери зараз є надважливими елементами у великій кількості пристроїв, які ми щоденно використовуємо. Це може бути різноманітна домашня техніка, промислові пристрої на підприємствах, заводах, медичне обладнання, автомобільні системи та багато іншого. В цих пристроях вони виконують функції мозку для того, щоб організувати стабільну та продуктивну роботу. Мікроскопічні схеми можуть контролювати та керувати роботу великих та потужних пристроїв.

Мікроконтролер – це інтегральна схема, яка здатна запускати програми. На сьогоднішній день в продажі є плати від мільйонів різних виробників та моделей. Однокристальні чіпи знайшли своє широке призначення в різних сферах, від вимірювальних та дослідницьких пристроїв до розважальних систем або домашньої техніки. На відміну від стандартних персональних комп'ютерів, які ми звикли бачити в таких чіпах в одному кристалі поєднані функції процесора, оперативної пам'яті, периферійні пристрої, пристрої для збереження даних, але звичайно потужність та можливості значно менші.

Для системи автоматизованого контролю прозорості води будемо використовувати пристрій ESP32-CAM, який зображений на рисунку 2.1. У 2019 році компанія Espressif Systems презентувала модуль, який складається з мікроконтролера ESP32 та камери, в якому є вбудований Wi-Fi і Bluetooth. Плати ESP32 мають гарні обчислювальні характеристики, здатність до покращення або масштабування, але водночас мають доступні ціну в межах від 300 до 500 гривень в залежності від комплектації.

Користувачі також виділяють низьке енергоспоживання, але водночас потужність, якої вистачає для того, щоб реалізувати багато різних завдань.

					КВРКІ. 200118.20.01.16 ПЗ	Арк. 27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Можливість підключення до інтернету робить його ідеальним компонентом для кожного проєкту або дослідження в галузі Інтернету речей [20].



Рисунок 2.1 – Мікроконтролер ESP32-CAM

Наявність камери дозволяє робити зображення або відео і переглядати їх в реальному часі через інтернет. Така можливість дозволяє збільшити варіанти застосування такого модуля в різних галузях.

Найчастіше цей модуль використовують в проєктах, де потрібне відеоспостереження, також він знайшов своє призначення в системах безпеки, програмах розпізнавання облич, моніторингу ситуацій, тощо.

Для початку розглянемо основні технічні можливості модуля ESP32-CAM:

- 10 GPIO;
- найменший модуль, підтримуючий Wi-Fi BT SoC, стандарт 802.11b/g/n;
- 32-розрядний процесор з низьким енергоспоживанням;
- потужність 600 DMIPS, з частотою 160 МГц;
- внутрішній об'єм пам'яті 520 КБ SRAM, зовнішній - 4 МП;
- підтримка UART, SPI, I2C, PWM ;
- підтримка багатьох моделей камер, найпопулярніші OV2640 і OV7670;
- наявність світлодіодної підсвітки;
- підтримка передачі зображень через Wi-Fi;
- підтримка TF - карти;
- підтримка технології Smart Config та AirKiss;
- підтримка локального або віддаленого формату оновлення прошивки.

Ця плата має 4МБ пам'яті, яка використовується для буферизації зображень з камери в лайв відео або для других завдань, які дозволяють використовувати більш високу якість в знімках без збоїв та помилок.

Вона підтримує накопичувачі формату microSD і має 10 доступних GPIO, і роз'єм живлення. Але не всі роз'єми можна використовувати, через те, що деякі з них задіяні камерою або картою microSD.

Модуль ESP32-CAM обладнаний вбудованою антеною і роз'ємом IPEX, який дозволяє використовувати зовнішню антену для того, щоб покращити діапазон зв'язку мережі Wi-Fi, що ж доволі корисною функцією в недоступних умовах.

Плата має вбудовану кнопку для скидання або перезагрузки модуля, яскравий світлодіод працює як спалах. Функція спалаху може бути корисна для освітлення зони перед передачею відео або зйомкою. Тим не менш, цей діод відповідає також за наявність картки microSD в модулі, це означає, що він буде горіти постійно при наявності картки.

Для того, щоб під'єднати мікроконтролер ESP32-CAM до персонального комп'ютера можна використати два методи – безпроводний та проводний. Перший це за допомогою Wi-Fi, модуль якого вже вбудований в плату, а другий це варіант, використавши порт USB [23].

2.2 Технічні характеристики та можливості модуля ESP32-CAM

Незважаючи на свої компактні розміри та доступну ціну, модуль ESP32-CAM на сьогоднішній день став справжнім скарбом для творчих розробників та ентузіастів інтернету речей. Зберігаючи простоту використання, яка характерна для всієї лінійки мікроконтролерів ESP, цей модуль має надзвичайно широкі можливості та достатню потужність для втілення навіть найскладніших ідей та проєктів. Головною перевагою в реалізації проєкту є наявність камери відеоспостереження в модулі ESP32-CAM, розглянемо цей вузол більш детально.

					КВРКІ. 200118.20.01.16 ПЗ	Арк. 29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Принцип роботи IP-камери відеоспостереження дуже простий. Вона має здатність приймати відео та аудіо сигнали, стискати данні і передавати їх на приймач , а там вже користувач переглядає отриманий матеріал з камери на робочому місці, або за допомогою віддаленого доступу через мобільні пристрої.

Після того як зображення потрапило на матрицю воно перетворюється на електричний сигнал.

Головна відмінність IP-камери від аналогової – це те, що вона може передавати сигнали через локальну або інтернет мережу. Всі пристрої мають мережевий сервер, мережеву адресу, інтегрований мережевий інтерфейс. Доступ до інформації з цієї камери буде доступний у будь-якій точці світу.

Принцип зняття відео абсолютно ідентичний до аналогової камери. Де об'єкти робить фокус картинки на матриці, а вона в свою чергу перетворює на електричний сигнал. Процесор в цьому процесі виконує роль обробки кольору, яскравості та корегування різних параметрів зображення, для забезпечення користувача якісною картинкою. Після цього в хід вступає компресор який стискає дані для передачі мережевим контролером.

За принципом інших пристроїв, які працюють через інтернет, IP камера відеоспостереження отримує власну мережну адресу для з'єднання з інтернетом. Він потрібен, щоб відбувалась синхронізація з реєстратором, це відбувається за допомогою певної програми або команди. У разі відсутності IP-адреси забезпечити доступ до камери з різних мобільних пристроїв буде неможливо.

Завдяки цьому, користувач отримує доступ до камери з будь-якого місця де є стабільне підключення до швидкісного інтернету, для отримання якісного зображення [24].

Варіанти отримання даних від IP-камери.

Наразі є три варіанта отримання даних – безпроводний, провідний, гібридний, у кожного з них є свої плюси та мінуси і в залежності від потреб можна обрати найбільш вдалий та той метод який буде ефективний для роботи.

					КВРКІ. 200118.20.01.16 ПЗ	Арк. 30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розглянемо кожен з них та розберемось який з них краще підійде для системи автоматичного контролю прозорості води.

Перший спосіб передачі даних - це дротовий. Використовується в цьому випадку підключення за допомогою кабеля Ethernet, який забезпечує з'єднання камери та мережі.

Переваги: цей спосіб може гарантувати стабільність роботи без перерв і затримок, а також безпечно з'єднання. Швидкість передачі даних буде значно більшою, ніж з бездротовим і гібридним з'єднанням з мережею. Дротові мережі не такі вразливі до хакерських дій, в них не так легко проникнути як у бездротові.

Недоліки: обмежені можливості у розташуванні пристроїв, кабель сильно обмежує це переміщення, потрібне постійне підключення до мережевого порту або розетки.

Другий спосіб передачі даних - це бездротовий. Якщо пристрій має здатність працювати з модулями WiFi або 4G, то в такому разі варто розглядати ще варіант бездротового підключення.

Переваги: перш за все - це мобільність, тому що можна під'єднатись до мережі в будь-якій точці зони покриття. Це дуже спрощує роботу, коли потрібно переставити пристрої, наприклад, в іншу частину кімнати або пересунути правіше / лівіше. У випадку з дротовим з'єднанням це проблематично для реалізування.

Не потрібно встановлювати десятки метрів кабеля, все виглядає просто та компактно. Є можливість підключати декілька пристроїв без залежності від фізичного розташування. Дуже легко масштабувати розмір мережі, на відміну від дротового зв'язку, де у випадку масштабування потрібно доукомплектовувати все додатково пристроями.

Недоліки: можливі проблеми з сигналом, для того, щоб обладнання працювало максимально ефективно та коректно - потрібно розташувати його так, щоб на нього не діяли різні зовнішні чинники, адже бездротове обладнання чутливе до цього. Важливу роль грає правильне налаштування системи, бо в іншому разі це

може бути легкою здобиччю для хакерів, які з легкістю можуть перехватити або викрасти данні нашої системи.

Третій спосіб передачі даних - це гібридний. Він поєднує в собі обидва методи підключення, ми можемо підключитись до нашого обладнання за допомогою кабелю так і за допомогою бездротових технологій. Розглянемо які переваги і недоліки передбачає використання гібридного способу.

Переваги: наявність резервного варіанту підключення. У разі виходу з ладу одного способу - завжди можна переключитись на інший без затримок в роботі. Два способи підключення можуть забезпечити гнучкість в роботі і дуже легко та без жодних проблем перелаштуватись на той спосіб який зараз буде найбільш доцільний та найкращий.

Недоліки: не завжди виходить легко підключити обладнання до двох способів одночасно, потрібно враховувати багато факторів та характеристик обладнання. Це може бути також проблемно в підтримці та обслуговуванні пристроїв. Ситуація з безпекою такої системи теж має свої нюанси, адже додає хакерам потенційні варіанти для взлому системи. Також у випадку масштабування буде виникати запитання який спосіб брати у пріоритет, щоб досягти найкращого результату. Тому для того, щоб визначитись чи підходить гібридний спосіб підключення - потрібно знати на декілька кроків вперед плани, щоб в майбутньому не виникло проблем [25].

Отже, для того, щоб визначитись який спосіб підключення підходить краще всього, потрібно розглянути всі варіанти розвитку подій, вирішити, що саме хочемо отримати від цієї системи і які цілі ставляться в роботі з нею.

У системі автоматичного контролю прозорості води буде використовуватись безпровідний спосіб підключення, для наших потреб у цьому проєкті підходить тільки він, бо місцерозташування природних водойм зазвичай не дозволяє протягнути та створити систему з провідним підключенням. На це потрібно дуже багато матеріалів для з'єднання, часу та роботи, тому безпровідний варіант підходить краще всього.

					КВРКІ. 200118.20.01.16 ПЗ	Арк. 32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Можливості в IP-камер відеоспостереження:

- масштабованість системи – єдиний кабель «кручена пара» зможе передавати кілька потоків;
- камери відеоспостереження мають інноваційні рішення для чіткого та деталізованого зображення;
- виробники впровадили різні опції, що підвищують якість картинки: WDR, BLC, DNR;
- під час трансляції мінімальна кількість перешкод, що підвищує ефективність спостереження;
- трансляцію надійно захищено, бо використовується шифрування та кодування даних;
- трансляція проводиться з високою швидкістю – до 50 кадрів за секунду, що підвищує інформативність та комфорт;
- сучасні IP-камери можуть здійснювати зйомку з роздільною здатністю в 4K та 8K навіть на великих відстанях;
- деякі моделі камер запрограмовані на роботу з штучним інтелектом і вміють розпізнавати людей, їхні обличчя, вираховувати з якою швидкістю їде автомобіль або аналізувати інші об'єкти, які попадають в поле зору камери, це дуже сильно спрощує роботу правоохоронним органам або охоронним агенціям;
- майже на всі сучасні камери відеоспостереження встановлюють інфрачервоний світлодіод, який дозволяє в нічний час доби додатково освітлювати зону зйомки камери, цим самим знімає питання з освітленням при зйомці;
- мобільний доступ є великим плюсом, в програмі керування ви можете в будь-якій точці світу спостерігати за вашим об'єктом, викачувати або переглядати знятий матеріал, змінювати конфігурацію камери та багато іншого;
- систему відеоспостереження можна встановити в різних місцях, від стандартних міських будівель або споруд до об'єктів за містом, які потребують спостережень.

Модуль ESP32 офіційно підтримує наступні камери, перелік в таблиці 2.1.

					КВРКІ. 200118.20.01.16 ПЗ	Арк. 33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Список камер, які підтримуються модулем ESP32-CAM

Назва	Розширення	Розмір об'єктива
OV2640	2МП, 1600 x 1200	1/4"
OV3640	3МП, 2048 x 1536	1/4"
OV3660.	3МП, 2048 x 1536	1/5"
OV5640	5МП, 2592 x 1944	1/4"
OV7670	0,3МП, 640 x 480	1/6"
OV7725	0,3МП, 640 x 480	1/4"
NT99141	1МП, 1280 x 720	1/4"
GC032A	0,3МП, 640 x 480	1/10"
GC0308	0,3МП, 640 x 480	1/6,5"
GC2145	2МП, 1600 x 1200	1/5"

Кількість підтримуваних камер модулем ESP32-CAM вражає, їх є достатньо багато і кожен користувач має можливість обрати камеру для свого проєкту опираючись на різні фактори: ціна, виробник, розмір камери, роздільна здатність зйомки, розмір об'єктива, кількість мегапікселей. Вибір користувача залежить виключно від його потреб. Оцінити ситуацію, зіпставити, порівняти та вибрати найкращий варіант камери для проєкту [40].

Найпопулярніші варіанти камер, які використовують користувачі з модулем ESP32-CAM:

1. OV2640: це одна з найпопулярніших камер для ESP32-CAM. Вона має роздільну здатність 2 мегапікселя та досить непогану якість зображення.
2. OV7670: ця камера також є популярним вибором для ESP32-CAM. Вона має меншу роздільну здатність, приблизно 0.3 мегапікселя, але все ще може бути корисною для деяких застосувань.
3. OV7725: ця камера має аналогічну роздільну здатність, що й OV7670, але може мати трохи кращу якість зображення.

4. MT9D111: ця камера має вищу роздільну здатність, приблизно 2 мегапікселя, і може забезпечити кращу якість зображення, але вона може бути дещо складнішою в використанні.

5. GC0328: це ще один варіант з роздільною здатністю 2 мегапікселя, який може бути використаний з ESP32-CAM.

Більшість з цих камер можуть бути легко підключені до ESP32-CAM і використовуватися з Arduino IDE або ESP-IDF для розробки програмного забезпечення [26].

Так як система буде використовувати для передачі даних від самого модуля з камерою до користувача з'єднання за допомогою Wi-Fi розглянемо детальніше особливості та принцип роботи цієї технології.

Під час побудови та реалізації різних WLAN проєктів у більшій частині цих випадків буде використовуватись Wi-Fi. Детальніше розглянемо структуру, принцип роботи, переваги, недоліки цих систем.

Переваги WLAN мереж. Головною перевагою є те, що завдяки WLAN мережам з'являється можливість забезпечити стабільним з'єднанням в тих місцях, у які заведення кабелів неможливе або частково ускладнене.

Також вирізняють мобільність, так як розташування підключених пристроїв можна легко змінювати в зоні покриття без будь яких втрат або пошкоджень сигналу.

Легкість проєктування є також приємною перевагою, тому що в створенні дротової системи з'єднання потрібно прокладати кабель, прораховувати все детально, вимагає набагато більше часу та ресурсів. А система мережі Wi-Fi створюється набагато швидше і легше.

Щоб під'єднати велику кількість людей до бездротової системи - не потрібно забезпечувати кожного користувача кабелем, так як це реалізовано в дротовій системі.

Легкість масштабування також є невід'ємною перевагою, бо у разі недостатчій швидкості або інших питань можна швидко замінити мережевий пристрій на новіший і більш продуктивний, а у дротовій системі так не вийде.

Покриття або зона сигналу може бути досить широкою, до кількох кілометрів, в залежності від мережевого обладнання яке використовується.

Недоліки та обмеження побудови Wi-Fi мережі.

Користувачі вирізняють такі основні недоліки або проблеми з мережами WLAN:

- обмеженість зони покриття, цю проблему зазвичай намагаються вирішити та прорахувати на початку проектування системи, вона вирішується завдяки оптимальному обладнанню та технологія;

- чутливість до зовнішніх факторів, тому у разі поганої погоди, фізичних або технологічних перешкод є ризик зменшення швидкості, перебої в роботі системи, нестабільність, можливі перешкоди або нестабільність з'єднання;

- при виборі бездротової системи варто враховувати її вразливість до кібератак.

З кожним днем хакери розвиваються і вигадують нові методи для взлому даних, але і захисні системи також не стоять на місці, тому потрібно обов'язково подбати про відповідну безпеку.

Принцип роботи мережі WLAN. Щоб передавати інформацію, файли або інше бездротові мережі використовують радіочастоти. Бездротову мережу забезпечують частоти, які знаходяться в діапазоні електромагнітного спектра і принцип роботи полягає в поширенні радіохвиль. А мережеві пристрої виконують роль приймача і передавача, завдяки цьому між ними встановлюється комунікація.

Завдяки цим пристроям працюють бездротові мережі WLAN:

- 1) ретранслятори;
- 2) мережеві карти;
- 3) комутатори;
- 4) мости та інше обладнання;

5) точки доступу.

При створенні Wi-Fi-мереж передача радіосигналів здійснюється в радіодіапазоні 2,4 ГГц або 5 ГГц. Точки доступу транслюють свій SSID (ідентифікатор мережі), а пристрої користувачів, потрапляючи в зону покриття, відправляють запит, щоб налаштувати підключення.

Залежно від дальності дії, бездротові мережі діляться на 4 типи:

- 1) Wireless Personal Area Networks – персональні мережі;
- 2) Wireless Local Area Networks – локальні мережі;
- 3) Wireless Metropolitan Area Networks – мережі, побудовані в межах міста;
- 4) Wireless Wide Area Network – глобальні мережі.

Таблиця 2.2 – Стандарти Wi-Fi порівняльна таблиця

Стандарт	802.11ac	802.11ax	802.11ax	802.11be
Діапазон	5 ГГц	2,4 ГГц, 5 ГГц	2,4 ГГц, 5 ГГц, 6 ГГц	2,4 ГГц, 5 ГГц, 6 ГГц
Ширина каналу	20 МГц, 40 МГц, 80 МГц, 160 МГц	до 160 МГц	до 160 МГц	до 320 МГц
Макс. швидкість	3,5 Гбіт/с	9,6 Гбіт/с	9,6 Гбіт/с	46 Гбіт/с

Головною вразливістю бездротових мереж являється те, що доступ до них можна отримати безконтактно, достатньо просто бути в зоні покриття мережі.

Дуже важливо на етапі підтримки та забезпечення безпеки бездротових мереж для всього підприємства є постійне оновлення програмного забезпечення. Сучасні версії програмного забезпечення зазвичай дають відповідний рівень безпеки і в них виправлені вразливі місця попередніх версій.

Отже, бездротова мережа WLAN здатна забезпечити підприємству мобільність, швидкість, легкість у використанні та керуванні, але з важливим урахуванням розташування систем і продуманих підходів до забезпечення безпеки [31].

Дуже важливу роль в будь-якому проєкті грають розміри комплектуючих, наприклад взявши модуль ESP32-CAM, то знаємо, що він є відносно маленьким, це є великим плюсом в тому випадку коли місце для його встановлення обмежене. Від розмірів самого модуля залежить також інтеграція його з іншими комплектуючими, наприклад, завдяки тому, що ESP32-CAM має невеликі розміри, то можемо доукомплектувати прилад сенсорними датчиками, дисплеями, додатковими органами управління та багато іншого і не сильно збільшити його розміри.

Від фізичних розмірів модуля залежить також спосіб кріплення, адже чим менший розмір, тим важче буде його прикріпити надійно та ергономічно. З великими модулями набагато легше, так як можна прикріпити стандартними методами через отвори, тощо. Також варто звернути увагу на тепловідведення, адже маленький розмір модуля буде впливати на розсіювання тепла, що може бути критичним для проєктів з вимогами до високої продуктивності та охолодження.

Розміри модуля ESP32-CAM:

- довжина: близько 28 мм;
- ширина: близько 18 мм;
- висота: близько 7 мм.

Розміри вказані приблизні, величини можуть мінімально відрізнятись від вказаних, тому що у кожного виробника є своя норма по виготовленню або також може залежати від версії модуля. Похибка не є значною, тому можна в будь-якому разі брати ці значення для вирахування площі, яку буде займати модуль ESP32-CAM у приладі, особливо уважним до цих значень потрібно бути, якщо для виконання приладу простір обмежений і кожен міліметр є важливим [27].

Загальний вигляд плати та розташування її компонентів зображено на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Розташування компонентів на платі ESP32-CAM

Основні компоненти плати наведені нижче.

ESP32: так званий «мозок» плати. Містить два високопродуктивних 32-розрядних процесора LX6 з 7-ступінчатою архітектурою і призначений для забезпечення обробки всі процесів які надходять в головний мозок модуля [26].

IPEX роз'єм антени: забезпечує підключення зовнішньої антени, а також надає можливість підключити антену для збільшення зони покриття, цим самим піднімає рівень зони надійної та якісної передачі даних.

Танталовий конденсатор: головна роль цього конденсатора полягає в тому, що він фільтрує джерела живлення для стабільної роботи приладу.

Стабілізатор напруги: забезпечує стабільність напруги на виході, незалежно від перепадів, скачків напруги, стабілізатор буде надавати не більше 3,3 вольт для коректної роботи системи.

Кнопка скидання: при натисненні кнопки скидання перезапускається код, що виконується на модулі.

PSRAM: модуль містить пам'ять, хоч вона і малопотужна з об'ємом 4МБ, це додає системі швидкості і дозволяє обробляти інформацію ефективніше. Також це позитивно впливає на роботу камери, вона відкривається та працює набагато швидше.

Роз'єм TF карти: дозволяє під'єднати картку формату micro-SD для того, щоб зберігати данні. Всі взаємодія відбувається через периферійний інтерфейс.

Роз'єм FPC: дозволяє підключати різні модулі камер.

Світлодіод спалаху: надзвичайно яскравий світловий діод, який також виконує функцію підсвітки для модуля камери.

Виводи модуля ESP32-CAM зображені на рисунку 2.3.

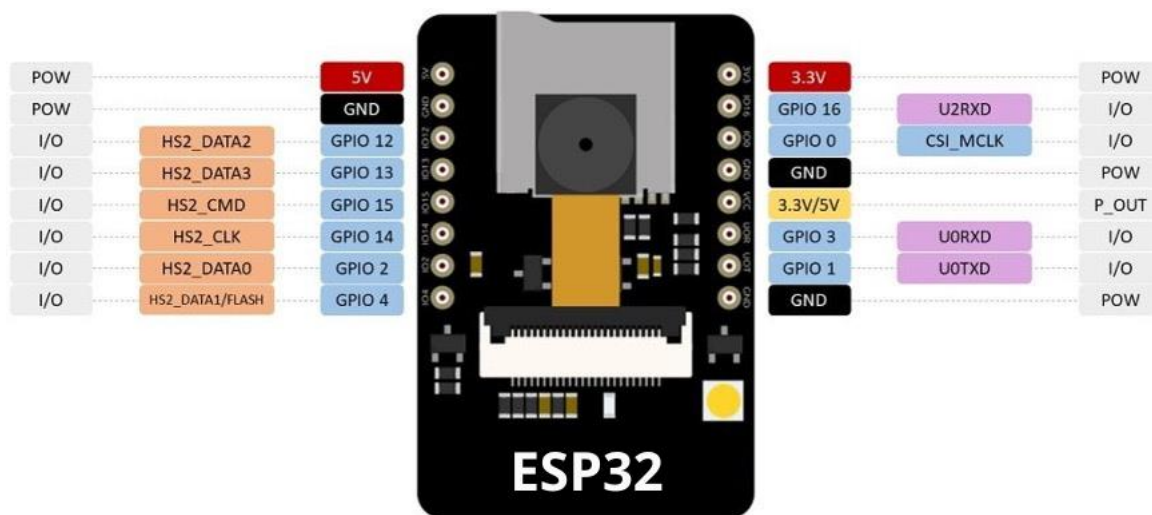


Рисунок 2.3 – Виводи модуля ESP32-CAM

ESP32 має на своїй платі 34 контакти, але через те, що частина контактів задіяна для роботи з камерою, то для використання доступні лише 16 контактів [27]. Давайте детальніше розглянемо та знайдемо призначення деяких із цих виводів на платі модуля.

5V та 3V3: подача живлення. Зазвичай 5 В використовується для живлення самого модуля, а 3.3 - для живлення периферійних пристроїв, таких як сенсори або датчики.

GND: цей вивід з'єднується із землею схеми. Обов'язково потрібно підключити його.

EN (Enable): використовується для увімкнення або вимкнення модуля. Часто підключається до 3.3 для активації.

IO0: цей вивід використовується для переведення модуля в режим програмування. Для завантаження прошивки він зазвичай заземлюється.

SDA та SCL: ці виводи використовуються для обміну даними в шині I2C. Це дозволяє ESP32-CAM взаємодіяти з іншими пристроями через протокол I2C.

GPIO (General Purpose Input/Output): ці виводи можуть використовуватись для підключення різних периферійних пристроїв, таких як світлодіоди, кнопки, датчики та інші. Вони можуть бути налаштовані як вхід або вихід залежно від програми.

Деякі виводи, такі як IO1, IO3, IO4 та IO6, також можуть бути використані для підключення до SPI (Serial Peripheral Interface) пристроїв, таких як екрани або інші мікроконтролери.

Крім того, ESP32-CAM має вбудований Wi-Fi та Bluetooth, це дозволяє йому передавати данні по бездротовій мережі, відправляти та обробляти файли на сервері та взаємодіяти з іншими пристроями.

Пам'ять має надважливе значення для виконання складних завдань, тому ESP32 має 520 КБ оперативної пам'яті, яка розташована на тому ж кристалі, що й інші компоненти чіпа [42].

Але об'єму в 520КБ може бути обмаль для обробки процесів та завдань з інтенсивним використанням пам'яті. Тому мікроконтролер оснащений зовнішньою пам'яттю, об'єм якої 4МБ, це псевдо оперативна пам'ять. З урахуванням цього цієї пам'яті буде достатньо для роботи з аудіо чи графічними процесами.

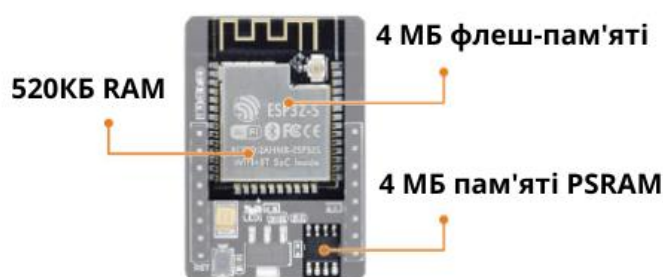


Рисунок 2.4 – Розміщення елементів пам'яті модуля ESP32-CAM

Можливість вставити картку microSD є хорошим бонусом для власників мікроконтролера ESP32-CAM, завдяки цьому відкривається багато функцій. Можна створити відеореєстратор для автомобіля або використовувати в інших цілях для зйомки відео та фото з можливістю збереження [26].



Рисунок 2.5 – Розміщення слота для карт пам'яті модуля ESP32-CAM

Енергоспоживання ESP32-CAM залежить від того, як сильно його навантажують. Як і в будь-якому іншому пристрої, чим більше навантаження тим більше енергії буде споживати пристрій.

В стані очікування ESP32-CAM потребує приблизно 80 мАг, коли транслює відео від 100-160 мАг, коли транслює відео з ввімкненою підсвіткою, то може досягати 270 мАг [28].

Для коректної роботи WiFi та Bluetooth в модулі ESP32-CAM передбачена вбудована антена, яка має потужність 4db, зображена на рисунку 2.6.

У випадку недостатньої потужності внутрішньої антени у користувача є можливість під'єднати зовнішню антену через роз'єм формату IPEX. Для того, щоб вибрати певний тип антени потрібно використати перемичку, яка знаходиться на платі поруч з роз'ємом.

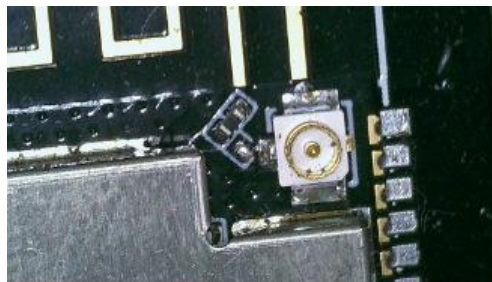


Рисунок 2.6 – Зображення вбудованої антени модуля ESP32-CAM

За замовчуванням перемичка стоїть у верхньому положенні для використання тільки внутрішньої антени, щоб почати використовувати зовнішню, то її потрібно розпа`яти та з`єднати в нижньому положенні.

На платі модуля ESP32-CAM розмістились 3 контакти GND та 2 плюсових контакти – 3.3 та 5 Вольт. Ці два контакти можна використати для забезпечення живлення нашої системи, але слід враховувати, що робота модуля на живленні 3.3 Вольта не дуже стабільна та можливі перебої, тому рекомендовано відразу під`єднувати модуль до мережі живлення через контакт 5 Вольт, щоб не було постійних зависання або перезавантаження модуля [42].



Рисунок 2.7 – Розміщення контактів живлення модуля ESP32-CAM

Контакт VCC також використовується для живлення, але ні в якому разі не слід використовувати його для підключення живлення самої плати, він більше підходить для забезпечення живленням малопотужних датчик, сенсорів, які споживають не більше 40мА.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Для того, щоб врегулювати напругу на контакті VCC використовуються резистори, за допомогою них можна це робити, шляхом випаювання та додавання різних з'єднань на резисторах, тим сами коригуючи опір.

Контакти GND слугують для замикання всього електричного ланцюга, а також забезпечення логічного опорного рівня на платі. Тому перед налаштуванням обов'язкова перевірка, щоб ці два контакти були під'єднані один до одного та на них було однакове заземлення [28].

Захисний кейс для мікроконтролера ESP32-CAM є обов'язковою справою. Як мінімум навіть для використання в домашніх умовах, де на нього не будуть діяти ніякі зовнішні чинники його варто всеодно придбати, адже з ним зовнішній вигляд набагато кращий, він закриває всі з'єднання, елементи на платі, захищає від будь-якої взаємодії. А в умовах проєкту, коли системи спостережень будуть встановлюватись безпосередньо на близькому контакті з водою, то потрібно не тільки потурбуватись про наявність захисного кейса, але і подбати про його герметичність, використавши додатково такі матеріали як епоксидний клей, ним можна проклеїти цей кейс і він забезпечить герметичність. Ніяка вода та волога не попаде всередину і це продовжить термін використання мікроконтролера на довгі роки без поломок.

Його можна придбати на таких маркетплейсах як Aliexpress або роздрукувати самостійно на 3D-принтері, кожен з цих варіантів не потребує багато коштів або ресурсів, але захисний кейс дуже корисний та важливий.

2.3 Висновки

У другому розділі була розглянута тема мікроконтролерів, актуальність та можливості. Аналіз дав зрозуміти, що такі ж самі мікроконтролери часто використовують для подібних систем дослідження, тому вибір є правильним і мікроконтролер ESP32-CAM підходить. Детально вивчено його вузли та технічні характеристики, досліджено чи буде достатньо цих характеристик для реалізації

					КВРКІ. 200118.20.01.16 ПЗ	Арк. 44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

системи автоматичного контролю прозорості води в природних водоймах. Зібрано інформацію по специфіці кожного вузла та компонента, щоб в процесі реалізації були відомі всі аспекти та нюанси в роботі з модулем ESP32-CAM, знайшли інформацію по розташуванню компонентів на платі, розташуванню всіх контактів та виходів, які будуть потрібні при підключенні готової системи. Визначено які додаткові пристрої можна під'єднати до модуля для реалізації проєкту.

Модуль ESP32-CAM є оптимальним рішенням для системи автоматичного контролю прозорості води, він повністю задовільняє наші потреби, є досить потужним та легким у налаштуванні.

					КВРКІ. 200118.20.01.16 ПЗ	Арк. 45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ПРОЗОРОСТІ ВОДИ В ПРИРОДНІХ ВОДОЙМАХ З ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОКОНТРОЛЕРА ESP32-CAM

3.1 Опис реалізації системи

Для цієї системи буде використовуватись метод візуального аналізу, для його реалізації буде використаний мікроконтролер ESP32-CAM, детальніше з його характеристиками та можливостями познайомились в попередньому розділі і вияснили, що він ідеально підходить для цілей цього проєкту.

Проаналізувавши багато методів та варіантів як можна вимірювати та контролювати прозорість води прийшли до висновку, що саме на основі «методу шрифта» краще всього буде реалізувати цю систему. Використовується він зазвичай в лабораторних умовах, коли воду для дослідів набирають у прозору ємність і позаду ставлять полотно з надписом, а з іншої сторони ємності спостерігають за тим наскільки чітко читається текст. Якщо вода чиста і прозора, то текст видно добре, а якщо вона має у своєму вмісті різні домішки, каламутність, то текст буде розмитим або взагалі без можливості його прочитати. На основі цього методу і будемо реалізовувати нашу систему контролю прозорості води.

Для того, щоб правильно та коректно контролювати стан води у водоймі потрібно враховувати багато факторів, таких як площа водойми, глибина, ширина, адже від цього буде залежати розташування камер для спостережень. Як мінімум потрібно встановлювати такі пункти спостережень на протилежних сторонах берегу, також повздовж, щоб можна було контролювати прозорість води на різних частинах водойми. Це нам дозволяє отримати більш розширену інформацію і приймати міри до усунення каламутності води або забруднень частково в окремій зоні. На початку експерименту варто поставити як найбільше таких камер для спостережень, щоб потім проаналізувати результати і зрозуміти в якій частині водойми їх можна зменшити через однаковість результатів, а на якій навпаки зробити густішими.

					КВРКІ. 200118.20.01.16 ПЗ	Арк. 46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тепер розглянемо реалізацію пункту спостереження. Для цього нам потрібен буде мікроконтролер ESP32-CAM з камерою OV2640 та декілька тримачів.



Рисунок 3.1 – Тримач риболовний

У ролі тримача будемо використовувати звичайний риболовний тримач, який можна придбати в будь-якому магазині за 25-30 гривень, перевагами є те, що можна регулювати висоту цієї підставки, дуже легко його опустити або підняти за бажанням, на кінці він має загострення у вигляді конуса і за допомогою нього дуже легко його вмонтувати в будь-який рельєф на березі водойми. Для естетичного вигляду верхній кольоровий тримач саме для вудилища можна відкрутити, він має різьбове з'єднання.

Отже, за невеликі кошти отримуємо універсальний тримач для пункту спостереження.

На рисунку 3.2 зображена схема розташування пристроїв у водоймі. Під номером 1 в нас знаходиться мікроконтролер ESP32-CAM, який з'єднаний разом з тримачем і розташований над водою. Під номером 2 в нас знаходиться такий самий тримач вмонтований в рельєф дна водойми і замість верхнього V-подібного елемента тримача приєднана платформа на якій розташований текст.



Рисунок 3.2 – Схема розташування компонентів системи контролю води

Опираючись на «метод шрифта» система буде у режимі фото або відео транслювати текст з платформи, яка знаходиться у воді. Коли користувач під'єднається до системи, то буде отримувати зображення на екрані з товщею води і в ній платформа з текстом, якщо вода прозора, то камера зможе передати чітко цей текст, якщо ж в ній присутній певний відсоток каламутності або інших домішок, то текст прочитати буде проблематично.

Платформа з текстом повинна бути загерметезована, щоб вода не впливала на матеріали з яких виготовлена ця платформа і нанесений сам текст, якщо це буде виконано з металу, то через процеси окислення метал буде ржавіти і текст через певний час спотвориться. Потрібно підібрати оптимальний матеріал, спосіб нанесення тексту та його розміри, варто також враховувати світлові промені, які потрапляють у води і заломляються, тим самим зміннюють картинку яку ми бачимо у воді.

Варіантів з змістом самого тексту є безліч, але також цікавим та автоматизованим рішенням буде зобразити на цій платформі QR-код.

QR-коди - це сучасний та досить популярний вид двохвимірною звичайного штрих-коду. QR - це скорочений варіант від "Quick Response" (швидка відповідь). QR-код закодує алфавітно-цифрові данні, які складаються з букв, цифр у піксельний формат.

Для того, щоб зчитати данні – використовується сканер або звичайний смартфон. Ці піксельні коди мають подібний до штрих-кодів принцип роботи, але можуть містити в собі в декілька разів більше данних, це можуть бути фото, відео,

посилання на соціальні мережі, сайти, аудіо, тощо. Впродовж останніх років тенденція на їхнє застосування у різних сферах тільки збільшується.

Коли користувач буде під'єднуватись до системи спостереження перед ним буде висвітлюватись QR-код, який знаходиться під водою і в залежності від того в якому стані вода, і чи вона достатньо прозора, то з'являється можливість відсканувати цей QR-код через камеру телефона. Якщо каламутність води не спотворила піксельний код, то користувачу на екрані висвітиться текст з надписом «Вода чиста» або «Прозорість води в чудовому стані. Якщо ж сканувати QR-код не виходить і система його не розпізнає, значить стан прозорості води змінився і він не відповідає допустимим нормам.

Дуже важливу роль відіграє розташування компонентів системи спостереження, приклад зображено на рисунку 3.3, адже від цього буде залежати результат вимірювань прозорості води, якщо розташувати платформу з текстом занадто низько, то значення вимірюваної прозорості буде занадто низьке і не об'єктивне. Якщо встановити платформу з текстом занадто високо, то значення прозорості також будуть не дуже правильні та об'єктивні, потрібно встановити платформу з текстом в оптимальному положенні. Для першого експерименту варто встановити ці всі компоненти за замовчуванням, мікроконтролер ESP32-CAM на відстані приблизно 10 см від води, платформу з текстом опустити відносно води на 15-20 см. Ці всі значення використовуються для початку, адже кожна водойма є індивідуальною і неможливо вирахувати якусь сталу відстань, щоб використовувати на будь-якій водоймі. Після декількох замірювань користувач вже буде бачити та аналізувати ситуацію, яка відбувається чи потрібно опустити платформу з текстом чи підняти. Дослідження передбачає пошук такого місця де отримані результати вимірювання будуть найточнішими та об'єктивними.

Дуже важливо враховувати активність річки, адже якщо річка активна, має швидку течію, постійні припливи води, то підбір значень для відстані між об'єктами також буде інший. Варто враховувати, що мікроконтролер ESP32-CAM немає ніякого захисту від потраплянь води, тому в будь-якому разі потрібно

розробити або знайти відповідний чохол, захисний та загерметезований кейс для цієї системи, бо у разі активних припливів води мікроконтролер може вийти з ладу.

Припливи і відливи це вертикальні коливання, які періодично з'являються на рівні водойми. Ця періодичність відбувається зазвичай 2-3 рази на день. Це явище обумовлене зміною положення Місяця і Сонця відносно планети, а також силою їхнього тяжіння на водойму. Тому саме через вплив Місяця на Землі відбуваються припливи і відпливи.

Вони змушують воду витікати або втікати з усіх заток, заливів, гаваней. Науковці називають це припливно-відпливним плином. Коли вода з водойми затоплює залив або узбережжя, то це приплив, а коли повертається назад – відплив.

Головною причиною припливів та відпливів є те, що Місяць і Сонце обертаються відносно Землі, то вони діють на водні маси і вони переміщуються разом з ними, тим самим створюють великі хвилі припливу.

У цьому всьому процесу головним чинником припливів та відпливів виступає все ж Місяць, хоч і Сонце теж істотно діє на ці процеси [29].

Тому при виставленні компонентів системи спостереження варто враховувати рівень потужності припливів, щоб вони не затопили наш мікроконтролер ESP32-CAM, а також враховувати результати вимірювань на основі припливів та відпливів. Тому, що коли декілька разів на день відбувається приплив, товща води збільшується, відповідно і відстань від платформи з текстом до поверхні води теж збільшується і вимірювання прозорості можуть відрізнитись від того, коли припливу немає.

Це все потрібно враховувати при вимірюваннях, тому, що значення прозорості під час припливу будуть гіршими, так як товща води і відстань від тексту до поверхні води збільшилась.

					КВРКІ. 200118.20.01.16 ПЗ	Арк. 50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.3 – Вплив припливів на вимірювання прозорості води

3.2 Програмна та апаратна реалізація проєкту

Для початку роботи з модулем ESP32-CAM потрібно завантажити програму Arduino IDE. Вона являється компілятором та місцем, де відбувається вся взаємодія з модулем та його налаштування. Завантажити актуальну версію можна з офіційного сайту, доступна для користувачів з пристроями на операційній системі Windows, Linux, Mac OS.

Запустивши програму, відразу потрібно встановити відповідні бібліотеки для мікроконтролера ESP32-CAM, щоб програма могла правильно його ідентифікувати при підключенні. В програмі є велика кількість бібліотек, які можна відразу завантажити, кожна бібліотека відповідає за певні дії в проєкті і доступний великий вибір.

Для початку нам потрібна буде стандартна бібліотека ESP32 для підключення модуля та коректного його розпізнавання системою, бібліотека для роботи з Telegram Bot та інші бібліотеки для роботи камери та модуля Wi-Fi.

Після цього можна під'єднати мікроконтролер до персонального комп'ютера за допомогою кабеля microUSB. Обов'язково потрібно використовувати кабель, який має функцію не тільки живлення, але і швидкісної передачі даних, адже при прошивці це грає велику роль по швидкості завантаження.

Наступним кроком перед написанням основного коду буде створення бота в Telegram. Так як ми будемо використовувати в нашій системі функцію публікації фотографій з системи контролю в Telegram Bot нам потрібно зробити прив'язку в

кодi. Для цього створюємо бота i дiстаємо з нього Api Token, вiн має такий вигляд 7003192923:AAHFgPL4a4JsMc91gu6_1E29MJyFUWgU72s. Завдяки ньому програма зможе робити публiкацiї в ботi та надсилати повiдомлення.

Вiзуально тепер потрiбно оформити бота, додати всюди можливий текст, надписи, посилання. Додати швидкi кнопки для роботи з системою.

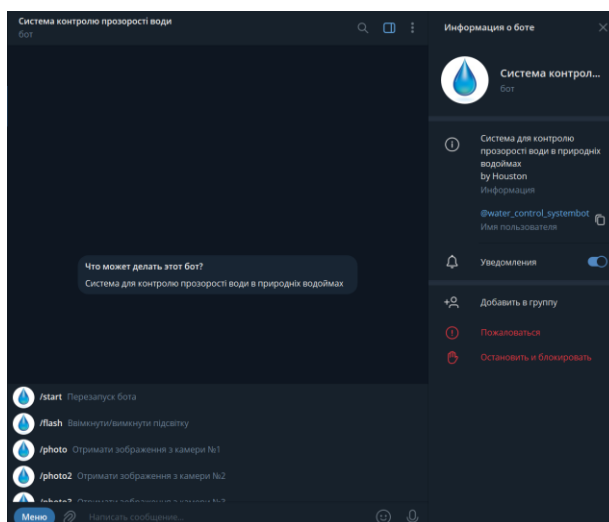


Рисунок 3.4 –Telegram Bot для системи контролю

В ботi представлений список команд для управлiння системою, для користувача вiдкривається можливiсть отримувати фото з декiлькох камер та керувати ввiмкненням пiдсвiтки. Якщо потрiбно провести замири в темний час доби або за умови поганої видимостi на кожнiй камерi можна ввiмкнути пiдсвiтку, яка виконує роль спалаху. Свiтлодiод яким укомплектований модуль ESP32-CAM має досить потужний та яскравий спалах, завдяки якому можна зробити якiсне фото.

У користувача також є можливiсть переглядати попереднi замири та фото в архiвi медiафайлiв Telegram Bot або в стрiчцi повiдомлень. Можливостi Telegram Bot дозволяють додати ще багато рiзних команд та функцiй, змiнити дизайн, додати кнопки, тощо

Початок написання системного коду для роботи системи на базi мiкроконтролера ESP32-CAM майже у всiх проєктах розпочинається однаково. Потрiбно пiд'єднати бiблiотеки для роботи з ESP32, WiFi, Telegram Client, а також

для налаштування камери. Далі вкажемо данні для підключення до WiFi мережі, під'єднання бота, якого ми створили раніше, а також встановлення ідентифікатора користувача, який буде керувати системою.

```
3 #include <Arduino.h>
4 #include <WiFi.h>
5 #include <WiFiClientSecure.h>
6 #include "soc/soc.h"
7 #include "soc/rtc_cntl_reg.h"
8 #include "esp_camera.h"
9 #include <UniversalTelegramBot.h>
10 #include <ArduinoJson.h>
11
12 const char* ssid = "Water Control";
13 const char* password = "theriko1234";
```

Рисунок 3.5 – Початок системного коду мікроконтролера ESP32-CAM

Наступним кроком буде встановлення налаштувань камери для системи контролю, відбувається опис та вказування певних значень для контактів мікроконтролера. Для коректної роботи потрібно створити перевірку на ініціалізацію камери, якщо камера не під'єднана або під'єднана не правильно система видасть помилку, потрібно також задати певні конфігурації для якості зображень або відео для камери. Таким чином ми оптимізуємо роботу, тому що при налаштуваннях на максимально високу якість знятих зображень система буде підвисати, довго обробляти запити та час від часу перезавантажуватись. Код зображено на рисунку 3.10.

```
50 void configInitCamera(){
51     camera_config_t config;
52     config.ledc_channel = LEDC_CHANNEL_0;
53     config.ledc_timer = LEDC_TIMER_0;
54     config.pin_d0 = Y2_GPIO_NUM;
55     config.pin_d1 = Y3_GPIO_NUM;
56     config.pin_d2 = Y4_GPIO_NUM;
57     config.pin_d3 = Y5_GPIO_NUM;
58     config.pin_d4 = Y6_GPIO_NUM;
59     config.pin_sscb_scl = SIOC_GPIO_NUM;
60     config.pin_pwdn = PWDN_GPIO_NUM;
61     config.pin_reset = RESET_GPIO_NUM;
62     config.xclk_freq_hz = 20000000;
63     config.pixel_format = PIXFORMAT_JPEG;
64     config.grab_mode = CAMERA_GRAB_LATEST;
65 }
```

Рисунок 3.6 – Конфігурація камери OV2640

Наступною функцією, яку потрібно написати, це функція обробки даних в Telegram Bot, на початку коду був вказаний ідентифікатор Telegram аккаунту, це було зроблено для заходів безпеки, щоб інший не вписаний в системний код користувач не зміг отримувати інформацію з бота. Тому коли користувач з ідентифікатором, який не відповідає тому, що вказаний в коді захоче запустити бота та почне користуватись командами – система видасть помилку - «Неавторизований користувач».

Саме в цій функції будемо описувати команди для керування ботом, такі як /start, /photo, /flash і іншу взаємодію, щоб бот отримував команди і виконував їх. Опис команд зображено на рисунку 3.11.

```
95 String text = bot.messages[i].text;
96 Serial.println(text);
97 String from_name = bot.messages[i].from_name;
98 if (text == "/start") {
99     String welcome = "Вітаю , " + from_name + "\n";
100     welcome += "Для того, щоб відкрити основні команди для управління системою відкрийте меню. \n";
101     bot.sendMessage(CHAT_ID, welcome, "");
102 }
103 if (text == "/flash") {
104     flashState = !flashState;
105     digitalWrite(FLASH_LED_PIN, flashState);
106     Serial.println("Ввімкнути/вимкнути підсвітку");
107 }
108 if (text == "/photo") {
109     sendphoto = true;
110     Serial.println("Новий запит фото");
111 }
112 }
113 }
```

Рисунок 3.7 – Функція обробки повідомлень

Наступний етап написання системного коду є дуже важливим, адже від нього буде залежати чи зможе наша система отримувати фотоповідомлення від камери. Для початку ми під'єднуємо домен Telegram, далі потрібно оформити створення зображення, але особливістю таких камер є те, що перше фото може вийти невдалим. Тому коли система отримує перше фото – вона його видаляє і відправляє запит на нове фото, його вже і отримує користувач.

```

115 String sendphotoTelegram() {
116     const char* myDomain = "api.telegram.org";
117     String getAll = "";
118     String getBody = "";
119     camera_fb_t * fb = NULL;
120     fb = esp_camera_fb_get();
121     esp_camera_fb_return(fb);
122
123     fb = NULL;
124     fb = esp_camera_fb_get();
125     if(!fb) {
126         Serial.println("Camera capture failed");
127         delay(1000);
128         ESP.restart();
129         return "Camera capture failed";
130     }

```

Рисунок 3.8 – З'єднання з доменом Telegram та дод. налаштування камери

На завершення коду для системи контролю прозорості води з мікроконтролером ESP32 і Telegram Bot, потрібно написати ще 2 функції setup() і loop(). Перша повинна підключатись до WiFi, підтягувати сертифікати для безпечного з'єднання, ініціалізувати камеру та підсвітку, а функція loop() повинна перевіряти чи доступна можливість надсилати фото та наявність нових повідомлень в боті.

```

197 void setup(){
198     pinMode(FLASH_LED_PIN, OUTPUT);
199     digitalWrite(FLASH_LED_PIN, flashState);
200     configInitCamera();
201     WiFi.mode(WIFI_STA);
202     Serial.println();
203     Serial.print("З'єднання з ");
204     Serial.println(ssid);
205     WiFi.begin(ssid, password);
206     clientTCP.setCACert(TELEGRAM_CERTIFICATE_ROOT);
207     while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
208         Serial.print(".");
209         delay(500);
210     }
211     Serial.println();
212     Serial.println(WiFi.localIP());
213 }

```

Рисунок 3.9 – Функції setup() і loop()

Блок-схема, яка зображена на рисунку 3.14, ілюструє принцип роботи Telegram Bot який створений для автоматичного контролю прозорості води за допомогою мікроконтролера ESP32-CAM. Цей бот має перелік команд які може використовувати користувач, вони обробляються та відправляють запит на створення фото або ввімкнення підсвітки до модуля ESP32. Основна його функція полягає в створенні зв'язку користувача та системи контролю, управління нею та моніторинг. Правильно написана структурна взаємодія в боті забезпечує швидкість, стабільність та якість роботи. Від цього буде залежати швидкість відповіді бота на запит користувача, отримання фото та виконання інших команд.

Тому потрібно чітко та коректно спроектувати структуру бота Telegram для цієї системи.

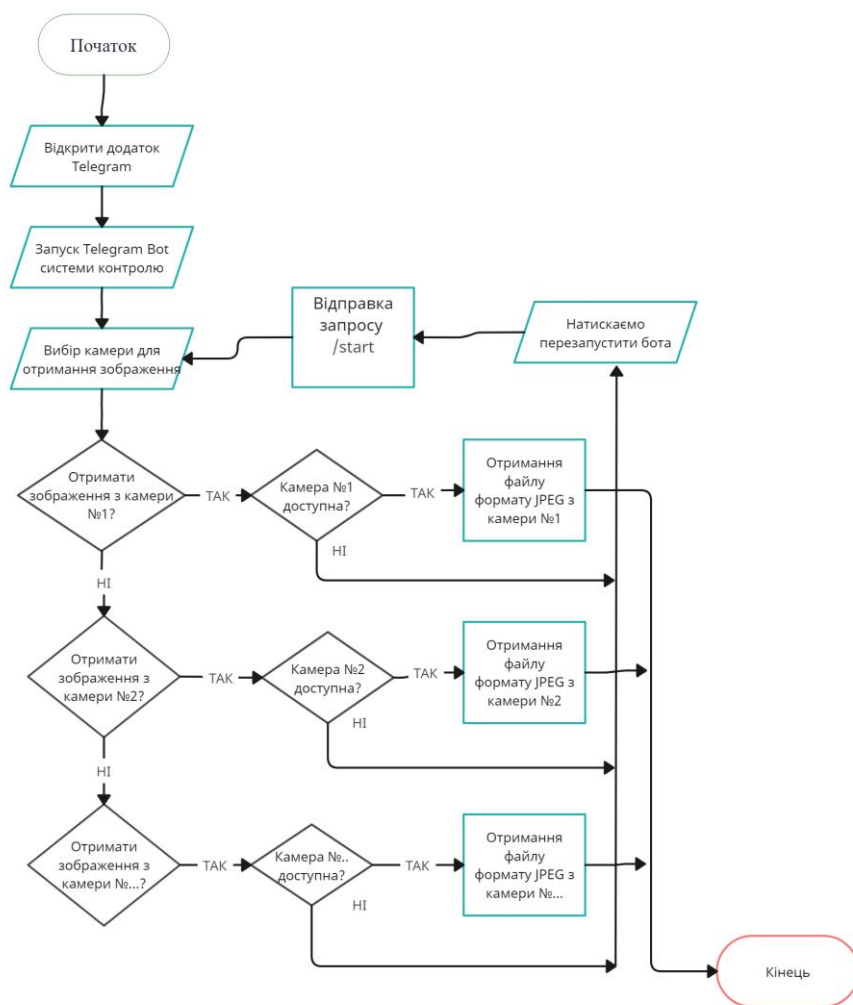


Рисунок 3.10 –Блок-схема принципу роботи TelegramBot

Важливу роль також відіграє побудова правильної взаємодії між елементами, завдяки цьому користувач отримає швидку, безпечну, прагматичну та надійну систему. Важливо забезпечити належну інтеграцію апаратного і програмного забезпечення, оптимізувати процеси обробки даних та гарантувати стабільність роботи системи.

Одним із ключових аспектів є ефективне управління ресурсами, зокрема оперативною пам'яттю (ОЗП), процесором та сховищем даних. Оптимізація використання цих ресурсів дозволяє мінімізувати затримки у виконанні завдань, підвищити продуктивність і знизити енергоспоживання.

Безпека системи також є критично важливим фактором. Це включає захист від зовнішніх загроз, таких як віруси та хакерські атаки, а також внутрішню безпеку, що передбачає управління доступом до даних та запобігання втраті інформації. Крім того, прагматичність системи означає її зручність та адаптивність для користувачів.

Організацію зв'язку між елементами в системі контролю прозорості води зображено на рисунку 3.15.

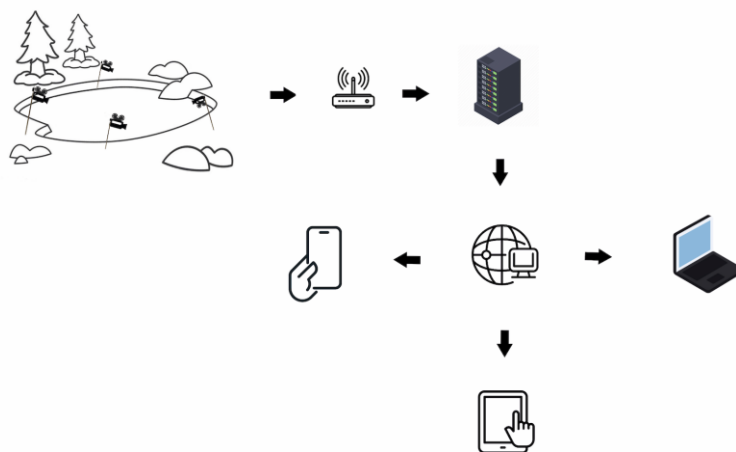


Рисунок 3.11 –Взаємодія структурних елементів

Для того, щоб користувач на пристрої побачив зображення з камери відеоспостереження ці данні проходять декілька етапів. Для початку камера робить зображення або відео в реальному часі і за допомогою процесора мікроконтролера ESP32-CAM перетворює в сигнали. Найпоширенішим стандартом передачі даних для камер відеоспостереження є Internet Protocol або IP. В камерах відеоспостереження також часто використовуються такі формати як TCP або UDP. Ці сигнали маршрутизатор на частоті 2.4ГГц або на більш сучасній та потужній частоті 5ГГц направляє на сервер. На сервері відбувається основна робота з даними, там вони можуть проходити обробку, збереження, відправку до кінцевого отримувача і багато іншого. Від потужності сервера, швидкості інтернету буде залежати швидкість обробки запитів користувача. З'єднання з мережею інтернет може бути провідним або безпроводним. В серверній частині є прив'язка до Telegram Bot за допомогою API токена. Кожний бот має свій побудований алгоритм та логіку роботи, коли користувач віддає команду боту він зв'язується з сервером за допомогою веб-запитів і отримує чи відправляє таким чином інформацію. Вже після цієї взаємодії користувач може отримати зображення на своєму пристрої. Так само відбувається зворотній зв'язок з системою.

3.3 Фінансова частина

При розробці будь-якого проєкту фундаментальною та ключовою частиною в незалежності від масштабів або напрямків є фінансова складова. Тому у цьому розділі будемо розглядати контекст фінансової вартості цієї системи автоматичного контролю прозорості води з використанням мікроконтролера ESP32-CAM. Зробимо порівняння, проаналізуємо кожне рішення та вибір задля успішного, ефективного та доступного втілення.

Під час проєктування будь-якої ідеї або майбутнього проєкту слід детально вивчити та проаналізувати не тільки витрати для старту, а також і продумати

					КВРКІ. 200118.20.01.16 ПЗ	Арк. 58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

наперед витрати та ресурси, які будуть використовуватись в подальшому для забезпечення життєдіяльності проєкту.

Це має бути ефективно і доступно. Саме такої мети будемо притримуватись при підборі комплектуючих для системи. Продумані та прораховані наперед фінансові ресурси дозволяють визначати масштаб та можливості проєкту, його популярність та успішність результатів.

Для початку розглянемо та прорахуємо фінансову модель та стратегію для водойми невеликих розмірів. Це може бути водойма на території приватного будинку, невеликий потічок, ставок або озеро.

Розглянемо водойму площею до 500м². Для проведення правильних замірів прозорості води на такій площі потрібно буде розмістити мінімум 5 точок спостереження.

Кожна точка повинна включати мікроконтролер ESP32-CAM, який буде знімати та передавати фото зі станом прозорості води, також тримач до якого буде прикріплено сам мікроконтролер і система живлення для мікроконтролера.

Модуль ESP32-CAM буде коштувати 400 грн Тримач для пункту спостереження буде коштувати 40 грн. При виборі системи живлення потрібно враховувати цілі та побажання, можна використати статичний формат живлення у вигляді підключення до електромережі за допомогою кабеля microUSB та блока живлення 12вольт 3.5 – це буде коштувати 200 грн.

Або можна застосувати мобільний формат живлення у вигляді павербанка, такий формат буде коштувати в декілька разів більше, але він має свої переваги, такі як мобільність пункту спостереження, завдяки цьому рішення з'являється можливість переносити або пересувати камеру, а також це може бути хорошим рішенням у випадку, коли є труднощі з проведенням електроенергії до кожної системи спостереження.

Павербанк потрібно обирати з достатньою потужністю, щоб її вистачало для забезпечення живлення плати і з великою ємкістю, щоб забезпечити тривалу

					КВРКІ. 200118.20.01.16 ПЗ	Арк. 59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

роботу системі. Сьогодні на ринку представлено дуже багато варіантів вибору павербанків.

Таблиця 3.1 – Порівняння павербанків для живлення системи спостереження

Модель	Xiaomi MI Power 3	IBattery F33W	ХО РВ97
Вхідний струм	3А	3.5А	3.6А
Ємність батареї,	12 000 мА*год	20 000 мА*год	22 000 мА*год
Захист від води	Ні	Ні	Так
Сонячна батарея	Ні	Так	Так
Ціна	900 грн	1 100грн	1 500грн

Розглянувши декілька варіантів можна зробити висновок, що універсальна мобільна батарея моделі Xiaomi MI Power 3 не підходить через недостатню потужність та відсутність таких функцій як захист від води і можливість заряджання від сонячних променів. Якщо врахувати специфіку розташування та використання нашої системи спостереження, то ці функції були б дуже корисні та навіть обов'язкові, тому проаналізуємо наступні варіанти. Моделі Ibattery F33W та ХО РВ97 мають схожі показники, різниця потужності складає лише 0.1А, ємність павербанка ХОРВ97 більша на 2 000 мА*год, але у павербанка Ibattery відсутній захист від води, тому вибір падає на останній варіант. Ціна його складає 1 500грн.

По цим підрахункам система спостереження складом в 5 пунктів зі статичним живленням буде коштувати 3 200 грн, а така ж сама система з живленням за допомогою універсальних мобільних батарей обійдеться в 9 700 грн.

Ці системи живлення однаково будуть забезпечувати пункти спостережень енергією, тому все залежить тільки від умов в яких ви перебуваєте і фінансових можливостей.

Наступним пунктом в реалізації системи буде забезпечення пунктам спостереження з'єднання з мережею інтернет. Тут нам допоможе Wi-Fi роутер, так як площа водойми невелика, то нам буде достатньо однодіапазонного роутера з 1 антеною.

Він зможе легко забезпечити з'єднання з інтернетом для всіх пунктів спостереження.

Таблиця 3.2 – Порівняння однодіапазонних роутерів

Модель	TP-Link WR720N	D-Link DSL2640
Стандарти	802.11b,g,n	802.11b,g,n
Джерело живлення	5В, 0.6А	5В, 0.8А
Наявність захисту	Так	Так
Частота	2.4ГГц	2.4ГГц
Ціна	450 грн	400 грн

По порівняльній таблиці роутери мають однакові характеристики, але роутер моделі TP-Link є більш популярним серед користувачів, хоч і роутер фірми D-Link теж є відомим, в цьому випадку вибір падає на той який більше подобається, так як суттєвої різниці в них немає.

Важливо також враховувати і постачальника інтернет послуг, сьогодні на ринку представлено сотні провайдерів, які здатні забезпечити вас швидкісним інтернетом. Тарифи майже у всіх однакові і не сильно відрізняються, в середньому тариф зі швидкістю до 100мб/с буде коштувати 100грн на місяць. Такої швидкості буде достатньо для оптимальної роботи системи спостереження.

Для того, щоб система працювала і відправляла данні по стану прозорості води потрібен сервер. В цій системі роль сервера буде виконувати міні комп'ютер або неттоп.

В мережі можна зустріти дуже багато різних моделей, комплектацій таких пристроїв. Але для забезпечення нормально життєдіяльності такої невеликої системи як в нас вистачить пристроя середньої потужності. Вибір падає на пристрої від компанії ВМАХ, в асортименті є бюджетні лінійки, які зараз розглянемо на рисунку 3.16.



Рисунок 3.12 – Неттоп ВМАХ Mini

Порівняння комп'ютерів ВМАХ В2 Pro та ВМАХ В1 Plus, таблиця 3.3.

Таблиця 3.3 – Порівняння неттопів компанії ВМАХ

Модель	ВМАХ В2 Pro	ВМАХ В1 Plus
Процесор	Intel N4100	Intel N3350
РАМ	8gb	6gb
Пам'ять	128gb	64gb
Відео	UHD Graph 600	HD Graph 500
ОС	Win11	Win10
Ціна	4500 грн	3000 грн

Завдяки порівняльній таблиці можемо зробити висновок, що комп'ютер ВМАХ В2 Pro є більш потужним, але і одночасно дорожчим, ніж ВМАХ В1 Plus,

незважаючи на невелику кількість обладнання в системі, всеодно вибір падає на потужніший неттоп, адже краще, щоб був запас в потужності роботи серверної частини.

При інтенсивній та завантаженої роботі системи контролю комп'ютер ВМАХ В1 Plus може бути менш ефективним, ймовірна затримка в обробці запитів, проблеми з відправкою даних до користувача. Також на перспективу краще обрати В2 Pro, щоб в майбутньому можна було його без проблем покращити, замінивши деякі комплектуючі.

Також потрібно враховувати затрати на електроенергію, в цьому проєкті це не грає такої суттєвої ролі, бо кількість пристроїв, які споживають багато електроенергії в нас мінімум. Але якщо у проєкті передбачене використання декількох потужних комп'ютерів, різних електричних приладів та систем, то цей параметр обов'язково потрібно прораховувати, так як ціни на електроенергію постійно рухаються вгору.

У випадку застосування системи спостереження за контролем прозорості води на невеликій водоймі з урахуванням вище згаданих приладів, то приблизне використання електроенергії в місяць складатиме 25-30Квт.

Для того, щоб порахувати суму, яку потрібно буде платити кожного місяця за електроенергію потрібно дізнатись вартість 1 Квт електроенергії.

Станом на травень 2024 року вона складає 2,64 грн. Тому можна порахувати, що кожного місяця рахунки за електроенергію складатимуть приблизно від 70 до 80грн.

Таблиця 3.4 – Список всіх витрат для системи контролю води

Назва	К-сть	Ціна/шт	Вартістьс
ESP32-CAM	5	400 грн	2000 грн
Тримач	5	40 грн	200 грн
Роутер	1	450 грн	450 грн

Кінець таблиці 3.4 – Список всіх витрат для системи контролю води

ПК	1	41000 грн	4000 грн
Кабель microUSB	5	100 грн	500 грн
Блок живлення	5	100 грн	500 грн
Павербанк	5	1500 грн	7500 грн
Дод. витрати	1	300 грн	300 грн

В додаткові витрати потрібно додати витрати на щомісячну оплату інтернету, електроенергії та дрібниці, які використовуються в роботі, такі як різні кріплення, тощо.

Загальна сума з системою живлення від мережі становить 8000грн, а вартість системи реалізованої за допомогою автономних методів живлення – павербанків, буде коштувати 15000грн. Різниця становить 7000грн, це доволі велика сума, але кожна з систем має свої переваги та недоліки відносно іншої, все залежить від умов в яких вона має працювати, тому рішення у кожного індивідуальне, неможливо придумати такий варіант, який був би оптимальний для всі умов, потрібно підлаштовуватись під наявні потреба або проблеми.

Тепер потрібно порахувати витрати для реалізації системи контролю прозорості води для водойми з площею до 2 га². Пересічний користувач скоріш за все просто порахував би вартість цієї системи на основі розрахунків для водойми меншого розміру, але це не так. Так як і в попередніх розрахунках потрібні мікроконтролери ESP32-CAM, так як площа більше, то кількості в 15 одиниць буде достатньо. Відповідно потрібно буде 15 тримачів для закріплення мікроконтролерів, 15 кабелів microUSB для забезпечення живлення і тут вже залежить від користувача або павербанків, або блоків живлення.

Головна відмінність полягає в тому, що на таку велику площу потрібне обладнання, зокрема WiFi роутер, який здатен буде її покрити якісним сигналом. Так як розбирали в попередньому варіанті швидкісний інтернет є ключем до отримання якісної системи контролю прозорості води. Від цього буде залежати час

очікування обробки вашого запиту. Тому потрібно розглядати роутери двохдіапазонні, це сучасні роутери з новими технологіями, які здатні забезпечувати високу швидкість більше 1 000мб/с, а також широку зону покриття. На ринку є багато компаній, які займаються розробкою роутерів – це TP-Link, Asus, Xiaomi, Huawei, Netis, тощо.

Роутер ASUS RT-AX55, зображений на рисунку 3.17, це сучасний двохдіапазонний роутер з чотирма антенами, який підтримує найновіші стандарти WiFi 6, здатен працювати з частотами 2.4ГГц і видавати швидкість до 600мб/с, а також підтримує новітню 5ГГц частоту і працювати зі швидкістю 1 200мб/с.



Рисунок 3.13 –Роутер ASUS RT-AX55

Але навіть такого потужного роутера не вистачить для того, щоб забезпечити водойму з площею до 2 га² якісним та швидкісним інтернетом. Для реалізації цієї цілі потрібно придбати два таких пристроя. Обов'язковим та важливим є правильне налаштування, щоб вони працювали разом в парі і підсилювали сигнал один одного.

Для цього компанія ASUS створила функцію AiMesh якою обладнані ці роутери, сенс її полягає в тому, щоб оптимізувати та підвищити потужність роутерів, які з'єднані між собою програмно, це може бути 2 роутера або більше.

					КВРКІ. 200118.20.01.16 ПЗ	Арк. 65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також незрівнянною перевагою роутерів сучасного покоління та технологій є наявність різних систем безпеки, систем контролю, які роблять проєкт менш уразливим до хакерських атак та проникнень.

Порівняємо його з роутером від компанії TP-Link, а саме модель Archer AX73.



Рисунок 3.14 –Маршрутизатор TP-Link Archer AX73

Таблиця 3.5 – Порівняння маршрутизаторів

Назва	TP-Link Archer AX73	ASUS RT-AX55
5ГГц частота	Так	Так
Формати AX	Так	Так
Підтримка технології Mesh	Так	Так
К-сть антен	6	4
Макс. Швидк.	До 4800мб/с	До 1200мб/с
Ціна	5500 грн	4000 грн

Обидва роутера мають надсучасні технології для поширення швидкісного сигналу, системи безпеки, тощо. Вони є дуже схожими між собою, але роутер від компанії TP-Link є більш потужним відносно роутера від ASUS, але і ціна в них також різна.

Маршрутизатор від ASUS менш потужний, тому він і дешевший, потрібно опиратись на цілі проєкту, перспективи масштабування які плануються в майбутньому і обов'язково на фінансові можливості. Але для системи контролю прозорості води на такій великій водоймі потрібен запас швидкості, зони покриття, тому вибір очевидно на роутер TP-Link Archer AX73.

Поставивши потужний маршрутизатор і використовувати інтернет зі швидкістю 100мб/с не дасть ніякого результату, тому для такого швидкісного роутера потрібен інтернет зі швидкістю бажано 1000мб/с, але так як така швидкість не завжди може бути доступна для підключення, тому що водойми можуть бути далеко від цивілізації, то в такому випадку значення швидкості повинно бути як мінімум 300-400 мб/с.

Це мінімальна швидкість з якою така система буде коректно та правильно працювати. Ціна інтернету в місяць складатиме 400-500грн.

Так як і в попередньому розгляді для забезпечення зв'язку між пунктами спостереження і користувачем потрібен не тільки швидкісний інтернет, але і серверна частина проєкту.

В цьому варіанті також будуть використовуватись міні комп'ютери або неттопи, але вже більш відомих компаній таких як Intel та Xiaomi.



Рисунок 3.15 – Intel Nuc 13Pro та Xiaomi Mini Desktop

З впевненістю можна сказати, що обидва цих пристроя можуть забезпечити стабільну та швидку роботу для нашої системи контролю прозорості води таких

розмірів, але наша ціль порахувати та визначити який з них буде кращим, ефективнішим, дешевшим, потужнішим. В таблиці 3.5 наведено характеристики неттопів .

Таблиця 3.6 – Порівняння Intel Nuc 13Pro та Xiaomi Mini Desk

Назва	Intel Nuc 13Pro	Xiaomi Mini Desk
ОС	Win11 Pro	Win11
Процесор	I7-1360P	I5-1340P
РАМ	32gb	16gb
Пам`ять	256 ssd	256gb ssd
Відео	Iris XE Graph	Torch Xe Graph
Ціна	41000 грн	32000 грн

Зазвичай користувачі надають перевагу пристроям від компанії Intel, вони мають потужніші та найновіші процесори, постійну підтримку та оновлення, якісну збірку, хорошу адаптацію та різні варіанти налаштувань девайсу. Пристрої від компанії Xiaomi як правило мають меншу ціну і теж хороші характеристики, які дозволяють швидко виконувати будь-яку роботу. Перевагами також є стильний та сучасний дизайн пристроїв. Незважаючи на більшу ціну компанія Intel відома своєю надійністю та безперебійною роботою.

Площа водойми складає до 2 га², встановлено буде 15 або більше пунктів спостереження, які постійно будуть надсилати фото користувачеві, тому потрібно брати більш потужний пристрій, а саме Intel Nuc 13Pro, перевагою його є потужніший процесор, більший об`єм оперативної пам`яті.

Розрахунки електроенергії, кількість камер збільшилось до 15, маршрутизатори тепер споживають в рази більше електроенергії, тому що вони більш потужні і їх тепер двоє, серверна частина в нас представлена у вигляді потужного комп`ютера, підрахувавши це все можна припустити, що система буде

використовувати в місяць 50-60Квт електроенергії. Розрахунки проводяться так само як і попереднього разу, ціна за 1Квт електроенергії станом на травень 2024 року коштує 2,64грн, тобто в місяць за електроенергію потрібно буде платити приблизно 150 грн. Всі розрахунки є приблизними, тому що в теорії важко вирахувати точні показники, вже на практиці під час роботи системи можна це поррахувати більш точно.

Тепер потрібно поррахувати всю вартість комплектуючих для системи автоматичного контролю прозорості води в природніх водоймах з використанням мікроконтролера ESP32-CAM.

Таблиця 3.7 – Список всіх витрат для системи контролю води

Назва	К-сть	Ціна/шт	Вартістьс
ESP32-CAM	15	400 грн	6000 грн
Тримач	15	40 грн	600 грн
Роутер	2	5500 грн	11000 грн
ПК	1	41000 грн	41000 грн
Кабель microUSB	15	100 грн	1500 грн
Блок живлення	15	100 грн	1500 грн
Павербанк	15	1500 грн	22500 грн
Дод. витрати	1	700 грн	700 грн

В додаткові витрати можна записати витрати на щомісячну оплату інтернету, електроенергії та дрібниці, які використовуються в роботі, такі як різні кріплення, тощо.

Загальна сума з системою живлення від мережі становить 60800 грн, а вартість системи реалізованої за допомогою автономних методів живлення – павербанків, буде коштувати 81800 грн. Різниця становить 21000 грн. Вибір

системи живлення як і говорили раніше залежить від потреб та умов використання системи контролю.

Отже, для того, щоб реалізувати систему контролю прозорості води з використанням мікроконтролерів ESP32-CAM на природній водоймі з площею до 500 м² потрібно буде витратити в середньому 11500 грн в залежності від вибраної системи живлення, а для реалізації на водоймі площею до 2 га² в середньому потрібно 72000 грн.

Якщо порівнювати розроблену систему автоматичного контролю прозорості води у природніх водоймах з системами, які попередньо розглядали в першому розділі, то можна помітити, що ця система має більш просту будову, меншу кількість складових компонентів, але це не означає, що вона має гіршу функціональність. В тих системах використовуються різні додаткові датчики, які здатні визначати певні характеристики води такі як рН води, насиченість киснем, тощо, а в нашій системі таких датчиків не передбачено. Система здатна виконувати завдання і без датчиків, лише за допомогою камери. У нашій системі реалізований дуже зручний та комфортний зв'язок з користувачем, в боті Telegram можна відправити та отримати інформацію, команди і багато іншого, а в інших системах зв'язок реалізований за допомогою сайту, різних додаткових програм, що робить використання більш важким. Кожна система унікальна та корисна по-своєму, в кожній застосовані різні принципи роботи та комплектуючі залежно від завдань які ставляться перед системою, тому не можна сказати, що якась краща, а інша гірша.

Система автоматичного контролю прозорості води реалізована за допомогою мікроконтролера ESP32-CAM і методом шрифту не може бути такою ефективною як системи реалізовані за допомогою хімічних методів або біологічних. Ця система дозволяє на початкових етапах визначати забрудненість води, спостерігати за прозорістю. Для ефективного контролю прозорості повинно використовуватись разом декілька методів. Але завдяки своїй простоті, бюджетності та легкості в управлінні їй місце бути в домашньому використанні або в дослідницьких пунктах спостережень початкового рівня.

					КВРКІ. 200118.20.01.16 ПЗ	Арк. 70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Висновки

Під час реалізації системи автоматичного контролю прозорості води з використанням мікроконтролера ESP32-CAM був розроблений системний код для мікроконтролера, який робить фотографії води у водоймі. Була розроблена система взаємодії між мікроконтролером і Telegram Bot, завдяки цьому користувач може робити запит на мікроконтролер і отримувати фото зі станом прозорості води. Розглянуті різні методи по реалізації зовнішнього вигляду системи спостережень, урахувавши такі фактори як естетичний вигляд, доступність, ергомічність, простоту використання та функціональність. Для повного розуміння як відбувається взаємодія між елементами була розроблена схема, де поетапно зображено всі компоненти системи.

При розробці програмно-апаратної частини був застосований Telegram Bot, це дозволило зробити систему максимально сучасною та доступною для всіх користувачів. Розроблене швидке меню з командами для керування системою, а також зрозумілий та приємний дизайн.

Також були розглянуті можливі варіанти для удосконалення цієї системи, наприклад, застосування QR-кодів, це дозволило б більше автоматизувати цей проект, застосування кращих камер для відеоспостереження, це дозволило б покращити якість фото, застосування більш потужних антен, що підвищило б якість сигналу.

Враховуєчи можливості, які були реалізовані в системі, можна зробити висновок, що в ній поєднується максимум функцій, таких як мобільність, доступність, швидкість отримання фотографій з пункту спостереження, сучасність та багато іншого. Інформацію, яка збирає система можна застосовувати як в домашніх цілях, промислових так і наукових, що робить цю систему контролю універсальною для різних галузей.

					КВРКІ. 200118.20.01.16 ПЗ	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У першому розділі кваліфікаційної роботи був проведений аналіз інформації по різних джерелах, розбір окремих запатентованих уже робіт, аналіз ситуації по забрудненням природних водоймах і виокремлення питання актуальності цієї теми.

Для того, щоб реалізувати систему автоматичного контролю прозорості води в природних водоймах був розроблений календарний план побудови проекту.

Спочатку була проведена пошукова робота в області забруднення природних водойм та системи контролю прозорості води. Під час збору інформації розглянуто суть самої проблеми і зроблено висновок, звідки розпочинаються всі етапи забруднення природних водойм.

Далі були розглянуті можливі методи для контролю якості води, прозорості води. Проведена порівняльна робота над кожним, вивчено їхні переваги та недоліки і способи застосування. Але з них був обраний лише один, через умови завдання цієї системи. Спосіб візуального контролю за допомогою тексту – цей метод не такий ефективний як інші, але перевагою його є те, що він не вимагає ніяких довготривалих аналізів води, лабораторних досліджень, потрібно лише зображення самої води і завдяки цьому можна визначити її прозорість.

У другому розділі розглянуто актуальність використання схожих мікроконтролерів в проектах і зроблено висновок, що він має великий потенціал та перспективи.

Була проведена робота з мікроконтролером ESP32-CAM, так як він є основним компонентом в цьому проекті. Визначено його переваги та недоліки, розглянуто детально всі його характеристики та можливості, проведено паралелі по інших вже існуючих проектах.

Завдяки його доступності, потужності, функціональності, ергономічним якостям можна зробити висновок, що він абсолютно підходить для реалізації цієї системи контролю прозорості води.

					КВРКІ. 200118.20.01.16 ПЗ	Арк. 72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В третьому розділі виконано проєктування системи автоматичного контролю прозорості води, для цього було задіяно месенджер Telegram і розроблено Telegram Bot, ця система дозволяє створювати різноманітні проєкти. Завдяки її автоматизації, доступності та мобільності було прийнято рішення використовувати саме TelegramBot в проєкті для передавання зображень системи контролю прозорості води від модуля ESP32-CAM до користувача.

Головною перевагою використання бота є простота використання і те, що Telegram досить популярний месенджер і активно розвивається. Це дозволяє постійно покращувати та модернізувати цього бота.

Створивши таку систему, можна зробити висновок, що вона є досить доступною та ефективною, якщо врахувати всі компоненти.

По завершенню цієї кваліфікаційної роботи була створена автоматична система контролю прозорості води в природніх водоймах з використанням мікроконтролера ESP32 та камери OV264. Можливості якої передбачають візуальний контроль прозорості води за допомогою методу шрифту і відправка цих зображень по запиту користувача в Telegram Bot.

Зібрано прототип пункту спостереження у вигляді модуля ESP32-CAM та тримача, на якому він фіксується. Запропоновано шляхи для покращення цієї системи в майбутньому, деяких інших варіантів реалізації цього проєкту.

Запропоновані можливі варіанти покращення характеристик модуля ESP32-CAM шляхом доукомплектування його кращими компонентами у вигляді камери, антени, джерел живлення і інші, завдяки цьому з'являється можливість реалізації масштабнішого проєкту.

Завдяки реалізації цього проєкту вирішено одразу декілька питань, таких як забруднення водойм та шляхи вирішення, а також актуальність, доступність та простота використання мікроконтролерів таких як ESP32-CAM. Проєктування систем на базі цих мікроконтролерів може зацікавити багато користувачів до розробки чогось нового та цікавого, а головне корисного для суспільства.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Джерела і види забруднення природних вод. URL: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/iebmd/vaganov_inzhenerna_geologiya/11.2.htm (дата звернення: 15.01.2024).
2. Типи забруднення води і їх наслідки. URL: <https://akvantis.com.ua/stati-i-obzory/tipy-zagryazneniya-vody-i-ih-posledstviya-ua> (дата звернення: 15.01.2024).
3. Найбільші водосховища України та їх важлива роль у господарській діяльності. URL: https://uhe.gov.ua/media_tsentr/novyny/naybilshi-vodoskховischa-ukraini-ta-ikh-vazhliva-rol-u-gospodarskiy-diyalnosti (дата звернення: 15.01.2024).
4. Природа та війна: як військове вторгнення Росії впливає на довкілля України. URL: https://ecoaction.org.ua/pryroda-ta-vijna.html?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw6auyBhDzARIsALIo6v8IUFvA8UMe84wdXoH2eZmv_pDCOwVdi2qTAVEVY5RK4LIwQh1CIXoaAhrTEALw_wcB (дата звернення: 15.01.2024).
5. Що з'ясували вчені про вплив війни на водні ресурси України. URL: <https://www.dw.com/uk/voda-ak-zbroa-so-zasuvali-naukovci-pro-vpliv-vijni-na-vodni-resursi-ukraini/a-65156412> (дата звернення: 15.01.2024).
6. Екологічна ситуація та стан питних вод України. URL: <https://www.ecoleague.net/diialnist/vydannia-vel/ekolohichni-karty/ekolohichna-sytuatsiia-ta-stan-pytnykh-vod-ukrainy> (дата звернення: 15.01.2024).
7. Критська Я.О. Моніторинг та раціональне використання водних ресурсів у реаліях сьогодення. URL: http://www.ecoj.dea.kiev.ua/archives/2019/1/part_2/33.pdf
8. Моніторинг води: як і навіщо це робиться. URL: <https://potiivska-gromada.gov.ua/news/1663579796/> (дата звернення: 15.01.2024).
9. Клименко О.О. Моніторинг довкілля та водних ресурсів: підручник Академія, 2006. 360с. (дата звернення: 02.02.2024).
10. Гідрологічні дослідження води. URL: <https://buklib.net/books/25216/> (дата звернення: 02.02.2024).

					КВРКІ. 200118.20.01.16 ПЗ	Арк. 74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Бактеріологічний аналіз води. URL: <https://himanaliz.ua/uk/bakteriologichniy-analiz-vodi> (дата звернення: 15.01.2024).
12. Гідроакустика. URL: <https://esu.com.ua/article-29485> (дата звернення: 15.01.2024).
13. Методики аналізу води. URL: <https://akvo.com.ua/ua/articles/metodiki-analiza-vody> (дата звернення: 10.03.2024).
14. Визначення якості питної води за фізичними показниками. URL: http://socrates.vsau.org/b04213/elbook/view_page.php?book_id=1&user=575&page_id=21 (дата звернення: 10.03.2024).
15. Показники та критерії якості питної води. URL: <https://mywatershop.com.ua/blog/pokazniki-ta-kriterii-yakosti-pitnoi-vodi/> (дата звернення: 10.03.2024).
16. Андреев. А.М., Використання апаратно-програмного комплексу Arduino в інноваційній діяльності майбутніх учителів фізики та учнів. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/itvo_2017_2_4 (дата звернення: 11.03.2024).
17. Моніторинг якості питної води на основі IoT за допомогою ESP32. URL: <https://how2electronics.com/iot-based-drinking-water-quality-monitoring-with-esp32/> (дата звернення: 11.03.2024).
18. Монітор якості акваріумної води з датчиком TDS і ESP32. URL: <https://how2electronics.com/aquarium-water-quality-monitor-with-tds-sensor-esp32/> (дата звернення: 11.03.2024).
19. DIY IoT рН-метр води з використанням датчика рН і ESP32. URL: <https://how2electronics.com/diy-iot-water-ph-meter-using-ph-sensor-esp32/> (дата звернення: 11.03.2024).
20. Мікроконтролер Arduino. URL: <https://bitkit.com.ua/shho-take-arduino> (дата звернення: 09.04.2024).
21. Програмування в Arduino камери ESP32-CAM. URL: <https://itmaster.biz.ua/electronics/esp32/esp32-cam-camera-arduino.html> (дата звернення: 09.04.2024).

					КВРКІ. 200118.20.01.16 ПЗ	Арк. 75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

22. Camera Module Based on ESP32 with ESP32-CAM-MB adapter. URL: <https://grobotronics.com/camera-module-based-on-esp32-with-esp32-cam-mb-adapter.html?sl=en> (дата звернення: 09.04.2024).

23. ESP32-CAM із камерою OV2640. URL: <https://www.mini-tech.com.ua/ua/esp32-cam/> (дата звернення: 15.01.2024).

24. Як працює IP камера відеоспостереження? URL: <https://apostrophe.ua/ua/pages/kak-rabotaet-ip-kamera-videonablyudeniya> (дата звернення: 09.04.2024).

25. Все, що ви хотіли знати про ір-камери. URL: <https://nadzor.ua/uk/blog/videonabludenie/vse-cto-vy-hoteli-znat-ob-ip-kamerah> (дата звернення: 09.04.2024).

26. Детальний обзор ESP32-CAM | Project A.L.T. URL: <https://radiostore.ua/products/esp32-cam-wi-fi-esp32-bluetooth-s-ov2640> (дата звернення: 02.05.2024).

27. ESP32 для IoT: повний посібник. URL: <https://www.nabto.com/guide-to-iot-esp-32/> (дата звернення: 02.05..2024).

28. What I Learned About ESP32-CAM and Everything You Need. URL: <https://nishanc.medium.com/what-i-learned-about-esp32-cam-and-everything-you-need-to-know-12a9e520a0da> (дата звернення: 02.05.2024).

29. Причина утворення припливів і відпливів. URL: <https://dovidka.biz.ua/prychyna-utvorennia-pryplyviv-i-vidplyviv-u-okeani> (дата звернення: 02.05.2024).

30. Показники та критерії якості питної води. URL: <https://mywatershop.com.ua/blog/pokazniki-ta-kriterii-yakosti-pitnoi-vodi/> (дата звернення: 12.05.2024).

31. Все, що потрібно знати про бездротові мережі WLAN: побудова, безпека та керування. URL: <https://netwave.ua/vse-shcho-potribno-znaty-pro-bezdrotovi-merezhi-wlan-pobudova-bezpeka-ta-keruvannya/> (дата звернення: 15.05.2024).

					КВРКІ. 200118.20.01.16 ПЗ	Арк. 76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

32. Автоматизовані системи контролю забруднення. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/84825323.pdf> (дата звернення: 29.05.2024).

33. Аналіз води: розуміння складу та забруднюючих речовин у питній воді. URL: <https://simvolt.ua/analiz-vody-rozuminnia-skladu-ta-zabrudniuiuchykh-rechovyn-u-pytnii-vodi/> (дата звернення: 29.05.2024).

34. Організація спостережень за якістю атмосферних опадів. URL: <https://de.khnu.km.ua/labrun.aspx?a=257&b=2&c=66> (дата звернення: 09.04.2024).

35. Вимоги до якості питної води. URL: <https://ecosoft.ua/ua/blog/trebovaniya-k-kachestvu-pitevoy-vody/> (дата звернення: 29.05.2024).

36. Фізичні та хімічні властивості води. URL: <https://ecosoft.ua/ua/blog/fizicheskie-i-khimicheskie-svoystva-vody/> (дата звернення: 29.05.2024).

37. Програмування мікроконтролерів. URL: <https://pletyvo.in.ua/index.php/developments/microcontrollers> (дата звернення: 10.05.2024).

38. Модулі, мікроконтролери для розробки у DIY електроніці. URL: <https://detalipro.in.ua/uaplata-kontroleri> (дата звернення: 10.05.2024).

39. Моніторинг якості води на основі Інтернету речей. URL: <https://www.dusuniot.com/uk/blog/iot-based-water-quality-monitoring/> (дата звернення: 10.05.2024).

40. Основне використання мікроконтролера для вимірювання та контролю. URL: <https://ukrayinska.libretexts.org/> (дата звернення: 10.05.2024).

41. Що таке мікропроцесор? URL: https://elprivod.nmu.org.ua/ua/interesting/what_is_mp_mc_plc.php (дата звернення: 09.04.2024).

42. Мікропроцесори. призначення. URL: <https://skladovi-sistemnogo-bloku-pk.webnode.com.ua/news/mikroprotsesori-priznachennya-sklad-kharakteristiki/> (дата звернення: 10.05.2024).

					КВРКІ. 200118.20.01.16 ПЗ	Арк. 77
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток Г

Код для мікроконтролера ESP32-CAM

```
#include <Arduino.h>
#include <WiFi.h>
#include <WiFiClientSecure.h>
#include "soc/soc.h"
#include "soc/rtc_cntl_reg.h"
#include "esp32_cam.h"
#include <UniversalTGBOt.h>
#include <ArduinoJson.h>

const char* login = "Water Control";
const char* pass = "theriko1234";

String B0Ttoken = "6513463646:AAFHHGLikuLBYg-K_7O9_bGXxfz8MZpu374";

String USER_ID = "7118479001";

bool sendphoto = true;

WiFiClientSecure clientTCP;
UniversalTGBOt B0T(B0Ttoken, clientTCP);

#define FLASH_LED_PINS 4
bool flashState = LOW;

int B0TRequestDelay = 10000;
unsigned long lastTimeB0TRan;

#define PWDN_GPIO_NUMBER 32
#define RESET_GPIO_NUMBER -1
#define XCLK_GPIO_NUMBER 0
#define SIOD_GPIO_NUMBER 26
#define SIOC_GPIO_NUMBER 27
```

```
#define Y2_GPIO_NUMBER    35
#define Y3_GPIO_NUMBER    34
#define Y4_GPIO_NUMBER    39
#define Y5_GPIO_NUMBER    36
#define Y6_GPIO_NUMBER    21
#define Y7_GPIO_NUMBER    19
#define Y8_GPIO_NUMBER    18
#define Y9_GPIO_NUMBER     5
#define VSYNC_GPIO_NUMBER 25
#define HREFF_GPIO_NUMBER 23
#define PCLK_GPIO_NUMBER  22
```

```
void configurationInitCam(){
    cam_configuration_t configuration;
    configuration.ledc_channel = LED_CHANNEL_0;
    configuration.ledc_timer = LED_TIME_0;
    configuration.pins_d0 = Y2_GPIO_NUMBER;
    configuration.pins_d1 = Y3_GPIO_NUMBER;
    configuration.pins_d2 = Y4_GPIO_NUMBER;
    configuration.pins_d3 = Y5_GPIO_NUMBER;
    configuration.pins_d4 = Y6_GPIO_NUMBER;
    configuration.pins_d5 = Y7_GPIO_NUMBER;
    configuration.pins_d6 = Y8_GPIO_NUMBER;
    configuration.pins_d7 = Y9_GPIO_NUMBER;
    configuration.pins_xclk = XCLK_GPIO_NUMBER;
    configuration.pins_pclk = PCLK_GPIO_NUMBER;
    configuration.pins_vsync = VSYNC_GPIO_NUMBER;
    configuration.pins_href = HREF_GPIO_NUMBER;
    configuration.pins_sscb_sda = SIOD_GPIO_NUMBER;
    configuration.pins_sscb_scl = SIOC_GPIO_NUMBER;
    configuration.pins_pwdn = PWDN_GPIO_NUMBER;
    configuration.pins_reset = RESET_GPIO_NUMBER;
    configuration.xclk_freq_hz = 20000000;
```

```

configuration.pixel_format = PIXELFORM_JPEG;
configuration.grab_mode = CAM_GRAB_LAST;

ESP32_err_t err = ESP32_cam_init(&configuration);
if (err != ESP32_OK) {
    Serial.printf("Камеру не ініціалізовано", err);
    delay(1000);
    ESP32.restart();
}
}

void handleNewMesss(int numberNewMesss) {
    Serial.print("Обробка нових запитів: ");
    Serial.println(numberNewMesss);

    for (int i = 0; i < numberNewMesss; i++) {
        String USER_ID = String(BOT.messs[i].USER_ID);
        if (USER_ID != USER_ID){
            BOT.sendMess(USER_ID, "Неавторизований користувач", "");
            continue;
        }
        String text = BOT.messs[i].text;
        Serial.println(text);

        String from_name = BOT.messs[i].from_name;
        if (text == "/start") {
            String welcome = "Вітаю , " + from_name + "\n";
            welcome += "Для того, щоб відкрити основні команди для управління системою  

відкрийте меню. \n";

            BOT.sendMess(USER_ID, welcome, "");
        }
        if (text == "/flash") {
            flashState = !flashState;
            digitalWrite(FLASH_LED_PINS, flashState);
        }
    }
}

```

```

    Serial.println("Змінити стан світлодіода спалаху ");
}
if (text == "/photo") {
    sendphoto = true;
    Serial.println("Новий фото запит");
}
}
}
String sendphotoTG() {
    const char* Domain = "api.telegram.org";
    String getAll = "";
    String getBody = "";
    cam_fb_t * fb = NULL;
    fb = ESP32_cam_fb_get();
    ESP32_cam_fb_return(fb);

    fb = NULL;
    fb = ESP32_cam_fb_get();
    if(!fb) {
        Serial.println("Помилка зйомки");
        delay(1000);
        ESP32.restart();
        return " Помилка зйомки ";
    }
    Serial.println("З'єднання з " + String(Domain));
    if (clientTCP.connect(Domain, 443)) {
        Serial.println("З'єднання встановлено успішно");
        String head = "--RandomNerdTutorials\r\nContent-Disposition: form-data;
name=\"USER_ID\"; \r\n\r\n" + USER_ID + "\r\n--RandomNerdTutorials\r\nContent-Disposition:
form-data; name=\"photo\"; filename=\"photo1.jpg\"\r\nContent-Type: image/jpeg\r\n\r\n";
        String tail = "\r\n--RandomNerdTutorials--\r\n";
        size_t imageLen = fb->len;
        size_t extraLen = head.length() + tail.length();
        size_t totalLen = imageLen + extraLen;

```

```

clientTCP.println("POST /B0T"+B0Ttoken+"/sendphoto HTTP/1.1");
clientTCP.println("Host: " + String(Domain));
clientTCP.println("Content-Length: " + String(totalLen));
clientTCP.println("Content-Type: multipart/form-data; boundary=RandomNerdTutorials");
clientTCP.println();
clientTCP.print(head);
uint8_t *fbBuf = fb->buf;
size_t fbLen = fb->len;
for (size_t n=0;n<fbLen;n=n+1024) {
    if (n+1024<fbLen) {
        clientTCP.write(fbBuf, 1024);
        fbBuf += 1024;
    }
    else if (fbLen%1024>0) {
        size_t remainder = fbLen%1024;
        clientTCP.write(fbBuf, remainder);
    }
}
clientTCP.print(tail);
ESP32_cam_fb_return(fb);
int waitTime = 1000;
long startTimer = millis();
boolean state = false;
while ((startTimer + waitTime) > millis()){
    Serial.print(".");
    delay(100);
    while (clientTCP.available()) {
        char c = clientTCP.read();
        if (state==true) getBody += String(c);
        if (c == '\n') {
            if (getAll.length()==0) state=true;
            getAll = "";
        }
        else if (c != '\r')

```

```

        getAll += String(c);
        startTimer = millis();
    }
    if (getBody.length() > 0) break;
}
clientTCP.stop();
Serial.println(getBody);
}
else {
    getBody = "З'єднання з api.tg.org скасовано.";
    Serial.println("З'єднання з api.tg.org скасовано.");
}
return getBody;
}

void setup() {
    WRITE_PERI_REG(RTC_CNTL_BROWN_OUT_REG, 0);
    Serial.begin(115200);
    pinsMode(FLASH_LED_PINS, OUTPUT);
    digitalWrite(FLASH_LED_PINS, flashState);
    configurationInitCam();
    WiFi.mode(WIFI_STA);
    Serial.println();
    Serial.print("З'єднання з ");
    Serial.println(login);
    WiFi.begin(login, pass);
    clientTCP.setCACert(TG_CERTIFICATE_ROOT);
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        Serial.print(".");
        delay(500);
    }
}

void loop() {
    if (sendphoto) {
        Serial.println("Готуємо фото");
    }
}

```

```

sendphotoTG();
sendphoto = false;
}
if (millis() > lastTimeBOTRan + BOTRequestDelay) {
  int numberNewMesss = BOT.getUpdates(BOT.last_mess_received + 1);
  while (numberNewMesss) {
    Serial.println("got rESP32onse");
    handleNewMesss(numberNewMesss);
    numberNewMesss = BOT.getUpdates(BOT.last_mess_received + 1);
    String head = "--RandomNerdTutorials\r\nContent-Disposition: form-data;
name=\"USER_ID\"; \r\n\r\n" + USER_ID + "\r\n--RandomNerdTutorials\r\nContent-Disposition:
form-data; name=\"photo\"; filename=\"photo1.jpg\"\r\nContent-Type: image/jpeg\r\n\r\n";
    String tail = "\r\n--RandomNerdTutorials--\r\n";
  }
  lastTimeBOTRan = millis();
}
}
}
}
}

```

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Система автоматичного контролю прозорості води в природних водоймах з використанням мікроконтролера ESP32-CAM

Автор: Рудніцький Віталій Юрійович

Спеціальність: 123 – Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Засорнова Ірина Олександрівна, доцент

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи.	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

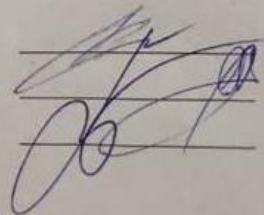
- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;
- 3) окремі виявлені збіги є загальноживаними фразами або виразами, про що свідчить посилання системи на збіг з 2-5 джерелами на один фрагмент речення;
- 4) в якості запозичень в окремих місцях системою зафіксовано сталі назви моделей приладів, які використовуються, елементи системного коду у вигляді функцій та бібліотек, які є вхідними даними до великої кількості задач і не можуть розглядатися як об'єкт авторських прав і, відповідно, їх порушення;
- 5) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до назв джерел посилань, що не є модифікацією тексту.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 1.73% і адресується до 81 періоджерела, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КІС



І.О. Засорнова

С.М. Лисенко

Т. О. Говорущенко

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: ~~Рудницький~~ Віталій Юрійович

Тема: Система автоматичного контролю прозорості води в природних водоймах з використанням мікроконтролера ESP32-CAM

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 73

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою цієї кваліфікаційної роботи є забезпечення контролю прозорості води в природних водоймах за допомогою мікроконтролера ESP32-CAM.

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню.

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: В першому розділі кваліфікаційної роботи проведено дослідження предметної області (проведена пошукова робота в галузі забрудненості водних джерел, з'ясовані причини забруднення водойм; проаналізовано різні методи для вирішення цієї проблеми) та виконано постановку задачі дослідження; розглянуто різні системи контролю ступня води, виділені їхні переваги та недоліки. В другому розділі кваліфікаційної роботи проведена робота з мікроконтролером ESP32-CAM; була здійснена порівняльна робота з його компонентами; проаналізовані його характеристики та можливості; ~~зроблено~~ ~~зроблений~~ та ~~зроблений~~ план як буде використовуватись модуль ESP32-CAM в системі автоматичного контролю прозорості води в природних ~~водоємках~~. В третьому розділі кваліфікаційної роботи була реалізована програмно-апаратна частина, в ~~якій~~ описаний алгоритм системи автоматичного контролю прозорості води, створення власної схеми з використанням мікроконтролера ESP32-CAM, створення електрично-цифрової схеми модуля ESP32-CAM; побудова блок-схеми «Взаємодії структурних елементів системи»; для взаємодії між користувачем та системою був

створений Telegram Bot; візуальна модифікація зовнішнього вигляду Telegram Bot; написаний системний код для мікроконтролера ESP32-CAM; створена порівняльна таблиця для різних варіантів комплектуючих системи; розглянуті варіанти бюджетної реалізації використання та більш дорогої; порівняння системи контролю прозорості води з вже готовими рішеннями, які є переваги та недоліки.

4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: недостатня увага проектуванню додаткових елементів системи таких як освітлення та можливість автоматичного регулювання положення камери ESP32-CAM.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації.

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.


8. Інші зауваження: _____

9. Оцінка дипломної роботи: добре (4.5) В

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) _____

Завідувач Кат. ТНІТ, д.т.н., професор
Підченко Сергій Константинович

“ 17 ” червня 2024 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри КПС
д-р.техн.наук, проф. Говорущенко Т. О.

Рудніцького Віталія Юрійовича

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи КІ2-20-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

22 квітня 2024 року

Ім'я користувача:
Кафедра КІ

ID перевірки:
1016361040

Дата перевірки:
14.06.2024 18:12:20 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
15.06.2024 09:57:24 EEST

ID користувача:
100005591

Назва документа: Рудніцький_Система автоматичного контролю прозорості води в природних в (1)

Кількість сторінок: 82 Кількість слів: 15962 Кількість символів: 115357 Розмір файлу: 7.23 MB ID файлу: 1016165917

1.73% Схожість

Найбільша схожість: 0.44% з Інтернет-джерелом (<http://elar.khmnmu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/14009/1/%d0%9d>).

1.22% Джерела з Інтернету	81	Сторінка 84
1.08% Джерела з Бібліотеки	133	Сторінка 84

0% Цитат

Не знайдено жодних цитат

Посилання	1	Сторінка 84
-----------	---	-------	-------------

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи	11
------------------	----

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 0.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. Помилки в документах: 10%

ID: 130584 Назва: БКР Система автоматичного контролю прозорості води в природних водоймах з використанням мікроконтролера ESP32-CAM Додано в БД: 2024-06-14 Автора: В.Ю. Рудніцький Керівники: І.О. Засорнова Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	105365	816	1102 (1%)	14 (2%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми