

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій  
(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розробка автоматизованої системи моніторингу фізико-хімічних параметрів води

Виконав: студент VI курсу, групи КТм-61

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(шифр і назва спеціальності)

Долінський М.П.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Микитишин А.Г.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Чихіра І.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Микитишин А.Г.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Трембач Р.Б.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2023

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Микитишин А.Г.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

«    » 25 листопада 2023 р.     

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно інтегровані технології  
(шифр і назва спеціальності)

Студенту Долінському Миколі Петровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка автоматизованої системи моніторингу фізико-хімічних параметрів води

Керівник роботи Микитишин Андрій Григорович, к.т.н., доцент кафедри КТ  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «20» листопада 2023 року № 4/7-1087

2. Термін подання студентом завершеної роботи 26 грудня 2023р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові публікації про моніторинг фізико-хімічних параметрів води, технічні вимоги до режимів роботи систем моніторингу якості води

4. Зміст роботи

Вступ. 1 Аналітична частина, 1.1 Постановка задачі для автоматизованої системи моніторингу, фізико-хімічних параметрів води, 1.2 Огляд відомих технічних рішень, 2 Технологічна частина частина, 3 Конструкторська частина, 3.1 Датчик рН, 3.2 Датчик TDS, 3.3 датчик каламутності, 3.4 Датчик температури, 3.5 датчик електропровідності, 3.6 ESP-32, 3.7 ESP8266, 3.8 Реалізація системи, 4 Науково дослідницька частина, 5 Спеціальна частина, 5.1 Дослідження параметрів якості води, 5.2 Програмне забезпечення та фреймворки, 5.2.1 Mongo DB, 5.2.2 Arduino IDE, 5.3 Алгоритм машинного навчання, 6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях, 6.1 Питання щодо охорони праці, 6.2 Питання щодо безпеки в надзвичайних ситуаціях, Висновки, Перелік джерел, Додатки

5. Перелік графічного матеріалу

1 Титульна сторінка. 2 Тема, Мета, Об'єкт, Предмет дослідження. 3 Завдання дослідження. 4 Актуальність дослідження. 5 Блок-схема інтелектуальної системи моніторингу якості води. 6 Принципова схема системи моніторингу якості води. 7 Структурна схема апаратного забезпечення системи. 8 Датчики якості води. 9 Модель інтелектуальної системи моніторингу якості води. 10 Графік вимірювань системи. 11 Параметри якості води для різних зразків. 12 Висновки. 13 Завершальний.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	доц. Тотосько О.В.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Стручок В.С., ст. викл. Клепчик В.М		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 20 листопада 2023 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	20.11.2023	Виконано
2.	Підбір джерел про системи моніторингу	21.11.2023-23.11.2023	Виконано
3.	Вибір компонентної бази	24.11.2023-28.11.2023	Виконано
4.	Виконання дослідження фізико-хімічних параметрів води	21.11.2023-23.11.2023	Виконано
5.	Переклад та опрацювання джерел	24.11.2023-26.11.2023	Виконано
6.	Розроблення прототипу терміналу	27.11.2023-30.11.2023	Виконано
7.	Розроблення панелі керування системи	01.12.2023-03.12.2023	Виконано
8.	Оформлення розділу «Аналітична частина»	04.12.2023-05.12.2023	Виконано
9.	Оформлення розділу «Конструкторська частина»	06.12.2023-07.12.2023	Виконано
10.	Оформлення розділу «Науково дослідна частина»	08.12.2023-09.12.2023	Виконано
11.	Оформлення розділу «Технологічна частина»	10.12.2023-11.12.2023	Виконано
12.	Оформлення розділу «Спеціальна частина»	12.12.2023-13.12.2023	Виконано
13.	Виконання розділу «Охорона праці та безпека в НС»	14.12.2023-15.12.2023	Виконано
14.	Підготовка графічного матеріалу	16.12.2023-17.12.2023	Виконано
15.	Оформлення кваліфікаційної роботи	17.12.2023-18.12.2023	Виконано
16.	Нормоконтроль	17.12.2023-18.12.2023	Виконано
17.	Перевірка на плагіат	19.12.2023	Виконано
18.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	19.12.2023	Виконано
19.	Захист кваліфікаційної роботи	26.12.2023	Виконано
10.			
11.			
12.			
13.			
14.			

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Долінський М.П.

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Микитишин А.Г.

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Розробка автоматизованої системи моніторингу фізико-хімічних параметрів води // Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Магістр» // Долінський Микола Петрович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, група КТм-61 // Тернопіль, 2023 // С. 79, рис. – 15, табл. – 6, кресл. – 13, додат. – 3, бібліогр. – 61.

**Ключові слова:** моніторинг, контролер, якість води, інтернет речей, датчики, мережа, машинне навчання.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці автоматизованої системи моніторингу фізико-хімічних параметрів води.

В першому розділі кваліфікаційної роботи описані особливості вимірювання фізико-хімічних параметрів води, огляд відомих рішень.

В другому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто принципову схему роботи системи на основі машинного навчання.

В третьому розділі кваліфікаційної роботи вибрано та проаналізовано компоненти системи, представлено прототип системи моніторингу.

В четвертому розділі описано аналіз розрахунку параметрів якості води.

В п'ятому розділі висвітлено дослідження параметрів якості води, проаналізовано програмне забезпечення, фреймворки та алгоритм машинного навчання, проведено перевірку продуктивності експериментальних значень.

В шостому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто забезпечення безпечної роботи з обладнанням.

Об'єкт дослідження: система моніторингу якості води, яка використовує мережеві засоби та Інтернет речей для заміни традиційного методу моніторингу, який є часозатратним і не забезпечує отримання даних в реальному часі. Предмет дослідження: дані для статистичного аналізу і подальшого дослідження, вимірювання, параметрів якості води.

## ANNOTATION

Development and study of an automated system for water physical-chemical parameters monitoring // The educational level "Master" qualification work // Dolinskyi Mykola Petrovych // Ternopil Ivan Pulyuy National Technical University, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, Department of Computer-Integrated Technologies, KTm-61 group // Ternopil, 2023 // P. 79, fig. - 15, tables - 6, chair. - 13, annexes - 1, ref. - 61.

**Key words:** monitoring, controller, water quality, internet of things, sensors, network, machine learning.

The qualification work is devoted to the development of an automated system for monitoring the physical and chemical parameters of water.

The first section of the qualification work describes the features of measuring the physical and chemical parameters of water, an overview of known solutions.

The second section of the qualification work describes the schematic diagram of the system based on machine learning.

The third section of the qualification work selects and analyses the system components and presents a prototype of the monitoring system.

The fourth section describes the analysis of the calculation of water quality parameters.

The fifth section describes the study of water quality parameters, analyses software, frameworks and machine learning algorithm, and verifies the performance of experimental values.

The sixth section of the qualification work deals with ensuring safe operation of the equipment.

Object of research: a water quality monitoring system that uses networked tools and the Internet of Things to replace the traditional monitoring method, which is time-consuming and does not provide real-time data. Subject of the study: data for statistical analysis and further research, measurement, water quality parameters.

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

IEEE (англ. Institute of Electrical and Electronics Engineers) – Інститут інженерів з електротехніки та електроніки.

ШІ – Штучний інтелект.

MCU (англ. Microcontroller Unit) – мікроконтролер, однокристальний мікрокомп'ютер.

IoT (англ. Internet of Things) – Інтернет речей.

FPGA (англ. Field-Programmable Gate Array) – програмована користувачем вентильна матриця.

АЦП – Аналого-цифровий перетворювач

TDS (англ. Total Dissolved Salts) – загальний вміст розчинених солей

IDE (англ. integrated development environment) – Інтегроване середовище розробки

TCP (англ. Transmission Control Protocol) – Протокол керування передаванням.

SQL (англ. Structured query language) – мова структурованих запитів.

Wi-Fi (англ. Wireless Fidelity) – технологія бездротової локальної мережі.

ХСК – хімічне споживання кисню

ЗОВ – загальний органічний вуглець

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА .....	9
1.1 Постановка задачі для автоматизованої системи моніторингу фізико-хімічних параметрів води.....	9
1.2 Огляд відомих технічних рішень .....	11
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	19
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА .....	24
3.1 Датчик рН.....	27
3.2 Датчик TDS .....	28
3.3 Датчик каламутності .....	29
3.4 Датчик температури .....	30
3.5 Датчик електропровідності .....	31
3.6 ESP-32 .....	32
3.7 ESP8266 .....	33
3.8 Реалізація системи .....	34
4 НАУКОВО ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА .....	36
5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	44
5.1 Дослідження параметрів якості води .....	44
5.2 Програмне забезпечення та фреймворки .....	52
5.2.1 Mongo DB.....	52
5.2.2 Arduino IDE.....	52
5.3 Алгоритм машинного навчання.....	53
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	55
6.1 Питання щодо охорони праці.....	55
6.2 Питання щодо безпеки в надзвичайних ситуаціях .....	59
ВИСНОВКИ.....	62
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ .....	64
ДОДАТКИ	

## ВСТУП

**Актуальність теми.** У світі спостерігається загострення проблеми забруднення водних ресурсів, яка ставить під загрозу якість питної води та екосистем в цілому. Застосування автоматизованих систем моніторингу є критично важливим для своєчасного виявлення та вирішення проблем забруднення води, а також для забезпечення сталого використання цього стратегічно важливого ресурсу. Така система не лише покращить ефективність процесів контролю за якістю води, але й сприятиме збереженню здоров'я населення та становить важливий крок у напрямку екологічно відповідальних практик у сфері водопостачання.

Забруднення води впливає на здоров'я, економіку, біологічне різноманіття. У цій роботі представлені причини та наслідки забруднення води, а також всебічний огляд різних методів моніторингу якості води та ефективний метод моніторингу якості води на основі Інтернету речей. Незважаючи на те, що існує багато чудових інтелектуальних систем моніторингу якості води, ця область досліджень залишається складною. У цій роботі представлено огляд останніх робіт, проведених дослідниками з метою створення інтелектуальних, малопотужних і високоефективних систем моніторингу якості води, які будуть безперервними, а попередження/повідомлення будуть надсилатися відповідним органам влади для подальшої обробки. Розроблена модель є економічно ефективною та гнучкою у використанні.

**Мета і задачі дослідження.** Метою даної кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» є розробка та впровадження інноваційної автоматизованої системи моніторингу фізико-хімічних показників води з метою поліпшення ефективності контролю та забезпечення надійності якості питної води. Для досягнення поставленої мети потрібно виконати ряд завдань, зокрема:

– Проаналізувати стан досліджень в області забруднення води та моніторингу її якості важливо для визначення актуальних викликів та прогалин



у науковому та технологічному полі. На сьогоднішній день ця галузь привертає увагу дослідників через розширення проблеми забруднення водних ресурсів.

– Дослідити існуючі на даний час методи моніторингу якості води необхідно для визначення їхньої ефективності та придатності до застосування в конкретних умовах. Оцінка різноманітних підходів до вимірювання різних параметрів води, таких як рівень рН, концентрація хімічних речовин та інші, дозволяє визначити оптимальні методи для конкретних завдань моніторингу.

– Проаналізувати методи очищення води та їхню ефективність стає ключовим етапом для забезпечення безпеки питної води. Визначення переваг і недоліків різних технологій, таких як хімічне очищення, фільтрація, ультрафільтрація та інші, може визначити оптимальні шляхи вирішення проблеми забруднення води в конкретному регіоні.

– Виконати порівняння існуючих методів моніторингу та очищення води допоможе визначити їхню ефективність та придатність для впровадження в конкретних умовах. Порівняльний аналіз може виокремити найбільш перспективні технології та підходи, які варто враховувати при розробці нових систем моніторингу та очищення води.

– Розробити інноваційні методи моніторингу та очищення води – це ключовий крок у напрямку вирішення глобальних проблем забруднення водних ресурсів. Враховуючи отримані результати досліджень, розробка нових технологій та методів може сприяти ефективнішому вирішенню проблем якості води та забезпеченню її безпеки для населення.

**Об'єкт дослідження** система моніторингу якості води, яка використовує мережеві засоби та Інтернет речей для заміни традиційного методу моніторингу, який є часозатратним і не забезпечує отримання даних в реальному часі.

**Предмет дослідження** дані для статистичного аналізу і подальшого дослідження, вимірювання, параметрів якості води.

**Наукова новизна одержаних результатів** кваліфікаційної роботи полягає у тому, що отримав подальший розвиток та вдосконалення систем

моніторингу якості води з метою покращення здоров'я населення та збереження водних ресурсів..

**Практичне значення одержаних результатів.** Розроблено систему що здатна виявляти та вирішувати проблеми забруднення води, що впливає на здоров'я населення та екосистему. Дана система моніторингу надає негайну інформацію та дозволяє вживати заходів для поліпшення якості води. Практичне застосування включає економічні вигоди, поліпшення екологічної ситуації та підвищення свідомості громадськості щодо важливості якості води. Результати можуть впливати на прийняття ефективних політик, сприяти технологічному прогресу та вирішувати проблеми пов'язані з якістю питної та не питної води.

**Апробація результатів магістерської роботи.** Основні результати проведених досліджень обговорювались на ІХ науково-технічній конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (м. Тернопіль, 2023 р.).

**Публікації.** Основні результати кваліфікаційної роботи опубліковано у конференції (Див. додаток А).

**Структура й обсяг кваліфікаційної роботи.** Кваліфікаційна робота складається зі вступу, шістьох розділів, висновків, списку літератури з 61 найменувань та 3 додатків. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи складає 79 сторінки, з них 61 сторінки основного тексту, який містить 15 рисунків та 6 таблиць.

## 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Постановка задачі для автоматизованої системи моніторингу фізико-хімічних параметрів води.

Забруднення води відбувається, коли смертельно небезпечні матеріали потрапляють у водойми, такі як ставки, річки, озера, моря та океани, розчиняються і осідають у воді або осаджуються на дно. Забруднення погіршує якість і чистоту води. Забезпечення чистої та безпечної води є справді складним завданням через надмірні джерела хімічних речовин і забруднювачів. Забруднення води може бути спровоковане багатьма способами; однією з основних причин забруднення є скидання промислових відходів та міських стічних вод. Вторинними джерелами забруднення є забруднюючі речовини, які потрапляють у воду з ґрунтів, з атмосфери через дощ або з підземних вод. Зазвичай, ґрунти та ґрунтові води складаються із залишків сучасних методів ведення сільського господарства, а також неналежним чином утилізованих відходів промисловості. Основними забруднювачами води є віруси, бактерії, добрива, паразити, фармацевтичні препарати, пестициди, нітрати, фекальні відходи, фосфати, радіоактивні речовини та пластмаси. Ці матеріали не завжди змінюють колір води, але вони можуть бути непомітними забруднювачами.

Тому для визначення якості води досліджується невелика кількість води з таких водних ресурсів і морських організмів.

Погіршення якості води завдає шкоди здоров'ю, довкіллю та економіці. Девід Малпас, президент Світового банку, застерігає щодо впливу на економіку: "Погіршення якості води гальмує економічне зростання і посилює бідність у багатьох країнах". Це означає, що якщо біологічна потреба в кисні, показник, який використовується для вимірювання органічного забруднення води, перевищить поріг, зростання валового внутрішнього продукту (ВВП) в місцях, оточених суміжними водними басейнами, знизиться на третину. Наслідки забруднення води або низької якості води такі:

– Знищення біорізноманіття: Забруднення води зменшує водні екосистеми та ініціює нестримне зростання фітопланктону у водних ресурсах.

– Забруднення харчового ланцюга: Вилов риби в забруднених водоймах та використання стічних вод у сільському господарстві і тваринництві може призвести до потрапляння токсинів і забруднюючих речовин у продукти харчування, які можуть завдати шкоди здоров'ю після споживання.

– Дефіцит питної води: Якщо забруднення води збільшується або якість питної води не підтримується, то не буде чистої води для пиття, громадського здоров'я або санітарії, як у сільській, так і в міській місцевості.

– Хвороби: За даними ВООЗ (Всесвітньої організації охорони здоров'я), приблизно 2 мільярди людей у світі не мають доступу до чистих водних ресурсів, а змушені пити воду, забруднену екскрементами, що наражає їх на безліч недуг.

– Дитяча смертність: За даними ВООЗ, діарейні захворювання, пов'язані з відсутністю гігієни, призводять до смерті майже 1 000 дітей щодня у всьому світі.

Моніторинг якості води визначається як сукупність даних у визначених або бажаних місцях і через певні проміжки часу для надання інформації, яка може бути використана для опису поточного стану води. Цілі інтелектуальної системи моніторингу якості води полягають у наступному:

1. Вимірювання небезпечних показників якості, таких як фізичні, хімічні та мікробіологічні властивості.

2. Виявлення відхилень у вимірних показниках і своєчасне попередження про загрози або небезпеки.

3. Проводити аналіз даних з датчиків у режимі реального часу та рекомендувати відповідні коригувальні заходи.

Необхідність залучення користувача для підтримання якості води та врахування додаткових аспектів, таких як гігієна, санітарія навколишнього середовища, утилізація та зберігання, є вирішальними компонентами у підтримці якості водних об'єктів.

Загалом система моніторингу якості води складається з різних датчиків, таких як датчик рН, датчики каламутності, датчики температури, датчики провідності, датчики вологості та багато інших датчиків.

## **1.2 Огляд відомих технічних рішень**

Сатіш Пасіка та Сай Теджа Гандла [1] запропонували систему моніторингу, яка складається з ряду датчиків, що використовуються для вимірювання декількох параметрів якості, таких як каламутність, значення рН, рівень води в резервуарі, вологість прилеглого середовища та температура води. Датчики з'єднані з мікроконтролером (MCU), а додаткову обробку виконує персональний комп'ютер (ПК). Отримані дані будуть передаватися в хмару за допомогою програми ThinkSpeak на основі Інтернету речей (IoT) для моніторингу якості досліджуваної води.

У майбутньому планується розширити роботу для аналізу деяких інших параметрів, таких як нітрати, електропровідність, розчинений кисень у воді та вільний залишковий хлор.

Моніра Мукта та ін. [2] розробили систему інтелектуального моніторингу якості води (SWQM) на основі Інтернету речей, яка допомагає безперервно вимірювати якість води на основі чотирьох різних параметрів якості води, тобто рН, температури, каламутності та електропровідності. Чотири різні датчики підключаються до Arduino Uno для вимірювання параметрів якості. Дані, зібрані з усіх чотирьох датчиків, передаються в настільний додаток, розроблений на платформі .NET, отримані дані порівнюються зі стандартними значеннями. На основі зібраних даних з датчиків розроблена модель, яка буде ефективно досліджувати параметри якості води, використовуючи швидкий лісовий бінарний класифікатор для класифікації зразка води, що тестується, на питну чи не питну.

Сантош Конде та Шанкар Деосаркар [3] запропонували метод розробки інтелектуальної системи моніторингу якості води (SWQM) з реконфігурованим пристроєм інтерфейсу датчиків з використанням середовища IoT. У

запропонованій моделі були використані датчики, плата з програмованою матрицею вентилів (FPGA), модуль бездротового зв'язку на основі Zigbee. Шість різних параметрів якості води, таких як каламутність, рН, вологість, рівень води, температура води та вміст вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) на поверхні води розглядалися в режимі реального часу. Запропонований метод допоможе захистити більш безпечно та збалансоване середовище водних об'єктів. Система SWQM зменшує витрати коштів та часу на визначення якості води у водних об'єктах в рамках управління навколишнім середовищем та екологічною рівновагою. У запропонованій майбутній роботі мережа WSN буде розвиватися із залученням додаткової кількості вузлів, щоб охопити більшу територію покриття.

Кулкарні Амрута М і Туркане Сатіш М [4] запропонували систему моніторингу якості води на сонячних батареях з використанням бездротової сенсорної мережі. Підводна бездротова сенсорна мережа (UWSN) є елементарним компонентом моніторингу якості води з використанням технології бездротової сенсорної мережі (WSN), яка живиться від фотоелектричних або сонячних панелей. Для моніторингу якості води в режимі реального часу в різних місцях пропонується виняткова архітектура системи, яка складається з базової станції та розподілених сенсорних вузлів. Всі вузли та базова станція пов'язані між собою за допомогою технології Zigbee WSN. Розробка та реалізація прототипу моделі з використанням вузла, який живиться від сонячної батареї та технології WSN, є складним завданням. Зібрані дані на кожному вузлі, такі як каламутність, рівень кисню і значення рН з різних датчиків, будуть відправлятися на базову станцію через WSN. Зібрані дані з різних місць можуть бути показані в читабельній формі, а аналіз може бути зроблений на базовій станції за допомогою різних інструментів моделювання. Розроблена нова система моніторингу якості води має ряд переваг, таких як споживання меншої кількості енергії, відсутність викидів вуглекислого газу та більша гнучкість для розгортання в різних місцях.

Дослідники в роботі [5] розробили метод визначення якості води з використанням IoT та різних сенсорних модулів. Ця система використовує різні

датчики для моніторингу якості води шляхом визначення рН, каламутності, провідності та температури. Використовуваний контролер Arduino отримує доступ до даних датчиків. За допомогою IoT зібрані дані аналізуються, і забруднення води може бути досліджено за допомогою суворого механізму. Крім того, розроблена система надсилає попередження та сповіщення населенню та відповідним органам влади про якість води. Завдання моніторингу якості води може бути виконане людьми, які не мають достатньої підготовки. Встановлення системи моніторингу якості води може бути здійснено без особливих зусиль поблизу водних ресурсів (цільової території). Запропонована розроблена модель складається з різних датчиків, які обчислюють параметри якості води в режимі реального часу для негайного плану дій. Також розроблена модель є точною, економічною та вимагає меншої кількості людських ресурсів.

Уннікрішна та ін. [6] запропонували метод моніторингу якості води в річках, розроблений на основі бездротових сенсорних мереж, який допомагає здійснювати безперервний і віддалений моніторинг параметрів якості води. У цій системі бездротовий сенсорний вузол призначений для безперервного моніторингу рН води, який є ключовим параметром, що впливає на якість води. Конструкція сенсорного вузла складається з модуля обробки, модуля формування сигналу, модуля живлення та модуля бездротового зв'язку. Дані з датчика рН передаються на базову станцію за допомогою модуля бездротового зв'язку, тобто за допомогою модуля Zigbee, після необхідної обробки та формування сигналу. Схема для сенсорного вузла розробляється шляхом проектування, моделювання, а апаратний прототип будується з використанням відповідних компонентів схеми. Це мінімізує вимоги до енергоспоживання системи та забезпечує низьку вартість платформи для моніторингу якості води водних ресурсів.

Прасад та ін. [7] розробили метод для інтелектуальної системи моніторингу якості води на Фіджі, використовуючи дистанційне зондування та технологію Інтернету речей. Для аналізу води використовуються такі параметри якості, як окислювально-відновний потенціал (ОВП) та потенційний

водневий показник (рН). Завдяки ефективному впровадженню цього підходу до моніторингу буде розроблена система раннього попередження про забруднення води з використанням численних станцій моніторингу. Також представлено дослідження якості води на островах Фіджі, яке свідчить про необхідність створення мережі регулярного збору даних для моніторингу якості води з використанням Інтернету речей та дистанційного зондування. Порівняльне дослідження представлено для різних параметрів, таких як каламутність, рН, температура та провідність. Розроблена система продемонструвала свою ефективність, надаючи точні та надійні значення для моніторингу води в режимі реального часу. Чотири джерела води були досліджені з погодинними інтервалами протягом встановленого часового інтервалу в 12 годин для перевірки точності вимірювань розробленої системи. Отримані результати порівнюються з ймовірними значеннями. Зв'язок між температурою, електропровідністю та рН також простежується для зразків усіх чотирьох джерел води. Ефективно впроваджено технологію GSM для надсилання сигналу тривоги на основі референтних параметрів кінцевому користувачеві для миттєвого вжиття заходів, спрямованих на забезпечення якості води. Крім того, еталонні параметри, отримані з усіх чотирьох різних джерел води, використовуються для побудови класифікаторів, які застосовуються для виконання автоматизованого аналізу води за допомогою нейромережевого аналізу.

Дослідники в [8] запропонували розумну систему моніторингу якості води на основі Інтернету речей з використанням хмарних технологій та методів глибокого навчання для моніторингу якості води в різних водних ресурсах. У традиційних методах процедура моніторингу передбачає відбір проб води вручну з різних водних ресурсів з подальшим тестуванням та аналізом у лабораторії. Цей процес, як правило, є неефективним, оскільки він є трудомістким і займає більше часу, а також не дає результатів у режимі реального часу. Для забезпечення безпечного постачання води кінцевим споживачам з будь-яких водних ресурсів чи водних об'єктів необхідно здійснювати постійний моніторинг якості води. Відтепер проектування та



розробка економічно ефективної системи моніторингу якості води в режимі реального часу з використанням Інтернету речей є необхідною умовою. Моніторинг якості води у водних ресурсах за допомогою Інтернету речей допомагає боротися з проблемами, пов'язаними з навколишнім середовищем, а також покращує добробут і рівень життя всіх живих істот. Розроблена система допомагає здійснювати постійний моніторинг якості води за допомогою IoT-пристроїв та NodeMCU. Вбудований модуль Wi-Fi, пов'язаний з NodeMCU, полегшує підключення до Інтернету та передає дані, виміряні з датчика, до хмари. Розроблений прототип відстежує ряд забруднюючих речовин, присутніх у воді. Різні датчики використовуються для вимірювання різних параметрів для оцінки якості води з водних ресурсів. Отримані результати зберігаються в хмарі, а методи глибокого навчання використовуються для прогнозування того, чи є досліджувана вода придатною для пиття чи ні.

Дослідники в [9] розробили малопотужне та наївне рішення для моніторингу якості внутрішньотрубною води на основі IoT. Розроблена модель використовується для тестування зразків води, а дані, зібрані з датчиків, завантажуються через Інтернет та аналізуються. Ця модель є менш складною та дешевою інтелектуальною системою моніторингу якості води з базовим контролером, що має вбудований модуль Wi-Fi для моніторингу параметрів якості, таких як каламутність, провідність та рН. Розроблена система включає в себе систему оповіщення для інформування користувачів про відхилення параметрів якості води. Реалізація дозволяє датчикам надавати дані через Інтернет кінцевим споживачам. Установку, що використовується для експерименту, можна розширити, інтегрувавши алгоритми виявлення невідповідностей у якості води.

Сенгупта та ін. [10] запропонували економічно ефективну методику моніторингу якості води та управління в режимі реального часу за допомогою Інтернету речей. Запропонована система складається з різних датчиків, таких як датчик температури, датчик каламутності та датчик рН, які підключаються до Raspberry Pi за допомогою аналого-цифрового перетворювача (АЦП). На основі даних, отриманих від різних датчиків та обробки даних Raspberry Pi,

електромагнітний клапан за допомогою релейного механізму буде направлений на продовження або припинення потоку води з верхнього резервуару до будинків. Весь цей процес відбувається автоматично, без втручання людини, таким чином заощаджуючи час на ручне управління ситуацією. Нарешті, він перевіряє, чи знаходяться параметри якості води в бажаному діапазоні чи ні. Всі ці пристрої відрізняються низькою вартістю, гнучкістю та високою ефективністю.

М. Джозеф Вішал Кумар та Крішна Самалла [11] запропонували економічно ефективну систему для моніторингу якості води в режимі реального часу за допомогою Інтернету речей. Розроблена система використовує різні датчики для вимірювання хімічних і фізичних параметрів води. Ця розумна система якості води складається з контролера Raspberry pi, з'єданого з різними датчиками, такими як датчик CO<sub>2</sub>, датчик рН, датчики каламутності, датчик температури та датчики рівня води. Ці датчики контролюють всю роботу, а моніторинг здійснюється за допомогою хмарних бездротових комунікаційних пристроїв.

Деметілло та ін. [12] запропонували економічно ефективну систему моніторингу якості води в режимі реального часу, яку можна використовувати у віддалених озерах, річках та інших водних ресурсах. Основне апаратне забезпечення системи складається з мікроконтролера, стандартних електрохімічних датчиків, спеціального буя та системи бездротового зв'язку. Розроблена система здатна визначати рН, вміст розчиненого кисню та температуру води через попередньо запрограмовані періодичні інтервали часу. Розроблена система передає зібрані дані у табличному та графічному форматах через персоналізований веб-портал та зареєстровані мобільні телефони для кращого обслуговування відповідних кінцевих користувачів. Для перевірки ефективності системи були ретельно оцінені стабільність буя в несприятливих умовах навколишнього середовища, енергоспоживання системи, ефективність передачі даних та відображення інформації на веб-порталі. Результати експерименту довели, що розроблена система має вищі очікування і може бути використана для практичного моніторингу навколишнього середовища,

надаючи кінцевим користувачам релевантну та своєчасну інформацію для кращого планування дій. Розширення діапазону покриття за допомогою автономного наземного апарату триває, охоплюючи величезні території, такі як річки, озера та інші водні ресурси, які потребують постійного моніторингу через їхню важливість як для природи, так і для людини. Використання літій-іонних акумуляторів як джерела живлення і включення іонів важких металів як параметрів, що викликають занепокоєння, також розглядається для розширення цієї роботи.

Анурадха та ін. [13] розробили економічно ефективну систему моніторингу якості води в режимі реального часу з використанням Інтернету речей. Розроблений метод являє собою сенсорну систему моніторингу якості води, яка використовується для вимірювання хімічних та фізичних параметрів води. Такі параметри, як рН, температура, каламутність та загальний вміст розчинених речовин (TDS) у воді вимірюються за допомогою датчиків та обробляються контролером Raspberry Pi. Нарешті, виміряні дані з датчиків можна побачити в Інтернеті за допомогою ThingSpeak API. Особливістю цієї роботи є те, що система моніторингу води має багато переваг, таких як висока мобільність, висока частота, а розроблена модель споживає мало енергії. Параметри якості, такі як аміак, твердість, провідність, вміст фтору, заліза, хлоридів також можуть бути визначені для вимірювання якості води, а виміряні значення використовуються для перевірки чистоти води для численних застосувань, таких як щоденні потреби промисловості та питної води.

Хамід та ін. [14] спроектували та розробили інтелектуальну систему моніторингу якості води (SWQMS), а оціночні фактори, такі як температура та значення рН у плавальному басейні, постійно контролювалися на основі статистичних інструментів, таких як планування експерименту (DOE) та дисперсійний аналіз (ANOVA). Результати експерименту показали, що час, об'єм басейну та аспекти взаємодії не впливають на значення рН, а час доби впливає на температуру води в басейні. Було засвідчено, що розроблена система здатна автоматично оновлювати стан якості води в басейні за допомогою Інтернету речей та регулювати рівень рН. Запропонована система також здатна

здійснювати моніторинг в режимі реального часу і потребує менших витрат на обслуговування.

Гупта та ін. [15] запропонували модель, яка автоматично оцінює параметри якості води, такі як каламутність, рН та температура. Для підводного зв'язку було використано ESP32 завдяки його низькому енергоспоживанню та вбудованому Wi-Fi. Модулі зв'язку, мутномір та датчик рН були інтегровані для розробки моделі на основі Інтернету речей. Крім того, алгоритм машинного розуміння з використанням K Means був використаний для аналізу якості води на основі попередньо обміркованих значень. Розроблена модель є локомотивною і безперервно відстежує якість води у великих та локальних водоймах. Показання відображаються на веб-сайті, який можна отримати в центральному управлінні контролю за забрудненням. Моніторинг якості води можна здійснювати з будь-якого місця за допомогою робота. Розроблена модель має низьку вартість, а завдяки використанню високошвидкісного Wi-Fi, робот може спілкуватися з-під води, що робить цей проект самодостатнім та ефективним.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Розглянемо принципову схему роботи системи. На рис.1 показана загальна блок-схема інтелектуальної системи моніторингу якості води. Як показано на рисунку, ядро контролера формує серце системи. Всі датчики підключені до основного контролера, і цей контролер керує роботою, отримує дані від датчиків, порівнює їх зі стандартними значеннями і відправляє значення відповідному кінцевому користувачеві або органам влади через бездротові модулі.

З розвитком технології Інтернету речей система моніторингу якості води стає розумнішою, споживає менше енергії і простішою в експлуатації. На рис. 2.1 показана схема роботи інтелектуальної системи моніторингу якості води.

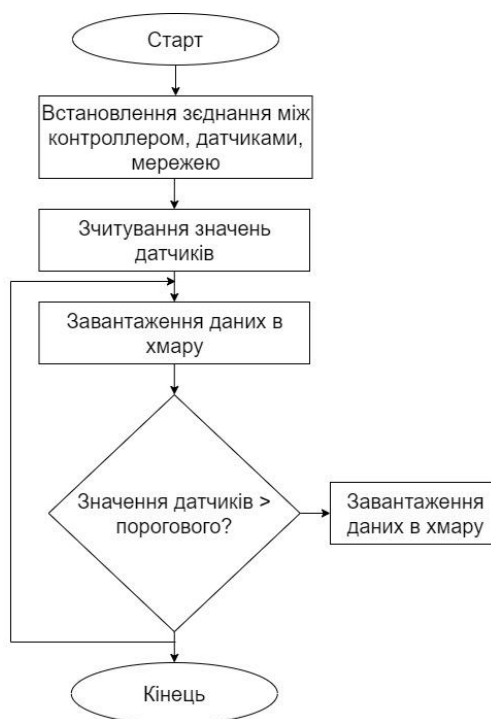


Рисунок 2.1 – Робота інтелектуальної системи моніторингу якості води

Контролер ядра інтегрований з різними датчиками, такими як датчик рН, датчик провідності, датчик температури, датчик каламутності та багатьма іншими датчиками. Провідники датчиків занурюються у воду, що тестується. Значення датчиків будуть оброблятися АЦП, а контролер ядра зчитуватиме значення і завантажуватиме їх у хмару. Значення будуть постійно

контролюватися, перевіряючи, чи перевищує значення датчика порогове значення чи ні. Якщо значення датчика перевищує порогове значення, то воно буде повідомлено відповідному кінцевому користувачеві для подальших дій. Якщо значення датчика менше порогового значення, то параметри знову перевіряються для іншого джерела води.

Діаграма запропонованої роботи виглядає так, як показано на рис. 2.2., а на рис. 2.3 зображена принципова схема системи.

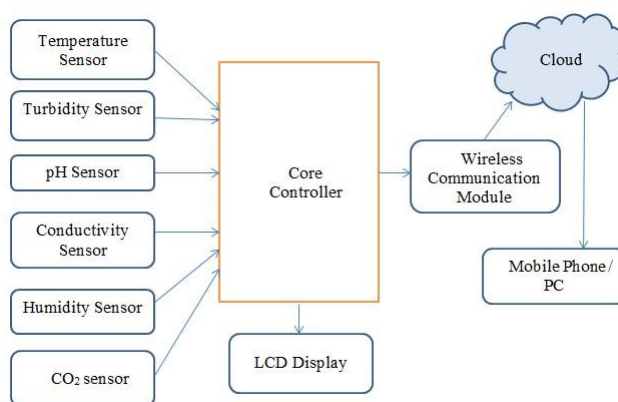


Рисунок 2.2 – Діаграма системи моніторингу якості води

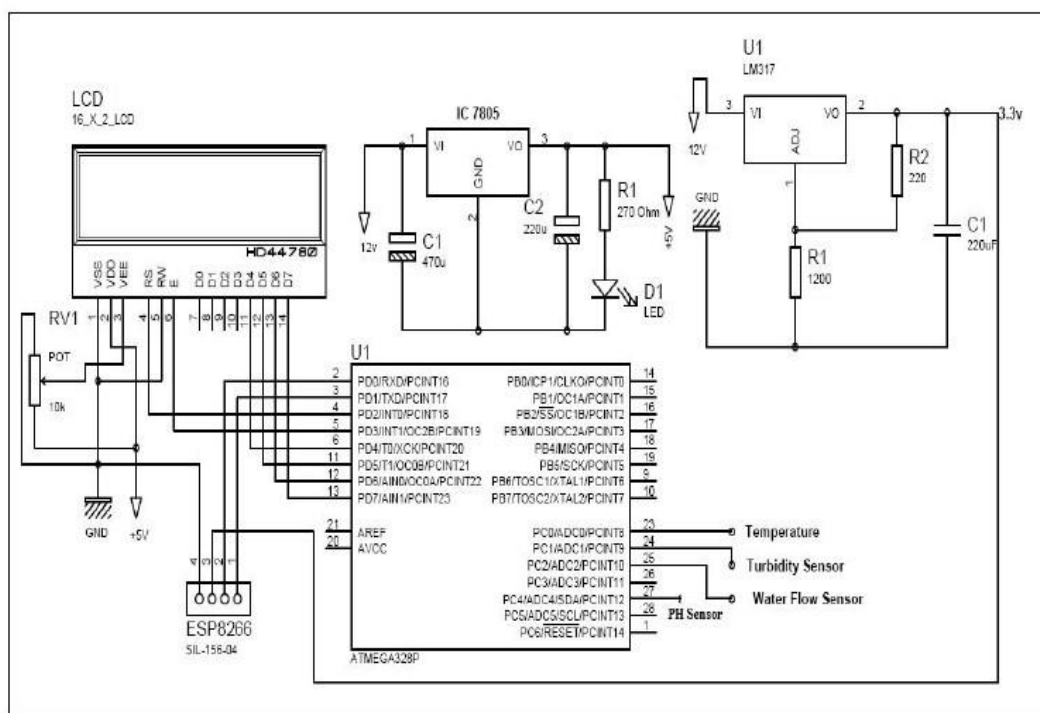


Рисунок 2.3 – Принципова схема системи моніторингу якості води

Робота складається з двох частин, перша - апаратна, друга - програмна. Апаратна частина має датчики, які допомагають вимірювати значення в реальному часі, інша частина – Платформа Arduino на базі ATMEGA перетворює аналогові значення в цифрові, а LCD-дисплей відображає вихідні дані з датчиків, модуль Wi-Fi забезпечує зв'язок між апаратною та програмною частиною. ATMEGA328 має вбудовані АЦП та Wi-Fi модулі.

Параметри якості води перевіряються один за одним і оновлюються на хмарному сервері.

Запропонована система здатна зчитувати дані зі зразків води за допомогою датчиків через мікроконтролер та аналізувати їх за допомогою алгоритму машинного навчання для прогнозування якості води. Запропонована блок-схема системи на рис. 1 складається з чотирьох різних датчиків, з'єднаних з контролером для вимірювання чотирьох важливих фізичних параметрів (рН, температури, провідності та каламутності) зразків води. Датчик рН SEN0161 використовується для вимірювання наявності кислотності або лужності будь-якого розчину в логарифмічній шкалі. Цифровий датчик температури DFR0198 забезпечує точні показники в діапазоні від -55 до 125°C. Для вимірювання електропровідності зразка води використовується аналоговий датчик DFR0300. Рекомендований діапазон виявлення цього датчика становить від 1 до 15 мс/см в діапазоні температур 0-40°C. Датчик каламутності SEN0189 використовується в конструкції для виявлення наявності зважених часток за допомогою світла. Отримані дані з цих датчиків отримує контролер та передає їх для подальшої обробки. Алгоритм машинного навчання реалізований на бекенді для прогнозування якості води на основі вимірянних даних. Оскільки система визначає, чи є зразок води "придатним для пиття" або "непридатним для пиття", використовується алгоритм швидкого лісового бінарного класифікатора. 60 різних зразків води було відібрано з найближчих водопровідних кранів, фільтрів, безалкогольних напоїв та інших джерел. Точність прогнозування розробленої системи порівнюється з експериментальними даними.

Розширення системи передбачає встановлення на кожну водну станцію, де кожен вузол складається з чотирьох частин, а саме: блок контролера,

датчики, прийомопередавач та блок живлення. В якості блоку управління в проєктованій системі був використаний програмований логічний контролер (ПЛК) на платформі Arduino. ПЛК являє собою невеликий комп'ютер з периферійними пристроями на базі "платформи Arduino Atmel ATmega2560 з відкритим вихідним кодом"; функції та характеристики достатні для реалізації [16]. В реалізованій системі для моніторингу якості води було використано датчики, основні характеристики яких наведено в розділі 3.

Слід зазначити, що деякі датчики були розроблені для сумісності з обраним контролером, тоді як інші були адаптовані для забезпечення сумісності з необхідними параметрами.

Запропонована система може використовувати Wi-Fi для зв'язку між вузлами та серверами. Кожен вузол має Wi-Fi модуль ESP8266 для зв'язку з центральним сервером.

Сенсорний вузол живиться від літєвої батареї ємністю 5000 мАг. Він підходить для використання в легких додатках і забезпечує високу напругу протягом тривалого періоду. Кристалічна сонячна панель забезпечує зарядку акумулятора. Панель забезпечує номінальні значення 5,5 В, 170 мА і 1 Вт з точки зору живлення; 8,2 В напруги холостого ходу; і 6,4 В максимальної напруги навантаження. Плата LiPo Rider Pro забезпечує вихідну напругу 5 В для заряджання акумулятора через сонячну панель.

Сенсорні вузли надсилають дані через міст зв'язку, який являє собою Wi-Fi роутер у хмарі, де розташована база даних. Попередньо оброблені дані передаються сенсорними вузлами WSN і відправляються в хмару через програмний інтерфейс веб-додатків (API), де аналізується якість води. Сенсорні вузли WSN виконують мінімальну аналітику, тоді як решта аналізу виконується в хмарі, що дозволяє знизити енергоспоживання.

Веб-панель забезпечує легкість моніторингу даних за будь-який період (річний, місячний, тижневий, добовий, погодинний і в режимі реального часу). Дані, передані з хмари, можуть бути використані для комплексного аналізу з метою виявлення будь-яких забруднювачів у воді. Код з Arduino IDE був завантажений на сенсорні вузли для доступу до бездротової мережі, а також для



надсилання вимірних даних до веб-інтерфейсу API, який був розроблений на мові гіпертекстового препроцесора (PHP), що використовується на настільних комп'ютерах та мобільних браузерях.

База даних для веб-сайту була створена за допомогою мови структурованих запитів Майкла Віденіуса (MySQL).

MySQL містить такі функції, як "таблиця користувачів" і "таблиця конфігурації". Таблиця користувачів містить користувачів, які можуть отримати доступ до зареєстрованого веб-сайту, тоді як таблиця конфігурації містить налаштування датчиків, а також максимальний і мінімальний радіус дії кожного датчика.

Користувачі мають доступ до даних, що зберігаються в базах даних. Існує два типи користувачів: системні адміністратори, які можуть писати і читати, і користувачі моніторингу, які можуть лише відстежувати завантажені дані з різних місць. Користувачі моніторингу заходять на сайт з різних станцій і мають доступ до даних. Якщо виникає небажана ситуація, наприклад, збільшення каламутності, веб-сайт повідомляє користувачів в режимі реального часу за допомогою SMS-повідомлення на телефон користувача і електронного листа.

### 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

На рис. 3.1 показана принципова схема апаратної частини запропонованої системи. За винятком датчика температури, інші три датчики мають аналоговий тип. Кожен датчик має три дроти різного кольору: червоний, чорний та інші. Тут червоні дроти призначені для живлення +5В, чорні - для заземлення, а інші використовуються для оцінки даних. Макетна плата використовується для створення спільних точок для заземлення та живлення окремо. Потім загальний вузол заземлення підключається до заземлення платформи Arduino і той самий процес повторюється для живлення. Аналогові датчики підключаються до аналогових виводів, а цифровий датчик - до цифрового виводу контролера. Блок-схема роботи контролера та датчиків зображена на рис. 3.1.



Рисунок 3.1 – Блок-схема запропонованої системи SWQM.

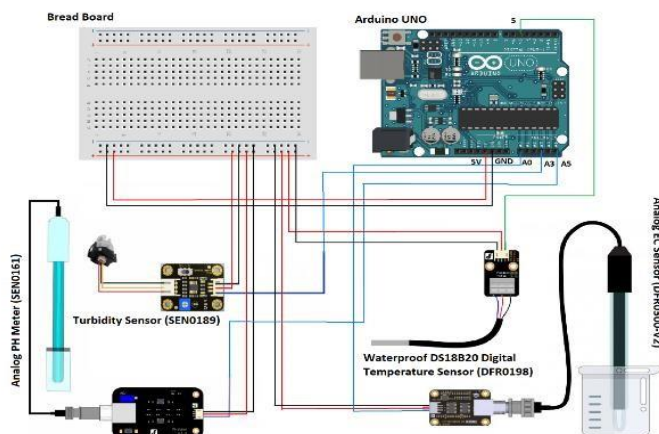


Рисунок 3.2 – Структурна схема апаратного забезпечення системи

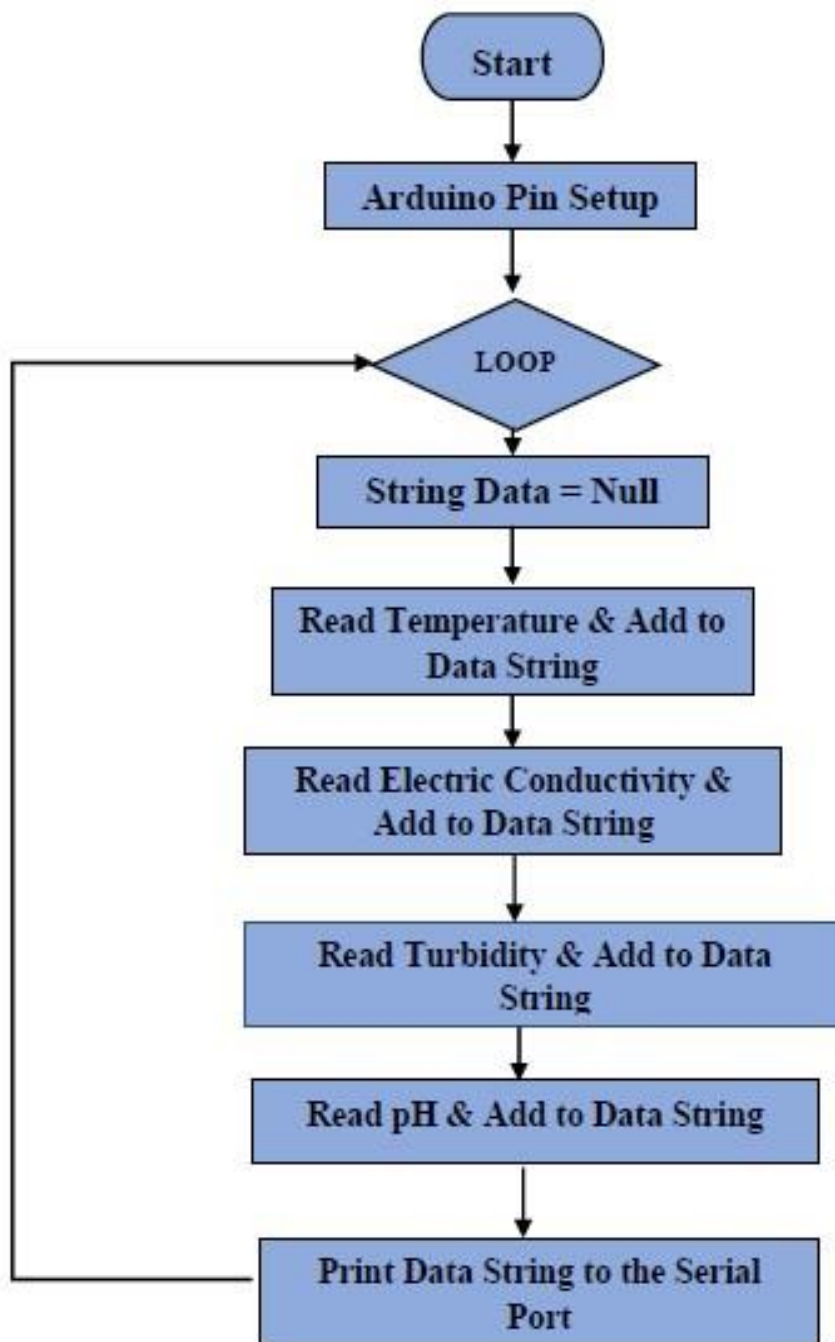


Рисунок 3.2 – Блок-схема роботи обладнання.

Запропонована система моніторингу якості води була розроблена з використанням різноманітних датчиків якості води (рН, температури, каламутності та TDS). У цьому розділі ми детально розглянемо кожен датчик.

На рисунку 3.2 зображено блок-схему, що описує різні аспекти реалізованого коду системи.

В таблиці 3.1 наведено основні характеристики датчиків системи.

Таблиця 3.1 – Основні характеристики датчиків.

Датчики	Основні характеристики
pH	З'єднувач для зонда: BNC, точність вимірювання: $\pm 0,1@25\text{ }^\circ\text{C}$ , діапазон виявлення: 0-14
Температура	$\pm 0,5\text{ }^\circ\text{C}$ Точність від $-10\text{ }^\circ\text{C}$ до $+85\text{ }^\circ\text{C}$ , корисний діапазон температур: від $-55\text{ }^\circ\text{C}$ до $125\text{ }^\circ\text{C}$ (від $-67\text{ F}$ до $+257\text{ F}$ )
Нітрат	Іон: нітрат-іон ( $\text{NO}_3^-$ ), чутливість: $-54 \pm 5$ , темп. ( $^\circ\text{C}$ ): 5-50, лінійний діапазон 0,6 - 31000 мг/л
Хлориди	Іон: хлорид-іон ( $\text{Cl}^-$ ), чутливість: $-54 \pm 5$ , темп. ( $^\circ\text{C}$ ): 5-50, лінійний діапазон 1,5 - 35000 мг/л
Фтор	Іон: іон фтору ( $\text{F}^-$ ), чутливість: $-54 \pm 5$ , темп. ( $^\circ\text{C}$ ) 5-50, лінійний діапазон 0,1 - 1900 мг/л
Розчинений кисень	Тип: гальванічний зонд, діапазон виявлення: 0-20 мг/л, діапазон температур: 0-40 $^\circ\text{C}$ , кабельний роз'єм: BNC
TDS (провідність)	З'єднувач для зонда: BNC, точність вимірювання: $\pm 5\%$ F.S, діапазон температур: 0-40 $^\circ\text{C}$
ORP	Діапазон вимірювання: -2000-2000 мВ, відповідна температура: 5-70 $^\circ\text{C}$ , точність: $\pm 10$ мВ (25 $^\circ\text{C}$ ), зонд роз'єм: BNC
Мутність	Час відгуку: < 500 мс, робоча температура: 5-90 $^\circ\text{C}$
Натрій	Іон: іон натрію ( $\text{Na}^+$ ), чутливість: $-27 \pm 5$ , темп. ( $^\circ\text{C}$ ): 5-50, лінійний діапазон 0,1 - 3200 мг/л

### 3.1 Датчик рН

рН - це міра відносної кількості вільного водню та гідроксильних іонів у воді. рН тісно пов'язаний з іншими аспектами якості води. рН, в точному значенні, є потенціалом водню. Він показує, наскільки кислою або лужною є будь-яка рідина, і знаходиться в діапазоні від 0 до 14, де менше 7 означає кислоту, а більше 7 - лужну. Вживання кислої або лужної води є дуже шкідливим, а рН питної води має бути в межах від 6,5 до 7. рН-датчик - це прилад, який вимірює активність водневих іонів у водних розчинах, вказуючи на їх кислотність або лужність, виражену в рН. рН-датчик схожий на традиційний рН-метр з додатковими перевагами автоматизованого збору даних, побудови графіків і аналізу даних. рН-датчик складається з чотирьох компонентів, які включають в себе вимірювальний електрод, електрод порівняння, попередній підсилювач, а також передавач або аналізатор.

Принцип дії датчика рН полягає в тому, що на межі розділу двох рідин виникає електричний потенціал, який можна виміряти. Іншими словами, коли рідина всередині скляного корпусу поміщається в розчин, відмінний від цієї рідини, між двома рідинами виникає електрохімічний потенціал.

При дослідженні стану води однією з найважливіших змінних є рН, оскільки він вказує на те, наскільки вода лужна чи кисла. Вода з рН 11 і вище може викликати подразнення очей, шкіри та слизових оболонок. Їдкий характер кислої води (рН 4 і нижче) також може викликати подразнення. Рівень рН розчину може варіюватися від 1 до 14. Два альтернативні способи вимірювання рН - це використання іонно-селективного транзистора з польовим ефектом (ISFET) і стандартного скляного електрода з установкою електрода порівняння, як показано на рисунку 3.3.

Для вимірювання рН одним з обраних датчиків є DFRobot Gravity: Аналоговий рН-метр V2 спеціально розроблений для вимірювання рН розчину та відображення кислотності або лужності. Будучи вдосконаленою версією рН-метра V1, датчик значно підвищує точність і зручність роботи з ним. Вбудована мікросхема стабілізатора напруги підтримує широкий діапазон напруги

живлення 3,3 ~ 5,5 В. Вихідний сигнал, відфільтрований апаратно, має низький джиттер. За допомогою цього Ph-датчика ви можете швидко зібрати рН-метр для вимірювання значення Ph різних водних розчинів. [17]



Рисунок 3.3 – Електрод рН-датчика

### 3.2 Датчик TDS

Загальний вміст розчинених речовин називається TDS. Як випливає з терміну, він надає нам кількість твердих речовин, розчинених у певному об'ємі води, виражену в проміле. (Частинки на мільйон). TDS визначається на основі електропровідності [См/м]. Число TDS зростає зі збільшенням електропровідності. Значення TDS для різних видів води наведені нижче:

- 80-150 для чистої води
- водопровідна вода: 250-350
- 500-1000 для підземних вод
- Вода в морі: близько 30 000

ВООЗ (Всесвітня організація охорони здоров'я) стверджує, що питна вода повинна мати TDS нижче 300. Але воду з TDS нижче 100 не можна вживати, оскільки в ній не вистачає необхідних мінералів. Оскільки вона містить більше мінералів, ніж потрібно, вода з показником понад 300 вважається занадто "жорсткою". Для тестування TDS води ми зазвичай використовуємо TDS-ручку. Однак вона не може бути інтегрована з платформою Arduino. Тому на ринку є спеціальні вимірювачі TDS, які можна

підключити до Arduino. Було вирішено працювати з електродним датчиком, показаним на рис.3.4.



Рисунок 3.4 – Електродний сенсор TDS

Arduino-сумісний TDS-датчик/комплект для вимірювання значення TDS у воді - можна застосовувати для тестування якості води в домашньому господарстві, гідропоніці та інших сферах [18]. Він підтримує вхід широкосмугової напруги 3,3 ~ 5,5 В і вихід аналогової напруги 0 ~ 2,3 В, що робить його сумісним з системами управління або платами на 5 В або 3,3 В.

### 3.3 Датчик каламутності

Подібно до диму в повітрі, каламутність - це помутніння рідини, спричинене численними дрібними частинками, які зазвичай неможливо виявити неозброєним оком. Вимірювання каламутності є вирішальним критерієм чистоти води. Вирішальне значення для оцінки чистоти води має вимірювання каламутності. Завислі або розчинені у воді частинки, які розсіюють світло і роблять воду каламутною або мутною, є джерелом каламутності. Осад, переважно глина і мул, делікатні органічні та неорганічні речовини, розчинні кольорові органічні сполуки, водорості та інші найдрібніші організми - все це можна вважати частиною "твердих частинок".

Озера та струмки можуть втратити значну частину своєї візуальної привабливості через високу каламутність. Це може підвищити вартість очищення питної води та води для харчової промисловості. Зменшення джерел

їжі, знищення нерестилищ і порушення функції зябер може завдати шкоди рибі та іншим водним мешканцям [19].

У лабораторії або в польових умовах каламутність виявляють за допомогою спеціалізованого оптичного обладнання. Зразок води освітлюється, і вимірюється кількість розсіяного світла. Одиницею вимірювання є нефелометричні одиниці каламутності (NTU), які існують у різних варіаціях. На рис.3.5 показано, що кількість каламуті зростає зі збільшенням розсіювання світла. Високі значення каламутності свідчать про низьку прозорість води, в той час як низькі значення вказують на високу прозорість води.



Рисунок 3.5 – Низька каламутність зліва проти високої каламутності зправа.

### 3.4 Датчик температури

Однією з найважливіших особливостей використовуваного датчика рН (DFRobot Gravity: Analog pH) є те, що він також може вимірювати температуру в діапазоні від 5 до 60°C.

Також в системі застосовано датчик LM35: температурний діапазон від -55°C до +150°C. Вихідний сигнал LM35 пропорційний температурі в градусах Цельсія. З коефіцієнтом 10 мВ/°C, наприклад, при температурі 25°C вихідний сигнал буде 250 мВ. Датчик працює при низьких напругах, зазвичай від 4 до 30 В [20].

А також датчик DS18B20: має розширений температурний діапазон від -55°C до +125°C. DS18B20 використовує протокол 1-Wire для зчитування температури. Це означає, що ви можете підключити кілька таких датчиків до



одного мікроконтролера за допомогою одного цифрового входу/виходу. Надає точні вимірювання температури з роздільною здатністю до  $0.0625^{\circ}\text{C}$ . Має вбудовану пам'ять, що дозволяє зберігати унікальний ідентифікатор, а також іншу інформацію про пристрій [21].

Датчики можуть бути зручними для різних застосувань, і вибір між ними залежить від ваших конкретних вимог і умов. LM35 простіший у використанні, тоді як DS18B20 може бути більш зручним, якщо потрібно вимірювати температуру в декількох точках з використанням одного порту мікроконтролера.

### 3.5 Датчик електропровідності

Електропровідність - це міра здатності води проводити електрику, яка безпосередньо пов'язана з концентрацією солей у воді. Вона оцінює загальну кількість розчинених у воді твердих речовин. Вода з високим вмістом розчиненого натрію непридатна для пиття особам, які мають труднощі з метаболізмом високого рівня натрію, наприклад, деяким людям, які страждають на серцеві захворювання або токсикоз вагітних.

Два електроди розташовуються навпроти один одного. На електроди подається змінна напруга, яка генерує струм у середовищі. Катіони рухаються до негативно зарядженого електрода, а аніони - до позитивно зарядженого. Чим більше вільних носіїв заряду містить рідина, тим вища електропровідність і сила струму. Чиста вода є поганим провідником, оскільки містить лише кілька іонів. Однією з популярних моделей датчиків електропровідності для платформи Arduino є модель "Gravity: Analog Electrical Conductivity Sensor/Meter Kit" від DFRobot [22]. Це провіднісний датчик. Забезпечує аналоговий сигнал для підключення до аналогового входу Arduino. Має вбудований апаратний калібратор для легкості використання та налаштування, стандартний гніздовий роз'єм для зручного підключення. Підходить для вимірювання електропровідності водних розчинів. Діапазон вимірювань може бути налаштований, що дозволяє використовувати датчик для різних

застосувань. Застосовується для вимірювань електропровідності води в сільському господарстві, контролі якості води, гідропоніці та інших водних системах. Доступна документація та інструкції виробника для полегшення підключення та використання. Можлива наявність бібліотек або коду для Arduino, що дозволяє легко взаємодіяти з датчиком.

### **3.6 ESP-32**

ESP32 - це двоядерний процесор, 180 МГц, який має високу інтеграцію з вбудованими перемикачами антен, радіочастотним балуном, підсилювачем потужності, малощумними підсилювачами приймача, фільтрами та модулями управління живленням [23]. ESP32 може взаємодіяти з іншими системами для забезпечення функціональності Wi-Fi і Bluetooth через інтерфейси SPI (послідовний периферійний інтерфейс)/SDIO (захищений цифровий вхід-вихід) або I2C (міжінтегральна схема)/UART (універсальний асинхронний приймач/передавач). Він був розроблений для мобільної, натільної електроніки та додатків Інтернету речей з метою досягнення найнижчого енергоспоживання за допомогою комбінації декількох запатентованих технологій. Це наступник попереднього мікроконтролера ESP8266. Хоча обидва ці мікроконтролери підтримують Wi-Fi, головною перевагою ESP32 є те, що він має 36 виводів GPIO (General-purpose Input Output) у порівнянні з 17 виводами в ESP8266. Цей 32-бітний процесор має 12 каналів АЦП і 16 каналів ШІМ (широкоімпульсної модуляції). Завдяки тому, що його GPIO приблизно в чотири рази швидший, ніж у ESP8266, ESP 32 також оснащений сенсорними виводами для пробудження процесора з глибокого сну, а також вбудованим датчиком температури. Оскільки він може працювати як повноцінна автономна система або як підлеглий пристрій до головного MCU (мікроконтролера), це зменшує нашу потребу в додатковому мікроконтролері, такому як Arduino Uno, на відміну від ESP-8266. Таким чином, один мікроконтролер замінює потребу в будь-якому іншому головному мікроконтролері та модулі Wi-Fi для взаємодії з Інтернетом.

### 3.7 ESP8266

ESP8266 - це система на кристалі (SoC), розроблена компанією Espressif System на базі 32-розрядного RISC-процесора з використанням процесора Tensilica Xtensa LX106 [24]. Підключення для IoT здійснюється через SoC, що дозволяє здійснювати зв'язок через універсальний ввід/вивід (GPIO) шляхом підключення до Інтернету та передачі даних через нього. ESP8266 підключається до точки доступу бездротової мережі (DR), використовуючи SSID і пароль мережі. Після успішного підключення до точки доступу він отримує IP ідентифікатор. ESP8266 - це інтегрований мікроконтролер, що надає широкі можливості для бездротового з'єднання з мережею Wi-Fi. Однією з його основних особливостей є наявність вбудованого Wi-Fi модуля, що дозволяє забезпечити підключення до бездротових мереж та обмін даними. Мікроконтролер відрізняється високою продуктивністю, оснащений потужним процесором з частотою до 160 МГц, що дозволяє виконувати різноманітні завдання [60].

ESP8266 має різноманітні цифрові та аналогові входи/виходи (GPIO), що робить його відмінним вибором для підключення різноманітних датчиків та пристроїв. Даний мікроконтролер володіє вбудованою флеш-пам'яттю для зберігання програмного забезпечення та даних.

Окрім цього, ESP8266 може працювати в режимі точки доступу або клієнта, що відкриває різноманітні можливості для створення IoT-проектів. Він підтримує TCP/IP протоколи для роботи з Інтернет-сервісами та обміну даними, а також може працювати в режимах споживання енергії для ефективного використання ресурсів.

Для розробки програм для ESP8266 можна використовувати популярне Arduino IDE, що робить процес програмування простим і зручним. Мікроконтролер також має можливість віддаленого оновлення програмного забезпечення через Wi-Fi, що є важливою особливістю для IoT-проектів. Загалом, ESP8266 завдяки своїм можливостям, доступності та низькій вартості став популярним серед розробників, особливо в галузі Інтернету речей (IoT).

### 3.8 Реалізація системи

На рисунку 3.6 представлено систему моніторингу на основі Arduino, яка аналізує чотири фізико-хімічні параметри води: рН, температуру, каламутність і загальний вміст розчинених речовин (TDS), щоб виявити випадкове або навмисне забруднення води. Вузол датчика і вузол мийки - це два компоненти, які складають систему. Вузол датчика відповідає за збір даних, попередню обробку та відображення даних на рідкокристалічному дисплеї. Коли визначено, що вода небезпечна для споживання, вузол мийки здійснює прийом даних від вузла датчика, відображення даних на рідкокристалічному дисплеї та оповіщення за допомогою звукового сигналу.

Прототип системи є високотехнологічним рішенням, спеціально розробленим для постійного та точного моніторингу фізико-хімічних характеристик води з метою забезпечення її високої якості. Система використовує передові технології в галузі бездротових сенсорів та Інтернету речей, щоб забезпечити ефективний збір та передачу даних.

Виділимо ключові характеристики системи:

1. Сенсори вимірювання параметрів: Система обладнана рядом сучасних сенсорів, які вимірюють різноманітні фізико-хімічні параметри води, включаючи рівень рН, концентрацію розчинених речовин, температуру, кондуктивність та інші.

2. З'єднання: Використання комплексу мережевих з'єднань, зокрема технології бездротового зв'язку дозволяє ефективно збирати та передавати дані в режимі реального часу, забезпечуючи оперативний моніторинг.

3. Інтеграція з хмарним сервісом: Прототип взаємодіє з хмарним сервісом для зберігання та обробки великого обсягу даних. Це забезпечує гнучкий та масштабований доступ до інформації.

4. Система попереджень: В разі виявлення аномалій або виходу параметрів за допустимі межі, система автоматично генерує попередження у вигляді SMS або електронного листа. Прототип не лише забезпечує надійний контроль за якістю води, але й відкриває перспективи для удосконалення

ефективності систем водопостачання та планування екологічно орієнтованих стратегій управління водними ресурсами. Ефективне використання цієї системи може суттєво покращити якість життя мешканців та сприяти сталому розвитку місцевих екосистем. Така інтегрована багатопараметрична система моніторингу якості води (MWQMS), яка може одночасно визначати такі параметри води, як рН, концентрацію вільного хлору та температуру. Система складається з датчика рН на основі Pd/PdO, датчика вільного хлору на основі вуглецю, ручного датчика температури. Датчики можуть вимірювати параметри якості води, такі як рН і температура в режимі реального часу, вільний хлор кожні 50 с і БАР за півгодини, з високою чутливістю 57,5 мВ/рН (рН), 186 нА/пм (вільний хлор), 16,95 мВ/°С (температура), у зручний для користувача спосіб. Система є невеликим і простим у використанні вимірювальним приладом з можливістю агрегації даних для подальшого опрацювання. Система також може бути гнучко модифікована для розміщення додаткових датчиків моніторингу якості води, включаючи провідність, розчинений кисень та різні типи іонів.

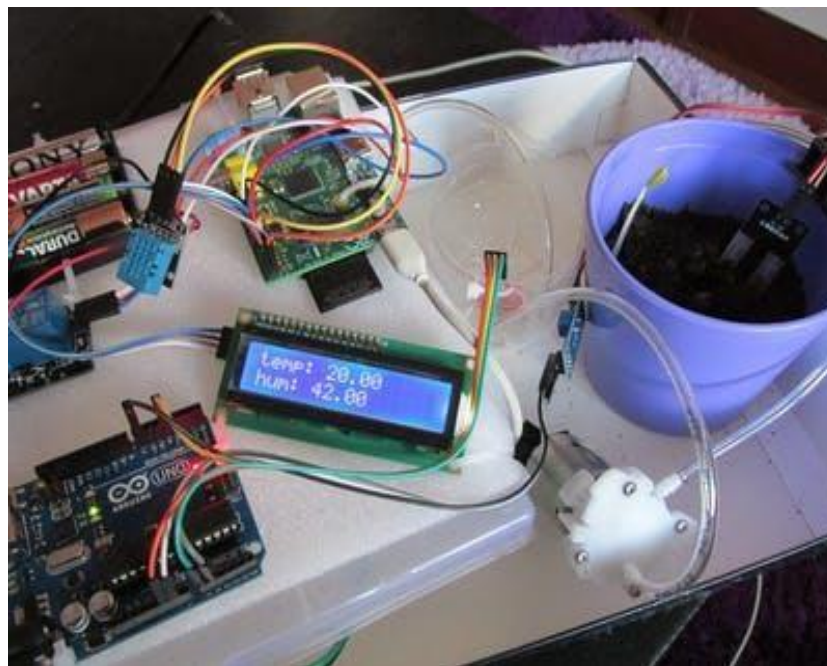


Рисунок 3.6 – Розроблена модель інтелектуальної системи моніторингу якості води

#### 4 НАУКОВО ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

Шістдесят зразків води було відібрано з різних джерел і протестовано для вимірювання таких параметрів, як рН, температура, електропровідність і каламутність для кожного зразка. Ці джерела води поділяються на три категорії: природні, забруднені та джерела питної води. На рис. 7-10 проілюстровано отримані значення, що відповідають чотирьом фізичним параметрам для кожного зразка води. Таблиця 4.1 показує аналіз кожного фізичного параметра для 60 зразків (83% даних було використано для навчання, а 17% - як тестові дані), розподілених за трьома категоріями джерел води, та вказує на відсоток концентрацій, що не відповідають стандартним значенням ВООЗ [25]. У таблиці II наведено експериментальні значення виявлених параметрів та прогнози системи для різних зразків води.

Загальна рекомендація ВООЗ щодо рівня рН у питній воді становить близько 6,5-8,5, запропонована ВООЗ. З таблиці видно, що майже 80% досліджених зразків води виходять за межі рекомендованого діапазону рН, тобто є лужними за своєю природою, що свідчить про наявність карбонатів та вапняку у зразках води. Як наслідок, надмірна присутність лугу в організмі людини може викликати подразнення шкіри, шлунково-кишковий та метаболічний алкалоз. Каламутність є ключовим питанням з точки зору аналізу якості води на наявність мікроорганізмів. Згідно з рекомендаціями, прийнятний рівень каламутності повинен бути нижче 5 NTU. Результати показують високе значення каламутності для забрудненої води порівняно зі зразками природної води. У разі вимірювання якості води або рівня забруднення, електропровідність відіграє життєво важливу роль. Провідність питної води коливається в межах 0,3-0,8 мкСм/см. Згідно з таблицею, понад 70% досліджуваних зразків мають електропровідність, що перевищує норму ВООЗ.

Таблиця 4.1 – Аналіз розрахунку параметрів

Параметри	Джерело води	N	Мін.	Сер.	Макс.	ВООЗ SV	% не в межах SV
Температура	Природний	23	24.11	25.11	27.2		-
	Нечиста	16	16	24.6	44.63		-
	Питна	21	23	25.76	27		-
	Уся	60	16	25.09	44.63		-
Провідність	Природний	23	0.12	0.34	6.45	0.3- 0.8 мС/см	69.57
	Нечиста	16	0.12	0.57	20.44		81.25
	Питна	21	0.12	0.48	19.89		66.67
	Уся	60	0.12	0.44	20.44		71.67
PH	Природний	23	7.3	9.23	9.88	6.5-8.5	82.61
	Нечиста	16	7.66	8.9	10.26		68.75
	Питна	21	7.99	9.12	9.89		85.71
	Уся	60	7.3	9.15	10.26		80
Мутність	Природний	23	0	0	2023	<5 NTU	13.04
	Нечиста	16	0	989.58	3000		56.25
	Питна	21	0	0	2902.89		33.33
	Уся	60	0	0	3000		31.67

Для перевірки продуктивності системи вимірянні дані з датчиків аналізуються за допомогою швидкого лісового бінарного класифікатора і порівнюються з трьома іншими алгоритмами за показниками F1 score і точності, як показано на рис. 4.1. За допомогою матриці плутанини можна представити відношення між фактичним і передбачуваним класом. Точність системи можна передбачити за допомогою виразу (4.1).

$$\text{Точність} = (TP + TN) / \text{Всього} \quad (4.1)$$

Таблиця 4.2 – Експериментальні значення виявлених параметрів та прогноз системи

Зразок води	Температура	ЕС	pH	Мутність	Прогнозування системи
1	25	0.14	8.2	0	Питна.
2	25.67	0.19	8.3	0	Питна.
3	25.03	0.89	9.5	0	Питна.
4	25.76	3.89	8.5	1791	Не можна пити.
5	24.99	2.9	8.9	566	Не можна пити.
6	26	0.31	9	0	Питна.
7	25	4.24	9.1	2023	Не можна пити.
8	23	4.39	9.89	0	Питна.
9	25.99	6.45	9.29	1520	Не можна пити.
10	24.89	0.18	9.11	0	Питна.

Для визначення прогностичної здатності класифікаторів розраховується показник F1 score за виразом (4.2).

$$F1score = 2 \times [(PR \times RE)/(PR + RE)] \quad (4.2)$$

Тут PR = точність, RE = відгук. Оглянемо значення F1 та точність чотирьох алгоритмів, де швидкий лісовий бінарний класифікатор забезпечує найвищий показник точності - 100% і був прийнятий для розробки програми для прогнозування того, чи є тестові зразки води "придатними для пиття" або "непридатними для пиття".

Щоб переконатися, що система задовольняє цілям дослідження, були проведені різноманітні процеси та методи перевірки, включаючи калібрування датчиків, тестування прототипу та створення прототипу. Зокрема, для датчика pH та датчика електропровідності калібрування датчика проводиться з метою усунення структурних помилок на виходах датчика для покращення продуктивності та підвищення точності.



Всі електроди датчика були зібрані разом у скляному контейнері, прототипування також проводились для оцінки функціональності конструкції і виявлення проблем на ранній стадії процесу розробки. Крім того, проводились три різні види тестування прототипів - 6-годинний тест, 12-годинний тест і 24-годинний тест.

Під час 6-годинного тесту проводились спостереження за чутливістю датчиків, додаючи однакову кількість точних розчинів до попередніх зразків води кожні п'ять хвилин до запланованого часу збору даних. 12-годинний тест проводився для спостереження за поведінкою системи в контрольованому середовищі шляхом зміни якості води до безпечної або небезпечної для пиття за допомогою декількох розчинів. 24-годинний тест відстежує реакцію системи на зразки водопровідної води за типових обставин.

24-годинний тест, як показано на рисунку 4.6 включає в себе два інших тести. На рисунку показано, як система ідентифікувала різні домішки, додані у воду, зокрема оцет, пральний порошок, мул, сіль і гарячу воду, і як ці домішки вплинули на деякі датчики.

Моніторинг здійснювався 24 години на добу протягом 10 днів. Протягом цього періоду тестові дані зберігалися в базі даних кожні 10 хвилин.

Зібрані дані були використані для аналізу фізичних властивостей системи моніторингу якості води та надійності мережі. Отримані дані показують результати в режимі реального часу, які дозволяють прогнозувати властивості води по рівнях рН, температури та інших мінералів води є чітким показником того, що система є ефективною. Це пояснюється тим, що властивості води повинні відрізнятися через різницю в хімічних властивостях і кліматичних умовах в різних місцях, що аналізуються. Той факт, що система може вловити цю різницю, є показником того, що система функціонує правильно.

Перед виготовленням системи датчики були протестовані та перевірені за допомогою каліброваних приладів як зображено на рисунках 4.2 – 4.6. Було проведено функціональний тест системи та перевірено роботу датчиків; весь процес пройшов успішно. Попереджувальні SMS-повідомлення та електронні

листи були оперативно надіслані. Процес входу на веб-сайт був успішним, і дані були правильно завантажені.

Таблиця 4.3 – Результати лабораторних аналізів.

Параметр	Проби				
	1	2	3	4	5
pH (moles/l)	5.9	5.4	5.1	5.7	5.0
Температура (°C)	30.2	30.8	30.6	30.3	31.0
Нітрат (mg/l)	10.5	11.0	11.1	11.0	11.7
Хлориди (mg/l)	258.2	261.8	261.6	259.8	262.2
Фтор (mg/l)	1.7	2.5	2.4	2.0	2.6
Розчинений кисень (mg/l)	3.9	3.6	3.5	3.6	3.2
TDS (Conductivity) (mg/l)	1259.3	1489.5	1507.7	1344.8	1671.2
ORP (mV)	+401.8	+470.2	+486.5	+412.1	+494.3
Мутність (NTU)	5.0	5.7	6.2	5.3	6.6
Натрій (mg/l)	208.1	218.7	224.2	214.0	229.8

Отримані результати продемонстрували задовільну якість питної води, це свідчить про неефективність систем водоочищення. Виміряні рівні нітратів, хлоридів, фтору, натрію, температури, розчиненого кисню та каламутності виходять за межі стандарту якості води ВООЗ. Вода має високі показники pH, електропровідності і вважається кислою, солоною та окислювальною, що було відображено зокрема у таблиці 4.3.

Така якість води може потребувати додаткового очищення для загального використання людиною. Однак наявність системи, яка може

аналізувати та надавати дані в реальному часі, має вирішальне значення для розробки належного рішення щодо контролю якості води.

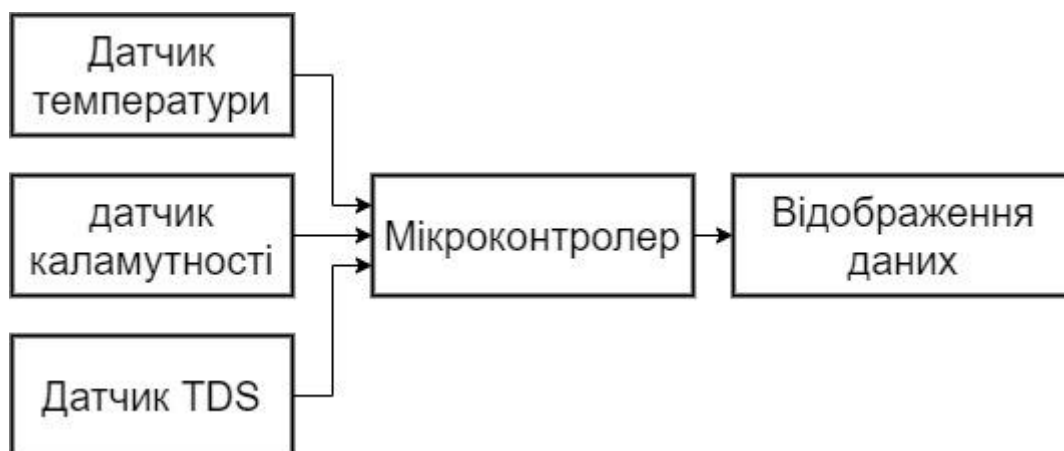


Рисунок 4.1 – Схема модуля вимірювання та зондування.

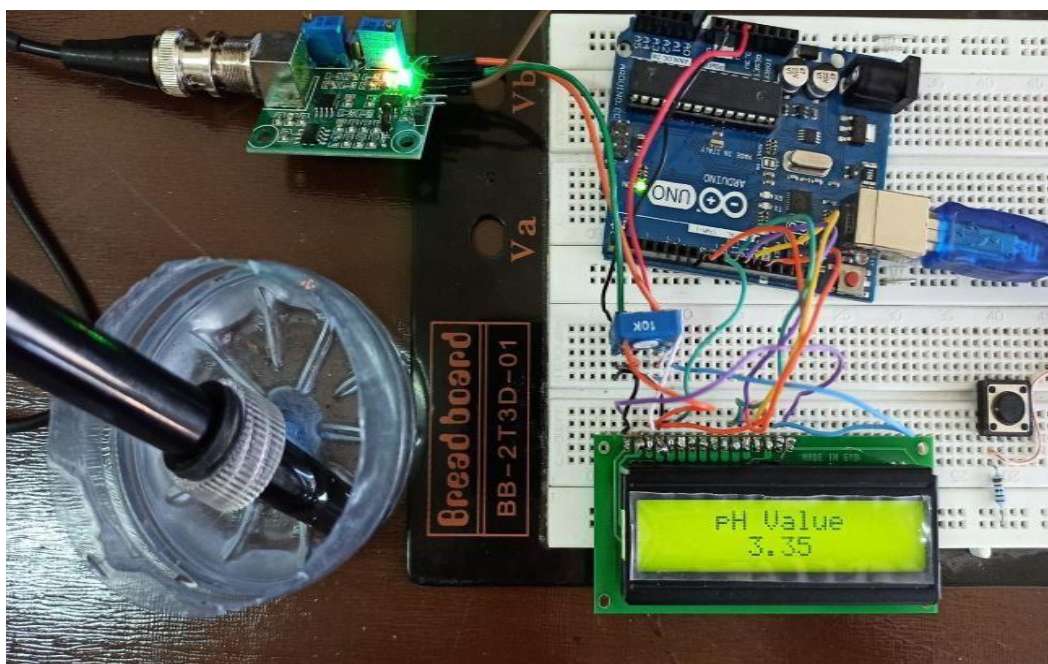


Рисунок 4.2 – Тестування датчика pH

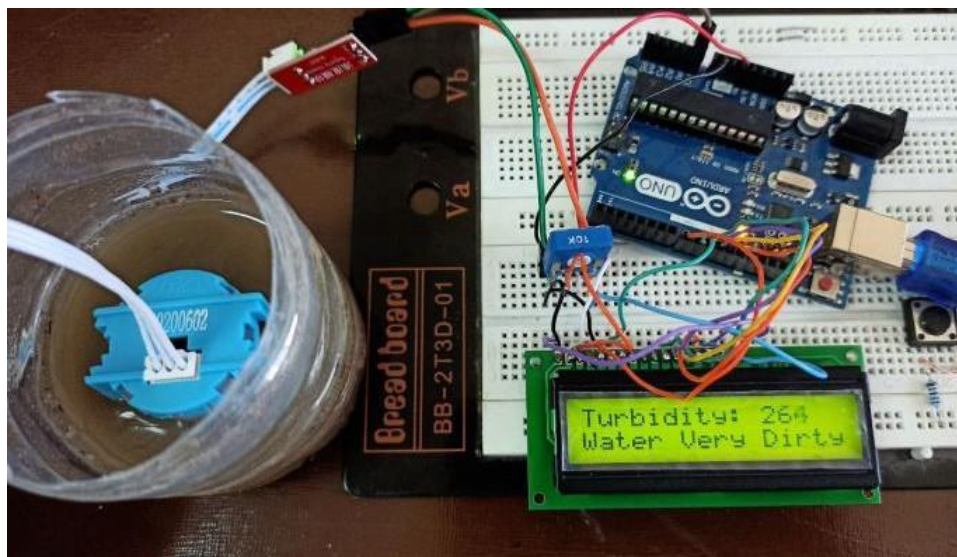


Рисунок 4.3 – Тестування датчика каламутності з брудною водою.

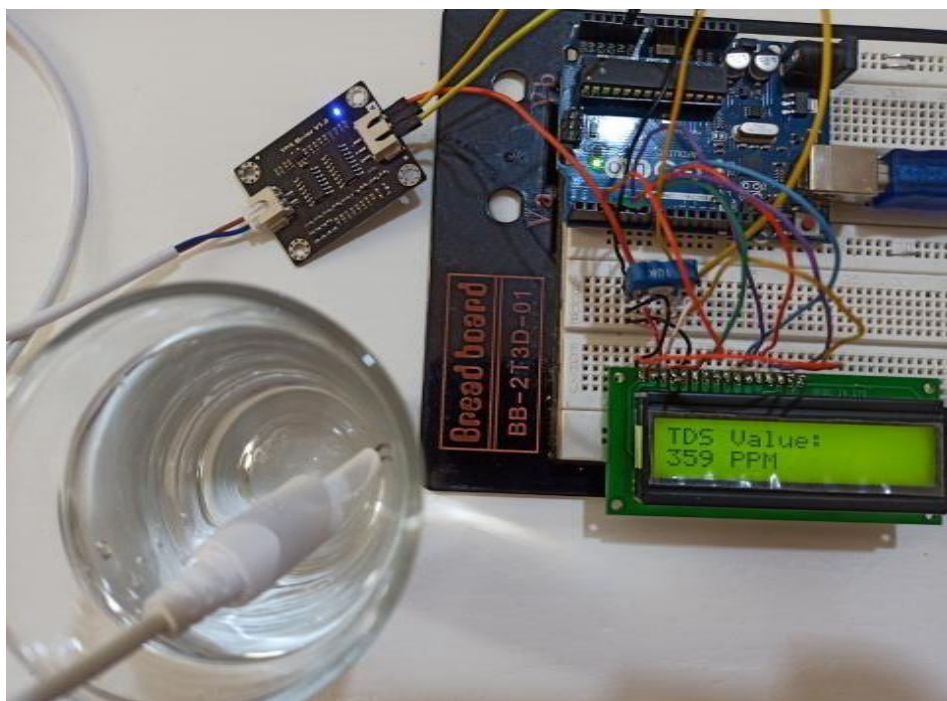


Рисунок 4.4 – Тестування датчика TDS з чистою водою.

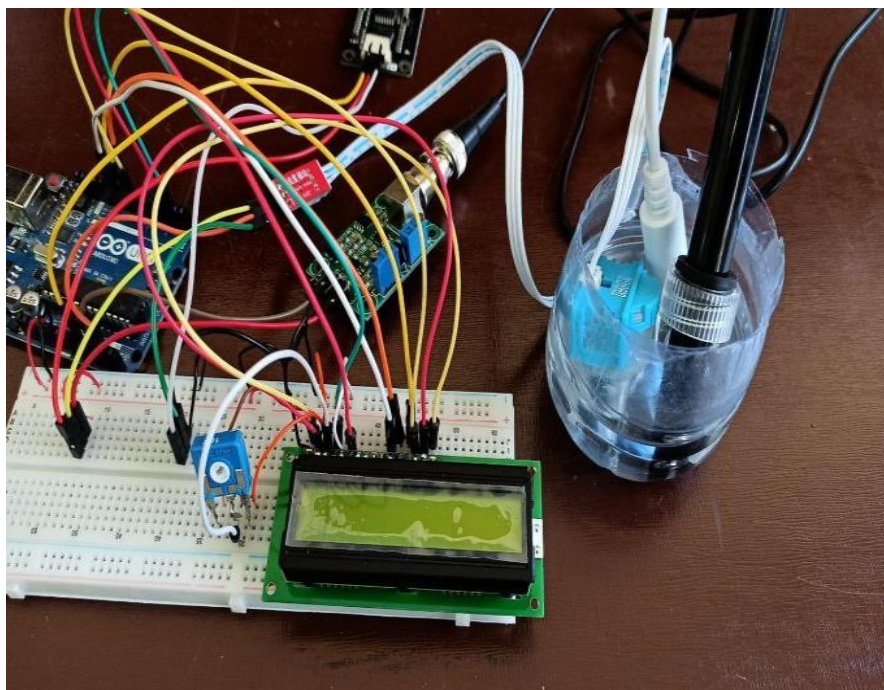


Рисунок 4.5 – Тестування глобальної системи

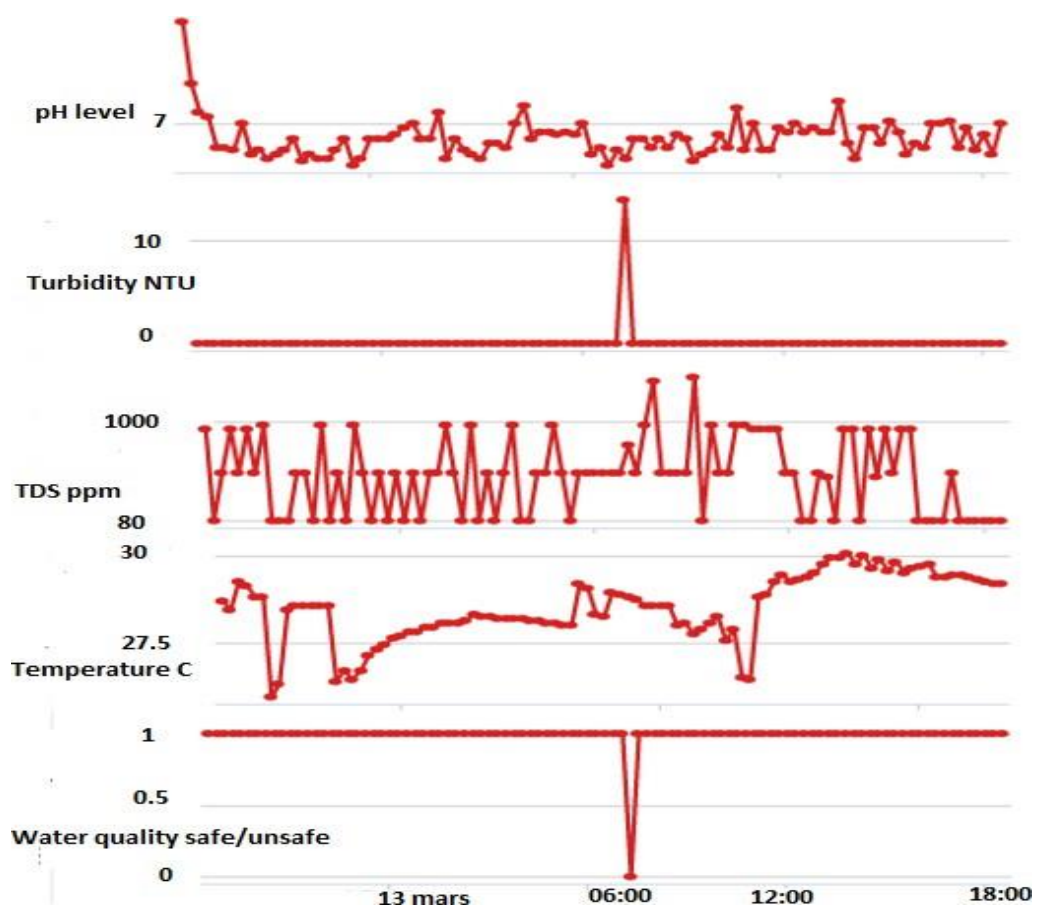


Рисунок 4.6 – 24-годинний тест показань датчика водопровідної води

## 5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 5.1 Дослідження параметрів якості води

Якість води - це загальний показник стану та загального благополуччя водного об'єкта, що складається з його фізичних, хімічних, біологічних та радіологічних властивостей [26]. Для захисту та відновлення якості водних ресурсів зусилля з моніторингу та стратегії управління є ключовими і повинні бути успішними для досягнення бажаних результатів здорового водного об'єкта в екосистемній економіці [27,28]. Неможливо переоцінити важливість знань про ТРВ та їхню характеристику в процесі моніторингу. Зазвичай, ПКВ поділяються на фізичні, хімічні та біологічні параметри. Фізичні показники води включають рН, розчинений кисень (DO), загальний вміст завислих речовин (TSS), електропровідність (EC), солоність або загальний вміст розчинених речовин (TDS), поживні речовини, такі як азот і фосфор, а також естетичні показники (тобто, Хімічні параметри, однак, включають, але не обмежуються ними, катіони, такі як кальцій ( $\text{Ca}^{2+}$ ), калій ( $\text{Na}^{+}$ ) і магній ( $\text{Mg}^{2+}$ ), а також аніони, такі як нітрати ( $\text{NO}_3^{-}$ ), сульфати ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) і хлориди ( $\text{Cl}^{-}$ ); тим часом біологічні параметри включають водорості та бактерії, такі як кишкова паличка (*E. coli*) та загальні коліформи. Категоризація цих параметрів була здійснена за допомогою кореляційного аналізу [29,30]. Інші забруднювачі у воді включають леткі органічні забруднювачі (ЛОС), які є шкідливими для здоров'я населення і викликають занепокоєння у зв'язку з їхнім використанням у промислово розвинених країнах. До найбільш поширених органічних забруднювачів належать ароматичні вуглеводні (АУ) та хлоровані вуглеводні (ХВ) [31]. ЛОС, такі як тетрахлоретилен і трихлоретилен, містяться в підземних водах, а багатоатомні ароматичні вуглеводні (ПАУ), що утворюються під час спалювання органічних матеріалів, - у поверхневих водах [32].

Виміряні WQP використовуються для оцінки ступеня органічного забруднення водних об'єктів, включаючи хімічне споживання кисню (ХСК), біохімічне споживання кисню (БСК) і загальний органічний вуглець (ЗОВ).

ХСК і БСК - це два показники, які були прийняті як сурогатні індикатори органічних забруднень у водних об'єктах. ЗОВК складається з частки часткового органічного вуглецю (ЧОВ) та розчиненого органічного вуглецю (РОВ) і використовується в дослідженнях як альтернативна процедура тестування для швидкої оцінки якості неочищеної та очищеної води. DOC у природній воді в основному складається з гідрофільних та гідрофобних сполук [33,34]. DOC також розглядається як сурогатний параметр для кількісного визначення розчиненої органічної речовини (ROP) у воді [35]. DOC і CDOM є ключовими показниками якості води для вивчення біогеохімічного стану прибережних вод [36]. Більшість органічних речовин у водній товщі водних систем зазвичай знаходиться у розчиненому стані. РОВ у таких водоймах, як озера, значною мірою складається з забарвлених гумінових речовин, які потрапляють у водойми з наземного середовища водойм [37]. Для кількісного визначення РОВ у водоймах важливо знати абсолютну концентрацію РОВ [38]. Розчинне ХСК і DOC є параметрами, що використовуються на промислових або комунальних підприємствах для оптимізації процесів деградації вуглецю.

Вони призначені для стійких сполук у стічних водах, які не видаляються на біологічній стадії на очисних спорудах [39]. DOC був пов'язаний зі спектральною формою спектрального відбиття води і, в свою чергу, використовувався для фіксації експорту DOC в поре в дослідженні для вивчення просторових особливостей і часових змін DOC в різних умовах з використанням зображень Landsat 8 OLI і Sentinel-2 [40].

Виявлення органічних забруднювачів, таких як ХСК, було виконано за допомогою інструментальних методів, які включають дихромат-спектрофотометрію та дихроматне титрування. Ці методи, однак, мають деякі недоліки, включаючи довший час, необхідний для визначення ХСК і реагентів, високу вартість, пов'язану з ними, необхідність розкладання зразків води в режимі онлайн при високому тиску і температурі, а також утворення вторинних забруднень. Інші відомі методи вимірювання ХСК включають електрохімічний аналіз окислення гідроксильних радикалів та аналіз спектру поглинання ультрафіолетового випромінювання. Хоча УФ-аналіз спектру поглинання не

потребує реагентів, він має низьку стабільність і універсальність через своє поглинання і погану лінійну кореляцію з концентрацією ХСК. Електрохімічний аналіз окислення гідроксильних радикалів здатний задовольнити потребу у швидкому визначенні ХСК за нормальних умов температури і тиску і не має вторинного забруднення. [41].

Відомим явищем, яке також впливає на якість води, є озерний кругообіг. Озерний кругообіг також пов'язаний з проблемами якості води. Відсутність озерного кругообігу спричиняє стан, відомий як аноксичний гіполімніон, який є непридатним для життя водних організмів. Тому моніторинг якості води є ключовим для визначення змін у частоті перемішування води в озері, оскільки порушення здатності озера до перемішування знижує його якість для людини і водних організмів. Очікується, що кругообіг відбувається двічі на рік у диміктичних озерах помірного клімату, які замерзають взимку, як правило, восени та навесні. Розподіл кисню є одним з факторів, що впливають на кругообіг води в озері. Кисень надходить до озерних бактерій з фітопланктону, який піддається фотосинтезу у верхніх шарах води завдяки наявності світла на поверхні води, оскільки сонячне світло зменшується зі збільшенням глибини води. Взимку, коли сонячного світла мало або взагалі немає, бактерії споживають кисень з відкладень на дні озера, що вивільняє поживні речовини, які утворюються при розкладанні сміття. Перепади температури та вітер навесні та восени є рушійними силами, що змушують шари води змішуватися. Це явище забезпечує циркуляцію кисню з верхнього шару води, відомого як епілімніон, і нижнього шару води, який називається гіполімніон. Коли озеро не здатне перемішуватися, в гіполімніоні створюється аноксидний стан з меншою кількістю поживних речовин в епілімніоні, що впливає на продуктивність фітопланктону [42].

Водні об'єкти, включаючи озера та річки, також можуть зазнавати шкоди від забруднюючих речовин, що надходять із зливовими стоками з автомобільних доріг, скидами промислових відходів, сільськогосподарською діяльністю, а також комунальними та побутовими стоками. Зі зростанням урбанізації та зміною клімату стан деяких водних об'єктів продовжує



погіршуватися, в результаті чого більше половини водних об'єктів світу зазнають численних антропогенних впливів, які в кінцевому підсумку руйнують екологічне середовище і погіршують здоров'я населення [43-45]. Більшість зливових стоків у прісні водойми практично не очищуються, а близько 80% стічних вод, що скидаються муніципалітетами та промисловими підприємствами у всьому світі, потрапляють у прісні водойми. Екологічна шкода, спричинена цими забруднювачами, є значною, і необхідно вжити заходів для контролю рівня забруднення.

Дослідження спрямовані на пошук ефективних способів зменшення кількості WQPs. Одним з таких досліджень є використання хітозану та ефективність хітозану як біокоагулянту у стічних водах для промивання креветок за трьома показниками WQP, а саме: кольоровість, каламутність та TDS. Хітозан - це екологічно чистий, нетоксичний, реактивний природний біокоагулянт, відновлюваний полісахарид, отриманий шляхом деацетилювання хітину, який використовується для очищення води та стічних вод. Ефективність розчину хітозану була виміряна шляхом обчислення відсоткового зниження трьох WQP. Аналіз показав приблизно 54% зменшення TDS на противагу 84% зменшенню кольоровості та 83% зменшенню каламутності [46]. Аналогічне дослідження [47] щодо ефективності хітозану у видаленні каламуті та бактерій з каламутних вод показало ефективність видалення >74% для каламуті при рН 7,0-7,5. Крім того, хітозан значно зменшив необхідну дозу первинного коагулянту більш ніж на 50%. Також було виявлено, що хітозан зменшив кількість бактерій на 2-4 логічних одиниці (тобто від 99 до 99,99%) протягом перших 2 годин після обробки. Ефективність видалення кишкової палички (*E. coli*) виявилася кращою, ніж для *S. faecalis*. Зменшення кількості бактерій на 2-4 довгі одиниці, тобто на 99-99,99%, було отримано протягом перших 1-2 годин після обробки. Загальні результати вказують на те, що кишкова паличка видалялася краще, ніж ентерокок (*S. faecalis*).

Моніторинг якості води здійснюється за допомогою традиційних методів, таких як польові вимірювання та лабораторний аналіз або застосування

ДЗЗ. У наступних параграфах підсумовуються зусилля з моніторингу якості води, виконані попередніми дослідниками.

У роботі [48] дослідники вивчали використання супутникових знімків для дослідження якості води в Нью-Йоркській гавані в США. У цьому дослідженні порівнювалися дані *in situ*, зібрані під час рутинного відбору проб, із зображеннями, отриманими з датчиків Landsat 5 Thematic Mapper (TM) і MODIS, і було виявлено сильну кореляцію між відбивною здатністю червоного спектру Landsat 5 TM у діапазоні 0,63-0,69 мкм і каламутністю ( $R^2$  85% для вибірки розміром 21) та концентрацією хлорофілу-а ( $R^2$  78% для вибірки розміром 16). Таким чином, збільшення каламутності внаслідок стоку та весняних припливів у затоці Ньюарк було ідентифіковано та нанесено на карту на основі відбиття в червоному діапазоні знімків Landsat 5 TM. Не було виявлено кореляції між зображеннями Terra MODIS і спостереженнями за концентрацією хлорофілу-а на місці. Зображення MODIS не були безпосередньо корисними для визначення концентрації хлорофілу-а в досліджуваному районі.

Дослідники в роботі [49] провели дослідження з моніторингу якості води на підтримку ВРД ЄС у Фінській затоці з використанням методів ДЗЗ. Метою дослідження було отримання просторового розподілу якості води з акцентом на концентрацію нітратів на підтримку ВРД ЄС. Результати показують, що значення концентрації нітратів було нижче 25 мг/л, що свідчить про значно менший вплив на якість у порівнянні з більшістю країн Європи. Нітрати є важливими видами у водоймах протягом декількох років, оскільки вони пов'язані з фосфором (P), який є причиною евтрофікації у водоймах [50].

Концентрація хлорофілу-а є ще одним показником біомаси водоростей, що призводить до евтрофікації, яка може впливати на екологічні функції водних екосистем [51].

У роботі [52] дослідники оцінили каламутність води у водосховищі Алкева, розташованому на півдні Португалії, використовуючи знімки MERIS. У дослідженні запропоновано лінійний емпіричний алгоритм зеленого та

синього спектральних діапазонів з коефіцієнтом кореляції (R) 0,96 для оцінки каламутності поверхневих вод.

В роботі [53] дослідники виконали дослідження з використанням відбиття РЛ в УФ-діапазоні для оцінки спектральних нахилів коефіцієнта поглинання забарвленого розчиненого та детритового матеріалу (KPM). У цьому дослідженні були виявлені унікальні особливості гіперспектрального відбиття РЛ в ультрафіолетовому діапазоні в різних водних об'єктах в широкому діапазоні прибережних і відкритих океанічних середовищ. Встановлено, що колір океану в УФ-області чутливий до зміни спектрального нахилу МЧР. Також було встановлено, що додавання довжин хвиль в УФ діапазоні до вимірювань кольору океану покращить визначення спектрального нахилу МЧР. Подальший аналіз результатів підтримує концепцію включення ультрафіолетових хвиль у наступне покоління супутникових датчиків кольору океану.

Дослідники в роботі [54] застосували неполяризовані спектри комбінаційного розсіювання для визначення солоності та температури у зразку природної води в Австралії. Результати показують, що спектри комбінаційного розсіювання як температури, так і солоності можуть бути виміряні з середньоквадратичним відхиленням (RMSE) нижче 0,2 °C для температури і 0,6 практичних одиниць солоності (PSU) для солоності. Спектри комбінаційного розсіювання показали потенціал для одночасного визначення температури і солоності за допомогою числової моделі, заснованої на множинних лінійних регресіях (MLR). Результати показали, що як солоність, так і температура мають подібний вплив на сигнатури спектрів. Збільшення обох параметрів викликає відповідне зменшення інтенсивності сигналу.

Дослідники оцінили вплив стічних вод на якість річкової водойми та кількісно визначили різні показники якості води, такі як фізичні, бактеріологічні та хімічні параметри. Знання концентрації цих параметрів допомагає оцінити якість води. У той час як бактеріологічні показники включають загальну кількість кишкових паличок і кишкову паличку, фізичні показники включають TDS, TSS, EC, pH, загальну твердість (TH), DO,

біохімічне споживання кисню (BOD) і хімічне споживання кисню (COD), а також хімічні параметри різних катіонів і аніонів.

У роботі [55] дослідники розробили чисельну модель для оцінки каламутності річки Теннессі та її приток на південному сході штату Теннессі, використовуючи знімки Landsat 8 OLI та натурні вимірювання в режимі, близькому до реального часу. У дослідженні створено нелінійну регресійну числову модель, яка використовує значення поверхневого відбиття червоної смуги (смуга 4) датчиків Landsat 8 OLI з діапазоном довжин хвиль 0,64-0,67 мкм для оцінки каламутності в досліджуваному районі. Оцінка каламутності забезпечила високу точність з  $R^2$  97% і середньоквадратичним відхиленням 1,41 нефелометричної одиниці каламутності (NTU). Зображення, отримані в різні дати, були використані для перевірки прогнозуючої здатності моделі, яка дала багатообіцяючий  $R^2$  0,94. Методи ДЗЗ також були використані для успішної оцінки декількох інших параметрів, включаючи завислі речовини, диск Секкі, загальний фосфат, азот, нітратний азот, розчинений неорганічний азот (DIN) і фітопланктон [56].

Відповідно до огляду літератури, діапазон різних параметрів якості безпечної питної води наведено в Таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Діапазон параметрів якості питної води

Параметр	Діапазон
рН	6.5 - 8.5
Мутність	< 5 NTU
Провідність	200 - 800 μS/см
Двоокис вуглецю	< 2.0 мг/Л
Вологість	40% - 100%

Якщо перераховані вище параметри знаходяться у визначеному діапазоні, то вода є безпечною для пиття. Якщо ці параметри виходять за межі заданого діапазону, то вода не є безпечною для пиття.

Розроблена модель була протестована на трьох різних зразках води, а результати наведені в Таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Параметри якості води для різних зразків

Зразок	Параметр	Вимірне значення
Зразок води 1	рН	7.5
	Мутність	4 NTU
	Провідність	450 $\mu\text{S}/\text{cm}$
	Вуглекислий газ	1.20 мг/Л
	Вологість	42%
	Температура	20° C
Зразок води 2	рН	
	Мутність	9.3
	Провідність	5.6 NTU
	Вуглекислий газ	600 $\mu\text{S}/\text{cm}$
	Вологість	1.820 мг /Л
	Температура	60.44% 29.4° C
Зразок води 3	рН	9.72
	Мутність	5.33 NTU
	Провідність	709 $\mu\text{S}/\text{cm}$
	Вуглекислий газ	1.89 мг/Л
	Вологість	64.67%
	Температура	26.4° C

Аналіз показав, що зразок води 1 придатний для пиття, а інші два зразки не придатні для пиття.

## 5.2 Програмне забезпечення та фреймворки

Для досягнення точності проекту було використано спеціальне програмне забезпечення для швидкого, ефективного та результативного аналізу, зберігання та візуалізації даних.

### 5.2.1 Mongo DB

MongoDB - це крос-платформна система управління базами даних (СКБД) з відкритим вихідним кодом, яка використовує документно-орієнтовану модель бази даних, що підтримує різні форми даних. Це одна з численних технологій нереляційних баз даних, яка виникла в середині 2000-х років під назвою NoSQL (мова структурованих запитів) для використання в додатках для обробки великих даних та інших завдань, пов'язаних з даними, які не вписуються в жорстку реляційну модель [57]. На відміну від реляційних баз даних, які використовують рядки і стовпці, MongoDB складається з колекцій і документів. Документи зберігаються у форматі JSON (JavaScript Object Notation) або BSON (Binary JSON). Документи в MongoDB схожі на об'єкти JSON, але вони мають формат BSON, який вміщує більше типів даних. MongoDB використовує дуже гнучкий тип моделі даних, що дозволяє комбінувати та зберігати дані багатовимірного типу.

### 5.2.2 Arduino IDE

Arduino IDE - це крос-платформенний додаток з відкритим вихідним кодом, який використовується для написання та завантаження програм на мікроконтролери, сумісні з Arduino [58]. Він працює на Windows, Mac OS X та Linux і написаний на мові програмування Java. Основний код тут, відомий як скетч, і цей код, при створенні в платформі IDE, генерує Hex-файл. Цей hex-файл є фактичним файлом, який передається на плату мікроконтролера. Підтримується як мова C, так і мова C++. У нашому проекті ми використовуємо

це програмне забезпечення для програмування нашого мікроконтролера ESP32, який замінює нам потребу в будь-яких інших мікроконтролерах.

### 5.3 Алгоритм машинного навчання

Для запропонованої системи отримані дані з датчиків аналізуються відповідним чином для прогнозування точності системи. Тут використовується бінарний класифікатор швидкого лісу, де для навчання набору даних беруться різні зразки води, тобто сіль, мул, стічна вода, вода з-під крана, безалкогольні напої та питна вода. Середня комбінація багатьох малих і слабких дерев рішень у моделі "Random Forest" регресії формує сильного учня.

Цей код реалізує алгоритм "Random Forest" для задач класифікації чи регресії. "Random Forest" - це ансамбльний метод машинного навчання, що об'єднує кілька дерев рішень для досягнення кращої точності та стійкості [59].

Основні етапи алгоритму:

- **FastForest:** Функція створення лісу дерев. Для кожного дерева в лісі генерується випадкова підвибірка із заміщенням з навчального набору, і на цій підвибірці навчається модель дерева за допомогою функції `LearnTreeModel`.
- **LearnTreeModel:** Функція навчання моделі дерева. На кожному вузлі дерева вибирається дуже маленька підмножина ознак, і вузол розбивається на піддерева за найкращою ознакою в цій підмножині. Повертається вивчена модель дерева.
- **bootstrap\_sample:** Функція для генерації випадкової вибірки заміщенням з навчального набору.
- **select\_small\_subset:** Функція для вибору дуже малої підмножини ознак для розбиття вузла.
- **find\_best\_feature:** Заготовка для вибору найкращої ознаки для розбиття вузла. Це місце, де вам слід реалізувати конкретний алгоритм визначення найкращої ознаки, можливо, за допомогою критерію якості, такого як індекс Джині чи приріст інформації.

Алгоритм працює наступним чином: для кожного дерева в лісі вибирається бутстреп вибірка з  $Z$ . В даній ситуації  $Z$  - це  $i$ -й бутстрап. Метод цього дерева рішень модифікується алгоритмом навчання дерева рішень. Випадкова підмножина ознак  $a \subseteq X$ , де  $X$  позначає множину ознак. Тут  $a$  на стільки менше, на скільки менше  $X$ . Алгоритми "Random Forest" повертають  $R$ , що є множиною навчальної моделі. При звуженні множини ознак, навчальна множина ознак значно прискорюється. Псевдокод запропонованого двійкового алгоритму "Random Forest" наведено в додатку Б.



## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 6.1 Питання щодо охорони праці

Тема кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» присвячена розробці автоматизованої системи моніторингу фізико-хімічних параметрів води, тому доцільно розглянути питання з вимог електробезпеки до приміщень з ЕОМ.

Приміщення із робочими місцями користувачів комп'ютерів для забезпечення електробезпеки обладнання, а також для захисту від ураження електричним струмом самих користувачів ПК повинні мати достатні технічні засоби захисту відповідно до ГОСТ 12.1.009-76, НПАОП 40.1-1.07-01 “Правила експлуатації електрозахисних засобів”, НПАОП 40.1-1.21-98 “Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів”, НПАОП 40.1-1.32-01 “Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок”

З метою запобігання ушкодженням, що можуть статися через ураження електричним струмом, загоряння, коротке замикання тощо, розроблено загальний стандарт безпеки ІЕС 950. Загальним стандартом електробезпечності для країн Європейської співдружності є Cemark.

Під час проектування систем електропостачання, монтажу силового електрообладнання та електричного освітлення будівель та приміщень для ПЕОМ необхідно дотримуватись вимог вищеназваних нормативно-правових актів, Правил пожежної безпеки в Україні, ДСанПіН 3.3.2.007-98, що стосуються штучного освітлення і електротехнічних пристроїв, та вимог нормативно-технічної і експлуатаційної документації заводу-виробника ПЕОМ [61].

ЕОМ, периферійні пристрої ЕОМ та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ, інше устаткування (апарати управління, контрольно-вимірювальні прилади, світильники тощо), електропроводи та кабелі за виконанням та ступенем захисту мають відповідати класу зони за

ПУЕ, мати апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів.

Під час монтажу та експлуатації ліній електромережі необхідно повністю унеможливити виникнення електричного джерела загоряння внаслідок короткого замикання та перевантаження проводів, обмежувати застосування проводів з легкозаймистою ізоляцією і, за можливості, перейти на негорючу ізоляцію.

Лінія електромережі для живлення ЕОМ, периферійних пристроїв ЕОМ та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ виконується як окрема групова трипровідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів.

Використання нульового робочого провідника як нульового захисного провідника забороняється. Нульовий захисний провід прокладається від стійки групового розподільчого щита, розподільчого пункту до розеток живлення. Не допускається підключення на щиті до одного контактного затискача нульового робочого та нульового захисного провідників. Площа перерізу нульового робочого та нульового захисного провідника в груповій трипровідній мережі повинна бути не менше площі перерізу фазового провідника.

Усі провідники повинні відповідати номінальним параметрам мережі та навантаження, умовам навколишнього середовища, умовам розподілу провідників, температурному режиму та типам апаратури захисту, вимогам ПУЕ.

У приміщенні, де одночасно експлуатується або обслуговується більше п'яти персональних ЕОМ, на помітному та доступному місці встановлюється аварійний резервний вимикач, який може повністю вимкнути електричне живлення приміщення, крім освітлення.

ПЕОМ, периферійні пристрої ПЕОМ та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ повинні підключатися до електромережі тільки з допомогою справних штепсельних з'єднань і

електророзеток заводського виготовлення. Штепсельні з'єднання та електророзетки крім контактів фазового та нульового робочого провідників повинні мати спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Конструкція їх має бути такою, щоб приєднання нульового захисного провідника відбувалося раніше ніж приєднання фазового та нульового робочого провідників. Порядок роз'єднання при відключенні має бути зворотним. Необхідно унеможливити з'єднання контактів фазових провідників з контактами нульового захисного провідника.

Неприпустимим є підключення ПЕОМ та периферійних пристроїв ПЕОМ до звичайної двопровідної електромережі, в тому числі – з використанням перехідних пристроїв.

Електромережі штепсельних з'єднань та електророзеток для живлення ПЕОМ, периферійних пристроїв слід виконувати за магістральною схемою, по 3...6 з'єднань або електророзеток в одному колі. Штепсельні з'єднання та електророзетки для напруги 12 В та 36 В за своєю конструкцією повинні відрізнятися від штепсельних з'єднань для напруги 127 В та 220 В і мають бути пофарбовані в колір, який візуально значно відрізняється від кольору штепсельних з'єднань, розрахованих на напругу 127 В та 220 В.

Індивідуальні та групові штепсельні з'єднання та електророзетки необхідно монтувати на негорючих або важкогорючих пластинах з урахуванням вимог ПУЕ та Правил пожежної безпеки в Україні.

Електромережу штепсельних розеток для живлення ПЕОМ, периферійних пристроїв ПЕОМ при розташуванні їх уздовж стін приміщення прокладають по підлозі поряд зі стінами приміщення, як правило, в металевих трубах і гнучких металевих рукавах з відводами відповідно до затвердженого плану розміщення обладнання та технічних характеристик обладнання.

При розташуванні в приміщенні за його периметром до 5 ПЕОМ, використанні трипровідникового захищеного проводу або кабелю в оболонці з негорючого або важкогорючого матеріалу дозволяється прокладання їх без металевих труб та гнучких металевих рукавів.

Електромережу штепсельних розеток для живлення ПЕОМ при розташуванні їх у центрі приміщення, прокладають у каналах або під знімною підлогою в металевих трубах або гнучких металевих рукавах. При цьому не дозволяється застосовувати провід і кабель в ізоляції з вулканізованої гуми та інші матеріали, що містять сірку. Відкрита прокладка кабелів під підлогою забороняється. Металеві труби та гнучкі металеві рукави повинні бути заземлені. Заземлення повинно відповідати вимогам НПАОП 40.1-1.21-98.

Для підключення переносної електроапаратури застосовують гнучкі проводи в надійній ізоляції.

Тимчасова електропроводка від переносних приладів до джерел живлення виконується найкоротшим шляхом без заплутування проводів у конструкціях машин, приладів та меблях. Доточувати проводи можна тільки шляхом паяння з наступним старанним ізолюванням місць з'єднання.

Є неприпустимими:

- експлуатація кабелів та проводів з пошкодженою або такою, що втратила захисні властивості за час експлуатації, ізоляцією; залишення під напругою кабелів та проводів з неізолюваними провідниками;
- застосування саморобних подовжувачів, які не відповідають вимогам ПВЕ до переносних електропроводок;
- застосування для опалення приміщення нестандартного (саморобного) електронагрівального обладнання або ламп розжарювання;
- користування пошкодженими розетками, розгалужувальними та з'єднувальними коробками, вимикачами та іншими електровиробами, а також лампами, скло яких має сліди затемнення або випинання;
- підвішування світильників безпосередньо на струмопровідних проводах, обгортання електроламп і світильників папером, тканиною та іншими горючими матеріалами, експлуатація їх зі знятими ковпаками (розсіювачами);
- використання електроапаратури та приладів в умовах, що не відповідають вказівкам (рекомендаціям) підприємств-виготовлювачів..

## 6.2 Питання щодо безпеки в надзвичайних ситуаціях

Комп'ютерне забезпечення процесу прогнозування можливої радіаційної обстановки передбачає: оцінку радіаційної обстановки. Під радіаційною обстановкою розуміють масштаби і ступінь р/а зараження місцевості, які впливають на бойові дії та боєздатність військ, роботу промислових об'єктів та життєдіяльність населення.

Під оцінкою радіаційної обстановки розуміють вирішення основних задач з різних варіантів дії військ у зонах зараження, аналіз отриманих результатів та вибір найкращих варіантів, при яких забезпечуються найменші радіаційні ураження [61].

Оцінка радіаційної обстановки здійснюється двома методами: метод прогнозування і проведення радіаційної розвідки.

Радіаційна обстановка залежить від потужності і виду вибуху, швидкості вітру, атмосферних опадів, характеру місцевості, часу з моменту вибуху.

За ступенем зараження і можливими наслідками зовнішнього опромінення особового складу військ на зараженій місцевості прийнято виділяти 4 зони:

- зону помірного (зона А),
- сильного (зона Б),
- небезпечного (зона В),
- зону надзвичайно небезпечного (зона Г) зараження.

За 40-60 хвилин до підходу хмари і початку випадіння опадів подають сигнал оповіщення "Загроза радіоактивного зараження". З моменту випадіння опадів подається сигнал "Радіаційне зараження".

Медичні засоби захисту – серед засобів захисту від зброї масового ураження особливе місце займає застосування засобів медичного призначення. Під терміном "засоби медичного захисту" розуміють засоби попередження, профілактики впливу на людину уражаючих факторів зброї масового ураження та засоби надання допомоги і лікування уражених. Одним з найважливіших

завдань медичної служби є своєчасне і повне забезпечення особового складу військ, частин та підрозділів медичної служби цими засобами.

Медичні засоби протирадіаційного захисту - радіопротектори (радіозахисні засоби) - це хімічні медикаментозні засоби синтетичного або біологічного походження, введення яких в організм перед його опроміненням, призводить до зменшення впливу іонізуючого випромінювання на радіочутливі тканини та прискоренням їх відновлення, що призводить до зниження ступеню важкості променевого ураження. Використання радіопротекторів після опромінення практичного ефекту не дає.

Підвищення радіорезистентності тканини досягається завдяки впливу препарату на первинні радіохімічні реакції або на механізми захисту організму, або ж на те і інше одночасно. Радіопротектори відносяться до найрізноманітніших класів хімічних сполук..

Мобільна радіологічна лабораторія (МРЛ) розташовується на борту обладнаного автомобіля і призначена для вирішення широкого кола завдань, пов'язаних з радіаційним моніторингом довкілля та радіаційно-небезпечних об'єктів, зокрема завдань оперативного радіаційного контролю транспортних магістралей, пошуку локальних джерел радіації, дистанційного визначення потужності дози, ідентифікації радіонуклідного складу та визначення активності радіаційного забруднення, а також проведення лабораторних досліджень на місці. Лабораторія може оснащуватися робототехнічним комплексом для пошуку, дослідження й вилучення небезпечних локальних джерел.

Мобільні лабораторії радіаційної розвідки призначені для проведення оперативної радіаційної розвідки в разі виникнення позаштатної ситуації радіаційного характеру, пошуку та визначення типу джерел іонізуючого випромінювання (ДІВ) з метою попередження виникнення або планування заходів із зменшення наслідків радіаційної аварії

У процесі роботи мобільних засобів використовуються методи дистанційного радіаційного моніторингу, які дають змогу визначати параметри

радіаційних полів на відстані, що є дуже важливим, коли прямий доступ до ДІВ ускладнений або небезпечний.

Особлива роль у запобіганні радіаційному тероризму й несанкціонованому переміщенню радіоактивних матеріалів територією контрольованого регіону відводиться мобільним засобам радіаційного контролю, що використовують методи спектрометричного дистанційного радіаційного моніторингу. В цьому разі функціонування мобільної лабораторії може здійснюватися в таких режимах:

Патрулювання. В даному режимі йде спостереження за переміщенням відомих джерел підвищеної радіації та пошук невідомих;

Активного пошуку. Якщо зафіксовано наявність підозрілого джерела радіації на території контрольованого району або отримано оперативну інформацію від правоохоронних органів про можливість його наявності, силами мобільних засобів робиться цілеспрямований пошук джерела радіації та його дистанційне дослідження;

Режимі затримання. На підставі отриманих даних правоохоронні органи проводять затримання підозрілих вантажів, транспортних засобів або людей, зокрема для проведення поглибленого радіаційного контролю — оперативно на місці затримання або в спеціально обладнаному пункті. Для цього правоохоронні органи мають бути забезпечені не лише необхідною для затримання інформацією, а й відповідним устаткуванням (спеціальними засобами контролю, які носять або возять із собою).

Експлуатація мобільних лабораторій у режимі затримання допоможе у боротьбі із загрозою ядерного тероризму: виявленні підготовки терористичного акту; боротьбі з контрабандою радіоактивних матеріалів та їх несанкціонованим переміщенням; виявленні радіоактивного забруднення внаслідок диверсії на ранніх стадіях та сповіщенні відповідних служб і населення; ліквідації наслідків терористичних актів.

## ВИСНОВКИ

У цій роботі представлено огляд останніх робіт, проведених дослідниками з метою створення інтелектуальних, малопотужних і високоефективних систем моніторингу якості води, які будуть безперервними, а попередження/повідомлення будуть надсилатися відповідним органам влади для подальшої обробки. Розроблена модель є економічно ефективною та простою у використанні (гнучкою). Три зразки води тестуються, і на основі результатів вода може бути класифікована як придатна для пиття чи ні.

В роботі використано новітні датчики для виявлення різних інших параметрів якості, використовувати стандарти бездротового зв'язку для кращого зв'язку та Інтернету речей, щоб створити надійну систему моніторингу якості води та зробити водні ресурси безпечними завдяки негайному реагуванню.

Запропоновано систему моніторингу на основі Arduino, яка аналізує чотири фізико-хімічні параметри води: рН, температуру, каламутність і загальний вміст розчинених речовин (TDS), щоб виявити випадкове або навмисне забруднення води. Вузол датчика відповідає за збір даних, попередню обробку та відображення даних. Коли визначено, що вода небезпечна для споживання, вузол здійснює прийом даних від вузла датчика, відображення даних та оповіщення.

Система може контролювати якість води автоматично, вона є низькозатратною і не потребує додаткової робочої сили. Ця програма в режимі реального часу генерує, збирає, передає та зберігає дані з датчиків на веб-сервері. Здійснюється аналіз даних і генеруються миттєві звіти для відображення з будь-якого місця і в будь-який час у веб-браузері. Ця система була розроблена з метою скорочення робочої сили, зниження витрат і підвищення ефективності розподілу та моніторингу води. Експерименти підтверджують високу ефективність запропонованої системи. Система довела свою цінність, надаючи точні та узгоджені дані протягом усього періоду



тестування, а з додатковою функцією включення платформ Інтернету речей для моніторингу води в режимі реального часу.

Кінцевою метою цієї роботи є спостереження за якістю зразків води шляхом розробки розумного пристрою моніторингу якості води, реалізованого на платформі Інтернету речей, який може визначати чотири конкретні фізичні параметри: температуру, рН, каламутність і провідність води, а також аналізувати отримані значення цих параметрів за допомогою відповідного підходу машинного навчання. За допомогою датчиків на базі Arduino було протестовано різні зразки води та зібрано їхні значення різних показників. Швидкий лісовий бінарний класифікатор демонструє кращу продуктивність для перевірки точності та ефективності системи в прогнозуванні якості води. Система продемонструвала свою важливість, забезпечивши точне визначення якості води на основі фізичних параметрів. Завдяки можливості модернізації технології Інтернету речей для визначення хімічних параметрів води, ця система може бути впроваджена для моніторингу води в режимі реального часу.

У розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» проаналізовано питання з вимог електробезпеки до приміщень з ЕОМ а також описано комп'ютерне забезпечення процесу прогнозування можливої радіаційної обстановки.

**ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ**

- 1 Pasika, Sathish, and Sai Teja Gandla.(2020), “Smart Water Quality Monitoring System with Cost-Effective Using IoT.” Heliyon, vol. 6, no. 7, doi:10.1016/j.heliyon.2020.e04096.
- 2 M. Mukta, S. Islam, S. D. Barman (2019), A. W. Reza and M. S. Hossain Khan, "Iot based Smart Water Quality Monitoring System," 2019 IEEE 4th International Conference on Computer and Communication Systems (ICCCS), pp. 669-673, doi:10.1109/CCOMS.2019.8821742
- 3 Konde, Santosh and Deosarkar, Shankar, (2020, June) . IOT Based Water Quality Monitoring System). 2nd International Conference on Communication & Information Processing (ICCIP) 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3645467>
- 4 M. K. Amruta and M. T. Satish (2013), "Solar powered water quality monitoring system using wireless sensor network," International Mutli-Conference on Automation, Computing, Communication, Control and Compressed Sensing (iMac4s), pp. 281-285, doi: 10.1109/iMac4s.2013.6526423.
- 5 Tha. Sugapriyaa, S. Rakshaya, K. Ramyadevi, M. Ramya, P.G. Rashmi (2018), Smart Water Quality Monitoring System for Real Time Applications, International Journal of Pure and Applied Mathematics, Volume 118, No. pp 1363-1369
- 6 K. A. U. Menon, D. P and M. V. Ramesh (2012), "Wireless sensor network for river water quality monitoring in India," 2012 Third International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT'12), pp. 1-7, doi: 10.1109/ICCCNT.2012.6512437.
- 7 A. N. Prasad, K. A. Mamun, F. R. Islam and H. Haqva, (2015) Smart water quality monitoring system, 2nd Asia-Pacific World Congress on Computer Science and Engineering (APWC on CSE), pp. 1 -6, doi: 10.1109/APWCCSE.2015.7476234.
- 8 A. Jerom B., R. Manimegalai and R. Manimegalai, (2020), An IoT Based Smart Water Quality Monitoring System using Cloud, International Conference on Emerging Trends in Information Technology and Engineering (ic-ETITE), 2020, pp. 1-7, doi: 10.1109/icETITE47903.2020.450.

- 9 Geetha, S., Gouthami, S.(2016) Internet of things enabled real time water quality monitoring system. *Smart Water* 2, 1. <https://doi.org/10.1186/s40713-017-0005-y>
- 10 Sengupta B, Sawant S, Dhanawade M, and Bhosale S (2019), Water Quality Monitoring using IoT, *Int. Res. J. Eng. Technol.* 6 695–701
- 11 M. Joseph Vishal Kumar, Krishna Samalla,(2019), Design and Development of Water Quality Monitoring System in IoT, *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)* ISSN: 2277-3878, Volume-7, Issue-5S3, February 2019.
- 12 Demetillo, A.T., Japitana, M.V. & Taboada, E.B (2019). A system for monitoring water quality in a large aquatic area using wireless sensor network technology. *Sustain Environ Res* 29, 12. <https://doi.org/10.1186/s42834-019-0009-4>
- 13 [13] Anuradha , Bhakti, Chaitra R , Pooja D (2018), IoT Based Low Cost System for Monitoring of Water Quality in Real Time, *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)* Volume: 05 Issue: 05, May-2018
- 14 [14] S. A. Hamid, A. M. A. Rahim, S. Y. Fadhlullah, S. Abdullah, Z. Muhammad and N. A. M. Leh (2020), IoT based Water Quality Monitoring System and Evaluation, 10th IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering (ICCSCE), 2020, pp. 102-106, doi: 10.1109/ICCSCE50387.2020.9204931.
- 15 Gupta, S., Kohli, M., Kumar, R., & Bandral, S. (2021). IoT Based Underwater Robot for Water Quality Monitoring. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1033, 012013. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1033/1/012013>
- 16 Hussain, M.R.; and Abed, B.S. (2019). Simulation and assessment of groundwater for domestic and irrigation uses. *Civil Engineering Journal*, 5(9), 1877-1892.
- 17 Qutieshat, A., Aouididi, R., & Arfaoui, R. (2019). Design and construction of a low-cost arduino-based pH sensor for the visually impaired using universal pH paper.

18 Hong, W. J., Shamsuddin, N., Abas, E., Apong, R. A., Masri, Z., Suhaimi, H., ... & Noh, M. N. A. (2021). Water quality monitoring with arduino based sensors. *Environments*, 8(1), 6.

19 Mulyana, Y., & Hakim, D. L. (2018, July). Prototype of water turbidity monitoring system. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 384, No. 1, p. 012052). IOP Publishing.

20 Junizan, N. A., Razak, A. A., Balakrishnan, B., & Othman, W. A. F. W. (2019). Design and implementation of automatic room temperature controlled fan using Arduino Uno and LM35 heat sensor. *International Journal of Engineering Creativity & Innovation*, 1(2), 8-14.

21 Saha, R., Biswas, S., Sarmah, S., Karmakar, S., & Das, P. (2021). A working prototype using DS18B20 temperature sensor and arduino for health monitoring. *SN Computer Science*, 2, 1-21.

22 Yudhana, A., Septiyani, R., Mufandi, I., Rosyady, P. A., Husein, M. F., & Abdullatif, L. I. M. (2022). A Portable Device Based on an Electrical Conductivity Sensor for the Detection of Monosodium Glutamate (MSG) in Soupy Foods. *Instrumentation, Mesures, Métrologies*, 21(3).

23 Ahmed, A. S., Marzog, H. A., & Abdul-Rahaim, L. A. (2021). Design and implement of robotic arm and control of moving via IoT with Arduino ESP32. *International Journal of Electrical & Computer Engineering* (2088-8708), 11(5).

24 Singh, P., & Saikia, S. (2016, December). Arduino-based smart irrigation using water flow sensor, soil moisture sensor, temperature sensor and ESP8266 WiFi module. In *2016 IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC)* (pp. 1-4). IEEE.

25 WHO, *Guidelines for Drinking-Water Quality*. 4th ed.; World Health Organisation: Geneva, Switzerland, 2012

26 Chen, X.; Liu, L.; Zhang, X.; Li, J.; Wang, S.; Liu, D.; Duan, H.; Song, K. An Assessment of Water Color for Inland Water in China Using a Landsat 8-Derived Forel-Ule Index and the Google Earth Engine Platform. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* 2021, 14, 5773–5785. [CrossRef]

27 Lee, S.; Ahn, K.H. Monitoring of COD as an organic indicator in waste water and treated effluent by fluorescence excitation-emission (FEEM) matrix characterization. *Water Sci. Technol.* 2004, 50, 57–63. [CrossRef]

28 El Serafy, G.Y.H.; Schaeffer, B.A.; Neely, M.-B.; Spinosa, A.; Odermatt, D.; Weathers, K.C.; Baracchini, T.; Bouffard, D.; Carvalho, L.; Conmy, R.N.; et al. Integrating Inland and Coastal Water Quality Data for Actionable Knowledge. *Remote Sens.* 2021, 13, 2899. [CrossRef]

29 Dube, T.; Mutanga, O.; Seutloali, K.; Adelabu, S.; Shoko, C. Water quality monitoring in sub-Saharan African lakes: A review of remote sensing applications. *Afr. J. Aquat. Sci.* 2015, 40, 1–7. [CrossRef]

30 Mondal, K.C.; Rathod, K.G.; Joshi, H.M.; Mandal, H.S.; Khan, R.; Rajendra, K.; Mawale, Y.K.; Priya, K.; Jhariya, D.C. Impact of land-use and land-cover change on groundwater quality and quantity in the Raipur, Chhattisgarh, India: A remote sensing and GIS approach. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 2020, 597, 012011. [CrossRef]

31 Lin, W.; Li, Z. Detection and quantification of trace organic contaminants in water using the FT-IR-attenuated total reflectance technique. *Anal. Chem.* 2010, 82, 505–515. [CrossRef] [PubMed]

32 Tsuchiya, Y. Organical Chemicals As Contaminants of Water Bodies and Drinking Water. *Water Qual. Stand.* 2010, II, 150–171.

33 Ibrahim, N.; Aziz, H.A. Trends on Natural Organic Matter in Drinking Water Sources and its Treatment. *Int. J. Sci. Res. Environ. Sci.* 2014, 2, 94–106. [CrossRef]

34 Christian, E.; Batista, J.R.; Gerrity, D. Use of COD, TOC, and Fluorescence Spectroscopy to Estimate BOD in Wastewater. *Water Environ. Res.* 2016, 89, 168–177. [CrossRef]

35 Hu, H.-Y.; Du, Y.; Wu, Q.Y.; Zhao, X.; Tang, X.; Chen, Z. Differences in dissolved organic matter between reclaimed water source and drinking water source. *Sci. Total Environ.* 2016, 551–552, 133–142. [CrossRef]

36 Cao, F.; Tzortziou, M.; Hu, C.; Mannino, A.; Fichot, C.G.; Del Vecchio, R.; Najjar, R.G.; Novak, M. Remote sensing retrievals of colored dissolved organic

matter and dissolved organic carbon dynamics in North American estuaries and their margins. *Remote Sens. Environ.* 2018, 205, 151–165. [CrossRef]

37 Kutser, T.; Pierson, D.C.; Tranvik, L.; Reinart, A.; Sobek, S.; Kallio, K. Using satellite remote sensing to estimate the colored dissolved organic matter absorption coefficient in lakes. *Ecosystems* 2005, 8, 709–720. [CrossRef]

38 Al-Kharusi, E.S.; Tenenbaum, D.E.; Abdi, A.M.; Kutser, T.; Karlsson, J.; Bergström, A.-K.; Berggren, M. Large-Scale Retrieval of Coloured Dissolved Organic Matter in Northern Lakes Using Sentinel-2 Data. *Remote Sens.* 2020, 12, 157. [CrossRef]

39 Rieger, L.; Langergraber, G.; Thomann, M.; Fleischmann, N.; Siegrist, H. Spectral in-situ analysis of NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, COD, DOC and TSS in the effluent of a WWTP. *Water Sci. Technol.* 2004, 50, 143–152. [CrossRef]

40 Cao, F.; Tzortziou, M. Capturing dissolved organic carbon dynamics with Landsat-8 and Sentinel-2 in tidally influenced wetland–estuarine systems. *Sci. Total Environ.* 2021, 777, 145910. [CrossRef]

41 Wei, K.L.; Chen, M.; Wang, F.; Fang, Q. A rapid monitoring system for the determination of COD in waters based on ultrasonic assisted digestion and miniaturized spectral analytical system. *Appl. Mech. Mater.* 2013, 401–403, 1295–1300. [CrossRef]

42 Denys, L. Incomplete spring turnover in small deep lakes in SE Michigan. *McNair Sch. Res. J.* 2010, 2, 133–144.

43 Hasab, H.A.; Jawad, H.A.; Dibs, H.; Hussain, H.M.; Al-Ansari, N. Evaluation of Water Quality Parameters in Marshes Zone Southern of Iraq Based on Remote Sensing and GIS Techniques. *Water. Air. Soil Pollut.* 2020, 231, 183. [CrossRef]

44 Fletcher, T.D.; Andrieu, H.; Hamel, P. Understanding, management and modelling of urban hydrology and its consequences for receiving waters: A state of the art. *Adv. Water Resour.* 2013, 51, 261–279. [CrossRef]

45 Bonansea, M.; Ledesma, M.; Rodriguez, C.; Pinotti, L. Using new remote sensing satellites for assessing water quality in a reservoir. *Hydrol. Sci. J.* 2019, 64, 34–44. [CrossRef]

46 Hidayati, N.F.; Rahman, M.; Fauzana, N.A.; Aisiah, S. Effectiveness of Chitosan To Reduce the Color Value, Turbidity, and Total Dissolved Solids in Shrimp-Washing Wastewater. *Russ. J. Agric. Socio-Econ. Sci.* 2021, 115, 82–88. [CrossRef]

47 Mehdinejad, M.H.; Bina, B.; Nikaeen, M.; Attar, H.M. Effectiveness of natural and synthetic polyelectrolytes as coagulant aid in removal of turbidity from different turbid waters. *J. Food Agric. Environ.* 2013, 29, 261–266.

48 Hellweger, F.L.; Schlosser, P.; Lall, U.; Weissel, J.K. Use of satellite imagery for water quality studies in New York Harbor. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 2004, 61, 437–448. [CrossRef]

49 Chen, Q.; Zhang, Y.; Hallikainen, M. Water quality monitoring using remote sensing in support of the EU water framework directive (WFD): A case study in the Gulf of Finland. *Environ. Monit. Assess.* 2007, 124, 157–166. [CrossRef]

50 Salmaso, N.; Mosello, R. Limnological research in the deep southern subalpine lakes: Synthesis, directions and perspectives. *Adv. Oceanogr. Limnol.* 2010, 1, 29–66. [CrossRef]

51 Li, S.; Song, K.; Wang, S.; Liu, G.; Wen, Z.; Shang, Y.; Lyu, L.; Chen, F.; Xu, S.; Tao, H.; et al. Quantification of chlorophyll-a in typical lakes across China using Sentinel-2 MSI imagery with machine learning algorithm. *Sci. Total Environ.* 2021, 778, 146271. [CrossRef] [PubMed]

52 Potes, M.; Costa, M.J.; Salgado, R. Satellite remote sensing of water turbidity in Alqueva reservoir and implications on lake modelling. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 2012, 16, 1623–1633. [CrossRef]

53 Wei, J.; Lee, Z.; Ondrusek, M.; Mannino, A.; Tzortziou, M.; Armstrong, R. Spectral slopes of the absorption coefficient of colored dissolved and detrital material inverted from UV-visible remote sensing reflectance. *J. Geophys. Res. Ocean.* 2016, 121, 3010–3028.

54 Artlett, C.P.; Pask, H.M. New approach to remote sensing of temperature and salinity in natural water samples. *Opt. Express* 2017, 25, 2840. [CrossRef]

55 Hossain, A.K.M.A.; Mathias, C.; Blanton, R. Remote sensing of turbidity in the tennessee river using landsat 8 satellite. *Remote Sens.* 2021, 13, 3785. [CrossRef]

56 Li, R.; Li, J. Satellite Remote Sensing Technology for Lake Water Clarity Monitoring: An Overview. *Environ. Inform. Arch.* 2004, 2, 893–901.

57 Tun, Z. (2020, February). MongoDB on cloud for weather data (Temperature and Humidity) in Sittway. In 2020 IEEE Conference on Computer Applications (ICCA) (pp. 1-6). IEEE.

58 Amestica, O. E., Melin, P. E., Duran-Faundez, C. R., & Lagos, G. R. (2019, November). An experimental comparison of Arduino IDE compatible platforms for digital control and data acquisition applications. In 2019 IEEE CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON) (pp. 1-6). IEEE.

59 Speiser, J. L., Miller, M. E., Tooze, J., & Ip, E. (2019). A comparison of random forest variable selection methods for classification prediction modeling. *Expert systems with applications*, 134, 93-101.

60 Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д. Телекомунікаційні системи та мережі: навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 – 384 с

61 Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. — Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.



# ДОДАТКИ

## Тези конференцій

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

### МАТЕРІАЛИ

XI НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

# «ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ, СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»



13-14 грудня 2023 року

ТЕРНОПІЛЬ  
2023

УДК 004

А.О. Вельгов, М.В. Диня, М.П. Долінський, І.С. Завіша

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

#### АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПАЛИВНИМИ ЄМНОСТЯМИ

A. O. Velhov, M. V. Dynia, M. P. Dolinskyi, I. S. Zavisha

#### AUTOMATED FUEL TANK MANAGEMENT SYSTEM

Системи управління паливом використовуються для підтримки, контролю та моніторингу споживання палива в будь-якому типі організації, яка використовує транспорт, у тому числі: залізничний, автомобільний, повітряний і водний як засоби діяльності. Зараз організації стикаються з серйозною проблемою управління транспортуванням палива через ручний моніторинг. Цей ручний моніторинг забезпечує неефективний спосіб розрахунку та аналізу споживання палива та може призвести до фінансових втрат для компанії. У типовому сценарії, який використовується більшістю організацій, немає механізму реєстрації або перевірки, щоб перевірити, чи кількість літрів, зазначена в квитанції, відповідає фактичній кількості пального в баку.

Водій доставляє транспортний засіб на базу пального, заповнює бак і отримує квитанцію від менеджера насоса із зазначенням кількості літрів палива, залитого в бак автомобіля, дати та кількості. Цю квитанцію водій передає відповідальній особі організації, яка веде облік і в кінці місяця надсилає суму власнику насоса. На цей сценарій впливає багато можливих недоліків: водій не знає, чи відповідає кількість палива, залитого в бак, кількості, заявленій у квитанції. Ще один недолік системи – оманлива інформація, створена керівником насосної станції. Третім прикладом може бути залучення персоналу з керівного складу компанії, який вчиняє шахрайство шляхом фальсифікації інформації щодо кількості заправленого палива. Багато компаній повинні брати до уваги всі вищезазначені фактори, тому потрібна автоматизована електронна система, яка не тільки перевіряє споживане паливо, але й викопує крадіжки палива, щоб уберегти компанію від збитків.

Крім того, ця система забезпечує ефективний спосіб відстеження транспортних засобів з метою локалізації паливних цистерн, а також базу даних програмного забезпечення для записів про паливо, що знаходяться на робочих станціях або мобільних телефонах кінцевих користувачів. База даних містить кількість літрів палива на момент введення та кількість крадіжок пального, коли об'єм цистерни сильно змінюється до досягнення місця призначення. Транспортування або доставка палива на об'єкти здійснюється різними способами, такими як схвалені автоцистерни, важкі кораблі, потяги та трубопроводи. Ця система зосереджена лише на автомобільних паливоцистернах для транспортування палива на предмет управління.

Система пропонує найбільш комплексне рішення на ринку для точного визначення того, скільки палива було залито та скільки втрачено. Від повної відповідальності за паливо до повної звітності та захисту від крадіжки палива, це забезпечує захист наших активів. Ця система забезпечує ефективну, рентабельну та автоматизовану систему управління паливом, яка спеціально розроблена для компаній Пакистану, які вважають крадіжку палива серйозною проблемою, але через дорогі існуючі рішення їм важко дозволити собі системи, які вже доступні на ринку.

Система управління паливом - це комплексне рішення для керування, яке можна використовувати для моніторингу, керування та відновлення активів. Відстежуючи цінні речі, ми можемо краще керувати та контролювати їх місцезнаходження, скорочуючи втрачений час і споживання палива. Завдяки інформації GPS Fleet Tracking ми можемо оцінити продуктивність і скоротити додаткові витрати. Це підвищує цінність компанії за рахунок покращення рівня послуг, що надаються, що призводить до збільшення прибутку

<b>Ю. Апостол, Р. Трембач, М. Яворська</b> ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПРОФІЛЮ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ СУПУТНИКОВИХ АНТЕННИХ СИСТЕМ <b>J. Apostol, R. Trembach, M. Javorska</b> MEASURING SYSTEM FOR CONTROLLING THE PROFILE OF LARGE SATELLITE ANTENNA SYSTEMS	14
<b>Базан І.В., Коваль А.А.</b> ВИЯВЛЕННЯ КІБЕРАТАК В «РОЗУМНОМУ МІСТІ» НА ОСНОВІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ <b>I. Bazan, A. Koval</b> DETECTING CYBERATTACKS IN A SMART CITY BASED ON MACHINE LEARNING	16
<b>В.В. Баранніков</b> ОСОБЛИВОСТІ ЗАВДАННЯ ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ <b>V.V. Barannikov</b> FEATURES OF ANOMALIES DETECTION TASK	17
<b>О.Безруков, Стадник Марія</b> ВИЯВЛЕННЯ ШАХРАЙСЬКИХ ТРАНЗАКЦІЙ З ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ <b>O. Bezrukov, Stadnyk Mariia</b> DETECTION OF FRAUD TRANSACTIONS USING MACHINE LEARNING METHODS	18
<b>Богатирчук І.П., Дичук І.О., Патей Я.В., Яблонський Д.С.</b> ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ПРЕДСТАВЛЕННЯ МЕДИЧНИХ ДАНИХ <b>I. Bohatyrchuk, I. Dyuchuk, Patey Ya., D. Yablonskiy</b> COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS AND MEANS OF MEDICAL DATA PRESENTATION	19
<b>Марія Бояринцева</b> ОГЛЯД МОЖЛИВОСТЕЙ RUBY В КОНТЕКСТІ ПОБУДОВИ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ <b>Mariia Boyaryntseva</b> OVERVIEW OF RUBY CAPABILITIES IN THE CONTEXT OF BUILDING SYSTEMS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE	20
<b>Василь Валицький; Богдана Млинко</b> МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ БІОМЕДИЧНИХ СИГНАЛІВ <b>Vasyl Valytskyi; Bogdana Mlynko</b> METHODS AND MODELS OF BIOMEDICAL SIGNAL SPECTRUM ANALYSIS	21
<b>В.А. Варавя</b> ПОШУК ЛОКАЛЬНИХ ЕКСТРЕМУМІВ НА ГРАФІКАХ ЯСКРАВОСТІ <b>V.A.Varava</b> SEARCH OF LOCAL EXTREMUM ON BRIGHTNESS GRAPHS	22
<b>А.О. Вельгов, М.В. Диня, М.П. Долінський, І.С. Завіша</b> АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПАЛИВНИМИ ЄМНОСТЯМИ <b>A. O. Velhov, M. V. Dynia, M. P. Dolinskiy, I. S. Zavisha</b> AUTOMATED FUEL TANK MANAGEMENT SYSTEM	23
<b>Р.Р. Вербіцький, О.П. Кузьмич, Я.В. Литвиненко</b> МЕТОДИ ОПРАЦЮВАННЯ БІОМЕДИЧНИХ СИГНАЛІВ В ЗАДАЧАХ ТЕЛЕМЕДИЦИНИ <b>R.R. Verbitskiy, O.P. Kuzmich, Ia.V. Lytvynenko</b> METHODS OF PROCESSING BIOMEDICAL SIGNALS IN THE PROBLEMS OF TELEMEDIC	25
<b>Верцюх В.І., Матчак О.М., Олійник Д.А.</b> ЗАСТОСУВАННЯ ФІЛЬТРОВОГО МЕТОДУ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ СТАТИСТИК БІОСИГНАЛІВ <b>V.Vertsuch, O. Matchak, D. Oliyuk</b> APPLICATION OF FILTER METHOD FOR EVALUATION OF BIOSIGNAL STATISTICS	26

### Лістинг двійкового алгоритму "Random Forest"

```

import numpy as np
# Початкові дані: навчальний набір Z := (x11, x12, x13, y11),
. . . , (xn1, xn2, xn3, yn1), ознаки X, та k-сть дерев у лісі T.
def FastForest(Z, X, T):
    # Ініціалізація порожнього набору для зберіг. вивчених
    # моделей дерев
    R = []
    # Цикл по кількості дерев у лісі
    for i in range(T):
        # Створення вибірки з поверненням із навч. набору
        Zi = bootstrap_sample(Z)
        # Навчання моделі дерева на вибірці з поверненням
        ri = LearnTreeModel(Zi, X)
        # Додавання вивченої моделі дерева до набору
        R.append(ri)
    # Повернення набору вивчених моделей дерев
    return R
def LearnTreeModel(Z, X):
    # На кожному вузлі: (Вибір дуже малої підмножини ознак:
    a = select_small_subset(X)
    # Розбиття вузла за найкращою ознакою в підмножині
    best_feature = find_best_feature(Z, a)
    # Повернення вивченої моделі дерева
    return {'split_feature': best_feature}
def bootstrap_sample(Z):
    # Створення вибірки з поверненням із навчального набору Z
    sample_size = len(Z)
    indices = np.random.choice(sample_size, sample_size,
replace=True)
    return [Z[i] for i in indices]
def select_small_subset(X):
    # Вибір дуже малої підмножини ознак зі списку X
    subset_size = min(1, len(X))
    return np.random.choice(X, subset_size, replace=False)
def find_best_feature(Z, X_subset):
    # Заготовка для вибору найкращої ознаки в підмножині
    # Наприклад, критерій, такий як приріст інформації
    best_feature = X_subset[0]
    return best_feature

```

## Програмний код автоматизованої системи моніторингу фізико-хімічних параметрів води на платформі Arduino.

```
#include <Wire.h> // Завантаження бібліотеки для роботи з I2C
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_TSL2561_U.h> // Завантаження бібліотеки
для роботи з датчиком каламутності
// Підключення датчиків
#define PH_SENSOR_PIN A0 // Пін для датчика рН
#define TDS_SENSOR_PIN A1 // Пін для датчика TDS
#define TEMPERATURE_SENSOR_PIN A2 // Пін для датчика
температури
#define CONDUCTIVITY_SENSOR_PIN A3 // Пін для датчика
електропровідності
// Об'єкт для датчика каламутності
Adafruit_TSL2561_Unified tsl =
Adafruit_TSL2561_Unified(TSL2561_ADDR_FLOAT, 12345);
void setup() {
  Serial.begin(9600); // Встановлення з'єднання з монітором
  // Ініціалізація датчика каламутності
  if (!tsl.begin()) {
    Serial.println("Датчик каламутності не виявлено.
Перевірте підключення!");
    while (1);
  }
}
void loop() {
  // Отримання значень з датчиків
  float pHValue = analogRead(PH_SENSOR_PIN);
  float tdsValue = analogRead(TDS_SENSOR_PIN);
  float temperatureValue =
analogRead(TEMPERATURE_SENSOR_PIN);
  float conductivityValue =
analogRead(CONDUCTIVITY_SENSOR_PIN);
```

```
// Вивід значень в консоль
Serial.print("pH: ");
Serial.println(pHValue);
Serial.print("TDS: ");
Serial.println(tdsValue);
Serial.print("Температура: ");
Serial.println(temperatureValue);
Serial.print("Електропровідність: ");
Serial.println(conductivityValue);
// Отримання значення каламутності
sensors_event_t event;
tsl.getEvent(&event);
if (event.light) {
    Serial.print("Каламутність: ");
    Serial.println(event.light);
} else {
    Serial.println("Помилка отримання значень каламутності");
}
delay(5000); // Затримка 5 секунд перед новим вимірюванням
}
```