

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний факультет

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНО:

Завідувач кафедри

_____ Володимир ЄРЕМЕНКО

«_____» _____ 20__р.

Дипломна робота

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньою-професійною програмою «Інформаційні вимірювальні
технології»**

спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

**на тему: «Система моніторингу параметрів водних ресурсів в лікувальних
закладах»**

Виконав:

Виконав студент IV курсу, групи ПВ-01

Ковалінський Іван Іванович

Керівник:

доц. каф. ІВТ, к.т.н., доц.

Синиця Валентин Іванович

Рецензент:

доцент, к.т.н.

Петрик Валентин Федорович.

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2024

**Пояснювальна записка
до дипломної роботи**

**на тему: «Система моніторингу параметрів
водних ресурсів в лікувальних закладах»**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Приладобудівний факультет
Інформаційно-вимірювальних технологій**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

Освітньо-професійна програма «Інформаційні вимірювальні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Володимир ЄРЕМЕНКО

«____» червня 2024р.

ЗАВДАННЯ

**на дипломну роботу студенту
Ковалінському Івану Івановичу**

1. Тема роботи «Система моніторингу параметрів водних ресурсів в лікувальних закладах», керівник роботи к.т.н., доц. Синиця Валентин Іванович, затверджені наказом по університету від «__» _____ 2004р. № __
2. Термін подання студентом роботи до 09.06.2024 р.
3. Вихідні дані до роботи. Система моніторингу повинна забезпечити:
 - а) вимірювання кислотності (лужності) в діапазон від 1 до 14 рН з похибкою не більше $\pm 3\%$ (додатково);
 - б) вимірювання провідності в діапазоні від 1 до 20 мС/см з похибкою не більше $\pm 3\%$ (додатково);
 - в) вимірювання каламутності в діапазоні від 30 до 3000 NTU з похибкою не більше $\pm 3\%$ (додатково);
 - г) вимірювання температури в діапазон від +5 до +45°C з похибкою не більше $\pm 3\%$;
 - д) цифрове оброблення результатів вимірювання;
 - ж) передача сигналу за допомогою бездротового зв'язку;
 - з) моніторинг параметрів алгоритмом машинного навчання з візуалізацією окремих етапів виконання алгоритму.
4. Зміст (дипломної роботи) пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити). Вступ. Огляд існуючих технічних рішень. Розробка схем електричної структурної та функціональної. Аналіз похибок. Розробка і тестування програмного забезпечення.
5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу. Плакати: схема електрична

структурна; схема електрична функціональна; результати тестування розробленого алгоритму. Презентація – не менш ніж 20 слайдів.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 7 квітня 2024 року

Календарний план

	Назва етапів виконання дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Огляд і аналіз існуючих технічних рішень	12.04.2024	Виконано
	Розробка схеми електричної структурної системи	18.04.2024	Виконано
	Розробка схеми електричної функціональної системи	25.04.2024	Виконано
	Аналіз похибок вимірювальних каналів та розрахунок показників точності	01.05.2024	Виконано
	Розробка програмного забезпечення	10.05.2024	Виконано
	Тестування програмного забезпечення	21.05.2024	Виконано
	Оформлення графічних матеріалів	26.05.2024	Виконано
	Оформлення пояснювальної записки	31.05.2024	Виконано
	Перевірка з плагіату	07.06.2024	Виконано
	Відгук керівника	08.06.2024	Виконано
	Попередній захист дипломної роботи	12.06.2024	Виконано
	Затвердження зав. кафедри	14.06.2024	Виконано
	Рецензування дипломної роботи	19.06.2024	Виконано
	Захист дипломної роботи	до 23.06.2024	Виконано

Студент

Іван КОВАЛІНСЬКИЙ

Керівник

Валентин СИНИЦЯ

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота присвячена розробці системи моніторингу параметрів водних ресурсів у лікувальних закладах з використанням вимірювальних перетворювачів, мікроконтролера Arduino, та засобів передачі зв'язку. Актуальність моніторингу параметрів водних ресурсів пояснюється необхідністю забезпечення безпеки пацієнтів медичних закладів, а також підвищенням загального рівня санітарії та гігієни.

У роботі детально розглянуто вибір перетворювачів для вимірювання основних параметрів якості води. Обґрунтовано використання мікроконтролера Arduino, який забезпечує зручність інтеграції з різними типами перетворювачів, та можливість збирання даних у реальному часі для подальшої їх обробки.

Програмне забезпечення, розроблене для цієї системи, включає модулі для збору, обробки та аналізу даних, а також для їх передачі на віддалений сервер. Це дозволяє здійснювати моніторинг водних ресурсів дистанційно та в режимі реального часу. Описано структуру та функціональні можливості програмного забезпечення, а також проведено його тестування на базі даних.

Особливу увагу приділено аналізу похибок вимірювань, що дозволяє оцінити точність та надійність запропонованої системи. Проведені експерименти підтверджують ефективність системи моніторингу для використання в медичних закладах, забезпечуючи високу якість параметрів водних ресурсів та відповідність санітарно-гігієнічним нормам.

Ключові слова : моніторинг водних ресурсів, лікувальних закладах, вимірювальний перетворювач, якість води, оцінка якості, програмне забезпечення, машинне навчання.

ABSTRACT

This thesis is devoted to the development of a system for monitoring water resources parameters in medical institutions using measuring transducers, an Arduino microcontroller, and communication tools. The relevance of monitoring water resources parameters is explained by the need to ensure patient safety in medical institutions, as well as to improve the overall level of sanitation and hygiene.

The article describes in detail the choice of transducers for measuring the main parameters of water quality. The use of the Arduino microcontroller is substantiated, which provides ease of integration with various types of sensors and the ability to collect data in real time for further processing.

The software developed for this system includes modules for collecting, processing, and analyzing data, as well as for transferring them to a remote server. This makes it possible to monitor water resources remotely and in real time. The structure and functionality of the software are described, and its testing on real data is carried out.

Particular attention is paid to the analysis of measurement errors, which allows us to assess the accuracy and reliability of the proposed system. The conducted experiments confirm the effectiveness of the monitoring system for use in medical institutions, ensuring high quality of water resources parameters and compliance with sanitary and hygienic standards.

Keywords: water resources monitoring, medical institutions, measuring transducer, water quality, quality assessment, software, machine learning.

Зміст

Зміст	7
СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ	9
ВСТУП.....	12
1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ	14
1.1 Огляд вимірювальних перетворювачів.....	14
1.1.1 Вимірювальний перетворювач рівня рН (рН-метр).....	15
1.1.2 Вимірювальний перетворювач провідності (кондуктометр).....	16
1.1.3 Вимірювальний перетворювач мутності (турбідиметр).....	17
1.1.4 Вимірювальний перетворювач температури.....	18
1.1.5 Вимірювальний перетворювач термоелектричний (термопара)	19
1.2 Огляд мікроконтролерів	20
1.2.1 Мікроконтролер «Електроніка МС2702»	20
1.2.2 Мікроконтролери фірми Intel.....	21
1.2.3 Мікроконтролер (МК51).....	22
1.2.4 Мікроконтролери фірми Atmel	24
1.2.5 Мікроконтролери фірми Microchip	25
1.3 Огляд бездротового зв'язку.....	26
1.3.1 Технології бездротового зв'язку малого радіусу дії.....	26
1.3.2 Технологія бездротового зв'язку великої дальності	31
Висновки до розділу 1	37
2. РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТРУКТУРНОЇ.....	38
2.1 Опис структурної схеми	38
2.2 Розробка алгоритму роботи системи	40
2.3 Складання рівняння вимірювання каналу температури	42
2.4 Попередній розрахунок похибок каналу вимірювання температури	44
Висновки до розділу 2	44
3. РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ.....	46
3.1 Опис і обґрунтування складових системи	46
3.2 Схематичне зображення системи.....	60
Висновки до розділу 3	61

4. АНАЛІЗ ПОХИБОК.....	63
4.1 Розрахунок похибки перетворення значень температури в цифровий формат.....	63
4.1.1 Розрахунок похибки квантування	63
4.1.2 Розрахунок похибки диференційної нелінійності	64
4.2 Розрахунок похибки обчислювальних операцій	64
4.2.1 Розрахунок похибки добутку.....	64
4.2.2 Розрахунок похибки частки	65
4.3 Розрахунок сумарної похибки каналу вимірювання температури	65
Висновки до розділу 4	66
5. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	68
5.1 Вибір інструменту та середовища для створення програмного забезпечення.....	68
5.2 Огляд алгоритмів машинного навчання прогнозування.....	71
5.3 Реалізація програмного забезпечення.....	77
5.3.1 Вибір інструментів та середовища розробки	77
5.3.2 Основні компоненти програмного забезпечення	78
5.3.3 Впровадження методів машинного навчання	78
5.4 Експериментальне дослідження з розробленим програмним забезпеченням	79
Висновки до розділу 5	89
ВИСНОВКИ	90
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	91
ДОДАТОК А	95

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

ПЗП – пам'ять з постійним запам'ятовуванням програм.

BIC – (вбудована інтегрована схема): мікросхема, яка включає всі або майже всі компоненти електронної системи на одному чипі.

n-МОП – (n – каналний метал-оксид-напівпровідник): технологія створення транзисторів, яка використовує негативно заряджені носії заряду (електрони).

ППП – програмна пам'ять програми.

ПД – пам'ять даних.

ЗПП – зовнішня програмна пам'ять.

ЗПД – зовнішня пам'ять даних

RISC – (Reduced Instruction Set Computer): архітектура процесора з обмеженим набором інструкцій, що дозволяє збільшити швидкість виконання програм.

PIC – (Peripheral Interface Controller): сімейство мікроконтролерів, розроблених компанією Microchip Technology, відомих своєю простою архітектурою та широким використанням.

SPI – (Serial Peripheral Interface): протокол інтерфейсу для обміну даними між мікроконтролерами і периферійними пристроями.

RFID – (Radio-Frequency Identification): технологія безконтактної ідентифікації об'єктів за допомогою радіохвиль.

Wi-Fi – безпроводна точність.

IoT – IoT (Internet of Things): система взаємопов'язаних об'єктів, які можуть передавати дані через мережу без необхідності втручання людини.

MAC – (Media Access Control) – Управління доступом до середовища.

UWB – (Ultra-Wideband): технологія бездротового зв'язку, що використовує дуже широкі смуги частот для передачі даних на короткі відстані.

ISM – (Industrial, Scientific, and Medical): смуги частот, зарезервовані для промислових, наукових і медичних цілей.

NFC – (Near Field Communication): технологія бездротового зв'язку для передачі даних на дуже короткі відстані.

6LoWPAN – (IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks): протокол для

передачі IPv6 пакетів через мережі з низьким енергоспоживанням.

WPAN – (Wireless Personal Area Network): бездротова персональна мережа для підключення пристроїв на короткі відстані.

GFSK – (Gaussian Frequency Shift Keying): метод модуляції, який використовується в цифровому зв'язку.

DQPSK – (Differential Quadrature Phase Shift Keying): метод модуляції, що використовується для передачі даних у цифрових мережах.

8DPSK – (8-phase Differential Phase Shift Keying): метод модуляції, що забезпечує високу швидкість передачі даних.

ISO – (International Organization for Standardization): міжнародна організація, що розробляє стандарти.

IEC – (International Electrotechnical Commission): міжнародна організація, що розробляє стандарти в галузі електротехніки та електроніки.

IrDA – (Infrared Data Association): технологія передачі даних за допомогою інфрачервоного випромінювання.

GUI – (Graphical User Interface): графічний інтерфейс користувача.

Vis – (Virtual Instruments): віртуальні прилади, що використовуються в програмному забезпеченні для моделювання реальних приладів.

GPB – (General Purpose Interface Bus): стандарт інтерфейсу для підключення та керування приладами.

USB – (Universal Serial Bus): універсальний послідовний інтерфейс для підключення периферійних пристроїв.

АЦП – (аналогово-цифровий перетворювач): пристрій для перетворення аналогових сигналів у цифрові.

ОМ – об'єкт моніторингу.

ВП – Вимірювальний перетворювач.

ЗВР – загально зважені речовини.

IDE – (Integrated Development Environment): інтегроване середовище розробки програмного забезпечення.

NTU – (Nephelometric Turbidity Unit): одиниця вимірювання каламутності води.

БЖ – блок живлення.

ПК – персональний комп'ютер.

ICSP – (In-Circuit Serial Programming): метод програмування мікроконтролерів безпосередньо в схемі.

I2C – (Inter-Integrated Circuit): послідовний шини для підключення інтегральних схем.

SPI – (Serial Peripheral Interface): протокол послідовного інтерфейсу для обміну даними.

ПЗ – (програмне забезпечення).

SVM – (Support Vector Machine): метод машинного навчання для класифікації даних.

RNN – (Recurrent Neural Network): рекурсивна нейронна мережа, яка використовується для обробки послідовних даних.

CNN – (Convolutional Neural Network): згорткова нейронна мережа, яка використовується для обробки зображень.

MSE – (Mean Squared Error): середньоквадратична помилка, метрика для оцінки якості моделей.

MAE – (Mean Absolute Error): середня абсолютна помилка, ще одна метрика для оцінки моделей.

KNN – (K-Nearest Neighbors): алгоритм машинного навчання для класифікації та регресії даних.

ВСТУП

Україна - територія, що має безліч лікувальних закладів із використанням водних ресурсів. Найчастіше українці прагнуть покращити своє здоров'я в місцях, де можна полікуватися мінеральними водами, у тому числі й басейнах, чанах, банях та саунах. Застосування вимірювальних приладів у таких закладах є неабияк важливим, бо пацієнтам необхідно дотримуватися температурного режиму, насичення води різноманітними мінеральними речовинами, що неможливо зробити без вимірювання, а тому наша робота є неабияк актуальною.

Забезпечення якості водних ресурсів є важливим аспектом для функціонування лікувальних закладів. З огляду на підвищені вимоги до санітарно-гігієнічних умов, моніторинг параметрів води стає невід'ємною частиною медичної практики. Якість води безпосередньо впливає на здоров'я пацієнтів, роботу медичного персоналу та загальний рівень безпеки в лікарнях. Відповідно, впровадження ефективних систем моніторингу є одним з пріоритетів у галузі охорони здоров'я.

У сучасному світі метрологія та обчислювально-вимірювальна техніка охоплюють різні сфери діяльності, включаючи медицину. У контексті моніторингу води [19] це дозволяє створювати системи, які можуть збирати, аналізувати та передавати дані про якість води в режимі реального часу. Це, у свою чергу, сприяє своєчасному виявленню відхилень та прийняттю необхідних заходів для їх усунення.

Мета даної дипломної роботи полягає у розробці системи моніторингу параметрів, що застосовуються в лікувальних закладах із використанням водних ресурсів, та зробити відповідні висновки програми складових системи, яка, в першу чергу, спрямована на підвищення якості обслуговування в закладах лікування з використанням водних ресурсів. Використання високоточних складових системи забезпечення покращення віддалених способів отримання даних, обміну інформацією, дистанційного керування системою загалом.

Отже, об'єктом дослідження в даній роботі слугують водні ресурси у закладах лікування.

Предметом дослідження є створення системи моніторингу параметрів водних ресурсів, що включає апаратну частину а також програмне забезпечення з використання штучного інтелекту.

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

Пристрої, що входять до нашої системи мають подібний принцип дії. Усі перетворювачі безперервно аналізують навколишнє середовище та його параметри. В результаті отримані дані дають змогу контролювати та регулювати стан середовища.

1.1 Огляд вимірювальних перетворювачів

Вимірювальні перетворювачі – це пристрої, що виконують операцію під час якої форма вимірювальної величини перетворюється в іншу, більш зручну для вимірювання, запису або обробки. Вони використовуються для передачі інформації про значення вимірювальної величини у вигляді сигналу. Цей сигнал може бути аналоговим або цифровим і використовується для передачі до приладу, щоб обробити та відобразити результати вимірювання. Фізична основа вимірювальних перетворень полягає у перетворенні одного виду енергії (механічної, теплової, світлової) в інший вид, який може бути вимірюваний та інтерпретований. Завдяки цьому ми можемо отримувати точні дані про фізичні величини та їх стан.

Вимірювальні перетворювачі можуть бути різними. У найпростішій формі це первинні перетворювачі, які вимірюють фізичну величину і перетворюють її в електричний сигнал, напругу або струм. Такі сенсори мають встановлені метрологічні характеристики. Інший тип – це функціонально закінчені перетворювачі, які включають не лише датчик, але і вторинний електричний вимірювальний прилад, а також пристрої для обробки сигналу такі як лінії зв'язку, підсилювачі, пристрої гальванічного розділення тощо. Також існують перетворювачі, які видають цифровий сигнал, що дозволяє отримати дані в цифровому форматі. Ці перетворювачі використовують обчислювальні компоненти і кодові засоби для вимірювання.

Для моніторингу параметрів водних ресурсів використовуються чимало типів датчиків кожен з яких призначений для визначення різних показників. Найпопулярнішими є:

- РН-метри: Використовуються для вимірювання кислотності чи

лужності води. Важливий показник для багатьох процесів, включаючи питну воду та воду для промислового використання.

- Мутноміри (турбідиметри): Використовуються для вимірювання каламутності води, визначають ступінь її прозорості.
- Вимірювачі температури: Служать для визначення температури водного середовища
- Кондуктометри (вимірювачі провідності): Визначають електричну провідність води, яка може свідчити про вміст розчинених солей та інших іонів.

1.1.1 Вимірювальний перетворювач рівня рН (рН-метр)

Аналоговий вимірювальний перетворювач рівня рН (рис. 1.1) працює на основі вимірювання електричного потенціалу між двома електродами: скляним електродом (чутливим до іонів водню) та еталонним електродом (зазвичай, хлорсрібним). Скляний електрод і еталонний електрод формують електрохімічну комірку, яка генерує електричний потенціал, пропорційний концентрації іонів водню в розчині.



Рисунок 1.1 – Загальний огляд ВП рівня рН

Такі перетворювачі використовуються в широкому спектрі галузей, оскільки більшість продуктів та процесів вимагають певного значення рН для оптимальної активності або стабільності. Вони є незамінними у харчовій промисловості, виробництві напоїв, косметичній та фармацевтичній галузях.

Також рН-метри застосовуються для обслуговування басейнів, де важливо

контролювати рівень рН води для запобігання розвитку мікроорганізмів та забезпечення комфортного середовища для плавання.

Ці датчики працюють шляхом вимірювання електричного потенціалу (напруги), що створюється розчином, який ви досліджуєте. Він використовує цей електричний потенціал для визначення рівня кислотності чи лужності розчину, що дозволяє визначити його рН. Вимірювальний перетворювач рівню рН не може прямо виміряти концентрацію іонів водню, але використовує електричний потенціал для визначення рівня рН, що є індикатором концентрації іонів водню у розчині.

1.1.2 Вимірювальний перетворювач провідності (кондуктометр)

ВП провідності (рис. 1.2) вимірює електричну провідність розчину, яка в свою чергу залежить від концентрації розчинених іонів у ньому. Основний принцип роботи полягає в тому, що розчин іонізується на позитивні та негативні іони, які можуть переносити електричний заряд.



Рисунок 1.2 – Загальний огляд ВП провідності

Вимірювальний перетворювач провідності має два електроди, які занурюються в розчин. При зануренні у розчин, розчинені іони починають рухатися між електродами під впливом електричного поля, створеного між ними. Чим більша концентрація іонів у розчині, тим більший електричний струм протікає між електродами. Перетворювач вимірює цей електричний струм і конвертує його у відповідний сигнал напруги або струму, який можна інтерпретувати як показник провідності розчину. Таким чином, вимірюючи провідність, можна оцінити концентрацію розчинених іонів у розчині, що може бути корисним для контролю

якості води або інших рідин.

ВП провідності може вимірювати широкий спектр провідності, що дозволяє його використовувати для різноманітних потреб, від вимірювання провідності чистої води до більш концентрованих розчинів. Вбудований термістор компенсує вплив температури на вимірювання. Це дозволяє отримувати більш точні показники провідності при різних температурах розчину.

1.1.3 Вимірювальний перетворювач мутності (турбідиметр)

Вимірювальний перетворювач мутності (рис. 1.3) вимірює ступінь мутності рідини, яка визначається кількістю суспендованих частинок, що розсіюють світло.

Принцип роботи таких перетворювачів зазвичай базується на вимірюванні інтенсивності розсіяного або пропущеного світла.



Рисунок 1.3 – Загальний огляд ВП каламутності

Турбідиметрія базується на принципі пропускання світла через неоднорідне середовище, де кінцевий сигнал формується завдяки світлу, яке проходить через весь об'єм аналізованого середовища (рис 1.3.1).

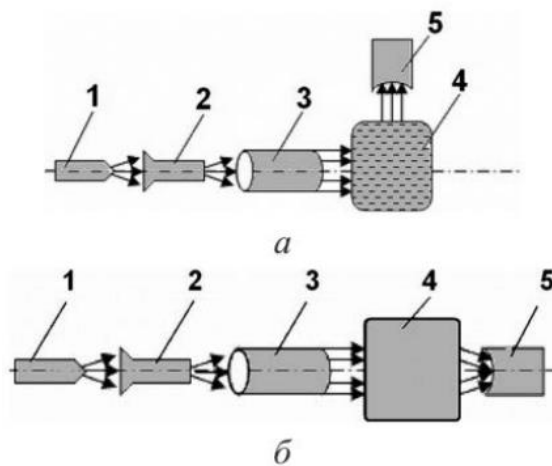


Рис. 1.3.1 – Класична схема нефелометричного (а) та турбідиметричного (б) аналізу: 1 - джерело випромінювання; 2 - випромінювач; 3 - оптична система; 4 - неоднорідна середовище; 5 – фотоприймач.

Мутноміри цього типу можуть бути використані для постійного контролю рівня мутності води у технологічних процесах. Вони працюють у режимі періодичних вимірювань з записом результатів. Через пряму залежність між пропусканням світла і концентрацією суспензій, мутність середовища може бути визначена за допомогою градувальних кривих.

1.1.4 Вимірювальний перетворювач температури

Вимірювальні перетворювачі температури складаються з металу, зазвичай платини, яка змінює свій опір при зміні температури. Платина використовується через свою стабільність і відтворюваність характеристик. Для високих температур може використовуватися вольфрам.



Рисунок 1.4 – Вимірювальний перетворювач температури

Такі перетворювачі мають хорошу лінійність і стабільність, і можуть бути вбудовані безпосередньо в мікроструктури. Термістори виготовляються з метал-оксидних сполук і вимірюють лише абсолютну температуру.

Вимірювальні перетворювачі температури використовують зміну електричного опору матеріалу зі зміною температури. Принцип роботи полягає в тому, що при збільшенні температури матеріалу змінюється його опір. Цю залежність можна виразити за допомогою формули, що визначає залежність опору від температури. Для отримання точних вимірювань температури необхідно мати даний коефіцієнт температурного коефіцієнта опору (ТКО), який вказується у даташиті датчика.

1.1.5 Вимірювальний перетворювач термоелектричний (термопара)

Термоелектричні перетворювачі (рис. 1.5), працюють за принципом термоелектричного ефекту, який полягає в утворенні електричного струму у замкнутому контурі з двох різнорідних матеріалів або провідників, якщо їх з'єднання знаходиться при різних температурах.



Рисунок 1.5 – Термоелектричні (термопари)

Термопари, є одними з найпоширеніших та найстабільніших датчиків температури. Вони використовуються в багатьох галузях, включаючи промисловість, медицину, науку та інші сфери. Однією з особливостей термопар є їх здатність працювати при високих температурах, що робить їх ідеальними для вимірювання температур у виробничих процесах, де вимоги до термостійкості високі. Вони мають декілька переваг, включаючи високу чутливість, широкий

діапазон вимірювань температур, швидкість відгуку на зміни температури та можливість вимірювати температури у різних середовищах (навіть агресивних). Також вони є досить надійними та мають довгий термін служби. Принци роботи полягає в тому, що один кінець занурений у середовище, яке вимірюється, а інший залишається незануреним. Такі перетворювачі є відносними датчиками, оскільки їх вихідна напруга залежить від різниці температур двох їхніх частин, а не від абсолютних значень температур. Їх діапазон вимірювання температур залежить від матеріалів, використовуваних у термопарі.

1.2 Огляд мікроконтролерів

Мікроконтролери — це мікропроцесори, які використовуються для управління електронними пристроями. Типовий сучасний контролер поєднує в собі мікропроцесорне ядро, пам'ять і різноманітні периферійні пристрої, такі як аналого-цифрові та цифро-аналогові перетворювачі, таймери, порти вводу-виводу тощо. Актуальні мікроконтролери мають високу обчислювальну потужність і можуть виконувати складні завдання. Вони широко використовуються в різних галузях, включаючи автомобільну промисловість, медичні пристрої, побутову техніку, інформаційні системи та інші.

1.2.1 Мікроконтролер «Електроніка MC2702»

Одним з перших вітчизняних мікроконтролерів, що вироблявся на заводі в місті Борзна, є багатокристальний мікроконтролер MC2702 [30]. Він базувався на мікропроцесорному комплекті K580 і складався з різних мікросхем.

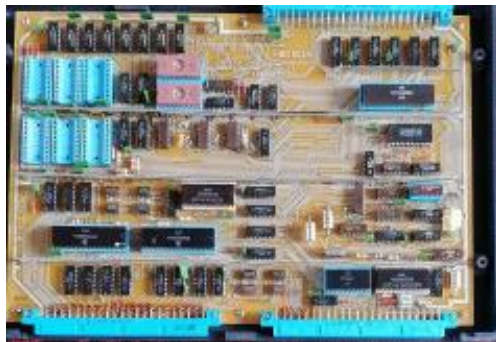


Рисунок 1.6 – Мікроконтролер Електроніка MC2702

Пам'ять MC2702 була організована за байтовою структурою, з можливістю адресації будь-якого байта. При звертанні до пам'яті використовувалися 16-розрядні (двобайтні) адреси. Мікропроцесор виконував логічні та арифметичні операції.

1.2.2 Мікроконтролери фірми Intel

Однокристальні мікроконтролери сімейства MCS-51 [30] з восьмирозрядною архітектурою виготовлені за технологією n-MOS (серія 1816) і CMOS (серія 1830). Це сімейство пропонує збільшення обсягу пам'яті для команд і даних, нові можливості для введення-виведення та периферійних пристроїв, розширює спектр застосування і зменшує загальні витрати системи.



Рисунок 1.7 – Мікроконтролер фірми Intel

Контролери KP1816BE51 і KP1830BE51 мають вбудовану програмовану в процесі виготовлення ПЗП пам'ять програм об'ємом 4096 байт і призначені для використання в масовому виробництві. Завдяки можливості використання зовнішніх мікросхем пам'яті, загальний обсяг пам'яті програм може бути розширений до 64 Кбайт. Мікроконтролери KP1816BE31 і KP1830BE31 не мають вбудованої пам'яті програм, проте можуть використовувати до 64 Кбайт зовнішньої постійної або перепрограмованої пам'яті. Вони ефективно застосовуються в схемах, які потребують значно більшого обсягу ПЗП пам'яті програм, ніж є на кристалі (більше 4 Кбайт).

Таблиця 1.1 – Порівняльні дані мікросхем

Мікросхема	Аналог	Обсяг внутрішньої пам'яті програм, Кбайт	Тип пам'яті програм	Обсяг внутрішньої пам'яті даних, байт	Максимальна частота проходження тактових сигналів, МГц	Струм споживання, мА
KP1816BE31	8031 АН	–	зовнішн.	128	12,0	150,0
KP1816BE51	8051 АН	4	ПЗП	128	12,0	150,0
KM1816BE751	8751Н	4	ППЗУ	128	12,0	220,0
KP1830BE31	80С31ВН	–	зовнішн.	128	12,0	18,0
KP1830BE51	80С51ВН	4	ПЗП	128	12,0	18,0

Кожен ОМЕОМ є аналогом серії мікросхем MCS-51 від компанії Intel (США). Усі мікроконтролер в цьому сімействі має вбудовану оперативну пам'ять об'ємом 128 байт, яку можна розширити до 64 Кбайт за рахунок зовнішніх мікросхем пам'яті.

1.2.3 Мікроконтролер (МК51)

Мікроконтролер KM1816BE51 (МК51) [30] є однокристальним. Виготовляється у корпусі ВІС на основі високорівневої n-МОП технології, що дозволяє досягти вищого рівня інтеграції порівняно з біполярними структурами. Корпус має 40 зовнішніх виводів, інформація про які наведена на рисунку 1.8. Для роботи потрібно одне джерело живлення +5 В. МК51 взаємодіє з оточуючим середовищем через чотири програмовані порти введення-виведення у стандарті TTL-схем з трьома станами виходу.

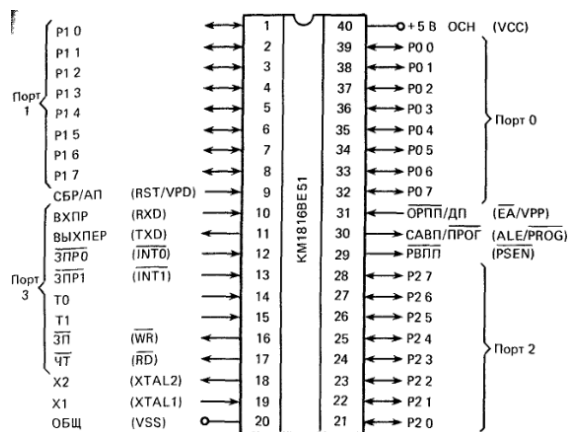


Рисунок 1.8 – Схема виводів мікроконтролера KM1816BE51

Корпус мікроконтролера має два виводи для підключення кварцевого резонатора, які використовуються для забезпечення точного тактового сигналу. Також у корпусі є чотири виводи для сигналів, що керують режимом роботи мікроконтролера, і вісім ліній порту 3, які можуть бути налаштовані користувачем для спеціалізованого обміну інформацією з оточуючим середовищем. Назва та значення виводів вхідних та вихідних рівнів:

Також цей мікроконтролер має особливий режим роботи. Він використовується під час налагодження та модифікації програм для МК51, що дозволяє змінити конфігурацію зовнішньої пам'яті. Такий режим дозволяє поєднати адресний простір програмної пам'яті (ПЗП) та дані (ЗПД). Це досягається за допомогою підключення зовнішньої логіки, яка показана на рисунку 1.9.

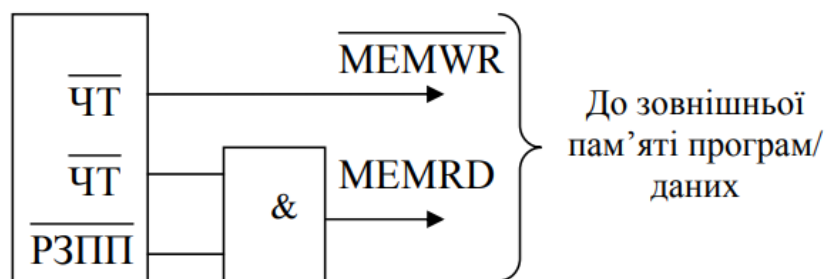


Рисунок 1.9 – Схема підключення зовнішньої пам'яті

Необхідно мати на увазі, що способи адресації програмної пам'яті програм (ППП), пам'яті даних (ПД), зовнішньої програмної пам'яті (ЗПП), зовнішньої

пам'яті даних (ЗПД) і блоку регістрів спеціальних функцій різняться один від одного. Тому версія програми, яка відлагоджується в середовищі зовнішньої пам'яті програм та даних, буде відрізнятися від завантаженої в програмну пам'ять версії програми.

1.2.4 Мікроконтролери фірми Atmel

Компанія Atmel [30] - виготовляє потужні, універсальні та легко використовувані мікроконтролери (рис. 1.10), які знайшли широке застосування у сфері вбудованих систем. Вони широко використовуються в платформі Arduino. Наприклад, ATmega328P використовується в Arduino Uno, одному з найпопулярніших і поширених моделей Arduino.



Рисунок 1.10 Мікроконтроллер Atmel ATmega328

Завдяки своїй високій продуктивності, низькому споживанню енергії та розширеним можливостям, вони стали популярними серед розробників електроніки для великої кількості проектів, від простих пристроїв до складних систем.

Мікроконтролери серії Atmel ATmega328 є популярними і використовуються у багатьох проектах електроніки. Вони базуються на архітектурі RISC і мають високу продуктивність і низьке споживання енергії.

1.2.5 Мікроконтролери фірми Microchip

Мікроконтролери фірми Microchip (рис. 1.11), зокрема серії PIC (Peripheral Interface Controller), є досить популярними в галузі вбудованих систем. Ці контролери відомі своєю надійністю, широким функціоналом і доступністю для різних застосувань.



Рисунок 1.11 – Мікроконтроллер Microchip

Основні особливості мікроконтролерів фірми Microchip включають:

1. RISC-архітектура: Вони використовують спрощену архітектуру зі зменшеною кількістю команд, що дозволяє їм працювати швидше і ефективніше.
2. Широкий вибір моделей: Microchip пропонує широкий спектр моделей з різними параметрами, такими як кількість виводів, швидкість, обсяг пам'яті та інші характеристики, що дозволяє вибрати потрібний контролер для конкретного застосування.
3. Периферійні пристрої: Вони мають різноманітні периферійні пристрої, такі як таймери, звукові генератори, аналого-цифрові та цифро-аналогові перетворювачі, що дозволяє розширити можливості контролера.
4. Енергоефективність: Microchip відома своєю технологією низького споживання енергії, що робить їх ідеальними для пристроїв з живленням від батарей або акумуляторів.
5. Програмована пам'ять: Більшість контролерів мають вбудовану флеш-пам'ять, що дозволяє швидко програмувати та змінювати програмний код без необхідності видалення та перезаписування.

6. Легка розробка: Microchip надає широкі можливості для розробки програмного забезпечення, такі як безкоштовні інструменти розробки, компілятори та емулятори, що полегшує розробку вбудованих систем.
7. Низька вартість: Мікроконтролери серії PIC від Microchip відомі своєю доступністю і низькою вартістю, що робить їх привабливими для великої кількості застосувань, де потрібно економити на витратах.
8. Широкий вибір периферійних пристроїв: Microchip пропонує широкий вибір периферійних пристроїв, таких як ШИМ-контролери, засоби вводу-виводу, UART (універсальний асинхронний приймач-передавач), SPI (послідовний інтерфейс передачі даних) та інші, що дозволяє створювати складні пристрої з високим рівнем функціональності.
9. Широкий спектр застосувань: Завдяки своїм характеристикам та можливостям, мікроконтролери Microchip знаходять застосування у багатьох галузях, включаючи автомобільну промисловість, медичні пристрої, побутову техніку, електроніку споживчого призначення та інші.

1.3 Огляд бездротового зв'язку.

Бездротовий зв'язок став дуже популярним завдяки своїй зручності і гнучкості у використанні [17]. Він дозволяє підключати пристрої без застосування дорогого обладнання, кабелів, з'єднань. Технології поділяються на два типи, бездротовий зв'язок малого радіусу дії та великого.

1.3.1 Технології бездротового зв'язку малого радіусу дії

Технологія бездротового зв'язку на короткій відстані використовує мережеві протоколи, щоб з'єднати вузли розташовані неподалік один від одного. Цей тип радіозв'язку може зменшити споживану потужність, обсяг, теплові втрати і вартість. Він застосовується у широкому спектрі сценаріїв і вимог, що робить його ідеальним для автоматизації комерційних будівель, зондування парників та моніторингу енергії в житлових приміщеннях.

Більшість таких систем реалізовані у вигляді малих, економних інтегральних

схем або повних плагінних модулів. Технологія забезпечує бездротове з'єднання в діапазоні локальної взаємодії і може бути розділена на різні типи для різних цілей.

Опис технології бездротового зв'язку Bluetooth

Bluetooth – це бездротова технологія зв'язку, яка працює на основі стандарту IEEE 802.15.1. Вона відрізняється від Wi-Fi тим, що споживає менше енергії. Спочатку Bluetooth був розроблений для передачі даних між персональним комп'ютером і периферійними пристроями, такими як клавіатура, миша, принтер, мобільний телефон, гарнітура, тощо. Мережі, в яких використовується Bluetooth для підключення цих пристроїв, називаються WPAN (бездротові персональні мережі).

Bluetooth використовує зіркоподібну топологію мережі, що дозволяє підключити до семи пристроїв до однієї точки доступу. Технологія працює в діапазоні ISM на частоті 2,4 ГГц та використовує модуляцію з розширеним спектром зі стрибками частоти за допомогою GFSK, DQPSK або 8DPSK. Швидкість передачі даних становить 1 Мбіт/с для GFSK, 2 Мбіт/с для DQPSK і 3 Мбіт/с для 8DPSK. Звичайна дальність зв'язку складає близько десяти метрів, але в умовах відкритого простору може досягати понад 100 метрів.

Опис технології бездротового зв'язку RFID

RFID (Radio-Frequency Identification) - це технологія ідентифікації, яка використовує радіочастотні сигнали для зчитування і записування інформації на спеціальні мітки, які можуть бути прикріплені до об'єктів. Основний принцип роботи полягає в тому, що зчитувач передає радіочастотний сигнал, який живить пасивну мітку і дозволяє їй відповісти збереженою інформацією. RFID-мітки мають такі переваги, як компактність, невелика вартість та можливість прикріплення до різних об'єктів. Вони знаходять застосування у багатьох галузях, таких як управління запасами, логістика, безпека та інше. RFID може працювати на різних частотах, включаючи 13.56 МГц, 125 кГц, 134.5 кГц, а також у діапазоні 902-928 МГц. Стандарти RFID визначаються ISO/IEC.

Опис технології бездротового зв'язку Wi-Fi

Wi-Fi – це технологія бездротового зв'язку, заснована на стандарті IEEE 802.11. Вона широко використовується у сучасному світі. Діапазони Wi-Fi добре підходять для зони прямої видимості через високе поглинання сигналу, але різні перешкоди, такі як стіни та побутова техніка, можуть значно зменшувати його діапазон. Ці перешкоди також можуть допомагати зменшити взаємний вплив між різними мережами.

Технологія працює на частоті 5 ГГц з максимальною швидкістю передачі даних 54 Мбіт/с. Стандарти IEEE 802.11b і IEEE 802.11g працюють на частоті 2,4 ГГц із максимальною швидкістю передачі даних 11 Мбіт/с і 54 Мбіт/с відповідно. Крім того, Wi-Fi може використовувати різні діапазони частот: 900 МГц, 2,4 ГГц та 5 ГГц.

Опис технології бездротового зв'язку UWB

Технологія над ширококутового зв'язку (UWB) – це стандарт бездротового зв'язку малого радіусу дії, визначений WiMedia Alliance. Вона використовує надзвичайно низьку потужність, щоб уникнути перешкод у визначеному діапазоні частот від 3,1 до 10,6 ГГц для створення високошвидкісного зв'язку на коротких відстанях. Максимальна відстань зв'язку становить приблизно десять метрів, але в більшості випадків діапазон становить лише кілька метрів. Смуга частот розділена на кілька каналів шириною 528 МГц. Швидкість передачі даних варіюється від 53 Мбіт/с до 480 Мбіт/с.

UWB в основному використовується для високошвидкісного бездротового зв'язку для таких пристроїв, як телевізори, камери, ноутбуки тощо. Останні додатки зосереджені на зборі даних з датчиків, відстеженні руху та точному визначенні місцезнаходження. У порівнянні з іншими технологіями, такими як розширення спектру, UWB не впливає на традиційний вузькосмуговий зв'язок і передачу несучої в тій же смузі частот.

Опис технології бездротового зв'язку ZigBee

ZigBee [12] – це бездротова технологія зв'язку, заснована на стандарті IEEE 802.15.4, яка призначена для створення мереж з малопотужними та енергоефективними цифровими радіостанціями. ZigBee використовується для створення бездротових персональних мереж (WPAN), які застосовуються в домашній автоматизації, медичних пристроях та інших сферах.

Приклади застосувань ZigBee включають системи управління дорожнім рухом, бездротові вимикачі світла, лічильники електроенергії з домашніми дисплеями та інші пристрої, які працюють на низьких швидкостях передачі даних. Загалом, цей протокол відрізняється низьким енергоспоживанням і призначений для персональних бездротових мереж з низькою швидкістю передачі даних.

Опис технології бездротового зв'язку ISM

Найбільш популярним діапазоном частот ISM є 2,4-2,483 ГГц, який використовується для Wi-Fi, бездротових телефонів, Bluetooth, радіо стандарту 802.15.4 та інших технологій. На другому місці за популярністю є діапазон 902-928 МГц. Інші частоти ISM використовуються менш поширено. Наприклад, 315 МГц використовується для систем дистанційного керування автозамками та відкривання дверей гаража, а 433 МГц - для дистанційного контролю температури. Деякі інші менш популярні частоти включають 13,56 МГц, 27 МГц та 72 МГц.

Опис технології бездротового зв'язку NFC

Near Field Communication (NFC) [13] - це технологія, що дозволяє обмінюватися даними на дуже короткій відстані, зазвичай в межах кількох сантиметрів. Вона використовується для різних програм, таких як безпечні платіжні операції та передача інших аналогічних даних. NFC має високий рівень безпеки завдяки шифруванню даних та обмеженій відстані зв'язку. Основна ідея NFC полягає в тому, що вона працює на низькій частоті 13,56 МГц і використовує магнітне поле для передачі сигналів, що відрізняє її від інших технологій бездротового зв'язку. Багато сучасних смартфонів підтримують NFC, що дозволяє

їм використовувати цю технологію для різних цілей, включаючи безконтактні платежі. Також важливо зазначити, що NFC може використовуватися для читання тегів, які можуть бути прикріплені до різних об'єктів.

Опис технології бездротового зв'язку Z -Wave

Z -Wave - це технологія бездротової мережі малого радіусу дії, яка дозволяє підключати до 230 різних вузлів до однієї мережі. Ця технологія працює в спеціальному діапазоні частот, такому як 908.42 МГц у Сполучених Штатах і Канаді, і використовує інші частоти згідно з національними стандартами. Зв'язок модулюється за допомогою методу GFSK. Швидкість передачі даних може сягати 9600 біт/сек і 40 біт/сек. У відкритому просторі можлива відстань до 30 метрів, але сигнал значно втрачається при проходженні через стіни та перешкоди. Головні застосування Z-Wave включають термостати, дверні замки, системи автоматизації в будинку, освітлення, датчики диму, охоронні системи та іншу побутову техніку.

Опис технології бездротового зв'язку IrDA

Інфрачервоний бездротовий зв'язок (IrDA) використовує низькочастотне з'єднання, відмінне від радіохвиль, і передає дані через невидиме інфрачервоне світло. Його основний діапазон довжин хвиль знаходиться в межах 850-940 нм. У системах інфрачервоного зв'язку використовуються інфрачервоні світлодіоди для випромінювачів та діодні фотодетектори з підсилювачами для приймачів. Сигнали інфрачервоного світла часто модулюються високочастотними сигналами, які потім кодуються та модулюються для передачі даних.

IrDA є стандартом для передачі даних через інфрачервоний зв'язок, і його швидкість передачі може варіюватися від 9,6 кбіт/с до 1 Гбіт/с. Існують навіть нові стандарти для швидкостей 5 та 10 Гбіт/с при діапазонах менше ніж один метр. Цей зв'язок має декілька переваг. По-перше, через те, що це світло, а не радіохвилі, він не чутливий до радіоперешкод. По-друге, його сигнал складно перехопити або підробити, що робить його дуже безпечним. Хоча колись інфрачервоний зв'язок широко використовувався в принтерах, ноутбуках і фотоапаратах, він в основному

був замінений технологіями, такими як Bluetooth, Wi-Fi та іншими бездротовими технологіями малого радіусу дії. Наразі, інфрачервоний зв'язок все ще широко використовується у споживчих пультів дистанційного керування.

1.3.2 Технологія бездротового зв'язку великої дальності

Опис технології бездротового зв'язку LoRaWAN

LoRaWAN — це стандарт бездротового зв'язку, розроблений SEMTECH, який працює на різних частотах, включаючи 900 МГц, 868 МГц і 400 МГц. Цей стандарт спеціально призначений для використання в інтернеті речей (IoT) і підтримує спеціальні продукти для шлюзів та датчиків бездротового зв'язку.

LoRaWAN оптимізовано для невеликих корисних навантажень та може обслуговувати понад тисячу пристроїв на один шлюз. Він підходить для пристроїв з низьким споживанням енергії, що працюють від батареї з низьким енергоспоживанням.

Зв'язок LoRa досить стійкий до перешкод і не сильно впливає на нього доплерівське зміщення. Технологія надає можливість налаштувати різні параметри, такі як діапазон і швидкість передачі даних, шляхом зміни коефіцієнта поширення.

LoRaWAN є відкритим протоколом, що підтримується LoRa Alliance для рівня керування доступом до середовища (MAC) та мережевого рівня. Він використовується для різних застосувань, таких як відстеження запасів, розумне вимірювання, автомобільна промисловість і моніторинг торгових автоматів. Ця технологія дозволяє забезпечити зв'язок на відстані до 100 км у зоні прямого видимості та до 20 км у реальних умовах використання. Шлюзи LoRaWAN можуть об'єднувати кілька пристроїв і керуватися через хмарну платформу, щоб забезпечити масштабованість.

Опис технології бездротового зв'язку SigFox

SigFox — це технологія бездротового зв'язку, спрямована на великі відстані (30-50 км в сільській місцевості, 3-10 км в міських районах) і призначена для

надсилання невеликих обсягів даних (до 12 байт на повідомлення). Кожен кінцевий пристрій може отримувати до 140 повідомлень на день. Технологія використовує суб-ГГц-діапазон і ультравузькосмугову технологію модуляції BPSK. В системі SigFox кінцевий пристрій відправляє дані на базову станцію, яка пересилає їх на хмарний сервер для подальшої обробки. У цій системі не потрібно SIM-карти, і вартість послуги залежить від кількості надісланих повідомлень та обсягу передачі даних.

SigFox часто використовується для систем моніторингу розташування, простих вимірювань та сигналізації. Сигнал надсилається кілька разів для забезпечення доставки повідомлення, але є обмеження на частоту та обсяг відправлених даних. Наприклад, велике споживання енергії кінцевими пристроями, що працюють від батареї, і неможливість гарантувати прийом повідомлень від вежі.

Опис технології бездротового зв'язку LTE-M

Стандарт LTE-M (LTE Machine Type Communication), створений 3GPP, використовується для передачі даних у ліцензованому діапазоні частот нижче 1 ГГц, з основними частотами в діапазоні від 700 до 900 МГц. Він забезпечує швидкість передачі даних близько 1 Мбіт/с, що дозволяє пристроям, які живляться від батарей, працювати до 10-20 років.

LTE-M використовує існуючу стільникову інфраструктуру, що робить його надійним та безпечним для використання в застосунках з високими вимогами до якості зв'язку.

Однак, одним з недоліків є висока вартість використання ліцензованих стільникових мереж. Кожен пристрій повинен мати власну SIM-карту, що призводить до збільшення витрат на обслуговування та встановлення, а також до операційних витрат.

Опис технології бездротового зв'язку 5G

5G — це п'яте покоління технології бездротового зв'язку, що є наступним етапом розвитку після попередніх поколінь (1G, 2G, 3G, 4G). Ця технологія мобільних мереж є більш ефективною і досконалою порівняно зі своїми попередниками.

Технологія використовує високочастотні хвилі (30-300 ГГц), відомі як міліметрові хвилі, через їхню високу частоту. Ці хвилі згасають швидко в атмосфері, тому для забезпечення зв'язку на великій відстані потрібно багато передавачів, розташованих близько один до одного. 5G використовує різні частоти: низькі (до 2 ГГц), середні (2-10 ГГц) та високі (більше 10 ГГц), залежно від потреби. Низькі частоти можуть проникати через стіни, але передають дані повільно, тоді як високі частоти можуть передавати багато даних, але з меншою відстанню дії.

Одним з головних відмінностей 5G від 4G є можливість одночасного використання багатьох каналів радіочастот, що дозволяє передавати більше даних одночасно. Це подібно до того, як багато автомобілів можуть одночасно рухатись по паралельним трасам на автомагістралі. 5G забезпечує більш ефективне використання радіочастотних каналів, що робить його ефективнішим за 4G.

1.4 Огляд інструментів для створення програмного забезпечення

Створення програмного забезпечення може відбуватися за допомогою різноманітних інструментів, які забезпечують розробникам зручність, продуктивність та ефективність у роботі [17].

Середовище розробки MATLAB

MATLAB [18] - це інтерактивне середовище для числового обчислення та програмування, що дозволяє швидко проводити розрахунки та розв'язувати складні математичні задачі. Ця програма має багато вбудованих функцій і інструментів для обробки сигналів, аналізу даних, моделювання та візуалізації, що робить його потужним інструментом для вимірювань якості води.

Одним з способів використання MATLAB у вимірюваннях якості води є

обробка даних з різних сенсорів і датчиків, що вимірюють параметри води, такі як рН, рівень розчиненого кисню (DO), температура, концентрація різних речовин тощо. Середовище є зручним для аналізу, виявлення залежностей між різними параметрами, побудови моделей та прогнозування змін у якості води.

Крім того, він може бути використаний для створення імітаційних моделей водних систем, що дозволяє виконувати віртуальні експерименти та дослідження впливу різних факторів на якість води. Такий підхід дозволяє ефективно вивчати різні сценарії та варіанти оптимізації систем управління якістю води.

Середовище розробки Proteus

Proteus [6] є пакетом програм для автоматизованого проєктування електронних схем. Вона базується на системі моделювання, що використовує моделі електронних компонентів. Основною особливістю є можливість моделювання роботи програмованих пристроїв, таких як мікроконтролери, мікропроцесори, DSP та інші. У програмі реалізована концепція наскрізного проєктування, коли зміни в логіці схемотехніки автоматично відображаються у системі трасування. Бібліотека компонентів містить довідкові дані, а також є система проєктування друкованих плат. Пакет складається з двох програм: ISIS для синтезу та моделювання схем, і ARES для розробки друкованих плат. Пакет також включає набір демонстраційних проєктів для ознайомлення з можливостями програми.

Середовище розробки MySQL Workbench

MySQL Workbench [20] - це інструмент для візуального проєктування баз даних, який об'єднує у собі засоби для проєктування, моделювання, створення та експлуатації баз даних в одному безкоштовному середовищі. Основні можливості програми включають наочне представлення моделі баз даних у графічному вигляді, зручний механізм установки зв'язків між таблицями, можливість редагування даних у таблицях у візуальному режимі, функцію Reverse Engineering для відновлення структури таблиць з наявної бази даних на сервері (зв'язки

автоматично відновлюються для InnoDB, а для MyISAM їх необхідно встановлювати вручну), а також зручний редактор SQL-запитів, що дозволяє відправляти запити на сервер та отримувати відповідь у вигляді таблиці.

MySQL Workbench також надає можливість візуально створювати і редагувати структуру бази даних, включаючи таблиці, стовпці, ключі, індекси та обмеження. Користувач може легко переглядати дані у таблицях, виконувати SQL-запити, а також експортувати та імпортувати дані у різних форматах. Крім того, MySQL Workbench має можливості для відлагодження SQL-запитів та взаємодії з сервером баз даних через SSH-тунель для забезпечення безпеки підключення.

Середовище розробки LabVIEW

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) - це програмне забезпечення, розроблене компанією National Instruments, призначене для вимірювань, тестувань та контролю наукових та інженерних досліджень. Його основна ідея полягає в створенні візуальних програм, що включають графічний інтерфейс користувача (GUI), який відображається у вигляді блок-схем.

Основні можливості LabVIEW включають:

1. Графічний програмний інтерфейс (GUI): дозволяє користувачам створювати візуальні інтерфейси користувача шляхом перетягування та розміщення різних функціональних елементів, таких як кнопки, панелі індикаторів, графіки тощо.
2. Велика бібліотека функціональних блоків: постачається з великою кількістю готових функціональних блоків (VIs), які включають в себе різноманітні інструменти для аналізу даних, вимірювань, керування обладнанням тощо.
3. Підтримка обладнання: інтегрується з різноманітним обладнанням, таким як прилади вимірювання, контролери, датчики тощо, за допомогою різних інтерфейсів, таких як GPIB, USB, Ethernet тощо.
4. Аналіз та обробка даних: надає засоби для збору, аналізу та візуалізації даних, включаючи інструменти статистичного аналізу, спектрального аналізу, обробки зображень тощо.

5. Реальний час: може використовуватися для створення програм, що працюють у реальному часі, що дозволяє контролювати та взаємодіяти з об'єктами в реальному часі.

LabVIEW застосовується в різних галузях, таких як наука, промисловість, медицина, автомобільна промисловість, аерокосмічна промисловість тощо. В галузі вимірювань якості води, застосунок може використовуватися для автоматизації процесу вимірювання параметрів води, аналізу даних, відображення результатів в зручному для сприйняття вигляді та керування водним обладнанням.

Середовище розробки Python

Python [23] - це мова програмування високого рівня з відкритим вихідним кодом, яка є об'єктно-орієнтованою та використовується для різних цілей, від веб-розробки до наукових досліджень. Вона є інтерпретованою мовою, що спрощує налагодження, і динамічно типізованою, що дозволяє не вказувати тип даних при оголошенні змінних.

До переваг відносяться безкоштовність та відкритий вихідний код, що дозволяє використовувати, змінювати і розповсюджувати її вільно. Середовище розробки Python має велику стандартну бібліотеку, що містить багато корисних функцій. Python також досить портативний, тобто один і той же код може запускатися на різних платформах.

Ця мова програмування знайшла широке застосування в аналізі даних. У сучасному світі дані стали дуже важливим ресурсом для бізнесу, тому багато компаній використовують Python для збору, обробки і аналізу даних.

Особливо популярні бібліотеки для аналізу даних у Python - це pandas і NumPy. Вони дозволяють ефективно очищати, аналізувати та візуалізувати дані.

Для візуалізації даних також часто використовують бібліотеку matplotlib та її розширення seaborn, які дозволяють створювати різноманітні графіки та діаграми для кращого розуміння даних.

Висновки до розділу 1

У цьому розділі було проведено огляд та аналіз систем аналогічного призначення. Розглянуто вимірювальні перетворювачі, які є ключовим елементом у процесі отримання даних про якість води.

Виявлено, що існують різноманітні типи вимірювальних перетворювачів, які використовуються для вимірювання різних параметрів води, таких як рН, температура, провідність та каламутність. Після ми проаналізували мікроконтролери, які використовуються для обробки та передачі даних від вимірювальних перетворювачів.

Виявили, що використання мікроконтролерів дозволяє забезпечити автоматизований збір та обробку даних, що робить процес моніторингу більш ефективним та точним.

Оглянули бездротовий зв'язок, який дозволяє передавати дані безпосередньо до систем збору та аналізу даних, що спрощує процес моніторингу та дозволяє отримувати дані в реальному часі.

Провели огляд інструментів для створення програмного забезпечення, які можуть використовуватися для розробки спеціалізованих програм для аналізу та візуалізації даних про якість води.

2. РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТРУКТУРНОЇ

Система моніторингу водних ресурсів в лікувальних закладах призначена для моніторингу провідності, температури, каламутності та рН води, що дозволяє отримувати вимірювальну інформацію в реальному часі та відображати її у вигляді графіків.

Схема, що відображає основні структурні елементи, їх призначення та взаємозв'язки є структурною схемою вимірювального кола засобу вимірювань.

Сенсори змінюють свої вихідні значення в залежності від вимірюваних величин, наприклад, температури, каламутності тощо. Дані значення представлені як напруга. Мікроконтролер отримує ці сигнали із сенсорів та за допомогою вбудованого аналого-цифрового перетворювача (АЦП) перетворює їх у цифрові дані, зрозумілі для обробки.

Отримані значення передаються на сервер та відображаються у вигляді графіків, щоб користувач міг побачити вимірювальні значення.

Структурна схема системи моніторингу водних ресурсів в лікувальних закладах зображена на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Структурна схема системи моніторингу водних ресурсів в лікувальних закладах

2.1 Опис структурної схеми

Система моніторингу параметрів водних ресурсів в лікувальних закладах, забезпечує оцінку параметрів середовища в реальному часі та використовує

штучний інтелект для прогнозування майбутніх результатів.

Принцип роботи системи базується на прямому вимірюванні неелектричних величин з метою їх подальшого перетворення в електричні сигнали для аналізу та моніторингу параметрів і результатів.

Таким чином, відповідно до завдань дипломної роботи, система складається з апаратної частини, функціонально-програмної складової та чотирьох вимірювальних каналів, що забезпечують вимірювання температури, рівня рН, провідності та каламутності у водному середовищі.

Апаратна складова системи включає в себе модулі для формування датасету, обчислення параметрів і характеристик датасету, а також модуль бездротового зв'язку. Ця складова забезпечує стабільну роботу системи, збір даних і їх передачу.

Функціонально-програмна частина системи включає модуль прикладного програмного забезпечення, який відповідає за загальну діагностику та моніторинг певних водних середовищ в лікувальних закладах.

Призначення структурних одиниць системи

Об'єкт моніторингу (ОМ) – лікувальний заклад, де проводиться моніторинг параметрів водних ресурсів.

Модуль 1

Має чотири вимірювальних канали, які відповідають за вимірювання температури, рівня рН, провідності та каламутності у водному середовищі. Забезпечує попередню обробку сигналів вимірювальних перетворювачів, перетворюючи їх в постійну напругу в заданому діапазоні для подальшого оцифрування. Підсистема обробки включає алгоритми та моделі, які використовуються для аналізу та отримання результатів.

Модуль 2

Складається з обчислювального компонента - мікроконтролера, що відповідає за перетворення вхідних сигналів від перетворювачів, включаючи їх оцифрування і подальшу обробку відповідно до заданих вимірювальних алгоритмів. Він приймає аналогові сигнали з датчиків, перетворює їх в цифрову

форму за допомогою вбудованого аналого-цифрового перетворювача (ADC) і обробляє ці цифрові дані.

Мікроконтролер також виконує функції керуючого блоку. Він координує роботу всіх компонентів системи, об'єднуючи різні блоки, такі як модулі формування датасету, обчислення параметрів і бездротового зв'язку, в єдину функціональну систему. Мікроконтролер керує процесом збору даних, їх обробки та передачі, забезпечуючи стабільну роботу всієї системи.

Модуль 3

Включає пристрої бездротового зв'язку, які працюють на частоті 2,4 ГГц, для передачі інформації між вимірювальними перетворювачами, системою та сервером. Ці пристрої виступають у ролі моста, що дозволяє обмін даними в реальному часі.

Модуль 4

Включає сервер і програмний компонент. Програмний компонент відповідає за виконання функцій системи для моніторингу з використанням алгоритмів штучного інтелекту, а сервер за обробку та зберігання даних.

2.2 Розробка алгоритму роботи системи

Система моніторингу параметрів водних ресурсів в лікувальних закладах працює за певним алгоритмом. Принцип роботи алгоритму наведений на рисунку 2.2.

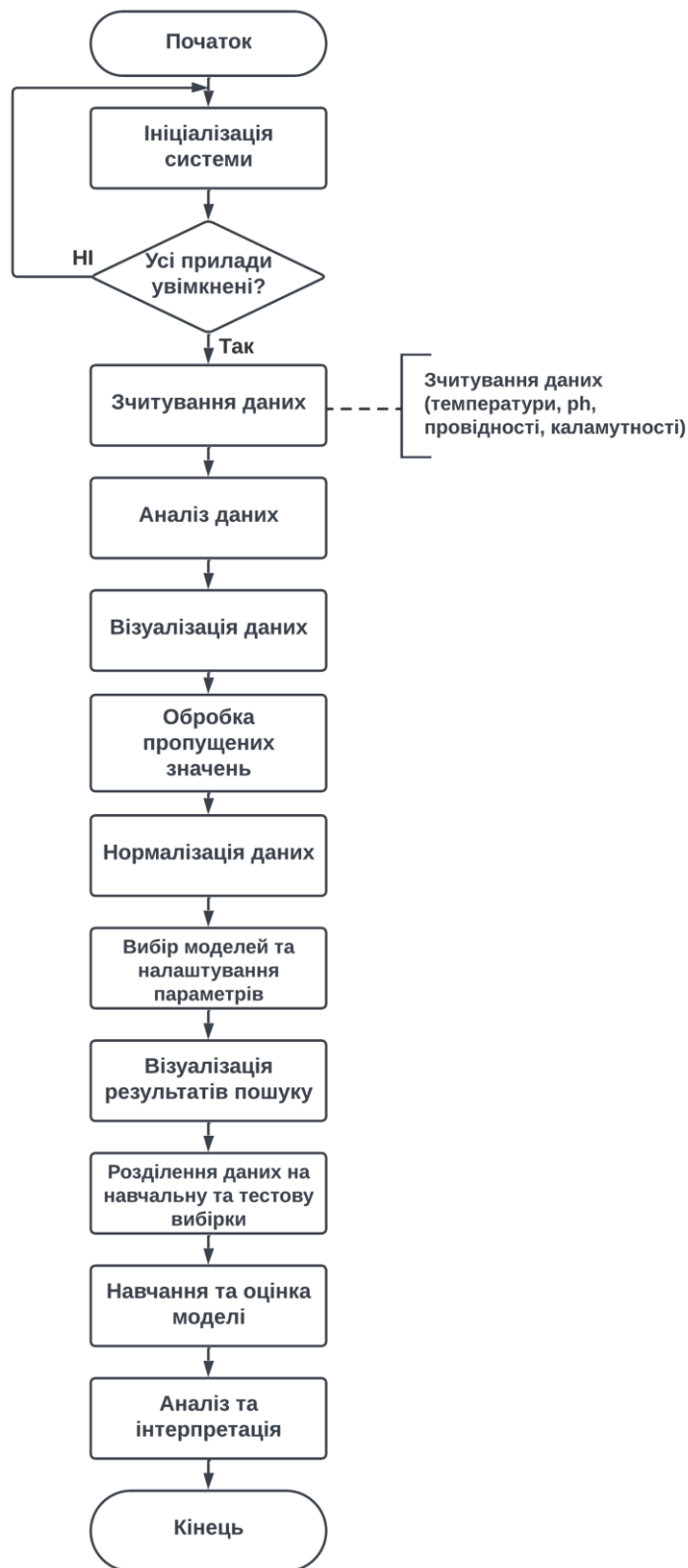


Рисунок 2.2 – Алгоритм роботи системи

1. Початок: Запуск процесу.
2. Ініціалізація системи: Налаштування та підготовка системи до роботи.

3. Перевірка всіх приладів: Перевіряється, чи всі прилади ввімкнені.
 - Якщо ні, повернення до ініціалізації системи.
 - Якщо так, перехід до наступного кроку.
4. Зчитування даних: Збір даних ВП.
5. Аналіз даних: Обробка та попередній аналіз зібраних даних.
6. Візуалізація даних: Графічне представлення зібраних даних для кращого розуміння.
7. Обробка пропущених значень: Виявлення та обробка пропущених значень у даних.
8. Нормалізація даних: Приведення даних до однакового масштабу для подальшої обробки.
9. Вибір моделей та налаштування параметрів: Вибір підходящих моделей для аналізу даних та налаштування їх параметрів.
10. Візуалізація результатів пошуку: Графічне представлення результатів пошуку моделей.
11. Розділення даних на навчальну та тестову вибірки: Поділ даних для тренування та тестування моделей.
12. Навчання та оцінка моделі: Процес навчання моделі на основі навчальних даних і оцінка її ефективності на тестових даних.
13. Аналіз та інтерпретація: Аналіз результатів та інтерпретація отриманих даних.
14. Кінець: Завершення процесу.

2.3 Складання рівняння вимірювання каналу температури

Рівняння перетворення вимірювального каналу використовується для визначення співвідношення між вхідними та вихідними сигналами вимірювального пристрою, а також для визначення коефіцієнта передачі сигналу.

Кожен вимірювальний канал системи складається з апаратного та програмного забезпечення, що інтегровані у багатоканальну систему. Інтелектуальний аналіз даних здійснюється за допомогою алгоритмів машинного

навчання, які реалізовані програмним шляхом. Це дозволяє отримувати детальну інформацію про стан вимірюваного середовища.

Канал вимірювання температури застосовує прямий метод вимірювання, що потребує кількох етапів перетворення сигналу для отримання результату. Проте ці етапи можуть викликати похибки, які виникають як через сам метод, так і через зміни, внесені різними компонентами системи.

В результаті можна скласти уявлення про загальну структуру вимірювального каналу температури, яка зображена на рисунку 2.3.

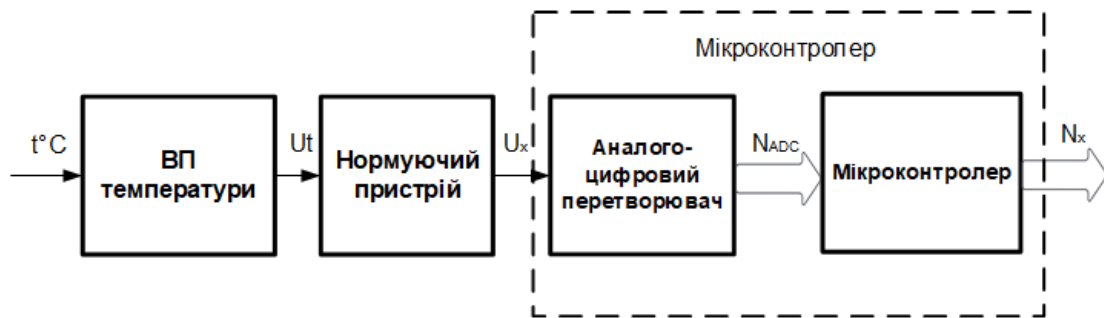


Рисунок 2.3 – Схема структурна вимірювального каналу температури

Ця схема включає структурні блоки, що мають змогу впливати на похибку в контексті вимірювального каналу, а також його функцію передавання.

Беручи до уваги все вищезгадане, рівняння перетворення каналу матиме наступний вигляд (формула 1.1):

$$N_x = x * K_{ВП} * K_{П} * K_{АЦП} * K_{ПЧ}; \quad (1.1)$$

Де:

X — значення вимірювальної величини;

$K_{ВП}$ — коефіцієнт вимірювального перетворювача;

$K_{НП}$ — коефіцієнт нормуючого пристрою;

$K_{АЦП}$ — коефіцієнт аналого-цифрового перетворювача;

$K_{ПЧ}$ — коефіцієнт перетворення програмної частини.

2.4 Попередній розрахунок похибок каналу вимірювання температури

З урахуванням загального вигляду каналу і можливих похибок, рівняння матиме наступну форму (формула 1.2):

$$N_x(1 + \gamma_{\Sigma}) = x * K_{ВП}(1 + \gamma_{ВП}) * K_{НП}(1 + \gamma_{НП}) * K_{АЦП}(1 + \gamma_{АЦП}) * K_{ПЧ}(1 + \gamma_{ПЧ}); \quad (1.2)$$

Де:

$\gamma_{ВП}$ — зведена похибка вимірювального перетворювача;

$\gamma_{НП}$ — похибка нормуючого пристрою;

$\gamma_{АЦП}$ — зведена похибка аналого-цифрового перетворювача;

$\gamma_{ПЧ}$ — похибка програмної частини мікроконтролера;

γ_{Σ} — сумарна зведена похибка вимірювального каналу температури.

Нехтуючи складовими похибки другого та вище порядку, отримаємо наступний вигляд рівняння (формула 1.3):

$$\gamma_{\Sigma} = \gamma_{ВП} + \gamma_{НП} + \gamma_{АЦП} + \gamma_{ПЧ}; \quad (1.3)$$

Таблиця 2.1 – Таблиця попереднього розрахунку похибок каналу температури

Модуль	ВП	Нормуючого пристрою	АЦП	Обробки	Сумарна похибка
Похибка (розподіл)	$\pm 1,0\%$	$\pm 0,15\%$	$\pm 0,15\%$	$\pm 0,2\%$	$1,5\%$

Висновки до розділу 2

У цьому розділі було розроблено схему електричну стриктурну, система якої дозволяє здійснювати безперервний контроль параметрів якості води. За допомогою використання сучасних технологій для вимірювання та аналізу даних, було забезпечено високу точність і оперативність у виявленні потенційних проблем.

Система складається з вимірювальних перетворювачів, мікроконтролера з

аналого-цифровим перетворювачем (АЦП) та серверної частини для збереження і обробки даних. ВП аналізують фізичні величини, перетворюють їх у електричні сигнали, які потім обробляються мікроконтролером і передаються на сервер для подальшого аналізу та візуалізації. Це дозволяє відображати дані у вигляді графіків, що спрощує моніторинг та прийняття рішень на основі отриманої інформації.

Розроблений алгоритм роботи системи ретельно описує послідовність дій, необхідних для збору, обробки та аналізу даних про якість води.

Розробка структурної схеми системи та складання рівнянь вимірювальних каналів є ключовими етапами проектування, що забезпечують розуміння принципів роботи та точності вимірювань. Попередній аналіз похибок вимірювань показав, що система має високу точність і надійність, при використанні 12-бітного АЦП.

3. РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ

Функціональна схема системи для моніторингу параметрів водних ресурсів у лікувальних закладах була розроблена на основі структурної схеми. Ця схема дозволяє більш детально та точно аналізувати похибки, краще розуміти алгоритми роботи системи та визначати вимоги до характеристик компонентів функціональних блоків.

3.1 Опис і обґрунтування складових системи

Проаналізувавши наявні на ринку пропозиції, вибір компонентів для системи виконувався враховуючи такі параметри:

- технічні характеристики;
- економічна доцільність;
- сумісність;
- відгуки користувачів;
- стабільність та надійність;

Вибір вимірювального перетворювача рівня рН

У системі встановлено аналоговий вимірювальний перетворювач рН-метр Н-101 рН electrode [2] (рис 3.1). Перетворювач функціонує шляхом вимірювання електричного потенціалу між двома електродами: скляним електродом, чутливим до іонів водню, та еталонним електродом, зазвичай хлор-срібним. Його характеристики наведені у таблиці 3.1.



Рисунок 3.1 – Вимірювальний перетворювач
рН-метр метр Н-101 рН electrode

Таблиця 3.1 – Характеристики аналогового перетворювача Н-101 рН electrode

Споживання модуля	5,00 В
Розмір модуля	43mmx32mm (1.70"x1.26")
Діапазон вимірювання	0-14РН
Температура вимірювання	0-60 °С
Точність	± 0,1рН (25 °С)
Час відгуку	≤ 1 хв
Комплектація	промисловий рН-електрод з роз'ємом BNC, інтерфейс РН2.0 (3-футовий патч), потенціометр регулювання посилення, світлодіодний індикатор живлення

Вихід рН електрода вимірюється в мілівольтах, а значення рН відношення показано наступним чином (таблиця 3.2):

Таблиця 3.2 – Залежність між виміряною напругою в мілівольтах (mV) та значенням рН розчину

вольтаж (mV)	значення рН	вольтаж (mV)	значення рН
414.12	0.00	-414.12	14.00
354.96	1.00	-354.96	13.00
295.80	2.00	-295.80	12.00
236.64	3.00	-236.64	11.00
177.48	4.00	-177.48	10.00
118.32	5.00	-118.32	9.00
59.16	6.00	-59.16	8.00
0.00	7.00	0.00	7.00

Цей рН-метр, розроблений для контролерів Arduino. Він використовує промисловий електрод, має вбудоване зручне з'єднання, тривалий термін служби, і в цілому добре підходить для онлайн-моніторингу. ВП має світлодіод, який працює як індикатор живлення, роз'єм BNC та інтерфейс датчика PH2.0. Щоб використовувати його, потрібно просто підключити датчик до роз'єму BND, а потім з'єднати інтерфейс PH2.0 до порту аналогового входу будь-якого контролера Arduino. Перетворювач має хорошу відтворюваність, важко піддається гідролізу і практично усуває похибку лугу. В діапазоні від 0 до 14pH вихідна напруга електрода є лінійною. Еталонна система, яка складається з сольового містка гелевого електроліту Ag/AgCl, має стабільний потенціал напівелемента і відмінні антизабруднювальні характеристики. Кільцеву мембрану з політетрафторетилену нелегко засмітити, тому електрод підходить для довгострокового моніторингу.

Вибір вимірювального перетворювача електропровідності

Для вимірювання електропровідності встановлено Electrical Conductivity Sensor DFR0300 [5] (рис. 3.2). Перетворювач провідності має два електроди, які занурюються в розчин. Розчинені іони рухаються між електродами під впливом електричного поля. Чим більша концентрація іонів, тим більший струм протікає між електродами. ВП вимірює цей струм і конвертує його у відповідний сигнал напруги або струму, що показує провідність розчину. Це дозволяє оцінити концентрацію розчинених іонів, що корисно для контролю якості води або інших рідин. Його характеристики наведені у таблиці 3.3.



Рисунок 3.2 – Вимірювальний перетворювач електропровідності

Таблиця 3.3 – Характеристики Electrical Conductivity Sensor

Споживання модуля	3.0 ~ 5,00 В
Вихідна напруга	0 ~ 3,4 В
Роз'єм для підключення датчика	BNC
Сигнальний роз'єм	PH2.0-3Pin
Розмір модуля	43mmx32mm (1.65"x1.26")
Температура вимірювання	0~40°C
Точність	± 5% F.S.
Час відгуку	≤ 1 хв
Коміркова константа	1.0
Тип зонда	Лабораторний клас
Підтримка діапазону виявлення	0 ~ 20 мс / см
Рекомендований діапазон виявлення	1 ~ 15 мс / см
Термін служби зонда:	>0,5 років (в залежності від частоти використання)
Довжина кабелю	100 см

Аналоговий вимірювач електропровідності V2 використовується для вимірювання електропровідності водних розчинів, а потім оцінки якості води.

Він є модернізованою версією вимірювального перетворювача електропровідності V1, має значно покращену зручність користування та точність вимірювання. Він підтримує широкий вхід напруги 3 ~ 5 В і сумісний з основною платою управління 5 В і 3,3 В. Вихідний сигнал фільтрується апаратно і має низький джиттер. Джерело збудження приймає сигнал змінного струму, що ефективно зменшує ефект поляризації, підвищує точність і продовжує термін служби датчика. Бібліотека програмного забезпечення використовує двоточковий метод калібрування і може автоматично визначати стандартний буферний розчин, надаючи користувачеві простий і зручний датчик.

Вибір вимірювального перетворювача температури

Для контролю за температурою використовуємо вимірювальний перетворювач температури DS18B20 [10] який зображено на рисунку 3.3. ВП працює на основі зміни електричного опору матеріалу зі зміною температури. Його принцип дії полягає в тому, що опір матеріалу змінюється при підвищенні температури. Характеристики сенсора наведені у таблиці 3.4.



Рисунок 3.3 – Вимірювальний перетворювач температури DS18B20

Таблиця 3.4 – Характеристики Вимірювального перетворювача датчика DS18B20

Споживання модуля	3.0 ~ 5,5 В
Похибка	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ в діапазоні -10°C до $+85^{\circ}\text{C}$
Діапазон робочих температур	-55 до 125°C
Роздільна здатність	9 до 12 біт
Протокол керування	1-wire
Час запиту	менше 750 мс
3-провідний інтерфейс	Червоний провід – VCC, Жовтий провід – DATA, Чорний провід - GND
Розмір трубки з нержавіючої сталі	діаметр 6 мм і довжина 35 мм
Діаметр кабелю	4 мм
Довжина	90 см

Це водонепроникна версія вимірювача температури DS18B20. ВП добре працює при температурі до 125°C. Оскільки він є цифровим, ми не отримаємо погіршення сигналу навіть на великих відстанях. DS18B20 забезпечує від 9 до 12 біт (конфігурації) показання температури через 1-Wire інтерфейс, так що від центрального мікропроцесора потрібно підключити тільки один провід (і заземлення). Використовується з системами 3,0-5,5 В. Оскільки кожен DS18B20 містить унікальний кремнієвий серійний номер, на одній шині 1-Wire може існувати декілька DS18B20. Це дозволяє розміщувати вимірювальні перетворювачі температури в різних місцях.

Вибір вимірювального перетворювача каламутності

Для вимірювання каламутності води встановлено Turbidity sensor SEN0189, який зображено на рисунку 3.4. Принцип роботи вимірювального перетворювача ґрунтується на вимірюванні інтенсивності розсіяного або пропущеного світла. Характеристики сенсора наведені у таблиці 3.5.



Рисунок 3.4 – Вимірювальний перетворювач каламутності SEN0189

Таблиця 3.5 – Характеристики вимірювального перетворювача SEN0189

Споживання модуля	5 В
Робочий струм	40 мА (MAX)
Опір ізоляції	100 МОм (хв)
Аналоговий вихід	0-4.5V

Продовження таблиці 3.5

Цифровий вихід	Сигнал високого/низького рівня
Час відгуку	менше 500 мс
Робоча температура	5°C~90°C
Температура зберігання	-10 °C ~ 90 °C
Вага	30 г
Розміри адаптера	38mm*28mm*10mm/1.5inches *1.1inches*0.4inches

ВП каламутності визначає якість води, вимірюючи рівень каламутності або непрозорості. Він використовує світло для виявлення зважених частинок у воді, вимірюючи коефіцієнт пропускання і розсіювання світла, який змінюється залежно від кількості загальних зважених речовин (ЗВР) у воді. Зі збільшенням загальної забрудненості води зростає рівень каламутності рідини. Перетворювачі каламутності використовуються для вимірювання якості води в різних водних середовищах. ВР забезпечує аналоговий і цифровий режими виходу сигналу. У режимі цифрового сигналу можна регулювати поріг спрацьовування.

Вибір бездротового зв'язку

Для стабільного бездротового з'єднання для передачі даних на сервер встановлено IoT WIFI TEL0126 [11] модуль, який зображено на рисунку 3.5. Характеристики сенсора наведені у таблиці 3.6.

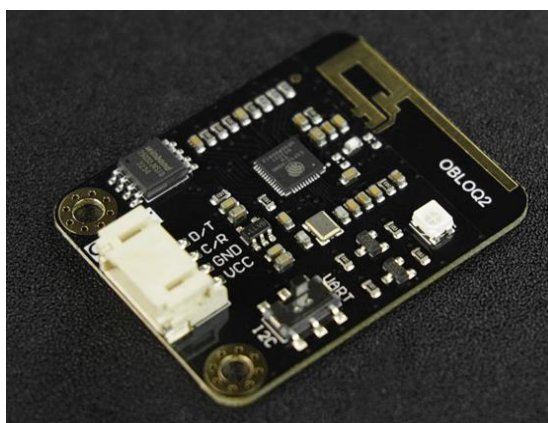


Рисунок 3.5 – Модуль Wi-Fi зв'язку TEL0126

Модуль WiFi IoT призначений для бездротового з'єднання пристроїв з Інтернетом через Wi-Fi мережу. Він дозволяє підключати різноманітне обладнання до Інтернету, щоб контролювати і отримувати дані з будь-якого місця, де є доступ до Wi-Fi.

Основні характеристики модуля включають:

- Бездротове підключення: Модуль працює через Wi-Fi на частоті 2,4 ГГц, що дозволяє підключати його до мережі Інтернет не використовуючи кабелів.
- Підтримка IoT: Цей модуль призначений для використання в Інтернеті речей (IoT) і дозволяє забезпечувати зв'язок між пристроями та Інтернетом.
- Компактний розмір: Модуль має компактні розміри, що робить його зручним для використання в різних електронних пристроях та проєктах.
- Простота налаштування: Він має простий інтерфейс та документацію, яка допомагає швидко налаштувати підключення до мережі Wi-Fi та почати його використання.
- Сумісність з різними пристроями: Модуль може бути сумісним з різноманітними сенсорами, мікроконтролерами та іншими пристроями, що підтримують підключення через Wi-Fi.

Таблиця 3.6 – Характеристики модуля IoT WIFI TEL0126

Споживання модуля	3.3~5.0V
Робочий струм	< 240 мА
Роз'єм	Gravity-4P I2C/UART
Швидкість передачі даних	9600
Бездротовий режим	IEEE802.11b/g/n
Тип шифрування	WPA WPA2/WPA2-PSK
Частота WiFi	2.4 ГГц
Розмір	35 мм × 32 мм / 1.38 дюйма × 1.26 дюйма

Продовження таблиці 3.6

Вбудований протокол	Стек протоколів TCP/IP
Підтримувана платформа IoT	Easy IoT, IFFTTT, ThingSpeak, ONENET, SIoT, BeeBotte
Підтримувані платформи програмування	Arduino IDE, MakeCode, Mind+.

Вибір мікроконтролера на базі Arduino UNO

DFRduino Uno V3.0 від DFRobot [3] - це обчислювальна плата невеликого розміру для науковців або розробників. Це проста плата мікроконтролера, повністю сумісна з Arduino UNO R3 і середовищем розробки з відкритим вихідним кодом Arduino IDE. Це середовище реалізує мову Processing /Wiring. Arduino можна використовувати для розробки автономних інтерактивних об'єктів або підключати до програмного забезпечення на комп'ютері (наприклад, Flash, Processing, MaxMSP). IDE з відкритим вихідним кодом можна завантажити безкоштовно для Mac OS X, Windows та Linux.

Ця плата оснащена ATmega16U2, запрограмованою як перетворювач USB в послідовний інтерфейс. Додатковим бонусом є те, що DFRduino все ще використовує DIP-пакет AVR Chip. Цікавою особливістю нового мікроконтролера DFRduino є те, що піни використовують різні кольори для позначення портів вводу/виводу різних типів:

- Червоний для силової частини.
- Синій для аналогового вводу/виводу.
- Зелений для цифрового вводу/виводу.

Ці кольори відповідають нашим сенсорним кабелям. Це дозволяє дуже легко зрозуміти, куди підключати датчики, або визначити, яка сторона є аналоговою (синьою), а яка цифровою (зеленою).

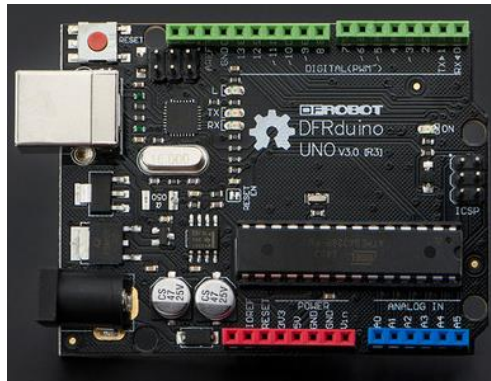


Рисунок 3.6 – Мікроконтролер на базі Aduino Uno

Arduino UNO - це платформа розробки, яка базується на мікроконтролері ATmega328. Ця плата є інтерфейсом між користувачем і мікроконтролером, спрощуючи процес підключення та завантаження програмного забезпечення. Вона має компактний розмір і велику кількість бібліотек і прикладів коду, що робить її популярною серед розробників.

Arduino UNO також підтримує використання шилдів, що є додатковими модулями, які розширюють функціонал плати через їх каскадне підключення. На сьогоднішній день в Інтернеті можна знайти велику кількість проектів, які базуються на платі Arduino UNO.

У платі USB-роз'єм виконує дві важливі функції. По-перше, він забезпечує обмін даними між мікроконтролером і комп'ютером, що дозволяє передавати дані та отримувати їх. По-друге, через роз'єм можна записувати прошивку в мікроконтролер ATmega328.

На апаратному рівні для зв'язку з комп'ютером використовується модуль UART, який вбудований в сам мікроконтролер ATmega328 і має виводи на контактах 0 (RX) і 1 (TX) плати Arduino Uno. Проте просто підключити ці виводи до комп'ютера не вдасться, оскільки потрібно мати посередника для забезпечення взаємодії.

Для цього використовується додатковий мікроконтролер ATmega16, який встановлюється окремо на платі. Його прошивка дозволяє комп'ютеру розпізнавати плату Arduino Uno як віртуальний COM-порт при підключенні. Під час обміну даними світлодіоди RX і TX, розташовані поруч з ATmega16, миготять, показуючи

активність передачі та отримання даних.

Щодо запису прошивки, процес на платі Arduino Uno максимально спрощений. Для цього потрібно всього лише натиснути кнопку у середовищі Arduino IDE. Ця простота пояснюється тим, що у платі вже є вбудований прошиваний завантажувач, який працює за протоколом STK500. Тому зовнішній програматор не потрібен. Однак для тих, хто бажає прошивати контролер безпосередньо, на платі є колодка ICSP для внутрішньо схемного програмування.

Загальна характеристика Arduino Uno свідчить про те, що вона є ідеальним вибором для нашої розробки. Її компактні розміри поєднуються з широким функціоналом, який задовольняє потреби більшості проєктів. Наявність великої кількості бібліотек з прикладами, документації та навчальних матеріалів робить її особливо привабливою, оскільки дозволяє швидко та ефективно реалізувати ідеї на практиці. Таким чином, Arduino Uno є потужним і доступним інструментом для створення електронних проєктів будь-якого рівня складності. Технічні характеристики плати наведені у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Характеристики плати Arduino UNO

Мікроконтролер	ATmega328 (DIP Package)
Робоча напруга	5В
Вхідна напруга (рекомендована)	7 ~ 12V
Вхідна напруга (обмеження)	6 ~ 20V
Виводи цифрового вводу/виводу	14 (з яких 6 забезпечують ШІМ-вихід)
Аналогові вхідні контакти	6
Постійний струм на вивід вводу/виводу	40 мА
Постійний струм для виводу 3,3 В	-50 мА
Флеш-пам'ять	32 КБ, з яких 2 КБ використовується завантажувачем

Продовження таблиці 3.7

SRAM	2 КБ (ATmega328)
EEPROM	1 КБ (ATmega328)
Тактова частота	16 МГц
Розмір	75 x54 x15 мм (2.95 x2.13 x0.59")
Дружній до навколишнього середовища	Відповідність Rohs

Схема електрично функціональна зображена на рисунку 3.7, була побудована на основі вище обраної компонентної бази системи.

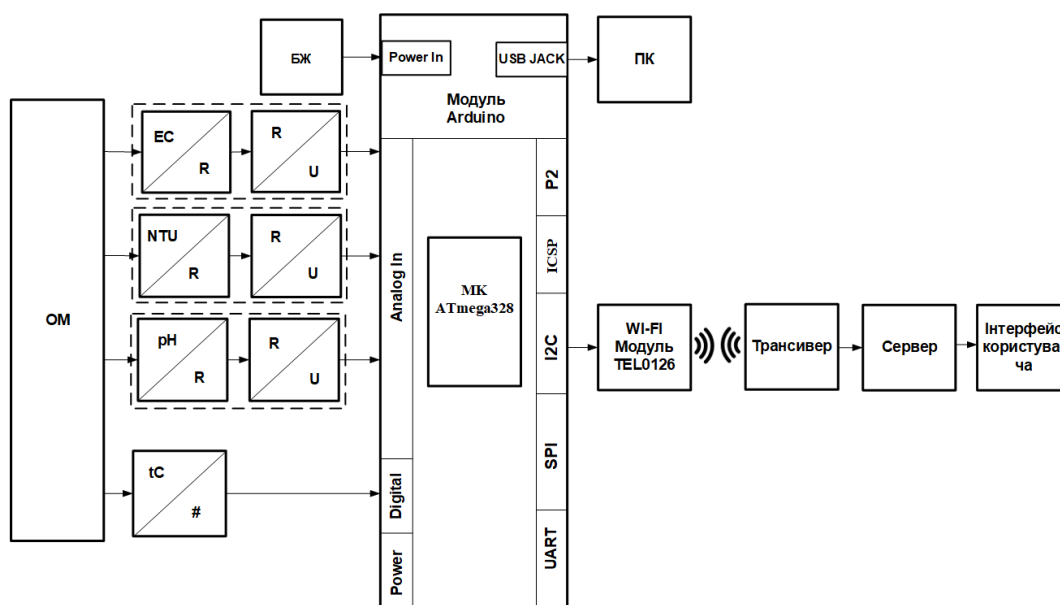


Рисунок 3.7 – Схема електрично функціональна

На схемі позначено:

ОМ – об’єкт моніторингу, лікувальний заклад, де потрібно моніторити параметри водних ресурсів.;

tC – температура, що позначається як °C (градуси Цельсія). Це стандартна одиниця вимірювання температури, використовувана у більшості країн світу. Шкала Цельсія базується на точках замерзання (0°C) і кипіння (100°C) води за нормального атмосферного тиску;

Nephelometric Turbidity Units (NTU) – це стандартна одиниця, яка

використовується для вимірювання каламутності розчинів і ґрунтується на вимірюванні світла, яке розсіюється в розчині, коли через нього проходить світловий промінь;

pH — це міра кислотності чи лужності водного розчину. Вона вимірюється на шкалі від 0 до 14, де 7 вважається нейтральним значенням. Значення pH нижче 7 вказує на кислий розчин, а значення вище 7 — на лужний розчин;

Siemens на метр (S/m) — це одиниця вимірювання електричної провідності, яка визначається як здатність матеріалу або розчину проводити електричний струм. Siemens (Сіменс) є одиницею провідності в Міжнародній системі одиниць (SI), яка обернена до одиниці опору, ому;

Опір (R) — це електричний параметр, який характеризує здатність матеріалу чи пристрою чинити протидію проходженню електричного струму. Опір вимірюється в омах (Ω);

Напруга (U) — електрична напруга, вимірюється в вольтах (V) і представляє собою енергію, яка переноситься на одиницю заряду в електричному полі. Напруга виникає в результаті різниці потенціалів між двома точками електричної системи;

Блок живлення (БЖ) — це пристрій, який перетворює електричний струм зі стандартної домашньої розетки в електричний струм, який може бути використаний для живлення різних електронних пристроїв. Блок живлення зазвичай має дві частини: блок, який підключається до розетки, і кабель з роз'ємом, який підключається до пристрою, що потребує живлення;

Персональний комп'ютер (ПК) — це електронний пристрій, який надає доступ користувачу до оброблених даних у вигляді графіків та таблиць;

Wi-Fi модуль — це електронний пристрій, який дозволяє пристрою підключатися до бездротової мережі Wi-Fi. Він містить у собі радіочастотний передавач і приймач, які забезпечують обмін даними з маршрутизатором або точкою доступу Wi-Fi;

Power In в Arduino — це роз'єм або контакт, призначений для підключення джерела живлення до плати Arduino. Цей порт може приймати напругу від 7 до 12 вольт через внутрішній регулятор напруги, який перетворює цю напругу на 5 вольт,

які використовуються для живлення самої плати та підключених до неї пристроїв;

USB Jack — це роз'єм на Arduino-платі, який використовується для підключення плати до комп'ютера або іншого пристрою за допомогою USB-кабеля. Цей роз'єм дозволяє передавати дані між Arduino і комп'ютером для програмування або взаємодії з Arduino за допомогою комп'ютера;

Analog in — це спеціальний вхідний порт, який призначений для отримання аналогових сигналів від зовнішніх датчиків чи інших джерел. Цей порт може приймати напругу від 0 до 5 вольт і перетворювати її на цифровий сигнал для подальшого опрацювання мікроконтролером Arduino;

Digital — це місце для підключення дрітків або інших пристроїв для використання цифрових входів або виходів плати. Кожна колодка має два стани: HIGH (високий) та LOW (низький), які відповідають напрузі +5V та 0V, відповідно. Ці колодки можна використовувати для підключення кнопок, датчиків, світлодіодів та інших пристроїв для контролю або зчитування цифрових сигналів за допомогою програмування на Arduino;

Power — це роз'єм, призначений для підключення зовнішніх пристроїв, які потребують живлення. Цей роз'єм зазвичай має два контакти: один для підключення позитивного (+) полюсу живлення і другий для підключення негативного (-) полюсу. Він дозволяє підключати пристрої, такі як світлодіоди, датчики, мотори тощо, до живлення від плати Arduino. При цьому важливо дотримуватися правильної полярності, щоб уникнути пошкодження пристроїв чи плати Arduino;

P2 — це аналоговий вихід, який дозволяє підключати до плати різні аналогові пристрої, такі як сенсори або актуатори. Ця колодка має три контакти, які дозволяють передавати аналоговий сигнал від Arduino до підключеного пристрою. Такий аналоговий вихід може використовуватися для управління яскравістю світлодіодів, регулювання швидкості моторів або зчитування даних з аналогових сенсорів;

ICSP (In-Circuit Serial Programming) — це спеціальний роз'єм, який дозволяє програмувати мікроконтролер на платі безпосередньо, використовуючи

програматор. Цей роз'єм має шість контактів і зазвичай розташований поруч з мікроконтролером;

I2C (Inter-Integrated Circuit) — це спеціальний роз'єм або контактна група, яка дозволяє підключати до плати Arduino пристрої, які підтримують зв'язок за протоколом I2C. Цей протокол дозволяє обмін даними між Arduino та підключеними пристроями;

SPI (Serial Peripheral Interface) — це ряд виводів, які дозволяють підключати зовнішні пристрої, такі як датчики, дисплеї, SD-карти та інші мікроконтролеру Arduino за допомогою протоколу SPI;

UART — це стандартний спосіб для передачі даних між пристроями, який використовується для з'єднання Arduino з комп'ютером або іншими мікроконтролерами, модулями Bluetooth, GSM-модемами та іншими пристроями.

МК ATmega328 — є одним з найпопулярніших мікроконтролерів, що використовується на платформі Arduino. Цей мікроконтролер виробляється компанією Microchip (раніше - Atmel) і має велику кількість функцій, що робить його ідеальним для широкого спектру застосувань;

3.2 Схематичне зображення системи

На рисунку 3.9 демонструється схематичне зображення системи.

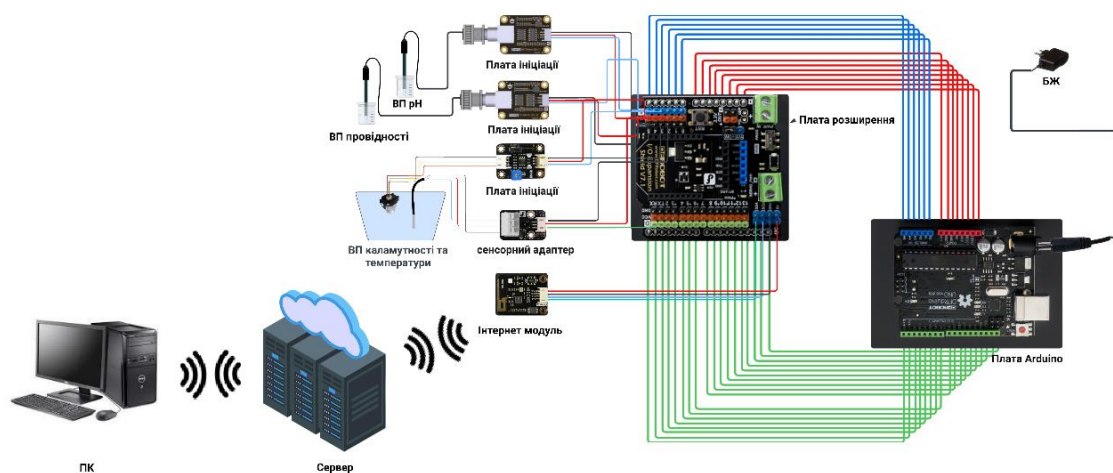


Рисунок 3.8 – Схематичне зображення системи

Система складається з:

- ВП рівня рН рН-метр Н-101 рН electrode;
- ВП електропровідності;
- ВП температури DS18B20;
- ВП каламутності SEN0189;
- Мікроконтролер на базі Aduino Uno;
- Модуль Wi-Fi зв'язку TEL0126, що виконує функцію обміну даними на частоті 2.4 Гц;
- Плата ініціації відповідає за обробку та підсилення сигналу від датчиків;
- Плата розширення використовується для підключення великої кількості ВП до однієї плати Arduino. забезпечує зручний спосіб підключення та організацію з'єднань.
- Сервер отримує дані від Інтернет модуля та зберігає їх для подальшого аналізу та обробки.
- Персональний комп'ютер надає доступ користувачу до оброблених даних у вигляді графіків та таблиць.
- Блок живлення забезпечує стабільне живлення в діапазоні напруги від 5В до 12В.

Система збирає дані про параметри водного середовища за допомогою вимірювальних перетворювачів, передає їх на плату Arduino, а потім за допомогою інтернет модуля відправляє на сервер для зберігання та аналізу.

Після обробки даних за допомогою програмного забезпечення, користувач може отримати інформацію у вигляді графіків та таблиць через ПК.

Висновки до розділу 3

В даному розділі була розроблена та описана схема електрично функціональна. Виконано аналіз і опис складових системи для вимірювання якості водного середовища в лікувальних закладах. Були визначені основні компоненти

системи і обґрунтовано їх необхідність для досягнення поставленої мети. Також ми розглянули анатомію функціональної схеми системи та алгоритм її роботи, що дозволило краще зрозуміти взаємозв'язок між складовими частинами.

У результаті проведеної роботи можна зробити висновок, що розроблена функціональна електрична схема системи є добре обґрунтованою і відповідає вимогам для вимірювання якості водного середовища. Її компоненти і зв'язки між ними дозволяють забезпечити ефективну та надійну роботу системи. Детальний аналіз функціональної схеми дозволить ефективно впровадити систему у практику та досягти поставлених цілей з вимірювання якості водного середовища.

4. АНАЛІЗ ПОХИБОК

Зважаючи на те, що вимірювання температури є прямим, значення похибки компонента можна отримати без врахування компонентів, які мають вплив. Враховуючи функціональну схему, а також вибрані електротехнічні компоненти, що дозволяють визначити основні джерела похибок.

4.1 Розрахунок похибки перетворення значень температури в цифровий формат

Джерело такої похибки - вбудований 12-розрядний АЦП вимірювального перетворювача DS18B20 [10], який зазвичай має дві складові: похибку від квантування та похибку від нелінійності.

4.1.1 Розрахунок похибки квантування

Число ступенів квантування (формула 1.4):

$$N = 2^n = 2^{12} = 4096; \quad (1.4)$$

що відповідає повному діапазону вимірювання температури.

Ступінь квантування для рівня вхідного сигналу АЦП (формула 1.5):

$$q_{ADC}^{T^{\circ C}} = \frac{T_{max}^{\circ C} - T_{min}^{\circ C}}{2^N} = \frac{125 - (-55)}{2^{12}} = \frac{180}{4096} = 0.044^{\circ C}; \quad (1.5)$$

Зважаючи на те, що закон розподілу є рівномірним та симетричним, визначимо СКВ похибки (формула 1.6):

$$\sigma^{T^{\circ C}} = \frac{q}{2\sqrt{3}} = \frac{0.044}{2\sqrt{3}} = 0.013^{\circ C}; \quad (1.6)$$

Зведену похибку визначаємо за формулою (1.7):

$$\gamma_{ADC}^q = \frac{\sigma_{ADC}}{X_{max}} = \frac{0.013^{\circ C}}{180} * 100\% = 0.007\%; \quad (1.7)$$

4.1.2 Розрахунок похибки диференційної нелінійності

Похибка від нелінійності зазвичай має рівень похибки квантування розподілена за рівномірним закон і в нашому випадку СКВ похибки становить:

$$\sigma_{ADC}^{T^{\circ}\text{C}} = \frac{q}{2\sqrt{3}} = \frac{0.044}{2\sqrt{3}} = 0.013^{\circ}\text{C}; \quad (1.8)$$

$$\gamma_{ADC}^{dif} = \frac{\sigma_{ADC}}{X_{max}} = \frac{0.013}{180} * 100\% = 0.007\%; \quad (1.9)$$

4.2 Розрахунок похибки обчислювальних операцій

Похибки обчислень – виникають внаслідок заокруглень при виконанні математичних операцій в ЕОМ, також під час введення та виведення даних в ЕОМ;

Апаратна реалізація перетворень, в більшості, використовує представлення даних з фіксованою точкою. Таким чином, при виконанні арифметичних операцій в режимі з фіксованою точкою джерелами помилок округлення є операції множення та ділення, а при додаванні можливе переповнення.

4.2.1 Розрахунок похибки добутку

Враховуючи, що розрядність операндів однакова, розрахунки похибки добутку виконуються за формулою 1.10:

$$\sigma_{algo} = q_{ADC}^{T^{\circ}\text{C}} * K_{algo}; \quad (1.10)$$

де K_{algo} – кількість операцій множення залежно від обраного алгоритму (методу). Для нашого випадку кількість операцій множення становить 20.

Відповідно похибка добутку за значенням температури становить:

$$\sigma_{alg1} = 0.0044^{\circ}\text{C} * 20 = 0.088^{\circ}\text{C}; \quad (1.11)$$

$$\gamma_{alg} = \frac{\sigma_{reg}}{X_{max}} = \frac{0.088^{\circ}\text{C}}{180} * 100\% = 0.049\%; \quad (1.12)$$

4.2.2 Розрахунок похибки частки

Відповідно, похибка частки за значенням температури становить:

$$\sigma_{alg2} = 0.0044^{\circ}\text{C} * 20 = 0.088^{\circ}\text{C}; \quad (1.13)$$

$$\gamma_{alg} = \frac{\sigma_{reg}}{X_{max}} = \frac{0.088^{\circ}\text{C}}{180} * 100\% = 0.049\%; \quad (1.14)$$

4.3 Розрахунок сумарної похибки каналу вимірювання температури

Щоб знайти сумарну похибку вимірювання температури, необхідно взяти паспортні значення максимальної допустимою похибки вимірювання та похибки чутливості напівпровідникового температурного сенсора ВП DS18B20.

Сумарна похибка вимірювання температури визначається за наступною формулою:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_{ADC}^2 + \sigma_{diff}^2 + \sigma_{alg1}^2 + \sigma_{alg2}^2} = \sqrt{(0.013)^2 + (0.013)^2 + (0.088)^2 + (0.088)^2} = 0.126; \quad (1.15)$$

$\sigma_{ADC}^{T^{\circ}\text{C}}$ – похибка нелінійності АЦП;

σ_{ADC}^{diff} – похибка, що вноситься алгоритмом;

σ_{alg1} – похибка добутку за значенням температури;

σ_{alg2} – похибка частки за значенням температури;

$$\gamma_{\Sigma} = \frac{\sigma_{\Sigma}}{X_{max}} = \frac{0.126^{\circ}\text{C}}{180} * 100\% = 0.07; \quad (1.16)$$

На підставі центральної граничної теореми сумарна СКВ має нормальний закон розподілу.

Межі (граничне значення) допустимої основної похибки засобів технічних вимірювань задаються у вигляді абсолютних, відносних та приведених похибок з рівнем довіри $P = 0.95$ і визначається за формулою (1.17):

$$\Delta_{\Sigma} = \pm t_{st} * \sigma_{\Sigma}^{max}; (P = 0.95); \quad (1.17)$$

$$\gamma_{\Sigma} = \frac{\Delta_{\Sigma}}{X_{max}} = \pm \frac{t_{st} * \sigma_{\Sigma}^{max}}{X_{max}}; (P = 0.95); \quad (1.18)$$

Таблиця 4.1 – Зведена таблиця похибок вимірювального каналу температури

Модуль	ВП	Нормуючого пристрою	АЦП	Обробки	Сумарна похибка
Похибка (розподіл)	±1,0%	±0,15%,	±0,15%,	±0,2%	1,5%
Похибка (розрахунок)	±0,5%	-	-	±0,07	±0,57%
Похибка (граничне значення)					±1,12%

Висновки до розділу 4

У даному розділі було детально розглянуто і проаналізовано джерела похибок у процесі вимірювання температури за допомогою вимірювального перетворювача DS18B20. Основними компонентами похибки були визначені похибки від квантування, нелінійності АЦП та обчислювальні похибки.

Похибка квантування та похибка нелінійності, яка виникає через вбудований 12-розрядний АЦП, були обчислені і оцінені. В результаті розрахунків було визначено середнє квадратичне відхилення (СКВ) для цих похибок.

Обчислювальні похибки, що виникають при виконанні арифметичних операцій в режимі з фіксованою точкою, також були враховані. Похибка добутку та похибка частки були визначені та оцінені.

Сумарна похибка вимірювального каналу температури була визначена на основі всіх окремих компонентів похибок. Відносна сумарна похибка вимірювання була також оцінена.

Граничне значення допустимої похибки було визначено з рівнем довіри 0.95 на основі коефіцієнта Стюдента для нормального розподілу.

Таким чином, проведений аналіз дозволяє зробити висновок про прийнятність обраних методів та компонентів для вимірювання температури, а також про надійність і точність отриманих результатів вимірювання.

5. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Розробка програмного забезпечення є важливою складовою сучасного інформаційного простору, що забезпечує функціонування різноманітних технічних і соціальних систем. Вона передбачає створення програмних продуктів, які відповідають вимогам користувачів та вирішують актуальні завдання в галузі обробки даних, автоматизації процесів, забезпечення безпеки тощо.

Програмне забезпечення включає в себе не лише код програм, а й документацію, тестові дані, інсталяційні файли та інші документи, необхідні для його роботи.

Через постійний розвиток технологій та зростанням вимог до програмних продуктів, розробка ПЗ стає все більш складною та вимагає постійного вдосконалення з використанням новітніх методів інженерії програмного забезпечення.

Створення ПЗ для системи моніторингу водних ресурсів в лікувальних закладах є актуальною та важливою задачею. Водне середовище в лікувальних установах потребують постійного контролю та оцінки, оскільки їхня невідповідна якість може бути джерелом ризику для пацієнтів через можливе забруднення та наявність патогенних мікроорганізмів.

5.1 Вибір інструменту та середовища для створення програмного забезпечення

Для успішної розробки програмного забезпечення важливо розглянути можливості та набір модулів і бібліотек, які можна використовувати. Для наших потреб добре підходить дистрибутив Anaconda [4] який має в собі інтегроване середовище розробки Spyder [29]. Нижче наведено загальні відомості та основні переваги створення ПО за допомогою вибраних нами інструментів.

1. **Anaconda** [7] - це вільно поширювана платформа для наукових обчислень та аналізу даних, яка містить в собі інструменти для роботи з Python. Anaconda включає в себе сотні пакетів, бібліотек і утиліт для обробки, аналізу,

візуалізації даних та машинного навчання, що робить її дуже популярною серед розробників.

- Conda - це пакетний менеджер та система управління середовищами, яка дозволяє легко встановлювати, оновлювати та управляти бібліотеками та залежностями. Conda також дозволяє створювати ізольовані середовища, що корисно для роботи над різними проектами з різними версіями пакетів.
- Anaconda включає в себе понад 1,500 наукових пакетів, таких як NumPy, pandas, matplotlib, SciPy, scikit-learn, TensorFlow та багато інших, що дозволяє почати роботу з даними одразу після встановлення.
- Anaconda Navigator - це графічний інтерфейс для управління пакетами і середовищами. Navigator дозволяє запускати різні інструменти та середовища, такі як Jupyter Notebook, Spyder, RStudio та інші, без використання командного рядка.
- Anaconda включає підтримку Jupyter Notebook, інтерактивного середовища для створення та спільного використання документів, які містять живий код, рівняння, візуалізації та текст. Це дуже корисний інструмент для експериментування з кодом та презентації результатів.

2. **Spyder** [29] - це інтегроване середовище розробки (IDE) для Python, орієнтоване на наукові обчислення. Spyder пропонує потужний редактор коду, налагоджувач, консолі для виконання коду, засоби для профілювання та багато іншого.

- Дає змогу швидко виконувати код та отримувати результати без необхідності виходити з середовища розробки.
- Підтримує підсвічування синтаксису, автодоповнення, складання коду, рефакторинг і перевірку помилок у реальному часі, що значно підвищує ефективність написання коду.
- Інтерактивна консоль дозволяє виконувати код блоками, переглядати результати одразу, що корисно для експериментів та аналізу даних.

- Візуалізує змінні та їхні значення в режимі реального часу, що спрощує налагодження та відстеження стану програми.
- Включає потужні засоби налагодження, такі як точки зупину, покрокове виконання та можливість перевіряти значення змінних у реальному часі.
- Підтримує бібліотеки, такі як NumPy, SciPy, Pandas, Matplotlib, що дозволяє легко виконувати наукові обчислення та візуалізувати дані.
- Інтегрований редактор графіків дозволяє створювати та налаштовувати графіки безпосередньо в середовищі розробки.
- Підтримка інтеграції з Sphinx та іншими системами документування, що полегшує створення та підтримку документації.
- Можливість розширювати функціональність за допомогою плагінів, що дозволяє адаптувати середовище під ваші потреби.
- Доступний для Windows, macOS і Linux, що дозволяє використовувати його на будь-якій операційній системі.

Spyder надає зручний інтерфейс та багатий набір функцій, що робить його ідеальним вибором для розробників, які займаються науковими дослідженнями, аналізом даних або машинним навчанням.

Також дипломне завдання потребує використання потужних інструментів для роботи з даними. Вони значно спрощують та прискорюють цей процес. Мною було обрано наступні бібліотеки:

3. **Pandas** [22] - це бібліотека для аналізу та обробки даних в Python, яка забезпечує високу продуктивність та простоту використання. Вона надає потужні, гнучкі та легкі у використанні інструменти для маніпуляції з структурованими даними. Pandas широко використовуються в наукових дослідженнях, фінансовому аналізі, машинному навчанні та багатьох інших сферах.

4. **Seaborn** [28] – це бібліотека для візуалізації даних, яка є надбудовою над Matplotlib і надає стилі для оформлення графіків. Вона дозволяє створювати

різноманітні види графіків, такі як об'єднані графіки, скрипкові графіки, ящикові графіки, роєві графіки та теплові карти. Seaborn також має інтеграцію з іншими бібліотеками, що спрощує аналіз даних. З її допомогою можна знаходити закономірності в даних і аналізувати розподіл інформації.

5. Scikit-learn (або sklearn) - це потужна і популярна бібліотека для машинного навчання в Python. Вона забезпечує інструменти для побудови та навчання моделей машинного навчання, а також для підготовки даних і оцінки моделей. Scikit-learn є одним із найпопулярніших інструментів для роботи з машинним навчанням завдяки своїй простоті використання, добре документованому API та широкому спектру можливостей.

5.2 Огляд алгоритмів машинного навчання прогнозування

Алгоритми є основою машинного навчання, складаючись зі складних правил і математичних моделей, що дозволяють машинам аналізувати дані, робити висновки та приймати обґрунтовані рішення [15]. Розглянемо основні категорії алгоритмів навчання.

1. Контрольоване навчання

Алгоритми прогнозують результати на основі невідомих даних, навчаючись на попередньо позначених навчальних даних [24]. Це схоже на процес взаємодії "вчитель-учень", де алгоритм (учень) використовує надані дані (вчитель) для адаптації своїх знань до нових ситуацій.

2. Неконтрольоване навчання

Алгоритми працюють з немаркованими даними та самостійно знаходять структури та закономірності. Фактично, це схоже на проведення експериментів і виявлення певних фактів без попередньої інструкції.

3. Навчання з підкріпленням

Цей метод базується на принципі проб і помилок. Алгоритм виконує дії в

певному середовищі з метою отримати максимальну винагороду, що вказує на правильний напрямок для подальшого розвитку.

Розглянемо основні алгоритми машинного навчання, що поділяються на вище описані типи. На рисунку 1.1 показано класифікацію алгоритмів за типами.

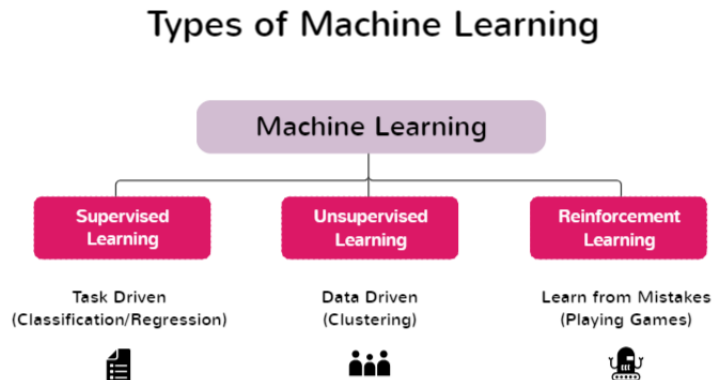


Рисунок 5.1 – Класифікація алгоритмів за типами

К-найближчих сусідів (KNN) [14] — це простий і потужний алгоритм для класифікації та регресії, який використовує відстані між точками даних для прийняття рішень. Він належить до методів навчання з учителем і є одним з найлегших у розумінні та реалізації.

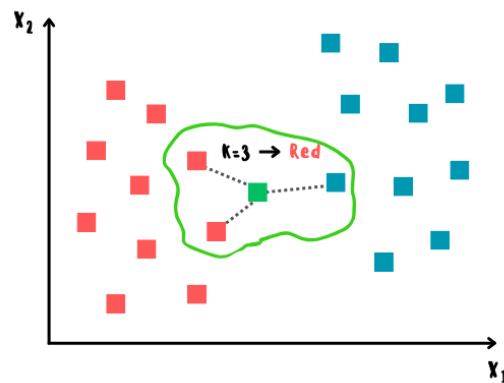


Рисунок 5.2 – Графік KNN

Принцип роботи алгоритму К-найближчих сусідів (KNN) полягає в тому, щоб класифікувати або передбачити значення нового зразка, використовуючи інформацію про К найближчих зразків з тренувального набору даних. К — це кількість найближчих сусідів, які будуть враховані при класифікації нового зразка.

Вибір оптимального значення K є критичним для точності моделі.

Логістична регресія [26] – це статистичний метод, який використовується для прогнозування ймовірності події (наприклад, "так" або "ні") на основі однієї або декількох незалежних змінних. Вона відрізняється від поліноміальної регресії, яка використовується для прогнозування безперервних значень.

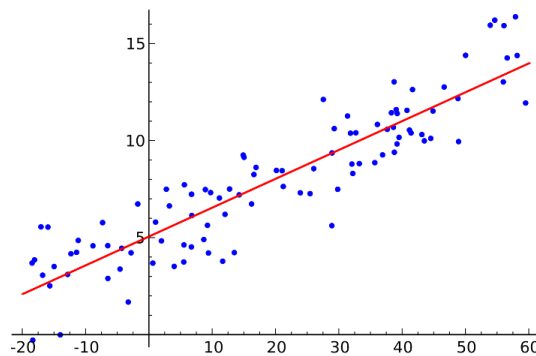


Рисунок 5.3 – Графік логістичної регресії

Принцип роботи логістичної регресії базується на застосуванні логістичної функції (сигмоїдальної функції) для перетворення лінійної комбінації вхідних змінних у ймовірність бінарного результату.

Модель навчається шляхом мінімізації лог-лосс функції з використанням методів оптимізації, таких як градієнтний спуск. Це дозволяє знайти оптимальні значення коефіцієнтів, які найкраще пояснюють залежність між вхідними змінними та цільовою змінною.

Після навчання моделі її ефективність оцінюється за допомогою метрик, таких як точність, лог-лосс, ROC-AUC та інших. Це дозволяє зрозуміти, наскільки добре модель здатна передбачати результати на нових даних.

Метод опорних векторів [21] (SVM) є потужним і популярним методом машинного навчання, який використовується як для класифікації, так і для регресії завдань. Основна ідея SVM полягає в тому, щоб знайти оптимальну гіперплощину, яка найкращим чином розділяє два класи даних у випадку

класифікації, або максимально наближається до набору даних у випадку регресії.

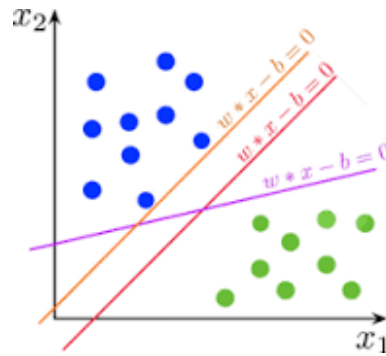


Рисунок 5.4 – Метод опорних векторів

У випадку лінійної роздільної гіперплощини, SVM [8] шукає таку площину, яка максимізує відстань між найближчими до неї точками обох класів даних, які називаються опорними векторами. Цей метод називається максимізацією ширини розділення. У випадку, коли дані не можна розділити лінійно, SVM використовує ядро для перетворення даних у вищорозмірний простір, де вони можуть бути лінійно розділені.

SVM використовується у багатьох галузях, включаючи біологію, медицину, фінанси, комп'ютерне зору та інші. Він є дуже ефективним у випадках, коли дані мають складну структуру та неоднорідні за розподілом.

Дерева рішень [27] - це популярна техніка машинного навчання, яка використовується для вирішення завдань як класифікації, так і регресії. Вони використовуються для прийняття рішень на основі ряду умов або правил, що репрезентуються у вигляді деревоподібної структури.

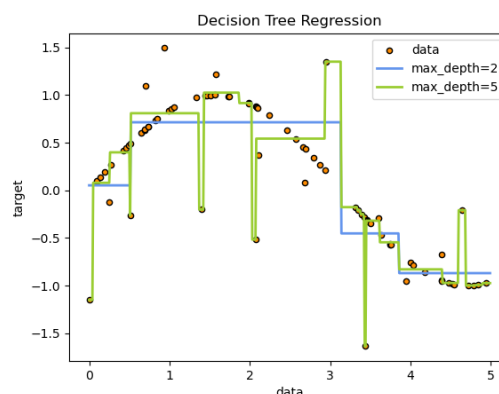


Рисунок 5.5 – Дерева рішень

У деревах рішень кожен вузол представляє умову або атрибут, за яким проводиться розгалуження, а кожне гілля представляє можливий результат цієї умови. Листя дерева відповідають кінцевим класифікаціям або значенням регресії. Дерево побудоване таким чином, щоб мінімізувати кількість умов, які потрібно перевіряти, для того щоб прийняти рішення.

Однією з головних переваг є їхній інтуїтивний характер - їхні правила можна легко інтерпретувати та пояснити. Вони також відносно ефективні для обробки великих наборів даних, і вони можуть виявити складні зв'язки між атрибутами даних. Однак дерева рішень можуть стати схильними до перенавчання, особливо якщо вони мають глибоку структуру та велику кількість листя.

Випадковий ліс [1] - це ансамбль дерев рішень, який використовується для задач класифікації та регресії. Цей метод полягає в тому, щоб побудувати кілька дерев рішень під час навчання і використовувати їх для прогнозування, при цьому результат визначається шляхом узагальнення результатів всіх дерев.

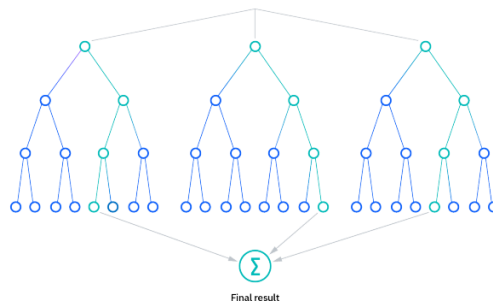


Рисунок 5.6 – Випадковий ліс

Основна ідея полягає в тому, щоб кожне дерево було навчене на випадковій підмножині навчальних даних і з випадковим вибором ознак для кожного розгалуження. Це дозволяє зменшити перенавчання та покращити узагальнюючу здатність моделі.

Переваги випадкових лісів включають високу точність прогнозування, здатність виявляти складні залежності в даних та роботу з великими наборами даних. Крім того, вони є стійкими до перенавчання і мають низькі вимоги до

підгонки параметрів.

Гرادієнтний бустинг [25] – це потужний метод машинного навчання для вирішення задач як класифікації, так і регресії. Цей метод полягає в тому, щоб побудувати ансамбль слабких моделей (зазвичай дерев рішень), додаванням їх послідовно, таким чином, що кожна нова модель коригує помилки попередніх моделей в ансамблі.

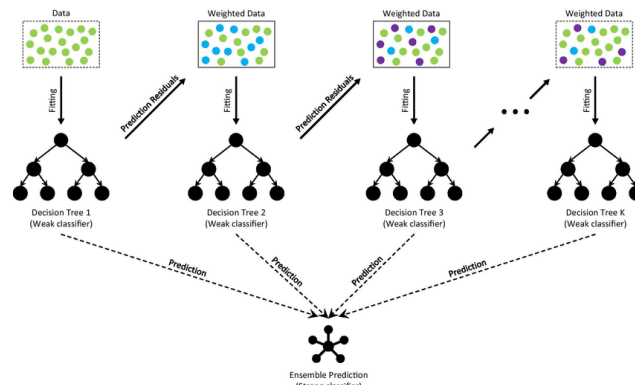


Рисунок 5.7 – Градієнтний бустинг

Основна ідея методу полягає в тому, що нова модель навчається на залишкових (помилкових) значеннях, які залишилися після прогнозування попередніх моделей. Це дозволяє покращувати прогнози з кожною новою моделлю, так як вони вдосконалюються під час навчання на залишкових значеннях.

Градiєнтний бустинг є дуже ефективним методом, оскільки він дозволяє створювати дуже потужні моделі з великою точністю прогнозування. Однак, він може бути дещо схильним до перенавчання, особливо якщо використовуються глибокі моделі і велика кількість дерев у ансамблі.

Нейронні мережі [16] - це комплексні моделі, які намагаються відтворити принципи роботи людського мозку. Вони складаються зі штучних нейронів, які формують мережу з взаємозв'язків. Кожен нейрон приймає вхідні сигнали, обробляє їх, і видає вихідний сигнал. Ваги на зв'язках між нейронами визначають важливість кожного зв'язку.

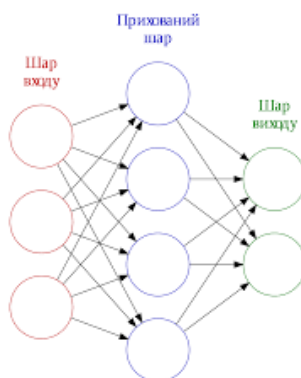


Рисунок 5.8 – Штучна нейронна мережа

Основна ідея нейронних мереж полягає в тому, щоб навчити їх на великій кількості прикладів, таким чином, щоб вони могли робити власні прогнози для нових даних. Цей процес навчання включає в себе коригування ваг на зв'язках між нейронами, щоб зменшити помилки прогнозу.

Існує багато типів нейронних мереж, які застосовуються для різних завдань. Наприклад, зворотні нейронні мережі (RNN) ефективні для роботи з послідовними даними, такими як текст або часові ряди, тоді як згорткові нейронні мережі (CNN) часто використовуються для обробки зображень.

5.3 Реалізація програмного забезпечення

Розробка програмного забезпечення для системи моніторингу водних ресурсів в лікувальних закладах є важливою складовою забезпечення якості води, що використовуються в медичних установах. Цей процес включає кілька ключових етапів:

5.3.1 Вибір інструментів та середовища розробки

Для розробки програмного забезпечення було обрано платформу Anaconda, яка забезпечує інструменти для наукових обчислень і аналізу даних, а також інтегроване середовище розробки Spyder. Anaconda включає в себе такі важливі компоненти, як пакетний менеджер Conda, що полегшує встановлення та управління бібліотеками та залежностями.

5.3.2 Основні компоненти програмного забезпечення

Програмне забезпечення складається з декількох модулів:

- **Модуль вимірювання параметрів води:** використовує сенсори для вимірювання рН, рівня турбідності та концентрації розчинених речовин.
- **Модуль обробки даних:** Забезпечує збір, фільтрацію та попередній аналіз даних, використовуючи бібліотеки Pandas для маніпуляції даними.
- **Модуль візуалізації даних:** Відображає результати вимірювань у вигляді графіків та діаграм, використовуючи бібліотеки Seaborn та Matplotlib.
- **Модуль збереження даних:** Зберігає історичні дані для подальшого аналізу і виявлення довгострокових тенденцій.

5.3.3 Впровадження методів машинного навчання

Методи машинного навчання відіграють важливу роль у системі моніторингу водних ресурсів, забезпечуючи можливість аналізу великих обсягів даних та прогнозування параметрів якості води. Впровадження таких методів дозволяє покращити точність і надійність системи, а також своєчасно виявляти можливі аномалії та відхилення від норми.

Першим кроком у впровадженні методів машинного навчання є підготовка даних. Це включає:

- **Збір даних:** отримання даних з різних сенсорів, які вимірюють параметри води, такі як рН, турбідність, температура та концентрація хімічних речовин.
- **Обробка даних:** очищення даних від шумів та пропущених значень, нормалізація даних для забезпечення їх сумісності.
- **Розподіл даних:** поділ даних на навчальну та тестову вибірки для оцінки ефективності моделей машинного навчання.

Далі визначимось з моделлю машинного навчання. Для аналізу та прогнозування водних ресурсів використовуються такі моделі:

- **Лінійна регресія:** використовується для прогнозування безперервних параметрів, таких як концентрація хімічних речовин.
- **Поліноміальна регресія:** застосовується для класифікації даних, наприклад, для визначення чи є вода безпечною для використання.
- **Випадковий ліс:** ансамблевий метод, який поєднує кілька рішень дерев для покращення точності прогнозів та зменшення ризику перенавчання.
- **Нейронні мережі:** складні моделі, які можуть обробляти великі обсяги даних та знаходити складні взаємозв'язки між параметрами.

5.4 Експериментальне дослідження з розробленим програмним забезпеченням

Для проведення експериментального дослідження була запропонована система моніторингу водних ресурсів, розроблена в рамках цієї роботи. Тестування програмного забезпечення було виконано на макеті, що включав сенсори для вимірювання рН, температури, каламутності та рівня провідності води.

Основні етапи експериментального дослідження включають:

1. Інсталяція та налаштування системи:

Встановлення необхідного програмного забезпечення

- **Anaconda:** Завантаження та встановлення дистрибутиву Anaconda, що включає Python та необхідні бібліотеки для роботи з даними та машинного навчання. Anaconda також містить інтегроване середовище розробки Spyder, яке було використано для написання та відлагодження коду.
- **Arduino IDE:** Завантаження та встановлення середовища розробки для програмування мікроконтролерів Arduino. Це дозволяє писати код для збору даних з сенсорів та передавати ці дані на комп'ютер.

Підключення сенсорів до Arduino (теоретично)

- **Збір компонентів:** Вибір та підготовка необхідних сенсорів, таких як сенсори для вимірювання рН, температури, каламутності та рівня

провідності води.

- Збірка схеми: Підключення сенсорів до плати Arduino відповідно до схеми з'єднань. Перевірка правильності з'єднань для забезпечення коректної роботи системи.
- Завантаження коду: Написання та завантаження коду на мікроконтролер Arduino для збору даних з сенсорів та передачі їх на комп'ютер через серійний порт.

Встановлення бібліотек для обробки та візуалізації даних

- Pandas: Бібліотека для обробки даних та їх підготовки до аналізу.
- Matplotlib та Seaborn: Бібліотеки для візуалізації даних у вигляді графіків та діаграм.
- Scikit-learn: Бібліотека для застосування методів машинного навчання та створення моделей прогнозування.

Відлагодження: Виявлення та виправлення можливих помилок у коді та з'єднаннях. Тестування системи для підтвердження її працездатності та точності.

2. Збір та обробка даних:

Збір даних з ВП (теоретично)

- Зчитування даних: Код на мікроконтролері Arduino зчитує показники з підключених ВП, таких як рН, температура, каламутність та рівень провідності води. Ці дані збираються в реальному часі.
- Передача даних: Зібрані дані передаються з Arduino на комп'ютер через серійний порт. Серійний зв'язок забезпечує безперервну передачу даних для подальшої обробки.

Обробка даних у Python

- Читання серійних даних: Використання бібліотеки pyserial для читання даних з серійного порту в режимі реального часу.
- Створення датафрейму: Дані з сенсорів зберігаються у вигляді

датафрейму за допомогою бібліотеки Pandas, що дозволяє легко маніпулювати та аналізувати дані.

Фільтрація та верифікація даних

- Обробка пропущених значень: Виявлення та обробка пропущених або аномальних значень у даних. Використання методів заповнення пропусків або видалення некоректних записів.
- Фільтрація даних: Застосування фільтрів для видалення шумів та згладжування даних, що покращує точність подальшого аналізу.

Збереження даних

- Формат збереження: Збереження оброблених даних у зручному форматі (наприклад, CSV або Excel) для подальшого використання та аналізу.
- Архівування даних: Організація збережених даних у структурованих папках для зручного доступу та аналізу в майбутньому.

Попередній аналіз даних

- Описова статистика: Використання методів описової статистики для розрахунку основних показників (середнє, медіана, стандартне відхилення) та виявлення загальних трендів у даних.
- Візуалізація даних: Створення базових графіків (гістограм, лінійних графіків) для попереднього огляду та оцінки якості даних.

Перетворення даних для машинного навчання

- Нормалізація даних: Перетворення даних у масштаб, що підходить для алгоритмів машинного навчання (наприклад, нормалізація або стандартизація).
- Створення ознак: Виявлення та створення нових ознак на основі зібраних даних для покращення моделей прогнозування.

3. Візуалізація даних:

Створення графіків та діаграм

- Лінійні графіки: Відображають зміни параметрів (рН, температура, каламутність, провідність) з часом.
- Гістограми: Показують розподіл значень параметрів, допомагаючи виявити частоту появи певних значень.
- Box plot: Дозволяють оцінити розподіл даних та виявити аномалії та викиди.
- Scatter plot: Використовуються для візуалізації взаємозв'язків між різними параметрами.

Кодування та конфігурація графіків

- Налаштування осей та підписів: Додавання підписів до осей, заголовків та легенд для покращення зрозумілості графіків.
- Форматування: Налаштування кольорів, маркерів, ліній та інших елементів для забезпечення чіткої та інформативної візуалізації.
-

Аналіз та інтерпретація візуалізованих даних

- Виявлення трендів: Аналіз лінійних графіків для виявлення тенденцій у зміні параметрів з часом.
- Аномалії та викиди: Використання box plot та scatter plot для виявлення аномалій та викидів, що можуть вказувати на проблеми або особливості в даних.
- Порівняння розподілів: Використання гістограм для порівняння розподілів різних параметрів та виявлення можливих закономірностей.

Візуалізація результатів прогнозування

- Порівняння фактичних та прогнозованих значень: Створення графіків, що відображають фактичні значення параметрів та результати прогнозування, що дозволяє оцінити точність моделей.
- Оцінка моделей: Використання графіків для візуалізації метрик оцінки моделей (наприклад, помилки прогнозування, коефіцієнти кореляції), що допомагає вибрати найкращу модель для прогнозування якості води.

4. Прогнозування та аналіз:

Підготовка даних для моделювання

- Нормалізація даних: Перетворення даних у масштаб, що підходить для алгоритмів машинного навчання, наприклад, нормалізація або стандартизація.
- Розподіл даних на тренувальну та тестову вибірки: Розподіл даних на тренувальну (для навчання моделі) та тестову (для перевірки точності моделі) вибірки.

Навчання моделей

- Тренування моделей: Використання тренувальної вибірки для навчання моделей машинного навчання. Налаштування гіперпараметрів моделей для досягнення максимальної точності.
- Крос-валідація: Використання методів крос-валідації для оцінки продуктивності моделей та уникнення перенавчання.

Оцінка точності моделей

- Метрики оцінки: Використання метрик, таких як середньоквадратична помилка (MSE), середня абсолютна помилка (MAE), коефіцієнт детермінації (R^2) для оцінки точності моделей.
- Порівняння моделей: Порівняння результатів різних моделей для вибору найбільш точної та надійної моделі.

Прогнозування

- Застосування моделей: Використання навченої моделі для прогнозування майбутніх значень параметрів якості води на основі нових даних.
- Інтерпретація результатів: Аналіз результатів прогнозування для виявлення тенденцій та можливих проблем з якістю води.

Аналіз результатів

- Візуалізація результатів: Створення графіків для порівняння фактичних значень параметрів та прогнозованих моделей.
- Інтерпретація даних: Виявлення ключових факторів, що впливають на якість води, та аналіз їх впливу.
- Рекомендації: Розробка рекомендацій для покращення якості води на основі результатів аналізу.

5. Тестування програмного забезпечення:

- Проведення серії тестів для перевірки коректності роботи програмного забезпечення в різних умовах.
- Аналіз результатів тестування та внесення необхідних коригувань для покращення продуктивності та точності системи.

6. Аналіз результатів тестування програмного забезпечення

Тестування проводилося на 4 алгоритмах з використанням бази даних. База даних `water_potability.csv` розміщена на сайті kaggle [9], приблизно задовільняє наші потреби. Код наведений у додатку А, проводить аналіз даних про якість водного середовища із використанням різних алгоритмів машинного навчання для класифікації їх на придатність до застосування.

	model	best_score	best_params		
0	svm	0.621794	{ 'C': 50, 'kernel': 'rbf' }		
1	random_forest	0.630345	{ 'n_estimators': 100 }		
2	logistic_regression	0.610501	{ 'C': 1 }		
3	KNN	0.613859	{ 'n_neighbors': 13 }		
	precision	recall	f1-score	support	
0	0.69	0.90	0.78	506	
1	0.68	0.35	0.47	313	
	accuracy		0.69	819	
	macro avg	0.68	0.62	819	
	weighted avg	0.69	0.66	819	

Рисунок 5.10 – Таблиця продуктивності різних моделей

На рисунку представлена порівняльна таблиця продуктивності різних моделей машинного навчання за допомогою декількох метрик.

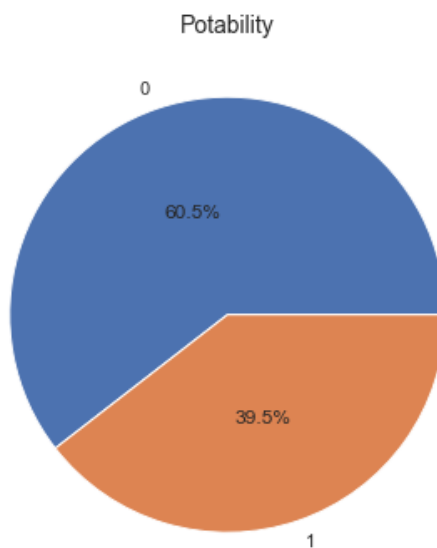


Рисунок 5.10 – Кругова діаграма

Це кругова діаграма (pie chart), яка показує відсотковий розподіл значень придатності води. Де 0 позначається непридатна для використання вода, що містить 60.5% діаграми, 1 відповідно позначена придатна і становить 39.5%.

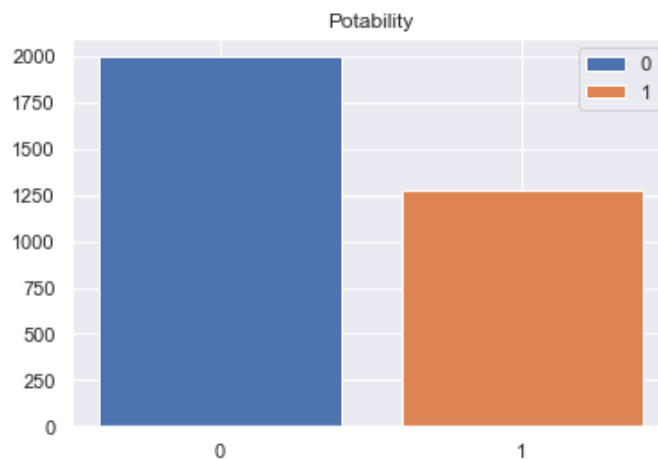


Рисунок 5.11 – Стовпчикова діаграма

Це стовпчикова діаграма (bar chart), яка показує абсолютну кількість спостережень для кожного значення. Кількість спостережень для непитної води становить близько 2000, коли у питної води це значення трішки перевищує 1250.

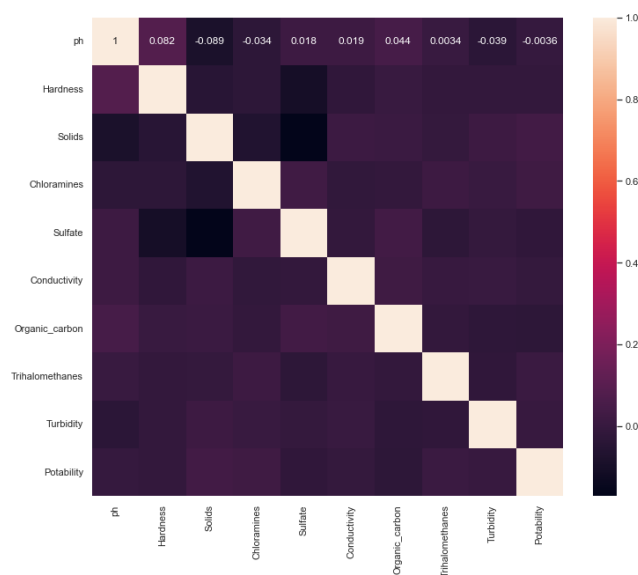


Рисунок 5.12 – Матриця кореляцій

Ця теплокарта показує кореляції між різними параметрами води, такими як рН, жорсткість, тверді речовини, хлораміни, сульфати, провідність, органічний вуглець, тригалометани, каламутність і ймовірність.

Значення кореляції варіюються від -1 до 1, де 1 означає повну позитивну кореляцію, -1 — повну негативну кореляцію, а 0 — відсутність кореляції.

Темніші кольори вказують на слабку або відсутню кореляцію, тоді як світліші кольори вказують на сильнішу кореляцію.

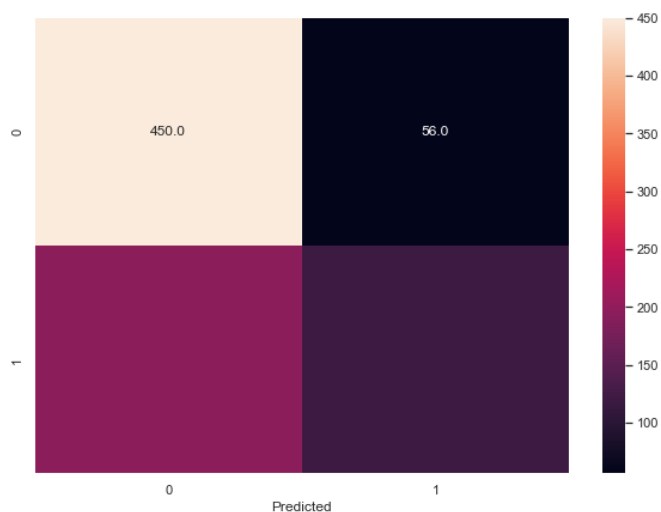


Рисунок 5.13 – Матриця плутанини

Цей графік є матрицею плутанини, яка використовується для оцінки якості класифікаційної моделі.

Вона показує кількість правильних і неправильних передбачень, зроблених моделлю.

По горизонталі вказані передбачені класи, а по вертикалі — справжні класи.

Клітинки матриці містять кількість випадків для кожної комбінації передбаченого і справжнього класу.

Наприклад, верхня ліва клітинка показує кількість випадків (450.0), коли модель правильно передбачила клас 0, а верхня права клітинка показує кількість випадків (56.0), коли модель неправильно передбачила клас 1 замість класу 0.

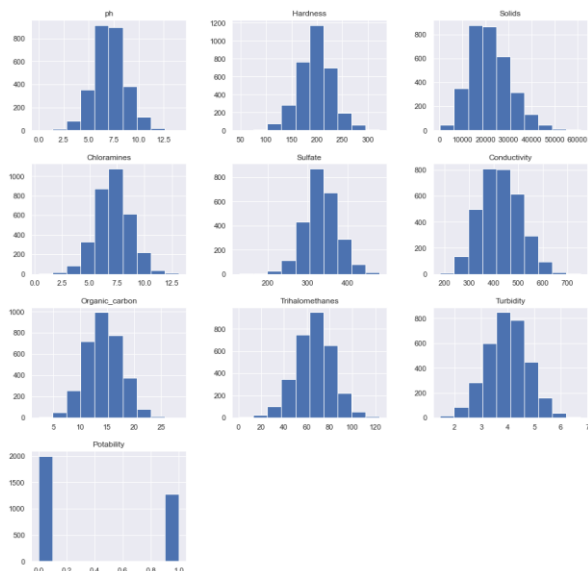


Рисунок 5.14 – Гістограми різних параметрів води

Цей набір графіків показує розподіл значень для різних параметрів води, таких як рН, жорсткість, тверді речовини, хлораміни, сульфати, провідність, органічний вуглець, тригалометани, каламутність і ймовірність.

Кожна гістограма відображає частоту значень параметра в даних. Наприклад, гістограма для рН показує, що більшість значень рН знаходяться в діапазоні від 7 до 8.

Ці гістограми допомагають візуалізувати розподіл даних і виявити будь-які аномалії або закономірності в даних.

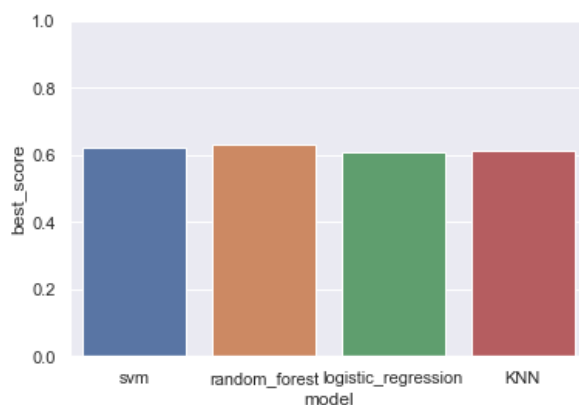


Рисунок 5.15 – Стовпчаста діаграма

Цей графік показує порівняння найкращих результатів (best score) для різних

моделей машинного навчання: SVM (підтримуючі векторні машини), Random Forest (випадковий ліс), Logistic Regression (логістична регресія) та KNN (найближчі сусіди).

По вертикалі вказано значення найкращого результату, а по горизонталі — моделі.

Стовпчики показують, наскільки ефективною була кожна модель у прогнозуванні параметрів води. Наприклад, SVM має найвищий результат серед усіх моделей, тоді як KNN має трохи нижчий результат.

Висновки до розділу 5

У даному розділі було розглянуто та проаналізовано використання дистрибутиву та інтегрованого середовища. Для цієї задачі було обрано дистрибутив Anaconda та інтегроване середовище розробки Spyder. Anaconda пропонує широкий спектр інструментів та бібліотек, які спрощують процес обробки, аналізу та візуалізації даних. Spyder забезпечує зручний інтерфейс та функціональні можливості, необхідні для ефективної розробки наукових обчислень.

Використання бібліотек Pandas, Seaborn та Scikit-learn дозволило ефективно маніпулювати даними, візуалізувати їх та застосовувати методи машинного навчання для прогнозування та аналізу. Це забезпечило можливість оперативного виявлення проблем та прийняття обґрунтованих рішень на основі отриманих даних.

Розглянуто алгоритми машинного навчання, такі як K-найближчих сусідів, логічна регресія, метод опорних векторів, дерева рішень, випадковий ліс та градієнтний бустинг, що забезпечують широкий спектр можливостей для аналізу та прогнозування якості води.

Результат експериментального дослідження зображено у вигляді графіків та діаграм дозволив чітко побачити розподіл параметрів води, кореляції між різними параметрами та ефективність моделей машинного навчання.

ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломної роботи на тему "Система моніторингу параметрів водних ресурсів в лікувальних закладах" були досягнуті наступні результати:

Проведено ґрунтовний аналіз існуючих методів та засобів моніторингу параметрів водних ресурсів. Було досліджено наукові підходи та технології, які використовуються для оцінки якості води в лікувальних закладах.

Створено архітектуру системи моніторингу, яка включає в себе апаратне та програмне забезпечення. Обрані компоненти, такі як ВП, плата Arduino, інтернет модулі та сервер для зберігання даних, що дозволяють забезпечити надійний збір, передачу та обробку інформації.

Розроблено програмне забезпечення для збору та обробки даних з сенсорів, яке дозволяє відображати результати у вигляді графіків та таблиць. Це програмне забезпечення пройшло тестування, результати якого підтвердили його ефективність та точність.

Проведено аналіз отриманих даних, що дозволило виявити основні фактори, що впливають на якість води. Використовуючи алгоритми машинного навчання, було здійснено прогнозування можливих змін якості води, що допомогло сформулювати рекомендації для покращення стану водних ресурсів у лікувальних закладах.

В цілому, розроблена система моніторингу параметрів водних ресурсів відповідає сучасним вимогам та стандартам, є ефективною та надійною у використанні. Вона дозволяє здійснювати постійний контроль за якістю води, оперативно виявляти відхилення та вживати необхідних заходів для їх усунення, що є важливим для забезпечення безпеки та здоров'я пацієнтів лікувальних закладів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] “What Is Random Forest? | IBM.” *Www.ibm.com*, 2023, [Електронний ресурс]. Доступно: www.ibm.com/topics/random-forest#:~:text=Random%20forest%20is%20a%20commonly. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [2] “Analog_pH_Meter_Pro_SKU_SEN0169-DFRobot.” *Wiki.dfrobot.com*, [Електронний ресурс]. Доступно: https://wiki.dfrobot.com/Analog_pH_Meter_Pro_SKU_SEN0169. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [3] “DFRduino UNO R3 - Compatible with Arduino Uno - DFRobot.” *Www.dfrobot.com*, [Електронний ресурс]. Доступно: www.dfrobot.com/product-838.html. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [4] “Free Download.” *Anaconda*, [Електронний ресурс]. Доступно: www.anaconda.com/download. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [5] “Gravity__Analog_Electrical_Conductivity_Sensor__Meter_V2__K%3D1_SKU_DFR0300-DFRobot.” *Wiki.dfrobot.com*, [Електронний ресурс]. Доступно: https://wiki.dfrobot.com/Gravity_Analog_Electrical_Conductivity_Sensor_Meter_V2_K%3D1_SKU_DFR0300. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [6] “PCB Design and Circuit Simulator Software - Proteus.” *Www.labcenter.com*, [Електронний ресурс]. Доступно: <http://www.labcenter.com/>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [7] “PyCharm проти Spyder: вибір правильної IDE Python - Unite.AI.” *Www.unite.ai*, [Електронний ресурс]. Доступно: www.unite.ai/uk/pycharm-vs-spyder-choosing-the-right-python-ide/. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [8] “SVM.” *Pzs.dstu.dp.ua*, [Електронний ресурс]. Доступно: <https://pzs.dstu.dp.ua/DataMining/svm/index.html>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.

- [9] “Water Quality.” *Www.kaggle.com*, [Електронний ресурс]. Доступно: www.kaggle.com/datasets/adityakadiwal/water-potability/data. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [10] “Waterproof_DS18B20_Digital_Temperature_Sensor__SKU_DFR0198_-DFRobot.” *Wiki.dfrobot.com*, [Електронний ресурс]. Доступно: https://wiki.dfrobot.com/Waterproof_DS18B20_Digital_Temperature_Sensor_SKU_DFR0198. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [11] “WiFi_IoT_Module_SKU_TEL0126-DFRobot.” *Wiki.dfrobot.com*, [Електронний ресурс]. Доступно: https://wiki.dfrobot.com/WiFi_IoT_Module_SKU_TEL0126. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [12] “Бездротові стандарти. Що таке ZigBee? | Компанія СЕА.” *Www.sea.com.ua*, [Електронний ресурс]. Доступно: www.sea.com.ua/ua/besprovodnye-komponenty/news/bezdrotovi-standarti-so-take-zigbee/. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [13] “Що таке NFC і як цю технологію використовувати?” *ITbox - інтернет-магазин електроніки та комп'ютерної техніки*, [Електронний ресурс]. Доступно: www.itbox.ua/ua/blog/Scho-take-NFC-i-yak-cyu-tehnologiyu-vikoristovuvati/. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [14] Cunningham, Padraig, and Sarah Jane Delany. “K-Nearest Neighbour Classifiers: 2nd Edition (with Python Examples).” *ArXiv:2004.04523 [Cs, Stat]*, 29 Apr. 2020, [Електронний ресурс]. Доступно: <https://arxiv.org/abs/2004.04523>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [15] Haroon, Danish. *Python Machine Learning Case Studies*. Apress EBooks, 1 Jan. 2017, [Електронний ресурс]. Доступно: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4842-2823-4>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [16] IBM. “What Are Neural Networks?” *Www.ibm.com*, IBM, 2023, [Електронний ресурс]. Доступно: www.ibm.com/topics/neural-networks. [Доступ надано] 15 квітня 2024.

- [17] Kuan, Fiona. "Short Range Wireless Communication Technology vs Long Range Wireless Communication Technology." *MOKOSmart #1 Smart Device Solution in China*, 8 Sept. 2022, [Електронний ресурс]. Доступно: www.mokosmart.com/short-range-wireless-communication-technology-vs-long-range-wireless-communication-technology/. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [18] MathWorks. "ReferenceEntities." *Mathworks.com*, 2019, [Електронний ресурс]. Доступно: www.mathworks.com/help/matlab/. [Доступ надано] 15 квітня 2024
- [19] Munoz-Castelblanco, José, et al. "On-Sample Water Content Measurement for a Complete Local Monitoring in Triaxial Testing of Unsaturated Soils." *ArXiv.org*, 21 Mar. 2013, [Електронний ресурс]. Доступно: <https://arxiv.org/abs/1303.5348>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [20] MySQL. "MySQL :: MySQL Workbench." *Mysql.com*, 2019, [Електронний ресурс]. Доступно: www.mysql.com/products/workbench/. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [21] Navlani, Avinash . "Scikit-Learn SVM Tutorial with Python (Support Vector Machines)." *Www.datacamp.com*, Dec. 2019, [Електронний ресурс]. Доступно: www.datacamp.com/tutorial/svm-classification-scikit-learn-python. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [22] Pandas. "Python Data Analysis Library." *Pydata.org*, 2018, [Електронний ресурс]. Доступно: <https://pandas.pydata.org/>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [23] Reinsch, Paul N, et al. *Python beyond Python*. Springer EBooks, Springer Nature, 1 Jan. 2017, [Електронний ресурс]. Доступно: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-51385-0>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [24] Ruescas, Ana B., et al. "Retrieval of Case 2 Water Quality Parameters with Machine Learning." *ArXiv.org*, 1 July 2018, [Електронний ресурс]. Доступно: <https://arxiv.org/abs/2012.04495>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [25] Saini, Anshul. "Gradient Boosting Algorithm: A Complete Guide for Beginners." *Analytics Vidhya*, 20 Sept. 2021, [Електронний ресурс]. Доступно:

www.analyticsvidhya.com/blog/2021/09/gradient-boosting-algorithm-a-complete-guide-for-beginners/#:~:text=our%20test%20data.-. [Доступ надано] 15 квітня 2024.

[26] scikit-learn developers. “Sklearn.linear_model.LogisticRegression — Scikit-Learn 0.22 Documentation.” *Scikit-Learn.org*, 2019, [Електронний ресурс]. Доступно: https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.linear_model.LogisticRegression.html. [Доступ надано] 15 квітня 2024.

[27] scikit-learn. “1.10. Decision Trees — Scikit-Learn 0.22 Documentation.” *Scikit-Learn.org*, 2009, [Електронний ресурс]. Доступно: <https://scikit-learn.org/stable/modules/tree.html>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.

[28] seaborn. “Seaborn: Statistical Data Visualization — Seaborn 0.9.0 Documentation.” *Pydata.org*, 2012, [Електронний ресурс]. Доступно: <https://seaborn.pydata.org/>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.

[29] Spyder. “Spyder Website.” *Spyder-Ide.org*, 2018, [Електронний ресурс]. Доступно: www.spyder-ide.org/. [Доступ надано] 15 квітня 2024.

[30] Гришук, Ю. *МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ” МІКРОПРОЦЕСОРНІ ПРИСТРОЇ НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК по дисципліні*. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://web.kpi.kharkov.ua/ea/wp-content/uploads/sites/25/2013/04/Mikroprotsesorni-pristroyi.pdf>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.

ДОДАТОК А

```
#Якість питної води
# Compare Algorithms
from pandas import read_csv
from sklearn.model_selection import KFold
from sklearn.model_selection import cross_val_score
from sklearn.linear_model import LogisticRegression
from sklearn.discriminant_analysis import LinearDiscriminantAnalysis
import pandas as pd
import seaborn as sns
sns.set()
# Setting up the style
# sns.set_style("whitegrid")
df = pd.read_csv('./water_potability.csv')
print(df.head())
print(df.shape) # мы увидим информацию о размерности нашего датафрейма
print(df.info())
import matplotlib.pyplot as plt
labels = [str(label) for label in [0, 1]] # Перетворення цілих чисел на рядки
for i, df_visualize in enumerate(df.groupby(["Potability"])):
    plt.bar(i, df_visualize[1].count(), label=labels[i])
plt.xticks(range(len(labels)), labels)
plt.legend()
plt.title('Potability')
plt.show()
data = df.groupby("Potability")["ph"].sum()
pie, ax = plt.subplots(figsize=[10,6])
labels = data.keys()
plt.pie(x=data, autopct="%.1f%%", labels=labels, pctdistance=0.5)
plt.title("Potability", fontsize=14)
df.hist(figsize=(15,15))
plt.show()
print(df.corr())
import seaborn as sb
plt.figure(figsize=(12,10))
sb.heatmap(df.corr(), annot=True)
a=df[df.columns[1:]].corr()['Potability'][:].sort_values(ascending=False)
print(a)
b=df.isnull().sum()
print(b)
df['ph'].fillna(value=df['ph'].median(),inplace=True)
df['Sulfate'].fillna(value=df['Sulfate'].median(),inplace=True)
```

```

df['Trihalomethanes'].fillna(value=df['Trihalomethanes'].median(),inplace=True)
d=df.isnull().sum()
print(d)
x = df.drop(['Potability'], axis='columns')
y = df.Potability
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
features_scaler = MinMaxScaler()
features = features_scaler.fit_transform(x)
print(features)
from sklearn.svm import SVC
from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier
from sklearn.linear_model import LogisticRegression
from sklearn.neighbors import KNeighborsClassifier
from sklearn.tree import DecisionTreeClassifier
model_params = {
    'svm': {
        'model': SVC(gamma='auto'),
        'params' : {
            'C': [1,10,20,30,50],
            'kernel': ['rbf','linear','poly']
        }
    },
    'random_forest': {
        'model': RandomForestClassifier(),
        'params' : {
            'n_estimators': [10,50,100]
        }
    },
    'logistic_regression' : {
        'model': LogisticRegression(solver='liblinear',multi_class='auto'),
        'params': {
            'C': [1,5,10]
        }
    },
    'KNN' : {
        'model': KNeighborsClassifier(),
        'params': {
            'n_neighbors': [3,7,11,13]
        }
    }
}
from sklearn.model_selection import GridSearchCV
scores = []

```

```

for model_name, mp in model_params.items():
    clf = GridSearchCV(mp['model'], mp['params'], cv=5,
return_train_score=False)
    clf.fit(features, y)
    scores.append({
        'model': model_name,
        'best_score': clf.best_score_,
        'best_params': clf.best_params_
    })
df_score = pd.DataFrame(scores, columns=['model', 'best_score', 'best_params'])
print(df_score)
plt.figure()
sb.barplot(x="model", y="best_score", data=df_score)
plt.ylim(0, 1)
row_score_max = df_score['best_score'].argmax()
df_score.loc[[row_score_max]]
from sklearn.model_selection import train_test_split
x_train, x_test, y_train, y_test = train_test_split(features, y, test_size=0.25,
random_state=101)
model = RandomForestClassifier(n_estimators=100)
model.fit(x_train, y_train)
model.score(x_test, y_test)
from sklearn.metrics import confusion_matrix
y_predicted = model.predict(x_test)
cm = confusion_matrix(y_test, y_predicted)
plt.figure(figsize = (10,7))
sb.heatmap(cm, annot=True, fmt=".1f")
plt.xlabel('Predicted')
from sklearn.metrics import classification_report
print(classification_report(y_test, y_predicted))
# Try handle imbalance dataset to get better result
y.value_counts()
print(y.value_counts())

```