

Вінницький національний технічний університет
Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації
Кафедра системного аналізу та інформаційних технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри САІТ

д.т.н., проф. Віталій МОКІН

« 03 » 03 2024 року

Комплексна бакалаврська дипломна робота на тему:

**«ІОТ-СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ПОКАЗНИКІВ СТАНУ ПРИРОДНИХ
ВОДОЙМ. ДЕМОНСТРАЦІЙНИЙ МАКЕТ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ
СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ»**

Гаврилов Григорій Анатолійович

Виконав: студент 4 курсу, групи 2ІСТ-206 спеціальності 126 – «Інформаційні системи та технології»

Григорій ГАВРИЛОВ
Керівник к.т.н., доц. каф. САІТ

Дмитро ПРОЦЕНКО
« 31 » 05 2024 р.

Рецензент к.т.н., доц. каф. КН
Володимир ОЗЕРАНСЬКИЙ
« 19 » 06 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри САІТ

д.т.н., проф. Віталій Мокін

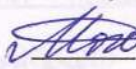
« 03 » 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації
Кафедра системного аналізу та інформаційних технологій
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)
Галузь знань – 12 Інформаційні технології
Спеціальність 126 – «Інформаційні системи та технології»
Освітньо-професійна програма – Прикладні інформаційні технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри САІТ

 д.т.н., проф. Віталій МОКІН

“05” 03 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА КОМПЛЕКСНУ БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ
СТУДЕНТУ

Гаврилову Григорію Анатолійовичу

1. Тема роботи: «ІoT-система моніторингу показників стану природних водойм. Підсистема збору даних»

керівник роботи: Проценко Д. П., к.т.н., доц. каф. САІТ

затверджені наказом ВНТУ від «11» 03 2024 року №80

2. Термін подання студентом роботи

31.05

3. Вихідні дані до роботи:

Дані зібрані за допомогою: станція Sigfox, модуль зв'язку SFM10R1P, сенсори температури DS18B20, pH DFRobot, каламутності SEN0189;

4. Зміст текстової частини:

- 1) Аналіз рішень з побудови систем моніторингу стану природних водойм, концепція демонстраційного макету для інформаційної системи моніторингу;
- 2) Розробка мобільного додатку візуалізації функціонування елементів демонстраційного макету;
- 3) Практична реалізація та тестування демонстраційного макету.

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

- 1) Зовнішній вигляд SMBS-T4;
- 2) Рівнемір Visio Util Sonic Level;
- 3) Кнопка SimplePack;
- 4) Інтерфейсний пристрій Pulse;
- 5) Модуль Sigfox;
- 6) Сенсор Sigfox

7) Готовий зібраний демонстраційний макет.

6. Консультанти розділів роботи:

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

7. Дата видачі завдання 11.05

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
1	Аналіз предметної області	11.03	31.03	Вик
2	Аналіз інформаційних систем для моніторингу стану природних водойм. Концепція демонстраційного макету.	01.04	15.04	Вик
3	Узгодження та розробка демонстраційного макету.	16.04	30.04	Вик
4	Проведення експериментального дослідження компонентів демонстраційного макету.	01.05	15.05	Вик
5	Оформлення матеріалів до захисту БДР	16.05	31.05	Вик

Студент



Григорій ГАВРИЛОВ

Керівник роботи



Дмитро ПРОЦЕНКО

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська дипломна робота складається з 71 сторінки формату А4, на яких є 33 рисунка та 2 таблиці, список використаних джерел містить 16 найменувань.

У роботі проведено аналіз існуючих систем моніторингу стану природних водойм та сучасних технологій і підходів до їх побудови. На основі цього аналізу розроблено концепцію демонстраційного макету для інформаційної системи моніторингу. Обрано компоненти для реалізації макету, розроблено мобільний додаток для візуалізації даних, спроектовано та реалізовано сам демонстраційний макет. Проведено тестування та аналіз можливих застосувань розробленого макету.

Ключові слова: моніторинг природних водойм, IoT-системи, демонстраційний макет, мобільний додаток, візуалізація даних.

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 71 A4 pages, which contain 33 figures and 2 tables, the list of sources used contains 16 titles.

The paper analyzes the existing systems for monitoring the state of natural water bodies and modern technologies and approaches to their construction. Based on this analysis, the concept of a demonstration model for an information monitoring system has been developed. Components for the implementation of the model have been selected, a mobile application for data visualization has been developed, and the demonstration model itself has been designed and implemented. Testing and analysis of possible applications of the developed model have been carried out.

Keywords: monitoring of natural water bodies, IoT systems, demonstration model, mobile application, data visualization.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ РІШЕНЬ З ПОБУДОВИ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ПРИРОДНИХ ВОДОЙМ. КОНЦЕПЦІЯ ДЕМОНСТРАЦІЙНОГО МАКЕТУ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ	6
1.1. Огляд існуючих систем моніторингу стану природних водойм	6
1.2. Аналіз сучасних технологій та підходів до побудови систем моніторингу природних водойм	13
1.3. Концепція демонстраційного макету для інформаційної системи моніторингу	17
1.4. Вибір компонентів демонстраційного макету	21
1.5. Висновки	29
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МОБІЛЬНОГО ДОДАТКУ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ДЕМОНСТРАЦІЙНОГО МАКЕТУ ...	31
2.1. Вибір технологій для розробки мобільного додатку	31
2.2. Проектування інтерфейсу та функціональності мобільного додатку ..	33
2.3. Реалізація мобільного додатку.....	36
2.4. Висновки	46
РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ ДЕМОНСТРАЦІЙНОГО МАКЕТУ	48
3.1. Розробка демонстраційного макету.....	48
3.2. Тестування демонстраційного макету.....	51
3.3. Аналіз можливий застосувань	57
3.4. Висновки	59
ВИСНОВКИ	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	63
Додаток А (обов'язковий). Технічне завдання.....	66
Додаток Б (обов'язковий). Протокол перевірки БДР на наявність текстових запозичень.....	68
Додаток В (обов'язковий). Ілюстративна частина.....	69

ВСТУП

Актуальність дослідження. Питання моніторингу стану природних водойм та розробка інформаційних систем для цього напрямку є надзвичайно актуальними на сьогоднішній день. Основними причинами такої актуальності є необхідність збереження та раціонального використання водних ресурсів. У сучасних умовах зростаючого антропогенного навантаження на водні екосистеми, моніторинг їхнього стану є критично важливим для розуміння процесів, які в них відбуваються, і вчасного виявлення та запобігання негативним змінам.

Крім того, розробка IoT-систем моніторингу дозволяє оперативно фіксувати та аналізувати дані про хімічний склад, рівень забруднення, біологічні показники водойм, що сприяє ефективній екологічній політиці та контролю забруднення. Безперервний моніторинг параметрів водойм також дає змогу завчасно виявляти тенденції, що можуть призвести до аварійних ситуацій, і вживати своєчасні заходи, тобто сприяє прогнозуванню та реагуванню на надзвичайні ситуації.

Важливо також відзначити, що детальні дані, зібрані IoT-системами, є важливим інструментом для екологічних, гідрологічних та інших профільних наукових розробок. Вони надають унікальні можливості для поглибленого вивчення водних екосистем, верифікації та вдосконалення математичних моделей, а також виявлення трендів, пов'язаних із кліматичними змінами. Важливим етапом залучення вчених та студентів до таких наукових розробок є створення макетів даних систем та різноманітні демонстрації. Інтеграція IoT-технологій у системи моніторингу водойм відкриває нові перспективи для розробки нових методів аналізу, що сприятиме глибшому розумінню функціонування водних екосистем.

Створення реалістичних макетів даних, які імітують дані, що збираються реальними IoT-датчиками, дозволяє вчителям, викладачам та

науковцям ознайомити зацікавлених осіб з типовими характеристиками та можливостями таких систем. Це надає можливість провести навчання та практичні заняття, під час яких учасники можуть вивчати методи обробки, аналізу та інтерпретації даних, не вдаючись до складнощів налаштування апаратури і збору первинних вимірювань.

Демонстрації роботи прототипів IoT-систем моніторингу, обладнаних сенсорами, сервером збору даних та інтерфейсами візуалізації, дозволяють ефективніше донести до аудиторії потенціал цих технологій. Це може включати презентації процесу збору даних у реальному часі, їх передачі та обробки, а також інтерактивні сесії, де учасники матимуть змогу власноруч спостерігати за зміною показників датчиків та експериментувати з налаштуваннями системи.

Мета дослідження – розроблення інформаційної системи моніторингу поверхневих вод на базі технології IoT на платформі SigFox.

Завдання дослідження:

1. Провести огляд існуючих систем моніторингу стану природних водойм та проаналізувати сучасні технології й підходи до їх побудови.
2. Розробити концепцію демонстраційного макету для інформаційної системи моніторингу природних водойм та обґрунтувати вибір компонентів для його реалізації.
3. Спроекувати та реалізувати мобільний додаток для візуалізації функціонування елементів демонстраційного макету.
4. Практично реалізувати демонстраційний макет, провести його тестування та дослідити можливості застосування.

Об'єкт дослідження – процеси моніторингу поверхневих вод навколишнього середовища.

Предмет дослідження – демонстраційний макет для інформаційної системи моніторингу поверхневих вод.

Публікації. За результатами даної роботи були опубліковані тези на тему «IoT система моніторингу поверхневих вод» на VI міжнародній студентській науковій конференції м. Біла Церква (2024) [8].

1 АНАЛІЗ РІШЕНЬ З ПОБУДОВИ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ПРИРОДНИХ ВОДОЙМ. КОНЦЕПЦІЯ ДЕМОНСТРАЦІЙНОГО МАКЕТУ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ

1.1. Огляд існуючих систем моніторингу стану природних водойм

На сьогоднішній день, єдиної IoT-системи, що забезпечує моніторинг якості води в природній водоймах на території України не існує. Наявна низка дослідницьких станцій та лабораторій по всій території, що здійснюють забори проб, їх аналіз, та систематизацію результатів. Це тягне за собою низку проблем, адже заміри проводяться нерегулярно, можливі помилки у вимірюваннях чи інтерпретації через людський фактор, сам процес займає багато часу та вимагають значних економічних витрат.

Відсутність єдиної IoT-системи спричиняє незручності й для звичайних громадян. Дізнатися чи є води придатними для відпочинку можна лише на офіційних порталах чи в екологічних паспортах міст чи регіонів. Цей спосіб є незручним через низку причин:

- Необхідно знайти інформацію про конкретне місце відпочинку серед загальних даних.
- Часто документи необхідно завантажувати на власний пристрій.
- Наявність зайвих статистичних даних.

Наприклад, дані про стан водойм можна одержати з Національної доповіді про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні [12] або Даних державного моніторингу поверхневих вод [5]. Розглянемо дані ресурси детальніше.

Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні. Інформація розміщена у вигляді списку гіперпосилань на документи (рис. 1.1), не всі з яких доступні. Самі звіти дуже

об'ємні та перевантажені, що може бути корисно дослідникам, та не звичайним громадянам.

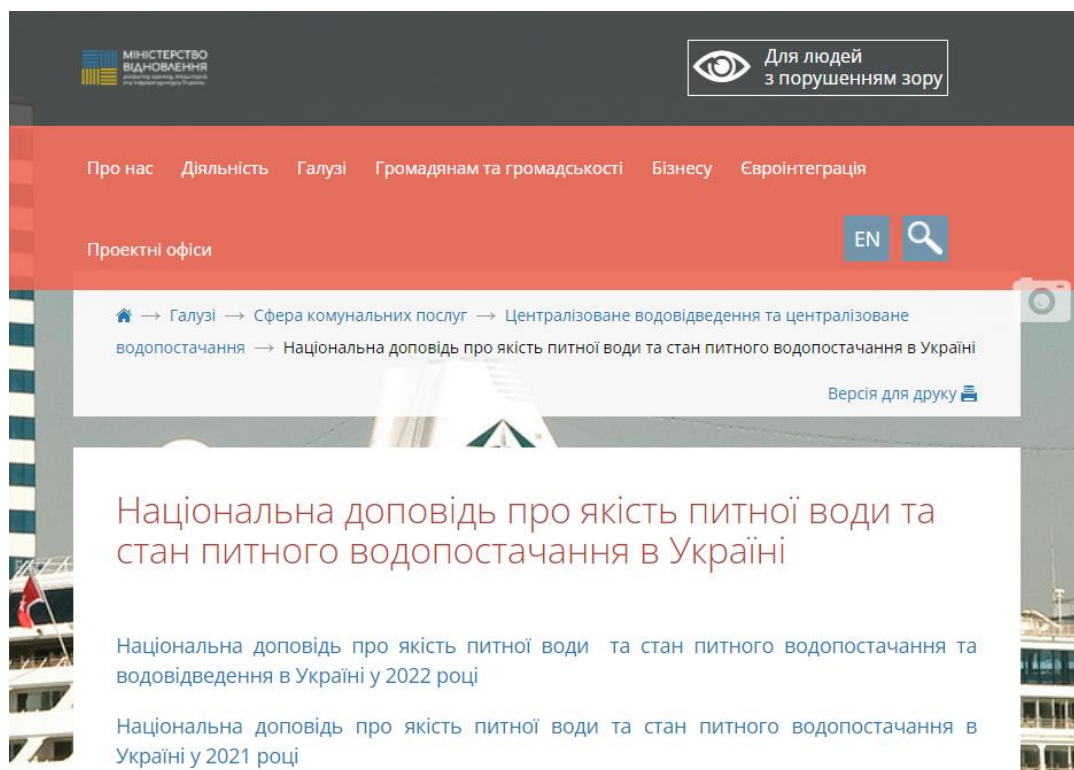


Рисунок. 1.1. Головна сторінка Національної доповіді про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні

До переваг можна віднести офіційний характер документа. Це звіт, підготовлений Міністерством розвитку громад, територій та інфраструктури, тобто урядовим органом, що надає йому більшу вагомість та достовірність. Всеохоплюючий характер: адже доповідь містить комплексну інформацію про стан питного водопостачання по всій Україні, що дає громадянам загальне розуміння ситуації на національному рівні. Наявність статистичних даних та аналітики. Доповідь містить конкретні цифри, показники, динаміку, що дозволяє громадянам оцінити ситуацію більш об'єктивно.

Натомість серед недоліків варто виділити складність сприйняття, адже доповідь написана юридичною та технічною мовою, що може ускладнювати розуміння для пересічних громадян. Орієнтацію на загальні показники:

доповідь не дає детальної інформації про ситуацію в окремих регіонах чи населених пунктах, що обмежує її практичну користь для конкретних громадян. Оперативність: доповіді публікуються раз на рік, тому інформація в них може бути застарілою на момент ознайомлення.

Дані державного моніторингу поверхневих вод. Інформація розташована в Єдиному порталі відкритих даних, та представлена у вигляді щомісячних звітів, що доступні для завантаження (рис 1.2). Проте дані будуть корисні лише для дослідників та наукових працівників, адже є таблицями (рис 1.3), що необхідно самостійно аналізувати та порівнювати з іншими даними.

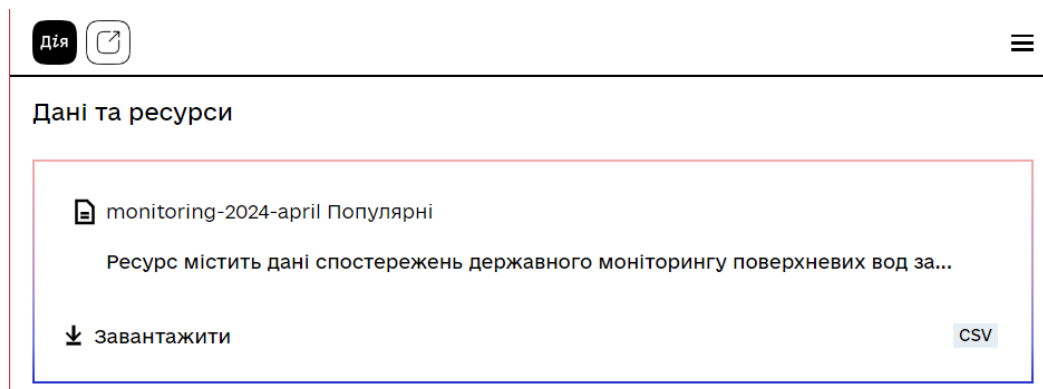


Рисунок 1.2 – Посилання для завантаження даних та інформація про час їх здійснення

38443	р. Сорищі UA_M6.5.	Дон	Басейнов	48.842800	37.639742	#####	NULL	NULL	NULL
27262	р. Білоч, 1 UA_M5.2	Дністер	Лаборато	47.989095	29.008031	#####	5.5510000	3.1000000	110.0
27264	р. Ягорлин UA_M5.2	Дністер	Лаборато	47.470472	29.359750	#####	1.4119999	3.3399999	84.0
27265	р. Турунчу UA_M5.2	Дністер	Лаборато	46.546750	30.000028	#####	1.3240000	3.5699999	104.0
27266	р. Кучурга UA_M5.2	Дністер	Лаборато	46.788750	29.977167	#####	0.2079999	2.9100000	107.0
27267	р. Кучурга UA_M5.2	Дністер	Лаборато	46.585056	29.981250	#####	0.4060000	4.8099999	108.0
27268	р. Кучурга UA_M5.2	Дністер	Лаборато	46.723194	29.970250	#####	0.5610000	3.1000000	102.0
27269	р. Дунай, UA_M5.3.	Дунай	Лаборато	45.467233	28.229450	#####	1.738	2.7000000	34.0
27271	р. Дунай, UA_M5.3.	Дунай	Лаборато	45.435156	29.264058	#####	1.766	2.6000000	74.0
27272	р. Дунай, UA_M5.3.	Дунай	Лаборато	45.401556	29.571814	#####	1.9950000	2.7000000	60.0
27276	р. Тиса, UA_M5.3.	Дунай	Басейнов	47.939225	23.876192	#####	NULL	01 Лют	7 2000000

Рисунок 1.3 – Приклад вмісту даних спостережень

До переваг можна віднести відкритість та доступність: ці дані надаються у відкритому доступі на урядовому порталі, що робить їх

доступними для всіх бажаючих. Детальність та регіональність: дані містять конкретні показники якості води в різних водних об'єктах по всій Україні, що дає можливість ознайомитись з ситуацією в конкретних регіонах. Актуальність: дані оновлюються регулярно, тому інформація в них є більш свіжою порівняно з річними звітами. Можливість аналізу: дані представлені у форматі, який дозволяє проводити власний аналіз, візуалізацію та моніторинг показників.

Серед недоліків складність сприйняття: набір даних містить велику кількість технічних показників та термінології, що може ускладнювати розуміння інформації для пересічних громадян. Необхідність навичок роботи з даними: для ефективного використання даних потрібні певні навички роботи з наборами даних, аналізу та візуалізації, якими не всі громадяни володіють. Відсутність контексту: без додаткової інформації про нормативи та пояснень щодо значень показників, дані можуть бути важкими для інтерпретації звичайними користувачами.

Щодо сервісів моніторингу стану води, то існує низка веб-ресурсів, що дають змогу переглянути інформацію про водойми. Нами було здійснено аналіз основних веб-сервісів, що надають інформацію про стан вод України. Для аналізу були обрані такі сервіси: «Чиста вода» [16], «Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України» [10].

Чиста вода. З одного боку, він надає інтерактивну карту основних річкових басейнів України, де користувачі можуть легко знаходити та досліджувати дані про якість води (рис. 1.4). На карті відображено понад 16 різних параметрів забруднення, і можна простежити, як вони змінювалися протягом останніх 5 років. Візуальне представлення даних у вигляді «квіток» з пелюстками, що відображають рівень забруднення, робить інформацію легкою для сприйняття (рис 1.5). Користувачі також можуть фокусуватися на окремих річкових басейнах для більш детального аналізу проблем із якістю води. Крім того, сервіс надає список підприємств, які вважаються відповідальними за значне забруднення річок у певних регіонах.



Рисунок 1.4 – Вигляд мапи

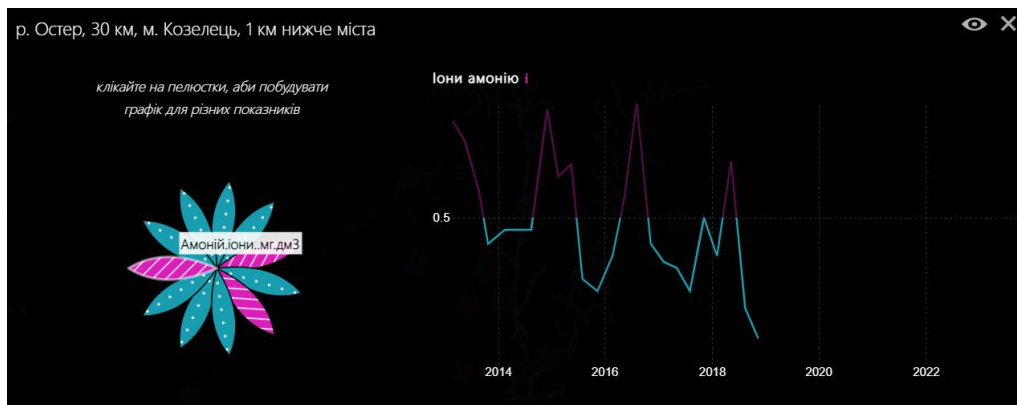


Рисунок 1.5 – Представлення даних про забруднення

З іншого боку, варто зазначити, що дані сервісу актуальні лише до серпня 2023 року або раніше, тому вони можуть бути застарілими. Також сервіс не надає точної інформації про місця скидання забруднюючих речовин, що ускладнює безпосереднє вирішення проблеми. Крім того, інтерактивність і складність водних показників можуть викликати труднощі у користувачів, особливо тих, хто менш обізнаний в екологічному моніторингу та аналізі. Також обмеженням сервісу можна вважати вибір лише з 6 головних річок, що ускладнює пошук необхідної водойми (рис 1.6). Інформація не включає данні про озера, що є суттєвим обмеженням. Нарешті, сервіс зосереджується лише

на якості води і не надає більш комплексного погляду на екологічні проблеми регіону.

Загалом, «Чиста вода» є корисним інструментом для візуалізації та аналізу даних про якість води в основних річкових басейнах України, але користувачам варто враховувати й обмеження сервісу, доповнюючи його інформацію з інших джерел для отримання повної картини екологічних викликів.



Рисунок 1.6 – Розділ з річками

Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України. Система характеризується комплексною мережею моніторингу, що включає широкий спектр лабораторних закладів у різних річкових басейнах України. Це свідчить про наявність міцної інфраструктури для моніторингу. Сайт надає доступ до даних про якість води, зокрема, інформацію щодо перевищення гранично допустимих концентрацій різних показників (рис. 1.7). Також система дозволяє інтегрувати дані з кількох регіональних управлінь, забезпечуючи

більш цілісний погляд на водні ресурси України. Ця зведена інформація може стати основою для подальшого аналізу, оцінки та звітності щодо стану водних ресурсів.

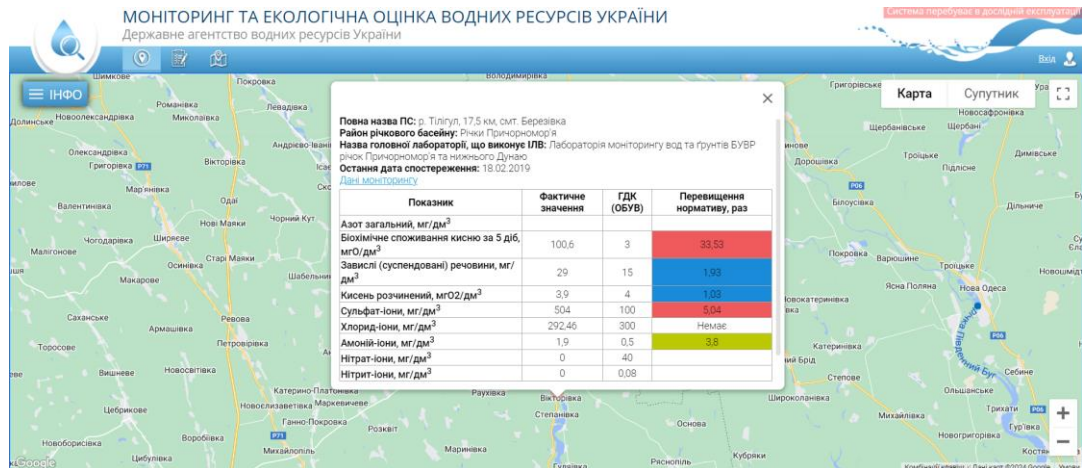


Рисунок 1.7 – Зовнішній вигляд сервісу

Одним з недоліків є відсутність даних у режимі реального часу, що обмежує можливості використання інформації для оперативного прийняття рішень. Крім того, веб-сайт містить дослідницькі пункти, дані з яких відсутні зовсім. Також потребує вдосконалення зручність користування та навігація сайту. Без детальної інформації про методи збору та перевірки даних складно оцінити їх повноту та надійність. Ще одним напрямком для покращення може бути інтеграція цієї системи з іншими джерелами екологічних та водогосподарських даних, що підвищило б її загальну цінність та корисність.

Загалом, система «Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України» є цінним ресурсом для розуміння стану водних ресурсів країни, але існують можливості для покращення її доступності, можливостей для отримання даних у режимі реального часу та інтеграції з іншими джерелами інформації.

Отже, в Україні наразі не існує єдиної IoT-системи для моніторингу стану природних водойм. Наявні лише окремі дослідницькі станції та

лабораторії, які проводять нерегулярні заміри і аналіз якості води. Це призводить до низки проблем, таких як можливість помилок, значні витрати часу та коштів.

1.2 Аналіз сучасних технологій та підходів до побудови систем моніторингу природних водойм

З розвитком інформаційних технологій та Інтернету речей (IoT) з'явилися нові можливості для автоматизації та оптимізації процесів моніторингу. IoT-системи дозволяють збирати дані про різноманітні параметри води за допомогою сенсорів, передавати їх на віддалений сервер для обробки та аналізу, а також візуалізувати результати у зручній для користувача формі [18]. Це дозволяє отримувати більш повну та актуальну інформацію про стан водойм, а також знизити витрати на моніторинг.

Для вирішення проблеми відсутності єдиної системи моніторингу стану природних водойм в Україні, важливо проаналізувати сучасні технології та підходи, які можуть бути застосовані для створення такої системи. Комплексний підхід до вивчення новітніх рішень дозволить визначити оптимальну архітектуру, функціональні можливості та технічні характеристики майбутньої IoT-системи моніторингу.

Сучасні технології та підходи до побудови систем моніторингу природних водойм характеризують наступні аспекти:

- розробка інтегрованої інформаційної системи для моніторингу якості води;
- архітектура інформаційної системи моніторингу;
- методи та алгоритми обробки даних;
- підсистеми інформаційної системи;
- приклади практичної реалізації інформаційної системи моніторингу, її характеристики та отримані результати [7].

Застосування інтелектуальних сенсорних систем для моніторингу водних об'єктів поєднує в собі датчики, мікроконтролери та алгоритми обробки даних. Основними компонентами інтелектуальної сенсорної системи є мікроконтролери для обробки даних, набір різнотипних сенсорів (фізичних, хімічних, біологічних), алгоритми машинного навчання для аналізу та інтерпретації даних, а також засоби зберігання, передачі та візуалізації отриманої інформації [1].

Ці інтелектуальні сенсорні системи мають переваги, такі як можливість автономної роботи та самонавчання, підвищена точність та достовірність вимірювань, адаптивність до умов навколишнього середовища, здатність до інтелектуального аналізу та прогнозування.

Державний моніторинг вод здійснюється з метою: забезпечення збирання, обробки, зберігання, узагальнення й аналізу інформації про стан водних об'єктів, прогнозування його змін та розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень у галузі використання, охорони вод та відтворення водних ресурсів [19].

Одним з основних напрямків розробки є створення інтегрованої інформаційної системи для моніторингу якості води. Ця система призначена для збору, обробки та аналізу даних з бездротової сенсорної мережі, встановленої на водних об'єктах [13]. Ключовими компонентами розробленої системи є:

- Бездротова сенсорна мережа, що складається з сенсорних вузлів, встановлених у контрольних точках водних об'єктів.
- Шлюзи, що забезпечують збір даних з сенсорної мережі та їх передачу до центру обробки.
- Центр обробки даних, де відбувається їх агрегація, аналіз, візуалізація та зберігання в базі даних.
- Веб-інтерфейс, що надає доступ до даних моніторингу для користувачів системи.

У своїй праці [15] пропонують підходи, що дадуть змогу ефективно реалізувати бездротову сенсорну мережу для моніторингу водних об'єктів. Його комплексний підхід дозволяє створити ефективну, масштабовану та енергоефективну бездротову сенсорну мережу для моніторингу водних ресурсів. Розглянемо ці підходи.

Вибір сенсорних вузлів: використання енергоефективних мікроконтролерів з низьким споживанням енергії, застосування бездротових модулів з підтримкою стандартів IEEE 802.15.4 або Bluetooth Low Energy, інтеграція різноманітних датчиків (рН, розчиненого кисню, температури, ЕПР тощо).

Топологія мережі: використання mesh-топології для забезпечення високої надійності та відмовостійкості, можливість динамічної зміни маршрутів передачі даних.

Протокол маршрутизації: застосування енергоефективних протоколів маршрутизації, наприклад RPL (Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks), врахування залишку енергії вузлів при виборі маршрутів.

Управління енергоспоживанням: реалізація механізмів керування живленням вузлів (сплячий режим, циклічне вмикання-вимикання), використання технологій збору енергії з навколишнього середовища (сонячні панелі, п'єзоелектричні генератори).

Передача даних: підтримка надійних протоколів передачі даних (MQTT, CoAP), шифрування даних для забезпечення безпеки.

Задля реалізації шлюзів збору та передачі даних необхідно вибрати відповідну апаратну платформу, таку як одноплатні комп'ютери або промислові контролери, з урахуванням вимог до обчислювальної потужності, пам'яті, зв'язку та живлення. Важливо забезпечити можливість підключення клітинних або Ethernet модулів для передачі даних до центру обробки. Доцільно використовувати Linux-подібні операційні системи з підтримкою IoT-протоколів та розробити відповідне ПЗ для збору, обробки, агрегації та передачі даних. Потрібно реалізувати механізми автентифікації, авторизації та

шифрування даних, а також можливість віддаленого керування та оновлення шлюзу для забезпечення безпеки.

Варто застосувати технології зниження енергоспоживання та використання технологій збору енергії, таких як сонячні панелі та акумулятори, для енергоефективності. Слід також забезпечити масштабованість шляхом можливості підключення великої кількості сенсорних вузлів та реалізації механізмів горизонтального масштабування додатковими шлюзами [3].

Задля реалізації центру обробки даних Корбутяк В. пропонує обирати високопродуктивні серверні системи з потужними процесорами, значним обсягом пам'яті та швидкими дисками для ефективної обробки великих даних. Реалізацію компонентів для прийому, агрегації, очищення та зберігання даних у розподілених платформах обробки великих даних (Apache Hadoop, Apache Spark). Використання спеціалізованих аналітичних інструментів (Apache Hive, Apache Superset, Power BI) для аналізу даних, виявлення закономірностей, побудови моделей та візуалізації [9].

Бойко Т. та Тріус Ю. пропонують реалізувати зручний веб-інтерфейс для доступу до даних моніторингу якості води. Зокрема, вони рекомендують забезпечити розробку веб-сайту або веб-дodatка, який надаватиме доступ до даних моніторингу у зручному та інтуїтивно-зрозумілому форматі [2]. При цьому, має бути забезпечено авторизований доступ до різних рівнів інформації: загальнодоступні дані для громадян та розширений доступ до детальних даних та аналітики для дослідників і фахівців.

Веб-інтерфейс має реалізувати функціонал для перегляду поточних і попередніх показників, трендів якості води та потенційного впливу забруднення на здоров'я, а також впровадити засоби візуалізації, такі як інтерактивні карти, графіки та діаграми, для наочного представлення інформації. Також має бути забезпечена можливість завантаження первинних даних та звітів у форматах, зручних для подальшого аналізу (CSV, Excel, JSON тощо). Крім того, необхідно реалізувати механізми сповіщення користувачів

про критичні ситуації або зміни в якості води, а також інтегрувати дані з інших джерел для комплексного аналізу.

Отже, аналіз сучасних технологій та підходів до побудови систем моніторингу природних водойм показав, що ключовими напрямками розробки є створення інтегрованих інформаційних систем для комплексного контролю якості води. Такі системи базуються на використанні інтелектуальних сенсорних мереж з автономними вузлами, здатними до самонавчання та адаптивної обробки даних. Вони забезпечують збір, агрегацію та аналіз інформації про гідрологічні, гідрохімічні та інші параметри водних об'єктів, з подальшою її візуалізацією та зберіганням у централізованій базі даних.

Впровадження таких сучасних технологій моніторингу дозволить підвищити ефективність контролю стану природних водойм та розробити рекомендації щодо їх раціонального використання [14].

1.3. Концепція демонстраційного макету для інформаційної системи моніторингу

Сучасні інформаційні технології, зокрема концепція «Інтернету речей» (IoT), дозволяють автоматизувати моніторинг ключових параметрів води та значно підвищити оперативність реагування на зміни. Для демонстрації можливостей такого роду інформаційних систем було розроблено концепцію демонстраційного макета. Демонстраційний макет представлятиме собою автономну систему моніторингу параметрів води, яка вимірюватиме температуру, рН та каламутність води в реальному часі.

Ключовими аспектами макету є:

- Загальна архітектура та компоненти системи.
- Методи вимірювання та передачі даних.
- Можливості візуалізації та аналітики.

– Потенціал для розширення функціоналу.

Загальна архітектура та компоненти системи. Реалізація даної концепції дасть змогу наочно продемонструвати, яким чином сучасні IoT-технології можуть бути застосовані для вирішення практичних задач моніторингу та управління водними ресурсами.

Демонстраційний макет інформаційної системи моніторингу має відповідати ряду загальних вимог щодо своєї архітектури та компонентів. По-перше, він повинен бути модульним та масштабованим – система має бути побудована за модульним принципом, що дозволить легко розширювати її функціональність, а окремі модулі (блоки вимірювання, передачі даних, візуалізації) мають бути уніфікованими та легко замінюваними. Крім того, має бути можливість нарощування кількості точок моніторингу без значних змін в архітектурі.

Також критично важливою є надійність та стійкість системи. Вона має бути стійкою до впливу зовнішніх факторів, таких як волога, температура, механічні впливи. Для забезпечення безперервності роботи має бути передбачено резервування критичних компонентів, а канали передачі даних повинні бути стійкими до перешкод та втрати зв'язку.

Методи вимірювання та передачі даних. Демонстраційний макет інформаційної системи моніторингу використовуватиме кілька методів вимірювання важливих параметрів води, таких як температура, рН та каламутність.

Для вимірювання температури води застосовуватимуться напівпровідникові датчики, які перетворюють зміну температури в електричний сигнал. Ці сенсори характеризуються високою точністю, швидкодією та стабільністю показань навіть при тривалій експлуатації.

Вимірювання рН води здійснюватиметься за допомогою електрохімічних рН-метрів. Принцип їх дії ґрунтується на вимірюванні різниці електричних потенціалів між скляним електродом і електродом порівняння,

занурених у воду. Така технологія забезпечує надійне визначення кислотності/лужності води в широкому діапазоні.

Каламутність води, яка характеризує концентрацію завислих частинок, буде вимірюватися оптичними датчиками. Вони визначають ступінь поглинання або розсіювання світлового потоку, що проходить крізь водне середовище. Цей метод дозволяє швидко та безконтактно оцінювати каламутність у реальному часі.

Для передачі даних від віддалених точок моніторингу до центральної системи збору та аналізу використовуватиметься технологія бездротового зв'язку SigFox. Вона дозволяє організувати енергоефективну, довгострокову та масштабовану мережу передачі даних на великі відстані. SigFox базується на вузькосмуговому радіоканалі, що забезпечує надійний зв'язок навіть у складних умовах навколишнього середовища. Крім того, ця технологія характеризується низькою вартістю впровадження та обслуговування.

Можливості візуалізації та аналітики. Передача даних з допомогою SigFox має здійснюватися на платформу для зберігання, аналізу та подальшої візуалізації через API. Дані з датчиків мають бути переведені у відповідні числові значення для температури, рН та каламутності. Після цього їх можна буде представити у вигляді таблиць, графіків або діаграм. Така візуалізація дозволяє наочно спостерігати за динамікою змін ключових показників стану води в режимі реального часу.

Для забезпечення аналітики даних необхідно розподілити діапазони значень для кожного параметра, що полегшить ідентифікацію та класифікацію даних. Це дозволяє автоматизувати процес аналізу даних, виявляти тенденції та закономірності у зміні показників, визначати критичні відхилення тощо. Отримані аналітичні дані можуть бути використані для прийняття обґрунтованих управлінських рішень, спрямованих на ефективне та раціональне використання водних ресурсів.

Поєднання технології передачі даних SigFox, веб-сервісу Vercel та аналітичної платформи ThingSpeak забезпечує потужні можливості для

візуалізації, моніторингу та глибокого аналізу ключових параметрів стану водного середовища в режимі реального часу.

Потенціал для розширення функціоналу. Розширення переліку вимірюваних параметрів дозволить отримувати більш повну картину стану водного об'єкта. Додавання датчиків для вимірювання інших важливих показників, таких як рівень води, вміст розчинених мінералів, вміст кисню тощо.

Географічна експансія надасть можливість для порівняльного аналізу та виявлення закономірностей у різних водних системах. Розгортання мережі датчиків на кількох водних об'єктах (річках, озерах, водосховищах) дозволить здійснювати моніторинг у регіональному масштабі.

Інтеграція з іншими даними, такими як метеорологічні дані (опаді, температура повітря, вітер тощо) та дані про господарську діяльність, забруднення, водовідведення, забезпечить всебічне розуміння впливів на водні ресурси.

Налаштування автоматизованих сповіщень про критичні відхилення параметрів від допустимих норм забезпечить систему раннього попередження, що надасть можливість оперативно реагувати на виникнення аварійних ситуацій та запобігати негативним наслідкам.

Таким чином, розширюючи функціонал системи, можна значно підвищити її ефективність у вирішенні задач раціонального, екологічно безпечного управління водними ресурсами на регіональному та національному рівнях.

Така концепція демонстраційного макета дозволить наочно продемонструвати можливості системи моніторингу якості води з використанням IoT-технологій.



Рисунок 1.8 – Концепція демонстративного макету.

1.4. Вибір компонентів демонстраційного макету

Для реалізації даного макету необхідно підібрати правильні компоненти які задовольнятимуть всі вимоги. Вони мають бути енергоефективні, стійкі до впливу зовнішнього середовища, мати довгий термін експлуатації [4].

Для забезпечення необхідних функцій макету, слід використати такі основні компоненти:

SMBS-T4 - компактний пристрій із вбудованою антеною, завдяки своїм розмірам, цей пристрій можна розмістити в приміщенні, на дворі, під землею, на даху будинку – тобто у будь-якому місці. Про вологостійкість та брудостійкість турбуватись не потрібно, тому що станція має захист від пилу та води (IP65). Загальні характеристики станції (табл. 1.1)



Рисунок 1.9 – Зовнішній вигляд SMBS-T4

Таблиця 1.1 – загальні характеристики станції SMBS-T4

SMBS-T4	
Максимальний діапазон робочих частот	від 865 МГц до 928 МГц
Максимальна чутливість приймача	-132 дБм при 100 біт/с / -124 дБм при 600 біт/с
Максимальна потужність передачі	23 дБм ± 1 дБ
Антенa	Вбудована
Споживання енергії	2,3 Вт типово / 7,5 Вт максимальна пікова
Вага	450 г
Робочі температури	від -20°C до +55°C
Температура зберігання	від -30°C до +85°C
Захист	З ущільненою кришкою (IP65)

Visio Util Ultra Sonic Level - це пристрій, який використовує ультразвукові хвилі для точного вимірювання рівня рідини в резервуарах, ємностях або басейнах.

Visio Util Ultra Sonic Level працює за принципом використання ультразвукових хвиль для вимірювання відстані до поверхні рідини в резервуарі чи ємності.

Рівнемір показано на рисунку 1.10.



Рисунок 1.10 – Ультразвуковий рівнемір.

SimplePack Sigfox - це відстежувач, який використовує технологію Sigfox для передачі даних. Він призначений для відстеження місцезнаходження різних об'єктів і може використовуватися в різних галузях, таких як логістика, транспорт, агропромисловість та інші.

Розглянемо протокол передачі сенсора VisioUtil, в момент ввімкнення сенсор передає в мережу стартовий пакет (рис 1.11) який містить дані про версію прошивки сенсора.

Startup Message Payload

Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7	Byte 8	Byte 9	Byte 10	Byte 11
0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	VER_MJR	VER_MNR	VER_BUILD

Version

PARAM	Description
VER_MJR	Firmware Version Major
VER_MNR	Firmware Version Minor
VER_BUILD	Firmware Version Build

Рисунок 1.11 – Протокол передачі сенсора.

Далі періодично надсилає повідомлення пакет яких містить шість вимірних значень відстані та напруги батареї живлення в сантиметрах та мілівольтах відповідно (рис 1.12)

Ultrasonic Payload

Nibble 0-0	Nibble 0-1	Nibble 1-0	Nibble 1-1	Nibble 2-0	Nibble 2-1	Nibble 3-0	Nibble 3-1	Nibble 4-0	Nibble 4-1	Nibble 5-0	Nibble 5-1	Nibble 6-0	Nibble 6-1	Nibble 7-0	Nibble 7-1	Nibble 8-0	Nibble 8-1	Nibble 9-0	Nibble 9-1	Nibble 10-0	Nibble 10-1
VAL_1	VAL_1	VAL_1	VAL_2	VAL_2	VAL_2	VAL_3	VAL_3	VAL_3	VAL_4	VAL_4	VAL_4	VAL_5	VAL_5	VAL_5	VAL_6	VAL_6	VAL_6	VOLT	VOLT	VOLT	VOLT

Calculations

VAL*	Size	Description	Calculation
VAL_x	0xFFFF	Measurement (cm)	NONE
VOLT	0xFFFF	Battery Voltage	(value)/1000

Рисунок 1.12 – Значення відстані та напруги сенсора.

На рисунку 1.13 показано SimplePack.



Рисунок 1.13 – SimplePack.

"Pulse Impulse Interface Sigfox", вказує на інтерфейс, який дозволяє інтегрувати пристрої, що генерують пульси або імпульси, з мережею Sigfox. PULSE - це інтерфейсний пристрій, який може використовуватись для підключення сенсорів LoRaWAN або Sigfox до мережі Інтернету речей (IoT). Основна функція - це збір даних від сенсорів та їх передача на сервер для подальшого аналізу.

На рисунку 1.14 показано Pulse.



Рисунок 1.14 – Pulse.

Sigfox module використовує інфрачервоне світло для вимірювання каламутності води. Висока точність та стабільність роботи роблять його досить популярним у водних дослідженнях та системах моніторингу якості води. Модуль Sigfox - це радіомодуль, який використовується для передачі даних в мережу Sigfox. Sigfox - це низькоспоживча бездротова мережа,

спеціально розроблена для Інтернету речей (IoT), яка дозволяє підключати пристрої до Інтернету за допомогою радіосигналів.

Модуль Sigfox дозволяє надсилати невеликі обсяги даних на великі відстані з мінімальним споживанням енергії, що робить його ідеальним для застосувань, де потрібно віддалене зчитування даних, таких як моніторинг рівня річок, стану пристроїв, лічильників.

Модуль Sigfox показано на рисунку 1.15.



Рисунок 1.15 – Модуль Sigfox

Сенсор відстані Sigfox - це пристрій, який використовує технологію бездротового зв'язку Sigfox для передачі вимірюваних даних про відстань на великі відстані. Він може бути використаний для вимірювання відстані до об'єктів, рухомих або нерухомих, і передавати ці дані через мережу Sigfox до базової станції.

На рисунку 1.16 показано сенсор Sigfox.



Рисунок 1.16 – сенсор Sigfox.

Мережа Sigfox складається з трьох рівнів: вузлів, базових станцій і облікових серверів. Взаємодія в мережі Sigfox відбувається лише в одному напрямку: від вузла до базової станції. Структуру мережі Sigfox подано на рисунку 1.17



Рисунок 1.17 – Структура мережі SigFox

Правильний вибір та налагодження даних компонентів є критично важливим для забезпечення ефективної роботи всього макету системи моніторингу водних ресурсів.

Зважаючи на досвід побудови подібних IoT-систем [6] було обрано наступні компоненти: Arduino Uno (мікроконтролер), DS18B20 (датчик температури), PH DFRobot (датчик pH), Sen0189 (датчик каламутності), модуль Sigfox (засіб бездротової передачі даних). Розглянемо детально переваги використання запропонованих компонентів для реалізації макету системи моніторингу водних ресурсів.

Arduino Uno (мікроконтролер) – це широко розповсюджена і надійна платформа, добре документована і має великий набір бібліотек. Він має 8-бітний мікроконтролер ATmega328P із достатньою для поставлених задач потужністю, а також велику кількість аналогових та цифрових портів для підключення різноманітних датчиків. Пристрій характеризується низьким енергоспоживанням, що важливо для автономної роботи системи, а також простотою програмування та налаштування, що зручно для прототипування.

DS18B20 (датчик температури) – це занурювальний датчик, стійкий до корозії, що важливо для моніторингу водних об'єктів. Він має цифровий інтерфейс, що спрощує підключення та усуває вплив шумів. Датчик покриває широкий температурний діапазон (-55°C to $+125^{\circ}\text{C}$) і характеризується високою точністю вимірювань ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$) та розширеною 12-бітною роздільною

здатністю. Також є можливість підключення декількох датчиків на одну шину, що зручно для моніторингу кількох точок.

pH DFRobot (датчик pH) – це занурювальний датчик, стійкий до хімічного впливу води. Він має аналоговий вихід, що дозволяє інтегрувати його з Arduino, та широкий діапазон вимірювань pH (0-14), що покриває потреби моніторингу. Датчик характеризується високою точністю (± 0.1 pH) та стабільністю показань, а також простотою калібрування та налаштування за допомогою потенціометру.

Sen0189 (датчик каламутності) – це занурювальний оптичний датчик, стійкий до забруднення. Він має аналоговий вихід, сумісний з Arduino, та широкий динамічний діапазон вимірювань каламутності (0-3000 NTU), що дозволяє визначати вміст завислих речовин у воді. Простота інтеграції та налаштування в системі є ще однією перевагою цього датчика.

Модуль Sigfox (бездротова передача даних) використовує низькошвидкісну глобальну LPWAN мережу Sigfox, що забезпечує енергоефективну бездротову передачу даних на великі відстані без необхідності розгортання власної інфраструктури. Він сумісний з Arduino та легко інтегрується в систему моніторингу, що робить його підходящим для додатків, де не потрібна висока швидкість, але важлива автономність.

Технічні характеристики датчиків наведено у таблиці 1.2[6].

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики обраних датчиків.

Характеристика	DS18B20	pH DFRobot	Sen0189
Тип датчика	Температурний	pH	Каламутності
Діапазон вимірювань	-55°C до +125°C	0 до 14 pH	0 до 3.5 NTU
Точність	$\pm 0.5^\circ\text{C}$ (з -10°C до $+85^\circ\text{C}$)	± 0.1 pH	± 0.5 NTU

Зв'язок інтерфейсу	1-дротовий (OneWire)	Аналоговий (зворотній напруговий)	Аналоговий (зворотній напруговий)
Живлення	3.0V до 5.5V	5V	5V
Витрата струму	1 мА (максимум)	5 мА (типово)	40 мА (типово)

Загалом, запропоновані компоненти добре підходять для реалізації макету системи моніторингу водних ресурсів, забезпечуючи необхідну функціональність, енергоефективність, стійкість до зовнішніх впливів та тривалу безперебійну роботу.

У рамках розробки системи моніторингу якості води, представлений макет (рис. 1.18), розроблений у програмі Proteus, яка використовується для створення схематичних зображень та симуляції поведінки електронних схем перед фізичним виготовленням у який входять описані пристрої та сенсори.

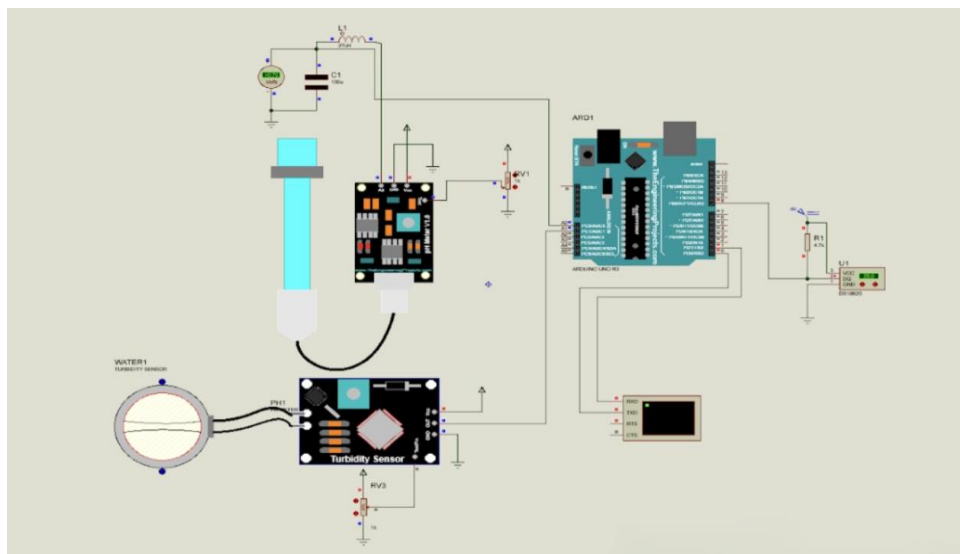


Рисунок 1.18 - Схематичне зображення пристроїв

1.5 Висновки

Відсутність єдиної IoT-системи моніторингу якості води в природних водоймах України. Наявні дослідницькі станції та лабораторії проводять

заміри нерегулярно, що призводить до неточності даних та значних витрат. Недоліки існуючих джерел інформації: складність сприйняття, орієнтація на загальні показники, недостатня оперативність, обмежена доступність для громадян. Веб-сервіси «Чиста вода» та «Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України» надають корисну, але обмежену інформацію через застарілість даних та необхідність додаткових навичок для аналізу. Для створення ефективної IoT-системи моніторингу якості води необхідно застосувати сучасні технології, розробити інтегровану інформаційну систему, архітектуру, методи обробки даних та підсистеми моніторингу.

Для вирішення проблеми потрібно розробити єдину IoT-систему, яка забезпечить регулярний та точний збір, аналіз і візуалізацію даних про стан природних водойм в Україні. Сучасні IoT-технології дають можливість автоматизованого моніторингу ключових параметрів води, таких як температура, рН та каламутність, що підвищує оперативність реагування на зміни стану водних ресурсів.

Демонстраційний макет – це автономна модульна система, яка легко масштабується та замінюється, забезпечуючи гнучкість та надійність навіть в складних умовах. Використовуються напівпровідникові, електрохімічні та оптичні датчики для точних вимірювань. Дані передаються з віддалених точок моніторингу до центральної системи збору та аналізу за допомогою енергоефективної, недорогої та надійної технології SigFox. Візуалізація та аналіз даних здійснюється за допомогою платформ Vercel та ThingSpeak. Система може бути розширена додаванням нових датчиків, географічним розширенням мережі та інтеграцією з іншими даними. Вибір компонентів враховує вимоги до енергоефективності, стійкості та довговічності.

Розроблена концепція є ефективним інструментом для управління водними ресурсами і може застосовуватись на регіональному та національному рівнях, сприяючи екологічно безпечному використанню води.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МОБІЛЬНОГО ДОДАТКУ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ДЕМОНСТРАЦІЙНОГО МАКЕТУ

2.1. Вибір технологій для розробки мобільного додатку

Інтернет речей та мобільні додатки розширюють можливості систем моніторингу, зокрема забезпечують віддалений доступ до даних у режимі реального часу. Для ефективного використання демонстраційного макету системи моніторингу якості води необхідно розробити відповідний мобільний додаток [11].

При виборі технологій для його розробки слід керуватися наступними вимогами:

- Підтримка популярних мобільних платформ (Android, iOS) для досягнення максимальної користувацької бази.
- Зручні та інтуїтивно зрозумілі інтерфейси для простоти використання.
- Інтеграція з IoT-платформою для отримання даних у реальному часі та синхронізації їх між пристроями.
- Потужні можливості візуалізації даних (графіки, таблиці, карти тощо) для фахівців та широкої аудиторії.
- Захищеність даних та підтримка протоколів безпеки і автентифікації.

Як одну з основних технологій для розробки мобільного додатку ми обрали платформу ThingSpeak.

ThingSpeak – це безкоштовна хмарна IoT-платформа, створена компанією MathWorks для збирання, обробки та відображення даних від пристроїв Internet of Things. Вона підтримує з'єднання з різними пристроями, включно з Arduino, та надає зручні API для інтеграції. Платформа активно

використовується спільнотою IoT-ентузіастів і розробників для створення прототипів у цій галузі.

ThingSpeak дозволяє завантажувати та відстежувати дані в режимі реального часу за допомогою різних графіків (лінійні, кругові, скатеринні тощо). Це дасть змогу наочно відображати динаміку показників якості води. Також платформа має потужні засоби для аналізу та обробки даних (створення трендів, виявлення аномалій тощо). Це допоможе оптимізувати моніторинг.

Вбудовані API дозволять легко розробити мобільний додаток, що синхронізуватиме дані з онлайн-платформою у режимі реального часу. API ThingSpeak має кілька основних типів:

- Write API – для запису даних з пристроїв в онлайн-сховище платформи. Це дозволить передавати дані з макету системи моніторингу води.
- Read API – для читання збережених даних. За його допомогою мобільний додаток зможе отримувати останні значення параметрів.
- Data Processing API – для створення на базі даних різних типів аналізу: середніх, мінімумів, максимумів та ін. Це полегшить оцінку якості води.
- Channel Configuration API – для налаштування параметрів каналів (таймерів, сповіщень тощо), на яких зберігаються дані.

Тому ThingSpeak є оптимальним вибором в ролі бекенд-платформи для цього мобільного додатку. Окрім ThingSpeak, для розробки мобільного додатку було використано платформу Vercel.

Vercel – це потужна PaaS-платформа для розгортання frontend-додатків, що дозволяє значно спростити процес розробки. Вона надає багато функцій:

- Хостинг веб-сайтів та додатків, сервіс автоматичного розгортання.
- Підтримка всіх основних мов програмування (JavaScript, TypeScript, Ruby, Python та ін.).
- Вбудовані засоби для інтеграції з бекенд-сервісами (в тому числі ThingSpeak).

- Мережа глобальних CDN для прискорення завантаження контенту.
- Автоматичне масштабування, оптимізація продуктивності.

З її допомогою можна швидко розробити інтерфейс мобільного додатку та інтегрувати його з даними на ThingSpeak. Платформа забезпечить хостинг та автоматичне масштабування додатку.

Це дозволить розподілити навантаження між Vercel та ThingSpeak, оптимально використовуючи їх переваги для побудови масштабованої IoT-системи моніторингу води з мобільним додатком.

2.2. Проектування інтерфейсу та функціональності мобільного додатку

Успішна робота мобільного додатку в значній мірі залежить від якості його інтерфейсу та функціональності. Тому на етапі проектування необхідно чітко визначити основні вимоги щодо його структури, дизайну та можливостей. Мобільний додаток для моніторингу якості води має відповідати таким ключовим критеріям:

- Зручність та інтуїтивна зрозумілість для користувачів різних категорій;
- Швидкий доступ до актуальної та історичної інформації;
- Наявність потужних засобів візуалізації даних;
- Підтримка різних функцій моніторингу;
- Оптимальна архітектура для масштабованості та продуктивності.

З боку користувача необхідно забезпечити три функції. По-перше, перегляд даних вимірювань в реальному часі. Користувач повинен мати можливість бачити оновлювані значення ключових параметрів (температура, рН, каламутність тощо), що вимірюються датчиками IoT-системи. Це забезпечить наочне уявлення про поточний стан об'єкта моніторингу.

По-друге, перегляд історичних даних вимірювань. Необхідно надати функціонал перегляду графіків та інших візуальних представлень динаміки показників упродовж тривалого часового періоду. Це допоможе виявити тренди та закономірності.

По-третє, перегляд інформації про пристрої моніторингу. Користувач повинен бачити перелік та основні технічні характеристики пристроїв, що входять до складу IoT-системи.

Зрештою, мати можливість додавання нових пристроїв та їх налаштування. Має бути передбачена можливість управління конфігурацією системи шляхом додавання/видалення пристроїв та налаштування їх параметрів.

Оскільки додаток має працювати з різними сервісами для забезпечення функціоналу користувача, то необхідно також реалізувати API. Він має забезпечувати взаємодію між додатком, базою даних, ThingSpeak API та Sigfox cloud.

API повинен дозволяти зберігати та отримувати дані користувачів, налаштування, конфігурацію пристроїв тощо з бази даних для роботи додатку. Через цей API забезпечуватиметься завантаження реальночасових даних вимірювань з платформи ThingSpeak, це дозволить відображати інформацію online. API дозволить отримувати та надсилати дані для керування IoT-пристроями (налаштування, оновлення програмного забезпечення тощо) через сервіс Sigfox.

Відповідно до концепції макету з підрозділу 1.3 та вимог до функціональності додатку було розроблено схему проєкту (рис. 2.1).

Як база даних був обраний MSSQL Server 2022. Це повнофункціональна СУБД від Microsoft, яка є лідером ринку та має найбільший досвід експлуатації. MSSQL Server 2022 має такі переваги для цієї IoT-системи:

- Висока продуктивність операцій зберігання та отримання даних, особливо для великих об'ємів;

- Безліч інструментів для налаштування, моніторингу, резервного копіювання бази даних;
- Підтримка роботи в хмарних середовищах, що дасть можливість масштабувати систему;
- Широкі можливості інтеграції з іншими сервісами та платформами через ODBC, REST API тощо;
- Безкоштовна ліцензія для некомерційного використання в демонстраційному проекті.

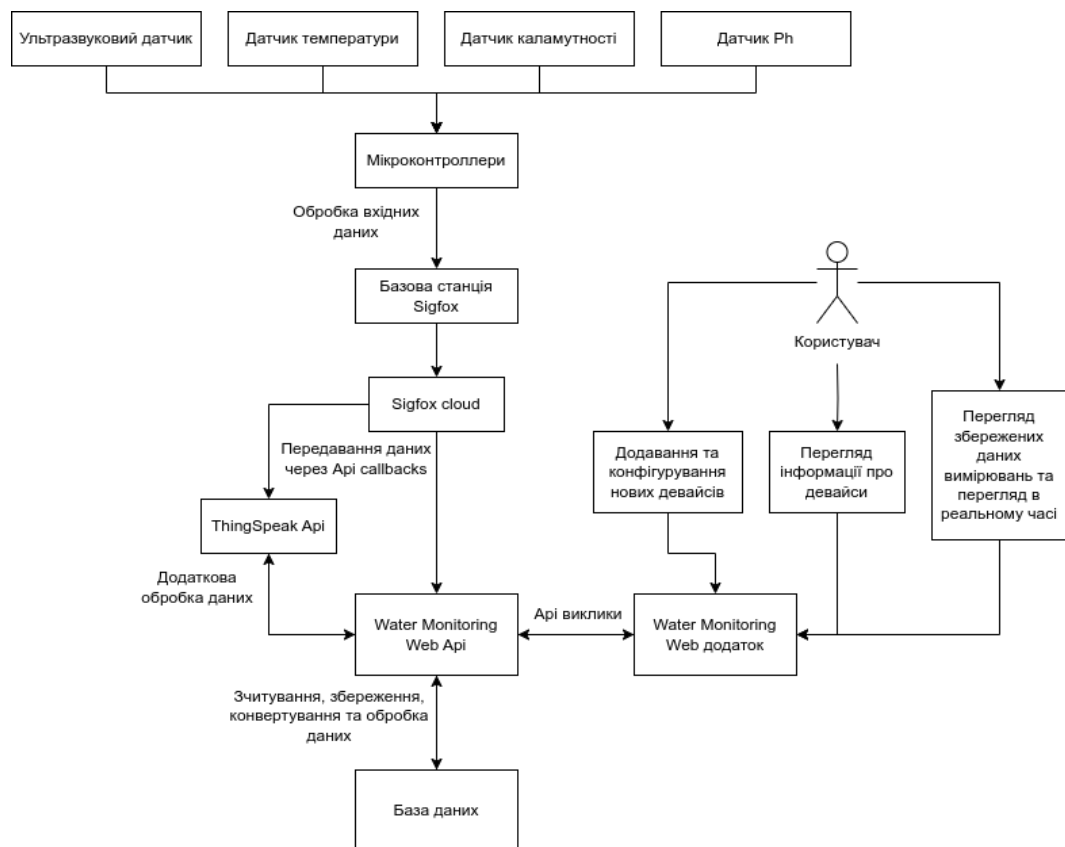


Рисунок 2.1 – Схема IoT-системи.

Оскільки інтерфейс додатку має бути зручним та зрозумілим для користувачів, то інформацію у додатку необхідно поділити на логічні розділи. Було прийняте рішення використати такий порядок розділів: «Головна», «Пристрої», «Вимірювання».

Розділ «Головна» буде містити інформацію про додаток, використані для його розробки засоби та структуру роботи всієї системи. Користувач зможе ознайомитися з призначенням додатку, його можливостями та засобами розробки.

У розділі «Пристрої» буде детальна інформація про кожен пристрій, що підключений до системи моніторингу. Для кожного пристрою будуть відображатися такі дані: його назва, тип, місцезнаходження, опис функціонального призначення, параметри налаштувань та ін. Тут також користувач зможе додавати нові пристрої та налаштовувати їх.

У розділі «Вимірювання» буде здійснюватися відображення графіків динаміки значень різних параметрів, що вимірюються системою (температура, рН, каламутність та ін.). Користувач зможе вибирати конкретний параметр, дату та діапазон для аналізу його змін в часі.

Така логічна структура додатку забезпечить його зручність та наочність при роботі користувачів.

2.3. Реалізація мобільного додатку

Особливість даного додатку для моніторингу води полягає в тому, що він доступний через браузер. Це дозволяє користувачам отримувати актуальну інформацію про стан води з будь-якого пристрою, підключеного до Інтернету. Такий підхід має ряд переваг:

а) Універсальність – додаток працює на різних операційних системах та пристроях, без необхідності розробки окремих версій.

б) Простота доступу – користувачам достатньо мати доступ до Інтернету та веб-браузера, щоб отримати всю необхідну інформацію.

в) Легкість оновлення – оновлення додатку одразу стають доступні всім користувачам, без необхідності встановлювати нову версію.

г) Зниження витрат – відсутність необхідності розробки та підтримки окремих додатків значно знижує витрати на розробку та підтримку системи.

Таким чином, реалізація даного рішення у вигляді веб-додатку дозволяє забезпечити широку доступність та гнучкість системи моніторингу води, задовольняючи потреби різних категорій користувачів.

Бекенд було вирішено реалізувати на C# у вигляді ASP.NET Web Api з використанням Entity Framework Core та Swagger.

C# та .NET. C# є сучасною, безпечною, об'єктно-орієнтованою мовою програмування від Microsoft, орієнтованою на великі проекти. Вона має простий синтаксис та багато функціональних можливостей. .NET є популярною платформою для розробки з відкритим вихідним кодом, що об'єднує середовище виконання CLR та обширну бібліотеку класів. Це дає змогу швидко розширювати функціонал проекту за допомогою бібліотек. Інструменти розробки Visual Studio значно спрощують написання, налагодження та масштабування коду. Підтримка майже всіх платформ дозволяє масштабувати проекти. Є вбудована підтримка баз даних, веб, мобільного розроблення, штучного інтелекту та інших функціональних сфер. Велика кількість готових рішень та сильна ком'юніті сприяють швидкій та надійній розробці. Тому C# і .NET є надійним та гнучким вибором для розробки IoT-проектів, особливо коли йдеться про складні бекенди.

Entity Framework Core. Це потужна технологія для розробки додатків, що взаємодіють із базами даних. Ключовими перевагами його використання є незалежність від конкретної системи управління базами даних (СУБД), що спрощує розробку та надає більшу гнучкість. EF Core також може автоматично згенерувати класи-моделі, що представляють структуру бази даних, прискорюючи розробку та мінімізуючи рутинну роботу. Вбудована підтримка міграцій полегшує нарощування та еволюцію програмного продукту синхронно з розвитком функціоналу додатка. Потужні можливості LINQ спрощують отримання, фільтрацію та перетворення даних із бази, а кешування запитів значно підвищує продуктивність додатку при повторних зверненнях до одних і тих самих даних. Загалом, використання Entity Framework Core дозволяє розробникам зосередитися на бізнес-логіці, а не на рутинній роботі з

базою даних, що підвищує ефективність розробки та якість кінцевого продукту.

ASP.NET Web Api є популярною технологією для побудови RESTful API в .NET. Використання її для проекту має такі переваги:

- Підтримка REST архітектури, що є стандартом для побудови сучасних API. Дозволяє будувати інтуїтивно зрозумілий та масштабований сервісний інтерфейс.
- Розширний фреймворк для роботи з різними форматами даних (JSON, XML тощо) та HTTP-запитів різних типів.
- Вбудована система маршрутизації для простого індексування ендпоінтів API.
- Контроль доступу на рівні анотацій та атрибутів, що дозволяє налаштовувати авторизацію.
- Підтримка різних серверів та хостингів (IIS, Linux, Docker тощо) для гнучкого розгортання.
- Зручні засоби валідації, фільтрації та конвертації даних.
- Повна інтеграція з Entity Framework для праці з БД через об'єкти.

Swagger допоможе задокументувати API та перевірити його роботу на різних етапах розробки та тестування. Наприклад, уже на початковій стадії Swagger допоможе зафіксувати очікувану структуру ендпоінтів, методів, типів параметрів та відповідей. Це дасть змогу визначити інтерфейс API до його реалізації.

Використання зазначених технологій значно прискорило процес побудови бекенду, забезпечило якість коду та оптимальну взаємодію з іншими ланками проекту. Це є критично важливим для успішної реалізації IoT-системи.

Основна частина, що реалізує взаємодію з ThingSpeak через http-запити має такий вміст:

ThingSpeakHttpClient: Це клас, що реалізує інтерфейс **IThingSpeakHttpClient** і відповідає за взаємодію з ThingSpeak API через HTTP-запити.

WriteChanelFeedAsync: Цей метод відправляє дані до каналу ThingSpeak. Він приймає об'єкт **WriteChanelFeedRequest**, будує URL-адресу запиту за допомогою **ThingSpeakUrlHelper**, виконує HTTP GET-запит та повертає ID запису, який було додано до каналу.

ReadChanelFeedAsync: Цей метод зчитує дані з каналу ThingSpeak. Він приймає об'єкт **ReadChanelFeedRequest**, будує URL-адресу запиту за допомогою **ThingSpeakUrlHelper**, виконує HTTP GET-запит та повертає отримані дані у вигляді рядка.

ReadChanelFieldAsync: Цей метод зчитує дані з поля каналу ThingSpeak. Він приймає об'єкт **ReadChanelFieldRequest**, будує URL-адресу запиту за допомогою **ThingSpeakUrlHelper**, виконує HTTP GET-запит та повертає отримані дані у вигляді рядка.

Також є два допоміжні класи **WaterMonitoring.Application.Helpers** та **WaterMonitoring.Application.Services**. Розглянемо їх:

WaterMonitoring.Application.Helpers відповідає за побудову URL-адрес для взаємодії з ThingSpeak API.

Константи:

- **_thingSpeakUrl:** Базова URL-адреса ThingSpeak API.
- **_apiKeyPart:** Частина URL-адреси, яка містить API-ключ.
- **_results:** Частина URL-адреси, яка задає кількість результатів, що потрібно отримати.

BuildWriteChanelFeedUrl: Будує URL-адресу для запису даних у канал ThingSpeak. Він приймає **WriteChanelFeedRequest** як параметр і формує URL-адресу з API-ключем та значеннями полів, що потрібно записати.

BuildReadChannelFeedUrl: Будує URL-адресу для зчитування даних каналу ThingSpeak. Він приймає `ReadChanelFeedRequest` як параметр і формує URL-адресу з API-ключем та кількістю результатів, що потрібно отримати.

BuildReadChannelFieldUrl: Будує URL-адресу для зчитування даних поля каналу ThingSpeak. Він приймає `ReadChanelFieldRequest` як параметр і формує URL-адресу з API-ключем, номером поля та кількістю результатів, що потрібно отримати.

`WaterMonitoring.Application.Services` реалізує логіку взаємодії з платформою ThingSpeak для системи моніторингу води.

ThingSpeakService: Це клас, який реалізує інтерфейс `IThingSpeakService` та відповідає за взаємодію з репозиторіями ThingSpeak та пристроїв.

GetApiKeysByDeviceId: Повертає API-ключі, пов'язані з певним пристроєм, використовуючи `_thingSpeakRepository`.

CreateOrUpdateDeviceApiKeysAsync: Створює або оновлює API-ключі пристрою, використовуючи `_thingSpeakRepository`.

RemoveApiKeysByDeviceIdAsync: Видаляє API-ключі пристрою, використовуючи `_thingSpeakRepository`.

ReadChannelFeedsAsync: Зчитує дані каналу ThingSpeak, використовуючи `_thingSpeakHttpClient`.

ReadChannelFieldAsync: Зчитує дані поля каналу ThingSpeak, використовуючи `_thingSpeakHttpClient`.

AddFeedsAsync: Завантажує нові дані з ThingSpeak до бази даних. Він отримує пристрій за ідентифікатором, отримує API-ключі, визначає останню збережену позицію в базі даних, запитує нові дані з ThingSpeak, а потім зберігає їх у базі даних.

GetAllFeedsByDeviceId: Повертає всі записи даних (фіди) для вказаного пристрою, використовуючи `_thingSpeakRepository`.

Загалом, цей код реалізує основні операції з каналами та полями на платформі ThingSpeak, що є важливою частиною бекенд-компоненти системи

моніторингу води. Він використовує `HttpClient` для виконання HTTP-запитів та `ThingSpeakUrlHelper` для побудови URL-адрес запитів. Ця реалізація надає зручний інтерфейс для взаємодії з ThingSpeak API, інкапсулюючи деталі взаємодії та надаючи простий спосіб для інших компонентів застосунку отримувати та записувати дані.

Фронтенд було вирішено реалізувати на React 17 в поєднанні з TypeScript, бібліотекою Material UI v5 на платформі Vercel.

Вибір технологічного стеку для фронтенд-частини додатку моніторингу води був продиктований бажанням створити сучасне, масштабоване та надійне рішення з оптимальними експлуатаційними характеристиками.

Ключовим вибором стала платформа React 17, яка забезпечує потужну компонентну архітектуру, високу продуктивність і широкі можливості для подальшого розвитку та розширення функціоналу. React 17 є одним із найпопулярніших і найпотужніших JavaScript-фреймворків для розробки сучасних веб-додатків. Він надає розробникам розвинену компонентну модель, ефективний віртуальний DOM, зручні інструменти для управління станом, роботи з подіями та анімацією. Завдяки цьому розробка користувацького інтерфейсу стає більш модульною, масштабованою та продуктивною.

TypeScript – це надбудова над JavaScript, яка додає статичну типізацію коду. Це означає, що компілятор TypeScript здатний перевіряти типи даних на етапі розробки, запобігаючи багатьом потенційним помилкам.

Застосування TypeScript значно підвищує якість і читабельність коду. Статична типізація покращує автодоповнення та навігацію в IDE, спрощує рефакторинг та супровід проекту. Розробники отримують додаткові гарантії коректності коду та можливість більш ефективно працювати над складними частинами додатку.

Використання TypeScript у поєднанні з потужною платформою React 17 забезпечує надійну, масштабовану та легко підтримувану архітектуру

додатку, що відповідає сучасним вимогам до розробки програмного забезпечення.

Бібліотека Material UI v5 є потужним інструментом, що значно підвищує ефективність розробки користувацького інтерфейсу на основі React. Material UI – це комплексна бібліотека готових, стильних та адаптивних UI-компонентів, які розроблені відповідно до принципів матеріального дизайну від Google. Ці компоненти включають в себе усі необхідні елементи, такі як кнопки, меню, форми, навігація, діалогові вікна, сітки та багато іншого.

Використання Material UI дозволяє розробникам значно прискорити процес створення інтерфейсу користувача. Замість написання коду з нуля, вони можуть просто імпортувати та налаштувати готові компоненти бібліотеки. Це суттєво скорочує час на розробку та забезпечує високу якість візуального представлення даних. Бібліотека Material UI також підтримує адаптивний дизайн, що дозволяє додаткам коректно відображатися на різних пристроях та екранах. Вона автоматично застосовує стилі, анімацію та поведінку компонентів відповідно до обраної теми оформлення.

Крім того, Material UI надає гнучкі можливості кастомізації – розробники можуть легко змінювати кольори, типографіку, розміри та інші візуальні параметри компонентів згідно з брендингом свого проекту.

Поєднання надійної бібліотеки Material UI з потужним фреймворком React дозволяє створювати високоякісні, сучасні та функціональні інтерфейси користувача в стислі терміни. Це значно прискорює розробку та забезпечує впізнаваний, приємний та зручний вигляд додатків..

Розміщення додатку на платформі Vercel є ключовим елементом технологічного стека, який забезпечує надійне та масштабоване рішення для хостингу системи моніторингу води.

Vercel, раніше відома як Zeit, є передовою платформою для розгортання статичних та серверних додатків, побудованих на основі популярних фреймворків, таких як React, Next.js, Vue.js та інших. Ця хмарна

платформа-як-послуга пропонує розробникам широкий спектр можливостей, що істотно спрощують процес розгортання та експлуатації додатків.

Основними перевагами використання Vercel для розміщення системи моніторингу води є:

- Надійне та масштабоване хостинг-рішення. Vercel забезпечує високу доступність, стійкість до відмов та можливість горизонтального масштабування інфраструктури відповідно до потреб додатку.
- Автоматизація процесів збірки та розгортання. Платформа Vercel повністю автоматизує процеси збірки, тестування та розгортання додатку при кожному внесенні змін до репозиторію. Це дозволяє розробникам швидко та безпечно випускати оновлення системи.
- Можливості для налаштування CI/CD. Vercel надає потужні інструменти для налаштування безперервної інтеграції та безперервного розгортання, що забезпечує високу швидкість внесення змін та оновлень до системи моніторингу.
- Легка підтримка життєвого циклу додатку. Платформа Vercel значно спрощує процес підтримки та оновлення системи моніторингу води, дозволяючи швидко реагувати на зміни вимог та усувати виявлені проблеми.

Загалом, використання Vercel у поєднанні з іншими технологіями, такими як React та Material UI, забезпечує високу продуктивність, масштабованість, надійність та гнучкість у розробці та експлуатації системи моніторингу води.

В результаті нами було розроблено додаток, що задовольняє всі вимоги, та реалізує всі необхідні функції й можливості. Адреса додатку: <https://water-monitoring-web.vercel.app/>. На головній сторінці розміщена загальна інформація про розробку та можливості додатка, продемонстрована схема архітектури (рис. 2.2).

Головна

Даний проект розроблено в рамках роботи над бакалаврською дипломною роботою на тему "IoT-система моніторингу показників стану природних водойм. Мобільний додаток аналізу та візуалізації даних спостережень". Проект розроблено з використанням наступних технологій та інструментів: база даних MSSQL Server 2022, бекенд написаний на C# у вигляді ASP.NET Web Api з використанням Entity Framework Core та Swagger, фронтенд написано на React 17 в поєднанні з TypeScript, бібліотекою Material UI v5, для роботи з Api використовується бібліотека axios. Додаток має зручний та адаптивний інтерфейс, для комфортної роботи як на ПК так і на телефоні. Додаток надає можливість додавати нові пристрої в систему, а також змінювати вже існуючі, або ж видаляти пристрої які більше не потрібні. Також додаток надає можливості для перегляду та аналізу вимірювань. На представлений нижче діаграмі зображено архітектуру проекту та загальний принцип його роботи:



Рисунок 2.2 – Головна сторінка додатка.

Зліва розташований список доступних сторінок (рис 2.3). Всі пункти крім «Головна» є списками що розгортаються. Ці розділи дозволяють легко переключатися між різними функціями додатка.

У розділі «Пристрої» міститься детальна інформація про підключені пристрої, їх назви та опис. Тут наявні поля для введення інформації про пристрої. Це дозволить легко відрізнити їх між собою. Також є можливість ввести дані для підключення до каналу ThingSpeak та налаштувати значення (рис. 2.4).

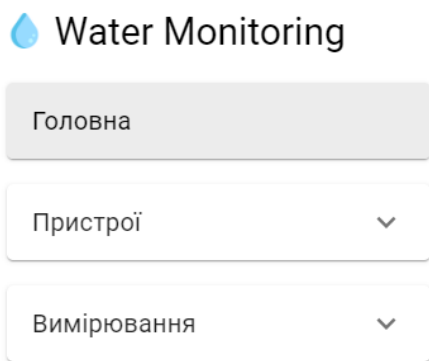


Рисунок 2.3 – Список пунктів.

Інформація про пристрій

Назва пристрою
Датчик вимірювання якості води

Опис пристрою
Датчик вимірювання якості води (Test_mod в SigFox)

Тип пристрою
Water quality sensor

Конфігурація ThingSpeak Api ☒

Id каналу
2554135

Апі ключ для запису
DWGCO49VMYUQ6EJF

Апі ключ для читання
2FY892LE2EZU9AJD

Конфігурація значень пристрою

Назва значення
Температура

Назва значення
Каламутність

Назва значення
Ph

Рисунок 2.4 – Приклад заповненої сторінки пристрою.

У розділі «Вимірювання» відображаються графіки зміни різних показників, таких як температура, каламутність та рН води. Користувач може вибирати дату та переглядати зміни цих значень у часі (рис 2.5).

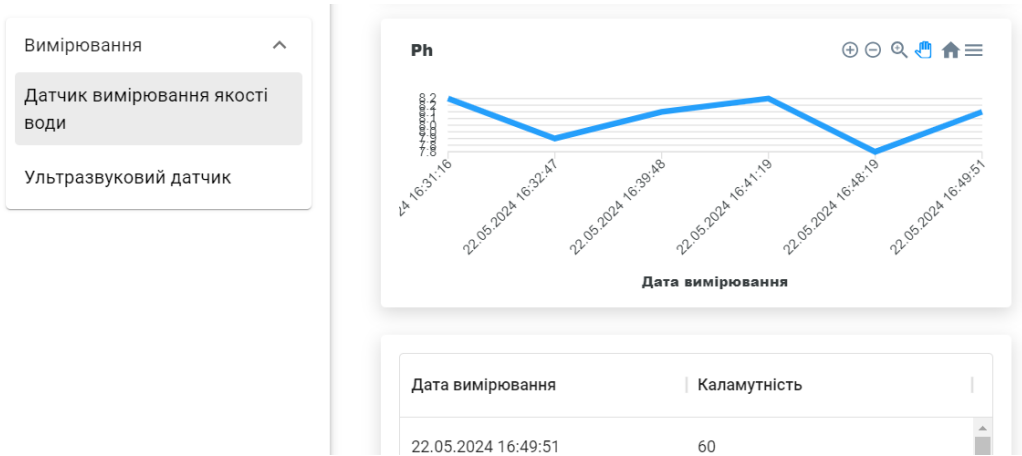


Рисунок 2.5 – Приклад сторінки вимірювань для пристрою.

Загалом інтерфейс додатку для системи моніторингу якості води виглядає досить сучасним та зручним для користувача. Розташування компонентів інтерфейсу на екрані є логічним та зручним: спочатку поля введення інформації, потім кнопки дії. Це полегшує наочне сприйняття

послідовності взаємодії. Додаткові опції, такі як «Запам'ятати», доповнюють функціонал та роблять процес авторизації максимально простим.

Також додаток дозволяє завантажувати будь-які дані з платформи ThingSpeak, якщо знати Id та ключі читання й запису. Наприклад, користувач може завантажити історичні дані про показники, виміряні власним пристроєм, підключеним до каналу на ThingSpeak. Тобто ресурс можна використовувати і для тестування власних пристроїв.

Проте додаток потребує подальших покращень та розширення можливостей. Необхідно додати систему користувачів та прив'язану до неї персоналізацію того, які данні відображати для того чи іншого користувача. Варто дати можливість користувачам додавати власні пристрої моніторингу поверхневих вод до загальної бази, таким чином можна забезпечити спільноту ентузіастів, що буде розширювати мережу пристроїв. Також не зайвим буде розділ з інструкцією по реалізації подібного пристрою х посиланням на пристрої та готовим програмним рішенням. Гарним доповненням буде розділ з картою, де буде позначений стан водойми.

Для того щоб перевершити вже існуючі ресурси, що надають дані про якість водойм для громадян варто додати рекомендації щодо прийнятності водойм для відпочинку на березі, купання, вилову риби тощо, та можливість пошуку на назвою водойми. Також корисною буде загальна інформація про шкоду тих чи інших видів забруднення.

Дані покращення та розгортання цілої мережі пристроїв моніторингу дозволять створити досить автономну систему, що буде регулярно надавати інформацію про якість вод зі зручним як для дослідників, так і для громадян інтерфейсом. Тому даний додаток має великий потенціал.

2.4 Висновки

Використання IoT-платформи ThingSpeak та платформи для розробки frontend-додатків Vercel дозволяє ефективно створити мобільний додаток для

системи моніторингу якості води з дотриманням основних вимог: підтримка популярних платформ, зручність та інтуїтивна зрозумілість інтерфейсів, інтеграція з IoT-платформою ThingSpeak за допомогою API, захищеність даних протоколами безпеки та автентифікації.

Поєднання функціональних можливостей ThingSpeak для збору та обробки даних з інструментами Vercel для розробки інтерфейсів є оптимальним технологічним стеком для реалізації мобільного додатку.

Для успішної реалізації мобільного додатку моніторингу якості води необхідно забезпечити зручний та функціональний інтерфейс користувача, який дозволить переглядати актуальні та історичні дані вимірювань, інформацію про пристрої та керувати конфігурацією системи. Додаток має взаємодіяти з різними сервісами через API, зокрема, з базою даних MSSQL Server 2022, платформою ThingSpeak для отримання реальночасових даних та сервісом Sigfox для керування IoT-пристроями. Обрана СУБД забезпечить високу продуктивність, можливості масштабування та інтеграції з іншими компонентами системи. Дотримання визначених вимог та архітектури дозволить створити якісний та ефективний інструмент для моніторингу якості води з використанням технологій Інтернету речей.

Розроблений додаток для моніторингу води є ефективним інструментом для контролю та аналізу стану водних ресурсів. Його основна перевага полягає у доступності через веб-браузер, що дозволяє користувачам отримувати актуальну інформацію про якість води з будь-якого пристрою, підключеного до мережі Інтернет. Ця особливість робить додаток зручним та мобільним, дозволяючи здійснювати моніторинг води в режимі реального часу незалежно від місцезнаходження користувача. Такий підхід сприяє оперативному реагуванню на потенційні проблеми з якістю води та допомагає приймати своєчасні рішення щодо управління водними ресурсами. Веб-додаток для моніторингу води є важливим кроком у напрямку забезпечення сталого використання та охорони водних ресурсів.

РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ ДЕМОНСТРАЦІЙНОГО МАКЕТУ

3.1. Розробка демонстраційного макету

Для наочної демонстрації ефективності та працездатності запропонованої в підрозділі 1.3 концепції макета системи моніторингу якості поверхневих вод, а також з метою додаткової перевірки та тестування розробленого у розділі 2 мобільного додатку, був спроектований, розроблений та зібраний повноцінний функціональний макет пристрою для моніторингу якості поверхневих вод. Цей макет повністю відповідає визначеній архітектурі та вимогам, враховує особливості розташування датчиків та забезпечує передачу даних до мобільного додатку у реальному часі. Завдяки створенню такого діючого прототипу стало можливим провести практичні випробування запропонованих рішень та переконатися у їх ефективності та придатності для реальних задач моніторингу якості води. Зовнішній вигляд розробленого макета представлений на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – Готовий зібраний демонстраційний макет

Мікропроцесорний пристрій формує команди керування Sigfox модулем. Значення температури зчитується мікроконтролером та передається в мережу Sigfox (AT\$SF) кожні 90-300 секунд. Коли передавач отримає дану команду, він формує відповідь про успішне її виконання. Загалом, якщо час, що минув з моменту останньої відправки, перевищує встановлену затримку, він відправляє дані через Sigfox-модуль. Після кожної третьої успішної передачі даних вставляється пауза тривалістю 5 хвилин.

Передача даних від макета системи до серверної частини відбувається за допомогою окремих пакетів даних, кожен з яких містить виміряне значення у шістнадцятковому форматі. Ці пакети потрапляють на платформу ThingSpeak через спеціальний API (прикладний програмний інтерфейс) і зберігаються у спеціально створеному каналі під назвою «Raw Water Sigfox». Варто зазначити, що на цьому етапі дані зберігаються у «сирому» вигляді, тобто без поділу на окремі типи вимірювань (температура, рН, каламутність).

Для того, щоб розділити отримані дані на окремі категорії та перетворити їх у зручний для сприйняття формат, було розроблено спеціальний програмний код. Цей код зчитує дані з каналу «Raw Water Sigfox», а потім за допомогою циклу сортує їх за числовими значеннями. Так, якщо отримане число потрапляє у діапазон від 0 до 400, то воно відноситься до значення температури води. Якщо ж число знаходиться в діапазоні від 400 до 600, то це показник рН, а якщо від 600 до 700 – то це значення каламутності води.

Після сортування дані передаються до нового каналу на платформі ThingSpeak, де вони вже розділені за типами вимірювань. Це дозволяє більш наочно представити отриману інформацію та полегшує її аналіз. У новому каналі для кожного типу показників створюється окремий графік, який відображає зміни значень у часі.

Реалізований підхід до передачі та обробки даних від датчиків забезпечує надійність, точність та зручність роботи системи моніторингу

якості води, що є запорукою її ефективності. Схему алгоритму можна побачити на рисунку 3.2.

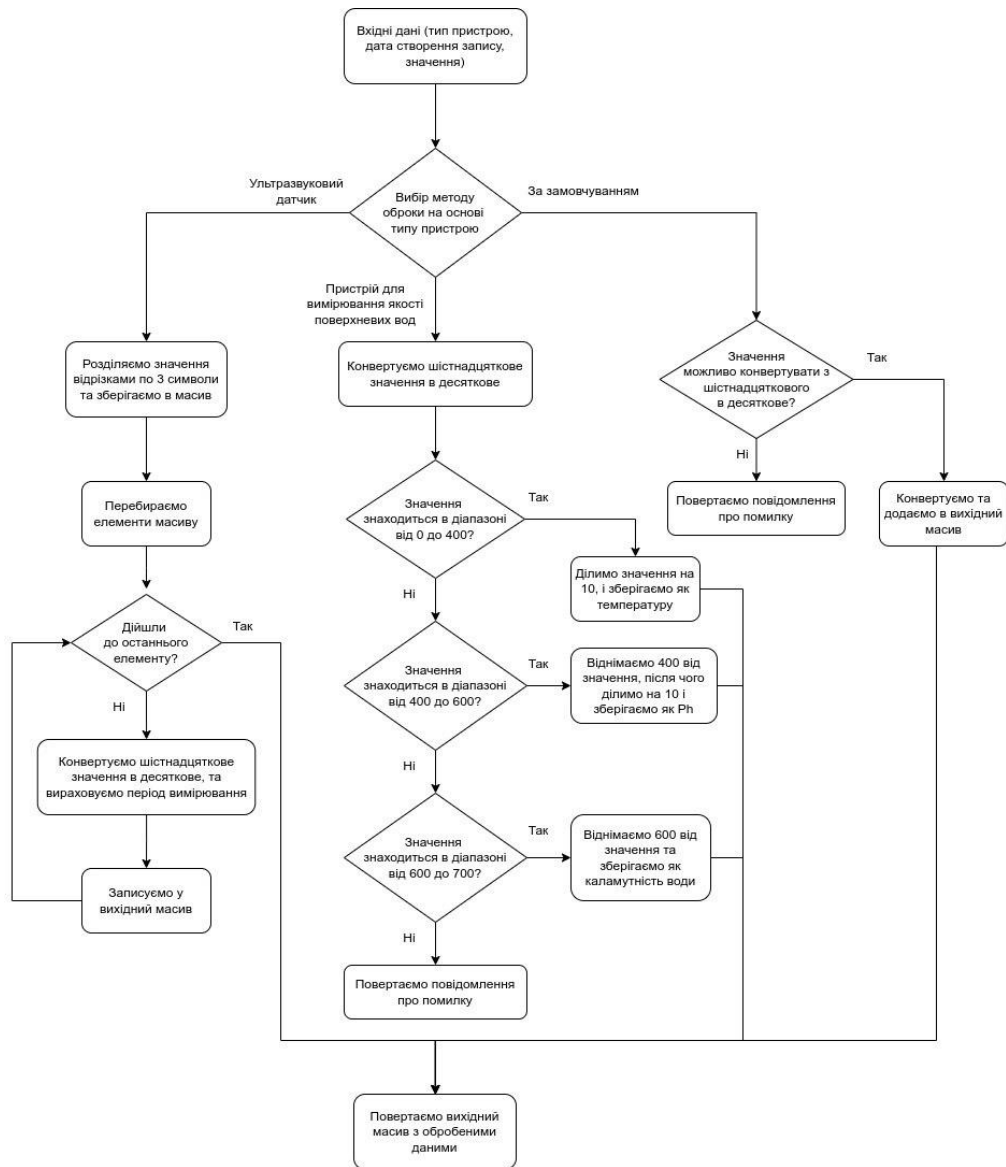


Рисунок 3.2 – Схема алгоритму мапінгу.

3.2. Тестування демонстраційного макету

Для ґрунтового тестування роботи розробленого макета системи моніторингу якості поверхневих вод було проведено цілий ряд перевірок та випробувань. Ці перевірки включали в себе як тестування коректності роботи кожного окремого датчика та відповідності отриманих з нього показників очікуваним значенням, так і перевірку правильності функціонування загальної логіки роботи мікропроцесора, який відповідає за збір та обробку даних з усіх датчиків.

Окрема увага була приділена тестуванню стабільності та надійності роботи модуля Sigfox, який забезпечує передачу зібраних даних до хмарного сховища та серверної частини системи. Для цього були проведені численні сеанси зв'язку між макетом та сервером у різних умовах, щоб переконатися у здатності системи коректно функціонувати навіть при нестабільному зв'язку чи інших ускладнюючих факторах.

Нарешті, була проведена ретельна перевірка розробленого мобільного додатку, який є невід'ємною частиною системи та основним інтерфейсом для кінцевих користувачів. Тестування додатку включало перевірку коректності відображення отриманих з сервера даних у вигляді графіків, таблиць та інших візуальних елементів, зручності та інтуїтивності користувацького інтерфейсу, а також стабільності роботи додатку на різних мобільних пристроях під керуванням операційних систем Android та iOS.

Тестування продемонструвало справну роботу модуля Sigfox, результати перевірки зв'язку продемонстровано на рисунку 3.3.

2024-05-13 13:13:58	14	00000000000000000000cad			
2024-05-13 12:44:01	13	00000000000000000000cb7			
2024-05-13 12:14:05	12	03601700000000000000cb7			
2024-05-13 11:44:09	11	04e04a04904a01901a0cb7			
2024-05-13 11:18:58	10	ffffffffffffffffffff010001			
2024-05-13 11:16:05	9	01102101a03e0150150cb7			

Рисунок 3.3 – результати тестування модуля Sigfox

Для перевірки роботи платформи ThingSpeak було проведено кілька вимірювань та створено графіки температури (рис. 3.4), рН (рис. 3.5) та каламутності (рис. 3.6).

У роботі за основу взятий пристрій для моніторингу параметрів стану води, таких як рН, температура та каламутність, описаний у статті під назвою «ІОТ-система вимірювання параметрів стану вод на базі Sigfox» [20], був розроблений науковцями Вінницького національного технічного університету.

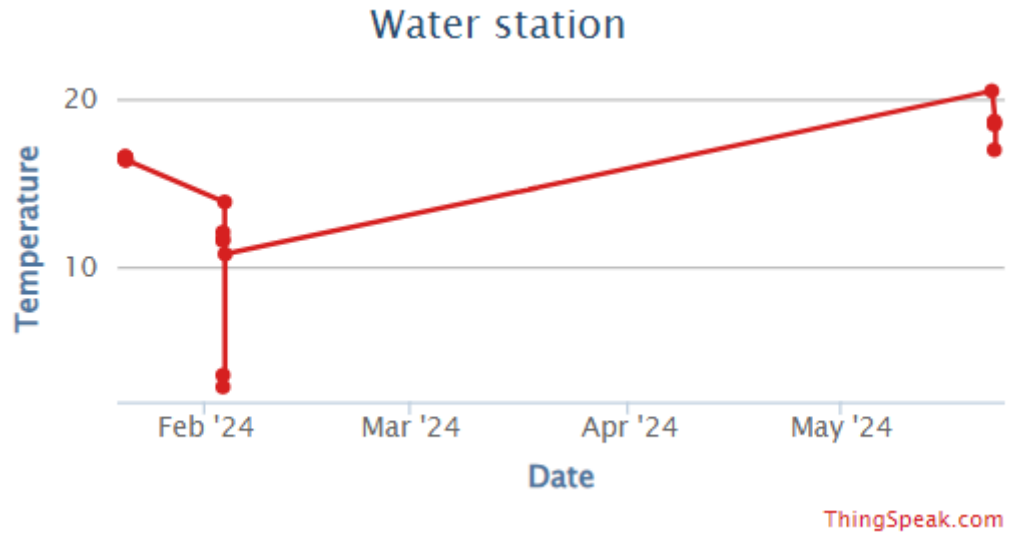


Рисунок 3.4 – Результати тестових вимірювань температури представлені на платформі ThingSpeak

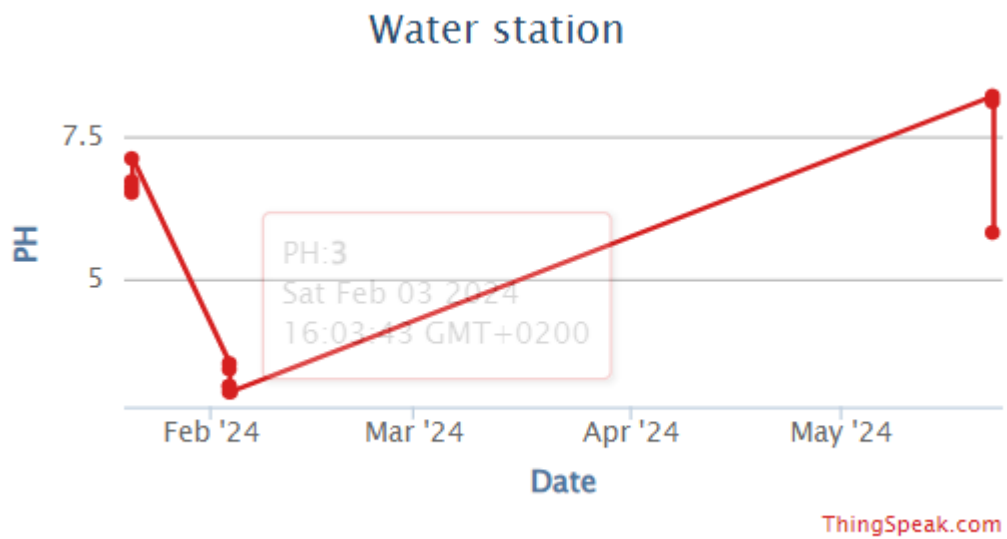


Рисунок 3.5 – Результати тестових вимірювань рН представлені на платформі ThingSpeak

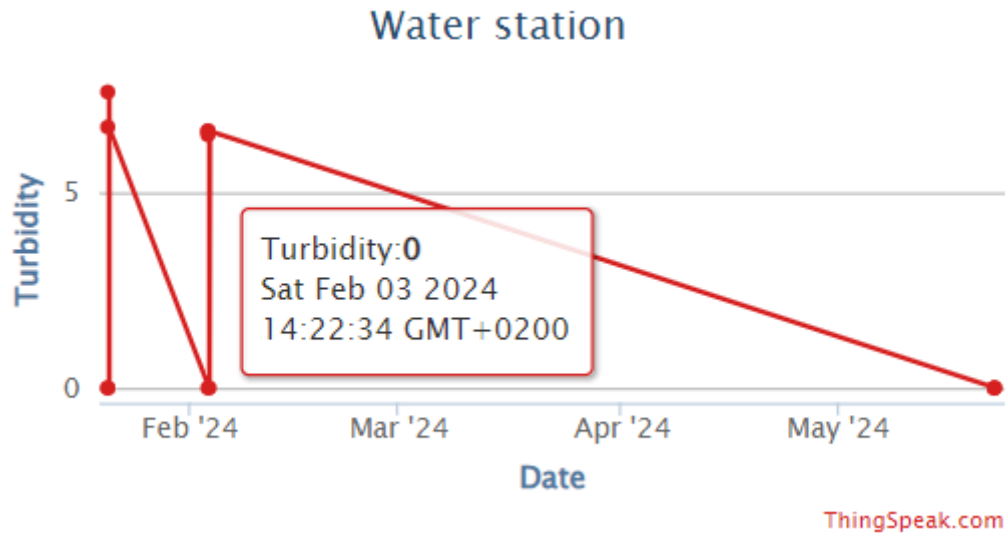


Рисунок 3.6 – Результати тестових вимірювань каламутності представлені на платформі ThingSpeak

Також було створено профіль пристрою в розробленому додатку та проведено тестові вимірювання для перевірки з'єднання та їх візуалізації. Результати представлені на рисунку 3.7, 3.8 та рисунку 3.9, 3.10.

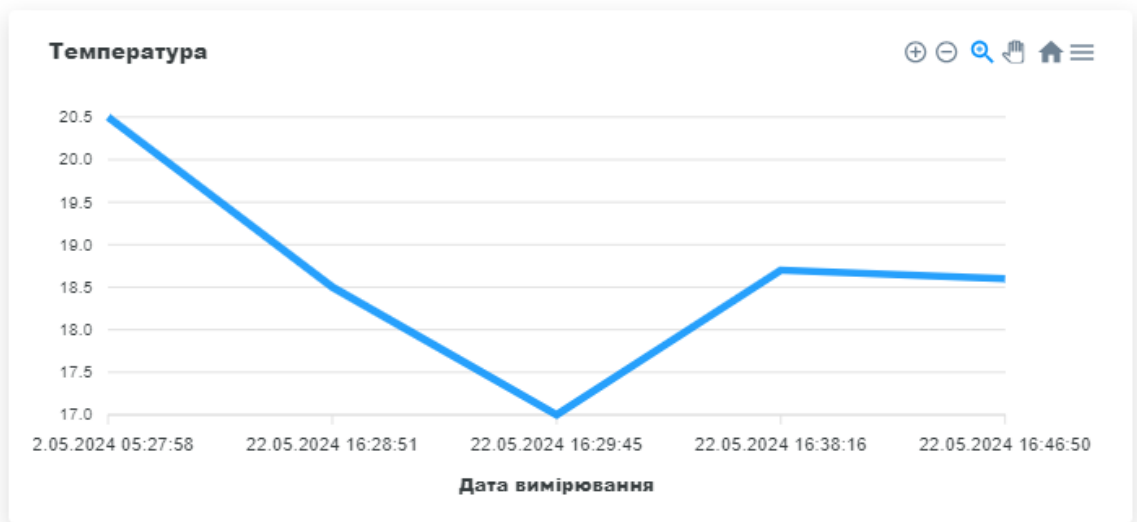


Рисунок 3.7 – Приклад візуалізації даних замірювань температури макетом в додатку.

Дата вимірювання	Температура
22.05.2024 16:46:50	18.6
22.05.2024 16:38:16	18.7
22.05.2024 16:29:45	17
22.05.2024 16:28:51	18.5

Rows per page: 10 1–5 of 5

Рисунок 3.8 – Список дат і даних замірювань температури макетом в додатку.

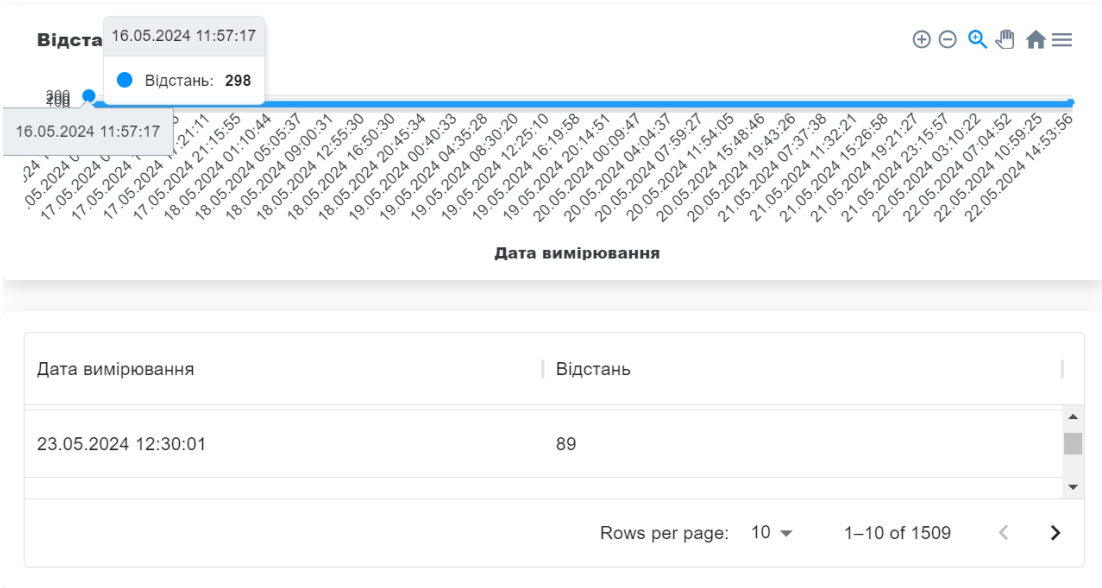


Рисунок 3.9 – Показник відстані ультразвукового датчика.

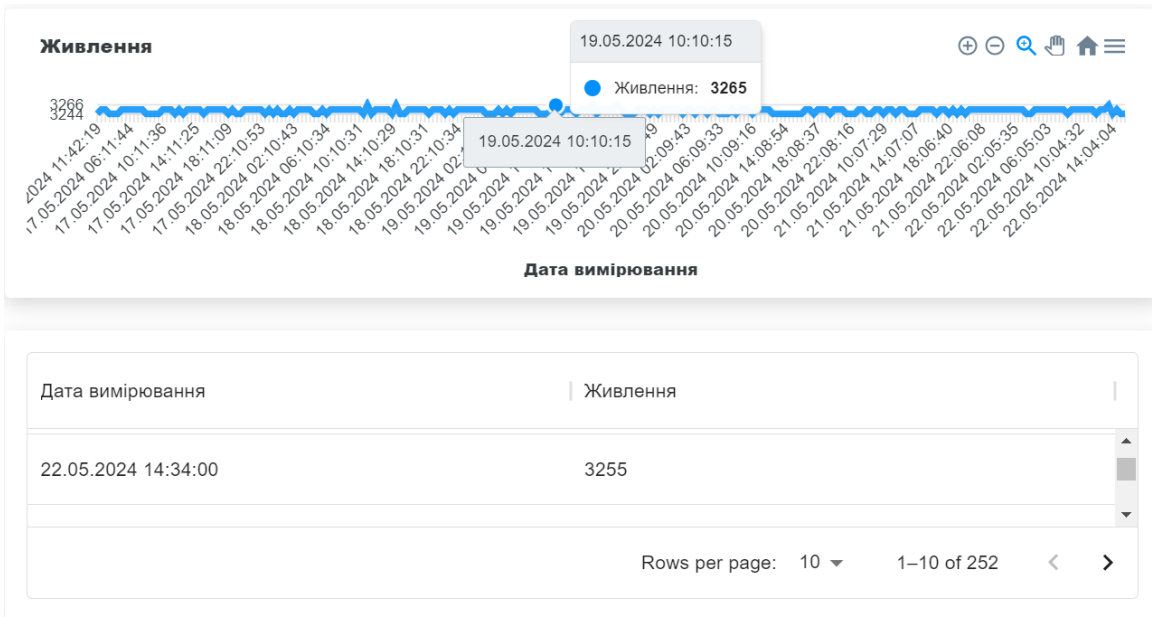


Рисунок 3.10 – Показник живлення і список дат замірювань ультразвуковим датчиком.

Зафіксовані значення температури (17-20,5 °C) та pH (7.8-8.2) знаходяться в межах типових для поверхневих вод і не викликають занепокоєння [17]. Стабільність цих показників протягом експерименту свідчить про відсутність різких змін умов середовища, що могли б негативно вплинути на водні організми.

Макет функціонує і всі закладені на етапі проєктування можливості реалізовані. Взаємодія з ThingSpeak через Sigfox, доступ до даних та їх візуалізація через додаток відбуваються коректно.

Отже, розроблений демонстраційний макет системи моніторингу якості води успішно функціонує, і всі можливості, закладені на етапі проєктування, були повністю реалізовані. Взаємодія макету з платформою ThingSpeak через мережу Sigfox відбувається без перешкод, забезпечуючи надійну передачу даних від датчиків до хмарного сховища.

Доступ до зібраних даних та їх візуалізація через мобільний додаток також здійснюються коректно. Користувачі можуть у будь-який момент переглянути актуальні показники якості води, представлені у вигляді зручних графіків та діаграм. Додаток забезпечує інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що

дозволяє легко орієнтуватися в наявній інформації та відстежувати зміни параметрів води в режимі реального часу.

Таким чином, розроблений макет демонструє ефективність запропонованого підходу до побудови системи моніторингу якості води з використанням технологій інтернету речей. Поєднання апаратної частини (датчиків та модулів передачі даних) з хмарною платформою ThingSpeak та мобільним додатком утворює цілісну екосистему, яка дозволяє здійснювати безперервний контроль за станом водних ресурсів та оперативно реагувати на будь-які відхилення від норми.

3.3. Аналіз можливих застосувань

Розроблені засоби, зокрема демонстраційний макет системи моніторингу якості води, мобільний додаток та інтеграція з платформою ThingSpeak, мають широкий спектр потенційних застосувань у різних сферах. Розглянемо деякі з можливих напрямків використання цих засобів.

Екологічний моніторинг: Система може бути розгорнута для контролю якості води в річках, озерах, водосховищах та інших природних водоймах. Це дозволить вчасно виявляти забруднення, відстежувати зміни екологічного стану та приймати необхідні заходи для збереження водних ресурсів.

Управління водними ресурсами: Засоби моніторингу можуть бути інтегровані в системи управління водними ресурсами на місцевому або регіональному рівні. Це допоможе оптимізувати розподіл води, контролювати її якість та забезпечувати ефективне використання цього цінного ресурсу.

Промислове застосування: У різних галузях промисловості, таких як хімічна, металургійна, харчова тощо, якість води відіграє критичну роль. Розроблені засоби можуть бути адаптовані для моніторингу якості води в промислових процесах, що дозволить підвищити ефективність виробництва та забезпечити відповідність екологічним нормам.

Сільське господарство: Моніторинг якості води є важливим аспектом у сільському господарстві, особливо при зрошенні. Розроблена система може допомогти фермерам контролювати якість води, що використовується для поливу, запобігаючи потенційному забрудненню ґрунту та забезпечуючи оптимальні умови для росту рослин.

Аквакультура: У рибництві та аквакультурі якість води безпосередньо впливає на здоров'я та розвиток риби й інших водних організмів. Застосування розроблених засобів дозволить здійснювати безперервний моніторинг параметрів води, таких як температура, рН, розчинений кисень тощо, що сприятиме оптимізації умов вирощування та підвищенню продуктивності.

Громадський контроль: Мобільний додаток може бути адаптований для використання громадськістю, дозволяючи людям самостійно перевіряти якість води у своїх місцевих джерелах. Це сприятиме підвищенню обізнаності про екологічні проблеми та залученню громадськості до захисту водних ресурсів.

Наукові дослідження: Розроблені засоби можуть знайти застосування у наукових дослідженнях, пов'язаних з водними ресурсами, екологією та гідробіологією. Дані, зібрані за допомогою системи моніторингу, можуть бути використані для аналізу довгострокових трендів, моделювання екологічних процесів та розробки нових методів очищення води.

Отже, розроблені засоби мають широкий спектр потенційних застосувань у різних галузях, від екологічного моніторингу та управління водними ресурсами до промислового використання, сільського господарства, аквакультури, громадського контролю та наукових досліджень. Їх впровадження сприятиме підвищенню ефективності управління водними ресурсами, забезпеченню безпеки та якості води, а також сталому розвитку водного господарства.

3.4 Висновки

Нами було розроблено повноцінний функціональний макет пристрою для моніторингу якості поверхневих вод, який відповідає визначеній архітектурі та вимогам, враховує особливості розташування датчиків та забезпечує передачу даних до мобільного додатку у реальному часі.

Створення діючого прототипу дозволило провести практичні випробування запропонованих рішень та переконатися у їх ефективності та придатності для реальних задач моніторингу якості води.

Для перевірки працездатності та ефективності розробленого макета системи моніторингу якості поверхневих вод було проведено ряд практичних випробувань у реальних умовах. Тестування показало, що макет успішно здійснює збір даних з датчиків, передачу інформації через мережу Sigfox та відображення результатів вимірювань у мобільному додатку в режимі реального часу.

Під час випробувань було підтверджено коректність роботи алгоритмів передачі даних, їх обробки на серверній частині та відображення у зручному для сприйняття форматі в мобільному додатку.

Також розроблені засоби мають великий потенціал застосувань у різних галузях, від екологічного моніторингу та управління водними ресурсами до промислового використання, сільського господарства, аквакультури, громадського контролю та наукових досліджень.

ВИСНОВКИ

1. Внаслідок проведеного аналізу було зроблено висновок, що в Україні відсутня єдина система моніторингу якості води в природних водоймах, що базується на технології Інтернету речей (IoT). Існуючі дослідницькі станції та лабораторії проводять вимірювання нерегулярно, що призводить до неточності даних та значних витрат ресурсів. Крім того, доступні джерела інформації мають низку недоліків, таких як складність сприйняття, орієнтація на загальні показники, недостатня оперативність та обмежена доступність для громадян.

Веб-сервіси «Чиста вода» та «Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України» надають корисну, але неповну інформацію через застарілість даних та необхідність спеціальних навичок для їх аналізу. Для створення ефективної IoT-системи моніторингу якості води необхідно застосувати сучасні технології, розробити інтегровану інформаційну систему з продуманою архітектурою, методами обробки даних та підсистемами моніторингу.

Вирішення цієї проблеми полягає у розробці єдиної IoT-системи, яка забезпечить регулярний та точний збір, аналіз і візуалізацію даних про стан природних водойм в Україні. Сучасні IoT-технології дозволяють автоматизувати моніторинг ключових параметрів води, таких як температура, рН та каламутність, що підвищує оперативність реагування на зміни стану водних ресурсів та дозволяє приймати своєчасні рішення щодо їх охорони та раціонального води.

2. Виготовлений нами демонстраційний макет являє собою автономну модульну систему, яка відрізняється легкістю масштабування та заміни компонентів, що забезпечує гнучкість та надійність роботи навіть у складних умовах експлуатації. Для точних вимірювань використовуються напівпровідникові, електрохімічні та оптичні датчики. Передача даних з віддалених точок моніторингу до центральної системи збору та аналізу

здійснюється за допомогою енергоефективної, недорогої та надійної технології SigFox. Для візуалізації та аналізу даних використовуються платформи Vercel та ThingSpeak. Система має потенціал для розширення шляхом додавання нових датчиків, географічного розширення мережі та інтеграції з іншими джерелами даних. При виборі компонентів враховуються вимоги до енергоефективності, стійкості та довговічності.

Розроблена концепція є потужним інструментом для ефективного управління водними ресурсами і може бути застосована як на регіональному, так і на національному рівнях, сприяючи екологічно безпечному використанню води. Вона дозволяє оперативно отримувати точні дані про стан водних об'єктів, своєчасно виявляти потенційні загрози та приймати обґрунтовані рішення щодо охорони та раціонального використання водних ресурсів. Завдяки модульності та масштабованості, система може бути адаптована до різних умов та потреб, забезпечуючи ефективний моніторинг якості води в довгостроковій перспективі.

3. Після проєктування макету та платформи нами був розроблений мобільний додаток. Поєднання IoT-платформи ThingSpeak та платформи для розробки frontend-додатків Vercel дозволяє ефективно створити мобільний додаток для системи моніторингу якості води. Додаток має зручний та функціональний інтерфейс користувача, який дозволить переглядати актуальні та історичні дані вимірювань, інформацію про пристрої та керувати конфігурацією системи.

Додаток взаємодіє з різними сервісами через API, зокрема, з базою даних MSSQL Server 2022, платформою ThingSpeak для отримання реальноточасових даних та сервісом Sigfox для керування IoT-пристроями. Дотримання визначених вимог та архітектури дозволяє створити якісний та ефективний інструмент для моніторингу якості води з використанням технологій Інтернету речей.

Основна перевага розробленого додатку полягає у доступності через веб-браузер, що робить його зручним та мобільним, дозволяючи здійснювати

моніторинг води в режимі реального часу незалежно від місцезнаходження користувача. Це сприяє оперативному реагуванню на потенційні проблеми з якістю води та допомагає приймати своєчасні рішення щодо управління водними ресурсами.

4. Розроблений нами функціональний прототип пристрою для моніторингу якості поверхневих вод повністю відповідає заданій архітектурі та вимогам. При його створенні було враховано особливості розміщення датчиків та забезпечено передачу даних до мобільного додатку у реальному часі. Завдяки створенню діючого макету ми змогли провести практичні випробування запропонованих рішень, які підтвердили їх ефективність та придатність для реальних завдань моніторингу якості води.

Для перевірки працездатності та ефективності прототипу системи моніторингу якості поверхневих вод ми провели серію практичних тестувань у реальних умовах. Під час тестування було підтверджено коректність функціонування алгоритмів передачі даних, їх обробки на серверній частині та відображення у зручному для сприйняття форматі в мобільному додатку.

Розроблені засоби мають широкий спектр потенційних застосувань у різноманітних сферах, включаючи екологічний моніторинг, управління водними ресурсами, промислове використання, сільське господарство, аквакультуру, громадський контроль та наукові дослідження. Це свідчить про універсальність та перспективність запропонованих рішень для задач моніторингу якості води.

Цим всім, ми вдосконалили інноваційну систему моніторингу поверхневих вод.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Богатир В. О., Коробко І. В. Інтелектуальні сенсорні системи для моніторингу водних об'єктів. Системи управління, навігації та зв'язку, 2020, Вип. 2, С. 106-110.
2. Бойко Т. В., Хом'як О. В. Застосування інтернету речей для моніторингу якості води. Екологічні науки, 2019, № 1, С. 16-21.
3. Булига К. Б., Білоус О. А. Проектування IoT-систем моніторингу навколишнього середовища. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, 2020, Вип. 2, С. 84-89.
4. Гончаренко, Д., Мокін, В. Аналіз підходів щодо вибору архітектури інформаційних систем на основі інтернету речей за реальних умов. 2022. [Електронний ресурс]. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2022/paper/view/16140/13537>
5. Дані державного моніторингу поверхневих вод. [Електронний ресурс]. URL: <https://data.gov.ua/dataset/surface-water-monitoring>
6. ІОТ-система вимірювання параметрів стану вод на базі sigfox / Гончаренко, Д., Мокін, В., Проценко, Д., Горячев, Г., Варчук, І. 2024. [Електронний ресурс]. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2024/paper/view/20077/16630>
7. Ковальчук А. М., Мартинюк В. О. Розробка інформаційної системи моніторингу якості води. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки, 2017, № 4, С. 187-191.
8. Конотоп Б. П., Гаврилов Г. А., Панасюк В. Р. Іот система моніторингу поверхневих вод: матеріали VI Міжнародної студентської наукової конференції. Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОСГруп», 2024. С. 236-239.
9. Корбутяк В. М., Мокін В. Б. Технології Big Data для оцінювання та прогнозування якості водних ресурсів. Екологічні науки, 2018, № 3, С. 45-51.

10. Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України. [Електронний ресурс]. URL: <http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/MapEcoWaterMon/Index>
11. Мультихмарна платформа інтернету речей «САКУРА-ІІоТ». 2022. [Електронний ресурс]. URL: <https://innovinnprom.com/galuzevishennya/mulytymarna-platforma-internetu-rechey-sakura-iiot>
12. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні. [Електронний ресурс]. URL: <https://mtu.gov.ua/content/nacionalna-dopovid-pro-yakist-pitnoi-vodi-ta-stan-pitnogo-vodopostachannya-v-ukraini.html>
13. Сисоєв О. Ф., Чалий С. Ф. Система моніторингу якості води на основі бездротових сенсорних мереж. Наукові вісті НТУУ «КПІ», 2016, № 1, С. 24-31.
14. Триус Ю. В., Герасименко І. В. Архітектура системи моніторингу довкілля на основі технологій Інтернету речей. Інформаційні технології в освіті, 2017, № 31, С. 9-26.
15. Чайковський І. А., Яцишин А. В. Методи та засоби організації бездротової сенсорної мережі для моніторингу водних об'єктів. Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки, 2019, Вип. 32, С. 116-125.
16. Інтерактивна карта забрудненості річок України. «Чиста вода». 2020. [Електронний ресурс]. URL: <https://texty.org.ua/water/>
17. Відповідність якості води водним об'єктам, в яких водяться риби Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища України 07.07.2017 №282 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0767-09#Text>

18. Костюченко О.В. Інтернет речей в екологічному моніторингу Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія 2019 № 2 (58) С. 118-123.
19. CEOBS, Ukraine conflict environmental briefing: Water, 2022. URL: <https://ceobs.org/ukraine-conflict-environmental-briefing-water/>
20. Гончаренко Д. В., Мокін В.Б., Проценко Д. П., Горячев Г. В., Варчук І. В., Іот-система вимірювання параметрів стану вод на базі sigfox., ВНТУ 2024. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/41813/20077.pdf>

Додаток А
(обов'язковий)

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри САІТ

_____ д.т.н., проф. Віталій МОКІН

“ ____ ” _____ 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на бакалаврську дипломну роботу

ІОТ-СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ПОКАЗНИКІВ СТАНУ ПРИРОДНИХ
ВОДОЙМ. ДЕМОНСТРАЦІЙНИЙ МАКЕТ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ
СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ

08-34.БДР.006.00.000 ТЗ

Керівник: к.т.н., доц.

_____ Дмитро ПРОЦЕНКО

« __ » _____ 2024 р.

Розробив студент гр. 2ІСТ-206

_____ Григорій ГАВРИЛОВ

« __ » _____ 2024 р.

Вінниця 2024

1. Підстава для проведення робіт.

Підставою для виконання роботи є наказ №__ по ВНТУ від «__» _____ 2024р., та індивідуальне завдання на БДР, затверджене протоколом №__ засідання кафедри САІТ від «__» _____ 2024р.

2. Джерела розробки:

1) Гончаренко Д. В., Мокін В.Б., Проценко Д. П., Горячев Г. В., Варчук І. В., Іот-система вимірювання параметрів стану вод на базі sigfox., ВНТУ 2024.
URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/41813/20077.pdf>

3. Мета і призначення роботи.

Метою роботи є розроблення інформаційної системи моніторингу поверхневих вод на базі технології IoT на платформі SigFox.

4. Вихідні дані для проведення робіт:

1) Станція Sigfox, рівнемір Visio Util Sonic Level, відстежувач SiplePack, пристрій Pulse, модуль зв'язку SFM10R1P, дані зібрані сенсорами температури DS18B20, ph DFRobot, каламутності SEN0189;

2) Місце проведення дослідження – водойма на території ВНТУ.

5. Методи дослідження:

Системний аналіз, математичне моделювання, експеримент

6. Етапи роботи і терміни їх виконання:

а) Аналіз предметної області _____ – _____

б) Аналіз інформаційних систем для моніторингу стану природних водойм.
Узгодження концепції демонстраційного макету _____ – _____

с) Розробка демонстраційного макету _____ – _____

д) Проведення експериментального дослідження компонентів демонстраційного макету. _____ – _____

е) Оформлення матеріалів до захисту БДР _____ – _____

7. Очікувані результати та порядок реалізації

Розробка IoT-системи для моніторингу стану природних водойм.

8. Вимоги до розробленої документації

Текстова та ілюстративна частини роботи оформлені у відповідності до вимог «Методичних вказівок до виконання бакалаврських кваліфікаційних робіт для студентів спеціальностей: 124 «Системний аналіз», 126 «Інформаційні системи та технології» (освітня програма «Прикладні інформаційні технології»)).

9. Порядок приймання роботи

Публічний захист «__» _____ 2024 р.

Початок розробки «__» _____ 2024 р.

Граничні терміни виконання БДР «__» _____ 2024 р.

Розробив студент групи 2ІСТ-206 _____ Григорій ГАВРИЛОВ

Додаток Б
(обов'язковий)

Протокол перевірки комплексної бакалаврської дипломної роботи на
наявність текстових запозичень

Назва роботи: «IoT-система моніторингу показників стану природних водойм.
Демонстраційний макет для інформаційної системи моніторингу»

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота

Підрозділ: кафедра САІТ

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 96%

Схожість 4%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
 - Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і самостійності її автора. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
 - Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку

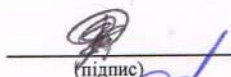


(підпис)

Сергій ЖУКОВ

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи



(підпис)

Григорій ГАВРИЛОВ

Керівник роботи



(підпис)

Дмитро ПРОЦЕНКО

Додаток В
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

ІОТ-СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ПОКАЗНИКІВ СТАНУ ПРИРОДНИХ
ВОДОЙМ. ПІДСИСТЕМА ЗБОРУ ДАНИХ

Нормоконтроль: к.т.н., доцент

_____ Сергій ЖУКОВ

«___» _____ 2024 р.



Рисунок В.1 – Зовнішній вигляд SMBS-T4



Рисунок В.2 – Ультразвуковий рівнемір.



Рисунок В.3 – SimplePack.



Рисунок В.4 – Pulse.



Рисунок В.5 – Модуль Sigfox



Рисунок В.6 – сенсор Sigfox.



Рисунок В.8 – Готовий зібраний демонстраційний макет