

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Факультет інформаційних технологій

Кафедра Інформаційні системи та технології
Освітній рівень Бакалавр
Спеціальність 126 Інформаційні системи та технології
Освітня програма Програмні технології інтернет речей

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри,
Олександр КУЧАНСЬКИЙ

_____2022 року
«__» _____

**ЗАВДАННЯ
НА ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА**

Здобувач освіти: Владислава ГАПЄЄВА

Група: IP-41

1. **Тема кваліфікаційна робота бакалавра:** «Інформаційно-аналітична система моніторингу якості води для системи водопостачання міста Конотоп».
Затверджена протоколом засідання кафедри ІСТ №05/21_22 від 03.12.2021 року
2. **Строк подання студентом готової роботи** - «22» червня 2022 р.
3. **Вихідні дані до роботи:** дослідження в області моніторингу якості питної води з використанням IoT технологій; розробка інформаційно-аналітичної системи моніторингу якості води.
4. **Зміст роботи:** РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ВОДИ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМИ ІОТ. (дослідження процесу оцінки якості; аналіз аналогічних систем; порівняння технологій бездротового зв'язку); РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА ПРОЄКТУ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ВОДИ (підбір обладнання; дослідження IoT платформи Thingsboard; архітектура проекту та алгоритм роботи); РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ ПАНЕЛІ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ВОДИ (розробка системи попереджень і сповіщень, налаштування генерації повідомлень, інструментів відслідковування даних; розробка інформаційно-аналітичної системи).
5. **Перелік графічного матеріалу:** алгоритм роботи системи попереджень та реагування інформаційно-аналітичної системи, концептуальна схема взаємодії

компонентів системи, схема архітектури системи, на якій представлені елементи системи та технології взаємозв'язку між ними.

6. Календарний план виконання роботи:

Етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання	Результат виконання
1. Вибір тематики кваліфікаційної роботи бакалавра	01.09.2021-01.10.2021	виконано
2. Наказ про затвердження тем кваліфікаційної роботи бакалавра та призначення керівників	03.12.2021	виконано
3. Розробка плану кваліфікаційної роботи бакалавра і його погодження з керівником	25.12.2021	виконано
4. Написання I розділу кваліфікаційної роботи	19.03.2022	виконано
5. Написання II розділу кваліфікаційної роботи	25.04.2022	виконано
6. Написання III розділу кваліфікаційної роботи	29.04.2022	виконано
7. Підготовка висновків і пропозицій	30.04.2022	виконано
8. Попередній захист кваліфікаційної роботи	12.05.2022	виконано
9. Перевірка на плагіат	13.05.2022-15.06.2022	виконано
10. Нормоконтроль	02.06.2022-06.06.2022	виконано
11. Рецензування кваліфікаційної роботи бакалавра і представлення роботи на кафедрі в друкованому вигляді	15.06.2022	виконано
11. Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	23.06.2021-24.06.2021	

Дата видачі завдання « 01 » грудня 2021 р.

Керівник роботи: доцент Сергій БРОНІН _____ (підпис)

Завдання прийняв до виконання:

Здобувач освіти на освітньому рівні «бакалавр» 4-го курсу групи ІР-41

Владислава ГАПЄЄВА

(Власне Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

АННОТАЦІЯ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА
ШЕВЧЕНКА

Факультет інформаційних технологій

Кафедра Інформаційних систем та технологій

Освітня програма «Програмні технології інтернет речей»

Кваліфікаційна робота бакалавра Владислави ГАПЄСВОЇ

Тема роботи: «Інформаційно-аналітична система моніторингу якості води для системи водопостачання міста Конотоп».

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра: розробка інформаційно-аналітичної системи моніторингу якості води для системи водопостачання міста Конотоп з використанням IoT технологій; підбір обладнання та створення програмного продукту проєкту, що дозволить відслідковувати показники в режимі реального часу.

Об'єкт дослідження: інформаційно-аналітична система моніторингу якості води для системи водопостачання міста Конотоп.

Предмет дослідження – інформаційно-аналітична система з використанням IoT технологій для моніторингу якості води в режимі реального часу.

Кваліфікаційна робота складається зі змісту, вступу, основної частини, яка включає три розділи, висновків та списку використаних джерел. Всього 62 сторінки.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: інтернет речей (internet of things, IoT), інформаційно-аналітична панель, якість води, моніторинг якості води, Thingsboard, IoT платформа.

ABSTRACT

TARAS SHEVCHENKO NATIONAL UNIVERSITY OF KYIV

Faculty of Information Technology

Department of Information Systems and Technologies

Educational program "Software technologies of the Internet of Things"

Qualification work of bachelor Vladyslava Hapieieva

Work topic: "Information and analytical system of water quality monitoring for the water supply system of Konotop".

The purpose of the bachelor's qualification work: development of information-analytical system of water quality monitoring for the water supply system of Konotop using IoT technologies; selection of equipment and creation of a project software product that will allow monitoring of indicators in real time.

The object of research: information-analytical system of water quality monitoring for the water supply system of Konotop.

The subject of research is an information-analytical system using IoT technologies for real-time water quality monitoring.

Qualification work consists of content, introduction, main part, which includes three sections, conclusions and a list of sources used. Total 62 pages.

KEY WORDS: Internet of Things (IoT), information and analytical panel, water quality, quality monitoring codes, Thingsboard, IoT platform

ЗМІСТ

ЗМІСТ	6
ВСТУП	8
1. АНАЛІЗ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ВОДИ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМИ ІОТ.....	10
1.1 Оцінка якості питної води	10
1.2 Аналоги.....	13
1.2.1 Система вимірювання якості води SENSO.....	13
1.2.2 ІоТ система моніторингу води в реальному часі	14
1.2.3 Система моніторингу якості води базована на технології ІоТ.....	16
1.3 Порівняння технологій бездротового зв'язку.....	18
1.4 Висновок до розділу	23
2. РОЗРОБКА ПРОЄКТУ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ВОДИ.....	24
2.1 Підбір обладнання	24
2.2 Дослідження ІоТ платформи ThingsBoard	28
2.3 Архітектура проєкту та алгоритм роботи	29
2.4 Розгортання активів та датчиків проєкту на ІоТ платформі.....	34
2.5 Висновки до розділу.....	36
3. РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ ПАНЕЛІ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ВОДИ.....	37
3.1 Розробка процесу генерації та обробки повідомлень з даними.....	37
3.2 Розробка системи попереджень та сповіщень	40
3.3 Налаштування інструментів відслідковування поточних показників	46

3.4	Налаштування можливості перегляду попереджень	49
3.5	Створення інструментів для відслідковування зміни показників у графічному вигляді	53
3.6	Висновки до розділу.....	55
	ВИСНОВКИ.....	56
	ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58
	ДОДАТКИ.....	63

ВСТУП

Актуальність теми. Якість питної води має безпосередній вплив на здоров'я людей. Для постійного відслідковування показників, за якими можна визначити якість води, зручно та ефективно використовувати IoT технології. Можливість отримувати дані в режимі реального часу забезпечую своєчасне реагування на зміну показників. Крім того, деякі показники якості води, такі як рН, впливають на процес експлуатації системи водопостачання. Вода з рН 7 та менше спричиняє корозію труб, що спричиняє забруднення води іржею у майбутньому, скорочує термін експлуатації та збільшує витрати на обслуговування системи.

Система водопостачання в місті Конотоп відбувається з допомогою резервуару, що наповнюється насосом з підземних вод. Також система має запасний резервуар. Інформаційно –аналітична система, що розробляється в цій роботі передбачає можливість відслідковування показників якості питної води в режимі реального часу.

Мета роботи: розробка інформаційно-аналітичної системи моніторингу якості води для системи водопостачання міста Конотоп з використанням IoT технологій; підбір обладнання та створення програмного продукту проєкту, що дозволить відслідковувати показники в режимі реального часу.

Завдання. Для досягнення мети роботи необхідно:

- провести аналіз процесу оцінки якості питної води;
- проаналізувати існуючі системи моніторингу якості води;
- виконати підбір обладнання, що необхідно для реалізації проєкту;
- виконати аналіз IoT платформи, що необхідна для реалізації проєкту;
- розробити програмне забезпечення для інформаційно-аналітичної системи моніторингу якості води;

Об'єкт дослідження: інформаційно-аналітичної системи моніторингу якості води для системи водопостачання міста Конотоп.

Предмет дослідження – інформаційно-аналітична система з

використанням IoT технологій для моніторингу якості води в режимі реального часу.

Результати: створено програмне забезпечення для інформаційно-аналітичної системи моніторингу якості води.

Практичне значення одержаних результатів: полягає в тому, що використання IoT технологій для моніторингу якості води активно розвивається та має перспективи активного застосування у майбутньому. Моніторинг якості води в режимі реального часу міських систем водопостачання, дозволяє швидко реагувати на інциденти. Використання інформаційно-аналітичної системи дозволяє отримувати актуальну інформацію про якість води; негайно реагує у випадках, коли показники не відповідають нормам, процес водопостачання переводиться на резервну ємність, а користувачі системи отримують сповіщення про проблему.

1. АНАЛІЗ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ВОДИ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМИ ІОТ

1.1 Оцінка якості питної води

Якість води вимірюється кількома показниками, такими як концентрація розчиненого кисню, рівень бактерій, кількість солі (або солоність) або кількість частинок, що знаходиться у воді (мутність). У деяких водоймах можна також виміряти концентрацію мікроскопічних водоростей і кількість пестицидів, гербіцидів, важких металів та інших забруднювачів. Визначення якості води зазвичай проводиться відносно до її призначення – для пиття, для технічних цілей, тощо. Погана якість води може становити небезпеку для здоров'я людей [1].

Всесвітня організація охорони здоров'я (World Health Organisation) розробляє міжнародні норми щодо якості води у формі керівних принципів, які використовуються як основа для регулювання та встановлення стандартів у всьому світі [2].

Водневий показник (рН) зазвичай не має прямого впливу на споживачів, але він є одним з найважливіших експлуатаційних параметрів якості води (рис. 1.1.). Ретельна увага до контролю рН необхідна на всіх етапах обробки води для міських систем водопостачання. Для ефективної дезінфекції хлором, рН має бути менше 8; вода, яка надходить у розподільчу систему, повинна контролюватися, щоб мінімізувати корозію водопроводів і труб в побутових системах водопостачання (вода з рН 7 або менше спричиняє корозію). Неможливість мінімізувати корозію може призвести до забруднення питної води та негативно впливає на її смак і зовнішній вигляд. Оптимальний рН змінюється залежно від будівельних матеріалів та складу води. Оптимальні значення рН для питної води в діапазоні 6.5–8.5 [3].



Рисунок 1.1. Значення рН природних та штучних розчинів [3]

Помутніння (turbidity) зазвичай виражається як одиниці помутніння (NTU), описує помутніння води, викликане зваженими частинками (наприклад, глина та мул), хімічними осадами (наприклад, марганцем і залізом), органічними частинками (наприклад, рослинними залишками) та організмами [4]. Помутніння може бути викликано низькою якістю води, поганим очищенням, або потраплянням брудної води через розриви та інші несправності.

Збільшення помутніння зменшує прозорість води. Нижче 4 NTU, каламутність можна виявити лише за допомогою приладів, але при 4 NTU і вище, може бути видно зміну кольору, каламутність. Видиме помутніння знижує прийнятність питної води (рис. 1.2.). Хоча більшість частинок, які сприяють помутнінню, не мають ніякого негативного впливу на здоров'я [4].

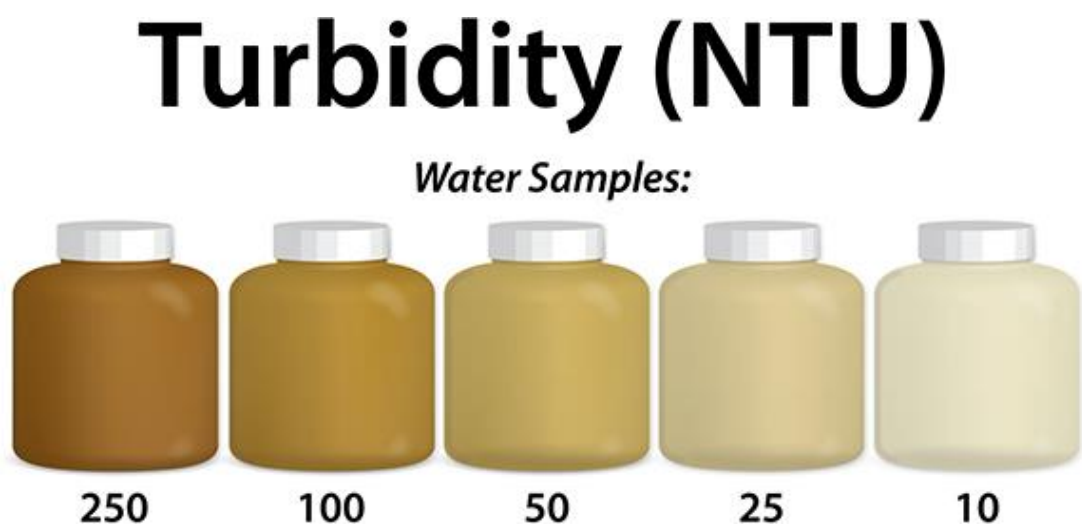


Рисунок 1.2. Мутність води при різних показниках NTU [3]

Провідність (conductivity) – це міра здатності води пропускати електричний потік [4]. Ця здатність безпосередньо пов’язана з концентрацією іонів у воді. Ці електропровідні іони походять із розчинених солей та неорганічних матеріалів, таких як луги, хлориди, сульфідів та карбонатні сполуки. Чим більше іонів, тим вище провідність води. Так само, чим менше іонів у воді, тим вона менш провідна. Дистильована або деіонізована вода може діяти як ізолятор через її дуже низьку (якщо не знехтувати) значення провідності. З іншого боку, морська вода має дуже високу електропровідність (рис. 1.3). Мікросименс на сантиметр ($\mu\text{s}/\text{cm}$) є стандартною одиницею вимірювання прісної води. Питома провідність – це провідність, вимірювання якої проведено при температурі 25°C або скориговано до неї за допомогою температурного коефіцієнту [4].

	$\mu\text{S}/\text{cm}$
DISTILLED WATER	0.5 - 3
MELTED SNOW	2 - 42
TAP WATER	50 - 800
POTABLE WATER IN THE US	30 - 1500
FRESHWATER STREAMS	100 - 2000
INDUSTRIAL WASTEWATER	10000
SEAWATER	55000

Рисунок 1.3. Показники провідності для різних типів води [4]

Використовуючи IoT систему можна відслідковувати такі показники якості води, як: мутність, електропровідність, температура та водневий показник (pH). Дані характеристики дозволяють визначити чи задовільна якість питної води.

1.2 Аналоги

1.2.1 Система вимірювання якості води SENSO

Технологічні рішення для гірничодобувної промисловості та рекультивації від «Umweltleistung». Компанія виготовляє та постачає інтелектуальні датчики для вимірювання якості води та гідрологічних параметрів (моніторинг підземних і поверхневих вод) у поєднанні з реєстраторами даних та віддаленими термінальними блоками. Створення комплексних технологічних рішень; переробка, структурування матеріальних циклів і мінімізація потоків відходів є значним внеском в екологічно чисте майбутнє [5].

Компанія пропонує готове рішення, що призначено для моніторингу якості питної води. Особливості даного рішення:

- Широкий діапазон індивідуальних параметрів.
- Інтегрований реєстратор даних.
- Інтерфейс MODBUS-RTU.
- Передача даних 2G/3G/4G/LoRaWAN/SigFox.

Система складається з монітору управління та датчиків. Її вигляд наведено на рис. 1.4. За побажанням замовника компанія дозволяє змінювати конфігурацію системи.



Рисунок 1.4. Система моніторингу якості води[5]

Одночасно система вимірює 11 показників, їх перелік наведено на рис. 1.5. Архітектура системи дозволяє передавати дані на комп'ютер з якого і відбувається контроль за станом системи та якістю води.

Датчики	
Датчик відносного тиску	800-11,100 мбар абсолютного тиску або 0-10 бар відносно інших діапазонів за запитом
Датчик абсолютного тиску	800 ... 2100 мбар; 800 ... 6 100 мбар; 800 ... 11 100 мбар
Температурний сенсор	0 ... 50°C; роздільна здатність 0,04 °C
Датчик провідності	0 ... 0,2/2/20/500 мСм/см; роздільна здатність до 0,1 мкСм/см
pH	1 ... 14; роздільна здатність $\Delta pH = 0,01$
Окисно-відновний потенціал	-2 000 ... +2 000 мВ; роздільна здатність 1 мВ
DO [O ₂] – люмінесценція	0 ... 40 мг/л [O ₂]; роздільна здатність 0,02 мг/л [O ₂]
Вільний хлор	Діапазон 0 ... 2 мг/л; область застосування pH 4 ... 12, амп. датчик, інші діапазони за запитом
Помутніння	0-25/125/500/2500 НТУ
Іоноселективні датчики	Специфікація хлоридів, нітратів, аміаку та броміду за запитом
Спектрометр	УФ-зонд або нітратний фотометр

Рисунок 1.5. Параметри, що вимірюються системою [5]

Дана система не передбачає використання хмарних технологій та доступу до даних системи з інших пристроїв. Протокол Modbus [6] добре працює в IoT системах, але потребує використання складної архітектури та є пропрієтарним. Основною перевагою даної системи є можливість одночасно відслідковувати 11 показників якості води.

1.2.2 IoT система моніторингу води в реальному часі

Ключовими параметрами, які контролюються в запропонованій системі, є провідність, каламутність, рівень води і pH. Контролер є центральною частиною системи моніторингу якості води з підтримкою IoT. Датчики підключаються безпосередньо до контролера, оскільки запропонована система призначена для контролю якості побутової води [7]. Параметри датчика, такі як провідність, каламутність, вода рівень і. Виміряні параметри можна переглянути за допомогою РК-дисплея. Відправляються дані з датчиків в хмару за допомогою контролера. Розроблено додаток (рис. 1.6.), в якому значення отримані з датчиків

можна переглянути онлайн. Це може бути використано контролюючими органами або звичайними користувачами.

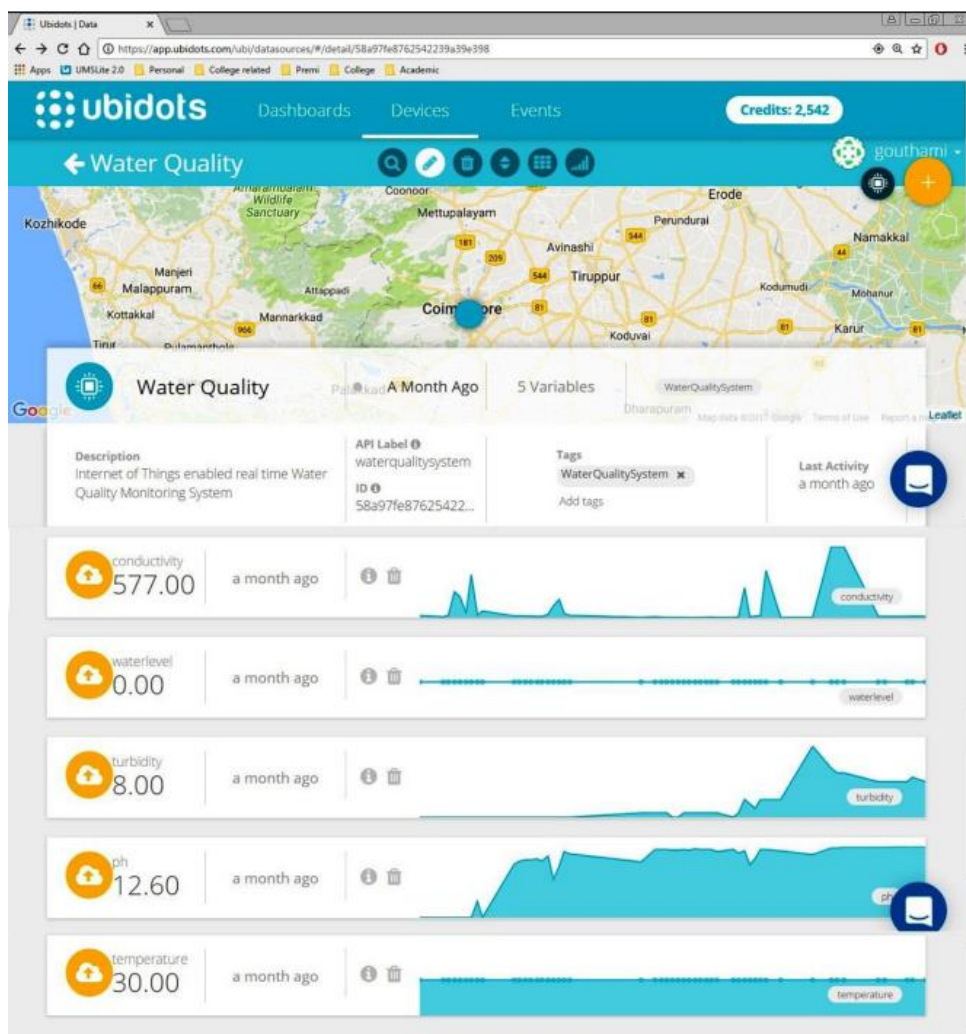
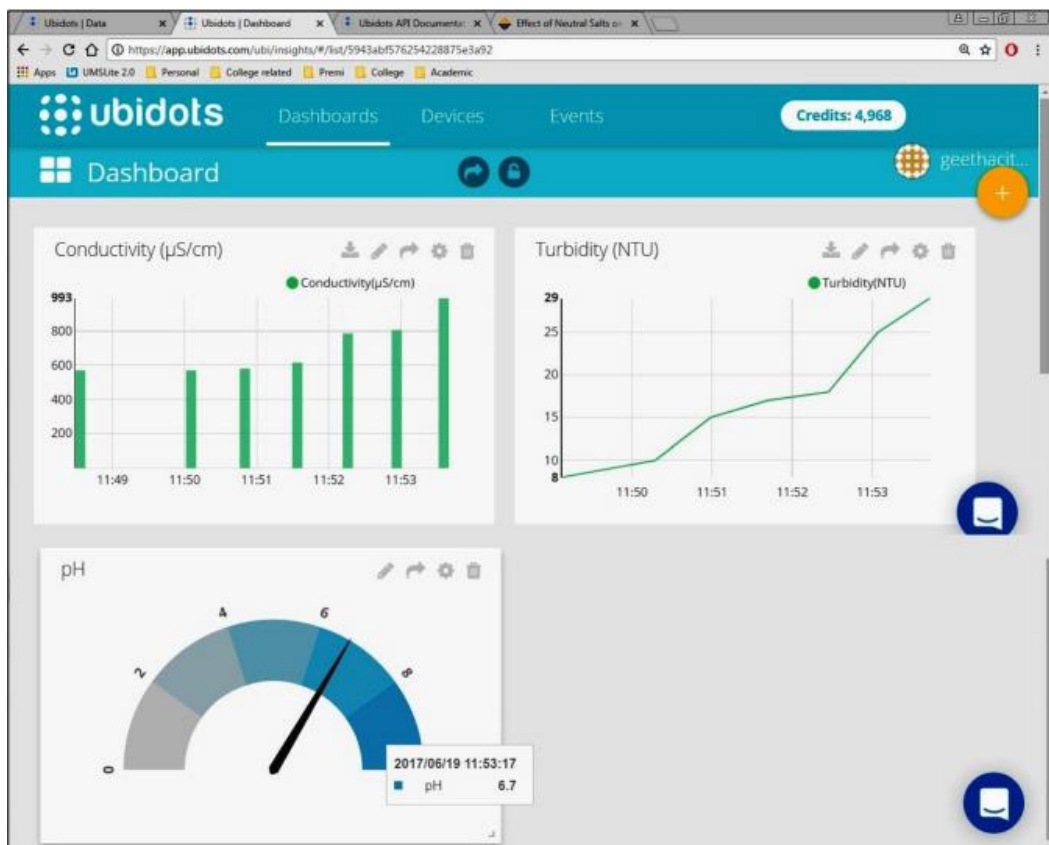


Рисунок 1.6. Інтерфейс веб додатку моніторингу якості води [7]

Порогове значення встановлюється в хмарі на основі стандартів Всесвітньої організації охорони здоров'я. Якщо значення перевищує порогове, повідомлення надсилається на мобільний телефон. Дані, які отримано з датчиків, зберігаються в хмарі. Окрім аналізу даних виконується також їх візуалізація за допомогою віджетів (рис. 1.7.). Дані з датчиків постійно оновлюються в хмарі, а також відображаються на підключеному РК-дисплеї. Програмування системи здійснено за допомогою ENERGIA IDE.



7Рисунок 1.7. Інтерфейс віджетів веб додатку [7]

Дана система дозволяє в реальному часу відслідковувати якість води за 5 показниками. Основними перевагами системи є можливість доступу до даних з будь-яких пристроїв за допомогою додатків, налаштування повідомлень та використання хмарних технологій. Вони забезпечують надійність зберігання даних та їх безпеку для системи. Дана система розроблена для конкретного проєкту та не має масового виробництва. Розгортання даної системи потребує роботи висококваліфікованих спеціалістів.

1.2.3 Система моніторингу якості води базована на технології ІоТ

Система моніторингу якості води складається з різних датчиків, таких як датчик рН, датчик каламутності, температури, провідності. Всі датчики підключено до основного контролеру, і цей контролер керує операціями, отримує дані від датчиків і порівнює їх з стандартними значеннями, надсилає значення відповідним кінцевим користувачам через бездротові модулі [9]. Фізичний вигляд системи представлено на рис. 1.8.

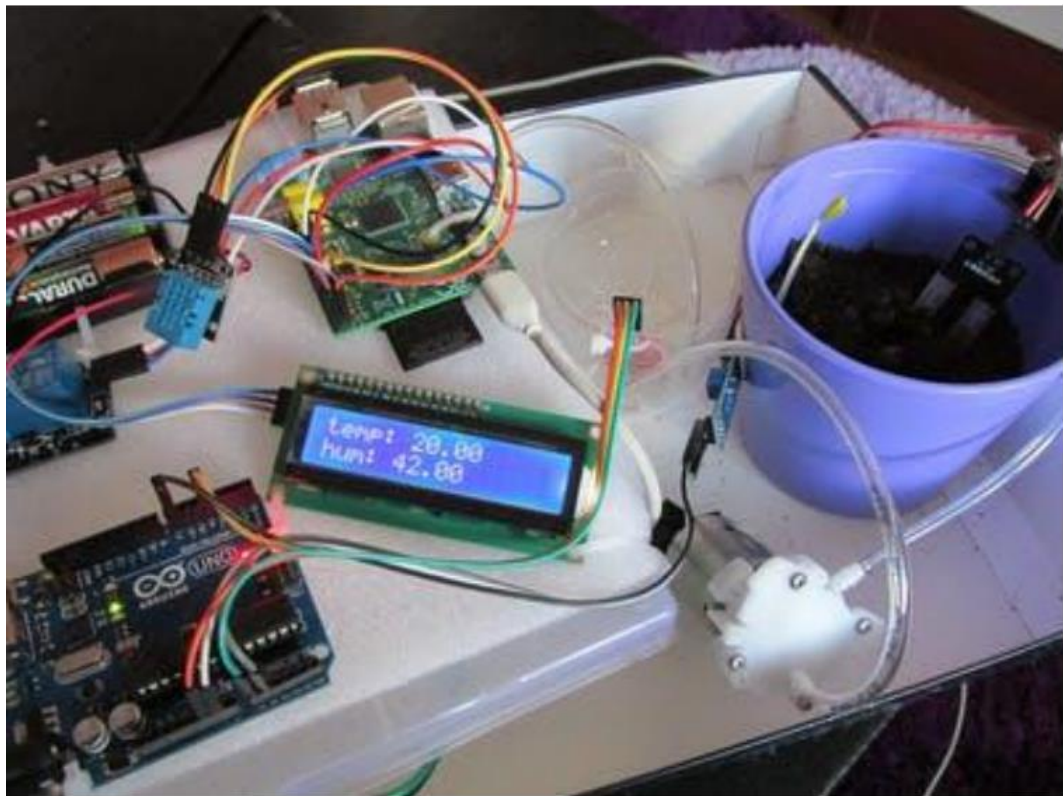


Рисунок 1.8. Система моніторингу якості води [9]

Завдяки прогресу в технології IoT система моніторингу стає розумнішою, витрати зменшуються, експлуатація стає простішою. На рис. 1.9. показано основний процес взаємодії компонентів IoT системи.

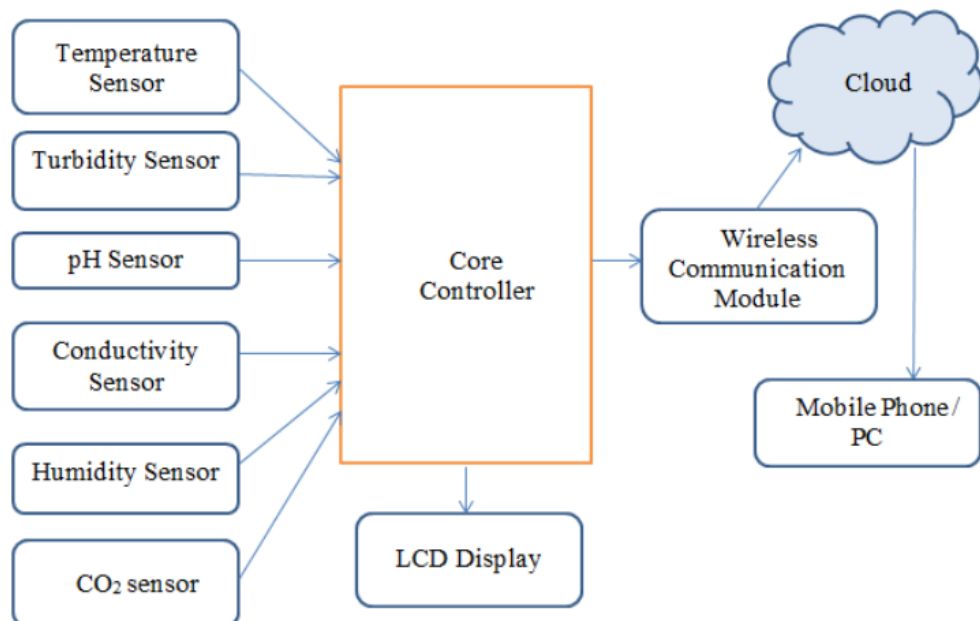


Рисунок 1.9. Взаємодія компонентів IoT системи [9]

Дана система дає можливість користувачам отримувати доступ до даних, які було зібрано датчиками, через хмару з використанням мобільних пристроїв або комп'ютерів. Це забезпечує зручне використання системи для кінцевих користувачів та спрощує розгортання системи завдяки використанню ресурсів, які надаються постачальником хмарних послуг. IoT система в режимі реального часу відслідковує 6 показників якості води. Крім того, дані з датчиків також відображаються на LCD дисплеї. Недоліком даної системи є необхідність великої кількості навичок для її самостійного впровадження та обслуговування.

1.3 Порівняння технологій бездротового зв'язку

На мережевому рівні інфраструктури моделі IoT відбуваються всі комунікації між пристроями, мережами та хмарними службами. Зв'язок між фізичним рівнем та хмарою досягається двома способами, що продемонстровані на рис. 1.10.:

- безпосередньо, використовуючи стек TCP або UDP / IP;
- через шлюзи - апаратні або програмні модулі, що виконують трансляцію між різними протоколами, а також шифрування та дешифрування даних IoT.

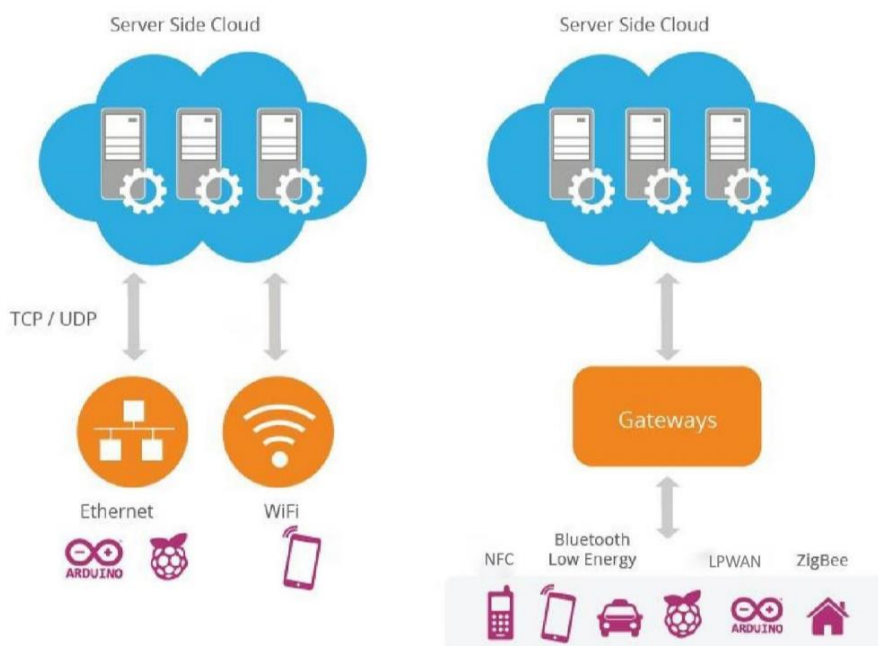


Рисунок 1.10. Зв'язок між фізичним рівнем та хмарою в архітектурі IoT [10]

Більшість комунікаційних радіо технологій, таких як Zigbee, BLE, WiFi та інші, мають малу дальність дії, а інші, такі як 3G і LTE, споживають багато енергії, і дальність дії їх роботи не може бути гарантована, особливо в країнах, що розвиваються. Незважаючи на те, що ці протоколи і режими зв'язку працюють для певних проектів, вони мають велике обмеження, наприклад труднощі в розгортанні рішень IoT в областях без стільникового зв'язку (GPRS, EDGE, 3G, LTE / 4G) і необхідність в придбанні дорогих ліцензій. Таким чином, з огляду на майбутнє IoT і підключення різних видів розумних речей, розташованих у різних місцях, виникла потреба в комунікаційному середовищі, спеціально розробленому для IoT, яке підтримує його вимоги, зокрема, щодо малої потужності і досить великої дальності, не високої вартості. Параметри для порівняння сучасних радіо технологій для IoT наведені в таблиці 1.1 Порівняння технологій бездротового зв'язку.

LPWAN (Low-Power Wide-Area Network) була створена спеціально для пристроїв IoT [11]. Вона забезпечує бездротове підключення на великих діапазонах при низькому споживанні енергії та тривалій автономної роботі (10+ років). Надсилаючи дані періодично невеликими порціями, технологія відповідає вимогам розумних міст, розумних будівель та розумного сільського господарства (моніторинг на місцях).

Підхід, який використовується для передачі даних в LPWAN-мережі, схожий на принцип роботи стільникових мереж. Розумні датчики або лічильники передають сигнал в радіоефір. Базові станції приймають і оцифровують сигнали від LPWAN-пристроїв, передаючи їх далі на сервер. На серверах дані від всіх станцій в мережі обробляються і надаються в зручному для користувача вигляді. Зворотний канал зв'язку дозволяє управляти пристроями віддалено.

LPWAN мережа може базуватися на одній з технологій LoRaWAN, SIGFOX, NB-IoT, Weightless і т.д. Термін LoRaWAN означає протокол зв'язку і системну архітектуру мережі. Саме LoRaWAN має найбільший вплив на термін

служби батареї вузла, ємність мережі, якість обслуговування, безпеку і різноманітність програм, які обслуговує мережу.

Таблиця 1.1 – Порівняння технологій бездротового зв'язку

Технологія	Стандарт зв'язку	Частота	Швидкість передачі даних	Дальність	Потужність
1	2	3	4	5	6
LoRaWan	Власний	433 МГц, 868 МГц, 915 МГц	RX 290 біт / с TX 50 Кбіт / с	5-15 км	Середня
LTE-M	3GPP	700 МГц-2,2 ГГц. 452,5-467,5 МГц.	1 Мбіт / с	5 км	Висока
Sigfox	Власний	868 МГц, 915 МГц, 921 МГц	0,1 Кбіт / с	10-50 км	Середня
NB-IoT	3GPP	700 МГц-2,2 ГГц, 452,5-467,5 МГц.	~ 200 Кбітс /	5 км	Висока
NFC	ISO 13157	13,56 МГц.	424 Кбіт / с	1-10 см	Низька
BLE	Bluetooth SIG	2,4 ГГц.	125 Кбіт / с- 2Мбіт / с	40-1000 м	Низька
Wi-Fi	802.11	2,4 / 5,0 ГГц.	до 150 Мбіт / с	40-100 м	Середня

Основними перевагами LPWAN є:

Низька вартість. Деякі галузі вже сьогодні використовують бездротові рішення: банкомати, охоронні системи, торгові автомати і ін. Вони, як правило, працюють через мережі стільникових операторів, тому що це рентабельно, незважаючи на високу вартість. У галузях, де вартість точки підключення є ключовим параметром, використання традиційних рішень для побудови мережі буде занадто витратним. Однак використання енергоефективної мережі далекого радіусу дії є економічно виправданим - з технологією LPWAN вартість точки обліку та послуг зв'язку в рази нижче.

Дальність зв'язку. До 10 км радіус дії і при цьому не має потреби побудови складної мережевої архітектури. Десятки квадратних кілометрів можуть бути покриті однією базовою станцією. Побудова такої мережі простіша, а обслуговування дешевше. Подібний підхід стає оптимальним, якщо датчики розміщені на великій території.

10 років роботи від батареї. Переважна більшість телеметричних пристроїв вимагають наявності автономного живлення від батареї з терміном служби в кілька років. Пристроям, що використовують LPWAN не потрібно багато енергії для відправки пакета даних, яка триває в середньому секунду. Весь інший час пристрій «спить». В результаті батарея AA-типу служить протягом декількох років, економлячи кошти і час на обслуговування системи в цілому.

Масштабованість системи. Максимальна кількість кінцевих пристроїв, яке може одночасно обслуговувати одна базова станція, практично необмежена. Одна станція «Стриж» може приймати дані з декількох сотень тисяч пристроїв в межах свого радіусу дії. Мережа масштабується до потрібного розміру тільки за рахунок додавання нових датчиків без покупки проміжного обладнання і зниження надійності. У мережі можуть одночасно працювати різні пристрої. Одна базова станція може приймати дані з лічильників води, електрики і тепла, датчиків протікання, відкриття дверей або наявності задимлення.

Збір телеметрії можливий там, де не доступна мобільна мережа. Завдяки автономності розумні датчики можуть передавати дані в місцях, де немає покриття стільниковими операторами. Канал зв'язку між базовою станцією і сервером може бути обраний в залежності від переважаючих умов: від звичайного GPRS до супутникового VSAT.

Висока проникаюча здатність. Особливість протоколу радіозв'язку – висока проникаюча здатність. Передача сигналу можлива з підвалів і через товсті стіни. Практичні тести підтверджують: базова станція, встановлена на даху 24-поверхової будівлі, успішно приймає сигнали від пристроїв, що знаходяться в підвалі того ж будинку.

Не потребує ліцензування. Передача відбувається на частоті 868,8 МГц (не вимагає ліцензування) при потужності до 25 мВт. На даному частотному діапазоні дозволено вільне і безкоштовне використання пристроїв. Використання відкритого частотного діапазону не передбачає збільшення вартості побудови бездротових LPWAN-мереж.

Простота використання. Для того, щоб розгорнути мережу і почати передавати дані з ваших пристроїв, не потрібно створювати складну архітектуру. Візьміть модем, підключіть його до вашого приладу обліку або використовуйте вже готовий пристрій. Традиційні рішення вимагають використання проміжних концентраторів, ретрансляторів і іншого комунікаційного устаткування, що знижує надійність мережі і збільшує вартість. Переваги технології LPWAN для IoT відображено на рис. 1.11.

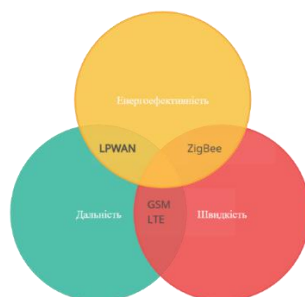


Рисунок 1.11. Переваги технології LPWAN для IoT

Основним недоліком LPWAN є швидкість передачі даних [11]. Час затримки при передачі сигналу не є критично важливим в LPWAN-мережах і становить кілька секунд. Як правило, додатки IoT і M2M не чутливі до затримки під час передачі інформації. Приклад: якщо показання лічильника води або датчика вологості потраплять в особистий кабінет диспетчера тільки через кілька секунд після зчитування їх сенсором, це не спричиняє негативний вплив на ефективність системи в цілому.

У мережі LoRaWAN вузли не зв'язуються з певним шлюзом. Дані, які передає вузол, зазвичай приймають кілька шлюзів. Кожен з них пересилає отриманий пакет на сервер. Мережевий сервер управляє мережею і буде фільтрувати надлишкові отримані пакети, виконувати перевірки безпеки, планувати підтвердження через оптимальний шлюз і регулювати адаптивну швидкість передачі даних. Якщо вузол є мобільним та переміщається, передача обслуговування від шлюзу до шлюзу не потрібна, що є важливою функцією для включення додатків відстеження активів - основною цільовою вертикалі додатків для Інтернету речей.

Мережі LoRaWAN використовуються у розумних містах, у системах управління будівлями, моніторингу якості води. Враховуючи всі вищезазначені переваги даного типу мереж та не значні для способу використання недоліки – це технологічне рішення є раціональним для використання.

1.4 Висновок до розділу

У розділі було проаналізовано та досліджено:

- процес оцінки якості води;
- існуючі IoT системи моніторингу якості води;
- технології бездротового зв'язку;

Для розробки інформаційно-аналітичної системи обрано технологію LoRaWAN, визначено критерії оцінки якості води.

2. РОЗРОБКА ПРОЄКТУ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ВОДИ

2.1 Підбір обладнання

У першому розділі було визначено параметри, за якими буде відбуватись оцінка якості води, технологія передачі даних відповідно до цих параметрів обрано пристрої, які для проєкту.

Датчик для вимірювання мутності LoRaWAN [13] на рис. 2.1. Застосування: зовнішній дистанційний моніторинг очищення міських стічних вод, очищення промислових стоків, моніторинг поверхневих вод, моніторинг морської води, рибне господарство, акваріум, моніторинг питної води. Діапазон 0-1000 NTU, роздільна здатність 0.1 NTU.



Рисунок 2.1. Датчик для вимірювання мутності [13]

Датчик вимірювання електропровідності, температури та рівня води LoRaWAN [14] на рис. 2.2.



Рисунок 2.2. Датчик вимірювання електропровідності, температури та рівня води [14]

Застосування: вимірювання електропровідності, моніторинг підземних вод, вимірювання температури, вимірювання рівня води, моніторинг води. Галузі використання: сільське господарство та сільськогосподарська техніка, комунальні підприємства. Технічні характеристики вимірювального зонда [14] у Таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики датчика

Параметри вимірювання	Розміри: діаметр	Температурний діапазон	Передача даних/модем
1	2	3	4
електропровідність, температура та рівень води	22 мм	від 0 °C до +50 °C	модем LoRaWAN

Вимірювальний зонд і реєстратор даних для значення рН з LoRaWAN (UIT Water quality sensor SENSODive-IoT-compact V2 with LoRaWAN) [15] на рис. 2.6.



Рисунок 2.3. Вимірювальний зонд і реєстратор даних для значення рН [15]

Застосування: вимірювання рН, моніторинг підземних вод, моніторинг якості води. Галузі застосування: сільське господарство та сільськогосподарська техніка, комунальні підприємства. Технічні характеристики вимірювального зонда у Таблиці 2.2 [15].

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики датчика

Параметри вимірювання	Розміри: діаметр	Температурний діапазон	Передача даних/модем
1	2	3	4
значення рН	48 мм, довжина 600 мм	від 0 °С до 40 °С	модем LoRaWAN

ТЕКТЕЛІС KONA Macro IoT LoRaWAN Outdoor Gateway – є ідеальним рішенням для операторів і підприємств, яким потрібен масштабований та недорогий шлюз LoRaWAN [16]. Він мінімізує вартість власності мережі, покращуючи покриття та пропускну здатність. Щоб полегшити швидке розгортання, шлюз розроблено як надзвичайно компактний і легкий. Завдяки вбудованому стільниковому модему, KONA Macro націлений на мережеві сайти, які мають малий форм-фактор і низьке енергоспоживання. Шлюз також працює з різними вертикальними додатками IoT. Зовнішній вигляд шлюзу на рис. 2.4.



Рисунок 2.4. TEKTELIC KONA Macro IoT LoRaWAN Outdoor Gateway [16]

Технічні характеристики шлюзу:

- Вбудована 3G/4G антена.
- Точна мережева синхронізація (GPS).
- Транспортне підключення (ETH / 3G / 4G).
- Універсальні варіанти монтажу.

Загальну інформацію про пристрій наведено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Загальні інформація про TEKTELIC IoT LoRaWAN Outdoor Gateway

Тип пристрою:	Технологія:	Використання:	Галузі застосування:	Класифікація захисту:
1	2	3	4	5
Шлюз	LoRaWAN	На відкритому повітрі	Сільське господарство та комунальні та приватні підприємства, розумні будівлі, розумне місто	IP67

2.2 Дослідження IoT платформи ThingsBoard

ThingsBoard – це платформа IoT з відкритим кодом, яка забезпечує швидкий розвиток, управління та масштабування проєктів IoT [17]. Мета проєкту – надати хмарне або локальне рішення IoT, яке забезпечить серверну інфраструктуру для додатків IoT. Платформа пропонує різні способи її використання та інтеграції у проєкти (рис. 2.4.).

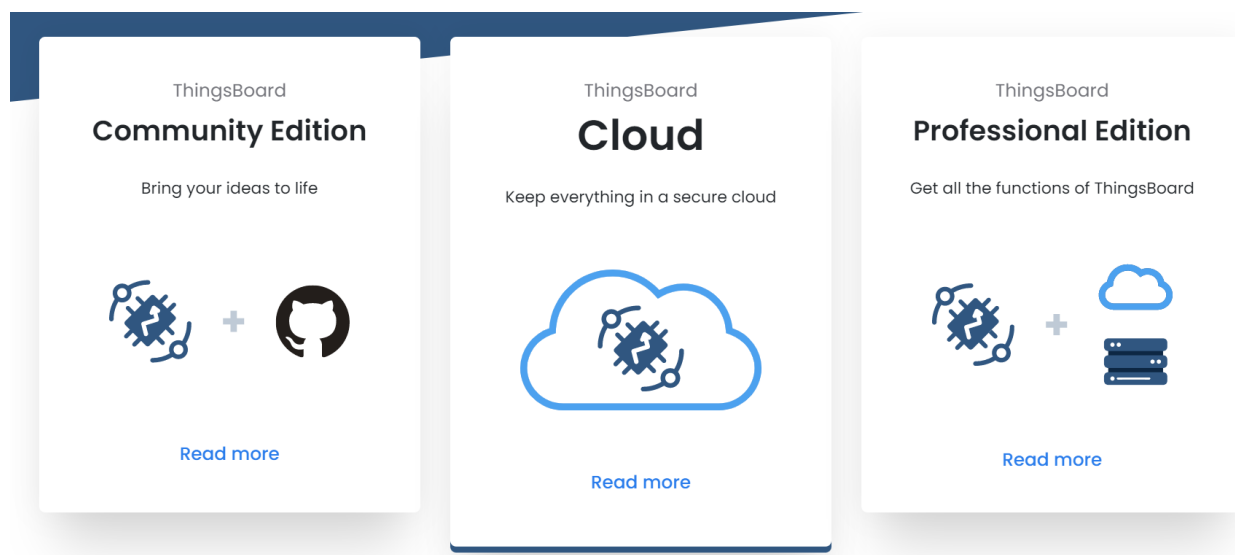


Рисунок 2.4. Варіанти використання IoT платформи ThingsBoard [17]

Функціональні можливості IoT платформи ThingsBoard:

- Додавання пристроїв, активів і клієнтів, а також визначення відносин між ними.
- Збір та візуалізація даних з пристроїв і активів.
- Аналіз вхідної телеметрії та запуск попереджень (alarms) за допомогою складної обробки подій.
- Створення динамічних та адаптивних інформаційних панелей
- Інформаційні панелі доступні клієнтам для відслідковування телеметрії пристроїв або активів, статистики.
- Можливість створення налаштовуваних ланцюжків правил (rule chains).
- Передача даних пристроїв в інші системи.

Переваги IoT платформи ThingsBoard [17]:

- Горизонтально масштабована платформа, створена з використанням передових технологій з відкритим кодом.
- Відмовостійкість : немає єдиної точки відмови,
- Надійність та ефективність: один серверний вузол може обробляти десятки або навіть сотні тисяч пристроїв, залежно від випадку використання. Кластер ThingsBoard може обробляти мільйони пристроїв.
- Масштабованість: можливість додавати нові об'єкти інфраструктури, датчики, клієнтів.
- Адаптивність до нових вимог проекту: додати нову функціональність легко за допомогою віджетів і налаштовуваних вузлів правил (rule chain).
- Збереження даних.

На основі описаних раніше переваг та функціональних можливостей IoT платформи ThingsBoard обрано для розробки проєкту та елементів інформаційно-аналітичної системи моніторингу якості води

2.3 Архітектура проєкту та алгоритм роботи

Інформаційно-аналітична система моніторингу якості води передбачає відслідковування 5 показників: мутності, електропровідності, рН, рівень та температуру води. Дані збираються трьома датчиками і надсилаються на шлюз LoRaWAN від компанії «Tektelic», мережевий сервер компанії розробника (TEKTELIC KONA Core Network Server) дозволяє координувати роботу шлюзу.

Шлюзи Tektelic постачаються із попередньо визначеною адресою мережевого сервера - `lorawan-ns-eu.tektelic.com` для шлюзів EU868 і `lorawan-ns-na.tektelic.com` для шлюзів US915 [18]. Після того як шлюз був створений на мережевому сервері та підключений до Інтернету, його статус встановлюється на Online . Розділ статистика шлюзу періодично оновлюється і показує, скільки пакетів було надіслано та отримано через радіоканал. Інтеграція з IoT платформою Thingsboard відбувається з використанням API шлюзу MQTT, який надається платформою. Базовий API MQTT надає можливість обміну даними між кількома пристроями та платформою за допомогою одного з'єднання MQTT

[19]. Шлюз також діє як пристрій ThingsBoard і може використовувати існуючий API пристрою MQTT для звітування про статистику, отримання оновлень конфігурації [20]. Таким чином, датчики та шлюзи створюватимуться автоматично на стороні ThingsBoard. Хмарна IoT платформа Thingsboard дозволяє реалізовувати всі необхідні для проєкту процеси обробки, аналізу, зберігання, візуалізації даних. Кінцеві користувачі додатку, розробленого на платформі, мають постійний доступ до інформаційно-аналітичної панелі, можливість відслідковувати дані в режимі реального часу. Процес взаємодії компонентів системи зображено на рис. 2.5.

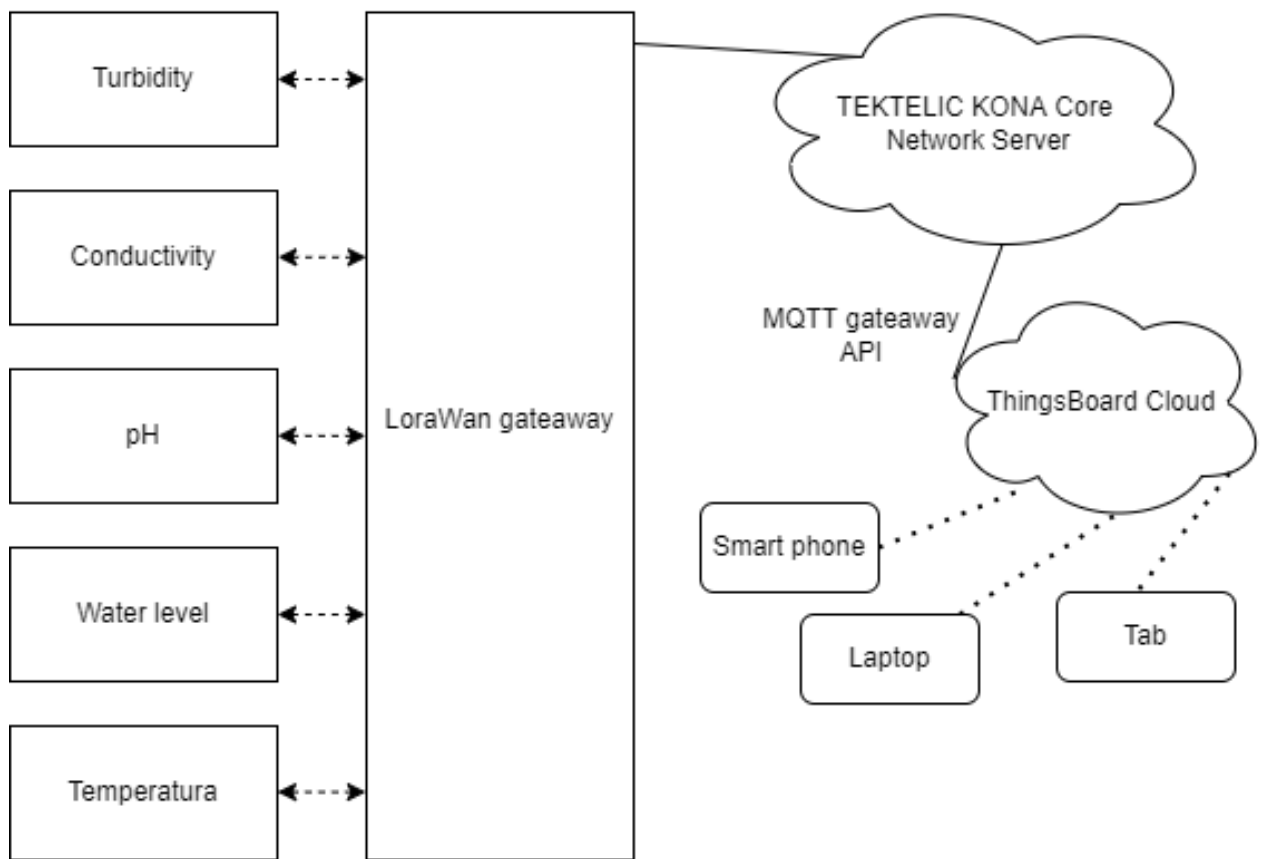


Рисунок 2.5. Компоненти інформаційно-аналітичної системи

Важливою частиною інформаційно-аналітичної системи є система попереджень та реагування на значення з датчиків, які не є прийнятними для питної води. Значення, що допустимі для питної води [2] наведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Допустимі для питної води значення показників

Показник якості води	Нормальні значення для питної води
1	2
ph	6.5 -8.5
Turbidity	< 5 NTU
Conductivity	200-800 $\mu\text{s/cm}$
Temperature	1-40° C
Water level	> 10%

Для зручного та своєчасного відслідковування показників якості води, що не відповідають нормальним для питної води значенням, передбачено систему попереджень (alarms). Попередження необхідні для інформування користувачів проєкту про інциденти. Адміністратор інформаційно-аналітичної системи має можливість взаємодіяти з попередженнями, змінюючи їх статус. Якщо значення телеметрії датчика повернулось в межі допустимих, то попередження автоматично отримує статус cleared. У випадку, коли показник якості води не набув нормального для питної води значення, адміністратор проєкту може власноруч змінити статус попередження на cleared. Якщо заходи необхідні для усунення інциденту, що спричинив неприйнятні показники телеметрії, було проведено в повному обсязі, то адміністратор може змінити статус попередження на acknowledged. Впровадження системи попереджень та сповіщень необхідно для своєчасного інформування персоналу про інциденти та можливості у подальшому відслідковувати історію виникнення попереджень та їх обробки (зміни статусу). Також при виникненні попередження передбачено реагування системою на подію, в залежності від її особливостей. Низький рівень води в резервуарі спричинить увімкнення насосу; показники, що свідчать про низьку якість питної води, призведуть до перемикання системи водопостачання на резервний бак. Умови виникнення попереджень для кожного з датчиків наведено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Умови виникнення попереджень для датчиків

Показник якості води	Умови попередження	Рівень серйозності
1	2	3
ph	<6.5 >8.5	major
Turbidity	>5 NTU	major
Conductivity	<200 >800 $\mu\text{s/cm}$	critical
Temperature	>40° C	major
Water level	<10%	critical
Turbidity	>10 NTU	critical

Реагування системи на недопустимі значення полягає в певному алгоритмі дій при їх виявленні. Спочатку виконується перевірка чи є у повідомленні дані, якщо ні, то воно відкидається. Для даних, які не належать до нормальних для питної води, створюється попередження на рівні датчику та активу, якщо це було передбачено при налаштуванні попередження. Для попереджень критичного рівня існує два сценарії: критичний рівень води у сховищі призводить до увімкнення насоса для термінового наповнення; аномальні значення рН, електропровідності та мутності призводять до припинення процесу водопостачання з основного резервуару, починається подача води з резервного. Дані, які є нормальними для питної води, призводять до зміни статусу попередження на cleared, якщо для цього датчика було раніше створено попередження. Також при нормальних показниках система відновлює процес водопостачання з основного резервуару. При виникненні будь-якого попередження надсилається сповіщення для негайного інформування відповідальних осіб при інциденті. Для перегляду сповіщень на статусу роботи насоса та процесу водопостачання на інформаційно-аналітичній панелі передбачені окремі віджети. Крім того, користувачу доступна інформація про основний та резервний баки. Для надсилання сповіщень у месенджері Telegram використовується створений бот. Алгоритм роботи системи попереджень та реагування на них наведено на рис. 2.6.

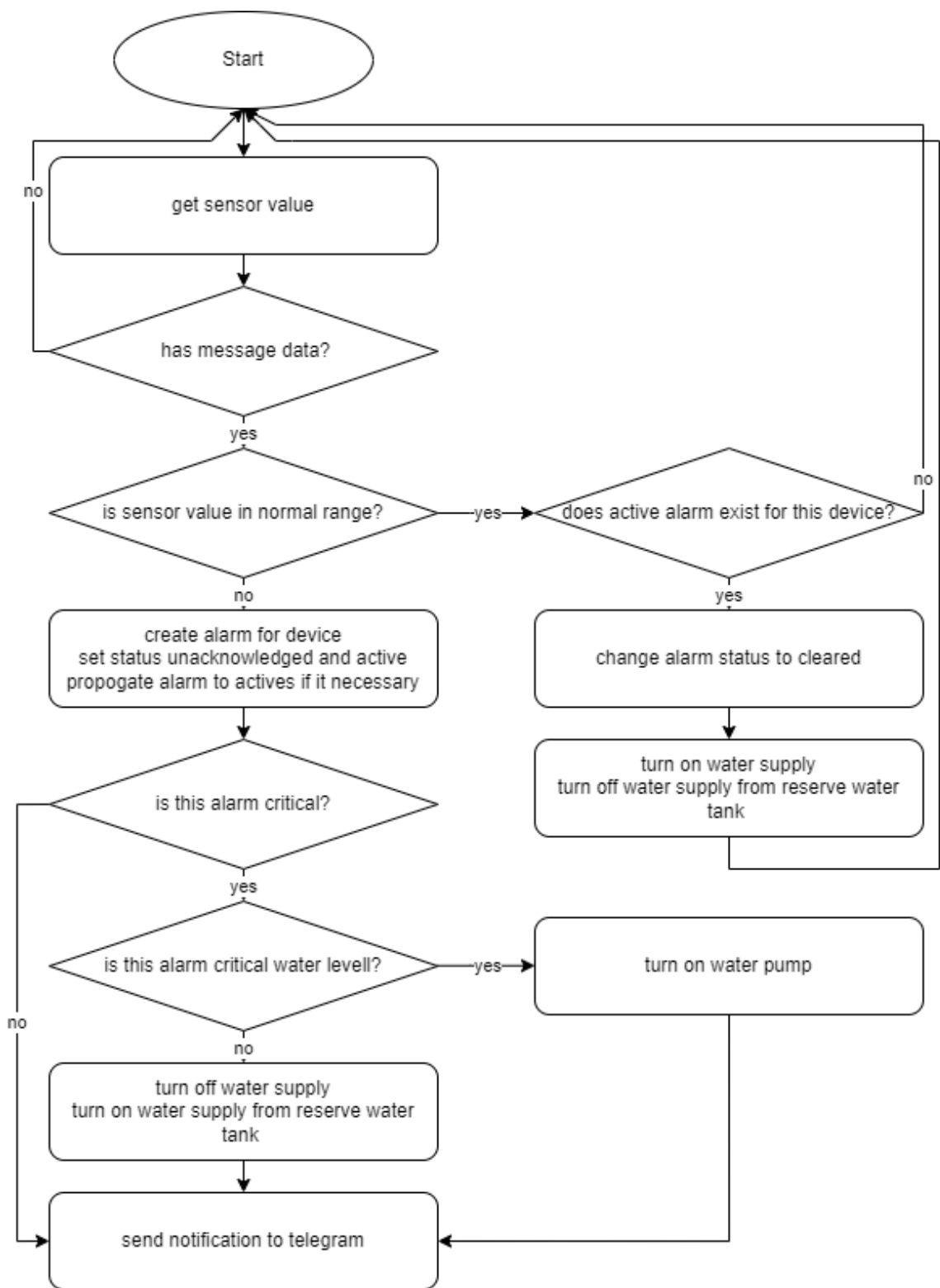


Рисунок 2.6. Алгоритм роботи попереджень та реагування на значення з датчиків, які не є прийнятними для питної води

Інформаційно-аналітична система складається з апаратних та програмних компонентів в результаті роботи яких користувачі мають можливість взаємодіяти з даними, використовуючи мобільні телефони або комп'ютери.

Інформаційно-аналітична система розгортається на хмарній платформі, а отже має високий рівень безпеки, надійності та доступності. На рис. 2.7 зображено схему взаємодії компонентів системи між собою та з користувачем.

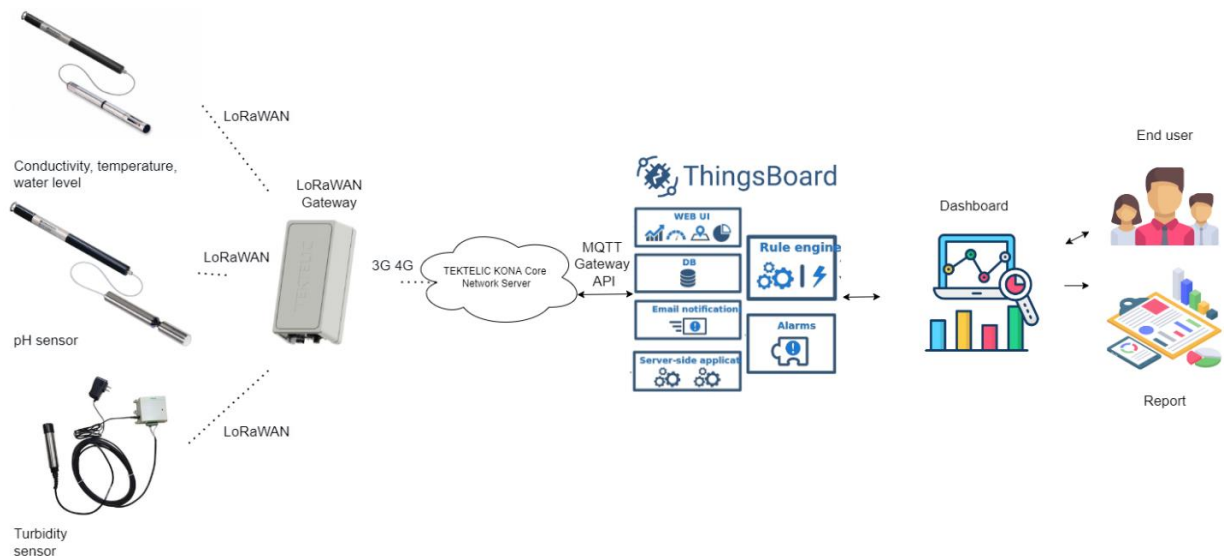


Рисунок 2.7 Компоненти інформаційно-аналітичної системи

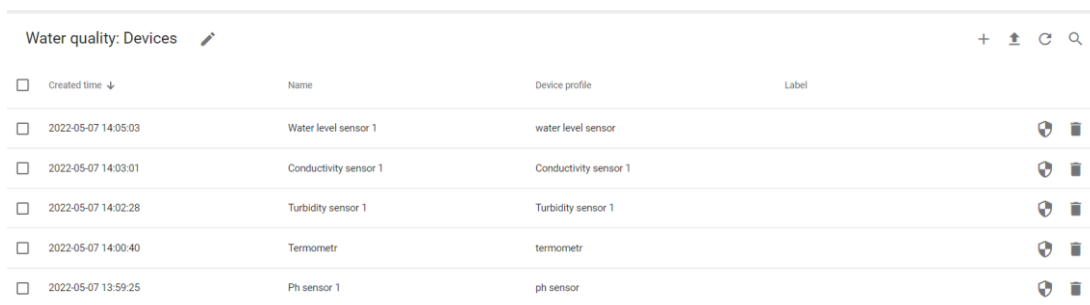
2.4 Розгортання активів та датчиків проєкту на IoT платформі

Міська система водопостачання включає в себе водосховище, яке заповнюється з підземних вод, а потів через трубопровід надходить до споживачів. В структурі інформаційного проєкту створено актив – бак для води, для якого задані необхідні атрибути [21]: адреса, довгота та широта. Детальну інформацію про актив можна переглянути в блоці активів. На рис. 2.8. наведено відображення розділу атрибути для активу water tank 1.

water tank 1		
Asset details		
Details Attributes Latest telemetry Alarms Events Relations Audit Logs		
Server attributes		Entity attributes scope Server attributes
<input type="checkbox"/>	Last update time	Key ↑ Value
<input type="checkbox"/>	2022-05-07 15:41:18	Address м. Конопот, Г.Тхора, 31
<input type="checkbox"/>	2022-05-07 15:51:48	latitude 51.2403
<input type="checkbox"/>	2022-05-07 15:51:57	longitude 33.2026

Рисунок 2.8. Атрибути активу water tank 1

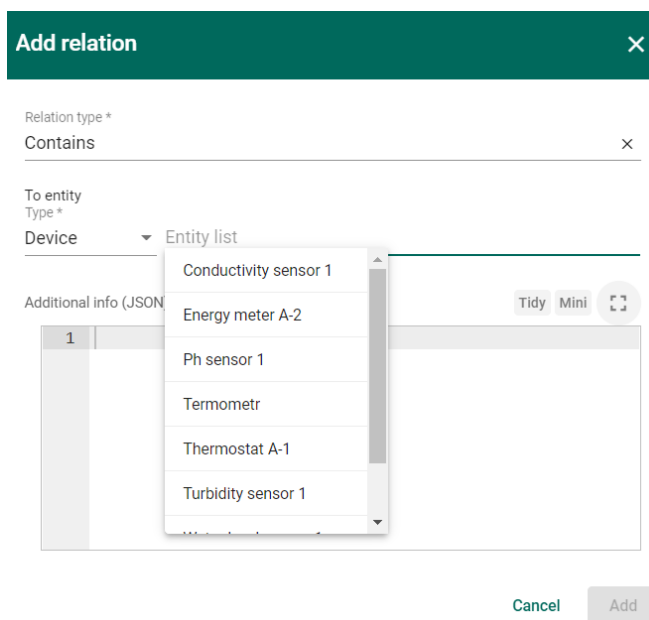
Інформаційно-аналітична система моніторингу якості води в режимі реального часу дозволяє відслідковувати такі показники: рН води, мутність, електропровідність, температура, рівень води у сховищі [22]. Для відслідковування кожного з показників у проєкті було додано датчики, що належать до відповідних груп. Перелік з усіх датчиків проєкту наведено на рис. 2.9.



<input type="checkbox"/>	Created time ↓	Name	Device profile	Label	
<input type="checkbox"/>	2022-05-07 14:05:03	Water level sensor 1	water level sensor		
<input type="checkbox"/>	2022-05-07 14:03:01	Conductivity sensor 1	Conductivity sensor 1		
<input type="checkbox"/>	2022-05-07 14:02:28	Turbidity sensor 1	Turbidity sensor 1		
<input type="checkbox"/>	2022-05-07 14:00:40	Termometr	termometr		
<input type="checkbox"/>	2022-05-07 13:59:25	Ph sensor 1	ph sensor		

Рисунок 2.9 Перелік з усіх датчиків проєкту

Для коректної роботи сповіщень та попереджень, що стосуються активів (водосховища) необхідно обов'язково налаштувати зв'язки між датчиками та активом, до якого вони належать (рис. 2.10.).



Add relation [X]

Relation type *
Contains [X]

To entity
Type *
Device [v] Entity list

- Conductivity sensor 1
- Energy meter A-2
- Ph sensor 1
- Termometr
- Thermostat A-1
- Turbidity sensor 1

Additional info (JSON) [1] [Tidy] [Mini] [Refresh]

[Cancel] [Add]

Рисунок 2.10. Налаштування зв'язків між датчиками та активом

Усі зв'язки активу можна переглянути у розділі relations активу [23] water tank 1 (рис. 2.11.). Правильне налаштування відносин між датчиками та активами важливо для подальшої розробки інформаційної панелі та системи сповіщень і попереджень.

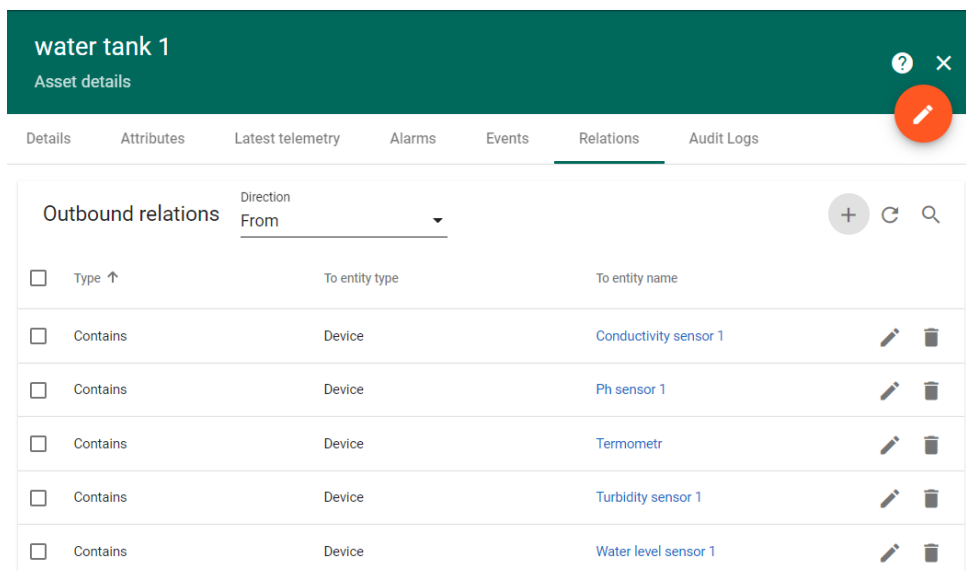


Рисунок 2.11. зв'язки активу water tank 1 з датчиками

2.5 Висновки до розділу

У розділі було описано:

- обладнання необхідне для проєкту;
- функціональні можливості та переваги IoT платформи Thingsboard;
- архітектуру системи та її алгоритм роботи;
- процес додавання датчиків на IoT платформи Thingsboard;

Даний розділ містить схеми взаємодії компонентів системи, алгоритм роботи системи попереджень та реагування на події.

3. РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ ПАНЕЛІ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ВОДИ

3.1 Розробка процесу генерації та обробки повідомлень з даними

Для роботи інформаційно аналітичної системи необхідне створення ланцюгів правил (rule chains) [24]. На даному етапі для розробки програмної частини інформаційно-аналітичної системи робота датчиків буде симулюватися шляхом генерації повідомлень від створених раніше даних. Ці повідомлення обробляються системою так само як і отримані з реальних датчиків.

Ланцюги правил складаються з окремих послідовно з'єднаних блоків (nodes). Кожен з блоків належить до певного типу: filter, enrichment, transformation, action, analytics, external, flow [25]. Iot платформа Thingsboard дозволяє окремо налаштовувати кожен з блоків змінюючи код відповідно до потреб проєкту. При створенні коду можна протестувати його роботу перед збереженням внесених змін. Зв'язки між блоками бувають різних типів і залежать від категорії блоків [26]. Один зв'язок може мати один або більше типів одночасно. Блок input обов'язково створюється для будь-якого ланцюгу правил і може мати лише один вихідний зв'язок. Інші блоки можуть мати один або більше вхідних та вихідних зв'язків, або не мати їх взагалі.

Базова логіка роботи системи реалізується з допомогою root rule chain. Даний ланцюг правил створюється платформою автоматично, але користувач має можливість вносити необхідні зміни. Для створення root rule chain використано блоки типів: input, action (device profile, save attributes, save timeseries, log RPC from device, log other, RPC call request), filter (originator type, message type, message type switch), flow (rule chain). Блок flow (rule chain) дозволяє посилатись на окремий ланцюг правил. Root rule chain складається з 13 блоків, зв'язки між якими відображено на рис. 3.1.

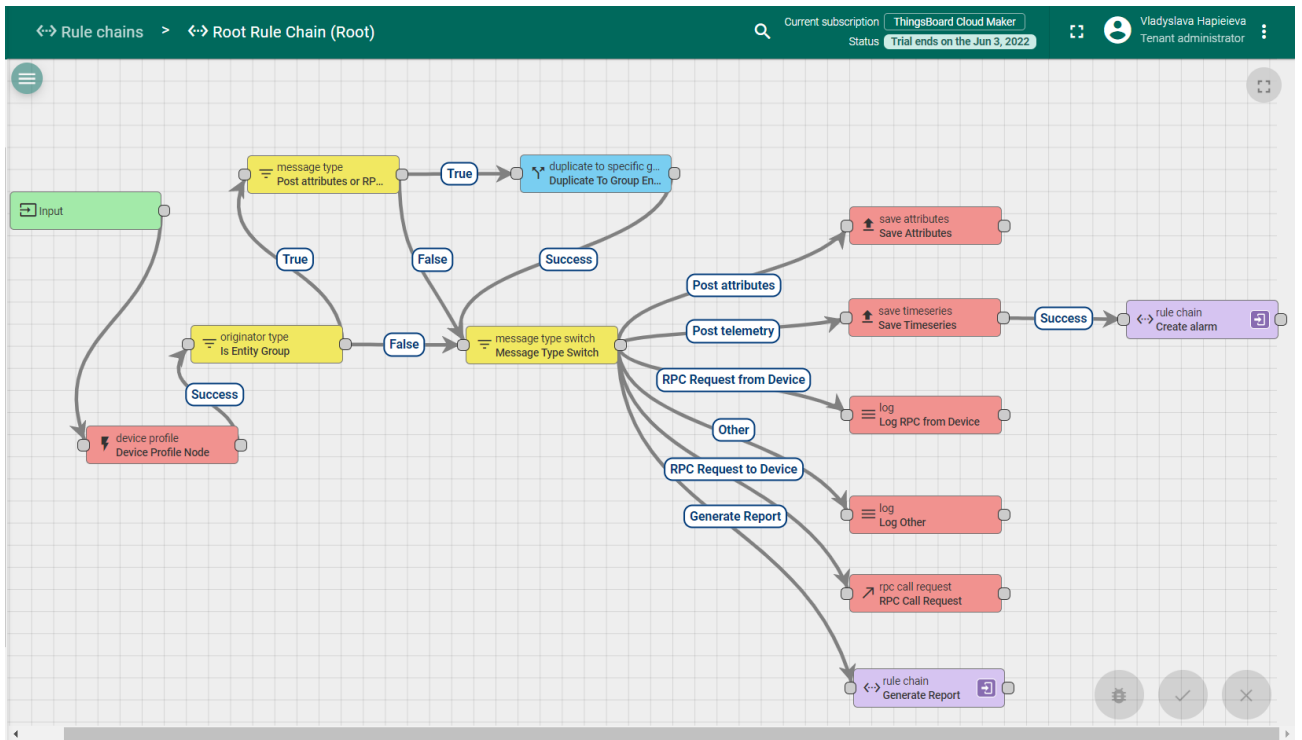


Рисунок 3.1. Root rule chain

Програма дозволяє обробляти, сортувати та зберігати дані з датчиків разом з часовими мітками. До Root rule chain внесено зміни, які дозволяють виконання інших ланцюгів правил (для створення попереджень та сповіщень, генерації звітів, які буде розроблено далі).

Дана IoT система передбачає використання 5 датчиків різни видів для відслідковування важливих характеристик для визначення якості питної води. Для подальшої розробки інформаційно аналітичної системи моніторингу якості води необхідно створити емулятор роботи датчиків, який буде генерувати дані та надсилати їх для обробки в root rule chain. При розробці використано 14 блоків generator, що належать до категорії actions та flow (rule chain). Код для генерації даних написано для кожного з датчиків. Згенеровані розробленою мікро програмою дані надсилаються до root rule chain. Загальний вигляд sensor emulator rule chain та зв'язки між блоками відображено на рис. 3.2. Якщо повідомлення датчика з даними було успішно згенеровано – root rule chain отримає його для подальшої обробки та збереження.

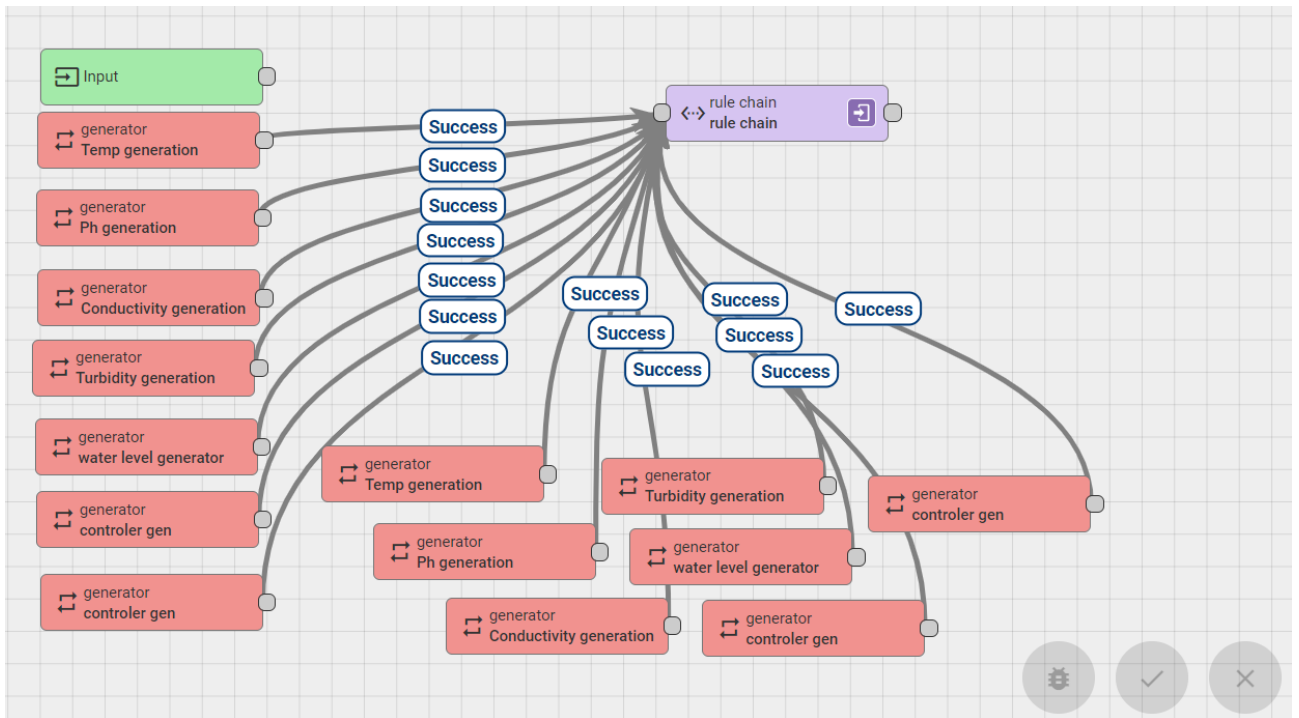


Рисунок 3.2. Sensor emulator rule chain

Дані для датчиків генеруються окремими блоками, кожен з яких містить у собі javascript код. При створенні блоку вказується датчик для якого він призначений, окремо можна вказати час періодичність, з якою код буде виконуватись. Для зручної роботи з дашбордом та сповіщеннями нові дані з датчиків генеруються кожну хвилину. На рис. 3.3. наведено вигляд написаного для генерації телеметрії датчиків коду та налаштування блоку generator для датчику температури. Значення генеруються випадковим чином з використанням функції `math.random`, яка повертає випадкове значення від 0 до 1 за формулою $\text{math.random} * (\text{max} - \text{min}) + \text{min}$. `Min` і `max` – це мінімальне та максимальне значення відповідно, `generator` кожного з датчиків має власні значення в залежності від його типу. Тип повідомлення, що містить згенеровані дані: "POST_TELEMETRY_REQUEST".

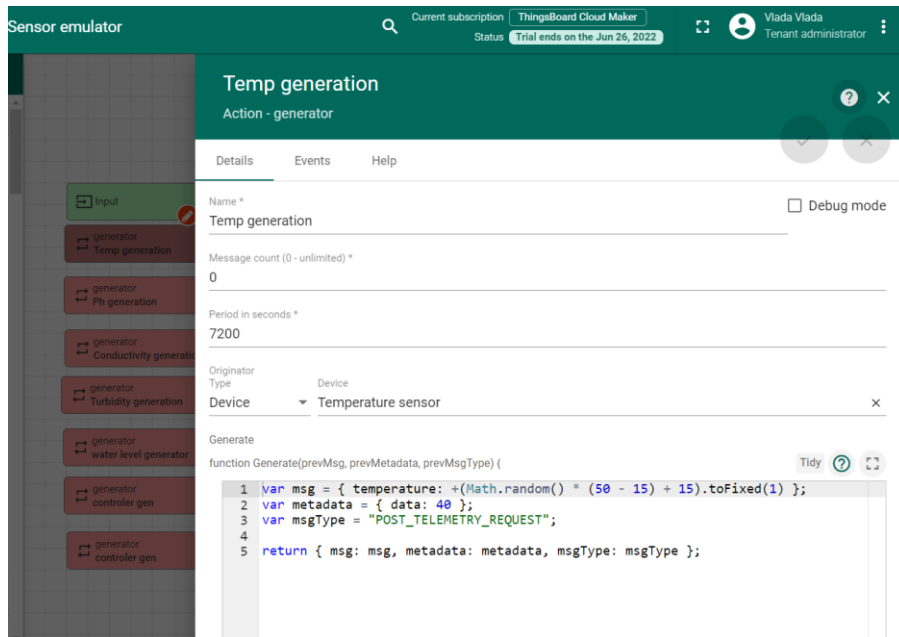


Рисунок 3.3. Мікро програма для генерації телеметрії датчиків

3.2 Розробка системи попереджень та сповіщень

Ланцюг правил для створення попереджень і сповіщень та реагування на значення з датчиків, які не є прийнятними для питної води зображено на рис. 3.4. Робота програмного блоку відбувається за алгоритмом, який було спроектовано та описано у другому розділі.

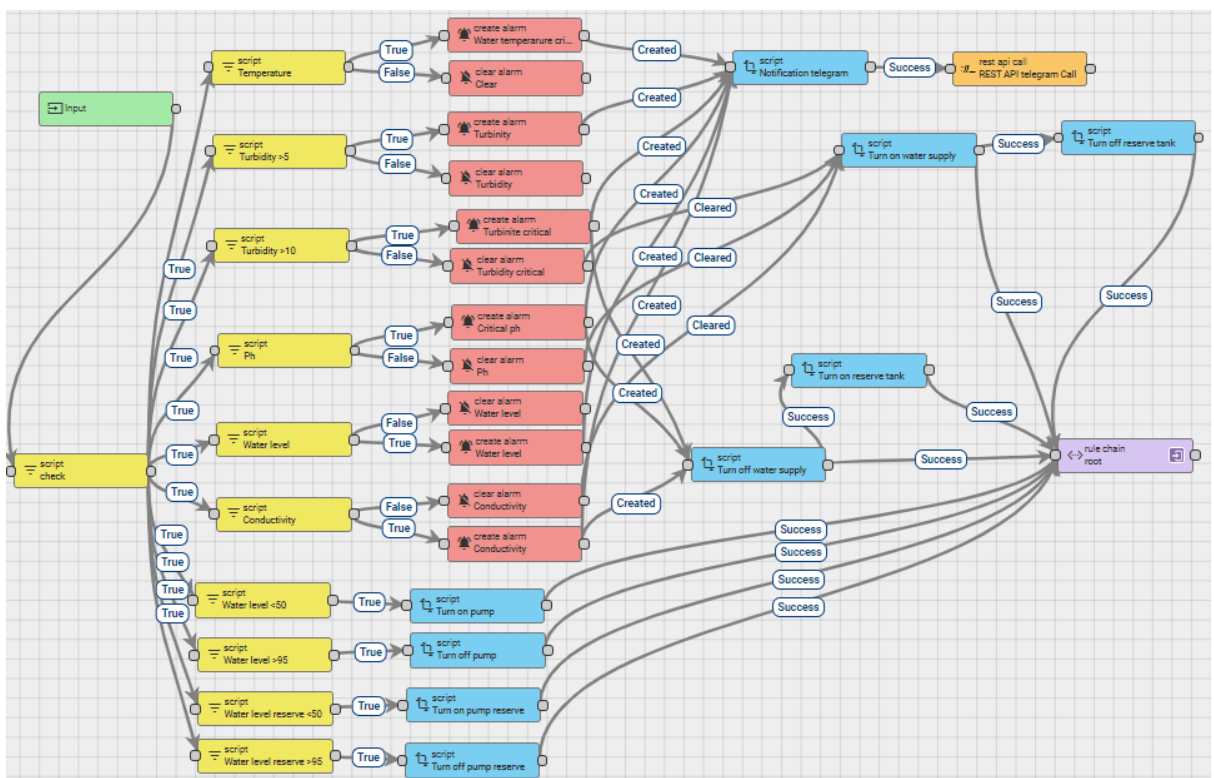


Рисунок 3.4. Create an alarm rule chain

Для створення попередження в категорії actions є блок create alarm [27]. При налаштуванні попередження необхідно вказати його тип. Тип попередження має відображати сутність інциденту, що виник. Для сповіщення обрається рівень серйозності: critical, major, minor, warning, indeterminate [28]. На рис. 3.5 показано процес присвоєння попередженню рівня – major.



Рисунок 3.5. Налаштування попередження

Попередження виникає на рівні пристрою, з якого IoT платформа отримала дані, які виходять за межі норми. Для асоціації попередження на пристрої з активом, до якого він належить, необхідно обрати опцію propagate alarm to related entities. Таким чином попередження, що виникло на конкретному датчику, буде стосуватись активу в цілому. На рис. 3.6. показано частину вікна налаштувань попереджень.

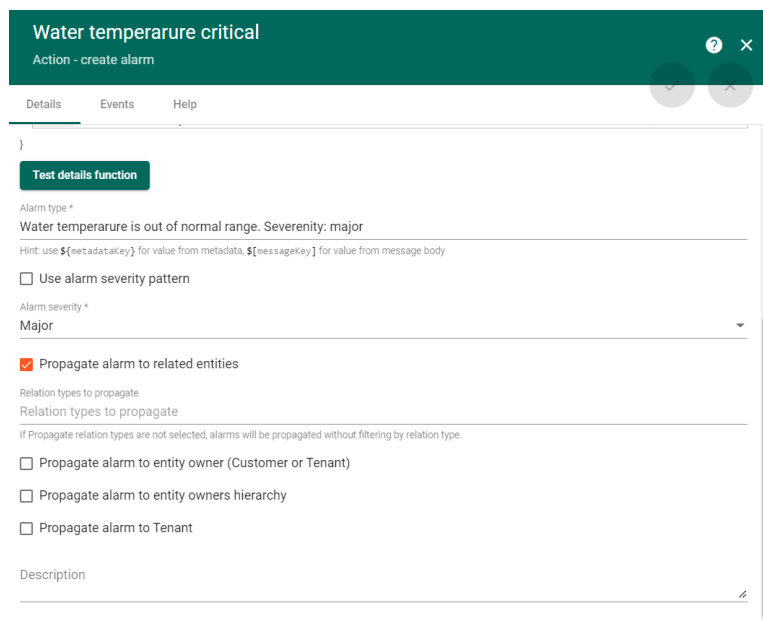


Рисунок 3.6. Налаштування деталей попередження

Для кожного з типів датчиків додано блоки для перевірки відповідності даних нормам та створення попередження. Перевірка значення відбувається за допомогою блоку script з категорії filter. На рис. 3.7. зображено вікно налаштування блоку script для перевірки даних, що надходять з датчиків вимірювання pH води. Для роботи блоків такого типу було прописано умови у вигляді коду JavaScript.

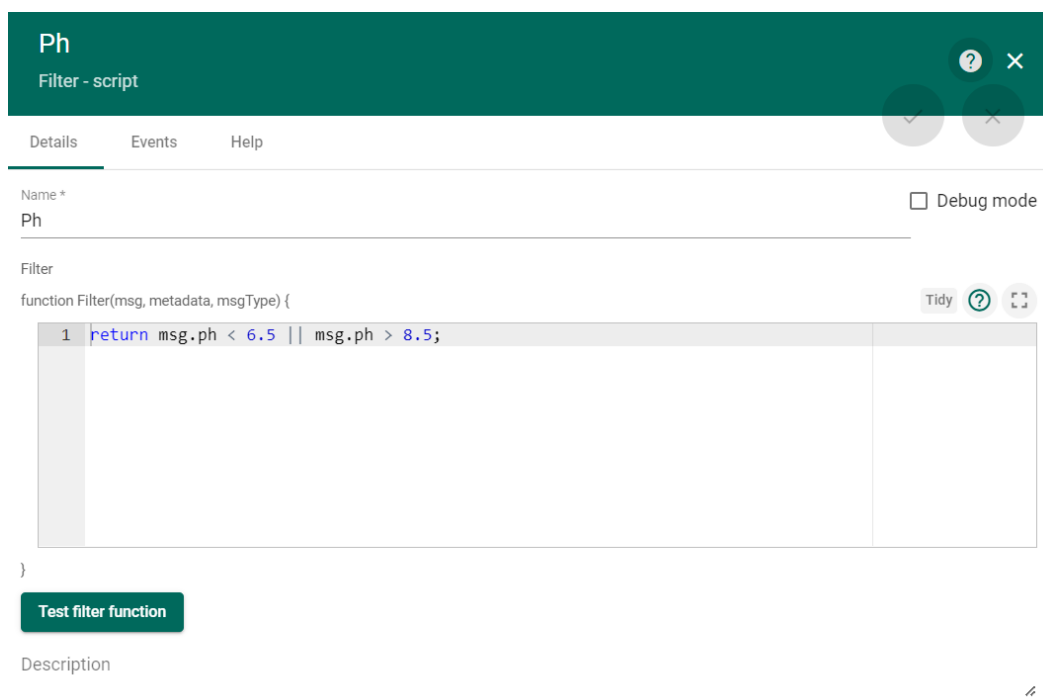


Рисунок 3.7. Перевірка відповідності нормам питної води телеметрії датчиків

Умови виникнення попереджень для кожного з датчиків наведено у попередньому розділі. Відслідковувати попередження, які виникли можна у розділі alarms при детальному перегляді інформації про актив water tank 1 [28]. При перегляді відображається час та дата виникнення попередження, датчик, на якому було зафіксовано дані, тип попередження, серйозність, статус. Для кожного з попереджень можливе відкриття вікна з додатковою інформацією – час та дата закінчення дії попередження (коли статус було змінено на acknowledged та cleared). На рис. 3.8. зображено вікно для перегляду інформації про історію попереджень активу water tank 1.

Created time ↓	Originator	Type	Severity	Status	Details
2022-05-16 00:55:28	Ph sensor 1	Ph of water is out of range. Severity: critical	Critical	Active Unacknowledged	...
2022-05-16 00:55:08	Termometr	Water temperature is out of normal range. Severity: major	Major	Active Unacknowledged	...
2022-05-11 23:54:08	Termometr	Water temperature is out of normal range. Severity: major	Major	Cleared Acknowledged	...
2022-05-11 23:53:28	Ph sensor 1	Ph of water is out of range. Severity: critical	Critical	Cleared Acknowledged	...
2022-05-11 23:48:28	Ph sensor 1	Ph of water is out of range. Severity: critical	Critical	Cleared Acknowledged	...
2022-05-11 23:48:08	Termometr	Water temperature is out of normal range. Severity: major	Major	Cleared Acknowledged	...
2022-05-11 23:46:08	Termometr	Water temperature critical	Major	Cleared Acknowledged	...
2022-05-11 23:43:28	Ph sensor 1	Ph of water is out of range	Critical	Cleared Acknowledged	...

Рисунок 3.8. Історія попереджень, що виникали

Для зміни попередження в категорії actions є блок clear alarm. Робота даного блоку починається, коли значення, що отримані з датчику є нормальними для питної води. Статус попередження змінюється на cleared. Процес налаштування блоку clear alarm відображено на рис. 3.9.

Clear
Action - clear alarm

Details Events Help

Name *
Clear Debug mode

Alarm details builder

```
function Details(msg, metadata, msgType) {
  1 var details = {};
  2 if (metadata.prevAlarmDetails) {
  3   details = JSON.parse(metadata.prevAlarmDetails);
  4   //remove prevAlarmDetails from metadata
  5   delete metadata.prevAlarmDetails;
  6   //now metadata is the same as it comes IN this rule node
  7 }
  8
  9
  10 return details;
}
```

Alarm type *
General Alarm

Hint: use \${metadataKey} for value from metadata, \${messageKey} for value from message body

Рисунок 3.9. Код блоку clear alarm

Для своєчасного отримання інформації про виникнення попереджень передбачено надсилання сповіщень в месенджері «Telegram». Для впровадження даної функції в root rule chain необхідно додати блок script з категорії transformation та rest api call з категорії external. Перехід з першого блоку до другого відбувається лише за умови успішного виконання першого [29].

Перед початком налаштування даних блоків необхідно завершити створення боту в месенджері «Telegram». Для створення боту «WaterQuality Konotop» використано бот «The BotFather». На рис. 3.10. можна побачити процес створення боту.

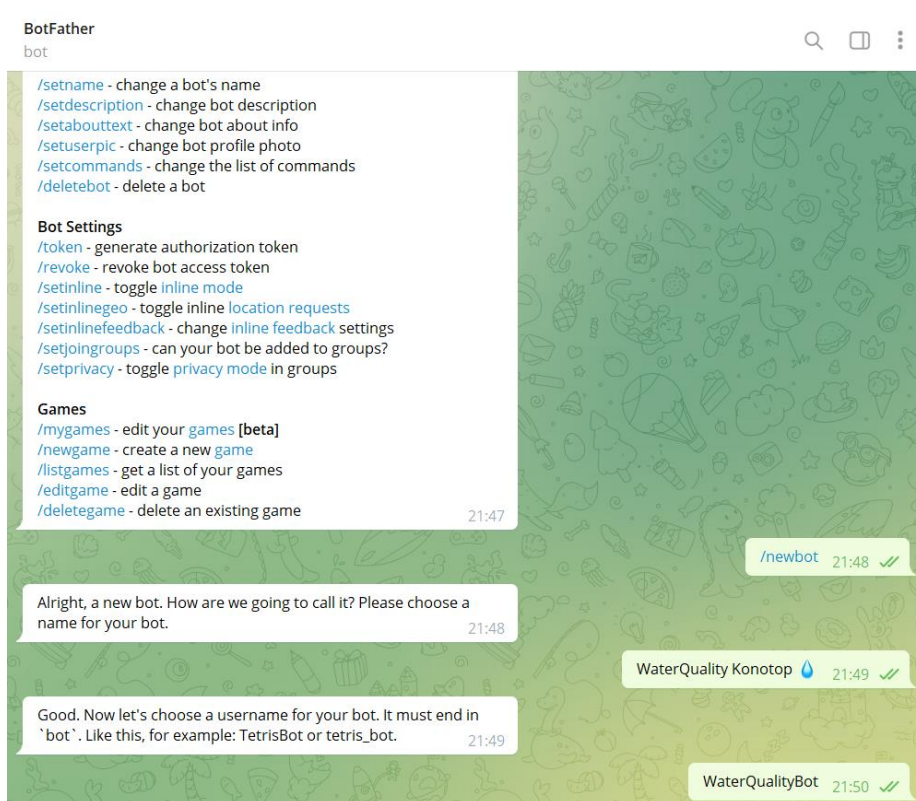


Рисунок 3.10. Створення боту

При налаштуванні блоку script необхідно вказати значення для атрибуту newMsg.chat_id = -1001683118278. Налаштування блоку та необхідний для роботи код, що було створено, відображено на рис. 3.11. Для сповіщення буде використано текст з попередження.

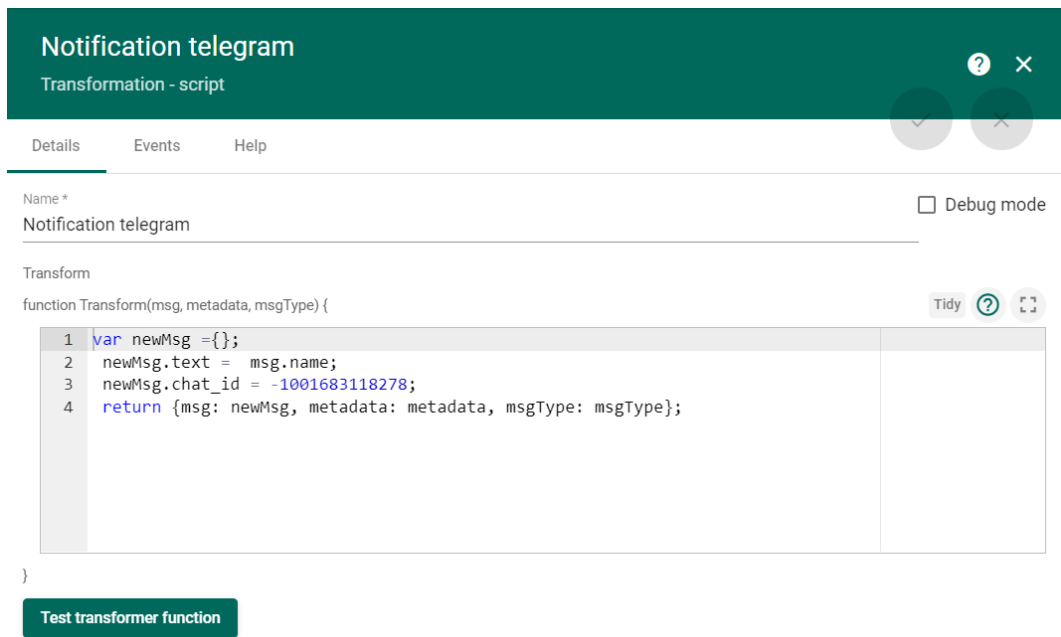


Рисунок 3.11. Налаштування блоку та код для роботи сповіщень

При налаштуванні rest api call необхідно вказати посилання на бот, що містить у собі його унікальний токен, метод для даного блоку – post. Вікно налаштування блоку відображено на рис. 3.12.

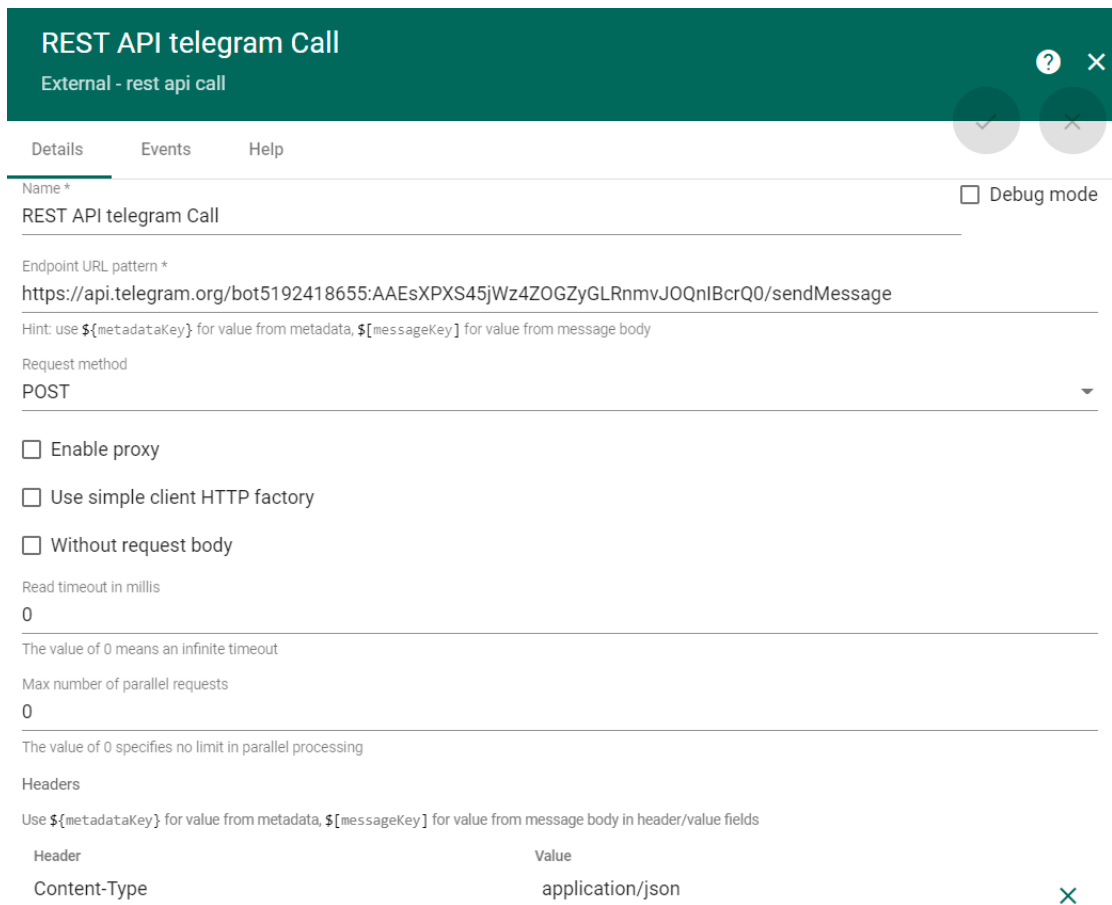


Рисунок 3.12 Налаштування rest api call

Після виконання необхідних налаштувань при виникненні попереджень сповіщення про них надсилаються до чату в месенджері «Telegram». Приклад роботи сповіщень на рис. 3.13.

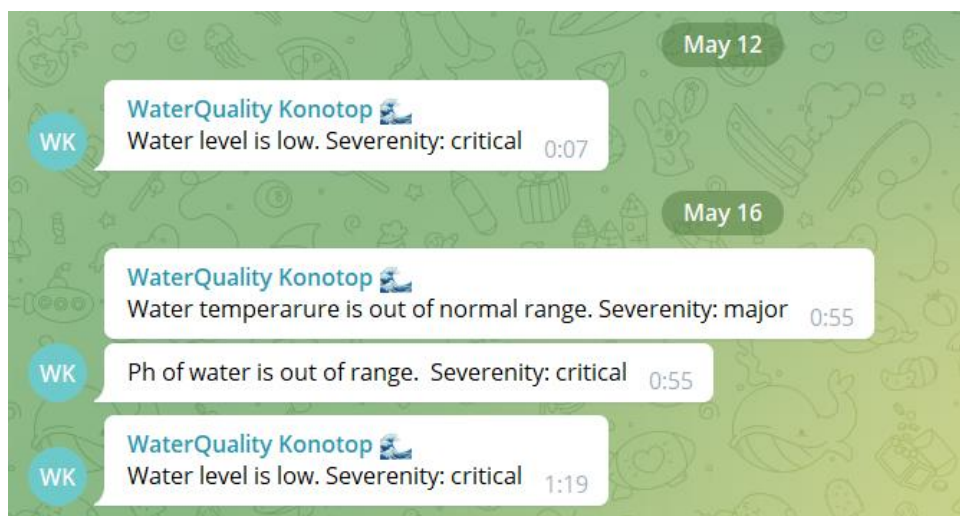


Рисунок 3.13 Сповіщення в месенджері «Telegram»

3.3 Налаштування інструментів відслідковування поточних показників

Для відслідковування даних у режимі реального часу необхідно створити інформаційну панель. Щоб створити інформаційну панель, спочатку потрібно додати до нового вікна панелі псевдоніми (Entity aliases) [30], щоб визначити дані, які будуть використовуватись. Псевдоніми створюються через діалогове вікно, що зображено на рис. 3.14.

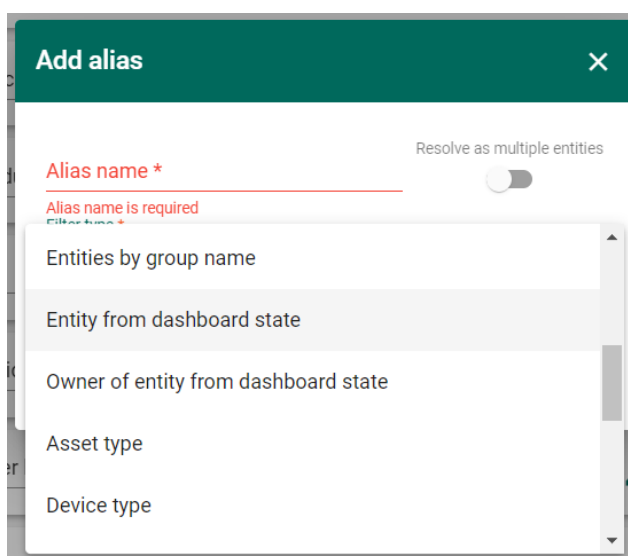


Рисунок 3.14. Налаштування Entity aliases

Entity aliases – це посилання на одну сутність або групу сутностей, які використовуються у віджетах. Псевдонім може бути статичним або динамічним. Псевдоніми можуть бути простими, як посилання на один пристрій, або складними, як створення складного пошукового запиту для певних активів зі списку [30]. Псевдоніми сутностей, які додано до інформаційної панелі, можна побачити на рис. 3.15. Для проекту додано псевдоніми для датчиків та активу водосховища.

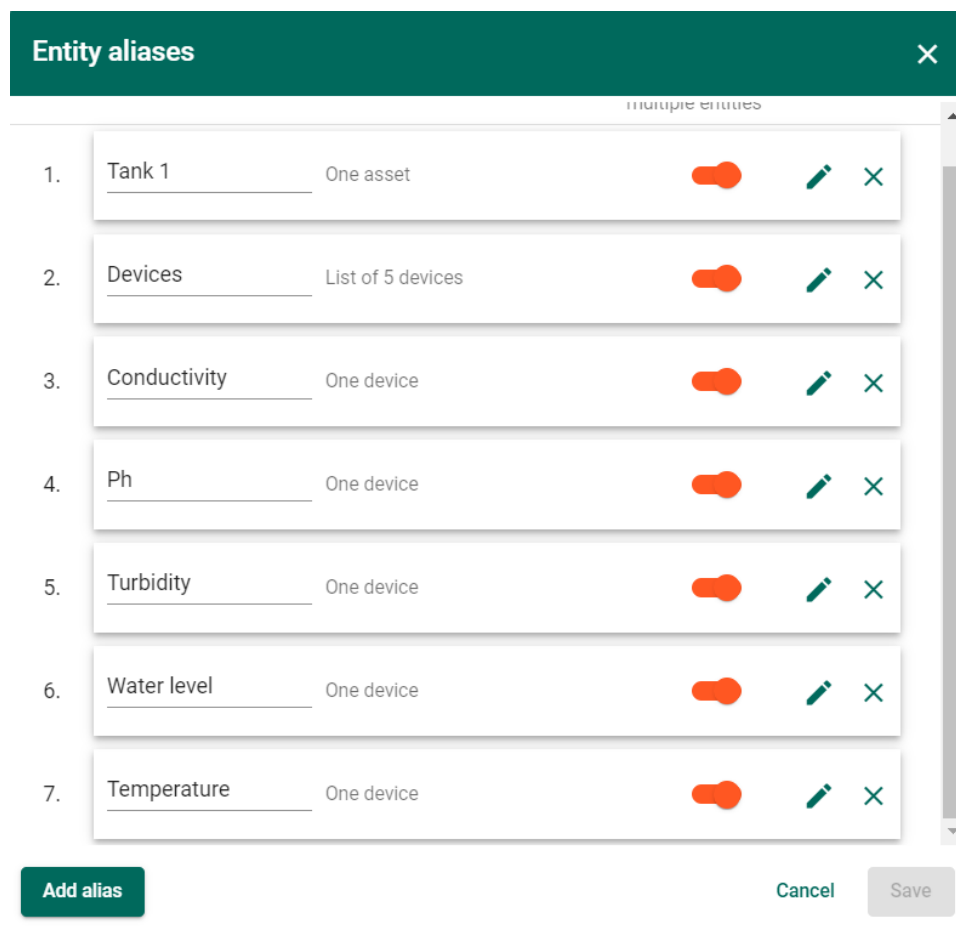


Рисунок 3.15. Entity aliases проекту

Для відображення місцезнаходження активу water tank 1 додано та налаштовано віджет OpenStreetMap (рис. 3.16.). Координати активу передаються в його атрибутах з відповідними назвами. Віджет інтерактивний і дозволяє взаємодіяти з картою. Одночасно може відображатись розташування одного або більше об'єктів [31]. При зміні координат через редагування атрибутів активу

мітка на карті переміститься згідно з новими координатами. Віждет з мапою можна переглядати в повноекранному режимі, якщо це необхідно.

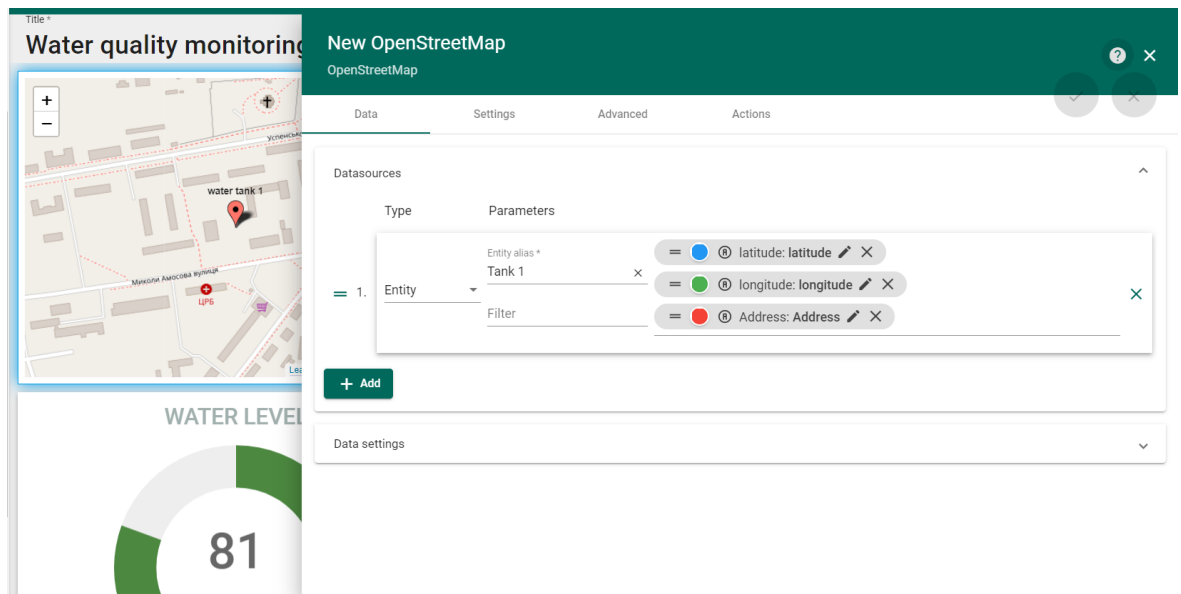


Рисунок 3.16. Налаштування віджету з мапою

Для відображення на інформаційній панелі останніх даних, які було отримано з датчиків, було обрано віджети з категорії Digital gauges: guage та simple guage [32]. Різновиди віджетів даної категорії відображено на рис. 3.17.

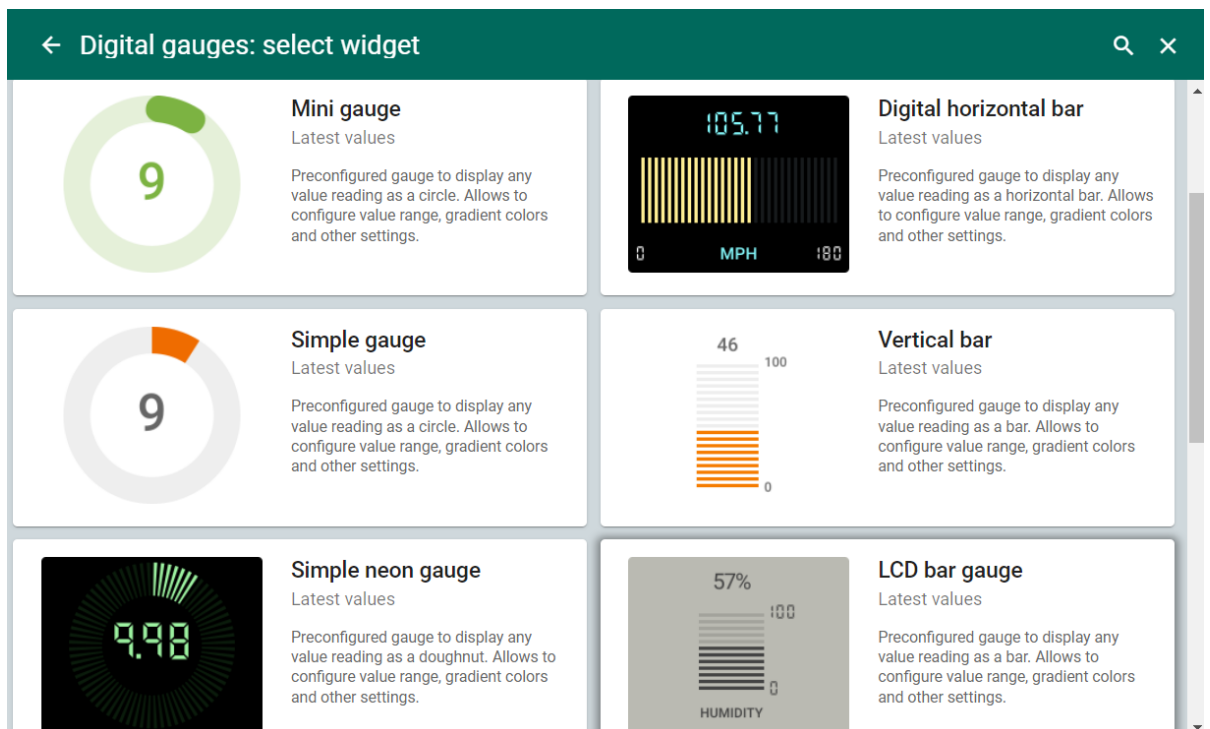


Рисунок 3.17. Віджети з категорії Digital gauges

Налаштування віджетів відбувається в декілька етапів. На першому кроці необхідно вказати псевдонім сутності, дані з якого будуть відображатись, та ключове слово, що стосується необхідних даних. Даний процес можна побачити на рис. 3.18.

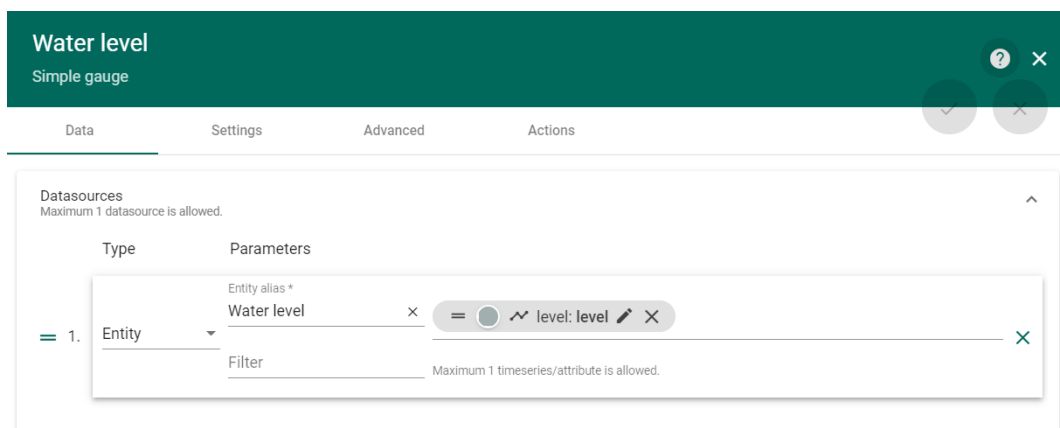


Рисунок 3.18. Налаштування віджету gauge

Для віджету необхідно налаштувати мінімальне та максимальне значення для шкали, додатково можна вказати кольори для градієнту. Колір віджету буде змінюватись залежно від даних у конкретний момент часу і таким чином вказувати на те, чи є показники якості води допустимими для питної води. Для кожного з датчиків віджет створюється та налаштовується окремо. Всього інформаційна панель містить 5 віджетів такого типу. Дані віджети дозволяють в режимі реального часу відслідковувати характеристики води та за допомогою візуальних ефектів швидко розуміти чи є якість води задовільною.

3.4 Налаштування можливості перегляду попереджень

Для інформування користувачів системи про виникнення проблем з якістю води на інформаційній панелі передбачено можливість перегляду попереджень. За замовчуванням відображаються всі попередження за минулу добу. Для відображення інформації про попередження інформаційно аналітичної системи, щодо якості води, додано віджет Alarms table (рис. 3.19.). Даний віджет також є інтерактивним. Користувач може переглядати цю інформацію в повноекранному

режимі; змінювати період, для якого відображаються дані; виконувати пошук, фільтрацію, сортування; взаємодіяти з попередженнями, змінюючи їх статус.

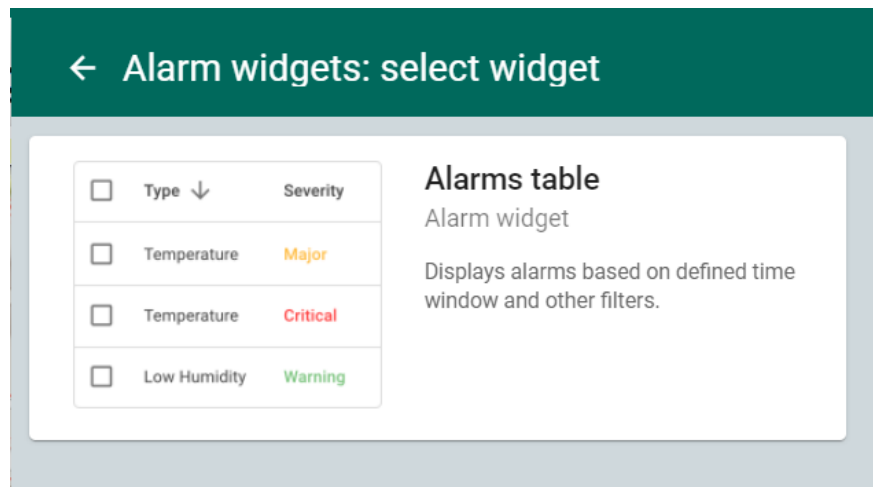


Рисунок 3.19. Віджет Alarms table

Налаштування віджету для перегляду попереджень дозволяє обрати попередження якого типу, з яким статусом та серйозністю будуть відображатись. Для роботи віджету необхідно задати тип сутностей та їх атрибути. При розробці інформаційної панелі як тип сутності було обрано датчики, з такими атрибутами: час створення, джерело (датчик), серйозність, тип попередження, статус попередження. Налаштування віджету показано на рис. 3.20.

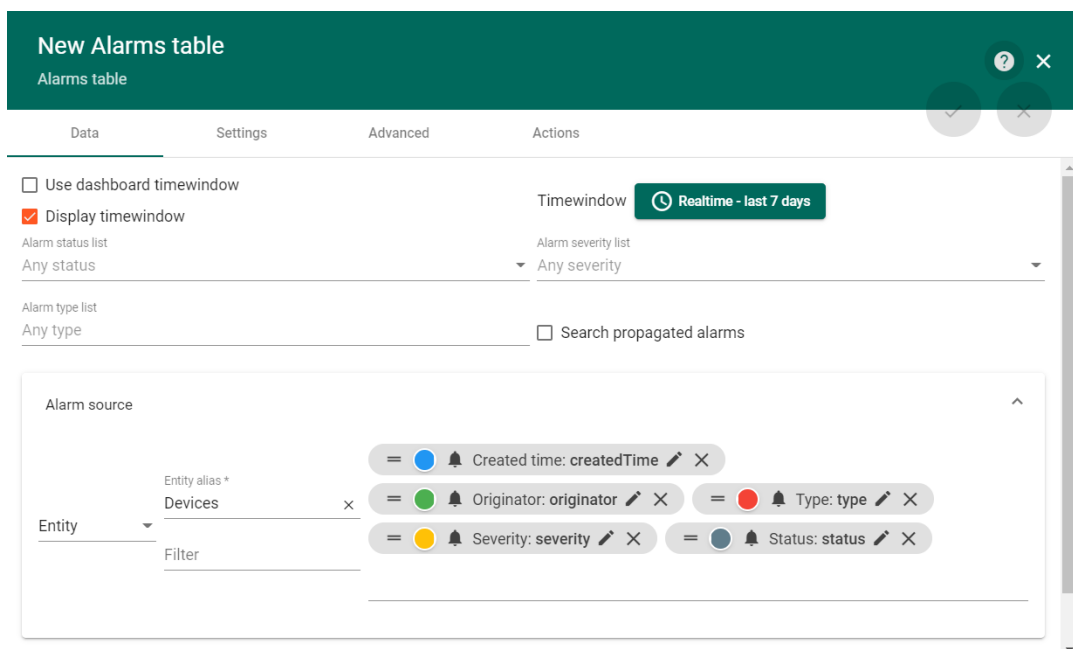


Рисунок 3.20. Налаштування віджету Alarms table

Попередження можуть мати декілька статусів: active, cleared, acknowledged, unacknowledged (рис. 3.21.). При роботі з інформаційною панеллю, користувачі з правами редагування можуть змінювати статус попереджень з active на cleared та з unacknowledged на acknowledged.

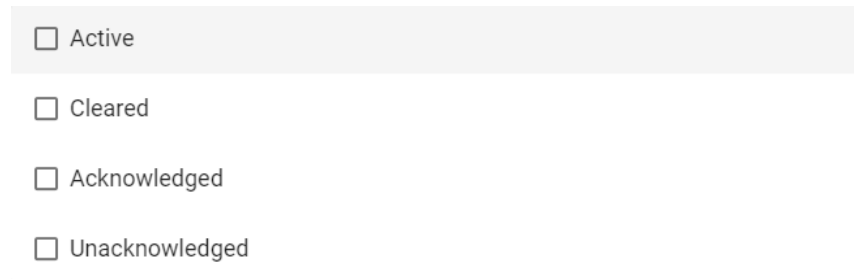
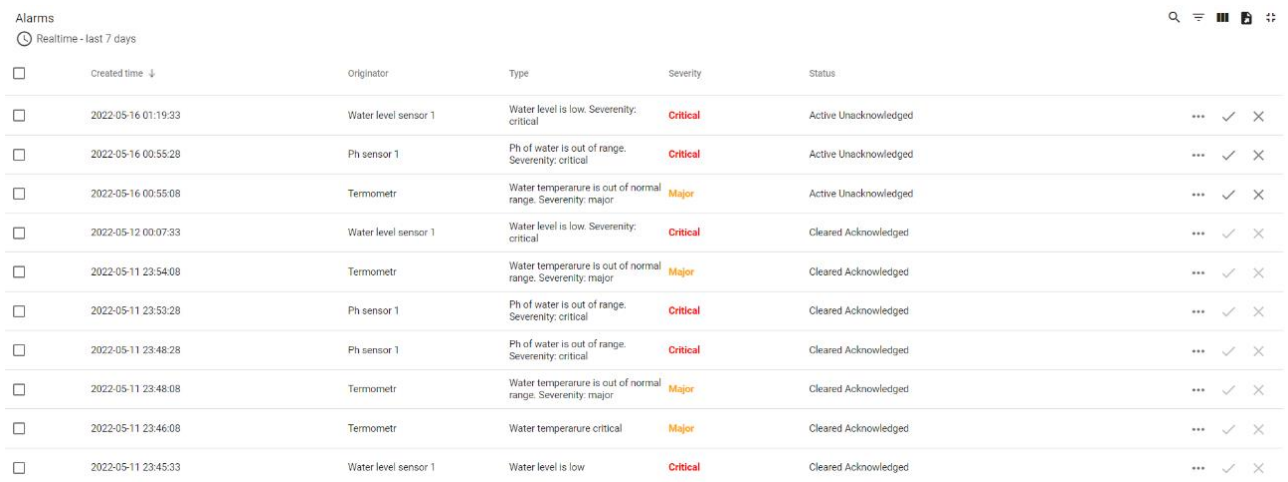


Рисунок 3.21. Статуси попереджень

Статус попередження буде автоматично змінено з active на cleared відповідно до умов, що задано в rule chain «Water quality alarm». Якщо значення отримане з датчика є нормальним для питної води та раніше було створено попередження для цього датчика, тоді статус попередження стане cleared. Дану зміну одразу ж буде відображено на інформаційній панелі на віджеті попереджень у колонці статусу. На рис. 3.22. видно вікно перегляду попереджень у повноекранному режимі роботи з віджетом.



Created time ↓	Originator	Type	Severity	Status	
2022-05-16 01:19:33	Water level sensor 1	Water level is low. Severity: critical	Critical	Active Unacknowledged	... ✓ ✕
2022-05-16 00:55:28	Ph sensor 1	Ph of water is out of range. Severity: critical	Critical	Active Unacknowledged	... ✓ ✕
2022-05-16 00:55:08	Termometr	Water temperature is out of normal range. Severity: major	Major	Active Unacknowledged	... ✓ ✕
2022-05-12 00:07:33	Water level sensor 1	Water level is low. Severity: critical	Critical	Cleared Acknowledged	... ✓ ✕
2022-05-11 23:54:08	Termometr	Water temperature is out of normal range. Severity: major	Major	Cleared Acknowledged	... ✓ ✕
2022-05-11 23:53:28	Ph sensor 1	Ph of water is out of range. Severity: critical	Critical	Cleared Acknowledged	... ✓ ✕
2022-05-11 23:48:28	Ph sensor 1	Ph of water is out of range. Severity: critical	Critical	Cleared Acknowledged	... ✓ ✕
2022-05-11 23:48:08	Termometr	Water temperature is out of normal range. Severity: major	Major	Cleared Acknowledged	... ✓ ✕
2022-05-11 23:46:08	Termometr	Water temperature critical	Major	Cleared Acknowledged	... ✓ ✕
2022-05-11 23:45:33	Water level sensor 1	Water level is low	Critical	Cleared Acknowledged	... ✓ ✕

Рисунок 3.22. Повноекранний режим перегляду віджету попереджень

Створена інформаційно аналітична панель дозволяє переглядати показники з датчиків моніторингу якості води в режимі реального. Панель є

інтерактивною та дозволяє користувачам вносити зміни в умови відображення інформації. Для переходу на дашборд резервного резервуару необхідно двічі натиснути на його назву, у віджеті перегляду активів, що зображено на рис. 3.23.

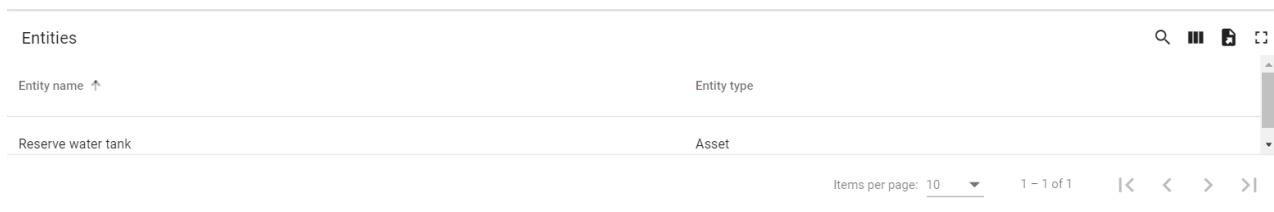


Рисунок 3.23. Віджет перегляду активів

Для перегляду доступні дані про розташування водосховища та попередження, що виникали через датчики, які на ньому встановлено. Додатково створено віджети для відслідковування роботи системи водопостачання з резервуару та насоса, для його наповнення. Показник true означає, що систему увімкнено, false – вимкнено [33]. Вигляд інформаційно аналітичної панелі продемонстровано на рис. 3.24.

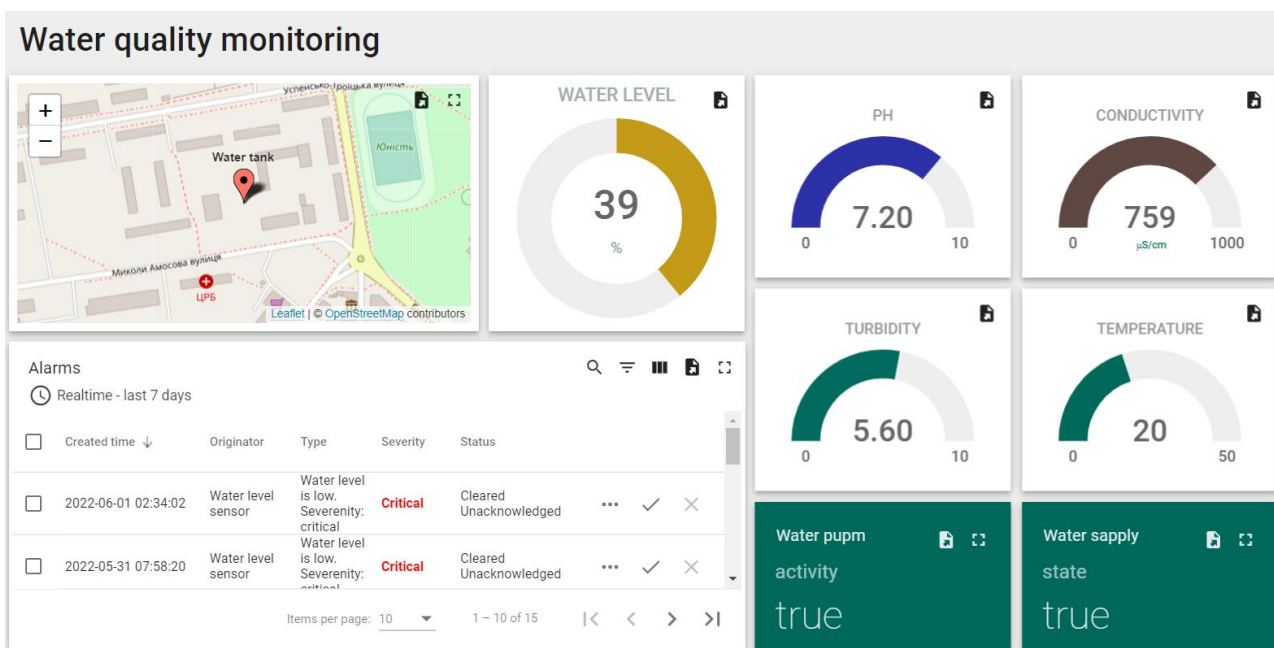


Рисунок 3.24. Інформаційно-аналітична панель проекту

Інформаційно аналітична панель може відображати дані за різні періоди часу (від 15 секунд до 30 днів), у режимі реального часу або історичному. Історичний режим дозволяє обрати дати початку за завершення періоду для

відображення, обрати функцію агрегації даних, вказати інтервал для групування даних, змінити часовий пояс. Можливості налаштування часових параметрів на рис. 3.25.

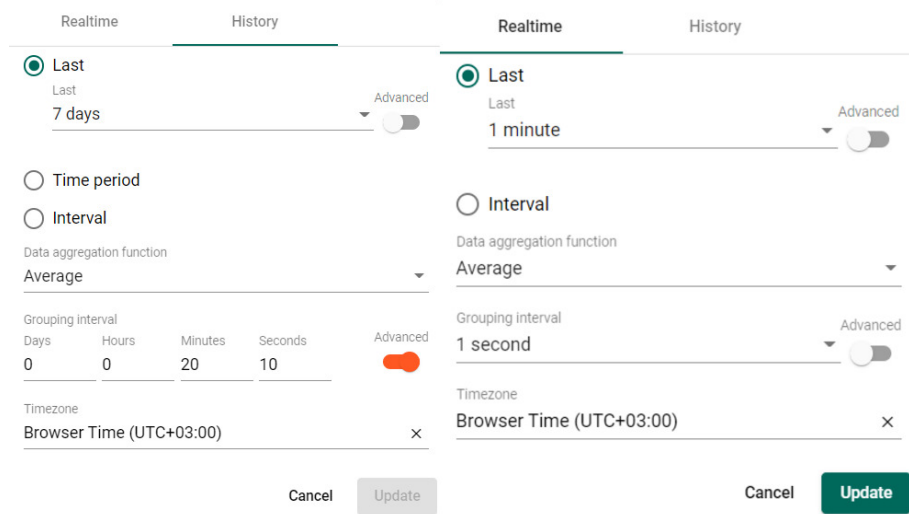


Рисунок 3.25. Налаштування часових параметрів

3.5 Створення інструментів для відслідковування зміни показників у графічному вигляді

Для моніторингу динаміки змін показників якості води інформаційно аналітична панель передбачає наявність віджетів з графіками даних датчиків. IoT платформа «Thingsboard» дає можливість додавати графіки різних типів, усі віджети з категорії charts наведено на рис. 3.26.

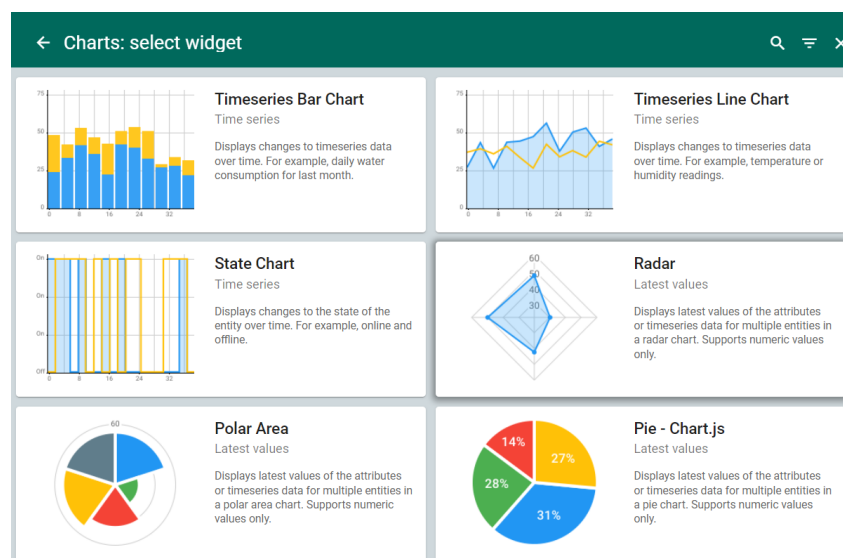


Рисунок 3.26. Віджети графіків

Timeseries line chart дозволяє відслідковувати зміни даних з часом. Для роботи даного віджету потрібно вказати псевдонім сутності, що буде посилатись на дані з датчиків. Вікно з налаштуванням віджету на рис. 3.27.

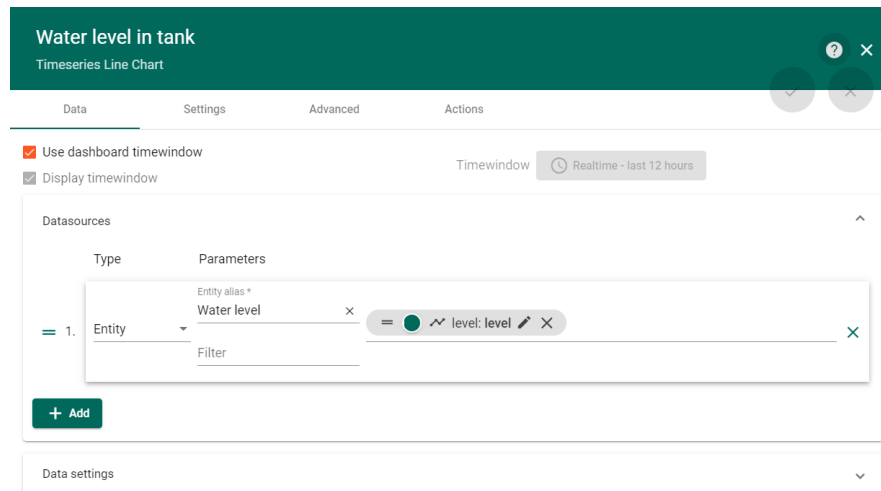


Рисунок 3.27. Налаштування віджету графіків

Подібні налаштування віджетів зроблено для 5 датчиків. На рис. 3.28 можна переглянути графіки для показників якості води за останні 7 днів. Кожен з графіків є інтерактивним і дозволяє користувачу перейти в режим повноекранного перегляду. При наведенні курсору на значення відображається числовий показник та дата і час. Проміжок часу та дати для яких відображаються графіки можна змінити через інструмент налаштування інформаційної панелі або з допомогою спеціального віджету. Користувач може переглядати дані у режимі реального або за обраний термін у минулому.

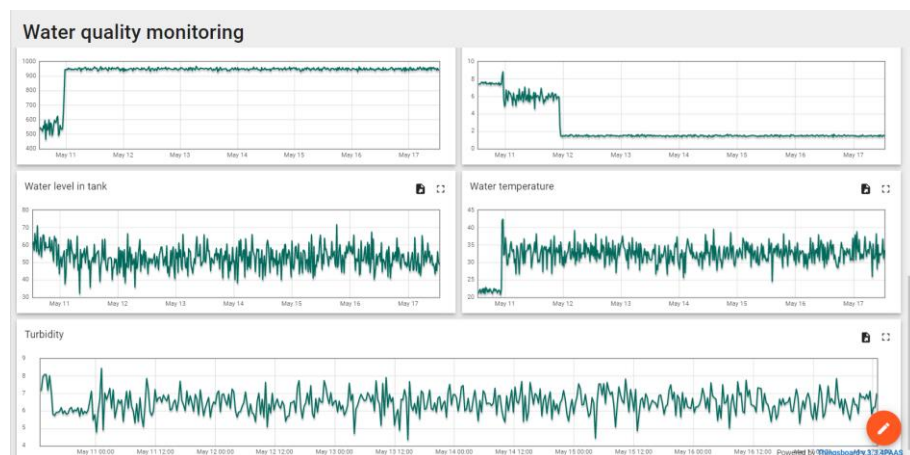


Рисунок 3.28. Графіки інформаційно-аналітичної панелі проєкту

Віджет date range (Рис. 3.29.) дозволяє налаштовувати періоди, для яких будуть відображатись дані, не використовуючи налаштування.

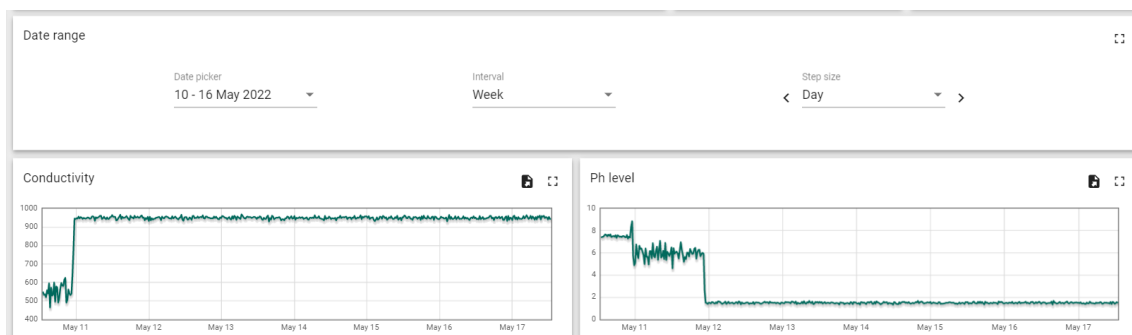


Рисунок 3.29. Графіки телеметрії датчиків за обраний період

3.6 Висновки до розділу

У 3 розділі було описано:

- процес розробки генерації повідомлень з даними;
- розробку системи попереджень
- розробку дашборду для перегляду поточних показників, та даних за вказаний період
- налаштування можливості перегляду попереджень

В ході роботи описано процес реалізації програмної частини інформаційно-аналітичної системи.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи створено проєкт апаратної частини та програмну частину інформаційно-аналітичної системи моніторингу якості води для системи водопостачання міста Конотоп. Дана система дозволяє відслідковувати показники якості води; програма негайно реагує у випадках, коли показники не відповідають нормам, процес водопостачання переводиться на резервну ємність, а користувачі системи отримують сповіщення про проблему.

Для розробки інформаційно-аналітичної системи досліджено процес оцінки якості та визначено датчики, які необхідні для реалізації проєкту. Після порівняння технологій бездротового зв'язку обрано технологію для використання. В ході виконання роботи проаналізовано аналогічні системи моніторингу якості води, що базуються IoT. Для апаратної частини проєкту обрано пристрої.

Для реалізації програмної частини інформаційно-аналітичної системи використано IoT платформу Thingsboard. У другому розділі розглянуто її переваги та функціональні можливості. Кінцевий користувач має можливість переглядати дані на інформаційній панелі в режимі реального часу або за вказаний період часу. Система реагує на низький рівень води, вмикаючи насос для наповнення резервуару; при критичному рівні показників рН, електропровідності або мутності подача води з резервуару припиняється. Для продовження процесу водопостачання автоматично вмикається подача води з резервної ємності. Користувачі системи отримують сповіщення про попередження. Попередження – це події, виникнення яких ініціює системи при отриманні даних, які не є прийнятними для питної води. У процесі проектування апаратної частини системи обрано технології передачі даних, розроблено схеми взаємодії між компонентами, описано процес налаштування системи.

В процесі виконання кваліфікаційної бакалаврської для досягнення поставленої мети роботи було виконано такі завдання:

- проведено аналіз процесу оцінки якості питної води;
- проаналізовано існуючі системи моніторингу якості води;
- виконано підбір обладнання, що необхідно для реалізації проєкту;
- виконано аналіз IoT платформи, що необхідна для реалізації проєкту;
- розроблено програмне забезпечення для інформаційно-аналітичної системи моніторингу якості води;

При виконанні бакалаврської роботи усі поставлені задачі було виконано в повному обсязі, реалізовано інформаційно-аналітичну систему моніторингу якості води.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. What is water quality?. Welcome to the NOAA Florida Keys National Marine Sanctuary.
URL: <https://floridakeys.noaa.gov/ocean/waterquality.html#:~:text=Water%20quality%20describes%20the%20condition,such%20as%20drinking%20or%20swimming> (дата звернення: 08.04.2022).
2. Drinking-water quality guidelines. WHO | World Health Organization.
URL: <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/water-sanitation-and-health/water-safety-and-quality/drinking-water-quality-guidelines> (дата звернення: 08.04.2022).
3. Кислотність середовища. Поняття про рН розчину » mozok.click. mozok.click.
URL: <https://mozok.click/696-kislotnst-seredovischa-ponyattya-pro-ph-rozchinu.html> (дата звернення: 08.04.2022).
4. Turbidity | Limno Loan Program. Home | Limno Loan Program
URL: <http://limnoloan.org/waterquality/turbidity/> (дата звернення: 08.04.2022).
5. Conductivity, Salinity & Total Dissolved Solids - Environmental Measurement Systems. Environmental Measurement Systems.
URL: <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/conductivity-salinity-tds/> (дата звернення: 08.05.2022).
6. Turbidity Sensor – Digital, Low Cost, Low Maintenance | Edaphic Scientific. Edaphic Scientific | Edaphic Scientific | Environmental Research & Monitoring Equipment. URL: <https://edaphic.com.au/products/water/turbidity-sensor/> (date of access: 08.04.2022).
7. The Modbus Organization. The Modbus Organization.
URL: <https://modbus.org/> (дата звернення: 09.04.2022).
8. IoT-based Smart Water Quality Monitoring System / V. Lakshmikantha et al. Global Transitions Proceedings. 2021.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.gltp.2021.08.062> (дата звернення: 02.04.2022).

9. Geetha S., Gouthami S. Internet of things enabled real-time water quality monitoring system. Smart Water. 2016. Vol. 2, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1186/s40713-017-0005-y> (дата звернення: 02.04.2022).
10. Reference architecture for the internet of things. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/A-Reference-Architecture-For-The-Internet-of-Things-Fremantle/4f7fdc2e58bdb422fd13fc7d033ac3863f1cd07a> (дата звертання 14.04.2022)
11. LORAWAN для IoT. URL: <https://www.elko.ua/ru/novosti2/lorawan-elko-smart-center> (дата звертання 14.04.2022)
12. LORAWAN огляд технології URL: <https://deps.ua/knowegable-base-ru/spravochnaaya-informatsiya/66633.html> (дата звертання 14.04.2022)
13. NETVOX LORAWAN WIRELESS TURBIDITY SENSOR (DC-POWERED) RA0710 AS923 URL: Режим доступу: <https://market.thingpark.com/netvox-wireless-turbidity-sensor-dc-powered-ra0710-us915-as923-eu868.html> (дата звернення: 02.04.2022)
14. UIT Water quality sensor CTD-IoT-compact with LoRaWAN®. ZENNER IoT Sensors & Solutions Shop. URL: <https://www.mz-connect.com/shop/en/uit-ctd-iot-compact-water-quality-monitoring-with-lorawan-p-175331?c=554> (дата звернення: 11.04.2022).
15. UIT Water quality sensor SENSODIVE-IoT-compact V2 with LoRaWAN®. ZENNER IoT Sensors & Solutions Shop. URL: <https://www.mz-connect.com/shop/en/uit-sensodive-iot-compact-v2-water-quality-monitoring-with-lorawan.-p-175333?c=554> (дата звернення: 05.06.2022).
16. Kerlink Wirnet iStation 4G IoT Outdoor Gateway 868 without PoE Injector. ZENNER IoT Sensors & Solutions Shop. URL: <https://www.mz-connect.com/shop/en/kerlink-wirnet-istation-4g-iot-lorawan-outdoor-gateway-p-169942?c=488> (дата звернення: 07.04.2022)
17. Thingsboard. What is ThingsBoard?. ThingsBoard. URL: <https://thingsboard.io/docs/getting-started-guides/what-is-thingsboard/> (дата звернення: 14.04.2022).

18. Thingsboard. Connect Tektelic LoRaWAN sensors using TEKTELIC KONA Core Network Server. ThingsBoard.
URL: <https://thingsboard.io/docs/samples/tektelic/> (дата звернення: 10.05.2022).
19. Thingsboard. MQTT Gateway API Reference. ThingsBoard.
URL: <https://thingsboard.io/docs/reference/gateway-mqtt-api/> (дата звертання: 10.04.2022).
20. Connectivity diagram URL: <https://thingsboard.io/docs/getting-started-guides/connectivity/> (дата звертання 14.04.2022)
21. Thingsboard. Working with IoT device attributes. ThingsBoard.
URL: <https://thingsboard.io/docs/paas/user-guide/attributes/> (дата звернення: 01.05.2022).
22. Thingsboard. Working with telemetry data. ThingsBoard.
URL: <https://thingsboard.io/docs/paas/user-guide/telemetry/> (дата звернення: 01.05.2022).
23. Thingsboard. Entities and relations. ThingsBoard.
URL: <https://thingsboard.io/docs/paas/user-guide/entities-and-relations/> (дата звернення: 01.05.2022).
24. Thingsboard. Getting Started with Rule Engine. ThingsBoard.
URL: <https://thingsboard.io/docs/paas/user-guide/rule-engine-2-0/re-getting-started/> (дата звернення: 01.05.2022).
25. Thingsboard. Rule Engine Overview. ThingsBoard.
URL: <https://thingsboard.io/docs/paas/user-guide/rule-engine-2-0/overview/> (дата звернення: 01.05.2022).
26. Thingsboard. Rule Engine Architecture. ThingsBoard.
URL: <https://thingsboard.io/docs/paas/user-guide/rule-engine-2-0/architecture/> (дата звернення: 01.05.2022).
27. Thingsboard. Action Nodes. ThingsBoard.
URL: <https://thingsboard.io/docs/paas/user-guide/rule-engine-2-0/action-nodes/> (дата звернення: 01.05.2022).

28. Thingsboard. Create and Clear Alarms. ThingsBoard. URL: <https://thingsboard.io/docs/user-guide/rule-engine-2-0/tutorials/create-clear-alarms/> (дата звернення: 01.05.2022).
29. Thingsboard. Notifications and Alarms on your smartphone using Telegram Bot. ThingsBoard. URL: <https://thingsboard.io/docs/user-guide/rule-engine-2-0/tutorials/integration-with-telegram-bot/> (дата звернення: 01.05.2022).
30. Thingsboard. Aliases. ThingsBoard. URL: <https://thingsboard.io/docs/paas/user-guide/ui/aliases/> (дата звернення: 01.05.2022).
31. Thingsboard. Working with IoT dashboards. ThingsBoard. URL: <https://thingsboard.io/docs/paas/user-guide/dashboards/> (дата звернення: 01.05.2022).
32. Thingsboard. Widgets Development Guide. ThingsBoard. URL: <https://thingsboard.io/docs/paas/user-guide/contribution/widgets-development/> (дата звернення: 01.05.2022).
33. Thingsboard. Widget Actions. ThingsBoard. URL: <https://thingsboard.io/docs/paas/user-guide/ui/widget-actions/> (дата звернення: 01.05.2022).
34. IoT Based Real-time River Water Quality Monitoring System / M. S. U. Chowdury та ін. *Procedia Computer Science*. 2019. Т. 155. С. 161–168. URL: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.08.025> (дата звернення: 14.04.2022).
35. Pasika S., Gandla S. T. Smart water quality monitoring system with cost-effective using IoT. *Heliyon*. 2020. Т. 6, № 7. С. e04096. URL: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04096> (дата звернення: 15.04.2022).
36. Guézennec P., Triantafyllou M., Walter M. CCOMS – Les psychiatres, acteurs de la santé publique grâce aux conseils locaux de santé mentale. *French Journal of Psychiatry*. 2018. Т. 1. С. S110–S111. URL: [https://doi.org/10.1016/s2590-2415\(19\)30294-6](https://doi.org/10.1016/s2590-2415(19)30294-6) (дата звернення: 15.04.2022).

37. Smart Water Quality Monitoring System Design and KPIs Analysis: Case Sites of Fiji Surface Water / K. A. Mamun та ін. Sustainability. 2019. Т. 11, № 24. С. 7110. URL: <https://doi.org/10.3390/su11247110> (дата звернення: 15.04.2022).
38. Mohd Yusof Z., Billah M. M., Kadir K. Real-time water quality monitoring system: an IoT application. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science. 2019. Т. 15, № 1. С. 178. URL: <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v15.i1.pp178-182> (дата звернення: 15.04.2022).
39. Wu N., Khan M. LoRa-based Internet-of-Things: A Water Quality Monitoring System. 2019 SoutheastCon. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9020583> (дата звернення: 15.04.2022).
40. Integrated water quality monitoring system with pH, free chlorine, and temperature sensors / Y. Qin et al. Sensors and Actuators B: Chemical. 2018. Vol. 255. P. 781–790. URL: <https://doi.org/10.1016/j.snb.2017.07.188> (date of access: 14.06.2022).

ДОДАТКИ

Додаток А. Презентація захисту роботи



Кваліфікаційна робота
бакалавра на тему

Інформаційно-аналітична система моніторингу якості води для системи водопостачання міста Конотоп

Виконала студентка групи ІР-41
Гапєєва Владислава
Керівник
доцент Бронін Сергій Вадимович



Рисунок А.1. Слайд 1



Мета роботи

розробка інформаційно-аналітичної системи моніторингу якості води для системи водопостачання міста Конотоп з використанням IoT технологій; підбір обладнання та створення програмного продукту проекту, що дозволить відслідковувати показники в режимі реального часу.

Об'єкт дослідження:

інформаційно-аналітичної системи моніторингу якості води для системи водопостачання міста Конотоп

Рисунок А.2. Слайд 2

Предмет дослідження:

інформаційно-аналітична система з використанням IoT технологій для моніторингу якості води в режимі реального часу.



Для досягнення мети роботи необхідно

- провести аналіз процесу оцінки якості питної води;
- проаналізувати існуючі системи моніторингу якості води;
- виконати підбір обладнання, що необхідно для реалізації проєкту;
- виконати аналіз IoT платформи, що необхідна для реалізації проєкту;
- розробити програмне забезпечення для інформаційно-аналітичної системи моніторингу якості води;

Рисунок А.3. Слайд 3

Оцінка якості води

Визначення якості води зазвичай проводиться відносно до її призначення – для пиття, для технічних цілей, тощо. Погана якість води може становити небезпеку для здоров'я людей. Використовуючи IoT систему можна відслідковувати такі показники якості води, як: мутність, електропровідність, температура та водневий показник (pH).

Показник якості води	Нормальні значення для питної води
<u>ph</u>	6.5 -8.5
<u>Turbidity</u>	< 5 NTU
<u>Conductivity</u>	200-800 $\mu\text{s}/\text{cm}$
<u>Temperature</u>	1-40° C
<u>Water level</u>	> 10%



Рисунок А.4. Слайд 4

Датчики для системи моніторингу якості води з технологією передачі даних LoRaWAN



Датчик для вимірювання мутності; електропровідності, температури та рівня води; значення рН

Рисунок А.5. Слайд 5

Концептуальна схема системи моніторингу якості води

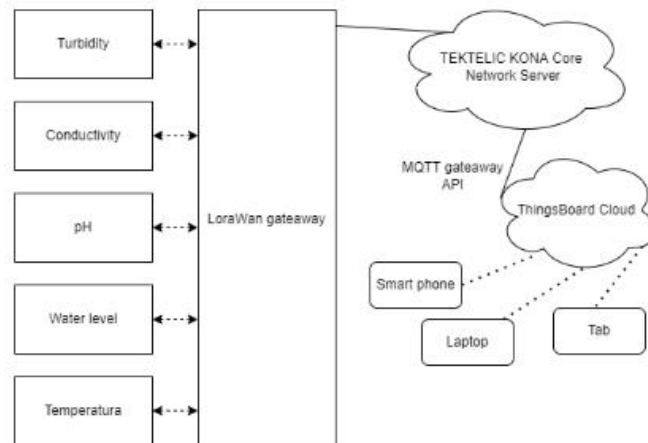


Рисунок А.6. Слайд 6

Архітектура та засоби реалізації інформаційно-аналітичної системи моніторингу якості води

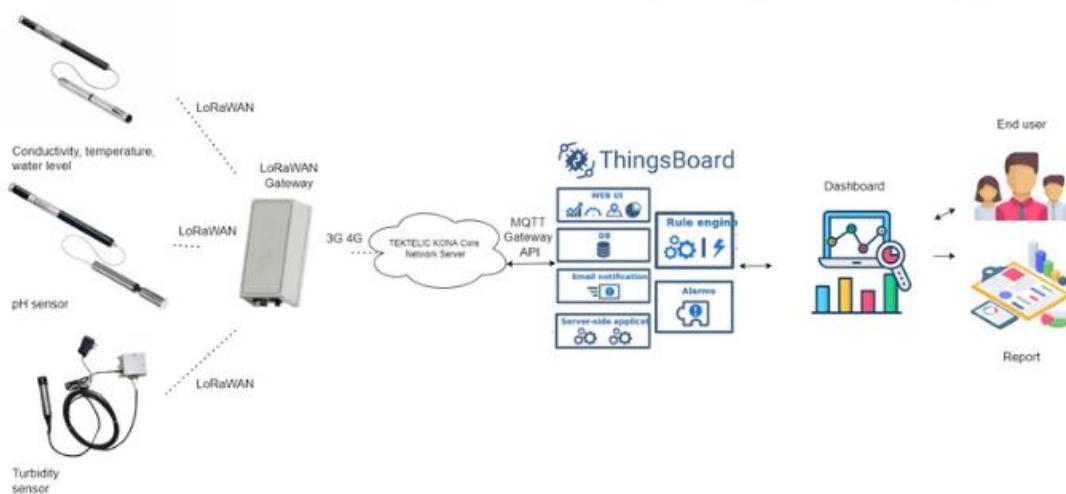


Рисунок А.7. Слайд 7

Активи інфраструктури системи моніторингу води

water tank 1
?
×

Asset details

Details Attributes Latest telemetry Alarms Events Relations Audit Logs

Server attributes

Entity attributes scope: Server attributes

	Last update time	Key ↑	Value
<input type="checkbox"/>	2022-05-07 15:41:18	Address	М. Конопон, Г. Тхопа
<input type="checkbox"/>	2022-05-07 15:51:48	latitude	51.2403
<input type="checkbox"/>	2022-05-07 15:51:57	longitude	33.2026

water tank 1
?
×

Asset details

Details Attributes Latest telemetry Alarms Events Relations Audit Logs

Outbound relations

Direction: From

	Type ↑	To entity type	To entity name
<input type="checkbox"/>	Contains	Device	Conductivity sensor 1
<input type="checkbox"/>	Contains	Device	pH sensor 1
<input type="checkbox"/>	Contains	Device	Thermometer
<input type="checkbox"/>	Contains	Device	Turbidity sensor 1
<input type="checkbox"/>	Contains	Device	Water level sensor 1

Рисунок А.8. Слайд 8

66

Node програма для генерації повідомлень з даними від датчиків. Фрагмент коду

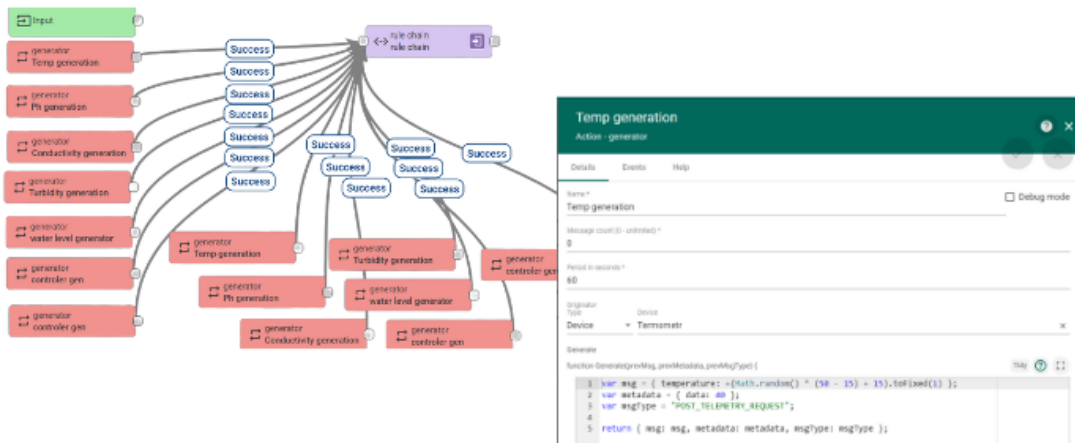


Рисунок А.9. Слайд 9

Node програма для обробки повідомлень з даними від датчиків та збереження даних

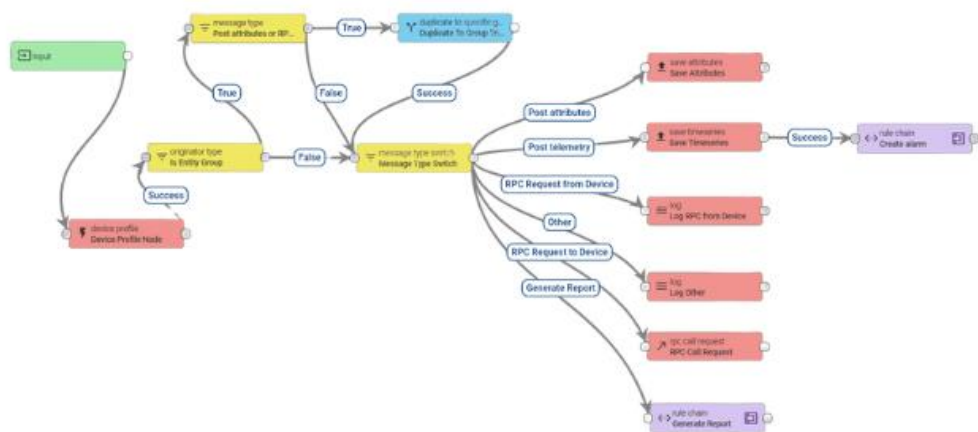
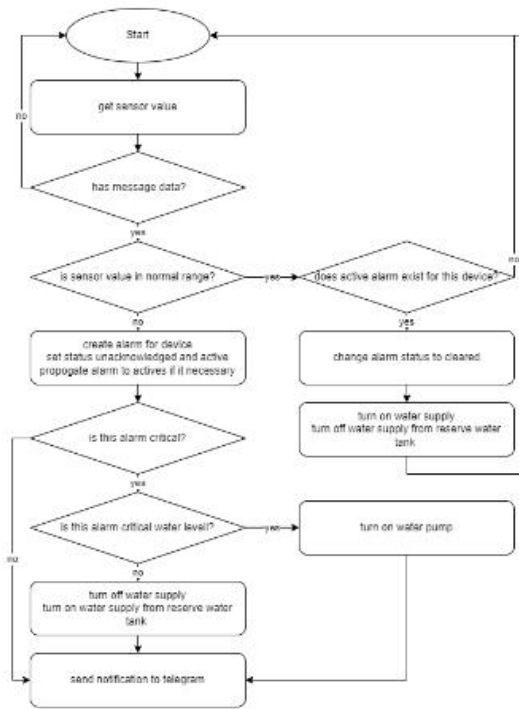


Рисунок А.10. Слайд 10



Алгоритм роботи Node програми для роботи системи попереджень, сповіщень та реагування на значення, які не є прийнятними для питної води

Перегляд інформації про попередження

Alarms

🕒 Realtime - last 30 days

<input type="checkbox"/>	Created time	Originator	Type	Severity	Status			
<input type="checkbox"/>	2022-05-25 08:05:02	Ph sensor 1	Ph of water is out of range. Severity: critical	Critical	Active Unacknowledged	...	✓	✕
<input type="checkbox"/>	2022-05-16 01:19:33	Water level	Water level is low. Severity: critical	Critical	Cleared	...	✓	✕

Items per page: 10 | 1 - 10 of 30 | < > >>

Рисунок А.11. Слайд 11

Node програма для роботи системи попереджень, сповіщень та реагування на значення, які не є прийнятними для питної води

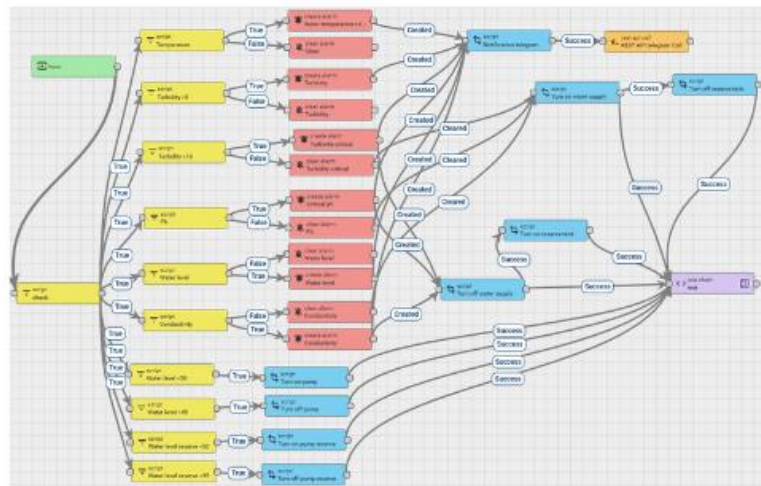


Рисунок А.13. Слайд 13

Створення боту Telegram. Налаштування nodes в програмі для роботи сповіщень у месенджері

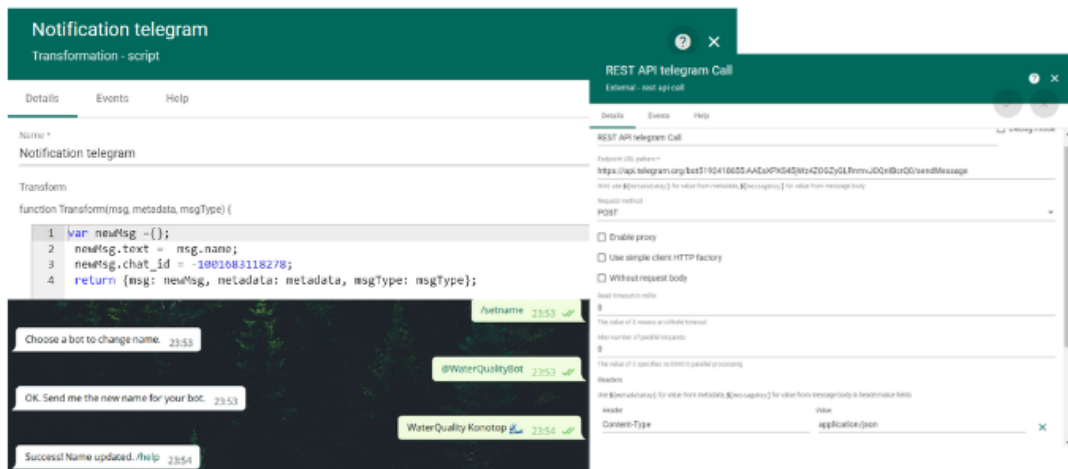


Рисунок А.13. Слайд 13

Перегляд попереджень та сповіщень системи моніторингу якості води

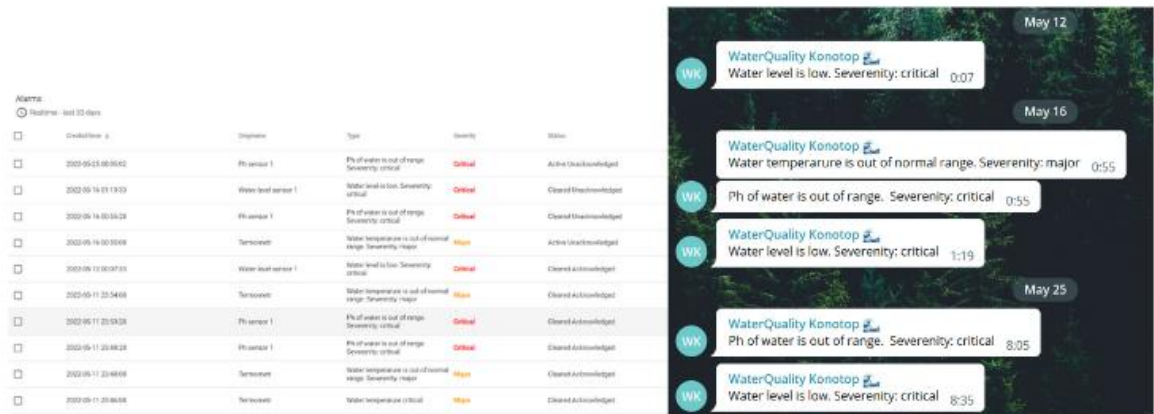


Рисунок А.14. Слайд 14

Дашборд інформаційно-аналітичної системи моніторингу якості води

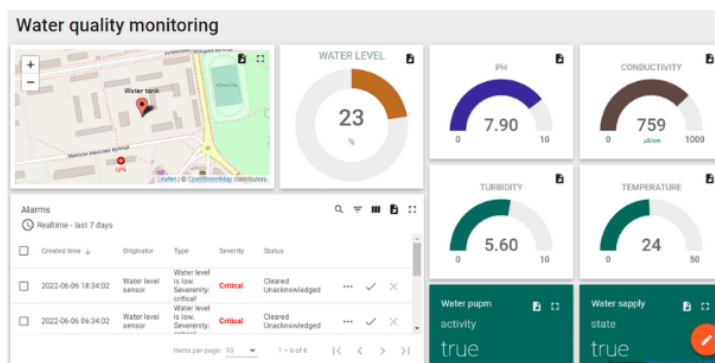


Рисунок А.15. Слайд 15

Дашборд інформаційно-аналітичної системи моніторингу якості води

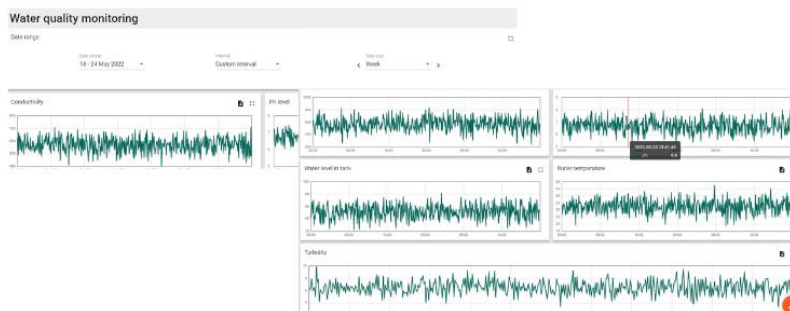


Рисунок А.16. Слайд 16



Висновок:

Отже, у даній кваліфікаційній бакалаврській роботі розроблено інформаційно-аналітичну систему моніторингу якості води для системи водопостачання міста Конотоп.

Для досягнення мети роботи:

- проведено аналіз процесу оцінки якості питної води;
- виконано підбір обладнання, що необхідно для реалізації проєкту;
- розроблено програмне забезпечення для інформаційно-аналітичної системи моніторингу якості води;

Рисунок А.17. Слайд 17

Додаток Б. Фрагменти node коду програми

```
var msg = { temperature: +(Math.random() * (50 - 15) +
15).toFixed(1) };
var metadata = { data: 40 };
var msgType = "POST_TELEMETRY_REQUEST";
var msg = { ph: +(Math.random() * (8.5 - 6.5) + 6.5).toFixed(1) };
var metadata = { data: 40 };
var msgType = "POST_TELEMETRY_REQUEST";
var msg = { conductivity : +(Math.random() * (800 - 200) +
200).toFixed(1) };
var metadata = { data: 40 };
var msgType = "POST_TELEMETRY_REQUEST";
var msg = { turbidity : +(Math.random() * (5 - 1) + 1).toFixed(1) };
var metadata = { data: 40 };
var msgType = "POST_TELEMETRY_REQUEST";
var msg = { level : +(Math.random() * (100 - 5) + 5).toFixed(1) };
var metadata = { data: 40 };
var msgType = "POST_TELEMETRY_REQUEST";
return { msg: msg, metadata: metadata, msgType: msgType };
return { msg: msg, metadata: metadata, msgType: msgType };
return { msg: msg, metadata: metadata, msgType: msgType };
return { msg: msg, metadata: metadata, msgType: msgType };
return { msg: msg, metadata: metadata, msgType: msgType };return
msg.temperature > 40;
var details = {};
if (metadata.prevAlarmDetails) {
  details = JSON.parse(metadata.prevAlarmDetails);
  //remove prevAlarmDetails from metadata
  delete metadata.prevAlarmDetails;
  //now metadata is the same as it comes IN this rule node
}
var details = {};
if (metadata.prevAlarmDetails) {
  details = JSON.parse(metadata.prevAlarmDetails);
  //remove prevAlarmDetails from metadata
  delete metadata.prevAlarmDetails;
  //now metadata is the same as it comes IN this rule node
}
var newMsg = {};
newMsg.text = msg.name;
newMsg.chat_id = -1001683118278;
return {msg: newMsg, metadata: metadata, msgType: msgType};

return msg.turbidity > 5 || msg.turbidity < 10;
if (metadata.prevAlarmDetails) {
  details = JSON.parse(metadata.prevAlarmDetails);
  //remove prevAlarmDetails from metadata
  delete metadata.prevAlarmDetails;
  //now metadata is the same as it comes IN this rule node
}
var details = {};
```

```
if (metadata.prevAlarmDetails) {
  details = JSON.parse(metadata.prevAlarmDetails);
  //remove prevAlarmDetails from metadata
  delete metadata.prevAlarmDetails;
  //now metadata is the same as it comes IN this rule node
}
var newMsg = {};
newMsg.text = msg.name;
newMsg.chat_id = -1001683118278;
return {msg: newMsg, metadata: metadata, msgType: msgType};
return msg.turbidity > 10;
if (metadata.prevAlarmDetails) {
  details = JSON.parse(metadata.prevAlarmDetails);
  //remove prevAlarmDetails from metadata
  delete metadata.prevAlarmDetails;
  //now metadata is the same as it comes IN this rule node
}
var details = {};
if (metadata.prevAlarmDetails) {
  details = JSON.parse(metadata.prevAlarmDetails);
  //remove prevAlarmDetails from metadata
  delete metadata.prevAlarmDetails;
  //now metadata is the same as it comes IN this rule node
}
var newMsg = {};
newMsg.text = msg.name;
newMsg.chat_id = -1001683118278;
return {msg: newMsg, metadata: metadata, msgType: msgType};
return msg.ph < 6.5 || msg.ph > 8.5;
return msg.level < 10;
if (metadata.prevAlarmDetails) {
  details = JSON.parse(metadata.prevAlarmDetails);
  //remove prevAlarmDetails from metadata
  delete metadata.prevAlarmDetails;
  //now metadata is the same as it comes IN this rule node
}
var details = {};
if (metadata.prevAlarmDetails) {
  details = JSON.parse(metadata.prevAlarmDetails);
  //remove prevAlarmDetails from metadata
  delete metadata.prevAlarmDetails;
  //now metadata is the same as it comes IN this rule node
}
var newMsg = {};
newMsg.text = msg.name;
newMsg.chat_id = -1001683118278;
return {msg: newMsg, metadata: metadata, msgType: msgType};
return msg.conductivity < 200 || msg.conductivity > 800;
```

```

if (metadata.prevAlarmDetails) {
    details = JSON.parse(metadata.prevAlarmDetails);
    //remove prevAlarmDetails from metadata
    delete metadata.prevAlarmDetails;
    //now metadata is the same as it comes IN this rule node
}
var details = {};
if (metadata.prevAlarmDetails) {
    details = JSON.parse(metadata.prevAlarmDetails);
    //remove prevAlarmDetails from metadata
    delete metadata.prevAlarmDetails;
    //now metadata is the same as it comes IN this rule node
}
var newMsg={};
newMsg.text = msg.name;
newMsg.chat_id = -1001683118278;
return {msg: newMsg, metadata: metadata, msgType: msgType};
return msg.level < 50;
var msg = { activity: true };
var metadata = { data: 40 };
var msgType = "POST_TELEMETRY_REQUEST";
return { msg: msg, metadata: metadata, msgType: msgType };
return msg.level > 95;
var msg = { activity: false };
var metadata = { data: 40 };
var msgType = "POST_TELEMETRY_REQUEST";

return { msg: msg, metadata: metadata, msgType: msgType };
return msg.level < 50;
var msg = { activity1: true };
var metadata = { data: 40 };
var msgType = "POST_TELEMETRY_REQUEST";
return { msg: msg, metadata: metadata, msgType: msgType };
return msg.level > 95;
var msg = { activity1: false };
var metadata = { data: 40 };
var msgType = "POST_TELEMETRY_REQUEST";
return { msg: msg, metadata: metadata, msgType: msgType };
var msg = { state: false };
var metadata = { data: 40 };
var msgType = "POST_TELEMETRY_REQUEST";

return { msg: msg, metadata: metadata, msgType: msgType };
var msg = { state1: true };
var metadata = { data: 40 };
var msgType = "POST_TELEMETRY_REQUEST";

return { msg: msg, metadata: metadata, msgType: msgType };
var msg = { state: true };
var metadata = { data: 40 };
var msgType = "POST_TELEMETRY_REQUEST";

```