

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА АНАЛІЗУ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДАНИХ МОНІТОРИНГУ ПОКАЗНИКІВ СТАНУ ПРИРОДНИХ ВОДОЙМ МІСТА ВІННИЦІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі представлено результати розробки інформаційної системи для автоматизованого збору, обробки та візуалізації показників якості води в режимі реального часу. Запропоновано архітектурне рішення на базі Clean Architecture з використанням технологій .NET 8, PostgreSQL та SignalR. Реалізовано модуль динамічного мапінгу даних, що дозволяє інтегрувати гетерогенні IoT-пристрої без зміни програмного коду. Система забезпечує оперативне виявлення екологічних аномалій та інформування відповідальних осіб.

Ключові слова: екологічний моніторинг, IoT, якість води, SignalR, Clean Architecture, динамічний мапінг, візуалізація даних.

Abstract

The paper presents the results of developing an information system for automated collection, processing, and visualization of water quality indicators in real-time. An architectural solution based on Clean Architecture using .NET 8, PostgreSQL, and SignalR technologies is proposed. A dynamic data mapping module has been implemented, allowing the integration of heterogeneous IoT devices without modifying the source code. The system ensures operational detection of ecological anomalies and notification of responsible persons.

Keywords: ecological monitoring, IoT, water quality, SignalR, Clean Architecture, dynamic mapping, data visualization.

Актуальність дослідження

Проблема забруднення природних водойм, зокрема річки Південний Буг, яка є основним джерелом водопостачання для міста Вінниці, вимагає переходу від традиційних дискретних методів контролю до безперервного автоматизованого моніторингу. Існуючі державні системи базуються на періодичному ручному відборі проб, що унеможливорює фіксацію пікових забруднень («залпових скидів») та оперативне реагування на аварійні ситуації [1]. Сучасні IoT-рішення дозволяють отримувати дані в режимі 24/7, проте існуючі платформи часто є закритими або обмеженими у можливостях налаштування під специфічні гідрохімічні датчики. Тому створення спеціалізованої, гнучкої та швидкодіючої інформаційної системи є актуальним науково-прикладним завданням.

Створення інформаційної технології побудови плану будівель по аерофотозйомці їх дахів

Для забезпечення надійності, масштабованості та тестопридатності системи було обрано архітектурний стиль Clean Architecture (Чиста Архітектура). Це дозволило ізолювати бізнес-логіку від інфраструктурних компонентів (бази даних, зовнішніх API) та інтерфейсу користувача. Технологічний стек проекту включає:

- Backend: .NET 8 (C#) – для високопродуктивної обробки запитів;
- Frontend: React (TypeScript) + Material UI – для створення інтерактивного клієнтського інтерфейсу;

- Database: PostgreSQL – для зберігання реляційних даних та часових рядів у форматі JSONB;
- Real-time: SignalR – для миттєвої передачі даних на клієнт.

Однією з ключових проблем при роботі з IoT є гетерогенність обладнання: різні датчики передають дані у різних форматах JSON. Для вирішення цієї проблеми розроблено модуль динамічного мапінгу (Dynamic Field Mapping). Система зберігає «сирі» дані у форматі JSONB, а їх інтерпретація відбувається на льоту згідно з конфігурацією, що зберігається в базі даних (рис. 1).

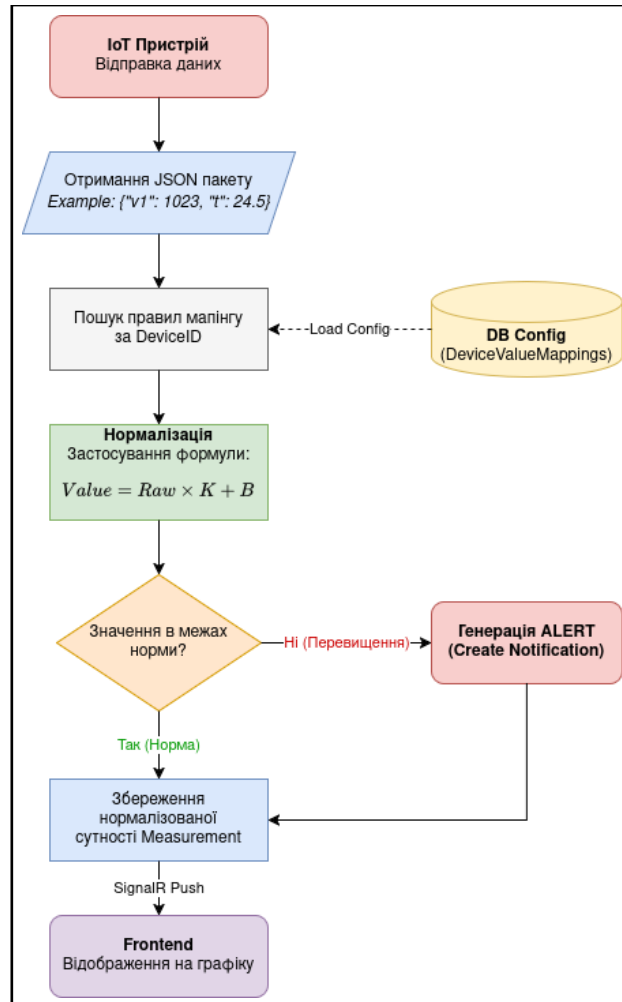


Рисунок 1 – Схема алгоритму динамічної обробки

Це дозволяє підключати нові типи пристроїв через адміністративну панель без необхідності перекompіляції проекту.

Організація взаємодії в реальному часі

Для забезпечення вимоги оперативності (Low Latency) впроваджено технологію WebSockets через бібліотеку SignalR. На відміну від класичного підходу HTTP Polling, де клієнт періодично опитує сервер, у розробленій системі сервер сам ініціює передачу даних (Push-повідомлення) одразу після їх збереження в БД. Схема потоків даних зображена на рисунку 2. IoT-пристрій надсилає дані на REST API, сервер обробляє їх, зберігає в PostgreSQL та паралельно транслює через SignalR Hub підписаним клієнтам.

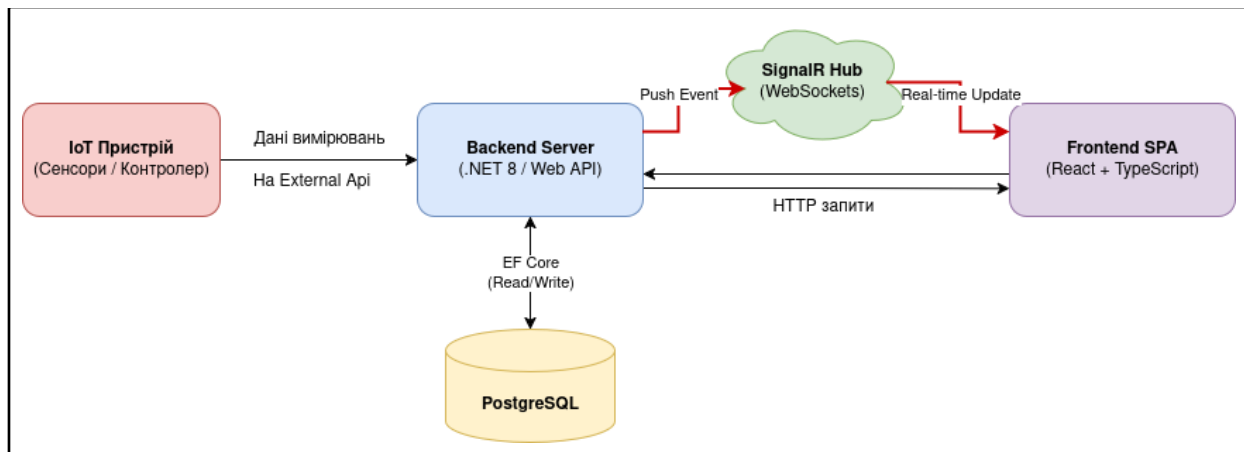


Рисунок 2 – Схема технологічного стеку та SignalR

Результати дослідження

Експериментальна перевірка системи проводилася на основі історичних даних моніторингу річки Південний Буг за 2025 рік. Було змодельовано роботу мережі датчиків, що передають показники розчиненого кисню, амоній-іонів, нітратів та фосфатів. Інтерфейс системи (рис. 3) забезпечує візуалізацію часових рядів за допомогою бібліотеки Recharts. Реалізовано відображення зон гранично допустимих концентрацій (ГДК).

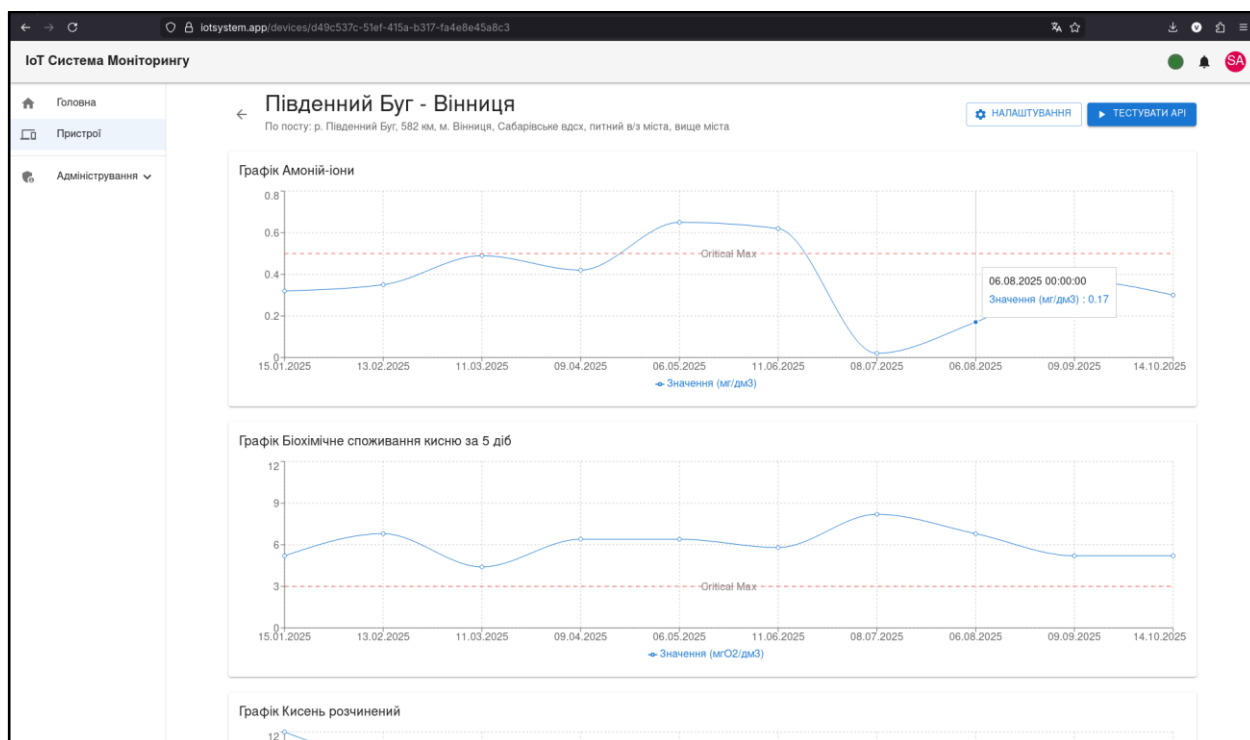


Рисунок 3 – Інтерфейс візуалізації даних з графіками показників якості води

Система автоматично виявляє перевищення порогових значень (наприклад, падіння рівня кисню нижче 4 мг/дм³) та генерує миттєві сповіщення (Alerts), що дозволяє екологічним службам оперативно реагувати на загрози.

Висновки

Проведено аналіз моніторингу вод та доведено неефективність дискретних методів, що обґрунтувало необхідність переходу до автоматизованого контролю в реальному часі для оперативного виявлення пікових забруднень. Розроблена система на базі Clean Architecture (.NET 8, React, PostgreSQL) включає модуль динамічного мапінгу полів. Це дозволяє інтегрувати різномірні IoT-пристрої без зміни

програмного коду, забезпечуючи універсальність та масштабованість рішення. Впровадження SignalR забезпечило миттєве відображення даних та сповіщень. Експериментальна перевірка на даних р. Південний Буг підтвердила ефективність системи у виявленні аномалій, надаючи службам дієвий інструмент для реагування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України. Державне агентство водних ресурсів України. URL: <http://monitoring.davr.gov.ua/>
2. Martin R. C. Clean Architecture: A Craftsman's Guide to Software Structure and Design. Prentice Hall, 2017. 432 p.
3. Real-time ASP.NET with SignalR. Microsoft Learn. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/aspnet/signalr/>
4. PostgreSQL: Documentation: 16: JSON Types. PostgreSQL. URL: <https://www.postgresql.org/docs/16/datatype-json.html>

Штельмах Ігор Миколайович – к.т.н., асистент кафедри системного аналізу та інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, e-mail: igor.shtelmakh@vntu.edu.ua

Панасюк Володимир Романович – студент групи 2ІСТ-24м, Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: panasyuk.v.r@gmail.com

Крижановський Євгеній Миколайович – заступник завідувача кафедри, к.т.н., доцент кафедри системного аналізу та інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, e-mail: kruzhan@vntu.edu.ua

Shtelmakh Ihor M. – candidate of technical sciences, assistant professor of the Department of System Analysis and Information Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: igor.shtelmakh@vntu.edu.ua

Panasiuk Volodymyr Romanovych – student of the 2IST-24m group, Faculty of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: panasyuk.v.r@gmail.com

Kryzhanovskyi Yevgeniy M. – Deputy Head of the Department, Ph.D., Associate Professor of the Department of System Analysis and Information Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: kruzhan@vntu.edu.ua