

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТА АНАЛІЗУ СТАНУ ДОРІГ НА ОСНОВІ ІОТ ТЕХНОЛОГІЙ

Іскоростенський О.О. науковий керівник Смолій В.М.

Сучасна дорожня інфраструктура України стикається з проблемами швидкого зносу покриття, що призводить до аварій та значних витрат на ремонт. Розробка автоматизованих систем моніторингу стану доріг є актуальним завданням, яке дозволяє підвищити безпеку дорожнього руху, оптимізувати витрати на утримання доріг та замінити трудомісткі традиційні методи оцінки стану покриття. Запропонована система моніторингу та аналізу стану доріг використовує технології Інтернету речей (ІоТ) для автоматизованого збору, обробки та візуалізації даних у реальному часі, забезпечуючи ефективне виявлення дефектів дорожнього покриття, таких як вибоїни та тріщини.

Мета та завдання дослідження. Метою роботи є створення інтегрованого рішення для автоматизованого моніторингу стану доріг, яке забезпечує швидке виявлення дефектів та надання дорожнім службам зручних інструментів для аналізу. Конкретні завдання включають: 1) автоматизацію збору даних за допомогою сенсорів (акселерометр, GPS); 2) обробку даних у реальному часі з використанням Edge-обчислень для класифікації дефектів; 3) накопичення та зберігання даних у базі даних для аналізу тенденцій; 4) візуалізацію результатів у вигляді мап і графіків для дорожніх служб.

Методологія та архітектура системи. Система базується на модульній архітектурі, яка включає п'ять основних компонентів:

1. **Agent (Агент)** – пристрій на транспортному засобі (мікроконтролер STM32), який збирає дані з акселерометра (вібрації по осях X, Y, Z) та GPS (географічні координати). Дані передаються через протокол MQTT.
2. **Edge Data Logic** – периферійний пристрій, що виконує попередню обробку даних (фільтрація шумів, класифікація стану дороги за рівнем вібрацій) з використанням Python, Pandas та Scikit-learn. Наприклад, різке зростання координати Z акселерометра вказує на вибоїну.
3. **Hub** – хмарний сервіс (FastAPI, Redis), який накопичує дані пакетами (по 10 записів) та маршрутизує їх до бази даних.
4. **Store** – база даних PostgreSQL для зберігання історичних даних та забезпечення доступу через REST API або WebSocket.
5. **UI** – інтерфейси для візуалізації: AccelerometerUI (графіки вібрацій) та MapUI (мапи з позначенням дефектів).

Система використовує технологічний стек, що включає C/C++ для агента, Python для обробки даних, FastAPI для API, PostgreSQL для зберігання даних та Docker для розгортання. Тестування проводилося за допомогою MQTT Explorer, що підтвердило коректну передачу та обробку даних.

Результати та переваги. Реалізована система забезпечує:

- **Безпеку дорожнього руху** шляхом швидкого виявлення аварійних ділянок (наприклад, вибоїн, що викликають вібрації).
 - **Оптимізацію витрат** завдяки цільовому ремонту критичних ділянок, визначених на основі аналізу даних.
 - **Ефективність** порівняно з традиційними методами (ручний огляд, дроніві зйомки), які є трудомісткими або дорогими.
- Вихідні дані включають класифікований стан дороги ("нормальний", "середній", "аварійний"), географічні зони з дефектами на мапах та звіти у форматі PDF для дорожніх служб. Тестування показало високу точність

класифікації дефектів (90% для вибоїн при використанні алгоритмів Scikit-learn).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. MQTT Protocol Specification. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v5.0/mqtt-v5.0.html>
2. PostgreSQL Documentation. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.postgresql.org/docs/>
3. FastAPI Tutorial. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://fastapi.tiangolo.com/>
4. Docker Hub. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://hub.docker.com/>

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**



**ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ
АСПЕКТИ РОЗРОБКИ
КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ**

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА МАТЕРІАЛАМИ
VII ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
СТУДЕНТІВ І АСПІРАНТІВ
*24 квітня 2025 року***

Київ 2025

УДК 004

Відповідальна за випуск: М.І. Лендел

Збірник наукових праць за матеріалами VII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів і аспірантів «ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ РОЗРОБКИ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ '2025», 24 квітня 2025 року, НУБіП України, Київ. – 452 с. (електронне видання)

Відповідальність за зміст публікацій несуть автори.

Передрук матеріалів, а також використання їх будь-якій формі допускається лише з дозволу авторів