

**РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ З ВИКОРИСТАННЯМ
СЕНСОРА SDS011 ТА TELEGRAM-БОТА ДЛЯ СПОВІЩЕНЬ****DEVELOPMENT OF AN AIR QUALITY MONITORING SYSTEM USING THE SDS011
SENSOR AND A TELEGRAM BOT FOR NOTIFICATIONS**

Стрімке зростання рівня забруднення атмосферного повітря створює суспільний запит на системи моніторингу, здатні забезпечити оперативний доступ до даних про стан довкілля. Сучасні підходи дедалі частіше базуються на використанні недорогих сенсорів та технологій Інтернету речей (IoT), що робить можливим створення розподілених та масштабованих рішень. У межах дослідження запропоновано інформаційну систему інтелектуального моніторингу якості повітря, що поєднує сенсор SDS011, мікросервісну серверну інфраструктуру та Telegram-бот для взаємодії з користувачами.

Розроблена система побудована за мікросервісною архітектурою, що забезпечує гнучкість масштабування, стійкість до відмов та можливість незалежного оновлення окремих компонентів. До її складу входять:

1. IoT-вузол збору даних на основі сенсора SDS011 та мікрокомп'ютера Raspberry Pi, який виконує вимірювання концентрацій PM2.5 та PM10 та забезпечує первинну фільтрацію «шумних» вимірів.

2. Сервіс транспортного рівня, що організовує передачу телеметрії в режимі реального часу за допомогою легкого протоколу обміну повідомленнями та механізмів буферизації даних.

3. Аналітичний мікросервіс, призначений для агрегації показників, адаптивного визначення пікових перевищень та формування короткострокових прогнозів якості повітря.

4. Сервіс нотифікації, який інтегрується з Telegram-ботом і надсилає користувачам попередже-

ння про критичні значення концентрацій твердих частинок, а також надає історію вимірювань.

На відміну від традиційних систем, запропонована модель дозволяє швидко масштабувати мережу сенсорів, працювати з великою кількістю потоків даних, а також підключати нові модулі – від API для зовнішніх клієнтів до алгоритмів машинного навчання.

Наукова новизна полягає у побудові інтегрованої мікросервісної IoT-платформи, що поєднує низьковартісні сенсори з адаптивною обробкою телеметрії та інтелектуальними механізмами сповіщення. Запропонований підхід забезпечує:

- підвищення точності вимірювань за рахунок багаторівневої фільтрації та агрегації;
- можливість розширення системи без модифікації базової інфраструктури;
- інтеграцію з мобільними інструментами інформування населення у реальному часі.

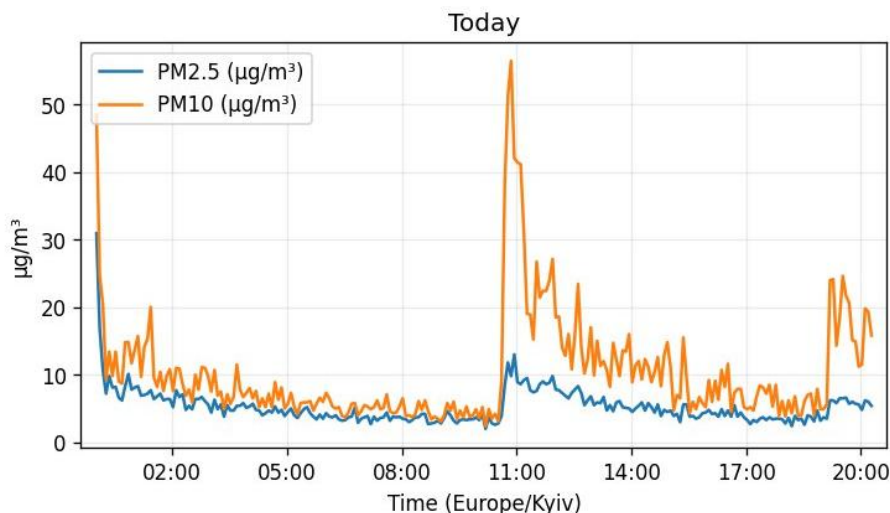


Рисунок 1. Графік змінення показників PM2.5 та PM10

Ключові слова: IoT, SDS011, моніторинг якості повітря, мікросервісна архітектура, Telegram-бот, екологічні системи, аналітична обробка даних.

Література

- World Health Organization, 2021. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization.
- Lu F., Xu D., Cheng Y., Dong S., Guo C., Jiang X., Zheng X., 2015. Systematic review and meta-analysis of the adverse health effects of ambient PM2.5 and PM10 pollution in the Chinese population. *Environmental Research*. Vol. 136. P. 196–204. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.06.029>.
- Oh J., et al., 2025. A systematic review and meta-analysis on long-term exposure to PM2.5 and PM10 and mortality. *Journal of Korean Medical Science*. Vol. 40, e156. <https://doi.org/10.3346/jkms.2025.40.e156>.
- Jayaratne R., Liu X., Ahn K.-H., Asumadu-Sakyi A., Fisher G., Gao J., Mabon A., Mazaheri M., Mullins B., Nyaku M., Ristovski Z., Scorgie Y., Thai P., Dunbabin M., Morawska L., 2020. Low-cost PM2.5 sensors: an assessment of their suitability for various applications. *Aerosol and Air Quality Research*. Vol. 20. P. 520–532. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2018.10.0390>.
- Nothhelfer M., Todea A. M., et al., 2025. Performance evaluation of five different low-cost particulate matter sensors for monodisperse test aerosols. *Aerosol and Air Quality Research*. Vol. 25(5). Article ID 17. <https://doi.org/10.1007/s44408-025-00019-9>.
- Velasco R. P., et al., 2022. Update of the WHO global air quality guidelines: a review of evidence and global policy implications. *Environment International*. Vol. 158. Article 106905. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106905>.
- Kang Y., et al., 2022. Performance evaluation of low-cost air quality sensors: a review. *Science of the Total Environment*. Vol. 806. Article 150872. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150872>.
- Atfeh B., et al., 2025. Performance assessment of low- and medium-cost PM2.5 air quality instruments in real-world conditions. *Atmosphere*. Vol. 16(7). Article 796. <https://doi.org/10.3390/atmos16070796>.