

БЕЗПІЛОТНИЙ ЗАСІБ КОНТРОЛЮ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН У АТМОСФЕРІ ВЕЛИКИХ МІСТ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглянуто концепцію створення безпілотного засобу для моніторингу стану атмосферного повітря у межах великих міст. Запропоновано використання багатофункціональної платформи на базі квадрокоптера, оснащеного сенсорним модулем для визначення концентрацій шкідливих газів (CO , CO_2 , NO_2 , SO_2 , NH_3) та твердих частинок ($\text{PM}_{2.5}$, PM_{10}). Для обробки даних застосовується мікроконтролер із модулем бездротової передачі (LoRa або Wi-Fi), що забезпечує оперативне надсилання результатів до хмарного сервера для подальшого аналізу.

Запропонований підхід дозволяє проводити просторово-часовий моніторинг якості повітря на різних висотах та у важкодоступних районах. Розроблено методику побудови карти розподілу концентрацій забруднюючих речовин на основі інтерполяції даних із GPS-прив'язкою. Також передбачено використання алгоритмів обробки великих даних (Big Data) для виявлення закономірностей забруднення та прогнозування екологічних ризиків.

Результати дослідження можуть бути використані для вдосконалення систем екологічного моніторингу, підтримки управлінських рішень у сфері охорони довкілля та підвищення екологічної безпеки урбанізованих територій.

Ключові слова: *автоматизована система, двоокис вуглецю, повітря, контроль.*

Abstract

In this work, the concept of developing an unmanned system for monitoring the state of atmospheric air within large cities is considered. A multifunctional platform based on a quadcopter equipped with a sensor module for determining the concentrations of harmful gases (CO , CO_2 , NO_2 , SO_2 , NH_3) and particulate matter ($\text{PM}_{2.5}$, PM_{10}) is proposed. For data processing, a microcontroller with a wireless communication module (LoRa or Wi-Fi) is used, providing real-time transmission of results to a cloud server for further analysis.

The proposed approach enables spatiotemporal monitoring of air quality at various altitudes and in hard-to-reach urban areas. A methodology for constructing a map of pollutant concentration distribution based on the interpolation of GPS-referenced data has been developed. The use of Big Data processing algorithms is also envisaged for identifying pollution patterns and predicting environmental risks.

The results of this research can be applied to improve environmental monitoring systems, support decision-making in the field of environmental protection, and enhance the ecological safety of urbanized areas.

Keywords: *sensor, automated system, carbon dioxide, air, monitoring.*

Вступ

Інтенсивна урбанізація, розвиток транспортної інфраструктури та промисловості призводять до зростання рівня забруднення атмосферного повітря у великих містах. Традиційні стаціонарні пости моніторингу не забезпечують достатньої просторової деталізації даних, що ускладнює оцінку стану довкілля в реальному часі.

Одним із перспективних напрямів розв'язання цієї проблеми є використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) як мобільних платформ для вимірювання концентрацій шкідливих речовин у повітрі. Завдяки маневреності та можливості роботи на різних висотах, такі системи дають змогу оперативно отримувати екологічну інформацію з високою просторовою роздільною здатністю.

Результати дослідження

Запропоновано конструкцію безпілотної засоби контролю, який базується на квадрокоптері середнього класу з автономним живленням та системою стабілізації [1]. На борту розміщується сенсорний модуль, що включає датчики для визначення концентрацій чадного газу (CO), вуглекислого газу (CO₂), діоксиду азоту (NO₂), сірчистого ангідриду (SO₂), аміаку (NH₃), а також датчик пилу для частинок PM2.5 і PM10.

Зібрані дані обробляються мікроконтролером типу ESP32 [2] або STM32, який забезпечує попередню фільтрацію результатів, температурну компенсацію та передачу даних через бездротові інтерфейси Wi-Fi або LoRa.

Положення БПЛА фіксується за допомогою GPS-модуля, що дозволяє виконувати геоприв'язку вимірювань та будувати карти розподілу забруднюючих речовин. Структурно-апаратне виконання оптичного безпілотної засоби зображено на рис. 1.

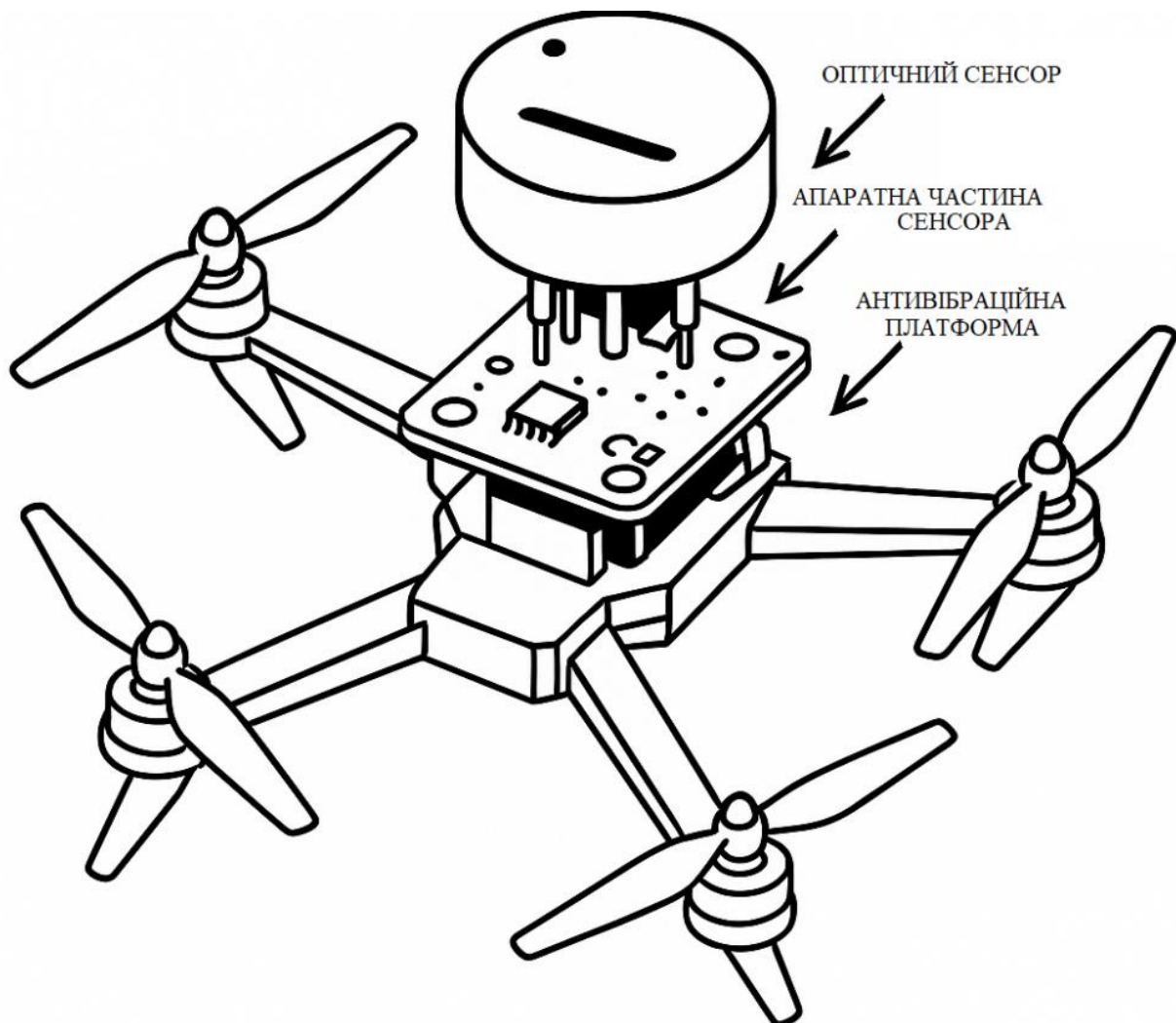


Рис. 1. Структурно-апаратне виконання оптичного безпілотної засоби

Для візуалізації даних застосовується алгоритм інтерполяції (метод зворотних відстаней IDW або крігінг), а для подальшої аналітики — методи обробки великих даних (Big Data) і машинного навчання для виявлення закономірностей забруднення.

Висновки

Розроблений безпілотний засіб дозволяє проводити оперативний і точний контроль стану атмосферного повітря у міських умовах. Використання модульної архітектури дає змогу адаптувати систему під різні типи сенсорів, а інтеграція з хмарними сервісами — забезпечити масштабованість та аналітичну обробку великих масивів даних. Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення систем екологічного моніторингу, прогнозування забруднення та прийняття рішень щодо покращення якості повітря у великих містах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Савчук Р.М. Застосування безпілотних літальних апаратів у системах моніторингу довкілля / Р.М. Савчук, М.О. Поліщук // Екологічна безпека та природокористування. – 2021. – №3(35). – С. 112–118. Бужинський В.В. Автоматизація теплоенергетичних та теплотехнологічних процесів і установок / В.В. Бужинський, М.М. Чепурний. – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 48 с.
2. Шевченко В.П. Інтелектуальні сенсорні системи моніторингу якості повітря на основі мікроконтролерів ESP32 / В.П. Шевченко, І.Ю. Кравчук // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Автоматизація та приладобудування. – 2022. – №4. – С. 64–70.

Мальцев Сергій Васильович — аспірант, факультет ІЕС, Вінницький національний технічний університет.

Дудатєв Ігор Андрійович — канд. техн. наук, доцент кафедри ІРТС, Вінницький національний технічний університет, email : dudatiev.igor@gmail.com

Maltsev Serhii V. — PhD student, Faculty of ICS, Vinnytsia National Technical University.

Dudatiev Ihor A. — PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of IRTS, Vinnytsia National Technical University, email: dudatiev.igor@gmail.com.