

Віртуальна лабораторія екологічного моніторингу довкілля

З використанням роботизованих систем

Павлова^f С. О.,
ПЛ НТУУ «КПІ»
Київ, Україна

Сарибога^s Г. В., ORCID [0000-0003-0805-7899](https://orcid.org/0000-0003-0805-7899)

Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" ROR [00syn5v21](https://ror.org/00syn5v21)
Київ, Україна

Анотація—Проаналізовано чинники негативного впливу на навколишнє середовище, а саме на стан повітря, розроблено модель інтелектуальної системи моніторингу стану навколишнього середовища з використанням хмарних технологій, інтернету речей, вимірювальних роботизованих систем для збору/контролю/аналізу кліматичних параметрів, таких як температура, відносна вологість повітря, тиск а також рівень вуглекислого газу в повітрі. Розроблено програмне забезпечення та забезпечена модульність та адаптивність системи.

Ключові слова — екомоніторинг; система; ефективність; роботизована система; роботизований комплекс; хмарний доступ веб-сервер.

I. ВСТУП

Дослідження [1] свідчать, що клімат в Україні та світі, протягом останніх десятиліть почав значно погіршуватись (температура та деякі інші метеорологічні параметри відрізняються від значень кліматичної норми) і згідно результатів моделювання [1] – для території України в майбутньому продовжуватиметься зростання температури повітря. Для адаптації міст до кліматичної зміни світовими екологічними організаціями було підготовлено наступні заходи [1] – інженерно-технічні, будівельно-архітектурні, економічні, заходи організаційного характеру, а також сформовані загальні рекомендації до розробки плану з адаптації міста. Адаптація до зміни клімату в місті потребує комплексного підходу та виконання заходів на різних рівнях. Для своєчасного відстеження окремих негативних наслідків зміни клімату, була поставлена задача розробити модель системи екологічного моніторингу та раннього оповіщення населення і створити на її базі діючий прототип віртуальної лабораторії екологічного моніторингу ВЛЕМ. Саме цій задачі і присвячена дана стаття.

II. АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ, ЩОДО ВИРШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ЕКОМОНІТОРИНГУ

Нині в Україні відсутня цілісна система моніторингу довкілля, певним чином функціонують лише відомчі мережі, що вирішують вузькопрофільні завдання управління. Узагальнена аналітична інформація державного моніторингу надається міністерствами та відомствами-суб'єктами ДСМД Мінприроди

[2]. Отримані дані передаються до Інформаційно-аналітичного центру Мінприроди та накопичується у банках екологічних даних [2]. Проблемою існуючої системи екомоніторингу є відсутність доступу до цих банків. Посилання, вказане в документі Міністерства екології України не працює, а це означає, що і база екологічних даних, якщо і існує, є неактуальною. Неefективність системи моніторингу довкілля обумовлює необхідність розробки ефективної системи моніторингу довкілля.

Недоліки існуючих систем:

- Дані моніторингу актуальні лише для найбільших міст-забрудників.
- Під час моніторингу аналізуються лише найпростіші чинники забруднення повітря.

III. КОНЦЕПЦІЯ

В даній статті, викладено основну концепцію створення віртуальної лабораторії екологічного моніторингу (ВЛЕМ). Віртуальні лабораторії – це найчастіше інтерактивне програмне забезпечення, але в нашому випадку – це поєднання найсучасніших методів, засобів та технологій: hardware+software+IoT+robotic systems. Це дозволить з мінімальними зусиллями оновити підхід до отримання даних, зберігання та користування задля ефективного та своєчасного реагування. Хмарний доступ нівелює потребу наявності будь-якої інформаційної інфраструктури, а підключитись до хмарної мережі можна за допомогою мобільного пристрою.

Концепція Віртуальної лабораторії екологічного моніторингу (ВЛЕМ) містить в собі такі бачення:



- ВЛЕМ має бути унікальною та ефективною.
- ВЛЕМ має містити високотехнологічні засоби збору/обробки/отримання/передачі даних
- За принципом дії, ефективністю та структурою ВЛЕМ має відноситися до гнучких адаптивних систем зі змінним алгоритмом функціонування.
- Алгоритм обміну інформацією та вибір головних складових ВЛЕМ мають бути оптимальними для задачі аналізу стану повітря.
- Програмне забезпечення та методи аналізу даних ВЛЕМ повинні відповідати сучасному стану наукового та інженерного досвіду.
- Проведення експериментів та отримання експериментальних даних за допомогою ВЛЕМ має бути доступним і не вимагати спеціальної підготовки користувачів.
- На підставі результатів моніторингу ВЛЕМ має автоматично формувати можливі пропозиції щодо зменшення рівня забрудненості повітря та пропозиції що їх впровадження.

Використання роботизованих комплексів дозволяє отримати такі переваги:

- Безперервний аналіз навколишнього середовища за допомогою цифрових датчиків.
- Оперативна обробка та аналіз даних для своєчасного реагування та прийняття рішень.
- Виключення людського фактору при зборі даних усуває виникнення помилок та затримку в часі.
- Використання даних з супутників, мобільних автоматизованих платформ та стаціонарних датчиків забезпечує максимальну достовірність даних.
- Програмне забезпечення з функцією аналітичної обробки даних та прогнозування майбутнього стану є ефективним інструментом для швидкого реагування.
- Загально доступні дані забезпечать громадську свідомість, обізнаність та відповідальність щодо своїх дій для збереження екологічного стану та оперативного реагування.

IV. СТРУКТУРНА МОДЕЛЬ

Проаналізувавши вищезазначені недоліки нинішніх систем, було розроблено структурну модель віртуальної лабораторії екологічного моніторингу (ВЛЕМ), представлена на рис. 1. ВЛЕМ – це сучасне інженерне рішення з використанням новітніх технічних засобів для опрацювання інформації з усіх доступних джерел: супутникові системи, роботизовані пристрої, укомплектовані вимірювальними системами і самі вимірювальні системи. Під терміном новітні технічні засоби мається на увазі технологія інтернету речей та система прийняття рішень, використання яких, в свою чергу, зумовлює досягнення

повної автономності системи. Система самостійно адаптується до змін технічного прогресу та самостійно оновлює налаштування до потрібного рівня. Це виключає необхідність повної заміни обладнання та автоматично виконує оновлення програмного забезпечення без втручання оператора. Принцип роботи ВЛЕМ базується на роботі сервера зберігання та аналізу отриманих даних та сервера користувача, де надається оброблена інформація, а також роботи системи прийняття рішень, яка буде сповіщати операторів, у разі перевищення допустимої концентрації шкідливих речовин у повітрі. Під терміном роботизована система мається на увазі комплекс, який складається з мікропроцесора та датчиків для моніторингу навколишнього середовища. Тобто, система не є жорсткою, а є модульною. Ця система потім йде як корисне навантаження на безпілотних літальних апаратах типу квадрокоптер та наземних роботизованих комплексах.

V. ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ

Відповідно до розробленої та приведеної вище структурної моделі ВЛЕМ, був створений робочий прототип нової системи екомоніторингу. Фото дійсного прототипу ВЛЕМ приведено на рис. 2.

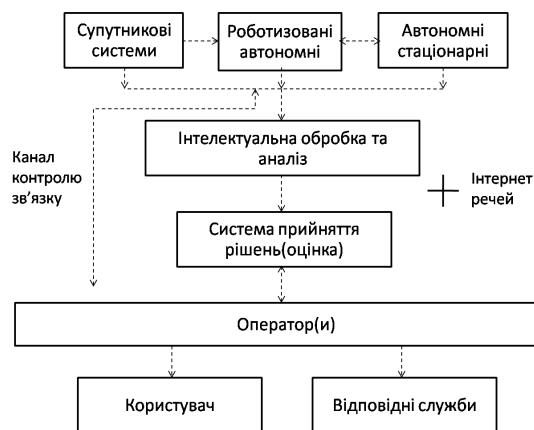


Рис. 1 Структурна схема ВЛЕМ

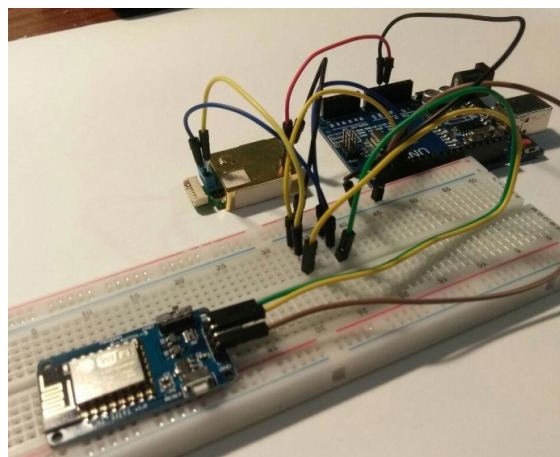


Рис. 2 Фото дійсного прототипу ВЛЕМ

Роботизована система ВЛЕМ складається з таких компонентів:

- датчик вимірювання концентрації CO₂ в повітрі - MH-Z19B Gas Sensor;
- датчик вимірювання температури, вологості та тиску - BME280;
- мікроконтролер ESP32 з вбудованим Wi-Fi модулем;

Дані з датчиків передаються щохвилини до бази даних на Google Sheet, де будуть проходити обробку та аналіз. Далі виводитимуться у вигляді графіків та діаграм у додаток для користувача.

VI. РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ РОЗРОБЛЕНОЇ СИСТЕМИ

Для забезпечення правильної роботи системи, необхідно було провести експерименти на підтвердження функціонування основних компонентів ВЛЕМ. Першим експериментом було підключення датчика MH-Z19B Gas Sensor [3] та перевірка точності його даних. Експеримент №1 виявив похибку у показках датчика, тому ми взяли 2 сталі величини: у кімнаті – 800 ppm та за вікном – 400 ppm, відповідно до стандартів [4]. Використовуючи графік та формулу задання рівняння через 2 точки, ми дійшли до виведення точних даних з поясненням. Приклад виведення даних наведено на рис.3.

Експеримент №2, випробування передачі /отримання даних через WEB-інтерфейс. У даному експерименті за WEB-інтерфейс було взято вищезазначений мікроконтролер ESP32 з Wi-Fi модулем [5], а також вищезазначений модуль датчика BME280 [6], який зчитує температуру, вологість і тиск. Випробування підключення до мікроконтролера ESP32 датчика температури/вологості/тиску BME280 пройшли успішно. Результат підключення датчика до плати та створення веб-серверу можна побачити на рис.4.

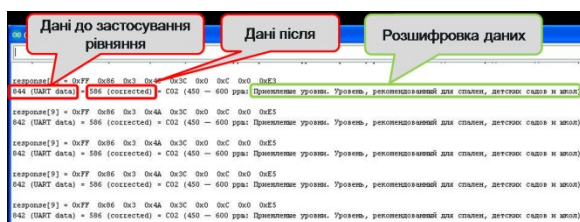


Рис. 3 Виведення точних даних у монітор порта

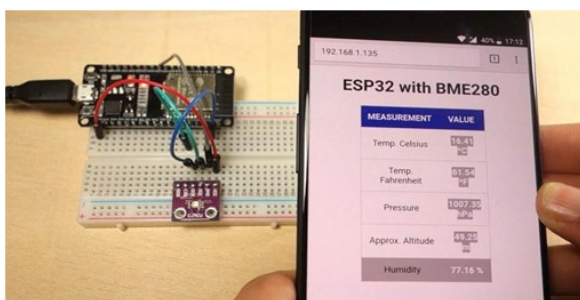


Рис. 4 Створений веб-сервер в результаті підключення датчика до плати з вбудованим Wi-Fi модулем

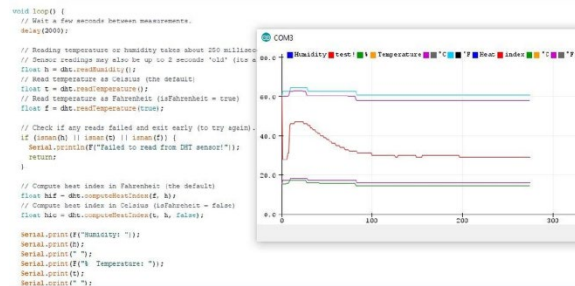


Рис. 5 Результати виведення даних з датчиків у вигляді графіки та операції по розділенню графіків.

Date & Time	Event Name	Dig Button on/off	Photoresistor	Temp (celsius)	Humidity
21 November 21, 2019 at 03:59PM	esp206_readings	0	896	18.00,50,00	
21 November 21, 2019 at 04:00PM	esp206_readings	0	896	18.00,50,00	
21 November 21, 2019 at 04:01PM	esp206_readings	0	907	18.00,49,00	
21 November 21, 2019 at 04:02PM	esp206_readings	0	916	18.00,50,00	
21 November 21, 2019 at 04:03PM	esp206_readings	0	924	18.00,50,00	
21 November 21, 2019 at 04:04PM	esp206_readings	0	927	18.00,50,00	
21 November 21, 2019 at 04:05PM	esp206_readings	0	926	18.00,50,00	
21 November 21, 2019 at 04:06PM	esp206_readings	0	939	18.00,50,00	
21 November 21, 2019 at 04:07PM	esp206_readings	0	940	18.00,50,00	
21 November 21, 2019 at 04:08PM	esp206_readings	0	940	18.00,50,00	
21 November 21, 2019 at 04:09PM	esp206_readings	0	937	17.90,49,00	
21 November 21, 2019 at 04:10PM	esp206_readings	0	934	17.90,49,00	
21 November 21, 2019 at 04:11PM	esp206_readings	0	936	17.90,49,00	
21 November 21, 2019 at 04:12PM	esp206_readings	0	938	17.90,49,00	
21 November 21, 2019 at 04:13PM	esp206_readings	0	928	17.90,49,00	
21 November 21, 2019 at 04:14PM	esp206_readings	0	924	17.90,49,00	
21 November 21, 2019 at 04:15PM	esp206_readings	0	924	17.90,49,00	
21 November 21, 2019 at 04:16PM	esp206_readings	0	926	17.90,49,00	
21 November 21, 2019 at 04:17PM	esp206_readings	0	927	17.90,49,00	
21 November 21, 2019 at 04:18PM	esp206_readings	0	924	17.90,49,00	
21 November 21, 2019 at 04:19PM	esp206_readings	0	926	17.90,49,00	
21 November 21, 2019 at 04:20PM	esp206_readings	0	926	17.90,49,00	
21 November 21, 2019 at 04:21PM	esp206_readings	0	926	17.90,49,00	
21 November 21, 2019 at 04:22PM	esp206_readings	0	936	17.90,49,00	
21 November 21, 2019 at 04:23PM	esp206_readings	0	944	17.90,49,00	
21 November 21, 2019 at 04:24PM	esp206_readings	0	951	17.90,49,00	
21 November 21, 2019 at 04:25PM	esp206_readings	0	954	17.90,49,00	

Рис. 6 Результати збору та накопичення даних моніторингу

Експеримент №3 по створенню графіків з даних датчиків та операції розділення графіків. Результати третього експерименту можна побачити на рис. 5.

Також було проведено тестування робочого прототипу ВЛЕМ, зібрано дані за тиждень (приблизно 10 000 рядків) (див. рис. 6.). Тепер за планом перевірити цей набір даних щодо виявлення помилок. Потім можна керувати цим проектом протягом одного місяця, збираючи дані щохвилини і надсилаючи їх до своєї бази даних Google Sheet.

VII. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТА ЗАСТОСУВАННЯ

Планується вдосконалити ВЛЕМ так:

- Розробити діючу та ефективну систему прийняття рішень.
- Вдосконалити код програми, задля усунення можливих помилок.
- Розширити спектр вимірюваних речовин, для відображення системою екомоніторингу повної картини дійсності.
- Розширити діапазон вимірювання датчиків, задля отримання більш точних результатів.
- Розробити зручний додаток для користувачів.

ВЛЕМ можна використовувати, як:

- Державну систему екомоніторингу.
- Окремий стартап.



- Довповнюючу частину проекту Eco Smart City.
- Самостійну станцію екомоніторингу.
- Частину промислового підприємства, яка виконує функцію контролю викидів газів та шкідливих речовин у повітря.
- Прототипування системи Smart приміщення.

ВИСНОВКИ

В роботі розроблено модель системи екомоніторингу, проведено експериментальні дослідження роботи функціонування елементів, розроблено алгоритми керування та програмне забезпечення для обробки даних та створено діючий прототип моделі ВЛЕМ. Розроблена система відповідає європейським і світовим підходам до екологічного управління, використовує високотехнологічні засоби збору/обробки/отримання/передачі даних, є дешевою та корисною для користувача.

Надійшла до редакції 15 березня 2020 року

UDC 004.415.25

Virtual Environmental Monitoring Laboratory

Using Robotic Systems

S. O. Pavlova^f,
PL of NTUU "KPI"
Kyiv, Ukraine

H. V. Saryboha^s, ORCID [0000-0003-0805-7899](https://orcid.org/0000-0003-0805-7899)
National technical university of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv polytechnic institute" ROR [00syn5v21](https://ror.org/00syn5v21)
Kyiv, Ukraine

Abstract—This article presents the developed ecomonitoring system. In this article you will find the concept of the developed ecomonitoring system and its prototype. The problem was posed by the lack of effective environmental monitoring systems. The development of the concept and structure was made taking into account modern technologies and the fast pace of their development. In the process of working on the project, it has been investigated factors that have an adverse effect on the environment, such as the air condition, it has been made a model of an intelligent system for monitoring the state of the environment with the use of cloud technologies, the Internet of things, measuring robotic systems for the collection / control / analysis of climatic parameters, such as temperature, relative humidity and the level of carbon dioxide in the air. Software is developed and modularity and adaptability of the system is provided. The effectiveness of developed ecomonitoring system is verified through the use of mathematical method and making experiments on each component of the system.

Keywords —eco-monitoring; system; efficiency; robotic system; robotic complex; cloud access web server

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Olga Shevchenko, "CLIMATE VULNERABILITY ASSESSMENT: UKRAINE", 2014, URL: http://necu.org.ua/wp-content/uploads/ukraine_cc_vulnerability.pdf
- [2] A. M. Valyukh, "CONSERVATION OF NATURAL CAPITAL OF UKRAINE: STATE ENVIRONMENTAL MONITORING", 2019, URL: <http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=1228>
- [3] Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., LTD., "Intelligent Infrared CO2 Module (Model: MH-Z19B)", 2016, URL: https://www.winsen-sensor.com/d/files/infrared-gas-sensor/mh-z19b-co2-ver1_0.pdf
- [4] R. O. Moiseenko, ORDER on the approval of the State sanitary norms and rules "Hygienic requirements for the placement, arrangement, equipment and operation of perinatal centers", 2012, URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0248-12>
- [5] Espressif Systems, "ESP32 Series Datasheet", 2020
- [6] Bosch Sensortec, "Final data sheet BME280 Combined humidity and pressure sensor", 2015, URL: https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/BST-BME280_DS001-10.pdf

