УДК 004.9

О. Д. Болотнікова[1]
О. М. Козачко[1]

АНАЛІЗ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ДАНИХ НЕЗАКОННИХ МІСЦЬ СКИДАННЯ ВІДХОДІВ У ВЕБ-СИСТЕМАХ МОНІТОРИНГУ

[1]Вінницький національний технічний університет

Анотація

У даній роботі розглянуто розробку веб-системи моніторингу незаконних місць скидання відходів, що включає збір, зберігання, аналіз та інтерактивну візуалізацію просторових даних. Розроблено архітектуру системи, структуру бази даних, алгоритми фільтрації та групування точок скидання й інтерфейс картографічної візуалізації, які в подальшому будуть використані для повноцінної реалізації веб-системи екологічного моніторингу. Охарактеризовано перспективні напрямки розвитку та вдосконалення системи.

Ключові слова: веб-система моніторингу, незаконне скидання відходів, геовізуалізація, SQLite, Flask, Leaflet.js.

Abstract

This work examines the development of a web-based monitoring system for illegal waste dumping sites, encompassing data collection, storage, analysis, and interactive spatial visualization. The system architecture, database structure, filtering and grouping algorithms, and cartographic visualization interface have been developed, which will later be used for the full implementation of the ecological monitoring web system. Promising directions for further development and improvement of this system are described.

Keywords: web monitoring system, illegal waste dumping, geovisualization, SQLite, Flask, Leaflet.js.

Вступ

Проблема незаконного скидання відходів є однією з найгостріших екологічних загроз сучасності. В Україні щороку фіксуються тисячі несанкціонованих сміттєзвалищ, які завдають значної шкоди ґрунтам, підземним водам, атмосферному повітрю та здоров'ю населення. Стихійні звалища виникають як у межах міст, так і поза ними - у лісах, вздовж річок, на узбіччях доріг і становлять серйозну загрозу для екосистем та якості життя людей. Незважаючи на існування законодавчої бази у сфері поводження з відходами, реальний контроль за дотриманням норм залишається недостатнім через відсутність ефективних цифрових інструментів моніторингу.

Одним із ключових чинників, що ускладнює боротьбу з незаконним скиданням відходів, є фрагментарність інформації. Відомості про виявлені порушення надходять із різних джерел - від громадян, екологічних інспекторів, місцевих органів влади, однак не систематизуються в єдиній базі даних і не аналізуються комплексно. Це унеможливлює виявлення закономірностей, визначення найбільш проблемних зон та оперативне реагування на нові випадки забруднення.

Сучасні інформаційні технології відкривають широкі можливості для вирішення цієї проблеми. Розвиток веб-технологій, доступність картографічних бібліотек з відкритим кодом та інструментів візуалізації даних дозволяють створювати ефективні системи екологічного моніторингу без значних фінансових витрат. Веб-системи моніторингу вже успішно застосовуються в різних галузях - від відстеження природних катастроф до контролю якості повітря і доводять свою ефективність як інструмент підтримки прийняття управлінських рішень.

Існуючі рішення у сфері моніторингу відходів в Україні - екологічні портали, гарячі лінії та мобільні застосунки для подачі скарг мають суттєві обмеження. Вони, як правило, не забезпечують наочної просторової картини розподілу порушень на карті, не дозволяють аналізувати динаміку змін у часі, не надають інструментів для виявлення осередків концентрації проблем та не формують аналітичних звітів для органів влади. Фактично, такі системи виконують лише функцію реєстрації скарг, але не є повноцінним інструментом аналізу та моніторингу.

Для вирішення зазначених проблем пропонується розробка веб-системи моніторингу, що об'єднує збір геопросторових даних від громадян та інспекторів із потужними інструментами їх аналізу та інтерактивної картографічної візуалізації. Система має забезпечувати єдиний інформаційний простір для всіх учасників процесу контролю за незаконним скиданням відходів і слугувати інструментом підтримки прийняття рішень для органів місцевого самоврядування.

Метою роботи є розробка веб-системи для збору, аналізу та інтерактивної візуалізації даних про незаконні місця скидання відходів. Основними завданнями дослідження є: аналіз існуючих рішень у сфері екологічного моніторингу та визначення їх недоліків; визначення функціональних вимог до системи; проєктування архітектури та структури бази даних; вибір технологій реалізації; розробка механізмів фільтрації, групування та аналізу даних; а також проєктування інтерфейсу інтерактивних карт і аналітичних панелей.

Результати дослідження

За результатами аналізу існуючих систем екологічного моніторингу визначено ключові функціональні вимоги та оптимальні підходи до їх реалізації. Це дало змогу сформувати архітектуру веб-системи, яка має забезпечувати зручний інтерфейс для різних категорій користувачів - громадян, інспекторів та адміністраторів. Система має забезпечувати такі ключові функції:

- Збір та реєстрація даних – користувачі можуть подавати повідомлення про виявлені місця скидання відходів із зазначенням координат (широта та довгота), фотофіксацією та описом характеру забруднення.
- Інтерактивна картографічна візуалізація – відображення всіх зафіксованих об'єктів на динамічній карті з можливістю фільтрації за типом відходів, датою та статусом усунення.
- Аналіз та групування даних – виявлення осередків концентрації порушень шляхом групування точок за географічними районами, побудова теплових карт для визначення зон підвищеного ризику.
- Аналітичні діаграми – відображення статистики у вигляді графіків: кількість нових звалищ у часі, розподіл за типами відходів, рейтинг районів за кількістю порушень.
- Управління статусами – відстеження стану усунення кожного об'єкта (виявлено потім передано на розгляд і далі прибрано) з можливістю оновлення інспекторами.
- Адміністрування – модерація повідомлень, керування обліковими записами користувачів та формування звітів для органів влади.

Реалізація системи здійснюється з використанням доступного стеку веб-технологій. Клієнтська частина розробляється на базі HTML, CSS та JavaScript з бібліотекою Leaflet.js для картографічної візуалізації та Chart.js для побудови аналітичних графіків [1–3]. Серверна частина реалізована на Python з використанням мікрофреймворку Flask, що забезпечує обробку HTTP-запитів та взаємодію з базою даних [4]. Для зберігання даних використовується SQLite - вбудована реляційна база даних, що не потребує окремого сервера та є оптимальною для систем подібного масштабу [5]. Координати місць скидання зберігаються як числові поля широти та довготи в таблиці бази даних. Основні технології та інструменти:

- Leaflet.js - рендеринг інтерактивних карт, відображення маркерів та теплових шарів на основі координат із бази даних.
- Chart.js - побудова діаграм і графіків на основі агрегованих даних із SQLite.
- Flask (Python) - серверна обробка запитів, REST API для взаємодії між інтерфейсом і базою даних.
- SQLite - зберігання інформації про об'єкти скидання, користувачів та статуси усунення [5].

На рисунках 1-3 зображено діаграму варіантів використання системи, діаграму послідовності при реєстрації нового об'єкта скидання та структуру таблиць бази даних, які в подальшому будуть використані для повноцінної розробки веб-системи моніторингу.

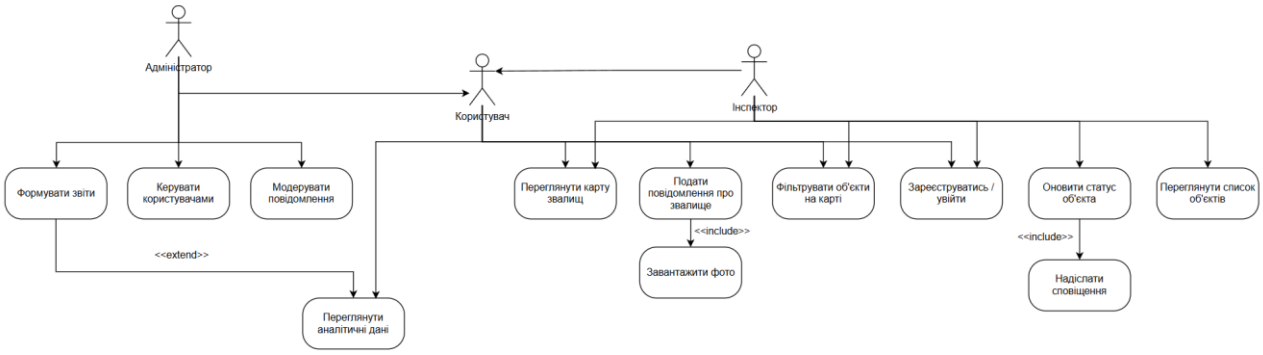

Рис.1 - Діаграма варіантів використання (Use Case)

На діаграмі варіантів використання зображено трьох акторів системи та їх взаємодію з функціональними можливостями. Між акторами визначено зв'язки узагальнення (generalization): Інспектор та Адміністратор є спеціалізованими різновидами Користувача і мають усі його базові права доступу плюс додаткові. Зв'язок «include» між варіантами «Подати повідомлення про звалище» та «Завантажити фото» означає, що фотофіксація є обов'язковою частиною процесу подачі повідомлення. Аналогічно, оновлення статусу об'єкта завжди включає автоматичне надсилання сповіщення відповідальним особам. Зв'язок «extend» показує, що фільтрація об'єктів на карті та формування звітів є необов'язковими розширеннями - користувач може переглядати карту або аналітичні діаграми без їх використання, але за потреби може активувати ці функції.

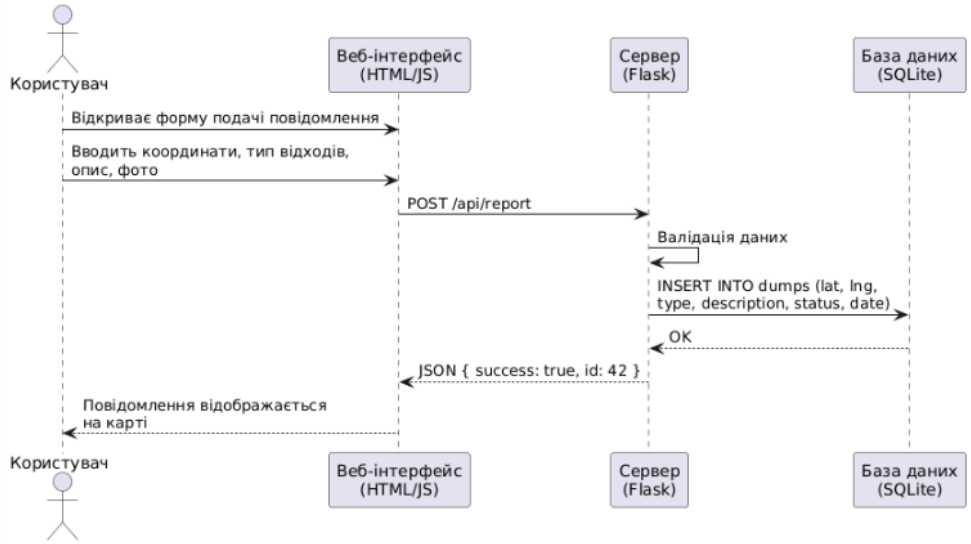

Рис. 2 - Діаграма послідовності (Sequence) - реєстрація нового об'єкта

На діаграмі послідовності відображено взаємодію між основними компонентами системи в процесі подачі нового повідомлення про незаконне звалище. Користувач заповнює форму у веб-інтерфейсі, вказуючи координати місця скидання, тип відходів, опис та фото. Веб-інтерфейс, реалізований засобами HTML та JavaScript, надсилає дані на сервер за допомогою POST-запиту до Flask-додатку. Сервер виконує валідацію отриманих даних, після чого записує новий запис до таблиці dumps бази даних SQLite. У разі успішного збереження сервер повертає відповідь у форматі JSON, і новий об'єкт автоматично відображається у вигляді маркера на інтерактивній карті Leaflet.js. Така послідовність забезпечує швидку та надійну реєстрацію даних без перезавантаження сторінки.

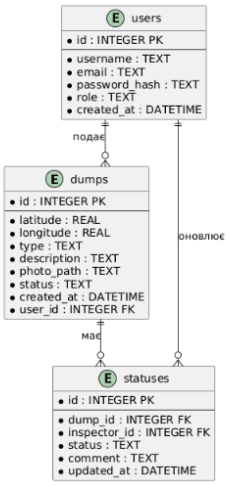

Рис. 3 - Структура таблиць бази даних

На діаграмі структури бази даних зображено три основні таблиці системи та зв'язки між ними. Таблиця dumps є центральною і містить усю інформацію про зафіксовані місця скидання відходів: координати (latitude, longitude), тип відходів, опис, шлях до фотографії, поточний статус та дату реєстрації. Таблиця users зберігає облікові дані користувачів системи з розмежуванням ролей (користувач, інспектор, адміністратор). Таблиця statuses фіксує історію зміни статусів кожного об'єкта із зазначенням інспектора, який вніс зміну, та коментарем. Між таблицями визначено зв'язки: один користувач може подати багато повідомлень (1:N між users та dumps), один об'єкт може мати багато записів про зміну статусу (1:N між dumps та statuses). Використання SQLite забезпечує просте розгортання системи без необхідності налаштування окремого сервера бази даних.

Висновки

Запропонована веб-система моніторингу незаконних місць скидання відходів дозволяє значно підвищити ефективність виявлення та ліквідації несанкціонованих звалищ шляхом забезпечення прозорої інформаційної взаємодії між громадянами, інспекторами та органами місцевого самоврядування. Використання Python/Flask у поєднанні з SQLite та бібліотеками Leaflet.js і Chart.js забезпечує просту реалізацію системи без надмірної складності технологічного стеку.

Подальший розвиток системи може включати: міграцію бази даних на PostgreSQL для підтримки більших обсягів даних; розробку мобільної версії інтерфейсу для зручності польових інспекторів; інтеграцію з відкритими

API державних реєстрів для автоматичного збагачення даних; а також впровадження автоматичного сповіщення відповідальних органів при реєстрації нових об'єктів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Молодецька К. В. Геоінформаційні системи в екологічному моніторингу : навч. посіб. / К. В. Молодецька. – Житомир : ЖДТУ, 2019. – 156 с.
2. Карпенко О. О. Методи візуалізації просторових даних у веб-застосунках / О. О. Карпенко // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Інформаційні системи та мережі. – 2021. – № 9. – С. 45–53.
3. Іщенко В. А. Веб-технології для розробки геоінформаційних систем моніторингу навколишнього середовища / В. А. Іщенко, О. М. Петренко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2020. – № 4. – С. 112–119.
4. Flask Documentation. 2024 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://flask.palletsprojects.com
5. SQLite Documentation. 2024 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.sqlite.org/docs.html
6. Моделювання бізнес-процесів та управління ІТ-проєктами / Є. М. Крижановський, А. Р. Ящолт, С. О. Жуков. – Вінниця : ВНТУ, 2022. – 129 с.
7. Наука про дані: машинне навчання та інтелектуальний аналіз даних / В. Б. Мокін, М. В. Дратований. – Вінниця : ВНТУ, 2024. – 258 с.

Болотнікова Орина Дмитрівна – студентка групи 2ІСТ-22б, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: arinabolttnikova@gmail.com

Козачко Олексій Миколайович – канд. техн. наук, доцент кафедри системного аналізу та інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: lekoz80@gmail.com

Bolotnikova Oryna Dmytrivna – student of group 2IST-22b, Faculty of Intellectual Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: arinabolttnikova@gmail.com

Oleksiy Mykolayovych Kozachko – candidate technical Sciences, associate professor of the Department of System Analysis and Information Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: lekoz80@gmail.com