

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Інститут архітектури та будівництва "ІФНТУНГ-ДонНАБА"
Кафедра Геодезії та землеустрою

Нагірний Володимир Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 528.9
(індекс)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Аналіз технологій та розроблення інтерактивного геопорталу для
публікації геопросторових даних громади

(назва роботи)

Геоінформаційні системи та технології

(назва освітньої програми)

193 Геодезія та землеустрій

(шифр і назва спеціальності)

Нагірний В.В.



(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник канд. геол. наук, доцент Чепурний Ігор Валерійович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту
Завідувач кафедри

М.М. Приходько

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент

Л. І. Давибіда

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Івано-Франківськ – 2025

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут Інститут архітектури та будівництва "ІФНТУНГ-ДонНАБА"

Кафедра Геодезії та землеустрою

Освітній рівень Магістр

Спеціальність 193 «Геодезія та землеустрій»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

Приходько М.М.

« _____ » _____ 2025 року

**З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Нагірному Володимиру Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Аналіз технологій та розроблення інтерактивного геопорталу для публікації геопросторових даних громади

керівник роботи канд. геол. наук, доцент Чепурний Ігор Валерійович,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від "28" листопада 2025 року №743/7

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи Геопросторова інформація з джерел "Open Street Map", "Kadastr - Live" програмний застосунок розроблений у середовищі Visual Studio 2026 на платформі .NET з використанням мови програмування C#.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Теоретичні основи та сучасні технології розроблення геоінформаційних порталів, Аналіз та порівняльна оцінка існуючих геоінформаційних рішень, Розроблення інтерактивного геопорталу для публікації геопросторових даних громади

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 28.11.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на виконання магістерської роботи. Ознайомлення з літературою.	28.11.2025	
2	Вивчення технологій для публікації геоданих та ознайомлення з існуючими рішеннями.	30.11.2025	
3	Опис аналізу існуючих технологій та рішень у сфері геопорталів.	01.12.2025	
4	Розробка інтерактивного геопортала та робота з базою даних.	04.12.2025	
5	Тестування розробленої платформи для публікації геопросторових даних.	10.12.2025	
6	Збір даних та наповнення бази даних для публікації на геопорталі.	14.12.2025	
7	Написання висновка щодо дослідження.	17.12.2025	

Студент


(підпис)

Нагірний В.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Чепурний І.В.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Тема: «Аналіз технологій та розроблення інтерактивного геопорталу для публікації геопросторових даних громади».

Розрахунково-пояснювальна записка: 62 сторінки, 15 рисунків, 1 таблиця, 20 посилання.

Об'єктом дослідження є процеси публікації та використання геопросторових даних у системах управління територіями. Предметом дослідження є методи, технології та програмні засоби розроблення інтерактивних геоінформаційних порталів.

У магістерській роботі розглянуто сучасні підходи до публікації, візуалізації та використання геопросторових даних на рівні територіальних громад. Основну увагу зосереджено на розробленні інтерактивного геопорталу для публікації геопросторових даних громади з використанням сучасних вебтехнологій і геоінформаційних інструментів. Обґрунтовано вибір технологічного стеку, спроектовано структуру системи та реалізовано основні функціональні можливості геопорталу, зокрема відображення картографічних шарів, взаємодію з користувачем і адміністрування даних. Результати роботи можуть бути використані органами місцевого самоврядування та фахівцями з геоінформаційних систем для створення та впровадження інформаційних ресурсів, спрямованих на ефективне управління територіями та публікацію відкритих геопросторових даних.

ABSTRACT

Topic: “Analysis of Technologies and Development of an Interactive Geoportal for Publishing Community Geospatial Data.”

Explanatory and Calculative Report: 62 pages, 15 figures, 1 table, 20 references.

The object of the study is the processes of publishing and using geospatial data in territorial management systems. The subject of the study is the methods, technologies, and software tools for developing interactive geoinformation portals.

The master’s thesis examines modern approaches to the publication, visualization, and use of geospatial data at the level of territorial communities. The main focus is on the development of an interactive geoportal for publishing community geospatial data using modern web technologies and geoinformation tools. The choice of the technological stack is substantiated, the system architecture is designed, and the core functional capabilities of the geoportal are implemented, including the display of cartographic layers, user interaction, and data administration. The results of the study can be used by local self-government bodies and geoinformation system specialists to create and implement information resources aimed at effective territorial management and the publication of open geospatial data.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
Розділ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗРОБЛЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ПОРТАЛІВ	10
1.1. Поняття та призначення геопорталів у системах публікації геопросторових даних	10
1.2. Архітектура веб-систем та геопорталів	13
1.3. Технології зберігання, обробки та візуалізації геопросторових даних .	15
1.4. Веб-технології та програмні засоби створення інтерактивних геопорталів.....	18
Розділ 2. АНАЛІЗ ТА ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ІСНУЮЧИХ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ РІШЕНЬ.....	24
2.1. Огляд існуючих геопорталів та платформ публікації геопросторових даних	24
2.2. Порівняльний аналіз програмних платформ та інструментів розроблення	32
2.3. Функціональні можливості та обмеження сучасних геопорталів	36
2.4. Формування вимог до геопорталу територіальної громади	39
Розділ 3. РОЗРОБЛЕННЯ ІНТЕРАКТИВНОГО ГЕОПОРТАЛУ ДЛЯ ПУБЛІКАЦІЇ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ ГРОМАДИ.....	43
3.1. Проектування структури та функціональної моделі геопорталу	43
3.2. Вибір та обґрунтування технологічного стеку	45
3.3. Реалізація серверної та клієнтської частини геопорталу	48
3.4. Тестування та оцінка ефективності розробленої системи.....	55
ВИСНОВКИ.....	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	61

ВСТУП

Упродовж останніх років геопросторові дані набули статусу одного з ключових інформаційних ресурсів, що активно використовуються у процесах управління територіями, просторового планування, розвитку інфраструктури та прийняття управлінських рішень на різних рівнях. Цифровізація суспільства, впровадження принципів відкритих даних та розвиток електронного врядування зумовили зростання потреби у доступних, наочних і функціонально зручних інструментах для публікації та використання просторової інформації. Особливого значення це питання набуває для територіальних громад, які в умовах децентралізації отримали розширені повноваження щодо управління власними ресурсами та розвитку територій, але водночас потребують сучасних інформаційних рішень для ефективної реалізації цих повноважень.

Одним із таких рішень є геоінформаційні портали, що забезпечують інтеграцію, зберігання, візуалізацію та поширення геопросторових даних у вебсередовищі. Геопортالي виступають універсальним інструментом комунікації між органами місцевого самоврядування, фахівцями та громадськістю, надаючи можливість оперативного доступу до картографічної інформації, тематичних шарів та аналітичних даних. Використання інтерактивних геопорталів сприяє підвищенню прозорості управлінських процесів, покращенню інформованості населення та формуванню передумов для прийняття обґрунтованих рішень у сфері землекористування, містобудування, екологічного моніторингу та соціально-економічного розвитку громад.

Незважаючи на наявність значної кількості програмних рішень та платформ для роботи з геопросторовими даними, питання створення геопорталів, адаптованих до потреб конкретної територіальної громади, залишається актуальним. Багато існуючих рішень є або надмірно складними з точки зору впровадження та супроводу, або орієнтованими на вузьке коло

професійних користувачів, що обмежує їх практичне застосування на місцевому рівні. У зв'язку з цим виникає потреба в аналізі сучасних технологій та підходів до розроблення геопорталів, а також у створенні інтерактивних веборієнтованих систем, які поєднують б функціональність, зручність використання та можливість подальшого розширення.

Актуальність даної магістерської роботи зумовлена необхідністю розроблення ефективних інструментів публікації геопросторових даних громади з використанням сучасних вебтехнологій та геоінформаційних систем. У межах дослідження особливу увагу приділено аналізу технологій, що застосовуються для створення інтерактивних геопорталів, а також практичній реалізації програмного рішення, здатного забезпечити доступ до просторової інформації широкому колу користувачів. Результати роботи можуть бути використані як основа для впровадження геоінформаційних ресурсів у діяльність органів місцевого самоврядування та для подальшого розвитку інформаційних систем управління територіями.

Метою магістерської роботи є аналіз сучасних технологій геоінформаційних систем та розроблення інтерактивного геопорталу для публікації геопросторових даних територіальної громади. Для досягнення поставленої мети у роботі розглядаються теоретичні основи створення геопорталів, здійснюється аналіз існуючих рішень і платформ, формуються вимоги до функціональності майбутньої системи та реалізується власний програмний продукт із використанням сучасного технологічного стеку. Об'єктом дослідження є процеси публікації та використання геопросторових даних у системах управління територіями, а предметом дослідження є методи, технології та програмні засоби розроблення інтерактивних геоінформаційних порталів.

Методологічну основу дослідження становлять методи аналізу та узагальнення наукових джерел, порівняльного аналізу програмних рішень, системного підходу до проєктування інформаційних систем, а також методи

програмної реалізації та тестування веборієнтованих геоінформаційних систем. Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання розробленого геопорталу як прикладного інструменту для публікації геопросторових даних громади та як основи для подальшого вдосконалення й масштабування подібних інформаційних ресурсів.

Розділ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗРОБЛЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ПОРТАЛІВ

1.1. Поняття та призначення геопорталів у системах публікації геопросторових даних

Поява та активний розвиток геопорталів є закономірним результатом еволюції геоінформаційних систем і зростання обсягів геопросторових даних, які накопичуються та використовуються у різних сферах діяльності. У загальному розумінні геопортал являє собою веборієнтовану інформаційну систему, призначену для зберігання, публікації, візуалізації та поширення геопросторових даних із використанням картографічних інтерфейсів та мережових технологій. Геопортал поєднує у собі функції бази даних, геоінформаційної платформи та вебзастосунку, забезпечуючи користувачам зручний доступ до просторової інформації без необхідності використання спеціалізованого програмного забезпечення.[4]

Геопортали можуть відрізнятися за своїм функціональним призначенням, масштабом використання та цільовою аудиторією. Залежно від мети створення вони застосовуються у сфері державного та муніципального управління, просторового планування, земельного кадастру, екологічного моніторингу, управління інфраструктурою, транспортного планування, надзвичайних ситуацій, а також у наукових дослідженнях і освітній діяльності. Окрему групу становлять публічні геопортали відкритих даних, орієнтовані на широкий загаль користувачів, які забезпечують прозорість діяльності органів влади та сприяють залученню громадськості до процесів прийняття рішень. Водночас існують внутрішні корпоративні або відомчі геопортали, доступ до яких обмежений певним колом фахівців і які використовуються для професійної роботи з просторовими даними.[17]

Важливою характеристикою геопорталів є їх роль у системах публікації геопросторових даних, де вони виступають центральною ланкою між

джерелами даних та кінцевими користувачами. Геопортал забезпечує інтеграцію даних із різних інформаційних систем, уніфікацію форматів представлення та можливість оновлення інформації у режимі, наближеному до реального часу. За допомогою геопорталів здійснюється доступ до цифрових карт, ортофотопланів, тематичних шарів, атрибутивної інформації та результатів просторового аналізу, що суттєво розширює можливості використання геопросторових даних у практичній діяльності.

Сучасні геопортали не обмежуються лише функціями перегляду картографічної інформації, а надають користувачам інструменти для інтерактивної взаємодії з даними. До таких можливостей належать пошук об'єктів за атрибутами, вимірювання відстаней і площ, вмикання та вимикання тематичних шарів, отримання довідкової інформації, а також завантаження або публікація власних даних залежно від рівня доступу. Це робить геопортали універсальним середовищем для представлення просторової інформації у зрозумілому та наочному вигляді, що є особливо важливим для користувачів без спеціальної геоінформаційної підготовки.

У контексті територіальних громад геопортали виконують функцію інформаційної платформи, що об'єднує різноманітні геопросторові дані, пов'язані з адміністративними межами, землекористуванням, об'єктами інфраструктури, соціальними та природними ресурсами. Використання геопорталів на місцевому рівні сприяє систематизації даних, підвищенню ефективності управління територією та покращенню комунікації між органами влади, бізнесом і населенням. Таким чином, геопортал виступає не лише технічним засобом публікації геопросторових даних, а й важливим елементом сучасної інформаційної інфраструктури громади, що підтримує процеси сталого розвитку та просторового планування.

Крім функціонального наповнення, важливою особливістю геопорталів є їх концептуальна роль у формуванні єдиного інформаційного простору, в межах якого геопросторові дані стають доступними, узгодженими та

придатними для повторного використання. Геопортал у цьому контексті виступає не просто як вебресурс, а як інструмент стандартизації та впорядкування просторової інформації, що надходить з різних джерел і створюється різними суб'єктами. Використання єдиних підходів до структурування даних, їх опису та візуалізації дозволяє зменшити фрагментарність інформації та підвищити її цінність для аналізу і прийняття рішень.[20]

Окремої уваги заслуговує роль геопорталів у реалізації принципів відкритих даних та просторової інфраструктури даних. У багатьох країнах геопортали є основним інструментом впровадження національних та регіональних ініціатив у сфері відкритого доступу до геопросторової інформації. Через геопортали забезпечується не лише візуальний доступ до картографічних матеріалів, але й можливість використання даних у машинозчитуваному вигляді для подальшої обробки, аналізу та інтеграції з іншими інформаційними системами. Це створює передумови для розвитку аналітичних сервісів, прикладних вебзастосунків і наукових досліджень, що базуються на просторових даних.

З точки зору користувачького досвіду геопортали відіграють важливу роль у подоланні бар'єру між складними геоінформаційними технологіями та кінцевими користувачами. Завдяки інтуїтивно зрозумілим інтерфейсам, інтерактивним картам і візуальним елементам геопортали дозволяють працювати з просторовою інформацією без необхідності глибоких технічних знань. Це особливо актуально для представників органів місцевого самоврядування, громадських організацій і мешканців громад, які використовують геопросторові дані для вирішення прикладних завдань, пов'язаних із розвитком територій, плануванням проєктів або контролем використання ресурсів.

Геопортали також виступають платформою для інтеграції різних тематичних наборів даних, що охоплюють як природні, так і соціально-

економічні аспекти розвитку територій. Поєднання даних про земельні ресурси, інженерну інфраструктуру, транспортні мережі, демографічні показники та екологічні характеристики в межах одного геопорталу дозволяє формувати комплексне уявлення про стан території. Такий підхід сприяє застосуванню системного аналізу та підтримує прийняття стратегічних рішень, орієнтованих на довгостроковий розвиток громади.

Таким чином, геопортали у системах публікації геопросторових даних виконують багатофункціональну роль, поєднуючи технологічні, інформаційні та комунікаційні аспекти. Вони забезпечують не лише доступ до просторової інформації, а й створюють умови для її ефективного використання, обміну та подальшого розвитку. Саме ця комплексність і універсальність робить геопортали одним із ключових інструментів сучасних геоінформаційних систем і важливою складовою цифрової інфраструктури територіальних громад.

1.2. Архітектура веб-систем та геопорталів

Архітектура сучасних вебсистем, до яких належать і геопортали, визначає загальні принципи організації, взаємодії та функціонування програмних компонентів, що забезпечують роботу з геопросторовими даними у мережевому середовищі. Геопортал як складна інформаційна система будується на основі чіткого розподілу функцій між окремими рівнями, що дозволяє забезпечити масштабованість, стабільність та зручність подальшого розвитку системи. Найбільш поширеним і логічно обґрунтованим підходом до побудови архітектури геопорталів є поділ на клієнтську та серверну частини, кожна з яких виконує власні завдання і відповідає за певний набір функцій. [17]

Клієнтська частина геопорталу, або фронтенд, є тим рівнем системи, з яким безпосередньо взаємодіє користувач. Саме вона формує зовнішній вигляд геопорталу, забезпечує відображення інтерактивної карти, елементів керування, меню, інформаційних панелей та інших компонентів інтерфейсу.

На цьому рівні користувач отримує візуальне представлення геопросторових даних у вигляді картографічних шарів, умовних позначень і підписів, а також має можливість виконувати базові операції взаємодії з картою, такі як масштабування, переміщення, увімкнення або вимкнення окремих тематичних шарів. Клієнтська частина відповідає за зручність і наочність подання інформації, що є критично важливим для сприйняття просторових даних користувачами з різним рівнем підготовки.

Окрім візуалізації, клієнтська частина виконує функцію посередника між користувачем і сервером, ініціюючи запити на отримання необхідних даних відповідно до дій користувача. У результаті взаємодії з інтерфейсом формуються запити, які передаються на серверну частину системи, де відбувається їх обробка. Таким чином, фронтенд забезпечує не лише відображення інформації, а й логіку користувацької взаємодії, що дозволяє працювати з геопорталом у режимі реального часу та отримувати актуальні дані без перезавантаження сторінки.

Серверна частина геопорталу, або бекенд, відповідає за внутрішню логіку функціонування системи, обробку запитів і доступ до даних. Саме на серверному рівні реалізуються механізми взаємодії з базами даних, перевірки прав доступу, формування відповідей на запити клієнтської частини та підготовки геопросторових даних до подальшої передачі. Серверна частина забезпечує централізоване управління даними та бізнес-логікою системи, що дозволяє підтримувати цілісність інформації та контроль над процесами її оновлення і використання.[4]

Важливою особливістю архітектури геопорталів є розмежування відповідальності між клієнтським і серверним рівнями, що сприяє підвищенню безпеки та надійності системи. Користувач отримує вже оброблені та підготовлені до відображення дані, тоді як складні операції зберігання, обробки та перевірки виконуються на сервері. Такий підхід дозволяє зменшити навантаження на клієнтську частину та забезпечити

коректну роботу геоportалу навіть за значної кількості одночасних користувачів.

Архітектурний поділ на клієнтську і серверну частини також створює умови для гнучкого розвитку геоportалу. Зміни у зовнішньому вигляді або логіці взаємодії з користувачем можуть впроваджуватися незалежно від внутрішньої реалізації серверної логіки, і навпаки. Це є особливо важливим для геоportалів територіальних громад, які поступово наповнюються новими наборами даних, функціональними можливостями та сервісами. Таким чином, архітектура веб-систем та геоportалів виступає фундаментом, що визначає ефективність, стабільність і перспективи розвитку системи публікації геопросторових даних.

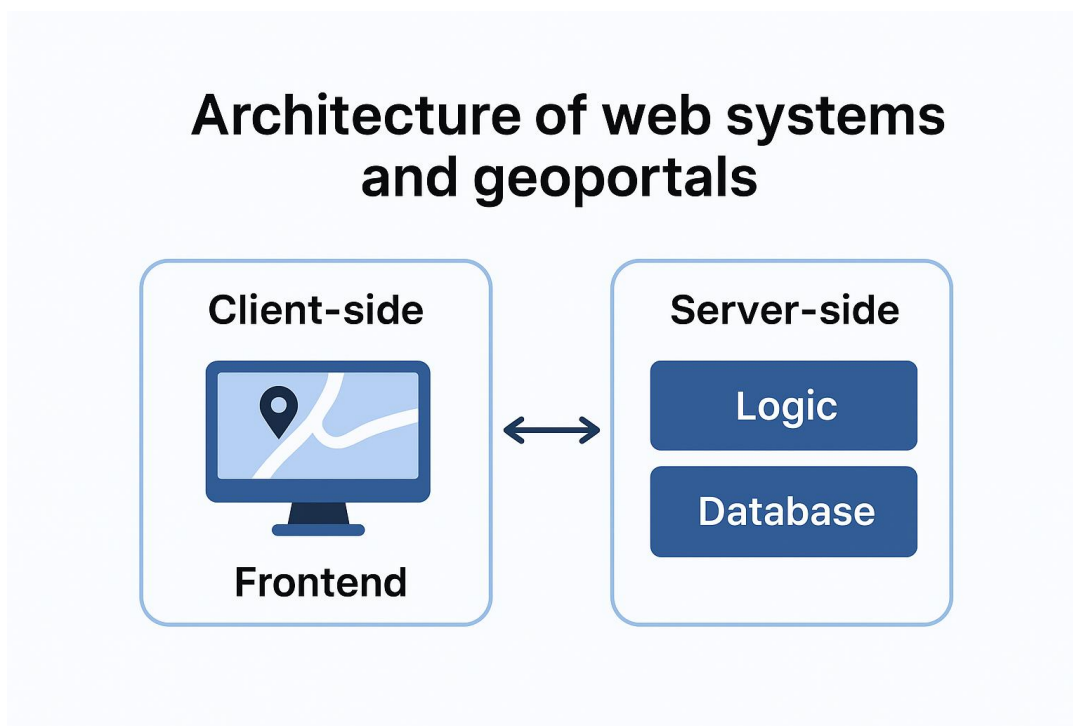


Рис.1.1. Схема роботи клієнтської та серверної частини геоportала

1.3. Технології зберігання, обробки та візуалізації геопросторових даних

Технології зберігання, обробки та візуалізації геопросторових даних є невід'ємною складовою коректної та стабільної роботи сучасних геоportалів і вебсистем. Саме вони забезпечують можливість інтерактивної роботи з

картографічними даними, оперативне отримання інформації та її наочне представлення користувачам у зручному вигляді. Для клієнтської частини геопорталу, яка відповідає за взаємодію з користувачем, застосовуються спеціалізовані технології та бібліотеки, що дозволяють відобразити геопросторові дані у вигляді інтерактивних карт, панелей та тематичних шарів. Серед найбільш поширених інструментів для таких завдань можна назвати GeoServer, який дозволяє організувати публікацію геоданих у вебсередовищі, а також бібліотеки фронтенду типу Leaflet та Mapbox, що забезпечують інтерактивну роботу з картами, масштабування, накладання шарів та динамічне оновлення інформації.[7]

Однак для того, щоб така візуалізація працювала коректно і дані були завжди актуальними, геопорталу необхідно мати доступ до надійних джерел зберігання просторової інформації. На серверній частині дані зберігаються у спеціалізованих базах даних, які підтримують просторові типи даних і дозволяють виконувати запити різного рівня складності. Найчастіше для геопросторових даних використовують базу PostgreSQL із розширенням PostGIS, яка надає широкий спектр можливостей для обробки векторних і растрових даних, виконання геометричних та топологічних операцій, а також інтеграції з вебсервісами. Крім PostGIS, у деяких рішеннях можуть використовуватися інші системи управління базами даних, наприклад, MySQL з розширенням Spatial або MongoDB для зберігання просторових даних у форматі GeoJSON, проте PostgreSQL із PostGIS вважається стандартом через свою стабільність, функціональність та відкритий характер.

Для забезпечення коректної роботи геопорталу необхідно реалізувати серверну логіку, яка організовує взаємодію між клієнтською частиною та базою даних. Саме на сервері обробляються запити користувача, виконуються пошуки та фільтрації даних, формується підготовлений для відображення результат. Серверна логіка може бути реалізована з використанням різних мов програмування та фреймворків, проте основною її функцією є управління

доступом до даних, забезпечення цілісності та актуальності інформації, а також підготовка відповідей у форматі, зручному для клієнтської частини. Для взаємодії між фронтендом та бекендом використовуються API, які дозволяють передавати запити і отримувати дані у стандартизованих форматах, таких як JSON чи GeoJSON. API виступає своєрідним мостом між користувачем і сервером, дозволяючи об'єднати в єдину систему всі компоненти геоportалу.[13]

Крім базових функцій зберігання та отримання даних, сучасні технології обробки геопросторової інформації дозволяють виконувати складні аналітичні та геообчислювальні операції. Це включає створення тематичних шарів на основі атрибутивної інформації, обчислення відстаней та площ, аналіз просторових взаємозв'язків між об'єктами та інтеграцію даних із зовнішніх джерел. Усі ці процеси відбуваються на серверному рівні і лише результати передаються клієнтській частині для візуалізації, що дозволяє знизити навантаження на користувацький пристрій та забезпечити плавну роботу геоportалу навіть при великій кількості одночасних користувачів або обробці великих обсягів просторових даних.

Таким чином, ефективна робота геоportалу забезпечується взаємодією трьох ключових компонентів: клієнтської частини з інструментами візуалізації, серверної логіки з API та баз даних із підтримкою просторових типів даних. Лише поєднання цих технологій у єдину систему дозволяє створювати інтерактивні, надійні та функціонально багаті геоportали, здатні задовольнити потреби як фахівців, так і звичайних користувачів у доступі до геопросторової інформації.

Сучасні геоportали все частіше інтегрують технології хмарних обчислень та сервісів зберігання даних, що дозволяє масштабувати ресурси в залежності від навантаження та обсягів геоданих. Використання хмарних платформ, таких як Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure або Google Cloud Platform, надає можливість зберігати великі обсяги растрових і

векторних даних, а також організувати обчислення на серверній стороні без необхідності локальної потужної інфраструктури. Такий підхід не лише підвищує стабільність роботи геопорталу, а й забезпечує резервування даних, їхню доступність у режимі 24/7 та інтеграцію з іншими сервісами через стандартизовані API.

Для підвищення ефективності обробки великих обсягів просторової інформації активно застосовуються технології кешування та оптимізації запитів. Наприклад, сервери картографічних даних можуть використовувати Tile caching, що дозволяє заздалегідь генерувати та зберігати карту у вигляді плиток певного масштабу. Це значно зменшує час завантаження для кінцевого користувача та оптимізує роботу з великими географічними масивами. Такі підходи дозволяють реалізовувати інтерактивні вебкарти навіть на слабких пристроях користувачів без втрати продуктивності.

Ще одним важливим аспектом сучасних технологій є можливість інтеграції геопросторових даних з іншими інформаційними системами та джерелами даних. Це можуть бути сенсорні мережі IoT, відкриті державні бази даних, супутникові сервіси дистанційного зондування Землі або дані мобільних додатків. Інтеграція забезпечує більш повну та актуальну картину об'єктів і явищ, дозволяє проводити просторовий аналіз у режимі реального часу та будувати складні тематичні шари на основі багатовимірних даних.

1.4. Веб-технології та програмні засоби створення інтерактивних геопорталів

Веб-технології є ключовим елементом у створенні сучасних інтерактивних геопорталів, оскільки вони визначають спосіб взаємодії користувача з просторовою інформацією та забезпечують інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для перегляду, аналізу та обробки даних. Клієнтська частина геопорталу зазвичай реалізується у вигляді веб-сторінки з використанням стандартних технологій HTML, CSS та JavaScript. HTML

відповідає за структуру сторінки, CSS визначає її зовнішній вигляд і стилі відображення, а JavaScript забезпечує інтерактивність, дозволяючи виконувати масштабування карти, накладати шари, реагувати на дії користувача, відображати спливаючі вікна з атрибутивною інформацією та динамічно оновлювати дані на карті.[17]

Серверна частина геопорталу, що обробляє запити клієнта та надає доступ до баз даних, зазвичай розробляється з використанням мов програмування, таких як Python, PHP, Java або Node.js, у поєднанні з відповідними веб-фреймворками. Основне завдання серверної частини полягає у прийомі запитів від клієнтської частини, виконанні обробки даних, формуванні геопросторових об'єктів та передачі їх у форматі, зручному для відображення на карті, найчастіше у вигляді GeoJSON або JSON. За допомогою серверного API забезпечується стандартизований обмін даними між фронтендом і бекендом, що дозволяє гнучко інтегрувати різні джерела даних та виконувати фільтрацію, сортування або агрегацію об'єктів перед їх передачею клієнту.

Особливе місце серед веб-технологій займають картографічні бібліотеки та фреймворки, які дозволяють інтерактивно відображати геопросторову інформацію. Наприклад, Leaflet є однією з найбільш популярних JavaScript-бібліотек для роботи з веб-картами. Вона підтримує підключення різноманітних базових шарів (WMS, XYZ, TileLayer), накладання векторних об'єктів у форматі GeoJSON та інтеграцію з бекендом через API. Це дозволяє безпосередньо відображати дані з баз даних, виконувати динамічне оновлення інформації, додавати підписи, маркери, полігони та інші об'єкти. Крім Leaflet, для візуалізації карт використовують Mapbox, OpenLayers та D3.js, які надають розширені можливості для створення інтерактивних візуалізацій, масштабованих карт, теплових карт та тематичних шарів.[8]

Для публікації готових геоданих і інтеграції їх у веб-інтерфейс часто застосовуються геосервери, такі як GeoServer або MapServer. Вони дозволяють

організувати доступ до просторових даних у вигляді стандартних веб-сервісів, включаючи WMS (Web Map Service), WFS (Web Feature Service) та WMTS (Web Map Tile Service), які можна підключати безпосередньо до картографічних бібліотек на фронтенді. За допомогою таких сервісів на веб-карті можна відображати як растрові, так і векторні шари, включаючи тематичні дані, супутникові знімки та дані дистанційного зондування, що значно розширює аналітичні можливості геопорталу.

Крім того, сучасні інтерактивні геопортали часто використовують технології асинхронного завантаження даних (AJAX), WebSockets або GraphQL для забезпечення швидкого та безперервного оновлення інформації на карті без необхідності перезавантаження сторінки. Це дозволяє користувачам працювати з великими обсягами даних у реальному часі, виконувати просторовий аналіз та переглядати зміни на карті миттєво. Додатково застосовуються фреймворки для побудови складних веб-додатків, такі як React, Vue.js або Angular, що дозволяє організувати модульну структуру геопорталу, інтегрувати панелі аналітики, графіки, фільтри та динамічні інтерфейси користувача.

Таким чином, інтеграція клієнтської та серверної частини, використання API, геосерверів і спеціалізованих JavaScript-бібліотек забезпечує створення сучасних інтерактивних геопорталів, здатних обробляти великі обсяги просторової інформації, відображати її на карті в зручному та наочному вигляді, а також надавати користувачу широкий спектр аналітичних і візуалізаційних можливостей.

Сучасні хмарні платформи суттєво спрощують процес створення та публікації інтерактивних геопорталів, дозволяючи розробникам і користувачам працювати з просторовими даними без необхідності розгортання власної серверної інфраструктури. Одним із прикладів таких рішень є QGIS Cloud, сервіс, інтегрований із популярною настільною ГІС-програмою QGIS. QGIS Cloud надає можливість публікації готових картографічних проектів

безпосередньо з десктопного QGIS у веб-простір. Завдяки цьому користувачі можуть зберігати шари, налаштовувати їхнє відображення, інтегрувати атрибутивні таблиці та організувати доступ до карт через стандартні веб-браузери. Сервіс підтримує інтерактивність, дозволяючи здійснювати масштабування, фільтрацію та перегляд атрибутів об'єктів на карті, а також забезпечує публікацію даних у форматі WMS/WFS, що робить їх сумісними з іншими веб-картографічними бібліотеками, такими як Leaflet або OpenLayers.[14]

Подібним чином функціонують хмарні рішення компанії ESRI, зокрема ArcGIS Online. Ця платформа дозволяє створювати інтерактивні вебкарти та геоаналітичні додатки без необхідності локальної установки серверів або спеціалізованого програмного забезпечення. Користувачі можуть завантажувати власні геодані у вигляді векторних і растрових шарів, налаштовувати символіку, будувати тематичні шари та інтерактивні елементи, а також організувати спільний доступ для різних груп користувачів. ArcGIS Online підтримує інтеграцію з іншими сервісами ESRI, такими як ArcGIS Pro, що дозволяє безперервно переносити проекти з десктопної ГІС у вебсередовище. Крім цього, платформа надає інструменти для просторового аналізу, побудови дашбордів та візуалізації результатів у реальному часі, що робить її потужним інструментом для професійної геоаналітики.

Використання хмарних платформ має кілька ключових переваг для розробки геопорталів. По-перше, вони дозволяють значно скоротити час розгортання вебсистеми, оскільки відсутня необхідність встановлювати та адмініструвати сервери, бази даних і геосервери. По-друге, хмарні сервіси забезпечують масштабованість і стабільність роботи навіть при великому навантаженні або обробці великих обсягів даних. По-третє, вони дозволяють легко інтегрувати дані з різних джерел і об'єднувати їх у єдиний вебпортал, забезпечуючи зручний доступ до актуальної просторової інформації для широкого кола користувачів.[1]

Таким чином, хмарні платформи, такі як QGIS Cloud та ArcGIS Online, значно розширюють можливості розробників інтерактивних геопорталів, надаючи інструменти для публікації, візуалізації та аналізу геопросторових даних у вебсередовищі. Вони забезпечують простоту у використанні, інтеграцію з існуючими ГІС-рішеннями та гнучкість у роботі з великими обсягами інформації, що робить їх важливим компонентом сучасних веб-ГІС технологій.

Порівняно з традиційним підходом до розробки геопорталів, де необхідно самостійно проектувати серверну інфраструктуру, налаштовувати бази даних, розгортати геосервери та організовувати безперервну підтримку системи, хмарні сервіси значно спрощують і прискорюють процес створення вебсистем. У класичному сценарії розробка вимагає значних ресурсів на придбання та підтримку серверного обладнання, налаштування безпеки, резервного копіювання та масштабування при зростанні кількості користувачів або обсягів даних. Це не лише подовжує терміни впровадження, а й підвищує складність адміністрування та ризик технічних збоїв, які можуть впливати на доступність та стабільність геопорталу.

Хмарні платформи, навпаки, надають готову інфраструктуру, яка миттєво масштабується під потреби користувача та забезпечує безперервну роботу без необхідності ручного адміністрування. Сервіси на кшталт QGIS Cloud або ArcGIS Online дозволяють розробнику зосередитися на аналітичній і візуалізаційній частині проекту, замість того щоб витратити час на налаштування серверів і геосервісів. Вони пропонують автоматизовані інструменти для публікації карт, керування доступом користувачів, організації тематичних шарів і інтерактивних панелей, що значно підвищує швидкість розгортання геопорталу та знижує потребу у висококваліфікованому адміністративному персоналі.[1]

Крім того, хмарні сервіси забезпечують кращу інтеграцію з сучасними веб-технологіями та сторонніми даними. Використання стандартних

протоколів, таких як WMS, WFS або WMTS, дозволяє підключати шари до різних фронтенд-бібліотек без необхідності додаткової адаптації. Традиційна розробка вимагає окремого налаштування сервісів і часто обмежена можливостями локальної інфраструктури, що ускладнює підключення зовнішніх джерел даних або масштабування системи під навантаження.

Таким чином, хмарні платформи виступають ефективною альтернативою традиційній розробці, пропонуючи гнучкість, швидкість розгортання, масштабованість та зручність інтеграції даних. Водночас традиційні підходи можуть залишатися актуальними для великих організацій або проектів зі специфічними вимогами до безпеки, контролю над даними та кастомізації серверних процесів, де використання хмарних сервісів може бути обмежене політикою або регуляторними вимогами. Поєднання обох підходів дозволяє оптимально реалізовувати проекти геопорталів залежно від ресурсів, цілей та технічних умов конкретної організації.

Розділ 2. АНАЛІЗ ТА ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ІСНУЮЧИХ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ РІШЕНЬ

2.1. Огляд існуючих геопорталів та платформ публікації геопросторових даних

У межах аналізу існуючих геопорталів та платформ публікації геопросторових даних було розглянуто геопортал міської ради міста Львова. Даний ресурс є прикладом сучасного муніципального геопорталу, орієнтованого на широкий спектр користувачів, включаючи мешканців міста, представників органів місцевого самоврядування, фахівців у сфері просторового планування та інших зацікавлених осіб. На рисунку 2.1 представлено загальний вигляд інтерфейсу та карти геопорталу, який характеризується зрозумілою структурою, логічним розміщенням елементів управління та інтуїтивно доступним функціоналом.

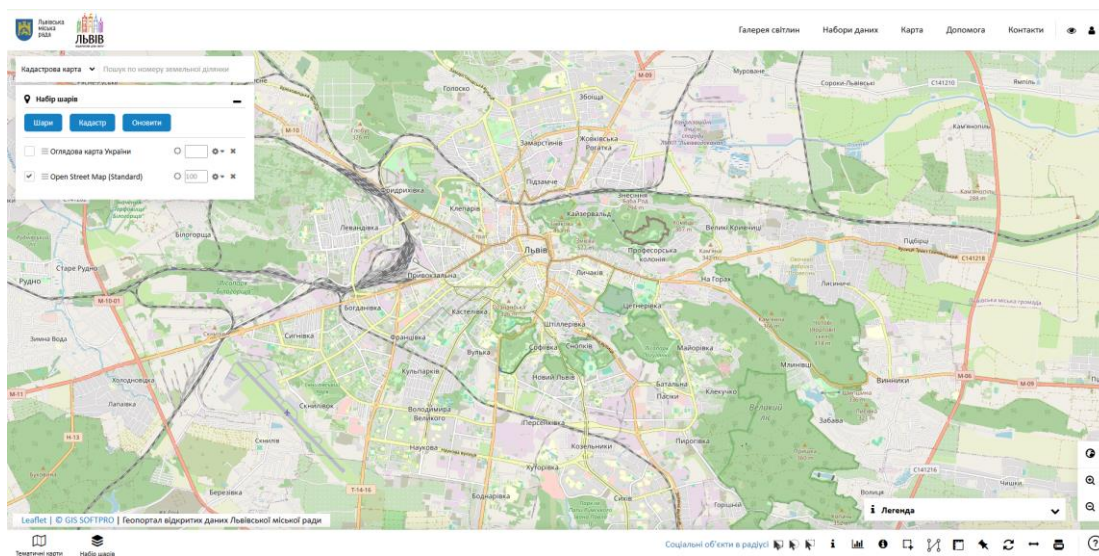


Рис.2.1. Інтерфейс Львівської міської ради

Інтерфейс геопорталу виконаний у мінімалістичному стилі, що сприяє зручності роботи та не перевантажує користувача зайвими візуальними елементами. Основна увага зосереджена на картографічному вікні, яке займає центральну частину екрану та дозволяє комфортно працювати з просторовими даними. Елементи керування картою, зокрема інструменти масштабування,

навігації та взаємодії з об'єктами, розміщені таким чином, щоб забезпечити швидкий доступ без необхідності додаткових дій або пошуку потрібних функцій.

На рисунку 2.2 показано меню шарів геопорталу, яке реалізоване у вигляді структурованого переліку тематичних категорій. Такий підхід дозволяє користувачам легко орієнтуватися у великій кількості доступних геопросторових даних та швидко знаходити необхідні шари. Шари згруповані за логічними ознаками, що полегшує їхнє сприйняття та використання навіть для користувачів без спеціальної геоінформаційної підготовки. Можливість вмикання та вимикання окремих шарів забезпечує гнучкість у роботі з картою та дозволяє адаптувати відображення інформації під конкретні потреби користувача.

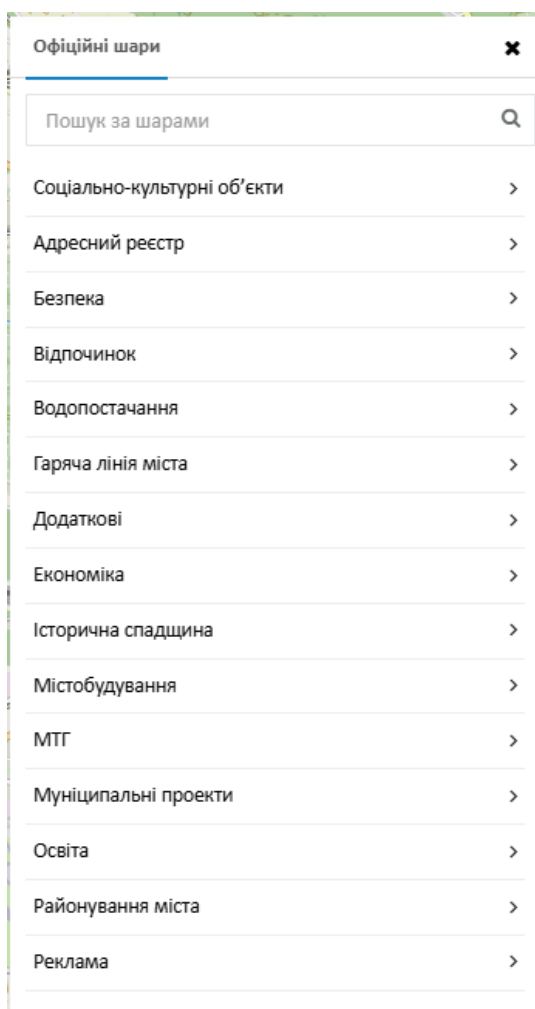


Рис.2.2. Список шарів геопортала

Важливою перевагою геопорталу Львівської міської ради є поєднання функціональності та простоти використання. Мінімалістичний дизайн у поєднанні з інтерактивними елементами сприяє комфортній роботі з просторовими даними та знижує поріг входу для нових користувачів. Такий підхід є показовим прикладом ефективної реалізації веб-геопорталу, орієнтованого не лише на фахівців, але й на широку громадськість, що відповідає сучасним тенденціям відкритості та доступності геопросторової інформації.

Для подальшого аналізу було обрано геопортал міста Рівне, який є прикладом спеціалізованого муніципального ресурсу, орієнтованого на роботу з детальною просторовою інформацією. Геопортал побудований на основі топографічної основи масштабу 1:2000, що забезпечує високу точність відображення об'єктів та робить його придатним для вирішення завдань, пов'язаних із землеустроєм, містобудуванням і кадастровою діяльністю. На рисунку 2.3 представлено загальний вигляд інтерфейсу та картографічного вікна даного геопорталу.

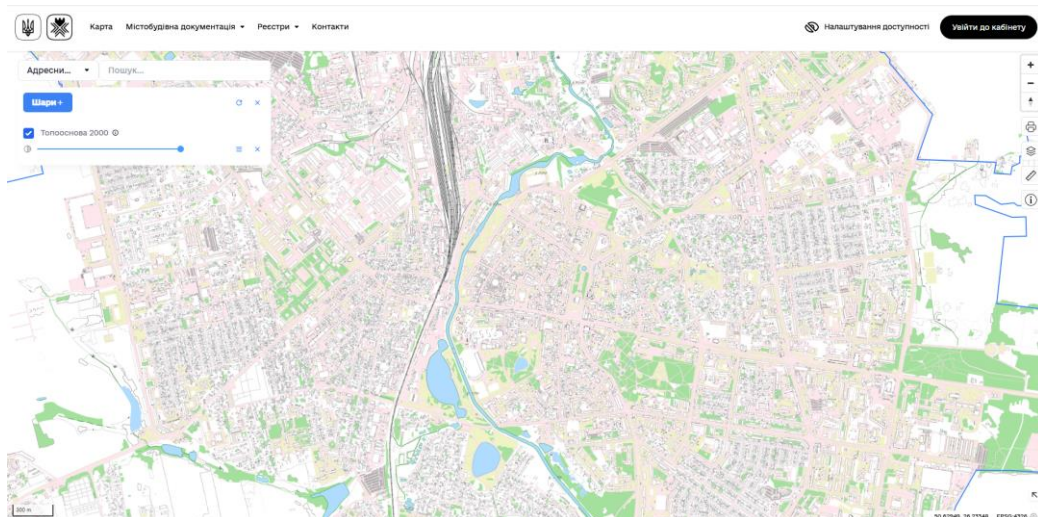


Рис.2.3. Інтерфейс геопортала м.Рівне

Дизайн і візуальне оформлення геопорталу міста Рівне виконані у стилі, подібному до розглянутого раніше геопорталу міста Львова, що сприяє інтуїтивно зрозумілому сприйняттю інтерфейсу користувачем. Основні

елементи керування картою розміщені логічно та забезпечують швидкий доступ до функціональних можливостей системи. Користувач без значних зусиль може орієнтуватися у просторі карти, виконувати навігацію та працювати з наявними інструментами.

На відміну від геопорталу міста Львова, у геопорталі міста Рівне реалізовано розширений набір прикладних функцій, орієнтованих на практичне використання просторових даних. Зокрема, передбачена можливість друку вибраного фрагмента карти, що є важливим для підготовки технічної документації та звітних матеріалів. Також доступні інструменти адресного пошуку та пошуку об'єктів за координатами, які значно спрощують роботу з конкретними територіями або об'єктами нерухомості. Наявність таких функцій свідчить про спрямованість геопорталу на вирішення прикладних професійних завдань.

Водночас кількість доступних тематичних шарів у геопорталі міста Рівне є меншою порівняно з геопорталом міста Львова. Це обмежує можливості комплексного аналізу міського середовища, однак компенсується високою деталізацією представлених даних. Значна частина інформації зосереджена на об'єктах забудови, земельних ділянках та інших елементах міської інфраструктури, що робить даний ресурс особливо корисним для фахівців у сфері геодезії, кадастру та містобудування.

Таким чином, геопортал міста Рівне можна охарактеризувати як спеціалізований інструмент для професійного використання, який поєднує детальну топографічну основу з набором практичних функцій для роботи з просторовими даними. У порівнянні з геопорталом міста Львова, орієтованим на широку аудиторію, геопортал Рівного має більш вузьку цільову спрямованість, що визначає як його функціональні можливості, так і структуру представлених даних.

Окрему групу серед розглянутих рішень становлять тематичні геопортали, орієнтовані не на комплексне відображення міського середовища, а на підтримку конкретних сфер діяльності. Прикладом такого підходу є геопортал «Ліси України», який, на відміну від муніципальних геопорталів, не має надзвичайно широкого набору тематичних шарів, проте пропонує унікальне функціональне наповнення, спрямоване на потреби користувачів, зацікавлених в активному відпочинку, туризмі та рекреаційній діяльності.

Геопортал «Ліси України» зосереджений на відображенні просторової інформації, пов'язаної з рекреаційними зонами, лісовими масивами, парками, зеленими насадженнями, природоохоронними територіями та об'єктами культурної й природної спадщини. Наявність таких даних робить ресурс корисним не лише для туристів, але й для широкого кола користувачів, які цікавляться плануванням подорожей, відпочинком на природі або вивченням природних ресурсів країни. Орієнтація на конкретну тематику дозволяє зосередити увагу на релевантній інформації без перевантаження інтерфейсу надлишковими шарами та функціями.

На рисунку 2.5 представлено інтерфейс геопорталу «Ліси України», який характеризується зручністю у використанні та інтуїтивно зрозумілою логікою взаємодії з картою. Користувач має можливість легко здійснювати навігацію, вмикати тематичні шари та отримувати базову атрибутивну інформацію про об'єкти. Простота інтерфейсу у поєднанні з чіткою візуальною структурою сприяє комфортній роботі з ресурсом навіть для користувачів без спеціальної геоінформаційної підготовки.

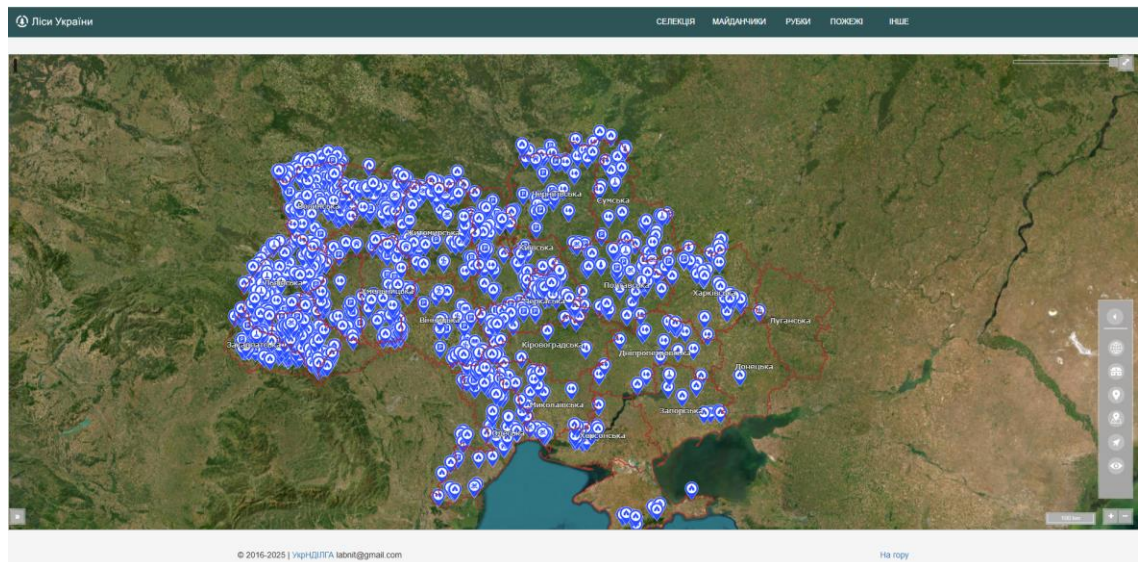


Рис.2.5. Інтерфейс геопортала “Ліси України”

Таким чином, геопортал «Ліси України» є прикладом тематичного веб-ГІС рішення, яке орієнтоване на конкретну цільову аудиторію та вирішує прикладні завдання у сфері рекреації та туризму. У порівнянні з універсальними муніципальними геопорталами, він має більш вузьку спеціалізацію, проте компенсує це високою корисністю та релевантністю представлених даних для обраної групи користувачів.

Розглянуті вище геопортали демонструють достатньо високий рівень функціональності та якості реалізації, проте їх створення й подальша підтримка потребують значних витрат людських і технічних ресурсів. Розробка геопорталу подібного рівня передбачає участь розробника або команди розробників, які відповідають за клієнтську та серверну частини, налаштування геосервісів, інтеграцію баз даних і забезпечення стабільної роботи системи. Окрім цього, окремим трудомістким етапом є підготовка та актуалізація самих геопросторових даних, що включає їх збір, обробку, структурування та приведення до єдиних форматів і систем координат.

З метою зменшення витрат на розробку, адміністрування та залучення висококваліфікованих спеціалістів у сучасній практиці широко використовуються готові платформи для створення інтерактивних карт і веб-

геоінформаційних ресурсів. Основною перевагою таких платформ є те, що вони надають користувачам уже налаштоване середовище для публікації геопросторових даних і побудови вебкарт без необхідності розгортання власної інфраструктури та глибоких знань у сфері вебпрограмування або адміністрування серверів. Це робить подібні рішення доступними для організацій і користувачів з обмеженими ресурсами або невеликими командами.

Однією з найбільш поширених платформ такого типу є ArcGIS Online. Даний сервіс дозволяє публікувати векторні та растрові шари, створювати інтерактивні вебкарти та розробляти окремі сторінки або додатки з використанням опублікованих даних. Платформа надає інструменти для налаштування стилів відображення, побудови тематичних шарів, керування доступом користувачів та організації спільної роботи з даними. Завдяки інтеграції з іншими продуктами екосистеми ESRI, ArcGIS Online є зручним інструментом для швидкої публікації геопросторових даних та створення повноцінних вебкартографічних рішень без значних витрат на розробку власного геопорталу.[1]

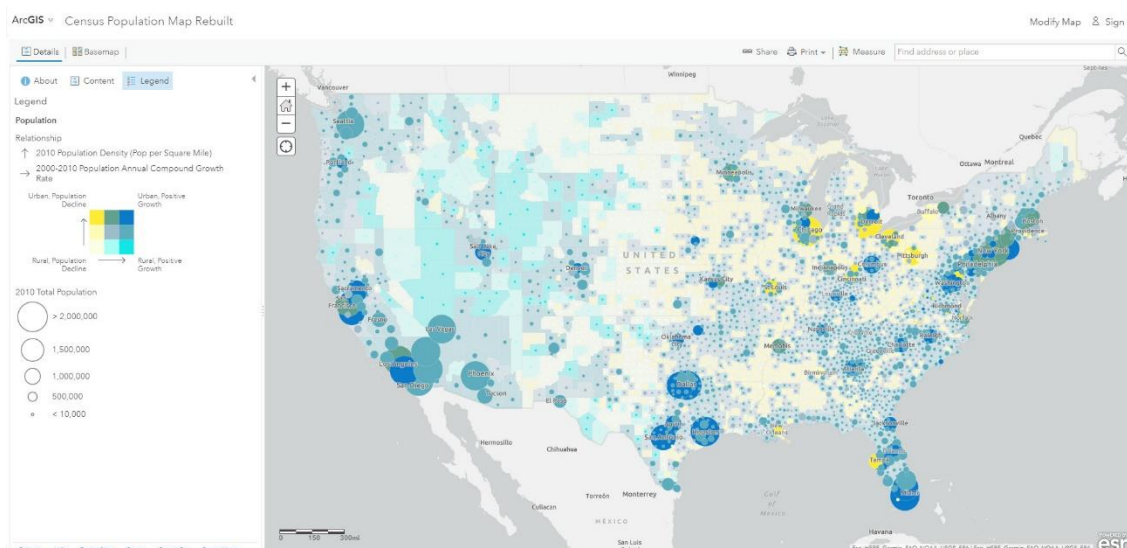


Рис.2.6. Інтерфейс платформи “ArcGis Online”

Поряд із комерційними хмарними рішеннями широкого застосування набули й платформи з відкритою архітектурою, орієнтовані на користувачів

відкритого програмного забезпечення. Однією з таких платформ є QGIS Cloud, хмарний сервіс, тісно інтегрований із настільним геоінформаційним середовищем QGIS. Даний сервіс надає можливість публікації геопросторових даних та карт безпосередньо з середовища настільної ГІС, що суттєво спрощує процес переходу від локальної обробки даних до їх веб-візуалізації.

Особливістю QGIS Cloud є можливість завантаження та публікації шарів за допомогою спеціального плагіна, який встановлюється безпосередньо в середовище QGIS. Завдяки цьому користувач може підготувати картографічний проєкт у звичному робочому середовищі, налаштувати стилі відображення, структуру шарів та атрибутивні дані, після чого опублікувати готову карту в хмарному сервісі без необхідності додаткового налаштування серверів або веб-інтерфейсів. Такий підхід значно знижує технічний поріг входу для користувачів і дозволяє зосередитися на аналізі та змістовному наповненні геоданих. [14]

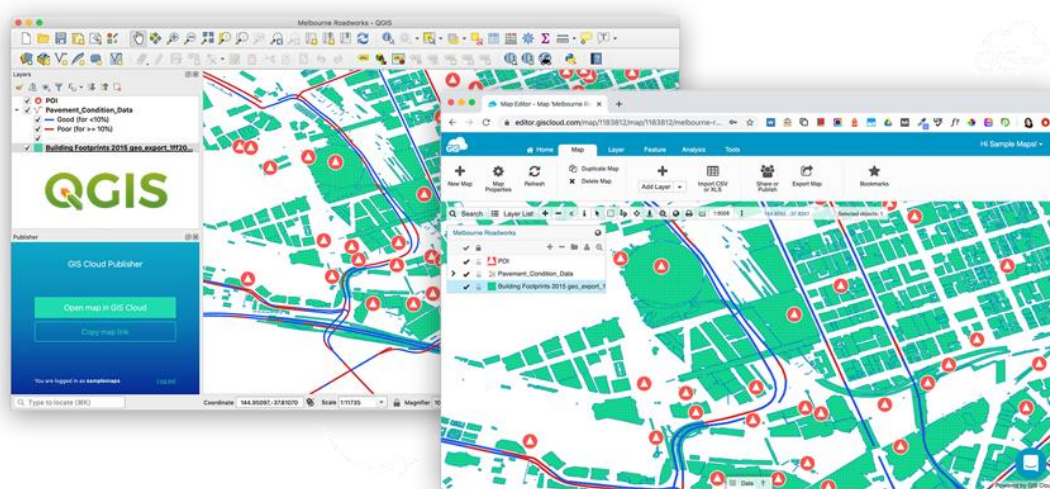


Рис.2.7. Інтерфейс платформи “Qgis Cloud”

QGIS Cloud забезпечує інтерактивне відображення карт у веббраузері, підтримує стандартні функції навігації, роботу з атрибутами об’єктів та підключення опублікованих шарів через вебсервіси. Це робить платформу зручним інструментом для створення простих геопорталів, демонстраційних карт або тематичних вебресурсів, особливо у випадках, коли важливо

мінімізувати витрати на розробку та обслуговування системи. У порівнянні з повноцінною індивідуальною розробкою геопорталу, використання QGIS Cloud дозволяє значно скоротити час впровадження рішення та зменшити потребу в залученні спеціалізованих ІТ-фахівців.

Таким чином, ArcGIS Online та QGIS Cloud можна розглядати як ефективні альтернативи традиційній розробці геопорталів, які забезпечують швидку публікацію геопросторових даних, зручну веб-візуалізацію та базові аналітичні можливості. Вибір конкретної платформи залежить від вимог проєкту, доступних ресурсів та використовуваного програмного забезпечення, однак обидва підходи дозволяють значно спростити процес створення інтерактивних картографічних ресурсів.

2.2. Порівняльний аналіз програмних платформ та інструментів розроблення

залучення кваліфікованих спеціалістів у галузі геоінформаційних систем і веброзробки. Для повноцінного функціонування такого геопорталу необхідно виконати цілий комплекс взаємопов'язаних завдань, які охоплюють як підготовку геопросторових даних, так і розробку програмної інфраструктури. Зокрема, на початковому етапі потрібно спроектувати та налаштувати базу даних із підтримкою просторових типів, забезпечити коректне зберігання векторних і растрових даних, а також підготувати їх до публікації у вебсередовищі.

Окрім цього, розробка геопорталу передбачає створення серверної частини, яка відповідає за обробку запитів користувачів, доступ до бази даних та передачу просторової інформації у форматах, придатних для візуалізації на клієнтській стороні. Важливим етапом є розробка вебсервісів та API, які забезпечують взаємодію між сервером, клієнтською частиною та базою даних, а також реалізацію механізмів безпеки, керування доступом і контролю цілісності даних. Паралельно необхідно розробити клієнтську частину

геопорталу, що включає створення вебінтерфейсу, інтерактивної карти та засобів взаємодії користувача з геопросторовими даними.[17]

Усі зазначені етапи потребують узгодженої роботи спеціалістів різного профілю, зокрема розробників бекенду, фронтенду та фахівців з геоінформаційних технологій. Відсутність готових компонентів або платформ змушує реалізовувати значну частину функціоналу вручну, що збільшує терміни розробки та ускладнює подальше супроводження і масштабування системи. Саме тому під час вибору підходу до створення геопорталу доцільно виконувати порівняльний аналіз наявних програмних платформ та інструментів розроблення, з метою визначення оптимального співвідношення між функціональними можливостями, витратами ресурсів та складністю впровадження.

У процесі вибору підходу до створення геопорталу важливо враховувати не лише функціональні можливості кінцевого продукту, але й витрати ресурсів, складність впровадження та подальшого супроводу системи. Традиційна розробка геопорталу з використанням власної серверної інфраструктури, бази даних та вебтехнологій надає розробнику максимальну гнучкість і контроль над усіма компонентами системи. Такий підхід дозволяє реалізувати нестандартні функції, оптимізувати продуктивність під конкретні задачі та інтегрувати геопортал із зовнішніми інформаційними системами. Водночас він вимагає значних витрат часу, високої кваліфікації розробників та постійних зусиль на підтримку і масштабування сервісу.

Альтернативою традиційній розробці є використання готових хмарних платформ для публікації геопросторових даних, зокрема ArcGIS Online та QGIS Cloud. Дані сервіси дозволяють значно скоротити час створення інтерактивних карт і геопорталів, оскільки більшість базових механізмів — зберігання даних, публікація шарів, візуалізація та доступ користувачів — уже реалізовані на рівні платформ. Користувачу достатньо підготувати

геопросторові дані та виконати їх публікацію через вебінтерфейс або спеціалізовані плагіни настільних ГІС.

ArcGIS Online орієнтований переважно на комерційне використання та пропонує широкий спектр інструментів для аналізу, створення вебкарт, дашбордів і тематичних вебзастосунків. Водночас використання цієї платформи пов'язане з ліцензійними обмеженнями та необхідністю оплати доступу до розширеного функціоналу. QGIS Cloud, у свою чергу, є більш доступним рішенням, тісно інтегрованим із відкритим програмним середовищем QGIS, що робить його привабливим для навчальних, дослідницьких та невеликих прикладних проєктів. Однак функціональні можливості QGIS Cloud є обмеженішими порівняно з комерційними платформами, особливо у частині масштабування та розширеної аналітики.[1]

Варто також враховувати, що використання хмарних платформ для публікації геопросторових даних значно знижує поріг входу для фахівців, які не мають глибоких знань у вебпрограмуванні та адмініструванні серверів. Завдяки готовій інфраструктурі такі сервіси дозволяють зосередитися безпосередньо на роботі з геоданими, їх актуалізації та аналізі, мінімізуючи необхідність вирішення технічних питань, пов'язаних із розгортанням і підтримкою геопорталу. Це робить хмарні рішення особливо привабливими для органів місцевого самоврядування, навчальних установ і невеликих організацій, де ресурси на розробку власних інформаційних систем є обмеженими.

Водночас традиційний підхід до розробки геопорталу залишається актуальним у випадках, коли висувуються підвищені вимоги до безпеки, інтеграції з внутрішніми інформаційними системами або реалізації специфічного функціоналу, який неможливо повністю забезпечити засобами готових платформ. У таких проєктах власна розробка дозволяє досягти більшої гнучкості та адаптації системи до конкретних потреб користувачів, хоча й потребує значно більших витрат на етапах створення та супроводу. Таким

чином, вибір програмної платформи або інструментів розроблення геопорталу повинен базуватися на балансі між функціональними вимогами, доступними ресурсами та довгостроковими цілями впровадження геоінформаційної системи.

Таким чином, вибір між традиційною розробкою геопорталу та використанням хмарних сервісів залежить від поставлених завдань, доступних ресурсів та вимог до гнучкості системи. Для наочного узагальнення основних відмінностей між зазначеними підходами доцільно використати порівняльну таблицю.

Критерій порівняння	Традиційна розробка геопорталу	ArcGIS Online	QGIS Cloud
Вартість використання	Висока (розробка, сервери, підтримка)	Переважно платна, залежить від ліцензії	Є безкоштовний тариф, платні розширення
Гнучкість налаштувань	Максимальна, повний контроль	Обмежена рамками платформи	Обмежена, базовий функціонал
Складність впровадження	Висока, потребує кваліфікованих спеціалістів	Низька–середня	Низька
Час розгортання	Тривалий	Короткий	Дуже короткий
Інтеграція з ГІС	Потребує окремого налаштування	Повна інтеграція з ArcGIS	Повна інтеграція з QGIS
Масштабування	Повністю контролюється розробником	Реалізоване на рівні сервісу	Обмежене
Цільова аудиторія	Органи влади, великі проєкти	Організації, бізнес, муніципалітети	Освітні, наукові та невеликі проєкти

Таблиця 2.1. Порівняльний аналіз програмних платформ для створення геопорталів

2.3. Функціональні можливості та обмеження сучасних геопорталів

Сучасні геопортали є складними веб-інформаційними системами, що поєднують у собі засоби зберігання, обробки та візуалізації геопросторових даних і забезпечують доступ до них через вебінтерфейс. Їх функціональні можливості значною мірою визначаються обраними технологіями реалізації, типом геоданих, а також цільовою аудиторією, для якої створюється ресурс. Аналіз існуючих геопорталів дозволяє виділити низку типових функцій, які формують базовий рівень сучасних веб-ГІС, а також окреслити обмеження, з якими стикаються як розробники, так і кінцеві користувачі.[19]

Однією з ключових функціональних можливостей сучасних геопорталів є інтерактивна візуалізація просторових даних. Користувач має змогу працювати з картою в режимі реального часу, виконувати масштабування, панорамування, перемикання базових підкладок та тематичних шарів. Більшість геопорталів підтримують відображення як векторних, так і растрових даних, що дозволяє поєднувати інформацію різного походження, зокрема кадастрові дані, топографічні плани, ортофотоплани або тематичні шари. Інтерактивність картографічного інтерфейсу підвищує зручність сприйняття інформації та робить геопортали доступними для широкого кола користувачів.[17]

Важливою функцією геопорталів є можливість пошуку та фільтрації даних. Це може бути адресний пошук, пошук за координатами або за атрибутивними характеристиками об'єктів. Такі інструменти дозволяють швидко знаходити необхідні просторові об'єкти та працювати з ними без необхідності перегляду всієї карти. У більш розвинених геопорталах реалізуються елементи просторового аналізу, зокрема визначення відстаней, площ, перетинів об'єктів або вибірки даних за просторовими критеріями. Однак складність і глибина таких аналітичних функцій зазвичай обмежені вебформатом і часто поступаються можливостям настільних ГІС.

Разом із функціональними можливостями сучасні геопортали мають і низку обмежень. Одним із ключових факторів є залежність продуктивності від обсягів даних і кількості одночасних користувачів. При роботі з великими масивами геопросторової інформації або високодеталізованими шарами можуть виникати затримки в завантаженні даних та зниження швидкодії інтерфейсу. Це особливо помітно у випадках, коли серверна інфраструктура недостатньо оптимізована або використовуються обмежені ресурси хмарних платформ.

Ще одним обмеженням є рівень гнучкості та кастомізації геопорталів, особливо при використанні готових хмарних рішень. Такі платформи значно спрощують процес створення вебкарт, однак часто обмежують можливості зміни інтерфейсу, реалізації нестандартних аналітичних функцій або інтеграції зі сторонніми інформаційними системами. У випадку індивідуальної розробки ці обмеження можуть бути подолані, проте це потребує додаткових ресурсів, часу та залучення кваліфікованих спеціалістів.

Окрему роль у функціонуванні сучасних геопорталів відіграє організація взаємодії користувача з атрибутивною інформацією просторових об'єктів. Більшість веб-ГІС надають можливість перегляду описових характеристик об'єктів безпосередньо на карті, що реалізується через спливаючі вікна, інформаційні панелі або інтерактивні таблиці. Такий підхід дозволяє поєднати картографічну та табличну інформацію в єдиному середовищі, підвищуючи інформативність геопорталу та зручність аналізу даних. Водночас глибина роботи з атрибутивними даними часто є обмеженою, оскільки складні запити, багаторівнева фільтрація або редагування інформації зазвичай залишаються функціями серверної частини або настільних ГІС.

Важливою функціональною складовою сучасних геопорталів є можливість роботи з різними джерелами геопросторових даних. Геопортали можуть інтегрувати дані з внутрішніх баз даних, зовнішніх вебсервісів, відкритих геопорталів та державних реєстрів. Це дозволяє створювати

комплексні інформаційні ресурси, які відображають просторову інформацію з різних тематичних сфер. Проте така інтеграція потребує узгодження форматів даних, систем координат та стандартів обміну інформацією, що може ускладнювати реалізацію геопорталу та обмежувати його гнучкість при розширенні функціоналу.

Окремим аспектом функціональних можливостей геопорталів є підтримка багатокористувацького доступу та управління правами користувачів. У сучасних веб-ГІС реалізуються механізми розмежування доступу до даних, які дозволяють відкривати або обмежувати перегляд окремих шарів, функцій чи атрибутивної інформації залежно від ролі користувача. Це особливо актуально для муніципальних і корпоративних геопорталів, де частина даних може бути призначена для внутрішнього користування, а інша — для публічного доступу. Разом із тим, реалізація таких механізмів підвищує складність системи та потребує додаткових ресурсів на адміністрування і підтримку актуальності прав доступу.[19]

Значні обмеження сучасних геопорталів пов'язані з питаннями продуктивності та масштабованості. Вебформат накладає певні технічні обмеження на обсяг даних, які можуть бути ефективно передані та візуалізовані на стороні клієнта. При роботі з великими наборами векторних об'єктів або високодеталізованими растровими даними виникає потреба у використанні механізмів генералізації, кешування та тайлової структури зберігання карт. У випадках, коли такі механізми не реалізовані або налаштовані недостатньо ефективно, геопортал може втрачати швидкодію та зручність у використанні.

Окрім технічних аспектів, суттєвими є й обмеження, пов'язані з користувацьким досвідом. Надмірна кількість функцій, складна структура меню або перевантажений інтерфейс можуть ускладнювати роботу користувача та знижувати ефективність використання геопорталу. Саме тому сучасні тенденції у проектуванні веб-ГІС спрямовані на пошук балансу між

функціональністю та простотою інтерфейсу, коли ключові інструменти доступні інтуїтивно, а складніші можливості реалізуються без перевантаження основного картографічного вікна.

Таким чином, функціональні можливості сучасних геопорталів охоплюють широкий спектр інструментів для візуалізації, аналізу та пошуку геопросторових даних, однак їх реалізація завжди супроводжується певними технічними, організаційними та інтерфейсними обмеженнями. Усвідомлення цих факторів є необхідним етапом при проектуванні власного геопорталу, оскільки дозволяє сформулювати обґрунтовані вимоги до системи та обрати оптимальні технологічні рішення з урахуванням реальних умов експлуатації.

2.4. Формування вимог до геопорталу територіальної громади

Під час проектування та розробки геопорталу для територіальної громади важливо керуватися не лише функціональними потребами користувачів, але й правовими й технічними вимогами, які визначені чинним законодавством України та нормами національної інфраструктури геопросторових даних (НІГД). Основним нормативно-правовим документом, що створює правову основу для формування, функціонування і розвитку цифрових геопросторових ресурсів в Україні, є Закон України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних», який встановлює засади доступу до геопросторових даних, їхню систему управління, обов'язки держателів даних та порядок обміну метаданими. Цей закон спрямований на забезпечення прозорості, доступності та ефективного використання інформації, а також визначає адміністративну відповідальність у разі порушення правил створення та використання таких даних. У межах цього законодавчого поля територіальні громади, як потенційні держателі геопросторових даних, повинні забезпечувати належний рівень відкритості й доступності опублікованої інформації відповідно до встановлених правил. [12]

Крім загального правового регулювання, для практичної реалізації вимог до цифрових картографічних ресурсів існують Технічні вимоги до геоінформаційних сервісів геопорталів НІГД, затверджені наказом Міністерства аграрної політики та продовольства України № 347 від 10 листопада 2021 року. Ці вимоги визначають ключові параметри, яким повинні відповідати сервіси, що публікують просторові дані через геопортали. Вони охоплюють аспекти взаємодії з користувачем, забезпечення інтероперабельності та сумісності, підтримки стандартних сервісів для доступу до картографічних шарів, метаданих і атрибутів, а також визначають технічні параметри для запитів типу «Отримати карту», зокрема підтримку списку шарів, стилів відображення та систем координат. Виконання цих вимог сприяє уніфікації методів обміну даними між різними сервісами та підвищує якість і доступність геопросторових ресурсів. [12]

Важливою умовою у формуванні вимог до геопорталу є інтероперабельність даних та сервісів, що забезпечує їхню сумісність між собою незалежно від джерел походження чи програмних платформ. Це означає, що дані, представлені у рамках геопорталу громади, повинні бути стандартизовані згідно з національними та міжнародними стандартами ISO (зокрема ISO 191xx), що дозволяє забезпечити обмін і повторне використання просторових наборів даних у ширшому контексті НІГД. Вимоги щодо інтероперабельності також передбачають використання відкритих форматів обміну (наприклад, GeoJSON, GML) і механізмів для підключення сервісів через стандартизовані протоколи (WMS, WFS, WMTS), що забезпечує сумісність із різноманітними клієнтськими бібліотеками та GIS-системами.

Крім технічних аспектів, вимоги до геопорталу територіальної громади повинні також враховувати принципи відкритості та доступності інформації для користувачів. Зокрема, оприлюднення даних у вигляді відкритих наборів та метаданих відповідає загальнодержавним ініціативам у сфері відкритих даних, що реалізуються через Єдиний вебпортал відкритих даних. Згідно з

цими принципами, публічні дані повинні бути доступні для перегляду, копіювання, розповсюдження та використання будь-якими користувачами, за умови належного посилання на джерело, що сприяє підвищенню прозорості та ефективності місцевого управління.

Крім законодавчих і технічних вимог, при формуванні геопорталу територіальної громади важливо враховувати аспект користувацького інтерфейсу та доступності ресурсів. Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс є ключовим елементом ефективної роботи користувачів з геопросторовими даними, оскільки дозволяє швидко орієнтуватися на карті, додавати та вимикати шари, переглядати атрибутивну інформацію і виконувати пошук за адресами, координатами або іншими характеристиками об'єктів. Особлива увага приділяється забезпеченню доступності для користувачів з обмеженими можливостями, що включає підтримку адаптивного дизайну, сумісність із засобами читання з екрану та можливість масштабування інтерфейсу. Забезпечення зручності та логічної структури інтерфейсу підвищує ефективність використання геопорталу та сприяє залученню громадян до активного користування ресурсом.

Не менш важливим є питання актуалізації та оновлення геопросторових даних. Геопортал має забезпечувати регулярне оновлення публікаційних шарів шляхом інтеграції з внутрішніми реєстрами та базами даних громади, а також підтримки механізмів контролю достовірності та повноти інформації. Відображення дати останнього оновлення, можливість версіонування даних та відстеження змін є необхідними для забезпечення надійності інформації та підвищення довіри користувачів до геопорталу.

Безпека та контроль доступу до інформації є ще одним критично важливим аспектом. Хоча значна частина даних призначена для відкритого доступу, деякі шари можуть містити обмежену інформацію, що потребує аутентифікації та авторизації користувачів. Впровадження механізмів розмежування прав доступу до окремих шарів і атрибутів, а також захист від

несанкціонованого доступу та модифікації даних є необхідною умовою для збереження конфіденційності та цілісності інформації.

Не менш важливими є вимоги до масштабованості та інтеграції з іншими інформаційними системами. Геопортал має бути спроектований так, щоб підтримувати збільшення обсягів даних і одночасної кількості користувачів без втрати продуктивності. Інтеграція з іншими державними чи муніципальними сервісами, зокрема системами електронного урядування та кадастровими базами, дозволяє створити єдине інформаційне середовище для територіальної громади та підвищує ефективність використання геопросторових ресурсів у процесі прийняття рішень.

Окремо слід виділити вимогу до повного та коректного документування даних. Кожен шар геопорталу має супроводжуватися метаданими, що описують джерело інформації, дату оновлення, систему координат, атрибути та обмеження використання. Такий підхід забезпечує прозорість ресурсів, підвищує якість даних і гарантує відповідність національним стандартам НІГД та міжнародним практикам управління геопросторовою інформацією.[12]

Узагальнюючи, формування вимог до геопорталу територіальної громади має комплексний характер і передбачає врахування законодавчих норм, стандартів НІГД, технічних аспектів, зручності користувацького інтерфейсу, безпеки, актуальності та масштабованості даних. Лише комплексний підхід до визначення вимог дозволяє створити функціональний, надійний і доступний ресурс, який задовольняє потреби як спеціалістів, так і громадян у відкритому та ефективному використанні геопросторової інформації.

Розділ 3. РОЗРОБЛЕННЯ ІНТЕРАКТИВНОГО ГЕОПОРТАЛУ ДЛЯ ПУБЛІКАЦІЇ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ ГРОМАДИ

3.1. Проектування структури та функціональної моделі геоportалу

Для розробки власного програмного рішення з публікації геопросторових шарів територіальної громади було обрано багаторівневу архітектуру, яка забезпечує чіткий розподіл функцій між клієнтською частиною, серверною логікою та системою зберігання даних. Загальна структура геоportалу та взаємодія його основних компонентів представлена на схемі, зображеній на рис. 3.1. Дана схема ілюструє логіку доступу користувача до геопросторових даних, а також основні потоки обміну інформацією між елементами системи.

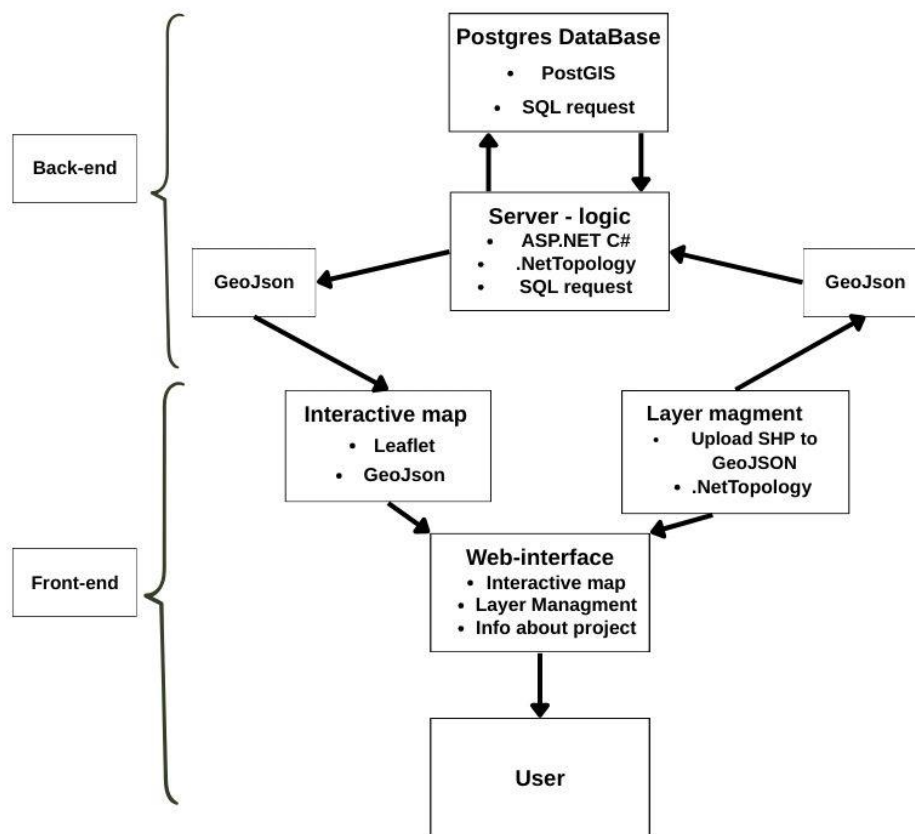


Рис.3.1. Схема структури для розробки платформи

Клієнтська частина геопорталу реалізована у вигляді вебсторінки, що забезпечує інтерактивну взаємодію користувача з картографічною інформацією. Основним елементом інтерфейсу є інтерактивна карта, яка дозволяє переглядати, вмикати та вимикати геопросторові шари, отримувати атрибутивну інформацію про об'єкти та виконувати базові навігаційні операції. Для реалізації картографічного інтерфейсу використано бібліотеку Leaflet, яка є легковаговим та гнучким інструментом для вебвізуалізації просторових даних. Leaflet забезпечує підтримку масштабування, панорамування карти, роботу з векторними об'єктами та накладання тематичних шарів.

Векторні геопросторові дані, що відображаються на карті, передаються до клієнтської частини у форматі GeoJSON. Даний формат є зручним для використання у вебзастосунках, оскільки безпосередньо підтримується JavaScript-бібліотеками та дозволяє легко працювати з геометриями і атрибутивними даними. Leaflet, у свою чергу, використовує отримані GeoJSON-об'єкти для побудови картографічних шарів і їх подальшої інтерактивної візуалізації.

Окремим елементом клієнтської частини є сторінка для публікації геопросторових шарів, доступ до якої мають лише користувачі з адміністративними правами. Даний інтерфейс призначений для завантаження векторних даних у форматі shape-файлів, які після перевірки та обробки передаються на серверну частину для збереження і подальшого використання в геопорталі. Таким чином реалізується розмежування доступу між звичайними користувачами, які лише переглядають дані, та адміністраторами, відповідальними за наповнення і актуалізацію інформації.

Серверна частина геопорталу реалізована на основі мови програмування C# з використанням фреймворка ASP.NET. Вона відповідає за обробку запитів від клієнтської частини, керування доступом до даних, виконання операцій з базою даних та формування відповідей у форматі, придатному для подальшої

візуалізації. Для роботи з просторовими даними на сервері використовується бібліотека NetTopologySuite, яка надає інструменти для обробки геометрій, виконання просторових операцій та коректної взаємодії з базою даних PostGIS.

Зберігання геопросторових даних реалізовано у базі даних PostgreSQL з розширенням PostGIS, що забезпечує підтримку просторових типів даних та виконання геоінформаційних запитів. Усі завантажені шари після публікації зберігаються у відповідних таблицях бази даних, де для кожного об'єкта зберігається як геометрія, так і атрибутивна інформація. Основна частина функціоналу серверної логіки реалізована за рахунок SQL-запитів до бази даних, що дозволяє ефективно виконувати вибірки, фільтрацію та підготовку даних для передачі на клієнтську сторону.

Таким чином, запропонована структура геопорталу забезпечує чіткий поділ відповідальностей між клієнтською, серверною частинами та системою зберігання даних, що спрощує розробку, супровід і подальше розширення функціональних можливостей системи. Обрана архітектура є гнучкою, масштабованою та відповідає сучасним підходам до створення веборієнтованих геоінформаційних систем.

3.2. Вибір та обґрунтування технологічного стеку

Під час розробки геопорталу територіальної громади особливу увагу було приділено вибору технологічного стеку, оскільки саме він визначає надійність, продуктивність та можливості подальшого розвитку системи. Основним елементом серверної частини геопорталу обрано фреймворк ASP.NET, який використовується у поєднанні з мовою програмування C#. Даний фреймворк забезпечує створення масштабованих вебзастосунків із чіткою архітектурою, підтримкою сучасних підходів до розробки серверної логіки та зручними механізмами роботи з API. Використання ASP.NET дозволяє ефективно реалізувати обробку HTTP-запитів, керування доступом

користувачів, а також організацію взаємодії між клієнтською частиною та базою даних.

Однією з ключових переваг обраного серверного стеку є інтеграція з бібліотекою NetTopologySuite, яка забезпечує розширені можливості роботи з векторними геопросторовими даними. Дана бібліотека дозволяє виконувати обробку геометрій, просторові обчислення та перетворення даних, зокрема формування об'єктів у форматі GeoJSON для подальшої передачі на клієнтську сторону. Використання NetTopologySuite значно спрощує реалізацію операцій з просторовими об'єктами та забезпечує коректну взаємодію серверної логіки з базою даних, що містить геопросторові типи.

Для зберігання геопросторових даних у межах геопорталу було обрано систему управління базами даних PostgreSQL з розширенням PostGIS. Такий вибір обумовлений високою стабільністю PostgreSQL, його широкою підтримкою у ГІС-середовищі та можливістю ефективної роботи з просторовими даними різних типів. Розширення PostGIS надає інструменти для зберігання геометрій, виконання просторових запитів, аналізу та фільтрації даних безпосередньо на рівні бази даних. Це дозволяє перенести значну частину обчислювального навантаження на сервер бази даних та підвищити загальну продуктивність геопорталу.

```

1 SELECT * FROM public."Земельні ділянки"
2 ORDER BY id ASC

```

Data Output Messages Notifications

Showing rows: 1 to 1000 Page No: 1 of 4

id	geom	address	cadnum	category	ownership	purpose
[PK] int4	geometry	character	character varying	character varying	character varying	character varying
1	0103000020...	[null]	2624410100.01:111.0007	Землі житлової та громадської забудови	Приватна власність	02.01 Для будівництва і обслуговування житлового будинку, господарських будівель і споруд
2	0103000020...	[null]	2624410100.01:112.0004	Землі житлової та громадської забудови	Приватна власність	02.01 Для будівництва і обслуговування житлового будинку, господарських будівель і споруд
3	0103000020...	[null]	2624410100.01:110.0005	Землі житлової та громадської забудови	Приватна власність	02.01 Для будівництва і обслуговування житлового будинку, господарських будівель і споруд
4	0103000020...	[null]	2624410100.01:111.0002	Землі житлової та громадської забудови	Приватна власність	02.01 Для будівництва і обслуговування житлового будинку, господарських будівель і споруд
5	0103000020...	[null]	2624410100.01:108.0007	Землі промисловості, транспорту, зв'язк...	Державна власність	12.04 Для розміщення та експлуатації будівель і споруд автомобільного транспорту та дорож
6	0103000020...	[null]	2624410100.01:110.0002	Землі житлової та громадської забудови	Приватна власність	02.01 Для будівництва і обслуговування житлового будинку, господарських будівель і споруд
7	0103000020...	[null]	2624410100.01:106.0008	Землі житлової та громадської забудови	Приватна власність	02.01 Для будівництва і обслуговування житлового будинку, господарських будівель і споруд
8	0103000020...	[null]	2624410100.01:108.0005	Землі промисловості, транспорту, зв'язк...	Приватна власність	11.02 Для розміщення та експлуатації основних, підсобних і допоміжних будівель та споруд
9	0103000020...	[null]	2624410100.01:106.0003	Землі житлової та громадської забудови	Приватна власність	02.01 Для будівництва і обслуговування житлового будинку, господарських будівель і споруд
10	0103000020...	[null]	2624410100.01:106.0006	Землі житлової та громадської забудови	Приватна власність	02.01 Для будівництва і обслуговування житлового будинку, господарських будівель і споруд
11	0103000020...	[null]	2624410100.01:105.0014	Землі житлової та громадської забудови	Приватна власність	02.01 Для будівництва і обслуговування житлового будинку, господарських будівель і споруд
12	0103000020...	[null]	2624410100.01:105.0015	Землі житлової та громадської забудови	Приватна власність	02.01 Для будівництва і обслуговування житлового будинку, господарських будівель і споруд
13	0103000020...	[null]	2624410100.01:105.0009	Землі житлової та громадської забудови	Приватна власність	02.01 Для будівництва і обслуговування житлового будинку, господарських будівель і споруд
14	0103000020...	[null]	2624410100.01:105.0013	Землі житлової та громадської забудови	Приватна власність	02.01 Для будівництва і обслуговування житлового будинку, господарських будівель і споруд
15	0103000020...	[null]	2624410100.01:105.0004	Землі сільськогосподарського призначе...	Приватна власність	01.03 Для ведення особистого селянського господарства
16	0103000020...	[null]	2624410100.01:105.0008	Землі житлової та громадської забудови	Приватна власність	02.01 Для будівництва і обслуговування житлового будинку, господарських будівель і споруд
17	0103000020...	[null]	2624410100.01:104.0053	Землі житлової та громадської забудови	Не визначено	02.01 Для будівництва і обслуговування житлового будинку, господарських будівель і споруд
18	0103000020...	[null]	2624410100.01:105.0001	Землі житлової та громадської забудови	Приватна власність	02.01 Для будівництва і обслуговування житлового будинку, господарських будівель і споруд
19	0103000020...	[null]	2624410100.01:103.0027	Землі житлової та громадської забудови	Приватна власність	02.01 Для будівництва і обслуговування житлового будинку, господарських будівель і споруд
20	0103000020...	[null]	2624410100.01:104.0050	Землі житлової та громадської забудови	Приватна власність	02.01 Для будівництва і обслуговування житлового будинку, господарських будівель і споруд
21	0103000020...	[null]	2624410100.01:103.0009	Землі житлової та громадської забудови	Приватна власність	02.01 Для будівництва і обслуговування житлового будинку, господарських будівель і споруд
22	0103000020...	[null]	2624410100.01:103.0018	Землі житлової та громадської забудови	Приватна власність	02.01 Для будівництва і обслуговування житлового будинку, господарських будівель і споруд
23	0103000020...	[null]	2624410100.01:103.0002	Землі сільськогосподарського призначе...	Приватна власність	01.03 Для ведення особистого селянського господарства
24	0103000020...	[null]	2624410100.01:103.0008	Землі житлової та громадської забудови	Приватна власність	02.01 Для будівництва і обслуговування житлового будинку, господарських будівель і споруд
25	0103000020...	[null]	2624410100.01:102.0004	Землі житлової та громадської забудови	Приватна власність	02.01 Для будівництва і обслуговування житлового будинку, господарських будівель і споруд
26	0103000020...	[null]	2624410100.01:102.0005	Землі сільськогосподарського призначе...	Приватна власність	01.03 Для ведення особистого селянського господарства
27	0103000020...	[null]	2624410100.01:101.0003	Землі житлової та громадської забудови	Приватна власність	02.01 Для будівництва і обслуговування житлового будинку, господарських будівель і споруд

Рис.3.2. Вигляд таблиці бази даних з наповненням шаром “Земельні ділянки”

Клієнтська частина геопорталу реалізована з використанням стандартних вебтехнологій, зокрема HTML для формування структури сторінок, CSS для стилізації інтерфейсу та JavaScript для реалізації інтерактивної логіки. Такий підхід забезпечує кросплатформеність вебзастосунку та можливість його використання на різних пристроях без встановлення додаткового програмного забезпечення. Для візуалізації геопросторових даних на клієнтській стороні використано бібліотеку Leaflet, яка відповідає за відображення картографічних шарів, роботу з векторними об'єктами у форматі GeoJSON, а також реалізацію базових функцій навігації та взаємодії з картою.

Обраний технологічний стек є збалансованим з точки зору функціональних можливостей, продуктивності та простоти реалізації. Поєднання ASP.NET, NetTopologySuite та PostGIS дозволяє ефективно працювати з геопросторовими даними на серверному рівні, тоді як використання Leaflet і стандартних вебтехнологій забезпечує зручну та інтуїтивно зрозумілу візуалізацію даних для кінцевого користувача. Такий

підхід створює надійну основу для подальшого розширення функціоналу геопорталу та його адаптації до потреб територіальної громади.

3.3. Реалізація серверної та клієнтської частини геопорталу

На основі обраного технологічного стеку було реалізовано вебзастосунок геопорталу територіальної громади, який забезпечує публікацію, зберігання та візуалізацію геопросторових даних. Розроблений вебсайт має зрозумілу структуру та орієнтований як на звичайних користувачів, так і на адміністраторів системи. Загальний вигляд клієнтської частини геопорталу та інтерфейс взаємодії з картою представлено на рис. 3.2, де відображено основні елементи навігації та інтерактивну карту.

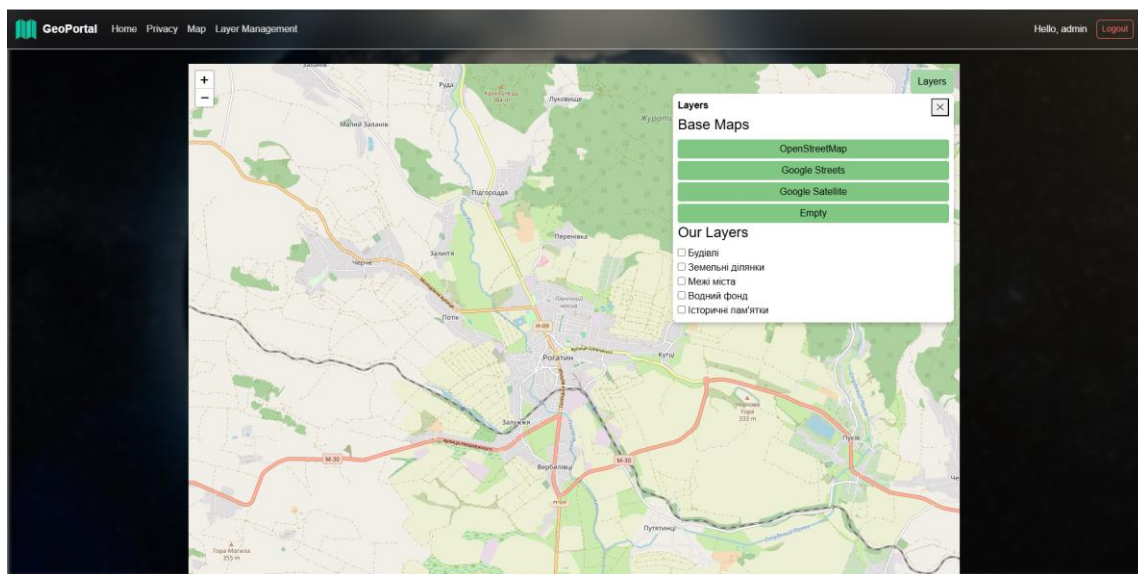


Рис.3.3. Огляд інтерфейсу веб-сторінки застосунка

Клієнтська частина геопорталу реалізована у вигляді вебсторінки з декількома функціональними вкладками, кожна з яких виконує окрему роль у роботі системи. Основною є вкладка з інтерактивною картою, яка дозволяє користувачам переглядати опубліковані геопросторові шари, взаємодіяти з об'єктами на карті та отримувати атрибутивну інформацію. Окрім цього, реалізовано головну сторінку геопорталу, на якій подано загальний опис ресурсу, його призначення та основні можливості, що дозволяє користувачеві швидко зорієнтуватися у функціоналі системи.

Для забезпечення наповнення та адміністрування геопорталу реалізовано окрему вкладку для менеджменту геопросторових шарів, доступ до якої мають лише користувачі з адміністративними правами. Даний розділ призначений для додавання нових векторних шарів на платформу, їх збереження у базі даних та подальшого використання в системі. Адміністратор має можливість керувати публікацією даних, що дозволяє відокремити процес наповнення геопорталу від його безпосереднього використання кінцевими користувачами. Інтерфейс керування шарами та налаштування їх візуалізації показано на рис. 3.3.

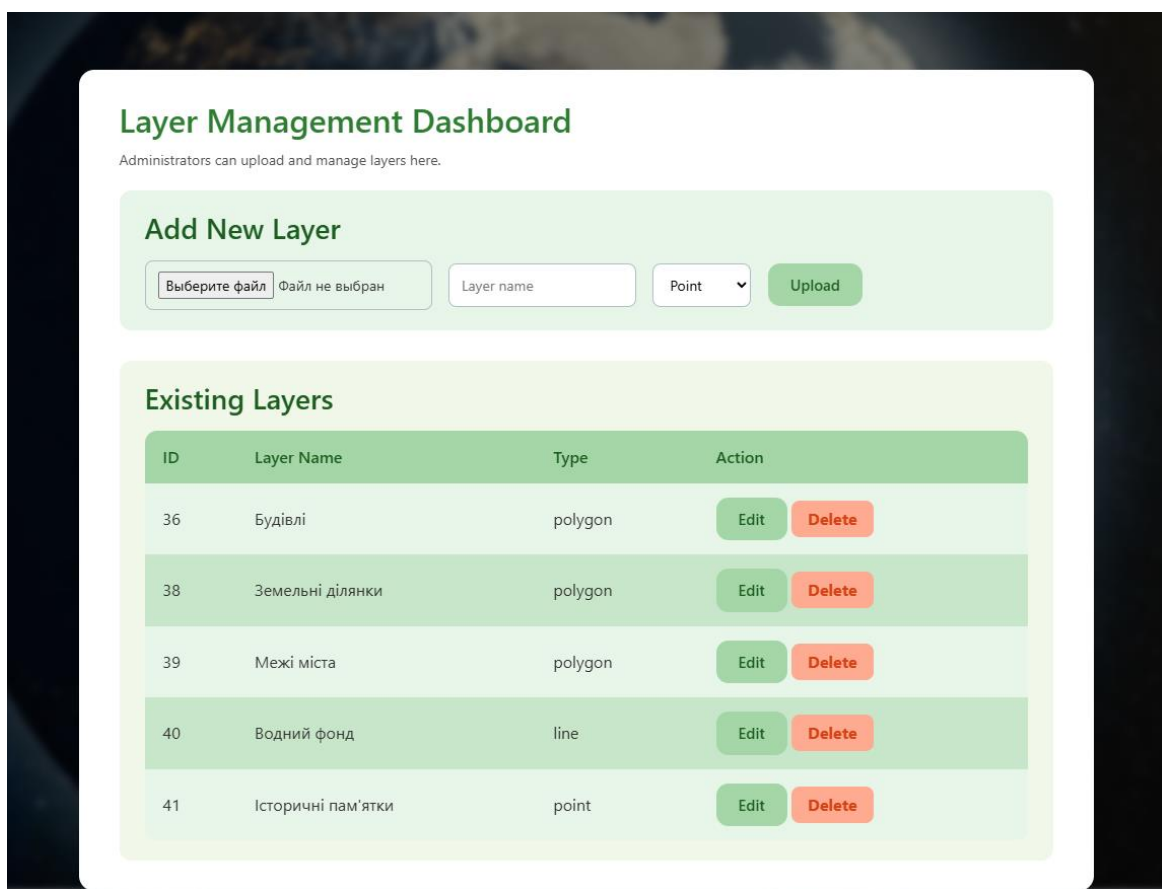


Рис.3.4. Вікно менеджменту шарів

Серверна частина геопорталу забезпечує обробку запитів, що надходять від клієнтської сторони, та організовує взаємодію з базою даних. При завантаженні геопросторових шарів через адміністративний інтерфейс серверна логіка виконує обробку даних, збереження геометрій та атрибутивної інформації у базі даних PostgreSQL з розширенням PostGIS, а також підготовку

даних для подальшої публікації. Під час запиту на відображення шарів сервер формує відповідь у форматі GeoJSON, який передається клієнтській частині та використовується бібліотекою Leaflet для візуалізації на інтерактивній карті.

```
321 v      "properties": {
322         "id": 7,
323         "address": null,
324         "cadnum": "2624410100:01:106:0008",
325         "purpose": "02.01 Для будівництва і обслуговування житлового будинку, господарських будівель і споруд (присадибна
           ділянка)",
326         "category": "Землі житлової та громадської забудови",
327         "ownership": "Приватна власність"
328       }
329     },
330 v     {
331       "type": "Feature",
332 v     "geometry": {
333       "type": "Polygon",
334 v     "coordinates": [
335 v       [
336 v         [
337           24.612121582,
338           49.402351538
339         ],
340 v         [
341           24.612121582,
342           49.402260776
343         ],
344 v         [
345           24.611971378,
346           49.402260776
347         ],
348 v         [
349           24.611949921,
350           49.402351538
351         ],
352 v         [
353           24.612121582,
354           49.402351538
355         ]
356       ]
357     ]
358   },
```

Рис.3.5. Приклад GeoJson отриманий у результаті завантаження шару

Додатково слід зазначити, що функціонал менеджменту геопросторових шарів у розробленому геопорталі реалізовано на серверному рівні з використанням мови програмування C# та фреймворка ASP.NET. Саме серверна логіка відповідає за обробку завантажених користувачем даних, їх валідацію, збереження у базі даних та підготовку до подальшої візуалізації. Такий підхід дозволяє забезпечити централізований контроль над структурою геопросторових шарів і мінімізувати ризики помилок або некоректного внесення даних.

Процес завантаження векторних даних організований у вигляді окремого HTTP-запиту, доступного лише користувачам з адміністративними правами. Адміністратор має можливість завантажити архів із share-файлом, який містить геометрію та атрибутивну інформацію об'єктів. На сервері виконується розпакування архіву, перевірка наявності обов'язкових

компонентів shape-файлу та зчитування його вмісту. Для обробки геометрій використовується бібліотека NetTopologySuite, яка забезпечує коректне зчитування просторових об'єктів та їх подальше перетворення у формат, сумісний з PostGIS.

У процесі обробки завантаженого шару серверна логіка автоматично створює відповідну таблицю в базі даних PostgreSQL з розширенням PostGIS, де визначається тип геометрії, система координат та атрибутивні поля, що відповідають структурі shape-файлу. Подальше наповнення таблиці здійснюється шляхом послідовного додавання геометрій і атрибутів кожного об'єкта з використанням SQL-запитів. Такий підхід дозволяє динамічно створювати нові шари без необхідності ручного втручання в структуру бази даних і забезпечує гнучкість системи під час розширення набору геопросторових даних.

Фрагмент серверного коду, який реалізує механізм завантаження shape-шарів, обробку геометрій та збереження їх у базі даних, наведено нижче. Даний фрагмент ілюструє основні етапи роботи з геопросторовими даними на серверному рівні та демонструє практичну реалізацію менеджменту шарів у розробленому геопорталі.

```
[HttpPost]
public async Task<IActionResult> UploadLayer(IFormFile shapefile, string
layerName, string layerType)
{
    if (shapefile == null || shapefile.Length == 0 ||
string.IsNullOrEmpty(layerName))
    {
        TempData["Error"] = "Please select a ZIP file and enter a layer name.";
        return RedirectToAction("Index");
    }

    var tempPath = Path.Combine(Path.GetTempPath(), Guid.NewGuid().ToString());
    Directory.CreateDirectory(tempPath);
    var zipPath = Path.Combine(tempPath, shapefile.FileName);

    using (var stream = new FileStream(zipPath, FileMode.Create))
        await shapefile.CopyToAsync(stream);

    try
    {
        ZipFile.ExtractToDirectory(zipPath, tempPath);

        var shpFile = Directory.GetFiles(tempPath, "*.shp").FirstOrDefault();
```

```

var dbfFile = Directory.GetFiles(tempPath, "*.dbf").FirstOrDefault();

if (shpFile == null || dbfFile == null)
{
    TempData["Error"] = "ZIP must contain .shp and .dbf files.";
    return RedirectToAction("Index");
}

using var shpReader = new ShapefileDataReader(shpFile, new
GeometryFactory());
var dbfHeader = shpReader.DbaseHeader;

var filteredFields = dbfHeader.Fields
    .Where(f => !string.Equals(f.Name, "id",
StringComparison.OrdinalIgnoreCase))
    .ToList();

var columns = filteredFields
    .Select(f => $"{f.Name}\" {GetPostgresType(f.Type)}")
    .ToList();

string tableColumns = columns.Count > 0 ? ", " + string.Join(", ",
columns) : "";

// Визначаємо тип геометрії для PostGIS
string geomType = layerType.ToUpper() switch
{
    "POINT" => "POINT",
    "LINE" => "LINESTRING",
    "POLYGON" => "POLYGON",
    _ => "GEOMETRY"
};

_db.ExecuteNonQuery($"@
CREATE TABLE IF NOT EXISTS ""{layerName}"" (
    id SERIAL PRIMARY KEY,
    geom geometry({geomType}, 4326){tableColumns}
);
");

while (shpReader.Read())
{
    var geom = shpReader.Geometry;
    var attrNames = filteredFields.Select(f => f.Name).ToList();
    var attrValues = attrNames
        .Select(n => shpReader.GetValue(shpReader.GetOrdinal(n)) ??
DBNull.Value)
        .ToList();

    var columnsStr = string.Join(", ", attrNames.Select(n => $"{n}\""));
    var valuesStr = string.Join(", ", attrValues.Select((v, i) =>
$"@p{i}"));
    var parameters = attrValues.Select((v, i) => ($"@p{i}",
v)).Append($"@wkt", geom.AsText()).ToArray();

    _db.ExecuteNonQuery(
        $"@INSERT INTO ""{layerName}"" (geom{(columns.Count > 0 ? ", " +
columnsStr : ""}))
        VALUES (ST_GeomFromText(@wkt, 4326){(columns.Count > 0 ? ", " +
valuesStr : ""))",
        parameters
    );
}

_db.ExecuteNonQuery(

```

```

        "INSERT INTO layers (name, display_name, type) VALUES (@name,
@display, @type)",
        ("@name", layerName),
        ("@display", layerName),
        ("@type", layerType)
    );

    TempData["Success"] = "Layer uploaded successfully!";
}
catch (Exception ex)
{
    TempData["Error"] = "Error processing shapefile: " + ex.Message;
}
finally
{
    if (Directory.Exists(tempPath))
        Directory.Delete(tempPath, true);
}

return RedirectToAction("Index");
}

```

Для відображення геопросторових шарів на сторінці інтерактивної карти, показаній на рис. 3.4, клієнтська частина геопорталу повинна отримувати просторові дані у форматі GeoJSON, який є стандартним і безпосередньо підтримується бібліотекою Leaflet. Саме цей формат забезпечує зручну передачу як геометрії об'єктів, так і їх атрибутивної інформації, а також дозволяє реалізувати стилізацію об'єктів безпосередньо на стороні клієнта.

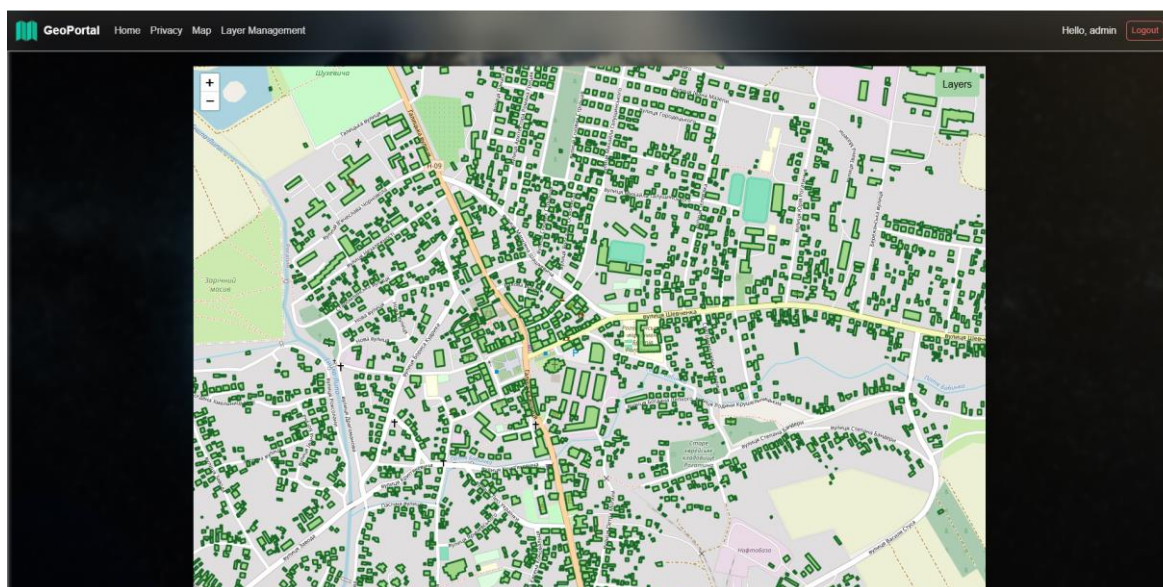


Рис.3.6. Завантаження шарів на інтерактивну карту

Отримання GeoJSON-даних реалізовано на серверному рівні у вигляді окремого HTTP-запиту, який повертає сформовану колекцію просторових

об'єктів на основі даних, що зберігаються в базі даних PostGIS. При зверненні до цього методу сервер спочатку ідентифікує обраний користувачем шар за його ідентифікатором, визначає відповідну таблицю бази даних та тип геометрії, після чого додатково зчитує параметри стилізації шару, збережені в окремій таблиці налаштувань. Такий підхід дозволяє відокремити геометричні дані від логіки візуального представлення і забезпечує гнучке керування зовнішнім виглядом шарів без зміни клієнтського коду.

Формування GeoJSON-відповіді виконується безпосередньо засобами PostgreSQL із використанням функцій PostGIS, зокрема ST_AsGeoJSON, що забезпечує коректне перетворення геометрій у веборієнтований формат. У результаті сервер повертає об'єкт типу FeatureCollection, який містить геометрію, атрибутивні властивості кожного просторового об'єкта, а також додаткові параметри стилю. Отриманий GeoJSON використовується бібліотекою Leaflet для динамічного додавання шару на карту, що дозволяє забезпечити інтерактивність, масштабування та коректне відображення даних у браузері.

Нижче наведено фрагмент серверного коду, який реалізує механізм формування та передачі GeoJSON-даних з бази даних PostGIS до клієнтської частини геопорталу для подальшої візуалізації на інтерактивній карті.

```
[HttpGet]
public IActionResult GetLayerGeoJson(int id)
{
    var dt = _db.ExecuteQuery(
        "SELECT name, type FROM layers WHERE id=@id",
        ("@id", id));

    if (dt.Rows.Count == 0)
        return NotFound();

    string table = dt.Rows[0]["name"].ToString();
    string type = dt.Rows[0]["type"].ToString();

    var styleDt = _db.ExecuteQuery(@"
        SELECT color, radius, weight, fill_color, border_color, opacity
        FROM layer_styles WHERE layer_id=@id",
        ("@id", id));

    var style = styleDt.Rows.Count > 0 ? new
    {
        stroke_color =
```

```

!string.IsNullOrEmpty(styleDt.Rows[0]["border_color"].ToString())
? styleDt.Rows[0]["border_color"].ToString()
: styleDt.Rows[0]["color"].ToString(),

stroke_width = int.TryParse(styleDt.Rows[0]["weight"].ToString(), out int
w) ? w : 2,

fill_color = styleDt.Rows[0]["fill_color"].ToString(),
fill_opacity = double.TryParse(styleDt.Rows[0]["opacity"].ToString(), out
double o) ? o : 0.5,

point_color = styleDt.Rows[0]["color"].ToString(),
point_radius = int.TryParse(styleDt.Rows[0]["radius"].ToString(), out int
r) ? r : 6
} : null;

string geojson = _db.ExecuteJsonQuery($"@
SELECT jsonb_build_object(
    'type', 'FeatureCollection',
    'geom_type', '{type}',
    'style',
to_jsonb('{Newtonsoft.Json.JsonConvert.SerializeObject(style)}'::jsonb),
    'features', jsonb_agg(
        jsonb_build_object(
            'type', 'Feature',
            'geometry', ST_AsGeoJSON(geom)::jsonb,
            'properties', to_jsonb(t) - 'geom'
        )
    )
)
FROM ""{table}"" t;
");

return Content(geojson, "application/json");
}

```

3.4. Тестування та оцінка ефективності розробленої системи

Для перевірки працездатності та оцінки ефективності розробленої геоінформаційної системи як тестову територію було обрано населений пункт Рогатин. Вибір саме цієї території зумовлений наявністю достатньої кількості відкритих геопросторових даних різного походження та масштабу, що дозволило комплексно перевірити функціональні можливості геопорталу в умовах, наближених до реальної експлуатації. У межах тестування були використані відкриті джерела даних, зокрема матеріали публічної кадастрової карти Kadastr-Live, дані OpenStreetMap, а також оцифрований фрагмент топографічної карти масштабу 1 : 100 000.

Підготовлені геопросторові шари для обраної території були завантажені на платформу за допомогою розробленого інтерфейсу керування шарами Layer Management, який реалізує повний цикл роботи з векторними даними,

починаючи від завантаження shape-файлів і завершуючи їх збереженням у базі даних PostGIS. Після успішного додавання даних шари автоматично реєструвалися в системі та з'являлися у списку доступних шарів на сторінці інтерактивної карти, що показано на рис. 3.5. Таким чином було перевірено коректність серверної логіки обробки даних, створення таблиць у базі даних та їх інтеграцію з клієнтською частиною геопорталу.

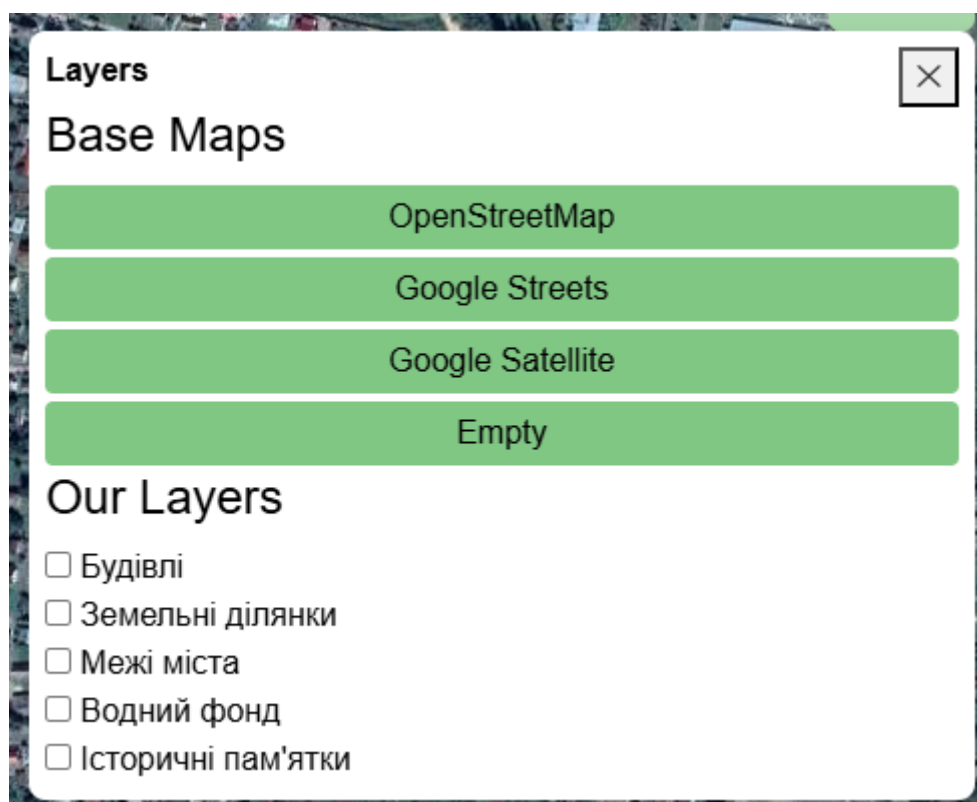


Рис.3.7. Список доданих шарів у вікні інтерактивної карти

Наступним етапом тестування стала перевірка механізму візуалізації геопросторових даних на карті. Користувач отримує можливість обирати необхідний шар зі списку та відобразити його на карті в режимі реального часу без перезавантаження сторінки. Приклад візуалізації вибраного шару для території міста Рогатин наведено на рис. 3.6. У процесі тестування було підтверджено коректне відображення геометрії об'єктів, атрибутивних даних

безпосередньо на стороні бази даних. Загалом результати тестування підтвердили, що розроблена система може бути використана як основа для публікації та візуалізації геопросторових даних територіальної громади в межах вебгеопорталу.

Важливою перевагою розробленої платформи є простота її використання з точки зору кінцевого користувача та адміністратора системи. Для наповнення геопорталу геопросторовими даними достатньо попередньо підготувати стандартні share-файли відповідних шарів, що є поширеним форматом у більшості геоінформаційних систем. Процес завантаження реалізований через інтуїтивно зрозумілий вебінтерфейс і не потребує виконання додаткових технічних операцій, таких як ручне створення таблиць у базі даних або налаштування серверних компонентів. Усі необхідні дії з обробки та збереження даних автоматизовані на серверному рівні.

Таким чином, для роботи з платформою не вимагається наявність глибоких знань у сфері веброзробки або адміністрування баз даних. Достатнім є базовий рівень володіння геоінформаційними технологіями та навички підготовки просторових даних у середовищі настільних ГІС, зокрема QGIS. Це робить розроблену систему придатною для використання фахівцями органів місцевого самоврядування, землевпорядниками та іншими спеціалістами, діяльність яких пов'язана з просторовими даними, без необхідності залучення окремої команди розробників для щоденного наповнення та супроводу геопорталу.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання магістерської роботи було розглянуто теоретичні та практичні аспекти створення сучасних вебгеопорталів для публікації та візуалізації геопросторових даних територіальних громад. Проаналізовано основні підходи до зберігання, обробки та представлення просторової інформації у вебсередовищі, а також визначено роль геопорталів як важливого інструменту інформаційної підтримки управлінських рішень, просторового планування та забезпечення відкритого доступу до геоданих для різних категорій користувачів.

В межах аналітичної частини роботи було виконано огляд існуючих геопорталів та платформ публікації геопросторових даних, зокрема муніципальних геопорталів українських міст і тематичних ресурсів. Проведений аналіз дозволив виявити їх функціональні можливості, особливості інтерфейсу та основні обмеження, а також показав, що попри високий рівень інформативності таких ресурсів, їх розробка та підтримка потребують значних людських і технічних ресурсів. Окрему увагу приділено хмарним платформам, таким як ArcGIS Online та QGIS Cloud, які спрощують процес публікації геоданих, але водночас мають обмеження щодо гнучкості налаштувань і контролю над даними.

На основі проведеного аналізу було сформовано вимоги до геопорталу територіальної громади з урахуванням сучасних нормативних, функціональних та користувацьких потреб. Особливий акцент зроблено на забезпеченні зручності використання, можливості самостійного наповнення системи геопросторовими даними, відкритості архітектури та використанні програмних рішень з відкритим вихідним кодом. Це дозволило закласти основу для створення гнучкої та масштабованої системи, адаптованої до реальних умов експлуатації в органах місцевого самоврядування.

У практичній частині роботи було спроектовано та реалізовано вебгеопортал для публікації геопросторових даних на основі сучасного

технологічного стеку. Серверна частина реалізована з використанням фреймворку ASP.NET та мови програмування C#, що забезпечило надійну обробку запитів, управління доступом до даних і інтеграцію з базою даних PostgreSQL із розширенням PostGIS. Для роботи з геометріями та формування даних у форматі GeoJSON використано бібліотеку NetTopologySuite. Клієнтська частина геопорталу реалізована з використанням HTML, CSS, JavaScript та бібліотеки Leaflet.

Реалізовано функціонал керування шарами, який дозволяє адміністративному користувачу завантажувати shape-файли через вебінтерфейс, автоматично зберігати їх у базі даних та відображати на карті без необхідності виконання додаткових технічних налаштувань. Це суттєво знижує поріг входу для користувачів і дозволяє працювати з платформою фахівцям, які не мають глибоких знань у сфері веброзробки або адміністрування баз даних.

Тестування розробленої системи на прикладі території міста Рогатин із використанням відкритих геопросторових даних підтвердило її працездатність, стабільність та ефективність. Було перевірено коректність завантаження, збереження та візуалізації різних типів просторових об'єктів, а також зручність роботи з інтерфейсом геопорталу. Отримані результати свідчать про можливість практичного використання розробленого рішення для публікації геопросторових даних територіальних громад.

Таким чином, у ході магістерської роботи досягнуто поставленої мети та виконано всі визначені завдання. Розроблений геопортал може слугувати основою для подальшого розвитку та впровадження в реальних умовах, зокрема шляхом розширення функціональних можливостей, інтеграції з державними геоінформаційними ресурсами та впровадження додаткових аналітичних інструментів. Отримані результати мають як практичну, так і прикладну цінність у сфері розвитку цифрових сервісів територіальних громад.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ArcGIS Online. Офіційний вебсайт хмарної платформи для створення та публікації геокарт. URL: <https://www.arcgis.com/index.html>
2. Геоінформаційні системи: навчальний посібник / Павленко Л. А. – Харків: ХНЕУ, 2013. – 260 с. URL: <https://elib.chdtu.edu.ua/e-books/4026>
3. Геоінформаційні системи і бази даних : монографія / Зацерковний В. І., Бурачек В. Г., Железняк О. О., Терещенко А. О. – Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2014. – 492 с. URL: <https://elib.chdtu.edu.ua/e-books/4103>
4. Геоінформаційні системи для створення геодезичної основи і побудови генеральних планів населених пунктів / Казаченко Л., Казаченко Д., Дорошко Є., Мусієнко І., Гунько І. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2023. URL: <https://ena.lpnu.ua/items/c79c9c60-d446-460e-a7d1-48e94401ecef>
5. Закон України «Про доступ до публічної інформації» № 2939-VI від 13.04.2012 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2939-17#Text>
6. Закон України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» № 554-IX від 13.04.2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text>
7. Leaflet. Офіційний сайт бібліотеки для створення інтерактивних вебкарт. URL: <https://leafletjs.com/>
8. Mapbox. Офіційна документація API вебкартографічної бібліотеки. URL: <https://docs.mapbox.com/mapbox-gl-js/api/>
9. Microsoft. ASP.NET Core Documentation. URL: <https://learn.microsoft.com/aspnet/core>
10. NetTopologySuite. Офіційна документація бібліотеки для роботи з геометрією та просторовими об'єктами у .NET. URL: <https://nettopologysuite.github.io/>
11. OpenStreetMap. Відкрита світова карта та джерело просторових даних. URL: <https://www.openstreetmap.org/>
12. Портал Національної інфраструктури геопросторових даних (НІГД). URL: <https://ukrgeo.ua/activity/geoportalua/>
13. PostGIS Project. Офіційна документація розширення для PostgreSQL. URL: <https://postgis.net/documentation/>
14. QGIS Cloud. Хмарний сервіс для публікації інтерактивних карт, інтеграція з QGIS. URL: <https://qgiscloud.com/>

15. QGIS Documentation. Офіційна документація вільного ГІС-ПЗ. URL: <https://docs.qgis.org/>
16. Сучасні навчальні посібники з геоінформатики / Магваір Б., Пашинська Н., Даценко Л., Говоров М., Путренко В. – рекомендовані КПІ ім. Ігоря Сікорського для курсу ГІС. URL: <https://kpi.ua/1714-2>
17. Карпінський Ю.О. Основи створення інтероперабельних геопросторових даних. / Ю. О. Карпінський та ін. – Київ: КНУБА, 2023. – 302 с. Режим доступу: https://land.gov.ua/wp-content/uploads/2023/05/maket_r1-5_25_05_2023.pdf.
18. Lyashchenko, A., et al. "Conceptual Model of Topological Constraints for the Geospatial Database of a Topographic Map at a Scale of 1: 10 000." *International Conference of Young Professionals «GeoTerrace-2024»*. Vol. 2024. No. 1. European Association of Geoscientists & Engineers, 2024.
19. Karpinskyi, B. & Chepurnyi, I. & Chepurna, Tetiana. (2022). Geospatial Database of Karst Processes Manifestations for the Territory of the Administrative Region as the Basis of the Geoportal // 16th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment, Nov 2022, Volume 2022, p. 1-5.
20. Chepurna, T., Salyha, V., & Chepurnyi, I. (2022). To the issue of monitoring of mudflows within carpathian region using modern web GIS technology. Paper presented at the 2022 International Conference of Young Professionals, GeoTerrace