

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Інформаційна система аналізу просторових даних з використанням картографічних сервісів

Назва теми

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»

Шифр, назва

Спеціальність 126 «Інформаційні системи та технології»

Шифр, назва

Освітня програма «Інформаційні системи та технології»

Назва

Шифр КвРІСТ 230158.23.01.02 ПЗ

Виконав здобувач III курсу, група ІСТс-23-1



Підпис

Володимир СУХІН

Ініціали, прізвище

Керівник

Науковий ступінь, учене звання



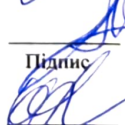
Підпис

Ольга ПАВЛОВА

Ініціали, прізвище

Нормоконтролер

Науковий ступінь, учене звання



Підпис

Сергій ЛИСЕНКО

Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:  
завідувач кафедри КІС  
« 01 » червня 2026 р.

дата

Ольга ПАВЛОВА

Ініціали, прізвище

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Рівень вищої освіти ПЕРШИЙ (БАКАЛАВРСЬКИЙ)

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 126 ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

Освітня програма «ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувачка кафедри КІС

  
Ольга ПАВЛОВА

“ 10 ” 01 2026 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Сухіну Володимиру Вадимовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Інформаційна система аналізу просторових даних з використанням картографічних сервісів

Керівник проекту (роботи) Павлова Ольга Олександрівна, д.т.н., проф.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджена наказом ректора університету від 01.03.2026 р. № 5

2. Термін подання здобувачем роботи на кафедру 01.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи Завдання на кваліфікаційну роботу

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) \_\_\_\_\_

Інформаційна система аналізу просторових даних з використанням картографічних сервісів та постановка задачі щодо її удосконалення

Проектування інформаційної системи аналізу просторових даних з використанням картографічних сервісів

Реалізація інформаційної системи аналізу просторових даних з використанням картографічних сервісів

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) \_\_\_\_\_

Архітектура ПЗ проекту

Структура бази даних

Алгоритм роботи інформаційної системи

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

7. Дата видачі завдання « 10 » 01 2026 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Прим
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	10.01.2026	ВИКОН
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2026	ВИКОН
3	Робота над розділом 1 – дослідження предметної області та постановка задачі	01.03.2026	ВИКОН
4	Робота над розділом 2 – вибір компонентів для проектування інформаційної системи аналізу просторових даних з використанням картографічних сервісів	01.04.2026	ВИКОН
5	Робота над розділом 3 – проектування інформаційної системи аналізу просторових даних з використанням картографічних сервісів	29.04.2026	ВИКОН
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	25.05.2026	ВИКОН
7	Попередній захист ВКР	26.05.2025	ВИКОН
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2026 року	

Здобувач

  
Підпис

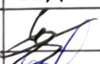

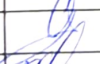

Володимир СУХІН  
Імя, ПРІЗВИЩЕ

Керівник кваліфікаційної роботи

  
Підпис

Ольга ПАВЛОВА  
Імя, ПРІЗВИЩЕ

№ р я д к а	Ф о р м а т	Позначення	Найменування	К і л · л и с т і в	№ ек з	П р и м і т к а
			<u>Текстові документи</u>			
1		КвРІСТ 230158.23.01.02 ПЗ	Пояснювальна записка	61		
			<u>Графічні матеріали</u>			
2		КвРІСТ 230158.23.01.02 Е8	Архітектура ПЗ проєкту	1		
3		КвРІСТ 230158.23.01.02 Е8	Структура бази даних	1		
4		КвРІСТ 230158.23.01.02 Е8	Алгоритм роботи інформаційної системи	1		

КвРІСТ 230158.23.01.02 ВП				
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата
Розробив		Сухін		01.06
Перевір.		Павлова		01.06
Н.контр.		Лисенко		01.06
Затв.		Павлова		01.06
Відомість проєкту				

Літера	Аркуш	Аркушів
У	1	1
ХНУ, ІСТс-23-1		

## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Інформаційна система аналізу просторових даних з використанням картографічних сервісів».

Автор роботи: Володимир СУХІН.

Керівник роботи: Ольга ПАВЛОВА.

Пояснювальна записка: 61 с., 14 рис., 3 дод., 53 джерела.

Графічна частина: 3 креслення.

**БАЗА ДАНИХ, ВЕБ-ІНТЕРФЕЙС, ГЕОДАНИ, ІНТЕРАКТИВНА КАРТА, КАРТОГРАФІЧНІ СЕРВІСИ, ПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ, ШАРИ ДАНИХ.**

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена розробці інформаційної системи аналізу просторових даних з використанням картографічних сервісів. Актуальність теми зумовлена зростанням потреби у програмних засобах, які забезпечують не лише зберігання геопросторової інформації, а й її обробку, фільтрацію, аналіз та наочне відображення на інтерактивних мапах. Просторові дані широко застосовуються у сфері міського планування, транспорту, логістики, моніторингу інфраструктури, обліку територіальних об'єктів та інших напрямках, де важливим є не тільки зміст інформації, а й її розташування у просторі.

Метою роботи є створення інформаційної системи, яка забезпечує завантаження, перевірку, підготовку, збереження, просторову обробку та візуалізацію геоданих на інтерактивній карті. Для досягнення поставленої мети проаналізовано предметну область роботи з просторовими даними, розглянуто можливості картографічних сервісів, визначено вимоги до системи, спроектовано її архітектуру, структуру бази просторових даних, механізм взаємодії клієнтської та серверної частин, а також реалізовано основні функціональні модулі програмного прототипу.

  
Підпис здобувача

30.05.2026

Дата

## ЗМІСТ

Вступ .....	4
1 Аналіз предметної області та постановка задачі .....	6
1.1 Аналіз предметної області та постановка задачі .....	6
1.2 Картографічні сервіси та веб-ГІС як засіб візуалізації і аналізу даних .....	9
1.3 Аналіз існуючих рішень для роботи з просторовими даними та їх обмеження.....	13
1.4 Вимоги до інформаційної системи аналізу просторових даних.....	16
1.5 Постановка задачі розробки інформаційної системи аналізу просторових даних.....	19
2 Проєктування інформаційної системи аналізу просторових даних.....	21
2.1 Загальна архітектура інформаційної системи .....	21
2.2 Проєктування структури бази просторових даних.....	24
2.3 Організація інтеграції та обробки геопросторових даних .....	26
2.4 Розробка методів просторового аналізу .....	29
2.5 Проєктування веб-інтерфейсу та картографічної візуалізації.....	33
2.6 Організація взаємодії клієнтської та серверної частин .....	36
3 Практична реалізація інформаційної системи аналізу просторових даних.....	39
3.1 Формування робочого середовища та структури програмного проєкту .....	39
3.2 Реалізація серверного ядра та API для роботи з просторовими даними.....	43
3.3 Реалізація модуля завантаження, перевірки та підготовки геоданих ....	47
3.4 Реалізація інтерактивної карти та керування просторовими шарами ...	53
3.5 Реалізація сценаріїв просторового аналізу в системі .....	58

КвРІСТ. 230158.23.01.02 ПЗ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Виконав		Володимир СУХІН		01.06	Інформаційна система аналізу просторових даних з використанням картографічних сервісів. Пояснювальна записка	Літера	Арк.ш	Арк.шів
Перевір.		Ольга ПАВЛОВА		01.06		у	2	61
Н.контр.		Сергій Лисенко			ХНУ ІСТс-23-1			
Затвер.		Ольга ПАВЛОВА		01.06				

Висновки.....	64
Перелік джерел посилань .....	66
Додаток А Копія креслення «Архітектура ПЗ Проєкту» .....	71
Додаток Б Копія креслення «Структура бази даних» .....	72
Додаток В Копія креслення «Алгоритм роботи інформаційної системи».....	73
Додаток Г Текст програмного забезпечення .....	74

					КВРІСТ. 230158.23.01.02 ПЗ	Арк. 3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Сучасний розвиток інформаційних технологій тісно пов'язаний із накопиченням, обробкою та візуальним поданням великих обсягів даних. Особливе місце серед них займають просторові дані, оскільки вони містять не лише описову інформацію про об'єкти, а й відомості про їх розташування, форму, межі, відстані та взаємне положення у просторі. Такі дані використовуються у транспорті, містобудуванні, екологічному моніторингу, логістиці, управлінні інфраструктурою, сфері безпеки, земельному кадастрі, міському плануванні та багатьох інших напрямках. У зв'язку з цим зростає потреба у програмних засобах, які дозволяють не тільки зберігати просторову інформацію, а й виконувати її аналіз, фільтрацію, пошук і наочне відображення на інтерактивних мапах.

Актуальність теми бакалаврської кваліфікаційної роботи зумовлена тим, що значна частина сучасних інформаційних процесів має просторову складову. Для прийняття обґрунтованих рішень уже недостатньо працювати лише з табличними даними, адже багато об'єктів стають зрозумілими саме через їхнє розташування на карті. Наприклад, інфраструктурні об'єкти, маршрути, зони обслуговування, точки інтересу або територіальні межі потребують не лише текстового опису, а й картографічного відображення. Без цього складно оцінити взаємне розміщення елементів, відстані між ними, наявність перетинів, щільність об'єктів у певній зоні або їх належність до конкретної території.

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є створення інформаційної системи аналізу просторових даних з використанням картографічних сервісів, яка забезпечує завантаження геоданих, їх перевірку, підготовку, збереження, просторову обробку та візуалізацію результатів на інтерактивній мапі.

Для досягнення поставленої мети в роботі визначено низку завдань. Передбачено проаналізувати предметну область роботи з просторовими даними та картографічними сервісами, розглянути особливості зберігання й обробки

					КВРІСТ. 230158.23.01.02 ПЗ	Арк. 4
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

геопросторової інформації, визначити вимоги до інформаційної системи, спроектувати її загальну архітектуру, структуру бази просторових даних і механізм взаємодії клієнтської та серверної частин. Також передбачено реалізувати серверне ядро та API, модуль завантаження і перевірки геоданих, веб-інтерфейс з інтерактивною картою, керування просторовими шарами та базові сценарії просторового аналізу. Окремим завданням визначено перевірку працездатності системи на прикладах тестових геоданих і оцінку практичної придатності отриманого рішення.

Об'єктом бакалаврської кваліфікаційної роботи є процеси збирання, обробки, зберігання та візуалізації просторових даних в інформаційних системах.

Предметом бакалаврської кваліфікаційної роботи є програмні засоби, методи та компоненти інформаційної системи, що забезпечують інтеграцію геоданих, виконання просторового аналізу та відображення результатів за допомогою картографічних сервісів.

Практичне значення отриманих результатів полягає у створенні програмного прототипу інформаційної системи, який може використовуватися для роботи з наборами геопросторових даних у веб-середовищі. Реалізована система дозволяє завантажувати GeoJSON-дані, перевіряти їхню структуру, відображати об'єкти на інтерактивній карті, керувати шарами, виконувати пошук найближчих об'єктів, відбір об'єктів у заданому радіусі, фільтрацію за атрибутами та формування аналітичних результатів у картографічному вигляді. Такий підхід дозволяє поєднати функції зберігання, обробки та візуалізації просторової інформації в одному середовищі.

					КвРІСТ. 230158.23.01.02 ПЗ	Арк. 5
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

# 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

## 1.1 Аналіз предметної області та постановка задачі

Сфера роботи з просторовими даними за останні роки зазнала суттєвих змін, що пов'язані як із розвитком геоінформаційних технологій, так і з активним поширенням веб-картографії. Геодані дедалі частіше використовуються не лише в спеціалізованих галузях, а й у міському управлінні, логістиці, екологічному моніторингу та бізнес-аналітиці, де важливо швидко отримувати наочне відображення просторових процесів [22, 31]. Унаслідок цього відбувається поступовий перехід від ізольованих геоінформаційних систем до інтегрованих інформаційних платформ, здатних об'єднувати дані з різних джерел та представляти їх у єдиному середовищі [32, 33].

Важливою складовою сучасної інфраструктури геопросторових даних є відкриті картографічні сервіси та стандартизовані протоколи обміну інформацією. Використання відкритих картографічних ресурсів, зокрема OpenStreetMap, сприяє розширенню доступу до базових геоданих і створює передумови для побудови інформаційних систем, орієнтованих на повторне використання відкритих наборів просторової інформації [36]. Паралельно розвиток стандартів консорціуму Open Geospatial Consortium, таких як OGC API, забезпечує уніфіковані підходи до публікації та обробки геопросторових даних у веб-середовищі [3, 8, 29]. Це дозволяє інтегрувати різноманітні джерела інформації без прив'язки до конкретної програмної платформи. Дотримання відкритих стандартів також підвищує сумісність програмних компонентів та спрощує масштабування системи в разі розширення її функціональних можливостей. Унаслідок цього формується гнучке інформаційне середовище, здатне адаптуватися до змін обсягів даних, структури джерел та вимог користувачів. Приклад відображення просторових даних на інтерактивній карті зображено на рисунку 1.1.

					КВРІСТ. 230158.23.01.02 ПЗ	Арк. 6
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

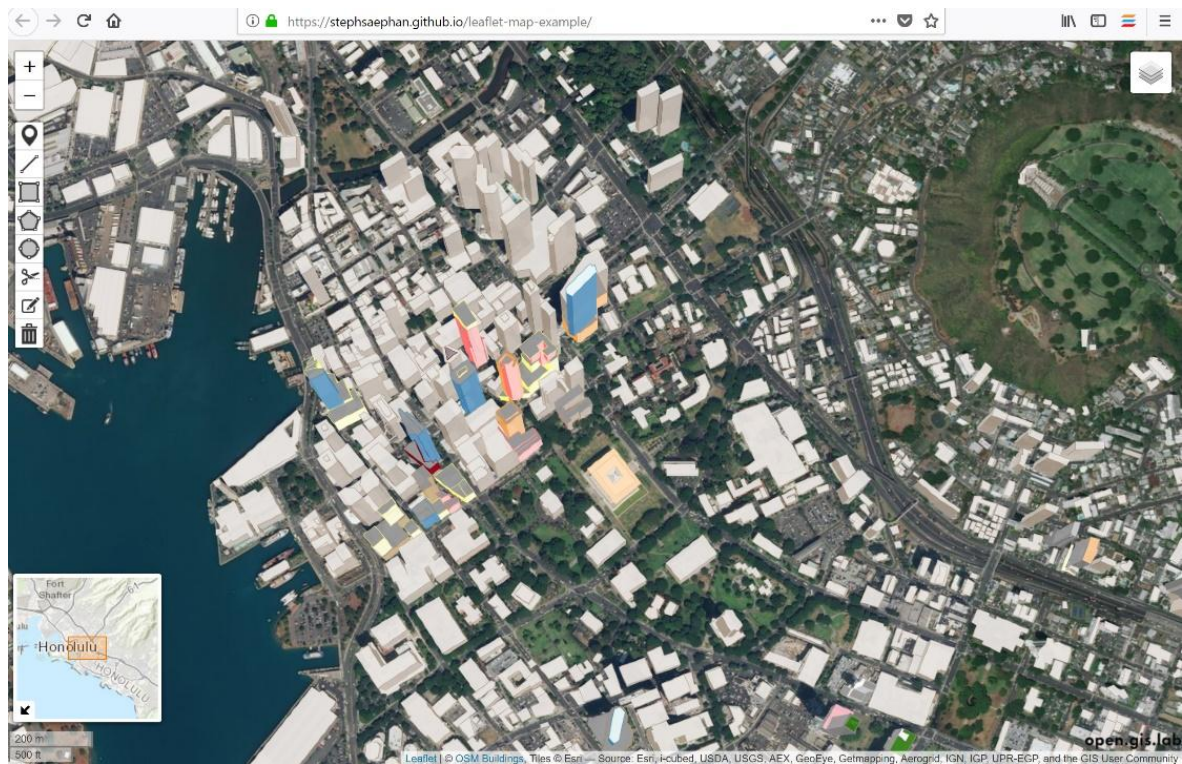


Рисунок 1.1 – Приклад відображення даних на інтерактивній карті [54]

На практиці геодані можуть надходити з різних інформаційних систем, державних реєстрів, сенсорних мереж або результатів дистанційного зондування Землі. Однак розбіжності у форматах, координатних системах і структурі даних ускладнюють їх спільне використання та аналіз [31, 43]. Навіть за наявності великого обсягу інформації відсутність інструментів узгодження й обробки даних може призводити до втрати їх аналітичної цінності або значних витрат часу на підготовку до використання [26, 27].

Для зберігання та обробки просторових даних широко застосовуються спеціалізовані бази даних, зокрема системи на основі PostgreSQL із розширенням PostGIS, які забезпечують підтримку геометричних об'єктів, просторових індексів та аналітичних операцій [18, 20]. Такі рішення дозволяють виконувати складні запити до геоданих та формувати результати, придатні для подальшої візуалізації або інтеграції в інформаційні системи [23, 24]. Водночас сам факт зберігання даних у базі не гарантує зручності їх використання без наявності інструментів відображення й аналізу.

Окремим напрямом розвитку стало створення веб-картографічних інтерфейсів, що дозволяють відображати геодані безпосередньо в браузері користувача. Використання клієнтських бібліотек, таких як Leaflet або OpenLayers, забезпечує можливість інтерактивної навігації картою, відображення шарів даних і виконання базових операцій аналізу [13, 15]. Подібні інструменти суттєво спрощують доступ до просторової інформації та роблять її зрозумілішою для користувачів без спеціальної підготовки [30].

Попри наявність значної кількості програмних компонентів, більшість існуючих рішень зосереджені на окремих етапах роботи з геоданими – збиранні, зберіганні або візуалізації. Інтеграція всіх цих функцій у межах єдиної інформаційної системи реалізується не завжди, що призводить до фрагментованості процесу обробки даних і потреби у використанні кількох програмних засобів одночасно [33]. Це ускладнює організацію цілісного інформаційного середовища та знижує ефективність використання просторових даних у прикладних задачах.

Унаслідок цього виникає потреба у створенні інформаційної системи, здатної поєднати інтеграцію геоданих, їх обробку та наочне відображення на інтерактивних картах. Реалізація такої системи дозволяє сформуванню єдиного середовища роботи з просторовою інформацією, забезпечити узгодженість даних і спростити їх аналіз у реальному часі. Постановка задачі полягає у розробленні інформаційної системи аналізу просторових даних із використанням картографічних сервісів, яка забезпечує інтеграцію різномірних джерел геоданих, їх обробку та візуалізацію у веб-інтерфейсі. Розв'язання цієї задачі спрямоване на підвищення доступності просторової інформації, зручності її аналізу та ефективності використання у прикладних інформаційних процесах.

Особливістю сучасної предметної області є швидке зростання обсягів просторових даних та ускладнення їх структури. Геопросторова інформація дедалі частіше представлена у вигляді багат шарових наборів із різною деталізацією, точністю та періодичністю оновлення. Це потребує впровадження

механізмів узгодження даних, контролю їх якості та стандартизації форматів зберігання, що забезпечує коректність подальшого аналізу та відображення.

Крім того, просторові дані мають виражений динамічний характер, оскільки багато процесів змінюються в часі. Поєднання просторової та часової складових створює передумови для глибшого аналізу тенденцій і закономірностей, однак водночас ускладнює програмну реалізацію системи. У зв'язку з цим постановка задачі розробки інформаційної системи повинна враховувати не лише інтеграцію геоданих, а й підтримку механізмів їх актуалізації та версіонування.

## 1.2 Картографічні сервіси та веб-ГІС як засіб візуалізації і аналізу даних

Сучасний розвиток інформаційних технологій характеризується переходом від локальних програмних рішень до розподілених середовищ обробки даних, у яких значну роль відіграють просторові відомості. Географічна прив'язка інформації стала важливою складовою багатьох інформаційних систем, оскільки дозволяє розглядати події, процеси та об'єкти не ізольовано, а в контексті їх розташування і взаємозв'язків у просторі [22, 31]. Унаслідок цього картографічні сервіси поступово перетворилися з допоміжних інструментів відображення на повноцінні платформи аналізу даних.

Подальший розвиток веб-картографії зумовлений активним впровадженням відкритих стандартів публікації геоданих, що регламентуються специфікаціями OGC API [3, 8, 29]. Використання таких підходів дозволяє організувати доступ до просторових ресурсів через уніфіковані інтерфейси, забезпечити сумісність між різними програмними платформами та спростити інтеграцію даних у межах розподілених інформаційних систем. Унаслідок цього формуються передумови для створення масштабованих веб-ГІС, у яких джерела інформації можуть змінюватися або доповнюватися без суттєвого втручання в архітектуру системи.

					КВРІСТ. 230158.23.01.02 ПЗ	Арк. 9
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Водночас ефективність використання картографічних сервісів значною мірою залежить від організації серверної обробки та зберігання геоданих. Застосування просторових баз даних із підтримкою геометричних типів і просторових індексів дозволяє оптимізувати виконання запитів, зменшити час відгуку системи та забезпечити коректне відображення великих обсягів інформації [18, 20]. Це створює основу для побудови інтерактивних картографічних застосунків, здатних працювати з динамічними наборами даних у режимі реального часу.

Основою сучасних веб-ГІС виступає поєднання джерел геоданих, серверних засобів обробки та клієнтських інтерфейсів візуалізації. Значний вплив на формування такого підходу справили відкриті стандарти консорціуму Open Geospatial Consortium, які визначають уніфіковані методи доступу до геопросторових ресурсів і забезпечують сумісність різних програмних платформ [3, 8, 29]. Використання цих стандартів дозволяє будувати системи, у яких джерела даних можуть змінюватися або доповнюватися без необхідності повної перебудови програмної архітектури. Схема інтеграції різнорідних джерел геопросторових даних зображена на рисунку 1.2.

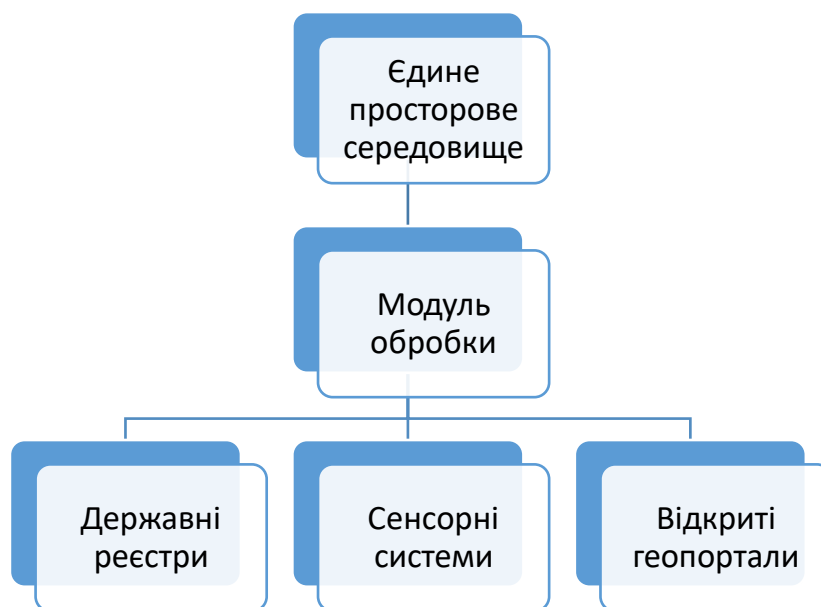


Рисунок 1.2 – Схема інтеграції різнорідних джерел геопросторових даних

Важливу роль у поширенні веб-картографії відіграли відкриті набори геоданих, зокрема проєкт OpenStreetMap, який став одним із ключових джерел базової картографічної інформації для численних інформаційних систем [36]. Наявність таких ресурсів значно спростила створення картографічних сервісів, оскільки дозволила зосередитися на аналітичних функціях і візуалізації, а не на формуванні початкової картографічної основи.

Для серверної обробки просторових даних широко застосовуються системи керування базами даних із підтримкою геометричних типів, зокрема платформа PostgreSQL із просторовим розширенням PostGIS. Такі інструменти дозволяють виконувати просторові запити, аналіз перетинів, відстаней, зон доступності та інших характеристик об'єктів [18, 20, 23]. Це забезпечує можливість не лише зберігати геодані, а й отримувати нову інформацію шляхом їх обчислювальної обробки.

На клієнтському рівні важливу роль відіграють бібліотеки веб-візуалізації, зокрема Leaflet та OpenLayers, які дозволяють відображати карти безпосередньо у браузері користувача, накладати тематичні шари та забезпечувати інтерактивну взаємодію з даними [13, 15, 30]. Використання таких засобів дає змогу реалізувати зручні інтерфейси аналізу, у яких результати обробки просторових даних стають наочними та зрозумілими навіть для користувачів без спеціальної підготовки.

Веб-ГІС також відкривають можливості інтеграції даних із різних джерел – державних реєстрів, сенсорних систем, результатів дистанційного зондування або статистичних наборів. Поєднання цих даних у межах однієї карти дозволяє виявляти просторові закономірності, оцінювати взаємозв'язки між об'єктами та підтримувати прийняття рішень на основі об'єктивної інформації [26, 27, 33]. Унаслідок цього карта перестає бути лише засобом відображення і перетворюється на інструмент аналітики.

Суттєвою перевагою картографічних сервісів є можливість роботи з даними в режимі реального часу. Завдяки мережевим технологіям результати

вимірювань, зміни стану об'єктів або нові набори інформації можуть одразу відображатися на карті та використовуватися для подальшого аналізу [24, 28]. Це особливо важливо для задач моніторингу, управління інфраструктурою та оцінки ризиків, де оперативність отримання інформації має принципове значення [34].

Попри значні можливості сучасних веб-ГІС, багато існуючих рішень зосереджені лише на відображенні даних або виконанні окремих аналітичних операцій. Інтеграція процесів збору, обробки та візуалізації інформації у межах єдиної системи реалізується не завжди, що ускладнює створення повноцінного інформаційного середовища роботи з просторовими даними [33]. Це зумовлює потребу у розробленні систем, у яких картографічні сервіси виступають центральним елементом інтеграції геоданих і засобів їх аналізу.

У підсумку картографічні сервіси та веб-ГІС розглядаються як ефективний інструмент візуалізації та аналізу просторової інформації, здатний об'єднати різнорідні джерела даних, забезпечити їх обробку та представлення у зрозумілій формі. Використання такого підходу створює основу для побудови інформаційних систем, у яких просторові дані виступають ключовим елементом підтримки аналітичних процесів і прийняття рішень [31, 32, 33].

Суттєвою перевагою веб-орієнтованих геоінформаційних рішень є можливість централізованого оновлення функціоналу без потреби встановлення програмного забезпечення на стороні користувача. Такий підхід спрощує впровадження нових аналітичних інструментів, оптимізує процес технічного супроводу та дозволяє забезпечити єдину версію системи для всіх користувачів. Це особливо важливо в умовах колективної роботи з просторовими даними.

Використання картографічних сервісів також сприяє підвищенню наочності результатів аналізу. Візуальне представлення даних у вигляді тематичних шарів, градацій кольору або інтерактивних підказок дозволяє швидко оцінити просторову структуру явищ та виявити закономірності, які складно визначити при роботі лише з табличними значеннями. Це розширює аналітичні можливості системи та підвищує її практичну цінність.

### 1.3 Аналіз існуючих рішень для роботи з просторовими даними та їх обмеження

Сучасні програмні засоби роботи з просторовими даними можна умовно поділити на три основні категорії: настільні геоінформаційні системи, серверні платформи публікації геоданих та веб-картографічні бібліотеки. Кожна з цих груп вирішує окремі задачі – від створення та редагування геометрії до публікації просторових сервісів і відображення даних у браузері користувача [23, 31].

До настільних ГІС належать системи на кшталт QGIS, які забезпечують широкий набір інструментів для просторового аналізу, обробки растрових і векторних даних, побудови тематичних карт та експорту результатів, що зображена на рисунку 1.3 [41, 42]. Такі платформи характеризуються високою функціональністю, проте орієнтовані переважно на локальне використання та вимагають встановлення програмного забезпечення на робочих станціях.

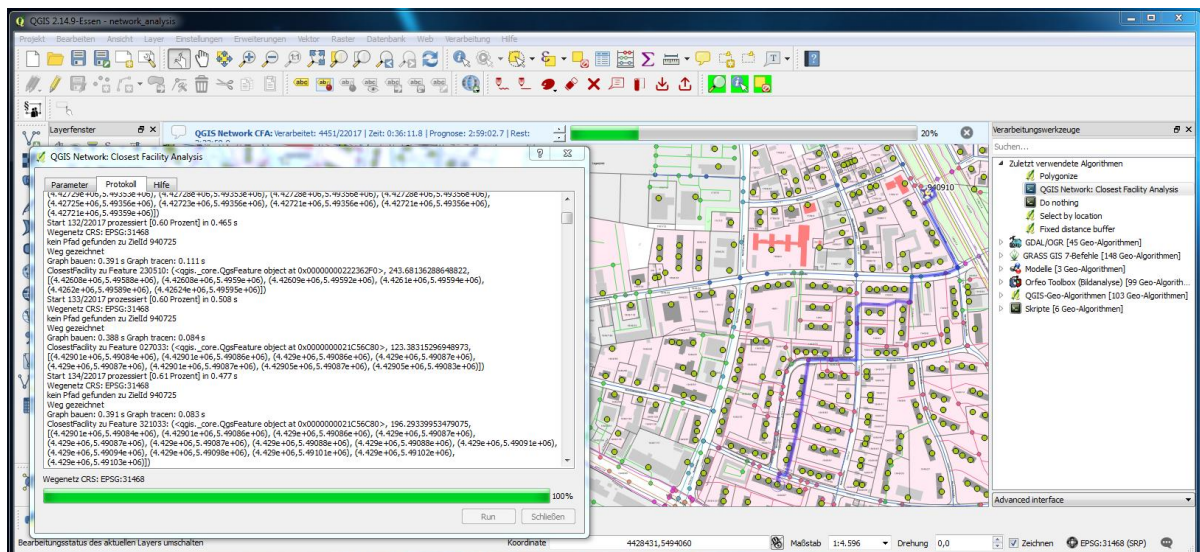


Рисунок 1.3 – Приклад інтерфейсу настільної геоінформаційної системи QGIS

[50]

Серверні рішення, зокрема GeoServer, що зображено на рисунку 1.4, призначені для публікації просторових даних у вигляді веб-сервісів відповідно до стандартів OGC [10]. Вони дозволяють організувати централізоване

зберігання шарів, налаштувати доступ до них та забезпечити інтеграцію з клієнтськими застосунками. Проте налаштування таких систем часто потребує глибокого розуміння структури сервісів, протоколів доступу та особливостей конфігурації.



Рисунок 1.4 – Інтерфейс серверної платформи GeoServer для публікації геоданих [51]

Окрему групу становлять веб-картографічні бібліотеки, такі як Leaflet, яка зображена на рисунку 1.5. або OpenLayers, які забезпечують відображення просторових даних у браузері користувача [13, 15]. Вони дозволяють створювати інтерактивні карти, працювати з тематичними шарами, реалізовувати навігацію та базові просторові операції. Водночас ці бібліотеки не виконують функцій зберігання або глибокого аналізу даних і потребують серверної частини для повноцінної роботи.



Рисунок 1.5 – Приклад веб-картографічного застосунку на основі бібліотеки Leaflet [52]

Для зберігання та аналітичної обробки геоданих широко застосовуються просторові бази даних, зокрема PostgreSQL із розширенням PostGIS, яка зображена на рисунку 1.6 [18, 20]. Такі системи підтримують геометричні типи, просторові індекси та складні запити, що дозволяє виконувати аналіз відстаней, перетинів і зон впливу безпосередньо на рівні бази даних.

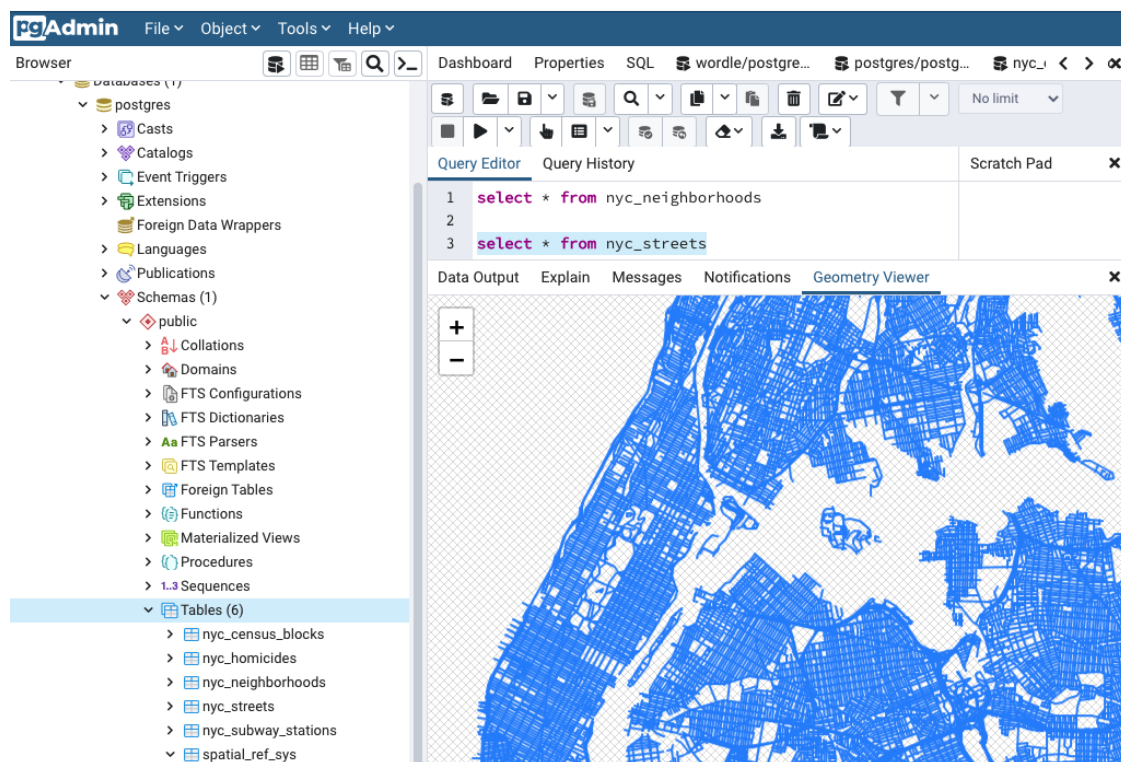


Рисунок 1.6 – Приклад використання просторових функцій у базі даних PostGISh

Проведений аналіз показує, що існуючі рішення забезпечують високий рівень функціональності на окремих етапах роботи з просторовими даними, проте здебільшого залишаються розділеними за призначенням. Настільні системи орієнтовані на аналітику, серверні платформи – на публікацію, а веб-бібліотеки – на візуалізацію. Відсутність єдиного інтегрованого підходу ускладнює організацію комплексного середовища роботи з геоданими та підвищує вимоги до технічної підготовки користувача.

Таким чином, існує потреба у створенні інформаційної системи, яка поєднувала б функції інтеграції, зберігання, аналізу та відображення просторових даних у межах єдиної архітектури. Реалізація такого підходу дозволяє усунути фрагментованість існуючих рішень та забезпечити більш зручну й узгоджену роботу з геопросторовою інформацією.

#### 1.4 Вимоги до інформаційної системи аналізу просторових даних

Інформаційна система аналізу просторових даних, що використовує картографічні сервіси, має забезпечувати інтеграцію геопросторової інформації з різних джерел та її подальше відображення на цифрових картах. Однією з базових вимог є підтримка роботи з координатними даними, геометрією об'єктів і тематичними атрибутами, що дозволяє формувати цілісне уявлення про розташування, структуру та взаємозв'язки досліджуваних об'єктів у просторі. Система повинна забезпечувати коректне позиціонування даних на картографічній основі та підтримувати роботу з поширеними форматами геопросторової інформації.

Важливою вимогою є можливість використання зовнішніх картографічних платформ, зокрема таких сервісів, як Google Maps, OpenStreetMap або ArcGIS, що дозволяють отримувати актуальні картографічні дані та інструменти візуалізації. Інтеграція з такими сервісами забезпечує доступ до масштабованих

карт, геокодування адрес, визначення відстаней, побудови маршрутів та інших функцій, необхідних для просторового аналізу.

Система повинна підтримувати засоби просторової аналітики, зокрема фільтрацію об'єктів за координатами, визначення зон впливу, аналіз відстаней між об'єктами та виявлення просторових закономірностей. Реалізація таких функцій дозволяє переходити від простого відображення даних на карті до їх змістовної інтерпретації, що є ключовим для прийняття обґрунтованих управлінських або технічних рішень.

Не менш важливою вимогою є забезпечення збереження просторових даних та історії їх змін. Система має підтримувати накопичення інформації про стан об'єктів у різні моменти часу, що дозволяє аналізувати динаміку процесів, відстежувати зміни розташування або характеристик об'єктів та формувати аналітичні звіти. Поєднання часової та просторової інформації значно підвищує інформативність системи та розширює можливості її використання.

Окрему увагу необхідно приділити зручності доступу до даних і засобам їх візуалізації. Інтерфейс системи має забезпечувати відображення карт, тематичних шарів, підписів, графічних позначень і додаткової інформації про об'єкти у зрозумілій для користувача формі. Підтримка веб-доступу та віддаленої роботи дозволяє використовувати систему незалежно від місця перебування користувача та інтегрувати її у сучасні інформаційні інфраструктури.

Отже, інформаційна система аналізу просторових даних з використанням картографічних сервісів повинна поєднувати функції інтеграції геоданих, їх просторової обробки, збереження та візуалізації на цифрових картах. Виконання цих вимог забезпечує підвищення інформативності аналізу, покращує підтримку прийняття рішень і створює основу для подальшого розвитку геоінформаційних компонентів системи.

Інформаційна система повинна забезпечувати надійність зберігання даних і захист від втрати або спотворення інформації. Це передбачає використання

механізмів резервного копіювання, контролю доступу та перевірки цілісності даних. Надійність функціонування безпосередньо впливає на достовірність результатів аналізу та рівень довіри до системи.

Окремої уваги потребує вимога масштабованості. Система має зберігати працездатність при зростанні обсягів даних або кількості користувачів, що досягається за рахунок модульної структури та розподілу навантаження між компонентами. Це створює умови для поступового розвитку функціоналу без необхідності повної перебудови програмної архітектури.

Додатково інформаційна система повинна забезпечувати відповідність відкритим стандартам обміну геопросторовими даними, зокрема специфікаціям OGC API та іншим міжнародним вимогам до публікації просторових сервісів [3, 8, 29]. Дотримання стандартів сприяє сумісності з зовнішніми інформаційними ресурсами, спрощує інтеграцію з іншими програмними рішеннями та забезпечує довгострокову актуальність архітектури системи. Це дозволяє уникнути залежності від окремих технологічних платформ і забезпечити гнучкість подальшого розвитку.

Важливою вимогою є підтримка розширюваності функціоналу. Архітектура системи має передбачати можливість підключення нових модулів аналітики, додавання додаткових джерел даних або впровадження нових способів візуалізації без порушення роботи вже реалізованих компонентів. Модульний підхід дозволяє поступово розширювати можливості системи відповідно до нових задач і змін у предметній області, зберігаючи при цьому стабільність її функціонування.

Крім того, система повинна забезпечувати продуктивність обробки просторових даних при роботі з великими масивами інформації. Це передбачає використання просторових індексів, оптимізацію запитів до бази даних та ефективну організацію кешування картографічних шарів. Підтримання прийняттого часу відгуку інтерфейсу є необхідною умовою комфортної роботи

користувачів і впливає на практичну придатність інформаційної системи в реальних умовах експлуатації.

### 1.5 Постановка задачі розробки інформаційної системи аналізу просторових даних

Зростання обсягів геопросторової інформації та активне використання картографічних сервісів у різних сферах діяльності зумовлюють потребу у створенні систем, здатних ефективно інтегрувати, обробляти та візуалізувати просторові дані. Просторова інформація сьогодні формується з різних джерел – відкритих наборів даних, державних геопорталів, сенсорних систем, статистичних ресурсів і результатів дистанційного зондування Землі. Відповідно до вимог законодавства щодо формування національної інфраструктури геопросторових даних, інформаційні системи мають забезпечувати сумісність, актуальність і доступність таких ресурсів [1].

У сучасних умовах особливого значення набуває використання відкритих стандартів доступу до геоданих, зокрема специфікацій OGC API, які регламентують уніфікований обмін просторовою інформацією в мережевому середовищі [3, 8, 29]. Дотримання таких стандартів дозволяє забезпечити сумісність компонентів системи, інтеграцію із зовнішніми сервісами та масштабованість архітектури.

Проблема, що потребує розв'язання, полягає у відсутності цілісного програмного рішення, яке поєднувало б інтеграцію різномірних геоданих, їх аналітичну обробку та інтерактивну візуалізацію в єдиному інформаційному середовищі. У багатьох випадках зберігання, аналіз і відображення просторової інформації реалізуються за допомогою окремих інструментів, що ускладнює обмін даними, знижує оперативність роботи та потребує додаткових налаштувань для забезпечення сумісності.

Окремим напрямом задачі є забезпечення відображення результатів обробки на інтерактивних картах та організація доступу до системи через веб-інтерфейс. Візуалізація повинна надавати можливість роботи з тематичними шарами, масштабуванням, фільтрацією та переглядом детальної інформації про об'єкти. Веб-орієнтована реалізація забезпечує доступність системи незалежно від місця перебування користувача та дозволяє інтегрувати її в сучасні інформаційні інфраструктури без необхідності встановлення спеціалізованого програмного забезпечення на робочих станціях. Реалізація поставленої задачі передбачає формування архітектури системи, що включає серверну частину для зберігання та обробки геоданих, програмні модулі для реалізації логіки аналізу та клієнтський інтерфейс на основі картографічних бібліотек. Особлива увага приділяється забезпеченню масштабованості, відповідності відкритим стандартам і можливості подальшого розширення функціоналу.

У підсумку розроблювана інформаційна система має забезпечити узгоджену взаємодію між джерелами геоданих, засобами їх обробки та картографічними сервісами, що дозволить підвищити ефективність роботи з просторовою інформацією, покращити наочність результатів аналізу та створити основу для подальшого розвитку геоінформаційних рішень у прикладних задачах.

У процесі постановки задачі визначено необхідність формування логічної структури системи, у межах якої кожен компонент виконує чітко визначену функцію. Розмежування модулів збору, зберігання, аналізу та візуалізації даних дозволяє забезпечити прозорість архітектури та спростити подальше тестування й удосконалення окремих частин системи.

Важливим аспектом є також орієнтація на використання відкритих технологій і стандартів, що забезпечують сумісність із зовнішніми сервісами та можливість інтеграції в ширші інформаційні середовища. Такий підхід сприяє підвищенню довгострокової актуальності розроблюваного рішення та розширює сферу його практичного застосування.

					КвРІСТ. 230158.23.01.02 ПЗ	Арк. 20
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

## 2 ПРОЄКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ ПРОСТОРОВИХ ДАНИХ

### 2.1 Загальна архітектура інформаційної системи

У межах розроблення інформаційної системи аналізу просторових даних сформовано цілісну архітектуру, яка забезпечує інтеграцію геопросторової інформації, її обробку та відображення у вигляді інтерактивних карт. Побудова архітектури виконана з урахуванням сучасних підходів до створення веб-орієнтованих інформаційних систем, де чітко розділено функціональні ролі окремих компонентів, що дозволяє забезпечити гнучкість, масштабованість та стабільність роботи системи в умовах обробки значних обсягів даних.

У загальному вигляді архітектуру системи організовано за багаторівневим принципом, де кожен рівень виконує окрему функцію та взаємодіє з іншими через визначені інтерфейси. Такий підхід дозволяє уникнути надмірної залежності між компонентами та спростити подальше розширення або модернізацію системи. Основними складовими архітектури визначено клієнтський рівень, серверний рівень обробки даних та рівень зберігання інформації.

Клієнтський рівень реалізовано у вигляді веб-інтерфейсу, який забезпечує взаємодію користувача із системою. Саме на цьому рівні виконано відображення геопросторових даних у вигляді інтерактивної карти, що підтримує масштабування, переміщення, вибір об'єктів та відображення атрибутивної інформації. Інтерфейс побудовано таким чином, щоб користувач мав змогу здійснювати навігацію по даних, обирати необхідні шари, застосовувати фільтрацію та отримувати результати аналізу у наочному вигляді. Візуалізація реалізована з використанням сучасних картографічних сервісів, що забезпечують відображення базових підкладок та підтримку геометричних об'єктів різного типу.

					КвРІСТ. 230158.23.01.02 ПЗ	Арк. 21
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Серверний рівень виконує ключову роль у функціонуванні системи, оскільки саме тут реалізовано основну логіку обробки даних. У межах цього рівня забезпечено приймання запитів від клієнтської частини, їх обробку, формування відповідей та взаємодію з базою даних. Серверна частина організована у вигляді набору функціональних модулів, кожен з яких відповідає за окремий етап обробки інформації. Зокрема, виділено модуль інтеграції даних, модуль їх обробки та модуль формування результатів для подальшої візуалізації.

Модуль інтеграції забезпечує імпорт геопросторових даних з різних джерел. У цьому процесі виконано приведення даних до єдиного формату, узгодження координатних систем та усунення можливих невідповідностей у структурі. Такий підхід дозволяє працювати з різнорідними наборами даних без втрати їх змісту та точності. Після інтеграції дані передаються до модуля обробки, де вже реалізовано виконання просторових операцій.

Модуль обробки даних забезпечує виконання аналітичних операцій над геопросторовими об'єктами. У межах цього модуля реалізовано механізми визначення просторових взаємозв'язків між об'єктами, розрахунок відстаней, виявлення перетинів, формування буферних зон та виконання інших операцій, що дозволяють отримати додаткову інформацію з вихідних даних. Обробка виконується з урахуванням типу геометрії та характеристик об'єктів, що дозволяє забезпечити коректність результатів.

Рівень зберігання даних реалізовано з використанням бази даних, яка підтримує роботу з просторовими типами. У структурі бази передбачено збереження як геометричних характеристик об'єктів, так і їх атрибутивних параметрів. Для підвищення продуктивності запитів застосовано просторові індекси, що дозволяє значно скоротити час виконання операцій пошуку та аналізу. Організація зберігання побудована таким чином, щоб забезпечити швидкий доступ до даних навіть при їх значному обсязі.

Взаємодію між клієнтською та серверною частинами реалізовано через мережевий інтерфейс, який забезпечує передачу запитів та відповідей у

					КвРІСТ. 230158.23.01.02 ПЗ	Арк. 22
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

стандартизованому форматі. Такий підхід дозволяє забезпечити незалежність клієнтської частини від внутрішньої реалізації серверної логіки, а також створює можливість підключення додаткових клієнтів без змін у структурі системи.

Окрему увагу приділено забезпеченню масштабованості архітектури. Завдяки розподілу функцій між рівнями з'являється можливість розширення окремих компонентів без необхідності зміни всієї системи. Наприклад, у разі зростання обсягу даних може бути модернізовано лише рівень зберігання або обробки, що не вплине на клієнтську частину. Це дозволяє адаптувати систему до змін умов експлуатації. Загальна архітектура інформаційної системи аналізу просторових даних зображена на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Загальна архітектура інформаційної системи аналізу просторових даних

У результаті сформована архітектура забезпечує повний цикл роботи з геопросторовими даними - від їх отримання та підготовки до аналітичної

обробки та візуалізації результатів. Такий підхід створює основу для подальшої реалізації системи та дозволяє забезпечити її ефективне функціонування в умовах реального використання.

## 2.2 Проектування структури бази просторових даних

У процесі побудови інформаційної системи аналізу просторових даних особливу увагу зосереджено на детальному проектуванні структури бази даних, оскільки саме цей компонент забезпечує не лише зберігання інформації, але й безпосередньо впливає на швидкість обробки, точність аналітичних операцій та загальну стабільність функціонування системи. Структура бази сформована з урахуванням специфіки геопросторової інформації, яка характеризується складною геометрією, багатовимірністю та необхідністю виконання просторових запитів.

Архітектурно базу даних організовано як реляційне сховище з підтримкою просторових розширень, що дозволяє поєднати класичні механізми роботи з табличними даними та спеціалізовані інструменти обробки геометрії. Такий підхід забезпечує універсальність системи та дає можливість працювати як із числовими і текстовими параметрами, так і з координатною інформацією без додаткових перетворень.

У межах проектування визначено набір основних сутностей, які відображають структуру предметної області. Кожна сутність представлена окремою таблицею, що відповідає певному типу геопросторових об'єктів. Наприклад, передбачено таблиці для точкових об'єктів, які відображають окремі місця або об'єкти інфраструктури, таблиці для лінійних об'єктів, що описують дороги або маршрути, а також таблиці для полігональних об'єктів, які представляють території, зони або межі. Такий поділ дозволяє оптимізувати структуру даних і врахувати особливості кожного типу геометрії.

Кожна таблиця містить стандартний набір полів, серед яких ключову роль відіграє унікальний ідентифікатор, що забезпечує однозначне визначення запису. Геометричні дані збережено у спеціалізованому полі, яке підтримує зберігання координат у вигляді структурованих об'єктів. Це поле дозволяє виконувати просторові операції без необхідності попередньої обробки, що значно спрощує реалізацію аналітичних функцій. Атрибутивна частина таблиці включає набір характеристик, які описують об'єкт, наприклад його назву, тип, категорію, числові параметри або додаткові ознаки, що використовуються для фільтрації та аналізу.

Окремо враховано питання нормалізації даних, що дозволяє уникнути дублювання інформації та підвищити узгодженість структури. Для цього частину атрибутів винесено в окремі довідкові таблиці, які містять уніфіковані значення, наприклад класифікацію об'єктів або їх типи. Зв'язок між основними таблицями та довідниками реалізовано через зовнішні ключі, що забезпечує цілісність даних та унеможливорює використання некоректних значень.

У процесі проектування особливу увагу приділено підтримці координатних систем. Оскільки джерела геоданих можуть використовувати різні системи координат, у структурі бази передбачено збереження ідентифікатора просторової референсної системи для кожного геометричного поля. Це дозволяє виконувати автоматичне перетворення координат під час обробки даних і забезпечує їх коректне відображення на карті незалежно від початкового формату.

Для підвищення продуктивності системи реалізовано просторові індекси, які значно оптимізують виконання запитів. Індксація дозволяє швидко знаходити об'єкти, що розташовані у певній області, визначати найближчі елементи або виконувати перевірку перетинів. Використання індексів особливо важливе у випадках, коли обсяг даних є значним і обробка виконується у режимі реального часу.

Окрім просторових індексів, застосовано також традиційні індекси для атрибутивних полів, що часто використовуються у запитах. Це дозволяє прискорити фільтрацію даних за певними параметрами та забезпечити швидке формування результатів для відображення у клієнтській частині системи. Оптимізація структури таблиць виконана з урахуванням типових сценаріїв використання, що дозволяє мінімізувати навантаження на сервер під час виконання складних операцій.

У межах реалізації структури бази також передбачено підтримку історії змін даних. Для цього використано додаткові поля, які зберігають інформацію про час створення та оновлення записів. Це дозволяє відстежувати зміни у даних та забезпечує можливість аналізу динаміки змін просторових об'єктів у часі.

Важливим елементом є забезпечення цілісності геометричних даних. У структурі бази передбачено перевірку коректності геометрії, що дозволяє уникнути збереження некоректних або пошкоджених об'єктів. Це особливо актуально при імпорті даних з зовнішніх джерел, де можливі помилки у форматі або координатах.

Також враховано можливість масштабування бази даних. Структура організована таким чином, щоб у майбутньому можна було додавати нові типи об'єктів або розширювати набір атрибутів без значних змін існуючої схеми. Це забезпечує гнучкість системи та дозволяє адаптувати її до нових вимог або змін у предметній області.

У результаті детального проєктування сформовано багаторівневу структуру бази просторових даних, яка поєднує ефективне зберігання інформації, підтримку складних просторових операцій та можливість інтеграції з іншими компонентами системи. Запропоноване рішення створює надійну основу для реалізації аналітичних функцій та забезпечує стабільну роботу інформаційної системи в умовах обробки різнорідних геопросторових даних.

## 2.3 Організація інтеграції та обробки геопросторових даних

У межах проектування інформаційної системи аналізу просторових даних одним із найважливіших етапів визначено організацію процесів інтеграції та обробки геопросторової інформації. Саме на цьому етапі забезпечено перехід від розрізнених, часто неоднорідних джерел даних до єдиного узгодженого інформаційного середовища, придатного для подальшого аналізу та візуалізації. Геопросторові дані за своєю природою можуть суттєво відрізнятися за структурою, форматом, точністю та системою координат, що створює додаткові труднощі при їх використанні в межах однієї системи.

Організацію інтеграції побудовано як послідовний процес, який включає отримання даних, їх попередню обробку, нормалізацію, узгодження структури та подальше збереження у базі даних. Джерелами інформації можуть виступати як відкриті картографічні сервіси, так і локальні файли або зовнішні інформаційні системи. Дані можуть надходити у різних форматах, серед яких найбільш поширеними є GeoJSON, Shapefile, а також інші структуровані формати, що містять як геометричну, так і атрибутивну інформацію.

На початковому етапі виконано імпорт даних у систему. У цьому процесі реалізовано механізми зчитування вхідних файлів або отримання інформації через мережеві запити. Оскільки структура вхідних даних може відрізнятися залежно від джерела, передбачено універсальний підхід до їх обробки, який дозволяє адаптувати різні формати до внутрішнього представлення системи. Особливу увагу приділено коректному виділенню геометричної складової та атрибутивних характеристик, що є основою для подальшої роботи.

Після імпорту виконано етап нормалізації даних, у межах якого здійснено приведення структури інформації до єдиного формату. Це включає уніфікацію назв полів, приведення типів даних до стандартного вигляду, а також усунення дублюючих або некоректних записів. Нормалізація дозволяє забезпечити

узгодженість даних та створює основу для їх ефективного використання у подальших етапах обробки.

Важливим етапом інтеграції є узгодження координатних систем. Оскільки геодані можуть використовувати різні системи координат, виконано їх приведення до єдиної системи, яка використовується у межах інформаційної системи. Це дозволяє уникнути помилок при відображенні об'єктів на карті та забезпечує коректність просторових розрахунків. Процес трансформації координат реалізовано з використанням відповідних алгоритмів, що враховують особливості проєкцій.

Після нормалізації та узгодження координат виконано етап очищення даних. У цьому процесі здійснено виявлення та видалення некоректних або пошкоджених записів, а також виправлення помилок у геометрії. Зокрема, перевірено замкненість полігонів, коректність координат та відсутність самоперетинів. Такий підхід дозволяє підвищити якість даних та уникнути проблем під час виконання аналітичних операцій.

Обробка геопросторових даних у системі реалізована як набір операцій, що виконуються над геометричними об'єктами. До основних типів обробки віднесено визначення просторових взаємозв'язків, обчислення відстаней між об'єктами, виявлення перетинів та належності до певних областей. Також реалізовано побудову буферних зон, що дозволяє аналізувати об'єкти у межах заданої відстані. Такі операції є основою для вирішення практичних задач, пов'язаних із аналізом територій, розташування об'єктів та їх взаємодії.

Окрему роль у процесі обробки відіграє фільтрація даних. У системі реалізовано можливість відбору об'єктів за різними критеріями, які можуть базуватися як на атрибутивних характеристиках, так і на їх просторовому розташуванні. Це дозволяє формувати підмножини даних для подальшого аналізу та відображення. Фільтрація може виконуватися як на серверному рівні, так і частково на клієнтській стороні, що забезпечує гнучкість роботи системи.

Для підвищення ефективності обробки використано оптимізаційні механізми, зокрема застосування просторових індексів та попередньої агрегації даних. Це дозволяє зменшити обсяг обчислень при виконанні запитів та скоротити час отримання результатів. У випадках роботи з великими наборами даних передбачено розбиття обробки на окремі етапи, що дозволяє уникнути перевантаження системи.

У межах організації інтеграції також передбачено підтримку оновлення даних. Система дозволяє додавати нові об'єкти, змінювати існуючі та видаляти застарілі записи. Для цього реалізовано механізми контролю змін, що забезпечують узгодженість інформації та запобігають виникненню конфліктів. Це особливо важливо у випадках, коли дані оновлюються з різних джерел або у різний час. Схема інтеграції та обробки геопросторових даних зображена на рисунку 2.2.

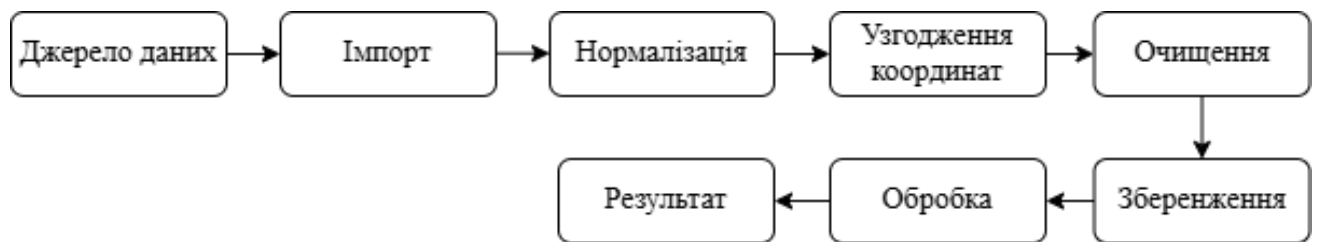


Рисунок 2.2 – Схема інтеграції та обробки геопросторових даних

Взаємодію між модулями інтеграції та обробки організовано таким чином, щоб забезпечити безперервність процесу обробки даних. Після завершення кожного етапу результати передаються до наступного, що дозволяє сформувати єдиний конвеєр обробки. Такий підхід забезпечує логічну послідовність виконання операцій і дозволяє легко відстежувати процес обробки.

У результаті реалізовано комплексний механізм інтеграції та обробки геопросторових даних, який забезпечує їх приведення до єдиного вигляду, виконання аналітичних операцій та підготовку до подальшої візуалізації. Запропоноване рішення дозволяє ефективно працювати з різнорідними

джерелами інформації та створює основу для отримання достовірних результатів аналізу у межах інформаційної системи.

## 2.4 Розробка методів просторового аналізу

У процесі проектування інформаційної системи аналізу просторових даних розробку методів просторового аналізу визначено як центральний елемент, що формує практичну цінність системи. Саме на цьому етапі виконано перехід від простого зберігання та відображення геоданих до їх змістовної інтерпретації, що дозволяє отримувати нову інформацію на основі вже наявних даних. Просторовий аналіз у межах системи реалізовано як сукупність алгоритмів та операцій, які працюють із геометричними об'єктами та їх атрибутами, враховуючи як їх розташування, так і взаємодію у просторі.

У процесі розробки методів враховано, що геопросторові дані можуть бути представлені у вигляді точкових, лінійних та полігональних об'єктів, кожен з яких має свої особливості обробки. Це призвело до необхідності створення універсального підходу, який дозволяє виконувати однакові операції для різних типів геометрії, зберігаючи при цьому точність і коректність результатів. Усі методи реалізовано з урахуванням використання єдиної координатної системи, що забезпечує узгодженість обчислень і виключає виникнення похибок, пов'язаних із різними проєкціями.

Наступним важливим методом виступає аналіз топологічних відношень між об'єктами. У цьому контексті реалізовано перевірку таких відношень, як перетин, дотик, включення та розташування поруч. Це дозволяє визначити, чи мають об'єкти спільну область, чи перетинаються їх межі, або чи один об'єкт повністю знаходиться в межах іншого. Такі операції є основою для вирішення задач, пов'язаних із зонуванням територій, контролем накладання об'єктів або визначенням їх взаємного впливу.

Окрему увагу приділено методу визначення належності точки до полігональної області. У межах реалізації використано алгоритмічні підходи, що дозволяють точно визначити положення точки відносно меж полігону, навіть у випадках складної геометрії. Це дозволяє виконувати класифікацію об'єктів за територіальним принципом та використовувати ці результати у подальших аналітичних операціях.

Метод побудови буферних зон реалізовано як один із ключових інструментів аналізу. У межах цього методу навколо геометричного об'єкта формується область із заданим радіусом, що дозволяє визначати зону його впливу або доступності. Побудова буфера виконується з урахуванням форми об'єкта, що забезпечує коректність отриманих результатів навіть для складних геометрій. Даний метод активно використовується у поєднанні з іншими операціями, що дозволяє виконувати більш складні сценарії аналізу.

У системі також реалізовано метод просторової агрегації, який дозволяє об'єднувати об'єкти за певними ознаками або в межах визначених територій. Це дозволяє зменшити обсяг даних та отримати узагальнену інформацію, яка є більш зручною для аналізу. Наприклад, кілька точкових об'єктів можуть бути об'єднані у межах одного полігону для визначення їх кількості або середніх значень параметрів.

Особливу увагу приділено комбінованим методам аналізу, які поєднують кілька базових операцій у межах одного сценарію. Наприклад, спочатку виконується побудова буферної зони, після чого визначаються об'єкти, що потрапляють у її межі, а далі застосовується фільтрація за атрибутивними параметрами. Такий підхід дозволяє вирішувати складні прикладні задачі та отримувати більш глибокі результати аналізу.

У межах реалізації методів просторового аналізу також враховано питання оптимізації. Використання просторових індексів дозволяє значно скоротити кількість операцій, що виконуються під час обробки, особливо при роботі з великими наборами даних. Крім того, частину обчислень перенесено на рівень

бази даних, що дозволяє мінімізувати передачу зайвої інформації між сервером і клієнтом та зменшити навантаження на систему.

Важливим аспектом є також обробка крайових випадків, які можуть виникати під час виконання просторових операцій. Наприклад, враховано ситуації, коли об'єкти мають нульову площу, містять помилки у геометрії або мають складну топологію. У системі реалізовано перевірку коректності геометричних даних перед виконанням аналізу, що дозволяє уникнути помилок та забезпечити стабільність роботи. Схема виконання просторового аналізу геоданих подана на рисунку 2.3.

					КВРІСТ. 230158.23.01.02 ПЗ	Арк. 32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.3 – Схема виконання просторового аналізу геоданих

У процесі розробки методів враховано можливість їх подальшого розширення. Архітектура системи дозволяє додавати нові типи просторового аналізу без суттєвого впливу на вже реалізовані функції. Це створює передумови для розвитку системи та її адаптації до нових задач.

У підсумку сформовано комплекс методів просторового аналізу, який охоплює базові та розширені операції над геопросторовими даними. Реалізовані

підходи дозволяють виконувати як прості, так і складні аналітичні задачі, забезпечуючи отримання достовірних і точних результатів, що можуть бути використані для подальшої візуалізації та прийняття рішень у межах інформаційної системи.

## 2.5 Проектування веб-інтерфейсу та картографічної візуалізації

У межах створення інформаційної системи аналізу просторових даних проектування веб-інтерфейсу та засобів картографічної візуалізації визначено як один із ключових етапів, оскільки саме цей компонент забезпечує безпосередню взаємодію користувача із системою та подання результатів обробки у зрозумілому й наочному вигляді. Інтерфейс виступає не лише засобом відображення даних, а й інструментом керування аналітичними процесами, що реалізовані на серверному рівні.

Побудову веб-інтерфейсу виконано з урахуванням принципів зручності використання, логічної структурованості та швидкого доступу до функціональних можливостей системи. Основну частину інтерфейсу займає інтерактивна карта, яка виступає центральним елементом відображення геопросторової інформації. Навколо карти організовано допоміжні елементи керування, що дозволяють взаємодіяти з даними, змінювати режими відображення та виконувати аналітичні операції.

Інтерактивну карту реалізовано з використанням сучасних картографічних бібліотек, які забезпечують відображення базових картографічних підкладок, підтримку масштабування, переміщення та динамічного оновлення даних. У межах інтерфейсу передбачено можливість вибору різних типів підкладок, що дозволяє адаптувати відображення до конкретних задач. Користувач отримує змогу змінювати масштаб карти, переміщувати її у межах області перегляду та швидко переходити до необхідної ділянки.

Важливим елементом інтерфейсу є система шарів, яка дозволяє відображати різні типи геопросторових об'єктів окремо або у поєднанні. Кожен шар відповідає певному набору даних і може бути увімкнений або вимкнений залежно від потреб користувача. Такий підхід дозволяє уникнути перевантаження інтерфейсу та забезпечує зручність роботи навіть при великій кількості даних. Для кожного шару передбачено окремі налаштування відображення, що дозволяє змінювати стиль, колір або прозорість об'єктів.

Проектування картографічної візуалізації виконано з урахуванням необхідності чіткого та інформативного подання даних. Для різних типів геометрії використано різні способи відображення: точки позначено маркерами, лінійні об'єкти – лініями, а полігони – заповненими областями. Колірна схема підібрана таким чином, щоб забезпечити контрастність та легкість сприйняття інформації. Також передбачено можливість зміни стилю відображення залежно від значень атрибутів, що дозволяє візуально виділяти об'єкти за певними характеристиками.

Окрему увагу приділено інтерактивності елементів карти. Користувач може обирати окремі об'єкти, після чого на екрані відображається додаткова інформація у вигляді спливаючого вікна. У цьому вікні представлено атрибутивні дані, що дозволяє отримати детальні відомості про об'єкт без необхідності переходу до інших розділів системи. Такий підхід значно підвищує зручність роботи та дозволяє швидко отримувати необхідну інформацію.

Для реалізації аналітичних функцій у веб-інтерфейсі передбачено набір елементів керування, які дозволяють задавати параметри обробки даних. Користувач може обирати критерії фільтрації, задавати відстані для побудови буферних зон або визначати умови пошуку об'єктів. Після введення параметрів запит передається на сервер, де виконується відповідна обробка, а результати повертаються для відображення на карті.

У процесі проектування враховано необхідність забезпечення швидкодії інтерфейсу. Для цього використано підхід динамічного завантаження даних, при

якому на клієнтську сторону передається лише та інформація, що необхідна для поточного відображення. Це дозволяє зменшити обсяг передаваних даних та забезпечити плавність роботи навіть при великій кількості об'єктів.

Інтерфейс також передбачає можливість пошуку об'єктів за атрибутивними параметрами. Для цього реалізовано відповідні елементи введення, які дозволяють задавати критерії пошуку. Результати пошуку відображаються на карті, що дозволяє швидко перейти до потрібного об'єкта та отримати про нього інформацію.

У межах проєктування веб-інтерфейсу враховано адаптивність відображення, що дозволяє використовувати систему на різних типах пристроїв. Розташування елементів інтерфейсу змінюється залежно від розміру екрана, що забезпечує зручність роботи як на персональних комп'ютерах, так і на мобільних пристроях.

Окрему увагу приділено організації взаємодії з серверною частиною. Інтерфейс побудовано таким чином, щоб забезпечити асинхронний обмін даними, що дозволяє виконувати запити без перезавантаження сторінки. Це створює відчуття безперервної роботи системи та підвищує її зручність.

У процесі проєктування також враховано можливість подальшого розширення функціональності інтерфейсу. Архітектура побудована таким чином, щоб нові елементи або функції могли бути додані без суттєвого порушення вже існуючої структури.

У підсумку сформовано веб-інтерфейс, який забезпечує ефективну взаємодію користувача із системою, наочне відображення геопросторових даних та зручний доступ до аналітичних функцій. Реалізовані підходи до картографічної візуалізації дозволяють представити результати обробки у зрозумілому вигляді, що значно підвищує ефективність використання інформаційної системи.

## 2.6 Організація взаємодії клієнтської та серверної частин

У межах бакалаврської кваліфікаційної роботи розглянуто організацію взаємодії клієнтської та серверної частин інформаційної системи аналізу просторових даних з урахуванням практичної реалізації обміну, обробки запитів та забезпечення стабільної роботи при роботі з геопросторовою інформацією. Розкрито не лише загальну модель взаємодії, а й деталізовано внутрішні етапи проходження запиту, структуру переданих даних, особливості обробки на сервері та механізми повернення результатів у вигляді, придатному для подальшої візуалізації.

Взаємодію організовано за клієнт–серверною архітектурою, у якій клієнтська частина функціонує як інтерфейс взаємодії користувача з системою, а серверна частина виступає як центр обробки запитів, виконання просторового аналізу та доступу до бази даних. Такий підхід дозволив розділити відповідальність між компонентами, що спрощує супровід системи, підвищує її масштабованість і забезпечує можливість незалежного розвитку кожної з частин.

Клієнтська частина реалізує функції формування запитів, керування відображенням даних та обробки отриманих результатів. У процесі роботи користувач взаємодіє з картою, виконує вибір області аналізу, задає параметри, такі як радіус пошуку, тип об'єктів або умови фільтрації. На основі цих дій формується запит, який структуровано у вигляді набору параметрів. Важливо, що клієнт не виконує складних обчислень, а лише готує дані для передавання, що дозволяє зменшити навантаження на браузер і забезпечити стабільну роботу навіть на пристроях із обмеженими ресурсами.

Передавання запитів здійснено за допомогою HTTP–протоколу із використанням REST–підходу. Кожна дія користувача відповідає певному запиту до серверного API. Наприклад, отримання шару даних виконується через GET–запит, запуск аналізу – через POST-запит із параметрами, що описують

необхідні операції. Така організація дозволяє стандартизувати взаємодію та забезпечити її зрозумілість і передбачуваність.

Структура запиту сформована таким чином, щоб передати всю необхідну інформацію для виконання просторового аналізу. До складу запиту входять координати області інтересу, параметри аналізу, ідентифікатори шарів та додаткові атрибути. Передавання геометрії здійснюється у форматі, наближеному до GeoJSON, що дозволяє безпосередньо використовувати ці дані у картографічних бібліотеках після отримання відповіді.

На серверній стороні організовано багаторівневу обробку запиту. Після надходження запиту виконується його прийом та первинний розбір. Далі здійснюється валідація, яка передбачає перевірку структури запиту, коректності координат, допустимості параметрів та відповідності формату. У разі виявлення помилок формується відповідь із повідомленням про некоректні дані, що дозволяє уникнути виконання зайвих обчислень.

Після успішної валідації запит передається до обробника, який визначає тип операції та обирає відповідний алгоритм. На цьому етапі відбувається звернення до бази просторових даних, де зберігаються геометричні об'єкти та їх атрибути. Для прискорення доступу використано індексацію просторових даних, що дозволяє ефективно виконувати запити навіть при значному обсязі інформації.

Обробка даних включає виконання просторових операцій, які можуть передбачати обчислення відстаней, перевірку перетинів геометрій, побудову буферних зон або відбір об'єктів за заданими умовами. Результати обробки формуються у вигляді нових наборів геометрій або атрибутивних таблиць. При цьому враховано необхідність мінімізації обсягу переданих даних – до відповіді включаються лише ті об'єкти, які відповідають умовам запиту.

Після завершення обробки формується відповідь, яка містить результати аналізу у структурованому вигляді. Вона передається клієнтській частині у

форматі JSON або GeoJSON. Це дозволяє безпосередньо використовувати отримані дані для відображення на карті без додаткових перетворень.

Особливу увагу приділено асинхронності взаємодії. Запити виконуються у фоновому режимі, що дозволяє уникнути блокування інтерфейсу користувача. У процесі виконання тривалих операцій може відображатися індикатор завантаження, що інформує про стан обробки. Це покращує зручність використання системи та забезпечує її інтерактивність.

Для підвищення ефективності роботи системи реалізовано механізми оптимізації взаємодії. Зокрема, використано кешування результатів запитів, що дозволяє повторно використовувати вже отримані дані без звернення до сервера. Також застосовано обмеження обсягу переданих даних шляхом використання фільтрації та запитів лише до необхідних ділянок простору.

Важливим аспектом є забезпечення надійності взаємодії. Передбачено обробку помилок на всіх етапах – як на стороні клієнта, так і на стороні сервера. У разі виникнення помилки формується відповідне повідомлення, що дозволяє коректно відреагувати на ситуацію та уникнути збоїв у роботі системи.

Також враховано питання безпеки. Передавання даних може здійснюватися із використанням захищених протоколів, що дозволяє запобігти несанкціонованому доступу. Крім того, реалізовано базові механізми перевірки запитів, що унеможливорює виконання некоректних або потенційно небезпечних операцій.

### 3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ ПРОСТОРОВИХ ДАНИХ

#### 3.1 Формування робочого середовища та структури програмного проєкту

Практичну реалізацію інформаційної системи аналізу просторових даних розпочато з формування робочого середовища та впорядкованої структури програмного проєкту. На цьому етапі підготовлено основу, у межах якої далі реалізовано серверну частину, клієнтський веб-інтерфейс, засоби роботи з геопросторовими даними, конфігураційні файли та допоміжні матеріали. Така організація має важливе значення, оскільки інформаційна система працює не з одним окремим файлом або простим набором функцій, а з кількома взаємопов'язаними компонентами, які мають узгоджено обмінюватися даними між собою.

Робоче середовище сформовано з урахуванням того, що система повинна забезпечувати повний цикл роботи з геоданими: отримання вхідних наборів, їх підготовку, збереження, виконання просторового аналізу та відображення результатів на інтерактивній карті. Через це програмний проєкт організовано модульно. Кожна частина отримала власну зону відповідальності, що дозволило уникнути змішування логіки інтерфейсу, серверної обробки, структури даних і допоміжних ресурсів.

У структурі проєкту виділено серверну частину, яка відповідає за приймання запитів, перевірку параметрів, виконання обробки та передавання результатів клієнтській частині. Саме на цьому рівні реалізовано основну прикладну логіку інформаційної системи. Серверна частина виступає проміжною ланкою між веб-інтерфейсом, базою просторових даних і модулями аналізу. Такий поділ дозволив зберегти зрозумілу логіку роботи: користувач взаємодіє з картою у браузері, запит передається на сервер, сервер обробляє його та повертає відповідь у форматі, придатному для подальшого відображення.

					КВРІСТ. 230158.23.01.02 ПЗ	Арк. 40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Клієнтську частину проєкту організовано як окремий блок, у якому зосереджено файли веб-інтерфейсу, елементи керування картою, стилі оформлення та сценарії взаємодії з серверним API. Такий підхід дозволив відокремити візуальну частину системи від логіки обробки геоданих. У межах клієнтської частини передбачено відображення інтерактивної карти, роботу з шарами, вибір об'єктів, запуск аналітичних операцій і виведення результатів на екран.

Окремий блок у структурі програмного проєкту відведено для роботи з геопросторовими даними. До нього віднесено модулі імпорту, перевірки, очищення та підготовки вхідних наборів. Такий підхід обрано через те, що геодані можуть надходити з різних джерел і мати неоднакову структуру. У межах цього блоку реалізовано приведення інформації до внутрішнього формату системи, що дозволяє надалі виконувати просторові операції без зайвого дублювання коду в інших частинах проєкту.

Структуру зберігання даних також винесено в окрему частину. У ній передбачено файли, що описують логіку бази просторових даних, початкові набори для завантаження, службові таблиці та параметри підключення. Така організація дає можливість відокремити дані від програмної логіки, а також спрощує подальше оновлення або перенесення системи на інше середовище. Для геопросторової системи це особливо важливо, оскільки помилки в організації даних можуть впливати не тільки на збереження записів, а й на коректність просторового аналізу та відображення об'єктів на карті.

У робочому середовищі також підготовлено конфігураційний блок, у якому зосереджено параметри запуску, адреси серверних маршрутів, налаштування підключення до бази даних і службові змінні. Винесення таких параметрів в окремі файли дозволило не змінювати основний програмний код при переході між локальним запуском, тестовим середовищем або майбутнім розгортанням системи на сервері. Це робить проєкт більш гнучким і зручним для подальшого супроводу.

					КвРІСТ. 230158.23.01.02 ПЗ	Арк. 41
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Для зручності перевірки працездатності системи передбачено окрему папку з тестовими наборами геоданих. У ній розміщено невеликі приклади просторових об'єктів, які використовуються для перевірки завантаження, відображення та виконання базових аналітичних операцій. Такий підхід дозволяє не залежати від великих зовнішніх наборів даних під час первинної перевірки роботи системи. Крім того, тестові дані допомагають швидко виявити помилки у форматі координат, структурі атрибутів або роботі механізму візуалізації.

На рисунку 3.1 зображено логічну організацію програмного проєкту, у якій виділено основні функціональні частини системи.

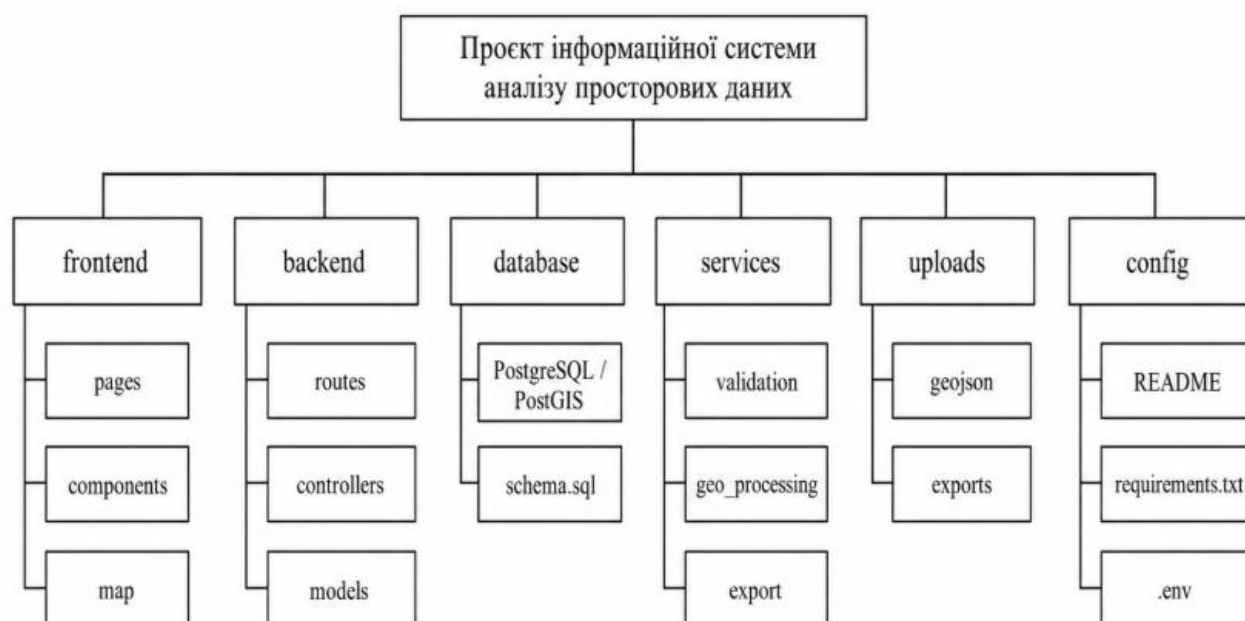


Рисунок 3.1 – Структура програмного проєкту інформаційної системи аналізу просторових даних

Показано серверну частину, клієнтський веб-інтерфейс, модулі обробки геоданих, блок бази просторових даних, конфігураційні файли та тестові набори. Така структура демонструє, що реалізовану систему організовано не як набір розрізнених файлів, а як цілісний програмний комплекс із чітким розподілом відповідальності між компонентами.

У межах серверного блоку розміщено маршрути API, обробники запитів і логіку взаємодії з базою даних. Це дозволяє централізовано приймати запити від веб-інтерфейсу та передавати їх до відповідних модулів обробки. У клієнтському блоці зосереджено елементи інтерфейсу, засоби роботи з картою та механізми надсилання запитів до сервера. Блок геообробки відповідає за підготовку вхідних просторових даних, а блок бази даних забезпечує їх подальше зберігання та використання під час аналізу.

Описана структура дозволила створити зрозумілу основу для подальшої реалізації окремих частин системи. Якщо в майбутньому потрібно буде змінити механізм візуалізації, це можна виконати в межах клієнтського блоку без значного втручання в серверну логіку. Якщо виникне потреба у додаванні нового методу просторового аналізу, його можна розмістити у відповідному модулі обробки геоданих, не змінюючи структуру інтерфейсу. Це підвищує гнучкість проєкту та робить його зручним для розвитку.

Окремим результатом формування робочого середовища стало впорядкування процесу запуску системи. Для коректної роботи передбачено послідовність дій: підготовка залежностей, налаштування параметрів підключення, запуск серверної частини, відкриття клієнтського інтерфейсу та перевірка доступу до геопросторових даних. Така послідовність дозволяє швидко перевірити працездатність системи та перейти до виконання функціональних сценаріїв.

Сформована структура програмного проєкту створює основу для наступних підрозділів, у яких розглянуто реалізацію серверного ядра, модуля завантаження геоданих, інтерактивної карти та сценаріїв просторового аналізу. У підсумку робоче середовище організовано так, щоб усі компоненти інформаційної системи були логічно пов'язані між собою, а подальша реалізація не перетворювалася на хаотичне додавання окремих файлів.

					КвРІСТ. 230158.23.01.02 ПЗ	Арк. 43
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

### 3.2 Реалізація серверного ядра та API для роботи з просторовими даними

У межах практичної реалізації інформаційної системи аналізу просторових даних серверне ядро визначено як центральний компонент, через який проходить основна логіка обробки запитів, доступу до бази просторових даних та формування відповідей для клієнтської частини. Якщо веб-інтерфейс забезпечує зручну взаємодію користувача з картою, то серверна частина виконує приховану, але найбільш відповідальну роботу: приймає параметри, перевіряє їх коректність, звертається до сховища геоданих, запускає просторові операції та повертає результат у форматі, придатному для відображення на інтерактивній мапі.

Серверне ядро реалізовано як окремий програмний рівень, що відокремлений від клієнтської частини та бази даних. Такий поділ дозволив сформувати зрозумілу структуру системи, у якій браузер користувача не працює напряму з просторовою базою, а всі запити проходять через контрольований серверний API. Це підвищує безпеку, спрощує перевірку вхідних параметрів і дає змогу централізовано керувати всіма операціями, пов'язаними з геоданими.

Основу серверної частини сформовано навколо набору API-маршрутів, кожен з яких відповідає за окрему функцію системи. Окремі маршрути призначено для отримання списку доступних просторових шарів, завантаження об'єктів вибраного шару, отримання атрибутивної інформації, фільтрації даних, запуску просторового аналізу та передавання результатів на клієнтську сторону. Завдяки такій організації серверна частина не перетворюється на один великий монолітний обробник, а складається з логічно відокремлених частин, які легше підтримувати й розширювати.

Взаємодію клієнтської частини із сервером організовано через HTTP-запити. Для отримання даних використано запити типу GET, а для передавання параметрів аналізу та запуску складніших операцій – POST-запити. У відповідях сервер повертає структуровані дані у форматі JSON або GeoJSON. Саме формат

GeoJSON є зручним для просторових об'єктів, оскільки він дозволяє передавати не лише атрибутивні значення, а й геометрію у вигляді точок, ліній або полігонів. Завдяки цьому клієнтська частина може без додаткових складних перетворень відобразити результат на картографічній підкладці.

Під час реалізації серверного ядра особливу увагу приділено прийманню та перевірці запитів. Перед виконанням будь-якої операції сервер перевіряє наявність обов'язкових параметрів, коректність координат, допустимість значень фільтрів і відповідність запиту очікуваній структурі. Якщо у запиті виявлено помилку, сервер формує відповідь із повідомленням про некоректні дані, не виконуючи зайвих звернень до бази. Такий підхід дозволив зменшити ризик помилок під час роботи системи та зробити її поведінку більш передбачуваною.

Для роботи з базою просторових даних реалізовано окремий шар доступу до даних. Він виконує роль посередника між API-маршрутами та сховищем геопросторової інформації. Завдяки цьому маршрути не містять складної логіки формування SQL-запитів або обробки структури таблиць. Вони передають параметри до відповідних функцій, а вже окремий модуль виконує звернення до бази, отримує дані, перетворює їх у потрібний формат і повертає результат серверному обробнику. Така організація зробила код більш чистим і дозволила уникнути дублювання однакових операцій у різних частинах серверної логіки.

У серверному ядрі реалізовано обробку запитів на отримання просторових об'єктів у межах поточної області карти. Це важливо для продуктивності, оскільки передавання всіх наявних геоданих одразу може створювати зайве навантаження на мережу й браузер. Замість цього клієнтська частина передає координати видимої області, а сервер повертає лише ті об'єкти, які потрапляють у відповідні межі. Такий механізм дозволив оптимізувати роботу інтерактивної карти та зменшити обсяг даних, що передаються між клієнтом і сервером.

Окремо реалізовано API для виконання просторового аналізу. У межах такого запиту клієнтська частина передає серверу параметри операції: тип

аналізу, вибраний шар, координати або область обробки, радіус, фільтри та інші умови. Після цього сервер визначає відповідний сценарій, звертається до бази просторових даних, отримує необхідні геометрії та виконує обчислення. Результат формується у вигляді нового набору об'єктів, який може бути відображений на карті як окремий аналітичний шар.

Для кращого розуміння структури серверної логіки наведено короткий фрагмент маршруту, який демонструє загальний принцип приймання запиту та повернення відповіді. Фрагмент не охоплює весь код системи, але показує базову схему роботи API.

```
@app.post("/api/analysis/buffer")
async def create_buffer(request: BufferRequest):
    params = validate_buffer_params(request)
    result = spatial_service.build_buffer(params)
    return {
        "status": "success",
        "data": result
    }
```

У наведеному фрагменті показано, що серверний маршрут приймає запит на побудову буферної зони, перевіряє параметри та передає їх до сервісу просторової обробки. Після виконання операції результат повертається клієнтській частині у структурованому вигляді. Такий принцип використано і для інших аналітичних запитів, де змінюється лише тип операції та набір параметрів.

Важливою частиною серверного ядра стала обробка помилок. У процесі роботи можуть виникати різні ситуації: відсутність потрібного шару, неправильний формат координат, недоступність бази даних, порожній результат вибірки або помилка під час виконання просторової операції. Для таких випадків реалізовано повернення зрозумілих відповідей із відповідним статусом. Це дозволяє клієнтській частині коректно реагувати на проблему та не залишати користувача без пояснення причин невдалого запиту.

Також враховано потребу у швидкій роботі серверної частини. Для цього обробку запитів організовано так, щоб на клієнтську сторону передавалися лише необхідні дані. Атрибути, які не використовуються для відображення або

аналізу, не включаються у відповідь. Просторові запити виконуються з урахуванням меж області перегляду, а за потреби застосовується фільтрація на рівні бази даних. Це дозволило уникнути зайвої передачі великих наборів геометрій і зробити роботу карти більш плавною.

На рисунку 3.2 зображено етапи проходження запиту від клієнтського веб-інтерфейсу до серверного ядра та бази просторових даних. Показано, що спочатку користувач формує дію в інтерфейсі, після чого клієнтська частина надсилає HTTP-запит до API. Далі сервер виконує валідацію параметрів, визначає потрібний обробник, звертається до бази просторових даних або аналітичного модуля, формує результат і повертає відповідь у форматі JSON або GeoJSON. У результаті клієнтська частина отримує готовий набір даних і відображає його на інтерактивній карті.

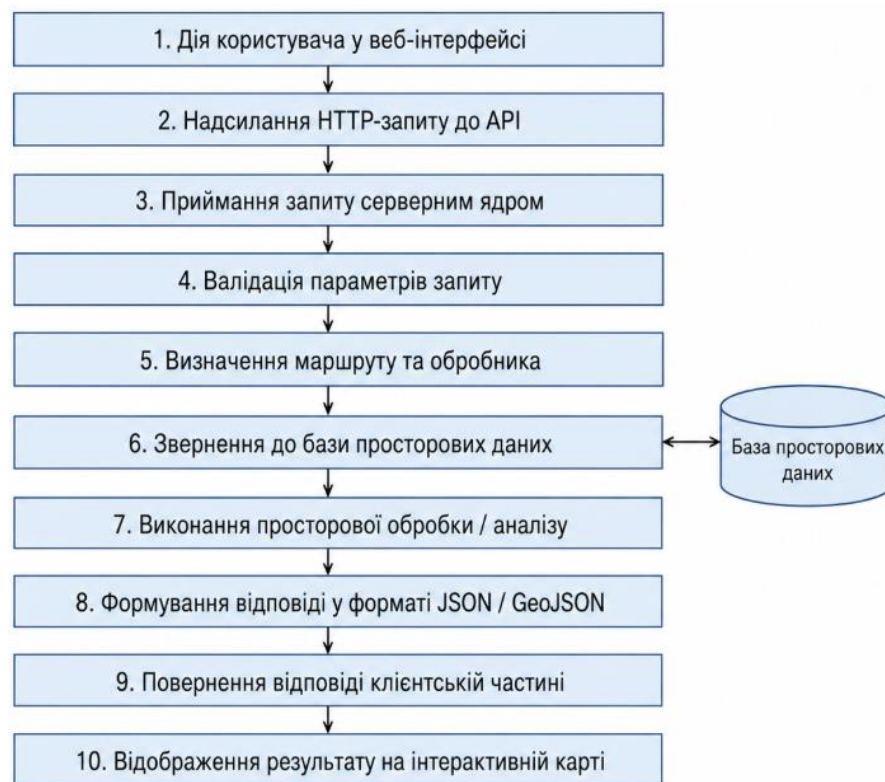


Рисунок 3.2 – Послідовність обробки запиту на серверній частині інформаційної системи

Окремим результатом реалізації API стало створення основи для подальшого розширення системи. У разі потреби до серверної частини можна додати нові маршрути, наприклад для експорту результатів, авторизації користувачів, підключення додаткових картографічних сервісів або реалізації нових методів просторового аналізу. При цьому вже створена структура не потребує повної перебудови, оскільки нові функції можуть бути включені як окремі модулі.

### 3.3 Реалізація модуля завантаження, перевірки та підготовки геоданих

Окрему увагу приділено модулю завантаження, перевірки та підготовки геоданих. Саме цей модуль виконує початкову практичну роботу з вхідними просторовими наборами і забезпечує їх перехід із зовнішнього вигляду у внутрішню структуру системи. Для такої інформаційної системи цей етап має особливе значення, оскільки якість подальшої візуалізації та коректність просторового аналізу безпосередньо залежать від того, наскільки правильно підготовлено початкові дані.

Модуль завантаження реалізовано як проміжний функціональний блок між користувацьким інтерфейсом, серверним ядром та базою просторових даних. Його призначення полягає не лише у прийманні файлу або набору записів, а й у послідовній перевірці структури, виявленні помилок, приведенні геометрії до єдиного формату та підготовці даних до збереження. За рахунок цього основна база системи не заповнюється випадковими або некоректними об'єктами, які могли б надалі спричинити помилки під час відображення на карті чи виконання аналітичних операцій.

Під час реалізації модуля враховано, що геопросторові дані можуть надходити з різних джерел і мати неоднаковий рівень підготовки. Частина наборів може містити повноцінні геометричні об'єкти, частина – лише координати окремих точок, а частина – атрибутивні записи, які потребують

додаткового перетворення перед відображенням на карті. Через це модуль побудовано не як простий механізм копіювання файлу в систему, а як послідовність взаємопов'язаних операцій, що виконують первинну технічну перевірку та змістову підготовку геоданих.

На першому етапі реалізовано приймання вхідного набору даних. Користувач передає файл або підготовлений набір записів через веб-інтерфейс, після чого клієнтська частина надсилає його на серверну сторону. Сервер приймає запит, перевіряє наявність переданого файлу, його розмір, тип і відповідність дозволеним форматам. Для роботи системи передбачено підтримку поширених форматів геоданих, зокрема GeoJSON, а також табличних наборів, у яких координати об'єктів подано через окремі поля широти та довготи. Такий підхід дозволив зробити систему більш гнучкою і придатною для роботи з різними джерелами просторової інформації.

Після завантаження даних виконано первинне розпізнавання їх структури. На цьому етапі модуль визначає, чи містить набір геометрію у готовому вигляді, чи її потрібно сформувати на основі координатних полів. Якщо у файлі вже наявні геометричні об'єкти, система перевіряє їх тип: точка, лінія або полігон. Якщо дані подано у вигляді таблиці з координатами, виконується формування точкової геометрії на основі відповідних значень. Це дозволяє використовувати не тільки спеціалізовані геоінформаційні файли, а й простіші набори, які часто застосовуються у практичній роботі.

Окремим етапом реалізовано перевірку обов'язкових полів. Для коректної роботи системи кожен просторовий об'єкт повинен мати хоча б мінімальний набір даних: ідентифікатор або назву, геометрію, тип об'єкта та службові атрибути, необхідні для відображення й подальшої обробки. Якщо частина полів відсутня, система фіксує помилку і не передає такий запис до основного сховища без додаткової обробки. Це дозволяє зберегти цілісність даних та уникнути появи неповних записів у базі.

Важливим елементом реалізації стала перевірка координат. Для точкових об'єктів здійснюється контроль допустимих значень широти та довготи. Значення широти мають перебувати в межах від  $-90$  до  $90$  градусів, а значення довготи – від  $-180$  до  $180$  градусів. Якщо координати виходять за ці межі або містять текстові значення замість числових, такий запис позначається як некоректний. Для лінійних і полігональних об'єктів додатково перевіряється наявність достатньої кількості координатних точок, оскільки лінія не може складатися з однієї точки, а полігон повинен мати замкнену просторову форму.

Після перевірки координат виконано аналіз коректності геометрії. У межах цього процесу перевіряється, чи не містять полігони самоперетинів, порожніх контурів або незамкнених меж. Також контролюється наявність порожніх геометрій, які не можуть бути відображені на карті. Для системи аналізу просторових даних така перевірка є критично важливою, оскільки некоректна геометрія може призвести до помилок під час побудови буферних зон, визначення перетинів або розрахунку відстаней.

Наступним етапом реалізовано нормалізацію атрибутивної інформації. У різних джерелах однакові за змістом поля можуть мати різні назви, наприклад `name`, `title`, `object_name` або `label`. Через це в модулі підготовки геоданих передбачено приведення назв полів до єдиного внутрішнього формату. Це дозволило уникнути ситуації, коли одна частина системи очікує одні назви атрибутів, а інша отримує зовсім іншу структуру. Нормалізація також охоплює приведення типів даних, зокрема перетворення числових значень із текстового вигляду, очищення зайвих пробілів, уніфікацію дат, категорій та службових позначень. Завдяки цьому після завантаження дані мають однакову структуру незалежно від того, з якого джерела вони надійшли.

Окремо реалізовано перевірку дублювання записів. У геопросторових наборах така проблема трапляється досить часто, особливо коли дані формуються з кількох джерел або оновлюються повторно. Дублювання може проявлятися у вигляді однакових координат, однакових назв об'єктів або

					КвРІСТ. 230158.23.01.02 ПЗ	Арк. 50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повного збігу геометрії та атрибутивної інформації. У модулі передбачено перевірку таких збігів до моменту збереження у базі просторових даних. Якщо запис уже наявний, система може пропустити його, оновити існуючий об'єкт або позначити як потенційний дубль. Такий підхід дозволив зменшити кількість зайвих об'єктів і зберегти більш чисту структуру даних.

Після нормалізації виконано узгодження координатної системи. Для коректного відображення на інтерактивній карті всі геометричні об'єкти приведено до єдиної системи координат, яка використовується у веб-картографічному середовищі. Це має особливе значення, оскільки частина зовнішніх наборів може бути підготовлена в інших проєкціях або містити координати у форматі, непридатному для прямого відображення на карті. У межах реалізованого модуля передбачено визначення початкової системи координат, перевірку її відповідності налаштуванням системи та, за потреби, виконання перетворення координат. Завдяки цьому об'єкти після завантаження відображаються у правильному місці, а результати просторових операцій не спотворюються через різницю у проєкціях.

Важливою частиною підготовки геоданих стало очищення набору від некоректних записів. На цьому етапі система відокремлює записи, які пройшли перевірку, від тих, що містять помилки. Некоректними вважаються об'єкти з відсутньою геометрією, неправильними координатами, незаповненими обов'язковими атрибутами або пошкодженою структурою. При цьому повне переривання процесу завантаження не застосовано для всього набору, якщо помилки виявлено лише в окремих записах. Коректні об'єкти продовжують оброблятися, а проблемні записи фіксуються окремо. Це дозволило зробити модуль більш практичним, оскільки один помилковий об'єкт не блокує завантаження всього файлу.

Для зручності контролю реалізовано формування короткого звіту про результат завантаження. У такому звіті відображається кількість отриманих записів, кількість успішно підготовлених об'єктів, кількість записів із

					КвРІСТ. 230158.23.01.02 ПЗ	Арк. 51
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

помилками та загальний стан виконання операції. Такий механізм дозволяє оцінити якість вхідного набору ще до його повного використання в системі. Якщо виявлено велику кількість помилок, стає зрозуміло, що файл потребує додаткової підготовки або перевірки на стороні джерела даних.

Після проходження перевірки та очищення підготовлені об'єкти передаються до етапу збереження. На цьому етапі кожен запис перетворюється у структуру, сумісну з базою просторових даних. Геометрія зберігається в окремому просторовому полі, а атрибутивні характеристики розміщуються у відповідних таблицях. Для кожного об'єкта фіксується службова інформація, зокрема ідентифікатор шару, час додавання, тип геометрії та ознака джерела. Це дозволяє надалі виконувати фільтрацію, пошук, оновлення та просторовий аналіз без втрати зв'язку між геометрією та описовими параметрами.

У процесі реалізації модуля також передбачено взаємодію із серверним API. Клієнтська частина не виконує складної перевірки геометрії самостійно, а лише передає файл або параметри завантаження на сервер. Основна перевірка відбувається на серверному рівні, що забезпечує кращу контрольованість процесу. Такий підхід є доцільним, оскільки сервер має доступ до службових модулів, бази даних і засобів просторової обробки, тоді як браузер користувача виконує лише функцію передавання файлу та відображення результату.

На рисунку 3.3 зображено основні етапи роботи реалізованого модуля. Показано, що процес розпочинається з отримання вхідного файлу або набору записів, після чого виконується перевірка формату, розпізнавання структури, контроль координат, перевірка геометрії, нормалізація атрибутів, очищення помилкових записів і збереження підготовлених об'єктів у базі просторових даних. Така схема наочно показує, що модуль не просто приймає файл, а виконує повний ланцюг підготовки інформації до подальшого використання.

На схемі також відображено, що перевірка даних має проміжний характер між завантаженням і збереженням. Це дозволяє запобігти потраплянню некоректних геометрій до основної бази. Окремим елементом виділено

формування звіту про помилки, оскільки цей результат має практичне значення для контролю якості даних. Завдяки такій організації користувач отримує не лише повідомлення про успішне або неуспішне завантаження, а й загальне розуміння стану переданого набору.

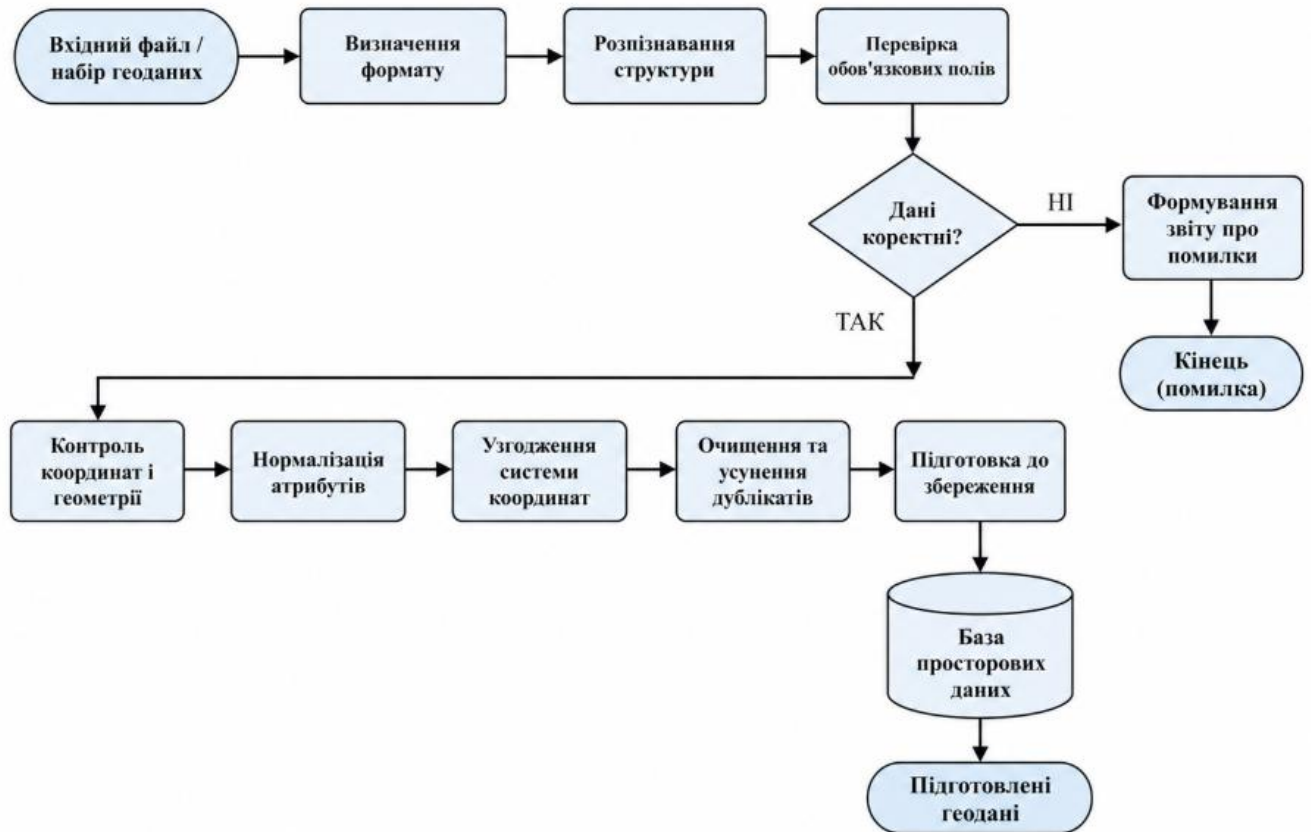


Рисунок 3.3 – Послідовність завантаження, перевірки та підготовки геоданих

Реалізований модуль підготовки геоданих забезпечує зв'язок між зовнішніми джерелами просторової інформації та внутрішніми механізмами інформаційної системи. Його використання дозволило відокремити роботу з вхідними файлами від основної логіки аналізу та візуалізації. У результаті серверне ядро, база даних і клієнтська частина отримують уже підготовлені, перевірені та структуровані дані, що зменшує кількість помилок у подальшій роботі системи.

Практичне значення цього модуля полягає в тому, що він формує початкову якість усієї системи. Якщо геодані завантажені некоректно, то навіть

правильно реалізовані методи аналізу або якісний веб-інтерфейс не забезпечать достовірного результату. Саме тому в реалізованій інформаційній системі підготовку геоданих виділено як окремий етап, який передує збереженню, обробці та картографічній візуалізації. Це дозволило зробити систему більш стабільною, зрозумілою в експлуатації та придатною для роботи з різними наборами просторової інформації.

Модуль завантаження, перевірки та підготовки геоданих реалізовано як один із базових компонентів практичної частини бакалаврської кваліфікаційної роботи. Він забезпечує приймання вхідних наборів, перевірку їхньої структури, контроль координат і геометрії, нормалізацію атрибутів, очищення помилкових записів та підготовку інформації до збереження. Завдяки цьому подальші етапи роботи системи виконуються вже з упорядкованими геопросторовими даними, що позитивно впливає на якість аналізу та коректність відображення результатів на інтерактивній карті.

### 3.4 Реалізація інтерактивної карти та керування просторовими шарами

Інтерактивну карту визначено як головний візуальний компонент, через який користувач отримує доступ до підготовлених геоданих, результатів просторової обробки та інструментів керування шарами. Якщо серверна частина забезпечує приймання запитів і виконання обчислень, то картографічний інтерфейс відповідає за зрозуміле подання цих результатів у просторі. Саме через карту реалізовано основну ідею системи: перетворення наборів координат, геометрій та атрибутів у наочну інтерактивну форму, з якою можна працювати без додаткових спеціалізованих програм.

Вона займає основну частину екрана, оскільки саме на ній відображено просторові об'єкти, шари, результати фільтрації та аналітичні побудови. Навколо картографічної області розміщено елементи керування, які забезпечують вибір шарів, зміну масштабу, пошук об'єктів, перегляд

атрибутивної інформації та запуск окремих просторових операцій. Така структура дозволила зробити роботу з системою природною: користувач не переходить між багатьма окремими вікнами, а виконує основні дії в межах одного робочого простору.

Для побудови карти використано веб-картографічний підхід, за якого базова картографічна підкладка завантажується з картографічного сервісу, а власні просторові дані системи накладаються поверх неї у вигляді окремих шарів. Це дозволило поєднати загальну картографічну основу з прикладними даними, які обробляються у межах реалізованої системи. Базова підкладка виконує роль орієнтира, а тематичні шари відображають конкретні об'єкти, з якими працює користувач.

У процесі реалізації інтерактивної карти передбачено підтримку основних навігаційних дій. Користувач може змінювати масштаб карти, переміщувати область перегляду, наближати окремі ділянки та повертатися до загального огляду. Такі дії реалізовано без перезавантаження сторінки, що забезпечує плавність роботи інтерфейсу. Під час переміщення або зміни масштабу карта оновлює видиму область, а клієнтська частина може надсилати запити до сервера для отримання тих об'єктів, які належать до поточного фрагмента мапи.

Керування просторовими шарами реалізовано через окрему панель, у якій відображено доступні набори геоданих. Кожен шар відповідає певній групі об'єктів, наприклад точковим, лінійним або полігональним даним. Для кожного шару передбачено можливість увімкнення та вимкнення відображення, що дозволяє не перевантажувати карту зайвою інформацією. Якщо користувач працює лише з одним типом об'єктів, інші шари можуть бути приховані, а робоча область залишається чистою та зрозумілою.

Окремо реалізовано відображення різних типів геометрії. Точкові об'єкти подано у вигляді маркерів або умовних позначень, лінійні об'єкти відображено як маршрути чи межові лінії, а полігональні об'єкти показано як заповнені області. Такий поділ дозволив зберегти логіку картографічного подання та

зробити візуалізацію наближеною до звичних геоінформаційних сервісів. Для кращого сприйняття кожен тип геометрії має окремий стиль відображення, що допомагає швидко відрізнити об'єкти різного призначення.

Значну увагу приділено роботі з атрибутивною інформацією. Після вибору об'єкта на карті відкривається інформаційне вікно або бічна панель, у якій подано основні характеристики цього об'єкта. У такому блоці відображено назву, тип, координати, належність до шару та додаткові атрибути, які отримано з бази просторових даних. Це дозволяє не лише бачити об'єкт на карті, а й одразу отримувати його змістовий опис. Внаслідок цього карта виконує не тільки декоративну функцію, а стає повноцінним інструментом роботи з даними.

У межах інтерфейсу реалізовано взаємодію між картою та серверним API. Коли користувач вмикає шар або змінює параметри відображення, клієнтська частина формує запит до сервера. Сервер повертає дані у форматі, придатному для картографічного відображення, після чого вони додаються на карту як окремий шар. Такий механізм дозволив відокремити логіку отримання даних від їх візуального подання. Карта не зберігає всю інформацію постійно, а працює з тими наборами, які потрібні для поточного сценарію.

Для підвищення зручності роботи передбачено оновлення шарів без повного перезавантаження сторінки. Після зміни фільтра, вибору нового шару або запуску аналізу оновлюється лише відповідна частина карти. Це створює відчуття безперервної взаємодії із системою та зменшує час очікування. Такий підхід особливо важливий для просторових даних, оскільки користувач часто змінює область перегляду, порівнює кілька шарів або послідовно перевіряє різні варіанти відображення.

Також реалізовано можливість стилізації шарів залежно від їх змісту. Для різних наборів даних передбачено власні умовні позначення, що спрощує візуальне сприйняття. Наприклад, об'єкти одного шару можуть відображатися одним стилем, а результати просторового аналізу – іншим. Це дозволяє відокремити вихідні дані від отриманих результатів і не змішувати їх в одному

візуальному рівні. У результаті користувач може швидше зрозуміти, які об'єкти є початковими, а які сформовано після обробки.

Головне вікно реалізованої інформаційної системи з інтерактивною картою та панеллю керування шарами подано на рисунку 3.4.

На рисунку 3.4 зображено робочу область системи, у якій центральне місце займає інтерактивна карта. Показано базову картографічну підкладку, нанесені просторові об'єкти, панель керування шарами та елементи взаємодії з даними. У межах рисунка відображено, що користувач може керувати видимістю шарів, переглядати розташування об'єктів і отримувати додаткову інформацію про вибрані елементи. Це підтверджує, що картографічну частину реалізовано як повноцінний робочий інструмент, а не лише як статичне зображення.

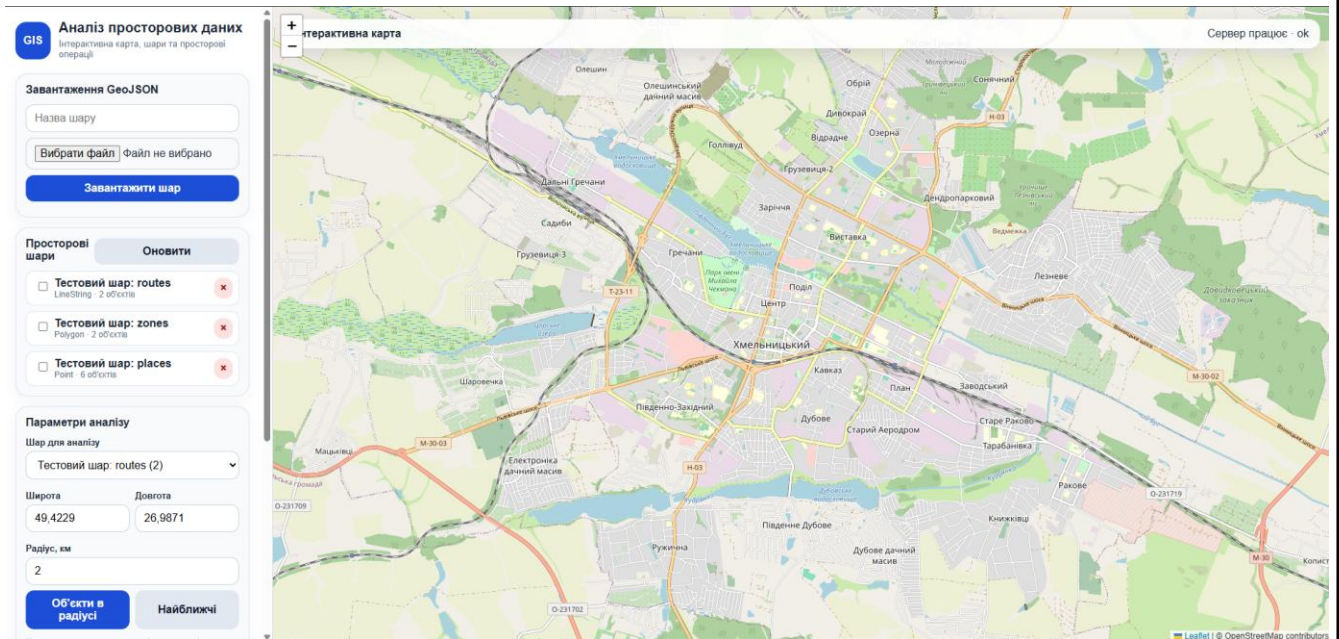


Рисунок 3.4 – Головне вікно інформаційної системи з інтерактивною картою та керуванням просторовими шарами

На поданому інтерфейсі також показано логіку поєднання просторових і атрибутивних даних. Об'єкти не просто нанесено на карту, а пов'язано з відповідними записами у базі даних. Після вибору об'єкта система надає його характеристики, що дозволяє виконувати аналіз не лише за розташуванням, а й

за змістовими параметрами. Завдяки цьому карта стала проміжним рівнем між користувачем, серверною логікою та базою просторових даних.

Реалізоване керування шарами дало можливість гнучко організувати перегляд просторової інформації. Користувач може поступово вмикати потрібні набори даних, порівнювати їх між собою та приховувати другорядну інформацію. Такий механізм особливо корисний у випадках, коли система працює з кількома типами геооб'єктів одночасно. Без керування шарами карта швидко перевантажувалася б позначеннями, а сприйняття результатів стало б складнішим.

Під час реалізації також враховано потребу в коректному відображенні результатів просторового аналізу. Аналітичні результати передаються на карту як окремий шар, що дозволяє не змінювати початкові дані та водночас показувати нову інформацію. Наприклад, після виконання фільтрації або побудови просторової вибірки результат може бути відображений поверх основних шарів. Це забезпечує наочність роботи системи й дозволяє відстежити, які саме об'єкти потрапили до результату обробки.

Ще одним важливим аспектом стала продуктивність відображення. Оскільки велика кількість просторових об'єктів може створювати навантаження на браузер, реалізацію побудовано з урахуванням поступового завантаження даних. У клієнтську частину передаються лише ті об'єкти, які потрібні для поточного перегляду або обраного шару. Завдяки цьому карта зберігає плавність роботи навіть тоді, коли база містить значну кількість записів.

Окремо передбачено обробку ситуацій, коли дані тимчасово недоступні або запит до сервера не повертає результатів. У такому випадку інтерфейс не завершує роботу з помилкою, а відображає відповідний стан. Це дозволило зробити роботу з картою більш стабільною. Якщо шар порожній або фільтр не знаходить відповідних об'єктів, користувач отримує зрозуміле повідомлення, а карта залишається доступною для подальших дій.

Реалізація інтерактивної карти та керування просторовими шарами забезпечила наочну частину інформаційної системи. Саме цей компонент поєднав результати роботи серверного ядра, бази просторових даних і модуля аналізу в єдиному інтерфейсі. У підсумку сформовано функціональний картографічний простір, у якому користувач може переглядати геодані, керувати шарами, отримувати атрибутивну інформацію та візуально оцінювати результати просторової обробки.

### 3.5 Реалізація сценаріїв просторового аналізу в системі

Сценарії просторового аналізу реалізовано як набір дій, які користувач виконує через веб-інтерфейс. Такий підхід обрано для того, щоб складні операції з геоданими не вимагали від користувача ручного написання запитів або використання окремих геоінформаційних програм. У межах системи користувач задає параметри аналізу у зрозумілій формі, після чого клієнтська частина передає їх на сервер. Серверне ядро перевіряє отримані параметри, звертається до бази просторових даних, виконує необхідні просторові операції та повертає результат у форматі, придатному для відображення на карті.

Під час реалізації сценаріїв враховано, що просторовий аналіз може мати різний рівень складності. Частина операцій пов'язана з простим відбором об'єктів за заданими умовами, тоді як інші сценарії передбачають обчислення відстаней, перевірку перетинів, формування зони впливу або поєднання просторових і атрибутивних критеріїв. Через це сценарії побудовано модульно. Кожен із них має власну логіку обробки, але всі вони працюють за спільною схемою: приймання параметрів, підготовка даних, виконання просторової операції, формування результату та передавання його у візуалізацію.

Першим реалізованим сценарієм виступає просторовий відбір об'єктів у межах заданої області. У цьому випадку користувач обирає фрагмент карти або задає межі області, у межах якої потрібно знайти відповідні об'єкти. Система

передає координати цієї області на сервер, після чого виконується перевірка належності просторових об'єктів до заданого фрагмента. У результаті на карті відображаються тільки ті об'єкти, які потрапляють у визначену область. Такий сценарій є базовим, але дуже важливим, оскільки він дозволяє швидко звузити обсяг даних і працювати не з усім набором, а лише з потрібною територією.

Другим сценарієм реалізовано фільтрацію об'єктів за атрибутивними параметрами з урахуванням їх просторового розташування. У цьому випадку користувач може не лише обрати область на карті, а й задати додаткові умови, наприклад тип об'єкта, категорію, назву, статус або іншу характеристику, яка зберігається в базі просторових даних. На серверній стороні ці умови поєднуються з просторовим запитом, що дозволяє отримати більш точну вибірку. Така реалізація є зручною, оскільки просторові та описові властивості не розглядаються окремо, а працюють як єдиний механізм аналізу.

Окремо реалізовано сценарій побудови буферної зони навколо вибраного об'єкта або точки на карті. Користувач задає радіус, після чого система формує область навколо початкової геометрії. Цей сценарій має важливе практичне значення, оскільки дозволяє визначати зону впливу, доступності або потенційної близькості. Після побудови буферної зони сервер виконує пошук об'єктів, які потрапляють у її межі. Отриманий результат передається клієнтській частині й відображається на карті окремим шаром. Завдяки цьому користувач може візуально оцінити, які об'єкти розташовані поруч із вибраною точкою або територією.

Ще одним реалізованим сценарієм є визначення найближчих об'єктів. У межах цього сценарію користувач задає початкову точку або вибирає об'єкт на карті, після чого система виконує пошук елементів, які розташовані на найменшій відстані. Такий сценарій реалізовано через обчислення просторової відстані між геометріями. Результати можуть сортуватися за віддаленістю, що дозволяє отримати не просто набір об'єктів, а впорядковану вибірку. Це

					КВРІСТ. 230158.23.01.02 ПЗ	Арк. 60
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

підвищує практичну корисність системи, оскільки користувач отримує готовий результат для подальшого аналізу.

У системі також реалізовано сценарій перевірки перетину між просторовими об'єктами або шарами. Такий підхід дає змогу визначити, які об'єкти накладаються один на одного, потрапляють у межі певної території або мають спільні просторові фрагменти. У практичній роботі такий сценарій може застосовуватися для аналізу зон покриття, меж територій, об'єктів інфраструктури або взаємного розташування шарів. Результат перетину формується на сервері, після чого виводиться на карту для подальшого перегляду.

Особливістю реалізації сценаріїв просторового аналізу стало те, що результат кожної операції не замінює початкові дані, а відображається як окремий аналітичний шар. Це дозволяє зберегти вихідні геодані без змін і водночас показати результат обробки поверх основної карти. Такий підхід є зручним для порівняння, оскільки користувач може бачити початковий шар, область аналізу та сформовану вибірку одночасно. Крім того, аналітичний шар може бути прихований або очищений без впливу на основну базу просторових даних.

Для реалізації сценаріїв передбачено узгоджену взаємодію між клієнтською частиною та серверним API. На клієнтському рівні формується запит із параметрами аналізу. До нього можуть входити координати, ідентифікатор шару, тип операції, радіус, набір фільтрів або інші службові значення. Після надсилання запиту сервер перевіряє його структуру, визначає відповідний обробник і запускає потрібну просторову операцію. Після завершення обробки відповідь повертається у форматі GeoJSON, що дає змогу одразу відобразити отримані геометрії на карті.

Важливим етапом реалізації стало опрацювання випадків, коли результат аналізу є порожнім. У таких ситуаціях система не завершує роботу з помилкою, а повертає коректну відповідь із повідомленням про відсутність об'єктів, що

відповідають заданим умовам. Це дозволяє уникнути непередбачуваної поведінки інтерфейсу та робить роботу системи більш стабільною. Якщо користувач задає занадто малий радіус, обирає область без об'єктів або використовує надто жорсткі фільтри, система продовжує працювати коректно й надає зрозумілий результат.

Окремо враховано потребу у візуальному відокремленні результатів просторового аналізу. Для цього аналітичні об'єкти відображаються іншим стилем, ніж початкові дані. Це дозволяє швидко визначити, які елементи належать до вихідного шару, а які отримано внаслідок обробки. Наприклад, буферна зона може відображатися як напівпрозорий полігон, вибрані об'єкти – як виділені маркери, а результати перетину – як окремий тематичний шар. Така організація підвищує зрозумілість інтерфейсу та спрощує інтерпретацію результатів.

Реалізовані сценарії просторового аналізу також пов'язані з панеллю керування шарами. Після виконання операції результат додається до карти як тимчасовий шар, яким можна керувати так само, як і іншими шарами. Його можна переглянути, приховати або очистити перед запуском нового аналізу. Завдяки цьому користувач не втрачає контроль над візуальним наповненням карти, а система не перевантажує екран великою кількістю результатів попередніх операцій.

На рисунку 3.5 зображено послідовність виконання просторового аналізу в реалізованій системі. Показано, що користувач спочатку задає параметри в інтерфейсі, після чого клієнтська частина формує запит до серверного АРІ. Далі сервер перевіряє параметри, отримує необхідні геодані з бази, виконує просторову операцію, формує аналітичний результат і повертає його для відображення на інтерактивній карті. Така схема демонструє, що аналіз реалізовано не як окрему ізольовану функцію, а як пов'язаний процес, у якому беруть участь усі основні компоненти системи.

					КвРІСТ. 230158.23.01.02 ПЗ	Арк. 62
Зм.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		

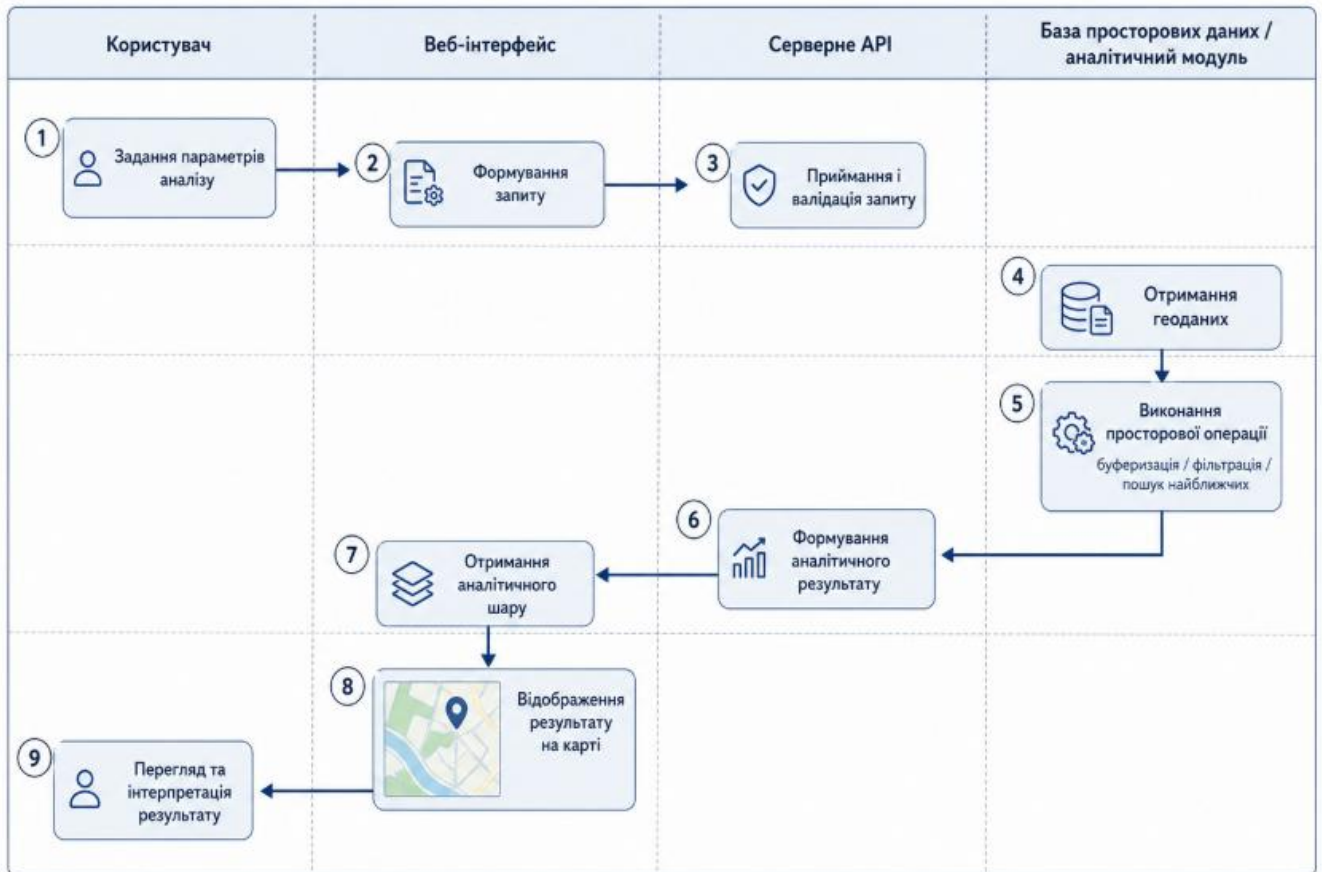


Рисунок 3.5 – Сценарій виконання просторового аналізу в інформаційній системі

На поданому рисунку також відображено роль аналітичного шару, який формується після виконання операції. Це підкреслює, що результат просторового аналізу не змішується з початковими даними, а виводиться окремо. Завдяки цьому користувач має змогу порівняти вихідний стан карти та отриманий результат. Така логіка зробила роботу з аналітичними сценаріями більш зрозумілою і наближеною до реальних потреб використання геопросторових систем.

У підсумку реалізація сценаріїв просторового аналізу стала важливим етапом практичної частини бакалаврської кваліфікаційної роботи. У системі реалізовано просторовий відбір, атрибутивно–просторову фільтрацію, побудову буферних зон, пошук найближчих об’єктів і перевірку перетинів.

## ВИСНОВКИ

У бакалаврській кваліфікаційній роботі розглянуто актуальне прикладне завдання, пов'язане зі створенням інформаційної системи аналізу просторових даних з використанням картографічних сервісів. У процесі виконання роботи сформовано програмне рішення, яке забезпечує повний цикл взаємодії з геопросторовою інформацією: завантаження вхідних даних, їх перевірку, підготовку, збереження, просторову обробку та подальше відображення результатів на інтерактивній карті.

У першому розділі розглянуто предметну область роботи з просторовими даними та картографічними сервісами. Проаналізовано особливості геопросторової інформації, її відмінність від звичайних табличних даних, роль координат, геометрії, атрибутивних параметрів і тематичних шарів. Окрему увагу приділено тому, що геодані можуть надходити з різних джерел, мати різні формати та потребувати попередньої підготовки перед використанням у єдиній системі. У межах розділу також розглянуто існуючі підходи до роботи з картографічними даними, можливості веб-картографічних сервісів та обмеження окремих інструментів, які не завжди забезпечують зручне поєднання завантаження, аналізу та візуалізації в одному середовищі. На основі виконаного аналізу сформульовано задачу розроблення інформаційної системи, що поєднує роботу з геоданими, серверну обробку та інтерактивну карту.

У другому розділі спроєктовано загальну архітектуру інформаційної системи аналізу просторових даних. Архітектуру побудовано за клієнт-серверним принципом, де клієнтська частина відповідає за взаємодію користувача з веб-інтерфейсом та картою, а серверна частина забезпечує приймання запитів, виконання просторових операцій і звернення до бази даних. Описано структуру бази просторових даних, у якій передбачено збереження геометричних об'єктів, атрибутивних характеристик і службової інформації. Також визначено порядок інтеграції геоданих, що включає імпорт, нормалізацію,

					КвРІСТ. 230158.23.01.02 ПЗ	Арк. 64
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

узгодження координат, очищення, збереження та обробку. Це дозволило побудувати логічну основу для подальшої програмної реалізації системи.

У третьому розділі реалізовано програмний прототип інформаційної системи. Сформовано структуру програмного проєкту, у якій виділено серверну частину, клієнтський інтерфейс, модулі обробки геоданих, конфігураційні файли, тестові набори та локальну базу даних. Такий поділ дозволив зробити проєкт зрозумілим і придатним для подальшого розширення. Серверне ядро реалізовано як центральний компонент системи, що приймає HTTP-запити, виконує перевірку параметрів, звертається до бази просторових даних, запускає аналітичні операції та повертає відповідь у форматах JSON або GeoJSON. Завдяки цьому клієнтська частина отримує вже підготовлені дані, які можна безпосередньо відображати на карті.

Практичне значення роботи полягає у створенні програмного прототипу, який може бути використаний як основа для подальшого розвитку інформаційних систем просторового аналізу. Надалі система може бути розширена засобами авторизації користувачів, підтримкою додаткових форматів геоданих, складнішими просторовими операціями, експортом результатів, підключенням зовнішніх картографічних сервісів і використанням повноцінної просторової бази даних. Водночас уже реалізований варіант демонструє основні принципи побудови системи, яка поєднує інтеграцію геоданих, серверну обробку, базу даних і картографічну візуалізацію.

У підсумку мету бакалаврської кваліфікаційної роботи досягнуто. Створено інформаційну систему аналізу просторових даних з використанням картографічних сервісів, яка забезпечує завантаження, перевірку, підготовку, збереження, обробку та відображення геопросторової інформації на інтерактивній карті. Реалізований програмний прототип підтверджує можливість практичного застосування запропонованого підходу для роботи з геоданими у веб-середовищі та може виступати основою для подальшого вдосконалення системи.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Про національну інфраструктуру геопросторових даних : Закон України від 13.04.2020 № 554–ІХ. База даних «Законодавство України». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/554-20> (дата звернення: 23.02.2026).
2. ISO 19168-1:2020. Geographic information – Geospatial API for features – Part 1: Core. Geneva: International Organization for Standardization, 2020.
3. OGC API – Features – Part 1: Core. Version 1.0. OGC Doc No. 17-069r3. *Open Geospatial Consortium*. 2020. URL: <https://www.ogc.org/standards/ogcapi-features/> (дата звернення: 23.02.2026).
4. OGC API – Processes – Part 1: Core. Version 1.0. OGC Doc No. 18-062r2. *Open Geospatial Consortium*. 2021. URL: <https://www.ogc.org/standards/ogcapi-processes/> (дата звернення: 23.02.2026).
5. OGC API – Tiles. *Open Geospatial Consortium*. 2022. URL: <https://www.ogc.org/standards/ogcapi-tiles/> (дата звернення: 23.02.2026).
6. OGC API – Maps. *Open Geospatial Consortium*. 2024. URL: <https://www.ogc.org/standards/ogcapi-maps/> (дата звернення: 23.02.2026).
7. OGC Membership approves OGC API – Maps – Part 1: Core as an official OGC Standard. *Open Geospatial Consortium*. 2024. URL: <https://www.ogc.org/announcement/ogc-membership-approves-ogc-api-maps-part-1-core-as-an-official-ogc-standard/> (дата звернення: 23.02.2026).
8. OGC API – Common – Users Guide. OGC Doc No. 20-071. *Open Geospatial Consortium*. 2020. URL: <https://docs.ogc.org/guides/20-071.html> (дата звернення: 23.02.2026).
9. INSPIRE Good practices: OGC API – Features, OGC SensorThings API : presentation (12th MIG Meeting, 26–27 November 2020). *European Commission*. 2020. URL: [підозріле посилання видалено] (дата звернення: 23.02.2026).
10. GeoServer 2.25.x User Manual. *GeoServer Project*. 2024. URL: <https://docs.geoserver.org/2.25.x/en/user/> (дата звернення: 23.02.2026).

					КВРІСТ. 230158.23.01.02 ПЗ	Арк. 66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. GDAL 3.9.0 is released. *OSGeo*. 2024. URL: <https://www.osgeo.org/foundation-news/gdal-3-9-0-is-released/> (дата звернення: 23.02.2026).

12. GDAL Documentation. *GDAL Project*. 2024. URL: <https://gdal.org/> (дата звернення: 23.02.2026).

13. Leaflet 1.9.0 released. *Leaflet*. 2022. URL: <https://leafletjs.com/2022/09/21/leaflet-1.9.0.html> (дата звернення: 23.02.2026).

14. Leaflet Download. *Leaflet*. 2023. URL: <https://leafletjs.com/download.html> (дата звернення: 23.02.2026).

15. OpenLayers Documentation. *OpenLayers*. 2024. URL: <https://openlayers.org/en/latest/apidoc/> (дата звернення: 23.02.2026).

16. OpenLayers. Official website. *OpenLayers*. 2024. URL: <https://openlayers.org/> (дата звернення: 23.02.2026).

17. PostGIS 3.5.0 Release Notes. *PostGIS Project*. 2024. URL: <https://postgis.net/2024/09/PostGIS-3.5.0/> (дата звернення: 23.02.2026).

18. PostGIS 3.5 Manual. *PostGIS Project*. 2026. URL: <https://postgis.net/docs/manual-3.5/> (дата звернення: 23.02.2026).

19. PostgreSQL 17 Release Notes. *PostgreSQL Global Development Group*. 2024. URL: <https://www.postgresql.org/docs/release/17.0/> (дата звернення: 23.02.2026).

20. PostgreSQL Documentation. *PostgreSQL Global Development Group*. 2024. URL: <https://www.postgresql.org/docs/> (дата звернення: 23.02.2026).

21. PostgreSQL 17 Press Kit (Ukrainian). *PostgreSQL Global Development Group*. 2024. URL: <https://www.postgresql.org/about/press/presskit17/uk/> (дата звернення: 23.02.2026).

22. Geospatial trends report 2023. *European Data Portal*. 2023. URL: [https://data.europa.eu/sites/default/files/report/Geospatial\\_trends\\_report\\_2023\\_ENG\\_1.pdf](https://data.europa.eu/sites/default/files/report/Geospatial_trends_report_2023_ENG_1.pdf) (дата звернення: 23.02.2026).

					КВРІСТ. 230158.23.01.02 ПЗ	Арк. 67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

23. Netek R., Pechanec V., Brus J. Geospatial analysis in web browsers – comparison study of vector-oriented online geoprocessing tools. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2023. Vol. 12, No. 9. P. 374. DOI: 10.3390/ijgi12090374.

24. Liu L. et al. Elevating the RRE framework for geospatial analysis with open-source GIS and visual programming platforms. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2024. DOI: 10.1016/j.jag.2024.103657.

25. Lawler S. et al. Leveraging OGC API for cloud-based flood modeling and interoperability. *Environmental Modelling & Software*. 2024. DOI: 10.1016/j.envsoft.2023.105768.

26. Liu Z. et al. An efficient visual exploration approach of geospatial vector big data on the web map. *Information Sciences*. 2024. DOI: 10.1016/j.ins.2023.119116.

27. Liu F. et al. Efficient interactive visualization of large geospatial query results in web mapping applications. *Proceedings of the ACM on Management of Data*. 2023. DOI: 10.1145/3589132.3625594.

28. Santhanavanich T. et al. Dynamic geospatial data integration: a case study of OGC API standards for tracking moving features. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2024. P. 209–216. URL: <https://isprs-annals.copernicus.org/articles/X-4-W4-2024/209/2024/isprs-annals-X-4-W4-2024-209-2024.pdf> (дата звернення: 23.02.2026).

29. Hobona G. et al. OGC API standards for the next generation of web mapping. *Abstracts of the International Cartographic Association*. 2023. URL: <https://ica-abs.copernicus.org/articles/6/91/2023/ica-abs-6-91-2023.pdf> (дата звернення: 23.02.2026).

30. Roth R. E. et al. Introducing web mapping: a workbook for interactive cartography and visualization on the open web. *Abstracts of the International Cartographic Association*. 2021. Vol. 3. P. 254. DOI: 10.5194/ica-abs-3-254-2021.

31. Zou L. et al. Geospatial big data: theory, methods, and applications. *International Journal of Digital Earth*. 2024. DOI: 10.1080/19475683.2024.2419749.

					КВРІСТ. 230158.23.01.02 ПЗ	Арк. 68
Зм.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		

32. Zhou C. et al. Exploring future GIS visions in the era of scientific and technological innovation. *Heliyon*. 2025. Vol. 11. P. 100007. DOI: 10.1016/j.heliyon.2025.e26621.

33. Wainer G. et al. A web-based architecture to operationalize geospatial simulation workflows. *Advanced Theory and Simulations*. 2024. DOI: 10.1002/adts.202400144.

34. Schneibel A. et al. Web-based rapid mapping with earth observation and geospatial data supports flood response in Southern Germany in 2024. *Discover Applied Sciences*. 2026. DOI: 10.1007/s42452-026-08266-0.

35. OSGeoLive 16. *OSGeo Foundation*. 2023. URL: <https://live.osgeo.org/> (дата звернення: 23.02.2026).

36. OpenStreetMap Wiki. *OpenStreetMap Foundation*. 2024. URL: <https://wiki.openstreetmap.org/> (дата звернення: 23.02.2026).

37. MapLibre GL JS Documentation. *MapLibre*. 2024. URL: <https://maplibre.org/maplibre-gl-js/docs/> (дата звернення: 23.02.2026).

38. Mapbox GL JS Documentation. *Mapbox*. 2024. URL: <https://docs.mapbox.com/mapbox-gl-js/> (дата звернення: 23.02.2026).

39. ArcGIS REST API Documentation. *Esri*. 2024. URL: <https://developers.arcgis.com/rest/> (дата звернення: 23.02.2026).

40. ArcGIS Online Documentation. *Esri*. 2024. URL: <https://doc.arcgis.com/en/arcgis-online/> (дата звернення: 23.02.2026).

41. QGIS Documentation Guidelines. *QGIS Project*. 2025. URL: <https://docs.qgis.org/3.34/pdf/en/QGIS-3.34-DocumentationGuidelines-en.pdf> (дата звернення: 23.02.2026).

42. QGIS Downloads. *QGIS Project*. 2024. URL: <https://www.qgis.org/downloads> (дата звернення: 23.02.2026).

43. PROJ Documentation. *PROJ Contributors*. 2024. URL: <https://proj.org/> (дата звернення: 23.02.2026).

					КВРІСТ. 230158.23.01.02 ПЗ	Арк. 69
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

44. Apache Arrow Documentation. *Apache Software Foundation*. 2024. URL: <https://arrow.apache.org/docs/> (дата звернення: 23.02.2026).
45. Cloud Optimized GeoTIFF (COG) Specification. *COG Community*. 2023. URL: <https://www.cogeo.org/> (дата звернення: 23.02.2026).
46. STAC Specification. *Radiant Earth Foundation*. 2024. URL: <https://stacspec.org/> (дата звернення: 23.02.2026).
47. CesiumJS Documentation. *Cesium*. 2024. URL: <https://cesium.com/learn/cesiumjs-learn/> (дата звернення: 23.02.2026).
48. Deck.gl Documentation. *vis.gl*. 2024. URL: <https://deck.gl/docs> (дата звернення: 23.02.2026).
49. H3 Documentation. *H3 Contributors*. 2024. URL: <https://h3geo.org/> (дата звернення: 23.02.2026).
50. QGIS. URL: <https://qgis.org/> (дата звернення: 23.02.2026).
51. GeoServer. URL: <https://geoserver.org/> (дата звернення: 23.02.2026).
52. Leaflet. URL: <https://leafletjs.com/> (дата звернення: 23.02.2026).
53. PostGIS Quickstart. *GIS-Lab*. URL: [https://gis-lab.info/docs/osgeo/ru/quickstart/postgis\\_quickstart.html](https://gis-lab.info/docs/osgeo/ru/quickstart/postgis_quickstart.html) (дата звернення: 23.02.2026).
54. Creating a Simple Leaflet Web Map. *OpenGISLab*. 2018. URL: <https://opengislab.com/blog/2018/2/4/creating-simple-leaflet-web-map> (дата звернення: 23.02.2026).

					КВРІСТ. 230158.23.01.02 ПЗ	Арк. 70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		







## ДОДАТОК Г (обов'язковий)

### Текст програмного забезпечення

```
const map = L.map('map').setView([49.4229,
26.9871], 13);

L.tileLayer('https://{s}.tile.openstreetm
ap.org/{z}/{x}/{y}.png', {
  maxZoom: 19,
  attribution: '&copy; OpenStreetMap
contributors'
}).addTo(map);

const activeLayers = new Map();
let analysisLayerGroup =
L.layerGroup().addTo(map);
let clickMarker = null;
let layersCache = [];

const resultBox =
document.getElementById('resultBox');
const serverStatus =
document.getElementById('serverStatus');

function setResult(message) {
  resultBox.textContent = message;
}

function popupContent(properties = {}) {
  const rows = Object.entries(properties)
    .slice(0, 12)
    .map(([key, value]) =>
`<tr><td>${escapeHtml(key)}</td><td>${esc
apeHtml(String(value))}</td></tr>`)
    .join('');
  return `<table class="popup-
table">${rows}</table>`;
}

function escapeHtml(value) {
  return value.replace(/[\<>'"]/g, (ch) =>
({ '&': '&amp;', '<': '&lt;', '>': '&gt;',
'"': '&#39;', "'": '&quot;' }[ch]));
}

function layerStyle(feature) {
  const geomType = feature.geometry?.type
  || '';
  if (geomType.includes('Polygon')) {
    return { weight: 2, opacity: 0.9,
fillOpacity: 0.25 };
  }
  return { weight: 4, opacity: 0.85 };
}

function pointToLayer(feature, latlng) {
  return L.circleMarker(latlng, {
    radius: 8,
    weight: 2,
    opacity: 0.9,
    fillOpacity: 0.75
  });
}

function addGeoJsonToMap(geojson,
targetGroup = null) {
  const group = L.geoJSON(geojson, {
    style: layerStyle,
    pointToLayer,
    onEachFeature: (feature, layer) => {
      layer.bindPopup(popupContent(featur
e.properties || {}));
    }
  });
}
```

```

});
if (targetGroup) {
  group.addTo(targetGroup);
} else {
  group.addTo(map);
}
return group;
}

async function api(path, options = {}) {
  const response = await fetch(path,
options);
  const data = await
response.json().catch(() => ({}));
  if (!response.ok) {
    throw new Error(typeof data.detail ===
'string' ? data.detail :
JSON.stringify(data.detail || data));
  }
  return data;
}

async function checkServer() {
  try {
    const health = await
api('/api/health');
    serverStatus.textContent = `Сервер
працює · ${health.status}`;
  } catch (error) {
    serverStatus.textContent = 'Сервер
недоступний';
  }
}

async function loadLayers() {
  const data = await api('/api/layers');
  layersCache = data.layers;
  renderLayers(data.layers);
  renderAnalysisOptions(data.layers);
}

```

```

function renderLayers(layers) {
  const list =
document.getElementById('layersList');
  list.innerHTML = '';

  if (!layers.length) {
    list.innerHTML = '<p class="hint">Шари
поки відсутні.</p>';
    return;
  }

  layers.forEach(layer => {
    const item =
document.createElement('div');
    item.className = 'layer-item';
    item.innerHTML = `
<input type="checkbox" data-
id="${layer.id}">
<div>
  <strong>${escapeHtml(layer.name)}
</strong>
  <div class="layer-
meta">${escapeHtml(layer.geometry_type)} ·
${layer.feature_count} об'єктів</div>
</div>
  <button class="layer-delete" data-
delete="${layer.id}">x</button>
`;
    list.appendChild(item);
  });

  list.querySelectorAll('input[type="chec
kbox"]').forEach(checkbox => {
    checkbox.addEventListener('change',
async (event) => {
      const layerId =
Number(event.target.dataset.id);
      if (event.target.checked) {
        await showLayer(layerId);
      } else {
        hideLayer(layerId);
      }
    });
  });
}

```

```

    }
  });
});

    list.querySelectorAll('[data-
delete]').forEach(btn => {
    btn.addEventListener('click', async ()
=> {
        const layerId =
Number(btn.dataset.delete);
        if (!confirm('Видалити шар із
демонстраційної бази?')) return;
        hideLayer(layerId);
        await api(`/api/layers/${layerId}`,
{ method: 'DELETE' });
        await loadLayers();
        setResult('Шар видалено.');
```

```

    });
  });
}

function renderAnalysisOptions(layers) {
    const select =
document.getElementById('analysisLayer');
    select.innerHTML = '';
    layers.forEach(layer => {
        const option =
document.createElement('option');
        option.value = layer.id;
        option.textContent = `${layer.name}
(${layer.feature_count})`;
        select.appendChild(option);
    });
}

async function showLayer(layerId) {
    const geojson = await
api(`/api/layers/${layerId}/features`);
    const group = addGeoJsonToMap(geojson);
    activeLayers.set(layerId, group);
    try {
```

```

        map.fitBounds(group.getBounds(), {
padding: [30, 30] });
    } catch (_) {}
    setResult(`Відображено шар #${layerId}.
Об'єктів: ${geojson.features.length}.`);
}

```

```

function hideLayer(layerId) {
    const group = activeLayers.get(layerId);
    if (group) {
        map.removeLayer(group);
        activeLayers.delete(layerId);
    }
}

```

```

map.on('click', (event) => {
    const { lat, lng } = event.latlng;
    document.getElementById('latInput').val
ue = lat.toFixed(6);
    document.getElementById('lngInput').val
ue = lng.toFixed(6);
    if (clickMarker)
map.removeLayer(clickMarker);
    clickMarker = L.marker([lat,
lng]).addTo(map).bindPopup('Центр
аналізу').openPopup();
});

```

```

document.getElementById('refreshLayers').
addEventListener('click', loadLayers);

document.getElementById('uploadForm').add
EventListener('submit', async (event) => {
    event.preventDefault();
    const fileInput =
document.getElementById('geojsonFile');
    const nameInput =
document.getElementById('layerName');
    const status =
document.getElementById('uploadStatus');
```

```

if (!fileInput.files[0]) return;
const formData = new FormData();
    formData.append('file',
fileInput.files[0]);
    if (nameInput.value.trim())
formData.append('name',
nameInput.value.trim());

status.textContent = 'Завантаження...';
try {
    const data = await
api('/api/layers/import', { method:
'POST', body: formData });
    status.textContent = `Збережено:
${data.saved}, пропущено:
${data.skipped}`;
    fileInput.value = '';
    nameInput.value = '';
    await loadLayers();
} catch (error) {
    status.textContent = `Помилка:
${error.message}`;
}
});

function analysisParams() {
    const layerId =
Number(document.getElementById('analysisL
ayer').value);
    const lat =
Number(document.getElementById('latInput'
).value);
    const lng =
Number(document.getElementById('lngInput'
).value);
    const radius =
Number(document.getElementById('radiusInp
ut').value);
    if (!layerId) throw new Error('Оберіть
шар для аналізу.');
```

```

}

document.getElementById('radiusBtn').addE
ventListener('click', async () => {
    try {
        const { layerId, lat, lng, radius } =
analysisParams();
        const data = await
api('/api/analysis/radius', {
            method: 'POST',
            headers: { 'Content-Type':
'application/json' },
            body: JSON.stringify({ layer_id:
layerId, lat, lng, radius_km: radius })
        });
        analysisLayerGroup.clearLayers();
        addGeoJsonToMap(data.buffer,
analysisLayerGroup);
        addGeoJsonToMap(data.features,
analysisLayerGroup);
        setResult(`Об'єкти в радіусі ${radius}
км: ${data.features.features.length}`);
    } catch (error) {
        setResult(`Помилка аналізу:
${error.message}`);
    }
});

document.getElementById('nearestBtn').add
EventListener('click', async () => {
    try {
        const { layerId, lat, lng } =
analysisParams();
        const data = await
api('/api/analysis/nearest', {
            method: 'POST',
            headers: { 'Content-Type':
'application/json' },
            body: JSON.stringify({ layer_id:
layerId, lat, lng, limit: 5 })
        });
    }
});

```

```

        analysisLayerGroup.clearLayers();
        const group =
addGeoJsonToMap(data.features,
analysisLayerGroup);
        try { map.fitBounds(group.getBounds(),
{ padding: [30, 30] }); } catch (_) {}
        const lines =
data.features.features.map((f, i) => `${i
+ 1}. ${f.properties.name || 'Об'єкт'} -
${f.properties.distance_km} км`);
        setResult(`Найближчі
об'єкти:\n${lines.join('\n')}`);
    } catch (error) {
        setResult(`Помилка аналізу:
${error.message}`);
    }
});

document.getElementById('filterBtn').addE
ventListener('click', async () => {
    try {
        const layerId =
Number(document.getElementById('analysisL
ayer').value);
        const field =
document.getElementById('filterField').va
lue.trim();
        const value =
document.getElementById('filterValue').va
lue.trim();

```

```

        if (!layerId || !field || !value) throw
new Error('Оберіть шар і заповніть поле та
значення.');
```

```

        const data = await
api('/api/analysis/filter', {
        method: 'POST',
        headers: { 'Content-Type':
'application/json' },
        body: JSON.stringify({ layer_id:
layerId, field, value })
    });
    analysisLayerGroup.clearLayers();
    const group =
addGeoJsonToMap(data.features,
analysisLayerGroup);
    try { map.fitBounds(group.getBounds(),
{ padding: [30, 30] }); } catch (_) {}
        setResult(`Знайдено за фільтром
${field} = ${value}:
${data.features.features.length}.`);
    } catch (error) {
        setResult(`Помилка фільтрації:
${error.message}`);
    }
});

checkServer();
loadLayers();

```

## Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

**Автор:** Володимир СУХІН

**Співавтор:**

**Назва:** Інформаційна система аналізу просторових даних з використанням картографічних сервісів

**Експерт:** Ольга ПАВЛОВА

**Підрозділ:** Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

**Коефіцієнт подібності 1:** 1.87%

**Коефіцієнт подібності 2:** 0.34%

**Мікропробіли:** 3

**Заміна букв:** 0

**Інтервали:** 0

**Білі знаки:** 0

**Дата створення звіту:** 2026-05-29 16:29:19.0

**Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:**

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедурам. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2026-05-30

Дата



Доцент Андрій Нічепорук

експерт

# Anti-Plagiarism (<http://ap.km.ua>) v-15.701

**Максимальне співпадіння з одним документом 1.0%**

Словники перевірки: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. **Помилки в документах: 9%**

ID: 272769 Назва: БКР Інформаційна система аналізу просторових даних з використанням картографічних сервісів Додано в БД: 2026-05-29 Автора: Володимир СУХІН Керівники: Ольга ПАВЛОВА Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	109476	822	2085 (2%)	27 (3%)

## Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

## РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Сухін Володимир Вадимович

Тема: Інформаційна система аналізу просторових даних з використанням картографічних сервісів

Спеціальність: 126 «Інформаційні системи та технології»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень   3   Кількість сторінок записки   61  

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є створення інформаційної системи, яка забезпечує завантаження, перевірку підготовку, збереження, просторову обробку та візуалізацію геоданих на інтерактивній карті.

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню.

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: В першому розділі кваліфікаційної роботи проаналізовано предметну область роботи з просторовими даними та картографічними сервісами, розглянуто існуючі рішення та визначено вимоги до інформаційної системи. В другому розділі спроектовано загальну архітектуру інформаційної системи, структуру бази просторових даних, розроблено методи просторового аналізу, а також спроектовано веб-інтерфейс та механізм взаємодії клієнтської і серверної частин. В третьому розділі виконано практичну реалізацію інформаційної системи, зокрема серверне ядро, API, модуль завантаження і перевірки геоданих, інтерактивну карту та реалізовано сценарії просторового аналізу.

4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність розробленої системи та можливість її застосування для роботи з реальними наборами геопросторових даних у веб-середовищі.

5. Негативні сторони роботи: недостатня увага приділена тестуванню інформаційної системи на великих масивах даних.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації.

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному технічному рівні.


8. Інші зауваження: \_\_\_\_\_

9. Оцінка дипломної роботи: добре (В / 86)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) \_\_\_\_\_

*Гуменко О.М., доцент кафедри ІТЗ*

“ *1* ” *червня* \_\_\_\_\_ 2026 р.

 \_\_\_\_\_ (підпис)

Зав. кафедри КПС  
д-р. філософії Ользі ПАВЛОВІЙ

Сушін Володимир

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 3 курсу, групи ІСТс-23-1

### ЗАЯВА

З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання спеціалізованих програмних засобів (СПЗ) StrikePlagiarism та Anti-Plagiarism для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність академічного плагіату оповіщений (а). Надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних СПЗ і використання роботи для виявлення академічного плагіату в інших роботах, які перевіряються СПЗ.

Також надаю свою згоду на обробку й збереження університетом моєї роботи в Інституційному репозитарії Хмельницького національного університету.

Робота надається для перевірки в електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

1 травня 2026 року



## РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ

### КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Назва кваліфікаційної роботи Інформаційна система аналізу просторових даних з використанням картографічних сервісів

Автор Володимир СУХІН

Освітня програма Інформаційні системи та технології

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Спеціальність 126 Інформаційні системи та технології

Науковий керівник: доцент, доктор філософії Ольга ПАВЛОВА

На основі аналізу кваліфікаційної роботи на дотримання вимог академічної доброчесності (у т.ч. відсутності ознак академічного плагіату) з урахуванням результатів перевірки роботи спеціалізованим програмним засобом(ами) комісія зробила такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Ознаки академічного плагіату	
1.1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є академічним плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	відповідає
1.2	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	
1.3	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та доопрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
1.4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття текстових запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
2	Інші види порушень академічної доброчесності	

#### Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

- 1) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;
- 2) окремі виявлені збіги є загальноживаними фразами або виразами, про що свідчить посилання системи на збіг з джерелами на один фрагмент речення;
- 3) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до комбінування латинських символів зі україномовними скороченнями індексів в формулах, що не є модифікацією тексту.
- 4) значна частина знайденого плагіату відноситься до списку використаних джерел




Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ ідентичності/схожості StrikePlagiarism, складає 1,87%; та системою Anti-Plagiarism складає 1%, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

02.06.2026

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи

  
 Підпис  
  
 Підпис  
  
 Підпис

Ольга ПАВЛОВА  
Ім'я, ПРИЗВИЩЕ

Єлизавета ГНАТЧУК  
Ім'я, ПРИЗВИЩЕ

Ольга ПАВЛОВА  
Ім'я, ПРИЗВИЩЕ