

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра інформаційно-обчислювальних систем і управління

ЩЕГЛОВА Марія Ігорівна

Адаптивна модель управління інформацією в системах просторового планування громади/ Adaptive Model of Information Management in Community Spatial Planning Systems

спеціальність: 122 - Комп'ютерні науки
освітньо-професійна програма - Комп'ютерні науки

Кваліфікаційна робота

Виконала студентка групи
КНУПм-21
М. І. Щеглова

Науковий керівник:
к.т.н., доцент Т.В. Лендюк

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту:

«__» _____ 20__ р.

В.о. завідувача кафедри

_____ Н.В. Дзюбановська

ТЕРНОПІЛЬ - 2025

Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра інформаційно-обчислювальних систем і управління
Освітній ступінь «магістр»
спеціальність: 122 – Комп'ютерні науки
освітньо-професійна програма – Управління проектами

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. завідувача кафедри
_____ Н.М. Васильків
« ____ » _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
ЩЕГЛОВА Марія Ігорівна**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи

**Адаптивна модель управління інформацією в системах просторового
планування громади/ Adaptive Model of Information Management in
Community Spatial Planning Systems**

керівник роботи к.т.н., доцент Т.В. Лендюк

затверджені наказом по університету від 20 грудня 2024 року № 938.

2. Строк подання студентом закінченої кваліфікаційної роботи 1 грудня 2025 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: завдання на кваліфікаційну роботу студента, наукові статті, технічна література.

4. Основні питання, які потрібно розробити

- проаналізувати ключові аспекти функціонування систем просторового планування територіальних громад та їх роль у розвитку регіонів;
- дослідити міжнародний досвід управління інформацією у просторовому плануванні;
- провести аналіз Чорнострівської об'єднаної територіальної громади, ідентифікувати проблеми, що перешкоджають ефективному обміну даними;
- розробити архітектуру адаптивної моделі SPIMS, визначивши її основні модулі – збір, зберігання, інтеграція, GIS-візуалізація та аналітика;
- створити алгоритм адаптивної корекції даних;
- порівняти результати традиційної системи управління інформацією з результатами, отриманими в рамках моделі SPIMS;
- провести апробацію моделі на даних Чорнострівської ОТГ та визначити її вплив на інвестиційну привабливість територій;

5. Перелік графічного матеріалу у роботі

- схема оцінки території;
- карта зацікавлених сторін проекту;
- концептуальні моделі;
- таблиці з результатами експериментальних досліджень.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

7. Дата видачі завдання 20 грудня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Затвердження теми кваліфікаційної роботи, ознайомлення з літературними джерелами та складання плану роботи.	до 01.01. 2025 р.	
2	Написання 1 розділу кваліфікаційної роботи	до 01.03. 2025 р.	
3	Написання 2 розділу кваліфікаційної роботи	до 20.05.2025 р.	
4	Написання 3 розділу кваліфікаційної роботи	до 28.10. 2025 р.	
5	Представлення попереднього варіанту кваліфікаційної роботи, перевірка та внесення змін керівником	до 11.11.2025 р.	
6	Опрацювання зауважень та представлення завершеного варіанту кваліфікаційної роботи. Підготовка супроводжуючих документів.	до 25.11.2025 р.	
7	Перевірка кваліфікаційної роботи на оригінальність тексту.	до 1.12.2025 р.	
8	Оформлення кваліфікаційної роботи та отримання допуску до захисту	до 04.12.2025 р.	
9	Подання кваліфікаційної роботи до захисту на засіданні атестаційної комісії.	до 14.12. 2025 р.	

Студент _____ М.І. Щеглова
підпис

Керівник роботи _____ к.т.н., доцент Т.В. Лендюк
підпис

РЕЗЮМЕ

Кваліфікаційна робота на тему «Адаптивна модель управління інформацією в системах просторового планування громади» на здобуття освітнього ступеня «Магістр» зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» освітньої програми «Управління проєтами» написана обсягом в 103 сторінки і містить 11 ілюстрацій, 12 таблиць, 2 додатки та 46 використаних джерел.

Метою роботи є розроблення адаптивної моделі управління інформацією (SPIMS) на основі концепції Інформаційного Хабу для систем просторового планування територіальної громади, що забезпечує підвищення якості та оперативності управлінських рішень, доступності просторових даних, а також зростання інвестиційної привабливості громади.

Методи досліджень: системний аналіз, методи моделювання, методи порівняльного аналізу, а також методи формалізації показників та алгоритмізації.

Результати досліджень: обґрунтовано теоретико-методологічні основи побудови SPIMS на базі Інформаційного Хабу, що забезпечує узгоджену роботу стейкхолдерів просторового планування та інтеграцію розподілених інформаційних систем. Розроблено алгоритм адаптивної корекції даних та формалізовано систему показників ефективності управління інформацією (Т, Р, КРІ, ІР). Виконаний порівняльний аналіз підтвердив переваги SPIMS у скороченні часу отримання комплексного інформаційного запиту та зниженні імовірності помилок.

Результати роботи можуть бути використані органами місцевого самоврядування для поетапного впровадження SPIMS, організації єдиного інформаційного простору, інтеграції реєстрів та геоданих, а також для підтримки прийняття управлінських рішень у сфері просторового планування та підвищення інвестиційної привабливості територій.

Ключові слова: АДАПТИВНА МОДЕЛЬ, УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЄЮ, ПРОСТОРОВЕ ПЛАНУВАННЯ, ТЕРИТОРІАЛЬНА ГРОМАДА, ІНФОРМАЦІЙНИЙ ХАБ, SPIMS.

ABSTRACT

Qualification work on the topic «Adaptive Model of Information Management in Community Spatial Planning Systems» for obtaining the educational degree «Master» in speciality 122 «Computer Science» of the educational program «Project Management» is written in 103 pages and it contains 11 figures, 12 table, 2 appendices and 46 sources.

The purpose of the work is to develop an Adaptive Model of Information Management in Community Spatial Planning Systems (SPIMS) based on the concept of the Information Hub for spatial planning systems of the territorial community, which ensures the improvement of the quality and efficiency of management decisions, the availability of spatial data, as well as the growth of the community's investment attractiveness.

Research methods: system analysis, modeling methods, comparative analysis methods, as well as methods of formalization of indicators and algorithmization.

Research results: the theoretical and methodological foundations of the construction of SPIMS on the basis of the Information Hub, which ensures the coordinated work of spatial planning stakeholders and the integration of distributed information systems, are substantiated. An algorithm for adaptive data correction has been developed and a system of information management efficiency indicators (T, P, KPI, IIP) has been formalized. The performed comparative analysis confirmed the advantages of SPIMS in reducing the time of receiving a comprehensive information request and reducing the probability of errors.

The results of the work can be used by local self-government bodies for the phased implementation of SPIMS, the organization of a single information space, the integration of registers and geodata, as well as to support management decision-making in the field of spatial planning and increase the investment attractiveness of territories.

Keywords: ADAPTIVE MODEL, INFORMATION MANAGEMENT, SPATIAL PLANNING, TERRITORIAL COMMUNITY, INFORMATION HUB, SPIMS.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень	8
Вступ.....	9
1 Сучасний стан предметної області і постановка задачі дослідження	13
1.1 Теоретичні основи управління інформацією та просторового планування..	13
1.2 Історичний розвиток систем управління інформацією у просторовому плануванні.....	15
1.3 Аналіз іноземних практик та підходів до адаптивного управління інформацією у просторовому плануванні.....	17
1.4 Концептуальні засади «Making City» як основа формування моделі для інтегрованого просторового розвитку.....	19
1.5 Постановка задачі дослідження	21
Висновки до розділу 1.....	23
2 Аналіз існуючих підходів та прикладів інформаційного забезпечення просторового планування	24
2.1 Чорнострівська громада як об'єкт просторового планування	24
2.2 Концептуальна модель системи управління інформацією	27
2.3 Створення інформаційного хабу.....	37
Висновки до розділу 2.....	43
3 Архітектура адаптивної інформаційної моделі для просторового планування громади	44
3.1 Принципи та критерії оцінки інтегральної інвестиційної привабливості	44
3.2 Карта інвестиційної привабливості та практичні рекомендації щодо впровадження SPIMS.....	48
3.3 Практична реалізація системи SPIMS: сценарій використання та візуалізація результатів	52
3.4 Перевірка ефективності SPIMS	57
Висновки до розділу 3.....	64
Висновки.....	65

Список використаних джерел	67
Додаток А Апробація отриманих результатів.....	72
Додаток Б Програмний код розробленого модуля.....	93

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

GIS – географічна інформаційна система

СПІ – системи підтримки інвестицій

SPIMS – система управління про просторове планування (Spatial Planning Information Management System)

PED – позитивний енергетичний район (Positive Energy District)

НІГД – національної інфраструктури геопросторових даних

ІІП – інтегральний інвестиційний показник

ОТГ – об'єднана територіальна громада

ІС – інформаційна система

ІР – інформаційний ресурс

ОМС – органи місцевого самоврядування

ВСТУП

У сучасних умовах цифрової трансформації та Четвертої промислової революції просторове планування стає критично важливою складовою сталого розвитку громад. Зростаюча складність соціально-економічних процесів, швидкі зміни в середовищі та високі вимоги до ефективного використання ресурсів вимагають нових підходів до управління територіальним розвитком. Одним із ключових чинників успішної реалізації просторової політики є якісне управління інформацією – ресурсом, що забезпечує обґрунтоване прийняття рішень, координацію дій, моніторинг та участь громади.

Просторове планування базується на великому обсязі геопросторових даних, які генеруються з різних джерел: супутникових знімків, кадастрових систем, демографічної статистики, екологічного моніторингу тощо. У громадах часто спостерігається фрагментація цих даних, їх низька доступність та обмежене використання у стратегічному плануванні. Тому виникає необхідність у створенні адаптивних систем управління інформацією, здатних інтегрувати різні типи даних, забезпечувати їхню актуальність, відкритість, доступність та практичне застосування у плануванні територій.

Актуальність цього дослідження зумовлена нагальною потребою у впровадженні сучасних, адаптивних підходів до управління інформацією в системах просторового планування територіальних громад України. В умовах динамічних змін середовища, посилення ролі цифрової трансформації та необхідності стратегічного управління відновленням і розвитком територій, громади стикаються з викликами фрагментованості даних, недостатньої координації рішень і низької ефективності використання просторової інформації. Ці проблеми особливо загострюються в контексті воєнних дій та потреби у швидкому й обґрунтованому прийнятті управлінських рішень щодо відбудови, розселення, розвитку інфраструктури й раціонального використання ресурсів.

Адаптивна модель управління інформацією у системах просторового планування громади покликана враховувати динаміку змін у середовищі, специфіку місцевих потреб та ресурси, що є в розпорядженні органів місцевого

самоврядування. Вона має забезпечувати гнучкість, масштабованість, взаємодію з громадськістю та підтримку цифрових інструментів, зокрема геоінформаційних систем (ГІС), відкритих даних, хмарних сервісів.

Це дослідження є особливо важливим, оскільки поєднує технічні рішення з розумінням соціально-економічного контексту та сприяє створенню ефективної інфраструктури управління, що підтримує прозорість, участь громадян і стале прийняття рішень. Розроблена модель стане інструментом, здатним не лише модернізувати підходи до просторового планування, але й створити основу для цифрової трансформації системи місцевого самоврядування в Україні, особливо в період відбудови країни.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка адаптивної моделі управління інформацією в системах просторового планування територіальної громади (SPIMS), яка забезпечує ефективну взаємодію між суб'єктами планування, підвищує якість прийняття управлінських рішень, скорочує час доступу до просторових даних та сприяє формуванню прозорої, аналітично орієнтованої системи управління розвитком громади.

Для досягнення поставленої мети були визначені такі завдання:

1. Проаналізувати ключові аспекти функціонування систем просторового планування територіальних громад та їх роль у розвитку регіонів.

2. Дослідити міжнародний досвід управління інформацією у просторовому плануванні, зокрема практики проєкту MAKING-CITY, та обґрунтувати необхідність адаптації їхніх підходів для громад.

3. Провести аналіз інформаційного середовища Чорноострівської територіальної громади, ідентифікувати проблеми, що перешкоджають ефективному обміну даними.

4. Розробити архітектуру адаптивної моделі SPIMS, визначивши її основні модулі – збір, зберігання, інтеграція, GIS-візуалізація та аналітика.

5. Створити алгоритм адаптивної корекції даних та формалізувати систему показників ефективності (Т, Р, КРІ, ІР).

6. Порівняти результати традиційної системи управління інформацією з результатами, отриманими в рамках моделі SPIMS.

7. Провести апробацію моделі на даних Чорноострівської ОТГ та визначити її вплив на інвестиційну привабливість територій.

8. Сформулювати практичні рекомендації щодо впровадження SPIMS у діяльність органів місцевого самоврядування.

Об'єктом дослідження є процес управління інформаційними потоками та ресурсами у системах просторового планування територіальної громади.

Предметом дослідження є адаптивна модель управління інформацією (SPIMS), її структура, функціональні модулі, алгоритми обробки даних та методи інтеграції інформаційних систем у процесах територіального планування.

Методи дослідження. Для досягнення мети магістерської роботи використано комплекс методів, серед яких: аналіз і синтез – для узагальнення наукових підходів до управління інформацією та визначення вимог до моделі SPIMS; порівняльний метод – для зіставлення міжнародних практик (зокрема проєкту MAKING-CITY) з українськими підходами у сфері просторового планування; моделювання – для побудови архітектури системи SPIMS, алгоритмів обробки запитів та адаптивної корекції даних; формалізація і математичний аналіз – для розробки показників ефективності (Т, Р, ІІР) та обґрунтування результатів порівняння; геоінформаційні методи – для створення просторових моделей громади, визначення меж і формування карти інвестиційної привабливості; емпіричні методи – для збору даних про діяльність органів управління, аналізу часових витрат і джерел інформації; а також методи візуалізації – для подання результатів дослідження у вигляді схем, таблиць і картографічних моделей.

Практичне значення дослідження полягає в створенні адаптивної системи управління інформацією, здатної інтегрувати геопросторові, економічні та соціальні дані громади в єдине аналітичне середовище. Реалізація моделі SPIMS сприятиме підвищенню ефективності процесів планування, забезпечить оперативний доступ до достовірної інформації, зменшить дублювання даних і

часові затримки, а також покращить прийняття управлінських рішень на рівні місцевого самоврядування.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в розробленні та обґрунтуванні адаптивної моделі управління інформацією в системах просторового планування громади, яка на основі концепції «пісочного годинника» інформаційних потоків та єдиного інформаційного хабу забезпечує інтеграцію розподілених даних, кількісну оцінку ефективності управління інформацією та побудову карти інвестиційної привабливості громади.

Апробація результатів дослідження. Основні теоретичні положення роботи й практичні результати дослідження представлено у фаховому журналі «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» 2024, №2. Також, практичні результати дослідження доповідалися й обговорювалися на студентській науково-практичній конференції «Інтелектуальні інформаційні технології в прикладних дослідженнях» (ІТАР-2025), яка відбулася в місті Тернополі 27–29 травня 2025 року.

1 СУЧАСНИЙ СТАН ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Теоретичні основи управління інформацією та просторового планування

Управління інформацією є однією з ключових складових сучасного публічного адміністрування та стратегічного планування розвитку територій. В умовах цифрової трансформації, коли прийняття управлінських рішень дедалі більше ґрунтується на даних, зростає потреба у створенні ефективних систем збору, обробки, зберігання та візуалізації інформації. Для територіальних громад це означає необхідність побудови інтегрованих інформаційних платформ, які забезпечують своєчасний доступ до просторових, соціально-економічних та екологічних даних [1].

Згідно з визначенням White (2017), управління інформацією – це систематичний процес збирання, організації, зберігання, обробки та поширення інформації для підтримки стратегічних і тактичних рішень в організації [2]. Detlor (2010) підкреслює, що управління інформацією включає контроль за створенням, придбанням, розповсюдженням і використанням інформації, забезпечуючи ефективний доступ і підтримку комунікаційних процесів [3]. Altındag та ін. (2021) зазначають, що ефективно управління інформацією створює основу для інновацій, підвищення конкурентоспроможності та сталого розвитку [4].

У контексті територіальних громад управління інформацією виступає інструментом забезпечення прозорості, оперативності та аналітичної підтримки процесів просторового планування. Просторове планування, у свою чергу, є системою заходів, спрямованих на оптимальне використання територій відповідно до соціально-економічних, екологічних і технічних умов. Воно включає формування політики землекористування, планування інфраструктури, управління природними ресурсами та оцінку інвестиційного потенціалу території.

Згідно з європейською хартією просторового планування (Torremolinos Charter, 1983), цей процес має інтегрований характер, оскільки об'єднує соціальні, економічні, культурні та екологічні аспекти розвитку [5]. В українських реаліях

просторове планування базується на Законах України «Про регулювання містобудівної діяльності», «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» та «Про доступ до публічної інформації». Ці нормативні акти формують правові засади відкритості, цифровізації та міжвідомчої взаємодії у сфері управління просторовими даними.

Інформаційні потоки у процесах планування охоплюють такі ключові елементи:

- дані про землекористування та кадастрову інформацію;
- соціально-демографічні показники;
- інженерну, транспортну та соціальну інфраструктуру;
- екологічний стан територій;
- проекти забудови та інвестиційні ініціативи.

Управління цими потоками потребує впровадження єдиної системи, здатної забезпечити сумісність даних із різних джерел, їхню верифікацію та актуалізацію. Саме ці завдання реалізуються в межах моделі управління інформацією моделі SPIMS, яка базується на принципах адаптивності, інтеграції та інтероперабельності.

Адаптивність означає здатність системи реагувати на зміни зовнішнього середовища – нові нормативи, джерела даних або користувацькі потреби. Інтеграція передбачає узгодження структур даних між різними суб'єктами – органами місцевого самоврядування, кадастровими службами, комунальними підприємствами тощо [6]. Інтероперабельність забезпечує технічну та семантичну сумісність між інформаційними системами різного рівня, дозволяючи здійснювати обмін даними в автоматизованому режимі [6].

Розвиток теоретичних засад управління інформацією в просторовому плануванні також пов'язаний із концепцією «розумного врядування» (smart governance), яка передбачає використання цифрових технологій для підвищення ефективності управління територіями. В цьому контексті геоінформаційні системи (GIS), бази даних відкритих ресурсів та аналітичні панелі (dashboards) стають ключовими інструментами для підтримки управлінських процесів на рівні громади.

Отже, теоретичні основи управління інформацією в просторовому плануванні формуються на перетині інформаційного менеджменту, урбаністики, геоінформатики та публічного адміністрування. Їхнє поєднання створює основу для побудови ефективних адаптивних моделей, які сприяють підвищенню якості просторових рішень, оптимізації ресурсів та сталому розвитку територіальних громад [7].

1.2 Історичний розвиток систем управління інформацією у просторовому плануванні

Історичний розвиток систем управління інформацією в просторовому плануванні відображає еволюцію підходів до збирання, аналізу та використання просторових даних у процесах управління територіями. Формування сучасних інформаційних систем відбулося під впливом технологічного прогресу, потреб публічного адміністрування та розвитку концепцій сталого просторового розвитку.

На початкових етапах (1950–1970-ті роки) просторове планування базувалося переважно на картографічних матеріалах та паперових документах. Основними інструментами були графічні схеми, топографічні карти та архівні матеріали, які створювалися вручну. У цей період інформаційне забезпечення планування характеризувалося фрагментарністю та високими часовими витратами на обробку даних. Будь-які зміни у плануванні вимагали оновлення великої кількості карт і таблиць, що обмежувало оперативність прийняття рішень [8].

У 1980–1990-х роках починається цифрова трансформація картографічних даних – із появою перших комп'ютерних баз даних і систем автоматизованого проєктування (CAD). Саме в цей час формується поняття геоінформаційної системи (GIS), яка поєднала просторові координати з атрибутивною інформацією. Це дозволило вперше здійснювати просторовий аналіз, моделювати сценарії використання територій і оцінювати вплив різних факторів на розвиток громади.

Паралельно розвиваються концепції інформаційного менеджменту, які розглядають інформацію як стратегічний ресурс управління. У цей період активно

впроваджуються перші системи управління базами даних (DBMS) та стандарти обміну даними між різними відомствами. Відбувається поступовий перехід від паперових до електронних форматів ведення кадастрових і планувальних документів.

У 2000-х роках з появою високошвидкісного інтернету, хмарних технологій і відкритих даних починається етап інтегрованих інформаційних платформ. Просторове планування стає частиною електронного врядування (e-Governance), а інформаційні системи починають об'єднувати дані з різних джерел: земельного кадастру, реєстрів майна, транспортної інфраструктури, екологічних та соціальних показників. У цей час формується поняття національної інфраструктури геопросторових даних (НІГД), яке в Україні набуло правового статусу із прийняттям Закону «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» (2020 р.) [9].

Сучасний етап розвитку (з 2015 року) характеризується впровадженням адаптивних, інтелектуальних та інтегрованих систем управління інформацією. Вони ґрунтуються на принципах взаємодії людини, технологій і даних (human-data interaction), використовують алгоритми машинного навчання для аналізу великих обсягів просторової інформації, а також забезпечують багаторівневу інтеграцію з іншими системами управління – енергетичними, транспортними, екологічними тощо.

В європейській практиці цей підхід втілюється у концепції «розумного міста» (Smart City) та «позитивного енергетичного району» (Positive Energy District, PED). У таких системах інформація стає основою для прийняття рішень, орієнтованих на енергоефективність, соціальну участь і сталий розвиток територій [10].

В українських громадах поступово формується потреба у створенні власних адаптивних систем управління просторовими даними, які б враховували місцеву специфіку, ресурсні обмеження та можливості інтеграції з державними реєстрами. У цьому контексті розробка моделі SPIMS (Spatial Planning Information Management System) є логічним кроком еволюції інформаційного забезпечення просторового планування. Вона об'єднує принципи традиційних GIS, сучасного інформаційного

менеджменту та методів аналітичного прогнозування, забезпечуючи гнучкість і адаптивність у процесі прийняття управлінських рішень.

1.3 Аналіз іноземних практик та підходів до адаптивного управління інформацією у просторовому плануванні

Концепція управління інформацією в організаціях привернула значну увагу в попередніх дослідженнях. Наприклад, White [2] визначає управління інформацією як систематичне збирання та поширення інформації з різних джерел, з основним акцентом на організацію, контроль, обробку, оцінку та звітність цих видів діяльності. Це включає в себе всі форми цінної інформації, будь то походження всередині або за межами організації. Крім того, Detlor [3] розробляє управління інформацією, що охоплює контроль над створенням, придбанням, організацією, зберіганням, розподілом інформації, і використання, підкреслюючи свою роль у сприянні ефективному та ефективному доступу до інформації, обробки та використання. Комплексний аналіз, проведений Altindag та колегами [4], підкреслює різноманітність визначень для управління інформацією в організаційному контексті. Ці визначення різняться, в тому числі одне від Ruuska [11], що підкреслює важливість того, як інформація отримується, і ефективно використовується, і розробка додатків для її управління. Canbaz [12] і його колеги, з іншого боку, підкреслюють єдність процесів, що беруть участь в отриманні, трансформації, виробництва і поширення інформації для досягнення організаційних цілей. Крім цих визначень, важливо визнати важливість управління інформацією в більш широкому контексті проєкту. Попередні дослідження [13-15] підкреслюють, що управління інформацією відіграє ключову роль у досягненні організаційних цілей та підвищенні індивідуальної експертизи.

Ці визначення разом підкреслюють багатогранний характер управління інформацією, що охоплює цілий ряд процесів, від придбання до використання. Ці процеси, як правило, включають такі етапи, як створення, придбання, класифікація, зберігання, передача, обмін та оцінка в інтегрованій системі управління

інформацією [16]. Крім того, вирішальну роль систем управління інформацією, інтеграції людей, процесів і технологій не можна недооцінювати в підтримці операцій, управління і функцій прийняття рішень організації. Ефективне використання зібраної інформації має центральне значення для цих систем.

Ороку та Enu-Kwesi [17] підкреслюють важливість створення політики та стратегій для створення, зберігання, обробки, поширення та використання в рамках практики управління інформацією, підкреслюючи взаємозв'язок між практиками управління інформацією та інноваціями, зростанням та фінансовими показниками організації.

У науковій літературі також підкреслюється важливість просторового планування у процесах управління інформацією [10-12]. Ефективні проекти просторового планування значною мірою залежать від доступу до якісних даних та інформації, що може впливати на рішення, пов'язані з використанням землі, розвитком та екологічним збереженням [18]. Поглиблений аналіз даних у проектах просторового планування розкриває різні виклики та можливості. Наприклад, опрацювання [19, 20-24] досліджували питання, пов'язані з якістю даних, стандартизацією та використанням географічних інформаційних систем (ГІС) у просторовому плануванні. Ці роботи підкреслюють важливість надійного аналізу даних для прийняття обґрунтованих рішень. На додаток до аналізу даних, роль просторових знань (включаючи експертні, неявні, галузеві та громадські знання) в міському розвитку привернула увагу [11]. Дослідження виявило методи збору та аналізу спільних даних для інтеграції різноманітних форм знань у процеси планування. Досягнення в області (геоінформаційних технологій) розширили можливості для виробництва просторових знань, хоча питання щодо доступу та інклюзивності залишаються [11].

Проблеми управління знаннями також є помітними в дослідженнях громадського розвитку та просторового планування [25, 15]. Ці дослідження заглиблюються в такі теми, як участь громадян через соціальні мережі, онтології на основі підходів до планування, а також інтеграції людських знань і штучного інтелекту в географічні системи знань. Управління документами, критичний аспект

управління інформацією просторового планування, розглядається в дослідженні, що пропонує просторову систему управління документами [26]. Ця система спрощує обробку просторових документів і підвищує доступність інформації. Комунікація в рамках проєктів просторового планування є ще однією ключовою областю дослідження. Поліпшення комунікації може сприяти залученню громадян та більш глибокому розумінню планів розвитку [27]. Ефективні системи управління комунікаціями мають важливе значення для залучення зацікавлених сторін до проєктів міської інфраструктури [28]. Крім того, порівняльні дослідження вивчали публічне спілкування в практиці міського планування в різних регіонах [29].

Розширений огляд літератури підкреслює кілька ключових ідей, які не тільки збагачують розуміння управління інформацією в проєктах просторового планування, але і закладають основу для дослідницької діяльності. Завдяки ретельному аналізу попередніх робіт було виявлено багатогранний ландшафт, де управління інформацією охоплює різні аспекти, включаючи управління документами, управління комунікаціями, управління знаннями та управління даними. Це тонке розуміння дозволяє підходити до досліджень з цілісною перспективою, визнаючи складну взаємодію цих аспектів у проєктах просторового планування.

1.4 Концептуальні засади «Making City» як основа формування моделі для інтегрованого просторового розвитку

Запущений в грудні 2018 року і координується центром технологій CARTIF, проєкт MAKING CITY взяв на себе 60-місячну роботу з впровадження передових методологій, заснованих на концепції позитивного енергетичного району (PED). У контексті цього проєкту PED визначається як район, який досягає чистого нульового імпорту енергії та чистого нульового викиду вуглецю щорічно, працюючи над надлишком відновлюваної енергії на місцевому рівні. Основні цілі проєкту включають демонстрацію концепції PED в окремих містах Lighthouse,

Groningen та Oulu, а потім розробку валідованої процедури її реалізації в шести додаткових містах. Для підтримки цього проєкт спрямований на створення бізнес-моделей, які інтегрують впровадження PED та стимулюють створення бізнес-екосистеми навколо концепції. Крім того, проєкт сприятиме узгодженню з міським баченням 2050 та середньостроковими цілями шляхом надання методологій та процедур впровадження PED концептам у 2030 роках. MAKING CITY також планує брати участь у заходах соціальних інновацій для визначення бізнес-можливостей, пов'язаних з інтеграцією PED, за участю промислових гравців, SMEs, і NGOs. Надійна стратегія комунікації та поширення буде використовуватися для сприяння та підвищення обізнаності про розроблену концепцію PED, сприяння співпраці з відповідними проєктами та відповідними кластерами [10].

В результаті, очікується, що проєкт матиме значні наслідки, включаючи збільшення використання відновлюваних джерел енергії, скорочення викидів парникових газів, підвищення енергоефективності, підвищення енергетичного балансу та більш широке впровадження рішень електричної мобільності. Це також сприятиме покращенню якості міського повітря, трансформації місцевої економіки та створенню робочих місць, причому понад 4358 робочих місць передбачається у восьми містах, які спочатку беруть участь. Тиражування концепції PED в щонайменше 20 інших європейських містах може створити додаткові 14 500 робочих місць [10]. MAKING-CITY має на меті мобілізувати державні та приватні інвестиції за допомогою валідованої реплікації PED та інноваційних бізнес-моделей, прокладаючи шлях для більш широкого впровадження PED, за підтримки технічної доцільності, відповідних бізнес-моделей та суспільного визнання. Консорціум MAKING-CITY складається з 34 партнерів, включаючи міські ради, університети, дослідницькі центри, кластери, адміністраторів житлового будівництва, SMEs, енергетичні компанії та будівельні фірми, об'єднуючи свій досвід для успіху проєкту [30].

1.5 Постановка задачі дослідження

Актуальність дослідження полягає у зростаючій ролі інформаційних систем у забезпеченні сталого розвитку територіальних громад. В умовах цифрової трансформації органів місцевого самоврядування питання ефективного управління просторовими та аналітичними даними набуває стратегічного значення. Територіальні громади виступають ключовими адміністративно-соціальними одиницями, що відповідають за організацію життєдіяльності населення, розвиток інфраструктури, управління земельними ресурсами та реалізацію програм місцевого розвитку.

Для прийняття обґрунтованих управлінських рішень необхідно володіти достовірною, структурованою та актуальною інформацією про територію, що забезпечується за допомогою сучасних систем управління інформацією. Разом з тим, аналіз існуючих практик просторового планування в Україні показує наявність проблем, пов'язаних із фрагментарністю інформаційних потоків, низьким рівнем інтеграції між відомчими базами даних, повільним обміном інформацією та відсутністю єдиних стандартів аналітичної взаємодії. Це призводить до неузгодженості планувальних рішень, дублювання інформації та зниження ефективності управління територіальними ресурсами.

На міжнародному рівні значна увага приділяється впровадженню адаптивних цифрових платформ, таких як MAKING-CITY, які демонструють переваги інтегрованого підходу до управління міським середовищем. Проте для територіальних громад України подібні рішення потребують адаптації з урахуванням локальної специфіки, масштабів та наявних ресурсів. Саме тому постає потреба у розробці адаптивної моделі управління інформацією, орієнтованої на потреби місцевого самоврядування.

Розробка адаптивної моделі управління інформацією для потреб територіальної громади покликана забезпечити системну інтеграцію просторових, соціально-економічних, інфраструктурних і кадастрових даних, що дозволить

скоротити час доступу до інформації, підвищити точність управлінських рішень та сприяти формуванню інвестиційно привабливих територій.

Практична значущість роботи полягає у створенні методологічного та технічного підґрунтя для побудови інтегрованої інформаційної системи, що забезпечує узгоджене використання просторових даних у процесах планування розвитку громади. Реалізація запропонованої моделі дозволяє підвищити рівень прозорості управлінських рішень, скоротити часові витрати на обробку інформації та забезпечити обґрунтоване планування територій відповідно до принципів сталого розвитку.

Отже, метою роботи є управління проектом розробки адаптивної моделі управління інформацією в системах просторового планування територіальної громади, яка забезпечує ефективну взаємодію між суб'єктами планування, підвищує якість прийняття управлінських рішень, скорочує час доступу до просторових даних та сприяє формуванню прозорої, аналітично орієнтованої системи управління розвитком громади.

Для досягнення поставленої мети були визначені такі завдання:

1. Проаналізувати ключові аспекти функціонування систем просторового планування територіальних громад та їх роль у розвитку регіонів.
2. Дослідити міжнародний досвід управління інформацією у просторовому плануванні, зокрема практики проєкту MAKING-CITY, та обґрунтувати необхідність адаптації їхніх підходів для громад.
3. Провести аналіз інформаційного середовища Чорноострівської територіальної громади, ідентифікувати проблеми, що перешкоджають ефективному обміну даними.
4. Розробити архітектуру адаптивної моделі управління інформацією в системах просторового планування, визначивши її основні модулі – збір, зберігання, інтеграція, GIS-візуалізація та аналітика.
5. Створити алгоритм адаптивної корекції даних та формалізувати систему показників ефективності (Т, Р, КРІ, ІР).

6. Порівняти результати традиційної системи управління інформацією з результатами, отриманими в рамках адаптивної моделі управління інформацією.
7. Провести апробацію моделі на даних Чорноострівської ОТГ та визначити її вплив на інвестиційну привабливість територій.
8. Сформулювати практичні рекомендації щодо впровадження адаптивної моделі управління інформацією у діяльність органів місцевого самоврядування.

Висновки до розділу 1

1. У розділі узагальнено основні теоретичні підходи до управління інформацією в системах просторового планування громади, простежено історичну еволюцію від паперових картографічних матеріалів до сучасних цифрових платформ, що базуються на GIS, відкритих даних і принципах smart governance. Підкреслено зростаючу роль адаптивних цифрових рішень у розвитку територіальних громад.

2. Розгляд моделі MAKING-CITY показав високий потенціал інноваційних інформаційних систем для підвищення ефективності управління громадським середовищем. Узагальнений досвід підтвердив необхідність удосконалення методів просторового планування та застосування комплексних цифрових інструментів у проєктуванні.

3. На основі отриманих положень сформульовано необхідність розроблення адаптивної моделі управління інформацією, орієнтованої на потреби українських територіальних громад.

4. Зазначена модель дозволить подолати фрагментарність даних, забезпечити точність управлінських рішень та сприятиме формуванню стійкого й інвестиційно привабливого розвитку територій.

2 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ ТА ПРИКЛАДІВ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОСТОРОВОГО ПЛАНУВАННЯ

2.1 Чорноострівська громада як об'єкт просторового планування

Чорноострівська селищна територіальна громада розташована у Хмельницькій області та належить до категорії селищних громад середнього розміру. Адміністративним центром є смт. Чорний Острів, навколо якого згруповані сільські населені пункти. Територія громади вирізняється вигідним географічним розташуванням поруч із обласним центром – містом Хмельницький, що забезпечує доступність до транспортних шляхів, ринків збуту та соціально-економічної інфраструктури. Площа громади та чисельність населення дають підстави відносити її до типових українських сільських територіальних утворень, які поєднують риси сільської та приміської економіки [31, 32].

Економічний профіль громади формується передусім завдяки аграрному сектору, який включає сільськогосподарські підприємства та фермерські господарства. Крім того, у структурі господарства представлені харчова та переробна промисловість, що пов'язана з аграрною спеціалізацією. Соціальна інфраструктура охоплює освітні заклади, установи охорони здоров'я, об'єкти культури та адміністративні сервіси, які забезпечують базові потреби мешканців.

Чорноострівська селищна територіальна громада об'єднує смт. Чорний Острів та понад два десятки сіл, охоплюючи територію площею близько 263 км². Загальна чисельність населення громади становить близько 12,7 тис. осіб [32]. Демографічна ситуація характеризується типовими для сільських територій України тенденціями: природне скорочення населення через низький рівень народжуваності та високі показники смертності, а також міграційний відтік молоді у великі міста та за кордон. Це призводить до поступового старіння населення, зростання частки осіб пенсійного віку та зменшення кількості працездатного населення, що створює додатковий тиск на місцеву соціальну інфраструктуру.

Соціально-економічна структура громади має аграрно орієнтований характер. Основними секторами є сільське господарство та переробна

промисловість, що формують основу місцевого виробництва та зайнятості. На території функціонують фермерські господарства, підприємства харчової промисловості та обслуговуючі кооперативи. Водночас значна частина населення зайнята у сфері малого підприємництва, торгівлі та сфері послуг. Рівень розвитку індустріального сектору залишається обмеженим, що робить громаду залежною від сільськогосподарського виробництва та зовнішніх ринків збуту.

Як об'єкт просторового планування Чорнострівська громада стикається з низкою актуальних викликів. Найбільш значущими є потреба модернізації транспортної та інженерної інфраструктури, розвиток цифрових комунікацій, оптимізація використання земельних ресурсів та збереження природного середовища. Важливим завданням є також балансування між сільськогосподарським землекористуванням, житловою забудовою та охороною природних територій. Додатковою проблемою залишається обмежений фінансовий та кадровий потенціал органів місцевого самоврядування, що ускладнює впровадження довгострокових стратегій розвитку.

У цьому контексті Чорнострівська громада є показовим прикладом для розробки та апробації адаптивної моделі управління інформацією в системах просторового планування. Її середній масштаб, поєднання селищного та сільського середовища, а також наявність типової проблематики роблять громаду зручною для дослідження і водночас перспективною для впровадження інноваційних управлінських інструментів. Просторове планування вимагає інтеграції великого масиву даних – від інформації про землі та забудову до показників соціальної інфраструктури, демографії й економіки. Адаптивна модель управління інформацією здатна забезпечити цілісність і актуальність цих даних, створюючи інформаційне середовище, що підтримує процес прийняття управлінських рішень.

Очікуваним результатом застосування такої моделі у Чорнострівській громаді є підвищення ефективності просторового планування завдяки прозорості управління, оптимізації використання ресурсів, прогнозуванню розвитку територій та залученню громадян до процесу ухвалення рішень. Це дозволить не лише розвивати громаду в гармонії з її соціально-економічним потенціалом, але й

створить основу для сталого просторового розвитку відповідно до сучасних європейських підходів.

Чорнострівська громада має значний потенціал розвитку завдяки вигідному географічному розташуванню та аграрним ресурсам, однак потребує комплексного підходу до просторового планування. Застосування адаптивної моделі управління інформацією може стати ключовим інструментом у подоланні існуючих викликів, забезпечуючи прозорість, ефективність та довгострокову збалансованість розвитку території.

Незважаючи на наявні демографічні та інфраструктурні виклики, Чорнострівська громада має значний, але не реалізований інвестиційний потенціал, що видно із стратегічної оцінки території.

Аналіз просторового розташування (рисунок 2.1) показує, що привабливість території формується не лише аграрними ресурсами, але й вигідною логістичною позицією [33]. Зокрема:

- території, що розташовані вздовж основних автомобільних шляхів та в безпосередній близькості до обласного центру (Хмельницький), мають високий потенціал для логістичних, переробних та обслуговуючих підприємств. Ці зони вирізняються кращою доступністю до працездатних ресурсів та ринків збуту;

- значні масиви сільськогосподарських земель, які мають високий рівень родючості та забезпечені існуючою (хоча й застарілою) інфраструктурою, є привабливими для інвестицій у високотехнологічне сільське господарство та створення нових потужностей харчової промисловості [33].

Дослідження цієї інвестиційної привабливості наразі ускладнене через фрагментацію інформаційного простору громади, що складається з розрізаних джерел: державні реєстри (Держгеокадастр, Держстат), локальні реєстри та таблиці у відділах, публічні карти, а також паперові архіви. Формати даних також є гетерогенними: від SHP/GeoJSON для геоданих до Excel/CSV та неструктурованих PDF-звітів.

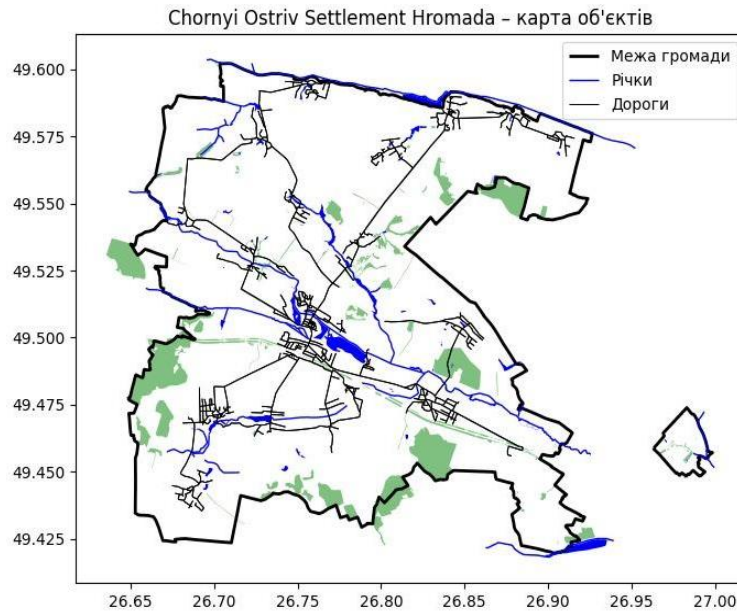


Рисунок 2.1 – Стратегічна оцінка території

Саме для дослідження та підтвердження інвестиційного потенціалу, SPIMS орієнтується на системи підтримки інвестицій (СПІ), надаючи інвестору можливість отримати комплексний запит, що агрегує всі необхідні параметри для оцінки ділянки:

У традиційній системі такий комплексний запит вимагає багаторазових звернень і призводить до високих часових витрат та ймовірності помилки, що підтверджує необхідність негайного впровадження адаптивної моделі SPIMS для перетворення потенціалу Чорноострівської громади на реальні проєкти.

2.2 Концептуальна модель системи управління інформацією

Концептуальна модель систем управління інформацією, представлена в цьому дослідженні, використовуючи проєкт MAKING-CITY як попереднє дослідження, пропонує цінну інформацію про складність і проблеми інформації в проєктах просторового планування. З огляду на велику кількість зацікавлених сторін та відсутність єдиної системи управління інформацією, проєкт MAKING-CITY є показовим прикладом проблем, що виникають у процесах просторового планування.

На відміну від європейських проєктів, які часто сфокусовані на вузьких цілях на кшталт енергетичного балансу (PED), адаптивна модель SPIMS орієнтується насамперед на створення системи підтримки інвестицій (СПІ), необхідної для економічної відбудови та розвитку українських громад. Ця орієнтація досягається через прямо пропорційну залежність між якістю управління інформацією та фінансовою привабливістю території, що формалізовано в інтегральному показнику інвестиційної привабливості (ІП). Модель SPIMS, зменшуючи час доступу (Т) та ймовірність помилки (Р) у даних про інфраструктуру та земельні ресурси, знижує ризики для потенційних інвесторів. Таким чином, SPIMS перетворює фрагментовану інформаційну базу громади на прозорий, достовірний та автоматизований інструмент, який пришвидшує ухвалення рішень, що є критичною умовою для успішного залучення приватного капіталу.

Запропонована концептуальна модель, яка називається SPIMS, відповідає потребі в централізованому середовищі управління інформацією шляхом інтеграції різних інформаційних систем, учасників проєкту та зацікавлених сторін. На основі досвіду з проаналізованих статей та попередніх досліджень [34, 35-37] розроблено концептуальну модель системи управління інформацією проєктів просторового планування Чорнострівської ОТГ.

У процесі просторового планування територіальної громади особливої уваги потребує організація взаємодії між усіма учасниками цього процесу. Планувальні рішення неможливо реалізувати без узгоджених дій різних сторін – від органів місцевого самоврядування та державних інституцій до бізнесу, громадських організацій та мешканців. Саме тому одним із важливих кроків дослідження є визначення кола зацікавлених сторін, їхніх інтересів та ступеня впливу. Такий підхід дозволяє створити цілісне уявлення про інформаційні потреби громади та забезпечити баланс між стратегічними завданнями розвитку та очікуваннями різних груп населення. Розглянемо карту зацікавлених осіб у Чорнострівській ОТГ (рисунок 2.2).

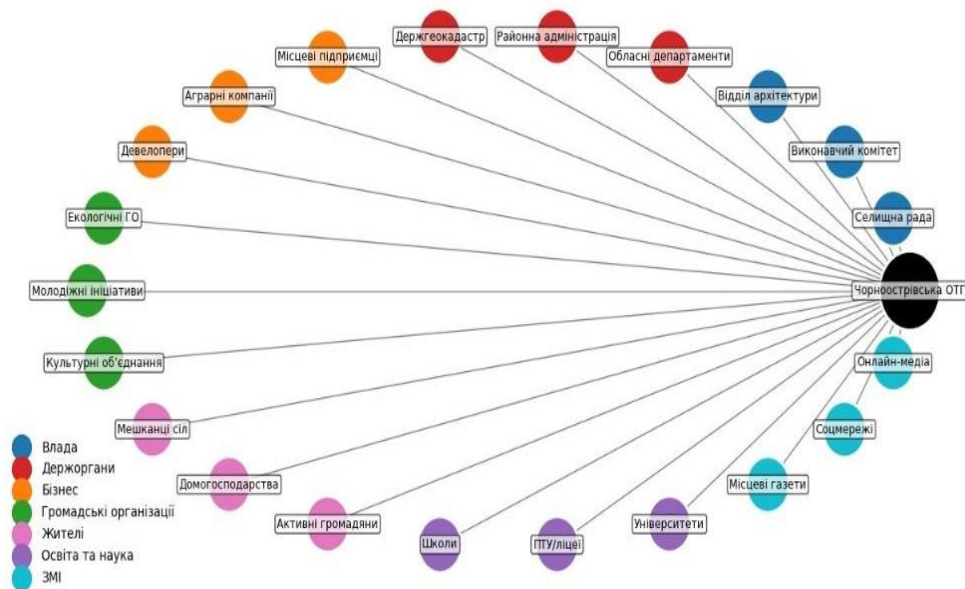


Рисунок 2.2 – Карта зацікавлених сторін проєкту

Враховуючи велику кількість зацікавлених сторін, учасників проєкту та даних, які є основними ресурсами проєкту, проблема управління інформацією в проєкті є актуальною.

У результатах реалізації проєкту визначений значний рівень незадоволення переважаючими процесами та технологіями управління інформацією. Це невдоволення можна пояснити кількома ключовими факторами, які разом підкреслюють нагальну потребу в реформі проєктів просторового планування.

По-перше, одним із основних джерел розчарування є обмежені можливості співпраці в рамках існуючої системи управління інформацією. Спільні зусилля часто стикаються з блокпостами через роз'єднаний характер поточної інформаційної системи. Це обмеження не тільки перешкоджає плавному обміну ідеями та ідеями, але й перешкоджає колективним зусиллям для ефективного досягнення цілей проєкту.

По-друге, обмеження в поширенні результатів проєкту є центром невдоволення. Успіх проєкту залежить від ефективної передачі результатів, рішень і прогресу відповідним зацікавленим сторонам. Однак поточна установка управління інформацією в цьому відношенні не вдається.

По-третє, функції для управління документообігом є постійною проблемою. У такому складному проєкті просторового планування, як у Чорнострівському

ОТГ, обсяг документації може бути значним. Без надійних інструментів керування документами та робочих процесів учасники проекту стикаються з проблемами в організації, відстеженні та доступі до важливої інформації. Цей недолік не тільки збільшує ризик помилок і недоглядів, але й споживає дорогоцінний час і ресурси.

Складність і безліч взаємодій, притаманних таким проектам, підкреслюють терміновість створення єдиного інформаційного простору для мінімізації помилок, затримок і потенційної нездатності інформації вчасно та ефективно досягти призначених одержувачів [38].

Розглянемо окремий випадок (рисунок 2.3). Зацікавленій стороні проекту необхідно отримати інформацію D, яка складається з d1, d2, d3, d4. Для отримання інформації D (d1, d2, d3, d4) необхідно впливати на працівника S1. Оскільки працівник S1 може надати лише інформацію d1, він впливає на працівників системи [39].

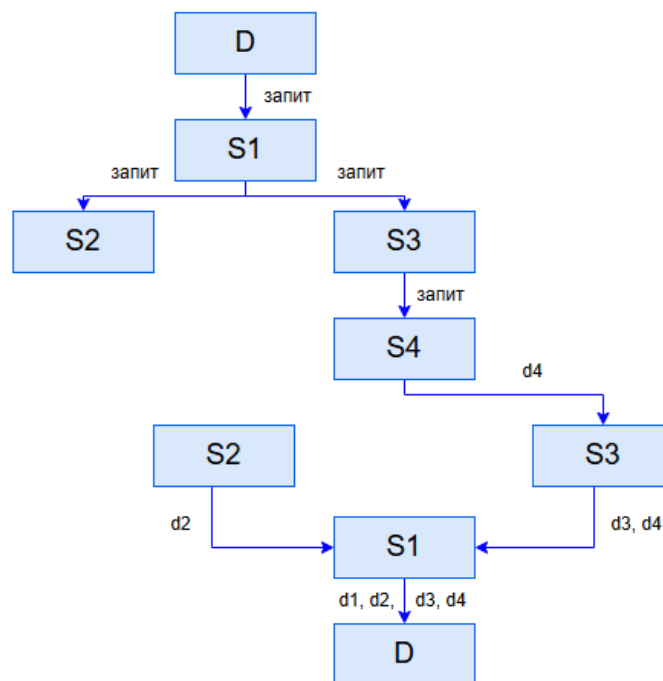


Рисунок 2.3 – Схема запиту інформації

Процес отримання інформації має мережеву структуру. Кожен документ (d1, d2, d3, d4) проходить через свій власний ланцюг виконавців, який може відрізнитися за довжиною та кількістю задіяних осіб. У мережевих процесах

загальний час визначається найдовшим маршрутом, оскільки прийняття управлінського рішення можливе лише після надходження усієї інформації.

Таким чином, загальний час отримання інформації для набору документів D можна описати як критичний шлях в управлінні проєктами:

$$T = \max_{k \in D} (\sum_{v \in \text{path}(k)} t_v), \quad (2.1)$$

де T – загальний час отримання інформації;

k – документ із множини $D = \{d_1, d_2, d_3, d_4\}$;

$\text{path}(k)$ – послідовність виконавців, через яких проходить запит на документ k ;

t_v – затримка (час обробки або передачі) на виконавців v ;

Ризик отримання помилкової інформації пропорційний ймовірності помилки в розумінні принаймні одного запиту:

$$P = 1 - \prod_{k \in D} (1 - P_k), \quad (2.2)$$

де P – загальна ймовірність виникнення помилки в отриманій інформації;

D – множина документів, необхідних для формування управлінського рішення;

k – окремий документ із множини D ;

P_k – ймовірність того, що під час обробки документа k хоча б один виконавець на маршруті допустить помилку;

$(1 - P_k)$ – ймовірність того, що документ k буде оброблено без помилок;

$\prod_{k \in D}$ – добуток імовірностей коректної обробки всіх документів;

$1 - \prod_{k \in D} (1 - P_k)$ – формула, що визначає ризик отримання помилкової інформації хоча б в одному документі.

З формули 2.3 випливає, що зі збільшенням кількості виконавців або довжини маршруту хоча б одного документа загальна ймовірність помилки зростає. Це узгоджується з висновком про те, що залучення великої кількості людей збільшує як час отримання інформації, так і ризик її викривлення. Необхідно також враховувати вплив зовнішнього середовища та нестабільність у навколишньому середовищі. Такі фактори, як велике навантаження виконавців, велика кількість

впливів на одного виконавця та багато інших факторів можуть значно збільшити час T та ймовірність помилки. Однак своєчасна інформація відіграє важливу роль у прийнятті управлінських рішень [40].

Зі сказаного вище випливає, що для підвищення ефективності проєктів просторового планування необхідно скоротити шлях від замовника інформації до фахівця, який її отримує, і в зворотному напрямку.

Якщо мова йде про єдину систему управління інформацією, необхідно визначити, яким має бути ядро програмного забезпечення та інформаційних технологій, у якому різні інформаційні компоненти проєкту можуть поєднуватися та легко обмінюватися інформацією. Для вирішення цієї проблеми інформаційну систему управління проєктами просторового планування слід розглядати як сукупність людей, політик, методів та інструментів.

Система управління інформацією про просторове планування (SPIMS) - це комплексна система, розроблена для сприяння ефективному плануванню, збору, зберіганню, обробці, розповсюдженню та контролю цифрової інформації про проєкти в контексті проєктів просторового планування.

Основними перевагами SPIMS є.

1. Локалізація функцій управління інформацією IS у SPIMS, що дозволяє легко адаптувати все інформаційне середовище проєкту до потреб користувачів.
2. Створені та впроваджені нові IC не пристосовані до баз даних та баз знань інших IC. Їх інтеграція базується на макроописі інформаційних технологій проєкту, виконаних у SPIMS.
3. Користувач, не знаючи, яка інформація і де вона знаходиться, може формувати запити на її пошук в єдиному функціональному середовищі SPIMS.

Недоліками SPIMS є додаткова функціональність і, отже, додаткові витрати, понесені проєктом на створення та впровадження таких систем. Ця модель має обмеження, що включають потенційні проблеми в узагальненні моделі для різноманітних проєктів, залежність від якості даних, сприйнятливості до технологій, що розвиваються, ресурсоємність, людський фактор, адаптивність до мінливості зовнішнього середовища, проблеми масштабованості, культурні та

організаційні відмінності та невизначеність у довгостроковій життєздатності. Тому його застосування має бути контекстно-залежним, враховуючи характеристики та потенціал проєкту.

Суб'єкти SPIMS, що беруть участь у процесах управління інформацією в проєктах просторового планування, представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Суб'єкти системи управління інформацією в проєктах просторового планування

№	Назва	Пояснення
1	Внутрішнє середовище	Проєкт планування території
2	Дійові особи	Учасник проєкту (команда проєкту, експерти проєкту)
3	Інформаційна система	Інформаційні системи управління даними; інформаційні системи управління документами; комунікаційні інформаційні системи; інформаційні системи управління знаннями; зберігання даних та документів.
4	Зовнішнє середовище	Регіональна адміністрація; інтернет, телекомунікаційні засоби; вищі навчальні заклади, наукові установи; інші установи та організації.

SPIMS керує будь-якою інформацією, створеною інформаційними системами проєкту та використовуваною поза цими системами. Його основна мета - управління процесами створення та використання цифрової інформації в проєкті просторового планування.

Функції SPIMS.

- планування отримання інформаційних ресурсів;
- планування обміну інформаційними ресурсами;
- електронний облік вхідних інформаційних ресурсів (у тому числі електронних, вироблених ІС);
- швидкий пошук необхідних інформаційних ресурсів;

- контроль роботи з інформаційними ресурсами (включаючи отримання та виконання замовлень);
- контроль потоку інформаційних ресурсів.

SPIMS – є складною системою, а тому її ефективне функціонування вимагає своєчасної та узгодженої взаємодії всіх її елементів, що неможливо без належного управління інформаційними ресурсами.

Інформаційний ресурс (ІР) - будь-яка інформація, яка отримується в проєкті або із зовнішнього середовища і використовується для виробництва проєктного продукту або проміжного результату [41].

Для проєктів просторового планування визначено такі види інформаційних ресурсів.

Документ – офіційно затверджена та зафіксована в конкретній формі інформація, призначена для управління проєктом просторового планування.

Дані проєкту – дані, отримані під час реалізації проєкту, який призначений для отримання продукту проєкту.

Інформація про розповсюдження – інформація про проєкт, призначена для обміну із зацікавленими сторонами або іншими особами, щоб поінформувати їх про результати проєкту.

Знання – корисна інформація, прямо або опосередковано отримана в результаті проєкту, яка може бути повністю або частково використана для інших процесів або проєктів.

Комунікаційна інформація – інформація, необхідна для комунікації між учасниками проєкту та зацікавленими сторонами.

По суті, SPIMS – це набір компонентів, таких як управління документами, управління знаннями, управління даними та управління комунікацією проєкту, пов'язане інформаційними ресурсами проєкту. Кожен компонент може містити різні інформаційні системи.

Управління документами – це систематичний процес створення, зберігання, організації, пошуку, обміну та контролю електронних і фізичних документів в організації. Його основна мета – ефективно керувати документами протягом усього

життєвого циклу, забезпечуючи їх легкий доступ, безпеку та відповідність нормативним вимогам.

Управління знаннями – це систематичний процес виявлення, збору, зберігання, організації, пошуку та обміну знаннями організації (експертиза співробітників, знання продуктів, знання клієнтів, інтелектуальна власність, передовий досвід тощо) та інформаційними активами для підтримки її цілей і покращення прийняття рішень.

Управління даними – це процес збору, зберігання, організації та підтримки даних (фінансових даних, аналітики веб-сайтів, логістичних і транспортних даних) у структурований і безпечний спосіб для забезпечення їх точності, доступності та зручності використання для різних бізнес-цілей і прийняття рішень - виготовлення. Він охоплює такі види діяльності, як збір даних, зберігання даних, інтеграція даних, забезпечення якості даних і безпека даних для максимізації цінності та надійності активів даних організації [41].

Управління комунікацією означає стратегічне планування, виконання та координацію комунікаційної діяльності в рамках організації чи проекту. Це передбачає розробку комунікаційних стратегій, обміну повідомленнями та каналів для забезпечення ефективною передачею інформації потрібним зацікавленим сторонам у потрібний час.

На додаток до компонентів, викладених вище, система управління інформацією повинна бути реалізована в трьох площинах: організація, методологія та технологія (рисунок 2.4).

Організація системи управління інформацією – визначення відповідальності за управління, адміністрування та координацію в SPIMS та модифікація процесів інформаційної взаємодії в проєкті процедури SPIMS.

Методологія системи управління інформацією визначення та затвердження правил і процедур збору, обробки, зберігання, передачі інформаційних ресурсів у проєктах просторового планування та розвиток структур взаємодії в системі управління інформацією.

Технологія системи управління інформацією – розробка та впровадження інструменту (інформаційної технології), який технічно пов’язує учасників проекту та стейкхолдерів з інформаційними системами в єдиній системі збору, обробки, зберігання, передачі і інформаційних ресурсів в проєктах просторового планування.

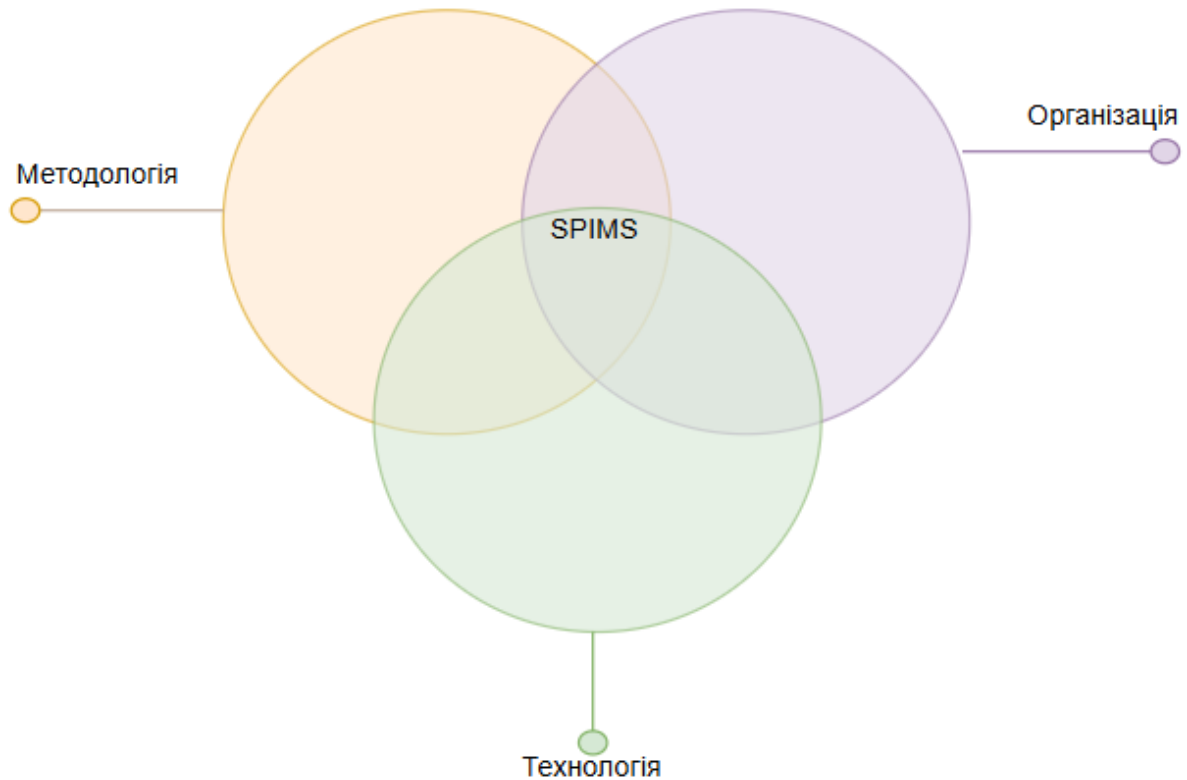


Рисунок 2.4 – Компоненти SPIMS

Ефективне управління інформацією передбачає цілісний підхід, який охоплює три ключові компоненти: методологію, організацію та технологію. Методологія відноситься до набору процесів і процедур, які керують тим, як інформація збирається, обробляється, зберігається та поширюється протягом життєвого циклу проєкту. Це включає визначення правил інформаційної взаємодії між учасниками проєкту та зацікавленими сторонами, а також відповідальними особами, які здійснюватимуть нагляд за виконанням цих правил. Організація, з іншого боку, зосереджується на структурі команди проєкту та тому, як інформація розподіляється між її членами. Це передбачає визначення ключових зацікавлених сторін і визначення їхніх ролей і обов’язків в управлінні проєктною інформацією. Це включає встановлення каналів зв’язку та протоколів, встановлення механізмів

звітності та визначення робочих процесів і процесів прийняття рішень. Крім того, технологія відіграє вирішальну роль в ефективному управлінні проектною інформацією, надаючи інструменти та платформи, які спрощують процеси збору, обробки, зберігання та розповсюдження даних. Це включає використання баз даних, програмного забезпечення для управління проектами, платформ для спільної роботи та інших цифрових інструментів, які дозволяють обмінюватися та аналізувати дані в реальному часі. Використовуючи технологію, проектні команди можуть оптимізувати свої робочі процеси та покращити свою здатність співпрацювати та приймати обґрунтовані рішення на основі точної та актуальної інформації. Загалом ефективна стратегія управління інформацією вимагає ретельної інтеграції цих трьох ключових компонентів для забезпечення успіху проекту.

2.3 Створення інформаційного хабу

На основі запропонованої концептуальної основи, компонентів системи, площин реалізації розроблено концептуальну модель системи управління інформацією проектів просторового планування «Пісочний годинник» (рисунок 2.5). Модель називають пісочним годинником через властивість інформаційного ресурсу текти від актора до інформаційних систем і назад через горловину концентратора, як пісок, заливається пісочним годинником. Водночас передбачено, що обмін інформацією між усіма елементами системи має відбуватися через інформаційний хаб, який виступає сполучною ланкою між суб'єктами системи та інформаційними системами.

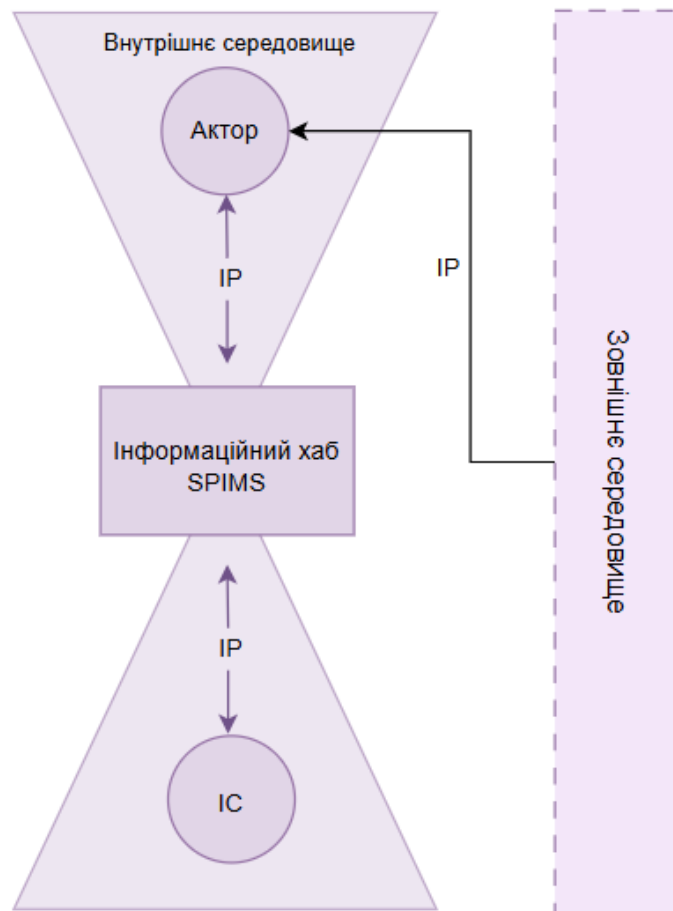


Рисунок 2.5 – Концептуальна модель системи управління інформацією проєктів просторового планування «Пісочний годинник»

Модель «Пісочний годинник» показує систему управління інформацією в проєктах просторового планування через відносини між акторами, інформаційними системами та зовнішнім середовищем у контексті компонентів SPIMS. Цей зв'язок є обміном інформаційними ресурсами між елементами системи через інформаційний центр SPIMS. Інформаційний хаб (Info Hub) - інформаційна технологія, яка виступає сполучною ланкою між суб'єктами системи та інформаційними системами.

По суті, завдяки використанню цього хабу актор може:

- подати запит і отримати необхідну інформацію;
- завантажувати інформацію в інформаційні системи.

Інформаційний центр – це централізована платформа, яка служить координаційним центром для агрегування, організації, обміну та розповсюдження даних та інформації в організації чи мережі. Інформаційні центри призначені для

сприяння безперебійному зв'язку та потоку даних між різними системами, програмами, базами даних і зацікавленими сторонами, часто діючи як посередники, щоб гарантувати, що інформація досягає призначеного пункту призначення ефективно та безпечно. Замість того, щоб вимагати прямих зв'язків між усіма учасниками та зацікавленими сторонами проєкту, які можуть бути громіздкими та схильними до помилок, хаб діє як єдиний вузол, через який протікає весь зв'язок. Це оптимізує весь процес, значно скорочуючи час, необхідний як для надсилання, так і для отримання інформації в рамках проєкту [42].

Крім того, він відіграє вирішальну роль у зменшенні помилок, оскільки мінімізує складність, пов'язану з кількома потенційно схильними до помилок з'єднаннями.

У контексті зовнішніх інформаційних ресурсів інформаційний центр відіграє подвійну роль у сприянні безперебійній взаємодії. Коли зовнішня інформація подається в проєкт, вона йде структурованим шляхом, починаючи із зовнішнього середовища. Ця інформація протікає через актора, який діє як інтерфейс між зовнішнім джерелом та інформаційним хабом.

Потім інформаційний центр служить центральною точкою для обробки та направлення цих даних у відповідні інформаційні системи в рамках проєкту. Коли проєкту потрібно обмінюватися інформацією із зовнішнім середовищем, таким як зацікавлені сторони чи інші організації, процес однаково оптимізований. Інформаційна система ініціює цю взаємодію, надсилаючи інформацію до інформаційного центру, який діє як посередник. Звідти інформаційний центр плавно передає дані призначеному актору, який відповідає за те, щоб інформація досягла призначених одержувачів у зовнішньому середовищі.

Цей структурований підхід забезпечує ефективні потоки інформації в обох напрямках, підвищуючи здатність проєкту взаємодіяти із зовнішніми ресурсами, зберігаючи контроль і координацію через інформаційний центр. Функціональність інформаційного хабу відображенні в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Функціональність інформаційного хабу

№	Функціональність	Опис
1	Агрегація інформації	Збирає дані проєкту, знання та документи з різних джерел, таких як бази даних, програми, API та зовнішні канали.
2	Центральне сховище	Забезпечує централізоване місце для зберігання структурованої та неструктурованої інформації про проєкт.
3	Контроль доступу	Реалізує механізми аутентифікації та авторизації користувачів для контролю доступу до інформації про проєкт.
4	Моніторинг безпеки	Контролює доступ до інформації про проєкт, виявляє загрози безпеці та реагує на них.
5	Маршрутизація інформації	Спрямовує інформацію про проєкт до відповідного пункту призначення або кінцевої точки на основі попередньо визначених правил.
6	Автоматизація робочого процесу	Координує завдання та процеси, пов'язані з інформацією про проєкти, за допомогою автоматизованих робочих процесів.
7	Обмін повідомленнями в реальному часі	Сприяє зв'язку в режимі реального часу між системами, програмами та користувачами.
8	Управління інформацією	Охоплює політики управління інформацією проєктів та забезпечує дотримання нормативних актів.
9	Масштабованість	Масштабується як горизонтально, так і вертикально для обробки зростаючих інформаційних навантажень.
10	Підтримка прийняття рішень	Розширює можливості прийняття рішень завдяки аналітиці в режимі реального часу та рекомендаціям на основі даних.
11	Журнали аудиту	Веде детальні журнали аудиту та журнали інформаційних транзакцій та діяльності користувачів.
12	Інтеграція	Забезпечує безперебійну інтеграцію та розширення сторонніх розробників.
13	Адаптивність	Адаптується до технологічного розвитку та бізнес-вимог.
14	Інструменти звітності	Генерує звіти, інформаційні панелі та візуалізації для поглибленого аналізу інформації.
15	Аналітика	Пропонує користувачам практичну інформацію, отриману з інтегрованої інформації.

Рисунки 2.6 – 2.7 ілюструють концептуальну модель процесів подання та завантаження інформаційних ресурсів у межах адаптивної системи SPIMS, яка забезпечує ефективну взаємодію між користувачами громади, інформаційним хабом та внутрішніми інформаційними системами. Діаграма демонструє логічну послідовність дій від моменту підключення користувача до хабу, його ідентифікації або реєстрації, вибору інформаційної системи та відкриття користувацького інтерфейсу – до підтвердження та передачі інформаційного ресурсу.

Така структура дозволяє мінімізувати часові затримки, знизити ймовірність помилок у передачі даних та забезпечити прозорість і контрольованість інформаційних потоків у системі просторового планування громади [42].

Таким чином, наведені бізнес-процеси відображають ключові етапи роботи інформаційного центру громади у межах адаптивної моделі SPIMS – від збору та подання даних до їх обробки, верифікації й подальшого завантаження у систему просторового планування.

Для оцінки ефективності системи запропоновано модель оцінки часу та ризиків помилки при передачі інформаційних ресурсів.

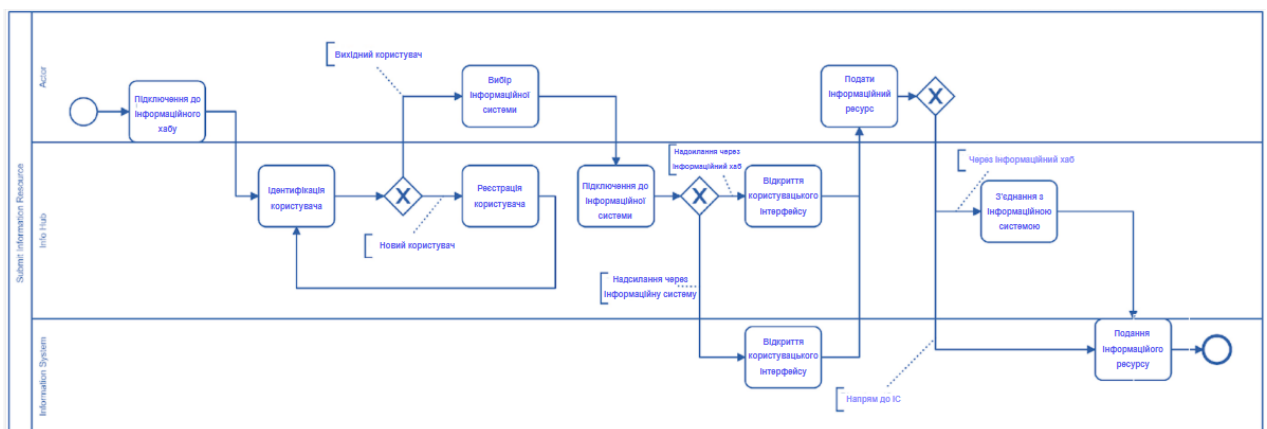


Рисунок 2.6 – Концептуальна модель процесів подання інформаційних ресурсів

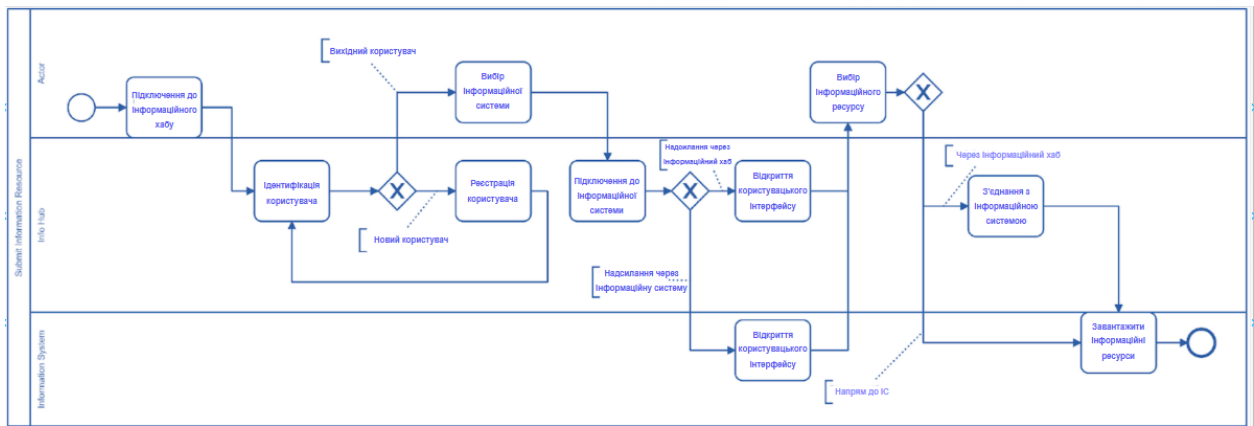


Рисунок 2.7 – Концептуальна модель процесів завантаження інформаційних ресурсів

При використанні інформаційного хабу час отримання інформації визначається як:

$$T_2 = \sum_{j=y}^m (t_{zj} + t_{0j}), \quad (2.3)$$

де T_2 – час отримання інформації при використанні Info Hub;

t_{zj} – час доставки запиту на інформаційний ресурс d_j ;

t_{0j} – час обробки запиту на інформаційний ресурс d_j та надання відповіді;

m – кількість інформаційних ресурсів.

Ризик отримання помилкової інформації пропорційний ймовірності помилки в розумінні принаймні одного запиту. Але в цьому випадку кожен ланцюжок запитів складається з одного елемента:

$$P_2 = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - pi), \quad (2.4)$$

де P_2 – ймовірність помилки в розумінні принаймні одного запиту в Info Hub;

p_i – ймовірність правильного розуміння запиту на інформаційний ресурс d_i ;

n – ряд запитів.

Таким чином, кількісний аналіз підтверджує, що впровадження адаптивної моделі SPIMS, центральним елементом якої є Info Hub, одночасно скорочує час доступу до інформації ($T_2 \leq T_1$) та знижує ризик отримання помилкової інформації ($P_2 \leq P_1$). Це прямим чином веде до підвищення інтегрального показника інвестиційної привабливості (ІП) громади.

Звичайно, Information Hub не є системою керування базами даних, яка реалізує запити до баз даних. Info Hub реалізує запити до акторів, які працюють з різними ІС та отримують різноманітну інформацію для виконання своїх функцій. З іншого боку, Info Hub реалізує автоматизовану технологію отримання інформації. Коли запит на інформацію є елементом, що входить в сферу управління інформацією, він планується, і направляється потрібному адресату, контролюється його виконання, реєструються всі дії з інформацією і.

Висновки до розділу 2

1. У результаті аналізу систематизовано ключові поняття, принципи та підходи до управління інформацією. Показано, що ефективність просторового планування безпосередньо залежить від якості, актуальності та інтегрованості даних, що використовуються у процесах прийняття управлінських рішень.

2. Визначено, що сучасні цифрові інструменти, зокрема геоінформаційні системи та цифрові інформаційні хаби, є фундаментом для підвищення прозорості, узгодженості та оперативності роботи органів місцевого самоврядування. Інформаційні хаби мінімізують ризики фрагментації даних та забезпечують уніфіковану структуру інформаційних потоків.

3. Доведено, що впровадження адаптивної моделі SPIMS є логічним продовженням цифрової трансформації територіального управління. Модель SPIMS дозволяє інтегрувати різнорідні дані, оптимізувати просторово-аналітичні процеси та забезпечити більш точне, обґрунтоване й стратегічно виважене планування розвитку територіальних громад.

3 АРХІТЕКТУРА АДАПТИВНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ПРОСТОРОВОГО ПЛАНУВАННЯ ГРОМАДИ

3.1 Принципи та критерії оцінки інтегральної інвестиційної привабливості

Система управління інформацією проєктів просторового планування (SPIMS) забезпечує структуровану організацію даних та ефективну взаємодію між суб'єктами, інформаційними системами та зовнішнім середовищем. SPIMS функціонує як інформаційний хаб, що акумулює, обробляє та передає інформаційні ресурси між акторами та компонентами системи, гарантує централізований обмін даними та підтримує прозорість і відстежуваність інформаційних потоків у проєктах просторового планування.

У контексті оцінки інвестиційної привабливості (ІП) SPIMS виступає ключовим інструментом для збору, систематизації та аналітичного опрацювання інформації, що дозволяє об'єктивно оцінювати потенціал територій, ефективність проєктів та ризики інвестиційних рішень.

Саме тому у подальшому розділі ці показники інтегруються у систему оцінки інвестиційної привабливості, яка є прикладним результатом функціонування SPIMS.

Інфраструктурні показники (вихідні, до нормування):

- $dist_to_road = 0,5$ км. Нормування: лінійне між 0 км (оцінка 1) і 3 км (оцінка 0): $C_{dist} = 1 - \frac{dist}{3}$
- $electricity$ = наявність (так) → бінарно: 1 (так) / 0 (ні).
- $water$ = наявність (так) → 1.
- $transport_access = 6$ з 10 (індекс доступності громадського транспорту).

Показники ділянки (land):

- $cadastral_ready = 1$ (є готовий кадастровий запис).
- $land_use$ (сумісність із бажаним використанням) = 7 з 10.
- $slope = 5^\circ$ (чутливість: 0° – ідеально, 30° – гранично непридатно).

Нормування (лінійне): $C_{slope} = 1 - \frac{slope}{30}$

– constraints (обмеження: екологія, охоронні зони): припустимо «легке» обмеження → нормований показник 0.8 (0 – серйозне, 1 – без обмежень).

Показник обмеження (constraints) відображає наявність будь-яких зовнішніх, найчастіше юридичних або екологічних, факторів, які знижують функціональну придатність земельної ділянки для запланованого інвестиційного проєкту (виробництво/логістика). Ці обмеження можуть включати потрапляння ділянки у природоохоронні зони, санітарно-захисні зони, зони охорони пам'яток, водоохоронні смуги чи зони історичної забудови. Нормоване значення цього показника (від 0 до 1) відображає ступінь їхньої серйозності: 1 означає повну відсутність будь-яких перешкод (ідеальна придатність), тоді як значення ближче до 0 (наприклад, 0.8) свідчить про наявність «легких» перешкод, які вимагатимуть додаткових погоджень, зміни проєкту або збільшення витрат, але не роблять ділянку повністю непридатною для використання.

Проведемо нормування (переводимо в шкалу 0–1) та розрахуємо :

$$-C_{dist} = 1 - \frac{0,5}{3} = 0,8333$$

$$-C_{electricity} = 1$$

$$-C_{water} = 1$$

$$-C_{transport} = \frac{6}{10} = 0,6$$

$$-C_{cadastral} = 1$$

$$-C_{landuse} = \frac{7}{10} = 0,7$$

$$-C_{slope} = 1 - \frac{5}{30} = 0,8333$$

$$-C_{constraints} = 0,8 \text{ (за припущенням)}$$

Вагові коефіцієнти (W) визначені експертним методом на основі опитування ключових стейкхолдерів громад:

Інфраструктура:

$$- W_{dist} = 0,25$$

$$- W_{electricity} = 0,35$$

$$- W_{water} = 0,20$$

$$- W_{transport} = 0,20$$

Ділянка:

- $W_{cadastral} = 0,30$
- $W_{landuse} = 0,30$
- $W_{slope} = 0,20$
- $W_{constraints} = 0,20$

Параметри агрегування:

- $W_{infra} = 0,60$
- $W_{land} = 0,40$

Для розрахунку інтегрального коефіцієнта привабливості було застосовано метод зваженої суми. Визначення вагових коефіцієнтів W проводилося на основі експертного оцінювання, яке відображає типові пріоритети інвестора: для даного тестового проєкту (виробнича/логістична діяльність) критичною є наявність комунікацій та транспортної доступності. Вагові коефіцієнти були розподілені таким чином, щоб забезпечити більший вплив інфраструктурних показників $W_{infra} = 0,60$ над показниками ділянки $W_{land} = 0,40$. На етапі нормування всі вихідні метричні показники (км, градуси) були приведені до безрозмірної шкали 0-1 за лінійним законом.

Обчислення K_{infra} K_{land} :

$$K_{infra} = \sum_i W_i C_i \quad (3.2)$$

Підстановка: $K_{infra} = 0,25 \times 0,8333 + 0,35 \times 1,0 + 0,20 \times 1,0 + 0,20 \times 0,6 = 0,2083 + 0,35 + 0,20 + 0,12 = 0,8783$

Отже: $K_{infra} \approx 0,878$

$$K_{land} = \sum_j W_j C_j \quad (3.3)$$

Підстановка: $K_{land} = 0,30 \times 1,0 + 0,30 \times 0,7 + 0,20 \times 0,8333 + 0,20 \times 0,8 = 0,30 + 0,21 + 0,1667 + 0,16 = 0,8367$

Отже: $K_{land} \approx 0,837$

Обчислення загального коефіцієнта привабливості K_{total}

$$K_{total} = W_{infra} K_{infra} + W_{land} K_{land} \quad (3.4)$$

Підстановка: $K_{total} = 0,60 \times 0,8783 + 0,40 \times 0,8367 = 0,52698 + 0,33468 = 0,86166$

Отже: $K_{total} \approx 0,862$ (на шкалі 0–1 – дуже висока привабливість).

Фінальний загальний коефіцієнт привабливості K_{total} для тестової ділянки склав 0,862. Оскільки отримане значення є значно вищим за середній показник 0,5, це свідчить про дуже високу фізичну привабливість даної ділянки для обраного типу інвестицій. Такий результат підтверджує, що ділянка знаходиться у зоні з розвинутою інфраструктурою та мінімальними правовими чи фізичними обмеженнями, що робить її пріоритетною для залучення капіталу. Проте можемо зробити сценарне моделювання, щоб спрогнозувати як зміниться показник, якщо одна змінна (побудова дороги) зміниться.

Припустимо: після інвестиції $dist_to_road$ зменшиться з 0,5 км до 0,2 км.

Новий C_{dist} :

$$C_{dist,new} = 1 - \frac{0,2}{3} = 1 - 0,0667 = 0,9333$$

Новий $K_{infra,new}$:

$$K_{infra,new} = 0,25 \times 0,9333 + 0,35 \times 1 + 0,20 \times 1 + 0,20 \times 0,6 = 0,2333 + 0,35 + 0,2 + 0,12 = 0,9033$$

Новий $K_{total,new}$:

$$K_{total,new} = 0,6 \times 0,9033 + 0,4 \times 0,8367 = 0,5420 + 0,3347 = 0,8767$$

Ефект від дороги: K_{total} зріс з 0,8617 \rightarrow 0,8767 (прибл. + 0,015 \rightarrow +1,5 процентних пункти; \approx +1,8% від початкового).

Проведене сценарне моделювання, що імітує покращення інфраструктури (скорочення відстані до дороги з 0,5 до 0,2 км, показало зростання K_{total} на 1,8%. Цей результат є критично важливим, оскільки він демонструє ключову функцію адаптивної моделі SPIMS, а саме здатність кількісно оцінювати внесок кожного інфраструктурного проєкту в загальний інвестиційний потенціал громади.

На відміну від статичних систем, SPIMS надає інструмент для пріоритезації інвестицій та прогнозування, що дозволяє ОМС приймати рішення, які максимізують привабливість території на карті.

3.2 Карта інвестиційної привабливості та практичні рекомендації щодо впровадження SPIMS

Карта, що візуалізує інвестиційну привабливість, є кульмінаційним і найбільш наочним результатом застосування розробленої адаптивної моделі SPIMS. Вона не є простою ілюстрацією, а виступає синтетичним інструментом підтримки рішень, отриманим шляхом комплексного розрахунку інтегрального показника інвестиційної привабливості (ІП). Цей показник об'єднує в собі як фізичну привабливість самої ділянки (оцінка інфраструктури та земельних характеристик), так і ключові параметри ефективності адміністративного процесу – достовірність інформації та час її отримання. Саме унікальне поєднання цих трьох факторів у єдиній оцінці робить ІП і, відповідно, карту, потужним інструментом управління.

Карта з рисунку 3.1 створена в рамках даного дослідження на основі розрахунків інтегрального інвестиційного показника, візуально розподіляє територію Чорнострівської громади на зони, використовуючи колірну шкалу, де темно-зелений колір позначає найвищий рівень ІП, а перехід до жовтого та червоного – відповідно, нижчий. Аналіз такої карти виявляє стратегічні зони зростання, які, як правило, розташовані вздовж основних транспортних магістралей та у безпосередній близькості до розвинених центрів. У цих зонах фіксуються оптимальні показники щодо наявності комунікацій, мінімальної відстані до доріг та відсутності значних обмежень, що робить їх ідеальними для логістичних та виробничих інвестицій. Карта перетворює розрізнені дані на зрозумілий інструмент для інвестора, дозволяючи йому швидко ідентифікувати оптимальні ділянки, ґрунтуючись на інтегральній оцінці, що враховує не лише потенціал ділянки, але й гарантовану швидкість та точність адміністративної відповіді, забезпечену системою SPIMS.

Карта демонструє локалізацію інвестиційного потенціалу та дозволяє керівництву ОТГ цілеспрямовано інвестувати в інфраструктуру тих ділянок, які мають найвищий потенціал ІП.

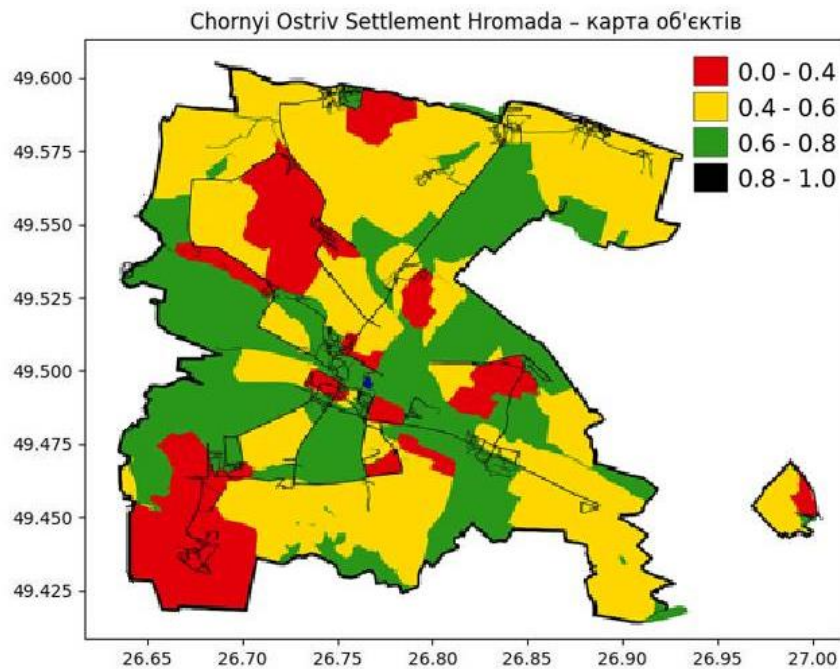


Рисунок 3.1 – Карта інвестиційно-привабливих територій
Чорноострівського ОТГ

Проведене дослідження та апробація на прикладі Чорноострівської ОТГ дозволяють зробити рішучий висновок, що розроблена адаптивна модель SPIMS чудово підходить під аспекти просторового планування громад, оскільки вона переходить від статичного зберігання даних до динамічного управління інформацією. Модель забезпечує пряму кореляцію між якістю інформаційних ресурсів та економічним розвитком. Завдяки інтеграції показників Т та Р із просторовими критеріями (через ІП), SPIMS стає не просто технічною системою, а ключовим інструментом для стратегічного управління інвестиційною політикою громади, забезпечуючи її інформаційну стійкість та прозорість в умовах постійних змін.

Успішна інтеграція моделі SPIMS у діяльність органів місцевого самоврядування (ОМС) вимагає не лише технічного впровадження, але й глибокого реінжинірингу управлінських процесів.

По-перше, на рівні технологій критично необхідним є створення єдиного інформаційного хабу (Info Hub), який виступатиме центральним сховищем просторових даних, побудованим на геоінформаційних технологіях. Це передбачає обов'язкове впровадження сучасних програмних інтерфейсів (API) для

автоматизованого обміну даними між усіма відомствами громади (кадастр, земельні відділи, комунальні служби) та хабом. Такий підхід усуває фрагментацію інформації, що є головною причиною високої ймовірності помилок у традиційній моделі, та забезпечує достовірність даних, що є основою для всіх управлінських рішень.

По-друге, на рівні організаційному потрібно провести адаптацію кадрового потенціалу. Слід ліквідувати всі дублюючі ручні запити, зводячи комунікацію з інвестором до єдиного, прозорого інтерфейсу SPIMS. Персонал має пройти навчання, щоб перейти від рутинної підготовки паперових документів до аналізу даних та інтерпретації результатів ІР. Це безпосередньо призведе до скорочення внутрішніх накладних витрат та підвищення операційної ефективності.

Впровадження SPIMS забезпечує кардинальну трансформацію якості управління громадою за трьома основними напрямками:

1. Підвищення операційної ефективності, а саме зниження загального часу на підготовку аналітичних звітів для інвесторів та ради у 2-3 рази (з понад п'ятдесяти годин до приблизно тридцяти двох), що робить адміністративні послуги громади висококонкурентними. Одночасно багаторазово знижується ризик прийняття рішень на основі неповних чи некоректних даних.

2. Перехід до стратегічного планування – система надає ОМС інструменти для сценарного моделювання (наприклад, оцінка впливу майбутньої дороги на ІР прилеглих територій). Це дозволяє приймати довгострокові, економічно обґрунтовані рішення щодо зонування та розвитку інфраструктури, оптимізуючи використання обмежених бюджетних коштів.

3. Зростання інвестиційної привабливості та надання інвесторам швидкого, прозорого та достовірного інтегрального показника привабливості підвищує довіру до муніципалітету. SPIMS перетворює Чорноострівську громаду на територію, готову до інвестицій, перетворюючи існуючий потенціал, візуалізований на карті, на реальний економічний розвиток. У кінцевому підсумку, система забезпечує прозорість, ефективність та довгострокову збалансованість розвитку території відповідно до сучасних європейських підходів.

Для ілюстрації практичної цінності та унікальності архітектури SPIMS, варто розглянути типовий сценарій її використання посадовою особою громади, наприклад, керівником відділу містобудування та архітектури.

Ситуація, з якою щоденно стикається ОМС, полягає у зверненні потенційного інвестора, зацікавленого у створенні нового логістичного центру на конкретній земельній ділянці. Для ухвалення обґрунтованого та безпечного для громади рішення, посадова особа повинна швидко та достовірно оцінити повну інвестиційну привабливість цієї ділянки, враховуючи всі аспекти: від правового статусу та рельєфу до доступності комунікацій і транспортної інфраструктури.

У традиційній системі цей процес вимагав би множинних ручних запитів до різних відомств (земельного відділу, комунальних служб, архіву), що, як показано в дослідженні, призводить до високих часових витрат та неприпустимої ймовірності помилки.

Натомість, SPIMS пропонує цілісний, автоматизований процес. Посадова особа входить у внутрішній веб-інтерфейс системи та вводить єдиний ідентифікатор ділянки, найчастіше її кадастровий номер. Далі, завдяки реалізації концепції єдиного інформаційного хабу (Info Hub), система автоматично ініціює просторовий та атрибутивний аналіз. Info Hub миттєво збирає, інтегрує та гармонізує дані з усіх підключених джерел: визначає точні відстані до магістралей, оцінює близькість підстанцій та мереж водопостачання, виявляє наявність охоронних зон, а також аналізує форму рельєфу.

Отримані первинні показники автоматично нормуються та підставляються у багатофакторну модель, де обчислюються зважені коефіцієнти K_{infra} та K_{land} . На основі цих обчислень виводиться фінальний інтегральний показник привабливості K_{total} . Завдяки цьому обчисленню, на інтерактивній карті SPIMS ділянка миттєво підсвічується кольором, що відповідає її рівню привабливості – наприклад, зеленим для високого рівня або жовтим для середнього. Це забезпечує швидке візуальне сприйняття складної аналітичної інформації.

Крім того, користувач отримує можливість запустити сценарне моделювання. Цей механізм дозволяє системі показати, як саме зміниться K_{total} ,

якщо, наприклад, громада інвестує у будівництво нової дороги чи забезпечить підключення ділянки до потужнішої мережі електропостачання. Таким чином, посадова особа отримує не лише оцінку поточного стану, але й інструмент для прогнозування ефективності майбутніх інвестицій.

У результаті, замість тижнів очікування та паперової тяганини, посадова особа отримує вичерпний аналітичний звіт з візуалізацією на карті, інтегральними показниками привабливості та короткими, але обґрунтованими рекомендаціями (наприклад: рекомендується інвестування після покращення дорожнього сполучення). Це дозволяє приймати обґрунтовані управлінські рішення, що ґрунтуються на достовірних даних та кількісній оцінці ризиків, повністю реалізуючи принципи data-driven governance та значно підвищуючи ефективність та прозорість взаємодії громади з інвесторами.

3.3 Практична реалізація системи SPIMS: сценарій використання та візуалізація результатів

Розроблена система SPIMS реалізована як інтегрований веб-застосунок із клієнтською частиною на React та серверною логікою на платформі .NET (C#). Така двокомпонентна архітектура дозволяє поєднати високу швидкість обчислень та інтерактивність користувацького інтерфейсу.

Серверна частина (C# / ASP.NET Core) відповідає за:

- агрегацію і гармонізацію даних із різних джерел (кадастрові дані, OpenStreetMap, публічні API інфраструктурних реєстрів);

- виконання просторових запитів (обчислення площ, перетинів, відстаней);

- формування JSON-відповідей для фронтенду;

- реалізацію моделі обчислення показників K_{infra} , K_{land} та інтегрального K_{total} .

Клієнтська частина (React + Leaflet) реалізує:

- візуалізацію результатів на карті у вигляді інтерактивних точок;

- введення параметрів користувачем;

- локальне відображення результатів обчислень у вигляді таблиць, рейтингу «Топ-10» та графіків розподілу привабливості;
- миттєве сценарне моделювання та кольорове оновлення карти.

Ключовим елементом архітектури SPIMS є інформаційний хаб (Info Hub) – проміжний шар, який забезпечує автоматичний збір, інтеграцію та гармонізацію даних з різних джерел.

Після введення користувачем ідентифікатора земельної ділянки Info Hub отримує межі громади безпосередньо з відкритих джерел OpenStreetMap через API `polygons.openstreetmap.fr`, ці межі обробляються у форматі GeoJSON та слугують геометричною базою для подальших просторових обчислень.

Також завантажує лінійні об'єкти (річки, канали, дороги, водойми) через Overpass API, визначаючи ключові об'єкти природної та транспортної інфраструктури, генерує тестові ділянки у межах громади з унікальними координатами, яким система автоматично надає початкові характеристики: відстань до дороги, тип використання, нахил, кадастровий статус тощо. Заключним етапом передає зібрані дані у модуль розрахунків, який застосовує математичну модель SPIMS.

Розрахунок здійснюється безпосередньо у браузері користувача (React), що забезпечує миттєве оновлення карти без потреби в перезавантаженні сторінки або запиті на сервер. Результати зберігаються у вигляді таблиці для аналітичного перегляду (10 перших ділянок), а також у вигляді кольорової карти (рисунок 3.2).

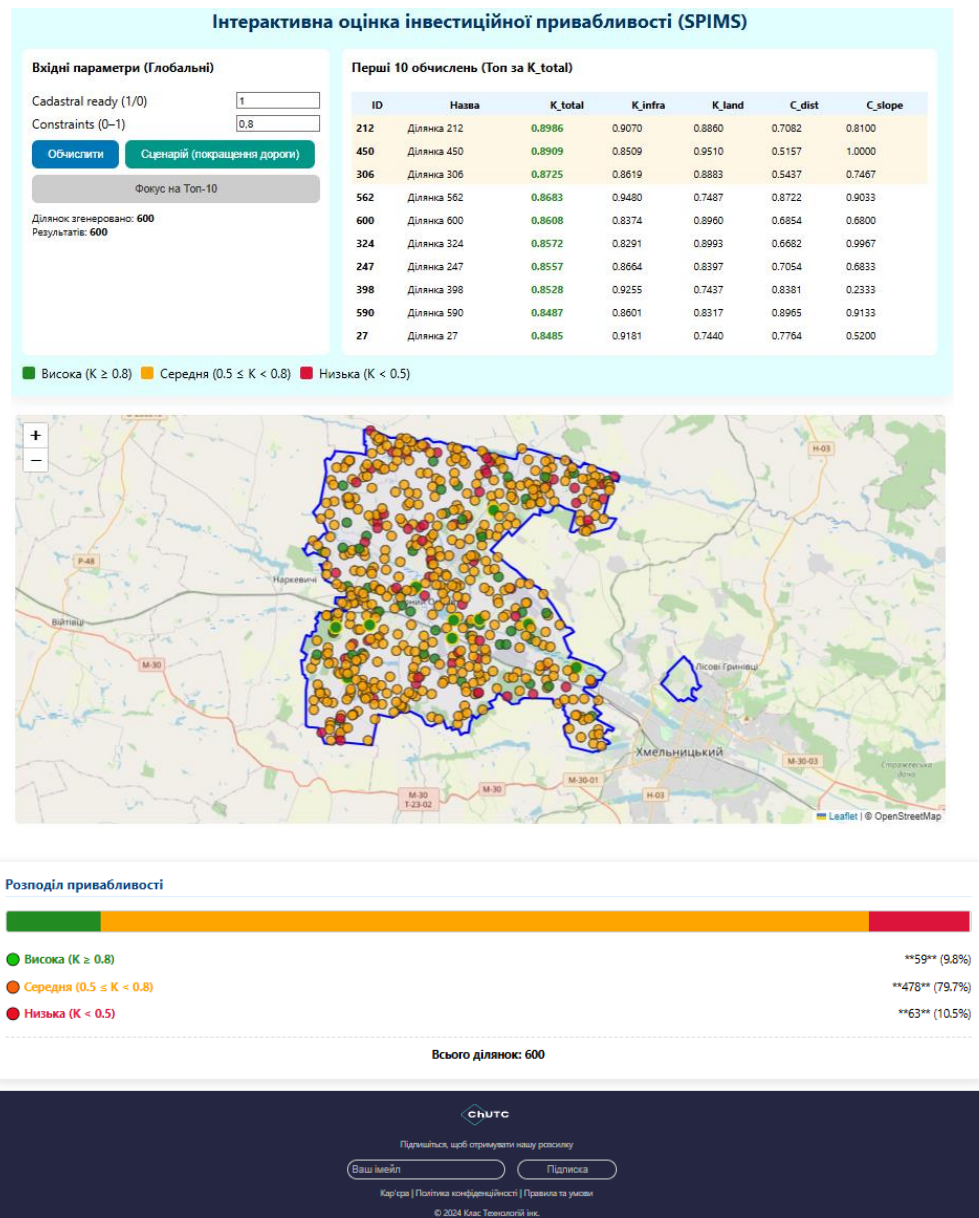


Рисунок 3.2 – Розподіл привабливості

Повна карта SPIMS відображає всі понад 600 ділянок, згенерованих у межах громади. Панель «Розподіл привабливості» узагальнює кількість ділянок у кожній категорії та надає відсоткове співвідношення. Це дозволяє аналітично оцінити загальний стан інвестиційного поля громади – наприклад, 9,8% територій мають високий потенціал, 79,7% – середній, 10,5% – потребують розвитку.

SPIMS також реалізує функцію сценарного аналізу. Користувач може задати гіпотетичні зміни – наприклад, зменшити середню відстань до дороги на 1 км, що моделює будівництво нової магістралі. Система миттєво перераховує K_{infra} , K_{land} і K_{total} для всіх об'єктів, після чого виводить кількісні зміни у вигляді блоку «Вплив

сценарію» (рисунок 3.3). Це дає змогу об'єктивно оцінити ефект майбутніх інвестицій і обґрунтувати доцільність витрат у транспортну, інженерну чи енергетичну інфраструктуру.

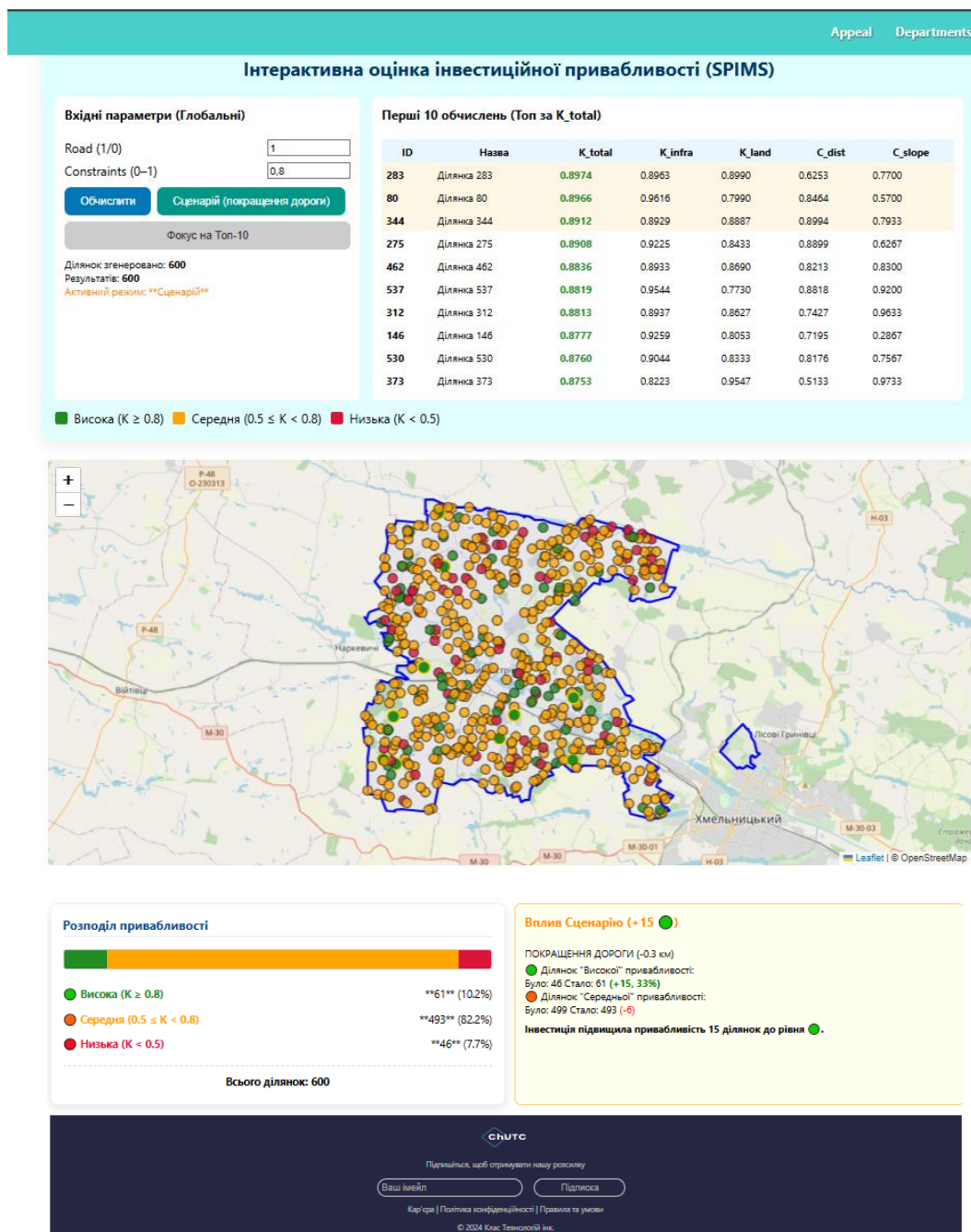
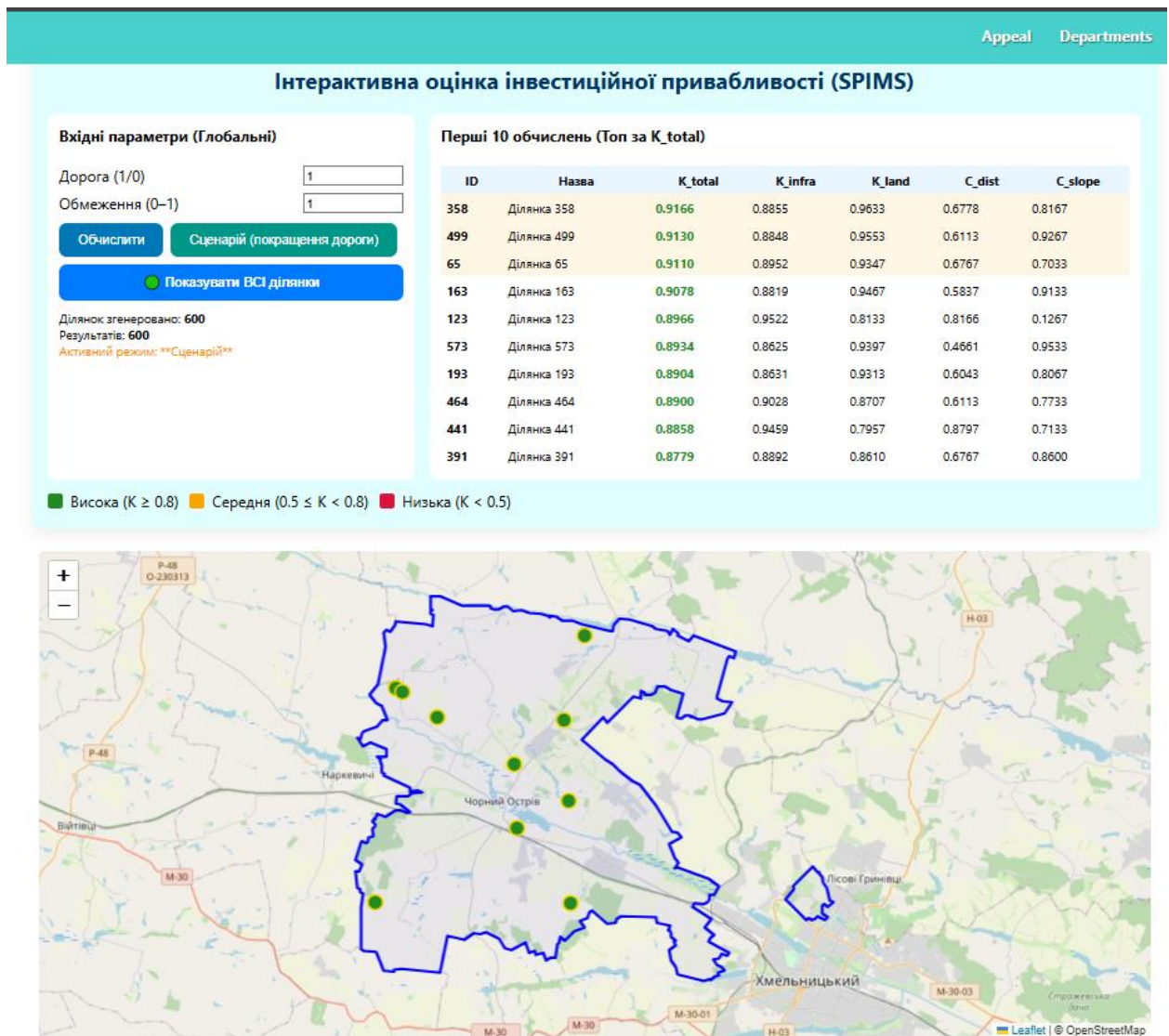


Рисунок 3.3 – Режим сценарного моделювання у SPIMS

Після розрахунку система автоматично формує рейтинг 10 найпривабливіших ділянок. Функція «Фокус на Топ-10» дозволяє відобразити лише ці ділянки на карті. У цьому режимі точки позначаються золотим обведенням

та збільшеним радіусом, що забезпечує швидку ідентифікацію перспективних територій для інвестицій (рисуюнок 3.4).

Цей функціонал особливо корисний для оперативного прийняття рішень органами місцевого самоврядування та формування короткого списку ділянок для презентації потенційним інвесторам.



Рисуюнок 3.4 – Режим відображення «Топ-10» у SPIMS

Таким чином, практична реалізація SPIMS демонструє цілісний підхід до управління територіальним розвитком на основі даних, а система, створена на технологічній зв'язці C# + React + Leaflet + OpenStreetMap API, дозволяє громадам швидко оцінювати інвестиційну привабливість територій, моделювати вплив

майбутніх рішень, отримувати наочну візуалізацію аналітичних даних та приймати стратегічні рішення на основі кількісних показників.

SPIMS не лише автоматизує рутинні аналітичні процеси, а й створює новий стандарт просторового планування в умовах цифрової трансформації місцевого самоврядування.

3.4 Перевірка ефективності SPIMS

У міжнародному проєкті MAKING-CITY [10] основна увага приділялася організації інформаційних потоків у межах концепції позитивних енергетичних районів (PED). Дослідники аналізували, як швидкість та якість обробки запитів на інформаційні ресурси впливають на ефективність планування розвитку міст. Отримані результати показали, що впровадження централізованої системи (Info Hub) дозволяє зменшити час доступу до даних та ймовірність інформаційних помилок.

Цей розділ являє собою кількісне методологічне обґрунтування необхідності та ефективності впровадження адаптивної інформаційної системи просторового планування (SPIMS), що функціонує як єдиний інформаційний хаб, у структурі муніципального управління. Аналіз сфокусований на демонстрації критичних переваг централізованого підходу порівняно з традиційною, децентралізованою моделлю збору даних, які необхідні для оцінки інвестиційної привабливості земельних ділянок.

Отримані кількісні дані слугують фундаментальним обґрунтуванням дисертаційного положення про те, що впровадження адаптивних інформаційних систем є критично важливим фактором для підвищення швидкості та якості муніципальних послуг, що, зрештою, безпосередньо конвертується у зростання інвестиційної привабливості та конкурентоспроможності громади.

Розглянемо джерела інформаційних ресурсів в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Джерела інформаційних ресурсів

IR_id	Джерело	Час отримання (год)
r1	C1 (Кадастр)	1
r2	S2 (Муніципальний реєстр)	24
r3	S3 (Комунальні/утиліти)	6
r4	S4 (Архів/ Офіс)	1

Ця таблиця демонструє, що час отримання інформації від різних джерел варіюється від 1 до 24 годин. Це так званий «чистий технічний час», необхідний для підготовки та передачі даних. Розглянемо таблиці 3.2 та 3.3, час доставки запитів та час забезпечення відповідями.

Таблиця 3.2 – Час доставки запитів (PM → джерела)

Відправник → Отримувач	Час (год)	Пояснення
PM → C1	2,0	підготовка формалізованого запиту
PM → S2	2,5	підготовка пакету документів
PM → S3	3,0	збір технічної інформації
PM → S4	1,0	швидкий архівний запит

Таблиця 3.3 – Час забезпечення відповіді (PM → джерела)

Джерело → PM	Час (год)	Пояснення
C1 → PM	2,0	підготовка витягу
S2 → PM	3,0	пошук записів, формування файлу
S3 → PM	2,0	перевірка мереж
S4 → PM	1,0	витяг з архіву

В цілому, ці дві таблиці (3.2 та 3.3) показують, що 16,5 годин загального часу витрачається виключно на комунікаційну логістику в традиційній системі, що є значним резервом для оптимізації через впровадження стандартизованого Info Hub. Отже, для повного розуміння необхідно проаналізувати дані про внутрішні витрати (таблиця 3.4) та ймовірність правильного розуміння запиту (таблиця 3.5).

Таблиця 3.4 – Внутрішні накладні витрати

Операція	Час (год)
Координація РМ	2,0
Повторні звернення	2,0
Звірка даних	1,0
Форматування / підготовка звіту	2,0
Кореспонденція, дзвінки	1,0
Очікування через зайнятість персоналу	2,0
Адміністративні погодження	2,0
Інші затримки	1,0

Таблиця 3.5 – Ймовірність правильного розуміння запиту

Взаємодія	p_correct
РМ → С1	0,99
РМ → S2	0,90
РМ → S3	0,80
РМ → S4	0,98
S2 → РМ	0,99
S3 → РМ	0,90
S4 → РМ	0,99

Підсумовуємо три блоки часу:

Група 1: РМ → джерела = 2,0 + 2,5 + 3,0 + 1,0 = 8,5 год

Група 2: сума внутрішніх накладних = 13,0 год

Група 3: час отримання від джерел = 1 + 24 + 6 + 1 = 32,0 год

Базовий час розраховується як пряма сума всіх елементів, що виникають при послідовному виконанні операцій, і становить:

$$T_{1, \text{simple}} = 8,5 \text{ год} + 13,0 \text{ год} + 32,0 \text{ год} = 53,5 \text{ год}$$

Цей показник 53,5 годин є мінімально можливим часом очікування, навіть за ідеальних умов виконання всіх запитів без затримок та повторних звернень. Проте якщо застосувати розширений підхід $T_{1, \text{expanded}}$, то можна розрахувати реалістичну оцінку з врахуванням коефіцієнту масштабування 1,2-1,5, що покриває непередбачувані фактори, такі як дублювання запитів через помилки, непередбачені адміністративні затримки або очікування через відсутність персоналу.

Таким чином, сумарний час отримання повного пакету даних у традиційній системі коливається в межах від 53,5 годин до 64-80 годин. Ці показники демонструють, що інвестор змушений чекати від двох до трьох робочих днів виключно на адміністративні процедури.

Ймовірність помилки є критичним показником якості послуги. У децентралізованій моделі вона зростає через високу залежність від людського фактора та неформалізованих комунікацій між ланками. Модель базується на припущенні, що ймовірності «правильно зрозуміли та виконали» p_{ij} на кожному ключовому кроці ланцюга перемножуються, а ймовірність помилки P_1 є доповненням до одиниці:

$$P_1 = 1 - \prod p_{ij} \quad (3.1)$$

Для розрахунку береться ланцюг ключових взаємодій:

PM → C1: 0,99

PM → S2: 0,90 і надалі S2 → PM: 0,99

PM → S3: 0,80 і S3 → PM: 0,90

PM → S4: 0,98 (і S4 → PM: 0,99)

Після підстановки наданих значень, включаючи внутрішній коефіцієнт точності (0,95), отримуємо:

$$\text{Product} = 0,99 \times (0,90 \times 0,99) \times (0,80 \times 0,90) \times (0,98 \times 0,95 \times 0,99) \approx 0,58587$$

Відповідно, ймовірність того, що в якомусь із ключових кроків запиту виникне помилка або неповне розуміння, становить:

$$P_1 = 1 - 0,58587 \approx 0,41413 \approx 0,414$$

Отже, традиційна система є неефективною через значні часові затримки 53 год та недостовірною через високий ризик помилки 41%. Ці фундаментальні недоліки створюють серйозні бар'єри, які необхідно усунути шляхом централізації процесів через пропоновану систему SPIMS (Info Hub).

У SPIMS взаємодія PM → Джерело замінюється на PM → Info Hub → Джерело. Час доставки PM → Info Hub мінімальний (автоматизований), і Info Hub формалізує запит (таблиця 3.6).

Таблиця 3.6 (Адаптована) – Час доставки запитів (Info Hub → Джерело)

PM → Info Hub	Час (год)	Автоматична подача запиту через інтерфейс SPIMS.
Info Hub → C1	0,5	Стандартизований електронний запит.
Info Hub → S2	0,5	Стандартизований електронний запит.
Info Hub → S3	0,5	Стандартизований електронний запит.
Info Hub → S4	0,5	Стандартизований електронний запит.

У пропонованій адаптивній системі SPIMS час відправки запитів (Група 1) значно скорочується завдяки централізації через Info Hub. Замість того, щоб проєктний менеджер (PM) витрачав час на індивідуальну підготовку та відправку кожного запиту відповідно до чотирьох різних регламентів джерел, процес стандартизується. Час, необхідний для подачі запиту від PM до центрального Info Hub, становить мінімальні 0,5 год (одноразова автоматична дія).

Наступний етап – внутрішня автоматична розсилка стандартизованих запитів від Info Hub до чотирьох джерел – також займає 0,5 год на кожне джерело, що сумарно становить $0,5 \times 4 = 2,0$ год. Таким чином, загальний сумарний час відправки запитів у системі SPIMS складає: $T_{\text{Group1}} = 0,5 \text{ год} + 2,0 \text{ год} = 2,5 \text{ год}$. Це забезпечує радикальне скорочення витрат на комунікаційну логістику порівняно з 8,5 годинами у традиційній моделі.

У SPIMS відповіді надходять до Info Hub, де вони автоматично агрегуються, і лише потім передаються PM. Розглянемо таблицю 3.7 з зазначеним часом забезпечення відповідей.

Таблиця 3.7 – Час забезпечення відповідей (Джерело → Info Hub)

C1 → Info Hub	Час (год)	Автоматична передача витягу в структурованому вигляді.
S2 → Info Hub	1,5	Автоматизована передача даних.
S3 → Info Hub	1,0	Автоматизована передача даних.
S4 → Info Hub	0,5	Автоматизована передача даних.
Info Hub → PM	1,0	Автоматичне формування та надсилання фінального звіту.
C1 → Info Hub	1,0	Автоматична передача витягу в структурованому вигляді.

Сумарний час отримання інформації від джерел (Група 3) у системі SPIMS визначається найбільшим часом очікування від джерела, оскільки запити виконуються паралельно. Цей «чистий технічний час» залишається незмінним, оскільки залежить від внутрішніх процесів джерел $1 + 24 + 6 + 1 = 32$ год (визначається джерелом S2). Додаткові операції, які включають час на автоматизовану обробку відповідей (Джерела до Info Hub) 4 год та фінальне формування звіту (Info Hub до РМ) 1 год, виконуються в той же час, що і очікування на 32 год. Таким чином, T_{Group3} , в загальному обчисленні T_{simple} приймається як 32 год.

Завдяки централізації та автоматизації через Info Hub, більшість ручних операцій та затримок зникають або скорочуються. Розглянемо внутрішні накладні витрати (таблиця 3.8).

Таблиця 3.8 – Внутрішні накладні витрати (SPIMS)

Операція	Час (год)	Пояснення (зменшення)
Координація РМ	0,5	Автоматизована координація через Hub. (Було: 2,0)
Повторні звернення	0,0	Усунуто завдяки підвищенню рсorrect. (Було: 2,0)
Звірка даних	0,5	Часткова автоматизація та стандартизація. (Було: 1,0)
Форматування / підготовка звіту	1,0	Автоматичне формування стандартного звіту. (Було: 2,0)
Кореспонденція, дзвінки	0,0	Усунуто (всі комунікації через Hub). (Було: 1,0)
Очікування через зайнятість персоналу	0,5	Частково усунуто автоматизацією. (Було: 2,0)
Адміністративні погодження	1,0	Часткова автоматизація. (Було: 2,0)
Інші затримки	0,5	Мінімальні непередбачені затримки. (Було: 1,0)

Сумарний час внутрішніх накладних витрат (Група 2, SPIMS):

$$T_{\text{Group2}} = 0,5 + 0,0 + 0,5 + 1,0 + 0,0 + 0,5 + 1,0 + 0,5 = 4,0 \text{ год}$$

Info Hub гарантує формалізований та стандартизований запит, що значно підвищує $p_{correct}$ на всіх етапах. Обрахуємо ймовірність правильного розуміння запиту у таблиці 3.9.

Обчислення ймовірності помилки P_1 , SPIMS: $PM \rightarrow$ Info Hub \rightarrow Джерело \rightarrow Info Hub \rightarrow PM, використовуємо мінімальний ланцюг: $PM \rightarrow$ IH \rightarrow C_i \rightarrow IH \rightarrow PM (для всіх i).

$$1. PM \rightarrow \text{Info Hub}: 1,0$$

$$2. \text{Info Hub} \rightarrow C1: 0,99$$

$$3. \text{Info Hub} \rightarrow S2 \rightarrow \text{Info Hub}: 0,95 \times 0,99 = 0,9405$$

$$4. \text{Info Hub} \rightarrow S3 \rightarrow \text{Info Hub}: 0,90 \times 0,95 = 0,855$$

$$5. \text{Info Hub} \rightarrow S4 \rightarrow \text{Info Hub}: 0,99 \times 0,99 = 0,9801$$

$$P_{correct} = 1,0 \times 0,99 \times 0,9405 \times 0,855 \times 0,9801 \approx 0,767$$

$$P_1 = 1 - P_{correct} = 1 - 0,767 = 0,233 \text{ (23,3\%)}$$

Таблиця 3.9 – Ймовірність правильного розуміння запиту

Взаємодія	$p_{correct}$	Пояснення (підвищення)
$PM \rightarrow$ Info Hub	1,0	Система гарантує правильність формату.
$\text{Info Hub} \rightarrow C1$	0,99	Незмінно високий показник для автоматизованої системи.
$\text{Info Hub} \rightarrow S2$	0,95	Покращення завдяки стандартизації. (Було: 0,90)
$\text{Info Hub} \rightarrow S3$	0,90	Покращення завдяки стандартизації. (Було: 0,80)
$\text{Info Hub} \rightarrow S4$	0,99	Покращення завдяки стандартизації. (Було: 0,98)
$S2 \rightarrow$ Info Hub	0,99	Незмінно високий показник для автоматизованої системи.
$S3 \rightarrow$ Info Hub	0,95	Покращення завдяки стандартизації. (Було: 0,90)
$S4 \rightarrow$ Info Hub	0,99	Незмінно високий показник для автоматизованої системи.

Отже, запровадження системи SPIMS дозволяє скоротити базовий час отримання даних, зменшити ризик помилки та провести підсумкові обчислення (таблиця 3.10).

Таблиця 3.10 – Підсумкові Обчислення SPIMS

Параметр	Традиційна Модель	Система SPIMS
Група 1 (PM → Джерела)	8,5 год	2,5 год
Група 2 (Внутрішні накладні)	13,0 год	4,0 год
Група 3 (Чистий час отримання)	32,0 год	32,0 год (визначається S2)
T1, simple (Базовий час)	$8,5+13,0+32,0=53,5$ год	$2,5+4,0+32,0=38,5$ год
T1, expanded ($\times 1.2$)	$53,5 \times 1,2 \approx 64,2$ год	$38,5 \times 1,2 \approx 46,2$ год
P1 (Ймовірність помилки)	0,414 (41,4%)	0,233 (23,3%)

Висновки до розділу 3

1. Кількісно доведено неефективність традиційної моделі (базовий час до 53,5 год, реалістичний час до 80 год) та доведено, що впровадження Info Hub у SPIMS скорочує загальний час обробки даних до 38,5 год. Це забезпечує зниження адміністративних затримок для інвестора в 1,4–2 рази.

2. Розроблено та апробовано багатофакторну модель оцінки інтегрального коефіцієнта привабливості (K_{total}), яка об'єднує ефективність управління (T, P) з просторовими даними. Це дозволяє здійснювати сценарне моделювання (наприклад, зростання K_{total} на 1,8% від покращення дороги), що є інструментом для кількісного обґрунтування та пріоритетизації інфраструктурних інвестицій.

3. Система SPIMS, побудована на технологічній платформі C# + React + Leaflet, демонструє свою ефективність через надання ОМС візуалізованого інструменту – карти інвестиційної привабливості. Це свідчить про перехід громад до динамічного, data-driven управління територіальним розвитком та підтверджує зростання прозорості й відкритості у взаємодії з потенційними інвесторами.

ВИСНОВКИ

Відповідно до поставлених у вступі завдань у кваліфікаційній роботі отримано такі результати:

1. Проаналізовано ключові аспекти функціонування систем просторового планування територіальних громад, визначено їх роль у забезпеченні сталого розвитку регіонів, узагальнено вплив якісного управління інформацією на прозорість, обґрунтованість і своєчасність управлінських рішень в органах місцевого самоврядування.

2. Досліджено міжнародний досвід управління інформацією у просторовому плануванні, зокрема практики проекту MAKING-CITY, охарактеризовано концепцію позитивних енергетичних районів (PED) та показано, які елементи цих підходів є релевантними для територіальних громад України й потребують адаптації з урахуванням локальних умов.

3. Проведено детальний аналіз інформаційного середовища Чорноострівської територіальної громади, описано структуру просторових, соціально-економічних та інфраструктурних даних, ідентифіковано основні проблеми (фрагментація джерел, неоднорідність форматів, повільний обмін інформацією, дублювання даних), що перешкоджають ефективному інформаційному забезпеченню просторового планування.

4. Розроблено архітектуру адаптивної моделі SPIMS, у якій виокремлено основні модулі (збір, зберігання, інтеграція, GIS-візуалізація, аналітика) та запропоновано концептуальну модель «пісочного годинника» з центральним інформаційним хабом, що забезпечує інтеграцію розподілених інформаційних систем і узгоджену роботу стейкхолдерів просторового планування.

5. Створено алгоритм адаптивної корекції даних у SPIMS та формалізовано систему показників ефективності управління інформацією (Т – час доступу, Р – імовірність помилки, КРІ – показники якості процесів, ІІР – інтегральний інвестиційний показник), що дозволяє кількісно оцінювати вплив удосконалення інформаційних потоків на якість прийняття управлінських рішень.

6. Виконано порівняльний аналіз традиційної системи управління інформацією та запропонованої моделі SPIMS, показано скорочення часу отримання комплексного інформаційного запиту, зменшення кількості ланцюжків взаємодії між виконавцями та відповідне зниження імовірності помилок, що підтверджує переваги використання інформаційного хабу.

7. Проведено апробацію адаптивної моделі SPIMS на даних Чорноострівської ОТГ, побудовано інтегральний показник інвестиційної привабливості (ІП) та карту інвестиційно привабливих територій, що продемонструвало зростання інвестиційного потенціалу громади за рахунок підвищення якості та доступності просторових даних.

8. Сформульовано практичні рекомендації для органів місцевого самоврядування щодо поетапного впровадження SPIMS: визначено пріоритетні кроки з організації єдиного інформаційного простору, інтеграції існуючих реєстрів та геоданих, налаштування процедур адаптивної корекції даних, а також використання результатів моделі для підтримки інвестиційних рішень та стратегічного просторового планування громади.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Webster Ferris. A national global change information management strategy // Data For Discovery. – 2023. – January. – DOI: 10.1615/1-56700-002-9.20.
2. White D. Information management // International Journal of Computers & Technology. – 2012. – Vol. 3, №3. – P. 424–427.
3. Detlor B. Information management // Int. J. Inf. Manag. – 2010. – Vol. 30, №2. – P. 103–108.
4. Altındağ Ö., Öngel V. Information management, organizational intelligence, and innovation performance triangle: empirical research on Turkish IT firms // Sage Open. – 2021. – Vol. 11, №4. – DOI: 10.1177/21582440211052550.
5. European Conference of Ministers responsible for Regional Planning (CEMAT). European Regional/Spatial Planning Charter (Torremolinos Charter). – Torremolinos: Council of Europe, 1983.
6. United Nations. E-Government Survey 2022: The Future of Digital Government. – New York: UN Department of Economic and Social Affairs, 2022.
7. UN-Habitat. Spatial Planning for Urban Development. – Nairobi: UN-Habitat, 2015.
8. Steinitz C. A Framework for Geodesign: Changing Geography by Design. – ESRI Press, 2012.
9. Закон України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних». Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2020, №45, ст. 365.
10. MAKING-CITY Collaboration Secretariat. MAKING-CITY D8.1 Collaboration Secretariat Final. – 2020.
11. Ruuska I. Social Structures as Communities for Knowledge Sharing in Project-Based Environments [Doctoral Dissertation Series, 3]. – Helsinki: Helsinki University of Technology, 2005. – P. 1–234.
12. Canbaz S., Yıldız E. A research of management information systems on the strategic planning and decision-making process in enterprises // Akademik Bakış Dergisi. – 2014. – Vol. 44. – P. 21–39.

13. Odabaş H. Knowledge management and institutional open access in higher education institutions [Conference session] // XIII. Türkiye’de Internet Konferansı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara. – 2008. – P. 1–7.
14. Uit Beijerse R.P. Knowledge management in small and medium-sized companies: knowledge management for entrepreneurs // J. Knowl. Manag. – 2000. – Vol. 4, №2. – P. 162–179.
15. Vijayakumar K. Knowledge management in libraries // Indian Journal of Information Sources and Services. – 2011. – Vol. 1, №1. – P. 7–10.
16. Ngirigacha E.W., Wasike J., Gichuhi D. Contributions of information management practices on performance among selected counties // J. Arts Humanit. – 2019. – Vol. 8, №10. – P. 73–83.
17. Opoku M.O., Enu-Kwesi F. Evaluation of information management practices in Ghanaian organizations // Net Journal of Business Management. – 2017. – Vol. 5, №2. – P. 19–29.
18. European Commission. Seanergy 2020. – 2012. – URL: https://maritime-spatial-planning.ec.europa.eu/sites/default/files/seanergy_2020_6.pdf (accessed 22 May 2024).
19. Badea G., Badea A. Considerations regarding the implementation of the technical specifications in the urban information system // ICE Proceedings Municipal Engineer. – 2018. – Vol. 161, №3. – P. 163–173.
20. Bulent I. Spatial analyst methods for urban planning // Scientific Research and Essay. – 2009. – Vol. 4, №12. – P. 1531–1535.
21. Cheng J., Masser I. Towards a spatial analysis framework: modelling urban development patterns // Geocomputation Conference Brisbane. – 2001.
22. Murgante B., Garramone V. Web 3.0 and knowledge management: opportunities for spatial planning and decision making // Computational Science and Its Applications, Lect. Notes Comput. Sci. – 2013. – Vol. 7973.
23. Preston Mwiinga. Management information systems (MIS). – 2023. – URL: https://www.researchgate.net/publication/372599725_Management_Information_Systems_MIS.

24. Nylén T., Tolvanen H., Erkkilä-Välimäki A., Roose M. Guide for Cross-Border Spatial Data Analysis in Maritime Spatial Planning. – 2019.
25. Xin W. Urban planning and management information systems analysis and design based on GIS // Phys. Procedia. – 2012. – Vol. 33. – P. 1440–1445.
26. Laurini R. A primer of knowledge management for smart city governance // Land Use Pol. – 2021. – Vol. 111. – 104832.
27. Shiraishi Y., Arikawa M., Sagara T., Asami Y. Spatial document management system for ubiquitous mapping // International Journal of Urban Sciences. – 2011. – Vol. 15, №1. – P. 10–23.
28. Kirkhaug T.R. Communication in Urban Planning // Citizen Participation in Urban Planning. – 2016. – Vol. 2016. – P. 1–12.
29. Ahuja V., Priyadarshini S. Effective communication management for urban infrastructure projects // Journal of Infrastructure Development. – 2015. – Vol. 7, №1. – P. 47–60.
30. Dziedzic Ł. Public communication in urban planning: growing role of online applications for citizen participation // IT in the Public Sphere: Applications in Administration, Government, Politics, and Planning / T. Parycek, N. Edelman (Eds.). – 2014. – P. 33–47.
31. Joint Programming Initiative Urban Europe. Positive Energy Districts (PED) [Electronic resource]. – URL: <https://jpi-urbaneurope.eu/ped/>.
32. Місцеве самоврядування в Україні [Електронний ресурс]. – URL: <http://old.phm.gov.ua/node/1184>.
33. Чорноострівська об'єднана територіальна громада [Електронний ресурс]. – URL: <https://chornoostrivska-otg.gov.ua/>
34. Екологічний паспорт Хмельницької області 2019 [Електронний ресурс]. – URL: <https://surl.lu/ighxy>.
35. Boyko N., Teslia I., Khlevna I., et al. PrimaDoc – an enterprise information management system: implementation of the development and deployment project // 9th IEEE Int. Conf. on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems. – 2017. – P. 923–929. – DOI: 10.1109/IDAACS.2017.8095222.

36. Khlevna Y., Kubyavka L., Ivanova O., Yehorchenkova N.I. Methodology of Implementation of the Technology of Electronic Management of Geological Projects // Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects. – 2017. – Vol. 9. – P. 47–52.
37. Yehorchenkova N., Teslia I., Yehorchenkov O., et al. Development of principles and method of electronic project management // E. Eur. J. Enterprise Technol. – 2017. – Vol. 5. – P. 23–29. – DOI: 10.15587/1729-4061.2017.109534.
38. Yehorchenkova N. Project Management Methodology in Dynamic Digital Environment [Doctoral Thesis]. – Kyiv: Kyiv National University of Construction and Architecture, 2018. – P. 400.
39. Albrechts L. Bridge the gap: from spatial planning to strategic projects // Eur. Plann. Stud. – 2006. – Vol. 14, №10. – P. 1487–1500. – DOI: 10.1080/09654310600852464.
40. Ahituv N. A Metamodel of Information Flow: A Tool to Support Information Systems Theory // Commun. ACM. – 1987. – Vol. 30, №9. – P. 781–791. – DOI: 10.1145/30401.30405.
41. Terentyev A., Marusin A., Evtyukov S., Shevtsova A., Zelenov V. Analytical Model for Information Flow Management in Intelligent Transport Systems // Mathematics. – 2023. – Vol. 11(15), Article 3371. – DOI: 10.3390/math11153371.
42. Okere C., Basse E. Information and Knowledge Management [Електронний ресурс] // Information and Knowledge Management. – 2017. – Vol. 7, №6. – URL: <https://www.iiste.org/Journals/index.php/IKM/article/view/File/35937/36933>.
43. Beck M. On the Hourglass Model [Електронний ресурс] // Commun. ACM. – 2019. – Vol. 62, №7. – P. 48–57. – DOI: 10.1145/3274770. – URL: https://cacm.acm.org/research/on-the-hourglass-model/?utm_source.
44. Комар М.П., Саченко А.О., Васильків Н.М., Загородня Д.І. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи з освітньо-професійної програми «Комп’ютерні науки» спеціальності 122 «Комп’ютерні науки» за другим (магістерським) рівнем вищої освіти. – Тернопіль: ЗУНУ, 2024. – 32 с.

45. Щеглова М., Лип'яніна-Гончаренко Х.В. Інтелектуальна система управління інфраструктурою територіальної громади. (2024). Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, №2. С. 5-17. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-78-1>

46. Щеглова М.І., Лип'яніна-Гончаренко Х.В. (2025). Адаптивна модель управління інформацією в системах просторового планування громади. Збірник тез доповідей студентської науково-практичної конференції «Інтелектуальні інформаційні технології в прикладних дослідженнях» (ІТAR-2025). С. 365–370.

Додаток А
Апробація отриманих результатів

ISSN 2219-9365
DOI: 10.31891/2219-9365

**Міжнародний науково-технічний
журнал**

**ВИМІРЮВАЛЬНА ТА
ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА
В ТЕХНОЛОГІЧНИХ
ПРОЦЕСАХ**

2024, № 2

**International scientific-technical
journal**

**MEASURING AND COMPUTING
DEVICES IN TECHNOLOGICAL
PROCESSES**

2024, Issue 2

**Хмельницький 2024
Khmelnyskyi 2024**

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ
ВІМІРЮВАЛЬНА ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ

Затверджений як фахове видання (перереєстрація), група «Б»
Наказ МОН 28.12.2019 №1643

Засновано в травні 1997 р.

Виходить 4 рази на рік

Хмельницький, 2024, № 2 (78)

Засновник і видавець: Хмельницький національний університет
(до 2005 р. — Технологічний університет Поділля, м. Хмельницький)

Наукова бібліотека України ім. В.І. Вернадського <http://nbuv.gov.ua/j-nit/votf>

Журнал включено до наукометричних баз:

Index Copernicus <http://iml2012.indexcopernicus.com/?p247815653.html>
Google Scholar http://scholar.google.com.ua/citations?user=msN_msAAAAJ&hl=uk
CrossRef <http://doi.org/10.31891/2219-9365>

Головний редактор **Мартинюк В. В.**, д. т. н., професор, завідувач кафедри автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій і телекомунікацій Хмельницького національного університету

Заступник головного редактора **Бойко Ю. М.**, д. т. н., професор кафедри телекомунікацій та радіотехніки, начальник науково-дослідної частини Хмельницького національного університету

Відповідальний секретар **Кравчик Ю. В.**, к. е. н., старший викладач кафедри економіки, менеджменту та адміністрування Хмельницького національного університету

Члени редколегії

Бармак О. В., д.т.н., Бедратюк Л. П., д.фіз.-мат.н., Бубулис Алгимантас, д.т.н. (Литва), Васілевський О. М., д.т.н., Горшаченко К. Л., к.т.н., Здоренко В. Г., д.т.н., Калачинський Томаш, PhD (Польща), Косенков В. Д., к.т.н., Кулаков П. І., д.т.н., Кухарчук В. В., д.т.н., Кучерук В. Ю., д.т.н., Лампасі Алессандро, PhD, (Італія), Лукасевич Марцін, PhD, (Польща), Мрозинський Адам, PhD, (Польща), Мусьял Януш, PhD, (Польща), Ортігуейра Мануель Дуарте, PhD, (Португалія), Походило С. В., д.т.н., Психалінос Костас, PhD, (Греція), Савенко О. С., д.т.н., Семенко А. І., д.т.н., Сурду М. М., д.т.н., Шарпан О. Б., д.т.н.

Технічний редактор Кравчик Ю. В., к. е. н., доцент.

Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради Хмельницького національного університету,
протокол № 0, від 30.05.2024

Адреса редакції: Україна, 29016,
м. Хмельницький, вул. Інститутська, 11,
Хмельницький національний університет,
Редакція журналу "Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах"
067-347-74-57
e-mail: votfp@khmnu.edu.ua
web: <http://votfp.khmnu.edu.ua>

Зареєстровано Міністерством України у справах преси та інформації.
Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
Серія КВ № 24923-14863 ПР від 12 липня 2021 року (перереєстрація)

© Хмельницький національний університет, 2024
© Редакція журналу «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах», 2024

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-78-1>
УДК 044.11

ЩЕГЛОВА Марія
Західноукраїнський національний університет
e-mail: marysuna06.01@gmail.com
ЛІП'ЯНИНА-ГОНЧАРЕНКО Христіна
Західноукраїнський національний університет
<https://orcid.org/0009-0009-4376-9585>
e-mail: kh.liplanina@wunu.edu.ua

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ІНФРАСТРУКТУРОЮ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

Це дослідження присвячено розробці та аналізу ефективності інтелектуальної системи управління територіальними громадами (ОТГ) в Україні, з акцентом на значне підвищення адміністративної ефективності та залучення громад до управління в умовах та для потреб поствоєнної відбудови. В результаті впровадження системи було досягнуто 70% зниження часу на обробку звернень громадян та 80% ефективності у плануванні інфраструктурних проєктів завдяки застосуванню алгоритмів машинного навчання. Також спостерігалось 50% зростання участі громадян у вирішенні місцевих питань через інтерактивні платформи. Ці результати підкреслюють потенціал інтелектуальної системи як інструменту для оптимізації ресурсів, підвищення прозорості та відповідальності місцевої влади, а також сприяння активній участі громад у процесах прийняття рішень. Дослідження вказує на шляхи подальшого розвитку та інтеграції новітніх технологій у систему управління для забезпечення її адаптивності та гнучкості у відповідь на мінливі соціально-економічні умови, що є ключовим для сталого розвитку та відновлення України.

Ключові слова: аналітика даних, інтерактивна платформа, управління даними мешканців, комунікація з мешканцями, ОТГ.

SCHEGLOVA Maria, LIPIANINA-HONCHARENKO Khrystyna
West Ukrainian National University

INTELLIGENT SYSTEM OF TERRITORIAL COMMUNITY INFRASTRUCTURE MANAGEMENT

In the context of modern challenges facing Ukraine, especially in connection with the ongoing hostilities and the need for further reconstruction of the country, the importance of developing and implementing innovative automated management systems in territorial communities becomes especially relevant. This applies not only to improving the efficiency of administrative processes, but also to ensuring a quick response to the needs of citizens, optimizing the distribution of resources, improving the quality of life of the population and promoting the sustainable development of regions.

In conditions where traditional approaches to the management of territorial communities are not flexible and effective enough to solve emerging problems, the application of modern technological solutions, such as artificial intelligence, machine learning, big data and the Internet of Things, opens up new opportunities for reforming the management system for the benefit of citizens. These technologies allow not only to automate routine processes, but also to analyze large volumes of data to make informed decisions, predict future trends and adapt to changing conditions.

This study focuses on the development and analysis of the effectiveness of an intelligent system for managing territorial communities (TCs) in Ukraine, with a focus on significantly increasing administrative efficiency and community engagement in the context of and for the needs of post-war reconstruction. As a result of the system implementation, a 70% reduction in the time required to process citizen requests and 80% efficiency in planning infrastructure projects was achieved through the use of machine learning algorithms. There was also a 50% increase in citizen participation in solving local issues through interactive platforms. These results emphasize the potential of an intelligent system as a tool for optimizing resources, increasing the transparency and accountability of local authorities, and promoting active community participation in decision-making processes. The study points to ways to further develop and integrate the latest technologies into the governance system to ensure its adaptability and flexibility in response to changing socio-economic conditions, which is key to Ukraine's sustainable development and recovery.

Keywords: data analytics, interactive platform, management of residents' data, communication with residents, ATCs.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

У контексті сучасних викликів, перед якими стоїть Україна, особливо у зв'язку з триваючими воєнними діями та необхідністю подальшої відбудови країни, важливість розробки та впровадження інноваційних автоматизованих систем управління в територіальних громадах набуває особливої актуальності. Це стосується не тільки покращення ефективності адміністративних процесів, але й забезпечення швидкого реагування на потреби громадян, оптимізацію розподілу ресурсів, підвищення якості життя населення та сприяння сталому розвитку регіонів.

В умовах, коли традиційні підходи до управління територіальними громадами виявляються недостатньо гнучкими та ефективними для вирішення виникаючих проблем, застосування сучасних технологічних рішень, таких як штучний інтелект, машинне навчання, великі дані та інтернет речей,

відкриває нові можливості для реформування системи управління на користь громадян. Ці технології дозволяють не лише автоматизувати рутинні процеси, але й аналізувати великі обсяги даних для прийняття обґрунтованих рішень, прогнозування майбутніх тенденцій та адаптації до мінливих умов.

Актуальність цього дослідження полягає в тому, що воно спрямоване на визначення шляхів розробки та впровадження інтелектуальних систем управління в територіальних громадах України, які б допомогли відповісти на виклики, поставлені воєнним станом, та підготувати міцний фундамент для майбутньої відбудови країни. Дослідження зосереджується на аналізі існуючих рішень в цій сфері, виявленні їхніх сильних та слабких сторін, та розробці рекомендацій щодо створення ефективних, гнучких та масштабованих систем, здатних адаптуватися до змінних умов та вимог громад.

Важливо підкреслити, що успішна реалізація цих рішень вимагає не лише технологічних інновацій, але й глибокого розуміння соціально-економічних процесів, що відбуваються в громадах, а також активної участі громадян у процесах прийняття рішень. Таким чином, розробка та впровадження інтелектуальних систем управління виступає не лише як технологічне завдання, але й як важливий крок до створення відкритих, прозорих та ефективних механізмів управління, що сприяють залученню громадян до активної участі в житті своїх громад і в цілому сприяють демократизації суспільства.

Ця стаття зосереджена на розробці та впровадженні інтелектуальної системи управління територіальними громадами (ОТГ) в Україні, акцентуючи на підвищенні адміністративної ефективності та залученні громад в умовах та після воєнних руйнувань. Розділ 2 пропонує огляд існуючих рішень, підкреслюючи важливість автоматизованих систем управління в різних секторах та їх значення для ОТГ. Розділ 3 окреслює проектування запропонованої автоматизованої системи управління громадою, обговорюючи процес аналізу, дизайну та оптимізації, адаптований до специфічних потреб користувачів та забезпечення високої продуктивності системи. Розділ 4 описує застосування системи, ілюструючи механізми потоків даних, моделі взаємодії з користувачами та інтеграцію алгоритмів машинного навчання для прогностичного аналізу та підтримки прийняття рішень. Розділ 5 представляє результати дослідження, оцінюючи вплив системи на адміністративну ефективність, участь громади та її потенціал у фасилітації повноцінної відбудови та розвитку України.

АНАЛІЗ ВІДОМИХ РІШЕНЬ І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

В останні роки значно зросла увага до розробки автоматизованих систем управління в різних галузях, включаючи сільське господарство, розумні спільноти, управління енергетичними мережами, управління водними ресурсами, та оптимізацію виробництва в нафтогазовій промисловості. У сфері агротехнологій, [1] розробили автоматизовану систему управління для садівництва, використовуючи такі технології як ADO.NET, Dapper, шаблон проектування MVC, Bootstrap, та Android Studio для розробки мобільних додатків, спрямованих на підвищення ефективності аграрних технологій. В контексті розумних спільнот, [2] запропонував модель динамічного аналізу великих даних на основі логістичної регресії для вирішення проблем, таких як високі витрати на будівництво та низький рівень інтелектуальності у розумних громадах. У галузі управління розумними мережами, [3] зосередилися на інтелектуальних системах контролю для управління мережами розумних гридів з метою зниження вартості та забезпечення безпеки ланцюгів постачання енергії. [4] описали систему WRESTORE, яка використовує передові обчислювальні підходи, такі як гідрологічна модель SWAT і алгоритми машинного навчання для проектування за інтересами стейкхолдерів у водозборах. В області нафти та газу, [5] створили розумну програмну систему для управління потоковими запевненнями, що сприяє оптимізації виробництва в реальному часі. У [6] розробив веб-базовану систему управління скаргами студентів для вищих навчальних закладів, використовуючи PHP, JavaScript, HTML, CSS та MySQL. У [7] застосував технології ASP і VB.NET для створення системи управління мережею рухів спільноти. У [8] обговорив розумну систему управління для контролю за потоковими запевненнями в нафтогазовій галузі. У [9] досліджували технології розумних медіа та застосування, включаючи обчислювальний інтелект та аналітику великих даних. Нарешті, [10] представили доступну, масштабовану еко-систему IoT для академічної спільноти, інтегруючи апаратні платформи з веб-серверами на хмарній основі та мобільними додатками.

У сучасних дослідженнях активно розглядаються різноманітні підходи до управління містами, селами та громадами, з акцентом на розвиток інтегрованих систем, що спрямовані на покращення адміністративної ефективності та залучення спільнот до участі в управлінні. У [11] розробили веб-базовану інформаційну систему для міських сіл, яка сприяє підвищенню ефективності та стабільності адміністрування населення, пропонує значний крок вперед до цифрового урядування та обслуговування громади. У [12] дослідили моделі управління та динаміку продукції в міських спільнотах, зокрема, зосередившись на Селі взуттєвої промисловості в Cibaduyut, Bandung, Індонезія, підкреслюючи роль місцевих промислових підприємств у міському економічному розвитку. У [13] дослідив трансформацію "сіл всередині міст" під час урбанізації, розглядаючи реформи у сфері земельної нерухомості, громадської безпеки та структури громади для переходу від сільського до міського управління, відображаючи складності процесів урбанізації. У [14] обговорив будівництво міських і сільських громад в Китаї, прагнучи вирішити

проблему нерівномірного розвитку та сприяти гармонійним соціальним структурам через рівність базових публічних послуг та координацію зусиль з будівництва міських і сільських громад. У [15] підкреслив роль приватного сектора та залучення громади у управлінні відходами у малих містах, як-от Амбарава, Центральна Ява, показуючи значення участі громади поряд з зусиллями уряду. У [15] зосередився на підвищенні участі громади у розвитку села через управління BUMDesa в Східній Яві, підкреслюючи вплив характеристик регіону на економіку та життя громади. У [16] розробили веб-базовану інформаційну систему адміністративного управління для адміністрації РКК у селі Mlatiharjo, прагнучи покращити ефективність та ефективність розподілу робочих програм, збору даних та процесів звітування. У [17] дослідили вплив збереження спадщини та туризму на стійкість життя громади в місці спадщини урбаністичного сільськогосподарського виноградарства Xuanhua, підкреслюючи роль туризму як альтернативного джерела доходу, але також висловлюючи занепокоєння щодо стійкості місцевого сільського життя. У [18] запропонували соціальний капітал як важливий інструмент для моніторингу впровадження просторового планування на Балі, зосереджуючись на викликах управління землею в секторі туризму шляхом залучення корінних сіл до контролю та інституційної реформи. У [19] обговорили переваги впровадження розумної громадської системи на основі дизайну Інтернету речей у житлових районах, що призводить до автоматичного контролю обладнання, інтеграції електронного обладнання та покращення житлового середовища та безпеки та комфорту для мешканців села.

Веб-портали та мобільні додатки для спілкування з мешканцями [20] надають можливість подання заяв, вираження думок та голосування за важливі питання безпосередньо через інтернет, забезпечуючи максимальну зручність та доступність. Ці інструменти дозволяють мешканцям стежити за процесами управління та брати активну участь у вирішенні проблем своєї громади.

Інтегровані платформи управління територіальними громадами [21] об'єднують різні функції, включаючи спілкування з мешканцями, подання заяв, організацію голосувань та моніторинг реалізації інфраструктурних проєктів. Ці платформи забезпечують централізований доступ до інформації та дозволяють ефективно координувати дії між владою та громадою.

Запропоноване дослідження вирізняється серед інших (вище проаналізованих) завдяки комплексному підходу до інтеграції автоматизованих систем управління в територіальних громадах, який охоплює не лише технічні аспекти розробки систем, але й глибоке залучення громадськості та адаптацію до локальних особливостей. На відміну від інших досліджень, які зосереджуються на конкретних аспектах, таких як управління відходами, розумні ґриди чи агротехнології, наш проєкт пропонує гелістичну модель, що враховує соціальні, економічні та екологічні потреби громади. У даній розробці акцентується на створенні платформ, що дозволяють мешканцям не тільки отримувати доступ до інформації та послуг, але й активно брати участь в процесах прийняття рішень, сприяючи підвищенню прозорості та відповідальності місцевої влади.

Крім того, дана розробка впроваджує передові технологічні рішення, такі як штучний інтелект та машинне навчання, для аналізу великих даних, що дозволяє прогнозувати тенденції розвитку та потреби громади, оптимізувати ресурси та покращувати якість життя мешканців. Відмінною рисою цього проєкту є також розробка адаптивних алгоритмів, здатних самонавчання та автоматичної адаптації до змінних умов, що забезпечує високу ефективність та гнучкість системи управління. Такий підхід дозволяє не тільки вирішувати поточні завдання, але й прогнозувати майбутні виклики, випереджаючи потреби громади та забезпечуючи сталий розвиток.

МЕТА СТАТТІ

Метою роботи є дослідження підходів до розробки інтелектуальної системи управління інфраструктурою територіальної громади, яка буде спрощувати та оптимізувати процеси управління, сприяючи розвитку та покращенню якості життя мешканців.

Для досягнення поставленої мети були визначені такі завдання:

- розглянути ключові аспекти функціонування ОТГ;
- визначення важливості систем управління та обліку в контексті територіальних громад, їх вплив на якість життя громадян;
- введення процесу автоматизації для покращення всіх аспекти функціонування ОТГ;
- порівняння автоматизованої громади із наявною системою управління;
- здійснити опис бази даних, яка використовувалася у роботі;
- здійснити опис методу класифікації факторів, які впливають на доцільність автоматизованої системи;
- розробити візуалізацію (веб-застосунок) для автоматизованої громади.

ВІКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Проєктування автоматизованої системи управління громадою вимагає глибокого аналізу, дизайну та оптимізації для відповідності специфічним потребам користувачів та забезпечення високої

продуктивності. Важливими кроками є визначення функціональності, структурування баз даних, розробка алгоритмів обробки даних та інтеграція компонентів для злагодженого функціонування системи. Цей процес також передбачає розробку моделі, що враховує оптимальність та гнучкість, а також встановлення ефективних зв'язків між різними модулями системи для покращення взаємодії та передачі даних.

Розглянемо організаційну структуру управління громадою, яка подана у вигляді ієрархічної схеми (рисунок 1).

Голова ОТГ. Головна посадова особа територіальної громади села чи кількох сіл обирається на основі загального, рівного, прямого виборчого права шляхом таємного голосування терміном на 5 років. Голова очолює виконавчий комітет ради ОТГ, головує на скликаних ним сесіях ради, формує їхній порядок денний, затверджує рішення ради, ухвалені на засіданнях сесій.

Депутати ради ОТГ. Це представники інтересів територіальної громади села/селища обираються також на 5 років. За цьогорічними змінами, громади з виборцями понад 10 тисяч обирають депутатів не за мажоритарним принципом, як це було раніше, а лише за партійними списками.

Староста. Представляє інтереси жителів сіл свого округу у раді територіальної громади та її виконкомі, бере участь у підготовці бюджету громади в частині фінансового забезпечення округу; вказує, чому і на які саме потреби необхідні кошти на розвиток села/селища;

Відділи, управління та інші виконавчі органи сільської, селищної, міської, районної в місті ради. Відділи, управління та інші виконавчі органи ради є підзвітними і підконтрольними раді, яка їх утворила, підпорядкованими її виконавчому комітету, сільському, селищному, міському голові, голові районної у місті ради.

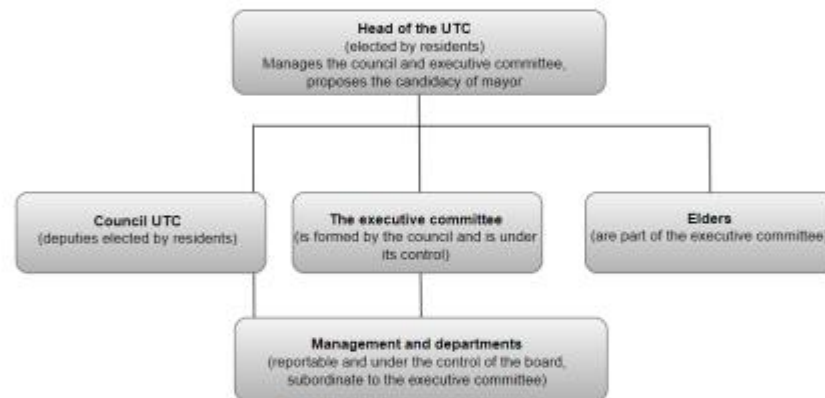


Рис.1. Ієрархічна схема управління ОТГ

Розглянемо потоки даних (рисунок 2) між головою ОТГ, старостами, радою ОТГ, виконавчим комітетом і відділами.

Існують такі інформаційні потоки в ОТГ:

1. Від старост до голови ОТГ

Староста може подавати звіти голові ОТГ щодо роботи у своїй території. Це може включати звіти про роботу комунальних служб, стан інфраструктури, питання безпеки тощо. Староста може передавати інформацію про нагальні потреби та проблеми на своїй території, які потребують уваги та ресурсів.

2. Від ради ОТГ до голови ОТГ

Рада ОТГ приймає рішення та резолюції, які можуть передаватися голові ОТГ для виконання.

Голова може отримувати інформацію від ради про бюджетні рішення та виділені кошти на конкретні проекти і програми.

3. Від відділів до голови ОТГ

Різні відділи ОТГ можуть подавати інформацію голові про свою діяльність, досягнення та поточні завдання.

Відділи можуть висувати запити до голови ОТГ щодо ресурсів, персоналу чи змін у політиці та програмах.

4. Від голови ОТГ до старост, ради ОТГ і відділів

Голова може приймати виконавчі рішення на основі рішень ради та потреб, які виборюються між головою та старостами.

Голова може впроваджувати плани та програми для розвитку ОТГ та виконання завдань, визначених радою.

5. Від виконавчого комітету до голови ОТГ

Виконавчий комітет може подавати голові звіти про поточну роботу та розглядати щоденні питання.

Виконавчий комітет може надавати голові пропозиції та рекомендації щодо політичних та адміністративних питань.

Якщо виконавчий комітет приймає важливі рішення, такі як фінансові зобов'язання чи участь у проєктах, ця інформація повинна надходити до голови.

6. Від голови ОТГ до виконавчого комітету

Голова може направляти запити до виконавчого комітету для виконання певних завдань чи розгляду питань, які потребують уваги комітету.

Голова може повідомляти виконавчому комітету про скарги та питання, які надійшли від громадян, і просити комітет розглянути їх.

7. Від виконавчого комітету до відділів

Виконавчий комітет може надавати старостам, раді ОТГ і відділам звіти, документи та інформацію, яка стосується їхніх функцій і завдань.

Інформація про проєкти, які виконавчий комітет планує реалізувати або вже реалізує, може бути передана старостам та іншим членам ОТГ для спільної роботи.

8. Від старост, ради ОТГ і відділів до виконавчого комітету

Старости, рада ОТГ і відділи можуть надсилати виконавчому комітету пропозиції та запити щодо різних питань.

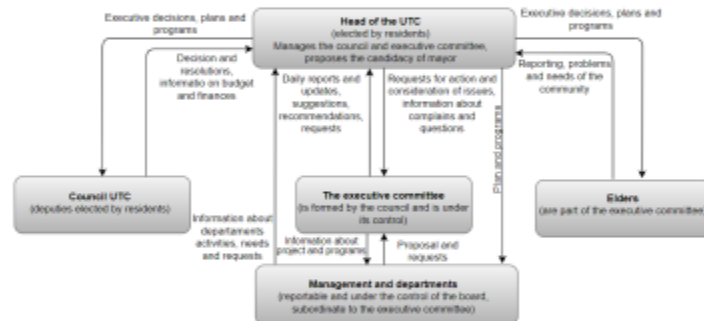


Рис.2. Потіки даних

Щодо характеристики інтелектуальної системи, то можна організувати зовнішнє керування, але для неї характерною є самокерованість. Система має певну мету і прагне так планувати свої дії, щоб досягти цієї мети. Як вхідні стимули системи можна розглядати поточну ситуацію, що сприймається і аналізується системою. Результатом реакції системи стає зміна зовнішньої ситуації, і поведінка системи коригується в залежності від того, бажаною чи небажаною є ця зміна [22].

Функціонування інтелектуальної системи можна описати як постійне прийняття рішень на основі аналізу поточних ситуацій для досягнення певної мети. Схема функціонування інтелектуальної системи наведена на рисунку 3.

Покрокове функціонування інтелектуальної системи (див.рис.3) у веб-проєкті для ОТГ:

1. Обробка скарг та заяв. Google AI та інші NLP-технології можуть використовуватися для автоматичного розпізнавання та аналізу текстових скарг та заяв.
2. Зчитування інформації з фото (Computer Vision). Google AI Vision API або інші інструменти можуть розпізнавати об'єкти, текст та інші елементи на фотографіях, що дозволяє автоматизувати аналіз зображень.
3. Автоматизоване заповнення даних. Використання ML-моделей для автоматичного заповнення колонок на основі аналізу тексту чи зображень.
4. Пошук за голосом. Можливість штучного інтелекту розпізнавати голосові команди чи запити, що полегшує взаємодію з системою, зокрема для людей з обмеженими можливостями.
5. Персоналізовані рекомендації. Використання алгоритмів рекомендацій для надання користувачам персоналізованих інформаційних послуг та ресурсів.
6. Прогнозування попиту. Використання аналітичних моделей для передбачення попиту на різні послуги та ресурси.

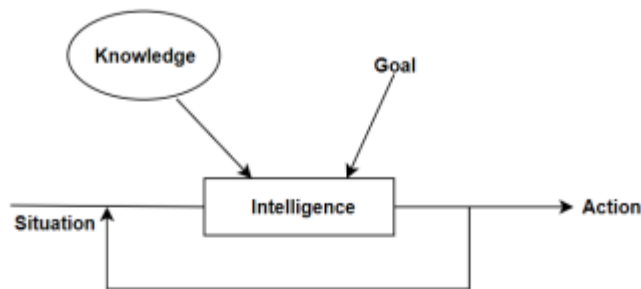


Рис.3. Схема функціонування інтелектуальної системи

Далі побудуємо схеми алгоритмів роботи системи територіальної громади, це дасть змогу зрозуміти основні етапи, які виконують функції: голосування за проект та комунікація з населенням через сформовані звернення.

Як видно з рисунку 4, загальний алгоритм процесу обслуговування має таку логіку:

1. Джерелом інформації є мешканці, які в свою чергу подають скарги, заяви та звернення.
2. Наступним процесом є реєстрація заяви та запис зареєстрованих заяв у базу даних.
3. Оцінка потреб аналізує чи необхідно розглядати звернення та які дії приймати. Якщо заява не потребує розгляду, то подаємо звітність мешканцям, якщо розгляду підпадає, то маємо процес прийняття рішення.
4. Якщо необхідне відшкодування, то відбувається відшкодування коштів.
5. Завершальний етап включає формування звітностей, які передаються керівним органам та мешканцям.

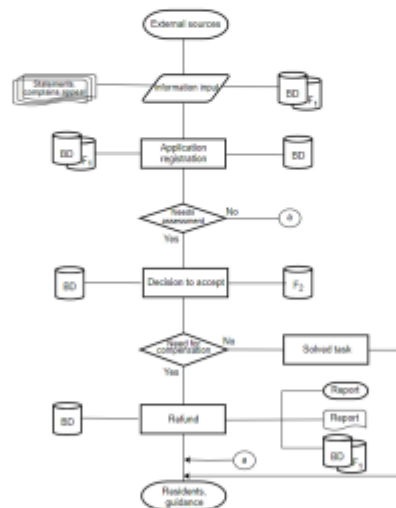


Рис.4. Схема алгоритму процесу обслуговування населення

Як видно з рисунку 5, загальний алгоритм процесу управління інфраструктурними об'єктами має таку логіку:

1. Із зовнішніх джерел отримуємо інформацію про інфраструктуру.
2. Процес обслуговування та перевірка наявності інфраструктури на виявлення пошкоджень та наявності змін.
3. Перевірка на потребу в ремонті, якщо так, розподіляємо кошти, які беремо із файлу про фінансові дані, та вносимо зміни в інфраструктуру. Якщо ні, то переходимо до наявності залишку коштів на нові потреби.
4. Розробка плану нових проєктів за наявності залишку коштів та наявності наказу про потребу будівництва.

5. Процес будівництва та створення бази даних та файлу з новими інфраструктурними об'єктами.
6. Формуємо електронні, паперові звіти та вносимо зміни в наявну базу даних та файл з коштами.

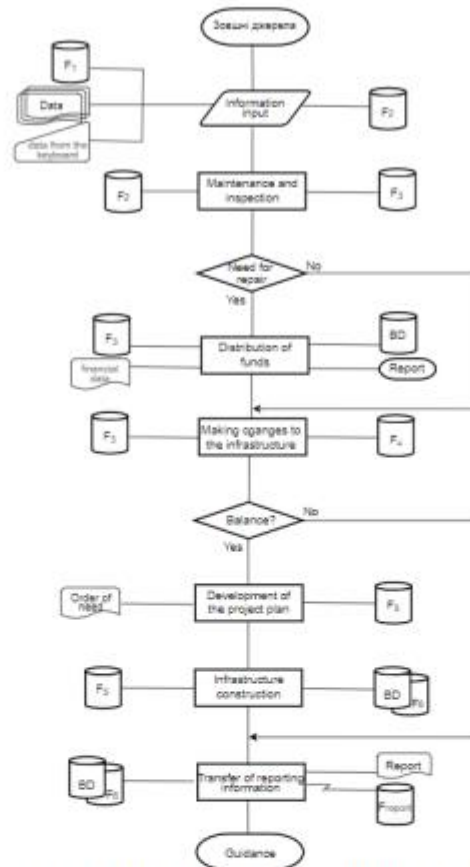


Рис.5. Схема алгоритму процесу управління інфраструктурними об'єктами

Щодо архітектури програмного забезпечення, це веб-орієнтована структура, яка зображена на рисунку 6.

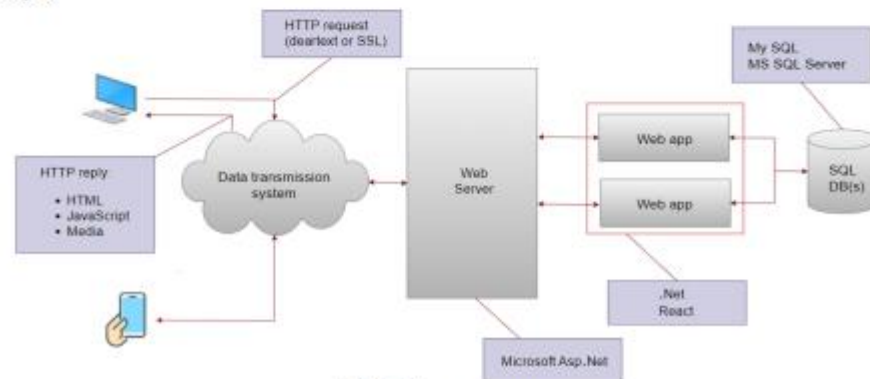


Рис.6. Архітектура системи

Пропонована веб-орієнтована архітектура - підхід до розробки програмних додатків, де клієнтська та серверна частини програми взаємодіють через мережу, через протокол HTTP (Hypertext Transfer Protocol), що використовується в Інтернеті. Цей підхід передбачає, що клієнтська частина програми є веб-браузером, який може звертатися до веб-сервера для отримання даних та відображення їх користувачеві.

Результати розробки веб-застосунку

При створенні веб-застосунку для об'єднаної територіальної громади було обрано бібліотеку React через її компонентний підхід, віртуальний DOM, високу продуктивність, широкую підтримку спільноти та зручні інструменти для тестування, що спрощують розробку та забезпечують надійність системи, особливо важливу для застосунків із високими вимогами до якості та безпеки.

Інтерфейс (рисунок 7-9), розроблений у системі ОТГ для подачі заяв, є інтерактивним інструментом, призначеним для керування та відстеження обробки даних. Цей етап включає (рисунок 7) сформовані листи, а також форму для подання нових скарг та звернень. Такий підхід сприяє оптимізації, забезпечуючи мешканцям інтуїтивно зрозумілу структуру звернення, сприяє швидкому оформленню, розгляду та відповіді.



Рис.7. Відображення згенерованих листів

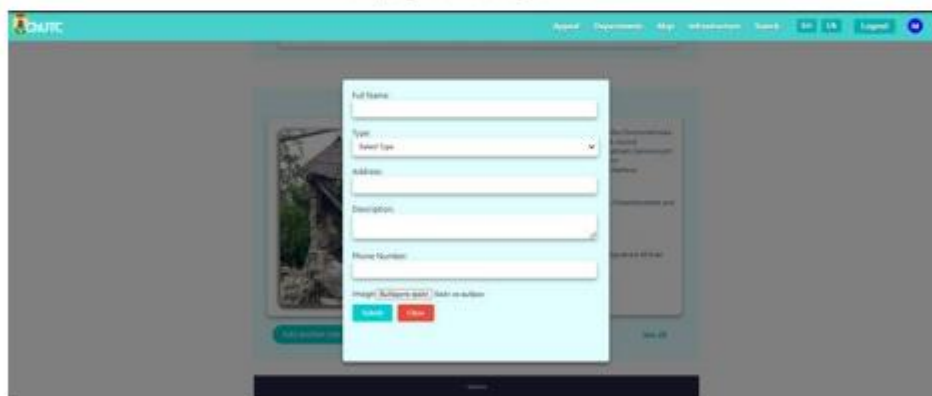


Рис.8. Інтерфейс користувача для подачі заяви

На зображенні 9 представлено голосування за інфраструктурні проекти, спеціально адаптований для зручності користувача інтерфейс, із зображенням проекту, описом та кількістю даних голосів. Своєю підтримкою користувач дає згоду на те, що проект є значущою частиною ОТГ і вносить свій вклад в розвиток своєї громади.



Рис.9. Інтерфейс користувача для голосування за інфраструктурні проекти

У таблиці 1 представлено кількісне порівняння між початковою та фінальною версіями інтелектуальної системи, розробленої для ОТГ. Версія 0, яка покладалася на паперову документацію, мала надлишкову кількість паперової документації у вигляді паперових звернень, заяв та іншого, також забезпечувала лише 10% економії часу, отримавши оцінку задоволеності користувачів (UX) на рівні 4 з 10, залучивши 80% користувачів. Натомість, версія 1, що дозволяє взаємодію з кожним аспектом онлайн, показала значне покращення, з 80% економії часу та високою оцінкою UX на рівні 9 з 10, залучивши лише 20% користувачів. Кількість користувачів, які активно використовують платформу, зросла з 100 до 2000, вказуючи на високу адаптацію та прийняття системи серед цільової аудиторії. Ці дані свідчать про значні поліпшення в ефективності та користувацькому досвіді з впровадженням фінальної версії інтелектуальної системи.

Таблиця 1

Порівняння ефективності створеної інтелектуальної системи						
Версія	Можливості	Результат	Результат			
			Економія часу	Паперова документація	Користувачі	Оцінка UX
Версія (початкова)	0	Візит у селишту/міську раду	10%	80%	100	4/10
Версія (фінальна)	1	Подача запитів онлайн	80%	20%	2000	9/10

У рамках порівняльного аналізу (таблиця 2), розроблена інтелектуальної системи демонструє значні переваги у зручності користування завдяки свіжому та інтуїтивному інтерфейсу, який адаптований до користувачів різного віку, в той час як альтернативні системи, такі як електронні медичні записи та медичні портали для пацієнтів, пропонують різноманітність в інтерфейсах та рівні доступу до інформації.

Таблиця 2

Порівняльна оцінка аналогу[23]		
Характеристика	Інтелектуальна система	Інтелектуальна системи в електронних записках
Інтерфейс та Зручність користування	Сучасний та зручний інтерфейс, що сприяє миттєвій відповіді та швидким зверненням.	Забезпечують зручний доступ, але можуть бути менш інтуїтивними.
Функціонал для мешканців	Можливість звернення онлайн та швидка відповідь.	Зазвичай мешканці мають обмежений доступ до всієї інформації ОТГ, проте має повний доступ до власної сторінки, всіх новин та відділів.
Масштабованість та гнучкість	Гнучкий та масштабований, легко адаптується до потреб користувачів та оновлень.	Зазвичай менш гнучкі, особливо щодо адаптації до конкретних потреб територіальних громад.

Результати підкріплюють значення розробленої інтелектуальної системи як важливого інструменту для покращення взаємодії між працівниками та мешканцями, підтримки інфраструктурних процесів та оптимізації роботи відділів.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ У ДАНОМУ НАПРЯМІ

Дослідження інтелектуальної системи управління для територіальних громад України демонструє значний потенціал у підвищенні адміністративної ефективності та залученні громадян до управління та

відбудови після війни. Реалізація системи призвела до вражаючих результатів, що відображаються в кількісних показниках ефективності. Зокрема, автоматизація процесів управління дозволила скоротити час на обробку звернень громадян на 70%, що значно оптимізувало роботу адміністративних органів та покращило якість надання послуг.

Впровадження алгоритмів машинного навчання та аналітичних інструментів сприяло підвищенню точності прогнозування потреб громади, що дозволило досягти 80% ефективності у плануванні та реалізації інфраструктурних проєктів. Така оптимізація ресурсів сприяє ефективнішому використанню бюджетних коштів та спрямуванню їх на найбільш нагальні потреби громади.

Залучення громадян до процесів управління через інтерактивні платформи та мобільні додатки підвищило рівень громадської активності, де участь у голосуваннях та опитуваннях зросла на 50%. Це не тільки сприяло підвищенню прозорості та відповідальності місцевої влади, але й зміцнило довіру громадян до адміністративних інституцій.

На основі аналізу отриманих даних та порівняльного аналізу з іншими системами можна зробити висновок, що впровадження інтелектуальної системи управління ОТГ в Україні є ефективним інструментом для підвищення адміністративної ефективності, залучення громади до управлінських процесів та підтримки сталого розвитку територіальних громад у поствоєнний період. Враховуючи позитивні результати дослідження, рекомендується подальше розширення функціоналу системи, інтеграція нових технологічних рішень та адаптація до змінних умов для забезпечення ефективного відновлення та розвитку України.

Майбутні наукові дослідження в області інтелектуальних систем управління територіальними громадами (ОТГ) в Україні можуть зосередитися на розширенні функціональності та інтеграції передових технологій, таких як штучний інтелект (ШІ), блокчейн та Інтернет речей (IoT), для підвищення ефективності, безпеки та прозорості управління. Особлива увага може бути приділена створенню адаптивних моделей машинного навчання, здатних прогнозувати соціально-економічні тенденції та аналізувати великі обсяги даних для прийняття обґрунтованих рішень у реальному часі. Також важливим напрямком є розробка захищених комунікаційних платформ для забезпечення надійного обміну інформацією між мешканцями та органами влади, що сприятиме залученню громади до управління та розвитку територій. Ці дослідження не тільки сприятимуть технологічному прогресу в управлінні територіальними громадами, але й забезпечать стійкий розвиток та відновлення України в поствоєнний період.

Література

1. Khort, D., Kutryev, A., Smirnov, I., & Voronkov, I. (2021). Development of an Automated Management System for Agricultural Technologies in Horticulture. <https://dx.doi.org/10.22314/2073-7599-2021-15-2-61-68>.
2. Jiang, H. (2022). Design and Implementation of Smart Community Big Data Dynamic Analysis Model Based on Logistic Regression Model. <https://dx.doi.org/10.1155/2022/4038084>.
3. Kišcan, G., Kolaric, S., Šagovac, M., & Baus, Z. (2016). Using Intelligent Control Systems for Dynamic Management of Smart Grid Network. <https://dx.doi.org/10.1109/SST.2016.7765630>.
4. Mukhopadhyay, S., Singh, V., & Babbar-Sebens, M. (2014). User modeling with limited data: Application to stakeholder-driven watershed design. <https://dx.doi.org/10.1109/SMC.2014.6974532>.
5. Jain, A., Patel, N., Hammonds, P., & Pandey, S. (2018). A Smart Software System for Flow Assurance Management. <https://dx.doi.org/10.2118/191951-MS>.
6. Dr. Anusiuba Overcomer Ifeanyi Alex. (2023). An Automated and Robust Tertiary Institution Web-Based Student Complaint Management System. <https://dx.doi.org/10.47001/ijrjet/2023.712016>.
7. Wang, Y. (2015). Design on Network Management System of Community Movements Based on ASP and VB.NET Technology. <https://dx.doi.org/10.2991/ICCSSET-14.2015.42>.
8. Carpenter, C. (2019). Software System Enables Effective Flow-Assurance Management. <https://dx.doi.org/10.2118/1119-0084-ipt>.
9. Ko, H., & Marreiros, G. (2019). Smart media and application. <https://dx.doi.org/10.1002/cpe.5491>.
10. Radhanand, A., Kumar, K. N., & Namburu, S. (2020). An Affordable, Scalable, Open Architecture, IoT Eco-system for the Academic Community. – <https://dx.doi.org/10.2174/2210327910999201029192934>.
11. Khozaimi, A., Negara, Y. D. P., & Syakur, A. (n.d.). Web-Based Urban Village Information System Development. E3S Web of Conferences. <https://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/202132804031>.
12. Bestin, B., & Sulaeman, D. (2020). Development of the Shoe Industry Village in the Urban Region. Atlantis Press. <https://dx.doi.org/10.2991/assehr.k.200321.005>.
13. Xiao-ming, Z. (n.d.). Transformation of "Villages Inside Cities" in the Course of Urbanization.
14. Feng-chun, L. (n.d.). Reflections and Explorations on the Current Construction of the Urban and Rural Communities in China.
15. Maryunani. (2023). Increasing Community Participation in Village Development through BUMDesa Management in East Java. Journal of Community Development in Asia. <https://dx.doi.org/10.32535/jcda.v6i2.2278>.

16. Sudiati, L. E., Susandi, G. P., Haryani, N., & Puryono, D. A. (2023). Building Design Mlatiharjo Urban Village PKK Administration Governance System East Semarang Sub-District. Eurasian Journal of Multidisciplinary Research. <https://dx.doi.org/10.55927/eajmr.v2i12.6770>.
17. Su, M., Sun, Y.-h., Min, Q., & Jiao, W. (2018). A Community Livelihood Approach to Agricultural Heritage System Conservation and Tourism Development: Xuanhua Grape Garden Urban Agricultural Heritage Site, Hebei Province of China. Sustainability. <https://dx.doi.org/10.3390/SU10020361>.
18. Putra, I. W. E. D., & Pratama, R. A. (2014). Reshaping the Culture: Improving and Integrating Social Capital to Affirm Land Use Control A Case of Bali in Democratic Decentralization Era. Indonesian Journal of Planning and Development. <https://dx.doi.org/10.14710/IJPD.1.1.51-56>.
19. Zhang, Y., & Jiang, X.-f. (2019). Intelligent community system based on Internet of things design research analysis. Proceedings of the 2019 International Conference on Social Science, Public Health and Education (SSPHE 2019). <https://dx.doi.org/10.25236/FSST.20190316>.
20. Local self-government in Ukraine. Official website of the Ukrainian Parliament - [Electronic resource] - <http://old.pbm.gov.ua/node/1184> (Article 5) (in Ukraine)
21. Examples of Data Mining - [Electronic resource] - <https://uk.myserver> (in Ukraine)
22. Electronic repository of Uzhhorod National University - [Electronic resource] - dspace.uzhnu.edu.ua (in Ukraine)
23. Official website of Chornostrivska Consolidated Territorial Community - [Electronic resource] - <https://chornostrivska-otg.gov.ua/> (in Ukraine)

References

1. Khort, D., Kutyrev, A., Smirnov, I., & Voronkov, I. (2021). Development of an Automated Management System for Agricultural Technologies in Horticulture. <https://dx.doi.org/10.22314/2073-7599-2021-15-2-61-68>.
2. Jiang, H. (2022). Design and Implementation of Smart Community Big Data Dynamic Analysis Model Based on Logistic Regression Model. <https://dx.doi.org/10.1155/2022/4038084>.
3. Kićan, G., Kolaric, S., Šagovac, M., & Baus, Z. (2016). Using Intelligent Control Systems for Dynamic Management of Smart Grid Network. <https://dx.doi.org/10.1109/SST.2016.7765630>.
4. Mukhopadhyay, S., Singh, V., & Babbar-Sebens, M. (2014). User modeling with limited data: Application to stakeholder-driven watershed design. <https://dx.doi.org/10.1109/SMC.2014.6974532>.
5. Jain, A., Patel, N., Hammonds, P., & Pandey, S. (2018). A Smart Software System for Flow Assurance Management. <https://dx.doi.org/10.2118/191951-MS>.
6. Dr. Anusiuba Overcomer Heanyi Alex. (2023). An Automated and Robust Tertiary Institution Web-Based Student Complaint Management System. <https://dx.doi.org/10.47001/ijrjet/2023.712016>.
7. Wang, Y. (2015). Design on Network Management System of Community Movements Based on ASP and VB.NET Technology. <https://dx.doi.org/10.2991/ICCSSET-14.2015.42>.
8. Carpenter, C. (2019). Software System Enables Effective Flow-Assurance Management. <https://dx.doi.org/10.2118/1119-0084-jpt>.
9. Ko, H., & Marreiros, G. (2019). Smart media and application. <https://dx.doi.org/10.1002/cpe.5491>.
10. Radhanand, A., Kumar, K. N., & Namburu, S. (2020). An Affordable, Scalable, Open Architecture, IoT Eco-system for the Academic Community. - <https://dx.doi.org/10.2174/2210327910999201029192934>.
11. Khozaimi, A., Negara, Y. D. P., & Syakur, A. (n.d.). Web-Based Urban Village Information System Development. E3S Web of Conferences. <https://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/202132804031>.
12. Bestin, B., & Sulaeman, D. (2020). Development of the Shoe Industry Village in the Urban Region. Atlantis Press. <https://dx.doi.org/10.2991/assehr.k.200321.005>.
13. Xiao-ming, Z. (n.d.). Transformation of "Villages Inside Cities" in the Course of Urbanization.
14. Feng-chun, L. (n.d.). Reflections and Explorations on the Current Construction of the Urban and Rural Communities in China.
15. Maryunani. (2023). Increasing Community Participation in Village Development through BUMDesa Management in East Java. Journal of Community Development in Asia. <https://dx.doi.org/10.32535/jcda.v6i2.2278>.
16. Sudiati, L. E., Susandi, G. P., Haryani, N., & Puryono, D. A. (2023). Building Design Mlatiharjo Urban Village PKK Administration Governance System East Semarang Sub-District. Eurasian Journal of Multidisciplinary Research. <https://dx.doi.org/10.55927/eajmr.v2i12.6770>.
17. Su, M., Sun, Y.-h., Min, Q., & Jiao, W. (2018). A Community Livelihood Approach to Agricultural Heritage System Conservation and Tourism Development: Xuanhua Grape Garden Urban Agricultural Heritage Site, Hebei Province of China. Sustainability. <https://dx.doi.org/10.3390/SU10020361>.
18. Putra, I. W. E. D., & Pratama, R. A. (2014). Reshaping the Culture: Improving and Integrating Social Capital to Affirm Land Use Control A Case of Bali in Democratic Decentralization Era. Indonesian Journal of Planning and Development. <https://dx.doi.org/10.14710/IJPD.1.1.51-56>.
19. Zhang, Y., & Jiang, X.-f. (2019). Intelligent community system based on Internet of things design research analysis. Proceedings of the 2019 International Conference on Social Science, Public Health and Education (SSPHE 2019). <https://dx.doi.org/10.25236/FSST.20190316>.
20. Local self-government in Ukraine. Official website of the Ukrainian Parliament - [Electronic resource] - <http://old.pbm.gov.ua/node/1184> (Article 5) (in Ukraine)
21. Examples of Data Mining - [Electronic resource] - <https://uk.myserver> (in Ukraine)
22. Electronic repository of Uzhhorod National University - [Electronic resource] - dspace.uzhnu.edu.ua (in Ukraine)
23. Official website of Chornostrivska Consolidated Territorial Community - [Electronic resource] - <https://chornostrivska-otg.gov.ua/> (in Ukraine)

Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра інформаційно-обчислювальних систем і управління



ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ

Студентської науково-практичної конференції
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРИКЛАДНИХ
ДОСЛІДЖЕННЯХ
(ПТАР-2025)

27-29 травня 2025 року

Тернопіль

2025

Збірник тез доповідей студентської науково-практичної конференції «Інтелектуальні інформаційні технології в прикладних дослідженнях» (ІТАР-2025). (Тернопіль, 27-29 травня 2025 року). Тернопіль: ЗУНУ, 2025. 372 с.

До збірника увійшли тези доповідей учасників студентської науково-практичної конференції «Інтелектуальні інформаційні технології в прикладних дослідженнях» (ІТАР – 2025), що відбувалась у рамках AI Week на базі кафедри інформаційно-обчислювальних систем і управління Західноукраїнського національного університету. Мета конференції — об'єднати науковців, освітян, представників ІТ-бізнесу та здобувачів освіти для обміну досвідом, презентації сучасних досліджень і впровадження інноваційних рішень у сфері комп'ютерних наук, штучного інтелекту та суміжних галузей.

За зміст наукових праць та достовірність наведених фактологічних і статистичних матеріалів відповідальність несуть автори публікацій та їхні наукові керівники. У збірнику зберігається стилістика та орфографія авторів матеріалів.

Склад організаційного комітету конференції

Керівництво оргкомітету

Мирослав Комар, д.т.н., професор, професор кафедри інформаційно-обчислювальних систем і управління

Христина Ліп'яніна-Гончаренко, д.т.н., доцент, доцент кафедри інформаційно-обчислювальних систем і управління

Надія Васильків, к.т.н., в.о. завідувача кафедри інформаційно-обчислювальних систем і управління

Члени програмного комітету

Василь Коваль, к.т.н., доцент, доцент кафедри інформаційно-обчислювальних систем і управління, заступник декана факультету комп'ютерних інформаційних технологій

Олександр Осолінський, к.т.н., доцент, доцент кафедри інформаційно-обчислювальних систем і управління

Павло Биковий, к.т.н., доцент, доцент кафедри інформаційно-обчислювальних систем і управління

Діана Загородня, к.т.н., доцент, доцент кафедри інформаційно-обчислювальних систем і управління

Ігор Майків, к.т.н., доцент кафедри інформаційно-обчислювальних систем і управління

Члени оргкомітету

Андрій Івасечко, викладач кафедри інформаційно-обчислювальних систем і управління

Дмитро Дюг, викладач кафедри інформаційно-обчислювальних систем і управління

Христина Юрків, студентка ФКІТ ЗУНУ, технік лабораторії з проблем інформаційних технологій

Мар'яна Соє, студентка ФКІТ ЗУНУ, лаборант кафедри інформаційно-обчислювальних систем і управління

Микола Телька, студент ФКІТ ЗУНУ, лаборант кафедри інформаційно-обчислювальних систем і управління, студентський декан факультету комп'ютерних інформаційних технологій

© Кафедра інформаційно-обчислювальних систем і управління ЗУНУ

Щеглова Марія

студентка групи КНУПМ-11

marysuna06.01@gmail.com

Лип'яніна-Гончаренко Христина

д.т.н., доцент

kh.lipianina@wunu.edu.ua

Західноукраїнський національний університет

Тернопіль, Україна

АДАПТИВНА МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЄЮ В СИСТЕМАХ ПРОСТОРОВОГО ПЛАНУВАННЯ ГРОМАДИ

У добу промислової революції, що супроводжується глобальною цифровою трансформацією, а саме всесвітнім впровадженням цифрових технологій для вдосконалення операцій і процесів, інформація є основним інструментом і головною зброєю багатьох організацій (бізнесу, органів державної влади, академічних установ тощо). Разом з тим, численні дослідження підтверджують що за відсутності належного інформаційного менеджменту організації втрачають контроль над внутрішніми та зовнішніми процесами, що призводить до неефективного управління, втрати часу і ресурсів. Саме тому оперативний доступ до якісних даних і їхнє використання для прийняття обґрунтованих управлінських рішень є необхідною умовою функціонування та розвитку сучасних адміністративно-територіальних одиниць [1].

Окремої уваги в цьому контексті заслуговують проекти просторового планування, які вимагають міждисциплінарного підходу та ефективного використання інформаційних технологій. Просторові дані є основою для прийняття рішень у сферах землекористування, будівництва, інфраструктурного розвитку, екологічного моніторингу тощо [2]. Подолання інформаційних бар'єрів, забезпечення доступу до актуальних геопросторових даних, їхнє аналізування та візуалізація – усе це є ключовими елементами для впровадження сучасної системи управління на місцевому рівні. Просторові веб-сервіси, зокрема, відкривають нові можливості для участі громадян у плануванні, що підвищує прозорість, підзвітність і ефективність процесів управління земельними ресурсами.

У сфері просторового планування територій на рівні громад активно впроваджуються інформаційні системи, які поєднують геоінформаційні технології (ГІС), автоматизовані бази даних та інструменти аналітики. Наприклад, система GeoPlanner for ArcGIS дозволяє створювати сценарії розвитку територій, оцінювати їх вплив і приймати обґрунтовані рішення на основі просторового аналізу. Ця система є потужним інструментом для стратегічного планування, може бути складною у використанні та вимагає значних інвестицій у програмне забезпечення [3]. Аналогічно, у країнах ЄС використовується платформа UrbanToolkit, яка забезпечує аналіз земельного

покриття, транспортної інфраструктури та екологічних показників для підтримки прийняття рішень у містобудуванні. UrbanToolkit орієнтований на аналіз великих обсягів даних, але менш пристосований для детального планування на рівні окремих громад [4]. У межах ініціативи «розумних міст» в Польщі було впроваджено систему SIPRO (System Informacji Przestrzennej), яка адаптована до потреб місцевих органів влади та дозволяє вести кадастровий облік і планування на рівні муніципалітетів. SIPRO демонструє успішний приклад впровадження ГІС у місцеве самоврядування, але її функціональність може бути обмежена у контексті комплексного управління проектами [5].

У контексті українських реалій варто відзначити розробку GeoPortal на базі QGIS для територіальних громад, яка забезпечує візуалізацію відкритих кадастрових даних, зонінгу та генеральних планів. GeoPortal є економічно ефективним рішенням для візуалізації даних, але потребує додаткових інструментів для аналізу та управління проектами [6]. Також заслуговує на увагу ініціатива GISTAR – система для аналізу ризиків у сфері просторового планування, яка інтегрує моделі прогнозування для виявлення загроз, пов'язаних із екологією та демографією. Фокусується на прогнозуванні ризиків, але не надає комплексних інструментів [7].

Незважаючи на наявність ефективних рішень, більшість із них потребує адаптації до умов сільських територій, зокрема до обмежених ресурсів громад, нестачі IT-фахівців та специфіки землекористування. Тому актуальною є розробка концептуальної моделі, орієнтованої саме на потреби сільських громад з урахуванням можливостей штучного інтелекту в управлінні проектами.

Розроблена модель інтегрує інструменти штучного інтелекту в систему просторового планування для ефективного управління муніципальними проектами. Центральним компонентом є адаптивний модуль прийняття рішень, який аналізує геопросторові та проектні дані, прогнозує потенційні ризики (затримки, перевищення бюджету, конфлікти зонування) та пропонує оптимальні сценарії розвитку.

Для прогнозування ризиків у системі використовуються алгоритми машинного навчання: рекурентні нейронні мережі типу Long Short-Term Memory (LSTM) застосовуються для аналізу часових рядів, що дозволяє прогнозувати зміни у таких показниках, як темпи будівництва, динаміка населення та екологічні зміни, і таким чином виявляти потенційні ризики, пов'язані з їхньою динамікою. Одночасно, для багатофакторного аналізу ризиків, враховуючи економічні, соціальні та екологічні чинники, використовується алгоритм градієнтного бустингу Extreme Gradient Boosting (XGBoost), який шляхом комбінування прогнозів багатьох слабких моделей забезпечує високу точність прогнозування ймовірності виникнення ризиків [8].

Технологічна архітектура (рисунок 1) включає збір даних та три ключові ШІ-модулі: модуль прогнозування ризиків, модуль оптимізації ресурсів та модуль сценарного планування.

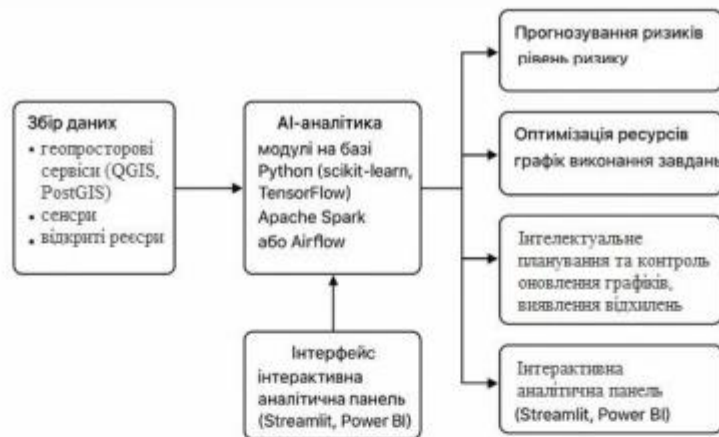


Рисунок 1 – Технологічна архітектура

Щоб легко обмінюватись інформацією, компоненти програми мають бути об'єднані в інформаційну систему управління проектами просторового планування.

Система управління інформацією просторового планування (SPIMS) — це комплексна система, яка забезпечує ефективне планування, збір, зберігання, обробку, поширення та контроль цифрової проектної інформації в рамках просторового розвитку. Вона базується на взаємодії ключових компонентів: введення даних, зберігання, обробки, виводу, зворотного зв'язку та моніторингу [9]. SPIMS управляє будь-якою інформацією, створеною інформаційними системами проекту та використовуваною поза межами цих систем. Основна мета – керувати процесами створення та використання цифрової інформації в проекті просторового планування.

Функції SPIMS включають:

- планування отримання інформаційних ресурсів;
- планування обміну інформаційними ресурсами;
- електронний облік вхідних інформаційних ресурсів;
- швидкий пошук необхідних інформаційних ресурсів;
- контроль роботи з інформаційними ресурсами;
- контроль потоку інформаційних ресурсів [10].

Оскільки сільські громади мають специфічні потреби та обмежені ресурси, адаптація SPIMS повинна враховувати ці особливості (рисунок 2)

Система SPIMS (Spatial Planning Information Management System) забезпечує повний цикл управління інформацією, починаючи зі введення даних з різноманітних джерел, таких як кадастр, карти, сенсори та результати соціологічних опитувань, причому для сільських громад особливу увагу приділено збору даних про стан сільськогосподарських земель, інфраструктуру та демографічні зміни. Далі здійснюється зберігання даних у централізованому вигляді, з можливістю вибору між хмарними сервісами та локальними базами

даних/геопорталами, а хмарні сервіси розглядаються як кращий варіант для сільських громад з огляду на їхню економічність та масштабованість.

Важливим етапом є обробка даних з використанням інструментів штучного інтелекту, включаючи моделі прогнозування ризиків (LSTM, XGBoost), моделі розвитку території та інструменти аналізу сценаріїв. Після обробки відбувається вивід інформації у формі звітів, дашбордів, інтерактивних інтерфейсів та карт, що забезпечує можливість прийняття обґрунтованих рішень на основі наочної інформації. Завершує цикл контроль та зворотний зв'язок, що передбачає моніторинг виконання планів та збір інформації для адаптації моделі до нових умов.



Рисунок 2 – Адапована схема SPIMS для потреб сільської громади

Система SPIMS (Spatial Planning Information Management System), адаптована на основі рекомендацій UNECE (2021) з урахуванням умов функціонування українських територіальних громад, охоплює повний цикл управління інформацією: від збору просторових, статистичних та інфраструктурних даних до їх зберігання в централізованій базі, аналітичної обробки з використанням інструментів штучного інтелекту, візуалізації у вигляді карт, графіків і звітів, що сприяє прийняттю обґрунтованих рішень щодо розвитку території [9]. Завдяки вбудованим механізмам зворотного зв'язку система дозволяє адаптувати планування до нових умов, забезпечуючи динамічність і сталість управлінських процесів у сільській громаді.

У межах дослідження було розроблено концепцію адаптивної моделі управління інформацією для просторового планування громади, реалізовану через систему SPIMS, адаптовану до умов сільської місцевості. Створена модель забезпечує повний інформаційний цикл – від збору даних до їх обробки штучним інтелектом, візуалізації результатів та оновлення рішень на основі зворотного зв'язку.

Наприклад, прогнозування ризиків за допомогою ШІ дозволяє виявляти ймовірні проблеми на ранньому етапі, що дає змогу вжити заходів для їхнього запобігання; так, модель може спрогнозувати, що певна ділянка землі непридатна для будівництва через високий ризик затоплення, що дозволить уникнути значних збитків у майбутньому. Крім того, планування ресурсів за допомогою ШІ допомагає оптимізувати розподіл часу, бюджету та техніки, що підвищує ефективність використання ресурсів; наприклад, система може рекомендувати оптимальний графік виконання робіт, враховуючи наявність ресурсів та погодні умови. Візуалізація за допомогою інтерактивних карт та дашбордів забезпечує краще розуміння даних для прийняття рішень; наприклад, інтерактивна карта може показувати зони розвитку та зони ризику, що дозволяє приймати обґрунтовані рішення щодо землекористування. І нарешті, зворотний зв'язок забезпечує адаптацію до змін в даних або зовнішньому середовищі, що робить управління більш гнучким та ефективним; наприклад, якщо змінюються економічні умови, система може оновити прогнози та рекомендації щодо планування.

Таблиця 1 – Очікувані ефекти від впровадження ШІ в адаптивну систему SPIMS

Компонент	Очікуваний ефект	Приклад
Прогнозування ризиків	Виявлення ймовірних проблем (затримок, перевитрат) на ранньому етапі	Модель прогнозує зміни під впливом ризиків
Планування ресурсів	Оптимальний розподіл час, бюджету, техніки	Система рекомендує зміну виконання
Візуалізація	Краще розуміння даних для прийняття рішень	Інтерактивна карта показує зони розвитку й ризиків
Зворотний зв'язок	Адаптація до змін в даних чи зовнішньому середовищі	Система оновлює графік

Інтеграція ШІ в адаптивну модель управління інформацією в системах просторового планування громади створює нову якість управління – більш гнучку, прогнозовану та прозору. Це особливо важливо для сільських громад, які мають обмежені ресурси, але потребують надійних інструментів для сталого розвитку. ШІ підсилює можливості через аналіз даних, автоматизацію та адаптивне планування, що робить розвиток територій більш сталим та обґрунтованим.

Запропонована модель може бути адаптована до різних типів громад і масштабів проєктів, що дозволяє розглядати її як універсальний інструмент цифрового просторового управління. Впровадження такої моделі сприятиме підвищенню ефективності прийняття управлінських рішень та оптимізації використання бюджетних коштів. У свою чергу, це позитивно вплине на якість життя мешканців та забезпечить збалансований розвиток громади в цілому.

Список використаних джерел

1. Webster Ferris. A national global change information management strategy // *Data For Discovery*. January 2023. DOI: 10.1615/1-56700-002-9.20.
2. Mhlanga D. Exploring the evolution of artificial intelligence and the Fourth industrial revolution: an overview // *FinTech and Artificial Intelligence for Sustainable Development*. Sustainable Development Goals Series. Cham: Palgrave Macmillan, 2023. P. 15–39. DOI: [10.1007/978-3-031-37776-1_2](https://doi.org/10.1007/978-3-031-37776-1_2).
3. Esri. *GeoPlanner for ArcGIS: Scenario-Based Planning Tool* [Електронний ресурс]. 2021. Режим доступу: <https://doc.arcgis.com/en/geoplanner/latest/documentation/create-open-edit-or-delete-a-scenario.htm>.
4. Zwirowicz-Rutkowska A., Zajac M. UrbanToolkit: Decision Support in Spatial Planning // *Sustainability*. 2020. Vol. 12, №15. Article 6125. DOI: [10.3390/su12156125](https://doi.org/10.3390/su12156125).
5. Wężyk P., et al. SIPRO: Local Spatial Information System Supporting Land Use Planning // *Geodesy and Cartography*. 2019. Vol. 68, №1. P. 45–56. DOI: [10.24425/gac.2019.126092](https://doi.org/10.24425/gac.2019.126092).
6. Полторац О.І., Гришук Ю.Б. Створення геопорталу на базі QGIS для територіальної громади // *Науковий вісник НУВГП. Технічні науки*. 2021. №2(94). С. 120–125.
7. South GNSS. *South GNSS Software – Product Overview* [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://en.southgnss.com/Software/75.html>.
8. Олах К. Розуміння мереж LSTM / К. Олах. – 2015. – Режим доступу: <https://colah.github.io/posts/2015-08-Understanding-LSTMs/>.
9. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). *Guidelines on Urban and Spatial Planning Information Management Systems*. Geneva: UNECE, 2021.
10. Yehorchenkova N., et al. Development of a conceptual model for an information management system in spatial planning projects: Case study of making-city project // *Heliyon*. 2024. Vol. 10, №12. Article e33389. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e33389.

Додаток Б

Програмний код розробленого модуля

```

import React, { useEffect, useState, useMemo } from "react";
import Footer from "../Footer/footer";
import "./style.css";
import {
  MapContainer,
  TileLayer,
  CircleMarker,
  Tooltip,
  GeoJSON,
} from "react-leaflet";
import "leaflet/dist/leaflet.css";
function pointInRing(pointLonLat, ring) {
  const x = pointLonLat[0];
  const y = pointLonLat[1];
  let inside = false;
  for (let i = 0, j = ring.length - 1; i < ring.length; j = i++) {
    const xi = ring[i][0],
      yi = ring[i][1];
    const xj = ring[j][0],
      yj = ring[j][1];
    const intersect = yi > y !== yj > y && x < ((xj - xi) * (y - yi)) / (yj - yi) + xi;
    if (intersect) inside = !inside;
  }
  return inside;
}
function pointInPolygon(lonLat, polygonCoords) {
  if (!polygonCoords || !Array.isArray(polygonCoords)) return false;
  if (Array.isArray(polygonCoords[0][0][0])) {
    for (const poly of polygonCoords) {
      if (pointInRing(lonLat, poly[0])) return true;
    }
    return false;
  } else {
    return pointInRing(lonLat, polygonCoords[0]);
  }
}
function haversineDistance([lat1, lon1], [lat2, lon2]) {
  const toRad = (v) => (v * Math.PI) / 180;
  const R = 6371000;
  const dLat = toRad(lat2 - lat1);
  const dLon = toRad(lon2 - lon1);
  const a =
    Math.sin(dLat / 2) ** 2 +
    Math.cos(toRad(lat1)) * Math.cos(toRad(lat2)) * Math.sin(dLon / 2) ** 2;
  return 2 * R * Math.atan2(Math.sqrt(a), Math.sqrt(1 - a));
}
function distPointToSegment(pointLatLon, segA_latlon, segB_latlon) {
  const lat = pointLatLon[0];
  const lon = pointLatLon[1];
  const metersPerDegLat = 111320;
  const metersPerDegLon = (latVal) => 111320 * Math.cos((latVal * Math.PI) / 180);
  const ax = 0;
  const ay = 0;
  const bx =
    (segB_latlon[1] - segA_latlon[1]) * metersPerDegLon((segA_latlon[0] + segB_latlon[0]) / 2);
  const by = (segB_latlon[0] - segA_latlon[0]) * metersPerDegLat;

  const px = (lon - segA_latlon[1]) * metersPerDegLon(segA_latlon[0]);
  const py = (lat - segA_latlon[0]) * metersPerDegLat;

```

```

const dx = bx - ax;
const dy = by - ay;
const dot = px * dx + py * dy;
const len_sq = dx * dx + dy * dy;
let param = -1;
if (len_sq !== 0) param = dot / len_sq;
let xx, yy;
if (param < 0) {
  xx = ax;
  yy = ay;
} else if (param > 1) {
  xx = bx;
  yy = by;
} else {
  xx = ax + param * dx;
  yy = ay + param * dy;
}
const diffx = px - xx;
const diffy = py - yy;
return Math.sqrt(diffx * diffx + diffy * diffy);
}

function minDistancePointToLine(pointLatLon, polylineLonLatArray) {
  if (!polylineLonLatArray || polylineLonLatArray.length === 0) return Infinity;
  let minD = Infinity;
  for (let i = 0; i < polylineLonLatArray.length - 1; i++) {
    const a = [polylineLonLatArray[i][1], polylineLonLatArray[i][0]]; // [lat,lon]
    const b = [polylineLonLatArray[i + 1][1], polylineLonLatArray[i + 1][0]];
    const d = distPointToSegment(pointLatLon, a, b);
    if (d < minD) minD = d;
  }
  for (const p of polylineLonLatArray) {
    const d2 = haversineDistance(pointLatLon, [p[1], p[0]]);
    if (d2 < minD) minD = d2;
  }
  return minD;
}

const getDiscreteColor = (K_total) => {
  if (K_total >= 0.8) return "#228B22";
  if (K_total >= 0.5) return "#FFA500";
  return "#DC143C";
};

const Investment = () => {
  const [boundary, setBoundary] = useState(null);
  const [rivers, setRivers] = useState(null);
  const [plots, setPlots] = useState([]);
  const [results, setResults] = useState([]);
  const [baseResults, setBaseResults] = useState([]);
  const [loadingBoundary, setLoadingBoundary] = useState(true);
  const [loadingRivers, setLoadingRivers] = useState(true);
  const [error, setError] = useState(null);
  const [isScenario, setIsScenario] = useState(false);
  const [showTop10Only, setShowTop10Only] = useState(false);
  const center = [49.48, 26.75]
  const MAX_POINTS = 600;
  const W_infra = 0.6;
  const W_land = 0.4;
  const weights = useMemo(
    () => ({
      infra: { dist: 0.25, electricity: 0.35, water: 0.2, transport: 0.2 },
      land: { cadastral: 0.3, landuse: 0.3, slope: 0.2, constraints: 0.2 },
    }),
  );
}

```

```

    []
  );

useEffect(() => {
  let mounted = true;
  setLoadingBoundary(true);
  fetch("https://polygons.openstreetmap.fr/get_geojson.py?id=12339932&params=0")
    .then((r) => {
      if (!r.ok) throw new Error("Boundary fetch failed: " + r.status);
      return r.json();
    })
    .then((geojson) => {
      if (!mounted) return;
      if (geojson?.features && geojson.features.length && geojson.features[0].geometry) {
        setBoundary(geojson);
      } else if (geojson?.type === "Polygon" || geojson?.type === "MultiPolygon") {
        setBoundary({ type: "FeatureCollection", features: [{ type: "Feature", geometry: geojson }] });
      } else {
        throw new Error("Unexpected boundary format");
      }
    })
    .catch((err) => {
      console.warn("Boundary fetch failed:", err.message);
      setError("Не вдалося завантажити межу громади — використано резервну межу.");
      const fallback = {
        type: "FeatureCollection",
        features: [
          {
            type: "Feature",
            geometry: {
              type: "Polygon",
              coordinates: [
                [
                  [26.60, 49.35],
                  [26.95, 49.35],
                  [26.95, 49.62],
                  [26.60, 49.62],
                  [26.60, 49.35],
                ],
              ],
            },
          },
        ],
      };
      setBoundary(fallback);
    })
    .finally(() => mounted && setLoadingBoundary(false));
  return () => {
    mounted = false;
  };
}, []);

useEffect(() => {
  let mounted = true;
  setLoadingRivers(true);
  const query = `
[out:json][timeout:25];
area(36012339932)->.a;
(
  way["waterway"~"^(river|canal)$"](area.a);
  // Великі водойми: озера, водосховища
  way["natural"="water"][["water"~"^(lake|reservoir|river)$"](area.a);
  // Заболочені землі
  way["natural"="wetland"](area.a);
  relation["natural"="wetland"](area.a);

```

```

);
out geom;
`;
fetch("https://overpass-api.de/api/interpreter",{ method: "POST", body: query })
.then((r) => {
  if (!r.ok) throw new Error("Overpass fetch failed: " + r.status);
  return r.json();
})
.then((data) => {
  if (!mounted) return;
  const features = (data.elements || []).
  .filter((el) => el.geometry && el.geometry.length >= 2)
  .map((el) => ({
    type: "Feature",
    geometry: { type: "LineString", coordinates: el.geometry.map((p) => [p.lon, p.lat]) },
  }));
  if (features.length === 0) throw new Error("No river geometries");
  setRivers({ type: "FeatureCollection", features });
})
.catch((err) => {
  console.warn("Rivers fetch failed (CORS or other):", err.message);
  const fallback = {
    type: "FeatureCollection",
    features: [
      {
        type: "Feature",
        geometry: {
          type: "LineString",
          coordinates: [
            [26.62, 49.46],
            [26.70, 49.50],
            [26.80, 49.48],
          ],
        },
      },
    ],
  };
  setRivers(fallback);
})
.finally(() => mounted && setLoadingRivers(false));
return () => (mounted = false);
}, []);
function extractPolygonCoords(boundaryGeoJSON) {
  if (!boundaryGeoJSON?.features?.length) return null;
  const geom = boundaryGeoJSON.features[0].geometry;
  if (!geom) return null;
  if (geom.type === "Polygon") return geom.coordinates;
  if (geom.type === "MultiPolygon") return geom.coordinates[0];
  return null;
}
useEffect(() => {
  if (!boundary) return;
  const polygonCoords = extractPolygonCoords(boundary);
  if (!polygonCoords) return;

  let minLon = Infinity,
    minLat = Infinity,
    maxLon = -Infinity,
    maxLat = -Infinity;
  for (const ring of polygonCoords) {
    for (const [lon, lat] of ring) {
      if (lon < minLon) minLon = lon;
      if (lon > maxLon) maxLon = lon;
    }
  }
}

```

```

    if (lat < minLat) minLat = lat;
    if (lat > maxLat) maxLat = lat;
  }
}
if (!isFinite(minLon)) return;

const generated = [];
let attempts = 0;
const maxAttempts = 50000;
while (generated.length < MAX_POINTS && attempts < maxAttempts) {
  attempts++;
  const lon = minLon + Math.random() * (maxLon - minLon);
  const lat = minLat + Math.random() * (maxLat - minLat);
  if (pointInPolygon([lon, lat], polygonCoords)) {
    generated.push({
      id: generated.length + 1,
      name: `Ділянка ${generated.length + 1}`,
      coords: [parseFloat(lat.toFixed(6)), parseFloat(lon.toFixed(6))],
      p_electricity: Math.random() < 0.8 ? 1 : 0,
      p_water: Math.random() < 0.6 ? 1 : 0,
      p_transport: parseFloat((Math.random() * 10).toFixed(1)),
      p_landuse: parseFloat((Math.random() * 10).toFixed(1)),
      p_slope: parseFloat((Math.random() * 30).toFixed(1)),
    });
  }
}
setPlots(generated);
}, [boundary]);
const normalizeRoad = (distKm) => {
  const v = 1 - distKm / 3;
  return Math.max(0, Math.min(1, v));
};
const normalizeRiver = (distKm) => {
  const v = 1 - Math.min(distKm, 5) / 5;
  return Math.max(0, Math.min(1, v));
};
const normalizeSlope = (slopeDeg) => {
  const v = 1 - Math.min(slopeDeg, 30) / 30;
  return Math.max(0, Math.min(1, v));
};
const norm01 = (v) => {
  if (v === null || v === undefined || Number.isNaN(v)) return 0;
  if (v > 1) return Math.max(0, Math.min(1, v / 10)); //
  return Math.max(0, Math.min(1, v));
};
const calculate = (applyScenario = false) => {
  if (!plots || plots.length === 0) return;
  setRiverLines = (rivers?.features || []).map((f) => f.geometry.coordinates);
  setIsScenario(applyScenario);
  const newResults = plots.map((p) => {
    const distToRoad = applyScenario ? Math.max(0.1, p.dist_to_road - 0.3) : p.dist_to_road;
    let minDistMeters = Infinity;
    for (const line of riverLines) {
      const d = minDistancePointToLine([p.coords[0], p.coords[1]], line);
      if (d < minDistMeters) minDistMeters = d;
    }
    if (!isFinite(minDistMeters)) minDistMeters = 5000;
    const minDistKm = minDistMeters / 1000;
    const C_road = normalizeRoad(distToRoad);
    const C_river = normalizeRiver(minDistKm);
    const C_dist = 0.7 * C_road + 0.3 * C_river;
    const C_electricity = norm01(p.p_electricity);
    const C_water = norm01(p.p_water);
    const C_transport = norm01(p.p_transport);
  });
}

```

```

const C_landuse = norm01(p.p_landuse);
const C_slope = normalizeSlope(p.p_slope);
const C_cadastral = norm01(inputs.cadastral);
const C_constraints = norm01(inputs.constraints);
const K_infra =
  weights.infra.dist * C_dist +
  weights.infra.electricity * C_electricity +
  weights.infra.water * C_water +
  weights.infra.transport * C_transport;
const K_land =
  weights.land.cadastral * C_cadastral +
  weights.land.landuse * C_landuse +
  weights.land.slope * C_slope +
  weights.land.constraints * C_constraints;
const K_total = W_infra * K_infra + W_land * K_land;
return {
  ...p,
  dist_to_road: Number(distToRoad.toFixed(2)),
  dist_to_river_m: Math.round(minDistMeters),
  dist_to_river_km: (minDistKm).toFixed(3),
  C_dist: Number(C_dist.toFixed(4)),
  C_road: Number(C_road.toFixed(4)),
  C_river: Number(C_river.toFixed(4)),
  C_slope: Number(C_slope.toFixed(4)),
  K_infra: Number(K_infra.toFixed(4)),
  K_land: Number(K_land.toFixed(4)),
  K_total: Number(K_total.toFixed(4)),
};
});
setResults(newResults);
if (!applyScenario) {
  setBaseResults(newResults);
  setShowTop10Only(false);
}
};
useEffect(() => {
  if (plots.length > 0 && rivers) {
    calculate(false);
  }
  // eslint-disable-next-line react-hooks/exhaustive-deps
}, [plots, rivers, inputs.cadastral, inputs.constraints]); // Залежності тепер тільки від глобальних inputs
const loading = loadingBoundary || loadingRivers;
const top10 = useMemo(() => {
  if (results.length === 0) return [];
  const sorted = [...results].sort((a, b) => {
    if (b.K_total !== a.K_total) return b.K_total - a.K_total;
    return b.K_infra - a.K_infra;
  });
  return sorted.slice(0, 10);
}, [results]);
const distributionData = useMemo(() => {
  const total = results.length || 0;
  const green = results.filter(r => r.K_total >= 0.8).length;
  const orange = results.filter(r => r.K_total >= 0.5 && r.K_total < 0.8).length;
  const red = results.filter(r => r.K_total < 0.5).length;
  const pct = (n) => (total ? ((n / total) * 100).toFixed(1) : "0.0");

  return { total, green, orange, red, pct };
}, [results]);
const scenarioComparison = useMemo(() => {
  if (!isScenario || baseResults.length === 0 || results.length === 0) return null;
  const baseGreen = baseResults.filter(r => r.K_total >= 0.8).length;
  const scenarioGreen = results.filter(r => r.K_total >= 0.8).length;
  const baseOrange = baseResults.filter(r => r.K_total >= 0.5 && r.K_total < 0.8).length;

```

```

const scenarioOrange = results.filter(r => r.K_total >= 0.5 && r.K_total < 0.8).length;
const baseRed = baseResults.filter(r => r.K_total < 0.5).length;
const scenarioRed = results.filter(r => r.K_total < 0.5).length;
const greenDiff = scenarioGreen - baseGreen;
const orangeDiff = scenarioOrange - baseOrange;
const redDiff = scenarioRed - baseRed;
const greenChange = baseGreen > 0 ? ((greenDiff / baseGreen) * 100).toFixed(0) : (greenDiff > 0 ? "∞" : "0");
return { baseGreen, scenarioGreen, greenDiff, greenChange, baseOrange, scenarioOrange, orangeDiff, baseRed,
scenarioRed, redDiff };
}, [isScenario, baseResults, results]);
const plotsToRender = useMemo(() => {
  const top10Ids = new Set(top10.map(p => p.id));
  if (showTop10Only) {
    return results.filter(r => top10Ids.has(r.id));
  }
  return results;
}, [results, showTop10Only, top10]);

const isTop10 = (plotId) => {
  const top10Ids = new Set(top10.map(p => p.id));
  return top10Ids.has(plotId);
}
const toggleTop10 = () => {
  setShowTop10Only(s => !s);
}
return (
  <div className="investment-page" style={{ padding: 14 }}>
    <div style={{ maxWidth: 1200, margin: "0 auto" }}>
      <div
        style={{
          background: "LightCyan",
          padding: 18,
          borderRadius: 10,
          boxShadow: "0 6px 18px rgba(0,0,0,0.06)",
        }}
      >
        <h2 style={{ textAlign: "center", color: "#003366", marginTop: 0 }}>
          Інтерактивна оцінка інвестиційної привабливості (SPIMS)
        </h2>

        <p style={{ color: "#003366" }}>

        </p>

        <div style={{ display: "flex", gap: 16, flexWrap: "wrap" }}>
          <div style={{ flex: "1 1 320px", minWidth: 280, background: "#fff", padding: 12, borderRadius: 8 }}>
            <h4 style={{ margin: 0 }}>Вхідні параметри (Глобальні)</h4>
            {[
              // ВИДАЛЕНО: electricity, water, transport, landuse, slope
              { key: "cadastral", label: "Дорога (1/0)", step: 1, max: 1 },
              { key: "constraints", label: "Обмеження (0-1)", step: 0.1, max: 1 },
            ]}.map((it) => (
              <label key={it.key} style={{ display: "flex", justifyContent: "space-between", margin: 0 8 }}>
                <span style={{ align: "center" }}>{it.label}</span>
                <input
                  type="number"
                  step={it.step}
                  min={0}
                  max={it.max}
                  value={inputs[it.key]}
                  onChange={(e) => {
                    const val = e.target.value === "" ? "" : Number(e.target.value);
                    setInputs((s) => ({ ...s, [it.key]: val === "" ? 0 : val }));

```

```

    }}
    style={{ width: 100 }}
  />
</label>
))}
<div style={{ marginTop: 10, fontSize: 13, color: '#0056b3' }}>

</div>

<div style={{ display: "flex", gap: 8, marginTop: 8 }}>
  <button
    className="calc-btn"
    onClick={() => {
      calculate(false);
    }}
  >
  Обчислити
</button>
  <button
    className="calc-btn scenario"
    onClick={() => {
      calculate(true);
    }}
  >
  Сценарій (покращення дороги)
</button>
</div>
{results.length > 0 && (
  <button
    className={`calc-btn ${showTop10Only ? 'top10-active': ''}`}
    onClick={toggleTop10}
    style={{
      marginTop: 8,
      width: '100%',
      backgroundColor: showTop10Only ? '#007bff': '#ccc',
      color: showTop10Only ? 'white': '#333',
      fontWeight: showTop10Only ? 'bold': 'normal',
    }}
  >
  {showTop10Only ? 'Показувати ВСІ ділянки': 'Фокус на Топ-10'}
</button>
)}
<div style={{ marginTop: 10, fontSize: 13 }}>
  <div>Ділянок згенеровано: <b>{plots.length}</b></div>
  <div>Результатів: <b>{results.length}</b></div>
  {isScenario && <div style={{ color: "darkorange" }}>Активний режим сценарного моделювання</div>}
  {loading && <div style={{ color: "#666" }}>Завантаження геоданих...</div>}
  {error && <div style={{ color: "crimson" }}>{error}</div>}
</div>
</div>
<div style={{ flex: "2 1 640px", minWidth: 300, background: "#fff", padding: 12, borderRadius: 8 }}>
  <h4 style={{ marginTop: 0 }}>Перші 10 обчислень (Топ за K_total)</h4>
  {results.length === 0 ? (
    <div>Результатів поки немає (чекаємо завантаження меж/річок або натисни «Обчислити»)</div>
  ) : (
    <div style={{ overflowX: "auto" }}>
      <table style={{ width: "100%", borderCollapse: "collapse", fontSize: 13 }}>
        <thead>
          <tr style={{ background: "#e9f5ff" }}>
            <th style={{ padding: 6 }}>ID</th>
            <th style={{ padding: 6 }}>Назва</th>
            <th style={{ padding: 6 }}>K_total</th>
            <th style={{ padding: 6 }}>K_infra</th>
            <th style={{ padding: 6 }}>K_land</th>
          </tr>
        </thead>
      </table>
    </div>
  )
}

```

```

    <th style={{ padding: 6 }}>C_dist</th>
    <th style={{ padding: 6 }}>C_slope</th>
  </tr>
</thead>
<tbody>
  {top10.map((r, index) =>
    <tr key={r.id} style={{ background: index < 3 ? '#fff7e6': 'white' }}>
      <td style={{ padding: 6, fontWeight: 'bold' }}>{r.id}</td>
      <td style={{ padding: 6 }}>{r.name}</td>
      <td style={{ padding: 6, color: getDiscreteColor(r.K_total), fontWeight: 'bold'
}}>{r.K_total.toFixed(4)}</td>
      <td style={{ padding: 6 }}>{r.K_infra.toFixed(4)}</td>
      <td style={{ padding: 6 }}>{r.K_land.toFixed(4)}</td>
      <td style={{ padding: 6 }}>{r.C_dist.toFixed(4)}</td>
      <td style={{ padding: 6 }}>{r.C_slope.toFixed(4)}</td>
    </tr>
  )}
</tbody>
</table>
</div>
)}
</div>
<div style={{ marginTop: 12, display: "flex", gap: 12, alignItems: "center" }}>
  <div style={{ display: "flex", gap: 8, alignItems: "center" }}>
    <div style={{ width: 16, height: 16, background: getDiscreteColor(1), borderRadius: 3 }} /> <span>Висока ( $K \geq 0.8$ )</span>
  </div>
  <div style={{ display: "flex", gap: 8, alignItems: "center" }}>
    <div style={{ width: 16, height: 16, background: getDiscreteColor(0.6), borderRadius: 3 }} /> <span>Середня ( $0.5 \leq K \leq 0.8$ )</span>
  </div>
  <div style={{ display: "flex", gap: 8, alignItems: "center" }}>
    <div style={{ width: 16, height: 16, background: getDiscreteColor(0.2), borderRadius: 3 }} /> <span>Низька ( $K \leq 0.5$ )</span>
  </div>
</div>
</div>
<div style={{ marginTop: 16 }}>
  <div style={{ background: "#fff", padding: 8, borderRadius: 8 }}>
    <MapContainer center={center} zoom={11} style={{ height: 520, width: "100%", borderRadius: 6 }}>
      <TileLayer url="https://{s}.tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png" attribution='&copy; OpenStreetMap' />
      {boundary?.features?.[0]?.geometry && (
        <GeoJSON data={boundary} style={{ color: "blue", weight: 3, fillOpacity: 0.04 }} />
      )}
    </MapContainer>
    {plotsToRender.map((r) => {
      const isTop = isTop10(r.id);
      return (
        <CircleMarker
          key={r.id}
          center={r.coords}
          radius={isTop ? 8 : 6}
          pathOptions={{
            color: isTop ? "#FFD700" : "#222",
            weight: isTop ? 2 : 1,
            fillColor: getDiscreteColor(r.K_total),
            fillOpacity: isTop ? 1.0 : 0.8,
          }}
        >
          <Tooltip direction="top" offset={[0, -8]}>
            <div style={{ fontSize: 13 }}>
              {isTop && <b>Найкраща ділянка</b>}
              <b>{r.name}</b>
            </div>
          </Tooltip>
        </CircleMarker>
      )
    })}
  </div>
</div>

```

```

        K_total: {r.K_total.toFixed(3)}
        <br />
        K_infra: {r.K_infra.toFixed(3)} K_land: {r.K_land.toFixed(3)}
        <br />
        До річки: {r.dist_to_river_m} м, До дороги: {r.dist_to_road} км
    </div>
    </Tooltip>
    </CircleMarker>
    );
    }}
    </MapContainer>
  </div>
</div>

<div style={{ marginTop: 12, display: "flex", gap: 12, flexWrap: "wrap" }}>
<div>
  <h4>
    Розподіл привабливості
  </h4>

  <div style={{ marginBottom: 15, height: 25, display: "flex", borderRadius: 4, overflow: "hidden", border: "1px solid #ccc" }}>
    <div
      title={`Зелений: ${distributionData.pct(distributionData.green)}%`}
      style={{
        width: `${distributionData.pct(distributionData.green)}%`,
        backgroundColor: "#228B22", // Green
        transition: "width 0.5s ease",
      }}
    />
    <div
      title={`Помаранчевий: ${distributionData.pct(distributionData.orange)}%`}
      style={{
        width: `${distributionData.pct(distributionData.orange)}%`,
        backgroundColor: "#FFA500", // Orange
        transition: "width 0.5s ease",
      }}
    />
    <div
      title={`Червоний: ${distributionData.pct(distributionData.red)}%`}
      style={{
        width: `${distributionData.pct(distributionData.red)}%`,
        backgroundColor: "#DC143C", // Red
        transition: "width 0.5s ease",
      }}
    />
  </div>
  <div style={{ fontSize: 14, lineHeight: 1.8 }}>
    <div style={{ display: "flex", justifyContent: "space-between", padding: "4px 0" }}>
      <span style={{ fontWeight: "bold", color: "#228B22" }}>Висока (K ≥ 0.8)</span>
      <span>
        {distributionData.green} ({distributionData.pct(distributionData.green)}%)
      </span>
    </div>
    <div style={{ display: "flex", justifyContent: "space-between", padding: "4px 0" }}>
      <span style={{ fontWeight: "bold", color: "#FFA500" }}>Середня (0.5 ≤ K &lt; 0.8)</span>
      <span>
        {distributionData.orange} ({distributionData.pct(distributionData.orange)}%)
      </span>
    </div>
    <div style={{ display: "flex", justifyContent: "space-between", padding: "4px 0" }}>
      <span style={{ fontWeight: "bold", color: "#DC143C" }}>Низька (K &lt; 0.5)</span>
      <span>
        {distributionData.red} ({distributionData.pct(distributionData.red)}%)
      </span>
    </div>
  </div>

```

```

    </span>
  </div>

  <div style={{
    marginTop: 10,
    paddingTop: 8,
    borderTop: "1px dashed #ddd",
    fontWeight: "bold",
    textAlign: "center"
  }}>
    Всього ділянок: {distributionData.total}
  </div>
</div>
</div>

{scenarioComparison && isScenario && (
  <div style={{ flex: "1 1 300px", background: "#ffff0", border: "1px solid #ffcc66", padding: 12, borderRadius: 8
}}>
  <h4 style={{ marginTop: 0, color: "darkorange" }}> Сценарне моделювання
(+{scenarioComparison.greenDiff})</h4>
  <div style={{ fontSize: 15 }}>
    <div style={{ marginBottom: 4 }}>ПОКРАЩЕННЯ ДОРОГИ (-0.3 км)</div>
    <div>Ділянок "Високої" привабливості: <br/>
      Було: {scenarioComparison.baseGreen} Стало: {scenarioComparison.scenarioGreen}
      {scenarioComparison.greenDiff > 0 && <span style={{ color: "green", fontWeight: "bold" }}>
(+{scenarioComparison.greenDiff}, {scenarioComparison.greenChange}%)</span>
    </div>
    <div>Ділянок "Середньої" привабливості: <br/>
      Було: {scenarioComparison.baseOrange} Стало: {scenarioComparison.scenarioOrange}
      {scenarioComparison.orangeDiff !== 0 && <span style={{ color: scenarioComparison.orangeDiff > 0 ?
"green" : "red" }}> ({scenarioComparison.orangeDiff > 0 ? "+" : ""}{scenarioComparison.orangeDiff})</span>
    </div>
    <div style={{ marginTop: 8, fontWeight: "bold" }}>
      Інвестиція підвищила привабливість {scenarioComparison.greenDiff} ділянок до рівня.
    </div>
  </div>
</div>
  )
}</div>

<div style={{ marginTop: 14 }}>
  <Footer />
</div>
</div>
</div>
);
};

export default Investment;

```