

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ „ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”

Кваліфікаційна
наукова
праця на правах рукопису

БІЛЯВСЬКИЙ МАКСІМ ОЛЕГОВИЧ

УДК 528.9+528.44+528.32+332.12

**ЦИФРОВЕ УПРАВЛІННЯ ГЕОДАНИМИ ДЛЯ ПРОСТОРОВОГО
РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІЙ НА ПРИКЛАДІ ЗИМНОВОДІВСЬКОЇ
ГРОМАДИ**

Спеціальність: 193 Геодезія та землеустрій

Галузь знань: 19 Архітектура та будівництво

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ Максім БІЛЯВСЬКИЙ

(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник Церклевич Анатолій Леонтійович, доктор технічних наук, професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Львів – 2025

АНОТАЦІЯ

Максім БЛЯВСЬКИЙ. Цифрове управління геоданими для картографування територій на прикладі Зимноводівської громади. - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 193 - Геодезія та землеустрій. - Національний університет «Львівська політехніка», Міністерства освіти і науки України, Львів, 2025.

Дисертаційна робота присвячена дослідженню та вдосконаленню методології геоінформаційного картографування територій громад з використанням сучасних ГІС-технологій. Основною метою дослідження є розробка ефективного підходу до цифрового управління геоданими про землекористування та інтеграції просторових даних у систему управління земельними ресурсами на прикладі Зимноводівської територіальної громади.

У першому розділі дисертаційного дослідження проведено комплексний аналіз базових понять, структури та етапів розвитку геоінформаційних систем (ГІС). Розкрито ключові компоненти ГІС, зокрема апаратне та програмне забезпечення, типи даних, користувачів і методологію просторового аналізу. Окрема увага приділена історичним етапам становлення ГІС – від перших експериментів до сучасного етапу, що характеризується інтеграцією хмарних технологій та відкритих платформ.

Досліджено основні напрями застосування ГІС у сферах містобудування, кадастру, екології, агровиробництва, логістики та державного управління. Проаналізовано виклики, що стоять перед впровадженням ГІС в Україні, зокрема фрагментарність нормативно-правової бази, обмежений доступ до якісних геоданих і недостатній рівень цифрової компетентності. Розділ також висвітлює роль геопорталів як інструментів інтеграції просторових даних та платформи для прийняття управлінських рішень на національному та місцевому рівнях.

Другий розділ присвячено теоретичним засадам формування землеволодінь та землекористувань у територіальних громадах у контексті децентралізації. Розкрито правові, економічні та соціальні аспекти володіння й користування землями, їхню роль у сталому розвитку громад, а також проведено порівняльний аналіз форм прав на землю. Визначено, що ефективне управління цими процесами має вирішальне значення для бюджетної спроможності та інвестиційної привабливості громад.

У розділі проаналізовано можливості використання геоінформаційних систем (ГІС) і дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) для просторового моделювання землекористування. Вдосконалено методику цифрового моделювання земель громади, яка передбачає інтеграцію багатоджерельних просторових даних, аналіз правового статусу земель, економічного потенціалу.

Особливу увагу приділено розробці інтегрованої моделі управління земельними ресурсами громади, побудованої на відкритих геопорталах, алгоритмах машинного навчання та багаторівневому аналізі. Такий підхід дозволяє громадам здійснювати прогнозування змін у землекористуванні, удосконалити картографування територій та підвищити прозорість прийняття рішень щодо просторового розвитку.

У третьому розділі розглянуто створення сучасної геоінформаційної бази для управління земельними ресурсами на прикладі Зимноводівської територіальної громади. Деталізовано етапи збору геодезичних та фотограмметричних даних, використання безпілотних літальних апаратів (Trimble UX5, DJI Phantom 4 Pro, Mavic Pro), формування ортофотопланів, побудови цифрових моделей рельєфу, а також здійснення високоточних стереовимірювань. Обґрунтовано доцільність застосування програмного забезпечення Pix4Dmapper для опрацювання зображень, калібрування та просторової прив'язки знімків із досягненням точності до 5 см.

Окрему увагу приділено побудові кадастрової та топографічної картографічної продукції, виявленню розбіжностей між фактичними

межами землекористування та записами Державного земельного кадастру, а також порівнянню функціоналу програм QGIS і Digitals. Проаналізовано переваги використання баз даних у QGIS, зокрема роботу з тематичними шарами, просторовими SQL-запитами, багатокористувацькими середовищами та механізмами контролю атрибутів і топології.

На завершення представлено підхід до автоматизації геоінформаційного аналізу в QGIS із використанням Python-консолі. Розроблено авторську панель інструментів “Геоінструменти”, яка забезпечує пошук за кадастровим номером, розрахунок площ, візуалізацію накладок та інші функції. Така інтеграція значно підвищує ефективність обробки великих обсягів просторової інформації та є перспективною для запровадження в системах управління земельними ресурсами громад.

Ключові слова:

ГІС, геоінформаційне картографування, територіальні громади, земельні ресурси, БПЛА, аерознімання, цифрове моделювання, моніторинг, кадастр, просторовий аналіз.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА, В ЯКИХ ОПУБЛІКОВАНІ ОСНОВНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у науковому періодичному фаховому виданні України за спеціальністю:

1. Музика Н. М., Білявський М. О. Комплексний план просторового розвитку територіальних громад - завдання та шляхи вирішення // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва : збірник наукових праць Західного геодезичного товариства УТГК. – 2022. – Вип. 2 (44). – С. 130–136.
2. Білявський М. О. Інноваційні підходи до проблем геопросторового картографування територій // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва : збірник наукових праць Західного геодезичного товариства УТГК. – 2023. – Вип. 2 (26). – С. 36–41.
3. Церклевич А. Л., Білявський М. О., Миронець О. В., Гудз В. Ф., Щур Б. І. Інвентаризація земель у територіальних громадах: організаційні та технічні виклики // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва : збірник наукових праць Західного геодезичного товариства УТГК. – 2024. – Вип. 2 (48). – С. 94–102.
4. Бубняк І. М., Більчук О. М., Бевза В. В., Зібровський А., Музичук І. С., Білявський М. О. Застосування та опрацювання результатів лазерного сканування в цивільному будівництві. // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва : збірник наукових праць Західного геодезичного товариства УТГК. – 2024. – Вип. 1 (47). – С. 89–100.
5. Білявський М. О. Розробка методики цифрового моделювання землекористувань та землеволодінь громади. // Український журнал прикладної економіки та техніки. - 2025. - Том 10. № 1. - С. 133 – 139.

Публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації, а саме матеріали та тези міжнародних і вітчизняних науково-технічних та наукових конференцій:

1. Церклевич А. Л., Віват А. Й., Білявський М. О. Трансформація геодезії: від минулого до сьогодення // Нові технології в геодезії, землевпорядкуванні та природокористуванні : матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції, 28-30 жовтня 2021 р., Ужгород. – 2021. – С. 27–32.
2. Церклевич А. Л., Миронець О. В., Гудз В. Ф., Щур Б. І., Білявський М. О. Нові технології і проблемні питання інвентаризації земель та нерухомості ОТГ // Геофорум-2024 : матеріали міжнародної науково-технічної конференції, 10–12 квітня 2024 р., Львів, Брюховичі, Україна. – 2024. – С. 179–183.

ABSTRACT

Maksym BILYAVSKY. Digital geodata management for territory mapping on the example of Zymnovodiv community. - Qualification scientific work in the form of a manuscript. Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 193 - Geodesy and land management. - Lviv Polytechnic National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Lviv, 2025.

The dissertation is devoted to the study and improvement of the methodology of geoinformation mapping of community territories using modern GIS technologies. The main objective of the study is to develop an effective approach to digital management of land use geodata and integration of spatial data into the land management system on the example of Zymnovodiv territorial community.

The first section of the dissertation research provides a comprehensive analysis of the basic concepts, structure, and stages of development of geographic information systems (GIS). The key components of GIS are disclosed, including hardware and software, data types, users, and spatial analysis methodology. Particular attention is paid to the historical stages of the formation of GIS - from the first experiments to the modern stage, characterized by the integration of artificial intelligence, cloud technologies, and open platforms.

The main areas of application of GIS in the fields of urban planning, cadastre, ecology, agricultural production, logistics, and public administration are investigated. The challenges facing the implementation of GIS in Ukraine are analyzed, including the fragmentation of the regulatory framework, limited access to high-quality geodata, and an insufficient level of digital competence. The section also highlights the role of geoportals as tools for integrating spatial data and a platform for making management decisions at the national and local levels.

The second section is devoted to the theoretical foundations of the formation of land tenure and land use in territorial communities in the context of decentralization. The legal, economic and social aspects of land ownership and use, their role in the sustainable development of communities are revealed, and a comparative analysis of forms of land rights is also conducted. It is determined

that effective management of these processes is of crucial importance for the budgetary capacity and investment attractiveness of communities.

The section analyzes the possibilities of using geographic information systems (GIS) and remote sensing of the Earth (RS) for spatial modeling of land use. The methodology for digital modeling of community lands, which involves the integration of multi-source spatial data, analysis of the legal status of lands, and economic potential, has been improved.

Special attention is paid to the development of an integrated model of community land resources management, built on open geoportals, machine learning algorithms, and multi-level analysis. This approach allows communities to predict changes in land use, improve mapping, and increase the transparency of decision-making regarding spatial development.

The third section examines the creation of a modern geoinformation database for land resource management using the example of the Zymnovodiv territorial community. The stages of collecting geodetic and photogrammetric data, using unmanned aerial vehicles (Trimble UX5, DJI Phantom 4 Pro, Mavic Pro), forming orthophotomaps, building digital terrain models, and performing high-precision stereo measurements are detailed. The feasibility of using Pix4Dmapper software for image processing, calibration, and spatial reference of images with an accuracy of up to 5 cm is substantiated.

Particular attention is paid to the construction of cadastral and topographic cartographic products, identifying discrepancies between the actual boundaries of land use and records of the State Land Cadastre, and comparing the functionality of the QGIS and Digitals programs. The advantages of using databases in QGIS are analyzed, in particular, working with thematic layers, spatial SQL queries, multi-user environments, and mechanisms for controlling attributes and topology.

Finally, an approach to automating geoinformation analysis in QGIS using the Python console is presented. An author's toolbar "Geotools" has been developed, which provides search by cadastral number, area calculation, visualization of overlays, and other functions. Such integration significantly

increases the efficiency of processing large volumes of spatial information and is promising for implementation in community land management systems.

Keywords:

GIS, geoinformation mapping, territorial communities, land resources, UAV, aerial photography, digital modeling, monitoring, cadastre, spatial analysis.

THE RESEARCHER LIST OF PUBLICATIONS WHICH CONTAIN THE MAIN SCIENTIFIC RESULTS OF THIS DISSERTATION

Publications in scientific professional editions of Ukraine:

1. Muzyka N. M., Bilyavskyi M. O. Comprehensive Plan for Spatial Development of Territorial Communities - Tasks and Solutions // *Modern Achievements of Geodetic Science and Industry: Collection of Scientific Papers of the Western Geodetic Society of UTGS*. – 2022. – Issue 2 (44). – P. 130–136.
2. Bilyavskyi M. O. Innovative Approaches to Geospatial Mapping Problems of Territories // *Modern Achievements of Geodetic Science and Industry: Collection of Scientific Papers of the Western Geodetic Society of UTGS*. – 2013. – Issue 2 (26). – P. 36–41.
3. Tserklevych A. L., Bilyavskyi M. O., Myronets O. V., Hudz V. F., Shchur B. I. Land Inventory in Territorial Communities: Organizational and Technical Challenges // *Modern Achievements of Geodetic Science and Industry: Collection of Scientific Papers of the Western Geodetic Society of UTGS*. – 2024. – Issue 2 (48). – P. 94–102.
4. Bubnyak I. M., Bilchuk O. M., Bevza V. V., Zibrovskyi A., Muzychuk I. S., Bilyavskyi M. O. Application and Processing of Laser Scanning Results in Civil Engineering // *Modern Achievements of Geodetic Science and Industry: Collection of Scientific Papers of the Western Geodetic Society of UTGS*. – 2024. – Issue 1 (47). – P. 89–100.
5. Bilyavskyi M. O. Development of a Methodology for Digital Modeling of Land Use and Land Ownership of the Community // *Ukrainian Journal of Applied Economics and Technology*. – 2025. – Vol. 10. No. 1. – P. 133–139.

Publications that testify to the approbation of the dissertation materials, namely the materials and abstracts of international and national scientific and technical conferences:

1. Tserklevych A. L., Vivat A. Y., Bilyavskyi M. O. Transformation of Geodesy: From the Past to the Present // *New Technologies in Geodesy, Land*

Management, and Environmental Use: Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference, October 28–30, 2021, Uzhhorod. – 2021. – P. 27–32.

2. Tserklevych A. L., Myronets O. V., Hudz V. F., Shchur B. I., Bilyavskyi M. O. New Technologies and Key Issues of Land and Real Estate Inventory in Hromadas // *Geoforum-2024: Proceedings of the International Scientific and Technical Conference*, April 10–12, 2024, Lviv, Bryukhovychi, Ukraine. – 2024. – P. 179–183.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	14
ВСТУП.....	15
РОЗДІЛ 1 Огляд базових концепцій геоінформаційних систем.....	22
1.1 Поняття та етапи розвитку геоінформаційних систем.....	22
1.2 Основні напрямки та використання ГІС на сучасному етапі	26
1.3 Геотехнології в управлінні розвитком території	34
1.4 Геопортали як інструмент управління цифровими просторовими даними в Україні.....	39
Висновки до розділу 1.....	44
РОЗДІЛ 2 Формування землеволодінь та землекористувань територіальних громад.....	45
2.1 Теоретичні засади формування землеволодінь та землекористувань у територіальних громадах.....	45
2.1.1 Основні законодавчі і понятійні положення	45
2.1.2 Управління землеволодінням та землекористуванням – ключовий фактор сталого функціонування громад	50
2.2 Розробка методики цифрового моделювання землекористувань та землеволодінь громади.....	56
2.2.1 Аналіз використання ГІС-технологій та ДЗЗ для моделювання землекористувань та землеволодінь громади.....	56
2.2.2 Методика цифрового моделювання земель громади.....	64
2.3 Створення та розвиток ГІС для удосконалення системи землеволодінь та землекористувань громади.....	76
2.3.1 Аналіз сучасного стану топографо-геодезичного забезпечення територіальних громад.....	76
2.3.2 Програмні засоби та інструменти для створення геоінформаційних систем територіальних громад.....	80
Висновки до розділу 2.....	92

РОЗДІЛ 3. Картографування територій в поєднанні з використанням ГІС-технологій та систем прийняття рішень на прикладі Зимноводівської громади.....	93
3.1 Збір і введення геопросторових даних для території Зимноводівської громади.....	93
3.1.1 Фотограмметричне опрацювання даних.....	95
3.1.2 Формування вихідної картографічної та кадастрової продукції....	100
3.2 Створення картографічних шарів у програмному середовищі QGIS.....	108
3.3 Візуалізація та аналіз зібраних геопросторових даних.....	121
3.4 Автоматизація роботи з базами даних у середовищі ГІС QGIS.....	132
3.5 Вдосконалення кадастрової системи України на основі геопросторових даних і цифрових інновацій	145
Висновки до 3 розділу.....	156
Висновки	158
Список використаної літератури.....	160
ДОДАТКИ.....	177

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

В дисертаційній роботі використовуються наступні позначення і скорочення:

ГІС – Геоінформаційна система

ЄЦТО – Єдина цифрова топографічна основа

ТГ – Територіальна громада

БД – База даних

ДЗЗ – Дистанційне зондування Землі

ДЗК – Державний земельний кадастр

ГНСС – Global Navigation Satellite System

SLEM – Simultaneous Localization and Mapping

БПЛА – Безпілотний літальний апарат

WMS – Web Map Service

WMTS – Web Map Tile Service

ДСНС – Державної служби з надзвичайних ситуацій

СУБД – система управління баз даних

ПІН – ідентифікаційного коду особи

ПЗ – програмне забезпечення

НДІГ – Національна інфраструктура геопросторових даних

INSPIRE – Infrastructure for Spatial Information in the European Community

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Геоінформаційні системи відіграють важливу роль у сучасному цифровому управлінні територіальними громадами та їхніми земельними ресурсами. Особливої актуальності ця тема набуває у зв'язку з процесами децентралізації, що тривають в Україні. Передача земель державної власності до комунальної власності громад відкрила нові можливості, але водночас створила й виклики, пов'язані з необхідністю впорядкування земельного фонду, забезпечення його раціонального використання та ефективного управління. У зв'язку з цим виникла потреба у впровадженні сучасних цифрових інструментів, зокрема геоінформаційних технологій, які дають змогу структурувати та візуалізувати просторові дані, забезпечуючи високий рівень автоматизації процесів управління землею.

Важливість використання ГІС у цьому контексті обумовлена насамперед законодавчими змінами, спрямованими на створення прозорості та ефективної системи управління земельними ресурсами. Відповідно до Закону України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо управління земельними ресурсами», ухваленого у 2021 році, територіальні громади отримали у власність значні площі земель, що раніше перебували у державній власності. Це означає, що саме на рівні місцевого самоврядування має бути вибудована ефективна система управління цими територіями. Важливою умовою її функціонування є якісне картографування, адже воно забезпечує точне визначення меж землекористувань, дозволяє контролювати їхній стан і сприяє ухваленню обґрунтованих рішень щодо їхнього подальшого використання.

Розвиток ГІС-технологій також безпосередньо пов'язаний із вимогами до відкритості даних, що закріплені у Законі України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних». Відповідно до цього закону, державні та муніципальні органи влади зобов'язані забезпечити доступ громадян до просторових даних, що стосуються земельних ресурсів. Це

робить питання впровадження ГІС у територіальних громадах ще більш нагальним, оскільки такі системи дозволяють створювати інтерактивні картографічні сервіси, які надають актуальну інформацію про земельні ділянки, їхнє цільове призначення та правовий статус.

Відсутність якісної цифрової бази просторових даних ускладнює процес управління територією, створює перешкоди для залучення інвесторів і може призводити до конфліктів, пов'язаних із землекористуванням. Наявність у громадах інтегрованих геоінформаційних систем, що поєднують кадастрові, екологічні та економічні дані, дає змогу ефективніше планувати розвиток територій, контролювати зміни у землекористуванні та мінімізувати можливі порушення у сфері земельних відносин.

На міжнародному рівні ГІС-технології вже давно стали стандартом у сфері просторового управління, що підтверджується положеннями європейської директиви INSPIRE. В Україні також реалізується стратегія цифрової трансформації земельних відносин, що передбачає широкомасштабне впровадження ГІС у систему управління земельними ресурсами. У цьому контексті особливо важливою є розробка методичних підходів до геоінформаційного картографування територіальних громад, які б дозволили оптимізувати цей процес та адаптувати його до сучасних викликів.

Цими питаннями займаються як закордонні, так і вітчизняні вчені, які досліджують роль геоінформаційних систем у просторовому управлінні та територіальному плануванні. У міжнародній науковій спільноті значний внесок у розвиток ГІС зробили такі дослідники, як Майкл Гудчайлд, який розробив концепцію просторового аналізу на основі ГІС, а також Роджер Томлінсон, якого називають «батьком» сучасних геоінформаційних систем. В Україні питання застосування ГІС у земельному кадастрі та управлінні територіями активно вивчаються науковцями, серед яких можна виокремити роботи С. Лисенка, О. Третьякова, Ю. Карпінського, А.

Лященко, В. Шипуліна, Ю. Палехи, А. Мартина, Д. Коня, В. Нікулішина, Б. Четверікова, А. Уль, Р. Янчука, М. Маланчук та інших дослідників, які займаються розробкою методології цифрового картографування та впровадження ГІС у муніципальне управління. Дослідження вітчизняних науковців орієнтовані на вдосконалення законодавчої бази, адаптацію міжнародного досвіду та створення ефективних механізмів використання просторових даних для потреб територіальних громад. Важливість цього напрямку підтверджується численними науковими конференціями та публікаціями, присвяченими інтеграції ГІС у державне управління та розвиток національної інфраструктури геопросторових даних.

Геоінформаційне картографування територій громади є актуальним завданням, адже саме такі практичні дослідження дозволяють випрацювати ефективні механізми застосування ГІС у реальних умовах. Використання цифрових технологій у сфері просторового управління дозволяє не лише оптимізувати управлінські процеси, а й сприяє розвитку громади, залученню інвестицій, підвищенню прозорості земельних відносин та створенню передумов для сталого розвитку території.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота пов'язана з науковими планами роботи кафедри інженерної геодезії Інституту геодезії Національного університету „Львівська політехніка” за тематикою: «Розробка нових технологій виконання інженерно-геодезичних робіт». Вихідні дані для виконання дисертаційного досліджень частково отримані під час виконання робіт згідно з договором НДР № 518 «Створення ортофотоплану в масштабі 1:2000 с. Зимна Вода та с. Лапаївка Зимноводівської сільської ради», у рамках якого було ініційовано виконання робіт із аерознімання території. Окрім того дослідження глибоко пов'язане з державною політикою цифрової трансформації, розвитку геоінформаційних технологій і просторового планування в Україні. Робота відповідає вимогам Національної інфраструктури геопросторових даних (НІГД) та враховує

європейські стандарти INSPIRE щодо інтеграції просторових даних. Проект може бути корисним для місцевих громад, що впроваджують стратегії розумного управління ресурсами та розвивають геоінформаційні портали для оптимізації просторового планування.

Мета і завдання дослідження. Мета дослідження – розробити методику цифрового управління геоданими територіальних громад із застосуванням ГІС-технологій та інструментів автоматизації для підвищення ефективності управління земельними ресурсами. Реалізація мети дисертаційної роботи передбачає вирішення таких завдань:

- 1) Проведення аналізу загальних концепцій геоінформаційних систем та сучасних методів і технологій картографування;
- 2) Дослідження та удосконалення методів цифрового моделювання землекористувань та землеволодінь на прикладі території Зимноводівської громади;
- 3) Розробка концепції геоінформаційної бази даних як основи картографічного забезпечення ТГ, що базується на принципах достовірності, точності та прозорості інформації;
- 4) Дослідження та удосконалення інструментів автоматизованого аналізу даних на платформі QGIS;
- 5) Розробка пропозицій щодо удосконалення системи управління земельними ресурсами у територіальних громадах на основі запровадження концепції ГІС;
- 6) Удосконалення технологій із забезпечення повноти інформації та контролю за використанням земельних ресурсів на основі використання блок-чейн технологій.

Об’єкт дослідження – є система управління земельними ресурсами у територіальних громадах із використанням ГІС-технологій.

Предмет дослідження – є методологічні засади та інструменти геоінформаційного картографування, цифрового моделювання землекористувань, а також інтеграція просторових даних у систему

управління територіальними громадами на прикладі Зимноводівської громади.

Методи дослідження.

Методи геоінформаційного аналізу – для опрацювання, візуалізації та аналізу просторових даних.

Методи цифрового картографування – для створення тематичних шарів територіальної громади.

Методи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) – для збору даних про землекористування та землеволодіння.

Кадастровий аналіз – для інтеграції ГІС із даними Державного земельного кадастру.

Методи автоматизації процесів – для швидкого аналізу та опрацювання великих масивів кадастрової та просторової інформації.

Методи математичного моделювання – для прогнозування змін у землекористуванні.

Системний підхід – для комплексної оцінки ефективності використання ГІС у територіальному управлінні.

Наукова новизна одержаних результатів.

1) Удосконалено методика цифрового моделювання землекористувань та землеволодінь, яка за рахунок чіткої структуризації процесів дозволяє підвищити рівень довіри населення до місцевої влади та забезпечити актуальний рівень прозорості в процесах управління земельними ресурсами.

2) Запропоновано удосконалений комплексний підхід до геоінформаційного картографування територій громад, який передбачає інтеграцію у бази даних – аерознімання, ГНСС-спостережень, містобудівної та технічної документації, а також ГІС-інструментів для аналізу, перевірки та актуалізації кадастрових даних.

3) Розроблено концепцію локальної бази даних на основі інтеграції авторської панелі інструментів. У середовищі QGIS на основі аналізу

картографічного забезпечення ТГ та структури доступних геопорталів сформовано та реалізовано алгоритми автоматизованого аналізу кадастрових даних у межах БД, які дозволяють значно пришвидшити пошук та опрацювання просторової інформації.

4) Сформовано пропозиції щодо удосконалення кадастрової системи України, які базуються на залученні органів місцевого самоврядування до виявлення та вирішення проблем у сфері земельних відносин. Запропоновано інтегрувати методику використання блок-чейн технологій для забезпечення повноти інформації та контролю за цільовим використанням земель відповідно до чинного законодавства.

Практичне значення одержаних результатів.

Отримані результати на базі Зимноводівської територіальної громади можуть бути використані органами місцевого самоврядування інших ТГ для підвищення ефективності управління земельними ресурсами. Запропоновані методики можуть застосовуватися у створенні геопорталів громад, що сприятиме прозорості земельних відносин та автоматизованому аналізу кадастрових даних у межах територіальної громади. Використання ГІС дозволить оптимізувати кадастровий облік земель і полегшить моніторинг змін у землекористуванні. Дослідження може слугувати основою для подальших наукових робіт у сфері геоінформаційного картографування та територіального управління.

Особистий внесок здобувача полягає у виконанні теоретичних та експериментальних досліджень, опрацюванні отриманих результатів, формулюванні основних положень та висновків. Дисертаційне дослідження є одноосібною науковою працею з питань удосконалення теоретичних, методичних та практичних аспектів в сучасному цифровому управлінні територіальними громадами. Наведені в роботі науково-практичні положення виконані здобувачем особисто. Із наукових праць, опублікованих у співавторстві у дисертації використано лише власні розробки, а саме: [7, 8, 9, 13, 60, 99, 100, 101,].

Апробація результатів дисертації.

Публікації. Основні положення дисертації опубліковано у 8 друкованих працях, із них: 6 публікацій у наукових фахових виданнях України та 2 публікацій у матеріалах міжнародних науково-практичних конференцій.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається із анотації, вступу, трьох розділів основної частини, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації складає 176 сторінок машинописного тексту, з них: 149 сторінок основної частини, 10 сторінок анотації, 153 позиції списку літератури на 16 сторінках та додатки на 12 сторінках.

складова відповідає за збереження та опрацювання великого обсягу просторової інформації, забезпечуючи стабільну роботу всієї системи.

Не менш важливу роль відіграє програмне забезпечення, яке представлено спеціалізованими програмами, що виконують функції зберігання, опрацювання та візуалізації геопросторових даних. Завдяки використанню таких програм користувачі можуть працювати з цифровими картами, аналізувати просторові закономірності та створювати аналітичні моделі.

Основою будь-якої ГІС є дані, які включають географічну інформацію про розташування об'єктів, а також атрибутивні характеристики, що описують їхні властивості. Від якості, точності та актуальності цих даних залежить ефективність усіх аналітичних процесів у системі.

Також, жодна геоінформаційна система не може функціонувати без користувачів, які безпосередньо працюють із ГІС, створюючи, підтримуючи та використовуючи її у своїй діяльності. Це можуть бути фахівці з геодезії, картографії, містобудування або екології, які застосовують ГІС для вирішення конкретних професійних завдань.

Останнім, але не менш значущим компонентом є методи, що охоплюють алгоритми та методологічні підходи, які використовуються для аналізу та опрацювання просторової інформації. Саме завдяки цим методам ГІС дозволяє здійснювати геопросторове моделювання, прогнозування змін та оптимізацію територіального управління.

Отже, взаємодія всіх зазначених складових – апаратного та програмного забезпечення, даних, користувачів та методів – забезпечує ефективну роботу геоінформаційних систем, роблячи їх потужним інструментом для просторового аналізу та управління ресурсами.

Розвиток геоінформаційних систем можна поділити на кілька ключових етапів, кожен з яких відображає прогрес у наукових знаннях, технологічних інноваціях і застосуванні ГІС у різних галузях.

1. Новаторський період (1950-ті – 1970-ті рр.). Перші дослідження у сфері цифрової картографії та автоматизованого управління геопросторовими даними проводилися ще у 1950-х роках, але саме в 1960-х роках було створено першу повноцінну ГІС – Canadian Geographic Information System (CGIS) під керівництвом Роджера Томлінсона [145]. Ця система стала першою спробою створення національної геоінформаційної бази для картографування земельних ресурсів Канади [146].

На цьому етапі розвиток ГІС був обмежений технічними можливостями того часу, такими як обмежений обсяг пам'яті комп'ютерів і недостатня потужність процесорів. Проте вже тоді закладалися ключові концепції просторового аналізу, моделювання територій і створення цифрових карт [86].

2. Період державного впливу (1970-ті – 1980-ті рр.). У 1970-х роках геоінформаційні системи починають використовуватися для вирішення завдань на державному рівні. У цей час більшість великих проектів фінансувалися державними установами, що сприяло подальшому розвитку технологій. З'являються перші стандарти обробки та представлення просторових даних, розробляються державні геоінформаційні системи для управління територіями та ресурсами.

Важливу роль у розвитку ГІС на цьому етапі відіграв розвиток баз даних і топологічного аналізу – технік, що дозволяють точно визначати просторові зв'язки між об'єктами. Це дозволило використовувати ГІС для більш точного моделювання та прогнозування різних процесів, таких як ерозія земель або розподіл населення [27].

3. Період комерціалізації (1980-ті – 2000-ті рр.). У 1980-х роках розвиток персональних комп'ютерів сприяв появі перших комерційних ГІС-систем, серед яких ArcInfo (ESRI) та MapInfo [121]. Це дозволило значно спростити процес управління просторовими даними та зробило технології доступнішими для різних галузей. Водночас почався розвиток

стандартизації ГІС, що сприяло їх сумісності між різними платформами [116, 117].

Одним із значних досягнень цього періоду стало створення програмного забезпечення для роботи з векторними і растровими даними, що значно спростило інтеграцію різних типів інформації в одну ГІС. На цей час також припадає розвиток технологій дистанційного зондування, які дали змогу отримувати великі обсяги географічної інформації за допомогою супутників [86].

Розвиток Інтернету та веб-технологій дозволив розширити можливості ГІС за рахунок дистанційного доступу до геоданих. Google Earth (2005) та подібні сервіси започаткували нову епоху у використанні ГІС у повсякденному житті [138]. На цьому етапі відбувся перехід від автономних настільних ГІС до веб-ГІС, що підтримували обмін геоданими в реальному часі [140].

4. Період масового впровадження та глобалізації (2000-ті – наш час). З розвитком інформаційних технологій і збільшенням потужності комп'ютерних систем у 2000-х роках ГІС набувають глобального масштабу. Сучасні ГІС-системи інтегруються із штучним інтелектом, машинним навчанням та великими даними. Вони стали невід'ємною частиною міського планування, управління транспортом, екологічного моніторингу та військових операцій [1,126]. Важливим трендом є розвиток відкритих ГІС-платформ (OpenStreetMap) та впровадження хмарних технологій для зберігання та аналізу геоданих [130].

Попри значний прогрес, ГІС стикаються з низкою викликів, серед яких:

- Якість та стандартизація геоданих – проблема сумісності даних, їх точності та оновлення [128].
- Кібербезпека та захист даних – необхідність безпечного зберігання геопросторової інформації в умовах зростаючих загроз [133].
- Доступність технологій – розвиток відкритих ГІС та необхідність адаптації новітніх технологій для широкого кола користувачів [127].

У майбутньому розвиток ГІС буде пов'язаний із розширенням використання дронів, супутникових знімків високої роздільної здатності та інтеграцією із сенсорними мережами Інтернету речей (IoT) [114].

1.2. Основні напрямки та використання ГІС на сучасному етапі

Геоінформаційні системи виникли внаслідок потреби в опрацюванні та управлінні великою кількістю просторових даних. На сучасному етапі їхнього розвитку, вони інтегрують методи збору даних, зберігання, аналізу і візуалізації, що дозволяє ефективно використовувати просторову інформацію для вирішення різних задач у різних галузях науки, техніки і державного управління.

ГІС включає в себе безліч задач та викликів, серед яких просторова концепція, моделювання географічних об'єктів, атрибутивні дані, інтеграція різних типів даних, автоматизація процесів, візуалізація та картографія, просторовий аналіз, розширюваність та адаптивність.

Геоінформаційні системи базуються на опрацюванні просторових даних, що включають інформацію, прив'язану до географічних координат. Їх ключова особливість полягає у здатності аналізувати географічні об'єкти, їх властивості та взаємозв'язки у просторі, що дозволяє здійснювати геоаналіз [39, 108, 121].

ГІС використовує різні моделі представлення даних. Векторна модель подає об'єкти у вигляді точок, ліній і полігонів, тоді як растрова – у вигляді матриці пікселів. Вибір моделі залежить від специфіки завдань і типу даних [39, 108, 124].

Окрім географічної інформації, кожен об'єкт у ГІС містить атрибутивні дані, які зберігаються у базах даних і використовуються для аналізу. Завдяки цьому можна здійснювати пошук об'єктів із певними характеристиками, статистичні розрахунки та комплексний аналіз територій [39, 108, 121].

ГІС має унікальну здатність інтегрувати різні типи даних, такі як карти, супутникові знімки, ГНСС-дані та кадастрові реєстри. Це дозволяє проводити комплексний аналіз у сфері землевпорядкування, містобудування та екологічного моніторингу [39, 108, 121].

Сучасні ГІС-системи автоматизують процеси аналізу та картографування, що спрощує роботу з великими масивами даних. Це особливо важливо для моделювання сценаріїв розвитку територій [39, 108, 121].

Візуалізація є важливою функцією ГІС, що дозволяє представляти просторові дані у вигляді карт, 3D-моделей або інтерактивних веб-карт. Вона сприяє кращій інтерпретації даних, допомагаючи аналізувати зміни ландшафту, природні ризики та ефективність інфраструктурних проєктів [39, 108, 124].

ГІС також надає інструменти для просторового аналізу, зокрема оверлейного аналізу, буферизації та топологічного аналізу. Вони дозволяють визначати просторові взаємозв'язки між об'єктами та оцінювати фактори впливу на географічні зони, що є корисним, наприклад, при виборі оптимальних місць для будівництва [39, 108, 124].

Сучасні ГІС мають розширювану архітектуру, що дозволяє інтеграцію з іншими інформаційними системами, такими як бази даних чи кліматичні моделі. Це забезпечує гнучкість та адаптацію під різні потреби користувачів [39, 109, 109, 124].

Основні напрями використання ГІС на сучасному етапі (рис. 1.2)



Рис.1.2 Основні напрями використання ГІС на сучасному етапі розвитку. Джерело: Систематизовано автором

Систематизуючи дані зображені на рис.1.2 можна стверджувати, що ГІС застосовуються в різних сферах для ефективного управління територіями та ресурсами. У землеустрої вони забезпечують моніторинг земельних ресурсів, кадастровий облік земель та аналіз змін у землекористуванні [1,27,66]. В містобудуванні ГІС допомагає у плануванні інфраструктури, оптимізації розташування об'єктів та управлінні міським простором. В екологічному моніторингу вони використовуються для оцінки

стану довкілля, прогнозування ризиків та контролю природних ресурсів [86,98,109].

У транспортних системах ГІС оптимізує маршрути, аналізує дорожню мережу та забезпечує контроль за перевезеннями. В надзвичайних ситуаціях вони сприяють швидкому реагуванню, моделюванню ризиків та плануванню рятувальних операцій. У сільському господарстві ГІС допомагає аналізувати якість ґрунтів, прогнозувати врожайність і оптимізувати агротехнічні процеси.

Сучасні ГІС також активно впроваджуються у військову справу, забезпечуючи картографічне моделювання та стратегічне планування, а також в логістиці, де вони дозволяють моніторити вантажопотоки, координувати перевезення та покращувати транспортну інфраструктуру [142].

ГІС зазвичай складаються з кількох основних підсистем (рис. 1.3), кожна з яких виконує певну функцію в роботі системи.

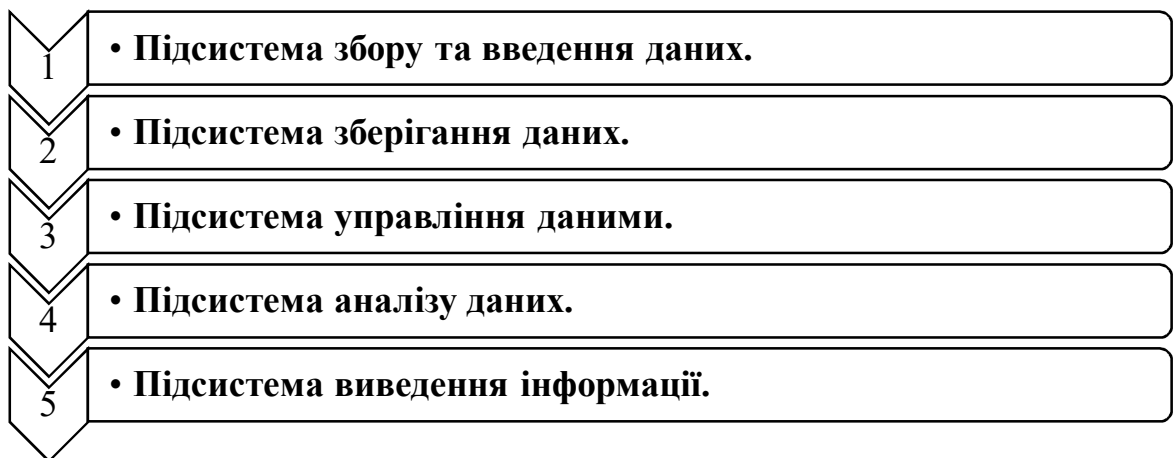


Рис. 1.3 Основні підсистеми ГІС. Джерело: Скалено на основі [27, 32,153]

Опишемо кожен із підсистем, що зображені на рис 1.3. Геоінформаційна система складається з кількох основних підсистем, кожна з яких виконує важливі функції в опрацюванні та аналізі просторових даних.

Підсистема збору та введення даних відповідає за отримання просторової та атрибутивної інформації з різних джерел, таких як цифрові

карти, супутникові знімки, ГНСС-дані та польові вимірювання. Вона забезпечує підготовку даних для подальшої обробки та аналізу.

Підсистема зберігання даних організовує та підтримує великі обсяги просторової інформації у базах даних. Вона гарантує надійне збереження та ефективний доступ до інформації, необхідної для опрацювання та прийняття рішень.

Підсистема управління даними здійснює операції редагування, оновлення та пошуку інформації. Завдяки цій підсистемі забезпечується актуальність даних, їх структуризація та впорядкування відповідно до встановлених стандартів.

Підсистема аналізу даних виконує просторове моделювання та аналітичні розрахунки. Вона дозволяє користувачам визначати просторові взаємозв'язки, прогнозувати зміни на території та оцінювати вплив різних факторів на розвиток подій.

Підсистема виведення інформації відповідає за представлення результатів аналізу у вигляді карт, графіків, таблиць або звітів. Завдяки цій підсистемі просторові дані візуалізуються у зрозумілому форматі, що спрощує їхнє використання для прийняття управлінських рішень.

Геоінформаційні системи (ГІС) відіграють ключову роль у багатьох сферах життєдіяльності суспільства, включаючи державне управління, безпеку, екологічний моніторинг, містобудування та сільське господарство. В Україні розвиток ГІС-технологій активізувався завдяки впровадженню нових законодавчих ініціатив, інтеграції супутникових технологій та вдосконаленню інформаційної інфраструктури.

Одним із найважливіших кроків у розвитку ГІС в Україні стало ухвалення Закону України "Про національну інфраструктуру геопросторових даних" [32]. Цей закон визначає правові та організаційні засади створення та функціонування національної геопросторової інфраструктури. Основною метою законодавчого регулювання є забезпечення відкритого доступу до геопросторових даних, підвищення

ефективності управлінських рішень та інтеграція з європейськими стандартами у сфері просторових даних.

На виконання цього закону було запущено Національний геопортал, що містить базові геопросторові дані, включаючи цифрові карти, кадастрову інформацію та екологічні дані. Це дозволяє покращити якість управлінських рішень та забезпечує прозорість у сфері землекористування та містобудування.

Крім того, у 2024 році набув чинності Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо спрощення порядку зміни цільового призначення земельних ділянок для залучення інвестицій з метою швидкої відбудови України» [30], який передбачає створення ГІС для обліку територій, забруднених вибухонебезпечними предметами. Це є важливим етапом у відновленні інфраструктури після бойових дій та забезпеченні безпеки громадян.

ГІС широко використовуються в сільському господарстві для моніторингу посівів, управління земельними ресурсами, оптимізації використання добрив та водних ресурсів. Сучасні ГІС-платформи дозволяють аналізувати супутникові знімки, прогнозувати врожайність і визначати зони ризику.

Приклад такого застосування є Агрохолдинг "Астарта-Київ", який у Полтавській області впровадив систему точного землеробства на основі ГІС. Завдяки аналізу супутникових даних, компанія оптимізує використання добрив та засобів захисту рослин, що дозволяє зменшити витрати та підвищити врожайність. Впроваджені технології також допомагають контролювати рівень вологості ґрунту та прогнозувати ризики посухи.

Основні напрями застосування ГІС у сільському господарстві

1. Моніторинг земельних ресурсів. ГІС дозволяє створювати цифрові карти полів із детальною інформацією про межі, рельєф, тип ґрунтів та історію використання. Це дає змогу проводити оцінку стану земель і визначати ділянки, що потребують особливого догляду [6].

2. Точне землеробство. Використання супутникових знімків, дронів та польових даних допомагає аграріям здійснювати точне внесення добрив, оптимізувати зрошення та адаптувати технологічні процеси під особливості кожної ділянки. Це підвищує ефективність виробництва та врожайність [3].

3. Прогнозування врожайності. ГІС аналізує історичні дані про врожайність, кліматичні умови та зміни в землекористуванні для побудови прогнозних моделей. Це дає змогу планувати сівозміну, передбачати погодні ризики та оперативно адаптувати агротехнології [6].

4. Інтеграція з державною кадастровою системою. ГІС допомагає поєднувати аграрні дані з Державним земельним кадастром, що сприяє прозорості у використанні земель, зменшенню правових суперечок і залученню інвестицій в аграрний сектор [6,7].

ГІС допомагають у моніторингу лісових масивів, управлінні лісовими ресурсами, виявленні незаконних вирубок та прогнозуванні змін клімату. Вони використовуються для інвентаризації лісів, моделювання ерозійних процесів та розробки заходів з охорони довкілля. У 2024 році WWF-Україна розпочав проєкт "ГІС і штучний інтелект для збереження цінних лісів України", який дозволяє за допомогою супутникових знімків і алгоритмів машинного навчання виявляти незаконні рубки та аналізувати зміни в лісових екосистемах [151].

Приклад такого застосування є у Державному підприємстві "Городоцьке лісове господарство" Волинська область використовує програмний комплекс Field-Mar для створення електронних карт лісових масивів. Завдяки ГІС проводиться автоматизована інвентаризація лісів, моніторинг змін у рослинному покриві та оптимізація планування рубок. Це сприяє раціональному використанню природних ресурсів та зменшенню незаконної вирубки.

У сфері державного управління ГІС використовуються для моніторингу кордонів, управління територіями, оцінки ризиків та кризового реагування. Військові та правоохоронні структури застосовують ГІС для

аналізу ситуації та координації дій у надзвичайних ситуаціях. У зоні проведення бойових дій ГІС використовуються для аналізу пошкодженої інфраструктури, виявлення небезпечних територій та планування гуманітарних операцій. Наприклад, інтеграція ГІС у діяльність Державної служби з надзвичайних ситуацій (ДСНС) дозволяє оперативно оцінювати масштаби руйнувань та координувати роботи з розмінування територій.

ГІС у сфері енергетики застосовуються для управління інфраструктурою електромереж, прогнозування енергоспоживання, оцінки впливу енергетичних об'єктів на довкілля. Завдяки аналізу просторових даних можна визначати оптимальні місця для будівництва нових електростанцій.

Приклад такого застосування є у Дніпровській ГЕС (ДніпроГЕС) у Запоріжжі впроваджено ГІС для моніторингу стану греблі та водосховища. Завдяки ГІС-фахівці можуть контролювати рівень води, прогнозувати ризики прориву дамби та координувати технічне обслуговування об'єкта.

ГІС використовуються в управлінні міською інфраструктурою, оцінці впливу забудови на екологію, моніторингу транспортних потоків та плануванні житлових районів. Завдяки просторовому аналізу можна ефективно розподіляти земельні ресурси та розробляти генеральні плани міст.

Приклад такого застосування: у місті Львів за допомогою ГІС проводиться моніторинг зелених зон та оптимізація транспортної інфраструктури. Міська влада використовує ГІС для планування нових маршрутів громадського транспорту та розширення мережі велосипедних доріжок. Ці дані допомагають підвищити мобільність мешканців і зменшити транспортні затори.

Одним із найважливіших елементів ГІС у Державному земельному кадастрі є Публічна кадастрова карта побудована на основі ГІС, що забезпечує її точність та інтеграцію різноманітних джерел просторової

інформації. Вона доступна на офіційному веб-сайті Державної служби з питань геодезії, картографії та кадастру (Держгеокадастру) [25]:

Через цей сервіс громадяни можуть:

- Перевірити коректність відомостей про земельні ділянки.
- Отримати інформацію про цільове призначення та площу ділянки.
- Візуалізувати межі та конфігурацію земельних наділів.
- Надсилати повідомлення про помилки або неточності.

Отже, як видно із описаного матеріалу ГІС-технології в Державному земельному кадастрі суттєво підвищують ефективність управління земельними ресурсами, сприяють прозорості земельних відносин та оперативному обігу інформації. Завдяки інтеграції з національною інфраструктурою геопросторових даних відбувається уніфікація підходів до обліку та використання землі, що в довгостроковій перспективі має позитивно вплинути на інвестиційну привабливість, розвиток економіки та просторове планування в Україні.

1.3 Геотехнології в управлінні розвитком території

Геотехнології є комплексом методів, технологій та програмного забезпечення, що дозволяють збирати, аналізувати та інтерпретувати просторові дані [13,135].

У даному дослідженні під геотехнологіями розуміється сукупність сучасних методів, засобів і програмного забезпечення, які використовуються для роботи з просторовою інформацією в територіальній громаді для управління землекористуванням та землеволодінням. Це поняття включає як апаратні засоби (наприклад, ГНСС-пристрої, дрони, супутники), так і спеціалізовані комп'ютерні програми — геоінформаційні системи, що дозволяють опрацьовувати, візуалізувати та аналізувати географічні дані для управління територіями [135].

Сучасні підходи до управління розвитком території базуються на застосуванні геотехнологій, які забезпечують ефективний аналіз, моделювання та прогнозування змін у просторі [125]. Впровадження геоінформаційних систем, дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), картографічного моделювання та супутникових технологій дозволяє підвищити якість ухвалення управлінських рішень [3,113].

Геоінформаційні системи є ключовими інструментами для аналізу просторових даних та прийняття рішень щодо розвитку територій Longley [136]. Згідно з дослідженнями Tomlinson [147], ГІС забезпечують інтеграцію багат шарових даних, що дозволяє комплексно оцінювати екологічні, соціально-економічні та інфраструктурні фактори. Водночас ряд авторів зазначають, що ефективність використання ГІС залежить від доступності якісних вхідних даних та рівня кваліфікації користувачів [139].

ДЗЗ дозволяє отримувати актуальні дані про стан земного покриву, зміну ландшафтів та міську забудову. У дослідженнях Campbell & Wynne [134] підкреслюється значення мультиспектральних і гіперспектральних знімків для аналізу змін у використанні земель. Проте, як зазначає Jensen [129], проблеми просторової розрізненості супутникових знімків та необхідність складної інтерпретації залишаються основними викликами застосування ДЗЗ.

Сучасні підходи до просторового моделювання включають використання агентно-орієнтованих моделей, моделювання на основі клітинних автоматів та багатокритеріального аналізу [113]. Наприклад, дослідження Wegener [150] демонструє ефективність таких моделей у прогнозуванні розширення міських територій та транспортної інфраструктури. Проте, як зазначають Torrens & Benenson [148], точність моделювання обмежена доступністю емпіричних даних.

Застосування геотехнологій у моніторингу природних ресурсів дозволяє ефективно оцінювати екологічні ризики та здійснювати просторовий аналіз екосистемних змін [149]. Наприклад, роботи Foody [122]

підкреслюють значущість ГІС та ДЗЗ у визначенні зон екологічного ризику. Однак, недоліками є необхідність великих обчислювальних ресурсів і висока вартість супутникових даних [143].

Аналіз літературних джерел [3, 113,122,125, 129, 134 ,136, 139, 147-149,] свідчить , що геотехнології відіграють ключову роль у просторовому плануванні та управлінні розвитком територій. Вони забезпечують комплексний аналіз просторових даних, дозволяють проводити моніторинг змін та здійснювати прогнозування розвитку територій. Проте існують певні виклики, пов'язані з точністю моделей, доступністю вхідних даних та потребою у кваліфікованих спеціалістах.

Основними викликами щодо впровадження та ефективного використання геоінформаційних систем в Україні є комплекс взаємопов'язаних проблем.

Одним із ключових викликів є недостатнє нормативно-правове забезпечення. В Україні досі не створено єдиної системи стандартів для інтеграції геопросторових даних до державних реєстрів і кадастрових систем. Нормативно-правова база у сфері ГІС залишається фрагментарною, що суттєво ускладнює міжвідомчу взаємодію та інтеграцію просторових даних. Через це виникають труднощі з доступом до інформації, необхідної для ефективного прийняття рішень як на національному, так і на місцевому рівнях.

Наступною важливою проблемою є обмежений доступ до актуальних і якісних геопросторових даних. Значна частина інформації залишається закритою або доступною в обмеженому вигляді. Державні установи стикаються з труднощами під час отримання необхідних геоданих, що ускладнює реалізацію завдань управління територіями. Крім того, багато даних досі перебувають у паперових архівах і не пройшли цифровізацію, що також уповільнює доступ до них і знижує ефективність роботи.

Також серйозним викликом є фінансові та технічні бар'єри. Впровадження сучасних ГІС-технологій вимагає значних фінансових

витрат на закупівлю програмного забезпечення, обладнання та підготовку висококваліфікованих кадрів. Низка досліджень підкреслює, що саме недостатність фінансування й обмежена кількість кваліфікованих фахівців значною мірою стримує розвиток ГІС в Україні та їх впровадження у повсякденну практику управління землями.

Координація між різними установами також залишається складним завданням. В Україні часто виникає проблема дублювання інформації, коли різні державні органи використовують власні, не інтегровані між собою бази геопросторових даних. Це не лише призводить до зайвих витрат ресурсів, але й ускладнює процес створення єдиної національної інфраструктури геопросторових даних, яка є необхідною умовою ефективного функціонування ГІС у країні.

Нарешті, актуальним залишається питання захисту геопросторових даних. В умовах цифровізації суспільства особливої ваги набуває проблема забезпечення інформаційної безпеки, захисту від несанкціонованого доступу й витоку конфіденційної інформації. Це вимагає впровадження додаткових технологічних і організаційних заходів, спрямованих на підвищення безпеки зберігання, передачі та використання просторових даних.

Перспективи розвитку:

1. Створення єдиної національної інфраструктури геопросторових даних. Впровадження концепції INSPIRE в Україні дозволить стандартизувати геодані та забезпечити їх вільний доступ для всіх зацікавлених сторін. Дослідження показують, що інтеграція національних кадастрових і картографічних баз даних значно покращить управління територіями.

2. Впровадження сучасних технологій. Використання штучного інтелекту, супутникових знімків, машинного навчання та Big Data у сфері ГІС сприятиме підвищенню точності прогнозування змін у територіях та розробці ефективних управлінських рішень.

3. Розвиток відкритих геоданих. Відкритий доступ до просторових даних підвищить прозорість державного управління, стимулюватиме наукові дослідження та сприятиме активному залученню громадськості до прийняття рішень щодо управління територіями.

4. Інституційна реформа та підвищення кваліфікації кадрів. Необхідно посилити підготовку фахівців у сфері ГІС та забезпечити ефективну співпрацю між державними установами, науковими закладами та приватним сектором.

Одним із ключових напрямків вдосконалення управління землями територіальних громад є вирішення проблем, пов'язаних із впровадженням геоінформаційних систем. Насамперед, необхідно розробити та впровадити комплексне законодавство, яке стандартизуватиме процеси збору, обробки та використання геопросторових даних. Важливим кроком стане розробка нормативних вимог для інтеграції ГІС у державні та муніципальні реєстри, що сприятиме узгодженості й ефективності їх використання.

Для підвищення ефективності управління земельними ресурсами доцільним є створення єдиної національної геоінформаційної інфраструктури. Це дозволить об'єднати в єдиній базі даних інформацію, доступну для органів місцевого самоврядування, наукових установ та громадськості. Такий підхід сприятиме прозорості процесів прийняття рішень і поліпшенню якості управління територіями. Важливим аспектом є фінансова підтримка та залучення інвестицій, адже розбудова ГІС вимагає значних ресурсів. Доцільно розробити механізми державного та приватного фінансування, а також активізувати залучення міжнародних грантів і інвесторів для розвитку технологій.

Сучасні технології, такі як штучний інтелект, супутниковий моніторинг та дрони, відіграють важливу роль в автоматизації процесів збору та аналізу геопросторових даних. Використання цих інновацій дозволяє покращити точність картографування територій та своєчасно реагувати на зміни в земельному фонді. Однак ефективність таких

технологій значною мірою залежить від наявності висококваліфікованих спеціалістів, тому важливим завданням є навчання та підвищення кваліфікації кадрів. Запровадження спеціалізованих освітніх програм і тренінгів для державних службовців, геодезистів та інших фахівців сприятиме якісному використанню ГІС у земельному управлінні.

Не менш важливим аспектом є забезпечення відкритого доступу до геопросторових даних для громадян, бізнесу та дослідників. Це сприятиме прозорості управлінських процесів і дозволить ефективніше використовувати інформацію для прийняття рішень щодо розвитку територій. Загалом, впровадження ГІС для управління землями територіальних громад є багатоаспектним процесом, що вимагає комплексного підходу, фінансової підтримки, технологічного розвитку та підготовки висококваліфікованих спеціалістів.

Розвиток ГІС в Україні має значний потенціал, але стикається з низкою перешкод. Основними викликами є недостатнє законодавче забезпечення, брак фінансування, проблеми з доступом до якісних геоданих та використання застарілих технологій. Водночас перспективи розвитку пов'язані з модернізацією державних кадастрів, впровадженням новітніх технологій, створенням відкритих даних та підготовкою висококваліфікованих спеціалістів. Подальший розвиток ГІС в управлінні територіями потребує системного підходу та активної державної політики щодо цифровізації геопросторових даних.

1.4 Геопортالي як інструмент управління цифровими просторовими даними в Україні

Одним із ключових елементів цифрової трансформації управління простором України є впровадження геопорталу – спеціалізованого веб-ресурсу, що забезпечує доступ до геопросторової інформації в режимі реального часу. Геопортал дозволяє інтегрувати різні джерела даних,

забезпечуючи їх візуалізацію, аналіз і використання в процесах прийняття управлінських рішень на всіх рівнях. У системах управління територіальними громадами вони відіграють особливо важливу роль, оскільки забезпечують відкритий доступ до кадастрових, екологічних, містобудівних та інженерних даних, тим самим підвищуючи прозорість та ефективність просторового планування [17, 61,73, 76].

Для цілісного розуміння структури та функціональності геоportalів доцільно провести їх класифікацію за кількома критеріями (рис. 1.4)

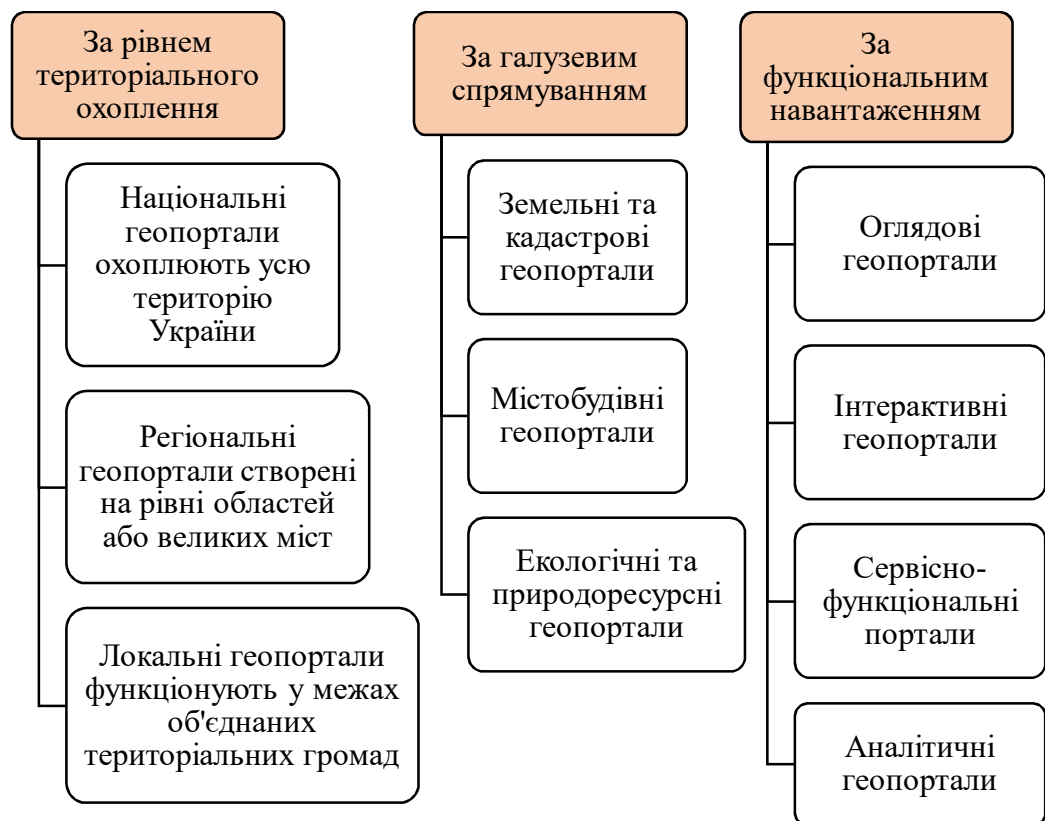


Рис. 1.4 Класифікація геоportalів в Україні .Джерело:

Систематизовано автором

Нижче перераховані основні геоportalи які використовуються у сфері землекористування:

1. Національна інфраструктура геопросторових даних [17, 61,63] є центральною платформою, створеною в рамках реалізації Закону України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» [38]. Геоportal забезпечує міжвідомчу взаємодію та інтеграцію даних з різних джерел відповідно до директиви INSPIRE. Портал забезпечує доступ до основних

рівнів (адміністративно-територіальний устрій, гідрологія, транспортна інфраструктура, землекористування) та можливість підключення через стандартизовані сервіси WMS/WMTS. Розвиток цього ресурсу є критично важливим для формування національної єдиної цифрової платформи просторових даних.

2. Публічна кадастрова карта [76] є офіційним географічним порталом Державного земельного кадастру і містить дані про межі, площу та цільове призначення земельних ділянок. Інструмент широко використовується громадянами, землевпорядними організаціями та органами місцевого самоврядування. Платформа підтримує інтерактивну візуалізацію ділянок, функціонал пошуку за кадастровим номером та повідомлення про виявлені помилки.

3. Портал електронних послуг Держгеокадастру [72] – спеціалізована платформа, яка забезпечує доступ громадян, землевпорядників та органів місцевого самоврядування до адміністративних та сервісних функцій, пов'язаних із веденням Державного земельного кадастру. Портал дає змогу дистанційно подавати заяви на отримання витягів з ДЗК, реєстрацію земельної ділянки, внесення змін до відомостей, перевірку стану розгляду звернень тощо. Його інтеграція з іншими системами (зокрема Публічною кадастровою картою) створює повний цикл цифрового супроводу земельно-правових дій. В умовах діджиталізації просторового управління портал відіграє ключову роль у спрощенні адміністративних процедур, підвищенні прозорості та зменшенні корупційних ризиків.

«Електронний кабінет геодезиста» є частиною цього геопорталу це онлайн-сервіс, впроваджений у Львівській територіальній громаді (ТГ) для спрощення процесу здачі та погодження топографо-геодезичних робіт. Цей цифровий інструмент значно підвищує ефективність та інформативність роботи, оскільки забезпечує централізоване зберігання даних, покращує комунікацію між учасниками процесу та забезпечує прозорість на кожному етапі роботи. За допомогою електронного кабінету користувачі можуть

відслідковувати статус своїх зніманих – від видачі вихідних даних до підписання робіт, що замінило традиційний процес через електронну пошту і сприяло більш швидкому, точному та зручному управлінню геопросторовими даними [51].

Геопортал містобудівного кадастру, важливий інструмент, який доповнює земельні дані містобудівною інформацією – такими як генеральні плани, детальні плани територій, межі забудови, санітарні зони. У сфері землекористування цей геопортал дозволяє враховувати просторові обмеження та перспективи розвитку територій.

Геопортали об'єднаних територіальних громад. Деякі громади створюють локальні геопортали, що акумулюють кадастрові, містобудівні та інфраструктурні дані на рівні громади. Вони часто інтегруються з базами НІГД та кадастру через стандартизовані сервіси.

Вказані вище геопортали не функціонують ізольовано, вони стають частиною взаємопов'язаної цифрової екосистеми, в якій відбувається постійний обмін геопросторовими даними, сервісами та адміністративними процесами. Їхня взаємодія забезпечується технічними механізмами та інституційною інтеграцією на рівні державної політики у сфері геоданих.

На рис. 1.5 показано принцип взаємодії геопорталів і порталів у сфері землекористування.

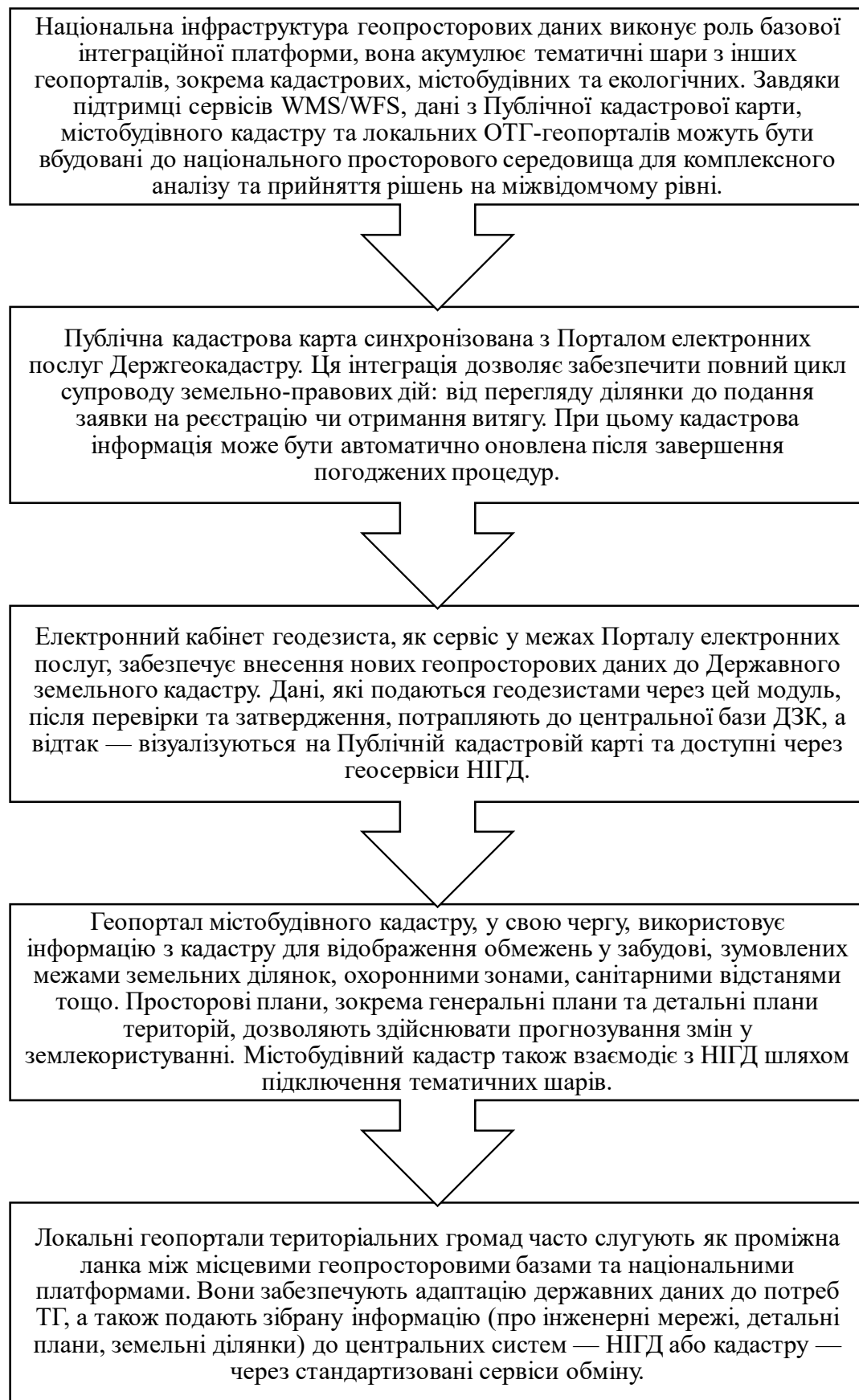


Рис. 1.5 Взаємодія геопорталів та порталів у сфері землекористування

Джерело: Систематизовано автором

Незважаючи на те, що Україна має прогрес у сфері впровадження геопорталів, все ще існують проблеми, які перешкоджають їхній ефективній роботі. Ключові проблеми це: фрагментація даних, відсутність єдиних стандартів метаданих, технічна несумісність між порталами, обмежена інтеграцію на локальному рівні та низька цифрову грамотність серед користувачів. Також варто виокремити ще проблему недостатнього фінансування для підтримки та оновлення порталів.

Висновки до першого розділу

У результаті проведеного аналізу встановлено, що геоінформаційні системи є ключовими інструментами цифрової трансформації управління просторовими даними. Розкрито структуру геоінформаційної системи як сукупності апаратного і програмного забезпечення, просторових і атрибутивних даних, користувачів та методів просторового аналізу.

Особливу увагу приділено сучасним напрямкам використання ГІС, зокрема в земельному кадастрі, агропромисловому комплексі, містобудуванні, екологічному моніторингу, енергетиці, обороні та управлінні ризиками. Проаналізовано роль геотехнологій у прийнятті управлінських рішень, а також основні виклики, пов'язані з впровадженням ГІС в Україні: фрагментарність нормативно-правової бази, обмежений доступ до якісних геоданих, нестача фінансування та недостатній рівень цифрової грамотності кадрів.

Дослідження геопорталів як складової інфраструктури геопросторових даних показало, що в умовах діджиталізації вони є важливими платформами для інтеграції, обміну та візуалізації інформації. Визначено, що подальший розвиток ГІС в Україні має ґрунтуватися на принципах відкритості, стандартизації, міжвідомчої інтеграції та технологічного оновлення, що сприятиме підвищенню прозорості управління, залученню інвестицій і зміцненню спроможності територіальних громад.

II РОЗДІЛ

ФОРМУВАННЯ ЗЕМЛЕВОЛОДІНЬ ТА ЗЕМЛЕКОРИСТУВАНЬ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД

2.1 Теоретичні засади формування землеволодінь та землекористувань у територіальних громадах

2.1.1 Основні законодавчі і понятійні положення

Формування землеволодінь та землекористувань у територіальних громадах є ключовим аспектом управління земельними ресурсами, що визначає ефективність використання територій, розвиток інфраструктури та соціально-економічний потенціал громад. Умови землекористування та землеволодіння значно змінилися внаслідок адміністративно-територіальної реформи та децентралізації, що передали громадам розширені повноваження щодо управління землями.

Сучасні підходи до оптимального використання земельних ресурсів базуються на принципах збалансованого розвитку, екологічної безпеки та економічної ефективності. Важливу роль у цьому процесі відіграє перехід від колективних форм власності до комунальної та приватної, що спричинило структурні зміни у розподілі земель.

Землеволодіння та землекористування є фундаментальними поняттями в системі управління земельними ресурсами [31,36,45]. Землеволодіння визначається як володіння земельною ділянкою на правах власності, що дає можливість власнику розпоряджатися нею за власним розсудом, у тому числі продавати, передавати у спадщину або дарувати [54]. Водночас землекористування передбачає використання земельної ділянки на підставі права користування, оренди або інших правових форм без передачі права власності [93].

У контексті територіальних громад ці поняття набувають особливого значення, оскільки ефективне управління земельними ресурсами є ключовим для сталого розвитку громад та забезпечення їх економічної спроможності [74]. З передачею земель державної власності у комунальну власність територіальних громад, органи місцевого самоврядування отримали розширені повноваження щодо їх розподілу, використання та планування розвитку [26].

Землевпорядне проектування в цьому випадку спрямоване на оптимальну організацію території, враховуючи потреби громади та забезпечуючи раціональне використання земельних ресурсів [45]. Це включає розробку комплексних схем планування землекористування, врахування соціально-економічних чинників, а також створення умов для залучення інвестицій та розвитку громадської інфраструктури [54,93].

Землеволодіння та землекористування є двома ключовими правовими категоріями у системі управління земельними ресурсами. Вони мають різну правову природу, економічні наслідки та вплив на розвиток територіальних громад. На рис. 2.1 зображено схему взаємодії землеволодіння та землекористування для розвитку ТГ.

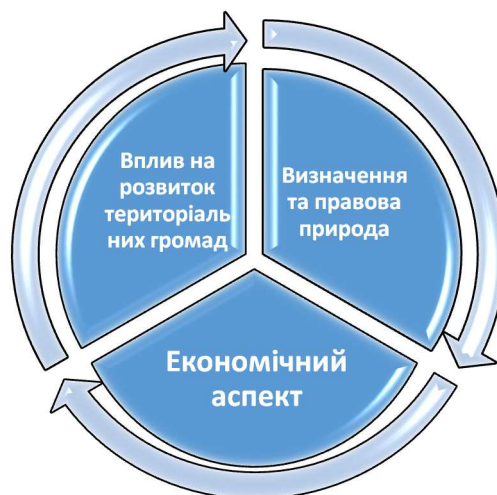


Рис. 2.1 Схема взаємодії землеволодіння та землекористування для розвитку ТГ.

Джерело: Систематизовано автором

Якщо розглядати в контексті правової природи то: землеволодіння – це право особи чи юридичної структури володіти земельною ділянкою на правах власності, що дозволяє їй вільно розпоряджатися цією землею, продавати, дарувати або передавати у спадщину, а землекористування – це використання землі без отримання права власності, що може бути оформлене у вигляді оренди, концесії, емфітевзису, сервітуту чи іншої форми тимчасового чи постійного користування. Таким чином, основна відмінність між цими поняттями полягає в тому, що землевласник має абсолютні права на земельну ділянку, тоді як землекористувач обмежений умовами договору чи закону.

Акцентуючи увагу на економічному аспекті, який у сучасних умовах є важливим пріоритетом для громадян та бізнесу, можна стверджувати, що землеволодіння є більш вигідним у довгостроковій перспективі. Власник земельної ділянки має право самостійно розпоряджатися нею, що дозволяє йому отримувати дохід без додаткових обмежень [31,33,45,97].

Водночас землекористування може бути більш доступним варіантом, особливо для малого бізнесу чи аграрних підприємств, які не мають можливості викупити земельну ділянку у власність. Це дозволяє їм користуватися землею без значних початкових капіталовкладень, проте водночас встановлює певні обмеження щодо можливості зміни цільового призначення ділянки чи передачі її третім особам [54]. У таблиці 2.1 представлено порівняльний аналіз економічних переваг землеволодіння та землекористування.

Дана таблиця демонструє ключові відмінності між цими формами прав на землю за такими критеріями, як право власності, фінансові витрати, гнучкість у розпорядженні земельною ділянкою та перспективи використання. Цей аналіз дає змогу оцінити, який варіант є більш прийнятним для різних категорій землекористувачів залежно від їх фінансових можливостей та стратегічних цілей.

Таблиця 2.1

Порівняльна таблиця економічних переваг

Параметр	Землеволодіння	Землекористування
Право власності	Так	Ні
Обов'язковість платежів	Податок на землю	Орендна плата
Довгострокові перспективи	Вигідне володіння	Тимчасове використання
Гнучкість розпорядження	Максимальна	Обмежена договором
Фінансова доступність	Висока вартість придбання	Менші початкові витрати

Згідно з даними, які представлені у [93], вибір між землеволодінням і землекористуванням залежить від стратегічних цілей власника або користувача землі. Для довготривалих інвестицій та розвитку власного господарства оптимальним варіантом є землеволодіння, тоді як землекористування є доцільним для суб'єктів, що прагнуть уникнути значних капіталовкладень на початковому етапі.

Враховуючи значний економічний вплив землеволодіння та землекористування, важливо розглянути їхню роль у формуванні сталого розвитку територіальних громад, що є третьою складовою взаємодії (рис.2.1). Оптимальне управління земельними ресурсами не лише забезпечує фінансову стабільність через податкові надходження та залучення інвестицій, а й формує просторовий розвиток громад, сприяє збалансованому використанню земель та підвищує рівень життя населення.

Однак, економічна вигода є лише одним із аспектів, які визначають ефективність використання земельних ресурсів. Важливим чинником є також стратегічне планування розвитку громади, яке включає екологічні, соціальні та інфраструктурні аспекти [21,44,96]. Децентралізація та зміни у законодавстві надали громадам більше повноважень у розпорядженні землями, що вимагає від місцевої влади нових підходів до просторового

планування та інтеграції земельних ресурсів у загальну стратегію розвитку [34,53,60, 152].

Таким чином, аналізуючи економічні переваги різних форм землекористування, слід звернути увагу на їхній загальний вплив на розвиток територіальних громад. Саме поєднання фінансової ефективності з комплексним підходом до управління територією дозволяє забезпечити гармонійний розвиток громад, покращення інфраструктури та зростання соціально-економічного потенціалу регіонів.

Ефективне управління землеволодінням та землекористуванням є одним із ключових чинників економічного розвитку територіальних громад [94,102]. Вибір між правом власності на землю та її орендою впливає на рівень податкових надходжень, інвестиційну привабливість та раціональне використання ресурсів. На рис.2.2 представлено вплив ефективного управління, у контексті землеволодіння та землекористування на ТГ.



Рис. 2.2 Схема впливу ефективного управління, у контексті землеволодіння та землекористування на ТГ

Джерело: Систематизовано автором

Жодних сумнівів не викликає, те що ефективне управління у контексті землеволодіння та землекористування ТГ, складається із трьох представлених на рисунку 2.2 складових, адже громади мають стратегічний інтерес у раціональному використанні земельних ресурсів [60,93].

2.1.2 Управління землеволодінням та землекористуванням – ключовий фактор сталого функціонування громад

Управління землеволодінням та землекористуванням відіграє вирішальну роль у забезпеченні сталого функціонування громад через такі ключові аспекти:

Рівень податкових надходжень – земельний податок і орендна плата формують значну частину місцевих бюджетів [93].

Інвестиційну привабливість – громади можуть залучати бізнес шляхом надання пільгових умов користування землею або передачі її у власність інвесторам [28,60].

Раціональне використання ресурсів – чітке зонування та оптимальне планування сприяє сталому розвитку, це такий спосіб їх експлуатації, який враховує природні закономірності та потенційні можливості навколишнього середовища, створюючи умови для оптимального відтворення ресурсів і запобігаючи незворотним наслідкам [1,54,34,93,100].

Таким чином, грамотне управління землеволодінням та землекористуванням є основою для забезпечення економічної спроможності територіальних громад та їх сталого розвитку, що наочно демонструє рис.2.2.

Особливою умовою та певними правилами при формування землеволодінь та землекористувань у територіальних громадах відіграв процес децентралізації. Передача повноважень та ресурсів від центральних органів влади до місцевих дозволила громадам самостійно розпоряджатися земельними ресурсами, що сприяє їхньому економічному розвитку та ефективному управлінню територією.

Згідно з дослідженнями, децентралізація земельних відносин в Україні розпочалася у 2014 році і мала на меті створення механізму, який дозволяє вирішувати важливі питання на місцях за активної участі жителів без надмірного втручання центральних органів влади. Це забезпечило громадам

можливість самостійно планувати використання земельних ресурсів, залучати інвестиції та підвищувати рівень життя населення [112].

Важливим аспектом децентралізації є передача земель державної власності у комунальну власність територіальних громад. Цей процес дозволив громадам отримати контроль над значними земельними ресурсами, що створює передумови для раціонального їх використання та розвитку місцевої інфраструктури. Наукові дослідження підкреслюють, що ефективне управління переданими землями сприяє збалансованому розвитку територій та підвищенню інвестиційної привабливості регіонів [18,42,118,137].

Однак, процес децентралізації вимагає від місцевих органів влади належної підготовки та розуміння механізмів управління земельними ресурсами. Відсутність досвіду або недостатня кваліфікація можуть призвести до неефективного використання земель та втрати потенційних доходів. Тому важливо забезпечити навчання та підвищення кваліфікації працівників місцевого самоврядування у сфері земельних відносин [53,144].

Таким чином, децентралізація створила умови для більш ефективного та раціонального використання земельних ресурсів територіальними громадами, надаючи їм повноваження щодо управління та розпорядження землями на місцевому рівні.

Аналізуючи наукові праці, можна зробити висновок, що ефективне управління земельними ресурсами в територіальних громадах базується на збалансованому поєднанні різних форм землеволодіння та землекористування. Польова [69] акцентує увагу на важливості комунальних земель для забезпечення суспільних потреб, тоді як Берест [5] підкреслює роль оренди у стимулюванні економічної активності. Автор праці [84] звертає увагу на переваги прозорих процедур продажу земель через аукціони для наповнення місцевих бюджетів та залучення інвестицій.

Розглянемо детальніше практичні підходи до землеволодіння та землекористування, підкріплюючи їх конкретними прикладами та аналізом

наукових джерел. Вивчивши різні управлінські рішення територіальних громад можна систематизувати основні підходи до комбінування землеволодіння та землекористування. Першим із яких можна виділити це **комунальні землі для суспільних потреб.**

Територіальні громади часто використовують землі комунальної власності для задоволення соціальних, інфраструктурних та рекреаційних потреб. Наприклад, створення парків, дитячих майданчиків або будівництво шкіл на таких землях сприяє покращенню якості життя мешканців. Використання комунальних земель без передачі їх у приватну власність дозволяє громадам зберігати контроль над стратегічно важливими територіями та забезпечувати їхнє раціональне використання. Цей підхід підкріплюється дослідженнями, які наголошують на важливості збереження земель у комунальній власності для забезпечення суспільних інтересів [69].

Згідно зі статтею 83 Земельного кодексу України, землі, які належать на праві власності територіальним громадам, є комунальною власністю. Це означає, що громади мають право розпоряджатися цими землями в інтересах місцевого населення, використовуючи їх для суспільних потреб, таких як будівництво об'єктів соціальної інфраструктури.

Дослідження Гринько та Костяшкіна [20] підкреслює, що ефективне управління комунальними землями є ключовим для забезпечення соціально-економічних потреб населення. Автори наголошують на необхідності законодавчого врегулювання питань комунальної власності на землю та визначення території громад для забезпечення нерозривності їхніх меж. Руднев та ін. [80] зазначають, що об'єкти комунальної власності, включаючи земельні ділянки, складають матеріальну та фінансову основу місцевого самоврядування. Використання цих об'єктів для задоволення соціальних потреб населення, таких як освіта, охорона здоров'я та відпочинок, є пріоритетним напрямком діяльності територіальних громад.

Другим підходом є **оренда землі як механізм залучення інвестицій.** Оренда земельних ділянок є ефективним інструментом для залучення

бізнесу та інвестицій у громаду. Надаючи підприємцям можливість орендувати землю на вигідних умовах, громади стимулюють розвиток місцевої економіки без втрати контролю над земельними ресурсами. Це особливо важливо для малого та середнього бізнесу, який може не мати достатніх коштів для придбання землі у власність. Наукові джерела підкреслюють, що оренда землі дозволяє гнучко реагувати на змінні економічні умови та потреби громади, забезпечуючи при цьому стабільні надходження до місцевого бюджету [5].

Закон України "Про оренду державного та комунального майна" визначає, що основною метою оренди є прискорення економічного зростання, залучення іноземних і внутрішніх інвестицій, а також посилення фінансової спроможності підприємств державної або комунальної власності. Це підкреслює важливість оренди як інструменту для економічного розвитку громад.

Дослідження Руснака [83] акцентує увагу на тому, що надання підприємцям податкових пільг та вигідних умов оренди майна і землі є ефективними стимулами для залучення міжнародних інвестицій у територіальні громади. Це сприяє розвитку місцевої економіки та створенню нових робочих місць.

Крім того, аналітична доповідь Національного інституту стратегічних досліджень (2023) [62] підкреслює, що територіально-орієнтовані механізми стимулювання інвестицій, такі як спеціальні економічні зони та індустріальні парки, створюють сприятливі умови для бізнесу через надання пільгових умов оренди та оподаткування. Це дозволяє громадам залучати інвесторів та розвивати місцеву інфраструктуру.

І третім підходом до комбінації різних рішень є **передача землі у приватну власність через аукціони**. Продаж земельних ділянок через аукціони є прозорим методом залучення додаткових коштів до бюджету громади. Цей підхід забезпечує конкурентність та справедливість у процесі відчуження земель, а також гарантує, що земля потрапить до власника,

готового інвестувати в її розвиток. Дослідження показують, що проведення відкритих аукціонів сприяє підвищенню вартості земельних ділянок та збільшує довіру інвесторів до місцевої влади [84].

Продаж земельних ділянок через аукціони є прозорим та ефективним способом залучення додаткових коштів до бюджету громади. Цей метод забезпечує конкурентність і справедливість у процесі відчуження земель, гарантуючи, що земля потрапить до власника, готового інвестувати в її розвиток. Дослідження підтверджують, що проведення відкритих аукціонів сприяє підвищенню вартості земельних ділянок та збільшує довіру інвесторів до місцевої влади.

Згідно з інформацією, наданою на офіційному сайті електронної системи Prozorro.Sale [141], продаж земельних ділянок через аукціони унеможлиблює будь-які спекуляції та шахрайські схеми, що могли б виникнути в процесі продажу землі сільськогосподарського призначення. Це забезпечує прозорість та відкритість торгів, що є важливим для залучення інвесторів та наповнення місцевих бюджетів.

Крім того, дослідження Світового банку [87] підкреслює, що аукціонний продаж активів, включаючи земельні ділянки, є ефективним механізмом для забезпечення прозорості та конкурентності, що, у свою чергу, підвищує довіру інвесторів та сприяє економічному розвитку регіону.

Наукові дослідження також показують, що електронні аукціони сприяють підвищенню вартості земельних ділянок за рахунок залучення ширшого кола учасників торгів, що зменшує ймовірність заниження цін під час укладання угод. Наприклад, **аналітичний звіт Інституту економіки та прогнозування НАН України** [38] вказує на позитивний вплив цифрових платформ для аукціонного продажу землі, оскільки вони дозволяють мінімізувати корупційні ризики та забезпечують рівний доступ до державних активів.

Формування землеволодінь та землекористувань у територіальних громадах є ключовим аспектом ефективного управління земельними

ресурсами. Аналіз наукових підходів та законодавчих змін свідчить, що процеси децентралізації та реформи земельних відносин надали громадам широкі можливості для самостійного розпорядження землею.

Ефективне управління землеволодінням та землекористуванням сприяє економічному розвитку територіальних громад, стимулює інвестиційну привабливість, забезпечує фінансову стабільність та раціональне використання ресурсів, що є важливими складовими сталого розвитку.

2.2 Розробка методики цифрового моделювання землекористувань та землеволодінь громади

2.2.1 Аналіз використання ГІС-технологій та ДЗЗ для моделювання землекористувань та землеволодінь громади

Ефективне управління земельними ресурсами територіальних громад вимагає сучасних підходів до збору, обробки та аналізу просторових даних. Геоінформаційні системи стають невід'ємним інструментом у моделюванні землекористувань та землеволодінь, забезпечуючи комплексний підхід до прийняття рішень у сфері землеустрою.

ГІС дозволяють інтегрувати різноманітні дані про земельні ділянки, включаючи кадастрову інформацію, топографічні особливості, екологічний стан та інфраструктурні елементи. Це сприяє створенню детальних цифрових моделей територій, які відображають поточний стан землекористування та допомагають прогнозувати його зміни. Зокрема, використання ГІС-технологій у землевпорядному проектуванні дозволяє оптимізувати процеси планування та управління земельними ресурсами, підвищуючи їх ефективність та точність [95,110,111].

У дослідженні Рудомахи [81] представлено комплекс інструментів геоінформаційного аналізу для візуалізації геопросторової інформації та створення моніторингової основи з метою покращення використання земель територіальних громад. Автор пропонує алгоритм геоінформаційного

аналізу, що включає моделювання узагальнюючих показників, створення бази геоданих та візуалізацію даних аналізу. Результатом є побудова ГІС-карти зі значеннями інтегральних показників використання земель за регіонами, що дозволяє системно відображати регіональні характеристики та приймати обґрунтовані рішення щодо розвитку громад.

Пивовар та ін. [67] досліджують вплив структури земного покриву на податкові надходження місцевих бюджетів територіальних громад, використовуючи ГІС-технології. Автори підкреслюють, що геопросторовий моніторинг дозволяє оцінити зміни у використанні земель та їх вплив на фінансові показники громад. Використання ГІС сприяє підвищенню прозорості управління земельними ресурсами та ефективності прийняття рішень [65,68, 111].

У роботі Кондратюка [46] розглядаються переваги впровадження ГІС на рівні територіальних громад. Автор зазначає, що інформація, збережена в ГІС, дозволяє приймати оперативні рішення, а також аналізувати та моделювати землекористування з урахуванням природних та антропогенних факторів. ГІС також сприяє ефективному плануванню територій та управлінню земельними ресурсами

Мамонов та Пілічева [54] пропонують геоінформаційно-картографічний підхід до зонування земель, що передбачає оновлення планово-картографічного матеріалу на базі єдиного ГІС-проєкту. Цей підхід дозволяє створити план існуючого використання земель та забезпечити сприятливі умови для життєдіяльності населення. Автори підкреслюють важливість інтеграції різних тематичних шарів інформації для комплексного аналізу та прийняття рішень.

У дослідженні Шарого та ін. [106] розглядається застосування геопросторових баз даних для завдань консолідації земель в Україні. Автори акцентують увагу на важливості інтеграції кадастрових даних та інформації про землекористування в єдину ГІС для забезпечення ефективного

управління земельними ресурсами та підтримки процесів консолідації земель

У дослідженні [14] висвітлено важливість застосування ГІС у землевпорядному проектуванні та кадастрі територій. Автори підкреслюють, що впровадження ГІС-технологій дозволяє підвищити точність та ефективність обліку земельних ділянок, забезпечуючи швидкий доступ до актуальної інформації про правовий статус та використання земель. Це сприяє оптимізації процесів управління земельними ресурсами та прийняття обґрунтованих рішень щодо їх використання.

Сохнич та ін. [90] розглядають питання застосування ГІС в управлінні земельними ресурсами. Автори зазначають, що розвиток державної системи підготовки та підвищення кваліфікації кадрів у сфері землекористування є ключовим для вдосконалення управління земельними ресурсами. Впровадження ГІС дозволяє створити прозорий механізм управління, що має стратегічне значення для державного управління загалом.

Опара та Винограденко [63] досліджують можливості використання ГІС для вивчення екологічного стану земель населених пунктів. Вони підкреслюють, що ГІС-технології дозволяють ефективно аналізувати територіальну структуру господарського використання земель, сприяючи раціональному плануванню та охороні земельних ресурсів. Застосування ГІС забезпечує інтеграцію різноманітних даних, що є необхідним для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Русіна [82] акцентує увагу на важливості впровадження ГІС-технологій у навчальний процес підготовки фахівців у галузі геодезії та землеустрою. Авторка зазначає, що оволодіння сучасними ГІС-інструментами є необхідним для проведення якісної інвентаризації земель та управління ними. Використання ГІС у навчанні сприяє формуванню професійних компетентностей, що відповідають сучасним вимогам ринку праці.

Аналіз наукових публікацій свідчить [24,29,41,43,44,56,77,79,152], що ГІС-технології є ефективним інструментом для управління земельними

ресурсами в територіальних громадах та їх інвентаризації. Вони забезпечують інтеграцію просторових даних, підвищують прозорість землекористування та сприяють прийняттю обґрунтованих рішень щодо розвитку громад.

Основні проблеми, що залишаються актуальними:

- Необхідність підвищення кваліфікації спеціалістів у сфері ГІС.
- Актуалізація геопросторових даних, що є важливим для ефективного землекористування.
- Недостатня інтеграція ГІС з кадастровими та фінансовими базами даних, що ускладнює моніторинг використання земельних ресурсів.

Геоінформаційні системи є ефективним інструментом для просторового моделювання використання земель ТГ, оскільки вони забезпечують комплексний підхід до збору, аналізу та візуалізації даних про землекористування. Однак, для повноцінного моніторингу та оцінки динаміки змін у використанні територій громади необхідне залучення додаткових джерел інформації, які забезпечують актуальні та високоточні дані про стан земельних ресурсів.

У цьому контексті дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) виступає потужним доповненням до ГІС, дозволяючи проводити аналіз змін землекористування на основі супутникових знімків та аерознімання. Завдяки використанню ДЗЗ можна отримувати інформацію про зміни в структурі земельного покриття, оцінювати динаміку природних процесів, виявляти антропогенні впливи та прогнозувати майбутні трансформації земельних ресурсів. [3,103-105].

Дослідження, проведене в Ізяславському районі Хмельницької області, продемонструвало ефективність використання багатоспектральних знімків супутника Landsat для вивчення динаміки площ поверхневих вод протягом 1975–2018 років. Аналіз супутникових даних дозволив виявити тенденції зменшення площі водойм та оцінити вплив природних і антропогенних факторів на ці зміни [15].

У Поліському регіоні України було застосовано ДЗЗ та геоінформаційні системи для оцінки природно-антропогенних трансформацій озер. Використовуючи ресурс Google Earth, дослідники проаналізували зміни площі озер та виявили тенденції до їх зменшення, що пов'язано з неконтрольованим видобутком підземних вод та іншими антропогенними впливами. [48]

ГІС та ДЗЗ-технології активно використовуються для вивчення територіальної структури господарського використання земель. Це дозволяє ефективно класифікувати типи землекористування, моніторити зміни в структурі земельних угідь та планувати раціональне використання територій [52, 119].

ДЗЗ застосовується для спостереження за змінами в лісових екосистемах, включаючи виявлення вирубок, оцінку стану лісів та їх відновлення. Супутникові дані дозволяють оперативно виявляти незаконні вирубки та оцінювати ефективність заходів з відновлення лісів [52,88,89].

Також за допомогою ДЗЗ можна контролювати стан сільськогосподарських угідь, оцінювати врожайність, виявляти посухи або затоплення. Це сприяє оптимізації агротехнічних заходів та підвищенню ефективності використання земельних ресурсів [10,52,71,89].

На основі літературних джерел та наукових досліджень [3,15,52,89, 57,103-105,120,114] систематизовано основні напрямки використання ДЗЗ для аналізу змін землекористування (Рис. 2.3).



Рис. 2.3 Основні напрями використання ДЗЗ для аналізу змін землекористування у територіальних громадах. Джерело:

Систематизовано автором

Аналізуючи основні теги рис. 2.3 визначення змін у землекористуванні є необхідним та об'єктивним завдяки його здатності оперативно й регулярно надавати актуальні дані, забезпечуючи моніторинг великих територій без значних фінансових і часових затрат. Супутникові та аерознімки фіксують реальний стан землекористування з високою точністю, усуваючи вплив людського фактора та дозволяючи об'єктивно оцінювати динаміку змін. Використання ГІС-технологій і штучного інтелекту дає змогу автоматизовано аналізувати великі обсяги даних, ідентифікувати незаконні зміни, деградацію земель або несанкціоноване використання територій. Такий підхід є ефективним для стратегічного планування, екологічного моніторингу та просторового аналізу, що робить ДЗЗ незамінним інструментом у сфері управління земельними ресурсами.

Хоча використання ДЗЗ для аналізу змін землекористування має значні переваги, такі як оперативність та масштабність, існують певні обмеження. Зокрема, точність отриманих даних залежить від просторової розрізненості супутникових знімків та наявності хмарного покриву під час зйомки. Крім того, інтерпретація даних потребує високої кваліфікації та використання додаткових наземних спостережень для верифікації результатів.

У майбутньому інтеграція ДЗЗ з іншими технологіями, такими як безпілотні літальні апарати та наземні сенсори, а також розвиток методів опрацювання великих даних та штучного інтелекту, можуть значно підвищити точність та ефективність аналізу змін землекористування.

Одним із ключових напрямків розвитку цифрових технологій у земельних відносинах є трансформація процесів землеустрою та кадастру.

Сучасні методики, такі як розглянуті у дослідженні [68], здебільшого фокусуються на окремих аспектах цифрового моделювання, включаючи кадастровий облік, моніторинг змін у землекористуванні або просторове планування. Однак ефективне управління земельними ресурсами потребує комплексного підходу, який би включав юридичні, економічні, екологічні та соціальні аспекти. Наприклад, аналіз економічного потенціалу території

громади, що описаний у дисертаційному дослідженні Кузьміна [47], дозволяє прогнозувати перспективні напрямки розвитку землекористування та враховувати майбутні зміни у законодавстві.

Значну увагу питанням територіально-просторового планування приділяють дослідники, які аналізують сучасні тенденції у розвитку землекористування. У роботі Третьяка і співавторів [93] представлено аналіз сучасних систем планування територій як в Україні, так і за кордоном. Автори підкреслюють важливість комплексного підходу до планування, що передбачає використання ГІС та аналітичних методів для прогнозування розвитку земельних відносин. Вони також акцентують увагу на європейських практиках просторового планування, адаптація яких може сприяти ефективному використанню територіальних ресурсів громад в Україні. За їх висновками, сучасні методики часто не враховують можливостей прогнозування змін у землекористуванні. У свою чергу, використання геостатистичних моделей та алгоритмів машинного навчання дозволяє створювати прогностичні моделі, які допомагають визначати потенційні сценарії розвитку громади. Такий підхід є особливо актуальним для планування інфраструктури та забезпечення збалансованого використання земельних ресурсів.

Сучасні підходи до цифрового моделювання земель активно досліджуються в межах міжнародних наукових конференцій. У збірнику матеріалів IV Міжнародної науково-практичної конференції "Інноваційні технології у плануванні територій" [37] розглядаються новітні методи використання ГІС для моделювання рельєфу, оцінки змін у землекористуванні та прогнозування екологічного стану територій. Важливим аспектом досліджень є впровадження цифрових моделей місцевості, що дозволяють підвищити точність обліку земельних ресурсів, а також покращити прийняття управлінських рішень у територіальних громадах.

Детальний аналіз земельних відносин у сільськогосподарській сфері здійснено в дисертаційному дослідженні Кузьміної "Удосконалення земельних відносин в сільськогосподарських підприємствах" [47]. Авторка досліджує вплив різних чинників на розвиток земельних відносин, пропонуючи механізми їхнього вдосконалення з урахуванням сучасних тенденцій у сфері цифрового моделювання земельних ресурсів. У дослідженні акцентується увага на необхідності запровадження цифрових технологій у сфері аграрного землекористування, що сприятиме ефективному управлінню земельними ресурсами.

Аналіз літератури [47, 68,70, 71] свідчить про необхідність інтеграції різних джерел даних у процес цифрового моделювання. Сучасні дослідження показують, що дані дистанційного зондування, кадастрові реєстри та результати екологічного моніторингу повинні бути об'єднані в єдину цифрову платформу, яка дозволить оперативно аналізувати стан земель та прогнозувати їх розвиток.

Окремий напрямок досліджень стосується застосування геоінформаційних систем у кадастрових процесах. В роботі [19] розглядаються сучасні принципи використання ГІС-технологій для створення та ведення кадастрів. Особлива увага приділяється цифровому моделюванню рельєфу, методам тривимірного моделювання та їх застосуванню у кадастрових і землевпорядних роботах. Використання таких технологій дозволяє підвищити точність обліку земельних ресурсів, що є ключовим аспектом ефективного управління територіями громад.

Аналіз наукових публікацій у сфері цифрового моделювання земель громади свідчить про активний розвиток цього напрямку. Основними тенденціями є впровадження ГІС-технологій у територіальне планування, розвиток національних геопросторових інфраструктур, цифрове моделювання рельєфу та інтеграція дистанційного зондування землі у процеси управління земельними ресурсами. Водночас, дослідження вказують на необхідність подальшого вдосконалення методик, які б

забезпечували комплексний підхід до моделювання земель громад, включаючи аспекти правового регулювання, екологічного моніторингу та стратегічного планування територій.

2.2.2 Методика цифрового моделювання земель громади

На основі аналізу наукових джерел можна виділити ключові відмінності між потребами в новій методиці та вже існуючими підходами [68,93,103-105]. Основні відмінності представлені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Основні відмінності методик цифрового моделювання земель громади. Джерело: розроблено автором

Критерій	Існуючі методики	Побажання в новій методиці
Підхід до моделювання	Окремі аспекти землекористування (кадастр, екологія)	Комплексна модель, що поєднує всі аспекти земельних ресурсів
Прогнозування змін	Аналіз поточного стану	Використання алгоритмів прогнозування
Інтеграція даних	Локальні кадастрові дані	Використання багатоджерельних даних
Відкритість	Доступ для фахівців	Створення відкритих геопорталів
ГІС-інструменти	Статичні карти	Динамічне моделювання та аналіз
Економічні аспекти	Мінімальне врахування економічних факторів	Оцінка вартості земель та їх потенціалу розвитку

Таким чином, нова методика цифрового моделювання земель громади повинна враховувати сучасні технології, інтегрувати дані з різних джерел, забезпечувати прогнозування змін та бути доступною для широкого кола користувачів. Це дозволить територіальним громадам ефективніше управляти земельними ресурсами, планувати розвиток територій та залучати інвестиції [30,40,41].

Однак, на основі проведеного аналізу можна відзначити, що більшість досліджень зосереджуються на окремих аспектах використання ГІС і ДЗЗ,

таких як класифікація земного покриву, оцінка придатності земель для певних видів використання або моніторинг змін у землекористуванні. При цьому недостатньо розроблені комплексні методики цифрового моделювання земель громади, що поєднують усі етапи – від збору первинних даних до створення інтегрованих геоінформаційних рішень для управління земельними ресурсами [8] .

Наступним етапом дослідження є розробка методики цифрового моделювання земель громади, яка враховуватиме як сучасні підходи до просторового аналізу, так і специфічні потреби територіальних громад щодо управління земельними ресурсами. Запропонована методика повинна забезпечити створення єдиної геоінформаційної моделі території, що дозволить ефективно управляти землекористуванням, планувати розвиток громади та забезпечувати прозорість прийняття рішень у сфері земельних відносин.

Сучасні підходи вже демонструють ефективність використання ГІС-технологій, дистанційного зондування Землі та національних геопросторових інфраструктур, проте вони не завжди враховують специфіку управління земельними ресурсами саме на рівні територіальних громад. Тому необхідно розробити методику, яка буде більш адаптованою до сучасних викликів і потреб громад. На рис. 2.4 представлено вимоги до ключових аспектів при розробці методики цифрового моделювання земель громади.

Відповідно до вимог, що представлені на рис. 2.4 цифрове моделювання земель громади базується на комплексному підході, який дозволяє враховувати всі аспекти землекористування та забезпечує ефективне управління територіальними ресурсами.



Рис. 2.4. Вимоги до ключових аспектів при розробці методики цифрового моделювання земель громади Джерело: розроблено автором

Для цього методика передбачає інтеграцію просторових даних, використання сучасних аналітичних методів, залучення геоінформаційних систем як основного інструменту управління та забезпечення відкритості інформації для громади. Однією з основних особливостей цифрового моделювання є комплексний підхід до аналізу земель громади [8].

Традиційні методики здебільшого розглядають лише окремі аспекти – кадастровий облік, моніторинг змін у землекористуванні або просторове планування. Натомість новий підхід враховує територію громади як цілісну систему, в якій взаємопов'язані юридичні, економічні, екологічні та соціальні фактори.

Це включає аналіз правового статусу земель, оцінку економічного потенціалу території, моніторинг екологічних параметрів (родючість ґрунтів, наявність деградованих земель) та врахування соціальних аспектів, таких як доступність земель для розвитку громади.

Для детального аналізу землекористування використовується багаторівневе моделювання. На відміну від традиційних методів, що фіксують лише поточний стан земельних ресурсів, сучасні алгоритми машинного навчання та геостатистичні моделі дозволяють прогнозувати зміни землекористування. Це дає змогу визначити, як економічні, демографічні та природні чинники впливатимуть на територію громади у майбутньому. Завдяки цьому громади можуть планувати стратегію розвитку на довгострокову перспективу та приймати обґрунтовані рішення щодо зонування, розширення забудови чи збереження природних територій [8].

Ключовим елементом цифрового моделювання є інтеграція даних із різних джерел. Використання матеріалів ДЗЗ та аерознімання дозволяє отримувати актуальні просторові дані. Інформація з кадастрового реєстру та реєстру нерухомості допомагає визначити юридичний статус земельних ділянок. Геоекологічні дослідження дають змогу оцінювати стан земель, а соціально-економічні показники дозволяють прогнозувати розвиток території. Поєднання цих даних у єдиній моделі дає змогу створювати не

лише статичні кадастрові карти, а й динамічні моделі, що відображають зміни у землекористуванні та прогнозують їх майбутній розвиток.

ГІС є основною платформою для управління земельними ресурсами. ГІС-технології вже використовуються у кадастрових реєстрах та просторовому плануванні, проте вони часто працюють відокремлено від економічних, екологічних та соціальних моделей. удосконалена методика передбачає створення єдиної цифрової моделі громади, яка об'єднуватиме просторові карти землекористування, дані про економічну цінність земель, екологічні характеристики території та соціально-демографічну ситуацію. Це дозволить громадам аналізувати всі аспекти територіального розвитку та ефективніше управляти земельними ресурсами.

Одним із важливих аспектів вдосконаленої методики повинна бути відкритість та доступність даних. Багато сучасних підходів орієнтовані переважно на використання державними установами або спеціалізованими організаціями. Проте у контексті децентралізації управління важливо, щоб громадяни та органи місцевого самоврядування мали доступ до інформації про стан земельних ресурсів. Для цього необхідно створити відкриті геоінформаційні портали, які надаватимуть можливість переглядати, аналізувати та взаємодіяти з інформацією у зручному форматі. Інтерактивні платформи мають забезпечувати механізми зворотного зв'язку, що дозволять громадам брати активну участь у прийнятті рішень щодо землекористування.

Розробка методик цифрового моделювання землекористувань та землеволодінь передбачає не лише фіксацію наявних даних про територію громади, але й формування комплексної системи управління земельними ресурсами. У цьому процесі важливу роль відіграють алгоритм побудови процесу картографування територіальної громади та інтеграція просторових моделей для управління територіями громад. Ці два процеси взаємопов'язані та мають бути обов'язково враховані при розробці цих методик (рис.2.5).

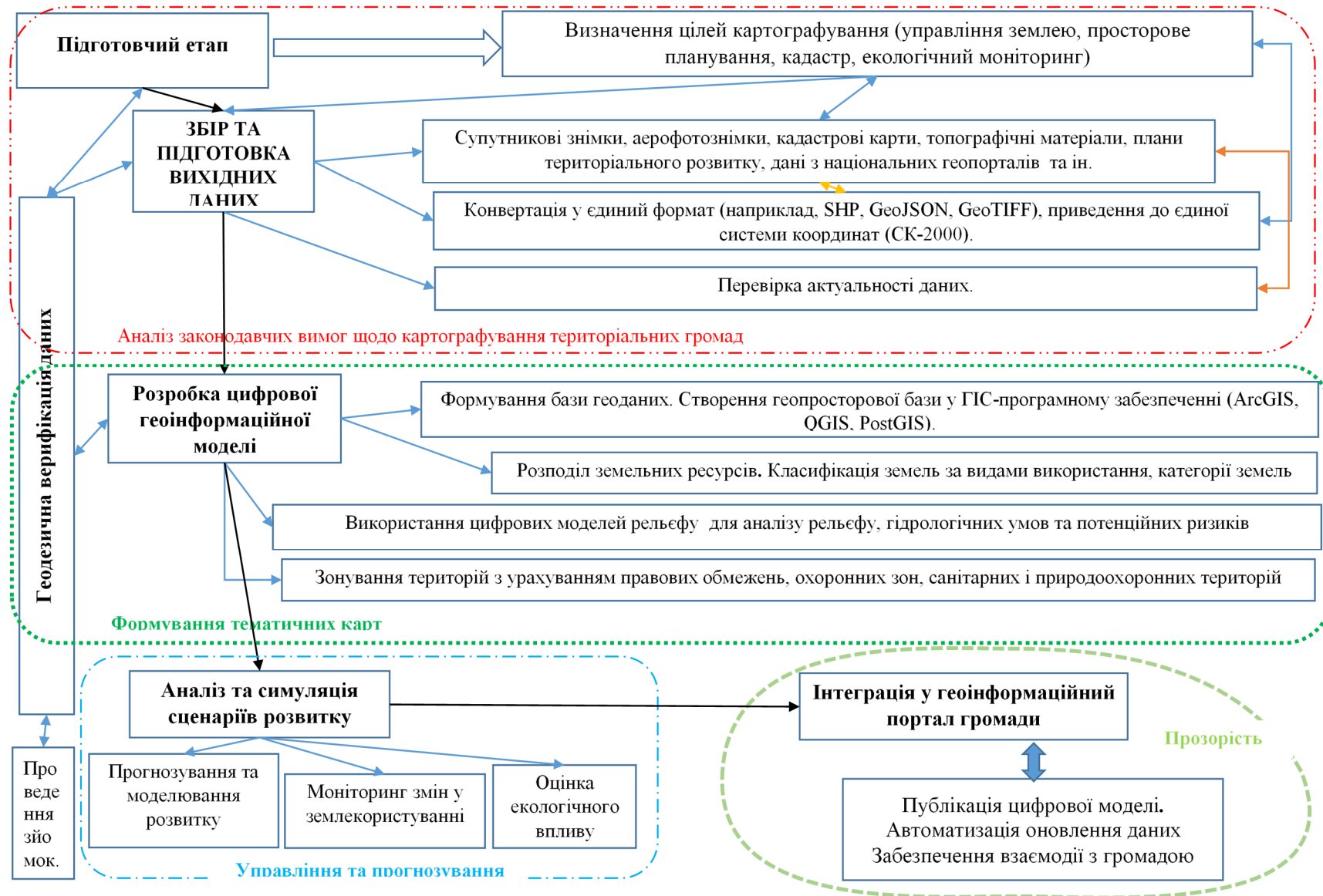


Рис. 2.5 Методика цифрового моделювання землекористувань та землеволодінь територіальної громади Джерело: розроблено автором

Цифрове моделювання земель громади є основою для ефективного управління територіальними ресурсами, просторового планування та моніторингу землекористування. Методика передбачає інтеграцію геопросторових даних, використання ГІС-технологій, ДЗЗ та сучасних аналітичних інструментів для створення детальної цифрової моделі земель громади.

Як видно із схеми, представленої на рис. 2.5, процес цифрового моделювання земель громади є складною та багаторівневою системою, що включає інтеграцію геопросторових даних, використання сучасних інформаційних технологій та аналітичних інструментів для створення детальної цифрової моделі території. Усі етапи цього процесу взаємопов'язані між собою та спрямовані на формування єдиної платформи для ефективного управління земельними ресурсами громади.

На початковому етапі відбувається збір та обробка різноманітних вихідних даних, що включають інформацію з кадастрових карт, топографічних матеріалів, ДЗЗ та геоінформаційних порталів. Ці дані проходять процес стандартизації, узгоджуються за єдиною системою координат, перевіряються на актуальність та доповнюються польовими вимірюваннями, що забезпечує високу точність отриманої інформації.

Подальше опрацювання передбачає створення геоінформаційної моделі громади, яка відображає всі ключові аспекти землекористування. Використання спеціалізованих програмних засобів дозволяє структурувати просторові дані та класифікувати землі за видами використання. Впровадження цифрових моделей висот дає змогу враховувати рельєф території, гідрологічні умови та можливі ризики природних процесів. Крім того, проводиться зонування території з урахуванням правових обмежень, охоронних зон та екологічних чинників, що є важливим для комплексного управління ресурсами громади.

У процесі подальшого аналізу цифрова модель використовується для моніторингу змін у землекористуванні, прогнозування розвитку території та

оцінки екологічного впливу. Порівняння історичних даних із сучасними знімками дозволяє визначати тенденції змін та моделювати можливі сценарії розвитку населених пунктів. Використання сучасних алгоритмів обробки даних, зокрема машинного навчання, сприяє точному прогнозуванню змін у землекористуванні та оцінці наслідків для екосистеми [8].

Важливим аспектом методики є інтеграція отриманих результатів у геоінформаційний портал громади. Це дозволяє створити доступну для всіх користувачів цифрову платформу, де можна переглядати просторові дані, отримувати інформацію про земельні ділянки, оцінювати потенційні ризики та планувати використання територій. Використання відкритих веб-інструментів забезпечує прозорість земельного кадастру, автоматизоване оновлення даних та зворотний зв'язок між громадянами та місцевою владою.

Загалом цифрове моделювання земель громади є ключовим інструментом для ефективного управління територією, раціонального використання природних ресурсів та створення сприятливих умов для розвитку громади. Завдяки комплексному підходу, що поєднує сучасні технології, просторовий аналіз та відкритість даних, цей процес дозволяє не лише підтримувати актуальний стан кадастрових даних, а й сприяти прийняттю обґрунтованих рішень щодо розвитку земельного фонду громади.

Алгоритм цифрового моделювання землекористування є основою, яка забезпечує достовірність вихідних даних для створення просторових моделей. У свою чергу, інтеграція цих моделей дозволяє:

- використовувати отримані карти для моделювання змін у землекористуванні;
- аналізувати взаємозв'язки між територіальними об'єктами та прогнозувати їх розвиток;

- створювати інтерактивні системи для прийняття рішень щодо управління земельними ресурсами громади;
- забезпечувати картографічною основою необхідну точність просторового моделювання та інтегрувати статистичні та атрибутивні дані для вирішення завдань стратегічного управління земельними ресурсами.

Після створення цифрової картографічної основи наступним етапом є інтеграція цих даних у систему управління територіями громади. Просторові моделі дозволяють не лише аналізувати існуючий стан земельних ресурсів, а й прогнозувати майбутні зміни.

Інтеграція просторових моделей в управління територіями громади передбачає комплексний підхід до аналізу, планування та моніторингу землекористування. На рис. 2.6 наведено основні етапи цього процесу, а також перелік моделей та джерел їх отримання.

Як видно із схеми, представленої на рисунку 2.6, інтеграція просторових моделей для управління територіями громади є складним, але послідовним процесом, що охоплює всі ключові аспекти аналізу, планування та моніторингу землекористування. Основною метою є створення єдиної цифрової платформи, яка дозволяє громадам ефективно управляти територіями, приймати обґрунтовані рішення щодо просторового розвитку та забезпечувати прозорість у використанні земельних ресурсів.

Першим кроком у цьому процесі є підготовчий етап, який передбачає визначення цілей інтеграції моделей та збір необхідних вихідних даних. Це включає кадастрову інформацію, геодезичні дані, супутникові знімки та соціально-економічні показники, що надаються державними установами, такими як Державний земельний кадастр України, геодезичні служби та міжнародні супутникові програми (Copernicus, Landsat). Отримані дані проходять валідацію, перевірку актуальності та адаптацію, після чого вони стають основою для подальшого просторового аналізу.

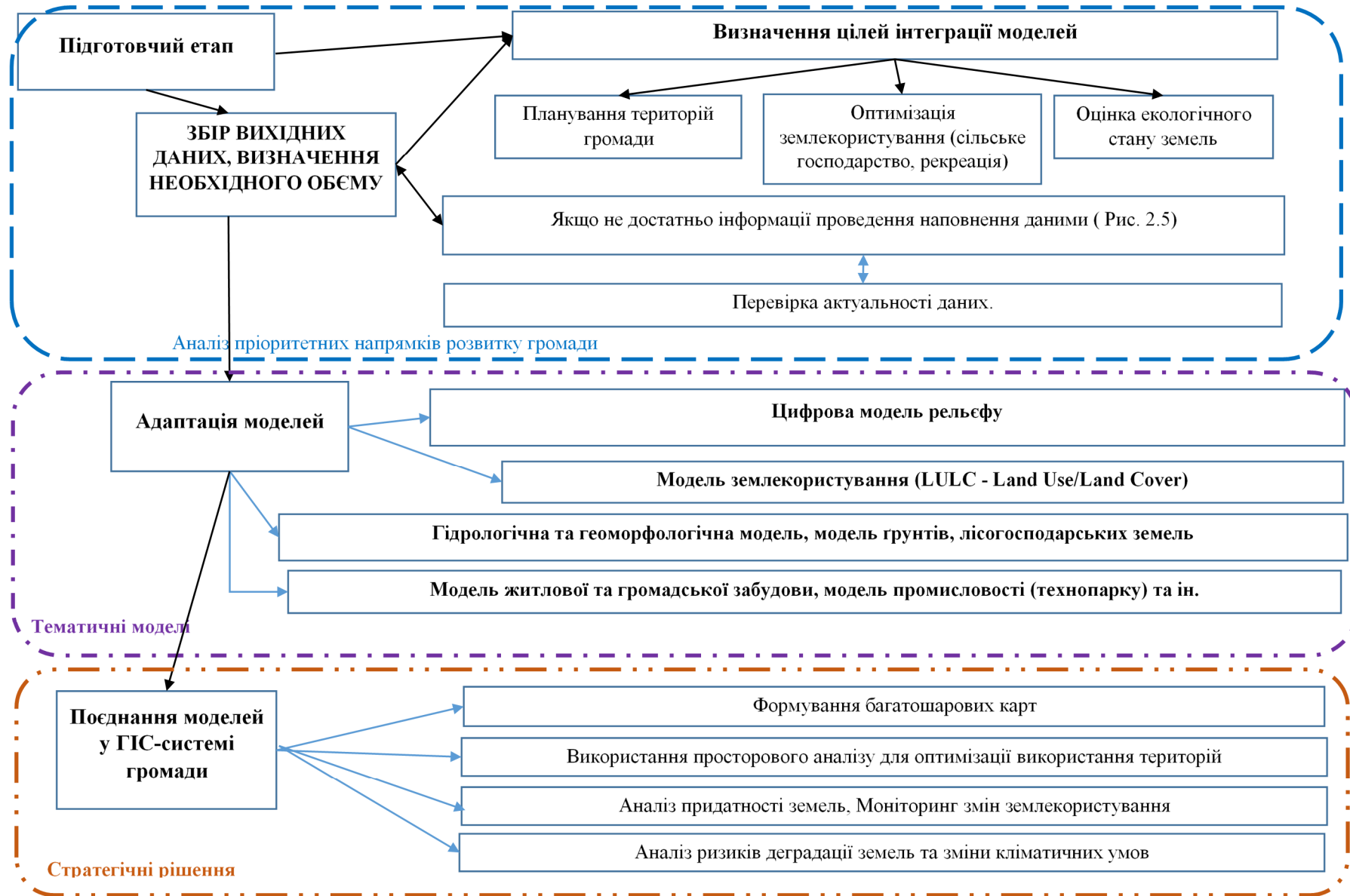


Рис.2.6 Етапи інтеграції просторових моделей для управління територіями громад. Джерело: розроблено автором

Наступним етапом є адаптація моделей, що дозволяє геоприв'язати всі отримані дані в єдиній координатній системі та забезпечити їхню сумісність у загальній геоінформаційній платформі. Використовуються спеціалізовані формати даних, такі як Shapefile, GeoTIFF, WMS, які дозволяють інтегрувати різномірну інформацію в єдину систему. Важливою складовою цього процесу є опрацювання супутникових знімків та аерознімків, що виконується за допомогою програмного забезпечення QGIS, ArcGIS та ERDAS Imagine. Це дає можливість виявити зміни у землекористуванні та землеволодінні, оновлювати кадастрові карти та проводити перевірку точності отриманих результатів.

Центральним компонентом інтеграції є побудова різних просторових моделей, які допомагають оцінювати особливості територій громади. До основних моделей належать цифрова модель рельєфу, модель землекористування, гідрологічна модель, модель ґрунтів та лісогосподарських земель, а також модель житлової, громадської та промислової забудови [8,10,12,35,109,152]. Джерелами інформації для створення цих моделей слугують відкриті глобальні бази, національні геопортали та дані польових вимірювань. Після створення всі моделі об'єднуються в єдину ГІС-систему громади, що дозволяє здійснювати просторовий аналіз та приймати стратегічні рішення.

Подальше використання цих моделей передбачає їхнє застосування в управлінні територіями громади. Це включає просторове планування, оцінку придатності земель для різних типів використання, моніторинг змін у землекористуванні та оцінку екологічного впливу. Завдяки автоматизованим інструментам можна виявляти тенденції зміни землекористування, прогнозувати можливі екологічні ризики та розробляти заходи для запобігання деградації земель. Також важливим є використання інтерактивних карт та відкритих веб-порталів, що дозволяють громадянам та інвесторам отримувати актуальну інформацію про земельні ресурси громади.

Завершальним етапом є постійне оновлення та валідація моделей. Для цього використовуються відкриті джерела даних, регулярні геодезичні вимірювання та механізми зворотного зв'язку з користувачами. Залучення громадськості через краудсорсингові платформи дозволяє підвищити точність картографічної інформації та зробити процес управління земельними ресурсами більш прозорим і доступним.

Таким чином, інтеграція просторових моделей у систему управління територіями громади дозволяє створити комплексну систему управління земельними ресурсами, що базується на точних даних, сучасних технологіях та відкритому доступі до інформації. Це сприяє покращенню планування територіального розвитку, підвищенню ефективності використання земель та забезпеченню сталого розвитку громад.

Геоінформаційне забезпечення є ключовим елементом цифрового моделювання земель громади, оскільки воно забезпечує інтеграцію різномірних просторових даних, їх обробку та аналітичне використання для управління територіями [8,17,99,152]. Використання ГІС-технологій, цифрових моделей рельєфу, кадастрових даних та супутникових знімків дозволяє створювати комплексні просторові моделі, які дають змогу ефективно аналізувати структуру землекористування, прогнозувати зміни та приймати обґрунтовані рішення щодо розвитку громади [8,22,23,58]. Інтеграція цих даних у єдину систему сприяє підвищенню прозорості земельного кадастру, покращенню територіального планування та забезпеченню стійкого використання земельних ресурсів громади.

2.3 Створення та розвиток ГІС для удосконалення системи землеволодінь та землекористувань громади

2.3.1 Аналіз сучасного стану топографо-геодезичного забезпечення територіальних громад

Формування ефективної системи землеволодінь та землекористувань територіальних громад є неможливим без створення, ведення та постійного

оновлення геопросторових даних. Саме на основі таких даних здійснюється управління земельними ресурсами, визначення правових меж територій, планування розвитку населених пунктів та врахування природоохоронних та інженерно-геологічних обмежень.

Одним із ключових аспектів у цьому процесі є організація виробництва базових геопросторових даних, які є основою для всіх тематичних земельних наборів даних. Для якісного функціонування земельної системи громади необхідно забезпечити наявність актуальних ортофотопланів та цифрових топографічних планів масштабів 1:2000 та 1:500. На жаль, у багатьох громадах саме їх відсутність створює перешкоди для ефективного управління земельними ресурсами.

Однією з ключових проблем формування просторової інформації є використання застарілих топографічних планів, що не відповідають реальному стану території. Як зазначено в роботі, присвяченій геодезичному встановленню меж земельних ділянок, відсутність актуальних картографічних матеріалів ускладнює процес землеустрою та коректне визначення меж власності [55,102]. Подібну думку висловлюють і інші дослідники, підкреслюючи, що картографічні матеріали, створені без використання сучасних технологій, не забезпечують необхідного рівня деталізації та точності для вирішення завдань землевпорядкування [37].

Недостатня точність геодезичних мереж є ще одним фактором, що унеможлиблює коректне визначення меж земельних ділянок. Згідно з дослідженням, проведеним в межах аналізу національної інфраструктури геопросторових даних, більшість державних картографічних матеріалів є застарілими, а відсутність сучасних методів вимірювання призводить до значних похибок у кадастрових записах [16]. У той же час наголошується на важливості застосування супутникових технологій для підвищення точності геодезичних вимірювань та мінімізації похибок у визначенні меж [16, 50].

Ще однією проблемою, що широко висвітлюється в літературі, є низька частота оновлення просторових даних. У дослідженнях зазначається, що

більшість даних, що використовуються для землепорядкування, оновлюються із значними затримками, що робить їх непридатними для актуальних управлінських рішень [77]. Автори рекомендують впровадження системи автоматизованого збору та оновлення даних на основі безпілотних літальних апаратів та супутникового моніторингу.

Для подолання зазначених проблем пропонується впровадження Єдиної цифрової топографічної основи (ЄЦТО). Дослідження показують, що використання аерознімання та супутникових зображень високої роздільної здатності дозволяє значно підвищити точність топографічних карт та забезпечити оперативне оновлення просторових даних [51,55]. Інші дослідники наголошують на тому, що створення ЄЦТО сприятиме не лише підвищенню точності земельного кадастру, а й оптимізації процесів містобудівного планування та екологічного моніторингу [16,17,51].

Відповідно до досліджень на сьогодні існує кілька основних проблем, які ускладнюють формування актуальної просторової інформації про землекористування:

- Відсутність або застарілість топографічних планів, що призводить до невідповідності даних реальному стану речей.
- Недостатня точність геодезичної прив'язки ділянки, що унеможливорює коректне визначення меж землеволодінь.
- Відсутність постійного механізму оновлення даних, що є критично важливим для динамічних змін у землекористуванні.

Для вирішення цих питань пропонується впроваджувати Єдину цифрову топографічну основу (ЄЦТО), яка забезпечить системний підхід до ведення просторових даних громади. Вона формується на основі аерофотозйомки та космічних знімків високої роздільної здатності, що дозволяє отримати точні й детальні карти для землекористування.

Отже, як бачимо важливою основою без якої неможливо сформувати будь які георпросторові дані для функціонування ГІС в ТГ є топографічна

основа. Що у свою чергу підкреслює важливість топографо-геодезичного забезпечення територіальної громади.

Забезпечення територіальних громад актуальною та точною топографо-геодезичною інформацією є критично важливим для ефективного просторового планування, землекористування, розвитку інфраструктури та управління природними ресурсами. Якість геопросторових даних значною мірою залежить від правильності їх збору, обробки та оновлення, що визначає необхідність застосування сучасних геодезичних методів і технологій.

Процес топографо-геодезичного забезпечення охоплює послідовність важливих дій, які спрямовані на забезпечення актуальними, точними та взаємоузгодженими геопросторовими даними. На початковому етапі здійснюється інвентаризація та аналіз наявних картографічних матеріалів. Оцінюється якість, точність і відповідність існуючих топографічних планів і карт сучасним вимогам. За результатами цього аналізу визначаються потреби у проведенні нових зйомок, а також формується каталог метаданих, який публікується на національному геопорталі НІГД.

У випадках, коли використовуються старі паперові карти, здійснюється їх сканування та переведення у цифровий формат, що дозволяє проводити подальшу геопросторову обробку. Після цього всі векторні та растрові матеріали трансформуються в єдину систему координат – УСК-2000, яка є державною геодезичною референцною системою. Це забезпечує узгодженість даних та можливість їх інтеграції з іншими геопросторовими наборами.

Необхідною складовою цього процесу є реконструкція геодезичних мереж, що передбачає відновлення та оновлення опорних пунктів, які слугують базою для точного визначення координат і висотних характеристик місцевості. Наступним кроком є проведення топографічної зйомки, яка може виконуватися за допомогою аерознімання, безпілотних

літальних апаратів або наземними геодезичними методами – залежно від конкретних потреб та умов території.

На основі отриманих даних створюються або оновлюються топографічні плани у масштабах 1:10 000 та 1:2 000, а за потреби – у масштабах 1:1 000 або 1:500. Такі плани є основою для містобудівного планування, проєктування інженерної інфраструктури, доріг, мереж та інших об'єктів. Завершальним етапом є впровадження ЄЦТО, яка забезпечує інтеграцію й ефективне використання геопросторових даних у єдиному цифровому середовищі територіальної громади.

У разі відсутності актуальної топографічної основи доцільно звертатися до відкритих джерел геопросторових даних. Однак використання таких ресурсів потребує ретельної перевірки та критичного аналізу, оскільки їхня точність, оновленість і відповідність офіційним кадастровим та геодезичним стандартам можуть суттєво відрізнятися. Йдеться не лише про загальнодоступні державні геопортали та відкриті бази даних, а й про альтернативні джерела, такі як краудсорсингові ініціативи, волонтерські проєкти або дані, отримані в межах грантових програм.

Краудсорсингові платформи, зокрема OpenStreetMap (OSM), дозволяють отримувати детальну інформацію про рельєф, об'єкти інфраструктури та землекористування. Проте їх використання у професійній діяльності потребує додаткової верифікації, оскільки такі дані можуть містити неточності через відсутність офіційного геодезичного контролю. Волонтерські проєкти, спрямовані на оновлення геопросторових даних, можуть стати цінним джерелом інформації, особливо в регіонах, де немає офіційних топографічних матеріалів або вони застарілі. Однак слід враховувати, що методи збору та узагальнення даних у таких ініціативах можуть не відповідати загальноприйнятим стандартам точності.

Грантові програми часто підтримують створення та поширення геопросторових даних для соціально-економічного розвитку громад, екологічного моніторингу чи містобудівного планування. Вони можуть

надавати доступ до високоякісних супутникових знімків, аналітичних інструментів та програмного забезпечення. Проте в процесі інтеграції таких даних у муніципальні системи управління територіями необхідно враховувати їхню актуальність, джерело отримання та методологію обробки.

Таким чином, використання відкритих джерел може стати ефективним рішенням у ситуаціях, коли офіційні геопросторові дані недоступні або застарілі, але для їх застосування потрібен критичний підхід, оцінка достовірності та можливість узгодження з державними стандартами картографування та кадастру.

2.3.2 Програмні засоби та інструменти для створення геоінформаційних систем територіальних громад

Програмні засоби та інструменти для створення геоінформаційних систем (ГІС) є ключовими елементами в розробці інтерактивних систем управління геопросторовими даними. Вони забезпечують ефективне збирання, зберігання, аналіз та візуалізацію геоданих, що робить їх незамінними для управління територіальними ресурсами.

Сучасні ГІС-програми, такі як ArcGIS, QGIS та MapInfo, пропонують широкий спектр можливостей для роботи з геопросторовими даними, включаючи створення карт, проведення просторового аналізу та публікацію результатів. ArcGIS, наприклад, відзначається своєю інтегрованою екосистемою інструментів, яка дозволяє об'єднувати дані з різних джерел та створювати комплексні геоаналітичні рішення. Відкрите програмне забезпечення, як-от QGIS, забезпечує доступність і гнучкість, що робить його популярним серед невеликих організацій та громад.

Для інтеграції геопросторових даних у вебсередовище широко застосовуються серверні платформи, такі як GeoServer, MapServer та ArcGIS Online. GeoServer надає інструменти для публікації даних через

стандартизовані вебсервіси, що сприяє зручності обміну інформацією та інтеграції з іншими системами. Бібліотеки для вебмапінгу, як-от Leaflet, OpenLayers і CesiumJS дозволяють створювати інтуїтивно зрозумілі інтерфейси для користувачів, забезпечуючи доступ до даних у реальному часі.

Науковці підкреслюють важливість впровадження геоінформаційних технологій у територіальних громадах. Зокрема, дослідження Ляценка, Карпенко та Черіна [49] акцентує на необхідності створення національної інфраструктури геопросторових даних для забезпечення сталого розвитку територіальних громад. Автори наголошують на важливості законодавчого визначення ієрархії рівнів НІГД відповідно до адміністративно-територіального устрою країни, що дозволить чітко визначити повноваження та відповідальність центральних органів влади і органів місцевого самоврядування у створенні та моніторингу геопросторових даних.

Крім того, Батурінець та Антоненко [4] у своєму огляді програмних засобів для аналізу та візуалізації гідрологічних даних відзначають, що використання сучасних ГІС, таких як GRASS, QGIS та SAGA, є необхідним для обробки великих обсягів просторової інформації та забезпечення ефективного моніторингу водних ресурсів. Це підтверджує, що впровадження ГІС-технологій сприяє покращенню управління природними ресурсами та прийняттю обґрунтованих рішень на місцевому рівні.

Вибір програмних засобів для реалізації геоінформаційних проєктів значною мірою визначається специфікою поставлених завдань, масштабом робіт, рівнем доступних ресурсів та технічними можливостями [59,64,115]. Оптимальне поєднання сучасних програмних інструментів дозволяє не лише підвищити ефективність управління територіальними ресурсами, а й суттєво покращити якість прийняття рішень, мінімізуючи можливі помилки, пов'язані з обробкою просторових даних.

Використання сучасних геоінформаційних технологій сприяє автоматизації процесів збору, аналізу та візуалізації даних, що, своєю чергою, значно спрощує доступ до актуальної інформації як для органів місцевого самоврядування, так і для громадськості [40,91,115]. Крім того, впровадження цифрових рішень у сфері управління територіями сприяє підвищенню рівня відкритості та прозорості у взаємодії між владою, громадянами та бізнесом, що є ключовим фактором у прийнятті зважених рішень щодо землекористування, містобудування та екологічного моніторингу.

Для ефективного функціонування ГІС для ТГ необхідно передбачити відповідні технічні рішення, які забезпечать його продуктивність, масштабованість та інтеграцію з іншими інформаційними системами (рис. 2.7). Система повинна підтримувати обробку великої кількості геоданих, забезпечувати їх швидку візуалізацію та динамічне оновлення. Важливо також передбачити можливість використання різних джерел даних, сумісність із міжнародними стандартами геоінформаційних сервісів (наприклад, WMS, WFS, WMTS) та забезпечити високий рівень безпеки при роботі з інформацією.

Вибір технічного рішення має бути ретельно продуманим, щоб відповідати потребам користувачів та забезпечувати надійний інструмент для ефективного управління територіальними ресурсами.

Технічна реалізація ГІС територіальної громади повинна відповідати стандартам ISO 19100 та забезпечувати широкий функціонал. Вона має підтримувати актуальні формати геоданих, високу швидкодію, контрольований доступ, інтеграцію з кадастрами та національними геопорталами, а також геосервіси для публікації даних. Важливими є API-взаємодія, зручний інтерфейс, можливість розширення функцій і технічна підтримка. Такий підхід сприяє ефективному управлінню ресурсами, доступності даних і прозорості взаємодії користувачів.



Рис. 2.7 Базові рішення для забезпечення створення ГІС ТГ

Джерело: систематизовано та розроблено автором

Для ефективного формування землеволодінь та землекористувань важливим є доступ територіальних громад до загальнодержавних інформаційних систем. Зокрема, використання:

- Державного земельного кадастру для перевірки актуальності меж та власників земельних ділянок.
- Містобудівного кадастру для врахування регуляторних обмежень та містобудівних умов.

- Національного геоportалу НГД, що є центральним майданчиком для інтеграції геопросторових даних.

Управління земельними ресурсами на рівні громади повинно базуватися не лише на внутрішніх реєстрах, а й на тісній взаємодії із загальнонаціональними геоінформаційними системами, що дозволить забезпечити узгодженість, достовірність та відкритість інформації.

Розвиток впровадженої ГІС територіальної громади передбачає створення нових сервісів та забезпечення електронної взаємодії з державними та іншими інформаційними ресурсами. Належне управління геопросторовими даними вже реалізовано в містах обласного значення та містах зі спеціальним статусом, де протягом останнього десятиліття активно впроваджувалися ГІС містобудівного кадастру та інтегровані міські геоінформаційні системи. Зважаючи на обсяг геопросторових даних та кількість об'єктів управління, сільським та селищним радам рекомендується об'єднувати зусилля та ресурси для створення спільних інформаційних платформ [4,17,40,49,59,73,96].

Взаємодія в межах ГІС територіальної громади може бути формалізована через угоди про інформаційну співпрацю між адміністратором ГІС та окремими базовими суб'єктами системи. При вирішенні організаційних та технологічних питань збору й обробки даних доцільно розглядати три рівні володіння, управління та деталізації інформації [40, 73, 75]:

1. Основотримач даних (підрозділи контролю та спостереження, кадастрові та інженерно-вишукувальні служби, станції спостереження, лабораторії тощо).
2. Відомчі вузлові служби (екологічні та інші профільні управління, проєктні та дослідницькі організації).
3. Територіальні органи виконавчої влади та підрозділи місцевого самоврядування (Управління земельних ресурсів, містобудування та

архітектури, капітального будівництва, комунального майна та господарства, інформаційно-аналітичні відділи).

Організаційно-інформаційна взаємодія в ГІС територіальної громади реалізується через співпрацю групи адміністраторів системи з адміністраторами підрозділів органів місцевого самоврядування, комунальних підприємств та інших зацікавлених суб'єктів. Такий підхід забезпечує ефективне управління геопросторовими даними та сприяє сталому розвитку територіальних громад.

Представлена на рис. 2.8 схема відображає основні компоненти та взаємодію між ключовими елементами геоінформаційної системи територіальної громади (ГІС ТГ), що сприяє її ефективному використанню для управління землеволодіннями та землекористуванням.

Геоінформаційна система територіальної громади (ГІС ТГ) є комплексним механізмом, що забезпечує ефективне управління земельними ресурсами, їх облік та аналіз. Її функціонування базується на взаємодії між територіальними громадами, органами місцевого самоврядування та різними суб'єктами, які є власниками або постачальниками геопросторових даних. Основним завданням ГІС є створення єдиного інформаційного середовища, що поєднує реєстри земельних ресурсів, кадастрові бази, містобудівну документацію та інші важливі дані.

Важливим елементом функціонування ГІС є реєстр баз даних від основних тримачів, який містить інформацію про землеволодіння, зонування територій, об'єкти інфраструктури та природоохоронні зони. Для забезпечення належної роботи системи необхідно чітке законодавче регулювання взаємодії між територіальними громадами та власниками цих даних.

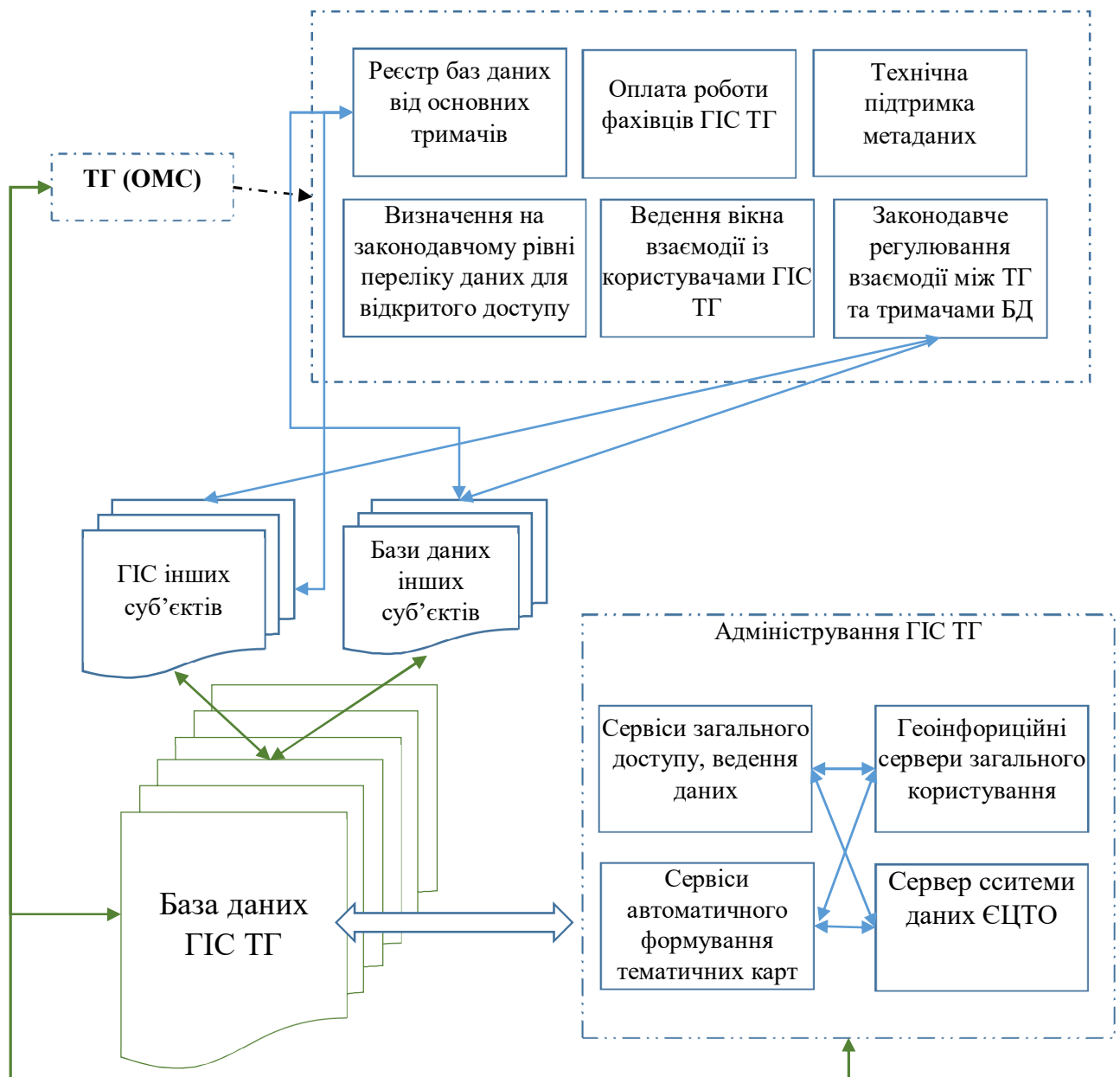


Рис. 2.8 Схема повноцінного функціонування ГІС ТГ для удосконалення системи управління землеволодіннями та землекористуваннями

Джерело: систематизовано та розроблено автором

Важливо визначити на державному рівні перелік геопросторових даних, які мають бути у відкритому доступі, що сприятиме прозорості в управлінні територіями та забезпечить громадськість необхідною інформацією. Одночасно з цим повинна бути організована технічна

підтримка метаданих, що дозволить зберігати та оновлювати інформацію в уніфікованих форматах відповідно до міжнародних стандартів.

Функціонування ГІС неможливе без якісного адміністрування, яке включає управління сервісами, організацію доступу користувачів та підтримку безперервного оновлення даних. У громаді має бути забезпечене ведення "вікна взаємодії" з користувачами, що дозволяє отримувати зворотний зв'язок та забезпечувати доступність необхідних сервісів. Крім цього, важливим аспектом є фінансування роботи спеціалістів, які здійснюють технічне обслуговування системи, інтегрують нові інструменти та аналізують просторові дані.

ГІС територіальної громади також повинна взаємодіяти з іншими геоінформаційними системами, зокрема державними геопорталами та кадастрами. Це дозволяє отримувати актуальні картографічні матеріали, інтегрувати відомості про власність на землю та інші важливі дані. Крім того, система повинна бути сумісною з базами даних інших суб'єктів, які займаються екологічним моніторингом, містобудівним плануванням та управлінням природними ресурсами.

Центральним елементом ГІС є база даних, яка об'єднує всю інформацію про територію громади. Для забезпечення ефективного використання цих даних передбачено низку сервісів, серед яких – сервіси загального доступу, що дозволяють користувачам працювати з інформацією, переглядати карти, здійснювати аналіз та редагування. Крім цього, важливе значення мають геоінформаційні сервери загального користування, що забезпечують обробку великих обсягів даних та їх інтеграцію з іншими інформаційними системами.

З метою оптимізації аналітичних процесів у громаді впроваджуються сервіси автоматичного формування тематичних карт, що дозволяють оперативно створювати інтерактивні карти з необхідними наборами даних. Важливим технічним компонентом системи є сервер даних Єдиної цифрової

топографічної основи (ЄЦТО), який містить цифрові моделі місцевості та забезпечує точність картографічних матеріалів.

Повноцінне функціонування геоінформаційної системи територіальної громади базується на злагодженій взаємодії між органами місцевого самоврядування, держателями баз даних та технічними адміністраторами. Вона дозволяє ефективно управляти земельними ресурсами, забезпечує їхній облік та аналіз, а також створює зручне інформаційне середовище для всіх зацікавлених сторін. Інтеграція ГІС із державними кадастрами та геопорталами, а також розширення функціоналу через сучасні сервіси обробки даних сприяє підвищенню ефективності територіального управління та покращенню якості життя громади.

Розвиток цифрових геоінформаційних систем є ключовим фактором для формування сучасної, прозорої та ефективної системи землеволодінь та землекористувань територіальних громад. Впровадження базових геопросторових даних, організація геодезичного забезпечення та інтеграція з національними реєстрами дозволить:

- Забезпечити прозорість у сфері землекористування.
- Оптимізувати управління земельними ресурсами громади.
- Залучити інвестиції через публічність даних про доступні земельні ділянки.
- Мінімізувати конфлікти, пов'язані з земельними межами та правом власності.

Завдяки впровадженню сучасних методів просторового аналізу, цифрових кадастрових систем та інтегрованих геопорталів ТГ отримають потужний інструмент для управління своїми земельними ресурсами.

Для ілюстрації просторового аналізу та перевірки відповідності між фактичним і плановим землекористуванням на прикладі Зимноводівської сільської територіальної громади було використано генеральний план (рис. 2.9) та схему інженерного забезпечення (рис. 2.10) як основу для подальшого дослідження в рамках ГІС громади.



Рис. 2.9 Фрагмент генплану села Зимна Вода



Рис. 2.10 Фрагмент схеми інженерного забезпечення села Зимна Вода

Ці документи відображають інформацію про розміщення мереж водопостачання, водовідведення, електро- та газопостачання, що дозволило провести просторову інвентаризацію інфраструктурних об'єктів та оцінити відповідність фактичного інженерного забезпечення нормативним вимогам. Використання цих схем у цифровому форматі стало основою для багатоварового аналізу території громади у рамках створення комплексної ГІС.

Висновки до 2 розділу

Розділ містить ґрунтовний аналіз питань управління землеволодінням та землекористуванням, а також пропонує конкретні рішення для підвищення ефективності цих процесів, а саме:

1. Сформульовано основні концепції землеволодіння та землекористування у правовому, економічному та управлінському аспектах.
2. Досліджено ключові проблеми управління земельними ресурсами, зокрема низьку точність геопросторових даних, відсутність оновлених топографічних карт та недостатню інтеграцію ГІС у місцеве управління.
3. Представлено порівняльний аналіз економічних переваг землеволодіння та землекористування, що дає можливість оцінити оптимальні варіанти управління землею.
4. Запропонована методика цифрового моделювання земель, що дозволить оптимізувати використання земельних ресурсів, покращити просторове планування та підвищити прозорість земельних відносин.
5. Розроблено процес формування методики цифрового моделювання землекористування, які включають комплексний підхід до аналізу економічних, екологічних та соціальних факторів.
6. Систематизований процес функціонування ГІС ТГ для удосконалення системи управління землеволодіннями та землекористуваннями.

ІІІ РОЗДІЛ

КАРТОГРАФУВАННЯ ТЕРИТОРІЙ В ПОЄДНАННІ З ВИКОРИСТАННЯМ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ ТА СИСТЕМ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ПРИКЛАДІ ЗИМНОВОДІВСЬКОЇ ГРОМАДИ

3.1 Збір і введення геопросторових даних для території Зимноводівської громади

Збір даних є вихідною й однією з найважливіших стадій будь-якого дослідження чи проєкту. Від якісно зібраних даних залежить точність подальших результатів обробки, коректність прийнятих управлінських рішень та можливість проведення аналізу. Особливо це актуально для геоінформаційних проєктів, де навіть незначні похибки в координатах можуть призвести до серйозних помилок у просторовому плануванні. Повнота, актуальність та достовірність зібраної інформації впливають на успішність усього подальшого процесу моделювання. У зв'язку з цим, особливу увагу слід приділяти ретельному плануванню польових робіт та вибору відповідного обладнання. Сучасні технології, такі як ГНСС-спостереження та аерознімання з БПЛА, значно розширюють можливості якісного збору даних у складних умовах. Збір даних у цьому дослідженні складався із таких етапів (рис. 3.1).

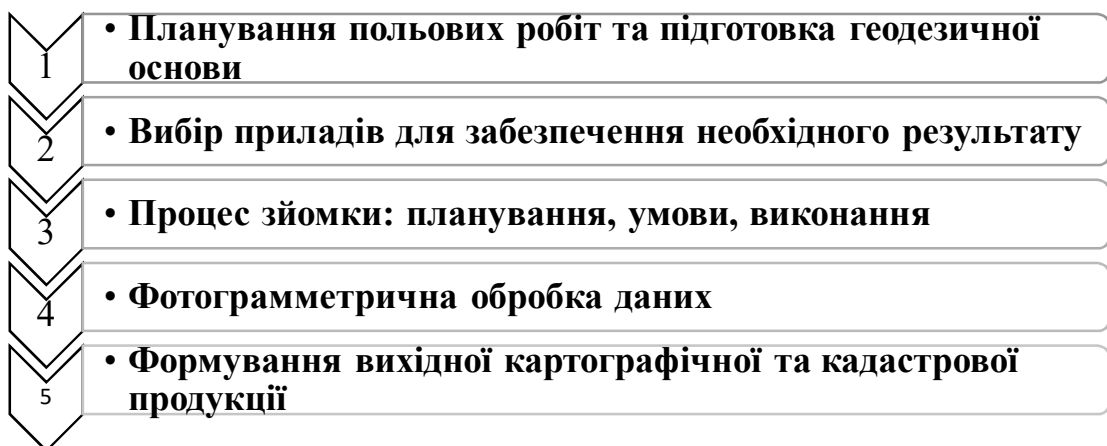


Рис. 3.1 Етапи які виконались для збору даних. Джерело:

Систематизовано автором

Планування польових робіт та підготовка геодезичної основи.

Перед безпосереднім виконанням аерознімання було проведено низку підготовчих процедур. Зокрема, обстежено територію Зимноводівської ТГ для виявлення існуючих геодезичних пунктів, придатних до використання. Такі пункти є базовою основою для прив'язки результатів ГНСС-спостережень у єдиній державній системі координат УСК 2000 [99,101].

На території запланованої зйомки влаштовували контрольні й опорні точки. У ролі опорних точок виступали:

- **штучні мішені** (маркувальні знаки контрастних кольорів, розміщені на відкритій місцевості);
- **виразні природні орієнтири** (кути будівель, бетонні плити, дорожня розмітка), які добре проглядаються на аерознімках.

Вибір приладів для забезпечення необхідного результату.

Для визначення координат опорних точок застосовували ГНСС-приймачі, **Trimble R7**, що дало змогу отримувати координати в режимі RTK із середньою квадратичною похибкою приблизно 1–2 см у плані та 2–5 см за висотою. Такі показники точності прийнятні для формування високоточних ортофотопланів масштабу 1:1000 або 1:2000, які потрібні під час проведення інвентаризації земель у межах сільської (селищної) території.

Після створення чи оновлення геодезичної мережі переходили до найважливішого етапу – аерознімання з використанням БПЛА. У Зимноводівській ТГ застосовували кілька типів безпілотників, які різняться технічними характеристиками та призначенням:

Trimble UX5. Цей апарат виконано за схемою «крило» і призначено для покриття значних площ (сотні гектарів) за відносно короткий час одного польоту. Висота польоту варіювалася у діапазоні 100–150 метрів, що дозволяло отримувати GSD (розмір пікселя «на місцевості») на рівні 5–7 см/пікс залежно від висоти. Завдяки фіксованому крилу Trimble UX5 відзначався стабільністю польоту та високою продуктивністю. Проте у

межах густозабудованих зон він міг мати складнощі з маневруванням, тому там використовували інші моделі БПЛА [93].

DJI Phantom 4 Pro та **DJI Mavic Pro** Це багатороторні БПЛА (квадрокоптери), які відзначаються більшою маневреністю і можливістю літати на відносно малій висоті (50–100 м). Таке зменшення висоти польоту та інше розташування камер забезпечували вищу деталізацію знімків із GSD до 2–3 см/пікс. DJI Phantom 4 Pro має 20-мегапіксельну камеру з механічним затвором, що дало змогу уникнути «скручування» зображень (ефекту ролінг-шатер). Mavic Pro, своєю чергою, компактніший, його камера має менший розмір матриці (12 Мп), проте для відносно дрібних територій його потужностей було цілком достатньо.

Процес зйомки: планування, умови, виконання. Згідно з методикою фотограмметрії, польоти планувалися завчасно у відповідному програмному забезпеченні, де задавалися лінії польоту, швидкість руху БПЛА, кути розвороту, інтервал між знімками [88]. Оскільки одним із завдань було перевірити в різних умовах точність отримуваних даних, польоти проводили за ясної погоди й мінімального вітру.

На висоті близько 150 м (для Trimble UX5) забезпечувався компроміс між площею покриття й деталізацією. Для Phantom 4 Pro та Mavic Pro, що літають нижче, була трохи вища деталізація, проте на покриття усієї території ТГ доводилося виконувати кілька вильотів. Перед кожним польотом здійснювали перевірку стану акумуляторів, калібрування гіроскопів і компасу, а також візуальний огляд апарата.

Під час зйомки дотримувалися принципу забезпечення достатнього перекриття знімків: поздовжнє перекриття 70–80% і поперечне 60–70%. Такі показники уможливають не лише формування ортофотоплану, а й побудову стереомоделей, що необхідно для тривимірного аналізу місцевості.

Після приземлення всі знімки (формат JPEG або RAW) зчитувалися з карт пам'яті на комп'ютер для подальшого камерального опрацювання.

Додатково узгоджували польотові звіти з фактичними даними навігації – апарат автоматично записував трек польоту та орієнтовні значення координат кожного центру проєкції кадру.

3.1.1 Фотограмметричне опрацювання даних

У рамках виконання дисертаційного дослідження було здійснено повноформатну обробку даних аерознімання з використанням ліцензійного програмного забезпечення Pix4Dmapper (версія 4.3.33), яке широко застосовується у практиці картографування. Для побудови просторових моделей використовувалися знімки, отримані з фотокамер Sony ILCE-7R та UMC-R10C, що забезпечили високу якість зображень із просторовою роздільною здатністю 3.34 см на піксель (GSD). Цей показник дозволяє з упевненістю застосовувати результати обробки для викреслення топографічних планів місцевості у масштабі 1:500 та 1:2000.

Фотограмметрична обробка включала завантаження знімків, прив'язку їх до місцевості за допомогою наземних контрольних точок (GCP), калібрування внутрішніх параметрів камер, а також оптимізацію просторового положення зображень. В окремих проєктах кількість каліброваних знімків перевищувала 4800 кадрів, що свідчить про якісне покриття території та оптимальну організацію польотного завдання із забезпеченням перекриття, яке становить близько 75–80% - поздовжнє і близько 70% поперечне, що відповідає стандартам для 3D-моделювання та розробки ортофотопланів.

Просторова прив'язка виконувалася у глобальній системі координат WGS 84. Опорні точки (опознаки) розміщувалися рівномірно по всій площі дослідження, їх кількість у проєктах коливалася від 15 до 25, що забезпечило надійне геометричне урівнювання та прив'язку. Координати опорних точок були визначені шляхом ГНСС-спостережень над точками.

Камеральний етап включав:

1. **Первинне вирівнювання знімків (рис. 3.2).** Цей процес здійснювався на основі пошуку спільних «ключових точок» (feature matching) між знімками. Програма визначала взаємне положення знімків у просторі (так зване зовнішнє орієнтування) і формувала початкову хмару точок [101].

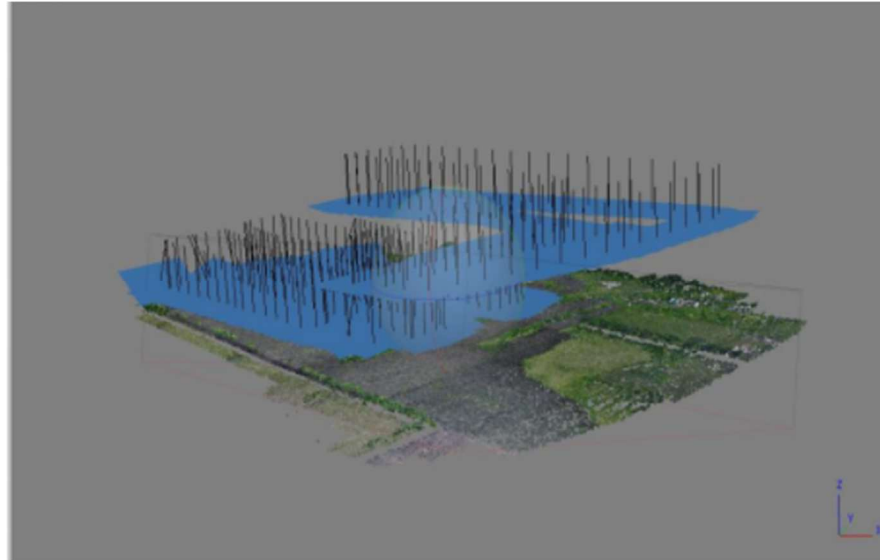


Рис. 3.2 Первинне вирівнювання знімків

2. **Використання наземних опорних точок.** Координати заздалегідь виміряних ГНСС-приймачами мішеней вводилися у програмне середовище для покращення геометричного урівнювання та «прив'язки» блоку знімків. В окремих проєктах кількість каліброваних знімків перевищувала 4800 кадрів, що забезпечило щільне перекриття (поздовжнє – 75–80%, поперечне – близько 70%) відповідно до стандартів 3D-моделювання. Просторова прив'язка виконувалася у системі координат WGS 84 із трансформацією до локальної системи Красковського TM Zone_1 (TOWGS84). Висоти базувалися на моделі геоїда EGM96 [101].

3. **Генерація щільної хмари точок і побудова цифрової моделі рельєфу (рис. 3.3).** На цьому етапі будувалася деталізована хмара точок з урахуванням рельєфу, будівель і рослинності. З отриманих даних формувалися цифрові моделі рельєфу (ЦМР) або поверхні (ЦМП), що дозволяли використовувати результати для точного 3D-моделювання [101].

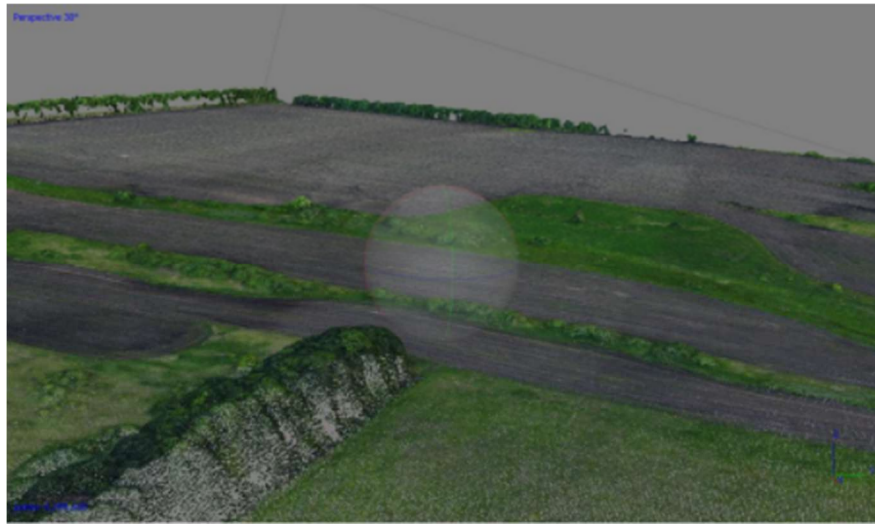


Рис. 3.3 Формування щільної хмари точок

4. **Створення ортофотоплану (рис. 3.4)** . З урахуванням даних ЦМР та відомостей зовнішнього орієнтування кожен піксель «проектувався» в горизонтальну площину. Так усувались перспективні викривлення, властиві звичайним фотографіям, і виходило геопросторове ортофото, масштаб якого відповідає необхідним вимогам. У результаті отримували безшовний ортофотоплан в одній із систем координат (УСК 2000), зазвичай із розміром пікселя від 2–7 см залежно від апарата та висоти польоту [101].



Рис. 3.4 Фрагмент ортофотоплану

5. **Стереоскопічні вимірювання.** Метою було визначення координат об'єктів у тривимірному просторі з максимальною точністю (наприклад, чітке «зняття» контурів будівель чи огорож), проводили додаткові стереоскопічні вимірювання. Вони виконувалися в стереорежимі, коли одна й та сама ділянка місцевості «бачиться» з двох (а часто й більше) ракурсів із перекриттям 60–80%. Це дало змогу уникати помилок, пов'язаних із затіненням чи перекриттям будівлями [101].

Також для дослідження було проведено розрахунок точності знімків. У таблиці 3.1 відображено дані похибок проекції GCP (пікселя), а на рис. 3.5 показано відповідний графік. За результатами видно, що значення похибок варіюються в межах від 0,22 до 0,97 пікселя, при цьому середнє значення становить приблизно 0,68 пікселя, що свідчить про загалом високий рівень точності.

Таблиця 3.1

Таблиця похибок проекції GCP (пікселя)

Точка	Збіги (inliers)	Похибка X (м)	Похибка Y (м)	Похибка Z (м)	Похибка (пікс)
Z5	3	-0,01567	0,05508	-0,08643	0,21773
Z6	8	0,00166	0,0032	0,0004	0,62311
Z8	15	0,0091	0,00681	-0,00244	0,63986
Z9	23	-0,00524	-0,00808	0,00006	0,5211
Z10	25	0,00904	-0,00561	-0,00212	0,96802
Z11	23	0,05461	0,03546	-0,00052	0,77898
Z12	16	-0,0242	0,02451	0,00057	0,34468
Z13	14	0,01064	0,00944	0,00019	0,92907
Z14	12	-0,01302	0,00551	-0,02325	0,93068
2999	8	0,02256	-0,0066	0,01096	0,8451
7999	14	-0,00944	-0,05697	0,00072	0,69873
8999	9	-0,02277	-0,0317	-0,00215	0,73409
10999	12	-0,03581	0,01774	0,01889	0,73132



Рис. 3.5 Графік похибок проєкції GCP (пікселя)

Похибки за координатами X, Y, Z в основному не перевищують $\pm 0,05$ м, хоча окремі точки, зокрема Z5, мають більші відхилення, що може бути пов'язано з особливостями місцевості або положенням точки на краю знімка. Хоча кількість збігів (inliers) частково впливає на точність, вона не завжди прямо пропорційна величині похибки, як видно на прикладі точки Z10. Графік (рис. 3.5) підтверджує рівномірний розподіл похибок без різких викидів, що вказує на якісну геоприв'язку та прийнятну точність побудови ортофотоплану і цифрової моделі рельєфу.

У табл. 3.2 вказані дані похибок проєкцій контрольних точок, а на рис 3.6 відповідний графік до неї, а в таблиці 3.3 подані результати середньо квадратичних похибок.

Таблиця 3.2

Похибки проєкцій контрольних точок

Точка	Збіги (inliers)	Похибка X (м)	Похибка Y (м)	Похибка Z (м)	Похибка (пікс)
Z1	6	-0,0241	0,0691	-0,0093	0,7474
Z2	8	0,0591	0,0966	0,0577	0,9933
Z3	11	0,0145	0,0198	-0,0052	0,5358
Z4	9	0,004	-0,0019	-0,0032	0,5263
Z5	18	0,0676	-0,042	0,0052	0,6936
Z6	8	-0,0063	-0,007	-0,0046	0,6734
Z8	14	0,0037	0,0067	-0,0005	0,6165
Z9	15	0,007	-0,0066	0,001	0,277
Z10	23	0,019	-0,0243	0,0059	0,8701
Z11	22	-0,0422	-0,1043	0,0018	0,573
Z12	13	-0,0248	-0,0056	0,0038	0,4795
Z13	13	-0,0432	0,0301	-0,0029	0,5509
Z14	13	0,0122	-0,0093	-0,0083	0,4977
Z15	6	-0,0447	0,0285	0,0084	0,8369

Результати оцінки точності підтвердили ефективність застосованої методики: середньоквадратичні похибки розташування (GCP) коливаються в межах 2–5 см, що прийнятним для створення топографічних планів масштабу 1:2000 або 1:1000.

- від 0.0227 м до 0.0335 м по X;
- від 0.0274 м до 0.0461 м по Y;
- від 0.0163 м до 0.0256 м по Z.

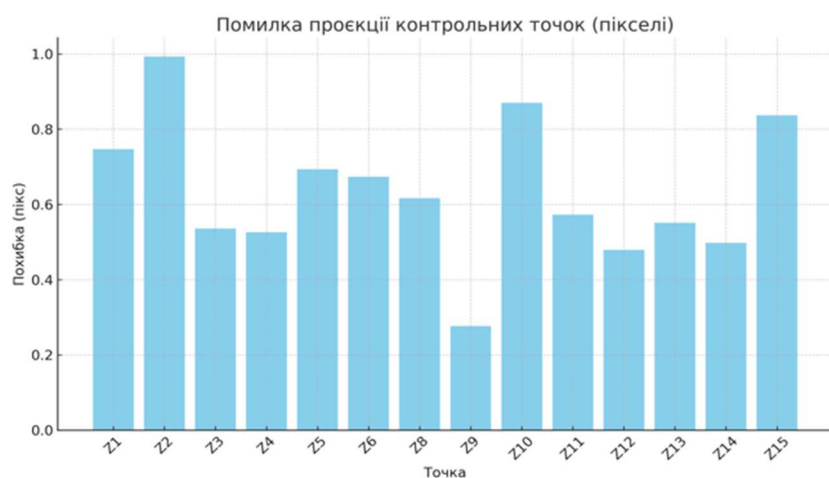


Рис. 3.6 Графік похибок проєкцій контрольних точок

Таблиця 3.3

Дані про СКП

Проект	СКП (м) X	СКП (м) Y	СКП (м) Z	Піксел. похибка (середня)	Калібровані знімки	GCP
report.xml	0.0227	0.0274	0.0256	~0.4-0.6 пікс	3553 / 3667 (96%)	25
report1.xml	0.0335	0.0461	0.0163	~0.3-0.7 пікс	4825 / 4877 (98%)	15

Похибки проєкції точок на зображеннях були мінімальними – у межах 0.28–0.77 пікселя, що свідчить про високу точність внутрішньої орієнтації та калібрування камер. Ортофотоплани, створені за цими проєктами, мають просторову розрізненість близько 3.34 см/піксель. Похибка проєкції менша за 1 піксель, що свідчить про якісну фототріангуляцію. Важливо також зазначити, що побудова цифрової моделі рельєфу показала для топографічного плану добру узгодженість з додатковими вимірами ГНСС контурних особливостей рельєфу, що підтверджується даними наведеними в таблиці 3.3. Отже, структура і якість отриманих результатів дають підстави вважати їх придатними для подальшого використання в інженерно-геодезичних та топографічних роботах.

3.1.2 Формування вихідної картографічної та кадастрової продукції

Отримані в ході фотограмметричних обчислень дані використовувалися як основа для складання:

- великомасштабних топографічних планів (1:1000, 1:2000), де показувалися основні лінійні та площинні об'єкти: дороги, межі ділянок, інженерні мережі, рельєф у вигляді горизонталей чи відміток.

- кадастрових планів і карт, на яких фіксувалися поворотні точки меж земельних ділянок і відображалася їх площа. У відповідному ГІС-середовищі (QGIS, Digitals) кожній ділянці присвоювали її ідентифікатор, інші атрибути (цільове призначення, форма власності тощо).

На рисунку 3.7 продемонстровані результати опрацьованих даних, а саме земельні ділянки, на яких явно видно розходження на ортофотоплані із даними, що внесені до ДЗК і відображені на публічній кадастровій карті. А у таблиці 3.4 подані числові характеристики.

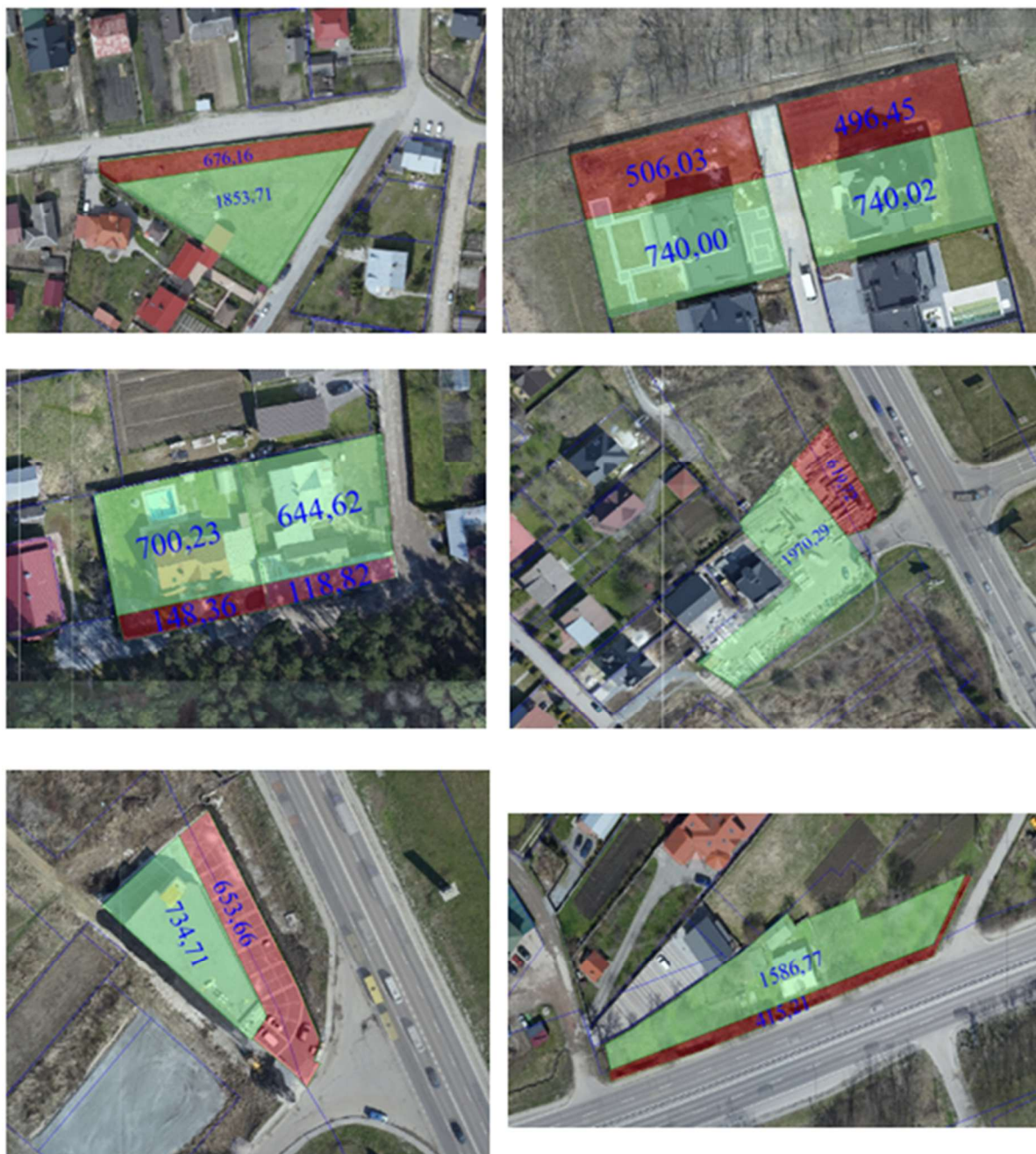


Рис. 3.7 Співставлення площ ділянок

Таблиця 3.4

Земельні ділянки, що використовуються не за відведенням площі

№ з/п	Кадастровий номер	Кад. карта (м²)	Ортофотоплан (м²)	Різниця площ (м²)	Гранична похибка визначення площі (м²)
1	2	3	4	5	6
1	4623681600:01:007:0542	1000,02	1796,60	796,58	13,25
2	4623681600:01:008:0190	1346,81	1855,90	509,09	15,49
3	4623681600:01:008:0189	1346,63	1615,94	269,31	15,49
4	4623681600:01:009:0308	1019,22	1206,63	187,41	13,38
5	4623681600:01:009:0413	900,73	1006,81	106,08	12,55
6	4623681600:01:005:0279	1267,64	1356,46	88,82	15,00
7	4623681600:01:007:0389	740,00	1246,03	506,03	11,33
8	4623681600:01:007:0390	740,02	1236,47	496,45	11,33
9	4623681600:01:011:0366	784,54	1212,38	427,84	11,67
10	4623681600:01:007:0259	1610,06	1685,57	75,51	17,02
11	4623681600:01:007:0285	700,23	848,59	148,36	11,00
12	4623681600:01:007:0284	644,62	763,44	118,82	10,54
13	4623681600:01:005:0266	1856,54	2026,75	170,21	18,35
14	4623681600:01:004:0204	1000,04	1305,49	305,45	13,25
15	4623681600:01:008:0291	1171,13	1233,05	61,92	14,39
16	4623681600:01:008:0305	1177,50	1242,79	65,29	14,43
17	4623681600:01:009:0010	899,80	1042,05	142,25	12,54
18	4623681600:01:003:0291	1216,55	1261,71	45,16	14,68
19	4623681600:01:009:0457	845,39	896,85	51,46	12,14
20	4623681600:01:009:0526	621,21	709,96	88,75	10,34
21	4623681600:01:003:0183	783,29	848,27	64,98	11,66
22	4623681600:01:001:0452	989,53	1085,92	96,39	13,18
23	4620987700:12:013:0191	1853,71	2529,87	676,16	18,33
24	4610165500:07:001:0038	608,92	698,11	89,19	10,24
25	4610165500:07:001:0064	1159,59	1270,95	111,36	14,32
26	4623681600:01:004:0435	447,36	543,14	95,78	8,73
27	4623681600:01:004:0085	600,05	686,57	86,52	10,16
28	4623681600:01:004:0535	1291,41	1451,30	159,89	15,15
29	4623681600:01:004:0192	982,45	1052,83	70,38	13,13
30	4623681600:01:009:0127	753,76	858,22	104,46	11,43
31	4623681600:01:007:0617	1307,64	1341,98	34,34	15,25
32	4623681600:01:009:0598	1222,05	1372,76	150,71	14,72
33	4623681600:01:009:0085	2378,57	2616,73	238,16	20,94
34	4623681600:01:009:0458	444,05	524,85	80,80	8,70
35	4623681600:01:009:0230	719,50	801,41	81,91	11,16
36	4623681600:01:009:0149	765,22	1001,28	236,06	11,52
37	4623681600:01:011:0364	1970,29	2590,01	619,72	18,94
38	4623681600:01:011:0440	734,71	1388,37	653,66	11,28
39	4623681600:01:010:0014	1050,02	1196,55	146,53	13,59

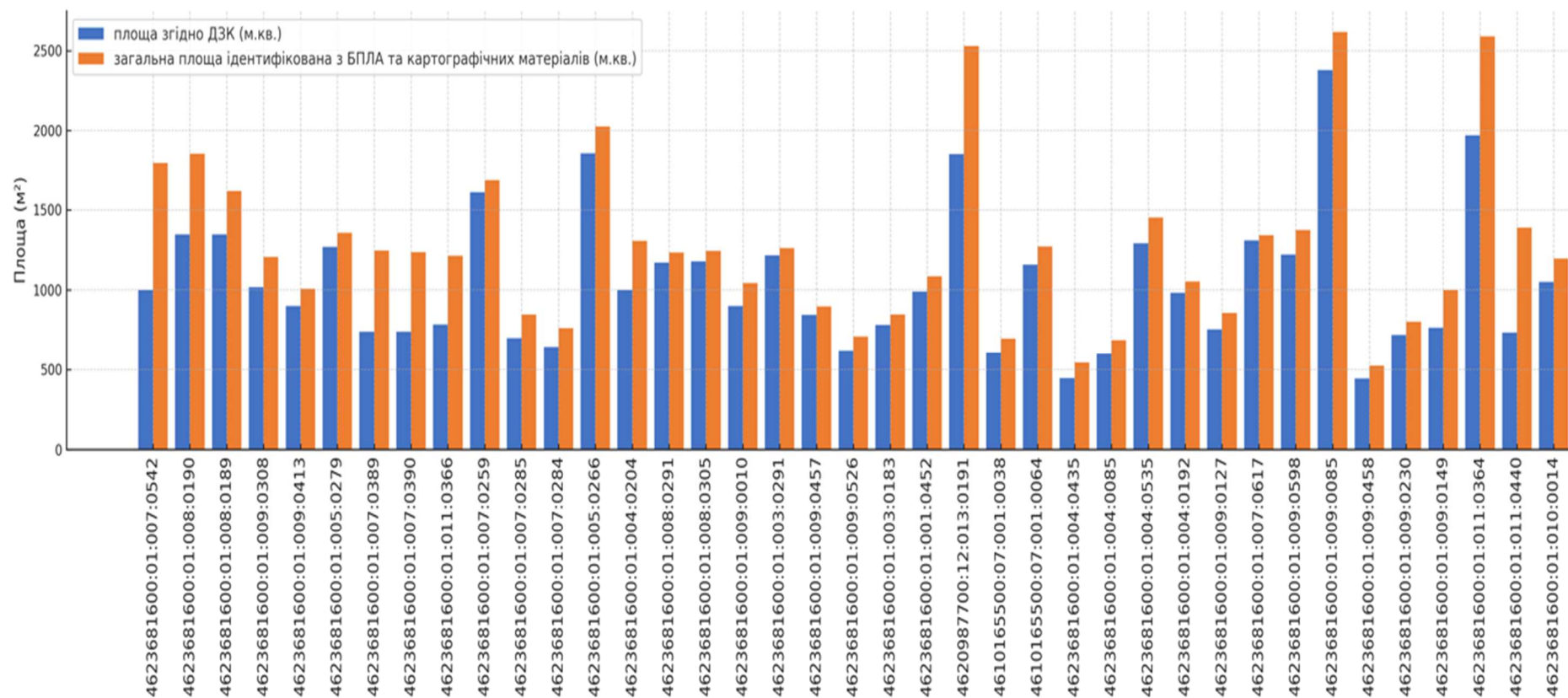


Рис. 3.8 Діаграма порівняння даних про площі із реєстру ДЗК та отриманих із ортофотоплану

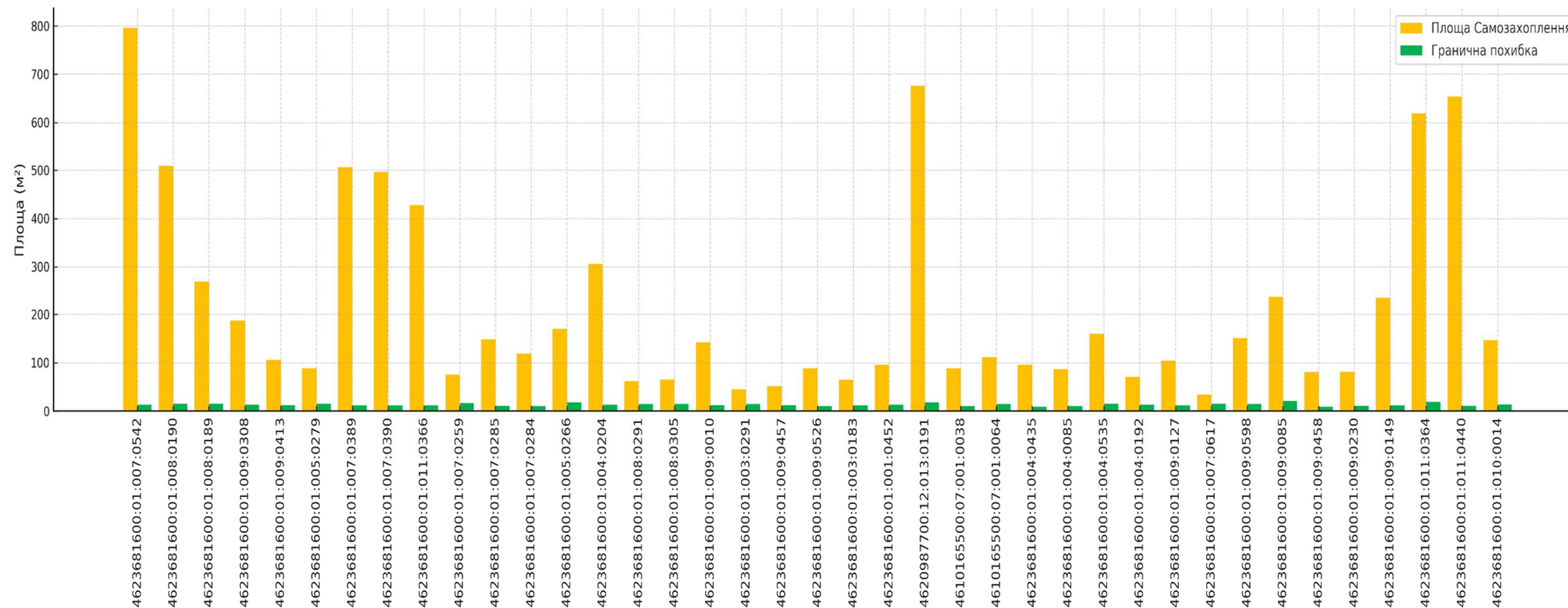


Рис. 3.9 Діаграма порівняння даних про площі з граничними похибками

На першому графіку (рис. 3.8) зображено площі земельних ділянок відповідно до даних з ДЗК (синій стовпчик) та з ортофотоплану (помаранчевий стовпчик). Наочно видно значні розбіжності між цими значеннями в багатьох випадках. Наприклад, за кадастровим номером 4623681600:01:007:0542 площа за даними ДЗК становить лише 1000,02 м², тоді як за ортофотопланом – 1796,6 м², що свідчить про суттєве невідображення в кадастрі. Подібні значні розбіжності спостерігаються й для ділянок 4620987700:12:013:0191 (+676,16 м²), 4623681600:01:011:0440 (+653,66 м²), 4623681600:01:007:0389 (+506,03 м²), що свідчить про можливі помилки або застарілі відомості в кадастрі.

На другому графіку (рис. 3.9) зображено розраховану різницю площ (помаранчевий стовпчик) та граничну похибку визначення площі (зелений стовпчик). Важливою деталлю є те, що у більшості випадків різниця перевищує граничну похибку, тобто відхилення є статистично значущі і не можуть бути пояснені лише похибками вимірювання.

В таблиці 3.5 і на рис. 3.10 подані результати порівняння точності земельних ділянок визначених шляхом координування точок поворотів меж за явно розпізнаними огорожами з даними отриманими з публічної кадастрової карти.

Таблиця 3.5

Результати порівняння точності земельних ділянок

№ з/п	Кадастровий номер	БПЛА, м ²	Кад. карта, м ²	Різниця площ, м ²	Гранична похибка, м ²
1	4623681600:01:004:0416	8247,47	8300,22	-52,75	21,54
2	4623681600:01:007:0112	2083,74	2078,80	4,94	9,95
3	4623681600:01:008:0136	992,78	968,88	23,90	6,61
4	4623681600:01:008:0169	1083,69	1085,68	-1,99	7,02
5	4623681600:01:008:0326	1504,20	1510,10	-5,90	8,38
6	4623681600:01:004:0106	1901,45	1901,47	-0,02	9,48

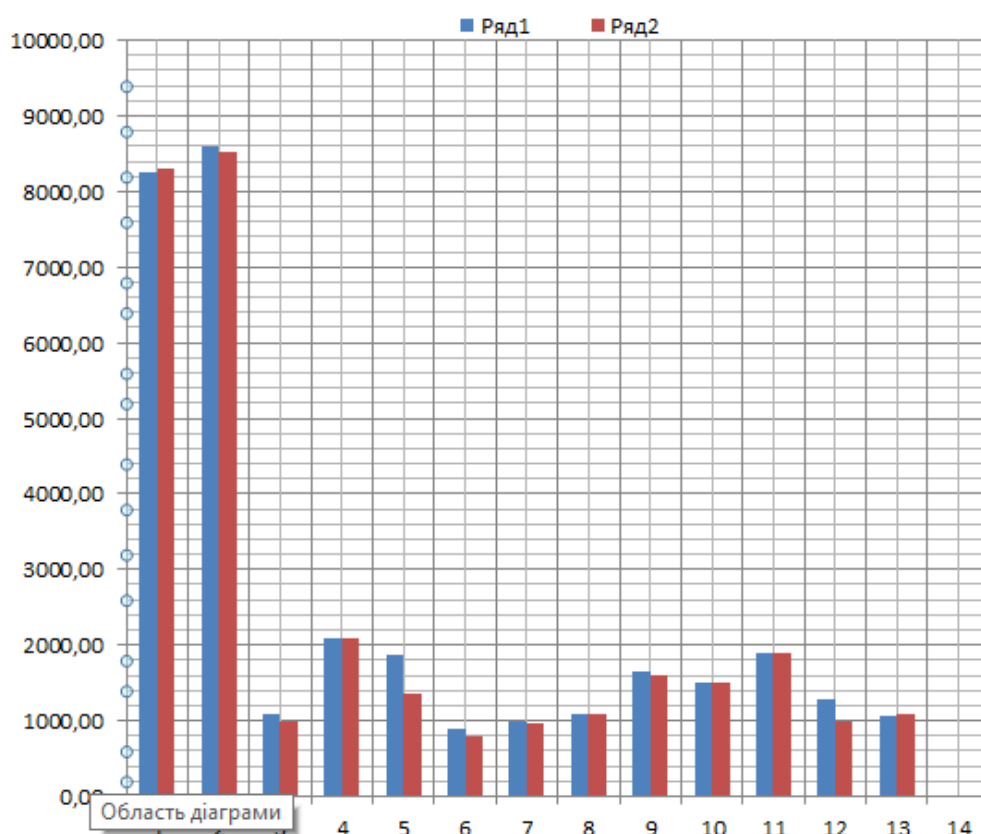


Рис.3.10 Картограма порівняння точності за результатами співставлення площ земельних ділянок визначених на ортофотоплані (ряд1) і з кадастрової карти (ряд2) [93]

Для подальшого опрацювання результатів можна використовувати різне програмне забезпечення. Було порівняно два види програм це QGIS (одна із найбільш відомих ГІС на світовому ринку) та Digital (спеціалізована програма розроблена в Україні). Порівняння QGIS і Digital є доцільним, оскільки ці програми представляють два різні підходи до використання геоінформаційних систем, а саме універсальний міжнародний інструмент з відкритим кодом та спеціалізоване національне рішення, орієнтоване на потреби українського кадастру. Порівняння дозволяє визначити ефективність кожної програми для конкретних задач, пов'язаних із землеустроєм, управлінням територіями та обробкою просторових даних. Це також сприяє пошуку оптимального балансу між функціональністю,

локалізацією та економічною доцільністю впровадження. Дані подано в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

Порівняльна характеристика QGIS та Digital

Критерій	QGIS	Digital
1. Тип ліцензії	Безкоштовне, відкрите (GNU GPL)	Комерційне ПЗ із придбанням ліцензії
2. Робота з ортофото	Базові інструменти прив'язки та редагування, додаткові плагіни	Вбудований модуль створення, редагування та експорту ортофотопланів
3. Робота зі стереознімками	Немає «рідного» стереомодуля, потрібні сторонні розширення	Спеціалізований стереомодуль (Digital Stereo).
4. Аналітика та візуалізація	Розвинені ГІС-можливості, Python-плагіни, 3D-відображення	Орієнтована на геодезію, фотограмметрію, кадастр; 3D-режим для ЦМР
5. Інтеграція та формати	Підтримка безлічі форматів (GDAL/OGR), легка інтеграція з іншими ГІС	DXF, SHP, а також спеціалізовані кадастрові формати (IN4/XML), імпорт/експорт
6. Ціна та доступність	Повністю безкоштовне	Платна ліцензія, оновлення за ключем
7. Основні переваги	Відкритий код, велика спільнота, легке розширення плагінами	Стерефотограмметрія, ортофото та кадастр в одній системі
8. Недоліки / Обмеження	Відсутність власного модуля стерео.	Комерційне ПЗ, сфокусоване на вузьких спеціалізованих задачах.

Враховуючи наведені результати, було прийнято рішення здійснювати опрацювання даних у програмному середовищі QGIS. На рис. 3.11 зображено ортофотоплан Зимноводівської громади у програмному QGIS.

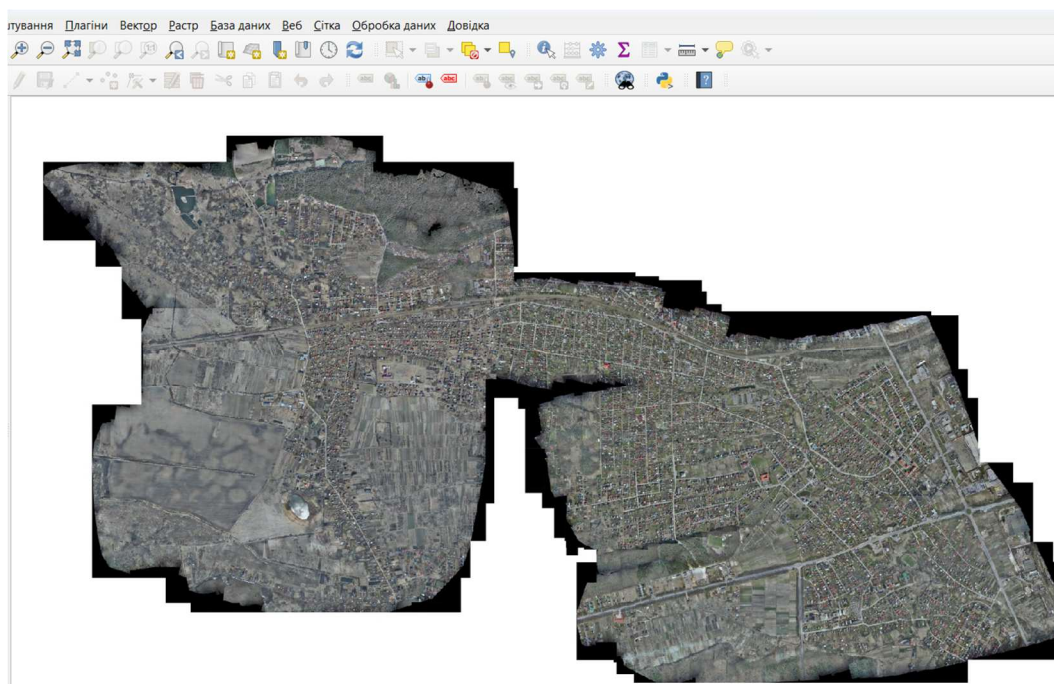


Рис. 3.11 Ортофотоплан Зимноводівської територіальної громади у програмному середовищі QGIS

Ортофотоплан служить основою для створення, уточнення та актуалізації кадастрової карти Земноводівської території громади.

3.2 Створення картографічних шарів у програмному середовищі QGIS

Вибір саме QGIS для виконання роботи зумовлений широкими можливостями цієї програми у сфері роботи з базами даних, включаючи створення, редагування та управління ними. QGIS підтримує основні типи СУБД, має інтуїтивний інтерфейс і дозволяє легко інтегрувати просторові дані в єдине середовище. Це забезпечує ефективну взаємодію між користувачами, збереження цілісності даних та просторову аналітику в реальному часі. Завдяки розвинутому інструментарію та активній спільноті користувачів, QGIS є універсальним рішенням як для початківців, так і для досвідчених фахівців. В таблиці 3.7 наведено коротке порівняння QGIS та Digitals щодо роботи з базами даних (БД).

Таблиця 3.7

Порівняння QGIS та Digitala щодо роботи із базами даних

Критерій	QGIS	Digitala
1. Підтримка типів БД	Підтримує основні СУБД (PostgreSQL/PostGIS, Oracle, MSSQL, SpatiaLite, MySQL та інші)	Підтримує роботу з SQL-сервером (через файл sql.udl), використовується переважно для кадастрових модулів
2. Призначення	Універсальна ГІС, здатна працювати з просторовими даними безпосередньо в базах	Зосереджена на редагуванні й зберіганні карт (DMF), багатокористувацька робота в БД більше як додаткова функція
3. Налаштування та інтерфейс	Має вбудовані графічні засоби підключення та керування даними в базах, у тому числі через DB Manager	Не є повноцінною СУБД: інструменти роботи з БД обмежуються ініціалізацією кадастрової БД (filldb.exe) і взаємодією з нею
4. Просторовий SQL	Можна виконувати просторові запити безпосередньо з QGIS (через DB Manager, PostGIS тощо)	Немає інтерфейсу для безпосереднього SQL-запитування; Digitala зберігає та читає потрібні таблиці БД в автоматичному режимі
6. Багатокористувацька робота	Дозволяє декільком користувачам підключатися до спільної PostGIS/Oracle/MSSQL бази і паралельно редагувати дані	Може працювати зі спільною картою в SQL-сховищі (наприклад, для кадастрових реєстрів), але «центр» все одно — це DMF-файл
6. Основні сценарії	Зберігати й аналізувати великі набори просторових даних безпосередньо в БД, виконувати складні запити, створювати дашборди й карти	Використовувати БД як сховище для кадастрової чи геодезичної інформації, ведення історії змін і перевірок; решта функцій — усередині Digitala
7. Переваги	- Широкий спектр підтримуваних СУБД	- Спеціалізоване рішення для кадастрових завдань

Робота з базами даних дає змогу системно та ефективно управляти великими обсягами інформації, зокрема й просторовими даними. По-перше, сховище у вигляді СУБД (системи управління базами даних) передбачає централізоване зберігання даних, що істотно спрощує доступ до них різним користувачам і забезпечує механізми одночасної роботи без конфліктів. По-друге, завдяки структурованій моделі даних зберігається висока цілісність і

узгодженість інформації, адже СУБД вбудовано контролює цілісність, а також забезпечує відновлення у разі збоїв [9, 64, 66, 137].

Крім того, методи індексування, що застосовуються в базах даних, дозволяють швидко виконувати вибірки та аналітичні запити, навіть якщо обсяги інформації сягають десятків чи сотень мільйонів записів. Це особливо важливо в проєктах, де потрібно оперативно опрацьовувати дані та отримувати результат у зрозумілому для користувачів вигляді. Усе це доповнюється механізмами контролю доступу: від різнорівневих прав на читання/запис до ведення історії змін, коли можна відстежувати, хто і коли вносив правки в таблицю.

Важливим чинником у роботі з базами даних є масштабованість. На відміну від традиційних файлів, базу можна розгорнути в локальній мережі чи хмарному середовищі, надаючи доступ цілій команді фахівців. До того ж бази даних зручно інтегруються з іншими системами: веб-сервісами, аналітичними модулями або геоінформаційним ПЗ, полегшуючи обмін та аналіз інформації у різних програмних середовищах [13,23, 85,123].

Таким чином, головні переваги роботи з базами даних полягають у централізованому й масштабованому зберіганні, надійному захисті та контролі прав доступу, можливості швидкого пошуку й аналізу, а також у зручній інтеграції з іншими інструментами. Це робить СУБД універсальним фундаментом для найрізноманітніших застосувань – від невеликих локальних проєктів до складних розподілених систем із мільйонами об'єктів.

У контексті сучасних ГІС-рішень, QGIS вирізняється гнучкою та дружньою до користувача реалізацією засобів для роботи з базами даних. Зокрема, платформі притаманний інтуїтивний підхід до зберігання й обробки просторових даних, що робить її зручною не лише для досвідчених фахівців, а й для початківців у галузі геоінформаційних систем.

Однією з найважливіших переваг QGIS у роботі з базами даних вважають інтегрований менеджер баз даних (рис. 3.12).

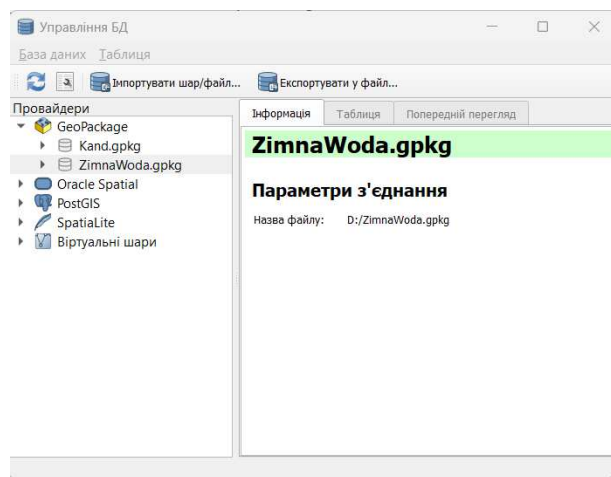


Рис. 3.12 Менеджер БД із створеною базою для нашого дослідження

Цей компонент надає змогу переглядати структуру даних, виконувати модифікацію таблиць і контролювати просторові запити без звернення до зовнішніх інструментів. Для створення нової бази або підключення до існуючого сховища користувачеві зазвичай достатньо вказати тип СУБД та налаштувати параметри доступу. Такий підхід забезпечує швидке налаштування робочого середовища й економить час під час проєктів різного масштабу – від локальних напрацювань до великих корпоративних систем.

Варто наголосити на спрощеному переході між файловими форматами й базами даних у QGIS. Система зручно дає конвертувати шейп-файли (Shapefile), GeoPackage чи інші локальні формати у SpatiaLite або PostGIS. Це надзвичайно корисно для тих хто починає з локальних файлів, а згодом, у міру розширення обсягів робіт, переходить на розподілені сховища. Сам процес відбувається з мінімальними технічними труднощами: кілька кліків, і попередньо розрізнені дані отримують усі переваги централізованого й надійного зберігання в базі даних.

Окрім того, QGIS забезпечує користувачам засоби повноцінної візуалізації та просторового аналізу даних безпосередньо в середовищі СУБД. Коли таблиці розміщуються у PostGIS чи іншій базі, QGIS може одразу завантажувати результати запитів і відображати їх у вигляді шарів на

карті. Так користувачі отримують можливість поєднувати аналітику та картографічне моделювання без потреби у додаткових програмах. Це істотно прискорює наукові та прикладні дослідження, де гнучкість і цілісність робочого процесу стають пріоритетними чинниками.

Загалом, можливість створення бази даних «з нуля» і невимушеного керування нею в QGIS є результатом орієнтації системи на відкритість і масштабованість. QGIS підтримує основні СУБД (MySQL, Oracle, MSSQL), однак найбільше поширення набула робота з PostgreSQL/PostGIS завдяки розширеним просторовим функціям і винятковій сумісності з екосистемою QGIS. Подібна інтеграція дозволяє проводити широкий спектр операцій над геоданими: від простих геометричних перетворень і класифікації до складної мережевої аналітики.

Таким чином, легкість роботи QGIS із базами даних зумовлена сукупністю чинників: наявністю зручного менеджера (DB Manager), підтримкою різних типів СУБД, прямою інтеграцією з інструментами просторового аналізу та візуалізації, а також інтуїтивними майстрами для конвертації й створення нових сховищ. Ці характеристики дають змогу використовувати QGIS як універсальний простір для геоінформаційних досліджень і прикладних задач, де бази даних відіграють ключову роль у надійному й ефективному зберіганні великого обсягу просторових даних.

Опишемо більш детально з якими саме типами баз даних найчастіше працюють в QGIS. Перелік зображено на рисунку 3.13.

Розглянемо кожну із них:

PostGIS – це розширення для PostgreSQL, яке додає підтримку просторових (географічних) даних та операцій. PostgreSQL сам по собі є потужною, відкритою реляційною системою управління базами даних (СУБД), яка використовується для зберігання структурованої інформації.

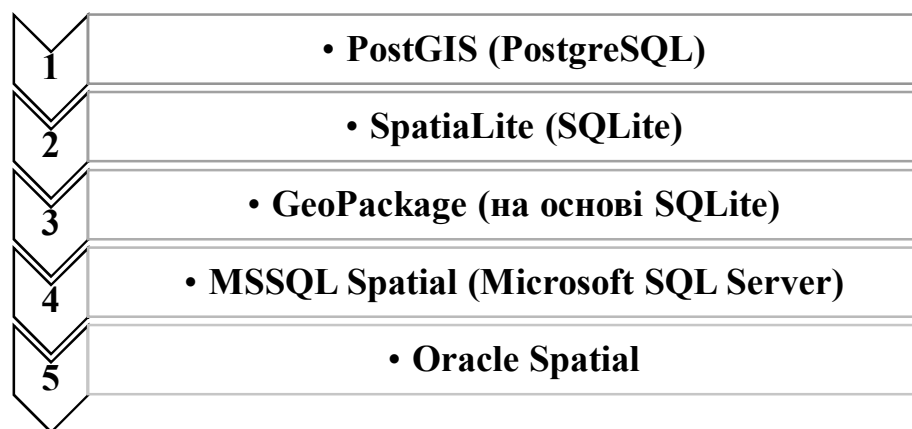


Рис. 3.13 Найпопулярніші типи баз даних для роботи в QGIS

Додавши PostGIS, база даних отримує можливість працювати з геопросторовими об'єктами, такими як точки, лінії, полігони, багатокутники та їх комбінації [64, 78]. PostGIS дозволяє виконувати складні просторові операції, такі як визначення відстаней між об'єктами, знаходження перетинів геометрій, побудова буферних зон, обчислення площі та довжини об'єктів тощо. Крім того, він підтримує просторове індексування, що значно покращує продуктивність запитів у великих наборах геоданих.

PostGIS широко використовується у великих геоінформаційних проєктах, міському плануванні, земельному кадастрі, управлінні транспортними потоками та екологічному моніторингу. Завдяки відкритому коду та активній спільноті, він має широкий спектр інструментів для роботи, включаючи повну інтеграцію з QGIS, GeoServer, GDAL та іншими геоінформаційними платформами.

SpatiaLite – це геопросторове розширення для SQLite, яке додає підтримку зберігання та обробки геометричних об'єктів у легкій файловій базі даних. SQLite відомий тим, що є дуже компактною реляційною базою даних, яка не потребує окремого серверного середовища – усі дані зберігаються у звичайному файлі, що робить SpatiaLite ідеальним рішенням для локальних, автономних GIS-додатків [64,92,131].

SpatiaLite підтримує основні геометричні типи даних, такі як точки, лінії та полігони, а також забезпечує можливість виконання базових

просторових запитів. Наприклад, можна знайти всі об'єкти, що знаходяться в певному радіусі від заданої точки, або обчислити перетин геометрій.

Основною перевагою SpatiaLite є його портативність – база даних легко переноситься між різними пристроями та програмами без необхідності розгортання серверного ПЗ. Це робить його чудовим варіантом для мобільних додатків, автономних GIS-інструментів та невеликих геоданих, які не потребують складної серверної інфраструктури.

GeoPackage (GPKG) – це відкритий стандарт, розроблений Open Geospatial Consortium (OGC), який базується на SQLite та призначений для зберігання та обміну геопросторовими даними. Основна мета GeoPackage – створення універсального та самодостатнього формату, який може містити векторні та растрові дані, метадані та стилі в одному компактному файлі [2,58].

На відміну від традиційних форматів (наприклад, Shapefile), GeoPackage підтримує сучасні можливості, такі як збереження складних геометричних структур, робота з великими наборами растрових даних та ефективне просторове індексування. Він також дозволяє використовувати запити SQL для фільтрації та аналізу даних.

Оскільки GeoPackage підтримується багатьма GIS-програмами (зокрема, QGIS, ArcGIS, GDAL), він став стандартом для обміну геоданими між різними платформами. Його перевагою є можливість зберігання як векторних, так і растрових даних у єдиному файлі, що робить його ідеальним для мобільних застосунків, геоданих, які потребують компактності та ефективного обміну між користувачами.

Microsoft SQL Server – це потужна комерційна реляційна база даних, яка також підтримує геопросторові можливості завдяки вбудованим типам *geometry* та *geography*. MSSQL Spatial використовується для збереження, аналізу та обробки просторових даних у корпоративних системах, які базуються на Microsoft-екосистемі [57,132,153].

Тип *geometry* використовується для зберігання даних у площинній (евклідовій) системі координат, що підходить для роботи з невеликими локальними наборами даних. Тип *geography* дозволяє працювати з глобальними геоданими, оскільки підтримує координати у форматі широти та довготи (WGS 84).

MSSQL Spatial надає вбудовані функції для геообчислень, включаючи визначення перетинів, обчислення буферів, знаходження відстаней між об'єктами та просторове індексування. Його головна перевага – інтеграція з іншими продуктами Microsoft, такими як Power BI, .NET-додатки та Microsoft Azure.

Ця база ідеально підходить для великих організацій, які вже використовують SQL Server і хочуть інтегрувати геопросторові дані у свою інфраструктуру.

Oracle Spatial – це модуль, що розширює можливості бази даних Oracle для роботи з географічними та геометричними об'єктами. Він дозволяє зберігати складні просторові дані, виконувати аналітичні обчислення та будувати геопросторові моделі у великих корпоративних системах [107, 137].

Oracle Spatial підтримує широкий спектр функціоналу, включаючи 2D і 3D-геометрії, географічні координати, обробку зображень та топологічні операції. Завдяки цьому він використовується в різних сферах, таких як управління міською інфраструктурою, моніторинг навколишнього середовища, геодезія та транспортні системи.

Однією з ключових особливостей Oracle Spatial є його здатність працювати з великими обсягами геоданих у реальному часі, використовуючи потужні алгоритми обробки та оптимізації запитів. Також він підтримує геоіндексацію, що значно прискорює виконання просторових запитів навіть на масштабних наборах даних.

Як видно на рис. 3.5 наша база даних це GeoPackage її обрано через універсальність та зручність. Це сучасний відкритий стандарт, який

забезпечує зберігання як векторних, так і растрових даних в одному єдиному файлі. Такий підхід дозволяє легко переносити, архівувати та обмінюватися геопросторовою інформацією без необхідності налаштовувати окремий сервер бази даних, при цьому, за необхідності, дані можна перенести наприклад у PostGIS чи Oracle Spatial і зробити доступ до даних розширеним.

Отже у базі даних Zimnawoda створено тематичні шари для організації та структуризації даних за темами або типами об'єктів.

Тематичний шар – це шар, в якому просторові дані відображаються за певними атрибутами або характеристиками для створення тематичної карти. Це означає, що дані стилізуються (за допомогою кольорів, символів, розмірів тощо) відповідно до значень певного поля, що дозволяє виділити просторові закономірності та особливості. Тематичний шар складається із декількох елементів які представлені на рис. 3.14.

Геометрія	• Просторові об'єкти (точки, лінії, полігони)
Атрибутивні дані	• Таблиця з описовою інформацією для кожного об'єкта
Симбологія	• Правила візуального відображення (кольори, розміри, форми)
Класифікація	• Групування даних за певними критеріями
Метадані	• Інформація про джерело даних, систему координат, проекцію тощо

Рис. 3.14 Елементи тематичного шару [11,19,21,119]

Тобто тематичний шар у QGIS формується з кількох взаємопов'язаних компонентів. Перш за все, це геометрія – просторові об'єкти, які можуть бути представлені як точки, лінії чи полігони. Кожен із цих об'єктів має власну атрибутивну інформацію, що зберігається в таблиці даних, і містить описові характеристики (наприклад, назву, числові значення, категорії

тощо). Далі, на основі цих атрибутів задаються правила символіки – набір налаштувань, який визначає, як об'єкти відображаються на карті: за допомогою кольорів, розмірів, форм та інших візуальних параметрів. Окрім цього, шар містить інформацію про класифікацію даних, що дозволяє групувати значення атрибутів за певними критеріями для зручнішого аналізу. Нарешті, важливою складовою є метадані – дані про джерело, систему координат, проекцію та інші параметри, що забезпечують коректне відображення і використання шару в проекті.

Для нашого дослідження було створено шар «Сільськогосподарські угіддя», обрано тип геометрії – полігон, вибрана потрібна нам система координат - EPSG:7825 Pulkovo 1942 / CS63 zone X1, і задано списки полів: назва, площа, код, група, підгрупа (рис 3.15).

Створити шар GeoPackage

База даних: C:\Users\buche\Documents\Kand.gpkg

Назва таблиці: Сільськогосподарські Угіддя

Тип геометрії: Полігон

☐ Включити Z вимірювання ☐ Включити M значення

EPSG:7825 - Pulkovo 1942 / CS63 zone X1

Створити поле

Ім'я:

Тип: abc Текст (string)

Максимальна довжина: 30

Список полів

Ім'я	Тип	Довжина
Вид	text	30
Площа	real	
Код	text	30
групи	text	30
підгрупи	text	30

Додаткові параметри

Рис. 3.15 Створення тематичного шару «сільськогосподарські угіддя»

Для зручності зроблено списки для полів, це дозволить економити час, тому що замість вводу кожен раз тексту, нам буде надана вибірка. Отже, було введено такі дані для створення списку. Вид: Рілля, перелоги, багаторічні насадження, сіножаті, пасовища. Коди груп і підгруп які затверджено згідно до Постанови Кабінету Міністрів України «Порядок

ведення Державного земельного кадастру» [75]. На рис. 3.16 зображено процес налаштування атрибутів.

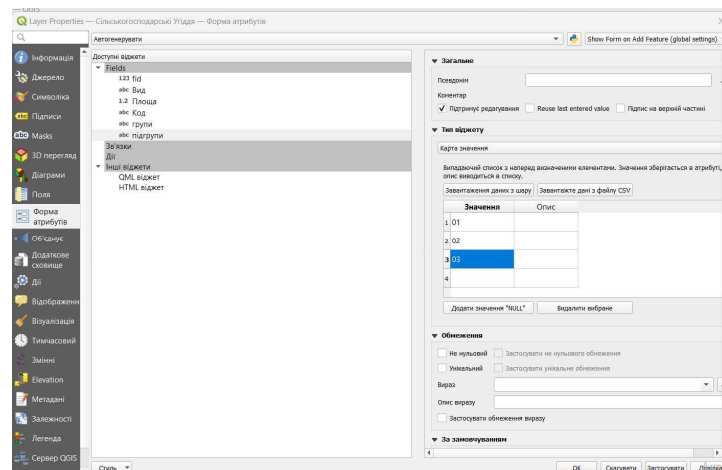


Рис. 3.16 Налаштування Атрибутів у вкладці «Форма Атрибутів»

Також налаштовано стиль відображення шару, у вкладці «Символіка» (рис. 3.17).

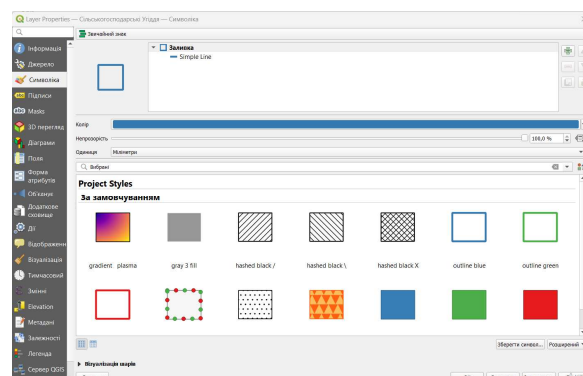


Рис. 3.17 Налаштування стилю у вкладці «Символіка»

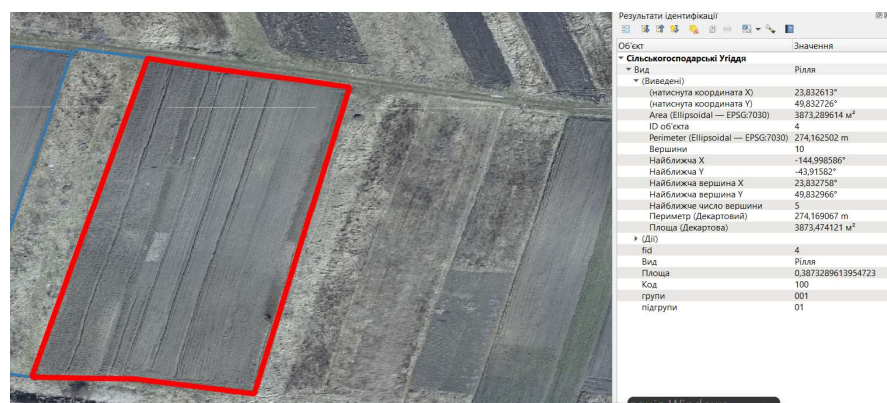


Рис. 3.18 Інформація про земельну ділянку внесена у базу даних

На рис. 3.18 зображено процес створення полігону та введення відповідної атрибутивної інформації. Також була змінена стилістика шару

за певним атрибутом, щоб можна було візуально розуміти де знаходяться ті чи інші угіддя. На рис. 3.19 зображено шар в якому не розділена символіка за атрибутами, а на рис. 3.20 уже розділена.

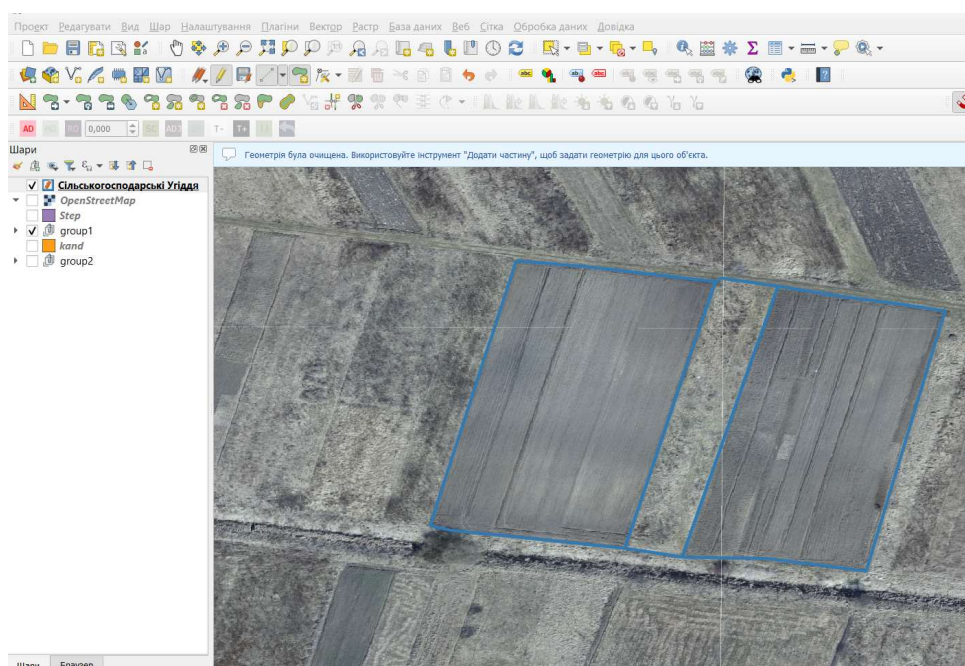


Рис. 3.18 Шар «сільськогосподарські угіддя» до поділу за символікою

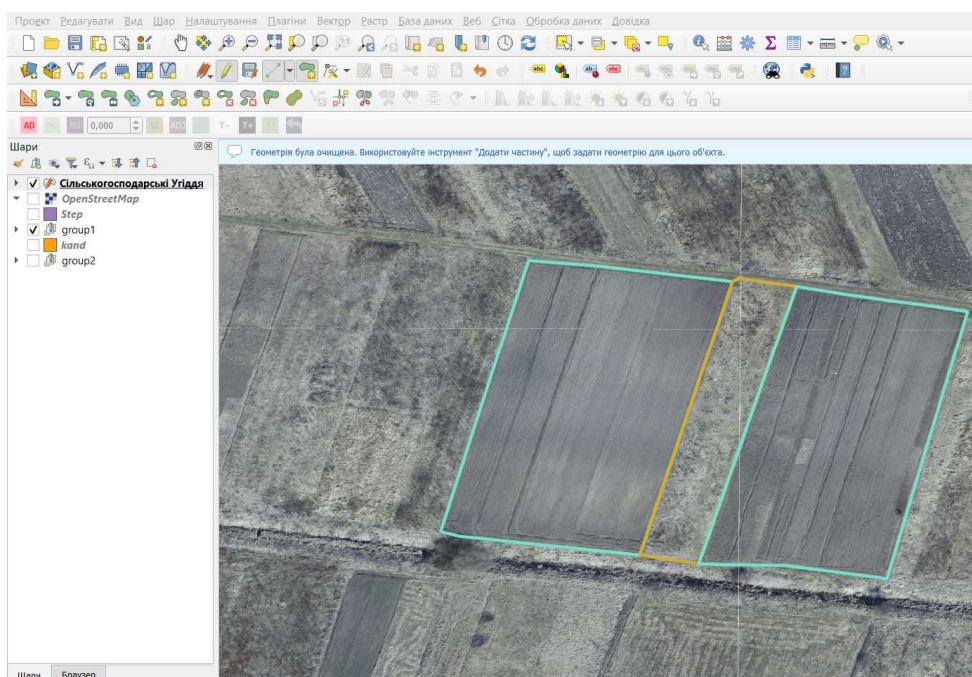


Рис. 3.19 Шар «сільськогосподарські угіддя» після поділу за символікою

Аналогічно створювались інші шари, тільки з іншими типами атрибутів. Деякі шари представлені точковими знаками, деякі – лінійними.

Для точкових об'єктів, таких як опорні точки, межові знаки або окремі об'єкти інфраструктури, створювався шар із геометрією «точка». Його атрибутивна таблиця містила інформацію про номер точки, її координати та характеристику об'єкта. Для нанесення точкових об'єктів використовувався інструмент «Додати точку», після чого вводилися атрибути.

Лінійні об'єкти включали шари для доріг, меж земельних ділянок та річок. При їх оцифруванні застосовувався інструмент «Додати лінію», де кожен відрізок будувався через послідовне з'єднання вершин. Щоб уникнути розривів на межах, використовувалась прив'язка до сегментів і вершин. У атрибутах лінійних шарів фіксувались тип об'єкта, довжина та код класифікації.

Для оцифрування використовувалася панель інструментів «Інструменти оцифрування» і «Додаткові інструменти оцифрування» рис. 3.21 і 3.22.



Рис. 3.21 Зображення панелі «Додаткові інструменти оцифрування»



Рис. 3.22 Зображення панелі «Інструменти оцифрування»

Після оцифрування всі шари перевірялися на топологічні помилки за допомогою інструмента перевірки топології. Особлива увага приділялась коректному стикуванню меж ділянок та безперервності дорожньої мережі. У разі виявлення помилок редагування виконувалося через «Редагування вершин», коригування розташування точок або сегментів.

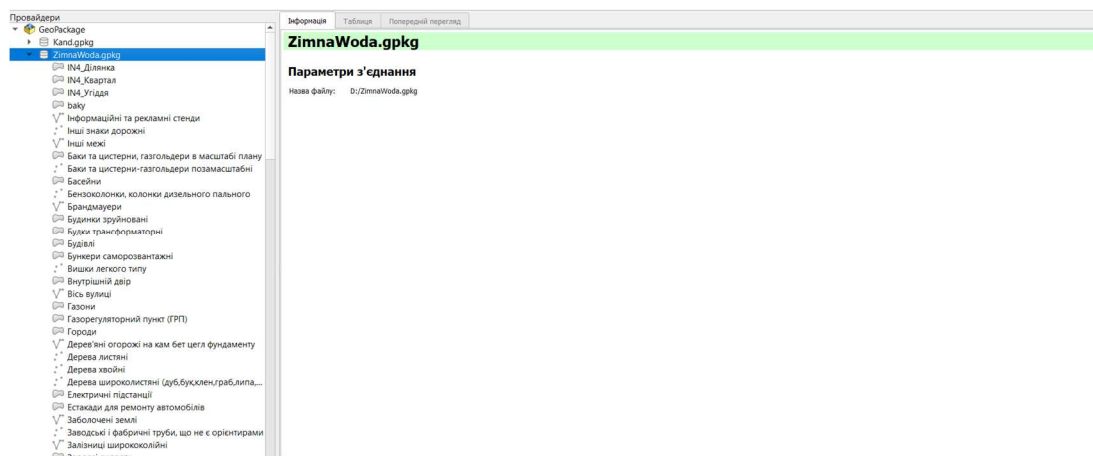


Рис. 3.23 База даних у менеджері БД

Отже в результаті формування шарів разного типу сформовано базу даних, яка зображена на рис. 3.23, із відображеними шарами, які в ній містяться.

3.3. Візуалізація та аналіз зібраних геопросторових даних

Після опрацювання ортофотоплану Зимноводівської територіальної громади, отримано детальне просторове зображення території населеного пункту Зимна вода (рис. 3.24), яке слугує основою для подальшої аналітики та прийняття управлінських рішень. Оцифрування дозволило виділити ключові елементи місцевості, такі як земельні ділянки, інфраструктурні об'єкти, водні ресурси та лісові масиви. Це забезпечує можливість комплексного аналізу просторових характеристик та змін у використанні земель.

Наразі доступ до Публічної кадастрової карти України залишається обмеженим та має низку технічних і правових перешкод, що ускладнює використання кадастрових даних для професійних потреб, досліджень та громадського контролю.

Взагалі QGIS дає можливість підвантажувати публічну кадастрову карту через WMS/WMTS доступ.

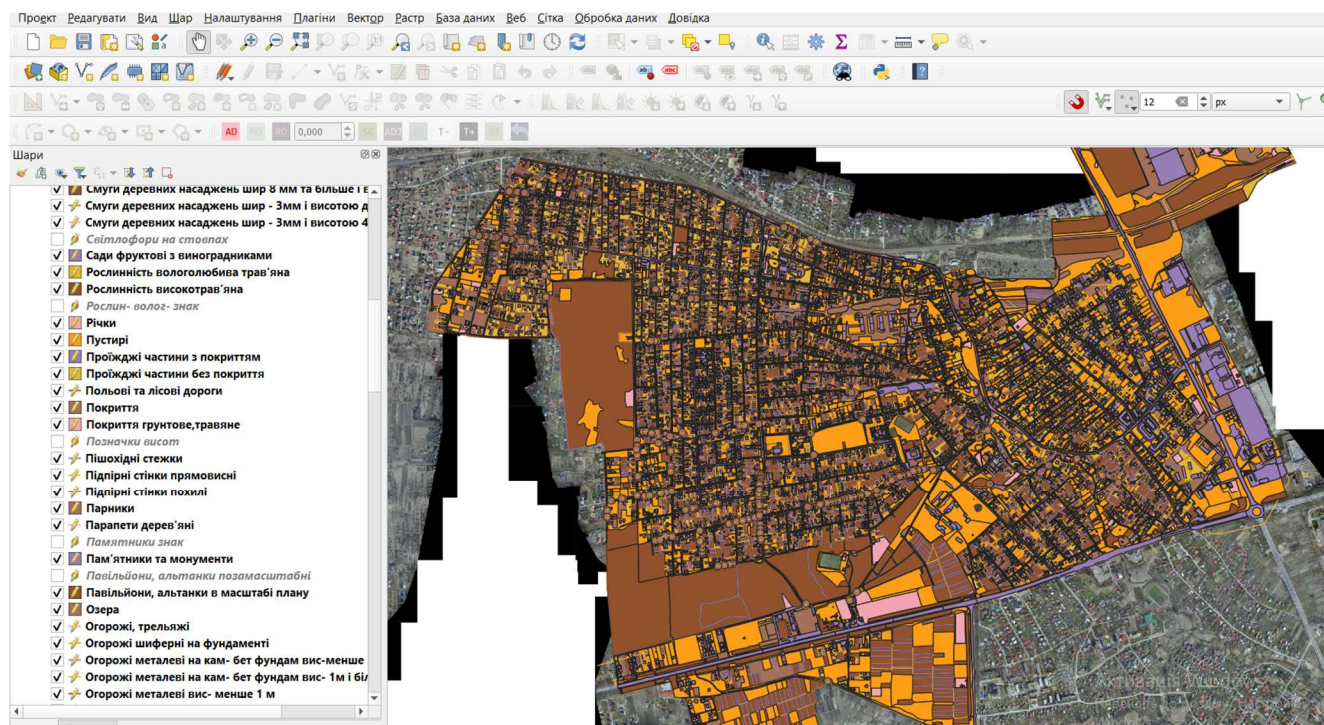


Рис. 3.24 Детальне просторове зображення території населеного пункту Зимна вода

Варто пояснити, що означають ці аббревіатури:

- WMS (Web Map Service) та WMTS (Web Map Tile Service) – це стандартизовані інтернет-сервіси для отримання картографічних даних у геоінформаційних системах.
- WMS (Web Map Service) – динамічний сервіс, який надсилає зображення карти у відповідь на запит користувача. Дані генеруються на сервері у реальному часі, що дозволяє отримувати найактуальнішу інформацію.
- WMTS (Web Map Tile Service) – кешований сервіс, що працює за принципом розбиття карти на тайли (фрагменти). Це пришвидшує завантаження та відображення карт, оскільки дані вже збережені на сервері у вигляді окремих зображень.

Порівняльна характеристика подана в таблиці 3.8.

Порівняння WMS та WMTS сервісів

Параметр	WMS	WMTS
Тип відображення	Динамічно створене зображення	Попередньо згенеровані тайли
Продуктивність	Повільніше, оскільки карта формується на сервері під кожен запит	Швидше, оскільки карта подається у вигляді збережених тайлів
Гнучкість	Можна налаштовувати шари, змінювати стиль	Фіксовані зображення, неможливо змінити стиль
Використання ресурсів	Вимагає більше ресурсів сервера	Менше навантаження на сервер, швидше завантажується

Публічна кадастрова карта України відноситься до WMS. На рис. 3.25 показана спроба додати Публічну кадастрову карту як додатковий шар до нашої бази даних у QGIS.

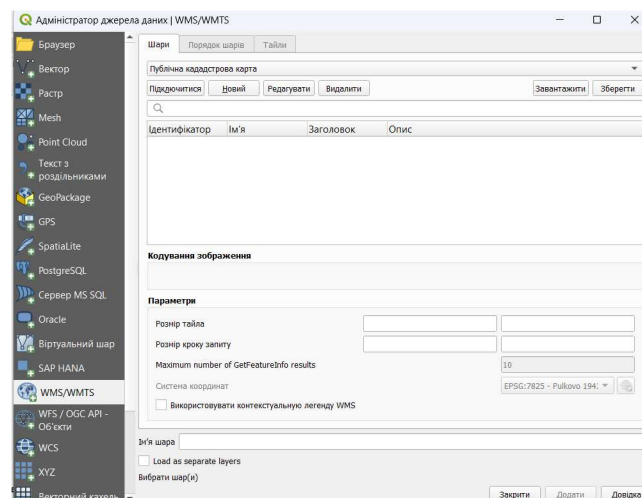


Рис. 3.25 Додавання Публічної кадастрової карти в QGIS

Оскільки дані дії успіхом не відзначились, було прийнято рішення прив'язати фрагмент растрового зображення публічної кадастрової карти безпосередньо в QGIS, за допомогою інструменту «Прив'язка растрів» (рис. 3.26).

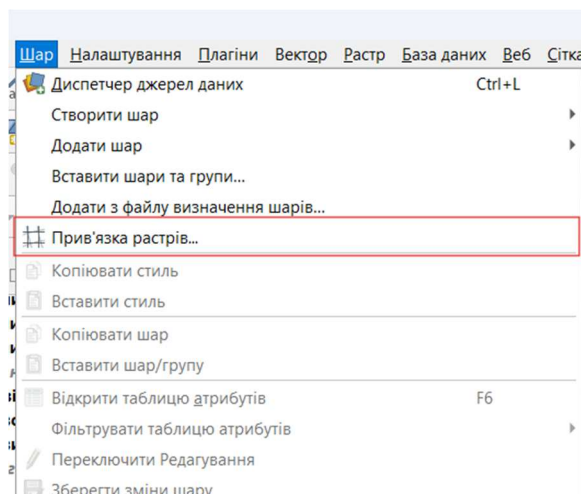


Рис. 3.26 Інструмент– прив'язка растрів

Прив'язку здійснювали до шару OpenStreetMap він є на Публічній кадастровій карті і його можна без проблем підключити в QGIS.

Прив'язку зробили до 6 точок які рівномірно обрали на зображенні (рис. 3. 27).

Enabled	Ідентифікатор	Джерело X	Джерело Y	Ціль X	Ціль Y	dX (пікселі)	dY (пікселі)	Залишок (пікселі)
✓	0	168.268005	-75.462231	1328000.47	5513120.65	-0.323501	0.656427	0.731812
✓	1	91.140522	-778.286424	1327958.10	5512716.37	-0.335629	-0.955859	1.013071
✓	2	1750.1702	-333.926945	1328913.15	5512976.19	0.376638	1.048782	1.114361
✓	3	1656.9380	-692.635477	1328860.71	5512770.24	0.764571	-0.718897	1.049467
✓	4	712.509766	-54.942376	1328313.87	5513133.95	-0.557558	0.893303	1.053025
✓	5	980.681149	-784.542076	1328470.92	5512715.39	0.075480	-0.923755	0.926834

т 0,0 ° творити: Гельмерта Перенос (1.3279e+06, 5.51316e+06) Масштабування (0.576218, 0.576218) Повертання: 0.295208 Середня похибка: 1.2 1993,-1145

Рис. 3.27. Прив'язка растрового зображення в QGIS

Для оцінки точності прив'язки потрібно звернути увагу на "Залишок (пікселі)" у таблиці 3.9. Ця колонка показує залишкові похибки (остаточні відхилення) для кожної контрольної точки у пікселях.

Таблиця 3.9

Дані про точність прив'язки растрового зображення

Точка	Джерело X	Джерело Y	Ціль X	Ціль Y	dX (пікселі)	dY (пікселі)	Залишок (пікселі)
0	168.268005	-75.462231	1328000.47	5513120.65	-0.323501	0.656427	0.731812
1	91.140522	-778.286424	1327958.10	5512716.37	-0.335629	-0.955859	1.013071
2	1750.1702	-333.926945	1328913.15	5512976.19	0.376638	1.048782	1.114361
3	1656.9380	-692.635477	1328860.71	5512770.24	0.764571	-0.718897	1.049467
4	712.509766	-54.942376	1328313.87	5513133.95	-0.557558	0.893303	1.053025
5	980.681149	-784.542076	1328470.92	5512715.39	0.075480	-0.923755	0.926834

Для того щоб дізнатись про точність в метричній системі необхідно взнати розмір пікселя (рис. 3.28).

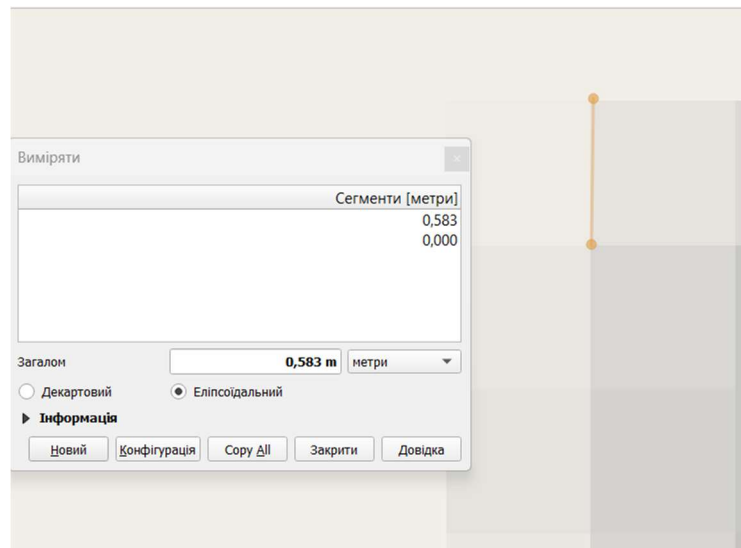


Рис. 3.28. Розмір пікселя OpenStreetMap

Визначено, що точність прив'язки на місцевості становить близько 60 см. Для великої кількості робіт (встановлення та відновлення меж земельних ділянок, формування кадастрових планів та підготовки обмінних файлів XML, топографо-геодезичних зйомок масштабів 1:500 – 1:2000, реєстрації прав на земельні ділянки, підготовки технічної документації із землеустрою) це дуже велика похибка. Прив'язаний растр відображений на рис. 3.29.

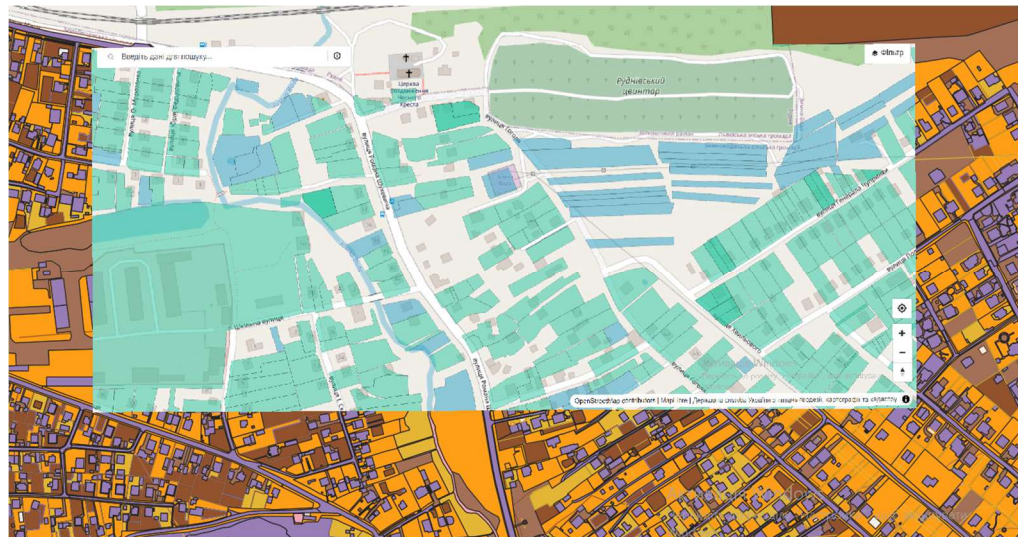


Рис. 3.29 Прив'язаний растр публічної кадастрової карти.

Але навіть з такою точністю видно що на території населеного пункту Зимна Вода, є розорані землі, які не внесені в базу Державного земельного кадастру (рис. 3.30).

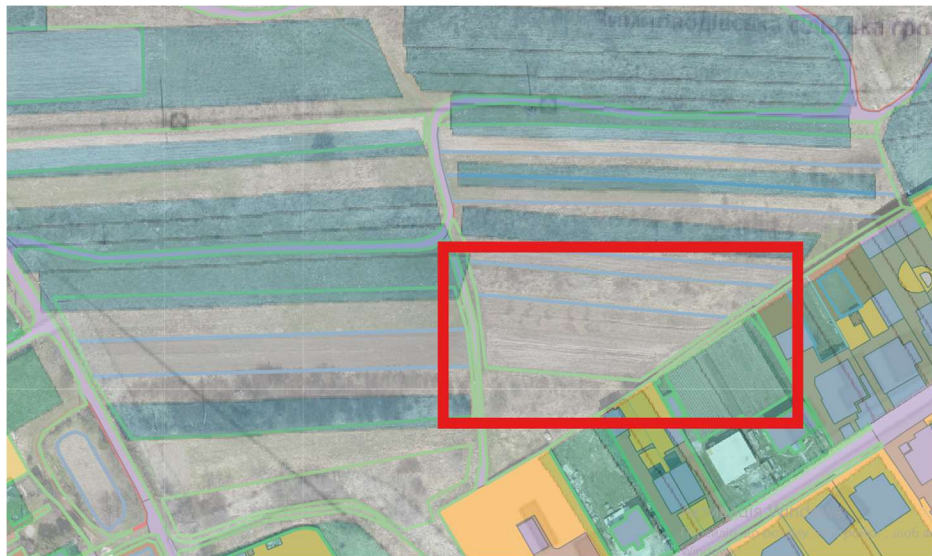


Рис. 3.30 Зображення тематичних шарів із растром та ортофотопланом

Для наступних досліджень використані векторні дані з Публічної кадастрової карти, які були інтегровані до локальної бази даних у QGIS окремим шаром. Це дозволило провести порівняльний аналіз фактичних меж земельних ділянок, визначених за ортофотопланом, із межами, відображеними в кадастрі. На рис. 3.31 зображено вибрану ділянку для введення особистого сільського господарства, площа якої складає 945.05

метра квадратних згідно з даними внесеними у реєстр, але візуально видно, що площа, яка обробляється значно більша зазначеної, тому на рис. 3.32 у векторному шарі зображено реальні межі земельної ділянки, які отримані в результаті оцифрування ортофотоплану і площа її становить 1226.09 метрів квадратних.

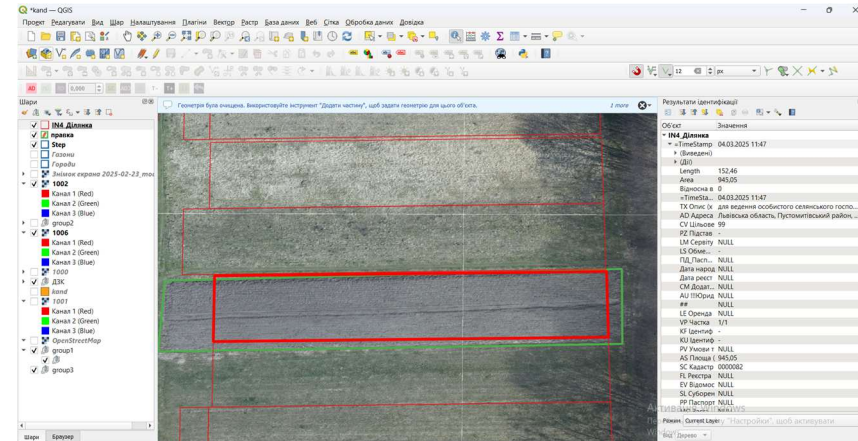


Рис. 3.31. Межа земельної ділянки на публічній кадастровій карті

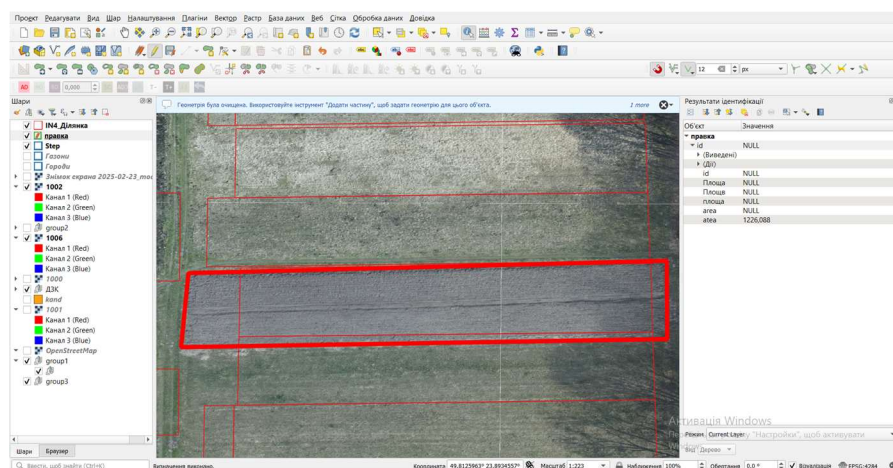
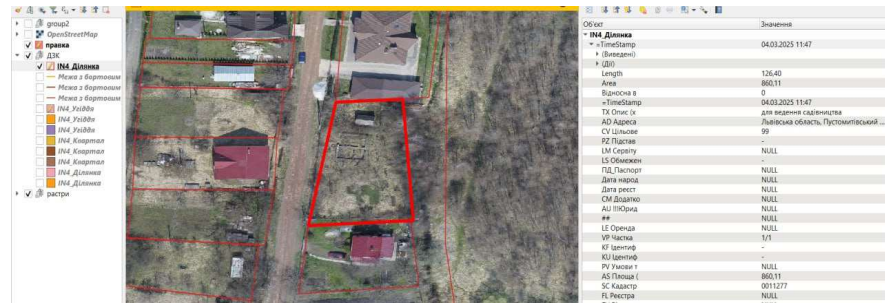


Рис. 3.32. Межа земельної ділянки отримана у результаті оцифрування ортофотоплану

Це не єдиний випадок коли межі земельних ділянок не співпадають із реальними їхніми межами, але як видно використання ортофотоплану пришвидшує виявлення таких проблем і дозволяє вносити корективи.

Загалом, маючи ортофотоплан можна визначити такі проблеми:

1. Невідповідність фактичного землекористування кадастровим записам (рис. 3.33 (а,б));



а) Проблема не відповідності фактичного землекористування кадастровим записам



Рис. 3.33 б) Проблема не відповідності фактичного землекористування кадастровим записам

2. Помилки або відсутність меж земельних ділянок (рис 3.34);



Рис. 3.34. Помилки або відсутність меж земельних ділянок

3. Незареєстровані об'єкти (рис. 3.35 (а,б));



а)



б)

*Рис. 3.35 а) відображення незареєстрованих об'єктів та
б) оцифровані незареєстровані об'єкти*

4. Неточності у географічному розташуванні (рис. 3.36);

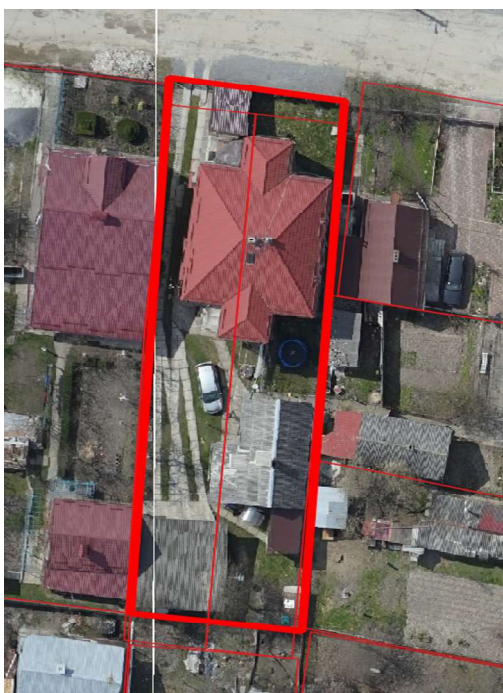


Рис. 3.36 Неточності у географічному розташуванні

5. Проблеми з дорогами, прибережними смугами, охоронними зонами (рис. 3.37);



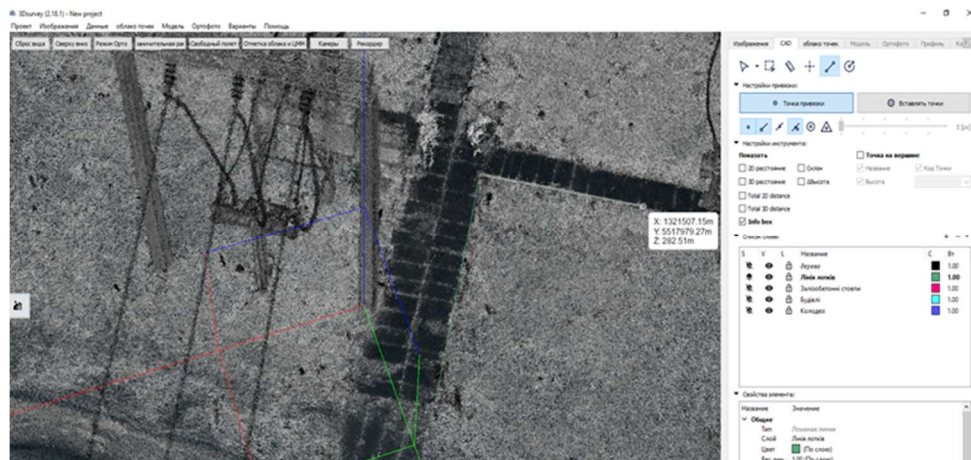
Рис. 3.37 Проблеми з дорогами, прибережними смугами, охоронними зонами

Означені проблеми було б значно складніше виявити без використання ортофотоплану, але є й інші методи збору даних, які також можуть допомогти у зборі інформації. Наприклад, за допомогою ручних лазерних сканерів, обладнаних технологією SLAM, за допомогою яких можна здійснювати картографування територій. Такі сканери дозволяють швидко та з високою точністю збирати просторову інформацію про об'єкти на місцевості, створюючи хмари точок, які надалі можуть бути використані для формування топографічних планів, уточнення меж земельних ділянок або актуалізації ситуаційної інформації [9].

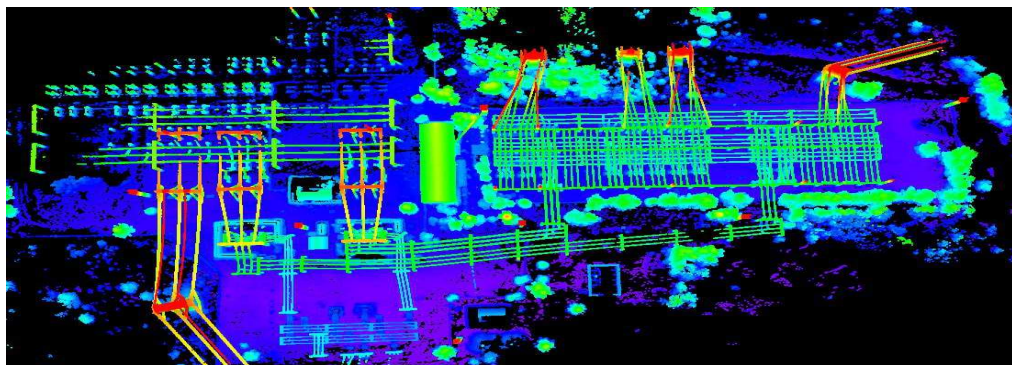
SLAM-технологія особливо ефективна у важкодоступних або урбанізованих зонах, де класичні методи геодезичних знімів є ускладненими або затратними. Отримані дані можуть бути інтегровані в ГІС та використані для оновлення кадастрової карти, контролю землекористування та моніторингу змін на території. Таким чином,

поєднання SLAM із традиційними методами збору геоданих формує сучасний підхід до наповнення та супроводу ДЗК.

Дані, отримані за допомогою ручних лазерних сканерів із технологією SLAM, легко інтегруються у ГІС-середовище, зокрема в QGIS, через імпорт хмар точок у форматах .las, .laz, .xyz або через попередню обробку в програмах, таких як CloudCompare чи 3DSurvey. У QGIS хмара точок може бути візуалізована та проаналізована за допомогою плагінів, таких як LAStools, PDAL або Point Cloud Viewer, що дозволяє працювати з великою кількістю просторових даних без втрати точності. Результати дослідження, які подані для порівняльного аналізу координат об'єктів, отриманих за допомогою SLAM, із даними класичного тахеометричного знімання показали лінійні відхилення в межах 1–3 см, що свідчить про високу відповідність результатів обох методів. На рис. 3.38 та 3.39 зображено хмара точок місцевості.



3.38 Зображення місцевості хмарою точок



3.39 Зображення місцевості хмарою точок у градієнті

На рис. 3.40 зображено елемент карти створений на основі хмари точок в масштабі 1:500.

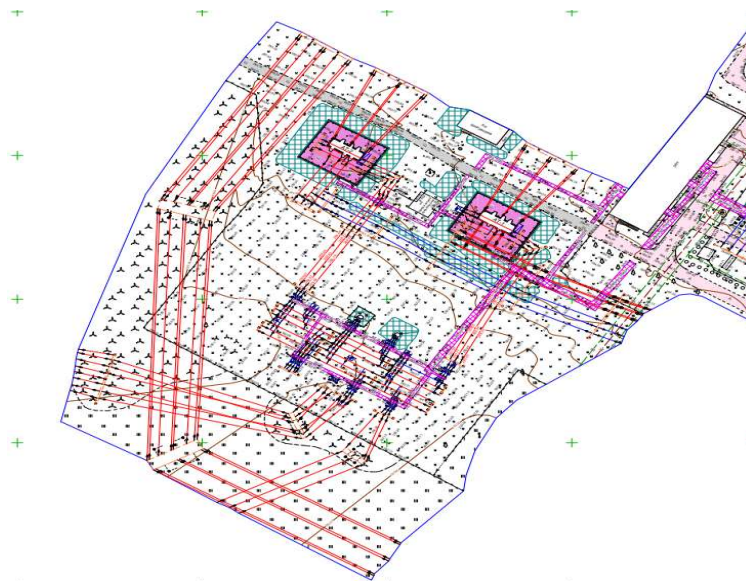


Рис. 3.40 Елемент карти масштабу 1:500 створеної на основі хмари точок

Використання хмар точок для ведення ДЗК забезпечує визначення меж земельних ділянок з високою точністю, мінімізуючи ризик накладання та помилок. Цей формат даних надає повну та детальну інформацію про місцевість, включаючи рельєф, будівлі, інженерні мережі та об'єкти інфраструктури. Хмари точок дозволяють сформувати 3D-модель території (цифровий двійник), сприяючи візуалізації, аналізу та перевірці фактичного землекористування без необхідності багаторазового відвідування території. Вони також значно прискорюють процес збору інформації, що особливо важливо, коли обмежений час або важкодоступна місцевість. Будучи сумісними з ГІС, хмари точок можна інтегрувати в цифрові кадастрові бази даних, автоматизуючи оновлення та підвищуючи ефективність управління землею.

Використання різноманітних типів геопросторових даних для ведення ДЗК сприяє підвищенню продуктивності, скороченню часових витрат, а також забезпечує наповнення баз даних великою кількістю атрибутивної

інформації. Це, у свою чергу, робить їх використання доцільним і економічно вигідним для збору даних.

3.4. Автоматизація роботи з базами даних у середовищі ГІС QGIS

Аналізуючи усю наведену інформацію у попередніх розділах можна підсумувати, що вибір програмного забезпечення QGIS є очевидним та прогресивним етапом розвитку ГІС-систем у процесах управління землеволодіннями та землекористуваннями у територіальних громадах.

Однією з основних переваг програмного пакету QGIS – є можливість інтегрування різного виду функцій та дій за допомогою різних видів плагінів та підпрограм, зокрема – консоль Python. Мова програмування Python є дуже відомою та застосовується для вирішення широкого спектру завдань у різних сферах діяльності. У даній роботі було використано плагін – консоль Python для представлення широких можливостей які відкриває даних програмний продукт перед користувачами. Було розроблено авторську панель інструментів у програмному пакеті QGIS під назвою “Геоінструменти”. За допомогою втілення функціоналу цієї підпрограми представлено можливості автоматизації процесів аналізу великих масивів інформації у програмі QGIS. На рис. 3.41 подано схему автоматизації процесу управління даними ТГ із використанням консолі Python. Відповідно до рис.3.39 поетапно розберемо створення авторської панелі інструментів та більш широко опишемо процеси, які вдається автоматизувати за допомогою її впровадження.

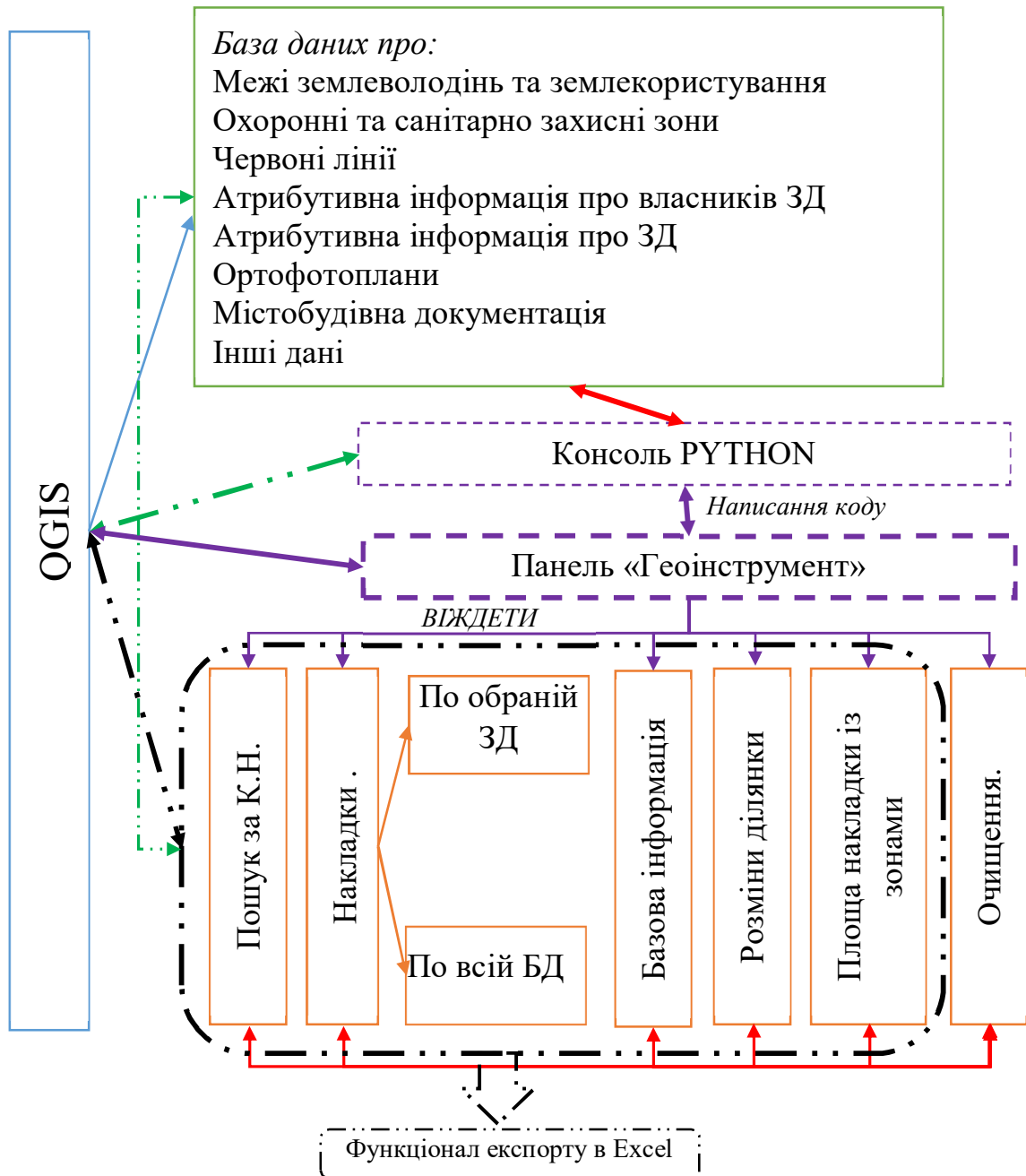


Рис. 3.41 Схема створення авторської панелі для автоматизації процесів управління землями в ТГ. Джерело: розроблено автором

В першу чергу відкриваємо створену базу даних у програмному продукті QGIS (рис 3.42)

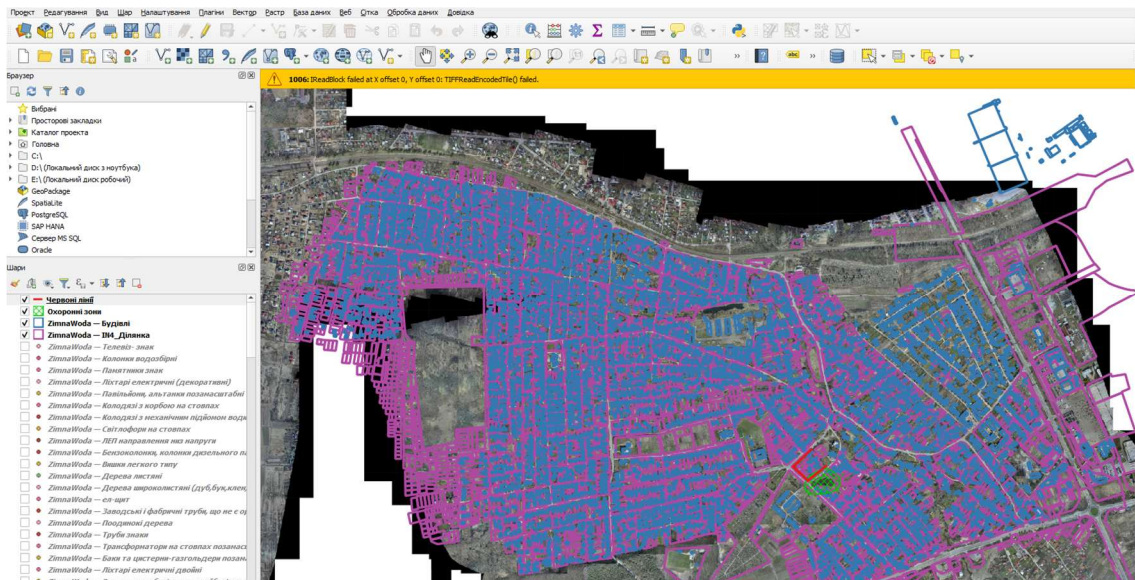


Рис. 3.42. Створена база даних із шарами та інтегрованою інформацією

Використаємо доступний плагін – консоль Python, виконаємо його запуск, як це представлено на рис. 3.43.

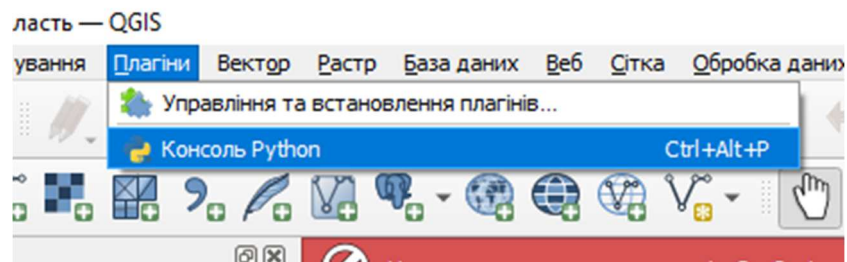


Рис. 3.43. Завантаження плагіну - консоль Python

Завантажуване робоче середовище має відповідний вигляд – як це представлено на рис. 3.44.

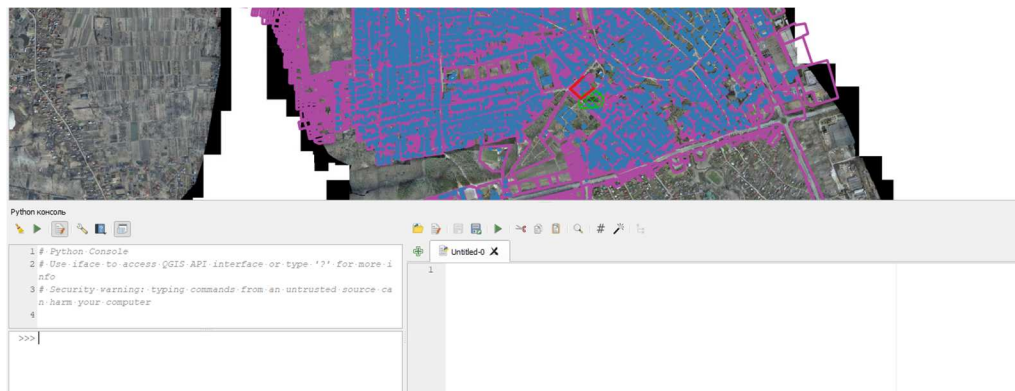


Рис. 3.44. Вигляд робочого середовища консолі Python

Для створення робочого коду мовою програмування Python було використано основні засади програмування. Сам код розділений на декілька етапів. За допомогою інтегрування розробленої підпрограми вдається створити авторську панель інструментів, яка буде вміщувати у собі декілька віджетів (кнопок дії). Загальний вигляд коду представлений у ДОДАТКУ 1. Інтегрування коду включає декілька етапів – кожен із яких створює відповідну команду у робочому середовищі, яка має задані їй функції. Для інтеграції коду використовуємо відкриту раніше консоль, додаємо потрібний фрагмент коду, що запускає у дію скрип, фрагмент якого наведено на рис. 3. 45.

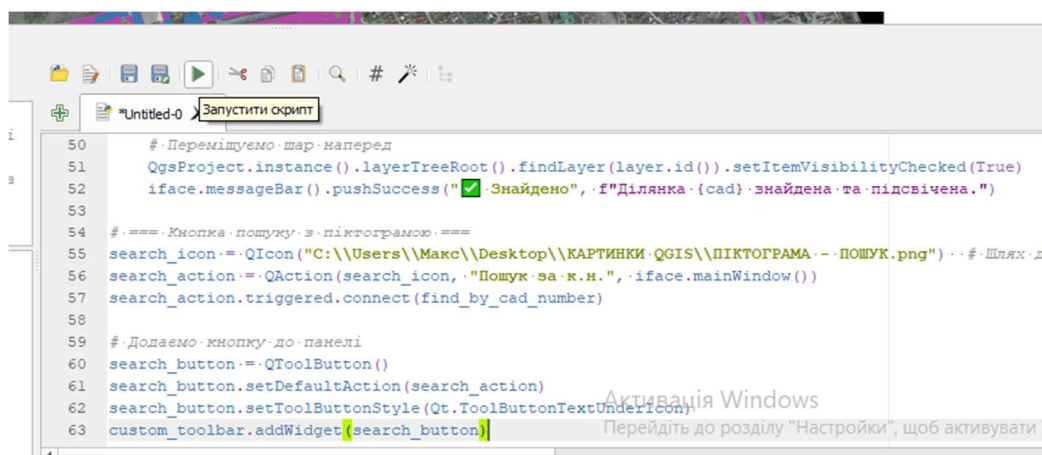


Рис. 3.45. Запуск скрипту із кодом для створення авторської панелі інструментів

Після запуску скрипту – бачимо результат, який представлено на рис. 3.46, а саме – створена авторська панель інструментів та віджет – “Пошук за кадастровим номером (к.н)”. У функціонал даного віджету закладено можливість пошуку земельної ділянки за кадастровим номером, виклик цієї команди ініціює появу діалогового вікна із запитом номера ділянки, яку потрібно відшукати. Вигляд діалогового вікна представлено на рис. 3.47.

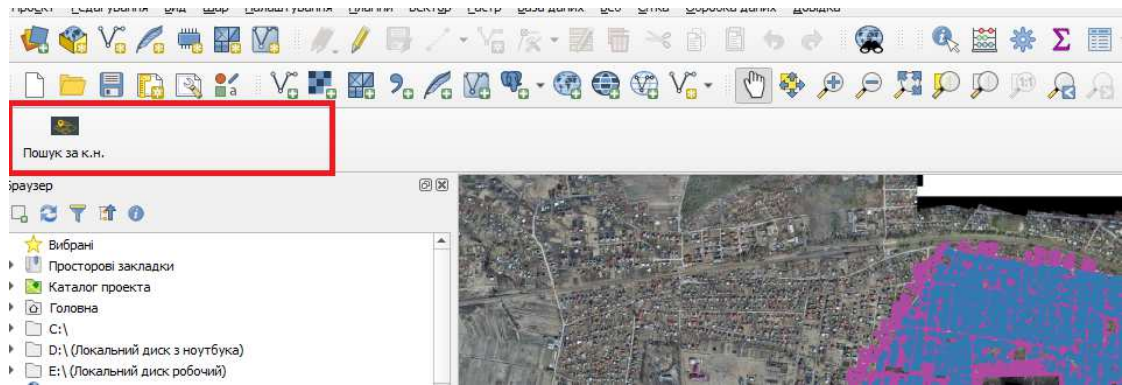


Рис. 3.46. Вигляд створеної панелі інструментів та кнопки – “Пошук за к.н.”

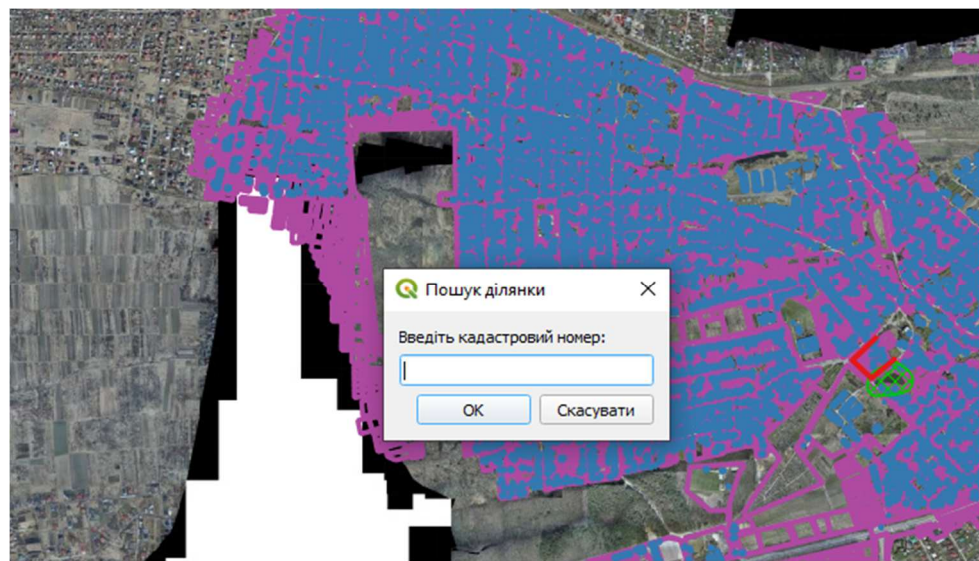


Рис. 3.47. Вигляд діалогового вікна із запитом кадастрового номера

Приклад реалізації функціоналу даного віджету представлено на рис. 3.48. У діалоговому вікні вводимо необхідний кадастровий номер – після цього робоча зона програмного середовища автоматично позиціонується над об’єктом, який запитується та виділяє його із загального середовища, як це представлено на рис. 3.49.

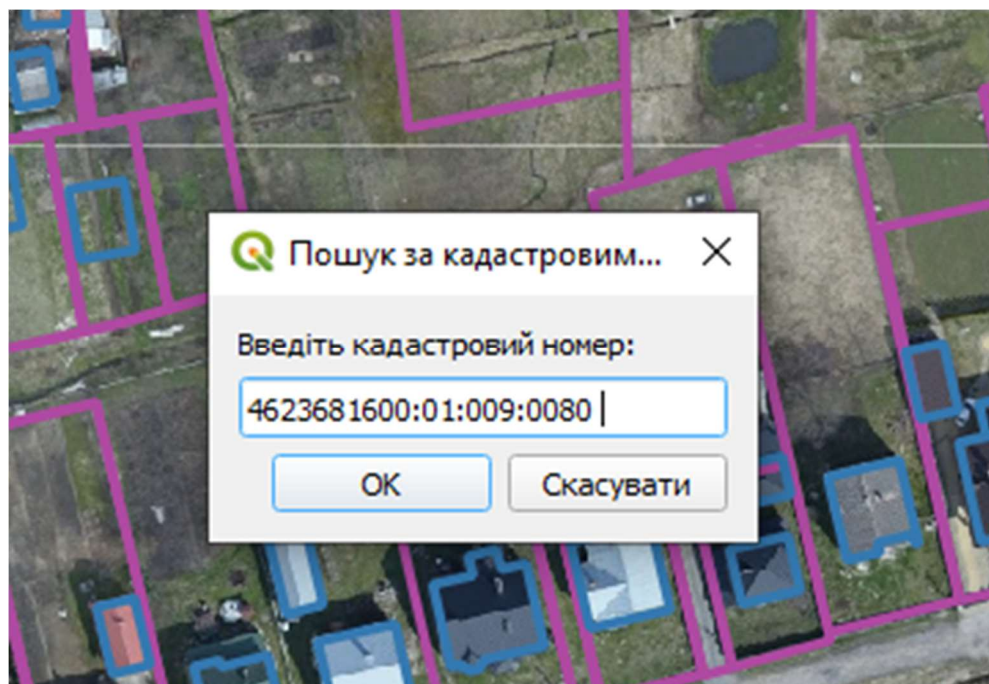


Рис. 3.48. Діалогове вікно із введеним кадастровим номером



Рис. 3.49. Вигляд зображення області бази даних із centruванням та виділенням над цільовою земельною ділянкою

Ідея створення віджетів не обмежується лише функцією пошуку, тому наступним етапом стало розширення функціоналу панелі інструментів. За описаною раніше технологією було додано ще декілька скриптів – це ініціює створення наступних віджетів:

Накладка – яка ініціює формування автоматичного запиту з метою порівняння обраної земельної ділянки із суміжними для визначення помилок у просторовому положенні суміжних ділянок. У функціонал даної кнопки додано можливість аналізу окремої (вибраної) ділянки або ж загальний аналіз усієї бази даних (рис. 3.50 (а,б,в)) для визначення накладок між земельними ділянками. Тобто реалізовано можливість двох типів перевірки, які звучать так: “по обраній ділянці” та “по всій базі даних”. Дана функція залежно від вибору користувача формує звіт у вигляді таблиці про накладку, якщо така є, або ж повідомляє, що накладок не знайдено. Звіт у табличній формі містить 5 пунктів інформації:

- **кн 1** – це кадастровий номер цільової земельної ділянки, для якої проводиться аналіз.
- **площа 1** – це площа цільової земельної ділянки.
- **кн 2** – це кадастровий номер іншої земельної ділянки, з якою виявлено перетин меж (накладку);
- **площа 2** – це площа земельної ділянки, з якою є накладка;
- **площа накладки** – це площа, яка є спільною для обох земельних ділянок відповідно до їхніх поточних меж.

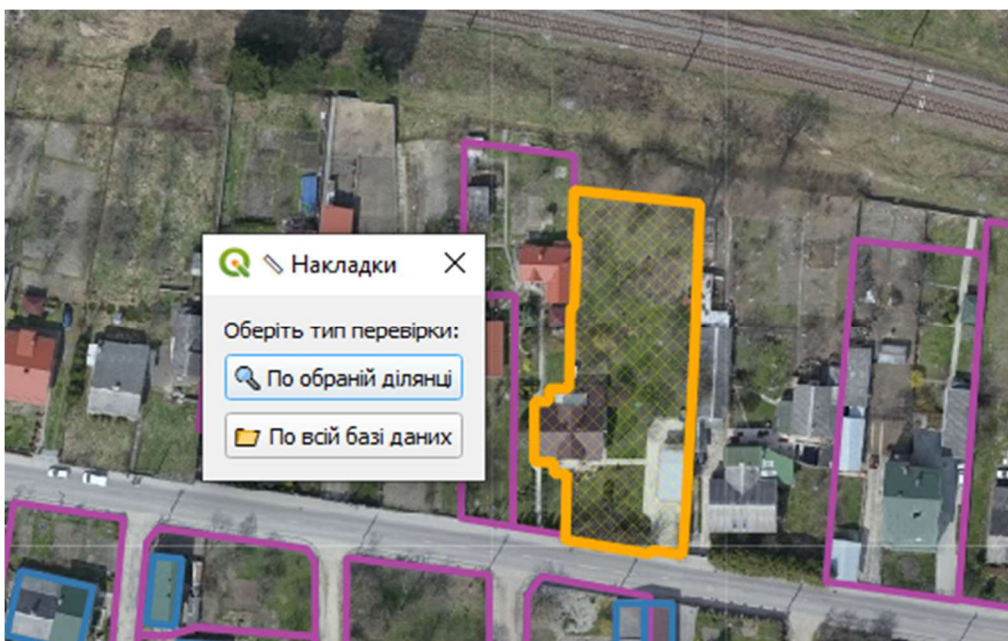


Рис. 3.50 (а) Діалогове вікно функції “Накладка”

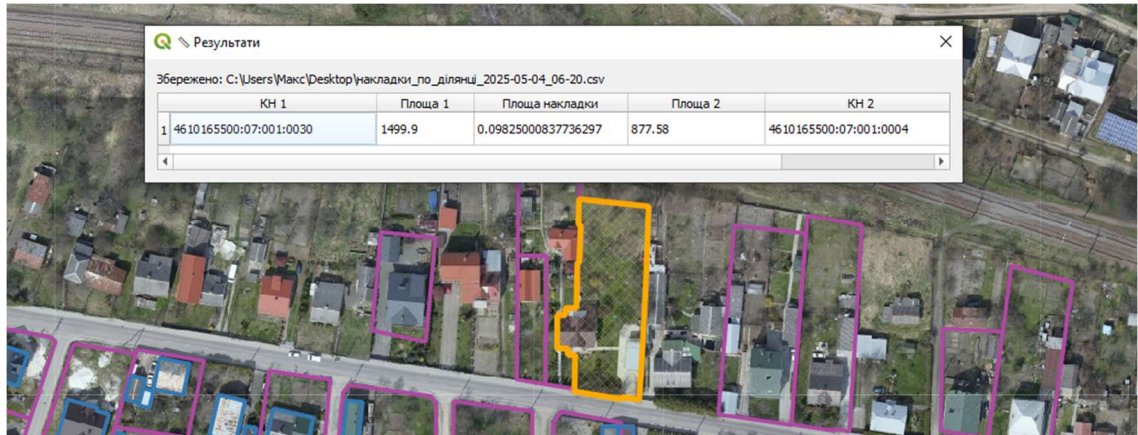


Рис. 3.50 (б). Діалогове вікно із звітом у табличній формі по накладці земельної ділянки

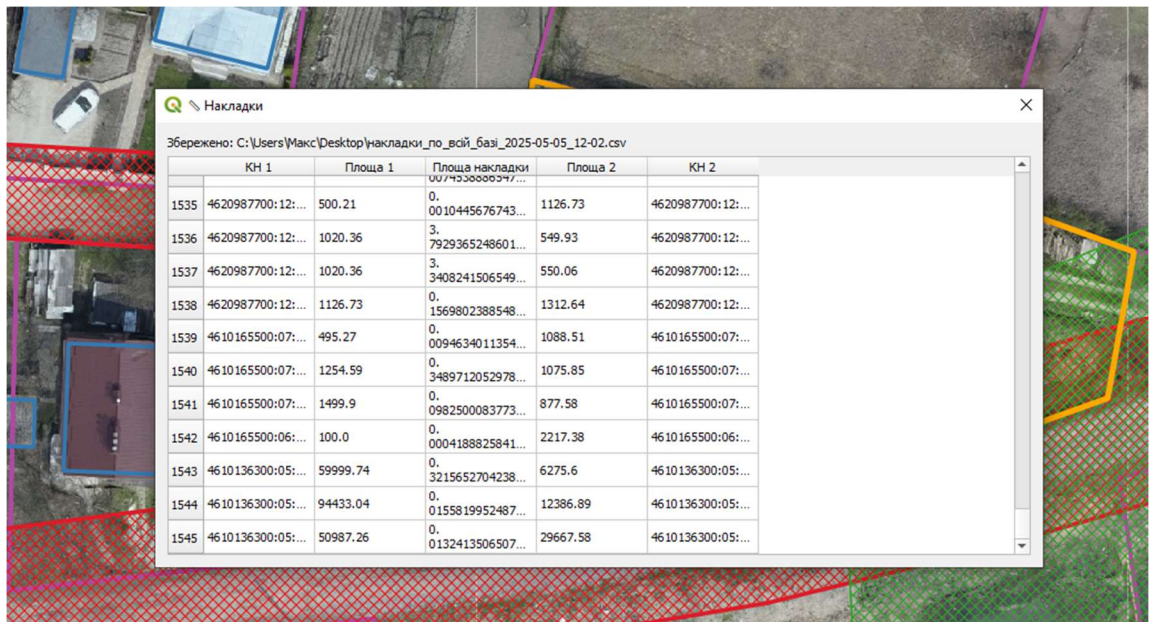
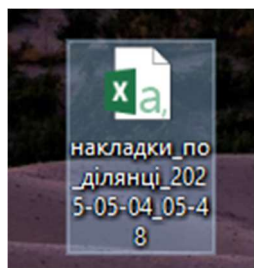


Рис. 3.50 (в). Діалогове вікно із звітом у табличній формі по накладках земельних ділянок по всій базі даних

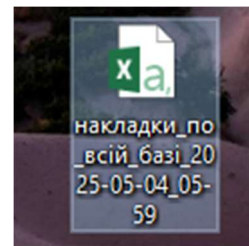
Сформований звіт одразу виводиться у робоче середовище і паралельно зберігається на робочий стіл ПК користувача з відповідним підписом та номером запитуваної земельної ділянки.

Якщо ж користувач обирає тип перевірки “по усій базі даних” – виконується аналіз усіх накладок між земельними ділянками у межах бази даних. Дана функція також виводить результат у вигляді таблиці у робоче

середовище та паралельно зберігає на робочий стіл ПК користувача, вигляд файлу на робочому столі ПК представлено на рис. рис. 3.51 (а,б).



а)



б)

Рис. 3.51. Вигляд збереженого звіту (а) на ПК по земельній ділянці (б) на ПК по усій Базі даних

На етапі тестування функціоналу авторської панелі інструментів було виконано декілька аналізів усієї бази даних за результатами яких визначено, що у межах наповненої бази даних, яка включає близько 5 200 земельних ділянок виявлено 2980 накладок. Після уточнення програмного коду було виключено з аналізу ділянки, які мають накладки менші за 0,00 м. кв. За результатом удосконалення програмного коду розроблених віджетів виявлено загалом 1461 накладок між земельними ділянками. У таблиці 3.10 представлено розподіл накладок між земельними ділянками за площею перекриття.

Таблиця 3.10

Розподіл накладок за площею перекриття

Категорія	Кількість ділянок
< 1 м ²	1344
1-20 м ²	68
20-50 м ²	14
50-200 м ²	18
200-500 м ²	7
> 500 м ²	10

Дані із таблиці для кращої візуалізації представлено на діаграмі на рис. 3.52.

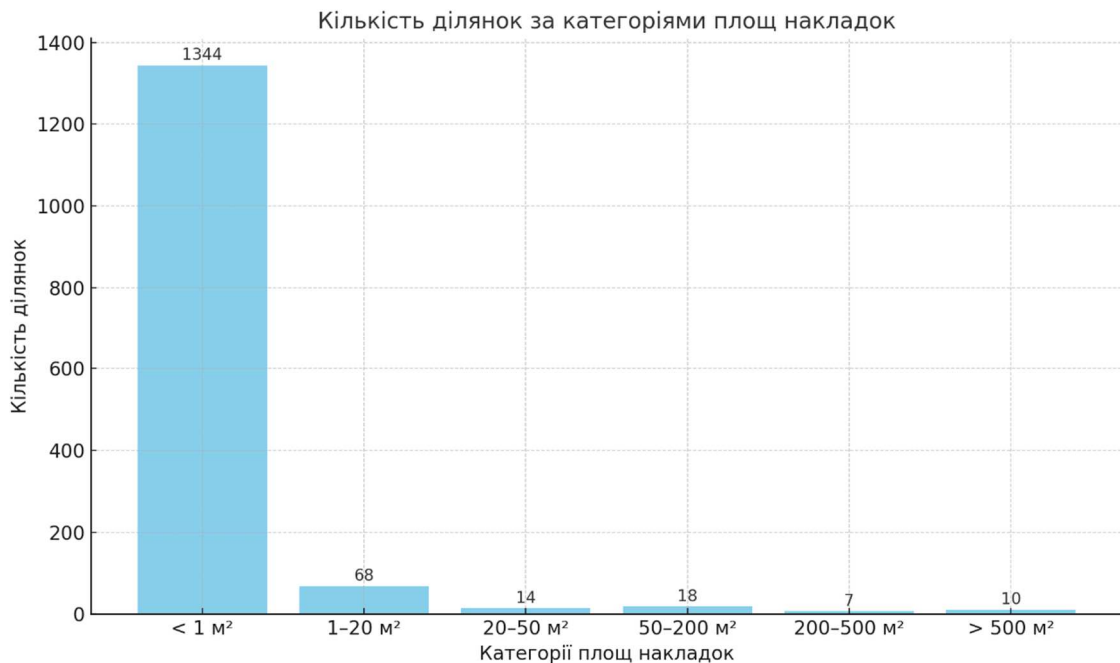


Рис. 3.52 Діаграма розподілу накладок за площею перекриття

У відповідності до дослідження виявлено, що значна кількість накладок, а саме 2743 – складають накладки до 1 кв. м. 20 ділянок мають накладки більші за 500 м. кв – що свідчить про повну невідповідність координат земельної ділянки за якими вона внесена у ДЗК реальному положенню земельної ділянки.

•**Базова інформація** – це функція, яка структурує усю текстову інформацію та усі відомості, що були внесені у ДЗК про земельну ділянку. За цією ділянкою відбувся пошук та внесення у робоче середовище діалогового вікна таблиці. У цій таблиці представлено основні інформаційні пункти, які, в першу чергу, цікавлять кінцевого користувача. Вигляд діалогового вікна подано на рис. 3.53.

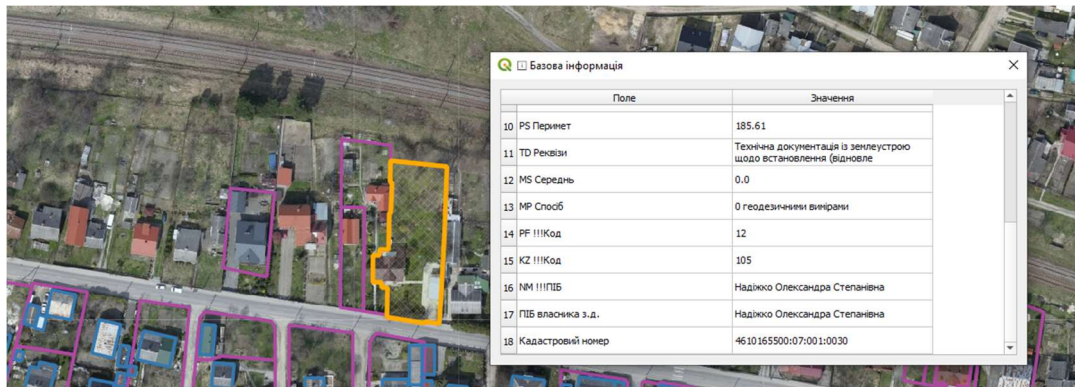


Рис. 3.53 Базова інформація про земельну ділянку

•**Розміри ділянки** – наступна функція, яка дозволяє автоматизувати процес аналізу геометрії ділянки. Дана функція формує таблицю довжин сторін земельної ділянки від вузла до вузла, а також додає координати кожного вузла. Окрім звіту у табличній формі було додано ще візуальну складову. Дана функція в автоматичному режимі після натискання мишкою позначає та підписує вузли та поворотні точки земельної ділянки на плані, а також виводить розміри сторін між вузловими точками. Приклад реалізації запиту до цієї функції представлено на рис. 3.54 та рис. 3.55. Застосування такої функції значно спрощує аналіз геометричної форми земельної ділянки, а також одразу формує табличний звіт, який зберігається на робочому столі ПК користувача та містить інформацію про номер вузла або поворотної точки, її координати та відстані між такими точками.

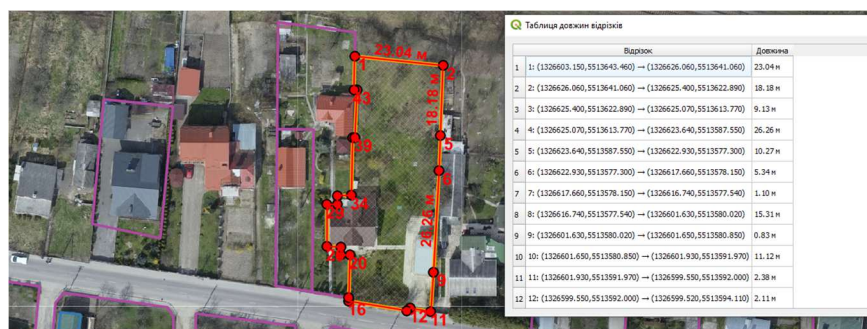


Рис. 3.54. Приклад №1 - результату реалізації функції “Розміри ділянки”

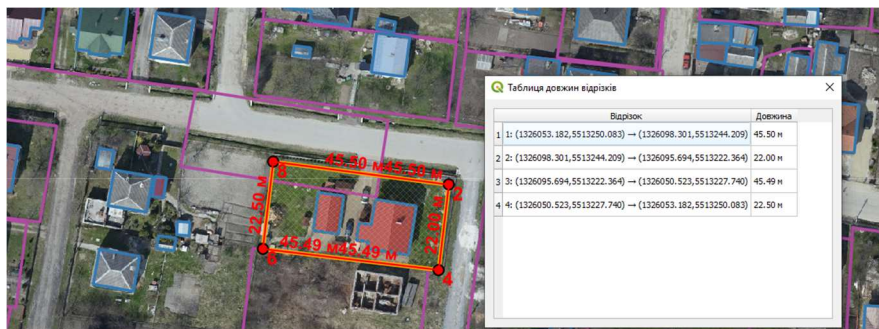


Рис. 3.55. Приклад №2 - результату реалізації функції “Розміри ділянки”

•**Очистити** – наступна функція, яка була додана до панелі інструментів. Її роль очищати запити користувача із робочого середовища бази даних після виконання запитів та отримання необхідної інформації.

У процесі попереднього аналізу та дослідження наявних картографічних матеріалів було проаналізовано генеральний план населеного пункту Зимна Вода, як це було описано раніше. Для вивчення можливості автоматизації аналізу містобудівної документації проведено спробу наповнити базу даних червоними лініями та охоронними зонами. Дослідження проводилось на фрагменті території і метою було визначення можливості інтеграції містобудівної документації та її просторовий аналіз шляхом впровадження автоматизованих підходів до опрацювання інформації. Для цього було виконано оцифрування фрагменту червоних ліній населеного пункту та деяких охоронних зон, що були наведені на генеральному плані. Було створено два нових шари – “Зони червоних ліній”, який був доданий у формі полігону, що формує червоні лінії над територіями загального користування, а також шар “Охоронні зони”. Для точного та якісного аналізу містобудівних документації уся інформація повинна передаватись органами місцевого самоврядування з необхідною точністю, проте проведений процес оцифрування дає змогу сформувати алгоритм для аналізу інформації та підготувати необхідний функціонал на мові програмування для автоматизованості багатьох процесів. На рис. 3.56 подано оцифрований фрагмент містобудівних обмежень та охоронних зон уже інтегрованих у базу даних у програмному середовищі QGIS.



Рис. 3.56. Фрагмент містобудівних обмежень (червоні лінії) та охоронних зон

Після додавання необхідної просторової інформації мною був розроблений ще один віджет на мові програмування Python, який представлено у ДОДАТКУ 1. Таким чином відбулось додавання ще одного віджету у панель інструментів під назвою “Площа накладки із зонами”, вигляд панелі інструментів представлено на рис. 3.57.

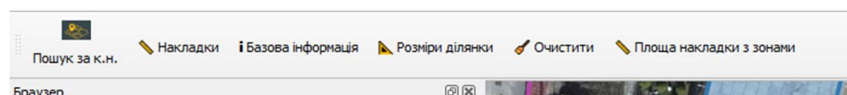


Рис. 3.57. Загальний вигляд створеної авторської панелі інструментів

Функція (кнопка) “Площа накладки із зонами” – це інструмент аналізу площі земельної ділянки, яка підпадає під обмеження щодо використання того чи іншого типу. Запит виконується по цільовій ділянці, для якої попередньо було виконано пошук за кадастром номером. Алгоритм, який задано для даної функції виконує автоматичне порівняння загальної площі земельної ділянки до площі, яка підпадає під обмеження використання, оскільки знаходиться у червоних лініях, а також у охоронних зонах за наявності. Звіт по запиту видається у діалоговому вікні у табличній формі (рис. 3. 58), а також додатково зберігається на ПК, як і попередні звіти.

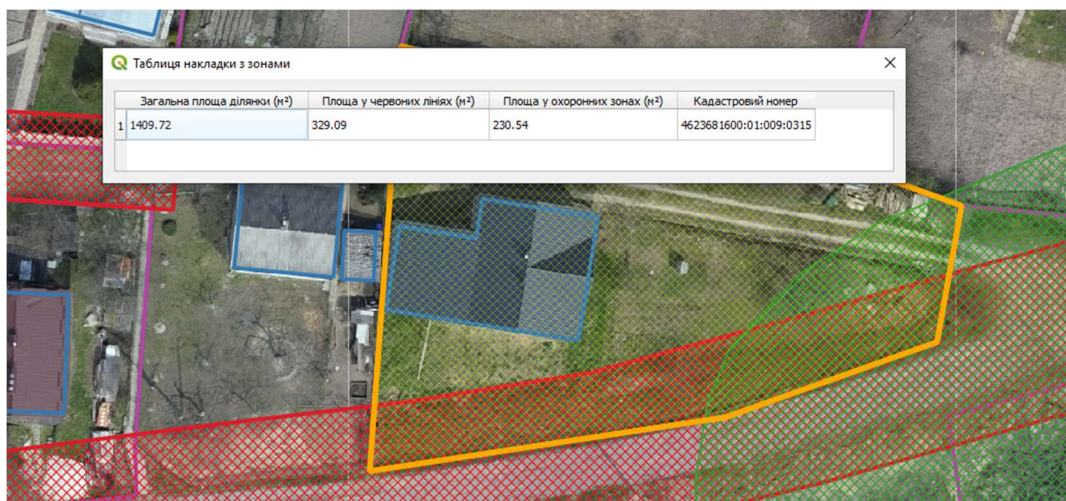


Рис. 3.58. Діалогове вікно зі звітом по запиту “Площа накладки із зонами”

Отже, підсумовуючи проведену роботу із автоматизації процесів аналізу інформації, наголосимо на відкритості програмного пакету QGIS до впровадження нових функцій та інструментів. Зазначене програмне забезпечення відкриває великі можливості для проведення аналізу даних за допомогою доступних інструментів та за допомогою розробки нових. Представлена у цьому дослідженні створена авторська панель інструментів для QGIS дозволяє значною мірою пришвидшити та автоматизувати процес отримання необхідної інформації із бази даних. Окрім цього, розроблена панель відкрита до удосконалення та додакового наповнення функціями. Таким чином, наповнена база даних та створені інструменти вкотре доводять універсальність програмного продукту та необхідність його впровадження на місцевому рівні для значного підвищення ефективності управління земельними ресурсами.

3.5. Вдосконалення кадастрової системи України на основі геопросторових даних і цифрових інновацій

Для забезпечення коректного функціонування кадастрової системи України необхідно розробити стратегію її вдосконалення на основі геопросторових даних. Така стратегія має бути впроваджена на трьох

рівнях: державному, регіональному та місцевому, що дозволить забезпечити цілісність, узгодженість і ефективність управління земельними ресурсами на всіх адміністративних щаблях.

Основні етапи вдосконалення на основі геопросторових даних на державному рівні рис. 3.59.

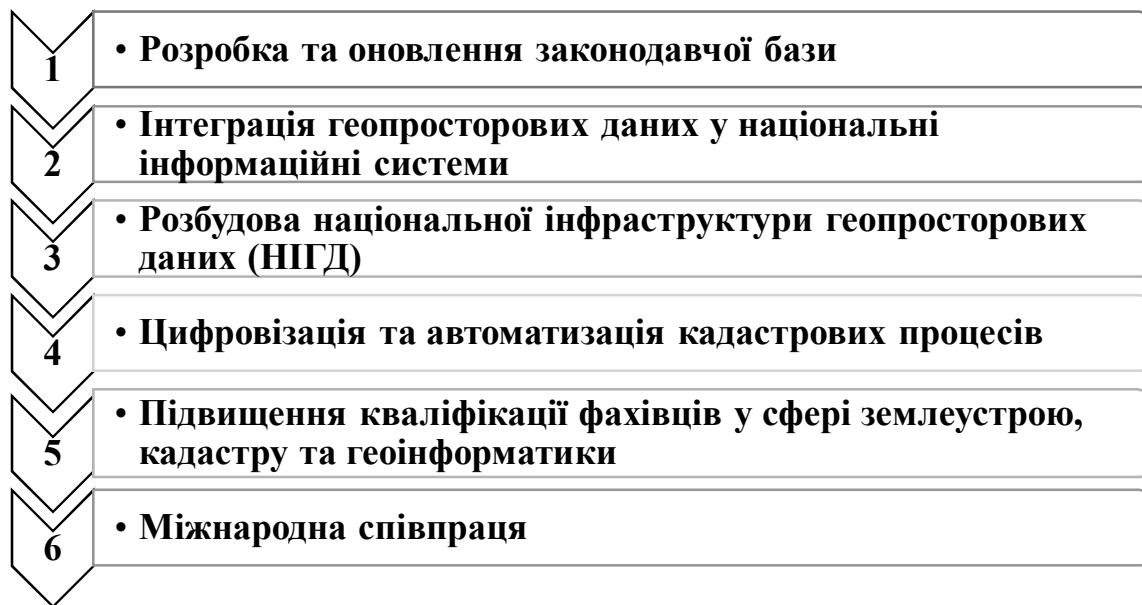


Рис. 3. 59. Основні етапи вдосконалення на основі геопросторових даних на державному рівні. Джерело: систематизовано автором

Один із ключових напрямів удосконалення системи державного земельного кадастру полягає у розробці та оновленні нормативно-правової бази з урахуванням сучасних досягнень у сфері геоінформатики, дистанційного зондування Землі та цифрової трансформації кадастрових процедур. Сьогодні актуальним є завдання гармонізації існуючих законодавчих актів із новими технологічними можливостями, що забезпечує правову визначеність, послідовність та ефективність регулювання кадастрової діяльності. Такий підхід дозволяє створити передумови для інтеграції високотехнологічних рішень у практику землеустрою та кадастру, зокрема шляхом цифровізації ключових процесів.

Важливою складовою цього процесу є інтеграція геопросторових даних у національні інформаційні системи, що забезпечує сумісність та

взаємодію кадастрової інформації з іншими державними реєстрами – зокрема, Єдиним державним реєстром, Державним реєстром речових прав на нерухоме майно, Державним реєстром нерухомості тощо. Це сприяє підвищенню ефективності управління просторовими ресурсами держави, мінімізує дублювання інформації, а також забезпечує прозорість та зручність у доступі до даних для всіх зацікавлених користувачів.

У цьому контексті значну роль відіграє розбудова національної інфраструктури геопросторових даних (НІГД), яка передбачає створення системи відкритих, стандартизованих, достовірних та актуальних геопросторових ресурсів. Такі ресурси мають бути доступними для широкого кола користувачів – від органів державної влади до представників громадянського суспільства, що сприятиме підвищенню загального рівня цифрової грамотності, розвитку електронного врядування та посилення громадського контролю за використанням земельних ресурсів.

Цифровізація та автоматизація кадастрових процесів передбачає широке впровадження сучасних геоінформаційних систем, електронних сервісів, а також технологій дистанційного збору та обробки просторових даних, зокрема із застосуванням БПЛА, супутникових знімків, мобільних ГІС-комплексів. Це дозволяє суттєво підвищити точність, оперативність і надійність ведення кадастрових записів, а також зменшити витрати часу та ресурсів при оновленні відповідної інформації.

Крім технічних і законодавчих аспектів, важливою є і кадрова складова. Підвищення кваліфікації фахівців у сфері землеустрою, кадастру та геоінформатики є необхідною умовою сталого розвитку галузі. У зв'язку з цим слід зосередити увагу на розробці та впровадженні сучасних освітніх програм на національному рівні, підтримці наукових досліджень, заохоченні інновацій та міждисциплінарній співпраці, що сприятиме формуванню професійного середовища, здатного ефективно реагувати на виклики цифрової трансформації.

Не менш важливим напрямом є активізація міжнародної співпраці, яка реалізується через залучення кращих практик держав – членів Європейського Союзу, участь у спільних міжнародних проєктах, грантових програмах, а також в ініціативах, спрямованих на стандартизацію геопросторових даних відповідно до вимог директиви INSPIRE та інших міжнародних норм. Така співпраця дозволяє не лише підвищити якість національної кадастрової інформації, а й забезпечити її сумісність у європейському та глобальному інформаційному просторі.

У межах реалізації політики децентралізації та цифрової трансформації земельних відносин, особливої актуальності набуває формування регіональної стратегії вдосконалення кадастрової системи на основі геопросторових даних. Така стратегія передбачає адаптацію загальнодержавної політики до умов кожного окремого регіону, з урахуванням його природно-географічних, соціально-економічних, адміністративних і інфраструктурних особливостей. Метою цих заходів є не лише підвищення точності й повноти кадастрової інформації на місцевому рівні, а й забезпечення ефективного управління земельними ресурсами через впровадження просторово орієнтованих рішень.

Основні етапи вдосконалення на основі геопросторових даних на регіональному рівні показані на рис. 3.60.

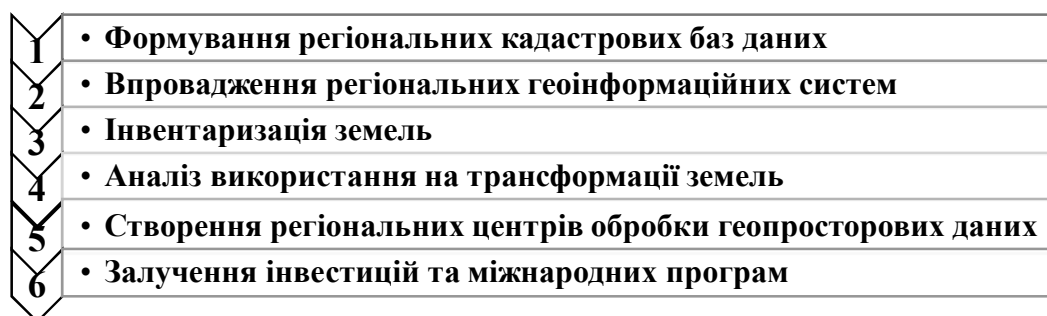


Рис. 3. 58. Основні етапи вдосконалення на основі геопросторових даних на регіональному рівні. Джерело: розроблено автором

Одним із ключових завдань у межах регіональної стратегії є формування регіональних кадастрових баз даних. Цей процес передбачає створення і постійне оновлення детальних геопросторових ресурсів, які

відображають місцеву специфіку землекористування, екологічний стан територій, особливості інженерної інфраструктури тощо. Високий рівень деталізації таких даних дозволяє точно моделювати земельні процеси, оцінювати ризики, а також розробляти обґрунтовані рішення щодо просторового планування.

Наступним важливим компонентом є впровадження регіональних геоінформаційних систем. Розробка таких систем дозволяє місцевим органам виконавчої влади та органам місцевого самоврядування ефективно управляти земельними ресурсами, здійснювати моніторинг, прогнозування та планування використання територій у режимі реального часу. ГІС-технології також сприяють прозорості прийняття рішень та залученню громадськості до управлінських процесів.

Важливим етапом реалізації вдосконалення є інвентаризація земель, що охоплює сільськогосподарські, лісові, водні та рекреаційні угіддя. Проведення комплексної інвентаризації дозволяє виявити наявні прогалини у кадастровій інформації, узагальнити дані щодо фактичного стану землекористування, а також оновити записи в Державному земельному кадастрі (ДЗК), що є передумовою для ефективного планування землекористування.

Окрему увагу слід приділити аналізу використання та трансформації земель. Це включає виявлення випадків неефективного, незаконного або екологічно небезпечного використання територій, з подальшою підготовкою обґрунтованих рекомендацій щодо зміни цільового призначення ділянок, проведення рекультиваційних заходів або впровадження обмежень у землекористуванні з метою охорони довкілля.

З метою забезпечення належної координації та обробки просторової інформації доцільним є створення регіональних центрів опрацювання геопросторових даних. Такі установи повинні бути оснащені відповідною технічною базою і кадровим потенціалом для збору, обробки, аналізу та передачі кадастрової інформації між місцевими та центральними органами

влади. Крім того, вони можуть виконувати функції навчальних, консультативних та інформаційних платформ для місцевих громад.

Важливою умовою реалізації вдосконалення на регіональному рівні є залучення зовнішніх інвестицій, участь у міжнародних проєктах технічної допомоги, грантових програмах і ініціативах, спрямованих на цифровізацію кадастрових процесів, модернізацію земельної інфраструктури та підвищення інституційної спроможності регіонів.

У результаті реалізації зазначених заходів регіональна кадастрова система стає не лише ефективною і прозорою, а й здатною до самостійного розвитку в межах загальнодержавної політики. Це, своєю чергою, сприяє зміцненню національної системи управління земельними ресурсами та забезпечує сталий розвиток територій на основі сучасних геопросторових технологій.

Основні етапи вдосконалення на основі геопросторових даних на місцевому рівні показані на рис. 3.61.

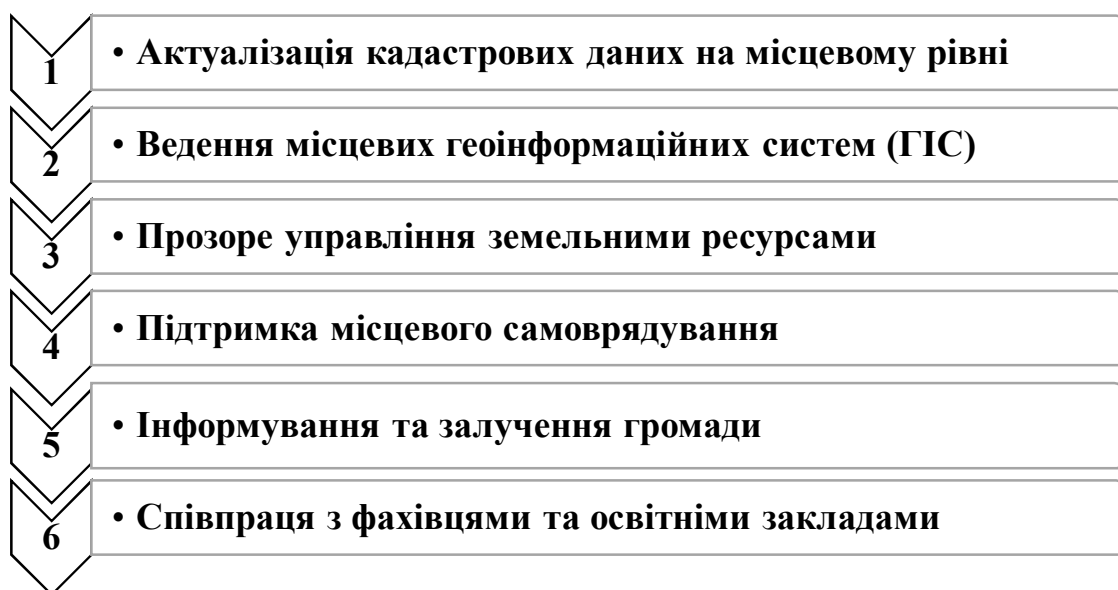


Рис. 3. 61 Основні етапи вдосконалення на основі геопросторових даних на місцевому рівні. Джерело: розроблено автором

У межах загальної концепції цифрової трансформації земельних відносин важливою складовою є розробка та вдосконалення кадастрової системи на місцевому рівні, яка передбачає практичну реалізацію положень

державної та регіональної політики на рівні територіальних громад. Таке вдосконалення орієнтоване на вирішення конкретних завдань у сфері землекористування, управління ресурсами та просторового розвитку. У рамках дослідження, проведеного в Зимноводівській територіальній громаді, була здійснена апробація окремих напрямів вдосконалення, що підтвердило її дієвість на практиці.

Перш за все, одним із ключових аспектів вдосконалення на місцевому рівні є актуалізація кадастрових даних ТГ. З цією метою був використаний ортофотоплан території громади, що дозволило створити локальну базу геопросторових даних на основі фактичного стану землекористування. Подальше оцифрування меж земельних ділянок та їх просторовий аналіз дали змогу виявити помилки наявні на Публічній кадастровій карті. Зокрема, були зафіксовані випадки неточності у координатному позиціонуванні меж ділянок, а також відсутність інформації про окремі землеволодіння.

Роботи були зроблені у локальній базі даних створеної у геоінформаційній системі, розширення її до корпоративної бази даних або ще більш ширшої дасть змогу забезпечити просторовий облік і візуалізацію даних про землю, об'єкти комунальної інфраструктури та інші елементи просторового середовища громади. Такий підхід дає можливість органам місцевого самоврядування ефективно здійснювати містобудівне планування, приймати обґрунтовані управлінські рішення та реалізовувати принципи прозорості у земельних відносинах.

Якщо базу даних зробити із відкритим доступ до геопросторової інформації для жителів громади, а також забезпечення умов для громадського контролю. Це буде основою для підвищення довіри до органів влади та боротьби з непрозорими схемами у сфері землекористування.

Реалізація таких іновацій передбачає залучення фахівців та співпрацю з освітніми закладами. На місцевих рівнях молоді спеціалісти, сприяють поєднанню наукового підходу з практичними навичками та

забезпечило якісне виконання завдань зі збору, аналізу та верифікації просторових даних.

Таким чином, досвід, отриманий у Зимноводівській громаді, демонструє ефективність локального підходу до вдосконалення кадастрової системи. Результати місцевої ініціативи гармонійно вписуються в рамки регіональної стратегії, яка передбачає створення повноцінної системи обробки та інтеграції геопросторових даних на рівні областей. Зокрема, зібрані та уточнені дані можуть бути передані до регіональних центрів обробки геоданих, слугувати основою для актуалізації державного земельного кадастру, а також бути використаними в межах регіональних програм просторового планування та моніторингу.

Оскільки таке вдосконалення вимагає багато змін та нових впроваджень то можливо також варто задуматись над впровадженням блокчейн системи для зберігання, систематизації та передачі даних.

Блокчейн – це розподілений реєстр, де інформація зберігається у вигляді послідовних "блоків", об'єднаних у "ланцюг" (chain) [98].

Кожен блок містить:

- дані (наприклад, про земельну ділянку, транзакцію чи зміну права),
- хеш (унікальний цифровий підпис),
- хеш попереднього блоку, що забезпечує цілісність ланцюга.

Основні функції:

- Зберігання даних – як база даних, але з незмінною структурою.
- Систематизація – дані записуються в хронологічному порядку.
- Захист і прозорість – неможливо змінити запис без сліду.
- Верифікація – кожна дія підтверджується учасниками мережі (нодами).
- Автоматизація – можливість використовувати смарт-контракти (самовиконувані алгоритми).

Таблиця 3.11

Переваги блокчейн-технологій у сфері кадастру над існуючими системами в Україні Джерело: розроблено автором

Критерій	Сучасна система ДЗК в Україні	Блокчейн-система ДЗК
Незмінність даних	Дані можуть бути змінені вручну або під тиском ззовні	Кожна зміна фіксується в блокчейні й не може бути підроблена
Прозорість та доступ	Обмежений або складний доступ до історії змін	Відкритий доступ до повної історії власності та транзакцій
Захищеність від фальсифікацій	Можливе дублювання, підміна чи втручання третіх осіб	Дані зашифровані та розподілені між учасниками мережі
Довіра до системи	Низький рівень довіри через непрозорі процедури	Високий рівень довіри завдяки автоматизованим смарт-контрактам
Автоматизація процесів	Багато дій виконуються вручну, що призводить до помилок	Смарт-контракти забезпечують автоматичну реєстрацію та верифікацію
Швидкість оновлення інформації	Залежить від людського фактора та обробки документів	Дані оновлюються в режимі реального часу
Інтеграція з іншими системами	Обмежена або відсутня інтеграція	Легка інтеграція через API та розподілену архітектуру
Вартість обслуговування в перспективі	Висока через централізовані сервери та адміністрування	Знижується завдяки децентралізованим підтримці

Також значно спростить в організації даних, якщо замість прив'язки інформації в Державному земельному кадастрі до ідентифікаційного коду особи (ІПН) замість (або на додаток до) кадастрового номера ділянки – це суттєва зміна парадигми, яка орієнтується на людину, а не на об'єкт. Така модель дає більше можливостей для управління, контролю та аналітики.

На рис. 3.62 зображено основні переваги вдосконалення системи Державного земельного кадастру для регіонального рівня, що поєднує

використання геопросторових даних, блокчейн-технологій та прив'язку інформації до ідентифікаційного коду особи.

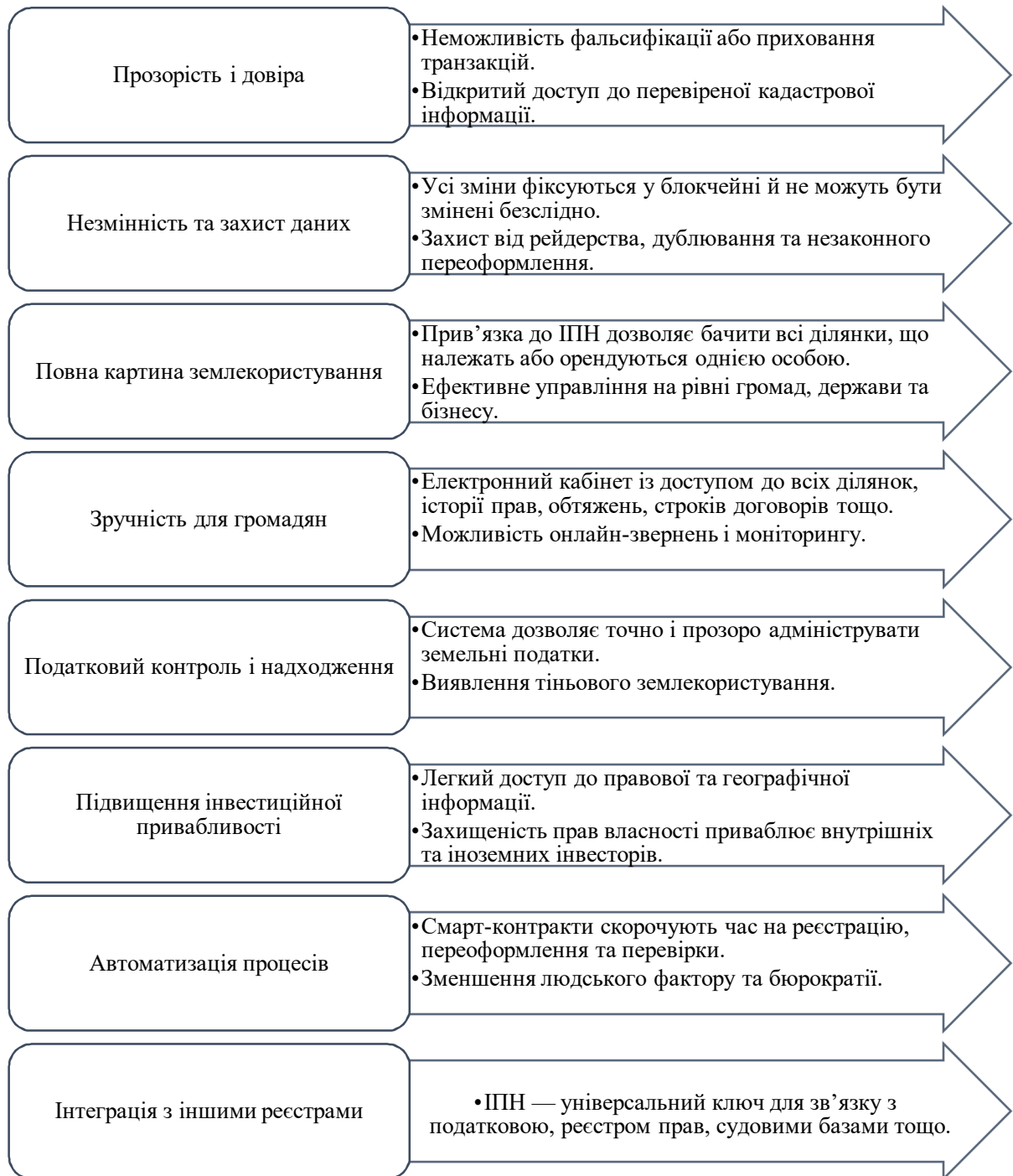


Рис. 3.62 Переваги вдосконалення Державного земельного кадастру, що поєднує використання геопросторових даних, блокчейн-технологій та прив'язку інформації до ідентифікаційного коду особи. Джерело: розроблено автором

Вдосконалення створення баз даних для органів місцевої влади поєднує використання геопросторових даних, блокчейн-технологій та

прив'язку інформації до ідентифікаційного коду особи, відкриває абсолютно новий рівень управління земельними ресурсами в Україні. Такий підхід дозволяє створити цифрову систему, яка буде не лише максимально точною та захищеною, а й зручною, прозорою та адаптованою до потреб сучасного суспільства.

Поєднання геопросторових даних із блокчейном забезпечує надійне і незмінне зберігання кадастрової інформації. Кожна операція – зміна меж, передача прав, реєстрація договору – фіксується в розподіленій цифровій системі, яка гарантує повну прозорість і виключає можливість втручання чи фальсифікації. Смарт-контракти, які автоматично виконують закладені юридичні умови, дозволяють значно зменшити бюрократичне навантаження, пришвидшити обробку заяв, знизити ризики помилок і забезпечити юридичну чистоту транзакцій.

Ключовим елементом цієї моделі стає прив'язка усіх земельних об'єктів не лише до їхнього кадастрового номера, а й до ідентифікаційного коду фізичної або юридичної особи. Такий підхід змінює акцент: замість того, щоб обслуговувати кожну ділянку як окрему одиницю, система починає працювати з людиною чи організацією як з єдиним власником або користувачем. Це дозволяє в режимі реального часу бачити повну картину землекористування конкретного суб'єкта, контролювати дотримання законодавчих обмежень (наприклад, ліміту на володіння землею), адмініструвати податкові нарахування і зменшити ризик тіньового обігу.

Громадяни отримують змогу через електронні сервіси бачити всі свої ділянки на мапі, слідкувати за термінами договорів, перевіряти історію прав і використовувати просторові сервіси без потреби звернення до паперових реєстрів або державних установ. Бізнес і інвестори – доступ до перевірених даних про об'єкти та власників, що забезпечує безпечні й передбачувані угоди.

У комплексі така система формує основу для відкритого, цифрового і справедливого ринку землі. Вона відповідає вимогам Європейського Союзу

щодо прозорості земельних відносин, зміцнює довіру до державного управління та стимулює економічну активність. Іновації, які поєднують блокчейн-технологію та ідентифікаційним підходом дозволить створити інтегровану, юридично захищену та довготривалу інформаційну інфраструктуру, яка працюватиме в інтересах держави, громад і кожного громадянина.

Висновки до 3 розділу

У третьому розділі було комплексно висвітлено практичні аспекти застосування сучасних методів картографування у поєднанні з ГІС-технологіями та інструментами підтримки прийняття рішень на прикладі Зимноводівської територіальної громади. Детально розглянуто весь цикл робіт – від збору первинних геоданих за допомогою БПЛА та створення геодезичної опорної мережі для аерознімання до фотограмметричної обробки зображень, формування ортофотопланів і побудови тематичних шарів у середовищі QGIS.

Результати дослідження засвідчили, що використання безпілотних літальних апаратів (Trimble UX5, DJI Phantom 4 Pro, DJI Mavic Pro) дозволяє оперативно та з високою точністю отримати актуальну просторову інформацію з GSD 2–7 см/пікс, що є достатнім для топографічного картографування в масштабі 1:500–1:2000. На основі цієї інформації здійснено фотограмметричне вирівнювання, просторову прив'язку, побудову цифрової моделі рельєфу, генерацію щільної хмари точок і створення високоточного ортофотоплану. Середньоквадратичні похибки просторового розташування не перевищували 5 см, що відповідає нормативним вимогам для кадастрових та землепорядних робіт.

На основі отриманих ортофотопланів було створено картографічну та кадастрову продукцію, зокрема великомасштабні плани та тематичні шари, що дали змогу виявити численні невідповідності між фактичним

використанням земель і даними Державного земельного кадастру. Проведено зіставлення площ за кадастровими номерами, що продемонструвало значні розбіжності – у ряді випадків площа фактичного землекористування перевищувала кадастрову на сотні квадратних метрів.

Окрему увагу приділено створенню та роботі з базами даних у середовищі QGIS, що дозволило організувати ефективне зберігання, візуалізацію та аналіз просторової інформації. Порівняння програмного забезпечення QGIS і Digitals підтвердило доцільність використання QGIS як основного інструменту для муніципального управління землекористуванням.

Розроблено авторську панель інструментів у програмному пакеті QGIS під назвою “Геоінструменти”, за допомогою можливостей Python-консолі, яка складається із п’яти віджетів: «пошук за кадастровим номером», «Накладки», «Базова інформація», «Розмір ділянки», «Очистити», «Площа накладки із зонами». Втілення функціоналу цієї підпрограми автоматизує процес аналізу великих масивів інформації.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено науково-практичну проблему впровадження цифрових технологій у просторове управління громадами. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації процесів землеустрою та інвентаризації земель, підвищення ефективності управління земельними ресурсами, автоматизації моніторингу земель та підвищення прозорості кадастрового обліку.

1. Удосконалено методику цифрового управління геопросторовими даними громади, що поєднує дані дистанційного зондування (аерознімання БПЛА), ГНСС-спостереження та ГІС-аналіз для моделювання структури землекористування і актуалізації кадастру. На основі запропонованого підходу побудовано ГІС-модель Зимноводівської громади, яка стала базою для просторового планування, інвентаризації земель та підтримки управлінських рішень.

2. Створено локальну базу геопросторових даних громади з тематичними шарами в середовищі QGIS, що забезпечило ефективну візуалізацію та аналіз інформації про землекористування. Застосування сучасних ГІС-технологій для картографування і аналізу дало змогу оперативно оновлювати просторові дані.

3. Виявлено проблеми у контексті актуальності, точності та доступності геопросторових даних для органів місцевого самоврядування на основі аналізу сучасного забезпечення ТГ якісними картографічними матеріалами та ГІС. Запропоновано класифікацію основних типів невідповідностей: невнесені ділянки, самовільне використання, помилки в координатах тощо.

4. Розроблено авторську панель інструментів у середовищі QGIS під назвою «Геоінструменти», реалізовану з використанням можливостей Python-консолі. Створений інструментарій включає шість функціональних віджетів: «Пошук за кадастровим номером», «Накладки», «Базова

інформація», «Розмір ділянки», «Очистити» та «Площа накладки із зонами». Застосування даної підсистеми сприяє автоматизації процесу опарцювання та аналізу значних обсягів просторової інформації, що підвищує ефективність прийняття управлінських рішень у сфері землеустрою та кадастру.

5. Вперше у межах Зимноводівської громади проведено комплексне дослідження території та кадастрових даних шляхом порівняння ортофотопланів із записами Державного земельного кадастру. Для підвищення надійності та ефективності управління даними запропоновано впровадити новітні технології та інституційні заходи. Зокрема, рекомендується застосовувати блокчейн для захисту кадастрових записів і прив'язки земельних даних не лише до кадастрових номерів, а й до унікальних ідентифікаторів власників. Також обґрунтовано необхідність розбудови інституційної та технічної інфраструктури інтеграції геоданих на всіх рівнях управління - від державного до місцевого, що забезпечить єдину платформу для обміну та використання просторової інформації.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Адаменко О. М., Адаменко Я. М., Булмасов В. П. Природні основи екологічного моніторингу Карпатського регіону. Київ: Манускрипт, 1996. 207 с.
2. Андрєєв С. М., Жилін В. А., Лазарєва О. Є. Геоінформаційні системи і бази даних : навч. посіб. Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2017. 88 с.
3. Бардиш Б., Бурштинська Х. Використання вегетаційних індексів для ідентифікації об'єктів земної поверхні // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. 2014. Вип. II (28). С. 82–88.
4. Батурінець А. Г., Антоненко С. В. Огляд програмних засобів для аналізу та візуалізації гідрологічних даних // Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій. – 2019. – № 23. – С. 3–11.
5. Берест А. Роль оренди земельних ділянок у розвитку територіальних громад // Журнал економічних досліджень. – 2024. – Т. 12, № 3. – С. 45–58.
6. Білінська В. Ю. Сучасні інноваційні технології в сільському господарстві: основна характеристика та перспективи впровадження // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія: Економіка. 2015. № 7 (172). С. 74–80.
7. Білявський М. О. Інноваційні підходи до проблем геопросторового картографування територій // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва : збірник наукових праць Західного геодезичного товариства УТГК. – 2013. – Вип. 2 (26). – С. 36–41.
8. Білявський М. О. Розробка методики цифрового моделювання землекористувань та землеволодінь громади. // Український журнал прикладної економіки та техніки. – 2025. – Том 10. № 1. – С. 133 – 139.
9. Білявський М.О., Данилів Н.В. Цифрове картографування територій за допомогою технології SLAM. Аналіз точності отриманих

результатів // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2025. – № 100. – С. 26 – 38.

10. Білявський С. Г. Напрями вдосконалення екологічного картографування агроландшафтів // Збірник наукових праць Інституту агроекології і біотехнології УААН. 2000. Вип. 4. С. 45–52. Нора-прінт.

11. Бондаренко М. Ф., Войцеховський К. О. Бази даних: теорія і практика : навч. посіб. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2018. 250 с.

12. Бондаренко Н. М. Національна інфраструктура геопросторових даних: проблеми та перспективи розвитку [Електронний ресурс]. – Київ: КНУ, 2023. – Режим доступу: [https://geo.knu.ua/..](https://geo.knu.ua/)

13. Бубняк І. М., Більчук О. М., Бевза В. В., Зібровський А., Музичук І. С., Білявський М. О. Застосування та опрацювання результатів лазерного сканування в цивільному будівництві. // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва : збірник наукових праць Західного геодезичного товариства УТГК. – 2024. – Вип. 1 (47). – С. 89–100.

14. Використання ГІС-технологій у землепорядному проектуванні та кадастрі територій [Електронний ресурс] // Український журнал прикладної економіки. – Режим доступу: <https://ujae.wunu.edu.ua/index.php/ujae/article/viewFile/145/145> – Назва з екрана.

15. Використання даних дистанційного зондування Землі для оцінки динаміки площ поверхневих вод Ізяславського району Хмельницької області // Науковий вісник НУ «Львівська політехніка». 2020. № 91. С. 45–52.

16. Гаєцький В. П. Геодезія з основами землепорядкування [Електронний ресурс]. – Вінниця : ВДПУ, 2022. – Режим доступу: <https://library.vspu.edu.ua/> – Назва з екрана.

17. Геоінформаційна система територіальної громади [Електронний ресурс]. – 2024. – Режим доступу: <https://magneticonemt.com/mlgis-gis-teritorialnoyi-gromadi/> – Назва з екрана.

18. Геоінформаційні технології територіальних громад в умовах діджиталізації // Академічні візії. Львів : Львівський університет бізнесу та права, 2024. № 32. С. 5–13.

19. ГІС в кадастрових системах та картографії : навч. посіб. / В. В. Щепак, Р. А. Міщенко, С. В. Нестеренко. – Полтава : ПолтНТУ, 2019. – 272 с.

20. Гринько С., Костяшкін І. Право власності на землю територіальних громад [Електронний ресурс] // Університетські наукові записки. – 2020. – № 6. – С. 174–183. – Режим доступу: https://unz.univer.km.ua/article/download/78_174-183/pdf/ – Назва з екрана.

21. Гришко О. В. Актуальні проблеми просторового планування та землевпорядкування в Україні [Електронний ресурс]. – Харків: ХНАУ, 2023. – Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/> – Назва з екрана.

22. Гуцул Т. В., Скрипник Я. П., Дутчак С. В. Практикум з основ ГІС та геоінформаційного картографування : навч. посіб. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2020. 115 с.

23. Гуцуляк В. М. Геоінформаційні системи в земельному кадастрі: навчальний посібник. – Львів: ЛНАУ, 2017. – 256 с..

24. Демченко А. О., Нікітченко М. С. Основи баз даних та інформаційних технологій. – Одеса: ОНУ ім. І. І. Мечникова, 2017. – 204 с.

25. Державна служба з питань геодезії, картографії та кадастру. Публічна кадастрова карта [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://map.land.gov.ua/> – Назва з екрана.

26. Децентралізація та управління землями громади [Електронний ресурс] // Офіційний портал «Децентралізація». – Режим доступу: <https://decentralization.gov.ua/newgromada> – Назва з екрана.

27. Донченко М. В., Коваленко І. І. Геоінформаційні системи: навчальний посібник. – Миколаїв: ЧНУ ім. Петра Могили, 2021. – 132 с.

28. Ефективне управління земельними ресурсами у територіальних громадах // Бізнес Навігатор. – 2023. – № 1. – С. 45–52. – DOI: 10.33730/2310-4678.1.2023.278533.

29. Єршов В. П., Гора І. М. Автоматизовані земельні інформаційні системи: навчальний посібник. – Київ: НАУ, 1999. – 160 с.

30. Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо спрощення порядку зміни цільового призначення земельних ділянок для залучення інвестицій з метою швидкої відбудови України» № 3563-IX від 05.03.2024 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3563-20> – Назва з екрана.

31. Закон України «Про Державний земельний кадастр» № 3613-VI від 07.07.2011 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17> – Назва з екрана.

32. Закон України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» № 554-IX від 13.04.2020 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20> – Назва з екрана.

33. Закон України «Про фермерське господарство» № 973-IV від 19.06.2003 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/973-15> – Назва з екрана.

34. Занчук О. С. Оптимізація землекористування в умовах децентралізації // Агросвіт. – 2024. – № 6. – С. 67–72. – DOI: 10.32702/2306-6792.2024.6.158.

35. Зацерковний В. І., Бурачек В. Г., Железняк О. О., Терещенко А. О. Геоінформаційні системи і бази даних: монографія. – Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2014. – 492 с.

36. Земельний кодекс України: Закон України від 25.10.2001 № 2768-III [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14> – Назва з екрана.

37. Інноваційні технології у плануванні територій : матеріали IV міжнар. наук.-практ. конф. (м. Одеса, 5–7 жовтня 2023 р.). – Одеса : ОДАБА, 2023. – 312 с.

38. Інститут економіки та прогнозування НАН України. Вплив цифрових платформ на прозорість ринку землі в Україні [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу: <https://ief.org.ua/?p=11810> – Назва з екрана.

39. Іщук О. О., Коржнев М. М., Кошляков О. Е. Просторовий аналіз і моделювання в ГІС: навчальний посібник. – Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2003. – 200 с.

40. Кабінет Міністрів України. Постанова від 23 травня 2023 р. № 522 «Про затвердження Порядку функціонування єдиної геоінформаційної системи здійснення моніторингу та оцінювання розвитку регіонів і територіальних громад» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/go/522-2023-п> – Назва з екрана.

41. Кісь Я. П., Шаховська Н. Б., Вальчук О. Б. Інтелектуальні геоінформаційні системи: міжнародний досвід та шляхи розвитку в Україні // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Інформаційні системи та мережі. 2008. № 621. С. 139–145.

42. Князєв А. С. Геоінформаційні системи та кадастрове забезпечення [Електронний ресурс]. – Львів: Видавництво ЛНУ, 2024. – Режим доступу: <https://vlp.com.ua/> – Назва з екрана.

43. Коваленко О. М. Реформування аграрного сектору України: проблеми та перспективи // Землевпорядний вісник. – 2018. – № 4. – С. 12–17.

44. Ковальчук І. П., Ковальчук Ю. П. Геоінформаційні системи та технології в кадастрі і землеустрої // Науковий вісник Львівського національного аграрного університету. Серія: Агроінженерні дослідження. 2020. № 24. С. 45–52.

45. Колосовська В. В. Землевпорядне проектування: конспект лекцій. – Одеса: ОДЕКУ, 2023. – 196 с.

46. Кондратюк Д. Ю. Впровадження ГІС для управління земельними ресурсами // Поліський науковий журнал. – 2022. – № 3(27). – С. 67–82. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ir.polissiauniver.edu.ua/bitstream/123456789/13239/1/Kondratiuk_DIu_KR_281_2022.pdf – Назва з екрана.

47. Кузьмін Т. Л. Удосконалення земельних відносин в сільськогосподарських підприємствах : дис. ... д-ра філософії : 051 – Економіка / Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника. – Івано-Франківськ, 2023. – 230 с.

48. Лук'яненко С., Гайдаржи В., Дацюк О. Побудова навчального процесу в галузі геоінформаційних систем // Інноваційна педагогіка. – 2019. – № 11. – С. 188–192.

49. Лященко А. А., Карпенко О. В., Черін А. Г. Інфраструктура геопросторових даних та геоінформаційне забезпечення сталого розвитку територіальних громад // Містобудування та територіальне планування. – 2021. – № 78. – С. 343–355. – Режим доступу: <https://www.researchgate.net/publication/377086435> – Назва з екрана..

50. Маланчук М. С., Дідик П. С., Малашевський М. А. Зміна меж адміністративно-територіальних утворень в сучасних умовах // Молодий вчений. – 2018. – № 9(61). – С. 218–222.

51. Маланчук М. С., Рибіцький Р. В. Переваги та проблеми електронного кабінету геодезиста Львівської територіальної громади // Землеустрій, кадастр і моніторинг земель. – 2024. – № 2. – С. 178–191.

52. Мальчикова Д. С. Використання ГІС/ДЗЗ-технологій для вивчення територіальної структури землекористування регіону // Географія та екологія: наука і освіта: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. – 2016. – С. 112–115.

53. Мамонов В., Пілічева Л. Земельні відносини та децентралізація в Україні. – Харків: ХНУМГ, 2022. – 156 с.

54. Мамонов К. А., Пілічева М. О. Методи землевпорядного проєктування у територіальному розвитку використання земель [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/66204/1/2024%20печат.%20409M%20Мамонов%20К.%20А.%20Пілічева.pdf> – Назва з екрана.

55. Мамонов К. А., Радзінська Ю. Б. Управління та моніторинг у сфері землекористування: виклики цифровізації [Електронний ресурс]. – Харків: ХНАУ, 2024. – Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/> – Назва з екрана.

56. Мартинюк А. В. Проектування баз даних: навчальний посібник. – Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2020. – 198 с.

57. Мартинюк В. О., Томченко О. В. Використання засобів дистанційного зондування Землі до оцінювання природно-антропогенних трансформацій озер Поліського регіону // Український журнал дистанційного зондування Землі. – 2021. – Т. 8, № 2. – С. 27–35.

58. Мельник В. В., Коваленко О. А. Геоінформаційні технології та просторовий аналіз. – Харків: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2021. – 212 с.

59. Міністерство інфраструктури України. Уряд затвердив правила роботи Геоінформаційної системи регіонального розвитку [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу: <https://mtu.gov.ua/news/34337.html> – Назва з екрана.

60. Музика Н. М., Білявський М. О. Комплексний план просторового розвитку територіальних громад - завдання та шляхи вирішення // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва : збірник наукових праць Західного геодезичного товариства УТГК. – 2022. – Вип. 2 (44). – С. 130–136.

61. Національна інфраструктура геопросторових даних [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://nsdi.gov.ua> – Назва з екрана.

62. Національний інститут стратегічних досліджень. Територіально-орієнтовані механізми стимулювання інвестицій у повоєнному відновленні України: аналітична доповідь [Електронний ресурс]. – Київ: НІСД, 2023. – Режим доступу: https://niss.gov.ua/sites/default/files/2023-11/ad_invest-regioni_03112023.pdf – Назва з екрана.

63. Опара В. М., Винограденко С. О. Особливості застосування геоінформаційних систем в організації раціонального використання та охорони земель населених пунктів // Проблеми безперервної географічної освіти і картографії. – 2013. – № 18. – С. 87–90. – Режим доступу: <https://periodicals.karazin.ua/pbgok/article/download/4119/3704> – Назва з екрана.

64. Павлов О. І., Рудик Ю. О. Геоінформаційні системи: теоретичні основи та практичне застосування. – Київ: Національний авіаційний університет, 2018. – 248 с.

65. Пархоменко С. В. Аналіз трансформацій у сфері землекористування в Україні // Наукові праці УкрДАЗТ. – 2020. – № 2. – С. 34–42.

66. Петренко С. В., Демченко А. О. Візуалізація просторових даних у QGIS. – Одеса: ОНУ ім. І. І. Мечникова, 2018. – 142 с.

67. Пивовар П., Дема Д., Топольницький П., Николюк О. Геопросторовий моніторинг земельних ресурсів // Agricultural and Resource Economics. – 2024. – Т. 9, № 2. – С. 34–62. – Режим доступу: <https://www.researchgate.net/publication/380623320> – Назва з екрана.

68. Пілічева Л. О. Сучасні технології землеустрою та кадастру: навчальний посібник. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. – 201 с.

69. Польова О. Комунальні землі як фактор соціального розвитку громад // Соціально-економічний вісник. – 2024. – Т. 8, № 1. – С. 22–34.

70. Попов А. С. Кадастрові та реєстраційні системи країн світу: монографія. – Харків: ХНАУ, 2014. – 216 с.

71. Поправко О. Роль програмного продукту ArcGIS у землевпорядкуванні // Інноваційна педагогіка. – 2019. – № 11. – С. 188–192.

72. Портал електронних послуг Держгеокадастру [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://e.land.gov.ua> – Назва з екрана.

73. Посібник для громад щодо національної інфраструктури геопросторових даних [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://land.gov.ua/wp-content/uploads/2024/03/posibnyk-gromadam-nigd_fin.pdf – Назва з екрана.

74. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо управління земельними ресурсами : Закон України від 17.03.2020 № 552-IX [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/552-IX#Text> – Назва з екрана.

75. Про затвердження Порядку ведення Державного земельного кадастру: Постанова Кабінету Міністрів України від 17 жовтня 2012 р. № 1051 // Офіційний вісник України. – 2012. – № 89. – С. 47.

76. Публічна кадастрова карта України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://map.land.gov.ua/kadastrova-karta> – Назва з екрана.

77. Радзінська Ю. Б. Геоінформаційні технології в сучасному містобудуванні [Електронний ресурс]. – Харків: ХНАУ, 2024. – Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/> – Назва з екрана.

78. Редько В. Г., Степаненко О. В. Базы даних та інформаційні системи: теоретичні основи та застосування. – Харків: НТУ «ХП», 2021. – 284 с.

79. Рудик Ю. О., Павлов О. І. Геоінформаційні системи в кадастрі: використання QGIS. – Київ: НАУ, 2020. – 192 с.

80. Руднєв А., Макарова Є., Дзера О., Волинець Т., Ромовська З. Комунальна власність як стратегічний ресурс розвитку // Public Administration and Governance. – 2022. – № 29. – С. 13–20. – Режим доступу: <https://pag-journal.iei.od.ua/archives/2022/29-2022/13.pdf> – Назва з екрана.

81. Рудомаха А. В. Геоінформаційний аналіз використання земель об'єднаних територіальних громад // Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки. – 2019. – Т. 30, № 69(5), ч. 2. – С. 181–184. – Режим доступу:

- https://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2019/5_2019/part_2/34.pdf – Назва з екрана.
82. Русіна Н. Г. Використання геоінформаційних технологій у процесі формування професійної компетентності майбутніх фахівців геодезії та землеустрою // Інноваційна педагогіка. – 2019. – № 11. – С. 220–223.
83. Руснак А. В. Розвиток територіальних громад через залучення міжнародних інвестицій: організаційні аспекти // Інвестиції: практика та досвід. – 2024. – № 15. – С. 7–12. – DOI: 10.32702/2306-6814.2024.15.7.
84. Руснакко О. В. Особливості управління землями об'єднаних територіальних громад [Електронний ресурс]. – Київ: Національний авіаційний університет, 2021. – Режим доступу: https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/57240/1/ФЕБІТ_2021_193_Сидоренко%20О.В..pdf – Назва з екрана.
85. Савін С. В. Організація баз даних та знань: навчальний посібник. – Київ: КНЕУ, 2019. – 296 с.
86. Світличний О. О., Плотницький С. В. Основи геоінформатики: навчальний посібник / За заг. ред. О. О. Світличного. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. – 295 с.
87. Світовий банк. Торгівля квотами на викиди на практиці: посібник із розбудови та впровадження системи торгівлі [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу: <https://documents1.worldbank.org/curated/pt/106021504884232286/pdf/108879-UKR-PUBLIC.pdf> – Назва з екрана.
88. Семенов В. О., Колесник В. І. Основи фотограмметрії та обробки аерокосмічних знімків. – Харків: ХНУГХ, 2020. – 208 с.
89. Смірнов Я. В. Сучасний стан і перспективні напрями картографування земельних ресурсів на основі даних дистанційного зондування Землі // Науковий вісник Волинського національного університету імені Лесі Українки. – 2012. – № 9 (234). – С. 52–57.

90. Сохнич А. Я., Худякова І. М., Сохнич О. А. Геоінформаційні системи в управлінні земельними ресурсами // Науковий вісник НЛТУ України. – 2010. – Т. 20, № 5. – С. 291–295. – Режим доступу: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2010/20_5/291_Sochnycz_20_5.pdf – Назва з екрана.

91. Сушинський В. М., Олійник Я. Б. Геоінформаційні системи в національній безпеці та обороні України. – Київ: НАН України, Інститут географії, 2018.

92. Тевяшев А. Д., Ткаченко В. П., Губа М. І. Геоінформаційні системи. Вступний курс. – Харків: ХНУРЕ, 2017. – 392 с.

93. Територіально-просторове планування землекористування: навч. посібник / За заг. ред. проф. А. М. Третяка. – Біла Церква: ТОВ «Білоцерківдрук», 2022. – 168 с.

94. Тіщенко О. Геоінформаційні системи – основа оцінювання міських територій органами місцевого самоврядування // Інноваційна педагогіка. – 2019. – № 11. – С. 188–192.

95. Третяк А. М., Третяк В. М., Курильців Р. М., Прядка Т. М., Капінос Н. О., Третяк Н. А. Управління земельними ресурсами та землекористуванням: навчальний посібник. – Біла Церква, 2022. – 436 с.

96. Уль А. В., Мельник О. В., Мельник Ю. А., Мельнійчук М. М. Дистанційний моніторинг урбанізованих територій. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. 2022. № 18. С. 162-173.

97. Уль А. В., Мельник Ю. А., Мельник, О. В. Кількісні інструменти вимірювання та класифікації міського простору. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. 2023. № 19. С. 201-216

98. Уль А., Мельник О., Мельник Ю., Вакулюк Л., Грибок О. Концепції як інструмент просторового планування. досвід Німеччини. Містобудування та територіальне планування. 2021. № 77. С. 458-474

99. Церклевич А. Л., Віват А. Й., Білявський М. О. Трансформація геодезії: від минулого до сьогодення // Нові технології в геодезії,

землевпорядкуванні та природокористуванні : матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції, 28-30 жовтня 2021 р., Ужгород. – 2021. – С. 27–32.

100. Церклевич А. Л., Миронець О. В., Гудз В. Ф., Щур Б. І., Білявський М. О. Нові технології і проблемні питання інвентаризації земель та нерухомості ОТГ // Геофорум-2024 : матеріали міжнародної науково-технічної конференції, 10–12 квітня 2024 р., Львів, Брюховичі, Україна. – 2024. – С. 179–183.

101. Церклевич А., Білявський М., Миронець О., Гудз В., Щур Б. Інвентаризація земель у територіальних громадах: організаційні та технічні виклики// Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. пр. Західного геодезичного товариства УТГК.– 2024. – Випуск II (48). – С. 94–102.

102. Церклевич А., Калинич І. Про якісне наповнення національної кадастрової системи і проблемні питання встановлення (відновлення) меж земельних ділянок.// Вісник геодезії та картографії. .–2015. –№ 3. –С. 32–40.

103. Четверіков Б. В., Процик М. Т. Розроблення макета та основних функцій програмного модуля візуалізації результатів обробки геопросторових даних // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. пр. Західного геодезичного товариства УТГК. – 2023. – Вип. 2 (46). – С. 106–112.

104. Четверіков Б., Зборщик В., Рябчій В. Створення інвентаризаційної бази даних та 3D-моделей пам'ятників видатних польських діячів, похованих на Личаківському цвинтарі у м. Львові // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. пр. Західного геодезичного товариства УТГК. – 2022. – Вип. 2 (44). – С. 82–90.

105. Четверіков Б., Кілару В. Застосування технології blockchain для захисту та менеджменту геопросторових даних // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. пр. Західного геодезичного товариства УТГК. – 2021. – Вип. 2 (42). – С. 28–34.

106. Шарий Г. І., Тимошевський Г. І., Щепак В. В. ГІС в кадастрових системах: навчальний посібник [Електронний ресурс]. – Полтава: ПолтНТУ, 2017. – Режим доступу: https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PoltNTU/4131/1/НАВЧ_ПОС_ГІС.pdf – Назва з екрана.
107. Шевченко В. О., Коваленко А. І. Основи геоінформатики та дистанційного зондування Землі. – Київ: Видавництво НАУ, 2019. – 256 с.
108. Шипулін В. Д. Основні принципи геоінформаційних систем. – Харків: ХНАМГ, 2010. – 313 с.
109. Шмагун А. І., Микитюк Ю. І. Застосування геоінформаційних технологій в археологічних дослідженнях України. – Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2019. – 168 с.
110. Янчук О. Є., Янчук Р. М., Люсак А. В. Концепція підвищення туристичної привабливості з використанням геоінформаційних технологій // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. 2024. № 2(106). С. 217–232.
111. Янчук О., Шульган Р., Янчук Р., Франкова І. Геоінформаційне забезпечення роботи управління містобудування та архітектури // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. 2018. № 1. С. 173–178.
112. Baltija Publishing. Земельна децентралізація в Україні: основні етапи та досягнення [Електронний ресурс]. – 2024. – Режим доступу: <https://baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/download/363/9878/20582-1?inline=1> – Назва з екрана.
113. Batty M. The New Science of Cities. – Cambridge, MA: MIT Press, 2013. – 496 p.
114. Batty M., Hudson-Smith A., Milton R., Crooks A. GIS and the Future of Cities // Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science. – 2021. – Vol. 48, No. 4. – P. 625–644. – DOI: <https://doi.org/10.1177/2399808320979843>.

115. Boyko O., Prusov D., Chetverikov B., Malanchuk M. Conceptual principles of geospatial data geoinformation integration for administrative and economic management of transport infrastructure facilities [Електронний ресурс] // *Advances in Geodesy and Geoinformation*. – 2022. – Vol. 71, No. 1. – Article e12. – DOI: 10.24425/gac.2021.136687. – Режим доступу: <https://journals.pan.pl/Content/123121/PDF/e12.pdf>
116. Burrough P. A. *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. – Oxford: Clarendon Press, 1986. – 194 p.
117. Burrough P. A., McDonnell R. A. *Principles of Geographical Information Systems*. – Oxford: Oxford University Press, 1998. – 333 p.
118. Business Navigator. Система збалансованого землеволодіння і землекористування в об'єднаних територіальних громадах [Електронний ресурс]. – 2024. – Режим доступу: <https://journals.urau.ua/bnusing/article/view/278533/275159> – Назва з екрана.
119. Campbell J. B., Wynne R. H. *Introduction to Remote Sensing*. – 5th ed. – New York: Guilford Press, 2011. – 717 p.
120. Chetverikov B., Trevohe I., Babiy L., Malanchuk M. Methodology for determining deforestation areas in Lviv region using remote sensing data // *Advances in Geodesy and Geoinformation*. – 2022. – Vol. 71, No. 1. – P. 1–15. – DOI: 10.24425/gac.2021.136688.
121. Dangermond J. *A Classification of Geographic Information Systems*. – ESRI Technical Paper, 1982. – 12 p.
122. Foody G. M. Remote Sensing of Environmental Resources // *Progress in Physical Geography*. – 2003. – Vol. 27, No. 2. – P. 153–178.
123. Fu P., Sun J. *Web GIS: Principles and Applications*. – Redlands: Esri Press, 2016. – 312 p.
124. Galayda A., Chetverikov B., Kolb I. Methods of creation of a geoinformation online resource for governing a united territorial community // *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. – 2022. – Вип. 95. – С. 65–76.

125. Goodchild M. F. GIScience for a Better World // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2018. – Vol. 115, No. 21. – P. 5625–5632.
126. Goodchild M. F. GIScience: The New Frontier // International Journal of Geographical Information Science. – 2020. – Vol. 34, No. 5. – P. 921–932. – DOI: <https://doi.org/10.1080/13658816.2020.1718981>.
127. Haklay M. Citizen Science and GIS: A New Paradigm for Spatial Data Infrastructure. – Cham: Springer, 2016. – 312 p.
128. Harvey F. A Primer of GIS: Fundamental Geographic and Cartographic Concepts. – New York: Guilford Press, 2013. – 310 p.
129. Jensen J. R. Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. – 4th ed. – Boston: Pearson, 2016. – 656 p.
130. Jiang B. Geospatial Analysis and Modeling. – Cham: Springer, 2015. – 440 p.
131. Karimi H. A. Big Data: Techniques and Technologies in Geoinformatics. – Boca Raton: CRC Press, 2017. – 312 p.
132. Kerski J., Clark J. The GIS Guide to Public Domain Data. – Redlands: Esri Press, 2018. – 388 p.
133. Kitchin R. Big Data, New Epistemologies and Paradigm Shifts // Big Data & Society. – 2018. – Vol. 5, No. 1. – DOI: <https://doi.org/10.1177/2053951718782134>.
134. Lillesand T., Kiefer R. W., Chipman J. Remote Sensing and Image Interpretation. – 7th ed. – Hoboken: Wiley, 2015. – 736 p.
135. Longley P. A., Goodchild M. F., Maguire D. J., Rhind D. W. Geographic Information Systems and Science. – Chichester: John Wiley & Sons, 2005. – 517 p.
136. Longley P. A., Goodchild M. F., Maguire D. J., Rhind D. W. Geographic Information Science and Systems. – 4th ed. – Hoboken: Wiley, 2015. – 496 p.
137. M. Decentralized Spatial Computing: Foundations of Geosensor Networks. – Springer, 2016. – 241 p.

138. Maguire D. J., Batty M. The Emergence of Geoportals and Their Role in Spatial Data Infrastructures // Computers, Environment and Urban Systems. – 2005. – Vol. 29, No. 1. – P. 3–14.
139. Maguire D. J., Batty M., Goodchild M. F. GIS, Spatial Analysis, and Modeling. – Redlands: ESRI Press, 2011. – 480 p
140. Peng Z.-R., Tsou M.-H. Internet GIS: Distributed Geographic Information Services for the Internet and Wireless Networks. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2003.
141. Prozorro.Sale. Продаж землі на аукціонах системи Prozorro.Sale [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sale.uub.com.ua/auctions/landsell> – Назва з екрана.
142. Schneider J. GIS in Military Operations: The Changing Role of Geospatial Technology in Military Operations. – CreateSpace Independent Publishing Platform, 2015. – 230 p.
143. Schroeder P. Geospatial Big Data Challenges and Opportunities // Journal of Spatial Science. – 2019. – Vol. 64, No. 2. – P. 189–204.
144. State and Regions Economy Journal. Особливості регулювання землекористування в умовах децентралізації [Електронний ресурс]. – 2024. – Режим доступу: https://www.econom.stateandregions.zp.ua/journal/2024/1_2024/22.pdf – Назва з екрана.
145. Tomlinson R. An Introduction to the CGIS // Canadian Geographic Journal. – 1967. – Vol. 74, No. 1. – P. 25–36.
146. Tomlinson R. Thinking about GIS // Proceedings of AutoCarto 8. – 1987. – P. 27–35.
147. Tomlinson R. Thinking about GIS: Geographic Information System Planning for Managers. – 5th ed. – Redlands: ESRI Press, 2013. – 398 p.
148. Torrens P. M., Benenson I. Geographic Automata Systems // International Journal of Geographical Information Science. – 2005. – Vol. 19, No. 4. – P. 385–412.

149. Turner M. G., Gardner R. H., O'Neill R. V. Landscape Ecology in Theory and Practice: Pattern and Process. – New York: Springer, 2007. – 480 p.
150. Wegener M. Overview of Land-Use Transport Models // Handbook of Transport Geography and Spatial Systems. – 2004. – Vol. 5. – P. 127–146.
151. WWF-Україна. Використання геоінформаційних систем і штучного інтелекту для захисту особливо цінних лісів України: огляд можливостей, виклики та правове забезпечення [Електронний ресурс]. – 2024. – Режим доступу: <https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/gis-and-ai-for-preserving-high-conservation-value-forests-of-ukraine.pdf> – Назва з екрана.
152. Yanchuk O., Dets T., Dmytriv O., Ostapchuk S., Prokopchuk A., Trokhymets S., Yanchuk R. Development of geoinformation system for identification and time monitoring of damaged lands due to illegal extraction of amber // Geodesy and Cartography. 2020. Vol. 46, No. 3. P. 136–144.
153. Zeiler M. Modeling Our World: The ESRI Guide to Geodatabase Design. – Redlands: ESRI Press, 1999.

ДОДАТКИ

```

# -*- coding: utf-8 -*-
from qgis.PyQt.QtWidgets import (
    QAction, QToolBar, QDialog, QVBoxLayout, QLabel,
    QTableWidgetItem, QTableWidgetItem, QPushButton, QHBoxLayout
)
from qgis.PyQt.QtGui import QIcon
from qgis.core import *
from qgis.utils import iface
from PyQt5.QtCore import Qt, QVariant
import os
import csv
from datetime import datetime

highlighted_feature = None

# === Створення панелі ===
toolbar = iface.mainWindow().findChild(QToolBar, "Геоінструменти")
if not toolbar:
    toolbar = QToolBar("Геоінструменти")
    toolbar.setObjectName("Геоінструменти")
    iface.addToolBar(toolbar)

# === Кнопка пошуку ===
def find_by_cad_number():
    global highlighted_feature
    layer = iface.activeLayer()
    if not layer:
        QMessageBox.warning(None, "Увага", "Спочатку оберіть активний шар.")
        return

    cad_num, ok = QDialog.getText(None, "Пошук за к.н.", "Введіть кадастровий номер:")
    if not ok or not cad_num.strip():
        return

    found = None
    for f in layer.getFeatures():
        if str(f['КН_Кадастр']).strip() == cad_num.strip():
            found = f
            break

    if not found:
        QMessageBox.information(None, "Результат", "Ділянку не знайдено.")
        return

    highlighted_feature = found

    canvas = iface.mapCanvas()

```

```

canvas.setExtent(found.geometry().boundingBox().buffered(10))
canvas.refresh()

temp_layer = QgsVectorLayer("Polygon?crs=" + layer.crs().authid(), "🔍 Виділена ділянка",
"memory")
pr = temp_layer.dataProvider()
pr.addAttributes([QgsField("Кадастр", QVariant.String)])
temp_layer.updateFields()

f = QgsFeature(temp_layer.fields())
f.setGeometry(found.geometry())
f.setAttribute("Кадастр", cad_num)
pr.addFeature(f)

symbol = QgsFillSymbol.createSimple({
    'color': '255,255,0,40',
    'outline_color': '255,170,0',
    'outline_width': '1.4',
    'style': 'diagonal_x'
})
temp_layer.renderer().setSymbol(symbol)
QgsProject.instance().addMapLayer(temp_layer, False)
iface.layerTreeView().layerTreeModel().rootGroup().insertChildNode(0,
QgsLayerTreeLayer(temp_layer))

iface.messageBar().pushSuccess("✔ Успіх", f"Знайдено: {cad_num}")

search_icon = QIcon("C:/Users/Макс/Desktop/КАРТИНКИ QGIS/ПІКТОГРАМА - ПОШУК.png")
search_act = QAction(search_icon, "Пошук за к.н.", iface.mainWindow())
search_act.triggered.connect(find_by_cad_number)
btn1 = QPushButton()
btn1.setDefaultAction(search_act)
btn1.setToolButtonStyle(Qt.ToolButtonTextUnderIcon)
toolbar.addWidget(btn1)

# === Кнопка накладок ===
def handle_selected_overlap():
    global highlighted_feature
    layer = iface.activeLayer()
    if not layer or highlighted_feature is None:
        QMessageBox.warning(None, "Увага", "Не знайдено обраної ділянки. Скористайтесь пошуком.")
    return

    base_geom = QgsGeometry.fromWkt(highlighted_feature.geometry().asWkt())
    base_cad = highlighted_feature['KH_Кадастр']
    base_area = highlighted_feature['Area'] if 'Area' in highlighted_feature.fields().names() else
base_geom.area()
    results = []

```

```

for feat in layer.getFeatures():
    if feat.id() != highlighted_feature.id():
        geom = QgsGeometry.fromWkt(feat.geometry().asWkt())
        if base_geom.intersects(geom):
            inter = base_geom.intersection(geom)
            inter_area = inter.area()
            if inter_area > 0.0:
                results.append({
                    'КН 1': base_cad,
                    'Площа 1': base_area,
                    'Площа накладки': inter_area,
                    'Площа 2': feat['Area'] if 'Area' in feat.fields().names() else geom.area(),
                    'КН 2': feat['КН_Кадастр']
                })

export_and_show_table(results, 'по_ділянці')

def handle_all_overlap():
    layer = iface.activeLayer()
    features = list(layer.getFeatures())
    results = []

    for i, feat1 in enumerate(features):
        geom1 = QgsGeometry.fromWkt(feat1.geometry().asWkt())
        cad1 = feat1['КН_Кадастр']
        area1 = feat1['Area'] if 'Area' in feat1.fields().names() else geom1.area()
        for feat2 in features[i+1:]:
            geom2 = QgsGeometry.fromWkt(feat2.geometry().asWkt())
            if geom1.intersects(geom2):
                inter = geom1.intersection(geom2)
                inter_area = inter.area()
                if inter_area > 0.0:
                    results.append({
                        'КН 1': cad1,
                        'Площа 1': area1,
                        'Площа накладки': inter_area,
                        'Площа 2': feat2['Area'] if 'Area' in feat2.fields().names() else geom2.area(),
                        'КН 2': feat2['КН_Кадастр']
                    })

    export_and_show_table(results, 'по_всій_базі')

def export_and_show_table(data, suffix):
    if not data:
        QMessageBox.information(None, "Результат", "Накладки не знайдені.")
        return

    now = datetime.now().strftime("%Y-%m-%d_%H-%M")
    desktop = os.path.join(os.path.expanduser("~"), "Desktop")
    file_path = os.path.join(desktop, f"накладки_{suffix}_{now}.csv")

```

```

with open(file_path, mode='w', newline='', encoding='utf-8') as file:
    writer = csv.DictWriter(file, fieldnames=data[0].keys())
    writer.writeheader()
    for row in data:
        writer.writerow(row)

dialog = QDialog()
dialog.setWindowTitle("🔪 Накладки")
dialog.resize(800, 400)
layout = QVBoxLayout(dialog)
table = QTableWidgetItem(len(data), len(data[0]))
table.setHorizontalHeaderLabels(data[0].keys())
for row_idx, row in enumerate(data):
    for col_idx, key in enumerate(data[0].keys()):
        table.setItem(row_idx, col_idx, QTableWidgetItem(str(row[key])))
layout.addWidget(QLabel(f"Збережено: {file_path}"))
layout.addWidget(table)
dialog.setLayout(layout)
dialog.exec_()

def choose_overlap_mode():
    dialog = QDialog()
    dialog.setWindowTitle("Режим аналізу накладок")
    layout = QVBoxLayout(dialog)
    layout.addWidget(QLabel("Оберіть режим аналізу:"))

    btn_selected = QPushButton("🔍 По обраній ділянці")
    btn_all = QPushButton("📄 По всій базі")

    btn_selected.clicked.connect(lambda: (dialog.accept(), handle_selected_overlap()))
    btn_all.clicked.connect(lambda: (dialog.accept(), handle_all_overlap()))

    hbox = QHBoxLayout()
    hbox.addWidget(btn_selected)
    hbox.addWidget(btn_all)
    layout.addLayout(hbox)
    dialog.exec_()

# === Додавання кнопки накладок ===
overlap_act = QAction("🔪 Накладки", iface.mainWindow())
overlap_act.triggered.connect(choose_overlap_mode)
btn2 = QToolButton()
btn2.setDefaultAction(overlap_act)
btn2.setStyleSheet(Qt.ToolButtonTextUnderIcon)
toolbar.addWidget(btn2)

# === Кнопка базової інформації ===
def show_basic_info():

```

```

global highlighted_feature
if not highlighted_feature:
    QMessageBox.warning(None, "Увага", "Ділянку не знайдено. Спочатку скористайтесь
пошуком за к.н.")
    return

field_map = {
    'КН_Кадастр': 'Кадастровий номер',
    'area': 'Площа ділянки',
    'Length': 'Довжина периметру ділянки',
    'TX Опис': 'Цільове призначення з.д.',
    'AD Адреса': 'Адреса з.д.',
    'CV Цільове': 'Код цільового призначення',
    'VP Частка': 'Частка власності',
    'TD Реквізити': 'TD Реквізити',
    'MP Спосіб': 'Метод встановлення меж',
    'NM !!!ПІБ': 'ПІБ Власника з.д.',
    'ПІБ фізичн': 'ПІБ власника з.д.',
    '=TimeStamp': 'Дата витягу'
}
skip_fields = [
    'fid', 'Відносна в', 'AS площа', 'с кадастр', 'PS периметр',
    'CS Кадастр', 'SourceFile', 'MS Середньо', 'PF !!!Код',
    'KZ !!!Код', 'Відносна п'
]

dialog = QDialog()
dialog.setWindowTitle("І Базова інформація")
layout = QVBoxLayout(dialog)

values = []
for field in highlighted_feature.fields():
    name = field.name()
    val = highlighted_feature[name]
    if name in skip_fields or val in ('-', '', None):
        continue
    header = field_map.get(name, name)
    values.append((header, str(val)))

table = QTableWidgetItem(len(values), 2)
table.setHorizontalHeaderLabels(["Поле", "Значення"])
for row, (key, val) in enumerate(values):
    table.setItem(row, 0, QTableWidgetItem(key))
    table.setItem(row, 1, QTableWidgetItem(val))

layout.addWidget(table)
dialog.setLayout(layout)
dialog.resize(600, 400)
dialog.exec_()

```

```

info_act = QAction("І Базова інформація", iface.mainWindow())
info_act.triggered.connect(show_basic_info)
btn3 = QPushButton()
btn3.setDefaultAction(info_act)
btn3.setToolButtonStyle(Qt.ToolButtonTextUnderIcon)
toolbar.addWidget(btn3)

```

КНОПКА РОЗМІРИ ДІЛЯНКИ

```

from qgis.PyQt.QtWidgets import QAction, QPushButton, QTableWidgetItem,
QDialog, QVBoxLayout, QMessageBox
from qgis.PyQt.QtGui import QColor, QFont
from qgis.core import *
from qgis.utils import iface
import os
import csv
from PyQt5.QtCore import QVariant, Qt, QPointF

# Глобальна змінна для збереження вибраної ділянки
highlighted_feature = None

def draw_length_labels():
    global highlighted_feature
    if not highlighted_feature:
        QMessageBox.warning(None, "Увага", "Не знайдено ділянки. Спочатку виконайте пошук.")
        return

    geom = highlighted_feature.geometry()
    polygon = None

    try:
        if geom.isMultipart():
            polygon = geom.asMultiPolygon()[0][0]
        else:
            polygon = geom.asPolygon()[0]
    except Exception as e:
        QMessageBox.critical(None, "Помилка", f"Не вдалося прочитати полігон: {e}")
        return

    if not polygon:
        QMessageBox.warning(None, "Помилка", "Не вдалося обробити геометрію полігону.")
        return

    crs = iface.mapCanvas().mapSettings().destinationCrs().authid()
    line_layer = QgsVectorLayer(f"LineString?crs={crs}", "📏 Довжини сторін", "memory")
    pr_line = line_layer.dataProvider()
    pr_line.addAttributes([QgsField("label", QVariant.String)])
    line_layer.updateFields()

```

```

point_layer = QgsVectorLayer(f"Point?crs={crs}", "● Вузли полігону", "memory")
pr_point = point_layer.dataProvider()
pr_point.addAttributes([QgsField("label", QVariant.String), QgsField("coords", QVariant.String)])
point_layer.updateFields()

table_data = []
point_index = 1

for i in range(len(polygon) - 1):
    p1 = QgsPointXY(polygon[i])
    p2 = QgsPointXY(polygon[i + 1])
    line = QgsGeometry.fromPolylineXY([p1, p2])
    length = line.length()
    label = f"{length:.2f} м"
    segment_id = f"{i + 1}: ({p1.x():.3f},{p1.y():.3f}) → ({p2.x():.3f},{p2.y():.3f})"

    feat = QgsFeature()
    feat.setGeometry(line)
    feat.setAttributes([label])
    pr_line.addFeature(feat)

    for pt in [p1, p2]:
        pt_feat = QgsFeature()
        pt_feat.setGeometry(QgsGeometry.fromPointXY(pt))
        pt_feat.setAttributes([str(point_index), f"({pt.x():.3f}, {pt.y():.3f})"])
        pr_point.addFeature(pt_feat)
        point_index += 1

    table_data.append((segment_id, f"{length:.2f} м"))

# Стиль ліній
symbol = line_layer.renderer().symbol()
symbol.setWidth(0.6)
symbol.setColor(QColor("red"))

# Підпис довжин
text_format = QgsTextFormat()
text_format.setFont(QFont("Arial", 16, QFont.Bold))
text_format.setSize(16)
text_format.setColor(QColor("red"))

pal = QgsPalLayerSettings()
pal.fieldName = "label"
pal.placement = QgsPalLayerSettings.Line
pal.setFormat(text_format)
pal.scaleVisibility = False

labeling = QgsVectorLayerSimpleLabeling(pal)
line_layer.setLabeling(labeling)
line_layer.setLabelsEnabled(True)

```

```

# Стил ь точок
symbol_point = QgsMarkerSymbol.createSimple({
    "name": "circle",
    "color": "red",
    "size": "3.5",
    "outline_color": "black",
    "outline_width": "0.5"
})
point_layer.renderer().setSymbol(symbol_point)

# Підпис точок
pal_points = QgsPalLayerSettings()
pal_points.fieldName = "label"
pal_points.placement = QgsPalLayerSettings.OverPoint
pal_points.xOffset = 3
pal_points.yOffset = 3

text_format_points = QgsTextFormat()
text_format_points.setFont(QFont("Arial", 18, QFont.Bold))
text_format_points.setColor(QColor("red"))
text_format_points.setSize(18)

pal_points.setFormat(text_format_points)
point_layer.setLabeling(QgsVectorLayerSimpleLabeling(pal_points))
point_layer.setLabelsEnabled(True)

# Додавання шарів
root = QgsProject.instance().layerTreeRoot()
QgsProject.instance().addMapLayer(line_layer, False)
QgsProject.instance().addMapLayer(point_layer, False)
root.insertChildNode(0, root.addLayer(point_layer))
root.insertChildNode(0, root.addLayer(line_layer))

# Таблиця
dialog = QDialog()
dialog.setWindowTitle("Таблиця довжин відрізків")
layout = QVBoxLayout()
table = QTableWidgetItem(len(table_data), 2)
table.setHorizontalHeaderLabels(["Відрізок", "Довжина"])
for i, row in enumerate(table_data):
    table.setItem(i, 0, QTableWidgetItem(row[0]))
    table.setItem(i, 1, QTableWidgetItem(row[1]))
table.resizeColumnsToContents()
layout.addWidget(table)
dialog.setLayout(layout)
dialog.resize(800, 400)
dialog.exec_()

# Збереження CSV

```

```

desktop_path = os.path.join(os.path.expanduser("~"), "Desktop")
csv_path = os.path.join(desktop_path, "розміри_ділянки.csv")
with open(csv_path, "w", newline="", encoding="utf-8") as f:
    writer = csv.writer(f)
    writer.writerow(["Відрізок", "Довжина"])
    writer.writerows(table_data)

iface.messageBar().pushSuccess("✓ Розміри", "Підписи, вузли та таблицю збережено.")

```

```

# Додавання кнопки до панелі
measure_act = QAction("📏 Розміри ділянки", iface.mainWindow())
measure_act.triggered.connect(draw_length_labels)
btn = QToolButton()
btn.setDefaultAction(measure_act)
btn.setToolButtonStyle(Qt.ToolButtonTextUnderIcon)
toolbar = iface.mainWindow().findChild(QToolBar, "Геоінструменти")
if toolbar:
    toolbar.addWidget(btn)

```

Кнопка очистити

```

from qgis.PyQt.QtWidgets import QAction, QToolButton, QMessageBox
from qgis.core import QgsProject

```

```

def clear_temp_layers():
    # Отримуємо доступ до всіх шарів проекту
    layers_to_remove = []

    # Перевіряємо всі шари на наявність тимчасових шарів
    for layer in QgsProject.instance().mapLayers().values():
        if layer.name() == "📏 Довжини сторін" or layer.name() == "● Вузли полігону":
            layers_to_remove.append(layer)

    # Видаляємо тимчасові шари з проекту
    if layers_to_remove:
        for layer in layers_to_remove:
            QgsProject.instance().removeMapLayer(layer)
            iface.messageBar().pushSuccess("✓ Очистка", "Тимчасові шари видалено.")
    else:
        iface.messageBar().pushWarning("Увага", "Немає тимчасових шарів для видалення.")

```

```

# Додавання кнопки очистки до панелі
clear_act = QAction("🧹 Очистити", iface.mainWindow())
clear_act.triggered.connect(clear_temp_layers)
btn_clear = QToolButton()
btn_clear.setDefaultAction(clear_act)
btn_clear.setToolButtonStyle(Qt.ToolButtonTextUnderIcon)

```

```

# Додаємо кнопку очистки в панель інструментів "Геоінструменти"
toolbar = iface.mainWindow().findChild(QToolBar, "Геоінструменти")

```

```
if toolbar:
    toolbar.addWidget(btn_clear)
```

Кнопка площа ділянки у межах червоних ліній та охоронних зон

```
from qgis.PyQt.QtWidgets import QAction, QToolButton, QTableWidget, QTableWidgetItem,
QDialog, QVBoxLayout, QMessageBox
from qgis.PyQt.QtGui import QColor, QFont
from qgis.core import QgsProject, QgsGeometry, QgsWkbTypes
import os
import csv

def calculate_overlap_with_zones():
    try:
        # Перевірка на наявність ділянки, яку ми знайдемо за допомогою пошуку за кадастровим
        # номером
        global highlighted_feature
        if not highlighted_feature:
            iface.messageBar().pushWarning("Увага", "Не знайдено ділянки. Спочатку виконайте
пошук.")
            return

        # Отримуємо геометрію ділянки
        geom = highlighted_feature.geometry()

        # Перевірка на тип геометрії: полігон
        if geom.type() != QgsWkbTypes.PolygonGeometry:
            iface.messageBar().pushWarning("Увага", "Геометрія ділянки не є полігоном.")
            return

        # Отримуємо шари "Зони червоних ліній" та "Охоронні зони"
        red_line_zones_layer = QgsProject.instance().mapLayersByName("Зони червоних ліній")[0]
        protection_zones_layer = QgsProject.instance().mapLayersByName("Охоронні зони")[0]

        # Перевірка на перетин із зонами червоних ліній
        red_lines_overlap_area = 0.0
        for red_zone in red_line_zones_layer.getFeatures():
            if geom.intersects(red_zone.geometry()):
                intersection = geom.intersection(red_zone.geometry())
                if intersection.isGeosValid():
                    red_lines_overlap_area += intersection.area()

        # Перевірка на перетин з охоронними зонами
        protection_zones_overlap_area = 0.0
        for protection_zone in protection_zones_layer.getFeatures():
            if geom.intersects(protection_zone.geometry()):
                intersection = geom.intersection(protection_zone.geometry())
                if intersection.isGeosValid():
                    protection_zones_overlap_area += intersection.area()
```

```

# Якщо площа накладки з червоними лініями не знайдена
if red_lines_overlap_area == 0:
    iface.messageBar().pushWarning("Увага", "Перетину з зонами червоних ліній не знайдено.")

# Якщо площа накладки з охоронними зонами не знайдена
if protection_zones_overlap_area == 0:
    iface.messageBar().pushWarning("Увага", "Перетину з охоронними зонами не знайдено.")

# Виведення результатів
iface.messageBar().pushSuccess("✓ Успіх", f"Площа накладки з зонами червоних ліній: {red_lines_overlap_area:.2f} м², площа накладки з охоронними зонами: {protection_zones_overlap_area:.2f} м²")

# Створення таблиці для виведення результатів
dialog = QDialog()
dialog.setWindowTitle("Таблиця накладки з зонами")
layout = QVBoxLayout(dialog)
table = QTableWidgetItem(1, 4)
table.setHorizontalHeaderLabels(["Загальна площа ділянки (м²)", "Площа у червоних лініях (м²)", "Площа у охоронних зонах (м²)", "Кадастровий номер"])

# Отримуємо площу ділянки
total_area = geom.area()

# Заповнюємо таблицю
table.setItem(0, 0, QTableWidgetItem(f"{total_area:.2f}"))
table.setItem(0, 1, QTableWidgetItem(f"{red_lines_overlap_area:.2f}"))
table.setItem(0, 2, QTableWidgetItem(f"{protection_zones_overlap_area:.2f}"))
table.setItem(0, 3, QTableWidgetItem(str(highlighted_feature['КН_Кадастр'])))

table.resizeColumnsToContents()
layout.addWidget(table)
dialog.setLayout(layout)
dialog.resize(600, 400)
dialog.exec_()

# Збереження результату на робочий стіл
desktop_path = os.path.join(os.path.expanduser("~"), "Desktop")
csv_path = os.path.join(desktop_path, "накладка_зони.csv")
with open(csv_path, "w", newline="", encoding="utf-8") as f:
    writer = csv.writer(f)
    writer.writerow(["Загальна площа (м²)", "Площа у червоних лініях (м²)", "Площа у охоронних зонах (м²)", "Кадастровий номер"])
    writer.writerow([f"{total_area:.2f}", f"{red_lines_overlap_area:.2f}", f"{protection_zones_overlap_area:.2f}", str(highlighted_feature['КН_Кадастр'])])

iface.messageBar().pushSuccess("✓ Збережено", f"Таблиця збережена: {csv_path}")

```

```

except Exception as e:
    iface.messageBar().pushCritical("Помилка", f"Сталася помилка: {str(e)}")

# Додавання кнопки до панелі інструментів
measure_act = QAction("📏 Площа накладки з зонами", iface.mainWindow())
measure_act.triggered.connect(calculate_overlap_with_zones)
btn = QToolButton()
btn.setDefaultAction(measure_act)
btn.setToolButtonStyle(Qt.ToolButtonTextUnderIcon)

toolbar = iface.mainWindow().findChild(QToolBar, "Геоінструменти")
if toolbar:
    toolbar.addWidget(btn)

```