

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ПОГОДЖЕНО

**Декан факультету
землевпорядкування**

_____ к.е.н., доц. ШЕВЧЕНКО О.В.

« ____ » _____ 2025 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

**Завідувач кафедри
геоінформатики та аерокосмічних
досліджень Землі**

_____ к.т.н., доц. МОСКАЛЕНКО А.А.

« ____ » _____ 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Інтеграція засобів ГІС та 3D моделювання для цілей управління
земельними ресурсами Рівненської територіальної громади»**

Спеціальність – 193 «Геодезія та землеустрій»

Освітня програма – Геодезія та землеустрій

Орієнтація освітньої програми – освітньо–професійна

Гарант освітньої програми

доктор економічних наук, професор

_____ МАРТИН А.Г.

(підпис)

**Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи**

доктор економічних наук, доцент

_____ КОШЕЛЬ А.О.

(підпис)

Виконав

_____ ОДУД А.П.

(підпис)

КИЇВ – 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет землевпорядкування**

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри
геоінформатики і аерокосмічних
досліджень Землі
к.т.н., доц. Москаленко А.А.
«__» «_____» 2024 р.

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
ЗДОБУВАЧУ
Одуду Артему Павловичу

Спеціальність – 193 «Геодезія та землеустрій»

Освітня програма – Геодезія та землеустрій

Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Інтеграція ГІС та 3D моделювання для цілей управління земельними ресурсами Рівненської територіальної громади», що затверджена наказом від «18» «листопада» 2024 р. № 2062 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру – за десять днів до захисту магістерської кваліфікаційної роботи.

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: результати зйомки GNSS-приймачем частини території Рівненської міської територіальної громади.

Перелік питань, які підлягають дослідженню:

1. Теоретико-методичні основи використання ГІС та 3D моделювання в управлінні земельними ресурсами.
2. Аналіз сучасного стану управління земельними ресурсами Рівненської територіальної громади.
3. Розробка та впровадження ГІС-3D моделі для управління земельними ресурсами Рівненської громади.

Дата видачі завдання «__» «_____» 2024 року

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____ КОШЕЛЬ А.О.

Завдання прийняв до виконання _____ ОДУД А.П.

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота на тему: «Інтеграція ГІС та 3D моделювання для цілей управління земельними ресурсами Рівненської територіальної громади» основною метою якої є інтегрування засобів ГІС та 3D моделювання для створення ефективних інструментів аналізу, моніторингу та оптимізації використання земель.

Структура магістерської кваліфікаційної роботи. Робота викладена на 71 сторінці, містить вступ, три розділи, висновки, перелік використаних джерел (57). Крім того в роботі наявні одинадцять таблиць та одинадцять рисунків.

Коротка характеристика розділів магістерської кваліфікаційної роботи. Перший розділ під назвою «Теоретико-методичні основи використання ГІС та 3D моделювання в управлінні земельними ресурсами». Цей розділ присвячений опрацюванню теоретичних та нормативно–правових основ даного дослідження. У ньому аналізується законодавче забезпечення та ключові елементи у сфері управління земельними ресурсами, а також можливості геоінформаційних систем, технології 3D моделювання та методика інтеграції ГІС та 3D моделювання для прийняття управлінських рішень.

Другий розділ під назвою «Аналіз сучасного стану управління земельними ресурсами Рівненської територіальної громади» У другому розділі проаналізовано та описано характеристику об'єкту дослідження, а саме Рівненської міської територіальної громади. У даному розділі охарактеризовані природно-географічні та соціально-економічні умови громади, наведена структура громади, а також здійснено оцінку потреб громади у впровадженні ГІС та 3D технологій.

Третій розділ під назвою «Розробка та впровадження ГІС-3D моделі для управління земельними ресурсами Рівненської громади». У даному розділі викладено практичний зміст виконання кваліфікаційної роботи. Створено UML-діаграми для відображення перспективності інтеграції ГІС та 3D моделювання у земельному управлінні. Також на основі GNSS-зйомки було розроблено тривимірну модель рельєфу частини території Рівненської міської

територіальної громади. Продемонстрували переваги впровадження ІС-технологій та 3D моделювання для майбутнього сталого розвитку громади.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ ГІС ТА 3D МОДЕЛЮВАННЯ В УПРАВЛІННІ ЗЕМЕЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ	10
1.1 Сутність та завдання управління земельними ресурсами в умовах децентралізації	10
1.2 Можливості геоінформаційних систем у сфері земельного кадастру та управління територіями	14
1.3 Технології 3D моделювання у просторовому плануванні та кадастрових роботах	20
1.4 Інтеграція ГІС та 3D моделювання як інструмент прийняття управлінських рішень	23
Висновки до розділу 1	27
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ УПРАВЛІННЯ ЗЕМЕЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ РІВНЕНСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ	28
2.1 Характеристика природно-географічних та соціально-економічних умов громади	28
2.2 Структура землекористування та проблеми ведення земельного кадастру	34
2.3 Оцінка потреб громади у впровадженні	36
Висновки до розділу 2	37
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ГІС-3D МОДЕЛІ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЗЕМЕЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ РІВНЕНСЬКОЇ ГРОМАДИ	38
3.1 Методика інтеграції ГІС та 3D моделювання у земельному управлінні	38
3.2 Розроблення 3D моделі земельних ресурсів громади	44
3.3 Використання інтегрованої системи для вирішення завдань управління земельними ресурсами	53

Висновки до розділу 3	55
ВИСНОВКИ	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58
ДОДАТКИ	68

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасних реаліях військового стану необхідно швидко та якісно приймати управлінські рішення, а також будувати плани на майбутнє, тому дослідження даного питання досить гостро стоїть на порядку денному.

Інтеграція ГІС засобів та 3D моделювання допоможе автоматизувати існуючу систему, збільшить об'єктивність, якість та швидкість прийняття рішення. Кількість посередників та елементів системи буде зменшено, що в свою чергу мінімізує корумповану складову.

Об'єктом дослідження є процес інтегрування засобів ГІС та 3D моделювання для цілей управління земельними ресурсами на території міста Рівне Рівненського району Рівненської області.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є інтегрування засобів ГІС та 3D моделювання для створення ефективних інструментів аналізу, моніторингу та оптимізації використання земель. Така інтеграція дозволяє отримати детальну тривимірну картину території, що полегшує прийняття управлінських рішень у сфері земельних відносин, містобудування, природоохоронної діяльності та сільського господарства. Також це дозволить автоматизувати процес прийняття рішення, уникнути корумпованої складової та забезпечити об'єктивність прийнятого рішення.

Предметом дослідження є комплекс питань щодо інтегрування засобів ГІС та 3D моделювання для цілей управління земельними ресурсами на території міста Рівне Рівненського району Рівненської області.

Завдання кваліфікаційної роботи:

1) Дослідити способи підвищення точності картографічної інформації, оскільки завдяки 3D моделюванню можна створювати детальні рельєфні карти, що враховують особливості місцевості та допомагають у плануванні землекористування;

2) Обґрунтувати проведення моніторингу та контролю для прийняття управлінських рішень із застосуванням ГІС-технологій у поєднанні з 3D-моделями;

3) Проаналізувати ефективність оптимізації земельних ресурсів із застосуванням 3D моделювання та ГІС технологій;

4) Дослідити моделювання та прогнозування розвитку територій використовуючи елементи 3D моделювання та геоінформаційних технологій.

Методологія та методи дослідження. Основним методологічним підходом було використання аналітико-синтетичного методу, який дозволив аналізувати теоретичні та практичні аспекти інтеграції ГІС-технологій та 3D моделювання для цілей управління земельними ресурсами. Для збору та обробки емпіричних даних було використано метод аналізу статистичних даних. Особлива увага була приділена аналізу законодавства, нормативних актів та документів, що регулюють діяльність управління земельними ресурсами. Також, для детального вивчення конкретного прикладу, а саме Рівненської міської територіальної громади, були використані методи геоінформаційного аналізу та територіального моделювання.

Практичне значення. Дослідження інтеграції ГІС-технологій та 3D моделювання для управління земельними ресурсами дозволять розробити більш ефективні стратегії для аналізу, моніторингу, оптимізації, планування місцевості та прийняття управлінських рішень у сфері земельних відносин.

Структура бакалаврської кваліфікаційної роботи. Наукова робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків.

Участь у наукових конференціях:

Одуд А.П. Інтеграція ГІС та ДЗЗ для управління земельними ресурсами. VII міжнародна науково-практична конференція: вплив кліматичних змін на просторовий розвиток територій Землі: наслідки та шляхи вирішення. 12 червня 2025 року.

РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ ГІС ТА 3D МОДЕЛЮВАННЯ В УПРАВЛІННІ ЗЕМЕЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ

1.1 Сутність та завдання управління земельними ресурсами в умовах децентралізації

Основна мета управління земельними ресурсами – забезпечення потреб суспільства, що задовольняються на основі використання властивостей землі. Мета відображає перспективний стан земельних ресурсів і процесу їх використання. Останнє виникає за безпосередньої дії суспільства або окремих суб'єктів на землю. При цьому в кожній такій дії є певна мета, пов'язана з конкретними властивостями землі. Суспільство не може повністю контролювати мету окремих суб'єктів земельних відносин через їх чисельність і різноманіття, тому управління таким процесом означає встановлення загальних правил і меж використання землі. Ці межі існують відповідно до встановлених і юридично оформлених (у вигляді правових норм) правил використання, що регламентують земельні відносини та систему землекористування. Такі положення характерні для будь-якої форми і режиму використання землі та є загальними для всієї системи земельних відносин [1].

Питання децентралізації повноважень знайшло відображення в Концепції реформування місцевого самоврядування та територіальної організації влади в Україні, схваленої Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 1 квітня 2014 р. № 333р. У ній зазначається, що однією з нагальних проблем розвитку місцевого самоврядування є подолання його відстороненості від вирішення питань у сфері земельних відносин. Для її розв'язання пропонується надання органам місцевого самоврядування базового рівня повноважень у вирішенні питань забудови (відведення земельних ділянок, надання дозволів на будівництво, прийняття в експлуатацію будівель), визначення матеріальною основою місцевого самоврядування майна, зокрема землі, що перебуває у власності територіальних громад сіл, селищ, міст (комунальній власності), і належної бази оподаткування, а також надання територіальним громадам права розпоряджатися земельними ресурсами в межах своєї території, об'єднувати

своє майно та ресурси в рамках співробітництва територіальних громад для виконання спільних програм та ефективнішого надання публічних послуг населенню суміжних територіальних громад [1].

Сьогодні питання земельних відносин контролюється органами місцевого самоврядування тільки в межах населених пунктів, це лише близько 4% території України. Цю систему необхідно змінити, передавши основну частину земельних ресурсів у розпорядження саме органам місцевого самоврядування, спроможним територіальним громадам, а іншу частину залишити за державою. Роль держави насамперед полягатиме в забезпеченні контролю за раціональним використанням земельних ресурсів [1].

Суть державного управління земельними ресурсами виражають функції, які виконують органи влади. Кожна із цих функцій включає певні завдання з використанням відповідних методів, засобів і механізмів їх вирішення. До основних функцій державного управління земельними ресурсами належать: розробка законодавчих і нормативних правових актів, ведення Державного земельного кадастру, надання та вилучення земельних ділянок, планування використання земель, землеустрій, технічна інвентаризація нерухомості, моніторинг земель, державний контроль за використанням та охороною земель, організація рекультивації земель, вирішення земельних суперечок [1].

Обмеження «земельної» юрисдикції органів місцевого самоврядування лише межами населених пунктів ускладнює розвиток громад, зменшує матеріальну основу місцевого самоврядування. До того ж це не узгоджується з одним з основних принципів демократичного суспільства, визнаним у світі – принципом повсюдності місцевого самоврядування [1].

Розпорошення повноважень із розпорядження землями, розташованими за межами населених пунктів між багатьма органами виконавчої влади, які здебільшого територіально розташовані у обласних центрах, також не сприяє доступності адміністративних послуг, які вони надають, для населення [1].

Тому постає питання про зміну зазначеної ситуації та передачу об'єднаним територіальним громадам у комунальну власність земель державної власності,

розташованих за межами населених пунктів (крім тих, на яких розташовані об'єкти державної власності) [1].

Сучасний стан [1]:

- 1) 4% земельних ресурсів – у розпорядженні територіальних громад;
- 2) 96% земельних ресурсів – у розпорядженні виконавчих органів влади.

У перспективі [1]:

- 1) 84% земельних ресурсів будуть знаходитись в розпорядженні об'єднаних територіальних громад;
- 2) 16% земельних ресурсів будуть знаходитись в розпорядженні Кабінету Міністрів України: землі дня територіального моря, землі під великими та малими річками; землі в зоні відчуження; землі природно-заповідного фонду; землі лісового фонду; землі оборони.

Децентралізація земельних відносин передбачає передачу права розпорядження землями громадам, власність на землі перейде об'єднаним громадам, Держгеокадастр здійснюватиме лише контроль за використанням землі. Новостворені об'єднані громади повинні мати економічні ресурси для свого ефективного розвитку. Окрім бюджетних та податкових можливостей, держава передає цим громадам і земельні ресурси. Реформа територіальної організації влади в Україні є надзвичайно відповідальним завданням, яке, попри свою складність, має бути реалізоване вже найближчим часом. Урахування запропонованих підходів під час формування адміністративно-територіальних одиниць базового рівня при удосконаленні земельного законодавства дасть змогу спростити відповідні адміністративні процедури та мінімізувати кількість потенційних конфліктів у процесі управління територіями та розвитком територіальних громад. Визначаючи зміст управління земельними ресурсами органами місцевого самоврядування на стратегічну перспективу необхідно орієнтуватися на те, що земельні перетворення повинні здійснюватися необхідним економічним обґрунтуванням. Це може бути забезпечено шляхом розробки планово-проектної документації та надання необхідних консультацій,

послуг (у тому числі державним підприємствам) за рахунок коштів державного бюджету, бюджету міста, а також за рахунок коштів громадян і юридичних осіб. Основною метою державної політики у сфері управління земельними ресурсами має бути концепція реформування та регулювання правовідносин на землю як невід'ємної частини державної соціально-економічної політики, забезпечення умов для ефективного використання землі на місцевому рівні територіальних громад і розвитку земельного ринку як однієї з ключових умов сталого економічного розвитку країни, підвищення добробуту її громадян [1].

Отже враховуючи все вищезазначене, можна зробити висновки, що для ефективної роботи новостворених громад необхідно віднести до земель комунальної власності усі землі державної власності за межами населених пунктів у межах територій об'єднаних територіальних громад, що створюються згідно з законом і перспективним планом формування територій громад, окрім приватної власності та земель [1]:

- 1) на яких розташовані будівлі, споруди, інші об'єкти нерухомого майна державної власності;
- 2) які перебувають у постійному користуванні органів державної влади, державних підприємств, установ, організацій, Національної академії наук України, державних галузевих академій наук;
- 3) які належать до земель оборони;
- 4) зон відчуження та безумовного (обов'язкового) відселення, що зазнали радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи.

Також необхідно запровадити механізм уточнення меж територіальних громад при виникненні невизначеності або спору з приводу таких меж. Все це дасть змогу зміцнити матеріальну та фінансову основу місцевого самоврядування, більш якісне й обґрунтоване планування розвитку територій. Надання органам місцевого самоврядування реальних повноважень щодо управління земельним фондом об'єднаної громади дозволить чітко і прозоро формувати дохідну частину місцевих бюджетів в частині платні за землю [1].

1.2 Можливості геоінформаційних систем у сфері земельного кадастру та управління територіями

Розвиток земельних відносин та організація ефективного управління територіями спонукає до формування кадастрових систем, як основи інформаційного забезпечення при прийнятті оптимальних управлінських рішень. В зв'язку з цим виникає потреба у використанні геоінформаційних систем, які спроможні обробляти та аналізувати великі масиви геопросторової інформації та слугувати базою ефективної організації кадастрових систем у землеустрої.

Необхідна організаційна узгодженість між прийняттям управлінських рішень щодо розвитку територій та використанням земельних ресурсів, які є територіальним базисом і об'єктом нерухомості.

Управління земельними ресурсами нерозривно пов'язане з процесами ефективного використання інформації. На сучасному етапі інформатизації суспільства однією з найважливіших проблем є створення єдиного національного інформаційного середовища, яке б акумулювало усі наявні види інформаційних ресурсів. Сучасна система землекористування в країні характеризується великими обсягами інформації внаслідок значного числа об'єктів і суб'єктів земельних відносин. Тому зберігання, обробку і надання цієї складної, багатоаспектної інформації можуть забезпечити тільки автоматизовані системи, якими є кадастри [30].

Вирішення цієї проблеми стало можливим завдяки інтенсивному розвитку та широкому запровадженню геоінформаційних технологій, які дають змогу накопичувати дані та здійснювати їх просторовий аналіз [25].

У загальному сенсі кадастр розглядається як упорядкована геоінформаційна система про правове, природне, господарське, економічне та просторове положення об'єктів, що підлягають обліку в системі відповідного рівня управління [3].

В Україні формується та розвивається система таких кадастрів: земельного, лісового, водного, містобудівного, родовищ і проявів корисних

копалин, природних територій курортів, природних лікувальних ресурсів, територій та об'єктів природно-заповідного фонду, тваринного світу, регіональні кадастри природних ресурсів та інших [3].

Державний земельний кадастр (ДЗК) є основою для ведення усіх перелічених вище кадастрів. ДЗК містить сукупність відомостей і документів про місцезорозташування та правовий режим земельних ділянок, їх оцінку, класифікацію земель, кількісну та якісну характеристику, розподіл серед власників та землекористувачів [3].

Світовий досвід показав надзвичайну ефективність і перспективність використання ГІС при формуванні кадастрів. Вони дають можливість, використовуючи картографування, робити просторові описи територій, характеризувати й аналізувати об'єкти навколишнього середовища [3].

Методологічною основою процесів формалізації даних в ГІС є цифрове моделювання місцевості, яке об'єднує процеси збору первинної інформації, її моделювання, обробки і формування документів. Геоінформаційні системи дають можливість поєднувати модельне зображення території (електронне відображення карт) з інформацією табличного типу (статистичні дані, списки, економічні показники). Спектр видів карт надзвичайно широкий: це топографічні, тематичні та інші карти [3].

Концепція технології ГІС полягає у створенні багат шарових електронних карт, опорний шар яких описує географію території, а кожен з інших верств – один з аспектів стану території. Тому технологія ГІС може застосовуватися при формуванні кадастрів, коли необхідно враховувати і обробляти територіально розподілену інформацію [27].

Суттєвою відмінністю кадастрових ГІС є використання топологічних характеристик із класифікацією просторових об'єктів на точкові, лінійні і площинні. Усі вони ґрунтуються на єдиній просторовій (геодезичній) основі і значною мірою на даних Державного земельного кадастру [3].

У ГІС просторові дані представляються векторними і растровими моделями. Векторна модель містить інформацію про точки, лінії, контури і

поверхні. Вона кодується і зберігається у вигляді набору координат. Растрова модель є оптимальною для роботи з об'єктами, що мають безперервний характер зміни властивостей, таких як типи ґрунтів, види рослинності тощо [3].

Геоінформаційні системи зберігають дані про навколишнє середовище у відповідному наборі тематичних шарів карт, об'єднаних просторовим розташуванням. Основний шар містить географічно прив'язану карту місцевості. На нього накладаються інші шари, що несуть інформацію про об'єкти, які знаходяться на даній території. Цими об'єктами можуть бути комунікації (лінії електропередач, трубопроводи), промислові об'єкти, земельні ділянки, ґрунти, межі землекористування. База даних формується у вигляді карт з набором шарів інформації. Також геоінформаційні системи допомагають встановлювати залежності між різними параметрами території. За допомогою аналітичних операцій можна проводити обробку даних і отримувати нову інформацію для кадастрів [3].

Інтеграція баз даних кадастрів, корпоративний підхід до формування та використання баз даних кадастрів можливі тільки за умови їх ведення на одному просторовому базисі, єдиній системі ідентифікації та класифікації об'єктів обліку кадастрів (насамперед земельних ділянок), основі застосування загальноприйнятих стандартів подання та обміну даними за чітко регламентованими умовами і порядком надання та обміну інформацією [3].

Система ведення земельного (міського) кадастру на основі ГІС може застосовуватися для вирішення наступних завдань [30]:

- 1) інформаційного забезпечення оформлення прав землекористування;
- 2) ведення чергової кадастрової карти;
- 3) прогнозу земельних платежів;
- 4) нарахування та контролю отримання земельних платежів;
- 5) автоматизації технології випуску земельно-правових документів.

В кадастрових системах застосовується практично увесь арсенал функцій геоінформаційних систем (ГІС) [3]:

- 1) введення даних в комп'ютерне середовище (data input) шляхом їх імпортування із існуючих наборів цифрових даних або за допомогою цифрування картографічних джерел;
- 2) оброблення даних геодезичних вимірювань при інвентаризації об'єктів кадастрового обліку;
- 3) перетворення або трансформування даних (data transformation), включаючи конвертування даних із одного формату в інший, трансформування картографічних проекцій, зміну систем координат;
- 4) зберігання, маніпулювання та керування даними у внутрішніх та зовнішніх базах даних, картометричні операції, включаючи обчислення відстаней між об'єктами в проекції карти або на еліпсоїді, довжини кривих ліній, периметрів та площ полігональних об'єктів;
- 5) створення та оброблення цифрових тривимірних моделей (3D-модель) рельєфу;
- 6) просторовий аналіз, що забезпечує аналіз розташування, зв'язків та інших просторових відношень об'єктів (оверлейний аналіз, мережний аналіз, аналіз сусідства, аналіз зон видимості / невидимості з використанням 3D-модель рельєфу тощо);
- 7) просторове моделювання, що включає операції аналогічні операціям, що використовуються в математично-картографічному моделюванні та картографічному методі дослідження;
- 8) візуалізація вихідних, похідних або результуючих даних, включаючи картографічну візуалізацію, проектування та створення геозображень;
- 9) виведення даних графічної, табличної та текстової документації, в тому числі її тиражування, документування, або генерування звітів в цілому;
- 10) обслуговування процесів прийняття рішень, генерування та підтримка декількох проектних варіантів певної ситуації або розвитку процесів, порівняльний аналіз варіантів та оптимізація.

У зв'язку з різноманіттям виконуваних функцій управління виникла потреба в системному підході до автоматизованого просторового опису територій. Це зумовило автоматизацію процесів збору, зберігання і обробки даних із застосуванням сучасних комп'ютерних технологій – геоінформаційних систем (ГІС) [3].

Запропоновано геоінформаційні системи використовувати на трьох рівнях управління: регіональному (обласному), муніципальному і об'єктному. Характерними елементами об'єктного рівня можуть виступати рекреаційні, меліоративні, санітарні зони і окремі об'єкти територій [3].

З огляду на можливості геоінформаційних систем, розроблена структурно-логічна модель (рис. 1.2.1) розвитку територіального управління на основі їх використання, що дало можливість сформувати взаємозв'язки між структурними елементами моделі [3].

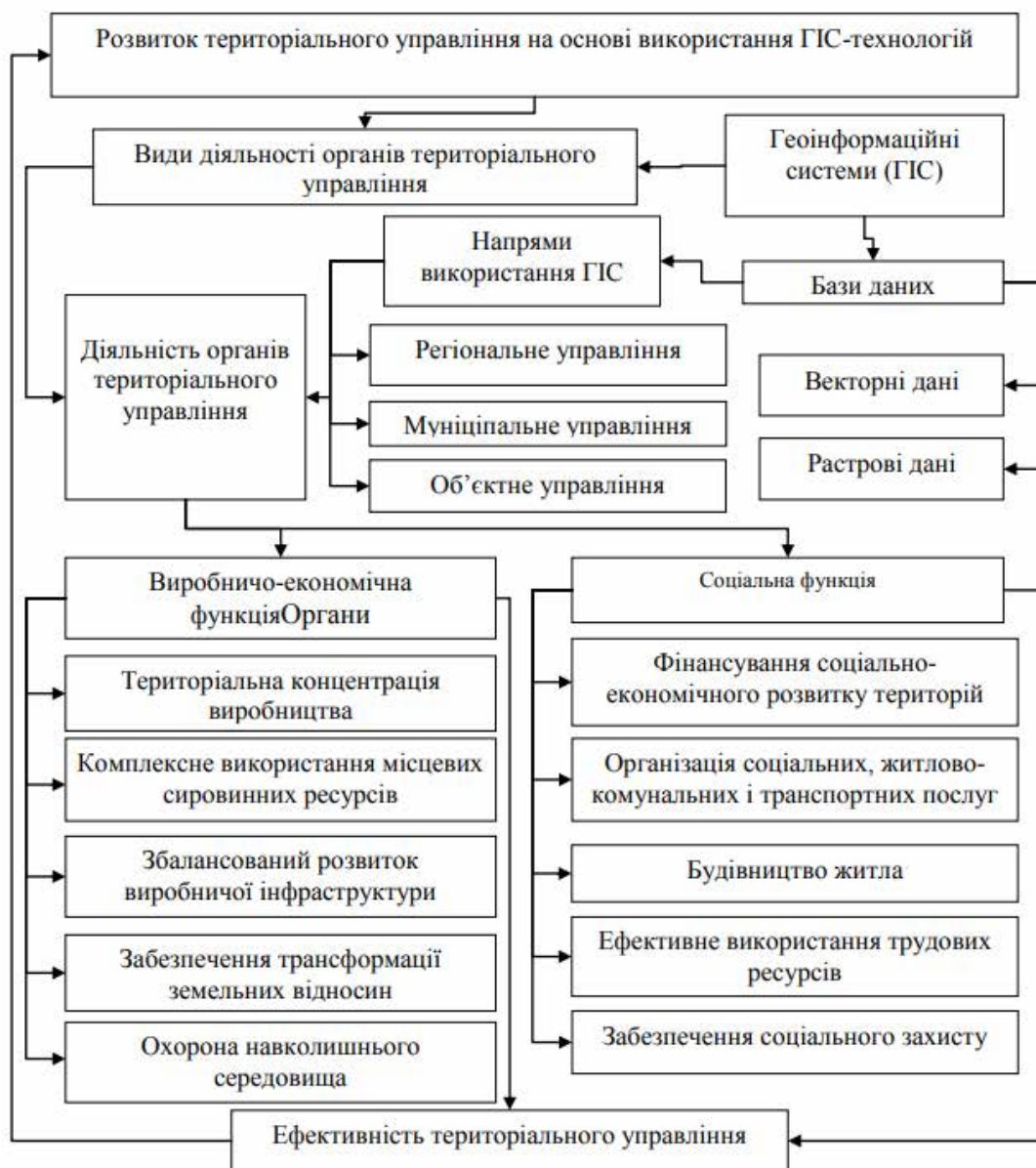


Рисунок 1.2.1 – Структурно-логічна модель розвитку територіального управління*

*Примітка за даними сайту. Навчальний посібник «ГІС в кадастрових системах». URL: https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PoltNTU/4131/1/%d0%9d%d0%90%d0%92%d0%a7_%d0%9f%d0%9e%d0%a1_%d0%93%d0%86%d0%a1.pdf(дата звернення 02.10.2025)

Геоінформаційні системи мають здатність інтегрувати багато джерел інформації, що, в свою чергу, вимагає кооперації і взаємодії органів територіального управління за напрямками використання цих систем. Також геоінформаційні системи допомагають встановлювати залежності між різними параметрами території. За допомогою аналітичних операцій проводити обробку

даних і отримувати нову інформацію, яка служить основою для прийняття оптимальних управлінських рішень. Вся проаналізована інформація зберігається в базах даних ГІС [16].

Облік земельних ресурсів і ділянок являє собою критично важливу складову земельного управління, що функціонує як комплексна інформаційна система, призначена для опрацювання різнопланових даних. Процеси обробки даних охоплюють широкий спектр операцій, включаючи введення, експорт, імпорт, обмін, попередню обробку, аналіз, візуалізацію, кодування та криптографічне перетворення. Незважаючи на значний функціонал геоінформаційних систем (ГІС), їхні можливості є недостатніми для повного спектра зазначених операцій, що зумовлює необхідність розроблення кастомних елементів системи для забезпечення інтегрованого управління земельними даними. Застосування технології блокчейн у геодезії та землеустрої здатне забезпечити необхідний рівень інтегрованості та надійності процесів обробки інформації, гарантуючи захист даних від неавторизованого доступу та оптимізуючи процедури їхньої верифікації. Архітектура блокчейн-мережі має бути сумісною з існуючою адміністративною ієрархією системи контролю та обліку земельних ділянок і ресурсів. У контексті інформаційних систем на основі блокчейн найчастіше використовують консенсусні алгоритми Proof-of-Work (PoW) і Proof-of-Stake (PoS) [6].

Таким чином, з метою забезпечення ефективного розвитку територіального управління необхідно використовувати геоінформаційні системи, які мають об'ємну базу просторових даних про територію і можуть забезпечити об'єктивною інформацією управлінців при прийнятті рішень [15].

1.3 Технології 3D моделювання у просторовому плануванні та кадастрових роботах

Місце розташування земельних ділянок фіксують шляхом внесення в кадастр плоских координат їх меж, що дає змогу врахувати їх площі, конфігурацію тощо, проте відомості, наприклад, про рельєф земельної ділянки

не можна відобразити і врахувати, тому що при цьому практично не враховують вертикальну площину, тобто сучасний кадастр є плоским, двовимірним (2D) [4].

Водночас багато об'єктів нерухомості і інфраструктури (земельні ділянки, будівлі, споруди) є просторовими об'єктами, мають об'єм, який неможливо відобразити у двовимірній проекції. Діюча система обліку не має змоги враховувати особливості рельєфу, що впливають на кадастрову вартість об'єкта нерухомості [4].

Згідно зі ст. 79 Земельного кодексу України право власності на земельну ділянку поширюється в її межах на поверхневий (грунтовий) шар, а також на водні об'єкти, ліси і багаторічні насадження, які на ній знаходяться, якщо інше не встановлено законом та не порушує прав інших осіб. [9].

Отже, постає питання належного відображення на планово-картографічних матеріалах простору над поверхнею земельної ділянки й під нею.

У різних сферах і галузях діяльності людини під час розв'язання інженерних задач, що включають автоматизований аналіз стану території все частіше виникає необхідність у візуалізації інформації про об'єкти місцевості у звичному для сприйняття людиною тривимірному просторі, так званих 3D моделях [32].

Отриманню і використанню нових видів цифрової продукції сприяли досягнення тривимірної машинної графіки та інструментарій геоінформаційних систем (ГІС). На цей час широко поширені 3D моделі місцевості, які створюють засобами комп'ютерної графіки. Істотним кроком у розширенні сфери використання 3D моделей стала можливість створення вимірювальних 3D моделей (або фотограмметричних), тобто можливість подання просторової інформації у заданій системі координат і виміру координат окремих точок цієї моделі [4].

За допомогою апаратних і програмних засобів визначення місця розташування можна отримувати з високою точністю тривимірні геопросторові дані в режимі реального часу. В надходженні та використанні подібного роду

інформації зацікавлені не тільки всі галузі економіки країни, а й органи влади і управління всіх рівнів [4].

Просторову інформацію про об'єкти місцевості можна отримувати: за допомогою геодезичних вимірів, на підставі використання топографічних карт, за допомогою фотограмметричної обробки аерокосмічних знімків і мобільного лазерного сканування.

Класифікувати процеси створення тривимірних моделей населених пунктів можна різними способами [33].

На мою думку, їх доцільно згрупувати за ступенем автоматизації основних процесів [33]:

- 1) ручне створення моделей в програмах тривимірного моделювання (AutoCAD, ArchiCAD, ArcGIS, 3D Analyst, 3ds Max або Google SketchUp);
- 2) автоматична генерація 3D моделей, яка використовує алгоритми відновлення геометричної форми об'єктів по їх стереозображеннях;
- 3) Напівавтоматичне створення 3D моделей; геометричні моделі будівель будують оператори за аерознімками, цей підхід застосовують у програмах в Delta/Digitals s CyberCity-Modeler; для побудови моделей будівель моделей будівель CyberCity-Modeler можна також використовувати дані лазерного сканування.

Базисом для створення тривимірного кадастру в Україні мають стати тривимірні ГІС, за допомогою яких поєднують традиційні операції при роботі з базами даних – запит і статистичний аналіз – з перевагами повноцінної візуалізації і просторового аналізу, який надає карта. Ця особливість дає унікальні можливості для застосування ГІС у розв'язанні широкого спектру задач, пов'язаних з аналізом явищ і подій, прогнозуванням їх імовірних наслідків, плануванням стратегічних рішень [17].

Можливість реєстрації нерухомості і прав на неї у тривимірному кадастрі дає змогу оптимізувати використання простору. Використання тривимірного кадастру може суттєво підвищити якість обліку таких елементів інфраструктури, як комунікаційні мережі і трубопроводи, а також багаторівневих комплексів,

багатоквартирних будинків та інших об'єктів. Тривимірне відображення місцевості й об'єктів, розташованих на ній, суттєво розширює можливості кадастрового обліку і механізми забезпечення прав власності, планування та проектування. [34]

1.4 Інтеграція ГІС та 3D моделювання як інструмент прийняття управлінських рішень

ГІС-технології та 3D моделювання знайшли широке застосування в державному земельному кадастрі, в муніципальному управлінні, в проектуванні, містобудуванні, експлуатації об'єктів, в геологічних дослідженнях, в розробці та експлуатації родовищ корисних копалин, в сільському господарстві, при вивченні погоди і складанні прогнозів, при екологічному моніторингу, в маркетингу, управлінні фінансами, в плануванні, обороні, політиці тощо [5].

Незважаючи на активізацію дослідницьких зусиль щодо наукових аспектів використання ГІС-технологій, потребують уточнення сутнісні характеристики управлінських засад в просторово-територіальних завданнях [5].

У сфері управління земельними ресурсами України головну роль відіграє державне регулювання земельних відносин. Цей процес реалізують через низку механізмів, включаючи нормативно-правове забезпечення, контроль за дотриманням вимог земельного законодавства, систематичний моніторинг використання та охорони земель, а також застосування інструментів юридичної відповідальності до суб'єктів, які порушують встановлений правопорядок [6].

Ефективне здійснення державного управління та регулювання у земельній сфері потребує детального аналізу характеристик земельного фонду та динаміки його використання. Управлінські процеси ґрунтовані на постійному інформаційному потоці, джерелами якого є землеустрій, земельний кадастр і моніторинг земель. Перехід на цифрові методи управління земельними ресурсами відбувається під впливом багатьох важливих факторів (табл. 1.4.1) [36].

Таблиця 1.4.1

**Узагальнення факторів впливу на розвиток цифровізації системи
управління земельними ресурсами**

Фактор	Опис	Застосування	Приклад
Технологічний	Сучасні геодезичні технології: глобальна система позиціонування (GPS), геоінформаційні системи (ГІС) тощо	Забезпечення якісного та продуктивного обліку земельних ресурсів	Уникнути помилок, зменшити витрати і підвищити продуктивність управлінських процесів
Інституційна якість	Наявність точних і доступних даних про земельні ділянки	Забезпечення відкритості процесів та протидії корупції	Мінімізація корупційних можливостей і неправомірних дій у земельній сфері для справедливого розподілу ресурсів
Інтегроване управління земельними ресурсами	Сучасні технології створення детальних цифрових карт і моделей земельних ресурсів	Просторове планування та управління земельними активами міських і сільських територій	Вибирати найбільш сприятливі землі для будівництва, сільськогосподарської діяльності, заповідних територій тощо
Моніторинг та охорона довкілля	Сучасні технології моніторингу довкілля: геоінформаційні системи (ГІС), дистанційне зондування Землі (ДЗЗ)	Спостереження за станом довкілля та його збереження	Виявлення екологічних проблем і вжиття необхідних заходів для їх розв'язання
Гарантії майнових прав	Сучасні кадастрові системи, процес реєстрації земельних ділянок і власників	Правове забезпечення прав власності	Захист прав власників і запобігання конфліктам
Технічний	Сучасні геодезичні прилади та програмне забезпечення	Оптимізація процесів	Швидке виконання комплексу геодезичних і проектних робіт для ухвалення рішень з управління й розвитку земель
Інноваційний	Інноваційні технології: штучний інтелект, блокчейн-технології тощо	Впровадження інновацій у сфері землеустрою та кадастру	Аналіз даних, гарантія безпеки та прозорості даних

Різні види адміністративних завдань вирішують державне, місцеве і внутрішньогосподарське управління земельними ресурсами. Складовими державного управління є загальне та відомче (галузеве). Загальне державне управління має територіальний (регіональний) характер, здійснюване державними органами загальної і спеціальної компетенції. Його дія поширена на всі земельні ресурси в межах конкретної території (України, області, адміністративного району, міста), незалежно від їхньої класифікації та суб'єктів земельних прав [38].

Відповідно впровадження цифрових технологій у практику загального управління земельними ресурсами дає змогу забезпечити відкритість, прозорість, доступність та обґрунтованість рішень, що ухвалюють органи державної влади [39].

Цифровізація землеустрою та місцевого управління, що належить до компетенції органів місцевого самоврядування, переважно спирається на ГІС, який є одним з основних інструментів і може мати загальний або спеціальний характер. Земельне законодавство України запровадило нову форму регулювання земельних відносин – комплексний план просторового розвитку території об'єднаної територіальної громади, який включає планувальні рішення щодо перспективного використання всієї території територіальної громади та потребує оновлених картографічних матеріалів у нових цифрових форматах. Для цієї роботи найбільше застосування набули геоінформаційні технології, дистанційне зондування Землі, GPS-технології та WEB-технології [37].

Загалом геоінформаційні системи являють собою інструментарій для аналізу та опрацювання просторових даних, що мають чітку прив'язку до конкретних ділянок земної поверхні, із метою ефективного управління ними. ГІС – це багатокомпонентна система, яка об'єднує апаратне, програмне забезпечення, просторові дані та персону (табл. 1.4.2) [6].

Таблиця 1.4.2

Архітектурні компоненти геоінформаційних систем

Складові компоненти	Опис	Технічне забезпечення
Апаратне забезпечення (Hardware)	Фізичні засоби, необхідні для функціонування ГІС	Персональні комп'ютери, сервери, планшети; геодезичні прилади (GPS-приймачі, тахеометри); сканери та плотери для оцифрування паперових карт.
Програмне забезпечення (Software)	Інструменти для роботи з просторовими даними – створення, редагування, аналіз, візуалізація	ArcGIS, QGIS (безкоштовне), MapInfo – програми для роботи з картами та просторовими базами; AutoCAD Civil 3D – використовують у проєктуванні; ERDAS Imagine, ENVI – для аналізу супутникових зображень.
Дані (Data)	Основа будь-якої ГІС – це просторові та атрибутивні (описові) дані	Типи даних: 1) векторні: точки (водозабори), лінії (дороги), полігони (межі земельних ділянок); 2) растрові: супутникові знімки, скановані карти; 3) атрибутивні: інформація про ділянку – власник, площа, цільове призначення. Джерела даних: Державний земельний кадастр, супутникові платформи (Sentinel, Landsat), топографічні карти, результати польових вимірювань.
Методи (процедури і технології)	Набір процедур, алгоритмів і моделей, що забезпечують обробку та аналіз просторової інформації	Просторовий аналіз (наприклад визначення ерозійно небезпечних зон); геостатистика; буферне зонування; побудова цифрових моделей рельєфу (ЦМР).
Людські ресурси (People)	Кваліфіковані фахівці, які створюють, обслуговують і застосовують ГІС на практиці	Геоінформатики, землевпорядники, кадастрові інженери; програмісти, аналітики, картографи.
Методи управління (організаційне забезпечення)	Норми, стандарти, політики, що регулюють використання ГІС у межах проєкту, установи чи державної системи	Стандарти INSPIRE (ЄС), ISO 19115 (метадані); Закон України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних»; внутрішні регламенти установ Держгеокадастру.

Завдяки можливостям обробки великих обсягів просторових даних ГІС дає змогу створювати точні цифрові кадастрові карти; моделювати сценарії використання земель; проводити моніторинг змін земельних ділянок у реальному часі. Відповідно геоінформаційна система управління земельними

ресурсами територіальної громади функціонує як інноваційна картографічна платформа [40].

Ця система інтегрує дані з державних реєстрів, відкритих інформаційних ресурсів і локальних картографічних матеріалів із метою візуалізації та формування аналітичних звітів про земельний фонд громади в контексті окремих земельних ділянок, їхніх правовласників і користувачів. Геоінформаційна система акумулює відомості про власників та орендарів земельних ділянок, їхній правовий статус, нормативну грошову оцінку, часові рамки орендних угод і широкий спектр супутньої інформації

Висновки до розділу 1

У першому розділі нами було опрацьовано теоретико-методичні основи використання геоінформаційних систем та 3D моделювання в управлінні земельними ресурсами. Ми дослідили сутність та завдання управління земельними ресурсами в умовах децентралізації. Також ми ознайомилися із можливостями ГІС у сфері земельного кадастру та управлінні територіями, зокрема, розглянули багат шарову концепцію ГІС та її архітектурні компоненти, необхідні для обробки великих масивів геопросторової інформації. Особливу увагу приділили дослідженню технологій 3D моделювання, які є інструментом подолання обмежень плоского 2D-кадастру та дозволяють враховувати об'єкти нерухомості.

РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ УПРАВЛІННЯ ЗЕМЕЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ РІВНЕНСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

2.1 Характеристика природно-географічних та соціально-економічних умов громади

Рівненська міська громада – територіальна громада в Україні, в Рівненському районі Рівненської області. Адміністративний центр – місто Рівне [7].

Площа громади – 63,4 км², населення – 254 170 мешканців [7].

У складі громади 1 місто (Рівне) і 1 селище (Квасилів) [7].

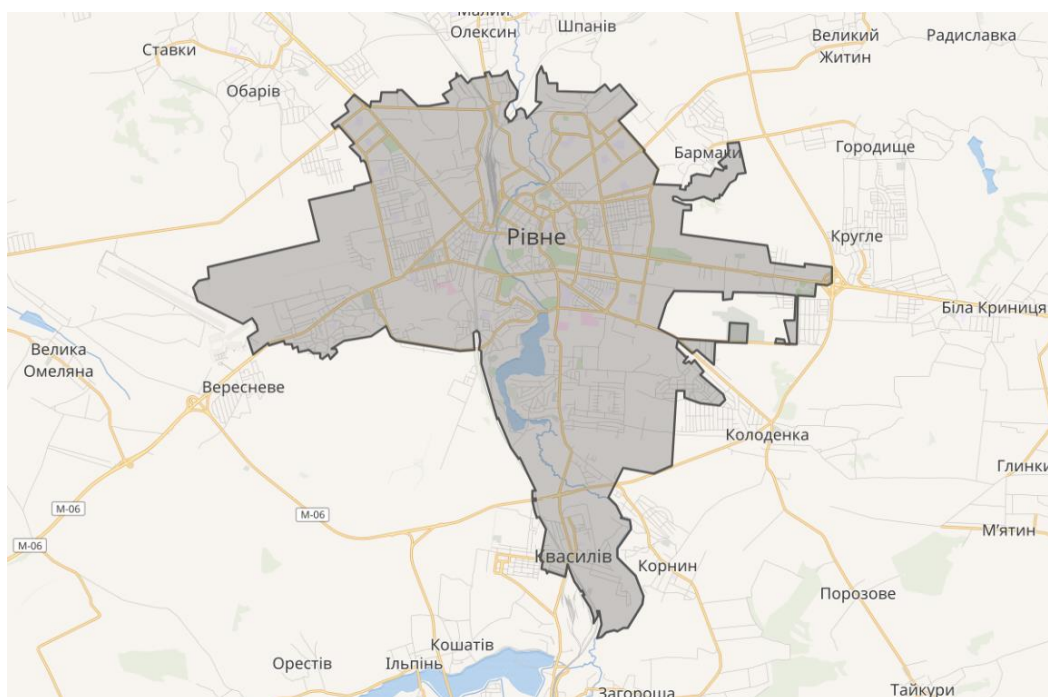


Рисунок 2.1.1 – Межі Рівненської міської територіальної громади*

*Примітка за даними сайту. Рівненська міська територіальна громада. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D1%96%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%BC%D1%96%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0_%D0%B3%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B4%D0%B0 (дата звернення 07.10.2025)

Географічні координати: 50°37'11" пн.ш., 26°15'05" сх.д [8].

Рівненська територіальна громада розташована в лісостеповій зоні на Волинській височині в південно-західній частині Рівненської області [8].

Абсолютні відмітки громади – 187 - 220 м (мінімальна відмітка – 180 м, максимальна – 235 м). Найвищі вершини знаходяться на західних, східних і північних околицях. Переважні схили – 1,6 %. Мінімальний схил – 0,6 % (північно-західна частина), максимальний – 33 % (схили балок і долини річки Устя) [8].

У геологічному розташуванні Рівненська міська територіальна громада знаходиться в межах Волино-Подільського артезіанського басейну. Відклади домезозойського періоду в межах Рівного та околиць представлені породами верхньопротерозойської ери [8].

На території поширені верхньокрейдові породи сеноманського, туронського, коньякського, сантонського ярусів. Найбільш поширеними є відклади туронського ярусу. Вони представлені білою писальною крейдою, зеленувато-сірими мергелями та крейдоподібними білими вапняками з включенням кременю. Неогенові відклади на південному заході та сході представлені сарматським ярусом (піски, вапняки, глини). Специфіка літологічного складу верхньочетвертинних відкладів полягає у значному поширенні лесового комплексу бузького ярусу. Вони представлені лесами та лесоподібними суглинками палево-сірого кольору, макропористими, карбонатними, що підстеляються сірими глейованими викопними ґрунтами [8].

Для переважної частини території Рівненської міської територіальної громади, яка являє собою вододільну ділянку, основними ґрунтоутворюючими породами є леси, адже місто Рівне та селище Квасилів розташовані в межах Рівненського лесового плато [8].

Ґрунти тераси річки Устя розвивались на алювіально-делювіальних та флювіогляціальних відкладах. У межах вододільних ділянок ґрунти представлені чорноземами звичайними карбонатними малогумусними, чорноземами лучними середньо-глинистими, темно-сірими деградованими, дерново-карбонатними ґрунтами [8].

Ґрунти заплавної частини території міста Рівне менш різноманітні і представлені в південній частині міста мулуватоболотними карбонатними, а в

північній частині – торфово-болотними. Згідно із картограмою агропромислових груп ґрунтів селища Квасилів переважна частина населеного пункту складається із чорноземів типових слабогумусних легкосуглинкових та заплавних лучних середньосуглинкових ґрунтів [8].

Згідно з геоботанічним районуванням України територія громади належить до Варковицько-Рівненського геоботанічного району дубово-грабових та дубових лісів і фрагментів лучних степів Луцько-Рівненського (Волинського лесового) геоботанічного округу дубово-грабових та дубових лісів Поліської підпровінції Східноєвропейської провінції Європейської широколистяної геоботанічної області [8].

Клімат Рівненської територіальної громади помірно-континентальний, порівняно вологий і теплий. Зима м'яка з частими відлигами; літо тепле з достатньою кількістю вологи. Основними факторами кліматоутворення міста, як і всієї області є сонячна радіація, атмосферна циркуляція та характер підстилаючої поверхні [8].

Сумарна річна радіація для земної поверхні міста Рівне та прилеглої території складає близько 3,89 МДж/м². Основна частина цієї радіації поступає протягом теплого періоду, особливо з травня по вересень. Місто Рівне характеризується позитивним радіаційним балансом [8].

Атмосферна циркуляція в місті та на прилеглої території визначається такими атмосферними центрами як Ісландський та Середземноморський баричні мінімуми, Арктичний (Сибірський) та Азорський баричні максимуми. Взимку погода визначається в основному зоною високого тиску, що формується над вихолодженими просторами Сибіру і Центральної Азії. При цьому встановлюється малохмарна, переважно суха холодна погода. Однак вона часто переривається вторгненням циклонів з північної Атлантики, що несуть хмарну погоду, інтенсивні снігопади, відчутні потепління, з якими пов'язують відлиги. Навесні переважає західний перенос повітря. Влітку західні циклони активізують свою діяльність і атлантичне повітря займає панівне становище. Тому в цей час мають місце значні опади, які часто випадають у вигляді злив.

Нерідко проникає і трансформоване повітря з тропічних районів Атлантики і Середземномор'я. Воно приносить, як правило, суху і сонячну погоду. З другої половини осені зростає повторюваність атлантичних циклонів з притаманними їм дощами, сильними вітрами і туманами. В загальному переважає західне переміщення повітряних мас [8].

За останні роки спостерігається підвищення температури в холодний період року. Це свідчить про те, що суттєво скорочується імовірність дуже тривалих і холодних періодів, проте не зменшується імовірність короткочасних сильних похолодань. У літній період також зростає імовірність підвищення температури до 30°C і більше. Спостерігається тенденція настання весни з запізненням, а початок осені – вересень стає майже літнім місяцем [8].

Для холодного періоду характерні такі атмосферні явища, як різної інтенсивності тумани, морози, снігопади, утворення ожеледі, сильні штормові вітри, які спостерігаються щорічно, ймовірність їх виникнення досить висока (80-95%). В теплий період відмічається сильна спека, надзвичайна пожежна небезпека, а також явища, пов'язані з хмарами вертикального розвитку (інтенсивні дощі, грози, град, шквали) [8].

Середні кліматичні дані по Рівненській міській територіальній громаді за період 2015-2024 роки [8]:

- 1) Середня температура найхолоднішого місяця зими – 2,7°;
- 2) Середня температура найтеплішого місяця літа +20°.

Динаміка зміни середньорічної температури та кількості опадів за 10 років (2015-2024) наведено у таблиці 2.1.1 та таблиці 2.1.2 [8].

Таблиця 2.1.1

Середня температура повітря та кількість опадів по роках

Рік	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Середня
Температура, °C	+8,8	+9,5	+8,8	+8,6	+9,0	+9,8	+9,7	+7,9	+8,4	+9,9	+9,0
Опади, мм	645,9	442,4	527,1	717,3	424,5	512,3	634,6	631,7	661,0	671,7	586,9

Таблиця 2.1.2

Усереднена за 10 років (2015-2024) температура повітря по місяцях

Кількість опадів	Холодний період			Теплий період							Холодний період	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Середня	-2,7	-0,8	+3,3	+8,8	+14,2	+18,9	+19,9	+20	+14,8	+9,1	+2,9	-0,2
Кліматична норма	-3,4	-2,4	+1,9	+9,0	+14,4	+17,8	+19,5	+18,8	+13,7	+8,1	+2,7	-1,8
Відхилення	+0,7	+1,6	+1,4	-0,2	-0,2	+1,1	+0,4	+1,2	+1,1	+1	+0,2	+1,6

Середня за 10 років кількість атмосферних опадів у теплий і холодний періоди [8]:

- 1) теплий – 417 мм (96% кліматичної норми);
- 2) холодний – 173мм.(99% кліматичної норми).

Динаміка зміни кількості опадів по місяцях за останні 10 років наведено у таблиці 2.1.3 [8].

Таблиця 2.1.3

Усереднена за 10 років (2015-2024) кількість опадів (мм) по місяцях

Кількість опадів	Холодний період			Теплий період							Холодний період	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Середня	32	30	35	37	68	75	72	64	57	44	29	47
Кліматична норма	32	31	35	38	66	75	94	58	58	45	36	41
Відхилення	-	-1	-	-1	+2	-	-22	+6	-1	-1	-7	+6

Відносна вологість повітря в середньому за рік становить 79%. Найменша вона у травні (70%), найбільша – в грудні (89%) [8].

Загальний аналіз кліматичних умов Рівненської міської територіальної громади представлений у таблиці 2.1.4.

Таблиця 2.1.4

**Аналіз кліматичних умов Рівненської міської територіальної громади
(2015-2024)**

Показник	Місяці року												Рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Абсолютний максимум, °С	13,8	13,2	21,1	27,6	29,8	33,5	34,4	36,2	35,4	24,5	20,8	12,7	+36,2
Середній максимум, °С	7,1	9,9	17	23,5	27	30,8	32,4	32,7	28,6	22,7	12,9	9,1	+21,1
Середня температура, °С	2,7	0,8	3,3	8,8	14,2	18,9	19,9	20	14,8	9,1	2,9	0,2	+9
Середній мінімум, °С	17,4	13,5	8,9	3,2	1,2	6,7	8,5	7,8	1,9	2,4	7,4	11,5	-3,2
Абсолютний мінімум, °С	24,3	23,1	24,9	6,8	1,8	4,4	7,4	4,7	1,4	8,1	14,5	18,3	-24,9
Норма опадів, мм	2	1	5	8	6	5	4	8	8	5	6	1	609

У гідрологічному відношенні територія Рівненської міської територіальної громади знаходиться в басейні річки Прип'ять. На північній та східній околиці селища Квасилів та через всю територію міста Рівне у напрямку з півдня на північ, не перетинаючи адміністративних меж Рівненської області, протікає річка Устя [8].

Річка Устя – це основна водна артерія міста Рівне, яка перетинає його у субмеридіональному спрямуванні, розділяючи на дві частини. Її басейн формують лівобережні та правобережні струмки-притоки, джерельні виходи підземних вод, ставки та Басівкутське водосховище, які підпирають рівень води у річці та сприяють меандруванню. Водні запаси річки поповнюються 28-ма струмками, сумарна довжина яких становить 114 км. Загальна довжина річки – 65,7 км, площа водозбору – 755 км². Похил річки становить 1,6 м/км. Долина коритоподібна, шириною 4 км. Заплава двостороння, розміром 1,2 км. Річище звивисте, шириною 25 м, в середині течії – 8 м, глибиною 1,6 м, подекуди спрямоване [8].

Стік річки використовується на побутове і промислове водопостачання, рибицтво. Площа водозбору річки Устя в районі селища Квасилів сягає 352 км², ширина річки становить 6 – 9 м, глибина – 0,6 – 1,7 м, долина річки має

симетричну форму, за шириною досягає 3 – 4 км. В межах селища Квасилів річка змінюється, пойма річки заболочена, ширина її змінюється в межах 0,6 – 1,2 км. Басівкутське водосховище розташоване на річці Устя, знаходиться у південній частині міста Рівне, має витягнуту форму протяжністю 3556 м [8].

Басівкутське водосховище є русловим водосховищем річки Устя і фактично використовується як рекреаційний водний об'єкт. Загальна площа водного дзеркала при НІР становить 104 га, максимальна ширина – 463 м, середня ширина – 80 м. Ділянки з глибинами від 3,5 м до 4 м займають 0,5 % площі водного об'єкта, 74,5 % – глибини від 1,5 м до 3,5 м, 25 % – мілководдя 11 з глибинами до 1,5 м [8].

Для регулювання та підтримання рівня об'єму води, в складі водосховища функціонують гребля та русловий шлюз-регулятор. Гребля ґрунтова, довжиною 455 м, шириною по верху 10 м, висотою 7 м. Гребля є проїзною, покриття проїжджої частини – асфальтобетон. Русловий шлюзрегулятор є залізобетонною спорудою, довжиною 26 м, шириною 12 м. Пропускна здатність водоскидної споруди з врахуванням регулюючої спроможності водосховища складає 180 м³ /с (при НІР) та 200 м³ /с (при форсованому підпірному рівні). Водозбірна площа Басівкутського водосховища розташована в межах міста Рівне у зоні інтенсивного техногенного перетворення природного середовища. На правому березі водосховища створена пляжна зона, протяжністю 335 м, значна частина прибережної зони водосховища забудована [8].

2.2 Структура землекористування та проблеми ведення земельного кадастру

За даними Головного управління Держгеокадастру у Рівненській області загальна площа Рівненської міської територіальної громади складає 59,97 км², в тому числі [8]:

- 1) загальна площа міста Рівне складає 58,24 км², з них:
 - 1.1) 20,63 км² – сільськогосподарські землі;
 - 1.2) 33,47 км² – забудовані землі;

- 1.3) 1,54 км² – відкриті заболочені землі;
- 1.4) 0,36 км² – відкриті землі без рослинного покриття або з незначним рослинним покриттям;
- 1.5) 1,38 км² – землі водного фонду;
- 1.6) 0,85 км² – ліси та інші лісовкриті площі (в тому числі числі чагарники);
- 2) загальна площа селища Квасилова складає 1,73 км², з них:
- 2.1) 0,67 км² – сільськогосподарські землі;
- 2.2) 1,01 км² – забудовані землі;
- 2.3) 0,19 км² – відкриті заболочені землі;
- 2.4) 0,003 км² – відкриті землі без рослинного покриття або з незначним рослинним покриттям;
- 2.5) 0,003 км² – землі водного фонду;
- 2.6) 0,02 км² – ліси та інші лісовкриті площі (в тому числі числі чагарники).

Структуру земельного фонду Рівненської міської територіальної громади наведено на рис. 2.2.1 та в таблиці 2.2.1 [8].

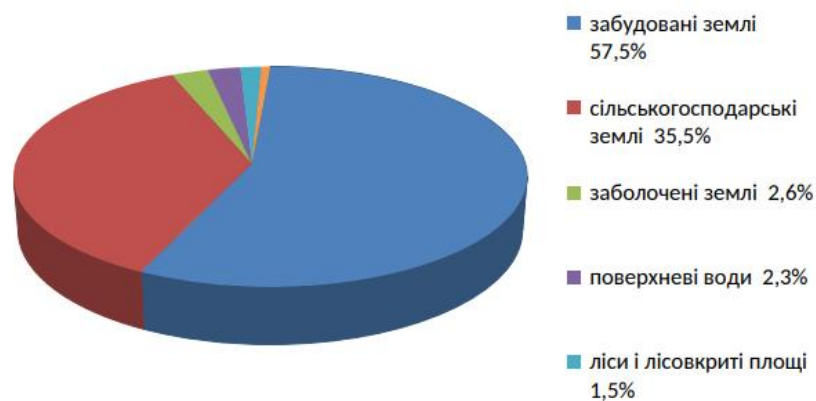


Рисунок 2.2.1 – Структура земельного фонду Рівненської міської територіальної громади*

*Примітка за даними сайту. Екологічний паспорт міста Рівне та селища Квасилів Рівненської міської територіальної громади за 2022-2023 роки. URL: https://rvrada.gov.ua/portalfiles/2/250/17757/%D0%95%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82_%D1%84%D1%96%D0%BD%D0%B0%D0%BB_22_23.pdf (дата звернення 08.10.2025)

Таблиця 2.2.1

Структура земельного фонду Рівненської міської територіальної громади

Вид земельних угідь	Площа, га		Всього
	Місто Рівне	Селище Квасилів	
Сільськогосподарські землі, у тому числі:	2063,5	67,5	2131,0
- рілля	1632,9	49,6	1682,5
- багаторічні насадження	169,7	13,0	182,7
- сіножаті	85,4	-	85,4
- пасовища	103,6	4,9	108,5
- інші	71,9	-	71,9
Землі лісгосподарського призначення, у тому числі:	85,3	2,3	87,6
- лісові землі	30,6	1,3	31,9
- чагарники	54,7	1,0	55,7
Забудовані землі, у тому числі:	3347,4	100,7	3448,1
- під житловою забудовою	928,5	39,7	968,2
- землі промисловості	262,6	29,0	291,6
- землі комерційного та іншого використання	225,5	2,2	227,7
- землі громадського призначення	473,8	8,5	482,3
- землі змішаного використання	177,4	-	177,4
- інші	1279,6	21,3	1300,9
Відкриті заболочені землі	153,9	1,9	155,8
Відкриті землі без рослинного покриву або з незначним рослинним покривом	36,3	0,3	36,6
Води	137,6	0,3	137,9
Всього земель	5824,0	173,0	5997,0

2.3 Оцінка потреб громади у впровадженні

Сучасний стан управління земельними ресурсами Рівненської міської територіальної громади потребує модернізації через високий рівень диверсифікації та інтенсивності використання земельного фонду. На даний момент 57% від загальної площі громади займають землі забудови, з них:

житлова забудова – 968,2 га; промислова – 291,6 га; громадська забудова – 482,3 га. В свою чергу землі сільськогосподарського призначення займають 2131,0 га, що зумовлює складну та фрагментарну структуру використання. Наслідком цього є необхідність впровадження інтегрованої геоінформаційної системи для забезпечення ефективного зонування, точного просторового обліку земель, адміністрування податків та прозорості.

Також одним із важливих елементів геоінформаційної системи є 3D моделювання за допомогою якого можна сильно осучаснити наявну систему ведення кадастру. Таким чином з'явиться можливість точного обліку не лише земельних ділянок, а й усіх елементів, які розташовані під ними та над ними.

Тривимірне відображення території допоможе враховувати рельєф місцевості, що матиме вплив на сферу оцінювання земель, а також на ефективне та раціональне використання земельних ресурсів Рівненської міської територіальної громади.

Висновки до розділу 2

У другому розділі нами було проаналізовано сучасний стан управління земельними ресурсами Рівненської міської територіальної громади. Ми охарактеризували природно-географічні та соціально-економічні умови громади, включаючи особливості рельєфу, гідрологію, кліматичні ризики та ін. Детально проаналізували структуру землекористування, яка характеризується високою інтенсивністю забудови та фрагментарною структурою використання, при збереженні значної площі сільськогосподарських земель.

Також виконали оцінку потреб Рівненської міської територіальної громади у впровадженні ГІС-технологій та 3D-моделювання для управління земельними ресурсами.

РОЗДІЛ ЗРОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ГІС-3D МОДЕЛІ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЗЕМЕЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ РІВНЕНСЬКОЇ ГРОМАДИ

3.1 Методика інтеграції ГІС та 3D моделювання у земельному управлінні

Ефективна інтеграція геоінформаційних систем (ГІС) та 3D моделювання є ключовою для вдосконалення процесів земельного управління, забезпечуючи більш точне і повне розуміння просторових даних, зокрема у тривимірному просторі. Ця методика має на меті створити стандартизований підхід до обміну та обробки просторової інформації, яка включає як традиційні площинні, так і об'ємні (3D) аспекти об'єктів нерухомості. Для чіткої та універсальної візуалізації структури, поведінки та взаємодії компонентів цієї інтеграційної системи застосовується уніфікована мова моделювання (UML). Використання UML-діаграм, таких як діаграми варіантів використання (рис. 3.1.1), діаграм діяльності (рис. 3.1.2) та діаграм послідовності (рис. 3.1.3), дозволяє детально описати архітектуру системи, потовки даних та логіку процесів. Таким чином, цей розділ буде присвячений представленню детальної методики інтеграції за допомогою апарату UML-моделювання.

UML (англ. Unified Modeling Language) – уніфікована мова моделювання, використовується у парадигмі об'єктно-орієнтованого програмування. Є невід'ємною частиною уніфікованого процесу розробки програмного забезпечення. UML є мовою широкого профілю, це відкритий стандарт, що використовує графічні позначення для створення абстрактної моделі системи, яка називається UML-моделлю. UML був створений для визначення, візуалізації, проєктування й документування в основному програмних систем. UML не є мовою програмування, але в засобах виконання UML-моделей як інтерпретованого коду можлива кодогенерація [14].

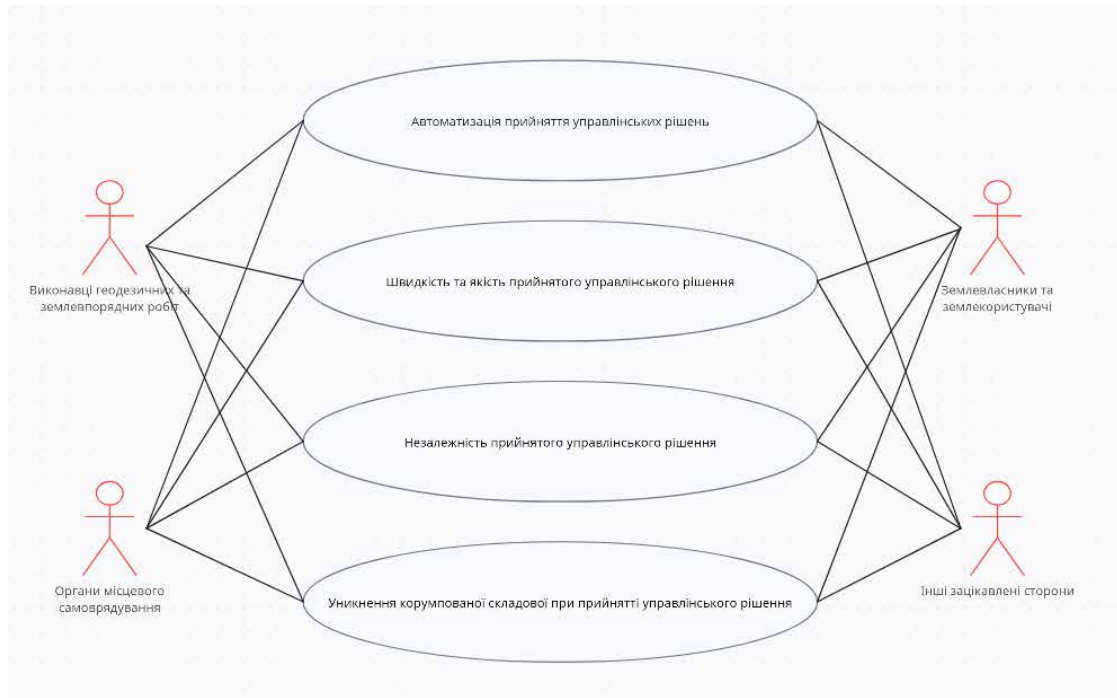


Рисунок 3.1.1 – Діаграма варіантів використання

Дана діаграма моделює взаємодію між акторами (суб'єктами) та варіантами використання в рамках управління земельними ресурсами.

Актори – це зовнішні сутності, які взаємодіють із системою. На діаграмі визначено чотири групи акторів:

- 1) Виконавці геодезичних та землепорядних робіт – це фахівці, відповідальні за збір, обробку, аналіз та надання просторових даних, які є основою для прийняття рішень;
- 2) Органи місцевого самоврядування – представляють органи влади, які приймають ключові управлінські рішення щодо землі та нерухомості;
- 3) Землевласники та землекористувачі – особи або організації, чії інтереси безпосередньо зачіпаються управлінськими рішеннями, і які є ініціаторами чи кінцевими споживачами результатів;
- 4) Інші зацікавлені сторони – широка категорія, що включає будь-які інші суб'єкти, які мають інтерес або вплив на управлінський процес (наприклад, інвестори, громадськість, контролюючі органи).

Варіанти використання описують функціональні вимоги системи або цілі, які вона має досягти.

Автоматизація прийняття управлінських рішень:

Основна функція, що передбачає використання системи для мінімізації ручної праці та прискорення процесу прийняття рішень.

Швидкість та якість прийнятого управлінського рішення:

Наголошує на важливості оперативності та достовірності (правильності) кінцевого результату.

Незалежність прийнятого управлінського рішення:

Стосується забезпечення об'єктивності та неупередженості процесу за рахунок використання стандартизованих даних та алгоритмів.

Уникнення корумпованої складової при прийнятті управлінського рішення:

Критичний аспект, який вказує на те, що система має бути розроблена для підвищення прозорості та мінімізації можливостей для зловживань.

Тобто дана діаграма варіантів використання моделює цілісну систему прийняття рішень у земельному управлінні, де кінцевою метою є підвищення ефективності, прозорості та об'єктивності процесу для всіх зацікавлених сторін.

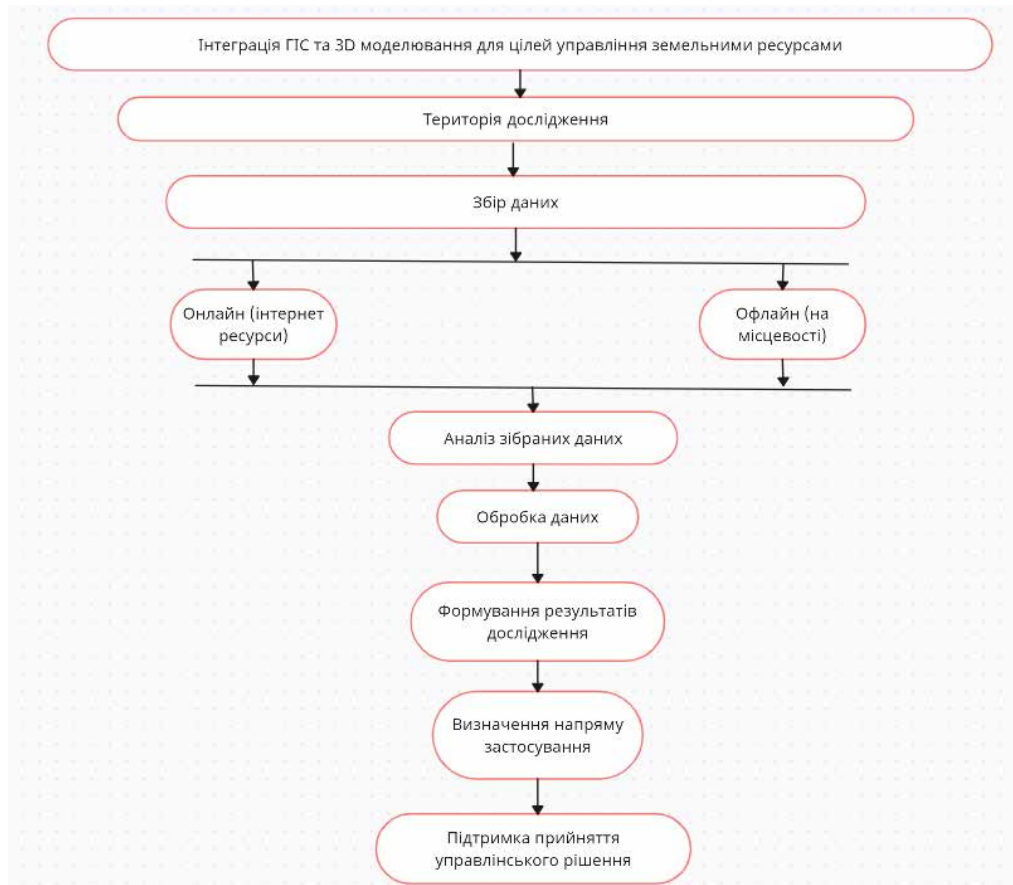


Рисунок 3.1.2 – Діаграма діяльності

Дана діаграма діяльності моделює послідовність дій (кроків) та потік управління для реалізації процесу інтеграції ГІС та 3D моделювання для цілей управління земельними ресурсами.

Процес є лінійним і послідовним, починаючи з головної мети та закінчуючи конкретним результатом:

1) *Інтеграція ГІС та 3D моделювання для цілей управління земельними ресурсами* – це стартова діяльність або головна мета всього процесу, що задає його контекст;

2) *Територія дослідження* – визначається конкретна географічна область, для якої буде виконуватися інтеграція та моделювання;

3) *Збір даних* – починається етап акумуляції всієї необхідної просторової, атрибутивної та 3D інформації:

3.1) *Онлайн (інтернет ресурси)* – збір даних із мережевих джерел (веб-ГІС, хмарні бази даних, відкриті геопортали тощо);

3.2) *Офлайн (на місцевості)* – збір даних, що вимагає роботи "в полі" (геодезичні вимірювання, сканування, зйомка, паперові архіви);

4) *Аналіз зібраних даних* – перевірка даних на повноту, точність, несуперечність та їхнє структурне впорядкування;

5) *Обробка даних* – фактичне виконання інтеграції ГІС та 3D, створення 3D моделей, просторовий аналіз, моделювання сценаріїв;

6) *Формування результатів дослідження* – створення кінцевих продуктів (карти, 3D-сцени, звіти, аналітичні висновки) на основі оброблених даних;

7) *Визначення напряму застосування* – вибір або рекомендація конкретних рішень чи дій, які можуть бути реалізовані на основі отриманих результатів (наприклад, планування забудови, кадастрова оцінка, моніторинг);

8) *Підтримка прийняття управлінського рішення* – це кінцева діяльність або фінальний стан процесу, де сформовані результати використовуються відповідними суб'єктами (акторами) для прийняття остаточного рішення.

Діаграма діяльності чітко ілюструє методологічний потік від постановки завдання (інтеграція ГІС та 3D) до його практичного застосування (підтримка рішень) через послідовні кроки збору, аналізу та обробки даних, включаючи необхідність роботи з різними джерелами даних (онлайн/офлайн).

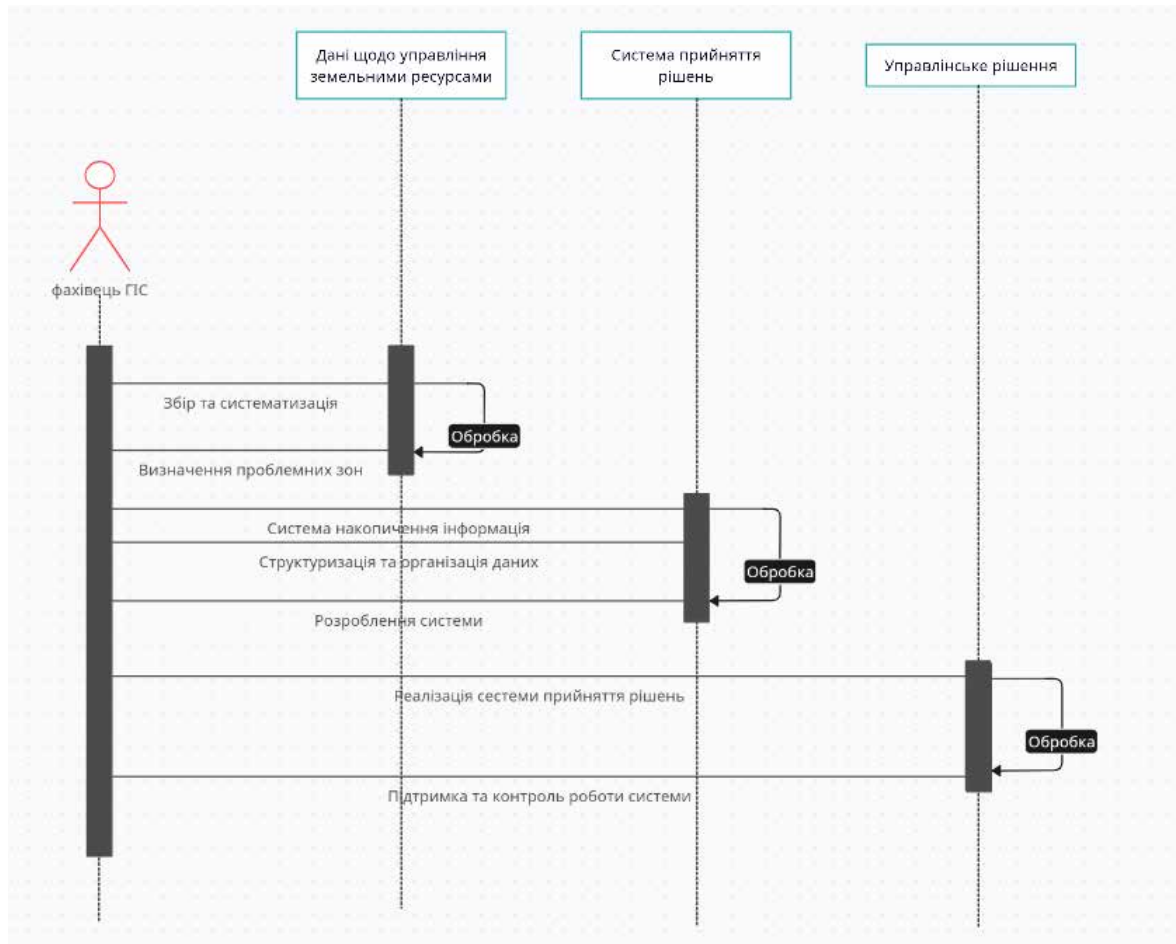


Рисунок 3.1.3 – Діаграма послідовності

Дана діаграма послідовності моделює часову послідовність обміну повідомленнями (викликами) між актором та об'єктами (лініями життя) для реалізації процесу, пов'язаного з розробкою та функціонуванням системи управління земельними ресурсами.

Діаграма включає одного актора та три об'єкти (лінії життя), що представляють основні компоненти системи (таблиця 3.1.1).

Таблиця 3.1.1

Основні компоненти діаграми послідовності

Суб'єкт		Опис
Актор (Actor)	Фахівець ГІС	Ініціює процес та взаємодіє з даними й системою
Об'єкт 1 (Lifeline)	Дані щодо управління земельними ресурсами	Ресурс або база даних, що містить вихідну інформацію, необхідну для аналізу та рішень.
Об'єкт 2 (Lifeline)	Система прийняття рішень	Центральний програмний компонент, який обробляє дані, накопичує інформацію та виконує логіку.
Об'єкт 3 (Lifeline)	Управлінське рішення	Кінцевий результат або процес, який є наслідком роботи системи.

Діаграма ілюструє послідовні кроки, які виконує фахівець та які викликають дії у системі:

- 1) Збір та систематизація:
 - 1.1) Фахівець ГІС ініціює дію збір та систематизацію даних щодо управління земельними ресурсами;
 - 1.2) Обробка даних;
 - 1.3) Після обробки отриманих даних у результаті ми можемо побачити проблемні зони у даному напрямку
- 2) Система накопичення інформації, а також структуризація та організація даних:
 - 2.1) Фахівець ГІС ініціює запит до системи прийняття рішень;
 - 2.2) Обробка запиту;

2.3) Результатом обробки є розроблення коректної системи прийняття рішень;

3) Реалізація системи прийняття рішень:

3.1) Фахівець ініціює запит щодо реалізації системи управлінських рішень;

3.2) Обробка даних;

3.3) У результаті обробки отримуємо підтримку та контроль роботи системи управлінських рішень.

Діаграма послідовності демонструє поетапний життєвий цикл створення та використання системи підтримки управлінських рішень. Вона підкреслює провідну роль Фахівця ГІС як ініціатора більшості ключових етапів, починаючи від роботи з вихідними даними і закінчуючи контролем кінцевого управлінського рішення через проміжний програмний компонент – Систему прийняття рішень.

3.2 Розроблення 3D моделі земельних ресурсів громади

Для розроблення 3D-моделі ми здійснили зйомку місцевості в RTK режимі за допомогою GNSS-приймача α -GEO GeoPuls. В результаті ми отримали XYZ-координати частини території Рівненської міської територіальної громади (рис. 3.2.1). Зйомку проводили в умовній системі координат та Балтійській системі вимірювання висот. Загальна кількість точок становить 61. Похибка висоти складає 1,5 см, а похибка в плані 0,8 см. Висота приймача – 1,800 м. Результати зйомки відображено у таблиці 3.2.1.

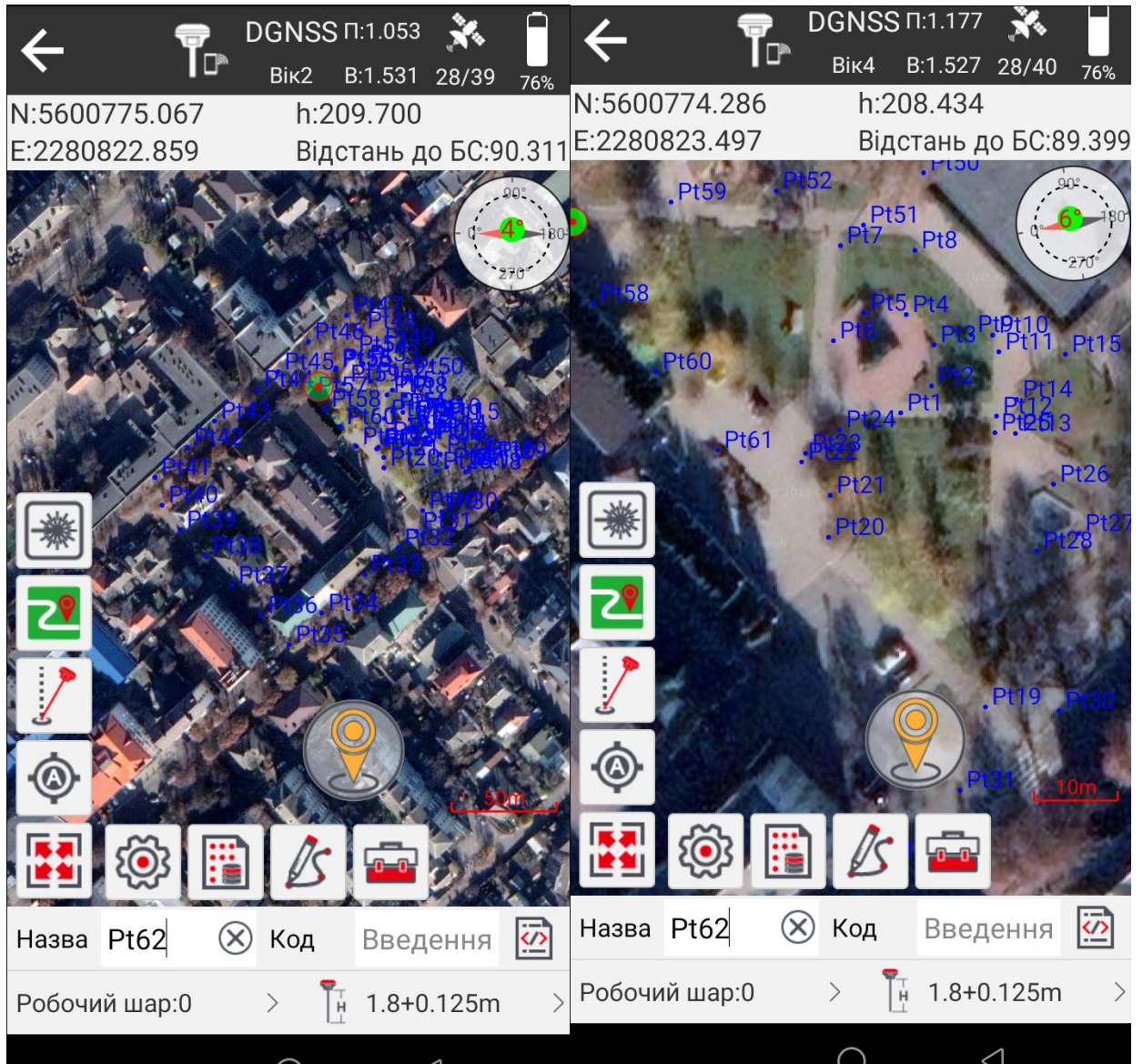


Рисунок 3.2.1 – Відображення відзнятих точок частини території Рівненської міської територіальної громади

Таблиця 3.2.1

**Координати точок місцевості частини території Рівненської міської
територіальної громади**

Номер точки	X	Y	Z
Pt1	600751,370	280862,822	207,679
Pt2	600754,628	280866,431	207,741
Pt3	600759,612	280866,772	207,746
Pt4	600763,211	280863,420	207,790
Pt5	600763,334	280858,396	207,771
Pt6	600760,060	280854,666	207,680
Pt7	600771,449	280855,528	207,933
Pt8	600770,892	280864,442	207,900
Pt9	600760,798	280871,212	207,968
Pt10	600760,755	280873,776	207,755
Pt11	600758,713	280874,518	207,706
Pt12	600751,074	280874,258	207,610
Pt13	600748,903	280876,507	207,554
Pt14	600753,020	280876,648	207,618
Pt15	600758,452	280882,489	207,717
Pt16	600740,633	280900,217	207,440
Pt17	600736,379	280895,227	207,395
Pt18	600734,773	280893,326	207,394
Pt19	600716,193	280872,895	207,247
Pt20	600736,550	280854,143	207,433
Pt21	600741,567	280854,294	207,474
Pt22	600745,495	280850,890	207,561
Pt23	600746,559	280851,356	207,600
Pt24	600749,446	280855,422	207,634
Pt25	600749,022	280874,102	207,575
Pt26	600742,865	280881,048	207,487
Pt27	600737,013	280884,109	207,461
Pt28	600734,892	280879,123	207,396
Pt29	600740,045	280905,298	207,510
Pt30	600715,715	280881,755	207,237
Pt31	600706,262	280869,873	207,049
Pt32	600698,115	280860,874	207,001
Pt33	600685,790	280845,157	207,003
Pt34	600667,159	280824,469	207,141
Pt35	600651,829	280809,005	207,225
Pt36	600665,870	280795,546	207,270

Продовження таблиці 3.2.1

Pt37	600680,161	280781,609	207,369
Pt38	600694,274	280769,068	207,433
Pt39	600706,841	280756,976	207,518
Pt40	600718,518	280748,390	207,518
Pt41	600732,084	280744,722	207,735
Pt42	600746,546	280760,195	207,730
Pt43	600758,941	280773,437	207,862
Pt44	600774,122	280793,637	207,865
Pt45	600782,367	280803,537	208,073
Pt46	600796,997	280817,987	208,331
Pt47	600809,319	280836,133	208,443
Pt48	600802,246	280842,970	208,553
Pt49	600794,248	280851,388	208,460
Pt50	600780,166	280865,489	208,015
Pt51	600773,898	280858,316	207,939
Pt52	600777,971	280847,837	208,063
Pt53	600786,230	280844,407	208,161
Pt54	600790,805	280838,779	208,273
Pt55	600784,220	280831,173	208,285
Pt56	600783,587	280830,789	208,130
Pt57	600771,186	280819,691	208,040
Pt58	600764,550	280825,948	208,015
Pt59	600776,641	280835,274	208,024
Pt60	600756,340	280833,427	207,836
Pt61	600746,939	280840,898	207,561

Alpha-GEO GeoPuls – це компактний ГНСС-приймач, що дозволяє виконувати вимірювання та отримувати коректні дані без використання віхи. Все це завдяки вбудованому лазерному далекоміру, що дозволяє виконувати вимірювання об'єктів з відстані до 16 метрів з високою точністю. Робота лазерного далекоміра спільно з модулем ІМУ дозволить виконувати вимірювання важкодоступних об'єктів, а зелений колір лазерної плями буде видно навіть у сонячну погоду [10].

Вагою всього 300 г, приймач оснащений найновішим модулем ІМУ зі швидкою ініціалізацією та частотою оновлення даних 400 Гц, який також несприйнятливий до магнітних перешкод [10].

Ініціалізація відбувається миттєво: просто активуйте використання ІМУ і доки Ви рухаєтеся до знімального пікету, приймач буде готовий до роботи з нахилом. Заощаджуючи час на непотрібних операціях, Ви підвищуєте комфорт та швидкість виконання своєї роботи. Діапазон компенсації нахилу віхи дозволяє виконувати знімально-розбивочні роботи під кутом до 120° [10].

Незважаючи на компактні розміри (137x65x56 мм), приймач оснащений передовою високопродуктивною OEM-платою Unicorecomm UM980 на 1408 каналів, що підтримує всі супутникові сузір'я та доступні діапазони частот, що забезпечує міліметрову точність визначення координат. ГНСС-приймач також оснащений GSM-модемом та модулем Bluetooth. Стабільне підключення до Інтернету забезпечить вбудований 4G GSM-модем, який може використовуватися для роботи приймача в режимі ровера. Радіус дії модуля Bluetooth приймача дозволить керувати приймачем через програмне забезпечення контролера на відстані до 20 метрів [10].

Хоча ємність акумулятора становить лише 3350 мАгод, цього вистачить Вам для того, щоб відпрацювати в режимі Ровер не менше 12 годин. Alpha-GEO GeoPuls справляється з роботою в різних умовах спостереження і може підійти багатьом користувачам для вирішення повсякденних завдань. ГНСС-приймач Alpha-GEO GeoPuls відрізняється своєю високою технологічністю, компактними розмірами та інноваційним дизайном [10].

Отримані результати вимірювань ми додали у програмний засіб ArcGis ArcMap. З його допомогою та відповідного функціоналу виконали побудову TIN-моделі рельєфу частини території Рівненської міської територіальної громади.

Для початку потрібно додати у проект координати точок та їх висоти: Файл→AppData→AppData XY→Приєднуємо таблицю із вихідними даними у форматі .csv (рис. 3.2.2)

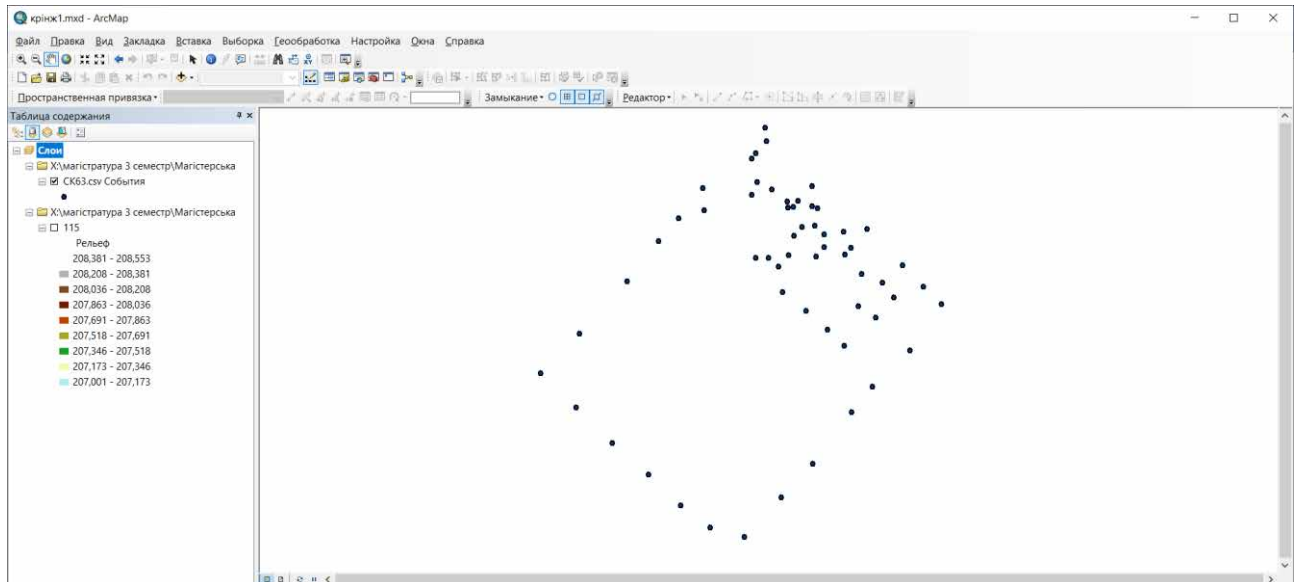


Рисунок 3.2.2 – Відображення відзнятих точок місцевості частини території Рівненської міської територіальної громади

Послідовність, яку потрібно виконати для створення TIN-моделі: Search→Create TIN→Здійснити відповідні налаштування→ОК. У результаті ми отримали Sharfile (рис. 3.2.3).

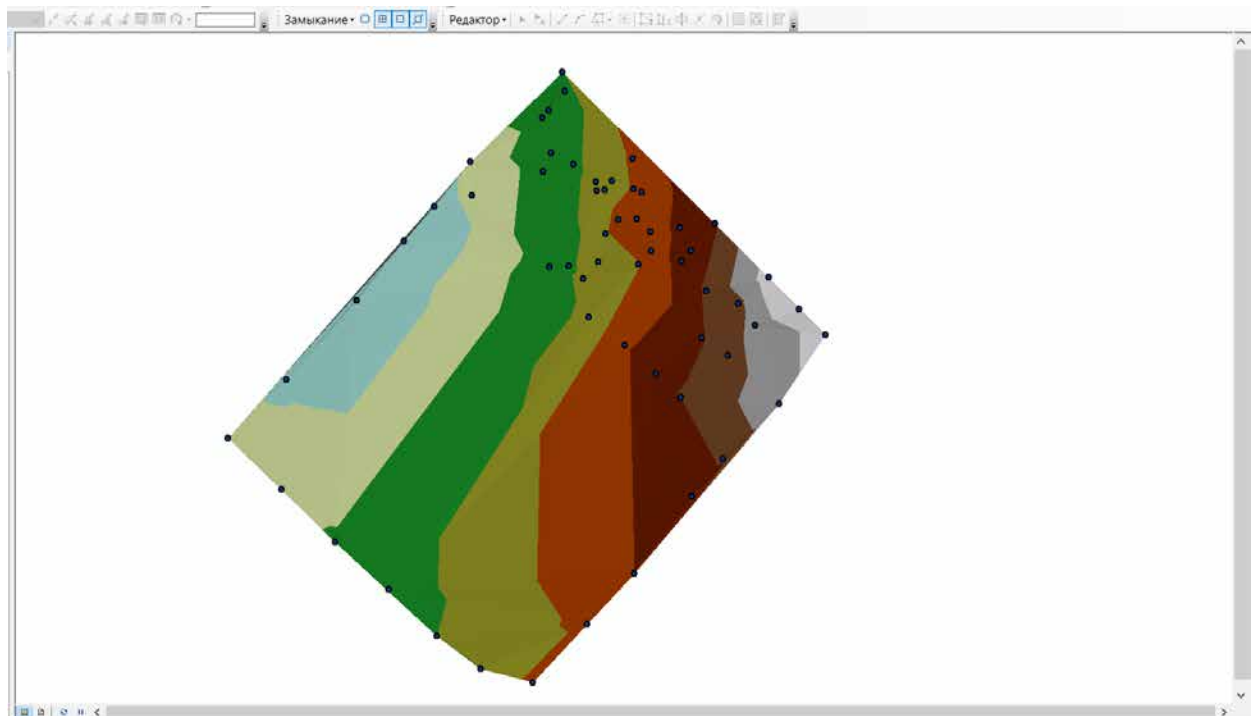


Рисунок 3.2.3 – Відображення TIN-моделі рельєфу місцевості частини території Рівненської міської територіальної громади

Створення TIN-моделі є центральним етапом. Для цього використовується інструмент Create TIN, доступний через модуль ArcGIS 3D Analyst [11].

Ключові параметри при створенні TIN-моделі [12]:

1. При створенні TIN необхідно явно вказати просторову прив'язку як раніше визначену умовну систему координат. Дотримання цієї умови є критичним, оскільки, як зазначалося, географічні системи координат не підтримують гарантовану триангуляцію Делоне, що може спричинити топологічні помилки у поверхні;

2. Як вхідний шар вибирається створений точковий клас об'єктів. Поле висот призначається як поле для визначення вертикального значення кожного вузла;

3. Для точкових даних необхідно встановити тип MASS_POINTS. Це вказує, що кожна вхідна точка має стати вузлом триангуляційної мережі, забезпечуючи максимальну деталізацію рельєфу відповідно до щільності вхідних даних;

4. Опція Constrained Delaunay має бути активована, оскільки вона гарантує, що TIN відповідає правилам триангуляції Делоне, зберігаючи топологічну цілісність ребер і граней.

Основні параметри інструменту «Create TIN» вказано у таблиці 3.2.1.

Таблиця 3.2.2

Основні параметри інструменту Create TIN (створення TIN-моделі)

Параметр (ArcMap Tool)	Значення для Моделі Рельєфу	Критичне Обґрунтування
Output TIN	Rivne_TIN	Зберігається в папці або геобазі.
Spatial Reference	Умовна система координат	Критично необхідна для забезпечення коректності триангуляції Делоне.
Input Features	Rivne_TG_Points_3D	Вхідний 3D точковий клас.

Height Field	H (Elevation/Z)	Джерело значень висот для вузлів TIN.
SF Type	MASS_POINTS	Визначає, що кожна точка є вузлом триангуляції.
Constrained Delaunay	True	Забезпечує правильну топологію ребер та граней.

Для ефективного відображення рельєфу необхідно налаштувати символіку TIN-шару.

Ключові методи відображення, доступні у властивостях шару TIN на вкладці «Символи (Symbology)»:

1) Найпоширеніший метод. Відображення граней трикутників TIN, пофарбованих градієнтом, що відповідає діапазонам висот (Elevation). Це забезпечує чітку візуалізацію гіпсометрії;

2) Можливість генерувати та відображати ізолінії безпосередньо з TIN-поверхні. Користувач може визначити Базову висоту ізолінії (Reference contour height), Інтервал ізолінії (Contour interval) та Коефіцієнт індексування ізолінії (Index contour factor) для створення відображення, аналогічного топографічній карті;

3) Відображення трикутних ребер. Корисно для оцінки топології та щільності точок, які лягли в основу триангуляції.

Наступним етапом для візуалізації та аналізу отриманої TIN-моделі в тривимірному режимі ми перейшли до програмного засобу ArcScene. Додали отриманий раніше Sharfile у робочий простір (рис. 3.2.4, рис. 3.2.5).

Хоча TIN-модель вже містить інформацію про висоту, необхідно переконатися, що вона коректно інтерпретується як базова поверхня. У властивостях шару TIN на вкладці Base Heights (Базові висоти) має бути підтверджено, що шар відображається на своїх власних значеннях висот (Elevation from surfaces). Таким чином, TIN стає основою, на якій можуть бути відображені інші 2D та 3D-об'єкти.

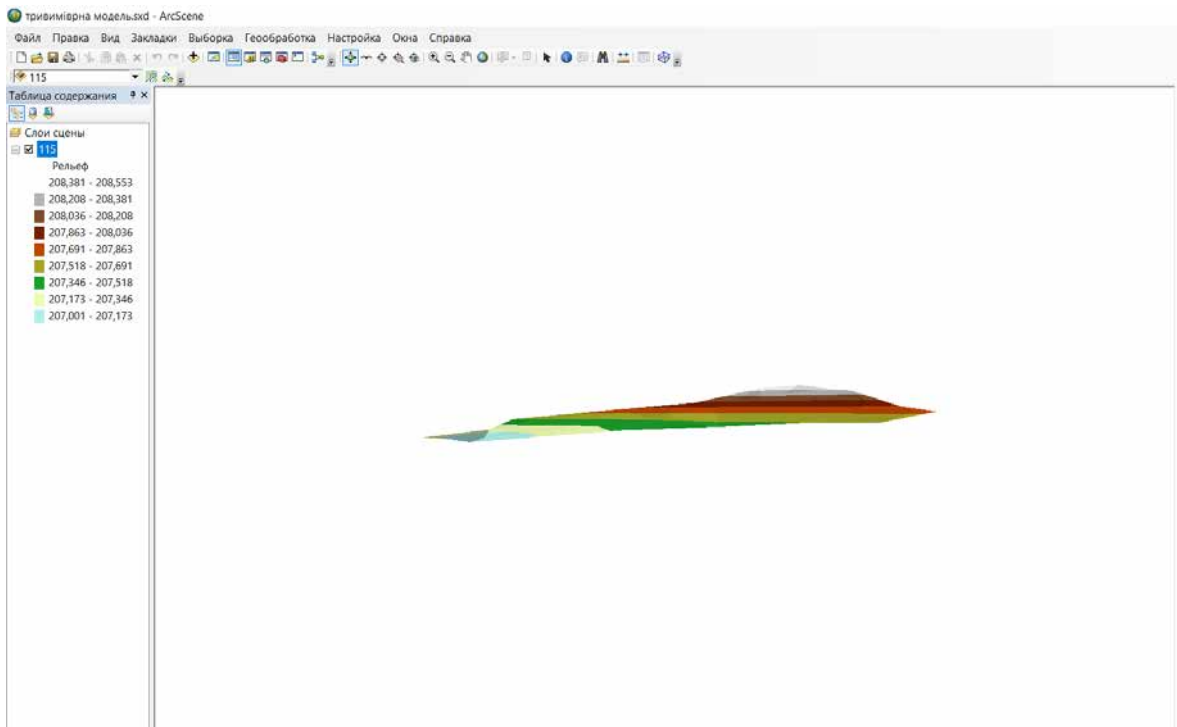


Рисунок 3.2.4 – Тривимірна модель рельєфу місцевості частини території Рівненської міської територіальної громади

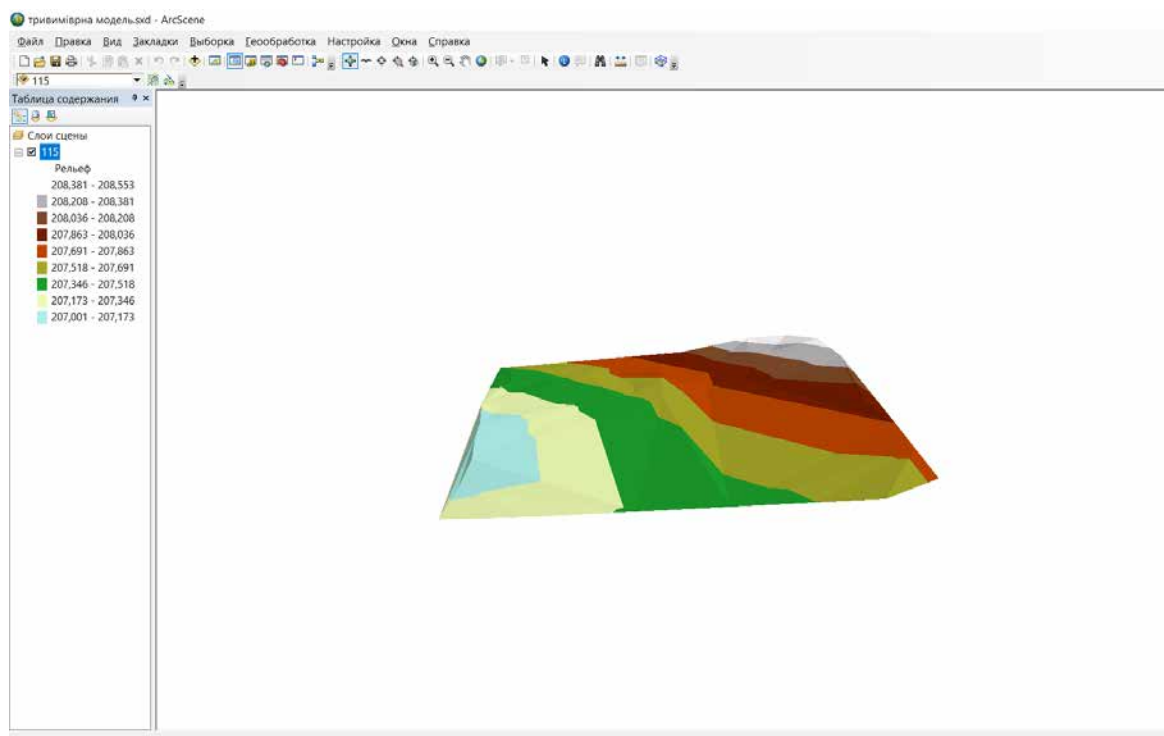


Рисунок 3.2.5 – Тривимірна модель рельєфу місцевості частини території Рівненської міської територіальної громади

Модуль 3D Analyst, інтегрований у ArcScene, використовує TIN для виконання складних просторових розрахунків [13]:

1) Інструмент Profile дозволяє користувачу побудувати вертикальний розріз рельєфу вздовж будь-якої заданої лінії. Це є критично важливим для планування інженерних комунікацій (наприклад, оцінки об'ємів земляних робіт при прокладанні доріг чи трубопроводів);

2) Інструмент аналізу видимості (viewshed) дозволяє розрахувати, які ділянки поверхні TIN є видимими з однієї або кількох заданих точок спостереження. Результатом є растровий шар видимості. Аналіз видимості є незамінним при розміщенні об'єктів інфраструктури, таких як вежі мобільного зв'язку, або при оцінці ландшафтного впливу нової забудови. Висока точність TIN, яка зберігає оригінальні Z-значення вузлів, забезпечує більшу достовірність цих розрахунків, ніж растрові моделі.

Також TIN-модель може бути використана для візуалізації гіпотетичних сценаріїв. Наприклад, для моделювання зони затоплення (Flood Inundation). Хоча для отримання точних гідродинамічних результатів необхідне використання спеціалізованих інструментів (таких як HEC-RAS), ArcScene дозволяє швидко візуалізувати вплив статичного рівня води (наприклад, екструзією водної поверхні до певної висоти) та його просторове поширення на TIN-поверхні.

3.3 Використання інтегрованої системи для вирішення завдань управління земельними ресурсами

Інтеграція геоінформаційних систем (ГІС) та технологій тривимірного (3D) моделювання є ключовим стратегічним напрямком для модернізації управління земельними ресурсами Рівненської міської територіальної громади. Цей підхід забезпечує перехід від традиційного 2D-кадастру до комплексного, прозорого та економічно ефективного механізму просторового управління.

Інтегрована система функціонує як інструмент підтримки прийняття рішень, що мінімізує вплив суб'єктивних факторів та підвищує інституційну якість.

Система акумулює повний спектр відомостей про земельні ділянки, забезпечуючи відкритість та протидію неправомірним діям, що є потужним антикорупційним механізмом. Технічна обґрунтованість рішень гарантується використанням єдиного просторового базису та високоточною фіксацією вихідних даних.

Переваги інтеграції ГІС та 3D-моделювання для управління земельними ресурсами на прикладі Рівненської міської територіальної громади відображені у таблиці 3.3.1.

Таблиця 3.3.1

Переваги інтеграції ГІС та 3D-моделювання для управління земельними ресурсами

Переваги системи	Механізм забезпечення в інтегрованій ГІС та 3D системі	Практичний вплив на управління громади
Швидкість прийняття рішень	Автоматизована обробка великих даних, поетапний потік роботи, система накопичення інформації.	Оперативне надання адміністративних послуг, прискорення землевпорядних процедур, заощадження часу.
Якість прийнятого рішення	Використання єдиного просторового базису.	Прийняття рішень на основі достовірної та точної геопросторової інформації, мінімізація технічних помилок.
Незалежність / Об'єктивність	Стандартизовані алгоритми обробки, чітко регламентовані умови надання	Усунення суб'єктивного впливу, забезпечення неупередженості в

	інформації, зменшення впливу людського фактора.	питаннях розподілу та обліку земель.
Уникнення корупційної складової	Візуалізація даних через WEB-технології, прозорість даних кадастру, мінімізація корупційних можливостей	Захист прав власників, протидія неправомірним діям у земельній сфері.

Висновки до розділу 3

У третьому розділі було розроблено та впроваджено інтегровану ГІС-3D модель для управління земельними ресурсами Рівненської міської територіальної громади. Нами було застосовано методику інтеграції ГІС та 3D моделювання для формалізації та автоматизації управлінських рішень, гарантуючи їхню швидкість, якість та незалежність. Також ми здійснили практичну розробку високоточної TIN-моделі рельєфу на основі GNSS-вимірювань, яка стала технічним базисом для тривимірного кадастру та просторових розрахунків.

Таким чином, інтегрована система є не просто технічним оновленням, але й інституційною основою, що підвищує прозорість, мінімізує корупційні ризики та забезпечує фінансову ефективність управління земельними ресурсами громади.

ВИСНОВКИ

В процесі виконання магістерської кваліфікаційної роботи нами було опрацьовано та застосовано на практиці процес інтеграції ГІС-технологій та 3D моделювання для цілей управління земельними ресурсами Рівненської міської територіальної громади.

Також ми виконали ряд завдань:

1) Дослідили способи підвищення точності картографічної інформації, оскільки завдяки 3D моделюванню можна створювати детальні рельєфні карти, що враховують особливості місцевості та допомагають у плануванні землекористування;

2) Обґрунтували проведення моніторингу та контролю для прийняття управлінських рішень із застосуванням ГІС-технологій у поєднанні з 3D-моделями;

3) Проаналізували ефективність оптимізації земельних ресурсів із застосуванням 3D моделювання та ГІС технологій;

4) Дослідили моделювання та прогнозування розвитку територій використовуючи елементи 3D моделювання та геоінформаційних технологій.

У результаті дослідження ми створили тривимірну модель рельєфу місцевості частини території Рівненської міської територіальної громади. Основою для розробки моделі були взяті дані зйомки GNSS-приймачем в RTK-режимі. Зйомку проводили в умовній системі координат та Балтійській системі вимірювання висот. Загальна кількість точок становить 61. Похибка висоти складає 1,5 см, а похибка в плані 0,8 см. Висота приймача – 1,800 м.

Створена в ArcMap TIN-модель, візуалізована у ArcScene, стала технічним базисом для тривимірного кадастру та просторових розрахунків. Цей базис дозволяє здійснювати аналіз видимості та будувати профілі рельєфу, що є критично важливим для планування інженерних комунікацій та розміщення інфраструктури. Таким чином, інтегрована система є не лише технічним оновленням, але й інституційною основою, що підвищує прозорість, мінімізує

корупційні ризики та забезпечує фінансову ефективність управління земельними ресурсами громади.

Крім практичної розробки моделі, було застосовано методику інтеграції ГІС та 3D моделювання для формалізації та автоматизації управлінських рішень, що гарантує їхню швидкість, якість та незалежність. Ця методика була детально описана за допомогою апарату UML-моделювання (діаграм варіантів використання, діяльності та послідовності), що дозволило чітко змоделювати цілісну систему прийняття рішень та потік управління.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1) Проніна О. В. Управління земельними ресурсами в умовах децентралізації. 2016. С. 122–125. URL: http://pa.stateandregions.zp.ua/archive/1_2016/23.pdf (дата звернення 02.03.2025).
- 2) Про схвалення Концепції реформування місцевого самоврядування та територіальної організації влади в Україні : Розпорядж. Каб. Міністрів України від 01.04.2014 № 333-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/333-2014-%D1%80#Text> (дата звернення 02.03.2025).
- 3) Шарий Г.І., Тимошевський В.В., Щепак В.В. Навчальний посібник «ГІС в кадастрових системах». Полтава 2017. URL: <https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PoltNTU/4131/1/%d0%9d%d0%90%d0%92%d0%a7 %d0%9f%d0%9e%d0%a1 %d0%93%d0%86%d0%a1.pdf>(дата звернення 02.04.2025).
- 4) Зацерковний В.І., Тустановська Л.В., Сенкевич О.Е. Застосування геоінформаційних технологій для створення 3D моделей тривимірного кадастру. Київ, 2019. URL: https://www.geology.com.ua/wp-content/uploads/2021/05/%D0%93%D0%B5%D0%BE%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0_1_2019-%D0%A4%D0%86%D0%9D%D0%86%D0%A8-62-69_%D0%A2%D0%A3%D0%A1%D0%A2%D0%90%D0%9D%D0%9E%D0%92%D0%A1%D0%AC%D0%9A%D0%90.pdf (дата звернення 06.04.2025).
- 5) Пономарьов А. О. Гіс-технології в системі управління земельними ресурсами: автореф. Магістерська робота. Миколаїв, 2020. URL: https://krs.chmnu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2004/1/%d0%90%d0%b2%d1%82%d0%be%d1%80%d0%b5%d1%84%d0%b5%d1%80%d0%b0%d1%82_%d0%9f%d0%be%d0%bd%d0%be%d0%bc%d0%b0%d1%80%d1%8c%d0%be%d0%b2.docx.pdf (дата звернення 07.04.2025).
- 6) Ступень І.О., Прокопенко Н.І., Цифрова трансформація системи землеустрою: автоматизація управлінських процесів у сфері використання та охорони земельних ресурсів. Collection of Scientific Works of the Ukrainian State

University of Railway Transport. 2025. № 212. С. 172–184. URL: <file:///C:/Users/%D0%90%D1%80%D1%82%D0%B5%D0%BC/Downloads/336296-%D0%A2%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%82%D1%96-780445-1-10-20250727.pdf> (дата звернення 07.04.2025).

7) Рівненська міська територіальна громада. Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Рівненська_міська_територіальна_громада (дата звернення 07.10.2025)

8) Додаток до рішення виконавчого комітету Рівненської міської ради від 13.05.2025 № 71. Екологічний паспорт міста Рівне та селища Квасилів Рівненської міської територіальної громади за 2022-2023 роки. URL: https://rvrada.gov.ua/portalfiles/2/250/17757/%D0%95%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82_%D1%84%D1%96%D0%BD%D0%B0%D0%BB_22_23.pdf (дата звернення 15.04.2025).

9) Земельний кодекс України : Кодекс України від 25.10.2001 № 2768-III : станом на 31 жовт. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text> (дата звернення 15.04.2025).

10) Навгеотех - GNSS приймач Alpha-GEO GeoPuls. НАВГЕОТЕХ - геодезичне обладнання та вимірювальні інструменти. URL: <https://navgeotech.com/gnss-pryimach-alpha-geo-geopuls> (дата звернення 27.10.2025).

11) Create TIN (3D Analyst)–ArcMap | Documentation. URL: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/3d-analyst-toolbox/create-tin.htm> (дата звернення 01.05.2025).

12) GeoDelta Labs. Flood Animation using 3D Analyst tools of ArcGIS (ArcScene + ArcMap), 2019. YouTube. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=-vam5rtVCP0> (дата звернення 01.05.2025).

13) Учасники проектів Вікімедіа. Unified Modeling Language – Вікіпедія. Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Unified_Modeling_Language (дата звернення 05.05.2025).

14) Зіненко І. О. Напрями використання геоінформаційних систем при територіальному плануванні і управлінні земельними ресурсами.: Магістерська робота. Полтава. URL:https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PolNTU/15310/1/%d0%97%d1%96%d0%bd%d0%b5%d0%bd%d0%ba%d0%be_601%d0%91%d0%97.pdf (дата звернення 25.05.2025)

15) Жақун В.М. Геоінформаційні технології в системі управління земельними ресурсами на території Драбинівської ТГ Полтавської області: Магістерська робота. Полтава, 2021. URL: <https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PolNTU/10795/1/%d0%96%d0%b0%d0%ba%d1%83%d0%bd%20%d0%92%d0%b0%d0%b4%d0%b8%d0%bc.pdf> (дата звернення 25.05.2025).

16) ЩОДО ПИТАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ 3D КАДАСТРУ НЕРУХОМОСТІ: ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІД / Н. Г. Русіна та ін. Scientific notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. Series: Technical Sciences. 2020. № 4. С. 267. URL: https://tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2020/4_2020/4_2020.pdf#page=277 (дата звернення 25.05.2025).

17) XYZ file into ArcMap. ArcGIS Blog URL: <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/arcgis-desktop/mapping/xyz-file-into-arcmap> (дата звернення 07.06.2025).

18) XY Table To Point (Data Management)–ArcGIS AllSource - Esri Documentation. URL: <https://doc.arcgis.com/en/allsource/1.1/analysis/geoprocessing-tools/data-management/xy-table-to-point.htm> (дата звернення 07.06.2025).

19) Terra Spatial. Creating TINs, Converting to Rasters in ArcGIS and Visualizing in ArcScene, 2024. YouTube. URL: https://www.youtube.com/watch?v=Mq889yc9_jM (дата звернення 07.06.2025).

20) TIN Display in ArcScene - Esri Community. URL: <https://community.esri.com/t5/3d-questions/tin-display-in-arcscene/td-p/729320> (дата звернення 07.06.2025).

21) Гоголь Т. В. Формування системи державного регулювання земельних відносин та управління землекористуванням на сільських територіях / Т. В. Гоголь // Теорія та практика державного управління. – 2011. – Вип. 4. – С. 174–181. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Трду_2011_4_27 (дата звернення 23.06.2025).

22) Ісаченко О. П. Можливості землеустрою щодо управління територіями, розташованими поблизу водних об'єктів / О. П. Ісаченко // Землеустрій, кадастр і моніторинг земель. – 2013. – № 1–2. – С. 27–35. (дата звернення 23.06.2025)

23) Боклаг В. А. Інтегровані земельно-інформаційні системи як механізм удосконалення управління земельними ресурсами / В. А. Боклаг // Актуальні проблеми державного управління. – 2009. – № 1. – С. 213–220. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/apdy_2009_1_29 (дата звернення 23.06.2025).

24) Тіщенко О. Геоінформаційні системи – основа оцінювання міських територій органами місцевого самоврядування / О. Тіщенко // Вісник Національної академії державного управління при Президентові України. – 2012. – № 2. – С. 186–190. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vnadu_2012_2_26 (дата звернення 15.07.2025).

25) Губар Ю. Застосування проблемно-орієнтованих ГІС-технологій для цілей кадастрової оцінки нерухомості / Ю. Губар // Геодезія, картографія і аерофотознімання. Вип. 78, 2013. – С. 192–200. URL: <https://ena.lpnu.ua/handle/ntb/20088> (дата звернення 16.07.2025).

26) Майстренко С. Я. Система «ГІС-ліспроект» як прототип геоінформаційної складової кадастрової системи / С. Я. Майстренко // Математичні машини і системи, 2015, № 3. – С. 93-99. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/MMS_2015_3_12 (дата звернення 16.07.2025).

27) Черняга П. Г. Використання ГІС-технологій для виконання моніторингу сільськогосподарських земель та управління угіддями / П. Г. 227 Черняга, О. В. Басовець // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Вип. 1 (17), 2009. – с. 204–208. URL: <https://ena.lpnu.ua:8443/server/api/core/bitstreams/9c524009-e3ea-49a5-aa2c-b16949daac77/content> (дата звернення 29.07.2025).

28) Сторчоус М. Д. Сучасний стан, проблеми та перспективи застосування інформаційних технологій у використанні земель населених пунктів / М. Д. Сторчоус // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія . – 2015. – № 1. – С. 10–16. URL: <https://itce.vntu.edu.ua/index.php/itce/article/view/170/178> (дата звернення 29.07.2025).

29) Дубницький М. М. Стан використання матеріалів дистанційного зондування у дослідженнях просторового розвитку міст / М. М. Дубницький // Український географічний журнал. – 2014, № 3. – с. 61–65. URL: https://ukrgeojournal.org.ua/sites/default/files/UGJ_2014_3_61-65.pdf (дата звернення 29.07.2025).

30) Кондратенко Д.Ю. Правові проблеми запровадження тривимірної облікової системи земель у сфері земельних відносин. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія Право. 2015. Вип. 218. С. 137-145. URL: https://dspace.nlu.edu.ua/bitstream/123456789/9681/1/Kondratenko_137-145.pdf (дата звернення 01.08.2025).

31) Малашевський М.А., Паламар А.Ю. Аспекти комплексної класифікації об'єктів тривимірного простору. Scientific Journal «ScienceRise». 2016. N 3/2 (20) С. 47-54. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/text_2016_3%282%29_9 (дата звернення 01.08.2025).

32) Євсюков Т.О., Краснолуцький О.В., Поліщук І.П. Актуальність і перспективи впровадження 3D-кадастру в Україні. Землевпорядний вісник. 2016. N 2. С. 28-33. (дата звернення 05.08.2025).

33) Пушкар Б., Рудакевич І. Інноваційні підходи до управління земельними ресурсами в умовах децентралізації. Регіональні аспекти розвитку продуктивних сил України. 2024. № 1(29). С. 48-54. DOI: 10.35774/rarrpsu2024.29.048. URL: <http://rarrpsu.wunu.edu.ua/index.php/rarrpsu/article/view/543/575> (дата звернення 15.08.2025).

34) Кравчук І. І., Топольницький П. П. Інноваційні підходи до державного регулювання земельних ресурсів на основі ГІС-технологій. Актуальні проблеми економіки. 2024. № 7 (277). С. 230-238. URL: https://eco-science.net/wp-content/uploads/2024/07/7.24._topic_Iryna-Kravchuk-Pavlo-Topolnytskyi-230-238.pdf (дата звернення 01.09.2025).

35) Дець Т., Кирилюк В., Рожі Т. Вивчення відображення і дослідження об'єктів, явищ та процесів у навколишньому середовищі шляхом картографічних зображень та топографогеодезичних вимірювань. Містобудування та територіальне планування. 2024. № 85. С. 133– 145. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2024.85.133-145>. (дата звернення 01.09.2025).

36) Кадастрові системи та землеустрій у містобудівному проектуванні: оптимізація землекористування та міського планування / В. Чувпило, С. Шевчук, С. Гапон та ін. Містобудування та територіальне планування. 2023. № 84. С. 407–423. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2023.84.407-423>. (дата звернення 01.09.2025).

37) Русіна Н. Г., Люльчик В. О. Програмне забезпечення геодезичних розрахунків у землеустрої. Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. 2019. Т. 30 (69). Ч. 2. № 1. С. 156-160. URL: https://tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2019/1_2019/part_2/29.pdf (дата звернення 05.09.2025).

38) Пуцентейло П., Хома Н., Бабій С. Застосування новітніх інформаційно-цифрових технологій в управлінні земельними ресурсами сільськогосподарських підприємств. Економічний дискурс. 2023. Вип. 1-2. С. 96-

110. DOI: <https://doi.org/10.36742/2410-0919-2023-1-10>. URL: <https://doi.org/10.36742/2410-0919-2023-1-10> (дата звернення 05.09.2025).

39) Гой В., Мамонов К., Харів В. Використання технологій блокчейну для покращення аутентифікації та захисту даних у геодезії та землеустрої. Містобудування та територіальне планування. 2024. № 85. С. 67–81. DOI:<https://doi.org/10.32347/2076-815x.2024.85.67-81>. URL: <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2024.85.67-81> (дата звернення 11.09.2025).

40) Патракеєв І. М. ГІС в управлінні територіями : конспект лекцій [для студентів 7.070908, 8.070908 «Геоінформаційні системи і технології»]/ І. М. Патракеєв. – Х. : ХНАМГ, 2011. – 115 с. (дата звернення 11.09.2025).

41) Геоінформаційне картографування в Україні. Концептуальні основи і напрями розвитку; за ред. акад. НАН України Л. Г. Руденка. – К. : Наукова думка, 2011. – 105 с. (дата звернення 11.09.2025).

42) Поморцева О.Є. Тривимірний кадастр нерухомості: проблеми та рішення. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2019. Том 30 (69) Ч. 2. № 2. С. 206–210. URL: https://tech.vernadskyjournals.in.ua/eng/journals/2019/2_2019/part_2/2-2_2019.pdf#page=214 (дата звернення 11.09.2025).

43) Поморцева О.Є. Тривимірний кадастр нерухомості: проблеми використання даних. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. 2019. Том 30 (69) Ч. 2. № 3. С. 212–216. URL: <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/5347> (дата звернення 23.09.2025).

44) Нестеренко С.Г., Головачов В.В., Радзінська Ю.Б., Фролов В.О. Об'єкт нерухомості як тривимірна складова багатоцільового кадастру. Комунальне господарство міст. 2019. Том 3. Випуск 149. С. 119–125. URL:https://www.researchgate.net/publication/362691564_OB'EKT_NERUHOMOSTI_AK_TRIVIMIRNA_SKLADOVABAGATOCILOVOGO_KADASTRU (дата звернення 23.09.2025).

- 45) Rajabifard A, Ho S (2015) Towards smart future cities: 3D cadastres as a fundamental enabler. *Coordinates*. URL: <https://mycoordinates.org/towards-smart-future-cities-3d-cadastres-as-a-fundamental-enabler>. (дата звернення 07.10.2025).
- 46) Janečka K. Standardization supporting future smart cities – a case of BIM/GIS and 3D cadastre. *GeoScape*. 2019. 13(2). P. 106–113. URL: https://www.researchgate.net/publication/338110001_Standardization_supporting_future_smart_cities_-_a_case_of_BIMGIS_and_3D_cadastre (дата звернення 07.10.2025).
- 47) Bydłosz J, Bieda A, Parzych P (2018) The Implementation of Spatial Planning Objects in a 3D Cadastral Model. *International Journal of Geo-Information*. 7(4), 153. URL: https://www.researchgate.net/publication/324652492_The_Implementation_of_Spatial_Planning_Objects_in_a_3D_Cadastral_Model (дата звернення 07.10.2025).
- 48) Ігнатенко І.В. Правові засади впровадження тривимірної облікової системи у сфері земельних відносин. *Екологічне право України: система та межі правового регулювання: матеріали Всеукраїн. наук.- практ. круглого столу*. Дніпропетровськ, 2015. С. 142–146. URL: <https://dspace.nlu.edu.ua/handle/123456789/9681> (дата звернення 07.10.2025).
- 49) Martin Breunig, Mulhim Al-Doori, Edgar Butwilowski, Paul V. Kuper, Joachim Benner, Karl Heinz Haefele. *3D Geoinformation Science. The Selected Papers of the 3D GeoInfo*. 2014. 120. (дата звернення 07.10.2025).
- 50) Поморцева О.Є. Використання геоінформаційної системи у проектуванні інфраструктури міста. Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні методики, інновації та досвід практичного застосування у сфері технічних наук» м. Люблін, Республіка Польща, 2017. С. 223–226. (дата звернення 29.10.2025).
- 51) Поморцева О.Є. Моделювання розташування екологічно небезпечних об'єктів за допомогою геоінформаційних систем. *Вчені записки таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського Серія: Технічні науки*. 2018. Том 29 (68) № 6. С. 222–227. URL:

URL: <https://doi.org/10.31734/architecture2023.24.199> (дата звернення: 29.10.2025).

57) Наумчук В. В. ВПЛИВ ІНФОРМАЦІЙНИХ ІННОВАЦІЙ НА ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ЗЕМЕЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ. Herald of Lviv University of Trade and Economics Economic sciences. 2024. № 77. С. 118–123. URL: <https://doi.org/10.32782/2522-1205-2024-77-17> (дата звернення: 29.10.2025).

ДОДАТКИ

Додаток А

Результати вимірювань GNSS-приймачем частини території Рівненської міської територіально громади

Номер точки	X	Y	Z	Висота віхи	Висота антени	Використані супутники	Відстежувані супутники
Pt1	600751,370	280862,822	207,679	1,800	1,925	34	38
Pt2	600754,628	280866,431	207,741	1,800	1,925	33	38
Pt3	600759,612	280866,772	207,746	1,800	1,925	34	37
Pt4	600763,211	280863,420	207,790	1,800	1,925	33	38
Pt5	600763,334	280858,396	207,771	1,800	1,925	34	38
Pt6	600760,060	280854,666	207,680	1,800	1,925	34	39
Pt7	600771,449	280855,528	207,933	1,800	1,925	35	39
Pt8	600770,892	280864,442	207,900	1,800	1,925	33	39
Pt9	600760,798	280871,212	207,968	1,800	1,925	31	38
Pt10	600760,755	280873,776	207,755	1,800	1,925	31	38
Pt11	600758,713	280874,518	207,706	1,800	1,925	35	37
Pt12	600751,074	280874,258	207,610	1,800	1,925	35	37
Pt13	600748,903	280876,507	207,554	1,800	1,925	36	37
Pt14	600753,020	280876,648	207,618	1,800	1,925	35	37
Pt15	600758,452	280882,489	207,717	1,800	1,925	36	37
Pt16	600740,633	280900,217	207,440	1,800	1,925	33	36
Pt17	600736,379	280895,227	207,395	1,800	1,925	35	38
Pt18	600734,773	280893,326	207,394	1,800	1,925	36	37
Pt19	600716,193	280872,895	207,247	1,800	1,925	34	37
Pt20	600736,550	280854,143	207,433	1,800	1,925	35	36
Pt21	600741,567	280854,294	207,474	1,800	1,925	33	37
Pt22	600745,495	280850,890	207,561	1,800	1,925	34	37
Pt23	600746,559	280851,356	207,600	1,800	1,925	23	37

Продовження додатку А

Pt24	600749,446	280855,422	207,634	1,800	1,925	33	37
Pt25	600749,022	280874,102	207,575	1,800	1,925	35	37
Pt26	600742,865	280881,048	207,487	1,800	1,925	37	39
Pt27	600737,013	280884,109	207,461	1,800	1,925	34	39
Pt28	600734,892	280879,123	207,396	1,800	1,925	36	38
Pt29	600740,045	280905,298	207,510	1,800	1,925	35	38
Pt30	600715,715	280881,755	207,237	1,800	1,925	35	36
Pt31	600706,262	280869,873	207,049	1,800	1,925	34	37
Pt32	600698,115	280860,874	207,001	1,800	1,925	33	37
Pt33	600685,790	280845,157	207,003	1,800	1,925	29	34
Pt34	600667,159	280824,469	207,141	1,800	1,925	30	36
Pt35	600651,829	280809,005	207,225	1,800	1,925	33	39
Pt36	600665,870	280795,546	207,270	1,800	1,925	32	38
Pt37	600680,161	280781,609	207,369	1,800	1,925	33	38
Pt38	600694,274	280769,068	207,433	1,800	1,925	34	39
Pt39	600706,841	280756,976	207,518	1,800	1,925	34	39
Pt40	600718,518	280748,390	207,518	1,800	1,925	33	39
Pt41	600732,084	280744,722	207,735	1,800	1,925	27	38
Pt42	600746,546	280760,195	207,730	1,800	1,925	26	39
Pt43	600758,941	280773,437	207,862	1,800	1,925	27	38
Pt44	600774,122	280793,637	207,865	1,800	1,925	35	39
Pt45	600782,367	280803,537	208,073	1,800	1,925	36	39
Pt46	600796,997	280817,987	208,331	1,800	1,925	27	40
Pt47	600809,319	280836,133	208,443	1,800	1,925	28	38
Pt48	600802,246	280842,970	208,553	1,800	1,925	31	40
Pt49	600794,248	280851,388	208,460	1,800	1,925	33	41
Pt50	600780,166	280865,489	208,015	1,800	1,925	30	40

Продовження додатку А

Pt51	600773,898	280858,316	207,939	1,800	1,925	35	40
Pt52	600777,971	280847,837	208,063	1,800	1,925	37	41
Pt53	600786,230	280844,407	208,161	1,800	1,925	37	41
Pt54	600790,805	280838,779	208,273	1,800	1,925	34	40
Pt55	600784,220	280831,173	208,285	1,800	1,925	27	40
Pt56	600783,587	280830,789	208,130	1,800	1,925	33	42
Pt57	600771,186	280819,691	208,040	1,800	1,925	37	41
Pt58	600764,550	280825,948	208,015	1,800	1,925	38	41
Pt59	600776,641	280835,274	208,024	1,800	1,925	39	41
Pt60	600756,340	280833,427	207,836	1,800	1,925	34	40
Pt61	600746,939	280840,898	207,561	1,800	1,925	36	40