

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО

ФАКУЛЬТЕТ ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННЯ ТА ІНФРАСТРУКТУРНОГО
РОЗВИТКУ

КАФЕДРА ГЕОДЕЗІЇ І ГЕОІНФОРМАТИКИ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Рівня вищої освіти «Магістр»

НА ТЕМУ:

**«Оновлення кадастрового плану населеного пункту з
використанням сучасних геодезичних методів»**

Виконав: студент групи ЗВ-63

Напряму підготовки (спеціальності)

193 «Геодезія та землеустрій»

Цюпик О. В.

Керівник: доцент Бочко О.І.

Дубляни- 2025

ВСТУП	
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ТА НОРМАТИВНІ ОСНОВИ ОНОВЛЕННЯ КАДАСТРОВОГО ПЛАНУ	7
1.1 Сутність і призначення кадастрового плану населеного пункту	7
1.2 Правове забезпечення ведення та оновлення Державного земельного кадастру	10
1.3 Аналіз існуючих підходів до оновлення кадастрової інформації	15
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВИХІДНИХ МАТЕРІАЛІВ	21
2.1. Загальна характеристика населеного пункту	21
2.2. Аналіз наявного кадастрового плану	23
2.3. Вихідні топографо-геодезичні матеріали, системи координат	27
2.4. Обґрунтування вибору методів оновлення кадастрового плану	30
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ОНОВЛЕННЯ КАДАСТРОВОГО ПЛАНУ З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	34
3.1. Створення та уточнення геодезичної опорної мережі	34
3.2 Виконання GNSS-знімачь (RTK)	36
3.3 Застосування БПЛА для оновлення кадастрової інформації	40
3.4 Формування оновленої кадастрової моделі в ГІС-середовищі	43
4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	49
ВИСНОВОК	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	53

УДК 528.8:528.94:004.67

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню процесу оновлення кадастрового плану населеного пункту на прикладі села Солонка Львівського району Львівської області з використанням сучасних геодезичних та геоінформаційних технологій. Метою роботи є обґрунтування, розроблення та практична реалізація методики оновлення кадастрової інформації шляхом застосування GNSS-технологій, аерофотознімання з безпілотних літальних апаратів (БПЛА), цифрової фотограмметрії та формування оновленої кадастрової моделі в ГІС-середовищі.

У роботі проведено детальну характеристику населеного пункту, виконано аналіз наявного кадастрового плану, визначено його недоліки та причини невідповідності сучасним вимогам до точності й повноти. Особливу увагу приділено дослідженню вихідних топографо-геодезичних матеріалів, аналізу їх структурної та просторової узгодженості, а також розглянуто сучасні підходи до створення та уточнення геодезичної опорної мережі.

Практична частина роботи включає виконання GNSS-знімачів у режимах RTK та PPK, проведення аерофотознімання БПЛА, обробку знімків для отримання ортофотоплану та цифрових моделей поверхні і рельєфу. Отримані матеріали інтегровано у геоінформаційне середовище, де сформовано оновлену кадастрову модель території с. Солонка з урахуванням вимог точності, топологічної цілісності та відповідності законодавчим нормам.

ВСТУП

Сучасний розвиток територіальних громад України зумовлює зростаючу потребу в точній, повній та актуальній кадастровій інформації, що є основою для ефективного управління земельними ресурсами, планування просторового розвитку, забезпечення прав власності та прийняття адміністративних рішень. Кадастровий план населеного пункту є не лише картографічною основою, але й комплексом метричних, аналітичних та правових даних, які відображають фактичний стан землекористування, межі земельних ділянок, їх функціональне призначення, обмеження та взаємозв'язки з елементами інженерної та транспортної інфраструктури.

Проте значна частина кадастрових планів, створених у попередні десятиліття, ґрунтується на застарілих топографічних матеріалах, виконаних із застосуванням традиційних інструментальних методів знімання — теодолітних, тахеометричних і графічних способів обробки даних. Картографічні матеріали, створені у 1980–2000-х роках, не враховують трансформацій, які відбулися у межах населених пунктів за останні роки, включаючи активну житлову забудову, формування нових кварталів, реконструкцію доріг, появу нових інженерних мереж і зміну меж землекористування. У результаті кадастрова документація часто втрачає свою актуальність, містить просторові й атрибутивні невідповідності, що приводить до юридичних колізій, неефективності планування та обмеження використання територіальних ресурсів.

Водночас стрімкий розвиток сучасних геодезичних технологій відкриває можливості для значного підвищення якості кадастрових даних. GNSS-технології забезпечують високу точність координат; аерофотознімання з безпілотних літальних апаратів дає можливість отримати ортофотоплани надвисокої роздільної здатності; цифрова фотограмметрія дозволяє будувати тривимірні моделі території; геоінформаційні системи (ГІС) забезпечують інтеграцію, аналіз і структурування великого масиву просторових даних. Саме

поєднання цих інструментів сьогодні визначає світові стандарти ведення кадастру.

У межах цього дослідження с. Солонка обрано як репрезентативний приклад території, що інтенсивно розвивається. Високі темпи забудови, зміни конфігурацій землекористування та значне зростання населення створюють передумови для необхідності оновлення кадастрової інформації з використанням найсучасніших технологічних рішень. Наявні кадастрові матеріали виявилися частково застарілими, неповними або неточними, що обґрунтовує актуальність комплексного дослідження процесу їх оновлення.

Метою магістерської роботи є розроблення та обґрунтування методики оновлення кадастрового плану населеного пункту із застосуванням сучасних геодезичних методів та ГІС-технологій, а також створення актуальної, точної та функціональної кадастрової моделі території с. Солонка.

Об'єктом дослідження є кадастрова інформація території с. Солонка Львівського району. Предметом дослідження — методи та технології оновлення кадастрових планів з використанням GNSS, БПЛА та ГІС.

Наукова новизна роботи полягає в комплексному застосуванні сучасних геопросторових технологій, що дозволяють забезпечити високоточне та функціональне оновлення кадастрової моделі населеного пункту. Практична цінність полягає у можливості впровадження розробленої методики в інших територіальних громадах.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ТА НОРМАТИВНІ ОСНОВИ ОНОВЛЕННЯ КАДАСТРОВОГО ПЛАНУ

1.1. Сутність і призначення кадастрового плану населеного пункту

Сучасний стан розвитку топографо-геодезичної та картографічної діяльності характеризується переходом від інфраструктури картографічного виробництва до інфраструктури геопросторових даних, від картографічної парадигми до геоінформаційної. Однією з основних компонентів інфраструктури геопросторових даних є так звані базові набори геопросторових даних (Core Reference Dataset, Fundamental Dataset), які є сукупністю загальнодоступних стандартизованих геопросторових даних як уніфікованої основи для інтегрування та спільного використання в геоінформаційних системах геопросторових даних. Профільні геопросторові дані або ж тематичні геопросторові дані створюються з використанням базових геопросторових даних. Певною мірою топографічні карти можуть розглядатися як базові набори геопросторових даних. Процес створення топографічних планів в масштабі 1:5000 – 1:500 регламентовано Наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України від 08.04.1998 № 56 «Про 712 Містобудування та територіальне планування затвердження Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500», якій вже виповнилося 20 років. Очевидно, що ця інструкція відповідала з одного боку актуальному рівню розвитку топографо-геодезичних технологій, з іншого – вона забезпечувала потреби галузей економіки того часу. В теперішній час основні тенденції розвитку топографо-геодезичної та картографічної діяльності обумовлюються розвитком інформаційних технологій, зокрема, глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС) визначення місцезнаходження об'єктів, аерокосмічних систем високої роздільної здатності для отримання інформації про Землю, створення високопродуктивних засобів отримання просторової інформації про Землю в режимі реального часу на основі систем оптико-електронного сканування місцевості, супутникової радіолокації, лазерної

локації наземного та повітряного базування, цифрового аерофотознімання включаючи безпілотні літальні апарати, неметричні фотокамери, піктографічне знімання для створення реалістичних моделей місцевості, цифрових методів обробки зображень та геопросторової інформації, широкого використання геоінформаційних систем і телекомунікаційних технологій як основного засобу забезпечення доступу суспільства до геопросторових даних та інформації тощо [9]. В умовах переходу до розвитку інфраструктур геопросторових даних нагальною є потреба переглянути призначення топографічних планів, так як саме призначення топографічних планів обумовлює вимоги до змісту, точності, достовірності, актуальності та інших їх характеристик.

Кадастровий план населеного пункту є базовим картографічним документом, який відображає просторову організацію території та містить систематизовану інформацію про земельні ділянки, об'єкти нерухомості, елементи планувальної структури та інженерну інфраструктуру. Він створюється на основі топографо-геодезичних матеріалів, даних земельного кадастру та результатів геодезичних вимірювань, що забезпечує його точність та відповідність фактичному стану місцевості.

Кадастровий план виконує важливу роль у формуванні повної та достовірної інформаційної основи для управління земельними ресурсами. На його основі здійснюється державна реєстрація земельних ділянок, встановлюються їх межі, визначаються площі та координати поворотних точок. Наявність кадастрового плану забезпечує правову визначеність та прозорість земельних відносин, оскільки інформація про кожен ділянку має просторове закріплення і може бути перевірена та підтверджена у натурі.

У межах населеного пункту кадастровий план є невід'ємною складовою містобудівної документації. Він використовується при розробленні генеральних планів, детальних планів територій, проектів землеустрою та схем планування. На ньому відображаються елементи забудови, мережа вулиць і доріг, території громадського користування, зелені зони та об'єкти

соціальної інфраструктури. Завдяки цьому кадастровий план забезпечує узгодженість між земельними та містобудівними рішеннями. Важливою складовою сучасного кадастрового плану є інформація про обмеження у використанні земель: охоронні зони, санітарно-захисні зони, водоохоронні території, прибережні смуги, охоронні зони інженерних мереж тощо. Відображення таких територій у кадастровому плані дозволяє запобігти порушенням, пов'язаним зі забудовою або нецільовим використанням земель.

З практичної точки зору кадастровий план є ефективним інструментом для органів місцевого самоврядування, землевпорядних організацій, проєктувальників та власників земельних ділянок. Він слугує основою для оподаткування, проведення нормативної та експертної грошової оцінки земель, контролю за їх використанням, а також для підготовки технічної документації із землеустрою. Доступність актуального плану сприяє ефективному функціонуванню ринку землі та нерухомості.

У сучасних умовах кадастровий план має форму не лише паперового документа, а й цифрової геоінформаційної моделі. Геодані зберігаються у спеціалізованих форматах і використовуються в ГІС-системах, що забезпечує зручний доступ, швидке оновлення даних та інтеграцію з іншими інформаційними базами — містобудівним кадастром, інженерними реєстрами, природоохоронними базами даних. Це робить кадастровий план важливим елементом комплексної системи просторового управління територіями.

Потреба у регулярно оновлюваному кадастровому плані зумовлена постійними змінами у структурі землекористування: новим будівництвом, реконструкціями, зміною функціонального призначення земель, поділом та об'єднанням ділянок. Застарілі або неточні дані призводять до юридичних спорів, помилок у проєктній документації та необґрунтованих управлінських рішень. Тому сучасні геодезичні методи відіграють ключову роль у підтриманні кадастрового плану в актуальному стані.

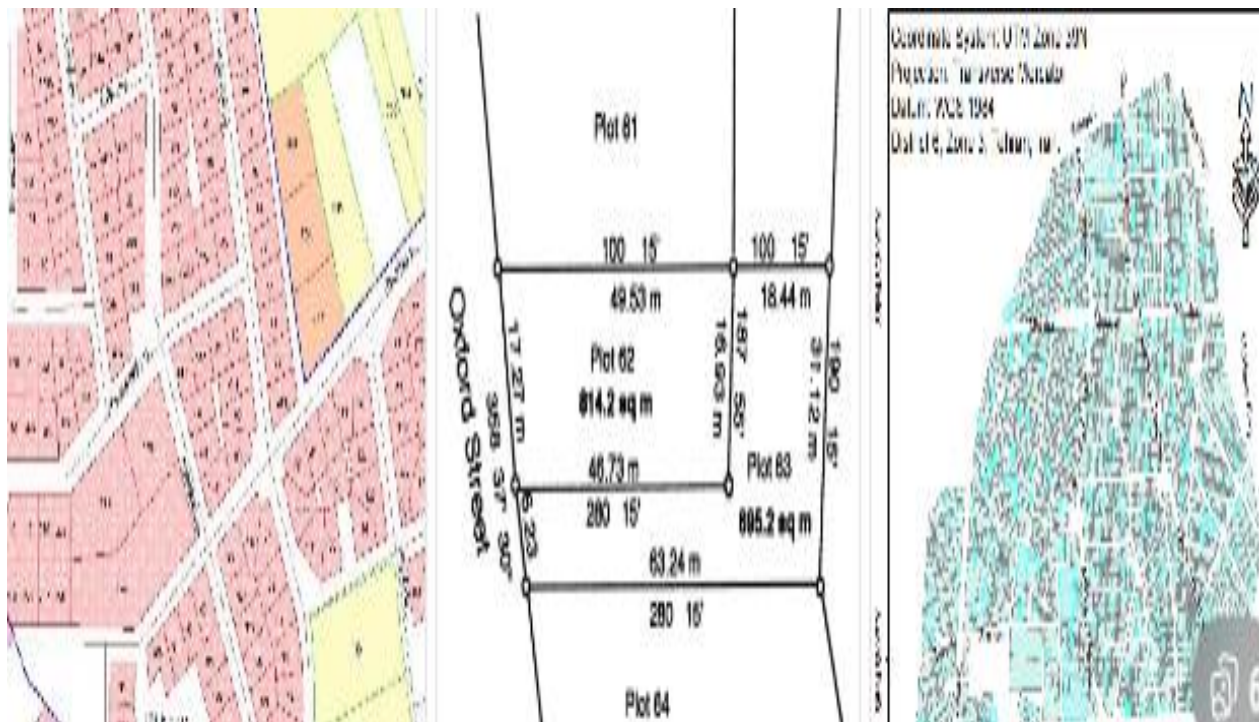


Рисунок 1.1 Фрагменти кадастрових карт і графічних матеріалів

Кадастровий план населеного пункту, рисунок 1.1, є основою відображення просторової організації території та служить базовим елементом у системі ведення Державного земельного кадастру. Він поєднує просторові та атрибутивні дані про земельні ділянки, об'єкти забудови, інженерну інфраструктуру та планувальну структуру населеного пункту.

Кадастровий план формується на основі топографо-геодезичних вимірювань, матеріалів землеустрою, даних реєстрації земельних ділянок та результатів сучасних геодезичних знімів. Його зміст і точність визначають якість ведення земельного кадастру, оскільки він забезпечує правову визначеність меж землеволодінь і регулює просторові аспекти землекористування.

1.2 Правове забезпечення ведення та оновлення Державного земельного кадастру

Правове забезпечення ведення та оновлення Державного земельного кадастру в Україні ґрунтується на системі законодавчих, нормативно-правових та інструктивно-методичних документів, які регулюють порядок збирання, оброблення, систематизації та надання кадастрової інформації. Ця система документів формує єдині вимоги до просторових даних, визначає

процедури їх оновлення, встановлює правила взаємодії між органами влади, землепорядними організаціями та користувачами інформації.

Основоположним документом є Закон України “Про Державний земельний кадастр” (2011 р.), який визначає структуру кадастру, принципи його ведення, порядок внесення відомостей, обов’язки суб’єктів кадастрових відносин та вимоги до точності кадастрових даних. Закон закріплює принципи відкритості та доступності кадастрової інформації, легітимності її джерел, а також стандарти взаємодії з іншими державними реєстрами. Відповідно до цього закону, Державний земельний кадастр функціонує як єдина геоінформаційна система, що містить дані про земельні ділянки, їх місце розташування, правовий статус, цільове призначення та обмеження у використанні.

Важливе значення має Постанова Кабінету Міністрів України №1051 “Про ведення Державного земельного кадастру”, яка деталізує процедури внесення, перевірки та оновлення кадастрових відомостей. Документ визначає вимоги до формування кадастрових номерів, порядок черговості внесення змін, процедури ведення кадастрових карт та ролі адміністраторів системи. Постанова регламентує, які саме документи є підставою для оновлення кадастрового плану та як повинні проводитися перевірка даних, топологічний контроль і верифікація просторової інформації.

Нормативно-технічну основу виконання кадастрових та геодезичних робіт формують також державні стандарти та інструкції, серед яких:

- ДСТУ 7640:2014 – регламентує виконання GNSS-вимірювань та визначення координат;
- Інструкція з топографо-геодезичних робіт – визначає вимоги до методів знімання, точності та камеральної обробки;
- ДСТУ Б Б.1.1-14:2012 – встановлює порядок створення топографічних планів;
- Класифікатор видів цільового призначення земель, що забезпечує єдине трактування функціонального використання ділянок;

- Нормативні документи з землеустрою, які регулюють процедури формування та реєстрації земельних ділянок.

Окреме місце у правовому забезпеченні займають документи, що регулюють відкритість та обіг геопросторових даних — зокрема, Закони України “Про національну інфраструктуру геопросторових даних” та “Про доступ до публічної інформації”. Завдяки цим нормативним актам кадастрові дані інтегруються з іншими просторовими реєстрами, такими як містобудівний кадастр, реєстр нерухомості, реєстр інженерних мереж. Це забезпечує узгодженість та сумісність інформації між різними галузями державного управління.

Ведення та оновлення кадастру також регламентується нормами, що визначають порядок проведення землеустрою, установлення та відновлення меж земельних ділянок у натурі, вимоги до технічної документації та стандарти подання координат у державній геодезичній системі УСК-2000. Ці положення гарантують, що всі кадастрові дані мають офіційний статус та відображають реальний стан земельних ресурсів на місцевості.

Кабінет Міністрів України прийняв постанову від 10 вересня 2025 р. № 1131 «Про внесення змін до постанови Кабінету Міністрів України від 17 жовтня 2012 р. № 1051», розроблену Держгеокадастром. Постанова набрала чинності 16 вересня 2025 року.

Завдяки внесеним до Порядку ведення Державного земельного кадастру змінам у програмному забезпеченні Державного земельного кадастру (ДЗК) в електронній формі впроваджується попередня перевірка заяви про внесення відомостей (змін до них) до ДЗК та доданих до неї документів, за результатами якої заявнику надається інформація про наявність помилок у заяві та/або недостатність наведених у ній відомостей і доданих документів із зазначенням рекомендацій щодо усунення наявних недоліків. До цього часу неповний пакет документів до розгляду не приймався.

Незалежно від наявних помилок у поданій заяві та/або недостатність наведених у ній відомостей і доданих до неї документів, заява про внесення

відомостей (змін до них) до ДЗК з використанням програмного забезпечення ДЗК формується, обліковується та надходить на розгляд Державному кадастровому реєстратору.

У такому випадку Державний кадастровий реєстратор може прийняти рішення про залишення заяви без руху, про що письмово повідомляє заявника із зазначенням виявлених недоліків з посиланням на порушені вимоги законодавства, спосіб усунення недоліків, а також способи, порядок та строки оскарження рішення про залишення заяви без руху. Досі процедура призупинення розгляду заяви не застосовувалася, а надання неповного пакету документів було підставою для ухвалення рішення про відмову у прийнятті таких документів до розгляду та у внесенні відомостей (змін до них) до ДЗК.

Заявнику надається можливість впродовж 14 робочих днів з дня отримання повідомлення про залишення заяви без руху усунути виявлені у ньому недоліки. За клопотанням заявника Державний кадастровий реєстратор може продовжити строк усунення виявлених недоліків до 10 робочих днів з дня отримання клопотання про продовження строку усунення виявлених недоліків.

Також постановою впроваджуються процедури прийняття позитивних рішень, зокрема рішення про внесення відомостей (змін до них) до ДЗК та рішення про надання відомостей з ДЗК. До цього часу на підтвердження внесення відомостей про об'єкти ДЗК Державним кадастровим реєстратором безоплатно видавався відповідний витяг з ДЗК без відповідного рішення.

Водночас постановою визначаються нові форми документів ДЗК, зокрема:

- рішення про залишення заяви без руху;
- повідомлення про залишення заяви без руху;
- рішення про продовження розгляду заяви
- клопотання про продовження строку усунення виявлених недоліків;
- рішення про продовження строку усунення виявлених недоліків;

- рішення про відмову у продовженні строку усунення виявлених недоліків;
- повідомлення про продовження строку усунення виявлених недоліків;
- повідомлення про відмову у продовженні строку усунення виявлених недоліків;
- заява про надання доступу до ДЗК.

Постановою Кабінету Міністрів України від 10 вересня 2025 р. № 1131 було внесено зміни до постанови КМУ від 17 жовтня 2012 р. № 1051 «Про затвердження Порядку ведення Державного земельного кадастру», з метою узгодження її положень із нормами Земельного кодексу України та вимогами законів України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо захисту інтересів власників земельних часток (паїв), а також застосування адміністративної процедури у сфері земельних відносин» і «Про адміністративну процедуру».

Система Державного земельного кадастру дає можливість оперативно отримувати необхідну інформацію про земельні ділянки на всій території України. Відомості до цієї бази даних вносяться, перевіряються, систематизуються та впорядковуються за єдиними, чітко визначеними правилами. Завдяки використанню при адмініструванні Державного земельного кадастру сучасних інформаційних технологій, відомості про землі є доступними як фахівцям, що працюють в сфері земельних відносин, так і зовнішнім користувачам. Ведення та адміністрування Державного земельного кадастру забезпечуються центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері земельних відносин (Державна служба з питань геодезії, картографії та кадастру). Порядок ведення Державного земельного кадастру визначається постановою Кабінету Міністрів України від 17 жовтня 2012 р. №1051 (<http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1051-2012-%D0%BF>). Навколо системи земельного кадастру тривалий час точаться дискусії. Потужність цього інструменту сьогодні не використано навіть на половину. У складі земельного кадастру має міститись, з поміж іншої, інформація: про стан

та вартість земель, їхні природні властивості тощо. Вказана інформація переважно до кадастру не внесена, хоча це й передбачено Законом «Про Державний земельний кадастр». Тому, для перетворення кадастру у справжній потужний державний управлінський «полімеханізм», необхідно провести значну роботу щодо об'єднання інформації, яка зосереджена у різних відомствах. «Успіх кадастрової системи залежить не від рівня її правової або технічної досконалості, а від того, чи надає вона правам на землю адекватний захист і чи дозволяє вона ефективну, просту, швидку, безпечну торгівлю цими правами із мінімальним рівнем витрат... Якщо відсутні ресурси, що необхідні для постійного підтримання кадастрової системи у актуальному стані, важко знайти обґрунтування навіть для створення такої системи» - Богорська декларація ООН, 1996.

Складові державного земельного кадастру визначаються ст.197-203 ЗКУ. Це: а) кадастрове зонування; б) кадастрові зйомки; в) бонітування ґрунтів; г) економічну оцінку земель; г) грошову оцінку земельних ділянок; д) державну реєстрацію земельних ділянок; е) облік кількості та якості земель. Об'єктами Державного земельного кадастру є: 3 • землі в межах державного кордону України; • землі в межах території адміністративно-територіальних одиниць; • обмеження у використанні земель; • земельна ділянка. Вимоги до складу відомостей про об'єкти міститься у ст.ст. 11-15 ЗУ «Про Державний земельний кадастр». Відомості Державного земельного кадастру є офіційними.

1.3 Аналіз існуючих підходів до оновлення кадастрової інформації

Кадастр – це земельно-інформаційна система, що містить актуальну інформацію про інтереси щодо земельної ділянки (права, обмеження, зобов'язання). Кадастр зазвичай також містить геометричний опис ділянки (карту), пов'язаний із іншими даними, які характеризують природу інтересів та приналежність інтересів або приналежність права контролювати ці інтереси, і часто дані щодо вартості ділянки та поліпшень.

Оновлення кадастрової інформації є ключовим елементом ефективного функціонування Державного земельного кадастру, оскільки забезпечує актуальність відомостей про межі земельних ділянок, їх цільове призначення, обмеження у використанні та зміни у структурі землекористування. В умовах постійного розвитку територій виникає потреба у регулярному коригуванні просторових даних, що спонукає до удосконалення методів їх отримання та обробки.

У сучасній практиці застосовують кілька підходів до оновлення кадастрової інформації, які різняться джерелами даних, технологічною складністю, точністю та вартістю. До основних із них належать традиційні методи, геодезичні інструментальні вимірювання, фотограмметричні роботи, використання даних дистанційного зондування Землі та комплексні ГІС-технології.

Сучасні ГІС у кадастрових системах зазвичай працюють з різноформатними даними, отриманими з безлічі несумісних джерел і які забезпечують ефективний просторовий аналіз [1]. Для спрощення процесу обробки, збереження і можливості обміну підсистемами або іншими ГІС ці різноманітні дані потребують попередньої первинної обробки та уніфікації. ГІС не тільки перетворюють і зберігають геоінформацію в цифровій формі для подальшого аналізу, вони збирають, перетворюють, агрегують, індексують, зв'язують і добувають інформацію з відповідних просторових кадастрових баз даних. ГІС не тільки виступають засобом інтеграції різноманітної інформації, яку важко об'єднати за допомогою інших засобів, а й дозволяють отримувати сукупності змінних з метою виведення та аналізу нових відомостей і знань, тобто виступають засобом інтелектуальної підтримки прийняття управлінських рішень. При будь-якому способі реєстрації вхідна інформація повинна контролюватись з метою недопущення її дублювання або виявлення в ній похибок [2]. Свідченням цього може слугувати розроблення та впровадження міжнародних стандартів з якості даних, що входять до комплексу стандартів ISO 19100: "Географічна інформація/ геоматика". Це,

зокрема, міжнародний стандарт ISO 19115 “Географічна інформація – Метадані” та проект стандарту ISO/DIS 19157:2011 “Географічна інформація – Якість даних” [4], в якому переглядаються та узагальнюються положення стандартів ISO 19113 “Принципи якості”, ISO 19114 “Методи оцінювання якості” та ISO/CD TS 19138 “Міри якості даних”, і на заміну яких він розробляється. У ГІС використовують 2 основних класи даних: – для визначення місця розташування об’єкта використовують один клас даних – координати; – для визначення параметрів часу і тематичної спрямованості, інший клас даних – атрибути. Вести мову про якість інформаційної бази ГІС можна тільки з урахуванням якості цифрових карт (ЦК), що використовуються в ГІС. Оцінка якості даних ЦК здійснюється з метою визначення ступеня відповідності даних вимогам, що висуваються при створенні, оновленні або модифікації ЦК, у тому числі вимогам нормативних документів до ЦК певного виду і масштабу при сертифікації останніх, а також можливості використання даних ЦК в галузі, яка відрізняється від галузі їх прямого призначення. Способи оцінки якості набору даних ЦК можуть бути різними: автоматичними (що виконуються програмно-технічними засобами без участі людини), автоматизованими (що здійснюються програмно-технічними засобами за участі людини), неавтоматизовані – що виконуються людиною.

Оцінювання якості набору даних ЦК має проводитися з урахуванням таких ключових принципів:

- комплексність аналізу якості даних;
- актуальність проведеної оцінки;
- коректність підходів до оцінювання;
- можливість розширення переліку показників якості;
- визначення гранично допустимих значень показників;
- впорядковане представлення результатів оцінювання;
- спадковість та локальність значень показників;
- відсутність дублювання у поданні результатів.

Якість набору даних ЦК визначають за допомогою кількісних показників, що характеризують основні аспекти якості, серед яких:

- синтаксична правильність;
- коректність логічної структури;
- актуальність інформації;
- відповідність складу даних;
- логічна узгодженість;
- точність наданих даних;
- відповідність даних цілям застосування.

За потреби окремі аспекти якості можуть бути вилучені, якщо вони не стосуються специфічних вимог до певного набору даних. Так само ці аспекти можуть бути доповнені додатковими показниками та методами оцінювання, які визначає користувач або замовник [3].

Геоінформаційні системи застосовують для вирішення складних, часто неформалізованих завдань, пов'язаних з аналізом та прогнозуванням природних явищ і подій, а також для планування стратегічних рішень і оцінювання наслідків поточної діяльності. Ефективність таких рішень значно підвищується, якщо враховувати якість усіх даних, що використовуються в ГІС, а не лише картографічних джерел.

Оцінювання якості набору даних ЦК здійснюється на основі ключових принципів, що забезпечують повноту та надійність результатів. До них належать: повнота аналізу, актуальність, коректність оцінювання, розширюваність системи показників, визначення критичних значень, структуризація результатів, спадковість та локальність показників, а також уникнення надмірності в поданні інформації. Якість даних визначають за допомогою кількісних показників, які характеризують такі основні аспекти: синтаксична правильність, логічна структурованість, актуальність, відповідність складу даних, логічна узгодженість, точність та придатність до використання. У разі необхідності

окремі аспекти можуть бути вилучені або доповнені відповідно до вимог замовника чи користувача.

Геоінформаційні системи застосовуються для розв'язання складних аналітичних і прогностичних завдань, тому якість усіх використовуваних даних має вирішальне значення для точності та достовірності результатів.

Таблиця основних аспектів якості даних

Таблиця 1.1

Аспект якості	Коротка характеристика	Приклади показників
Синтаксична коректність	Відповідність встановленим форматам	формат дат, структура полів
Логічна структура	Правильність зв'язків між даними	ієрархія, схема
Актуальність	Своєчасність оновлення	дата оновлення
Відповідність складу	Наявність необхідних атрибутів	повнота полів
Логічна узгодженість	Несуперечливість значень	перевірка дублювання
Точність	Наближеність до реальних значень	похибка вимірювань
Придатність до використання	Відповідність цілям ГІС	релевантність даних

Сучасні підходи до оновлення кадастрової інформації перебувають у стані активної трансформації під впливом цифрових технологій, автоматизації та зростаючого попиту на актуальні просторові дані. Традиційні методи — геодезичні вимірювання та камеральне опрацювання — залишаються базою для забезпечення високої точності та юридичної достовірності, проте вони поступаються сучасним технологічним рішенням у швидкості та масштабності. Дистанційні методи, зокрема аерофотознімання, дані БПЛА та супутникові знімки, відкривають можливість регулярного моніторингу великих територій і оперативного виявлення змін, хоча часто потребують додаткової перевірки на місцевості.

Активний розвиток GIS-платформ, алгоритмів автоматичного виявлення змін і використання аналітики великих даних сприяє переходу від

епізодичного до континуального оновлення кадастрової інформації. Паралельно з цим, впровадження електронних кадастрових систем, 3D-моделювання та блокчейн-технологій підвищує прозорість, стійкість і ефективність земельно-реєстраційних процесів. Організаційні моделі оновлення — централізовані, децентралізовані та гібридні — у різних країнах демонструють, що найбільш ефективним є поєднання єдиних стандартів із можливістю залучення приватних фахівців.

У цілому розвиток кадастрових систем рухається у напрямі цифровізації, інтеграції даних та використання інтелектуальних технологій. Це створює підґрунтя для точного, прозорого й динамічного управління земельними ресурсами, що є критично важливим для сталого розвитку територій, підвищення ефективності землекористування та забезпечення прав власності.

РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВИХІДНИХ МАТЕРІАЛІВ

2.1. Загальна характеристика населеного пункту

Село Солонка є одним із найбільших та динамічно розвинених населених пунктів Львівської міської територіальної громади. Завдяки вигідному географічному положенню та інтенсивним процесам субурбанізації село перетворюється на сучасну приміську зону, що відіграє важливу роль у просторовому розвитку південного передмістя м. Львова. Територія населеного пункту характеризується значним різноманіттям видів землекористування, високою щільністю забудови та значним рівнем антропогенного перетворення ландшафту, що формує актуальну потребу в оновленні кадастрового плану з використанням сучасних геодезичних технологій.

Солонка розташована у південній частині Львівської області, на межі Львівського плато та Передкарпаття, що зумовлює переважно рівнинний, місцями хвилястий рельєф. Населений пункт знаходиться на відстані приблизно 8 км від центру м. Львова та інтегрований у його транспортно-інфраструктурний каркас. Через територію села проходить важлива міжнародна автомобільна магістраль М06 (Київ–Чоп), що забезпечує високий рівень транспортної доступності.

Кліматичні умови Помірно континентальний клімат регіону характеризується м'якою зимою, теплою літньою порою та рівномірним зволоженням протягом року, що сприятливо впливає на ведення сільського господарства та формування комфортних умов життєдіяльності. Природні умови не створюють суттєвих обмежень для будівництва, прокладання інженерних мереж та формування нових земельних ділянок.

Загальна площа населеного пункту становить близько 837 га, у межах яких зосереджені земельні ділянки різних категорій — від житлової та громадської забудови до сільськогосподарських угідь та територій комерційного використання.

Чисельність населення Солонки перевищує 10 тис. осіб, що є одним із найвищих показників серед сільських населених пунктів області. Динаміка демографічного розвитку демонструє стійку тенденцію до збільшення кількості мешканців, що зумовлено як природним приростом, так і міграцією населення з інших районів області та м. Львова.

Соціальна інфраструктура представлена закладами освіти, охорони здоров'я, культурно-спортивними установами та об'єктами громадського обслуговування. Зростання чисельності населення спричиняє підвищення попиту на земельні ресурси, що, в свою чергу, актуалізує необхідність забезпечення високої точності кадастрової інформації.

Територія села характеризується поліфункціональністю та складною структурою землекористування. Основними категоріями земель є:

- землі житлової забудови — переважно індивідуальна житлова забудова з тенденцією до розширення та ущільнення забудованої території;
- землі громадської забудови — адміністративні, освітні, медичні та соціально-культурні об'єкти;
- землі сільськогосподарського призначення, які збереглися переважно на периферії населеного пункту;
- землі комерційного призначення — торгові центри, логістичні комплекси, офіси, розташовані вздовж транспортної магістралі;
- землі загального користування — транспортна інфраструктура, пішохідні зони, громадські простори.

Процеси активної житлової та комерційної забудови призводять до швидкої зміни конфігурації земельних ділянок, їхніх меж та цільового призначення, що суттєво впливає на вимоги до актуальності кадастрових матеріалів.

Село має розвинену інженерну інфраструктуру, яка включає:

- електричні мережі;
- системи газопостачання;
- мережі централізованого та локального водопостачання;

- сучасні телекомунікаційні системи, зокрема оптоволоконний зв'язок.

Транспортна система ґрунтується на мережі місцевих доріг з твердим покриттям, що забезпечують зв'язок між житловими кварталами та громадськими об'єктами. Наявність і розвиток транспортної інфраструктури значною мірою впливають на формування нових земельних ділянок та їх просторові характеристики.

Солонка є територією з високою інтенсивністю змін у сфері землекористування, що проявляється у:

- формуванні нових житлових масивів;
- перетворенні сільськогосподарських земель на землі під забудову;
- зміні конфігурацій існуючих земельних ділянок;
- активному розвитку комерційної інфраструктури.

У зв'язку з цим значна частина даних Державного земельного кадастру потребує оновлення. Серед проблем, що зумовлюють необхідність проведення сучасних геодезичних вимірювань, слід відзначити:

- використання застарілих топографо-геодезичних матеріалів;
- відсутність оновленої системи планово-висотного обґрунтування;
- наявність розбіжностей між кадастровими даними та фактичними межами землекористування;
- недостатній рівень цифровізації попередніх картографічних матеріалів.

Оновлення кадастрового плану із застосуванням GNSS-технологій, цифрових методів просторових вимірювань та геоінформаційних систем забезпечить підвищення точності та достовірності кадастрових даних, що є необхідною передумовою для ефективного управління територіальним розвитком населеного пункту.

2.2. Аналіз наявного кадастрового плану

Наявний кадастровий план села Солонка становить основу просторової документації, що використовується для обліку земельних ділянок, оцінки їх меж, площ, цільового призначення та правового статусу. Оскільки цей

документ формувався у різні періоди та на основі неоднорідних за точністю й технологічністю матеріалів, він потребує всебічного аналітичного опрацювання перед початком робіт з його оновлення. З огляду на інтенсивні процеси забудови, які відбувалися у межах населеного пункту впродовж останніх десятиліть, кадастровий план не відображає сучасного стану території і містить низку невідповідностей, що ускладнюють його використання в практичній діяльності землепорядних та містобудівних органів.

Основою формування чинного кадастрового плану були топографо-геодезичні матеріали, створені переважно в масштабах 1:2000 та 1:5000 у 1980–2000-х роках, а також результати інвентаризації земель, проведеної за традиційними інструментальними методами. У той період GNSS-технології, цифрова фотограмметрія та аерознімання ще не застосовувалися широко, тому просторові параметри, отримані за допомогою класичних теодолітно-тахеометричних знімачів, не відповідають сучасним вимогам точності. Особливо це стосується меж територій, що були переформовані або інтенсивно забудовані після первинного створення кадастрового плану.

Характерною проблемою кадастрової документації є наявність розбіжностей між фактичними межами землекористування та їх відображенням на картографічній основі. У багатьох випадках спостерігаються зміщення межових ліній, невідповідність геометричних форм ділянок, похибки у визначенні площ, накладання сусідніх ділянок або утворення проміжних «нічийних» територій, які не закріплені в кадастрі. Такі явища виникли внаслідок використання застарілої геодезичної основи, а також через внесення інформації у кадастр у різні часові періоди вручну або з використанням графічних методів оцифрування.

Картографічна основа кадастрового плану характеризується недостатньою деталізацією. Використані растрові підкладки не відображають сучасного стану дорожньої мережі, інженерної інфраструктури, щільної житлової та комерційної забудови, яка з'явилася упродовж останніх двадцяти

років. Багато нових об'єктів нерухомості, включно з житловими комплексами, приватними ділянками, логістичними та торговими об'єктами, не нанесені на картографічну основу або відображені лише частково. Суттєвим недоліком є відсутність актуальних ортофотопланів високої роздільної здатності, що є стандартом сучасного кадастрового картографування. Через це кадастровий план не забезпечує достатнього рівня точності для геоінформаційних аналізів і не може бути використаний як повноцінна основа для планувальних рішень.

Атрибутивна частина кадастрового плану також виявляє низку недоліків. Зокрема, не всі ділянки мають повний набір характеристик, у деяких випадках відсутні відомості про обмеження у використанні, сервітутні зони, охоронні зони інженерних мереж, санітарно-захисні території або об'єкти культурної спадщини. Часто фактичне використання земельних ділянок не узгоджується з їх офіційним цільовим призначенням. Так, значна частка земель, які за документами класифіковані як сільськогосподарські, фактично зайняті житловою чи комерційною забудовою. Це створює правову невизначеність, ускладнює прийняття управлінських рішень та стримує реалізацію проектів розвитку території.

Важливою проблемою є відсутність узгодженості кадастрової інформації з містобудівними документами. Генеральний план та детальні плани територій, що були розроблені значно пізніше за первинний кадастровий план, містять сучасне функціональне зонування, проте значна частина цих змін не внесена до кадастрової бази. Унаслідок цього кадастровий план не відповідає реальній функціонально-планувальній структурі населеного пункту, що суттєво обмежує його використання у процесах планування забудови, проектування транспортної інфраструктури чи розміщення інженерних мереж.

Особливу увагу при аналізі заслуговує питання координатної основи. Частина меж земельних ділянок визначена у локальних системах координат або у довільних системах, що застосовувалися у попередні періоди. Це унеможлиблює точну інтеграцію даних у сучасні геоінформаційні системи та веде до похибок при порівнянні з GNSS-вимірами. Відсутність єдиної

координатної прив'язки значно ускладнює можливість створення точного цифрового кадастрового плану та потребує повторного геодезичного обґрунтування території.

Сукупність зазначених недоліків зумовлена не лише технічними обмеженнями старих методів знімання, а й відсутністю систематичного оновлення кадастрової інформації. Інтенсивні процеси забудови, характерні для Солонки, відбувалися значно швидше, ніж оновлювалася кадастрова база. У результаті відбулася суттєва деформація відповідності між документами та реальним станом території. Значна кількість нових меж не має точних координат, а нові об'єкти не інтегровані в загальну структуру кадастрової моделі.

З огляду на виявлені проблеми стає очевидною необхідність комплексного оновлення кадастрового плану із застосуванням сучасних геодезичних технологій. Такі технології включають GNSS-вимірювання високої точності, цифрову фотограмметрію, аерофотознімання з використанням безпілотних літальних апаратів, лазерне сканування місцевості та повноцінне застосування геоінформаційних систем. Оновлення кадастрового плану на основі цих методів дозволить сформувати точну, актуальну та узгоджену цифрову модель території, яка відповідатиме потребам містобудування, землеустрою та правового регулювання землекористування.

Отже, проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що наявний кадастровий план села Солонка не відповідає сучасним технічним, інформаційним та нормативним вимогам щодо точності та повноти просторових даних. Виявлені невідповідності між фактичним і документальним станом землекористування, застарілість топографічної основи, неповнота атрибутивної інформації та відсутність узгодженості з містобудівною документацією підтверджують необхідність проведення його комплексного оновлення. Лише оновлений кадастровий план, створений із застосуванням сучасних геодезичних методів і цифрових технологій, може

забезпечити достовірність даних, слугувати основою для ефективного управління територією та стати важливим інструментом сталого розвитку населеного пункту.

2.3. Вихідні топографо-геодезичні матеріали, системи координат

Вихідні топографо-геодезичні матеріали є фундаментальною основою для виконання кадастрових і землевпорядних робіт, а також для побудови оновленого кадастрового плану населеного пункту. Вони забезпечують достовірне відображення рельєфу, місцевих об'єктів, меж землекористування та інженерної інфраструктури, слугують базою для формування геоінформаційних моделей та координатної прив'язки результатів польових вимірювань. Якість і актуальність цих матеріалів значною мірою визначають точність кінцевого кадастрового продукту, а також можливість його інтеграції з іншими інформаційними ресурсами, такими як дані містобудівної документації, матеріали аерофотознімання чи результати GNSS-вимірювань.

Топографічна основа, що використовувалася у межах села Солонка, була сформована протягом тривалого історичного періоду та походить із кількох джерел. Значна частина матеріалів створена у масштабі 1:2000 та 1:5000 у 1980–1990-х роках, коли основними методами виконання топографічних робіт були теодолітно-тахеометричні знімання, тахеометричні ходи, нівелювання та фотограмметрична інтерпретація аерознімків. У той час координатна прив'язка здійснювалася від пунктів державної геодезичної мережі, проте частина цих пунктів на сьогодні втрачена, зруйнована або не має збережених сучасних параметрів точності. Це створює додаткові труднощі при використанні застарілої планово-висотної основи для сучасних високоточних вимірювань.

Топографічні плани, що використовуються як вихідні матеріали, забезпечують базове відображення об'єктів місцевості, однак їхній зміст не відповідає сучасному стану забудови. Значна частина нових житлових кварталів, інженерних комунікацій та дорожніх мереж не відображена на старих планах через те, що вони були створені у період, коли територія

Солонки мала зовсім іншу функціонально-просторову структуру. Унаслідок цього топографічний матеріал не може слугувати єдиною актуальною основою для оновлення кадастрового плану, але зберігає значення як історично сформована відправна база.



Рисунок 2.1 Схема сформованої геодезичної мережі класу на території України

Окремо слід охарактеризувати використані системи координат, адже саме від них залежить можливість інтеграції різних типів геоданих. Протягом останніх десятиліть на території України діяли різні системи координат — від локальних умовних систем до державних систем СК-42, СК-63 та, у сучасний період, УСК-2000. Більшість топографічних матеріалів, що використовуються у межах Солонки, були створені у СК-42 або СК-63. Застосування цих систем має низку недоліків у сучасних умовах, оскільки вони не сумісні з глобальними геодезичними системами (наприклад, WGS-84) без додаткових трансформацій, що спричиняє похибки під час суміщення старих даних із результатами GNSS-вимірювань.

Запровадження єдиної державної геодезичної системи координат УСК-2000 на основі GRS-80 створило можливість інтегрувати кадастрові, геодезичні та картографічні дані в єдиному інформаційному полі. Однак для

повноцінного використання УСК-2000 необхідно виконати трансформацію старих топографічних планів до сучасної системи координат. У межах Солонки така трансформація виконувалася частково і не завжди з достатньою точністю, що іноді призводить до накопичення похибок та розбіжностей між старими і новими матеріалами.



Рисунок 2.2 Розташування пунктів геодезичної мережі Львівської області

Стан висотної основи також потребує уваги. Частина вихідних матеріалів містить висоти у Балтійській системі, але точність нівелювальної мережі, що використовувалася під час її формування, знизилася через втрату або пошкодження реперів. Крім того, на території активно проводилися земляні роботи, що локально змінили рельєф та значення висотних відміток. Тому сучасні геодезичні роботи потребують повторного нівелювання або застосування GNSS-методів у поєднанні з геоїдними моделями для отримання актуальних висот.

У процесі аналізу вихідних матеріалів встановлено, що їх стан є недостатньо задовільним для автоматизованої інтеграції у сучасні ГІС-

платформи. Значна частина картографічної інформації представлена у вигляді растрових підкладок, що мають низьку роздільну здатність та не піддаються точній векторизації. Відсутність цифрових моделей рельєфу та сучасних ортофотопланів ускладнює виконання актуальних кадастрових робіт.

Незважаючи на зазначені недоліки, існуючі матеріали становлять важливу складову вихідної інформації, оскільки саме на їх основі можна визначити первісні характеристики меж, історичні конфігурації землекористування та просторовий розвиток населеного пункту. Однак подальше використання цих даних можливе лише після їх повної актуалізації, трансформації до УСК-2000 та суміщення з сучасними GNSS-вимірюваннями.

Таким чином, вихідні топографо-геодезичні матеріали потребують суттєвого доопрацювання, а обрані системи координат — повної уніфікації. Оновлення кадастрового плану села Солонка неможливе без модернізації планово-висотної основи, переведення всіх даних до єдиної геодезичної системи координат та використання сучасних цифрових технологій знімання й оброблення інформації. Лише за таких умов забезпечується висока точність кадастрової моделі, її узгодженість із містобудівними, інженерними та правовими даними, а також можливість тривалого та ефективного використання в управлінні територіальним розвитком.

2.4. Обґрунтування вибору методів оновлення кадастрового плану

Оновлення кадастрового плану села Солонка потребує застосування сучасних високоточних геодезичних методів, здатних забезпечити створення актуальної, достовірної й узгодженої цифрової моделі території. Вибір технологій визначається природно-географічними умовами, рівнем забудови, наявністю вихідних матеріалів, станом інженерної інфраструктури та вимогами чинних нормативних документів щодо точності та структури кадастрових даних.

Стан наявного кадастрового плану та аналіз його недоліків свідчать, що традиційні методи знімання, використані під час попередніх етапів картографування, більше не забезпечують необхідного рівня точності. Умови

густої забудови, динамічного розвитку території, появи нових кварталів і зміни конфігурацій земельних ділянок зумовлюють потребу в застосуванні GNSS-технологій, безпілотних літальних апаратів, цифрової фотограмметрії та геоінформаційних систем (ГІС). Поєднання цих методів дозволяє отримати багатопланову кадастрову модель, сумісну з інженерними, містобудівними та правовими даними. Сучасні GNSS-технології є ключовими в процесі отримання координат меж земельних ділянок. Використання режимів RTK та PPK забезпечує сантиметрову точність визначення поворотних точок меж, що необхідно для коректного внесення даних до Державного земельного кадастру.

У місцях ущільненої забудови, на ділянках із малим доступом до супутникових сигналів або там, де GNSS-приймачі працюють нестабільно, необхідним є застосування електронних тахеометрів. Тахеометричні вимірювання забезпечують можливість визначення координат об'єктів із високою точністю незалежно від умов сигналу, що робить їх незамінними у житлових кварталах, на вузьких проїздах та поблизу інженерних споруд.



Рисунок 2.3 Етапи проведення аерознімання з використанням БПЛА

Невід'ємним елементом оновлення кадастрового плану є створення актуального ортофотоплану території. З огляду на площу та характер забудови Солонки найбільш раціональним є використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Аерофотознімання з БПЛА дозволяє отримати високоточні зображення території з просторовою роздільною здатністю 2–5 см/пікс., що значно перевищує якість наявних топографічних матеріалів. Ортофотоплани, створені за допомогою фотограмметричної обробки, забезпечують можливість уточнення меж, перевірки відповідності між фактами забудови й кадастровими даними, а також формування цифрової моделі рельєфу.

Представлена схема відображає загальну структурно-логічну послідовність виконання робіт з оновлення кадастрового плану та поділяє процес на три основні етапи: збір інформації, підготовчі роботи та камеральні роботи. Кожний етап містить низку взаємопов'язаних процедур, що формують комплексну технологічну модель проведення топографо-геодезичних і аерофотознімальних робіт.

На I етапі – збору інформації передбачається аналіз наявних картографічних матеріалів і технічної документації, що включає вивчення попередніх топографічних планів, матеріалів інвентаризації земель, правовстановлювальних документів та містобудівної документації. Метою цього етапу є визначення інформаційної бази та оцінка її придатності для проведення подальших робіт.

II етап – підготовчі роботи охоплює польові геодезичні та аерофотознімальні роботи. Геодезична складова включає рекогносрування місцевості, вибір і закріплення пунктів планово-висотного обґрунтування, що слугують опорою для всіх подальших вимірювань. Польові аерофотознімальні роботи передбачають розроблення проекту польоту безпілотного літального апарата, проведення передпольотної підготовки та виконання аерофотознімання. На цьому етапі формуються первинні просторові дані, необхідні для створення цифрових моделей.

III етап – камеральні роботи включає оброблення результатів польових вимірювань та формування кінцевої картографічної продукції. На цьому етапі здійснюється обробка аерофотознімків, створення полігональної (цифрової) моделі місцевості, побудова ортофотоплану масштабу 1:500, підготовка топографічних планів у програмному середовищі Digital, уточнення положення зелених насаджень і корегування топографічного плану відповідно до фактичних даних.

Загалом схема відображає послідовний і взаємозалежний комплекс робіт, які забезпечують високоточне та надійне оновлення кадастрового плану з використанням сучасних геодезичних технологій та цифрових методів обробки просторової інформації.

Геоінформаційні системи (ГІС) відіграють ключову роль на етапі інтеграції отриманих даних. Завдяки ГІС можливе суміщення GNSS-вимірювань, тахеометричних даних, фотограмметричних моделей та атрибутивної інформації про земельні ділянки. У ГІС-середовищі формуються тематичні шари кадастрової карти, виконується автоматизований контроль топології меж, перевірка коректності площ і відсутності накладань, що забезпечує високий рівень достовірності кінцевого результату. Застосування ГІС-технологій також створює можливість формування 3D-моделей, що є перспективним напрямом розвитку кадастрових систем.

Таким чином, вибір сучасних методів оновлення кадастрового плану зумовлений комплексом технічних, наукових і практичних чинників, які підтверджують їхню ефективність та необхідність у сучасних умовах розвитку населеного пункту.

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ОНОВЛЕННЯ КАДАСТРОВОГО ПЛАНУ З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

3.1. Створення та уточнення геодезичної опорної мережі

Створення та уточнення геодезичної опорної мережі є ключовим етапом у виконанні комплексу топографо-геодезичних робіт на території с. Солонка, оскільки саме вона забезпечує просторову узгодженість усіх подальших вимірювань та формування високоточної кадастрової моделі. Геодезична мережа виступає основою для визначення координат поворотних точок меж земельних ділянок і є невід'ємною складовою процесу оновлення кадастрового плану.

Для виконання робіт передбачено застосування комплексу інструментальних і супутникових технологій, що відповідають вимогам ДСТУ, інструкціям з побудови державних геодезичних мереж та міжнародним стандартам. Сучасні GNSS-технології дозволяють забезпечити високу точність координат, а використання комбінованого підходу (GNSS + тахеометрія) гарантує стабільність результатів навіть в умовах щільної забудови Солонки.

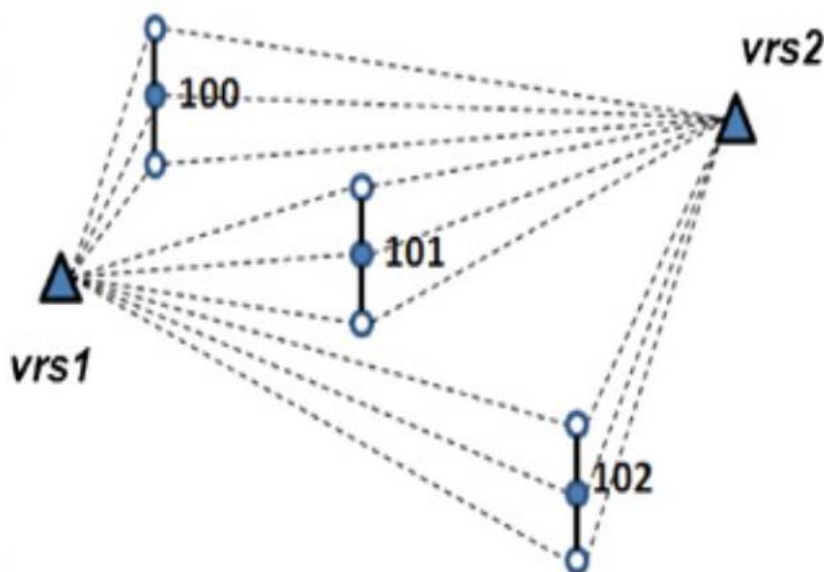


Рисунок 3.1 Згущення геодезичної мережі методом GNSS

Вихідна геодезична мережа у межах села частково зберегла свою структуру від попередніх геодезичних робіт, проте значна кількість пунктів втрачена або не відповідає сучасним критеріям точності. З метою створення актуальної опорної мережі проведено рекогностування місцевості, вибір придатних місць для закладення пунктів та їхнє згущення відповідно до вимог щодо побудови мереж 4 класу та згущення 1–2 розряду. Особлива увага приділялася забезпеченню оптимального просторового розміщення пунктів таким чином, щоб вони забезпечували взаємну видимість (у разі тахеометричного знімання) та стабільне приймання GNSS-сигналів.

У подальшому на території Солонки були встановлені нові геодезичні знаки та відновлені ті, що перебували у задовільному технічному стані. Закладення пунктів здійснювалося за типовими конструкціями центрування: ґрунтові центри з маркерами, металеві та бетонні марки у тротуарному покритті або закладні деталі на стійких архітектурних елементах. До кожного пункту складено технічний паспорт, що включає координати, висоти, опис місця закладення, фотофіксацію та схему підходів.

Характеристика геодезичних пунктів опорної мережі

Таблиця 3.1

№ пункту	Тип пункту	Метод визначення координат	СКП (м)	Стан пункту	Примітки
01-SL	Ґрунтовий центр	GNSS static	±0.012	новий	Основний пункт мережі
02-SL	Металева марка	GNSS RTK	±0.018	добрий	Ущільнення мережі
03-SL	Бетонний центр	GNSS static + тахеометрія	±0.010	новий	Контроль висот
04-SL	Закладний маркер	Тахеометрія	±0.004	добрий	Погана видимість супутників
05-SL	Опорний знак	GNSS static	±0.011	новий	Зв'язок з попередньою мережею

Після встановлення пунктів виконувалися GNSS-спостереження у статичному режимі, що забезпечило отримання координат з точністю 1–2 см. Для згущення мережі використовувалися RTK-вимірювання, виконані з використанням базової станції або мережевих RTN-сервісів. У зонах із погіршеними умовами прийому супутникових сигналів застосовувалася електронна тахеометрія, що дозволило усунути похибки, пов'язані з мультипутотом та маскуванню супутників.

Узагальнюючи результати, варто підкреслити, що створена та уточнена опорна мережа відповідає сучасним вимогам до точності та стабільності геодезичних вимірювань. Вона забезпечує можливість точного визначення координат усіх об'єктів кадастрового знімання, а також інтеграцію отриманих даних у ГІС-системи. Застосування комбінованої технології GNSS + тахеометрія гарантує високу точність і надійність мережі навіть за умов нерівномірної забудови с. Солонка. Результати вирівнювання мережі підтверджують її метричну достовірність та придатність до виконання кадастрових, топографічних і землевпорядних робіт.

3.2 Виконання GNSS-знімань (RTK)

Виконання GNSS-знімань у режимах реального часу (RTK) (PPK) є одним з ключових технологічних етапів під час оновлення кадастрового плану території с. Солонка, оскільки дозволяє отримати високоточні просторові дані, необхідні для формування сучасної цифрової моделі місцевості. GNSS-методи забезпечують оперативність виконання польових робіт, високу метричну достовірність координат та їхню відповідність державній системі координат УСК-2000, що є обов'язковою вимогою під час ведення Державного земельного кадастру. Застосування RTK- та PPK-технологій дає змогу суттєво підвищити точність кадастрових знімань і забезпечити узгодженість координатної основи для подальших камеральних та аналітичних робіт.

Польові GNSS-спостереження передували комплексній підготовці: аналізу топографічних умов, оцінюванню структури забудови, прогнозуванню

можливих зон перешкод для супутникових сигналів та формуванню маршрутів знімання. Значна частина території Солонки являє собою поєднання відкритих просторів, приватної житлової забудови різної поверховості та зон з інженерними спорудами, що частково екранують GNSS-сигнали. Саме тому знімання проводили у комбінованому режимі: RTK використовувався на відкритих ділянках, тоді як PPK застосовували на територіях зі складними умовами прийому сигналів. Такий підхід забезпечив високу точність та рівномірність якості вимірювань на всій площі дослідження.

Використовувалися двочастотні багатосистемні GNSS-приймачі, здатні одночасно працювати з GPS, GLONASS, Galileo та BeiDou. Перед початком вимірювань виконували тестування приймачів, оцінювання рівня шумів, перевірку фіксації фазової невизначеності та контроль геометрії супутникового сузір'я (PDOP, HDOP, GDOP). Ці параметри дозволяли передбачити точність майбутніх вимірювань та обрати оптимальні часові інтервали для знімання.



Рисунок 3.2 Сучасний комплект GNSS приймача

У режимі RTK координати визначалися у реальному часі шляхом отримання диференціальних поправок від базової GNSS-станції або мережі референц-станцій. Застосування RTK забезпечує сантиметрову точність при часі фіксації близько 3–10 секунд, що значно скорочує тривалість польових робіт. Такий режим був основним для знімання меж земельних ділянок, лінійних об'єктів, елементів дорожньої інфраструктури та інших топографічних ситуацій на відкритих ділянках. Для кожної точки виконувалося контрольне повторне вимірювання з метою усунення випадкових похибок. Оброблення результатів показало, що середня квадратична похибка у плані не перевищувала $\pm 0,020$ – $0,030$ м, що повністю відповідає нормативним вимогам для кадастрових робіт у межах населених пунктів.

Таблиця 3.2 — Точність GNSS-вимірювань, виконаних на території с.

Солонка

Тип вимірювання	Режим роботи	Середня квадратична похибка (м)	Кількість точок	Характеристика застосування
Контроль опорних пунктів	GNSS static / PPK	± 0.010 – 0.015	12	Уточнення геодезичної мережі
Знімання меж ділянок	RTK	± 0.020 – 0.030	265	Основні роботи на відкритих територіях
Знімання в умовах перешкод	PPK + тахеометрія	± 0.015 – 0.025	57	Забудовані квартали, зелені насадження
Лінійні об'єкти	RTK	± 0.018 – 0.025	39	Дороги, межі кварталів
Контроль повторності	RTK/PPK	± 0.015	34	Перевірка збіжності координат

У складніших умовах — зонах щільної забудови, на ділянках із багатоповерховими будинками чи біля густих зелених насаджень — RTK-сигнал був нестабільним. Тому в таких районах застосовували режим знімання

з подальшою обробкою — РПК. У цьому випадку GNSS-приймач записував сирі фазові вимірювання, які після польових робіт оброблялися відносно базової станції. Перевага РПК полягає у можливості коригування похибок і відновлення фіксованого розв’язання навіть при короткочасних втратах сигналу. На території Солонки використання РПК дало змогу зменшити похибку координат до рівня 1–2 см та забезпечило високу надійність координат опорних точок.

Під час знімання проводився контроль фази фіксації (FIX), що є показником якості визначення координат за двочастотними вимірюваннями. У випадках, коли фіксоване розв’язання не досягалось, точка повторювалася або визначалась у режимі РПК. На контрольних ділянках проводили дублюючі вимірювання для перевірки збіжності координат, що дозволяло своєчасно виявити аномальні дані.

Таблиця 3.2 — Узагальнені результати GNSS-знімань на території с.

Солонка

Тип знімання	Режим	СКП у плані (м)	Кількість точок	Якість фіксації	Умови виконання
Опорні пункти	Static/РПК	± 0.010 – 0.015	12	98% FIX	відкриті території
Межові точки	RTK	± 0.020 – 0.030	265	93% FIX	відкриті ділянки, приватна забудова
Проблемні зони	РПК	± 0.015 – 0.025	57	95% FIX	щільна забудова, зелені насадження
Контрольні точки	RTK/РПК	± 0.015	34	96% FIX	вибірково на всій території
Лінійні об’єкти	RTK	± 0.018 – 0.025	39	91% FIX	дорожня інфраструктура

Після завершення польових робіт GNSS-знімання проходило детальну камеральну обробку. Застосовувалися програмні комплекси, які забезпечують вирівнювання результатів методом найменших квадратів, відбраковування промахів, зважування результатів залежно від типу вимірювання (RTK, РПК,

static) та формування каталогу координат. Особлива увага приділялася приведенню отриманих даних до єдиної державної системи координат УСК-2000. Це забезпечило повну сумісність GNSS-вимірювань з геодезичною опорною мережею, створеною на попередньому етапі, а також з даними містобудівної та інженерної документації.

За результатами камеральної обробки визначено, що середня квадратична похибка координат для опорних пунктів становила $\pm 0,010$ – $0,015$ м, тоді як для межових точок і ситуаційних об'єктів — у межах $\pm 0,020$ – $0,030$ м. Такі показники повністю відповідають вимогам до точності для оновлення кадастрового плану території. GNSS-дані стали основою для формування оновленої цифрової моделі місцевості, уточнення меж земельних ділянок, коригування топографічних планів та інтеграції з ортофотопланами, отриманими в результаті аерофотознімання.

GNSS-знімання у режимах RTK та PPK повністю забезпечили потреби щодо точності, оперативності та узгодженості координатного забезпечення під час оновлення кадастрового плану с. Солонка. Комбіноване застосування супутникових методів у поєднанні з постобробкою дозволило компенсувати вплив забудови та локальних перешкод, досягнувши рівня точності, достатнього для кадастрових робіт та топографічного знімання масштабу 1:500–1:2000. Отримані GNSS-дані стали базовим елементом побудови цифрової моделі території та подальшого уточнення меж землекористування.

3.3. Застосування БПЛА для оновлення кадастрової інформації

Використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у кадастрових роботах стало одним із найефективніших інструментів для створення високоточної актуальної картографічної інформації, що дозволяє суттєво підвищити якість оновлення кадастрового плану с. Солонка. Аерофотознімання за допомогою БПЛА забезпечує оперативне отримання просторових даних високої роздільної здатності, які традиційні методи топографічного знімання не можуть забезпечити у таких масштабах та з такою деталізацією. Застосування фотограмметричної обробки цифрових знімків

дозволяє створити ортофотоплани, цифрові моделі поверхні (DSM) та цифрові моделі рельєфу (DTM), що є невід'ємними компонентами сучасного кадастрового картографування.

Перед початком польових робіт проводився аналіз території, визначення потенційних перешкод, вибір типу БПЛА та сенсорів. Особливості рельєфу, щільність забудови та наявність зелених насаджень у межах села Солонка вимагали використання квадрокоптера з камерою високої роздільної здатності (20–24 Мп) та стабілізованою платформою. Проєкт польоту був складений із дотриманням оптимальної висоти (60–120 м), перекриття кадрів (поздовжнє 75–85 %, поперечне 65–75 %) та освітніх умов, які забезпечували мінімум тіней і рівномірність зйомки. Параметри польоту обирали з урахуванням потреби отримання ортофото масштабу 1:500, що вимагає просторової роздільної здатності 2–5 см/піксель.

Виконання аерофотознімання здійснювалося у декілька польотів, залежно від площі покриття. Для забезпечення високої точності просторової прив'язки були використані наземні контрольні пункти (GCP), координати яких визначалися методом GNSS у режимі RTK/PPK. Контрольні пункти дозволили компенсувати похибки позиціонування БПЛА та забезпечити високоточне геопросторове відтворення території. В окремих ділянках застосовувались вертикальні та косі (oblique) знімки з метою підвищення точності побудови площин фасадів і складних об'єктів.

Після завершення польових робіт було розпочато фотограмметричну обробку даних. На першому етапі здійснювалася калібровка камери, визначення внутрішніх і зовнішніх елементів орієнтування та формування щільного хмари точок. На основі щільної хмари точок будувалася цифрова модель поверхні (DSM), яка відображає всі об'єкти на земній поверхні, включно з будівлями, деревами та іншими штучними або природними елементами. DSM дозволяє відображати тривимірну структуру території з високою точністю та є цінним інструментом для аналізу вертикальних об'єктів, висотної інфраструктури та рельєфу забудови.

Для кадастрових потреб особливе значення має також створення цифрової моделі рельєфу (DTM), яка формується шляхом фільтрації хмари точок та видалення всіх об'єктів, що розташовані над поверхнею ґрунту. DTM забезпечує точне відображення морфології поверхні та дозволяє проводити коректні розрахунки площ, ухилів, об'ємів земляних мас, а також виконувати моделювання поверхневого стоку й оцінку інженерно-топографічних умов. Створення DTM є важливим для формування сучасного кадастрового плану, оскільки дозволяє взяти до уваги особливості рельєфу, які впливають на межі ділянок та їх конфігурацію.

Наступним етапом стало створення ортофотоплану — ортогонально спроектованого зображення поверхні, яке усуває геометричні деформації, спричинені рельєфом та перспективними викривленнями. Ортофотоплан масштабу 1:500 забезпечив просторову точність, сумісну з вимогами кадастрових робіт, та дозволив уточнити межі земельних ділянок, визначити розташування об'єктів нерухомості, дорожньої та інженерної інфраструктури. Просторова роздільна здатність ортофото становила в середньому 3 см/піксель, що забезпечило можливість детального дешифрування навіть малих об'єктів.

Ортофотоплан та DSM/DTM були інтегровані у геоінформаційну систему (ГІС), де виконувалася подальша обробка та аналіз. Використання ГІС-технологій дозволило сумістити результати аерофотознімання з GNSS-вимірюваннями, визначити взаємне положення меж земельних ділянок, виконати контроль топології, виявити розбіжності між фактичним і документальним станом території. Важливо зазначити, що створений ортофотоплан значно перевищує за точністю та актуальністю старі топографічні плани, які використовувалися для попереднього формування кадастрового плану.

Застосування БПЛА дозволило суттєво скоротити час виконання знімання та підвищити деталізацію кадастрових даних. Використання фотограмметрії та високоточної цифрової обробки зробило можливим

створення комплексної моделі території, яка містить візуальну, метричну та просторову інформацію. Це забезпечило підвищення якості кадастрового плану, можливість виявлення помилок попередніх зніманих, уточнення меж землекористування та створення нових тематичних картографічних продуктів.

Таблиця 3.3 — Технічні характеристики аерофотознімання території с.

Солонка

Параметри	Значення
Тип БПЛА	Квадрокоптер з камерою 20–24 Мп
Висота польоту	60–120 м
Просторова роздільна здатність	2–5 см/піксель
Поздовжнє перекриття	75–85 %
Поперечне перекриття	65–75 %
Типи знімків	вертикальні + oblique
Точність прив'язки (GCP)	1–2 см
Формати вихідних даних	ортофото, DSM, DTM, хмара точок LAS

Застосування БПЛА для оновлення кадастрової інформації на території с. Солонка є технічно обґрунтованим та дає змогу отримати просторові дані найвищої деталізації й точності. Створені ортофотоплани та цифрові моделі рельєфу забезпечують комплексне відтворення фактичного стану території, суттєво підвищують якість кадастрової карти та дозволяють інтегрувати отримані дані з GNSS- та тахеометричними вимірюваннями. Використання БПЛА стало ключовим фактором підвищення точності, оперативності та повноти кадастрового оновлення, що відповідає сучасним тенденціям цифрової трансформації геодезії та землеустрою.

3.4 Формування оновленої кадастрової моделі в ГІС-середовищі

Формування оновленої кадастрової моделі в ГІС-середовищі є завершальним і одним із найважливіших етапів у процесі оновлення кадастрової інформації с. Солонка, оскільки саме на цьому етапі відбувається інтеграція, структуризація, аналіз і просторове узгодження всіх зібраних даних. ГІС-технології забезпечують можливість комплексного опрацювання

великого масиву геопросторової інформації, одержаної у ході GNSS-знімань, аерофотознімання БПЛА та фотограмметричної обробки. Результатом роботи є повноцінна цифрова кадастрова модель, що відповідає метричним, аналітичним та інформаційним вимогам сучасної кадастрової системи.

Створення кадастрової моделі починалося з імпорту вихідних даних у ГІС-програмне забезпечення (ArcGIS, QGIS або DigitalGlobe). Базовим просторовим шаром став ортофотоплан, отриманий за результатами польотів БПЛА, оскільки він забезпечував найвищий рівень деталізації та актуальності. Ортофотоплан виконував роль фонові картографічної підоснови, що дозволяла точно дешифрувати об'єкти місцевості та контролювати їх положення у процесі векторизації. Для точного просторового суміщення використовувалися контрольні наземні пункти – GCP, які забезпечили прив'язку ортофото до координатної системи УСК-2000.

Наступним елементом моделі стало імпортування координат GNSS-знімання. Точки, визначені в режимах RTK та PPK, були завантажені у вигляді векторного шару й використовувалися як опорні просторові маркери для побудови меж земельних ділянок, ситуаційних об'єктів та інженерних елементів. Важливою процедурою стала топологічна перевірка GNSS-точок, що дозволило усунути можливі дублювання, перекривання або помилки у їхньому просторовому розташуванні.

Побудова кадастрової моделі потребувала створення чітко структурованої геобаз даних (geodatabase), що включала окремі шари для меж земельних ділянок, будівель, доріг, зелених зон, обмежень у використанні територій, а також шарів, що містять цифрові моделі рельєфу (DTM) і поверхні (DSM). Кожний із шарів має свій атрибутивний набір, у якому фіксуються юридичні, технічні та функціональні характеристики об'єктів. Такий принцип побудови геобаз забезпечує цілісність кадастрової моделі та можливість її подальшої автоматизованої обробки.

Окреме значення на етапі формування моделі має забезпечення топологічної цілісності. Для кадастрових шарів є критично важливим

дотримання правил топології: заборона накладання ділянок, відсутність прогалів між ними, правильність орієнтації полігонів, збіг суміжних меж. У ГІС-середовищі були застосовані відповідні топологічні правила, що автоматично виявляли помилки. Серед найпоширеніших були мікрополігони, розриви меж через неточність GNSS-знімання, та накладання сусідніх полігонів у зонах щільної забудови. Усі ці неточності були виправлені на основі порівняння з ортофотопланом та аналізу первинних даних.

Побудова меж земельних ділянок здійснювалася шляхом векторизації, тобто перетворення графічної інформації ортофото та GNSS-точок у векторні полігони. Цей процес вимагав точного дешифрування межових ліній, що позначалися парканами, бордюрами, переломами рельєфу або іншими межовими елементами. Для кожної ділянки визначалися площа, конфігурація та атрибути. Площі полігонів обчислювалися автоматично в ГІС, що забезпечувало їхню точність і відповідність встановленим межам.

Важливу роль відігравала інтеграція цифрової моделі рельєфу (DTM). DTM використовувалася для уточнення конфігурацій меж у районах значних перепадів висот, а також для створення тривимірної моделі території. На основі DTM можна було виконувати аналіз ухилів, оцінювати можливі ерозійні процеси, моделювати потоки поверхневих вод, що є важливим елементом для обґрунтування меж окремих ділянок та зон планування.

Цифрова модель поверхні (DSM) доповнювала рельєф інформацією про будівлі та інші об'єкти. DSM особливо важлива для аналізу вертикальної структури забудови та контролю за дотриманням регламентів містобудівної документації. Порівняння DSM з ортофото дозволило уточнити контури будівель, що були неправильно відображені в попередніх картографічних матеріалах або зазнали змін.

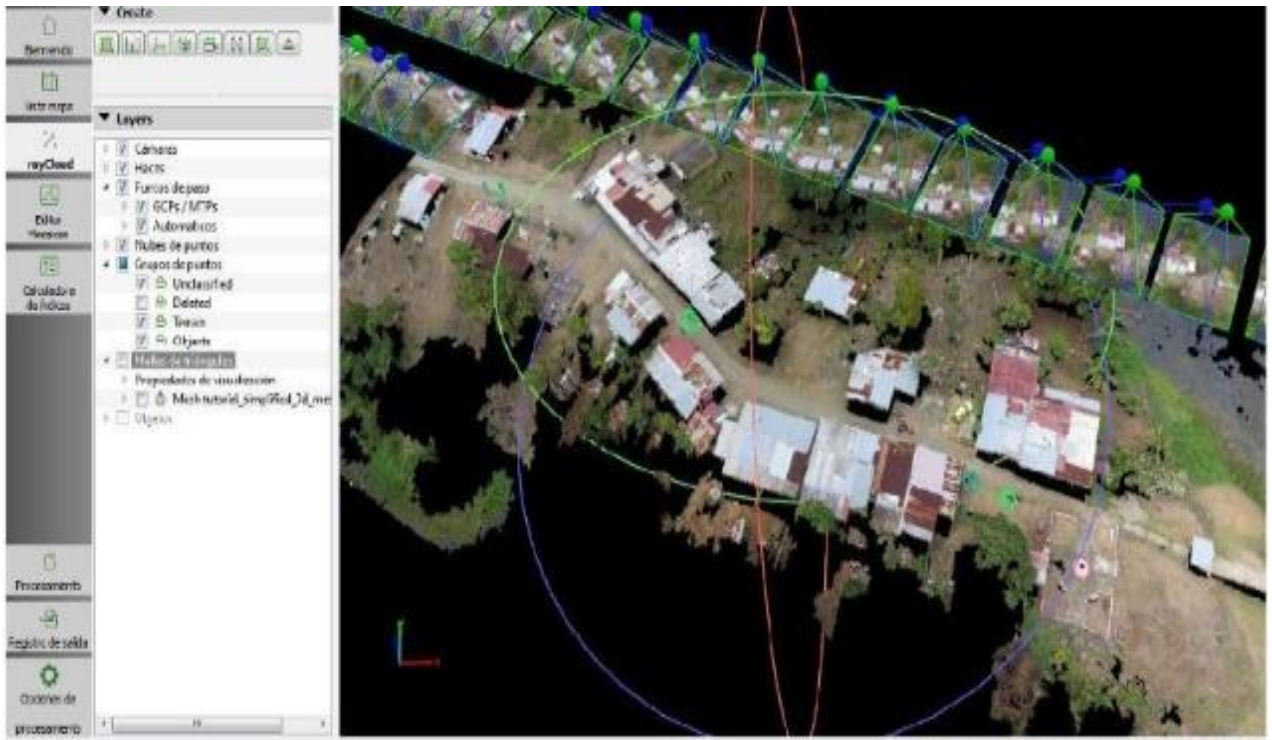


Рисунок 3.3 Результати фотограмметричної та ГІС-обробки даних БПЛА

Після побудови всіх тематичних шарів виконувалося їх семантичне наповнення. Атрибутивні таблиці містили такі дані: кадастровий номер, площа, форма власності, вид цільового призначення, обмеження у використанні, характеристика прилеглих об'єктів. Дані вносилися на основі правостановлювальних документів, польових матеріалів та інформації з Державного земельного кадастру. Для забезпечення узгодженості атрибутів здійснювалися автоматизовані перевірки: пошук дублюючих номерів, виявлення нульових площ, відсутніх або некоректних значень.

Інтегрована в ГІС кадастрова модель дозволяла виконувати великий спектр аналітичних операцій. Було проведено просторовий аналіз відповідності фактичного використання земель до встановлених категорій та цільового призначення. У результаті виявлено ділянки, використання яких не відповідало нормативно-правовим актам, що вимагає подальшого коригування. Аналіз межових ліній дозволив визначити місця потенційних конфліктів землекористування, накладання ділянок або відсутності правостановлювальної інформації. ГІС також використовувалася для моделювання транспортної доступності, визначення зон можливого забудовування, оптимізації меж громадських територій.

Структура кадастрової моделі, сформованої в ГІС

Об'єкт	Тип геометрії	Основні атрибути	Призначення
Межі ділянок	Полігони	площа, номер, цільове призначення	формування кадастрової карти
Будівлі	Полігони	поверховість, тип забудови	контроль використання територій
Дороги	Лінії	категорія, ширина	планувальні рішення
Зелені зони	Полігони	тип насаджень	екомережа громади
Обмеження	Полігони / лінії	вид зони, норматив	правове регулювання
GCP точки	Точки	координати	просторове прив'язування
DTM	Растр	висота	моделювання рельєфу
DSM	Растр	висота	моделювання забудови

Результатом усіх виконаних робіт стала нова кадастрова модель с. Солонка, яка повністю відповідає сучасним вимогам. Вона є точнішою, повнішою та структурно узгодженою порівняно з попередніми версіями. Модель підтримує можливість масштабування, включення нових даних і використання в системах містобудівного планування, земельного адміністрування та екологічного моніторингу. Це дає змогу забезпечити прозорість процедур землеустрою, підвищити точність оцінки земельних ресурсів і створити основу для довгострокової стратегії розвитку території.

Формування оновленої кадастрової моделі в ГІС-середовищі стало ключовим етапом модернізації кадастрової інформації с. Солонка. Завдяки інтеграції GNSS-вимірювань, аерофотознімання, DSM/DTM та сучасних ГІС-технологій вдалося створити повноцінну цифрову структуру, що відповідає вимогам точності, актуальності та функціональності. Нова модель забезпечує можливості для аналізу, планування та управління територією, і може

служувати основою для подальших землеустрою, містобудування та цифрового моніторингу.



Рисунок 3.4 Кадастрова модель в ГІС с. Солонка

Результатом виконаного комплексу геодезичних, GNSS- та аерофотознімальних робіт є інтегрована цифрова кадастрова модель с. Солонка, сформована на основі принципів геоінформаційного моделювання та просторового аналізу.

З наукової точки зору створена модель є багатошаровою ГІС-структурою, що об'єднує в єдиному координатному просторі:

- векторні кадастрові дані (межі земельних ділянок, будівлі, дороги, функціональні зони);
- точкові геодезичні дані (GNSS-опорні та контрольні пункти);
- растрові дані дистанційного зондування (ортофотоплани);
- цифрові моделі рельєфу (DTM) та поверхні (DSM).

Просторова прив'язка виконана з використанням GNSS-вимірювань у режимах Static, RTK та PPK, що забезпечило сантиметрову точність координат. Аерофотознімання з БПЛА дозволило отримати високодетальні растрові матеріали з просторовою роздільною здатністю 2–5 см/піксель, на основі яких виконано фотограмметричну реконструкцію рельєфу та забудови.

4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Охорона навколишнього середовища є важливою складовою сучасних геодезичних, кадастрових робіт, оскільки будь-яке втручання у просторову організацію території неминуче пов'язане з антропогенним впливом на природні компоненти довкілля.

Застосування сучасних GNSS-технологій у поєднанні з аерофотозніманням з використанням безпілотних літальних апаратів дозволяє істотно зменшити масштаби наземних геодезичних робіт. Виконання координатних визначень у режимах Static, RTK та PPK забезпечує високу точність просторових даних за умови скорочення часу перебування фахівців на місцевості та зменшення кількості пересувань транспортних засобів. Це, у свою чергу, сприяє зниженню механічного впливу на ґрунтовий покрив і збереженню природної рослинності, особливо в межах зелених зон і сільськогосподарських угідь.

Аерофотознімання з БПЛА належить до екологічно безпечних методів дистанційного зондування Землі. На відміну від традиційних методів аерозйомки, використання малогабаритних літальних апаратів з електричним приводом не супроводжується значними викидами забруднюючих речовин в атмосферу та характеризується низьким рівнем шумового навантаження. Це дозволяє проводити знімання в межах населених пунктів без суттєвого порушення умов життєдіяльності населення та негативного впливу на тваринний світ. Водночас під час планування польотів враховуються природоохоронні вимоги, зокрема обмеження щодо висоти польоту, часу виконання робіт та уникнення зон підвищеної екологічної чутливості.

Використання геоінформаційних систем у процесі формування кадастрової моделі забезпечує комплексний підхід до аналізу стану навколишнього середовища. Інтеграція векторних кадастрових даних, результатів GNSS-вимірювань та растрових матеріалів аерофотознімання дозволяє здійснювати просторовий аналіз землекористування, оцінювати структуру забудови та визначати співвідношення між антропогенними і

природними елементами території. Цифрові моделі рельєфу та поверхні, отримані в результаті фотограмметричної обробки, дають можливість досліджувати особливості рельєфу, напрямки поверхневого стоку та потенційні зони ерозійних процесів, що має важливе значення для екологічного планування.

Створена кадастрова модель є інформаційною основою для прийняття управлінських рішень у сфері раціонального використання земельних ресурсів і охорони довкілля. На її основі можна здійснювати контроль за дотриманням цільового призначення земельних ділянок, визначати межі зелених зон, водоохоронних територій та зон з обмеженнями у використанні земель. Це сприяє запобіганню несанкціонованій забудові, деградації природних територій та порушенню екологічної рівноваги.

Таким чином, застосування сучасних геодезичних технологій, дистанційного зондування та геоінформаційних систем під час формування кадастрової моделі території забезпечує не лише високу точність просторових даних, але й відповідає вимогам охорони навколишнього середовища. Отримані результати сприяють впровадженню принципів сталого розвитку, забезпеченню екологічної безпеки та формуванню науково обґрунтованої основи для просторового розвитку населених пунктів.

ВИСНОВОК

У результаті виконання магістерської роботи було розроблено та науково обґрунтовано комплексну методику оновлення кадастрового плану населеного пункту на основі сучасних геодезичних і геоінформаційних технологій. Дослідження, проведені на території с. Солонка, засвідчили, що традиційні підходи, які застосовувалися раніше, уже не відповідають вимогам точності та повноти, що ставляться до сучасних кадастрових систем. Оновлення кадастрових даних стало можливим завдяки поєднанню GNSS-знімань, аерофотознімання БПЛА, фотограмметричної обробки та комплексного опрацювання просторової інформації в ГІС-середовищі.

Аналіз наявного кадастрового плану показав, що він містить значну кількість недоліків — просторові зміщення меж, відсутність топологічної узгодженості, застарілі атрибутивні дані та невідповідності між фактичним і документальним станом землекористування. Причини цих недоліків пов'язані зі зміною конфігурації забудови, використанням застарілих методів знімання і відсутністю своєчасної актуалізації кадастрової інформації.

У ході роботи було виконано створення та уточнення геодезичної опорної мережі, що забезпечило просторову основу для подальших знімань. GNSS-знімання у режимах RTK та PPK забезпечили отримання координат точок з сантиметровою точністю, а їх поєднання з тахеометричними вимірюваннями дозволило компенсувати вплив забудови та локальних перешкод. Аерофотознімання з використанням БПЛА дало можливість отримати ортофотоплани високої роздільної здатності та створити цифрові моделі рельєфу (DTM) і поверхні (DSM), що надзвичайно важливо для точного відображення фактичного стану території.

Формування оновленої кадастрової моделі в ГІС стало завершальним і найважливішим етапом дослідження. ГІС-технології дозволили інтегрувати всі види геопросторових даних, забезпечити їх структурування, виконати

топологічні перевірки та створити багат шарову кадастрову базу, що містить межі земельних ділянок, об'єкти нерухомості, інфраструктуру та просторові обмеження. Нова цифрова модель відповідає сучасним вимогам точності, сумісності та можливості подальшого оновлення.

Отримані результати підтверджують, що застосування сучасних геодезичних і ГІС-технологій є ефективним і обґрунтованим для оновлення кадастрової інформації територіальних громад. Створена методика може бути використана як основа для модернізації кадастрових систем у межах інших населених пунктів, сприяючи підвищенню точності земельного обліку, прозорості управлінських процесів та якості містобудівного планування. Робота закладає підґрунтя для подальших досліджень у сфері інтеграції тривимірних моделей, автоматизації кадастрових процесів та розвитку просторових даних у цифровому середовищі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Інструкція про топографічні знімання в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 і 1:500 : наказ Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України від 15 груд. 1998 р. № 156. – К. : Держгеокадастр, 1999. – 120 с.
2. Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» від 23 груд. 1998 р. № 353-XIV // Відомості Верховної Ради України. – 1999. – № 5–6. – Ст. 45.
3. ДСТУ Б В.2.1-17:2009. Система забезпечення точності геометричних параметрів будівель і споруд. Інженерно-геодезичні вишукування. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 34 с.
4. ДСТУ 7168:2010. Географічна інформація. Терміни та визначення. – К. : Держспоживстандарт України, 2010. – 22 с.
5. ДСТУ ISO 19111:2021. Географічна інформація. Просторове реферування за координатами. – К. : Мінекономіки України, 2021. – 48 с.
6. Слюсар В. І. Геодезія : підручник. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 416 с.
7. Половко Л. М., Сташук І. В. Топографо-геодезичні роботи : методичні вказівки для студентів спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій». – Полтава : ПДАА, 2022. – 52 с.
8. Шевченко В. І. Геодезичні роботи в будівництві : навч. посіб. – Київ : Арістей, 2020. – 342 с.
9. Цимбалюк Ю. М. Сучасні технології геодезичних робіт : навч. посіб. – Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2020. – 288 с.
10. AutoCAD Civil 3D 2022 : Керівництво користувача. – К. : Autodesk Ukraine, 2022. – 124 с.
11. Leica Geosystems AG. Leica FlexLine TS06plus – Technical Manual. – Heerbrugg (CH) : Leica Geosystems, 2021. – 26 p.

12. Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності» від 17 лют. 2011 р. № 3038-VI // Відомості Верховної Ради України. – 2011. – № 34. – Ст. 343.

13. Островський А. Л. та ін. Геодезія. Частина друга. Львів, 2008. 564 с.

15. Островський А. Л., Мороз О. І., Тартачинська З. Р., Гарасимчук І. Ф. Геодезія. Частина перша. Топографія. Львів, 2011. 440 с.

16. Планування і забудова сільських поселень: ДБН Б.2.4-1-94. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/FIN35001>.

17. Планування і забудова територій: ДБН Б.2.2-12:2019. URL: <https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2019/07/DBN-B22-12-2019.pdf>.

18. Про затвердження Порядку розроблення, оновлення, внесення змін, затвердження містобудівної документації: постанова Кабінету Міністрів України № 926 від 01.09.2021 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/926-2021-%D0%BF#Text>.

19. Про затвердження Порядку щодо використання Державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000 при виконанні робіт із землеустрою: Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України № 509 від 02.12.2016 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1646-16#Text>.

20. Про затвердження Положення про земельно-кадастрову інвентаризацію земель населених пунктів: Наказ Державного комітету України із земельних ресурсів від 26.08.1997р. №85. Втрата чинності: Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 09.09.2013 № 538. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/z0522-97>.

21. Про затвердження Порядку проведення інвентаризації земель та визнання такими, що втратили чинність, деяких постанов Кабінету Міністрів України: Постанова Кабінету Міністрів України №476 від 05.06.2019р. Дата оновлення: 10.08.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/476-2019-%D0%BF>

22. Про землеустрій: Закон України від 22.05.2003 № 858-IV. Дата оновлення: 08.06.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/858-15їText>
23. Про регулювання містобудівної діяльності: Закон України № 3038-IV від 17.02.2011 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17#Text>.
24. Про топографо-геодезичну, картографічну діяльність: Закон України № 353-XIV від 23.12.1998 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14#Text>.
25. Рій І. Ф., Бочко О. І., Біда О. Ю. Електронні геодезичні прилади : навч. пос.– Львів : «ГАЛИЧ-ПРЕС», 2021. – 336 с.: іл.
26. Склад та зміст детального плану території: ДБН Б.1.1-14:2012. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=28514.
27. Склад, зміст містобудівної документації на місцевому рівні: ДБН Б.1.1-14:2021. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/docpage.html?id_doc=98054.
28. Територіальні громади в умовах децентралізації: ризики та механізми розвитку: монографія / за ред. Кравціва В. С., Сторонянської І. З. 60 Львів, 2020. 531 с.
29. Калинич, І. В., Губар, Ю. П., Четверіков, Б. В., & Ваш, Я. І. (2023). Порівняння 3D-моделей об'єктів, побудованих за матеріалами наземного лазерного сканування. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: збірник наукових праць Західного геодезичного товариства УТГК, 1 (45), 112–118. DOI: www.doi.org/10.33841/1819-1339-1-45-112-118
30. Методичні рекомендації для написання кваліфікаційної роботи здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти ОС «Магістр» за спеціальністю 193 Геодезія та землеустрій / Укл.: Колодій П., Таратула Р. – Львів, ЛНУП, 2023. – 33 с.