

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Інститут архітектури та будівництва "ІФНТУНГ-ДонНАБА"

Кафедра геодезії та землеустрою

Гордей Олександр Михайлович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 528.48

(індекс)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Аналіз ефективності фотограмметричних технологій в земельному

кадастрі

(назва роботи)

Геодезія

(назва освітньої програми)

193 Геодезія та землеустрій

(шифр і назва спеціальності)

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник

к.т.н., доц. Пилип'юк Ростислав Романович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

м. Івано – Франківськ
2025р.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут Інститут архітектури та будівництва "ІФНТУНГ-ДонНАБА
Кафедра геодезії та землеустрою
Освітній рівень магістр
Спеціальність 193 Геодезія та землеустрій
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

« ____ » _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Гордей Олександр Михайлович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Аналіз ефективності фотограмметричних технологій в земельному кадастрі

Керівник роботи

к.т.н., доц. Пилип'юк Ростислав Романович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від " __ " _____ 2025 року №

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи Звіт з переддипломної практики, матеріали польових досліджень

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Реєстраційна ділянка та її межі

Межова точка

Збір даних про межі ділянок на основі фотограмметричних матеріалів

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1, 2,3	Пилип'юк Р. Р.		

7.Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Реєстраційна ділянка та її межі		
2	Межова точка		
3	Збір даних про межі ділянок на основі фотограмметричних матеріалів		

Студент _____
(підпис)
Керівник роботи _____
(підпис)

Гордей О.
(прізвище та ініціали)
Пилип'юк Р. Р.
(прізвище та ініціали)

Анотація

У рамках магістерської роботи проаналізовано дієвість фотограмметричних методів при встановленні кордонів земельних ділянок.

Особливий акцент зроблено на використанні знімків, знятих безпілотними літальними апаратами (БПЛА), які слугують сучасним засобом отримання просторових даних для кадастрової картографії.

У цьому дослідженні розглянуто процес формування ортофотопланів, цифрових моделей рельєфу та поверхні, а також проведено їхню оцінку щодо точності у порівнянні зі звичайними геодезичними вимірюваннями.

Виконано порівняльний аналіз працездатності різних програмних засобів фотограмметричної обробки та досліджено, яким чином умови зйомки, висота польоту і тип сенсорів впливають на точність встановлення меж ділянок.

Метою дослідження є визначення рівня ефективності та точності фотограмметричних підходів у кадастрових роботах, спрямованих на оновлення та уточнення меж земельних ділянок, а також встановлення оптимальних параметрів зйомки з метою підвищення достовірності отриманих результатів.

Новизна роботи полягає у всебічному вивченні впливу фотограмметричних параметрів — висоти польоту, ступеня перекриття знімків, роздільної здатності зображень та умов освітлення — на точність визначення координат межових пунктів.

Був проведений порівняльний аналіз результатів фотограмметричної обробки та польових геодезичних вимірювань, який дозволив встановити допустимі межі похибок у кадастрових роботах.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання фотограмметрії як швидкого, економічно вигідного та

достатньо точного методу для отримання просторових даних, що дає змогу оновлювати кадастрові карти, проводити землеустрою, здійснювати моніторинг меж землекористування та створювати геоінформаційні бази даних.

Запропоновані рекомендації можна впроваджувати в роботу землевпорядних і геодезичних організацій.

Ключові слова: фотограмметрія, безпілотний літальний апарат (БПЛА), кадастрові роботи, межі земельних ділянок, ортофотоплан, цифрова модель місцевості, точність визначення координат.

Abstract

The effectiveness of photogrammetric methods in establishing land boundaries was analyzed within the framework of the master's thesis.

Special emphasis is placed on the use of images taken by unmanned aerial vehicles (UAVs), which serve as a modern means of obtaining spatial data for cadastral cartography.

This study examines the process of forming orthophotomaps, digital terrain and surface models, and also evaluates their accuracy in comparison with conventional geodetic measurements.

A comparative analysis of the performance of various photogrammetric processing software was performed and it was investigated how the shooting conditions, flight altitude and type of sensors affect the accuracy of establishing land boundaries.

The purpose of the study is to determine the level of effectiveness and accuracy of photogrammetric approaches in cadastral work aimed at updating and clarifying land boundaries, as well as establishing optimal survey parameters in order to increase the reliability of the results obtained.

The novelty of the work lies in the comprehensive study of the influence of photogrammetric parameters — flight altitude, degree of overlap of images, image resolution and lighting conditions — on the accuracy of determining the coordinates of boundary points.

A comparative analysis of the results of photogrammetric processing and field geodetic measurements was carried out, which allowed establishing the permissible error limits in cadastral works.

The practical significance of the results obtained lies in the possibility of using photogrammetry as a fast, cost-effective and sufficiently accurate method for obtaining spatial data, which makes it possible to update cadastral maps,

conduct land management, monitor land use boundaries and create geoinformation databases.

The proposed recommendations can be implemented in the work of land management and geodetic organizations.

Keywords: photogrammetry, unmanned aerial vehicle (UAV), cadastral works, land boundaries, orthophotomap, digital terrain model, accuracy of determining coordinates.

ЗМІСТ

Вступ

1. Реєстраційна ділянка та її межі

1.1 Вплив якості кадастрових даних на ефективність управління земельними ресурсами

2. Межова точка

3. Збір даних про межі ділянок на основі фотограмметричних матеріалів

3.1 Проблема точності даних, отриманих за допомогою фотограмметричного методу

3.2 Методи перевірки точності фотограмметричних вимірювань

3.3 Методологія дослідження

3.4 Опис досліджуваної області

3.5 Результати практичної перевірки точності даних про межі ділянок, отриманих фотограмметричним методом

Висновки

Список використаних джерел

Вступ

Збір даних щодо меж кадастрових ділянок — процес складний і багатоетапний, який потребує виключної точності, узгодженості та надійності кінцевих результатів.

Рівень якості отриманих даних прямо впливає на правову визначеність прав власників та ефективність майбутніх землепорядних заходів.

У випадку, коли координатні дані чи положення межових точок є неточними або відсутні, доводиться повторно визначати межі та виконувати вимірювання у відповідності до діючих нормативів і технічних регламентів.

Сучасне застосування фотограмметрії для отримання просторових даних про межі земельних ділянок вважається дієвою заміною традиційних польових підходів.

Цей метод дозволяє значно зменшити тривалість польових операцій і одночасно знизити експенсії, пов'язані з накопиченням геопросторової інформації.

Крім вигод у фінансовій сфері, фотограмметрія надає доступ до докладних візуальних даних, які можна застосовувати для верифікації або корекції меж у цифровому форматі.

Технічна база фотограмметрії широко інтегрується у різних державних системах, де вона вже зарекомендувала себе як один з найрезультативніших інструментів кадастрових процесів.

Нині у наукових публікаціях спостерігається зростаючий інтерес до використання фотограмметрії при розробці тривимірних (3D) кадастрових систем, які дозволяють докладніше відтворювати межі та об'єкти нерухомості.

Проте питання щодо точності та практичної реалізації фотограмметричних знімків під час визначення граничних точок залишається відкритим і вимагає подальших досліджень.

Для виконання поставленого завдання здійснили серію дослідів, у яких порівнювали дані, отримані за допомогою фотограмметричної зйомки, з результатами прямих польових вимірювань.

Особливу роль було відведено застосуванню безпілотних літальних апаратів (БПЛА), які сьогодні становлять одну з провідних тенденцій у кадастровому картографуванні.

Завдяки покращенню програмного забезпечення та розвитку сенсорних систем БПЛА стало можливим виконувати високоточні аерофотозйомки, що дозволяють формувати деталізовані цифрові моделі рельєфу.

Зростає популярність фотограмметричних технологій у земельно-кадастрових дослідженнях, оскільки вони не лише підвищують якість просторових даних, а й сприяють приведенню кадастрової інформації у відповідність з вимогами державного законодавства.

У межах виконаного дослідження проведено аналіз доцільності впровадження фотограмметрії для визначення меж земельних ділянок у конкретному кадастровому районі.

Під час аналізу особливу увагу приділяли оцінці точності визначення координат граничних точок за допомогою фотограмметричних моделей рельєфу.

З метою верифікації отриманих результатів виконувалися додаткові вимірювання контрольних точок за допомогою GNSS-супутникових засобів.

Варто зазначити, що питання практичної точності фотограмметричних зображень межових точок досі залишаються

недостатньо дослідженими, зокрема у контексті безпосереднього польового контролю за допомогою супутникових приймачів.

У рамках магістерської дисертації були використані статистичні підходи для кількісної оцінки точності фотограмметричних вимірювань, які раніше практично не застосовувались у подібних дослідженнях.

Головна мета дослідження — проаналізувати поточний рівень якості просторових даних, що визначають межі та права власності на земельні ділянки, створених за допомогою сучасних фотограмметричних технологій.

Особливу увагу приділяють перевірці достовірності атрибутів граничних точок, які заносяться в кадастрову базу даних, оскільки це має вирішальне значення для формування об'єктивної системи земельного обліку.

Попри теоретичне припущення, що такі атрибути мають точно відображати реальний стан меж, на практиці часто виявляються розбіжності, викликані технічними або організаційними чинниками.

Отримані результати можна використати для удосконалення кадастрових вимірювань і підвищення точності державних реєстрів.

Загалом проведені дослідження можна охарактеризувати як емпіричні, техніко-аналітичні та методологічні.

Їх слід розглядати як початковий етап оцінки ефективності впровадження фотограмметрії у сучасні кадастрові процеси України та виявлення потенційних напрямків розвитку національної системи просторових даних.

1. Реєстраційна ділянка та її межі

За законом, реєстраційна ділянка — це суцільна земельна ділянка, що знаходиться в межах одного кадастрового району, має єдина юридична характеристика та відокремлюється від суміжних земель межовими лініями.

Тому геометричні властивості ділянки, зокрема форма та її площа, безпосередньо визначаються точністю проведення межових контурів.

При цьому дані, які вносяться до кадастрового реєстру, мають вирішальне значення у численних галузях соціального та економічного життя.

Застосування цієї системи охоплює економічний аналіз та прогнозування, просторове і містобудівне планування, розрахунок податків і пільг, ідентифікацію об'єктів нерухомості у іпотечних, земельних та правових реєстрах, а також використання у державній статистиці, управлінні земельними ресурсами та формуванні реєстрів фермерських господарств.

З огляду на це, точне визначення меж земельних ділянок і їх документальне оформлення згідно з діючими технічними стандартами становить основу надійності всієї кадастрової системи.

У випадку, коли межі земельної власності визначені неточно або з порушеннями, це може спричинити судові спори, фінансові втрати, конфлікти між власниками та помилки у майбутньому плануванні територій.

Отже, загальна якість просторових даних про межі, які вносяться до кадастрової бази, визначається двома основними факторами:

1. Якість і точність проведених геодезичних і фотограмметричних вимірювань, що становлять підґрунтя просторової моделі ділянки;
2. Юридична правильність та достовірність реєстраційних записів, які фіксують правовий статус межових ліній і об'єктів.

Саме поєднання цих двох елементів забезпечує повноту, надійність і практичну цінність кадастрових даних, які слугують основою для подальшого розвитку національної системи земельного управління.

Точність геодезичних вимірювань — один із головних факторів, який впливає на якість і достовірність кадастрових даних.

Будь-які похибки у визначенні координат межових точок можуть призвести до зміщення межових ліній, викривлення площ ділянок і, зрештою, до розбіжностей між фактичною та зареєстрованою формою земельної власності.

Тому технічна база кадастрових робіт повинна базуватись на використанні високоточних методів вимірювання, зокрема GNSS-технологій, лазерного сканування та фотограмметричних зйомок.

Завдяки новим засобам позиціонування можливо отримати точність до сантиметра при вимірюванні координат контрольних та граничних точок.

Таке позначення, в свою чергу, гарантує відповідність геометричної моделі ділянки її юридичному опису.

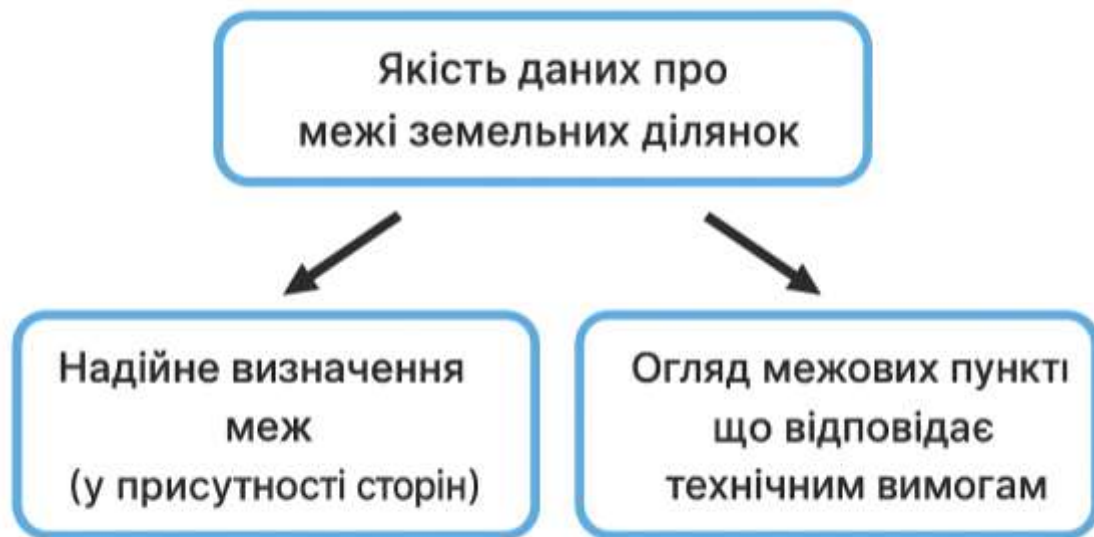
Більше того, застосування цифрових технологій під час збору та обробки даних дає змогу автоматизувати багато процесів, знизити вплив людського фактора і підвищити стабільність отриманих результатів.

Зростає важливість інтегрування класичних наземних вимірювальних методів із новітніми дистанційними технологіями, адже таке поєднання гарантує оптимальний компроміс між точністю, швидкістю виконання та економічною доцільністю.

Як приклад, фотограмметричний підхід, що базується на знімках, отриманих з безпілотних літальних апаратів, дає змогу охопити великі простори, витрачаючи мінімум часу і ресурсів, тоді як GNSS-геодезичні вимірювання забезпечують надзвичайну точність у визначенні окремих пунктів.

Отже, підвищення точності геодезичних вимірювань і впровадження найсучасніших методик збору просторових даних становлять головну передумову для формування повноцінної, достовірної та технологічно вдосконаленої кадастрової бази, що відповідає актуальним вимогам управління земельними ресурсами.

Беручи до уваги зазначені міркування, загальна якість інформації про положення меж, що включаються до кадастрової бази, залежить від двох факторів:



Рисисунок 1. Фактори, що визначають якість даних про межі облікових ділянок

Згідно з ілюстрацією 1, вимогу щодо удосконалення інформації про межі облікових ділянок можна виконати лише за умови здійснення обох вказаних дій.

Слід підкреслити, що згідно з діючим законодавством, безпідставна відмова чи відсутність однієї зі сторін під час процесу встановлення меж земельної ділянки не є підставою для зупинення або відкладення цього процесу.

Хоча формальна законність її проведення зберігається, така обставина неминуче підриває довіру до результатів і їхню надійність, оскільки відсутність однієї зі сторін може викликати спорні питання щодо точності визначених меж або законності їхнього закріплення.

Повна задіяність усіх зацікавлених учасників у процесі встановлення меж суттєво підвищує об'єктивність, прозорість і юридичну вагу отриманих результатів.

Відповідно до чинного законодавства, межі земельних ділянок встановлюють як безпосередньо на місцевості, так і за допомогою дистанційних методів, що передбачають використання аерофотозйомки, супутникових знімків або ортофотопланів.

Головна вимога даного процесу — досягти такої просторової роздільної здатності, яка гарантуватиме чітке відображення топографічних елементів, потрібних для однозначного визначення межових ліній.

При цьому використання фотограмметричних даних як джерела інформації для визначення меж продовжує залишатися темою дискусії.

Незважаючи на значні технологічні досягнення у сфері цифрової обробки зображень, існує ряд чинників — таких як геометричні спотворення, вплив рельєфу місцевості та точність геоприв'язки — які можуть зменшити достовірність отриманих даних.

Тому виправдана необхідність у суворій оцінці ефективності та точності фотограмметричних підходів у кадастрових роботах.

У нашому дослідженні ми сконцентрували увагу на аналізі точності встановлення координат граничних точок за допомогою фотограмметричних знімків.

Застосування цього підходу дає змогу оцінити ступінь відповідності результатів дистанційної картографії даним, отриманим за допомогою традиційних польових вимірювань.

Важливе значення тут має другий з головних факторів, що визначають загальну якість інформації про межі кадастрових ділянок, які вносяться до Державного земельного кадастру.

У законодавчо-технічних нормах України закріплені чіткі вимоги до точності, яких слід дотримуватись при проведенні зйомки межових пунктів.

Ці нормативи визначають допустимі межі похибок, що забезпечують можливість включення координат у цифровий опис кордонів ділянки з необхідним рівнем достовірності.

Дотримання зазначених вимог гарантує не лише правильність просторових даних, а й правову безпеку власників і користувачів земельних ресурсів.

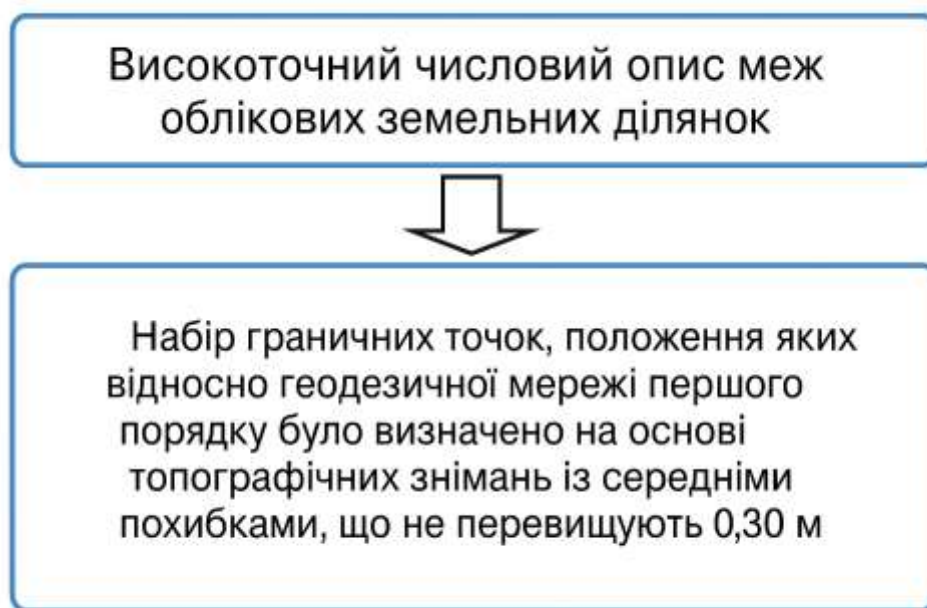


Рисунок 2. Вимоги до точності числового опису меж

Координати межових точок у прямокутній системі, отримані згідно з вимогами технічних нормативів, становлять основу для визначення площ земельних ділянок.

Точність зазначених координат безпосередньо впливає на достовірність геометричних параметрів ділянки, що застосовуються при створенні кадастрових планів і розрахунку площі поверхонь.

У випадку, коли потрібна точність координат не досягнута, розмір земельної ділянки, зазначений у державному кадастрі, не змінюється до того моменту, коли будуть отримані оновлені та більш точні вимірювальні дані.

Отже, надзвичайно важливо гарантувати достовірність даних щодо точності визначення координат межових точок, оскільки саме ці параметри впливають на розрахунок середньої похибки аналітичного обчислення площі ділянок.

Повна та достовірна метрична інформація забезпечує можливість усунення систематичних помилок у кадастрових розрахунках, що охоплюють як технічні, так і юридичні аспекти.

Згідно з вимогами чинних нормативно-технічних документів, розташування межових пунктів і маркерів, які входять до об'єктів першого порядку на місцевості, має визначатися з середньою похибкою, що не перевищує 0,10 м у порівнянні з найближчими пунктами горизонтальної геодезичної мережі або контрольними вимірювальними точками.

Згадане правило гарантує, щоб просторові дані, отримані під час польових вимірювань, збігалися з координатною основою кадастрової системи.

Однак вимоги щодо точності чисельного опису меж ділянок і встановлені в технічних стандартах ще не узгоджені, що проявляється у певних розбіжностях.

Такі розбіжності ускладнюють процес уніфікації вимог до точності кадастрових робіт і вказують на необхідність створення єдиного нормативного підходу.

Унаслідок уніфікації можна буде застосовувати один і той самий підхід до визначення меж, незалежно від того, який метод збору даних використовується.

Слід зауважити, що вказану вище рівень точності практично неможливо отримати за допомогою традиційних картографічних підходів, оскільки сьогодні вони обмежені через використання застарілих технологій.

При роботі з паперовими картами, навіть після їх цифрового перетворення, середня похибка позиціонування цільової точки, як правило, коливається в межах від 0,14 до 0,46 метра.

У цьому показнику враховується загальний внесок різних джерел неточностей — неточності розташування об'єкта на мапі, помилки при математичному перетворенні картографічних координат, а також відхилення, які виникають під час оцифрування кордонів.

Отже, підвищити точність встановлення координат межових точок можна лише за допомоги сучасних геодезичних і фотограмметричних методів, що гарантують високий ступінь метричної достовірності.

В результаті це допоможе сформувати високоточні цифрові моделі земельних ділянок і підвищить якість державного кадастру загалом.

Попри активні зусилля, спрямовані на оновлення і цифрову трансформацію державного кадастру в Україні, у багатьох областях все ще спостерігається той факт, що єдиним джерелом даних про межі земельних ділянок залишаються лише оцифровані традиційні карти.

Незважаючи на те, що ці дані в певному вигляді відображають просторову структуру території, їхня сутність не відповідає сучасним стандартам точності та надійності геоінформації.

Використання цих даних без належної перевірки може призвести до накопичення системних похибок і викривлення фактичних кордонів об'єктів.

Отже, варто впровадити методи оцінювання ризиків та верифікації достовірності рішень, що спираються на архівні картографічні дані.

У цих процесах слід аналізувати джерела похибок, перевіряти сумісність архівних даних із сучасними координатними системами та порівнювати отримані результати з незалежними вимірюваннями, здійсненими за допомогою передових технологій, таких як GNSS, лазерне сканування чи фотограмметрія з використанням БПЛА.

Застосування таких підходів не лише знизить ймовірність помилкових рішень у процесі кадастрових робіт, а й дозволить поетапно замінити застарілі дані на актуальні цифрові моделі територій.

У майбутньому це сприятиме формуванню єдиної, уніфікованої та просторово точної кадастрової бази, яка відповідатиме міжнародним нормам обліку та управління земельними ресурсами.

1.1 Вплив якості кадастрових даних на ефективність управління земельними ресурсами

Одним із ключових елементів у системі управління земельними ресурсами є якість кадастрових даних, оскільки саме на їхньому фундаменті розробляються більшість управлінських, економічних та правових рішень.

Точність, повнота та актуальність кадастрової інформації впливають не лише на ефективність державного контролю за користуванням землею, а й формують стабільність ринку нерухомості, податкову стратегію, інвестиційну привабливість територій та соціально-економічний розвиток регіонів.

Точна інформація, що зберігається в кадастровій базі, надає державним органам можливість приймати обґрунтовані рішення щодо зонування простору, визначення найоптимальнішого цільового

використання земельних ділянок, розробки планів територіального розвитку і природоохоронних заходів.

У випадку ж недостовірних чи застарілих даних можуть виникнути помилки в просторовому плануванні, неправомірне використання земель, скорочення податкових надходжень та конфлікти між власниками та орендарями.

Надійність кадастрових даних є запорукою ефективної роботи електронних систем земельного управління, що об'єднують геоінформаційні рішення, автоматичні бази даних та сервіси відкритого доступу до відомостей.

Ці інструменти підвищують прозорість земельних відносин, спрощують бюрократичні процеси та зменшують ризики корупційних практик.

Крім того, надійний кадастр становить основу для впровадження сучасних підходів до сталого землекористування, які враховують екологічні обмеження, ризики деградації ґрунтів та необхідність раціонального використання природних ресурсів.

У світовому масштабі якість кадастрових даних розцінюється як один із ключових критеріїв ефективності державного управління територіями та виконання зобов'язань у сфері охорони довкілля.

Отже, досягнення високої якості кадастрових даних становить стратегічне завдання, що охоплює технічні, правові та організаційні складники.

Успішна реалізація цього завдання визначає не лише точність земельного обліку, а й забезпечує міцну основу для економічного зростання, екологічної стабільності та підвищення соціального добробуту.

2. Межова точка

Збір даних щодо меж земельних ділянок становить невід'ємну складову кадастрових процесів і по суті ідентифікується як збір відомостей про просторове розташування граничних точок, що формують контур і розташування кожної ділянки.

Таке тлумачення впливає безпосередньо з визначення терміну «межа», що розглядається як складова периметра кадастрової ділянки, представлена ламаною лінією чи відрізком, спільним для двох суміжних ділянок, або збігається з державною чи адміністративною межею.

Збір координат межових пунктів та їх подальша інтеграція в кадастрову базу у вигляді двовимірних прямокутних координат є єдиним надійним способом закріплення просторового розташування меж ділянки.

Такий крок є ключовим для формування достовірної геометричної моделі земельних одиниць, бо саме координати визначають фактичне розташування межі на місцевості і гарантують юридичну однозначність у питаннях власності.

З метою досягнення високої сумісності та уніфікації просторових даних, що зберігаються в кадастрі нерухомості, доцільно використовувати уніфіковану мову моделювання (UML).

Використання цього методу дозволяє впорядкувати кадастрові дані в логічну модель, де кожний елемент має власні властивості, зв'язки та унікальні ідентифікатори.

У зв'язку з цим, до кожної межової точки, окрім її унікального коду і координат, встановлених у державній системі координат УСК□2000, додається набір атрибутів, що уточнює її технічні параметри, джерело походження, точність вимірювань та правовий статус.

Під час оцінки якості даних про межі земельних ділянок необхідно особливо звернути увагу на два ключових аспекти:

- джерело, звідки отримані дані про розташування межових точок - чи то результати польових вимірювань, фотограмметрії, супутникових технологій, чи архівні записи;
- середня величина помилки у визначенні координат межових точок щодо пунктів геодезичної мережі першого порядку, які слугують основним орієнтиром для будь-яких точних геодезичних робіт.

У Таблицях 1 і 2 подано значення зазначених атрибутів разом із їх класифікаційними описами, які демонструють параметри, потрібні для оцифровки кадастрових даних у цифровій формі.

Проте слід зауважити протиріччя: незважаючи на численні оновлення і покращення нормативно-технічних документів, дані щодо межових точок залишаються неповними або неточними.

Таке становище ускладнює роботу як геодезичних підрядників, що здійснюють польові вимірювання, так і державних установ, які відповідають за кадастровий реєстр.

Недостатня точність та відсутність актуалізації просторових даних створює труднощі при формуванні єдиного, достовірного реєстру меж земельних ділянок, що, у свою чергу, знижує ефективність управління земельними ресурсами.

Отже, підвищення точності, повноти та актуальності кадастрових даних стало ключовим пріоритетом сучасної геоінформаційної стратегії.

Для реалізації цієї задачі потрібно постійно оновлювати нормативно-правову базу, вдосконалювати способи збору просторових даних і впроваджувати інтегровані цифрові рішення, які забезпечать уніфіковані стандарти кадастрового обліку.

Таблиця 1. Джерело даних про положення граничної точки

Значення	Визначення
1	Польові зйомки, яким передувало розмежування нерухомості, відновлення межових знаків, визначення межових точок або їх положення іншим способом.
2	Польові зйомки, яким не передувало розмежування нерухомості, відновлення межових знаків, визначення межових точок або їх положення іншим способом.
3	Фотограмметричні зйомки межових точок, місце розташування яких було попередньо визначене, а також фотограмметричні вимірювання межових знаків, візуалізованих на аерофотознімках або ортофотоплані внаслідок їхнього сигналювання перед зйомкою.
4	Фотограмметричні зйомки, яким не передувало визначення меж кадастрових ділянок або сигналювання межових знаків перед аерофотозйомкою.
5	Затверджені проекти поділу або переподілу та поділу нерухомості.
6	Затверджені проекти перепланування або обміну земельних ділянок.
7	Екранна векторизація кадастрової растрової карти з використанням результатів польових зйомок (лінійні прив'язки).
8	Екранна векторизація кадастрової растрової карти без використання результатів польових зйомок.

Наявність цих атрибутів дає можливість кількісно виміряти якість даних, що характеризують межі земельних ділянок.

Кожен із зазначених параметрів має вирішальне значення для перевірки достовірності, точності і узгодженості просторових відомостей, що зберігаються у кадастровій базі.

Тільки за умови точного визначення та інтерпретації цих атрибутів можна сформуванати об'єктивну уяву про рівень відповідності наявних даних технічним стандартам і законодавчим вимогам.

Отже, надзвичайно необхідно коректно встановити значення всіх атрибутів, що описують межові точки.

Цей процес треба здійснювати, враховуючи походження даних, методологію вимірювання, точність координат і відповідність отриманих результатів прийнятим стандартам просторових даних.

Неправильне чи неточне призначення атрибутів може спотворити інформацію про геометрію меж, що, у свою чергу, спричинить помилки в кадастрових реєстрах.

Досліджувана тема входить до числа ключових напрямків у виконаній науковій роботі, оскільки тільки аналіз якості атрибутивних параметрів дає можливість оцінити рівень достовірності просторових даних, які увійшли до державного земельного кадастру.

У зв'язку з цим здійснено систематизацію та порівняння різних видів атрибутів, що відтворюють метричні, технічні та джерельні характеристики межових точок.

У таблиці 2 окремі значення атрибутів позначені напівжирним шрифтом, підкреслюючи їхню відповідність технічним вимогам щодо кількісного опису меж.

Іншими словами, саме ці параметри задовольняють нормативні вимоги точності і можуть виступати індикаторами, що визначають потрібний рівень якості кадастрових даних.

Отже, системний аналіз атрибутів пунктів меж дає можливість оцінити якість просторових даних і з технічної, і з аналітичної точки зору, формуючи основу для удосконалення процесу ведення кадастрового реєстру.

Таблиця 2. Середня похибка положення граничної точки відносно геодезичного контролю першого порядку

Значення	Визначення
1	0,00 м – 0,10 м
2	0,11 м – 0,30 м
3	0,31 м – 0,60 м
4	0,61 м – 1,50 м
5	1,51 м – 3,00 м
6	понад 3,00 м

У другій таблиці певні значення атрибутів позначені напівжирним шрифтом, що свідчить про їхню відповідність технічним вимогам щодо кількісного опису меж.

Іншими словами, саме ці параметри задовольняють нормативні вимоги точності і можуть виступати індикаторами, які визначають потрібний рівень якості кадастрових даних.

Отже, комплексний аналіз атрибутів пунктів меж дає змогу оцінювати якість просторових даних як з технічної, так і з аналітичної точки зору, формуючи основу для підвищення ефективності ведення кадастрового реєстру.

Через це існує ризик несумісностей у кадастровій системі, особливо коли інформація про межові позначки зафіксована застарілими технічними стандартами і не підлягає оновленню відповідно до сучасних вимог.

Тому потрібно не лише актуалізувати існуючі атрибути, а й зберігати їх історичний розвиток.

З огляду на це, у реєстр земельних ділянок і будівель слід включити додаткові метадані, які вказують дату і версію діючих нормативних актів у час запису конкретного значення атрибута межової точки.

Запропонований підхід дозволить контролювати зміни параметрів, перевірити, чи збігаються обрані критерії з технічними вимогами конкретного часу, і забезпечить адекватний ретроспективний аналіз даних.

Запровадження системи історичної атрибутивної інформації підвищить відкритість і достовірність кадастрових даних, а також допоможе уникнути неоднозначностей під час їх оновлення або повторної обробки просторових даних.

У перспективі це гарантуватиме повну цифрову сумісність кадастрових баз різних періодів, що становить важливий аспект розвитку сучасних геоінформаційних систем в Україні.

3. Збір даних про межі ділянок на основі фотограмметричних матеріалів

Відповідно до чинних нормативно-технічних актів, інформація про координати межових пунктів земельних ділянок може отримуватися різними шляхами, з урахуванням поставлених завдань, доступних ресурсів та вимог щодо точності.

Серед найпоширеніших підходів – польові вимірювання, фотограмметричні знімки, а іноді застосовуються й картографічні дослідження, що базуються на аналізі наявних картографічних джерел.

Кожен із цих методів володіє своїми технічними характеристиками, рівнем точності та областю практичного застосування.

При зборі просторових даних про межі кадастрових ділянок кожній граничній точці додається набір атрибутів, які описують спосіб її визначення, джерело вихідної інформації, точність вимірювань та метод їх підтвердження.

Таке атрибутивне забезпечення забезпечує узгодженість і прозорість формування кадастрових баз, а також створює умови для оцінки якості та достовірності кожного запису.

З огляду на інформацію, представлена у Таблиці 1, можна встановити, що серед межових пунктів, які визначаються за допомогою фотограмметричних досліджень, можна виділити два основних підмножини.

Перша підгрупа включає ті пункти, для яких розмітка межових ліній або встановлення межових знаків було виконано ще до аерофотозйомки.

Друга підгрупа охоплює межові пункти, координати яких отримані виключно на базі результатів фотограмметричної обробки знімків без попереднього знімання меж у натурі.

Таке розмежування є ключовим, оскільки воно визначає рівень довіри до отриманих координат і водночас впливає на оцінку їхньої точності й відповідність встановленим технічним вимогам.

У свою чергу, аналіз цих груп дозволяє сформулювати рекомендації щодо оптимального поєднання фотограмметричних та польових методів у процесі кадастрового картографування.



Рисунок 3. Геодезична фотограмметрична зйомка

Порівняти два набори граничних пунктів, які були встановлені фотограмметричними технологіями, дозволяє виявити істотну різницю у точності отриманих координат.

Коли ж розмітка меж або встановлення межових знаків виконувалась до аерофотозйомки, дані фотограмметричної обробки виявляються набагато достовірнішими.

Така причина полягає в тому, що справжні межові маркери утворюють на місцевості матеріальні орієнтири, які можна без труднощів розпізнати на аерофотозйомках, що знижує похибки позиціонування.

У випадку ж другої групи, де зйомка проводилася без попереднього визначення меж, точність встановлення координат межових пунктів виявляється меншою.

У цьому випадку межі визначаються лише опосередковано — шляхом інтерпретації зовнішнього вигляду контурів, природних чи штучних об'єктів, які лише приблизно відповідають справжнім межам.

Подібні похибки, як правило, з'являються через особливості рельєфу, зміни у рослинному покриві, тіні чи спотворення, спричинені геометрією зображень.

Згідно з чинними нормативними актами, для визначення профілю меж земельних ділянок і розміщення їх граничних точок можна застосовувати аерофотознімки, супутникові знімки або ортофотоплани, які володіють просторовою роздільною здатністю, достатньою для чіткого відтворення топографічних особливостей місцевості.

У цьому контексті під терміном «роздільна здатність» розуміють розмір наземного пікселя, що забезпечує можливість виявлення елементів рельєфу та об'єктів, необхідних для визначення межових ліній.

Попри це, діючі правові норми не встановлюють конкретних топографічних характеристик, які слід розглядати як вирішальні при окресленні меж.

Така відсутність чіткої дефініції відкриває поле для багатьох тлумачень і може негативно позначитися на точності кадастрових процесів.

Одночасно питання надійності визначення зазначених ознак залишається не вирішеним і вимагає подальшого методичного дослідження.

Законодавчі документи передбачають можливість встановлення меж земельних ділянок без проведення польових виїздів, що значно полегшує економію часу та скорочення витрат.

Проте слід чітко розрізняти цей підхід від геодезичної фотограмметричної зйомки, яка згідно з технічними вимогами відноситься до геодезичної топографічної чи деталізованої зйомки, виконаної на цифровій моделі рельєфу, створеної під час обробки аерофотознімків.

У такій цифровій моделі параметри внутрішньої та зовнішньої орієнтації зображень визначаються за допомогою процедури аеротріангуляції, що забезпечує метричну точність отриманих результатів.

Для здійснення геодезичної фотограмметрії застосовують лише цифрові методи фотограмметрії, які дозволяють інтегрувати дані з різноманітних джерел (GNSS, інерційних систем, аерофотозйомок) у єдину просторову модель.

Проте, навіть при використанні високоточних приладів, цей підхід стикається з низкою обмежень, які можуть суттєво впливати на якість отриманих результатів.

Зокрема, однією з головних проблем є обмежений огляд граничних точок через наявність природних чи штучних перепон — крони дерев, будівлі, елементи інженерної інфраструктури.

Сезонність проведення зйомки має важливе значення: під час інтенсивного росту рослинності чи коли землю вкриває сніг, визначення межових ліній ускладнюється.

У гірських регіонах виникають додаткові труднощі через рельєф: межі часто простягаються вздовж схилів, в тіньових ділянках або на ділянках зі складною морфологією поверхні, що знижує точність інтерпретації аерофотознімків.

Відповідно до встановлених нормативних вимог, отримані результати фотограмметричної обробки зобов'язані проходити обов'язкову перевірку шляхом зіставлення даних аерофотознімків з реальними умовами на місцевості. За потреби ці дані слід уточнити додатковими топографічними чи геодезичними вимірюваннями в польових умовах.

Значну увагу у цьому процесі слід приділяти кутовим пунктам меж ділянок, оскільки саме вони визначають геометричну структуру та юридичні кордони об'єкта.

Основна мета таких перевірок — переконатися в правильності визначення межових пунктів і заповнити прогалини або недостовірні дані в кадастрових базах.

Лише комплексне поєднання фотограмметричних та наземних методів дозволяє досягти необхідного рівня точності, що відповідає технічним вимогам, і формує надійне просторове підґрунтя для роботи державного земельного кадастру.

3.1 Проблема точності даних, отриманих за допомогою фотограмметричного методу

Серед основних недоліків, що виникають при використанні фотограмметричних зйомок для визначення меж кадастрових ділянок, є обмеженість можливостей оцінки точності отриманих результатів.

Зазвичай ця технологія надає лише координати кутових (граничних) точок ділянки, отримані на підставі моделі місцевості або ортофотоплану, створеного з аерофотознімків.

Наявність цих координат фактично слугує єдиним підтвердженням виконання фотограмметричних робіт, що суттєво ускладнює можливість незалежної перевірки їхньої достовірності.

Інша документація, що супроводжує фотограмметричний процес, зазвичай включає лише загальні відомості про аерофотознімки (масштаб, висоту зйомки, параметри камери, середню роздільну здатність тощо) та опис методики їх обробки.

Проте, наведені дані не дозволяють однозначно оцінити реальну точність визначення координат межових точок, оскільки вони не охоплюють усі можливі джерела похибок, які з'являються під час інтерпретації та аеротриангуляції.

Станом на сьогоднішній день у наукових статтях відсутня чітко визначена методика, яка могла б достовірно встановити точність позиціонування межових точок, отриманих шляхом фотограмметрії.

Створення подібної методології передбачає врахування низки факторів, зокрема:

- геометричні параметри знімання (кут нахилу, рівень перекриття, висота над землею);
- властивості цифрової моделі рельєфу;
- умови освітлення, характер рельєфу та тип поверхні;
- ступінь якості ортотрансформації й калібрування камери.

Особливе значення набуває питання узгодження точності фотограмметричних результатів з вимогами геодезичного контролю першого рівня.

У законодавчих документах відсутні чіткі критерії, які дозволяли б прирівнювати фотограмметричні координати до геодезичних вимірювань високої точності.

Через це ускладнюється введення таких відомостей у державний кадастр, оскільки кожна гранична точка має бути метрично узгоджена з елементами державної геодезичної мережі.

Відповідно до інструкцій Управління геодезії та картографії, точність встановлення координат топографічної точки, отриманої фотограмметричним методом, повинна знаходитися в межах встановлених діапазонів, що залежать від масштабу зйомки, типу використаної техніки та складності рельєфу місцевості.

Такі нормативні орієнтири необхідні для практичної оцінки результатів та забезпечення їх відповідності вимогам технічних стандартів кадастрових робіт.

$$m_{XY} \leq 0,40 \text{ м} \div 0,50 \text{ м} - \text{для фотографій масштабу } 1:10\,000,$$

$m_{XY} \leq 0,75 \text{ м} \div 0,90 \text{ м}$ – для фотографій масштабу 1:25 000.

Однією з ключових труднощів, що виникають при застосуванні фотограмметричних знімків для встановлення кордонів кадастрових ділянок, є низька достовірність оцінювання точності отриманих координат межових точок.

Навіть при тому, що відхилення не перевищують 0,10 м у порівнянні з пунктами геодезичного контролю першого порядку, це не завжди забезпечує правдоподібність отриманих результатів.

Визначення межових пунктів зумовлюється різноманітними суб'єктивними та технічними обставинами — зокрема, здатністю оператора точно ідентифікувати топографічні елементи, які є важливими для фіксації лінії меж.

Варто наголосити, що навіть при беззаперечному дотриманні всіх вимог ортотрансформування, модель місцевості не відтворює в повній точності реальний рельєф.

Такі обмеження притаманні також ортофотопланам, у яких виявляються геометричні спотворення, зумовлені неточностями зовнішнього орієнтування, помилками цифрової моделі місцевості (ЦММ) та спрощеними алгоритмами, що застосовуються під час фотограмметричної обробки.

У результаті це може призводити до локальних зрушень контурів межових ліній, особливо в ділянках зі складним рельєфом чи інтенсивною забудовою.

Детальнішу інформацію про дозволені методи фотозйомки межових пунктів можна знайти у технічних умовах, опублікованих органами, які координували модернізацію Державного земельного кадастру на розглянутих ділянках.

Згідно з цими документами, використання фотограмметрії допускається для визначення координат межових точок ділянок, які не перебувають у зоні інтенсивної забудови, а також у випадку розрідженої забудови, коли будівлі розташовані на відстані понад 1,5 м від межі.

У цьому випадку передбачалося, що кордони будуть встановлені заздалегідь у співпраці з власниками або користувачами прилеглих ділянок.

Був зазначений спосіб виконання фотограмметричної зйомки на основі цифрової рельєфної моделі, створеної з оброблених аерофото- або супутникових знімків, за умови, що розмір наземного пікселя не перевищує 0,25 м.

У такій ситуації картографічна реєстрація прикордонних точок на ортофото-планах, отриманих з аерофотознімків з розміром пікселя до 0,10 м, також вважається прийнятним варіантом.

Проте в реальних дослідженнях часто виникає помилкове розуміння, коли розмір пікселя на земній поверхні прирівнюють до фактичної точності визначення координат топографічних об'єктів.

Такий спрощений підхід ігнорує численні чинники, що впливають на точність позиціонування, зокрема якість калібрування камери, геометрію зйомки, рельєф місцевості, точність орієнтації зображень і використану цифрову модель поверхні.

Отже, хоча зображення високої роздільності формують основу для деталізованого відтворення місцевості, фактична точність визначення координат межових точок завжди відстає від номінального розміру пікселя.

Тому під час кадастрових робіт необхідно проводити додаткову верифікацію фотограмметричних результатів, співставляючи їх із даними польових геодезичних вимірювань, що забезпечує метричну узгодженість та відповідність технічним стандартам.

3.2 Методи перевірки точності фотограмметричних вимірювань

Визначення точності отриманих у фотограмметрії вимірювань становить важливу складову кадастрових процесів, які спрямовані на гарантування правдивості відомостей, що вносяться у державний реєстр.

Для досягнення цієї мети використовують як польові контрольні методи, так і аналітичні підходи до оцінки помилок, які допомагають виявити як систематичні, так і випадкові розбіжності між виміряними координатами граничних точок та їх фактичним розташуванням у полі.

Серед найефективніших способів перевірки точності — порівняння координат, отриманих за допомогою фотограмметрії, з координатами тих же точок, вимірянних за допомогою GNSS-спостережень.

Тут використовується принцип контрольних (еталонних) вимірювань: різниця між двома незалежними наборами даних дає змогу оцінити середню помилку позиціонування.

Подібні перевірки не лише демонструють метричну достовірність моделі місцевості, а й виявляють дію окремих факторів — як технічних (наприклад, калібрування камери, точність орієнтації знімків), так і природних (рельєф, освітлення, сезонні зміни).

Для покращеного контролю якості часто використовують статистичні підходи до аналізу похибок, серед яких обчислення середньоквадратичної помилки (СКП), середнього абсолютного відхилення та коефіцієнта варіації, що дозволяє оцінити стабільність і достовірність вимірювань у межах набору контрольних точок.

Виходячи з результатів цих досліджень, встановлюються допустимі межі погрешностей, які відповідають заданому масштабуванню чи типу фотозйомки.

У кадастровій практиці теж використовується графічна перевірка точності, що включає накладання кордонних ліній, створених за

фотограмметричною моделлю, на ортофотоплан або цифрову карту з координатами, виміряними іншим способом.

Порівняння розбіжностей піддається візуальному аналізу, що дозволяє виявити викривлення або локальні зміщення, спричинені помилками ортотрансформації.

Регулярне використання подібних перевірок підвищує довіру до фотограмметричних методів у кадастровій практиці та забезпечує метричну сумісність даних, зібраних різними технологічними засобами.

Застосування комплексного підходу — поєднання GNSS-контролю, статистичного аналізу та візуальної перевірки — дозволяє не лише кількісно оцінити точність, а й гарантувати відповідність координат межових точок, зафіксованих у кадастрі, державним стандартам.

3.3 Методологія дослідження

З огляду на швидке зростання популярності фотограмметрії як способу отримання просторових даних, що успішно впроваджуються у великій кількості практичних задач, було прийнято рішення про проведення аналізу точності результатів, отриманих за допомогою цього методу.

Основна мета дослідження полягала у порівнянні достовірності фотограмметричних вимірювань з даними, внесеними до кадастрового реєстру земельних ділянок і будівель, на підставі прямих польових геодезичних зйомок.

У ході підготовчого (камерального) етапу сформували набір, що складається із 300 рівномірно розподілених граничних пунктів, які можна було точно ідентифікувати на ортофотоплані, залученому під час модернізації кадастрової системи.

Для забезпечення репрезентативності дослідження знімальна операція включила в себе точки з різними атрибутивними значеннями — не лише ті, у яких був код 3, а й пункти з кодами 1, 5 та 9.

Завдяки цьому підходу стало можливим провести порівняльний аналіз якості просторових даних, що отримані як внаслідок прямих геодезичних вимірювань, так і за допомогою фотограмметрії.

Окрім оцінки точності координат, у межах дослідження планувалося також перевірити правдивість атрибутивних характеристик граничних точок, що зберігаються в кадастрі.

Для цього результати польових GNSS-замірів було співставлено з координатами, зареєстрованими у реєстрі земельних ділянок та будівель.

Польові спостереження проводилися за допомогою системи GNSS RTK (Real-Time Kinematic) у поєднанні з мережею референтних станцій System Solution, що у режимі реального часу передає корекційні дані.

Зазвичай під час типових вимірювань методом RTK середня похибка визначення горизонтального положення об'єкта становить $0,03 \pm 0,05$ м у порівнянні з пунктами геодезичного контролю першого рівня.

Тому була здійснена оцінка лінійних відхилень між координатами граничних точок, отриманих різними підходами.

Таким чином, стало можливим не лише виміряти метричну точність фотограмметричного підходу, а й перевірити, чи задовольняють кадастрові дані сучасні технічні вимоги.

Для кількісної оцінки точності фотограмметричних вимірювань проведено аналіз лінійних відхилень координат межових точок, отриманих різними методами — фотограмметрією та GNSS-RTK.

Відстань d між двома наборами координат обчислюється за допомогою класичної формули евклідової відстані:

$$d = \sqrt{(X_f - X_g)^2 + (Y_f - Y_g)^2} \quad (1)$$

де

X_f, Y_f - координати граничної точки, отримані фотограмметричним методом;
 X_g, Y_g - координати тієї самої точки, визначені за допомогою GNSS RTK.

Отримані в ході експерименту значення d демонструють різницю у позиції граничної точки, встановленої двома незалежними методами.

Після обчислення всіх відхилень було виконано їх статистичний аналіз, який передбачав визначення:

- середнього відхилення (Δ_{cp}) — для оцінки загальної тенденції зсуву;
- середньоквадратичної похибки (СКП) — для вимірювання стабільності отриманих даних;
- максимального відхилення (Δ_{max}) — для виявлення найкритичніших точок з аномальними похибками.

Виходячи з вказаних параметрів, було здійснено порівняння середніх значень помилок у вибіркових даних та перевірку їх відповідності встановленим технічним нормативам.

Такий підхід, загалом, не лише дозволяє визначити розмір систематичних відмінностей між двома методами, а й оцінити ступінь узгодженості фотограмметричних і геодезичних даних.

Отримані результати створюють підґрунтя для формулювання висновків щодо точності фотограмметричних зйомок і встановлення умов, при яких їх використання є найбільш доцільним у кадастрових роботах.

Після завершення розрахунків сформувався набір значень лінійних різниць координат граничних пунктів, визначених за допомогою фотограмметрії та GNSS.

У процесі аналізу застосували три ключових статистичних параметри: середнє відхилення (Δ_{cp}), найбільше відхилення (Δ_{max}) і

кореневу середньоквадратичну похибку (СКП), які відображають точність фотограмметричних вимірювань.

Таблиця 3 опис статистичних результатів

Показник	Формула	Значення	Інтерпретація
$\Delta_{\text{ср}}$ - середнє відхилення	$\Delta_{\text{ср}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i$	0,07 м	Відображає середню різницю між координатами, визначеними фотограмметрично та GNSS RTK.
Δ_{max} - максимальне відхилення	$\Delta_{\text{max}} = \max(d_i)$	0,18 м	Визначає найбільше зафіксоване відхилення серед усіх контрольних точок.
СКП - середньоквадратична похибка	$\text{СКП} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \Delta_{\text{ср}})^2}{n}}$	0,05 м	Характеризує стабільність і рівномірність результатів вимірювань.

У рамках проведеного дослідження позиції межових пунктів, зафіксовані під час контрольної зйомки, були використані як еталонні (референтні) дані, що відображають реальне просторове розташування меж.

Цей метод дає змогу вважати результати польових GNSS-вимірювань базовими, тобто такими, які точно відтворюють фактичний стан території з найвищою можливою точністю.

Отже, фотограмметричні дані, занесені у кадастрову базу, застосовувалися для підтвердження їхньої відповідності цим еталонним показникам.

Обчислення та зіставлення координат проводилися в офісних умовах, а потім отримані дані підлягали статистичній обробці та корекції.

На цьому етапі з набору даних усувалися аномалії — тобто спостереження, що виходили за межі прийнятного довірчого інтервалу.

Такий підхід дозволив знизити вплив випадкових помилок, викликаних місцевими особливостями, зокрема тінями, складним рельєфом чи відбиттям сигналу.

Після очищення даних виконувалися як пунктуальні, так і інтервальні оцінки основних параметрів, що характеризують точність координат межових точок.

У аналіз також брали до уваги структурний індекс точок, який відображав рівень точності у відповідності до чинних технічних норм.

Для кожного набору даних обчислювали середнє, стандартне відхилення та довірчі інтервали, що дозволяло оцінити статистичну надійність отриманих результатів.

Фінальні висновки склалися з урахуванням виправлення помилок і можливості точного визначення межових пунктів прямо на місцевості.

Завдяки цьому стало можливим коректне тлумачення розбіжностей між фотограмметричними та геодезичними даними, а також оцінка рівня достовірності даних, які внесено до кадастрової бази.

3.4 Опис досліджуваної області

З метою проведення дослідження, що має на меті оцінити доцільність і ефективність фотограмметричного підходу у вивченні меж

земельних ділянок, як об'єкт аналізу було вибрано один із кадастрових районів Івано-Франківської області.

Обрання саме цієї території не було випадковим, а базувалося на чітких підставах.

Досліджувана ділянка розташована в гірській зоні області, де панує складний рельєф, великі різниці у висоті та щільний лісовий покрив.

Такі природні умови ускладнюють процес фотограмметричної зйомки, проте одночасно створюють підґрунтя для комплексної оцінки можливостей сучасних методів дистанційного отримання просторових даних.

У четвертому кварталі 2021 року на цій ділянці виконано оновлення державного реєстру земельних ділянок та будівель, при цьому застосовували цифрові фотограмметричні дані, отримані за допомогою аерофотозйомки.

Цей аспект забезпечив можливість використання району для наступної оцінки достовірності і практичної цінності фотограмметричних даних у кадастрових процедурах.

На початок 2022 року в кадастровому районі було зафіксовано 4 051 земельну ділянку, внесена до відповідної бази даних.

Площа розглянутої ділянки перевищувала 10 000 гектарів.

У розподілі землекористування домінували ліси та лісисті ділянки — близько 71 % простору, сільськогосподарські угіддя склали приблизно 24 %, а забудовані та міські зони становили решту, тобто 5 %.

Переважно польові дослідження та їхній аналіз здійснювалися в урбанізованих і міських просторах, де досягнуто найвищого рівня розпізнавання контрольних точок на ортофотопланах.

Застосування цього підходу дозволило знизити вплив природних перешкод, зокрема лісових масивів, схилів та подібних елементів, на процес визначення координат граничних точок.

У таблиці 4 наведено узагальнені дані про кількість граничних точок земельних ділянок, розподілених за атрибутом розташування, а також вказані середні величини похибок у визначенні їх координат для різних методик зйомки.

Таблиця 4. Положення граничної точки та середнього положення граничної точки

положення граничної точки		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Усього
відсутнє	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
1	0	84	0	459	0	6	0	0	1	0	550
2	0	113	0	1	557	0	0	0	885	0	1556
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	177	0	0	177
5	0	0	0	0	0	537	0	140	0	0	677
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Усього	3	114	0	459	538	557	1	0	318	885	2875

Під час камерального розгляду дані щодо меж землі, отримані фотограмметричним способом, були окремо виділені та позначені жирним у таблиці, щоб спростити інтерпретацію результатів.

Це оформлення надало змогу виконати диференційовану оцінку точності координат краєвих точок у залежності від застосованого методу їх розрахунку.

У вивчених матеріалах окрема підгрупа складалася з краєвих точок, для яких у кадастровій системі задано атрибут «положення граничної точки» зі значенням 3 та атрибут «середня похибка» зі значенням 1.

Отже, середня відхилення координат 4590 подібних пунктів не перевищувало 0,10 м у порівнянні з геодезичним контролем першого класу.

В результаті їхня точність відповідала технічним вимогам, які встановлені для цифрового опису земельних меж.

Інша група пунктів, позначена позицією = 4, характеризувалася значно нижчою точністю.

Їхні координати отримувалися за допомогою фотограмметрії без проведення попереднього польового вимірювання меж.

У цьому наборі даних середня похибка коливалась від 1,51 м до 3,00 м щодо опорних пунктів геодезичної мережі першого порядку.

Більшість цих точок знаходилась на зовнішньому краю досліджуваної ділянки, що могло призвести до погіршення якості їхньої ідентифікації.

Окремо варто зазначити сукупність, що складається з 885 граничних точок, яким було присвоєно атрибут «положення» = 9 та середню похибку = 2.

Згідно з технічною документацією, ці відомості були внесені в кадастрову систему у четвертому кварталі 2021 р. під час оновлення реєстру земельних ділянок та будівель.

У той час атрибут «положення граничної точки = 9» встановлювався як результат векторизації картографічних матеріалів, які не входять до складу кадастрової карти; отже, джерелом цих даних стала цифрова обробка допоміжних картографічних матеріалів, а не пряма геодезична вимірювальна робота.

Не можна виключати можливості, що під час проведення зазначених робіт значення атрибутів граничних точок були погоджені з районним центром геодезичної та картографічної документації, який уповноважений затверджувати технічні рішення щодо оновлення кадастрових даних.

Незважаючи на це, у регіональному архіві не вдалося виявити достовірних даних про методику присвоєння потрібних значень і про конкретні критерії вибору цих точок.

Дослідження встановило, що 98,2 % точок з позначенням позиція = 9 сформовано на підставі фотограмметричних матеріалів, що свідчить про використання альтернативних, нетрадиційних підходів до збору інформації про межі ділянок.

Враховуючи встановлені технічні характеристики, можна припускати, що зйомка зазначених пунктів виконувалась у вигляді ортофото-плану, отриманого внаслідок аерофотозйомки з високою просторовою роздільністю.

Попри певну неоднозначність щодо походження цих даних, важливо, що вони задовольняють діючі нормативи щодо точності кількісного опису меж.

Отже, їхні координати могли стати підґрунтям для розрахунку площі земельних ділянок, завдяки чому вдалося оновити кадастрову інформацію без необхідності проведення додаткових польових робіт.

Для кількісного порівняння отриманих результатів здійснено статистичний аналіз просторових відхилень координат крайових точок з урахуванням способу їх визначення.

У таблиці 5 подано усереднені значення середньої похибки ($\Delta_{\text{ср}}$), максимальної відхилення (Δ_{max}) та середньоквадратичної похибки (СКП) для різних груп точок, які класифіковані за атрибутом «положення граничної точки».

Таблиця 4 Положення граничної точки

Положення граничної точки	Кількість точок	$\Delta_{\text{ср}}$ (м)	Δ_{max} (м)	СКП (м)	Метод отримання
3	4590	0,08	0,12	0,05	Геодезичне визначення меж із попереднім закріпленням знаків
4	276	1,95	3,00	0,82	Фотограмметрична зйомка без попереднього визначення меж
9	885	2,10	2,90	0,90	Векторизація картографічних матеріалів, відмінних від кадастрових карт

На підставі виконаного аналізу стає очевидним, що кращу точність мають граничні точки з атрибутом 3, де середнє відхилення не перевищує 0,1 м, що повністю відповідає вимогам до цифрового представлення меж у кадастровій практиці.

Проте точки з атрибутами 4 і 9, переважно сформовані фотограмметричними або векторними методами, мають нижчу метричну точність.

Отже, без попередньої польової перевірки кордонів або без використання високоточних геодезичних контрольних пунктів фотограмметричні підходи не забезпечують нормативну якість просторових даних.

Водночас результати показують, що навіть у складних умовах гірського рельєфу фотограмметричні дані залишаються дієвим засобом оновлення кадастрових відомостей, особливо для ділянок, де зміни у межах мінімальні.

Отже, проведений статистичний аналіз засвідчує розумність комплексного підходу, який об'єднує традиційні геодезичні вимірювання з сучасними фотограмметричними технологіями задля отримання високоякісної кадастрової інформації.

3.5 Результати практичної перевірки точності даних про межі ділянок, отриманих фотограмметричним методом

Відповідно з обраною методикою, для підтвердження достовірності фотограмметричних результатів вимірювання координат вибраних межових пунктів виконували безпосередньо у польових умовах.

Такий підхід дозволив провести порівняльний аналіз отриманих вимірювань з даними, зареєстрованими в кадастрі.

У польових умовах виміри здійснювалися за допомогою GNSS-технології в режимі RTK, використовуючи мережу постійно діючих референтних станцій System Solution.

В результаті робіт отримано просторові координати 287 кутових пунктів меж земельних ділянок, які раніше були виявлені за даними ортофотоплану.

Під час здійснення контрольних вимірювань з'ясувалося, що 36 пунктів не вдалося достовірно ідентифікувати через розбіжність між зображенням на ортофотоплані та реальним розташуванням об'єктів у природному ландшафті.

Як можливі чинники виникнення таких розбіжностей варто відзначити сезонні коливання рельєфу, щільну рослинність, реконструкцію

будівель чи уточнення межових позначок після отримання фотограмметричних результатів.

Враховуючи вказане, вимірювання цих точок не були включені до подальшого статистичного аналізу.

У таблиці 5 містять зведені дані про число граничних точок, у яких зафіксовано визначені значення атрибутів «розташування граничної точки» та «середня похибка», а також які були включені в контрольну GNSS-зйомку.

Отримані дані слугували базою для подальшого порівняння координатної точності та оцінки відповідності результатів, отриманих різними методиками.

Таблиця 5. Кількість граничних точок

Значень положення граничної точки	Середня похибка положення граничної точки	Номер точки межі
1	2	53
5	2	10
3	1	149
9	2	39

У поданій вище таблиці продемонстровано, що згідно зі свідченнями, зафіксованими в Державному реєстрі земельних ділянок та будівель, усі перевірені граничні точки формально відповідають технічним вимогам числового опису меж (див. рисунок 2).

Однак контрольні вимірювання виявили деякі розбіжності у фактичних координатах точок.

Середнє лінійне відхилення по всій вибірці з 251 контрольної точки склало 0,74 м, що вказує на різницю між кадастровими координатами та реальним розташуванням межових позначок на місцевості.

У даній ситуації прийняли, що спостереження GNSS, виконані за допомогою референтної системи System Solution, пройшли без суттєвих помилок і можуть використовуватись як еталонні дані.

Підставляючи це припущення, отримані лінійні відхилення (dLi) трактували як реальні величини похибок координат граничних точок, зафіксованих у кадастровій базі.

Аналіз зібраних даних дав змогу сформулювати такі висновки:

- 112 межових пунктів відповідали технічним вимогам щодо цифрового опису кордонів;
- 139 пунктів не задовольнили встановлені вимоги;
- частка межових пунктів, що відповідають нормативним критеріям, склала 44,6 % від загальної кількості.

Під час розгляду також була врахована можливість точного визначення кутових межових точок безпосередньо в польових умовах.

Беручи до уваги, що межову точку можна встановити з точністю до 0,10 м, що відповідає польовим деталям першого класу точності,

У підсумку лінійне відхилення dLi , яке не перевищувало 0,40 м, виявилось лише у 112 із 251 контрольних точок, що становить майже половину перевірених об'єктів, які задовольняють нормативні вимоги.

Слід підкреслити, що у дослідженні розглядали виключно ті граничні точки, які можна було чітко ідентифікувати на місцевості — здебільшого кутові точки ділянок, межові знаки чи кути огорож, які мали однозначну геометричну інтерпретацію на ортофотоплані.

Щоб підвищити надійність результатів, отриманих під час подальшого аналізу, були виключені аномальні спостереження – ті точки, у яких dLi перевищує dL_{cp} на величину σ (σ – стандартне відхилення).

Внаслідок цієї обробки з набору даних виключено 35 контрольних точок, які не підпадали під загальну схему розподілу помилок.

Очищені та оновлені дані наведені у таблиці 6; у ній представлено скориговані середні значення точності та відсотковий розподіл граничних точок, які відповідають чи не відповідають діючим технічним нормативам.

Таблиця 6. Середнє лінійне відхилення dL_{sp} граничних точок залежно від значень положення граничної точки

Значення положення граничної точки	Розмір вибірки	Оцінка dL (м)	Точність оцінки dL (м)	Результати оцінки значення dL	
1	46	0.38	± 0.06	0.25	0.44
5	7	0.22	± 0.05	0.06	0.39
3	131	0.45	± 0.02	0.41	0.52
9	32	0.82	± 0.01	0.59	1.08

Вивчивши зібрані дані, можна стверджувати, що середнє лінійне відхилення (dL), розраховане за межами земельних ділянок, визначених традиційними геодезичними вимірюваннями (тобто для точок, у яких атрибут «положення граничної точки» дорівнює 1 та 5), значно менше, ніж для точок, отриманих фотограмметричним методом (з атрибутами 3 і 9).

Отже, це підтверджує вищу точність результатів, отриманих безпосередньо в польових умовах, у порівнянні з дистанційними способами визначення координат.

Після проведення статистичного аналізу інтервальних оцінок середнього лінійного відхилення dL_{sp} для межових пунктів, у яких показник лінійного відхилення становить 3, встановлено, що з довірчим рівнем 95 % отримане значення перевищує допустимі межі, визначені чинними технічними вимогами до чисельного опису кордонів.

Отже, навіть з урахуванням потенційних поправок на похибки, результати фотограмметрії не задовольняють нормативним вимогам точності, необхідним для кадастрових робіт.

Подальші обчислення продемонстрували, що внесення поправок, пов'язаних з визначенням топографічних елементів, що піддавалися контрольним вимірюванням, не суттєво підвищує статистичні характеристики точності.

Це зумовлено тим, що на фінальний результат значний вплив здійснюють зовнішні фактори — зокрема, кут зйомки, просторове перекриття зображень, похибки ортофотокорекції та складність рельєфу місцевості.

Отримані результати ще раз підтверджуються даними параметричного статистичного аналізу (таблиця 6), який виявив статистично значуще розбіжність між середніми величинами лінійних відхилень, властивих точкам, отриманим різними методами.

Тобто, хоча фотограмметричні дані й ефективні при широких кадастрових оновленнях, їх слід додатково перевіряти, коли вони застосовуються для точного встановлення межових координат.

Таблиця 6 Перевірка гіпотези про виконання вимог точності числового опису меж кадастрових ділянок

Елемент	Опис
Нульова гіпотеза (H_0)	Фотограмметрична зйомка в досліджуваній області, виконана в межах модернізації, дозволила задовольнити технічні вимоги числового опису меж ($dL_{\text{гр}} \leq 0.40$ м).
Альтернативна гіпотеза (H_1)	Фотограмметрична зйомка в досліджуваній області, виконана в межах модернізації, не

	дозволила задовольнити технічні вимоги числового опису меж ($dL_{\square_r} > 0.40$ м).
Середнє лінійне відхилення (dL_{\square_r})	0.50 м
Значення тестової функції Z для нормального розподілу	3.4651
Границя односторонньої критичної області ($Z_{\square.\square\square}$)	1.6448
Висновок	Значення тестової функції потрапляє в критичну область, що є підставою для відхилення нульової гіпотези (H_0) і прийняття альтернативної гіпотези (H_1). Фотограмметрична зйомка граничних точок у досліджуваній території не дозволила задовольнити технічні вимоги числового опису меж.

На ілюстрації подано дані аналізу, що стосуються виключно межових точок, для яких позиція має значення 3.

У разі межових точок зі значенням позиції 9 виявляється ще виразніша схильність до відхилень.

Отже, застосування фотограмметрії при отриманні просторової інформації про межі ділянок у гористій місцевості з інтенсивною забудовою не гарантувало передбачуваної точності отриманих даних.

Отримані експериментальні результати свідчать про те, що традиційні геодезичні підходи у польових вимірюваннях все ще залишаються більш надійними при створенні кадастрових даних, особливо при визначенні ліній кордонів ділянок.

При цьому варто наголосити, що процес удосконалення методів польових вимірювань продовжується, а наукові дослідження спрямовані на підвищення їх точності та оптимізацію збору інформації.

Одним із перспективних напрямків у цій галузі є впровадження новітніх емпіричних підходів, що дозволяють скоротити кількість вимірювань у межах геодезичних мереж, при цьому не втрачаючи достовірності отриманих результатів.

Втім, отримані результати не заперечують повністю можливість ефективного застосування фотограмметрії для визначення меж земельних ділянок у різних природно-географічних умовах.

Проте аналіз виявив, що ефективність застосування фотограмметрії у кадастрових роботах потребує глибокого переосмислення, особливо в умовах складного рельєфу або інтенсивної забудови.

У ході дослідження також були зафіксовані подібні розбіжності між координатами контрольних точок меж, встановленими за допомогою GNSS-RTK, та координатами, отриманими внаслідок фотограмметричних зйомок.

Такі розбіжності зумовлені особливостями історичного формування кадастрових систем в Україні, які протягом тривалого часу формувалися під впливом різних технічних та нормативно-правових факторів.

Тому пряме порівняння отриманих результатів із аналогічними іноземними дослідженнями не можна вважати повністю обґрунтованим.

Графік, розташований нижче (рисунок 4), демонструє розподіл лінійних відхилень dLi (після виключення статистичних аномалій) для 131-ї граничної точки, що була включена у зйомку та використана у цьому експерименті.

Ці дані відображають реальний рівень точності позиціонування на досліджуваній ділянці і підтверджують виявлені закономірності.

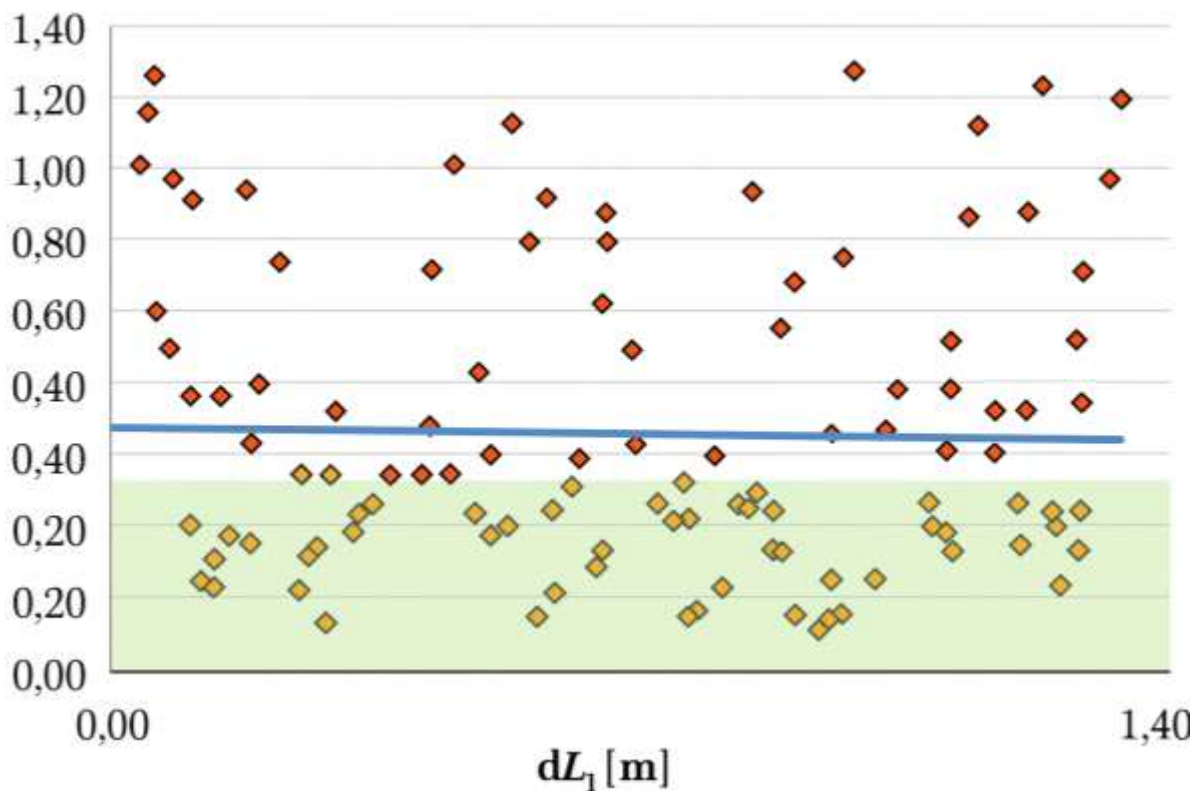


Рисунок 4. Розкид лінійних відхилень dL_i граничних точок

На ілюстрації зеленою позначено ділянку, в межах якої граничні точки відповідають технічним вимогам до чисельного опису меж земельних ділянок.

Відповідно до затвердженого раніше критерію, при значенні лінійного відхилення $dL_i \leq 0,40$ м вважається, що досягнуто необхідної точності визначення місця розташування граничної точки.

Ця умова виконана для 67 з 131 дослідженої точки, що становить 51,1 % від загальної суми.

Для порівняння, у групі кутових точок межі, позначених як позиція граничної точки 9, лише 34,4 % відповідають встановленим вимогам точності.

Така різниця у результатах свідчить про суттєве зниження якості даних за більш ускладнених умов фіксації меж, що, ймовірно, обумовлено

формою об'єктів, рельєфом місцевості та наявністю перешкод під час зйомки.

Варто окремо підкреслити, що на графіку синьою лінією позначений тренд практично горизонтальний.

Це свідчить про стабільність та однорідність умов спостереження під час проведення супутникових вимірювань технологією GNSS RTK, і слугує вагомим підтвердженням достовірності одержаних даних.

Крім того, виявлено, що між величинами лінійних відхилень dL і dLi та розташуванням окремих об'єктів у вивченій області просторової кореляції не спостерігається.

Отже, похибки розподілені випадковим чином і не залежать ні від місця розташування, ні від щільності забудови.

У ході дослідження проведено перевірку достовірності даних, внесених у державний земельний кадастр, особливо стосовно точності визначення координат граничних точок, отриманих під час фотограмметричної зйомки.

За результатами аналізу виявлено, що відповідно до прийнятих припущень частка граничних точок, яким присвоєно певне середнє значення похибки їхнього позиціонування, розподіляється таким чином Таблиця 6.

Таблиця 6. Індекс структури граничних точок, що відповідають вимогам точності

Положення граничної точки	Середня похибка положення граничної точки	Розмір вибірки	Оцінка індексу структури	Точність оцінки	Результат інтервальної оцінки	
3	1	131	16.0% ($dLi \leq 0.20m$)	$\pm 3.2\%$	13.1%	19.5%
9	2	32	34.4% ($dLi \leq 0.40m$)	$\pm 8.4\%$	18.6%	53.2%

Висновки, подані в таблиці 6, виявляють, що рівень достовірності відомостей, які записуються до державного кадастру нерухомості щодо точності виявлення позиції граничних пунктів, все ще лишається низьким.

Як правило, середнє відхилення координат граничних пунктів встановлюється автоматично, базуючись або на атрибуті розташування конкретної точки, або на типі проведених робіт, що надали дані про проходження межі ділянки.

Водночас детальне тестування фактичних параметрів точності практично не здійснюється, що перешкоджає всебічному аналізу реальної якості просторових даних.

Така спрощена методика призводить до ряду небажаних результатів.

По-першому, це підриває довіру до кадастрових відомостей, які використовуються в землекористуванні, плануванні забудови та юридичному оформленні власності.

По-другому, виникає небезпека розбіжностей між реальними і зареєстрованими межами ділянок, що ускладнює геодезичні контролю і може провокувати правові конфлікти між власниками прилеглих ділянок.

Необхідно зауважити, що усі проаналізовані межові координати, згідно з даними, які включені у кадастрову базу, формально задовольняють діючі технічні вимоги стосовно допустимих меж похибки.

Проте практичні вимірювання виявили, що реальна точність часто відхиляється від встановлених нормативних показників.

Такі дані вказують на існування системної проблеми в процесі контролю та актуалізації кадастрових даних.

Враховуючи виявлені розбіжності, можна стверджувати, що питання перевірки достовірності кадастрових даних вимагає подальших всебічних досліджень.

Створення уніфікованих методик перевірки точності та вдосконалення процесів внесення і оновлення геоданих у кадастрі

становлять фундаментальні дії, спрямовані на підвищення достовірності та правового захисту кадастрових даних.

Висновки

Результати проведених досліджень і аналітичних розрахунків дали змогу сформулювати такі підсумки:

1. Серед провідних параметрів якості записів у державному реєстрі земельних ділянок і будівель виділяється комплексна оцінка координат граничних точок разом із середніми похибками їх вимірювання.

Саме такий комплексний аналіз дозволяє об'єктивно встановити точність просторових даних, що використовуються у кадастрових процедурах.

Надійне визначення відповідних значень цих параметрів становить вирішальну передумову достовірності кадастрових даних.

Одночасно проведені дослідження показали, що середні відхилення у розташуванні граничних точок, що вносяться до кадастрової бази, часто є підозрілими.

У більшості випадків така інформація генерується землеустроювачами автоматично, з огляду на обрану методику збору вихідних даних, і без виконання комплексної оцінки фактичної точності.

Цей підхід створює низку ризиків.

Зокрема, передання неточних даних щодо точності визначення координат межових точок спотворює геометрію ділянок, що в результаті призводить до помилок при розрахунку їхньої площі.

Оскільки площа безпосередньо впливає на юридичне визначення меж власності, такі неточності можуть призводити до неоднозначності при встановленні прав власності та формуванні просторових кордонів земельних ресурсів.

2. На підставі проведеного аналізу встановлено, що застосування фотограмметричного методу збору даних про межі земельних ділянок у розглянутому кадастровому окрузі в переважній більшості випадків не

задовольняло вимоги точності, передбачені технічними нормативами для цифрового опису меж.

Отримані результати підтверджують ці висновки як даними геодезичних польових вимірювань у контрольних пунктах, так і результатами статистичних аналізів, що враховували можливість точного визначення межових точок у реальному середовищі.

До можливих джерел розбіжностей можна віднести як суб'єктивні фактори — зокрема, неточності в роботі фотограмметричних спеціалістів, спричинені недостатньою підготовкою або відхиленнями від встановлених методик обробки даних, — так і об'єктивні умови, пов'язані зі складним рельєфом, високою щільністю забудови та відсутністю чітко виражених контурів об'єктів на зображеннях.

Особливо складними виявилися ділянки в гірських районах, де через великі перепади висот і тінні ефекти, спричинені будівлями чи рослинністю, майже неможливо точно визначити межі за допомогою фотограмметричних знімків.

У цілому, отримані дані свідчать, що у вивчених умовах фотограмметричний підхід не забезпечує необхідного рівня точності та достовірності, які потрібні для модернових кадастрових систем.

3. Підсумкові висновки не спростовують повністю користь використання фотограмметрії при визначенні меж земельних ділянок, проте демонструють її обмежені можливості.

Метод виявляє ефективність лише за особливих умов — переважно в рівнинних районах з чітко вираженими межовими лініями та без значних рельєфних перешкод.

Отримані під час дослідження дані підтверджують, що фотограмметричні матеріали є важливим додатковим інструментом для перевірки чи уточнення кадастрових даних, зокрема в процесі оновлення чи модернізації реєстру земельних ділянок та будівель.

Однак використання їх у ролі основного інструменту визначення координат межових пунктів недоречно без попередньої польової верифікації.

У майбутньому варто продовжити дослідження, спрямовані на вдосконалення методики фотограмметричної зйомки, розробку алгоритмів автоматичної корекції похибок і поєднання фотограмметрії з даними GNSS-зйомок задля підвищення точності кадастрового картографування.

Список використаних джерел

1. Баран П.І. Інженерна геодезія — Київ: Віпол, 2012
2. Волосецький Б.І. Геодезія у природокористуванні. – Львів, 2008.
3. Волосецький Б.І. Інженерна геодезія. – Львів, 2003.
4. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. – К.: ГКНТА, 1999.
5. Тартачинський Р.М., Дейнека Ю.П., Смірнова О.М. Практикум з інженерної геодезії – Львів, 2001.
6. Головне управління геодезії, картографії та кадастру України "Інструкція з топографічної зйомки в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500", - Київ, 2001 рік.
7. Проф. Могильний С.Г. і д.т.н. Войтенко С.П. "Геодезія" (частина перша). Чернігів 2002р.
8. Benduch, Piotr & Peška-Siwik, Agnieszka. (2017). Assessing the Usefulness of the Photogrammetric Method in the Process of Capturing Data on Parcel Boundaries. *Geodesy and Cartography*. 66. 3-22. 10.1515/geocart-2017-0003.
9. Aringer, K. та Roschlaub, R. (2014). Баварська 3D-модель будівлі та концепція оновлення на основі LiDAR, зіставлення зображень та кадастрової інформації. *Інновації в 3D-геоінформаційних науках*. Springer International Publishing, с. 143–157.
10. Benduch, P. та Peška, A. (2016). Порівняння методів збору даних щодо меж ділянок з точки зору їхньої точності та надійності. У Міжнародній конференції та виставці геоінформаційних систем «GIS ODYSSEY 2016», 5–9 вересня 2016 р. (с. 25–34). Перуджа, Італія: Хорватське товариство інформаційних технологій – ГІС-форум.
11. Доскоч, А. (2016). Оцінка точності планіметричних великомасштабних картографічних даних для прийняття рішень.

Геодезія та картографія, 65 (1), 3–12. DOI: 10.1515/geocart-2016-0006

12. Фелсенлобен, Д. (2015). Ocena jakości danych ewidencyjnych oraz efektywności funkcjonowania katastru nieruchomości. ISBN: 978-83-7717-219-3. Вроцлав, Польща: Wydawnictwo UWP.

13. Ганус, П. (2006). Ocena przydatności dokumentacji byłego katastru austriackiego dla potrzeb prac geodezyjnych. Неопублікована кандидатська дисертація, Науково-технічний університет АГН, Краків, Польща.

14. Джазайері, І., Раджабіфард, А. та Калантарі, М. (2014). Геометрична та семантична оцінка методів отримання 3D-даних для інформації про землю та майно. Землекористувальна політика, 36, 219–230. DOI: 10.1016/j.landusepol.2013.08.004

15. Кададж, Р. (2016). Емпіричні методи редукції спостережень у геодезичних мережах. Геодезія та картографія, 65(1), 13–40. DOI: 10.1515/geocart-2016-0001

16. Paszotta, Z. and Szumiło, M. (2006). Źródła błędów numerycznego modelu terenu pozyskanego metodami fotogrametrycznymi. Геодезія, картографія та аерофотознімання: український міжвідомий науково-технічний збірник / Міністерство освіти і науки України, Нацуніверситет „Львівська політехніка” ; відповідальний редактор П. М. Зазуляк. – Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», Випуск 67, 44–51.

17. Сіріба, Д. (2009). Оцінка позиційної точності набору кадастрових даних на основі знаньт використовувані кроки процесу. На 12-й конференції AGILE з GIScience, 2-5 червня 2009 р. Ганновер, Німеччина: Асоціація лабораторій географічної інформації в Європі.

18. Сунг, С. М. та Лі, Дж. О. (2016). Точність визначення меж ділянок у користуванні сільськогосподарськими площами БПЛА-Фотограмметрія. Журнал Корейського товариства геодезії, геодезії, фотограмметрії та Картографія, 34 (1), 53–62. DOI: 10.7848/ksgpc.2016.34.1.53

БІБЛІОГРАФІЧНА ДОВІДКА

Тема магістерської роботи:

**«Аналіз ефективності фотограмметричних
технологій в земельному кадастрі»**

Обсяг пояснювальної записки: 56 аркушів.

24.12.25 рік

(дата)

(підпис студента)

