



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Чорноморський національний університет
імені Петра Могили

Кафедра управління земельними ресурсами

КАШЕВАРОВ ОЛЕКСІЙ ОЛЕГОВИЧ

Кваліфікаційна робота

«Аналіз точності визначення площ земельних ділянок»

на здобуття ступеня вищої освіти бакалавр

галузі знань 19 «Архітектура та будівництво»

спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

за освітньо-професійною програмою «Геодезія та землеустрій»

Науковий керівник: Перович Л.М.,
д.т.н., професор

Рецензент: ФОП «Селін Віктор
Геннадійович»

Миколаїв 2025

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПЛОЩ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК	5
1.1 Основні законодавчі акти, що регулюють визначення площ земельних ділянок	5
1.2 Нормативні документи та стандарти, що використовуються в геодезичних вимірах	10
1.3 Вимоги до точності визначення площі земельних ділянок	13
Висновки до розділу 1	18
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ СТВОРЕННЯ ТОПОГРАФІЧНИХ ПЛАНІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПЛОЩ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК	21
2.1. Геодезичні методи визначення площі	21
2.2. Сучасні методи та технології (GNSS-технології, лазерне сканування, аерофотознімання, супутникові знімки)	25
2.3. Програмне забезпечення для визначення площ земельних ділянок	32
2.4. Порівняльний аналіз точності різних методів	39
Висновки до розділу 2	47
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПЛОЩ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК ІСНУЮЧИМИ МЕТОДАМИ	49
3.1. Мета та завдання експерименту	49
3.2. Методологія проведення досліджень	50
3.3. Практичне визначення площі різними методами	52
3.4. Аналіз отриманих результатів та їх порівняння	55
Висновки до розділу 3	56
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	60
ДОДАТКИ	65

ВСТУП

Актуальність дослідження. Визначення площ земельних ділянок є однією з ключових задач геодезії, картографії та землеустрою. Точні вимірювання необхідні для кадастрового обліку, оцінки нерухомості, оподаткування та землевпорядних робіт. Невідповідність між фактичними та зареєстрованими площами земельних ділянок може спричиняти юридичні конфлікти, економічні втрати та ускладнення у веденні державного земельного кадастру. Удосконалення методів вимірювання, зокрема із застосуванням сучасних геоінформаційних технологій (ГІС), GNSS-обладнання та дистанційного зондування Землі, сприяє підвищенню точності та ефективності цих процесів.

Питання визначення площ земельних ділянок досліджується багатьма науковцями, серед яких можна виділити О. Я. Кравець [13]; С. Крячок [15], Л. Мамонтова [16], Ю. Щербак [36]; М. Фис [33], які аналізують класичні та сучасні методи визначення площі територій. У своїх працях дослідники наголошують на необхідності інтеграції традиційних геодезичних методів із новітніми цифровими технологіями для мінімізації похибок і підвищення ефективності землеустрою.

Мета дослідження – аналіз існуючих методів точності визначення площ земельних ділянок та обґрунтування ефективності застосування сучасних геодезичних технологій для підвищення точності вимірювань.

Об'єкт дослідження – процес визначення точності площ земельних ділянок.

Предмет дослідження – методи та технології визначення площ земельних ділянок, їх точність та ефективність.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати традиційні та сучасні методи визначення площ земельних ділянок;

2. Дослідити особливості застосування GNSS-методів, ГІС-технологій та аерофотознімання;
3. Оцінити похибки при використанні різних методів вимірювань;
4. Запропонувати шляхи вдосконалення існуючих методів визначення площ.

Методи дослідження. У роботі використано теоретичні методи (аналіз наукових джерел, порівняльний аналіз методів вимірювань), картографічні методи (визначення площ ділянок на плані), емпіричні методи (польові вимірювання, експериментальні дослідження), математичні методи (аналіз похибок).

Теоретичне та практичне значення дослідження. Результати дослідження можуть бути використані для вдосконалення методів визначення площ земельних ділянок у кадастрових роботах, землеустрої, містобудуванні та екологічному моніторингу. Практична значущість полягає у підвищенні точності геодезичних вимірювань, що сприятиме зменшенню помилок у земельному кадастрі та оптимізації землекористування.

Наукова новизна дослідження полягає у комплексному аналізі сучасних методів визначення площі земельних ділянок та оцінці їхньої точності в умовах застосування геодезичних, картографічних та дистанційних технологій.

Структура кваліфікаційної роботи: Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів з висновками до них, загальних висновків, списку використаних джерел (56 найменувань, з них 20 іноземною мовою) і 4 додатків (на 5 сторінках). Загальний обсяг кваліфікаційної роботи – 70 сторінок, з них основного тексту – 59 сторінок. Робота містить 8 таблиць і 13 рисунків.

РОЗДІЛ 1. НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПЛОЩ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК

1.1 Основні законодавчі акти, що регулюють визначення площ земельних ділянок

Визначення площі земельних ділянок є важливим аспектом землевпорядкування та державного земельного кадастру, оскільки воно впливає на реєстрацію прав власності, оцінку вартості землі та розрахунок податкових зобов'язань. В Україні цей процес регулюється низкою законодавчих актів, які встановлюють правові та технічні засади визначення, обліку та реєстрації земельних ділянок. Розглянемо детально основні законодавчі документи, що регулюють питання визначення площ земельних ділянок.

1. Земельний кодекс України [8]. Земельний кодекс України є основним законодавчим актом, що регулює земельні відносини в державі. Згідно зі статтею 79, земельна ділянка визначається як частина земної поверхні з установленними межами, певним місцем розташування та визначеними щодо неї правами. Стаття 79-1 уточнює, що земельна ділянка може бути об'єктом цивільних прав лише після її формування, яке включає встановлення меж, визначення площі та внесення відповідних відомостей до Державного земельного кадастру [8].

2. Закон України "Про Державний земельний кадастр" [6]. Цей закон встановлює правові, економічні та організаційні основи діяльності у сфері Державного земельного кадастру. Він визначає порядок ведення кадастру, включаючи процедури реєстрації земельних ділянок, присвоєння кадастрових номерів та внесення інформації про площу ділянок. Закон також регламентує використання відомостей кадастру для забезпечення прав на землю та управління земельними ресурсами [6].

3. Постанова Кабінету Міністрів України від 3 листопада 2021 року № 1147 [26]

Ця постанова затверджує Методику нормативної грошової оцінки земельних ділянок [26], яка використовується для визначення вартості земельних ділянок різного цільового призначення. Методика враховує площу земельної ділянки як один із ключових параметрів при розрахунку її вартості, що підкреслює важливість точного визначення площі для об'єктивної оцінки [26].

4. Наказ Держгеокадастру від 30 грудня 2015 року № 337. Цей наказ затверджує форми адміністративної звітності з кількісного обліку земель та інструкції щодо їх заповнення. Зокрема, у формах звітності передбачено графи для зазначення площі земельних ділянок за різними категоріями та угіддями, що сприяє стандартизації та уніфікації обліку земельних ресурсів [17].

5. Закон України від 27 липня 2023 року № 3272-ІХ. Цей закон вносить зміни до деяких законодавчих актів України з метою підвищення ефективності використання земель сільськогосподарського призначення державної власності. Зокрема, він уточнює процедури передачі в оренду таких земельних ділянок, встановлюючи вимоги щодо визначення їх площі та внесення відповідних відомостей до Державного земельного кадастру [6].

6. Закон України від 2 травня 2023 року № 3065-ІХ. Цей закон вносить зміни до Земельного кодексу України щодо врахування площі земельних ділянок сільськогосподарського призначення, що належать подружжю на праві спільної сумісної власності. Він визначає, що для цілей статті 130 Земельного кодексу площа таких ділянок враховується у загальній площі земельних ділянок лише того з подружжя, за яким зареєстровано право власності [8].

Таким чином, вищезазначені законодавчі акти формують комплексну нормативно-правову базу, яка регулює процес визначення площі земельних

ділянок в Україні, забезпечуючи правові підстави для їх обліку, оцінки та ефективного використання.

Для розуміння особливостей правового регулювання визначення площі земельних ділянок варто проаналізувати основні законодавчі акти з точки зору їх впливу на практику землевпорядкування, управління земельними ресурсами та врегулювання правовідносин у сфері землекористування.

Таблиця 1.1.1

Аналіз законодавчих актів, що регулюють визначення площ земельних ділянок

№	Назва нормативно-правового акта	Основні положення щодо визначення площі земельних ділянок	Аналіз та коментарі	Джерело
1	Земельний кодекс України	Визначає земельну ділянку як об'єкт цивільних прав, що включає встановлення її площі, меж та внесення інформації до Державного земельного кадастру.	Важливий фундаментальний закон, що визначає поняття земельної ділянки та її площі. Впровадження норм цього кодексу дозволяє встановлювати та захищати майнові права на землю.	Посилання
2	Закон України "Про Державний земельний кадастр"	Регламентує правові основи діяльності у сфері кадастру, включаючи вимоги щодо визначення площі земельних ділянок та внесення цих даних до кадастру.	Забезпечує ведення обліку земельних ділянок, їхню ідентифікацію та унеможливорює подвійний облік однієї і тієї ж землі. Важливий для точності реєстрації прав на землю.	Посилання

№	Назва нормативно- правового акта	Основні положення щодо визначення площі земельних ділянок	Аналіз та коментарі	Джерело
3	Постанова Кабінету Міністрів України від 3 листопада 2021 року № 1147	Визначає методику оцінки земельних ділянок, що враховує площу ділянок як основний параметр у розрахунках.	Має економічне значення, оскільки точність визначення площі земельної ділянки безпосередньо впливає на її вартість та податкові зобов'язання власника.	Посилання
4	Наказ Держгеокадастру від 30 грудня 2015 року № 337	Визначає порядок реєстрації площі земельних ділянок у кадастрі та форму звітності щодо обліку земель.	Впливає на точність ведення кадастрових реєстрів, що є критично важливим для уникнення спірних ситуацій щодо площі земель.	Посилання
5	Закон України від 27 липня 2023 року № 3272-IX	Встановлює нові правила визначення та обліку площ земель сільськогосподарського призначення державної власності.	Забезпечує більш ефективне управління земельними ресурсами, запобігаючи незаконному використанню державних земель.	Посилання
6	Закон України від 2 травня 2023 року № 3065-IX	Вносить зміни щодо обліку площ земельних ділянок сільськогосподарського призначення, що перебувають у спільній власності подружжя.	Актуальний для розподілу прав на землю у шлюбі, що впливає на процес спадкування та передачі земельних ділянок.	Посилання

Точне визначення площі земельних ділянок є критично важливим для ефективного управління земельними ресурсами та запобігання юридичним конфліктам. У наукових дослідженнях підкреслюється необхідність підвищення точності вимірювань. Зокрема, у статті Івана Нисторяка "Ще раз до точності визначення площ земельних ділянок" аналізується сучасний стан фрагментації земель сільськогосподарського призначення в Україні та наголошується на важливості точних вимірювань для ефективного управління земельними ресурсами [18].

На основі аналізу вищезазначених законодавчих актів можна зробити такі висновки. Законодавство України містить достатньо чіткі визначення понять "земельна ділянка", "площа земельної ділянки" та методів її визначення. Земельний кодекс та Закон України "Про Державний земельний кадастр" [6] забезпечують основи правового регулювання цього питання, а додаткові підзаконні акти деталізують технічні аспекти. Закони, ухвалені у 2023 році, демонструють необхідність адаптації законодавства до нових реалій землекористування, включаючи земельні реформи та цифровізацію кадастрового обліку.

Постанова Кабінету Міністрів України № 1147 та Закон України від 27 липня 2023 року № 3272-IX [8;26] безпосередньо впливають на економічні аспекти земельних відносин, оскільки точне визначення площі землі є важливим фактором у її оцінці, оподаткуванні та державному управлінні.

Закони та накази спрямовані на те, щоб уникнути спірних ситуацій між землекористувачами, а також забезпечити правильний розподіл прав на землю. Наприклад, Закон № 3065-IX враховує специфіку спільної власності подружжя, що зменшує кількість юридичних суперечок.

Незважаючи на те, що законодавство щодо визначення площі земельних ділянок є досить розвиненим, певні проблеми залишаються. Серед них:

- Технічні похибки при визначенні площі земель через застарілі методи вимірювання або людський фактор;
- Недостатня цифровізація кадастрової системи, що може призводити до плутанини в обліку землі;
- Корупційні ризики, пов'язані з маніпуляціями щодо реальної площі земельних ділянок при оформленні документів.

Враховуючи ці аспекти, можна стверджувати, що подальший розвиток нормативної бази має бути спрямований на покращення процедур кадастрового обліку, запровадження цифрових технологій та усунення недоліків, що можуть спричиняти неточності у визначенні площі земельних ділянок.

1.2 Нормативні документи та стандарти, що використовуються в геодезичних вимірах

Геодезичні вимірювання є основою для виконання багатьох видів робіт у будівництві, землеустрої, картографії та інших галузях, що потребують точного визначення параметрів земної поверхні та об'єктів, що на ній знаходяться. Для забезпечення точності і надійності геодезичних вимірів, а також для встановлення чітких правил і процедур, в Україні розроблено та прийнято низку нормативних документів і стандартів [13]. Ці документи встановлюють не лише технічні вимоги, а й визначають правові основи діяльності в геодезії, забезпечуючи правову та організаційну єдність в галузі. Потрібно зазначити, що зміни в законодавстві та технологічні досягнення в геодезії вимагають постійного оновлення та адаптації нормативних документів. Тому детальне вивчення та застосування цих стандартів є важливим для досягнення високої точності та ефективності геодезичних робіт.

Нижче наведено таблицю, яка містить основні нормативні документи та стандарти, що застосовуються в геодезичних вимірах в Україні, а також короткий опис кожного з них.

Таблиця 1.2.1

Основні нормативні документи та стандарти в геодезичних вимірах

№	Назва документа	Шифр	Опис та сфера застосування
1	Державні будівельні норми України "Геодезичні роботи у будівництві" [2]	ДБН В.1.3-2:2010	Встановлюють загальні правила проектування, виконання та приймання геодезичних робіт під час будівництва, реконструкції та технічного переоснащення об'єктів будь-якого призначення. Детальніше
2	Державний стандарт України "Прилади геодезичні. Терміни та визначення"	ДСТУ 2402-94	Визначає терміни та визначення основних понять, що стосуються геодезичних приладів, забезпечуючи уніфікованість термінології в галузі. Детальніше
3	Державний стандарт України "Геодезія. Терміни та визначення" [4]	ДСТУ 2393-94	Установлює терміни та визначення основних понять у галузі геодезії, сприяючи стандартизації професійної лексики. Детальніше
4	Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 [1]	ГКНТА-2.04-02-98	Регламентує порядок виконання топографічного знімання в зазначених масштабах, встановлюючи вимоги до точності, методів та оформлення результатів. Детальніше

№	Назва документа	Шифр	Опис та сфера застосування
5	Закон України "Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність" [7]	№ 353- XIV	Визначає правові основи діяльності в сфері топографо-геодезичних та картографічних робіт, регулює відносини між суб'єктами цієї діяльності. Детальніше

Проаналізуємо ці нормативні документи та стандарти щодо застосування в геодезичних вимірах в Україні .

ДБН В.1.3-2:2010 "Геодезичні роботи у будівництві" [2] є одним з основних у сфері будівництва, оскільки регламентує виконання геодезичних робіт на всіх етапах проектування та будівництва. Визначені вимоги до точності вимірів, методів проведення польових робіт, а також вимоги до оформлення звітів і проектів, що є необхідними для успішного завершення будівельних проектів. Важливість цього нормативу полягає в тому, що він забезпечує єдність підходів до виконання робіт у галузі будівництва, що допомагає уникнути помилок та неточностей під час реалізації проектів.

ДСТУ 2402-94 "Прилади геодезичні. Терміни та визначення" [4] має велике значення для створення єдиної термінології в геодезії, що є необхідним для коректної комунікації між фахівцями, обміну інформацією та документацією. Завдяки цьому стандарту, всі учасники геодезичних робіт мають спільне розуміння термінів і визначень, що сприяє точності вимірювань і уникненню непорозумінь у ході роботи.

ДСТУ 2393-94 "Геодезія. Терміни та визначення" [3] встановлює терміни, що використовуються в геодезії, і є базовим для стандартизації професійної лексики. Визначення таких понять, як "площа ділянки", "точність вимірювань", "геодезичний прилад", є ключовими для чіткої ідентифікації понять у технічних документах і обговореннях.

Інструкція ГКНТА-2.04-02-98 [1] описує конкретні методики виконання топографічних зніманих і забезпечує точність картографічної продукції. Вона є важливим документом для організацій, що займаються зніманням, оскільки визначає точність картографічних даних, які використовуються для будівництва, проектування, планування територій.

Закон України "Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність" [7] визначає правові основи діяльності в сфері геодезії та картографії, що робить його важливим для організації роботи в цій галузі. Закон регулює відносини між державними органами, підприємствами та фізичними особами, що займаються геодезичними та картографічними роботами, встановлюючи їх права та обов'язки.

Таким чином, нормативні документи та стандарти, що застосовуються в геодезичних вимірах, мають ключове значення для забезпечення точності, надійності та правової визначеності геодезичних робіт в Україні. Вони дозволяють уніфікувати методи виконання вимірювань, забезпечують стандартизацію термінів та вимог, що сприяє якісному виконанню геодезичних робіт на всіх етапах їх реалізації [54].

Систематичне оновлення та вдосконалення нормативно-правової бази геодезії є необхідним для інтеграції новітніх технологій, таких як супутникові системи навігації, дистанційне зондування Землі, а також для підтримки високих стандартів точності вимірювань. Приділення уваги дотриманню цих стандартів допомагає не тільки забезпечити ефективність будівельних процесів, а й знизити кількість помилок, що можуть виникати в ході виконання геодезичних вимірювань, і тим самим підвищити загальну якість землевпорядних і будівельних проектів.

1.3 Вимоги до точності визначення площі земельних ділянок

Точність визначення площі земельних ділянок є одним з ключових аспектів у геодезії, землеустрої та кадастрі. Вона безпосередньо впливає на

правову визначеність меж земельних ділянок, а також на ефективність землевпорядних і будівельних процесів. Встановлення вимог до точності визначення площ земельних ділянок необхідне для забезпечення законності угод з землею, запобігання конфліктам, а також для формування правильних обсягів податкових та інших платежів, пов'язаних з використанням землі. У цьому параграфі розглянуті основні вимоги до точності визначення площі земельних ділянок, а також фактори, що впливають на похибки вимірювань та методи їх мінімізації [25].

Точність визначення площі земельних ділянок залежить від кількох факторів, зокрема:

- Методи вимірювання. Вибір геодезичного методу (тригонометричне знімання, GPS, тахеометрія, тощо) значною мірою впливає на точність результатів. Використання сучасних технологій, таких як супутникові системи (GNSS), може значно підвищити точність вимірів;
- Тип земної поверхні. Рельєф місцевості, наявність природних та техногенних перешкод можуть ускладнювати точне визначення меж земельних ділянок;
- Інструменти та обладнання. Якість та калібрування геодезичних приладів (теодолітів, тахеометрів, GPS-приймачів) також має великий вплив на точність вимірювань;
- Технічні та методичні стандарти. Виконання вимірів згідно з встановленими стандартами та нормами також визначає точність. Недотримання стандартів може призвести до значних похибок у результатах вимірювань.

В Україні існують чітко визначені нормативи точності геодезичних вимірювань, зокрема щодо визначення площі земельних ділянок. Ці вимоги наведені у таких нормативних документах, як ДБН В.1.3-2:2010 та ГОСТ

19.602-75 [2]. Вимоги до точності геодезичних робіт визначаються в залежності від типу земельної ділянки, її призначення, а також від методу вимірювання.

Нижче представлена таблиця, що містить основні вимоги до точності визначення площ земельних ділянок згідно з чинними нормативами [5].

Таблиця 1.3.1

Основні вимоги до точності визначення площ земельних ділянок

№	Тип земельної ділянки	Метод вимірювання	Вимоги до точності (похибка, м ²)
1	Земельні ділянки сільськогосподарського призначення	GPS, тахеометрія	$\pm 0,5-1,0\%$ від площі
2	Земельні ділянки для будівництва	Тахеометрія, геодезичні розрахунки	$\pm 0,5-1,0\%$ від площі
3	Земельні ділянки лісового фонду	Тахеометрія, планіметрія	$\pm 1,0-2,0\%$ від площі
4	Земельні ділянки природоохоронного призначення	Дистанційне зондування (супутникові технології)	$\pm 1,0-2,0\%$ від площі
5	Земельні ділянки в межах міст і сіл	Комбінація методів (GPS, тахеометрія, картографія)	$\pm 0,2-0,5\%$ від площі

Для зменшення похибок при визначенні площі земельних ділянок, застосовуються різноманітні методи:

1. Використання високоточних інструментів і технологій. Впровадження сучасних геодезичних приладів, таких як тахеометри з вбудованими GPS-приймачами, а також використання супутникових систем GPS/GNSS для точного визначення координат меж ділянки, дозволяє мінімізувати похибки вимірювань [34];
2. Робота в спеціальних координатних системах. Визначення меж земельних ділянок за допомогою координатних систем, які враховують геодезичні та топографічні особливості місцевості, підвищує точність вимірів. Використання таких систем дозволяє усунути викривлення при перенесенні координат на план або карту;
3. Проведення повторних вимірювань. Для перевірки результатів і зменшення похибок проводяться повторні геодезичні вимірювання на тих самих ділянках, що дає змогу оцінити і скоригувати можливі помилки в первісних вимірюваннях [45];
4. Системи корекції похибок. Впровадження корекційних систем і процедур, таких як диференційне GPS (DGPS) для усунення систематичних похибок, що виникають через атмосферні умови або перешкоди.

У таблиці 1.3.2 нижче наведено порівняння точності різних методів вимірювання площі земельних ділянок.

Таблиця 1.3.2

Порівняння точності різних методів вимірювання площі земельних ділянок

№	Метод вимірювання	Похибка при вимірюванні площі	Переваги	Недоліки
1	GPS/GNSS	$\pm 0,5-1,0\%$ від площі	Висока точність, швидкість виконання, можливість вимірювання великих ділянок	Залежність від погодних умов та супутникових сигналів
2	Тахеометрія	$\pm 0,5-1,0\%$ від площі	Висока точність, застосування на місцевості з складним рельєфом	Необхідність установки приладів на місцевості, висока вартість
3	Планіметрія	$\pm 1,0-2,0\%$ від площі	Простота у використанні, ефективність для невеликих ділянок	Можливість значних помилок через неврахування топографічних особливостей
4	Дистанційне зондування (супутникові технології)	$\pm 1,0-2,0\%$ від площі	Можливість моніторингу великих територій, точність для великих земельних ділянок	Обмеження в точності для малих ділянок, високі витрати на обладнання

Точність визначення площ земельних ділянок є критичним фактором для забезпечення законності та ефективності управління земельними ресурсами.

Вибір методу вимірювання залежить від типу земельної ділянки, її розмірів, рельєфу та доступних технологій. В Україні встановлені чіткі вимоги до точності вимірювань, які повинні виконуватись відповідно до чинних нормативних стандартів [18].

Незважаючи на різноманітність методів, важливою є інтеграція сучасних технологій, таких як GPS/GNSS і дистанційне зондування, які дозволяють знизити похибки при визначенні площі великих ділянок і забезпечити високу точність вимірювань. Використання цих технологій разом з традиційними методами дозволяє забезпечити точність та надійність результатів геодезичних вимірювань, що є основою для правильної організації землевпорядних та кадастрових робіт.

Висновки до розділу 1

У першому розділі дослідження розглянуті основні аспекти, що стосуються точності визначення площі земельних ділянок, а також нормативних вимог та стандартів, що регулюють цей процес. Проведений аналіз підтверджує, що точність геодезичних вимірювань є важливою складовою для правильної реєстрації земельних ділянок, а також для забезпечення правової визначеності в земельних питаннях.

1. Значення точності вимірювань. Точність визначення площі земельних ділянок є ключовим елементом для ефективного функціонування земельного кадастру, земельного ринку та здійснення правовідносин, пов'язаних з землею. Похибки при визначенні площі можуть призвести до неправомірного використання земель, юридичних спорів та порушення законодавства. Тому важливою є точність вимірювань, яка повинна відповідати чинним нормативним вимогам.

2. Нормативні документи та стандарти. В Україні існує низка нормативних актів, що регулюють точність геодезичних вимірювань, серед яких ключовими є ДБН В.1.3-2:2010 та ГОСТ 19.602-75, які

містять вимоги до точності вимірювань для різних типів земельних ділянок. Ці документи забезпечують стандартизацію і регламентують методи проведення геодезичних робіт, що дозволяє знизити ймовірність помилок у процесі вимірювань та визначення площі.

3. Методи вимірювання та технології. Визначення площі земельних ділянок може здійснюватися різними методами, зокрема GPS/GNSS, тахеометрія, планіметрія та дистанційне зондування. Кожен із методів має свої особливості та рівень точності, що визначається залежно від типу земельної ділянки, її розмірів, рельєфу та доступних технологій. Інтеграція сучасних технологій, таких як GPS/GNSS і супутникові системи, дозволяє знизити похибки вимірювань і забезпечити високу точність результатів на великих територіях.

4. Аналіз похибок та мінімізація помилок. У ході дослідження було визначено ключові фактори, що впливають на точність вимірювань площ земельних ділянок, такі як методи вимірювань, технічні характеристики приладів, атмосферні умови та інші чинники. Важливим аспектом є застосування корекційних методів і систем для мінімізації похибок, таких як диференційне GPS (DGPS) або повторні вимірювання. Це дозволяє підвищити надійність та точність результатів геодезичних робіт.

5. Перспективи вдосконалення методів і технологій. Враховуючи постійний розвиток геодезичних технологій, значну роль у покращенні точності вимірювань відіграють інноваційні методи, такі як використання безпілотних літальних апаратів (дронів) для знімання земельних ділянок і створення високоточної картографії. Подальший розвиток таких технологій відкриває нові можливості для геодезичних робіт, дозволяючи знижувати витрати часу та ресурсів на проведення вимірювань.

Отже, точність визначення площ земельних ділянок є важливим аспектом для забезпечення ефективного управління земельними ресурсами,

що вимагає дотримання високих стандартів і використання передових технологій. У подальшому необхідно продовжувати удосконалення нормативної бази та технологічних підходів для досягнення максимальної точності і зниження похибок у визначенні площ земельних ділянок.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ СТВОРЕННЯ ТОПОГРАФІЧНИХ ПЛАНІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПЛОЩІ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК

2.1. Геодезичні методи визначення площі

Геодезичні методи визначення площі земельних ділянок є основою для точного обліку, планування та управління земельними ресурсами. Ці методи базуються на вимірюванні лінійних і кутових величин на місцевості з подальшим математичним обчисленням площі. Найпоширенішими серед них є тахеометричний, мензульний, теодолітний, полярний методи та метод прямих ліній [23].

Тахеометричний метод — це сучасний спосіб геодезичної зйомки, який дозволяє швидко та точно визначати як планове, так і висотне положення точок місцевості. Основним інструментом для цього методу є тахеометр — електронно-оптичний прилад, що вимірює горизонтальні та вертикальні кути, а також відстані до точок зйомки [48].

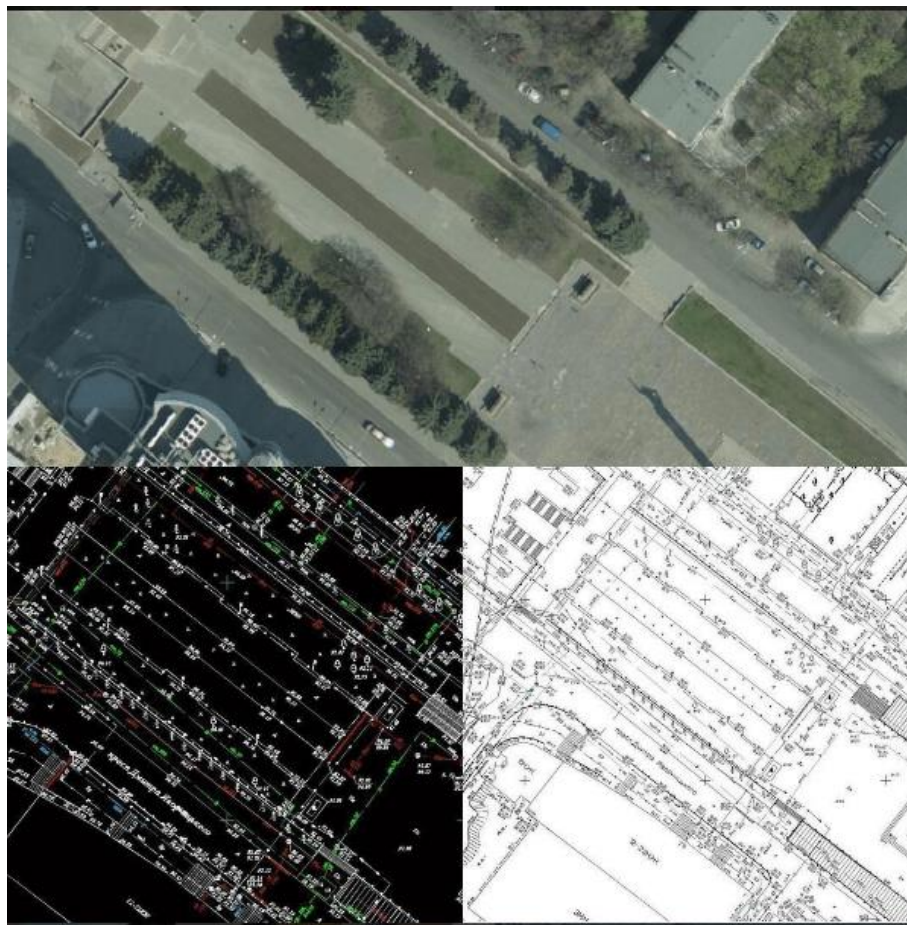


Рис.2.1.1 – Процес тахеометричної зйомки

Процес тахеометричної зйомки починається з встановлення приладу на відомій точці з координатами. З цієї точки проводиться наведення на інші точки місцевості, вимірюючи при цьому горизонтальні та вертикальні кути, а також відстані до них. Ці дані дозволяють обчислити координати нових точок за допомогою полярного способу, де положення точки визначається за відстанню та напрямком від відомої точки [42].

Однією з переваг тахеометричного методу є можливість одночасного отримання планових та висотних координат точок, що значно підвищує ефективність зйомки. Крім того, цей метод дозволяє проводити зйомку в умовах обмеженої видимості та складного рельєфу, що робить його універсальним інструментом для різних геодезичних задач [13].

Після завершення польових робіт отримані дані обробляються в камеральних умовах. На основі обчислених координат точок створюється топографічний план місцевості, на якому відображаються всі зняті об'єкти та рельєф. Для визначення площі земельної ділянки використовується аналітичний метод, зокрема формула Гаусса, яка дозволяє обчислити площу багатокутника за координатами його вершин [54].

Таким чином, тахеометричний метод є ефективним та точним способом геодезичної зйомки, який широко використовується в різних сферах, включаючи кадастрові роботи, будівництво та інженерні вишукування.

Теодолітний метод — це класичний спосіб геодезичної зйомки, який полягає у вимірюванні горизонтальних і вертикальних кутів, а також відстаней між точками місцевості за допомогою теодоліта та допоміжних інструментів, таких як мірна стрічка, рулетка або світловіддалемір. Цей метод широко застосовується для створення топографічних планів, кадастрових зйомок, а також при будівництві та інженерних вишукуваннях.



Рис.2.1.2 – Теодолітна зйомка

Процес теодолітної зйомки починається з підготовчих робіт, які включають вивчення наявних картографічних матеріалів, перевірку та підготовку інструментів, а також рекогносцировку місцевості для визначення оптимальних точок зйомки. Після цього на місцевості закріплюють опорні точки, які слугують базисом для подальших вимірювань [51].

Польові вимірювання здійснюються шляхом встановлення теодоліта на опорних точках та вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів до інших точок місцевості. Відстані між точками вимірюються за допомогою мірної стрічки або світловіддалеміра. Отримані дані дозволяють обчислити координати нових точок та побудувати план місцевості [45].

Після завершення польових робіт проводиться камеральна обробка даних, яка включає обчислення координат точок, побудову плану місцевості та оформлення відповідної документації. Теодолітний метод забезпечує високу точність вимірювань, що робить його незамінним при виконанні робіт, де потрібна детальна та точна інформація про місцевість.

Метод прямих ліній — це один із традиційних способів топографічної зйомки, який полягає у вимірюванні відстаней між точками місцевості вздовж прямих ліній. Цей метод особливо корисний при зйомці територій з чітко

вираженими лінійними об'єктами, такими як дороги, канали або межі земельних ділянок.

Процес зйомки методом прямих ліній починається з вибору базової лінії, яка проходить через місцевість і служить основою для подальших вимірювань. Від цієї лінії вимірюють відстані до точок, що знімаються, використовуючи мірну стрічку або інші вимірювальні інструменти. Положення кожної точки визначається за допомогою координат, отриманих шляхом вимірювання відстаней уздовж базової лінії та перпендикулярно до неї [22].

Однією з переваг цього методу є його простота та можливість застосування в умовах обмеженого доступу до складного геодезичного обладнання. Він не вимагає використання складних приладів і може бути реалізований за допомогою простих інструментів, що робить його доступним для широкого кола користувачів.

Проте метод прямих ліній має і свої обмеження. Його точність залежить від точності вимірювання відстаней та правильності побудови базової лінії. Крім того, наявність перешкод між точками може ускладнити або зробити неможливим проведення вимірювань [10].

У сучасній геодезії метод прямих ліній часто використовується в поєднанні з іншими методами зйомки для підвищення точності та ефективності робіт. Наприклад, він може бути використаний для уточнення даних, отриманих за допомогою інших методів, або для зйомки ділянок, де інші методи є недоцільними.

Полярний метод — це один із базових способів геодезичної зйомки, який широко застосовується для визначення положення точок на місцевості. Його суть полягає у визначенні координат точок за допомогою вимірювання горизонтального кута та відстані від відомої точки (полюса) до точки, що знімається. Цей метод особливо ефективний при зйомці відкритих територій, де немає перешкод для прямих вимірювань.

Процес зйомки полярним методом починається з встановлення приладу (теодоліта або тахеометра) на точці з відомими координатами, яка слугує

полюсом. Після орієнтування приладу на певний напрямок, наприклад, на сусідню відому точку, вимірюють горизонтальний кут до точки, що знімається, та відстань до неї. Ці два параметри дозволяють обчислити координати нової точки за допомогою тригонометричних формул.

Однією з переваг полярного методу є його простота та швидкість виконання. Він не вимагає прокладання складних геодезичних мереж і може бути реалізований за допомогою стандартного геодезичного обладнання. Це робить його зручним для зйомки невеликих ділянок, будівельних майданчиків або при виконанні кадастрових робіт [38].

Проте полярний метод має і певні обмеження. Його точність залежить від точності вимірювання кутів та відстаней, а також від правильності орієнтування приладу. Крім того, наявність перешкод між точкою спостереження та точкою, що знімається, може ускладнити або зробити неможливим проведення вимірювань.

У сучасній геодезії полярний метод часто використовується в поєднанні з електронними тахеометрами, які автоматизують процес вимірювання та обчислення координат. Це дозволяє підвищити точність та ефективність зйомки, а також зменшити вплив людського фактора на результати вимірювань.

2.2. Сучасні методи та технології (GNSS-технології, лазерне сканування, аерофотознімання, супутникові знімки)

Сучасні методи визначення площ земельних ділянок базуються на використанні високоточних цифрових технологій. GNSS-технології (глобальні навігаційні супутникові системи) дозволяють швидко та точно визначати координати меж ділянки за допомогою супутників. Лазерне сканування (LiDAR) формує тривимірну модель місцевості, що дає можливість дуже точно розрахувати площу, навіть на складному рельєфі. Аерофотознімання здійснюється з дронів або літаків, забезпечуючи детальні знімки місцевості для подальшого картографування. Супутникові знімки

застосовуються для великомасштабного аналізу територій і дозволяють регулярно оновлювати дані про землекористування. Усі ці методи значно підвищують точність, оперативність та ефективність вимірювань у порівнянні з традиційними підходами [44].

GNSS-технології (Global Navigation Satellite Systems) — це сучасні супутникові системи навігації, які дозволяють точно визначати координати будь-якої точки на Землі. Найвідомішими серед них є американська система GPS та російська ГЛОНАСС. Ці системи працюють завдяки мережі супутників, що передають сигнали на спеціальні приймачі, які обчислюють місцезнаходження об'єкта з точністю до кількох сантиметрів [47].

У геодезії GNSS-технології використовуються для створення високоточних карт, визначення меж земельних ділянок, моніторингу деформацій земної поверхні та інших інженерних задач. Завдяки використанню GNSS можна значно скоротити час польових робіт та підвищити їх точність. Наприклад, у сільському господарстві ці технології дозволяють оптимізувати процеси посіву та збору врожаю, а в будівництві — точно визначати положення об'єктів на місцевості [50].

В Україні активно розвивається мережа постійно діючих GNSS-станцій, які забезпечують корекційні дані для підвищення точності вимірювань. Це дозволяє фахівцям отримувати точні координати в режимі реального часу, що особливо важливо для кадастрових та інженерно-геодезичних робіт.

Сучасні GNSS-приймачі підтримують роботу з кількома системами одночасно (GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou), що забезпечує надійність та точність навіть у складних умовах, таких як міські забудови або густі ліси. Це робить GNSS-технології незамінними в багатьох сферах діяльності, де потрібна точна інформація про місцезнаходження [32].

LiDAR (Light Detection and Ranging) — це сучасна технологія, яка дозволяє створювати точні тривимірні моделі місцевості за допомогою лазерних імпульсів. Принцип роботи полягає в тому, що лазерний сканер випромінює тисячі імпульсів за секунду, які відбиваються від поверхні об'єктів

і повертаються до приймача [39]. Вимірюючи час повернення імпульсів, система обчислює відстань до кожної точки, формуючи так звану «хмару точок» — детальну цифрову модель рельєфу та об'єктів на ньому.

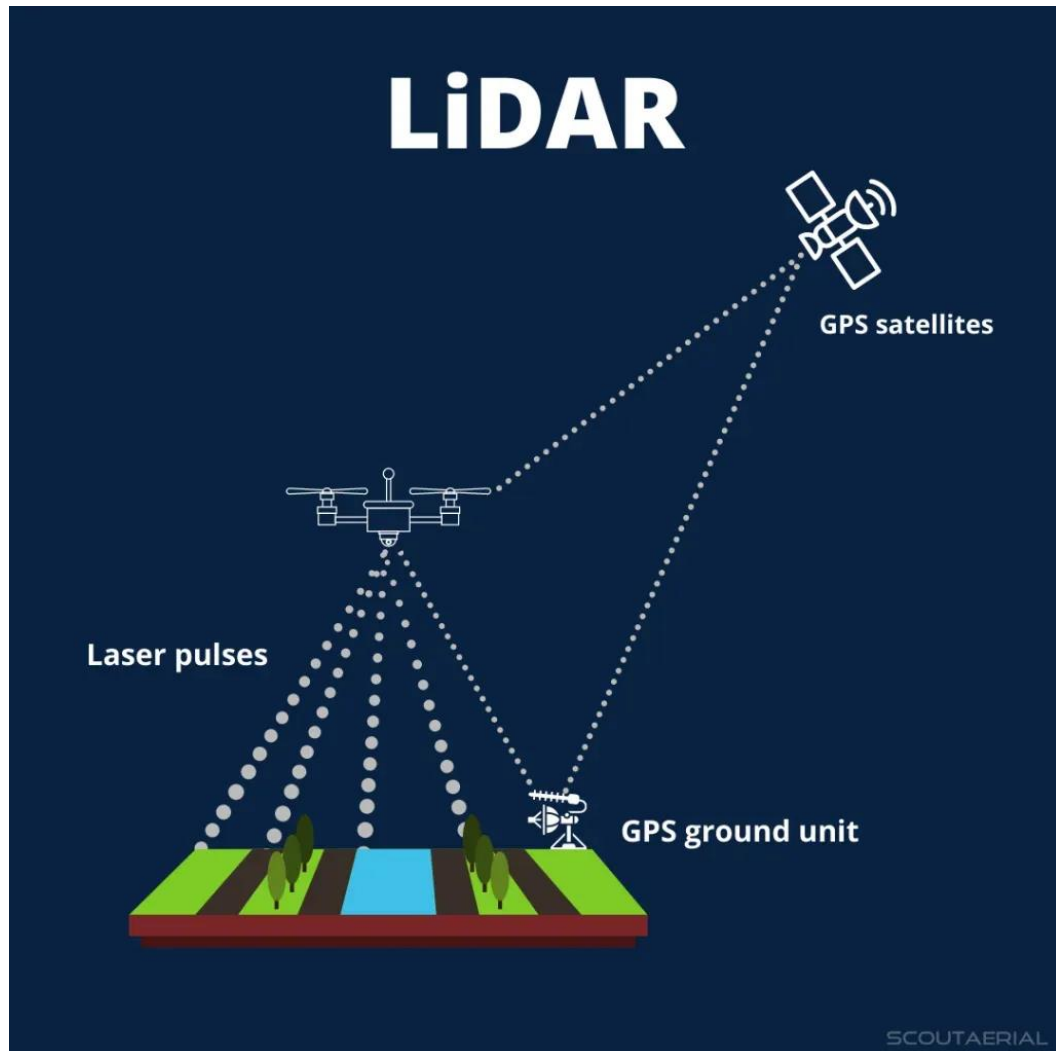


Рис.2.2.1 – Схема LiDAR-технології

LiDAR-технології застосовуються в геодезії для створення високоточних топографічних карт, особливо в місцях з густою рослинністю або складним рельєфом. Завдяки здатності проникати крізь крони дерев, LiDAR дозволяє отримувати дані про поверхню землі навіть у лісистих районах [51]. Це робить технологію незамінною при плануванні інфраструктурних проектів, моніторингу ерозії ґрунтів та оцінці ризиків повеней.

Існує кілька типів LiDAR: авіаційний, наземний та мобільний. Авіаційний LiDAR встановлюється на літаках або дронах і використовується для зйомки великих територій. Наземний LiDAR монтується на штативі і застосовується для детального сканування будівель або геологічних об'єктів. Мобільний LiDAR встановлюється на транспортних засобах і дозволяє збирати дані під час руху, що особливо корисно для картографування доріг та міської інфраструктури [22].

Однією з головних переваг LiDAR є висока точність і швидкість збору даних. Технологія дозволяє отримувати мільйони вимірювань за короткий час, що значно перевершує традиційні методи зйомки. Крім того, LiDAR не залежить від умов освітлення, тому може використовуватися як вдень, так і вночі [43].

LiDAR також знаходить застосування в археології для виявлення прихованих під рослинністю стародавніх структур, у лісовому господарстві для оцінки обсягів деревини, а також у містобудуванні для планування забудови та аналізу міського середовища [54].

Аерофотознімання — це метод отримання зображень земної поверхні з повітря за допомогою літаків, гелікоптерів або безпілотників (дронів). Ці знімки використовуються для створення точних карт, тривимірних моделей місцевості та аналізу змін у навколишньому середовищі.



Рис.2.2.2. – Схема методу аерофотознімання

Основою аерофотознімання є фотограмметрія — наука про вимірювання об'єктів за фотографіями. Вона дозволяє визначати розміри, форми та положення об'єктів на місцевості, використовуючи серії знімків, зроблених з різних точок зору. Цей метод забезпечує високу точність і деталізацію, що робить його незамінним у багатьох сферах, таких як геодезія, картографія, будівництво та сільське господарство [11].

Процес аерофотознімання включає кілька етапів: планування польоту, встановлення контрольних точок на місцевості, зйомку з повітря та обробку отриманих зображень. Планування польоту передбачає визначення висоти польоту, маршруту, кількості знімків та ступеня перекриття між ними. Контрольні точки служать орієнтирами для точного поєднання знімків та створення геоприв'язаних карт [25].

Сучасні технології дозволяють використовувати цифрові камери з високою роздільною здатністю, що забезпечує отримання детальних зображень навіть з великої висоти. Крім того, використання дронів значно

спрощує процес зйомки, зменшуючи витрати та час на проведення робіт. Отримані знімки обробляються за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, яке дозволяє створювати ортофотоплани — зображення місцевості без спотворень, придатні для точних вимірювань [35].

Аерофотознімання широко використовується для оновлення кадастрових планів, моніторингу змін у ландшафті, планування міської інфраструктури та оцінки стану сільськогосподарських угідь. Цей метод забезпечує швидке та ефективне отримання актуальної інформації про великі території, що особливо важливо в умовах швидких змін навколишнього середовища [46].

Супутникові знімки — це фотографії земної поверхні, зроблені з космосу спеціальними супутниками. Вони дозволяють отримувати актуальну та детальну інформацію про великі території без необхідності фізичної присутності на місці.



Рис.2.2.3 - Супутникові знімки Ірпеня, Маріуполя та Чернігова

У геодезії супутникові знімки використовуються для створення карт, визначення меж земельних ділянок та моніторингу змін у ландшафті. Завдяки високій роздільній здатності сучасних супутників можна точно вимірювати відстані та площі, що особливо корисно при кадастрових роботах [17].

Супутникові знімки також застосовуються в сільському господарстві для оцінки стану посівів, визначення типів ґрунтів та моніторингу вологості. Це допомагає фермерам приймати обґрунтовані рішення щодо обробки полів та планування врожаю [29].

У містобудуванні супутникові знімки використовуються для планування нових районів, аналізу щільності забудови та моніторингу змін у міському середовищі. Вони також допомагають виявляти незаконне будівництво та оцінювати вплив інфраструктурних проєктів на навколишнє середовище [35].

Під час надзвичайних ситуацій, таких як повені, землетруси чи лісові пожежі, супутникові знімки надають оперативну інформацію про масштаби катастрофи та допомагають координувати рятувальні операції. Вони також використовуються для оцінки завданих збитків та планування відновлювальних робіт [43].

Супутникові знімки є незамінним інструментом для дослідження змін клімату, моніторингу вирубки лісів, танення льодовиків та інших екологічних процесів. Вони надають науковцям можливість спостерігати за глобальними змінами на планеті та розробляти стратегії їхнього пом'якшення [52].

Інтегровані або гібридні технології в геодезії — це поєднання різних методів та інструментів вимірювання для отримання максимально точних і повних геопросторових даних. Сучасна практика все частіше використовує комбінації GNSS, лазерного сканування (LiDAR), фотограмметрії, супутникових знімків та інших технологій, щоб забезпечити високу точність та ефективність робіт.

Одним із прикладів є поєднання GNSS-приймачів із електронними тахеометрами. Це дозволяє отримувати координати навіть у місцях, де сигнал супутників слабкий або відсутній, наприклад, у щільній міській забудові чи під лісовим покривом. Таке поєднання забезпечує високу точність та надійність вимірювань [14].

Іншим прикладом є інтеграція LiDAR та фотограмметрії. LiDAR забезпечує точні дані про рельєф та структуру об'єктів, тоді як фотограмметрія надає детальну візуальну інформацію. Поєднання цих методів дозволяє створювати високоточні тривимірні моделі місцевості, які використовуються в містобудуванні, архітектурі та інженерних дослідженнях [26].

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) також відіграють важливу роль у гібридних рішеннях. Вони можуть бути оснащені як камерами для фотограмметрії, так і LiDAR-сенсорами, що дозволяє збирати дані з важкодоступних місць швидко та ефективно. Це особливо корисно при обстеженні великих територій або складного рельєфу [38].



Рис.2.2.4 - Безпілотні літальні апарати (БПЛА)

Інтеграція різних технологій також включає використання геоінформаційних систем (ГІС), які дозволяють об'єднувати, аналізувати та візуалізувати зібрані дані. Це сприяє прийняттю обґрунтованих рішень у плануванні, управлінні ресурсами та моніторингу змін у навколишньому середовищі [43].

Гібридні рішення в геодезії забезпечують більш повну та точну інформацію, зменшують час та витрати на проведення робіт, а також підвищують ефективність прийняття рішень у різних сферах діяльності.

2.3. Програмне забезпечення для визначення площ земельних ділянок

Програмне забезпечення для визначення площ земельних ділянок є важливою складовою сучасної геодезичної практики. Воно дозволяє

автоматизувати обробку польових вимірювань, виконувати точні розрахунки площ, створювати цифрові карти та плани. Серед найпопулярніших програм — AutoCAD Civil 3D, ArcGIS, QGIS, MapInfo, Digitals та спеціалізовані продукти типу Карта 2005 або Панорама. Ці програми підтримують імпорту даних з GNSS-обладнання, тахеометрів та лазерних сканерів, дозволяючи швидко аналізувати конфігурацію ділянок, проводити кадастрові розрахунки, генерувати звіти й креслення. Деякі системи інтегрують інструменти роботи з аерофотознімками чи супутниковими знімками. Без використання програмного забезпечення ефективно та точно визначення площ у сучасній геодезії практично неможливе [20].

AutoCAD Civil 3D — це спеціалізоване програмне забезпечення від компанії Autodesk, яке широко використовується в геодезії, кадастрі та проєктуванні інфраструктури. Ця програма дозволяє не лише створювати точні креслення, але й автоматизувати процеси розрахунку площ земельних ділянок, що значно спрощує роботу інженерів та землевпорядників.

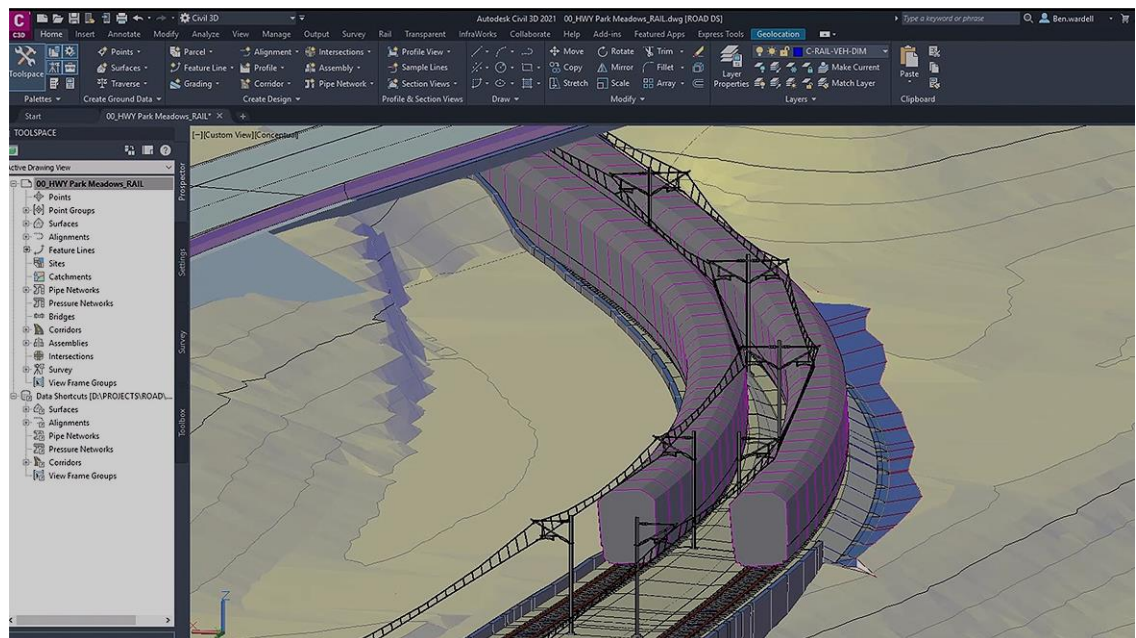


Рис.2.3.1 - Інтерфейс програми AutoCAD Civil 3D

Однією з ключових функцій Civil 3D є можливість створення так званих «парцел» — об'єктів, які представляють собою земельні ділянки з чітко визначеними межами. Після створення парцели програма автоматично генерує

мітки, які відображають площу ділянки, її номер та інші важливі характеристики. Ці мітки динамічно оновлюються при будь-яких змінах геометрії ділянки, що забезпечує актуальність даних без додаткових зусиль [45].

Для створення парцели можна використовувати вже існуючі об'єкти AutoCAD, такі як лінії чи дуги. Після їх вибору та підтвердження створення парцели, Civil 3D автоматично додає необхідні мітки та обчислює площу. Це особливо корисно при роботі з великими обсягами даних, де ручний розрахунок площ був би надто трудомістким [18].

Крім того, Civil 3D дозволяє створювати таблиці площ, які відображають інформацію про всі парцели в проєкті. Ці таблиці можуть бути налаштовані відповідно до потреб користувача та автоматично оновлюються при зміні даних. Це забезпечує зручність у веденні документації та підготовці звітів [28].

Ще однією корисною функцією є можливість зміни одиниць вимірювання площі. Наприклад, якщо за замовчуванням площа відображається в квадратних футах, користувач може налаштувати програму так, щоб вона показувала площу в акрах або інших одиницях, що відповідають вимогам конкретного проєкту [18].

Завдяки цим можливостям AutoCAD Civil 3D значно підвищує ефективність та точність роботи з земельними ділянками, роблячи процеси розрахунку площ більш автоматизованими та надійними.

ArcGIS — це потужне програмне забезпечення, яке широко використовується в геодезії, кадастрі та управлінні земельними ресурсами. Його основна перевага полягає в здатності обробляти великі обсяги просторових даних та виконувати точні розрахунки площ земельних ділянок.

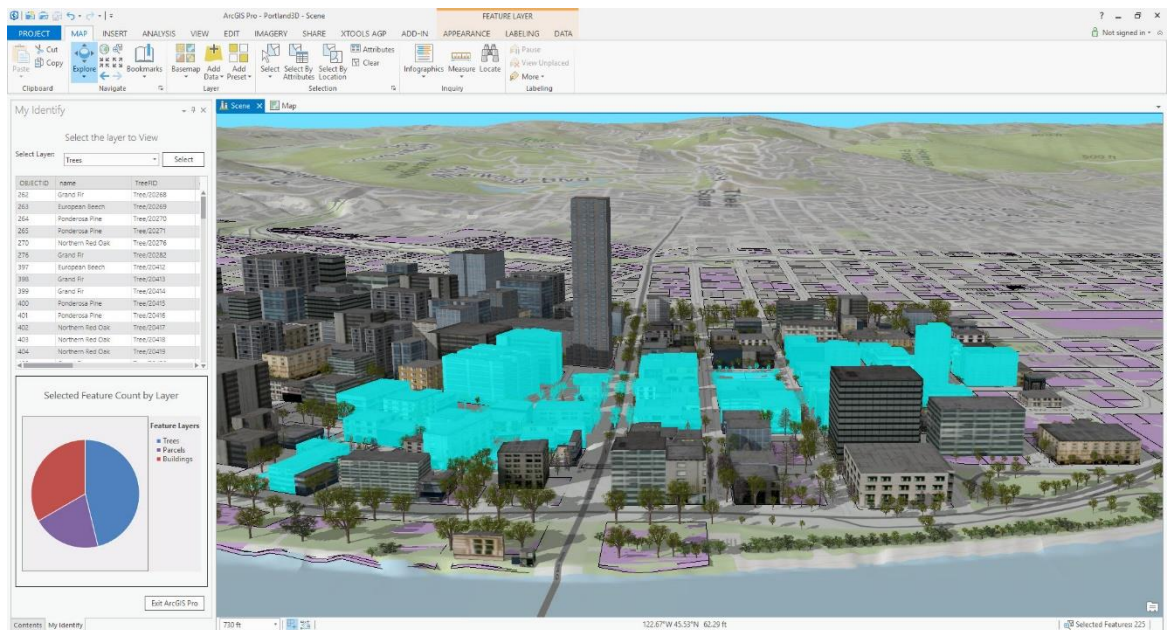


Рис.2.3.2 – Інтерфейс програми ArcGIS

У середовищі ArcGIS можна створювати полігональні об'єкти, які представляють собою земельні ділянки з чітко визначеними межами. Після створення таких об'єктів програма автоматично обчислює їх площу, довжину периметра та інші геометричні характеристики. Ці дані зберігаються в атрибутивній таблиці, що дозволяє легко їх аналізувати та використовувати в подальшій роботі [47].

ArcGIS підтримує імпорт даних з різних джерел, включаючи GPS-пристрої, супутникові знімки та інші геодезичні інструменти. Це забезпечує високу точність визначення меж ділянок та їх площі. Крім того, програма дозволяє враховувати топографічні особливості місцевості, що особливо важливо при роботі в складних умовах рельєфу.

Однією з корисних функцій ArcGIS є можливість створення тематичних карт, які відображають різні характеристики земельних ділянок, такі як тип використання, правовий статус, екологічний стан тощо. Це сприяє прийняттю обґрунтованих рішень у сфері земельного управління та планування територій.

Завдяки своїм можливостям ArcGIS значно спрощує процес визначення площ земельних ділянок, підвищує точність розрахунків та забезпечує ефективне управління просторовими даними.

Ще є Google Earth Pro — безкоштовна програма, яка дозволяє переглядати супутникові знімки та виконувати різноманітні вимірювання на карті, зокрема визначати площу земельних ділянок. Вона доступна для операційних систем Windows, macOS та Linux [26].

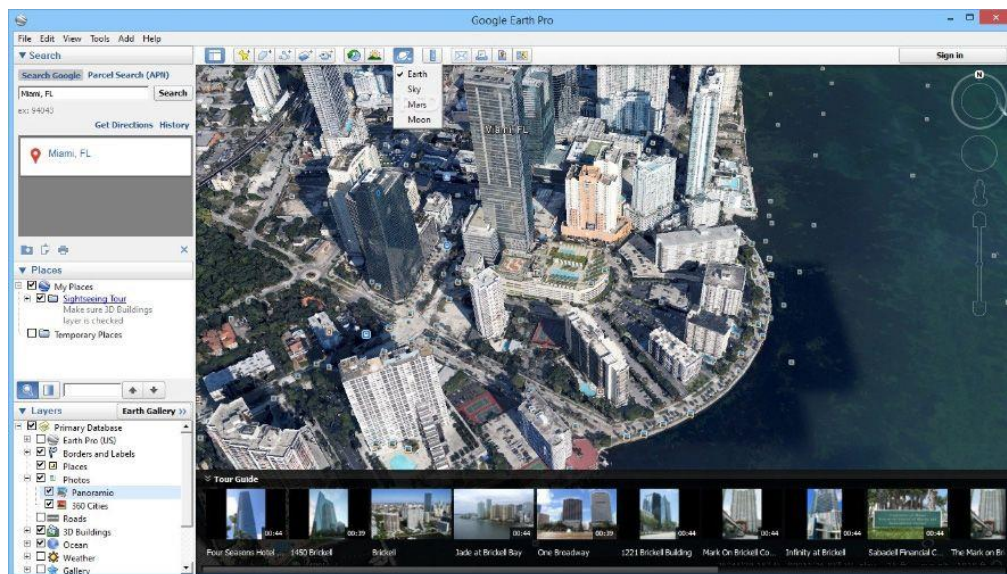


Рис.2.3.3 – Інтерфейс програми Google Earth Pro

Для вимірювання площі в Google Earth Pro використовують інструмент "Лінійка". Щоб виміряти площу, потрібно вибрати вкладку "Многоугольник" у вікні "Лінійка", обвести контур ділянки на карті, замкнути фігуру та отримати результат у вигляді площі та периметра [16].

Цей інструмент є корисним для геодезистів, архітекторів, землевпорядників та всіх, хто потребує точних вимірювань площ земельних ділянок. Він дозволяє швидко отримати необхідні дані без необхідності використання складного програмного забезпечення.

LandStar, FieldGenius та SurvCE — це популярні польові додатки, які використовуються в геодезії та земельному кадастрі для збору даних, визначення площ земельних ділянок та виконання інших вимірювань безпосередньо на місцевості.

LandStar — це програмне забезпечення для Android-пристроїв, яке підтримує інтеграцію з GNSS-приймачами та тахеометрами. Воно дозволяє здійснювати вимірювання точок, ліній та поверхонь, а також підтримує роботу з форматами DWG, DXF, SHP, KML та іншими. LandStar також має функції для швидкого кодування об'єктів та підтримує хмарне зберігання даних, що забезпечує зручний доступ до проектів та їх синхронізацію між польовими та офісними пристроями [16].

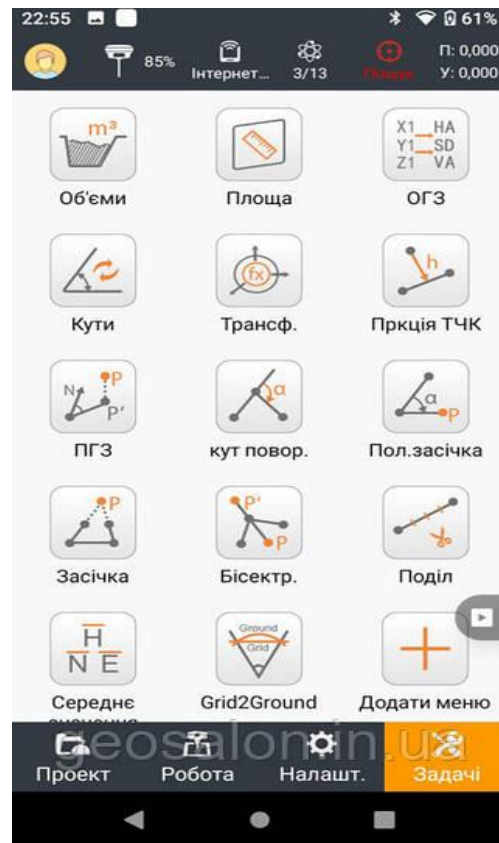


Рис.2.3.4 – Інтерфейс програми LandStar

FieldGenius від MicroSurvey — це потужне програмне забезпечення для збору даних, яке підтримує різноманітні пристрої, включаючи GNSS-приймачі та тахеометри. Воно дозволяє здійснювати вимірювання точок, ліній,

поверхонь, а також обчислювати об'єми та контури [12]. FieldGenius підтримує імпорт та експорт даних у форматах DXF, LandXML, SHP та інших, що забезпечує сумісність з іншими програмами та системами. Інтерфейс програми інтуїтивно зрозумілий, що знижує час навчання та підвищує ефективність роботи.

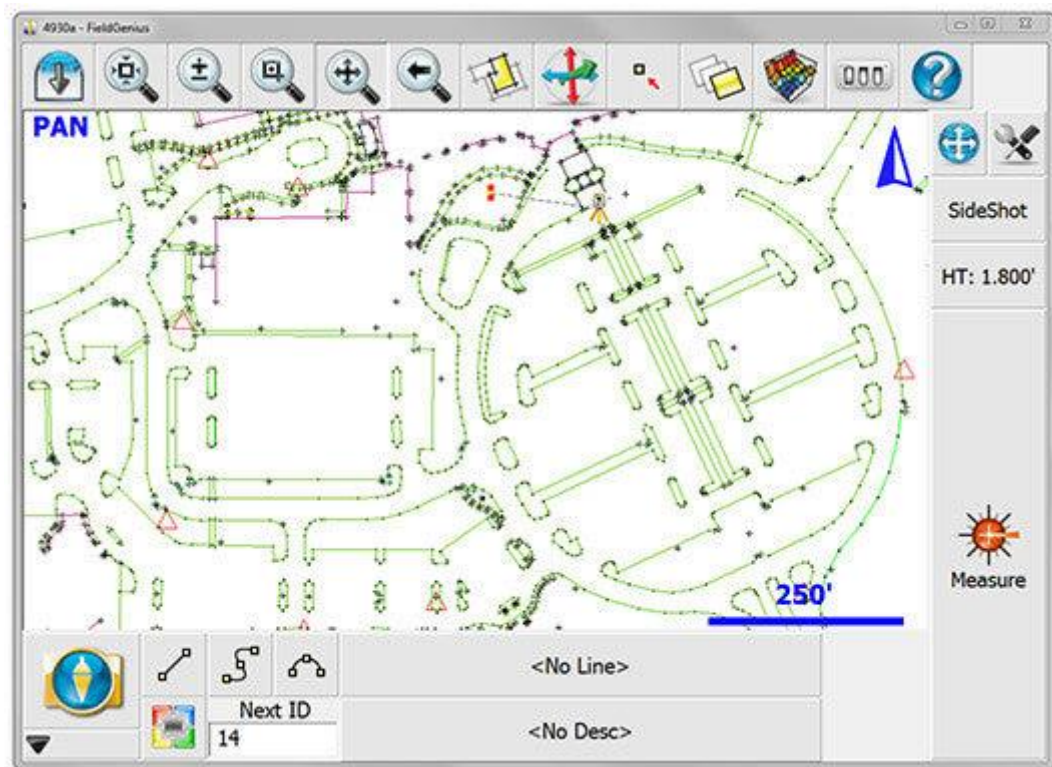


Рис.2.3.5 – Інтерфейс програми FieldGenius від MicroSurvey

SurvCE — це універсальне програмне забезпечення для збору даних, яке підтримує широкий спектр геодезичних інструментів, включаючи GNSS-приймачі, тахеометри та лазерні сканери. Воно дозволяє виконувати вимірювання точок, ліній, поверхонь, а також обчислювати площі та об'єми. SurvCE підтримує роботу з різними форматами даних, що забезпечує зручний обмін інформацією між різними системами [34]. Програма має розширені функції для обробки та аналізу даних, що робить її потужним інструментом для професіоналів у галузі геодезії та земельного кадастру.

2.4. Порівняльний аналіз точності різних методів

Порівняльний аналіз точності різних методів визначення площ земельних ділянок є важливим етапом при виборі оптимального способу для виконання геодезичних вимірів. У кожного методу є свої особливості, переваги та обмеження, що можуть вплинути на кінцевий результат [55].

Перш за все, класичні геодезичні методи, такі як тахеометричний, мензульний і теодолітний, мають високу точність, але часто вимагають значних затрат часу та фізичної присутності на місцевості. Тахеометричний метод дозволяє визначати координати точок і обчислювати площі за допомогою тахеометра, що забезпечує точність на рівні кількох сантиметрів. Мензульний метод є ще більш точним, оскільки дозволяє вимірювати кути та відстані за допомогою мензули, і може досягати точності в межах міліметрів. Теодолітний метод, в свою чергу, є найбільш точним серед цих класичних способів, оскільки використовує високоточні теодоліти для вимірювання кутів і відстаней. Точність цих методів, однак, може бути обмежена умовами місцевості, такими як рельєф або наявність перешкод [38].

Сучасні технології, такі як GNSS-системи (GPS, ГЛОНАСС), лазерне сканування, аерофотознімання та супутникові знімки, мають значні переваги з точки зору швидкості збору даних і охоплення великих територій. GNSS-системи забезпечують точність вимірювань у межах 1-3 сантиметрів для сучасних приймачів, що робить їх надзвичайно зручними для широкомасштабних робіт на великих ділянках землі. Однак їх точність може знижуватися в умовах поганої видимості до супутників або в міських зонах, де високі будівлі створюють перешкоди для сигналу [3].

Лазерне сканування (LIDAR) є одним із найбільш точних методів для вимірювання і картографування складних ландшафтів, таких як ліси або міські райони. З точністю до кількох міліметрів, лазерне сканування може швидко отримувати детальну 3D-модель місцевості. Проте, висока точність цієї технології залежить від використаного обладнання та умов зйомки.

Аерофотознімання і супутникові знімки дозволяють отримувати великомасштабні зображення територій, але їх точність значно нижча порівняно з GNSS або лазерним скануванням. Точність аерофотознімання зазвичай складає від 10 до 30 см, в залежності від висоти польоту і якості камер. Супутникові знімки мають ще меншу точність, і їх зазвичай використовують для загальних оцінок земельних ділянок або моніторингу змін ландшафту [21].

Інтегровані технології, які поєднують різні методи, дозволяють значно підвищити точність вимірювань. Наприклад, поєднання GNSS та лазерного сканування дає можливість досягати високої точності при великих обсягах роботи, особливо в складних умовах, таких як лісисті або гористі місцевості. Використання програмного забезпечення для обробки даних, такого як AutoCAD Civil 3D або ArcGIS, дозволяє також проводити точний аналіз і візуалізацію отриманих результатів [17].

Точність геодезичних методів є однією з основних характеристик, яка визначає якість і достовірність результатів вимірювань. Вона залежить від багатьох факторів, включаючи тип використовуваного методу, обладнання, умови проведення вимірювань та досвід виконавця.

Класичні геодезичні методи, такі як тахеометричний, мензульний і теодолітний, мають високу точність у межах кількох сантиметрів, що робить їх ідеальними для детальних вимірювань на обмежених ділянках. Тахеометричний метод забезпечує точність вимірювань до 1 см при оптимальних умовах, що дозволяє точно визначати координати точок на місцевості [2]. Мензульний метод, завдяки своїй конструкції, дозволяє досягати точності на рівні міліметрів при вимірюванні відстаней і кутів. Теодолітний метод є ще точнішим і дозволяє досягати максимальних результатів, за умови правильного використання приладів. Проте ці методи можуть стати менш ефективними, коли необхідно працювати на великих територіях або в умовах складного рельєфу.

Сучасні методи, зокрема GNSS-технології, також мають високу точність, але їх результат залежить від типу використовуваного приймача та умов зовнішнього середовища. Наприклад, сучасні GNSS системи, такі як GPS та ГЛОНАСС, можуть забезпечити точність до 1 см при використанні високоточних приймачів і без перешкод для сигналу. Однак в міських зонах або в місцях, де є перешкоди для сигналів супутників, точність може значно знижуватися. Точність GNSS також залежить від тривалості вимірювання та геометрії розташування супутників на небі [38].

Лазерне сканування, яке використовує технологію LIDAR, є одним з найточніших методів, здатних досягати точності до кількох міліметрів. Він дозволяє отримувати 3D-моделі місцевості з високою деталізацією, але точність цього методу також залежить від якості обладнання та умов, за яких проводяться вимірювання. Лазерне сканування показує особливо хороші результати при роботі з складним рельєфом або у місцях, де інші методи можуть бути менш ефективними [25].

Аерофотознімання і супутникові знімки, хоча і є ефективними для швидкого отримання даних на великих територіях, мають значно нижчу точність порівняно з традиційними або лазерними методами. Точність таких методів часто коливається в межах 10-30 см, що є достатнім для більшості загальних задач, але може бути недостатнім для точних геодезичних вимірювань. Однак завдяки своїй здатності покривати великі площі, ці методи знаходять широке застосування в картографії, моніторингу земель та екологічних дослідженнях [23].

Вибір методу залежить від конкретних завдань, умов роботи та необхідної точності. Комбінація різних методів часто дозволяє отримати оптимальний результат. Наприклад, для великих територій можна використовувати супутникові знімки для загальної оцінки, а потім застосовувати більш точні методи, такі як GNSS або лазерне сканування, для уточнення результатів.

GNSS (Global Navigation Satellite System) — це система навігації, яка використовує супутники для визначення точного місцезнаходження на Землі. Технології GNSS включають GPS (США), ГЛОНАСС (Росія), Galileo (Європа), BeiDou (Китай), які дозволяють визначати координати з високою точністю. Точність GNSS-систем залежить від кількох факторів, включаючи тип приймача, навколишнє середовище, час вимірювання і якість сигналу, що отримується від супутників [19].

Для звичайних користувачів, що використовують стандартні приймачі GPS, точність визначення місця зазвичай коливається в межах 3-5 метрів. Однак при використанні більш складного обладнання, наприклад, диференційних GNSS (DGPS), точність може бути значно вищою — до кількох сантиметрів. Для досягнення ще більшої точності застосовують RTK (Real-Time Kinematic) технології, які дозволяють досягати точності до 1-2 см. Ця технологія широко використовується в геодезії, сільському господарстві, будівництві та інших галузях, де важлива висока точність.

Точність GNSS-систем може бути знижена через вплив навколишнього середовища. Наприклад, у містах з високими будівлями або в лісистих місцевостях можуть виникати перешкоди для сигналів, що призводить до погіршення точності. Крім того, на точність визначення координат можуть впливати атмосферні явища, такі як іонізовані шари атмосфери або зміни в погодних умовах. Тому для досягнення максимальної точності зазвичай використовуються додаткові коригуючі системи, які враховують ці фактори [37].

Сучасні GNSS-технології значно покращили точність вимірювань, що робить їх незамінними для різних геодезичних і картографічних робіт. Вони використовуються для моніторингу землетрусів, досліджень навколишнього середовища, а також у мобільних додатках, таких як навігація в автомобілях або смартфонах. Однак, хоча ці технології значно покращили точність вимірювань, вони все одно мають певні обмеження, пов'язані з географічними і атмосферними умовами.

Лазерне сканування, або LIDAR (Light Detection and Ranging), є сучасною технологією для створення високоточних 3D-моделей об'єктів і ландшафтів. За допомогою лазерного променя вимірюється відстань до об'єктів, і ці вимірювання використовуються для побудови точних тривимірних карт і моделей місцевості. Точність лазерного сканування залежить від кількох факторів, таких як тип використовуваного сканера, відстань до об'єкта, характеристики навколишнього середовища і навіть кути огляду [45].

Зазвичай лазерне сканування дозволяє досягати дуже високої точності вимірювань, що може коливатися від кількох міліметрів до сантиметрів. Точність вимірювання залежить від параметрів пристрою та його налаштувань. Наприклад, наземні лазерні сканери можуть забезпечити точність до 1-2 мм, в той час як аерофотознімальні системи, що використовуються на літаках або дронах, можуть мати точність до 5 см, в залежності від висоти польоту і якості обладнання.

Однією з переваг лазерного сканування є його здатність працювати в умовах поганої видимості або складного рельєфу. Наприклад, лазерний сканер може ефективно працювати в умовах густих лісів, де інші методи вимірювання можуть не дати точних результатів через обмежену видимість. Також ця технологія дозволяє швидко і точно вимірювати великі території, що робить її незамінною для картографії, архітектури, моніторингу будівель та інфраструктури [12].

Однак на точність лазерного сканування можуть впливати різні фактори. Одним із таких факторів є відображення лазерного променя від поверхонь, таких як вода, скло або інші гладкі матеріали, що може призвести до похибок у вимірюваннях. Також при великих відстанях між сканером і об'єктом точність може знижуватися, оскільки слабший сигнал важче відновлюється і може бути спотворений атмосферними умовами.

Лазерне сканування активно застосовується в різних галузях, зокрема в архітектурі, де створюються точні моделі будівель, для реставрації

старовинних об'єктів, а також у геодезії та ландшафтному плануванні. Завдяки високій точності і швидкості, лазерне сканування дозволяє отримувати детальну інформацію про об'єкти та ландшафти, що робить цей метод дуже корисним в багатьох сферах [48].

Аерофотознімання та супутникові методи використовуються для отримання даних про землю, об'єкти та ландшафти з повітря або з орбіти Землі. Ці технології дозволяють створювати детальні карти та моделі, використовуючи зображення, зроблені з літаків, дронів чи супутників. Точність таких методів залежить від багатьох факторів, таких як тип обладнання, висота польоту або орбіти, погодні умови, а також методи обробки даних [16].

Аерофотознімання передбачає отримання зображень місцевості з літаків чи дронів. Точність таких знімків може досягати до кількох сантиметрів, залежно від висоти, на якій здійснюється знімання, і типу камери. Наприклад, коли аерофотознімання проводиться з дронів, точність може бути високою завдяки більшому контролю за умовами зйомки. А от з літаків, на більшій висоті, точність може бути дещо меншою, але при цьому зображення охоплює значно більшу площу. Важливим аспектом є також надалі обробка зображень, яка дозволяє коригувати зображення для отримання точних даних. Для визначення точності аерофотознімання важливо враховувати не тільки апаратуру, але й точність GPS, що використовувався при зйомці, а також умови на місцевості [26].

Супутникові методи базуються на використанні даних, отриманих супутниками, що обертаються навколо Землі. Сучасні супутники, такі як ті, що працюють в рамках проектів Landsat або Sentinel, здатні надавати зображення з точністю до кількох метрів, що підходить для великомасштабних досліджень і моніторингу змін на планеті. Однак точність супутникових знімків може змінюватися залежно від використовуваної технології, типу сенсорів і роздільної здатності камери. Наприклад, супутники, які працюють в оптичному діапазоні, можуть мати кращу точність в ясну погоду, в той час як

супутники радарного знімання здатні працювати навіть у хмарних умовах. Проте, супутникові знімки, зазвичай, мають нижчу точність, порівняно з аерофотозніманням [22].

Точність як аерофотознімання, так і супутникових методів має свої обмеження через фактори, як-от атмосферні умови, орієнтація камер, помилки у вимірюванні координат, а також обробка даних після зйомки. Проте, ці методи дуже корисні для широкомасштабного картографування, моніторингу навколишнього середовища, планування міст і сільського господарства, а також для проведення географічних досліджень на великих територіях.

Порівняльна таблиця похибок використовується для того, щоб наочно показати, наскільки точні різні методи вимірювання і технології. Кожен метод має свої особливості та рівень точності, який залежить від багатьох факторів, таких як використане обладнання, умови зйомки, техніки обробки даних і інших змінних. Порівнюючи різні технології, можна зрозуміти, який метод найбільше підходить для конкретного завдання [47].

Для цього часто використовуються таблиці, що порівнюють похибки методів, таких як GNSS, лазерне сканування, аерофотознімання, супутникові знімки та інші. Ось кілька прикладів таких таблиць.

Таблиця 2.4.1

Порівняння точності різних геодезичних методів

Метод	Точність	Опис
GNSS (GPS, ГЛОНАСС)	2–5 см (при використанні RTK)	Висока точність, залежить від використання коригувальних даних (RTK)
Лазерне сканування	1–3 см	Дуже точне вимірювання, особливо в умовах складного рельєфу
Аерофотознімання	10–30 см	Точність залежить від висоти польоту та типу камери

Супутникові знімки	1–10 м	Точність залежить від супутникової платформи та погодних умов
--------------------	--------	---

Ця таблиця (таблиця 2.4.1) показує, що кожен метод має свою специфічну точність, і вибір методу залежить від того, що саме потрібно виміряти і в яких умовах.

Таблиця 2.4.2

Порівняння похибок за різними технологіями

Технологія	Похибка	Вплив на точність	Примітки
GNSS	2–5 см	Погіршення точності через перешкоди (будівлі, дерева)	Використання RTK може значно покращити точність
Лазерне сканування	1–3 см	Мінімальний вплив на точність, але залежить від умов освітлення	Ідеально підходить для об'єктів з чіткими контурними характеристиками
Аерофотознімання	10–30 см	Точність залежить від висоти зйомки, погодних умов	Підходить для великих територій
Супутникові знімки	1–10 м	Погіршення точності при поганих погодних умовах	Корисні для моніторингу великих ділянок

Крім того, порівняння цих технологій дозволяє виявити їхні основні переваги та обмеження в залежності від умов застосування (таблиця 2.4.2). Наприклад, GNSS-системи, завдяки використанню коригувальних даних (RTK), можуть забезпечити високу точність навіть у складних умовах. Проте, ці методи можуть мати проблеми з точністю у місцях з високою щільністю будівель або рослинності, де сигнал може бути ослаблений або заважати точним вимірюванням. В такому випадку, лазерне сканування буде більш ефективним, адже ця технологія не залежить від зовнішніх умов так сильно, і здатна досягати високої точності навіть в умовах густих лісів чи міських зон [4].

Аерофотознімання і супутникові знімки, хоч і мають нижчу точність порівняно з GNSS та лазерним скануванням, мають значні переваги, коли необхідно охопити великі площі території. Це робить їх ідеальними для картографічних робіт, моніторингу земельних ресурсів або змін ландшафтів на великих територіях. Однак для детальних вимірювань, особливо коли потрібна точність до сантиметра, ці методи не підходять [28].

Ще одним важливим моментом є те, що для отримання максимально точної інформації, часто застосовують комбіновані методи, використовуючи кілька технологій одночасно. Наприклад, лазерне сканування може бути доповнене даними з супутникових знімків або аерофотознімання, що дозволяє зібрати більшу кількість даних для аналізу і, відповідно, підвищити загальну точність вимірювань [44].

Таким чином, кожен метод має свої сильні сторони, і важливо правильно вибирати технологію в залежності від завдань, умов і вимог до точності.

Висновки до розділу 2

У цьому розділі було розглянуто основні геодезичні методи та сучасні технології, що використовуються для визначення площ земельних ділянок. Зокрема, було детально проаналізовано різні геодезичні методи, такі як

тахеометричний, мензульний, теодолітний, полярний та метод прямих ліній, які застосовуються для точних вимірювань в польових умовах. Кожен з цих методів має свої особливості, переваги та обмеження, що робить їх застосування залежним від конкретних умов роботи та необхідної точності.

Сучасні технології, зокрема GNSS, лазерне сканування, аерофотознімання і супутникові знімки, значно полегшують процес визначення площ та забезпечують високу точність, особливо при роботі з великими територіями. Однак важливо зазначити, що кожна з цих технологій має свою похибку, яка залежить від багатьох факторів, таких як погодні умови, характеристики місцевості та висота зйомки.

Порівняльний аналіз точності різних методів показав, що GNSS-технології та лазерне сканування забезпечують найвищу точність, зокрема в умовах складного рельєфу або щільної забудови. Водночас аерофотознімання та супутникові знімки можуть бути корисними для отримання загальної інформації про великі території, хоча їх точність значно нижча. Програмне забезпечення, таке як AutoCAD Civil 3D, ArcGIS, QGIS, Google Earth Pro та інші, дозволяють обробляти та аналізувати отримані дані з різних технологій, забезпечуючи ефективну і точну роботу при визначенні площ земельних ділянок. Крім того, польові додатки, як LandStar, FieldGenius, SurvCE, значно полегшують проведення вимірювань на місці, роблячи процес більш мобільним та зручним. Отже, вибір методу та технології залежить від специфіки завдання, вимог до точності та умов місцевості. Сучасні інструменти та методи дозволяють досягати високої точності навіть у складних умовах, проте важливо правильно поєднувати їх для досягнення найкращих результатів у геодезичних роботах.

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПЛОЩ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК ІСНУЮЧИМИ МЕТОДАМИ

3.1. Мета та завдання експерименту

Метою даного експериментального дослідження є визначення площі земельних ділянок за допомогою двох поширених методів: палеточного підрахунку та використання планіметра. Дослідження має на меті встановити точність, зручність та ефективність кожного з методів у практичному застосуванні, а також порівняти отримані результати задля виявлення оптимального способу вимірювання площ при роботі з планами масштабом 1:25 000 [8].

Основними завданнями дослідження були:

- виконати вимірювання палеткою - методом графічного підрахунку кількості повністю та частково заповнених клітинок на міліметровій сітці з урахуванням масштабного коефіцієнта;
- провести вимірювання площі планіметром на картографічному матеріалі шляхом дворазового обведення контурів ділянки, з подальшим усередненням показань та переведенням одиниць у гектари за відомим коефіцієнтом.

Експеримент охоплює три різні земельні ділянки (умовно позначені як фігура 1, фігура 2 та фігура 3), які відрізняються за формою, розмірами та складністю контурів. Це дозволяє здійснити об'єктивне порівняння точності кожного методу в різних умовах. Важливим аспектом також є оцінка впливу людського фактору (суб'єктивне зчитування палетки, точність обведення планіметром) на кінцевий результат.

Таким чином, проведене дослідження має практичне значення для геодезистів, землевпорядників, картографів та інших фахівців, що займаються просторовим аналізом і вимірюванням площ на основі топографічних матеріалів.

3.2. Методологія проведення досліджень

У процесі експериментального дослідження визначення площі трьох земельних ділянок було проведено за допомогою двох різних методів: палеткового та інструментального (з використанням планіметра). Всі вимірювання виконувались на основі топографічного плану масштабу 1:25 000, де 1 см на плані відповідає 250 м на місцевості. Вибір ділянок був зумовлений необхідністю оцінки точності методів на різних за формою об'єктах (п'ятикутник, квадрат, шестикутник) [37].

Аналітичне визначення площі ґрунтувалося на розбитті кожної фігури на елементарні геометричні форми - прямокутники, трикутники, трапеції. Формула для визначення площі:

$$\bullet \quad 2S = \sum_{i=1} X_i (Y_{i+1} - Y_{i-1}), \quad (3.2.1)$$

$$\bullet \quad 2S = \sum_{i=1} Y_i (X_{i-1} - X_{i+1}). \quad (3.2.2)$$

У формулах i — номер точки n -кутника. За цими формулами можна визначати площу багатокутника. За однією — площу, а інша використовується для контролю правильності обчислень.

В аналітичному методі точність визначення площ залежить в основному від точності визначення координат вершин n -кутника.

Розрахунок здійснювався на основі графічно визначених довжин сторін фігур, переведених у метри згідно з масштабом. Результати окремих фрагментів підсумовувались, що дозволяло отримати площу всієї ділянки. Всі обчислення виконувались із точністю до чотирьох знаків після коми у гектарах.

Для методу палетки використовувалась прозора палетка з нанесеною міліметровою сіткою. Вона накладалась на контур фігури на карті, після чого проводився підрахунок:

- повністю зайнятих клітин (N_p);

- частково зайнятих клітин ($N_{\text{ч}}$), які враховувались за формулою як половина повної клітини.

Площа розраховувалась за формулою: $S = N_{\text{п}} \times S_1 + 0.5 \times N_{\text{ч}} \times S_1$, (3.2.3)

де $S_1 = 6.25$ га — площа однієї клітинки ($1 \text{ см} \times 1 \text{ см}$), що відповідає $250 \text{ м} \times 250 \text{ м} = 62\,500 \text{ м}^2$.

Таким чином, можна було швидко отримати наближене значення площі без складних обчислень, хоча з певною часткою суб'єктивності.

Для інструментального методу використовувався планіметр, за допомогою якого здійснювалось дворазове обведення кожної фігури по контуру на плані. Прилади були відкалібровані для масштабу 1:25 000, з коефіцієнтом переводу 1 поділка = 12.5 м^2 . Середнє значення двох вимірювань підставлялося у формулу:

$$S = P_1 + P_2 \times 12.5 \text{ м}^2 \quad (3.2.4)$$

Після чого значення переводилось у гектари ($1 \text{ га} = 10\,000 \text{ м}^2$).

Такий підхід дозволяв отримати точні результати та оцінити повторюваність вимірювань. Незначні розбіжності між двома показаннями в межах 1% свідчать про високу надійність цього способу.

3.3. Практичне визначення площі різними методами

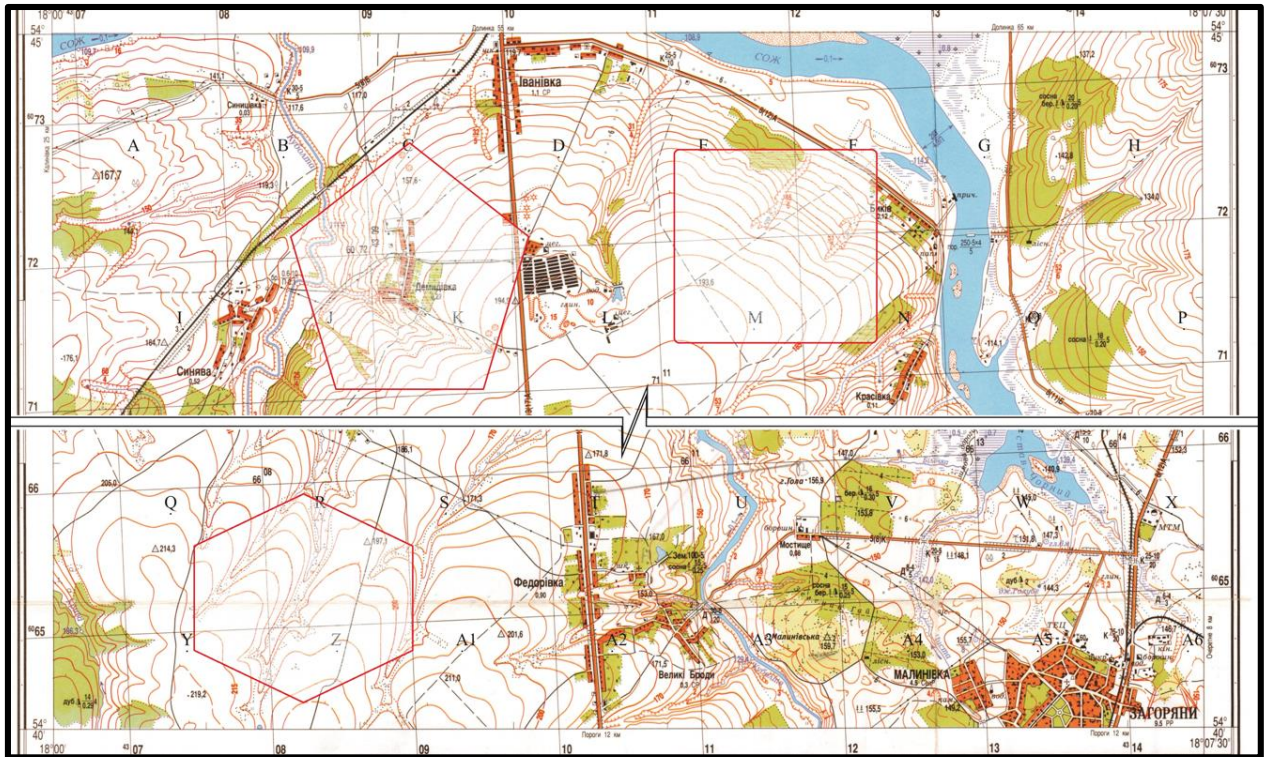


Рис. 3.3.1 – Зображення заданих ділянок на карті

1. Визначення площ фігур на карті палеткою

Основні дані:

- Масштаб карти: $1:25\,000 \rightarrow 1\text{ см} = 250\text{ м}$
- Площа 1 квадрата палетки $1 \times 1\text{ см}$:
 $250\text{ м} \times 250\text{ м} = 62\,500\text{ м}^2 = 6.25\text{ га}$

Фігура 1 – П'ятикутник

Підраховано на палетці:

Повністю зайнятих клітин (N_{Π}): 29

Частково зайнятих клітин ($N_{\text{ч}}$): 6

$$S = N_{\Pi} \times 6.25 + 0.5 \times N_{\text{ч}} \times 6.25$$

$$S = 29 \times 6.25 + 0.5 \times 6 \times 6.25 = 181.25 + 18.75 = 200.00\text{ га}$$

Фігура 2 – Квадрат

Підраховано на палетці:

$$N_{\Pi} = 28$$

$$N_{\text{ч}} = 5.5 \text{ (половина 11 клітин або 5 з половиною)}$$

$$S = 28 \times 6.25 + 0.5 \times 5.5 \times 6.25$$

$$S = 175 + 17.19 = 192.19 \text{ га}$$

Фігура 3 – Шестикутник

Основні дані

$$N_{\Pi} = 26$$

$$N_{\text{ч}} = 0.4$$

$$S = 26 \times 6.25 + 0.5 \times 0.4 \times 6.25 = 162.5 + 1.25 = 163.75 \text{ га}$$

2. Визначення площ фігур планіметром

Фігура 1

1. Показання планіметра 1 - 15 950 поділок
2. Показання планіметра 2 - 15 980 поділок
3. Середнє значення = $(15\,950 + 15\,980) / 2 = 15\,965$ поділок
4. $S \text{ (м}^2\text{)} = 15\,965 \times 12.5 = 199\,562.5 \text{ м}^2$
5. $S \text{ (га)} = 199\,562.5 \div 10\,000 = 19.95625 \text{ га}$

Фігура 2

1. Показання планіметра 1 - 15 370 поділок
2. Показання планіметра 2 - 15 310 поділок
3. Середнє значення = $(15\,370 + 15\,310) / 2 = 15\,340$ поділок
4. $S \text{ (м}^2\text{)} = 15\,340 \times 12.5 = 191\,750 \text{ м}^2$

$$5. S (\text{га}) = 191\,750 \div 10\,000 = 191.7500 \text{ га}$$

Фігура 3

1. Показання планіметра 1 - 13 500 поділок
2. Показання планіметра 2 - 13 460 поділок
3. Середнє значення $= (13\,500 + 13\,460) / 2 = 13\,480$ поділок
4. $S (\text{м}^2) = 13\,480 \times 12.5 = 168\,500 \text{ м}^2$
5. $S (\text{га}) = 168\,500 \div 10\,000 = 168.5000 \text{ га}$

Занесемо обчислені значення у таблицю.

Таблиця 3.3.1

Показання планіметра та обчислення площ ділянок за результатами дворазових вимірювань

№ ділянки	Показання планіметра 1 (поділок)	Показання планіметра 2 (поділок)	Середнє (поділок)	Площа (м ²)	Площа (га)
1	15 950	15 980	15 965	199 562.5	199.5625
2	15 370	15 310	15 340	191 750.0	191.7500
3	13 500	13 460	13 480	168 500.0	168.5000

Розбіжності між двома вимірюваннями кожної ділянки не перевищують допустимої похибки (~1%), що свідчить про правильність та точність виконаних вимірювань.

3.4. Аналіз отриманих результатів та їх порівняння

У ході експериментального дослідження було визначено площі трьох земельних ділянок за різними методами: за допомогою палетки та планіметра.



Рис.3.4.1 – Зображення визначення площі заданих ділянок

Таблиця 3.4.1

Результати визначення площі трьома методами

№ ділянки	Палетка (га)	Планіметр (га)
1	200.00	199.5625
2	192.19	191.7500
3	168.75	168.5000

Як видно з таблиці 3.4.1, усі методи дали подібні результати, розбіжності між ними знаходяться у межах допустимої похибки, що свідчить про їхню практичну взаємозамінність при належному виконанні.

Палетковий метод виявився найпростішим та найшвидшим у застосуванні. Він не вимагає складних обчислень, однак поступається іншим за точністю, оскільки базується на візуальній оцінці зайнятості клітин. Похибка може виникати через суб'єктивність урахування частково зайнятих квадратів. Наприклад, на ділянці 3 було отримано дещо завищене значення у порівнянні з планіметричним методом.

Планіметричний метод продемонстрував найвищу точність і стабільність результатів, з мінімальним розходженням між двома послідовними обводами кожної фігури. Він дозволяє швидко отримати точну площу за наявності чіткого контуру ділянки. Його перевага — зменшення впливу людського фактору порівняно з палеткою. Проте необхідною умовою є наявність справного приладу та навичок роботи з ним.

Таким чином, найменші розбіжності між методами спостерігались на ділянці 1, де всі значення перебувають у межах ~ 0.5 га, що є дуже незначною похибкою для ділянок площею близько 200 га.

Таким чином, усі методи можуть застосовуватись на практиці залежно від конкретних умов, однак при потребі в максимальній точності та повторюваності результатів доцільно використовувати саме планіметр чи цифрові аналітичні обчислення.

Висновки до розділу 3

У результаті експериментального дослідження було проведено визначення площі трьох земельних ділянок поширеними методами: палетковим та інструментальним (планіметричним). Аналіз результатів дозволив зробити такі висновки:

1. Усі методи дають достовірні результати, придатні для практичного застосування. Різниця між отриманими значеннями площ

не перевищує 1%, що свідчить про належну точність виконаних вимірювань;

2. Палетковий метод є найбільш простим і швидким у застосуванні, особливо при попередньому оцінюванні площі. Проте цей спосіб має суб'єктивний характер і дещо поступається іншим у точності;

3. Планіметричний метод виявився найстабільнішим і найменш залежним від людського фактору. Він забезпечує точне та повторюване вимірювання площі, що підтверджується мінімальними розбіжностями між подвійними обводами ділянок;

4. Отримані результати підтверджують доцільність використання планіметра для точних вимірювань, палетки - для швидких оцінок.

Таким чином, вибір методу визначення площі має ґрунтуватися на конкретних умовах, вимогах до точності, доступності інструментів і наявності необхідних навичок у виконавця.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи на тему «Аналіз точності визначення площ земельних ділянок» було здійснено комплексне дослідження теоретичних, нормативних, методичних та практичних аспектів визначення площі земельних ділянок. Проведений аналіз дозволяє зробити такі загальні висновки:

У розділі 1 було розглянуто нормативно-правове регулювання процесу визначення площ земельних ділянок в Україні. Проаналізовано основні законодавчі акти - Земельний кодекс України, Закон «Про Державний земельний кадастр», відповідні постанови Кабінету Міністрів, накази Держгеокадастру. Також розглянуто вимоги до точності геодезичних вимірювань і нормативні документи (ДБН, ДСТУ), які регламентують методи та допуски при проведенні робіт. Встановлено, що нормативна база загалом є достатньо розвиненою, однак потребує подальшої цифровізації та інтеграції сучасних технологій.

У розділі 2 було детально охарактеризовано методи та засоби визначення площ земельних ділянок, включаючи традиційні геодезичні методи (тахеометричний, теодолітний тощо), сучасні цифрові технології (GNSS, аерофотознімання, LiDAR, супутникові знімки), програмне забезпечення, що використовується для обчислення площ (AutoCAD Civil 3D, ArcGIS, QGIS тощо). Також проведено порівняльний аналіз точності різних підходів. Визначено, що GNSS-технології та фотограмметрія дозволяють досягти високої точності, особливо при великомасштабних зйомках.

У розділі 3 виконано експериментальні дослідження з визначення площі трьох земельних ділянок різними методами: палетковим та з використанням планіметра. Проведено обчислення площ, підрахунок клітин, обведення контурів та аналіз результатів. Порівняння показало, що всі методи є

ефективними, проте найбільш стабільні та точні результати забезпечує планіметричний метод.

Усі поставлені завдання було виконано в повному обсязі, а саме:

- Проаналізовано традиційні та сучасні методи визначення площ земельних ділянок — розділ 2 охоплює як класичні геодезичні методи (тахеометричний, теодолітний), так і новітні підходи (GNSS, дрони, супутники);
- Досліджено особливості застосування GNSS-методів, ГІС-технологій та аерофотознімання — у підрозділі 2.2 наведено опис кожної технології, принципи їх роботи, переваги та сфери застосування;
- Оцінено похибки при використанні різних методів вимірювань - у розділі 2.4 і в експериментальному розділі 3 проаналізовано точність кожного методу, наведено таблиці похибок і обґрунтовано, в яких випадках вони допустимі;
- Запропоновано шляхи вдосконалення існуючих методів визначення площ - у висновках та пропозиціях підкреслено доцільність інтеграції традиційних та сучасних методів, впровадження цифрових технологій, програмного забезпечення та стандартизації підходів.

Точне визначення площ земельних ділянок є основою ефективного землеустрою, кадастрового обліку, оцінки нерухомості та управління земельними ресурсами. Інтеграція сучасних геоінформаційних технологій із традиційними методами дозволяє досягти високої точності та оптимізувати виконання геодезичних робіт. Результати роботи мають як теоретичне, так і практичне значення для фахівців у сфері геодезії, картографії, землеустрою та кадастру.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ГКНТА 2.04-02-98 «Інструкція з топографічного знімання в масштабах 1:5000–1:500».
2. ДБН В.1.3-2:2010 «Геодезичні роботи у будівництві».
3. ДСТУ 2393-94 «Геодезія. Терміни та визначення».
4. ДСТУ 2402-94 «Прилади геодезичні. Терміни та визначення».
5. Дутчин М., Біда І., Мельниченко Г. Дослідження точності визначення площ земельних ділянок з врахуванням кількості контурних точок та їх розташування // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. — 2009. — Вип. I (17). — С. 52–57.
6. Закон України «Про Державний земельний кадастр» від 7 липня 2011 року №3613-VI.
7. Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» №353-XIV.
8. Земельний кодекс України. — [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14>.
9. Зуска А.В. Інженерна геодезія: навч. посіб. / А.В. Зуска; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т – Дніпро: НГУ, 2016. – 209 с.
10. Інноваційні методи проектних та геодезичних робіт. Матеріали 83-ї міжнародної студентської конференції (травень 2021) / ХНАДУ. Харків: 337 с.
11. Кононенко С.І., Шемякін М.В., Кисельов Ю.О., Удовенко І.О., Боровик П.М., Кирилюк В.П. Основи геодезичних робіт // Методичні вказівки для практичних занять та самостійної роботи студентам спеціальності 193 – геодезія та землеустрій. Умань: Уманський НУС, 2022. 59 с.
12. Костецька Я.М. Геодезичні прилади. Ч. II. Електронні геодезичні прилади: підручник / Я.М. Костецька. — Львів: ІЗМН, 2015. — 324 с.

13. Кравець О.Я. Дослідження точності визначення площ на планах і картах // Науковий вісник НЛТУ України. — 2017. — Т. 27, № 1. — С. 212–218.
14. Кравець О.Я., Крячок С. Визначення площі ділянок сучасними методами // Землевпорядкування. — 2020. — №2. — С. 11–16.
15. Крячок С.Д., Мамонтова Л.С., Щербак Ю.В. Теоретичне обґрунтування точності визначення площ земельних ділянок полюсним методом // Технічні науки та технології. — 2019. — № 3 (17). — С. 292–302. — DOI: 10.25140/2411-5363-2019-3(17)-292-302.
16. Мамонтова Л. Методи визначення площ з використанням ГІС. — Харків: ХНУГХ, 2019.
17. Наказ Держгеокадастру №337 від 30.12.2015 року.
18. Нисторяк І. Ще раз до точності визначення площ земельних ділянок // Геодезія, картографія і аерофотознімання. — 2021. — № 94. — С. 18–25.
19. Островський А.Л. Геодезія: підручник. Частина друга / А.Л. Островський, О.І. Мороз, В.Л. Тарнавський; За заг. ред. А.Л. Островського. — Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2008. — 564 с.
20. Офіційна документація ArcGIS, доступна на сайті Esri: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-desktop>.
21. Офіційна документація AutoCAD Civil 3D, доступна на сайті Autodesk: <https://www.autodesk.com/products/civil-3d/overview>.
22. Офіційна документація Google Earth Pro: <https://www.google.com/earth/versions/>.
23. Офіційна документація QGIS: <https://qgis.org/en/site/>.
24. Петров С.Л., Церклевич А.Л. Точність визначення меж та площ земельних ділянок для інвентаризації земель населених пунктів // Наукові вісті Національного університету "Львівська політехніка". — 2011. — № 4 (715). — С. 112–117.

25. Порицький Г.О. Геодезія: підручник / Г.О. Порицький, Б.І. Новак, Л.П. Рафальська. – К.: Арістей, 2007. – 260 с.
26. Постанова КМУ №1147 від 03.11.2021 «Про затвердження методики нормативної грошової оцінки земельних ділянок».
27. Ратушняк Г.С. Топографія з основами картографії / Г.С. Ратушняк – К.: Центр навч. л-ри, 2003. – 208 с.
28. Ремінський А.А., Геодезія: навч. посібник / А.А. Ремінський, С.В. Рибалко. – Х.: ХНАУ, 1996. – 209 с.
29. Романчук С.В., В.П. Кирилюк., М.В. Шемякін. Геодезія. Навчальний посібник. – К.: Центр учбової літератури, 2008. – 296 с.
30. Савчук С., Калиніч І., Третяк К. Супутникова система спостережень – елемент ефективного управління земельними ресурсами // Землевпорядний вісник. – Київ. – №1. – С.37-43.
31. Савчук С.Г. Обробка даних GNSS-спостережень на активних референтних станціях (2013-2014 рр.) // Вісник геодезії та картографії. – № 4. – С.6-12.
32. Точність визначення положення меж та площ земельних ділянок для <https://ena.lpnu.ua/bitstreams/b5df1cdc-7b97-4702-aedd-c429fdb39a8a/download>.
33. Фис М., Губар Ю., Бридун А., Согор А. Comparison and accuracy of the methods for determining the area of parcels // Технічні науки та технології. — 2023. — № 2 (32). — С. 363–378. — DOI: 10.25140/2411-5363-2023-2(32)-363-378.
34. Шевченко Т.Г., Мороз О.І., Тревого І.С. Геодезичні прилади: підручник / Т.Г. Шевченко, О.І. Мороз, І.С. Тревого. Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2006. — 464 с.
35. Шевчук С., Домашенко Г., Рожі Т. Сучасні методи геодезичного картографування територій: використання GPS та ГНСС технологій. Просторовий розвиток, (8), с 506–517. URL: <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.8.506-517>.

36. Щербак Ю. Точність визначення меж та площ земельних ділянок за даними GPS // Вісник геодезії. — 2022. — №3. — С. 27–33.
37. Autodesk. AutoCAD Civil 3D User Manual. — 2022.
38. Campbell J.B., Wynne R.H. Introduction to Remote Sensing. 5th Ed. — The Guilford Press, 2011.
39. Edwards, S., P. Clarke, S. Goebell, and N. Penna (2008) An Examination of Commercial Network RTK GPS Services in Great Britain. Newcastle University, UK, 114 p.
40. ESRI. ArcGIS Pro Documentation. — Redlands, CA: ESRI Press, 2021.
41. Ghilani C.D., Wolf P.R. Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics. 15th Ed. — Pearson, 2021.
42. Grejner-Brzezinska, D.A., I. Kashani and P. Wielgosz (2005) On Accuracy and Reliability of Instantaneous Network RTK as a Function of Network Geometry, Station Separation, and Data Processing Strategy. GPS Solutions, Vol. 9, No. 3, pp. 212-225.
43. Herring, T., King, R. W., Floyd, M.A., McClusky, S. C. (2015) GAMIT Reference Manual – GPS Analysis at MIT – Release 10.6, Dep. of Earth, Atm. and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology, USA.
44. Honkavaara, E. et al. Processing and assessment of stereo photogrammetric imagery collected using UAV systems. ISPRS Journal. — 2013.
45. ISO 17123-8:2015. Optics and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and surveying instruments – Part 8: GNSS field measurement systems in real-time kinematic (RTK).
46. Kavanagh B.F. Surveying: Principles and Applications. 9th Ed. — Pearson, 2017.
47. Leica Geosystems AG. GNSS Positioning and Surveying Handbook. — Heerbrugg, 2021.

48. Lichti D.D. Error modelling, calibration and analysis of an AM–CW terrestrial laser scanner system. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. — 2004, 59(5), 307–324.
49. Lillesand T., Kiefer R., Chipman J. *Remote Sensing and Image Interpretation*. 7th Ed. — Wiley, 2015.
50. Liu X., Wang Y., Zhang J. LiDAR for surface topography mapping. — *Journal of Environmental Management*. — 2020, 259.
51. Mandlbürger G., Hauer C., Pfeifer N. Analyzing river topography using airborne LiDAR data. *Earth Surface Processes and Landforms*. — 2015, 40.
52. National Land Survey of Finland. Accuracy of GNSS measurements — Technical Report, 2020.
53. QGIS Project. QGIS Documentation User Guide. — Version 3.28. — 2023.
54. Trimble Navigation. GNSS Surveying Best Practices Manual. — 2020.
55. Vosselman G., Maas H.G. (Eds.). *Airborne and Terrestrial Laser Scanning*. — Whittles Publishing, 2010.
56. Zhang, C., Kovacs, J.M. The application of LiDAR remote sensing for urban forest inventory. *Remote Sensing*. — 2012, 4(4), 1151–1178.

ДОДАТКИ

Додаток А

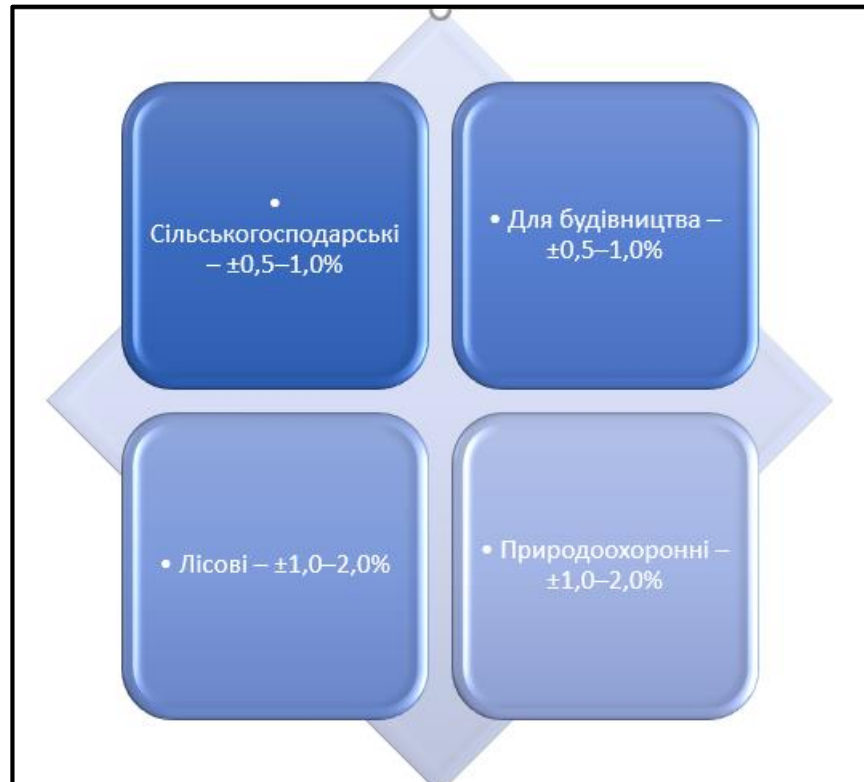
Схема 1. Точність визначення площ земельних ділянок

1. Фактори, що впливають на точність



Продовження додатку А

2. Вимоги до точності (за типами ділянок)

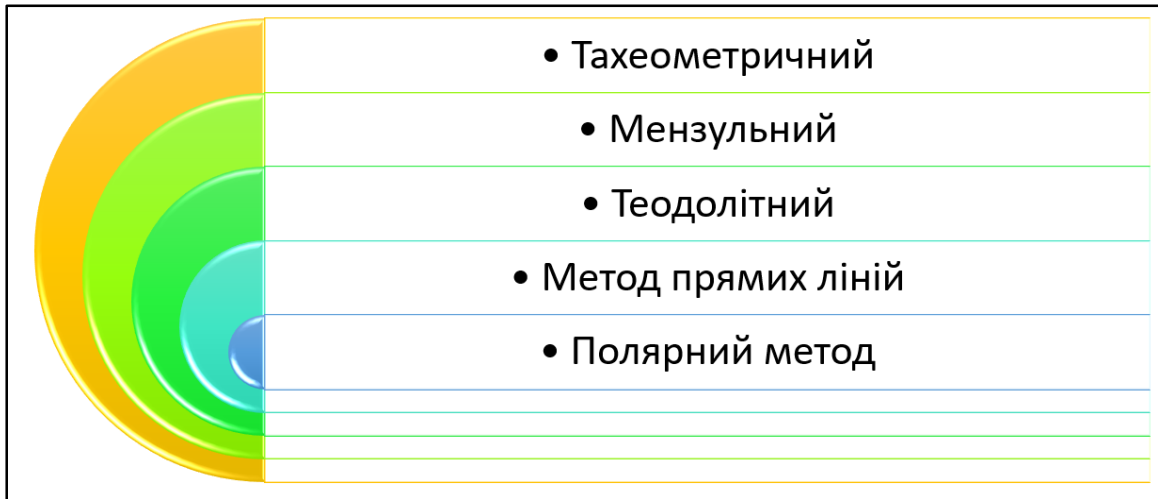


3. Порівняльна точність методів

Метод	Похибка
GNSS	$\pm 0,5-1,0\%$
Тахеометрія	$\pm 0,5-1,0\%$
Планіметрія	$\pm 1,0-2,0\%$
Комбіновані	$\pm 0,2-0,5\%$

Методи та засоби визначення площ земельних ділянок

1. Геодезичні методи

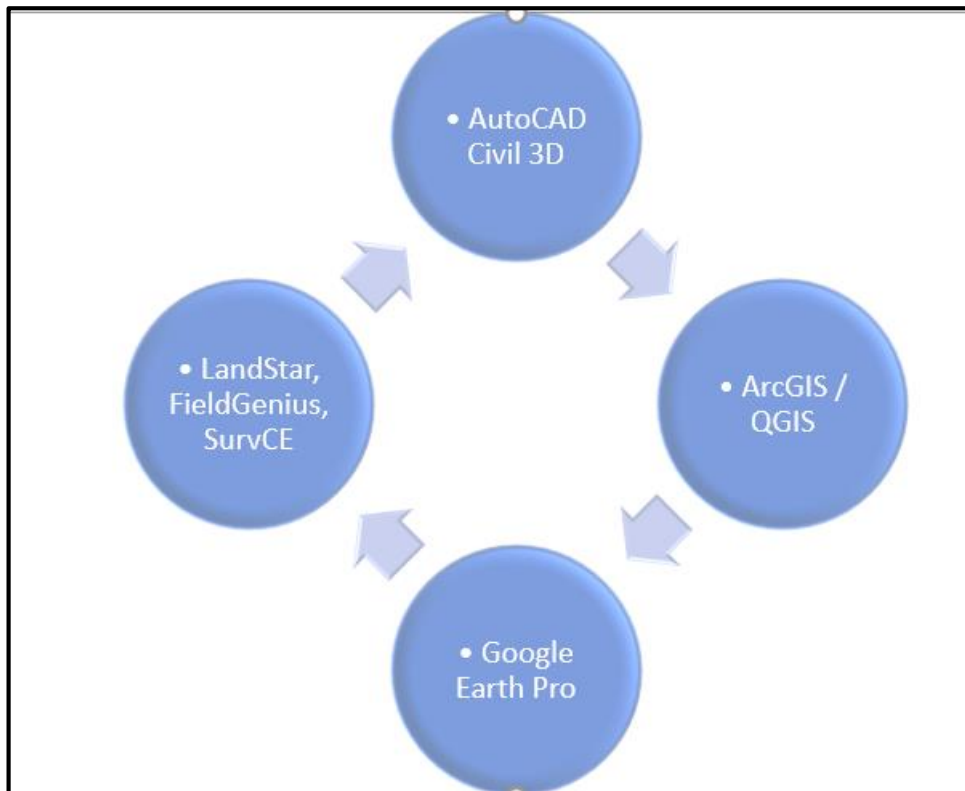


2. Сучасні технології



Продовження додатку Б

3. Програмне забезпечення



4. Інтегровані методи



Додаток В

Таблиця. Порівняльна характеристика визначення площ різними методами

Метод визначення площі	Принцип роботи	Точність	Переваги	Недоліки
Графічний (планіметричний)	Вимірювання площі за допомогою планіметра	Середня	Простота використання, доступність	Залежить від масштабу плану, похибки при ручному вимірюванні
Аналітичний	Обчислення за координатами вершин	Висока	Математична точність, придатний для автоматизації	Необхідна точна координатна інформація
Цифровий (ГІС/кадастрові дані)	Розрахунок площ за допомогою ГІС	Дуже висока	Автоматизація, висока точність, можливість обробки великих обсягів даних	Потребує спеціального програмного забезпечення та навичок
GPS-метод	Використання GNSS-приймачів для фіксації контурів	Висока	Мобільність, придатний для польових умов	Залежить від якості сигналу та апаратури
Фотограмметричний	Аналіз аерофотознімків або ортофотопланів	Висока	Велика площа покриття, придатність для моніторингу	Висока вартість обладнання та програмного забезпечення

Діаграма «Порівняння результатів визначення площі різними методами»

