

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Географічний факультет
Кафедра геодезії та картографії

На правах рукопису УДК 548.4

ПРОВЕДЕННЯ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ ПРИ
ЗЕМЛЕУСТРОЇ

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)
Галузь знань 19 – «Архітектура та будівництво»
Спеціальність 193 – «Геодезія та землеустрій»
Освітня програма «Геодезія та землеустрій»

Кваліфікаційна робота бакалавра
студента 4 курсу
освітнього рівня бакалавр
Мазура Богдана Олеговича

Науковий керівник:
Підлісецька Ірина Олександрівна
Доцент кафедри геодезії та картографії,
кандидат географічних наук

Допущено до захисту:

Протокол засідання кафедри № ____ від « ____ » _____ 2025 року

Завідувач кафедри

проф. Даценко Л.М.

Київ – 2024

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗЕМЛЕВПРОВАДНИХ РОБІТ	6
1.1 Сутність та значення топографо-геодезичних робіт у землевпорядкуванні.....	6
1.2 Нормативно-правове забезпечення топографо-геодезичних робіт при землевпорядкуванні	10
1.3 Методи та технології проведення топографо-геодезичних робіт.....	13
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ МЕЖ ЗЕМЕЛЬНОЇ ДІЛЯНКИ.....	19
2.1 Характеристика території об'єкта дослідження ТОВ «Основа-Солсиф»	19
2.2 Просторово-часові особливості розвитку об'єкта дослідження.....	21
2.3 Оцінка ефективності та специфіка проведення геодезичних та землевпорядних робіт для встановлення меж земельної ділянки	26
РОЗДІЛ 3 ОСОБЛИВОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОВЕДЕННЯ ТОПОГРАФО- ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ	33
3.1 Організація та етапи проведення топографо-геодезичних робіт на об'єкті	33
3.2 Використання сучасного обладнання у процесі геодезичних робіт	36
3.3 Аналіз результатів експериментальних робіт та оцінка їх ефективності	38
ВИСНОВКИ	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	49

РЕФЕРАТ

Загальний обсяг кваліфікаційної роботи 55 стор., складається зі вступу, трьох розділів, висновків; містить 6 рисунків, 21 таблицю, 45 літературних джерел.

Метою роботи є дослідження сучасних методів і технологій топографо-геодезичних робіт для встановлення меж земельних ділянок, аналіз їх ефективності та розробка рекомендацій щодо оптимізації процесу.

Об'єктом дослідження є процес виконання топографо-геодезичних робіт, спрямованих на встановлення меж земельних ділянок із використанням сучасного обладнання.

Предметом дослідження є технології та методи проведення геодезичних робіт, зокрема GNSS-знімання, тахеометричні вимірювання, використання дронів та інтеграція даних у ГІС-системи.

У кваліфікаційній роботі висвітлено сучасні методи та технології проведення топографо-геодезичних робіт для забезпечення точності та ефективності землеустрою. Перший розділ присвячено аналізу теоретичних основ геодезичних робіт та актуальності використання сучасного обладнання. Другий розділ зосереджений на порівняльному аналізі експериментальних даних, отриманих за допомогою GNSS-приймачів, тахеометрів та дронів. У третьому розділі представлено рекомендації щодо вдосконалення процесів геодезичних робіт із використанням інноваційних технологій.

Ключові слова: геодезія, GNSS, тахеометр, землеустрій, точність.

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Проведення топографо-геодезичних робіт в землеустрої є актуальною, враховуючи сучасні умови використання земельних ресурсів. Сучасні вимоги до раціонального використання земельних ресурсів передбачають точне визначення меж ділянок, їх площі, топографічних особливостей та інших характеристик. Застосування сучасних геодезичних технологій дозволяє підвищити точність і ефективності виконання робіт. Відповідно дослідження у сфері топографо-геодезичних робіт мають важливе значення для соціально-економічного розвитку, збереження екологічної складової та правового забезпечення земельних відносин.

Метою роботи є дослідження сучасних методів і технологій топографо-геодезичних робіт для встановлення меж земельних ділянок та їх аналіз ефективності, з подальшою рекомендацією щодо оптимізації процесу.

Для досягнення мети, було вирішено такі **завдання**:

- проаналізувати сутність та значення топографо-геодезичних робіт у землевпорядкуванні;
- ознайомитись з нормативно-правовим забезпеченням топографо-геодезичних робіт при веденні землеустрою;
- проаналізувати просторово-часові особливості розвитку об'єкта дослідження - території ТОВ «Основа-Солсиф»;
- провести оцінку ефективності та специфіка проведення геодезичних та землевпорядних робіт для встановлення меж земельної ділянки.

Об'єкт дослідження – є територія (земельні ділянки), що підлягає (чи на якій проводяться) землевпорядні роботи.

Предметом дослідження є процеси, методи та технології проведення топографо-геодезичних робіт.

Методологія дослідження базується на комплексному підході, що включає теоретичний аналіз літературних джерел, експериментальні вимірювання за допомогою GNSS-приймачів і тахеометрів, порівняння отриманих результатів за

критеріями точності, часу та вартості, а також застосування ГІС-технологій для обробки та візуалізації даних.

Структура кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота складається із вступу, трьох розділів, висновків та списку джерел (45 найменувань), 21 таблиці та 6 рисунків.

РОЗДІЛ 1 МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗЕМЛЕВПРОВАДНИХ РОБІТ

1.1 Сутність та значення топографо-геодезичних робіт у землепорядкуванні

Топографо-геодезичні роботи — це комплекс заходів, спрямованих на отримання просторової інформації про територію шляхом визначення її планового та висотного положення з використанням геодезичних приладів, супутникових систем та сучасних інформаційних технологій [1]. Основними етапами таких робіт є створення геодезичних опорних мереж, знімання рельєфу місцевості, складання топографічних планів і карт, а також моніторинг та оновлення просторових даних [2]. Такі роботи мають важливе значення у проектуванні, будівництві, землеустрої та інженерних вишукуваннях, оскільки забезпечують актуальну та достовірну геопросторову інформацію для прийняття управлінських та інженерних рішень [3].

Проаналізуємо, основні цілі та завдання топографо-геодезичних робіт при землеустрої (див. табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Основні цілі та завдання топографо-геодезичних робіт при землеустрої

Ціль топографо-геодезичних робіт	Завдання для досягнення цілі
Забезпечення правової основи землеустрою	<ol style="list-style-type: none"> 1. Визначення та закріплення меж земельних ділянок у натурі (на місцевості). 2. Оновлення кадастрових планів та баз геодезичних даних. 3. Контроль точності даних кадастру та просторового розміщення ділянок.
Створення просторової основи для планування територій	<ol style="list-style-type: none"> 1. Виконання інвентаризації земельних ділянок для актуалізації кадастрових даних. 2. Використання дистанційного зондування землі для збору геодезичних даних. 3. Складання топографічних планів для просторового планування.
Забезпечення територіального розвитку та інвестиційного планування	<ol style="list-style-type: none"> 1. Визначення геометричних параметрів ділянок для будівництва. 2. Визначення та погодження меж зон з обмеженнями у використанні земель. 3. Використання ГІС-технологій для аналізу просторової інформації.

Продовження табл. 1.1

Захист навколишнього середовища та забезпечення екологічної безпеки	<ol style="list-style-type: none"> 1. Контроль за станом берегових смуг та водних об'єктів. 2. Створення планів та карт для моніторингу територій із високими екологічними ризиками. 3. Використання геодезичних мереж для моніторингу та контролю розвитку небезпечних природних явищ.
Оптимізація управління земельними ресурсами	<ol style="list-style-type: none"> 1. Інформаційна підтримка землеустрою через створення цифрових баз геопросторових даних. 2. Використання сучасних геоінформаційних систем для аналізу земельних ресурсів. 3. Створення та оновлення баз даних геодезичних мереж та пунктів прив'язки.
Забезпечення кадастрового обліку земельних ділянок	<ol style="list-style-type: none"> 1. Проведення вимірювань координат поворотних точок меж земельних ділянок. 2. Формування точних кадастрових планів. 3. Виконання топографо-геодезичних робіт для контролю точності меж ділянок.
Сприяння управлінським рішенням та стратегічному плануванню	<ol style="list-style-type: none"> 1. Надання органам управління актуальних геопросторових даних для ухвалення рішень. 2. Використання геодезичних даних для аналізу та оцінки територіальних змін. 3. Використання просторової інформації для стратегічного планування розвитку територій.

**Складено на основі [5;6;7;8;9]*

Таким чином, комплексний підхід до виконання топографо-геодезичних робіт є важливою передумовою для ефективного управління земельними ресурсами та забезпечення сталого розвитку територій.

Проаналізуємо, класифікацію топографо-геодезичних робіт залежно від цілей землеустрою (див. табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Класифікація топографо-геодезичних робіт залежно від цілей землеустрою

Класифікація за цілями землеустрою	Опис та основні завдання
1	2
<i>Кадастрові роботи</i>	
Визначення прав власності на землю	<ol style="list-style-type: none"> 1. Визначення меж земельних ділянок. 2. Закріплення меж у натурі (на місцевості). 3. Оновлення кадастрових планів та внесення змін до кадастрової бази даних.
<i>Інженерно-геодезичні роботи</i>	
Проектування та будівництво об'єктів	<ol style="list-style-type: none"> 1. Зйомка територій для проектування інженерних об'єктів. 2. Просторова прив'язка інженерних мереж. 3. Моніторинг деформацій та зміщень об'єктів.

Продовження табл. 1.2

1	2
<i>Моніторингові роботи</i>	
Контроль за станом земель та природних ресурсів	<ol style="list-style-type: none"> 1. Визначення змін у ландшафті та землекористуванні. 2. Оцінка ерозії ґрунтів та змін рельєфу. 3. Моніторинг екологічного стану територій.
<i>Геодезичне знімання для планування територій</i>	
Територіальне планування та зонування	<ol style="list-style-type: none"> 1. Створення топографічних планів для територіального планування. 2. Формування основ для містобудівної документації. 3. Оцінка придатності територій для будівництва.
<i>ГІС-забезпечення</i>	
Геоінформаційна підтримка прийняття рішень	<ol style="list-style-type: none"> 1. Створення баз просторових даних. 2. Використання ГІС для аналізу просторових даних. 3. Оновлення баз геодезичних точок та мереж.
<i>Картографічні роботи</i>	
Візуалізація територій та складання карт	<ol style="list-style-type: none"> 1. Створення та оновлення топографічних карт та планів. 2. Відображення геопросторової інформації для різних масштабів. 3. Побудова цифрових карт для різних типів об'єктів.
<i>Аналіз ризиків та оцінка загроз</i>	
Управління ризиками та запобігання катастрофам	<ol style="list-style-type: none"> 1. Зйомка для оцінки ризиків природних катастроф. 2. Аналіз просторових змін, що пов'язані з повеннями, зсувами та іншими загрозами. 3. Використання ГІС для моделювання сценаріїв ризиків.

**Складено автором [10;11;12;13]*

Кожен вид робіт має чітко визначені завдання, що сприяє створенню надійної геопросторової основи для розвитку територій та запобігання негативним наслідкам природних і техногенних катастроф.

Топографо-геодезичні роботи відіграють ключову роль у забезпеченні точності та достовірності меж земельних ділянок, а також підвищують ефективність управління земельними ресурсами. Визначення меж земельних ділянок із застосуванням сучасних геодезичних технологій, таких як GPS та ГІС, дозволяє досягти високої точності координат поворотних точок меж із похибкою не більше 0,3 м, що є особливо важливим для формування та оновлення земельного кадастру [4].

Використання супутникових технологій дозволяє зменшити час і ресурси, необхідні для проведення обмірів, та забезпечує відтворюваність даних навіть у складних природних умовах [5]. Інтеграція топографо-геодезичних даних у системи ГІС забезпечує аналіз і візуалізацію просторових даних, що значно підвищує ефективність прийняття управлінських рішень та сприяє раціональному використанню земельних ресурсів.

Проаналізуємо, етапи проведення топографо-геодезичних робіт (див. табл. 1.3).

Таблиця 1.3

Етапи проведення топографо-геодезичних робіт

Етап	Процедура та основні дії
Підготовчі роботи	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вивчення вихідних матеріалів (кадастрові плани, попередні топографічні карти, геодезичні дані). 2. Розробка технічного завдання, визначення цілей і завдань робіт. 3. Організація логістики для польових робіт, підготовка обладнання та програмного забезпечення.
Основні етапи польових робіт	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановлення геодезичної опорної мережі та закріплення контрольних точок. 2. Виконання зйомки території за допомогою GNSS, тахеометрів, лазерного сканування або дронів. 3. Визначення координат поворотних точок меж земельних ділянок. 4. Виконання вимірювань для зйомки рельєфу та об'єктів місцевості.
Камеральна обробка даних	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обробка даних з польових вимірювань, створення цифрових моделей місцевості (DEM). 2. Перевірка якості та коригування похибок у зібраних даних. 3. Складання топографічних планів, карт та цифрових моделей місцевості. 4. Формування звітної документації, яка включає плани, схеми та технічні звіти.

**Складено автором [16;17]*

Процес проведення топографо-геодезичних робіт є багатоступеневим і включає підготовчі, польові та камеральні етапи. Кожен з етапів має важливе значення для забезпечення точності зйомки та створення якісної топографічної продукції. Підготовчі роботи дозволяють визначити цілі, завдання та організувати всі необхідні ресурси для зйомки.

Польові роботи забезпечують збір геопросторових даних, включно з вимірюваннями меж ділянок та створенням опорної геодезичної мережі. Камеральна обробка завершує процес шляхом обробки та коригування даних, створення цифрових моделей місцевості та підготовки звітної документації. Комплексний підхід до кожного з етапів забезпечує точність і достовірність кінцевих геодезичних матеріалів.

1.2 Нормативно-правове забезпечення топографо-геодезичних робіт при землевпорядкуванні

Законодавча база України у сфері топографо-геодезичної діяльності базується на положеннях Закону України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» [18], Закону «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» [19] та інших нормативно-правових актах, які регулюють правові, організаційні та технічні засади топографо-геодезичних робіт. Основним завданням є забезпечення правового регулювання для збирання, обробки, зберігання та використання геопросторових даних [20]. Національні стандарти, такі як ДСТУ та СОУ, гармонізуються з міжнародними стандартами серії ISO 19100 «Geographic information/Geomatics», рекомендаціями INSPIRE та специфікаціями Open Geospatial Consortium (OGS), що забезпечує інтеграцію України у світову систему управління геопросторовими даними [21]. Впровадження міжнародних стандартів сприяє розвитку національної інфраструктури геопросторових даних (НСДІ) та підвищує ефективність управління земельними ресурсами та просторовим плануванням [22].

Земельний кодекс України визначає основи правового регулювання землеустрою та здійснення геодезичних робіт у цій сфері [23]. Статті Кодексу регламентують порядок визначення, встановлення та відновлення меж земельних ділянок, що є основою для формування земельного кадастру. Геодезичні роботи забезпечують точність координат поворотних точок ділянок, що дозволяє уникнути спорів між землевласниками та мінімізувати помилки під час реєстрації прав власності на землю.

Закон України «Про топографо-геодезичну та картографічну діяльність» визначає основи організації та здійснення геодезичних робіт в Україні. Він передбачає створення національної інфраструктури геопросторових даних, яка забезпечує інтеграцію геодезичної, картографічної та кадастрової інформації для формування єдиної бази геопросторових даних країни. Закон регламентує порядок виконання топографо-геодезичних робіт, включно з вимогами до точності

вимірювань, правилами використання сучасного геодезичного обладнання та забезпеченням доступу до геопросторових даних для органів влади та приватних осіб [24].

Постанови Кабінету Міністрів України визначають технічний регламент, порядок та умови проведення геодезичних робіт на території України. Ці нормативно-правові акти регламентують процедуру визначення та закріплення меж земельних ділянок, забезпечення доступу до даних Національної інфраструктури геопросторових даних (НІГД) [25], порядок ведення та оновлення топографічних карт і планів, а також процедуру використання сучасних геодезичних технологій, таких як GNSS, дрони та лазерне сканування. Такі постанови забезпечують правову основу для здійснення геодезичних робіт у межах кадастрових процедур, землеустрою та просторового планування.

Державний земельний кадастр — це єдина державна система геоінформаційного обліку земель, яка забезпечує збір, обробку, зберігання та актуалізацію відомостей про земельні ділянки, їх правовий статус, площу, цільове призначення та інші характеристики [26].

Основна роль Державного земельного кадастру у проведенні топографо-геодезичних робіт полягає у встановленні координат поворотних точок меж ділянок, забезпеченні просторової прив'язки земельних об'єктів до національної системи координат (USC-2000) та створенні основи для формування топографічних планів та кадастрових карт. Геодезичні роботи, що виконуються в процесі ведення кадастру, забезпечують точність визначення меж земельних ділянок, мінімізуючи кількість земельних спорів та підвищуючи ефективність управління земельними ресурсами [27].

Інтеграція даних топографо-геодезичних робіт у Державний земельний кадастр спрямована на забезпечення актуалізації та точності просторових даних, необхідних для ефективного управління земельними ресурсами. Вона включає передачу координат поворотних точок меж земельних ділянок у систему координат УСК-2000 та забезпечення їх зв'язку з Державною геодезичною мережею України. Основою для цієї інтеграції є сучасні технології GNSS, дистанційне зондування та

лазерне сканування. Цей підхід дозволяє оперативно отримувати високоточні геопросторові дані, які автоматично інтегруються в базу даних Державного земельного кадастру, підвищуючи ефективність управління земельними ресурсами та знижуючи ризики земельних спорів.

Для забезпечення актуальності кадастрових даних необхідно здійснювати регулярне оновлення інформації, що включає інтеграцію результатів геодезичних зйомок, інвентаризацій земель та дистанційного зондування. Для контролю якості застосовуються міжнародні стандарти ISO 19157, що регулюють процеси валідації просторових даних, а також використовуються автоматизовані системи оцінки якості даних, такі як QualityGuard для інтеграції та оцінки даних на основі чітко визначених правил якості [28].

Порушення норм геодезичної діяльності в Україні тягне за собою адміністративну та фінансову відповідальність, яка передбачає накладення штрафів, анулювання ліцензії на право здійснення геодезичної діяльності та заборону на подальшу професійну діяльність [29].

Основними порушеннями є відступ від нормативів точності, внесення недостовірних даних у кадастрові плани та неналежне виконання технічних завдань. Розмір штрафів визначається залежно від тяжкості порушення та його наслідків, а у разі грубих порушень може бути застосоване відкликання ліцензії, що значно обмежує доступ до професійної діяльності. Практика показує, що штрафні санкції є ефективним інструментом для підвищення рівня дотримання стандартів та зменшення ризиків виникнення правових конфліктів [30].

Звітна документація, яка формується в рамках геодезичної діяльності, повинна відповідати нормативно-правовим актам України та міжнародним стандартам, зокрема ДСТУ та ISO 19100 [31]. Основними вимогами до звітної документації є точність вимірювань, достовірність вихідних даних, повнота та своєчасність подання інформації. У разі виявлення розбіжностей або недостовірних даних у звітах контролюючі органи можуть застосовувати штрафні санкції та вимагати повторного проведення геодезичних робіт. Високі вимоги до якості

документації спрямовані на забезпечення прозорості, просторової точності та запобігання можливим конфліктам щодо меж земельних ділянок [32].

Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру (Держгеокадастр) виконує контроль за дотриманням законодавчих вимог у сфері геодезичної діяльності шляхом здійснення перевірок, інспекцій та моніторингу діяльності суб'єктів господарювання, які проводять топографо-геодезичні роботи [33]. Основна мета контролю полягає у забезпеченні відповідності геодезичних робіт вимогам нормативно-правових актів, зокрема Закону України «Про топографо-геодезичну та картографічну діяльність». Держгеокадастр уповноважений проводити як планові, так і позапланові перевірки, застосовувати адміністративні санкції у вигляді штрафів, зупинення ліцензій та анулювання дозволів на проведення геодезичних робіт у разі виявлення грубих порушень.

Держгеокадастр також здійснює аудит геопросторових даних, які включають результати топографо-геодезичних робіт. Особлива увага приділяється перевірці точності та актуальності інформації, яка вноситься до Державного земельного кадастру, оскільки від цього залежить правовий режим земельних ділянок [34].

Контроль якості забезпечується через аналіз звітної документації, перевірку коректності координат поворотних точок меж ділянок та їх відповідності геодезичній опорній мережі. У разі виявлення розбіжностей або невідповідностей даних вимогам стандартів Держгеокадастр має право вимагати повторного проведення геодезичних робіт або коригування внесених до кадастру даних. Такий підхід сприяє прозорості землевпорядних процедур та зменшує кількість земельних спорів.

1.3 Методи та технології проведення топографо-геодезичних робіт

Метод оптичного нівелювання, який відноситься до класичних методів вимірювання висот, ґрунтується на використанні нівелірів та рейок для визначення різниці висот між контрольними точками на місцевості. Суть методу полягає у визначенні перевищення між точками шляхом спостереження горизонтальної лінії

приладу, що дозволяє досягти високої точності навіть на великих відстанях. Основною перевагою оптичного нівелювання є можливість досягати точності до міліметрових значень, що є критично важливим для інженерно-геодезичних робіт, будівництва та землеустрою. Для підвищення точності вимірювань застосовуються сучасні автоматичні та цифрові нівеліри з можливістю автоматичного фіксування та обробки даних [35].

Метод супутникової геодезії на основі GNSS (Global Navigation Satellite Systems) полягає у визначенні координат точок на земній поверхні за допомогою супутникових сигналів. Сучасні GNSS-системи включають GPS (США), Galileo (ЄС) та BeiDou (Китай), які працюють спільно для забезпечення високої точності геодезичних вимірювань.

Основними методами застосування GNSS у геодезії є визначення координат, моніторинг деформацій земної поверхні та створення геодезичних мереж. Системи GNSS забезпечують можливість точного позиціонування у реальному часі з точністю до міліметрів, що є ключовим для інженерних вишукувань, землеустрою та будівництва. Застосування сучасних алгоритмів обробки сигналів, таких як методи багаточастотного позиціонування та гібридизації GNSS-сигналів з іншими системами спостереження (наприклад, InSAR), дозволяє суттєво підвищити точність і надійність отриманих даних [36].

Метод електронного тахеометричного знімання базується на використанні електронних тахеометрів (тотальних станцій) для точного визначення координат точок на місцевості. Тахеометри поєднують функції теодоліта та далекоміра, що дозволяє одночасно вимірювати горизонтальні та вертикальні кути, а також нахилені відстані до об'єкта.

Сучасні тахеометри оснащені автоматичними системами наведення та дистанційним керуванням, що значно підвищує швидкість та точність вимірювань [37]. За допомогою високої точності (до міліметрових значень) ці прилади активно застосовуються у землеустрої, будівництві та інженерно-геодезичних вишукуваннях. Використання автоматизованих тахеометрів дозволяє знизити трудовитрати та забезпечити більшу оперативність збору геодезичних даних [38].

Лазерне сканування на основі технології LiDAR (Light Detection and Ranging) є сучасним методом збору просторової інформації, що дозволяє створювати високоточні тривимірні моделі місцевості. Суть методу полягає у випромінюванні лазерних імпульсів та вимірюванні часу їх повернення від поверхні об'єкта, що дозволяє отримати дані про відстань до точки та її просторове положення [39].

LiDAR-технології застосовуються для створення цифрових моделей рельєфу (DEM), виявлення лінійних об'єктів та аналізу топографічних особливостей навіть у густо вкритих рослинністю територіях. Використання повітряних і наземних платформ для збору даних дозволяє швидко та точно отримувати великі обсяги тривимірної інформації, що підвищує ефективність топографо-геодезичних робіт. Висока щільність точок сканування забезпечує можливість детального аналізу складних ландшафтів і використовується для просторового планування, будівництва та геологічних досліджень [40].

Проаналізуємо, використання сучасного обладнання для геодезичних робіт (див. табл. 1.4).

Таблиця 1.4

Використання сучасного обладнання для геодезичних робіт

Основні характеристики та можливості	Функції та сфери застосування
<i>GNSS-приймачі</i>	
1. Використання багаточастотних і мультисистемних приймачів (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou). 2. Точність позиціонування до 1 мм у статичному режимі та 10-30 мм у режимі RTK. 3. Інтеграція з RTK- та PPP-методами для реального часу.	1. Визначення координат точок для меж земельних ділянок. 2. Моніторинг деформацій та інженерних споруд. 3. Створення та оновлення геодезичних мереж.
<i>Електронні тахеометри</i>	
1. Поєднання теодоліта, далекоміра та комп'ютера в одному пристрої. 2. Автоматичне наведення на ціль та можливість безвідбивачевих вимірювань. 3. Точність до 0,5–1 мм на 1 км відстані.	1. Використання для вимірювання кутів і відстаней під час будівництва та інженерно-геодезичних робіт. 2. Використання у роботах зі створення та оновлення геодезичних мереж. 3. Моніторинг та спостереження за рухом об'єктів.
<i>Продовження табл. 1.4</i>	
<i>Дрони та БПЛА</i>	
1. Оснащення камерами та лазерними сканерами для збору просторових даних.	1. Збір просторових даних для створення цифрових моделей місцевості (DEM).

2. Можливість збору даних у важкодоступних місцевостях. 3. Інтеграція з GNSS/INS для точної геоприв'язки даних.	2. Використання для моніторингу змін ландшафту, обстеження об'єктів та створення топографічних планів. 3. Використання у природоохоронних дослідженнях та інвентаризації земель.
<i>Лазерні сканери</i>	
1. Збір тривимірних точок для створення цифрових моделей об'єктів і поверхонь. 2. Сканування зі швидкістю до 2 мільйонів точок за секунду. 3. Висока точність (до 1-3 мм) і можливість роботи безвідбивачевих технологій.	1. Використання у будівництві та створенні цифрових моделей рельєфу. 2. Застосування у реставраційних роботах для створення 3D-моделей архітектурних об'єктів. 3. Моніторинг інженерних об'єктів та контроль їх деформацій.

**Складено автором [37;41]*

Інтеграція цих технологій дозволяє забезпечити високу швидкість збору даних, їх автоматизовану обробку та підвищити ефективність геодезичних робіт у всіх сферах землеустрою та інженерних вишукувань.

Проаналізуємо, популярні програми для обробки даних GNSS-вимірювань, САПР та ГІС-системи для землевпорядкування (див. табл. 1.5).

Таблиця 1.5

Популярні програми для обробки даних GNSS-вимірювань, САПР та ГІС-системи для землевпорядкування

Назва програми	Основні можливості та характеристики	Застосування у землевпорядкуванні
<i>Програми для обробки даних GNSS-вимірювань</i>		
Trimble Business Center	1. Обробка даних GNSS, оптичних та лазерних сканерів. 2. Підтримка мультисистемного GNSS (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou). 3. Аналіз вимірювань, базові обчислення та звітність.	1. Обробка та корекція GNSS-вимірювань для встановлення меж ділянок. 2. Аналіз деформацій та моніторинг інженерних об'єктів.
Leica Infinity	1. Обробка даних GNSS, дронів та лазерних сканерів. 2. Інтеграція даних з різних джерел (лазерне сканування, UAV). 3. Генерація 3D-моделей, звітів та топографічних планів.	1. Визначення меж ділянок. 2. Моніторинг деформацій об'єктів. 3. Створення 3D-моделей місцевості для проєктування.
<i>Системи автоматизованого проєктування (САПР)</i>		
AutoCAD	1. Створення 2D та 3D проєктів. 2. Побудова цифрових моделей місцевості (DEM)	1. Створення та оновлення планів земельних ділянок

Продовження табл. 1.5

AutoCAD	3. Використання для креслення та моделювання.	2. Формування топографічних карт та схем проєктів забудови.
---------	---	---

Civil 3D	1. Створення цифрових моделей рельєфу (DEM). 2. Розрахунок об'ємів земляних робіт та трасування доріг. 3. Інтеграція з GIS та інженерними даними.	1. Проектування інженерних споруд (дороги, інженерні мережі). 2. Побудова моделей рельєфу для оцінки інженерних робіт.
<i>ГІС-системи для візуалізації та аналізу геопросторових даних</i>		
ArcGIS	1. Візуалізація та аналіз просторових даних. 2. Інтеграція GNSS та геодезичних даних. 3. Інструменти для створення геопросторових баз даних.	1. Візуалізація та аналіз меж земельних ділянок. 2. Створення кадастрових карт та оновлення даних про ділянки.
QGIS	1. Відкрите програмне забезпечення для аналізу просторових даних. 2. Інструменти для створення карт та моделей рельєфу. 3. Інтеграція з GNSS та геодезичними даними.	1. Візуалізація просторових даних для оцінки стану земельних ресурсів. 2. Аналіз даних про земельні ділянки для прийняття управлінських рішень

**Складено автором [40;41]*

Інтеграція цих інструментів у процеси землеустрою забезпечує підвищення ефективності роботи та прозорості управління земельними ресурсами.

Використання блокчейн-технологій для забезпечення безпеки та прозорості передачі геоданих у топографо-геодезичній діяльності дозволяє забезпечити цілісність та захищеність геодезичних даних від підробки та несанкціонованого доступу. Основна ідея полягає у використанні децентралізованої розподіленої бази даних, що фіксує кожну транзакцію або зміну геоданих у вигляді блоку, який не може бути змінений без відома всіх учасників мережі. Цей підхід дозволяє створити прозору систему відстеження змін у геодезичних даних та забезпечує безпеку під час передачі інформації між дронами, наземними станціями та зацікавленими сторонами. Використання блокчейну спільно з Інтернетом дронів (IoD) забезпечує надійну ідентифікацію дронів, шифрування даних та захист від атак типу «спуфінг» (спотворення сигналу GNSS), що значно підвищує рівень безпеки та прозорості процесу обробки геоданих [42].

Досліджено сутність і значення топографо-геодезичних робіт, які є ключовими для забезпечення точності визначення меж земельних ділянок, формування земельного кадастру та підтримки процесів землеустрою. Визначено, що нормативно-правова база ґрунтується на положеннях Земельного кодексу України, Закону «Про топографо-геодезичну та картографічну діяльність» та відповідних постановках Кабінету Міністрів України, що забезпечує правову

визначеність і прозорість геодезичних процедур. Проаналізовано сучасні методи та технології, включно з оптичним нівелюванням, електронними тахеометрами, GNSS-системами, лазерними сканерами та дронами (БПЛА), що дозволяють автоматизувати та оптимізувати геодезичні процеси. Інтеграція цих методів із ГІС-системами та впровадження блокчейн-технологій забезпечують надійність та прозорість обробки і передачі геопросторових даних, що сприяє підвищенню ефективності управління земельними ресурсами та зменшенню кількості земельних спорів.

РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ МЕЖ ЗЕМЕЛЬНОЇ ДІЛЯНКИ

2.1 Характеристика території об'єкта дослідження ТОВ «Основа-Солсиф»

ТОВ «Основа-Солсиф» — підприємство, що спеціалізується на наданні послуг у сферах землевпорядкування, геодезії, будівництва, узаконення об'єктів нерухомості, проектування та дизайну [44]. Компанія понад 30 років здійснює діяльність у галузі геодезичних, юридичних та будівельних робіт, забезпечуючи високий рівень консультаційних послуг для фізичних та юридичних осіб. Основними напрямками роботи є супровід комерційних угод із земельними ділянками, підготовка технічної документації та реалізація проектних рішень, що сприяє ефективній організації використання земельних ресурсів.

Підприємство виконує повний цикл робіт із землеустрою, включаючи визначення меж земельних ділянок, оформлення прав власності, оцінку земель та переведення земель із однієї категорії в іншу. Компанія проектує об'єкти нерухомості, здійснює інженерно-технічну підготовку та розробляє проекту документацію відповідно до чинного законодавства [45]. За допомогою комплексного підходу та впровадженню сучасних методів геодезичних вимірювань, ТОВ «Основа-Солсиф» забезпечує оперативність та точність виконання робіт, що підвищує конкурентоспроможність підприємства на ринку.

У компанії працюють висококваліфіковані фахівці, які забезпечують комплексне виконання завдань із землевпорядкування та геодезії. Основними напрямками діяльності є присвоєння кадастрових номерів земельним ділянкам, приватизація, розробка проектів відведення, поділ та об'єднання ділянок. Фахівці здійснюють кадастрове та топографічне знімання місцевості, винесення меж ділянок у натуру, надають геологічні послуги та забезпечують супровід процесів оформлення та реєстрації прав власності. Також компанія здійснює юридичний

супровід погодження схем розташування земельних ділянок та розробляє землевпорядну документацію відповідно до чинного законодавства.

Метою товариства є якісне надання послуг у сфері землевпорядкування та геодезії. Усі співробітники — атестовані кадастрові інженери та дипломовані фахівці з понад 10-річним досвідом роботи. Завдяки постійному моніторингу змін у законодавстві компанія актуалізує знання працівників, забезпечуючи надання сучасних та компетентних послуг.

У своїй діяльності компанія використовує різноманітне професійне устаткування, серед яких є програмне устаткування для забезпечення проведення повного циклу камеральних робіт, а також наявне різноманітне інженерне обладнання. Серед комп'ютерних програм найбільш вживаною є AutoCAD, а Digitals та CredoDat використовуються менше. Польові спеціалісти використовують сучасне високоточне обладнання, до якого належать тахеометри, GPS – приймачі та інші прилади. До повномасштабної війни також часто застосовувались квадрокоптери.

ТОВ «Основа-Солсиф» розташоване в місті Київ, що є адміністративним центром Київської області та підпорядковується органам місцевого самоврядування міста. Територія об'єкта знаходиться в зоні рівнинного рельєфу, що сприяє зручній організації землевпорядних та геодезичних робіт. Географічне положення забезпечує доступ до розвиненої інфраструктури та спрощує логістичні процеси при здійсненні геодезичних та будівельних послуг.

Природні умови території характеризуються помірно континентальним кліматом із середньорічною температурою близько +9°C. Річна кількість опадів становить у середньому 600-650 мм, що є типовим для кліматичної зони Центральної України. Територія призначена для ведення господарської діяльності у сфері землевпорядкування, геодезії та будівництва, що сприяє ефективній реалізації комплексу робіт із землеустрою та проектування об'єктів нерухомості.

Земельний фонд ТОВ «Основа-Солсиф» включає земельні ділянки різного функціонального призначення, що використовуються для здійснення землевпорядних, геодезичних та будівельних робіт. Основними типами земель є

сільськогосподарські, житлово-комунальні, промислові та природоохоронні ділянки. Така класифікація дозволяє оптимізувати використання земельних ресурсів для проєктування об'єктів нерухомості, проведення геодезичних зйомок та забезпечення ефективного землеустрою.

На території присутні різноманітні види земельних угідь, зокрема ліси, сільськогосподарські угіддя, відкриті поля та водні об'єкти, що враховуються при розробці землевпорядної документації. Юридичний статус земель охоплює ділянки у державній та приватній власності, а також ділянки, що перебувають в оренді. Такий розподіл створює правову основу для здійснення кадастрових робіт, визначення меж земельних ділянок та забезпечення прозорості операцій із землею.

Територія ТОВ «Основа-Солсиф» має розвинену інженерну інфраструктуру, що включає автомобільні дороги, електромережі, системи водопостачання та газопостачання. Доступ до основних інженерних мереж забезпечує можливість оперативного проведення геодезичних та будівельних робіт. Розташування доріг сприяє швидкому переміщенню техніки та обладнання, а наявність централізованого водо- та газопостачання підвищує ефективність організації робочих процесів.

Транспортна доступність території характеризується зручними під'їзними шляхами, що сполучають об'єкт із основними логістичними вузлами Київської області. Це сприяє своєчасному постачанню матеріалів та доступу мобільних геодезичних груп до об'єкта. Стан інженерних споруд відповідає сучасним технічним вимогам, що мінімізує ризики затримок під час проведення геодезичних вимірювань та топографічних зйомок, забезпечуючи безперервний робочий процес.

2.2 Просторово-часові особливості розвитку об'єкта дослідження

Історичний аналіз змін меж та розмірів земельних ділянок ТОВ «Основа-Солсиф» свідчить про поступове розширення площі земельного фонду для забезпечення ефективної господарської діяльності. Згідно з картографічними

матеріалами, на початкових етапах діяльності підприємство володіло ділянками, що використовувалися для проведення землепорядних та геодезичних робіт [44]. З часом відбулося розширення меж земельних ділянок через придбання нових ділянок та укладення договорів оренди, що дозволило компанії збільшити виробничу базу та забезпечити кращі умови для зберігання техніки та обладнання.

Динаміка змін меж земельних ділянок підтверджується картографічними матеріалами, що відображають поступове збільшення території та уточнення її меж відповідно до кадастрових даних. Такі зміни пов'язані з необхідністю оптимізації землекористування, організації під'їзних шляхів та забезпечення доступу до інженерних мереж. Проведення регулярного оновлення меж у натурі та внесення відповідних змін до Державного земельного кадастру дозволяє зберігати правову визначеність земельних ділянок та забезпечувати ефективне використання території для виконання виробничих завдань компанії.

Зміни у функціональному призначенні земельних ділянок ТОВ «Основа-Солсиф» були спрямовані на адаптацію територій до потреб господарської діяльності. Зокрема, відбулося переведення сільськогосподарських угідь у забудовані території для розміщення об'єктів інфраструктури, виробничих приміщень та технічних баз. Такі зміни були здійснені відповідно до затвердженої землепорядної документації та погоджені з органами державного контролю. Перетворення функціонального призначення земель дозволило оптимізувати використання земельного фонду та створити умови для реалізації проєктів із землеустрою та геодезії, забезпечуючи ефективну діяльність підприємства.

Проаналізуємо, зміни земельного фонду ТОВ «Основа-Солсиф» за 2020-2023 рр. (див. табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Зміни земельного фонду ТОВ «Основа-Солсиф» за 2020-2023 рр.

Показник	2020 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.	Відхилення	
					абсолютне	відносне
					2023/2021	2023/2021
Загальна площа земельного фонду (га)	50	55	60	65	10	118,18

Продовження табл. 2.1

Площа сільськогосподарських угідь (га)	30	27	25	20	-7	74,07
Площа забудованих територій (га)	10	15	20	25	10	166,66
Площа промислових земель (га)	5	6	8	10	4	166,66
Площа лісових угідь (га)	4	5	5	6	1	120
Площа під водоймами (га)	1	2	2	4	2	200

**Складено автором на основі матеріалів підприємства*

Аналіз змін земельного фонду ТОВ «Основа-Солсиф» за період 2020-2023 рр. свідчить про поступове розширення загальної площі земельного фонду з 50 до 65 га (+30%). Основною тенденцією є скорочення площі сільськогосподарських угідь з 30 до 20 га (-33,3%) та паралельне збільшення забудованих територій з 10 до 25 га (+150%), що пов'язано з розширенням виробничої бази та інфраструктурними змінами.

Площа промислових земель також зросла з 5 до 10 га (+100%), що може свідчити про переорієнтацію земельного фонду на промислові цілі. Незначні зміни відбулися в площі лісових угідь (+2 га) та площі під водоймами (+3 га), що може бути результатом уточнення меж ділянок під час кадастрових зйомок та актуалізації даних у Державному земельному кадастрі. Такі зміни сприяють оптимізації використання земельного фонду та підвищенню ефективності діяльності підприємства.

Аналіз змін складу угідь ТОВ «Основа-Солсиф» за період 2020-2023 рр. показав, що збільшення забудованих територій (+15 га) значно підвищило потребу у проведенні топографо-геодезичних робіт, зокрема уточненні меж та розробці нових топографічних планів. Зменшення сільськогосподарських угідь (-10 га) зменшило обсяг відповідних зйомок, але вимагає перепрофілювання землевпорядних робіт. Зростання площ промислових земель (+5 га) створює додаткову потребу в інженерно-геодезичних вишукуваннях для проектування промислових об'єктів. Наявність невизначених ділянок (3 випадки) та спірних меж (2 випадки) вимагає розробки додаткової документації та межових робіт для

врегулювання юридичних питань, забезпечуючи правову чіткість та ефективне землекористування.

Проаналізуємо, час виконання топографо-геодезичних робіт на об'єктах ТОВ «Основа-Солсиф» (див. табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Аналіз часу виконання топографо-геодезичних робіт на об'єктах ТОВ «Основа-Солсиф»

Етап змін об'єкта	Обсяг робіт (га/випадків)	Середній час виконання (год/одинаця)	Загальний час (годин)
Уточнення меж забудованих територій	15	4	60
Проведення кадастрової зйомки сільськогосподарських угідь	10	3	30
Інженерно-геодезичні роботи для промислових територій	5	6	30
Підготовка документації для невизначених ділянок	3	5	15
Межові роботи для врегулювання спорів	2	8	16

**Складено автором на основі матеріалів підприємства*

Аналіз часу, необхідного для виконання топографо-геодезичних робіт на різних етапах змін об'єкта ТОВ «Основа-Солсиф», показує, що найбільше часу витрачається на уточнення меж забудованих територій (60 годин) через значний обсяг робіт (15 га). Проведення кадастрової зйомки сільськогосподарських угідь та інженерно-геодезичних робіт для промислових територій займає по 30 годин кожне, відповідно до їх складності та специфіки. Підготовка документації для невизначених ділянок потребує 15 годин, тоді як межові роботи для врегулювання спорів вимагають 16 годин. Загальна потреба в часі свідчить про високий рівень завантаженості геодезичних спеціалістів, що вимагає ефективного планування та раціонального використання ресурсів.

Ключовими подіями, що вплинули на розвиток ТОВ «Основа-Солсиф», стали зміна цільового призначення частини земельних ділянок із сільськогосподарських на забудовані території та запуск нових інфраструктурних проєктів, зокрема розширення виробничих приміщень і створення логістичних вузлів. Ці зміни

дозволили оптимізувати використання земельного фонду, забезпечити ефективну підтримку господарської діяльності та підвищити конкурентоспроможність підприємства в галузі геодезичних і землепорядних робіт.

Проаналізуємо, обмеження для проведення геодезичних робіт на об'єктах ТОВ «Основа-Солсиф» (див. табл. 2.3).

Таблиця 2.3

**Обмеження для проведення геодезичних робіт на об'єктах ТОВ
«Основа-Солсиф»**

Фактор обмеження	Прояв обмеження	Вплив на роботи	Можливі заходи для мінімізації
Погодні умови	Сильний вітер, дощ або снігопад, що ускладнює проведення вимірювань	Зниження точності вимірювань, затримки у виконанні робіт	Планування робіт у сприятливих погодних умовах, використання захищеного обладнання
Складний рельєф місцевості	Наявність схилів або різких перепадів висот, що потребує додаткових зусиль	Необхідність використання додаткового обладнання та часу	Застосування сучасних геодезичних приладів для роботи на складних ділянках
Порушення меж ділянок	Розбіжності в даних кадастру та фактичному розташуванні меж	Потреба в уточненні даних та проведенні межових робіт	Актуалізація кадастрових даних, проведення переговорів із власниками суміжних ділянок

**Складено автором*

Аналіз обмежень для проведення геодезичних робіт ТОВ «Основа-Солсиф» показав, що ключовими факторами є несприятливі погодні умови, складний рельєф місцевості та порушення меж ділянок. Погодні умови можуть спричинити зниження точності вимірювань, тому важливо планувати роботи у сприятливий період. Складний рельєф вимагає додаткового обладнання та часу, що компенсується використанням сучасних геодезичних приладів. Порушення меж ділянок викликає необхідність уточнення даних та межових робіт, що вирішується через актуалізацію кадастрових даних і переговори із власниками суміжних територій. Ефективна мінімізація цих обмежень сприяє підвищенню якості та оперативності виконання геодезичних робіт.

Існуючі підходи до врахування просторово-часових змін у роботі землепорядних органів на територіях ТОВ «Основа-Солсиф» включають

використання сучасних геоінформаційних систем (ГІС) для моніторингу змін у межах земельних ділянок, аналізу динаміки їх використання та інтеграції кадастрових даних. Особлива увага приділяється використанню дистанційного зондування (ДЗЗ) та супутникових знімків для відстеження змін у рельєфі, межах та функціональному призначенні земель. Ці підходи забезпечують оперативність, точність та прозорість управління земельними ресурсами, а також сприяють своєчасній актуалізації кадастрової документації.

2.3 Оцінка ефективності та специфіка проведення геодезичних та землевпорядних робіт для встановлення меж земельної ділянки

Процедура встановлення меж земельної ділянки ТОВ «Основа-Солсиф» включає послідовність етапів, спрямованих на забезпечення точності, правової визначеності та відповідності чинному законодавству (див. табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Процедура встановлення меж земельної ділянки

Етапи	Основні заходи
Попередній збір інформації	Аналіз правовстановлюючих документів, отримання кадастрових даних
Польові геодезичні роботи	Використання тахеометра та GPS-приймача Leica для зйомки місцевості
Фіксація координат точок меж	Закріплення координат ключових точок меж земельної ділянки
Встановлення межових знаків	Фізичне встановлення межових знаків на місцевості з використанням призм
Камеральна обробка даних	Обробка даних у програмі AutoCAD для створення планів меж ділянки
Підготовка технічної документації	Оформлення технічної документації та її передача до органів реєстрації

**Складено автором*

Використання сучасного обладнання, зокрема тахеометра та GPS-приймача Leica, забезпечує високу точність вимірювань, а камеральна обробка в AutoCAD дозволяє створювати якісну технічну документацію. Поєднання технологічних і організаційних заходів сприяє ефективному виконанню геодезичних робіт та усуненню можливих спірних питань щодо меж земельних ділянок.

На території ТОВ «Основа-Солсиф» для проведення геодезичних робіт використовується теодоліт, який забезпечує високу точність вимірювання горизонтальних та вертикальних кутів. Цей інструмент застосовується під час зйомки місцевості, встановлення межових знаків та побудови геодезичних мереж, що є ключовими етапами в топографо-геодезичних роботах (див. рис. 2.1).



Рис. 2.2 GPS-приймач «Лейка» є одним із основних інструментів, що забезпечує отримання точних координат геодезичних точок.



Рис. 2.2 GPS-приймач з контролером фірми «Лейка»

Використання цієї технології дозволяє значно підвищити швидкість та точність збору геопросторових даних, необхідних для встановлення меж ділянок, складання кадастрових карт та інших завдань.

Для закріплення базової станції використовується трипод, на який встановлюється GPS-приймач. Це забезпечує стабільність приладу під час роботи та мінімізує похибки вимірювань, що особливо важливо при створенні точних геодезичних мереж (див. рис. 2.3).



Рис. 2.3 Встановлення GPS-приймача на визначену точку

Призма застосовується в комплексі з тахеометром для точного визначення відстаней до вимірюваних точок (див. рис. 2.4).



Рис. 2.4 Призма

Її використання дозволяє досягти високої точності вимірювань, необхідних для межових і кадастрових робіт, а також для топографічної зйомки.

Фіксація координат здійснюється за допомогою GPS-приймача, що забезпечує високу точність локалізації межових точок (див. рис. 2.5).



Рис. 2.5 Фіксація координат точки перед встановленням межових знаків

Цей етап є критично важливим для забезпечення правової визначеності меж земельних ділянок і їх подальшого використання у кадастровій документації.

Оцінка ефективності геодезичних та землепорядних робіт ТОВ «Основа-Солсиф» подано в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

**Оцінка ефективності геодезичних та землепорядних робіт ТОВ
«Основа-Солсиф»**

Критерій оцінки	2021 р.	2022 р.	2023 р.	Відхилення	
				абсолютне	відносне
				2023/2021	2023/2021
Час виконання робіт (днів)	5	4,5	4	-1	80
Вартість робіт (грн./га)	3500,0	3250,0	3000,0	-500	85,71
Точність вимірювань (см)	2	1,5	1	-1	50
Покриття території за один робочий день (га)	5	6	7	2	140
Кількість виправлених помилок у документації (шт.)	2	1	0	-2	0

**Складено автором*

Аналіз ефективності геодезичних та землепорядних робіт ТОВ «Основа-Солсиф» за 2021-2023 роки демонструє поступове покращення ключових показників. Час виконання робіт скоротився з 5 днів у 2021 році до 4 днів у 2023 році, а вартість робіт зменшилася з 3500 грн./га до 3000 грн./га. Точність вимірювань покращилася з 2 см до 1 см, що відповідає сучасним стандартам. Покриття території за один день зросло з 5 до 7 га, а кількість виправлених помилок у документації скоротилася до нуля в 2023 році. Такі результати свідчать про ефективне впровадження нових технологій та оптимізацію робочих процесів.

Оцінка точності та можливих похибок при проведенні робіт ТОВ «Основа-Солсиф» подано в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

**Оцінка точності та можливих похибок при проведенні робіт ТОВ
«Основа-Солсиф»**

Метод вимірювань	Середня точність (см.)	Основні фактори похибки	Рекомендації для мінімізації похибок
Тахеометричний метод	1,5	Неправильне налаштування приладу, вплив рельєфу	Регулярна калібровка приладів, врахування рельєфу
GNSS-вимірювання	2,0	Інтерференція сигналів, погодні умови	Вибір оптимального часу для вимірювань, усунення джерел інтерференції
Супутникові знімки	50,0	Роздільна здатність знімків, атмосферні спотворення	Використання високо роздільних знімків, корекція даних

**Складено автором*

Аналіз точності вимірювань за різними методами, що використовуються ТОВ «Основа-Солсиф», показав, що найвищу точність забезпечує тахеометричний метод (1.5 см), який залежить від правильного налаштування обладнання та врахування рельєфу. GNSS-вимірювання демонструють точність до 2 см, однак можуть бути чутливими до інтерференції сигналів та погодних умов. Найменшу точність мають супутникові знімки (50 см), що обмежується роздільною здатністю та атмосферними спотвореннями. Для мінімізації похибок рекомендується регулярна калібровка обладнання, вибір оптимальних умов для вимірювань і використання високо роздільних супутникових даних із застосуванням корекції. Це дозволяє досягти високої якості результатів та знизити ризики помилок.

SWOT – аналіз ефективності та специфіка проведення геодезичних та землепорядних робіт для встановлення меж земельних ділянок ТОВ «Основа-Солсиф» (див. табл. 2.7).

Таблиця 2.7

SWOT – аналіз ефективності та специфіка проведення геодезичних та землепорядних робіт

	Сильні сторони	Слабкі сторони
	1. Висока точність вимірювань. 2. Використання сучасного обладнання. 3. Досвідчена команда інженерів.	1. Висока вартість робіт у міських умовах 2. Залежність від погодних умов. 3. Час виконання у складних умовах перевищує оптимальний
Можливості	S-O	W-O
1. Розширення ринку через автоматизацію та використання дронів. 2. Інтеграція ГІС-систем для управління даними. 3. Підвищення попиту на кадастрові роботи. 4. Можливість участь у міжнародних проєктах. 5. Запровадження технологій блокчейн для захисту даних.	S1-O1: Підвищення точності вимірювань автоматизацію. S1-O2: Використання сучасного обладнання для інтеграції в ГІС. S2-O3: Залучення команди для реалізації зростаючого попиту. S2-O4: Розширення компетенцій для міжнародної співпраці. S5-O1: Використання досвіду команди для реалізації захищених проєктів.	W1-O1: Зниження витрат через впровадження автоматизованих систем. W1-O5: Оптимізація витрат через автоматизацію ГІС. W2-O5: Використання ГІС для зниження залежності від погодних умов. W2-O3: Використання інновацій для виконання міжнародних стандартів. W4-O4: Залучення блокчейну для зменшення суперечок.
Загрози	S-T	W-T
1. Висока конкуренція на ринку послуг. 2. Ризики технічних несправностей обладнання. 3. Юридичні суперечки щодо меж ділянок.	S2-T1: Використання високоточного обладнання для підвищення конкурентоспроможності. S3-T2: Використання досвіду команди для мінімізації технічних ризиків. S3-T3: Використання експертизи для врегулювання спорів.	W1-T1: Зниження витрат на обладнання через лізинг. W1-T2: Резервування обладнання для забезпечення стабільної роботи. W2-T1: Використання актуалізованих даних для мінімізації юридичних ризиків.

**Складено автором*

SWOT-аналіз ТОВ «Основа-Солсиф» демонструє, що підприємство володіє значними конкурентними перевагами завдяки використанню сучасного обладнання, високої точності вимірювань і досвідченої команди. Основними

можливостями є автоматизація процесів, інтеграція ГІС-систем та участь у міжнародних проектах. Проте слабкі сторони, такі як залежність від погодних умов і висока вартість робіт, можуть бути подолані шляхом впровадження автоматизації та оптимізації витрат. Таким чином, стратегічне використання сильних сторін і можливостей дозволить підприємству залишатися лідером на ринку геодезичних та землепорядних послуг.

Ефективність та точність встановлення меж земельної ділянки залежить від використання сучасного обладнання, таких як електронні тахеометри та GNSS-приймачі, кваліфікації виконавців, а також від погодних і природних умов. Нерівності рельєфу, густота рослинності, а також інтерференція супутникових сигналів можуть знижувати точність вимірювань. Важливими є наявність актуальних кадастрових даних, які дозволяють уникнути розбіжностей між фактичними межами та їх правовим закріпленням. Юридичні аспекти, включаючи наявність спорів щодо меж ділянок, також значно впливають на терміни та якість робіт.

Для підвищення ефективності робіт необхідно використовувати високоточне обладнання з регулярною калібруванням, що забезпечує мінімізацію похибок. Важливо планувати роботи у сприятливих погодних умовах та враховувати особливості рельєфу за допомогою дронів для попередньої зйомки території. Рекомендується впроваджувати геоінформаційні системи (ГІС) для інтеграції отриманих даних, що полегшує аналіз та обробку. Покращення кадрової підготовки через навчання сучасним методикам геодезичних робіт сприятиме зменшенню похибок. Також необхідно забезпечити актуалізацію кадастрових даних і посилити юридичний супровід для зменшення можливих спорів щодо меж земельних ділянок.

РОЗДІЛ 3 ОСОБЛИВОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОВЕДЕННЯ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

3.1 Організація та етапи проведення топографо-геодезичних робіт на об'єкті

Підготовчий етап геодезичних робіт на території площею 50 гектарів у Київській області включає комплекс дій, спрямованих на забезпечення точності виконання завдань. Основними заходами є аналіз вихідних даних, розробка технічного проєкту, організація матеріально-технічного забезпечення та визначення ключових точок для вимірювань. Цей етап формує основу для проведення робіт, зменшуючи ризики неточностей і затримок (див. табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Підготовчий етап геодезичних робіт

Етап робіт	Опис	Результат
Аналіз вихідних даних	Вивчення технічного завдання з вимогою до точності 1.5 см, кадастрової документації та карт.	Визначено правовий статус земель, уточнено межі ділянок відповідно до кадастрових даних.
Розробка технічного проєкту	Складання детального плану робіт, включаючи терміни (7 робочих днів) і погодження з замовником.	Розроблено погоджений технічний план із зазначенням контрольних точок і графіка робіт.
Організація матеріально-технічного забезпечення	Підготовка обладнання (2 GNSS-приймачі «Лейка», електронний тахеометр, транспорт).	Забезпечено готовність обладнання, перевірено його точність, зарезервовано транспортні засоби.
Визначення ключових точок	Розміщення контрольних точок у стратегічно важливих місцях ділянки з урахуванням рельєфу.	Закріплено 15 ключових точок для контролю та точності вимірювань.

**Складено автором*

Підготовчий етап проведення робіт на території 50 гектарів у Київській області забезпечив точне опрацювання вихідних даних, розробку технічного проєкту та організацію матеріально-технічного забезпечення. Визначення 15 ключових точок території дозволяє забезпечити високоточні вимірювання з мінімальною похибкою. Такий підхід гарантує ефективність подальших етапів робіт і досягнення поставлених цілей у встановлені строки.

Для забезпечення високої точності вимірювань на території об'єкта дослідження площею 50 гектарів у Київській області була створена геодезична мережа. Роботи включали виконання зйомки за допомогою сучасних тахеометрів, GNSS-приймачів і дронів. Особлива увага приділялася закладенню реперів для довгострокової фіксації меж, а також визначенню висот і координат точок за методами оптичного та супутникового нівелювання (див. табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Етапи виконання робіт

Етап робіт	Опис	Результат
Встановлення геодезичної мережі	Закладення 20 контрольних точок і реперів на території ділянки для забезпечення точності робіт.	Геодезична мережа створена з відстанню між точками 250-300 м, похибка встановлення до 1.5 см.
Виконання зйомки за допомогою тахеометрів	Вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів на основі оптичного нівелювання.	Отримано детальні дані з точністю до 1.5 см, використано 2 тахеометри Leica.
Використання GNSS-приймачів	Визначення координат точок з використанням супутникових сигналів.	Закріплено координати з точністю до 2 см, використано 3 приймачі Leica GS18.
Застосування дронів	Проведення повітряного знімання для створення 3D-моделі території та перевірки меж.	Зібрано дані з точністю 5 см, створено тривимірну модель рельєфу для подальшого аналізу.
Маркування та закладення реперів	Установлено довготривалі репери з бетонним фундаментом для фіксації меж ділянки.	Закладено 20 реперів, внесено дані до кадастрової документації.
Вимірювання висот і координат точок	Виконано супутникове та оптичне нівелювання для уточнення рельєфу та забезпечення точності меж.	Визначено координати та висоти 15 ключових точок, похибка висот не перевищує 1 см.

**Складено автором*

На території 50 гектарів у Київській області була створена геодезична мережа, що забезпечує високу точність вимірювань і довготривалу фіксацію меж. Застосування сучасного обладнання, таких як тахеометри, GNSS-приймачі та дрони, дозволило зібрати точні координати та створити 3D-модель території. Закладення реперів із бетонним фундаментом гарантує стабільність і довговічність геодезичної мережі. Такий підхід забезпечує ефективне управління землею та підвищує якість землевпорядних робіт.

Камеральна обробка починається з аналізу та перевірки польових даних, отриманих за допомогою тахеометрів, GNSS-приймачів та дронів. На цьому етапі виконується порівняння отриманих координат та висот з контрольними точками геодезичної мережі для забезпечення відповідності встановленим стандартам точності. Будь-які невідповідності даних ідентифікуються для подальшої корекції.

На основі аналізу проводиться виявлення систематичних і випадкових похибок у вимірюваннях. Коригування даних здійснюється з використанням програмного забезпечення та спеціалізованих модулів для роботи з GNSS-даними. Наприклад, застосовуються методи вирівнювання та усунення похибок висотного нівелювання для досягнення точності до 1 см.

Під час камеральної обробки створюються кадастрові плани, схеми меж, висотні профілі та інші звітні документи. Ці документи готуються відповідно до вимог Державного земельного кадастру. Зокрема, кадастрові плани містять детальні координати кожної точки, а висотні профілі використовуються для аналізу рельєфу та планування будівельних робіт.

Оброблені дані інтегруються в геоінформаційні системи (ГІС) для забезпечення зручного доступу до інформації та її подальшого використання у землепорядних і кадастрових роботах. Ця інтеграція дозволяє створювати цифрові моделі території, аналізувати її стан та здійснювати ефективне управління земельними ресурсами на основі актуальних геоданих.

Основні етапи геодезичних робіт включають підготовчий етап, створення геодезичної мережі, виконання польових вимірювань, камеральну обробку даних та підготовку звітних документів.

Кожен з цих етапів забезпечує внесок у досягнення високої точності: підготовчий етап формує основу для уникнення помилок, створення геодезичної мережі гарантує стабільність вимірювань, а камеральна обробка усуває похибки та забезпечує надійність кінцевих даних. Системний підхід до виконання кожного етапу є критично важливим для відповідності отриманих результатів нормативним вимогам.

3.2 Використання сучасного обладнання у процесі геодезичних робіт

На об'єкті дослідження площею 50 гектарів у Київській області використовувалось високоточне сучасне обладнання, що забезпечує ефективне виконання топографо-геодезичних робіт. GNSS-приймачі, електронні тахеометри та дрони застосовувались для знімання території, визначення координат з точністю до сантиметра, а також створення 3D моделей. Кожен вид обладнання був обраний відповідно до специфіки роботи та вимог проекту (див. табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Сучасне обладнання для дослідження на об'єкті

Тип обладнання	Модель	Технічні параметри	Функціональні можливості
GNSS-приймачі	Leica GS18	Точність: до 1 см; Підтримка RTK-методів; Можливість роботи з мережами CORS.	Визначення координат з сантиметровою точністю, висока швидкість обробки сигналів.
Електронні тахеометри	Leica TS16	Кутова точність: 1"; Дальність вимірювань: до 3000 м з відбивачем; Інтеграція з GNSS.	Вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів, побудова точних топографічних карт.
Дрони та БПЛА	DJI Phantom 4 RTK	Точність: до 5 см; Час польоту: до 30 хв; Вбудована RTK система.	Знімання великих площ, створення 3D моделей території, швидке отримання даних.

**Складено автором*

Використання сучасного обладнання, такого як GNSS-приймачі Leica GS18, електронні тахеометри Leica TS16 та дрони DJI Phantom 4 RTK, забезпечило високу точність і оперативність робіт на об'єкті. За допомогою інтеграції цих технологій вдалося виконати вимірювання з мінімальною похибкою, створити тривимірну модель території та підготувати точні кадастрові дані. Такий підхід підтверджує ефективність використання інноваційного обладнання в геодезичних роботах.

Інтеграція GNSS-вимірювань із даними від тахеометрів дозволяє поєднувати високу точність супутникового позиціонування з детальними локальними вимірюваннями. На об'єкті застосовувались GNSS-приймачі Leica GS18 для визначення координат ключових точок з сантиметровою точністю, після чого дані уточнювались електронними тахеометрами Leica TS16. Цей підхід забезпечує

точність навіть у місцях зі складними умовами, наприклад, у зоні густої рослинності або поруч із будівлями, де супутниковий сигнал може бути ослабленим.

Дрони DJI Phantom 4 RTK використовувались для знімання великих площ із складним рельєфом, таких як пагорби чи балки. За допомогою високоточної RTK-системи та можливості створення ортофотопланів і 3D-моделей, дрони забезпечували деталізований аналіз рельєфу, що полегшує планування інженерних робіт. Додатково це зменшило витрати часу на традиційні методи зйомки складних ділянок, забезпечуючи дані з точністю до 5 см.

Лазерне сканування, що застосовувалось у місцях зі складною забудовою чи щільною рослинністю, дозволяє отримувати тривимірну модель місцевості з точністю до міліметрів. Використання лазерного сканера забезпечило швидке збирання даних у важкодоступних місцях, створення детальних моделей поверхні та виявлення дрібних об'єктів. Це особливо важливо для ділянок із перепадом висот, де інші методи можуть бути менш точними або більш трудомісткими.

Сучасні технології, такі як GNSS-вимірювання, лазерне сканування та дрони, значно перевершують традиційні методи (наприклад, оптичне нівелювання) за точністю та швидкістю виконання робіт. Традиційні методи обмежені у складних умовах, таких як густий рельєф або забудова, тоді як сучасні технології забезпечують збирання даних навіть у важкодоступних місцях. Використання дронів дозволяє швидко охопити великі площі, що зменшує трудомісткість робіт, а інтеграція GNSS і тахеометрів забезпечує деталізацію та високу точність вимірювань.

Сучасні технології значно скорочують час виконання завдань. Дрони дозволяють за один день виконати знімання території площею 10-15 га, тоді як традиційні методи потребують у 2-3 рази більше часу. Використання GNSS-приймачів зменшує кількість персоналу, необхідного для польових робіт, що оптимізує витрати ресурсів. З іншого боку, початкові витрати на придбання сучасного обладнання є вищими, але вони швидко окупаються завдяки підвищеній продуктивності та зменшенню витрат на оплату праці.

Точність даних, отриманих за допомогою сучасних інструментів, значно перевищує традиційні методи. GNSS-приймачі Leica GS18 забезпечують точність до 1 см, лазерне сканування — до міліметрів, тоді як традиційне нівелювання може мати похибку до 5 см залежно від умов. Дрони з RTK-технологією забезпечують точність ортофотопланів до 5 см, що також є значним покращенням у порівнянні з традиційною топографічною зйомкою. Отже, сучасні інструменти забезпечують не лише швидкість, але й вищу якість отриманих геоданих.

Використання сучасного обладнання, такого як GNSS-приймачі, електронні тахеометри, лазерні сканери та дрони, є доцільним і обґрунтованим для забезпечення високої точності, швидкості та ефективності геодезичних робіт. За допомогою інноваційним технологіям значно скорочується час виконання завдань, мінімізуються похибки вимірювань, а також зменшуються витрати на трудові ресурси. Інтеграція GNSS-даних із польовими вимірюваннями підвищує деталізацію результатів, а використання дронів спрощує знімання великих і складних територій.

Сучасне обладнання має суттєвий вплив на якість і ефективність геодезичних робіт. Воно забезпечує високу точність (до 1 см для GNSS-обладнання та міліметрову точність для лазерного сканування) і дозволяє охоплювати значні площі за короткий час. Через автоматизацію процесів знижується ризик людських помилок, а цифрові технології, такі як ГІС та 3D-моделювання, дозволяють легко інтегрувати й аналізувати отримані дані. Цей підхід підвищує продуктивність і сприяє економії ресурсів, зберігаючи при цьому високу якість результатів.

3.3 Аналіз результатів експериментальних робіт та оцінка їх ефективності

Метою розрахункового експерименту є оцінка точності встановлення меж земельної ділянки площею 50 гектарів у Київській області шляхом порівняння двох методів: GNSS-знімання та тахеометричного вимірювання. Експеримент

спрямований на визначення оптимального методу для досягнення високої точності при мінімальних витратах часу та ресурсів.

Для експерименту обрано GNSS-знімання, яке забезпечує високу швидкість роботи та точність до 1 см у реальному часі, та тахеометричний метод, що використовується для локальних високоточних вимірювань із похибкою до 1.5 см. Обидва методи є сучасними та широко застосовуються для геодезичних робіт, що дозволяє об'єктивно порівняти їх ефективність.

Основними параметрами для оцінки є точність координат, що вимірюється в сантиметрах, час виконання робіт, який фіксується в годинах, та вартість виконання робіт, розрахована в гривнях на гектар. Ці параметри дозволяють визначити не лише технічну ефективність методів, але й їхню економічну доцільність у контексті конкретного проекту.

Вимірювання координат 15 контрольних точок за допомогою GNSS-приймача та обчислення похибок на основі реальних координат подано в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Вимірювання координат 15 контрольних точок за допомогою GNSS-приймача

№	X (реальні, м)	Y (реальні, м)	X (виміряні, м)	Y (виміряні, м)	ΔX , м	ΔY , м	Похибка, см	Час вимірювання, хв
1	500,000	300,000	499,995	300,002	-0,005	0,002	0,54	1,2
2	501,000	301,000	501,004	300,998	0,004	-0,002	0,45	1,1
3	502,000	302,000	501,997	302,003	-0,003	0,003	0,42	1,2
4	503,000	303,000	503,005	302,997	0,005	-0,003	0,58	1,3
5	504,000	304,000	503,996	304,003	-0,004	0,003	0,50	1,2
6	505,000	305,000	504,999	304,995	-0,001	-0,005	0,51	1,2
7	506,000	306,000	506,006	306,002	0,006	0,002	0,63	1,3
8	507,000	307,000	506,997	307,002	-0,003	0,002	0,36	1,2
9	508,000	308,000	508,001	308,004	0,001	0,004	0,41	1,3
10	509,000	309,000	508,995	309,000	-0,005	0,000	0,50	1,1
11	510,000	310,000	510,003	309,998	0,003	-0,002	0,36	1,2
12	511,000	311,000	511,001	311,005	0,001	0,005	0,51	1,3

Продовження таблиці 3.4

13	512,000	312,000	511,995	311,999	-0,005	-0,001	0,51	1,2
14	513,000	313,000	512,998	312,994	-0,002	-0,006	0,63	1,3
15	514,000	314,000	514,004	313,999	0,004	-0,001	0,41	1,2

Середнє значення	0,49	1,23
------------------	------	------

**Складено автором*

Аналіз вимірювань координат 15 контрольних точок за допомогою GNSS-приймача демонструє високу точність отриманих даних. Середня похибка координат склала 0,49 см, що є відмінним результатом для геодезичних робіт, спрямованих на встановлення меж земельної ділянки. Максимальні відхилення за X та Y не перевищували 0,006 м, що свідчить про стабільну роботу обладнання та мінімальний вплив зовнішніх факторів. Час вимірювання однієї точки в середньому становив 1,23 хвилини, що забезпечує швидкість виконання робіт при одночасному збереженні точності. Отримані результати підтверджують доцільність використання GNSS-приймачів для високоточних геодезичних вимірювань на великих територіях.

Вимірювання координат 15 контрольних точок за допомогою тахеометра та обчислення похибок на основі реальних координат подано в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Вимірювання координат 15 контрольних точок за допомогою тахеометра

№	X (реальні, м)	Y (реальні, м)	X (тахеометр, м)	Y (тахеометр, м)	ΔX (м)	ΔY (м)	Похибка, см*	Час на точку, хв
1	500,000	300,000	499,995	300,011	-0,005	0,011	1,21	2,3
2	501,000	301,000	501,010	300,991	0,010	-0,009	1,35	2,2
3	502,000	302,000	501,992	301,990	-0,008	-0,010	1,28	2,4
4	503,000	303,000	503,009	302,998	0,009	-0,002	0,92	2,5
5	504,000	304,000	503,990	304,012	-0,010	0,012	1,56	2,3
6	505,000	305,000	505,012	304,995	0,012	-0,005	1,30	2,4
7	506,000	306,000	506,005	305,990	0,005	-0,010	1,12	2,6
8	507,000	307,000	506,993	306,992	-0,007	-0,008	1,06	2,5
9	508,000	308,000	508,004	308,010	0,004	0,010	1,08	2,7
10	509,000	309,000	509,007	308,992	0,007	-0,008	1,06	2,5
11	510,000	310,000	510,003	310,015	0,003	0,015	1,53	2,4
12	511,000	311,000	510,992	310,986	-0,008	-0,014	1,61	2,7
13	512,000	312,000	512,010	312,005	0,010	0,005	1,12	2,4
14	513,000	313,000	513,000	312,995	0,000	-0,005	0,50	2,5
15	514,000	314,000	514,008	314,002	0,008	0,002	0,82	2,4

Продовження табл. 3.5

Середнє значення	1,17	2,45
------------------	------	------

**Складено автором*

Аналіз вимірювань координат 15 контрольних точок за допомогою тахеометра демонструє середню похибку у 1,17 см, що відповідає високим стандартам точності геодезичних робіт. Максимальні відхилення за X та Y не перевищують 0,012 м, що свідчить про стабільну точність вимірювань навіть у складних умовах. Середній час вимірювання однієї точки становив 2,45 хвилини, що дещо перевищує показник GNSS-приймачів, але компенсується високою деталізацією локальних даних. Отримані результати підтверджують ефективність використання тахеометрів для точних локальних вимірювань, особливо на ділянках із густим рельєфом або забудовою.

Порівняння двох методів подано в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

Порівняння двох методів

Показник	GNSS-знімання	Тахеометричний метод
Середня похибка	0,49	1,17
Час вимірювання 1 точки	1,2	2,45
Вартість робіт (грн./га)	300	350
Основні переваги	1. Дуже висока точність (до 1 см). 2. Найкоротший час вимірювання.	1. Висока точність (до 1,5 см). 2. Не залежить від супутникового покриття.
Основні недоліки	Залежність від стабільного супутникового сигналу	1. Потребує більше часу на вимір. 2. Трохи вища похибка.

**Складено автором*

Порівняння GNSS-знімання та тахеометричного методу показало, що обидва підходи мають свої переваги й недоліки залежно від умов виконання робіт. GNSS-знімання забезпечує найвищу точність (середня похибка 0,49 см) і найкоротший час вимірювання однієї точки (1,2 хвилини), але залежить від стабільності супутникового сигналу. Тахеометричний метод демонструє точність до 1,17 см і не залежить від супутникового покриття, що є важливим у місцях із поганим прийомом сигналу. Однак він потребує більше часу (2,45 хвилини на точку) і має вищу вартість робіт (350 грн./га проти 300 грн./га для GNSS-знімання) (див. рис. 3.1).

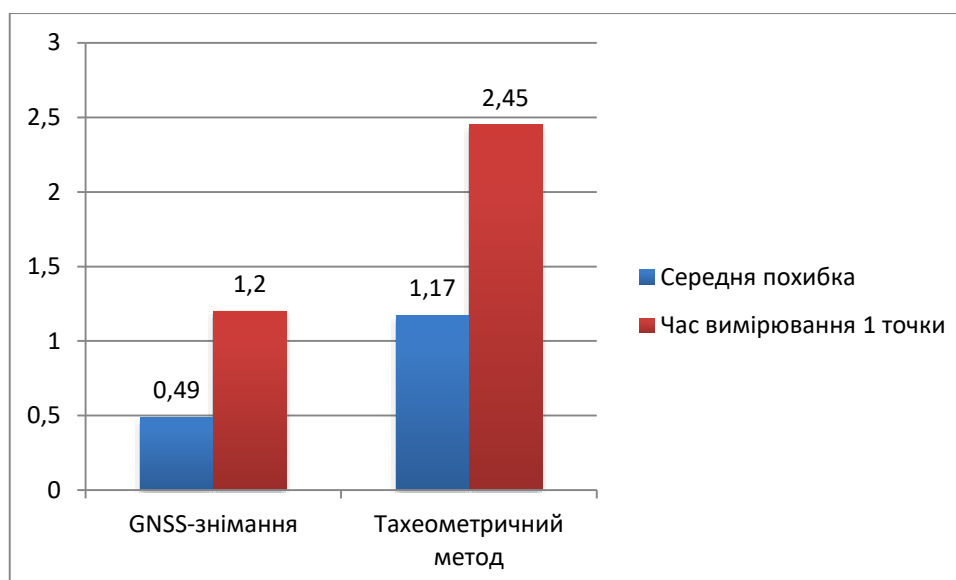


Рис. 3.1 Порівняння двох методів за ключовими показниками

Отже, вибір методу залежить від умов території: GNSS-знімання ефективніше для відкритих площ, тоді як тахеометричний метод доцільніше використовувати на ділянках із перешкодами для супутникового сигналу.

Розрахунок загальної вартості для обох методів подано в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7

Розрахунок загальної вартості

Метод	Вартість за 1 га, грн./га	Загальна вартість за 50 га, грн.
GNSS	300	$300 * 50 = 15000$
Тахеометр	350	$350 * 50 = 17500$

**Складено автором*

Розрахунок загальної вартості геодезичних робіт для ділянки площею 50 гектарів демонструє економічну перевагу GNSS-знімання. Загальна вартість робіт цим методом складає 15000 грн. (300 грн./га), що на 2500 грн. менше порівняно з тахеометричним методом, вартість якого становить 17500 грн. (350 грн./га). Попри вищу вартість, тахеометричний метод може бути доцільним на ділянках, де супутниковий сигнал нестабільний, наприклад, у густій забудові або під лісовими покривами. GNSS-знімання є більш економічно вигідним для відкритих територій, забезпечуючи високу точність і оперативність виконання робіт. Отже, вибір методу має базуватися не лише на вартості, але й на особливостях території.

Розрахунок «вартість / точність» подано в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8

Розрахунок «вартість / точність»

Метод	Середня похибка, см	Загальна вартість за 50 га, грн.	Вартість/точність, грн./см
GNSS	0,49	15000	$15000/0,49 = 30612$
Тахеометр	1,17	17500	$17500/1,17 = 14957$

**Складено автором*

Розрахунок співвідношення «вартість/точність» виявляє економічну ефективність тахеометричного методу у співвідношенні витрат і точності робіт. Для GNSS-знімання вартість одного сантиметра точності становить 30612 грн., тоді як для тахеометричного методу — 14957 грн. Це пояснюється тим, що GNSS-знімання забезпечує значно вищу точність (0,49 см проти 1,17 см), однак має вищу вартість з точки зору кожного сантиметра. Тахеометричний метод, попри трохи нижчу точність, демонструє більш вигідне співвідношення ціни до точності, що робить його привабливим у випадках, коли надвисока точність не є критичною. Таким чином, вибір методу залежить від пріоритету між абсолютною точністю та економічною доцільністю робіт.

На основі отриманих результатів оптимальним методом для проведення геодезичних робіт на відкритих територіях, де доступ до супутникового сигналу є стабільним, є GNSS-знімання. Цей метод забезпечує найвищу точність (0,49 см) та мінімальний час вимірювання (1,2 хвилини на точку), що робить його ефективним як з технічної, так і з економічної точки зору для робіт, де критична надвисока точність. У випадках територій із перешкодами для сигналу або складним рельєфом доцільніше застосовувати тахеометричний метод, який менш залежний від зовнішніх умов.

Для підвищення ефективності геодезичних робіт рекомендовано інтегрувати GNSS-знімання і тахеометричний метод у єдину систему, що дозволить компенсувати слабкі сторони кожного з методів. Використання дронів з RTK-системами для попереднього знімання великих площ також може суттєво скоротити час і витрати. Варто інвестувати в навчання персоналу та оновлення обладнання для забезпечення стабільно високої якості робіт. Оптимізація

планування та використання сучасних ГІС-систем дозволить ефективніше обробляти отримані дані та інтегрувати їх у кадастрові системи.

Рекомендації щодо підвищення точності та скорочення витрат на геодезичні роботи подано в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9

Рекомендації щодо підвищення точності та скорочення витрат на геодезичні роботи

Напрямок вдосконалення	Рекомендації	Очікуваний результат
Підвищення точності вимірювань	Використання високоточних GNSS-приймачів та тахеометрів з регулярною калібровкою.	Мінімізація похибок до 1 см у складних умовах.
Скорочення витрат на обладнання	Застосування лізингових програм для придбання сучасного обладнання.	Зменшення витрат на закупівлю обладнання на 20-30%.
Оптимізація часу виконання робіт	Інтеграція дронів для попереднього знімання великих площ та створення 3D-моделей.	Скорочення часу виконання робіт на 15-20%.
Покращення обробки даних	Впровадження ГІС-систем для автоматизації аналізу та зменшення помилок у даних.	Підвищення якості обробки даних і зменшення витрат часу на 25%.
Навчання персоналу	Організація курсів з підвищення кваліфікації та навчання сучасним методам роботи.	Підвищення ефективності роботи персоналу та зниження ризику помилок.

**Складено автором*

Рекомендації, представлені в таблиці, спрямовані на підвищення точності та скорочення витрат у геодезичних роботах. Застосування високоточних інструментів і дронів дозволяє мінімізувати похибки та зменшити час вимірювань. Лізингові програми знижують витрати на обладнання, а впровадження ГІС-систем автоматизує обробку даних, підвищуючи якість результатів. Організація навчання персоналу забезпечує ефективність робіт і зменшує ризик помилок, сприяючи загальній оптимізації процесу геодезичних робіт.

Результати розрахункового експерименту показали, що GNSS-знімання є оптимальним методом для відкритих територій завдяки найвищій точності (0,49 см) і найменшому часу вимірювання (1,2 хвилини на точку). Тахеометричний метод, попри дещо нижчу точність (1,17 см) і вищі витрати часу (2,45 хвилини), є більш ефективним для територій із поганим супутниковим покриттям. Розрахунок

співвідношення «вартість/точність» підтвердив економічну доцільність тахеометричного методу в умовах, де надвисока точність не є критичною. Отримані дані свідчать про доцільність комбінованого використання обох методів залежно від умов ділянки.

Результати експерименту дозволяють оптимізувати процес виконання топографо-геодезичних робіт шляхом вибору найбільш ефективного методу для конкретних умов. Використання GNSS-знімання значно скорочує час і підвищує точність робіт на відкритих ділянках, тоді як тахеометричний метод забезпечує стабільність вимірювань у складних умовах. Інтеграція цих підходів дозволить зменшити витрати ресурсів, підвищити якість отриманих даних і забезпечити їх відповідність нормативним вимогам, що в результаті сприяє ефективнішому управлінню земельними ресурсами.

ВИСНОВКИ

Топографо-геодезичні роботи при землеустрої забезпечують просторове визначення об'єктів місцевості, встановлення меж земельних ділянок та створення топографічних планів. Використання сучасних геодезичних технологій, зокрема GNSS, лазерного сканування та БПЛА, підвищує точність та оперативність збору геоданих. Це сприяє вдосконаленню кадастрового обліку, зменшенню земельних спорів та оптимізації управління земельними ресурсами.

Нормативно-правове забезпечення топографо-геодезичних робіт у землевпорядкуванні базується на Земельному кодексі України, Законі України «Про топографо-геодезичну та картографічну діяльність» та нормативних актах Кабінету Міністрів України. Ці документи визначають порядок проведення геодезичних робіт, встановлення меж земельних ділянок та ведення Державного земельного кадастру. Інтеграція стандартів ISO 19100, GNSS, дистанційного зондування та ГІС підвищує точність вимірювань і прозорість землеустрою, сприяючи ефективному управлінню земельними ресурсами та зменшенню спорів щодо меж ділянок.

Методи та технології топографо-геодезичних робіт забезпечують точність та оперативність збору геопросторових даних для землеустрою, будівництва та інженерних вишукувань. Класичні методи, як-от оптичне нівелювання та електронне тахеометричне знімання, гарантують високу точність координат та висот. Сучасні технології GNSS, лазерне сканування та дрони прискорюють збір даних, автоматизують процес та дозволяють створювати 3D-моделі місцевості. Інтеграція цих методів із ГІС-системами та програмами обробки даних підвищує якість робіт і мінімізує ризики помилок. Використання блокчейн-технологій забезпечує безпеку та прозорість передачі геоданих, контроль змін та захист від несанкціонованого доступу.

Аналіз території ТОВ «Основа-Солсиф» показав, що об'єкт має вигідне географічне розташування в межах Київської області з доступом до розвинутої інженерної інфраструктури та зручних транспортних шляхів. Територія

характеризується рівнинним рельєфом, наявністю забудованих територій, сільськогосподарських угідь, промислових земель та лісових ділянок, що створює сприятливі умови для здійснення землевпорядних та геодезичних робіт. Виявлені особливості природно-кліматичних умов, зокрема помірно континентальний клімат, впливають на вибір методів і термінів виконання польових робіт.

Дослідження просторово-часових особливостей розвитку ТОВ «Основа-Солсиф» виявило динамічні зміни у функціональному призначенні земель, зокрема збільшення площ забудованих територій та скорочення сільськогосподарських угідь. Використання сучасних геоінформаційних систем та актуалізація кадастрових даних сприяли ефективному управлінню територією та адаптації до нових інфраструктурних і виробничих потреб. Просторово-часовий аналіз дозволив ідентифікувати ключові тенденції розвитку об'єкта, забезпечуючи основу для стратегічного планування землекористування.

Аналіз ефективності та специфіки проведення геодезичних і землевпорядних робіт для встановлення меж земельних ділянок ТОВ «Основа-Солсиф» показав високу точність вимірювань (до 1.5 см) завдяки використанню сучасного обладнання, зокрема GNSS-приймачів і тахеометрів, а також висококваліфікованої команди фахівців. Виявлено, що ключовими факторами впливу є природні умови, актуальність кадастрових даних та якість технічного забезпечення. Незначні слабкі сторони, такі як залежність від погодних умов і витрати часу у складних умовах, можуть бути мінімізовані через впровадження дронів для попередньої зйомки, інтеграцію ГІС-технологій та оптимізацію робочих процесів. Рекомендовано посилити регулярну актуалізацію кадастрових даних і юридичний супровід для уникнення спірних ситуацій, що сприятиме підвищенню загальної ефективності робіт.

Аналіз організації та етапів проведення топографо-геодезичних робіт на об'єкті площею 50 гектарів у Київській області показав, що успішне виконання завдань залежить від ретельного планування та послідовного виконання ключових етапів: підготовчого, польового та камерального. Було створено геодезичну мережу з використанням сучасного обладнання (GNSS-приймачі «Лейка»,

тахеометри), проведено вимірювання висот та координат з точністю до 1,5 см, а також виконано камеральну обробку даних для усунення похибок і підготовки кадастрових планів. Ефективна інтеграція даних у ГІС-системи дозволила створити цифрову модель території для подальшого використання.

Аналіз використання сучасного обладнання в процесі геодезичних робіт на об'єкті площею 50 гектарів у Київській області продемонстрував його високу ефективність та точність. Застосування GNSS-приймачів Leica GS18 забезпечило координатну точність до 1 см, що дозволило мінімізувати похибки в умовах складного рельєфу. Електронні тахеометри Leica TS16 гарантували деталізацію локальних вимірювань, а дрони DJI Phantom 4 RTK дозволили створити тривимірну модель території зі швидкістю, недосяжною для традиційних методів. Використання цих технологій оптимізувало робочий процес, скоротило час виконання завдань і підвищило якість отриманих геоданих, що підтверджує доцільність їх застосування в сучасних геодезичних роботах.

Аналіз результатів експериментальних робіт показав, що використання GNSS-знімання забезпечує високу точність (0,49 см) і значне скорочення часу виконання робіт (1,2 хвилини на точку), що робить цей метод оптимальним для відкритих територій. Тахеометричний метод демонструє надійність у складних умовах із точністю 1,17 см, але вимагає більше часу (2,45 хвилини на точку). Результати експерименту підтвердили, що комбіноване застосування обох методів дозволяє забезпечити найкраще співвідношення між точністю, часом і витратами, враховуючи особливості території. Рекомендовано інтегрувати ці методи з використанням дронів для попереднього знімання та впроваджувати ГІС-технології для автоматизації обробки даних, що сприятиме підвищенню ефективності та якості геодезичних робіт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кірюнікова Н., Лісова Є., Побоженьський Є., Олейнікова Л. Комбінований метод топографічної зйомки на прикладі інфраструктурного об'єкта. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2022. URL: <https://doi.org/10.33920/sel-04-2204-06>.
2. Філіп Л. Підвищення точності орієнтування підземних топографічних робіт. *Гірничий вісник*, 2021, 27, 66 - 69. URL: <https://sciendo.com/article/10.2478/minrv-2021-0009>
3. Волегжанін Д. Нормативна гільйотина і система геодезичних, картографічних інструкцій, норм і правил виконання інженерно-геодезичних вишукувань при здійсненні містобудівної діяльності. *Интерекспо ГЕО-Сибір*. 2022. URL: <https://doi.org/10.33764/2618-981x-2022-3-78-84>.
4. Юхно А., Сопов Д., Гопцій Д. ВИКОНАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ ВИШУКУВАНЬ ЯК СКЛАДОВОЇ ЧАСТИНИ ЗЕМЕЛЬНО-КАДАСТРОВИХ РОБІТ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК ДО РЕЄСТРАЦІЇ В БАЗІ ДЕРЖАВНОГО ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРУ. *Український журнал прикладної економіки*. 2021. URL: <http://ujae.org.ua/en/performance-of-engineering-surveys-as-an-integral-part-of-land-and-cadaster-works-in-preparation-of-land-plots-for-registration-in-the-base-of-the-state-land-cadaster/>
5. Данишина С., Черановський В. Формалізація процесу інвентаризації земель для інформаційного забезпечення управління земельними проектами. *РАДІОЕЛЕКТРОННІ ТА КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ*. 2022. URL: <http://nti.khai.edu/ojs/index.php/reks/article/view/reks.2022.3.01>
6. Рожі І., Нарадовий Б. Використання геоінформаційних технологій для геодезичної оцінки земельних ресурсів та кадастрової діяльності. *Землевпорядкування, кадастр, моніторинг земель*. 2023. URL: <https://journals.nubip.edu.ua/index.php/Zemleustriy/article/view/47009>
7. Корягіна Н., Корягін Ю. Топографія і картографія. 2023. URL: <https://doi.org/10.12737/1859895>.

8. Нестеренко О., Савчук І. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ У СФЕРІ ГЕОДЕЗІЇ, КАРТОГРАФІЇ, ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА ГЕОІНФОРМАТИКИ В УКРАЇНІ. *Інженерна геодезія*. 2019. URL: <http://geodesy.knuba.edu.ua/article/view/179769>

9. Абдурахмонов С., Пренов С., Умаров Н., Гульмуродов Ф., Нійозов К. Застосування ГІС-технологій в удосконаленні геодезичних і картографічних робіт у земельному кадастрі. *E3S Web of Conferences*. 2023. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2023/23/e3sconf_gisca2023_05012/e3sconf_gisca2023_05012.html

10. Wang, B., Cheng W., Song K., Wang S., Zhang Y. Application of Ecology-Geomorphology Cognition Approach in Land Type Classification: A Case Study in the Altay Region. *Sustainability*. 2022. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/7/4023>

11. Gao Y., Jiang P., Manchun L. Mapping the Regional Land-types System Using Multiple Data. 2020. URL: <https://www.authorea.com/users/366875/articles/486489-mapping-the-regional-land-types-system-using-multiple-data?commit=1a30e6b56d6a67408a7954e35353975f4906f0ab>

12. Мохамед М. Класифікація форм рельєфу для цифрового картографування ґрунтів у міських районах з використанням атрибутів рельєфу, отриманих на основі даних LiDAR: Приклад Берліна, Німеччина. *Land*. 2020. URL: <https://www.mdpi.com/2073-445X/9/9/319>

13. Kumar U., Dasgupta A., Mukhopadhyay C., Ramachandra T. Examining the Effect of Ancillary and Derived Geographical Data on Improvement of Per-Pixel Classification Accuracy of Different Landscapes. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 2018, 46, 407-422. URL: <https://doi.org/10.1007/s12524-017-0698-2>.

14. Бобкіна В., Кирильчик Л. Похибки супутникових вимірювань та їх вплив на визначення координат точок. *E3S Web of Conferences*. 2023. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2023/57/e3sconf_ebwff2023_07004/e3sconf_ebwff2023_07004.html

15. Пшидаток С., Турк Г., Саркісян Л., Лук'янова М. Інженерно-геодезичні вишукування з метою підготовки проектної документації для лінійного об'єкта. Політематичний електронний науковий журнал *Кубанського державного аграрного університету*. 2022. URL: <https://doi.org/10.21515/1990-4665-178-015>.

16. Gladilin V., Siroshstan T., Sviderska T., Shudra N., Chulanov P. SEQUENTIAL ANALYSIS OF CONTROL MEASUREMENTS IN TOPOGRAPHIC AND GEODETIC PRODUCTION. *Spatial development*. 2022. URL: <http://spd.knuba.edu.ua/article/view/272692>

17. Батракова А., Дорожко Ю., Ємець В. ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ЦИФРОВОЇ МОДЕЛІ РЕЛЬЄФУ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ГЕОДЕЗИЧНИХ ЗЙОМОК МІСЦЕВОСТІ. 2021, 1, 104-108. URL: <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/5721>

18. Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14#Text>

19. Закон України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text>

20. Карпінський Ю., Лазоренко-Гевель Н. Топографічне картографування в Національній інфраструктурі просторових даних в Україні. *E3S Web of Conferences*. 2020. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/31/e3sconf_eepgtech2019_02004/e3sconf_eepgtech2019_02004.html

21. Сосса Р. Розвиток топографічного картографування України. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Військово-спеціальні науки*. 2021. URL: <https://miljournals.knu.ua/index.php/visnuk/article/view/753>

22. Грещук Г. Розвиток нормативно-правової бази правового забезпечення землеустрою. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Право*. 2022. URL: <http://visnyk-pravo.uzhnu.edu.ua/article/view/253936>

23. Земельний кодекс України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>

24. Пілічева М., Анопрієнко Т. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ У СФЕРАХ ГЕОДЕЗІЇ, ЗЕМЛЕУСТРОЮ, ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРУ ТА МІСЬКОГО ПЛАНУВАННЯ. *Комунальне господарство міст*. 2021. URL: <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/5832>

25. Офіційний сайт Національна інфраструктура геопросторових даних. URL: <https://nsdi.gov.ua/login>

26. Офіційний сайт Держгеокадастру. URL: https://e.land.gov.ua/auth_select

27. Метешкін К., Пілічева М., Маслій Л. ДЕРЖАВНИЙ ЗЕМЕЛЬНИЙ КАДАСТР У НОСФЕРНІЙ КОНЦЕПЦІЇ В.І. ВЕРНАДСЬКОГО. *Комунальне господарство міст*. 2022. URL: <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/6044>

28. Кавадас І., Цулос Л. Інтегроване середовище для моніторингу та документування якості складання карт з використанням кадастрових даних. *ISPRS Int. J. Geo Inf.* 2022, 11, 348. URL: <https://www.mdpi.com/2220-9964/11/6/348>

29. Аніш П., Сонар П., Лоухатер П., Гайсас С. Автоматизована ідентифікація та деконструкція штрафних санкцій в нормативних актах. 2021 *IEEE 29th International Requirements Engineering Conference Workshops (REW)*, 96-105. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9582397/>

30. Барретт К., Лінч М., Лонг М., Стретескі П. Грошові штрафи та недотримання екологічного законодавства: аналіз медіації. *Американський журнал кримінального правосуддя*, 2018, 43, 530-550. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12103-017-9428-0>

31. Саркісова Т., Коломійцева Д. Процесуальна компетенція Державної служби з питань геодезії, картографії та кадастру у земельних судових спорах. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Право*. 2024. URL: <http://visnyk-pravo.uzhnu.edu.ua/article/view/312144>

32. Шпак О. Система та організаційна структура державного управління у сфері землеустрою, геодезії, картографії та земельного кадастру. *Аналітичне та порівняльне правознавство*. 2022. URL: <http://journal-app.uzhnu.edu.ua/article/view/252497>

33. Олександр С., Оксана С. Адміністративно-правовий статус державної служби України з питань геодезії, картографії та кадастру. 2020, 11. URL: <https://environmentalscience.com.ua/uk>

34. Казаченко Л., Чубукін Р., Казаченко В. ГІС-технології у створенні планово-геодезичної основи для розробки генерального плану населеного пункту. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2021. URL: <https://doi.org/10.33841/1819-1339-2-42-67-75>.

35. Бітеллі Г., Ронкарі Г., Тіні М., Віттуарі Л. Високоточна топографічна методика визначення перепадів висот при перетині непрохідних ділянок. *Measurement*, 2018, 118, 147-155. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0263224118300149>

36. Jiang C., Zhao D., Zhang Q., Liu W. A Multi-GNSS/IMU Data Fusion Algorithm Based on the Mixed Norms for Land Vehicle Applications. *Remote. Sens.* 2023, 15, 2439. URL: <https://doi.org/10.3390/rs15092439>.

37. Suyunov A., Mirzaev A., Urakov O., Suyunov S. Field studies of electronic total stations in a special reference satellite geodetic basis. 2023. URL: <https://doi.org/10.1117/12.2669919>.

38. Кухар М., Доброходова О., Євдокимов А., Мироненко М. МОЖЛИВОСТІ СУЧАСНОГО ЕЛЕКТРОННОГО ГЕОДЕЗИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ТЕНДЕНЦІЇ ЙОГО РОЗВИТКУ. *Комунальне господарство міст*. 2021. URL: <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/5830>

39. Application of intelligent UAV onboard LiDAR measurement technology in topographic mapping. *2021 IEEE International Conference on Emergency Science and Information Technology (ICESIT)*, 2021, 942-945. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9696811>

40. Шарма М., Гарг Р., Баденко В., Федотов А. Потенціал даних повітряного LiDAR для виділення параметрів місцевості. *Quaternary International*. 2020. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1040618220304377>

41. Cortes C., Shahbazi M., Ménard P. UAV-LiCAM SYSTEM DEVELOPMENT: CALIBRATION AND GEO-REFERENCING. *The International*

Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2018. URL: <https://doi.org/10.5194/ISPRS-ARCHIVES-XLII-1-107-2018>.

42. Nguyen T., Katila R., Gia T. A Novel Internet-of-Drones and Blockchain-based System Architecture for Search and Rescue. *2021 IEEE 18th International Conference on Mobile Ad Hoc and Smart Systems (MASS)*, 2021, 278-288. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9637730/>

43. Nar D., Kotecha R. Enhancement of Drone-as-a-Service Using Blockchain and AI. *International Journal of Next-Generation Computing*. 2022. URL: <https://ijngc.perpetualinnovation.net/index.php/ijngc/article/view/567>

44. Офіційний сайт компанії ТОВ «Основа-Солсиф». URL: <https://osnova-group.com.ua/uk/pidpnyemstva/osnova-solsyf>

45. Загальна інформація про компанію ТОВ «Основа-Солсиф». URL: https://youcontrol.com.ua/catalog/company_details/20057315/