

Міністерство освіти і науки України
Київський Національний Університет імені Тараса Шевченка
Географічний факультет
Кафедра геодезії та картографії

На правах рукопису
УДК 528.489

**ОСОБЛИВОСТІ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ
В УМОВАХ ВІЙНИ**

Рівень вищої освіти - другий (магістерський)
Галузь знань 19 - “Архітектура та будівництво”
Спеціальність 193 - “Геодезія та землеустрій”
Освітня програма - “Землеустрій та кадастр”

Випускна кваліфікаційна робота
студента 2 курсу магістерського РВО
Макушенка Антона Павловича

Науковий керівник -
доктор географічних наук, професор
Даценко Людмила Миколаївна

Допущено до захисту:

Протокол засідання кафедри № ____ від “ ____ ” _____ 2023 року
Завідувач кафедри _____ проф. Даценко Л. М.

Київ-2023

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	3
ВСТУП	4
РОЗДІЛ I. ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНІ ВИШУКУВАННЯ ПІД ЧАС ДІЇ ВОЄННОГО СТАНУ	
1.1. Поняття та ознаки війни.	7
1.2. Нормативно-правова база, що регламентує виконання обстежувальних, вишукувальних, топографо-геодезичних робіт під час дії воєнного стану.	10
1.3. Особливості організації та планування геодезичних робіт в умовах воєнних дій	12
РОЗДІЛ II. РОЗДІЛ II. МІЖНАРОДНИЙ ТА УКРАЇНСЬКИЙ ДОСВІД ВИКОНАННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ У ВОЄННИХ УМОВАХ	
2.1. Історичні аспекти геодезичних робіт під час бойових дій в різних країнах	15
2.2. Вплив воєнних дій на геодезичні роботи в Україні	20
РОЗДІЛ III. ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ ДЛЯ ФІКСАЦІЇ ПОШКОДЖЕНЬ ВНАСЛІДОК ВОЄННИХ ДІЙ	
3.1. Методика сканування та обробки даних	24
3.2. Оцінка ефективності та переваг технології сканування хмарою точок для фіксації пошкоджень	28
3.3. Перспективи розвитку технології лазерного сканування хмарою точок	33
ВИСНОВКИ	35
ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА	36
ДОДАТКИ	40

РЕФЕРАТ

Розглянуто питання організації геодезичних робіт в умовах війни. Було проаналізовано історичні приклади виконання геодезичних робіт під час воєнних дій в Україні та світі. Визначено нормативно-правову базу, що регламентує виконання геодезичних робіт під час воєнного стану. Особливу увагу зосереджено на дослідженні використання технології лазерного сканування хмарою точок для фіксації пошкоджень внаслідок воєнних дій.

Робота лазерного сканера базується на тому ж принципі, що й безвідбивачевий електронний тахеометр. Вона полягає у вимірі часу, який потрібен лазерному променю на проходення шляху від випромінювача до поверхні об'єкта і повернення назад до приймача. За допомогою цього часу та швидкості поширення лазерного променю визначається відстань до об'єкта.

Технологія лазерного сканування дозволяє швидко та ефективно збирати дані про пошкодження без потреби в ручній роботі. Отримані дані можуть бути використані для створення детальних мап пошкоджень, що дозволяє інженерам та рятувальникам швидко та точно оцінити ступінь пошкоджень та використати цю інформацію в міжнародних судах.

Ключові слова: воєнний стан, геодезичні роботи, лазерне сканування.

ВСТУП

Геодезія - це наука, що вивчає фігуру та гравітаційне поле Землі, а також методи і засоби геометричних вимірювань земної поверхні. Геодезія є важливою складовою багатьох галузей господарства (картографія, будівництво, землеустрій) та оборони країни. Вона також може бути використана для вивчення та дослідження Землі, її поверхні, геологічних формацій та інших географічних особливостей [25].

Визначення геодезії зводиться до науки про вимірювання та встановлення геометричних параметрів Землі та її поверхні, яка має важливе значення для забезпечення різних галузей, таких як будівництво, землеустрій, виробництво карт та оборона.

Зокрема, Закон України “Про військовий обов’язок та військову службу” визначає, що військовослужбовці зобов’язані знати основи геодезії, топографії та картографії, а також вміти користуватися картами, планами, космічними знімками та іншими засобами орієнтування [10].

Крім того, геодезія використовується військовими для визначення розташування власних та ворожих військ, визначення розташування та обмежень територій, що контролюються військовими, та для ведення картографічного забезпечення військових операцій.

Законодавством України передбачено відповідальність за порушення правил геодезичних та топографічних робіт на території об’єктів національної безпеки та оборони.

Геодезія має важливе значення для забезпечення ефективної діяльності військових та забезпечення національної безпеки.

Актуальність роботи. Тема є актуальною, враховуючи геополітичну ситуацію в світі та війну в Україні. Умови війни впливають на всі сфери життя, в тому числі, і на геодезичні роботи. Оскільки сучасні війни відрізняються високим рівнем складності та місцевим характером, геодезистам потрібно бути готовими до роботи в різних умовах з використанням різноманітних методів.

Виконання робіт в зоні бойових дій може включати небезпеку для геодезистів, їх обладнання та матеріалів, що створює додаткові складнощі та ризики для виконавців робіт. Дослідження цієї теми допомагають покращити результати геодезичних робіт в умовах війни, забезпечити безпеку виконавців, а також швидше та ефективніше документувати воєнні злочини та фіксувати руйнування інфраструктури внаслідок воєнних дій.

Задачі, що вирішуються у роботі:

1. Аналіз і узагальнення наукових джерел та публікацій про застосування геодезії в умовах воєн.
2. Визначення переваг та недоліків застосування геодезії в умовах війни за рахунок аналізу історичних та сучасних прикладів.
3. Дослідження можливостей та обґрунтування ефективності застосування технології лазерного сканування для фіксації пошкоджень внаслідок бойових дій.
4. Визначення перспектив застосування новітніх технологій геодезії в умовах воєн, зокрема застосування дистанційних методів збору та обробки даних.

Об'єкт дослідження: принципи та особливості проведення геодезичних вишукувань в умовах воєнного стану.

Предмет дослідження: застосування технології лазерного сканування для фіксації пошкоджень внаслідок бойових дій.

Наукова значимість дослідження полягає в тому, що в сучасному світі, війни досі є актуальною темою, яка вимагає комплексного підходу та вивчення з точки зору різних наукових галузей, у тому числі геодезії. Результати дослідження можуть бути використані для покращення планування геодезичних робіт та ефективної фіксації пошкоджень.

Дослідження може мати важливе значення для розвитку технологій, що використовуються в геодезії та землеустрої, які б допомагали в роботі в умовах війни. Крім того, результати дослідження можуть бути корисні при плануванні відновлення та реконструкції інфраструктури після завершення воєнних дій.

Дослідження буде включати аналіз застосування технологій та методів, які використовуються у геодезії під час воєнних дій а також дослідження взаємодії між геодезією та іншими військовими дисциплінами.

Метою дослідження є аналіз вимог до проведення геодезичних робіт та їх відмінностей порівняно зі стандартами мирного часу, а також виявлення ризиків, пов'язаних з проведенням геодезичних робіт під час війни та розроблення заходів зі зменшення її впливу на роботи.

Методи дослідження: аналітичний, історичний, системний.

РОЗДІЛ І. ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНІ ВИШУКУВАННЯ ПІД ЧАС ДІ ВОЄННОГО СТАНУ

1.1. Поняття та ознаки війни

Війна - це конфлікт між двома або більше сторонами, який зазвичай вирішується насильством і може мати серйозні наслідки для людей, економіки та природного середовища. Війни можуть бути викликані політичними, релігійними, економічними та іншими причинами, і їх можна проводити на різних рівнях - від локальних конфліктів до світових воєн. Війна завжди є складною та небезпечною ситуацією, і більшість людей вважає, що вона є останнім засобом для вирішення конфлікту.

Видатний німецький військовий теоретик та філософ XIX століття, Карл фон Клаузевіц, у своїй праці "Про війну" ("Vom Kriege") писав, що *"війна є не що інше, як продовження державної політики іншими засобами"* [26, с. 62]. В цілому автор акцентував свою увагу на насильницьких засобах: "Війна - це акт насильства, котрий має на меті змусити противника виконати нашу волю" [26, с. 75]. Ним було визначено такі ознаки війни:

- ✓ Війна є актом насильства, який вимагає застосування фізичної сили;
- ✓ Війна є продовженням політики і має визначені політичні цілі;
- ✓ Війна має економічні та фінансові наслідки, тому її треба розуміти як інвестицію;
- ✓ Війна завжди супроводжується ризиком, оскільки вона ніколи не може бути повністю передбачуваною;
- ✓ Війна є засобом досягнення політичних цілей через знищення ворога або зміну його поглядів;
- ✓ Війна має визначені обмеження, які пов'язані з правом і гуманітарними нормами [26, с. 75-88].

Продовжуючи вищесказане, можна виділити такі ознаки війни:

- війна - це збройний конфлікт: форма збройного протистояння між двома або більше сторонами;
- переважна кількість цивільних жертв: війна часто призводить до значної кількості людських жертв, включаючи цивільних громадян;
- руйнування і знищення: війна може призводити до значних руйнувань і знищення населених пунктів, інфраструктури, культурних та історичних пам'яток;
- економічні наслідки: війна може призводити до економічної дестабілізації, зниження рівня життя населення, руйнування промисловості та інфраструктури;
- політичні зміни: війна може призвести до змін в політичній системі держави, змін у геополітичному положенні країн та впливі на міжнародну політику;
- психологічні наслідки: війна може призвести до значних психологічних наслідків як для військових, так і для цивільних, включаючи травми, посттравматичний стресовий розлад та інші психічні захворювання;
- високий ризик для життя та здоров'я людей: війна є небезпечною діяльністю, яка може призвести до поранень, втрати життя, захворювань та інших ризиків для здоров'я та життя людей [1].

Сучасні автори та дослідники дивляться по-іншому на поняття війни, при цьому акцент нині робиться на економічних цілях, рідше на ідеологічних.

Виділяються сім основних типів війн, які ведуться або потенційно можуть вестись у XXI столітті:

- ✓ Класична техногенно-силова війна;
- ✓ економічна війна;
- ✓ неоголошений геноцид проти населення держави-суперниці;
- ✓ організаційна війна - проникнення в державні органи чужорідних або відверто ворожих організаційних форм (“П’ята колона”);
- ✓ інформаційна війна;

- ✓ хронологічна війна - переписування “незручних” історичних фактів у довільній, зручній для замовника формі, а також маніпуляція історичними фактами на власну користь;
- ✓ духовна війна - цілеспрямоване нав’язування згубних цінностей та традицій державам та народам, яких планують підкорити [1].

Крім того, існують й інші, неочевидні ознаки війни, які можуть використовуватися як окремо, так і разом з традиційними методами ведення війни:

- Кібервійна - використання комп’ютерних технологій для атак на комп’ютерні системи противника, з метою отримання секретної інформації або завдання шкоди.
- Гібридна війна - використання різноманітних методів військової та не-військової природи з метою здобуття вигоди в конфлікті.
- Тероризм - використання насильства та інших методів, які спричиняють страх та паніку серед населення, з метою досягнення певних політичних чи релігійних цілей.
- Інформаційна війна: це використання засобів масової інформації та соціальних мереж з метою маніпулювання думками та перекручення фактів.
- Асиметрична війна - використання нерівності у військовій силі з метою досягнення вигоди в конфлікті.
- Війна з використанням хімічної, біологічної та радіоактивної зброї: це використання зброї, яка має потенційно небезпечний вплив на життя та здоров'я людей та тварин [23].

Відповідно до українського законодавства, поняття “війна” визначається як відкрите збройне протистояння між державами із застосуванням зброї та інших засобів для вирішення суперечностей.

Зокрема, Законом України "Про статус ветеранів війни, гарантії їх соціального захисту" від 3 лютого 2011 року № 3049-VI, визначено, що *"війна - це збройний конфлікт між Україною та іншою державою або міжнародною організацією, що має чітко визначені фронти, території та учасників"*[21].

1.2. Нормативно-правова база, що регламентує виконання обстежувальних, вишукувальних, топографо-геодезичних робіт під час дії воєнного стану.

Згідно із Законом України “Про правовий режим воєнного стану” від 12.05.2015 р. № 389-VIII, *“Воєнний стан - це особливий правовий режим, що вводить в Україні або в окремих її місцевостях у разі збройної агресії чи загрози нападу, небезпеки державній незалежності України, її територіальній цілісності та передбачає надання відповідним органам державної влади, військовому командуванню, військовим адміністраціям та органам місцевого самоврядування повноважень, необхідних для відвернення загрози, відсічі збройної агресії та забезпечення національної безпеки, усунення загрози небезпеки державній незалежності України, її територіальній цілісності, а також тимчасове, зумовлене загрозою, обмеження конституційних прав і свобод людини і громадянина та прав і законних інтересів юридичних осіб із зазначенням строку дії цих обмежень.”* [18].

Крім вищезазначеного Закону, який визначає правові засади введення, дії та закінчення воєнного стану, а також повноваження органів влади та громадян під час його дії, до нормативно-правової бази, котра регламентує виконання обстежувальних, вишукувальних, топографо-геодезичних робіт під час дії воєнного стану, відносяться такі законодавчі акти:

- Закон України “Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність” від 23.12.1998 р. № 353-XIV, який встановлює правила виконання геодезичних та картографічних робіт, а також регламентує порядок здійснення землевпорядних робіт [22].
- Закон України "Про охорону земель" від 21 травня 1996 року № 828/96-ВР, який встановлює правові засади забезпечення охорони земель, зокрема порядок проведення землевпорядних робіт [16].
- Закон України "Про оцінку впливу на довкілля" від 23 травня 1996 року № 2059-XII, який встановлює правові засади проведення оцінки впливу на

довкілля при виконанні будівельних та інших робіт, в тому числі топографо-геодезичних [17].

- Закон України “Про державну таємницю” від 21.01.1994 року №3855-ХІІ [12];

Правила здійснення топографо-геодезичних робіт у Збройних Силах України, затверджені Міністерством оборони України, визначають порядок проведення топографо-геодезичних робіт в умовах військових дій та під час дії воєнного стану. Згідно з цими правилами, топографо-геодезичні роботи мають здійснюватися з урахуванням специфічних умов воєнного часу, в тому числі з урахуванням необхідних заходів безпеки. Документація, що складається в процесі топографо-геодезичних робіт, має бути збережена та передана до відповідних органів влади.

Під час дії воєнного стану органи влади мають право встановлювати обмеження та заборони на проведення окремих видів робіт, включаючи топографо-геодезичні та інші види робіт, які можуть використовуватися для проведення військових операцій.

Відповідно до Закону України від 12.05.2022 № 2247-ІХ “Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо особливостей регулювання земельних відносин в умовах воєнного стану” [11], на період дії воєнного стану, для виконання обстежувальних, вишукувальних, топографо-геодезичних робіт з використанням геодезичних приладів (теодолітів, електронних тахеометрів, ГНСС-приймачів), а також для отримання відомостей про координати пунктів Державної геодезичної мережі та поворотних точок об’єктів, сертифіковані інженери-землепорядники або інженери-геодезисти мають отримати від Служби Безпеки України дозвіл встановленого зразка на виконання цих робіт.

Механізм видачі дозволів визначено Наказом Служби Безпеки України “Про затвердження Порядку видачі спеціальних дозволів на виконання топографо-геодезичних вишукувань під час дії воєнного стану, їх обліку та зберігання” від 23.06.2022р. №159 [13].

1.3. Особливості організації та планування геодезичних робіт в умовах війни

Організація геодезичних вишукувань за звичайних умов складається з таких етапів:

- I. Підготовчий етап - відбувається збір інформації про місцевість, визначення цілей вишукувань та складання плану робіт.
- II. Підготовка обладнання та персоналу - включає підготовку обладнання, що використовується для вишукувань (геодезичні прилади, вимірювальні лінії та маркери тощо) та підготовку спеціалістів до роботи за визначеним на попередньому етапі плану робіт.
- III. Проведення вишукувань - виконання вимірів відповідно до плану робіт, встановлення контрольних точок, вимірювання відстаней та кутів.
- IV. Аналіз та обробка даних [3].

Організація геодезичних робіт в умовах війни є складною, а в більшості випадків, і небезпечною задачею, оскільки бойові дії створюють низку перешкод для виконання таких робіт. До найсуттєвіших особливостей можна віднести:

- **Небезпека.** Під час вишукувань персонал має дотримуватися всіх процедур і заходів безпеки. Геодезисти мають бути обладнаними спеціальними захисними засобами та навченими діяти в небезпечних ситуаціях. Крім того, навіть при умові проведення робіт не в зоні активних бойових дій, залишається небезпека у вигляді вибухових засобів (мін, снарядів, вибухівки тощо), що несуть загрозу для життя геодезистів та ускладнюють проведення робіт.
- **Співпраця з військовими.** В зоні бойових дій геодезисти можуть виконувати завдання з військовими підрозділами, що вимагає спеціальних підходів та розуміння їхніх потреб та вимог. Геодезисти мають співпрацювати з військовими та дотримуватися їхніх вимог та правил.

- Обмежені ресурси. В умовах війни ресурси, такі як інструменти, техніка та матеріали є доволі обмеженими, тому виконавці мають дбати про ощадне та ефективне використання ресурсів та шукати альтернативні рішення.
- Обмежений доступ. В умовах війни доступ до деяких територій може бути обмеженим, або забороненим без отримання спеціального дозволу, тому геодезисти мають дотримуватися всіх правил та обмежень стосовно доступу до певних територій.
- Обмежений час. В умовах війни час є важливим чинником, тому від геодезистів можуть вимагати виконання робіт у стислі терміни, що може вплинути на якість і точність робіт.
- Потреба у мобільності. Умови роботи під час воєнних дій вимагають від виконавців швидкої реакції та мобільності, що, в свою чергу, може впливати на їх продуктивність та результативність.
- Ускладнена обробка даних. Під час воєнних дій можуть виникати труднощі з обробкою отриманих даних, тому геодезисти мають бути готові до роботи в таких умовах та забезпечувати надійність отриманих даних.
- Конфіденційність. В умовах війни дані, отримані під час топографо-геодезичних робіт, є надзвичайно чутливою інформацією, тому геодезисти мають бути готові до забезпечення конфіденційності даних та виконання всіх вимог щодо їх збереження.

В умовах війни геодезисти постають перед багатьма викликами, оскільки їм доводиться працювати в умовах, коли доступ до деяких територій може бути обмеженим або небезпечним. Внаслідок цього в більшості випадків традиційні (стандартні) методи, такі як геодезичні мережі та оптичну зйомку, дуже важко або неможливо застосувати, через що в умовах воєнних дій потрібно надавати перевагу прогресивним та технологічним методам:

- GPS (Global Positioning System) - це технологія глобального позиціонування, яка дозволяє визначати точні координати будь-якої точки на Землі, що дозволяє геодезістам вирішувати велику кількість завдань з високою точністю. Однак, в зоні активних бойових дій противник може

використовувати засоби радіоелектронної боротьби (РЕБ), що обмежує або унеможливорює використання цієї технології з наземних станцій та приладів.

- Лазерне сканування - це технологія, що використовується для створення точної 3D-моделі місцевості за допомогою лазерного променя, що відбивається від поверхні об'єкта та повертається до лазерного сканера.
- Дрони - це безпілотні літальні апарати (БПЛА), які використовуються для збору геодезичних даних з висоти. В умовах війни ці засоби можуть використовуватися спільно з військовими, в тому числі, для збору розвідувальної інформації, місцезнаходження противника та оцінки ситуації.

Для забезпечення безпеки та підвищення продуктивності роботи геодезистів в умовах воєнних дій, необхідно застосовувати спеціальну техніку та знаходитися під постійним контролем команди. Також важливо використовувати інноваційні технології та методи, такі як автоматизовані геодезичні системи та дистанційне зондування Землі, які дозволяють вимірювати віддалені області без прямого контакту з ними.

Навіть за умови обмежень та небезпеки, геодезисти мають важливе завдання в забезпеченні військової та цивільної інфраструктури в умовах воєнних дій. Вони забезпечують точні дані для будівництва оборонних споруд, встановлення транспортних зв'язків, забезпечення довідок для військових команд, а також відновлення інфраструктури після завершення воєн.

РОЗДІЛ II. МІЖНАРОДНИЙ ТА УКРАЇНСЬКИЙ ДОСВІД ВИКОНАННЯ ВИШУКУВАНЬ В УМОВАХ ВОЄННИХ ДІЙ

2.1. Історичні аспекти геодезичних робіт під час бойових дій в різних країнах

Геодезія як наука зародилась в глибокій давнині. В усі часи історії людства геодезія активно вивчалась, а результати геодезичних робіт активно застосовувались в багатьох сферах життя, в тому числі, і під час багаточисельних воєн.

Під час Голландської війни за незалежність (1568-1648рр.), геодезичні дані використовувались для визначення місцезнаходження військових частин та для проведення бойових дій. Ця війна мала значний вплив на подальшу історію Європи, а також на розвиток геодезії та геодезичних приладів. Наприклад, геодезичні роботи мали важливу роль у підготовці та виконанні облог та оборони міст, зокрема, використовувалися геодезичні інструменти для визначення точного розташування ворожих укріплень та для орієнтування гармат на їх напрямок.

Крім того, голландськими геодезистами Хендріком Геррітзом та Вільгельмом Блаеу було впроваджено нові методи геодезичних вишукувань та картографування в частині створення детальних топографічних карт голландських міст та регіонів.

Слід зазначити, що на той час геодезія вже переживала неабиякий прогрес, були створені нові методи та інструменти для точних вимірювань. Наприклад, відомий геодезист та математик Геммінг (Янсзен) Снелліус створив новий метод вимірювання відстаней за допомогою квадранту.

Крім геодезії, в Голландсько-Іспанській війні широко використовувалися картографія та топографія. Голландські картографи створили детальні карти Нідерландів, які використовувалися військами для навігації і планування

військових операцій. Вони також створили карти морських проток і заток, що допомагали військам приближатися до місцевості ворога і захоплювати ключові пункти.

Іспанські топографи були відомі своєю точністю та деталізацією карт. Вони створювали топографічні карти, на яких зображувалися не лише природні об'єкти, а й будівлі, дороги та інфраструктура. Ці карти допомагали військам не тільки визначати оптимальні маршрути, але й знаходити приховані укріплення ворога та планувати їх знищення.

У результаті використання геодезії, картографії та топографії, війська Голландії зуміли долати значні відстані та займати стратегічні позиції. Також, використання детальних карт та планування на основі геодезичних даних допомогло значно зменшити втрати серед військових та підвищити ефективність військових операцій.

Геодезичні роботи мали важливе значення під час воєн на Балканах, зокрема під час Балканської війни 1912-1913 років та Першої світової війни.

В період Балканської війни геодезисти військових формувань займалися проведенням топографічних вишукувань та картографуванням територій, які були об'єктом військових операцій.

В часи Першої світової війни геодезисти займалися визначенням координат точок, які війська використовували для орієнтації під час бойових дій. Крім того, проводилися топографічні дослідження територій, що дозволяло створювати детальніші картографічні матеріали.

Геодезичні роботи під час Другої світової війни відіграли важливу роль, оскільки вони допомогли збільшити точність бомбардувань, прокладання доріг та забезпечення безпечних переміщень військ.

Один з найяскравіших прикладів успішного застосування геодезії під час Другої світової війни - проєкт Norden, що був створений американським геодезистом Карлом Норденом. Він був спрямований на винайдення точного прицільного пристрою для бомбардувань наземних цілей. Norden M-9 Bombsight мав будову, схожу на сучасний тахеометр, та точно вимірював

швидкість літака та напрямок, порівняно з тогочасними аналогами, що потребували тривалих ручних процедур. Пізніші версії використовували аналоговий комп'ютер, який безперервно переміряв точку падіння бомби за рахунок зміни умов польоту. Після приєднання до автопілоту Sperry C-1, було досягнуто безпрецедентної на той час точності [27].

Геодезична робота полягала у вимірюванні висот, відстаней та інших параметрів. Також геодезичні роботи виконувались для прокладання доріг та мостів, а також виконувались роботи з винесення меж майданчиків для зберігання техніки та встановлення таборів. Особливо важливим було застосування геодезичних робіт для безпечного переміщення військ через пустелі та гори: геодезисти вимірювали висоти та відстані між гірськими вершинами, а також визначали напрямок руху.

Під час німецько-радянської війни (1941-1945рр.) геодезія відіграла важливу роль у плануванні та виконанні військових операцій, в тому числі, в битвах на зимових театрах військових дій. Виконувались геодезичні роботи для точного позиціонування військових об'єктів, таких як аеродроми, блокпости та збройні склади.

Під час В'єтнамської війни (1955-1975рр.) геодезичні дані використовувались для позиціонування військових об'єктів, розташування військових частин, проведення бомбардувань та інших операцій.

Перевагами застосування геодезії в цій війні було точне визначення місцезнаходження ворожих сил та військових об'єктів, в тому числі, за допомогою системи GPS, що давало прерогативу в проведенні операцій.

Разом із тим, мали місце й недоліки. Одним із них було обмеження збору геодезичних даних в зоні бойових дій, що ускладнювало позиціонування ворожих сил. Крім того, в деяких випадках військові об'єкти було розташовано у місцях, важких для отримання геодезичних даних, що, в свою чергу, впливало на успішність військових операцій.

Під час війни СРСР проти Афганістану (1979-1989рр.), геодезисти були задіяні для забезпечення точної навігації військових вертольотів та літаків під

час нічних операцій. Також проводилися геодезичні вишукування для будівництва об'єктів (аеродроми, дороги), які використовувалися для транспортування військ та матеріалів.

Під час війни в Афганістані (2001-2021рр.) геодезія використовувалась для точної навігації військової техніки та для створення точних карт території.

До мінусів можна віднести складність проведення геодезичних робіт в гірських районах та в зоні бойових дій.

Під час війни в Перській затоці (1990-1991рр.) та війни в Іраку (2003-2011рр.) геодезію використовували для планування та виконання військових операцій, а також для розміщення та навігації військової техніки. З плюсів можна відмітити точну навігацію та координування військових дій, зменшення ризиків поранень та загибелі військових. Серед мінусів - можливість зрушення точки відліку під час бойових дій, що призводило до невідповідностей координат та помилкових розрахунків.

Новітня російсько-українська війна почалася у 2014 році після анексії росією Криму. До 24.02.2022р. основні бойові дії відбувалися в Донецькій та Луганській областях.

Застосування геодезії під час війни є дуже важливим для визначення меж бойових дій, планування та виконання військових операцій, а також для створення точних карт території. Крім того, забезпечується точна навігація між військовими підрозділами, визначення точних координат цілей та визначення меж територій бойових дій. Одним з прикладів успішного використання геодезії в цій війні є використання безпілотних літальних апаратів (дронів), завдяки яким визначаються координати ворожих сил з їх подальшим знищенням.

Серед мінусів проведення геодезичних робіт є неможливість доступу до деяких територій та небезпека для геодезистів під час проведення вишукувань; через високу інтенсивність військових дій та переміщення військ, частина отриманої інформації швидко стає застарілою.

Підсумовуючи, геодезичні роботи відігравали важливу роль у війнах минулих років та продовжують це робити в наш час.

Використання геодезії забезпечує точну навігацію техніки, що дозволяє ефективно виконувати бойові завдання. Також є можливість отримання точних координат військових об'єктів противника, що допомагає уникнути непотрібних втрат серед військовослужбовців та заплутати сили противника.

Однак, геодезичні прилади можуть бути вразливими до ворожих атак, а відновлення геодезичних мереж під час війни є дуже складним процесом. Крім того, некоректна обробка даних геодезичних вишукувань може призводити до помилок в подальших розрахунках та недостатньої точності даних.

Застосування геодезії під час війни потребує від спеціалістів високого ступеня кваліфікації та досвіду роботи з геодезичними приладами.

2.2 Вплив війни на геодезичні роботи в Україні

Повномасштабне вторгнення росії в Україну відчутно вплинуло на всі сфери діяльності, в тому числі, на землепорядну та геодезичну галузь. Через військову агресію та подальше введення воєнного стану, з об'єктивних причин частково або повністю перестав функціонувати Державний земельний кадастр та всі його електронні сервіси, внаслідок чого перестала забезпечуватись можливість виконання інженерами-землепорядниками та інженерами-геодезистами усіх робіт та проектів. Було запроваджено низку законодавчих ініціатив, за рахунок яких частково було спрощено правові аспекти земельних відносин на користь землекористувачів сільськогосподарських земель і, навпаки, з деяких питань, таких як безоплатна приватизація земельних ділянок, почали діяти радикальні заборони.

На пріоритетність землепорядних робіт впливає той факт, що землепорядна діяльність викликає острахи з точки зору інформаційної та фізичної безпеки, а також захисту особистих даних.

Разом із тим, зріс попит на топографічне та картографічне забезпечення військової справи, для яких необхідні знання з військової топографії. Також існує значна потреба в роботах, пов'язаних із аеророзвідкою та коригуванням вогню за допомогою безпілотних літальних апаратів, необхідні пілоти з вміннями визначення координат на місцевості та використання матеріалів дистанційного знімання тощо [4].

Зважаючи на тривалий характер війни, питання відновлення топографо-геодезичної діяльності в Україні стає все більш актуальним. З 15 червня 2022 року почав діяти "Порядок видачі спеціальних дозволів на проведення топографо-геодезичних вишукувань під час воєнного стану, їх обліку та зберігання", але він не містить вказівок щодо використання безпілотних повітряних суден або аерофотознімання [13]. Необхідно вирішити питання

режиму використання нижнього повітряного простору для безпілотних повітряних суден в тих районах, де це технічно можливо з урахуванням ходу бойових дій [7].

В деяких областях вже створені прецеденти подібних рішень. Наприклад, 12.08.2022 року рішенням Ради оборони Чернівецької області затверджено “Порядок використання безпілотних повітряних суден на території області у період дії воєнного стану” [20]. В ньому наведено алгоритм отримання дозволів для використання дронів суб’єктами господарювання. Для отримання дозволу на проведення робіт, зокрема, сільськогосподарських, необхідно подати заяву до штабу зони територіальної оборони через Чернівецьку обласну державну (військову) адміністрацію. На деякій території області, яка знаходиться від державного кордону на відстані 25 км, діє зона з особливим режимом використання повітряного простору, де використання дронів дуже обмежене. Зона заборони на використання дронів простягається на глибину 5 км від державного кордону України.

Однією з найголовніших переваг БПЛА є можливість проведення робіт в місцях та умовах, небезпечних для перебування людей - на замінованій території, при загрозі обвалів, обстрілів, небезпеки нерозірваних боєприпасів тощо. В умовах підвищених небезпек БПЛА швидко інтегруються в роботу екстрених служб по виявленню та ліквідації ризиків, а також істотно заощаджують людські та фінансові ресурси, що вкупі істотно підвищує ефективність роботи.

В зоні бойових дій проблемою є застосування ворогом РЕБ, що навіть при отриманні всіх необхідних дозволів, створює перешкоди для проведення робіт. Існує нагальна потреба в урегулюванні використання безпілотних літальних апаратів для цивільних потреб в умовах воєнного стану. При цьому потрібно враховувати всі норми та вимоги законодавства, у тому числі, ЗУ “Про державну таємницю” [12]. Необхідно вивчити ступені небезпеки для робіт та провести відповідне зонування територій з метою поновлення проведення конкретних видів робіт.

Відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України “Про реалізацію експериментального проєкту щодо моніторингу завданих пошкоджень та руйнувань за регіонами України внаслідок збройної агресії Російської Федерації на основі геоінформаційної системи” від 24.06.2022 р. № 726 [19], в Україні планується запровадження моніторингу пошкоджень та руйнувань, що стали наслідком бойових дій з використанням геоінформаційної системи (ГІС). Це дозволить об’єктивно оцінювати ситуацію з пошкодженими та зруйнованими об’єктами соціальної та критичної інфраструктури в регіонах та громадах та ефективно планувати їх відновлення та розвиток [2].

З використанням ГІС можна буде отримано узагальнені дані, які в подальшому можуть бути використані для:

- визначення шкоди та збитків внаслідок збройної агресії проти України;
- визначення обсягів фінансових ресурсів, необхідних для відновлення об’єктів, щодо яких проводиться моніторинг, в розрізі регіонів, районів, територіальних громад та населених пунктів;
- визначення обсягів завданої шкоди для підготовки відповідних позовів у міжнародних судах проти РФ;
- обґрунтування обсягів коштів, що залучатимуться за рахунок міжнародної допомоги та/або заморожених активів чи коштів держави-агресора для відновлення регіонів України [19].

Результати експериментального проєкту будуть враховані Мінцифри та Мінінфраструктури під час створення Державного реєстру майна, пошкодженого та знищеного внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій, спричинених військовою агресією російської федерації, створення якого передбачено Постановою Кабінету Міністрів України “Про збір, обробку та облік інформації про пошкоджене та знищене нерухоме майно внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій, спричинених військовою агресією від 26.03.2022 р. № 380 [2].

Невідкладною задачею є виконання геодезичних вишукувань з метою оцінки збитків та фіксації пошкоджень будівель та інфраструктури внаслідок

бойових дій. Колосальна кількість зруйнованих цивільних, промислових та інфраструктурних споруд потребуватиме відновлення, реконструкції або демонтажу та побудови з нуля.

Проведення цих робіт вже зараз значно прискорить планування відновлення та відбудови України [7].

РОЗДІЛ III. ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ ДЛЯ ФІКСАЦІЇ ПОШКОДЖЕНЬ ВНАСЛІДОК ВОЄННИХ ДІЙ

3.1. Методика сканування та обробки даних

Лазерне сканування є одним з найбільш ефективних методів отримання геодезичних даних. Завдяки лазерному скануванню можливе отримання точної тривимірної цифрової моделі поверхні об'єктів. Цей метод забезпечує швидке та точне зчитування інформації за допомогою високочастотного лазерного променя, який відображається на хиткому дзеркальці. Хмара точок з просторовими координатами представляє отримані результати лазерного сканування в геодезії, а також при скануванні приміщень та споруд.

Для лазерного сканування існують три типи систем: повітряне, наземне та мобільне. 3D лазерне сканування забезпечує миттєву обробку даних, що дозволяє прискорити роботу. Цей метод також дозволяє уникнути помилок, пов'язаних з людським фактором. Лазерне сканування місцевості є корисним при поганій освітленості. Крім того, характеристики лазерного сканування включають високу щільність покриття, що дозволяє деталізувати навіть дрібні деталі об'єктів [5].

Робота лазерного сканера базується на тому ж принципі, що й безвідбивачевий електронний тахеометр. Вона полягає у вимірі часу, який потрібен лазерному променю на проходження шляху від випромінювача до поверхні об'єкта і повернення назад до приймача. За допомогою цього часу та швидкості поширення лазерного променя визначається відстань до об'єкта. Сканер складається з лазерного далекоміра, який пристосований для високочастотної роботи, та блоку розгортки лазерного променя, що складається з сервоприводу та полігонального дзеркала або призми. Сервопривід відхиляє промінь в заданому напрямку горизонтальної площини, а

дзеркало відповідає за розгортку в вертикальній площині шляхом обертання або коливання.

Сучасні лазерні далекоміри, що використовуються в сканерах, ґрунтуються на імпульсному та фазовому безвідбивачевих методах вимірювання відстаней. Під час сканування фіксується напрямок лазерного променя та відстань до об'єкту. Як результат, сканер формує масив точок лазерного відображення об'єктів у полі зору сканера, який містить п'ять характеристик: просторові координати (x, y, z), інтенсивність та реальний колір. Зазвичай, характеристики реального кольору для кожної точки визначаються за допомогою цифрової камери [9].

Залежно від характеру польових робіт та об'єкта дослідження можна виділити три основні методи сканування:

- наземне лазерне сканування - проводиться стаціонарно з метою зйомки складних промислових об'єктів, відкритих гірничих шахт, а також архітектурних споруд, що становлять історичну та культурну цінність;
- мобільне лазерне сканування - використовується для зйомки лінійних об'єктів (залізниць, автошляхів, трубопроводів та ЛЕП), мостів та тунелів. Сутність методу полягає у встановленні сканера на автомобіль, що дозволяє проводити сканування в русі без зупинок;
- повітряне лазерне сканування - один з видів аерофотозйомки. Сканер встановлюють на безпілотний літальний апарат, завдяки чому можливо здійснювати зйомку землі під кронами дерев та у місцях щільної забудови [6].

Етапи обробки даних лазерного сканування можуть відрізнитися залежно від конкретної задачі та використовуваного обладнання. Зазвичай обробка даних складається з таких етапів:

- ✓ Первинна обробка - включає попередню обробку даних, яка проводиться на місці сканування. На цьому етапі виконуються такі дії, як збір інформації про місце сканування, попереднє вирівнювання та геометрична корекція даних.

- ✓ Видалення шуму - виконуються операції з фільтрації даних, видаленням шумів з отриманих даних, таких як дефекти сканування або забруднення.
- ✓ Розділення даних - для подальшої обробки даних їх потрібно розділити на окремі області, такі як стіни будівлі або об'єкти місцевості. Для цього можна використовувати алгоритми сегментації даних.
- ✓ Коригування та вирівнювання даних - виконується вирівнювання даних, щоб складні об'єкти або поверхні були зображені без зламів. Коригування також включає вирівнювання масштабу, щоб забезпечити однаковість між даними.
- ✓ Реконструкція та візуалізація - виконується створення тривимірної моделі зі сканувальних даних. Для цього можна використовувати різні алгоритми, включаючи планарну триангуляцію та обробку даних точок. Після створення тривимірної моделі можна використовувати її для візуалізації та аналізу.
- ✓ Аналіз та використання - цей етап включає визначення розміру та типу пошкодження, а також оцінку ступеня його впливу на функціональність об'єкта. В подальшому ці дані можуть використовуватися для відновлення або будівництва нових споруд.
- ✓ Генерація звіту - після аналізу даних може бути згенерований звіт, що містить інформацію про пошкодження та рекомендації щодо ремонту та відновлення об'єкту.

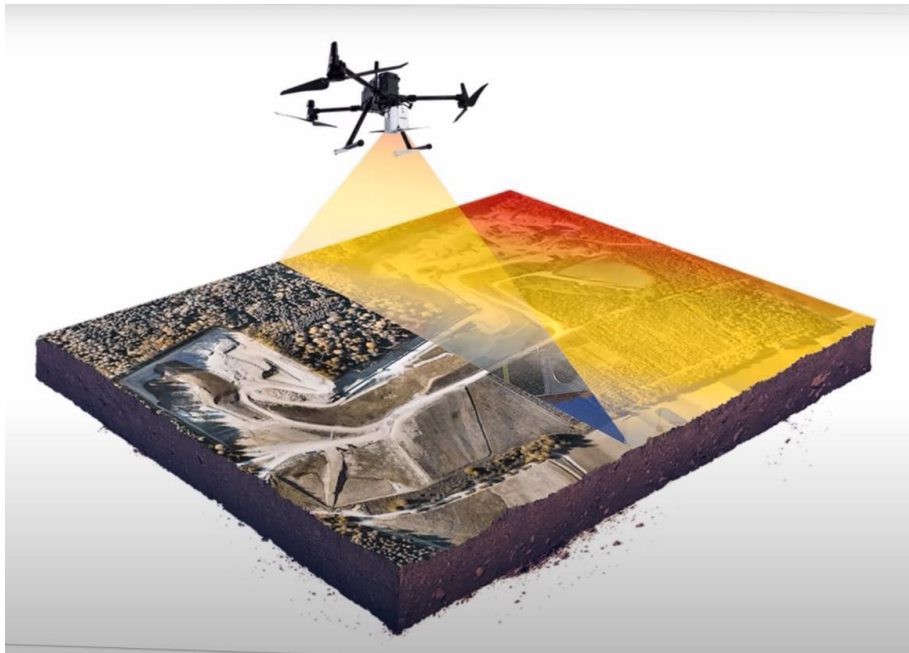


Рис. 3.1. Виконання лазерного сканування за допомогою БПЛА

У процесі обробки даних лазерного сканування можуть виникати проблеми з точністю та забрудненнями даних. Одним з способів уникнення цих проблем є використання кількох джерел даних, таких як фотографії та відеозаписи, для перевірки точності та підтримки цілісності даних. Також можна використовувати спеціальні програмні засоби, які допомагають автоматично видаляти шуми та забруднення, що можуть з'явитися в процесі сканування.

3.2. Оцінка ефективності та переваг технології сканування хмарою точок для фіксації пошкоджень

Лазерне сканування використовується для фіксації пошкоджень внаслідок воєнних дій шляхом збору точних три- та багатовимірних даних про пошкодження на поверхнях будівель, мостів, інфраструктури та інших інженерних споруд. Ця технологія дозволяє швидко та ефективно збирати дані про пошкодження без потреби в ручній роботі. Отримані дані можуть бути використані для створення детальних мап пошкоджень, які можуть бути відображені в реальному часі на комп'ютерному екрані. Це дозволяє інженерам та рятувальникам швидко та точно оцінити ступінь пошкоджень та визначити, які заходи необхідно вжити для відновлення інфраструктури.

Фотограмметрія є менш точною, в тому числі, через вплив факторів зовнішнього середовища, таких як освітлення та несприятливі погодні умови. Також ці методи вимагають більше часу на збір даних та обробку отриманої інформації, в умовах лісу та високої трав'яної рослинності не дозволяють отримати дані про рельєф місцевості, часто можлива непостійність отримання однакового результату, більш вразливі до помилок з боку виконавців.

До основних переваг лазерного сканування відносяться:

- зниження витрат при виконанні виконавчої та топографічної зйомки;
- зменшення або виключення повторних зйомок об'єкту;
- отримання точніших та більш повних результатів виконавчої зйомки;
- мінімізація часу польових робіт;
- усунення неоднозначностей при проведенні камеральних робіт.

Крім того, лазерне сканування дозволяє швидко отримувати результати, зменшувати загальний цикл робіт над проектом, підвищити рівень деталізації та якості результатів, забезпечувати безпеку робіт під час зйомки та ефективність методики в цілому [9].

Російська агресія проти України перетворила величезні території на мінні поля. Тому однією з найголовніших переваг використання технології лазерного сканування для фіксації пошкоджень внаслідок воєнних дій є те, що вона дозволяє збирати дані з безпечної відстані. Це дуже важливо під час війни та деякий час після неї, бо ризик для життя людей може бути дуже високим. На деокупованих територіях України все ще лишаються тисячі нерозірваних мін та боєприпасів - завдяки використанню БПЛА сканування можна проводити також на тих територіях, де розмінування ще не завершено.

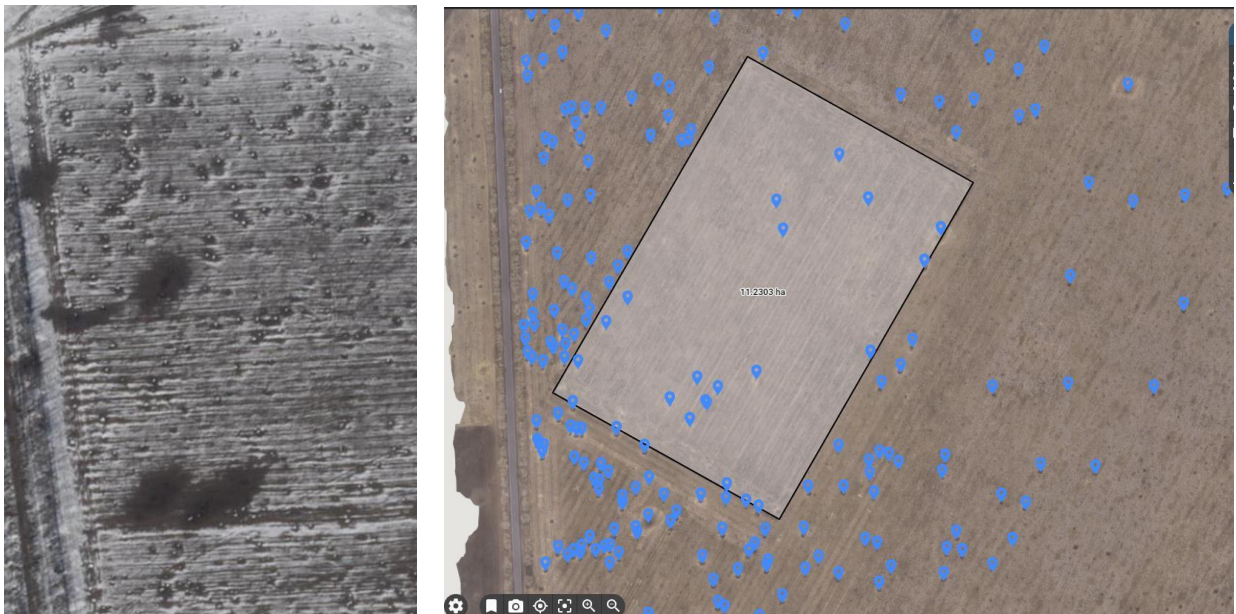


рис. 3.2, 3.3. Застосування лазерного сканування для фіксації потенційно нерозірваних боєприпасів.

Збір даних про руйнування можна проводити на великій території, що робить її ідеальним рішенням для оцінки пошкоджень, адже вкупі ці дані формують високоточну хмару точок, що для міжнародного судочинства представляє повноцінну тривимірну мапу зруйнованого населеного пункту. Отримані дані можуть бути використані для розрахунку потреби в ремонті та відновленні інфраструктури.

Ця технологія також може бути використана для виявлення пошкоджень, які можуть призвести до подальшого руйнування об'єктів інфраструктури та несуть загрозу для життя людей. Наприклад, якщо при лазерному скануванні

мосту було виявлено руйнування, які можуть призвести до обвалу, ці дані можуть бути оперативно використані для перекриття споруди та прийняття рішень по ремонту мосту.

Завдяки високій роздільній здатності сканування об'єкту, інженери можуть отримати більш детальну картину щодо стану споруди, що дозволяє точніше визначити необхідний обсяг робіт.

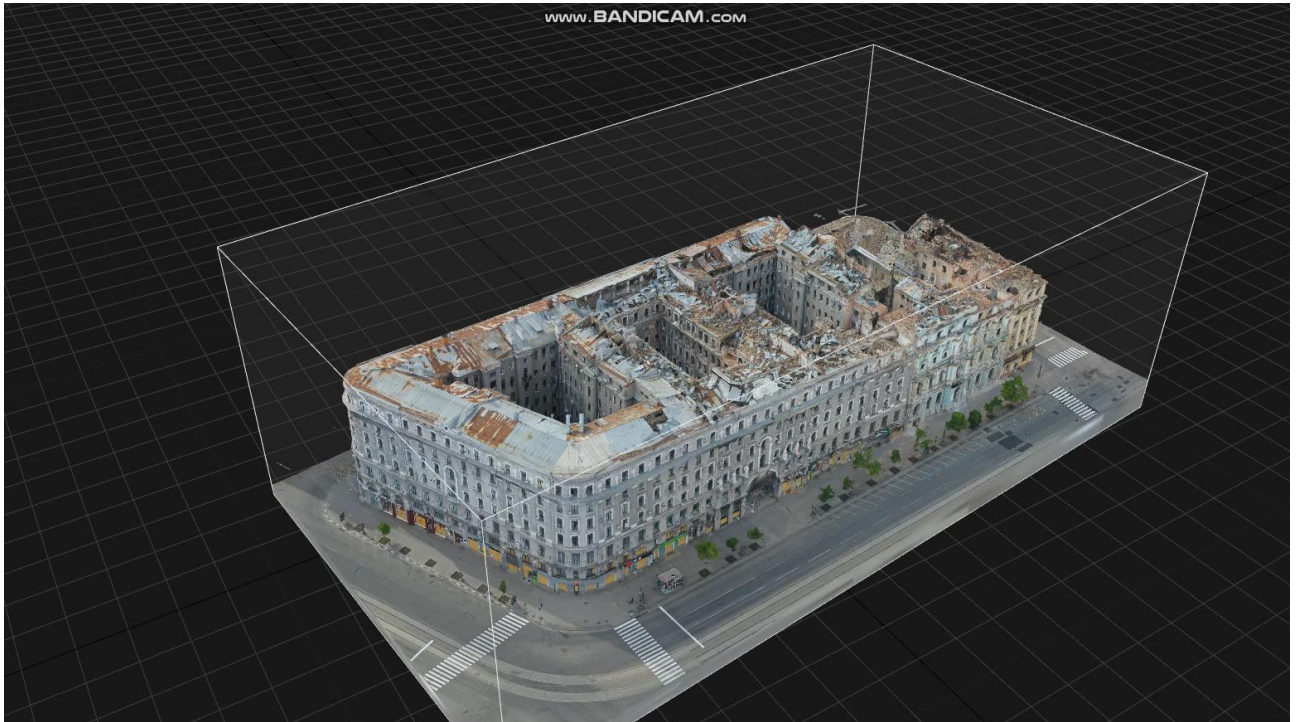


рис. 3.4. Результат лазерного сканування зруйнованого будинку профспілок Харківської області

Крім того, лазерне сканування дозволяє отримати точкові дані важливих конструкційних елементів будівель, таких як стовпи, балки та інше, що дозволяє зробити більш детальний аналіз технічного стану будівлі.

Розглядаючи застосування технології лазерного сканування хмарою точок для фіксації руйнувань, не можна не відмітити досвід Хорватії в цій царині. Під час війни за незалежність Хорватії у 1990-х роках було пошкоджено багато історичних будівель та пам'яток, включно з замками, монастирями та костелами, а також міст, доріг та інших інфраструктурних об'єктів. Використання лазерного сканування зменшило час та витрати на

відновлювальні роботи, а також допомогло відновити первісний вигляд пам'яток та архітектурні деталі. Підсумовуючи вище написане, лазерне сканування стало незамінним інструментом для реставрації та збереження культурної спадщини Хорватії в умовах післявоєнного відновлення.

Досвід Хорватії та інших країн у застосуванні технології лазерного сканування хмарою точок для фіксації пошкоджень від воєнних дій в Україні допоможе крім точного та швидкого визначення об'ємів відновлювальних робіт, якомога детальніше зафіксувати воєнні злочини, визначити справедливий розмір репарацій та відновити самотність та красу історичних пам'яток.

Вивчаючи досвід знищення росіянами української культурної та історичної спадщини, доцільним є проведення лазерного сканування вцілілих та ще не пошкоджених пам'яток із-зовні та, за можливості, із-середини. Дослідження дозволяють зберегти цифрові копії об'єктів, тому навіть якщо вони залишаться неушкодженими після ворожих обстрілів, є вірогідність їх руйнування з часом, тому ці джерела будуть важливим інформаційним підґрунтям для майбутніх реставраційних робіт, адже сканування дозволяє побачити вразливі місця та приховані структурні дефекти, які неможливо побачити неозброєним оком. Наступним етапом має бути проскановано частково пошкоджені пам'ятки для визначення частин, які ще можна відновити, або які втрачено остаточно.



Рис 3.5. 3D модель історичного будинку на бульварі Шевченка в м. Києві, виконана за допомогою лазерного сканування хмарою точок

Багато наукових робіт, присвячених забезпеченню фотограмметричних обмірів пам'яток архітектури та історичної культурної спадщини, свого часу виконали працівники кафедри Геодезії та землеустрою КНУ ім. Т. Шевченка, в тому числі, доцент Білоус В. В. та асистент Боднар С. П.

Подібні превентивні сканування в світі давно вже перестали бути новинкою, що показують численні приклади:

- У 2009 році Світовий фонд пам'ятників (WMF) запропонував відсканувати Брам у Іштар та храм Наб-Ша-Харі у Вавилоні для фіксації їхнього поточного стану.
- В 2015 році дослідником мистецтва Ендрю Теллоном було проведене лазерне сканування Собору Паризької Богоматері або Нотр-Дам під час якого для створення хмари точок було здійснено понад 50 сканувань, та створено деталізовану тривимірну цифрову модель, завдяки якій після пожежі у 2019 році стало можливим відновлення собору.
- Організацією CyArk за 20 років було проскановано понад 200 об'єктів культурної спадщини в усьому світі [24].
- В Японії лазерне сканування використовується для відновлення традиційних будівель, що допомагає зберегти оригінальну архітектуру та мінімізувати ризики подальшого їх пошкодження.

3.3. Перспективи розвитку технології лазерного сканування хмарою точок

Останнім часом лазерне сканування набуло неабиякої популярності в сфері геодезичних вишукувань, не в останню чергу завдяки досягненню за рахунок цього методу максимально точних і швидких результатів з максимальним рівнем деталізації.

В сучасній геодезії технологія лазерного сканування хмарою точок стрімко розвивається. Вона дозволяє автоматизувати робочі процеси та отримати максимально точні результати топографо-геодезичних вишукувань [6].

Перспективи розвитку технології лазерного сканування є досить широкі, їх можна умовно поділити на такі напрямки:

- ✓ Розвиток технології для збільшення швидкості та точності сканування; використання більш потужних та точних лазерних сканерів для збільшення дальності сканування та зменшення шумів в даних.
- ✓ Розвиток безпілотної технології сканування: впровадження роботизованих лазерних сканерів дозволить застосовувати їх безпосередньо з дронів або інших безпілотних засобів. Це зменшить витрати на транспортування та персонал, а також дозволить швидко сканувати важкодоступні місця, такі як гірські схили чи скельні формації.
- ✓ Використання лазерного сканування для діагностики технічного стану та прогнозування довговічності мостів, дамб та інших інженерних споруд. За допомогою лазерного сканування можна відстежувати зміни, які не побачити звичайними засобами.
- ✓ Застосування технології лазерного сканування для вирішення проблем в галузях, пов'язаних з міським середовищем (плануванням, архітектурним дизайном), топографією, геологією.

- ✓ Розширення спектру даних, отримуваних з допомогою лазерного сканування. Наразі використання цієї технології в основному зосереджене на отриманні точних тривимірних моделей об'єктів за допомогою хмари точок. Однак, серед перспективних можливостей лазерного сканування є вимірювання відстаней між об'єктами, вимірювання хімічного складу поверхонь, створення тривимірних моделей з поверхневими властивостями та додатковими текстурами для отримання реалістичних візуалізацій.
- ✓ Розробка технології для використання лазерного сканування в режимі онлайн, що дозволить відстежувати зміни на об'єктах у режимі реального часу.
- ✓ Розширення функціоналу програмного забезпечення для автоматичної обробки даних та зручного аналізу результатів сканування. Використання універсальної платформи для збору та обробки даних може спростити процес сканування та обробки даних, підвищити загальну точність та ефективність роботи.
- ✓ Використання технології штучного інтелекту (AI). Застосування алгоритмів машинного навчання та нейромереж для автоматизації процесу обробки даних сканування дозволить зменшити час на аналіз даних та підвищити точність результатів. Можливе створення програмних засобів, що автоматично виявлятимуть на поверхні Землі будівлі, дороги, ЛЕП тощо та надаватимуть точні характеристики про них, наприклад, форму та розміри.
- ✓ Використання технології віртуальної реальності (VR). Інтерактивні 3D-моделі об'єктів, створені на основі даних сканування, можуть бути використані для віртуального огляду та аналізу об'єктів.

Цей список є далеко не повним, адже щодня в світі з'являються нові технології та засоби, які покращують наявні напрацювання. Впровадження цих та інших ідей в майбутньому забезпечить більш широкий спектр можливостей для геодезії та інших галузей.

ВИСНОВКИ

1. Воєнний стан впливає на всі сфери діяльності, в тому числі, на геодезичні роботи. В результаті виконання випускної кваліфікаційної роботи магістра проаналізовано існуючі наукові джерела та публікації щодо геодезичних робіт в умовах воєнних дій. За результатами аналізу історичних прикладів було визначено переваги та недоліки геодезичних вишукувань в умовах воєнних дій.
2. В теоретичній частині роботи було встановлено поняття і види воєн, нормативно-правове забезпечення, особливості організації та планування геодезичних робіт в умовах воєнних дій.
3. Досліджено можливості технології лазерного сканування та обґрунтовано її ефективність для фіксації пошкоджень внаслідок бойових дій.
4. Впровадження новітніх технологій геодезії має великий потенціал застосування для багатьох галузей людської діяльності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Валіулліна З. В. Військова теорія К. Клаузевіца в теоретичному дискурсі. *Ефективна економіка*. 2011. № 17.
2. В Україні створять геоінформаційну систему моніторингу пошкоджень та руйнувань - Мінрегіон - Київська обласна військова адміністрація. *Київська обласна військова адміністрація*. URL: <https://koda.gov.ua/v-ukrayini-stvoryat-geoinformacziynu-systemu-monitoryngu-poshkodzhen-ta-rujnuvan-minregion/> (дата звернення: 01.05.2023).
3. Геодезичні роботи. *Західно-Український Експертно-Консультативний Центр*. URL: <https://zuekc.com.ua/roboty-iz-zemleustroiu/topografo-heodezychni-ta-kartohrafichni-roboty/heodezychni-roboty> (дата звернення: 29.04.2023).
4. Кобилянський В. Робота в умовах воєнного стану і перспективи на майбутнє. *Національний університет біоресурсів і природокористування України*. URL: <https://nubip.edu.ua/node/111175> (дата звернення: 26.04.2023).
5. Лазерне сканування. *Навігаційно-геодезичний центр*. URL: <https://ngc.com.ua/ua/info/lazernoje-skanirovaniye.html> (дата звернення: 25.04.2023).
6. Лазерне сканування у геодезії – "Топограф". *"Топограф"*. URL: <https://topograph.com.ua/uk/blog/lazerne-skanuvannya-u-geodeziyi/> (дата звернення: 25.04.2023).
7. Особливості цивільного використання дронів під час війни (за матеріалами круглого столу НУБіП України). *50 North | GIS blog from Ukraine*. URL: <http://www.50northspatial.org/ua/civil-drones-during-wartime/> (дата звернення: 25.04.2023).
8. Покотило Я. Як лазерне сканування допомагає Україні у війні та відновленні. *ain.ua*. URL: <https://ain.ua/2022/05/27/yak-lazerne-skanuvannya-mozhe-dopomogty-u-vijni-v-ukrayini/> (дата звернення: 25.04.2023).

9. Принцип лазерного сканування. *Навігаційно-геодезичний центр*. URL: https://ngc.com.ua/ua/info/whats_hds.html (дата звернення: 25.04.2023).
10. Про військовий обов'язок і військову службу : Закон України від 25.03.1992 р. № 2232-XII : станом на 31 берез. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2232-12#Text> (дата звернення: 05.05.2023).
11. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо особливостей регулювання земельних відносин в умовах воєнного стану : Закон України від 12.05.2022 р. № 2247-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2247-20#Text> (дата звернення: 25.04.2023).
12. Про державну таємницю : Закон України від 21.01.1994 р. № 3855-XII : станом на 31 берез. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3855-12#Text> (дата звернення: 28.04.2023).
13. Про затвердження Порядку видачі спеціальних дозволів на виконання топографо-геодезичних вишукувань під час дії воєнного стану, їх обліку та зберігання : Наказ Служби безпеки України від 23.06.2022 р. № 159. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0760-22#Text> (дата звернення: 25.04.2023).
14. Про збір, обробку та облік інформації про пошкоджене та знищене нерухоме майно внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій, спричинених військовою агресією Російської Федерації : Постанова Каб. Міністрів України від 26.03.2022 р. № 380 : станом на 11 серп. 2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/380-2022-%D0%BF#Text> (дата звернення: 05.05.2023).
15. Про землеустрій : Закон України від 22.05.2003 р. № 858-IV : станом на 31 берез. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/858-15#Text> (дата звернення: 05.05.2023).
16. Про охорону земель : Закон України від 19.06.2003 р. № 962-IV : станом на 19 листоп. 2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15#Text> (дата звернення: 25.04.2023).

17. Про оцінку впливу на довкілля : Закон України від 23.05.2017 р. № 2059-VIII : станом на 31 берез. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text> (дата звернення: 25.04.2023).

18. Про правовий режим воєнного стану : Закон України від 12.05.2015 р. № 389-VIII : станом на 31 берез. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/389-19#Text> (дата звернення: 25.04.2023).

19. Про реалізацію експериментального проекту щодо моніторингу завданих пошкоджень та руйнувань за регіонами України внаслідок збройної агресії Російської Федерації на основі геоінформаційної системи : Постанова Каб. Міністрів України від 24.06.2022 р. № 726. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/726-2022-%D0%BF#Text> (дата звернення: 29.04.2023).

20. Про рішення Ради оборони Чернівецької області «Про окремі обмеження на території Чернівецької області в умовах правового режиму воєнного стану" від 12.08.2022 року : розпорядж. від 16.08.2022 р. № 1096-р. URL: <https://bukoda.gov.ua/npas/pro-rishennia-rady-oborony-chernivetskoi-oblasti-pro-okremi-obmezhenia-na-terytorii-chernivetskoi-oblasti-v-umovakh-pravovoho-rezhymu-voiennoho-stanu-vid-12-serpnia-2022-roku> (дата звернення: 26.04.2023).

21. Про статус ветеранів війни, гарантії їх соціального захисту : Закон України від 22.10.1993 р. № 3551-XII : станом на 15 квіт. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3551-12#Text> (дата звернення: 25.04.2023).

22. Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність : Закон України від 23.12.1998 р. № 353-XIV : станом на 24 жовт. 2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14#Text> (дата звернення: 25.04.2023).

23. Смола Л. Інформаційно-психологічний складник «гібридної війни». *Національна безпека і оборона*. 2016. № 9-10. С. 68–71.

24. У гру вступають лідари. Як лазерне сканування рятує пам'ятники від війни, стихії та часу. *ФОКУС*. URL: <https://focus.ua/uk/opinions/517147-kak-lazernoe-skanirovanie-spasaet-pamyatniki-istorii-i-arhitektury> (дата звернення: 25.04.2023).

25. Шаульський Д. В. Конспект лекцій з дисципліни «ОСНОВИ ГЕОДЕЗІЇ» (для студентів 1 і 3 курсів денної форми навчання, напряму підготовки 6.060102 «архітектура» спеціальності «містобудування»). : конспект лекцій. Харків : ХНАМГ, 2012. 55 с.

26. Clausewitz C. V. On war. Princeton University Press, 1989. 732 p.

27. Norden M-9 bombsight. *National Museum of the United States Air Force*TM. URL: <https://www.nationalmuseum.af.mil/Visit/Museum-Exhibits/Fact-Sheets/Display/Article/196340/norden-m-9-bombsight/> (дата звернення: 26.04.2023).

ДОДАТКИ

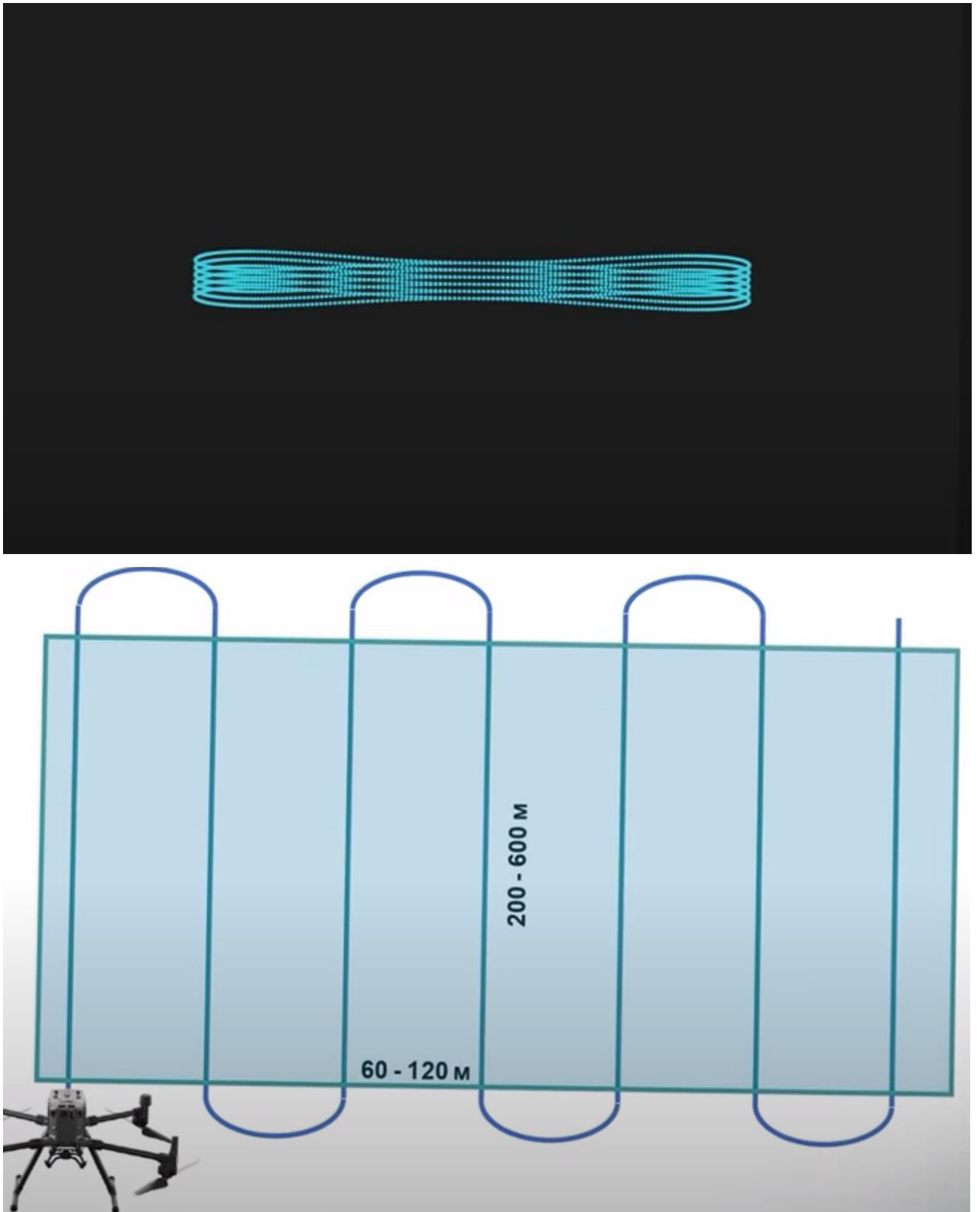


рис. 3.6, 3.7. Перекриття маршрутів при повітряному лазерному скануванні.



Рис. 3.8. Результати лазерного сканування хмарою точок зруйнованого будинку в м. Бородянка Київської області