

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА і АРХІТЕКТУРИ**

Факультет геоінформаційних систем і управління територіями

Кафедра інженерної геодезії

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Декан факультету ГІСУТ  
Нестеренко О. В.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

на тему:

Методи моделювання місцевості та рельєфу при підготовці та виконанні бойових задач

Виконав студент групи \_\_\_\_\_ зГД-61 \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 193 Геодезія та землеустрій \_\_\_\_\_

(спеціальність)

\_\_\_\_\_ Геодезія \_\_\_\_\_

(спеціалізація)

\_\_\_\_\_ Гринь Андрій Валентинович \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Кобилянський Олександр Казимірович \_\_\_\_\_

Керівник \_\_\_\_\_ Дем'яненко Р.А. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ к.т.н., доцент \_\_\_\_\_

Київ 2023 р.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	4
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ I. МОДЕЛЮВАННЯ МІСЦЕВОСТІ.....	7
1.1. Принципи та види моделювання місцевості .....	7
1.2. Створення та використання макетів місцевості .....	17
1.3. Дослідження фізичних макетів місцевості країн-членів НАТО .....	20
1.4. Аналіз спектру завдань, які можна виконувати в інтересах Збройних Сил України з використанням макетів місцевості.....	25
1.5. Висновки до розділу I.....	27
РОЗДІЛ II. ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ МІСЦЕВОСТІ	28
2.1. Аналіз програмних засобів для моделювання місцевості.....	28
2.2. Програмні засоби для моделювання місцевості, які стоять на озброєнні Збройних Сил України.....	30
2.3. Створення макету місцевості з використанням програмного продукту ArcScene .....	31
2.4. Висновки до розділу II. ....	39
РОЗДІЛ III ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В МОДЕЛЮВАННІ ЦИФРОВИХ МОДЕЛЕЙ МІСЦЕВОСТІ І ЦИФРОВИХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЄФУ .....	40
3.1. Вимоги до цифрових моделей місцевості та цифрових моделей рельєфу.....	40
3.2. Способи та методи створення цифрових моделей місцевості та цифрових моделей рельєфу .....	44
3.3. Пропозиції щодо нових технологій в моделюванні цифрових моделей місцевості та цифрових моделей рельєфу.....	47
3.4. Висновки до розділу III.....	51

РОЗДІЛ IV ТЕХНОЛОГІЧНІ ІННОВАЦІЇ В МОДЕЛЮВАННІ МІСЦЕВОСТІ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ТА ВИКОНАННІ БОЙОВИХ ЗАДАЧ .....	52
4.1. Застосування даних аерофотозйомки з безпілотних літальних апаратів для побудови 3D моделей місцевості.....	52
4.2. Переваги та недоліки моделювання місцевості при підготовці та виконанні бойових задач .....	59
4.3. Рекомендації щодо використання технологій моделювання цифрових моделей місцевості та цифрових моделей рельєфу в інтересах Збройних Сил України.....	63
4.4. Висновки до розділу IV .....	66
ВИСНОВКИ.....	67
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	69

ГІСТІ КНУСА 2023

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ГІС	–	геоінформаційні системи.
ДГМ	–	Державна геодезична мережа
ЗСУ	–	Збройні Сили України
ММ	–	макет місцевості.
НАТО	–	Організація північно-атлантичного договору
ОВТ	–	озброєння та військова техніка
ООС	–	операція Об'єднаних Сил
ППО	–	протиповітряна оборона.
ПУ	–	пункт управління.
СВ	–	сухопутні війська.
СК	–	система координат
СКК	–	спеціалізований картографічний комплекс
УСК	–	Українська система координат
ЦММ	–	цифрова модель місцевості
ЦМР	–	цифрова модель рельєфу
ШІ	–	штучний інтелект
ETRF	–	European Terrestrial Reference System
GPS	–	Global Position System
GZD	–	Grid Zone Designation
ITRS	–	International Terrestrial Reference System
IUGG	–	International Union of Geodesy and Geophysics
RTK	–	Real Time Kinematic
UTM	–	Universal Transverse Merkator

## ВСТУП

Технології моделювання цифрових моделей місцевості та рельєфу є дуже актуальними в сучасному світі. Вони знайшли широке застосування у багатьох галузях, однією з яких є геоінформаційні системи (ГІС).

Однією з основних переваг цифрових моделей місцевості є їх точність та деталізація. Сучасні технології дозволяють отримувати високоточні дані про місцевість з використанням аерофотознімків, супутникових знімків, лазерного сканування та інших методів. Ці дані можуть бути використані для створення детальних цифрових моделей рельєфу, що допомагають у вирішенні різноманітних завдань, які виконують Збройні Сили України у зв'язку з російсько-українською війною, наприклад, планування військових операцій, стратегічного аналізу території, віртуального навчання пілотів та військових, аналізу можливих загроз і розміщення військових об'єктів.

Також, цифрові моделі місцевості та рельєфу дозволяють візуалізувати та взаємодіяти з географічною інформацією у вигляді тривимірних моделей. Це допомагає зрозуміти та аналізувати просторові відношення, виявляти складні патерни та залежності. Крім того, цифрові моделі можуть бути використані для створення віртуальних середовищ, що забезпечують інтерактивний досвід.

Крім того, досвід ведення російсько-української війни на території України та аналіз широкого спектру завдань, які покладаються на Збройні Сили України можна виконувати з використанням технологій моделювання цифрових моделей місцевості та рельєфу обумовлює **актуальність теми** даного дослідження.

**Об'єкт дослідження** – цифрові моделі місцевості та рельєфу.

**Предмет дослідження** – технології в моделюванні цифрових моделей місцевості та цифрових моделей рельєфу.

**Мета магістерської роботи.** Пошук нових дієвих технологій в моделюванні цифрових моделей місцевості та цифрових моделей рельєфу.

Досягнення мети наукового дослідження передбачає виконання наступних завдань:

- дослідження процесу моделювання місцевості;
- аналіз програмних засобів моделювання;
- пропозиції нових технологій моделювання цифрових моделей місцевості та цифрових моделей рельєфу.

**Структура роботи.** Відповідно до мети дослідження, магістерська робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаної літератури.

У вступі розкривається актуальність обраної теми, визначається предмет та об'єкт дослідження, мета та завдання на виконання магістерської роботи.

У першому розділі проведено аналіз процесу моделювання місцевості.

Другий розділ присвячено аналізу програмних засобів моделювання.

У третьому розділі надано пропозиції нових технологій моделювання цифрових моделей місцевості та цифрових моделей рельєфу.

У четвертому розділі визначено переваги та недоліки моделювання місцевості при підготовці та виконанні бойових задач.

## РОЗДІЛ I. МОДЕЛЮВАННЯ МІСЦЕВОСТІ

### 1.1. Принципи та види моделювання місцевості

Моделювання місцевості включає в себе процес створення віртуальної або фізичної моделі певної території з урахуванням її географічних особливостей, рельєфу, ландшафту та інших характеристик. Це може бути важливо для багатьох галузей, таких як географія, геологія, архітектура, ігрова індустрія та інші. Для моделювання місцевості використовуються різні принципи та види моделювання, а саме:

1. Фізичне моделювання: Цей тип моделювання включає створення фізичної моделі місцевості, яка може бути відображена у вигляді макету або масштабованого зображення. Фізичне моделювання дозволяє досліджувати рельєф, форму ландшафту та інші фізичні аспекти місцевості.

Фізичне моделювання включає створення фізичних моделей місцевості, що можуть бути представлені у вигляді макетів або масштабованих зображень. Цей тип моделювання використовується для дослідження рельєфу, форми ландшафту та інших фізичних аспектів місцевості. [4]

Фізичне моделювання дозволяє вивчати різні аспекти місцевості, включаючи географічні особливості, розташування об'єктів, взаємодію природних процесів та багато іншого. Фізичне моделювання може бути корисним інструментом для планування та аналізу різних проектів, таких як розбудова міст, ландшафтний дизайн, інженерні роботи, архітектура та інші галузі. Застосування фізичного моделювання допомагає отримати візуальне уявлення про місцевість та зрозуміти її фізичні особливості. Фізичні моделі також можуть використовуватися для комунікації зі зацікавленими сторонами. Вони надають змогу простіше пояснити та візуалізувати концепції та ідеї проекту. Наприклад, архітектори можуть створювати фізичні моделі будівель для презентації своїх проектів замовникам, що допомагає краще зрозуміти пропозицію та прийняти рішення.

Фізичне моделювання у військовій сфері використовується для дослідження та аналізу фізичних аспектів військових систем, зброї, обладнання та процесів. Це означає створення фізичних моделей, що відтворюють реальні фізичні властивості та поведінку військових систем для проведення експериментів та тестування.

Фізичне моделювання може включати такі аспекти:

- моделювання зброї та техніки: Фізичні моделі зброї та техніки дозволяють досліджувати їх механічні, електромагнітні, аеродинамічні та інші фізичні характеристики. Це допомагає визначати ефективність, дальність, точність та інші параметри зброї і техніки перед їх впровадженням у реальних умовах;
- моделювання бойових ситуацій: Фізичні моделі можуть відтворювати бойові ситуації, такі як схрони, будівлі, території, що дозволяє проводити експерименти та аналізувати вплив різних факторів на хід військових дій. Це може включати моделювання розподілу сил та руху військових підрозділів, взаємодію з тереном та ефективність вогню;
- моделювання поведінки ворожих сил: Фізичні моделі можуть допомагати відтворити поведінку ворожих сил на основі аналізу їх тактик, стратегій та поведінкових моделей. Це дозволяє проводити сценарії зіткнень, визначати можливі ходи ворога та оцінювати власні можливості для прийняття рішень;
- моделювання ефектів зброї та обладнання: Фізичні моделі дозволяють вивчати ефекти вибухів, силових ударів, проникнення снарядів та інших аспектів використання зброї та обладнання. Це допомагає визначати можливі наслідки військових операцій, оцінювати захист від ворожих атак та розробляти стратегії застосування зброї;
- тестування та валідація: Фізичне моделювання дозволяє проводити тестування та валідацію нових військових систем, зброї та обладнання без реального експерименту. Це допомагає виявити потенційні проблеми, покращити дизайн та ефективність системи перед її впровадженням у реальні умови;

- оптимізація ресурсів: Фізичне моделювання може бути використане для оптимізації використання ресурсів, таких як паливо, амуніція, матеріали та людські ресурси. Шляхом моделювання різних сценаріїв та параметрів можна визначити оптимальні варіанти розподілу та використання ресурсів для максимізації ефективності військових операцій.

Фізичне моделювання військових процесів може включати в себе використання фізичних моделей, математичних моделей, комп'ютерних симуляцій та експериментальних досліджень. Цей підхід дозволяє детально вивчати різні аспекти військових операцій, покращувати стратегії та розвивати нові технології для забезпечення ефективності та безпеки військових сил.

2. Комп'ютерне моделювання: Це один з найбільш поширених видів моделювання місцевості. Цей метод включає в себе використання комп'ютерних програм та алгоритмів для створення віртуальних моделей місцевості. Комп'ютерне моделювання може бути використано для створення реалістичних 3D-моделей, візуалізації географічних даних, симуляції поведінки об'єктів у середовищі та багато іншого.

Комп'ютерне моделювання місцевості має широкий спектр застосувань і використовується у багатьох галузях. Воно допомагає експертам приймати кращі рішення, прогнозувати результати та відстежувати наслідки впровадження рішень у реальному світі. Завдяки комп'ютерному моделюванню місцевості ми можемо отримати більш глибоке розуміння різних аспектів місцевості, ефективно планувати та вдосконалювати наше оточення, а також знижувати ризики та покращувати якість життя людей. [1]

Комп'ютерне моделювання військових операцій може бути застосоване у різних сферах. Під час написання магістерської роботи було розглянуто деякі з них:

- аналіз та прогнозування: Комп'ютерні моделі дозволяють аналізувати сценарії військових операцій, оцінювати ефективність різних стратегій та тактик, прогнозувати результати бойових дій. Вони допомагають визначати слабкі місця ворожих сил, ідентифікувати потенційні загрози та розробляти оптимальні варіанти дій;

- планування операцій: Комп'ютерні моделі дозволяють створювати віртуальні сценарії та проводити військові тренування для розробки планів бойових дій. Вони допомагають визначити оптимальні маршрути, розміщення сил та засобів, координувати взаємодію між підрозділами та оцінювати ризики.
- тактичне прийняття рішень: Комп'ютерні моделі можуть бути використані для підтримки військових командирів у процесі прийняття тактичних рішень. Вони надають візуальне відображення ситуації на полі бою, прогнозують наслідки різних варіантів дій та допомагають обрати оптимальний варіант. Командири можуть використовувати комп'ютерні моделі для симуляції бойових дій, експериментування з різними стратегіями, аналізу впливу різних факторів (таких як погода, терен, ворожі дії) на результати операцій;
- управління комунікаціями та зв'язком: Комп'ютерне моделювання дозволяє симулювати різні сценарії зв'язку та комунікаційних систем у військових операціях. Воно допомагає визначити оптимальні шляхи передачі інформації, виявляти можливі перешкоди та забезпечувати ефективну комунікацію між військовими підрозділами;
- тренування та навчання: Комп'ютерне моделювання дозволяє проводити віртуальні тренування та симуляції для навчання військового персоналу. Воно дозволяє створювати реалістичні ситуації, в яких військовий персонал може набути досвіду та вправності без реального ризику.

Комп'ютерні моделі військових операцій зазвичай використовуються в поєднанні з іншими інформаційними системами, такими як географічні інформаційні системи (ГІС) та системи управління бойовими діями (СУБД). Вони сприяють покращенню прийняття рішень, ефективності операцій та зменшенню ризиків для військових сил.

3. Географічні інформаційні системи (ГІС): ГІС використовуються для збору, аналізу та візуалізації географічних даних. Вони можуть бути використані для створення цифрових моделей місцевості, які включають географічну інформацію відносно рельєфу, гідрографії, дорожньої мережі та інших аспектів місцевості. ГІС дозволяють здійснювати аналіз просторових

залежностей, виконувати розрахунки, проводити симуляції та розробляти плани на основі географічних даних.

Географічні інформаційні системи (ГІС) є важливою складовою частиною Збройних Сил України (ЗСУ). ГІС використовуються для збору, аналізу, організації та візуалізації географічної інформації, яка може бути корисною для різних військових завдань.

ЗСУ використовують ГІС для різних завдань, включаючи:

- збір та аналіз географічних даних. ГІС дозволяють збирати дані про територію, такі як карти, супутникові знімки, висотні моделі тощо. Ці дані аналізуються для отримання важливої інформації, такої як топографічні особливості, місцевість, географічні обмеження та інші фактори, які можуть впливати на військові операції;

- планування та управління операціями: ГІС допомагають управляти різними військовими операціями, включаючи розташування військових баз, планування маршрутів, розміщення військової техніки, аналіз терену тощо. Інформація, отримана з ГІС, може допомогти приймати обґрунтовані рішення та планувати операції з урахуванням географічних умов;

- розвідка та розвідувальні дії. ГІС можуть використовуватись для збору, аналізу та візуалізації розвідувальної інформації. Інформація про ворожі позиції, об'єкти і важливі точки на карті можуть бути показані на екрані для кращого розуміння та прийняття рішень;

- спостереження та наведення вогню. ГІС можуть бути використані для спостереження ворожих рухів, визначення координат цілей та наведення вогню. Вони можуть інтегруватися з супутниковими системами спостереження, дронами та іншими засобами збору інформації, щоб забезпечити точність та ефективність вогневих операцій;

- логістика та управління ресурсами. ГІС допомагають планувати та керувати логістичними операціями, включаючи постачання, розташування складів, транспортування та розподіл ресурсів. Вони можуть допомогти визначити оптимальні маршрути, забезпечити належне розміщення запасів та координувати рух транспорту;

- аналіз та прогнозування. ГІС дозволяють аналізувати географічні дані для виявлення тенденцій, прогнозування змін та оцінки впливу різних факторів на військові операції. Вони можуть використовуватися для моделювання сценаріїв, оцінки ризиків та прийняття стратегічних рішень.

Крім того, у ЗСУ використовуються спеціалізовані ГІС-системи, які розроблені з урахуванням військових потреб і вимог. Ці системи забезпечують точність, швидкість та надійність обробки географічної інформації, необхідної для виконання різних завдань в рамках військових операцій.

4. Геомодельовання. Це процес створення комп'ютерних моделей, які відтворюють геологічні особливості місцевості, такі як гірські ланцюги, вулкани та річки. Геомодельовання використовується в геологічних дослідженнях, виборі місць для розміщення інфраструктури та природоохоронних заходів.

Військове геомодельовання - це процес створення географічних моделей для аналізу та планування військових операцій. Воно поєднує дані про територію, географічні об'єкти та інші важливі фактори з військовими потребами та вимогами. Військове геомодельовання використовується для різних цілей, а саме:

- аналіз та розвідка місцевост. Військові геомоделі дозволяють отримати детальну інформацію про географічні особливості та рельєф території, що є важливим для розвідки та планування військових операцій. Це включає визначення місць засідання ворожих сил, перешкод та природних обмежень, а також виявлення потенційних прихованих місць для розташування військових підрозділів;

- планування маршрутів та переміщення. військові геомоделі дозволяють визначити найкоротші та найбезпечніші маршрути переміщення військ, враховуючи територіальні обмеження, рельєф, наявність доріг та інших інфраструктурних об'єктів. Вони також допомагають врахувати фактори, які можуть вплинути на мобільність, такі як погода та противник;

- симуляція та прогнозування бойових ситуацій. З використанням військових геомоделей можна проводити комп'ютерні симуляції бойових дій,

що допомагають вивчати різні сценарії та прогнозувати можливі наслідки військових операцій;

- планування артилерійської підтримки. Військові геомоделі допомагають визначити оптимальні позиції для розташування артилерійських систем та визначити їхні зони обстрілу. Це включає аналіз терену, врахування обмежень та врахування впливу рельєфу на точність та ефективність артилерійського вогню;

- планування висадки повітряно-десантних військ. Геомоделі дозволяють визначити оптимальні місця для висадки повітряно-десантних військ. Вони враховують такі фактори, як рельєф, природні перешкоди, розташування ворожих сил та доступність зон для висадки. Це допомагає забезпечити успішність операцій з висадки та знизити ризики для особового складу;

- планування оперативного прикриття та захисту. Військові геомоделі використовуються для визначення оптимальних позицій для розташування військових підрозділів з метою оперативного прикриття та захисту. Вони дозволяють аналізувати територію, виявляти потенційні загрози та прогнозувати можливі напрямки ворожого наступу.

Військове геомодельовання допомагає військовим командам покращити розуміння бойового театру операцій, виявити переваги та недоліки території, розробити ефективні плани та прийняти інформовані рішення в ході військових операцій. Таким чином геомодельовання є важливим інструментом для досягнення стратегічної переваги та успіху на полі бою.

5. Ландшафтне моделювання. Ландшафтне моделювання - це процес створення комп'ютерних моделей місцевості з урахуванням її ландшафтних характеристик і взаємодій між різними елементами ландшафту. Цей підхід використовується для аналізу різних екологічних процесів, планування використання земель, розробки рекреаційних зон і дизайну пейзажу.

Ландшафтне моделювання у військовій сфері є важливим інструментом для аналізу та планування бойових операцій. Цей процес включає створення детальних цифрових або фізичних моделей території, на якій відбуватимуться

військові дії, з метою вивчення рельєфу, об'єктів і перешкод, а також визначення оптимальних шляхів переміщення військ. [10]

Основні застосування ландшафтного моделювання у військовій сфері включають:

- планування бойових операцій. Ландшафтні моделі дозволяють військовим командирам аналізувати територію, визначати переваги та недоліки конкретних рельєфних формацій, виявляти потенційні зони засідання ворожих сил та встановлювати оптимальні маршрути для власних військ;
- розвідка та розробка місцевості. Ландшафтні моделі дозволяють розробляти детальні плани місцевості, включаючи розташування будівель, доріг, річок, лісів тощо. Це дає змогу аналізувати потенційні перешкоди, розробляти плани зрушення та визначати найкращі точки спостереження;
- симуляція бойових ситуацій. Ландшафтні моделі можуть бути використані для проведення комп'ютерних симуляцій бойових дій. Це дозволяє військовим стратегам та аналітикам вивчати різні сценарії військових операцій, виконувати випробування рішень та прогнозувати можливі наслідки;
- тренування військових підрозділів. Фізичні ландшафтні моделі можуть бути використані для проведення тренувальних сесій та симуляцій бойових ситуацій. Вони дозволяють військовим підрозділам відпрацьовувати тактику, маневреність та співробітництво на реалістичному полі бою. Це допомагає підвищити рівень підготовки військових і забезпечити їх ефективність на справжньому полі бою;
- планування інженерних робіт: Ландшафтні моделі використовуються для планування інженерних робіт, таких як будівництво оборонних споруд, мостів, доріг, траншей та інших інфраструктурних елементів. Вони дозволяють визначити оптимальні місця для розташування цих споруд та оцінити їх взаємодію з ландшафтом;
- планування артилерійських обстрілів. Ландшафтне моделювання допомагає визначити оптимальні позиції для розташування артилерійських систем та визначити кут націлювання для забезпечення найбільшої

ефективності обстрілів. Враховуючи рельєф та інші фактори, військові можуть точніше спланувати артилерійську підтримку своїх військ.

Таким чином ландшафтне моделювання військових територій допомагає вдосконалити стратегічне та тактичне планування, забезпечити ефективність військових операцій, підвищити безпеку військових підрозділів та зменшити втрати.

6. Віртуальна реальність (VR) та розширена реальність (AR). VR та AR технології дозволяють створювати інтерактивні віртуальні моделі місцевості, які можуть бути сприйняті за допомогою спеціальних пристроїв або через додатки на смартфонах і планшетах. Це відкриває широкі можливості для взаємодії з моделлю місцевості та використання її у навчанні, туризмі, архітектурному проектуванні та інших сферах.

Віртуальна реальність (VR) надає користувачам можливість повністю зануритися в іншу віртуальну середу. За допомогою VR-пристроїв, таких як шоломи або окуляри, користувачі можуть переживати віртуальну реальність, яка імітує різні середовища, які можуть бути реалістичними або фантастичними. VR може бути використана в навчанні, дозволяючи створювати симуляції для навчання певних навичок або ситуацій, а також у галузі розваг, ігор та віртуального туризму.

Розширена реальність (AR) поєднує віртуальні об'єкти з реальними середовищами. Вона дозволяє відображати віртуальні об'єкти на реальний світ, зберігаючи контекст реальності. Зазвичай AR використовує камеру смартфона або планшета, щоб додати віртуальні об'єкти до зображення реального світу на екрані пристрою. AR може бути використана у навчанні, дозволяючи студентам взаємодіяти з віртуальними об'єктами у реальному часі, а також у рекламі, дизайні, архітектурному проектуванні та інших галузях.

Віртуальна реальність (VR) та розширена реальність (AR) мають значний потенціал у військовій сфері, де вони використовуються для навчання, симуляцій, тренування та підвищення ефективності військових операцій. Ось кілька способів, якими VR та AR впливають на військову сферу:

- навчання та тренування. VR і AR дозволяють створювати іммерсивні симуляції, які дозволяють військовим тренуватися у реалістичних умовах без реальних ризиків. Вони можуть використовуватись для тренування тактичних маневрів, стрільби, комунікації, медичної евакуації та інших аспектів військової підготовки;
- симуляція бойових умов. VR та AR можуть створювати віртуальні бойові полігони та сценарії, де військові можуть відтворювати реальні бойові ситуації. Це дозволяє вивчати та вдосконалювати тактичні навички, приймати швидкі та обґрунтовані рішення та визначати оптимальні стратегії дій;
- підвищення свідомості ситуації. AR може бути використана для надання додаткової інформації військовим на полі бою. Військові можуть отримувати віртуальні показники про розташування союзників та ворогів, важливі місця на мапі, статус зброї та іншу розпізнавальну інформацію безпосередньо у поле зору. Це допомагає підвищити свідомість ситуації, приймати швидкі та обґрунтовані рішення;
- військове проектування та моделювання: VR та AR можуть бути використані для розробки та візуалізації нових військових технологій, озброєння та обладнання. Вони дозволяють інженерам та дизайнерам створювати віртуальні прототипи, аналізувати їх функціональність та взаємодію з іншими системами перед фізичним виготовленням. Це допомагає вдосконалювати та оптимізувати проекти до їх реалізації;
- розвідка та розпізнавання. AR може бути використана для покращення здатностей розвідки та розпізнавання на полі бою. Військові можуть використовувати додаткові віртуальні шари інформації для аналізу та ідентифікації ворожих цілей, навігації в невідомих територіях та забезпечення збалансованого розподілу ресурсів;
- телемедицина та підтримка медичного персоналу. VR та AR можуть бути використані для забезпечення телемедицини та підтримки медичного персоналу на полі бою. За допомогою віртуальної реальності, лікарі можуть віддалено надавати консультації та вказівки для проведення медичних

процедур. AR може надати медичному персоналу візуалізацію внутрішніх органів та структур для точнішої діагностики та хірургічних втручань.

В цілому, VR та AR технології мають значний потенціал у військовій сфері, поліпшуючи тренування, ефективність, безпеку та здатність до прийняття рішень.

Ці принципи та види моделювання місцевості можуть використовуватися окремо або поєднуватися між собою для досягнення конкретних цілей. Наприклад, можна використовувати ГІС для збору географічних даних про місцевість, комп'ютерне моделювання для створення віртуальної моделі рельєфу, а геомоделювання для дослідження геологічних процесів в цій місцевості.

Узагальнюючи, принципи та види моделювання місцевості охоплюють фізичне, комп'ютерне, геологічне, ландшафтне моделювання, використання ГІС, VR та AR технологій. Ці підходи дозволяють краще розуміти, вивчати та працювати з реальними або віртуальними місцевостями залежно від потреб.

[10]

## **1.2. Створення та використання макетів місцевості**

Макет місцевості - це модель або імітація реального терену або місцевості, яка використовується Збройними Силами України для тренування та симуляційних цілей. Він допомагає військовим забезпечити реалістичне оточення для навчання, вправ та вдосконалення бойових навичок без необхідності виходити на справжні майданчики бойових дій. Використання макетів місцевості може допомогти збільшити ефективність та безпеку навчання особового складу.

Створення макетів місцевості є процесом, який вимагає систематичного підходу та дотримання кількох етапів, основними з яких є:

1. Збір інформації. Перший крок - це зібрати детальну інформацію про місцевість, яку необхідно відтворити. Під час збору інформації використовуються супутникові зображення, аерофотознімки, топографічні

карти, геодезичні дані та інші джерела для отримання точних вимірів, рельєфу, ландшафту та розміщення об'єктів.

2. Вибір масштабу. Масштаб може варіюватися від великих моделей цілої території до детальних масштабних макетів окремих об'єктів.

3. Вибір матеріалів. Залежно від масштабу та деталізації, необхідно обрати відповідні матеріали для створення макету. Для великих макетів можна використовувати легкі матеріали, такі як полістирол або пінопласт, а для дрібних деталей - пластик, дерево та фанеру.

4. Створення фізичних макетів. За допомогою ручних або комп'ютерних методів будується фізичний макет місцевості. Для цього можна використовувати різноманітні інструменти, такі як ножі, клей, пензлі, фарби та моделюючі матеріали.

5. Використання цифрових технологій. Для більш точного та складного моделювання можна використовувати спеціалізовані програми для 3D-моделювання та друк 3D-моделей. Це дозволяє створити докладний цифровий макет місцевості.

6. Реалізація деталей. Потрібно деталізувати макет, особливо якщо це стосується важливих об'єктів, доріг та будівель. Чим більше деталей відтворити, тим реалістичнішим буде макет.

7. Валідація та тестування. Перевірка макету на відповідність даним та реалістичність.

8. Зберігання та обслуговування. Здійснюється регулярне обслуговування, щоб забезпечити його довгий термін експлуатації.

Створення макетів місцевості може бути складним та часозатратним процесом, але він дозволяє досягти реалістичного та ефективного навчання особового складу та виконання різних оборонних та стратегічних завдань. Крім того, використання дронів для створення макетів набуває все більшої актуальності. Дрони з супутниковими системами та камерами можуть здійснювати зйомку місцевості високої якості, що допомагає створювати докладні цифрові моделі. Такі дані можуть використовуватися для навчання та

вирішення різноманітних завдань, включаючи розпізнавання та аналіз змін у території.

У Збройних Силах України та оборонних структурах використання макетів місцевості знаходить широке застосування. Під час написання магістерської роботи було визначено, що макети місцевості використовуються для проведення тренувальних сесій, симуляцій військових операцій, тактичних вправ, оцінки стратегічних планів і багатьох інших цілей, а саме:

- моделювання складних сценаріїв. Макети місцевості дозволяють створювати складні сценарії бойових дій та імітувати різні ситуації на різних майданчиках, включаючи міські бої, гірські райони та інші важкодоступні місцевості;
- використання для забезпечення кібербезпеки. Макети місцевості можуть також використовуватися для проведення тренувань з кібербезпеки. Вони допомагають військовим та кіберспеціалістам аналізувати потенційні вразливості, імітувати кібератаки та розробляти стратегії захисту мереж і систем;
- застосування у сфері гуманітарної допомоги. Макети місцевості можуть бути використані для планування та координації гуманітарних допомогових операцій у разі природних катастроф або кризових ситуацій;
- необхідність тренувань у реалістичних умовах стає все більш важливою для Збройних Сил України, і макети місцевості є важливим інструментом для забезпечення успішної підготовки та виконання різноманітних завдань в сфері оборони та безпеки;
- тактичне планування та аналіз. Макети місцевості допомагають командуванню розробляти та оцінювати різні тактичні сценарії бойових дій. Вони дозволяють аналізувати ефективність та можливі наслідки різних стратегій перед їх виконанням на полігонах;
- вдосконалення взаємодії. Велика перевага макетів місцевості полягає в тому, що вони дозволяють особовому складу вдосконалити свої комунікативні та координаційні навички. Завдяки цьому можна покращити

взаємодію між різними підрозділами та структурами у реальних бойових умовах;

- адаптація до змінних умов. Макети місцевості можуть бути легко змінені або доповнені, щоб імітувати різні умови та сценарії. Це дозволяє збройним силам підготуватися до різних ситуацій та швидко адаптуватися до змінних обставин; [15]

Загалом, створення та використання макетів місцевості у Збройних Силах України є важливою частиною навчання, підготовки та планування бойових операцій. Вони допомагають вдосконалити військові навички, реалістично тренувати особовий склад та підвищити загальний рівень готовності до дій в різних сценаріях. Таким чином, макети місцевості впроваджуються військами багатьма країнами, які прагнуть підтримувати свою обороноздатність на високому рівні.

### **1.3. Дослідження фізичних макетів місцевості країн-членів НАТО**

Країни-члени НАТО активно використовують фізичні макети місцевості для тренування, підготовки особового складу, аналізу бойових ситуацій та стратегічного планування. Застосування макетів місцевості дозволяє збільшити ефективність навчання та забезпечити реалістичне відтворення різних умов бойових дій.

Дослідження фізичних макетів місцевості охоплюють наступні аспекти:

- оцінка реалістичності - аналізувати, наскільки точно та реалістично фізичні макети відтворюють реальні умови місцевості. Це дозволяє забезпечити підвищення рівня іммерсії та ефективності навчання;

- удосконалення технік побудови - дослідження можуть спрямовуватися на вдосконалення технік та методів створення фізичних макетів місцевості. Це включає вибір матеріалів, способів моделювання та технологій друку;

- оцінка ефективності навчання - вчені можуть вивчати вплив фізичних макетів місцевості на результативність військового персоналу. Це дозволяє визначити ефективність макетів як засобу тренування та підготовки;
- розробка інноваційних технологій - дослідження можуть спрямовуватися на розробку нових технологій та інновацій, що допоможуть покращити якість фізичних макетів місцевості та забезпечити більш точне та реалістичне відтворення різних сценаріїв;
- міжнародне співробітництво - дослідження фізичних макетів місцевості країн-членів НАТО можуть включати співробітництво з іншими країнами, що також є членами або партнерами НАТО. Обмін досвідом, технологіями та практичними знаннями допомагає покращити якість та ефективність макетів;
- адаптація до нових загроз - країни-члени НАТО постійно стикаються зі змінними безпековими загрозами. Дослідження фізичних макетів місцевості допомагають пристосовувати тренування та підготовку до нових викликів, що дозволяє зберігати високий рівень готовності;
- оптимізація ресурсів - дослідження фізичних макетів місцевості також спрямовані на знаходження оптимальних рішень щодо використання ресурсів, таких як матеріали, техніка, робоча сила та інше. Це допомагає знижувати витрати та покращує ефективність використання макетів;
- використання у військових оперативних центрах - фізичні макети місцевості можуть бути використані в оперативних центрах для стратегічного планування, аналізу бойових ситуацій та прийняття рішень. Це допомагає забезпечити ліпше розуміння ситуації та координацію дій між різними підрозділами;
- використання віртуальної та доповненої реальності - окрім фізичних макетів, дослідження можуть охоплювати використання віртуальних та доповнених реальностей для створення іммерсивних симуляцій бойових ситуацій. Це дозволяє підвищити реалізм навчання та підготовки особового складу;

- психологічні аспекти - дослідження фізичних макетів місцевості можуть також зосереджуватися на вивченні психологічних аспектів навчання та тренувань. Врахування психології військовослужбовців може покращити ефективність макетів та забезпечити ліпше засвоєння матеріалу. [9]

Усі ці аспекти дослідження фізичних макетів місцевості в контексті країн-членів НАТО спрямовані на покращення якості навчання та підготовки військовослужбовців, забезпечення безпеки та ефективності у діях реальних бойових умов. Дослідження такого роду мають стратегічне значення для країн-членів НАТО, оскільки вони сприяють підвищенню військової готовності та забезпеченню колективної безпеки у регіоні та за його межами.

Основні характеристики фізичних макетів місцевості країн-членів НАТО:

- реалістичність: макети створюються з максимальною реалістичністю та деталізацією. Вони відтворюють рельєф, географічні особливості, водні об'єкти, дороги, міста, села та інші об'єкти місцевості;
- масштаб: макети можуть мати різний масштаб, від малих макетів для тактичних тренувань до великих макетів, які охоплюють значну територію для стратегічного планування;
- мультимодальність: деякі макети можуть бути мультимодальними, включаючи землю, воду, повітря та інші простори. Це дозволяє проводити інтегровані тренування різних складових військових сил;
- деталізація: макети можуть бути деталізованими до різних рівнів. Вони можуть включати мініатюрні споруди, обладнання, транспортні засоби, симулювати різні погодні умови та інші деталі;
- переносність: деякі макети можуть бути переносними, що дозволяє їх використання на різних тренувальних полігонах, військових базах або навіть у військових таборах під час польових тренувань.

В ході написання магістерської роботи було досліджено використання фізичних макетів місцевості та визначено, які завдання можна виконувати за допомогою фізичних макетів місцевості, а саме:

- тренування та навчання в умовах обмежень або обставин, коли доступ до реальних територій обмежений або небезпечний;

- тренування військовослужбовців у взаємодії з місцевим населенням під час гуманітарних дій або миротворчих операцій;
- випробування різних тактик та стратегій на практиці. Фізичні макети місцевості дозволяють експериментувати з різними варіантами дій та визначити оптимальний підхід до рішення завдань;
- інтегрування з іншими симуляторами та тренажерами, такими як симулятори зброї, транспортних засобів та літальних апаратів. Це дозволяє проводити комплексне тренування та координацію різних видів військових дій;
- забезпечення реалістичних умов. Фізичні макети дозволяють створити реалістичні умови для навчання та тренувань, включаючи різні погодні умови, обмеження видимості, перешкоди, та інші складнощі, які можуть зустрічатися у бойових умовах;
- аналіз різних стратегічних рішень та їх вплив на розвиток ситуації. Це дозволяє визначити оптимальний підхід та розробити ефективний план дій;
- взаємодія між різними видами військ та службами, такими як піхота, танки, артилерія, авіація, спецназ, логістика та інші. Це сприяє координації дій та забезпечує успішне виконання завдань у реальних бойових умовах.

Таким чином використання фізичних макетів місцевості дозволяє покращити ефективність навчання та підготовки військовослужбовців, а також забезпечити аналіз та планування бойових операцій у реалістичних умовах. Вони є важливим інструментом для підтримки обороноздатності та безпеки країн-членів НАТО, забезпечуючи готовності до різних викликів та загроз. [9]

Переваги та недоліки фізичних макетів місцевості країн-членів НАТО можуть бути різними залежно від контексту використання і специфічних потреб організації.

Перевагами фізичних макетів місцевості країн-членів НАТО є:

- реалізм - фізичні макети надають реалістичне відображення території і дозволяють учасникам навчання або симуляції зануритися в більш іммерсивне середовище. Це може поліпшити ефективність навчання і підготовки військових та цивільних;

- фізична взаємодія - за допомогою фізичних макетів можна вивчати реальну місцевість та діяти взаємодіючи з нею.
- відпрацювання сценаріїв - фізичні макети дозволяють відпрацьовувати різні сценарії та реакції на різні виклики. Це може покращити готовність військових підрозділів та інших служб у разі реальних небезпек;
- командна робота - використання фізичних макетів сприяє співпраці та командній роботі. Військові та цивільні можуть взаємодіяти і вирішувати складні задачі, що поліпшує їхню здатність працювати разом в реальних умовах.

Недоліками фізичних макетів місцевості країн-членів НАТО є:

- вартість - розробка, створення та підтримання фізичних макетів може бути дорогим завданням. Великі макети територій можуть вимагати значних витрат на матеріали, простір і технічне обладнання;
- обмежений масштаб - фізичні макети можуть бути обмеженими в розмірах, що ускладнює відтворення великих територій або детальних елементів. Це може обмежити можливості навчання та симуляцій;
- старіння та застарілість - фізичні макети можуть застарівати з часом, оскільки місцевість може змінюватися або потребувати оновлення залежно від сценаріїв, що вивчаються.

Врахування цих переваг та недоліків дозволяє обрати оптимальні методи підготовки та навчання, включаючи фізичні макети, комп'ютерні симуляції та інші сучасні технології. Кожен інструмент має свої сильні сторони, і їхнє ефективне поєднання може забезпечити кращий результат. [18]

#### **1.4. Аналіз спектру завдань, які можна виконувати в інтересах Збройних Сил України з використанням макетів місцевості**

Використання макетів місцевості є важливим інструментом для тренування і підготовки Збройних Сил України до різних сценаріїв бойових дій та оперативно-тактичних завдань. З макетами місцевості військовим можна навчитися виконувати різноманітні задачі, які допомагають поліпшити їхні навички і вміння у бойових умовах.

Під час написання магістерської роботи було визначено спектри завдань, які можна виконувати в інтересах Збройних Сил України з використанням макетів місцевості, а саме:

- тактичне навчання: макети місцевості дозволяють створювати різні сценарії бойових дій та зони військових операцій, що дозволяє проводити тренування та вправи в реалістичних умовах. Військовим доводиться діяти в умовах, які можуть бути схожі на реальні бойові дії;
- оборонні вправи: використання макетів місцевості дозволяє тренуватися на обороні об'єктів, таких як форпости, засідки та тимчасові опорні пункти. Це допомагає військовим вдосконалити свої навички та координацію дій в умовах бойової обстановки;
- атакуючі операції: з макетами місцевості можна моделювати атакуючі операції на різних типах терену. Військовим можна тренуватися на проривання оборонних ліній, штурмі об'єктів, виконання маневрів та координацію атакуючих загонів;
- розвідка та розвідувальні операції: макети місцевості дозволяють тренувати розвідку, розвідувальні дії, а також використання сучасних розвідувальних засобів і технологій;
- навчання з використанням техніки: макети місцевості дозволяють проводити навчання з використанням різного типу військової техніки, такої як бойові машини піхоти, танки, авіація, десантні човни, ракетні системи та інше;

- навчання на командних рівнях: макети місцевості сприяють розвитку лідерських навичок та навичок командного взаємодії. Вони дозволяють проводити тренування команд управління та координації в умовах бойових дій;
- тренування реагування на екстремальні ситуації: Макети місцевості допомагають військовим тренуватися на реагуванні на несподівані ситуації, стресові обставини та критичні ситуації, що можуть виникнути під час бойових дій;
- навчання взаємодії з населенням та місцевими органами: макети місцевості можуть створюватися з урахуванням населених пунктів, інфраструктури та місцевих органів влади. Це дозволяє військовим тренуватися на взаємодію з цивільним населенням, забезпечення гуманітарної допомоги та виконання завдань стабілізації у зоні воєнного конфлікту;
- взаємодія з іншими військовими підрозділами та союзниками: з макетами місцевості можна створити сценарії, що включають взаємодію між різними військовими підрозділами та союзниками. Це допомагає вдосконалити координацію між різними одиницями та підвищити рівень співпраці;
- підвищення мобільності та оперативності: макети місцевості можуть моделювати різні території та типи терену, що допомагає військовим вдосконалити свої навички переміщення та маневреності в різних умовах;
- тренування інженерних підрозділів: макети місцевості можуть включати інженерні споруди та перешкоди, що дозволяє інженерним підрозділам тренуватися на будівництві та розбиранні плацдармів, створенні мостів, демонтажі мін та багато іншого. [18]

Використання макетів місцевості є незамінним інструментом для підвищення готовності та ефективності Збройних Сил України в умовах сучасних бойових викликів і загроз. Вони допомагають підготуватися до різних сценаріїв бойових дій, покращують командну роботу, розвивають навички та забезпечують безпеку та обороноздатність країни.

## 1.5. Висновки до розділу I

В ході написання першого розділу магістерської роботи було розглянуто основні аспекти моделювання місцевості, які є важливими для використання в оборонних та стратегічних цілях. Зокрема, розглянуті принципи та види моделювання місцевості. Також досліджено інформацію щодо створення та використання макетів місцевості, які є важливими інструментами для аналізу та планування військових завдань та стратегічних операцій.

Окремий акцент було зроблено на дослідженні фізичних макетів місцевості країн-членів НАТО, що свідчить про важливість цієї теми для міжнародного військового співробітництва та безпеки

Крім того, було проведено аналіз спектру завдань, які можна виконувати в інтересах Збройних Сил України з використанням макетів місцевості, що вказує на потенційну користь і практичну застосовність цього методу в оборонних операціях та плануванні військових завдань.

## РОЗДІЛ II. ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ МІСЦЕВОСТІ

### 2.1. Аналіз програмних засобів для моделювання місцевості

Аналіз програмних засобів для моделювання місцевості дуже важливий, оскільки вони дозволяють створювати віртуальні середовища, які відтворюють різні типи терену, що використовуються для навчання, тренування та симуляцій. В ході написання магістерської роботи було розглянуто наступні програмні засоби для моделювання місцевості:

TerraTools є одним з найпоширеніших інструментів для створення віртуальних місцевостей. Він надає можливість імпортувати геопросторові дані, такі як цифрові моделі рельєфу (ЦМР), лінії висот, сателітні знімки та інші географічні дані. Засіб дозволяє легко створювати великі території з деталізацією, що варіюється від макроскопічної до мікроскопічної;

VR-Forces - це інструмент для створення симуляцій військових операцій, який включає в себе моделі терену, поведінку сутностей та взаємодію з іншими об'єктами в симуляції. Він дозволяє створювати реалістичні тренувальні сценарії та аналізувати дії військових формувань в різних умовах;

VBS3 є популярним військовим симулятором, який надає військовим засоби для навчання та тренування на віртуальних полігонах. Програмний засіб має реалістичну модель поведінки та динамічну фізичну модель, що дозволяє військовим впливати на події у віртуальному світі;

Unity 3D - це популярний інструмент для створення ігор та віртуальних середовищ. Він також може використовуватися для створення віртуальних місцевостей для військових навчань та симуляцій. Інтегровані засоби для моделювання та візуалізації дозволяють створювати детальні віртуальні сцени;

CryENGINE - це платформа для створення віртуальних середовищ. Вона дозволяє створювати реалістичні ландшафти, динамічні зміни погоди та

освітлення, що сприяє створенню віртуальних місцевостей для військових симуляцій;

OpenStreetMap - це вільна база географічних даних, яку можна використовувати для створення віртуальних місцевостей. Це дозволяє користувачам створювати та модифікувати географічні об'єкти та території, що допомагає створювати віртуальні місцевості з високою деталізацією;

OneSAF - це програмний засіб для створення військових симуляцій та моделювання місцевості. Він надає можливості для моделювання різних аспектів бойових операцій, включаючи тактику, стратегію, поведінку сутностей, реалістичні фізичні моделі, та інші важливі аспекти;

Presagis Terra Vista - це інструмент для створення детальних моделей місцевості, який використовується в різних військових застосуваннях. Він надає можливості для створення реалістичних тренувальних сценаріїв, об'єктів, динамічних об'єктів та іншого, що допомагає забезпечити високий рівень деталізації в віртуальних місцевостях;

ESRI ArcGIS - це географічна інформаційна система (ГІС), яка може бути використана для створення моделей місцевості. Вона надає доступ до географічних даних, карт, аналізу просторових даних та інших інструментів, що дозволяють створювати реалістичні віртуальні середовища;

VBS Blue є додатком, який дозволяє створювати великі морські території та виконувати військові симуляції з використанням різних типів військового корабельного обладнання;

Geographic Resources Analysis Support System - це інструмент для геоінформатики та аналізу географічних даних. Він надає можливості для створення, аналізу та візуалізації різних типів місцевості, включаючи ландшафти, рельєф, гідрологію та інші географічні аспекти;

Autodesk InfraWorks - це програмний засіб для проектування та моделювання міської інфраструктури, але він також може бути використаний для створення віртуальних місцевостей з реалістичними міськими середовищами;

VirTra V-300 - це аркадний тренажер для вогневої підготовки, який включає інтерактивні сценарії з використанням віртуальних місцевостей для навчання поліції, військових та інших силових структур; [7]

Кожен з цих програмних засобів має свої переваги та особливості. Вибір залежить від конкретних потреб та вимог Збройних Сил України, а також від доступності ресурсів та фінансування. Комбінація декількох програмних засобів може бути найефективнішим підходом для створення комплексних та реалістичних віртуальних місцевостей для навчання та тренування.

Важливо врахувати, що деякі програмні засоби спеціалізуються на створенні моделей місцевості для військових симуляцій та тренувань, тоді як інші можуть бути більш універсальними та використовуватися для створення різних типів віртуальних середовищ. При виборі програмного засобу важливо враховувати конкретні потреби та вимоги військових симуляцій та тренувань Збройних Сил України, а також забезпечити необхідний рівень деталізації та реалізму в створюваних віртуальних місцевостях.

## **2.2. Програмні засоби для моделювання місцевості, які стоять на озброєнні Збройних Сил України**

Збройні Сили України використовують різноманітні програмні засоби для моделювання місцевості та суміжних завдань. Під час написання магістерської роботи було визначено, що у Збройних Силах України використовуються наступні програмні засоби для моделювання місцевості.

Географічні інформаційні системи: ГІС дозволяють аналізувати, інтегрувати та візуалізувати географічні дані на мапах. Вони можуть бути використані для аналізу території, розташування об'єктів, планування маршрутів, оцінки зон ризику та багато іншого. Але саме головне – ГІС дозволяє працювати з даними в інтерактивному режимі: доповнювати бази даних, створювати нові, задавати питання та отримувати на них відповіді, використовувати одразу декілька інформаційних шарів та створювати свої власні макети місцевості. [8]

Військові симулятори: симулятори дозволяють військовослужбовцям тренуватися у віртуальному середовищі з використанням різних сценаріїв, таких як бойові дії, маневри та тактичні операції. Вони можуть допомогти підвищити рівень навичок та координації.

Програмні продукти для аналізу та інтелектуального аналізу даних: такі програми можуть допомогти аналізувати різні дані, такі як інформація про ворожі позиції, кліматичні умови, географічні особливості та інші фактори для оптимізації стратегічного планування.

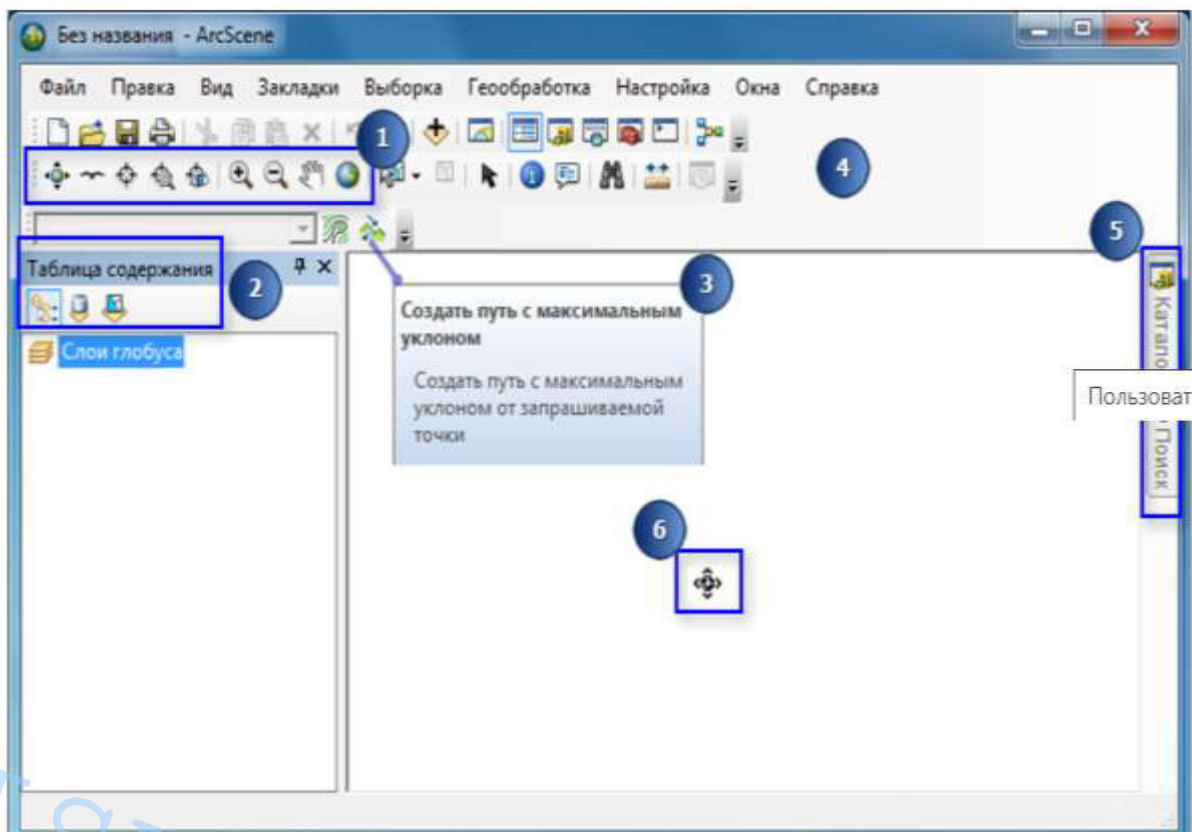
Програмні засоби для візуалізації місцевості: вони дозволяють створювати тривимірні моделі місцевості, що допомагають ліпше зрозуміти географічні особливості, а також можуть використовуватися для планування маршрутів та відображення ворожих позицій.

### **2.3. Створення макету місцевості з використанням програмного продукту ArcScene**

Створення макету місцевості з використанням програмного продукту ArcScene - дозволяє візуалізувати географічні дані у тривимірному середовищі. ArcScene є частиною платформи ArcGIS, яка розроблена компанією Esri для аналізу, відображення та роботи з геопросторовими даними. Під час написання магістерської роботи було розглянуто покроково процес створення макету місцевості з використанням ArcScene. [7]

Крок 1: Підготовка даних. Перш за все, потрібно мати географічні дані, які необхідно візуалізувати у тривимірному форматі. Це можуть бути цифрові моделі рельєфу (Digital Elevation Models - DEMs), векторні шари (наприклад, дороги, річки, будівлі) та інші географічні об'єкти.

Крок 2: Запуск ArcScene. Після встановлення ArcGIS та ArcScene необхідно запустити ArcScene (зображення 2.1) та створити новий проект.



Зображення 2.1. Інтерфейс програмного додатку ArcScene.

В таблиці 2.1. детально розписано, які головні функції в програмному додатку ArcScene.

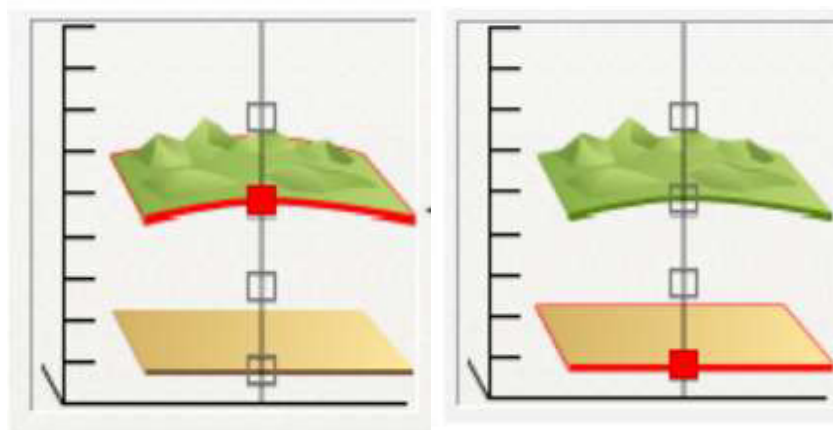
Таблиця 2.1.

Номер елемента інтерфейсу	Опис
1	Панель інструментів (Tools) містить кілька інструментів навігації, що використовуються для управління становищем спостерігача і мети. Ці інструменти оптимізують взаємодію з 3D-зображенням та даними
2	У таблиці змісту є кілька способів відображення шарів: один по одному промальовування, джерела, або по можливості проведення вибірки в шарі. Якщо дані впорядковані по джерелу, над шарами буде вказано шлях.

3	При наведенні курсора на інструмент панелі інструментів з'являються підказки Ви можете швидко дізнатися його назву і можливості.
4	Натиск правою кнопкою миші по області сірого кольору відкриває доступ до включення інших панелей інструментів. Також можна вибирати або скасовувати вибір панелей інструментів в меню «Налаштування» (Customize).
5	Якщо вікно не використовується, воно згортається. Потрібно клацнути закладку, щоб розгорнути її.
6	Значок навігації. Змінює вигляд при використанні різних інструментів для навігації в 3D середовищі. У ArcScene немає 3D-поверхні глобуса.

Крок 3: Додавання даних до сцени. Наступник кроком є додавання географічних даних до сцени ArcScene. Для цього можна використовувати команду "Add Data" (Додати дані) та вибрати відповідні файли з комп'ютера або геодатабази.

Крок 4: Налаштування відображення місцевості. Після додавання даних їх необхідно налаштувати. Налаштувати їх відображення у тривимірному просторі. Змінюються параметри відображення, такі як висота, кут огляду, зум тощо, щоб отримати необхідний ракурс місцевості (зображення 2.3).



Зображення 2.2. Опції базових висот ArcScene.

Крок 5: Додавання ефектів та анімацій (за бажанням) ArcScene дозволяє додавати різноманітні ефекти та анімацію для покращення візуалізації. Наприклад додати затінення для виділення рельєфу, або створити анімаційний шлях для показу руху по місцевості.

Крок 6: Аналіз та спостереження. Після створення макету місцевості провести аналіз даних, спостерігати за географічними особливостями та робити висновки.

Крок 7: Додаткові аналізи та інтерактивні можливості. ArcScene дозволяє виконувати різноманітні аналізи та дослідження місцевості. Наприклад виконувати аналіз видимості для визначення областей, які можуть бути помітними з певних позицій. Також, відтворювати різні сценарії, змінюючи параметри відображення та аналізувати їх наслідки. Крім того, можливо додати взаємодію та інтерактивність до макету. Наприклад, створити попередньо задані лінії або точки, щоб спостерігач міг переходити від одного ракурсу до іншого, або навіть додати можливість маніпулювати даними в реальному часі під час презентацій.

Крок 8: Використання аналітичних інструментів ArcScene. ArcScene надає ряд аналітичних інструментів, які можуть допомогти отримати більше інформації з моделі місцевості. Деякі з цих інструментів включають аналіз затінення (hillshading), профілю рельєфу (profile graph), аналіз видимості (visibility analysis) та інші. Вони дозволяють виконувати детальний аналіз території та розуміти взаємозв'язки між різними географічними елементами.

Крок 9: Візуалізація результатів. Після того, як завершено аналіз місцевості та виконання необхідних операцій, можливо створити вражаючі візуалізації та зображення з результатами роботи. ArcScene надає можливості створити відеопрезентації, знімки екрану та інші графічні матеріали, які допоможуть ефективно комунікувати висновки та результати.

Крок 10: Збереження та ділінг. Після завершення роботи з макетом місцевості, необхідно зберегти його для подальшого використання або поділитися з іншими зацікавленими сторонами.

Це лише загальний огляд процесу створення макету місцевості з використанням ArcScene. Оскільки цей програмний продукт має велику кількість функцій та можливостей, тому під час написання магістерської роботи було детально розглянуто етапи створення макету місцевості. [6]

Вихідні дані, які будуть використовуватися для створення макету місцевості необхідно обробляти в ArcMap. Робота по створенню макету місцевості ділиться на три етапи:

1. Підготовка топографічної основи;
2. Обробка основи та растровий аналіз;
3. Корегування растру у ArcScene.

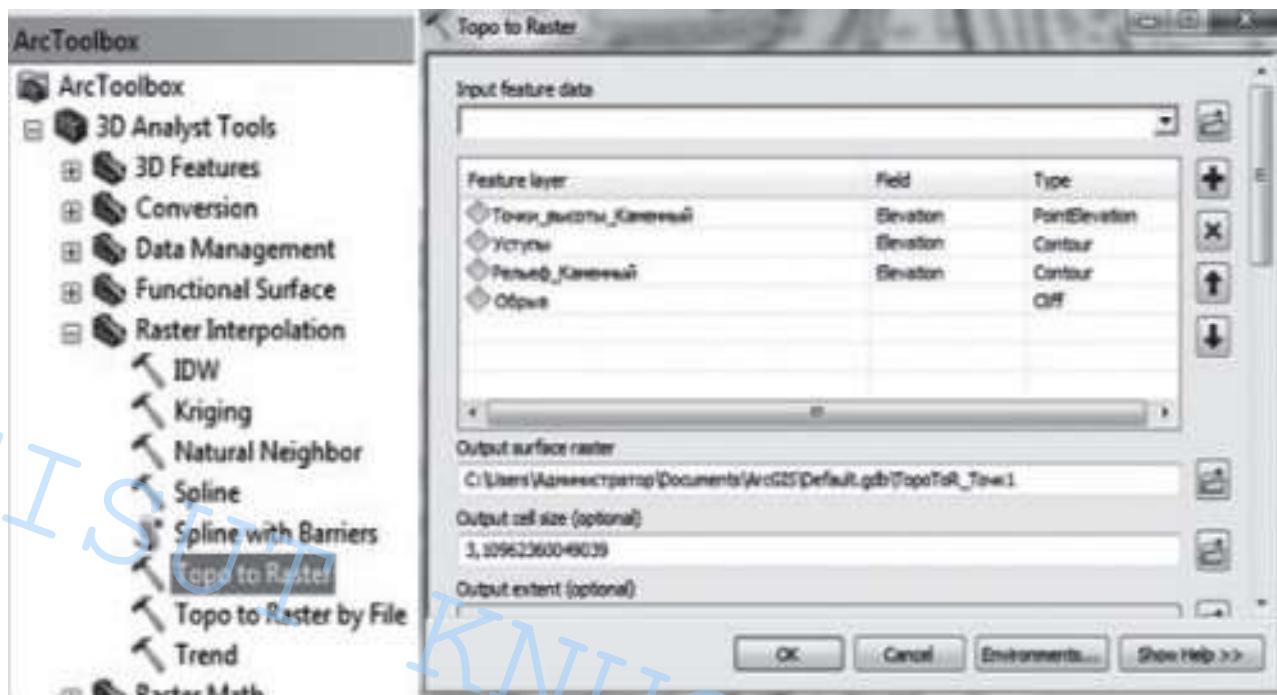
1. Необхідно створити робочу карту. Горизонталі рельєфу та контури уступів необхідно робити різними шейп-файлами. Далі потрібно у шейп-файлі горизонталей в атрибутивній таблиці створити графу для заповнення даних по їх абсолютним відміткам. Після чого зробити таку ж графу в атрибутивній таблиці і для шейп-файлу уступів. Уступи можуть йти перпендикулярно ізолініям рельєфу, та на різних своїх частинах мати різні абсолютні відмітки. виправлення цього, треба ці ізолінії порізати та для кожної частини задати своє значення. Для цього виділити горизонталь та у необхідному місці поділити її інструментом Split Tool.

В подальшому створити лінійний шейп-файл «Обрив». Його значення буде заповнене за допомогою інструменту Copy Parallel. Використання цього інструменту надає змогу копіювати лінійний об'єкт на задану відстань і напрямком. Таким чином скопійовано лінію покриву уступу на мінімальну відстань у ліву сторону. Так лінія обриву буде після лінії уступу. Для цього в вікні CopyParallel зробити наступне:

- в графі Template обрати шейп-файл «Обрив»;
- в графі Distance — мінімальне значення;
- Side — Left;
- Corners — метри.

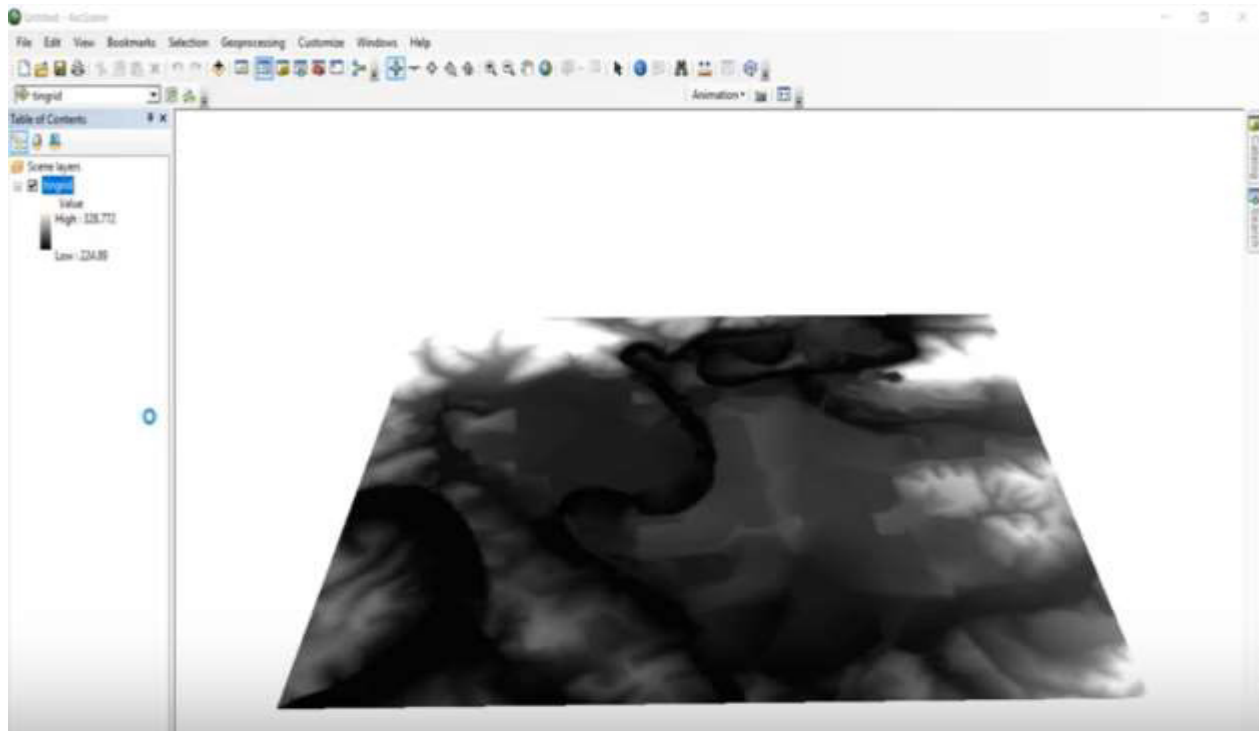
На цьому перший етап підготовки завершено.

2. Підготовка растрового зображення для ArcScene. Для цього, використовується інструмент Topo to Raster, який знаходиться в 3D Analyst Tools — Raster Interpolation — Topo to Raster (зображення 2.3). Цей інструмент допомагає створити растровий документ на основі інтерполяції даних з атрибутивної таблиці використаних шейп-файлів.



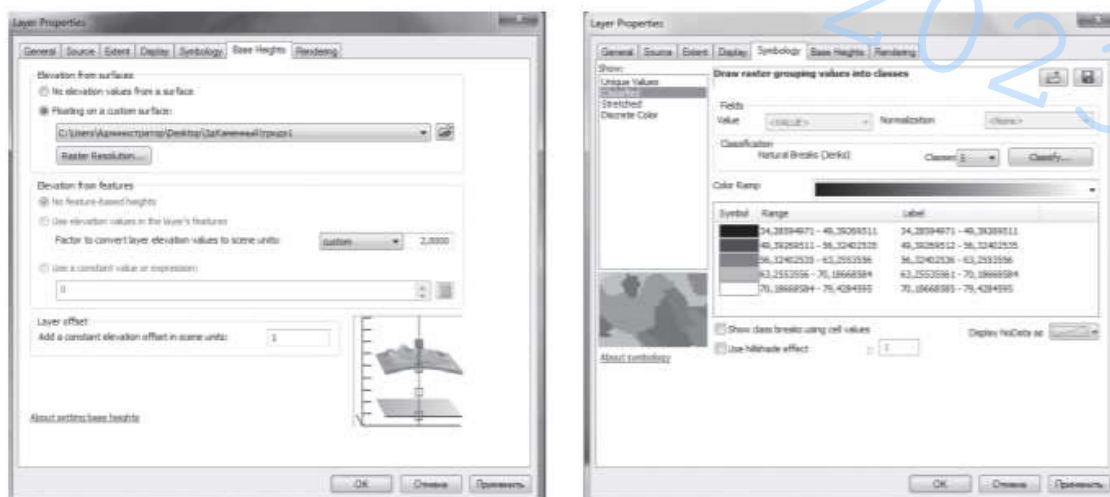
Зображення 2.3. Інструмент Topo to Raster.

Шейп-файли для використання обираються в графі Input feature data. Для даної моделі необхідні файли з даними рельєфу, уступів, точок висот та обривів. Для кожного з вибраних файлів вибираємо в графі Field колонку з атрибутивної таблиці для чисельного використання в побудовах. В графі Type вибираємо спосіб обробки даних, за яким буде побудовано растрову основу. Файли уступів та горизонталей сприймаються як об'єкт звичайної інтерполяції завдяки типу Contour. Точки висот доповнюють та роблять модель більш точною, вони оброблюють в режимі PointElevation. Особливий шейп-файл «Обрыв» виставляється в режимі Cliff. Цей режим не робить ніяких побудов, він обрізає по своїй лінії модель до наступної позначки висоти. Таким чином, уступи виходять більш правильними геометрично та більш реальними. Саме для цього і було створено спочатку копію розриву уступу. Після налаштувань створюється растрова основа. На зображенні 2.4 представлено результат растрової інтерполяції. На цьому другий етап завершено.



Зображення 2.4. Результат растрової інтерполяції.

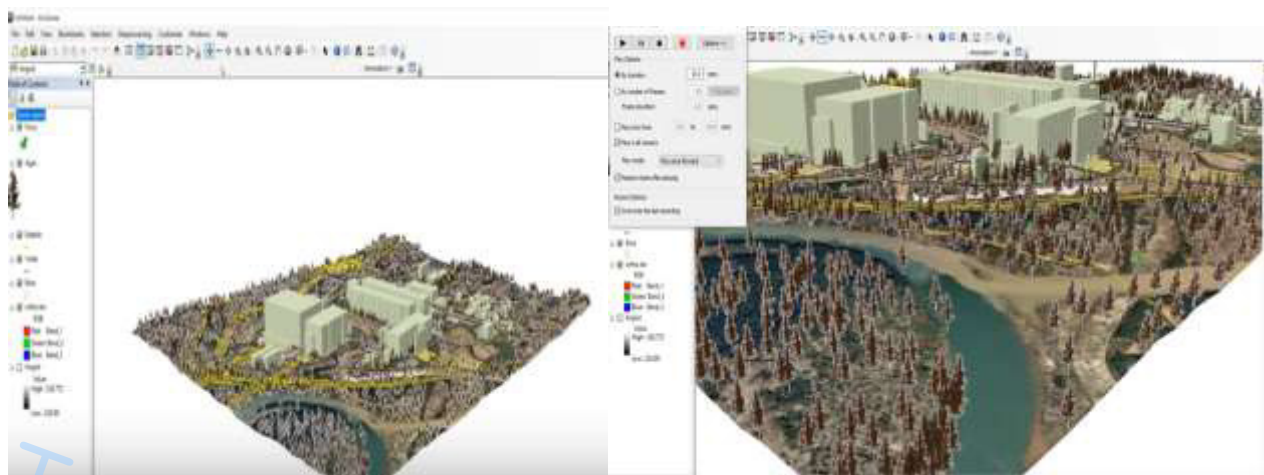
3) На третьому етапі потрібно відкрити вікно Layer Properties та корегувати вкладки Symbology і Base Heights. В вкладці Symbology змінити налаштування графі Classified, де поставити 32 класи кольорів для більш кращого сприйняття, обрати кольорову схему. Також, увімкнути функцію Use hillshade effect для більшого вираження рельєфу (зображення 2.5.).



Зображення 2.5. Вираження рельєфу функцією Use hillshade effect.

У вкладці Base Heights вказати посилання на растр у меню Floating on a custom surface. У графі Custom виставляється значення на яке буде «видавлене» зображення. На цьому налаштування закінчене. Зміна моделі на етапність проектування відбувається через додавання нових шейп-файлів за контурами запланованих уступів, де також необхідно внести їх висоту та доповнити їх у

файл «Обрив». Також, треба видалити усі дані з території поглиблення уступу, якщо їх абсолютна відмітка вище глибини підосви уступу. Цей крок необхідно повторювати для кожної наступної моделі. Отже, таким чином стало можливим створення макету місцевості (зображення 2.6) за допомогою програмного забезпечення ArcScene.



Зображення 3.6. Макет місцевості в програмному додатку ArcScene.

Макет місцевості, створений в ArcScene, може бути корисним для різних практичних завдань у галузі географії, геології, військової тактики, міського планування та багатьох інших. Він може допомагати в кращому розумінні топографії території, забезпечувати візуалізацію проблем та потенційних рішень. [7]

Esri та громада користувачів ArcGIS надають багато ресурсів для навчання та підтримки. Існує велика кількість відеоуроків, підручників, форумів та інших матеріалів, які допоможуть освоїти програму та використовувати її максимально ефективно. Крім того, ArcScene може бути легко інтегровано з іншими програмами та інструментами Esri, такими як ArcMap, ArcCatalog, ArcGIS Pro та іншими. Це дозволяє легко переміщатися між різними програмами та обмінюватися даними між ними.

Створення макету місцевості - це процес, який може бути постійно покращуваним та змінюваним. З розвитком технологій та отриманням нових даних, постійно оновлювати свої моделі, додавати нові шари даних та вдосконалювати аналітичні інструменти. Крім ArcScene, Esri також пропонує інші продукти та розширення для роботи з географічними даними, які можуть доповнювати та покращувати роботу. Як і в багатьох інших аспектах

геоінформатики та геоаналізу, вдосконалення та постійне набуття нових навичок допоможуть стати більш ефективним користувачем ArcScene та домогтися кращих результатів у своїй діяльності.

## 2.4. Висновки до розділу II

У даному розділі було розглянуто важливі аспекти використання програмних засобів для моделювання місцевості в контексті потреб Збройних Сил України.

По-перше був проведений аналіз програмних засобів, доступних для моделювання місцевості, що дозволило визначити їхні переваги та обмеження. Цей аналіз допоможе вибрати належні інструменти для вирішення конкретних завдань та задач у сфері оборони та безпеки.

По-друге було розглянуто програмні засоби для моделювання місцевості, які знаходяться на озброєнні Збройних Сил України. Це свідчить про те, що Україна вкладає зусилля у розвиток власних засобів для аналізу та моделювання місцевості в контексті оборони та безпеки країни.

По-третє було досліджено процес створення макетів місцевості з використанням програмного продукту ArcScene. Цей підхід є конкретним прикладом використання програмного засобу для створення візуального представлення місцевості, що може бути важливим для планування та прийняття рішень.

У цілому, цей розділ наголошує на важливості програмних засобів для моделювання місцевості як інструменту для забезпечення ефективності та безпеки в оборонному секторі, а також показує готовність України до використання сучасних технологій для досягнення своїх оборонних цілей.

## РОЗДІЛ III. ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В МОДЕЛЮВАННІ ЦИФРОВИХ МОДЕЛЕЙ МІСЦЕВОСТІ І ЦИФРОВИХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЄФУ

### 3.1. Вимоги до цифрових моделей місцевості та цифрових моделей рельєфу

Цифрові моделі місцевості (ЦММ) та цифрові моделі рельєфу (ЦМР) є важливими інструментами для геоінформаційних систем та інших додатків, пов'язаних з аналізом місцевості, плануванням, наукою про клімат, екологією та багатьма іншими галузями. Під час написання магістерської роботи було досліджено вимоги до цифрових моделей місцевості та рельєфу, а саме:

1. Роздільна здатність. ЦММ і ЦМР повинні мати достатньо високу роздільну здатність, щоб відображати деталі місцевості та рельєфу з необхідною точністю. Роздільна здатність може варіюватись в залежності від застосування моделі. Вона визначає кількість пікселів чи точок даних, які використовуються для представлення одиниці площі на місцевості або рельєфу. Чим вища роздільна здатність, тим більше деталей можна відобразити на моделі, що робить її більш точною та реалістичною. Роздільна здатність залежить від того, які цілі використовувати для цифрової моделі. Наприклад, для загальних досліджень місцевості або регіонального планування буде достатня менша роздільна здатність. Однак, якщо вивчати деталізовані аспекти землевпорядкування, інженерні проекти або взаємодію природних процесів, більш висока роздільна здатність буде необхідною. [14]

Зазвичай роздільна здатність ЦММ та ЦМР вимірюється в метрах або футах на піксель (м/пк або фт/пк). Наприклад, модель з роздільною здатністю 1 м/пк буде мати деталізацію 1 метр на один піксель, що дозволяє відображати об'єкти розміром в один метр або більше. Висока роздільна здатність може призводити до збільшення обсягу даних та вимог до обробки і зберігання, тому вибір оптимальної роздільної здатності повинен бути обґрунтований з урахуванням ваших конкретних потреб і можливостей ресурсів.

2. Горизонтальна протяжність. ЦММ та ЦМР повинні охоплювати достатню площу, щоб включати всі важливі аспекти вивчення місцевості або рельєфу. Горизонтальна протяжність може бути регіональною, національною або навіть глобальною.

Горизонтальна протяжність визначає площу землі, яка представлена в межах моделі, тобто територію, що охоплюється даними. Вимоги до горизонтальної протяжності залежать від мети використання моделі.

Для досліджень регіонального масштабу, таких як дослідження клімату, землевпорядкування, довкілля тощо, можуть вимагатися цифрові моделі, які охоплюють великі території, такі як область, країна або континент. Такі моделі називаються регіональними. Для досліджень та планування національного масштабу, наприклад, для земельної політики або довкілля, можуть використовуватися цифрові моделі, що охоплюють всю територію країни. Деякі дослідження або застосування, такі як вивчення глобальних кліматичних змін або моніторинг земної поверхні, можуть потребувати глобальні цифрові моделі місцевості та рельєфу, які охоплюють увесь Земний шар.

Горизонтальна протяжність також повинна бути збалансована з роздільною здатністю. Велика територія при високій роздільній здатності може призводити до великого обсягу даних, що може вимагати потужнішої обробки та зберігання. У випадку глобальних моделей важливо також враховувати забезпечення стабільного покриття всієї планети, оскільки великі території можуть включати південні та північні полюси, які можуть бути менш зображені на стандартних проекціях.

3. Вертикальна протяжність. ЦМР повинні включати висоти землі або інші параметри рельєфу на різних вертикальних рівнях, щоб дозволити аналіз топографічних характеристик рельєфу. Вертикальна протяжність визначає кількість вертикальних рівнів, на яких представлені висоти землі або інші параметри рельєфу. Це дозволяє створити тривимірне представлення рельєфу, яке допомагає аналізувати топографічні характеристики території. Вертикальна протяжність ЦМР може бути різною в залежності від потреб. Вертикальна протяжність є важливою для багатьох досліджень та застосувань, таких як

гідрологічні дослідження, аналіз екологічних аспектів, планування інженерних проектів, розробка земельного впорядкування та багато іншого. Вибір вертикальної протяжності повинен враховувати потреби проекту та доступність даних, а також можливість забезпечити високу точність представлення рельєфу.

4. Точність. Висока точність є ключовою вимогою для ЦММ і ЦМР. Точність є однією з найважливіших характеристик цифрових моделей місцевості та цифрових моделей рельєфу. Цифрові моделі повинні відповідати реальному стану місцевості та рельєфу з мінімальною похибкою, щоб забезпечити достовірні результати та надійність при аналізі, плануванні та прийнятті рішень.

Для забезпечення високої точності ЦММ та ЦМР, необхідно враховувати наступні аспекти:

- Джерела даних: Використані джерела даних повинні бути достовірними та надійними. Наприклад, дані, отримані з лазерного сканування або аерофотознімків, можуть забезпечувати більш високу точність, ніж інші джерела даних.

- Геореференція: ЦММ та ЦМР повинні бути правильно геореференційованими, тобто прив'язаними до географічного простору з високою точністю. Це дозволяє коректно співставляти їх з іншими геопросторовими даними та використовувати для аналізу в реальному масштабі.

- Контроль якості: Перед використанням цифрових моделей важливо провести контроль якості даних. Це включає перевірку точності, відповідності стандартам, виявлення помилок та артефактів.

- Точність вимірювань: Якщо ЦММ або ЦМР створюються на основі вимірювань на місці, необхідно забезпечити високу точність інструментів та методів вимірювання.

- Валідація даних: Після створення ЦММ та ЦМР, їх можна перевірити на точність та відповідність реальним умовам шляхом порівняння з незалежними даними чи знаннями про територію.

Висока точність ЦММ та ЦМР дозволяє використовувати їх для критичних застосувань, таких як інженерні проекти, моніторинг змін у природному середовищі, гідрологічні дослідження, аналіз ризиків небезпечних процесів. Правильно підготовлені та достовірні ЦММ та ЦМР є важливим інструментом для роботи з геопросторовими даними та прийняття інформованих рішень. Джерела даних. ЦММ і ЦМР можуть створюватися з використанням різних джерел даних, таких як лазерне сканування (LIDAR), супутникові знімки, аерофотознімки, теренові заміри тощо. Вибір надійних і перевірених джерел даних має великий вплив на якість та точність отриманих моделей. Джерелами даних для створення ЦММ і ЦМР є лазерне сканування, супутникові знімки, аерофотознімки, теренові заміри та географічні бази даних.

При використанні даних з різних джерел важливо враховувати їхню якість, роздільну здатність, масштаб, геореференцію та інші характеристики. Також варто зазначити, що комбінування даних з різних джерел може покращити якість моделі шляхом компенсації обмежень окремих джерел. [4]

5. Формати даних. ЦММ і ЦМР повинні бути доступними у стандартних форматах даних, які забезпечують сумісність інформації з різними ГІС та програмами для обробки даних. Доступність ЦММ та ЦМР у стандартних форматах сприяє ефективнішому обробленню, аналізу та використанню цих даних з більшою кількістю інструментів та програмних продуктів. Поширеними форматами даних для ЦММ і ЦМР є:

- GeoTIFF - це формат зображення, який містить географічну інформацію, таку як просторове положення та географічні координати. Він широко використовується для зберігання геопросторових даних, включаючи цифрові моделі місцевості та рельєфу;

- ASCII Grid - це текстовий формат даних, у якому значення висоти землі представлені у вигляді чисел у вигляді сітки. Він простий у використанні та зручний для обміну даними;

- LIDAR - формат (Lidar Data Exchange Format) використовується для зберігання даних, отриманих з лазерного сканування. Він має спеціальні поля для представлення висот та інших параметрів рельєфу;

- DEM (Digital Elevation Model) - це формат, що використовується для представлення цифрових моделей рельєфу;
- Shapefile - не є форматом для цифрових моделей місцевості та рельєфу, але він часто використовується для зберігання географічних об'єктів, таких як контури території або лінії рельєфу.

Забезпечення сумісності даних у стандартних форматах допоможе забезпечити легкий обмін та інтеграцію даних між різними геоінформаційними системами і інструментами для обробки геопросторової інформації.

6. Актуальність. ЦММ і ЦМР повинні оновлюватися та підтримуватися згідно з необхідністю. Місцевість та рельєф можуть змінюватися з часом, і дані повинні відображати поточний стан. Актуальність включає оновлення даних, моніторинг змін та регулярність оновлень. Актуальність даних є критично важливою для багатьох досліджень, проектів та прийняття рішень. Підтримка актуальності даних допомагає забезпечити надійність та використання цифрових моделей місцевості та рельєфу в реальному часі.

Враховуючи ці вимоги, цифрові моделі місцевості та рельєфу можуть ефективно використовуватися для різних цілей, що допомагає зрозуміти, аналізувати та планувати використання території та ресурсів.

### **3.2. Способи та методи створення цифрових моделей місцевості та цифрових моделей рельєфу**

Для створення цифрових моделей місцевості та цифрових моделей рельєфу використовуються різні сучасні технології та методи, які класифікуються наступним чином:

- лазерне сканування: лазерне сканування є одним із найпоширеніших методів для створення високоточних ЦММ та ЦМР. Воно використовує лазери для вимірювання відстаней між приладом і поверхнею землі. Отримані дані дозволяють створити точні тривимірні моделі рельєфу.
- фотограмметрія та дистанційне зондування: ці методи використовують аерофотозйомку та супутникові зображення для створення

ЦММ та ЦМР. Знімки обробляються та аналізуються з використанням комп'ютерних програм, що дозволяє отримати тривимірну інформацію;

- геодезичні вимірювання: геодезичні методи використовують тригонометрію та геодезичні інструменти для вимірювання точних координат і висот на земельній поверхні;
- сканування з дронів: дрони використовуються для аерофотозйомки та лазерного сканування, що дозволяє отримувати високоякісні зображення та дані для створення ЦММ та ЦМР в обмеженому масштабі;
- географічні інформаційні системи: ГІС використовуються для обробки та аналізу геопросторових даних, включаючи висотні дані, отримані з різних джерел. Вони дозволяють інтегрувати та візуалізувати інформацію про місцевість та рельєф;
- моделювання на основі супутникових даних: супутникові дані, зокрема з використанням методів інтерферометрії з різницею фаз, можуть бути використані для створення цифрових моделей місцевості в регіонах з активними геологічними явищами, такими як зсуви та землетруси;
- методи штучного інтелекту: техніки машинного навчання і нейронних мереж можуть бути використані для аналізу геодезичних та супутникових даних з метою автоматизації процесу створення ЦММ та ЦМР;
- методи сейсмічної геоморфології: для дослідження рельєфу земної поверхні можуть використовуватися методи сейсмічної геоморфології, які вимірюють вібрації та хвилі, що поширюються через земну кору, для визначення глибини та структури підземних форм;
- інтерферометричний синтез апертури: цей метод використовує дані супутникових радарів для вимірювання маленьких зсувів поверхні землі, що допомагає створити точні цифрові моделі місцевості та рельєфу;
- гідрографічні дослідження: для створення цифрових моделей дна водоймищ (річок, озер, океанів) використовуються гідрографічні дослідження, які включають в себе вимірювання глибин та характеристик дна;

- використання даних від користувачів: сучасні технології дозволяють користувачам спільно створювати та вдосконалювати ЦММ та ЦМР, додаючи дані з смартфонів, дронів або інших джерел інформації;
- ручне моделювання: у випадках, коли немає доступу до сучасних технологій або дані є недостатніми, може застосовуватися ручне моделювання рельєфу на основі географічних карт і супутникових зображень;
- методи обробки сигналів: деякі методи обробки сигналів, такі як фільтрація та кореляція, можуть використовуватися для аналізу і обробки супутникових зображень та лазерних даних для створення більш точних ЦММ та ЦМР;
- робототехніка та автономні системи: роботи та автономні системи можуть бути використані для збору даних на важкодоступних або небезпечних теренах. Наприклад, роботи можуть бути використані для створення ЦММ та ЦМР в зонах природних катастроф або гірських районах;
- інтерактивні 3D-моделі: інтерактивні 3D-моделі можуть бути створені за допомогою спеціального програмного забезпечення для візуалізації та вивчення місцевості та рельєфу. Ці моделі можуть бути використані для навчання, вирішення завдань в галузі місцевого планування та інших областей;
- методи геоінформаційного аналізу: геоінформаційний аналіз дозволяє використовувати геопросторові дані для вивчення місцевості та рельєфу з різних перспектив, включаючи аналіз схилів, гідрологічних мереж, лісів та інших фізичних особливостей;
- створення цифрових топографічних карт: цифрові топографічні карти можуть бути створені на основі ЦММ та ЦМР для подальшого використання у геодезії, картографії, місцевому плануванні та інших галузях;
- гідрологічні моделі: для аналізу та прогнозу поведінки водоймищ і річкових басейнів використовуються гідрологічні моделі, які базуються на ЦММ та ЦМР, а також метеорологічних та гідрологічних даних;
- аеролінійна фотограмметрія: цей метод включає в себе використання фотокамер, які встановлені на літаках або вертольотах.

Фотокамери роблять серію знімків певної території, і потім фотограмметрична обробка цих зображень дозволяє створити ЦММ та ЦМР;

- створення геологічних моделей: для більш глибокого розуміння геологічних процесів та властивостей земної кори можна створювати геологічні моделі, які включають в себе інформацію про місцевість та рельєф;

- методи дистанційного зондування з інфрачервоного та радіовидимого діапазонів: ці методи використовуються для аналізу термального випромінювання та інших властивостей поверхні землі для створення цифрових моделей місцевості та рельєфу;

- комп'ютерна графіка та візуалізація: комп'ютерна графіка може використовуватися для створення реалістичних 3D-моделей місцевості та рельєфу для візуалізації та навчальних цілей. [13]

Використання конкретного методу залежить від масштабу проекту, доступних ресурсів, потреб користувача та точності, необхідної для конкретних додатків. Комбінація різних методів і джерел даних може забезпечити найкращий результат при створенні цифрових моделей місцевості та рельєфу.

### **3.3. Пропозиції щодо нових технологій в моделюванні цифрових моделей місцевості та цифрових моделей рельєфу**

Моделювання цифрових моделей місцевості та рельєфу є важливими завданнями в галузях геоінформатики, геодезії, картографії, ландшафтної архітектури та інших суміжних областях. Нові технології можуть значно покращити точність та ефективність цих процесів. В ході написання магістерської роботи було розроблено пропозиції щодо використання нових технологій в цій галузі, а саме:

*Застосування штучного інтелекту та машинного навчання.* Використання алгоритмів машинного навчання для автоматичного виявлення та класифікації рельєфних особливостей на основі зображень, супутникових фотографій та лідарних даних.

*Обробка великих обсягів даних.* Розвиток інфраструктури для збору, зберігання і аналізу великих обсягів геопросторових даних, включаючи високороздільні супутникові знімки, аерофотографії та геодезичні вимірювання.

*Обробка в реальному часі.* Розробка систем, які можуть моделювати місцевість та рельєф в реальному часі, що корисно для автомобільних навігаційних систем, віртуальної реальності та інших додатків.

*Інтерактивні інтерфейси.* Створення інтерактивних інтерфейсів для співпраці з геопросторовими даними, що дозволять користувачам легко маніпулювати моделями місцевості та рельєфу.

*3D моделі рельєфу.* Розвиток технологій для створення докладних тривимірних моделей рельєфу, які враховують не тільки горизонтальні, але і вертикальні особливості.

*Використання дронів та беспілотників.* Використання беспілотників і дронів для збору геопросторових даних та створення детальних моделей місцевості та рельєфу в важкодоступних або небезпечних територіях.

*Використання квантових обчислень.* Розвиток алгоритмів та програм для використання квантових комп'ютерів для розрахунків у галузі моделювання місцевості та рельєфу, що може значно прискорити обчислення великих обсягів даних.

*Віртуалізація та розширена реальність.* Розробка додатків та інструментів для створення і візуалізації віртуальних реальностей на основі цифрових моделей місцевості та рельєфу для різних цілей, включаючи освіту, розваги та професійну діяльність.

Застосування нових технологій в моделюванні цифрових моделей місцевості та рельєфу має численні переваги, які важливі для наукових досліджень, планування та управління, ось декілька з них:

*Точність та реалізм:* Нові технології дозволяють створювати більш точні та реалістичні цифрові моделі, що корисно для різних застосувань, включаючи геологічні дослідження, архітектурне проектування, геодезію та інше;

*Швидкість та ефективність:* Сучасні комп'ютерні технології дозволяють обробляти та аналізувати великі обсяги геопросторових даних швидше і ефективніше, що сприяє прискоренню процесу моделювання;

*Автоматизація:* Використання машинного навчання і штучного інтелекту дозволяє автоматизувати процеси аналізу та обробки даних, що зменшує необхідність у великій кількості ручної роботи;

*Легший доступ до даних:* Супутникові системи спостереження та дрони дозволяють збирати дані в реальному часі та в важкодоступних областях, що робить моделювання більш доступним та широкодоступним;

*Глобальний охоплення:* Нові технології дозволяють створювати цифрові моделі місцевості для будь-якої точки на планеті, що корисно для глобальних досліджень та прогнозування;

*Сприяння науковим дослідженням:* Цифрові моделі надають науковикам можливість вивчати різні явища, такі як зміна клімату, геологічні процеси, біорізноманіття та інші, що допомагає розробляти більш ефективні стратегії управління ресурсами;

*Застосування в навігації і транспорті:* Точні цифрові моделі рельєфу важливі для навігації та руху автономних транспортних засобів;

*Запобігання природним катастрофам:* Моделювання дозволяє прогнозувати та запобігати природним катастрофам, таким як повені, зсуви, землетруси;

*Сталість та невразливість до часу:* Цифрові моделі можна легко оновлювати та адаптувати до змін в часі, що дозволяє використовувати їх для довгострокових планів;

*Віртуальна реальність і освіта:* Використання цифрових моделей для навчання, освіти та віртуальної реальності робить процес навчання більш інтерактивним та зрозумілим;

*Міське планування та розвиток:* Застосування цифрових моделей допомагає в управлінні розвитком міст та плануванні інфраструктури, зменшуючи негативний вплив на навколишнє середовище;

*Моделювання та аналіз ризиків:* Цифрові моделі місцевості дозволяють аналізувати ризики, пов'язані з природними катастрофами, змінами клімату, водними ресурсами та іншими чинниками, що сприяє розробці стратегій управління ризиками;

*Підтримка прийняття рішень:* Цифрові моделі надають важливу інформацію для прийняття рішень у різних галузях;

*Забезпечення безпеки та оборони:* Цифрові моделі місцевості важливі для військового застосування, такого як планування військових операцій, навчання та оборона;

*Архітектурне та міське проектування:* У процесі архітектурного та міського проектування цифрові моделі допомагають візуалізувати та тестувати концепції перед реалізацією, що зменшує ризик помилок та економить ресурси;

*Ефективне використання природних ресурсів:* Цифрові моделі дозволяють прогнозувати вплив видобутку та використання природних ресурсів на навколишнє середовище та сприяють створенню сталої та ефективної господарської діяльності;

*Оцінка екологічних наслідків:* Цифрові моделі допомагають аналізувати екологічні наслідки різних проектів та діяльності, дозволяючи приймати рішення з метою збереження природи та збалансованого розвитку.

Загалом, нові технології в моделюванні цифрових моделей місцевості та рельєфу сприяють більш ефективному використанню геопросторових даних, що робить їх потужним інструментом для багатьох галузей.

Застосування нових технологій у моделюванні цифрових моделей місцевості та рельєфу має великий потенціал для поліпшення різних аспектів, від науки та охорони навколишнього середовища до інфраструктури та безпеки. Ці технології стають ключовим інструментом у розв'язанні сучасних проблем і сприяють сталому розвитку суспільства.

Ці технології можуть використовуватися як окремо, так і в поєднанні, для поліпшення точності та доступності цифрових моделей місцевості та рельєфу для широкого спектру застосувань.

### 3.4. Висновки до розділу III

В ході написання третього розділу магістерської роботи було розглянуто пропозиції та рекомендації щодо застосування нових технологій у моделюванні цифрових моделей місцевості і цифрових моделей рельєфу, спрямованих на підвищення ефективності та точності цього процесу. Таким чином було відзначено наступні ключові висновки:

для забезпечення точності та реалістичності цифрових моделей необхідно визначити чіткі вимоги до роздільної здатності, деталізації, актуальності та геодезичної точності даних;

проаналізовано різні методи та технології для створення цифрових моделей місцевості та рельєфу, включаючи лазерне сканування, фотограмметрію, дистанційне зондування і інші. Рекомендується використовувати комплексний підхід, поєднуючи різні джерела даних та технології для досягнення найкращого результату;

надано пропозиції щодо впровадження нових технологій, таких як штучний інтелект, машинне навчання, обробка великих обсягів даних та квантові обчислення, для покращення точності та швидкості створення цифрових моделей;

Загалом, використання новітніх технологій у моделюванні цифрових моделей місцевості та рельєфу може значно підвищити ефективність та точність військових операцій та планування, сприяючи збереженню національної безпеки та оборони.

---

## РОЗДІЛ IV. ТЕХНОЛОГІЧНІ ІННОВАЦІЇ В МОДЕЛЮВАННІ МІСЦЕВОСТІ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ТА ВИКОНАННІ БОЙОВИХ ЗАДАЧ

### 4.1. Застосування даних аерофотозйомки з безпілотних літальних апаратів для побудови 3D моделей місцевості

В сучасному військовому та цивільному контексті використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) стає все більш поширеним для отримання високоякісних зображень територій. Однією з ключових технологій, яка максимально використовує потенціал БПЛА, є аерофотозйомка, що визначено її унікальною здатністю створювати тривимірні моделі місцевості. У цьому розділі детально розглядається застосування даних аерофотозйомки з безпілотних літальних апаратів для побудови 3D моделей місцевості та їхній вплив на різні галузі.

За допомогою БПЛА отримують точні фото- та відеоматеріали, які обробляються в спеціалізованому програмному забезпеченні та дозволяють одночасно обробляти і об'єднувати сотні фотографій, знятих з різних ракурсів, і автоматично створювати 3D моделі місцевості. З використанням БПЛА проводять зйомку з малих висот та великою деталізацією, недоступною для великої авіації і супутників. Завдяки тому, що дрони використовують камери з оптикою високої роздільної здатності, можна отримати дуже високу точність тривимірних моделей. [16]

Аерофотозйомка проводиться з попереднім планування польоту та необхідним перекриттям (поздовжнім і поперечним) та наземними точками контролю. Також наявність автоматичної системи управління є необхідною передумовою для виконання аерофотознімання. Знімки виконуються, як правило, через рівні інтервали, а польотні дані записуються для виконання наступної фази обробки. Під час польотів БПЛА, знімки отримуються без координатної прив'язки, але якщо цей процес поєднати з використанням GPS-приймачів, то отриманий матеріал стає цілком придатний для використання.

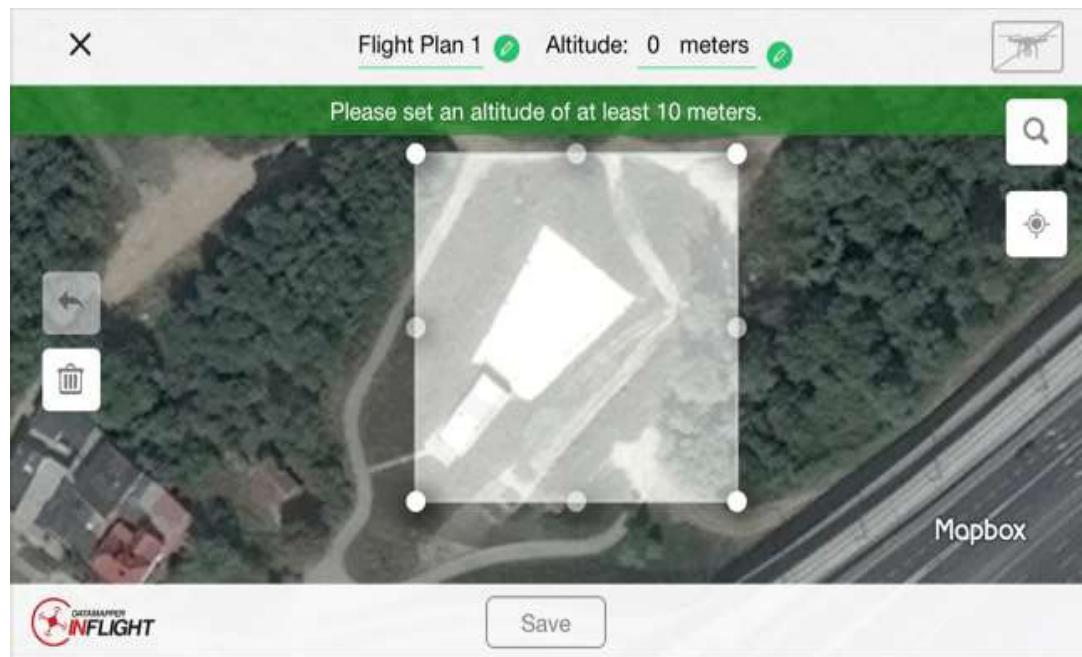
Створення 3D моделі місцевості включає в себе наступні технологічні етапи, кожен з яких потребує належної уваги та постійного контролю:

**1. Вибір БПЛА.** Найголовнішим кроком перед початком роботи є вибір БПЛА для виконання поставлених цілей. Наприклад прикладом оптимального БПЛА для виконання картографічних робіт є P316 та DJI Inspire2, які є озброєнні в 115 картографічному центрі.

**2. Система управління дроном.** Наступним кроком є вибір програмного забезпечення для керування дроном, складання та планування маршрутів в режимі автопілоту. Як правило, виробники квадрокоптерів надають можливість безкоштовно завантажити спеціальні додатки для керування своїми пристроями. Під час написання магістерської роботи було визначено, що найпопулярнішими додатками для керування безпілотними літальними апаратами є: Drone Deploy та Pix4D.

**3. Вибір часу зйомки.** Одним із найважливіших рішень при створенні тривимірних моделей за допомогою БПЛА є вибір оптимального часу зйомки. Необхідно враховувати відсутність вітру та дощу, проте дана вимога діє і при звичайних зніманнях з метою створення ортофотоплану. Оптимальний час для отримання знімків, які будуть використані для створення тривимірної моделі, коли сонце знаходиться в зеніті, адже інакше тіні в ранішню та вечірню пору безсумнівно відобразяться на кінцевому результаті – тривимірній моделі місцевості.

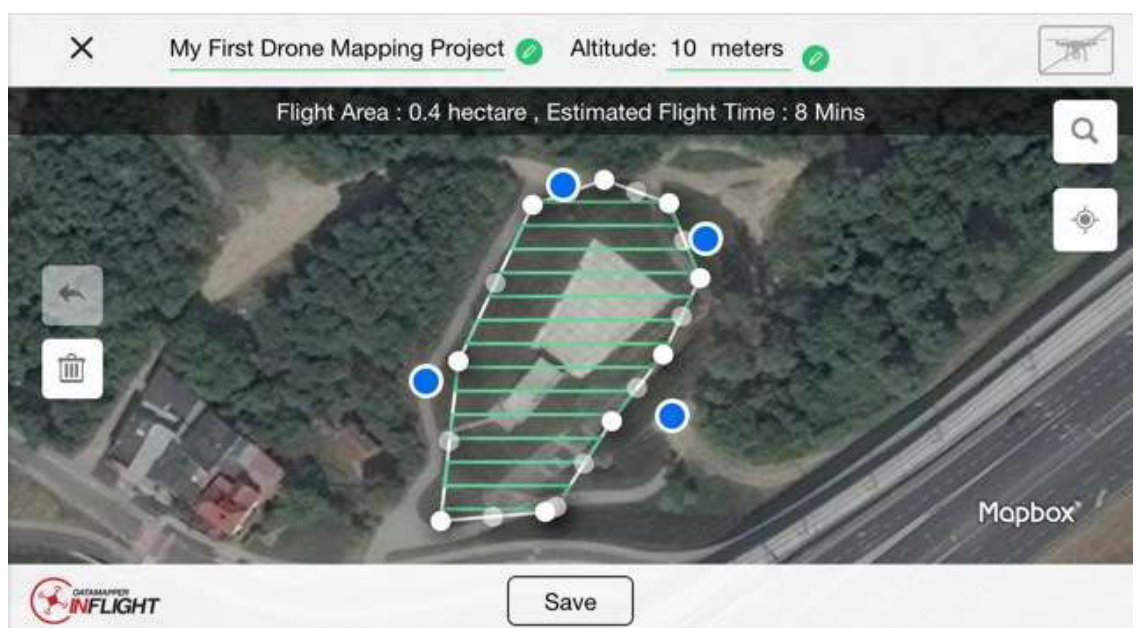
**4. Зйомка зони інтересу в надирі.** Даний етап виконується в тому випадку, коли виконавцю необхідно окреслити зону інтересу, адже лише так програма контролю польоту зможе вирахувати маршрут з оптимальним поздовжнім та поперечним перекриттям та кутами нахилу камери (зображення 4.1.). Для оптимального вибору зони знімання приблизно в центрі зони виконується знімання під прямим кутом до поверхні землі, що дозволяє оператору БПЛА окреслити зону інтересу.



Зображення 4.1. Вибір території для зйомки

**5. Формування польотного плану.** В ході даного етапу програма, яка керує польотом БПЛА у відповідності до вказаної площі зйомки формується польотний план (зображення 4.2.) у якому враховується:

- поперечне перекриття знімків;
- будується маршрут просування БПЛА на заданій території;
- можливість виконання зйомки за заданих параметрів;
- необхідний заряд акумуляторних батарей;
- вказуються необхідні кути нахилу камери;
- поздовжнє перекриття знімків.



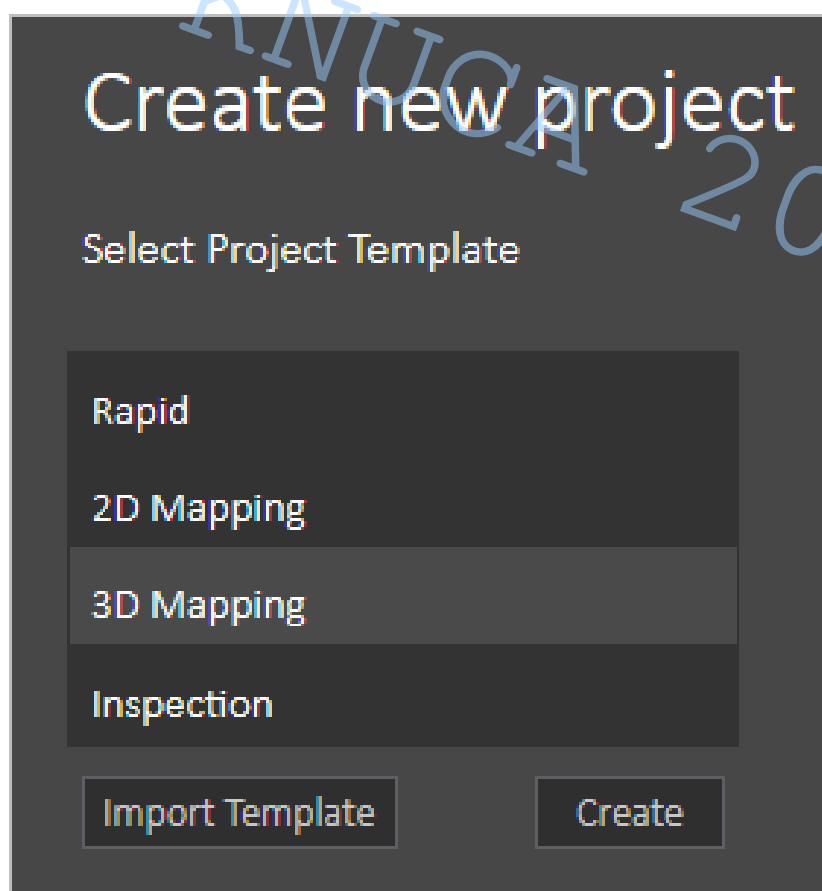
Зображення 4.2. Автоматичний розрахунок польотного плану

**6. Перевірка якості відзнятого матеріалу.** Виконавець має оцінити якість знімків для подальшої обробки. Цей етап необхідний для запобігання виявленню браку вихідного матеріалу на етапі обробки.

**7. Обробка знімків.** На сьогодні наявний широкий спектр програм для обробки висотних знімків місцевості. Всі вони мають схожу схему обробки знімків, адже орієнтовані на конкретного споживача. Під час написання четвертого розділу магістерської роботи було розглянуто обробку аерофотознімків в додатку для ArcGIS – Drone2Map.

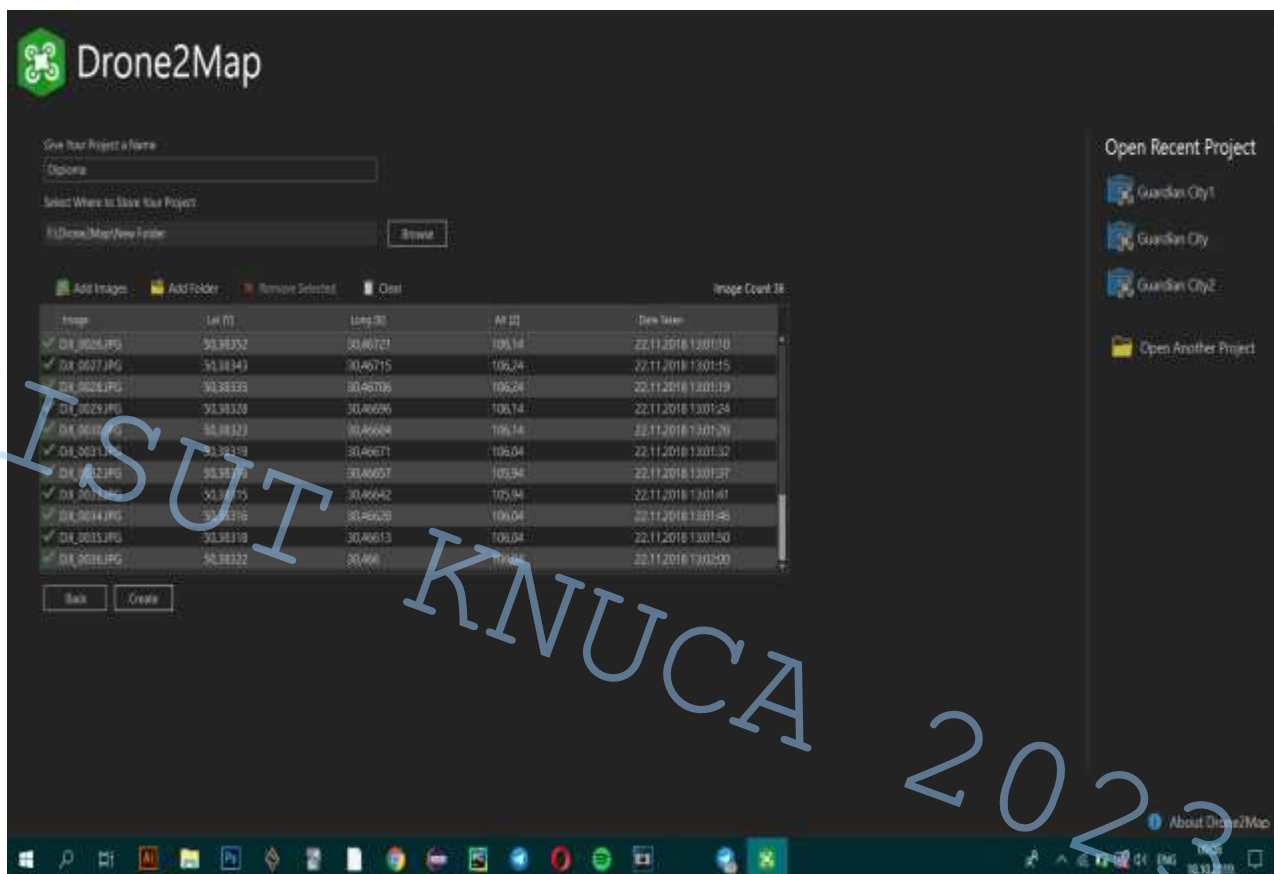
### Побудова 3D моделі в Drone2Map

Отримані знімки з БПЛА зберігаються у вигляді архівної папки. Необхідно завантажити папку, розпакувати її вміст і переглянути деякі знімки перед тим, як додавати їх в проект Drone2Map. Під час відкриття Drone2Map for ArcGIS відкриється програма з вікном Створити новий проект. Необхідно обрати для проекту 3D Mapping (Зображення 4.3.).



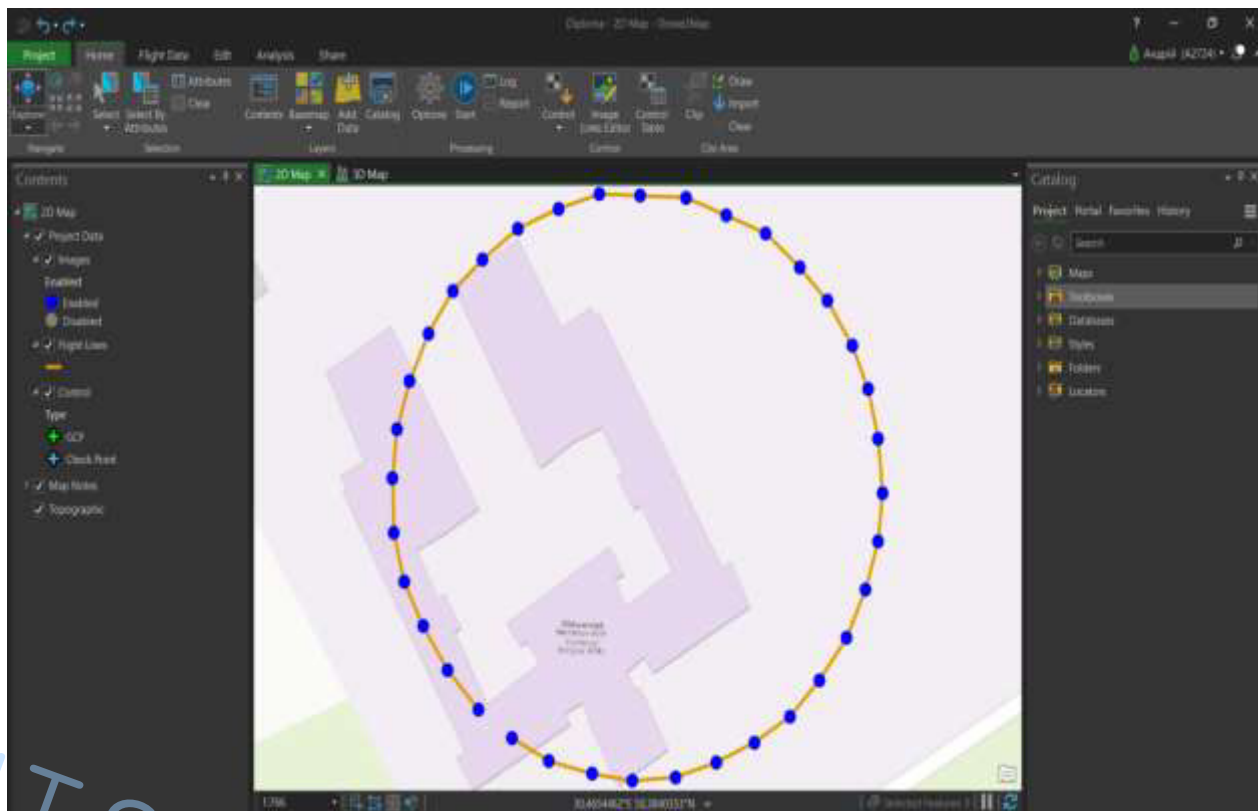
Зображення 4.3. Створення нового проекту

Текст і зображення праворуч від списку шаблонів зміняться, там з'явиться більше інформації про обраний шаблон. Під списком шаблонів потрібно обрати - Створити. Далі необхідно вказати деякі параметри проекту та обрати знімки для використання. Переходимо та обираємо папку Drone\_Images (в ній зберігаються зображення, які були зроблені з безпілотної). Натискаємо Select Folder (Вибрати папку), щоб додати зображення з папки в список знімків.



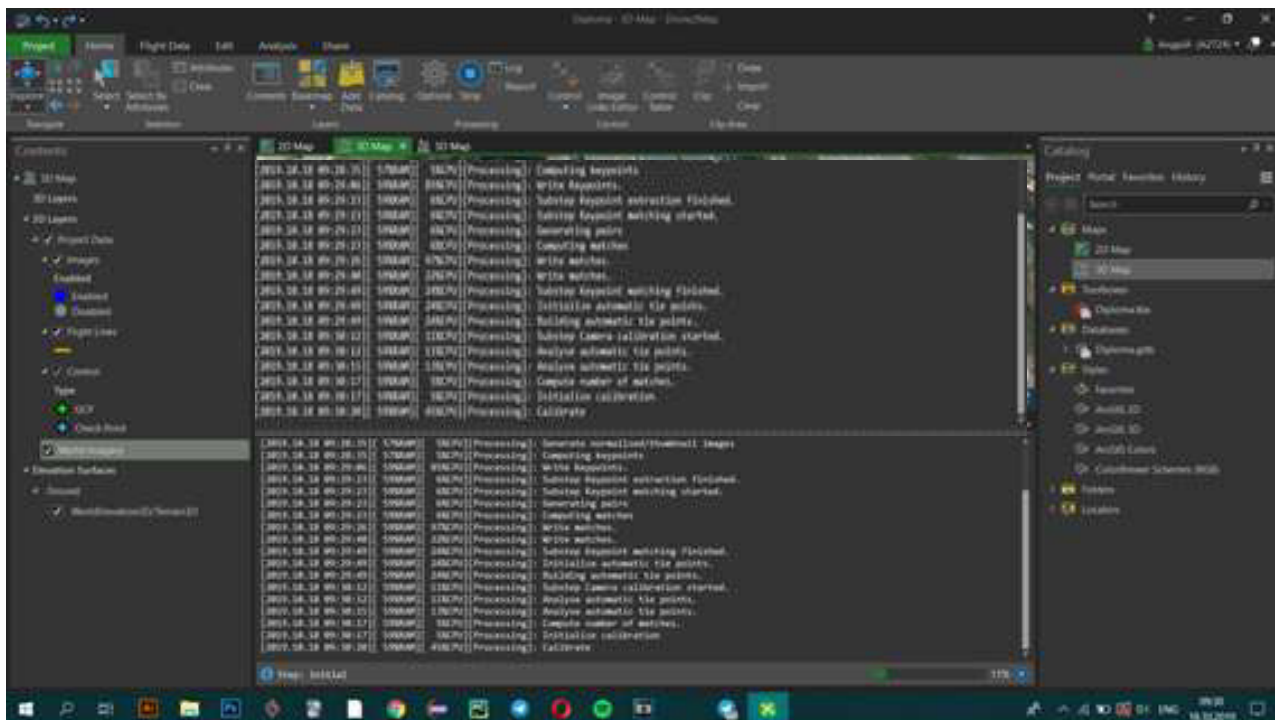
Зображення 4.4. Завантаження знімків в Drone2Map

У кожного знімка також є атрибути Lat [Y] (градуси широти), Long [X] (градуси довготи) і Altitude [Z] (висота). Ці географічні атрибути кожної фотографії БПЛА зберігав в процесі зйомки; тепер це дозволить прив'язати знімки до карти. Якщо дані БПЛА знімалися в специфічній системі координат, то можна її вказати. В даному випадку підходить система координат за замовчуванням. Тому натискаємо Ок.



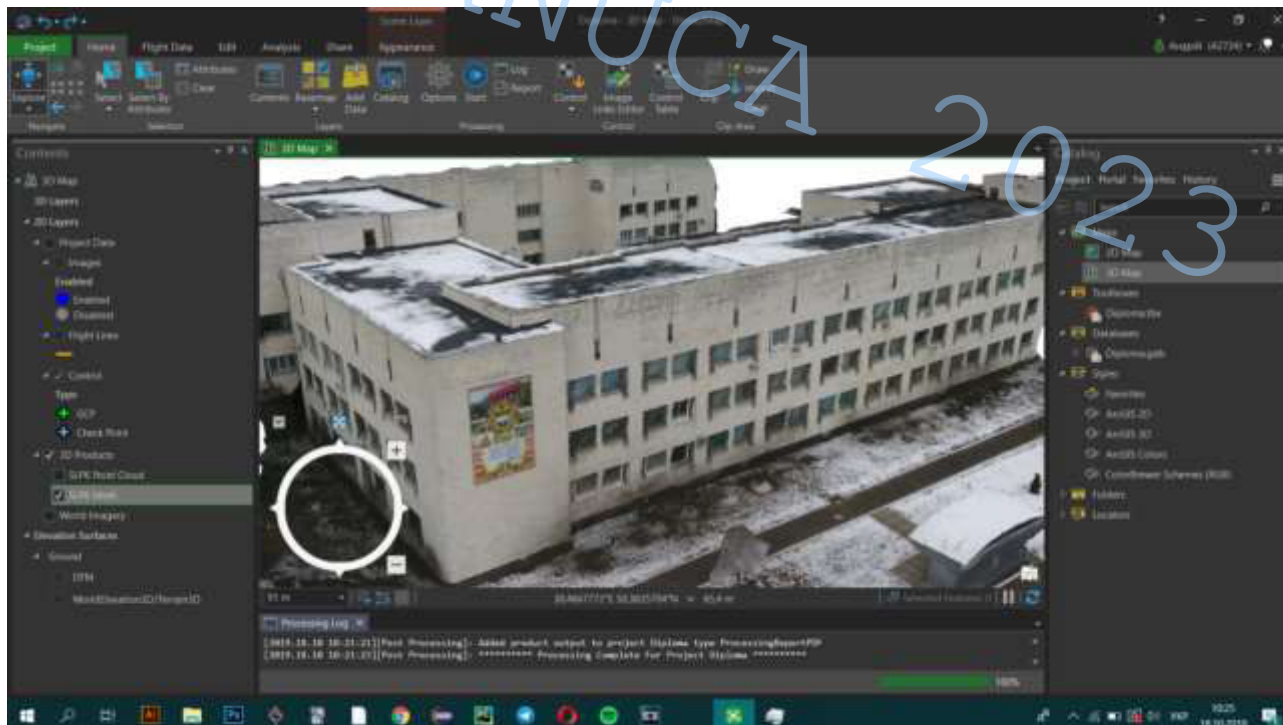
Зображення 4.5. Траєкторія польоту БПЛА

Проект створиться, а знімки додадуться на карту; кожен знімок представлений синьою крапкою. Ці точки з'єднані помаранчевими лініями, які показують траєкторію польоту знімання БПЛА. Судячи по точках і траєкторії, БПЛА облетів навколо будівлі. Будівля виглядає приблизно так само, як і на знімках, знятих з БПЛА, але щоб переконатися, що знімки правильно розміщені на карті, необхідно збільшити масштаб. Після того, як ми створили новий проект і додали на карту знімки, отримані з БПЛА, необхідно обробити знімки та створити текстуровану 3D-сітку, але перш ніж приступити до обробки, треба вказати параметри обробки, щоб отримати те, що потрібно. На стрічці над картою в групі Processing (Обробка) вибираємо Processing Options (Опції обробки). Потім обираються вихідні типи файлів для текстурованої 3D-сітки. Після цього на стрічці в групі Обробка обираємо Пуск та запускається обробка (зображення 4.6.).



Зображення 4.6. Обробка знімків в Dron2Map

Процес створення 3D моделі зайняв приблизно чотири години. У нижній частині вікна програми в рядку стану можна стежити за ходом виконання обробки. Створена 3D модель представлена на зображенні 4.7.



Зображення 4.7. 3D модель в Dron2Map

3D модель містить точне уявлення будівлі, як було показано на вихідних знімках з БПЛА. При більшому збільшенні текстури стають більш помітними (використання параметрів обробки з більшою точністю ймовірно кілька

зглядять текстури). Drone2Map може трансформувати необроблені дані обльотів в різні формати наборів даних, дозволяючи отримати з обльоту максимальну користь.

Таким чином можна визначити *переваги та недоліки* застосування аерофотозйомки з БПЛА для створення 3D моделей.

До переваг можна віднести високу точність та деталізацію – адже безпілотні літальні апарати дозволяють отримати знімки з високою роздільною здатністю, що забезпечує точність у побудові 3D моделей місцевості; швидкість та ефективність – автоматизований процес БПЛА дозволяє ефективно здійснювати зйомку великих територій, що прискорює час побудови 3D моделей; оновлення та моніторинг – здатність безпілотних апаратів проводити періодичні зйомки дозволяє створювати актуальні та постійно оновлювані моделі місцевості для потреб моніторингу та аналізу змін; адаптованість до різних умов – Безпілотні літальні апарати можуть працювати в різних погодних та територіальних умовах, забезпечуючи гнучкість в застосуванні.

Недоліками є витрати, складність процесу та проблеми безпеки – Впровадження та утримання безпілотних апаратів вимагає значних витрат на обладнання та підготовку персоналу, збір інформації може породжувати питання щодо конфіденційності та безпеки даних, особливо в зоні військових конфліктів.

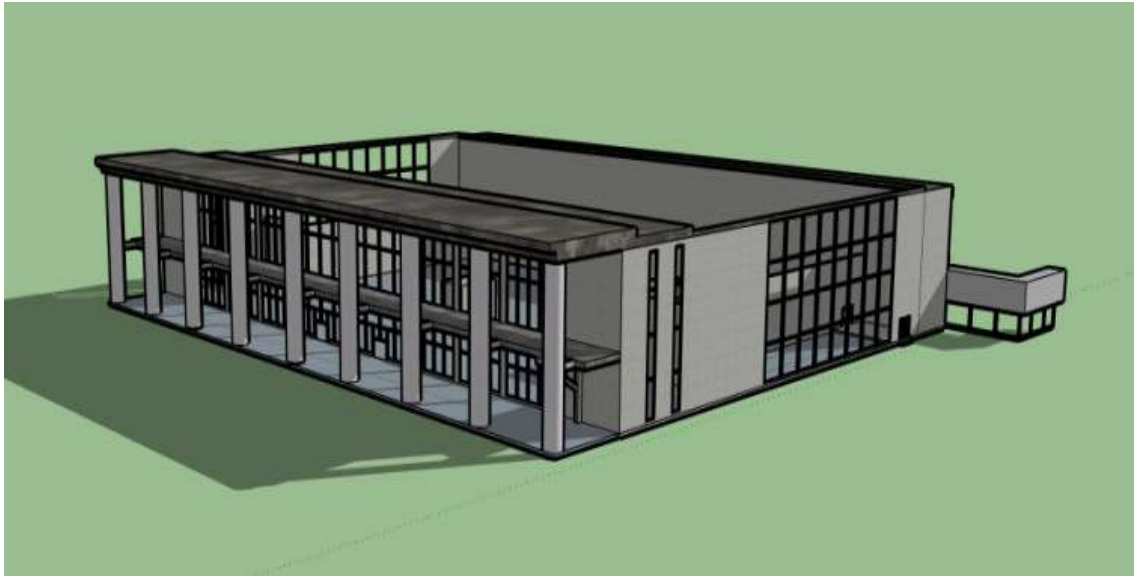
Використання аерофотозйомки з безпілотних літальних апаратів для побудови 3D моделей місцевості є потужним інструментом для забезпечення точної, швидкої та ефективної репрезентації навколишнього середовища. Неспростовні переваги цього підходу переважають недоліки, забезпечуючи значний потенціал для застосування в різних сферах, включаючи військове застосування та стратегічне планування. [18 ]

#### **4.2. Переваги та недоліки моделювання місцевості при підготовці та виконанні бойових задач**

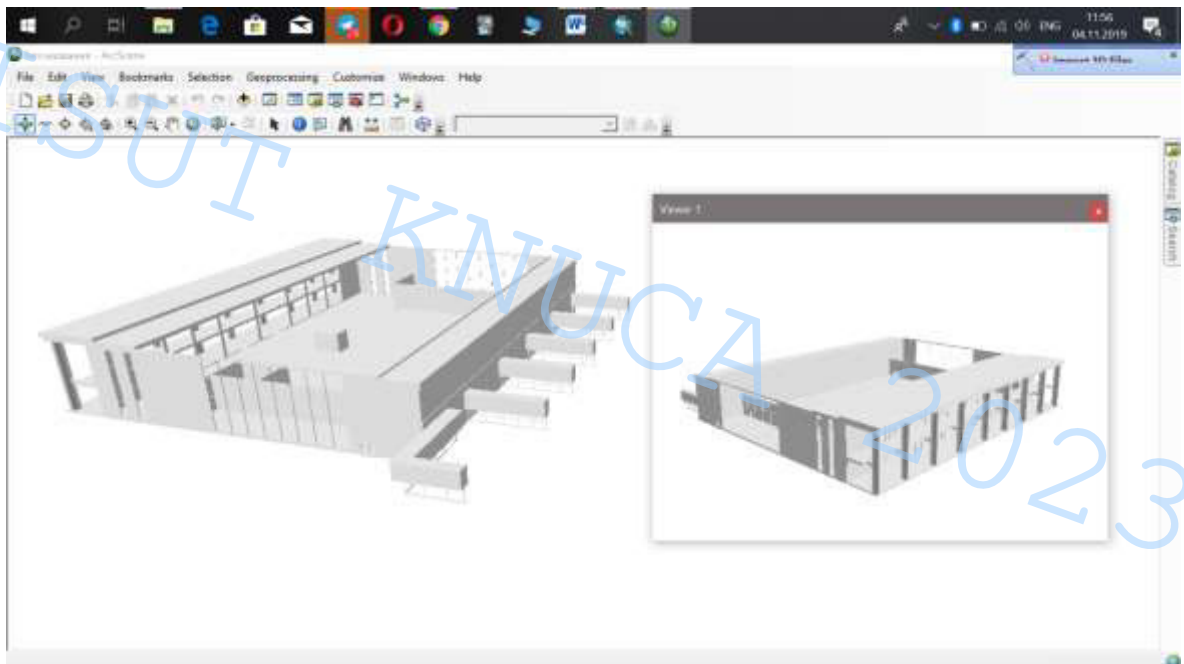
Перш за все графічне представлення об'єктів у вигляді 3D-моделей в зоні проведення бойових дій підносить інформацію в найбільш зручному і природному для командира вигляді, що позитивним чином позначається на якості та оперативності прийняття рішень. Також використання 3D моделей в зоні бойових дій дозволяє вирішувати наступні завдання:

- визначити зони видимості;
- планування можливих напрямків нападу противника з розрахунком часу;
- оцінити наслідки змін, що відбулися;
- визначити гнучкі маршрути просування відповідно до конкретних загроз (забезпечення постійної готовності до маршу);
- планування маршруту під час виконання операцій;
- змодельовати зміни місцевості, адже під час бойових дій місцевість змінюється;
- виконати різні виміри та розрахунки;
- "Побачити" взаємне розташування певних об'єктів, невидимих в звичайних умовах;
- додати або видалити якісь об'єкти, щоб оцінити як вони впливають на вигляд місцевості або її характеристики. [11]

Для більш наочного сприйняття використання тривимірних моделей місцевості за даними аерознімання з безпілотних літальних апаратів було визначено проаналізувати як приклад 3D модель Донецького аеропорту, адже бої за Донецький аеропорт тривали з вересня 2014 року до 22 січня 2015 року і стали одними з найзапекліших у війні на сході України до повномасштабного вторгнення. 3D модель Донецького аеропорту (зображення 4.8.) була створена в програмному забезпеченні SketchUp та поміщена на платформу ArcGIS (зображення 4.9.).



Зображення 4.8. 3D модель Донецького аеропорту в програмному забезпеченні SketchUp



Зображення 4.9. 3D модель Донецького аеропорту на платформі ArcGIS

3D модель Донецького аеропорту являє собою повноцінну тривимірну карту, яка дозволяє:

- визначати координати об'єктів;
- редагувати її зовнішній вигляд;
- виконувати вимірювальні і розрахункові операції;
- змінювати характеристики.

російські сили здійснювали систематичні штурми аеропорту, займаючи нові позиції, втрачаючи їх та знову готуючи штурми. Внаслідок боїв руйнувалася інфраструктура аеропорту, програмний продукт ArcGIS дозволяє

корегувати дані зруйнованої території, що значно допомогло б під час планування дій в обороні.

Моделювання місцевості відкриває широкий спектр можливостей для виконання бойових задач у різних сферах, від військової стратегії до тактичного планування. В ході даного аналізу було визначено переваги та та недоліки моделювання місцевості при підготовці та виконанні бойових задач.

Перевагами моделювання місцевості при підготовці та виконанні бойових задач є:

- точність та деталізація – моделювання місцевості дозволяє створювати високоточні та деталізовані репрезентації території, що сприяє точнішому стратегічному та тактичному плануванню;

- економія ресурсів – моделі дозволяють оцінювати різні варіанти дій без реального використання ресурсів, що економить час і кошти;

- аналіз топографії – моделі місцевості допомагають аналізувати топографію та рельєф, що є ключовим важливим аспектом в підготовці до бойових дій;

- оновлення в реальному часі – Застосування сучасних технологій дозволяє створювати моделі, які можуть оновлюватися в реальному часі, враховуючи зміни у місцевості.

Недоліками моделювання місцевості при підготовці та виконанні бойових задач є:

- обмежена точність – навіть з використанням сучасних технологій, моделі можуть мати обмежену точність у порівнянні з реальним середовищем;

- системні помилки – можливість системних помилок у моделях може викликати неточності в стратегічному та тактичному плануванні;

- вартість розробки та утримання – створення та утримання високоякісних моделей може вимагати значних фінансових та технічних витрат;

- залежність від даних – ефективність моделювання сильно залежить від точності та актуальності вихідних даних;

– безпека та конфіденційність – враховувати можливі ризики щодо безпеки та конфіденційності даних, особливо в умовах війни.

Незважаючи на відомі недоліки, моделювання місцевості є важливим інструментом для підготовки та виконання бойових задач. Його переваги полягають у можливості точного аналізу та оптимізації стратегічних планів, але при цьому необхідно враховувати та мінімізувати можливі ризики та обмеження.

### **4.3. Рекомендації щодо використання технологій моделювання цифрових моделей місцевості та цифрових моделей рельєфу в інтересах Збройних Сил України**

Використання технологій моделювання цифрових моделей місцевості та рельєфу має великий потенціал для покращення рівня підготовки та ефективності Збройних Сил України. В ході написання магістерської роботи було розроблено рекомендації щодо їх використання в цих цілях:

**Створення цифрових топографічних баз даних** - рекомендується створювати та підтримувати актуальні цифрові топографічні бази даних з використанням сучасних технологій зі збирання даних, таких як лідар та супутникові знімки.

**Моделювання територій і екологічних умов** - використовувати цифрові моделі для аналізу та моделювання територій, включаючи топографію, ландшафт, природні ресурси і екологічні умови. Це допоможе приймати обґрунтовані рішення щодо розташування баз і об'єктів Збройних Сил України.

**Планування інфраструктури** - використовувати цифрові моделі для планування і розробки інфраструктури, такої як військові бази, дороги, аеродроми та комунікаційні системи. Це допомагає оптимізувати використання ресурсів та забезпечити ефективну логістику.

**Навчання та симуляція** - використовувати цифрові моделі для проведення навчання та симуляції військових операцій. Це дозволяє військовим вправлятися в різних сценаріях та умовах без реальних ризиків.

**Моніторинг та розвідка** – використання сучасних технологій, включаючи дрони та супутниковий зв'язок, для моніторингу та розвідки в реальному часі. Це допомагає отримувати актуальну інформацію про рухи противника та ситуацію на місцевості.

**Стратегічне планування** - використання цифрових моделей для стратегічного планування та розробки сценаріїв для різних можливих ситуацій. Це допомагає підготуватися до різних варіантів впливу національної та міжнародної безпеки.

**Забезпечення кібербезпеки** - забезпечення захисту цифрових моделей від кібератак та несанкціонованого доступу, оскільки ці дані можуть містити важливу інформацію.

**Оптимізація ресурсів** - використовувати аналіз даних та моделювання для оптимізації розподілу ресурсів, включаючи особовий склад, техніку та паливо.

**Співпраця з науковими установами та індустрією** - рекомендується встановлювати партнерства з науковими установами та технологічними компаніями задля доступу до передових технологій та експертизи.

**Освіта та навчання персоналу** – забезпечення навчання та підготовки персоналу з використання та аналізу цифрових моделей.

**Створення геоінформаційних систем** - рекомендується розробляти та впроваджувати ГІС, які інтегрують цифрові моделі місцевості та рельєфу з іншими важливими геопросторовими даними, такими як дані розвідки, супутникові знімки, дані від дронів тощо. Це допоможе вирішувати стратегічні та тактичні завдання.

**Забезпечення комунікації та координації** - використання технологій моделювання для забезпечення кращої комунікації та координації між різними військовими підрозділами та військовими угрупованнями.

Збройні Сили України можуть отримати значну перевагу в плануванні, навчанні та оптимізації діяльності завдяки використанню цифрових моделей місцевості та рельєфу. Важливо постійно оновлювати технології та процедури, щоб відповідати сучасним вимогам безпеки та ефективності.

Крім того, з метою надання рекомендацій щодо використання технологій моделювання цифрових моделей місцевості та цифрових моделей рельєфу в інтересах Збройних Сил України під час написання магістерської роботи, було визначено технологічну схему створення макету місцевості в програмному додатку ArcScene, технологічна схема зображена на малюнку 3.1.

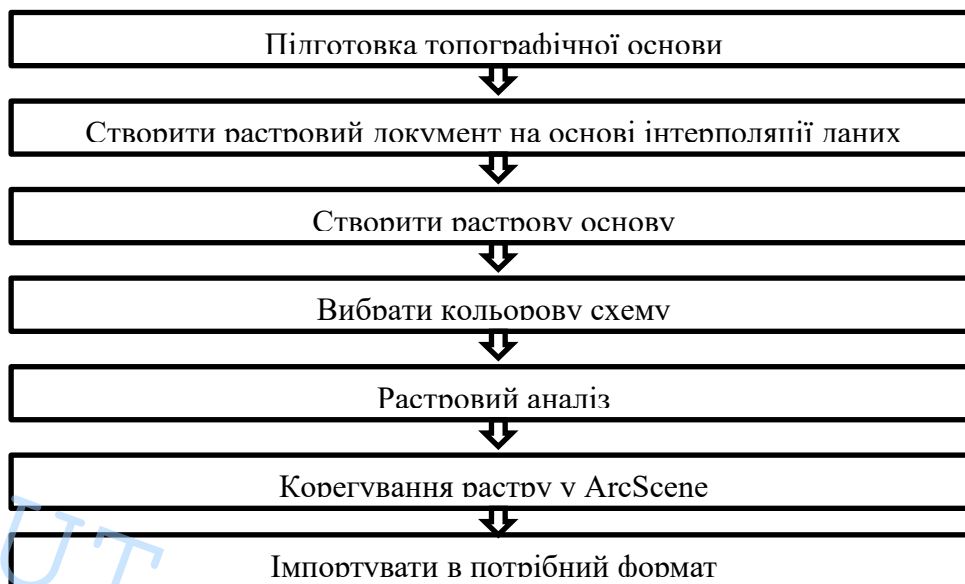


Рисунок 4.10. Технологічна схема створення макету місцевості

Також в ході написання магістерської роботи було визначено завдання, які можна виконувати за допомогою макетів місцевості під час ведення збройної агресії російської федерації проти нашої держави, а саме:

- корегувати інформацію про місцевість та обстановку відповідно до бойових дій, які відбуваються в режимі реального часу;
- визначення раціональних маршрутів пересування частин і підрозділів військ відповідно до конкретних загроз;
- планування можливих напрямків нападу противника;
- розташування певних об'єктів, невидимих в звичайних умовах;
- виконання вимірів та розрахунків;
- після ведення бойових дій оцінювання наслідків змін, що відбулися;
- аналізу території або окремих об'єктів на ній з різних відстаней і під різними кутами зору, в різний час доби;
- визначення зон видимості;
- додавання або видалення певних об'єктів для оцінки їх впливу на місцевість;

– визначати координати об'єктів.

Таким чином було зроблено висновок, що використання макетів місцевості дозволяє підвищити ефективність прийняття рішень як під час планування, так і в ході ведення бойових дій.

#### 4.4. Висновки до розділу IV

Під час написання четвертого розділу магістерської роботи було проаналізовано застосування даних аерофотозйомки з безпілотних літальних апаратів для побудови 3D моделей місцевості та визначено, що отримані дані забезпечують високу точність та швидкість процесу, дозволяючи ефективно використовувати ці технології для створення деталізованих та реалістичних цифрових моделей місцевості. Пропри зазначене досвід війни показує, що застосування моделювання місцевості під час ведення бойових дій не є пріоритетним завданням, адже маневреність та швидкість ведення бойових дій змушує використовувати аерофотознімки одразу або ж в режимі реального часу для завдання максимальних втрат противнику.

Окрім того, розроблено рекомендації для Збройних Сил України, які мають великий потенціал для покращення рівня підготовки та ефективності Збройних Сил України, визначено, що використання новітніх технологій у моделюванні цифрових моделей місцевості і рельєфу є важливим фактором для покращення оборонної та безпекової готовності України. Це допоможе ефективно протистояти можливим загрозам і забезпечити національну безпеку в умовах сучасного геополітичного середовища.

## ВИСНОВКИ

Магістерська робота присвячена дослідженню та розвитку технологій моделювання цифрових моделей місцевості та цифрових моделей рельєфу. Однією з основних переваг цифрових моделей місцевості є їх точність та деталізація. Сучасні технології дозволяють отримувати високоточні дані про місцевість з різних джерел, таких як аерофотознімки, супутникові знімки та лазерне сканування. Ці дані створюють можливість створювати детальні цифрові моделі рельєфу, які є важливим інструментом для планування військових операцій, аналізу території та військового навчання. Технології моделювання цифрових моделей місцевості та рельєфу також дозволяють візуалізувати та взаємодіяти з географічною інформацією у вигляді тривимірних моделей.

Досвід, набутий в ході російсько-української війни, свідчить про актуальність теми даного дослідження для Збройних Сил України. Військові операції та завдання, які стоять перед Збройними Силами України, можна виконувати з використанням технологій моделювання цифрових моделей місцевості та рельєфу, що допомагає підвищити ефективність та точність військових завдань.

В магістерській роботі розглянута актуальна тема, пов'язана з застосуванням сучасних технологій моделювання цифрових моделей місцевості та рельєфу. Основна мета цього дослідження - пошук нових дієвих технологій, які можна використовувати для створення більш точних, деталізованих і ефективних цифрових моделей, що мають важливе значення в різних галузях, зокрема в обороні та безпеці.

За допомогою цифрових моделей місцевості та рельєфу можна здійснювати аналіз, планування і моделювання різних військових та оборонних операцій. Вони дозволяють Збройним Силам України покращувати військову готовність, а також забезпечувати ефективне ведення операцій на території, що вимагає високої точності та деталізації.

Однією з основних переваг цифрових моделей місцевості є їхня точність і деталізація. Вони дозволяють отримувати високоточні дані та створювати детальні цифрові моделі рельєфу, що має велике значення для різних військових та оборонних заходів.

Загалом, магістерська робота висвітлює важливість технологій моделювання цифрових моделей місцевості та рельєфу в контексті оборони та безпеки, а також спрямована на пошук нових можливостей та підходів у цій галузі. Використання сучасних технологій та їхній розвиток мають потенціал підвищити ефективність захисту національних інтересів та забезпечити національну безпеку України в умовах сучасного геополітичного середовища.

GISUT  
KNUCA  
2023

---

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Берлянт А.М., Картографія: Підручник для навч. закладів: Аспект Пресс, 2009. 167 с.
2. Білецький Б.О., Качанов., «Про створення програмних засобів для нанесення оперативної обстановки на цифрові карти» Зб. наук. ін. - Київ: ПВП "Задруга". - 2005. 201 с.
3. Бревус С.М., Ніколенко Л.Г., Норчевський Р.В., Попова М.А., Стрижак О.Є., Основи створення електронних карт на базі програмного забезпечення Arcgis: ТОВ «СІТІПРІНТ», 2013. 189 с.
4. Василенко О. В. Геоінформаційні системи керування для завдань навігаційного забезпечення військ / О. В. Василенко, Д. П. Кучеров, О. О. Зацарицин // Геоінформаційні системи у військових задачах. Другий науково-технічний семінар 21–22 січня 2011р. 19 с.
5. Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність», Верховна Рада України; Закон від 23.12.1998 № 353-XIV
6. Методичні рекомендації з виготовлення електрифікованих макетів місцевості з екструзійного пінополістиролу (пінопласту) 2017р. с. 4-22.
7. Работа в ArcGlobe и в ArcScene [Електронний ресурс]/ Режим доступу до ресурсу: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/latest/get-started/introduction/choosing-the-3d-display-environment.htm>. Дата звернення 17.07.2023 року.
8. Справка ArcGIS Online [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <https://doc.arcgis.com/ru/arcgis-online/>. Дата звернення 04.03.2023 року.
9. [Електронний ресурс]/Режим доступу до ресурсу: [http://win7.ucoz.ua/VoenaKafedra/Topografiya/Karti\\_NATO.pdf](http://win7.ucoz.ua/VoenaKafedra/Topografiya/Karti_NATO.pdf)
10. Чорнокнижний О.А. Досвід використання ГІС у Сухопутних військах Збройних Сил США [електронний ресурс]. – режим доступу: <http://gis.sls.name/wp-content/uploads/2015/01>. Дата звернення: 13.04.2023 року.

11. Настанова з топогеодезичного та навігаційного забезпечення Збройних Сил України. Наказ НГШ від 4.01.2017 № 3

12. Коцюба В. Особливості забезпечення збройних сил провідних країн світу вихідними топогеодезичними даними у збройних конфліктах останніх десятиліть / В. Коцюба, О. Федченко // Системи озброєння і військова техніка. – 2010. – № 3(23). – с. 87.

13. Шмаль С.Г., Кравчук О.В., Гудзь А.М., Прищеп С.В., Прохоров О. А., Савков П.А., Полець О.П. Військова топографія. К., 2018.

14. АGeoP-21 Вихідні геодезичні дані, проєкції, сітки та координати. Видання А, редакція 1, лютий 2016

15. Наказ ГШ 25.09.2017 року № 347 «Про затвердження Потреб в топографічних, спеціальних картах та каталогах координат геодезичних пунктів для визначення стратегічних, оперативних, військових запасів при плануванні операцій (бойових дій)».

16. Доктрина з геопросторової підтримки Збройних Сил України затверджена Начальником Генерального штабу Збройних Сил України генерал-лейтенантом Сергій Корнійчук 27.10.2020 року.

17. 3D Analyst и ArcScene [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <http://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/latest/extensions/3d-analyst/3d-analyst-andarcscene.htm>. Дата звернення 23.07.2023 року.

18. Bуттенфілд В. Research Initiative 3: Multiple Representations // Closing Report / National Center for Geographic Information and Analysis. — Buffalo, 2003.

19. <http://www.geoguide.com.ua/> Дата звернення 09.05.2023

---