

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет ракетно-космічної техніки

Кафедра геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі

Пояснювальна записка
до дипломного проекту (роботи)
(тип кваліфікаційної роботи)

магістр

(освітній ступінь)

на тему «Створення просторової основи території села Семикозівка Біловодської територіальної громади з використанням даних космічного моніторингу Землі»

ХАІ.407.465М.220103.9793965ПЗ

Виконав: студент(ка) 6 курсу групи №465М

Спеціальність 103 Науки про Землю

(код та найменування)

Освітня програма Космічний моніторинг Землі

(найменування)

Алілуєнко У. В.

(прізвище та ініціали студентки)

Керівник: Бутенко О. С.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: Івашук Б. М.

(прізвище та ініціали)

НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ім. М.С. ЖУКОВСЬКОГО
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет ракетно-космічної техніки
Кафедра геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Напрямок підготовки 103 Науки про Землю
(назва і шифр)
Освітня програма Космічний моніторинг Землі
(найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, голова циклової
комісії

к.т.н. Горелик С.І.

“ ___ ” _____ 2022 року

**ЗАВДАННЯ
НА ВИПУСКНУ РОБОТУ СТУДЕНТКИ**

Алілуєнко Уляна Вікторівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема випускної роботи «Створення просторової основи території села Семикозівка Біловодської територіальної громади з використанням даних космічного моніторингу Землі»

керівник випускної роботи Бутенко Ольга Станіславівна д.т.н., професор

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

затверджені наказом Університету № 1546 від « 3 » листопада 2022 року

2. Термін подання студентом випускної роботи 15.12.2022

3. Вихідні дані до випускної роботи Аерофотозйомка з використанням БПЛА. Геоінформаційне програмне забезпечення (DIGATIALS).

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

Вступ. Збір даних за допомогою БПЛА. Об'єкт дослідження. Практична частина створення просторової основи. Аналіз знімків зі супутника. Висновки.

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

Ортфотоплан ділянки с. Семикозівка топографічний план ділянки

с. Семикозівка. Знімки зі супутника sentinel-2.

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

Структурна схема аерофотозйомки. Схема роботи БПЛА з RTK модулем. Матеріали інженерно геодезичних зйомок. Знімки з супутника sentinel-2. Матеріали отримані в результаті зйомки БПЛА. Отрофотоплан с. Семикозівка.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	Бутенко О. С.	31.10.2022	15.12.2022
	<i>професор</i>		

Нормоконтроль Красовська І.Г. «15.» грудня 2022 р.

7. Дата видачі завдання 31.10.2022 .

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Аналіз існуючих методів геодезичних вишукувань місцевості	01.11.2022-06.11.2022	
2	Використання сучасних БПЛА	07.11.2022-13.11.2022	
3	Характеристика об'єкту виконаних робіт	14.11.2022-20.11.2022	
4	Виконання робіт та оцифрування отриманих даних	21.11.2022-27.11.2022	
5	Створення цифрових планів місцевості на основі аерофотозйомки	28.11.2022-04.12.2022	
6	Написання пояснювальної записки	05.12.2022-15.12.2022	

Студент _____ Алілуєнко У.В.
 (підпис) (ініціали та прізвище)
 Керівник проекту (роботи) _____ Бутенко О.С.
 (підпис) (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 97 сторінок, 2 таблиці, 48 рисунків, 2 додатки 24 джерел, 14 слайдів презентації.

Мета дипломної роботи – удосконалення дослідження комплексу робіт з оцифрування ортофотопланів та удосконалення технології створення просторової основи великої території населеного пункту.

Об'єкт дослідження – топографічні вишукування на території селища Семикозівка Біловодського району.

Предмет дослідження – процес формування геопросторової основи для покращення побудови топографічних планів на прикладі селища Семикозівка.

Удосконалено порядок здійснення комплексу вишукувальних робіт для побудови ортофотопланів місцевості.

Практичне значення одержаних результатів полягає у оригінальних способах виконання вишукувальних робіт, побудови топографічної основи. Особлива увага приділена технології аерофотозйомки місцевості, вивчення процесу створення просторової основи, перетворення даних вимірювання при камеральній обробці результатів з використанням спеціального програмного забезпечення з подальшою побудовою графічних матеріалів.

Перелік ключових слів: ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНІ ВИШУКУВАННЯ, АЕРОФОТОЗЙОМКА, БЕЗПЛОТНІ ЛІТАЛЬНІ АПАРАТИ, ТОПОГРАФІЧНІ ПЛАНИ, ОРТОФОТОПЛАНИ, ПРОСТОРОВА ОСНОВА.

ABSTRACT

Explanatory note: 97 pages, 2 tables, 48 figures, 2 appendices, 24 files, 14 presentation slides.

The aim of the thesis is to improve the research of the set of works on the digitization of orthophoto plans and to improve the technology of creating a spatial basis of a large territory of a settlement.

The object of the research is a topographic search on the territory of the village of Semikozivka, Bilovodsky District.

The subject of the study is the process of forming a geospatial basis for improving the construction of topographic plans on the example of the village of Semikozivka.

The procedure for carrying out a complex of search works for the construction of orthophoto plans of the area has been improved.

The practical significance of the obtained results lies in the original methods of performing search works, building a topographical basis. Special attention is paid to the technology of aerial photography of the area, the study of the process of creating a spatial basis, the transformation of measurement data during camera processing of the results using special software with the subsequent construction of graphic materials..

List of keywords: ENGINEERING AND GEODESIC SURVEYS, AERIAL PHOTOGRAPHY, UNMANNED AIRCRAFT, TOPOGRAPHIC PLANS, ORTHOPHOTOPLANS, SPATIAL BASE.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

Аерофотозйомка — фотографування земної поверхні з літака чи супутника за допомогою спеціальних аерофотокамер. Дистанційний метод вивчення земної поверхні шляхом фотографування в різних областях оптичного спектра з літака чи інших літальних апаратів.

Топографічна зйомка – сукупність робіт зі створення топографічних карт або планів місцевості за допомогою вимірювань відстаней, висот, кутів і т. п. з допомогою різних інструментів. Топографічна зйомка включає в себе зйомку підземних і надземних споруд. Результатом топографічної зйомки є топографічний план місцевості.

Топографічний план – це картографічне зображення елементів ситуації і рельєфу місцевості, її планування, існуючих будівель і споруд з їх технічними характеристиками.

БПЛА – безпілотний літальний апарат.

GNSS (Global Navigation Satellite System) - система супутникової навігації, створена з метою позиціонування (визначення місця розташування в просторі - координат) об'єктів. Крім визначення місця розташування об'єкта сучасні навігаційні системи дозволяють визначити напрямок його руху і швидкість. Найбільш поширені GPS і ГЛОНАСС.

RTK – метод обчислення координат в реальному часі, коли зрівнюються сигнали, отримані зі супутникової мережі та радіосигнал, що передається від наземних базових референціальних станцій.

ВСТУП

Після об'єднання потенціалу авіації та фотографічної апаратури, ефективність геодезичних вишукувань, які спрямовані на складання топографічних карт та планів, набагато збільшилася. Технології з аерофотозйомки, вдало поєднують у собі високу швидкість і якість достатню для вирішення багатьох топографо-геодезичних задач. Застосування сучасної аерофотозйомки не обмежується тільки геодезичними вимірами, а й охоплює інші сфери людської діяльності.

Спершу винахід методу аерофотозйомки позначився на виконанні геодезичних вишукувань в межах великих площ та у важкодоступній місцевості. Та аерофотозйомка невеликих за своїми розмірами ділянок довго час вважалася не ефективною і економічно недоречною. Тільки після конструювання малорозмірних літаючих машин, які можливо пілотувати дистанційно, (безпілотників) послуги з аерофотозйомки стали більш популярними.

Метою роботи є удосконалення дослідження комплексу робіт з оцифрування ортофотопланів та удосконалення технології створення просторової основи великої території населеного пункту села Семикозівка.

Для досягнення поставлених цілей необхідно вирішити наступні практичні завдання:

1. Проаналізувати існуючих методів геодезичних вишукувань місцевості та області застосування аерофотозйомки за допомогою БПЛА;
2. Дослідити переваги та недоліки сучасних БПЛА та програмного забезпечення під час обробки даних, основні помилки при виконанні геодезичних робіт;
3. Розробити цифровий план селища Семикозівка на основі даних аерофотознімання.

РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЯ АЕРОФОТОЗЙОМКИ ТА ПЕРЕВАГИ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИШУКУВАНЬ

1.1 Аналіз існуючих методів геодезичних вишукувань місцевості

Вишукуванням називають процес отримання необхідних картографічних матеріалів та технічних характеристик для надійного розв'язання задач проектування, зведення та експлуатації певного об'єкту. Їх поділяють на економічні та технічні. Попередньо виконують економічні обґрунтування доцільності проведення робіт.

Інженерно-геодезичні вишукування виконують у три етапи:

Підготовчий - отримання технічного завдання замовника, збирання та аналіз матеріалів вишукувань минулих років, рекогносцирувальне обстеження території, складання програми вишукувань;

Польовий - виконання комплексу польових вимірювань і попередня обробка даних для забезпечення їх якості, повноти та точності;

Камеральний - остаточне оброблення даних польових вимірювань з оцінюванням точності отриманих результатів, складання та передавання замовнику звіту, передавання звітних матеріалів до державних картографічно-геодезичних фондів [1].

Геодезичні вишукування - починаються з моменту отримання техзавдання. Технічне завдання - це документ, що отримується на підготовчому етапі і містить наступну інформацію:

- Мета досліджень.
- Основні параметри і характеристики об'єкта.
- Повнота відображення ситуації і потрібна детальність.
- Межі обстежуваної ділянки.
- Масштаб.
- Додаткові умови.

- Перелік документів, які потрібно надати, коли виконуються додаткові умови; зразки форм їх подання.

- Дані про матеріали попередніх вишукувань на ділянці.

Після того, як отримано технічне завдання на виконання інженерно-геодезичних вишукувань, зусиллями геодезистів, після рекогносцировки та вивчення архівних даних, складається програма. Вона узгоджується із замовником. Якщо програмою передбачається виконання спеціальних дій, то її погоджують і з генеральним проектувальником.

Графіка і цифрова модель місцевості можуть знадобитися для оцінки перспективності території будівництва. Графічні матеріали повинні містити інформацію про ситуацію та рельєф місцевості, про наявні надземних, підземних і наземні споруд і будівлі із зазначенням їх характеристик. Подібні матеріали потрібні для ведення кадастрів, забезпечення топографо-геодезичними відомостями управління територією, для розробки планів запобігання і ліквідації аварій на різних підприємствах, для ведення сільськогосподарської діяльності.

Для розробки проектів потрібні топоплани, і геодезичні вишукування покликані їх створювати. Для подальшого будівництва необхідна інженерно-геодезична основа, яка створюється при геодезичних роботах. Геологи, гідрогеологи, підприємці, архітектори та археологи використовують дані, які надають інженерно-геодезичні вишукування для створення своїх графічних матеріалів і просторових моделей [2].

Масштаби зйомки, вибір обладнання, способи розвитку опорної геодезичної мережі – це все задається в програмі робіт. Будь-які відхилення мають узгоджуватися із замовником і обґрунтовуватися. Зйомка інженерних мереж виконується при відсутності достовірної інформації про їх розташування (якщо немає матеріалів виконавчих зйомок). Всі вимірювання виконуються в польовий період. У цей же час здійснюється і попередня обробка даних. Робиться це для того, щоб вчасно виявити недолік даних і заповнити їх.

Розрізняються такі види геодезичних зйомок місцевості:

- Планова зйомка місцевості (горизонтальна). При плановій зйомці встановлюються координати окремих точок, визначається їх розташування в плані.
- Висотна зйомка місцевості (вертикальна). При висотній зйомці вимірюються висоти окремих точок, визначається їх висотне положення .
- Планово-висотна зйомка місцевості, або топографічна зйомка. При планово-висотній зйомці вираховуються і координати, і висота точок місцевості, визначається їх положення і в плані, і по висоті [4].

Вид зйомки, яка буде виконуватись на земельній ділянці чи на іншій території, визначається, виходячи з того, які дані про місцевість треба отримати. Різні види геодезичних зйомок передбачають використання різних геодезичних методів та інструментів і можуть суттєво відрізнятися по вартості на різних ділянках (виходячи з рельєфу території, забудови та інших факторів) [6].

1.2 Області застосування та переваги сучасних методів аерофотозйомки місцевості з використанням БПЛА

Ще кілька років тому для фотозйомки різних об'єктів нерухомості застосовувалися лише два можливих способи: традиційна горизонтальна зйомка «з землі» або космічна, аерозйомка. Ці методи хоч і надають необхідні візуальні дані, але сповнені дуже істотних обмежень. Так, зйомка, чинена з землі, передбачає отримання знімків тільки об'єктів з вертикальною протяжністю (гори, висотні будівлі) і підходить тільки в умовах міських кварталів або для гірської місцевості. Однак, ця зйомка малоефективна для отримання знімків «порожніх» земельних ділянок, де тільки починається будівництво.

Але з часом з'явилися компактні, дистанційно керовані, БПЛА, які зробили революцію у цій галузі.

До переваг цього виду зйомки можна віднести те, що з висоти «пташиного польоту» зображення виходять набагато змістовнішими, ніж знімки, отримані в

результаті застосування традиційного методу. Адже в цьому випадку, в об'єктив потрапляє не тільки об'єкт, але і територія навколо нього. У підсумку, аерофотозйомка об'єктів нерухомості та земельних ділянок – це можливість зібрати повну і точну інформацію про рельєф, здійснити точну оцінку розташування сусідніх об'єктів та інфраструктури конкретного району. Підсумкові відомості підійдуть в якості основи для топографічних і кадастрових робіт.

Завдяки перевагам безпілотників зараз аерофотозйомку використовують навіть при знімальних роботах на невеликих ділянках території. Серед послуг, де успішно застосовується аерофотозйомка:

- Складання топографічних планів і геодезичної підоснови будівельних креслень.
- Спостереження за об'єктами, які потребують періодичного контрольного геодезичного вимірювання.
- Моніторинг будівельних робіт.
- Побудова цифрових геодезичних моделей місцевості.
- Спостереження за станом рослинного покриву території.

Аерофотозйомка є доволі складним технологічним процесом та передбачає проведення кількох операцій, що виконуються у послідовному порядку:

- Підготовчі роботи

Підготовка до аерофотозйомки полягає в попередньому огляді ділянки або об'єкта, що буде зніматися, розробці маршруту польоту безпілотника, з якого буде вестися аерофотозйомка. Також проводиться його передпольотна підготовка, та розраховується курсу польоту.

- Знімальні роботи

Безпілотник для аерофотозйомки стартує за прокладеним маршрутом і виконує фото сесію, додержуючись заздалегідь встановленого режиму перекриття фотознімків (накладення певної частини зображення на сусідній

кадр). Усі маневри безпілотної здійснюються під керівництвом оператора, що пройшов спеціальну підготовку [1].

- Камеральна обробка аерофотозйомочних матеріалів

На цьому етапі фотографії прив'язуються до геодезичних мереж, усуваються спотворення зображення (виконується ортофото ректифікація). Фотограмметрична обробка даних аерофотозйомки рівнинної території доволі легка та полягає, здебільшого, в тому, щоб усунути неточності, виникнення яких було обумовлене зміною напрямку оптичної осі фотоапарату під час польоту та коливанням висоти руху безпілотної. Якщо ж зйомка проводилась в гірській місцевості, тоді спеціалістам, які виконують корегувальні роботи, доводиться прикладати набагато більше зусиль.

Загальна технологічна схема створення плану за даними зйомки з БПЛА представлена у вигляді структурної схеми на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 - Структурна схема створення цифрових топографічних планів з використанням БПЛА.

1.3. Аналіз даних отриманих за допомогою БПЛА та іншого супутнього обладнання.

На цьому етапі відбувається комплексний аналіз отриманих даних для подальшої камеральної обробки. Це робота з даними з БПЛА, координати міток для прив'язки матеріалів БПЛА у відповідну систему координат, які були зроблені GNSS приймачем. Завантаження відповідних даних аерофотозйомки (рис. 1.2, рис. 1.3) на комп'ютер, сортування їх за типом, та опрацювання їх у відповідному програмному забезпеченні.

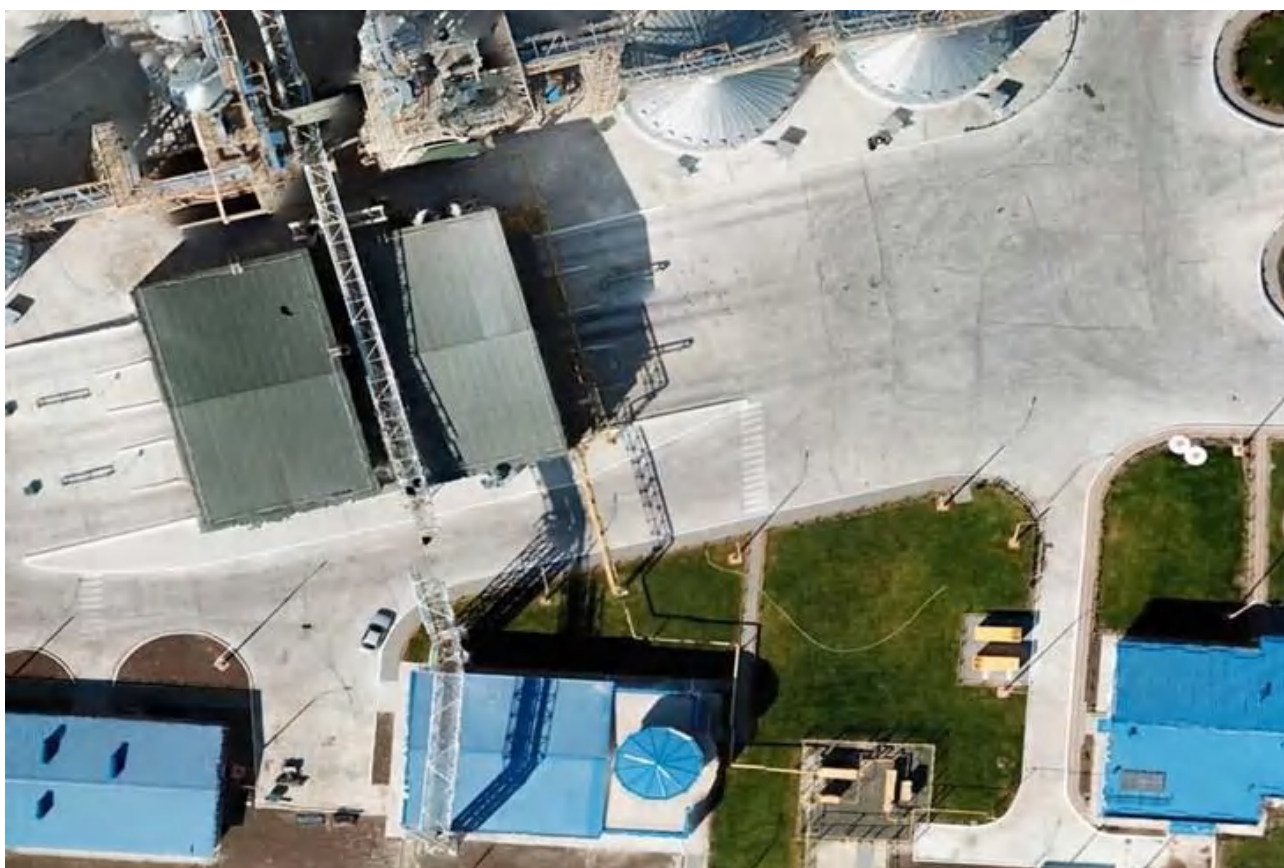


Рисунок 1.2 – Приклад аерофотозйомки з БПЛА



Рисунок 1.3 – Приклад аерофотозйомки з БПЛА

Напрямки використання результатів:

Ортофотоплани, цифрова модель рельєфу, цифрова модель місцевості, 3D модель, топографічний план, основа для генерального плану, зонінг, аналіз землекористування, інвентаризація або аудит земель громади, промодані для пошуку інвесторів на ділянку об'єкт, топографічна основа для проекту будівництва, моделювання зон затоплення, оцінка ризиків зсуву або затоплення, ситуаційні плани, моніторинг будівництва, розрахунок обсягів земляних робіт, оцінка впливу на екологію, інтерактивні карти, картування автошляхів або залізниці, картування та оцінка ризиків для ЛЕП, проектування ВОЛЗ, оновлення та розробка планів евакуації, проекти систем безпеки, оцінка втрат (документування катастроф та результатів дії природних стихій) [3].

1.4. Нормативне забезпечення при створенні топографічних планів

На даний момент основні вимоги до топографічних карт викладені в нормативних документах:

"Основні положення створення та оновлення топографічних карт масштабів 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000, 1:200000, 1:500000, 1:1000000" [1];

- Порядок використання геодезичних даних та топографічних планів масштабів 1:500-1:5000 [2];

- "Класифікатор інформації, яка відображається на топографічних картах масштабів 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000, 1:200000, 1:500000, 1:1000000" [3];

- Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500, Наказ Мінекоресурсів України №295 від 03.08.01 р. [4];

- "Перелік умовних скорочень, що вживаються при складанні топографічних карт" [5];

- Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності» [6];

- Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» [7];

- Закон України «Про землеустрій» [8];

- Постанова КМУ від 25 травня 2011 р. № 559 «Про містобудівний кадастр» [9];

- Порядок складення плану земельно-господарського устрою території населеного пункту, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 22.02.2008 № 79 [10];

- Порядок проведення інвентаризації земель, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 23.05.2012 № 513 [11];

- Про затвердження Порядку використання Державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000 при здійсненні робіт із землеустрою. Мінарополітики, №509 від 02.12.2016 р [12];

- ДБН А.2.1-1-2014 Інженерні вишукування для будівництва [13];

- Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000 - 1:500. (ГКНТА-2.04-02-98) [14];

- Основні положення створення топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 і 1:500 Укргеодезкартографія, №3, від 24.01.94 [15];

- Керівний технічний матеріал з виготовлення та приймання цифрової топографічної карти. Укргеодезкартографія № 148 від 24.11.2000 [16];
- Інструкція про порядок контролю і приймання топографо-геодезичних та картографічних робіт. Укргеодезкартографія, №19 від 17.02.2000 р [17];
- Методические указания по созданию геодезических сетей с применением GPS [18];
- Правила по технике безопасности на топографо-геодезических работах (ПТБ-88) [19].

Основною вимогою до топографічних карт, згідно з нормативними документами, є те, що топографічні карти України повинні створюватися в єдиній системі координат і висот і за єдиними та взаємоузгодженими умовними знаками та класифікаторами. Єдиною системою висот для складання топографічних карт вважається Балтійська система висот, початком якої є нульова точка біля підніжжя Кронштадта. Крім того, топографічні карти, незалежно від їх використання, форми та масштабу, повинні відповідати таким вимогам:

- Достовірне та повне відображення на карті стану області в рік створення карти з діючими регулярними умовними знаками;
- Забезпечувати визначення прямих кутів і географічних координат, абсолютних і відносних висот топографічних об'єктів, їх кількісних і якісних характеристик, а також можливість виконання інших топографічних і картографічних робіт з точністю, що відповідає масштабу;
- Редагувати сторінки карти за рамками для всіх елементів вмісту між суміжними сторінками карти одного масштабу;
- Узгодженість основних елементів вмісту на суміжних сторінках масштабної карти;
- Чіткість і простота використання.

Основним змістом топографічної карти завжди є сама місцевість. Наявність і ступінь деталізації зображення того чи іншого об'єкта визначається масштабом карти і правилами картографічної генералізації. Зображення топографічної карти в усіх масштабах:

- Елементи основ математики;
- Об'єкт площинної висотної основи;
- Гідрологія та гідротехнічні споруди;
- Поселення;
- Промислові, сільськогосподарські та соціально-культурні об'єкти;
- Дороги та дорожні споруди;
- Комфорт;
- Рослинність і ґрунт;
- Кордони та межі.
- Відомості про нахил магнітної стрілки та зближення меридіанів.

Карти масштабу 1:200 000 мають прив'язку місця розташування. На картах масштабу 1:500 000 і 1:1 000 000 також показані контури, аномалії схилення і області (дані з повітря), морські шляхи, полярне коло і тропіки.

РОЗДІЛ 2 ХАРАКТЕРИСТИКИ ІСНУЮЧИХ БПЛА, ОСНОВНІ ПОХИБКИ ПРИ ВИКОНАННІ РОБІТ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ЦІЄЇ ТЕХНОЛОГІЇ

Безпілотні літальні апарати (БПЛА, рідше БЛА) або дрони зарекомендували себе як надійна технологія для створення карт, планів та інших продуктів геопросторових даних [5].

У автономному режимі, але під пильним контролем оператора, БЛА (БПЛА) здатні виконати різні варіанти аерофотозйомки для створення фото та відеопродукції, виготовлення картографічної продукції та 3D моделей, моніторингу змін та виконання різноманітних розрахунків. Щоб виконати аерофотозйомку нам не потрібен аеродром та пов'язана з ним складна інфраструктура.

2.1 Використання сучасних БПЛА

Переваги зйомки саме безпілотними літальними апаратами у:

- Швидкості та економічності. Аерофотозйомка досі залишається найбільш продуктивним методом документування стану місцевості. Раніше аерофотозйомка з повітря виконувалася тільки із використанням великих літаків. Такий підхід супроводжувався певними обмеженнями. Було економічно недоцільним виконувати аерофотозйомку невеликих об'єктів, а роздільна здатність знімків дуже залежала від регламентних та технічних обмежень щодо використання літака та повітряного простору. Поява дронів все змінила. Чи це невеликий населений пункт, чи будівельний майданчик чи гідротехнічна споруда дрон зніме все.

- Детальність та повнота. Погляд згори завжди давав можливість оцінити ситуацію більш комплексно, побачити приховане, побачити зміни. Аерофотозйомка із використанням БЛА (БПЛА) дозволяє отримувати знімки із роздільною здатністю менше 1 см на піксель. Необхідна (доцільна) детальність зйомки визначається цілями проекту або площею дослідження. Можливість розрізнити на знімках найдрібніші деталі, їх автоматизована обробка та аналіз дозволяють створювати інтелектуальні продукти геоданих, які описують місцевість та процеси, що відбуваються на ній. Кожен піксель зображення може містити критичні дані про місцевість або об'єкт. Більшість таких проектів супроводжуються процесами польового дешифрування результатів аерофотозйомки, тобто, окрім зображень, надаються ситуаційний план та опис характеристик точок цікавості (POI), які неможливо отримати з повітря.

- Якість та безпека. Досягнення очікуваних параметрів якості кінцевої продукції базується на професіоналізмі операторів, технічних можливостях БЛА (БПЛА) та камер, дотриманні технічних вимог та контролю якості кожного етапу виконання робіт. Проект починається з дуже ретельного планування маршрутів зйомки та їх перекриття, оскільки ці параметри мають критичний вплив на точність та якість кінцевого продукту. Найкращий варіант буде обрано в

залежності від цілей проекту, конфігурації об'єкту зйомки, вимог до кінцевого результату, строків та очікуваної вартості. Для досягнення необхідних параметрів точності аерофотознімання розробляється проект планово-висотної прив'язки, що гарантує необхідну надійність даних та досягнення вимог діючої інструкції та нормативних актів щодо точності готової картографічної продукції.

- Гнучкість та комплексність. Результати аерофотозйомки являють собою основу для виробництва численних похідних продуктів геоданих, які можуть бути використані для різних напрямків професійної діяльності клієнта: проектування, будівництва, аудиту та документування, моніторингу змін, розробки земельної та містобудівної документації, аналізу ризиків техногенного та природного походження, імітаційного моделювання, пошуку інвесторів та багато іншого [8].

Глибоке розуміння технологій дозволяє нам об'єднувати в єдину модель різні дані, отримані в результаті аерофотозйомки, картографії, лазерного сканування, батиметричних досліджень, геодезичного моніторингу, геологічних досліджень та гідродинамічного моделювання. Гнучкість технологій на базі БЛА дозволяє доповнити та покращити будь-який проект за рахунок швидкого та недорогого виробництва актуальних, детальних та надійних локальних даних про об'єкт без проблем з доступом до нього та пов'язаних із дослідженням ризиками.

Безумовно, рішення, які базуються на використанні БЛА (БПЛА), мають певні технологічні обмеження. Але дрон, як і будь-який інструмент, буде вдало працювати в умілих руках [7].



Рисунок 2.1 - Приклад БПЛА, який виконує аерофотозйомку

На цьому фото (рис. 2.1) ми бачимо, як БПЛА находячись у повітрі виконує аерофотозйомку. Можна зауважити, що у даному випадку, це квадрокоптер DJI, серії PHANTOM, який є дуже поширеним. Також має свій модуль камери, яка керується з пульта оператора БПЛА.



Рисунок 2.2 - Приклад, як працює оператор з БПЛА

На цьому зображенні (рис. 2.2) ми бачимо, як оператор БПЛА керує аерофотозйомкою, находячись безпосередньо на об'єкті, де виконується зйомка. Також варто зазначити, що у даному випадку оператор керує сучасним квадрокоптером DJI Mavic Enterprise Dual, який підтримує керування за допомогою окулярів віртуальної реальності. Що дозволяє оператору бачити зображення з камери дрону від першої особи, що дає можливість більш точно та ювелірно контролювати роботу БПЛА та корегувати політ.



Рисунок 2.3 - Приклад, укомплектованого БПЛА

На цьому фото (рис. 2.3) ми бачимо комплект БПЛА, який також використовується для геодезичних робіт та аерофотзйомки. Дрон DJI Mavic 2 Enterprise Dual - це портативний промисловий безпілотник, оснащений потужною тепловою камерою, яка надає пілотам надійний інструмент для роботи краще, безпечніше і швидше в складних умовах. Розроблений у співпраці з FLIR Systems, дрон оснащений радіометричним термодатчиком. Камера дозволяє користувачам вимірювати температуру і надійно зберігає всі дані для ефективного складання звітів і аналізу [11].

2.2 Класифікація БПЛА за технічними характеристиками

Ключові гравці на світовому ринку. У світі вже існує понад 500 виробників БПЛА. «Безумовним лідером з виробництва бойових дронів є Ізраїль. І це логічно, адже країна не один десяток років живе в умовах військових конфліктів і

зацікавлена в ефективних рішеннях, які дозволяють зберегти життя військових. А серед виробників цивільних дронів – у лідерах китайська компанія DJI»

DJI поки утримує близько 75% світового ринку. Другим за популярністю в світі брендом дронів є французький Parrot – це перші БПЛА, які потрапили на полиці Apple Store і стали першим масмаркет-дроном у світі. Третій лідер – Yuneec. Ці дрони завойовують популярність, позиціонуючи себе як якісний американський продукт з можливістю професійного застосування.

Які виробники дронів зараз лідирують в Україні? Поки 93% ринку утримують іноземні гравці. Як і в усьому світі, перше місце посідає DJI. За різними оцінками, його частка в нашій країні сягає близько 70-85% ринку. Чому так багато? Тому що представники DJI якраз і придумали сегмент споживчих дронів, який ми називаємо RTF – ready-to-fly. Це пристрої, які можна дістати з коробки і одразу використовувати.

На другу позицію вийшов французький бренд Parrot, завдяки створенню напрямку промислових рішень, популярних в українських аграріїв. Також на українському ринку присутня продукція компаній Aee, Sky-hero, Youneek, Zerotech, Xiaomi та інших. Загалом вони займають незначну частку ринку безпілотних платформ.

За рахунок чого українські виробники зможуть потіснити світових гігантів? Перспективну нішу стали оперативно освоювати і вітчизняні компанії. За кілька років до розробки військових і цивільних дронів долучилося понад 10 підприємств: «Антонов», «Атлон Авіа», «Політеко-Аеро», «ДеВіРо», «Меридіан», UA Technology, Ukrspecsystems, «Карболайн», DroneUA, Spaitech, Kray Technologies, «Айтек» тощо.

Поки що українські виробники цивільних дронів займають близько 7% внутрішнього ринку. Деякі компанії намагаються працювати і на експорт. Наприклад, Kray Technologies випускає безпілотники для агросектора, освоює ринки США і Канади. За оцінками компанії, підприємства цих країн вкладають у купівлю агродронів близько \$1,8 млрд на рік.

Вітчизняні підприємства можуть бути конкурентними за рахунок низької вартості виробництва і високого рівня інженерів в авіабудуванні.

Українські платформи цілком конкурентні на глобальних ринках. Однак у нас проблеми з ціноутворенням і зайвими витратами на ведення бізнесу, пов'язаного з технологіями подвійного призначення. Дорогі і тривалі процедури сертифікації обладнання, питання до процесу відшкодування ПДВ і складності на різних етапах не дають можливості українським виробникам відчувати себе так само вільно, як зарубіжним колегам. Проте, близько 10 українських розробників цілком можуть стати світовими гравцями.

Для успіху необхідно зрозуміти, що конкурувати «залізом» – збитково. Ми можемо створювати продукти з високою доданою вартістю у вигляді програмних продуктів і систем аналітики, що дозволить українським виробникам бути на крок попереду світової конкуренції.

Підприємства яких галузей використовують БПЛА в Україні? Поки одне з найбільш потребує завдань дронів – створення відеоконтенту. Безпілотники активно використовують для зйомки фільмів, блогів і т.д. Раніше для того, щоб зняти таке відео, потрібно було викликати вертоліт.

До недавнього часу в Україні основним промисловим сегментом, який використовував дрони, залишалась сільськогосподарська галузь. Вона часом становила 95%. У 2017 році кожен четвертий дрон в Україні працював в інтересах сільського господарства. Сукупний земельний банк підприємств, які працюють з дронами, перевищує 4,5 млн га.

Найбільш популярними сервісами є агромоніторинг за допомогою дронів і створення карт полів для пайового обліку підприємств. Також затребувані послуги зі створення карт засміченості рослин, підрахунків сходів і розрахунок вегетаційних індексів. «Також багато підприємств зараз цікавляться послугами зі створення карт диференційованого внесення азотних добрив і внесення засобів захисту рослин за допомогою дронів.

Безпілотники також стали активно застосовуватися в геодезії і топографії. А останнім часом, низка великих видобувних компаній теж розпочали роботу з дронами для оцінки обсягів видобутої породи, вимірювальних робіт [9].

Дрони використовують для замірів доменних печей, щоб зрозуміти, чи є витік газу. Раніше потрібно було вислати групу скелелазів, оформити їм дозволи, оснастити протигазами, кисневими балонами. Зараз на дрон вішається, грубо кажучи, лакмусовий папірець або сенсор. А співробітники через камеру в реальному часі бачать, як працює доменна піч.

Почали освоювати БПЛА й енергетики. Нещодавно деякі підприємства запустили пілотні проекти з моніторингу енергомереж. Дрони були оснащені сканером, відеокамерою і тепловізором. Після обробки отриманої інформації фахівці компанії матимуть чіткі дані про проблемні ділянки мереж, отримують зображення дефектів, які неможливо побачити з землі, або важкодоступних місць. Нові технології допомагають скоротити час на пошук аварійних ділянок і поліпшити якість електропостачання споживачів, оскільки дані дозволяють здійснювати ремонт аварійних ділянок превентивно – на етапі, коли пошкодження ще незначні і не призвели до аварійної ситуації.

Потенціал для розширення сфер застосування. В подальшому дронами користуватимуться дуже багато галузей. Найбільш очікувана сфера – логістика. Це перша і остання миля будь-якого логістичного ланцюжка. І зараз технологія готова до впровадження, проте недосконалість і неготовність регуляторних політик не дають можливості «зльоту» цими технологіями в доставці. Так, наприклад, «Нова пошта» вже кілька разів заявляла про бажання використовувати дрони.

ЖКГ – для енергоаудиту будинків, лісництва – для боротьби з незаконною вирубкою, охоронні підприємства – для виявлення порушників. Деякі види дронів розвивають швидкість до 75 км/год, втекти від них зловмисникові доволі важко. Плюс на дрони монтуються тепловізори, вночі безпілотник може побачити, як відбувається процес охорони і виявити порушника.

Стимули і перешкоди. Важливим пунктом у розвитку ринку буде наявність простих і прозорих правил використання БПЛА в Україні. Законодавче регулювання може стимулювати зростання галузі, але може і його «поховати». Тимчасовий порядок використання повітряного простору, ініційований Державіаслужбою, викликає безліч питань і нарікань у «безпілотної» спільноти. Потрібні чіткі правила гри, тобто закон, зрозумілий усім учасникам процесу, в тому числі виробникам, експлуатантам і контролюючим органам.

Отже, розглянувши напрямки, типи та можливості сучасних дронів перейдемо безпосередньо до їх характеристик.

Для аерофотозйомки ми використовуємо професійні БЛА (БПЛА) та камери. Використання двочастотних GPS, технологій PPK/RTK, камер із великою матрицею та об'єктивів без дисторсії та хроматичних аберацій, оцифровка по стереозображенням дозволяє із легкістю виконувати вимоги до створення топографічних планів масштабу 1:5000 – 1:1000 та частково 1:500. Результати аерофотознімання проходять польовий контроль точності готової продукції. У порівнянні із літаком чи гелікоптером, дрони мають мініатюрний розмір, не мають палива на борту, обладнані парашутною системою та дублюючими навігаційними системами і не можуть завдати шкоди об'єктам інфраструктури та спорудам [10].

Існує декілька розділів характеристик БПЛА:

Базові, до них можна віднести такі параметри:

- Автономність польоту
- Максимальна швидкість дрону
- Максимальна висота польоту
- Кількість двигунів та гвинтів (трикоптер, квадрокоптер, гексакоптер, тощо)
- Тип органу керування (свій пульт з дисплеєм та ПЗ або під'єднувальним до смартфона)
- Наявність додаткових захисних елементів, дуг та інше.

Кожен виробник БПЛА має свій визначений обсяг параметрів і всі вони можуть відрізнятися. Також наявність тих чи інших параметрів, та їх максимальне значення, залежить від вартості та моделі того, чи іншого БПЛА.

Додаткові, до додаткових характеристик БПЛА можна віднести спеціалізовані модулі та обладнання яке встановлюється на дрон для досягнення визначеної мети.

У галузі геодезії, землеустрою, аерофотозйомки використовуються наступні модулі, які встановлюють на БПЛА:

- БПЛА з RTK модулем

Дрони із вбудованою системою позиціонування RTK – це не майбутнє, а реальність. Давайте визначимо, що це таке, де застосовується і розглянемо найкращі безпілотники з вмонтованою навігаційною системою RTK.

Що таке RTK?

RTK (Real Time Kinematic), що у перекладі означає "кінематика реального часу". Іншими словами, це сукупність різних способів отримання планових координат місцевості сантиметрової точності за допомогою супутникової системи навігації. Вперше цей метод був виявлений у середині 90-х, але тривалий час перебував на стадії розробки. Останнім часом ця технологія стає все більш популярною в галузі точного землеволодіння, сільського господарства, будівництва, видобутку корисних копалин тощо.

Навіщо використовувати RTK?

У RTK використовується двочастотне обладнання. Передані дані – це вимірювання фазової корекції в реальному часі для мобільного приймача GNSS. Коли одна пара приймачів знаходиться на одній висоті, то висока ймовірність того, що атмосферні перешкоди будуть однакові для обох. Грунтуючись на вимірних координатах, опорний приймач здатний обчислити поправки до координат і легко передає їх на мобільний пристрій. В останні роки більшість країн зацікавлені в розробці станцій та мережі для RTK. Завдяки їм будь-який оператор може скористатися перевагами RTK в діапазоні базових станцій.

Але ми розуміємо що будь-які радіосигнали, які передають нам супутники схильні до різних порушень через шум від рухомих об'єктів або атмосферної неоднорідності.

Сучасні супутники можуть визначити будь-яку точку на поверхні до міліметра, але якщо сигнал спотворюється, він вказує пляму в розмірі від 5 до 100 метрів. Такі деформації можуть бути зменшені завдяки наземній інфраструктурі RTK.

Інакше кажучи, система RTK – це позиціонування з точністю до міліметра (рис. 2.4).

Завдяки дронам із вбудованою системою RTK можливе позиціонування в режимі реального часу з точністю до міліметра та мінімальною похибкою метаданих. Зараз більшість компаній виробників квадрокоптерів випускають БПЛА із вбудованою системою RTK (рис. 2.5).

PPK обробка і трансформація центрів збору даних. На кар'єрах поширена практика, щодо використання місцевих систем координат і власних диференціальних базових станцій. В даному випадку, з огляду на особливості підприємства, було прийнято рішення по використанню технології PPK (Post Processing Kinematic), замість RTK (Real Time Kinematic), для отримання координат центрів фотографування з сантиметровою точністю. Дана технологія дозволяє виконати зрівняння траєкторії польоту, щодо базової станції кар'єра, вже після виконання польоту - в офісі для цього необхідна наявність даних Rinex з дрона і базової станції, щодо якої здійснюється порівняння.

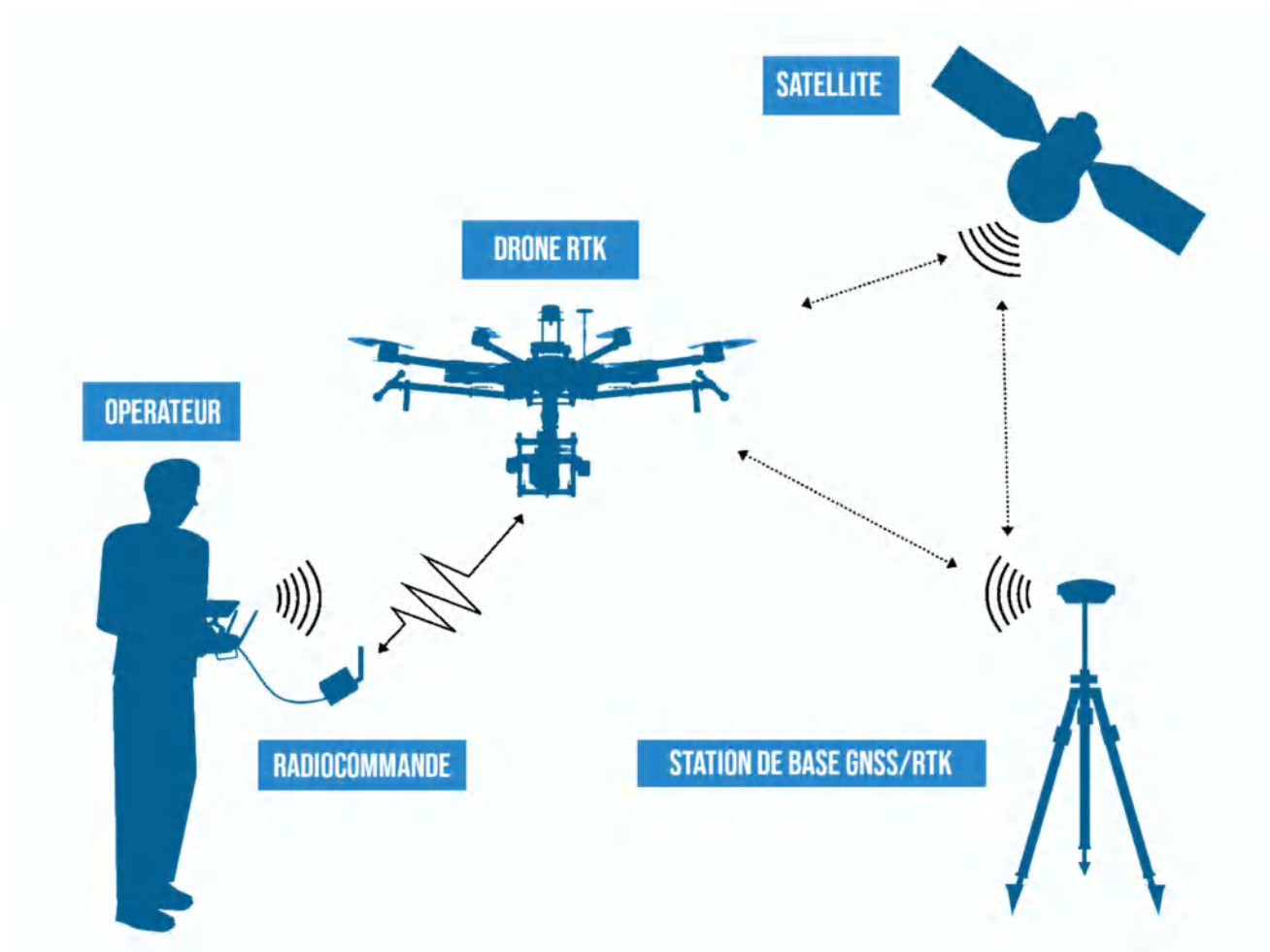


Рисунок 2.4 - схема роботи БПЛА з RTK модулем



Рисунок 2.5 - приклад БПЛА з RTK модулем (DJI Matrice 300 RTK)

- БПЛА з LIDAR модулем (рис. 2.6)

Лідар (транслітерація LIDAR англ. Light Identification, Detection and Ranging) — технологія отримання та обробки інформації про віддалені об'єкти за допомогою активних оптичних систем, що використовують явища відбиття світла і його розсіювання в прозорих і напівпрозорих середовищах.

Лідар як прилад являє собою, як мінімум, активний далекомір оптичного діапазону. Скануючи лідари в системах машинного зору формують двовимірну або тривимірну картину навколишнього простору. «Атмосферні» лідари здатні не тільки визначати відстані до непрозорих цілей, що відбивають світло, а й аналізувати властивості прозорого середовища, що розсіює світло. Різновидом атмосферних лідарів є доплерівські лідари, що визначають напрямок і швидкість переміщення повітряних потоків в різних шарах атмосфери.



Рисунок 2.6 - приклад БПЛА з RTK модулем та LIDAR (Leica BLK2FLY)

Усталений переклад LIDAR як «лазерний радар» не цілком коректний, тому що в системах ближнього радіуса дії (наприклад, призначених для роботи в приміщеннях), головні властивості лазера: когерентність, висока щільність і миттєва потужність випромінювання — не затребувані, випромінювачами світла в таких системах можуть служити звичайні світлодіоди. Однак, в основних

сферах застосування технології (дослідження атмосфери, геодезія та картографія) з радіусами дії від сотень метрів до сотень кілометрів, застосування лазерів неминуче [10].

Такі модулі також встановлюються на БПЛА з RTK, що дозволяє отримати хмару крапок певного об'єкта, з прив'язкою у потрібній системі координат. Це дуже потужний інструмент, який дозволяє виконувати практично будь які завдання у картографії, топографії, геодезії та інше.

На цьому зображенні ми бачимо один з найсучасніших БПЛА з LIDAR

На його прикладі розглянемо комплекс можливостей, які можна застосовувати у цій галузі.

Автономний літаючий сканер Leica BLK2FLY

Інноваційне рішення від Leica Geosystems. BLK2FLY – перший у світі повністю інтегрований БПЛА з технологією LiDAR. Це самостійний літаючий лазерний сканер із удосконаленою функцією обходу перешкоди, для зручного захоплення реальності з висоти. Він призначений для зйомки екстер'єрів будівель, конструкцій та навколишнього середовища, створюючи хмару точок під час роботи.

Літаючий лазерний сканер - нове рішення максимально просте у використанні, але при цьому ефективно при виконанні знімальних робіт різної складності.

Легкість в керуванні, нова система сканування чорної лінійки BLK не складна у застосуванні і спирається на елементи управління, на основі додатків. Для початку роботи, потрібно розгорнути та увімкнути пристрій, керування ведеться дистанційно у програмі BLK2FLY Live. У додатку є функція планування проектів, квадрокоптер самостійно літатиме виконуючи свою місію. Є можливість відслідковувати або змінювати траєкторію БПЛА в режимі реального часу. У разі потреби, є опція керувати пристроєм вручну, за допомогою віртуальних джойстиків. Безпілотник спроектований так, щоб бути максимально зручним у використанні. З використанням декількох простих натискань на планшеті, користувачі можуть підняти дрон у повітря для автономного

сканування зовнішньої частини будівель та важкодоступних областей даху та фасаду [12].

Програма BLK2FLY Live має функцію відстеження польоту. Інші опції включають панорамний перегляд для зміни напрямку видимості, масштабування зображення в реальному часі, при цьому безпілотник відповідним чином адаптує свою точку огляду. Легко змінювати траєкторію польоту квадрокоптера, для захоплення нової області, обравши область, через систему крапок безпосередньо у 3D-виді у додатку на планшеті. Дрон створює траєкторію польоту для швидкого та безпечного сканування цієї зони.

Застосування у будівництві та архітектурі:

Це рішення легко може супроводжувати хід будівництва, на кожному його етапі, при цьому заощаджуючи час, підвищуючи точність зйомки радара, за допомогою самостійного робочого процесу сканування. Легко візуалізуються вихідні умови, для реконструкції фасадів, за допомогою БПЛА, який пропонує самоврядний, але простий метод захоплення реальності на основі дрону. БПЛА самостійно скануватиме весь зовнішній вигляд будівлі з повітря, при цьому, надаючи високу точність відображення реальності, навіть у важкодоступних місцях.

Використовуючи дрон перед початком реконструкції, для отримання високоякісної 3D моделі будівлі. За заданою оператором лінійної траєкторії, BLK2FLY самостійно здійснює захоплення реальності, при цьому адаптуючись до навколишнього середовища, в якому він літає. Уникаючи перешкод і зберігаючи ідеальну відстань для якісного сканування, самостійно фіксує зовнішні особливості та розміри будівель. Вся отримана інформація виводиться на планшеті кількома операціями.

Використання у картографії:

Новий погляд на вимірювання від Leica Geosystems об'єднує всі системи безпілотного літального апарату (рис. 2.7), а також LiDAR (рис 2.8), радар та GNSS, за допомогою яких, виконує самостійне сканування території, з прив'язкою до географічних координат. Це портативний і простий у використанні пристрій, з

яким процес збору картографічного матеріалу відбувається набагато швидше і якісніше. Застосовані рішення, дозволять легко фіксувати потрібні точки, отримуючи їх точні координати, не припиняючи зйомку з повітря.

Якісна технологія захоплення реальності у польоті:

Під час польоту, сканування здійснюється відразу вгору та вниз, в обидві сторони одночасно. Наявність 5-ти камер по всьому периметру, зовні пристрою, дозволяє їх використовувати для відстеження та розфарбовування хмар точок і візуалізуючи їх відразу на планшет, для управління. Під час роботи, використовуються радарні датчики разом з LiDAR, щоб вчасно виявляти перешкоди, та уникати їх. Особливо важлива ця функція для виявлення скляних конструкцій, як перешкоди при скануванні великих сучасних будівель.

Актуальні завдання:

- Швидке виконання проекту завдяки ефективному способу зйомки;
- Висока точність та надійність вимірювань;
- Швидка передача інформації для обробки;
- Фіксація розташування;
- Захоплення навіть найважчих елементів архітектури.



Рисунок 2.7 – візуалізація роботи БПЛА з RTK модулем та LIDAR



Рисунок 2.8 – візуалізація роботи БПЛА з RTK модулем та LIDAR

РОЗДІЛ 3 ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ТОПОГРАФІЧНИХ ВИШУКУВАННЯХ.

3.1 Характеристика об'єкту виконаних робіт

Об'єкт дослідження є селище Семикозівка, Біловодського району Луганської області. (рис. 3.1).

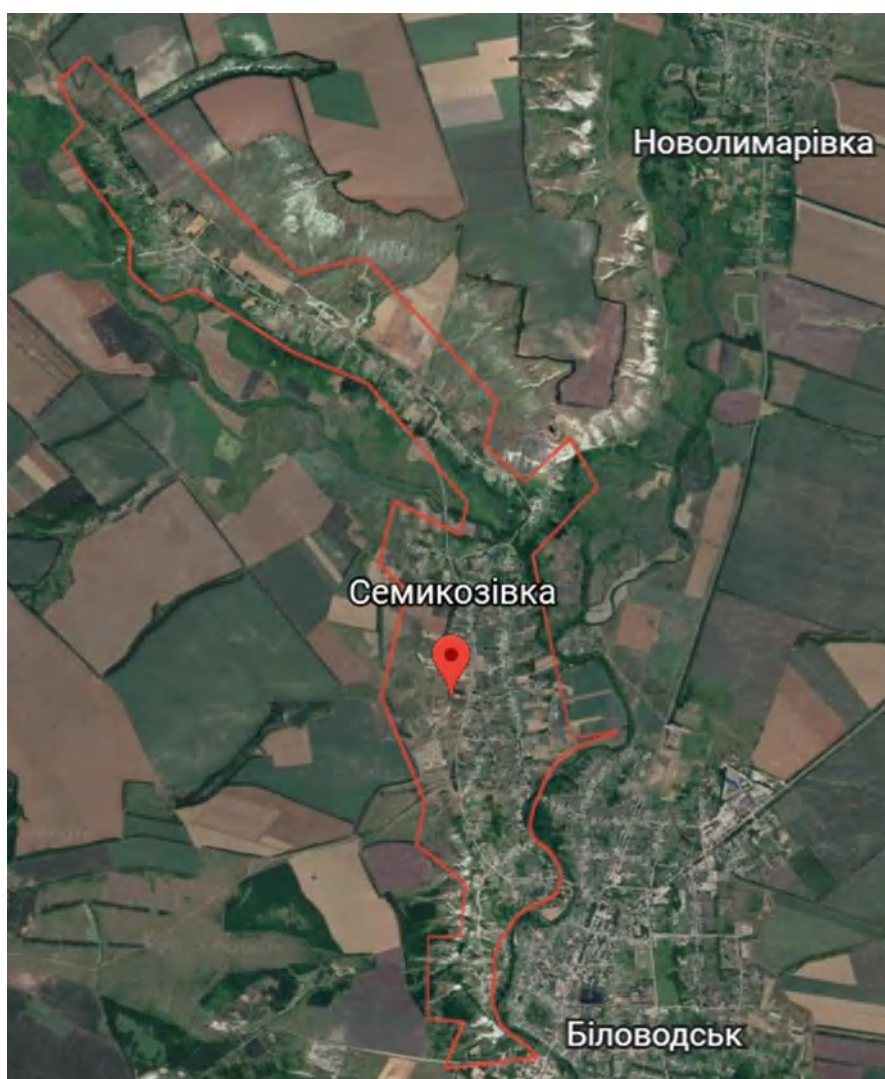


Рисунок 3.1 – Схема розташування об'єкту виконання робіт

Виконання робіт аерофотозйомки відбувалося на території з неспокійним рельєфом місцевості, тому використовувати класичні методи зйомки було більш складно та набагато довше, оскільки об'єктом виконання робіт було все селище, яке має велику площу та багато ділянок приватної власності, до яких немає доступу, що унеможливило проведення вишукувань класичними методами. (рис. 3.2).

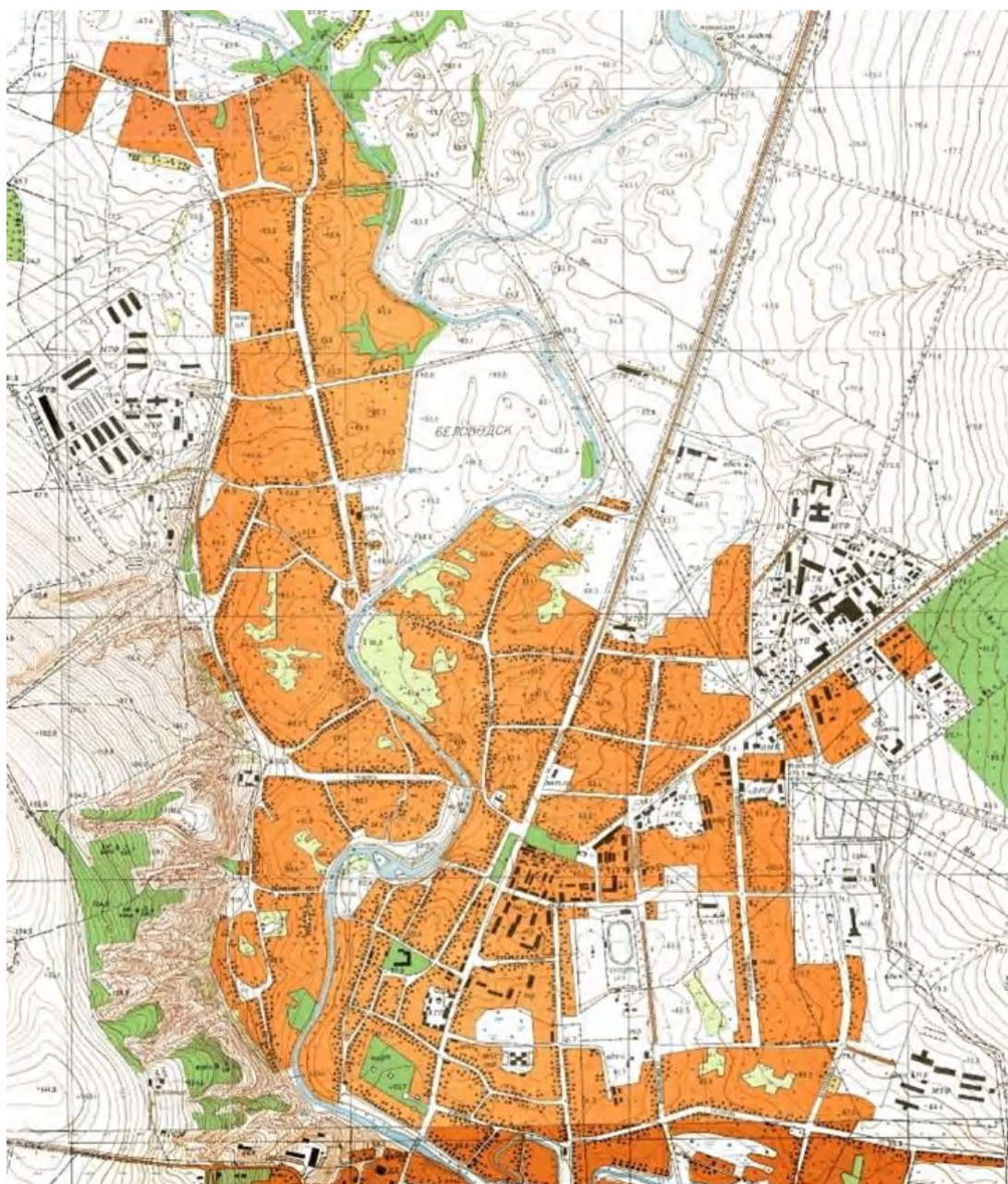


Рисунок 3.2 – Територія проведення аерофотозйомки

На цьому об'єкті було прийнято рішення використовувати аерофотозйомку на місцевості (рис. 3.3, рис. 3.4, рис. 3.5, рис. 3.6), як один із найпродуктивніших методів збору просторової інформації, основа для створення топографічних планів і карт, побудови тривимірних моделей рельєфу і місцевості.

Аерофотозйомка дає можливість отримати статичні зображення великої ділянки земної поверхні у вигляді аерофотознімка. Саме тому, вона незамінна у нашому випадку, оскільки вона заощаджує дуже багато часу та дає можливість виконати усі роботи, застосувавши мінімальну кількість людей та додаткового обладнання.

Якщо при традиційному топографічному зніманні зображення місцевості створюється поступово, то при аерофотозйомці використовують зображення, виконані аерофотоапаратами, що працюють повністю в автоматичному режимі.

Вже давно у минулому ті часи, коли креслення, плани і навіть цілі карти креслились вручну. Тепер всі графічні матеріали мають цифровий характер. Саме такий цифровий план місцевості нам необхідно зробити на нашому об'єкті.

Цифровий план - дуже зручний спосіб створення і зберігання даного виду матеріалів. Саме план - це основний графічний документ геодезії. Він затребуваний більше ніж карта і складається практично для кожної земельної ділянки. Цифровий план нічим не відрізняється від паперової версії, передає такі ж відомості. На нього також наносяться координати території, її геометричні показники, особливості, розташування об'єктів та інші дані. Однак зберігати і редагувати такий варіант набагато простіше і доступніше.

Щоб створити цифровий план, необхідно провести стандартні геодезичні дії, наприклад, виконати топографічну зйомку ділянки і обробити дані, але у нашому випадку, якщо враховувати велику площу та безліч особливостей вищевказаного об'єкту, аерофотозйомка це найкраща технолоія для вказаної місцевості. Якщо для досліджуваної місцевості вже створювався план, але він носить паперовий варіант, а його дані застаріли, то цей матеріал можна

оцифрувати за допомогою спеціальних програм і внести відповідні корективи, маючи данні з БПЛА.



Рисунок 3.3 – Процес виконання робіт на місцевості



Рисунок 3.4 – Процес виконання робіт на місцевості



Рисунок 3.5 – Процес виконання робіт на місцевості



Рисунок 3.6 – Процес виконання робіт на місцевості

3.2 Виконання робіт та оцифрування отриманих даних

Усі отримані під час робіт дані, щодо підземних та надземних споруд, (комунікацій), особливостей рельєфу необхідно використовувати для інженерно-топографічних планів.

Проводиться аерофотозйомка місцевості керуючим, який керує польотом дрона і може при необхідності поміняти маршрут, направивши БПЛА в потрібну сторону, щоб уточнити отримані дані або детальніше розглянути спірну ділянку. Топографічна зйомка з використанням безпілотників надає знімки, за якими створюються карти і ортофотоплан.

Ця технологія є однією з найефективніших технологій збору необхідних даних у польових умовах, оскільки за відносно короткий час БПЛА може охопити дуже великі площі, та отримати дані високої точності та якості у автоматичному режимі.

Оскільки на нашому об'єкті використовувався дрон DJI серії PHANTOM , тому програмне забезпечення для керування польотом було використане PIX4Dcapture.

Керування місією було наступним чином:

- Необхідно обрати потрібний дрон. PIX4Dcapture підтримує дрони від DJI, Parrot та Yuneec - трьох найбільших виробників дронів на ринку (рис. 3.7).

Безпілотники Parrot Bluegrass та Disco-Pro AG, підтримуються лише PIX4D Capture.

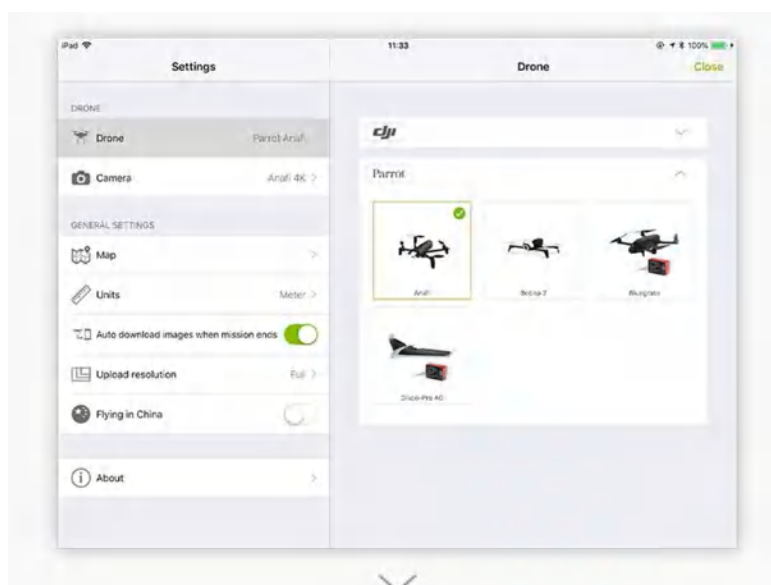


Рисунок 3.7 – Вибір потрібного дрону у Pix4D Capture

- Необхідно обрати місію

Різні місії для різних потреб (рис. 3.8). Програма PIX4Dcapture постачається з п'ятьма різними місіями, що забезпечують гнучкість, необхідну для ваших проєктів.

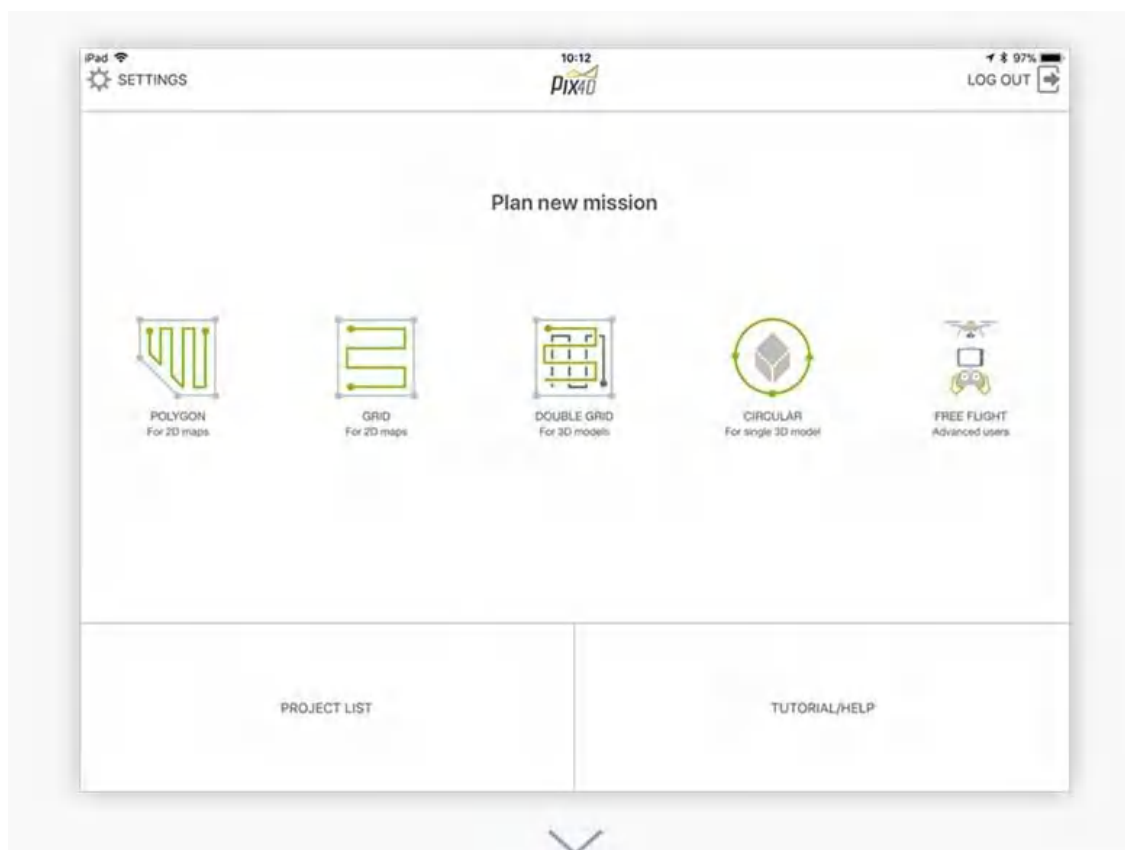


Рисунок 3.8 – Вибір потрібної місії дрону у Pix4D Capture

- Налаштування плану та параметрів польоту дрону

Легко визначайте розмір місії для картографування будь-яких територій (рис.3.9). Налаштовуються такі параметри картографування, як перекриття зображень, кут камери та висоту польоту відповідно до ваших потреб.

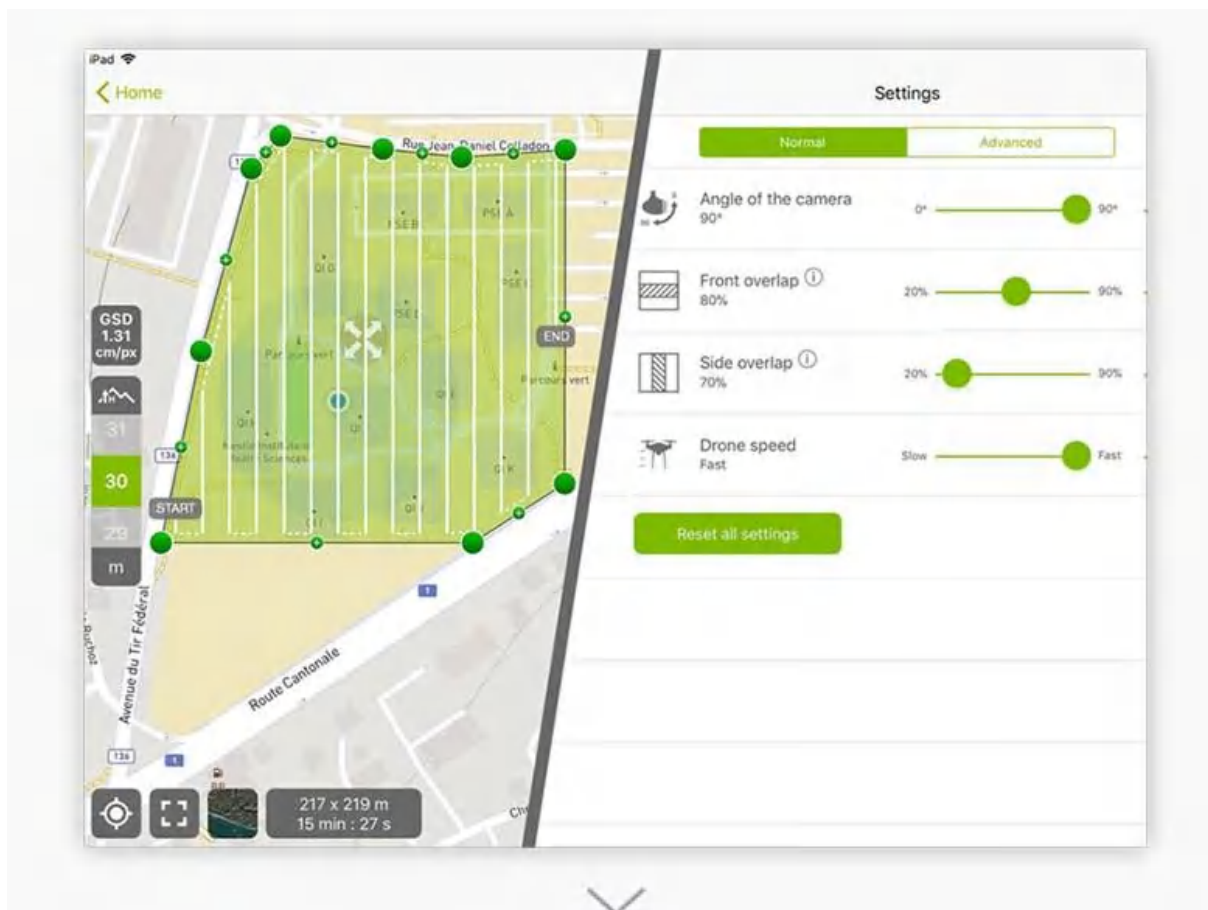


Рисунок 3.9 – Налаштування плану та параметрів польоту дрону у Pix4D Capture

- Запуск та політ

Запустіть місію та спостерігайте за нею в режимі реального часу за допомогою перегляду карти та камери (рис. 3.10).

Перегляд карти забезпечує пряму телеметрію та включає таку інформацію, як висота польоту та швидкість польоту. Або виберіть пряму трансляцію за допомогою виду з камери.

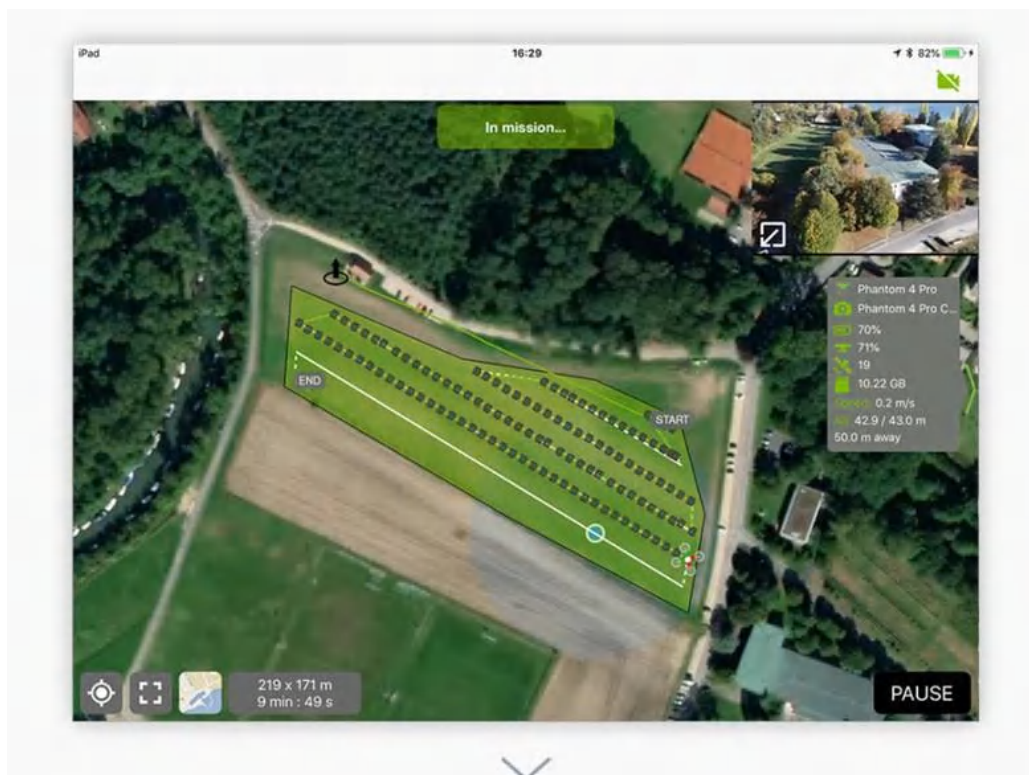


Рисунок 3.10 – Запуск та політ дрону у Pix4D Capture

- Перевірка результатів

Уникайте незручного доопрацювання, переглядаючи результати своєї місії ще на місці. Перевірте зображення прямо у програмі PIX4Dcapture (рис.3.11).

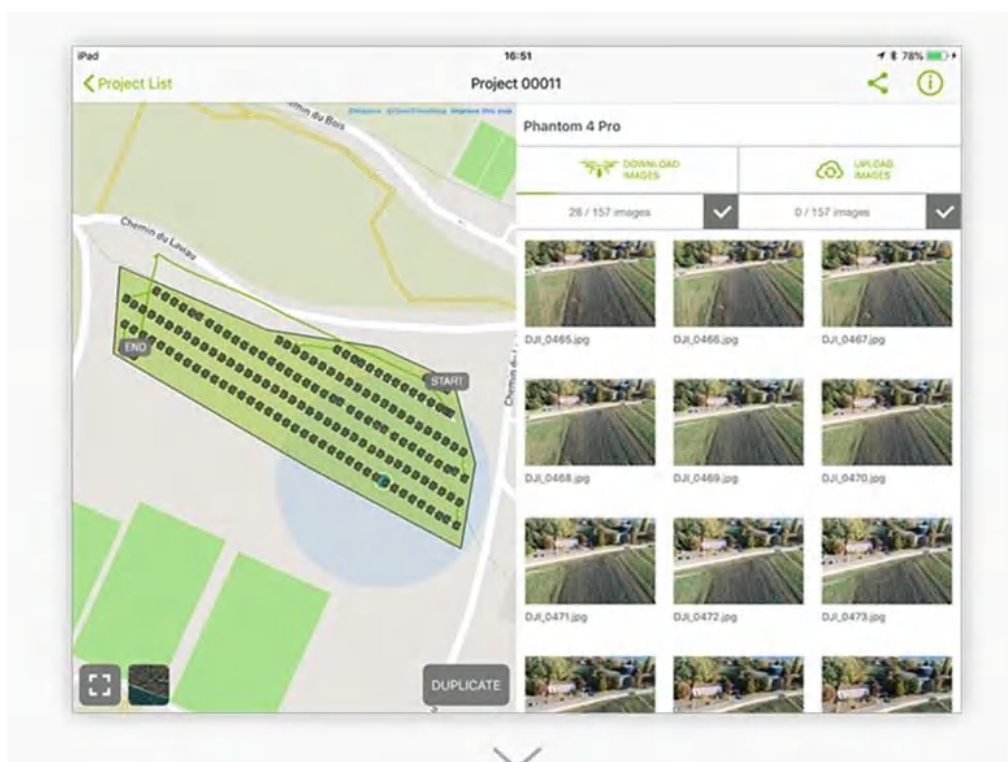


Рисунок 3.11 – Перевірка результатів польоту дрону у Pix4D Capture

- Автоматичне завантаження

Легко завантажуйте зображення у хмарні рішення (рис. 3.12) PIX4Dcloud для створення 2D або 3D карт та моделей для всіх галузей.



Рисунок 3.12 – Завантаження даних у хмарні сервіси Pix4D Capture

3.3 Програмне забезпечення для обробки даних, отриманих за допомогою БПЛА та іншого геодезичного обладнання

Такі програмні продукти як Pix4D, ContextCapture, Photoscan і інші були створені для швидкої побудови тривимірних моделей методом фотограмметрії. Особливо затребувані вони стали з появою доступних БПЛА, а разом з тим і можливістю швидко і дешево проводити зйомку з повітря. Таким чином виділився окремий клас програм автоматизованої фотограмметричної обробки матеріалів аерофотозйомки.

Продукти, які ми розглянемо, покликані вирішувати однакові завдання, тому всі вони схожі як рідні брати. Наш огляд складається з серії коротких заміток, в яких ми будемо порівнювати кожен з програм з деяким абстрактним ідеалом. Отже, типове рішення дозволяє обробляти будь-які цифрові зображення (RGB, NIR і RedEdge) і отримувати типовий набір похідних продуктів:

- Хмари точок, за якістю відповідні повітряному лазерному скануванню.
- Поверхні (DSM / DEM), високого ступеня деталізації у вигляді TIN або GRID моделі.
- 3D-моделі, текстура для яких генерується на основі вихідних зображень.
- Ортофотоплан, що відповідає вимогам точності топопланів різного масштабу.
- Вимірювання довжин, площ і об'єму.

Можливість створення перерахованих продуктів, де-факто стала обов'язковою для рішень в цьому класі. Крім цього, серед програм, які ми розглянемо, багато таких, що володіють додатковим (часом досить специфічним) функціоналом. Наприклад, підтримка окремих САД-операцій, обробка лідарних точок разом з фотознімками або генерація анімованих моделей і сцен. І ці додаткові фічі можуть стати визначальними при виборі робочої програми, яка краще за інших задовольнить саме ваші потреби.

На ринку представлено безліч продуктів і постійно з'являються нові. Тут відібрано найбільш популярні програми, а також ті, які можуть запропонувати будь-який унікальний функціонал [14].

Було розглянуто наступні програми:

- Pix4Dmapper Pro
- Agisoft PhotoScan Professional Edition
- Bentley ContextCapture
- RealityCapture
- 3DF Zephyr

- Correlator 3D
- 3Dsurvey
- Menci APS
- Autodesk ReCap 360
- Icaros OneButton
- Drone2Map for ArcGIS + Ortho mapping in ArcGIS Pro
- Inpho UASMaster
- Photomod Uas
- Drone Mapper
- WebODM

Pix4Dmapper Pro

Pix4D – це, мабуть, найбільш популярне ПЗ у класі.

Основні особливості: висока ступінь автоматизації обчислень, доброзичливий інтерфейс і низький поріг освоєння, підтримка широкого спектру камер, в т.ч. 360 ° і відео, власний хмарний сервіс.

Переваги:

- Легкість освоєння і дуже низький поріг входження.
- Сучасний і інтуїтивно зрозумілий інтерфейс (рис. 3.13).
- Процес обробки знімків повністю автоматизований і може проходити взагалі без втручання користувача. Ви просто вибираєте бажані похідні продукти і натискаєте чарівну кнопку «Старт». Програма все зробить сама.
 - Надає користувачу, нехай обмежену, але можливість ручної правки результатів обробки.
 - Гарна документація, велика база знань, активна спільнота та технічна підтримка. Імовірність, що у вас виникнуть проблеми в освоєнні продукту або питання без відповідей, прагне до нуля.
 - Підтримується обробка відео та знімків 360 °.
 - Можна довірити обробку хмарному сервісу (на жаль, тут є

обмеження).

Недоліки:

- Обмеженість впливу користувача на процес обробки. Можливість відкоригувати проміжний результат відсутній. Через це, навряд чи у вас вийде хороший результат з “кривою” зйомки або зйомки складної сцени.
- Можливість ручної правки результатів обробки реалізована досить непереконливо і мало функціональна.
- Робота з опоточками (маркерами) реалізована жахливо. Це «болячка» більшості додатків в даному класі.
- Обмежені можливості в генерації моделей рельєфу. Не сподівайтесь отримати якісну модель рельєфу. Проте, потрібно відзначити, що продукт розвивається і прогрес у створенні ЦМР наявний.

Висновок:

Легко освоїти і користуватися. Але не варто вимагати від Pix4D занадто багато і не чекайте видатних результатів.

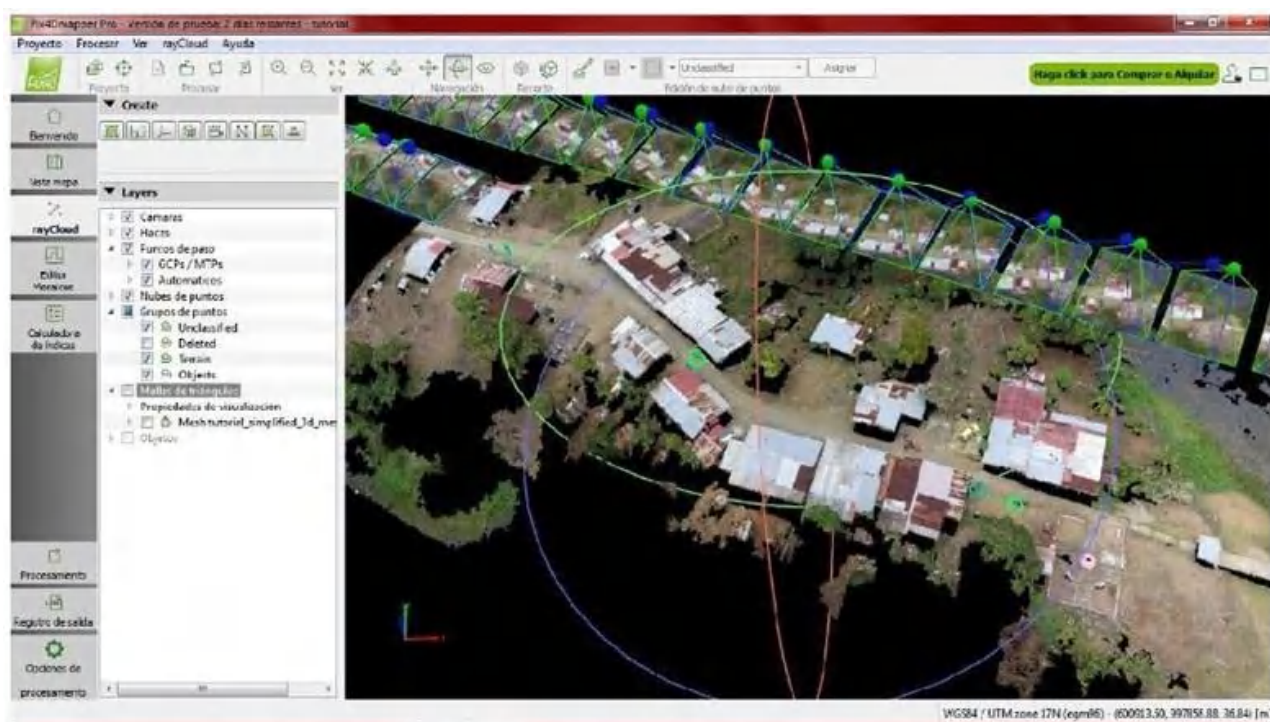


Рисунок 3.13 – Програмне забезпечення Pix4D

Agisoft PhotoScan Professional Edition

PhotoScan – дуже гнучкий софт. Досить низький поріг входження і, в той же час, величезна кількість можливостей для просунутого користувача.

Основні особливості: легко освоїти, гнучкість і нелінійність, підтримка Python скриптів, розподілена обробка.

Переваги:

- Простий інтерфейс, досить легко освоїти виконання основних операцій. Дуже хороші мануали для новачків.

- Відмінна математична модель обробки. Може працювати з будь-якими камерами, навіть невідомої моделі, “на льоту” уточнюючи параметри. Справляється навіть з неправильно виконаною зйомкою і знімками без координат.

- Прекрасно реалізована робота з опоточками. Є функція авто розпізнавання маркерів, підтримка масштабних лінійок.

- Можна створювати маски для знімків.

- Гнучкий і нелінійний процес обробки. Безліч параметрів, що налаштовуються, і можливостей для втручання користувача. Завдяки чому можна домогтися прийнятних результатів навіть за умови дуже поганих вихідних даних.

- Автоматизація обробки. Є внутрішній планувальник завдань, що дозволяє створювати навіть складні сценарії. Крім того, підтримує зовнішні Python скрипти, що дозволяє створювати власні розширення. Можливість управління через консоль.

- Автоматична генерація ЦМР відмінної якості.

- Редагування і класифікація щільної хмари точок. Використовуються стандартні LiDAR класи.

- Можна редагувати 3D модель. Вибір інструментів невеликий, але його вистачить для більшості завдань.

- Відмінно працює з не-гео об'єктами. Можна створювати навіть дуже складні 3D моделі. Наприклад, для друку або графіки.

- Підтримується велика кількість файлових форматів. Проміжні

результати можна експортувати, щоб виконати з ними операції в сторонньому софті, з подальшим імпортом назад у PhotoScan для продовження обробки.

- Підтримка розподіленої обробки (з певними застереженнями).
- 4D моделювання, тобто можливість реконструювати модель у динаміці.
- Склеювання 3D панорам.
- Генерація тайлових моделей. Як в PhotoMesh Layer, так і у власному форматі.
- Гарна документація та технічна підтримка.
- Активно розвивається.
- Вартість нижче середнього по ринку.
- Стабільна робота.

Недоліки:

- Немає заздалегідь прописаних сценаріїв обробки. Користувачеві доведеться створювати їх самостійно.
- Складність освоєння “просунутого” функціоналу.
- Немає автоматичного розбиття сцени на частини. Якщо сцена дуже велика, то вам доведеться самостійно оцінювати обсяг і ресурси, і вручну розділяти її на підзадачі. Це може призвести до того, що ви запустите побудову щільної хмари, а через кілька годин побачите помилку “Недостатньо пам’яті”. І все доведеться починати спочатку.

Висновок:

Може обробити навіть найгіршу зйомку і видати прийнятний результат. Витратьте тиждень на освоєння, і ви будете здивовані можливостям PhotoScan’а.

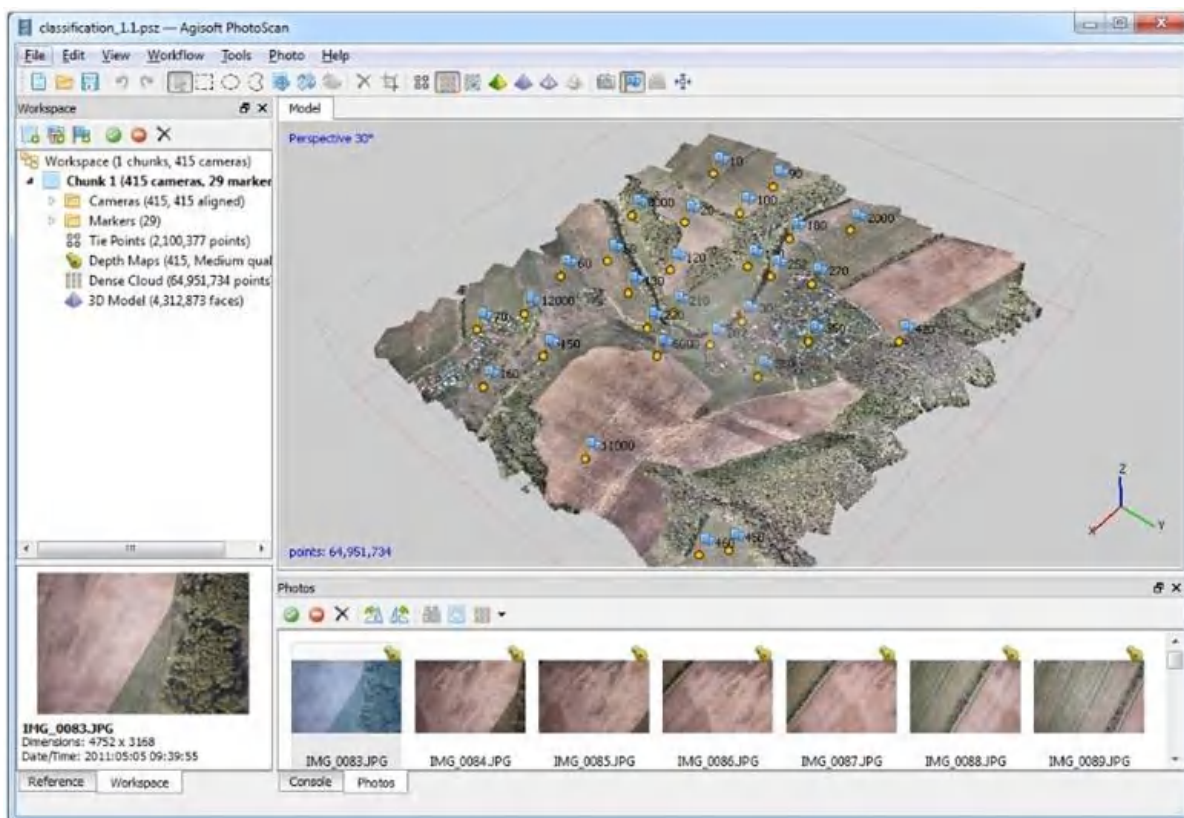


Рисунок 3.14 – Програмне забезпечення Agisoft PhotoScan Professional Edition

Bentley ContextCapture

ContextCapture невіддільний від екосистеми Бентлі.

Основні особливості: дуже гарні 3Д моделі, вельми швидкий, тісно інтегрований з іншими продуктами Бентлі.

Переваги:

- Підтримується обробка відео.
- Зручний планувальник з візардами.
- ContextCapture генерує дуже якісні 3Д моделі.
- Вміє оцінювати ресурси системи і розбивати сцену на підзадачі. Це дозволяє обробити навіть великі сцени.
- Може імпортувати і обробляти хмари точок, зняті лідаром.
- Генерує тайлові моделі. Тільки у власному форматі, але його опис наявний.

- Тісно інтегрований з продуктами Bentley.
- Підтримує структурні лінії, нехай і обмежено (тільки CC Center).
- Має власний Python API (тільки CC Center).
- Кластерна модель розподілу обчислень (тільки CC Center).

Недоліки:

- Інтерфейс планувальника невиправдано перевантажений (рис. 3.15).
- Проект обробки представляє собою файлову БД. Це не погано, проте, це впливає на інтерфейс програми.

- Планувальник ContextCapture Master, переглядач (Acute3D Viewer) і процесор (ContextCapture Engine) представляють собою три різні додатки. Ніяких переваг такого підходу для користувача помітити не вдалося.

- Переглядач вміє показувати тільки 3Д моделі (і тільки показувати). Все інше доведеться експортувати і дивитися / правити в іншому софті.

- Наслідком попереднього пункту є обмеженість впливу користувача на процес обробки. Можливість втрутитися залишається, але вельми обмежена. І вам доведеться робити це в іншому софті.

- Робота з tie points і GCP .
- Не вміє створювати ЦМР. Взагалі; і не обіцяють.
- Тільки справжнє ортофото. Впливає з попереднього пункту.
- Тісно інтегрований з продуктами Bentley, що не кожному буде доступно, завдяки своїй вартості.

Висновок:

Якщо ви користуєтесь Bentley MicroStation та іншими продуктами цієї компанії, то ContextCapture вам підійде, можливо.

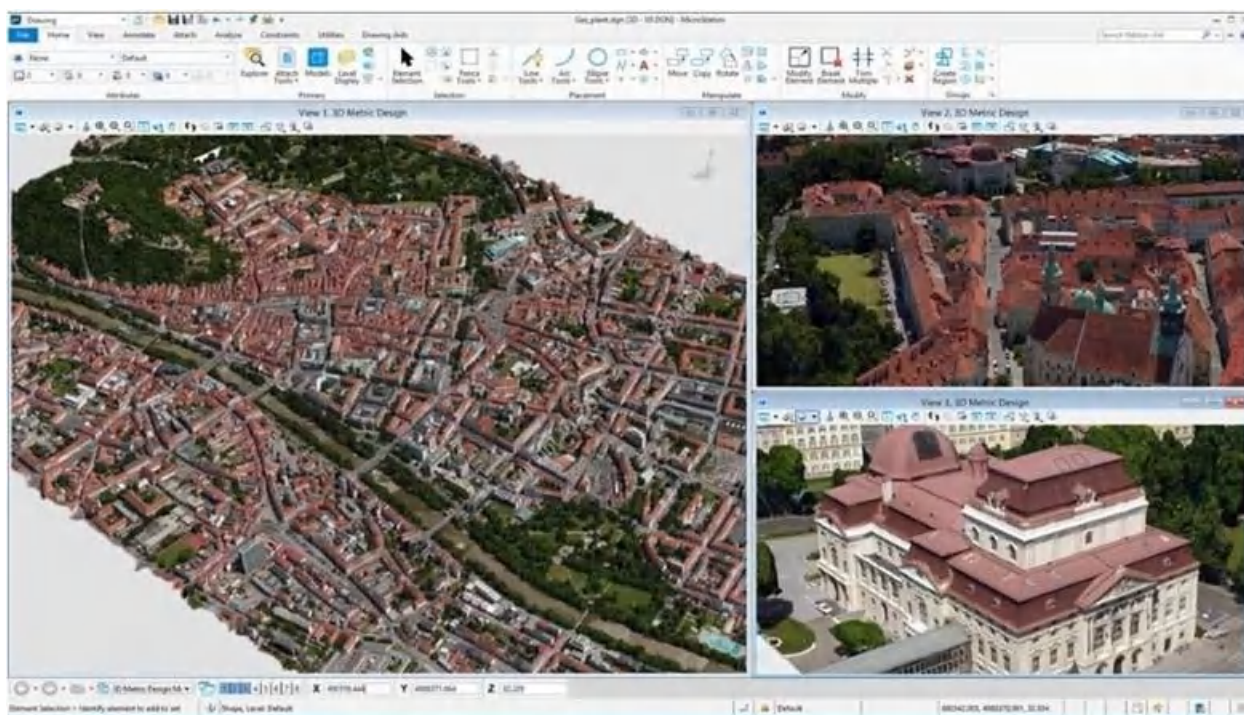


Рисунок 3.15 – Програмне забезпечення Bentley ContextCapture

RealityCapture

Фотограмметричне ПЗ для обробки знімків з БПЛА, зображень з будь-яких фотоапаратів і синхронізованих камер, а також лазерного сканування.

Основні особливості: позиціонується як ПЗ для художнього моделювання, спільна обробка знімків і лідарних точок, легко освоїти.

Переваги:

- Інтерфейс можна перебудувати за своїм бажанням, але в рамках заздалегідь наявних темплейтів (рис. 3.16). Їх досить багато, кожен зможе знайти зручні для себе.

- На початку роботи можна відразу завантажити папку зі знімками і натиснути Start. Програма почне процес обробки від вирівнювання знімків до побудови ортофото не перериваючись.

- У той же час можна запускати кожен процес окремо, регулюючи задані параметри.

- Є можливість імпортувати GCP з будь-якого файлу, але потрібно вказати його структуру: роздільники, порядок полів і т.п.

- Програма дає хороші результати навіть при поганій якості зйомки. У демоверсії якість деяких даних на виході навмисно занижена, проте результат нас порадував.

- Обробка в середньому займає менше часу, ніж в іншому ПЗ.

- На старті в основному вікні відкриває хелпери. Є додаткові посилання на онлайн базу знань, FAQ і інші пов'язані ресурси.

Недоліки:

- Не вміє робити ЦМР.

- “Стрічковий” інтерфейс не бездоганний. Процеси, що відносяться до одного етапу, можуть перебувати в різних вкладках і т.п. Логіка організації не зрозуміла.

- Є проблеми з масштабуванням вікна програми при роботі з декількома моніторами. При розвороті на повний екран може не до кінця розвернутися або частково “заповзти” на сусідній екран.

- При обробці великих обсягів даних використовує всі ресурси ПК.

- Є багато питань до того, як вручну відбувається знаходження спільних точок на зображеннях. Список дій для ручної прив'язки, наведений в мануалі, не відповідає реальності.

- При виборі папки зі знімками потрібно бути уважним, тому що програма зчитує всі підкаталоги. І якщо в них також є зображення, то вони всі підтягнуться в програму. І абсолютно не зрозуміло, як видалити непотрібні знімки.

- При встановленні програма автоматично не відображається в списку програм меню Пуск, а тільки ярликами на робочому столі. Не стільки мінус, скільки незручність.

Висновок:

Непогане ПЗ в своєму класі. На жаль не всі можливості можна спробувати в демоверсії, але навіть в демо результати багатообіцяючі.

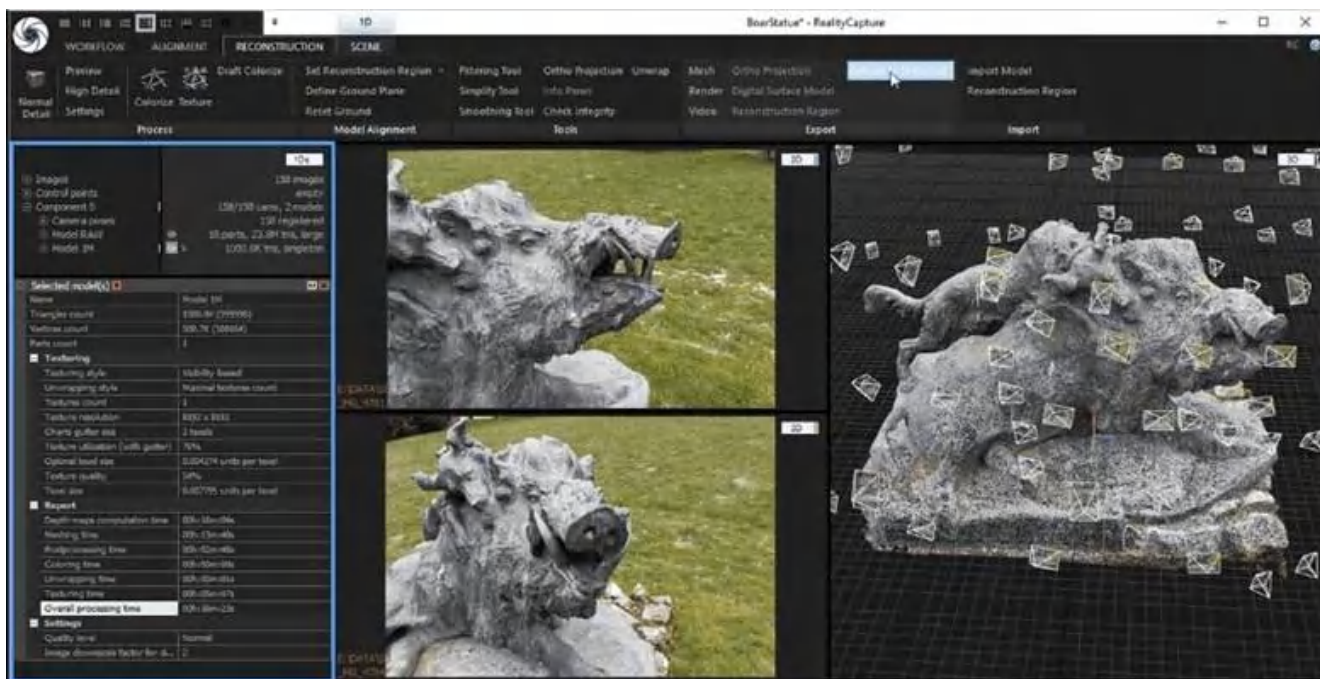


Рисунок 3.16 – Програмне забезпечення RealityCapture

3DF Zephyr

3DF Zephyr – автономний додаток для Windows, позиціонується, як професійний додаток для фотограмметричної обробки [15].

Основні особливості: повністю автоматичний процес, красиві моделі.

Переваги:

- Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс (рис. 3.17). Практично всі пункти меню дубльовані окремими кнопками.
- Незважаючи на велику кількість налаштувань для кожного етапу роботи, є функція дефолтного налаштування. Можна не заглиблюватися в специфіку того чи іншого процесу.
- Дуже якісний результат обробки на етапах побудови щільної хмари і полігональної сітки. Навіть для наборів даних, які далекі від ідеалу.
- Експорт результатів в безлічі форматів.

Недоліки:

- При великих обсягах даних дуже сильно навантажує ПК.
- Бажано, щоб на ПК було встановлено CUDA GPU від Nvidia. Інакше

процесор виходить з ладу.

- Необхідно більше часу на обробку даних, ніж в середньому для такого типу ПЗ.
- Збережені файли проектів займають багато місця. Не критично для початку, але може бути проблемою при накопиченні проектів.
- А ось якість при побудові ортофото, або мозаїки, дуже залежить від якості вихідних даних. Наприклад, в місцях де не було достатнього перекриття, виникають сильні спотворення.

Висновок:

Відмінна програма, дозволяє контролювати процес і вручну задавати параметри обробки. Але, з не дуже якісними наборами даних, справляється не на всіх етапах.

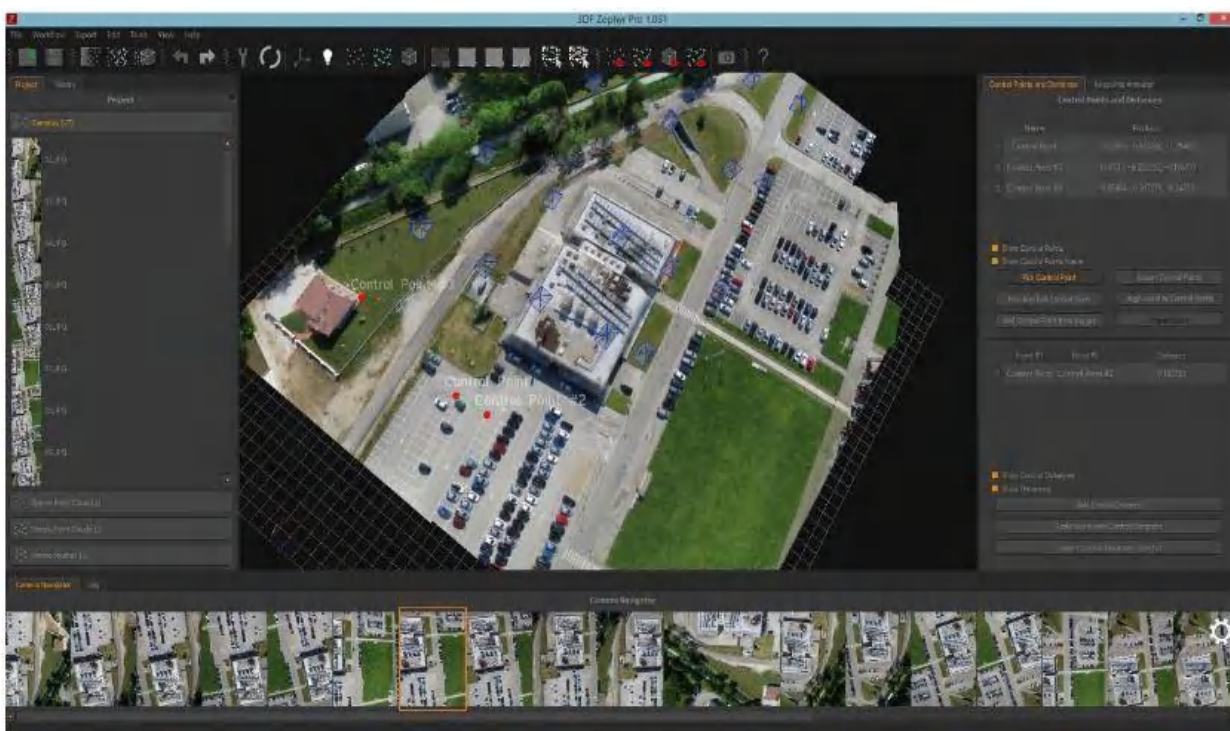


Рисунок 3.17 – Програмне забезпечення 3DF Zephyr

Correlator 3D

Одне з провідних рішень по обробці даних БПЛА.

Основні особливості: може обробити величезну кількість зображень будь-якого типу.

Переваги:

- Наявна можливість повністю автоматизованої обробки. Являє собою можливість вибору етапів, з виключенням будь-якого з них.
- Досить простий інтерфейс, чітко розділений на етапи обробки (але простота не дорівнює зручності), (рис 3.18).
- Висока швидкість обробки даних. Не потребує космічних ресурсів.
- Можливість обробляти необмежені обсяги даних.
- Можливість “ручного” втручання в будь-який з кроків після розрахунку всіх даних і відповідно правка цих результатів.
- На відміну від більшості побратимів, в основному використовує ресурси ЦП, а не відеокарти. Чи це перевага? Вирішувати вам.
- Підтримка всіх типів камер.
- Є докладний мануал по роботі.

Недоліки:

- Зайва простота інтерфейсу іноді обертається тим, що не зрозуміло навіть деякі кнопки.
- Погано і не завжди працює зум.
- Програма не дозволить завантажити жодного знімка, якщо немає даних EXIF (тобто не можна довантажити вже потім).
- Також не можна завантажити знімки, якщо відсутні будь-які дані в параметрах камери. Доводиться просто шукати фокусну відстань або розмірність пікселя, щоб завантажити знімки в проект.
- Щоб автоматична обробка дала прийнятні результати, то вихідний набір даних повинен бути близьким до ідеального: знімки повинні бути відмінної якості, повністю перекривати один одного.

- Якщо траєкторія дрона була систематичною, з відсутністю перекриття знімків в деяких місцях, то автоматична обробка відпадає. І навіть ручна не гарантує більш-менш нормального результату.

- Ручний пошук спільних точок на знімках просто жахливий. Потрібно проводити прямі між парою знімків і в більшості випадках обидва знімки розгорнуті випадковим чином. Це збільшує час на пошук точок. І для даних середньої якості така обробка займає багато часу, і що найжахливіше, не гарантує результат.

- Робота з GCP це окрема жахлива глава. Завантажити точки в програму можна тільки через .gcp файл з жорсткою структурою. У вас не буде права на помилку.

- Програма схильна до вильотів.

- Немає будь-яких форумів, де можна поставити запитання або подивитися типові проблеми в роботі. Всі відповіді шукати тільки в мануалі

Висновок:

Correlator 3D – непогана програма. Але не зовсім зрозуміло, кому вона потрібна з такою конкуренцією на ринку софту.

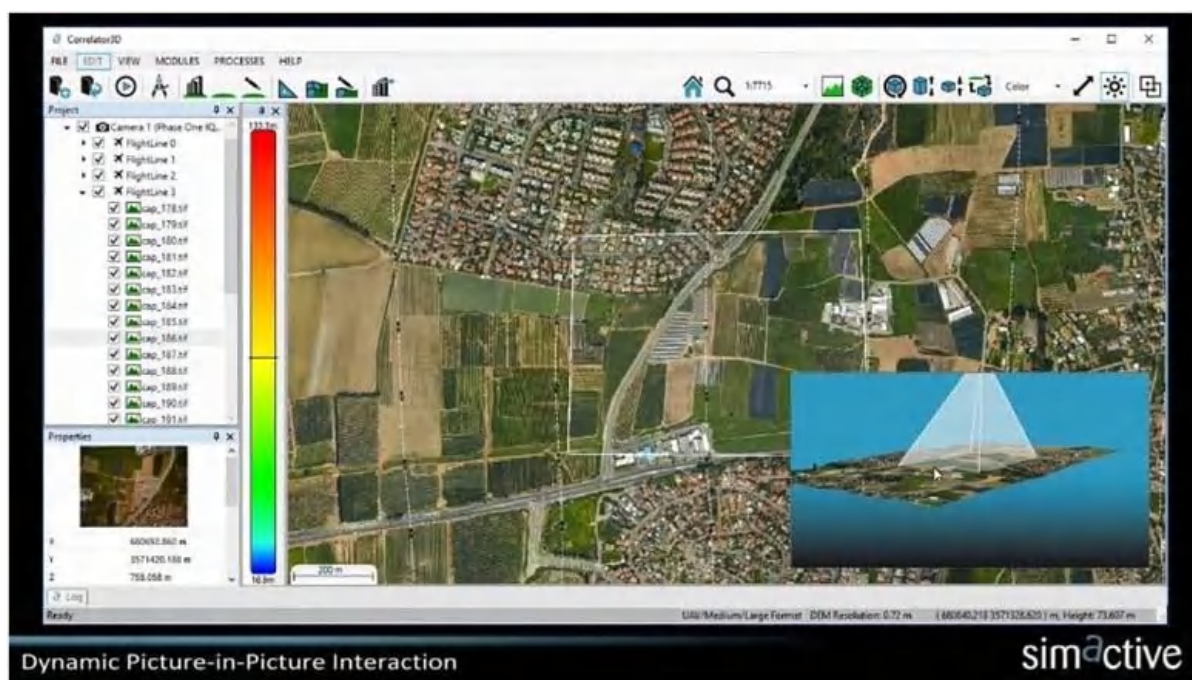


Рисунок 3.18 – Програмне забезпечення Correlator 3D

3Dsurvey

3Dsurvey позиціонується як рішення для інженерних завдань. Чи так це?

Основні особливості: CAD функції.

Переваги:

- Простий і зрозумілий інтерфейс (рис. 3.19).
- Гарна робота з GPC. Навіть дуже хороша. Потрібно відзначити три будь-яких маркера і інші програма знайде сама. Вам залишиться тільки переглянути правильність розпізнавання.
- Відмінна якість автоматичної обробки. 3Dsurvey зміг витягнути навіть дуже погані дані.
- Працює дуже швидко. Якщо у вас вистачить машинних ресурсів...
- Вміє фарбувати хмари точок і моделі кольорами карти висот. Дуже зручно.
- Автоматична класифікація точок землі, дійсно зручна і ефективна. Однак! Присвоїти клас точкам не можна, тільки видалити всі точки, які не є точками землі. Дуже звужує спектр вирішуваних завдань.
- Просунутий рівень набору інструментів для вимірювань і розрахунків. Вміє розраховувати обсяг кар'єра і відкритої шахти, будувати профілі і перетину, порівнювати дві моделі і багато іншого.
- Інструменти профілювання не поступаються повноцінним CAD.
- Відмінна реалізація роботи з областю обробки (bounding box), такого немає більше ні в кого.
- Можна вручну задавати висоту виділеним точкам щільної хмари. Як абсолютну, так і відносну.

Недоліки:

- Необхідний коннект до мережі Інтернет для початку роботи.
- Обов'язково потрібно вибрати модель дрона. Без цього не поїдемо.
- Іноді вилітає під час обробки.
- Дуже ресурсномістка програма. У системних вимогах зазначено, що

мінімум 4gb ram і 8gb рекомендується. Але на практиці при 8 – вся система зависала на моменті обробки, по тривалості хвилин 20 (сам ПК в той час не був завантажений нічим іншим). Наприклад, вийшло обробити тільки маленький набір даних (39 знімків). На це пішло рази в два більше часу, ніж у іншого софта. Більший обсяг 3Dsurvey вже просто не потягнув.

- Не зовсім зрозуміле розташування інструментів. Є панель праворуч, на якій розташовані всі інструменти. Однак кнопки запуску побудови DSM і ортофото розташовані в меню, що випадає у верхньому рядку (Файл, Правка...).

Не дуже зрозуміло навіщо це зроблено.

- Не можна вручну відкоригувати загальні точки на фото. Якщо авто розпізнавання не впоралося.

- Редагування ортофото зручним не назвеш.

- Формат вихідних знімків тільки .jpg.

- Не вміє генерувати растрові карти висот.

Висновок:

Хороші результати обробки, легкість освоєння і відмінний набір інструментів. 3Dsurvey дійсно підійде для будівельного та інженерного моніторингу. Якщо у вас на будмайданчику є потужний комп'ютер та Інтернет.

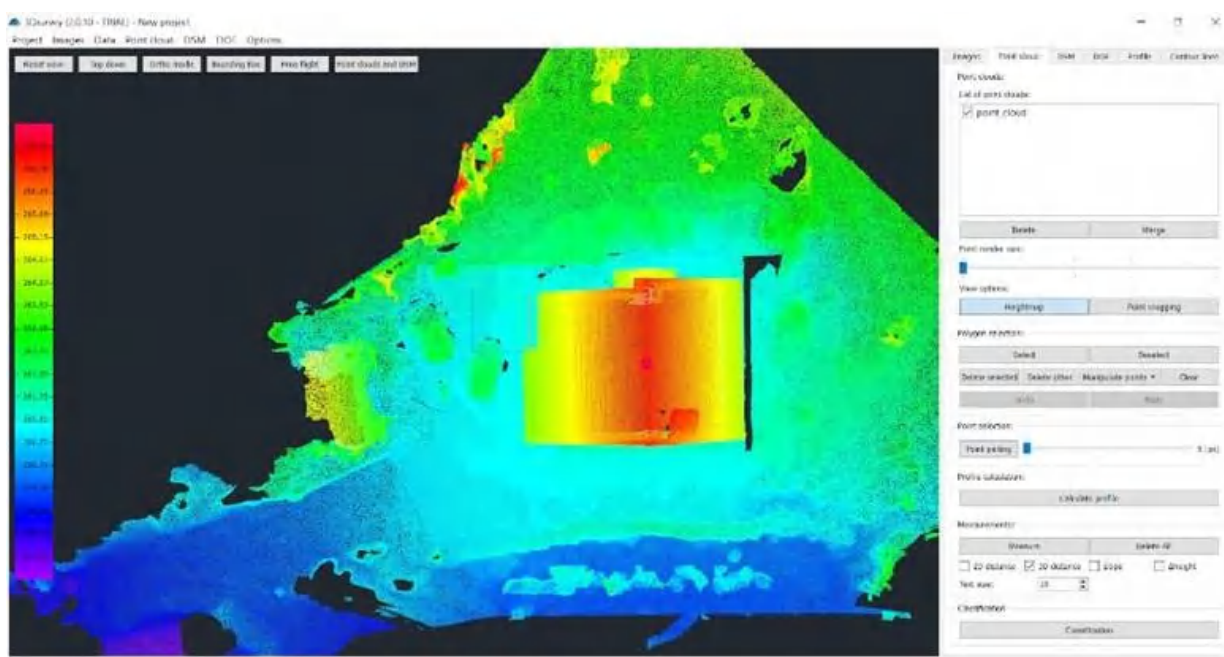


Рисунок 3.19 – Програмне забезпечення 3Dsurvey

Menci APS

APS – це набір софта для обробки зйомків з дронів. Поставляється з трьома додатковими модулями: StereoCAD (3D CAD планування), TerrainTools (професійний вьювер і редактор DEM), APSCheck (перевірка польоту в полі).

Основні особливості: повна автоматизація, широкий функціонал.

Переваги:

- Зручний інтерфейс, чітко розділений на теми (рис. 3.20). Все зрозуміло і не вимагає попередніх знань по темі.
- Є відмінний мануал, який описує поетапну роботу з програмою від завантаження знімків до експорту кінцевих результатів. Відмінна служба підтримки, є для цього свій софт. Багато навчальних матеріалів, можна скачати тестові набори даних.
- Для початку роботи досить завантажити знімки, і програма все зробить.
- Непогана швидкість обробки даних. 219 фото вирівняні за годину.
- Якість обробки відмінна. Без втручання користувача, але така можливість є, нехай і обмежена.
- Програма не перетягує на себе всі ресурси ПК навіть під час найбільш трудомістких розрахунків (є невелике гальмування системи, але в перші хвилини).
- Нормальна робота з GCP.
- Можна імпортувати CAD дані і редагувати прямо в програмі. Є тільки базовий інструментарій.

Недоліки:

- Програма для тесту GPU припинила роботу при запуску і більше не запускала (на роботу основної програми це не вплинуло).
- Робота можлива тільки при підключенні ПК до Інтернету, початок роботи через авторизацію на сервері і періодично потрібно перепідключатися. ПК повинен мати прямий доступ в інет, не через проксі або VPN. Створює деякі

незручності.

- Зйомка повинна бути виконана правильною “змієюю”. В іншому випадку результат обробки абсолютно незадовільний.

Не можна вручну відкоригувати зв’язок знімків між собою.

Висновок:

APS – відмінна програма. Проста, зручна і потужна. І, на подив, не дуже вимоглива до нас або до «заліза».

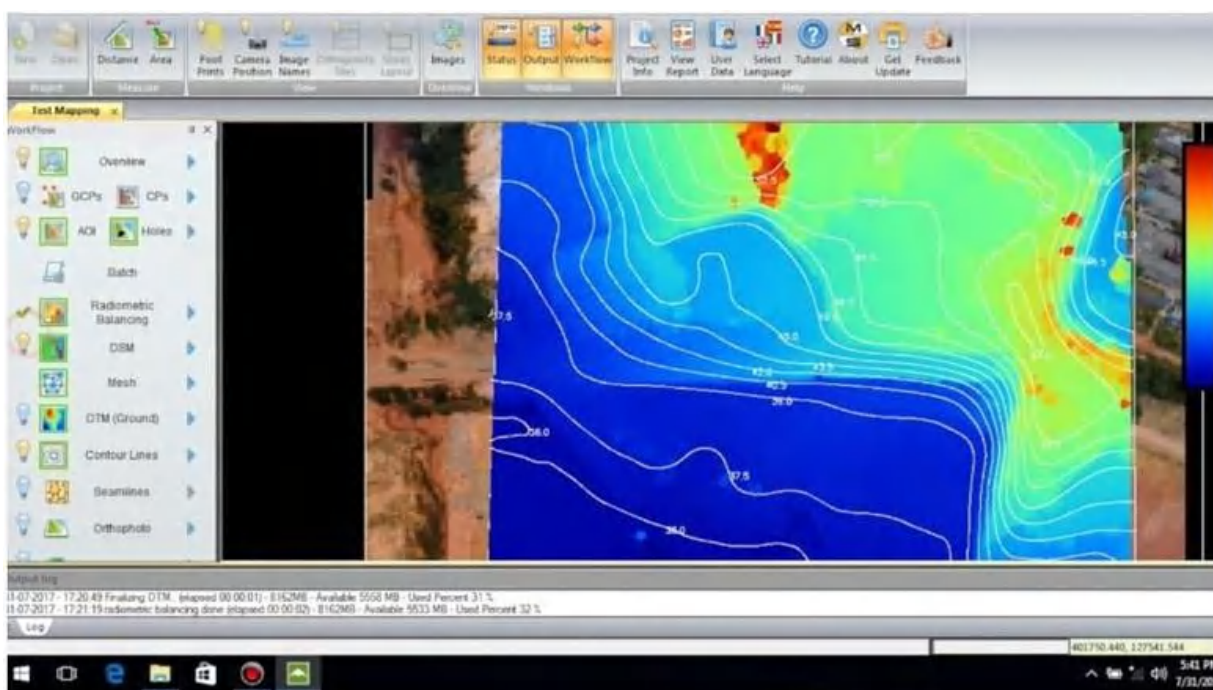


Рисунок 3.20 – Програмне забезпечення Menci APS

Autodesk ReCap Pro

Продукт компанії Autodesk, ReCap PRO – оновлена версія ПЗ ReCap 360 для обробки зображень і ReCap – для обробки даних лазерного сканування, поєднана воедино.

Основні особливості: хмарне рішення.

Переваги:

- Продукт заснований на попередньому веб-сервісі, тому буде працювати на будь-якому «залізі» і будь-якій платформі. Потрібна тільки

установка основного продукту, вся обробка відбувається віддалено.

- Кожному користувачеві виділяється 5 Гб місця в хмарі і не лімітується кількість проектів.
- Безкоштовна версія дозволяє повноцінно обробляти до 50 зображень. Великі фотосети також будуть оброблені безкоштовно, але в низькій якості.
- Інтерфейс простий, зрозумілий і мінімалістичний (рис. 3.21). Зручний візард для створення нової обробки: вибрати фотографії, задати декілька параметрів і модель будується. Швидко і зручно, без зайвих проблем.
- Окремий режим обробки для “повітряних” фотосетів. Представлений функцією “nadir optimization”.
- Дуже гарна якість моделей і ортофото.
- Інтеграція з екосистемою Autodesk.
- Є можливість вручну “зшити” зображення, які програма не змогла обробити. Або просто додати загальні точки в уже оброблені зображення, для поліпшення результату. Однак потрібно дуже обережно це робити, тому що можна поламати всю модель.
- Є мобільний додаток для iOS (for iPad only).
- Є API, але поки beta-версія. До релізу використання API буде безкоштовним.

Недоліки:

- Установка і ініціалізація ліцензій і самого софту вимагає терпіння і часу, тому що більшу частину дій доводиться виконувати навмання.
- Після вивантаження проекту в хмару ви “стаєте в чергу” на обробку, а на це витрачається багато часу. Після закінчення обробки на пошту приходить повідомлення, але не завжди.
- Доступні продукти – 3D mesh місцевості і ортофото, DEM.
- Робота з програмою вимагає облікового запису Autodesk, але її отримання зводиться до декількох кліків, плюс доступна опція авторизації через соцмережі.
- Відсутні функції пост обробки моделі. Передбачається використання

стороннього редактора.

- ReCap Pro не дає можливості керувати текстуруванням. Він сам вибирає, яке зображення буде використано для побудови текстури.
- Немає можливості втрутитися в процес обробки.
- Не підтримує опоточки.
- Іноді виникають проблеми з реконструкцією великих даних. Занадто багато артефактів.

Висновок:

ReCap Pro підійде тим, хто користується продуктами Autodesk і іноді обробляє дані зйомки для подальшого використання в AutoCAD'е, Revit'е або іншому подібному ПЗ.

Також програма корисна для 3D реконструкції невеликих об'єктів. Особливо, якщо ви знімаєте на смартфон.

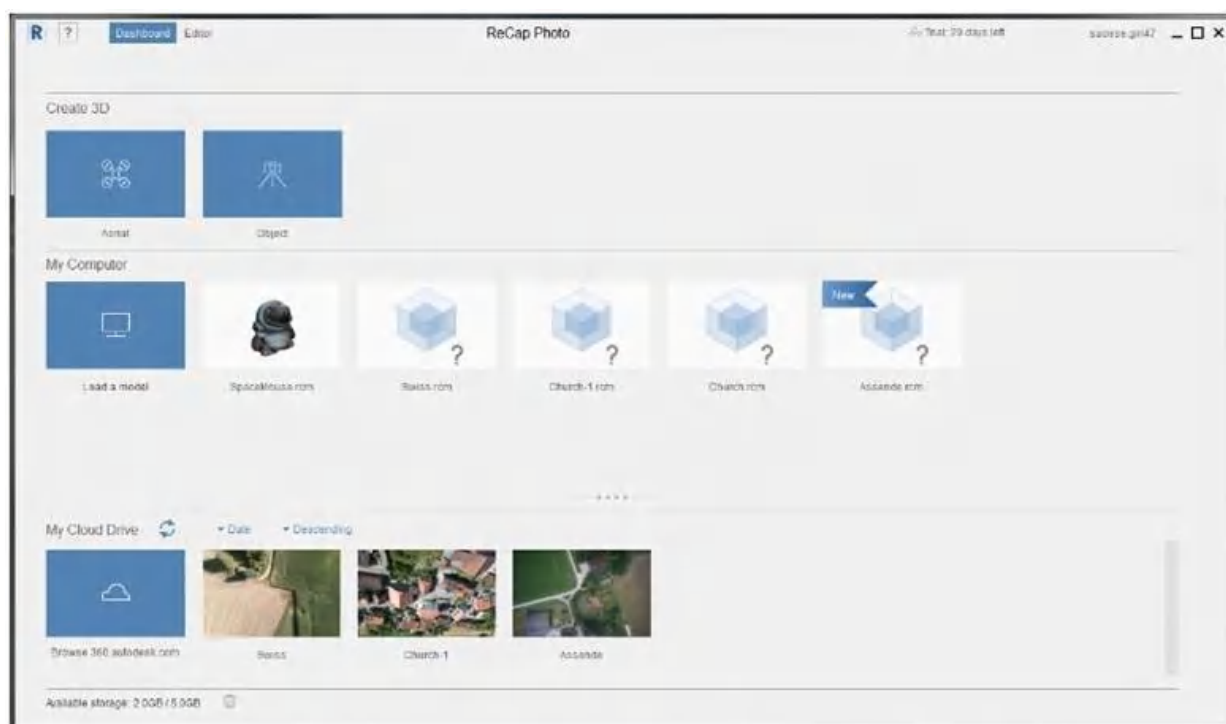


Рисунок 3.21 – Програмне забезпечення Autodesk ReCap Pro

Icaros OneButton

Ще один продукт спрямований на обробку зйомок з дронів від компанії

Icaros [16]. Позиціонується як найпростіше і зручне у використанні рішення в своєму класі, звідси і назва.

Основні особливості: повна автоматизація, легко освоїти, планувальник польоту.

Переваги:

- Програма виправдовує назву. У неї дійсно одна тільки кнопка для запуску всіх процесів.
- Приємний, мінімалістичний інтерфейс (рис 3.22). Є вибір схем кольорів. Відмінно виглядає темна, не тисне на очі.
- Не дивлячись на всього лише одну кнопку, на початку, при створенні проекту є набір установок, які впливають на розрахунок: вибір камери, типу ландшафту, для яких цілей потрібен кінцевий результат.
- Дуже якісна обробка. Хоч і нешвидка.
- Хороша документація. Інструкції по встановленню показані на сайті, надсилаються на пошту, а після реєстрації продукту надсилають документ з описом початку роботи.
- У комплекті йде програма для контролю польоту дронів з землі. Не тестувалася, тому що це виходить за рамки огляду.

Недоліки:

- Програма іноді намагається підтягти якісь дані зі своїх серверів. Якщо вихід в мережу через проксі, то можуть бути проблеми з підключенням.
- Вимоглива до «заліза». В основному йде більше навантаження на CPU.
- Якщо зйомка виконана з порушенням технології, то обробка неможлива. Наприклад, в разі недостатнього перекриття знімків в деяких місцях. Не вийде отримати навіть поганий результат.
- Іноді потрібно задавати вручну параметри камери.
- Не відображаються проміжні результати обробки, наприклад, хмара точок. Можливо це обмеження тріальної версії.
- Не вміє будувати ЦМР.

Висновок:

Програма підкуповує своєю простотою. Є певні недоліки, але з ними можна змиритися. Підійде тим, хто обробляє прості зйомки для отримання типових аутпутів. Ось тільки для цього вже є Pix4D.

Тестувався тріальний пакет Simple. Відмінності в версії Professional: по-іншому організована робота з GCP, є інструменти контролю якості та інструменти редагування ліній різку ортофото. Яка версія краще? Звичайно ж Pro, Pix4Dmapper Pro!

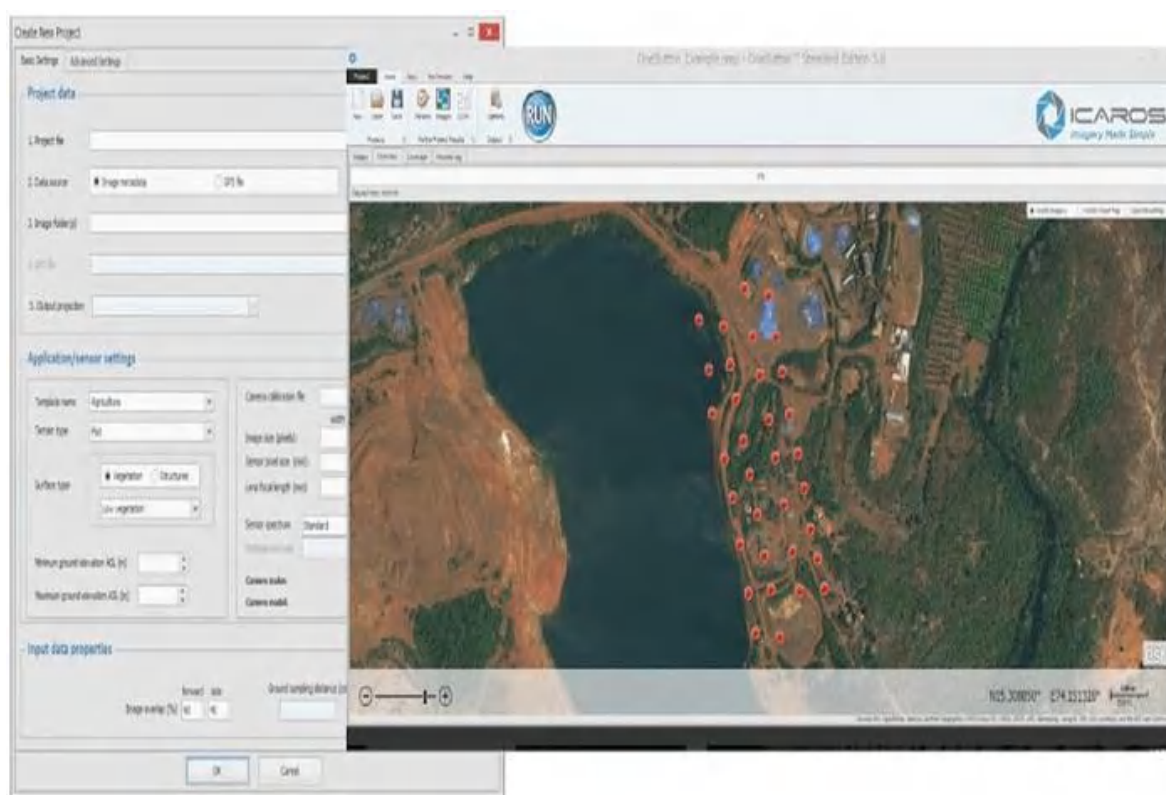


Рисунок 3.22 – Програмне забезпечення Icaros OneButton

Drone2Map for ArcGIS

Продукт для обробки даних UAV, представлений компанією ESRI.

Основні особливості: інтегрований в ArcGIS, простий у використанні.

Переваги:

- Простий і ненав'язливий інтерфейс (рис 3.23). Буде особливо зручний людям, які часто працюють з продуктами ESRI.

- Гарна інтеграція з продуктами ESRI або їх хмарними сервісами.
- Програма інтегрована з сервісами та компонентами ArcGIS
- При створенні проекту є заздалегідь підготовлені профілі обробки.

Наприклад, 2D-обробка, 3D-модель та інші. Їх відмінність в кінцевому результаті, а точніше в наборах даних. 2D проект видасть ортофото, DSM і NDVI, 3D – щільна хмара точок і меш.

- Є великий вибір підкладок: це можуть бути як супутникові знімки, навігаційна карта, топографічна карта і т.п.

- Дуже швидкий процес обробки проектів типу 2D.

- Є можливість завантажити знімки без геотегів. Потім додати окремим файлом.

- Якісний результат обробки як в 2D, так і в 3D.

Недоліки:

- Програма зчитає відразу все, що передбачає профіль обробки. Не можна, наприклад, зробити тільки побудову щільної хмари. Разом з хмарою будується mesh, навіть якщо він вам не потрібен.

- Дуже вимоглива до ресурсів ПК, особливо до оперативної пам'яті.

- Програма йде на додаток до ArcGIS Online / Desktop. Потрібно бути користувачем продуктів ESRI.

- Програма заснована на движку Pix4D. Тим, хто не використовує ArcGIS немає сенсу купувати Drone2Map.

- Мало форматів для експорту результатів.

Висновок:

Дуже непоганий продукт. Тягне обробку великих обсягів інформації. Але якщо ви не користуєтеся ArcGIS'ом на постійній основі, то Drone2Map не для вас. Оскільки немає сенсу брати підписки на кілька сервісів, заради однієї програми.

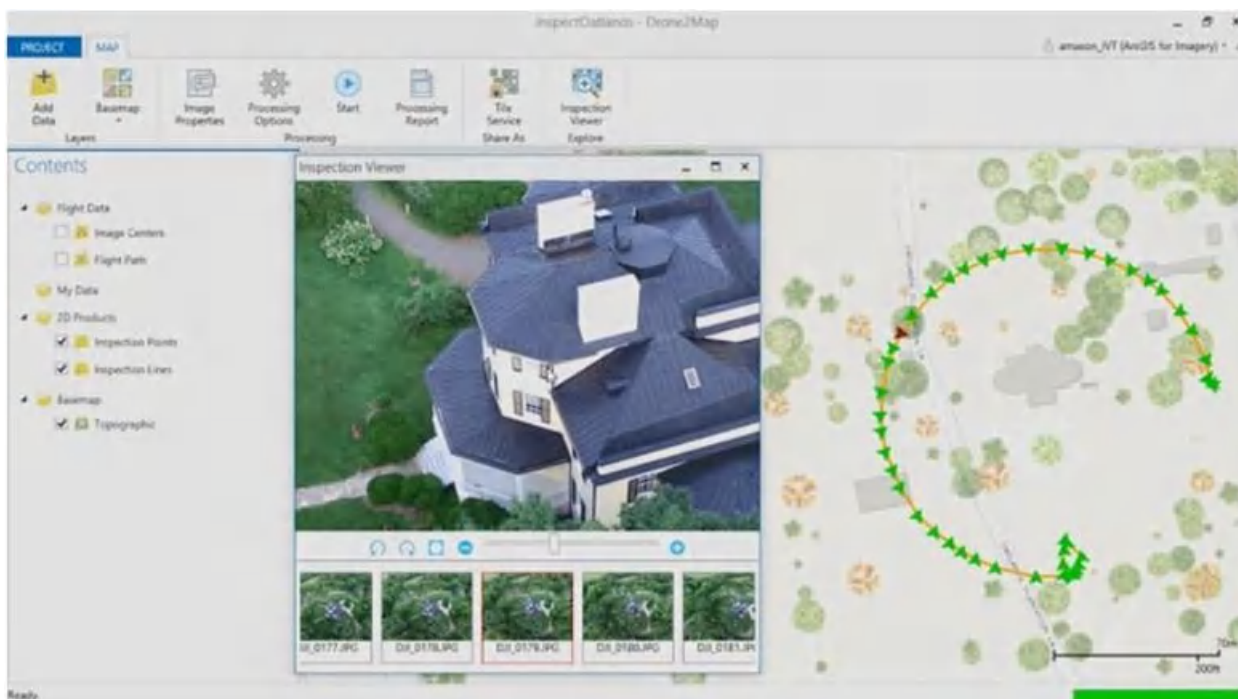


Рисунок 3.23 – Програмне забезпечення Drone2Map for ArcGIS

Ortho mapping in ArcGIS Pro

Вбудований модуль ортокартографування для ArcGIS for Desktop. Не зовсім вписується в рамки огляду, але з огляду на популярність ArcGIS неможливо було пройти повз.

Основні особливості: інтегрований в ArcGIS, простий у використанні.

Переваги:

- Зручний і мінімальний інтерфейс (рис 3.24). Розбитий по групах, зручно орієнтуватися, відразу зрозуміло який процес обробки куди відноситься.
- Автоматично визначає тип і модель камери, її налаштування і проекцію.
- Є можливість підключати підкладку, є вибір шарів.
- Досить швидко працює. Мається на увазі не сам процес обробки, а такі моменти, як зум, виділення об'єктів, робота з меню.
- Якісна побудова моделей і ортофото.
- Дозволяє обробляти фотографії з супутників, а також цифрові і скановані результати аерофотозйомки.
- Робота в середовищі ArcGIS.

Недоліки:

- Через те, що заснован на онлайн технології, можуть виникати різні труднощі при запуску (довгий за часом) і при обробці даних (якщо переривається з'єднання, обробка зависає і потрібно запускати заново).
- Сама обробка даних займає тривалий час. І не завжди зрозуміло через що більше програма загальмовує в розрахунках. Однаковий набір даних може оброблятися різну кількість часу.
- Не може створювати 3Д моделі.
- Для тих, хто не знайомий з принципом ліцензування продуктів ESRI, можуть виникати складнощі в тому, щоб знайти де підключати ліцензію і як розподіляти її між співробітниками.
- Є баг на етапі завантаження знімків. Програма не завжди коректно визначає висоту знімків. Точніше, вона зв'язує висоту знімків з висотою заданої території над рівнем моря і якщо цифра в даних знімків менше, то програма не завантажує такі знімки. Проблема вирішується винесенням параметра Constant elevation 0 в налаштуваннях.
- Є проблеми в разі, коли наявний встановлений Python. Тимчасове рішення – відключати його в PATH.
- Іноді з незрозумілих причин вилітають внутрішні модулі обробки і даний етап треба перезапустити (як і Арк).

Висновок:

Досить непогане рішення від ESRI, дає хороший результат на виході, але має свої мінуси і є спрощеною (і нестабільною) версією Drone2Map. Підійде тим, у кого вже є ArcGIS Desktop Advanced.

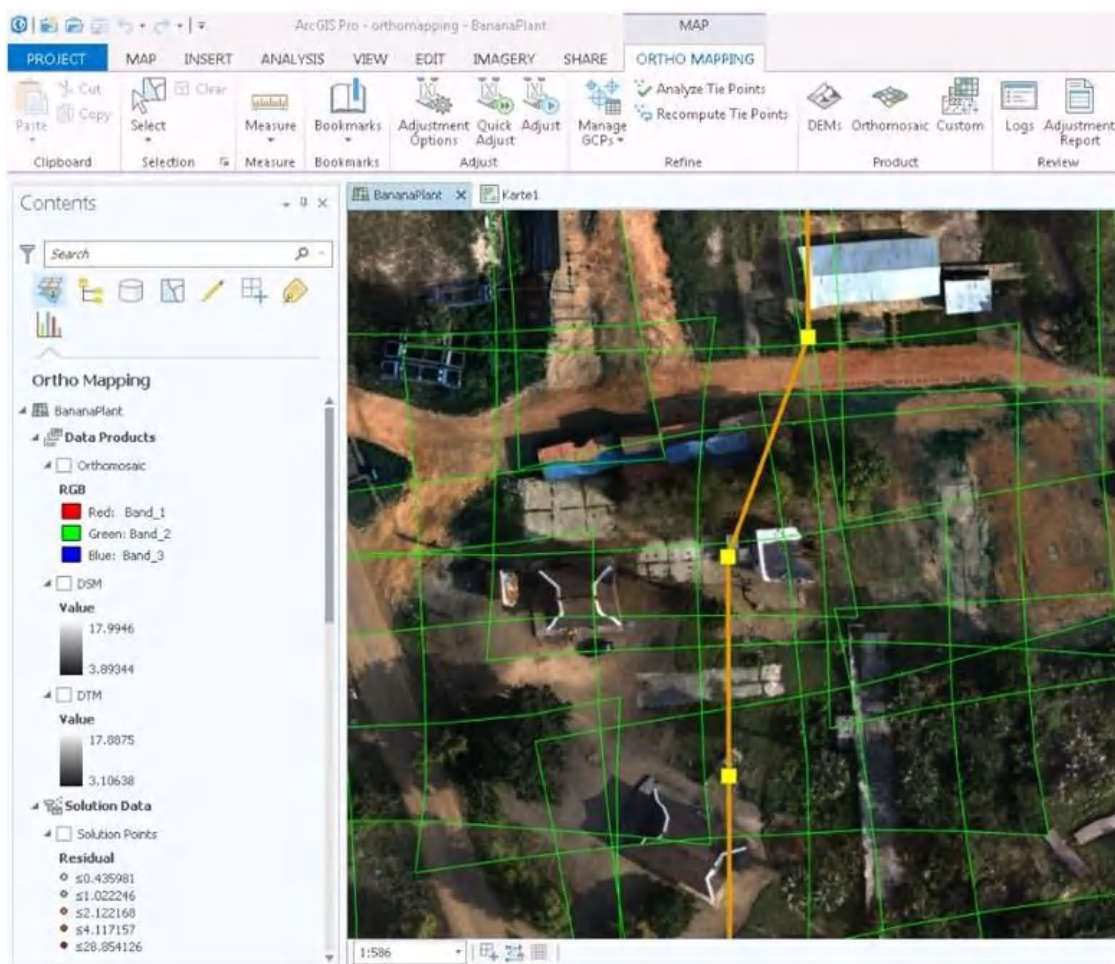


Рисунок 3.24 – Програмне забезпечення Ortho mapping in ArcGIS Pro

Inpho UASMaster

UASMaster – це просунутий пакет для фотограмметричної обробки даних від компанії Trimble.

Основні особливості: продукт від Trimble.

Переваги:

- Надає всі ті ж інструменти, що і Inpho для класичної фотограмметрії. І це дуже добре.
- GPC вантажаться через простий csv файл, не потрібен ніякий специфічний формат.
- Активне ком'юніті, де багато обговорень можливих проблем, описів кращих практик та інше. Є відео tutorіали з покроковим описом всіх етапів проекту. Дуже докладний мануал.

- Розфарбовує хмару точок і 3Д модель таким же чином, як зазвичай забарвлюється карта висот. Дуже зручно.

- Повноцінна підтримка характерних ліній.

- Ви повністю контролюєте обробку.

Недоліки:

- Дуже заплутаний інтерфейс. Програма спрямована на людей, які добре володіють продуктами Trimble з фотограмметрії і знають технічну частину дронів / камер. Можна обробляти з дефолтними налаштуваннями, але якість результату вас навряд чи обрадує.

- Обов'язково потрібен файл з параметрами камер (координати, висота і т.п.). Програма не зчитає їх з EXIF даних файлів.

- Не дивлячись на детальність манулу, він не описує деякі помилки / попередження, спливаючі в процесі роботи. І не завжди їх можна знайти на форумі.

- Якщо камери немає в базі обладнання, то доведеться вручну прописати усі її параметри. Навіть ті, про які не знає виробництво.

- Про обробку та її якість сказати нічого не можна – в триальній версії не працює нічого крім орієнтування знімків.

Висновок:

Не можна дати оцінку, тому що немає повної версії програми. Якщо ви звикли працювати з продуктами Trimble, то UASMaster може вам підійти.

Photomod Uas

Програма для обробки даних, отриманих з використанням безпілотних літальних апаратів від компанії Ракурс. «Дочка» програми PHOTOMOD переробленої під обробку дронівських даних. Як результат, хворіє на ті ж хвороби, що й однокласники зі схожим родоводом, наприклад Inpho UASMaster [17].

Основні особливості: дешево.

Переваги:

- Низька вартість.

- Дві технології обробки даних. Перша передбачає сувору

фотограмметричну обробку зображень з точністю 1-2 GSD в плані і 2-4 GSD по висоті. Призначена для картографування місцевості. Друга являє спрощену обробку з абсолютними точностями в десятки метрів. Призначена для швидкого моніторингу місцевості.

- Крім того, майже будь-які проміжні або вихідні дані можуть створюватися різними способами. Наприклад, ЦМР можна будувати по щільній моделі, а можна по пікетах. Кожен спосіб має свої переваги і недоліки.

- Підтримка характерних ліній.
- Повноцінний стереозбір пікетів.
- Вміє робити накидний монтаж кадрів. Іноді це корисно.
- Має вбудовану ГІС «Панораму Міні». Не треба переключатися на сторонній софт для будь-яких додаткових дій.

- Є синхронізація з ArcGIS.
- Дуже докладні звіти.
- Повноцінна підтримка аналогових камер.

Недоліки:

- Дуже високий поріг входження.
- Вкрай докладна документація. 284 сторінки інструкції.
- Інтерфейс (рис. 3.25) відразу збиває з пантелику і змушує замислюватися в потребі цього ПЗ. Деякі користувачі стверджують, що з появою оновлень ситуація поліпшується, але новому користувачеві від цього не легше.

- Дуже дивна, незрозуміла і незручна система завантаження вихідних даних.

- Майже не йдуть пошуки проекції по EPSG коду, тільки за назвою.
- Відсутня база обладнання. Треба самостійно налаштовувати параметри камери.

- Поганий результат автоматичної обробки. Потрібен ручний контроль.
- Не вміє створювати текстури.

Висновок:

Програма має свої переваги в обробці, але каша в інтерфейсі, заплутаність

будь-яких дій, тонни документації роблять її використання заплутаним і незручним. Але не слід скидати її з рахунків, так як PHOTOMOD UAS пропонує великий інструментарій та кілька унікальних функцій.

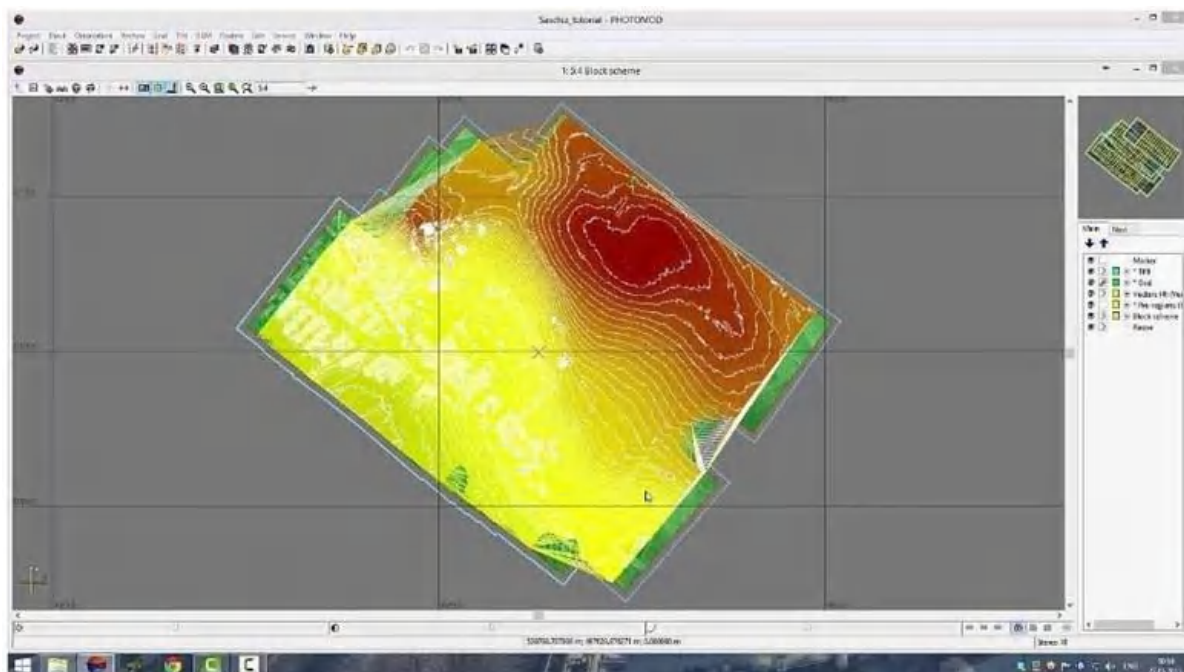


Рисунок 3.25 – Програмне забезпечення PHOTOMOD UAS

Drone Mapper

Drone Mapper – десктопне ПЗ для фотограмметричної обробки UAV знімків. Є три типи ліцензій: RAPID, REMOTE і REMOTE EXPERT.

RAPID – безкоштовна версія з вкрай обмеженим функціоналом. Дозволяє отримати тільки 3D mesh місцевості і ортофото. Обробляє тільки знімки, зроблені камерою DJI. Функціонал версії REMOTE не відрізняється від RAPID, але підтримуються і інші камери.

Фактично, повноцінна обробка можлива тільки в REMOTE EXPERT, тому далі мова піде про цю версію.

Основні особливості: просто і зручно.

Переваги:

- Дуже зручний і простий інтерфейс (рис 3.26). Дві вкладки для роботи: відображення результату і відображення завдань та процесів. Для початку роботи

досить просто вказати папку з зображеннями, і програма автоматично почне процес обробки. Процес розділений на три логічних етапи, кожен з яких запускається окремо з вкладки процесів.

- Незважаючи на простоту, все дуже інформативно: відображається кількість поточних завдань, проценти навантаження процесора і пам'яті, час, витрачений на кожен етап, дані про камери, проекції, зображення.

- Програма дуже швидко обробляє дані, не перевантажуючи систему, чим можуть похвалитися далеко не всі рішення.

- Результат обробки даних вражає. Відмінна якість, особливо з огляду на високу швидкість обробки.

- Є можливість включення підкладки OSM або Bing (Sattelite / Maps / Hybrid).

- Є можливість поміряти відстань / площу.

- Якісна і дуже докладна документація.

Недоліки:

- Всі зображення повинні мати EXIF параметри. Не можна завантажити їх окремим файлом. Обробка знімків без координат не підтримується.

- Наближення працює тільки до масштабу 1:2000.

- У кожній з версій є обмеження кількості зображень.

Висновок:

Відмінна програма, що дає прекрасний результат, не перетягуючи на себе всі ресурси ПК.

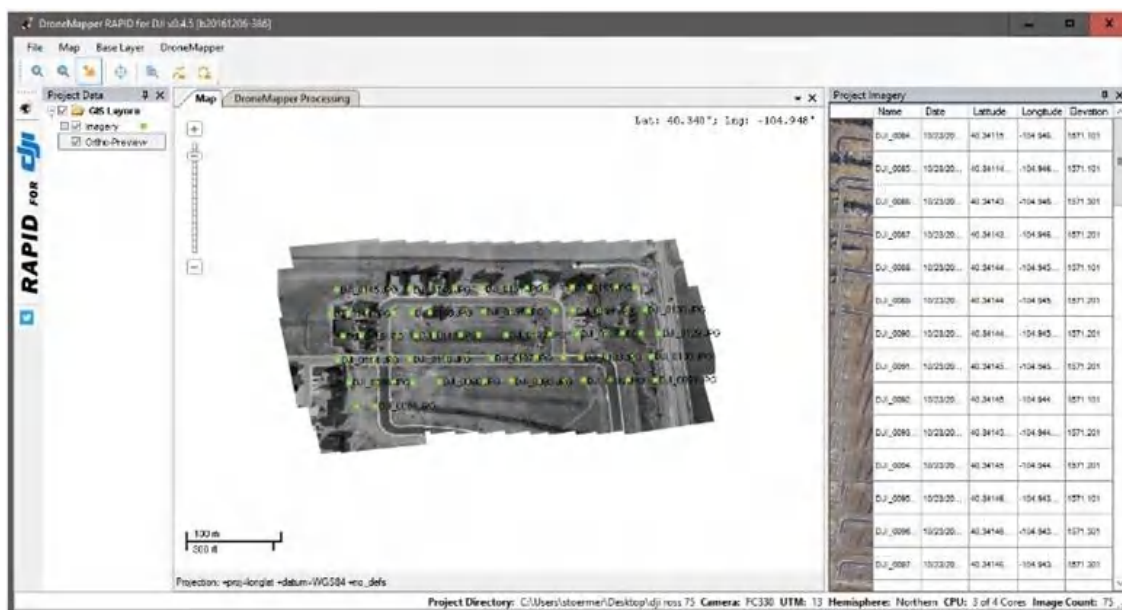


Рисунок 3.26 – Програмне забезпечення Drone Mapper

WebODM

Безкоштовний, розширюваний додаток і програмний інтерфейс для обробки зображень UAV на основі OpenDroneMap. Може бути як окремим додатком, так і бути інтегрованим в QGIS або AutoCAD. Має відкритий код, який можна змінювати / розширювати залежно від потреб (потрібне знання Python і веб-технологій) [18].

Основні особливості: opensource.

Переваги:

- Можлива робота на всіх платформах: Windows, MacOS, Linux.
- Можна встановити як на локальній машині, так і на віддаленій.
- Дуже якісний результат навіть для не дуже якісних даних.
- Є лог процесу, в якому можна спостерігати процес обробки.
- Зручний, мінімалістичний інтерфейс (рис. 3.27).
- Багато варіантів експорту даних.
- Програма безкоштовна і відкрита.
- Є гарне ком'юніті, де можна знайти багато корисної інформації.

Недоліки:

- Для того, щоб були всі актуальні компоненти, потрібна Win 10.
- Установка програми може викликати великі труднощі. Вона заснована на використанні Virtual Box.
- Перший запуск програми відбувається досить довго: йде викачування і встановлення бібліотек.
- Якщо ваш ПК має вихід в Інтернет, через проксі, то можуть бути проблеми з доступом в веб-інтерфейс.
- Незважаючи на те, що є лог обробки, немає ніякого індикатора закінчення процесу.
- Вся обробка зведена в єдиний процес. Треба завантажити зображення і просто запустити. Це не завжди добре, тому що не можна втрутитися в процес.
- Досить довга обробка даних.

Висновок:

Відмінне рішення в категорії безкоштовного UAV ПЗ. Є можливість доопрацювати самостійно або інтегрувати в інше програмне забезпечення.

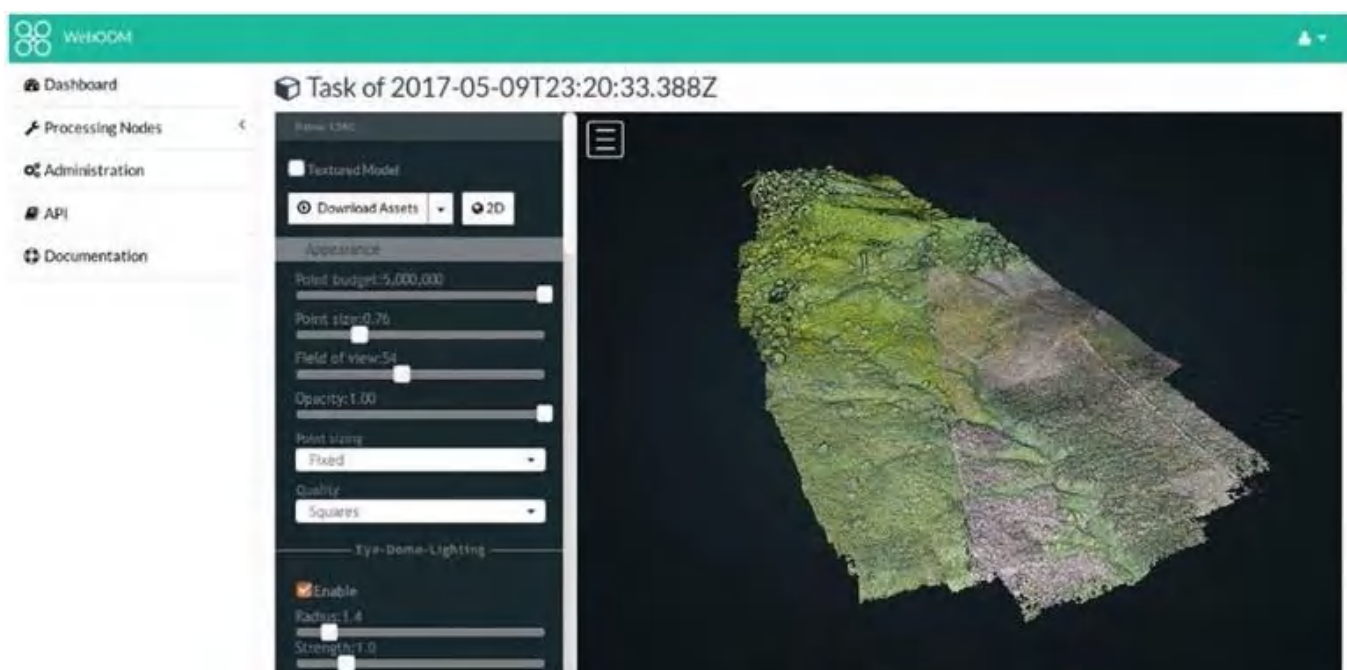


Рисунок 3.27 – Програмне забезпечення WebOD

Таблиця 3.1 – Аналіз програмного забезпечення

	Pix4	Agisoft PhotoScan	Context Capture	Reality Capture	3DF Zephyr	Correlator 3D	3D survey	Menci APS	Autodesk ReCap	Icaros OneButton	Drone2 Map	Inphor UASMaste	Photomod UAS	Drone Mapper	WebODM
Інтерфейс	*****	*****	***	*****	*****	***	*****	*****	***	*****	*****	**	**	*****	*****
Документація	*****	*****	*****	*	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	***
Спільнота	*****	*****	*****	*****	*****	*****	***	***	*****	***	*****	*****	***	***	***
Тріальна версія	*****	*****	*****	*****	*	*****	*****	***	*****	*****	***	*	***	*****	
Підтримка форматів	*****	*****	***	*****	*****	***	***	*****	*****	*****	***	*****	***	**	*****
Редакція ортофото	*****	*****	*			*****	*****	*****		*****			*****		
Робота з GCP	**	*****	**	*****	***	**	*****	*****	***	***	***	**	***	*****	
DTM на виході	**	*****	*			*****	*****	*****		***	*****		*****	*****	
Підтримка камер	*****	*****	*****	*****	*****	*****	***	*****	*****	*****	*****	***	***	**	*****
Класифікація точок	***	*****	*			*	***	*			***			***	
Користувачський вплив	**	*****	***	*****	*****	***	*****	*****	*	**	*****	*****	*****	*****	**
Робота offline	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*	*	*	*****	*****	*****	*****	*****	
Стабільність	*****	***	*****	**	*****	***	***	*****	*****	*****	*****	*****	***	*****	*****
Простота використання	*****	**	**	*****	*****	*****	*****	***	*****	*****	*****	*	*	*****	*****

Для зручності аналізу програмних забезпечень за таблицею побудуємо діаграму програм та оцінку їх властивостей. Діаграма представлена на рисунку 3,28.



3.4 Створення цифрових планів місцевості на основі аерофотозйомки

Перейдемо безпосередньо до нашого об'єкту, та програмного забезпечення у якому були виконані всі роботи з оцифрування, а саме DIGATIALS.

DIGATIALS. огляд основного інструменту землевпорядників України.

Цей програмний продукт використовується переважно спеціалістами землевпорядного профілю, і хоч самі розробники не відносять його до класу ГІС, зараз він є одним з досить популярних інструментів для опрацювання просторових даних в Україні.

Трохи про взаємовідносини ГІС та землеустрою.

Галузь землеустрою будь-якої країни надзвичайно споріднена з галуззю ГІС-технологій. До того ж, часто саме потреби землеустрою стимулювали розвиток ГІС. Уявіть, наприклад, що вам необхідно організувати збереження інформації про мільйони земельних ділянок. Реалізація подібної завдання на належному рівні без залучення можливостей ГІС призведе до справжнього хаосу у земельних відносинах країни. Та й звичайні землевпорядники швидко оцінили переваги цифрових технологій порівняно з можливостями кульманів, олівців та калькуляторів. Тому, одними з класичних прикладів використання ГІС-технологій є саме виконання задач пов'язаних зі збереженням інформації про земельні ділянки, побудовою топографічних планів, створенням формалізованих звітних документів. Всі ці можливості є в переважній більшості популярних повнофункціональних ГІС (наприклад, ArcGIS, MapInfo, QGIS) та широко використовуються землевпорядниками багатьох країн.

Не є винятком з цього правила і Україна, де ГІС-технології впродовж понад двох десятиліть активно використовуються для ведення землеустрою.

Але, повнофункціональні ГІС типу ArcGIS не набули значної популярності. Це пояснюється низкою причин до яких можна віднести орієнтованість землеустрою на перелік вітчизняних державних стандартів, що не реалізовані у програмному забезпеченні закордонного виробництва, певну надмірність функцій подібних ГІС, в порівнянні з потребами землеустрою, а також, можливо, загальну не зацікавленість світових брендів ГІС у достатньо неплатоспроможному ринку ПЗ України. Водночас землевпорядники України користуються програмами вітчизняної розробки, можливості яких багато в чому повторюють функції ГІС.

З усієї множини подібних програмних продуктів варто згадати про ІНВЕНТ-ГРАД, Геопроект, ГІС-6, а також низка розширень для САПР AutoCAD. Але, деякі зі згаданих програм є досить застарілими (наприклад, ІНВЕНТ-ГРАД розроблявся ще під DOS), розробка деяких припинилась (Геопроект), а деякі з них просто не набули значного поширення. Дещо виділяється з цього списку Digital, що спочатку була простим векторизатором топографічних планів, а з часом перетворилась у справжній «комбайн», можливості якого охоплюють не тільки потреби землевпорядників, але й фотограметристів, геодезистів та картографів. Звісно, можна довго дискутувати про долю ринку Digital серед подібних програм та кількість її користувачів (в решті решт, вибір конкретного робочого інструменту для кожного фахівця часто зумовлюється особистим смаком та звичкою). Але проглядаючи форум землевпорядників України та подібні спільноти у соціальних мережах, вивчаючи навчальні програми ВНЗ, що готують землевпорядників, та спілкуючись зі знайомими професіоналами галузі, можна прийти до висновку, що саме Digital є одним з основних робочих інструментів українського землеустрою.

Особливості ліцензування та інсталяції Digital.

Перше, що одразу вирізняє Digital від знайомих ГІС-продуктів — це особливості захисту ліцензії програми. Так, для цього використовується

спеціальний USB-ключ, що підтверджує ліцензійність продукту. Ліцензії можуть бути як індивідуальними, так і мережевими (тобто один ключ використовуватиметься для запуску програми на різних ПК). Окрім цього в ключі записується інформація про придбані розширення програми, зокрема модулі обробки геодезичних спостережень, створення ортофотопланів, автоматизованої векторизації (рис. 3.29).

Подібний підхід до захисту ліцензії, звісно, не є унікальним і широко використовується багатьма розробниками. Ключ DigitalS без всяких проблем розпізнався операційною системою, а встановлення серверу ліцензії та його налаштування зайняло менше хвилини часу.

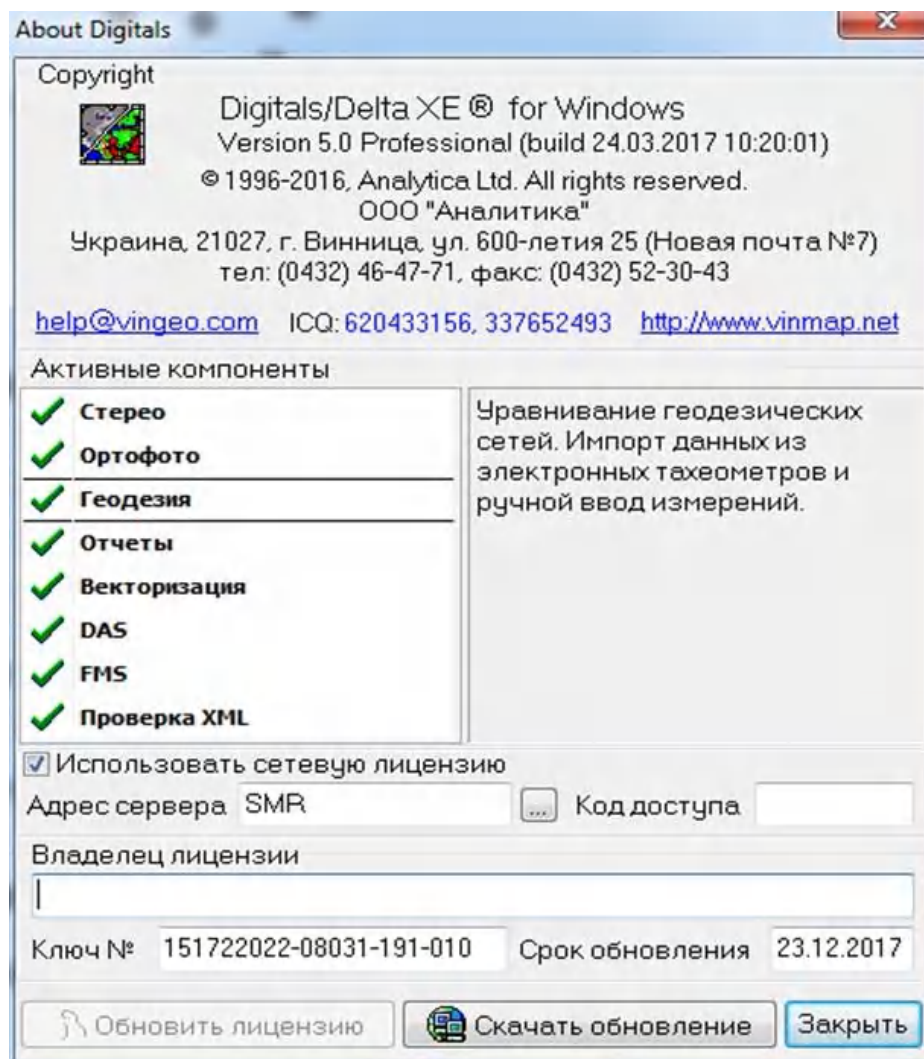


Рисунок 3.29 – компоненти ключів DIGITALS

З інсталяцією Digitala справи ще простіші, а точніше процес інсталяції як такий фактично відсутній. Для встановлення програми достатньо скопіювати директорію з файлами та запустити виконавчий файл. Такий підхід знову дещо дивує своєю простотою. Встановлення Digitala на робочому ПК пройшло без всяких проблем. Щоправда, спроба встановити Digitala на домашньому комп'ютері та в комп'ютерному класі обернулася невдачею, бо Digitala ніяк не міг домовитися з певними бібліотеками.net та MS SQL Server. Випала нагода перевірити якість роботи служби підтримки Digitala, яка, крім традиційного телефону, працює через Skype, Facebook або TeamViewer. Відповідь техпідтримки через Skype надійшла миттєво і поради були досить фаховими. Шкода тільки, що знайти причину помилки їм так і не вдалося і вирішенням проблеми стало перевстановлення операційної системи на чотирнадцяти ПК, після чого все нарешті запрацювало [19].

Тому можна зробити висновок, що інсталювати Digitala просто, але тільки якщо у вас досить чиста система без «мільйону програм та бібліотек». Окрім цього антивірус час від часу невдоволено повідомляє про підозрілу активність клієнту серверу ліцензії та намагається заблокувати його в карантині, це, звісно, дрібниця, але враження дещо псує.

3.5.Інтерфейс Digitala

Що справді псує враження від Digitala, так це його інтерфейс. Виникає враження, що він залишився незмінним починаючи від перших версій програми. Звісно, можна говорити, що вигляд кнопок та меню для професіонала неважливий і чим простіший інтерфейс, тим краще працюється з програмою (згадаймо vim та FAR). Але перемикаючись між вікнами ArcGIS чи QGIS (не кажучи вже про ArcGIS Pro і AutoCAD Civil 3D) та Digitala виглядає набагато старіше (рис. 3.30).

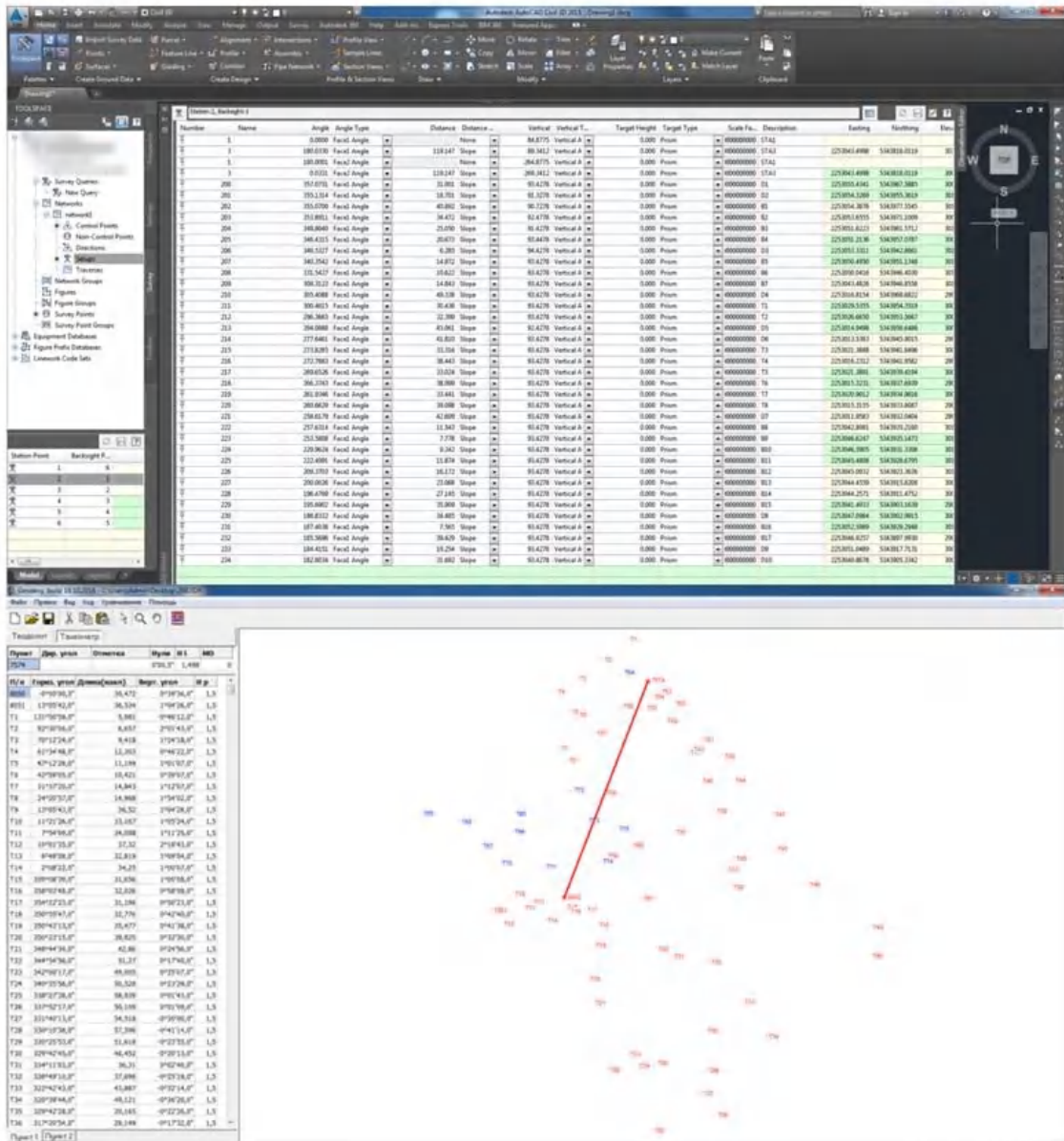


Рисунок 3.30 – Вигляд інтерфейсу AutoCAD Civil 3D та Digitals

Викликає питання також така особливість інтерфейсу Digitals як його інтуїтивність та те, що характеризується словом «usability». Про значну частину можливостей програми можна дізнатися або уважно читаючи посібник користувача, або випадково. Останній варіант навіть більш імовірний, бо за кількістю навчальних матеріалів Digitals не може конкурувати з ArcGIS чи QGIS, а офіційний посібник користувача досить лаконічний. В сукупності з відсутністю контекстних підказок та майстрів, частина функцій програми залишається фактично прихованою. Наприклад, випадково

натиснувши правою кнопкою миші на журнал тахеометричного знімання, я дізнався, що це змінює формат його представлення, жодних же кнопок, підказок чи видимих елементів інтерфейсу для виконання цієї дії нема.

3.6. Функціональні можливості та загальні враження від роботи з Digitals

Функціональні можливості Digitals задовольняють досить широке коло завдань, пов'язаних із опрацюванням аерофотознімків, землеустроєм, топографією. Всі ці можливості виконуються окремими утилітами, доступ до яких можна отримати через програму ЦФС «Дельта». (рис. 3.31).



Рисунок 3.31 – Інтерфейс програми ЦФС «Дельта»

З усіх доступних утиліт, найпотужнішою та найфункціональнішою є утиліта «Сбор», яка в рядку меню Windows називається Digitals XE (так, логіка присвоєння назв у НПП «Геосистема» досить своєрідна). За функціями ця утиліта є досить потужним картографічним редактором орієнтованим на побудову топографічних планів місцевості (рис. 3.32).

редагування дозволяли швидко виправляти допущені помилки. І водночас залишилося відчуття, що я не використав і десятої частки можливостей інструментарію програми і за набуття певного досвіду всі роботи могли б виконуватися значно швидше.

Розчарувало лише те, що деякі функції програми або відмовлялися працювати (наприклад, завантаження веб-карт), або видавали системні помилки, або взагалі призводили до закриття програми (наприклад, мені так і не вдалося перемкнути інтерфейс програми на українську мову) (рис. 3.33). Звичайно, ці проблеми мають якесь просте вирішення і не виникають у досвідчених користувачів Digitala, але все ж хотілося б, щоб і сама програма намагалася якось більш дружньо пояснювати, що саме пішло не так і як це можна виправити.

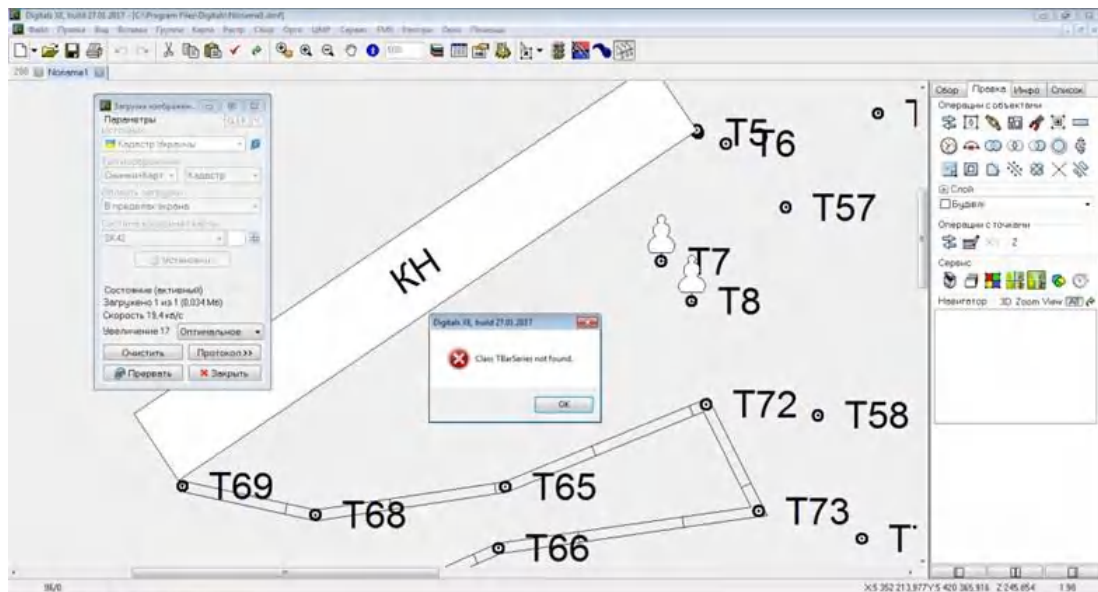


Рисунок 3.33 – Фрагмент побудованого плану та неочікувані помилки

Основний принцип Digitala, це забезпечення потреб вітчизняного землеустрою. Відповідно розробники і не намагаються конкурувати з ГІС-продуктами, а натомість максимально задовольняють потреби фахівців галузі.

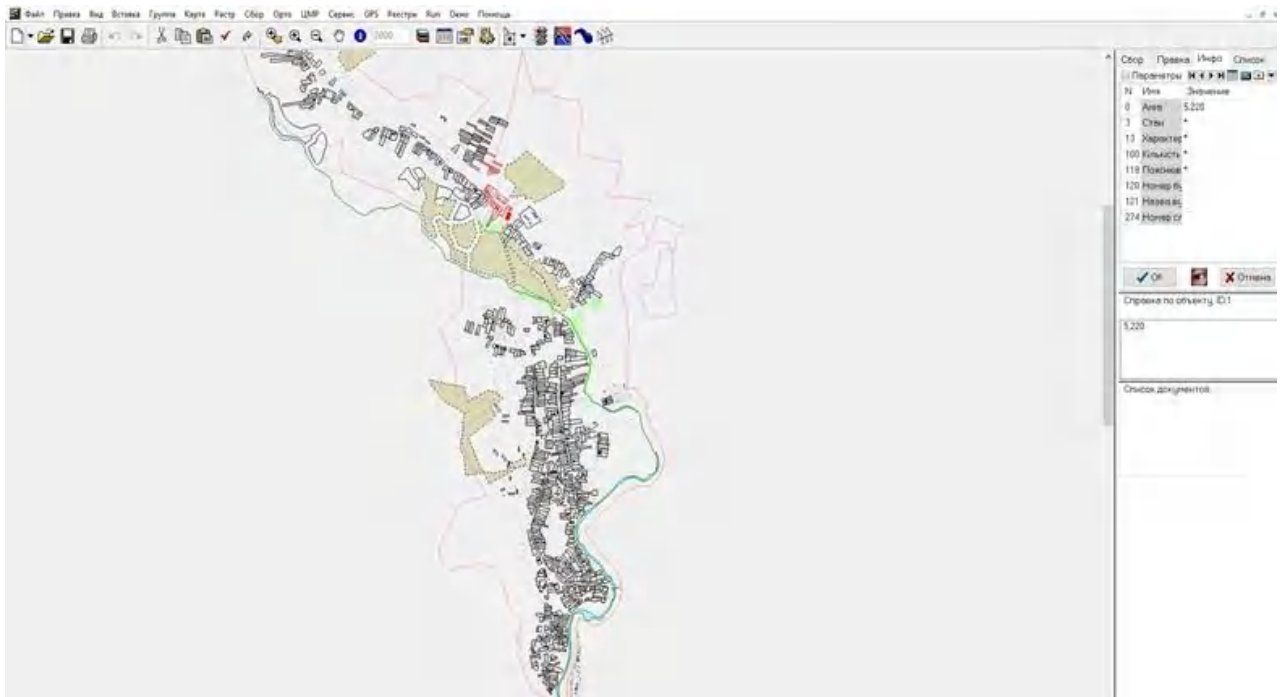


Рисунок 3.35 – Семикозівка у Digitals

РОЗДІЛ 4 СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ КОСМІЧНОГО МОНІТОРИНГУ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНСТРУМЕНТІВ ГІС.

Село Семикозівка Біловодської територіальної громади Старобільського району Луганської області. З повномасштабним вторгненням яке відбулося 24-го лютого Біловодська територіальна громада зазнала наступ на території це ми можемо побачити на рисунку 4.1 який взятий з сайту <https://liveuamap.com/>.

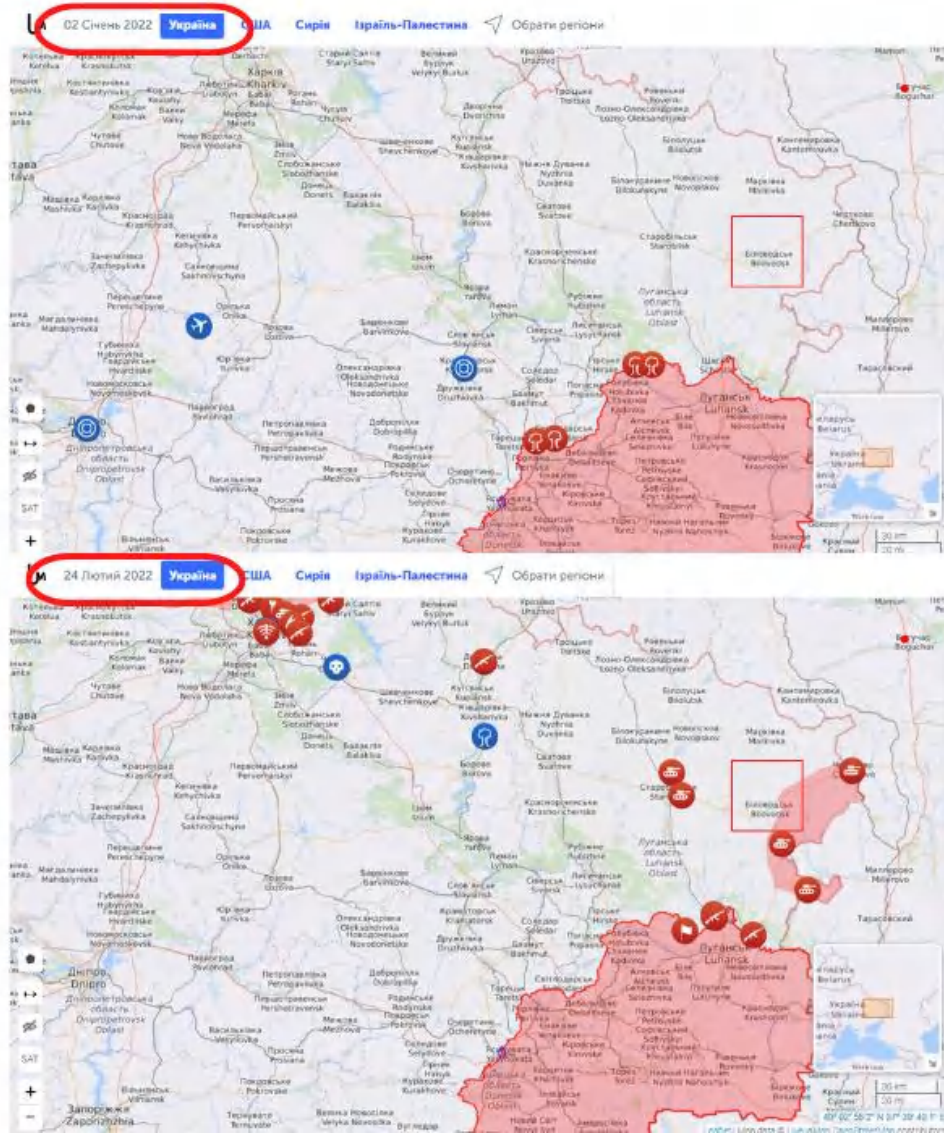


Рисунок 4.1. Знімок екрану Біловодська територіальна громада у зимні місяці 2022 року.

До окупації селище Семикозівка Біловодської територіальної громади Старобільського району Луганської області потрапило 3 березня 2022 року ми бачимо це на рисунку 4.2, взятому з веб-сайту <https://liveuamap.com/>.

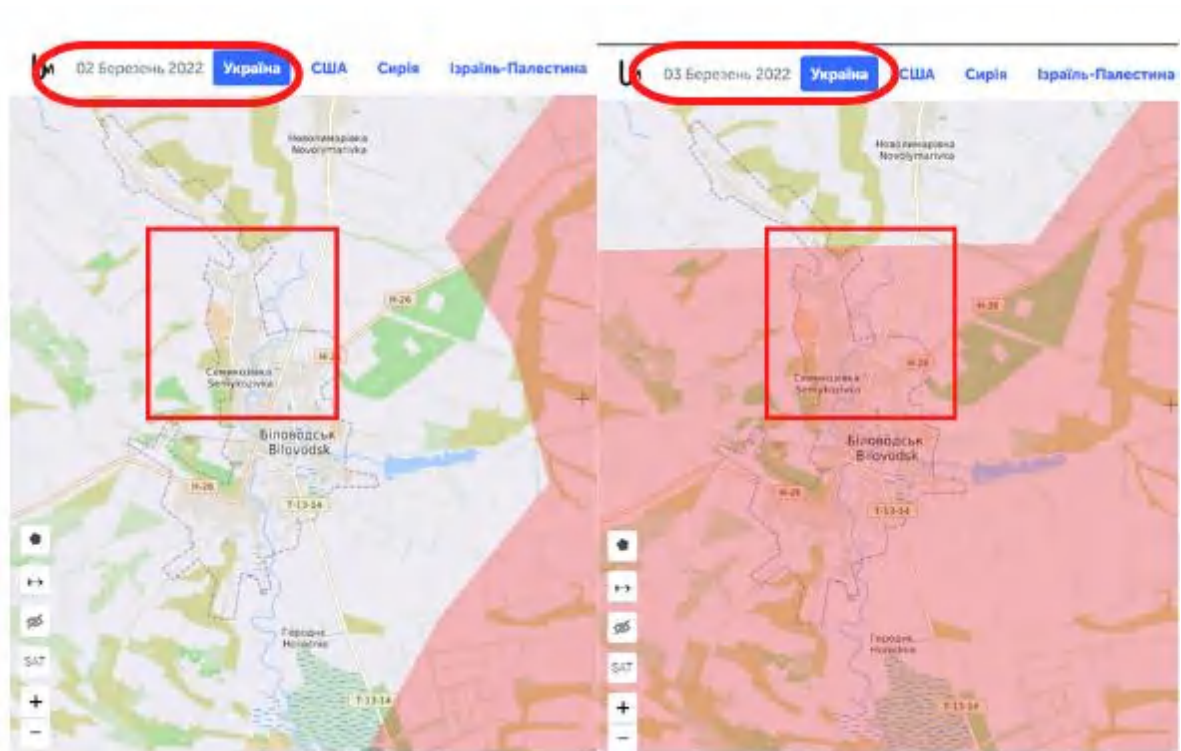


Рисунок 4.2. . Знімок екрану селища Семикозівка на початку березня.

У цей час селище знаходиться під окупацією, знайти більше матеріалів майже не можливо ,на даний час, тому робота не є завершеною. Однак вдалося знайти деякі знімки території селища Семикозівка.

Першим кроком було виконано реєстрацію на сайті sentinel-hub.com. Дане джерело знімків має великий функціонал та дає користувачеві можливість завантажувати знімки у різних каналах навіть у воєнний час.

Для аналізу території взяли супутник Sentinel-2 він забезпечує зображення з високою роздільною здатністю у видимій та інфрачервоній довжинах хвиль для моніторингу рослинності, ґрунтового та водного покриву, внутрішніх водних шляхів та прибережних районів. Просторова роздільна здатність: 10 м, 20 м і 60 м, залежно від довжини хвилі (тобто можна побачити лише деталі розміром більше 10 м, 20 м і 60 м). Для кожного знімку застосовані фільтри. Для нашої зони обрали фільтр «True Color» він являється незмінним зображенням у реальних кольорах RGB. Для аналізу території селища

Семикозівка, взято знімки які були у загальному доступі місяця серпня з 2017року по 2022 рік. Матеріал занесено до таблиці 4.1 для кращого сприйняття та аналізу території під час мирного життя та окупації.

Таблиця 4.1. Село Семикозівка Біловодської територіальної громади Старобільського району Луганської області у період з 2017 по 2022 рік.

14.08.2017	 A satellite image from Google Earth dated August 14, 2017, showing the village of Semikozivka and the town of Bilovodsk. The terrain is a mix of green fields and brown patches, with some buildings visible. The interface includes a search bar at the top with the text 'Пошук до місця', a 3D view button, and a scale bar at the bottom right indicating 500 meters. The coordinates are Lat: 49.22190, Long: 39.56791.
19.08.2018	 A satellite image from Google Earth dated August 19, 2018, showing the same area as the previous image. The landscape appears similar, with fields and some structures. The interface elements are consistent with the first image, including the search bar, 3D button, and a scale bar at the bottom right indicating 500 meters. The coordinates are Lat: 49.22096, Long: 39.56774.

<p>14.08.2019</p>	 <p>A satellite map showing the Bilovodsk area. The map is oriented vertically. Labels include 'Semykozivka' at the top, 'Bilovodsk' in the middle, and 'Bilovodska St, Bilovodska vul.' running vertically through the center. The map shows a mix of green fields and brown patches. The interface includes a search bar at the top right with the text 'Перейти до місця', a vertical toolbar on the right with icons for home, location, and 3D, and a status bar at the bottom right showing 'Lat: 49 22348, Lng: 39 56179' and a 500m scale bar. At the bottom left, there are links: 'Про EO Browser', 'Знайти нас', and 'Отримати дані'.</p>
<p>06.08.2020</p>	 <p>A satellite map of the same Bilovodsk area as above, but taken on a later date. The layout and labels are identical. The map shows changes in the vegetation and land use patterns. The interface elements, including the search bar, toolbar, and status bar, are the same as in the first image.</p>



Проаналізувавши знімки з супутника Sentinel-2 можемо зробити висновки, що супутник надає знімки територій високої якості. За допомогою даних знімків та застосованих для них фільтрів маємо можливість проводити аналіз територій та робимо висновки що територія не являється гарячою точкою. Видимих ушкоджень на перший погляд не виявлено.

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі була розкрита технологія створення просторової основи, шляхом аерофотозйомки з використанням БПЛА. Також було досліджено комплекс вишукувальних робіт та удосконалення технологій аерофотозйомки за допомогою сучасного обладнання.

На основі отриманих даних з БПЛА, такі результати аерофотозйомки можуть бути використані для складання топографічних планів, генеральних планів міст чи сіл, здійснення маркшейдерського обліку, а також для дуже багатьох галузей. Досвід використання геодезичних БПЛА в різних галузях невпинно зростає. Пристрої БПЛА показують значимі плюси і мінімізують недоліки в порівнянні з класичною польовою геодезією. Сучасна техніка робить акцент на побудові топопланів, рельєфу, в тому числі у віддалених та важкодоступних місцях, створення вимірюваних 3D-моделей з реальною текстурою.

Традиційні методи, нажаль, не дозволяють отримувати дані такого типу, та ще й за невеликий проміжок часу, тому ця технологія є дуже доцільною та значно поширює коло можливостей для спеціалістів.

При написанні розділів пояснювальної записки, було використано нормативно-правові та відповідні законодавчі акти.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Алексеев В. Беспилотные летательные аппараты — на службу армии и народного хозяйства [Электронный ресурс] / Алексеев В. // Голос Украины. – 12.06.2009 – № 107. – Режим доступа: URL: <http://www.golos.com.ua/Article.aspx?id=136248>
2. Аналіз експериментальних робіт з створення великомасштабних планів сільських населених пунктів при застосуванні БПЛА / Галецький В., Глотов В., Колесніченко В. [та інші] // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2012. – № 76. – С.85–93.
3. Галушко С. Беспилотные летательные аппараты кардинально изменят облик авиации будущего [Электронный ресурс] / Галушко С. // Авиапанорама - 2005. – № 4. – Режим доступа: URL: http://aviapanorama.narod.ru/journal/2005_4/bpla.html
4. Глотов В.М. Застосування стереофотограмметричного методу для створення картматеріалів при проектуванні генеральних планів сільських населених пунктів / Глотов В.М., Кордуба Ю.Г. // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2011. – № 74. – С. 97–101.
5. Проблемы создания беспилотных авиационных комплексов в Украине
6. / Гребеников А.Г., Журавский А.Г., Мялица А.К. [и др.] // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – 2009. – № 42. – С. 111–119.
7. Зинченко О.Н. Беспилотные летательные аппараты: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования (часть 1) / Зинченко О.Н. // Ракурс. – 2011. – С. 1–12
8. Матійчик М.П. Тенденції застосування безпілотних повітряних суден в цивільній авіації / Матійчик М.П., Качало І.А // Матеріали ХІ міжнародної наук.-техн. конфер. “АВІА 2013”. – 2013. – С. 97.
9. Проценко М.М. Аналіз методів цифрової обробки відеозображень апаратурою безпілотного літального апарата / Проценко М.М. // Вісник ЖДТУ. – № 3 (т. 1) – С. 67–72.

10. Проценко М.М. Аналіз структури та варіантів побудови безпілотних авіаційних комплексів / Проценко М.М. // Вісник ЖДТУ Вісник ЖДТУ. – № 2. – С. 113–118.
11. Сечин А.Ю. Беспилотный летательный аппарат: Применение в целях аэрофотосъемки для картографирования (часть 2) / Сечин А.Ю., Дракин, Киселева А.С. // Ракурс. – 2011.
12. Станкевич С.А. Застосування сучасних технологій аерокосмічного знімання в аграрній сфері / Станкевич С.А., Васько А.В. // Наукові аспекти геодезії, землеустрою та інформаційних технологій: матеріали наук.-практ. конфер. – 2011. – С. 44–50.
13. Трубников Г.В. Беспилотные летательные аппараты и технологическая модернизация страны / Трубников Г.В., Воронов В.В. // Экспорт вооружений. – 2009. – № 4. – С. 11–20
14. Харченко В. П. Інноваційний компонент національних економічних стратегій / Харченко В.П. // Стратегія розвитку України. – 2011. – № 1. – С. 8–10.
15. Chen J. Application of UAV system for low altitude photogrammetry in Shanxi / Chen J., Zongjian L., Xiaojing W., Yongrong L. // The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences. – XXII ISPRS Congress. Melbourne. – 2012. – P. 351–354.
16. Droschel D. Omnidirectional perception for lightweight UAVs using a continuously rotating 3D laser scanner / Droschel D., Schreiber M., Behnke S. // The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences. UAV-g2013. Rostock. – 2013. – P. 107–112.
17. Gini R. Aerial images from an UAV system: 3D modeling and tree species classification in a park area / Gini R., D. Passoni D., Pinto L., Sona G. // The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences. – XXII ISPRS Congress. Melbourne. – 2012. – P. 361–366.
18. Grenzdörffer G. Development of four vision camera system for a Micro-UAV / Grenzdörffer G., Niemeyer F., Schmidt F. // The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences. – XXII ISPRS Congress. Melbourne. – 2012. – P. 369–374.
19. Mäkeläinen A. 2D-hyperspectral frame imager camera data in photogrammetric mosaicking / Mäkeläinen A., Saari H., Hippinen I., Sarkeala J.,

Soukkamäki J.// The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences. UAV-g2013. Rostock. – 2013. – P. 263–267.

20. Компания “Лимб” успешно завершила испытания комплексов аэрофотосъемки на базе БПЛА “Орлан-10”. [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: http://expo-geo.ru/event/4/news/89_Kompaniya-LIMB-uspeshno-zavershila-ispitaniya-kompleksov-aerofotosyemki-na-baze-BPLA-ORLAN-10.html

21. Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: fly-photo.ru/primenenije-bpla.html. ДСТУ Б В.2.8-43:2011 "Огородження інвентарні будівельних майданчиків та ділянок виконання будівельно-монтажних робіт".

22. ДБН А.3.2-2-2009 „Охорона праці і промислова безпека у будівництві”.

23. ДСТУ Б А.3.2-13:2011. "Система стандартів безпеки праці. Будівництво.

ДОДАТОК А

Плакат до дипломної роботи за темою

Створення просторової основи території села Семикозівка Біловодської територіальної громади з використанням даних космічного моніторингу Землі

Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»

Виконавець: Алілуєнко У.В.

Керівник: Бутенко О.С.

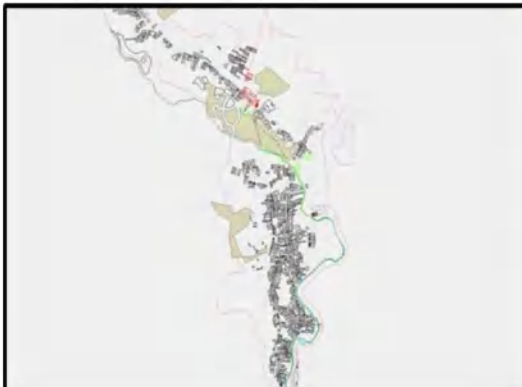
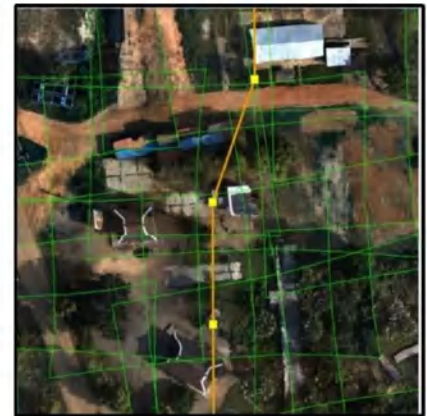
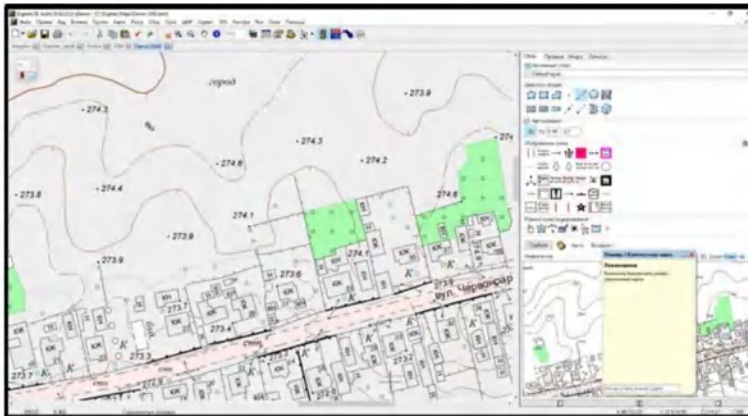
Мета дипломної роботи: підвищення оперативності оцифрування ортофотопланів великої території населеного пункту за рахунок удосконалення технології створення просторової основи.

Об'єкт роботи: процес формування геопросторової основи для покращення побудови топографічних планів.

Предмет роботи: методи створення геопросторової основи з використанням даних космічного моніторингу Землі.

Завдання дипломної роботи: аналіз існуючих методів геодезичних вишукувань місцевості та області застосування аерофотозйомки за допомогою БПЛА; дослідження переваг та недоліків сучасних БПЛА та програмного забезпечення під час обробки даних, основні помилки при виконанні геодезичних робіт; розроблення цифрового плану селища Семикозівка на основі даних аерофотознімання.

Результати роботи:



Харків – 2022

ДОДАТОК Б

Презентація до дипломної роботи



Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет ракетно-космічної техніки

Кафедра геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі

Спеціальність 103 «Науки про Землю»

Освітньо кваліфікаційний рівень магістр

«Створення просторової основи території села Семикозівка Біловодської територіальної громади з використанням даних космічного моніторингу Землі»

Виконала: студентка 462м гр.

Алілуєнко У.В.

Науковий керівник: д.т.н, професор.

Бутенко О.С.



МЕТА, ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТ, ЗАВДАННЯ

Мета дипломної роботи – підвищення оперативності оцифрування ортофотопланів великої території населеного пункту за рахунок удосконалення технології створення просторової основи.

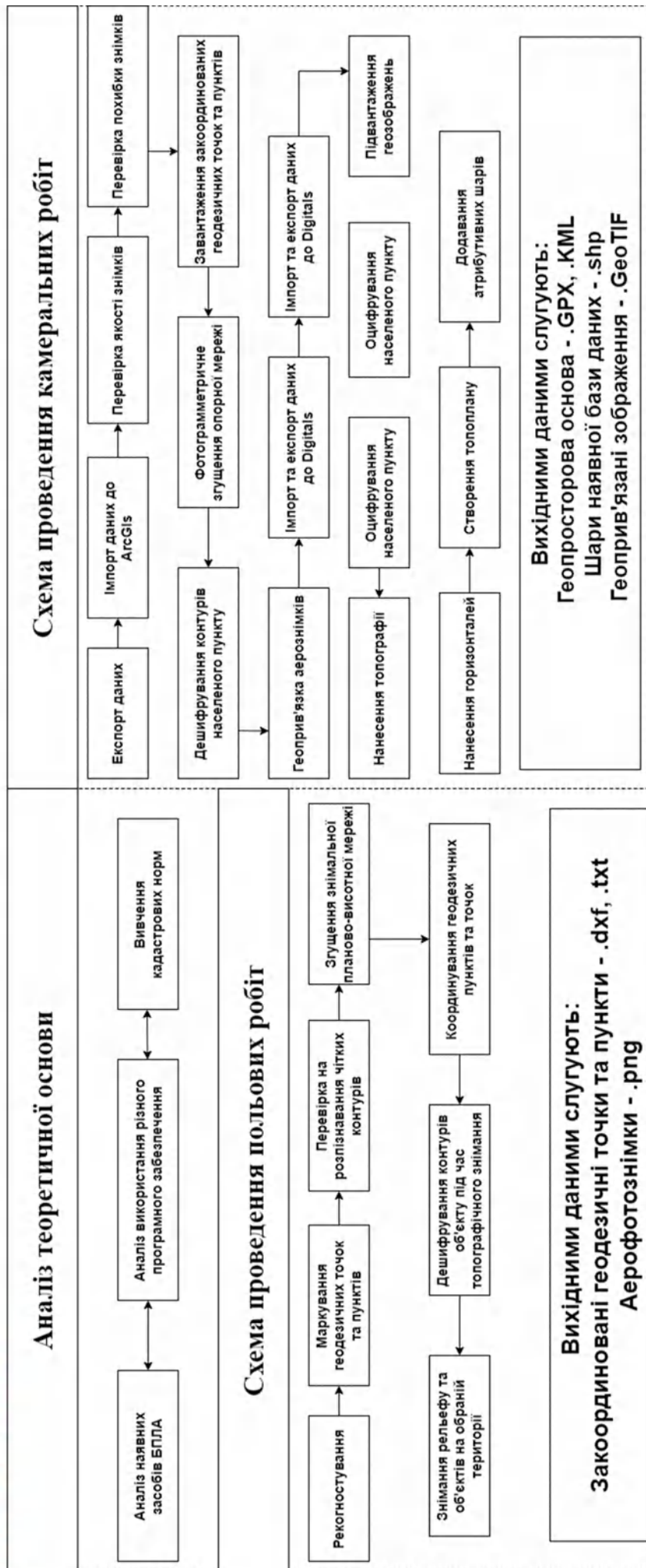
Об'єкт роботи – процес формування геопросторової основи для покращення побудови топографічних планів.

Предмет роботи – методи створення геопросторової основи з використанням даних космічного моніторингу Землі

Завдання дипломної роботи:

- ✓ аналіз існуючих методів геодезичних вишукувань місцевості та області застосування аерофотозйомки за допомогою БПЛА;
- ✓ дослідження переваг та недоліків сучасних БПЛА та програмного забезпечення під час обробки даних, основні помилки при виконанні геодезичних робіт;
- ✓ розроблення цифрового плану селища Семикозівка на основі даних аерофотознімання.

ОСНОВНІ ЕТАПИ РОБОТИ ЗІ СТВОРЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ ОСНОВИ





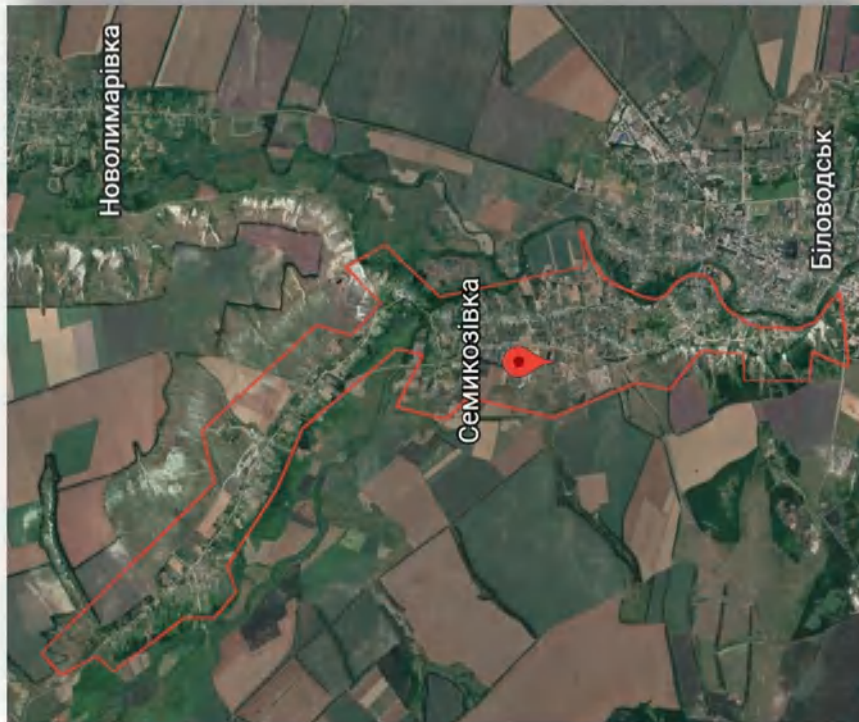
ОСНОВНІ ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ ВИКОРИСТАННЯ БПЛА ПІД ЧАС ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИШУКУВАНЬ

ПЕРЕВАГИ	НЕДОЛІКИ
<ul style="list-style-type: none">- Доцільне використання для знімання невеликих за площею територій;- Висока періодичність знімання, моніторинг об'єкту;- Невеликий час підготовки до польоту – 15 хвилин;- Весь цикл знімання займає кілька годин;- Порівняно з космічним зніманням, знімки отримуємо одразу після приземлення;- Можливість перспективного знімання, створення 3D моделей об'єктів;- Моніторинг лінійних об'єктів (нафто-, газопроводи, ЛЕП);- Технологія дозволяє проводити вишукування там, де зробити іншими методами знімання нерентабельно, а іноді технічно неможливо;- Можливість встановлення додаткового обладнання (ГЧ камери, тепловізори тощо)	<ul style="list-style-type: none">- Не завжди стійкий та надійний зв'язок БПЛА з оператором, що може призвести до переривання польоту;- Небезпека позапланової посадки або падіння БПЛА;- Обмеження площі аерознімання, обумовлене технічними характеристиками;- Недостатня стабілізація БПЛА, виникнення кутів зносу, крену або тангажу;- Недостатня знімальна точність, спричинені поганими погодними умовами під час вишукувань.

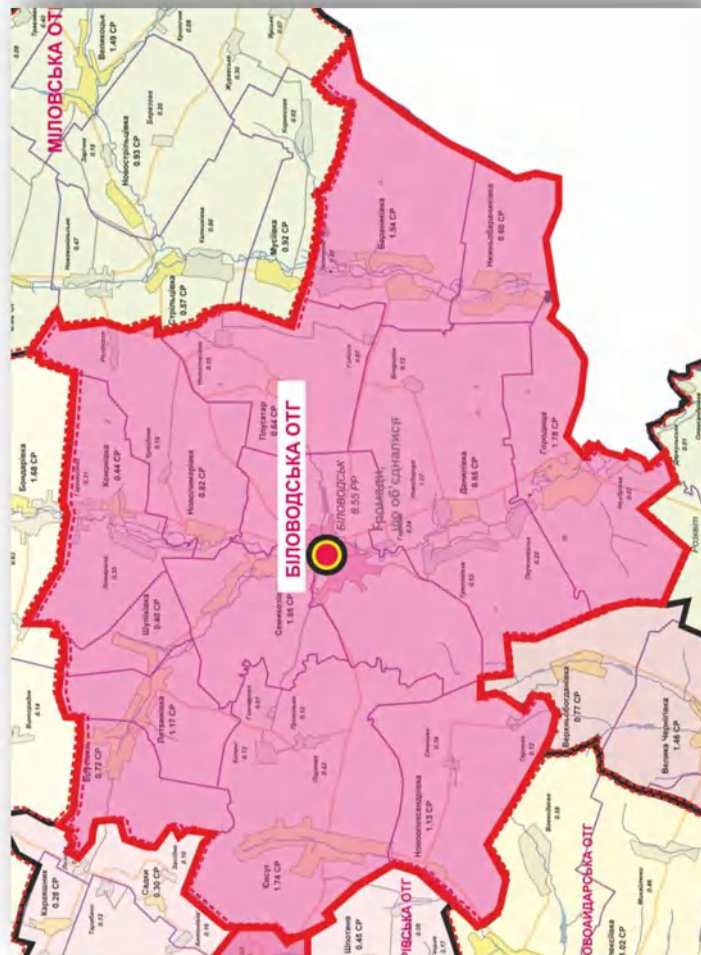
АНАЛІЗ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ АЕРОФОТОЗНІМАННЯ

	Pix4	Agisoft PhotoScan	Context Capture	Reality Capture	Correlator 3D	3D survey	Menci APS	Autodesk ReCap	Drone2 Map ArcGIS	Drone Mapper
Інтерфейс	*****	****	***	****	***	****	****	***	****	****
Документація	*****	*****	****	**	*****	*****	*****	****	*****	*****
Спільнота	*****	*****	*****	****	****	***	***	****	****	***
Тріальна версія	****	*****	****	****	****	****	***	****	***	****
Підтримка форматів	****	*****	***	****	***	***	*****	****	***	**
Редакція ортофото	*****	*****	*		*****	*****	*****			
Робота з GCP	**	****	**	****	**	*****	*****	***	***	****
DTM на виході	**	****	*		****	****	****		****	****
Підтримка камер	*****	****	*****	****	****	***	****	*****	****	**
Класифікація точок	***	****	*		*	***	*		***	***
Користувачський вплив	**	****	***	****	***	****	****	*	****	****
Робота offline	*****	*****	*****	****	*****	*	*		****	****
Стабільність	*****	***	*****	**	***	***	*****	****	****	****
Простота використання	*****	**	**	****	****	****	***	****	****	****

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ



Розташування Біловодської громади



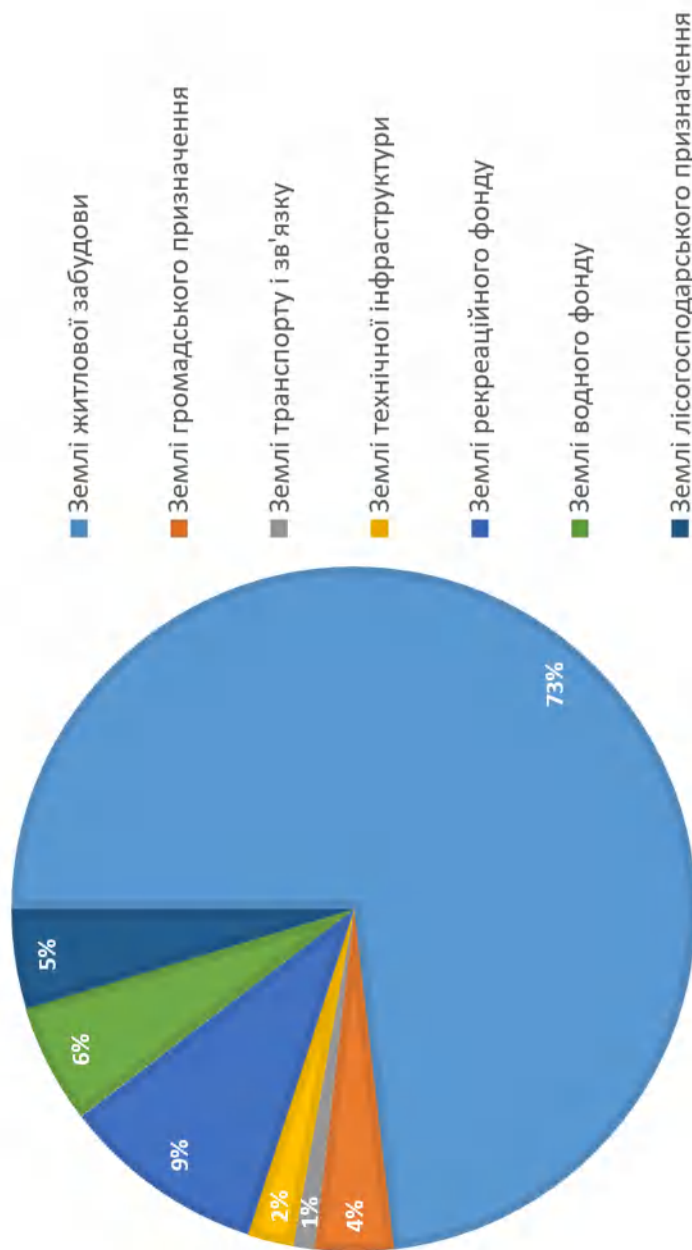
Селище Семикозівка

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ РОБІТ

Згідно довідки Біловодської селищної ради та даних статистики **площа сел. Семикозівка становить 724 га.**

Населення селища становить 1949. чол.

Структура земель селища Семикозівка





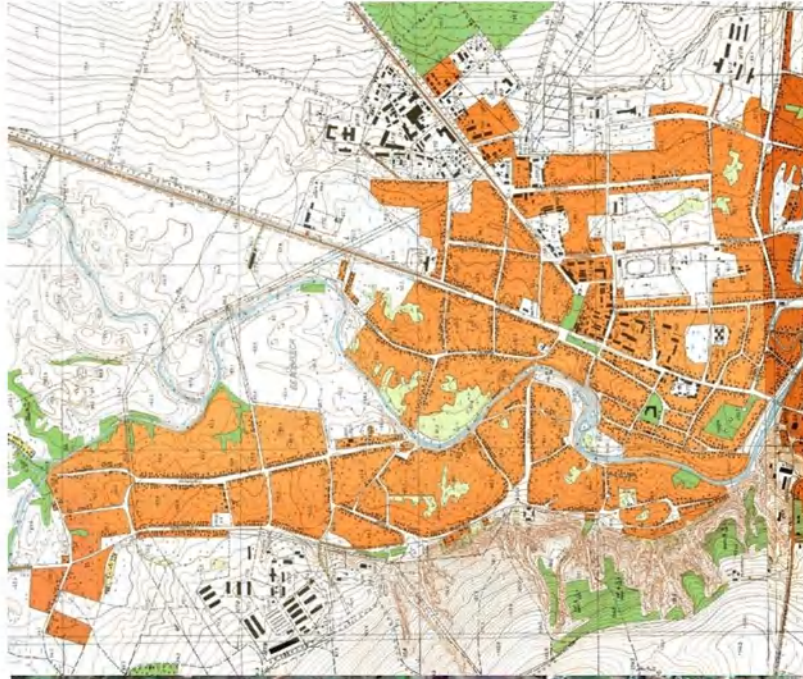
Вихідні дані до проекту:

- ✓ топографічний план М 1:10 000;
- ✓ супутникові знімки високої роздільної здатності;
- ✓ статистичні данні.

ВИХІДНІ ДАНІ



Супутниковий знімок селища



Топографічний план об'єкту
вишукувань

АЕРОФОТОЗНІМАННЯ ТЕРИТОРІЇ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ



Наземні марки, які
координувались GNSS

ПРИВ'ЯЗКА АЕРОФОТОЗНІМКІВ ДО СИСТЕМ КООРДИНАТ

Система координат завантажувалась згідно з

паспортами систем координат ДІМ

	Найменування	Координати точок УСК 2000	
- СК 42	T1	5 453 979,549	7 541 679,822
- СК 63	T2	5 453 947,749	7 541 838,018
- УСК 2000	T3	5 453 948,718	7 541 965,862
	T4...	5 453 965,428	7 541 679,928



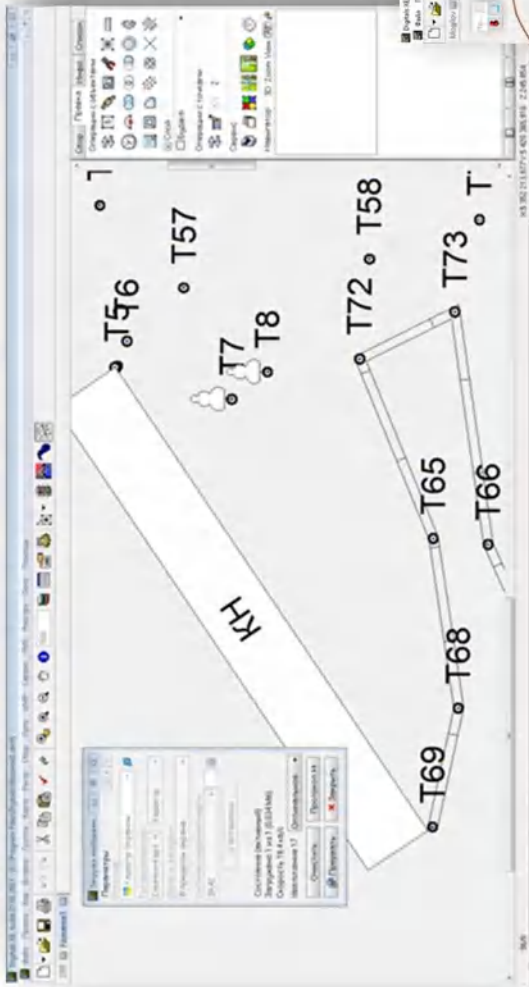
Прив'язка аерофотознімків та хід GNSS зйомки



Схема розташування геодезичних марок

Вихідні дані: геоприв'язані зображення .GeoTIFF 10

СТВОРЕННЯ ГЕОПРОСТОРОВОЇ ОСНОВИ



Імпорт геоприв'язаних зображень



ArcGIS

Додавання рельєфу та висотних відміток



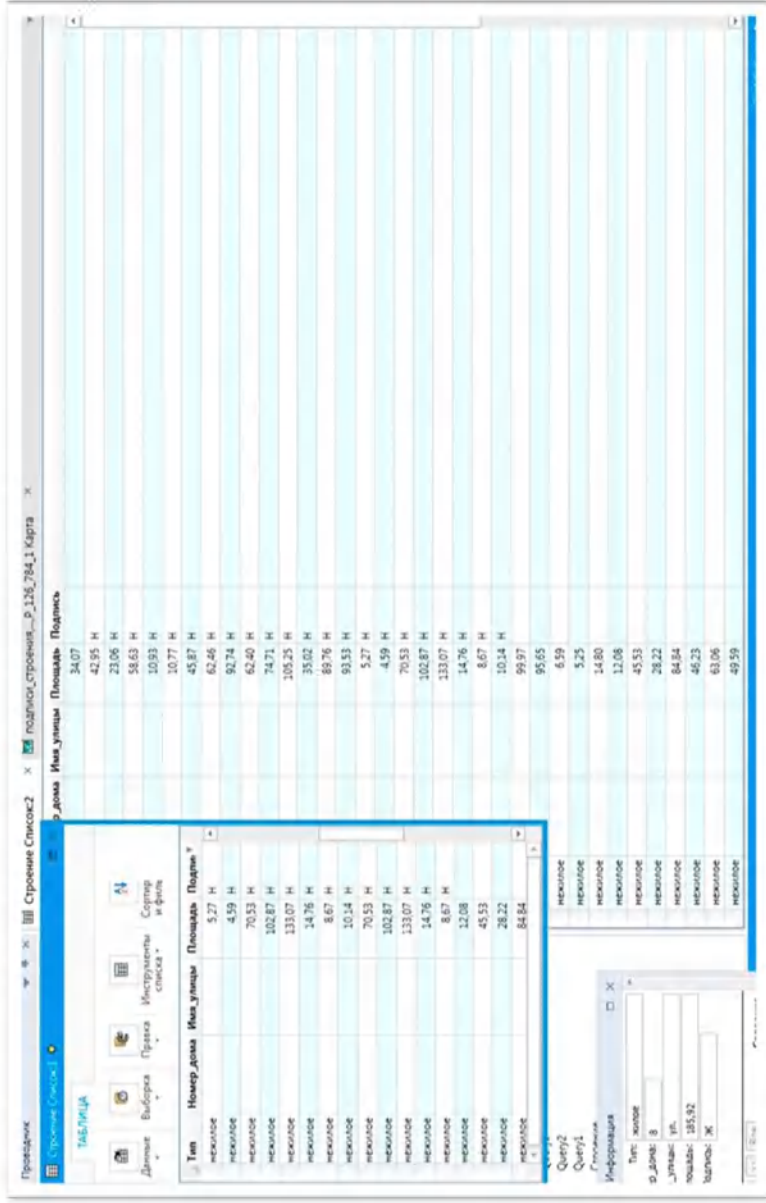
Нанесення топографічних знаків за даними аерозйомки

Вихідні дані: тополлан .dxf

СТВОРЕННЯ ГЕОПРОСТОРОВОЇ ОСНОВИ

Для додавання бази даних із атрибутивними даними було:

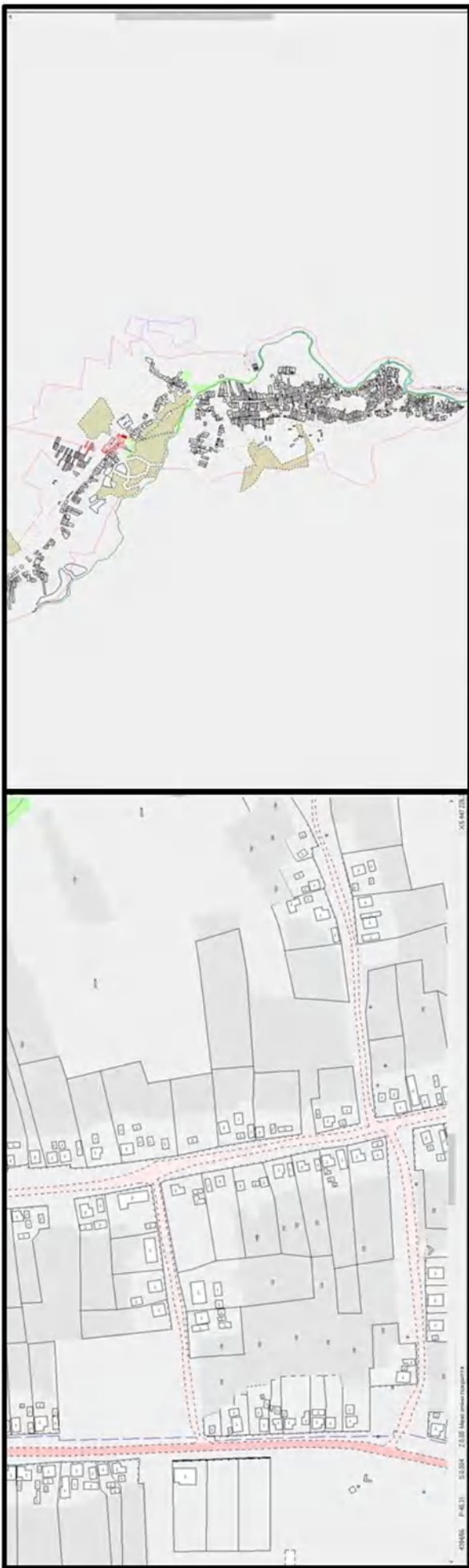
- ✓ створено файлову базу геоданих;
- ✓ створено у БГД набір класів об'єктів;
- ✓ проведено конвертацію до шейп-файлу
- ✓ створено атрибутивну таблицю до кожного з об'єктів;
- ✓ об'єднано об'єкти до одного класу та задано класифікатор.



Тип	Номер_дома	Площа_д_дому	Підпис
некласифіковано	5,27	Н	34,07
некласифіковано	4,59	Н	42,95
некласифіковано	70,53	Н	23,06
некласифіковано	102,87	Н	58,63
некласифіковано	133,07	Н	10,93
некласифіковано	14,76	Н	10,77
некласифіковано	8,67	Н	45,87
некласифіковано	10,14	Н	62,46
некласифіковано	70,53	Н	92,74
некласифіковано	102,87	Н	62,40
некласифіковано	133,07	Н	74,71
некласифіковано	14,76	Н	105,25
некласифіковано	8,67	Н	35,62
некласифіковано	10,14	Н	89,76
некласифіковано	70,53	Н	93,53
некласифіковано	102,87	Н	5,27
некласифіковано	133,07	Н	4,59
некласифіковано	14,76	Н	70,53
некласифіковано	8,67	Н	102,87
некласифіковано	10,14	Н	133,07
некласифіковано	70,53	Н	14,76
некласифіковано	102,87	Н	8,67
некласифіковано	133,07	Н	12,08
некласифіковано	14,76	Н	45,53
некласифіковано	8,67	Н	28,22
некласифіковано	10,14	Н	10,24
некласифіковано	70,53	Н	99,97
некласифіковано	102,87	Н	95,65
некласифіковано	133,07	Н	6,59
некласифіковано	14,76	Н	5,25
некласифіковано	8,67	Н	14,80
некласифіковано	10,14	Н	12,68
некласифіковано	70,53	Н	45,53
некласифіковано	102,87	Н	28,22
некласифіковано	133,07	Н	84,84
некласифіковано	14,76	Н	46,23
некласифіковано	8,67	Н	63,06
некласифіковано	10,14	Н	49,59

Атрибутивна таблиця з різними класифікаторами

Вихідні дані: шар з базою даних .shp



Вихідні дані – векторний топографічний план масштабу 1:10 000.

Топографічний план прив'язаний у системі координат **УСК2000 7 зона**

за допомогою набору інструментів «Пространственная привязка».

Створено цифрову основу з атрибутивними даними селища - **.KMIL**



РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ ТА ВИСНОВКИ

На основі отриманих даних з БПЛА, такі результати аерофотозйомки можуть бути використані для складання топографічних планів, генеральних планів міст чи сіл, здійснення маркшейдерського обліку, а також для дуже багатьох галузей. Досвід використання геодезичних БПЛА в різних галузях невпинно зростає. Пристрої БПЛА показують значимі плюси і мінімізують недоліки в порівнянні з класичною польовою геодезією.

Основні висновки роботи полягають у наступному:

1. Проаналізовано існуючі методи геодезичних вишукувань місцевості та області застосування аерофотозйомки. Найкраще використання БПЛА пов'язане з великими територіями, такими як: площинними та лінійними, з не великою густиною забудови.
2. Досліджено переваги та недоліки сучасних БПЛА.
3. Визначено їх основні переваги та недоліки під час геодезичних вишукувань місцевості.
4. Розроблено цифровий план селища Семикозівка для подальшого використання у державних органах