

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет геоінформаційних систем і управління територіями

Кафедра інженерної геодезії

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Дем'яненко Р.А. \_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022\_ року

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

*« Методика побудови обмірних креслень фасаду UAV засобами »*

Виконав студент групи \_\_\_\_\_

193 Геодезія та землеустрій

(спеціальність)

Геодезія

(спеціалізація)

\_\_\_\_\_ Буабдаллах Ануар \_\_\_\_\_

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

Керівник \_\_\_\_\_ Медведський Ю. В. \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ к.т.н., асистент \_\_\_\_\_

(вчене звання, науковий ступінь)

*Ідентичність підтверджую*

Київ 2022 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет геоінформаційних систем і управління територіями

Кафедра інженерної геодезії

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

на тему:

*« Методика побудови обмірних креслень фасаду UAV засобами »*

Буабдаллах Ануар  
(прізвище, ім'я та по батькові студента повністю)

Київ 2022 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: геоінформаційних систем і управління територіями .  
Кафедра: інженерної геодезії .  
Освітній рівень: «магістр за ОПП/ОНП» .  
Спеціальність : 193 Геодезія та землеустрій .  
Спеціалізація : Геодезія .

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Декан факультету  
\_\_\_\_\_ Нестеренко О.В.

„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2022 року

**З А В Д А Н Н Я  
ДО ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Буабдаллах Ануар

(прізвище, ім'я та по батькові студента)

1. Тема роботи \_\_\_\_\_ **«Методика побудови обмірних креслень  
фасаду UAV засобами»**

⋮

затверджена наказом ректора КНУБА №1093/2

від «01» жовтень 2022 року

2. Керівник роботи к.т.н., асистент Медведський Юрій Вікторович

⋮

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

3. Строк подання студентом роботи до  
захисту 22.12.22

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Р. 1. Аналіз методів побудови обмірних креслень фасадів споруди

⋮

Р. 2. Методологія виконання робіт із uav знімання фасаду

⋮

Р. 3. Застосування UAV для побудови обмірних креслень

⋮

5. Графічний матеріал за розділами

Р. 1. Вимоги до точності виконання обмірних робіт. Методи геодезичного знімання. Переваги та недоліки UAV методу

Р. 2. Методика виконання спостережень. Теорія обробки даних. Методика створення обмірних креслень

Р. 3. Коротка інформація про об'єкт дослідження. Підготовчі роботи. Схема розташування опорних точок та методика визначення їх координат. Опрацювання результатів. Створення обмірних креслень

6. Календарний план виконання роботи: а) наукова частина; б) практична частина.

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1.	02.11.22
Розділ 2.	16.11.22
Розділ 3.	30.11.22
Остаточне оформлення роботи	07.12.22
Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	08.12.22
Попередній захист роботи на кафедрі	15.12.22

7. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірів	
		дата	підпис
Розділ 1.			
Розділ 2.			
Розділ 3.			

8. Дата видачі завдання 01 жовтень 2022 року.

Зав. кафедри

\_\_\_\_\_

(підпис)

Дем'яненко Р.А.

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Керівник



(підпис)

Медведський Ю.В.

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Студент



(підпис)

Буабдаллах А.

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

<b>ВСТУП.....</b>	<b>1</b>
<b>РОЗДІЛ 1. Аналіз методів побудови обмірних креслень фасадів споруди.....</b>	<b>4</b>
1.1    Загальні вимоги до точності виконання геодезичних робіт та перелік законодавчих і нормативних документів .....	4
1.2    Аналіз існуючих методів побудови обмірних креслень фасадів споруди .....	4
1.3    Переваги та недоліки UAV методу при зніманні фасадів споруди .....	15
<b>Висновок до розділу 1 .....</b>	<b>19</b>
<b>РОЗДІЛ 2. методологія виконання робіт із uav знімання фасаду .....</b>	<b>20</b>
2.1    Методика виконання спостережень за допомогою БПЛА .....	20
2.1.1    Підходи до планування маршрутів дрону та розрахунок параметрів знімання .....	21
2.1.2    Конфігурації опорних пунктів .....	25
2.1.3    Визначення координат опорних пунктів .....	26
2.2    Теорія обробки даних спостережень .....	27
2.3    Методика створення обмірних креслень .....	43
<b>Висновок до розділу 2 .....</b>	<b>45</b>
<b>РОЗДІЛ 3. Застосування UAV для побудови обмірних креслень .....</b>	<b>46</b>
3.1    Об'єкт дослідження .....	46
3.2    Підготовчі роботи конфігурація опорних точок, план маршрутів, параметри знімання .....	49
3.3    Схема розташування опорних точок та методика визначення їх координат ....	59
3.4    Опрацювання результатів UAV знімання .....	61
3.4.1    Опрацювання знімків з потрійним перекриттям .....	66
3.4.2    Опрацювання знімків з четверним перекриттям .....	69
3.4.3    Опрацювання знімків з п'ятірним перекриттям .....	71
3.4.4    Аналізування отриманих результатів.....	73
3.5    Створення обмірних креслень .....	78
3.5.1    Можливості обмірів хмари точок в різних ПЗ .....	78
3.5.2    Можливості обмірів текстурованої моделі в різних ПЗ .....	81
3.5.3    Підходи до спрощення представлення результатів в CAD .....	84
<b>РОЗДІЛ 4. Охорона праці .....</b>	<b>86</b>
4.1    Аналіз небезпечних і шкідливих факторів при роботі на ПК .....	86
4.2    Заходи профілактики щодо безпечних умов праці .....	89
<b>Висновок .....</b>	<b>92</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>93</b>
<b>Додаток №1.....</b>	<b>96</b>
<b>Додаток №2.....</b>	<b>105</b>

## ***ВСТУП***

Сьогодні світ дуже стрімко розвивається в усіх сферах життя, особливо в технологічному прогресі. Геодезія як наукова дисципліна також зазнала впливу цього розвитку, що призвело до розвитку окремих галузей геодезії, таких як топографія, вища та просторова геодезія, фотограмметрія, дистанційне зондування Землі та багато інших.

Що стосується засобів і методів вивчення кожного розділу, то такий поділ є досить умовним. Наприклад, топографія вивчає методи і засоби створення планів і карт невеликих ділянок земної поверхні. Цей картографічний матеріал є основою для проектування, будівництва орієнтирів на місцевості та вирішення інших прикладних завдань. В основу створення карт можуть бути покладені як традиційні геодезичні методи, так і технології з інших галузей геодезії (наприклад, просторова геодезія, фотограмметрія, дистанційне зондування Землі). Геодезичні вимірювання супроводжують людство протягом усього цивілізаційного періоду його розвитку. Перші схеми і плани земної поверхні з'явилися задовго до появи писемності. І будівництво пірамід та інших стародавніх споруд здійснювалося з великою точністю. Така точність можлива завдяки використанню вже уніфікованих та випробуваних засобів вимірювальної техніки та обладнання, а також перевірених методик вимірювань. Протягом наступних тисячоліть людство постійно вдосконалювало ці методи. Водночас відбувався процес винайдення нових приладів та розробки нових методів вимірювання. Таким чином, з появою нівеліра і теодоліта деякі з більш ранніх способів вимірювання трансформувалися, а інші перестали використовуватися. Натомість були розроблені нові. Цей процес особливо прискорився в останні десятиліття. Поява електронних приладів на базі традиційних приладів і винахід принципово нових приладів, оснащення

приладів засобами зв'язку для дистанційної передачі даних вимірювань в реальному масштабі часу, використання комп'ютерів і комп'ютерних елементів, інтегрованих в прилади, застосування спеціального програмного забезпечення для максимальної автоматизації обробки даних вимірювань - все це призвело до появи принципово нових методів вимірювань.

Зіткнувшись з цим різноманіттям і цими методами, я обрав темою дослідження побудову обмірних креслень фасаду за допомогою Дрона.

### ***Актуальність :***

Сучасні технології створення топографічних і кадастрових планів базуються на використанні цифрового аерофотознімального обладнання. Очевидно, що використання літаків і вертольотів для локальних зйомок значно дорожче, ніж використання квадрокоптерів. Тому використання безпілотників є гарною альтернативою. Останнім часом на ринку поряд зі спеціалізованим обладнанням, яке може забезпечити високу точність матеріалів, з'явилися недорогі побутові дрони, які можуть забезпечити достатню точність для широкого спектру завдань з мінімальними економічними витратами. Використання безпілотників дозволяє це зробити:

- Вирішення топографічних та інженерно-геодезичних задач;
- Побудова тривимірних моделей місцевості;
- Виконувати дистанційну діагностику інженерних споруд;
- Провести тепловізійне обстеження.

***Напрямок досліджень:*** Методика проведення топографічних робіт з використанням безпілотника.

***Предмет дослідження:*** використання дронів для побудови планів обмірів.

***Мета:*** Запропоновано метод побудови обмірних планів фасаду з використанням дрона.

***Основним завданням робіт*** є побудова обмірних креслень фасаду за допомогою БПЛА, перевага даного методу полягає в тому, що він дозволяє

дуже швидко зробити знімок фасаду і отримати модель об'єкта з деталізацією в кілька міліметрів, Створення бічних креслень будівель, споруд необхідно для :

- створення та відновлення креслень, які відображають стан будівлі на певний момент часу;
- оцифровка креслень;
- отримання точних розмірів для планування та проведення реставраційних робіт;
- підготовка планів будівництва будівель.

У першому розділі я проаналізую методи побудови бічних креслень фасадів будівель, загальні вимоги до точності виконання геодезичних робіт, а також зазначу переваги та недоліки методу дронів при зйомці фасадів будівель.

У розділі 2 я опишу методику проведення спостережень за допомогою дронів, як планувати маршрути дронів та розраховувати параметри зйомки і конфігурацію контрольних точок. Буде також описано визначення координат опорних точок та обробку даних спостережень і, нарешті, методику створення планів вимірювань.

У розділі 3 ми познайомимося з об'єктом дослідження, приступимо до створення опорних точок, після чого обробимо різними методами результати БПЛА, подивимося точність створення ортофотопланів і хмар точок.

Далі ми створимо обмірних креслень, вивчимо можливості обмірів хмар точок і текстурних моделей в різному програмному забезпеченні, в кінці роботи спростимо представлення результатів в CAD.

Тема є дуже актуальною і важливою в наш час, як при реконструкції споруд, так і при будівництві, тому метою роботи є, в першу чергу, забезпечення надійності та безпеки при експлуатації будівель і споруд та, в

разі необхідності, прийняття відповідних обґрунтованих заходів, Проаналізувавши дану тему, можна впевнено сказати, що тема побудови обмірних креслень фасадів засобами БПЛА є актуальною та широко висвітлюється в сучасних публікаціях.

## **1 РОЗДІЛ 1. Аналіз методів побудови обмірних креслень фасадів споруди**

### **1.1 Загальні вимоги до точності виконання геодезичних робіт та перелік законодавчих і нормативних документів :**

Перед початком геодезичних робіт при побудові обмірних креслень фасадів споруди, необхідно знати точність, для цього в Україні у нас є декілька переліків законодавчих та нормативних документів, якими керуються при виконанні обмірів фасадів споруди :

- ДБН А.2.1-1-2014 «Інженерні вишукування для будівництва»
- ДБН В.1.3-2:2010 «Геодезичні роботи в будівництві»
- Наказ про затвердження Порядку проведення містобудівного моніторингу На виконання статті 23 Закону України "Про регулювання містобудівної діяльності"
- ГОСТ Р 1.0-2012.

### **1.2 Аналіз існуючих методів побудови обмірних креслень фасадів споруди :**

При будівництві нового будинку або реконструкції старовинних будівель зі складною структурою фасаду необхідне точне визначення геометрії і конфігурації всіх елементів як основних, так і додаткових. Ці дані необхідні для проектування та коригування фасадних будівельно-монтажних заходів, встановлюваних віконних систем та інших робіт над

лицьовою частиною будівлі, споруди і отримати їх допомагає геодезична зйомка фасадів.

У наш час сучасні технології розвиваються з блискавичною швидкістю, і прогрес не обійшов стороною геодезичну діяльність. Знімання фасадів, завдяки інноваційним технологіям та високотехнологічному обладнанню є можливість здійснювати якісно і оперативно, незалежно від ступеня складності будівель і споруд.

Також результатом інженерно-геодезичної зйомки може бути виконавча схема вироблених як кінцевих, так і проміжних робіт зі встановлення вентиляваних фасадів, ломелей, направляючих і т. д. Дана зйомка дозволить довести або спростувати результати виконаних монтажних операцій, їх правильність і якість установки.

Для створення докладного і точного будівельного проекту доцільно використовувати найсучасніше обладнання, З цієї причини методи побудови бічних креслень фасадів будівель можна умовно розділити на дві частини;

#### *А. Сучасні методи :*

➤ Такі як **3D сканування фасаду (ЛАЗЕРНЕ СКАНУВАННЯ)** - Одним із сучасних методів проведення досліджень, необхідних для якісної побудови проекту будівництва, є 3D-сканування фасаду. Важливість методу обумовлена необхідністю отримання точних вимірів складних виробничих споруд чи архітектурних пам'яток, де в елементах фасаду присутнє оздоблення, колони і таке інше.

Суть наземного лазерного сканування полягає у вимірюванні сукупності точок, що належать поверхні досліджуваного об'єкта, за допомогою лазерної скануючої системи (лазерного сканера або лідара). Незалежно від типу приладу і програмного забезпечення, результатом польових робіт і первинної обробки є тривимірна точкова модель (скан,

хмара точок) досліджуваного об'єкта, що представляє собою сукупність точок з відомими координатами X, Y, Z.



*Рис1.2.1. 3D сканування фасаду (ЛАЗЕРНЕ СКАНУВАННЯ)*

Особливістю таких робіт є те, що інформація відразу набуває цифрового вигляду, модель у тривимірному вигляді можливо побачити одразу і розпочати необхідну роботу. На основі вимірів можна провести розрахунок необхідних матеріалів та обсяг майбутніх робіт.

Використовуючи наземне лазерне сканування для збору даних про висотні об'єкти потрібно обирати прилади з висотою дальністю дії і точністю.

Тріангуляційні сканери, реалізують метод прямої кутової засічки вимірювання відстані до об'єкта, мають точність від 50 мкм до 0,3 мм при дальності дії від десятків сантиметрів до 25 м. Обмежена дальність дії, недостатня для наземного лазерного сканування висотних об'єктів, виключає тріангуляційні сканери для подальшого розгляду.

В фазовому методі для визначення відстаней вимірюється різниця фаз вихідної та вхідної хвиль світла. Сканери, де використовується подібна технологія, можуть забезпечити продуктивність отриманих даних до 1 мільйона точок в секунду з точністю до 1 мм, при цьому дальність дії досягає 300 метрів.

В імпульсному методі для визначення відстаней вимірюється час проходження світлового імпульсу. Сканер випускає короткі світлові

імпульси та вимірюють час, за який світло, відбите від предмета, повертається назад. Такий сканер забезпечує точність вимірювання 3-6 мм при продуктивності 100 тисяч точок в секунду. При цьому відстань, вимірювана даними приладами може складати до 6 км.

Основні переваги наземного лазерного сканування при вирішенні задач, пов'язаних зі збором геопросторової інформації про інженерні об'єкти:

- високу швидкість проведення робіт;
- високу точність;
- повноту і детальність методу збору даних;
- миттєву тривимірну візуалізацію
- мінімальний вплив «людського фактору»

Якісно проведене 3D сканування фасаду – задоволення з недешевих. Висока ціна послуги обумовлена високою вартістю необхідного обладнання. Проте саме тривимірне сканування допоможе вам зекономити час, необхідний для проведення всіх вимірів класичними методами, а також час на побудову креслень і тому подібне.

для побудови обмірних креслень фасадів споруди за допомогою НЛС нам потрібно :

### I. Наземный лазерный сканер (НЛС)



### II. комплекты сфер и плоские марки для 3D-сканеров

Для шиття між станціями НЛС



### III. GPS-приймач або тахеометр для побудови геодезичних опорних мереж



### IV. Autodesk RECAP програма обробки даних НЛС



#### ➤ UAV методу при зніманні фасадів

Спочатку поговоримо про фотограмметрію в цілому, а потім перейдемо до методу UAV. Цей метод є старим і базується на принципі кореляції зображень, отриманих з різних точок зору, що дозволяє автоматично розпізнавати гомологічні точки.

Ця робота є надто виснажливою для виконання людиною у великих масштабах і потребує значних обчислювальних потужностей. Тому цілком

логічно, що професійні програми були демократизовані лише в останні роки, оскільки суперкомп'ютери, які раніше були призначені для цього типу операцій, набагато менш придатні, ніж сучасні настільні комп'ютери, які тепер мають необхідну потужність.

Кореляція зображень - це автоматичне розпізнавання гомологічних пікселів на визначеній площині. Алгоритми аналізу зображень замінюють людський зір, асоціюючи будь-яку точку на зображенні А з гомологічною точкою на зображенні В. На цьому етапі комп'ютер алгоритмічно зчитує сцену в стереоскопічному режимі для визначення взаємного розташування кожної точки. Розповсюдження процесу на велику кількість точок огляду робить розрахунки положення кожного пікселя більш надійними за рахунок поділу похибки, збільшуючи при цьому обсяг 3D-моделювання.

Більшість з нас вже бачили результат роботи фотограмметрії, самі того не підозрюючи: 3D міста в Google Maps/Earth.



*Рис 1.2.2 Нью-Йорк - 3D модель міста, отримана методом фотограмметрії*

Фотограмметрія має ряд переваг у такому застосуванні:

- скорочення людської праці,
- підвищена реалістичність та точність,
- актуалізація 3D-моделей (зміна конструкції, знесення, поліпшення і т.д.)

- автоматизація процесу реконструкції,
- створення більш точних ортофотопланів тощо.

Ми побачили, що фотограмметрія - це техніка фіксації реальності для створення реалістичної цифрової моделі на основі фотографій.

Зйомка може здійснюватися під час "наземних" походів: людина або машина, оснащена фотодатчиками, робить знімки з землі. Також часто використовується аерофотозйомка з літака, безпілотної або будь-якого іншого інструменту, який дозволяє фотодатчику літати. Нарешті, інструменти є досить простими.

Для нашого проекту нас цікавить UAV метод, тому ми опишемо цей метод у наступних розділах

➤ Також існує метод *Аерофотозйомки LiDAR* при зйомці фасадів LiDAR або "Light Detection And Ranging" - це метод дистанційного вимірювання, який використовує світло у видимому, ультрафіолетовому або інфрачервоному спектрі. Він відрізняється від гідролокатора, який використовує акустичні хвилі, і радара, який використовує радіохвилі. Виникнувши у військовій сфері, повітряний LiDAR сьогодні є одним з найпопулярніших інструментів, що використовуються професіоналами в будівництві.

Даний LiDAR сенсор підходить для будь-якого застосування, де потрібна топографія або навіть мікротопографія: картографування, оцінка рослинного покриву, точний розрахунок об'ємів (виїмок, складів, насипів і т.д.), моделювання ділянок або пам'ятників, будівель і т.д., так само, як і фотограмметрія. Основною відмінністю від останніх є можливість проникнення крізь рослинність, що дозволяє вести спостереження всередині рослинного покриву (залежно від його щільності) та під ним (грунт).



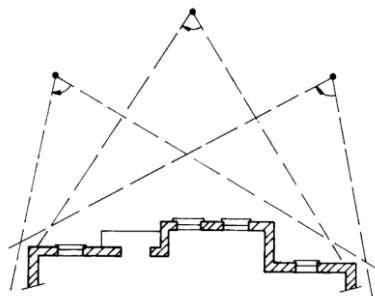
*Рис1.2.5 Лідар YellowScan VX-20 LiDAR під дроном DJI Matrice 600*

- *Поєднання фотограмметрії з лазерним дистанційним зондуванням (LiDAR)*

Фотограмметрія здавна використовується в галузі топографії. Вона визначає об'єми та розміри за фотографіями об'єктів. Для цього він представляє комплексне зображення району втручання. Він може бути поєднаний з повітряним LiDAR, оскільки ці дві технології доповнюють одна одну.

Дистанційне зондування приходить на зміну, коли фотограмметрія досягає своїх меж. Дистанційне зондування висвітлює ділянки, які не потрапляють у чіткий фокус на фотографіях. Випромінювані світлові промені проникають крізь чагарник і всі види рослинного покриву, визначаючи рельєф місцевості. LiDAR також сприяє виявленню та попередженню природних небезпек, таких як зсуви ґрунту. З його допомогою можна визначити контури зон ризику, берегів річок та заплав.

### ➤ **Вимірювання по декількох зображеннях**



Даного методу, а також дозволяють виготовляти обмірні креслення фасадів будівлі.

### *Методика вимірювання*

При цьому методі фотограмметричною камерою робиться кілька знімків досліджуваного об'єкта практично з будь-якого потрібного ракурсу. Для подальшої обробки на оцифровувальній пластині на фотографіях розміщується принаймні один елемент відомого розміру для фіксації масштабу та забезпечення можливості перевірки. Це можна зробити, наприклад, шляхом розміщення нівелірної планки на об'єкті, який видно на знімках. Для перенесення в систему координат (якщо на об'єкті відсутні опорні точки) на знімках розраховуються по дві точки на кожну координатну вісь.

Як і у всіх роботах є переваги і недоліки, для даного методу ми можемо виділити :

#### Переваги

- Підходить для підготовки базової документації для всіх технічних будівельних вишукувань.

- Документальна цінність та архівування.

- Фотографії можна використовувати в офісі у будь-який час.

- Гарантована комплектність видимих частин.

- Кут, з якого зроблено фото, не має жодного впливу.

- Тривимірна обробка.

#### Недоліки

- Неможливо для фасадів зі складно ідентифікованими точками і для точного вимірювання тривимірних криволінійних поверхонь.

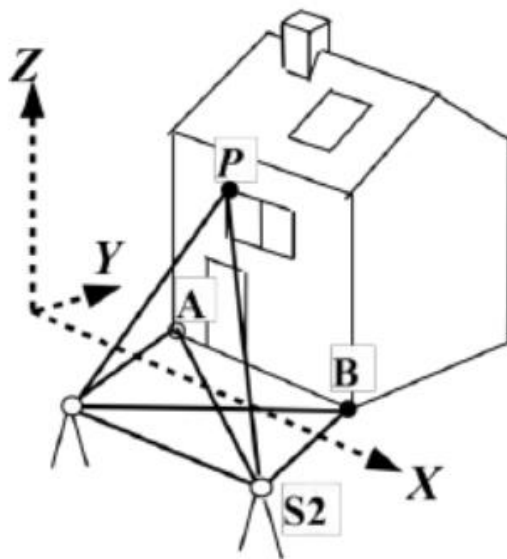
- Менш точний, ніж стереофотограмметрія.

### В. Класичні методи :

➤ **Тахеометричне знімання** – це один з видів планово-висотного топографічного знімання, тобто знімання, під час якого отримують як план розташування об'єктів на місцевості, так і їхню висоту, а також форму рельєфу.

Даний спосіб в основному застосовується для малоповерхових будівель з плоскими фасадами і невеликою кількістю деталей.

*Лінійно-кутові вимірювання (лінійно-кутові або полярні засічки)*

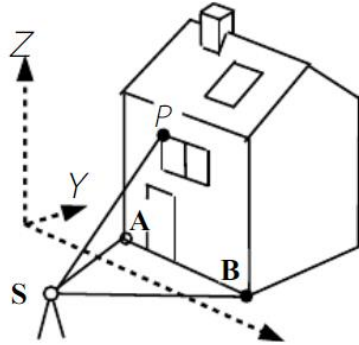


Для проектного виконання обмірних планів фасадів будівель *методом лінійно-кутовими вимірами* в першу чергу необхідно створити опорна геодезична мережа, На сьогодні опорна геодезична мережа може будуватися методом полігонометрії, ГНСС методом, методом лінійно-кутових вимірювань або комбінованим методом.

Після визначення координат пунктів вихідних пунктів (Станції), із цих пунктів мережі ми можемо починати будувати нашу опорну геодезичну мережу методом лінійно-кутових вимірювань, при побудові мережі даним способом вимірюються як кути та і віддалі між пунктами (виконувати тахеометром). Можуть вимірюватись як всі кути і віддалі, так і лише частина з них (інші елементи визначаються із розрахунків). Побудови можуть виконуватися у вигляді полігонометричних ходів, трикутників, в яких

вимірюються кути та сторони або чотирикутників, в яких вимірюються кути, сторони та, за необхідності, діагоналі.

Всі деталі фасаду вимірюються методом лінійно-кутових засічок. Потім над вихідною точкою тахеометр центрується, наводиться на опорний пункт геодезичної мережі та виконуються лінійні та кутові вимірювання на всіх ділянках фасаду як показано на схемі.



Кожна деталь знаходиться на перетині 2-х станцій S1 і S2, маючи лише один тахеометр, необхідно добре визначити точки наведення деталей з S1, щоб точно в ті ж точки і в тому ж порядку навестись з S2.

Після того, як виміри виконані, переходимо до розрахункової частини, яка може бути виконана за допомогою програми або вручну.

Останнім етапом є креслення, креслення в наш час рідко малюють від руки, існує безліч креслярських програм в залежності від роботи, в нашому випадку ми можемо скористатися програмою Autocad.

### ➤ Ручний Метод

при використанні цього методу зустрічається рідко, тому що всі виміри проводяться вручну при такому методі вимірювання не можна гарантувати ніякої точності, його можна використовувати в невеликих проектах з дрібними деталями.

#### *Методика вимірювання*

Під додатковими вимірюваннями розуміється вимірювання окремих розмірів за допомогою подвійних метрів, рулеток або ультразвукових вимірювальних приладів.

необхідно виміряти всі елементи фасаду, такі як стіни, вікна, двері і т.д. і зробити креслення, щоб зафіксувати всі виміри, зроблені в польових умовах, перед тим, як скласти остаточний план фасаду.

✓ Переваги : Швидкі та дешеві опитування ; "Зайві виміри" може робити будь-хто.

- Мінуси : Відсутність точності; Ризик помилок.

➤ **Мензуальне** знімання виконується за допомогою мензули (столика) кіпрегель. Цей вид знімання є наглядним так як весь план складають у полі.

Недоліки :

Громістськість обладнання Залежність від метеорологічних умов.

Немає можливості одночасно виконати польових та камеральних робіт.

➤ **Теодолітне** знімання передбачає одержання тільки контурної частини плану без рельєфу.

➤ **Вертикальне** знімання передбачає тільки зйомку рельєфа. Зйомку виконують за допомогою нівеліра та рейки.

➤ **Напівавтоматичне** картографування поєднує швидкість тахіометричні зйомки та наглядність мензуальної. Знімання здійснюють за допомогою столика карті.

### 1.3 Переваги та недоліки UAV методу при зніманні фасадів споруди :

Ми вже розповідали, як фотограмметрія за допомогою БПЛА може створити 3D-модель споруди на основі простих фотографій. Одне з найбільш актуальних застосувань цього методу 3D-цифрування до топографії полягає у використанні безпілотників для зйомки.

Метод UAV, як і всі методи, має свої переваги та недоліки. Спочатку розглянемо переваги фотограмметрії з UAV над традиційними методами.

Головною перевагою UAV є легкість та швидкість, з якою можна збирати дані. Завдяки використанню UAV, фотограмметрія з UAV може допомогти зробити знімки, проаналізувати дані для отримання вимірювань і перетворити їх в 3D-карту за менший час і з меншими витратами.

Методи UAV дають дуже точні результати, що робить їх дуже надійними для проектування фасадів будівель, картографування та інших цілей.

Зібрані дані є постійними та точними і фіксують стан, який існував на момент фотографування, у вигляді зображень та вимірювань.

Оскільки зібрана інформація є постійною, набагато простіше провести повторне обстеження або повторну оцінку сайту, щоб отримати інформацію, якої бракує, не витрачаючи часу.

Використання UAV дозволяє легко знімати віддалені території та важкодоступні місця з точними розмірами. Це також зменшує загрозу безпеці команди під час проходження потенційно небезпечних ділянок.

Це частина переваг використання UAV, які внесли велику революцію в наш світ і в тому числі в сферу геодезії. Перейдемо до недоліків використання UAV.

Фотограмметрія за допомогою БПЛА або взагалі має два основних недоліки для топографії.

По-перше, він має тенденцію, в залежності від кількості та роздільної здатності фотографій, "пом'якшувати" краї об'єктів. Гострий край в реальності буде набагато менш помітним у фотограмметричній моделі, якщо кількість характерних пікселів на фотографіях буде недостатньою.




*Рис1.3.1 Приклад стіни, знятої фотограмметрією з надто низькою роздільною здатністю, здається пом'якшеним.*

По-друге, фотограмметрія не любить рослинності. Дерево є дуже складним об'єктом для розуміння фотограмметричного програмного забезпечення. Ніщо так не схоже на лист дерева... як інший лист того ж дерева. Але фотограмметрія базується на виявленні спільних характеристик між фотографіями. До того ж, лист дерева рідко буває статичним, через рух повітря. Фотограмметрія вимагає, щоб сцена була статичною.

Є також деякі недоліки, наприклад, те, що зйомка безпілотником неможлива за відсутності світла. Він не може проектувати власне джерело світла, що ускладнює зйомку при поганому освітленні. Він не може бути використаний для точних вимірювань, коли є обмеження видимості в районі, що може бути викликано сезонними явищами, такими як снігопад або дощ. Якщо є рослинність або деревний покрив, які можуть перекривати лінію видимості камери, точне вимірювання неможливе.

**Недоліки та переваги найбільш поширених методів геодезичної зйомки фасадів будівель.**

*Таблиця 1.3.1*

<i>Методи</i>		
<i>Тахеометричне знімання</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Низька деталізація</li> <li>- Важко отримати ліпнину і тп</li> <li>- Складна конфігурація геодезичної основи</li> <li>- Необхідність абрису</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Постійність точності вимірювань</li> <li>+ Висока точність окремого виміру</li> </ul>
<i>Фотограметрія з UAV</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- «шумна» хмара точок</li> <li>- Силна залежність від освітлення і погоди</li> <li>- Великі помилки в темних кутах та затінених частинах</li> <li>- Складна конфігурація геодезичної основи</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Висока деталізація</li> <li>+ Легкість вимірювань</li> <li>+ Відсутність абрису</li> <li>+ Висока наочність</li> </ul>
<i>Лазерне сканування</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Необхідність великої кількості станцій</li> <li>- Точність вимірювань сильно залежить від відстані</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Висока деталізація</li> <li>+ Висока точність окремого виміру</li> <li>+ Автоматизація обробки</li> <li>+ Висока наочність</li> <li>+ Висока точність хмари точок і низький шум</li> </ul>

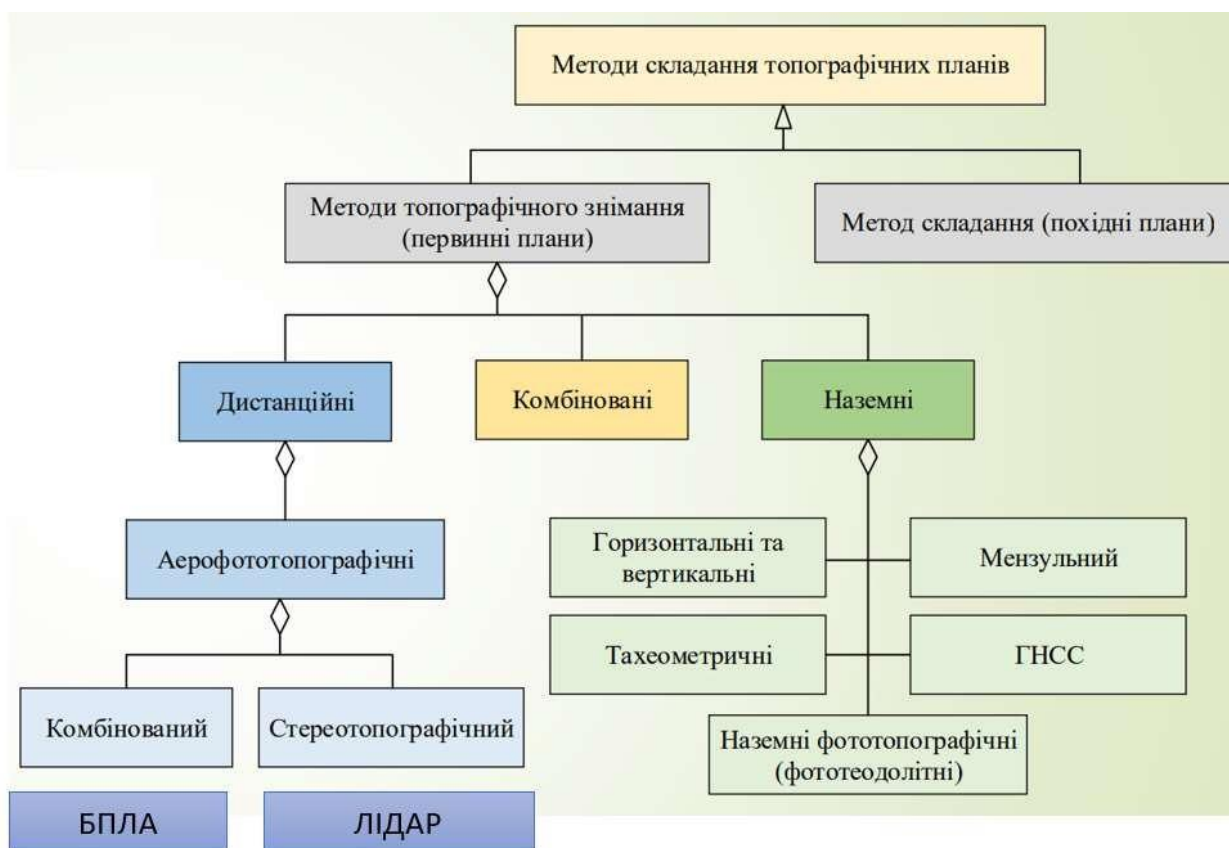
## Висновок до розділу 1

Топографічна відповідність фасадів будівель визначалася за допомогою двох основних методів:

Метод аерофототопографії та наземний метод.

Наземний метод - при якому об'єкти, контури місцевості і рельєф отримують на планах із заданою точністю в результаті безпосередніх вимірювань на місцевості.

Метод аерофотозйомки - при якому зйомка проводиться за допомогою фотографій земної поверхні, зроблених з літака, супутника або дельтаплана і плану. Під час топографічного знімання частина робіт по створенню топографічних планів переноситься з польових умов до камеральних цехів.



Проаналізувавши ці методи та ретельно вивчивши наш проект, я обрав метод БПЛА для побудови обмірних креслень фасаду.

## 2 РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЯ ВИКОНАННЯ РОБІТ ІЗ UAV ЗНІМАННЯ ФАСАДУ

### 2.1 Методика виконання спостережень за допомогою БПЛА :



*Рис.2.1 Технологічний процес.*

Для здійснення спостереження за допомогою безпілотників необхідно виконати кілька етапів. Спочатку розрахунок параметрів зйомки та налаштування опорних точок, наступним етапом є визначення координат опорних точок, а потім ми переходимо до планування маршрутів польотів безпілотників, польоти безпілотників повинні проводитися в польових умовах. Після завершення місії безпілотник повертається до пункту прибуття, привозячи з собою багато фотографій, зроблених під час польоту, для яких необхідна певна обробка. Наступним шагом є передача зроблених безпілотником фотографій та координат контрольних точок на місцевості на дуже потужний комп'ютер для проведення необхідних великих обчислень. Як приклад, проєкт розміром 500 м на 500 м може легко скласти більш як 10 Гб даних, і ми почнемо обробку в обраному програмному забезпеченні. Існують різні програми, за допомогою яких ми можемо виконати цю обробку, такі як :



PHOTOMODELER

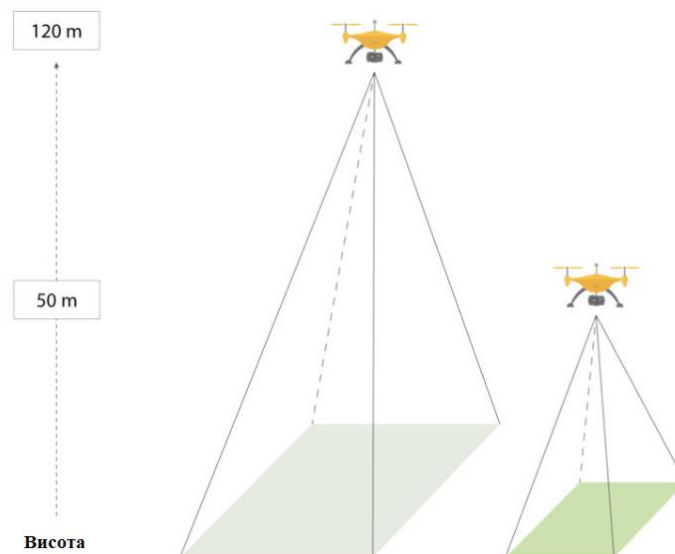
### 2.1.1 Підходи до планування маршрутів дрону та розрахунок параметрів знімання :

Для того, щоб провести фотограмметричну обробку, потрібно використовувати безліч географічно прив'язаних знімків, які накладаються один на одного. Для забезпечення їх якості важливо визначити різні параметри нашого плану польоту, такі як висота і перекриття.

#### **Висота знімання**

Вибір висоти матиме прямий вплив на роздільну здатність знятих фотографій (см/піксель).

По-перше, польоти на малих висотах призводять до отримання фотографій з меншою площею, а отже, вимагають більшої кількості польотних ліній для покриття тієї ж площі. Крім того, для збереження однакової чіткості зображення (уникнення розмитих зображень), швидкість польоту необхідно зменшувати по мірі зниження висоти.



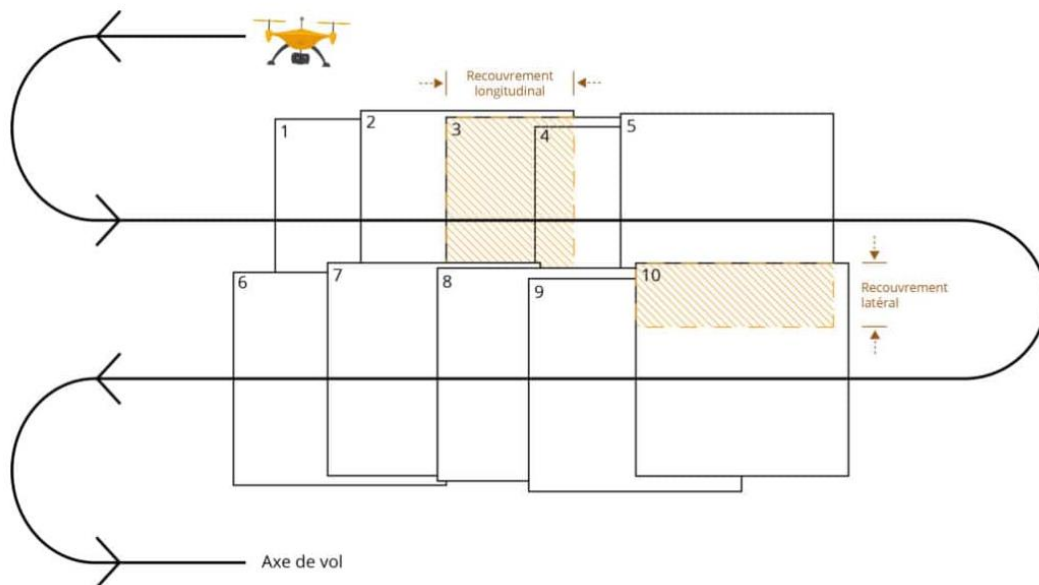
*Рис 2.1.1. Як висота польоту впливає на роздільну здатність відзнятих фотографій.*

Тому важливо розуміти, що висота є основним фактором продуктивності польоту. З огляду на це, можливо, доцільно обрати БПЛА з камерою високої роздільної здатності, що дозволить літати на максимальній висоті (400' AG) і при цьому отримувати достатню точність.

### Перекриття

Оскільки фотограмметричне програмне забезпечення використовує точки прив'язки для виконання обробки, фотографії повинні перекриватися між кожною з ліній польоту і вздовж лінії польоту. Чим більше перекриття, тим легше обробляти.

Зменшення бічного перекриття зменшує кількість необхідних ліній польоту, в той час як зменшення перекриття в межах однієї лінії польоту збільшує швидкість БПЛА.



*Рис 2.1.2. Приклад польотної схеми.*

Знову ж таки, цей параметр має вирішальне значення, оскільки його вплив на продуктивність є основним.

Тому важливо знайти мінімальне перекриття для якісної обробки даних. Слід зазначити, що більш потужне фотограмметричне програмне забезпечення допускає менші перекриття.

Багато програмного забезпечення і додатків для планування польотів було розроблено в результаті стрімкого зростання продажів безпілотників. Більшість з них дозволяють "прості" плани польотів, тобто плани польотів, намальовані користувачем, який приблизно визначає waypoints (точки через які повинен буде пролетіти безпілотник). Цей метод може бути використаний, але потребуватиме додаткової підготовки, оскільки місцезнаходження бажаних маршрутних точок має бути розраховане заздалегідь.

На щастя, було розроблено програмне забезпечення для проведення цих розрахунків спеціально для потреб фотограмметрів. Вони дозволяють автоматично розраховувати плани польотів. Для цього користувачеві потрібно лише ввести відомі параметри польоту.

Виробники дронів DJI розробили програму DJI GO, яка дозволяє "просто" планувати польоти. Тому необхідно було знайти сумісне з DJI програмне забезпечення, яке б краще підходило для фотограмметричних робіт.

У таблиці 2.1.1 наведено результати дослідження цього типу програмного забезпечення. Вони були обрані тому, що сумісні з дронами DJI і можуть бути завантажені безкоштовно.

## Порівняння програмного забезпечення для планування польотів

Таблиця 2.1.1

<b>Характеристики</b>	<b>UgCS</b> 	<b>Ground Station</b> 	<b>Pix4D Capture</b> 
-----------------------	--	---	---

<b>ПАРАМЕТРИ ПОЛЬОТУ</b>			
Висота польоту	Не	Так	Так
Основна роздільність	Так	Не	Не
Швидкість польоту	Так	Так	Так
Бічне перекриття	Так	Так	Так
Поздовжнє перекриття	Так	Так	Так
Зона підйому	Так	Так	так
Тип камери	Вводиться вручну	Вводиться вручну	Заздалегідь визначений
<b>НАЛАШТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ</b>			
Розміщення вершин зйомки	Так	Так	Не
Слід фотографій на землі	Не	Так	Не
Кількість маршрутних точок (waypoints)	обмежена до 50	безлімітний	безлімітний
Режим роботи	android	IOS /android	IOS /android
Інші характеристики	Заздалегідь визначені заборонені для польотів зони (аеропорти) + можливість додавання власних користувацьких зон.		Попереджає, коли запрограмована зона перегляду занадто велика для заряду батареї.

Як ми бачимо, що програмне забезпечення не працює однаково, оскільки вхідні параметри, які необхідно вибрати, відрізняються від одного програмного забезпечення до іншого, є два шляхи для подальших дій:

- Категорія 1: (як в UgCS) вводиться бажана роздільна здатність і програма визначає висоту польоту.

- Категорія 2: (як і в Pix4D Capture), ви вводите висоту польоту, і програмне забезпечення розраховує результуючу відстань до зразка ґрунту.

### 2.1.2 Конфігурації опорних пунктів :

Під час польового візиту ми встановлюємо опорні точки на місцевості у вигляді хрестиків фарбою або розмітку роздрукувати на папері та наклеїти на фасаді нашої будівлі (рис2.1.2), щоб їх було видно на наших фотографіях., які знімаються за допомогою високоточного GPS. Вони встановлюються перед польотом і дозволяють здійснювати географічну прив'язку з точністю до кількох сантиметрів.



*Рис 2.1.2 Розставлення розпізнавальних знаків на місцевості за допомогою геодезичного GNSS приймача*

Призначення цих опорних точок - прив'язка грубої моделі, отриманої в результаті аналізу програмним комплексом спільних точок на парі знімків (внутрішнє орієнтування), до зовнішніх геодезичних або географічних систем координат (зовнішнє орієнтування). як правило їх основну частину розміщують назовнішній рамці та в середині території зйомки (залежно від локації, рельєфу, площі території, масштабу та необхідної точності).

### 2.1.3 Визначення координат опорних пунктів :

Після розміщення наших опорних знаків переходимо до визначення координат опорних пунктів, найбільш підходящий метод визначення координат опорних пунктів - за допомогою GPS приймача в режимі RTK, режим RTK дозволяє створювати високоточні геодезичні роботи.

Існуючі супутникові системи (американська GPS, російська ГЛОНАСС, китайська BEIDOU або європейська Galileo) можуть бути доповнені так званими системами підвищення продуктивності, які забезпечують корекцію в режимі реального часу для підвищення точності, а також інформацію, що гарантує цілісність цих корекцій.

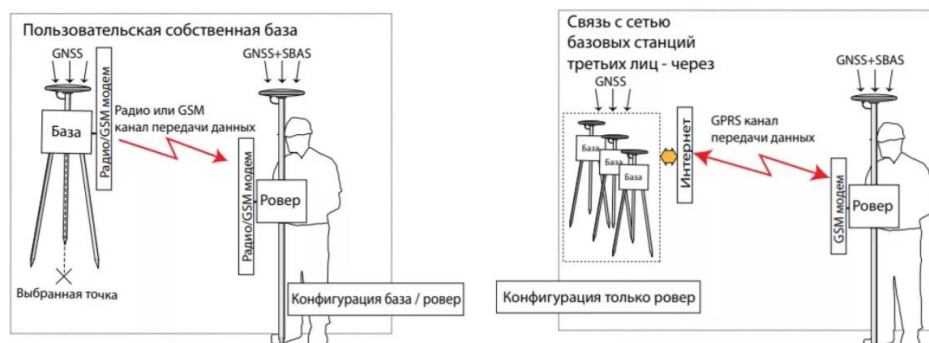
RTK (Real-Time Kinematic - кінематика в реальному часі) - метод знімання, під час якого робиться запит, щоб мобільний приймач практично миттєво визначав координати свого поточного місця розташування з сантиметровою точністю.

Ця система, використовуються два приймачі: один (база) встановлюється на обраному пункті, тоді як інший (ровер) використовується для зйомки.

База буде або:

користувачка власна база з UHF-радіомодемом, або GSM-модемом чи іншим зовнішнім пристроєм для передачі поправок.

що належить третій особі, яка керує базою або мережею базових станцій (з'єднання відбувається за допомогою NTRIP-протоколу), і надає дані роверу через GSM/GPRS модем.



Для передавання RTK поправок базового приймача (бази) до ровера має бути встановлений канал передавання даних.

Передавання даних може бути здійснено кількома способами:

- UHF радіо
- стільниковий модем (GSM, GPRS або CDMA)
- інші зовнішні пристрої (такі як Wi-Fi та ін.).

Успішне знімання вимагає ініціалізації системи та збереження ініціалізації протягом усього знімання.

Може бути кілька одночасно працюючих роверів, причому кожен отримує дані RTK поправок від тієї ж самої бази.

Ключові моменти

- Перед початком роботи необхідно упевнитися, що ровер отримує RTK положення (ініціалізація повинна бути досягнута і підтримуватися).

- Антенну вішку необхідно утримувати вертикально на кожному пункті зйомки (якщо не використовується приймач з компенсацією нахилу).

- Час зйомки на кожному пункті встановлюється користувачем (кількість епох).

- Протягом відліку епох ровер усереднює послідовні положення, які він обчислює.

- При кількості епох = 1 ровер реєструє тільки перше положення, яке він обчислює на цьому пункті (немає усередненого положення).

Після зйомки всіх наших точок ми переходимо до частини обробки даних, для цього у нас є наприклад програмне забезпечення leica geo office для отримання остаточних координат точок.

## 2.2 Теорія обробки даних спостережень :

Основою теорії фотограмметрії є математика, геодезія забезпечує фотограмметрію координатами опорних точок, необхідних для згущення

геодезичних мереж при складанні топографічних карт і планів. Математична обробка результатів вимірювань фотознімків виконується на електроннообчислювальних машинах (ЕОМ), в зв'язку з чим фотограмметрія пов'язана з теорією ймовірностей і програмуванням. Для створення топографічних карт або моделей необхідне дешифрування знімків, яке ґрунтується на теорії розпізнавання образів.

Як ми говорили вище, для обробки даних у нас є багато програмного забезпечення, візьмемо для прикладу процес обробки аерофотознімків в ПО Agisoft PhotoScan, шаг за шагом.

Agisoft PhotoScan - універсальний інструмент для створення тривимірних моделей поверхонь топографічних об'єктів за їх фотографічними зображеннями. PhotoScan успішно використовується для побудови моделей об'єктів різного масштабу, від мініатюрних археологічних артефактів до великих будівель і споруд, а також для побудови моделей місцевості за даними аерофотозйомки та генерації матриць рельєфу і ортофотопланів на основі цих моделей. Обробка даних у PhotoScan є високоавтоматизованою, і лише оператор відповідає за моніторинг та контроль режимів роботи програми.

Шаг 1. завантаження фотографій у PhotoScan;

Шаг 2. огляд завантажених зображень і видалення непотрібних кадрів;

Шаг 3. вирівнювання фотографій;

Шаг 4. побудова щільної хмари точок;

Шаг 5. побудова тривимірної полігональної моделі;

Шаг 6. текстурування об'єкта;

Шаг 7. побудова цифрової моделі місцевості;

Шаг 8. побудова ортофотоплану;

Шаг 9. експорт результатів.

У вихідних даних для обробки аерофотознімків у ПЗ Agisoft PhotoScan є :

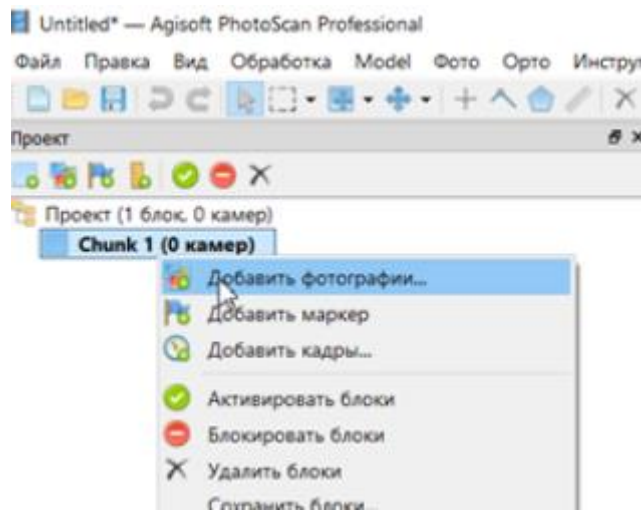
а) фотознімки території садового товариства у форматі .JPG,

б) координати центрів фотографування в системі координат у .txt файлі

в) координати розпізнавачів у системі координат у .txt файлі, архів зі скріншотами розташування розпізнавачів на ортофотоплані.

### **Шаг 1. Завантаження фотографій у PhotoScan**

Запустіть PhotoScan, у розділі Проєкт додайте фотографії в блок (у термінології PhotoScan "Chunk").



*Рис 2.1.3 Додавання фотографій у проєкт PhotoScan.*

Після додавання фотознімків у проєкт необхідно вказати координати (широту, довготу, висоту або XYZ у разі локальних координат). Також можна додати дані про кути положення камери в момент зйомки, якщо вони є.

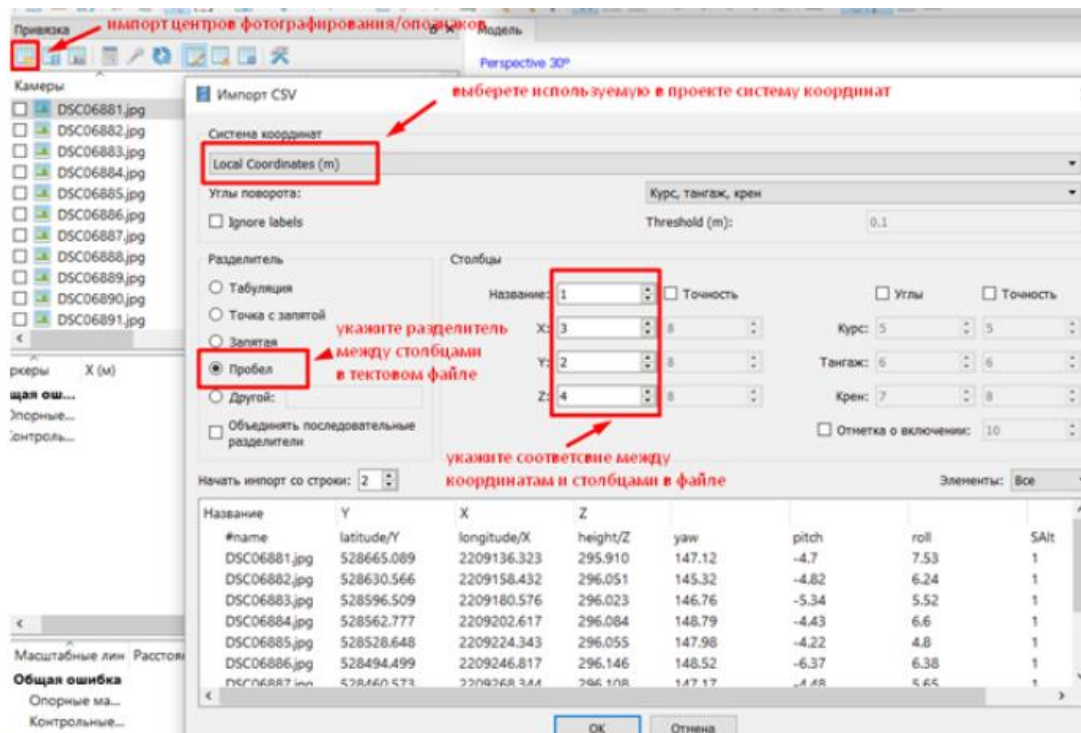


Рис 2.1.4 Добавление центров фотографирования.

У прикладі використано дані зйомки з багатороторного гелікоптера, з камерою, встановленою на стабілізованому підвісі. У зв'язку з цим зазначення кутів фотографування, записані польотним контролером, не використовується.

Прив'язка координат до конкретного фотознімку відбувається в разі збігу імені файлу з полем "Назва" у вікні Імпорту CSV. Процедура імпорту файлу з координатами і точністю розпізнавання має такий самий вигляд, за винятком того, що ім'я розпізнавача має бути унікальним, не збігатися з ім'ям іншого розпізнавача або файлу фотографії.

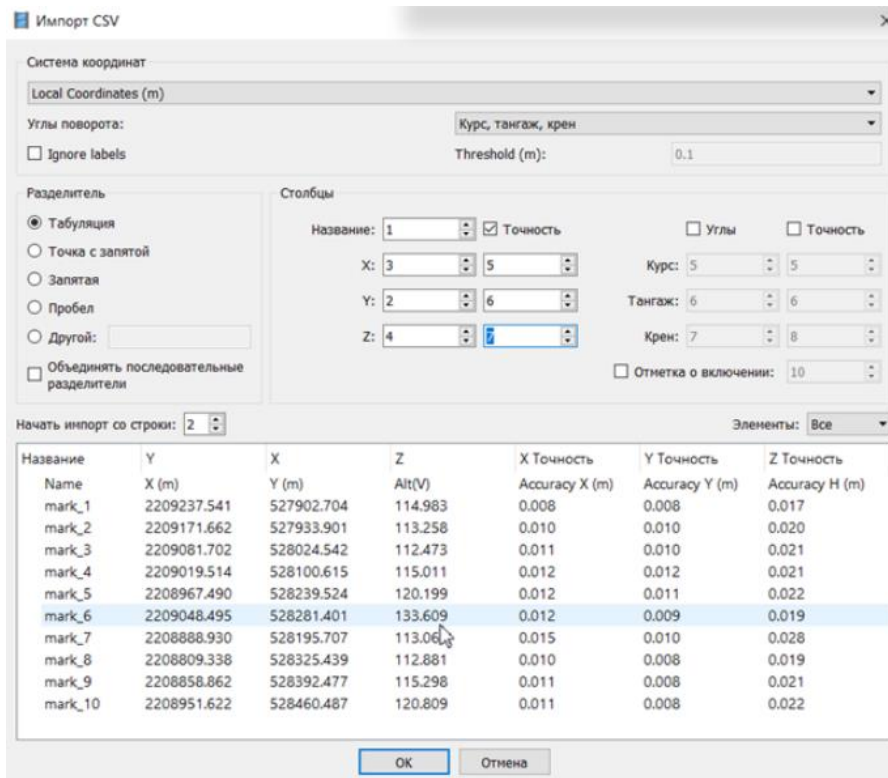


Рис 2.1.5 Добавление опознаков из текстового файла.

Якщо фотографії вже мають геотеги в потрібній для нас системі координат, то виконувати процедуру імпорту координат із CSV файлу нам не доведеться.

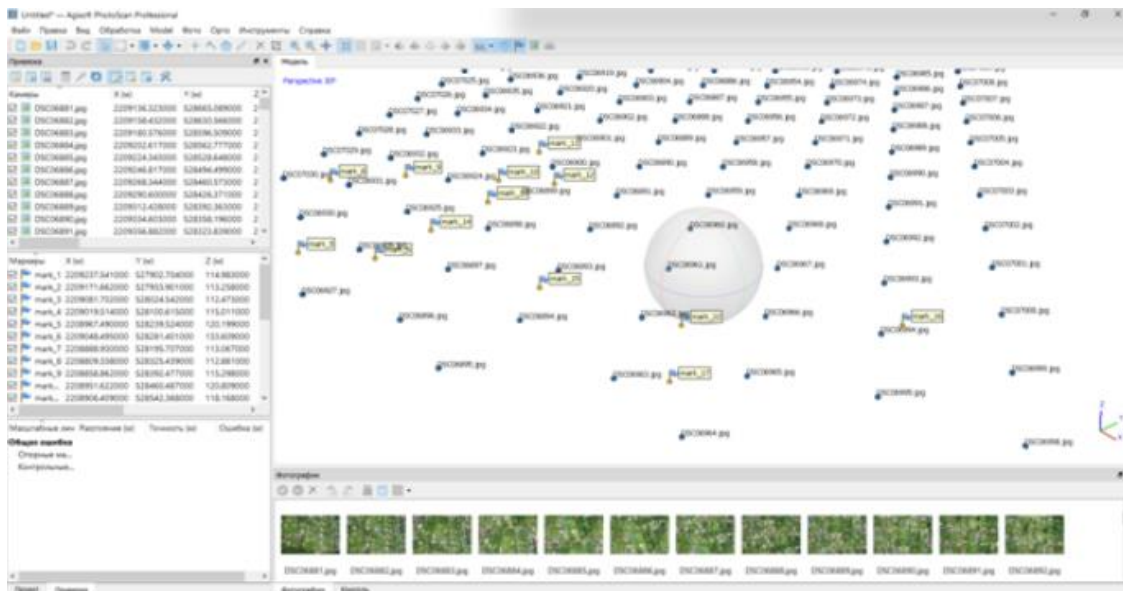


Рис 2.1.6. Додані центри фотографування та ознаки в проєкті PhotoScan.

## Шаг 2. Огляд завантажених зображень і видалення непотрібних кадрів :

На цьому кроці ми можемо переглянути і виключити знімки, які мають низьку якість у зв'язку з недостатньою довжиною витримки (змащені знімки).

Для визначення кадрів із низькою якістю рекомендується провести процедуру "Оцінити якість зображень", і, використовуючи параметр якості, виключити змащені та нерізкі знімки (високий параметр "Якість" відповідає високій різкості зображень).

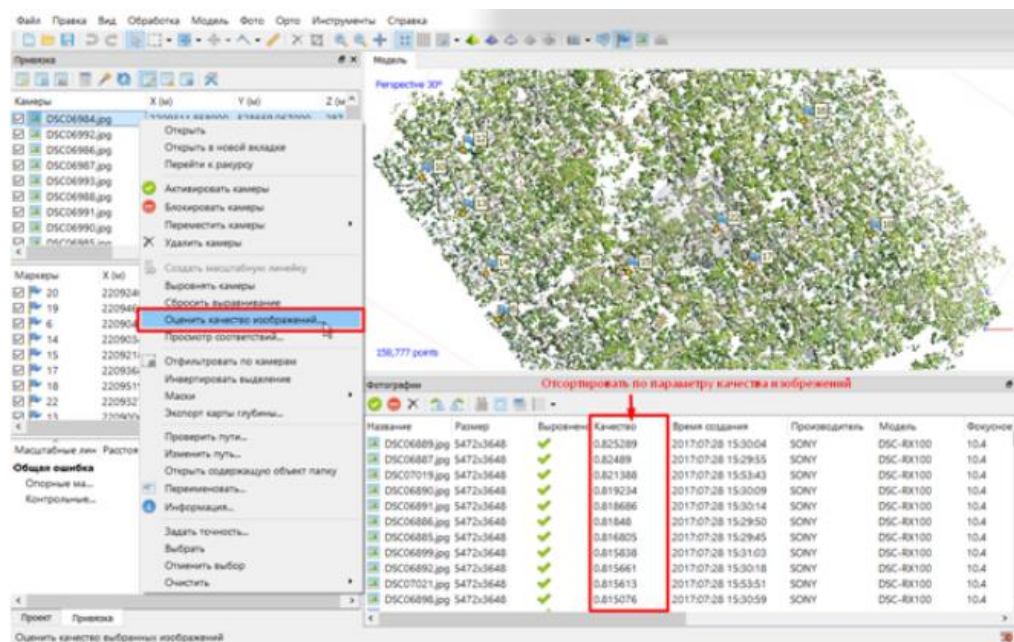


Рис 2.1.7. Оцінювання якості зображень.

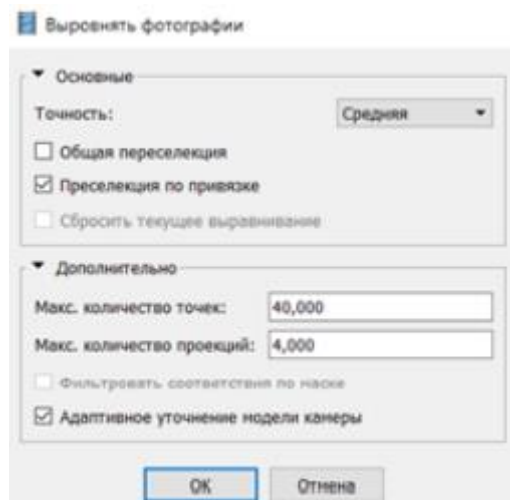
У розділі Прив'язка можна відсортувати зображення за кутом нахилу (за наявності наявності цих даних). Під час зйомки з дронів літакового типу найбільше відхилення відбувається під час крену апарата, а значить і нерухомо закріпленої камери. Залежно від моделі камери об'єктива рекомендується виключати знімки, зроблені з креном понад 20-30 градусів (як у позитивний, так і в негативну сторони).

Камеры	X (м)	Y (м)	Z (м)	Точность (м)	Ошибка	Курс (°)	Тангаж (°)	Крен (°)
<input checked="" type="checkbox"/> DSC03283.jpg	38.562980	55.821082	294.320000	10.000000		20.010	-6.240	-53.500
<input checked="" type="checkbox"/> DSC04790.jpg	38.570946	55.817622	284.530000	10.000000		57.230	2.240	-51.950
<input checked="" type="checkbox"/> DSC03226.jpg	38.561312	55.821910	284.010000	10.000000		5.410	-1.320	-50.450
<input checked="" type="checkbox"/> DSC03500.jpg	38.567670	55.818993	298.680000	10.000000		17.920	-0.620	-50.350
<input checked="" type="checkbox"/> DSC04789.jpg	38.570353	55.817567	284.920000	10.000000		103.580	1.520	-49.130
<input checked="" type="checkbox"/> DSC03420.jpg	38.565628	55.819487	284.700000	10.000000		51.460	-3.320	-48.990
<input checked="" type="checkbox"/> DSC03349.jpg	38.564347	55.820031	279.640000	10.000000		26.820	-3.070	-48.970
<input checked="" type="checkbox"/> DSC03173.jpg	38.559471	55.822320	302.700000	10.000000		56.640	-2.830	-48.730
<input checked="" type="checkbox"/> DSC04791.jpg	38.571347	55.817848	284.030000	10.000000		10.090	2.270	-48.420

*Рис 2.1.8. Сортування камер залежно від кута крену в момент зйомки.*

### Шаг 3. Вирівнювання знімків :

Виконується за допомогою пункту Меню - Обробка - Вирівняти фотографії. На етапі проводиться пошук характерних спільних точок на фотографіях, за якими в надалі буде розраховуватися карта глибин.



*Рис 2.1.9. кно процедури "Вирівняти фотографії"*

Параметри вирівнювання впливають на результати обробки, і можуть бути змінені.

- Точність.

Висока точність дає змогу отримати найбільш достовірне положення камери, низька точність зменшує час обробки. Для практичних завдань рекомендується використовувати середню точність для завдань, які не

потребують високої точності вихідних даних (наприклад, для завдань сільського, лісового господарства), високу - для завдань, пов'язаних із мінімальними похибками (наприклад, для геодезичних завдань, для побудови карт, топопланів малого масштабу).

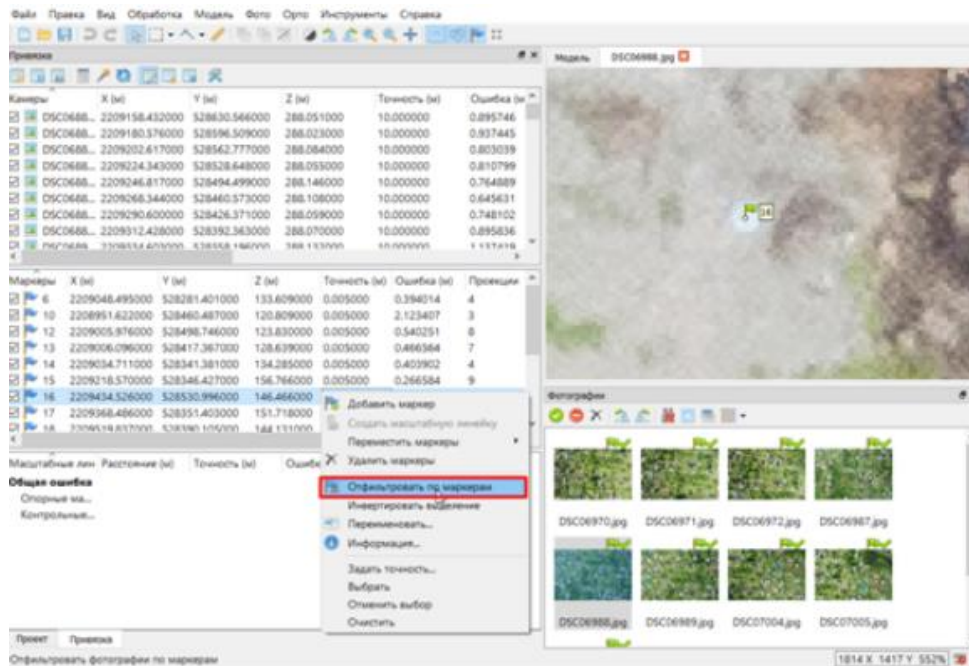
- Преселекція пар.

Пошук відповідностей (спільних точок) на зображеннях. Для проєкту з відомими даними про центри фотографування оптимально використовувати преселекцію знімків за прив'язкою. Це виключить надлишкові обчислення "порівняння всіх з усіма". Для даних зйомки з дронів рекомендується задати значення параметра Рівень землі (середня висота поверхні землі на ділянці зйомки) в діалоговому вікні Параметри прив'язки на вкладці Прив'язка для підвищення ефективності процедури преселекції. Дані про рівень землі мають супроводжуватися даними за параметрами Курс, Тангаж і Рискання у відповідних полях на вкладці Прив'язка.

Для прикладених вихідних даних достатньо встановити середню або високу точність.

#### **Шаг 4. Додавання маркерів (ознак) у проєкт :**

Після вирівнювання необхідно провести розстановку розпізнавальних знаків на фотознімках. Для цього виберіть першу ознаку і за допомогою клацання правою кнопкою миші відфільтруйте знімки, на які "потрапляє" ця ознака.



*Рис 2.1.10. Процес вибірки знімків, що містили обраний розпізнавач і розстановки на зображеннях його точного положення.*

Потім, після фільтрації зображень з координатами розпізнавача, вкажіть з максимальною точністю його центр на кожному знімку зі списку відфільтрованих за маркером.

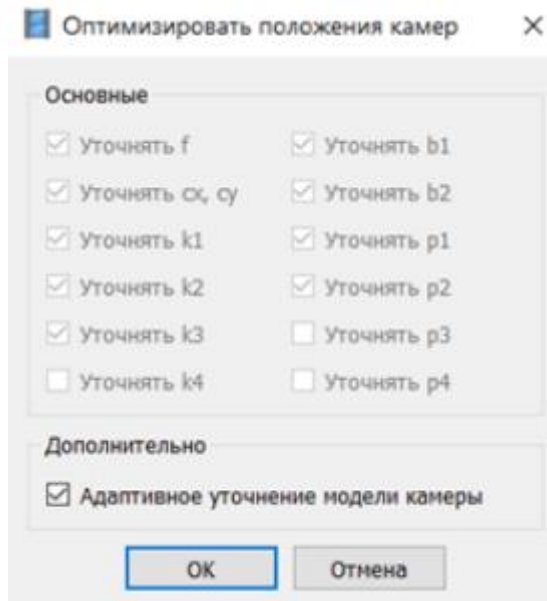
Проведіть процедуру прив'язки кожного з розставлених на ділянці місцевості розпізнавачів.

На цьому шаге проявляються всі огріхи, пов'язані з розстановкою, видимістю, однозначним розумінням положення розпізнавача. Не точно вказане положення однієї позначки впливає на точність усього проекту. Пам'ятайте про це під час польових робіт зі встановлення розпізнавальних знаків.

### **Шаг 5. Оптимізація вирівнювання камер :**

Після додавання маркерів необхідно провести оптимізацію положення камер за допомогою кнопки "Оптимізація камер". На цьому кроці PhotoScan розраховує параметри зовнішнього і внутрішнього орієнтування камер, і в результаті зхмару точок (розряджену на поточному

кроці) нібито прив'язують до точно розставлених на землі ознак. Процес займає невеликий час.



*Рис 2.1.11. Оптимізація камер.*

Адаптивне уточнення моделі камери дає змогу автоматично уточнювати параметри камери з урахуванням даних про їхню надійність. Рекомендована опція для обробки даних аерофотозйомки.

Після проведення оптимізації положення камер зверніть увагу на помилки положення розпізнавачів. При правильному обчисленні координат розпізнавачів і правильному розташуванні їх на зображеннях похибка, як правило, не перевищує 0.05 метрів. За великої помилки конкретного розпізнавача шукайте точне положення його на знімках, унеможливіть можливе неправильне визначення його координат під час польових робіт. Великий запас кількості розпізнавачів, розставлених на місцевості, дає змогу виключати неминуче "проблемні" розпізнавачі, які неминуче виникають, без погіршення точності всього проєкту.

### **Шаг 6. Побудова щільної хмари :**

Після правильного розташування розрядженої хмари (із загальних точок знімків) проводиться процедура побудови щільної хмари (точок). Для

виконання оберіть наступний пункт меню Обробка - Побудувати щільну хмару.

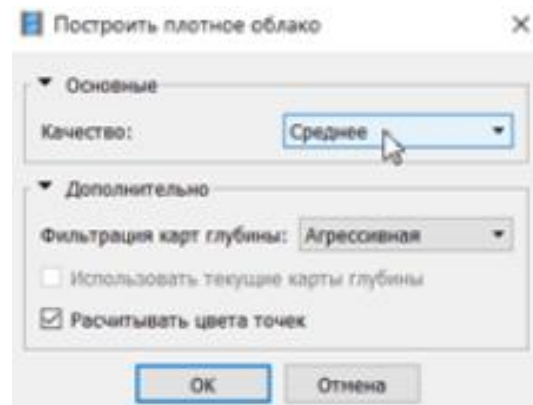


Рис 2.1.12. Вікно побудови щільної хмари.

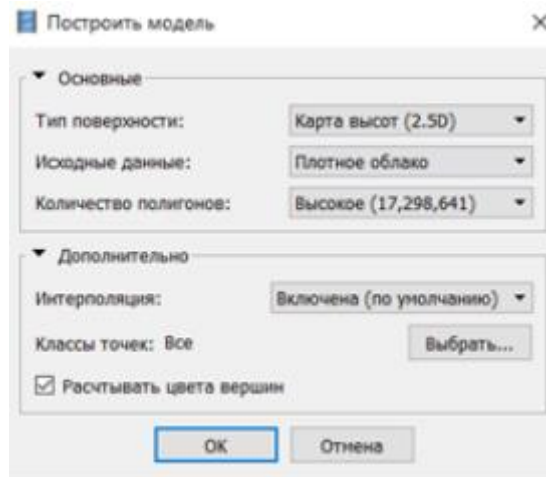
Режим агресивної фільтрації глибин - рекомендований для задачі обробки аерофотознімків. У цьому разі виключається максимальна кількість помилково позиціонованих точок.

Побудова щільної хмари (точок) на основі даних вирівнювання і загальних точок, знайдених у масиві фотографій, - найбільш ресурсомістке завдання, використання одного або декількох виділених графічних процесорів дасть змогу заощадити час. На цьому етапі обробки також потрібна максимальна кількість оперативної пам'яті.

Після побудови щільної хмари можливо, провести класифікацію різних областей точок, як за допомогою ручного виділення, так і за допомогою інструментів у розділі Інструменти - Щільна хмара. Класифіковані області хмари дають змогу будувати окремі моделі, наприклад - цифрову модель рельєфу.

### **Шаг 7. Побудова тривимірної полігональної моделі :**

На основі щільної хмари точок (або частини хмари в разі зробленої класифікації) на наступному кроці будується модель. Для виконання виберіть пункт меню Обробка - Побудувати модель.



*Рис 2.1.13. Вікно побудови моделі за даними щільної хмари точок із оптимальними параметрами для задач геодезії та картографії.*

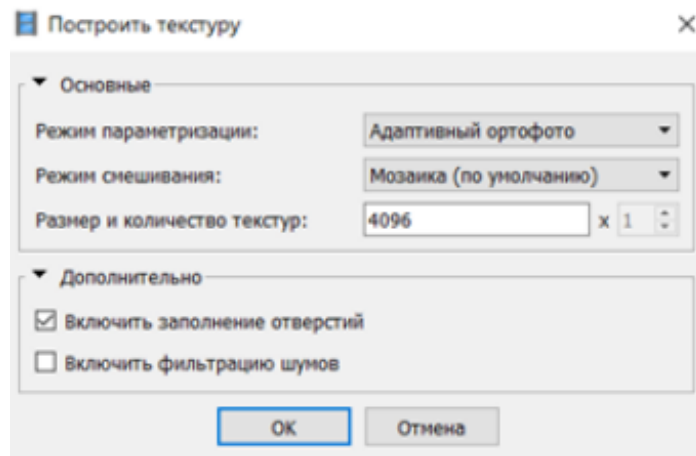
Параметры реконструкции модели, рекомендуемые для данных аэрофотосъемки:

Тип поверхности – Карта высот 2.5D. Будет построена т.н. 2.5 мерная модель, для которой высота определяется однозначно, без полных и замкнутых областей.

Интерполяция – Включена, т.е. будет создана модель с заполнением отверстий, замкнутых областей без общих точек изображений. Рекомендуется реконструкция модели с максимальным числом полигонов. Впоследствии возможно уменьшение их числа с помощью опции «Упростить модель» (Инструменты – Модель – Упростить модель).

### **Шаг 8. Побудова текстури моделі :**

На цьому етапі побудована полігональна модель "зафарбовується" текстурами, взятих із фотографій. Для виконання виберіть пункт меню Обработка - Побудувати текстуру. Нижче - рекомендовані параметри для побудови текстури для аерофото:



*Рис 2.1.14. Вікно побудови текстури.*

Ось що говорить керівництво користувача PhotoScan про параметри параметризації:

У режимі параметризації "Адаптивний ортофото" поверхню об'єкта поділяють на плоску частину та вертикальні ділянки. Плоска частина поверхні текстуриться з використанням ортографічної проєкції, тоді як вертикальні ділянки текстуруються окремо для збереження точного відображення текстури в цих ділянках. Цей режим дає змогу отримувати компактніші текстури для сцен, близьких до плоских, зберігаючи водночас гарну якість текстури для вертикальних поверхонь (наприклад, для стін будівель).

У режимі "Ортофото" вся поверхня об'єкта текстуриться в ортографічній проєкції. Цей режим дає змогу отримати ще компактніше представлення текстури, ніж у режимі "Адаптивне ортофото", однак водночас сильно знижується якість текстури для вертикальних ділянок.

Фільтрація шумів може бути ввімкнена, за наявності великої кількості тонких структур (дротів, ЛЕП), і дасть змогу уникнути їх використання на текстурі.

Для підвищення якості структури рекомендується виключити зображення поганої якості з обробки (див. Шаг 2. Огляд завантажених зображень і видалення непотрібних кадрів).

## Шаг 9. Побудова карти висот :

Для побудови карти висот обираємо пункт меню Обработка - Побудувати карту висот

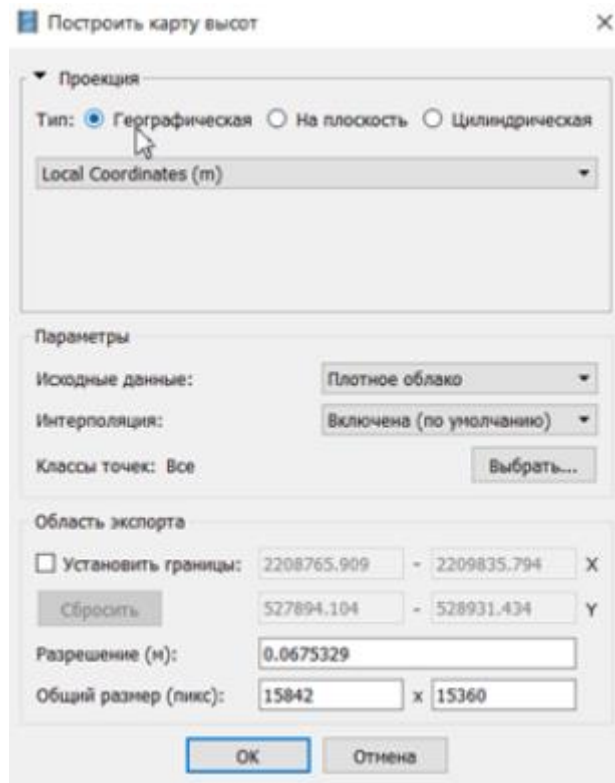


Рис 2.1.15. Вікно побудови карти висот.

Невелика примітка на тему: чим відрізняється цифрова модель висот від цифрової моделі рельєфу? цифрової моделі рельєфу? Відповідь на картинці:

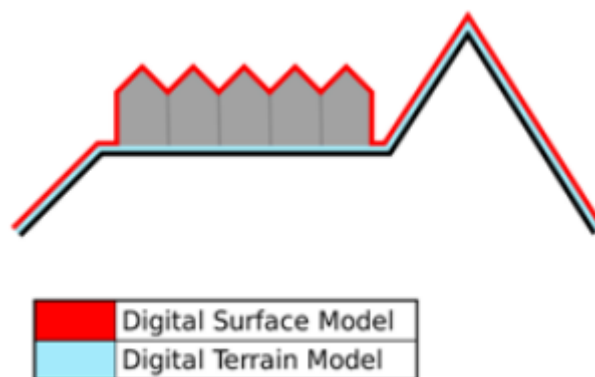


Рис 2.1.16. Цифрова модель поверхні, і цифрова модель рельєфу.

## Шаг 10. Побудова ортофотоплану :

Ортофотоплан у розумінні PhotoScan - вертикальна проекція цифрової моделі з накладеною текстурою з безлічі фотознімків. Основний формат (при експорті) - GeoTIFF, зазвичай високої роздільної здатності.

Побудова виконується за допомогою пункту меню Обробка - Побудувати ортофотоплан.

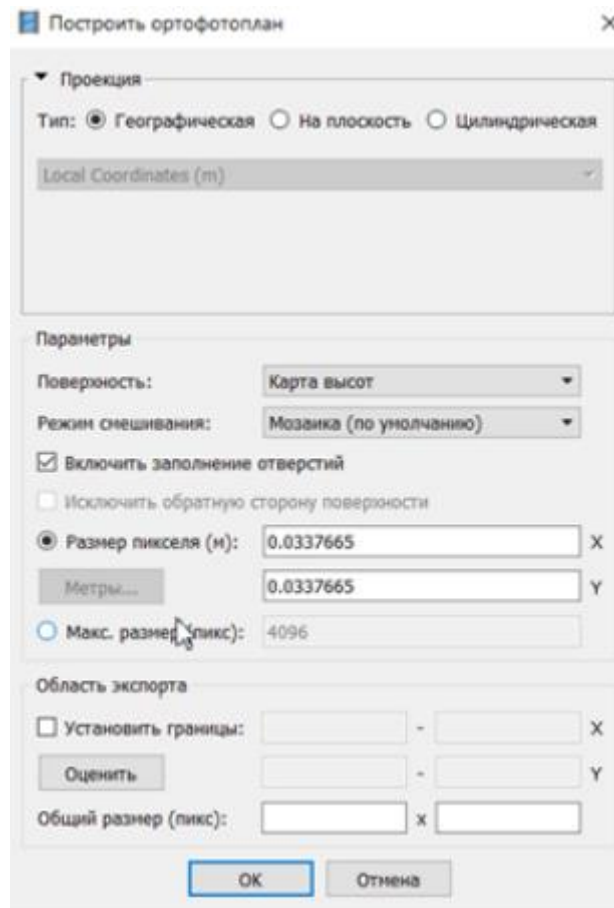


Рис 2.1.17. Вікно побудови ортофотоплану.

Не забудьте вказати географічну проекцію (зазвичай збігається з проекцією вихідних даних для побудови цифрової моделі). Розмір пікселя, він же просторова роздільна здатність ортофотоплану, впливає на розмір файлу, причому впливає квадратично. Надмірна роздільна здатність не завжди зручна в подальшому опрацюванні, за потреби її можна зменшити.

## Шаг 11. Экспорт результатів :

Після того, як обробка даних спостережень завершена і отримана хмара точок або текстурована модель, програма PhotoScan дає нам велику кількість рішень для експлуатації результату, тип експлуатації ми обираємо відповідно до наступного завдання, яке ми будемо виконувати наприклад :

- З програми Photoscan можна експортувати файл у форматі Wavefront (\*.obj), який збереже лише сітку та її текстуру. Цей експорт створює 4 файли: Block.obj (3D-сітка), Block.mtl (параметри текстури) та Block.jpg (текстура). Даний тип файлів можна відкрити наступним програмним забезпеченням: 3DStudio, Cinema4D, Blender (безкоштовне програмне забезпечення), Cloud Compare, Meshlab (безкоштовне програмне забезпечення). Програмне забезпечення 3DStudio, Cinema4D або Blender дозволяє вибрати відповідні точки огляду тривимірної сітки та побудувати ортогональні проекції граней масштабованого блоку.

*Екпортуйте сітку як Wavefront файл (формат, який може бути відкритий більшістю 3D-програм)*

*3D програмне забезпечення)*

*У меню Файл*

*Експортна модель...*

*Обирайте OBJ*

- Є можливість експортувати файл у форматі PDF, але він може читатися досить повільно.

*Експорт сітки в PDF файл*

*У меню Файл*

*Експортна модель...*

*Виберіть PDF*

- Також можливий експорт тільки щільної хмари точок (у форматі \*.PLY). Цей тип файлів можна відкрити на CloudCompare - програмному

забезпеченні, яке дозволяє, серед іншого, робити векторні розрізи в хмарі точок.

- Нарешті, безпосередньо з Photoscan можна експортувати зображення в ортогональній проекції. Проблема цієї операції полягає в тому, що проекційне зображення не має масштабу і необхідно зробити правило трьох для узгодження його розмірів з розмірами реального об'єкта.

*У меню Файл*

*Експорт ортофото.*

PhotoScan підтримує експорт хмар точок у наступних форматах:

Wavefront OBJ ; Stanford PLY ; Format de fichier texte XYZ ; ASPRS LAS ; ASTM E57 ; U3D ; potree ; PhotoScan OC3 ; PDF.

### 2.3 Методика створення обмірних креслень :

Після завершення обробки даних спостережень і отримання хмари точок або текстурованої моделі можна переходити до методу створення креслень вимірювань. Хмара точок (англ. Point cloud) - набір вершин в тривимірній системі координат. Ці вершини, як правило, визначаються координатами X, Y і Z і, як правило, призначені для подання зовнішньої поверхні об'єкта, отриманий за допомогою фотограмметричного проекту або іншої технології для створення тривимірних зображень існуючих структур. На основі цих даних можна проводити сегментацію та створювати креслення з точними розмірами.

З 2014 року, більшість САПР (англ. Computer-aided design (CAD)) дозволяє легко візуалізувати хмари точок та маніпулювати ними. У найбільш поширеному та визнаному програмному забезпеченні знаходимо компанію Autodesk, до складу якої входять AutoCAD, Civil 3D, Revit, Inventor, 3DS MAX, Fusion 360, Infraworks, Navisworks та ін., які використовують власне розширення (.rcp або .rcs) для імпорту хмари точок на свою платформу.

Основні етапи створення обмірних креслень в САПР, загалом, складаються з 5 кроків, перша частина - завантаження хмари точок в програму, друга - візуалізація та навігація по хмарі точок, третя - визначення частини хмари точок, яка буде використовуватися, четверта - вирівнювання планіметричної та висотної точки зору до хмари точок, остання - промальовування деталей та введення архітектурних об'єктів (гавань, вікно, балкон і т.д.).

Існує також метод автоматичного текстурування для CAD-моделювання, який починається з даних хмари точок і надає ці дані програмному забезпеченню ВІМ. Зараз декілька програм розробили нову можливість генерувати модель САПР, яка включає текстуру на основі кольорової інформації в даних хмари точок. Це суттєва зміна у порівнянні з експортом монохромної моделі, оскільки дозволяє користувачам мати більш реалістичний досвід при роботі в середовищі детального проектування та моделювання програмного забезпечення ВІМ. Крім того, важливо відзначити, що розмір модифікованих даних є меншим за вихідну хмару точок і придатним для використання в презентаціях та обговореннях між партнерами та клієнтами.

## ***Висновок до розділу 2***

Проаналізувавши метод виконання креслення фасаду за допомогою БПЛА я побачив, що цей метод є потужним і швидким методом з високим ступенем точності, який дозволяє отримати тривимірне моделювання з повною деталізацією. надає корисні дані, такі як розміри, поверхні, а також плани поверхів і плани дахів із зазначенням товщини стін, плани фасадів, положення вікон. з приладами не досить дорогими в порівнянні з іншими методами, такими як лазерний сканер. Як геодезист все, що потрібно це дрон з хорошою камерою і потужний комп'ютер, щоб зробити добре текстуровану модель і слідувати загальному методу обробки даних для отримання хорошого результату.

### 3 РОЗДІЛ 3. Застосування UAV для побудови обмірних креслень.

#### 3.1 Об'єкт дослідження :

Об'єкт дослідження знаходиться в місті Києві. Саме в Unit city перший на Україні інноваційний парк, відкритий в 2017 році в Києві на території колишнього Київського мотозавода. По стану на 2021 рік в парку налічується 110 компаній-резидентів. Серед них чотири лабораторії, три бізнес-кампуса, коворкінг, вісім акселераторів і три інвестиційні фонди для підтримки і розвитку українських стартапів.

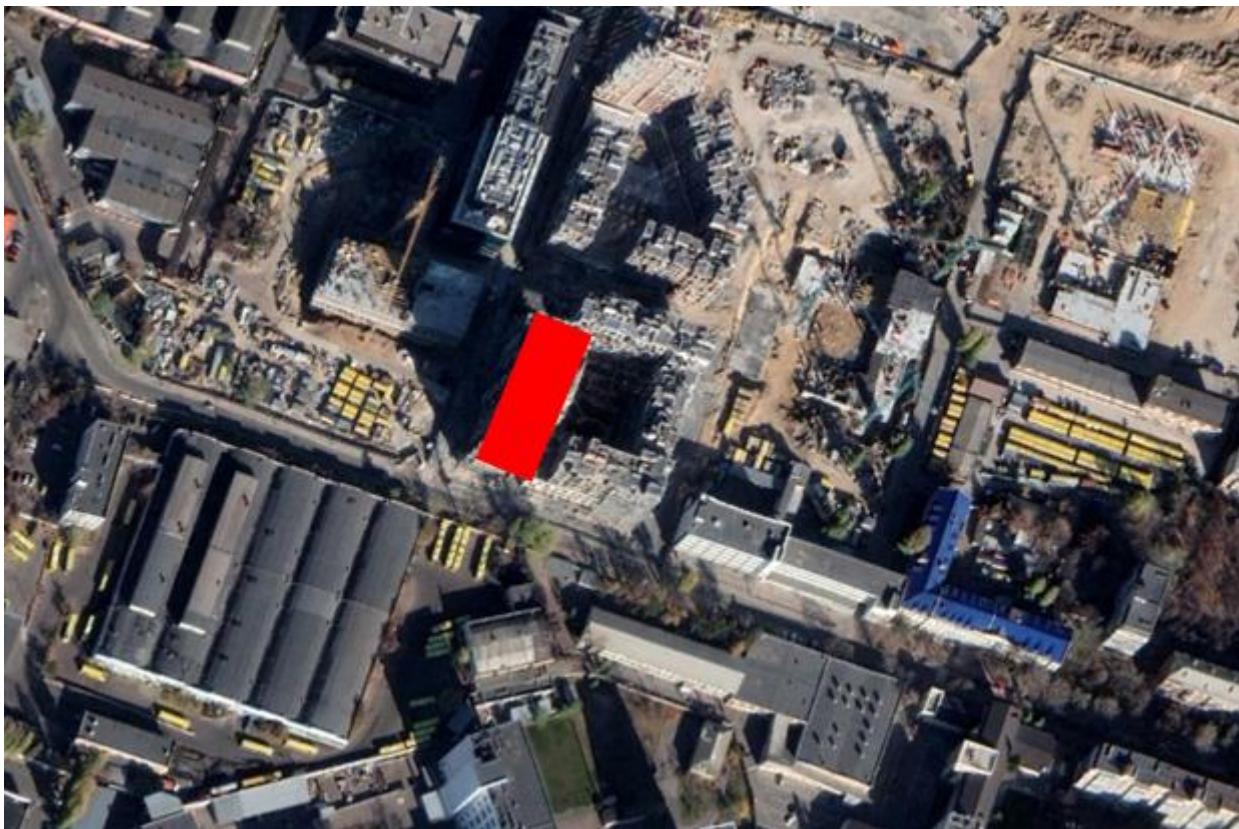
Хоча UNIT, фактично, не є містом, він розбудовується за міжнародними стандартами smart city, що пріоритетують безпеку, екологію, економне використання енергії, здоров'я резидентів тощо. Концепція інноваційного парку передбачає впровадження одразу декількох інформаційно-комунікаційних технологій та IoT-рішень для покращення якості життя та ефективності роботи в UNIT.City.



*Рис 3.1.1. UNIT.City.*

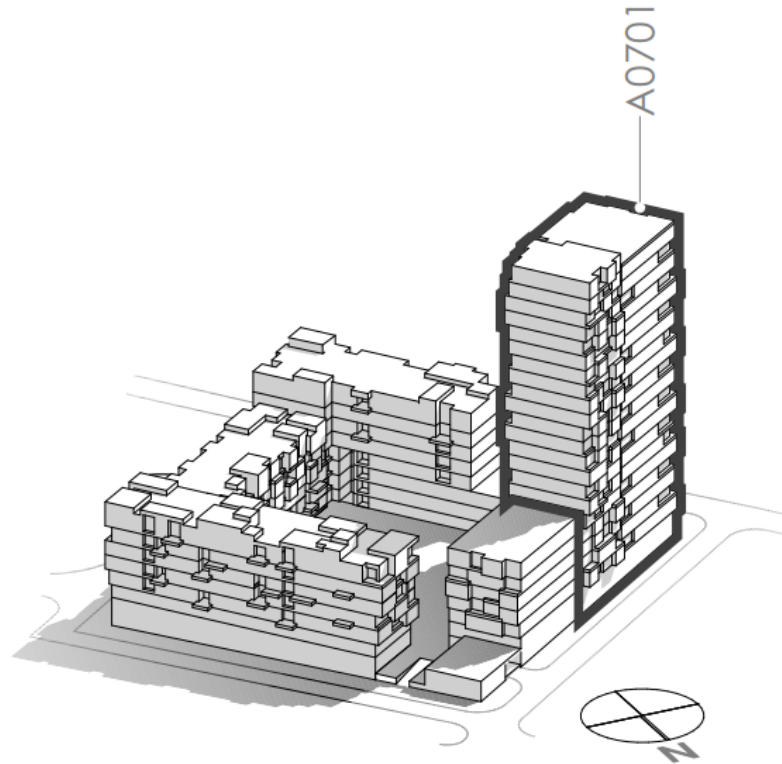
Компанія Unit-City також скористалася перевагами нової технології BIM-моделювання, вони використовують цю технологію для того, щоб мати можливість ретельно контролювати кожен етап будівництва містечок, що повністю виключає можливість технологічних помилок і значно підвищує швидкість їх експлуатації.

Я теж скористався цією дуже гарною можливістю для виконання свого магістерського проекту, але проект BIM-моделювання Unit. City, це дійсно дуже великий проект, зі свого боку я взяв проект побудови обмірних креслень за допомогою БПЛА для будівництва житлово-офісного комплексу з магазинами, розважальними закладами, ринком, об'єктами соціальної інфраструктури та паркінгами на вул. Сім'ї Хохлових, 8 у Шевченківському районі м. Києва.

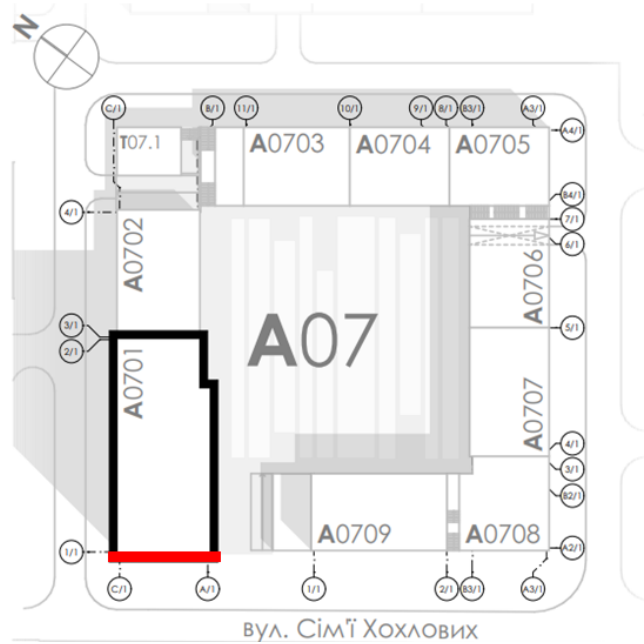


*Рис 3.1.1. Ситуаційна схема розміщення об'єкта дослідження.*

Наш проект з побудови обмірних креслень за допомогою UAV, був реалізований на секції А0701 Фасад Е01 в осях С/1 - А/1. (рис 3.1.2. / 3.2.3) якого складається з 23 поверхів, висотою 86м.



*Рис 3.1.2. секції А0701*



*Рис 3.1.3. Фасад Е01 в осях С/1 - А/1 секції А0701.*

Фактори, що впливають на точність геодезичних вимірювань можна поділити на внутрішні (інструментальні) та зовнішні. До внутрішніх можна віднести клас точності геодезичного обладнання, правильність його налаштування, точність взяття відліків та інші. До зовнішніх відносяться: складність рельєфу та ситуації ділянки, на якій проводиться вимірювання, погодно-кліматичні умови, час доби та ще ряд чинників, які не завжди враховують- ся при зйомці та обробці геодезичних спостережень, але можуть значно вплинути на достовірність кінцевого результату.

Труднощі локації :

Оскільки будівля знаходиться в середині періоду будівництва UNIT CITY, контекст будівельного майданчика створив свої фізичні та технічні труднощі:

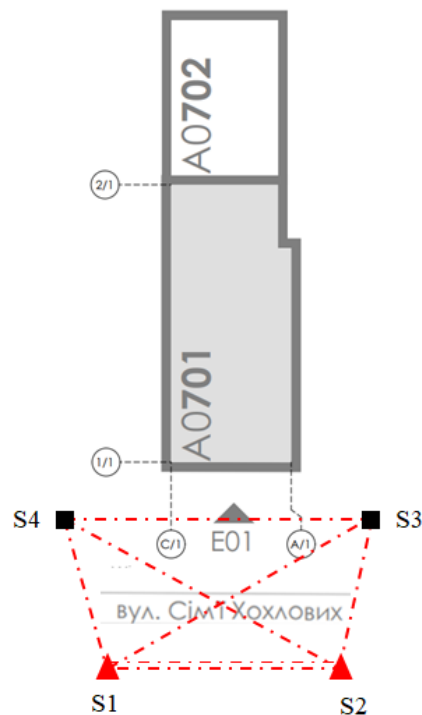
- Транспорт, будівельні матеріали та техніка
- Кабелі для мережі зовнішнього освітлення
- Автобусний та інший користувацький трафік;
- Оскільки будівля все ще перебуває на стадії будівництва, будівельні компоненти та матеріали знаходяться в процесі розміщення на фасаді будівлі.

### 3.2 Підготовчі роботи. Конфігурація опорних точок, план маршрутів, параметри знімання :

Після проведення попереднього розвідувального візиту, першим ділом необхідно створити геодезичну опорну мережу, опорна геодезична мережа яка складається з 4-х пунктів ( $S1 - S2 - S3 - S4$ ), ми її побудували комбінованим методом (за допомогою ГНСС спостережень та лінійно-кутових вимірювань). Координати пунктів  $S1$  та  $S2$  були визначені за допомогою ГНСС спостережень у локальній системі координат.

Після визначення координат пунктів ( $S1-S2$ ) за допомогою ГНСС спостережень, із цих пунктів мережі ( $S1-S2$ ) ми починали будувати нашу

опорну геодезичну мережу методом лінійно-кутових вимірювань, при побудові мережі даним способом вимірюються як кути та і віддалі між пунктами. Можуть вимірюватись як всі кути і віддалі, так і лише частина з них (інші елементи визначаються із розрахунків). Побудови можуть виконуватися у вигляді полігонометричних ходів, трикутників, в яких вимірюються кути та сторони або чотирикутників, в яких вимірюються кути, сторони та, за необхідності, діагоналі. як показано на схемі. *Рис. 3.2.1.*



*Рис. 3.2.1. Схема геодезичної опорної мережі.*

Як відомо, всі вимірювання, проведені при будівництві геодезичної мережі, супроводжуються помилками. Отже, перед побудовою геодезичної мережі необхідно розрахувати її точність, щоб зрозуміти точність положення її точки при побудові конкретного методу.

Попередній точності мережі розрахунок виконувався за допомогою програмного комплексу Credo DAT 5.1 . Система CREDO виробництва білоруської компанії «Кредо-Диалог» – один з найстаріших продуктів для обробки матеріалів геодезичних вишукувань та автоматизованого

проектування, що використовуються в країнах колишнього СРСР. Ядром системи є програмне забезпечення CREDO DAT, призначене для обробки матеріалів польових вишукувань та створення цифрових планів та карт.

Ведомость оценки точности положения пунктов по результатам уравнивания. (Таблиця 3.2.1.)

### ВІДОМІСТЬ ОЦІНКИ ТОЧНОСТІ ПОЛОЖЕННЯ ПУНКТІВ

Таблиця 3.2.1.

M min	Пункт	M max	Пункт	M средняя
0,00000	S3	0,00344	S4	0,00147

Пункт	M	Mx	My	a	b	$\alpha$	Mh
1	2	3	4	5	6	7	8
S1	0,00085	0,00069	0,00049	0,00081	0,00026	33°09'48,0"	
S2	0,00091	0,00075	0,00051	0,00086	0,00030	149°03'10,4"	
S3	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	45°00'00,0"	
S4	0,00344	0,00307	0,00155	0,00340	0,00057	25°33'42,5"	

Для виконання вимог було прийнято рішення про побудову геодезичної опорної мережі за допомогою тахеометра Leica TCR 1205 (рис. 3.2.1.) та GNSS приймача Trimble R10, з 3 штативами, а також двох круглих призм Leica та стандартного міні-штативу Leica.



Рис. 3.2.1. Використане геодезичне обладнання.

## Технические характеристики Leica TCR 1205

Таблиця 3.2.1

Точность угловых измерений	5"
Компенсатор	двухосевой, $\pm 4'$
Дальность измерения на отражатель	3500 м (на отражатель GPR1), 2000 м (на отражатель GRZ4, GRZ122)
Точность линейных измерений на отражатель	1 мм + 1.5 ppm
Дальность измерений без отражателя	1000 м
Точность линейных измерений без отражателя	2 мм + 2 ppm
Увеличение зрительной трубы	30x
Клавиатура	буквенно-цифровая, цветной сенсорный дисплей, с одной стороны
Специальные устройства	целеуказатель, лазерный центрир
Память	Съемная CompactFlash
Время работы	до 8 часов (от одного аккумулятора GEB221)
Вес прибора, кг	5
Температурный диапазон работы	от $-20^{\circ}\text{C}$ до $+50^{\circ}\text{C}$
Защита о пыли и влаги	IP54
Стандартные прикладные программы	Установка, Съёмка, Вынос в натуру, Координатная геометрия (COGO), Работа с координатными системами, GNSS съёмка
Дополнительные прикладные программы	Площадное деление; Вынос по ЦММ; Мониторинг; Базисная линия; Опорная плоскость и Сканирование поверхности; Создание, измерение и вынос дорог; Создание, измерение и вынос ЖД; Создание, измерение и вынос тоннелей; Круговые приёмы; Съёмка поперечных сечений; Поверхности и объёмы; Скрытая точка; Теодолитный ход
Точность позиционирования SmartStation	10мм+10 ppm (в плане), 20мм+10ppm (по высоте)

## Точність вимірювань GNSS приймача Trimble R10

Таблиці 3.2.1

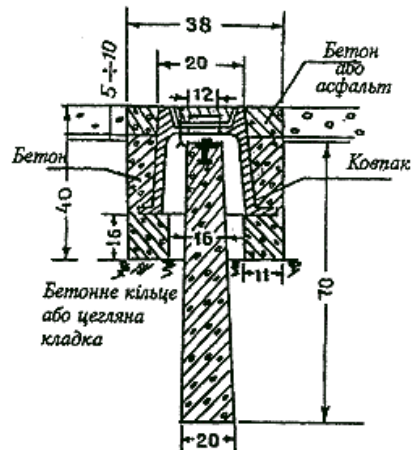
Мережева RTK		Точність в плані: 0,25 м + 1 мм/км СКО
		Точність по висоті 0,50 м + 1 мм/км СКО
Точність диференційного позиціонування SBAS		зазвичай <5 м (3 СКО)
Диференційна кодова GPS-зіомка		Точність в плані: 8 мм+ 0,5 мм/км СКО
Високоточна статика		В плані: 3 мм+ 0,1 мм/км СКО;
		По висоті 3,5 мм + 0,4 мм/км СКО
Статика і швидка статика		В плані: 3 мм+ 0,5 мм/км СКО По висоті: 5 мм + 0,5 мм/км СКО
Від одиночної бази не далі 30 км		В плані: 8 мм+ 1 мм/км СКО
		По висоті: 15 мм + 1 мм/км СКО
RTK ініціалізація із заданою точністю		від 2 до 8 секунд
Позиціонування CenterPoint RTX	CenterPoint RTX	В плане: 4 см По высоте: 9 см
	Ініціалізація RTX з заданою точністю	30 хвилин і менше
	Ініціалізація RTX з заданою точністю в режимі Швидкий Запуск	5 хвилин і менше
Trimble xFill		В плані: RTK6 + 10 мм/хвилину СКО
		По висоті: RTK6 + 20 мм/хвилину СКО

Всі кути вимірювалися при трьох установках лімба тахеометра методом кругових прийомів. При проектуванні та закладці лінійно-кутової мережі були вибрані віддалені, стабільні об'єкти, що добре розпізнаються за допомогою тахеометра і можуть служити у якості орієнтирних. Мережа проектувалась та закладалась також таким чином, щоб одна орієнтирна точка була видною з декількох (мінімум двох) реперів горизонтальної мережі.

Всі пункти нашої мережі закріплюються в місцях доброї видимості, без шкідливих впливів на процес вимірювання і подальшої деформації пунктів. В віддалених місцях від технологічного обладнання на

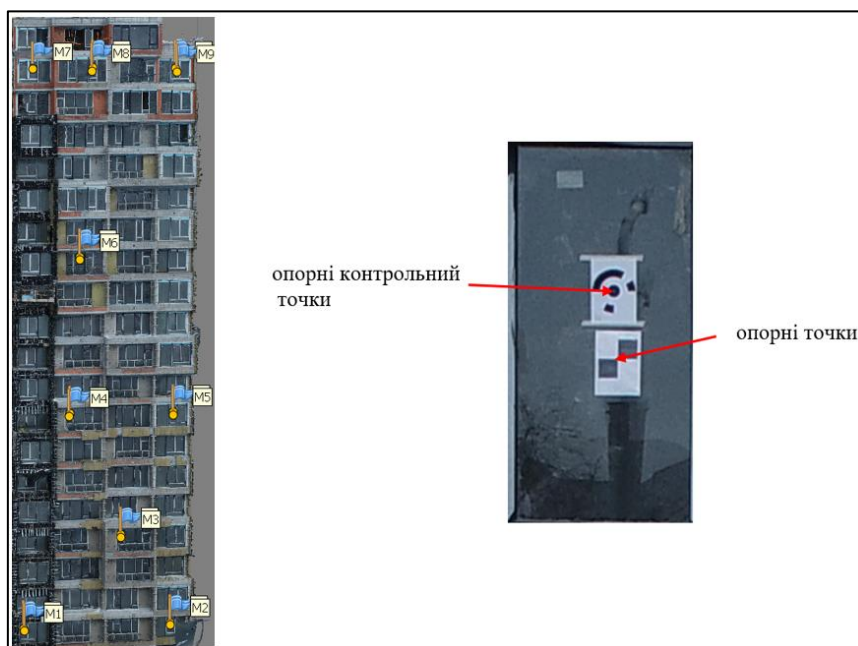
поверхні яка буде стійкої до впливів вібрації, шуму і інших чинників які можуть вплинути на вимірювання.

Для закріплення точок використаємо тип центру У15к :



*Рис. 3.2.2 Центр пункту полігонометрії, трилатерації, триангуляції 4 класу, 1 і 2 розрядів для міст Києва, Севастополя і обласних центрів (тип У15к).*

На фасаді нашої будівлі ми закріпили 17 опорних точок, 8 у вигляді хрестів, та 9 для контролю у вигляді міток автоматичного виявлення. (Рис. 3.2.2.). Всі ці мітки ми наклеїли на фасаді так, щоб вони добре проглядалися тахеометром



*Рис. 3.2.2. Тип і позиціонування опорних та контрольних точок.*

Для виконання місії побудови обмірних креслень фасаду UAV засобами, був використаний дрон Phantom 4 pro з камерою DJI FC6310S, Phantom 4 Pro (зі стандартним пультом дистанційного керування) коштує 1 699 євро. Phantom 4 Pro має 3-осьову стабілізовану гондолу, на якій встановлена нова камера з 1-дюймовим 20-мегапіксельним CMOS-сенсором. Пропонуючи динамічний діапазон 12 EV і, перш за все, можливість відеозйомки, він дозволяє робити фотографії у форматах Raw DNG + JPEG і, перш за все, знімати відео у форматі 4K Cinema (4096 x 2160 пікселів) зі швидкістю 60 кадрів в секунду з максимальною пропускнуою здатністю 100 Мбіт/с! Швидкість також висока в UHD 4K 60p і зростає до 120 кадрів в секунду в HDTV 1080 для плавного уповільненого руху. Доступний запис у форматах H264 та H265. Об'єктив - 24-мм еквівалент f/2,8 з регульованою діафрагмою від f/2,8 до f/11. Фокусування відбувається автоматично на відстані від 1 м до нескінченності, а запис ведеться на карту microSD. Характеристики phantom 4 pro :



PHANTOM 4 PRO	
Позиционирование продукта	Профессиональный дрон начального уровня с мощной системой избегания препятствий
Вес (с АКБ и несущими винтами)	1388g
Макс. время полёта	до 30 минут
Система видения	Передняя система видения Задняя система видения Нижняя система видения
Определение препятствий	Спереди/Сзади/Слева и справа
Сенсор камеры	1" CMOS Эффективных пикселей: 20Мп
Макс. разрешение видеозаписи	4K 60кадр/с
Макс. расстояние удаления	10км
Система видеопередачи	Lightbridge
Рабочая частота	2.4/5.8ГГц

За допомогою програми Pix4dcapture ми визначили план польоту, зробили регулярні знімки всього фасаду за дуже точною траєкторією, знімки зроблені під двома різними кутами ( $45^\circ$  і  $60^\circ$ ), з поздовжнім перекриттям 70% і поперечним перекриттям 60%.

Процес виконання нашої місії з польотів UAV можна узагальнити наступними етапами :

## I. Планування місії :

1. Запустіть Pix4Dcapture.
2. Виберіть наш дрон.
  - 2.1. Натисніть Налаштування .
  - 2.2. Торкніться Дрон і виберіть наш дрон.

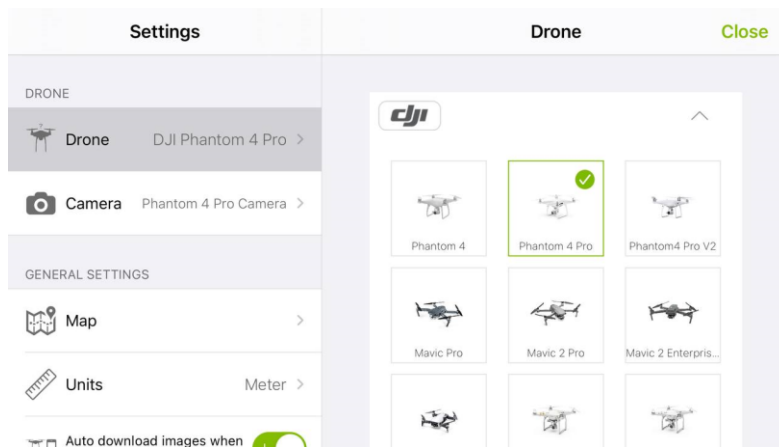


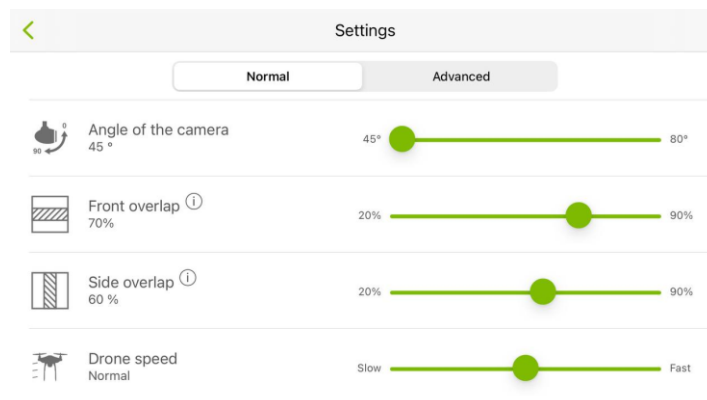
Рис. 3.2.3. Вибрати Drone.

3. Виберіть місію, в нашому випадку це Circular for single 3D model :



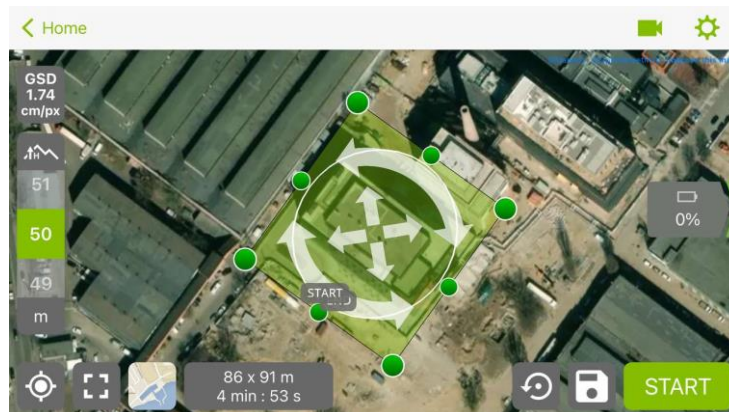
Рис. 3.2.4. Виберіть місію.

#### 4. налаштувати параметри нашої місії :



*Рис. 3.2.5. Параметри знімання .*

5. Переміщайте, змінюйте розмір та обертайте нашу місію так, щоб вона охоплювала територію вашого проекту.



*Рис. 3.2.6. конфігурація місії.*

7. Зберегти місію для подальшого використання.

## **II. Етап польоту :**

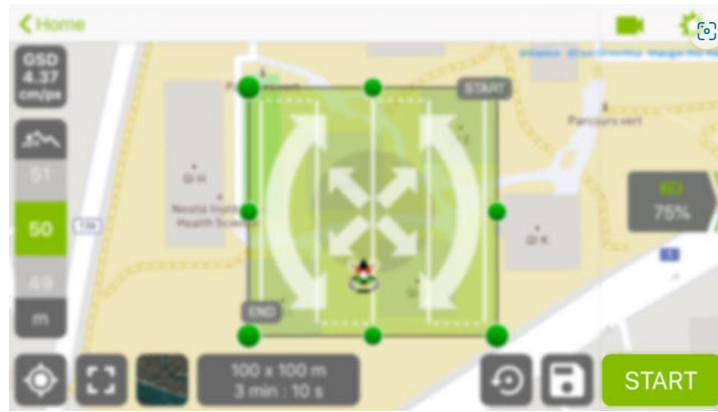
1. Розмістіть наш безпілотник в зоні, де ми зможемо безпечно злітати і приземлитися.

2. Увімкніть дрон та контролер у порядку, рекомендованому виробником дрона.

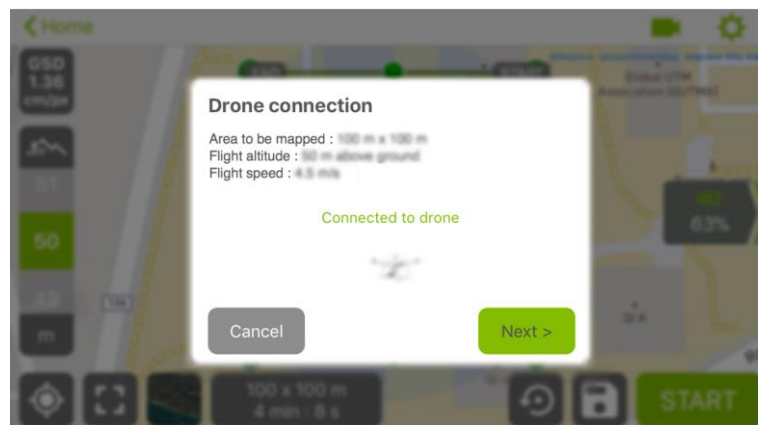
3. Підключіть планшет до дрона в порядку, рекомендованому виробником дрона.

4. Запустіть Pix4Dcapture.

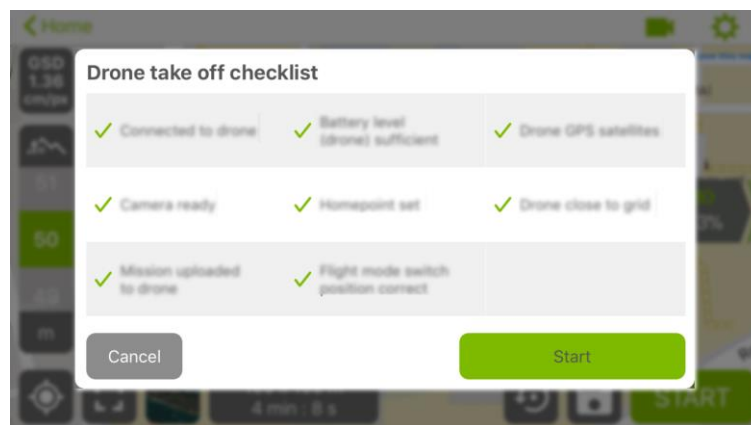
5. Оберіть нашу місію зі списку проектів.



6. Натисніть Старт.



7. Перевіримо, що наш дрон підключений, після чого натиснемо Далі



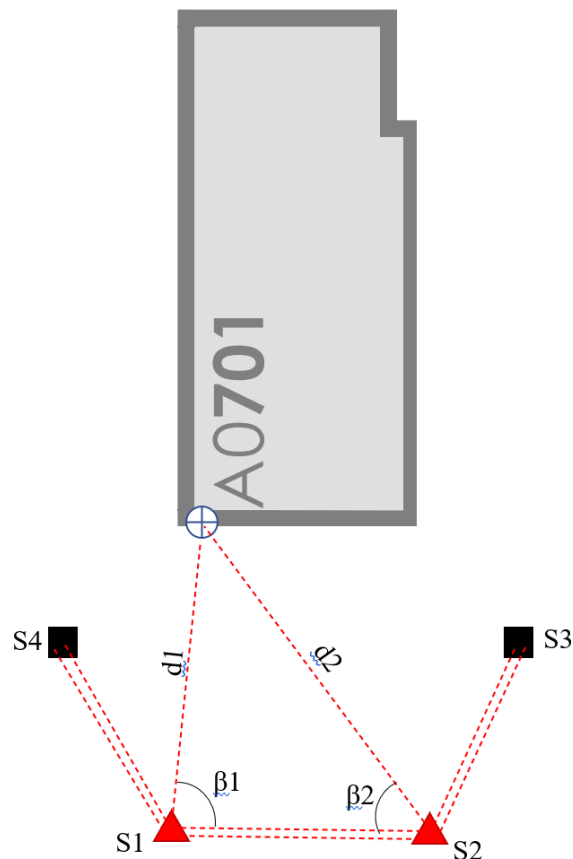
8. Заповніть контрольний список, а потім утримуйте кнопку "Пуск" до тих пір, поки двигуни не почнуть працювати.

9. Після завершення місії безпілотною автоматично повертається і приземляється на вихідну позицію, є фотографії зняті з ручного методу.

В результаті ми отримали багато фотографій будівлі, для нашого проекту нас цікавить тільки один фасад, для цього фасаду було зроблено 575 фотографій.

### 3.3 Схема розташування опорних точок та методика визначення їх координат :

Координати опорних та контрольних точок визначалися за методикою лінійно-кутової засічки. При цьому, над вихідним пунктом центрувався тахеометр, наводився на орієнтирний пункт геодезичної мережі і виконувалися лінійні та кутові вимірювання на всі опорних та контрольних (Рисунок 3.3.1.).



*Рис 3.3.1. Визначення координати опорних та контрольних точок методом лінійної кутової засічки.*

Координати опорних та контрольних точок визначалися в локальних системах координат.

Середньоквадратична похибка вимірювання ліній  $m_d$  не повинна перевищувати 2,2 мм, а середньоквадратична похибка вимірювання горизонтальних та вертикальних кутів  $m_\beta = 2''$ . Вимірювання кутів на пунктах лінійно-кутової виконують способом кругових прийомів за триштативною системою оптичними електронними приладами не нижче двосекундної точності. Похибка центрування приладу та візирної ціліне більше 0,8 мм.

После завершения съёмки мы обработали данные слежения в программе CREDO DAT, чтобы получить координаты наших точек.

### КООРДИНАТИ ОПОРНИХ ТА КОНТРОЛЬНИХ ТОЧОК

*Таблиці 3.2.1.*

номер точки	X	Y	Z
B1	346.1855	473.2126	201.1060
B2	332.6342	482.1977	201.0505
B3	337.5112	479.2545	211.0828
B4	342.2560	476.0998	224.3502
B5	332.6276	482.2126	224.1563
B6	341.2377	476.5241	240.9189
B7	340.8520	477.8298	260.3747
B8	332.3060	481.7017	260.3749
M1	346.1684	473.2261	200.7934
M2	332.6319	482.2058	200.7660
M3	337.4915	479.2632	210.7739
M4	342.2612	476.0956	224.0462
M5	332.6389	482.2065	223.8460
M6	341.2310	476.5286	240.5672
M7	345.4272	473.7247	260.2971
M8	340.9832	477.7449	259.9956
M9	332.1846	481.7832	259.9783

### 3.4 Опрацювання результатів UAV знімання :

Після закінчення польових робіт та отримання фотографій і координат точок ми переходимо до обробки цих даних, для цього ми використовували програму Agisoft Photoscan, з такими параметрами :

- Усього знімків: 574
- Висота польоту: 20.7 м
- Кількість опорних точок : 17
- Модель камери: FC6310S (8.8mm)
- Роздільна здатність камери: 5472 x 3648.

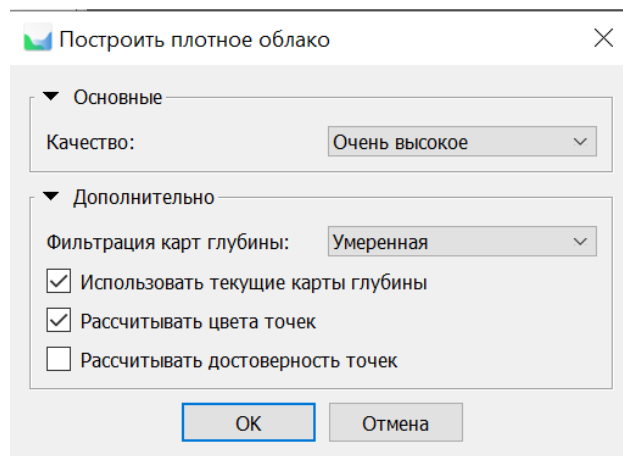
Після запуску програми PhotoScan, у розділі "Проект", ми додали наші фотографії, також ми вказали координати XYZ у локальних координат (центр фотографування ).

потім ми проаналізували і виключили неякісні зображення, в нашому проекті всі зображення хорошої якості. на (Рис. 3.4.1)результат оцінки якості зображень.

Назва	Размер	Выворнено	Качество	Время создания	Производитель	Модель	Фокусное расст.	Диафрагма	ISO
DJI_0001	5472x3648	✓	0.949088	2022:02:01 12:0...	DJI	FC6310S	8.8	F/2.8	100
DJI_0002	5472x3648	✓	0.952615	2022:02:01 12:0...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0003	5472x3648	✓	0.933441	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0004	5472x3648	✓	0.948476	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0005	5472x3648	✓	0.997558	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0006	5472x3648	✓	0.9717	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0007	5472x3648	✓	0.962936	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0008	5472x3648	✓	0.957033	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0009	5472x3648	✓	0.980037	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0010	5472x3648	✓	0.998446	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0011	5472x3648	✓	0.985765	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0012	5472x3648	✓	0.984791	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0013	5472x3648	✓	0.979188	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0014	5472x3648	✓	0.9776	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0015	5472x3648	✓	0.969739	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0016	5472x3648	✓	0.969329	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0017	5472x3648	✓	0.959141	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0018	5472x3648	✓	0.955655	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0019	5472x3648	✓	0.955305	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0020	5472x3648	✓	0.943298	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0021	5472x3648	✓	0.941117	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0022	5472x3648	✓	0.933542	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0023	5472x3648	✓	0.933959	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0024	5472x3648	✓	0.929435	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0025	5472x3648	✓	0.93665	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0026	5472x3648	✓	0.914038	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0027	5472x3648	✓	0.9153	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0028	5472x3648	✓	0.924104	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0029	5472x3648	✓	0.945778	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0030	5472x3648	✓	0.95459	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0031	5472x3648	✓	0.930129	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0032	5472x3648	✓	0.939701	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0033	5472x3648	✓	0.943285	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0034	5472x3648	✓	0.959647	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0035	5472x3648	✓	0.954461	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100
DJI_0036	5472x3648	✓	0.970335	2022:02:01 12:1...	DJI	FC6310S	8.8	F/3.2	100

Рис 3.4.1 Оцінювання якості зображень.

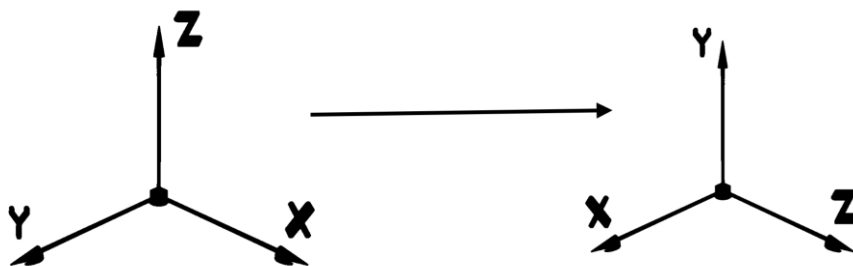
Наступний етап - вирівнювання зроблених нами фотографій з високою точністю.



*Рис 3.4.2. кно процедури  
"Вирівняти фотографії"*

Потімми додали маркери в проект, у нас вийшло 17 маркерів, 8 круглого типу 12 біт для автоматичного визначення і ми використовуємо їх як контрольні точки, і 9 класичних точок ми додаємо їх вручну. Для цього вибираємо перший знак і за допомогою правої кнопки миші фільтруємо зображення, які "потрапляють" в цей знак. Потім, після фільтрації зображень з координатами розпізнавача, вкажіть з максимальною точністю його центр на кожному знімку зі списку відфільтрованих за маркером.

Потім ми додали координати точок в локальній системі координат, так як ціль проекту-побудови обмірних креслень фасаду, нам знадобиться вид спереду фасаду, для цього змінено розгортку осей системи координат.



Після додавання всіх маркерів необхідно оптимізувати положення камер. На цьому етапі PhotoScan розраховує параметри зовнішньої та внутрішньої орієнтації камер і, як результат, хмара точок (вивантажена на поточному етапі) прив'язується до точно розміщених на місцевості об'єктів.

Після оптимізації положення камери ми отримали хороший результат. (Рис 3.4.3.)

Маркеры	X (м)	Y (м)	Z (м)	Точность (м)	Ошибка (м)	Проекция	Ошибка (пикс)
<input checked="" type="checkbox"/> ST1	14.134100	3.140700	86.077300	0.005000		0	0.000
<input checked="" type="checkbox"/> M9	11.612200	68.551500	11.201400	0.005000	0.003366	121	0.198
<input checked="" type="checkbox"/> B5	11.478200	32.729800	11.803700	0.005000	0.002273	63	0.220
<input checked="" type="checkbox"/> M2	11.470900	9.339200	11.801000	0.005000	0.003447	112	0.158
<input checked="" type="checkbox"/> B8	11.466000	68.948300	11.199600	0.005000	0.004537	58	0.253
<input checked="" type="checkbox"/> M5	11.465400	32.419400	11.804800	0.005000	0.002989	114	0.166
<input checked="" type="checkbox"/> B2	11.464500	9.623800	11.795500	0.005000	0.002553	70	0.188
<input checked="" type="checkbox"/> M3	5.793700	19.347100	12.015000	0.005000	0.004218	122	0.158
<input checked="" type="checkbox"/> B3	5.772500	19.655800	12.018600	0.005000	0.007725	65	0.206
<input checked="" type="checkbox"/> B7	2.198700	68.947900	12.664900	0.005000	0.002057	69	0.294
<input checked="" type="checkbox"/> M8	2.042300	68.569000	12.666000	0.005000	0.009014	131	0.278
<input checked="" type="checkbox"/> M6	1.166500	49.140700	11.786500	0.005000	0.009333	116	0.185
<input checked="" type="checkbox"/> B6	1.158500	49.492300	11.786200	0.005000	0.003592	60	0.248
<input checked="" type="checkbox"/> B4	0.074900	32.923600	11.992300	0.005000	0.004885	59	0.221
<input checked="" type="checkbox"/> M4	0.068300	32.619400	11.991700	0.005000	0.006386	122	0.173
<input checked="" type="checkbox"/> M7	-3.880000	68.870200	11.751800	0.005000	0.010370	108	0.173
<input checked="" type="checkbox"/> M1	-4.773100	9.366700	11.743400	0.005000	0.012177	98	0.158
<input checked="" type="checkbox"/> B1	-4.794900	9.679200	11.741600	0.005000	0.011745	45	0.223
<b>Общая ошибка</b>							
Опорные то...					0.006799		0.204

Рис 3.4.3. Помилки положення розпізнавачів.

Після правильного розташування розрядженої хмари (із загальних точок знімків) проводиться процедура побудови щільної хмари (точок).

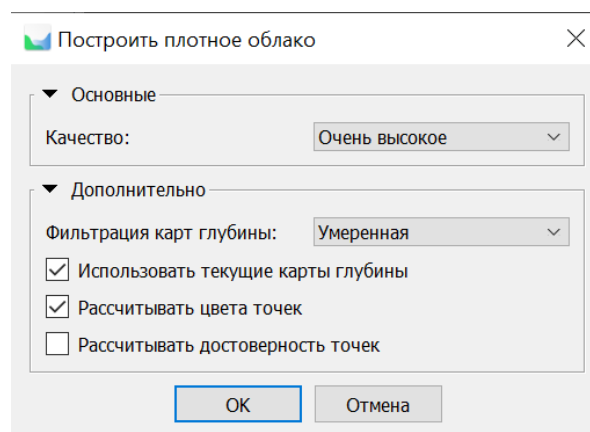


Рис 3.4.3. Вікно побудови щільної хмари.

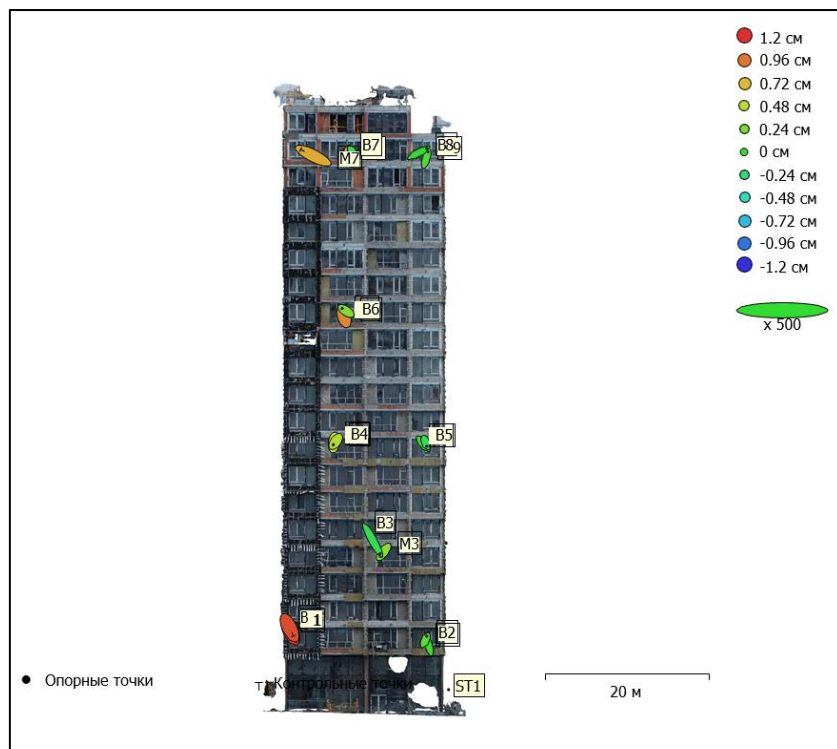
Потім ми створили тривимірну полігональну модель та побудували текстурну модель і на завершення побудували ортофотоплан.



*Рис 3.4.3. Всі проведені обробки.*

Результати обробки, отримані за допомогою програми Agisoft Photoscan у Додатку 1.

На *рис. 3.4.4* показано візуальне представлення розподілу СКП точок, при цьому похибки по висоті відображаються кольором еліпса, похибки в плані відображаються формою еліпса.



*Рис 3.4.4. Положення опорних і контрольних точок та оцінка помилок.*

Розраховані позиції опорних точок позначено чорною крапкою, контрольних - перехрестям.

### СКП за опорними і контрольними точками

Таблиця 3.4.1.

кількість точок	Похибка, X (мм)	Похибка Y (мм)	Похибка, Z (мм)	Похибка XY (мм)	Загальна (мм)
<b>за опорними точками</b>					
8	2.98274	2.01462	2.31562	3.59937	4.2799
<b>за контрольними точками</b>					
9	2.49726	2.26836	3.30382	3.37369	4.72197

За результатами роботи створено модель (рис. 3.4.5. а) та хмару точок (рис. 3.4.5. б).



Рис. 3.4.5. а. Модель.



Рис. 3.4.5. б. Хмара точок.

### 3.4.1 Опрацювання знімків з потрійним перекриттям :

Для обробки зображень з потрійним перекриттям, програмне забезпечення Agisoft дозволяє реалізувати цю функцію, Виберіть функцію "Зменшити перекриття...", доступну в меню "Інструменти" (Рис. 3.4.1.1). Функція дає змогу проаналізувати перекриття кадрів у наборі та виключити надлишкові кадри з подальшої обробки.

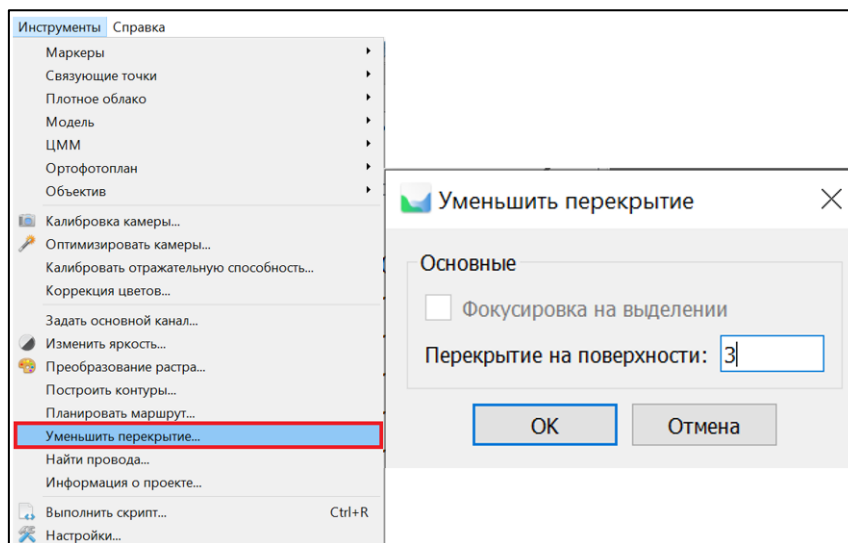


Рис. 3.4.1.1. Діалогове вікно "Зменшити перекриття".

Після виконання цієї функції у нас залишилося всього 52 фото з бази в 574 фото, всі інші камери були вимкнені.

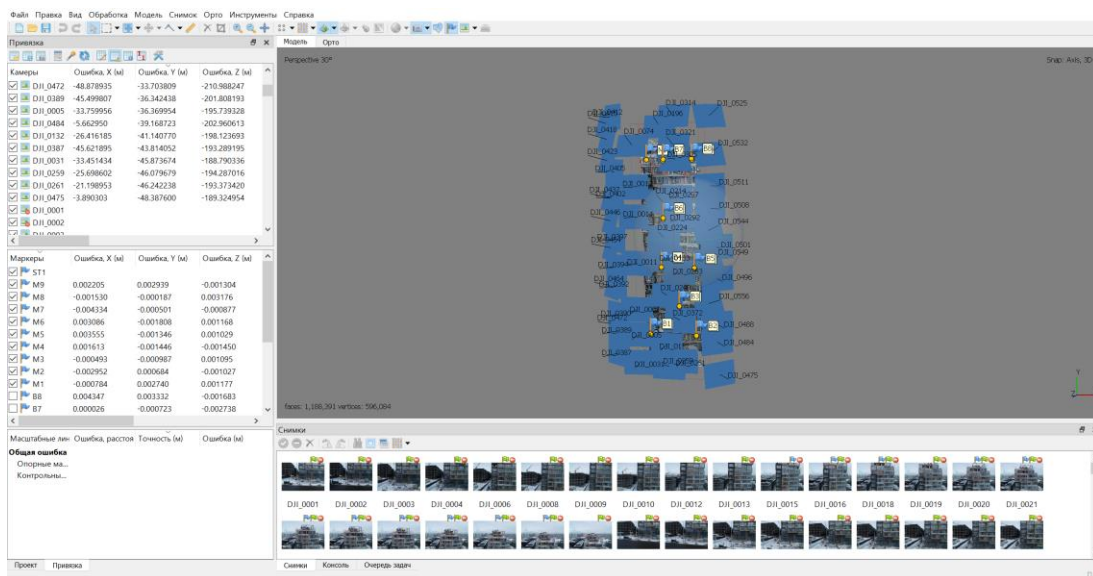
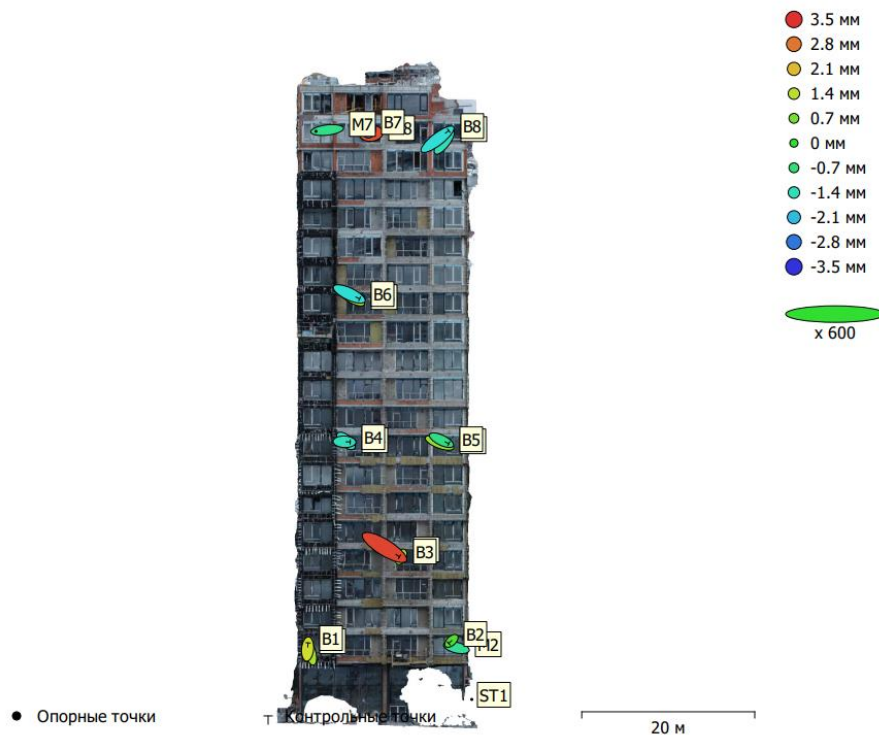


Рис. 3.4.1.2. Розташування 52 камер.

Тоді наш проект з потрійним перекриттям готовий до обробки, Обробка матеріалів також здійснювалася в Agisoft Photoscan, в результаті маємо :

Візуальне представлення розподілу СКП точок показано на *Рис. 3.4.1.3*, при цьому похибки по висоті відображаються кольором еліпса , похибки в плані відображаються формою еліпса.



*Рис. 3.4.1.3 Положення опорних і контрольних точок та оцінка помилок.*

Розраховані позиції опорних точок позначено чорною крапкою, контрольних - перехрестям.

### СКП за опорними і контрольними точками

*Таблиця 3.4.1.3*

кількість точок	Похибка, X (мм)	Похибка Y (мм)	Похибка, Z (мм)	Похибка XY (мм)	Загальна (мм)
<b>за опорними точками</b>					
8	2.58877	1.66823	1.51728	3.07972	3.43319
<b>за контрольними точками</b>					
9	3.20961	2.13	1.91548	3.85208	4.30204

За результатами роботи створено модель (рис. 3.4.1.4, а) та хмару точок (рис. 3.4.1.5, б).



*Рис. 3.4.1.4, а. Модель.*



*Рис. 3.4.1.5, б. Хмара точок.*

### 3.4.2 Опрацювання знімків з четверним перекриттям :

В результаті опрацювання знімків з четверним перекриттям у нас залишилося всього 76 фото з бази в 574 фото, всі інші камери були вимкнені.

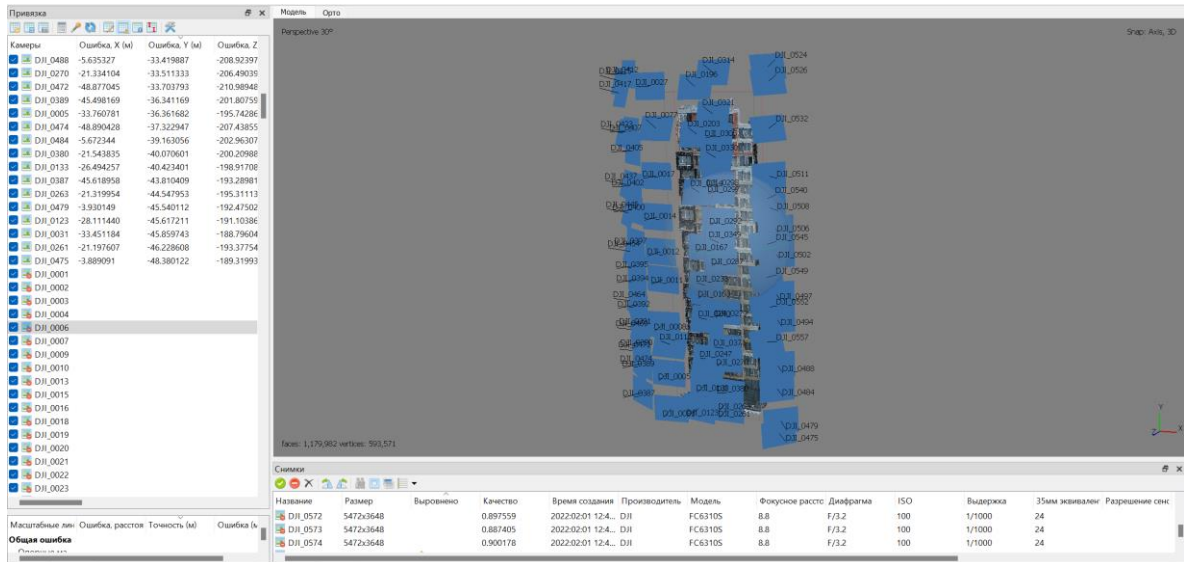


Рис. 3.4.2.1. Розташування 76 камер.

Візуальне представлення розподілу СКП точок показано на Рис. 3.4.2.3, при цьому похибки по висоті відображаються кольором еліпса, похибки в плані відображаються формою еліпса.

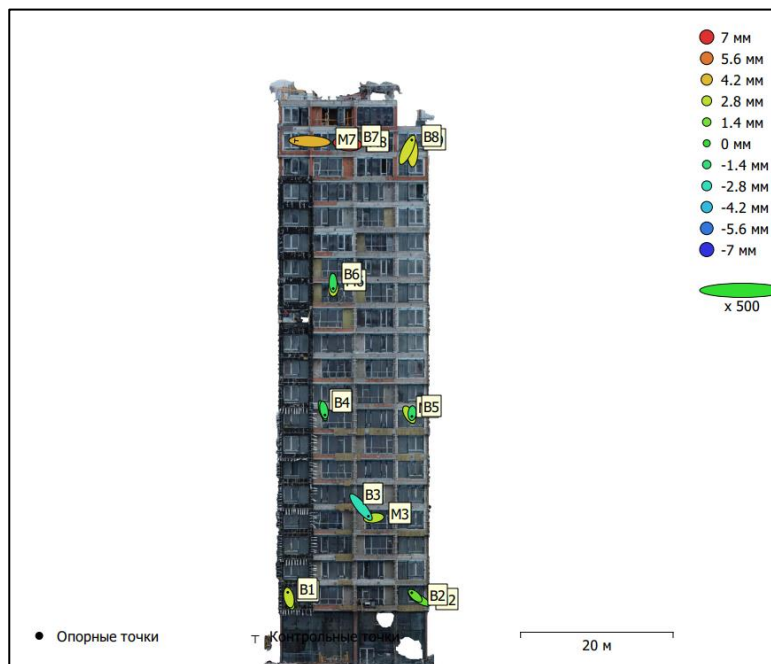


Рис. 3.4.2.3 Положення опорних і контрольних точок та оцінка помилок.

Розраховані позиції опорних точок позначено чорною крапкою, контрольних - перехрестям.

### СКП за опорними і контрольними точками

Таблиця 3.4.2.1.

кількість точок	Похибка, X (мм)	Похибка Y (мм)	Похибка, Z (мм)	Похибка XY (мм)	Загальна (мм)
<b>за опорними точками</b>					
8	1.96583	2.08381	1.95852	2.6571	2.14851
<b>за контрольними точками</b>					
9	2.59143	2.39448	2.43546	2.37273	4.22319

За результатами роботи створено модель (рис. 3.4.2.4, а) та хмару точок (рис. 3.4.2.5, б).



Рис. 3.4.1.4, а. Модель.

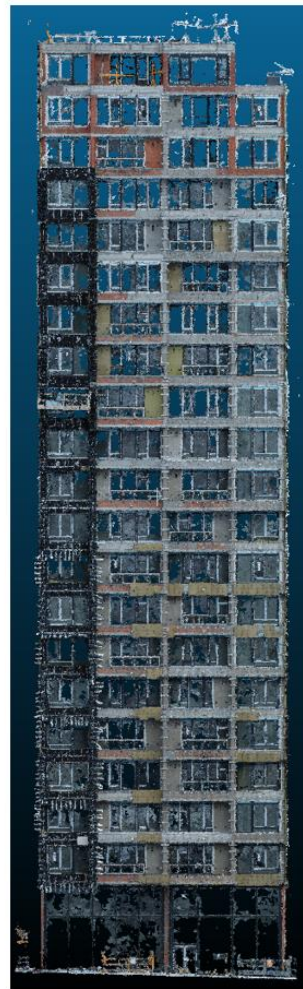


Рис. 3.4.1.5, б. Хмара точок.

### 3.4.3 Опрацювання знімків з п'ятірним перекриттям :

В результаті опрацювання знімків з четверним перекриттям у нас залишилося всього 87 фото з бази в 574 фото, всі інші камери були вимкнені.

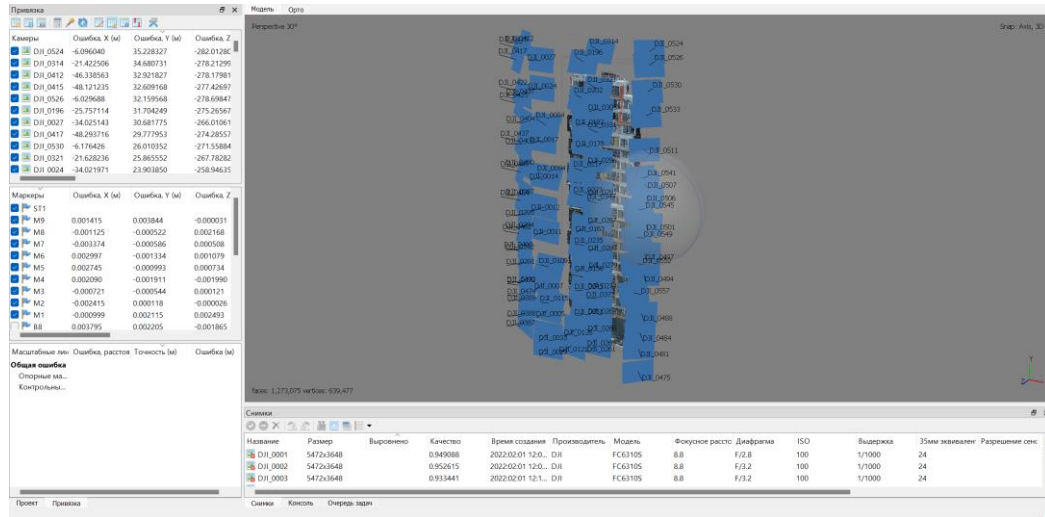


Рис. 3.4.3.1. Розташування 87 камер.

Візуальне представлення розподілу СКП точок показано на Рис. 3.4.2.3, при цьому похибки по висоті відображаються кольором еліпса, похибки в плані відображаються формою еліпса.

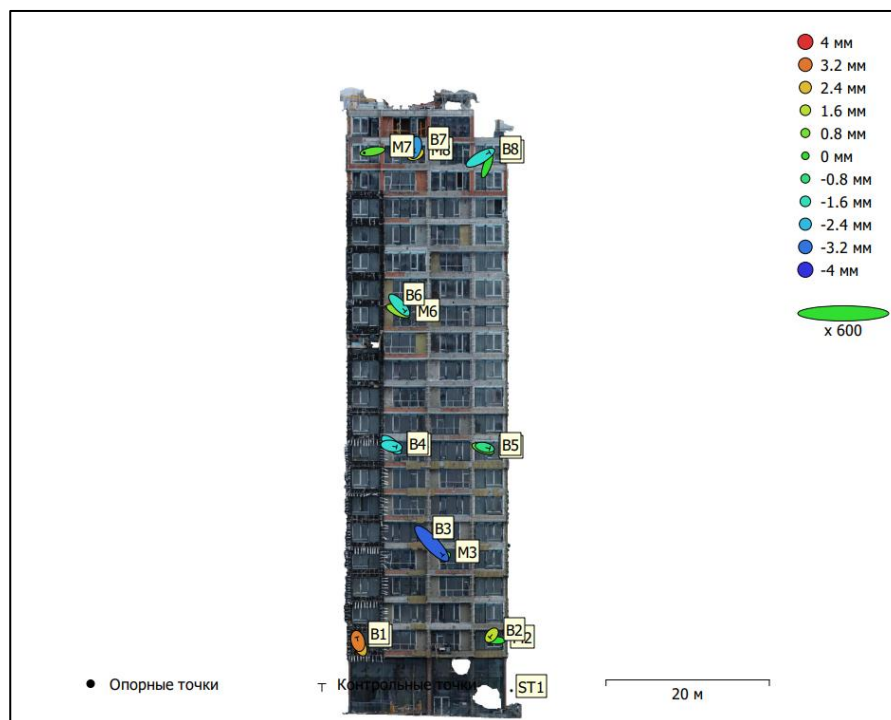


Рис. 3.4.3.3 Положення опорних і контрольних точок та оцінка помилок.

Розраховані позиції опорних точок позначено чорною крапкою, контрольних - перехрестям.

### СКП за опорними і контрольними точками

Таблиця 3.4.3.1

кількість точок	Похибка, X (мм)	Похибка Y (мм)	Похибка, Z (мм)	Похибка ХУ (мм)	Загальна (мм)
<b>за опорними точками</b>					
8	2.18304	1.7189	1.36834	2.77854	3.0972
<b>за контрольними точками</b>					
9	2.55109	2.55109	2.31028	3.45579	4.1569

За результатами роботи створено модель (рис. 3.4.3.4, а) та хмару точок (рис. 3.4.3.5, б).



Рис. 3.4.1.4, а. Модель.



Рис. 3.4.1.5, б. Хмара точок.

#### 3.4.4 Аналізування отриманих результатів:

Перше, на що я звернув увагу під час обробки цих різних типів перекриттів, це час, необхідний комп'ютеру для завершення обробки, для обробки зображень з потрійним перекриттям знадобилося 56 хвилин, для обробки зображень з четверним перекриттям - 1 година 54 хвилини, а для обробки зображень з п'ятьма перекриттями - 2 години 28 хвилин. Це означає, що більше перекриттів дає нам більше часу на обробку.

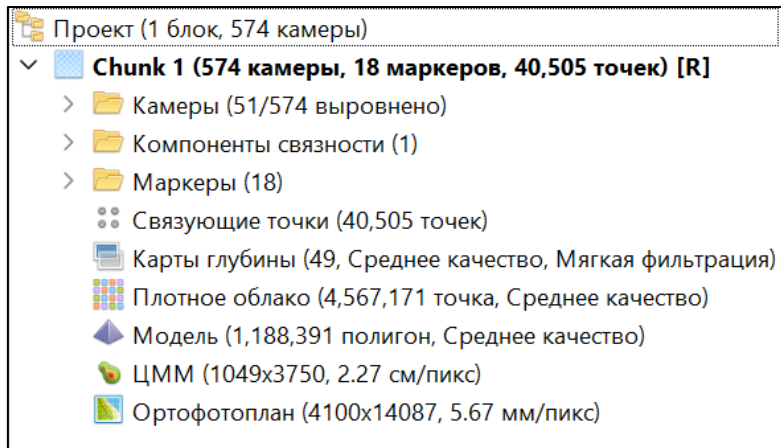
З результатів скп також можна помітити, що чим вище коефіцієнт перекриття, тим нижче значення СКП, навіть якщо розташування точок на проекті не зачіпається, результати СКП за опорними і контрольними точками в таблиці Таблица 3.4.4.1

#### **СКП за опорними і контрольними точками**

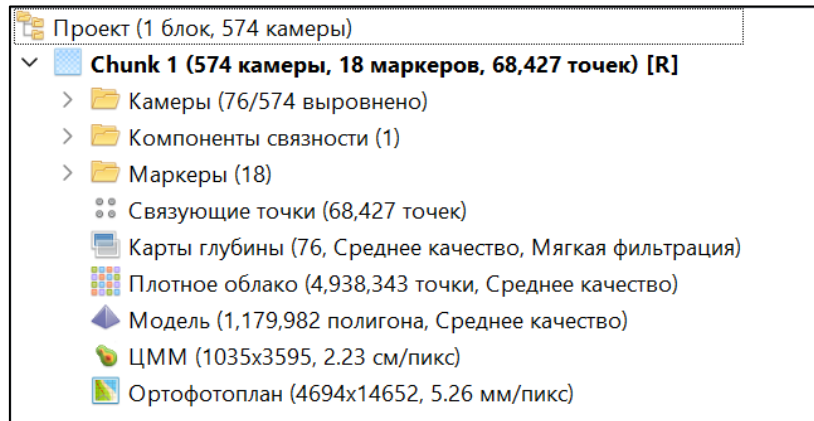
*Таблиця 3.4.4.1*

кількість перекриттів	СКП за опорними точками	СКП за контрольними точками
з потрійним перекриттям	3,43	4,3
з четверним перекриттям	3,14	4,22
зп'ятірним перекриттям	3,09	4,15

В результаті цих різних видів обробки нас цікавлять результати хмар точок і текстурної моделі з різними типами перекриття 3, потім 4 і 5 перекриття. При обробці знімків з потрійним перекриттям отримано 40 тис. точок прив'язки на основі 51 камери, при обробці зображення з чотирикратним перекриттям ми отримали 68 тисяч точок на основі 76 камери, що означає більше точок для щільної хмари і більше полігонів для моделі, За обробку знімка з п'ятьма перекриттями маємо 78 тис точок на основі 87 камери, що означає, що це перекриття є найбільш деталізованим у порівнянні з іншими.



*Рис 3.4.4.1. Результати обробки зображень з трьома перекриттями.*

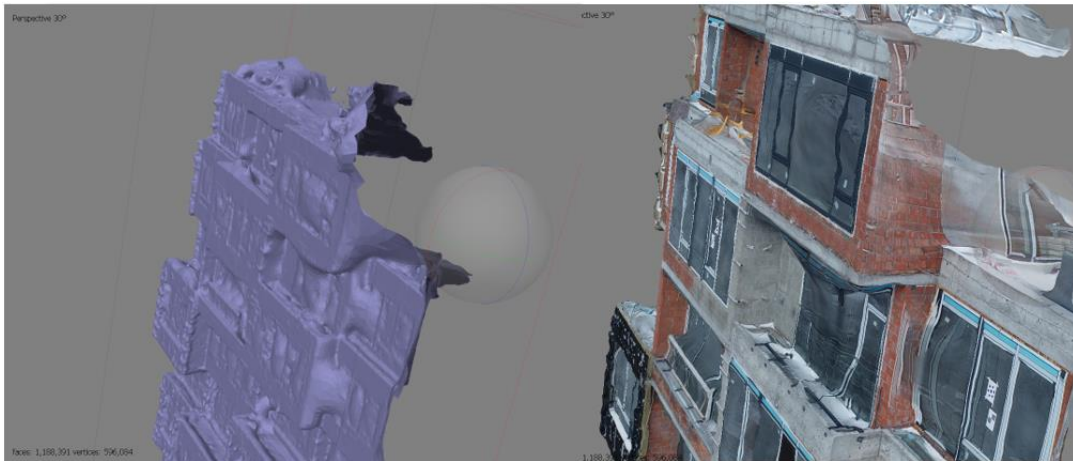


*Рис 3.4.4.2. Результати обробки зображень з чотирма перекриттями.*

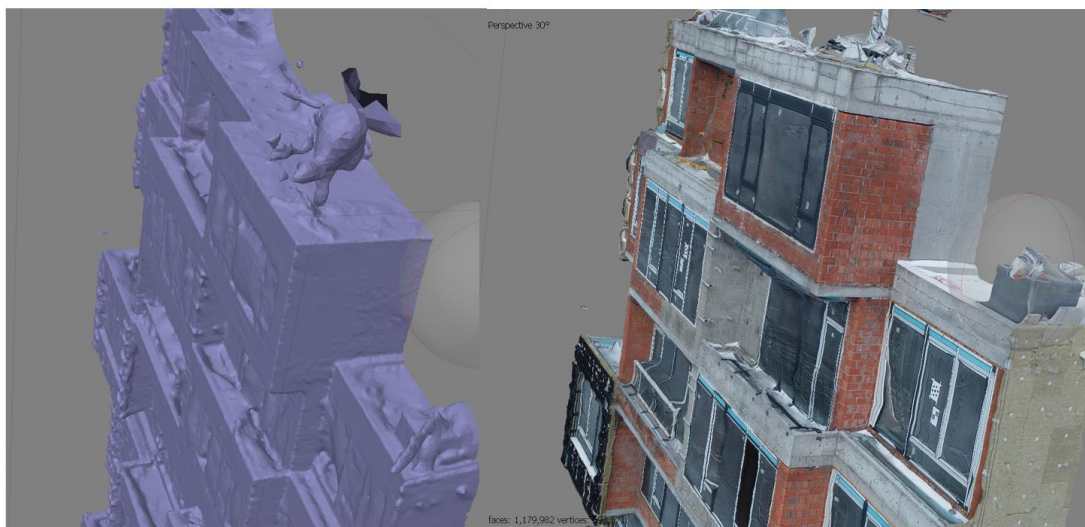


*Рис 3.4.4.3. Результати обробки зображень з п'ятьма перекриттями.*

Для того, щоб зрозуміти вплив перекриття на результати, розглянемо моделі, отримані при різних перекриттях



*Рис 3.4.4.4. Модель отримана з трьома перекриттями.*



*Рис 3.4.4.5. Модел отримана з чотирма перекриттями.*

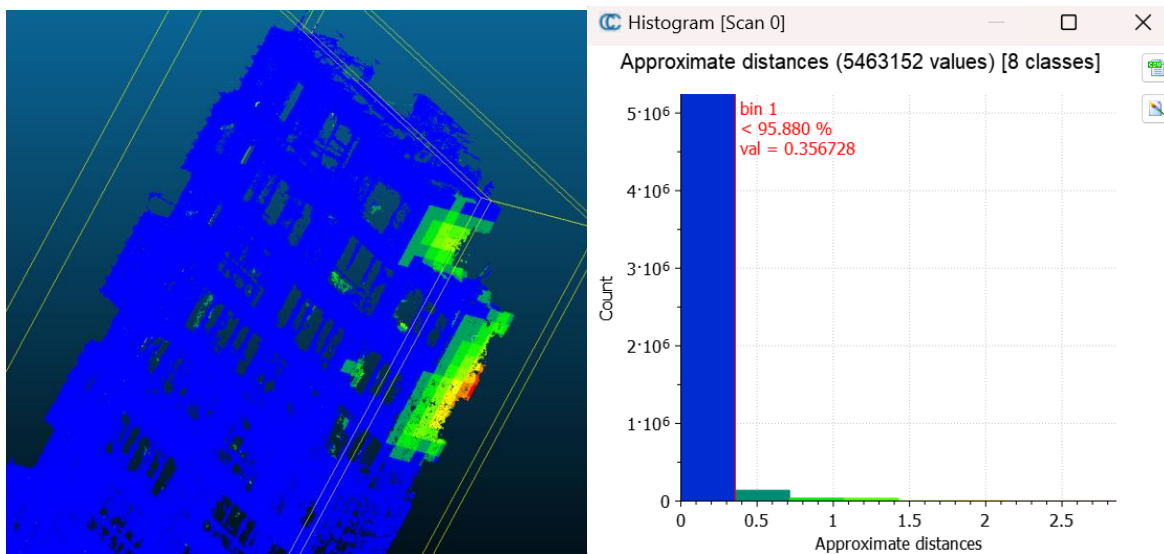


*Рис 3.4.4.6. Модел отримана з чотирма перекриттями.*

Якщо ми подивимося на результати, то побачимо, що модель, отримана з трьома перекриттями, дала нам найгірший результат порівняно з іншими,

Якщо розглянути результати, то можна побачити, що модель отримана з трьома перекриттями дала нам поганий результат в порівнянні з іншими, для того, щоб точно переконатися, що перекриття зіграло велику роль в отриманні хорошого результату зробимо невелике порівняння між хмарою точок, отриманою з 3 перекриттями і 5 перекриттями, а також порівняння між хмарою точок, отриманою з 4 перекриттями і 5 перекриттями. Для проведення такого порівняння я використовував ПЗ CloudCompare, яке надає можливість порівняти два блоки хмари точок.

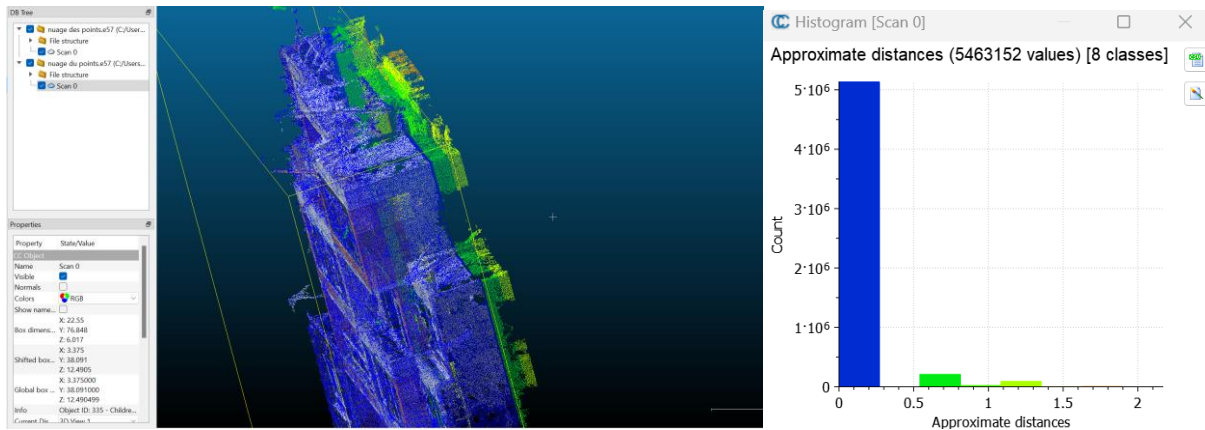
На рис 3.4.4.7 маємо результат порівняння хмари точок з 3 перекриттями та 5 перекриттями, результат порівняння хмари точок також переконує, що кількість перекриттів має прямий вплив на отримані результати.



*Рис 3.4.4.7. Результат порівняння хмар точок між 3 перекриттям і 5 перекриттям.*

На рис. 3.4.4.8 ми маємо результат порівняння хмар точок з 4 перекриттями та 5 перекриттями, результат цього порівняння показує нам, що між цими двома хмарами точок немає різниці, як і між хмарою з 3 перекриттями, але по діаграмі є різниця, яку помітила програма, але ця різниця пов'язана з тим, що обробка на програмі Agisoft цих хмар точок була зроблена з різним розміром області, хоча по відношенню до хмари точок

різниці чи деформації немає. Це означає, що ці два види перекриття дали нам гарний результат.



*Рис. 3.4.4.8. Результат порівняння хмар точок з 4 перекриттями та 5 перекриттями.*

Провівши аналіз отриманих результатів порівняння побудови хмар точок та поверхонь фасаду споруди при використанні різної кількості зображень за рахунок застосування алгоритму зменшення перекриття в ПЗ AgisoftPhotoscan, можна зробити висновок про доцільність використання 4 кратного перекриття. Таке значення параметра перекриття майже не змінювало значення СКП по опорним та контрольним точкам в порівнянні з 5 кратним перекриттям, при тому забезпечувало зменшення часу на виконання обробки знімків. В порівнянні з трикратним перекриттям воно забезпечило більшу повноту та деталізацію хмари точок та моделі фасаду.

### 3.5 Створення обмірних креслень :

#### 3.5.1 Можливості обмірів хмари точок в різних ПЗ :

Для створення обмірних креслень по хмарі точок нам необхідно експортувати нашу хмару точок, яка була створена за допомогою PhotoScan, в інше програмне забезпечення, яке дозволяє проводити вимірювання або креслення на цій хмарі точок. Як ми вже обговорювали в пункт 2.2, програма Agisoft Photoscan має велику кількість можливостей для експорту результату.

Щоб експортувати хмару точок, виберіть у меню Файл > Експорт > хмари точок.

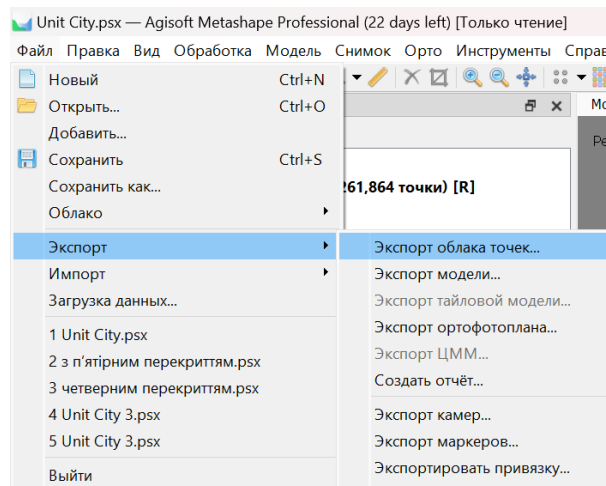


Рис 3.5.1.1. Експорт хмари точок.

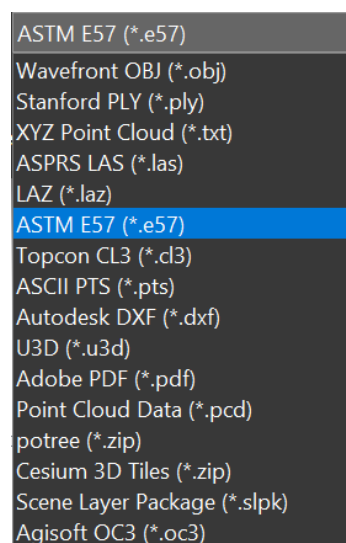
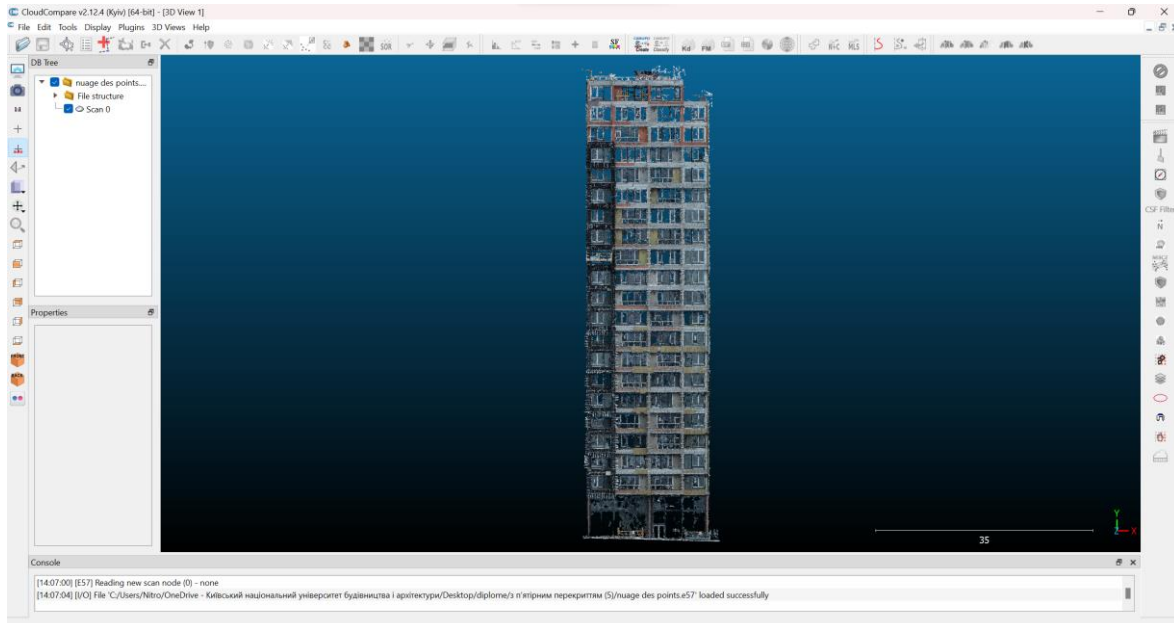


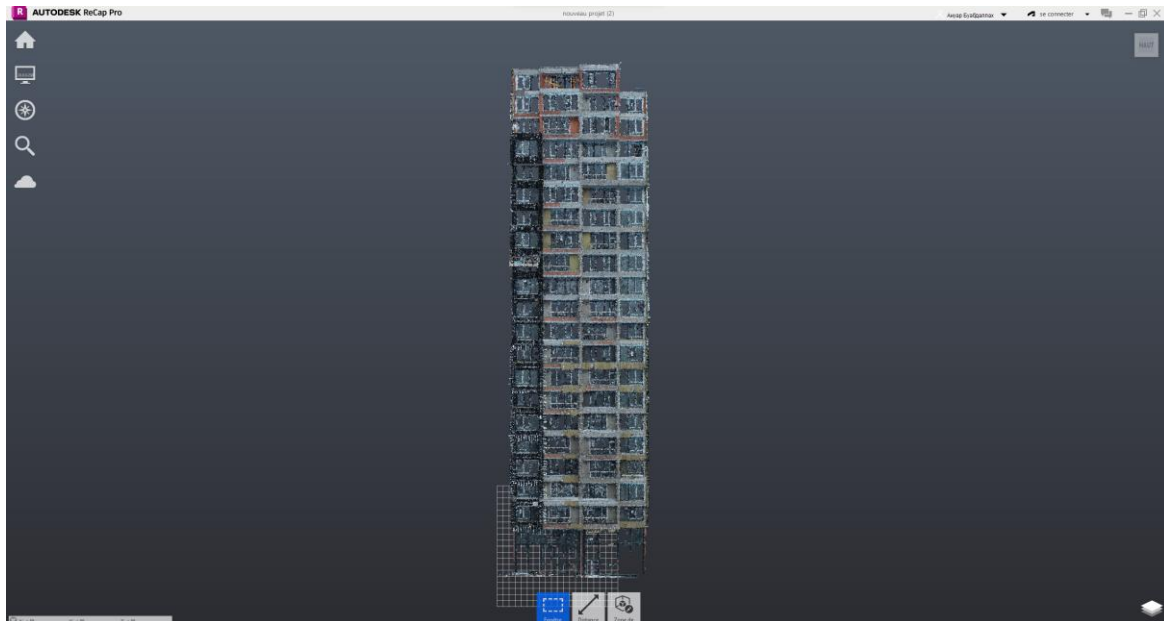
Рис 3.5.1.2. Різні формати експорту.

Свій проект я експортував у форматі E57, Формат файлу E57 є компактним і нейтральним форматом для зберігання хмар точок, зображень і метаданих, створених системами 3D візуалізації, і дуже легко імпортується у все програмне забезпечення, яке ми використовуємо, наприклад, на програмному забезпеченні CloudCompare :



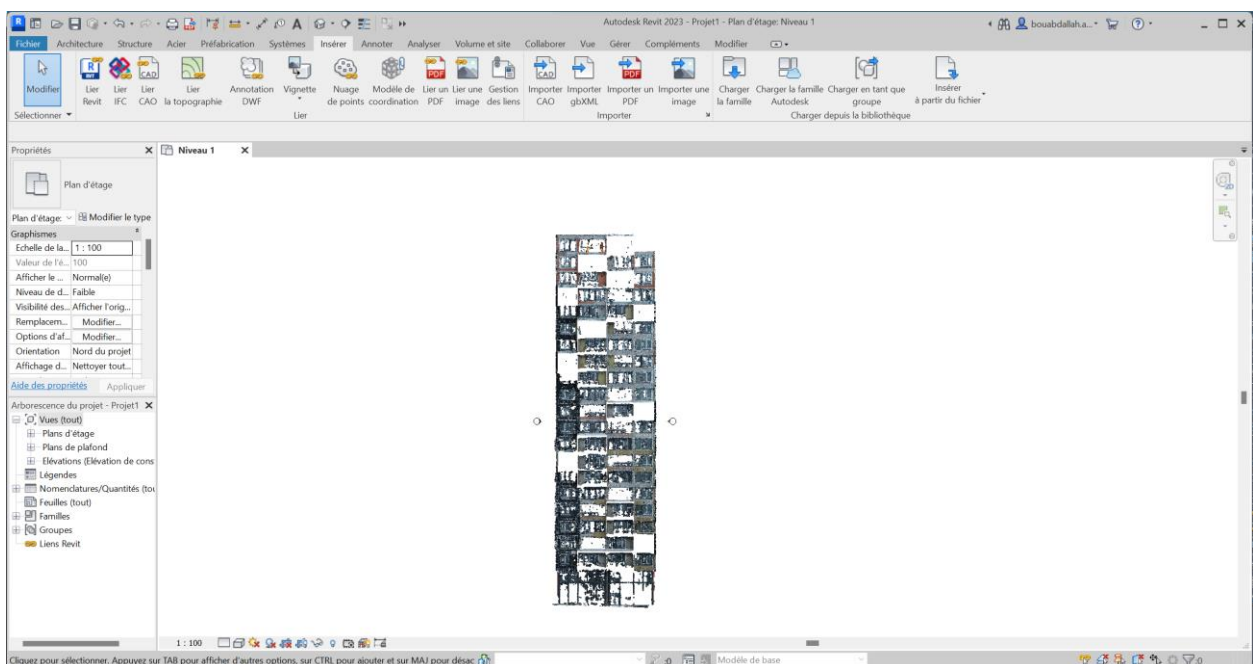
*Рис 3.5.1.3. Імпортування хмари точок в програмне забезпечення CloudCompare.*

Також ми можемо імпортувати нашу хмару точок на програмне забезпечення ReCap завдяки формату E57. Це робиться для того, щоб очистити проект (видалити області, які нас не цікавлять), а також для того, щоб зорієнтувати хмару точок, або для того, щоб провести вимірювання на хмарі точок і використовувати її для креслення, наприклад, в Autocad або іншому програмному забезпеченні.



*Рис 3.5.1.4. Імпортування хмари точок в програмне забезпечення ReCap.*

За допомогою програми Rescap можна також експортувати у форматі .rcp та імпортувати хмари точок в будь-яке програмне забезпечення Autodesk, наприклад, Civil3D або Revit.



*Рис 3.5.1.4. Імпортування хмари точок в програмне забезпечення Revit.*

Мета використання хмари точок в програмі Revit полягає в архітектурному кресленні або ВІМ-проекті, це ефективно програмне

забезпечення для цих проектів, воно простіше у використанні в порівнянні з Archicad.

Для програмного забезпечення Civil3D ми можемо легко імпортувати нашу хмару точок, це робиться з метою побудови креслення безпосередньо на хмарі точок, не так просто малювати на хмарах точок, при 3D лініях, ми повинні знати, де розмістити нашу початкову і кінцеву точку в тривимірному просторі .

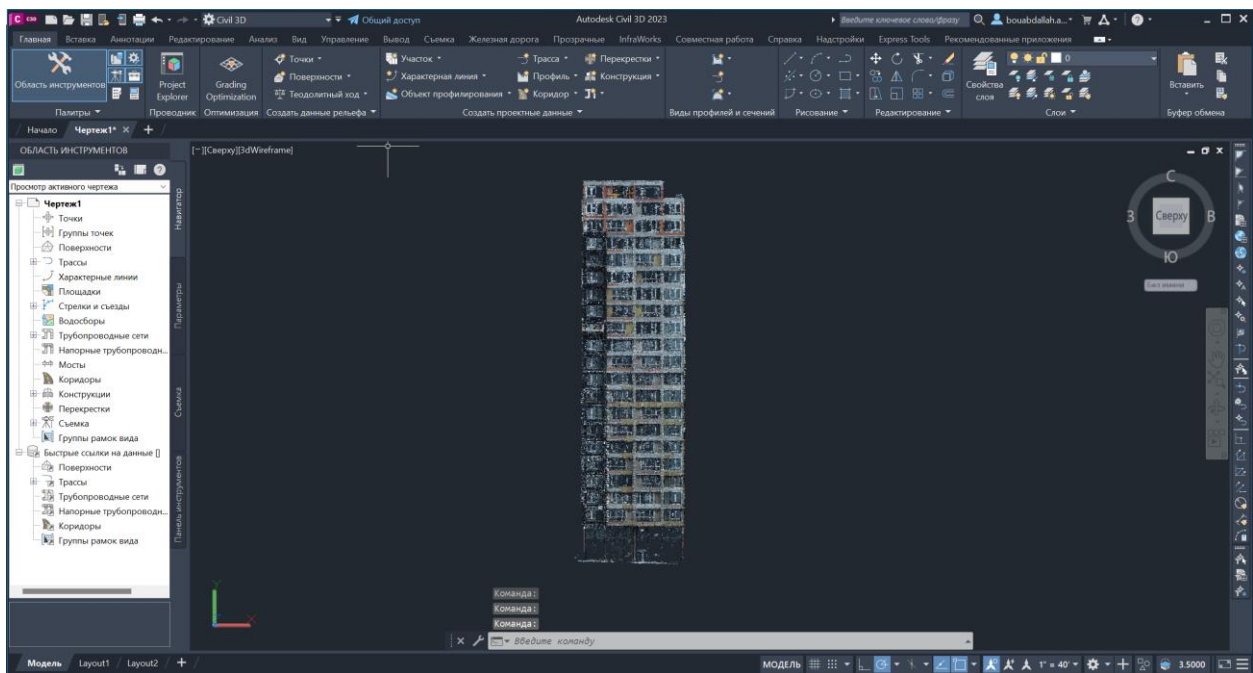

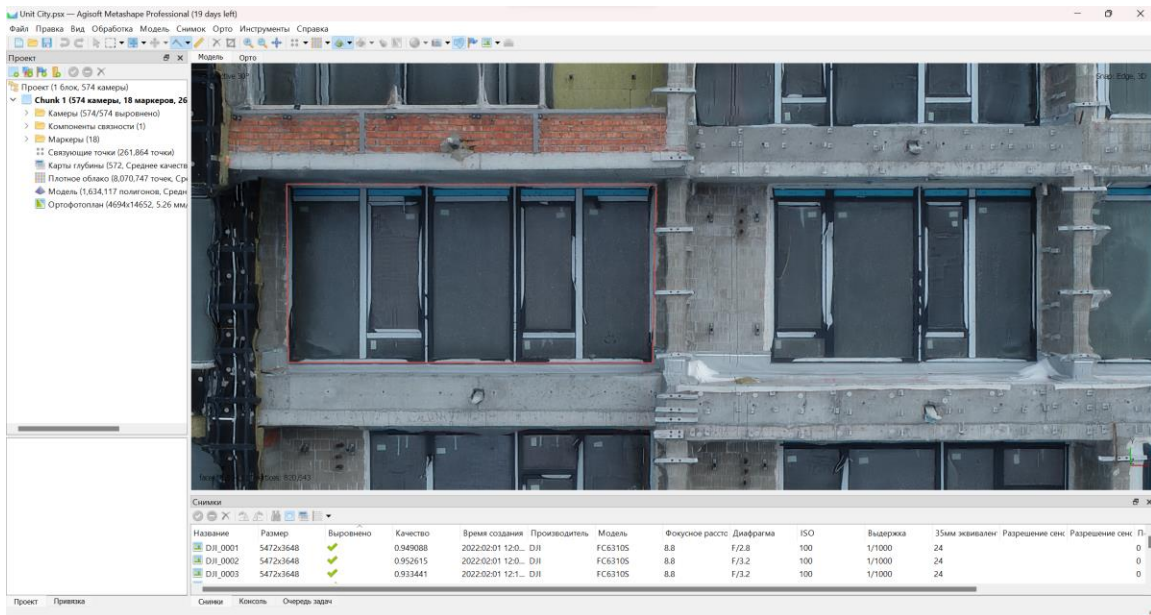


Рис 3.5.1.5. Імпортування хмари точок в програмне забезпечення Civil3D.

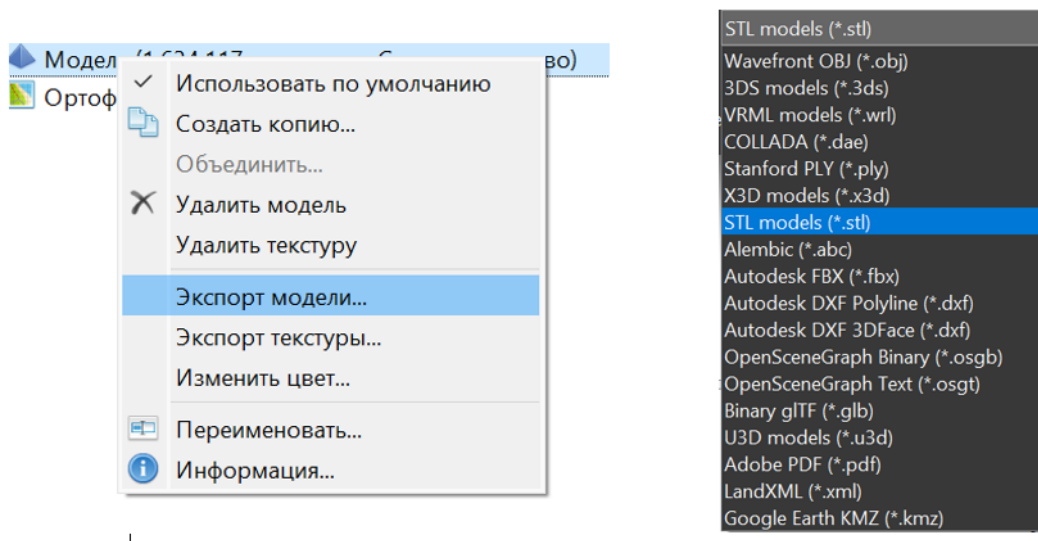
### 3.5.2 Можливості обмірів текстурованої моделі в різних ПЗ :

Для створення обмірних креслень з текстурної моделі програма Agisoft також надає нам команду креслення, а потім ми можемо експортувати це креслення в САD програму, креслити досить просто, беремо команду креслення  і далі починаємо креслити всі деталі (вікно, балкон і т.д.).



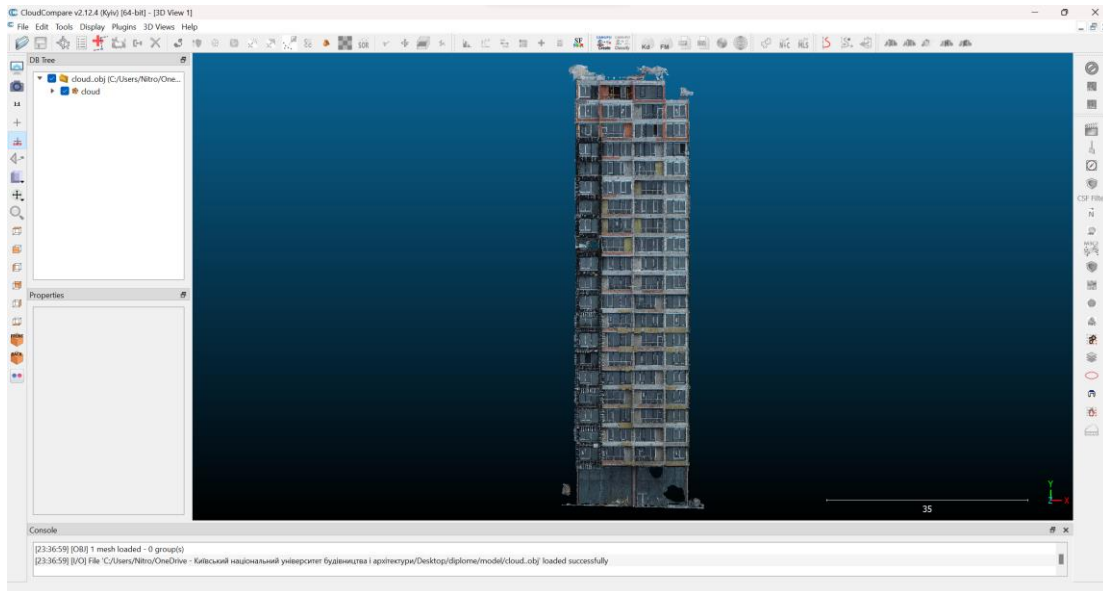
*Рис 3.5.2.1 приклад побудови контуру вікна в Agisoft Photoscan*

Також ми можемо експортувати текстуровану модель для малювання в іншому програмному забезпеченні, для експорту текстурованої моделі існує багато форматів, при цьому для нашого випадку нам потрібен формат \*.OBJ або \*.STL, також є формат \*.DXF для Autodesk, але проблема в тому, що малювати по текстурованій моделі в Autocad занадто дефісільно, програма не підтримує великий вихідний розмір текстурованої моделі.




*3.5.2.1. Експорт текстурованої моделі. Різні формати експорту.*

Після того, як ми експортували нашу текстурну модель у форматі \*Obj або \*STL, ми можемо відкрити цей файл на CloudCompare, щоб почати малювати.



*Рис 3.5.2.2. Імпорт текстурованої моделі в CloudCompare.*

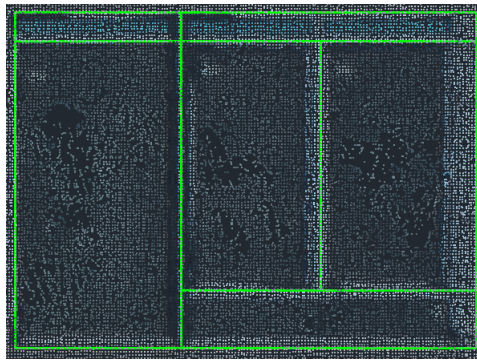
Для малювання в програмному забезпеченні CloudCompare потрібно просто натиснути на команду  (Trace Plyligne) і почати малювання. Треба лише звернути увагу на розміщення стрижнів, адже якщо ми бачимо їх спереду, то розуміємо, що вони знаходяться в правильному положенні, але якщо ми подивимось на них збоку, то побачимо, що знаходяться не в тому положенні, в якому треба. *Рис 3.5.2.3.*



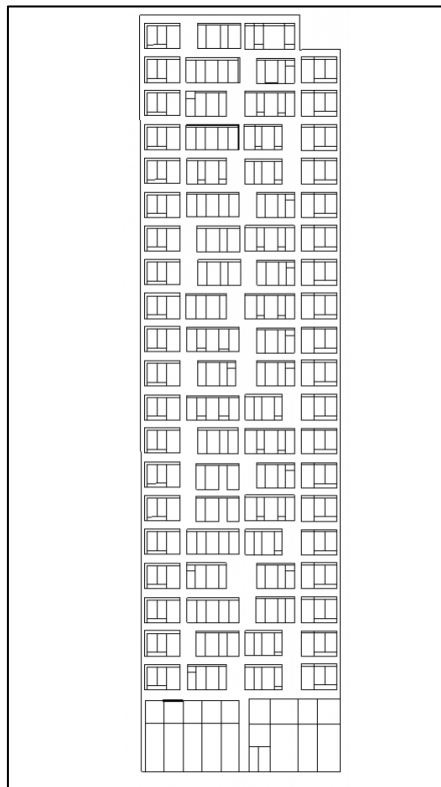
*Рис 3.5.2.3. Проблема з малюванням.*

### 3.5.3 Підходи до спрощення представлення результатів в CAD :

Для креслення фасаду будівлі я вибрав програму Autocade, першим кроком був імпорт хмари точок, яку я попередньо імпортував в програму Rescap і експортував у форматі E57 (пункт 3.5.1.), далі я почав малювати вікна, балкони і двері.



*Рис 3.5.3.1. Приклад креслення вікна.*



*Рис 3.5.3.2. Загальний малюнок всіх вікон, балконів і дверей.*

Після завершення креслення контурів елементи, наступним етапом було приступити до креслення міжповерхових перекриттів. їх розміри чітко помітні на хмарі точок. Останнім кроком є додавання архітектурних

елементів для надання більш близького вигляду читачеві та для спрощення креслення, результат креслення на кінцевому автокаді наведено у додатку 2. на *Рис 3.5.3.3.* збільшення на остаточному кресленні, що виконане в Autocad.



*Рис 3.5.3.3. збільшення на остаточному кресленні.*

Провівши аналіз методів побудови обмірних креслень по результатам БПЛА знімання можна розділити цю роботу умовно на два види, побудова плоских креслень та обміри хмари/моделі. Для побудови плоских креслень найкращий варіант малювання на хмарі точок . Для обмірів хмари/моделі найкращим виявився вимірювання на текстурованій моделі.

## 4 РОЗДІЛ 4. Охорона праці

### 4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів при роботі на ПК :

Після закінчення роботи ми помітили, що метод нанесення розмірів фасаду за допомогою БПЛА, потребує декількох годин роботи на ПК. Працівники, задіяні на роботах, пов'язаних з періодичною або постійною роботою за комп'ютером, піддаються впливу факторів виробничої безпеки, основними з яких є:

#### 1. *Фізичні.*

- Підвищений рівень напруги в електричному ланцюзі, замикання якої може пройти через тіло працюючого.

- Підвищений рівень рентгенівського випромінювання.

- Підвищений рівень ультрафіолетового випромінювання.

- Підвищений рівень інфрачервоного випромінювання.

- Можливість ураження статичною електрикою.

- Запиленість повітря робочого приміщення.

- Підвищений вміст важких (+) аероіонів.

- Нерівномірний розподіл яскравості в полі зору.

- Підвищений рівень пульсації світлового потоку.

2. *Хімічні.* - Підвищений вміст у повітрі вуглекислого газу, озону, аміаку, фенолу, формальдегіду та ін

#### 3. *Психофізіологічні.*

- Напруга зору.

- Напруга пам'яті.

- Напруга уваги.

- Тривале статичне напруження.

- Відносно великий обсяг інформації, що обробляється в одиницю часу.

- Монотонність праці в окремих випадках.

- Нераціональна організація робочого місця.

До основних шкідливих факторів при роботі з комп'ютером відносять: тривале сидяче положення, електромагнітне випромінювання, навантаження на зір, перевантаження кистьових суглобів, можливість захворювань органів дихання, алергії, порушення нормального перебігу вагітності та ін. *Тривале сидяче положення* приводить до напруги м'язів шиї, голови, рук і плечей, остеохондрозу, у дітей - ще й до сколіозу. Тривале сидяче положення ще приводить до застою крові в тазових органах і, як наслідок, до простатиту й геморою. Не секрет, що малорухливий спосіб життя призводить до ожиріння. Остеохондроз виникає при порушенні міжхребцевих дисків, яке призводить до випинання в яку або сторону (грижі міжхребцевого диска). Грижа може зашкодити спинний мозок і нервові відростки. Наслідки можуть бути найрізноманітнішими, від болів в спині і кінцівках, до паралічу кінцівок і смерті. Одна з поширених причин остеохондрозу - дистрофія м'язів спини. Людина, провідний в основному сидячий спосіб життя, цілком може захворіти остеохондрозом. Ознаки початку захворювання: дискомфорт у спині та больові відчуття, головні болі, порушення роботи внутрішніх органів. До факторів ризику захворювання гемороєм відносять: сидячий спосіб життя, ожиріння, надмірне вживання копчених, гострих, солоних і пряних продуктів, запальні захворювання малого таза та ін. Ожиріння виникає через нераціональне харчування, малорухомого і в тому числі сидячого способу життя, неадекватної реакції на стресові ситуації, надмірно довгий сон, застосування гормональних препаратів, перевантаження організму харчовими жирами і ін. Ожиріння призводить до збільшення навантаження на серце, зміни конфігурації та положення серця в грудній порожнині, підвищення вмісту холестерину в крові, в результаті він відкладається на стінках судин ( атеросклероз). Підвищений скупчення жиру всередині грудної порожнини впливає на роботу органів дихання, що призводить до появи задишки та гіпоксії органів і тканин. *Навантаження на*

зір. Людське око реагує на найдрібнішу вібрацію тексту і на мерехтіння екрану. М'язи ока, керуючі кришталиком, перебувають у постійній напрузі, що обов'язково призводить до втрати гостроти зору. Немаловажне значення для профілактики зорових дисфункцій надають: правильний чи рекомендований підбір кольору, шрифтів, компоновки вікон у використовуваних додатках, орієнтація дисплея монітора. Тривала робота за комп'ютером - це величезне навантаження на очі, оскільки зображення на моніторі складається не з безперервних ліній, як на папері, а з окремих точок, які світяться і мерехтять. У користувача неминуче погіршується зір, очі починають слізотися, з'являється головний біль, втома, зображення двоїться і спотворюється.

*Робота за комп'ютером і стреси.* Стрес - це емоційні переживання, внутрішнє напруження, викликані подіями в житті. Стрес виникає, в першу чергу, при втраті або пошкодженні інформації. Причини: відсутність резервних копій, комп'ютерні віруси, поломки жорстких дисків, робочі помилки. Іноді стреси є причиною інфарктів. Стреси бувають емоційно позитивними і емоційно негативними, короткочасними і довгостроковими, гострими і хронічними, фізіологічними і психологічними (інформаційними й емоційними). Робота за комп'ютером є одним з факторів, що викликають стрес (стресором). Реакція організму на стрес являє собою запуск біохімічних процесів, які спрямовані на придушення екстремальній ситуації. Стресові ситуації і пов'язані з ними переживання викликають в організмі численні негативні зрушення.

*Робота за комп'ютером і органи дихання.* Захворювання органів дихання у даному контексті носять в основному алергічний характер. Це пояснюється тим, що за час довгої роботи комп'ютера корпус і плати останнього виділяють в повітря ряд шкідливих речовин, а так само комп'ютер створює навколо себе електростатичне поле, яке притягує пил, який осідає в легенях. Так же комп'ютер деіонізує навколишнє

середовище і зменшує вологість повітря. *Алергія* - це підвищена чутливість організму до різних подразників, що виявляється в специфічних реакціях при контакті з ними. Це викликає такі симптоми алергії як риніт, сльозоточивість, шкірний висип, анафілактичний шок. Комп'ютер є досить серйозним джерелом низки алергенів. Приміром, корпус монітора, нагріваючись до 50-55 ° С починає виділяти в повітря пари тріфенілфосфата. Крім монітора нагрівається і материнська плата, блок живлення, процесор, відеокарта, які так само можуть виділяти в навколишнє середовище шкідливі органічні та неорганічні речовини (фтор-, хлор-, фосфоровмісні). Крім того, в комп'ютері є дуже багато місць, де накопичується пил і бруд, розмножуються мікроби і грибки. Пил отримує від екрану монітора слабкий статичний заряд, якого вистачає, щоб пил осідав на тілі користувача і в його дихальних шляхах. При алергії підвищується стомлюваність, посилюється дратівливість і знижується імунітет. Алергія провокує ряд захворювань: екзему, гемолітичну анемію, бронхіальну астму та ін Найбільш тяжким проявом алергії є анафілактичний шок, який супроводжується утрудненням дихання, судомами, втратою свідомості, зниженням артеріального тиску і часто смерті.

#### 4.2 Заходи профілактики щодо безпечних умов праці :

До початку робіт у містах необхідно отримати в органах, керуючих даною територією, дозвіл на право виконання робіт і погодити вимоги безпеки, висунуті місцевими органами до проведення геодезичних робіт.

Перед початком робіт на автомагістральних дорогах з рухом транспортних засобів або ж перед виходом бригади на автостради керівник зобов'язаний проінструктувати робітників про використання умовної сигналізації, яка подається жестами або прапорцями, а також про порядок руху на маршруті.

Переходи вздовж дороги дозволяється виконувати тільки по узбіччю земляного полотна назустріч руху транспортних засобів.

До виконання робіт на автомобільних дорогах дозволяється приступати після облаштування місця роботи усіма необхідними тимчасовими дорожніми знаками та огороженнями.

При виконанні любых геодезичних робіт на полотні автодороги на працюючих повинні бути одягнені сигнальні оранжеві жилети.

При переході з приладом з одного місця роботи на інше дозволяється, при відсутності тротуару, йти по проїжджій частині вулиці автодороги назустріч руху транспорту.

Особливу обережність слід дотримуватись при обході транспортних засобів або інших перешкод, обмежуючих огляд проїжджої частини.

Під час виконання робіт на проїжджій частині доріг забороняється:

- залишати на дорозі без нагляду геодезичні інструменти та обладнання;
- використовувати замість вишок сторонні предмети, створюючи при цьому аварійну ситуацію у випадку провішування ліній по осі дороги;
- проводити роботи на дорогах в туман, заметіль, грозу при ожеледиці;
- під час перерв в роботі знаходитися на проїжджій частині доріг усіх категорій.

При виконанні промірів сторін планово-висотної мережі стрічкою або рулеткою виключаються випадки перетаскування стрічки або рулетки на проїжджу частину дороги.

Під час роботи на автодорожніх мостах до 50 м повинні виділятися з числа робітників регулювальники-сигнальники, які зобов'язані спостерігати за рухом транспорту і подавати сповіщаючі сигнали робітникам.

Працюючі при отриманні сигналу про рух транспортних засобів повинні йти з проїжджої частини моста або небезпечного місця за межі моста.

При роботі на мостах більш 50 м працюючі повинні переховуватись на спеціальних майданчиках, які є в конструкціях мостів.

При виконанні геодезичних робіт в тунелі керівник повинен вказати кожному працюючому нині, куди вони повинні ховатись при пропуску транспорту.

Перед початком роботи на воді на суднохідних водних шляхах повинен бути проведений техогляд всіх плавзасобів та отриманий дозвіл на їх експлуатацію.

Забороняється використовувати підвісні човникові мотори підвищеної потужності, не відповідної вантажопідйомності і стійкості човна.

## ***Висновок***

Провівши аналіз методів побудови обмірних креслень по результатам БПЛА знімання можна розділити цю роботу умовно на два види, побудова плоских креслень та обміри хмари/моделі. Для побудови плоских креслень найкращий варіант малювання на хмарі точок . Для обмірів хмари/моделі найкращим виявився вимірювання на текстурованій моделі.

Провівши аналіз отриманих результатів порівняння побудови хмар точок та поверхонь фасаду споруди при використанні різної кількості зображень за рахунок застосування алгоритму зменшення перекриття в ПЗ AgisoftPhotoscan, можна зробити висновок про доцільність використання 4 кратного перекриття. Таке значення параметра перекриття майже не змінювало значення СКП по опорним та контрольним точкам в порівнянні з 5 кратним перекриттям, при тому забезпечувало зменшення часу на виконання обробки знімків. В порівнянні з трикратним перекриттям воно забезпечило більшу повноту та деталізацію хмари точок та моделі фасаду.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Román Estebn Hofer. Preliminary design of an unmanned aerial vehicle with application to photovoltaic farm inspection. 2014/2015.
2. Саймон Д. Алгоритми еволюційної оптимізації. - М: ДМК Пресс, 2020. - 940 с.
3. Gould J.L. Honey bee recruitment: the dance-language controversy. Science 189 (4204): 685-693, 1975
4. Hölldobler B., Wilson E. O. The Ants. — Harvard University Press, 1990. — 732 p.
5. Román Estebn Hofer. Preliminary design of an unmanned aerial vehicle with application to photovoltaic farm inspection. 2014/2015
6. Овчинникова, Н. Г. Глобальные навигационные спутниковые системы  
— важная составляющая при ведении земельно-кадастровых работ / Н. Г. Овчинникова, Д. А. Медведков // Экономика и экология территориальных образований. — 2018. — Т. 2, № 1 (4). — С. 77–87. DOI <https://doi.org/10.23947/2413-1474-2018-2-1-77-87>.
7. Овчинникова, Н. Г. Некоторые особенности разрешенного использования земельного участка с учетом градостроительного регулирования / Н. Г. Овчинникова, А. В. Русских // Экономика и экология территориальных образований. — 2017. — № 1. — С. 31–36.
8. Лабутина, И. А. Дешифрирование аэрокосмических снимков / И. А. Лабутина. — Москва : Аспект Пресс, 2004. — 184 с.
9. Корнеев, В. М. Особенности конструкции и эксплуатации беспилотных летательных аппаратов самолетного типа / В. М. Корнеев. — Москва : Издательские решения, 2018. — 38 с.
10. Догерти, М. Дж. Дроны. Первый иллюстрированный путеводитель по БПЛА / М. Дж. Догерти. — Москва : Эксмо, 2017. — 224 с.

11. Овчинникова, Н. Г. Восстановление утраченных межевых знаков различными способами / Н. Г. Овчинникова, К. С. Музыка // Экономика и экология территориальных образований. — 2017. — № 1. — С. 116–119.
12. Лимонов, А. Н. Фотограмметрия и дистанционное зондирование : учебное пособие / А. Н. Лимонов, Л. А. Гаврилова. — Москва : Академический проект, 2018.— 297 с.
13. Сечин, А. Ю. Беспилотный летательный аппарат: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования / А. Ю. Сечин, М. А. Дракин, А. С. Киселева. — Москва : Ракурс, 2011. — 98 с.
14. Браверман, Б. А. Программное обеспечение геодезии, фотограмметрии, кадастра, инженерных изысканий / Б. А. Браверман. — Вологда : Инфра- Инженерия, 2018. — 244 с.
15. Урмаев Н.А. Теория гомографического преобразования и ее применение к математической картографии и созданию карт // Труды ЦНИИГАиК. 1956. Вып.113. 75 с.
16. Урмаев Н.А. Элементы фотограмметрии. М.: Геодезиздат, 1941. 218 с.
17. Лобанов А.Н. Аналитическая фотограмметрия. М.: Недра,1972. 224 с
18. Александров П.С. Дифференциальное трансформирование с учетом масштабных и азимутальных искажений // Геодезия и картография. 1968. № 12. С. 31–37.
19. Александров П.С. Фототрансформирование снимков // Итоги науки и техники. Серия «Геодезия и аэросъемка». 1978. № 13. 127 с.
20. Хрущ Р.М. Этапы становления и развития фотограмметрии в России.
21. //Геодезия и картография. 2003. № 7. С. 50–58.
22. Хрущ Р.М., Соловьев А.В. Зависимость точности построения

фотограмметрической сети от геометрического разрешения цифровых снимков // Труды Военнокосмической академии имени А.Ф. Можайского. 2013. № 641. С. 153–158

23. Назаров А.С. Средства получения цифровых снимков и методы их обработки. Мн.: ТетраСистемс, 2009. 230 с.

24. переподготовки кадров землеустроительной и картографо-геодезической службы, 2009. 230 с.

25. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений: пер. с англ. / под редакцией Чочиа А.П. М.: Техносфера, 2005. 1072 с.

26. Longuet-Higgins H.C. A computer algorithm for reconstructing a scene from two projections // Nature. 1981. No. 293. Pp. 133–135. doi:10.1038/293133a0

27. Moravec H. Rover visual obstacle avoidance // Proceedings of the 7th international joint conference on Artificial intelligence (Vancouver, August 24–28, 1981). San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1981. Vol. 2 Pp. 785–790.

28. Foerstner W. A feature based correspondence algorithm for image matching

29. // Int. Arch. of Photogrammetry and Remote Sensing. Rovaniemi, Finland, 1986. Vol. 26. No. 3. Pp. 150–166.

30. Foerstner W., Gulch E. A fast operator for detection and precise location of distinct points, corners and centres of circular features // ISPRS Intercommission Conf. on Fast Processing of Photogrammetric Data. Interlaken, 1987. Pp. 281–305.

31. Harris C.G., Stephens M. J. Combined Corner and Edge Detector // Proc. Fourth Alvey Vision Conf. Manchester, 1988. Pp. 147–151.

*Додаток №1*

Результати обробки знімків на ПЗ Agisoft Photoscan.

## **Agisoft Metashape**

Отчёт об обработке

01 December 2022



# Исходные данные

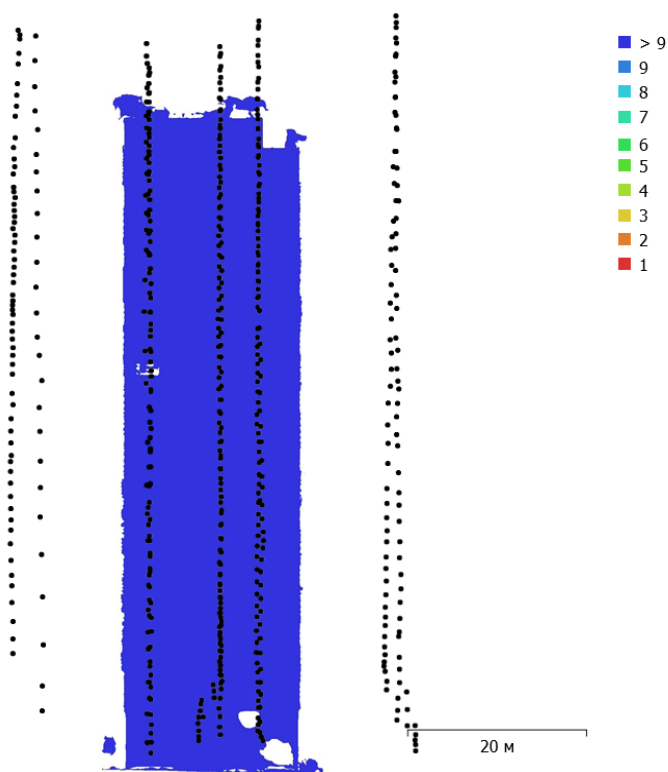


Рис. 1. Положение центров фотографирования и перекрытие снимков.

Всего снимков:	574	Позиций съёмки:	574
Высота полёта:	20.7 м	Связующих точек:	261,864
Разрешение съёмки:	5.26 мм/пикс	Проекций:	933,167
Площадь покрытия:	1.46e+03 м <sup>2</sup>	Ошибка репр-я:	2.68 пикс

Модель камеры	Разрешение	Фокусное р-е	Размер пикселя	Калибровка
FC6310S (8.8mm)	5472 x 3648	8.8 мм	2.41 x 2.41 мкм	Нет

Таблица 1. Камеры.

# Калибровка камеры

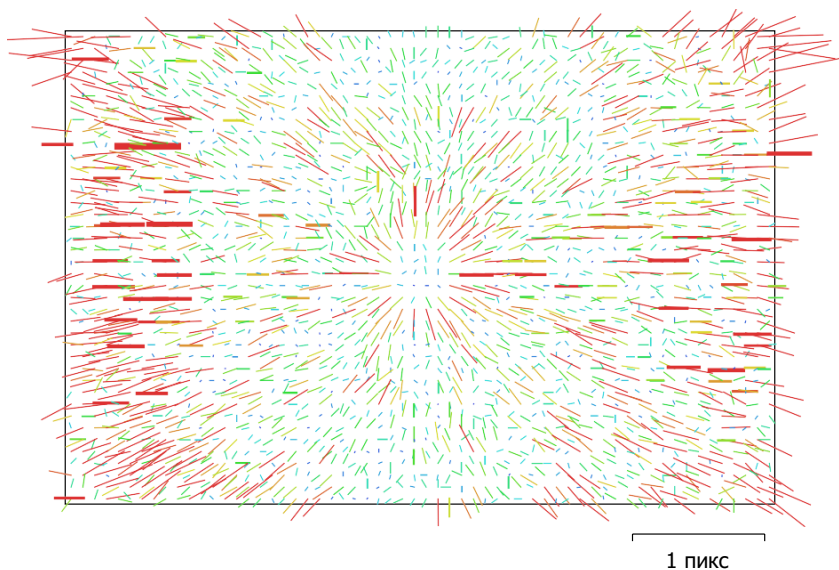


Рис. 2. Невязка по связующим точкам для FC6310S (8.8mm).

## FC6310S (8.8mm)

574 снимков

Тип	Разрешение	Фокусное р-е	Размер пикселя
<b>Кадровая</b>	<b>5472 x 3648</b>	<b>8.8 мм</b>	<b>2.41 x 2.41 мкм</b>

	Значение	Ошибка	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
<b>F</b>	<b>3639.51</b>	0.065	1.00	0.05	0.03	-0.27	0.27	-0.23	0.07	-0.02
<b>Cx</b>	<b>-1.25679</b>	0.13		1.00	0.04	-0.05	0.03	-0.02	0.93	0.04
<b>Cy</b>	<b>10.4008</b>	0.13			1.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.91
<b>K1</b>	<b>-0.00168591</b>	6.3e-05				1.00	-0.96	0.90	-0.05	0.01
<b>K2</b>	<b>-0.00972895</b>	0.00019					1.00	-0.98	0.03	0.00
<b>K3</b>	<b>0.00956239</b>	0.00018						1.00	-0.03	0.01
<b>P1</b>	<b>-0.00230349</b>	9e-06							1.00	0.01
<b>P2</b>	<b>0.000860664</b>	8.6e-06								1.00

Таблица 2. Коэффициенты калибровки и матрица корреляции.

# Опорные точки

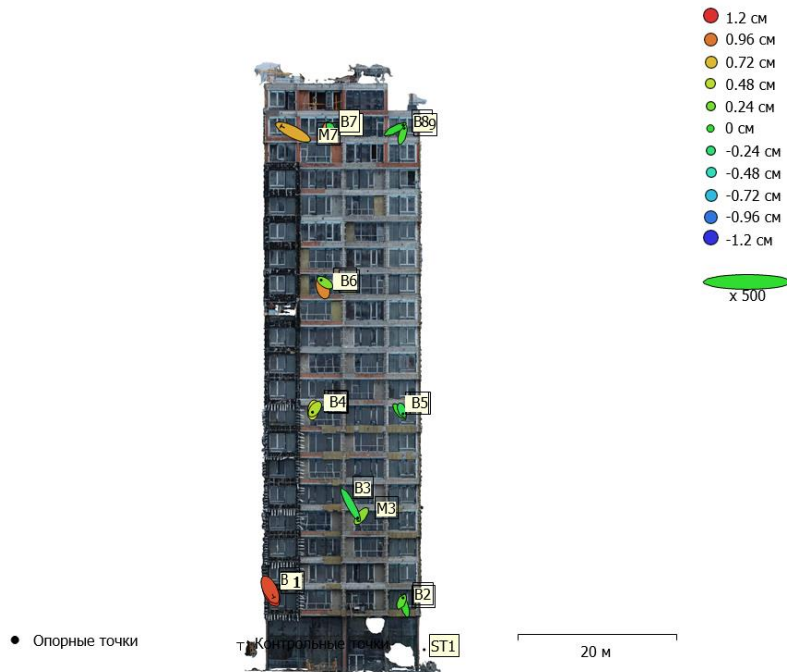


Рис. 4. Положения опорных и контрольных точек и оценка ошибок.  
Ошибка по Z отображается цветом эллипса. Ошибки в плане отображаются формой эллипса.

Рассчитанные позиции опорных точек отмечены чёрной точкой, контрольных - перекрестьем.

Кол-во	Ошибка, X (см)	Ошибка, Y (см)	Ошибка, Z (см)	Ошибка XY (см)	Общая (см)
8	0.179323	0.279575	0.411942	0.332143	0.529165

Таблица 4. СКО по опорным точкам.

Кол-во	Ошибка, X (мм)	Ошибка, Y (мм)	Ошибка, Z (мм)	Ошибка XY (мм)	Общая (мм)
9	2.49726	2.26836	3.30382	3.37369	4.72197

Таблица 5. СКО по контрольным точкам.

Название	Ошибка, X (мм)	Ошибка, Y (мм)	Ошибка, Z (мм)	Общая (мм)	Снимок (пикс)
B1	-2.63972	2.726	2.71369	4.66512	0.239 (37)
B6	2.92588	1.16307	1.56543	3.51626	0.209 (31)
B4	2.3142	1.57448	2.9785	4.0873	0.245 (46)
B2	-3.47534	-0.710165	2.53902	4.36222	0.225 (40)
B5	-2.15968	1.8971	2.99793	4.15341	0.246 (32)
B3	3.83853	-3.40768	-2.31208	5.62959	0.227 (44)
B8	-1.57862	-1.76195	1.84888	3.00248	0.285 (33)
B7	4.03993	1.54486	-0.111174	4.32665	0.301 (36)
<b>Общая</b>	<b>2.98274</b>	<b>2.01462</b>	<b>2.31562</b>	<b>4.2799</b>	<b>0.248</b>

Таблица 6. Опорные точки.

Название	Ошибка, X (мм)	Ошибка, Y (мм)	Ошибка, Z (мм)	Общая (мм)	Снимок (пикс)
M7	3.39542	4.97627	3.87779	7.16446	0.282 (44)
M8	0.898346	0.958091	3.58719	3.82006	0.250 (49)
M9	-1.78989	-0.168215	2.2206	2.85711	0.286 (34)
M6	-0.66951	1.94308	4.36317	4.82297	0.230 (36)
M5	-4.54618	-0.500451	2.06958	5.02009	0.211 (43)
M4	1.98295	-0.772007	1.44841	2.57409	0.300 (63)
M3	-1.76646	2.30119	3.06699	4.22165	0.231 (49)
M2	-2.4356	-0.946752	4.39807	5.11581	0.230 (47)
M1	-2.54691	3.12824	3.35158	5.24458	0.278 (55)
<b>Общая</b>	<b>2.49726</b>	<b>2.26836</b>	<b>3.30382</b>	<b>4.72197</b>	<b>0.259</b>

Таблица 7. Контрольные точки.

# Цифровая модель местности

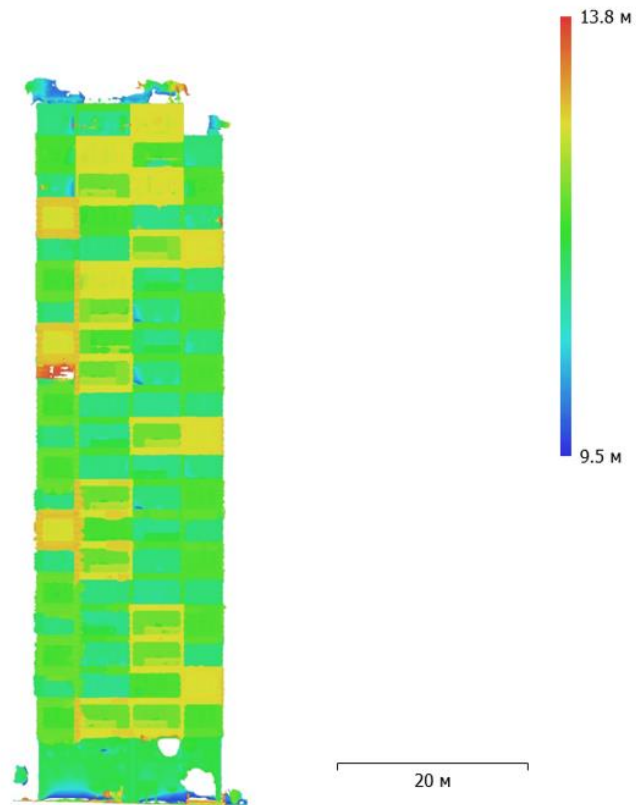


Рис. 5. Рассчитанная цифровая модель местности.

Разрешение: 1.65 см/пикс Плотность точек: 0.368  
точек/см<sup>2</sup>

# Параметры обработки

## Основные

Камеры	574
Выровненные камеры	223
Маркеры	17
Система координат	Local Coordinates (m)
Углы поворота	Курс, тангаж, крен

## Облако точек

Точек	172,155 из 294,685
СК ошибка репроецирования	0.187382 (1.10303 пикс)
Макс. ошибка репроецирования	1.09261 (33.1914 пикс)
Средний размер точек	4.29459 пикс
Цвета точек	3 канала, uint8
Характерные точки	Нет
Средняя кратность связующих точек	3.73644

## Параметры выравнивания

Точность	Очень высокая
Общая преселекция	Да
Преселекция по привязке	Исходные значения
Характерных точек на кадр	40,000
Макс. количество точек на Мпикс	1,000
Связующих точек на кадр	5,000
Подавлять неподвижные связующие точки	Да
Локальное отождествление снимков	Да
Адаптивное уточнение модели камеры	Да
Время отождествления	3 минуты 35 секунд
Пиковое потребление памяти отождествления	344.90 Мбайт
Время выравнивания	1 минута 50 секунд
Пиковое потребление памяти фототриангуляции	122.05 Мбайт

## Параметры оптимизации

Параметры	f, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Адаптивное уточнение модели камеры	Да
Время оптимизации	3 секунды
Дата создания	2022:02:01 17:02:15
Версия программы	1.8.1.13915
Размер файла	21.61 Мбайт

## Карты глубины

Количество	223
------------	-----

## Параметры построения карт глубины

Качество	Очень высокое
Фильтрация карт глубины	Умеренная
Макс. число соседей	16
Время обработки	2 часа 57 минут
Использование памяти	16.20 Гбайт
Дата создания	2022:02:09 10:59:53
Версия программы	1.8.1.13915
Размер файла	3.91 Гбайт

## Плотное облако точек

Точек	59,799,869
Цвета точек	3 канала, uint8

## Параметры построения карт глубины

Качество	Очень высокое
Фильтрация карт глубины	Умеренная
Макс. число соседей	16
Время обработки	2 часа 57 минут
Использование памяти	16.20 Гбайт
<b>Параметры построения плотного облака</b>	
Время обработки	3 часа 1 минута
Использование памяти	34.45 Гбайт
Дата создания	2022:02:09 14:01:38
Версия программы	1.8.1.13915
Размер файла	1.43 Гбайт
<b>Модель</b>	
Полигонов	5,527,949
Вершин	2,766,357
Цвета вершин	3 канала, uint8
Текстура	4,096 x 4,096, 4 канала, uint8
<b>Параметры построения карт глубины</b>	
Качество	Очень высокое
Фильтрация карт глубины	Умеренная
Макс. число соседей	16
Время обработки	2 часа 57 минут
Использование памяти	16.20 Гбайт
<b>Параметры реконструкции</b>	
Тип поверхности	Произвольный
Исходные данные	Плотное облако
Интерполяция	Экстраполированная
Строгие пространственные маски	Нет
Время обработки	17 минут 10 секунд
Использование памяти	9.47 Гбайт
<b>Параметры текстурирования</b>	
Режим параметризации	Адаптивный орфографический
Режим смешивания	Мозаика
Размер текстуры	4,096
Включить заполнение отверстий	Да
Включить фильтрацию шумов	Да
Время параметризации	1 минута 50 секунд
Пиковое потребление памяти параметризации атласа	2.57 Гбайт
Время смешивания текстур	5 минут 44 секунды
Пиковое потребление памяти смешивания текстур	2.74 Гбайт
Дата создания	2022:04:25 07:47:00
Версия программы	1.8.1.13915
Размер файла	256.21 Мбайт
<b>Тайловая модель</b>	
Текстура	3 канала, uint8
<b>Параметры реконструкции</b>	
Исходные данные	Полигональная модель
Размер тайла	256
Количество полигонов	Высокое
Включить фильтрацию шумов	Да
Время обработки	33 минуты 58 секунд
Использование памяти	9.12 Гбайт
Дата создания	2022:04:25 08:42:34
Версия программы	1.8.1.13915
Размер файла	260.73 Мбайт
<b>Ортофотоплан</b>	
Размер	1,322 x 3,984

Система координат

Цвета

**Параметры реконструкции**

Режим смешивания

Поверхность

Включить заполнение отверстий

Включить фильтрацию шумов

Время обработки

Использование памяти

Дата создания

Версия программы

Размер файла

**Система**

Название программы

Версия программы

ОС

ОЗУ

ЦПУ

ГПУ

Local Coordinates (m)

3 канала, uint8

Мозаика

Полигональная модель

Да

Нет

3 минуты 38 секунд

917.61 Мбайт

2022:12:01 12:18:25

1.8.1.13915

348.34 Мбайт

Agisoft Metashape Professional

1 8.1 build 13915

Windows 64 bit

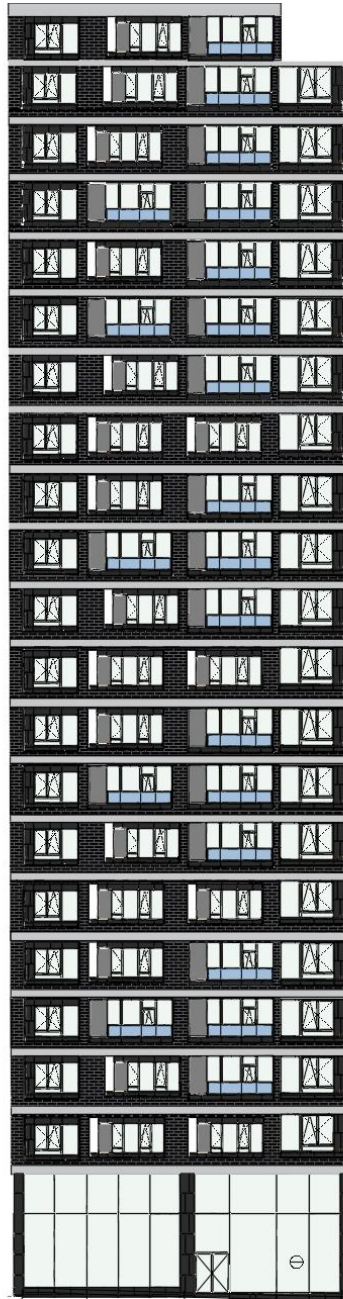
15.36 Гбайт

AMD Ryzen 9 5900HX with Radeon Graphics

Отсутствуют

*Додаток №2*

**Результат креслення в Autocad**



				<i>ДИПЛОМНА РОБОТА</i>		
<i>Посада</i>	<i>Прізвище</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>	<i>Буабдаллах А.</i>					
<i>Керівник</i>	<i>Медведський Ю.В.</i>					
				<i>Методика побудови обмірних креслень фасаду UAV засобами</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
				<i>Міністерство освіти і науки України</i>	<i>КНУБА, каф. ІГ, ГД-61</i>	