

Графічний матеріал до атестаційної роботи на тему:

Методика комбінованого використання БПЛА знімання та лазерного сканування

					АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА			
					Методика комбінованого використання БПЛА знімання та лазерного сканування			
Зм.	К-сть	Документ	Підпис	Дата				
Розроб.		Романюк Б.В.			Графічні матеріали	Літ.	Арк.	Аркушів
Консультант							1	
Керівник		Медведський Ю.В.				КНУБА, каф. ІГ ГД-61		
Н. контр.								
Зав. каф.		Дем'яненко Р.А.						

Актуальність роботи: Сучасні методи геодезичного знімання, такі як лазерне сканування та фотограмметрія за допомогою БПЛА, дозволяють суттєво пришвидшити виконання робіт та забезпечити високу деталізацію отриманих даних. Кожен з них окремо має свої недоліки, але в поєднанні цих методів можна отримати можливість їх компенсувати.

Об'єкт дослідження: методика комбінованого застосування БПЛА знімання та лазерного сканування під час виконання геодезичних робіт знімання споруди Київського іподрому.

Предмет дослідження: методи БПЛА знімання із визначеною точністю та методика об'єднання результатів .

Мета і завдання: дослідження методики комплексного знімання об'єктів та споруд методом лазерного сканування з доповненням недоступних даних за допомогою фотограмметрії з використанням БПЛА знімання.

Матеріал дослідження: дані наземного лазерного сканування та БПЛА знімання споруди Київського іподрому.

Аналіз переваг та недоліків використання БПЛА знімання та лазерного сканування

БПЛА фотограмметрія

- + дозволяють отримувати високоякісні зображення та 3D-моделі об'єктів з різних ракурсів та відстаней.
- + зменшують витрати на знімання, оскільки не потребують великої кількості персоналу, палива, обладнання і інш.
- + підвищують безпеку знімання
- + забезпечують гнучкість та оперативність знімання
- мають обмеження на час польоту, дальність дії, вантажопідйомність та стійкість до погодних умов
- потребують спеціального дозволу, реєстрації та дотримання правил та норм для здійснення польотів
- піддаються ризику втрати сигналу, збою обладнання, злому, перехоплення, зіткнення або збиття, що може призвести до пошкодження або втрати БПЛА, даних або інших об'єктів.

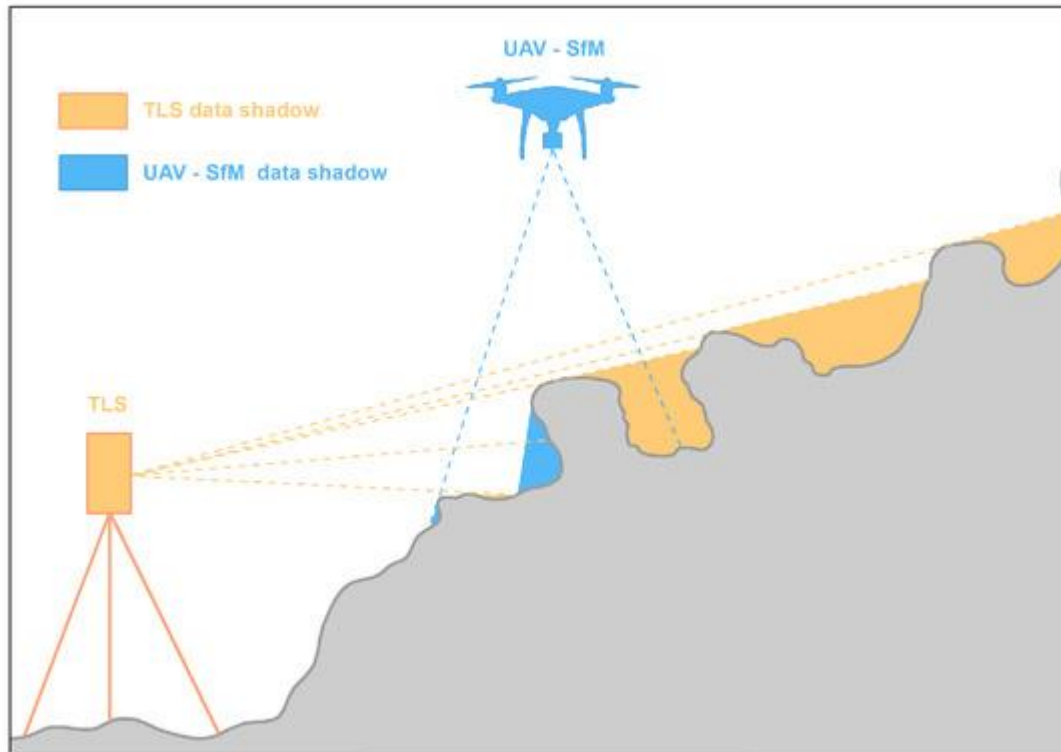
Аналіз переваг та недоліків використання БПЛА знімання та лазерного сканування

Наземне лазерне сканування

- + Висока швидкість і точність вимірювань. Можуть вимірювати сотні тисяч точок в секунду з точністю від кількох міліметрів до 4 см.
- + Висока деталізація і інформативність. Дозволяє отримати тривимірну модель об'єкта, яка відображає його форму, деталі, текстуру тощо.
- + Безконтактність і безпека. Не потребує фізичного контакту з об'єктом, що зменшує ризик пошкодження
- + Оперативність і гнучкість.
- Висока вартість і складність обладнання. Є досить дорогими і вимогливими до обслуговування приладами, які потребують кваліфікованого персоналу і спеціального програмного забезпечення.
- Вплив зовнішніх факторів на якість даних. Може бути зашумлене або спотворене через вплив таких факторів, як рухомі об'єкти, відблиски, тіні, пил, туман, дощ тощо.
- Великий обсяг і складність обробки даних. Генерує велику кількість точок, які потребують високої обчислювальної потужності і часу.

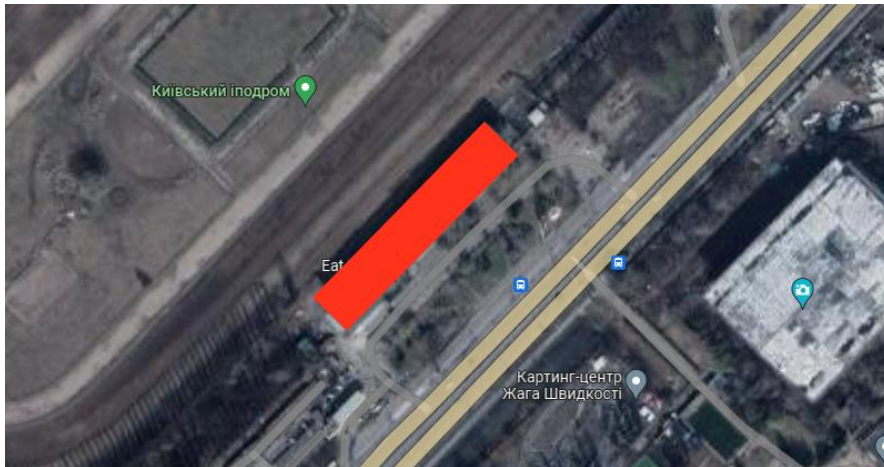
Основа ідея

Ідея доповнення даних лазерного сканування результатами БПЛА фотограмметрії викликана тим, що під час наземного лазерного сканування існує проблема отримання «тіней» під час знімання. Це фактично пробіли в результатах знімання, які викликані тим, що ми не можемо побачити частину споруди чи об'єкту знімання в силу наявності перешкод, або великої висоти об'єкту



Характеристика об'єкту знімання

Київський іподром



Це один з останніх в Україні іподромів, завдяки існуванню якого в Україні зберіглась та розвивається галузь рисистого конярства.

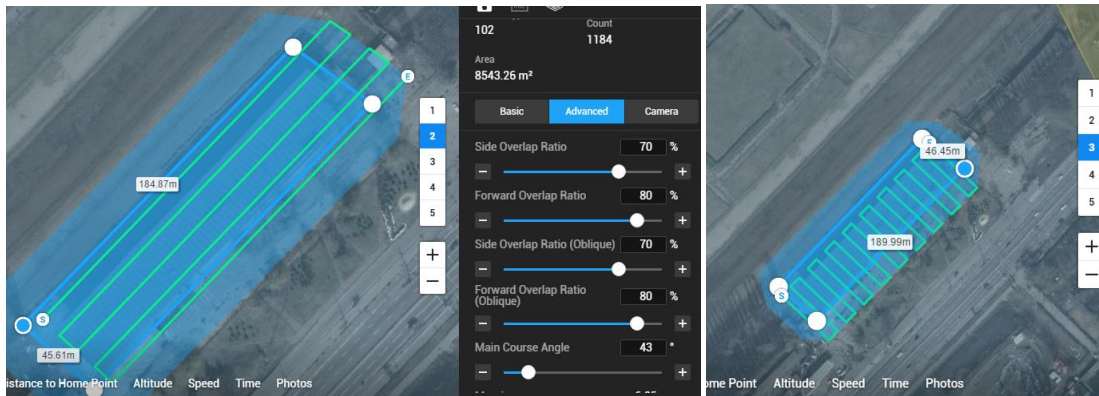


БПЛА знімання - покрівля трибун іподрому,

НЛС - сканування фасадів споруди та трибуни

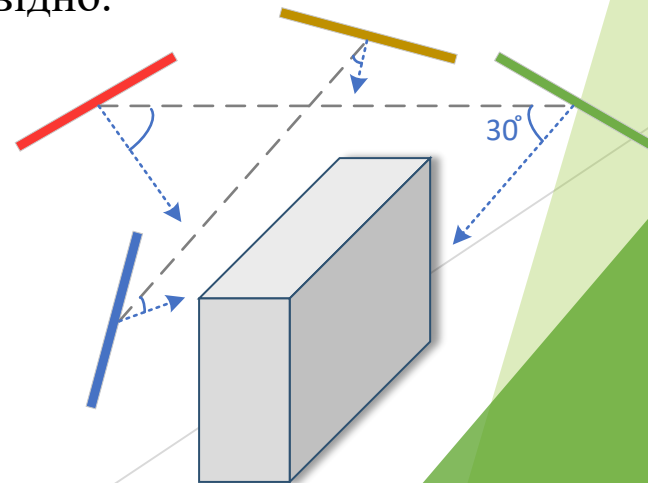
Методика БПЛА знімання

Планування маршрутів знімання виконано в програмі DJI Terra, у якості БПЛА використано DJI Phantom 4 pro v2

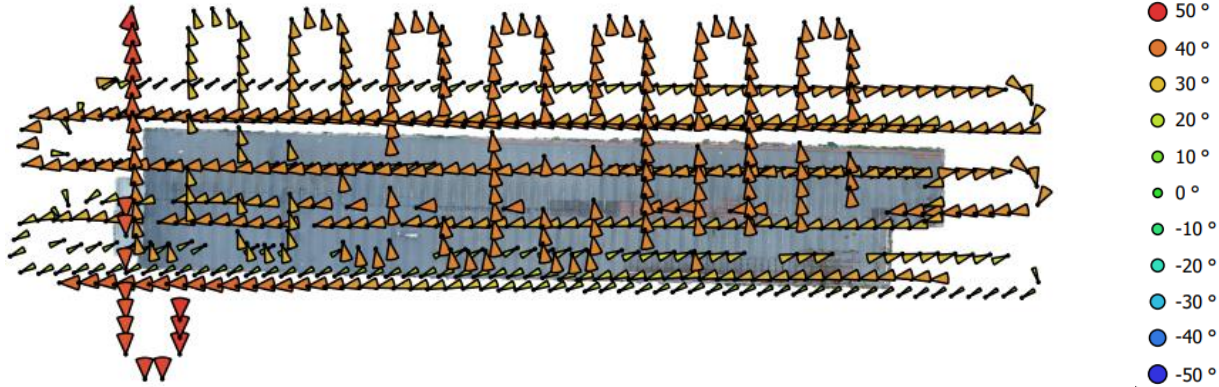


Знімання заплановано на висоті 20-25 метрів, що дозволить отримати роздільну здатність знімків в межах 4-7 мм відповідно.

Схематичне зображення БПЛА знімання споруди



Фактично частина даних була відбракована, частину не було змоги виконати на запланованій висоті за рахунок перешкод у вигляді дерев



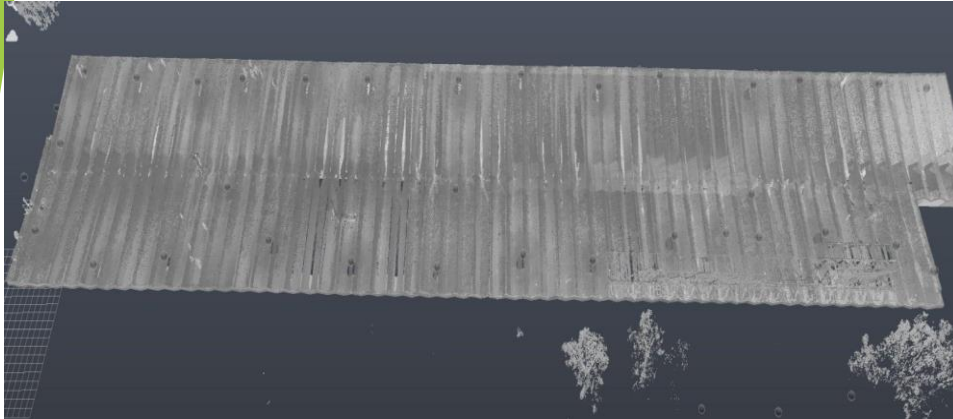
На покрівлі іподрому було розташовано марки, надруковані на листах формату А4



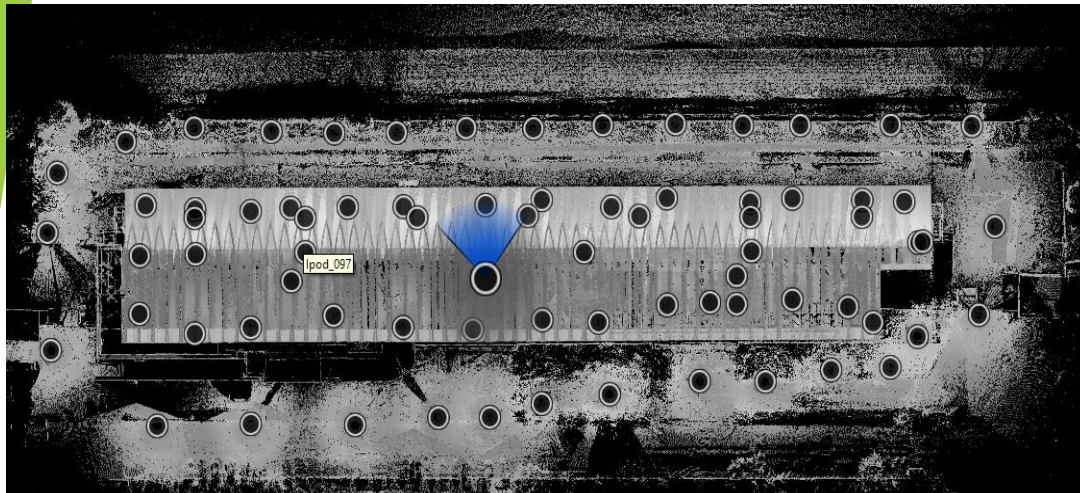
Також по контуру споруди на карнизі та фасаді було обрано додаткові характерні точки

Методика лазерного знімання

На покрівлі виконано 33 станції знімання, після зшивки всіх хмар отримано спільну хмару точок покрівлі іподрому

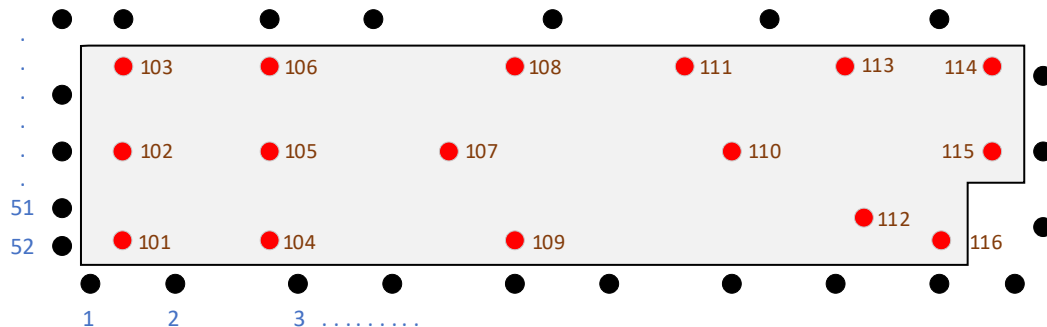


Навколо споруди виконано 75 станцій сканування



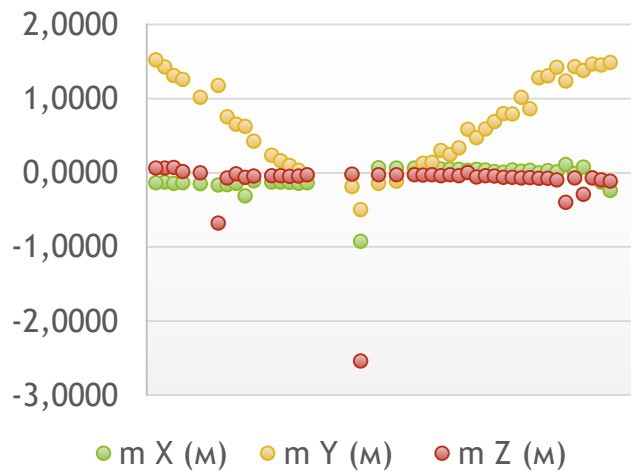
№	X	Y	H
101	5.363	6.036	5.005
102	5.64	17.767	5.08
104	40.476	3.691	4.4
105	40.507	16.924	4.08
106	44.288	30.643	5.605
107	82.429	15.727	4.06
108	98.481	28.072	5.569
109	97.832	2.142	4.526
110	136.516	14.391	4.141
111	131.618	27.945	5.616
112	156.995	5.335	4.61
113	155.604	26.741	5.489
114	176.594	27.212	5.775
115	176.904	14.577	4.979
116	167.488	-0.224	4.645

Комбінація точок на покрівлі та фасаді 1

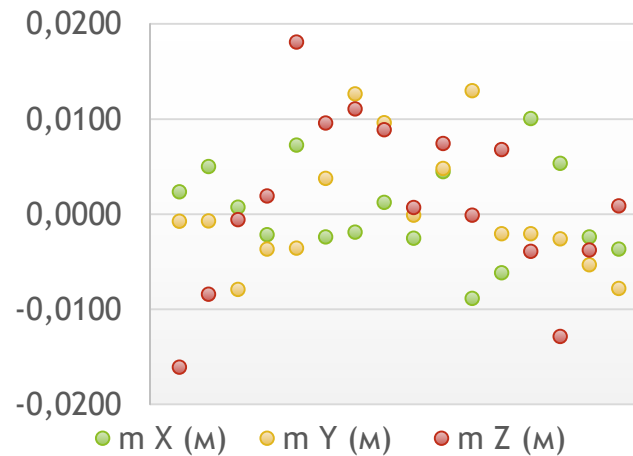


Опорні точки на покрівлі
контрольні точки по карнизу та фасаду

	m_x (м)	m_y (м)	m_z (м)	m_{xy} (м)	m_{xyz} (м)
Опорні	0.005	0.006	0.009	0.008	0.012
Контрольні	0.180	0.901	0.416	0.919	1.009



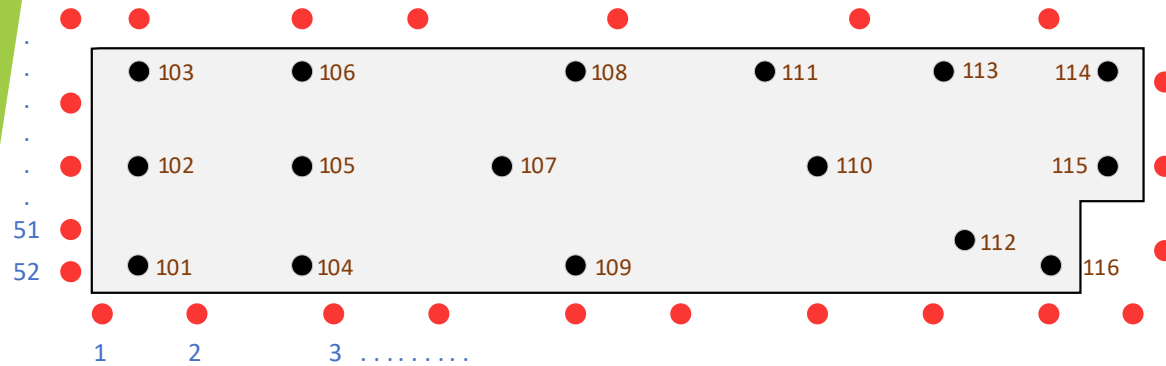
СКП контрольних точок



СКП опорних точок

Визначення місця розташування опорних точок

Комбінація точок на покрівлі та фасаді 2



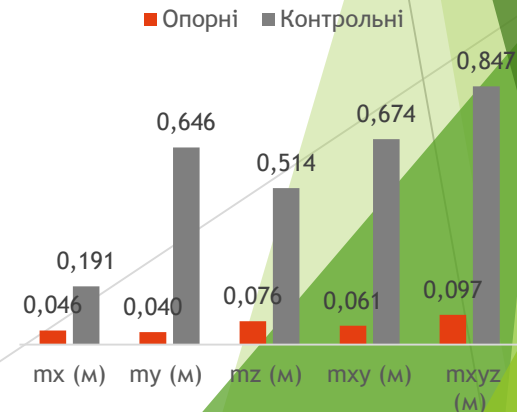
опорні точки на фасаді та карнизі

контрольні точки на поверхні покрівлі

	m_x (м)	m_y (м)	m_z (м)	m_{xy} (м)	m_{xyz} (м)
Опорні	0.138	0.077	0.389	0.158	0.420
Контрольні	0.118	0.820	0.172	0.828	0.846

прибравши опорні точки з малою к-тю проєкцій (2 – 3 проєкції).

	m_x (м)	m_y (м)	m_z (м)	m_{xy} (м)	m_{xyz} (м)
Опорні	0.046	0.040	0.076	0.061	0.097
Контрольні	0.191	0.646	0.514	0.674	0.847

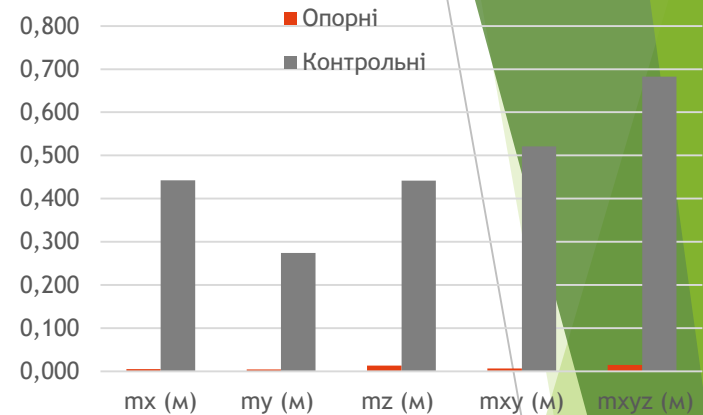


Визначення місця розташування опорних точок

Комбінація точок на покрівлі та землі

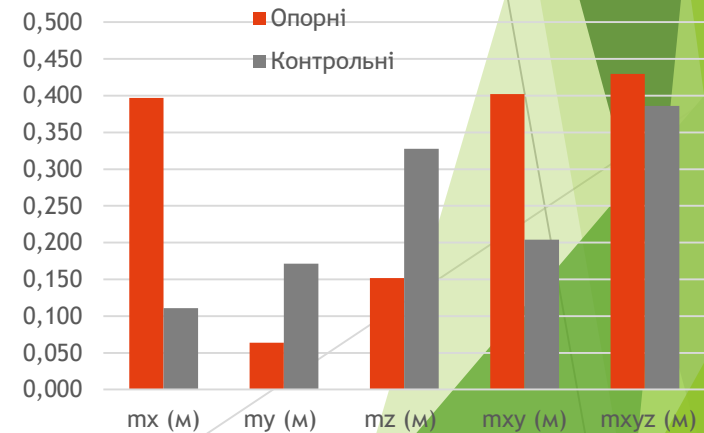
опорні - точки на покрівлі іподрому
 контрольні - точки на землі

	m_x (м)	m_y (м)	m_z (м)	m_{xy} (м)	m_{xyz} (м)
Опорні	0.005	0.004	0.013	0.006	0.015
Контрольні	0.443	0.274	0.441	0.521	0.683

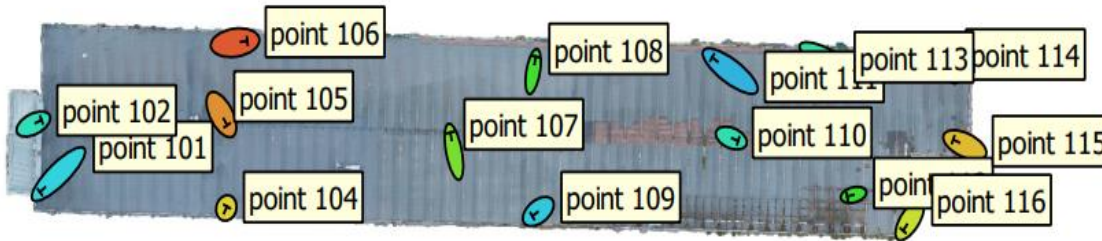


опорні - точки на землі
 контрольні - точки на покрівлі

	m_x (м)	m_y (м)	m_z (м)	m_{xy} (м)	m_{xyz} (м)
Опорні	0.397	0.064	0.152	0.402	0.430
Контрольні	0.111	0.171	0.328	0.204	0.386



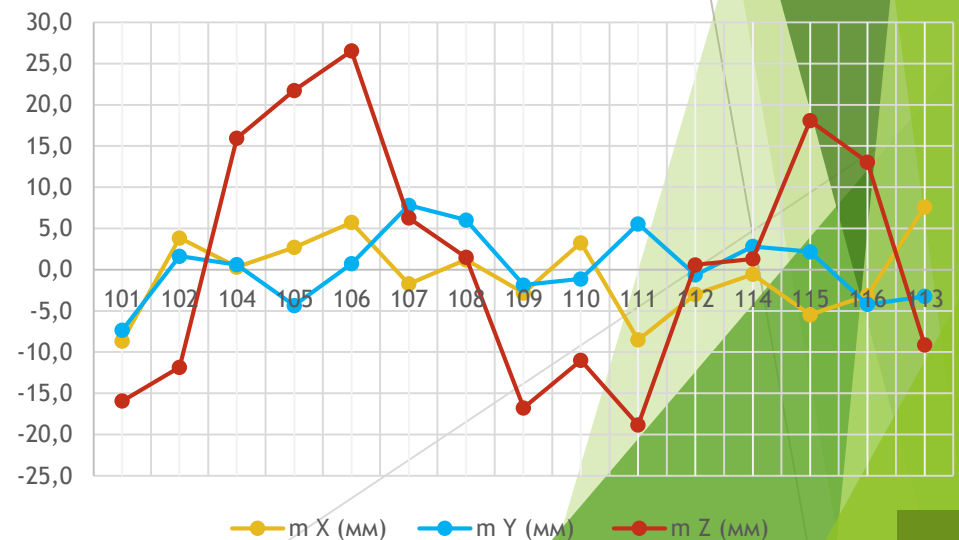
Оцінка точності без використання опорних точок



контрольні точки на поверхні покрівлі

№	m_x (мм)	m_y (мм)	m_z (мм)	m_{xyz} (мм)
101	-8.7	-7.3	-15.9	19.6
102	3.8	1.6	-11.8	12.6
104	0.3	0.6	16.0	16.0
105	2.7	-4.3	21.7	22.3
106	5.7	0.7	26.5	27.2
107	-1.7	7.8	6.3	10.2
108	1.2	6.0	1.5	6.3
109	-2.8	-1.9	-16.8	17.1
110	3.3	-1.1	-11.0	11.5
111	-8.5	5.6	-18.8	21.4
112	-3.0	-0.6	0.6	3.1
114	-0.6	2.8	1.3	3.2
115	-5.5	2.2	18.1	19.0
116	-3.1	-4.2	13.0	14.1
113	7.6	-3.2	-9.1	12.3
Контроль ні	4.7	4.1	14.6	15.9

помилки в планових і висотних координат знаходяться в межах точності виконаних БПЛА знімань, враховуючи роздільну здатність в межах 4 – 7 мм, відповідно можливі помилки в межах до 21 мм.



СКП контрольних точок

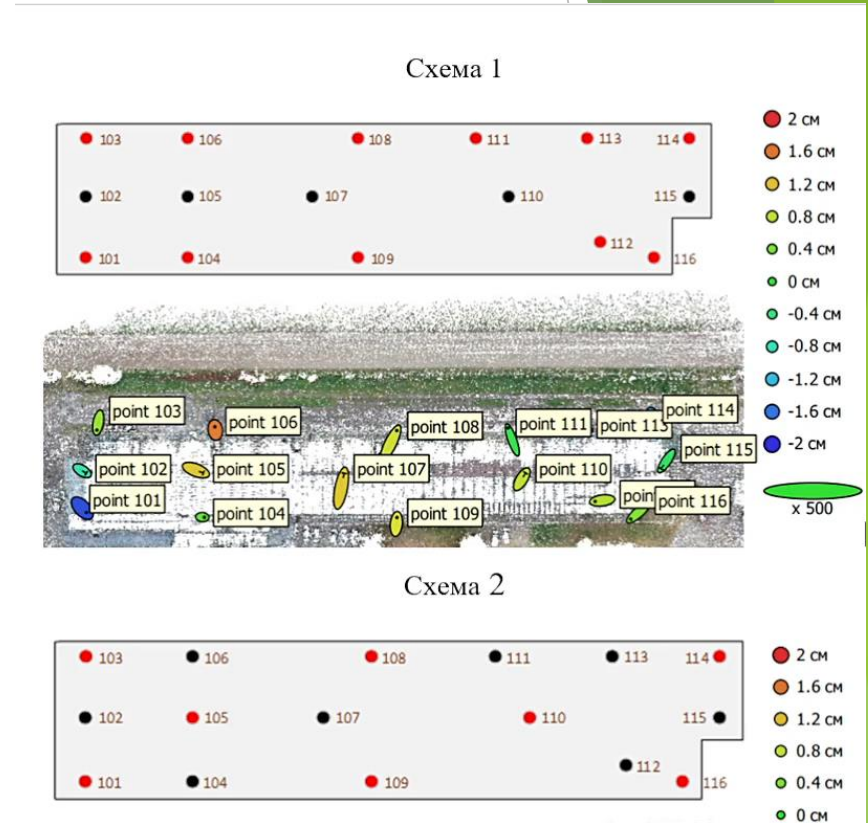
Визначення впливу на точність конфігурації опорних точок та їх кількості

Далі будуть опрацьовані наступні комбінації опорних точок:

1. Опорні точки по контуру споруди, контрольні всередині.
2. Половина точок опорні, половина контрольні з опорними точками в кутах покрівлі.
3. Половина точок опорні, половина контрольні без опорних точок в кутах покрівлі.
4. Опорні точки у формі конверту (4 по краях і 1 в центрі).
5. Опорні точки у формі конверту (4 по краях і 3 в центрі).
6. Опорні в центральній частині даху (8 точок)
7. Опорні вздовж однієї сторони покрівлі.
8. Опорні вздовж середини покрівлі, плюс додатково 2 точки всередині (хрест).
9. Опорні вздовж середини покрівлі без точки в центрі, плюс додатково 2 точки всередині.
10. Опорні по середині на краях у формі ромбу (4 точки).
11. Опорні на краях покрівля (4 точки)
12. Опорні точки по синусоїді.

Визначення впливу на точність конфігурації опорних точок та їх кількості

	m_x (мм)	m_y (мм)	m_z (мм)	m_{xy} (мм)	m_{xyz} (мм)
Опорні	5.4	7.9	7.9	9.6	12.4
1.O	6.2	8.4	9.8	10.4	14.3
1.K	6.0	9.8	8.6	11.5	14.3
2.O	5.5	9.1	10.8	10.6	15.1
2.K	6.6	9.9	8.9	11.9	14.9
3.O	6.4	8.0	9.8	10.2	14.2
3.K	6.2	12.3	13.2	13.8	19.1
4.O	6.2	10.4	14.0	12.2	18.6
4.K	7.8	12.3	18.2	14.5	23.3
5.O	5.2	10.5	11.0	11.7	16.0
5.K	6.9	6.8	9.9	9.7	13.9
6.O	4.5	5.7	6.4	7.3	9.7
6.K	11.5	23.5	22.7	26.2	34.6
7.O	6.0	10.7	52.1	12.3	53.5
7.K	12.7	58.6	2325.6	59.9	2326.4
8.O	3.6	9.9	7.5	10.6	12.9
8.K	7.9	10.1	13.3	12.8	18.4
9.O	4.0	9.7	8.7	10.5	13.6
9.K	7.6	10.4	13.6	12.9	18.7
10.O	4.6	11.3	10.9	12.2	16.4
10.K	7.1	9.8	14.5	12.1	18.9
11.O	7.7	2.3	13.6	8.0	15.8
11.K	10.8	21.6	39.6	24.1	46.4
12.O	6.8	10.3	10.6	12.4	16.3
12.K	7.7	11.2	16.4	13.6	21.3



Одразу можна побачити дуже великі помилки для комбінації 7, в якій ми розташували опорні точки по одній стороні покрівлі.

Визначення впливу на точність конфігурації опорних точок та їх кількості

відносні величини у вигляді відсоткового збільшення чи зменшення величини СКП відносно опорних значень

	m_x (%)	m_y (%)	m_z (%)	m_{xy} (%)	m_{xyz} (%)
1.O	15	6	24	9	15
1.K	9	23	7	18	13
2.O	2	12	33	10	19
2.K	22	23	9	22	16
3.O	15	1	21	6	12
3.K	13	56	54	41	47
4.O	13	21	46	19	32
4.K	38	42	74	41	59
5.O	-3	21	17	15	16
5.K	29	-10	19	1	9
6.O	-13	-32	-15	-23	-19
6.K	136	271	230	227	229
8.O	-14	3	0	2	0
8.K	68	22	72	30	47
9.O	-17	18	6	7	7
9.K	54	26	65	31	46
10.O	-11	33	22	21	21
10.K	36	17	61	21	40
11.O	32	-57	39	-13	18
11.K	70	602	233	182	215
12.O	13	11	7	12	8

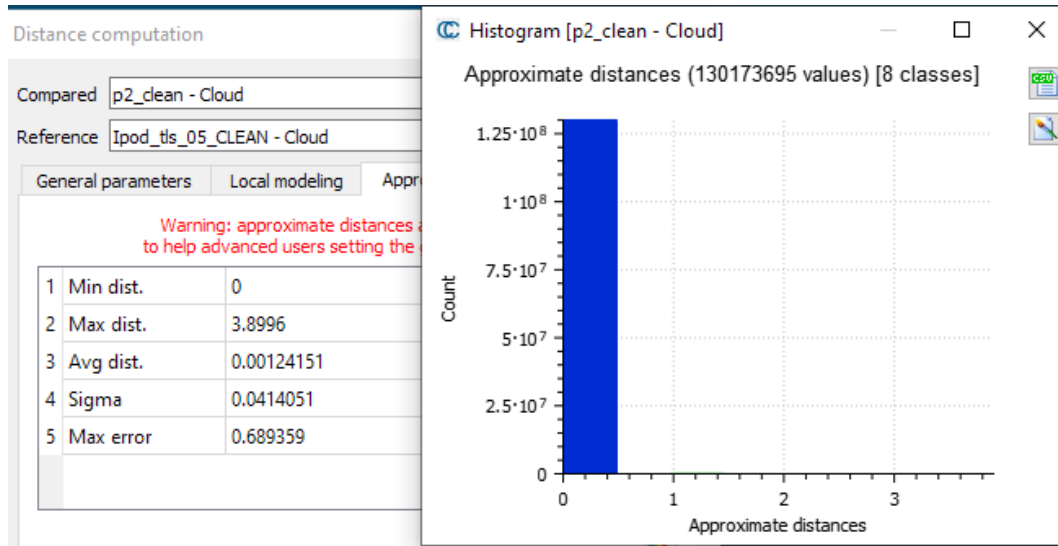
За результатами експерименту небажані конфігурації №6,7,8 та 11.

Найкращими виглядають конфігурації №1,2 та 5.

Варіації №3 та 9 збільшують помилки, але не суттєво більше 50 %.

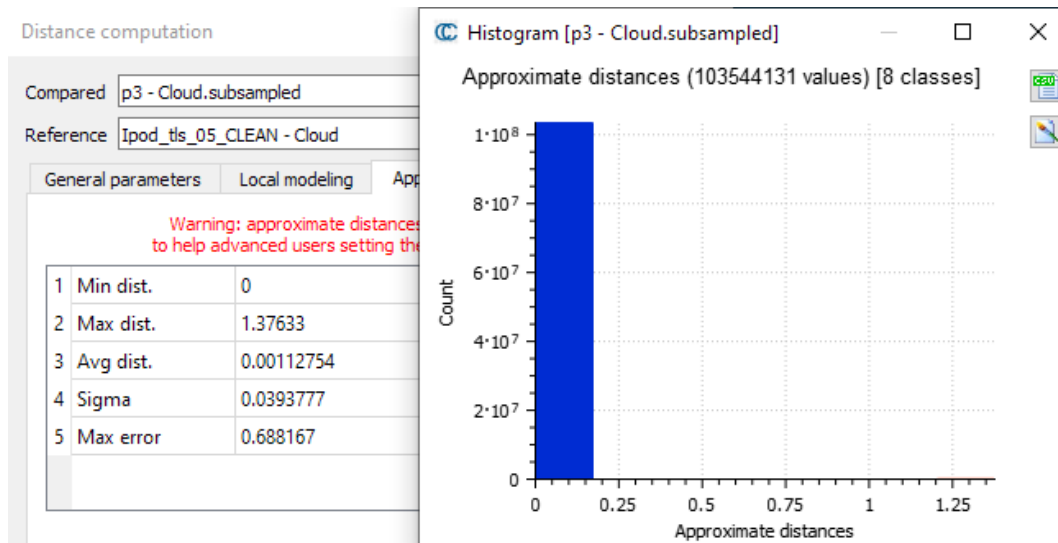
Конфігурації №4, 10 та 12 можна віднести до варіантів, коли висотна складова помилки не є суттєвою для виконання робіт, тому що вони призводять до вираженого збільшення помилок у відмітках.

Порівняння даних лазерного сканування та БПЛА знімання



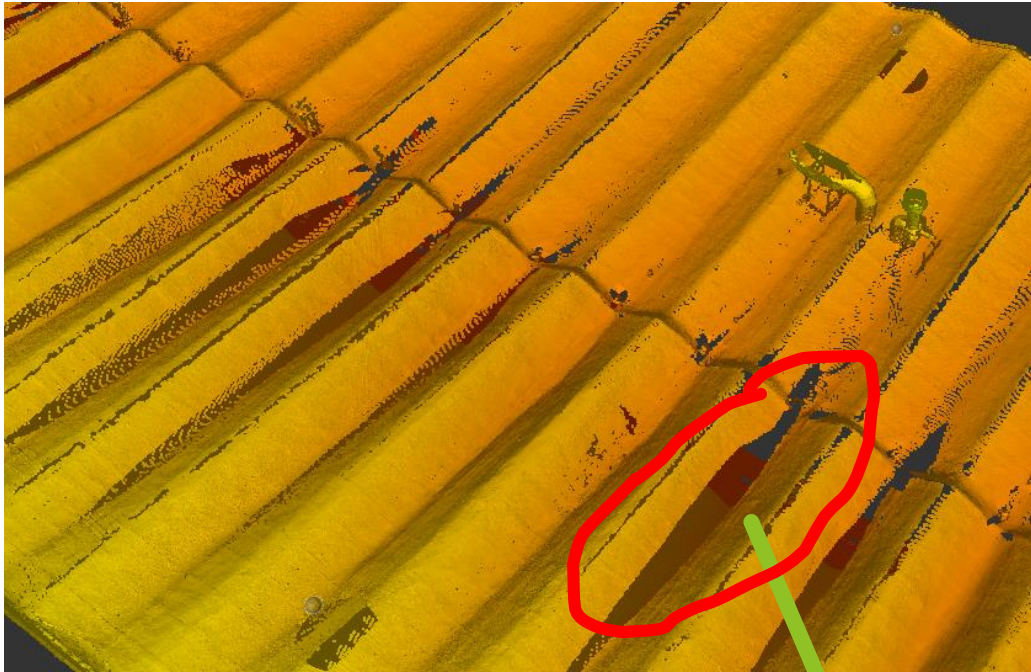
пошук відстаней між хмарами точок в CloudCompare

Відхилення між хмарию БПЛА (опорні на покрівлі) та лазерного сканування

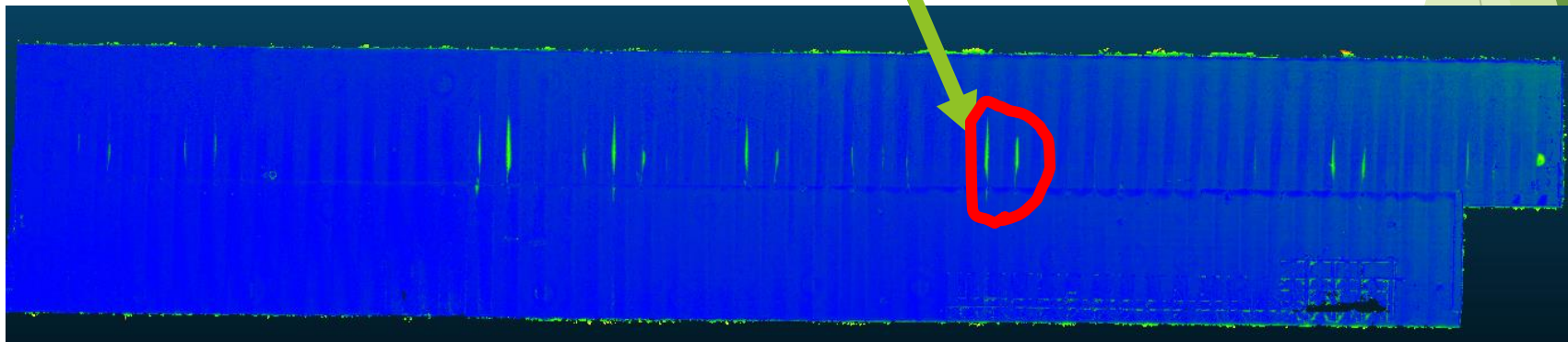


Відхилення між хмарию БПЛА (без опорних) та лазерного сканування

Порівняння даних лазерного сканування та БПЛА знімання



Розриви в хмарі НЛЗ



Карта відхилень

Для забезпечення комплексного знімання об'єктів та споруд методом лазерного сканування з доповненням недоступних даних за допомогою фотограмметрії з використанням БПЛА знімання необхідно забезпечити:

- однакову точність отримання координат точок як об'єкту знімання, так і розташованих опорних точок для прив'язки результатів в єдину систему координат.
- використання опорних точок на фасаді споруди можливе лише у випадках повноцінного знімання цих фасадів за допомогою БПЛА.
- контроль швидкості спрацювання затвору камери або зменшення швидкості польоту дрону, для запобігання змазу ображень на близьких відстанях.

З результатів проведення дослідження визначення впливу конфігурації опорних точок на точність фотограмметричних даних встановлено, що найкращими схемами розташування виявились форма конверту, рівномірний розподіл та розташування великої кількості точок по контуру об'єкту.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ