

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет геоінформаційних систем і управління територіями

АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР на тему

«Методика та технологія лазерного сканування об'єктів спортивної інфраструктури»

					Дипломний проект			
Зм	Кільк	№ докум.	Підпис	Дата	Лист		Масштаб	
Виконав		Кравчук А.І.			Методика та технологія лазерного сканування об'єктів спортивної інфраструктури			
Керівник		Дем'яненко Р.А.					Арк.	Аркушів
					1			
					Графічні матеріали		КНУБА, ГІСУТ Кафедра інженерної геодезії ГДм-23	
Зав кафедри		Дем'яненко Р.А.						

ЗАДАЧІ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

1. Експериментальне дослідження методу НЛС
2. Аналіз точності НЛС
3. Експериментальне дослідження Slam сканування
4. Аналіз точності Slam сканування
5. Порівняльний аналіз НЛС та Slam сканування
6. Класифікація задач до методів сканування

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ

Об'єктом роботи є спортивний комплекс КНУБА, що розташований у м. Києві. Комплекс являє собою двоповерховий, прямокутний будинок, що має залізобетонні перекриття. Загальна площа становить 1715 м². Довжина комплексу становить 70м. Ширина комплексу становить 24,5м. Висота комплексу становить 8м. Комплекс має 4 основні фасади. Один з них закритий банерами, один з них має велику кількість вітражів, а інші два цегляні.



Архітектурний вигляд



Генеральний план

МЕТОДИ ВИКОНАННЯ ОБМІРНИХ РОБІТ

	Тахеометричний	Фотограмметричний	Лазерне сканування
Точність:	2-5 мм на 100м	30мм на 100м	2-10мм на 100м
Швидкість роботи:	100-200 точок/год	500-1000 м ² /год	5 000 00 – 1 000 000 точок/сек
Деталізація:	Низька	Висока	Висока

ВИМОГИ ДО ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ

Згідно ДБН А.2.1-1-2014 «ІНЖНЕРНІ ВИШУКУВАННЯ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА» Методом лазерного сканування виконується зйомка елементів будівель та споруд - фасадів, внутрішніх приміщень, автошляхів тощо. Гранична похибка визначення координат та висот точок не повинна перевищувати 6 мм на відстань в 50 м. Крок сканування (відстань між точками) не повинен перевищувати 50 мм.

СТВОРЕННЯ ПЛАНОВО-ВИСОТНОЇ ОПОРНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИКОНАННЯ ОБМІРНИХ РОБІТ

За принципом мізерного впливу, середня квадратична похибка створення опорної геодезичної мережі має бути у три рази нижчою за середню квадратичну похибку виконання геодезичних робіт. Це означає, що положення станцій одна від одної маємо визначати з точністю **2 мм**.

Складові мережі:

1. Побудова опорної геодезичної мережі за допомогою тахеометра.
2. Координування опорних цілей – марок з пунктів опорної мережі за допомогою тахеометра.
3. Визначення координат станцій НЛС від опорних точок, закріплених на споруді.

Оцінка точності положення пунктів мережі за допомогою тахеометром

M min	Пункт	M max	Пункт	M середня
0,0008	P1	0,0016	P4	0,0012

Пункт	M	M _x	M _y	a	b	α
1	2	3	4	5	6	7
P2	0,0009	0,0005	0,0008	0,0008	0,0005	128°08'45,7"
P3	0,0015	0,0012	0,0009	0,0014	0,0003	196°32'00,1"
P4	0,0016	0,0015	0,0005	0,0016	0,0003	264°13'34,5"

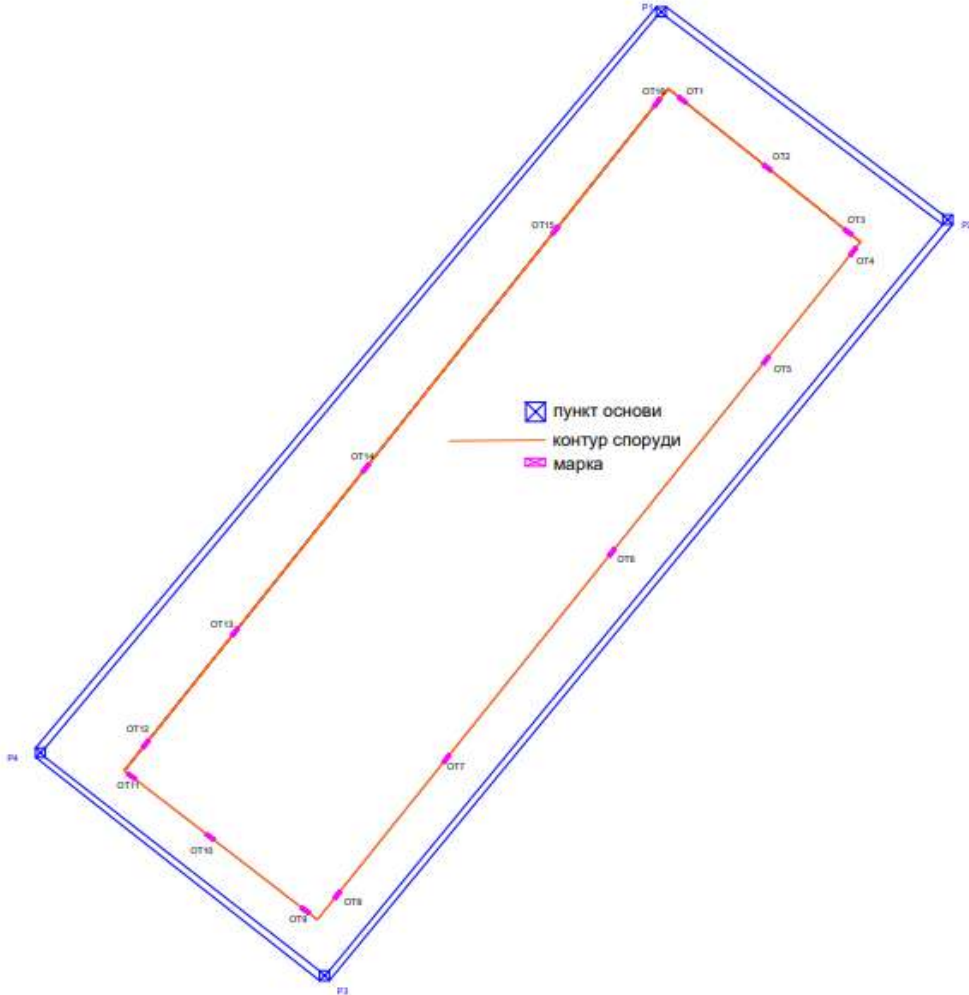


Схема розташування пунктів основи

КООРДИНУВАННЯ МАРОК ТА РОЗРАХУНОК ТОЧНОСТІ

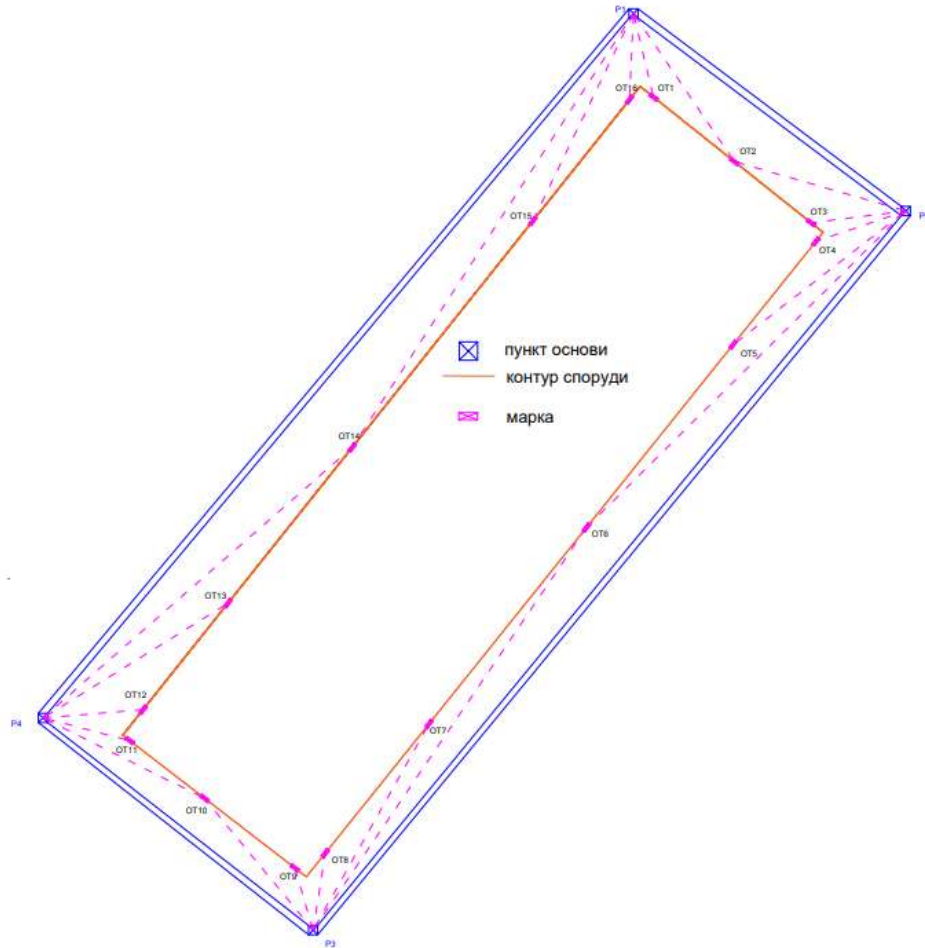


Схема координування марок з пунктів основи

Оцінка точності координування марки полярним способом

$$m_M = \sqrt{m_S + \frac{m_\beta}{\rho} * S}$$

При $S = 17$ м, $m_\beta = 1$ мм, $m_S = 2''$
 $\Rightarrow m_M = 1,6$ мм

Оцінка точності визначення місця стояння НЛС

$$m_M = \sqrt{m_S + \frac{m_\beta}{\rho} * S}$$

При $S = 12$ м, $m_\beta = 2$ мм, $m_S = 15''$
 $\Rightarrow m_M = 2,2$ мм

Загальна СКП методом полярних координат

$$m_3 = \sqrt{m_P + m_M + m_{LP}}$$

При $m_P = 1,6$ мм, $m_M = 1$ мм, m_{LP}
 $= 2,2$ мм $\Rightarrow m_3 = 2,9$ мм

ВИКОНАННЯ ВИМІРЮВАНЬ ФАСАДІВ СПОРУДИ ЗА ДОПОМОГОЮ НЛС

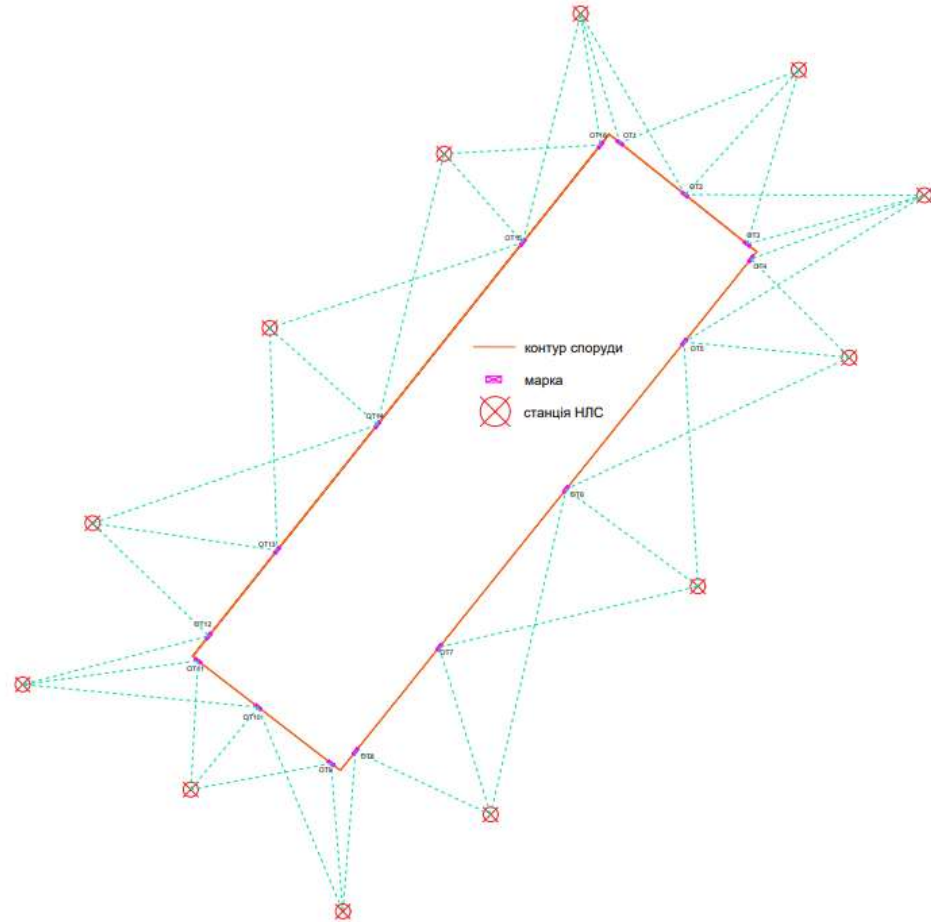


Схема розміщення станцій НЛС та опорних цілей у вигляді марок

Параметри виконання вимірювань:

1. 12 станцій сканування навколо об'єкту.
2. Найбільша відстань від НЛС до опорної точки - 17 м.
3. Перекриття більше 30 відсотків поверхні об'єкту між сусідніми сканами.



Виконання вимірювань

Типи 3D Лазерних сканерів

Стационарний лазерний сканер



Slam сканери



Категорія	Вимоги/Характеристики
Точність вимірювання відстаней	Абсолютна точність: ± 2 мм на відстані до 120 м. Точність вимірювань на середніх дистанціях: $\pm 1,5$ –2 мм у межах робочого діапазону.
Точність сканування	Просторова точність (3D): ± 2 мм на точку в межах діапазону дії. Залежність точності від коректного налаштування реєстраційних точок і калібрування.
Щільність сканування	Регульована щільність точок для деталізованої 3D-моделі без втрати якості.

Тип SLAM-сканера	Технологія	Точність (мм)	Відстань вимірювання
Лазерний SLAM	Лідар (LiDAR)	20-30мм	до 100 м і більше

Результат та точність вимірів



Хмара з наземного лазерного сканера

№ точки	Метод зйомки						Розрахунок											
	Каталожні значення			НЛС			$\Delta x, м$	$\Delta x'^2, м$	$\Delta y, м$	$\Delta y'^2, м$	$\Delta z, м$	$\Delta z'^2, м$	мм	мм	мм	М		
1	6333776,79	5588397,81	99,26	6333776,8	5588397,82	99,29	0,01	0,0001	-0,01	0,0001	-0,03	0,001						
2	6333786,75	5588399,85	108,26	6333786,7	5588399,88	108,24	0,06	0,0036	-0,03	0,00	0,02	0,000						
3	6333770,63	5588387,36	98,84	6333770,6	5588387,39	98,84	0,02	0,0004	-0,03	0,00	0,00	0,000						
4	6333800,29	5588393,33	99,21	6333800,3	5588393,35	99,24	0,01	0,0001	-0,02	0,00	-0,03	0,001						
5	6333758,76	5588373,29	98,89	6333758,8	5588373,29	98,87	0,01	0,0001	0,00	0,00	0,02	0,000	0,01	0,015				
6	6333718,4	5588364,92	99,02	6333718,4	5588364,91	99,02	0,00	0,0000	0,01	0,00	0,00	0,000						
7	6333687,53	5588358,16	98,98	6333687,5	5588358,13	98,95	0,01	0,0001	0,03	0,00	0,03	0,001						
8	6333655,42	5588351,18	98,82	6333655,4	5588351,15	98,8	0,01	0,0001	0,03	0,00	0,02	0,000						
9	6333655,73	5588372,35	103,15	6333655,8	5588372,38	103,13	-0,02	0,0004	-0,03	0,00	0,02	0,000						
10	6333658,87	5588372,97	103,12	6333658,9	5588372,98	103,11	-0,01	0,0001	-0,01	0,00	0,01	0,000			0,01	0,01		
$\Delta_{Середн}$							0,01		0,01		0,006							
$\Delta_{Сум}$								0,0050		0,0052		0,004						

Розрахунок точності з
стаціонарного сканера
СКП дорівнює 0,01м

Для розрахунку середньої квадратичної похибки точності моделі використано формулу Гаусса

$$m = \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}}$$

Δ – Різниця відліків
 n – кількість вимірів

Хмара з Slam сканера

№ точки	Метод зйомки						Розрахунок											
	Каталожні значення			НЛС			$\Delta x, м$	$\Delta x'^2, м$	$\Delta y, м$	$\Delta y'^2, м$	$\Delta z, м$	$\Delta z'^2, м$	мм	мм	мм	М		
1	6333776,79	5588397,81	99,26	6333776,8	5588397,82	99,29	0,01	0,0001	-0,01	0,0001	-0,03	0,001						
2	6333786,75	5588399,85	108,26	6333786,7	5588399,88	108,24	0,06	0,0036	-0,03	0,00	0,02	0,000						
3	6333770,63	5588387,36	98,84	6333770,6	5588387,39	98,84	0,02	0,0004	-0,03	0,00	0,00	0,000						
4	6333800,29	5588393,33	99,21	6333800,3	5588393,35	99,24	0,01	0,0001	-0,02	0,00	-0,03	0,001						
5	6333758,76	5588373,29	98,89	6333758,8	5588373,29	98,87	0,01	0,0001	0,00	0,00	0,02	0,000	0,01	0,015				
6	6333718,4	5588364,92	99,02	6333718,4	5588364,91	99,02	0,00	0,0000	0,01	0,00	0,00	0,000						
7	6333687,53	5588358,16	98,98	6333687,5	5588358,13	98,95	0,01	0,0001	0,03	0,00	0,03	0,001						
8	6333655,42	5588351,18	98,82	6333655,4	5588351,15	98,8	0,01	0,0001	0,03	0,00	0,02	0,000						
9	6333655,73	5588372,35	103,15	6333655,8	5588372,38	103,13	-0,02	0,0004	-0,03	0,00	0,02	0,000						
10	6333658,87	5588372,97	103,12	6333658,9	5588372,98	103,11	-0,01	0,0001	-0,01	0,00	0,01	0,000			0,01	0,01		
$\Delta_{Середн}$								0,01		0,01		0,006						
$\Delta_{Сум}$									0,0050		0,0052		0,004					

Розрахунок точності з Slam
сканера
СКП дорівнює 0,03м

Порівняння результатів

[Point-pair registration]
Current RMS: 0.0249542

show 'to align' entities

	X	Y	Z	Error
A0	19.700752	14.012603	3.754222	0.0337236
A1	36.676697	13.443129	3.749266	0.0304384
A2	23.126526	42.791664	-0.762914	0.0123283
A3	23.647865	42.801434	-0.766485	0.0165872

show 'reference' entities

	X	Y	Z	Error
R0	19.771000	13.972500	3.819900	0.0337236
R1	36.690300	13.415600	3.783300	0.0304384
R2	23.139400	42.770700	-0.744601	0.0123263
R3	23.637900	42.781489	-0.753300	0.0165872

adjust scale Rotation: XYZ Tx Ty Tz

auto update zoom

align reset ✓ ✕

Align info

Final RMS: 0.0249542

Transformation matrix

1.000	-0.001	0.001	-33.200
0.001	1.000	0.001	-24.672
-0.001	-0.001	1.000	-11.318
0.000	0.000	0.000	1.000

Scale: 1.00026 (already integrated in above matrix!)

Refer to Console (F8) for more details

OK

Distance computation

Compared: Total_station - Cloud.segmented

Reference: Спорткомплекс_Xgrids_Lixel_L2 - Cloud.segmented

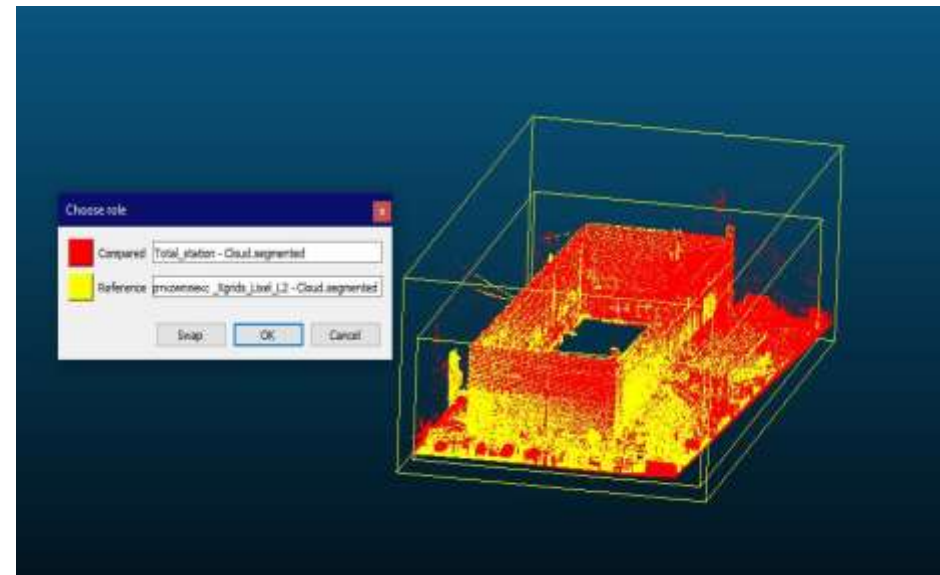
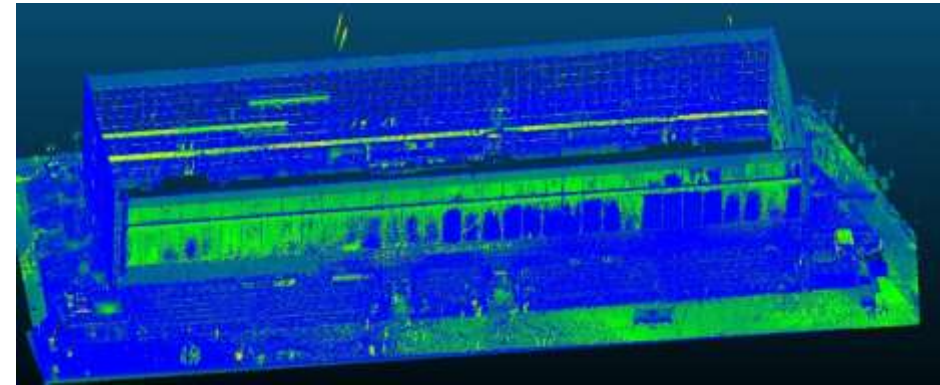
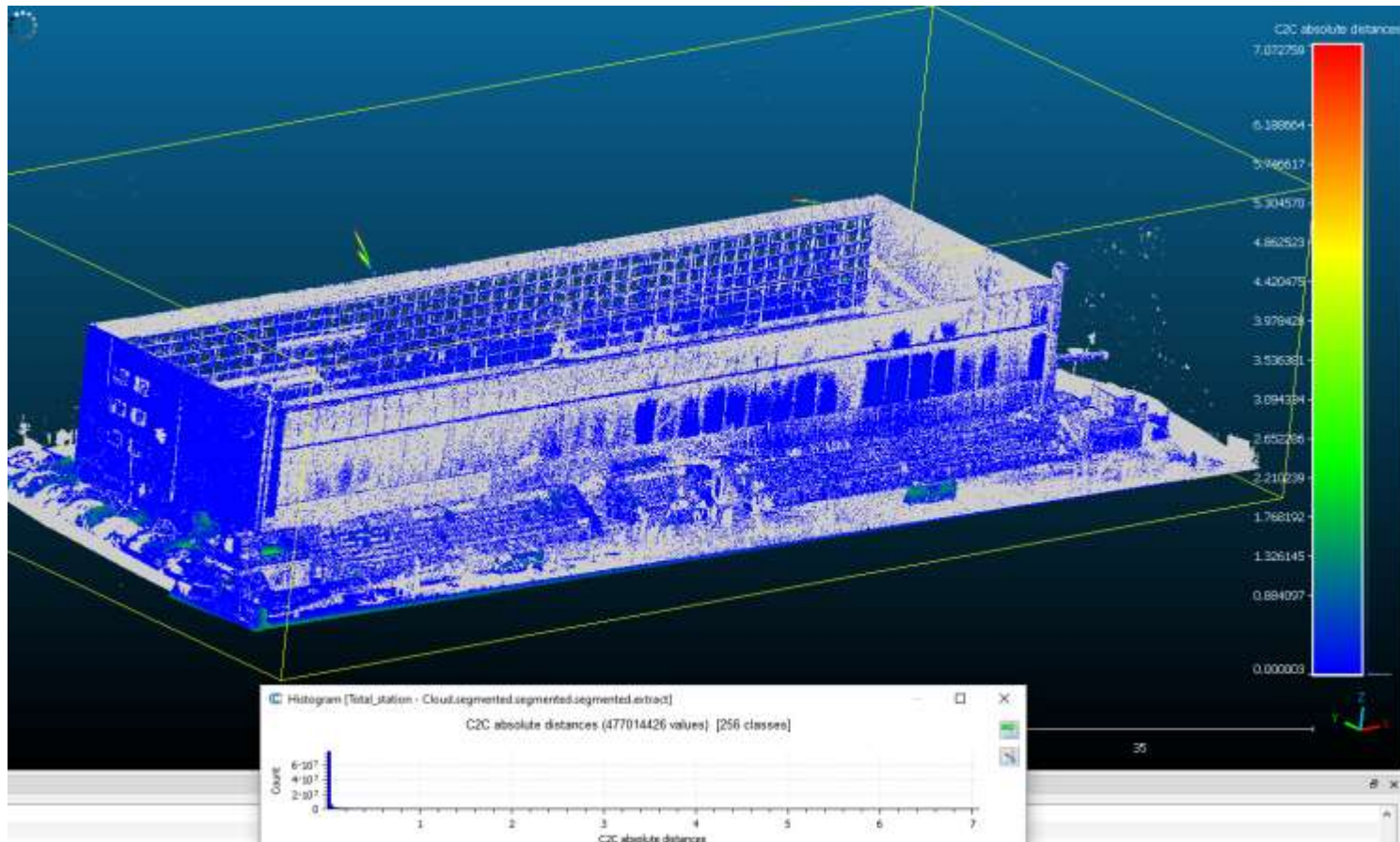
General parameters Local modeling Approximate distances

Warning: approximate distances are only provided to help advanced users setting the general parameters

1	Min dist.	0
2	Max dist.	18.4933
3	Avg dist.	0.16879
4	Sigma	0.850021
5	Max error	0.528596

Compute Ok Cancel

Порівняння результатів



Порівнявши дві хмари точок ми маємо результат розбіжності між хмарами в **30мм**

НАПРЯМКИ ВИКОРИСТАННЯ

Наземне сканування

1. Отримання детальних 3D моделей будівельних та промислових об'єктів;
2. Виконання архітектурних обмірів, побудова планів та 3D моделей фасадів;
3. Моніторинг геологічних виробок та інших об'єктів, визначення об'ємів ґрунтів;
4. Топографічні знімання;

SLAM - сканування

1. Картографування та побудова 3D моделей, планів та профілів лінійних об'єктів (переважно автомобільні дороги, залізні дорожні колії.)
2. Картографування та побудова 3D моделей місць щільної забудови або промислових об'єктів.

Висновки

Під час виконання даної роботи зроблено порівняння двох методів наземного лазерного сканування, а саме стаціонарне лазерне сканування та SLAM-технологія. В результаті чого було з'ясовано, що координати, отримані за допомогою SLAM-сканера, демонструють відмінності порівняно з результатами, отриманими за допомогою стаціонарного лазерного сканування. Дані, отримані методом стаціонарного сканування, характеризуються вищою точністю порівняно з технологією SLAM.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!