

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



ФАКУЛЬТЕТ АРХІТЕКТУРИ, БУДІВНИЦТВА ТА ЗЕМЛЕУСТРОЮ
Кафедра геодезії

М.В. Трегуб, Ю.Є. Трегуб, О.Є. Янкін

ОСНОВИ ЛАЗЕРНОГО НАЗЕМНОГО СКАНУВАННЯ

Методичні рекомендації до лабораторних занять

для здобувачів ступеня бакалавра

галузі знань 19 Архітектура та будівництво

Дніпро
НТУ «ДП»
2024

Трегуб М.В.

Основи лазерного наземного сканування [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до лабораторних занять для здобувачів ступеня бакалавра галузі знань 19 Архітектура та будівництво / М.В. Трегуб, Ю.Є. Трегуб, О.Є. Янкін ; Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2024. – 53 с.

Автори:

М.В. Трегуб, канд. техн. наук, доц.;

Ю.Є. Трегуб, канд. техн. наук;

О.Є. Янкін, канд. техн. наук, доц.

Затверджено науково-методичною комісією зі спеціальності 193 Геодезія та землеустрій (протокол № 5 від 07.03.2024) за поданням кафедри геодезії (протокол № 9 від 07.03.2024).

Методичні матеріали призначено для самостійної роботи здобувачів ступеня бакалавра галузі знань 19 Архітектура та будівництво під час виконання лабораторних робіт з вибіркової дисципліни «Основи лазерного наземного сканування».

Обґрунтовано використання симулятора лазерного наземного сканування VirScan3D, який розроблено спільно українськими та німецькими вченими в межах проєкту Virtueller Simulator für Lehrumgebungen in der 3D-Digitalisierung – VRscan3D (Створення віртуального симулятора для навчальних цілей, з метою дігіталізації результатів 3D сканування), фінансується за кошти DAAD (01.10.2021-2024).

Відповідальний за випуск завідувач кафедри геодезії О.Є. Янкін, канд. техн. наук, доц.

Зміст

	С.
ВСТУП	4
Критерії оцінювання	5
<i>Лабораторна робота 1</i> Інтерфейс VirScan3D	6
<i>Лабораторна робота 2</i> Лазерне наземне сканування в симуляторі VirScan3D та реєстрація хмар точок у середовищі CloudCompare.	12
<i>Лабораторна робота 3</i> Фільтрація хмар точок за допомогою програми CloudCompare	19
<i>Лабораторна робота 4</i> Реконструкція хмари точок у середовищі CloudCompare	33
<i>Лабораторна робота 5</i> Реєстрація хмари точок у програмі FARO SCENE.	36
Список рекомендованої літератури	51

ВСТУП

Дисципліна «Основи лазерного наземного сканування» з вибіркового циклу викладається під час навчання на здобуття ступеня бакалавра галузі знань 19 Архітектура та будівництво.

Метою запропонованих методичних рекомендацій є надання допомоги студентам під час вивчення дисципліни, заохочення їх до самостійної та творчої роботи.

У методичних рекомендаціях детально розглянуто виконання процесу лазерного наземного сканування за допомогою симулятора VirScan3D та процесу обробки хмари точок двома видами програмного забезпечення. До кожної роботи вказано тему, мету, завдання та детальне пояснення виконання робіт.

Матеріали методичних рекомендацій передбачають набуття здобувачами таких результатів навчання:

- обґрунтовувати принцип роботи лазерних наземних сканерів;
- планувати та виконувати проекти наземного лазерного сканування і 3D моделювання;
- формувати об'єкти з хмари точок і оцінювати їх якість.

Лабораторні роботи оформляються у електронному вигляді на аркушах еквіваленту формату паперу А4. Шрифт – Times New Roman, кегль – 14, міжрядковий інтервал – 1,5. У таблицях та на рисунках допускається розмір шрифту 12 та міжрядковий інтервал – 1,0. Розмір полів: верхнє і нижнє – не менше ніж 20 мм, ліве – не менше 25 мм, праве – не менше 15 мм. Текст друкується з абзацами 1,25 см, вирівнювання тексту – за шириною сторінки. Усі формули, таблиці, рисунки, схеми, діаграми тощо нумеруються та підписуються.

Критерії оцінювання навчальних досягнень студентів

При оцінюванні рівня володіння студентами практичними вміннями та навичками під час виконання лабораторних робіт з дисципліни «Основи лазерного наземного сканування» враховується знання процедури виконання лазерного наземного сканування та обробки його результатів. Обов'язковим при оцінюванні студента є врахування дотримання ним термінів здачі робіт та вимог до їх оформлення.

Прийнято оцінювати знання студентів за трьома рівнями:

Достатній рівень (60-73) – студент добре орієнтується в інтерфейсі симулятора лазерного наземного сканування VirScan3D, володіє необхідною термінологією, частково знає процедуру виконання лазерного наземного сканування.

Середній рівень (74-89) студент виконує усі лабораторні роботи за методичними рекомендаціями, належно оформляє їх, здає в зазначений термін, але у роботах трапляються неточності або помилки.

Високий рівень (90-100) усі роботи виконані студентом у повному обсязі, з використанням відповідного програмного забезпечення, студент самостійно робить висновки з важливих питань, звіт лабораторних робіт оформлено відповідно до вимог та здано у встановлені терміни, студент самостійно надає рекомендації щодо кількості станцій сканування, кількості точок у хмарі для побудови 3D- моделі, можлива наявність помилок, що не є суттєвими.

Лабораторна робота № 1

Тема: Інтерфейс VirScan3D

Мета: Познайомитися з симулятором лазерного наземного сканування VirScan3D, його функціями та можливостями.

Завдання:

1. Завантажити програмне забезпечення VirScan3D <http://vrscan3d.com/>.
2. Відкрити демо-версію симулятора та познайомитися з його можливостями.

Методичні рекомендації до виконання роботи

Для запуску програми VRscan3D потрібно запустити файл «VRscan3D_v05.exe» (назва файлу залежить від версії, яку завантажуюмо).

На рисунку 1.1 представлено стартовий екран симулятора та його головне меню, у якому можна створити новий проект або відкрити існуючий, меню налаштувань і елементів керування.

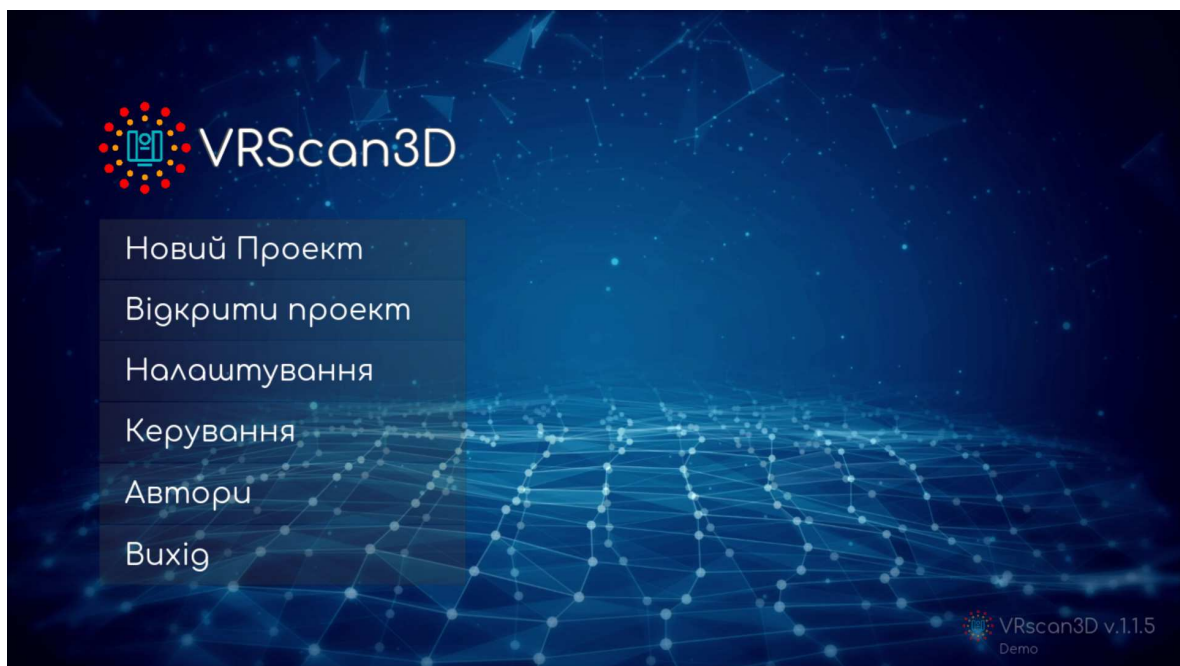


Рисунок 1.1 – Стартовий екран симулятора

У меню «Налаштування» (рис. 1.2) можна змінити мову симулятора.

Зверніть увагу на вибір місця зберігання даних, які ви будете створювати, бо саме там зберігатимуться дані усіх проектів.

Можна також вибрати формат збереження майбутніх хмар точок.

Налаштування для симуляції шуму та пішоходів потрібно обирати залежно від потужності комп'ютера, на який встановлено симулятор.

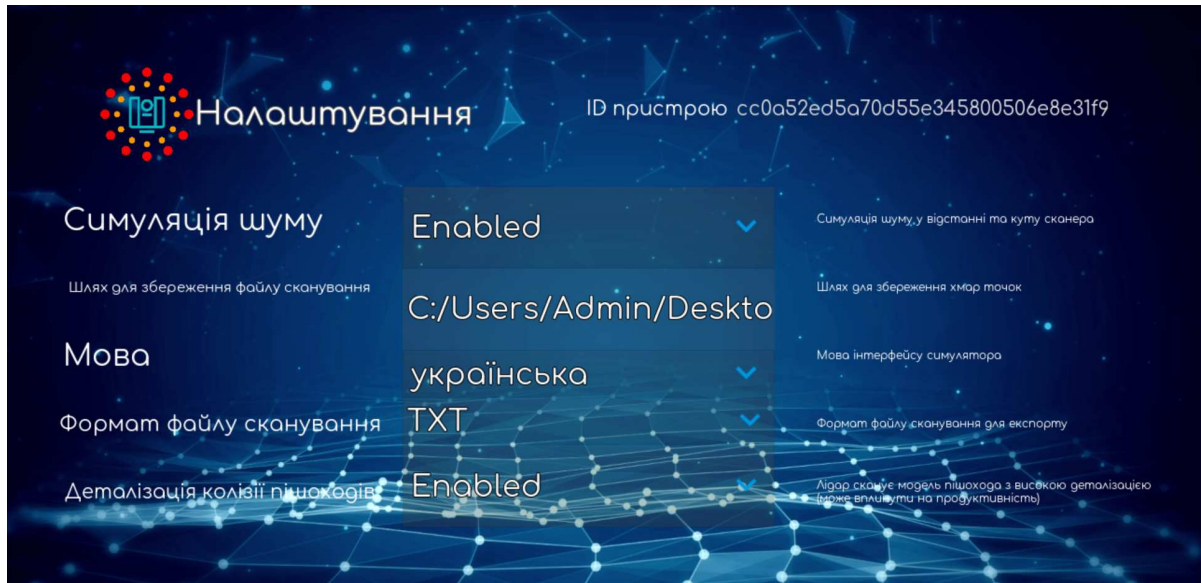


Рисунок 1.2 – Вкладка «Налаштування»

У меню «Керування» є можливість редагувати список гарячих клавіш для роботи в симуляторі (рис.1.3). Клавіші задано для зручності на кшталт керування у комп'ютерних іграх. За бажанням керування в симуляторі можна змінювати.

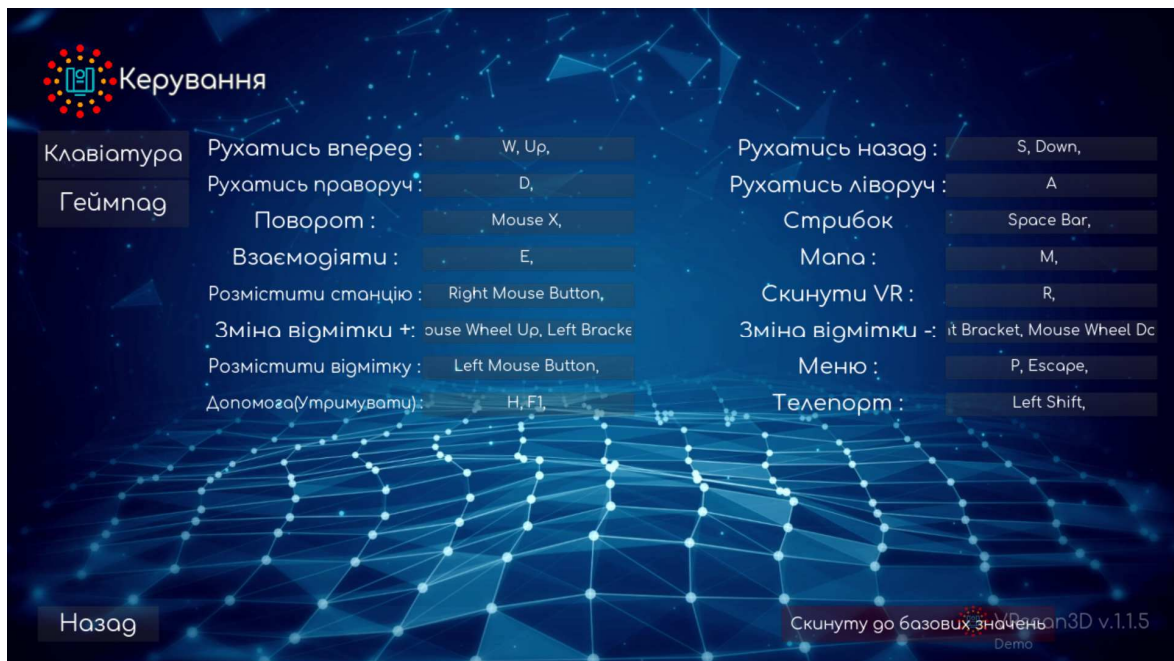


Рисунок 1.3 – Вкладка «Керування»

Для створення нового проекту потрібно натиснути на відповідну вкладку «Новий проект».

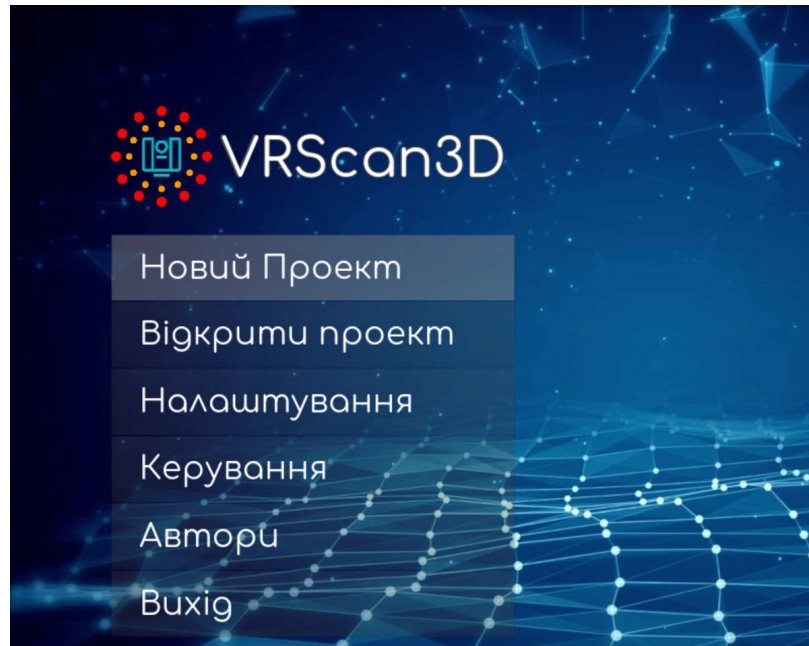


Рисунок 1.4 – Створення нового проекту

У новому вікні, яке відкриється (рис.1.5) потрібно:

- вказати назву проекту;
- вибрати одну з чотирьох вбудованих моделей лазерного сканера, якою ви будете працювати;
- визначити серед запропонованих віртуальне середовище, в якому ви хочете виконати симуляцію сканування;
- натиснути кнопку «Почати».

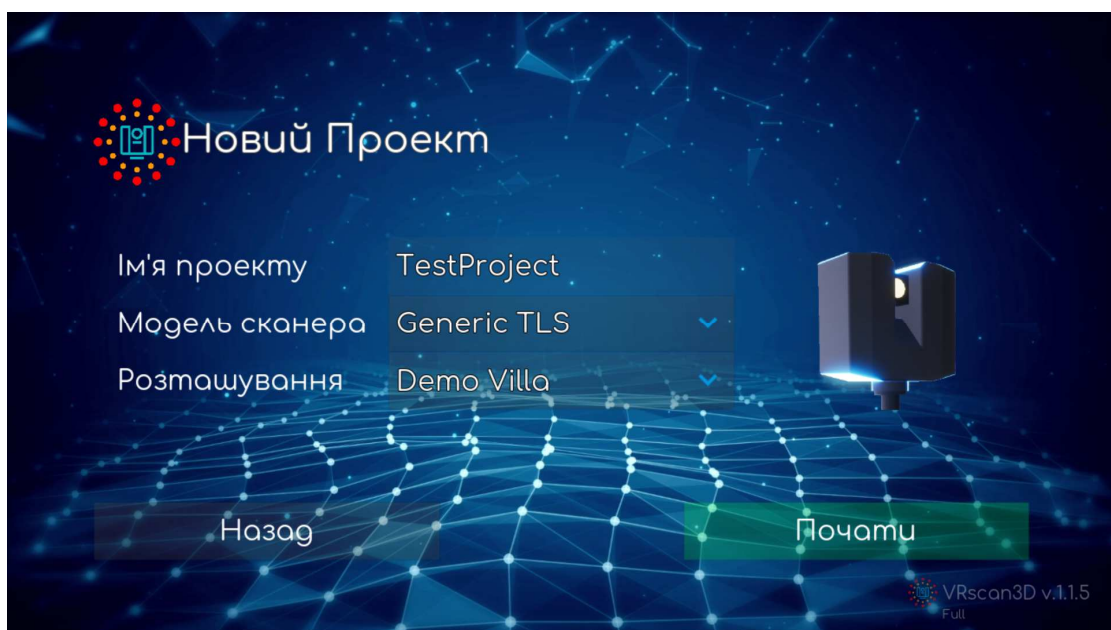


Рисунок 1.5 – Вкладка «Новий проект»

Потрапляємо в середовище симулятора, оснащене обраним сканером.



Рисунок 1.6 – Вигляд середовища симулятора

Переміщення в симуляторі подібне до переміщення в ігровому середовищі.

За замовчуванням клавіші WASD для переміщення і миша для маніпулювання марками або сканером.

Починати потрібно з розміщення марок – просто навести курсор і клацнути там, де потрібно розмістити марку.



Рисунок 1.7 – Розміщення марок для сканування

За допомогою прокрутки коліщатка миші можна вибирати тип марки у вигляді шахової дошки та сферичними марками. Щоб видалити марку, потрібно натиснути на ній повторно. Всі ці марки будуть видимі в результуючій хмарі точок для реєстрації на основі марок.

Після виконаного розподілу марок, обираємо місце для розміщення сканера, для цього наводимо мишею, натискаємо і з'явиться скануюча станція.



Рисунок 1.8 – Розміщення скануючої станції

Тепер можна отримати доступ до меню сканера, натиснувши клавішу «У» (англ. «E»), тримаючи курсор миші безпосередньо на сканері.

Тут ви можете змінити висоту сканера, перемістити його в кращу позицію або видалити цю станцію.

Сканери симулюють реальні інструменти, тому, якщо відкрити меню сканера, воно ідентичне реальному інтерфейсу. В меню можна змінювати роздільну здатність сканування та інші параметри в інтерфейсі, схожому на реальний.

Після того, як переконалися в правильності налаштувань, можна розпочати сканування. Час, що залишився до кінця сканування, відображається над зображенням сканера у середовищі сканування.

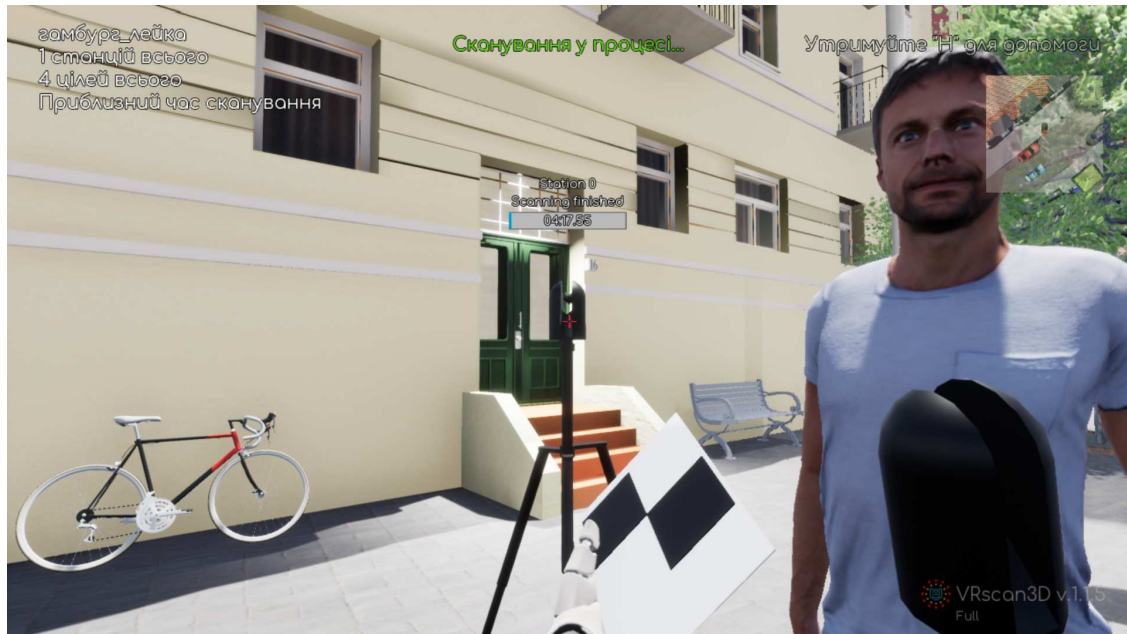


Рисунок 1.9 – Процес сканування

Після завершення сканування, в папці, яку було вказано в налаштуваннях на початку роботи, створюється файл зі сканованими даними.

Тепер можна встановити сканер на нову позицію (станцію) сканування і повторити процес сканування необхідну кількість разів.

Для збереження проекту потрібно натиснути «Esc» і вибрати «Зберегти проект».

Після завершення сканування у всіх обраних позиціях можете імпортувати симульовані дані у вибране вами програмне забезпечення, виконати реєстрацію хмари точок і подальшу обробку даних.

Усі створені проекти будуть відображатися в симуляторі як показано на рис. 1.10.



Рисунок 1.9 – Створені та збережені проекти

За результатами виконання даної лабораторної роботи складається звіт, у якому мають бути представлені скріни індивідуальних налаштувань симулятора, спроби розміщення різних типів марок та скануючих станій різних сканерів.

Лабораторна робота № 2

Тема: Лазерне наземне сканування в симуляторі VirScan3D та реєстрація хмар точок у середовищі CloudCompare

Мета: Навчитися виконувати лазерне наземне сканування у середовищі симулятора VirScan3D та обробляти отримані дані у CloudCompare.

Завдання:

1. Виконати сканування обраного самостійно фасаду будинку будь-яким одним з запропонованих у симуляторі сканером (з трьома станціями сканеру та з п'ятьма станціями).

2. Завантажити програму CloudCompare <https://cloudcompare.software.informer.com/download/#downloading> та інсталювати на комп'ютер.

3. Виконати реєстрацію хмар точок отриманих з симулятора VirScan3D у середовищі CloudCompare.

Методичні рекомендації до виконання роботи

Створити новий проєкт в середовищі симулятора VirScan3D з назвою «Лабораторна робота №2».

Обрати один із наведених варіантів сканера на розсуд студента та середовище для виконання сканування.

За описаним у лабораторній роботі №1 алгоритмом виконати сканування одного й того ж фасаду будівлі з однаково розташованими марками, але у першому випадку розмістити три станції сканера, а у другому – п'ять.

Далі відкрийте попередньо завантажену та інсталювану програму CloudCompare.

Виберіть «File – Open» або перетягніть файли сканувань, щоб відкрити їх.

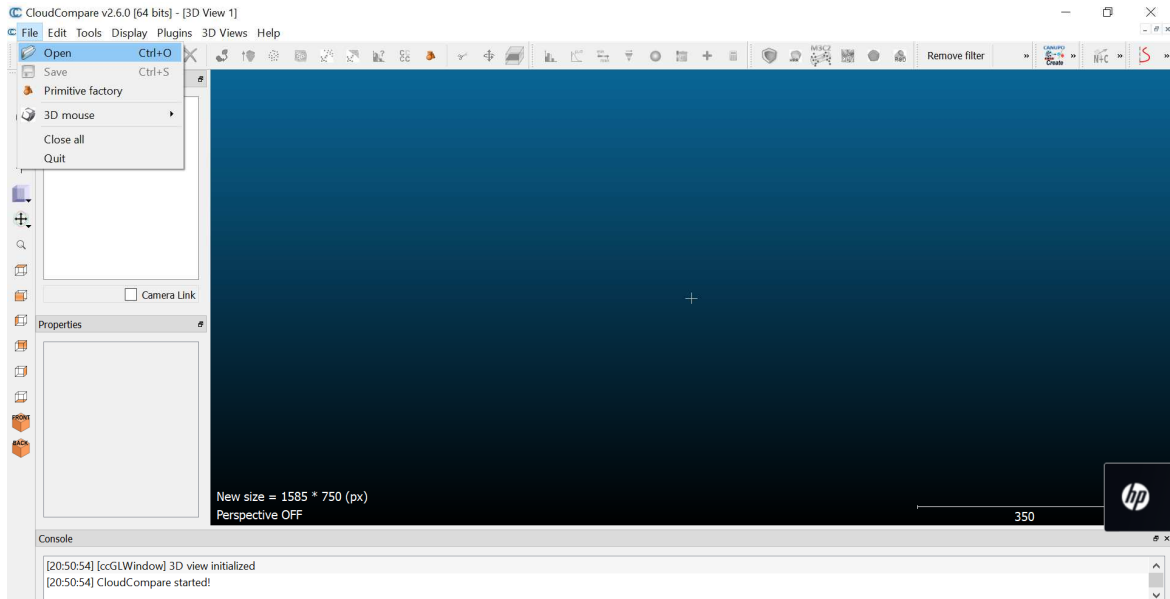


Рисунок 2.1 – Відкриття файлу зі сканами у CloudCompare

Перевірте налаштування (data, separator, тощо) і натисніть «Apply all» як показано на рис. 2.2.

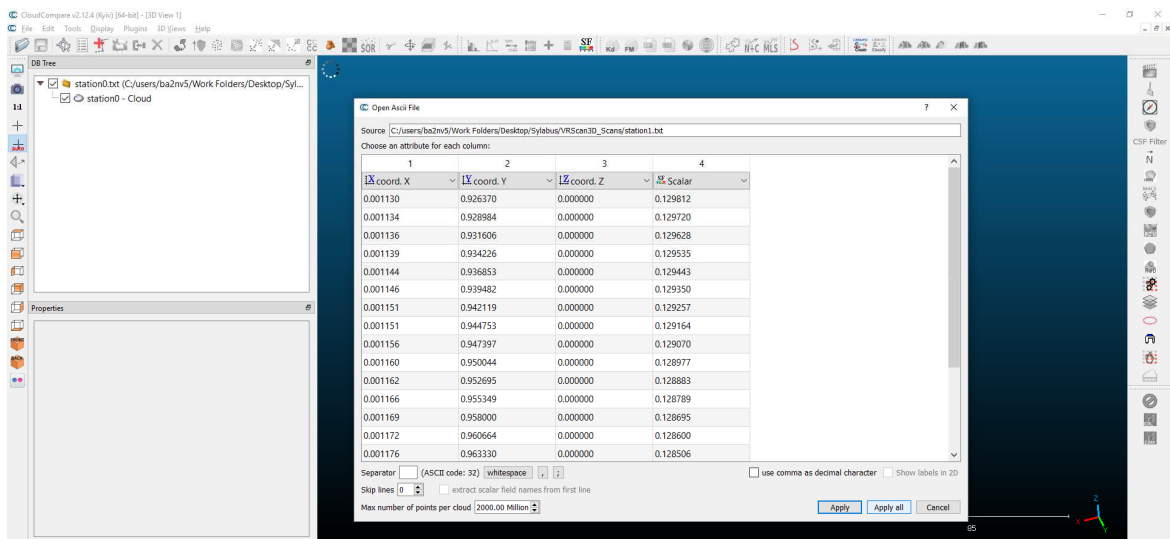


Рисунок 2.2 – Перевірка налаштувань

Далі відбувається завантаження хмари точок. Це може зайняти певний час, в залежності від потужності комп'ютера.

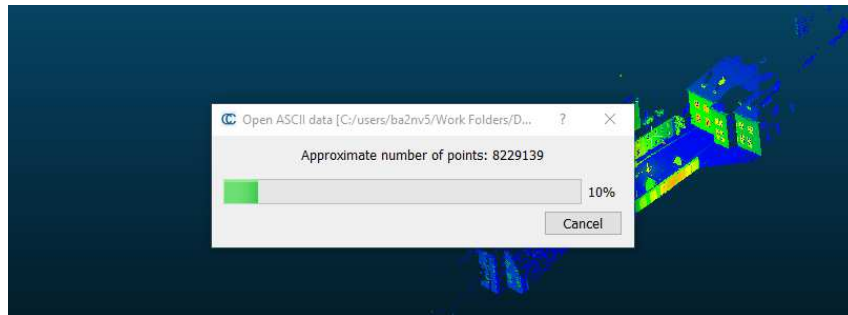


Рисунок 2.3 – Завантаження хмари точок

Для отримання інформації необхідно вибрати скан. Активуйте «Show name», щоб побачити ім'я.

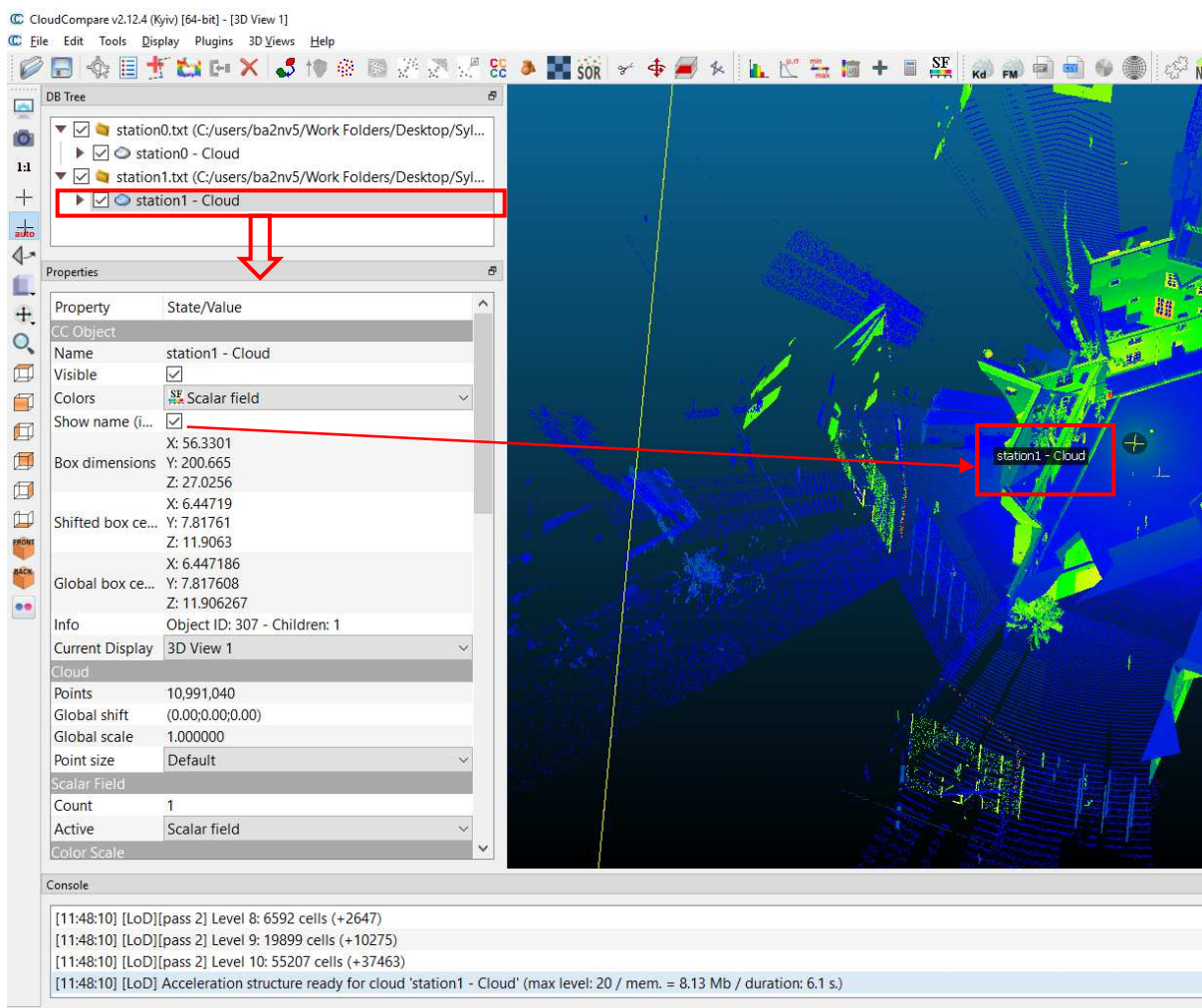


Рисунок 2.4 – Інформація про скан

Скористайтесь командою «Edit – Translate/Rotate» для переміщення та відокремлення сканів один від одного (попередньо слід виділити скани, які потрібно перемістити).

Права кнопка миші – для переміщення, ліва кнопка миші – для обертання (та/або вибору осі) та

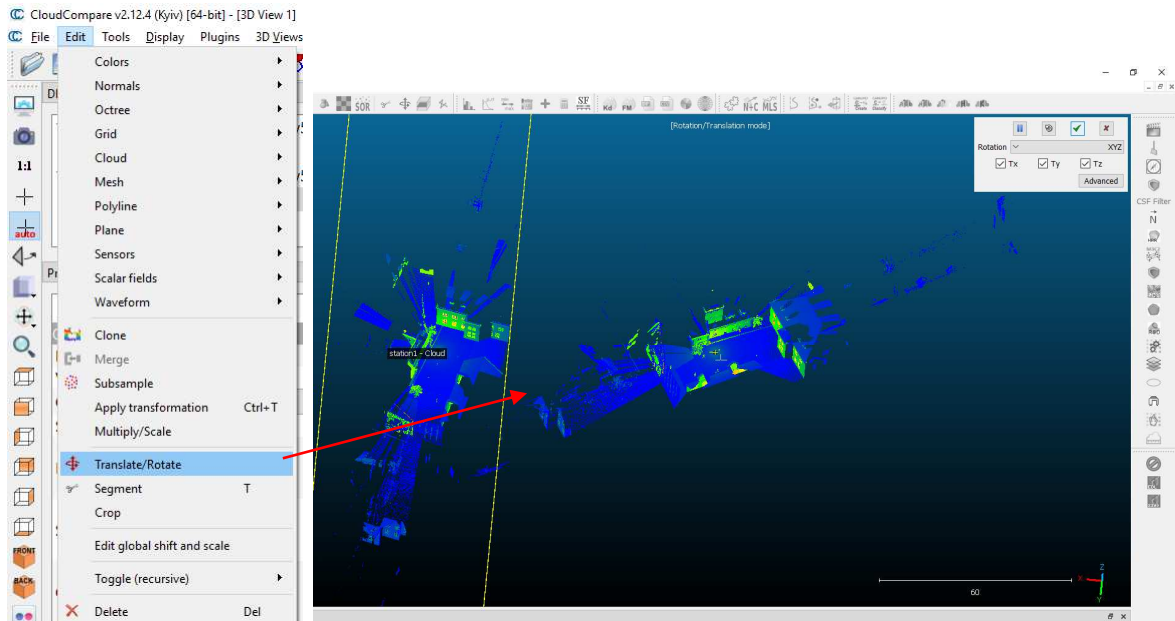


Рисунок 2.5 – Команда для переміщення та відокремлення сканів один від одного

Оберіть два скани та скористайтесь функцією «Align by picking» для реєстрації.

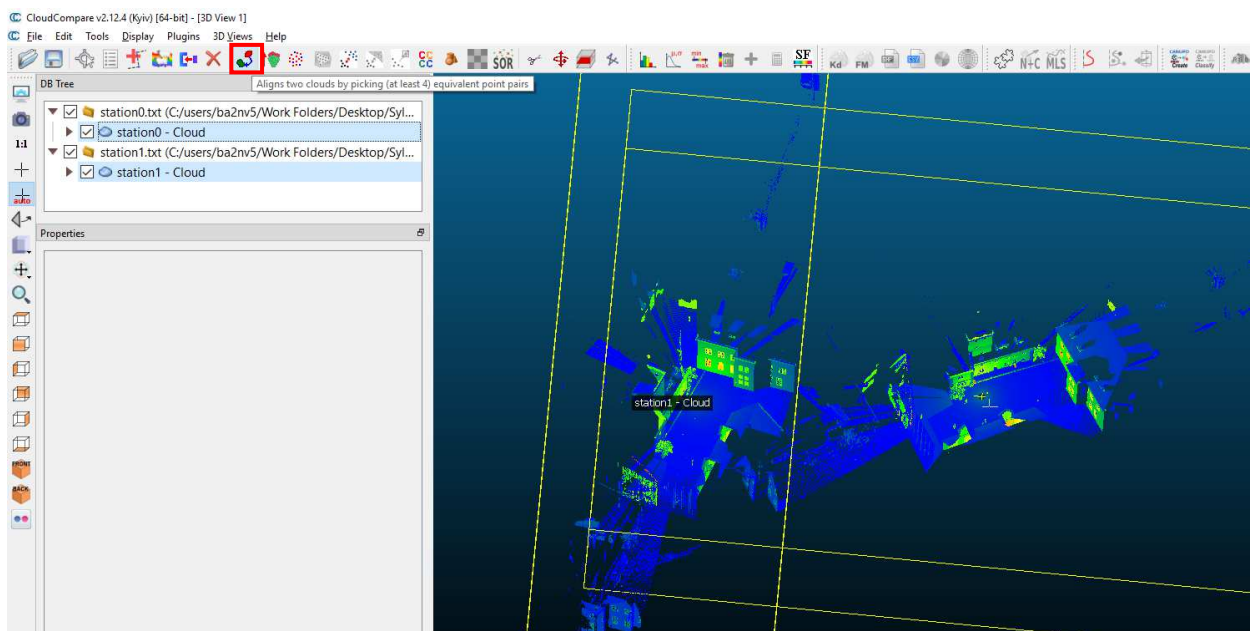


Рисунок 2.6 – Вибір сканів для реєстрації

Виберіть об'єкт для вирівнювання (station0 – опорна, station1 – вирівнювана) – ОК.

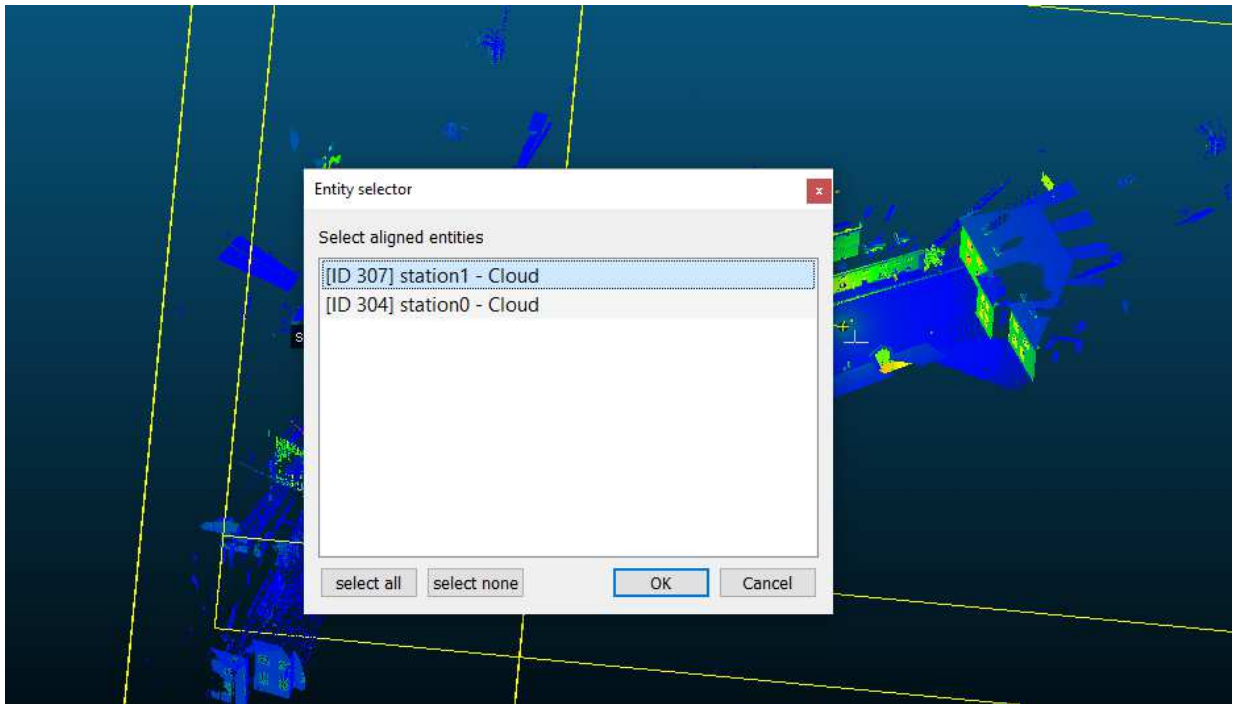


Рисунок 2.7 – Вибір об’єктів для вирівнювання

Оберіть схожі точки на обох сканах/хмарах точок. Врахуйте:

- для реєстрації потрібно щонайменше 3 подібні точки (тут: R0-3 – точки в опорній хмарі, A0-3 – точки в хмарі, яку потрібно вирівняти);
- для реєстрації використовуйте марки (марки у вигляді шахової дошки, сферичні і т.д.) та природні точки рельєфу;
- оберіть попарно певну точку в опорному об’єкті та аналогічну точку в об’єктах, що вирівнюються, АБО
- виберіть усі точки в першому об’єкті (наприклад, опорному) та аналогічні точки в ТОМУ САМОМУ ПОРЯДКУ в іншому об’єкті (вирівнюваному);
- вирівняйте і перевірте правильність візуально, перевірте помилки і або скиньте/почніть заново.

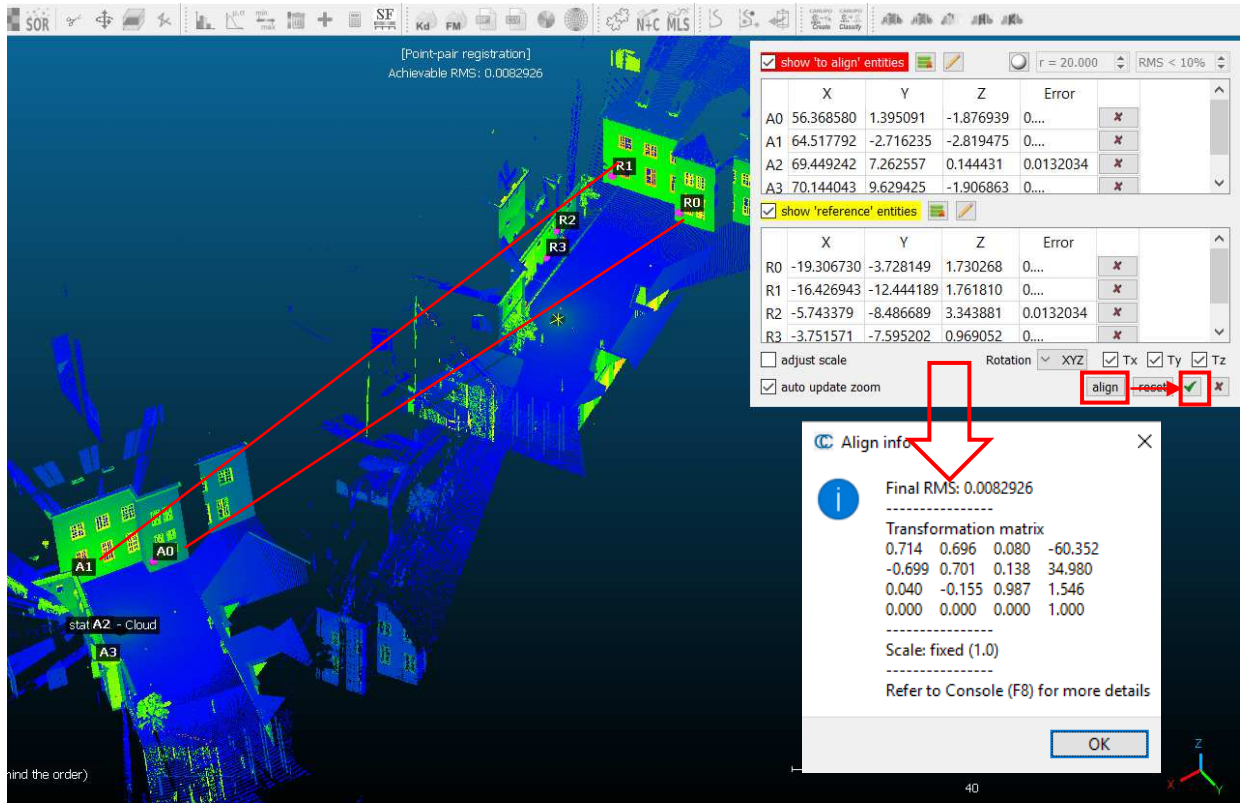


Рисунок 2.8 – Вирівнювання хмар точок різних сканів

Матриця трансформації показує, як вирівняний скан був змінений (переміщений/повернутий) до опорного скану.

Скористайтеся точним вирівнюванням для оптимізації реєстрації або вирівнювання грубо вирівняних сканів.

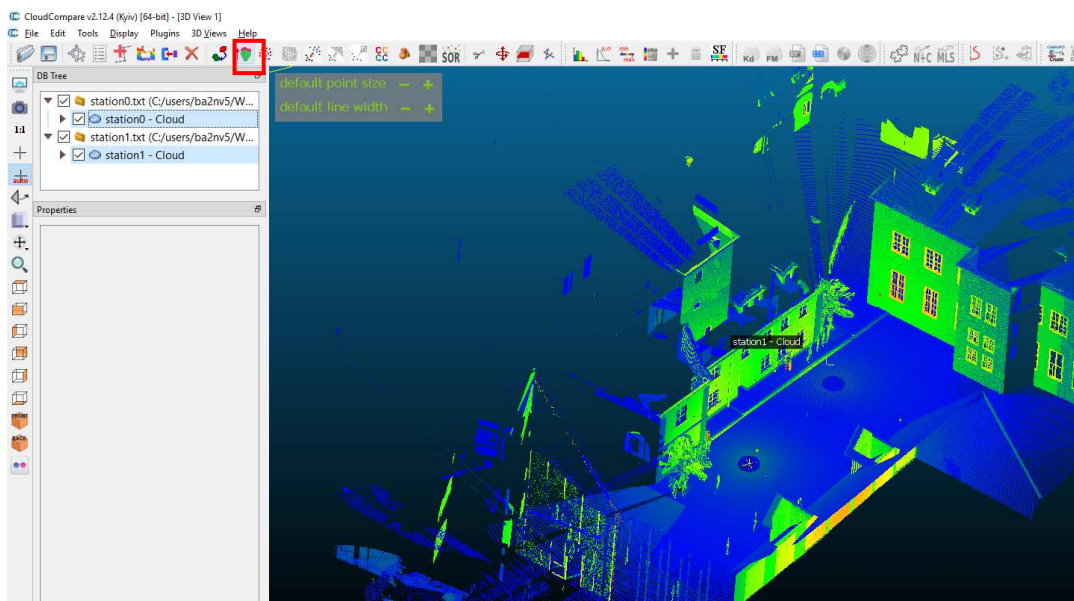


Рисунок 2.9 – Функція точного вирівнювання

Для того, щоб об'єднати скани/хмари точок, якщо ви хочете мати об'єднану хмару точок як єдине ціле, виберіть усі скани – Edit – Merge.

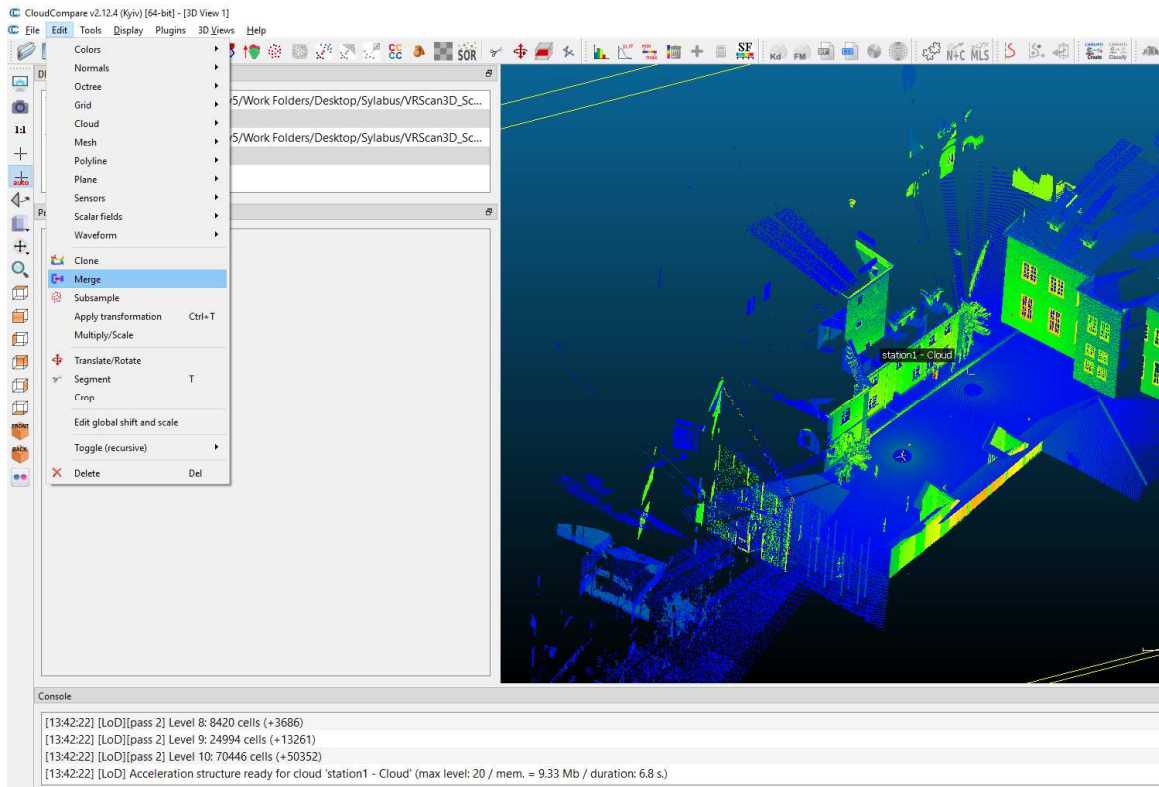


Рисунок 2.10 – Вибір усіх сканів для реєстрації в єдину хмару точок

Якщо потрібно отримати оригінальний колір, а не універсальний колір станції, то у відкритому вікні натискаєте «но» (рис. 2.11).

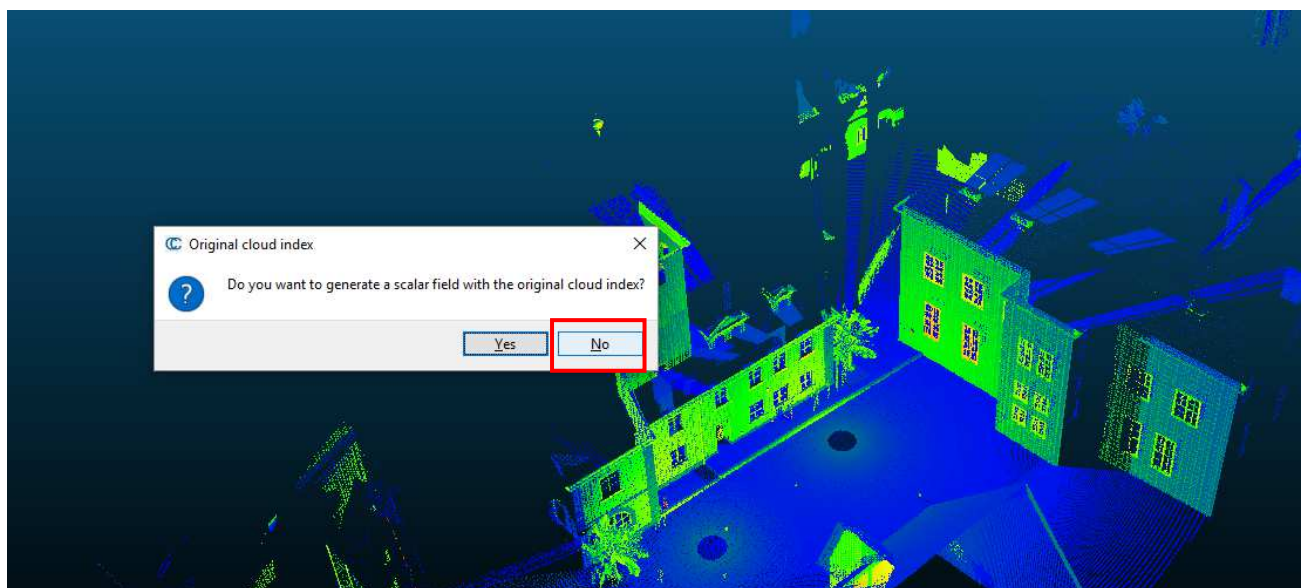


Рисунок 2.11 – Відмова під час генерації оригінальної хмари точок

Результатом правильно виконаних описаних вище дій є дві єдині хмари точок при скануванні з трьох станцій та скануванні з п'яти.

Лабораторна робота № 3

Тема: Фільтрація хмар точок за допомогою програми CloudCompare

Мета: Навчитися редагувати існуючу об'єднану хмару точок у CloudCompare різними способами.

Завдання:

1. Виконати ручне видалення об'єктів, що заважають на отриманому скані.
2. Виконати автоматичну сегментацію та фільтрацію за допомогою алгоритмів хмар точок.

Методичні рекомендації до виконання роботи

Після отримання хмари точок її можна редагувати або «почистити», а також видалити непотрібні об'єкти. Це можуть бути шуми, рухомі об'єкти, статистичні «викиди» (outliers), а також точки «неба» і «землі». Вилучити такі точки можна двома способами:

- ручне вирізання об'єктів, що заважають;
- автоматична сегментація та фільтрація за допомогою алгоритмів хмар точок (особливо для шуму та «викидів»).

Реалізуємо ці варіанти за допомогою програми CloudCompare.

2.1. Ручне вирізання за допомогою відсікаючого полігону

Відкриваємо останній збережений проект. Вибираємо об'єднану хмару точок і переходимо до інструмента сегментації (значок «ножиці»).

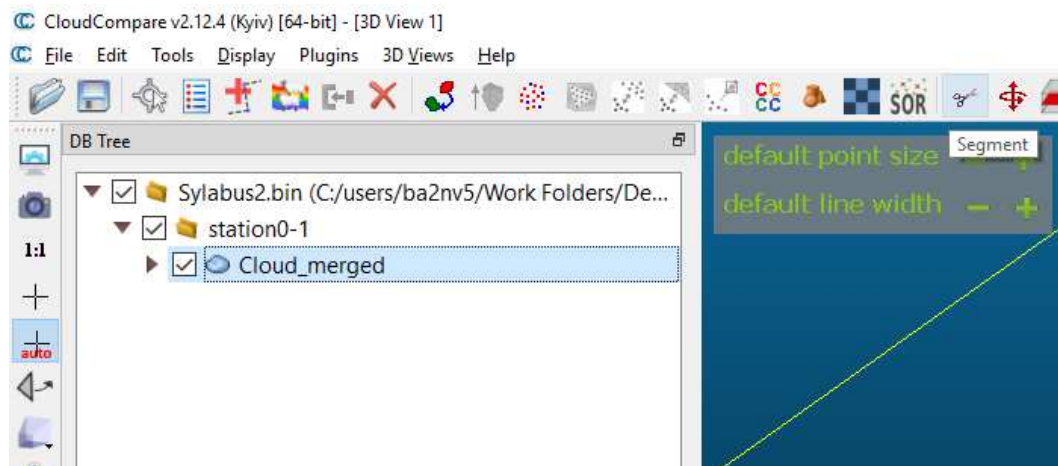


Рисунок 3.1 – Інструмент ручної сегментації

Використовуємо багатокутне або прямокутне виділення для відсікання. Встановлюємо область відсікання, використовуючи ліву кнопку миші для вибору вершин багатокутника відсікання і праву кнопку миші для підтвердження багатокутника.

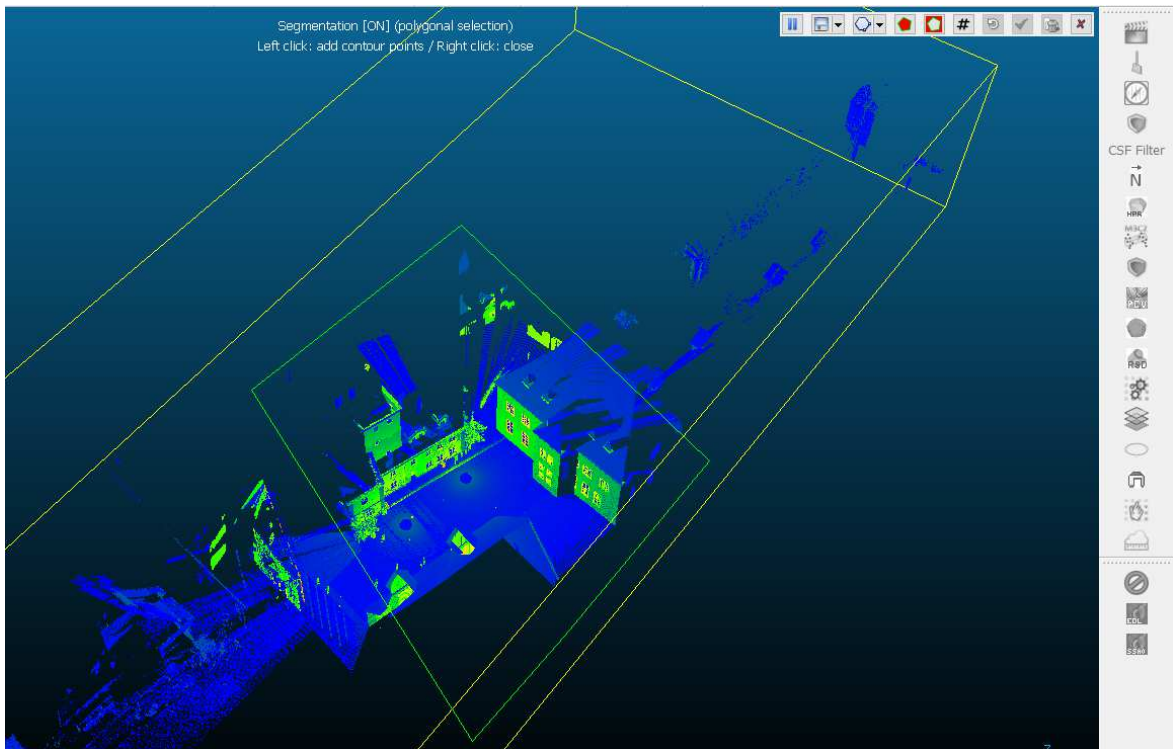


Рисунок 3.2 – Виділення для відсікання

Скористаємося кнопкою «Segment In», щоб залишити необхідну область в межах полігону, в іншому випадку – «Segment out».

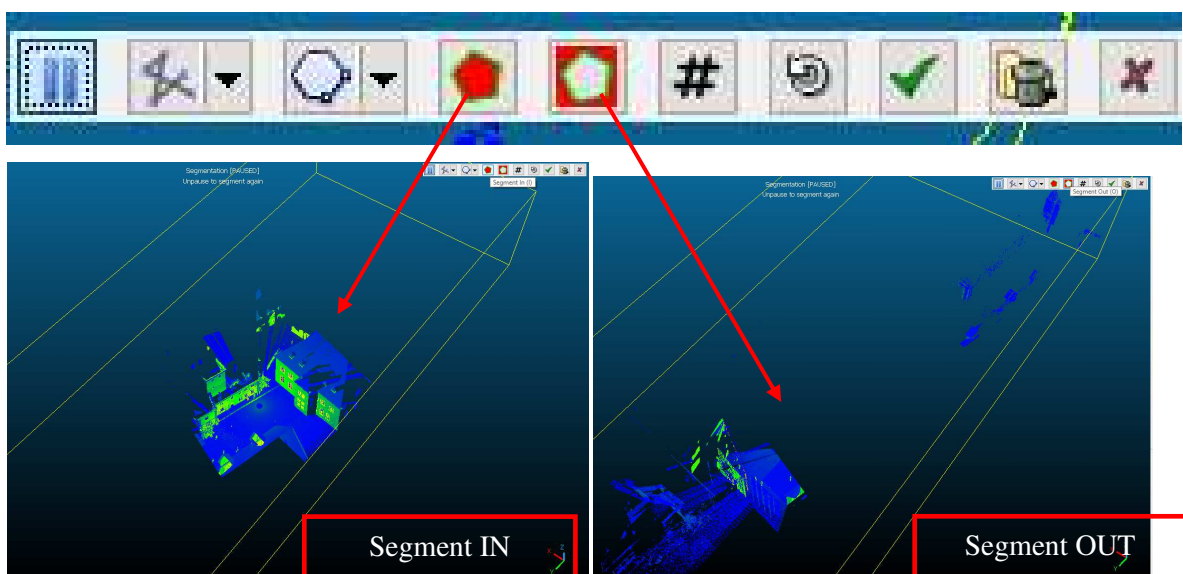






Рисунок 3.3 – Використання інструментів «Segment In» та «Segment out»

Далі можна:

- підтвердити сегментацію і зберегти приховані точки ;
- підтвердити сегментацію і видалити приховані точки ;
- скасувати сегментацію ;
- очистити сегментацію ;
- встановити клас для точок всередині багатокутника як показано на рис.

3.4.

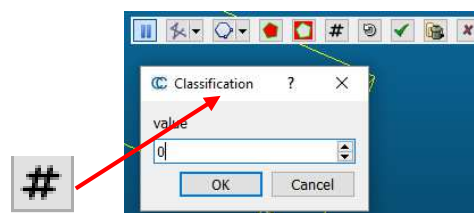


Рисунок 3.4 – Встановлення класу для точок всередині багатокутника

Після відсікання в дереві проєкту створюється дві хмари точок, які можна деактивувати або активувати.

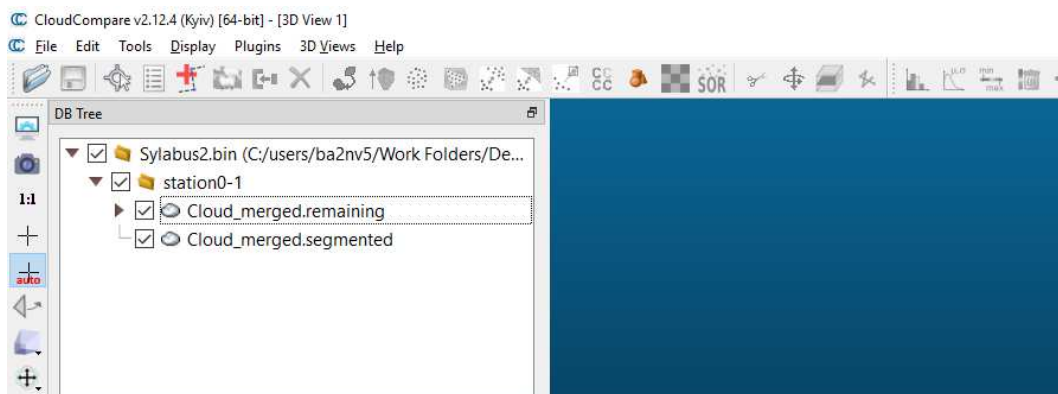


Рисунок 3.5 – Дерево проєкту

2.2 Ручне вирізання за допомогою перерізів.

Вибираємо хмару точок і переходимо до Tools – Segmentation – Cross Sections.

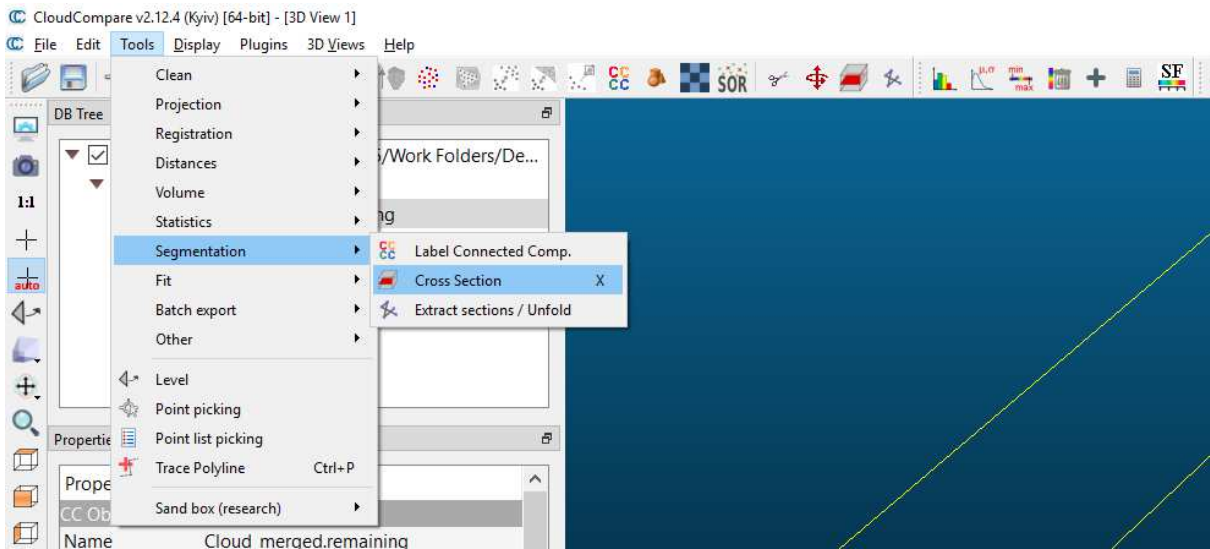


Рисунок 3.6 – Використання перерізів

Тепер є можливість:

- змінити розмір обмежувальної рамки (за допомогою інтерактивних стрілок або $X/Y/Z$ -параметрів обмежувальних рамок);
- обертати її (за допомогою інтерактивних кілець або розширених параметрів орієнтації $X/Y/Z$);
- переміщувати відносно хмари точок (за допомогою стрілок або блоку зсуву).

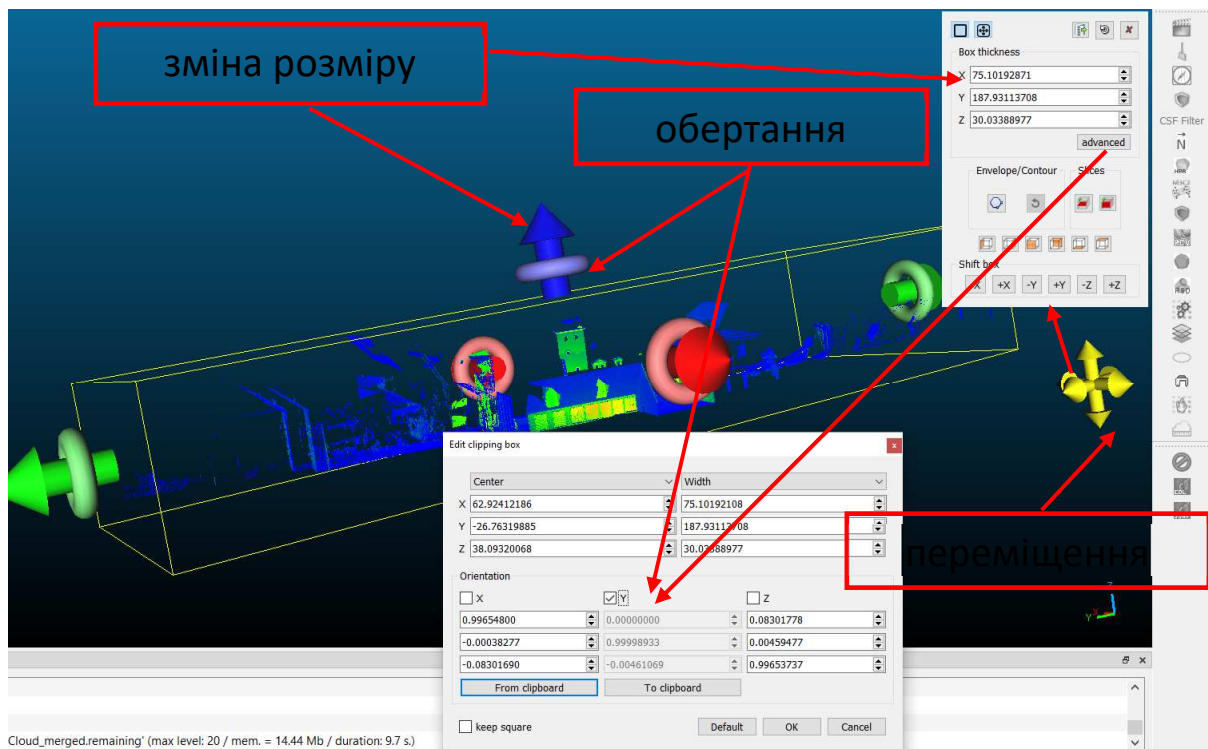


Рисунок 3.7 – Можливості переміщення хмари точок

Для створення перерізу використовуйте Slices.



Рисунок 3.8 – Вид інструменту Slices

Вибираємо вісь перерізу (X, Y, Z) і встановлюємо додаткові параметри, якщо необхідно:

- обирати налаштування «Random colors per slice», якщо він встановлений, кожному зрізу буде присвоєно випадковий колір (попередження: всі існуючі кольори будуть перезаписані!!!!!!);
- «Multi-pass» процес, коли для кращого припасування можна тимчасово створювати довші ребра;
- «Project slice(s) points on their best fit plane»: перед вилученням контуру, точки можуть бути спроектовані на повторюваній відстані;
- «Split envelop(s) on longer edges» розбиває згенерований контур(и) на менші частини;
- «Visual debug mode» відображає діалогове вікно з покроковим виконанням алгоритму;
- «Extract contour» вивести контур у вигляді поліліній.

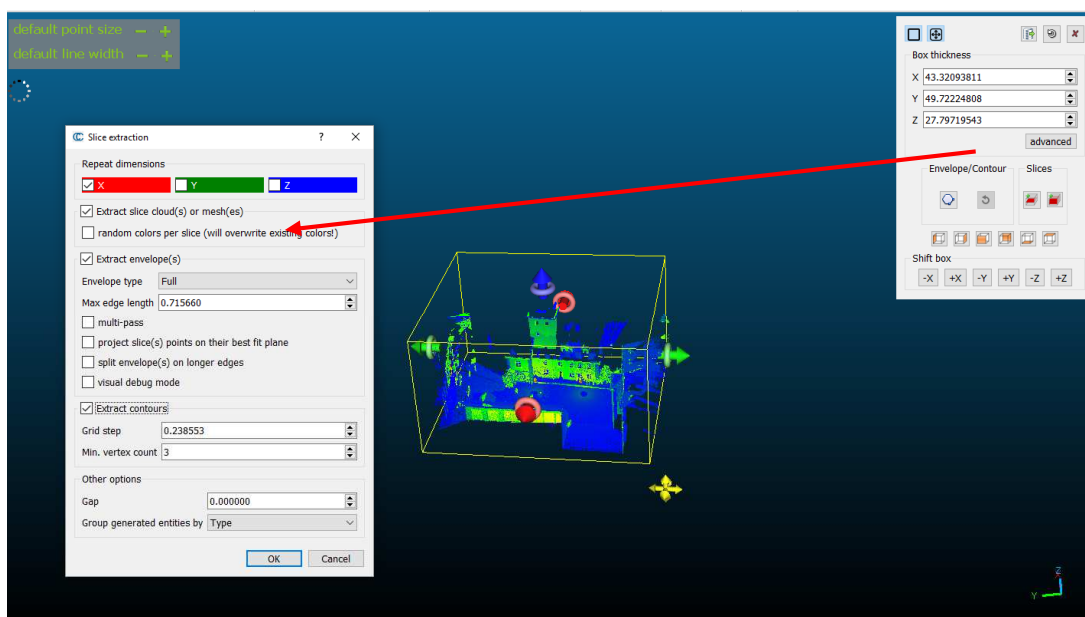


Рисунок 3.9 – Додаткові параметри редагування хмари точок

2.3 Автоматична фільтрація та сегментація

Розрідження (Subsampling)

Розрідження (subsampling) використовується, якщо потрібно зменшити щільність і розмір хмари точок.

Виділяємо хмару точок і переходимо до кнопки Subsampling

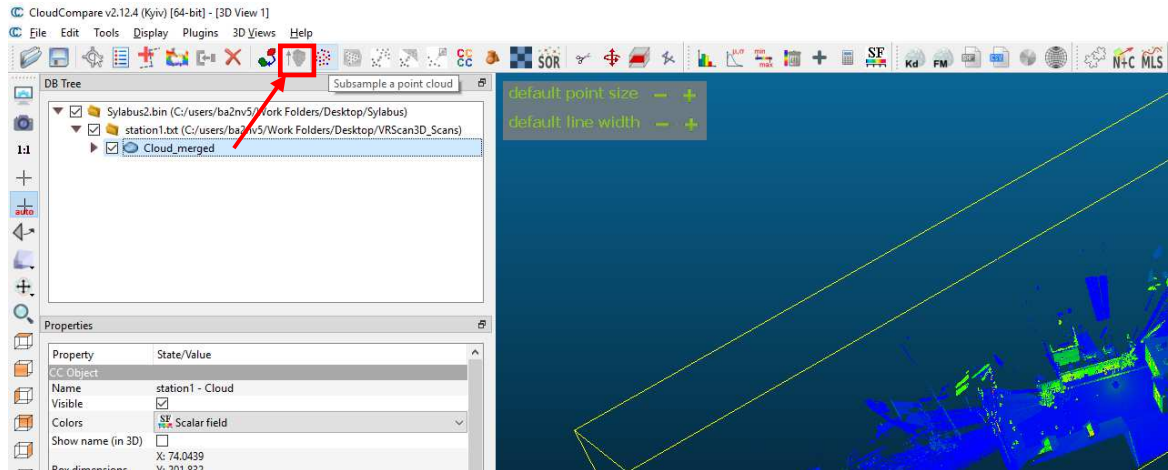


Рисунок 3.10 – Інструмент Subsampling

Є кілька способів зробити це:

- 1) випадковий: встановлюємо кількість точок, яка потрібна в кінцевому підсумку;
- 2) простір:
 - встановлюємо нову відстань (m) між точками, щоб прорідити хмару точок (точки, що знаходяться між ними, будуть видалені): *більший простір – тонша хмара точок*;
 - використовуємо (за бажанням) фільтр значень SF, щоб встановити мінімальні та максимальні значення скалярного поля (SF – інша інформація, пов'язана з кожною точкою, як RGB, інтенсивність тощо);
- 3) октадериво: встановіть рівень октадерива: *нижчий рівень поділу – тонша хмара точок*.

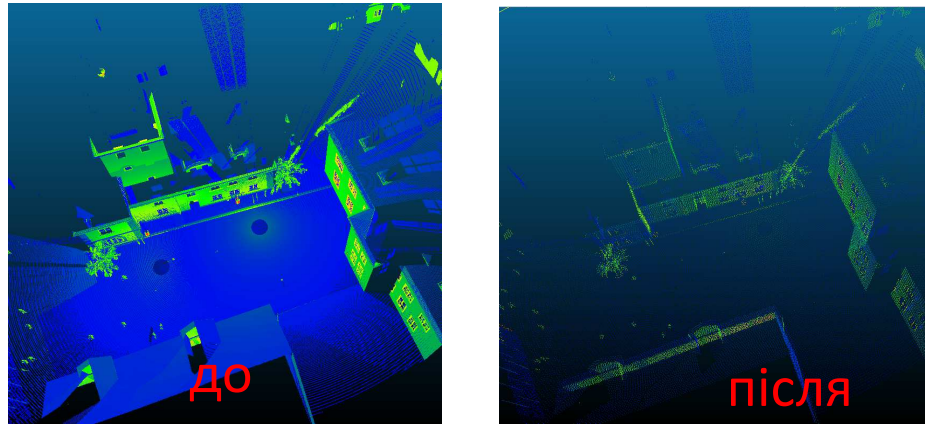


Рисунок 3.11 – Оригінальна та розріджена хмара точок

У дереві проєкту (ліворуч) наводяться обидві хмари – оригінальна та розріджена.



Рисунок 3.12 – Хмари точок у дереві проєкту

Фільтр CSF.

Використовуємо CSF-фільтр, щоб сегментувати точки на місцевості від інших об'єктів (будівель, дерев тощо).

Виділяємо хмару точок – Plugins – CSF-Filter – вибираємо форму рельєфу (*тут – рівнинна).

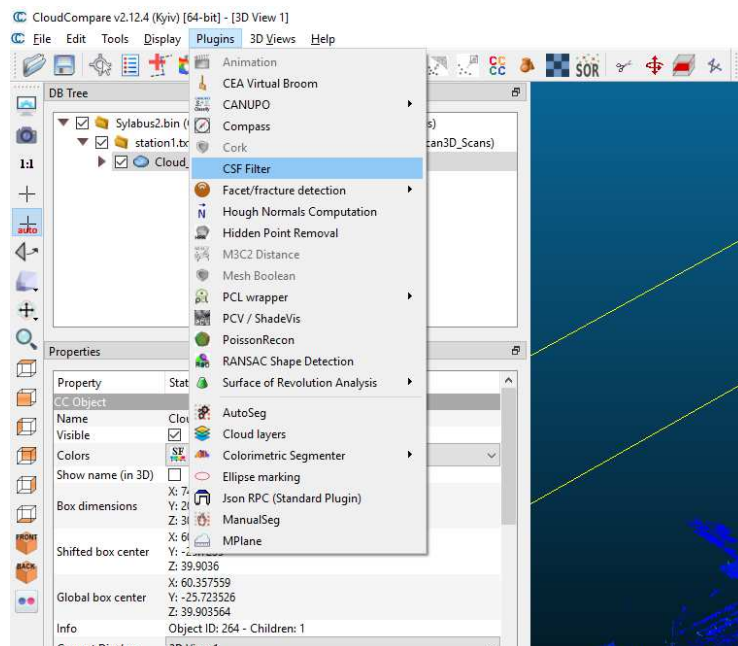


Рисунок 3.13 – CSF-фільтр

У дереві проєкту ви можете обрати між «наземними точками» («ground points») та «не наземними точками» («off-ground points»).

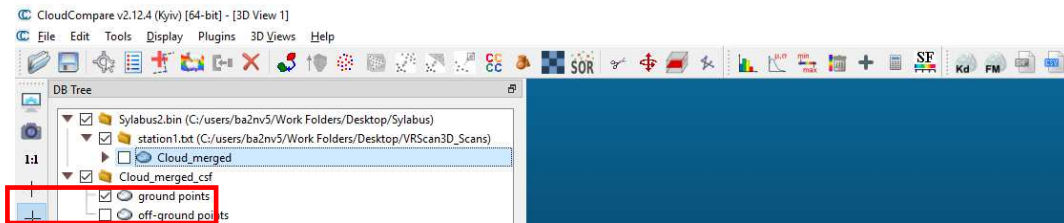


Рисунок 3.14 – Наземні та не наземні точки у дереві проєкту

Деякі результати представлено на рисунку 3.15.

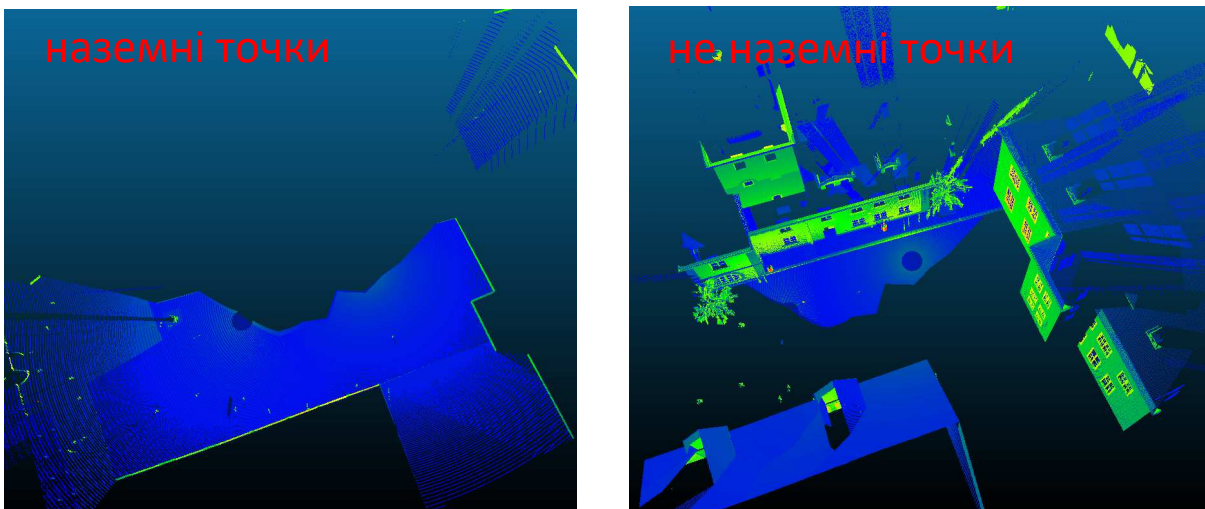


Рисунок 3.15 – Результат використання CSF-фільтр

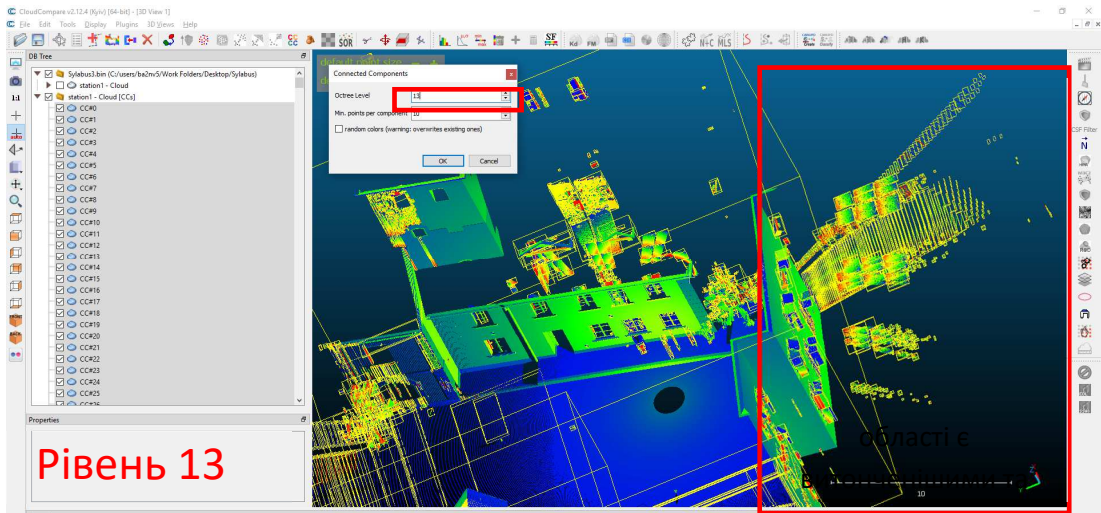
Маркування з'єднаних компонентів.

Використаємо маркування з'єднаних компонентів, щоб сегментувати «викиди» (outliers) та дрібні деталі від основного об'єкта.

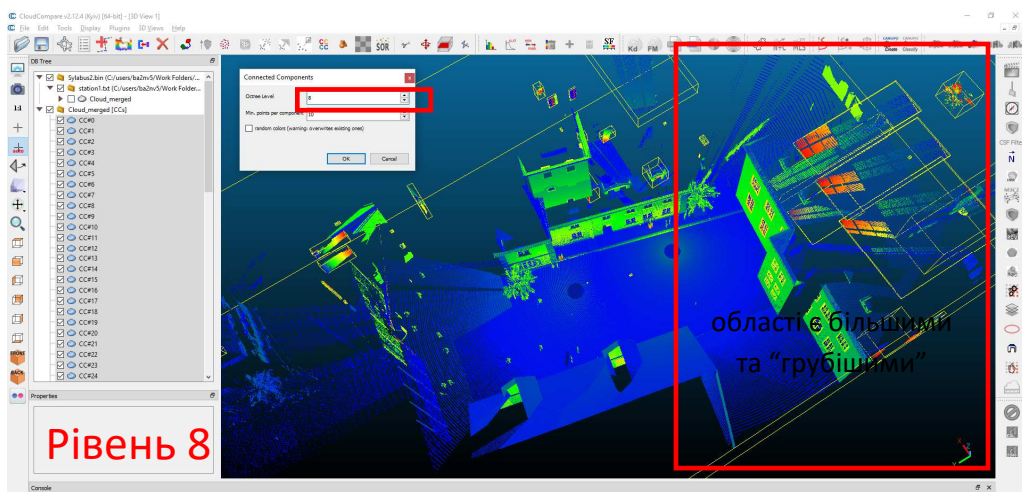
Виділяємо хмару точок – Tools – Segmentation – Label connected components – set:

- рівень октадерера (Octree level) – збільшуємо рівень для більшої деталізації, менших областей та дрібнішої сегментації;
- мінімальна кількість точок для компонентів (Min number of points for components) – збільшуємо кількість точок для сегментації більших областей.

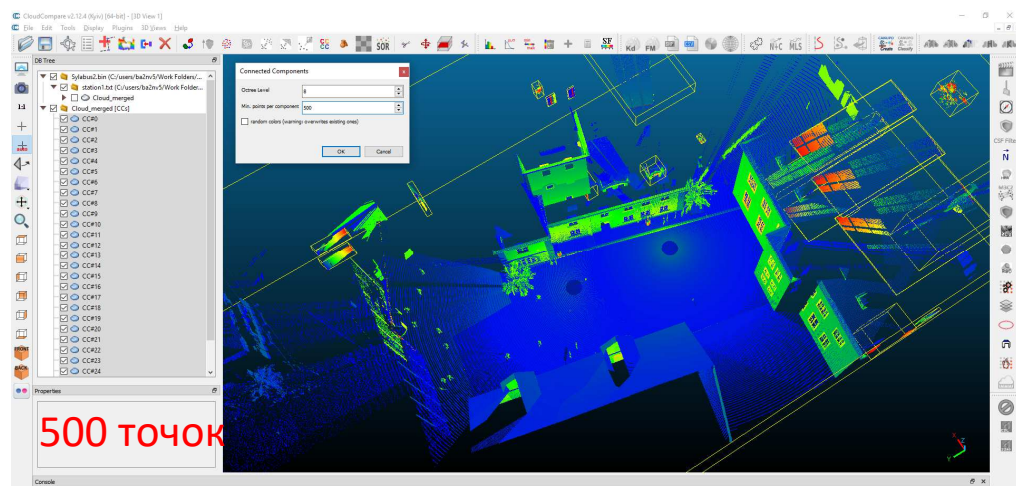
Критичним фактором є рівень октадерера. Тут можна побачити різні результати:



а)



б)



в)

Рисунок 3.16 – Різні результати застосування маркування з'єднаних компонентів (а, б, в)

Кольорометрична сегментація

Для фільтрації можна використовувати оригінальні кольори з хмари точок і колірні індекси. Для цього скористаємося функцією «Кольорометрична сегментація» (*Colorimetric segmentation*). Нижче наведено послідовність сегментації хмари точок за її висотною шкалою з колірною індексацією. Такий самий підхід застосовується для оригінальних RGB/HSV-кольорів.

Виділяємо хмару точок – Edit – Colors – Height ramp (*перемикніть RGB-кольори ліворуч у дереві проєкту).

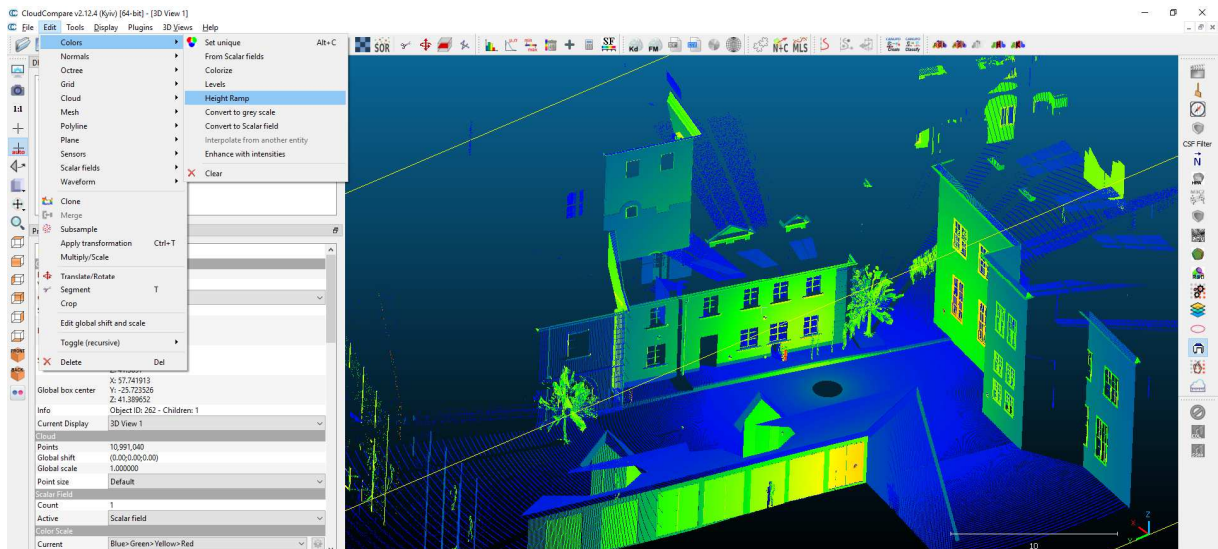
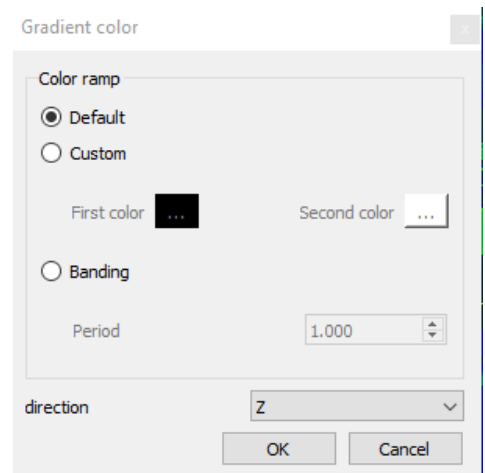


Рисунок 3.17 – Сегментація хмари точок за її висотною шкалою з колірною індексацією

Можемо вибрати між:

- кольорами «за замовчуванням» (Default)
- знизу вгору;
- кольорами користувача (Custom) – самостійно визначений колірний градієнт, знизу вгору;
- смуги (Banding) – встановить інтервал для повторення градієнтів;
- напрямком (Direction) – для всіх випадків.



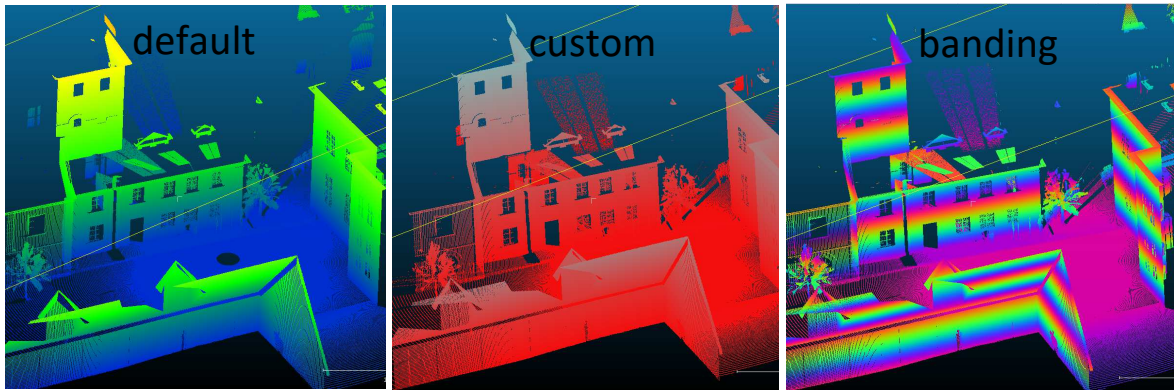


Рисунок 3.18 – Кольорометрична сегментація

Нижче наведено послідовність дій для лінійки кольорів «за замовчуванням».

Виділяємо хмару точок – Plugins – Colorimetric segmentation.

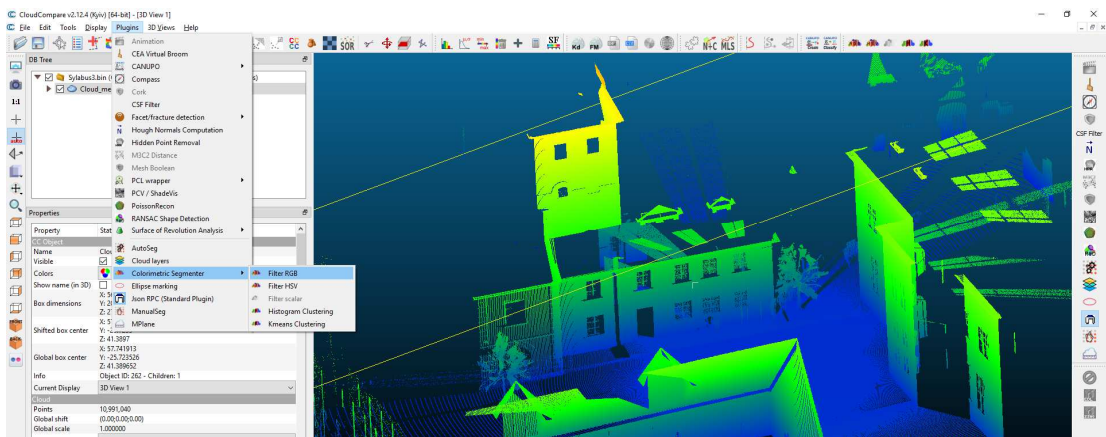


Рисунок 3.19 – Кольори «за замовчуванням» (Default)

Вибрати два кольори, використовуючи точні значення RGB/HSV, або – їх на

хмарі точок за допомогою  .

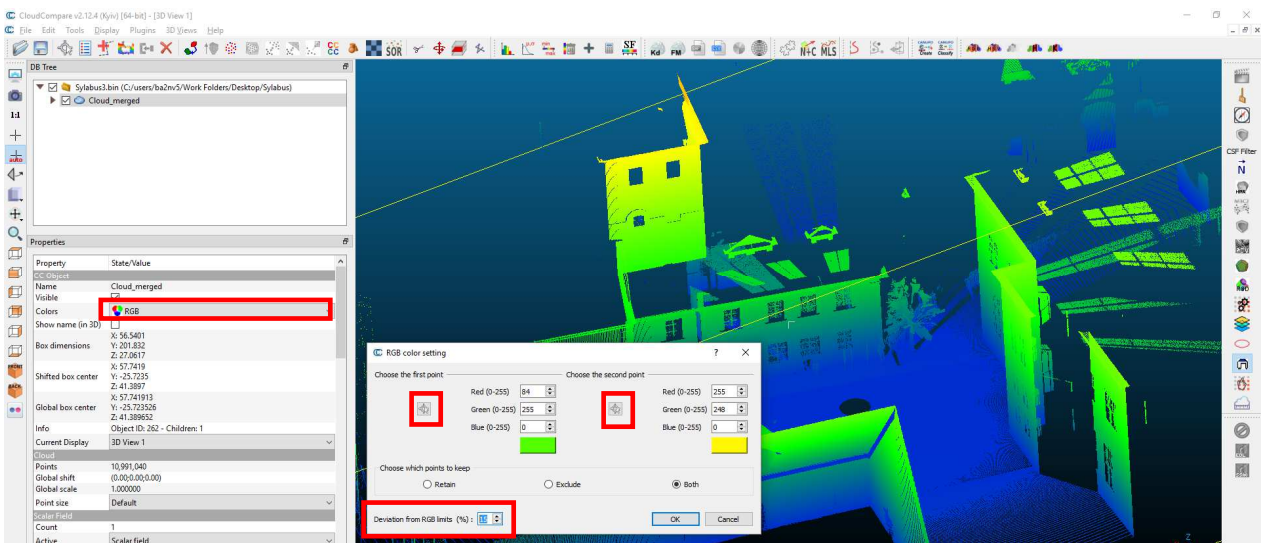


Рисунок 3.20 – Вибір кольорів

Встановлюємо межі допуску для сегментації кольорів. Обрати «обидва» («both»), щоб зберегти всі сегментовані області.

Після процесу сегментації в дереві проєкту з'являться обидві області.

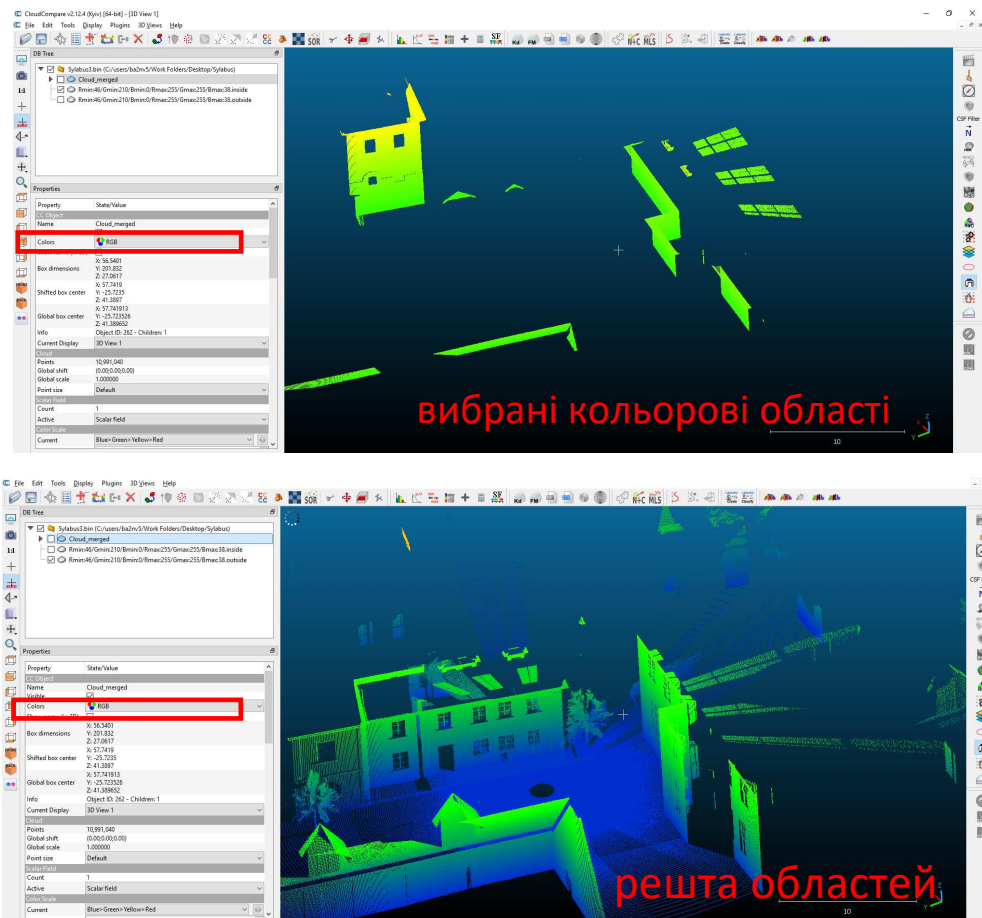


Рисунок 3.21 – Результати сегментації

Класифікація за скалярним полем (SF)

Скалярне поле (scalar field (SF)) містить додаткову інформацію до кожної точки в хмарі точок – RGB-кольори, інтенсивність, нормалі тощо. Ви можете використати SF-значення для фільтрації хмари точок за налаштованими обмеженнями. Скористайтеся параметрами відображення SF у дереві проєкту для встановлення SF-обмежень візуально.

Переключіться на скалярні поля (Scalar fields) у вкладці Colors у властивостях дерева проєкту.

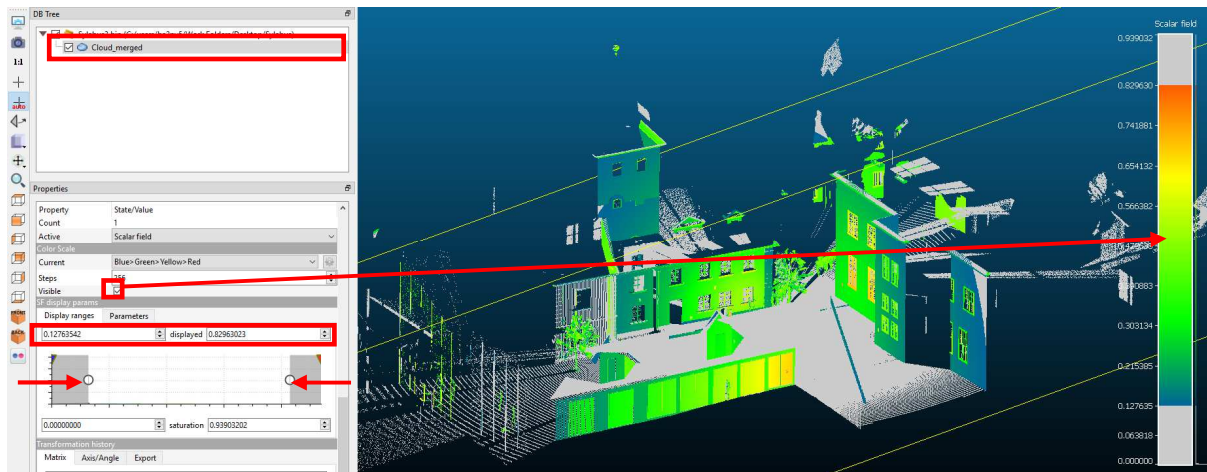


Рисунок 3.22 – Переключення на скалярні поля

Після визначення межі візуально, хмару точок можна відфільтрувати, експортувавши ці значення.

Виділіть хмару точок Edit – Scalar fields – Filter by value.

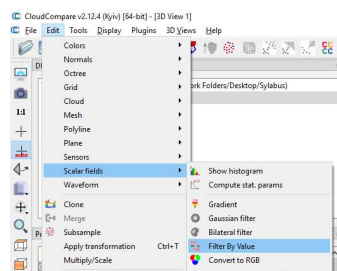


Рисунок 3.23 – Виділення хмари точок

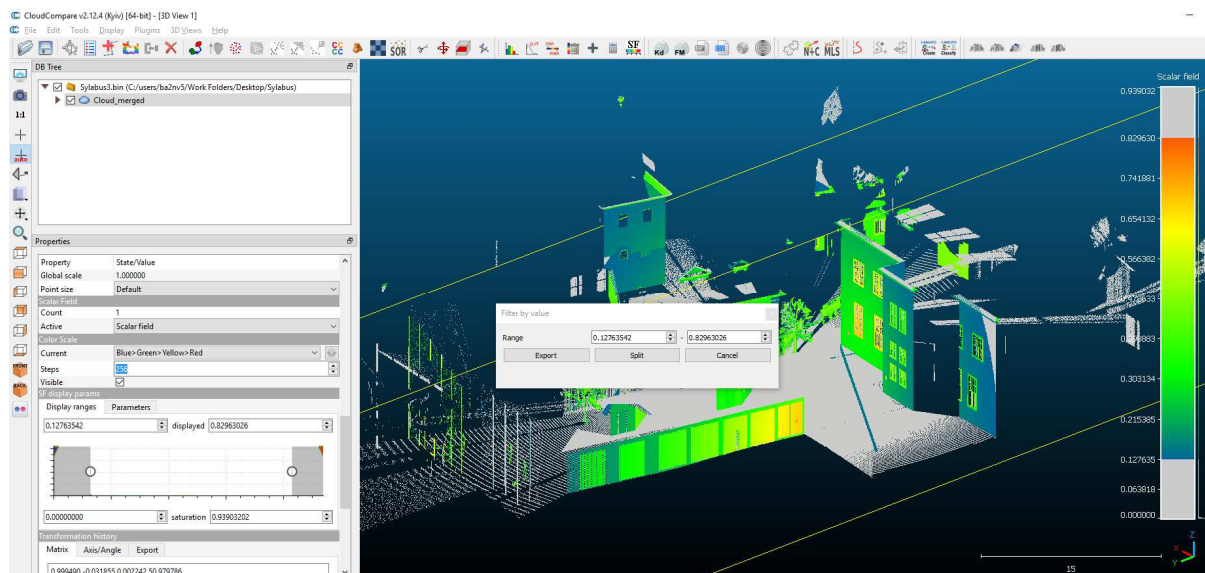


Рисунок 3.24 – Керування обома областями за допомогою «split»

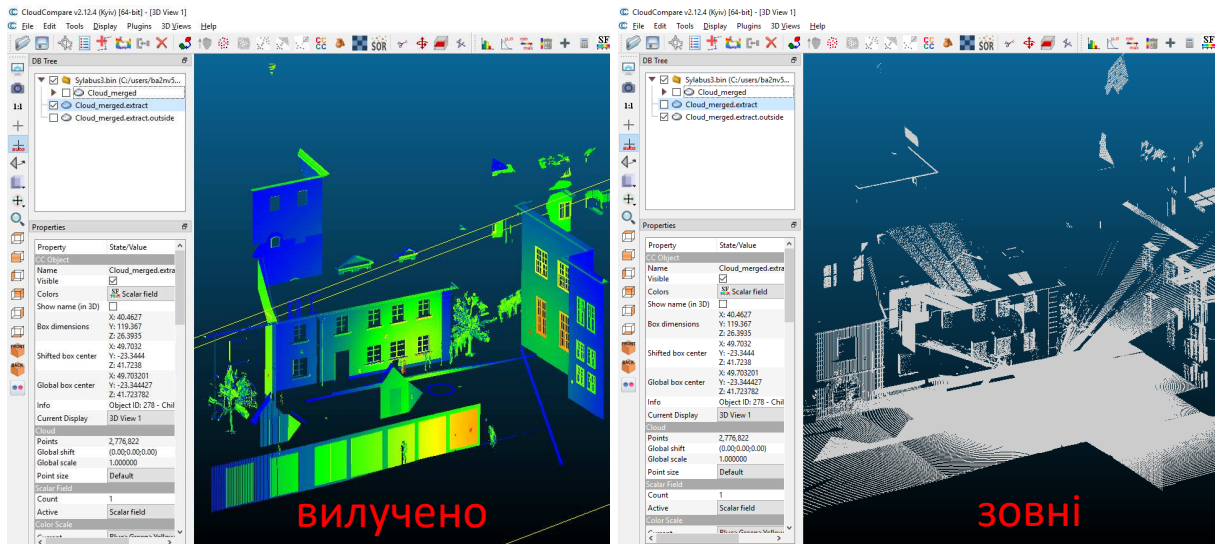


Рисунок 3.25 – Керування областями за допомогою «split»

Обчислити SF з кольорів можливо за допомогою Edit – Colors – SF from RGB.

Кольорометрична сегментація також може бути використана для значень SF (Scalar field).

Для фільтрації шуму можна застосувати фільтр Гауса та білатеральний фільтр (Edit – Scalar fields).

SOR- фільтр

Статистичний фільтр «викидів» (statistical outlier filter, SOR) видаляє віддалені точки і малі області з основної хмари точок, задаючи середню відстань і стандартне відхилення.

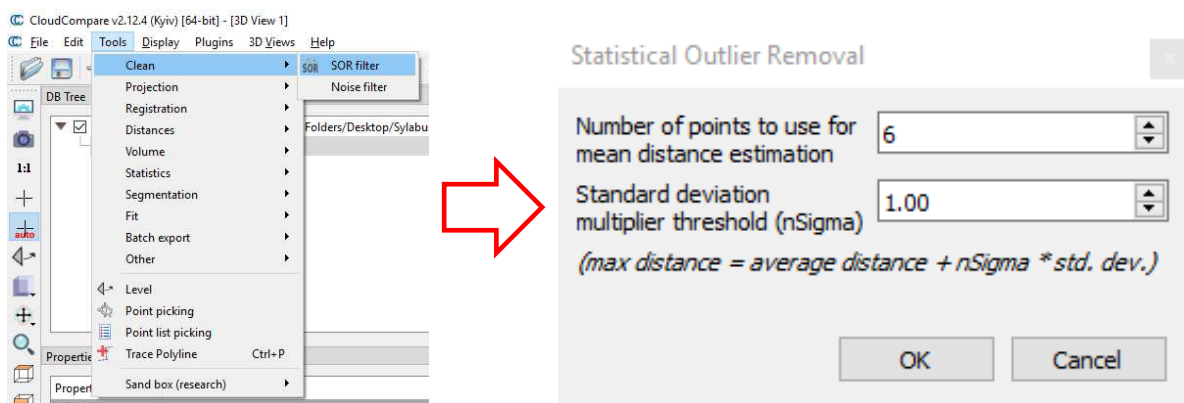


Рисунок 3.26 – SOR- фільтр

Фільтр шуму

«Викиди» (outliers) та невеликі області, що не мають зв'язку з основною хмарою точок, сприймаються шумом і можуть бути відфільтровані.

Виділяємо хмару точок – Tools – Clean – Noise filter.

Встановлюємо метод:

- kNN – кількість k-найближчих сусідів для пошуку;
- Сфера (Sphere) – радіус сфери пошуку;
- А ТАКОЖ тип помилки (відносна чи абсолютна).

Деякі ізольовані області та точки можна видалити, активувавши опцію «Видалити ізольовані точки» (Remove isolated points).

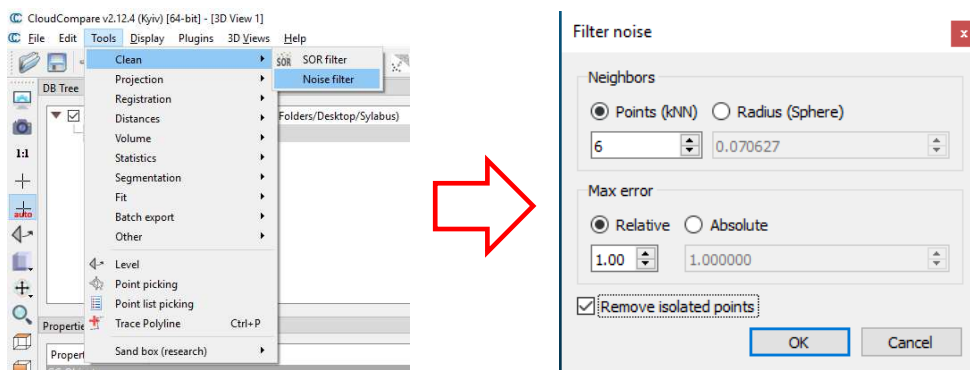


Рисунок 3.27 – Фільтр шуму

Лабораторна робота № 4

Тема: Реконструкція хмари точок у середовищі CloudCompare

Мета: навчитися виконувати реконструкцію існуючої хмари точок, яка отримана з симулятора лазерного наземного сканування VirScan3D.

Завдання:

1. Виконати реконструкцію хмари точок створенням сітки.
2. Виконати Poisson реконструкцію хмари точок.
3. Порівняти отримані результати.

Методичні рекомендації

Реконструкція – це процес побудови mesh-форми (сітки) з хмари точок.

Відкриваємо програму CloudCompare і хмару точок, яку потрібно реконструювати.

Використовуємо стандартний процес створення сітки у меню Edit – Mesh – Delaunay 2.5D (*у прикладі відбуватиметься реконструкція з найкращим приляганням до площини, тому що багато плоских стін). За потреби встановлюємо максимальну довжину ребер (maximal edge length) для трикутників Delaunay.

Не забуваємо виділити хмару точок!

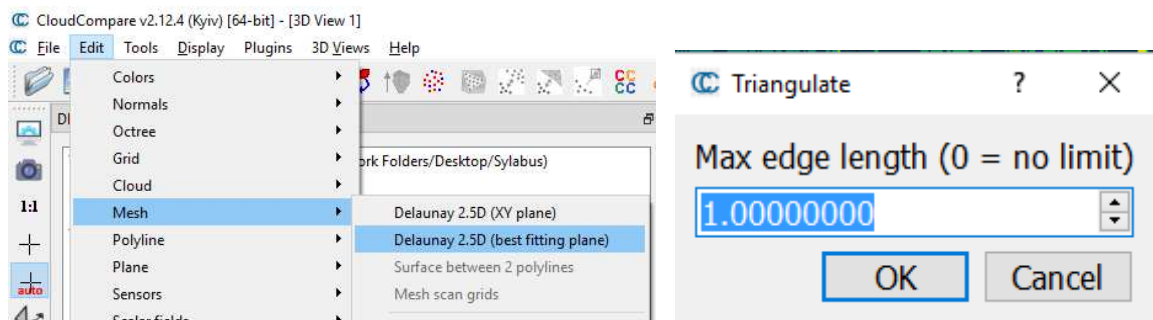


Рисунок 4.1 – Процес створення сітки

Нижче можемо побачити результати:

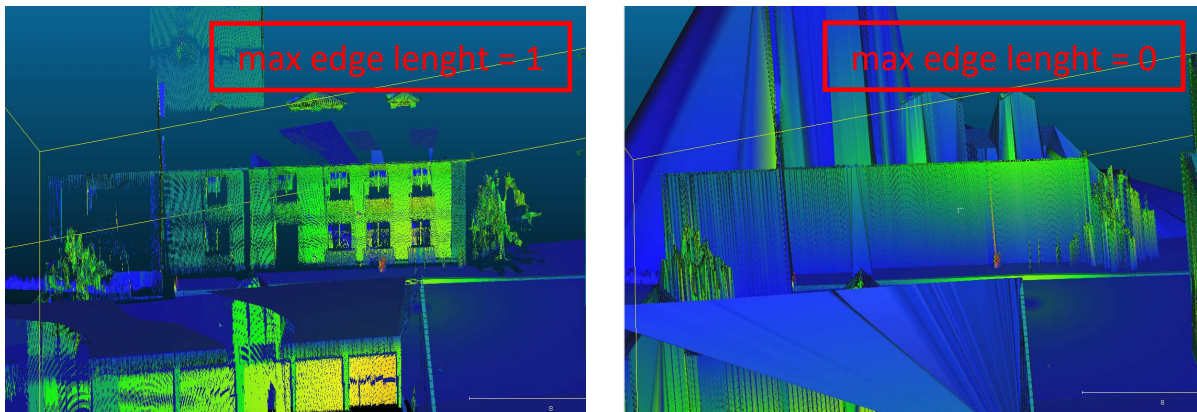


Рисунок 4.2 – Результати з різними заданими максимальними довжинами межі

Паралельно з цим процесом алгоритм обчислює вектори нормалей (нормалі) для кожної точки в хмарі точок.

Використаємо Poisson реконструкцію для згладжування деталізованого об'єкта без площин (виглядає більш природно).

Перш ніж почати Poisson реконструкцію, потрібно обчислити нормалі.

Для обчислення нормалей виділяємо хмару точок – Edit – Normals – Compute.

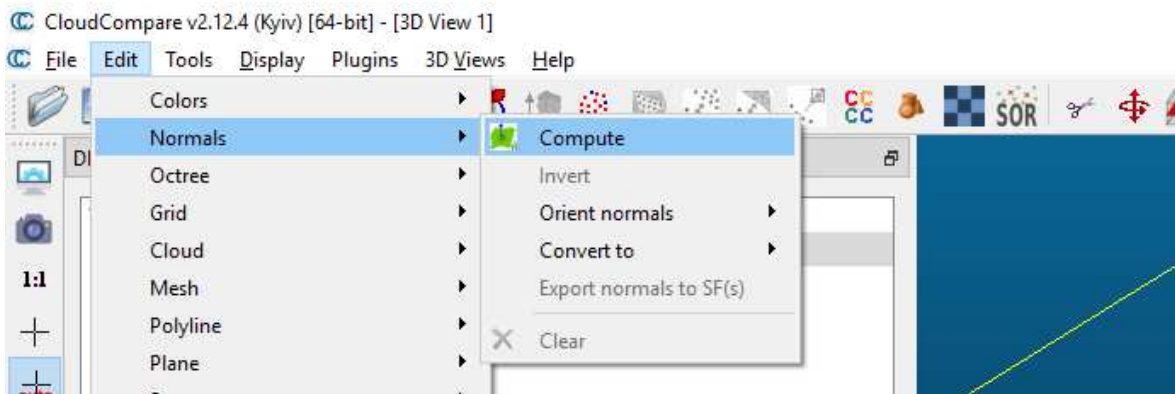


Рисунок 4.3 – Обчислення нормалей хмари точок

Вибираємо:

- локальну модель для апроксимації поверхні (плоска (plane) – якщо у сцені багато плоских об'єктів, трикутна (triangular) – для всіх неоднорідних сіток);
- параметри октадера;
- метод орієнтації нормалей.

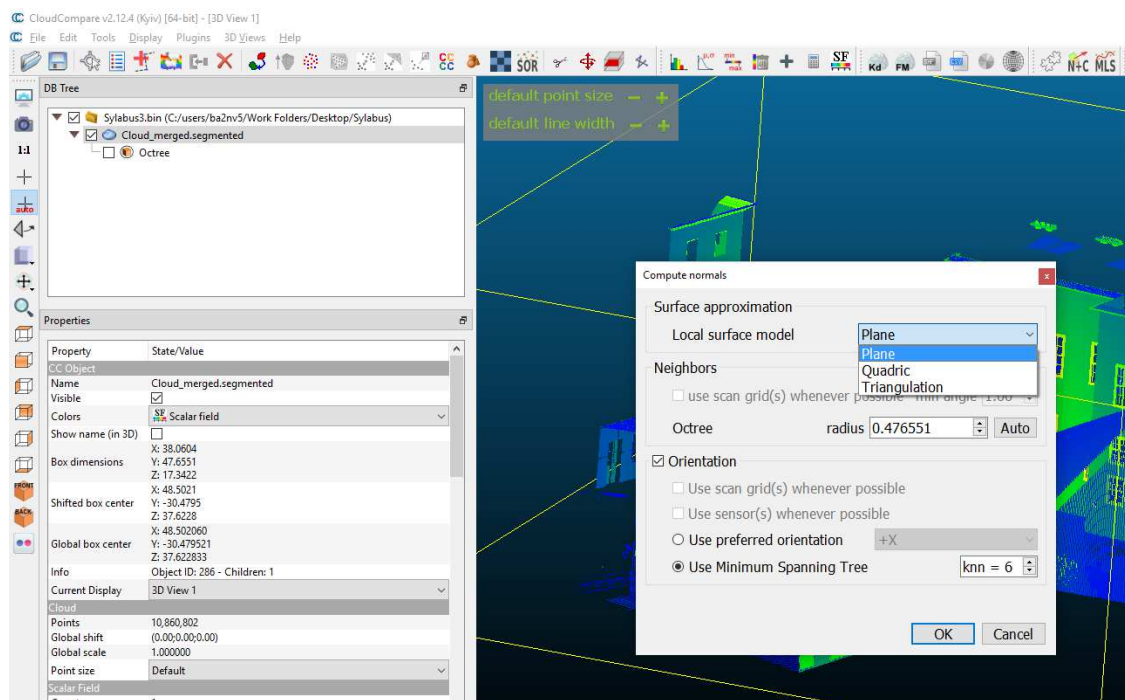


Рисунок 4.4 – Встановлення параметрів для обчислення нормалей

Або просто натискаєте на панелі управління клавішу, як показано на рисунку

4.5.



Рисунок 4.5 – Клавіша встановлення параметрів для обчислення нормалей
Після обчислення нормалей, вибираємо хмару точок – Plugins – Poisson Reconstruction.

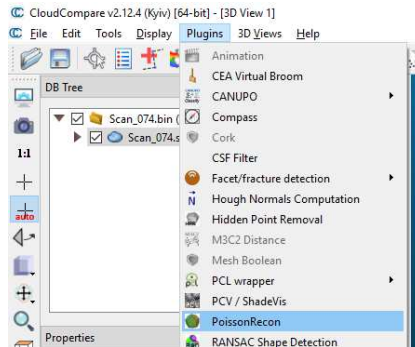


Рисунок 4.6 – Poisson реконструкція

За отриманими результатами виконується перевірка Poisson реконструкції і порівняння її з виконаною раніше mesh реконструкцією.

Для збереження проєкту, вибираємо об'єкти (хмару точок, mesh) і зберігаємо їх у потрібному форматі, який вказано на рисунку 4.7.

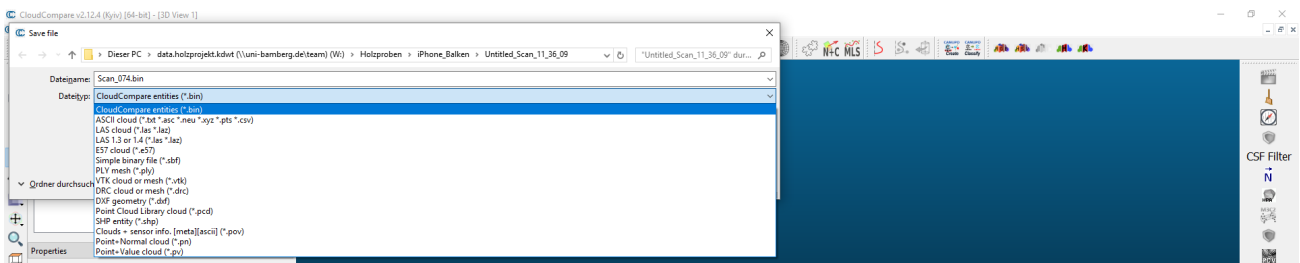


Рисунок 4.6 – Збереження отриманих даних реконструкції хмари точок

Лабораторна робота № 5

Тема: Реєстрація хмари точок у програмі FARO SCENE

Мета: Вивчити програмний продукт FARO SCENE та навчитися виконувати обробку хмари точок, отриманої з симулятора лазерного наземного сканування VirScan3D.

Завдання:

1. Виконати автоматичну реєстрацію хмари точок.

2. Виконати візуальну реєстрацію хмари точок.
3. Виконати ручну реєстрацію хмари точок

Методичні рекомендації

FARO SCENE – це високопродуктивний і практичний програмний інструмент з обробки хмари точок для професійних користувачів. Програма призначена для перегляду та адміністрування великої хмари точок з великою роздільною здатністю отриманої лазерним сканером FARO. Обробляти дані сканування в SCENE дуже ефективно і легко завдяки використанню зручних інструментів, як автоматичне розпізнавання об'єктів, реєстрація та позиціонування сканів.

Завантажте програмне забезпечення за посиланням <https://www.faro.com/en/Products/Software/Software-Trial?psint=SCENE&pint=SCENE>.

Відкрийте програму FARO SCENE.

Скористайтесь кнопкою «Create Project», щоб створити новий проект сканувань і виберіть місце для збереження робочих даних.

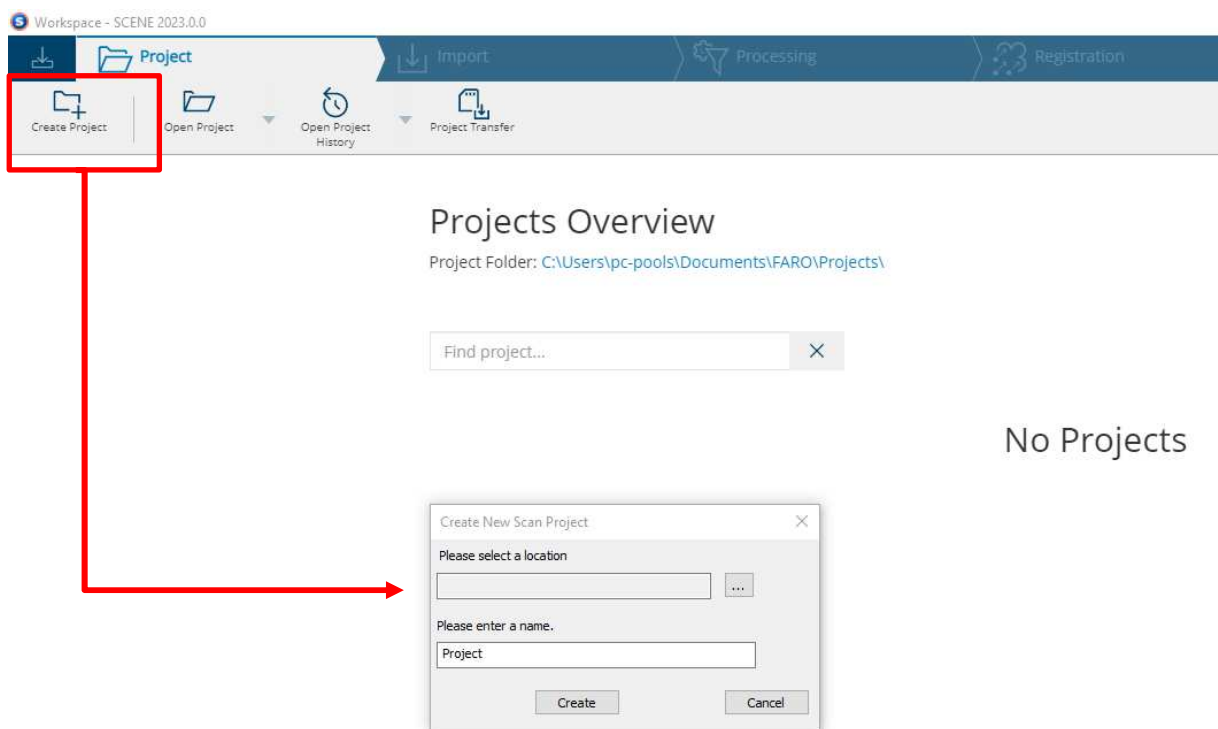
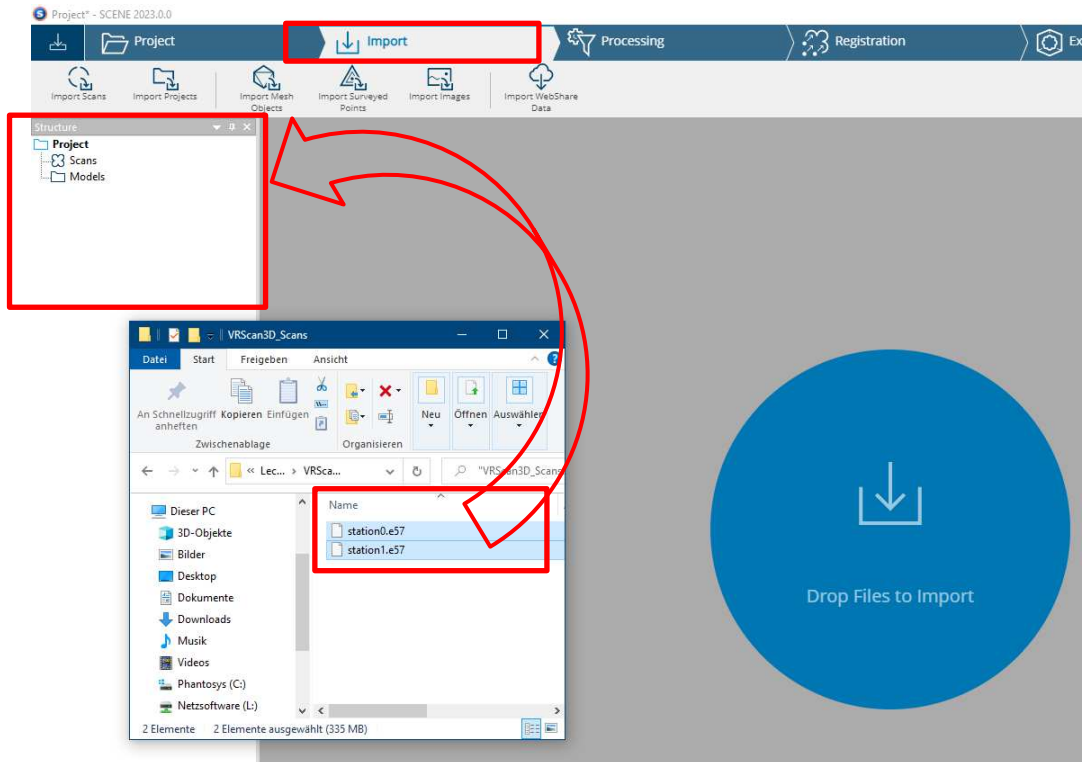
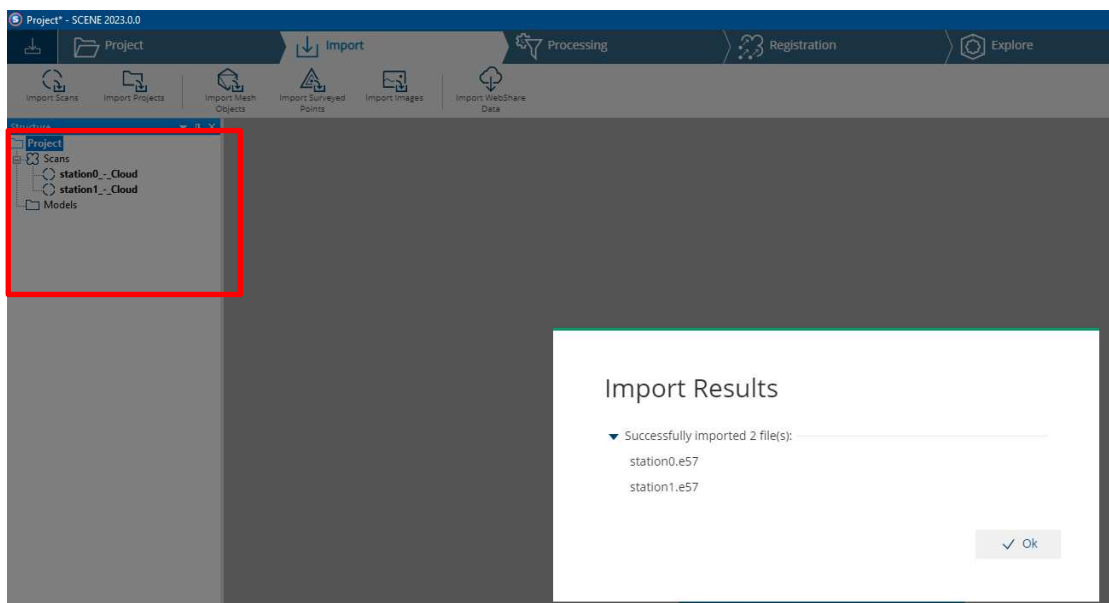


Рисунок 5.1 – Створення проєкту сканування

Переходимо до наступного кроку «Import». Для імпорту перемістіть вибрані скани до програми.



a)

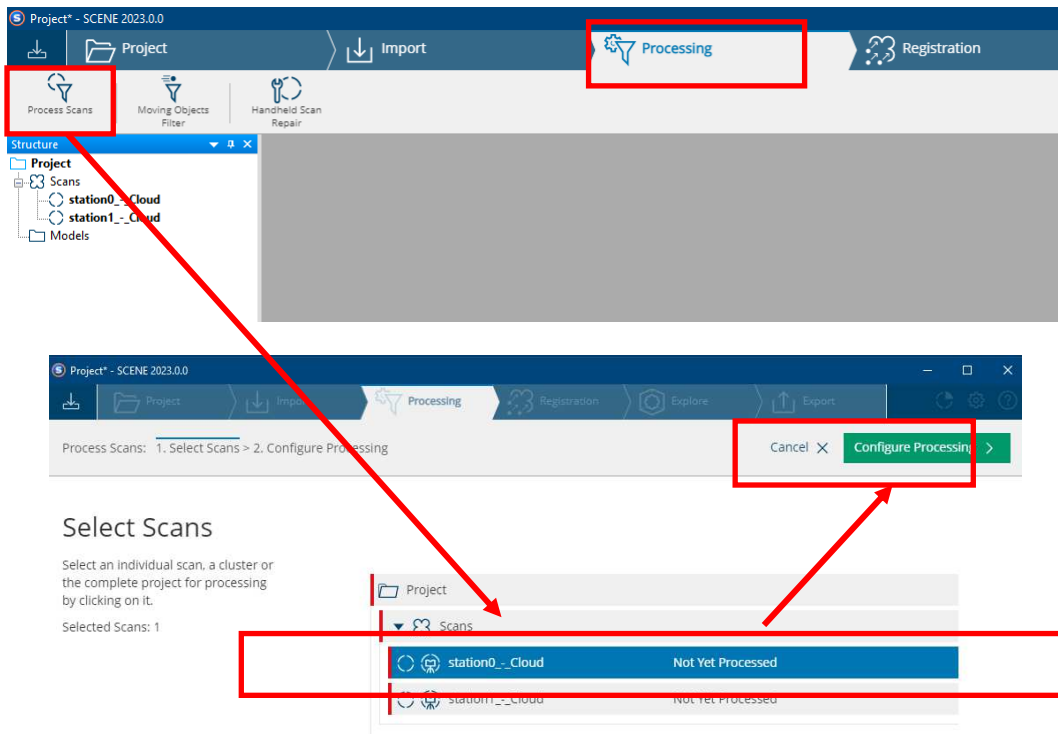


б)

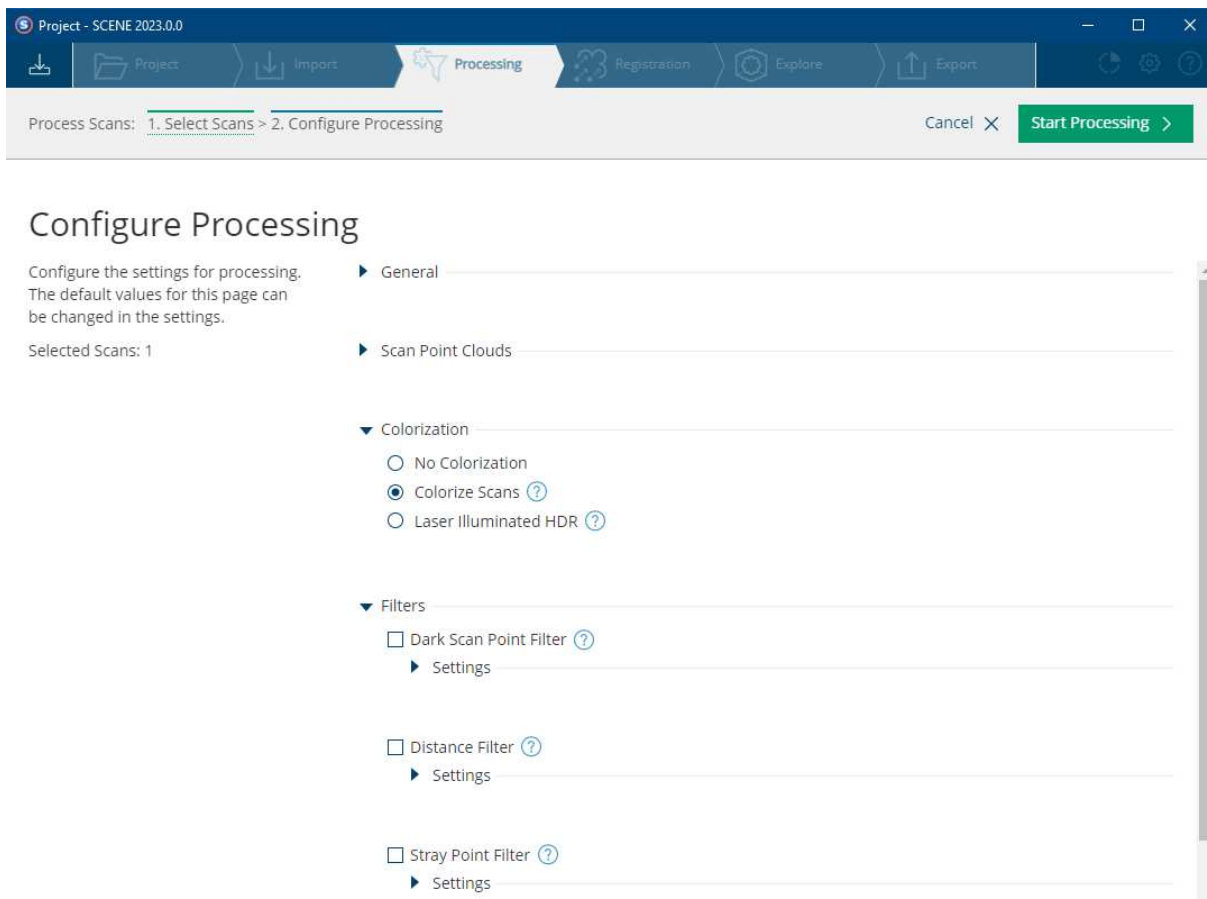
Рисунок 5.2 (а,б) – Імпорт даних

Переходимо до наступного кроку «Processing». Тут можемо обробити імпортовані скани (наприклад, відфільтрувати рухомі об'єкти), але не

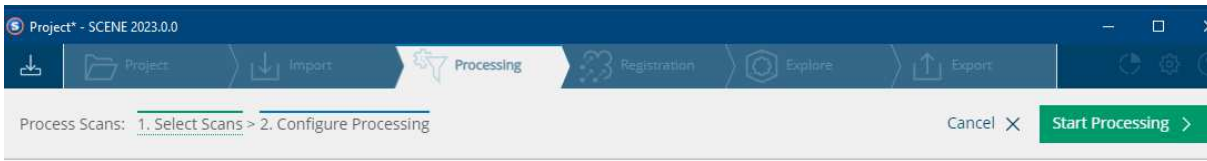
обов'язково. Можемо налаштувати індивідуальні параметри для сканів і вибрати розпізнавання марок, якщо це необхідно:



a)



б)



Configure Processing

Configure the settings for processing. The default values for this page can be changed in the settings.

Selected Scans: 1

Settings

Edge Artifact Filter

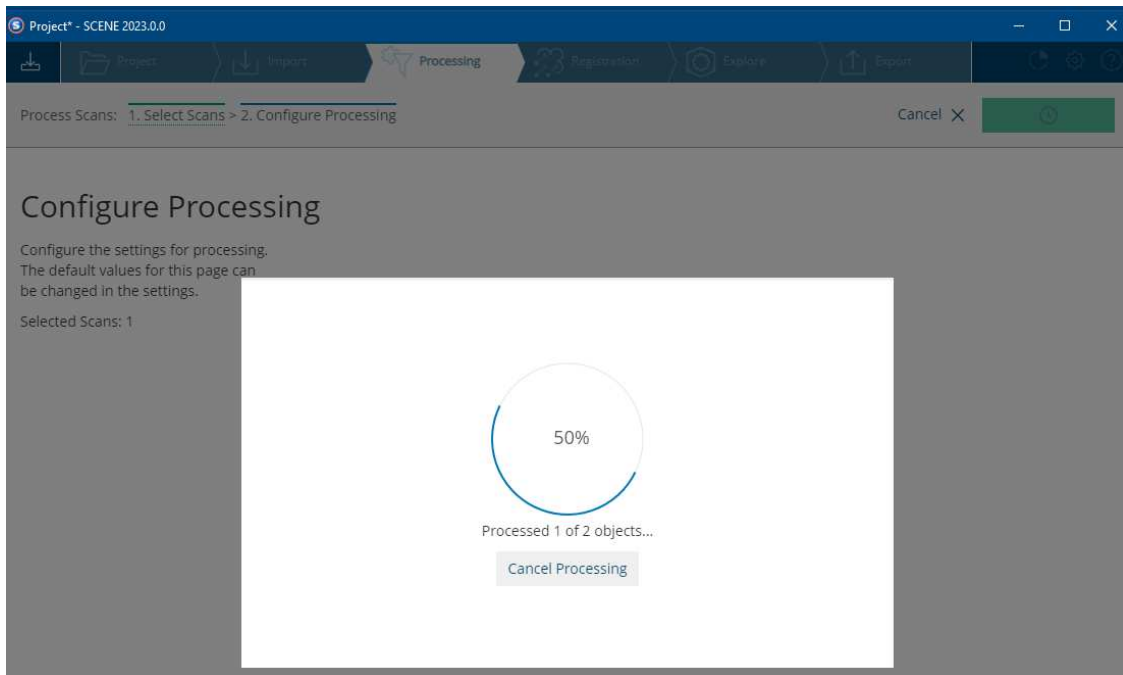
Find Targets

- Find Checkerboards
- Find Markers
- Find Planes
- Find Spheres

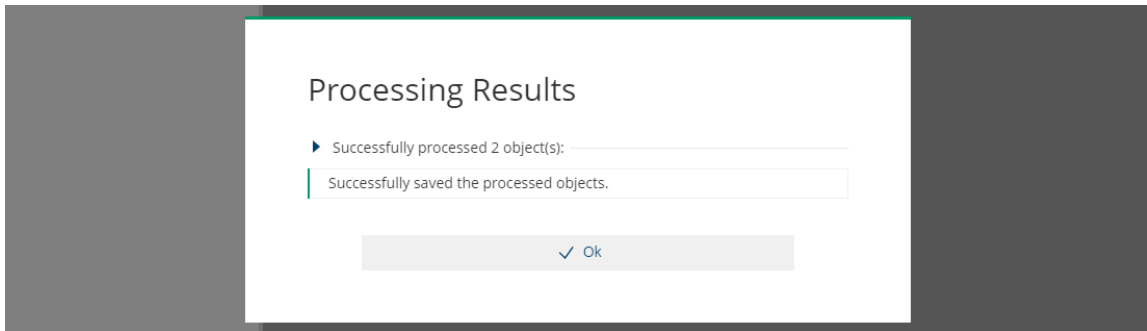
Active Sphere Radii:

0.0695 m x 0.0994 m x Add New

В)



г)



д)

Рисунок 5.3 (а-д) – Послідовність оброблення імпортованих сканів
За необхідності повторюємо обробку для кожного сканування.

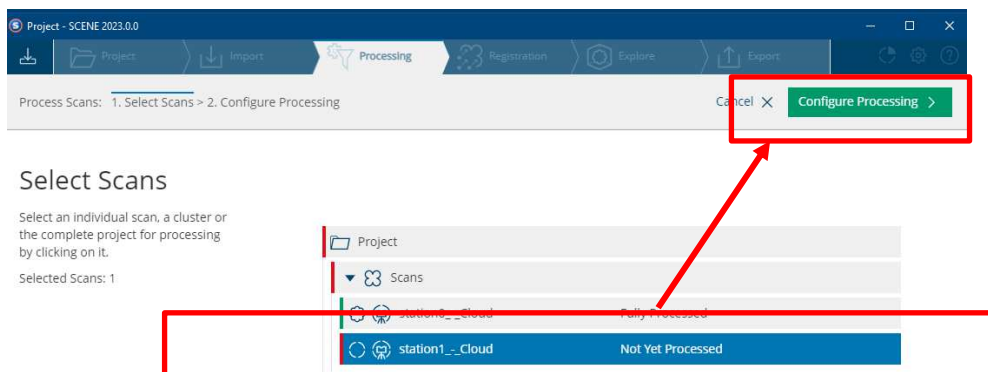


Рисунок 5.4 – Обробка для кожного сканування

Ми не можемо фактично бачити колір, тому що це симуляція сканування без кольору.

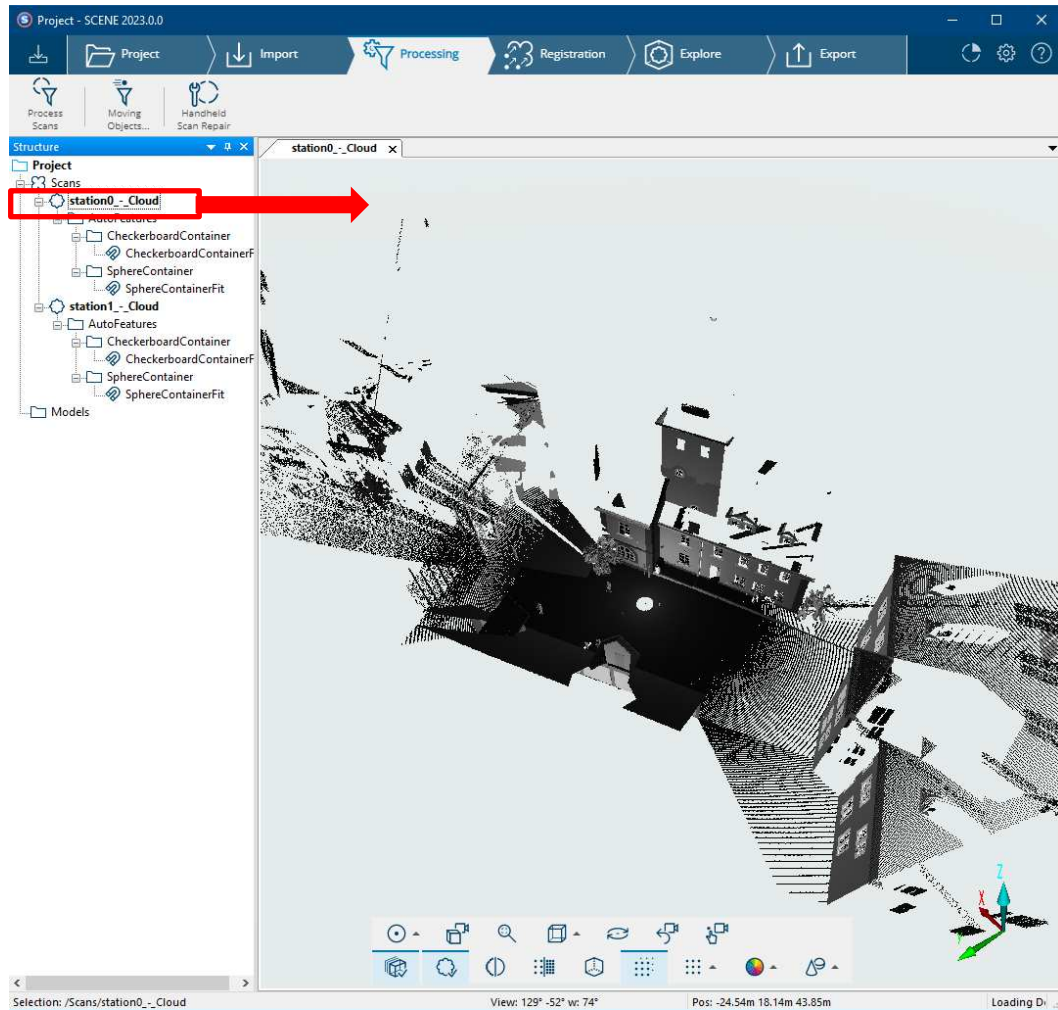


Рисунок 5.5 – Чорно-біле зображення скану

Переходимо до наступного кроку «Registration». Тут можемо реєструвати скани наступними способами:

- автоматичний (automatic (cloud-to-cloud));
- ручний (manual);
- візуальний (visual);
- через виміряні точки (via measured points).

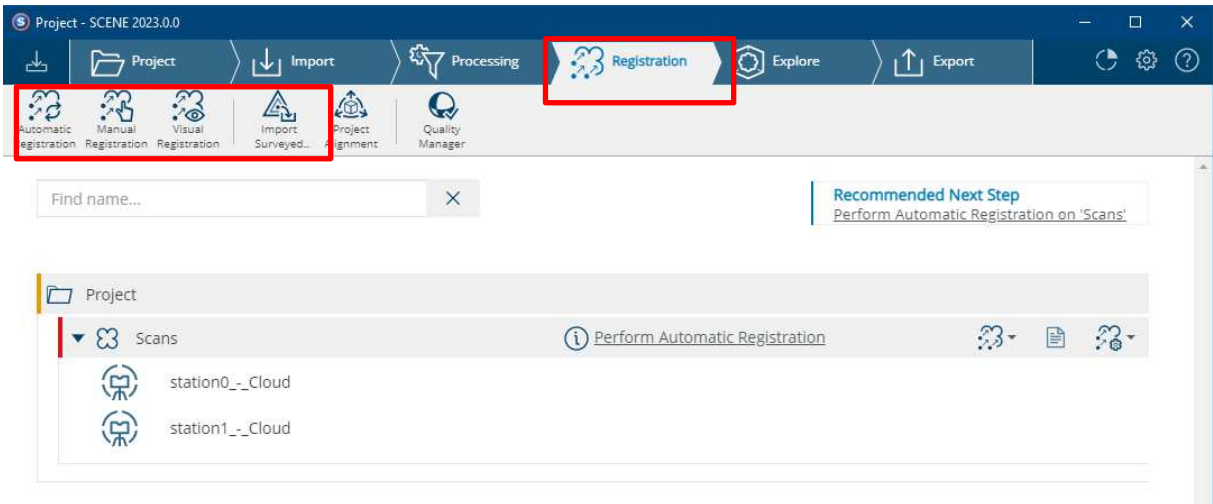


Рисунок 5.6 – Реєстрація хмари точок

Варіант 1: Автоматична реєстрація (зазвичай рекомендується):

- на основі марок (програма автоматично визначає марки, а потім зіставляє скани);
- вид зверху (заснований на підлаштуванні горизонтальних розрізів);
- Cloud-to-Cloud (мінімізує відстань між скануваннями);
- вид зверху та Cloud-to Cloud.

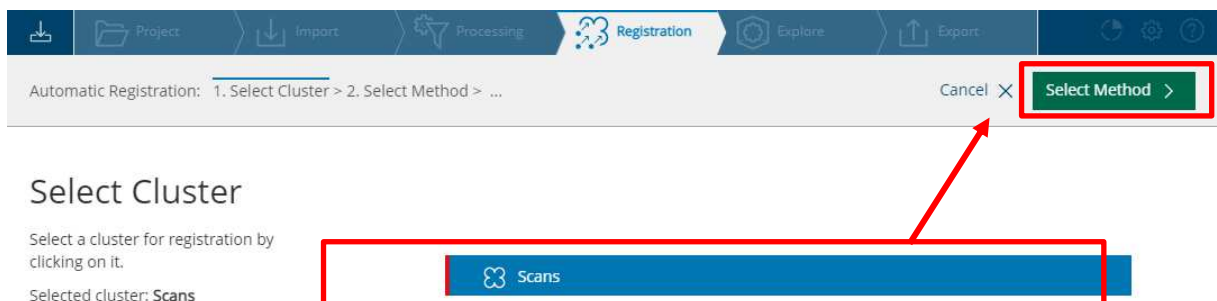


Рисунок 5.7 – Автоматична реєстрація

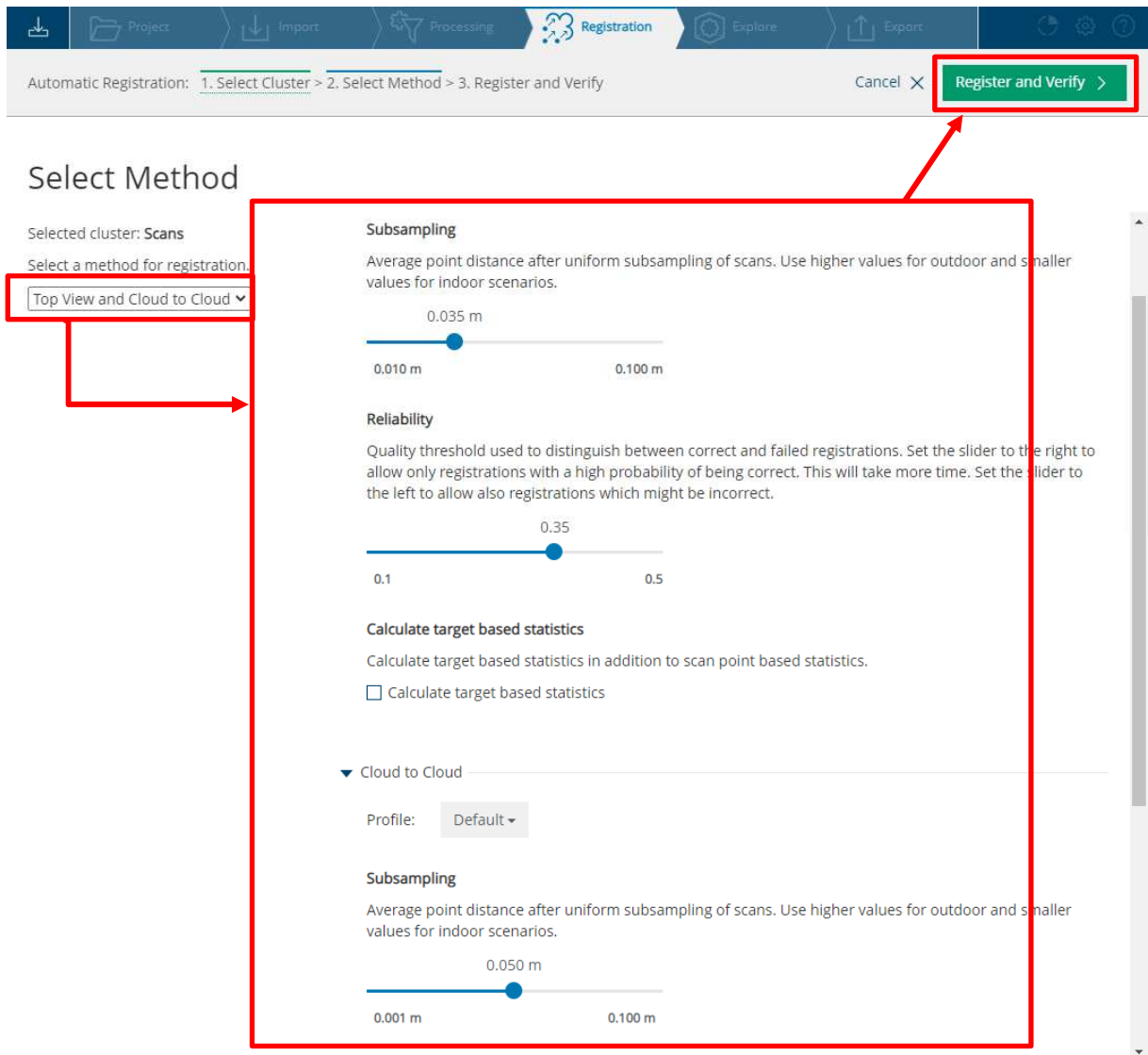


Рисунок 5.8 – Встановлення параметрів реєстрації

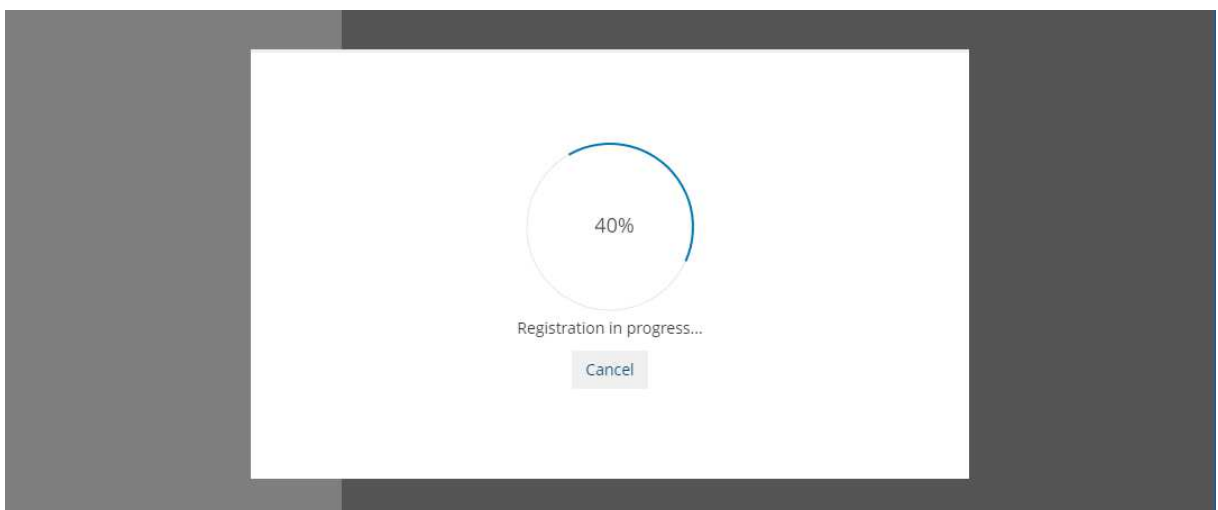


Рисунок 5.9 – Процес реєстрації

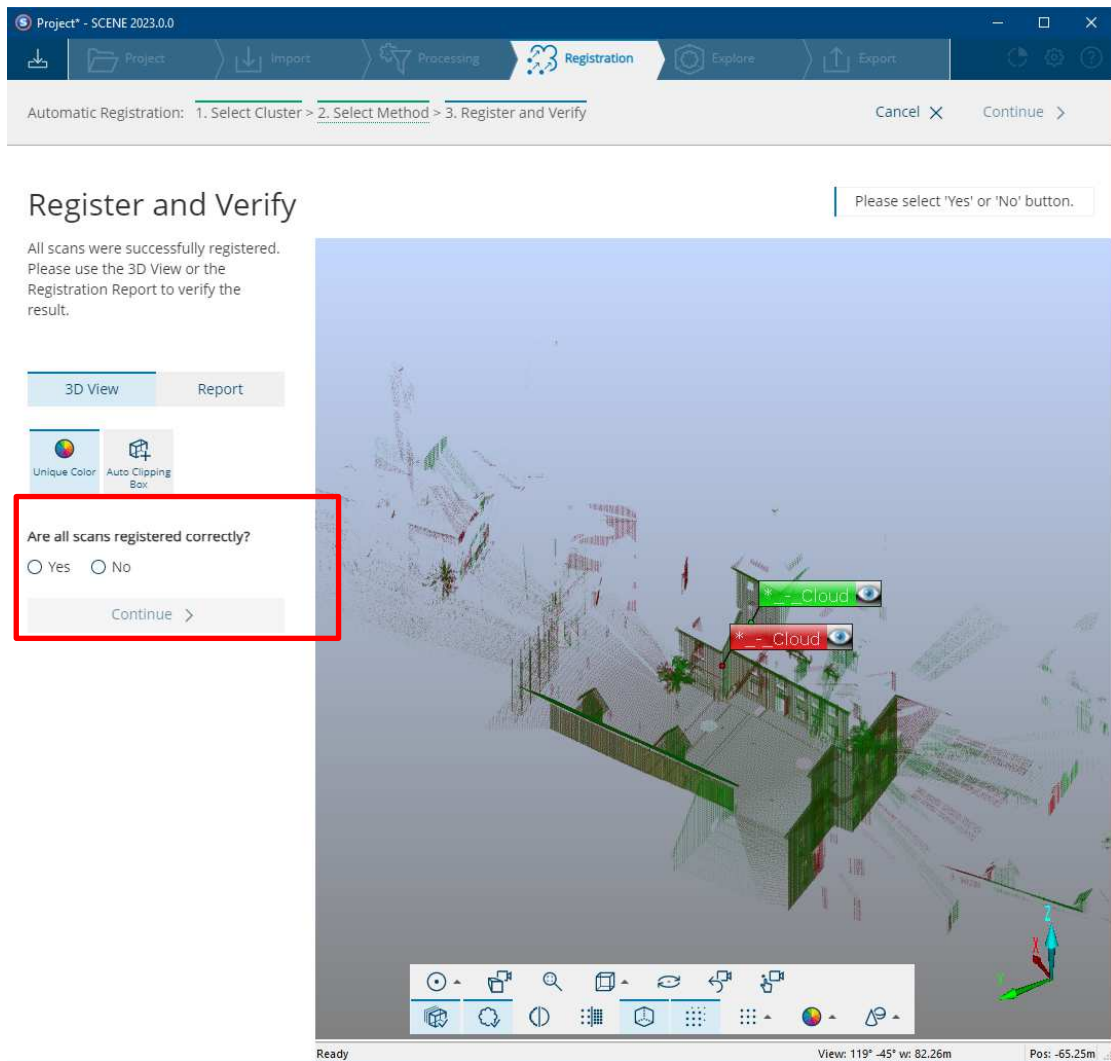


Рисунок 5.10 – Завершення процесу реєстрації

Варіант 2: Візуальна реєстрація:

- на основі марок;
- Cloud-to-cloud.

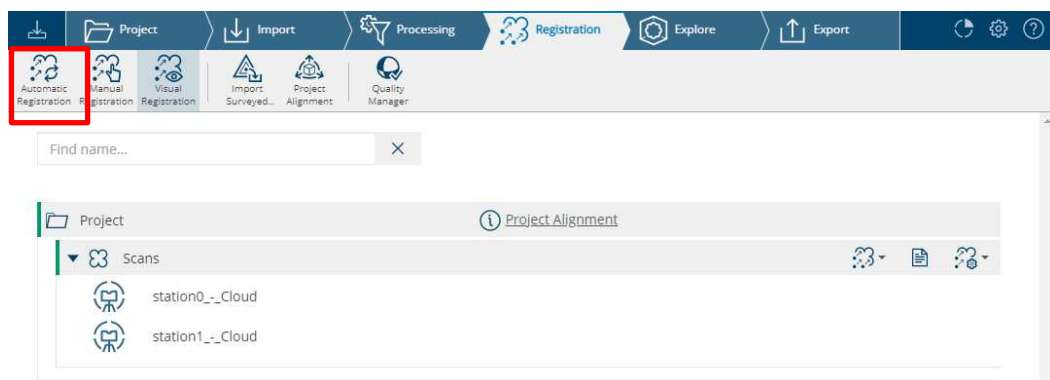


Рисунок 5.11 – Візуальна реєстрація на основі марок

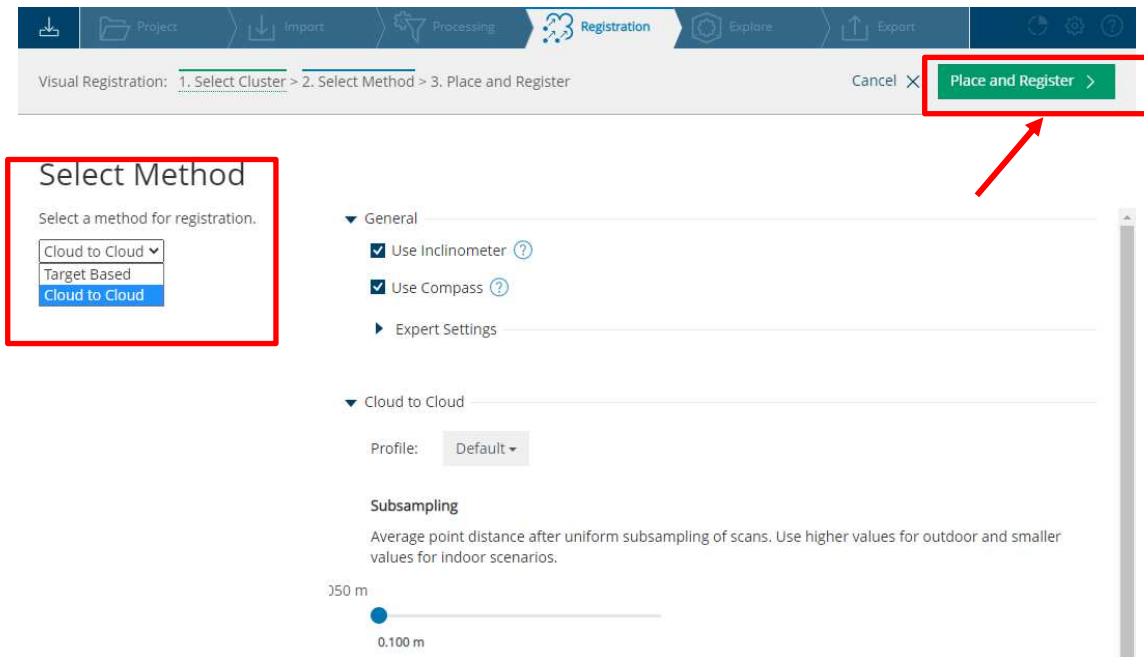


Рисунок 5.12 – Візуальна реєстрація Cloud-to-cloud

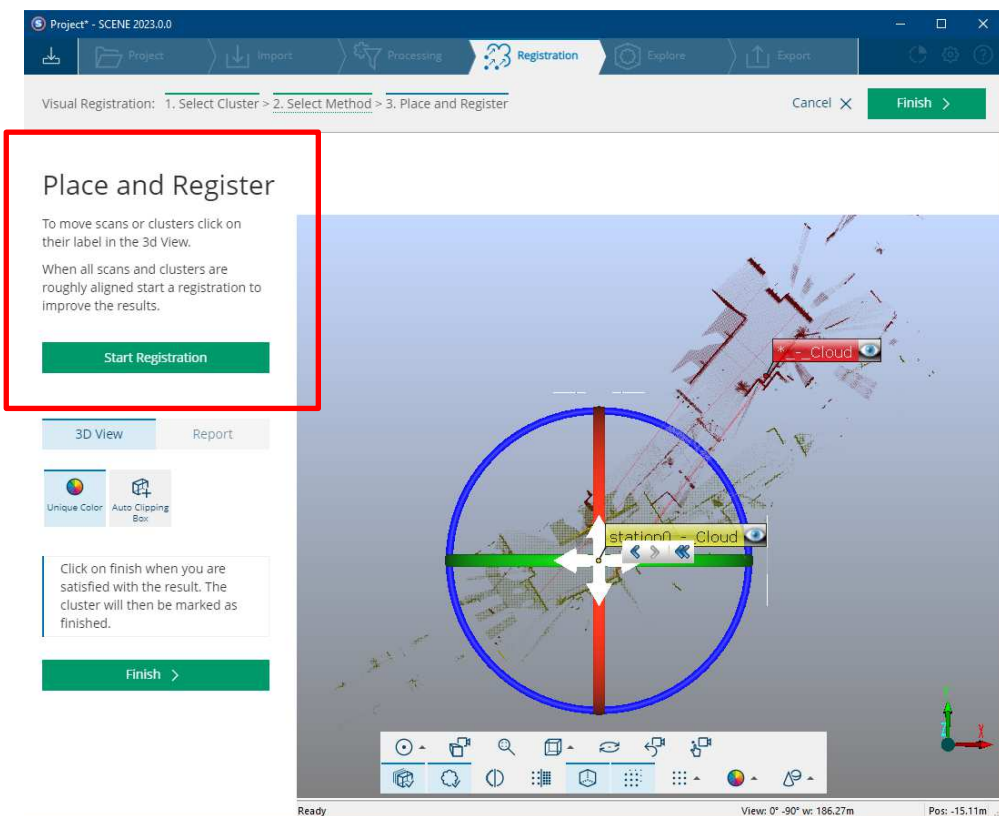


Рисунок 5.13 – Реєстрація хмари точок

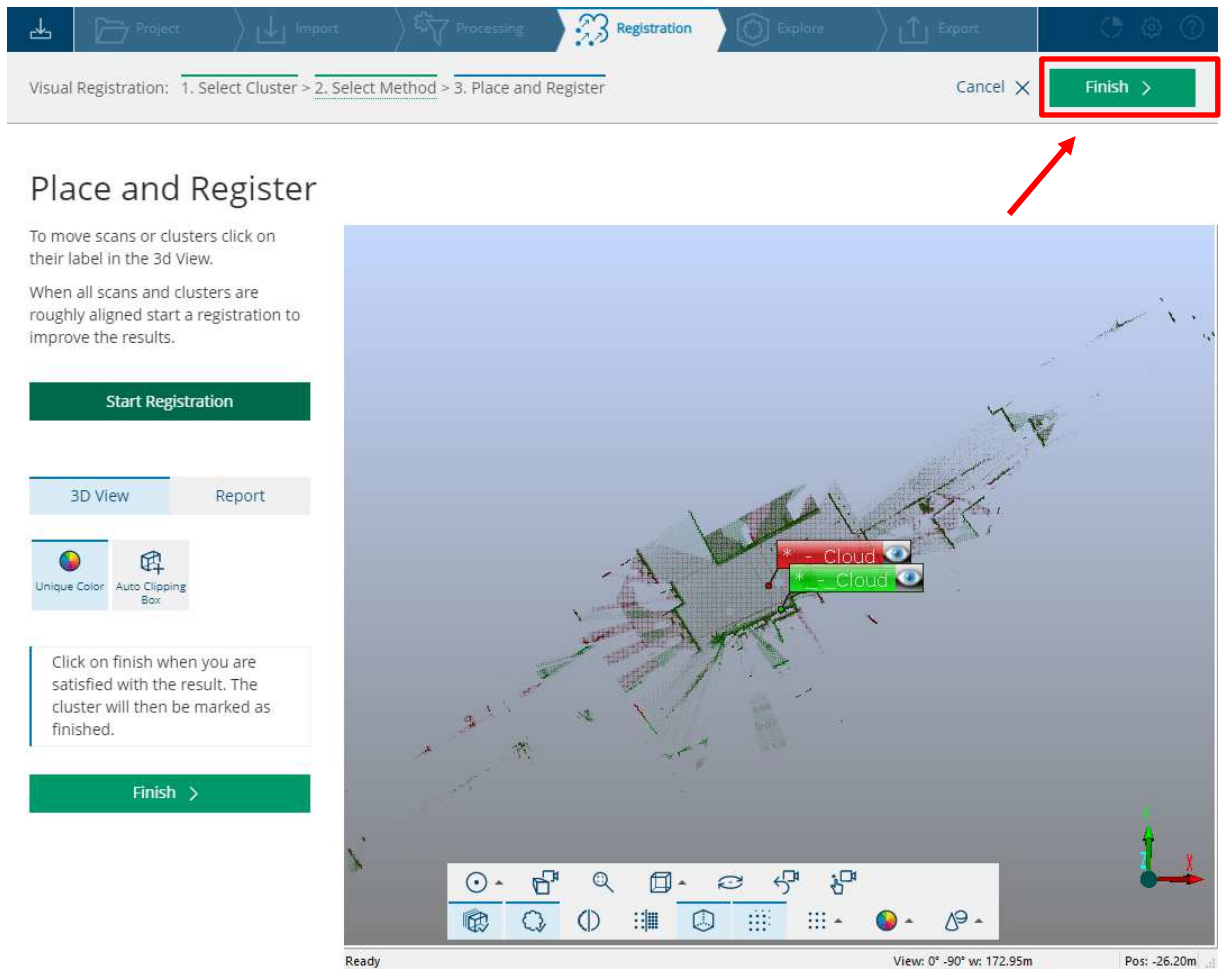


Рисунок 5.14 – Зареєстровані хмари точок

Після натискання кнопки «Finish» відкриється вікно з розташуванням сканів. Якщо все гаразд – підтверджуємо результати, якщо ні – пропонується інший тип реєстрації (автоматична або ручна).

Варіант 3: Реєстрація вручну

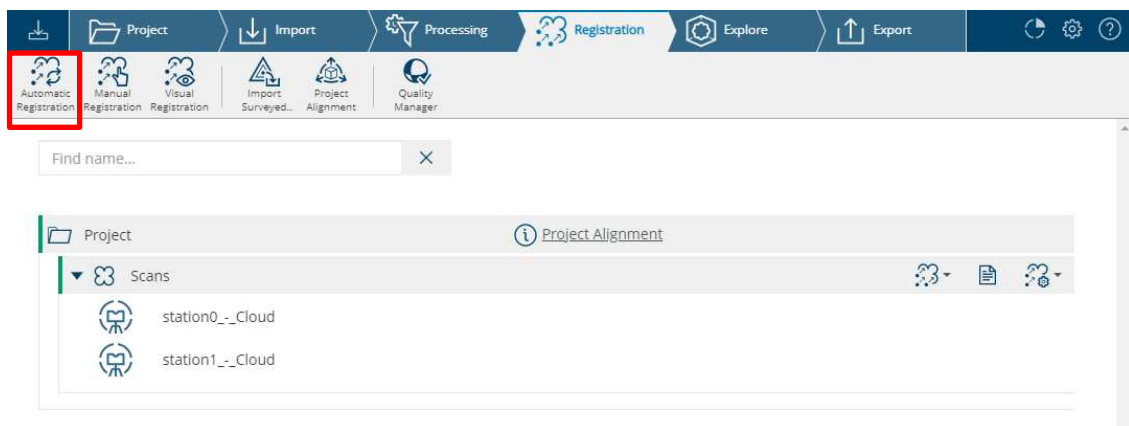


Рисунок 5.15 – Вибір ручної реєстрації

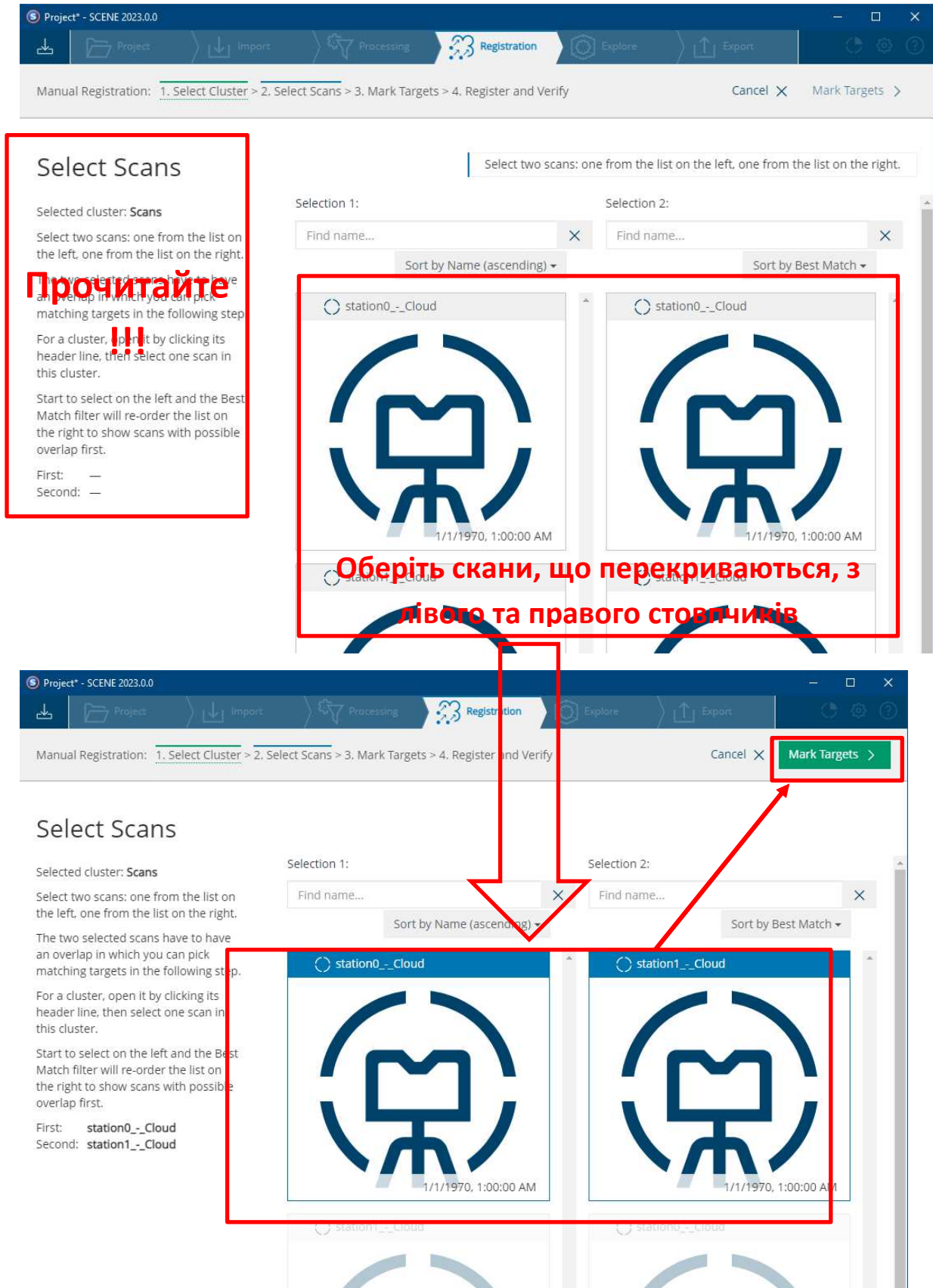


Рисунок 5.16 – Завантаження сканів для реєстрації

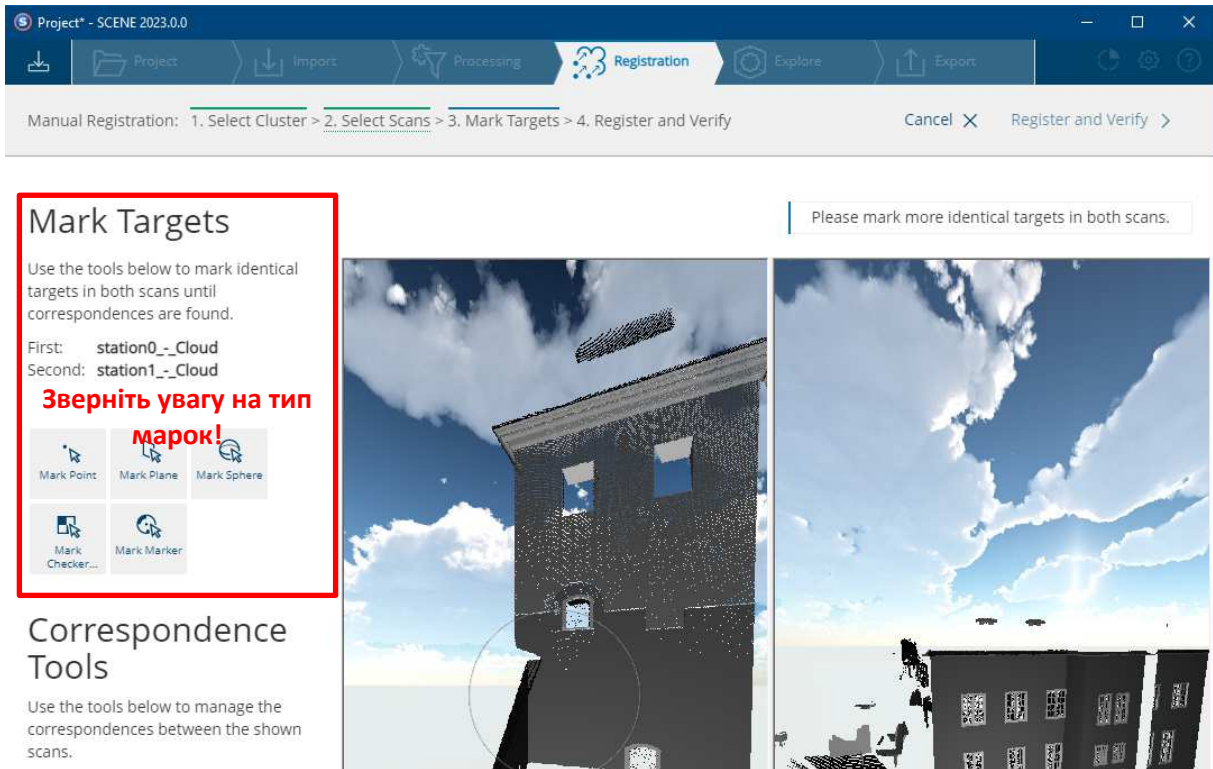


Рисунок 5.17 – Обираємо тип марок, які використовувалися при скануванні
Скани можливо реєструвати не тільки за допомогою марок, але й за допомогою 3 точок або площин у просторі. Обрати ідентичні марки/об'єкти в обох скануваннях.

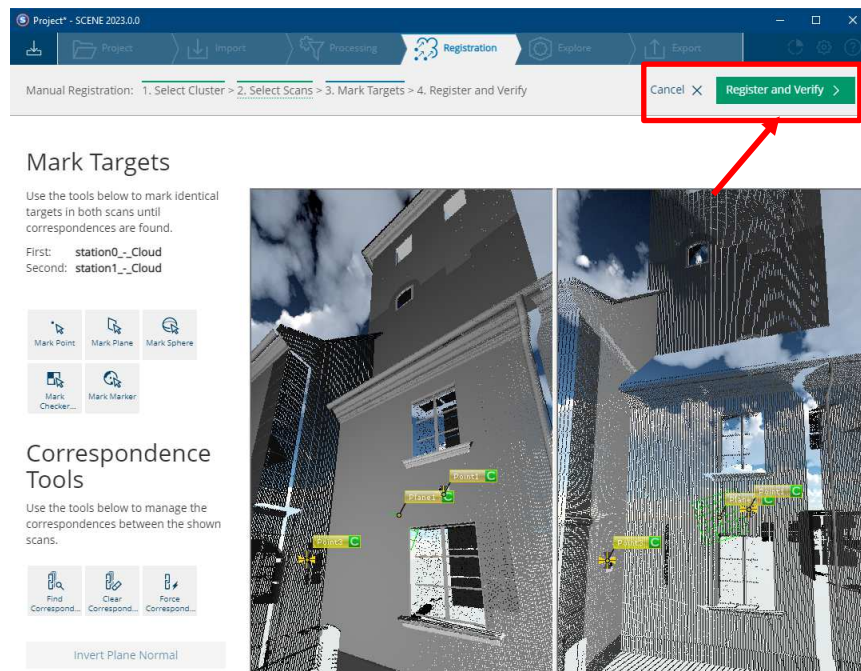


Рисунок 5.18 – Реєстрація за точками або площинами у просторі

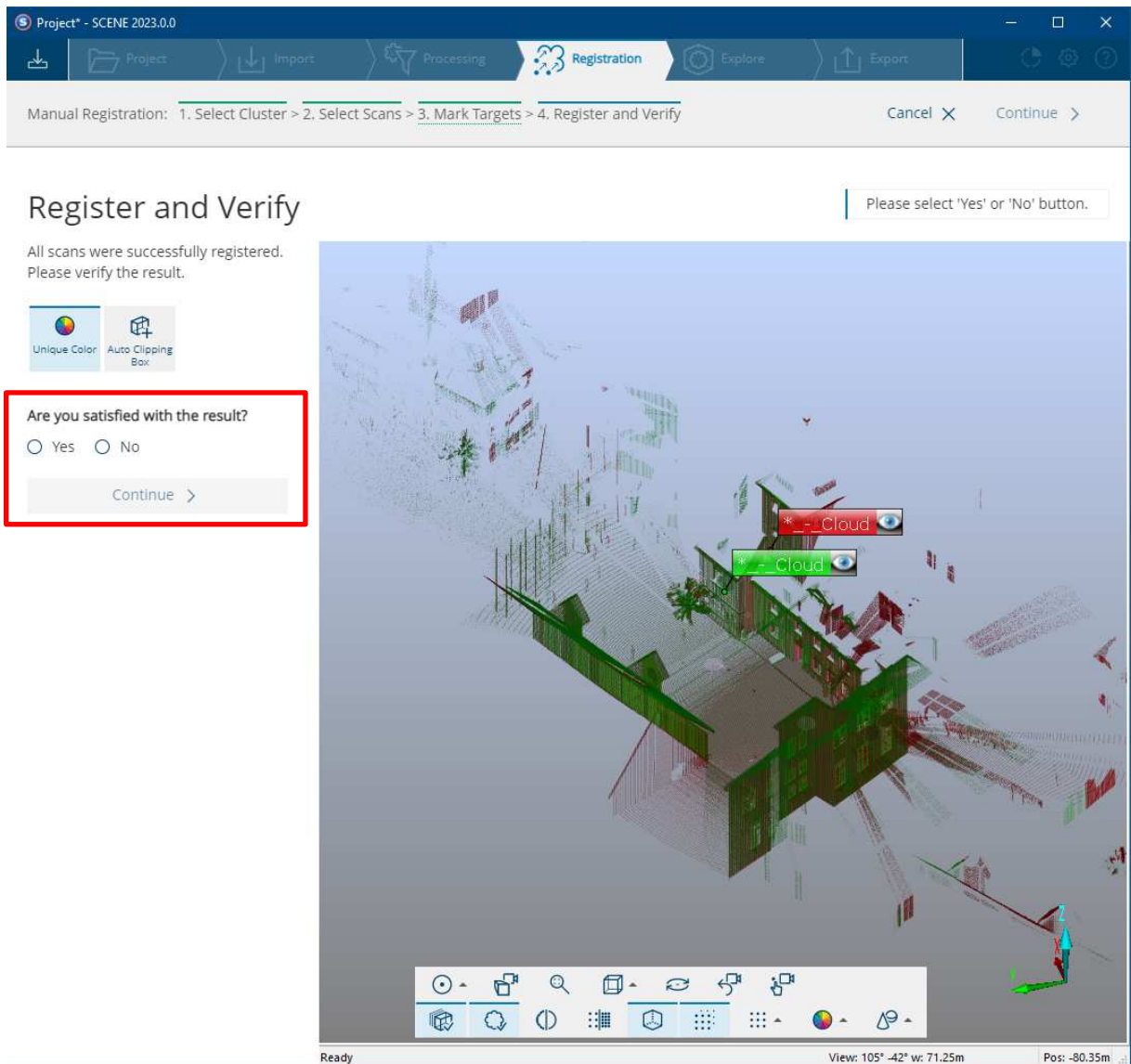


Рисунок 5.19 – Завершення процесу реєстрації вручну

«Кластер» – це об'єднані скани. Якщо більше двох сканів, рекомендується вибрати скани з кластера (ліворуч), а також здійснити пошук відповідного скану (праворуч) на наступних кроках. Коли всі скани готові – перевіряємо і підтверджуємо розташування сканувань. Для реєстрації пропонується оптимізація між хмарами. На цьому реєстрація завершується.

Звіт про реєстрацію

За необхідності можна завантажити звіт про реєстрацію хмар точок.

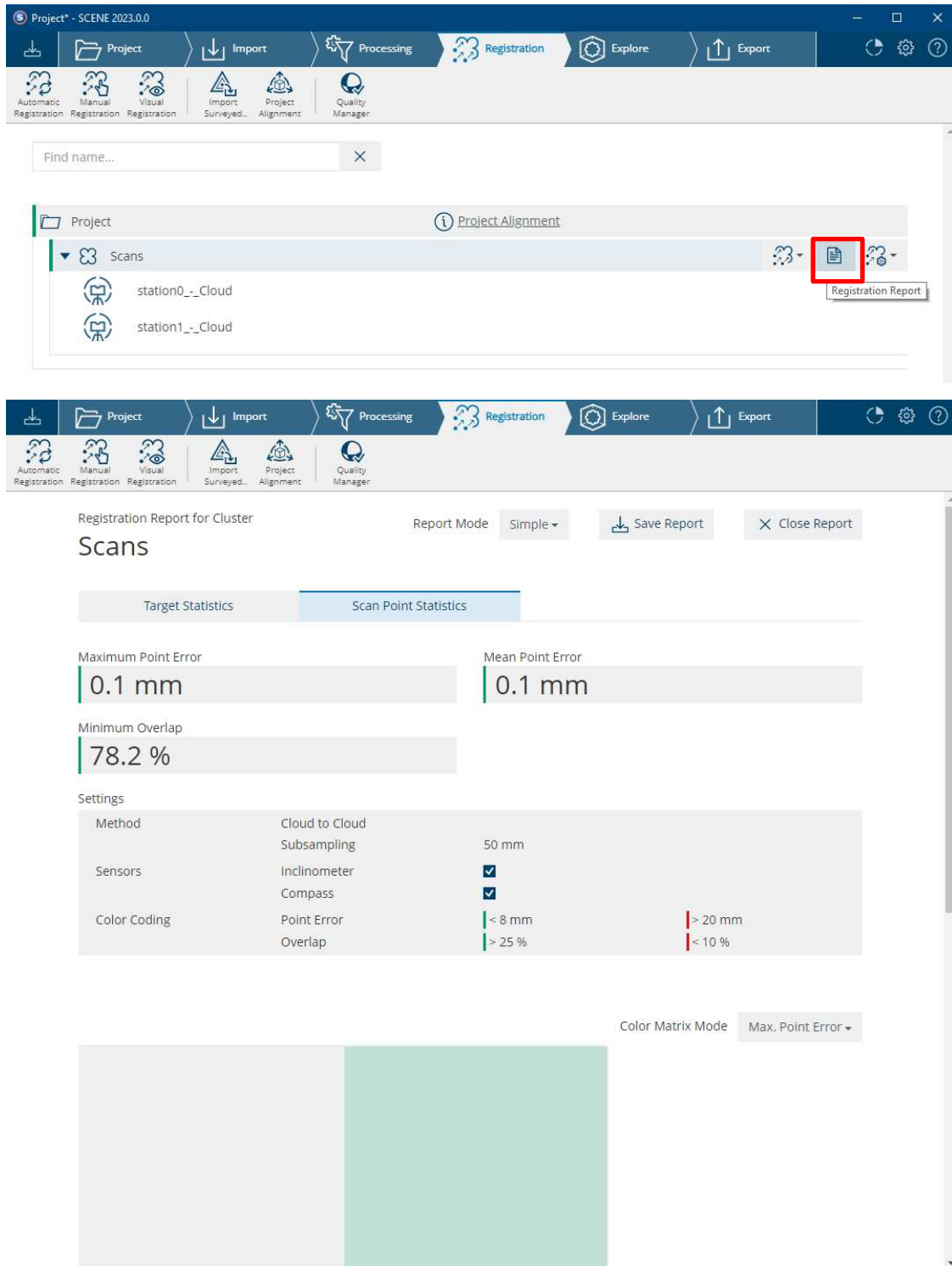


Рисунок 5.20 – Завантаження звіту

Список рекомендованої літератури

1. Іванов П. С. Наземне лазерне сканування для вирішення проблем міського планування. Часопис картографії. 2017. Вип. 17. URL: http://maptimes.inf.ua/CH_17/Ch17_Article2_Land-laserscanning-for-city-planning.html.
2. Литвиненко Ю.О. Використання лазерних сканерів при геодезичних роботах у землеустрої. URL: <http://dspace.knau.kharkov.ua/jspui/bitstream/123456789/956/1/97.pdf>.
3. Про лазерне сканування. BUILDIT Ukraine. 2022. URL: <https://buildit.org.ua/about-laser-scanning>.
4. Kersten, T. P., Edler, D., 2020: Special Issue «Methods and Applications of Virtual and Augmented Reality in GeoInformation Sciences» PFG – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science, 88(2), 119–120. <https://doi.org/10.1007/s41064-020-00109-w>
5. Popovas, D., Chizhova, M., Gorkovchuk, D., Gorkovchuk, J., Hess, M., Luhmann, T., 2021: Teaching terrestrial laser scanning in cultural heritage using a virtual simulator. Proceedings of the joint international event 9th ARQUEOLÓGICA 2.0 & 3rd GEORES, Valencia <https://doi.org/10.4995/Arqueologica9.2021.12091>.
6. Дорожинський О.Л. Наземне лазерне сканування в фотограмметрії: навч. посіб. / Видавництво Львівської політехніки. Львів, 2014, 96 с.
7. Shan J. and C.K. Toth, Eds., 2008. Topographic Laser Ranging And Scanning – Principles and Processing, CRC Press, Taylor & Francis Group, London 590 pp.

Навчальне видання

Трегуб Микола Володимирович

Трегуб Юлія Євгенівна

Янкін Олександр Євгенович

ОСНОВИ ЛАЗЕРНОГО НАЗЕМНОГО СКАНУВАННЯ

Методичні рекомендації до лабораторних занять

для здобувачів ступеня бакалавра

галузі знань 19 Архітектура та будівництво

Видано в авторській редакції.

Електронний ресурс.

Підписано до видання 10.04.2024. Авт. арк. 4,0.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка».

49005, м. Дніпро, просп. Дмитра Яворницького, 19.