

ROBOT SLAM



Ручной геодезический лазерный сканер
с технологией SLAM





Содержание

1. Введение
2. Особенности RobotSLAM
3. Качество получаемых данных
4. Применение RobotSLAM



1. Введение

ROBOT

SLAM



1.1 Что такое SLAM?

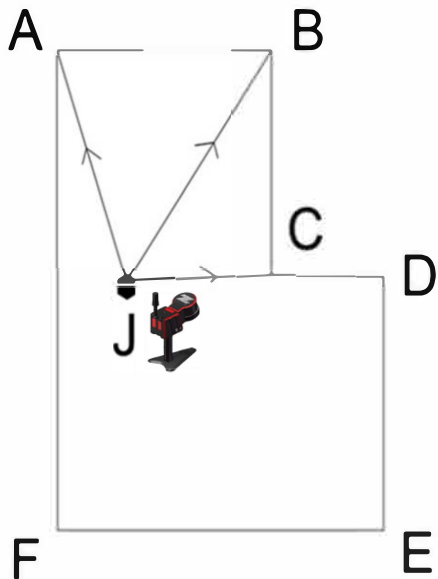
SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) — одновременная локализация и построение карты.

2 основные функции:

- Определение позиции
- Создание модели окружения

Достигаются при помощи:

- Лазерного сканнера (облако точек)
- Камеры (информация о цвете)
- Записи траектории перемещения



Траектория перемещения вычисляется при создании модели окружения с помощью фотограмметрии. Положение прибора (J) будет рассчитано по трем точкам (A, B и C).

Такое оборудование называется **SLAM LiDAR**.

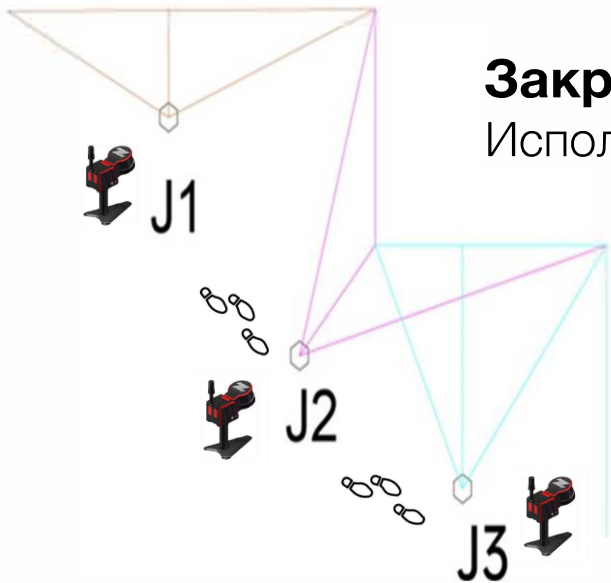
1.1 Что такое SLAM?

Как получать данные?

Информация о позиции и ориентации будет получена во время движения. В то же время, эта информация совмещается с полученными изображениями и облаком точек. При использовании контрольных точек или RTK для обработки данных, можно получить модель высокой точности позиционирования.

Закрытый ход

Используется чтобы избежать накопления ошибок.



Преимущества:

- Компактный и легкий
- Высокая точность данных

Технология SLAM применяется повсеместно.

1.2 Обычный LiDAR и SLAM LiDAR

Обычный LiDAR

IMU + GNSS
позиционирование

Принцип работы

Лаз. сканнер + IMU
+ GNSS плата

Компоненты

LiDAR

Категория

БПЛА, авто,
самолет, корабль

Установка

На улице

Применение

Алгоритм SLAM

SLAM LiDAR

GNSS positioning +
IMU orientation

SLAM LiDAR

БПЛА, авто, ручная,
самолет и т.д

На улице,
в помещении

Для работы **обычного лазерного сканнера (LiDAR)** нужна технология GNSS+IMU. Такой LiDAR **зависит от получения спутниковых сигналов.**

SLAM LiDAR создает модель местности в локальной системе координат, после чего модель можно привязать к местности при помощи контрольных точек. Он **не зависит от получения спутниковых сигналов**

1.2 Обычный LiDAR и SLAM LiDAR

Обычный LiDAR

Достоинства

- Мгновенное получение координат точек
- Сканирование на коротких и больших расстояниях

Недостатки

- Необходимо спутниковое оборудование
- Возможно использовать только на улице

SLAM LiDAR

Достоинства

- Независим от спутниковых сигналов
- Небольшой размер и вес
- Работа на улице и в помещении

Недостатки

- Получение координат только после обработки
- Требуется наличие контрольных точек для получения координат
- Сканирование небольших расстояний

1.3 Почему SLAM LiDAR популярен?

Применение лазерного сканирования и технологии SLAM

Не зависит от спутниковых сигналов.

Позволяет собирать данные как на улице, так и в помещении.

Легкость и компактный размер

SLAM-системы в разы меньше обычных лазерных сканнеров, сканировать им можно держа в руках.

Небольшая стоимость (относительно обычных лазерных сканнеров).

Универсальность

Данным сканнером можно получать данные не только на улице, но и в помещениях.

Из-за небольших размеров и веса, сканнером можно работать держа его в руках, без необходимости в машине или беспилотном аппарате.



1.4 Элементы SLAM-системы

Основные элементы SLAM-системы

- Лазерный сканнер
- Корпус прибора
- Модуль IMU
- Ручка
- Основание

Дополнительные элементы SLAM-системы

- Панорамная камера
- Модуль GNSS и внешняя GNSS антенна

Опциональные модули

- Рюкзак - крепление
- Крепление на четвероногого шагающего робота
- Крепление БПВА
- Автомобильное крепление
- Крепление БПЛА



1.5 Вопрос-Ответ

1) В чем разница между 16-ю 32-мя лучами?

Чем больше лучей – тем плотнее получается облако точек. С большим количеством лучей можно быстрее двигаться.

2) Зачем нужна панорамная камера?

Для получения текстур и информации о цвете точек.

3) Какие объекты можно снимать при помощи SLAM системы?

Любые, ограничение лишь в физическом доступе к объекту (например, слишком высокие).

4) Можно ли заменить обычный LiDAR SLAM системой для БПЛА?

Как правило SLAM системы имеют небольшое расстояние сканирования. В некоторых случаях это может быть критично.

5) Зачем нужен встроенный GNSS?

Нет необходимости в привязке данных во время постобработки.



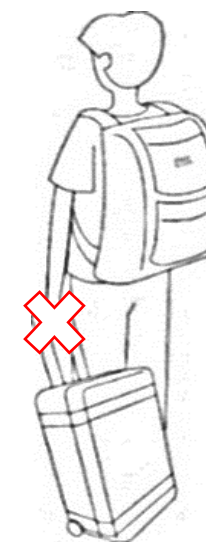
2. Особенности RobotSLAM

ROBOT
SLAM 

2.1 Удобный рюкзак



Нет необходимости
переносить прибор в
руках или везти за
собой.



Варианты использования:

1



2



3



1. Переноска
2. Съёмка вручную
3. Съёмка с рюкзака



2.2 Встроенный GNSS-модуль

Ориентирован на профессионалов

Прибор создан производителем геодезического оборудования, который понимает нужды профессионалов.

Съемка сразу в необходимой системе координат

Нет необходимости в создании контрольных точек. Облако точек привязывается сразу.

Подходит для съемки на улице

Для работы прибора в режиме RTK необходим открытый небосвод.

Исправление погрешностей SLAM

Подходит для съемки без закрытия хода



Сканирование контрольных точек

Съемка точек приемником



2.3 Прочие функции

1. SD-карта

Прибор содержит разъем для SD-карты, которая позволяет быстро и удобно передавать данные.

2. Крепление для смартфона

Помогает держать смартфон при сканировании.

3. Управление при помощи приложения для Android

Позволяет управлять сканированием, получать доступ к сети БС и т.д.

4. Интуитивный LED экран

Отображение статуса и команд. Не зависит от приложения.

5. Панорамная камера (опция)

Для получения информации о цвете облака точек.

6. Подсветка (опция)

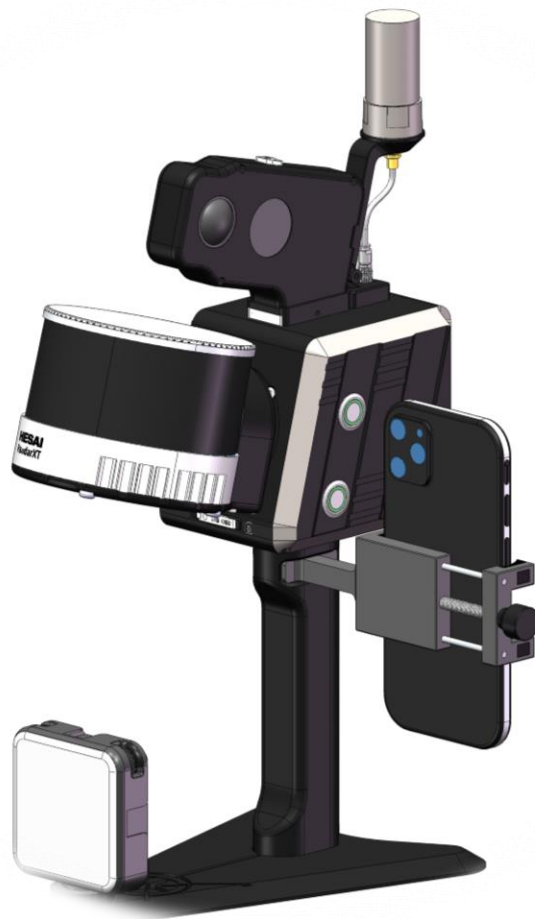
Помогает проводить сканирование в темноте или для съемки панорамных изображений.

7. Удлинитель ручки (опция)

Помогает отсканировать труднодоступные места.



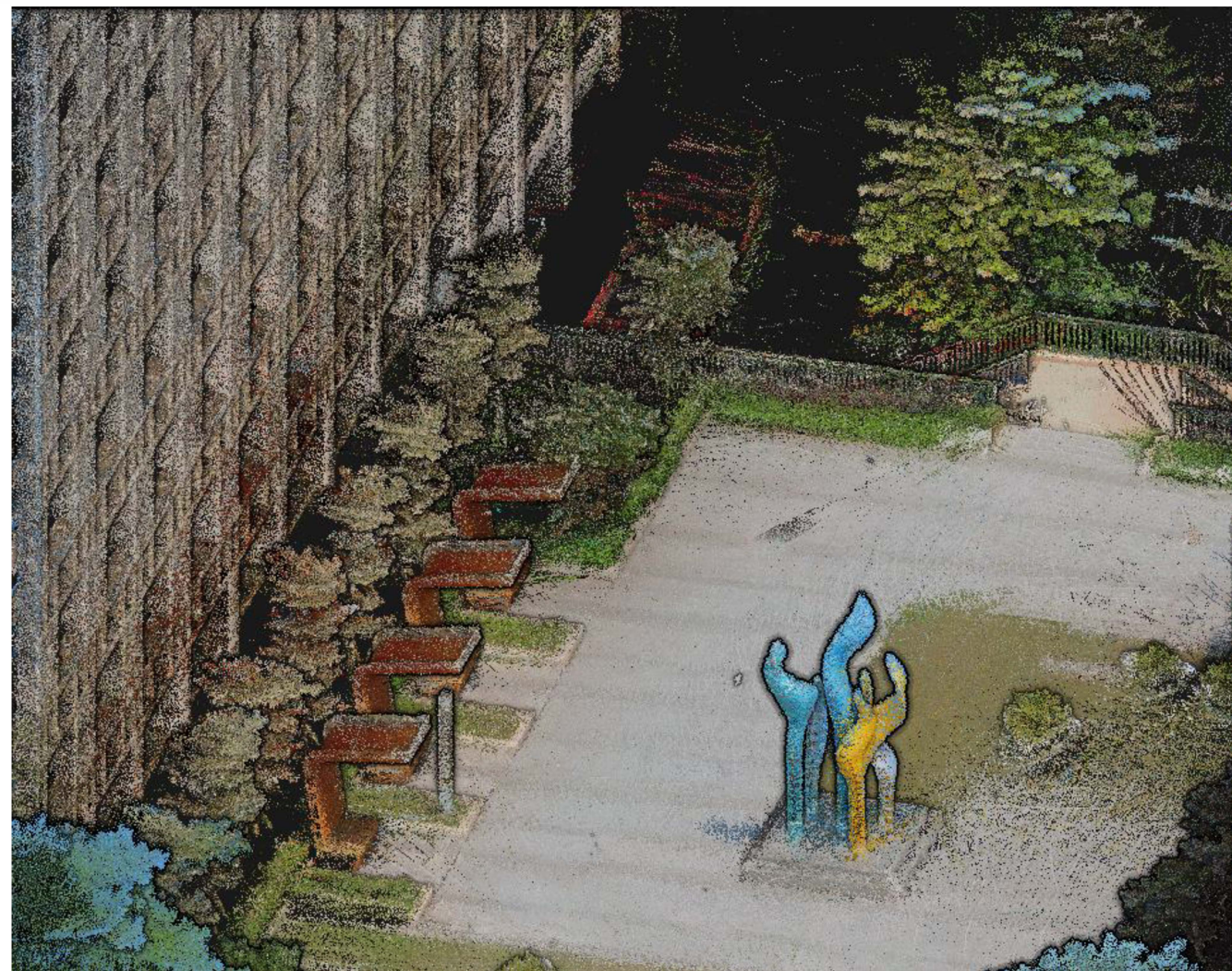
Сканируйте и получайте координаты проще, чем когда-либо!



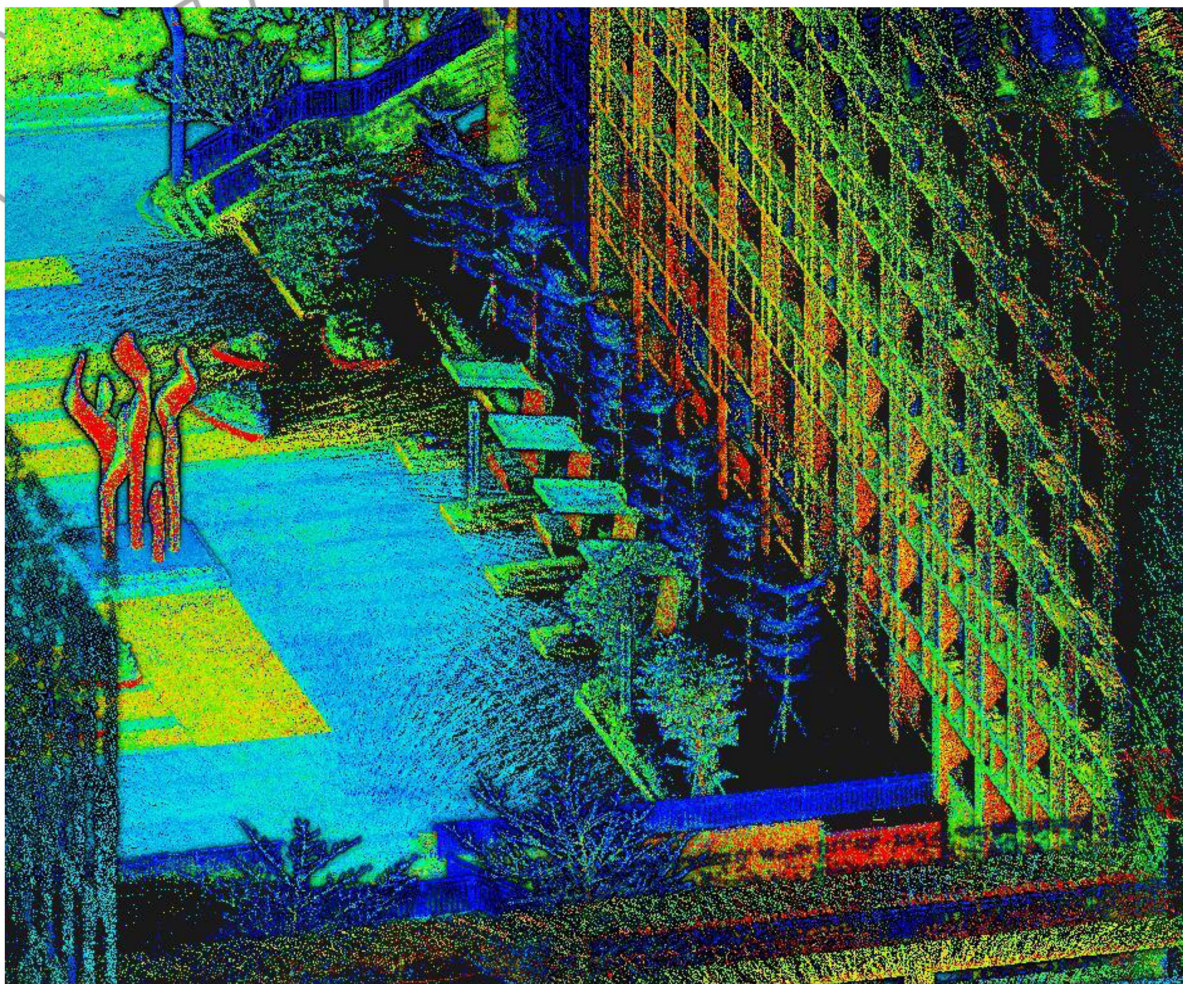
- Сантиметровая точность
- Простое управление
- Возможность закрепить на спине
- Изобилие функций программного обеспечения



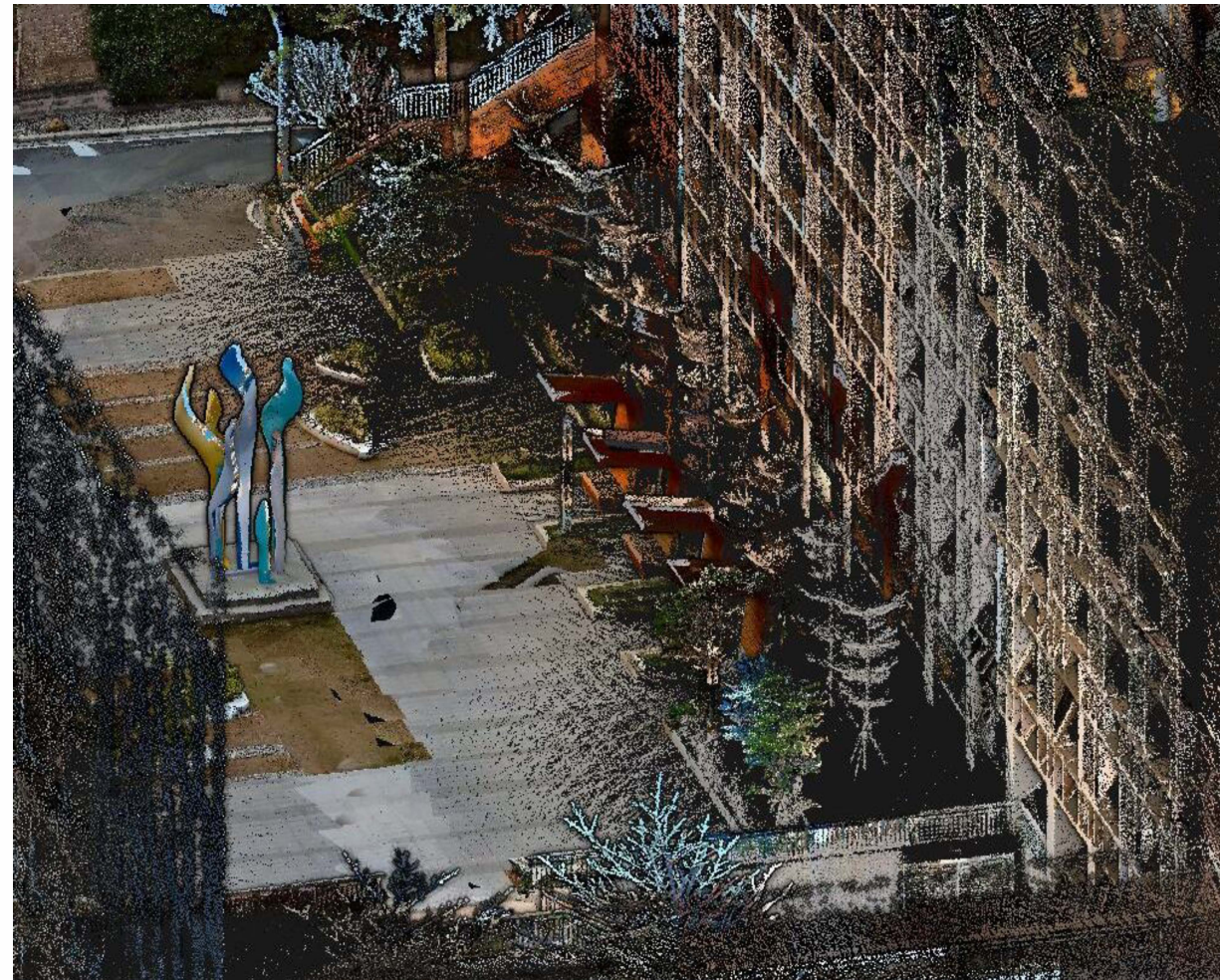
Сканирование с записью панорамных фотографий



Цветное облако точек



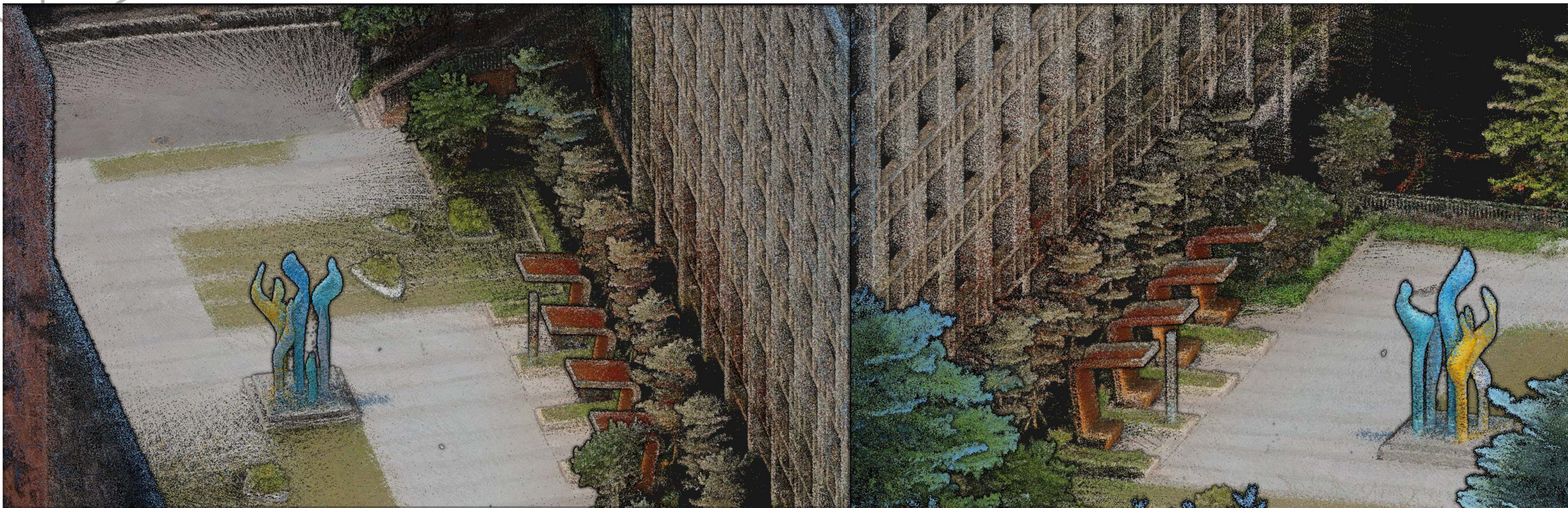
Облако точек



Цветное облако точек



Цветное облако точек



Цветное облако точек

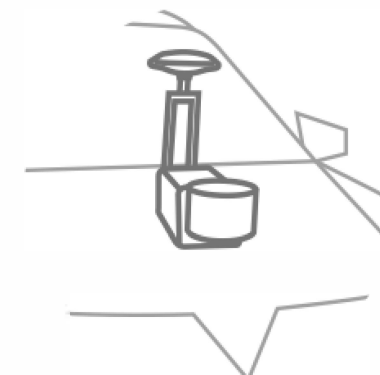
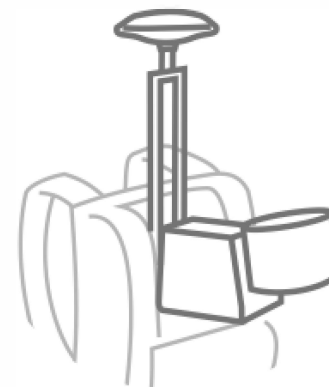
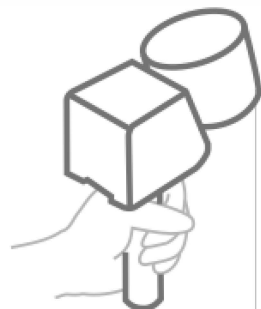
2.4 Множество вариантов работы

Стандартные режимы работы:

1. Ручной
2. Рюкзак

Расширенные режимы работы:

1. На БПВА
2. На работе
3. На БПЛА
4. На автомобиле



2.5 Многофункциональное ПО

Приложение для Android – RobotSLAM Palm

Настройка CORS
Отображ. статуса

Контроль съемки
Таймер задачи

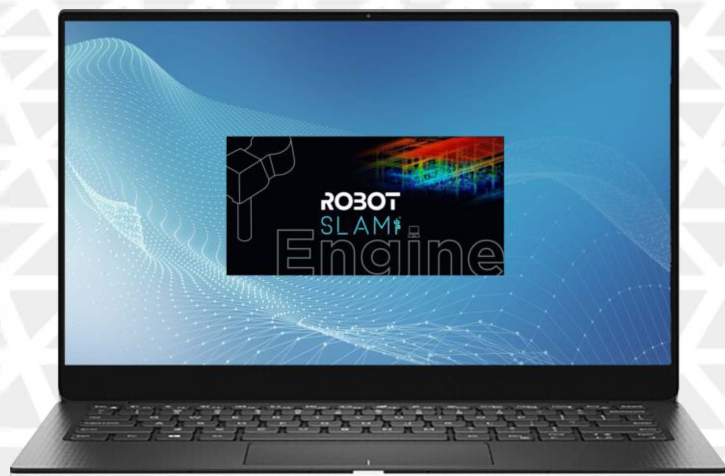
Информация о памяти
Регистрация устройства

ПО для Windows – RobotSLAM Engine

Обработка «В 1 клик»
Авто подавление шума
Авто оптимизация

Регистрация
Измерения в 3D
Информация о системе координат

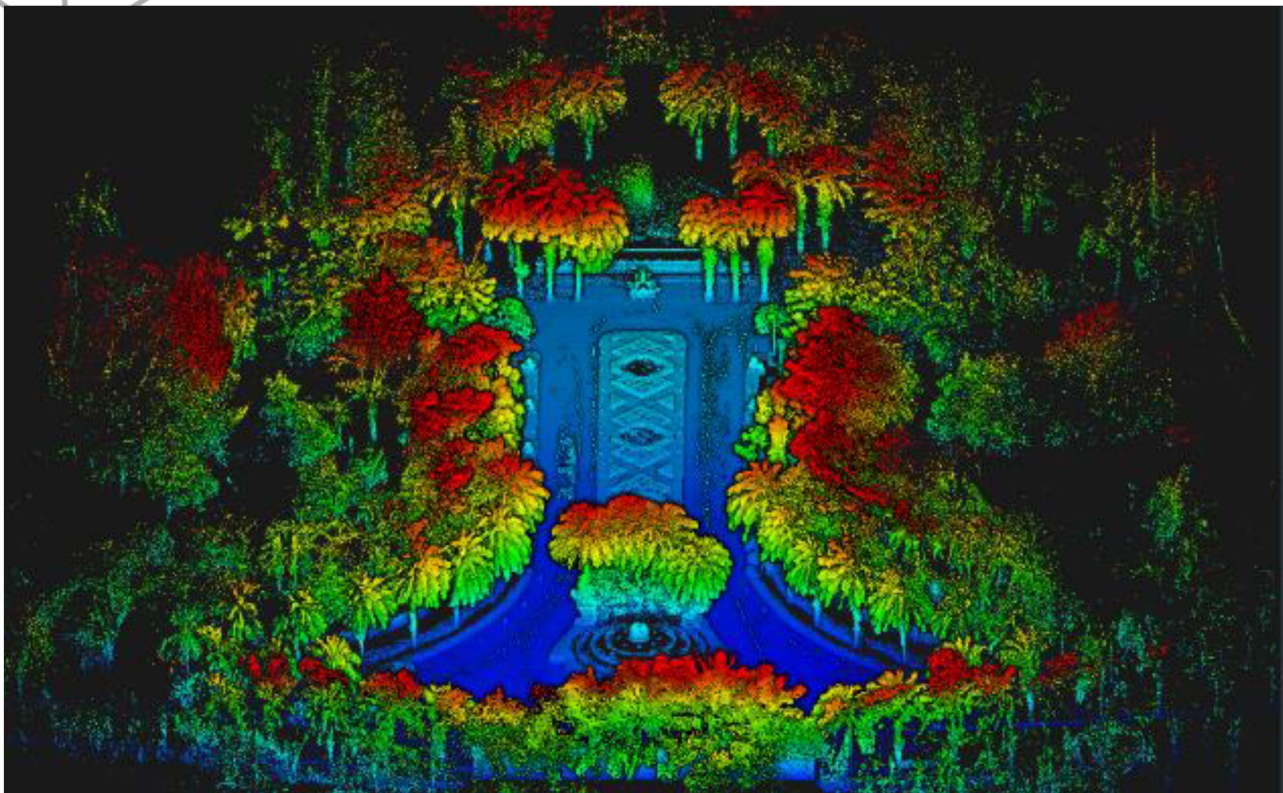
Удаление и обрезка
Просмотр секций



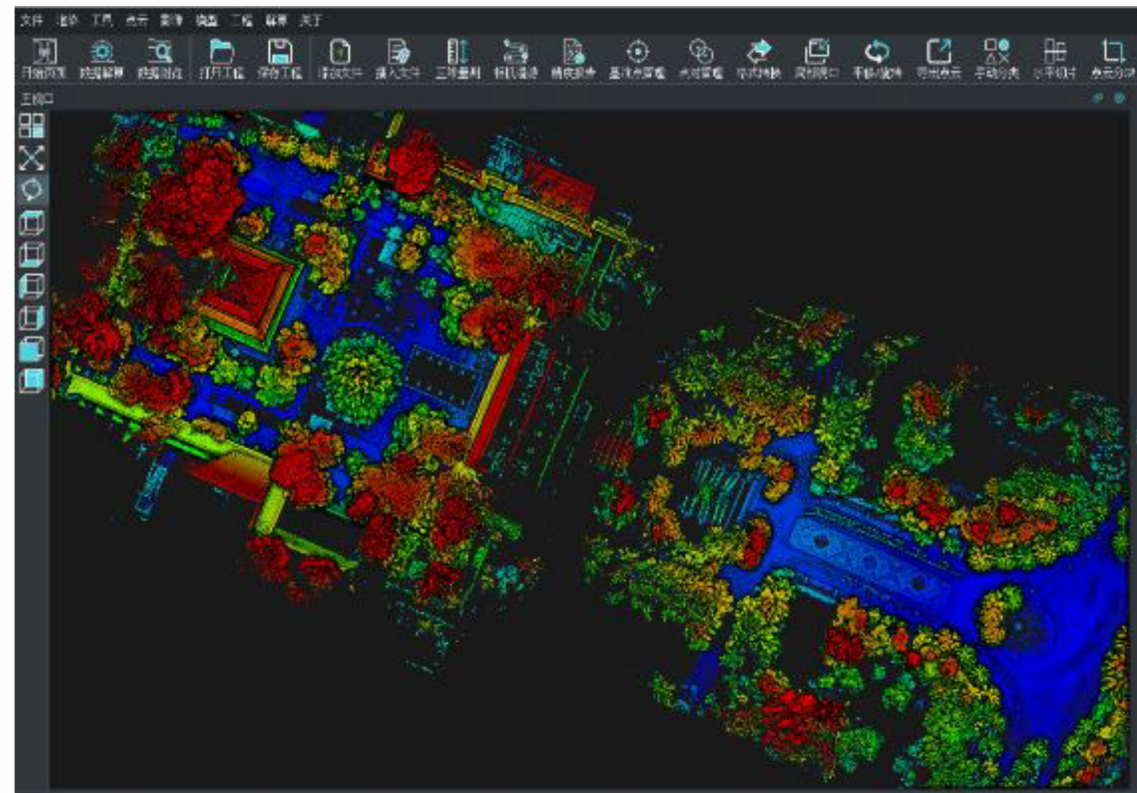
Также доступны следующие функции

Проверка точности
Ручное управление
Классификация облака точек
Отображение панорам

Визуализация обработки
RTK
Зацикленный просмотр



Детальный вид



Вид сверху

2.6 Модели RobotSLAM

Модель RobotSLAM	Комплектация	Режим работы							Особенность
		RTK	Ручной	Рюкзак	Авто	БПЛА	БПВА	Робот	
Basic	Только прибор, без RTK		✓						Небольшая цена
Standard	Только прибор, с RTK	✓	✓						Рекомендовано для начинающих
Professional	Рюкзак 3-в-1	✓	✓	✓					Рекомендованный набор
Pro SUV+	Рюкзак 3-в-1 + набор для уст. на авто	✓	✓	✓	✓				Для установки на автомобиль
Pro UAV+	Рюкзак 3-в-1 + набор для уст. на БПЛА	✓	✓	✓		✓			Для съемки земли с воздуха
Pro USV+	Рюкзак 3-в-1 + набор для уст. на БПВА	✓	✓	✓			✓		Для съемки побережья с воды
Pro Robot Dog+	Рюкзак 3-в-1 + набор для уст. на работа	✓	✓	✓				✓	Для съемки опасных участков

Опции: Панорамная камера, 32-ух лучевой сканнер, RobotSlam Plus.

3. Качество получаемых данных

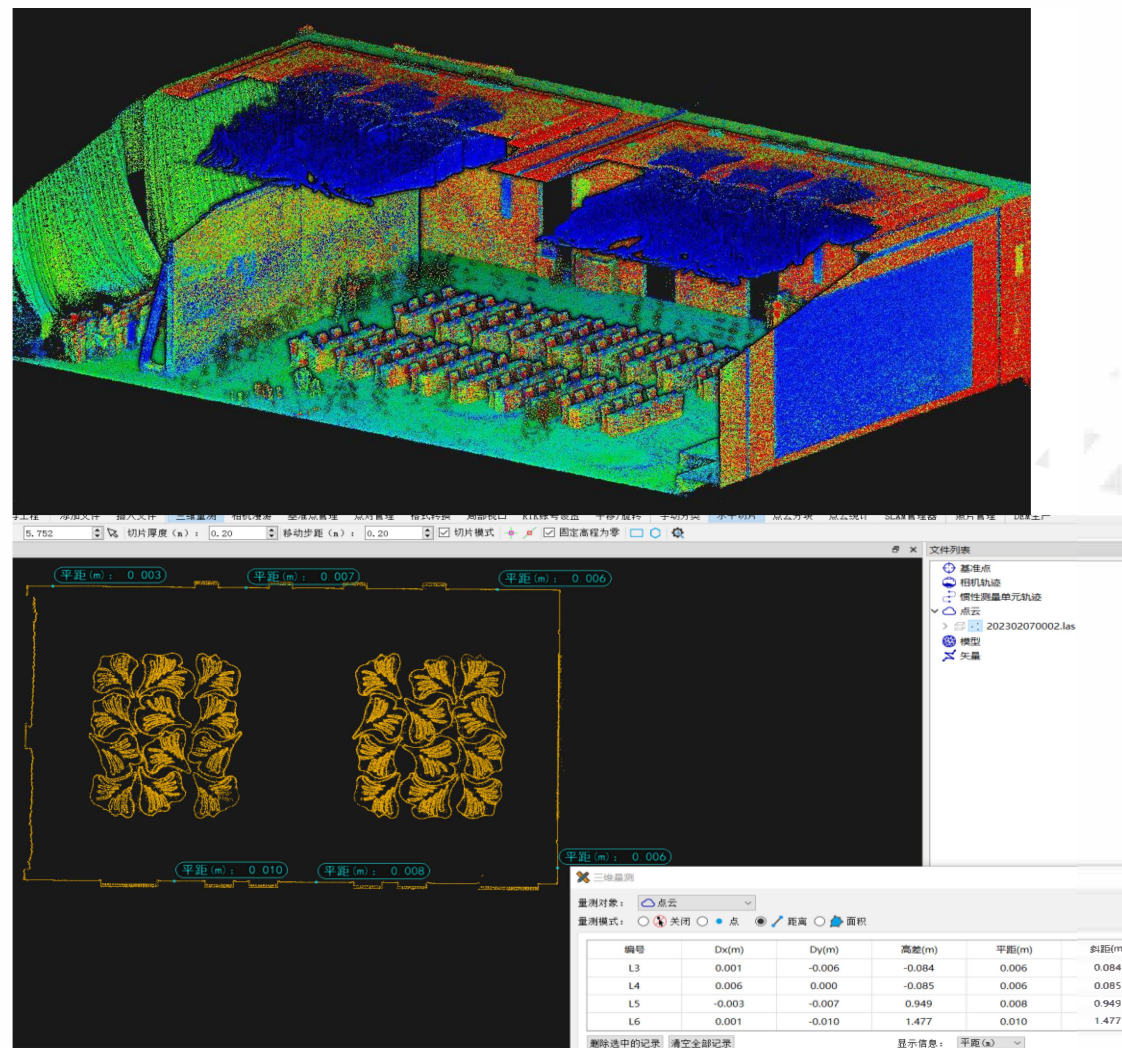
ROBOT

SLAM

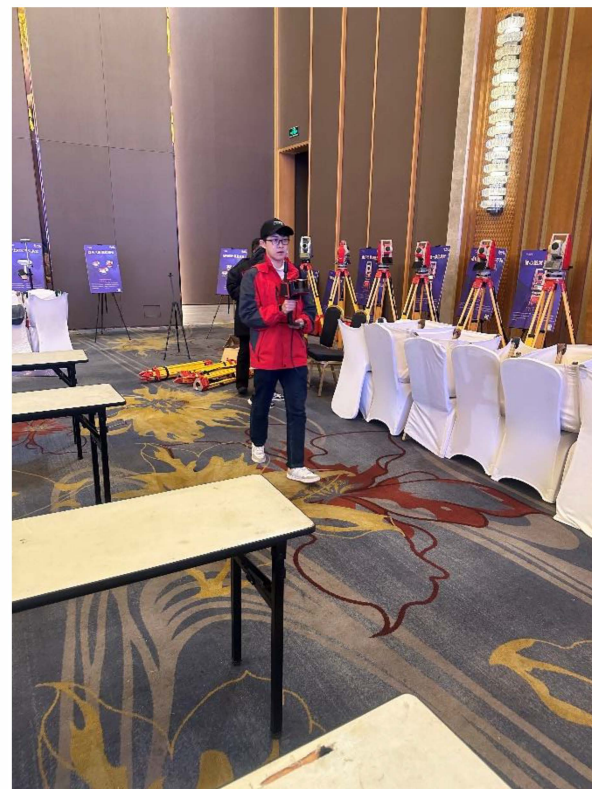




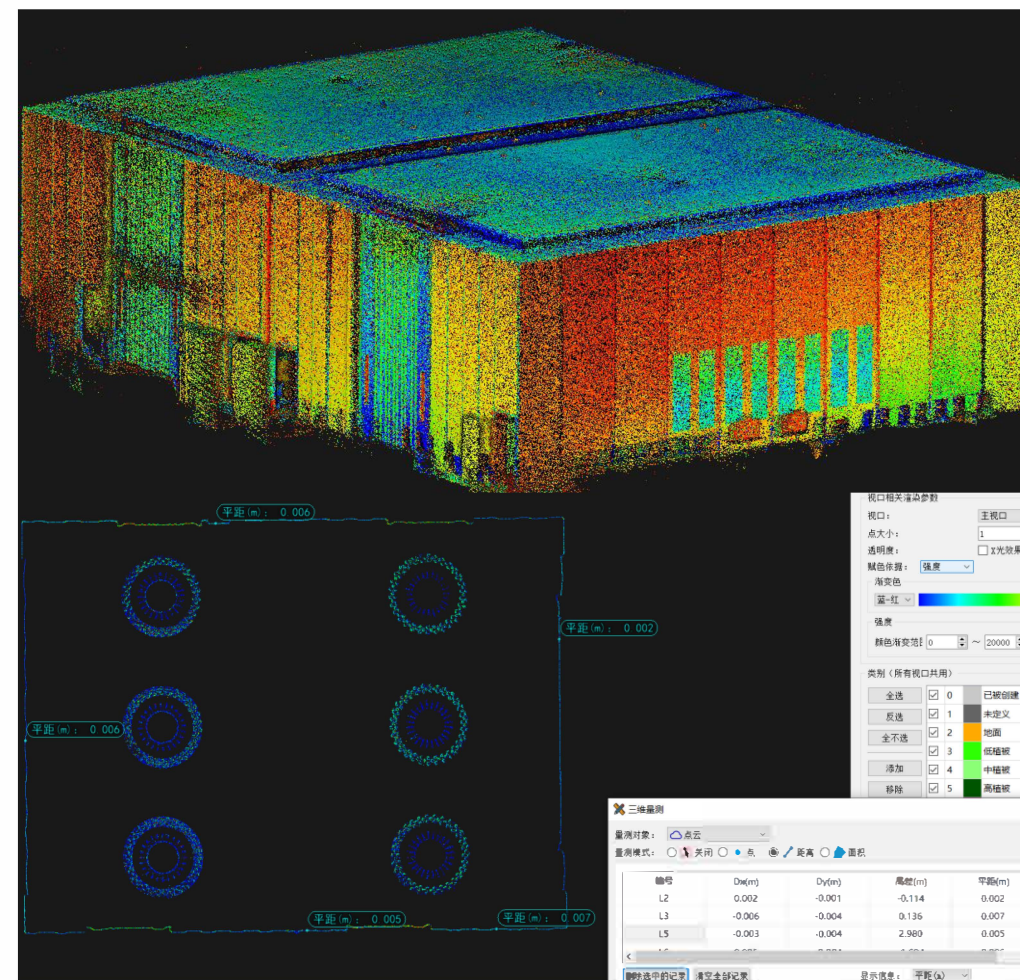
Облако точек стен помещения, толщиной 1 см. (После оптимизации)



3.1 Толщина облака точек

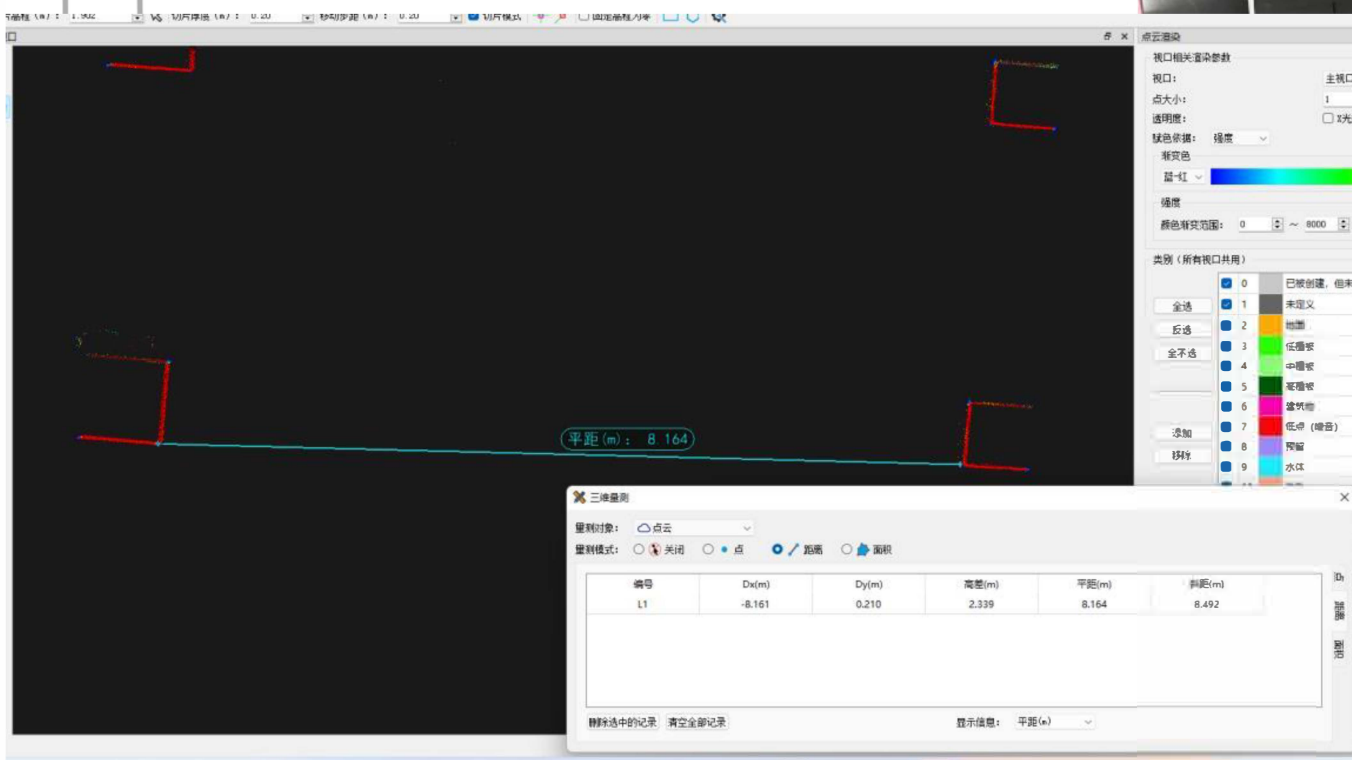


Облако точек стен помещения, толщиной 1 см. (После оптимизации)



3.2 Относительная точность

Сравнение измерения горизонтального расстояния между колоннами.

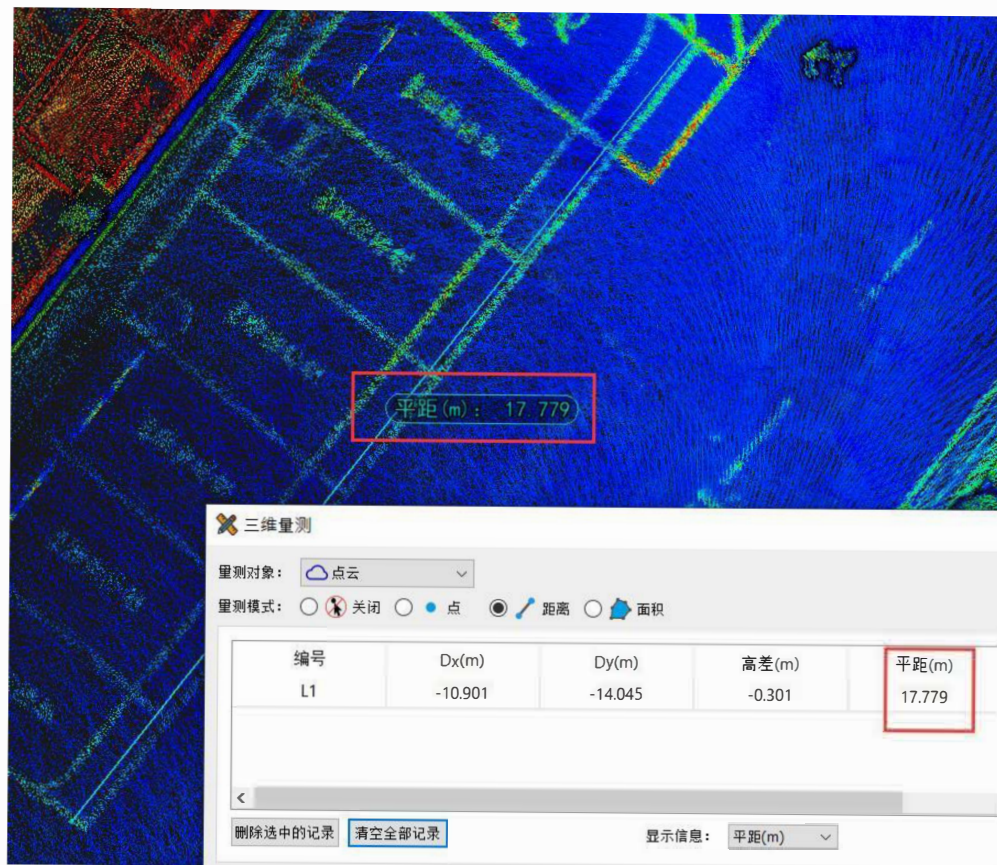


816.4 см при измерении по облаку точек



816.7 см при измерении лазерной рулеткой

Сравнение измерения горизонтального расстояния между колоннами.



1777.9 см при измерении по облаку точек



1778.3 см при измерении
рулеткой

3.3 Абсолютная точность



精度报告

Use	Number	X	Y	Known Z	Scene Z	Dz
<input checked="" type="checkbox"/>	Pt1	498021.664	2607621.0...	19.543	19.593	0.050
<input checked="" type="checkbox"/>	Pt2	497997.525	2607602.5...	19.500	19.476	-0.024
<input checked="" type="checkbox"/>	Pt3	497962.283	2607578.0...	19.675	19.720	0.045
<input checked="" type="checkbox"/>	Pt4	497976.312	2607562.9...	19.232	19.271	0.039
<input checked="" type="checkbox"/>	Pt5	498006.187	2607603.1...	19.545	19.555	0.010
<input checked="" type="checkbox"/>	Pt6	498019.318	2607614.1...	19.541	19.573	0.032
<input checked="" type="checkbox"/>	Pt7	498037.727	2607623.1...	19.963	20.004	0.041
<input checked="" type="checkbox"/>	Pt8	497984.404	2607565.0...	19.198	19.256	0.058
<input checked="" type="checkbox"/>	Pt9	497965.900	2607570.5...	19.457	19.491	0.034
<input checked="" type="checkbox"/>	Pt10	497967.924	2607591.4...	20.143	20.133	-0.010
<input checked="" type="checkbox"/>	Pt11	497986.560	2607602.3...	20.740	20.733	-0.007

统计阈值: 0.01 M 统计

平均振幅: 0.0318 平均Dz: 0.0244
 标准差: 0.0242 最小Dz: -0.0240
 均方根: 0.0358 最大Dz: 0.0580

Сравнение с RTK по 11 точкам
 Н. ± 3 см; V. ± 3 см



Сравнение с RTK по 14 точкам
 Н. ± 4 см; V. ± 2 см

20230213 - 记事本

381841.843	3163608.062	19.890
381888.201	3163653.905	21.548
381896.823	3163651.367	21.464
381905.494	3163635.882	21.295

竖直方向的误差

平均值: 0.025
 最大值: 0.058
 均方根值: 0.031
 阈值: 0.010
 点对总个数: 8
 超出阈值的点对数: 6

水平方向的误差

平均值: 0.035
 最大值: 0.073
 均方根值: 0.041
 阈值: 0.010
 点对总个数: 8
 超出阈值的点对数: 6

误差

平均值: 0.046
 最大值: 0.091
 均方根值: 0.052
 阈值: 0.015
 点对总个数: 8
 超出阈值的点对数: 7

同名点对管理

文件名: 20230213.hmp

工具: [Icons]

纬度 (度) / 经度 (度)	东	南	西	北	东	南	西	北	
381848...	3163638.664	20.993	0.000	381848.786	3163638.603	21.047	0.054	0.073	0.091
381888...	3163620.532	21.155	0.000	381888.833	3163620.549	21.164	0.009	0.024	0.026

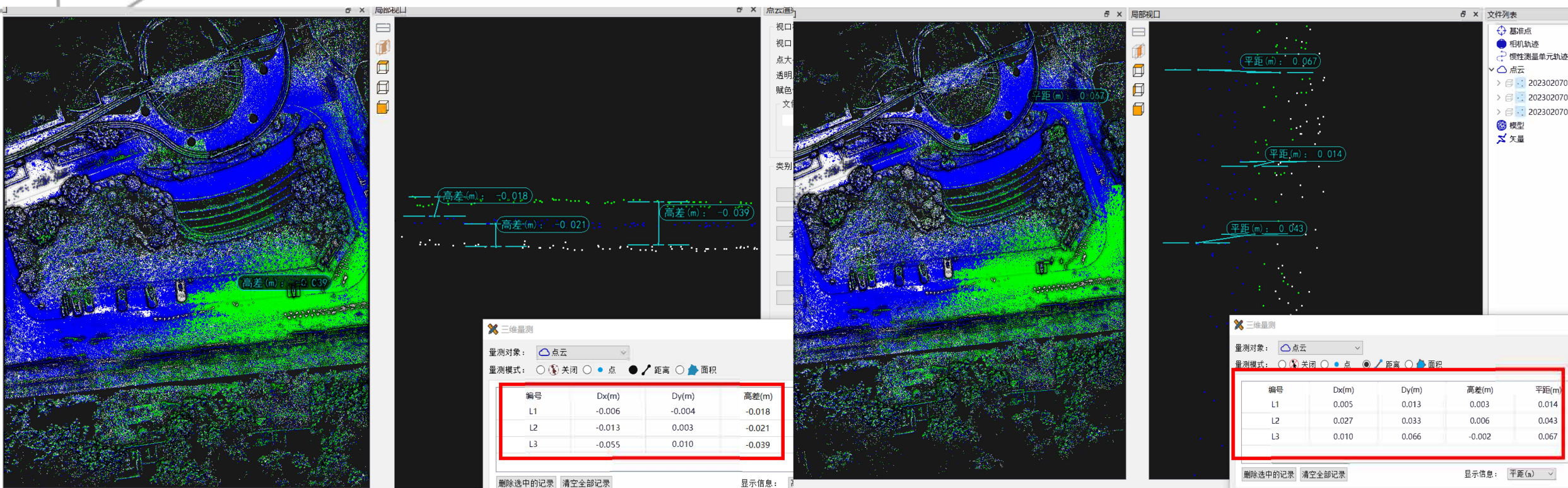
精度报告

USE	NUMBER	X	Y	KNOWN Z	SCENE Z	DZ
<input type="checkbox"/>	Pt1	381851.437	3163645.571	21.337	21.297	-0.040
<input type="checkbox"/>	Pt2	381848.786	3163638.603	21.047	21.020	-0.027
<input type="checkbox"/>	Pt3	381842.703	3163625.580	20.562	20.542	-0.020
<input type="checkbox"/>	Pt4	381843.126	3163614.300	20.155	20.155	0.000
<input type="checkbox"/>	Pt5	381841.845	3163608.071	19.948	19.894	-0.054
<input type="checkbox"/>	Pt6	381844.418	3163603.242	19.806	19.798	-0.008
<input type="checkbox"/>	Pt7	381862.245	3163615.823	20.563	20.566	0.003
<input type="checkbox"/>	Pt8	381882.069	3163620.950	20.956	20.974	0.018
<input type="checkbox"/>	Pt9	381888.833	3163620.549	21.164	21.155	-0.009
<input type="checkbox"/>	Pt10	381905.543	3163617.443	21.192	21.190	-0.002
<input type="checkbox"/>	Pt11	381905.499	3163635.948	21.315	21.305	-0.010
<input type="checkbox"/>	Pt12	381907.742	3163649.005	21.549	21.555	0.006
<input type="checkbox"/>	Pt13	381896.823	3163651.375	21.475	21.470	-0.005
<input type="checkbox"/>	Pt14	381888.173	3163653.881	21.573	21.548	-0.025

统计阈值: 0.01 [M] 统计

平均振幅:	0.0162	平均Dz:	-0.0124
标准差:	0.0185	最小Dz:	-0.0540
均方根:	0.0222	最大Dz:	0.0180

3.4 Надежность сканирования



3 сканирования с одинаковой траекторией, наложенные друг на друга (зеленое, синее и белое облака точек).
Отклонение в плане: макс: 6.7 см, мин: 1.4 см; отклонение по высоте: макс: 3.9 см, мин: 1.8 см.



平距 (m): 0.034

平距 (m): 0.018

平距 (m): 0.082

视图相关渲染参数

视图: 局部

点大小: 1

透明度: X

赋色依据: 文件

类别 (所有视图共用)

全选 0

反选 1

全不选 2

添加 3

移除 4

三维量测

量测对象: 点云

量测模式: 关闭 点 距离 面积

编号	DX(M)	DY(M)	高差(M)	平距(M)
L1	0.012	-0.014	0.001	0.018
L2	0.027	-0.021	0.001	0.034
L3	0.042	-0.070	-0.001	0.082

删除选中的记录 清空全部记录 显示信息: 平距(m)

高差 (m): -0.046

高差 (m): -0.026

高差 (m): -0.019

高差 (m): -0.019

视图相关渲染参数

视图: 局部

点大小: 1

透明度: X

赋色依据: 文件

类别 (所有视图共用)

全选 0

反选 1

全不选 2

添加 3

移除 4

三维量测

量测对象: 点云

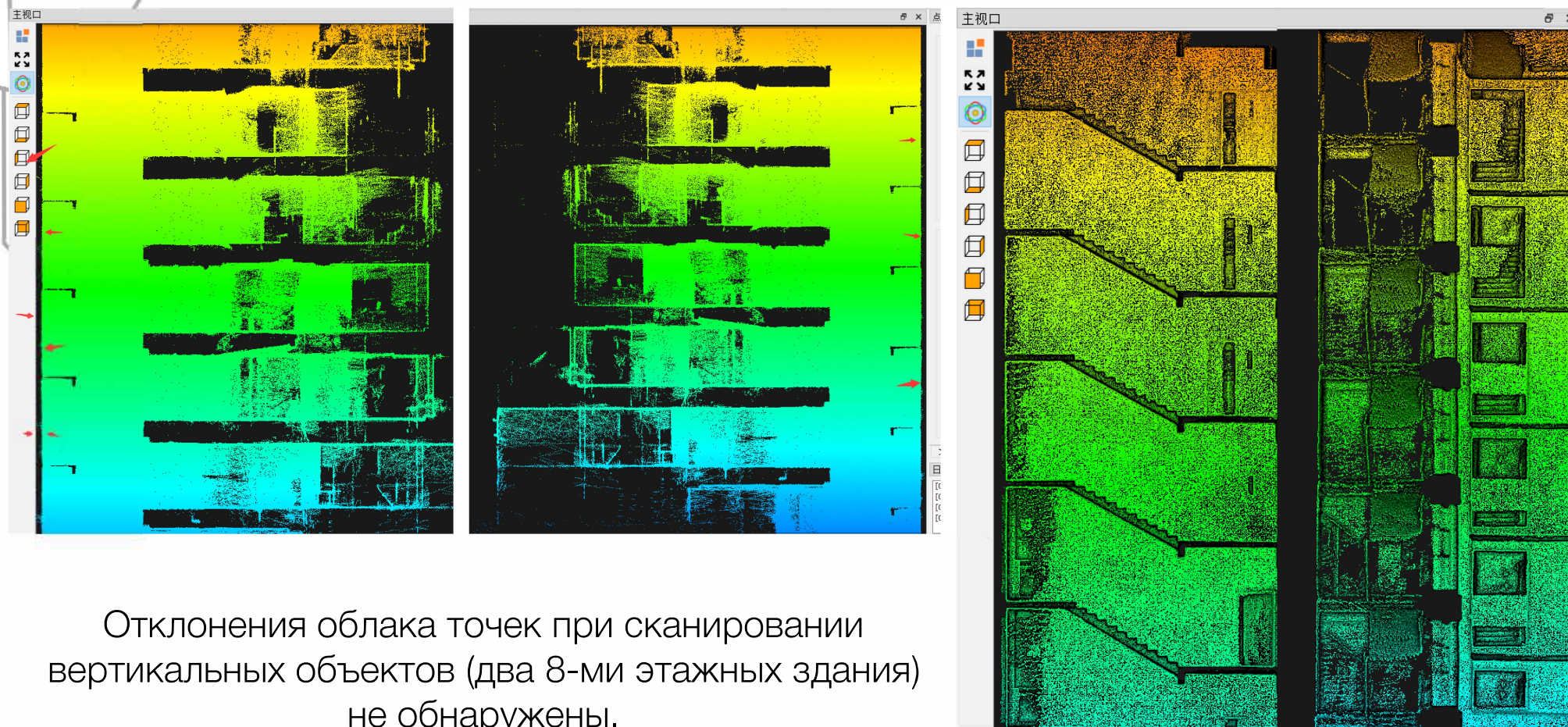
量测模式: 关闭 点 距离 面积

编号	DX(M)	DY(M)	高差(M)
L1	-0.031	-0.046	-0.046
L2	-0.011	-0.015	-0.026
L3	0.009	0.017	-0.019

删除选中的记录 清空全部记录 显示信息: 高差(m)

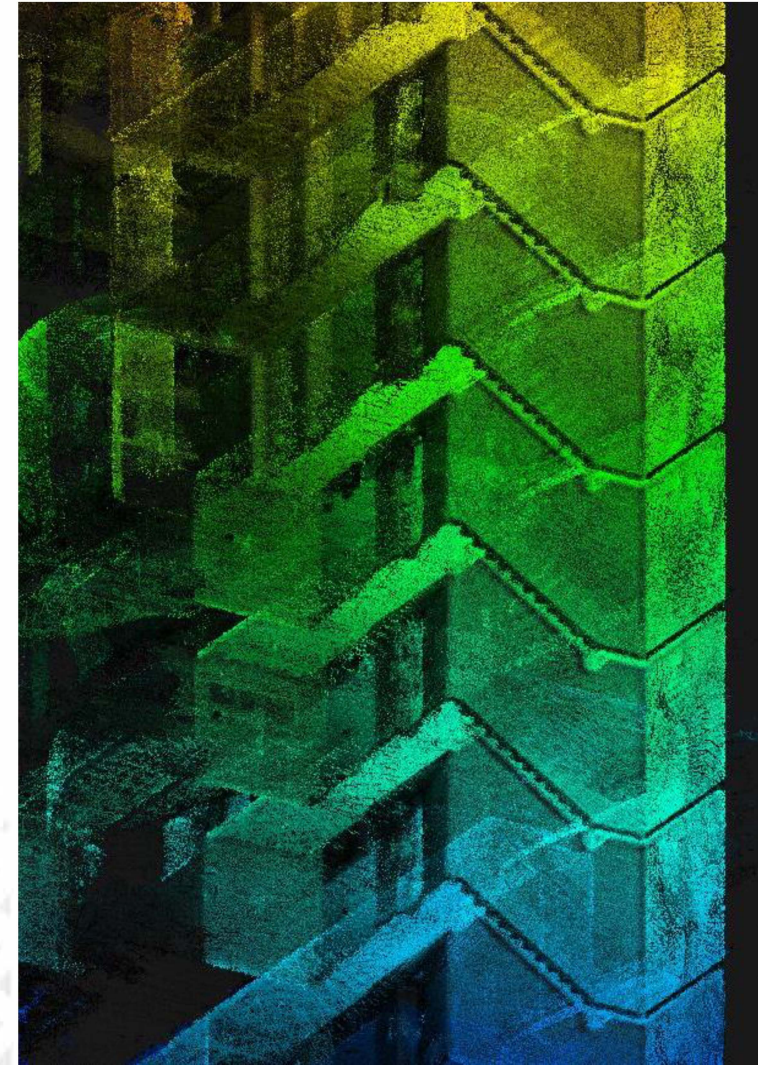
3 сканирования с одинаковой траекторией, наложенные друг на друга (зеленое, синее и белое облака точек).
 Отклонение в плане: макс: 8.2 см, мин: 1.8 см; отклонение по высоте: макс: 4.6 см, мин: 1.9 см.

3.5 Вертикальное сканирование



Point cloud of high-rise buildings, no malposition
Not easy to find in short buildings (less than 4 floors),
Suggested to check 8-storey or even taller buildings.

Scan starts from 1st floor and climb up to top, then go downstairs and return to 1st floor. Or start from middle, go upstairs first, back to 1st floor, then return to the middle. Check the point cloud especially above 5 floors.

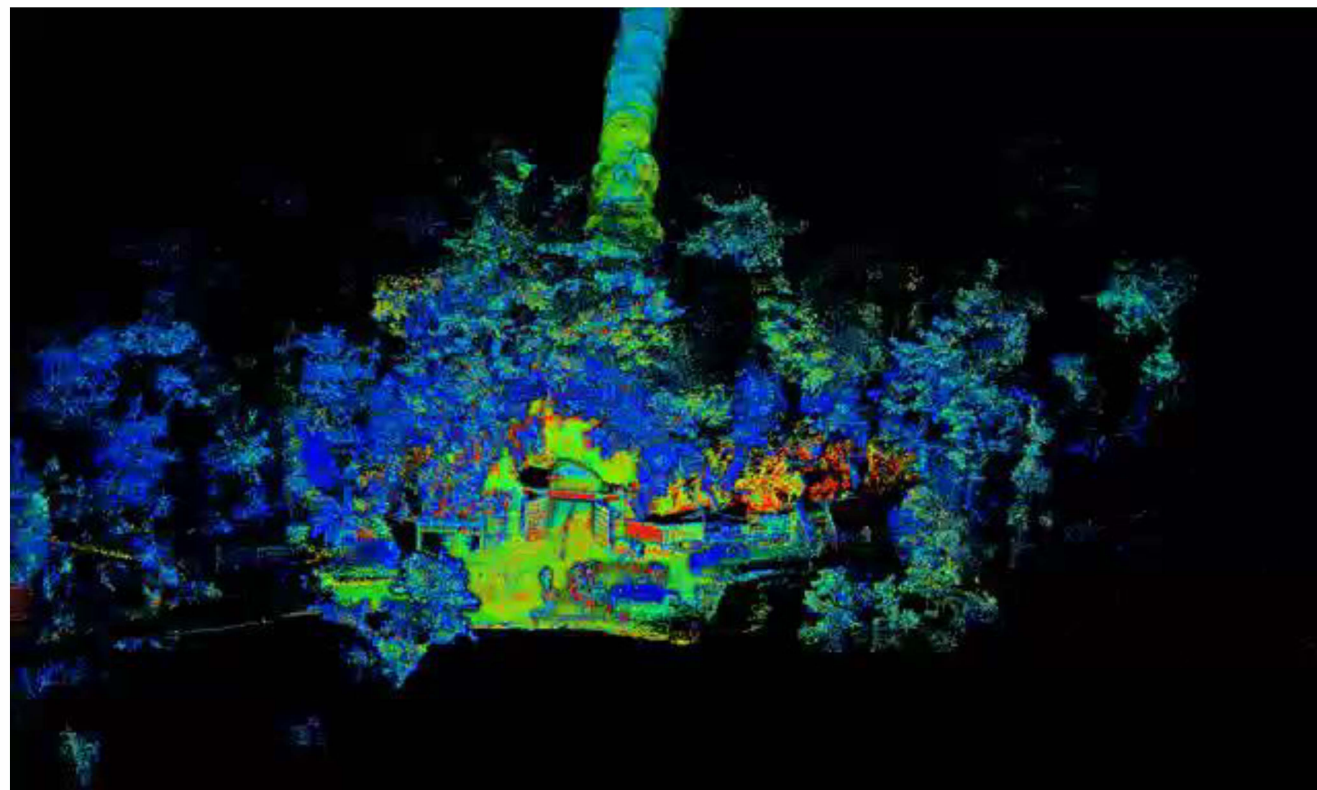
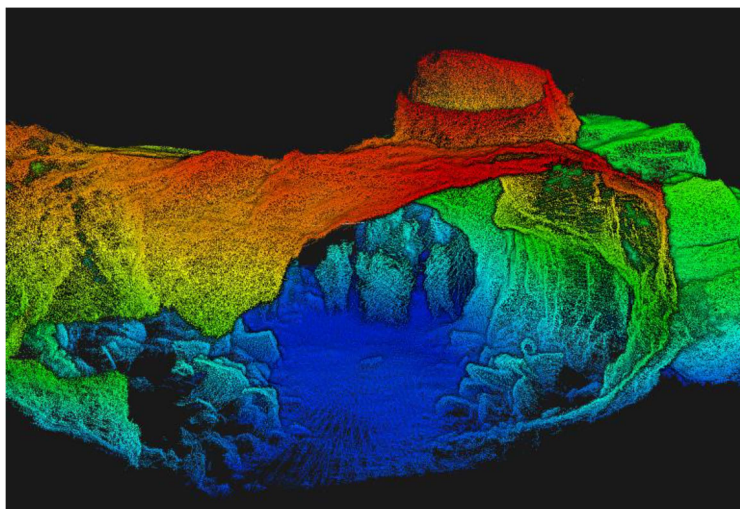
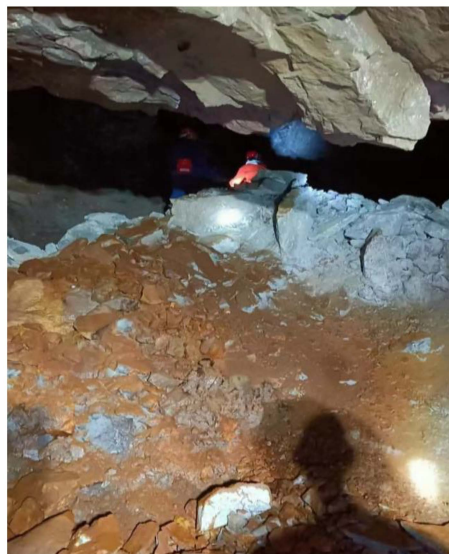


4. Применение RobotSLAM

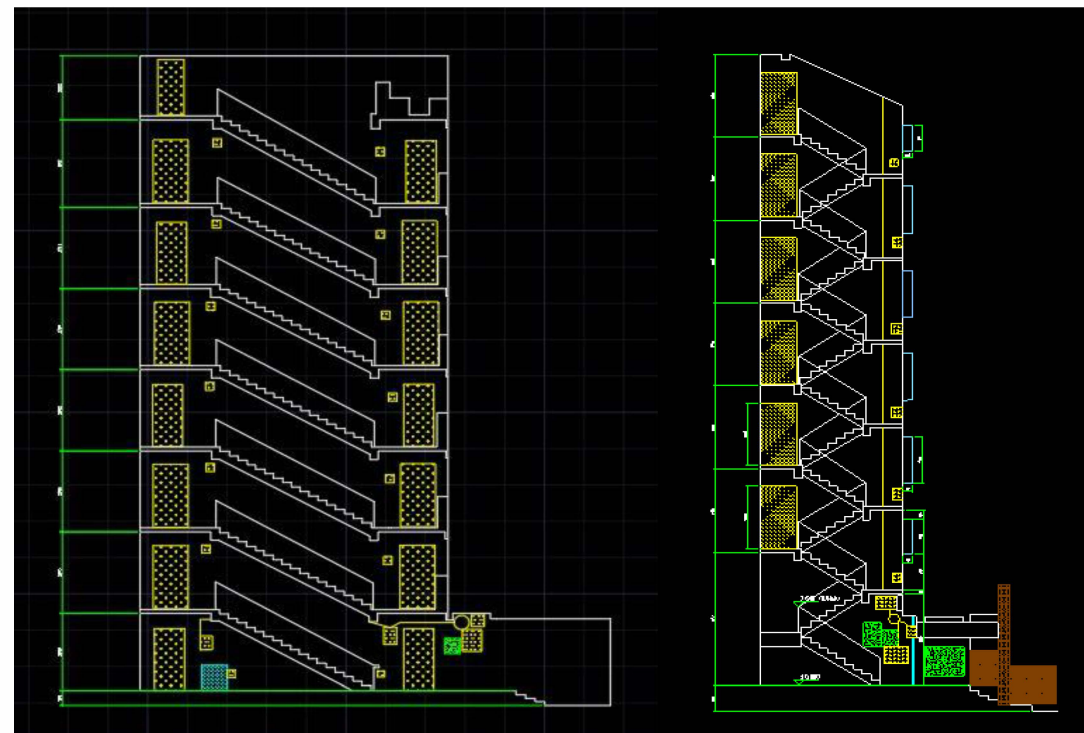
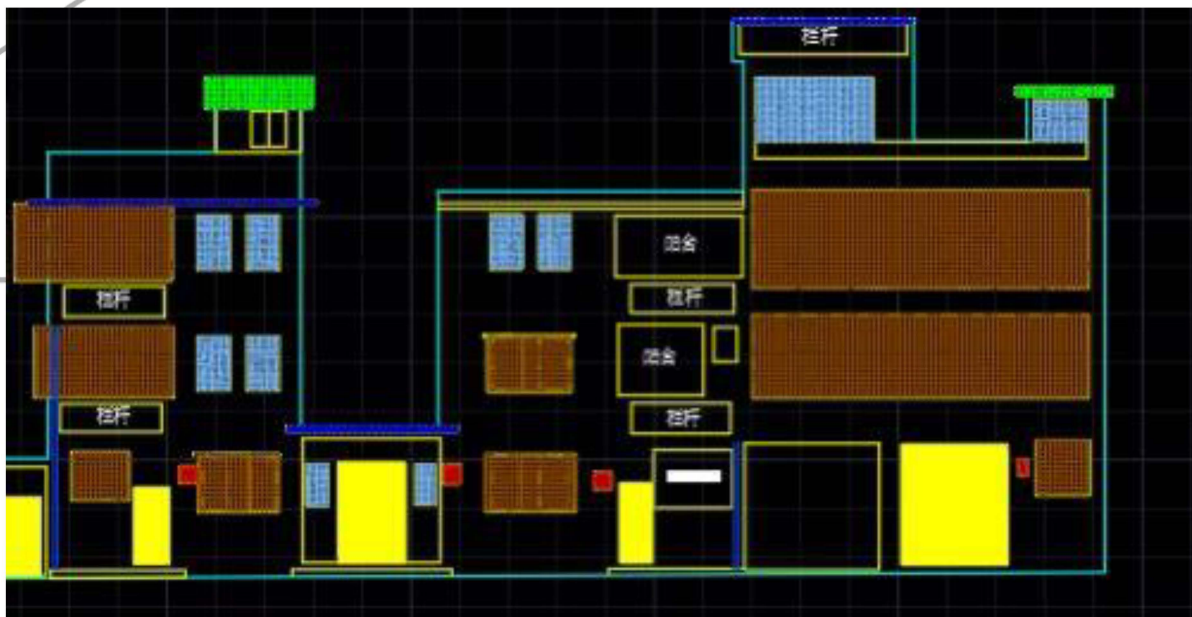
ROBOT SLAM



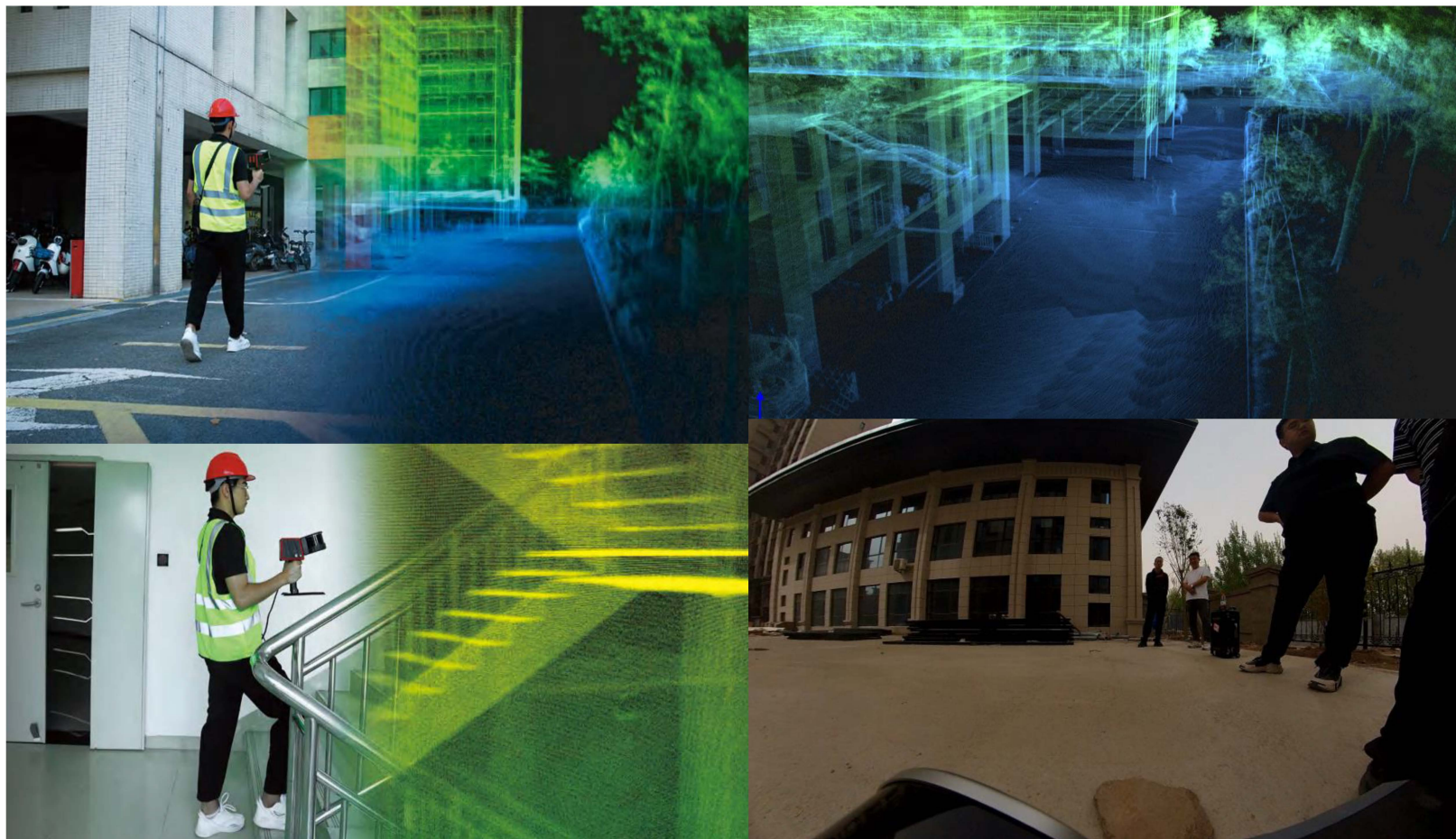
4.1 Оцифровка подземных туннелей



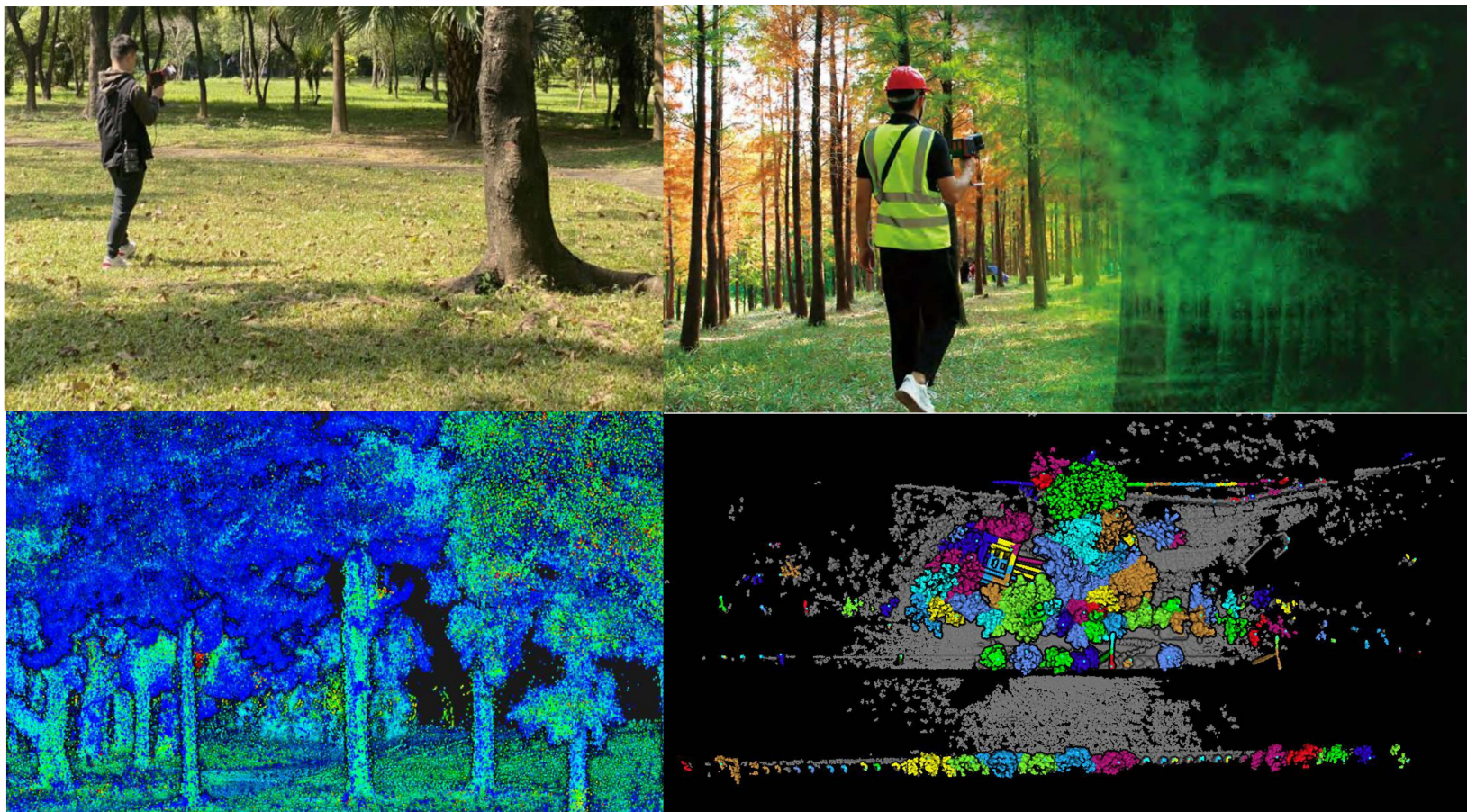
4.2 Съемка фасадов зданий



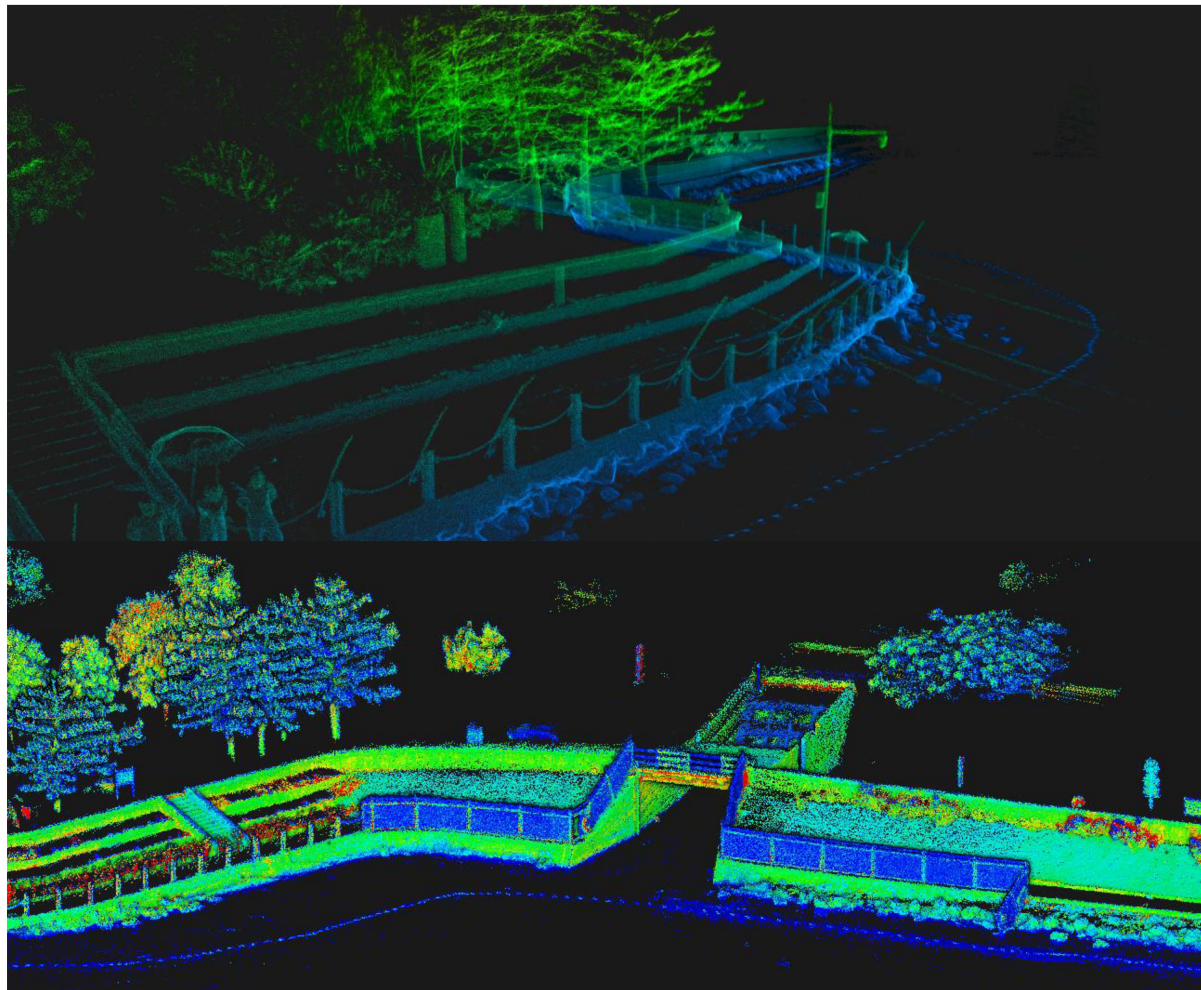
4.3 BIM



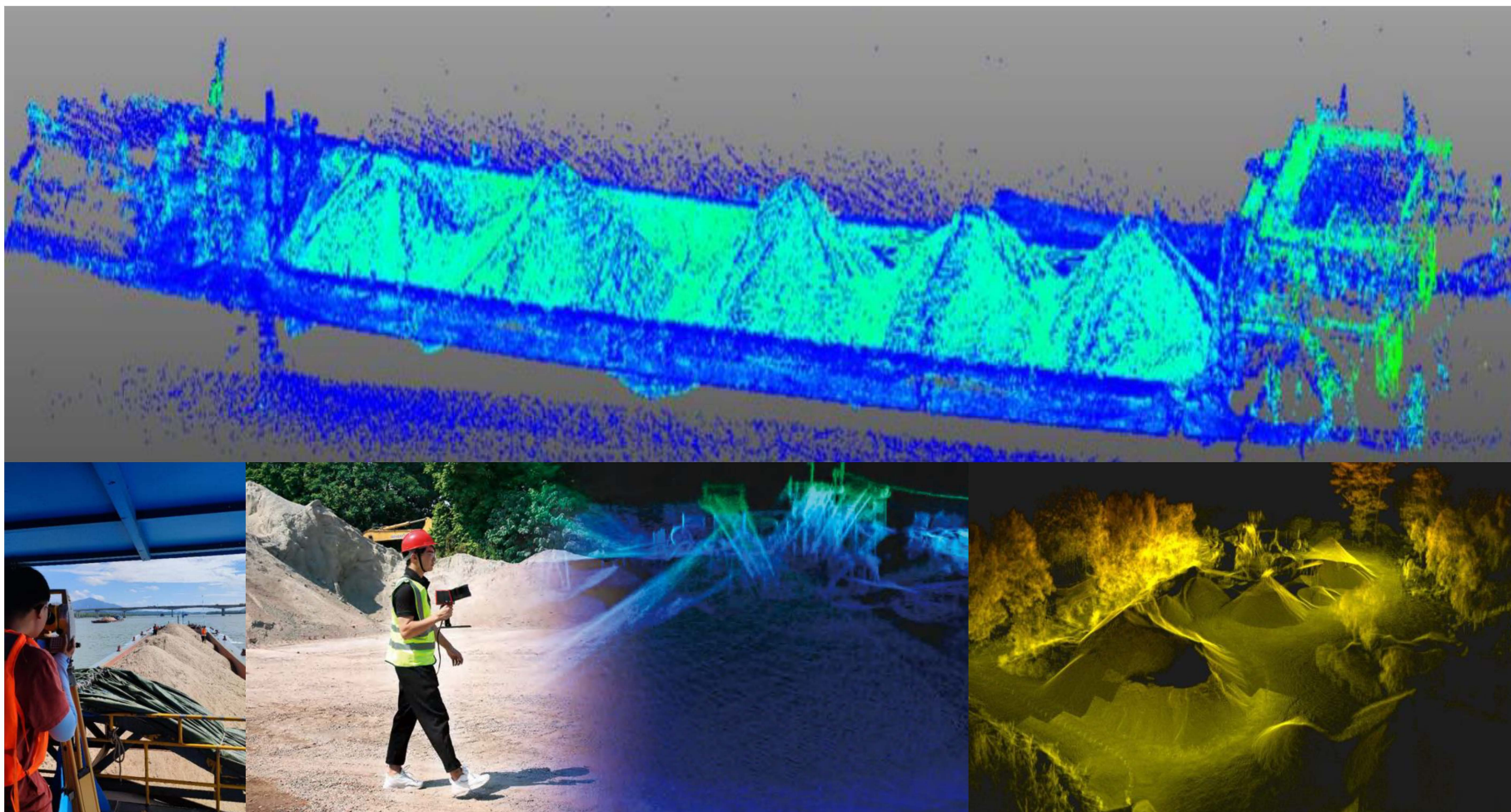
4.4 Съемка лесов

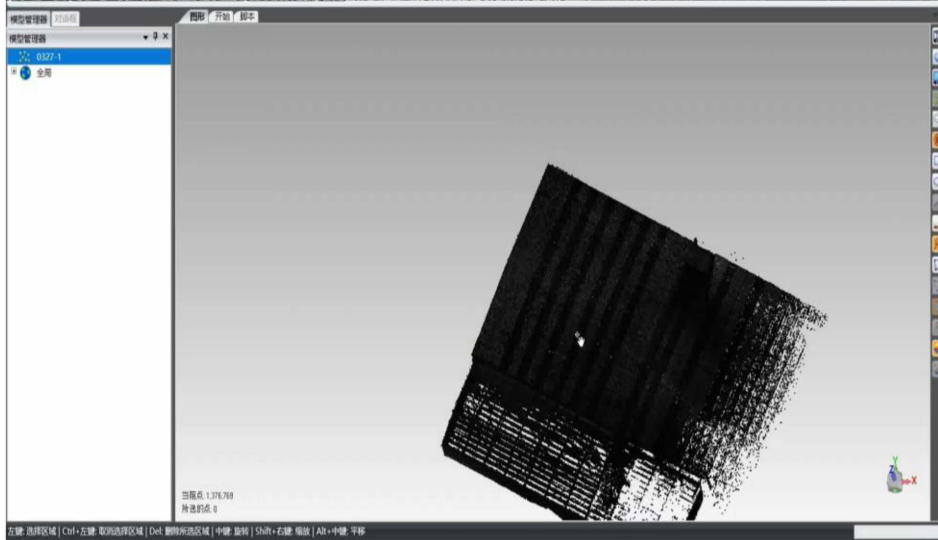
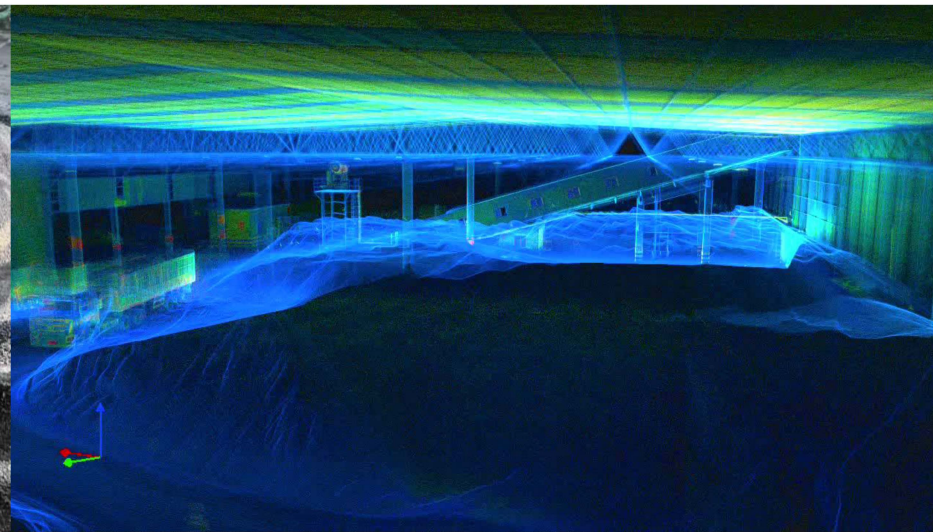


4.5 Съемка побережъя

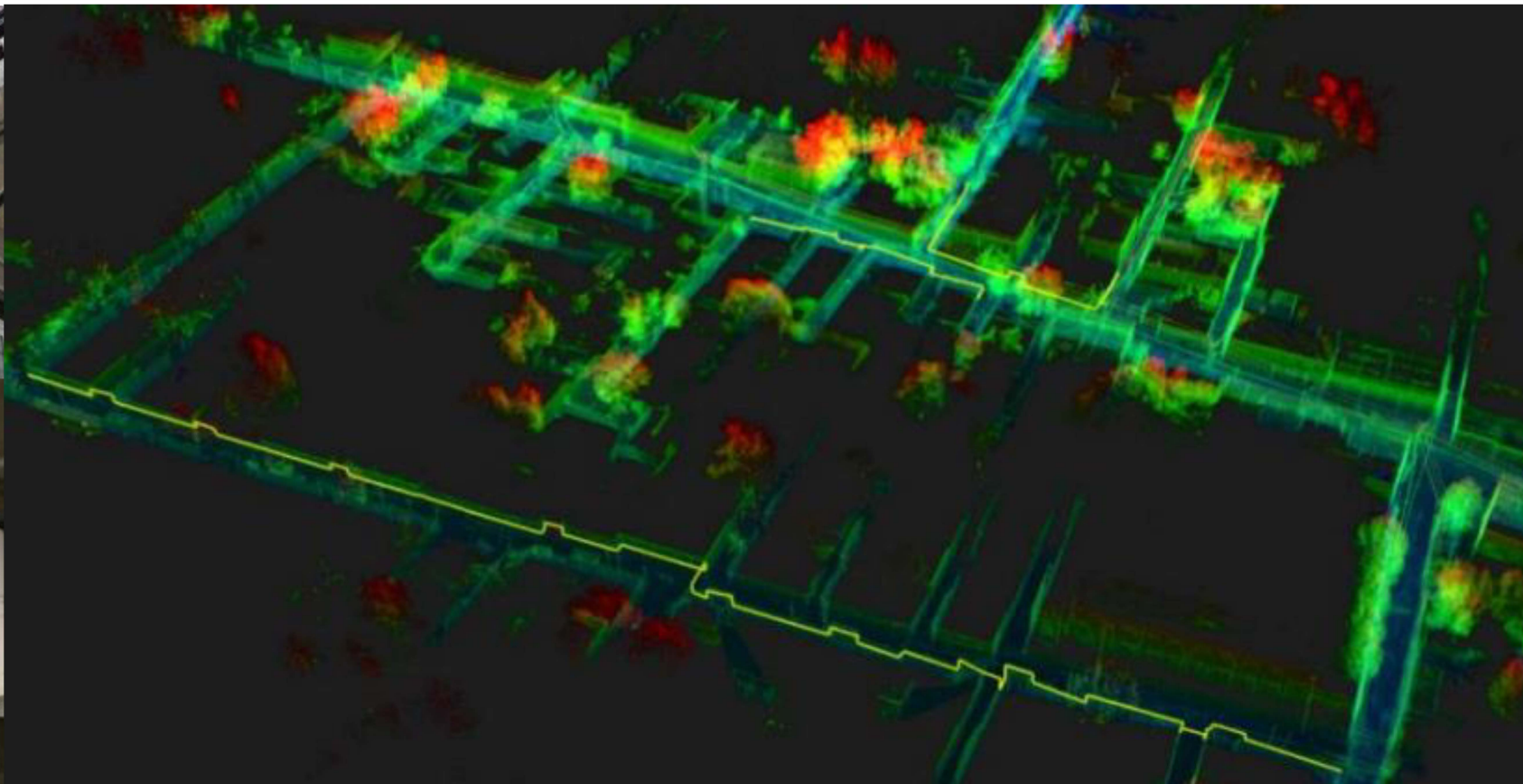


4.6 Вычисление объема

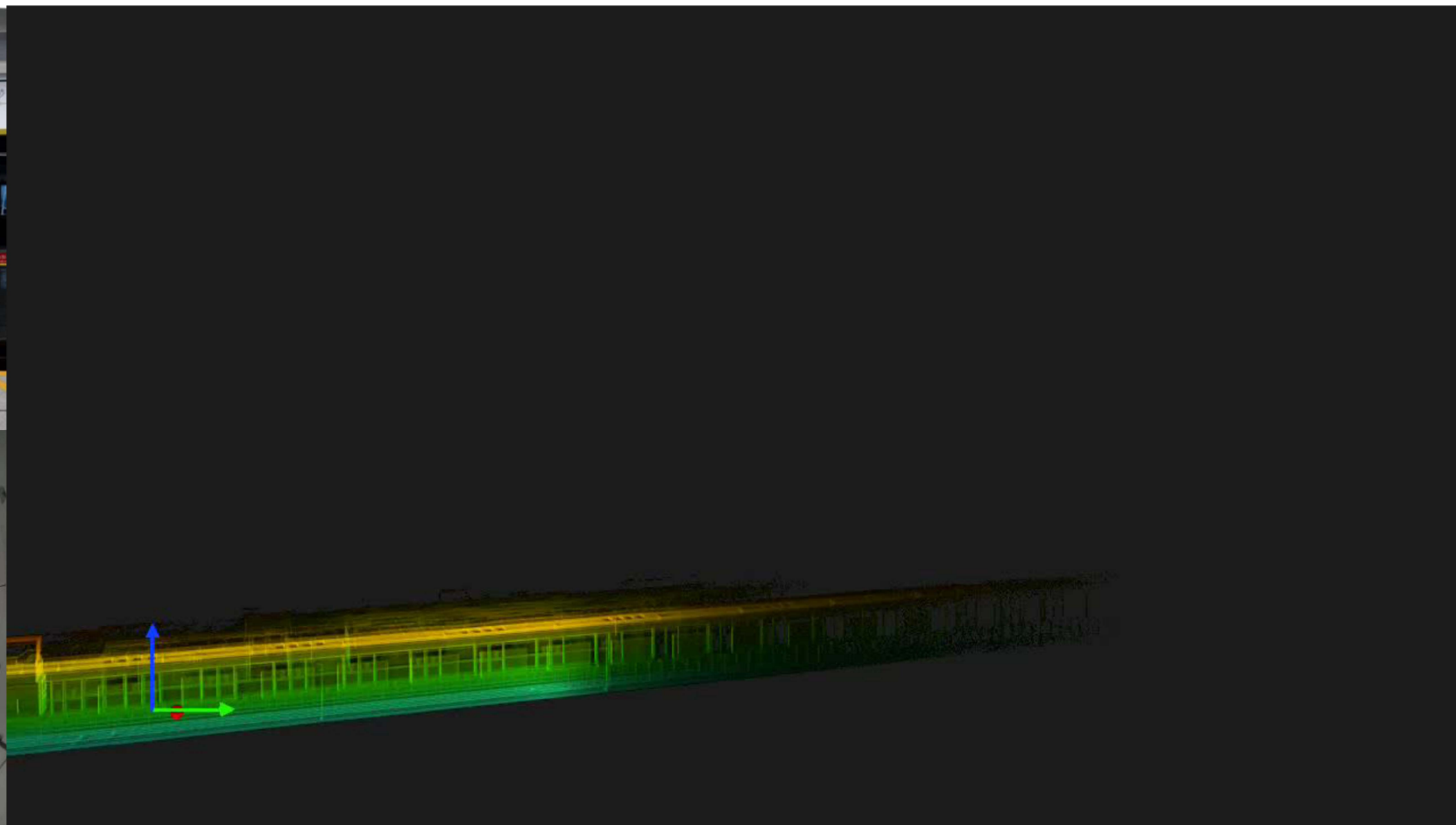




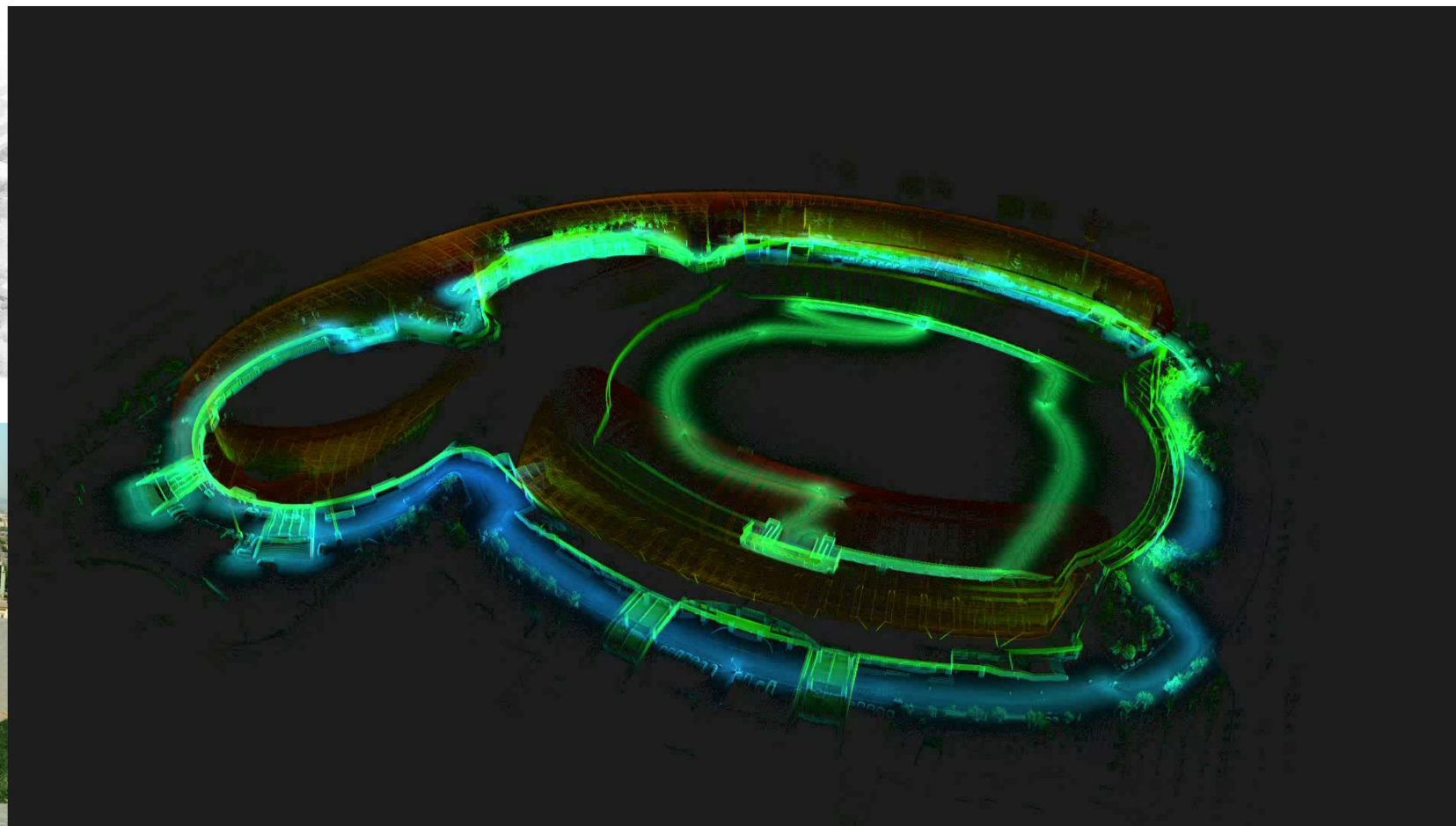
4.7 Прокладка труб



4.8 Оцифровка туннелей метро



4.9 Оцифровка крупных объектов



РОБОТ

SLAM



И еще множество применений...