

# 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?

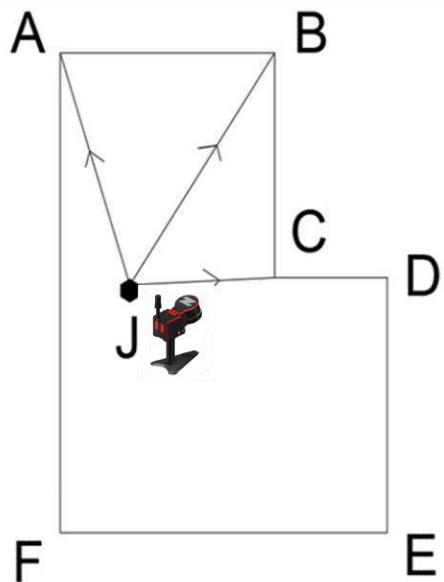
**SLAM** (Simultaneous Localization And Mapping) — одновременная локализация и построение карты.

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.**

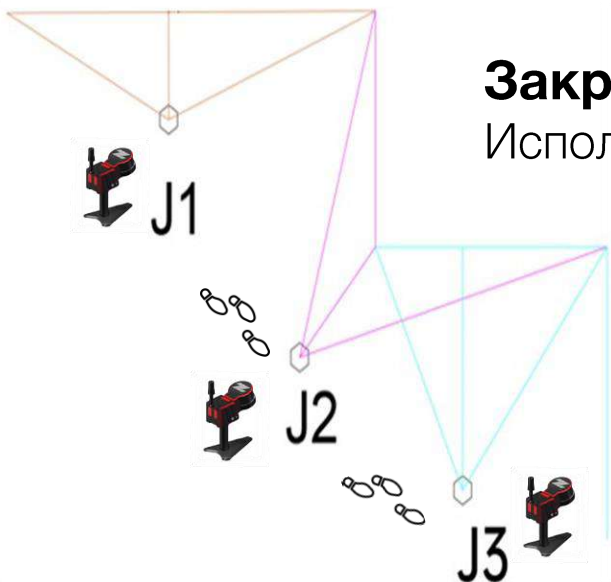
# 1.1 Что такое SLAM?

## 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.



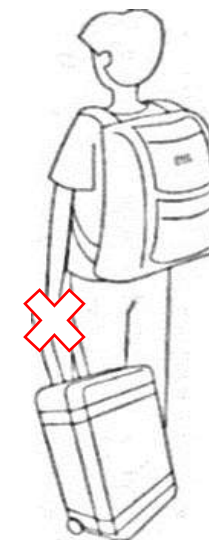
## 2. Особенности RobotSLAM

**ROBOT**  
SLAM 

## 2.1 Удобный рюкзак



Нет необходимости переносить прибор в руках или везти за собой.



Варианты использования:

1



2



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)

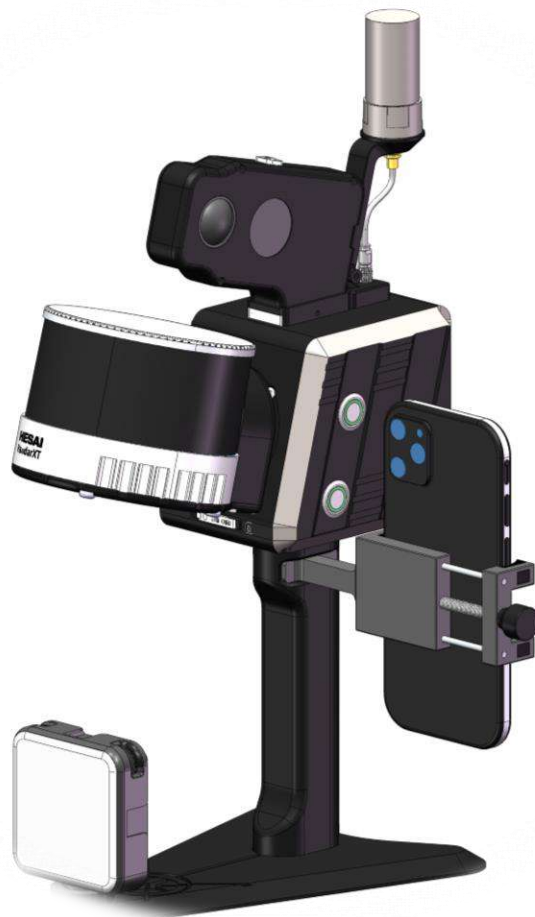
Помогает проводить сканирование в темноте или для съемки панорамных изображений.

### 7. Удлинитель ручки (опция)

Помогает отсканировать труднодоступные места.



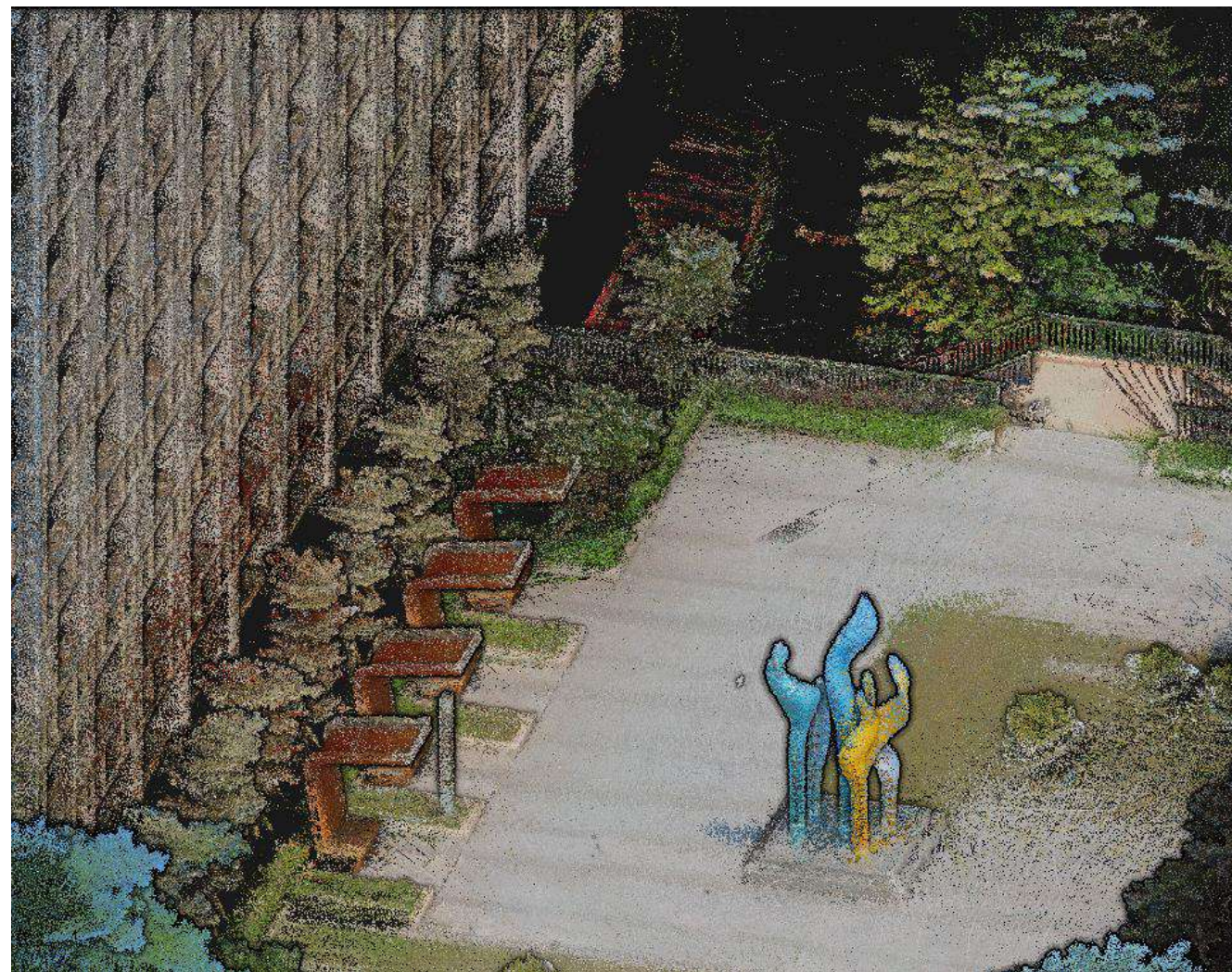
## Сканируйте и получайте координаты проще, чем когда-либо!



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

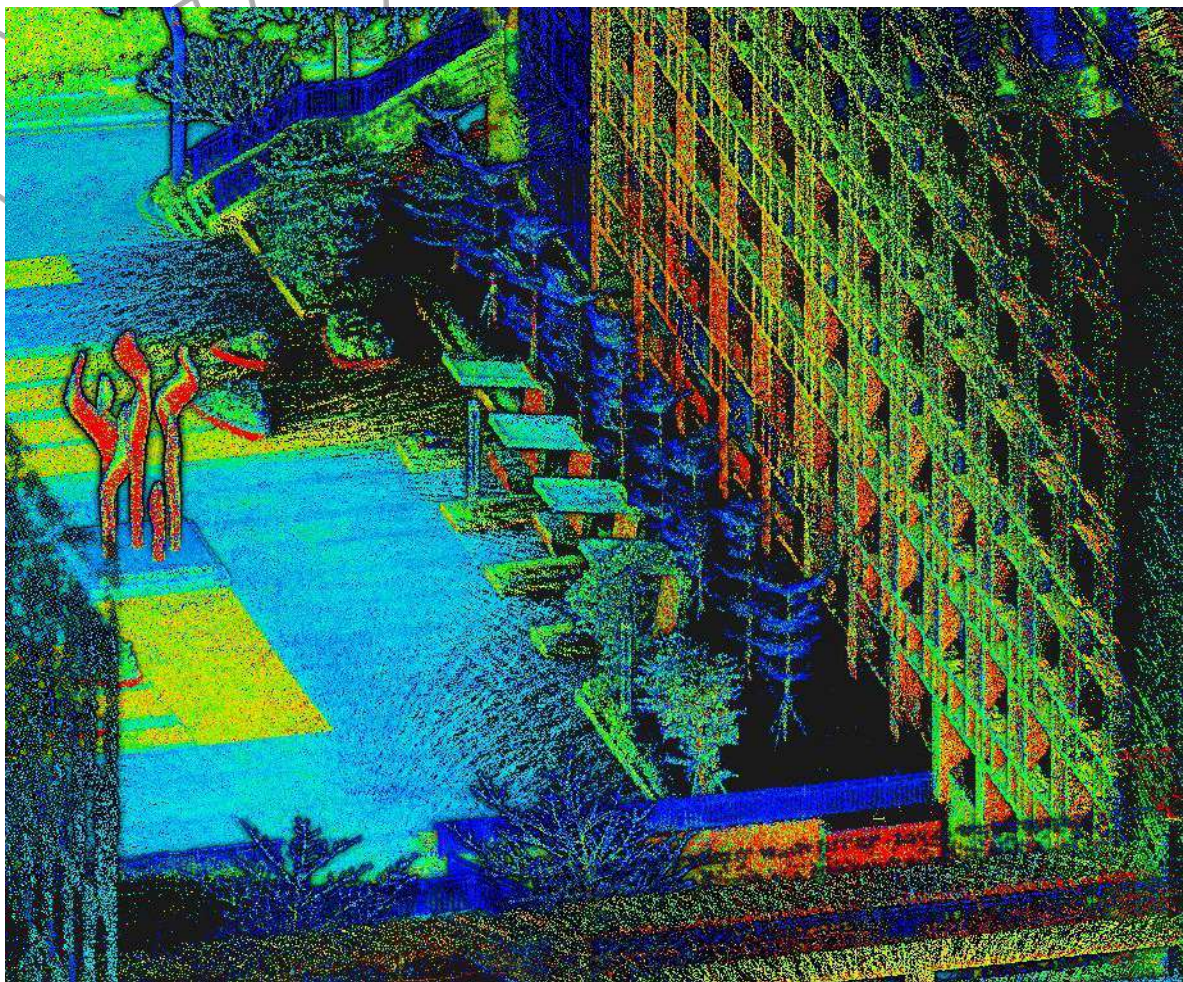


Сканирование с записью панорамных фотографий

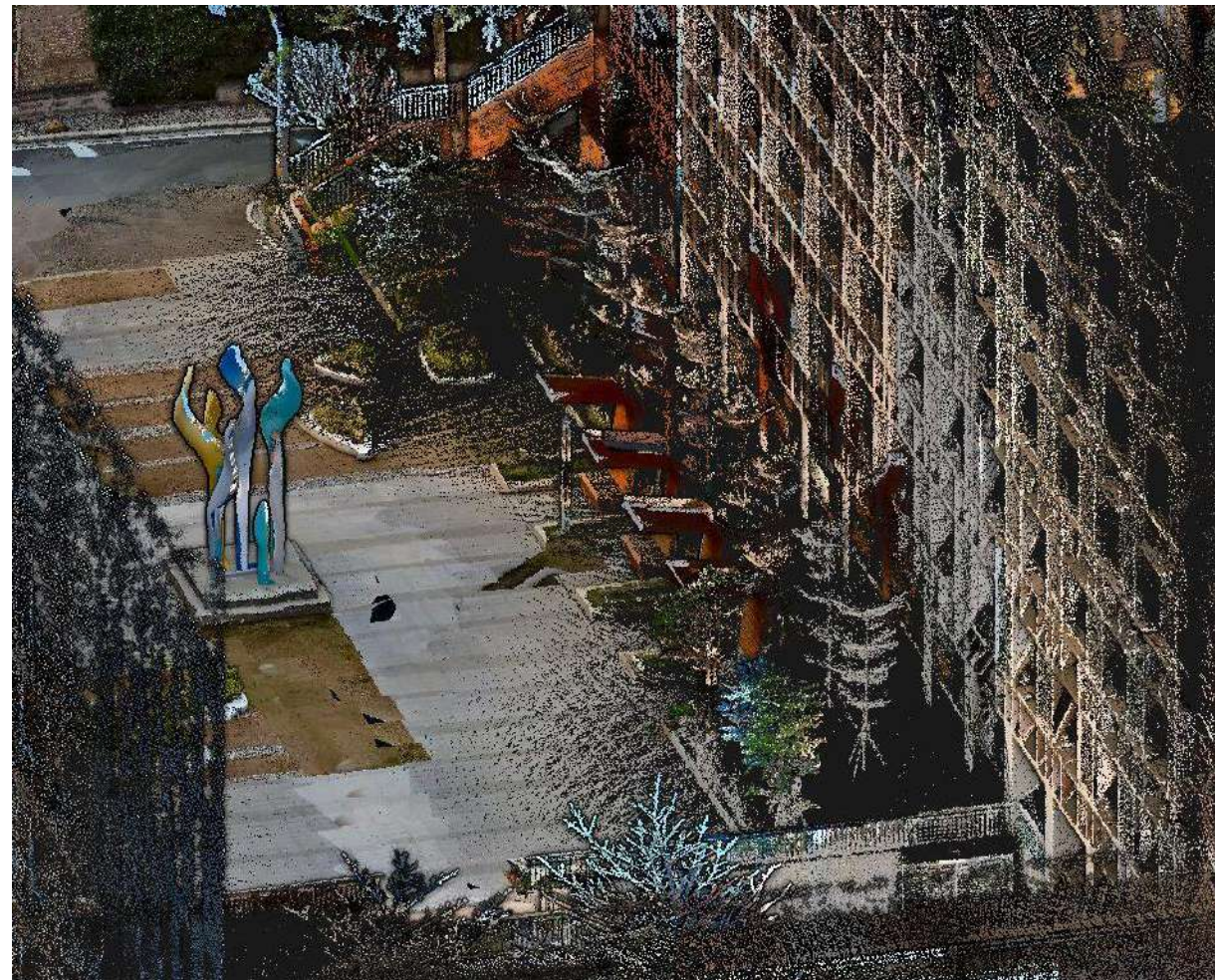


Цветное облако точек





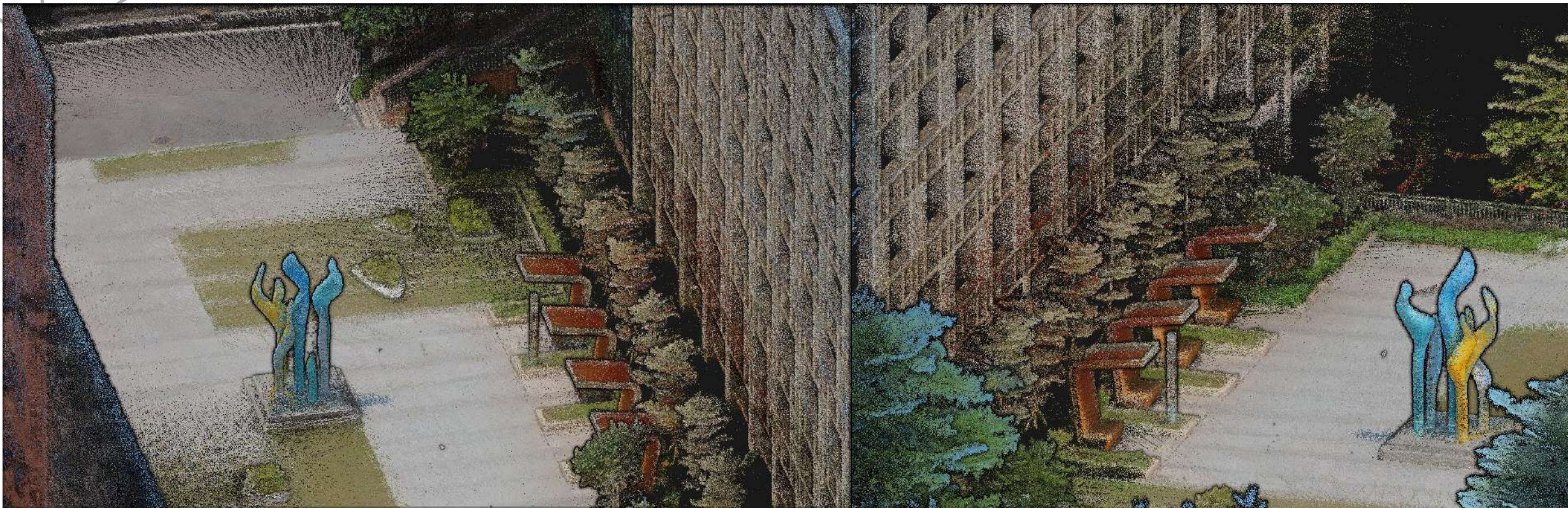
Облако точек



Цветное облако точек



Цветное облако точек



Цветное облако точек

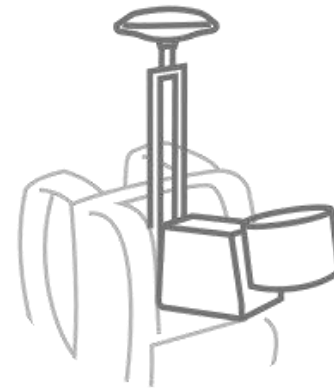
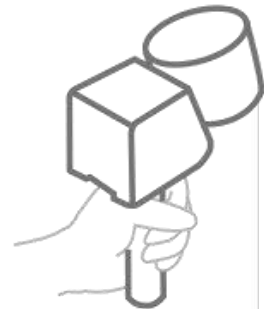
## 2.4 Множество вариантов работы

### 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

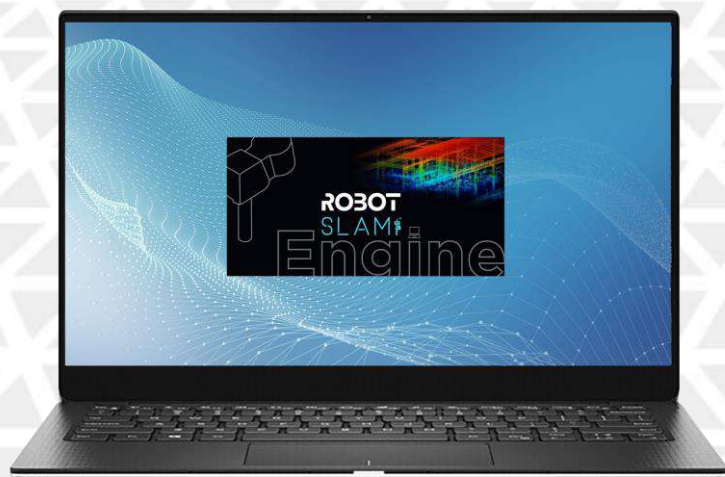
Информация о памяти  
Регистрация устройства

### ПО для Windows – RobotSLAM Engine

Обработка «В 1 клик»  
Авто подавление шума  
Авто оптимизация

Регистрация  
Измерения в 3D  
Информация о системе координат

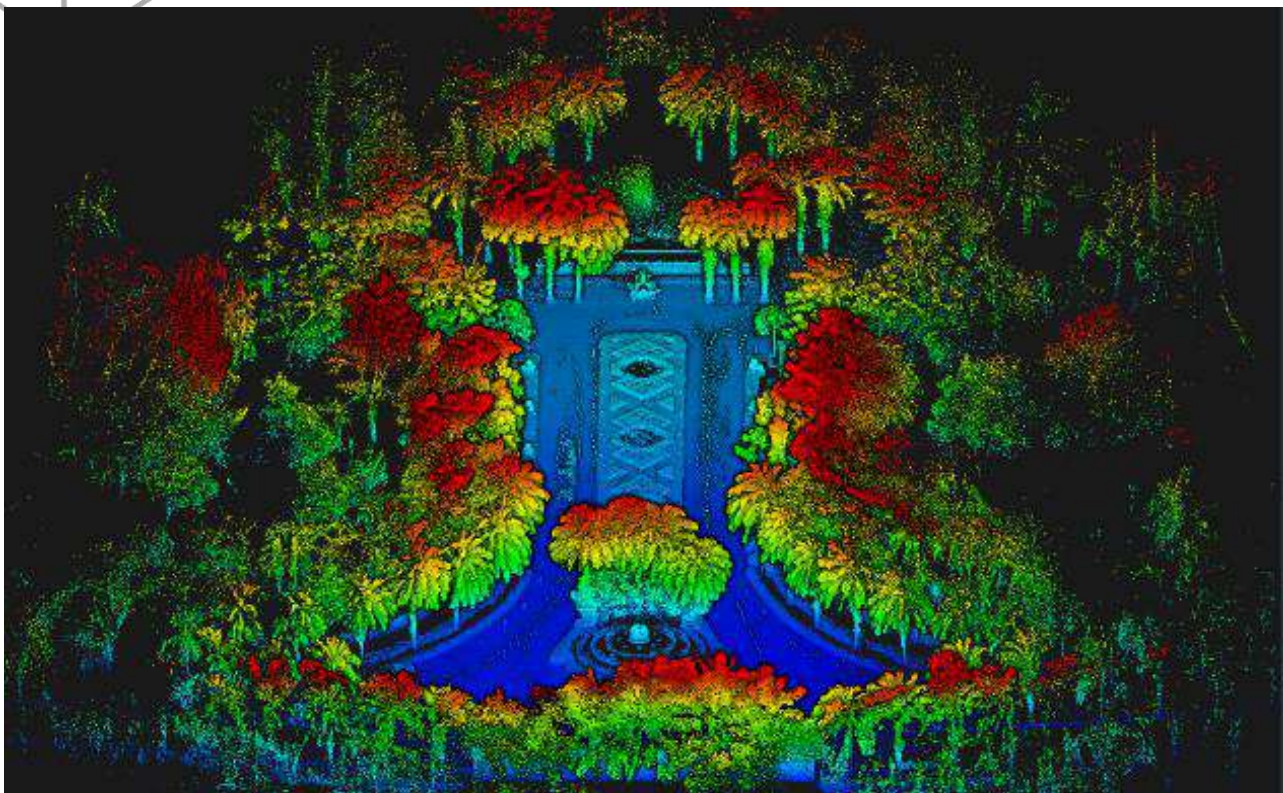
Удаление и обрезка  
Просмотр секций



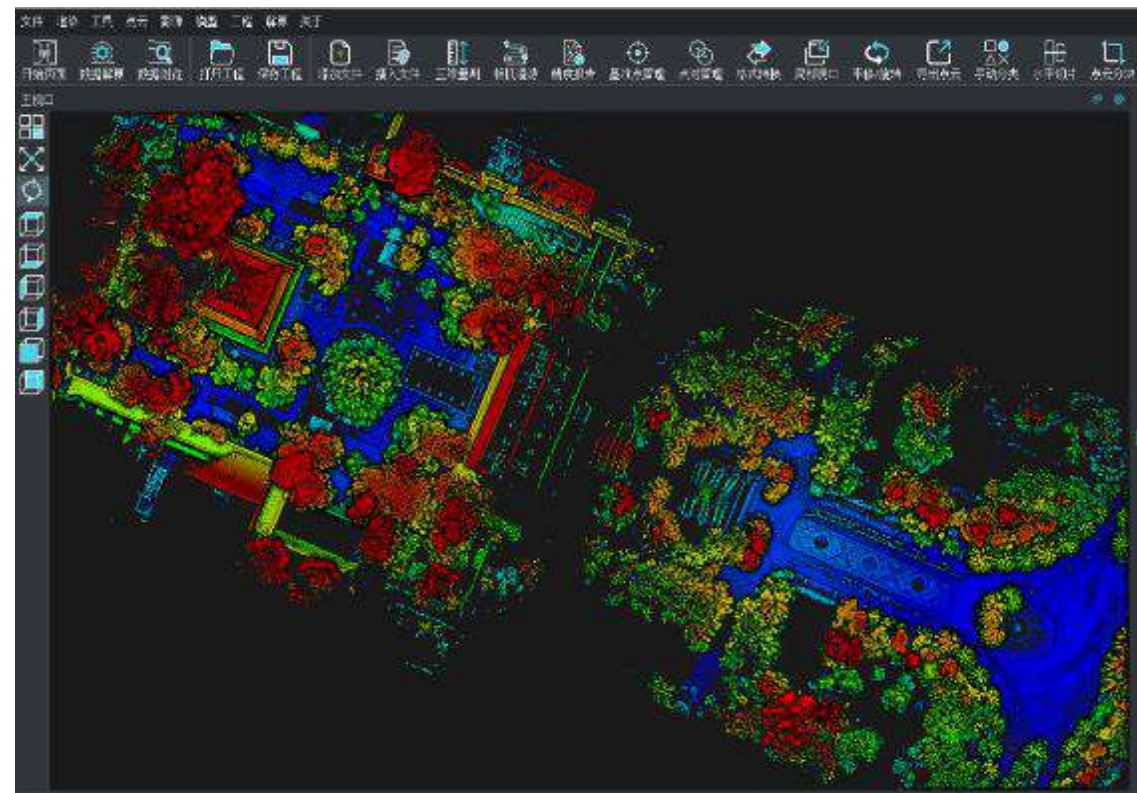
Также доступны следующие функции

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	
<b>Basic</b>	Только прибор, без RTK		✔						Небольшая цена
<b>Standard</b>	Только прибор, с RTK	✔	✔						Рекомендовано для начинающих
<b>Professional</b>	Рюкзак 3-в-1	✔	✔	✔					Рекомендованный набор
<b>Pro SUV+</b>	Рюкзак 3-в-1 + набор для уст. на авто	✔	✔	✔	✔				Для установки на автомобиль
<b>Pro UAV+</b>	Рюкзак 3-в-1 + набор для уст. на БПЛА	✔	✔	✔		✔			Для съемки земли с воздуха
<b>Pro USV+</b>	Рюкзак 3-в-1 + набор для уст. на БПВА	✔	✔	✔			✔		Для съемки побережья с воды
<b>Pro Robot Dog+</b>	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

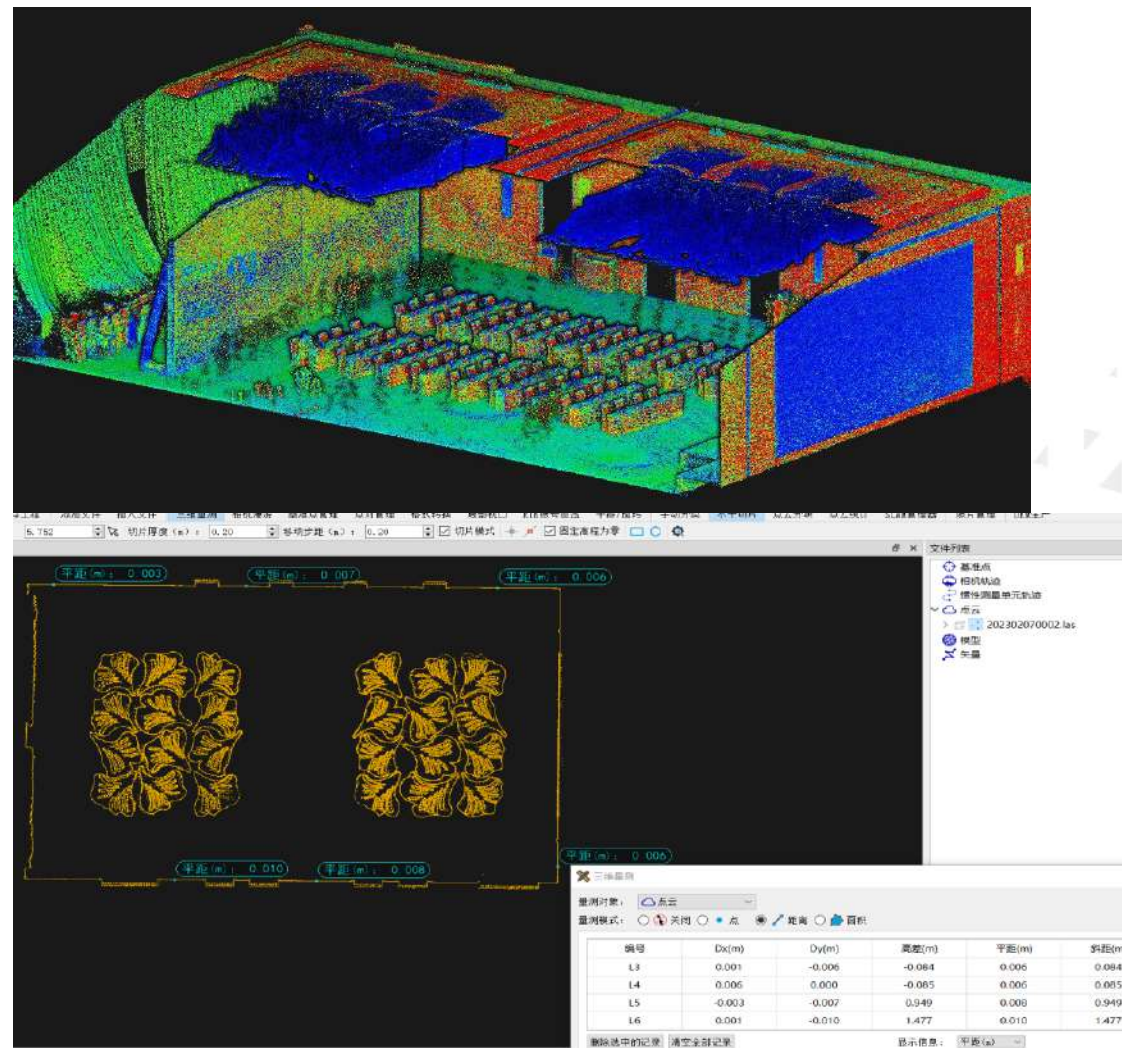
# ROBOT SLAM



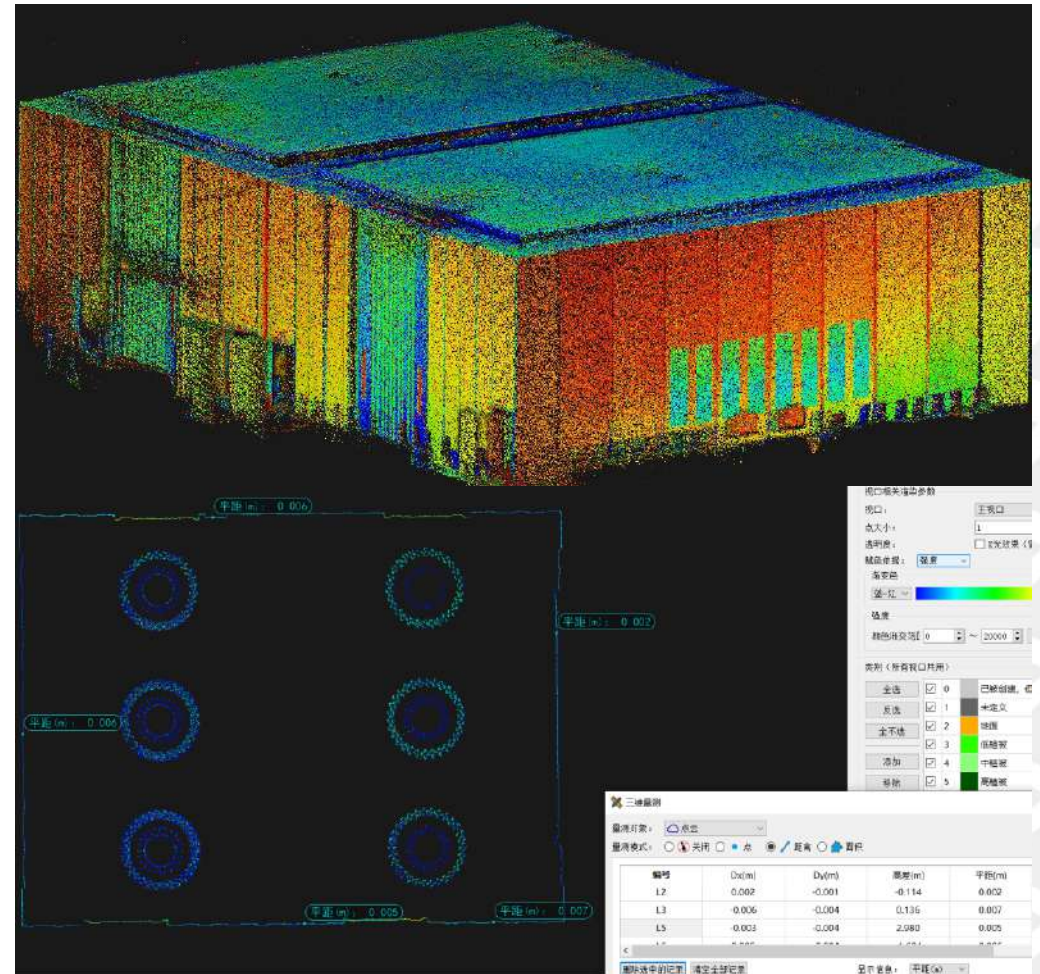




Облако точек стен помещения, толщиной 1 см. (После оптимизации)



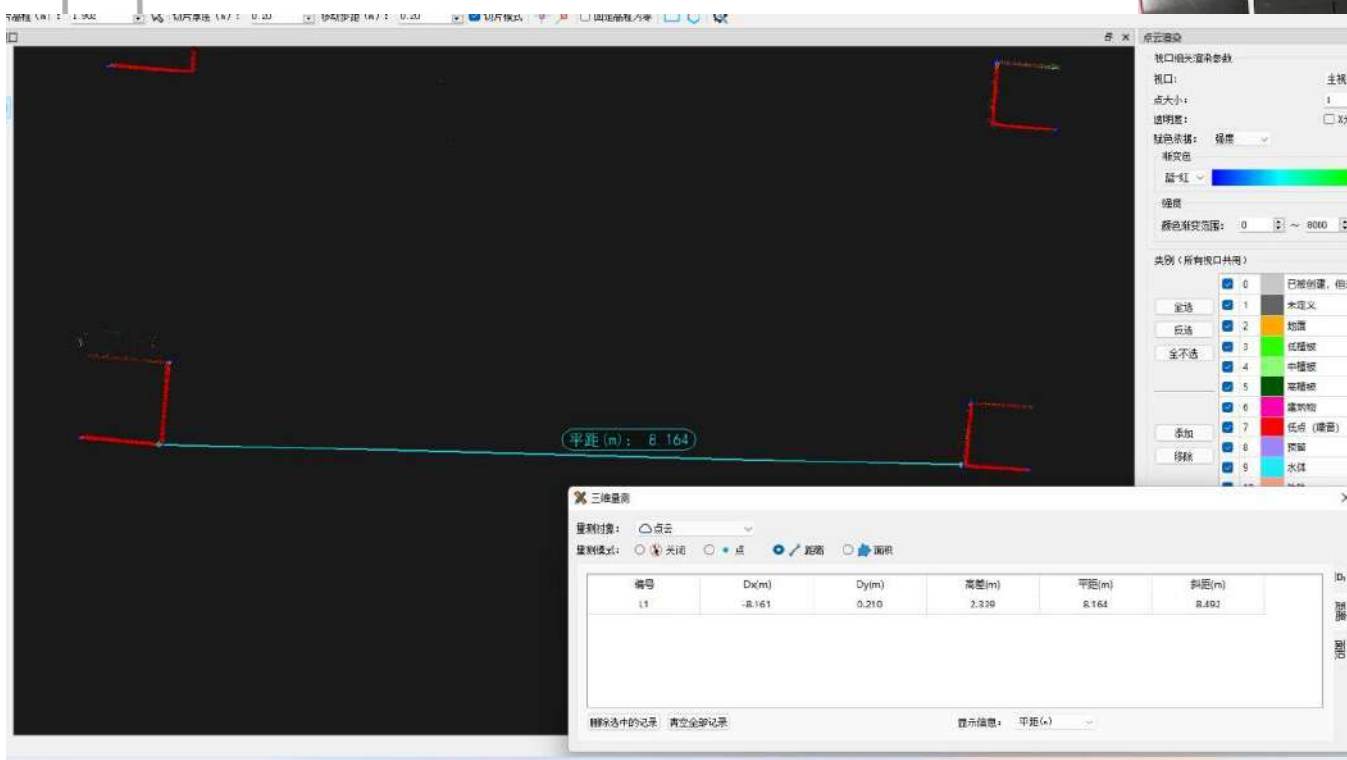
# 3.1 Толщина облака точек



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

## 3.2 Относительная точность

Сравнение измерения горизонтального расстояния между колоннами.



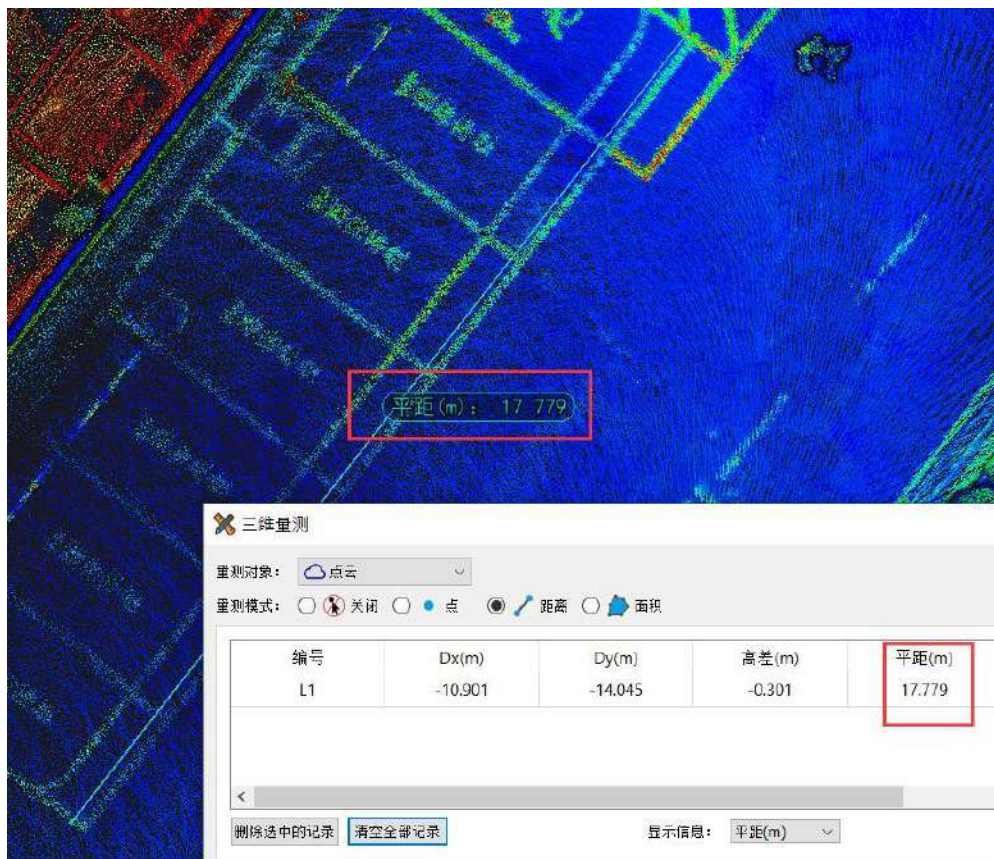
816.4 см при измерении по облаку точек



816.7 см при измерении лазерной рулеткой



Сравнение измерения горизонтального расстояния между колоннами.

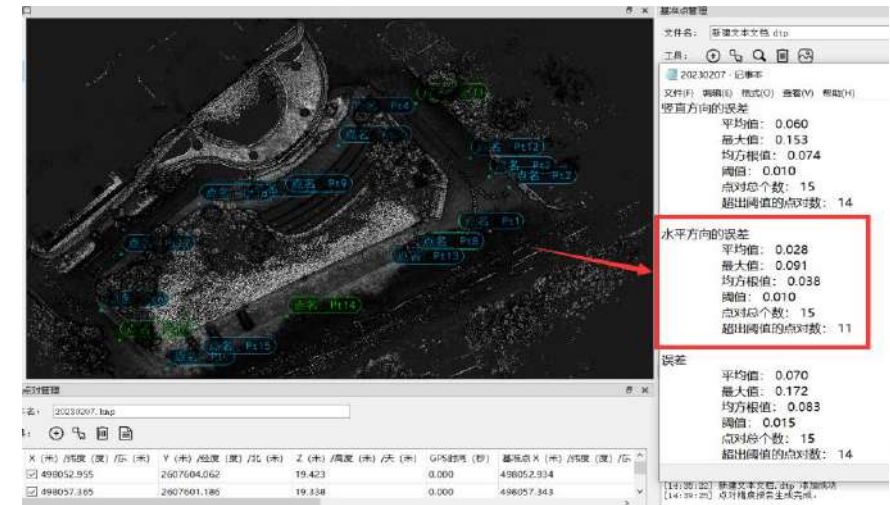
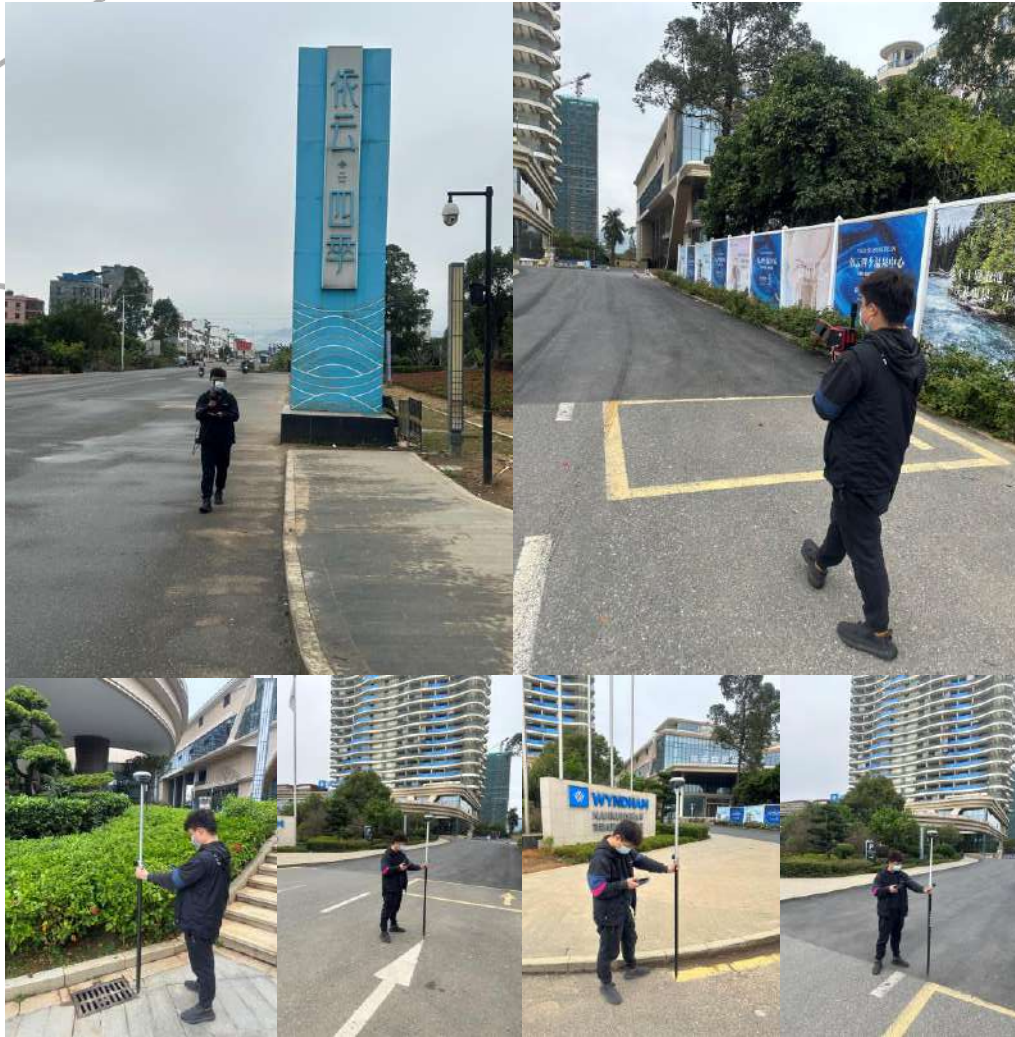


1777.9 см при измерении по облаку точек



1778.3 см при измерении  
рулеткой

# 3.3 Абсолютная точность



基础点管理

文件名: 新建文本文件.dwg

工具: 2023/02/07: 记事本

文件: 编辑(E) 格式(O) 查看(V) 帮助(H)

垂直方向的误差

平均值: 0.060  
 最大值: 0.153  
 均方根值: 0.074  
 阈值: 0.010  
 点对总个数: 15  
 超出阈值的点对数: 14

水平方向的误差

平均值: 0.028  
 最大值: 0.091  
 均方根值: 0.038  
 阈值: 0.010  
 点对总个数: 15  
 超出阈值的点对数: 11

误差

平均值: 0.070  
 最大值: 0.172  
 均方根值: 0.083  
 阈值: 0.015  
 点对总个数: 15  
 超出阈值的点对数: 14

精度报告

文件 排序

	Use	Number	X	Y	Known Z	Scene Z	Dz
1	<input checked="" type="checkbox"/>	Pt1	498021.664	2607621.0...	19.543	19.593	0.050
2	<input checked="" type="checkbox"/>	Pt2	497997.525	2607602.5...	19.500	19.476	-0.024
3	<input checked="" type="checkbox"/>	Pt3	497962.283	2607578.0...	19.675	19.720	0.045
4	<input checked="" type="checkbox"/>	Pt4	497976.312	2607562.9...	19.232	19.271	0.039
5	<input checked="" type="checkbox"/>	Pt5	498006.187	2607603.1...	19.545	19.555	0.010
6	<input checked="" type="checkbox"/>	Pt6	498019.318	2607614.1...	19.541	19.573	0.032
7	<input checked="" type="checkbox"/>	Pt7	498037.727	2607623.1...	19.963	20.004	0.041
8	<input checked="" type="checkbox"/>	Pt8	497984.404	2607565.0...	19.198	19.256	0.058
9	<input checked="" type="checkbox"/>	Pt9	497965.900	2607570.5...	19.457	19.491	0.034
10	<input checked="" type="checkbox"/>	Pt10	497967.924	2607591.4...	20.143	20.133	-0.010
11	<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: 0.0262 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.  $\pm 4$  см; V.  $\pm 2$  см

20230213 - 记事本

381841.843	3163608.062	19.890
381888.201	3163653.905	21.548
381896.823	3163651.967	21.464
381905.494	3163635.882	21.295

垂直方向的误差  
 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

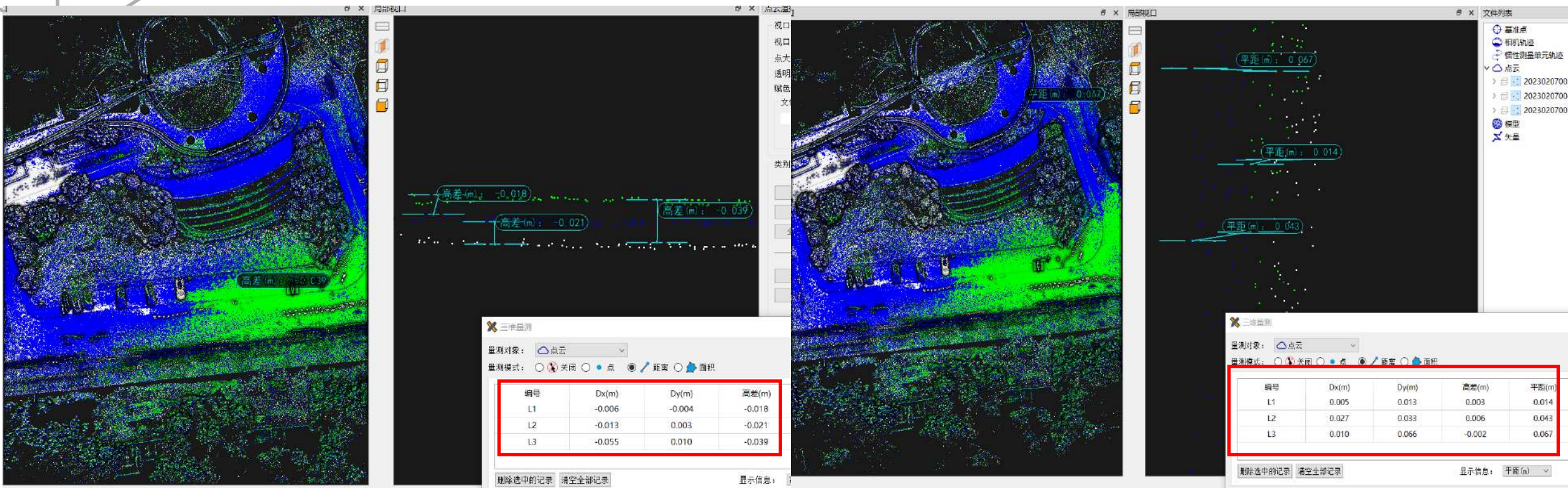
精度报告

USE	NUMBER	X	Y	KNOWN Z	SCENE Z	DZ
<input type="checkbox"/>	P11	381851.437	3163645.571	21.337	21.297	-0.040
<input type="checkbox"/>	P12	381848.786	3163638.603	21.047	21.020	-0.027
<input type="checkbox"/>	P13	381842.703	3163625.580	20.562	20.542	-0.020
<input type="checkbox"/>	P14	381843.126	3163614.300	20.155	20.155	0.000
<input type="checkbox"/>	P15	381841.845	3163608.071	19.948	19.894	-0.054
<input type="checkbox"/>	P16	381844.418	3163603.242	19.806	19.798	-0.008
<input type="checkbox"/>	P17	381862.245	3163615.823	20.563	20.566	0.003
<input type="checkbox"/>	P18	381882.069	3163620.950	20.956	20.974	0.018
<input type="checkbox"/>	P19	381888.833	3163620.549	21.164	21.155	-0.009
<input type="checkbox"/>	P110	381905.543	3163617.443	21.192	21.190	-0.002
<input type="checkbox"/>	P111	381905.499	3163635.948	21.315	21.305	-0.010
<input type="checkbox"/>	P112	381907.742	3163649.005	21.549	21.555	0.006
<input type="checkbox"/>	P113	381896.823	3163651.375	21.475	21.470	-0.005
<input type="checkbox"/>	P114	381888.173	3163653.881	21.573	21.548	-0.025

统计阈值: 0.01

平均 Dz: 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

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

高差 (m): -0.046

高差 (m): -0.026

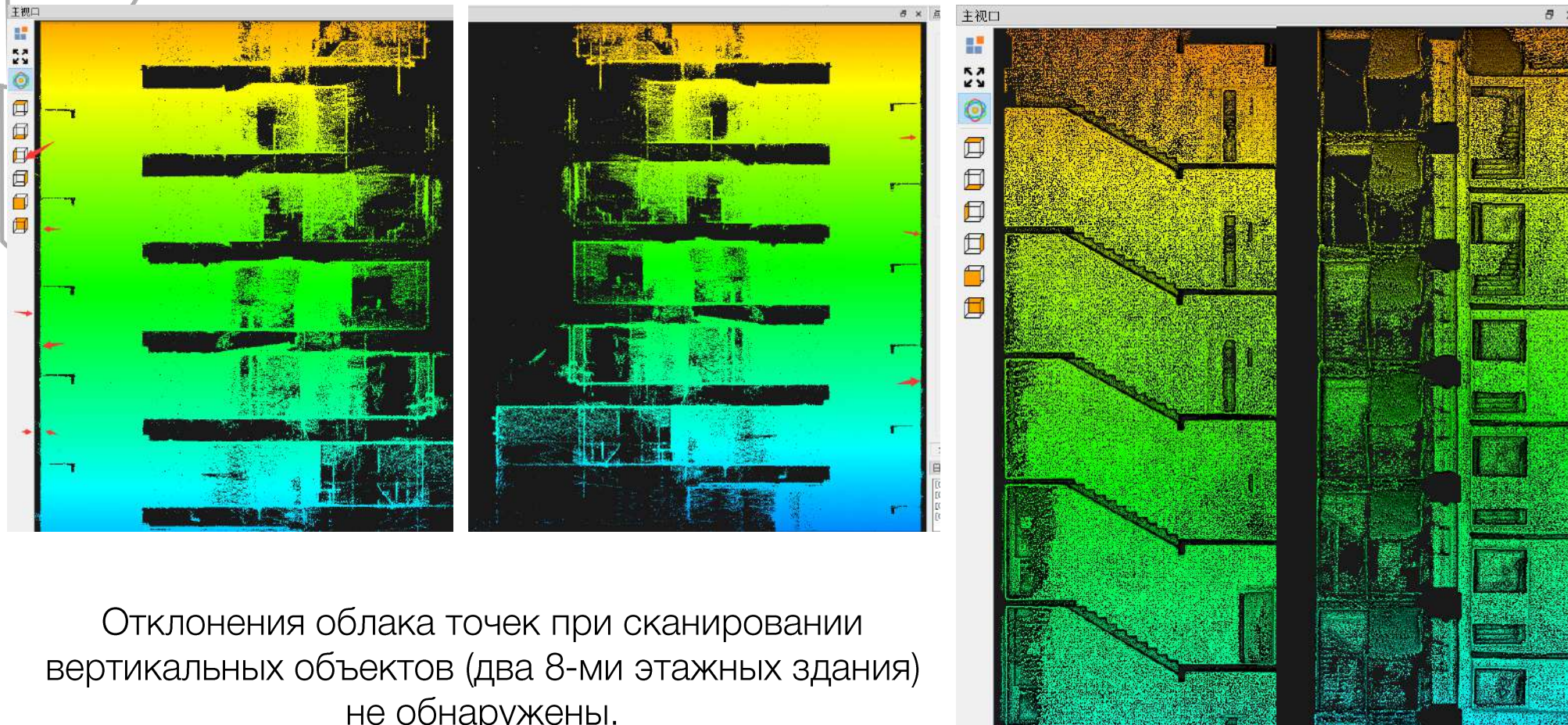
高差 (m): -0.019

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

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



При обследовании облака точек сооружений менее 4-х этажей, отклонений не обнаружено. Также не найдены отклонения облака точек 8-ми этажных сооружений.

Сканирование таких объектов проводится закрытым методом: с первого этажа на последний, затем обратно на первый, либо со среднего этажа на последний, затем на первый, затем обратно на средний. Внимательно проверяйте облако точек выше 5-го этажа.

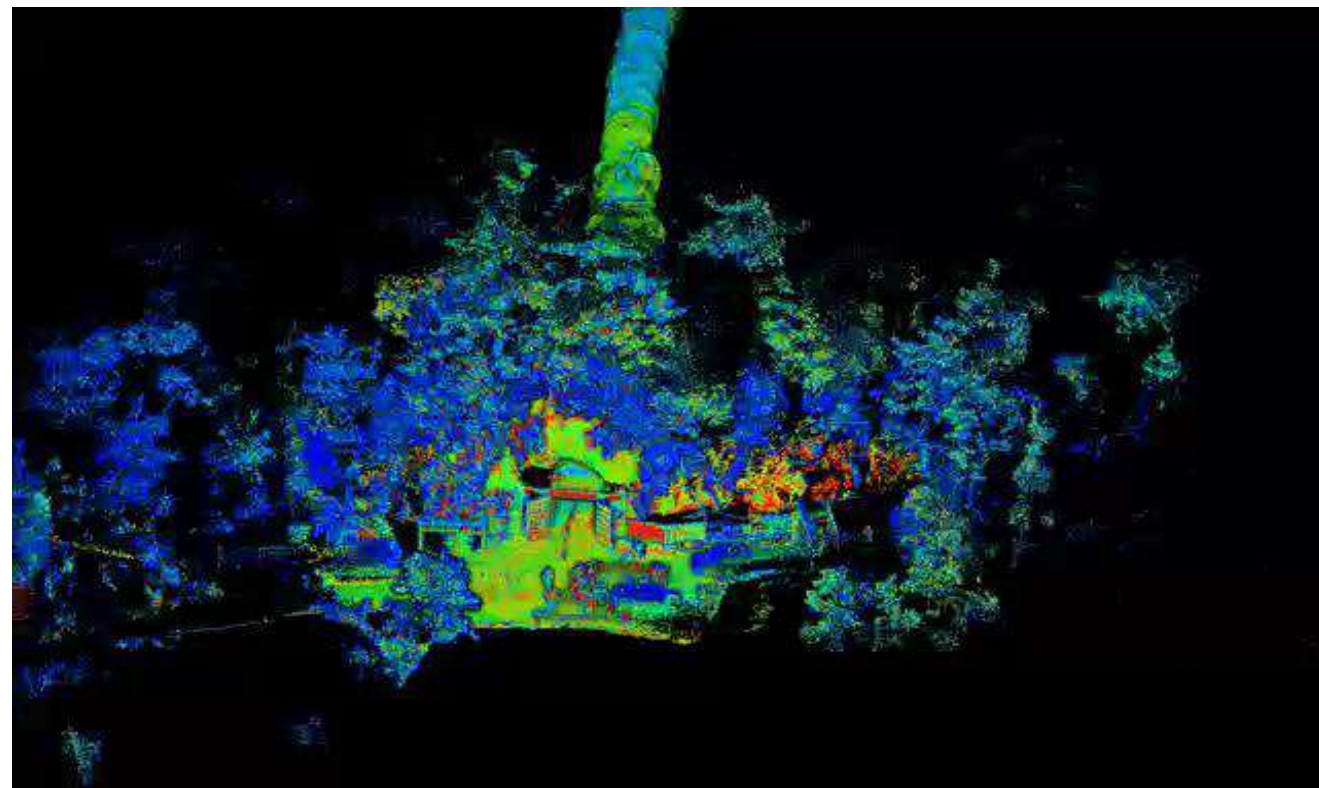
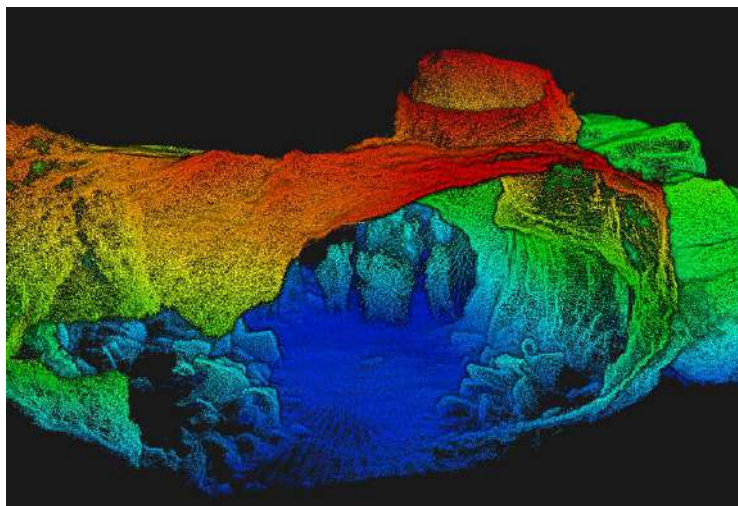


## 4. Применение RobotSLAM

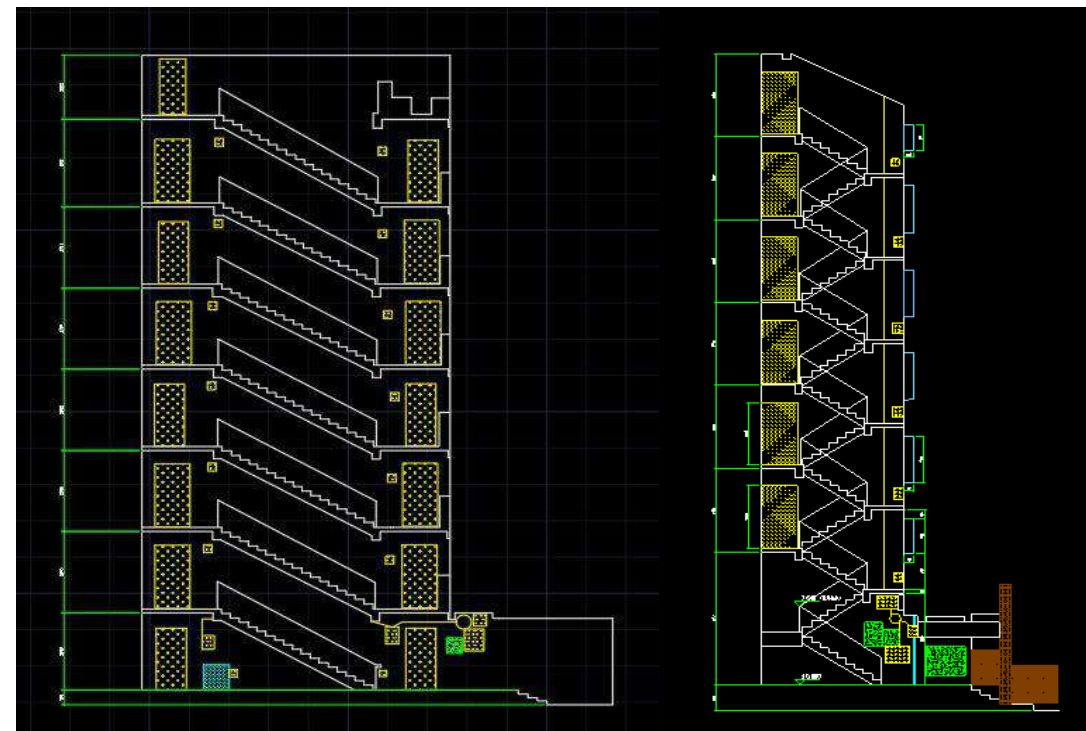
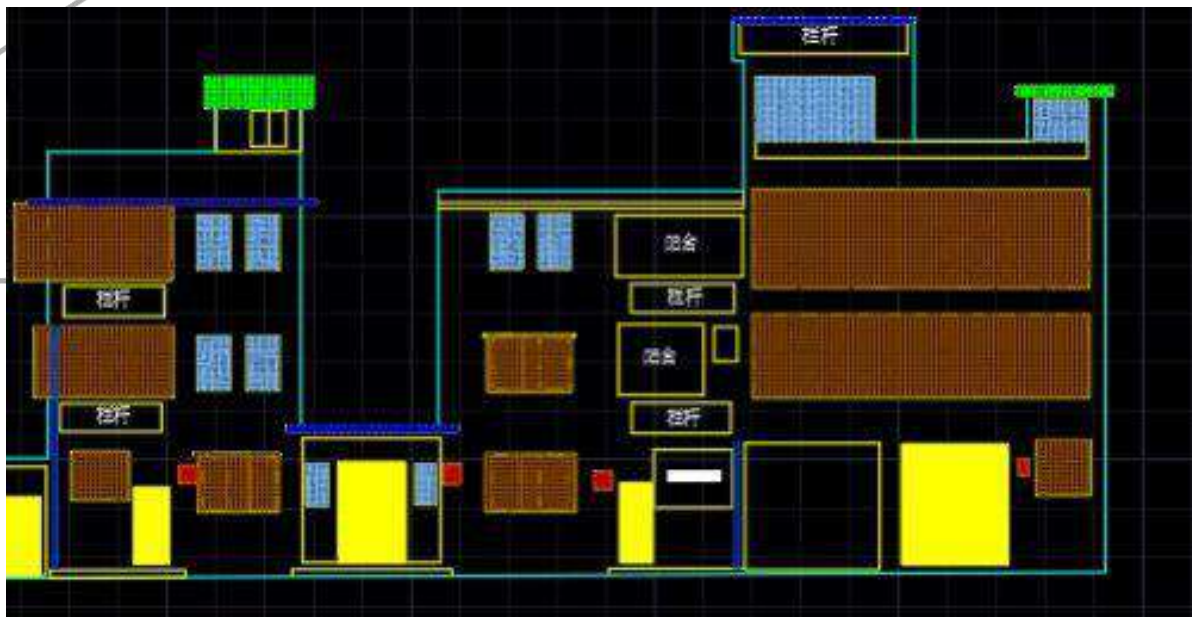
# ROBOT SLAM



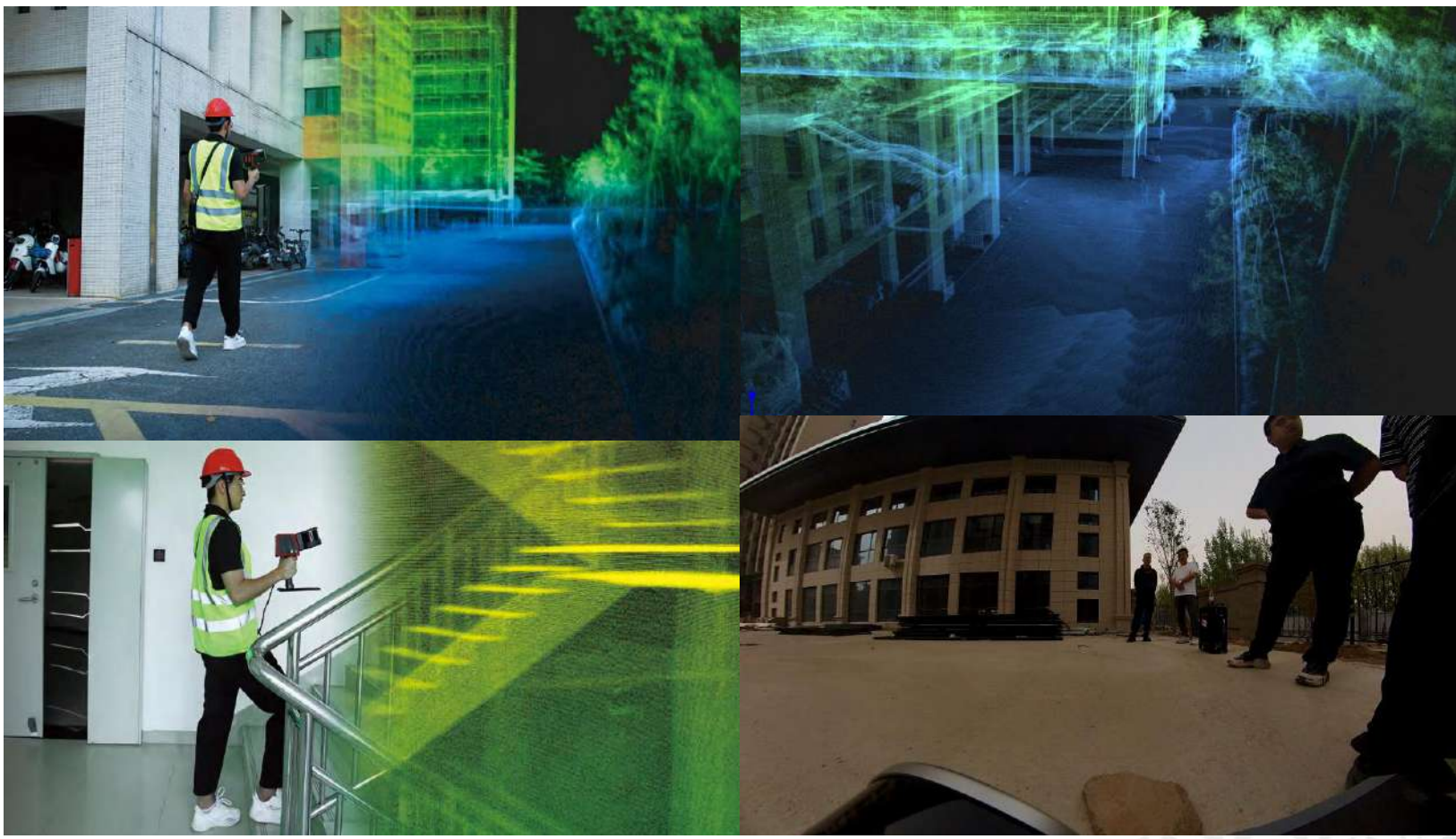
# 4.1 Оцифровка подземных туннелей



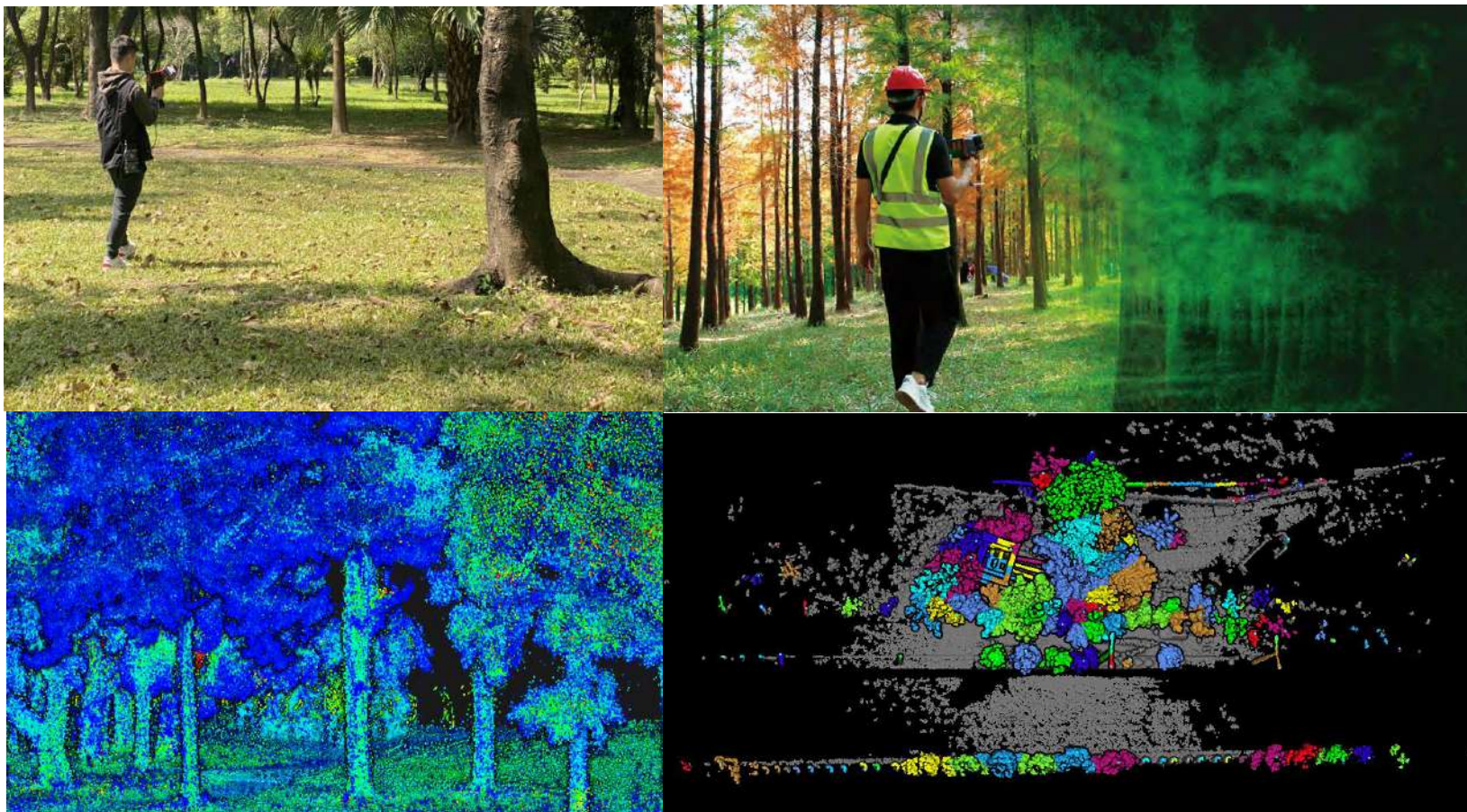
# 4.2 Съемка фасадов зданий



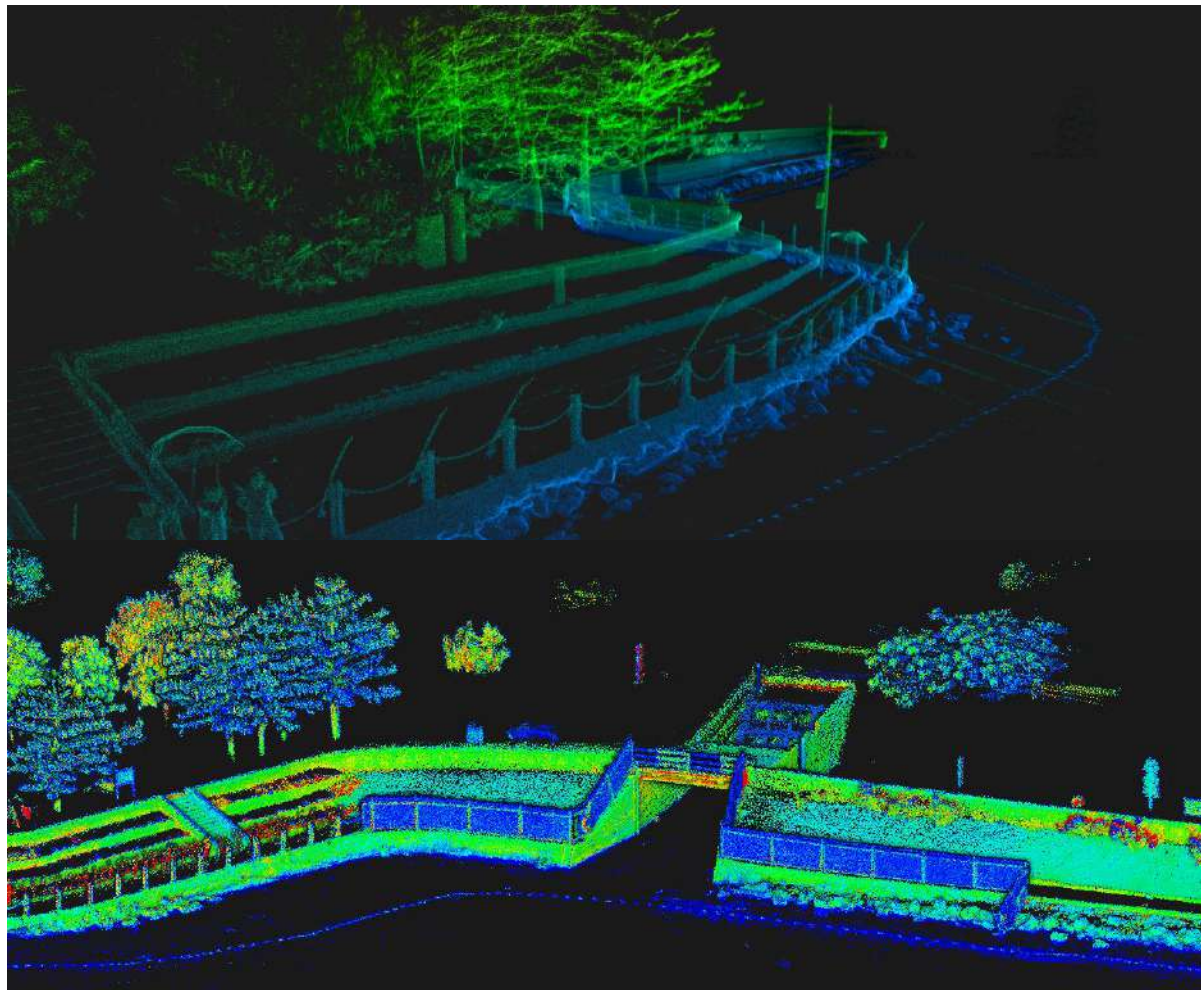
# 4.3 BIM



## 4.4 Съёмка лесов

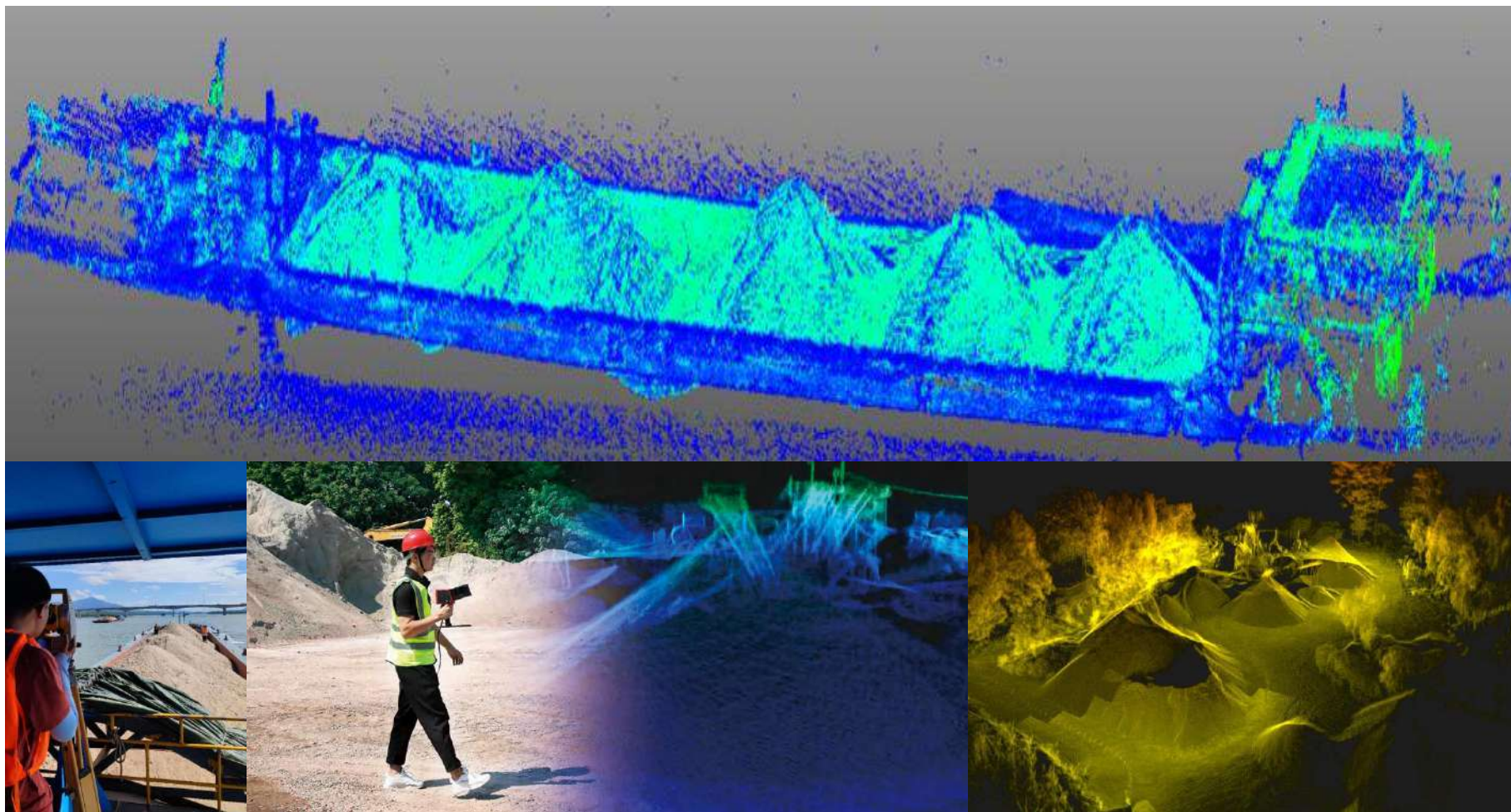


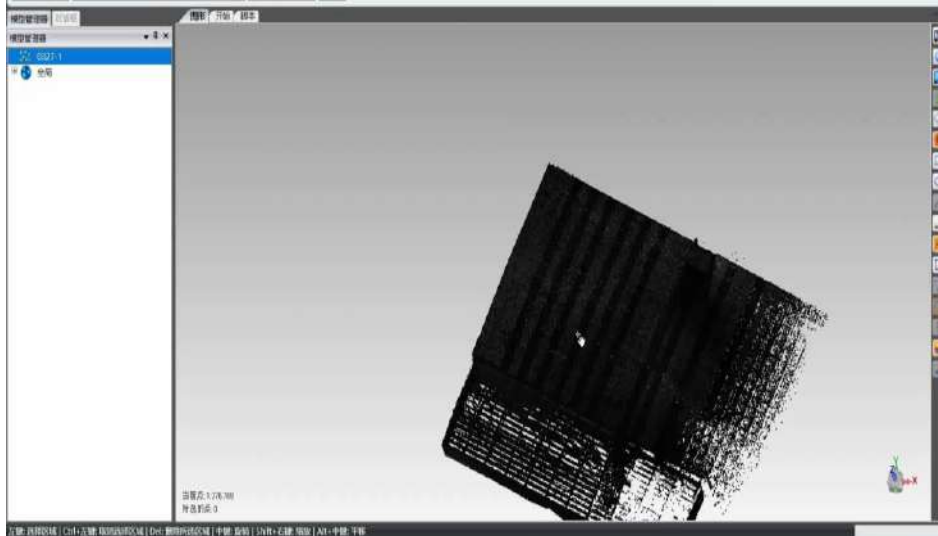
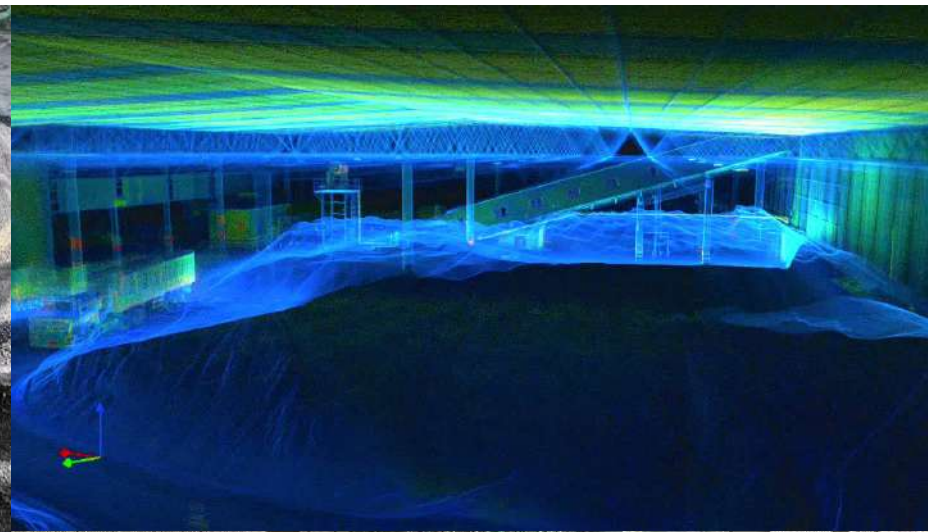
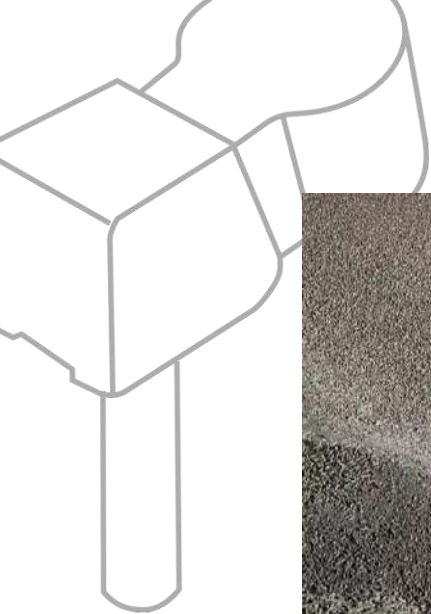
## 4.5 Съемка побережья



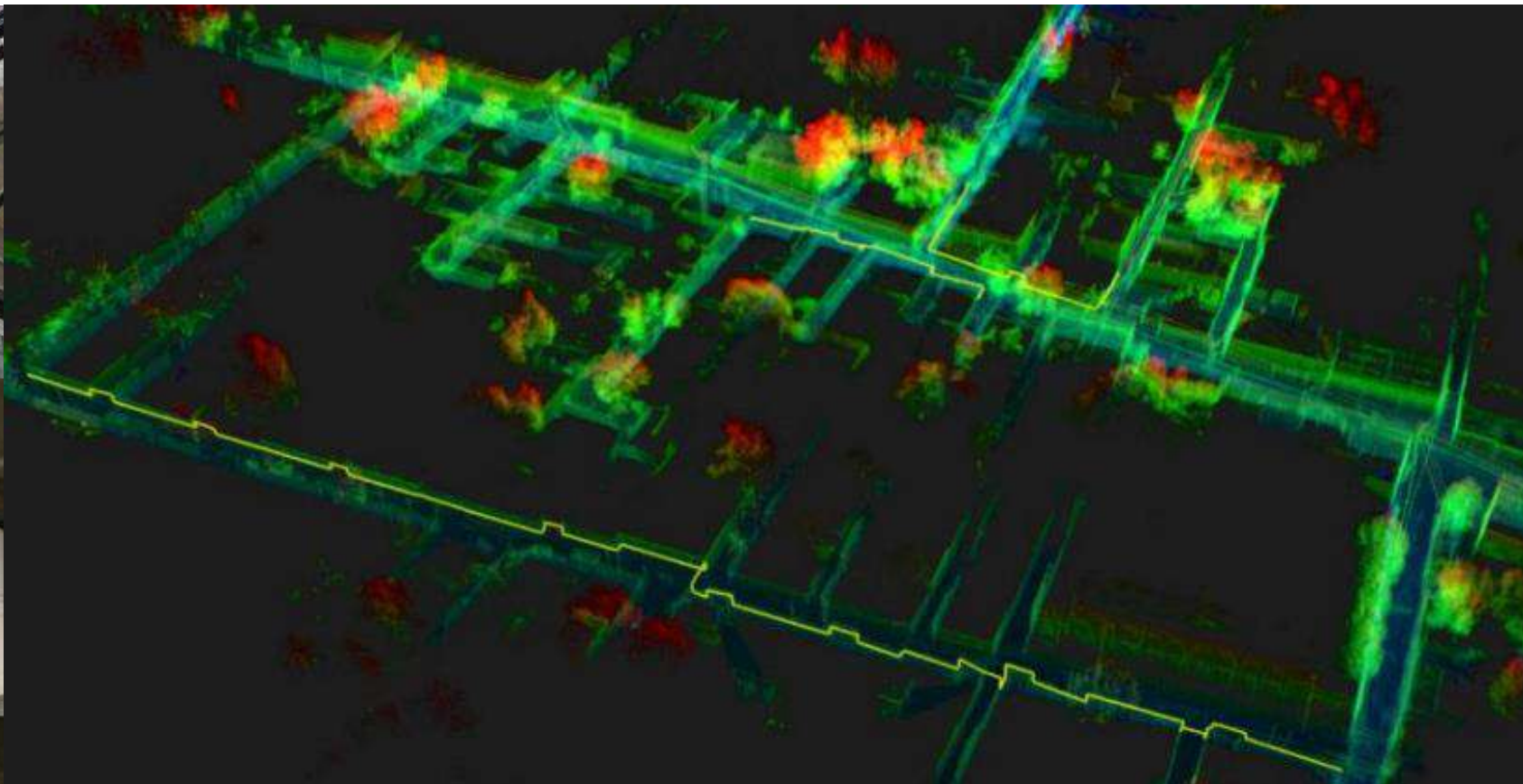


## 4.6 Вычисление объема

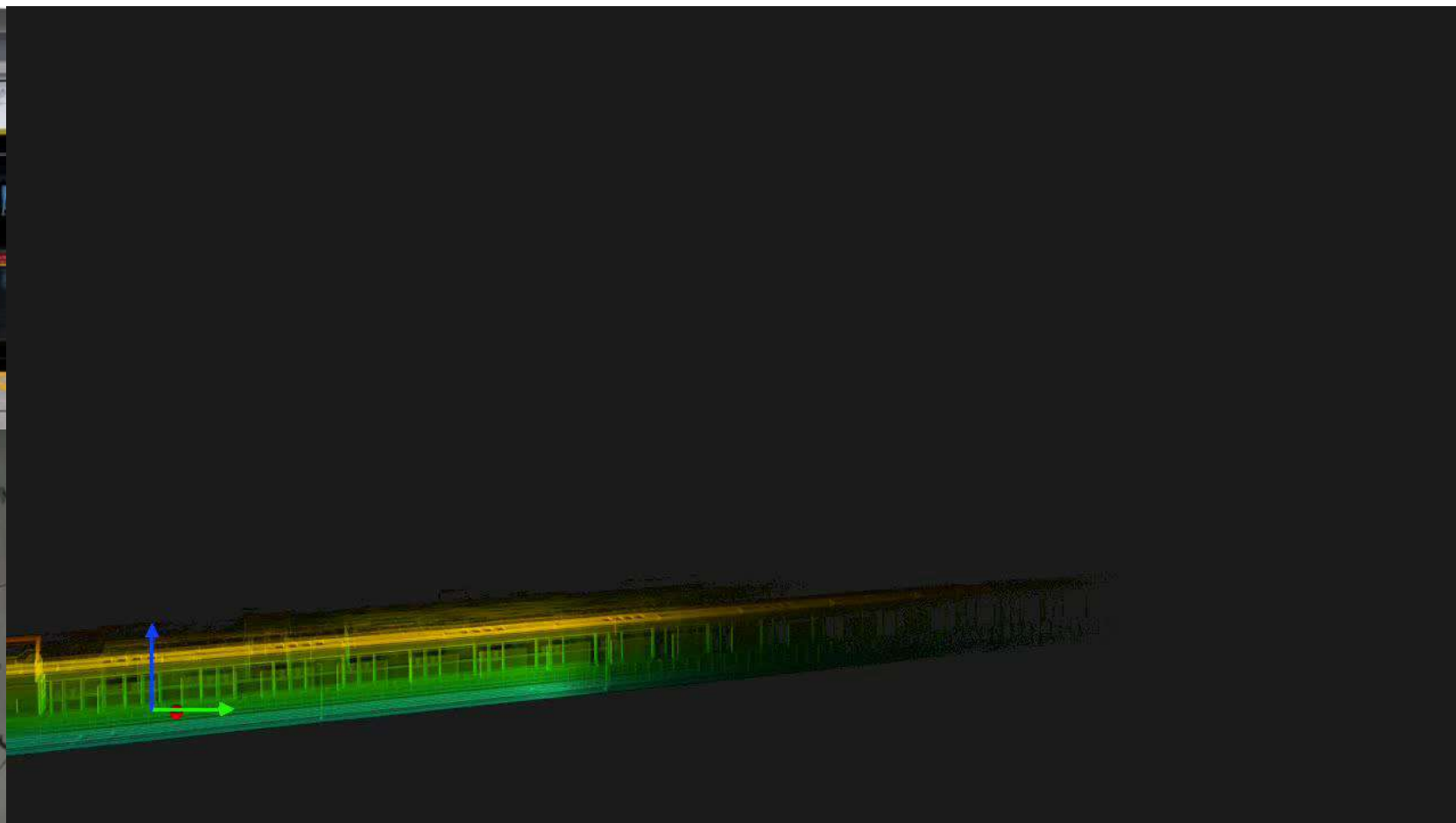




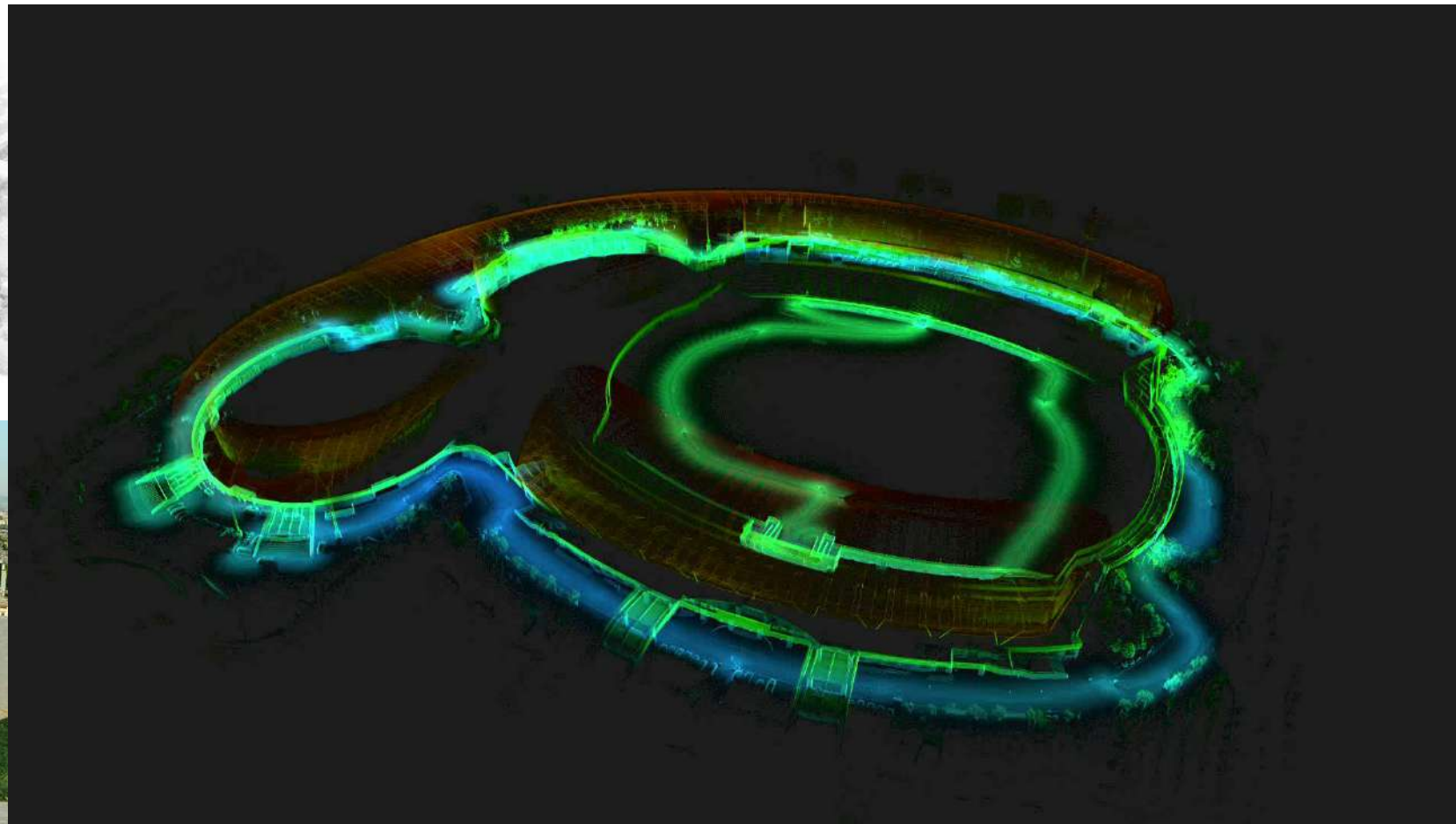
## 4.7 Прокладка труб



## 4.8 Оцифровка туннелей метро



## 4.9 Оцифровка крупных объектов





# РОБОТ

# SLAM

**И еще множество применений...**