

Графічний матеріал до магістерської  
роботи на тему:

# Методика створення ЦМР з результатів лазерного сканування та БПЛА знімання

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

## Вступ

Для детального аналізу поверхні рельєфу та об'єктів розробки масштабних проектів застосовується цифрова модель рельєфу(ЦМР). Фактично, ЦМР - зображення планових координат і висот конкретної ділянки місцевості, що має математичне уявлення. З її допомогою проектні організації аналізують поверхню рельєфу, проводять моніторинг стану території та розташованих на ній об'єктів, контролюють обсяг робіт, що проводяться, вирішують інші завдання в рамках аналітичних проектних завдань.

**Об'єкт дослідження:** цифрова модель рельєфу з результатів лазерного сканування та БПЛА знімання.

**Предмет дослідження:** методи класифікації хмари точок.

**Мета і завдання:** дослідження методики створення ЦМР з результатів лазерного сканування та БПЛА знімання та отримання точних моделей.

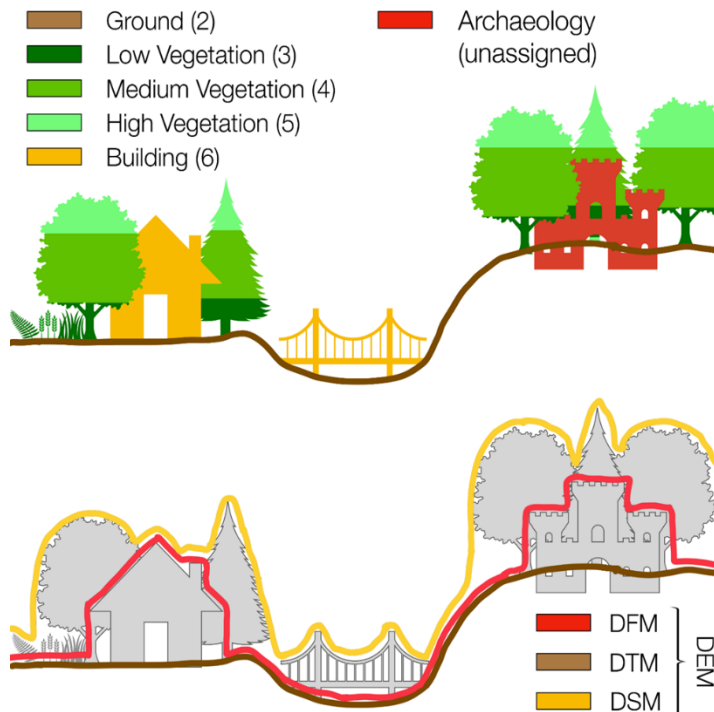
**Матеріал дослідження:** дані лідарної БПЛА зйомки, наземного лазерного сканування та БПЛА знімання в районі міста.

# Аналіз методів створення ЦМР

Методи, що використовують топографічні карти або плани як основне джерело даних.

Методи, що використовують аерофотознімання або супутникові зображення як основне джерело даних.

Методи, що використовують дистанційне зондування або космічну зйомку як основне джерело даних.



**DSM** (Digital Surface Model) – цифрова модель місцевості (ЦММ), що відображає природний рельєф місцевості з рослинністю та різноманітними штучними перешкодами (будинками, деревами тощо)

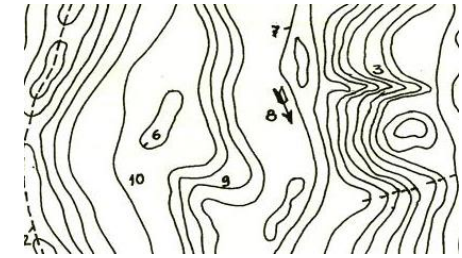
**DTM** (Digital Terrain Model) – точного визначення для цієї моделі не існує, але часто трактується як аналогія ЦМР.

**DEM** (Digital Elevation Model).

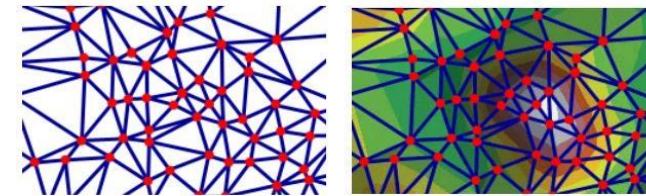
# Спосіб моделювання рельєфу місцевості

Найбільш поширені способи цифрового уявлення рельєфу:

– **векторних ліній** (горизонталей або інших ізоліній з рівним або нерівним кроком);

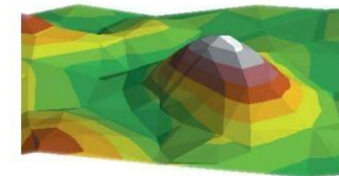


– **нерегулярної**, так званої **TIN-моделі** (TIN – Triangulated Irregular Network), що включає деяку сукупність точок з висотними відмітками, якими проведена триангуляція з урахуванням ліній розриву безперервності



a)

б)

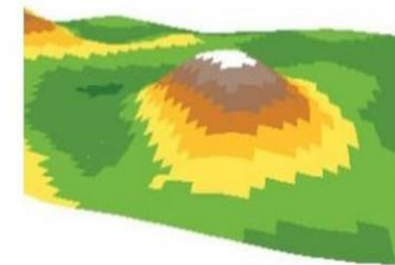


в)

– **регулярної матриці** (регулярна або матрична модель) висот земної поверхні (подання на регулярній сітці квадратів, прямокутників або трикутників, коли в її вузлах задані значення висоти). **GRID**



a)



б)

# Аналіз засобів для класифікації хмари точок

## Алгоритми класифікації хмари точок

прямі

безпосередньо використовують хмару точок як вхідні дані для нейронної мережі

непрямі

спочатку переводять хмару точок в іншу форму представлення даних

## Програмні комплекси для класифікації хмари точок

CREDO 3D СКАН

Agisoft Metashape

PDAL

Pix4mapper

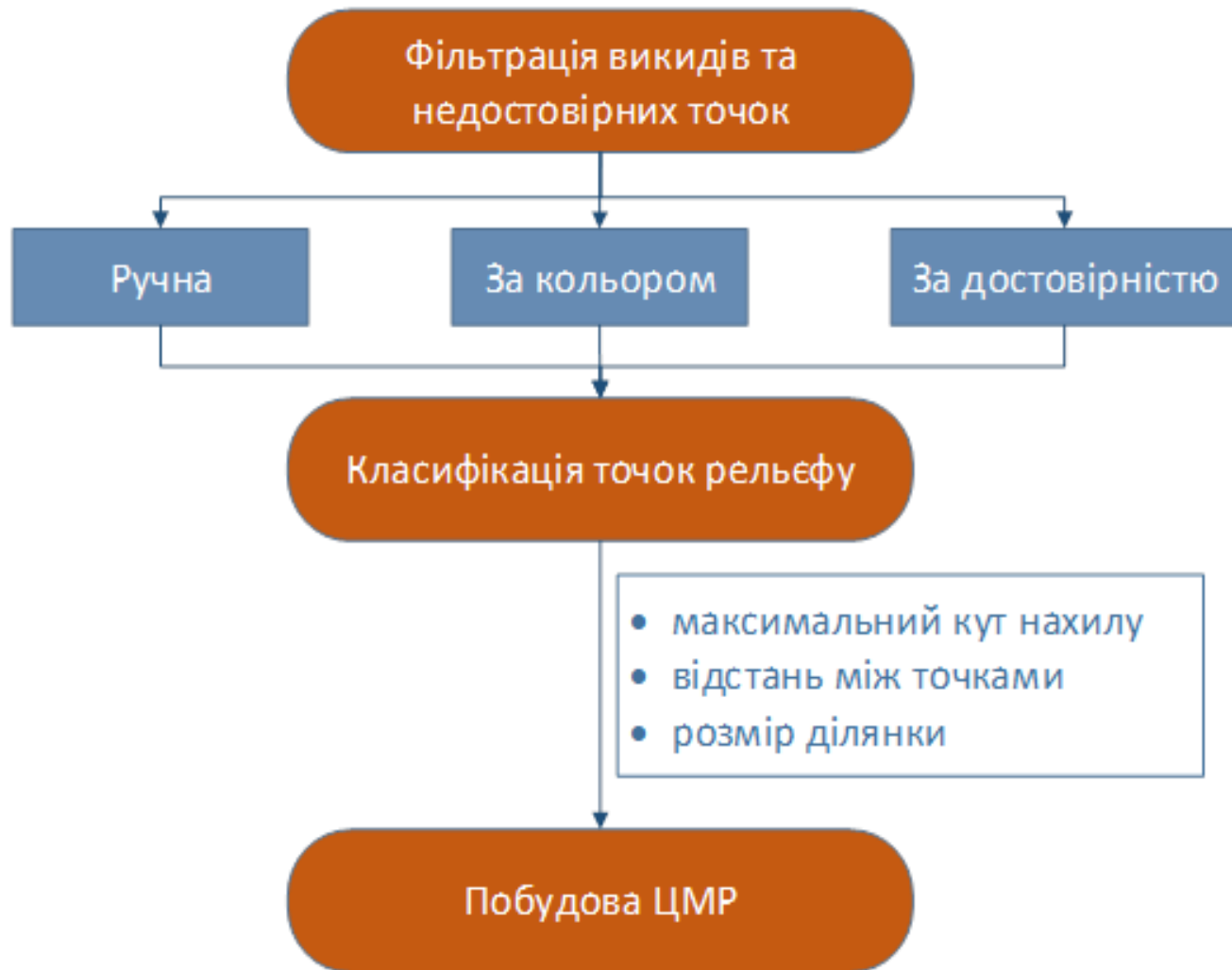
Quick Terrain Modeler

Point Cloud Library

ContextCapture

CloudCompare

# Алгоритм виділення та побудови ЦМР



# Програма дослідження

**Побудова ЦМР за даними наземного лазерного сканування**

Рівнинна територія

Холмиста територія

Гірська територія

**Побудова ЦМР за даними БПЛА лазерного сканування**

Територія лісу

Територія дороги

**Побудова ЦМР по даним БПЛА знімання**

Територія міської промислової забудови

# Побудова ЦМР за даними наземного лазерного сканування

Рівнинна територія

розмір території 250 на 150 метрів



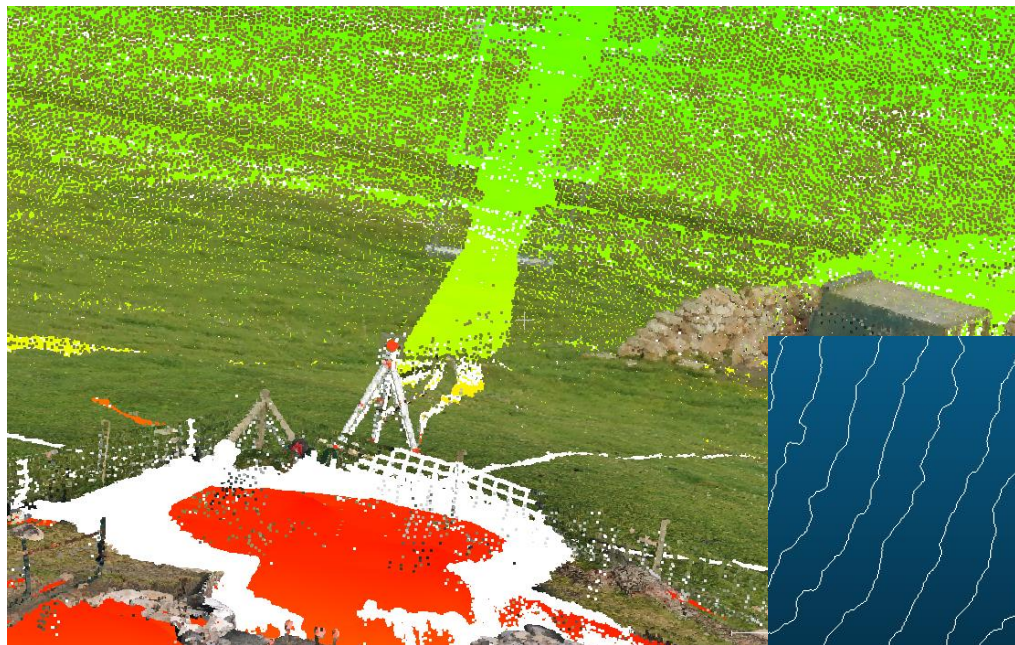
Об'єкти на хмарі точок



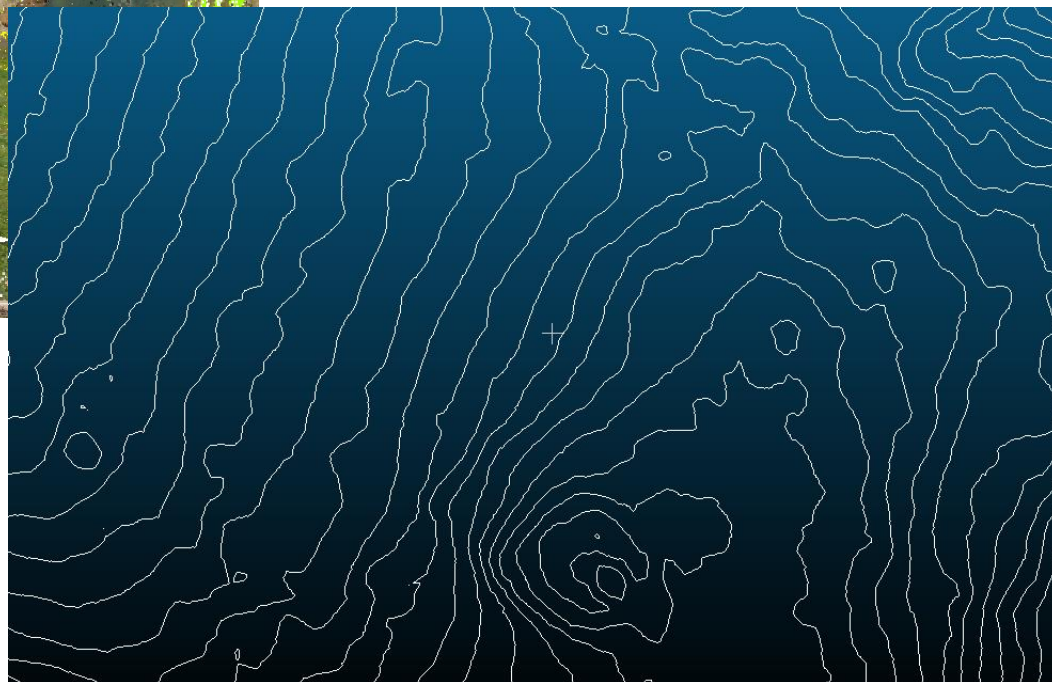
# Побудова ЦМР за даними наземного лазерного сканування

Рівнинна територія

► CloudCompare



Розділена хмара точок

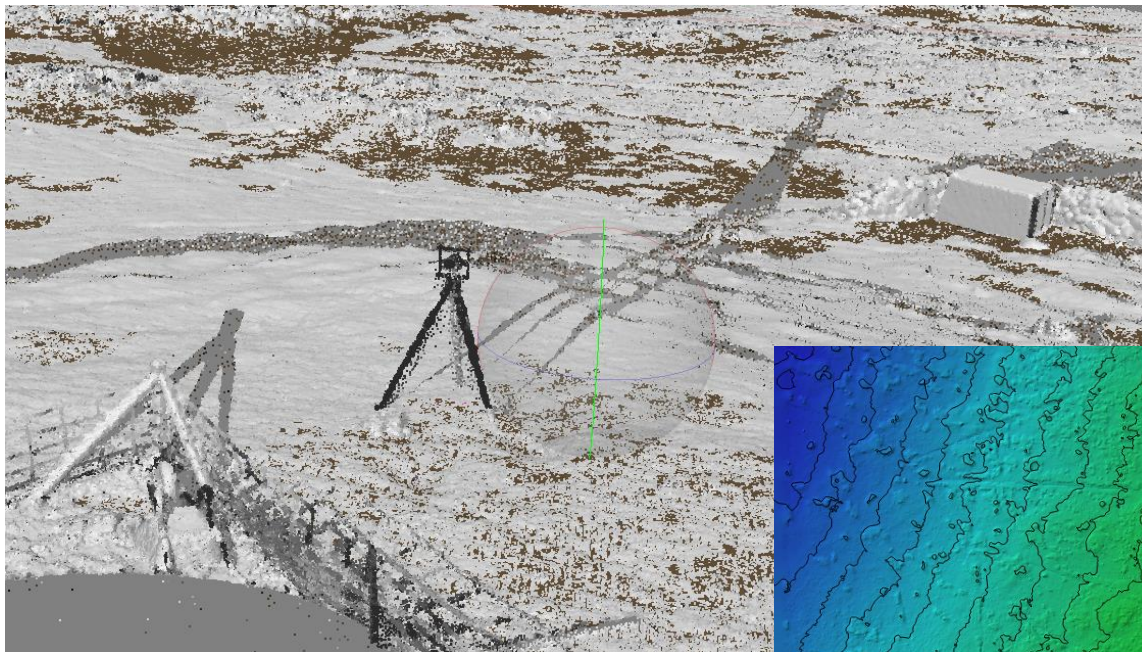


Горизонталі з кроком 0,5м

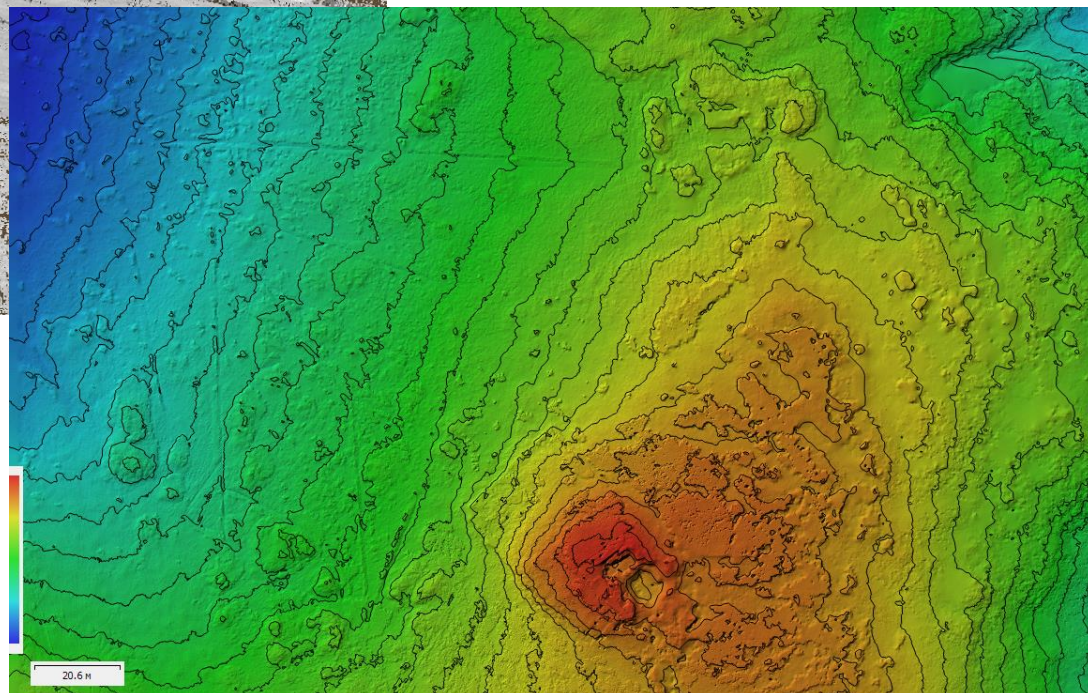
# Побудова ЦМР за даними наземного лазерного сканування

Рівнинна територія

► Agisoft Metashape



Розділена хмара точок

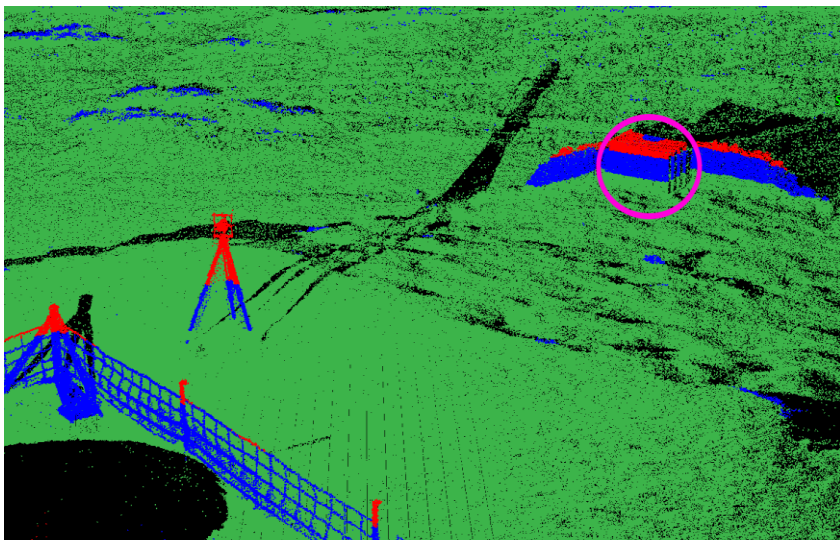


Горизонталі з кроком 0,5м

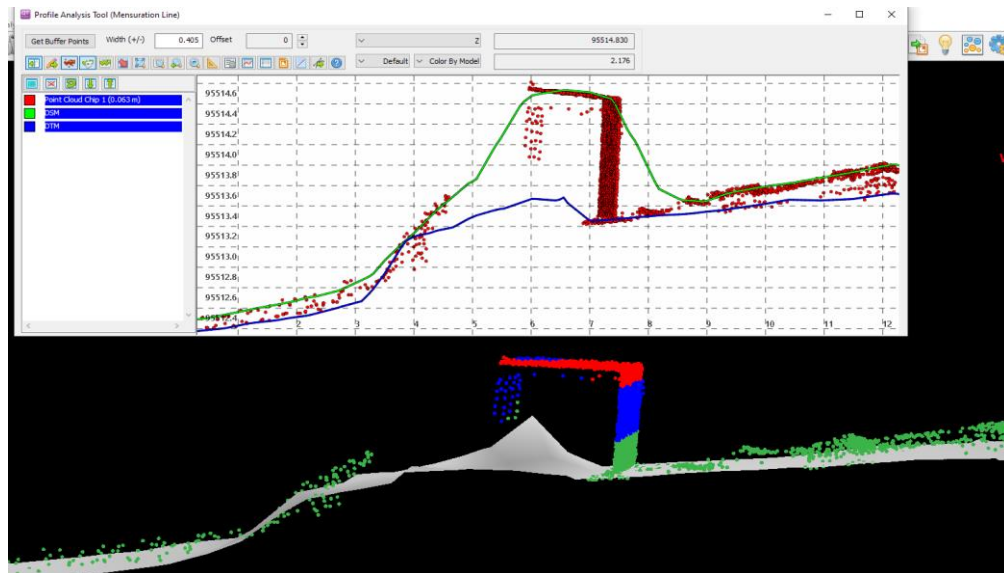
# Побудова ЦМР за даними наземного лазерного сканування

Рівнинна територія

QT Modeler

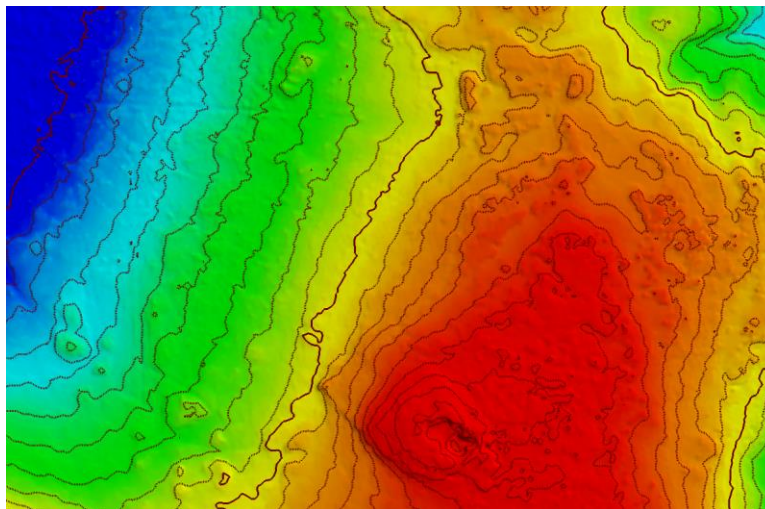


Розділена хмара точок



Інструмент аналізу поверхні

Поверхня ЦМР з горизонталлями через 0,5м



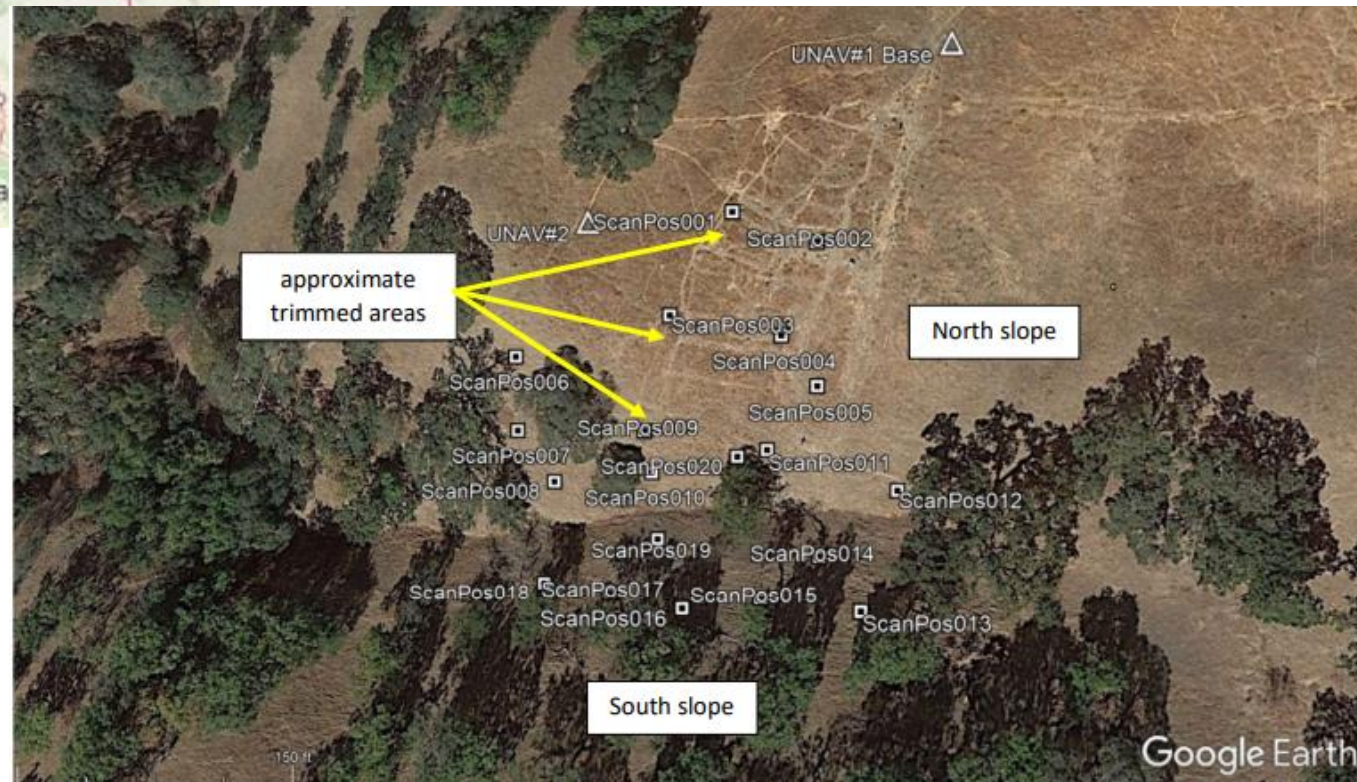
# Побудова ЦМР за даними наземного лазерного сканування

Холмиста територія



округ Санта-Клара, штат Каліфорнія

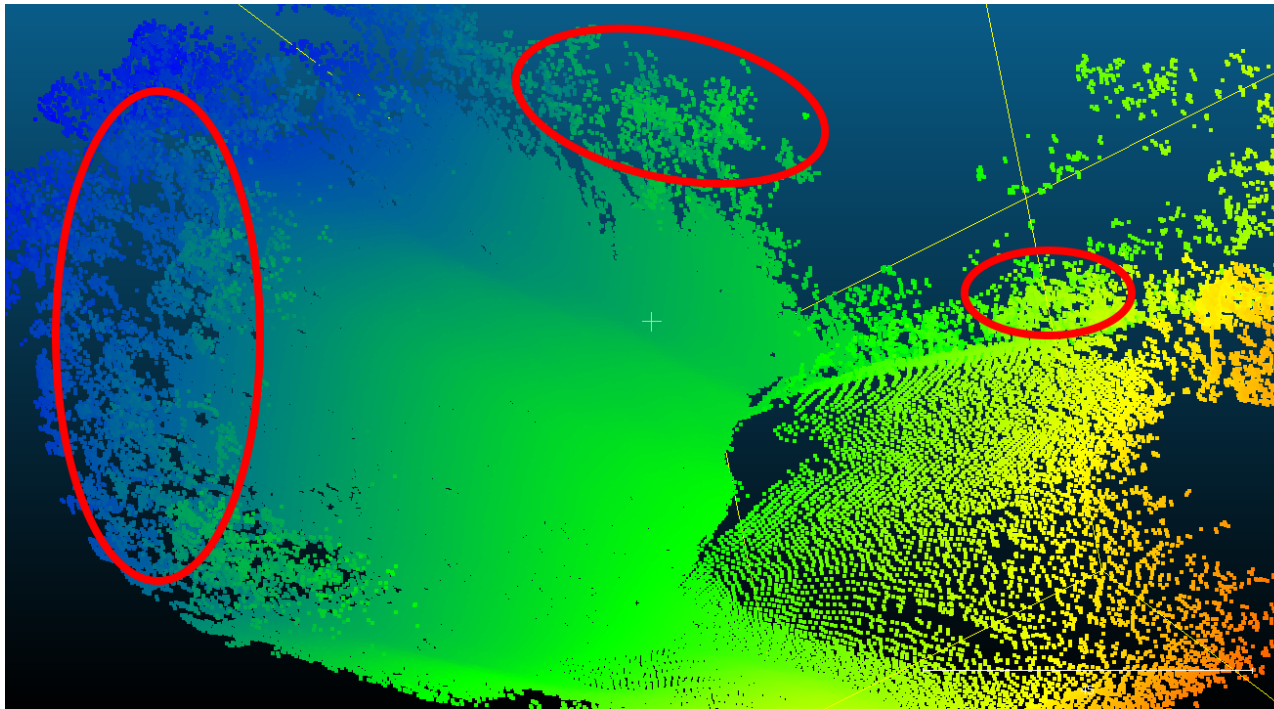
Розмір ділянки 190 на 130 метрів



# Побудова ЦМР за даними наземного лазерного сканування

Холмиста територія

► CloudCompare



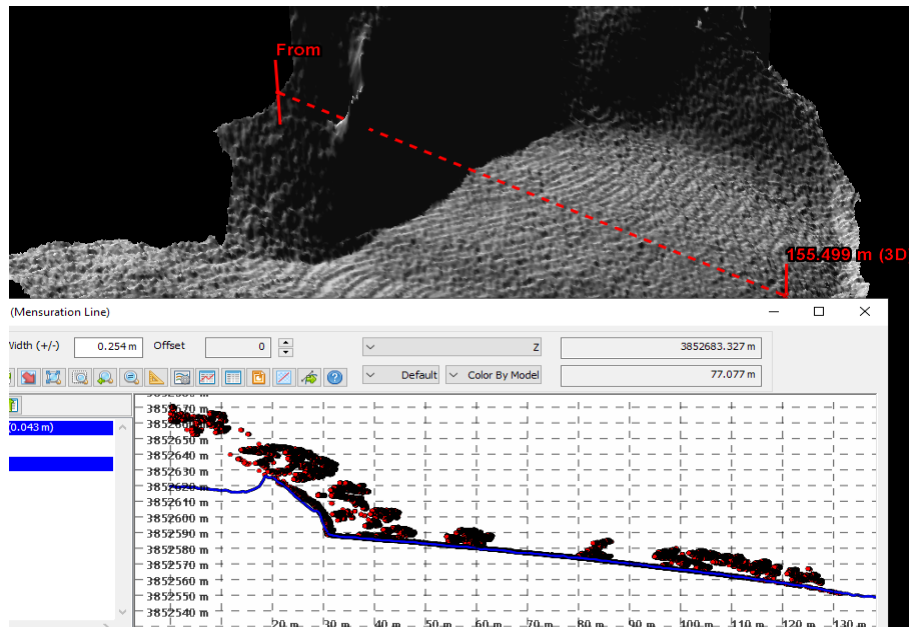
Проблемні моменти

Спроба отримати результат для такої поверхні в CloudCompare виявилась не повністю вдалою, адже частина дерев залишилась, і їх потрібно дорізати ручним способом

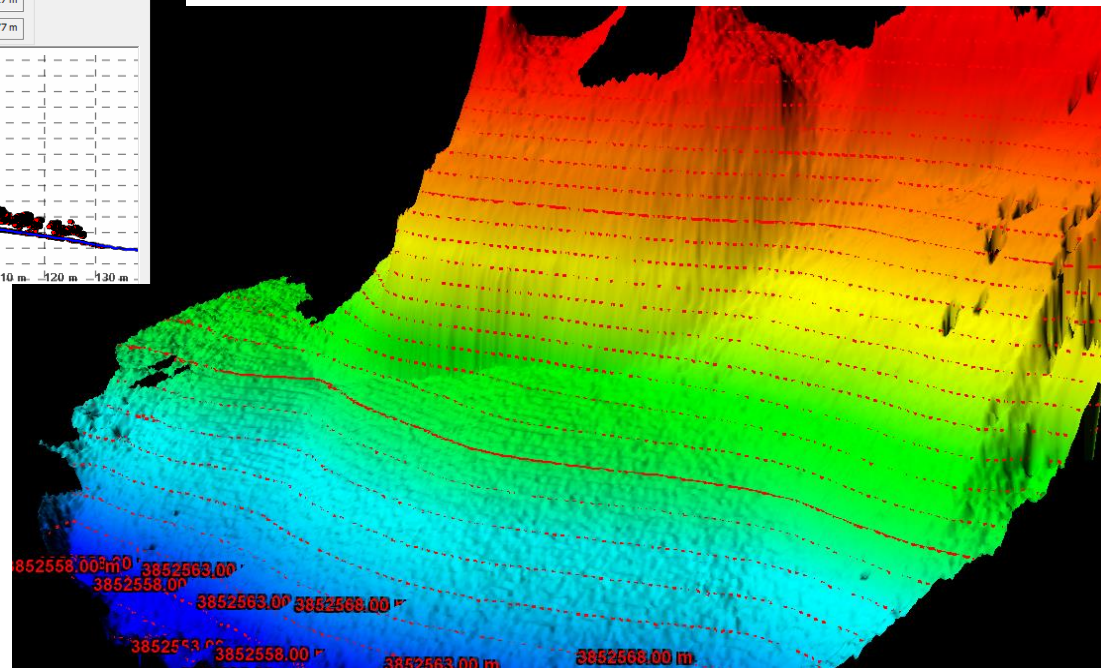
# Побудова ЦМР за даними наземного лазерного сканування

Холмиста територія

QT Modeler



чудово впорався із  
задачею і відділив  
поверхню землі на всіх  
ділянках

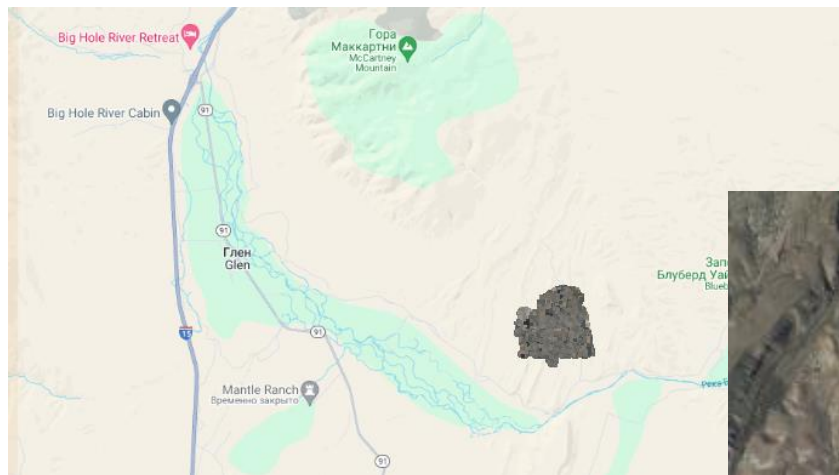


Побудована поверхня

# Побудова ЦМР за даними наземного лазерного сканування

Гірська територія

США, штат Монтана



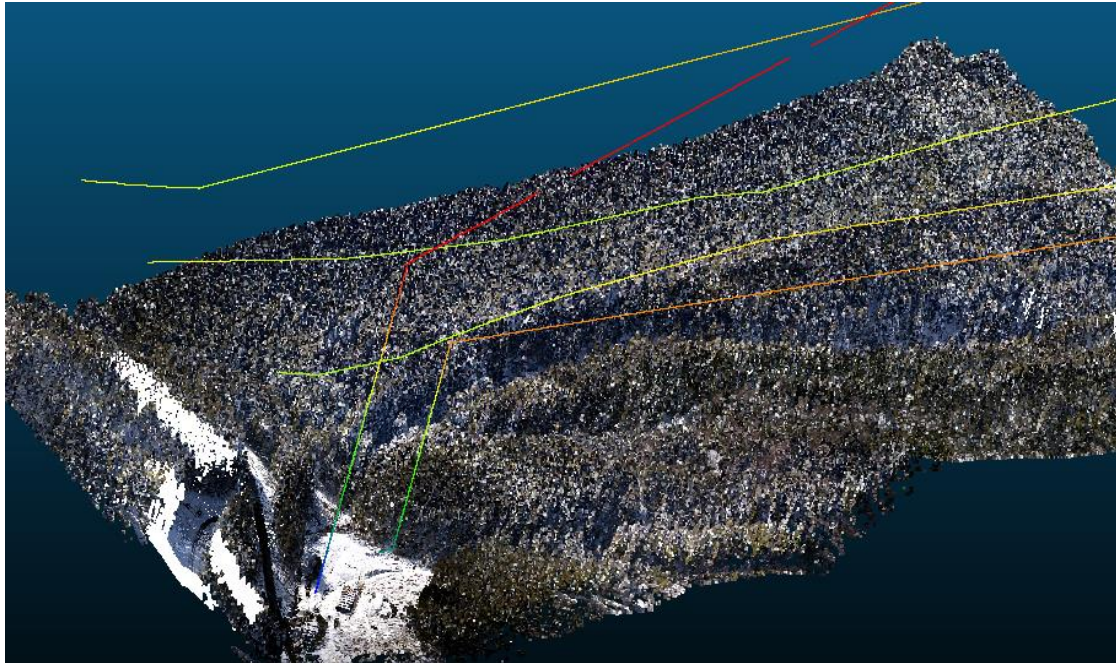
розміри 2,3x2,4 км



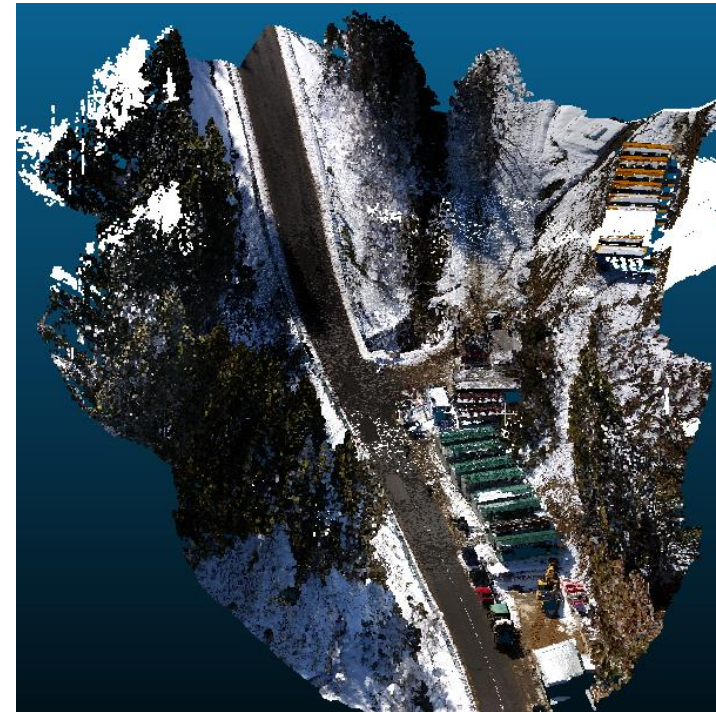


# Побудова ЦМР за даними БПЛА лазерного сканування

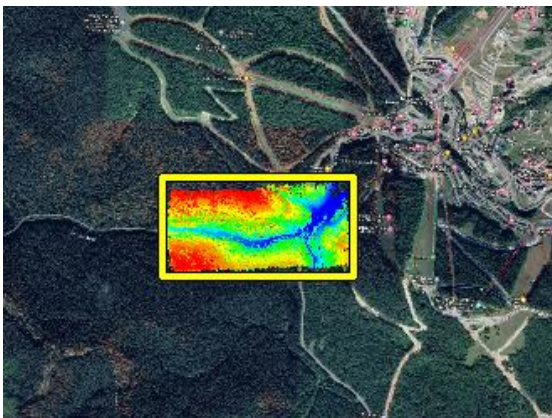
DJI Zenmuse L1 у парі з БПЛА Matrice 300 RTK



130 метрів над лісом



60 метрів над дорогою



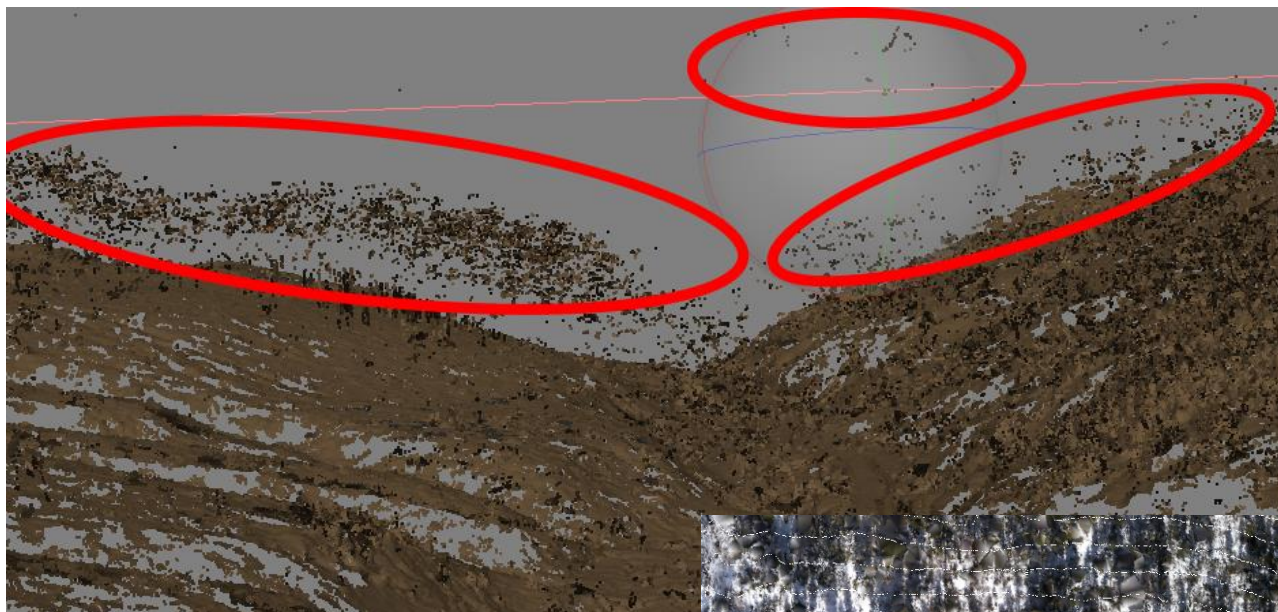
територія біля г/к  
Буковель

Заявлена точність такого  
лідара за висотою 5 см і  
10 см у плані при  
відносній висоті польоту  
50 м

# Побудова ЦМР за даними БПЛА лазерного сканування

## Територія лісу

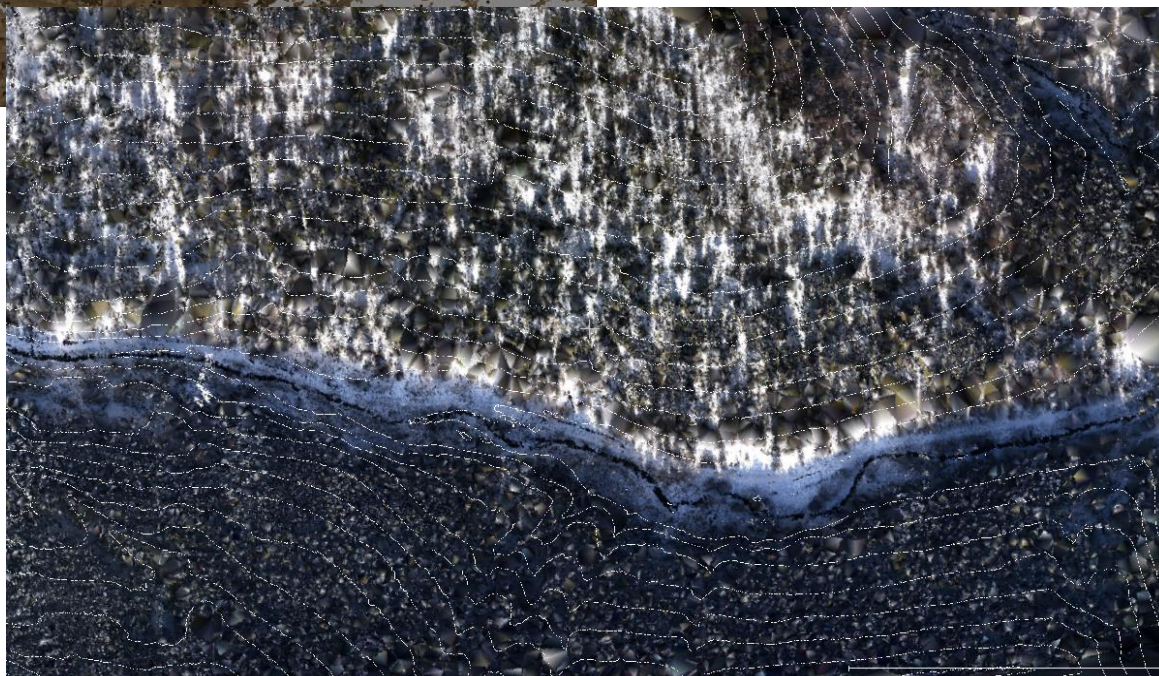
Agisoft Metashape



Хмара точок лісу після класифікації вийшла з великою кількістю шумових точки, які належать деревам, а не поверхні землі

CloudCompare

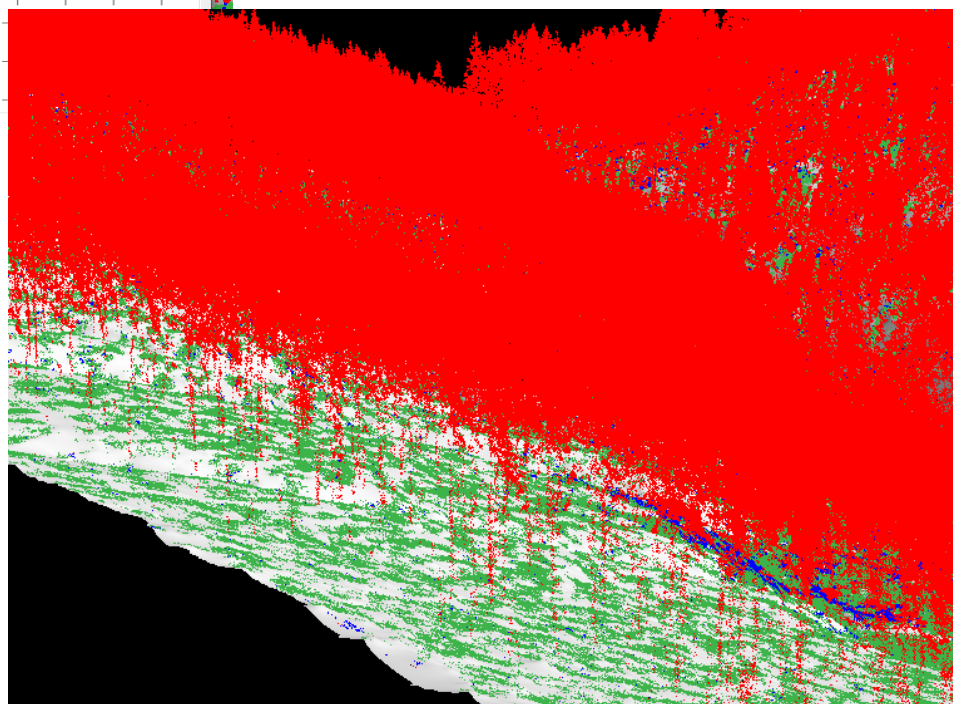
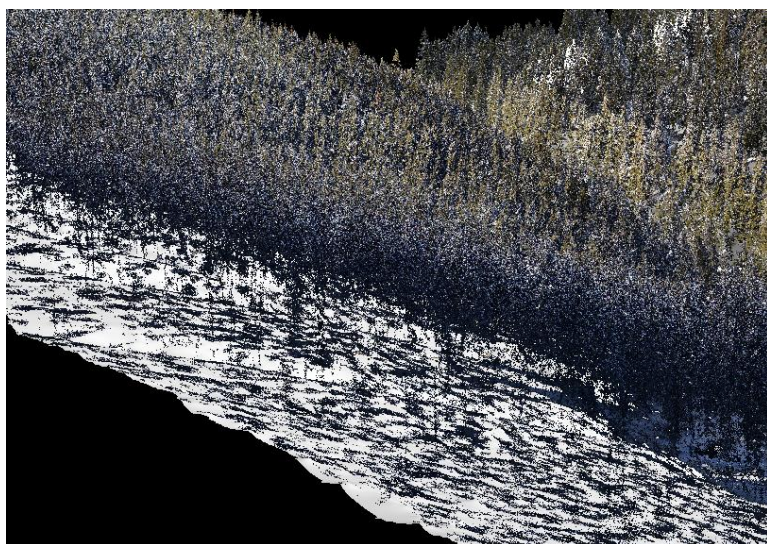
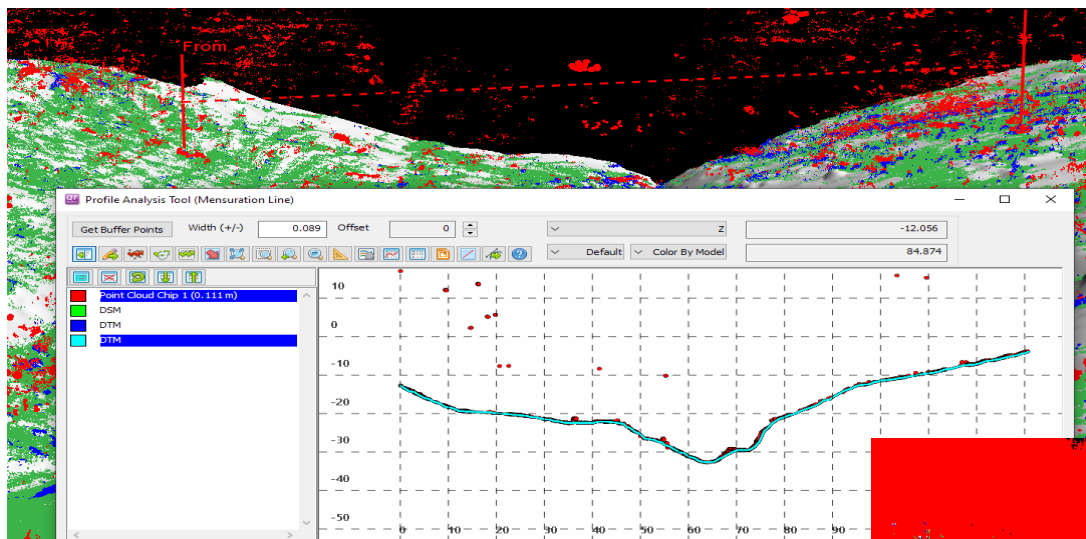
вдалося отримати гарний результат, хоча і довелося довго відфільтрувати зайві точки дерев



# Побудова ЦМР за даними БПЛА лазерного сканування

Територія лісу

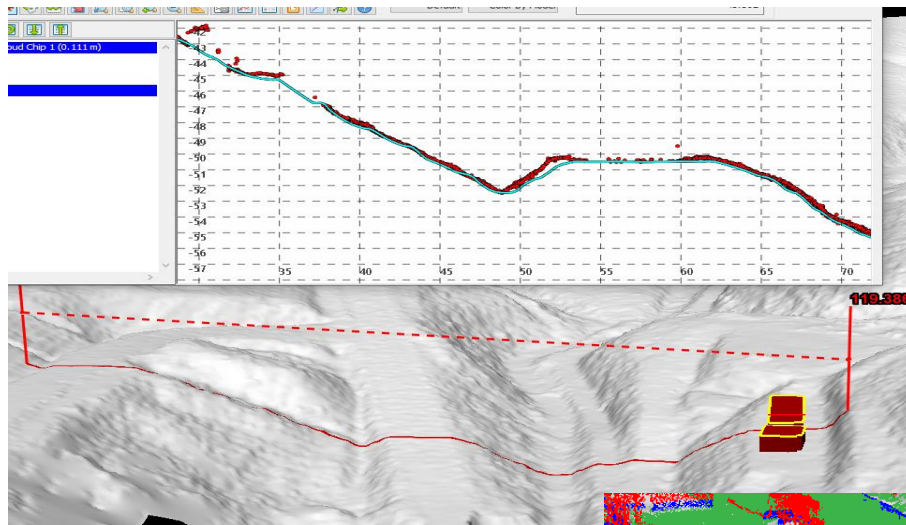
QT Modeler



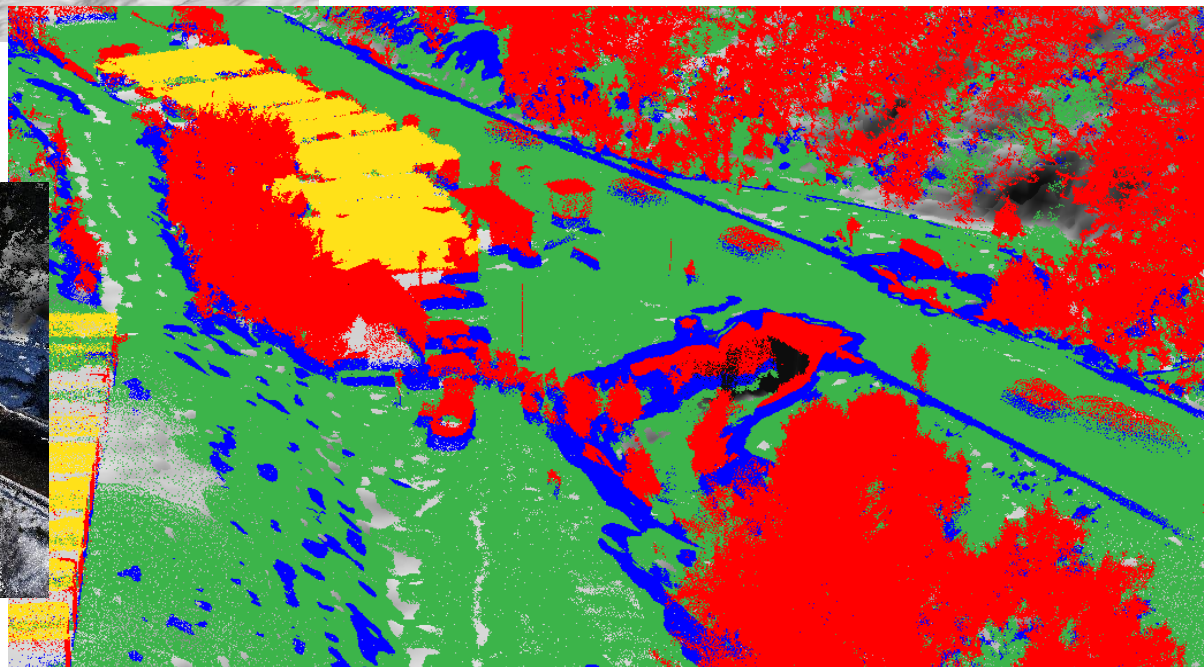
# Побудова ЦМР за даними БПЛА лазерного сканування

Територія дороги

▶ QT Modeler



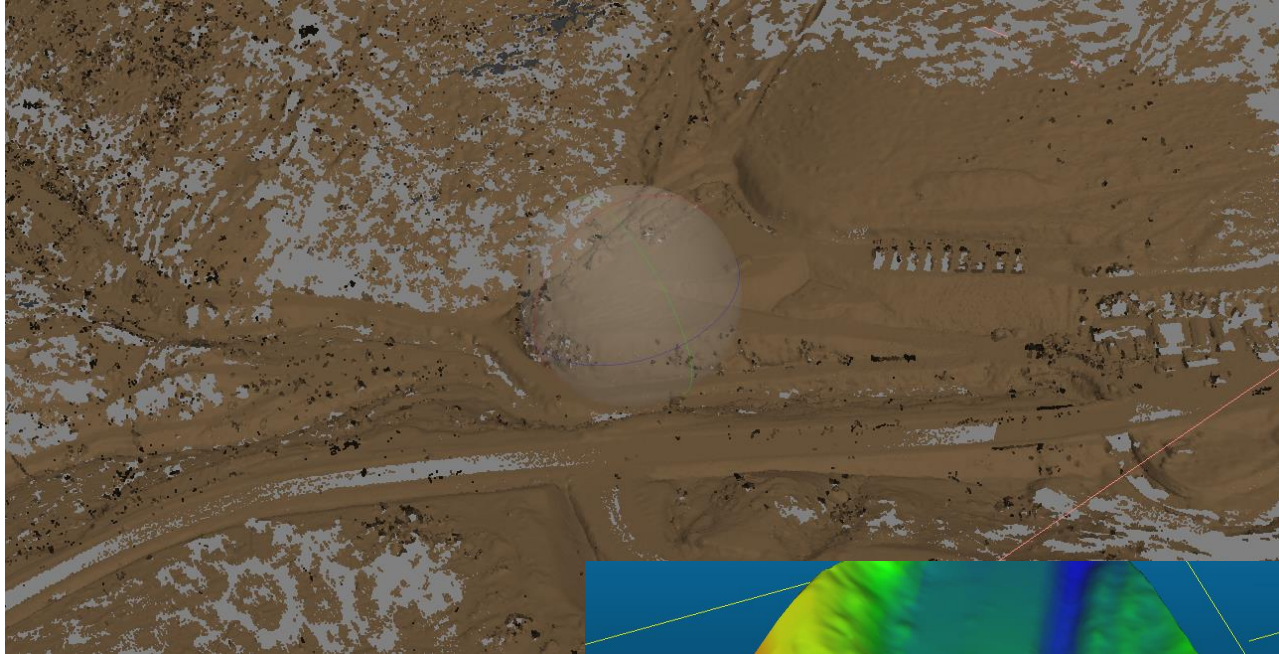
Хмара точок дороги після класифікації



# Побудова ЦМР за даними БПЛА лазерного сканування

Територія дороги

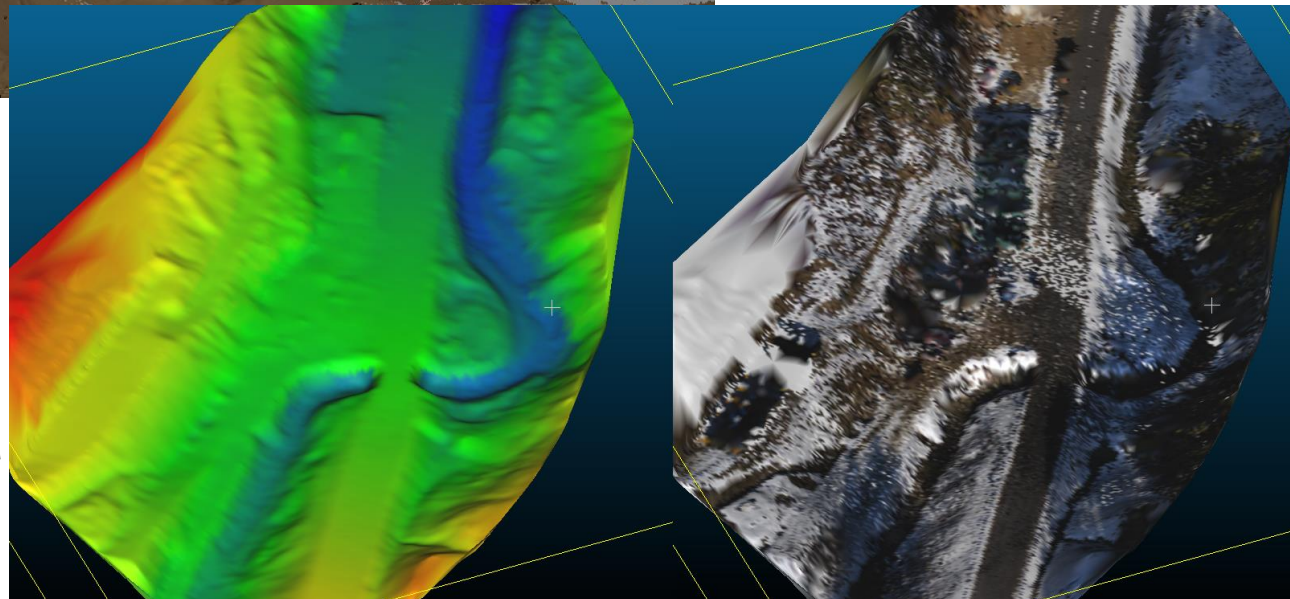
Agisoft Metashape



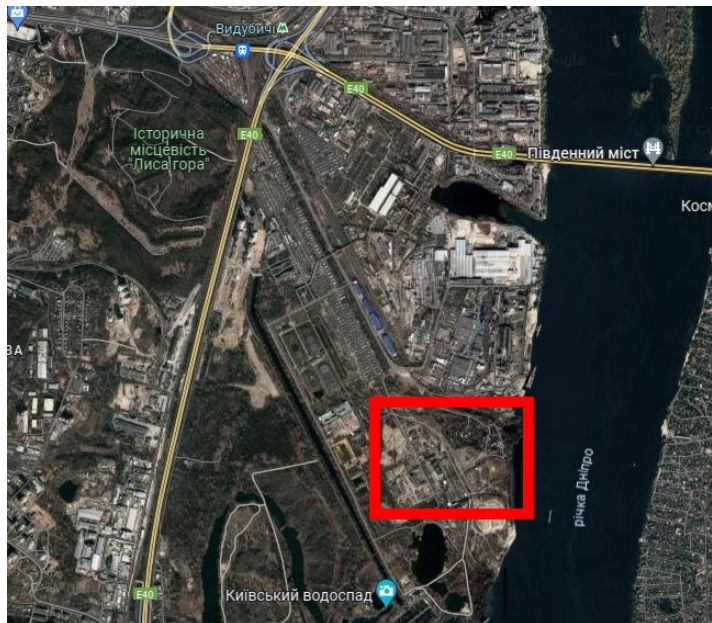
класифікація хмари точок над дорогою спрацювала добре і зайвих точок майже не було

CloudCompare

теж гарний результат



# Побудова ЦМР по даним БПЛА знімання

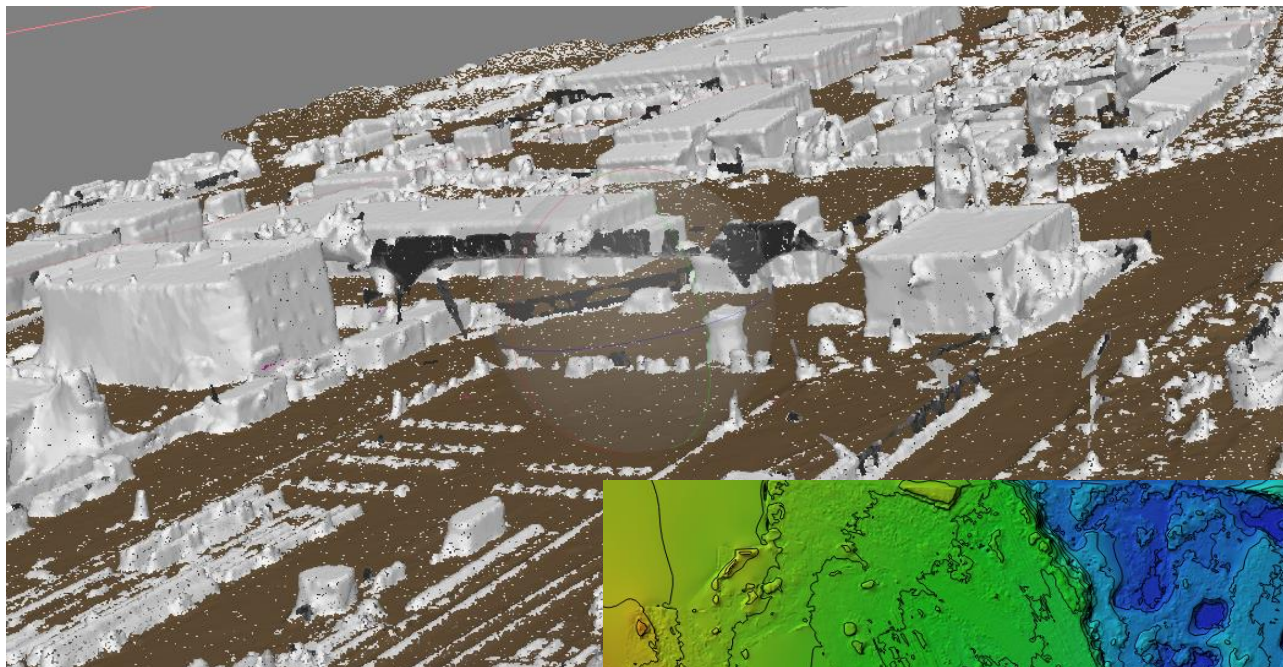


БПЛА знімання в місті Києві території промислової забудови в районі м. Видубичі розмір 550 x 400 м

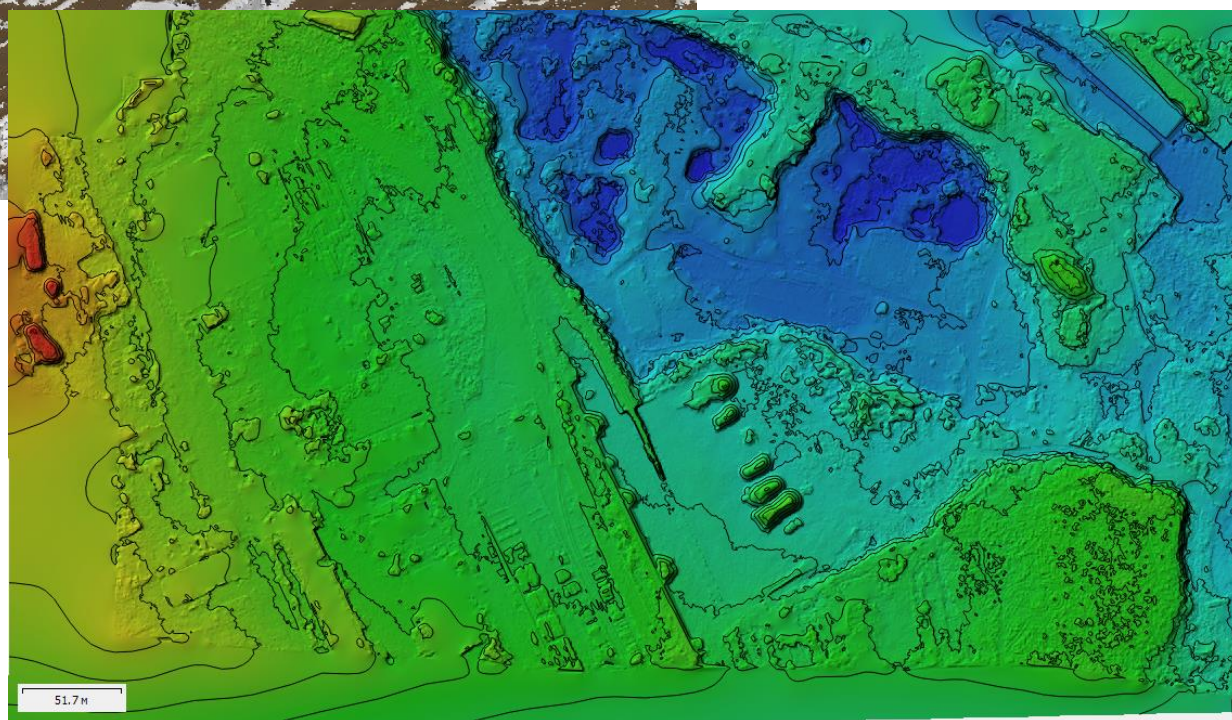


# Побудова ЦМР по даним БПЛА знімання

Agisoft Metashape



на ЦМР залишилось багато мілких деталей, елементів споруд та парканів, хоча основну їх частину було відділено



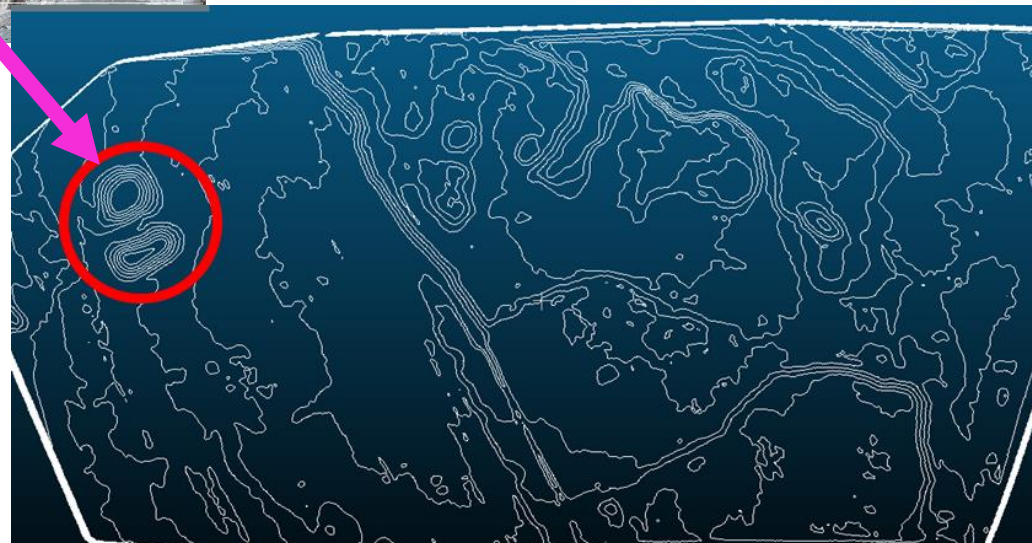
# Побудова ЦМР по даним БПЛА знімання

CloudCompare



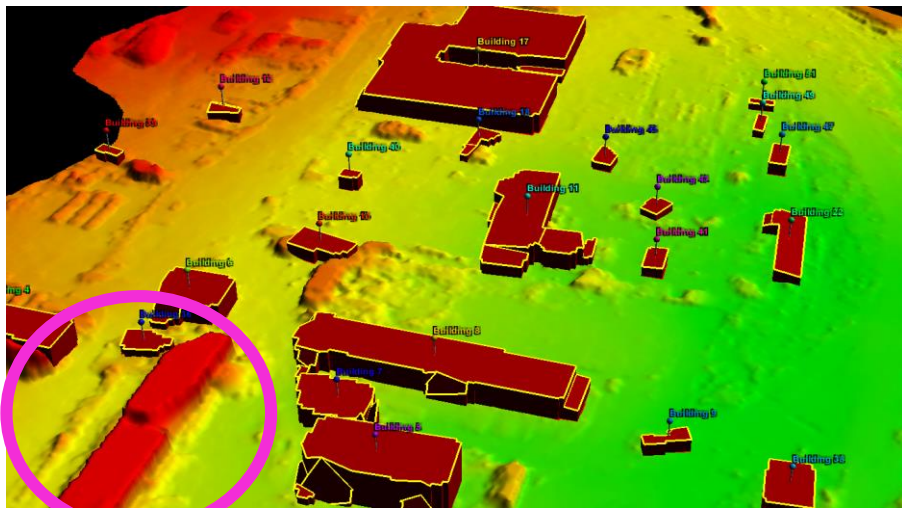
в лівій його частині на споруді з'явилися червоні області, це точки які некоректно класифікувались і віднесли до поверхні землі, хоча являються точками даху будівлі

Таких вильотів було не сильно багато, але їх потрібно вичищати вручну, автоматичні алгоритми сильно проріджують загальну хмару точок в намаганнях прибрати ці вильоти.

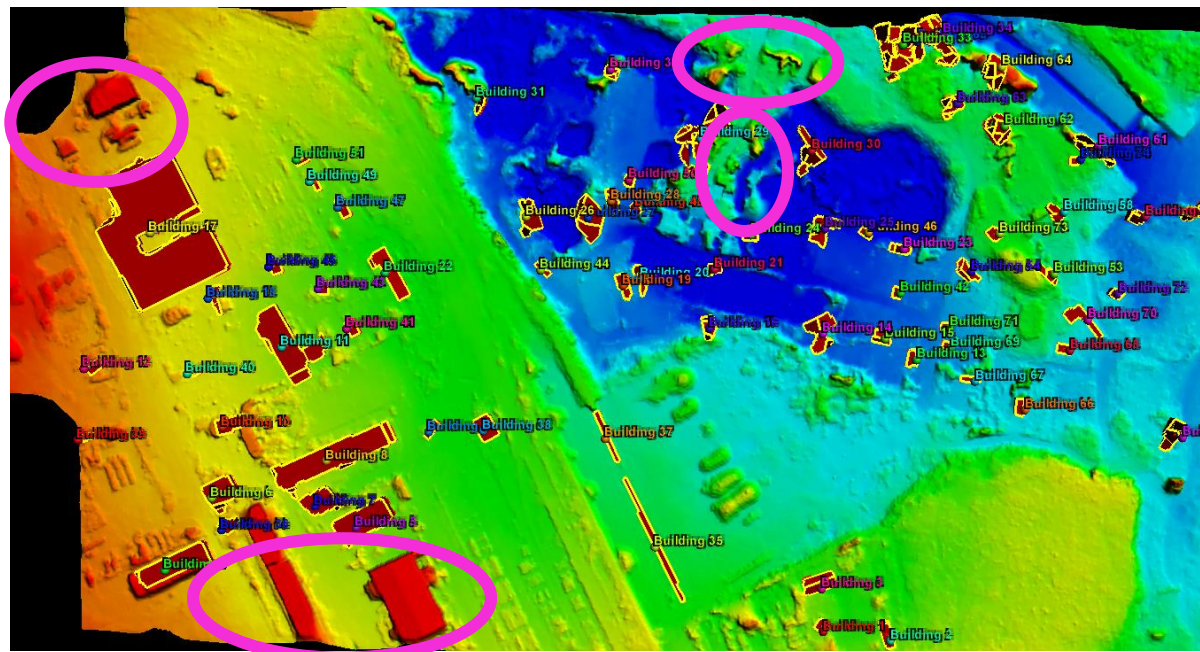


# Побудова ЦМР по даним БПЛА знімання

## QT Modeler

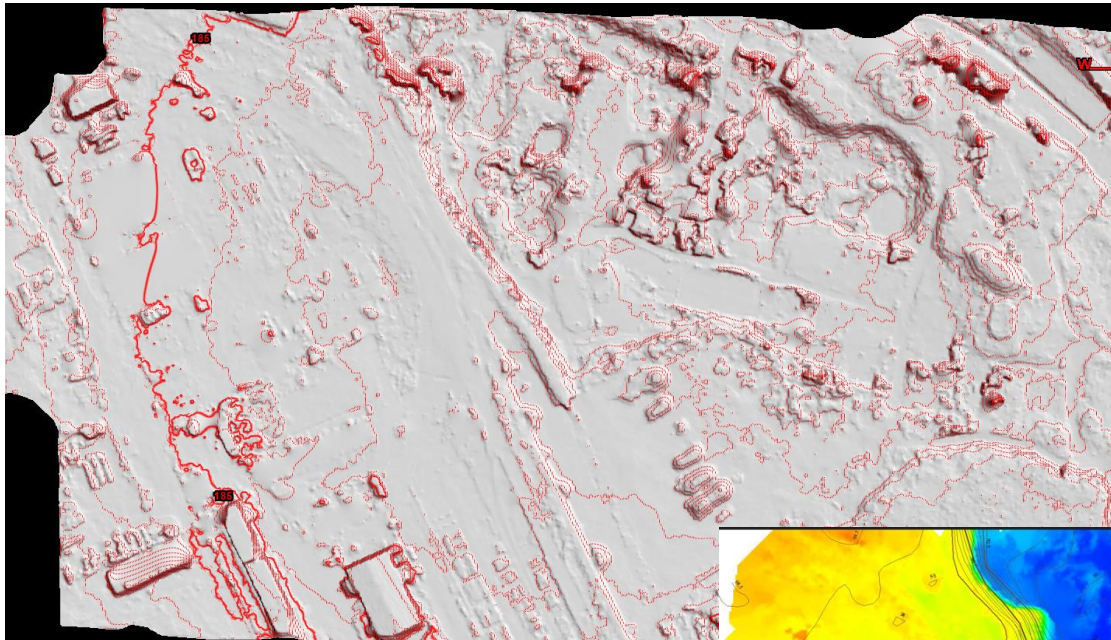


В частині даних алгоритм спрацював коректно і в подальшому відділив будівлі від даних землі, в частині ні і будинки залишились у вигляді пагорбів



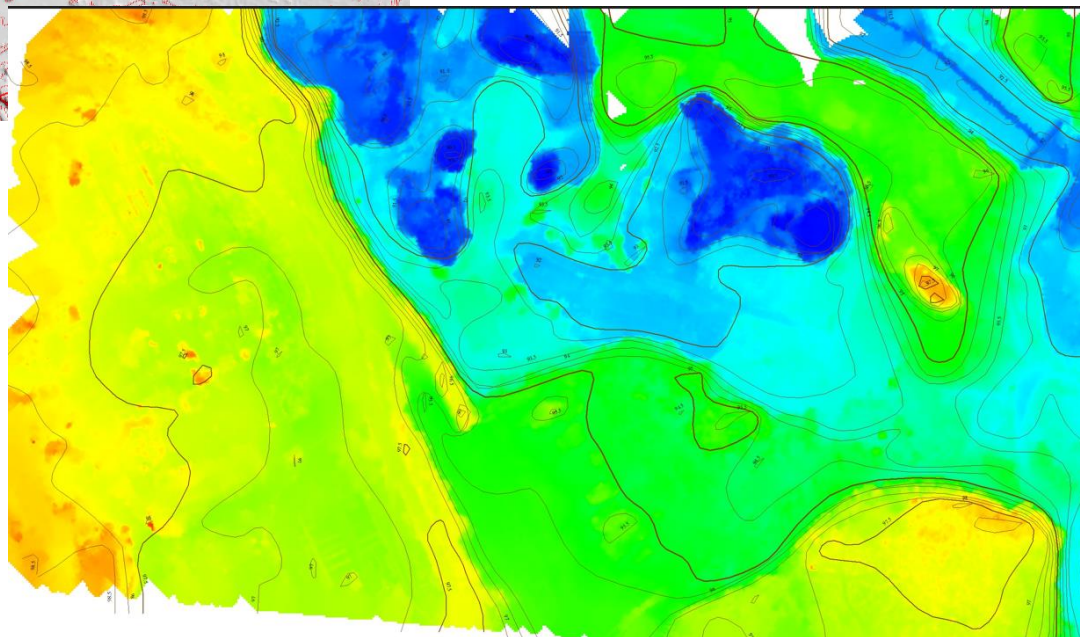
# Побудова ЦМР по даним БПЛА знімання

QT Modeler



Результати побудови ЦМР  
в QT Modeler

Доопрацьована модель  
поверхні



## Висновки

В роботі розглянуто методики опрацювання та виділення з хмар точок даних для побудови цифрової моделі поверхні за допомогою декількох сучасних програмних комплексів. Застосовуючи ці методики, проведено серію експериментів з різного роду даними в різних місцевостях.

Підсумовуючи результати проведених експериментів можна впевнено виділити фаворита в опрацюванні лідарних даних та наземного лазерного сканування серед перевірених програм. QT Modeler майже в усіх задачах справлявся з обробкою даних та показав найточнішу класифікацію.

В той же час з обробкою БПЛА знімання в складних умовах індустріальної частини міста, цей програмний продукт вже не мав такої переваги та поступився спеціалізованому засобу Agisoft Metashape, алгоритми якого певно враховують особливість отриманої хмари точок в результаті БПЛА знімання.

Незважаючи на не завжди швидкий та якісний результат без ручної роботи в CloudCompare, це програмне забезпечення являється чудовим помічником для подальшої обробки попередньо підготовлених даних, плюс саме в ньому простіше всього робити ручну зачистку хмари точок.

Також окрім якості виконання обробки даних варто звернути увагу на швидкість обробки і тут QT Modeler знову у фаворитах, швидкість завантаження, фільтрації та класифікації хмари точок помітно більша за аналогічні операції у конкурентів.

**ДЯКУЮ ЗА УВАГУ**