



# Київський національний університет будівництва та архітектури

Факультет: Геоінформаційних систем та управління  
територіями

Кафедра: геоінформатики і фотограмметрії

## Вдосконалення методів автоматизованої обробки LiDAR-даних для картографування територій

Виконав:

студент 5 курсу

групи ГСТ-м 24

Приходько Н.С.

Керівник проекту:

к.т.н. Горковчук Ю.В

# Вступ та актуальність

## ◆ Вступ:

Картографування територій є важливою складовою геоінформаційного аналізу, планування територій та управління просторовими даними. Сучасні методи дистанційного зондування, зокрема LiDAR, дозволяють отримувати високоточні хмари точок та створювати детальні цифрові моделі рельєфу й забудови.

## ◆ Актуальність:

- ◆ Потреба у точних та оперативних топографічних даних для ГІС, містобудування, інженерних і кадастрових робіт.
- ◆ Зростання використання автоматизованих методів обробки лідарних даних для прискорення створення цифрових моделей.
- ◆ Необхідність поєднання автоматизованих процесів із ручною корекцією для підвищення точності 3D-моделей та топографічних карт.

# Мета та завдання

## Мета:

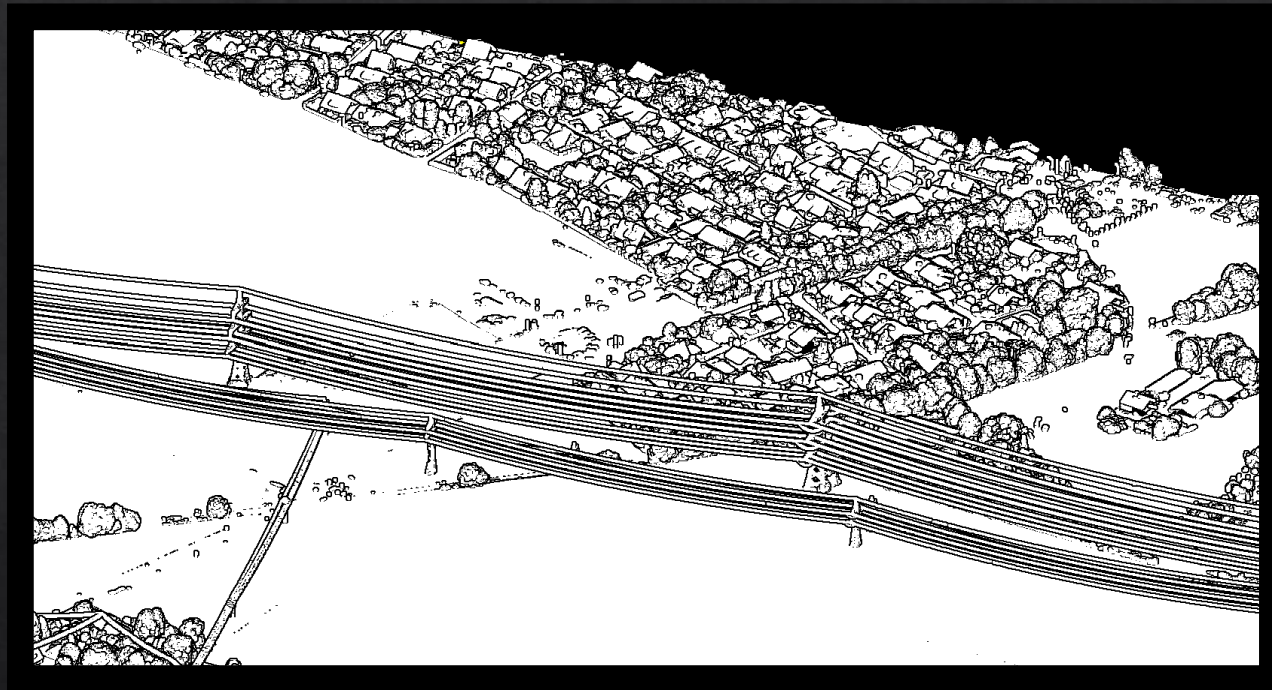
- ◆ Розробка та апробація макросів для автоматизованої обробки лідарних даних і створення топографічних карт високої точності.

## Основні завдання:

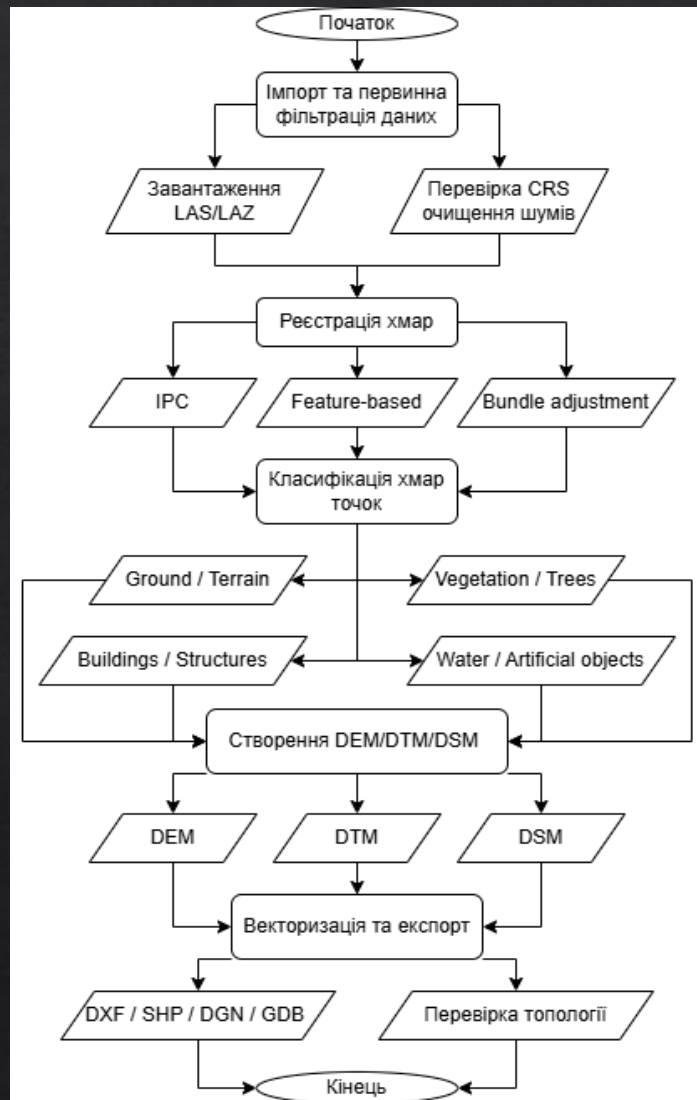
- ◆ Підготовка та тематична класифікація хмар точок (грунт, рослинність, будівлі, шум).
- ◆ Розробка макросів для автоматичного виправлення помилок класифікації.
- ◆ Створення цифрових моделей рельєфу (ЦМР) та 3D-моделей забудови.
- ◆ Ручна корекція будівель для забезпечення високої точності топографічних даних.
- ◆ Апробація макросів на прибережних територіях для автоматичної класифікації водної поверхні та берегової лінії.

# Сучасний стан і тенденції

- ◇ **Сутність картографування:** Збір та показ даних про місцевість для аналізу, планування та створення цифрових моделей рельєфу і будівель.
- ◇ **LiDAR:** Лазерне сканування території для точних 3D-хмар точок, використовується для рельєфу, 3D-моделей будівель, рослинності та інженерних об'єктів.



# БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМУ ОБРОБКИ ЛІДАРНИХ ДАНИХ



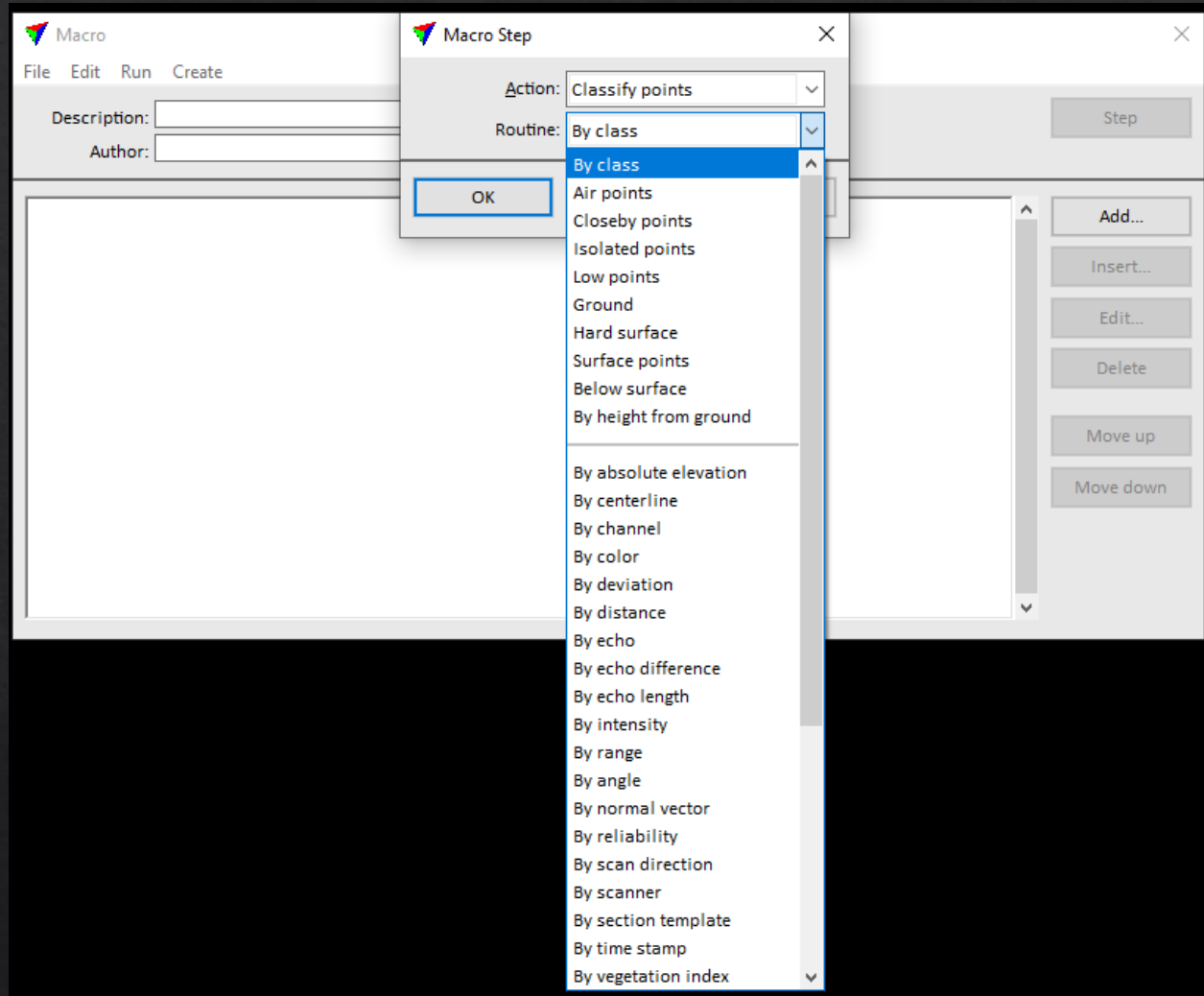
- ◆ **Імпорт та підготовка даних**  
LiDAR-зйомка експортується у LAS/LAZ і завантажується в MicroStation/TerraScan за допомогою макросів для пакетної обробки. Формується початкова структурована хмара точок
- ◆ **Попередня фільтрація шумів**  
Видаляються некоректні точки за висотою, інтенсивністю та щільністю, що забезпечує чистий набір даних для обробки.
- ◆ **Класифікація об'єктів**  
Хмара точок автоматично розподіляється на основні класи: ґрунт, будівлі, рослинність, водні об'єкти, інженерні споруди, ЛЕП та тимчасові об'єкти.
- ◆ **Створення цифрових моделей**  
На основі класифікованих точок будуються цифрова модель рельєфу (DTM) та цифрова модель місцевості (DSM), включаючи 3D будівлі та природні об'єкти.
- ◆ **Формування топографічного плану М 1:500**  
На моделі формуються горизонталі, наноситься забудова й інші об'єкти, виконується фінальна корекція і контроль точності.

# Порівняння ПЗ для обробки

Програмний комплекс	Розробник	Основне призначення	Особливості	Базові функції оброблення хмари	Базові функції моделювання / креслення	Орієнтовна вартість
MicroStation + TerraScan	Bentley Systems	Обробка та класифікація LiDAR	Підтримка VBA, MDL; високоточні макроси	Фільтрація шумів, класифікація, генерація DTM/DSM, редагування точок	Побудова 3D-моделей, профілі, ізолінії, креслення CAD	Висока (~\$10,000–15,000 ліцензія)
ArcGIS Pro	Esri	Геоаналітика, моделювання рельєфу	Python, ModelBuilder	Імпорт LAS/LAZ, обробка хмар точок, геоаналіз	Генерація DTM/DSM, 3D-візуалізація, карти, профілі	Середня (~\$1,500/рік підписка)
QGIS + PDAL / LAStools	Open Source	Open-source обробка даних	Підтримка скриптів Python	Конверсія форматів, фільтрація, класифікація, агрегація точок	Побудова DEM/DTM, прості 3D-візуалізації, експорт у GIS/CAD	Безкоштовно
CloudCompare	Open Source	3D-візуалізація хмар точок	Висока швидкість	Імпорт/експорт хмар, вирівнювання, реєстрація, обчислення хмарних відстаней	3D-моделі, обчислення об'ємів, профілі, візуалізація	Безкоштовно
Global Mapper	Blue Marble	Побудова ЦМР, експорт ГІС-даних	Простий інтерфейс	Імпорт LAS/LAZ, редагування хмар, базова класифікація	DEM/DTM, профілі, карти, базове креслення	Середня (~\$500–600 ліцензія)

# Удосконалення методів

- Розроблені макроси для автоматичної класифікації:
- Виділення шумів
- Поділ на ґрунт, низьку, середню, високу рослинність
- Виділення будівель та споруд
- Автоматизація підвищує швидкість і стандартизацію обробки даних



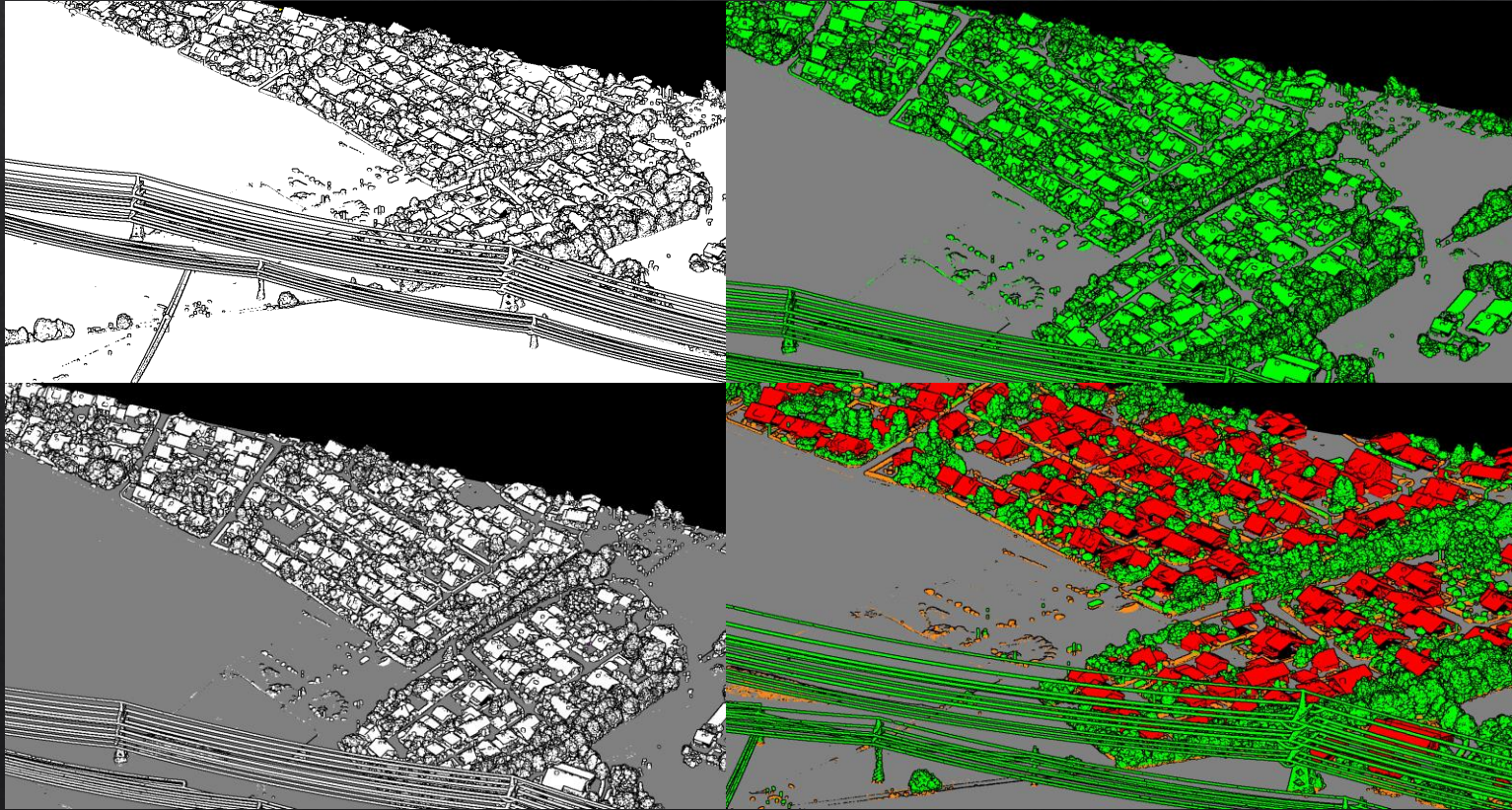
# Практична апробація

Початкові дані:

◇ хмара точок у нульовому класі

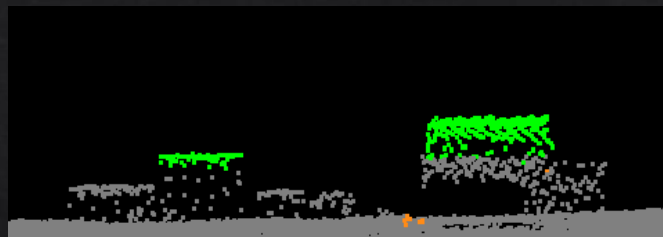
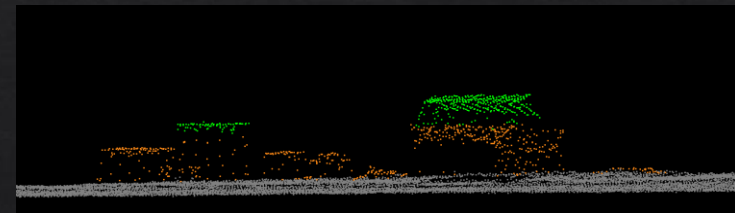
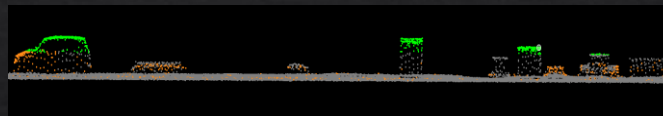
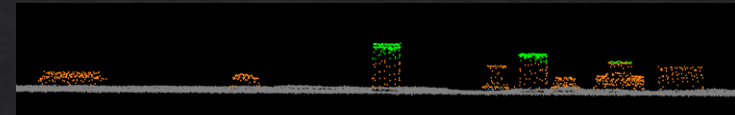
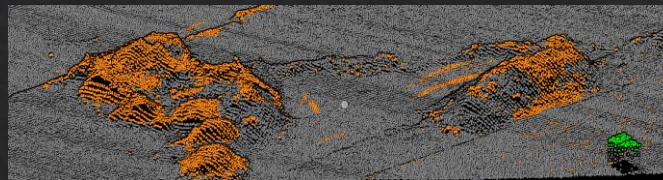
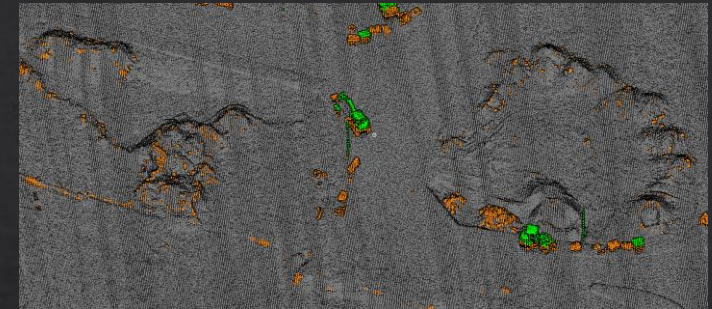
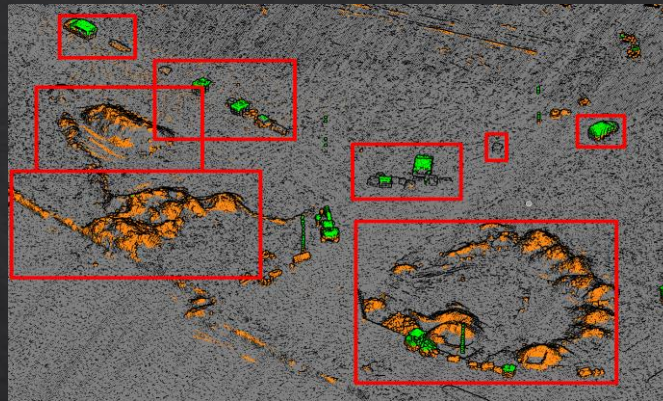
Використання макросу:

◇ виділення шумів, ґрунту, рослинності

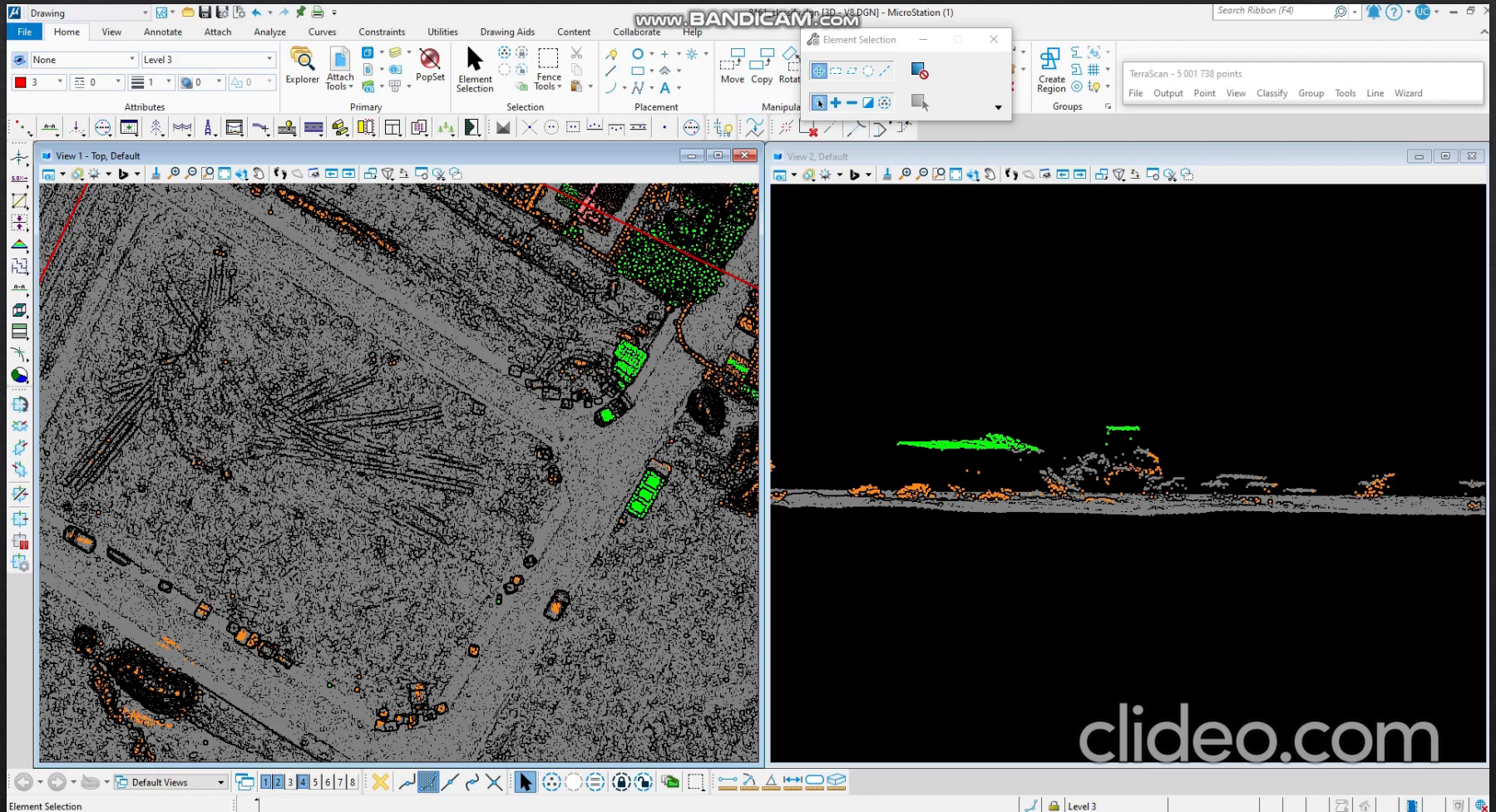


# Проблеми класифікації ґрунту і об'єктів

- ◆ Деякі ділянки ґрунту відсутні або потрапили всередину об'єктів
- ◆ Необхідність виправлення помилок
- ◆ Розробка додаткового макросу для автоматичного відновлення класів ґрунту та рослинності

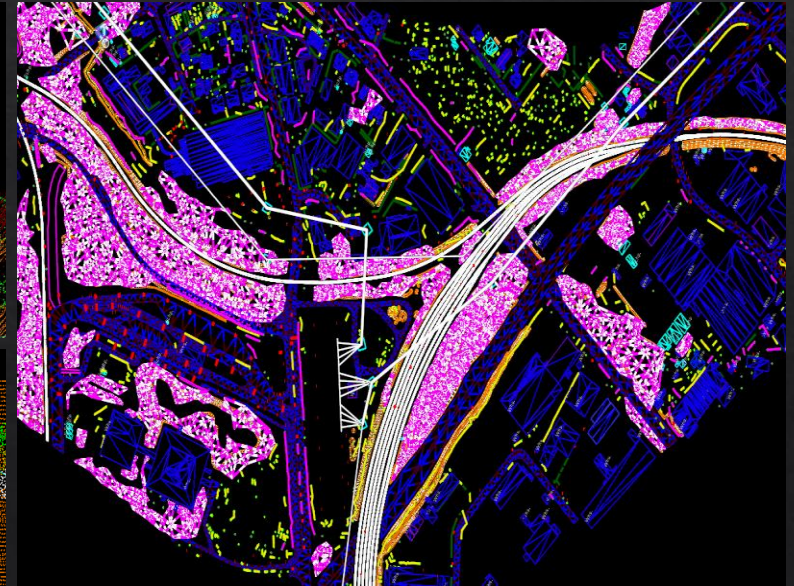
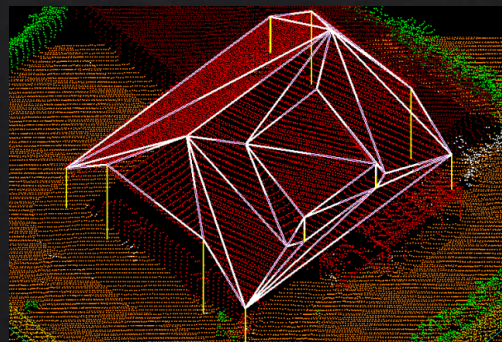
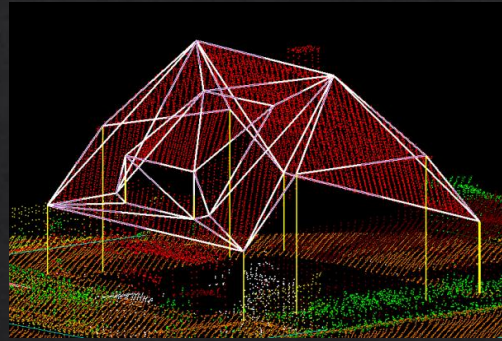
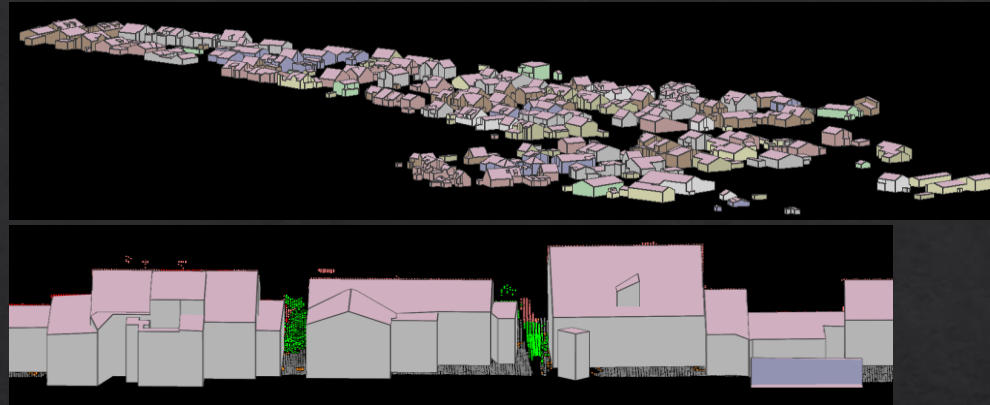


# Відео демонстрація автоматичного відновлення класів ґрунту та об'єктів



# Автоматичне та ручне моделювання будівель

- ◇ Автоматичне моделювання:  
~40% будівель некоректно відтворені
- ◇ Ручне моделювання у MicroStation:  
похибка 0,5–2 см,  
чіткі контури та кути дахів
- ◇ Висока точність дозволяє формувати топографічні карти масштабу 1:500 – 1:1000

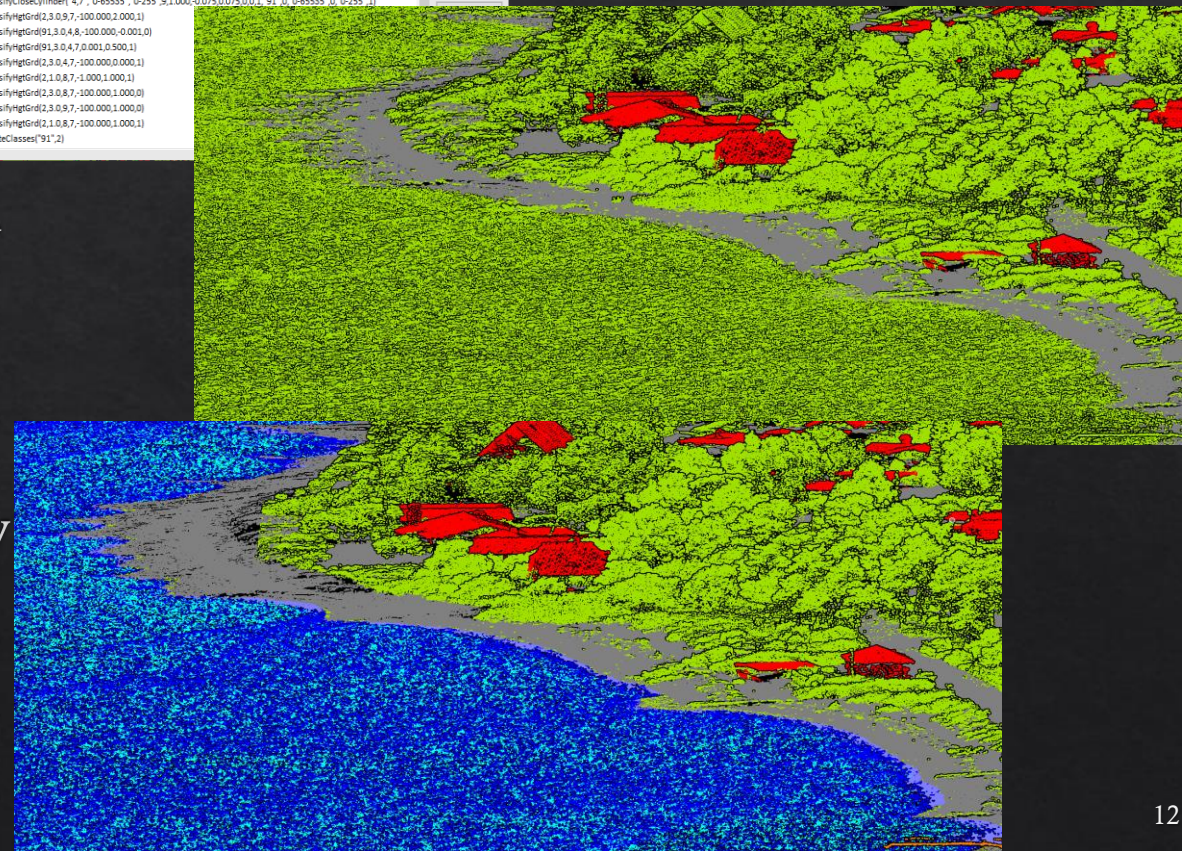


# Обробка прибережної морської зони

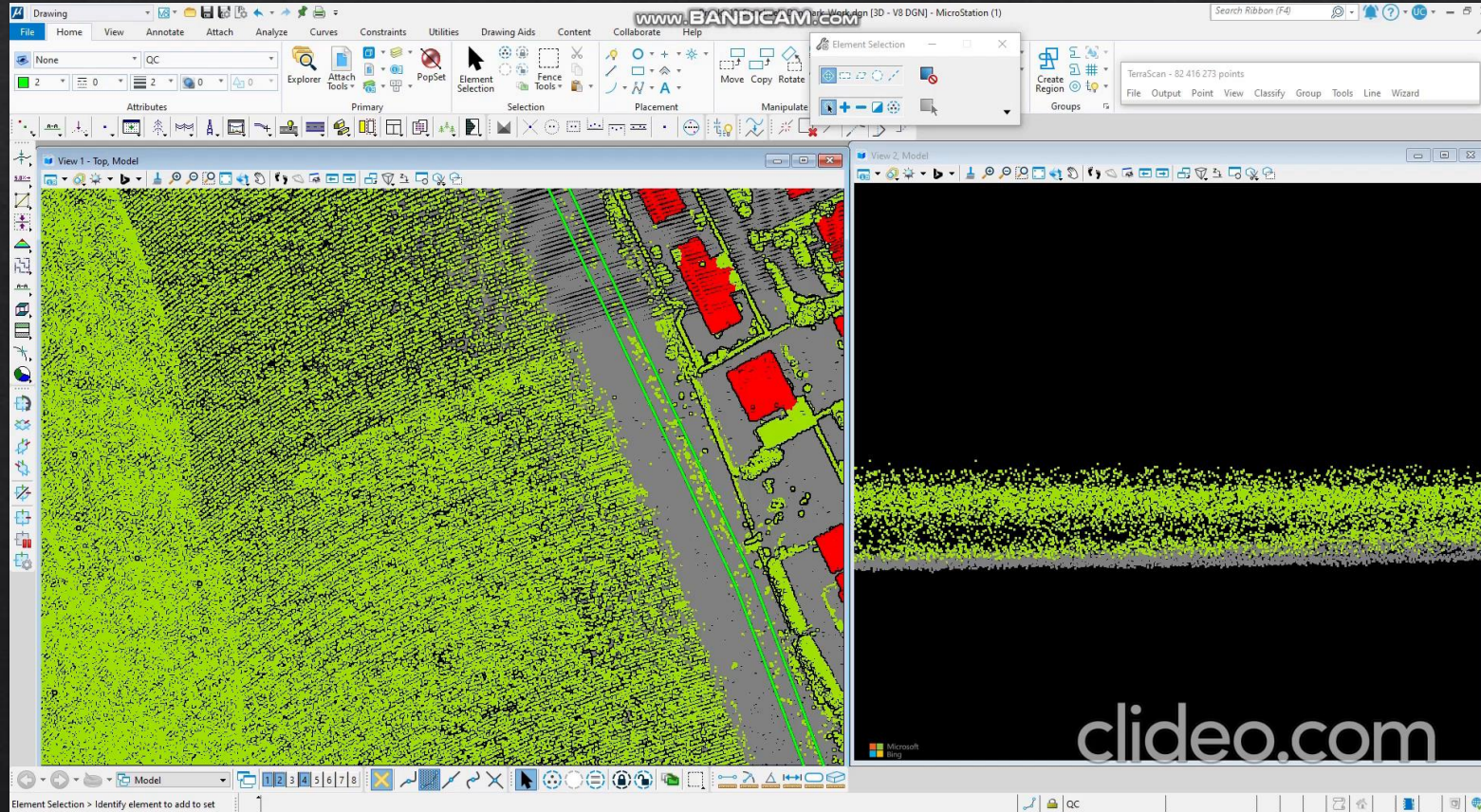
Цей слайд демонструє, як за допомогою розробленого макросу було автоматично оброблено прибережну морську зону. Показано, як макрос визначає берегову лінію, класифікує точки як водну поверхню, водний ґрунт та воду і формує акуратну, плавну берегову межу.

```
Macro - Storebaelt Denmark_water_my.mac
File Edit Run Create
Description:
Author:
 Process lines separately
 Process scanners separately
Stop
Batch can not run

FrScanClassifyHgtGrd(91,1,0.2,10,-100,000,0.050,1)
FrScanClassifyHgtGrd(2,5,0,10,2,-100,000,2,000,1)
FrScanClassifyHgtGrd(2,2,0,91,90,-100,000,0.030,1)
# FrScanClassifyHgtGrd("2,207,3,0,90,91,-100,000,5,000,0)
# FrScanClassifyClass("2",20,0)
FrScanDeleteClasses("90",0)
# FrScanClassifyClass("90",91,1)
# FrScanClassifyClass("2",8,1)
# FrScanDeleteClass("90",0)
FrScanClassifyCloseVinder("4,7","0-65535","0-255",9,1,000,-0.075,0.075,0.0,1,"91",0,"0-65535",0,"0-255",1)
FrScanClassifyHgtGrd(2,3,0,9,7,-100,000,2,000,1)
FrScanClassifyHgtGrd(91,3,0,4,8,-100,000,-0.001,0)
FrScanClassifyHgtGrd(91,3,0,4,7,0.001,0.500,1)
FrScanClassifyHgtGrd(2,1,0,8,7,-100,000,0.000,1)
FrScanClassifyHgtGrd(2,3,0,8,7,-100,000,1.000,0)
FrScanClassifyHgtGrd(2,3,0,8,7,-100,000,1.000,0)
FrScanClassifyHgtGrd(2,1,0,8,7,-100,000,1.000,1)
FrScanDeleteClasses("91",2)
```



# Відео демонстрація автоматичної класифікації прибережної морської зони



# Висновки

- ◆ Автоматизовані макроси дозволяють виконувати класифікацію лідарних даних швидко та ефективно, автоматично виділяючи шумові точки, ґрунт, рослинність та водні об'єкти. Завдяки цьому процес обробки стає більш структурованим, а кількість помилок у початкових хмарах точок суттєво зменшується.
- ◆ Ручна векторизація будівель застосовується у тих ділянках, де автоматичні алгоритми не можуть точно відтворити контури та форми об'єктів через щільну забудову або складну геометрію дахів. Використання ручної корекції дозволяє отримати високоточні 3D-моделі будівель із правильно відтвореними кутами, формами дахів та площинними елементами, що відповідає реальному стану місцевості.
- ◆ Поєднання автоматизованих процесів обробки та ручної векторизації забезпечує створення максимально точних топографічних карт, які включають не лише рельєф та інженерні об'єкти, а й точну модель забудови, рослинності та водних елементів.
- ◆ Розроблені алгоритми та макроси придатні для широкого використання в ГІС-аналізі, плануванні територій, містобудівних та інженерних роботах, дозволяючи скоротити час обробки даних і підвищити точність отриманих результатів.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ