

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет ракетно-космічної техніки

Кафедра геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі

Пояснювальна записка
до дипломного проекту (роботи)

(тип кваліфікаційної роботи)

Магістр

(освітній ступінь)

на тему «Класифікація і векторизація лідарних даних для моніторингу комунальної інфраструктури міст з використанням даних ДЗЗ»

ХАІ.407.465м.20О103. 9793983 ПЗ

Виконав: студент(ка) 6 курсу групи № 465м

Спеціальність 103 Науки про Землю

(код та найменування)

Освітня програма Космічний моніторинг Землі

(найменування)

Ольховський Р.Р.

(прізвище та ініціали студента (ки))

Керівник: Бутенко О.С.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: Івашук Б.М

(прізвище та ініціали)

Харків – 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ім. М.Є. ЖУКОВСЬКОГО
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет ракетно-космічної техніки
Кафедра геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Напрямок підготовки 103 Науки про Землю
(назва і шифр)
Освітня програма Космічний моніторинг Землі
(найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, голова циклової комісії

к.т.н. Горелик С.І.

“ ” 2022 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТА**

Ольховського Романа Руслановича

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема випускної роботи Класифікація і векторизація лідарних даних для моніторингу комунальної інфраструктури міст з використанням даних ДЗЗ

керівник випускної роботи Бутенко О. С. д.т.н, проф, проф.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом Університету №1546-уч від «03» листопада 2022 року

2. Строк подання студентом випускної роботи 15.12.2022

3. Вихідні дані до випускної роботи Польові данні лідару, фотографії місцевості, знімки ДЗЗ, середовище обробки даних Global Mapper 23.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Сучасний стан комунальної інфраструктури міста Оквілл; Аналіз сучасних систем сканування; Розробка методів класифікації лідарних даних; Аналіз класифікованих хмар лідару; Аналіз методів векторизації встановлених замовником; Аналіз отриманого результату класифікації; Аналіз отриманого результату векторизації Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Структурна схема кваліфікаційної роботи;

6. Консультанти розділів випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	Бутенко О.С.	31.10.2022	15.12.2022
	<i>професор</i>		

Нормоконтроль Красовська І.Г. « 16 » 12 2022 р.

7. Дата видачі завдання 31.10.2022

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної роботи	Строк виконання етапів випускної роботи	Примітка
1	Аналіз методів дослідження комунальної інфраструктури	31.10.2022 – 05.11.2022	
2	Аналіз вхідних даних	06.11.2022 – 08.11.2022	
3	Розробка методів класифікації та векторизації	09.11.2022 – 12.11.2022	
4	Дослідження вимог встановлених замовником	12.11.2022– 19.11.2022	
5	Виконання та аналіз класифікації лідарних даних	20.11.2022– 30.11.2022	
6	Виконання та аналіз векторизації класифікованих хмар	01.12.2022– 10.12.2022	
7	Написання пояснювальної записки	11.12.2022 – 15.12.2022	

Студент _____ Ольховський Р. Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ Бутенко О.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи: 67 сторінок, 45 рисунків, 3 таблиці, 2 додатки, 6 посилань на використану літературу.

Об'єкт дослідження: аналіз та визначення стану міста, а саме: забезпечення електроенергією, систему водовідводу, пожежну систему, зв'язок, лічильники води та дерева.

Предмет дослідження: методи класифікації і векторизації лідарних даних для моніторингу комунальної інфраструктури міст з використанням даних ДЗЗ

Метою дослідження є підвищення оперативності та якості визначення стану міст для оцінки поточного стану їх комунальної інфраструктури та визначення обсягу подальших потреб

Методи дослідження: класифікація, векторизація, статистичний аналіз.

Отримані результати: відвекторизована кілометрова частина вулиці міста Оквілл.

Перелік ключових слів: ЛІДАР, КЛАСИФІКАЦІЯ, ВЕКТОРИЗАЦІЯ, КОМУНАЛЬНА ІНФРАСТРУКТУРА, GLOBAL MAPPER 23, ОКВІЛЛ

REVIEW

An explanatory note to the graduation work: 67 sides, 45 drawings, 3 tables, 2 appendices, 6 letters to the literature.

Object of follow-up: analysis and appointment will become a place, and itself: provision of electricity, a water supply system, a fire system, a link, a water heater.

Subject of study: Methods for classifying and vectorizing remote sensing data for monitoring the municipal infrastructure of local sensing data

The method of increasing the efficiency and quality of the appointment will become a place for assessing the flow station and the communal infrastructure and the assignment of the obligatory obligatory needs.

Research methods: classification, vectorization, statistical analysis.

The results obtained: a kilometer-long part of the street of the Oakville area has been vectorized.

Translation of key words: LIDAR, CLASSIFICATION, VECTORIZATION, COMMUNAL INFRASTRUCTURE, GLOBAL MAPPER 23, OKWILL

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 МЕТОДИКА АНАЛІЗУ ВХІДНИХ ДАНИХ І ЕТАПІВ ВИКОНАННЯ РОБОТИ	8
1.1 LIDAR та його принцип дії.....	8
1.2 Актуальність класифікації лідарної хмари.....	14
1.3 Актуальність векторизації класифікованої хмари.....	15
РОЗДІЛ 2 КЛАСИФІКАЦІЯ ЛІДАРНОЇ ХМАРИ.....	17
2.1 Автоматична класифікація.....	17
2.2 Ручна класифікація.....	25
РОЗДІЛ 3 ВЕКТОРИЗАЦІЯ КЛАСИФІКОВАНОЇ ХМАРИ.....	35
3.1 Перелік об'єктів та їх особливості.....	35
3.2 Процес векторизації.....	47
3.3 Аналіз отриманих даних.....	55
ВИСНОВКИ.....	58
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	59
ДОДАТОК А Плакат за темою «Класифікація і векторизація лідарних даних для моніторингу комунальної інфраструктури міст з використанням даних ДЗЗ».....	61
ДОДАТОК Б Презентація за темою «Класифікація і векторизація лідарних даних для моніторингу комунальної інфраструктури міст з використанням даних ДЗЗ».....	62

ВСТУП

З розвитком нових міст все частіше комунальні структури звертаються до ГІС компаній для отримання даних про місто. Отримані статистичні та векторні данні допомагають швидше та якісніше визначати стан міст, їх потреби та дають розуміння про майбутній обсяг робіт.

У даній роботі було виконано реальне замовлення комунальної структури у місті Оквілл, що знаходиться в Канаді. Дане місто має населення в 182500 чоловік за даними на 2011 рік.

Мета роботи: підвищення оперативності та якості визначення стану міст для оцінки поточного стану їх комунальної інфраструктури та визначення обсягу подальших потреб.

Предмет досліджень: методи класифікації і векторизації лідарних даних для моніторингу комунальної інфраструктури міст з використанням даних ДЗЗ

Ці данні у подальшому можна використовувати під час реновації приватних секторів в Україні, для оцінки їх потреб та покращення якості життя.

Вхідними даними під час роботи було: лідарні хмари у форматі las, фотографії зроблені лідаром під час проїзду по визначеній зоні у форматі jpeg та шейп з координатною прив'язкою до точки фотографування, шейп із областю виконання робіт та опис необхідних об'єктів для векторизації.

Робота була виконана у програмі Global Mapper 23.

РОЗДІЛ 1 МЕТОДИКА АНАЛІЗУ ВХІДНИХ ДАНИХ І ЕТАПІВ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1.1 LIDAR та його принцип дії

Лідар (LIDAR – англ. Light Detection and Ranging «виявлення та визначення дальності за допомогою світла») – технологія вимірювання відстаней шляхом випромінювання світла (лазер) і виміру часу повернення цього відбитого світла на приймач.

В більшості конструкцій випромінювачем служить лазер, що формує короткі імпульси світла високої миттєвої потужності. Періодичність проходження імпульсів або модулююча частота вибираються так, щоб пауза між двома послідовними імпульсами була не меншою, ніж час відгуку від цілей (які можуть фізично перебувати далі, ніж розрахунковий радіус дії приладу). Вибір довжини хвилі залежить від функції лазера та вимог до безпеки та скритності приладу; найчастіше застосовуються Nd:YAG-лазери та довжини хвиль (у нанометрах):

- 1550 нм – інфрачервоне випромінювання, невидиме ні оку людини, ні типовим приладам нічного бачення. Око не здатне сфокусувати ці хвилі на поверхні сітківки, тому травматичний поріг для хвилі 1550 значно вищий, ніж для коротких хвиль. Однак ризик пошкодження очей на ділі вищий, ніж у випромінювачів видимого світла — оскільки око не реагує на ІЧ випромінювання, то не спрацьовує природний захисний рефлекс людини.

- 1064 нм — ближнє інфрачервоне випромінювання неодимових та ітербієвих лазерів, невидиме для ока, але виявлене приладами нічного бачення.

- 532 нм - зелене випромінювання неодимового лазера, що ефективно «пробиває» маси води.

- 355 нм - ближнє ультрафіолетове випромінювання

Довжини хвиль у мікрометрах, які випромінюють найбільш поширені лазери зображено на рисунку 1.1.

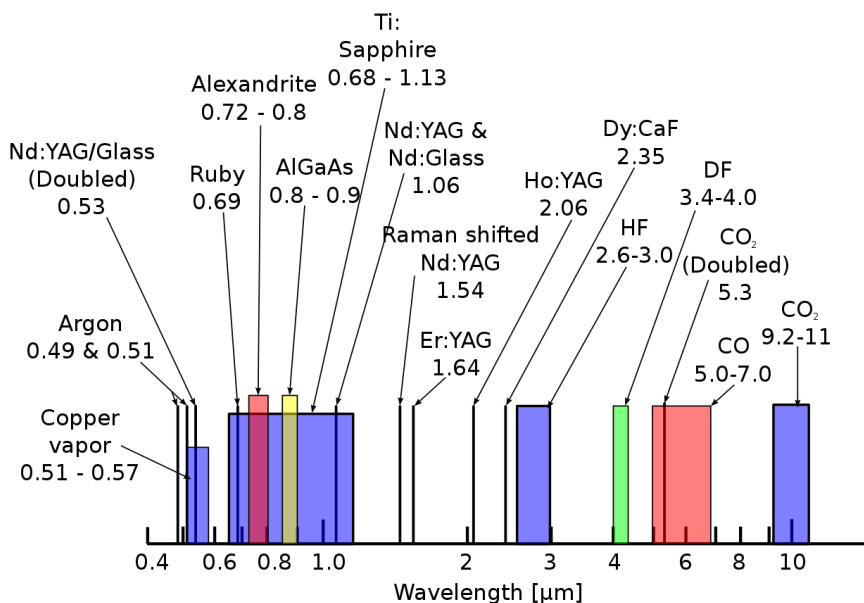


Рисунок 1.1 – Типи лазерів, які використовуються у приладі лідар

Більшість сучасних лідарів використовують циліндричну розгортку. Цей тип розгортки найпростіше формується і простий у подальшій обробці. Однак він має недоліки. Наприклад, при використанні циліндричної розгортки є можливість пропустити вузькі горизонтальні об'єкти (такі як шлагбаум). Найчастіше ця проблема вирішується застосуванням додаткового лідара з циліндричною розгорткою, але орієнтованого перпендикулярно до першого лідара.

Для сканування горизонту в одній площині застосовуються прості головки, що сканують. Вони нерухомі випромінювач і приймач також направлені в zenit; під кутом 45° до горизонту та лінії випромінювання встановлено дзеркало, що обертається навколо осі випромінювання. В авіаційних установках, де треба сканувати смугу, перпендикулярну до напрямку польоту літака-носія, вісь випромінювання — горизонтальна. Для синхронізації мотора, що обертає дзеркало, і засобів обробки

сигналу, що приймається, використовуються точні датчики положення ротора, а також нерухомі реперні ризики, що наносяться на прозорий кожух скануючої головки.

Сканування у двох площинах додає до цієї схеми механізм, що повертає дзеркало на фіксований кут з кожним оборотом головки – так формується циліндрична розгортка навколишнього світу. За наявності достатньої обчислювальної потужності можна використовувати жорстко закріплене дзеркало і пучок променів, що розходяться — в такій конструкції один «кадр» формується за один оберт головки.

Для роботи було використано мобільний лідар Trimble MX50 зображений на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Мобільний лідар Trimble MX50

Trimble MX50 створює високоточні хмари точок навколишнього оточення і доповнює їх якісними панорамними зображеннями, забезпечуючи значне зростання продуктивності. Зазвичай MX50 встановлюється на даху автомобіля і виконує сканування і зйомку панорамних зображень на швидкості руху машини по шосе.

Система використовує високоточну технологію LiDAR, розроблену Trimble. Завдяки об'єднанню хмар точок з якісними панорамними зображеннями, практична

система мобільного зйомки Trimble MX50 є ідеальним рішенням для вирішення безлічі завдань з управління об'єктами інфраструктури або створення даних для ГІС, незалежно від сфер їх використання - при роботі з дорожньою інфраструктурою, комунікаціями або міськими об'єктами - завдяки Trimble MX50 ви завжди повністю керуєте процесом збору даних.

Система проста в установці, а для її експлуатації не потрібно спеціальних навичок.

Хмари точок доповнюють їх зображення надають вам все необхідне для обстеження інфраструктури та вилучення координат, розмірів, стану і інший атрибутивної інформації. Високоточні хмари точок забезпечують точне визначення координат і розмірів об'єктів, а панорамні зображення з охопленням 360 градусів дозволяють виконувати обстеження їх стану і отримувати інформацію про атрибути. Повторні виїзди на об'єкт зводяться до мінімуму, оскільки після одноразового проїзду у вас на руках всі необхідні дані.

Характеристики приладу зображено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики Trimble MX50

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЖИВЛЕННЯ	
Вхідна напруга джерела живлення	12 В пост. струму (12–16)
СПОЖИВАНА ПОТУЖНІСТЬ	
Типова	150 Вт (макс. 350 Вт при запуску)
КОМПОНЕНТИ СИСТЕМИ	
Модуль датчиків	В комплекті
Модуль управління	В комплекті

Модуль живлення	В комплекті
Система визначення азимута по ГНСС (GAMS)	В комплекті
Кріплення на дах автомобіля	В комплекті стандартні поперечні штанги в комплект не входять
Ящик для транспортування	В комплекті
Польове програмне забезпечення	ТМІ, управління за допомогою браузера, установка не вимагається
Кабель, від акумулятора до модуля живлення	5 м
Кабель, від модуля живлення до модуля управління	3 м
Кабель, від модуля управління до модуля датчиків	5 м
Зберігання даних	1 комплект (1 x 2 ТБ SSD, знімний)
Інтерфейс управління	Планшет або ноутбук, Wi-Fi або мережевий кабель, використання власного обладнання
ЛАЗЕРНИЙ СКАНЕР MX50	
Число лазерних сканерів	2
Клас лазера	1, безпечний для очей
Фактична частота	2 лідари по 960 кГц

Швидкість сканування (Система з двома сканерами)	240 сканів/сек
Максимальна дальність, відбивна здатність цілі > 80% ²	80 м
Мінімальна відстань	0,6 м
Максимальна кількість цілей для кожного імпульсу	1
Точність истинная ³ / по внутрішній сходимості ⁴	2 мм / 2.5 мм на 30 м
Поле огляду	кругове охоплення 360° ⁵
ВБУДОВАНА ГНСС-ІНЕРЦІАЛЬНА СИСТЕМА TRIMBLE	
ТОЧНІСТЬ - БЕЗ ВТРАТИ СИГНАЛІВ ГНСС (ПОСТ-ОБРОБКА)	
Координати X, Y (м)	0,020
Координата Z (м)	0,050
Швидкість (м/с)	0,005
Крен і тангаж (градуси)	0,015
Курс (градуси) ⁷	0,025
ТОЧНІСТЬ - ВТРАТА ПРИЙОМУ СИГНАЛІВ ГНСС ПРОТЯГОМ 60 СЕКУНД (ПОСТ-ОБРОБКА)	
Координати X, Y (м)	0,320
Координата Z (м)	0,130
Крен і тангаж (градуси)	0,020

Курс (градуси) ⁷	0,030
ПРИНАЛЕЖНОСТІ	
DMI _{6, 8}	так, додатково

Даний прилад ідеально підходить для задач моніторингу комунальної системи міст та інших населених пунктів маючи перевагу за точністю та актуальністю отриманих даних перед супутниковими знімками

1.2 Актуальність класифікації лідарної хмари

Класифікація потрібна для того щоб адаптувати сиру імпортовану з приладу лідар хмару до сприйняття людиною у 2D вигляді. Усі створені класи можна фарбувати у зручний для сприйняття колір. Під час класифікації використовують автоматичний та ручний спосіб обробки.[1]

Автоматична класифікація виконується згідно встановленого діапазону висоти точок у просторі, окремо для шуму (Low point та high point), дерев, будівель, землі та шляхів електропостачання. Ручна класифікація дозволяє очистити лідрну хмару від шуму та об'єктів невідповідних до жодного класу точок та усе відредагувати шляхом контролю належності точок до того чи іншого класу хмари. Під час роботи в хмарою найчастіше використовують інструмент (patch profile), який дозволяє робити розріз хмари у потрібному місці для отримання діаграми розташування точок за висотою. Ширина розрізу може корегуватися за необхідністю для того, щоб збільшити чи зменшити інформацію про точки на діаграмі. Наприклад, щоб можна було відобразити будівлю і дерево поруч цілком.

Класифікація дозволяє працівнику під час роботи з хмарою відключити непотрібні класи для зручності. Наприклад під час векторизації доріг або об'єктів, що

знаходяться на землі для зручності вимикають клас дерев, який може перекривати об'єкти нижче. Також класифікація дозволяє відключити зайву інформацію, яка не представляє собою цінність для поточного проекту. Отже, класифікація лідарних хмар, є обов'язковим етапом під час будь якої роботи з ними. Дозволяє створити та налаштувати інформативність хмари шляхом відключення непотрібних класів та присвоєння їм кольорів. Суть класифікації однакова для усіх сфер, що використовують лідар, маючи різницю тільки в алгоритмах обробки та в класифікованих об'єктах притаманним тій чи іншій сфері(дослідження атмосфери, космоса, землі та ін).

1.3 Актуальність векторизації класифікованої хмари

Векторизація – перетворення зображення з растрового подання у векторне. Векторизація дає можливість з об'ємних за розміром пам'яті файлів отримати більш легкі у форматі шейпу, при цьому майже не втрачаючи інформативності.

Проводиться зазвичай у випадку, якщо результат векторизації підлягає подальшій обробці виключно в програмах векторної графіки; з метою підвищення якості зображення, створення зображення, придатного для масштабування без втрати якості, якщо подальша обробка зображення здійснюватиметься на специфічному обладнанні (плотери, верстати з ЧПК).

У більшості сучасних програм векторної графіки є вбудована можливість автоматичного трасування векторного зображення, але найчастіше ручне малювання з підбором шрифтів. Правильніше розглядати процес векторизації складним і значною мірою творчим на відміну растеризації, яка практично завжди може бути виконана повністю в автоматичному режимі. За допомогою атрибутів, які прив'язані до векторних об'єктів, а саме ліній, точок і полігонів, можна записувати будь-яку текстову інформацію. Усім об'єктам можна зредагувати умовне позначення, напри-

клад: змінити колір, малюнок та налаштувати розмір. Кожен об'єкт має свої координати у рамках прив'язаної до проекту системи координат, що дозволяє інтегрувати дані до потрібної локації з подальшим використанням їх.

Структурна схема роботи зображена на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 – Структурна схема роботи

РОЗДІЛ 2 КЛАСИФІКАЦІЯ ЛІДАРНОЇ ХМАРИ

2.1 Автоматична класифікація

Після експорту отриманих даних в результаті зйомки було отримано лідарну хмару з встановленим за замовчуванням для всіх об'єктів класом 0 – Created, never classified [3] зображений на рисунку 2.1.

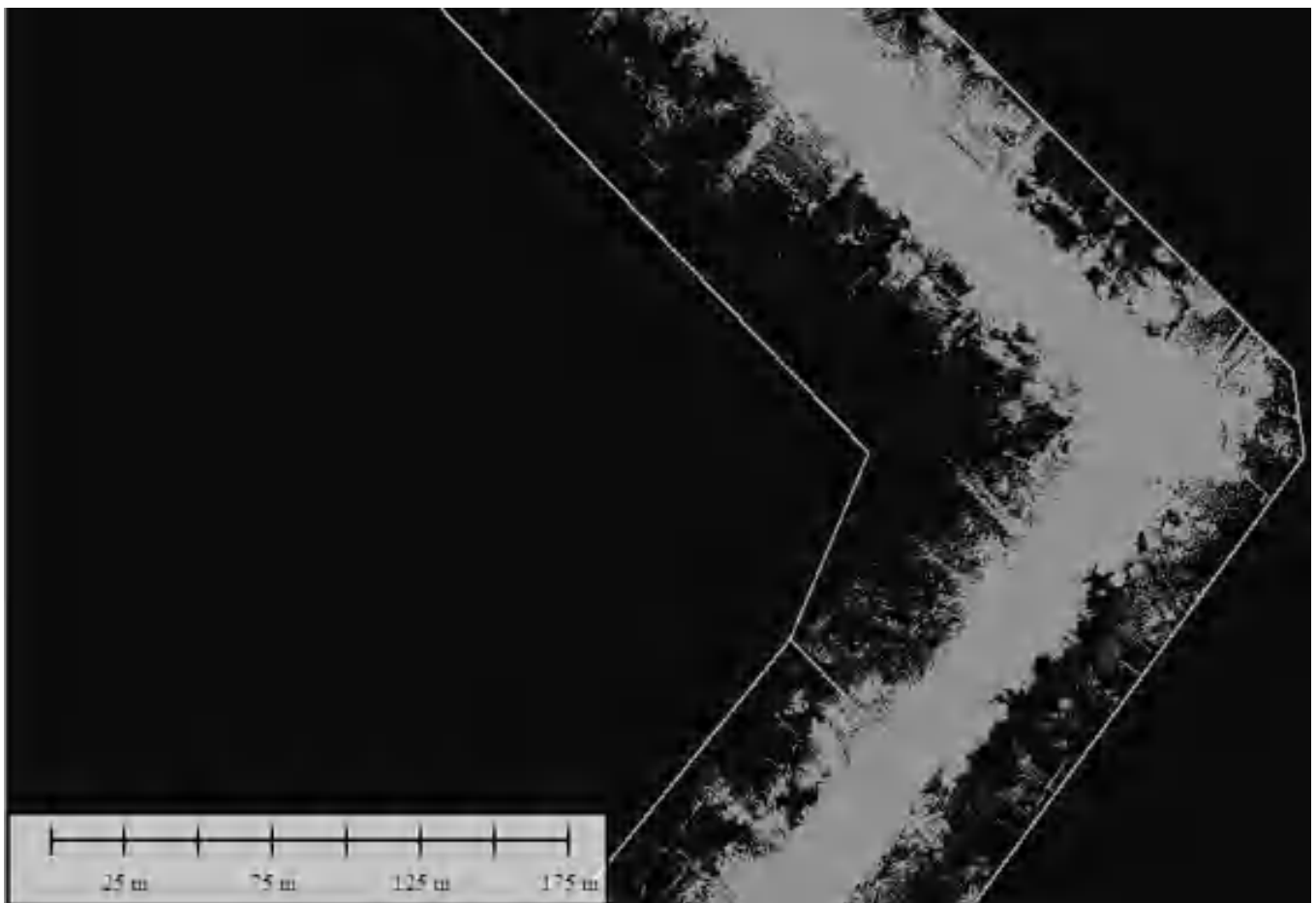


Рисунок 2.1 – Клас 0 – Created, never classified

Першим етапом потрібно виконати автоматичну класифікацію шумів, які поділяються на 2 класи, а саме: клас 7 – Low Point (Noise) та клас 18 – High Point

(Noise). Для цього потрібно натиснути на головній панелі інструментів на «Auto-Classify Noise Point» зображену на рисунку 2.2.

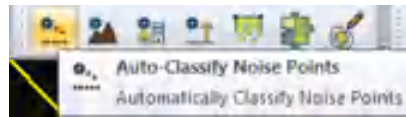


Рисунок 2.2 – Інструмент «Auto-Classify Noise Point»

Далі у відкритому вікні «Automatic Classification of Noise Point» (Рис. 2.3) потрібно виконати налаштування для автоматичної класифікації, під час роботи було використано параметри за замовчуванням.

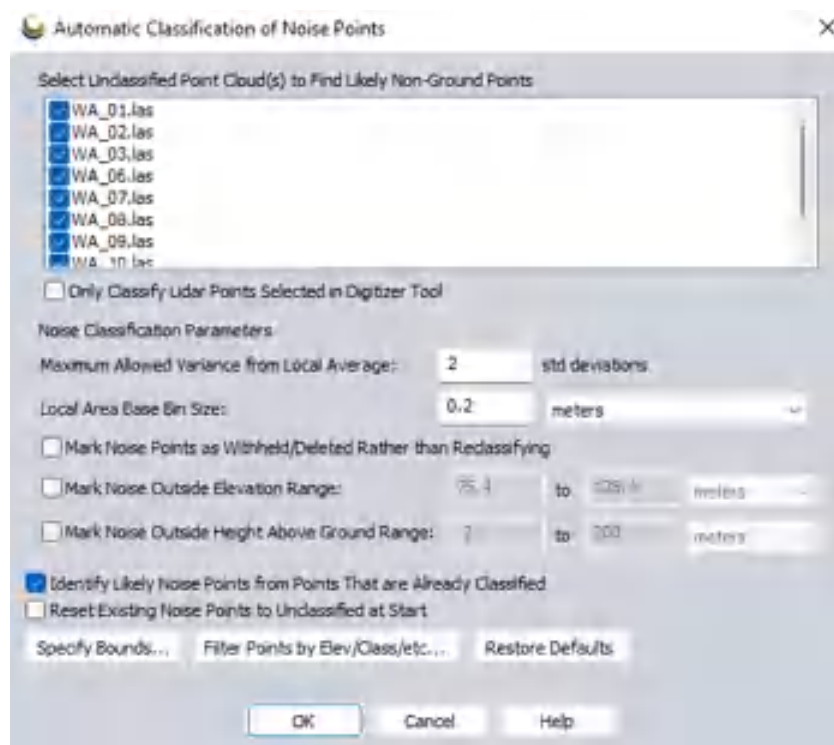


Рисунок 2.3 – Вікно «Automatic Classification of Noise Point»

В результаті було відділено від хмари нижні та верхні шуми, які потенційно могли б забруднити інші класи.

Для наочності шуми були виділені та відображені у вигляді розрізу за допомогою інструменту «Patch Profile» на рисунку 2.4.

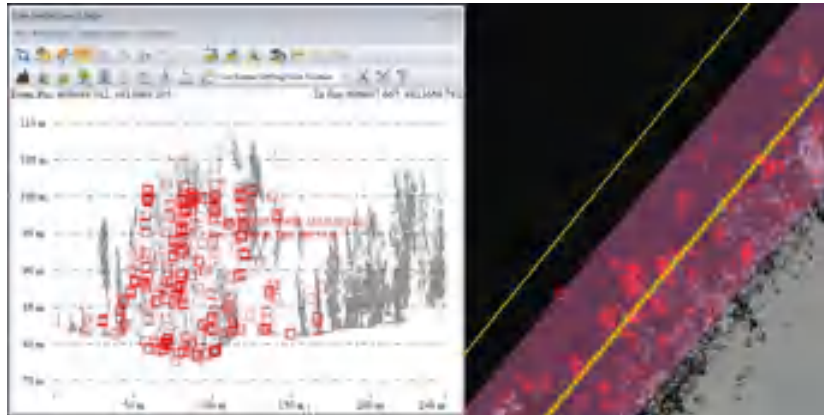


Рисунок 2.4 – Результат автоматичної класифікації шумів

Далі класи 7 – Low Point (Noise) та 18 – High Point (Noise) можна видалити, або відключити за допомогою інструменту «Lidar Filter Settings - Lidar».

Інструмент «Patch Profile» (Рис. 2.5) під час класифікації, є одним з найголовніших інструментів. З його допомогою можна отримати розріз об'ємної хмари на шкалі за висотою та довжиною.

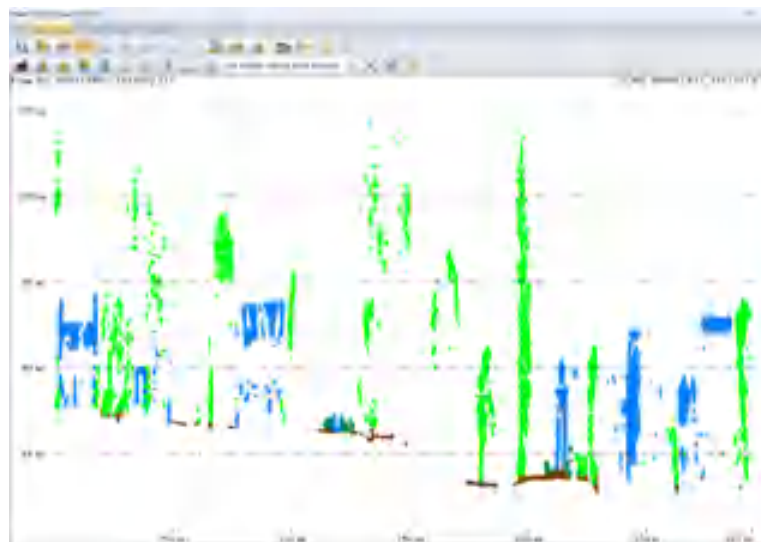


Рисунок 2.5 – Інструмент «Patch Profile»

Також цей інструмент дозволяє виконувати класифікацію вручну виділяючи необхідні об'єкти на шкалі [5]. Для зручності можна налаштовувати параметри розрізу змінюючи його ширину у вікні налаштувань «Patch Profile Settings» зображеному на рисунку 2.6.

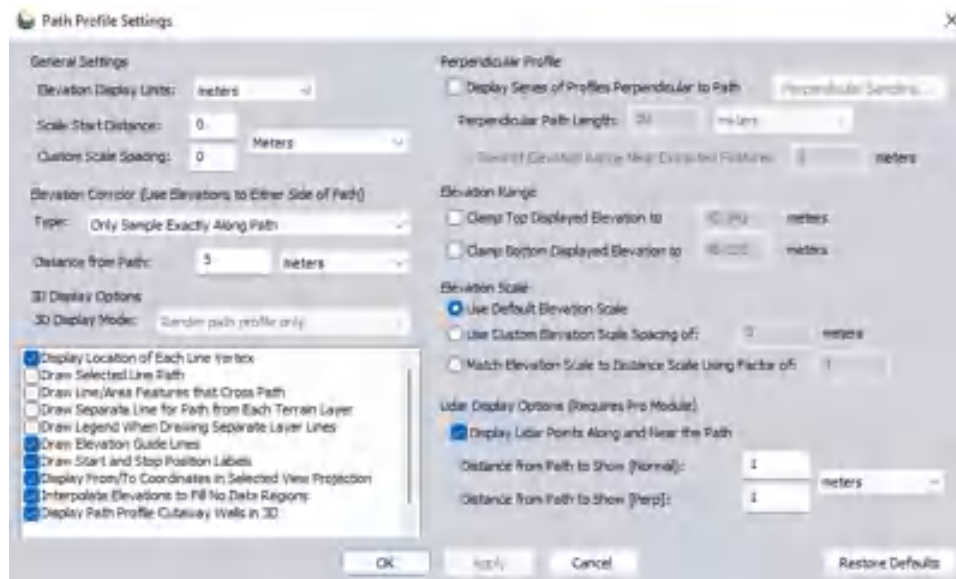


Рисунок 2.6 – Вікно «Patch Profile Settings»

Наступним етапом автоматичної класифікації є визначення точок землі, що належать до класу 2 – Ground. Для цього на панелі інструментів було використано функцію автоматичного визначення землі «Auto-Classify Ground Points» зображену на рисунку 2.7.

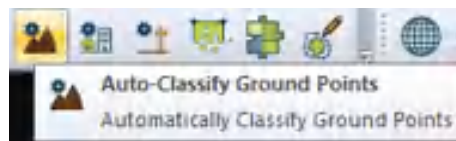


Рисунок 2.7 – Інструмент «Auto-Classify Ground Points»

Далі було виконано налаштування параметрів визначення класу землі. Це потрібно для того, щоб пояснити програмі за якими саме алгоритмами буде проходити

автоматичне визначення. Під час налаштування у вікні «Automatic Classification of Ground Points» (Рис. 2.8) було використано параметри за замовчуванням.



Рисунок 2.8 – Вікно «Automatic Classification of Ground Points»

В результаті було отримано попередній варіант класу 2 – Ground, який буде завершений на етапі ручної класифікації. Результат зображено на рисунку 2.9.

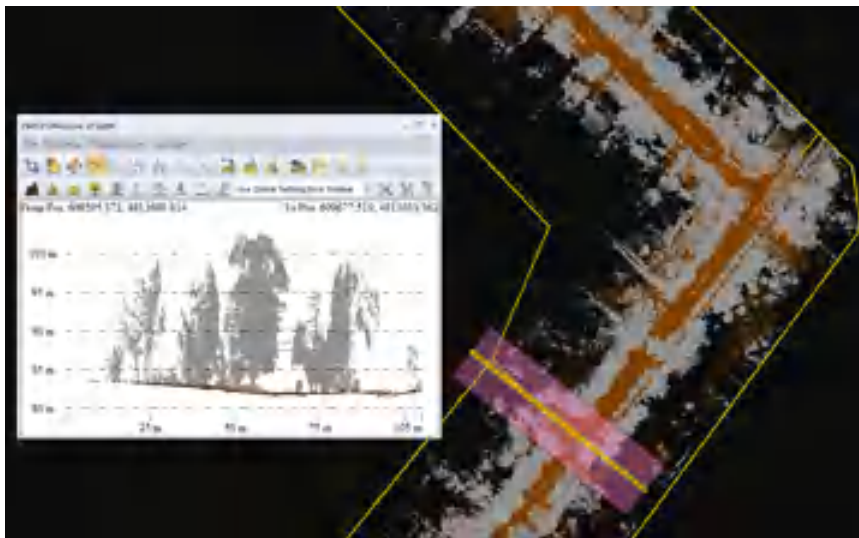


Рисунок 2.9 – Результат автоматичної класифікації класу 2 – Ground

Після автоматичної класифікації землі було виконано автоматичну класифікацію висотних об'єктів, які знаходяться над землею на встановленому рівні за допомогою інструменту «Auto-Classify Non-Ground Lidar Points» зображеного на рисунку 2.10.

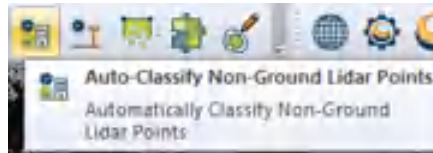


Рисунок 2.10 – Інструменту «Auto-Classify Non-Ground Lidar Points»

У відкритому вікні налаштувань «Filter Lidar Points» (Рис. 2.11) потрібно відключити вже класифіковані класи для того, щоб запобігти змін у них та залишити інші налаштування за замовчуванням.

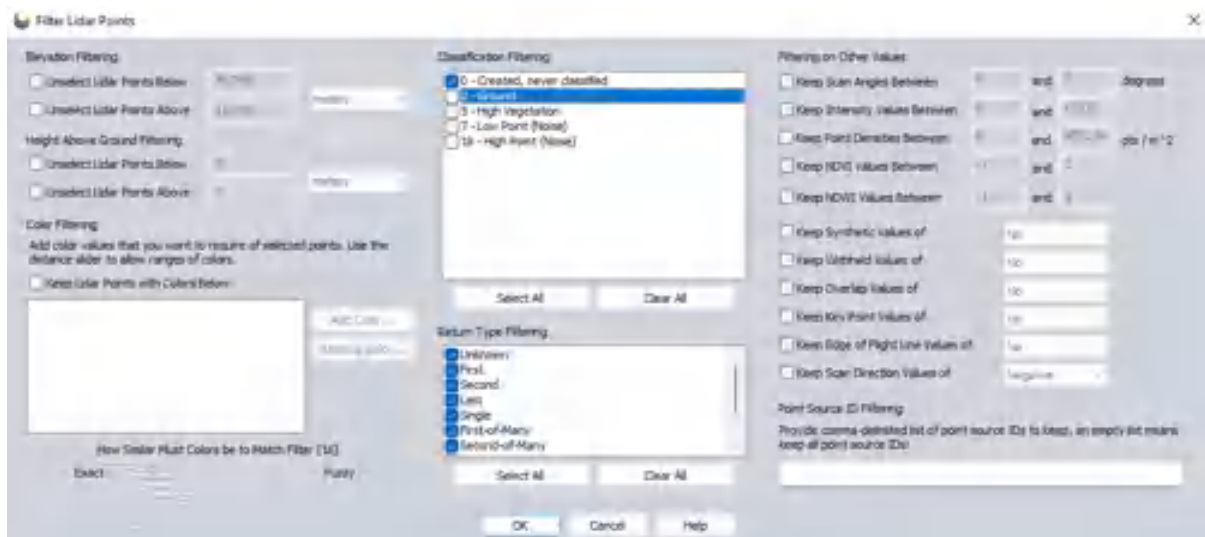


Рисунок 2.11 – Вікно «Filter Lidar Points»

В результаті зображеному на рисунку 2.12 було отримано первинну класифікацію висотних об'єктів, яка потребує ручної класифікації для того, щоб відділити

об'єкти, які знаходяться у діапазоні автоматичного визначення, а саме: лінії електромережі, стовпи, криші будівель, парканні які знаходяться у класі 5 – High Vegetation.

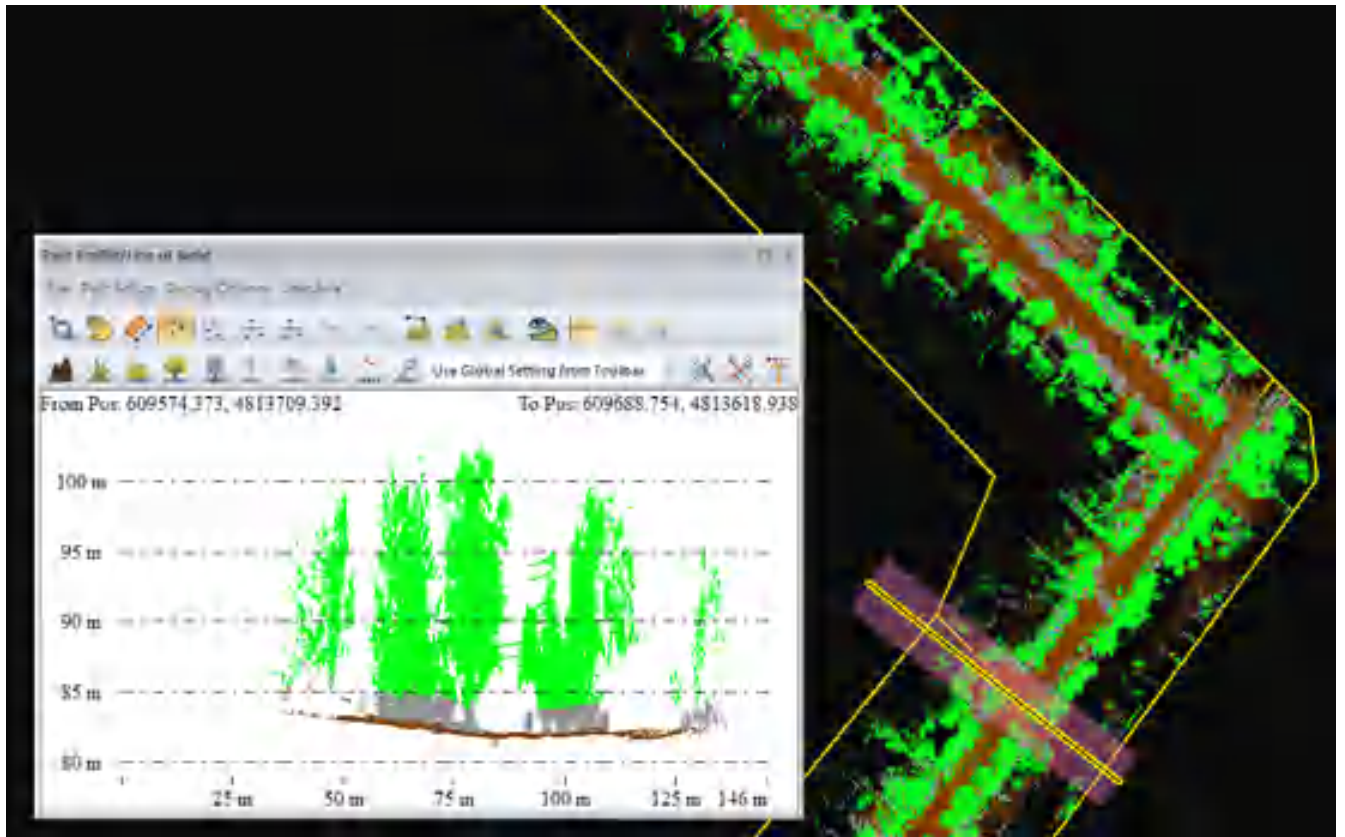


Рисунок 2.12 – Результат автоматичної класифікації висотних об'єктів

Останнім етапом є автоматична класифікація лінії електромережі. Для цього необхідно натиснути на інструмент «Auto-Classify Powerline and Pole Points» зображений на рисунку 2.13.

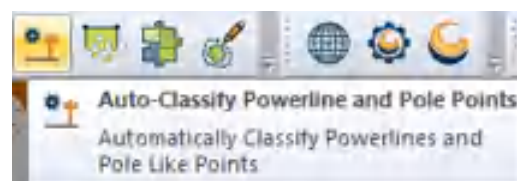


Рисунок 2.13 – Інструмент «Auto-Classify Powerline and Pole Points»

Далі у вікні «Automatic Classification of Pole and Powerline Lidar Points» (Рис. 2.14) було вручну налаштовано параметри діапазону пошуку об'єктів електромережі. Переважна частина проводів знаходиться у класі 5 – High Vegetation.

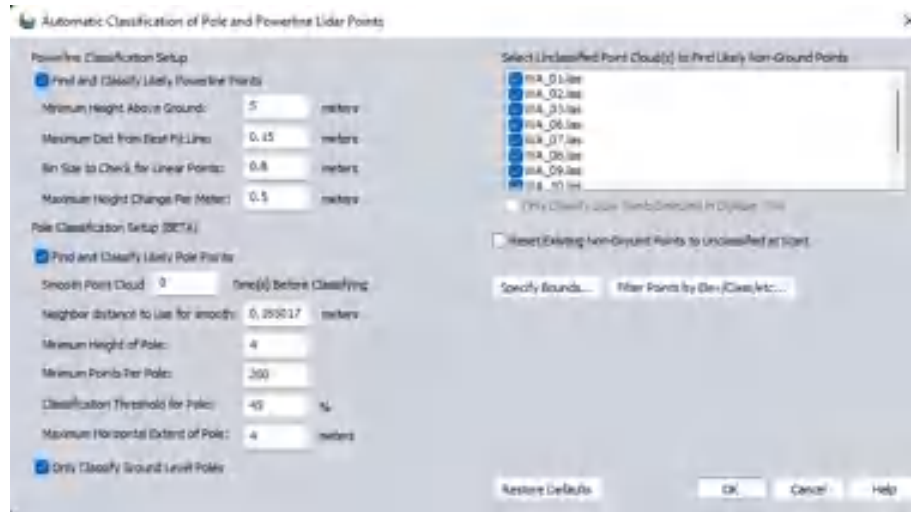


Рисунок 2.14 – Вікно «Automatic Classification of Pole and Powerline Lidar Points»

В результаті можна побачити (Рис. 2.15), що переважна частина проводів знаходиться у класі 5 – High Vegetation, що буде виправлено під час ручної класифікації лідарної хмари

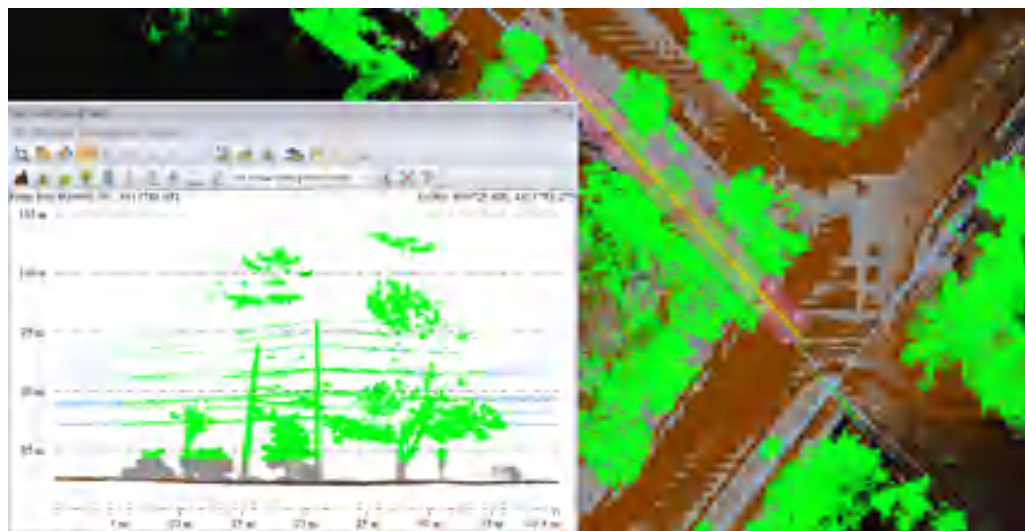


Рисунок 2.15 – Результат автоматичної класифікації лінії електромережі

Отже, під час виконання автоматичної класифікації можна зробити висновок, що вона потребує подальших коректив на етапі ручної класифікації і виконує переважно підготовчу функцію для подальшої класифікації.

2.2 Ручна класифікація

На етапі ручної класифікації використовувались переважно 2 основних інструменти, а саме «Patch Profile», який було розглянуто вище та «Lidar Filter Settings» зображений на рисунку 2.16.

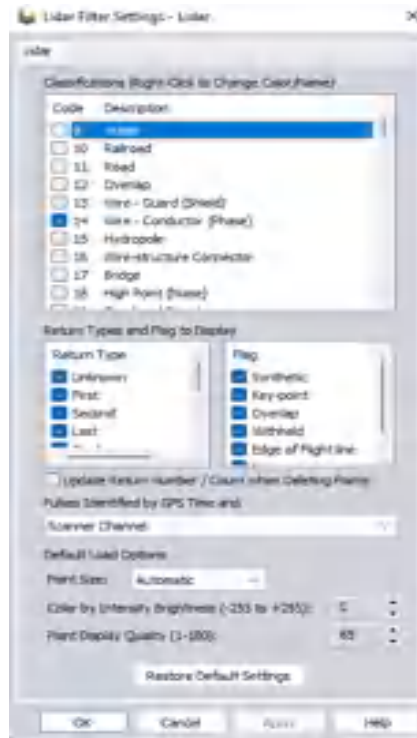


Рисунок 2.16 – Інструмент «Lidar Filter Settings»

За допомогою цього інструменту виконується відображення усіх класів. Також у цьому вікні виконується створення класів, налаштування кольору та назви. Кожен клас має свій код за допомогою якого можна швидко переносити точки лідару до відповідного класу, але обов'язково в комбінації із інструментом «Patch Profile».

Процес виконання ручної класифікації виглядає майже однаково для усіх об'єктів за винятком комбінації включення та відключення класів, які можуть заважати або перетинати область інтересу.

Класифікація повинна відбуватися за принципом згори до низу і першим кроком потрібно класифікувати лінії електромереж, які знаходяться у класі 14 – Wire - Conductor (Phase).[4]

Для цього потрібно виконати розріз вздовж області інтересу за допомогою інструменту «Patch Profile» і у його вікні виділити ЛКМ проводи електромережі, після чого за допомогою гарячих клавіш, які автоматично відповідають коду класу, перенести у клас 14.

На рисунку 2.17 зображений процес класифікації проводів електромережі.

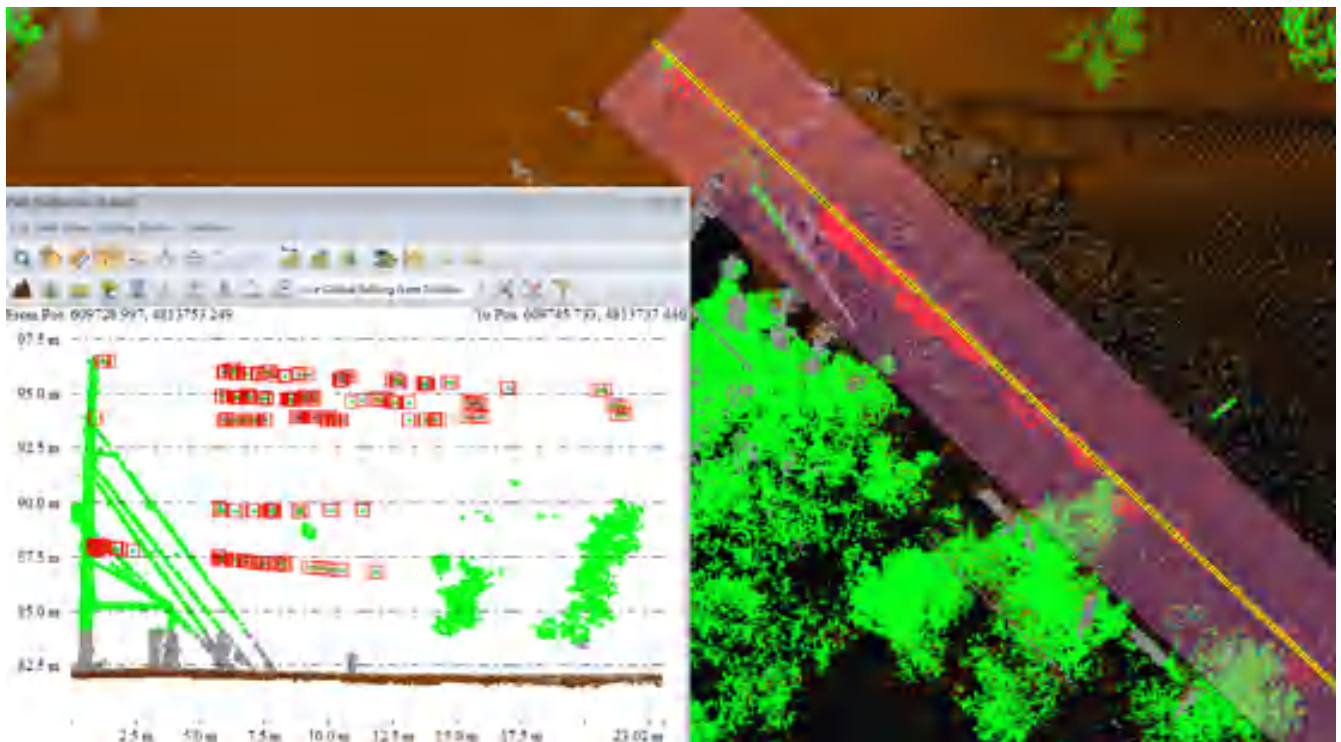


Рисунок 2.17 – Процес класифікації лінії електромережі

Дуже часто буває ситуація коли лінія електромережі проходить через крону дерев, що значно ускладнює класифікацію та призводить до внесення класу дерев

до класу електромережі. Для запобігання цього потрібно постійно перевіряти точки, які були внесені до класу попередніми діями шляхом відключення класу дерев та перенесення «випавших» точок з класу назад до свого. Також для більш коректної класифікації у такій ситуації можна поекспериментувати з розмірами області розрізу та його кутом відносно області інтересу. На рисунку 2.18 зображені «випавші» точки із класу дерев під час класифікації електромережі.

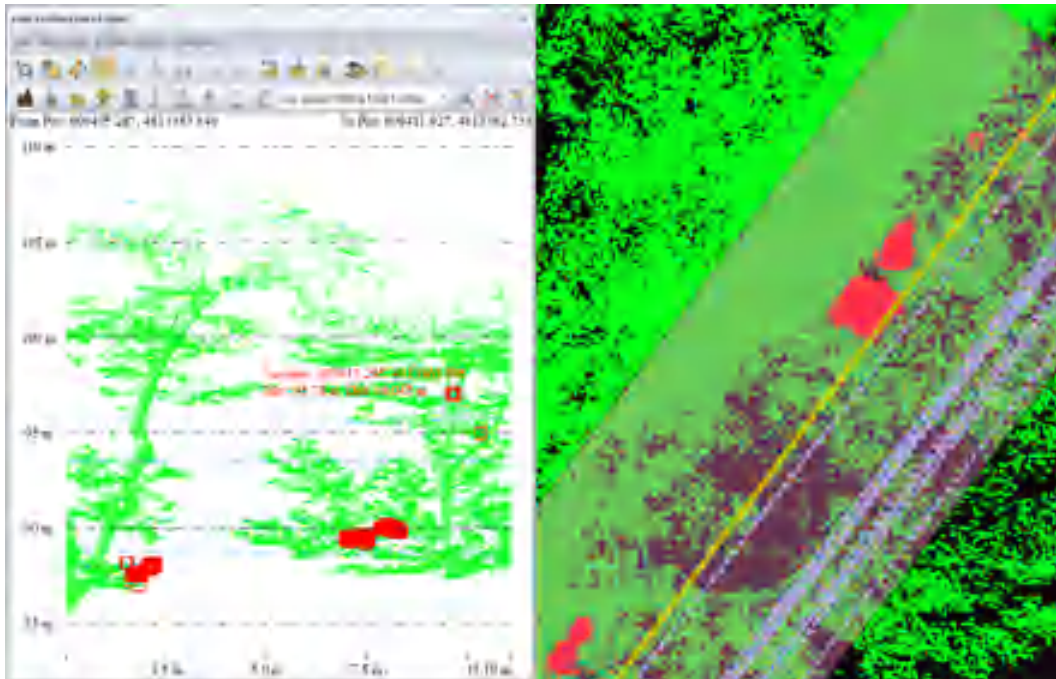


Рисунок 2.18 – Виділені точки із класу електромереж, (14) що належать класу дерев (5)

Далі на черзі класифікація класів 15 – Hydropole, 22 – Streetlight, 23 – Guywire, 24 – Sign. Ці класи мають спільні риси тому принцип визначення їх визначення однаковий. Принципово важливо розрізняти стовпи електромережі та вуличні ліхтарі за кількістю проводів під'єднаних до них, тому вуличні ліхтарі можуть мати максимум 1 провід, або зовсім не мають, а стовп електромережі може мати безліч незважаючи на наявність ліхтаря також до його класу входять усі присутні на ньому

об'єкти (Рис. 2.19). Дуже часто стовпи електромережі мають інженерні споруди для утримання їх у рівновазі та вони відповідають класу 23 – Guywire.



Рисунок 2.19 – Приклад класу 15 – Hydropole

Результат класифікованих класів 15 – Hydropole та 23 – Guywire, зображено на рисунку 2.20.

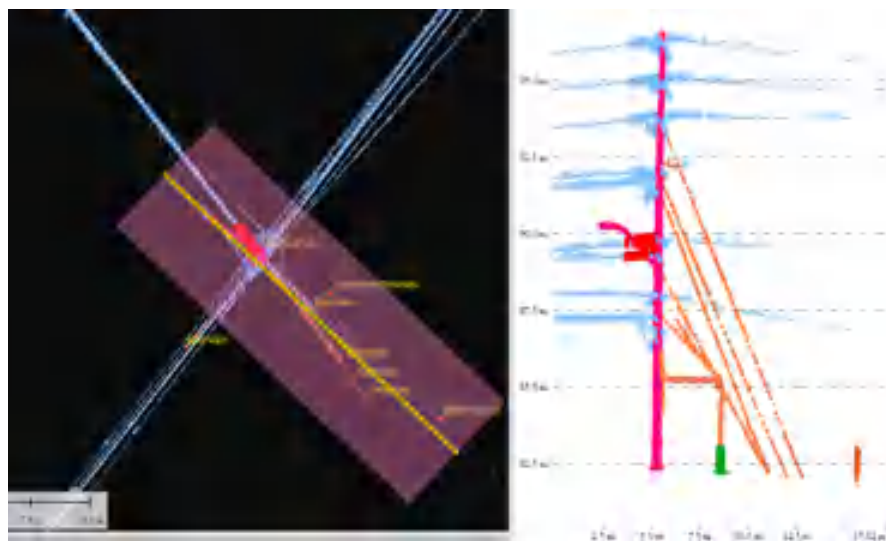


Рисунок 2.20 – Класи 15 – Hydropole та 23 – Guywire

Наступним кроком було виконано класифікацію будинків, які відповідають класу 6 – Building. Але для запобігання переносу зайвих точок невідповідних класу будинків спочатку потрібно виконати класифікацію кущів та декоративної рослинності засаджених на клумбах під стінами будинків, які відповідають класу 4 – Medium Vegetation. Процес виділення інструментом «Patch Profile» зображено на рисунку 1.21. Для наочності було вимкнено клас землі.

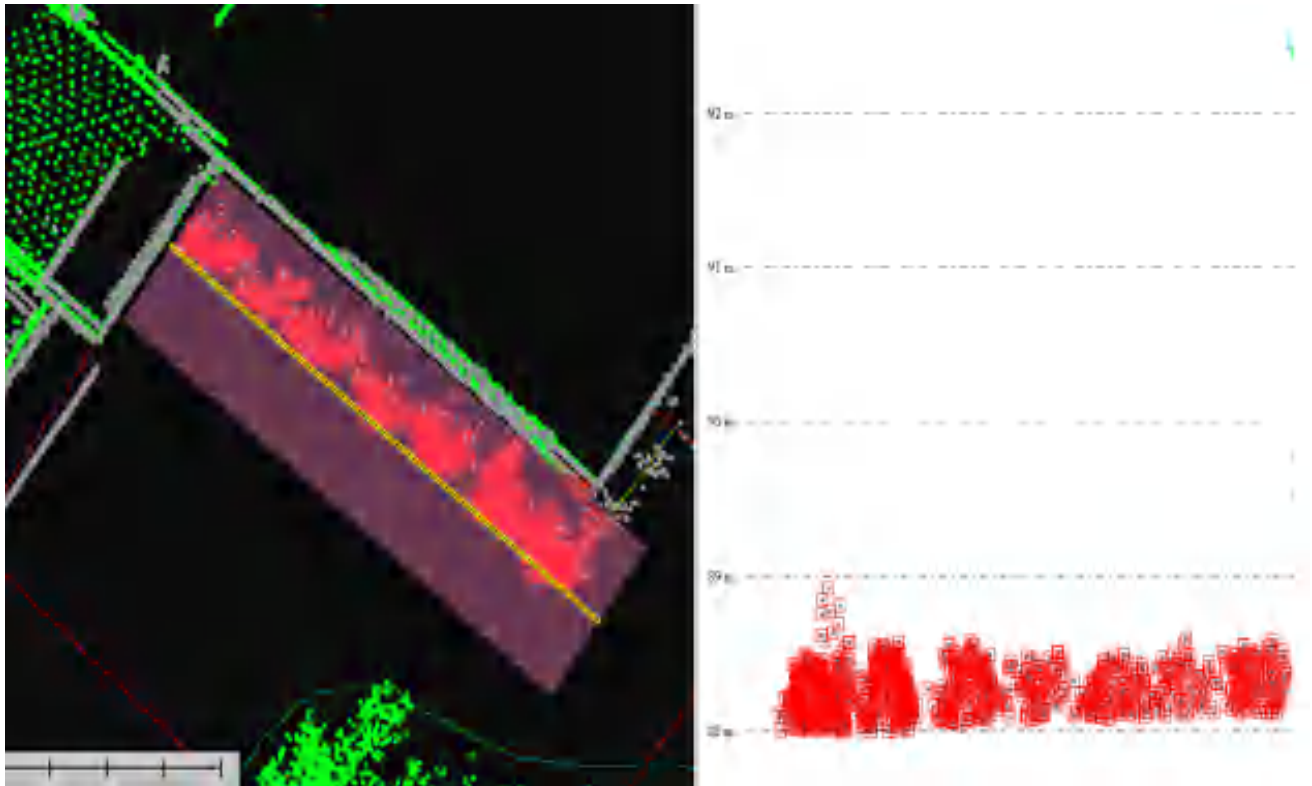


Рисунок 2.21 – Виділення класу 4 – Medium Vegetation

Виконавши класифікацію середньої рослинності можна переходити до класифікації будинків. Цей клас знаходиться одночасно у декількох, які були сформовані на етапі автоматичної класифікації і які потрібно ввімкнути у вікні інструменту «Lidar Filter Settings», а саме: класі 0 – Created, never classified, 2 – Ground та 5 – High Vegetation.

Результат класифікації будинків можна побачити на рисунку 2.22.

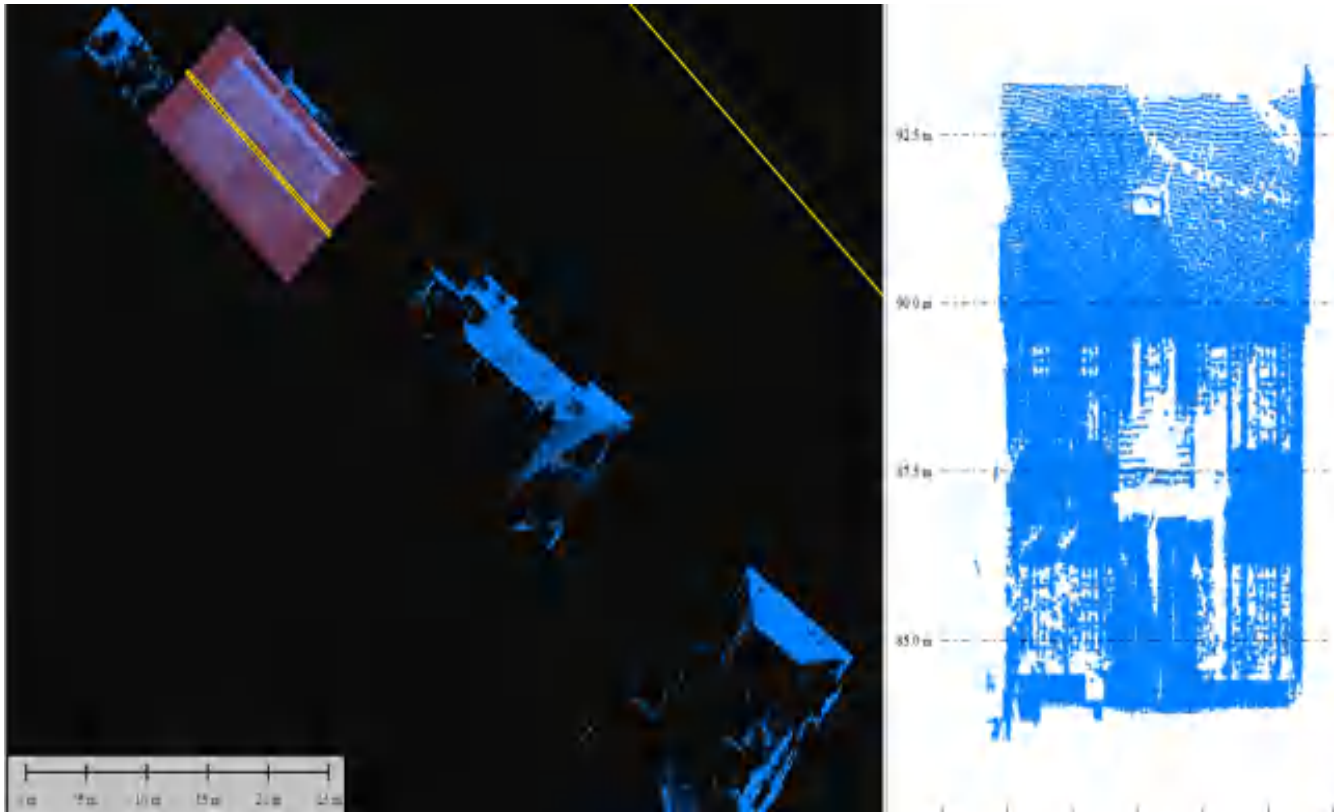


Рисунок 2.22 – Клас 6 – Building

Наступним кроком було класифіковано клас парканів 31 – FenceLine. Аналогічно до будинків він знаходиться у трьох класах класі 0 – Created, never classified, 2 – Ground та 5 – High Vegetation. Проте за рахунок того, що паркани знаходяться переважно під кронами дерев це ускладнює їх класифікацію.

Способами нівелювання цих проблем так і залишається зміна комбінацій класів відображених за допомогою інструменту «Lidar Filter Settings» та зміна кута розрізу під час використання інструменту «Patch Profile» у зоні інтересу з парканами. Обов'язково потрібно було виконати перевірку на рахунок «випадання» точок лідарної хмари із класу шляхом вимкнення усіх класів окрім 31 – FenceLine.

В результаті цієї операції було відділено клас парканів від інших класів створених на етапі автоматичної класифікації.

На рисунку 2.23 зображено результат класифікації 31 – FenceLine.



Рисунок 2.23 – Клас 31 – FenceLine

Після того, як було відділено від класу 5 – High Vegetation більшу частину виконаних класів, їх можна відключити для повноцінної класифікації дерев. До класу дерев повинні входити крона та ствол цілком, які лежать у межах двох класів, а саме: 0 – Created, never classified та 2 – Ground. У цих класах знаходяться середина та основа ствола дерева та нижня частина крони.[5] Також важливо відділяти від дерев клас кущів 4 – Medium Vegetation, який потрапив до 5 – High Vegetation під час автоматичної класифікації та усі інші об'єкти, які не входять до жодного класу і повинні знаходитися у класі 1 – Unclassified.

В результаті було отримано клас дерев, який зображено на рисунку 2.24.

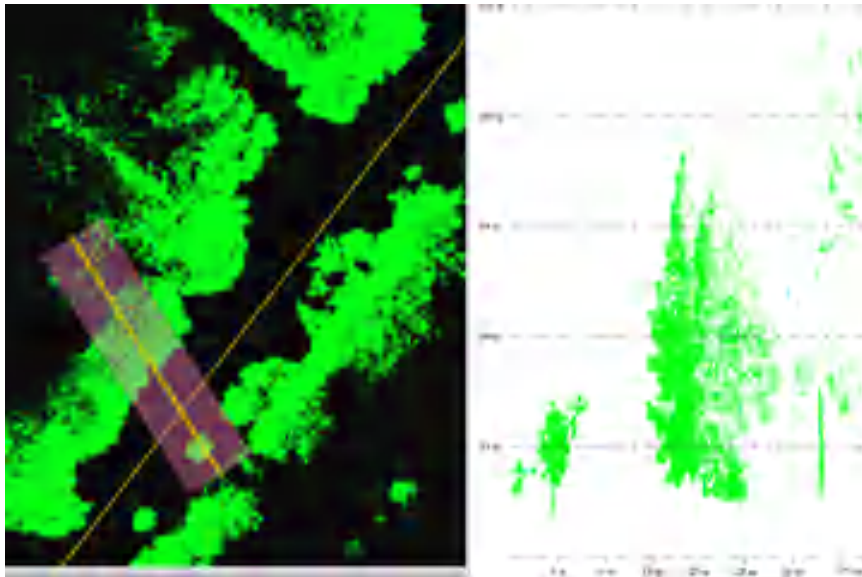


Рисунок 2.24 – Клас 5 – High Vegetation

Наступним кроком було виконано перенос усіх об'єктів, які не відносяться до жодного класу у 1 – Unclassified.

До класу 1 – Unclassified входять: пішоходи, припарковані машини та машини які потрапили у сканер лідару під час руху, дитячі майданчики, прапори та усе інше, що не входить у заданий перелік об'єктів класифікації (Рис. 2.25).

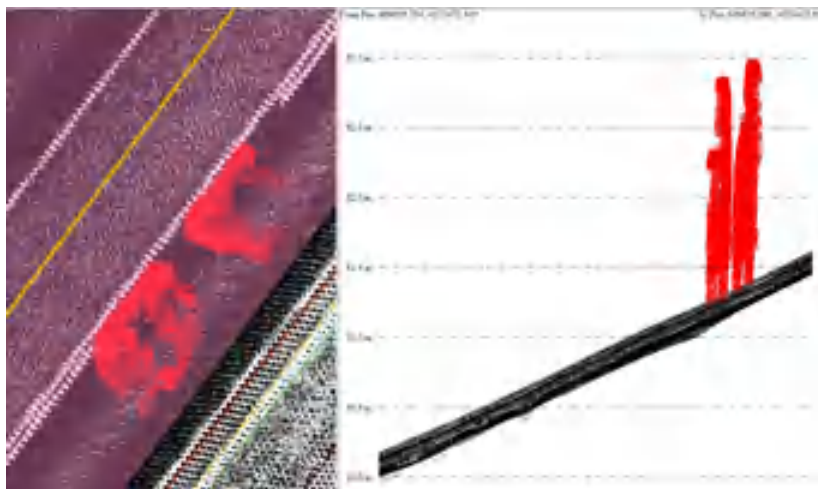


Рисунок 2.25 – Машини, які потрапили в зону сканування лідару

На рисунку 2.26 зображений пішохід із собакою, який повинен бути перенесений у клас 1 – Unclassified.

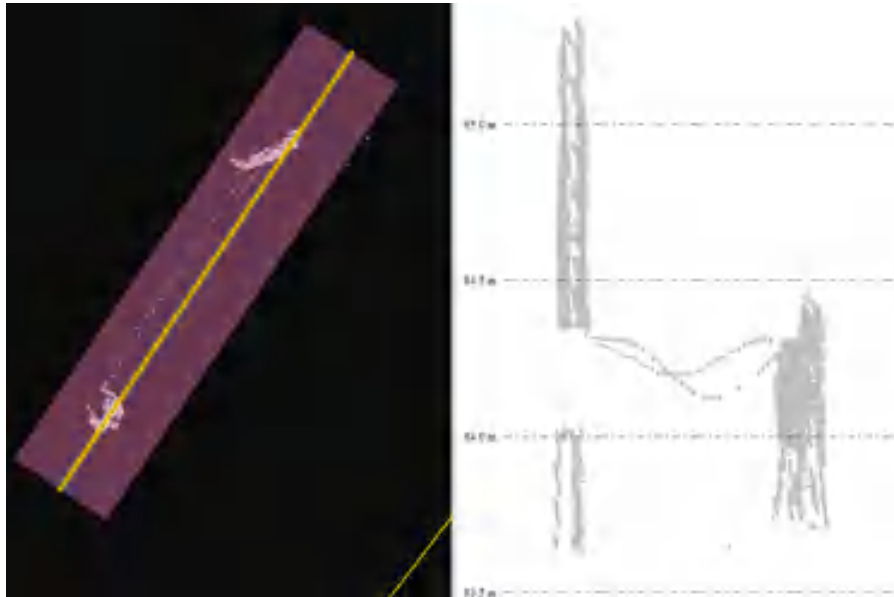


Рисунок 2.26 – Пішохід із собакою, який потрапили в зону сканування лідару

Останнім кроком було класифіковано бордюри на головній дорозі, які мають клас 32 – Curb. Для цього потрібно було відключити класи усі класи окрім 2 – Ground. Для виконання класифікації було використано інструмент «Select by Drawing Polygon» зображений на рисунку 2.27.

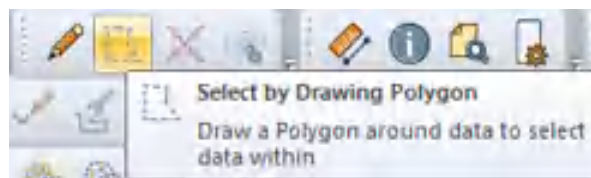


Рисунок 2.27 – Інструмент «Select by Drawing Polygon»

Спочатку потрібно виділити за допомогою інструмента «Select by Drawing Polygon» виділити бордюри на хмарі лідару обвівши його по контуру. Виділивши зону

інтересу класу потрібно натиснути ПКМ тим самим виділивши бордюр. Далі за допомогою інструменту «Patch Profile» потрібно провести розріз по області інтересу та перенести виділені точки до класу 32 – Curb. Результат класифікації зображено на рисунку 2.28.



Рисунок 2.28 – Клас 32 – Curb

Отже, виконавши ручну класифікацію можна зробити висновки про те, що вона є більш детальним та складним процесом на відміну від автоматичної класифікації. В результаті повної класифікації було отримано придатні до роботи лідарні хмари, які мають можливість налаштування відображення інформації для різних задач на етапі векторизації. Тобто цей етап є підготовчим та виконує функцію обробки сирих даних.[6] Методи класифікації лідарних даних справедливі для обробки різних типів лідарних хмар незважаючи на їх призначення, маючи відмінність лише у використаних інструментах та ГІС програм.

РОЗДІЛ 3 ВЕКТОРИЗАЦІЯ КЛАСИФІКОВАНОЇ ХМАРИ

3.1 Перелік об'єктів та їх особливості

Виконавши попередній підготовчий етап класифікації можна переходити до процесу векторизації. Для векторизації використовувались наступні інструменти та набори інструментів: «Patch Profile», «Digitizer (Create)», «Digitizer (Edit)», «Selection», «Lidar», «Right Angle Draw Mode (R)».

Розглянемо набір інструментів «Digitizer (Create)» зображений на рисунку 3.1.

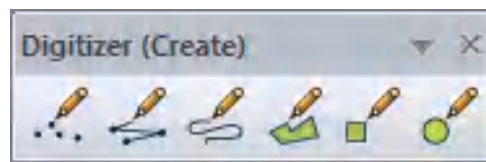


Рисунок 3.1 – Набір інструментів «Digitizer (Create)»

Даний набір має інструменти для створення різних типів [7] векторних об'єктів перерахованих з ліва на право, а саме: «Create Point Feature», який відповідає за створення точкових об'єктів «Create Line Feature», який відповідає за створення лінійних об'єктів, «Create Line/Area (Trace Mode)», який відповідає за створення лінійних та полігональних об'єктів у режимі вільного малювання, «Create Area Feature», який відповідає за створення полігональних об'єктів, «Create Rectangle/Square Area Feature», відповідає за створення прямокутних об'єктів та «Create Circle/Ellipse Area Feature», який відповідає за створення кругових об'єктів.

Далі розглянемо набір інструментів «Digitizer (Edit)» зображений на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 – Набір інструментів «Digitizer (Edit)»

У даному наборі під час роботи було використано лише три інструменти, а саме: «Display Area/Line Vertices», що відповідає за відображення поворотних точок на створених об'єктах, «Insert Vertex», що відповідає за створення поворотних точок на виділених об'єктах та «Split Line at Selected Vertex», що відповідає за розріз поворотних точок.

Наступним кроком розглянемо набір інструментів «Selection» зображений на рисунку 3.3.

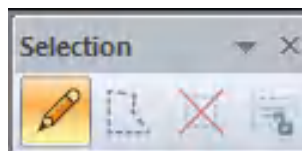


Рисунок 3.3 – Набір інструментів «Selection»

У даному наборі під час роботи було використано: «Digitizer tool», що відповідає за ввімкнення режиму векторизації [8] та «Clear Current Selection», що відповідає за зняття виділення з об'єктів.

Далі розглянемо набір інструментів «Lidar» зображений на рисунку 3.4.

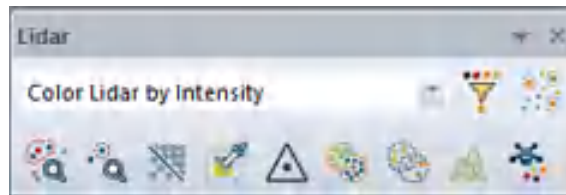


Рисунок 3.4 – Набір інструментів «Lidar»

У даному наборі під час роботи було використано: «Lidar Draw Mode», що відповідає за налаштування спектру відображення лідару [9] та «Lidar Filter Settings», що відповідає за налаштування відображення класів лідару.

Останній інструмент «Right Angle Draw Mode (R)», який відповідає за ввімкнення режиму прямих кутів від час векторизації (Рис. 3.5).

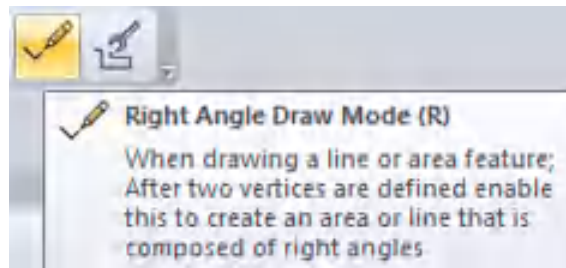











Рисунок 3.5 – Інструмент «Right Angle Draw Mode (R)»





Векторизація проходила згідно встановлених вимог замовником та має дуже багато приватних випадків ідентифікування об'єктів [10]. Для того, щоб розглянути усі випадки було створено таблицю 3.1 у якій зберігається атлас дешифрування об'єктів.





Таблиця 3.1 – Атлас дешифрування об'єктів





Назва об'єкту	Тип об'єкту	Атрибут об'єкту	Дешифрувальні ознаки об'єкту	Опис об'єкту
Bush	Area/Line	–		Усі кущі, що знаходяться переважно на клумбах біля будинків. Не може перетинати лінії будинків.
ConcretePad	Area/Line	–		Бетонна підкладка під різні споруди. Часто трапляється під трансформаторами, поштовими скриньками, рекламними щитами, автобусними зупинками, монументами, лавочками в парку, тощо.
Bollard	Area	–		Стовпи, які переважно перекривають проїзд машинам або виконують функції захисту для різних об'єктів.





Canopy	Area	—		Крона дерева. Векторизується у випадках коли вона одна, або перетинається максимум с другою.
Stump	Area	—		Пеньок.
Trunk	Area	—		Ствол дерева
EdgeOfPavement, FlowLine, BackOfCurb	Line	—		Бордюр. Має вигляд лише у двох варіантах. Перший варіант коли бордюр виконує функцію стоку води і позначається трьома лініями. Другий варіант бордюр, що має прямий кут у такому випадку

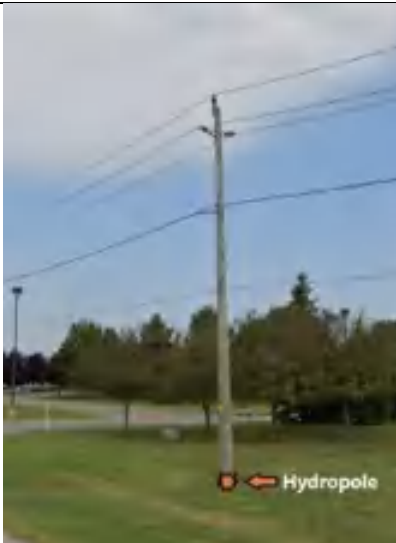


				<p>лінії EdgeOfPavement та FlowLine накладаються.</p> <p>Якщо на проїзній частині бордюру відсутній то вона позначається лише як EdgeOfPavement.</p>
Boulder	Line	—		<p>Декоративне каміння великого розміру. Трапляється переважно на ділянках біля дому.</p>
BuildingFace	Line	—		<p>Будинки обов'язково векторизуються по стіні та включають у себе тераси, балкони або стіни, що випирають відносно фундаменту, такі переважно трапляються на других поверхах будинків. Позначення будинків можуть перетинати лише дерева.</p>

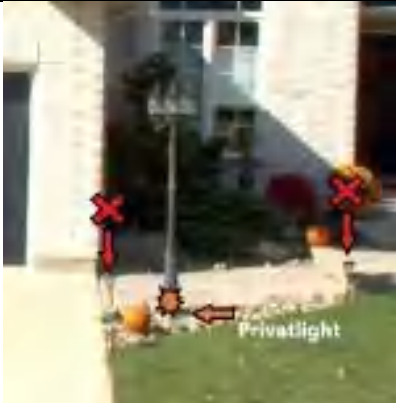



Cabinet	Line	—		Трансформаторні будки дуже часто знаходяться на бетонній підкладці.
DitchLine	Line	—		Стічні канали для дошової води. Ідентифікуються по характерному рову та наявності труби для потоку.
Driveway	Line	—		Заїзд на приватний паркінг. Найчастіше розташований на приватних ділянках, біля супермаркетів, шкіл, та інших місцях біля проїзної частини.
FenceLine	Line	—		Паркани. Зустрічаються, як на приватних так і на міських ділянках.

Garden	Line	—		Клумби. Характеризуються наявністю декоративних насаджень, кущів та іншої рослинності.
GLB	Line	—		Підземні трансформатори. Найчастіше знаходяться біля проїзної частини під вуличними ліхтарями, світлофорами, стовпами. Також можуть знаходитися під трансформаторними щитами.
Hedge	Line	—		Кущі, що виконують функцію паркану.
RetainingWall	Line	—		Інженерна захисна споруда, що виконує функцію утримання землі для запобігання зсувів та розмиття дощем.

Sidewalk	Line	—		<p>Пішохідні або вело-доріжки. Трапляються, як спільні так і приватні біля будинків.</p>
TreeCluster	Line	—		<p>Група дерев у кількості від трьох, що рахується по кількості стволів.</p>
BellPedestal	Point	—		<p>Стовп, що зберігає в собі телефонну комутацію. Ідентифікуються за кольором, а саме коричневим і сірим.</p>
Catchbasin	Point	—		<p>Стічний люк. Знаходиться переважно на дорогах, паркінгах, бордюрах.</p>

DrivewayMaterial	Point	Asphalt, Concrete, Dirt, Gravel, Interlock		Позначення матеріалу на паркінгах. Назва матеріалу записується до атрибуту.
FireHydrant	Point	—		Пожежний гідрант.
Guywire	Point	—		Інженерна споруда для підтримки стовпів.
Hydrometer	Point	Z		Лічильник води, що знаходиться переважно на стінах будинків. До атрибуту Z записуються параметри висоти.

HydroPole	Point	—		<p>Стовп електрорежі. Ідентифікується за кількістю проводів від одного при відсутності ліхтарів. Якщо на стовпі є світлофор то перевага віддається йому.</p>
Mailbox	Point	—		<p>Поштова скринька. Трапляються, як приватні так і громадські.</p>
Manhole	Point	—		<p>Каналізаційні люки. Точкове позначення повинно стояти по середині.</p>

PrivateLight	Point	—		<p>Приватні ліхтарі, що знаходяться на ділянках біля домівок та на каркінгах громадських міст. Відрізняється від вуличного місцем розміщення.</p>
Sign	Point	—		<p>Дорожні знаки. Знаки з номерами та рекламою не векторизуються.</p>
UnknownPedestal	Point	—		<p>Ідентифікуються за зеленим та білим кольором.</p>
WaterValve	Point	—		<p>Водні клапани. Зустрічаються переважно біля пожежних гідрантів, на дорогах, пішохідних доріжках, газонах та парковках</p>

3.2 Процес векторизації

Під час векторизації використовуються будь-які умовні позначення, бо вони налаштовуються персонально і після переносу на іншу робочу станцію, автоматично підлаштовується під умовні позначення [11]. Важливим елементом при цьому, є таблиця атрибутів, що зберігає в собі інформацію про тип та інші атрибути параметри притаманні об'єкту. Таблицю атрибутів зображено на рисунку 3.6.

Feature Name	Feature Type	type	Feature Description	Feature Layer Name	Index in Layer	Last Modified Time
DrivewayMaterial	Asphalt	Asphalt	DrivewayMaterial	DrivewayMaterial	0	2022-12-14T05:36:59
DrivewayMaterial	Asphalt	Asphalt	DrivewayMaterial	DrivewayMaterial	1	2022-12-14T05:36:59
DrivewayMaterial	Interlock	Interlock	DrivewayMaterial	DrivewayMaterial	2	2022-12-14T05:36:59
DrivewayMaterial	Asphalt	Asphalt	DrivewayMaterial	DrivewayMaterial	3	2022-12-14T05:36:59
DrivewayMaterial	Interlock	Interlock	DrivewayMaterial	DrivewayMaterial	4	2022-12-14T05:36:59
DrivewayMaterial	Asphalt	Asphalt	DrivewayMaterial	DrivewayMaterial	5	2022-12-14T05:36:59
DrivewayMaterial	Asphalt	Asphalt	DrivewayMaterial	DrivewayMaterial	6	2022-12-14T05:36:59
DrivewayMaterial	Interlock	Interlock	DrivewayMaterial	DrivewayMaterial	7	2022-12-14T05:36:59
DrivewayMaterial	Asphalt	Asphalt	DrivewayMaterial	DrivewayMaterial	8	2022-12-14T05:36:59
DrivewayMaterial	Interlock	Interlock	DrivewayMaterial	DrivewayMaterial	9	2022-12-14T05:36:59
DrivewayMaterial	Asphalt	Asphalt	DrivewayMaterial	DrivewayMaterial	10	2022-12-14T05:36:59
DrivewayMaterial	Asphalt	Asphalt	DrivewayMaterial	DrivewayMaterial	11	2022-12-14T05:36:59
DrivewayMaterial	Asphalt	Asphalt	DrivewayMaterial	DrivewayMaterial	12	2022-12-14T05:36:59
DrivewayMaterial	Asphalt	Asphalt	DrivewayMaterial	DrivewayMaterial	13	2022-12-14T05:36:59
DrivewayMaterial	Asphalt	Asphalt	DrivewayMaterial	DrivewayMaterial	14	2022-12-14T05:36:59
DrivewayMaterial	Asphalt	Asphalt	DrivewayMaterial	DrivewayMaterial	15	2022-12-14T05:36:59
DrivewayMaterial	Asphalt	Asphalt	DrivewayMaterial	DrivewayMaterial	16	2022-12-14T05:36:59
DrivewayMaterial	Dirt	Dirt	DrivewayMaterial	DrivewayMaterial	17	2022-12-14T05:36:59
DrivewayMaterial	Asphalt	Asphalt	DrivewayMaterial	DrivewayMaterial	18	2022-12-14T05:36:59
DrivewayMaterial	Concrete	Concrete	DrivewayMaterial	DrivewayMaterial	19	2022-12-14T05:36:59
DrivewayMaterial	Interlock	Interlock	DrivewayMaterial	DrivewayMaterial	20	2022-12-14T05:36:59
DrivewayMaterial	Asphalt	Asphalt	DrivewayMaterial	DrivewayMaterial	21	2022-12-14T05:36:59
DrivewayMaterial	Asphalt	Asphalt	DrivewayMaterial	DrivewayMaterial	22	2022-12-14T05:36:59
DrivewayMaterial	Asphalt	Asphalt	DrivewayMaterial	DrivewayMaterial	23	2022-12-14T05:36:59
DrivewayMaterial	Asphalt	Asphalt	DrivewayMaterial	DrivewayMaterial	24	2022-12-14T05:36:59
DrivewayMaterial	Asphalt	Asphalt	DrivewayMaterial	DrivewayMaterial	25	2022-12-14T05:36:59
DrivewayMaterial	Asphalt	Asphalt	DrivewayMaterial	DrivewayMaterial	26	2022-12-14T05:36:59
DrivewayMaterial	Asphalt	Asphalt	DrivewayMaterial	DrivewayMaterial	27	2022-12-14T05:36:59
DrivewayMaterial	Asphalt	Asphalt	DrivewayMaterial	DrivewayMaterial	28	2022-12-14T05:36:59
DrivewayMaterial	Asphalt	Asphalt	DrivewayMaterial	DrivewayMaterial	29	2022-12-14T05:36:59
DrivewayMaterial	Asphalt	Asphalt	DrivewayMaterial	DrivewayMaterial	30	2022-12-14T05:36:59

Рисунок 3.6 – Таблиця атрибутів

На рисунку 3.7 зображена типова приватна ділянка після векторизації. На рисунку можна побачити будинок, заїзд із позначеннями матеріалу, клумби, паркан та доріжка, що веде до дверей будинку. Обов'язково усі елементи повинні з'єднуватися

один з одним за винятком парканів. Тому можна побачити, що до будинку кріпиться заїзд, клумби та доріжки. До заїзду кріпляться доріжки та клумби. При наявності бордюру усі елементи, що кріпляться до проїзної частини повинні кріпитися до BackOfCurb, а коли він відсутній до EdgeOfPavement. У випадку коли край доріжки співпадає з зовнішнім краєм клумби вони накладаються, а коли клумбу можна обвести по зовнішній стороні вони не накладаються, а просто з'єднуються.

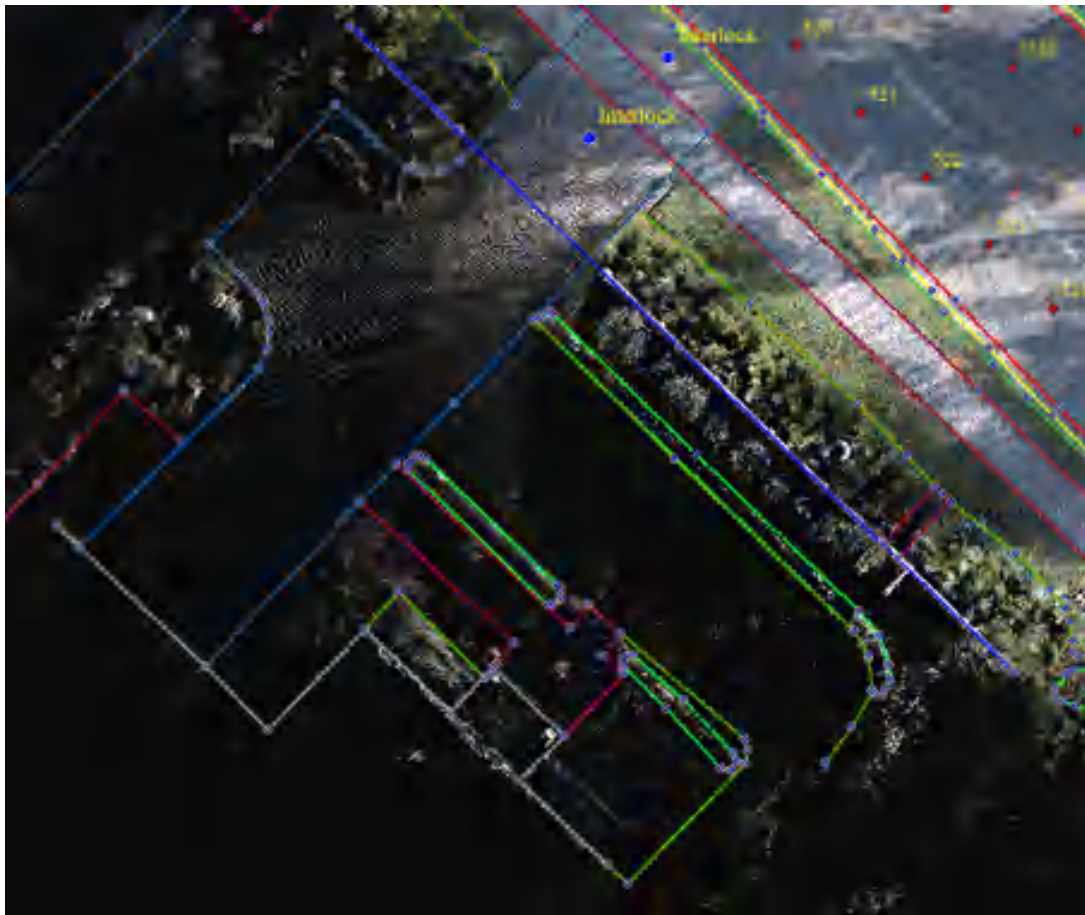


Рисунок 3.7 – Векторизована приватна ділянка

На рисунку 3.8 зображено приклад векторизації бордюру з водовідводом, що векторизується трьома лініями BackOfCurb, FlowLine, EdgeOfPavement та пішохідної доріжки, що виконуються чітко по контуру лідару [12].

Також на рисунку можна побачити каналізаційний люк, який позначений чітко по центру.



Рисунок 3.8 – Векторизовані бордюр, пішохідна доріжка та каналізаційний люк

На рисунку 3.9 зображений приклад векторизації поштових скриньок, що знаходяться на бетонній підкладці.

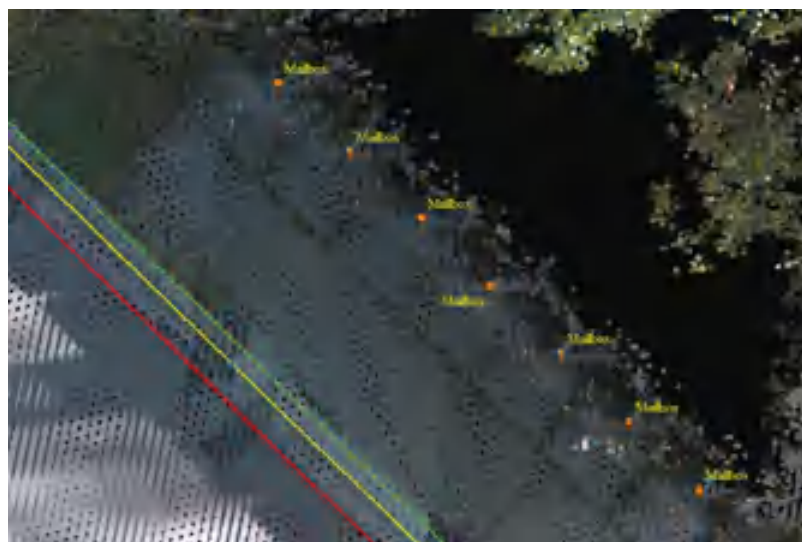


Рисунок 3.9 – Векторизовані поштові скриньки та бетонна підкладка

На рисунку 3.10 зображений приклад стовпа електромережі з інженерною спорудою підтримки Guywire. Для наочності було використано інструмент «Patch Profile» [13].

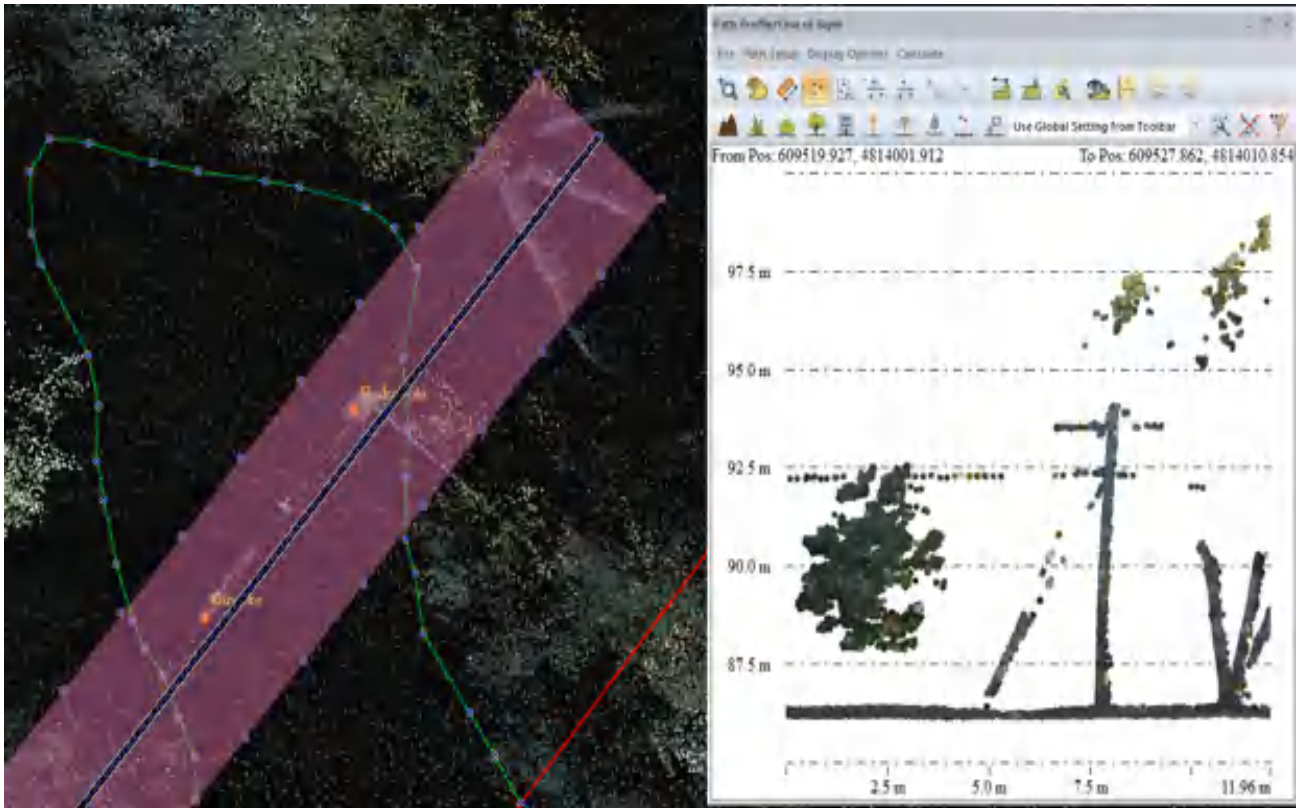


Рисунок 3.10 – Векторизований стовп електромережі з інженерною спорудою підтримки Guywire

На рисунку 3.11 зображено будинок із заїздом з асфальтованим покриттям до яких прикріплені, доріжки та клумби, що накладаються. На клумбах розташовані кущі, що ідентифікуються, як Hedge. Також на газоні розташовані дерева, дорожній знак, стовп електромережі та стовп з телефонною комутацією. Вздовж дороги можна побачити стічну канаву, що забезпечує відтік дощової води. Частина дерев від-

векторизовані, як TreeCluster тому, що їх крони перетинаються. Також можна помітити, що у даного будинку відсутній гідрометер, який виконує функцію лічильника води [14]. А ще на рисунку видно, як бордюр векторизується у випадку коли він закінчився і далі залишився лише EdgeOfPavement.

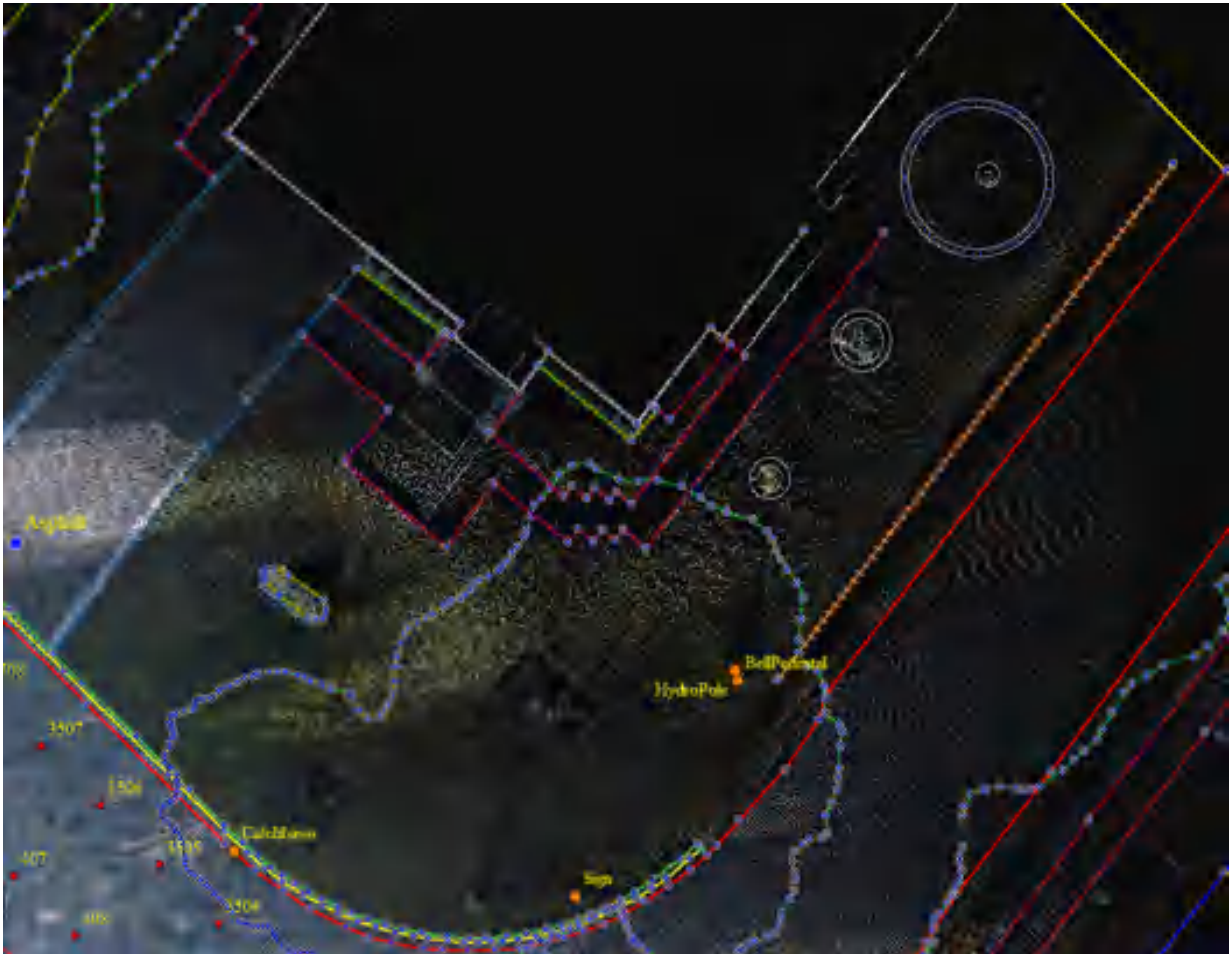


Рисунок 3.11 – Приклад відвекторизованої ділянки

На рисунку 3.12 зображений приклад гідрометру. Гідрометри повинні кріпитися до стіни будинку та обов'язково мати атрибут висоти, пошук якої виконується за допомогою інструмента «Patch Profile».

Вимірювання висоти виконується по середині гідрометра та для перевірки зазвичай спочатку виділяється інструментом «Patch Profile».

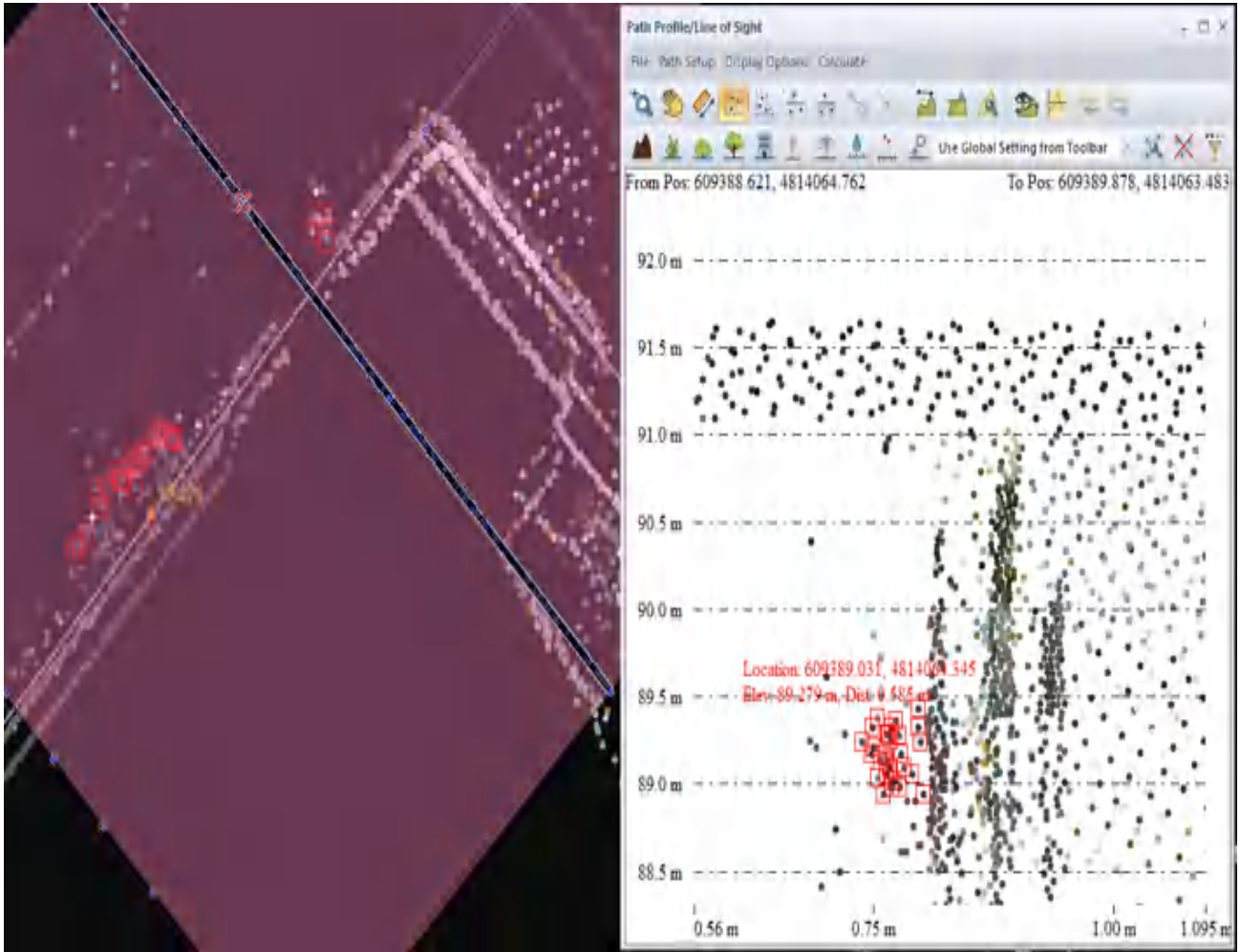


Рисунок 3.12 – Векторизований гідрометер

На наступному рисунку 3.13 зображені два дерева у яких крони перетинаються. Важливо слідкувати за тим, щоб ствол одного дерева не потрапляв до крони іншого та у випадку коли ствол потрапляє потрібно перемісти крони трохи в сторону [14]. Для зручності відображення було встановлено відображення лідару за

класом та відключено клас землі за допомогою інструменту «Lidar Filter Settings». Також можна побачити класифіковану рослинність клумби.

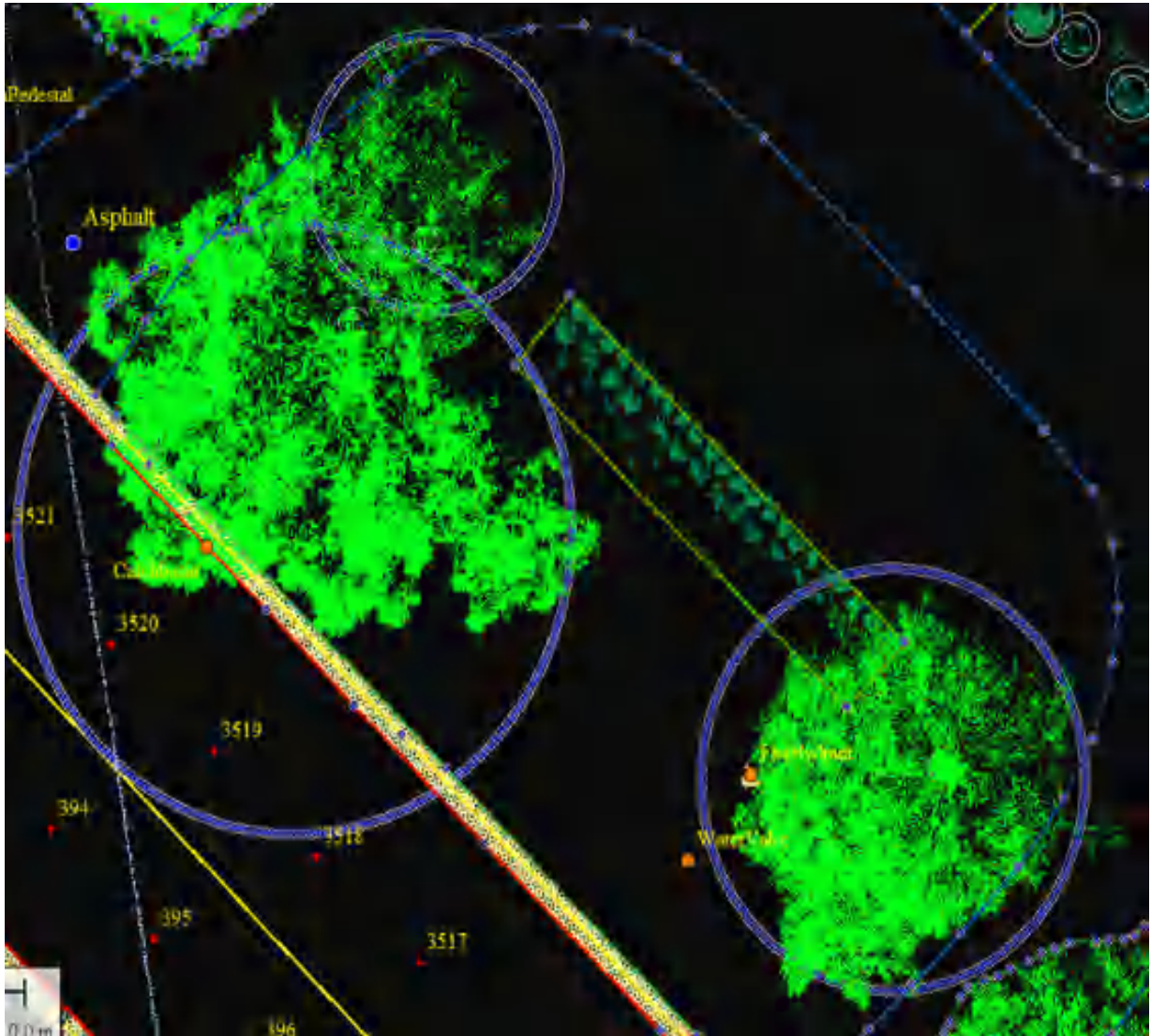


Рисунок 3.13 – Відвекторизовані дерева

Далі на рисунку 3.14 зображено скупчення дерев, які ідентифікуються, як TreeCluster.

Також можна побачити паркан, приватний ліхтар та водний клапан розташований на пішохідній доріжці.

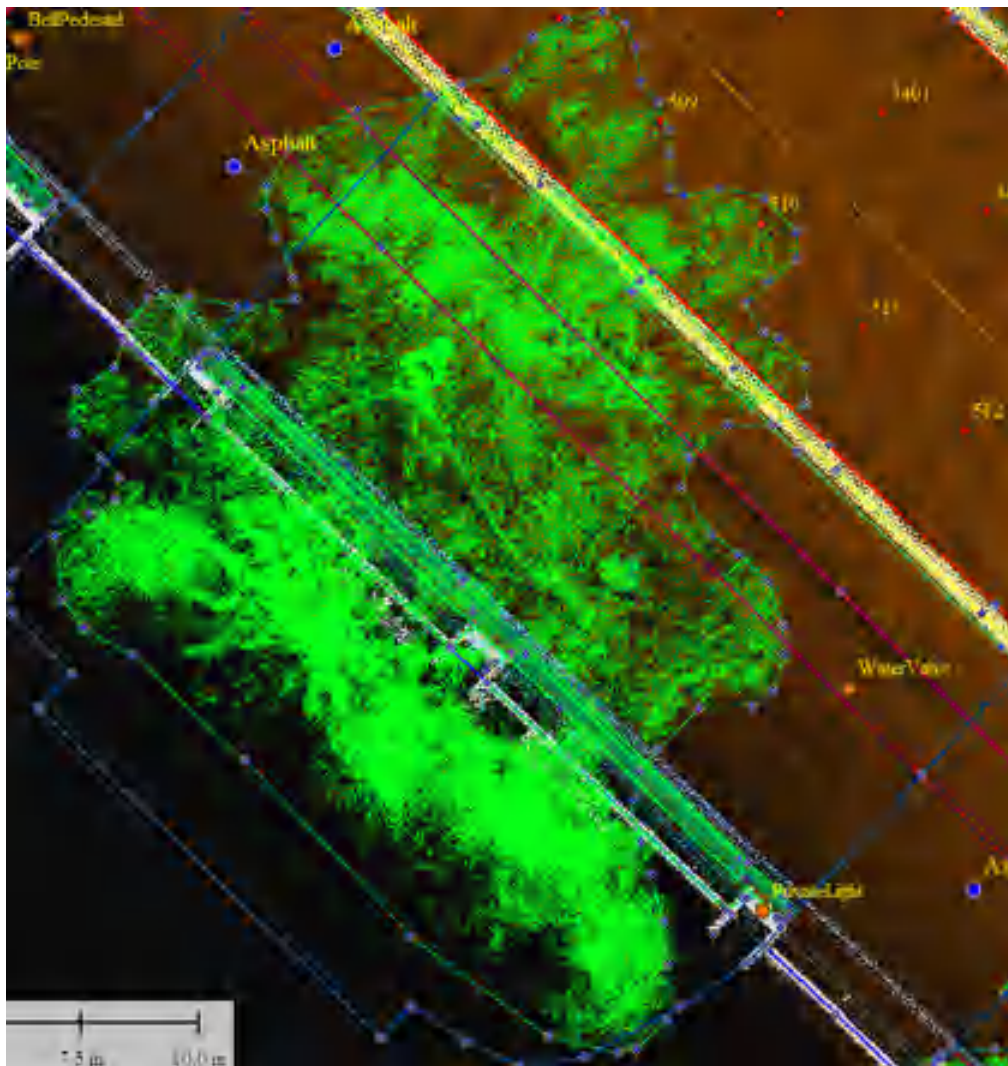


Рисунок 3.14 – Приклад векторизації скупчення дерев

Після завершення векторизації було виконано перевірку зони повторним переглядом фотографій відповідних області інтересу.

3.3 Аналіз отриманих даних

Отже в результаті векторизації було отримано набір кількісних даних, що в подальшому підлягають аналізу. Дані було угруповано в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Аналіз кількісних даних

Назва об'єкту	Тип об'єкту	Кількість векторних об'єктів	Кількісна інформація
Bush	Area/Line	175	175
ConcretePad	Area/Line	40	40
Bollard	Area	3	3
Canopy	Area	82	82
Stump	Area	1	1
Trunk	Area	58	–
EdgeOfPavement / FlowLine / BackOfCurb	Line	36/16/22	2.54 км
Boulder	Line	24	24
BuildingFace	Line	76	76
Cabinet	Line	8	8
DitchLine	Line	11	11
Driveway	Line	153	76 шт
FenceLine	Line	86	1.96 км
Garden	Line	179	179
GLB	Line	4	4
Hedge	Line	52	52
RetainingWall	Line	17	17
Sidewalk	Line	126	2.31 км

TreeCluster	Line	111	0,0405 кв. км
BellPedestal	Point	15	15
DrivewayMaterial	Point	120	Asphalt – 78 Concrete – 3 Dirt – 1 Gravel – 6 Interlock – 32
Catchbasin	Point	61	61
FireHydrant	Point	12	12
Guywire	Point	36	36
Hydrometer	Point	5	Від 81,31м до 91,68м
HydroPole	Point	51	51
Mailbox	Point	9	9
Manhole	Point	62	62
PrivateLight	Point	8	8
Sign	Point	53	53
UnknownPedestal	Point	11	11
WaterValve	Point	39	39
Всього	–	1762	–

Проаналізувавши отримані дані з одного кілометра вулиці можна зробити висновки про недоліки та тенденції міста Оквілл [15]. Дане місто добре засаджено деревами, що забезпечує поглинання вуглекислого газу біля доріг. У місті переважна більшість населення має на своїх ділянках клумби з кущами та декоративними рослинами. Вздовж усієї вулиці є пішохідні доріжки. На під'їздах до будинків для покриття переважно використовують асфальт та плитку.

Досліджена частина міста має дуже добре забезпечена стаціонарним телефонним зв'язком. Забезпечення електромережі також на високому рівні, майже кожен стовп має вуличні ліхтар забезпечуючи освітлення вночі та інколи мають інженерні

споруди для утримання рівноваги. Кількість трансформаторів задовільна. Кількість поштових скриньок на достатньому рівні. Протипожежна система рівномірно покриває усю вулицю пожежними гідрантами та водними клапанами, що забезпечує доступ до води у випадку пожеж. Каналізаційна система на бездоганному рівні на протязі усієї вулиці знаходяться бордюри з водовідводом та стічними люками. Майже усюди є каналізаційні люки, що забезпечують доступ до водопровідної системи [16].

Також було виявлено недолік у забезпеченні будинків лічильниками води. З 76 будинків мають гідрометри лише 5, що є дуже низьким показником.

ВИСНОВКИ

В даній дипломній роботі було підвищено оперативність та якість визначення стану міст для оцінки поточного стану комунальної інфраструктури міста Оквілл для визначення обсягу подальших потреб.

Результат досягався за допомогою класифікації лідарних хмар отриманих з лідару Trimble MX50 та використання методів автоматичної та ручної класифікації з подальшою векторизацією хмар у програмі Global Mapper 23.

На основі аналізу отриманих результатів було визначено, що стан комунальної інфраструктури міста на гарному рівні за винятком відсутності гідрометрів у переважної кількості будинків.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Le Gall, B., Authemayou, C., Ehrhold, A., Paquette, J.-L., Bussien, D., Chazot, G., Aouizerat, A., and Pastol, Y. LiDAR offshore structural mapping and U/Pb zircon/monazite dating of Variscan strain in the Leon metamorphic domain, NWBrittany. *Tectonophysics*, 2014. – 630 c.
2. Pinliang Dong and Qi Chen. *LIDAR Remote Sensing and Applications*, 2017. – 200 c.
3. Jim Crume, *Global Mapper: Step by Step (Survey Mapping Made Simple)*, 2021. – 81c
4. Nathan Blaunstein, Shlomi Arnon, Natan Kopeika, Arkadi Zilberman, *Applied Aspects of Optical Communication and LIDAR*, 2019. – 280 c.
5. Eric Hardin, Helena Mitasova , Laura Tateosian , Margery Overton, *GIS-based Analysis of Coastal Lidar Time-Series*, 2014. – 84 c.
6. David W. Allen, *GIS Tutorial 2: Spatial Analysis Workbook*, 2011. 344 c.
7. Roger Tomlinson, *Thinking About GIS: Geographic Information System Planning for Managers*, 2003. – 256 c.
8. Clint Brown, Christian Harder, *The ArcGIS Imagery Book: New View. New Vision*, 2016. – 172 c.
9. Paul Bolstad, *GIS Fundamentals: A First Text on Geographic Information Systems*, 2019. – 764 c.
10. D. Ian Heywood, Sarah Cornelius, Steve Carver, *An Introduction to Geographical Information Systems*, 2006. – 426 c.
11. Xuan Zhu, *GIS for Environmental Applications: A Practical Approach*, 2016. – 472 c.
12. Cynthia A. Brewer, *Designing Better Maps: A Guide for GIS Users*, 2005. – 597 c.

13. Osvaldo Muñiz Solari, Ali Demirci, Joop Schee, Geospatial Technologies and Geography Education in a Changing World, 2015. – 219 c.
14. Michael Law, Amy Collins, Getting to Know ArcGIS Desktop, 2018. – 600 c.
15. Kass Green, Russell G. Congalton, Mark Tukman, Imagery and GIS: Best Practices for Extracting Information from Imagery, 2017. – 418 c.
16. Shashi Shekhar, Hui Xiong, Encyclopedia of GIS, 2008. – 1370 c.

ДОДАТОК Б



Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського
«Харківський Авіаційний Інститут»
факультет ракетно-космічної техніки
кафедра геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі

кваліфікаційна робота магістра
за напрямом підготовки 103 «Науки про Землю»

Класифікація і векторизація лідарних даних для моніторингу комунальної інфраструктури міст з використанням даних ДЗЗ

Виконав: студент групи 465м
Ольховський Р. Р.
Керівник: д.т.н, проф, проф. каф. №407
Бутенко О. С.

Харків 2022

Актуальність роботи

- ▶ З розвитком нових міст все частіше комунальні структури звертаються до ГІС компаній для отримання даних про місто. Отримані статистичні та векторні дані допомагають швидше та якісніше визначати стан міст. Їх потреби та дають розуміння про майбутній обсяг робіт. У даній роботі було виконано реальне замовлення комунальної структури у місті Оквілла, що знаходиться в Канаді.
- ▶ Мета роботи: підвищення оперативності та якості визначення стану міст для оцінки поточного стану їх комунальної інфраструктури та визначення обсягу подальших потреб
- ▶ Об'єкт досліджень: аналіз та визначення стану міста, а саме: забезпечення електроенергією, систему водовідводу, пожежну систему, зв'язок, лічильники води та дерева
- ▶ Предмет досліджень: методи класифікації і векторизації лідарних даних для моніторингу комунальної інфраструктури міст з використанням даних ДЗЗ



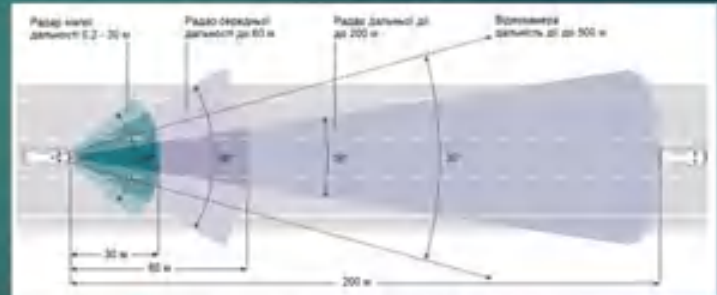
Принцип дії лідару

LIDAR (Light Detection And Ranging) - виявлення та визначення дальності за допомогою світла є оптичним аналогом традиційного RADAR (Radio Detection And Ranging) - виявлення та визначення дальності за допомогою радіохвиль.



Порівняльна таблиця основних систем візуалізації

Умова роботи пристрою / Ефективність	Відеокamera	Радар	Лідар
Точка, к-ть об'єктів (класів)	Висока точність за певними умовами (класів об'єктів)	Дуже низька точність (класів об'єктів)	Дуже висока
Висока швидкість відомості	Висока швидкість відомості	Дуже низька швидкість відомості	Дуже висока
Високоточні координатні дані (мас. наб. точок)	Середня точність координат	Дуже низька	Точні координатні дані
Краща роздільна здатність	Висока роздільна здатність	Дуже низька роздільна здатність (0.5 - 1 градус)	0.1 градус
Висока контрастність	Так	Не виступає	Краще за інші системи (висока контрастність)
Високоточні координатні дані	Високоточні координатні дані (високоточні координати)	Середня точність (0.5 - 1 градус)	Високоточні координатні дані (високоточні координати)



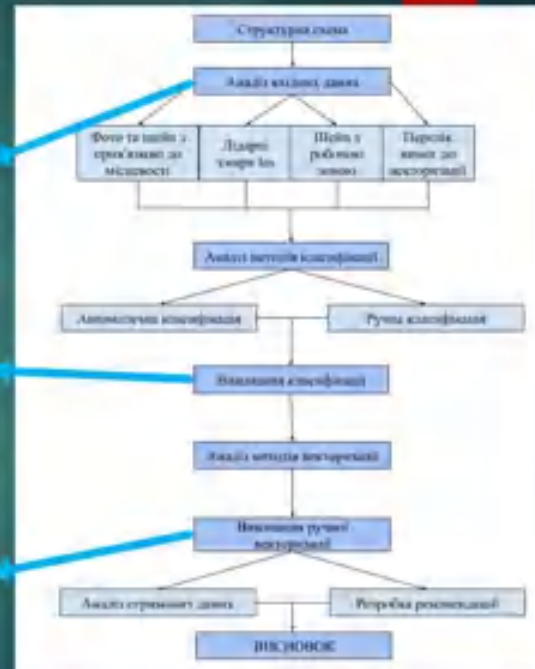
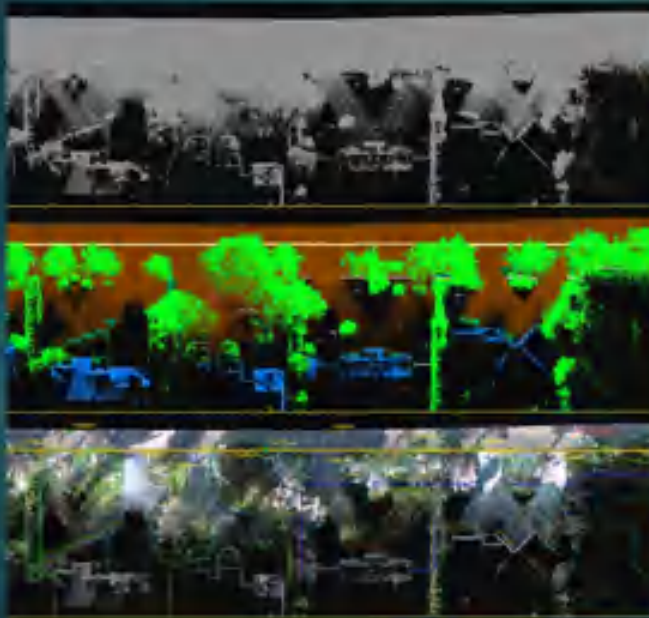
Trimble MX50 створює високоточні хмари точок навколишнього оточення і доповнює їх якісними панорамними зображеннями, забезпечуючи значне зростання продуктивності. Зазвичай MX50 встановлюється на даху автомобіля і виконує сканування і зйомку панорамних зображень на швидкості руху машини по шосе.

Вхідні дані

- ▶ Лідарна хмара
- ▶ Зона виконання роботи
- ▶ Шейп з координатами фотографій



Структурна схема роботи

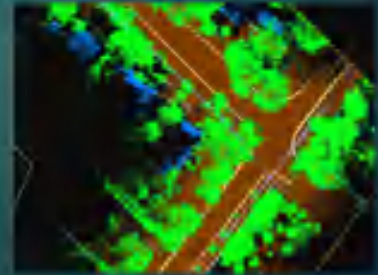
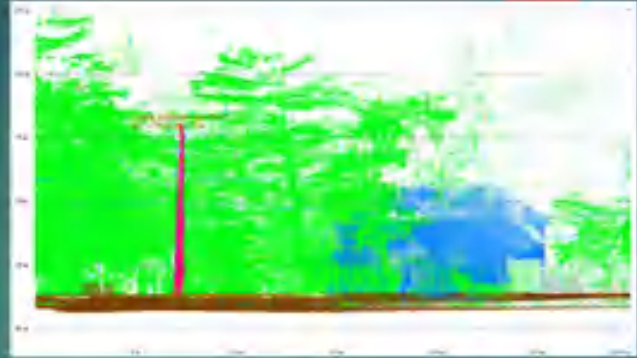


Переваги та недоліки обраних методів класифікації та векторизації

АВТОМАТИЧНА КЛАСИФІКАЦІЯ	РУЧНА КЛАСИФІКАЦІЯ	РУЧНА ВЕКТОРИЗАЦІЯ
+	+	+
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Створює фундаментальну класифікацію ▶ Швидкість виконання ▶ Гнучкість налаштувань 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Дає можливість виконувати детальне ділення на класи ▶ Гнучкий набір класів ▶ Потребує мінімум інструментів 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Гнучкість виконання робіт ▶ Можливість створювати будь-які умовні позначення ▶ Дає можливість прийняти правильне рішення у нестандартних ситуаціях
-	-	-
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Грубе поділення на класи ▶ Маленький набір інструментів 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Довгий процес виконання ▶ Потребує багато етапів перевірки 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Довгий процес виконання ▶ Присутність людського фактору

Класифікація лідарних хмар

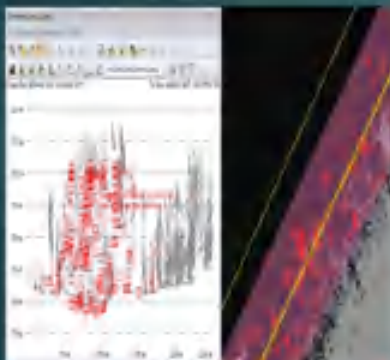
- ▶ Класифікація потрібна для того щоб адаптувати сирі імпортовану з приладу лідар хмару до сприйняття людиною у 2D вигляді.
- ▶ Усі створені класи можна фарбувати у зручний для сприйняття колір.
- ▶ Під час класифікації використовують автоматичний та ручний спосіб обробки.
- ▶ Дозволяє керувати відображенням даних за допомогою відкладень зайвої інформації



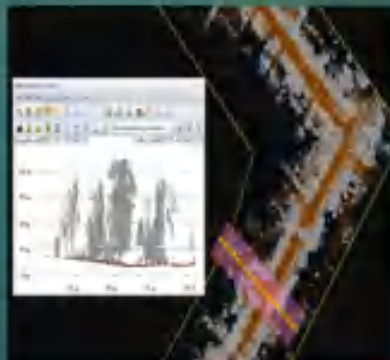
Автоматична класифікація

Виконується за допомогою інструментів «Auto-Classify Noise Point», «Auto-Classify Ground Points», «Auto-Classify Non-Ground Lidar Points» та поділяється на 3 етапи:

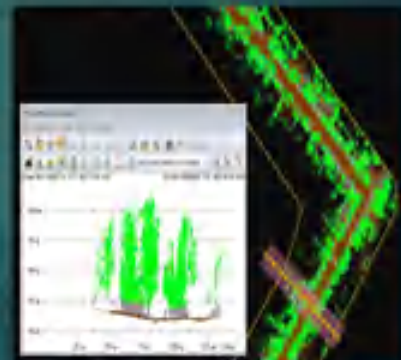
Етап 1: класифікація шумів



Етап 2: класифікація землі

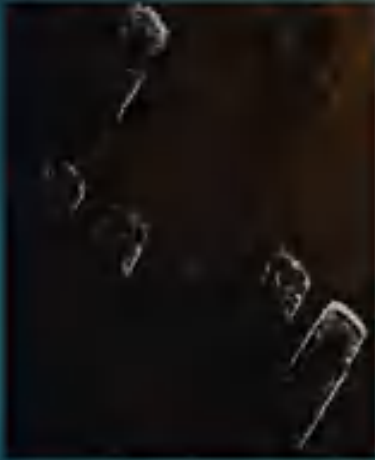


Етап 3: класифікація висотних об'єктів

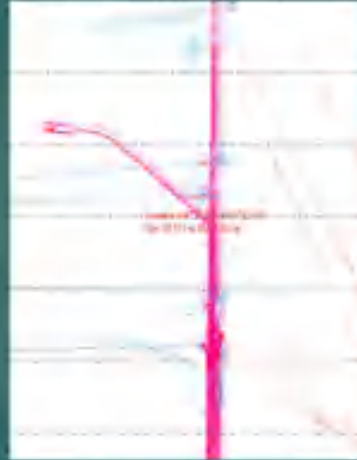


Ручна класифікація

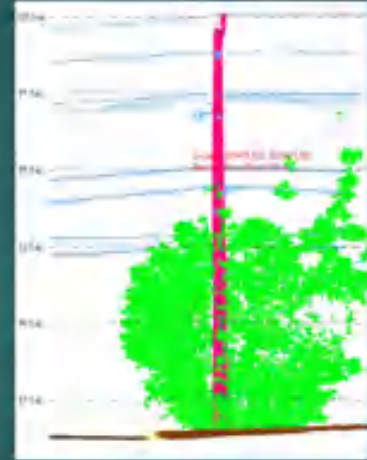
Виконується за допомогою інструментів «Patch Profile» та «Lidar Filter Settings» в програмі Global Mapper 23



- ▶ Дає можливість очистити лідарну хмару від зайвої інформації



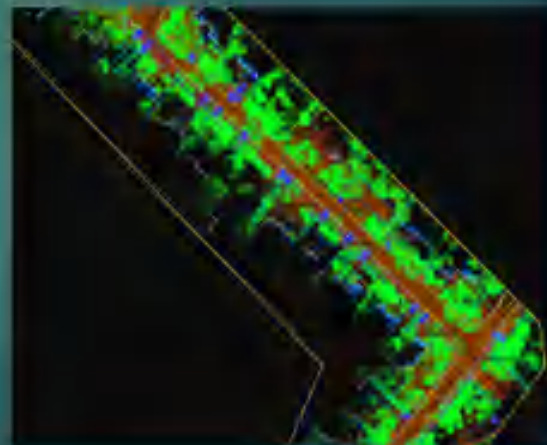
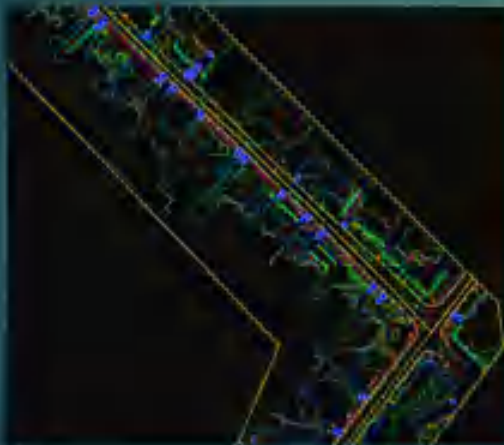
- ▶ Дозволяє більш детально виділяти об'єкти, що підлягають класифікації



- ▶ Дозволяє відокремити один від одного класи точок коли вони перетинаються

Векторизація

- ▶ За допомогою процесу векторизації було отримано точний план місцевості та кількісні дані про комунальну інфраструктуру, що дають змогу проаналізувати її стан та в майбутньому стати опорою для проєктів реноvaції приватних секторів в Україні



Отриманні данні на 1100 метрів дослідження приватного сектору

Дерев - 0,040414 кв. км (понад 500 шт)	Поштові скриньки - 9 шт
Кущі - 227 шт	Каналізаційні люки - 62 шт
Клумби - 179 шт	Стічні люки - 61 шт
Бордюри - 2,54 км	Приватне освітлення - 8 шт
Пішохідні доріжки - 2,31 км	Дорожні знаки - 53 шт
Будинки - 76 шт	Водні клапани - 39 шт
Паркани - 1,96 км	Пожежні гідранти - 12 шт
Захищені споруди рельєфу - 12 шт	Телефонні стовпи - 26 шт
Приватні парковки - 76 шт	Гідрометри - 5 шт
Електрощити - 12 шт	Електростовпи - 51 шт

ВИСНОВОК

- ▶ В даній дипломній роботі було підвищено оперативність та якість визначення стану міст для оцінки поточного стану комунальної інфраструктури міста Оківід для визначення обсягу подальших потреб.
- ▶ Результат досягався за допомогою класифікації лідарних хмар отриманих з лідару Trimble MX50 та використання методів автоматичної та ручної класифікації з подальшою векторизацією хмар у програмі Global Mapper 23.
- ▶ На основі аналізу отриманих результатів було визначено, що стан комунальної інфраструктури міста на гарному рівні за винятком відсутності гідрометрів у переважній кількості будинків.