



Київський національний університет будівництва та архітектури

Факультет: Геоінформаційних систем та управління територіями

Кафедра: геоінформатики і фотограмметрії

Кваліфікаційна робота  
Геоінформаційний аналіз лідарних даних для моніторингу ЛЕП

Виконав:

студент 4 курсу

групи ГСТ-20

Приходько Н.С.

Керівник проекту:

к.т.н. Горковчук Ю.В.

## **Мета проекту:**

Дослідження та впровадження ефективної методики моніторингу ліній електропередач (ЛЕП) за допомогою лідарного знімання для підвищення точності, ефективності та безпеки електричних мереж.

## **Завдання проекту:**

### **1. Вивчення теоретичних основ моніторингу ЛЕП:**

- Визначення та класифікація ЛЕП
- Визначення завдань моніторингу ЛЕП

### **2. Розробка методології моніторингу ЛЕП:**

- Порівняльний аналіз методів моніторингу ЛЕП
- Розроблення методології моніторингу ЛЕП на основі лідарного знімання

### **3. Практична реалізація моніторингу ЛЕП:**

- Виконання моніторингу ЛЕП на основі лідарних даних
- Обробка та класифікація лідарних даних
- Візуалізація та оцінка результатів моніторингу.

# Визначення та класифікація ЛЕП

Повітряна лінія електропередачі (ЛЕП) - електроустановка для передавання електричної енергії по проводах, розташованих просто неба та прикріплених до опор або кронштейнів.

## Класифікація за напругою:

- Низьковольтні (до 1 кВ)
- Середньовольтні (1-35 кВ)
- Високовольтні (110-220 кВ)
- Надвисоковольтні (330-500 кВ)
- Ультрависоковольтні (750 кВ і вище)

## Призначення ЛЕП:

Наддалекі, магістральні, розподільні, підводящі до споживачів

## Елементи ЛЕП:

Провідники, ізолятори, опори, траверси, затискачі, відтяжки, блискавкорозрядники

## Охоронні зони:

Визначаються уздовж ліній та підземних кабелів, залежно від напруги та типу місцевості.

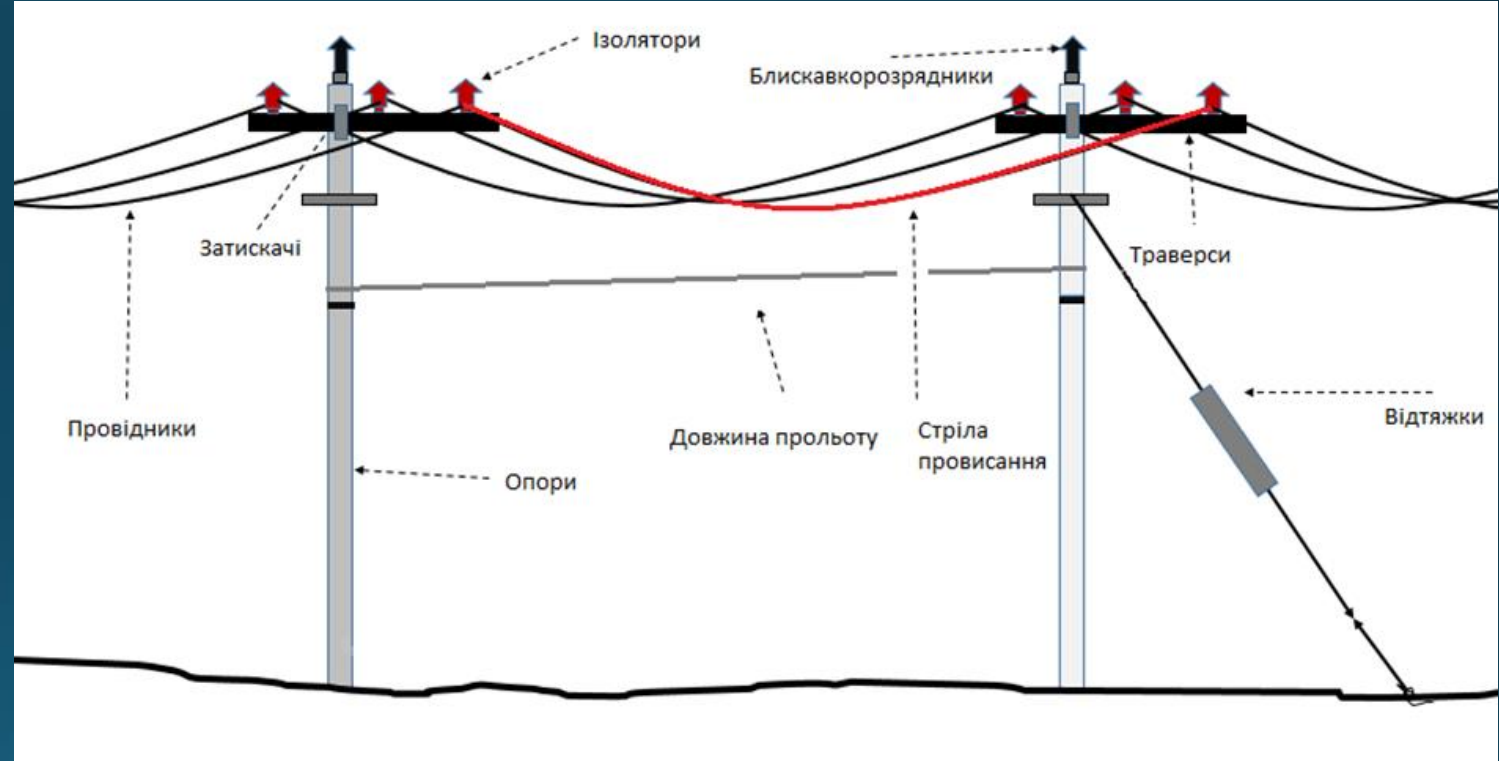


Схема лінії електропередач (ЛЕП)

# Завдання моніторингу ЛЕП

Завдання моніторингу ЛЕП:

Трек моніторинг коридору:

- Система спостереження та аналізу стану маршруту ЛЕП.
- Виявлення пошкоджень, відхилень та потенційних проблем.

Моніторинг стану частин вежі:

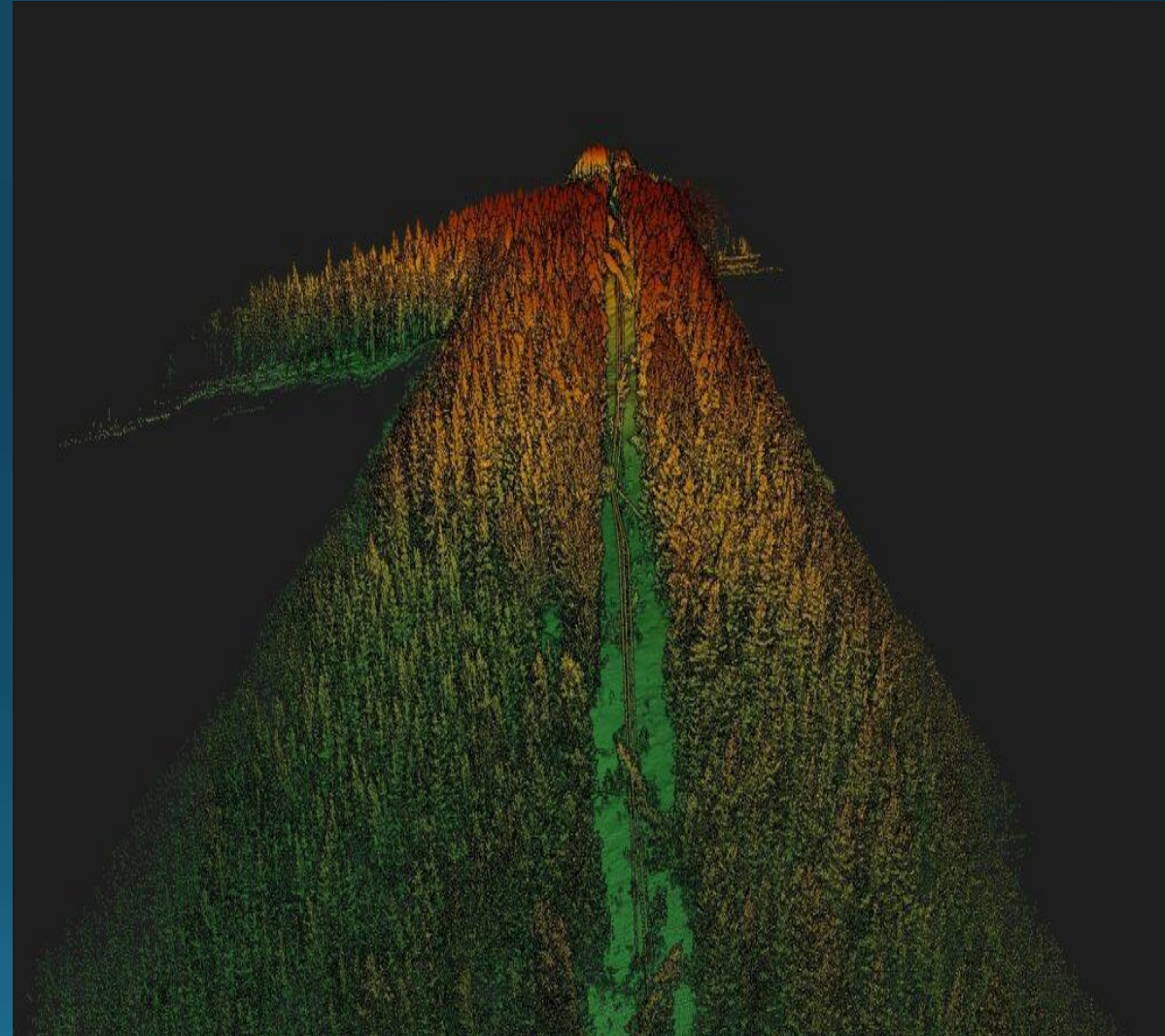
- Локальний стан: пошкодження ізоляторів, дротяних затискачів, антивібраційних молотків.
- Виявлення дефектів, деформацій та пошкоджень блискавкозахисту.
- Швидке знаходження несправностей для технічного обслуговування.

Онлайн-моніторинг:

- Постійний або регулярний збір та аналіз даних про стан ЛЕП в режимі реального часу.
- Прогнозування навантаження та оцінка динамічної пропускної здатності ЛЕП.

Технологія LiDAR:

- Використання лазерних імпульсів для вимірювання відстаней.
- Створення точних тривимірних моделей територій.
- Прикріплення до БПЛА для інспекції ЛЕП.



Тривимірна карта території ЛЕП створеної за допомогою використання технології LiDAR.

# Лідарне знімання та його переваги для моніторингу ЛЕП

LiDAR (Light Detection And Ranging) — методика, що використовує лазерні імпульси для точного визначення координат точок, забезпечуючи точне картографування території.

## Переваги LiDAR для моніторингу ЛЕП:

### Точне вимірювання відстаней:

- Вимірює відстані між лініями електропередач та рослинністю (рис. 1.).
- Допомагає ідентифікувати проблемні ділянки.

### Вимірювання профілів проводів:

- Виявляє та виправляє провисання ліній.
- Корисно в районах з високою щільністю трафіку.

### Моніторинг після штормів:

- Швидко виявляє нахилені до ліній дерева (рис. 2.).

### Швидкість та ефективність:

- Швидкий збір даних, охоплює 100 га за 2 години з точністю до 1 см.

### Економічна ефективність:

- Знижує витрати на робочу силу до 50%.

### Підвищення безпеки та зниження ризиків:

- Виявляє потенційні небезпеки для ЛЕП.
- Особливо важливо для високовольтних ліній.

### Інтеграція з іншими технологіями:

- Дані можуть бути інтегровані з іншими картографічними даними для більш детального аналізу.

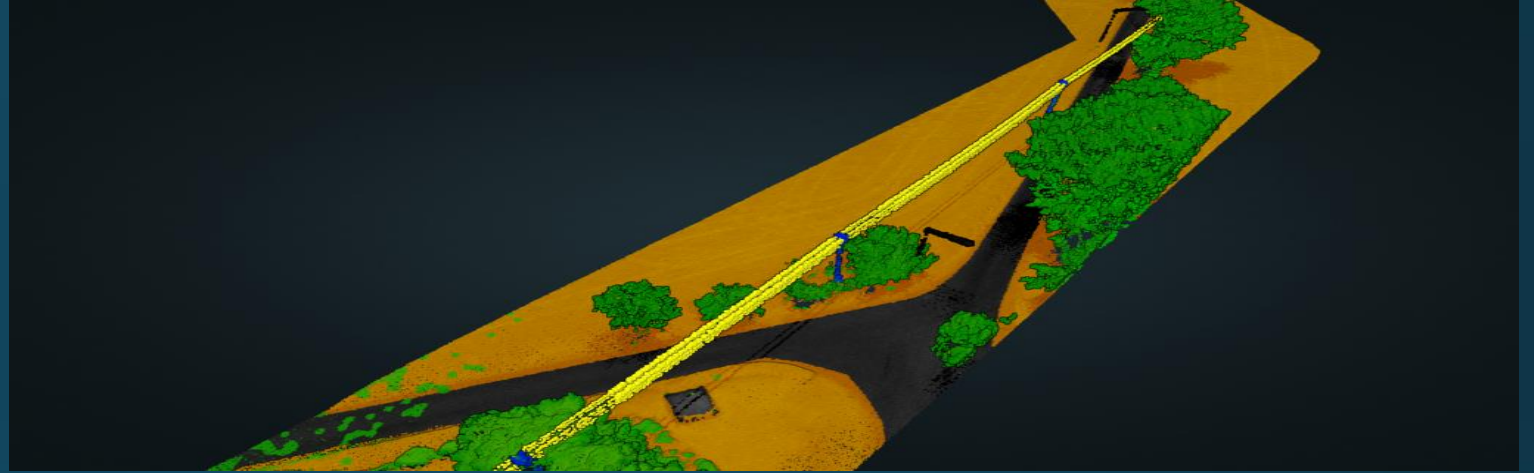


Рис. 1 Рослинність поблизу ліній електропередач.

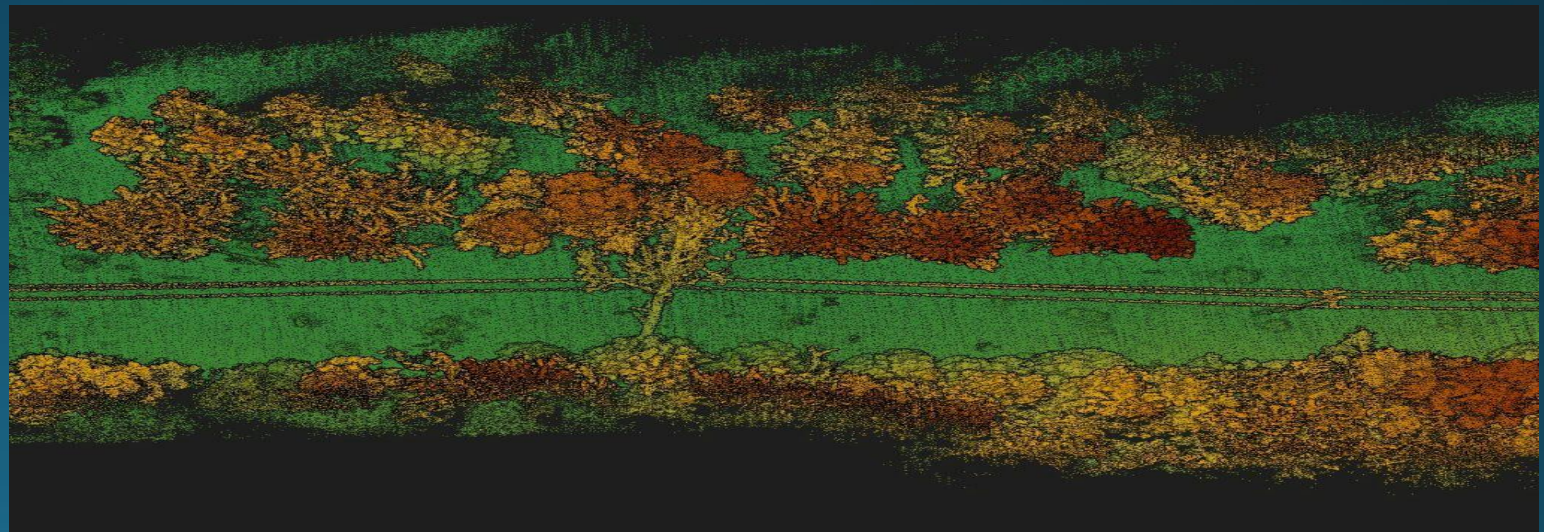
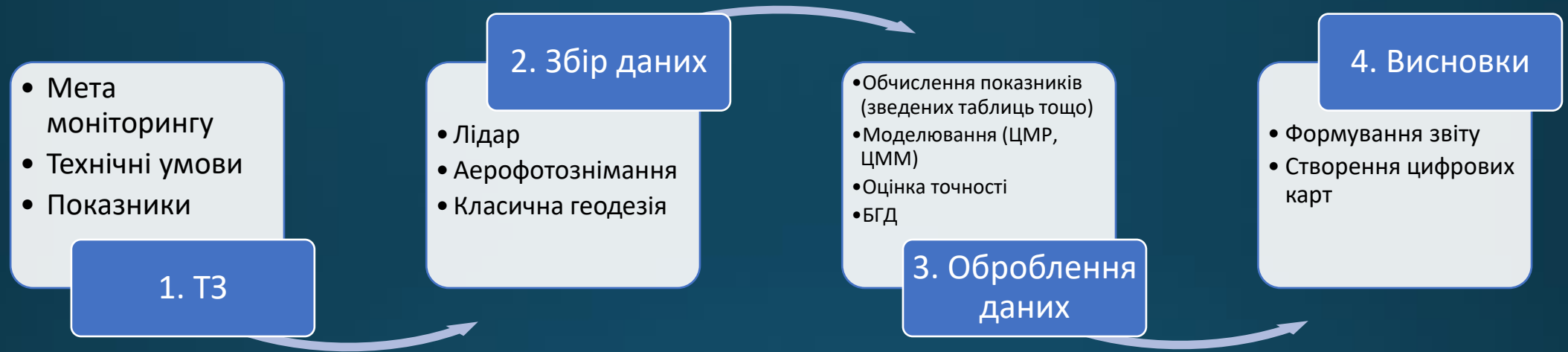


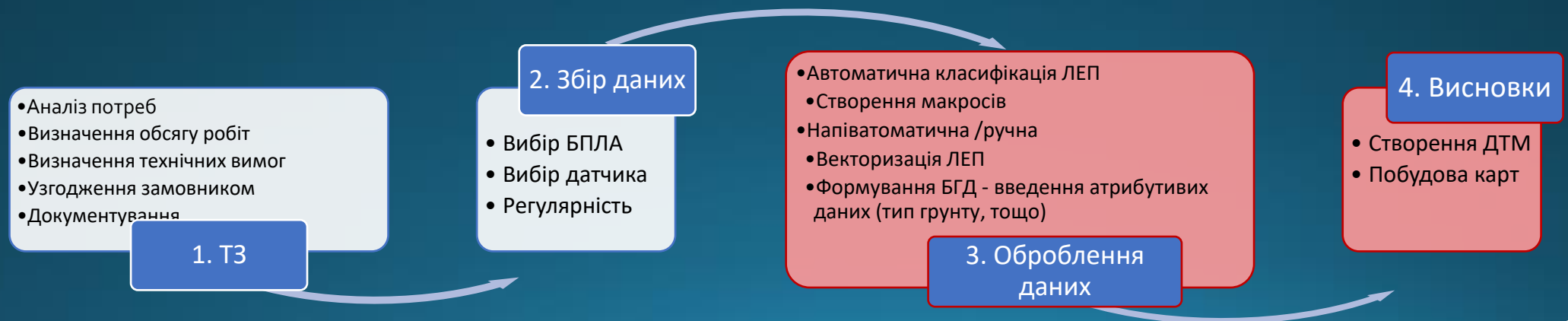
Рис. 2 Дерево, що впало на лінію електропередач.

# Методика моніторингу ЛЕП

## Загальна методика моніторингу ЛЕП



## Методика моніторингу ЛЕП за даними лідарного знімання

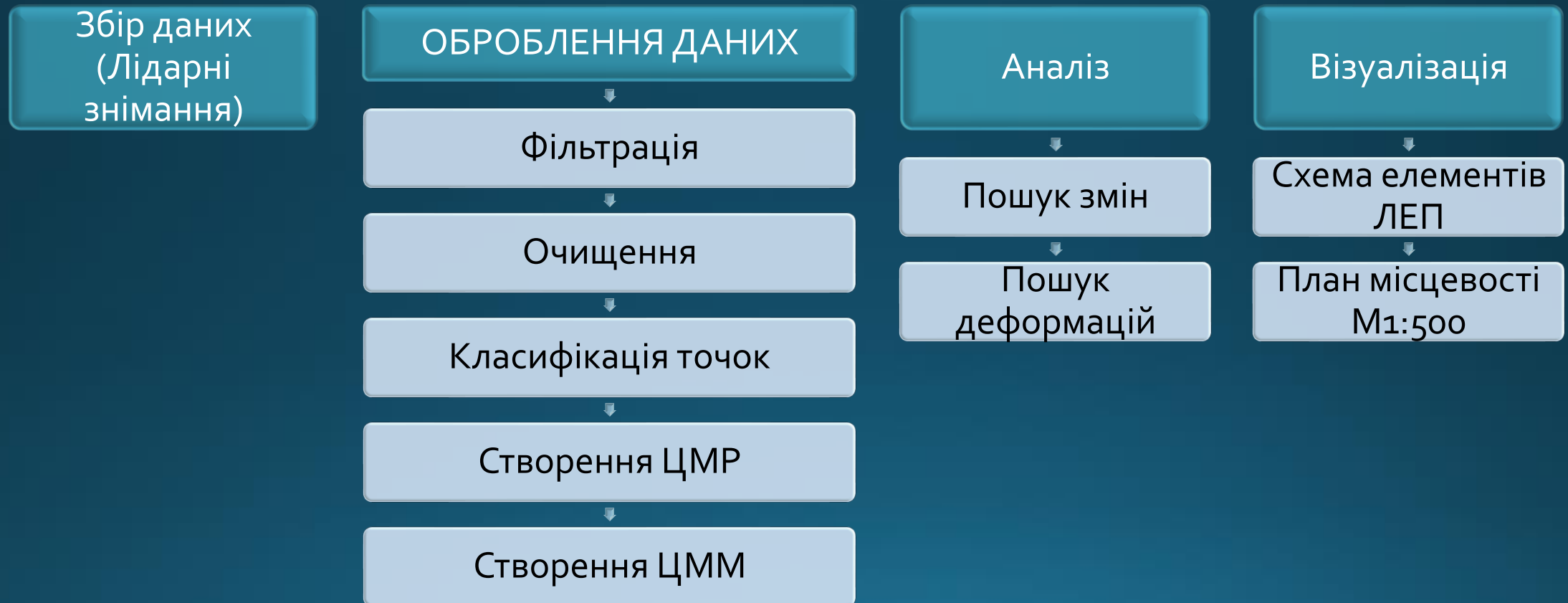


# Таблиця аналізу методів моніторингу ЛЕП

Фактори	Точність	Швидкість	Вартість	Формати даних	Автоматизована обробка	Доступність	Складність обробки даних	Вимоги до обладнання
1. Моніторинг ЛЕП за даними лідарного знімання	Мах 2-10 см	100 га за годину	Від 50 000 грн/га	.las	+	Низька	потребує спеціалізованого програмного забезпечення	Спеціалізоване
2. Моніторинг ЛЕП за даними класичного виконавчого знімання	1 см	2 га за годину	Від 2000 грн/га	.txt	-	Широка	Обмеженні можливості наповнення БГД	Стандартне
<b>Висновки</b>	2	1	2	-	1	2	1	-

# Оброблення лідарних даних при моніторингу ЛЕП

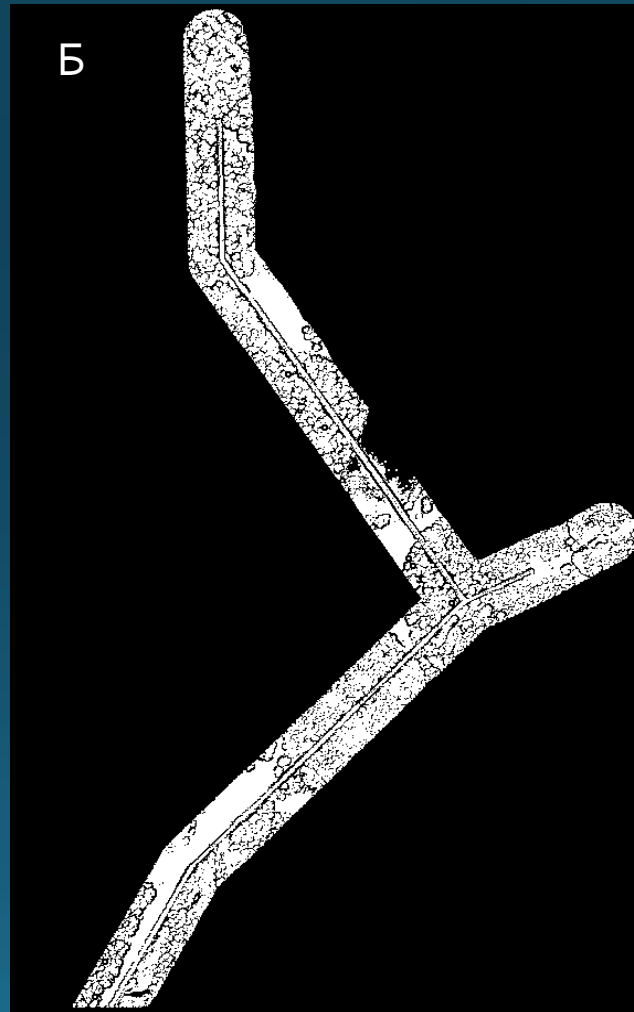
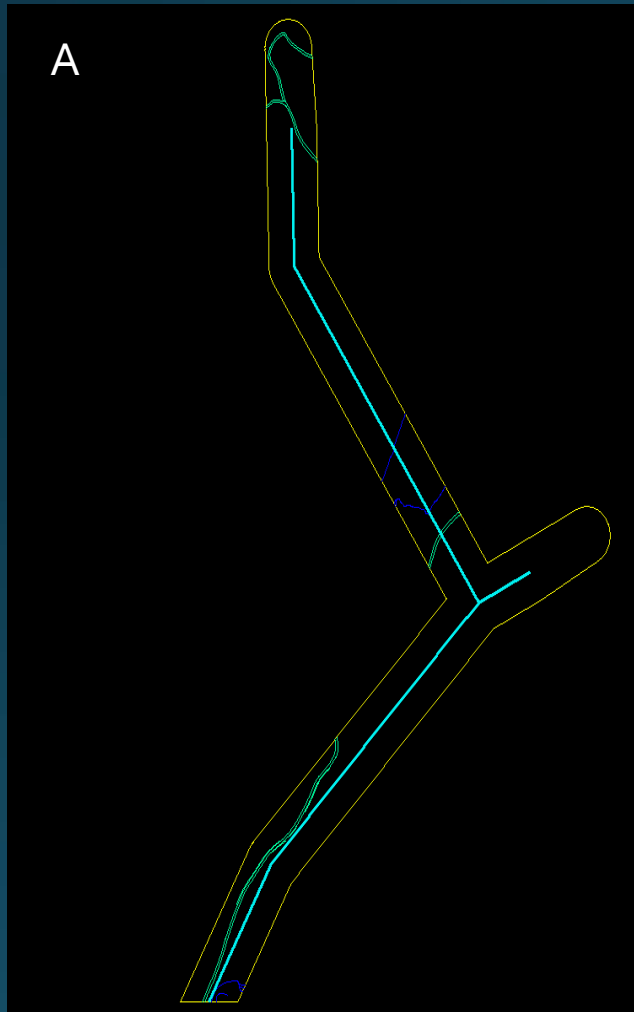
Схема обробки даних створених з допомогою технологій LiDAR



# Місцерозташування об'єкта

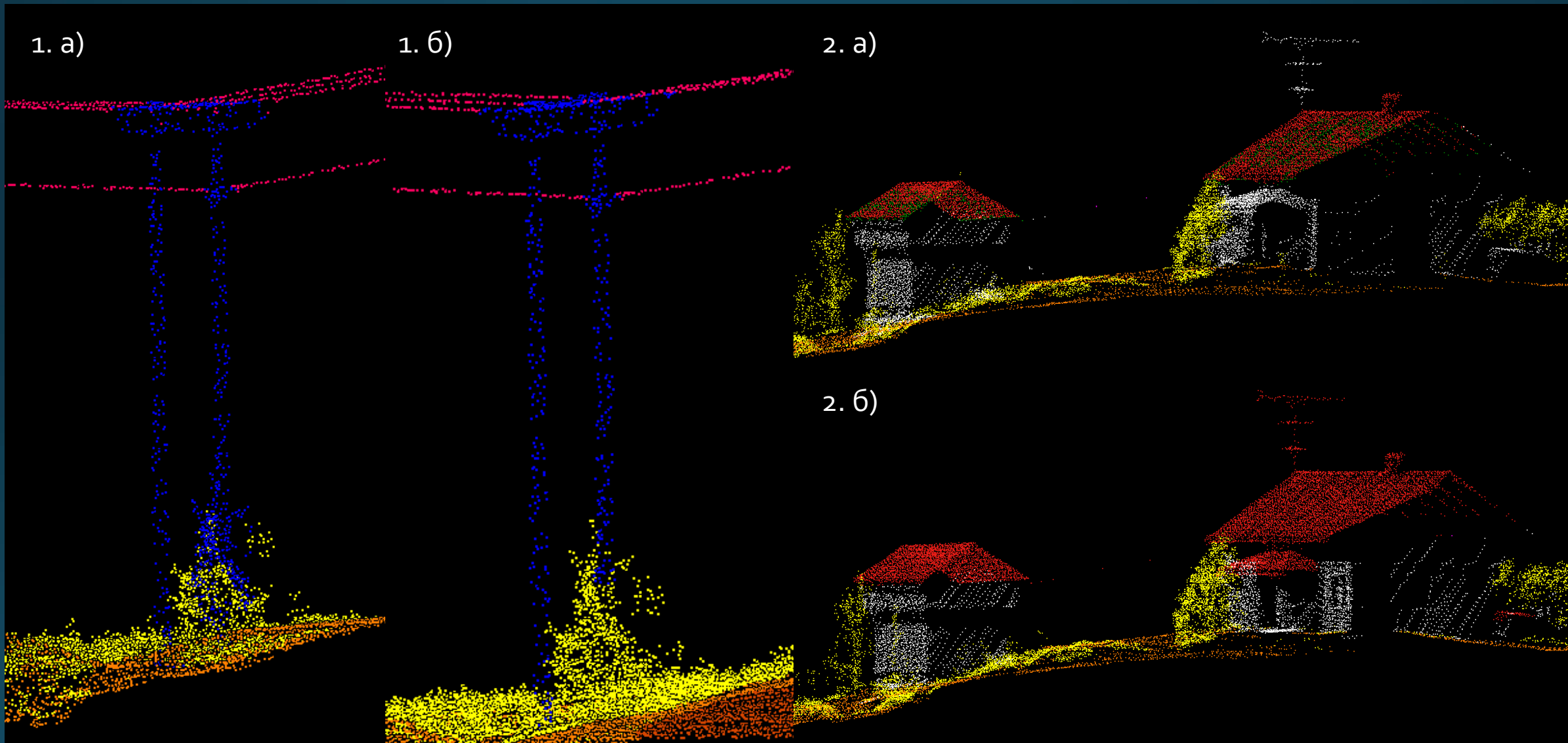
Для виконання практичної реалізації моніторингу ЛЕП було використано дані лідарного знімання для об'єкту лінії електропередач на території країни Норвегії, поблизу містечка Берг на східному узбережжі країни.

А) Буферна зона об'єкта з допоміжними векторами  
Б) Дані до застосування автоматичної класифікації  
В) Дані після автоматичної класифікації



# ПОРІВНЯННЯ ДАНИХ

ПІСЛЯ ВИКОНАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ ТА РУЧНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ



# РЕАЛІЗАЦІЯ МОНІТОРИНГУ ЛЕП ЗА ДАНИМИ ЛІДАРНОГО ЗНІМАННЯ ПІСЛЯ АВТОМАТИЧНОЇ ТА РУЧНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ

## 1. Охоронна зона ЛЕП:

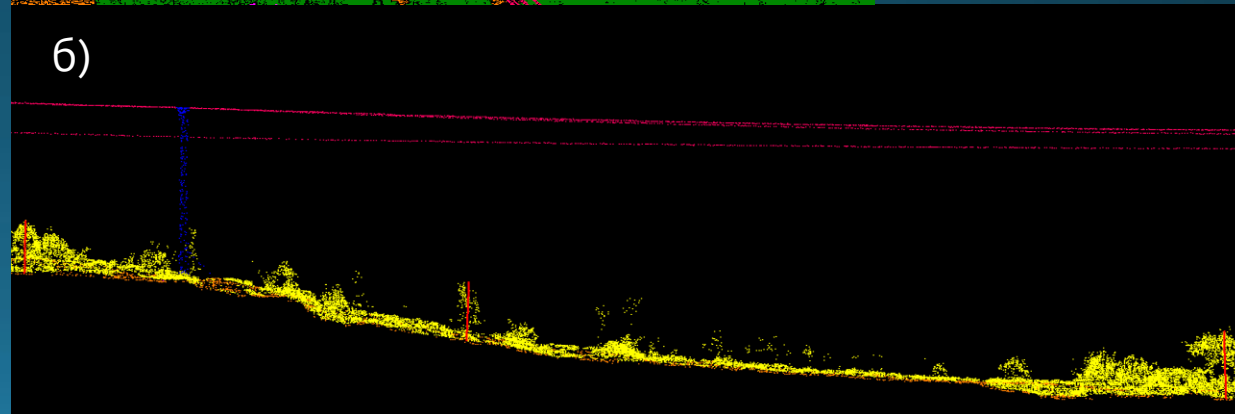
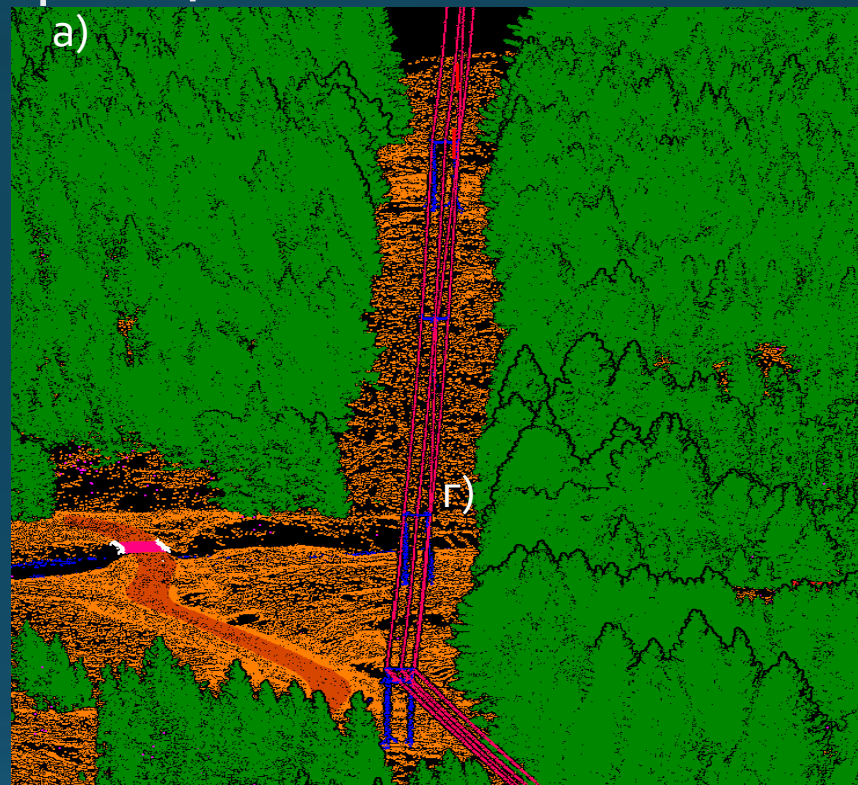
- Розміри охоронної зони в межах об'єкта відповідають вимогам правил охорони електричних мереж, зазначеним у № 457 від 09.05.2023 року.

**Малюнок а)** показує візуалізацію охоронної зони навколо ЛЕП, що допомагає у визначенні її розмірів та відповідності встановленим вимогам.

## 2. Відстань від верху дерев до проводів:

- Виявлено, що відстань по вертикалі від верху крон дерев до проводу повітряної лінії електропередачі перевищує 2 метри, що потребує корекції для уникнення можливих аварій.

**Малюнок б)** демонструє дерева, які перевищують цю норму висоти та потребують уваги.



# Проведений моніторинг ЛЕП

## 3. Будівництво поблизу ліній електропередач:

- Згідно правил охорони електричних мереж, будівництво будь-яких будівель під лініями електропередач не допускається.

## 4. Стан елементів мережі:

- Усі опори, ізолятори, відтяжки, траверси та провідники перевірені і знаходяться у робочому стані.

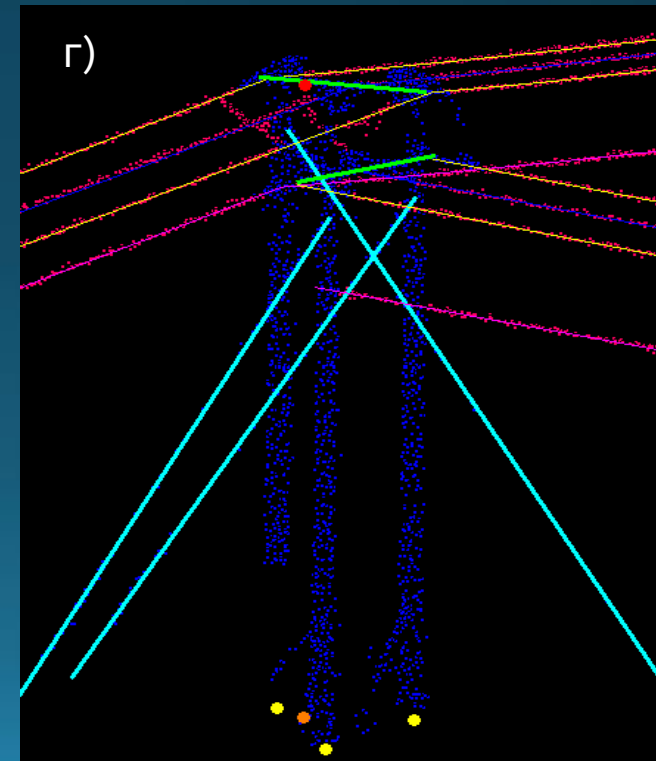
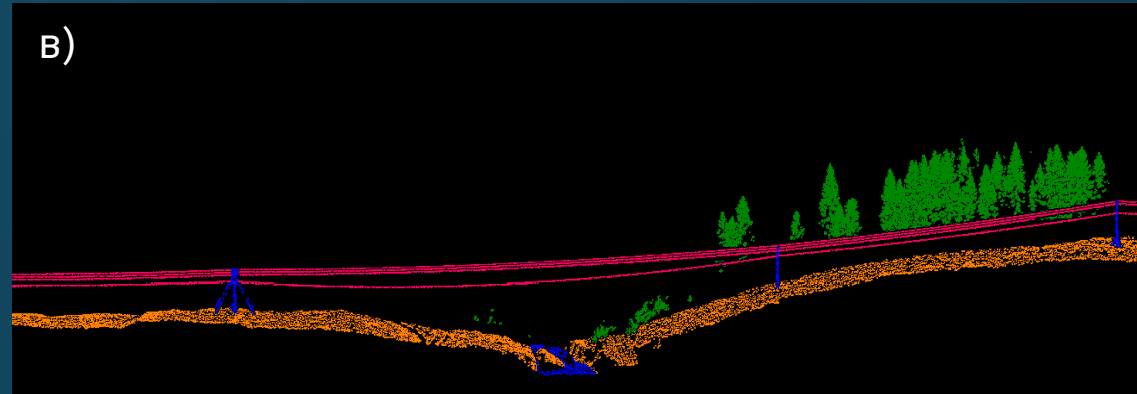
## 5. Стріла провисання проводу:

- Виявлено провідник з великою стрілою провисання, що знаходиться у небезпечній зоні над річкою.

Малюнок в) демонструє місце провисання стріли та допомагає в оцінці стану та необхідності вжиття заходів.

## 6. Векторна модель для моніторингу:

Розроблена векторна модель (малюнок г) для легшої перевірки деталей та виявлення несправностей у всіх елементах мережі.



# Висновки

У сучасному світі електроенергетика є ключовою для розвитку суспільства та економіки, а лінії електропередач (ЛЕП) є її основою. Надійне функціонування ЛЕП вимагає постійного моніторингу та технічного обслуговування, для чого використовуються сучасні технології, такі як лідарне знімання. Лідар дозволяє створювати точні цифрові моделі поверхні, що допомагає детально відстежувати стан ЛЕП, виявляти пошкодження та прогнозувати можливі ризики.

У дипломному проекті було досліджено, як лідарне знімання можна інтегрувати в систему моніторингу ЛЕП для підвищення їх ефективності та надійності. Проект включає аналіз сучасних технологій моніторингу, розробку методології з використанням лідару та практичну реалізацію моніторингу.

Виконано обробку даних лідарного знімання, включаючи фільтрацію та класифікацію хмари точок за допомогою макросів та ручного підходу. Порівняння методів показало, що ручна класифікація є точнішою для виявлення дрібних деталей та виправлення помилок автоматичної класифікації. Проведено моніторинг ЛЕП за такими показниками, як розмір охоронної зони, відстань від дерев до проводів, будівництво поблизу ліній, стан елементів мережі та стріла провисання проводу. Візуалізація мережі на основі векторизації ключових елементів дозволила отримати детальну картину їх стану та розташування.

Поєднання автоматичної та ручної класифікації забезпечило баланс між точністю та продуктивністю, що підвищило ефективність геопросторового аналізу. Результати дослідження можуть бути корисними для підвищення надійності та ефективності експлуатації електромережі, сприяючи сталому розвитку електроенергетики.

Дякую за увагу