КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ
ФАКУЛЬТЕТ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І УПРАВЛІННЯ ТЕРИТОРІЯМИ
КАФЕДРА ГЕОІНФОРМАТИКИ ТА ФОТОГРАММЕТРІЇ
193 «ГЕОДЕЗІЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ»
ОСВІТНІЙ РІВЕНЬ «БАКАЛАВР»

АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА
НА ТЕМУ: **«СТВОРЕННЯ ЦМР ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПРИКЛАДНОЇ ЗАДАЧІ З РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ ПОРУШЕНИХ ЧЕРЕЗ ВІДКРИТІ ГІРНИЧОДОБУВНІ РОБОТИ»**

ВИКОНАВ:
СТУДЕНТ ГРУПИ ГСТ-41
МІЧКІН ОЛЕКСАНДР ДМИТРОВИЧ

КЕРІВНИК:
ДОЦ. ГОРКОВЧУК ДЕНИС ВІКТОРОВИЧ
2022

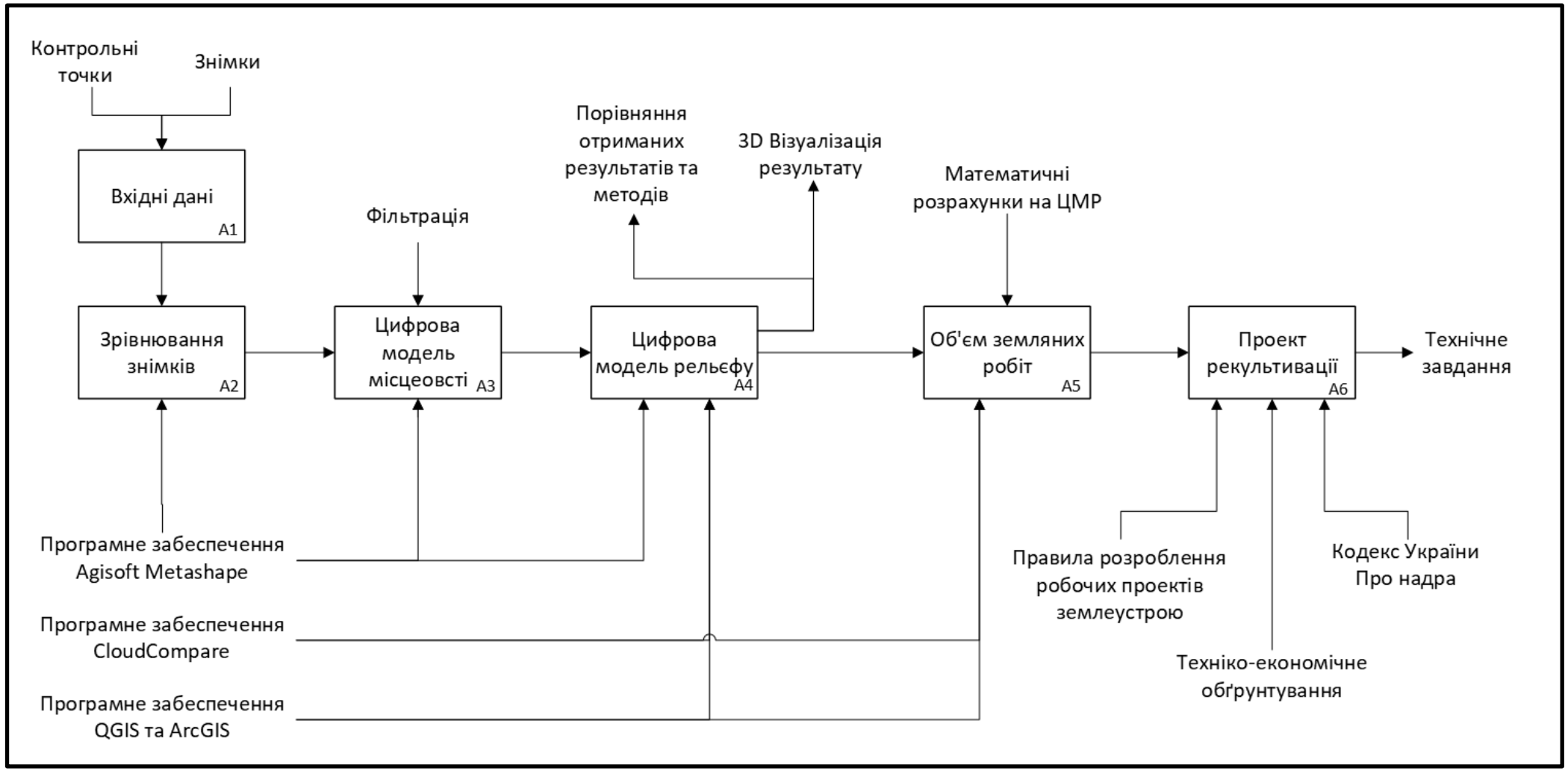
Мета, завдання та предмет дослідження

Мета: Розрахувати об’єм земляних робіт для проекту рекультивації кар’єру, використовуючи методи фотограмметрії та побудови ЦМР. Порівняти різні методи розрахунків та визначити найточніший

Предмет дослідження: визначення об'єму та площі виїмки кар'єру.

Завдання: Створити ЦМР досліджуваного кар'єру у вигляді полігональної 3д моделі і використати її для аналізу двох способів рекультивації: відновлення рельєфу та затоплення.

Діаграма Бакалаврської роботи



Розділ 1.
Завдання рекультивації

Рекультивації підлягають землі, рельєф яких був змінений внаслідок проведення гірничодобувних, геологорозвідувальних, будівельних та інших робіт [Земельний кодекс України ст.166].

7 напрямів рекультивації:

- **Сільськогосподарський**
- **Водне господарство (затоплення)**
- Лісогосподарський
- Рекреаційний напрям
- Природоохоронний
- Будівельний
- Санітарно-гігієнічний

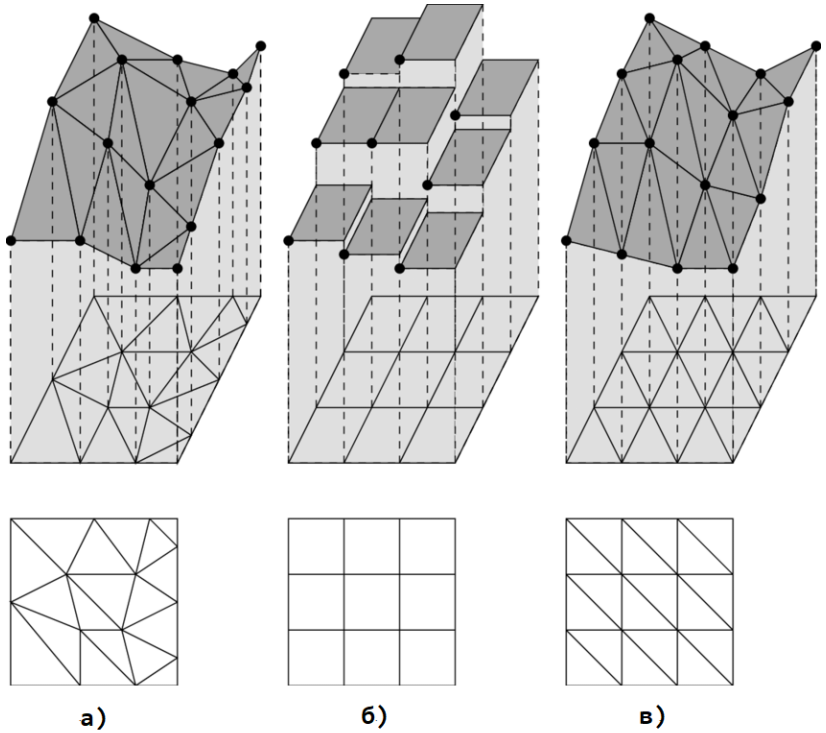
Основні методи цифрового зображення рельєфу

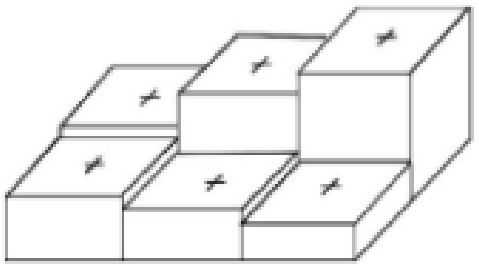
- Нерегулярна TIN (рис. а)
- GRID (рис. б)
- Регулярна TIN (рис. в)
- Точковий (рис. г)

Для проекту рекультивації необхідна модель яка буде максимально точно відтворювати реальну поверхню.

Метод TIN є найбільш підходящим для побудови 3D моделі рельєфу. Якість такої моделі залежить від кількості полігонів та точок, чим їх більше тим точніше модель.

GRID метод використовується для створення ЦМР, так як це дозволить сумістити модель із структурою растрового зображення без втрати даних.





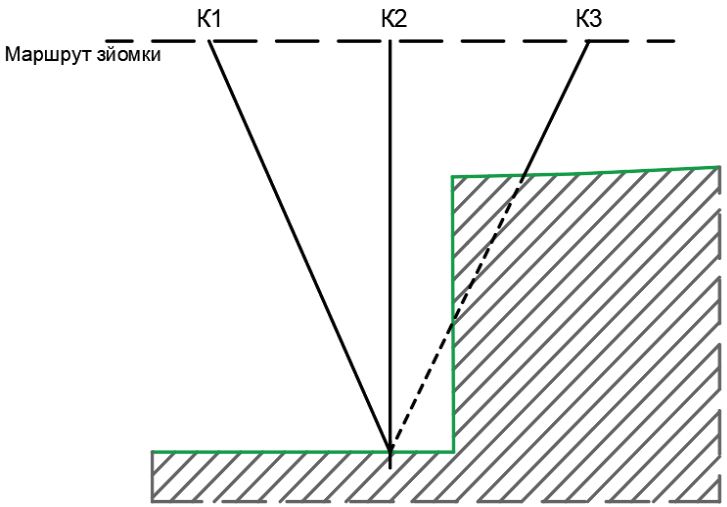
г)

Створення ЦМР кар'єру фотограмметричними методами за допомогою БПЛА

Виконується у три етапи:

1. Підготовка
   - Проектування маршруту з дотриманням вимог перекриття
   - Вибір обладнання (камера, лазерний сканер)
2. Знімання

   При зйомці кар'єрів потрібно виконувати різні види зйомки:
   - У надирі та перспективі
   - На різних висотах
3. Камеральна обробка даних
   - Оцінка якості знімків
   - Зрівнювання знімків
   - Прив'язка знімків до маркерів
   - Калібрування камери
   - Створення полігональної моделі на основі карти глибин
   - Фільтрація ЦММ
   - Корегування моделі після фільтрації
   - Створення ЦМР та ортофотоплану із заданою точністю



Рельєф перешкоджає спостереженню точки з різних положень камер

Розділ 2. Об'єкт дослідження

Гранітний кар'єр у Житомирській області біля с. Кам'яний брід.

Для даного кар’єру вибрано два можливих напрями рекультивації:

1. відновлення рельєфу та повернення земель до с/г угідь

- Розрахунок об'єму земляних робіт

2. затоплення

- Розрахунок часу за який кар'єр наповниться водою.

Задана відмітка нової поверхні – 190 м.

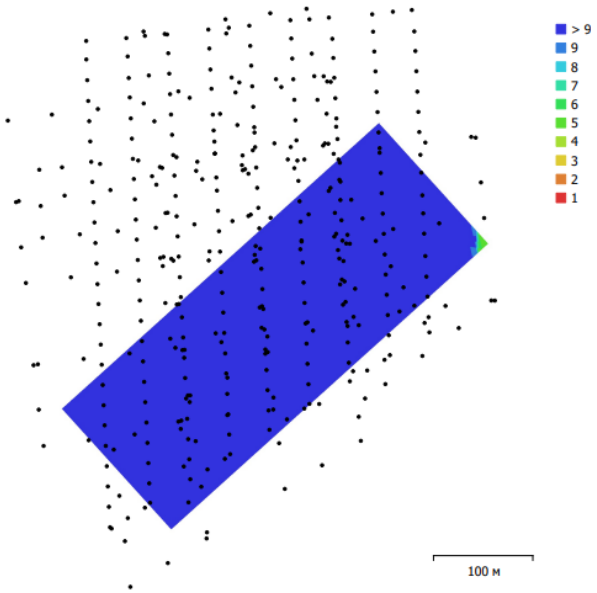
Ортофотоплан

Зрівнювання

Маркер	Значення px.
Point 1	0.415
Point 2	0.463
Point 3	0.295
Point 4	0.422
Point 5	0.429
Point 6	0.467
Point 7	0.409
Point 8	0.356

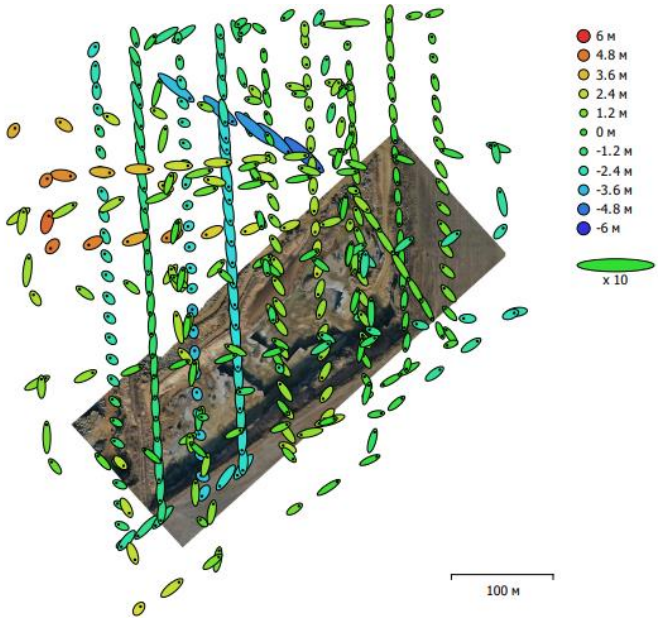
< 0,500 px

Точність визначення положення маркерів



Позиції камер та перекриття

Роздільна здатність знімання: 2.8 см/пікс



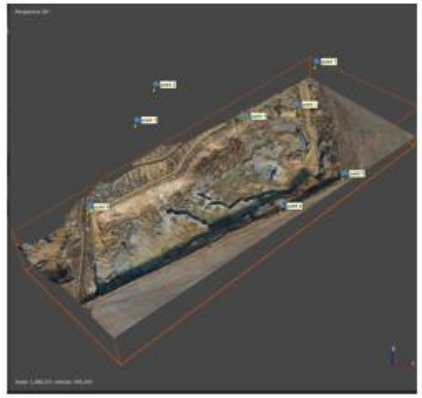
Позиції зйомки та оцінка похибок положення камери

Ошибка, X (м)	Ошибка, Y (м)	Ошибка, Z (м)	Ошибка XY (м)	Общая ошибка (м)
0.847049	1.19224	1.79626	1.46251	2.31635

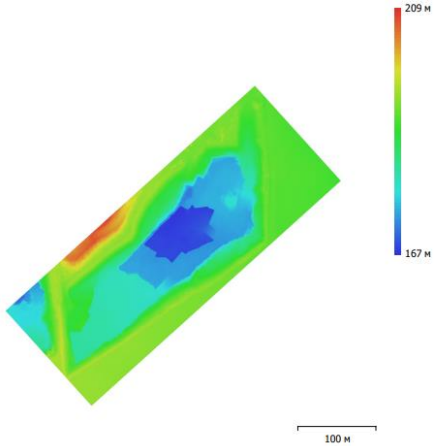
Середня похибка положення камер

ЦММ та ЦМР. Фільтрація полігональної моделі

- Фільтрація виконується на полігональній моделі
- ЦММ – цифрова модель місцевості, включає у себе об'єкти інфраструктури, та інші об'єкти які не відносяться до рельєфу
- ЦМР – цифрова модель рельєфу, це відфільтрована від штучних об'єктів ЦММ.

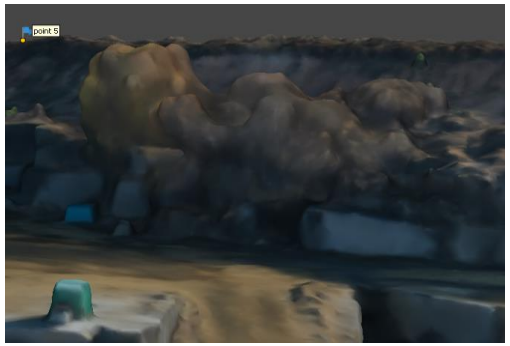


Полігональна модель



ЦМР
Точність: 21 см/пікс

Робоча техніка на території дослідження



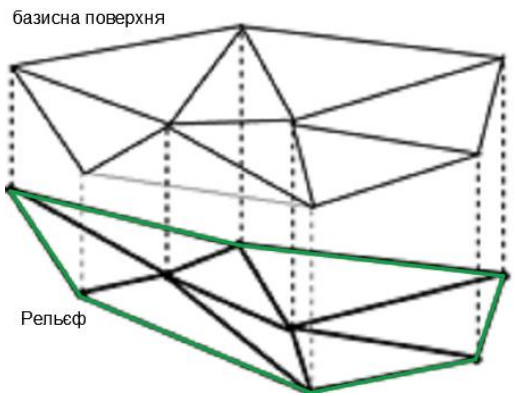
Крони дерев

Опис методів розрахунку об'єму цифрової поверхні

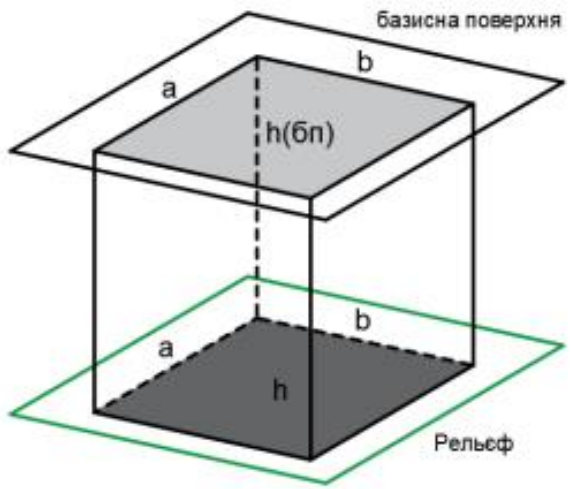
- Розрахунок умовних об'ємних фігур полігонів (призм) Рис.а
- Алгоритми у QGIS, ArcMap

- Розрахунок умовних об'ємних фігур пікселів (паралелепіпедів) Рис.б
- QGIS, CloudCompare

Загальний об'єм буде сумою усіх об'ємів фігур що попадають у зону дослідження. Рис.в



а)



б)

в)

Результати. Таблиця

Метод визначення об’єму	Результат, м^3 **(Відхилення від еталону)**	Особливості
QGIS спосіб 1	368937,993 **(-342,926)**	Інструмент розрахунку об'єму растрової інформації
ArcMap	368915,322 **(-365,597)**	Інструмент 3D аналітики «Surface Volume»
QGIS спосіб 2	371290,644 **(+2009,725)**	Порівняння двох растрів через різницю, та виведення результату через зональну статистику (sum)
QGIS інтерполяція	373619,720 **(+4338,801)**	Аналогічно способу 2 але зі створенням другої ЦМР базисної поверхні шляхом заповнення інтерполяцією «Нуль даних»
CloudCompare	**369280,919**	Інструмент 2.5D Volume calculation. Розрахунок проводиться на 3D моделі, а не на растрі ЦМР

Результати. Порівняння методів розрахунку

GIS алгоритми

- Конвертація GRID у TIN та знаходження об'ємів призм

+ Швидкі та прості

+ Достатньо точні

- Лише від плоскої базисної поверхні із заданою відміткою

- Неможливо порахувати простір під “нависаючою” поверхнею

Порівняння двох растрів (QGIS)

- Знаходження сумарного об'єму паралелепіпедів на растрі (GRID)

+ Порівняння двох растрів

- Багатоетапність

- Точність залежить від роздільної здатності знімку.

CloudCompare

- Конвертація mesh у хмару точок, та розрахунок об'єму паралелепіпедів

+ Вимірювання на 3D моделі

+ Можливість змінювати розмір сітки (GRID) для розрахунку

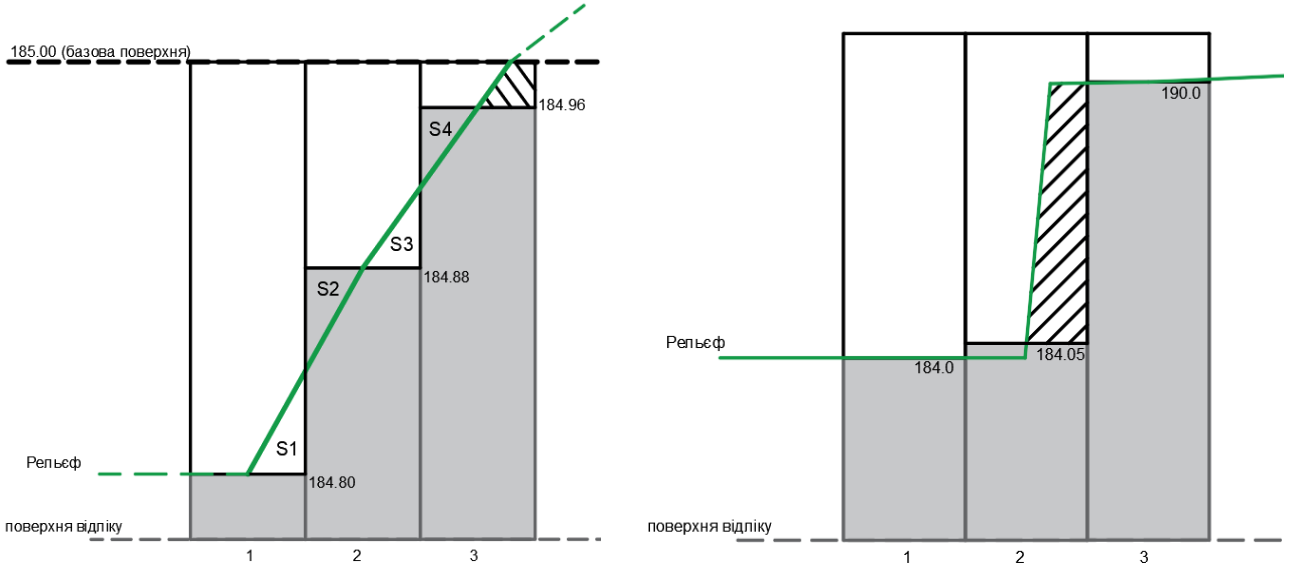
+ Можливість порівняти дві моделі/поверхні

- Складні моделі потребують більше ресурсів ПК

Результати. QGIS Спосіб порівняння растрів

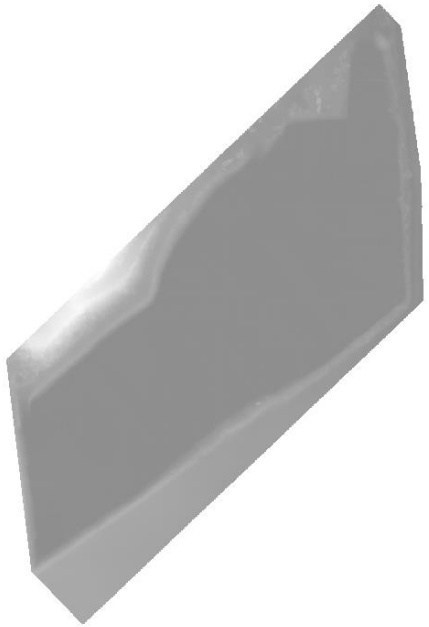
Через обмеження у роздільній здатності растру ЦМР, можуть виникати надлишкові об'єми, які будуть враховані у сумарне значення (sum) при виконанні зональної статистики растру об'ємів

Растр об'ємів

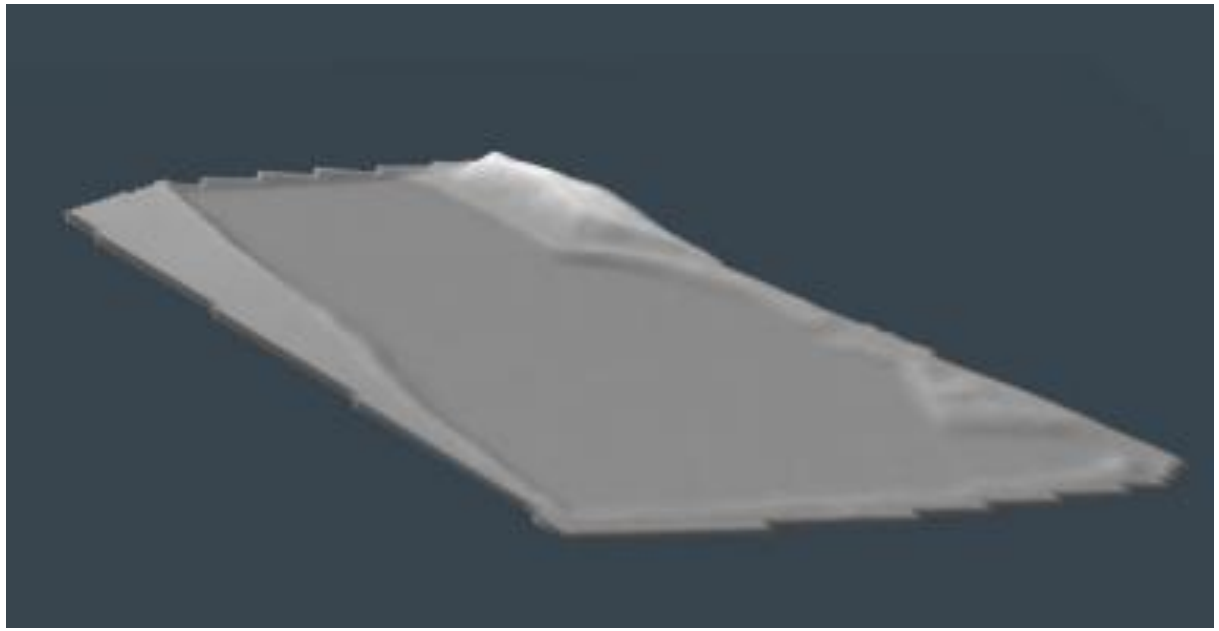


Схеми утворення надлишкових об'ємів

Результати. Створені моделі поверхні



Растр ЦМР фінальної поверхні



3D модель фінальної поверхні побудована у QGIS

Розділ 3.
Обґрунтування вибраних методів рекультивації

В районі дослідження переважають малородючі ґрунти (дерново-підзолисті)

- Відновлення рельєфу та повернення земель до с/г угідь
  - Покращення родючих властивостей ґрунту
  - Підвищення цінності земельної ділянки
- Затоплення кар'єру
  - Підвищення рівня зволоженості сусідніх с/г угідь
  - Облаштування водойми для рекреаційного призначення

Використання розрахованих значень в проектах рекультивації

Об'єм виїмки – 369280,919 $м^3$ (CloudCompare)

Площа утвореної ділянки - 34729,6 $м^2$ (QGIS)

Розраховані об’єм та площа можуть бути використані для визначення земляних робіт та загальної площі утвореної поверхні.

Також виконаний розрахунок часу за який кар'єр повністю наповниться водою:

При кількості опадів 528мм/рік, на заповнення кар'єру знадобиться 20 років

Висновки

- Отже, було проведено інтегрування фотограмметричного методу визначення об’єму кар'єру у проект рекультивації.
- На основі вихідних знімків була побудована полігональна модель та ЦМР кар’єру.
- Для розрахунку об’єму було використано 5 методів у трьох різних програмах, QGIS, ArcMap, CloudCompare, які також були проаналізовані.
- Проведено аналіз території та виведені рекомендації щодо напрямів рекультивації.