

### СТВОРЕННЯ 3D СТРУКТУРИ НА ОСНОВІ 2D ЗНІМКІВ ЗРАЗКА БУРШТИНУ

Бурштин цінний ресурс який формувався 40-50 мільйонів років тому з хвойних дерев та який зберігся до сьогодні. Його цінність визначається своєю рідкістю. Найбільші залягання знаходяться на узбережжі Балтійського моря, України, Румунії, Білорусії, Росії, Мексиці та США [1].

Сам процес видобування досить непростий та завдає непоправної шкоди для навколишнього середовища, а саме зміна структури рельєфу, погіршення екологічного стану ґрунтів та зміни в режимі поверхневих та підземних вод, що веде за собою до знищення лісових масивів, яке може відновитись лише через сотні років[2].

Також свою найбільше цінність камінь здобуває після обробки. Під час усунення різноманітних дефектів каменю втрачається лєвова частка продукту. Бурштин застосовується в різних сферах, а саме в ювелірній справа, декор, медицина , промисловість (фарби, лаки), парфумерія. Існування великого попиту на бурштин унеможлиблює повністю відмову від нього. Тому потрібно під час обробки, якомога зменшити втрату дорогоцінного матеріалу.

Для більш точного передбачення кроків що до обробки потрібно вдосконалювати комп'ютерні методи обробки зразків бурштину. А саме створення точної 3д моделі, що дасть змогу з більшою точністю планувати дії що до подальшої обробки.

Для створення 3д моделі буде використовуватись SFM(Structure from motion) алгоритм, який будує 3d – структуру сцени з набору 2D – зображень[3]. Ключовими кроками в 3д реконструкції є:

- Вилучення найважливіших (найстійкіших) ознак на зображенні;
- Зіставлення знайдених контрольних точок;
- 3D реконструкція;
- Регулювання пучка;
- Отримання хмари точок та подальша генерація сітки поверхні об'єкта.

Першим та важливим етапом є детекція ключових точок. Автоматичний процес знаходження відповідності на зображеннях досить складний. Та і не можливо порівняти кожен піксель на одному зображенні з відповідним пікселем на іншому зображенні через комбінаторну складність. Та не всі точки підійдуть для зіставлення. Тому потрібно використовувати методи виокремлення та зіставлення. Так як наскільки точно буде визначено контрольні точки, залежить загальна точність 3D моделі. Серед існуючих методів пошуку та зіставлення контрольних точок найпопулярнішими є SIFT та ORB методи. Ці 2 методи потребують першочергового знаходження внутрішніх та зовнішніх параметрів камери. Після калібрування отримуємо данні про положення камери.

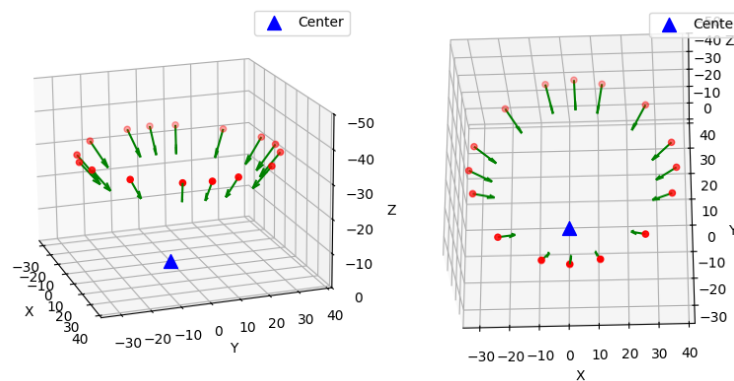


Рис.1 – Візуалізація внутрішніх та зовнішніх параметрів камери (положення камери в просторі)

На рис. 1 зображена сцена з колекції знімків зразка бурштину. Де вектори вказують на положення та напрямок камери. Та з синім центром де розташований сам зразок. Після того як визначено зовнішні та внутрішні параметри камери потрібно зіставити зображення на суміжних камерах котрі різняться положенням в 15° та 30°. Для цього буде використовуватись один з найпопулярніших алгоритмів зіставлення – SIFT[4] та ORB[5]. Для даного алгоритму буде застосовуватись SIFT так як показав кращі результати в швидкості, знаходженні контрольних точок та їх зіставлені.

SIFT(Scalse-Invariant Feature Transform) – алгоритм який використовується для виявлення ключових точок котрі є інваріантними відносно масштабу, обертання та зміни в освітлені. В основу цього алгоритму покладено функція  $L(x,y,\sigma)$ , яка утворюється зі згортки Гауса(розмивання) в різних масштабах які між собою віднімаються та отримуються різниці Гауса. Кожен піксель на зображенні порівнюється з 8 сусідніми пікселями в тому ж масштабі, а також із 9 пікселями у вищому масштабі та 9 пікселями у нижчому масштабі. У результаті виконується 26 перевірок. Якщо піксель який перевіряється є локальним екстремумом серед цих значень то він вважається потенційною ключовою точкою. Після чого навколо знайденого пікселю обертається околиця сусідніх пікселів(залежно від масштабу) та створюється орієнтаційна гістограма. Для обрахунку дескриптора для локальної області береться вікно 16x16 навколо точки поділене на 4x4 блоки. Для кожного блоку створюється гістограма орієнтації. Далі дескриптори порівнюються на основі ідентифікації їх найближчих сусідів за допомогою методу FLANN (Fast Library for Approximate Nearest Neighbors)[4].



Рис.2 – Хмара точок яка формує форму зразка бурштину

При отриманні зіставлених точок обчислюється фундаментальна та істинна матриця. Фундаментальна описує епіпольярну геометрію між сусідніми зображеннями, а істинна дає характеристику про положення та напрямок камери. Та на основі цих даних визначається 3d координата точки в просторі. Після цього застосовується регулювання пучка, щоб підвищити точність реконструкції. На виході SFM алгоритму маємо хмару точок 3d поверхні бурштину рис.2.

В результаті дослідження реконструкції на основі SFM алгоритму було зроблено 16 фото з різних ракурсів зразка бурштину, а саме через кожні 15° та 30° та з таких самих ракурсів було зроблено фото контрольної дощечки. Виконано калібрування камери та знайдено внутрішні і зовнішні параметри камери, використано метод SIFT для знаходження та зіставлення контрольних точок на зображенні. Для кожного випадку було прораховано фундаментальну та істинну матрицю. Після чого сформовано хмару точок поверхні бурштину, яка в подальшому буде перероблена в поверхню. Отримана тривимірна модель поверхні дає змогу не лише відображати зразок бурштину, а й проводити аналіз геометрії, оцінювати об'єм, ідентифікувати дефекти/вкраплення. Це відкриває вікно можливостей для промислових потреб, а саме автоматичної класифікації зразків та моделювання подальших процесів та визначення оптимальних параметрів обробки.

#### Список використаних джерел:

1. Research of Methods for Determining Key Points for 3D Modeling of Amber Samples / Y. Podchashynskyi, A. Ryzhuk, O. Luhovych, L. Chepiuk. Journal of Information Systems Engineering and Management. Vol. 10 No. 16s (2025), p. 784-801. DOI: <https://doi.org/10.52783/jisem.v10i16s.2665>.
2. Ковалевський С. С., Ковалевський С. Б. Бурштинові копальні: історія вивчення, методи добування та вплив на лісові екосистеми. Науковий вісник НЛТУ України. 2019. Т. 29. С. 56–59.
3. Lobo T. Understanding Structure From Motion Algorithms .Teresa Lobo. 2023. URL: <https://medium.com/@loboateresa/understanding-structure-from-motion-algorithms-fc034875fd0c>.
4. Deep. Introduction to SIFT( Scale Invariant Feature Transform). Medium. URL: <https://medium.com/@deepanshut041/introduction-to-sift-scale-invariant-feature-transform-65d7f3a72d40>.
5. Siromer. Detecting and Tracking Objects with ORB Algorithm using OpenCV. Medium. URL: <https://medium.com/thedeephub/detecting-and-tracking-objects-with-orb-using-opencv-d228f4c9054e>.
6. Науменко У. З., Мацуй В. М. Етапи геологічного розвитку та генетичний тип корінного першоджерела розсіпів бурштину-сукциніту України. Геологічний журнал. 2020. № 4. С. 76-85. URL: <http://jnas.nbu.gov.ua/article/UJRN-0001245209>.