

PHÁT TRIỂN ỨNG DỤNG TÍNH TOÁN VÀ QUẢN LÝ KHỐI LƯỢNG KHAI THÁC MỎ ĐÁ LỘ THIÊN

Nguyễn Hoàng Long^{1,*}, Trần Trung Anh¹, Trần Thị Hải Vân¹, Trần Hải Nam²

¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất, 18 Phố Viên, Hà Nội, Việt Nam

²Trung tâm Dữ liệu dân cư quốc gia, 48 Phạm Văn Đồng, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 04/01/2025

Ngày nhận bài sửa: 20/02/2025

Ngày chấp nhận đăng: 28/02/2025

^{1,*}Tác giả liên hệ:

Email: nguyenhoanglong@humg.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu trình bày về phần mềm tính toán và quản lý khối lượng khai thác mỏ lộ thiên nói chung và mỏ khai thác đá nói riêng từ dữ liệu UAV và quét Lidar. Phần mềm được thiết kế với chức năng tính toán khối lượng khai thác từ đám mây điểm, quản lý dữ liệu và tạo báo cáo với thuật toán chia lưới và nội suy, giúp tự động hóa trong công tác tính toán và hạn chế sai số. Phần mềm được phát triển trên nền tảng Matlab, framework Django và hệ quản trị cơ sở dữ liệu PostgreSQL. Kết quả kiểm thử cho thấy phần mềm đạt độ chính xác cao, áp dụng phù hợp trong thực tế. Phần mềm được thiết kế có tính mở, dễ dàng tích hợp vào các hệ thống lớn hơn. Kết quả nghiên cứu sẽ được chuyển giao cho Công ty Cổ phần Xi măng Vicem Bút Sơn.

Từ khóa: tính toán thể tích, khối lượng khai thác, UAV, đám mây điểm

@ Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong công tác điều hành sản xuất tại các mỏ khai thác lộ thiên, việc tính khối lượng mỏ (bao gồm đất đá và khoáng sản) là một trong những công việc rất quan trọng. Trong quá trình khai thác mỏ, công tác tính toán kiểm kê khối lượng khai thác mỏ được thực hiện thường xuyên, theo chu kỳ thời gian (tháng, quý, năm hoặc theo các thời gian “đặc biệt”) được đặt ra trong công tác quản lý.

Hiện nay để tính toán khối lượng khai thác mỏ có thể được thực hiện bằng nhiều phương pháp đo đạc trắc địa khác nhau. Trong những năm gần đây, công nghệ UAV nổi lên và được sử dụng trong công tác thu thập dữ liệu để tính toán khối lượng khai thác với nhiều ưu điểm nổi bật.

Bài báo này sẽ trình bày về quá trình phát triển phần mềm tính toán khối lượng khai thác từ dữ liệu UAV, kết hợp với việc quản lý các dữ liệu đó để phục vụ cho công tác nghiệm thu, kiểm kê và báo cáo khối lượng mỏ hằng tháng, quý, năm, ...

2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lý thuyết

2.1.1. Công nghệ UAV

Thiết bị bay không người lái UAV (Unmanned Aerial Vehicles) được ứng dụng trong rất nhiều lĩnh vực khác nhau, từ lĩnh vực quân sự đến các lĩnh vực dân sự. Trong lĩnh vực khai thác mỏ, công nghệ UAV được ứng dụng trong việc xây dựng các sản phẩm trung gian như mô hình số địa hình, mô hình số bề mặt, bình đồ ảnh trực giao. Từ những sản phẩm trung gian này, có thể được áp dụng vào các công tác liên quan trực tiếp đến hoạt động của mỏ khai thác lộ thiên như: giám sát ổn định bờ mỏ, tính toán khối lượng khai thác, ... [1], [2].

Theo góc nhìn về thu thập dữ liệu từ UAV, thiết bị UAV có thể được chia làm 2 loại: thiết bị UAV thu thập dữ liệu thông qua máy chụp ảnh số và thiết bị UAV thu thập dữ liệu thông qua thiết bị quét Lidar.

2.1.2. Các phương pháp tính toán khối lượng khai thác cho các mỏ lộ thiên

Hiện nay việc tính toán khối lượng khai thác cho các mỏ lộ thiên có thể được thực hiện bằng các phương pháp khác nhau, bao gồm: phương pháp mặt cắt thẳng đứng song song, phương pháp mặt



cắt ngang, phương pháp đường đồng mức, phương pháp dựa trên điểm độ cao lưới ô vuông và phương pháp dựa trên đám mây điểm.

Ưu, nhược điểm của các phương pháp như sau:

- Phương pháp theo mặt cắt thẳng đứng song song phù hợp với việc tính toán khối lượng cho các mỏ có địa hình dạng tuyến, công thức đơn giản;
- Phương pháp mặt cắt ngang cần có sự phối hợp với kỹ sư địa chất, thích hợp cho tính các khối địa chất, phương pháp này tính tự động hóa không cao;
- Phương pháp tính thể tích theo đường đồng mức, độ chính xác của kết quả tính toán phụ thuộc rất lớn vào độ chính xác dựng đường đồng mức và phương pháp này chịu sai số nội suy đường đồng mức;
- Phương pháp tính thể tích theo lưới ô vuông có tính tự động hóa cao. Tuy nhiên phương pháp

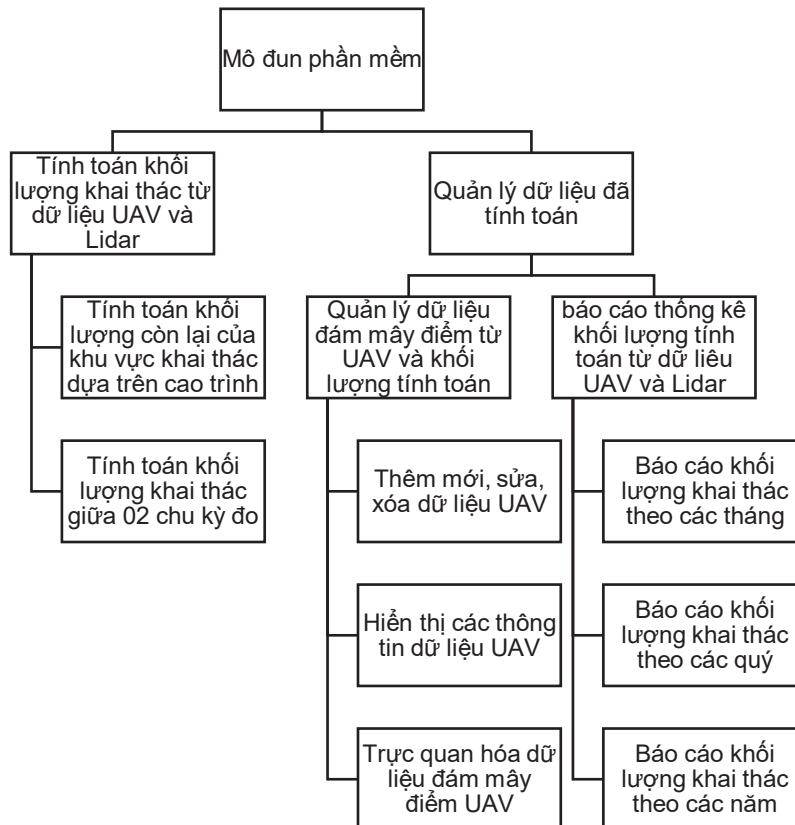
này chịu sai số nội suy tạo DEM từ các điểm địa hình;

- Phương pháp tính từ đám mây điểm sử dụng tính toán khối lượng theo phương pháp trực tiếp với phương pháp Voxel kết hợp với nội suy theo lưới ô vuông [3], phương pháp này có ưu điểm là tính tự động hóa cao và hạn chế sai số nội suy.

2.2. Phát triển phần mềm tính toán và quản lý khối lượng khai thác

2.2.1. Sơ đồ phân rã chức năng của phần mềm

Phần mềm tính toán và quản lý khối lượng khai thác có 3 chức năng chính: tính toán khối lượng khai thác mỏ từ dữ liệu đám mây điểm, quản lý các dữ liệu tính toán được và báo cáo thống kê. Sơ đồ phân rã chức năng phần mềm được thể hiện ở Hình 1.

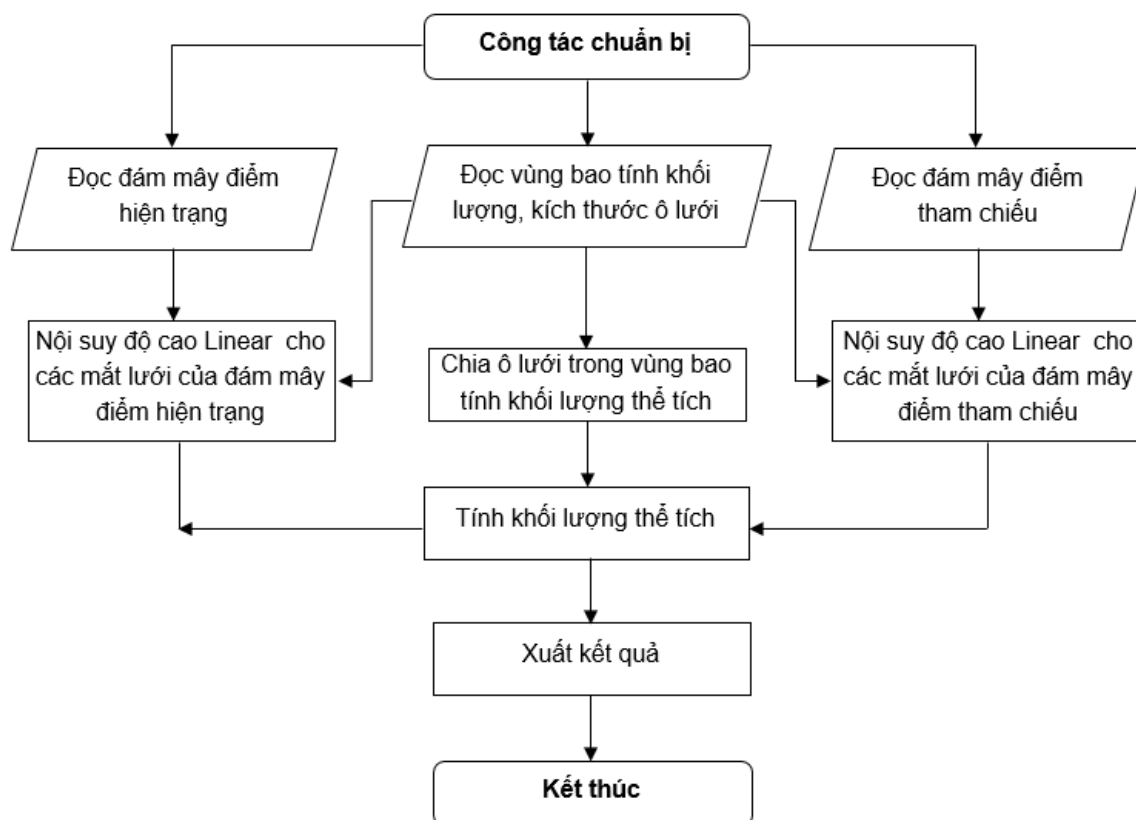


Hình 1. Sơ đồ phân rã chức năng phần mềm tính toán và quản lý khối lượng khai thác

2.2.2. Xây dựng mô đun tính toán khối lượng khai thác (VolMining)

Như đã trình bày trong mục 2.1.2, hiện nay có nhiều phương pháp khác nhau có thể áp dụng để tính toán khối lượng khai thác, mỗi phương pháp đều có ưu nhược điểm của mình và phù hợp với

từng trường hợp cụ thể. Để xây dựng mô đun tính toán khối lượng khai thác, nghiên cứu này đã lựa chọn phương pháp tính toán khối lượng theo phương pháp trực tiếp từ đám mây điểm [3]. Sơ đồ khối tổng quát của thuật toán xem Hình 2.



Hình 2. Sơ đồ khối tổng quát của thuật toán

Trong sơ đồ khối ở trên, đám mây điểm hiện trạng là sản phẩm của công nghệ UAV và quét Lidar mặt đất đã bóc tách địa vật (nhà cửa, cây cối, xe cộ, ...) là đám mây điểm của các điểm địa hình trên mặt đất [4]. Đám mây điểm tham chiếu là đám mây điểm mặt đất của chu kỳ trước hoặc tính đến cao trình tính toán (các điểm có độ cao giống nhau). Vùng bao tính toán là tập hợp tọa độ polygon khép kín của vùng cần tính khối lượng. Kích thước ô lưới là kích thước chia vùng bao thành các ô vuông (1 m, 2 m ...). Vùng bao được chia thành các ô vuông, có gán tọa độ của tâm ô vuông. Tiến hành nội suy độ cao cho các tâm ô lưới theo thuật toán Linear. Việc tính toán nội suy cho lưới ô vuông được thực hiện cho đám mây điểm hiện trạng để được độ cao Z_{ht} của lưới ô vuông tại vị trí (x, y) của đám mây điểm hiện trạng và đám mây điểm tham chiếu để được độ cao Z_{tc} của lưới ô vuông tại vị trí tương ứng của đám mây điểm tham chiếu. Sau đó sẽ tính toán khối lượng cho từng mắt lưới Grid theo công thức:

$$V_i = (Z_{ht_i} - Z_{tc_i}) \text{Grid}^2$$

Trong đó: V_i – Khối lượng của mắt lưới thứ i , m^3 ; Z_{ht_i} – Độ cao hiện trạng của mắt lưới thứ i , m ; Z_{tc_i} – Độ cao tham chiếu của mắt lưới thứ i , m .

Khối lượng thể tích tổng thể trong vùng bao sẽ là $V = \sum_{i=1}^n V_i$.

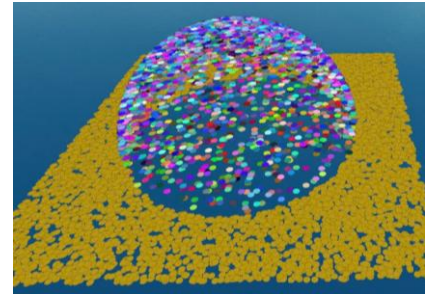
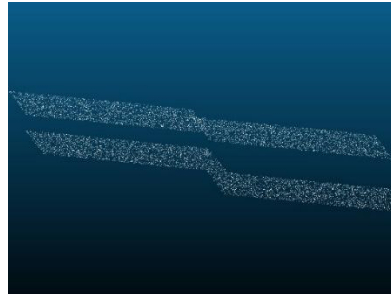
Mô đun tính toán khối lượng khai thác trong nghiên cứu này được đặt tên là mô đun VolMining. Mô đun này được phát triển trên nền tảng Matlab.

2.2.3. Phát triển mô đun quản lý khối lượng tính toán

Sau khi tính toán được khối lượng khai thác giữa các lần thu thập dữ liệu, một trong những việc quan trọng cần giải quyết là quản lý được các dữ liệu đo và thiết lập các báo cáo thống kê để phục vụ cho việc nghiệm thu, quản lý và giám sát khối lượng khai thác cho các mỏ lộ thiên. Mô đun quản lý dữ liệu và khối lượng tính toán được xây dựng sử dụng framework Django kết hợp với hệ quản trị cơ sở dữ liệu PostgreSQL.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Mô đun phần mềm VolMining đã được xây dựng với giao diện như Hình 3a. Để kiểm thử độ chính xác của phần mềm và thuật toán, Nghiên cứu đã tiến hành tạo ra 2 bộ dữ liệu đám mây điểm mẫu (Hình 3b và Hình 3c) với các kết quả được biết trước để kiểm thử về chức năng tính toán của mô đun phần mềm và độ chính xác của phương pháp tính đã lựa chọn.



(a)

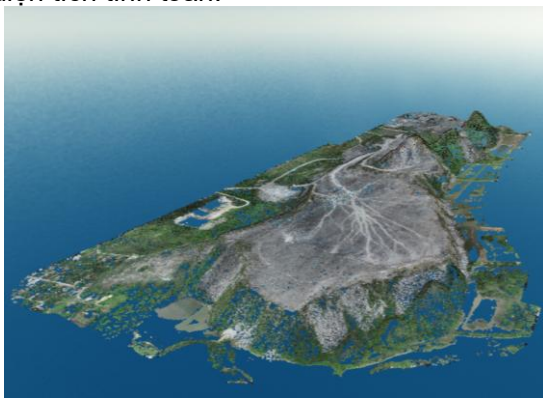
(b)

(c)

Hình 3. (a) - Giao diện mô đun chức năng VolMining; (b) và (c) - Bộ dữ liệu kiểm thử

Kết quả của việc kiểm thử cho thấy, với dữ liệu ở Hình 3-b, phần mềm cho kết quả tính toán chính xác 100% so với kết quả biết trước. Với dữ liệu hình cầu (Hình 3-c), sai lệch giữa giá trị tính toán được từ mô hình và giá trị tính toán theo công thức là 0,007%. Đây là một giá trị sai lệch rất nhỏ so với tổng diện tích tính toán.

Nghiên cứu cũng đã áp dụng phần mềm vào tính toán khối lượng khai thác của mỏ đá Hồng Sơn - Công ty CP xi măng VICEM Bút Sơn tại huyện Kim Bảng, tỉnh Hà Nam và được kết quả ở Hình 4.



(a)

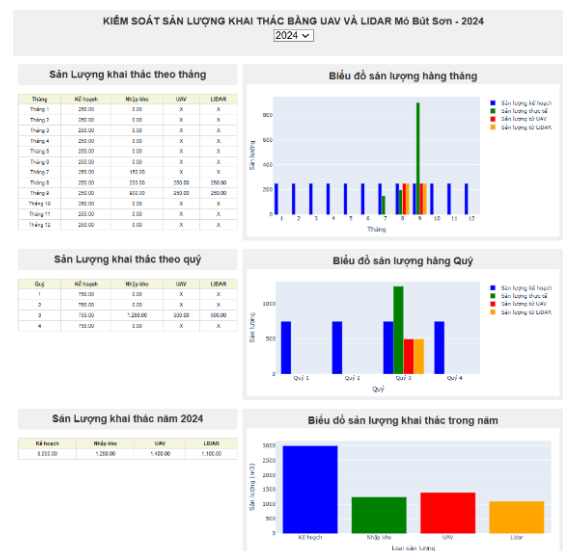


(b)

Hình 4. a) dữ liệu đám mây điểm đầu vào của mỏ đá Hồng Sơn; b) kết quả tính toán từ VolMining

Kết quả được tính toán ra từ phần mềm VolMining chỉ tính toán được thể tích dựa vào bề mặt địa hình (đám mây điểm) được thu thập từ công nghệ UAV hay Lidar, chưa đưa vào tính toán được các khu vực nằm ẩn dưới bề mặt địa hình hay các vết nứt gãy nằm bên dưới bề mặt địa hình.

Sau khi tính toán thành công khối lượng khai thác, các số liệu này cùng với dữ liệu đám mây điểm đo được sẽ được quản lý thông qua mô đun phần mềm quản lý dữ liệu đã tính toán phục vụ công tác quản lý và báo cáo. Sau khi dữ liệu được nhập vào hệ thống, phần mềm sẽ cho phép người dùng xuất ra các báo cáo dưới dạng bảng và biểu đồ ở Hình 5.



Hình 5. Giao diện chức năng báo cáo khối lượng khai thác theo kế hoạch và theo tính toán từ dữ liệu đám mây điểm



4. KẾT LUẬN

Phần mềm tính toán và quản lý khối lượng khai thác cho mỏ khai thác lộ thiên nói chung và mỏ khai thác đá nói riêng đã được phát triển thành công và tiến hành chạy thử nghiệm cho kết quả tin cậy. Phần mềm này sẽ hỗ trợ công tác tính toán và

quản lý khối lượng khai thác cho các doanh nghiệp mỏ. Hệ thống được thiết kế với tính mở, cho phép tích hợp vào các hệ thống lớn hơn hoặc mở rộng bằng cách tích hợp với các hệ thống khác. Thành quả của nghiên cứu sẽ được thử nghiệm và ứng dụng cho Công ty Cổ phần Xi măng Vicem Bút Sơn để triển khai và áp dụng□

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Trần Trung Anh, Trần Hồng Hạnh và Quách Mạnh Tuấn, 2022. Kết hợp lọc hình thái và lọc phân bố mật độ đám mây điểm UAV-LiDAR để xây dựng mô hình số địa hình, *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất*, số 63, kỳ 5, 1-10.
- [2]. Nguyễn Quốc Long, C. X. C., (2019). Ứng dụng máy bay không người lái (UAV) để xây dựng mô hình số bề mặt và bản đồ mỏ lộ thiên khai thác vật liệu xây dựng. *Tạp chí Công nghiệp Mỏ*, số 1, 21-29.
- [3]. Lee, S., & Choi, Y., (2016). Reviews of unmanned aerial vehicle (drone) technology trends and its applications in the mining industry. *Geosystem Engineering* 19(4), 197-204. doi: 10.1080/12269328.2016.1162115
- [4]. Mingjing Ding Yujie Wang, Qingping Zhang, Xiaodong Zhang & Ziya Qu (2023), "Volume calculation methods of irregular stone artifacts based on 3D laser scanning technology", *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*. 22:6, 3386-3402.

LỜI CẢM ƠN

Nội dung bài báo được hỗ trợ từ đề tài nghiên cứu khoa học cấp Quốc gia do Trường Đại học Mỏ - Địa chất chủ trì, mã số ĐT.CNKK.QG.004/23.

DEVELOPMENT OF APPLICATION FOR CALCULATION AND MANAGEMENT OF OPEN PIT MINING VOLUME

Long Hoang Nguyen*, Anh Trung Tran¹, Van Hai Thi Tran¹, Nam Hai Tran²

¹ Hanoi University of Mining and Geology, 18 Vien Street, Ha Noi, Vietnam

² National Population Data Center, 48 Pham Van Dong, Ha Noi, Viet Nam

ARTICLE INFOR

TYPE: Research Article

Received: 04/01/2025

Revised: 20/02/2025

Accepted: 28/02/2025

^{1,*} Corresponding author:

Email: nguyenhoanglong@humg.edu.vn

ABSTRACT

The study presents an application for calculating and managing open-pit mining volumes from UAV data and Lidar scanning. The aims of the application is calculating mining volumes from point clouds, managing the calculated data, and generating reports. The volume calculation process employs meshing and interpolation algorithms to automate processes and minimize errors. The calculation module is developed by using Matlab platform, while Django framework, and PostgreSQL are used to develop the managing and reporting parts. Test results demonstrate that the application achieves high accuracy, making it suitable for practical applications. The software is designed to be open and easily integrated into larger systems. The research outcomes will be transferred to Vicem But Son Cement Joint Stock Company.

Keywords: calculation, volume, mining volume, UAV, point cloud

@ Vietnam Mining Science and Technology Association