

ẢNH HƯỞNG CỦA SỐ LƯỢNG ĐIỂM KHỐNG CHẾ ĐẾN ĐỘ CHÍNH XÁC THÀNH LẬP MÔ HÌNH DSM MỎ ĐÁ NÚI SÂM - TỈNH KHÁNH HÒA

Nguyễn Hữu Ninh

Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Khánh Hòa

Trần Thị Phương Thảo

Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Phú Thọ

Lê Văn Thanh

Ban quản lý nhà Tp. Đà Lạt

Nguyễn Hữu Tấn

Công ty TNHH Tư vấn Xây dựng - Đo đạc Bản đồ Tấn Cường, Tp. Cần Thơ

Nguyễn Văn Vinh

Công ty CP Bất động sản Hà Quang, Khánh Hòa

Email: nguyenuuninh@gmail.com

TÓM TẮT

Mô hình số bề mặt (Digital Surface Model–DSM) là đầu vào quan trọng trong khai thác mỏ lộ thiên. Độ chính xác thành lập DSM bằng công nghệ máy bay không người lái - UAV (Unmanned Aerial Vehicle) thay đổi khi số lượng điểm khống chế mặt đất (Ground Control Points - GCPs) khác nhau. Trong nghiên cứu này chúng tôi khảo sát ảnh hưởng của số lượng điểm khống chế đến độ chính xác thành lập mô hình DSM tại mỏ đá Núi Sâm tỉnh Khánh Hòa. Đã tiến hành thành lập 13 điểm khống chế trong khu vực mỏ, sau đó bay chụp mỏ đá vào tháng 4/2021 bằng thiết bị DJI Phantom 4 Pro. Ảnh được xử lý bằng phần mềm Agisoft Photoscan. Đánh giá độ chính xác của mô hình DSM thông qua các giá trị sai số trung phương mặt bằng và độ cao của các điểm khống chế và các điểm kiểm tra. Kết quả chỉ ra rằng, với trường hợp chỉ có 3 điểm khống chế thì sai số trung phương tại các điểm kiểm tra cao nhất và thấp nhất lần lượt là 27,1 cm và 16,4 cm. Sai số của mô hình giảm dần khi tăng số lượng điểm khống chế. Qua kết quả khảo sát có thể kết luận với số lượng điểm khống chế từ 06 điểm thì độ chính xác của mô hình DSM có thể đạt được là 7 cm.

Từ Khóa: máy bay không người lái UAV, mô hình số địa hình, điểm khống chế ảnh, điểm kiểm tra, mỏ lộ thiên.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sự phát triển nhanh chóng của công nghệ máy bay không người lái (UAV) đã mang lại nhiều lợi ích cho ngành công nghiệp khai thác khoáng sản như tăng độ an toàn trong công tác đo đạc, nâng cao hiệu quả trong hoạt động khai thác mỏ và đảm bảo độ chính xác theo quy định. Gần đây, công nghệ UAV được sử dụng rộng rãi ở các mỏ khai thác lộ thiên với nhiều ứng dụng như: quản lý bãi thải, quản lý kho chứa, quan trắc bụi khu vực khai thác, đánh giá sụt lún ở mỏ, vv...

Hầu hết các ứng dụng đề cập ở trên đòi hỏi phải có mô hình DSM có độ phân giải cao và trong thực

tế đã có một số nghiên cứu về việc xây dựng mô hình DSM sử dụng công nghệ UAV cho khu vực khai thác mỏ. Khai thác mỏ là quá trình diễn ra liên tục theo thời gian, và do đó, việc thành lập bản đồ phải được thực hiện định kỳ thường xuyên. Nếu việc khảo sát chỉ dựa trên UAV thì độ chính xác không cao vì thiết bị GNSS tích hợp trên các loại UAV giá rẻ có độ chính xác chưa đáp ứng được yêu cầu. Tuy nhiên, khi có sự liên kết giữa UAV với các điểm khống chế mặt đất, thì sẽ nâng cao độ chính xác trong công tác khảo sát theo yêu cầu đặt ra.

Độ chính xác thành lập mô hình DSM bằng công nghệ UAV phụ thuộc vào số lượng, mật độ và sự

phân bố của điểm khống chế mặt đất. Rõ ràng là khi số lượng điểm khống chế tăng lên và mật độ điểm phân bố đồng đều thì sẽ làm giảm sai số định vị tâm ảnh và do đó làm tăng độ chính xác thành lập mô hình DSM. Một trong những yếu tố quan trọng nhất để ứng dụng UAV vào lĩnh vực khai thác mỏ là giảm chi phí, tăng năng suất và an toàn, do đó, việc nghiên cứu tối ưu các số lượng điểm khống chế mặt đất khi thực hiện khảo để đạt được độ chính xác cần thiết khi sử dụng UAV sẽ giảm được rất nhiều chi phí và nâng cao độ an toàn tại các dự án khai thác mỏ.

Đã có một số nghiên cứu về việc phân tích ảnh hưởng của số lượng và mật độ điểm khống chế trong xây dựng mô hình DSM có độ chính xác cao. Tuy nhiên, chỉ có một số ít nghiên cứu được ứng dụng cho mỏ lộ thiên. Tác giả Shahbazi đã phân tích số lượng và mật độ điểm khống chế trong việc xây dựng mô hình DSM ở mỏ, họ đã khảo sát 6 trường hợp trong đó chỉ có một trường hợp sử dụng 22 điểm khống chế, các trường hợp khác chỉ sử dụng 3 điểm. Tác giả đã chỉ ra việc tăng số lượng điểm khống chế và bố trí đồ hình điểm khống chế đều trên khu vực cần nghiên cứu sẽ cho độ chính xác càng cao. Tác giả Villanueva và Blanco sử dụng 4 đồ hình phân bố của tập hợp bao gồm 4, 6, 8, 12, 16, và 20 điểm khống chế nhằm phân tích ảnh hưởng của chúng tới độ chính xác thành lập bản đồ bãi chứa. Chưa có nghiên cứu nào đề cập chi tiết tới ảnh hưởng của mật độ điểm cũng như phân bố tới độ chính xác ở các mỏ vật liệu xây dựng của Việt Nam.

Trong bài báo này, tác giả sẽ đặt trọng tâm vào việc nghiên cứu lựa chọn tối ưu điểm khống chế để có được mô hình DSM cho mỏ khai thác vật liệu xây dựng Núi Sầm, tỉnh Khánh Hòa. Việc tối ưu theo hướng đề xuất số lượng điểm ít nhất tại các điểm ổn định thuận lợi đo vẽ. Nghiên cứu này là cần thiết bởi tại Việt Nam có rất nhiều các mỏ có điều kiện địa hình, diện tích tương tự như mỏ đá Núi Sầm.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Khu vực thực nghiệm

Thực nghiệm bay chụp được tiến hành tại mỏ đá Núi Sầm, thuộc thị xã Ninh Hòa, tỉnh Khánh Hòa (hình H.1). Diện tích của khu mỏ tiến hành thực nghiệm tính toán khoảng 20 ha (diện tích thực tế bay chụp bao trùm cả khu vực khoảng 40 ha) với sản lượng khai thác được phê duyệt là khoảng 2,5 triệu m³, sản lượng khai thác hàng năm khoảng 70.000 m³. Tại thời điểm bay chụp, mỏ đang khai thác ở mức +13 m..

2.2. Thu thập dữ liệu

Dữ liệu thu thập bằng các thiết bị GNSS và UAV. Ảnh được thu thập bằng thiết bị DJI Phantom 4 Pro tích hợp máy ảnh 20-megapixel (RGB) với tiêu cự là 8,8 mm, cảm biến ảnh cỡ 13,2 mm x 8,8 mm, kích thước ảnh chụp (4:3) 4868x3648 pixel, độ phân giải 5,45cm / pixel khi bay cao 200m (<https://www.dxomark.com>)..

Máy bay được điều khiển tự động thông qua ứng dụng Pix4Dcapture được cài đặt trên điện



H.1. Mỏ đá Núi Sầm, tỉnh Khánh Hòa



H.2. Điểm khống chế ảnh, đo tọa độ và độ cao các GCPs và Check points bằng thiết bị GNSS/RTK.

thoại Iphone 12 Promax. Khi sử dụng chế độ tự động thì các thông số được nhập vào phần mềm điều khiển là diện tích bay chụp khoảng 40 ha, độ cao bay chụp là 200 m, độ chồng phủ dọc và ngang là 80%. Vị trí tâm chụp ảnh được xác định bởi đầu thu GNSS/INS gắn trên UAV với sai số trung bình khoảng 2,5 m. Các thông số này được lưu trong ảnh và được sử dụng trong quá trình xử lý ảnh.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi tiến hành thành lập 13 điểm khống chế ảnh, các tiêu dùng làm điểm khống chế ảnh được làm bằng bằng vật liệu phản quang tốt có kích thước 60 x 60 cm (hình H.2). Tọa độ tâm của các điểm khống chế ảnh này được xác định trong mạng lưới tọa độ quốc gia (hệ tọa độ VN2000) bằng phương pháp GNSS/RTK. Sử dụng 03 Máy thu GNSS RTK T30 cho mục đích xác định tọa độ và độ cao các điểm khống chế ảnh, trong đó 02 máy thu cơ sở (trạm base) được lắp đặt tại 02 điểm mốc (923427 và 923440) thuộc mạng lưới tọa độ quốc gia đặt tại khu vực Ninh Hòa, tỉnh Khánh Hòa, 01 máy được sử dụng trong xác định tọa độ và độ cao điểm khống chế ảnh.

Phần mềm tính toán, xử lý dữ liệu được sử dụng để nghiên cứu là phần mềm Agisoft Metashape Professional, version 1.5.2 Build 7838 (64 bit). Hệ điều hành máy tính xử lý Windows 10 Pro, 64 bit, Computer chip Intel® Core™ i9-10900 2,80GHz, Ram 16GB; Card đồ họa NVIDIA Geforce GTX 1660, Ram 6Gb.

Việc thành lập các mô hình DSMs từ các ảnh chụp và điểm khống chế mặt đất: Sau khi nhập ảnh vào phần mềm Agisoft, các bức ảnh được ghép với tâm chụp chính xác đã tính toán được. Ảnh được

tự động ghép trên phần mềm với thuật toán SFM (Structure From Motion). Khối ảnh đã ghép được bình sai (Optimize) sơ bộ ngay để biết được sai số vị trí của các tâm chụp. Tiến hành lọc bỏ các tâm chụp có sai số lớn khỏi phép bình sai, các tâm chụp có sai số đến Dm được loại bỏ. Tiến hành nhập tọa độ các điểm khống chế ảnh và tiến hành nắn ảnh theo các GCPs. Thực hiện bình sai khối ảnh sau khi nắn ảnh và thành lập các mô hình DSM để tiến hành khảo sát độ chính xác dựa trên các mô hình này.

2.3. Phương pháp

2.3.1 Phương án khảo sát

Để phân tích ảnh hưởng của số lượng điểm khống chế đến độ chính xác thành lập mô hình DSM, chúng tôi đã khảo sát 6 trường hợp thay đổi số lượng điểm khống chế, cụ thể là các trường hợp với các cặp điểm (khống chế - kiểm tra) bao gồm: 3-10; 4-9; 5-8; 6-7; 7-6; 8-5. Trong đó số thứ nhất là số lượng điểm khống chế, số thứ 2 là số lượng điểm kiểm tra dùng để đánh giá mô hình. Trong mỗi trường hợp chúng tôi thay đổi 03 đồ hình điểm khống chế và giá trị trung bình của 03 đồ hình này được sử dụng để đánh giá độ chính xác. Giá trị của từng đồ hình của 6 trường hợp được trình bày theo Bảng 1.

2.3.2. Phương pháp đánh giá độ chính xác

Độ chính xác của mô hình DSM mở được đánh giá trên cơ sở so sánh tọa độ và độ cao của các điểm trên mô hình (các điểm Check points) với các điểm khống chế mặt đất (GCPs), độ chính xác của mô hình DSM được đánh giá theo các công thức từ (1) đến (3).

$$RMSE_{XY} = \sqrt{\left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n [(X_{DSM} - X_{GCP_i})^2 + (Y_{DSM} - Y_{GCP_i})^2]} \tag{1}$$

$$RMSE_Z = \sqrt{\left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n (Z_{DSM} - Z_{GCP_i})^2} \tag{2}$$

$$RMSE_{XYZ} = \sqrt{\left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n (X_{DSM} - X_{GCP_i})^2 + (Y_{DSM} - Y_{GCP_i})^2 + (Z_{DSM} - Z_{GCP_i})^2} \tag{3}$$

$RMSE_{XY}$, $RMSE_Z$, $RMSE_{XYZ}$ tương ứng là sai số trung phương theo mặt bằng, độ cao và sai số tổng hợp 3

chiều; n tổng số điểm kiểm tra; X_{GCP_i} và X_{DSM} , Y_{GCP_i} và Y_{DSM} , Z_{GCP_i} và Z_{DSM} - Tương ứng là thành phần tọa độ theo trục X, trục Y và trục Z của điểm khống chế và mô hình DSM.

Để đánh giá ảnh hưởng của đồ hình khi giữ nguyên số lượng điểm khống chế, chúng tôi sử dụng thêm các chỉ số về độ lệch giữa các sai số trung phương phân tọa độ, độ cao cũng như sai số tổng hợp. Cụ thể các công thức từ (4) đến (6) được sử dụng.

$$RMSE_{XY} = RMSE_{XY_{max}} - RMSE_{XY_{min}} \tag{4}$$

$$RMSE_Z = RMSE_{Z_{max}} - RMSE_{Z_{min}} \tag{5}$$

$$RMSE_{XYZ} = RMSE_{XYZ_{max}} - RMSE_{XYZ_{min}} \tag{6}$$

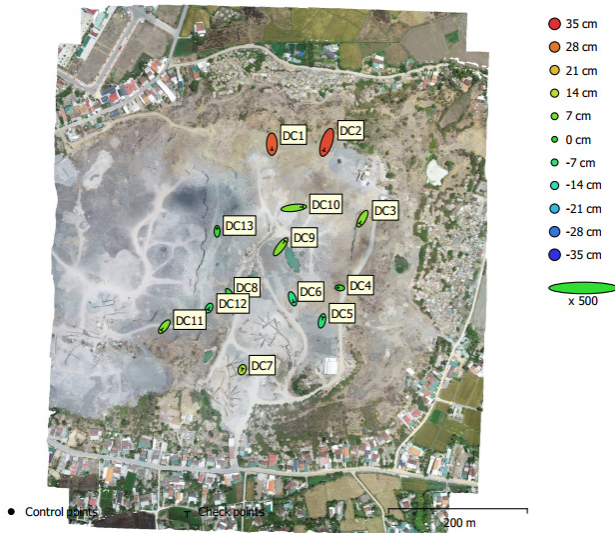
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Kết quả đánh giá độ chính xác của các trường hợp được mô tả trong Bảng 1 và hình H.3 thể hiện trực quan sai số về mặt bằng và độ cao của các điểm khống chế ảnh, trong đó màu của elip sai số biểu thị sai số độ cao của điểm khống chế, trong khi hình dáng elip biểu thị sai số thành phần tọa độ X và Y.

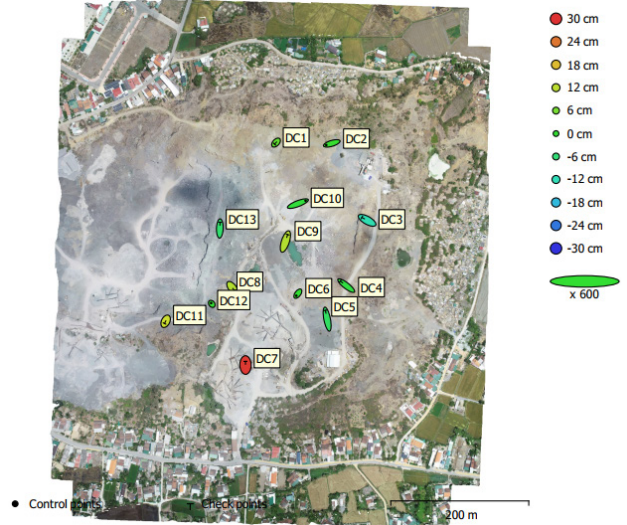
Bảng 1. Độ chính xác của mô hình trong các trường hợp.

Điểm khống chế	(m)	(m)	(m)
Trường hợp 1: (3-10)			
1-5-10	0,039	0,216	0,219
3-7-12	0,044	0,267	0,271
4-8-13	0,034	0,161	0,164
(m)	0,039	0,215	0,218
(m)	0,010	0,107	0,107
Trường hợp 2: (4-9)			
1-5-9-13	0,050	0,239	0,244
2-6-10-12	0,028	0,128	0,131
2-5-8-12	0,037	0,139	0,144
(m)	0,038	0,169	0,173

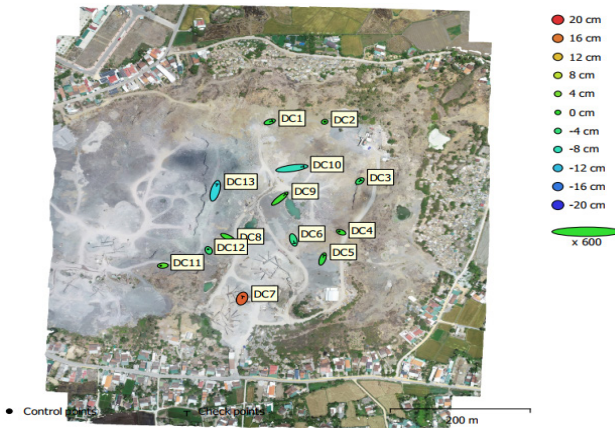
Điểm khống chế	(m)	(m)	(m)
(m)	0,022	0,111	0,113
Trường hợp 3: (5-8)			
2-4-8-11-12	0,032	0,079	0,086
1-3-6-10-13	0,025	0,132	0,135
1-3-4-7-9	0,037	0,175	0,179
(m)	0,031	0,129	0,133
(m)	0,012	0,096	0,093
Trường hợp 4: (6-7)			
2-5-6-7-11-12	0,027	0,029	0,040
2-3-4-8-9-10	0,034	0,086	0,092
3-5-7-9-11-13	0,029	0,072	0,077
(m)	0,030	0,062	0,070
(m)	0,007	0,057	0,052
Trường hợp 5: (7-6)			
1-3-4-8-9-12-13	0,025	0,090	0,093
2-3-4-7-8-9-13	0,027	0,052	0,059
1-3-4-6-7-10-11	0,021	0,034	0,040
(m)	0,024	0,059	0,064
(m)	0,007	0,056	0,053
Trường hợp 6: (8-5)			
1-2-3-6-7-8-12-13	0,024	0,045	0,051
1-2-5-6-7-10-11-12	0,022	0,037	0,043
1-2-3-7-8-11-12-13	0,025	0,072	0,076
(m)	0,023	0,051	0,057
(m)	0,002	0,035	0,033



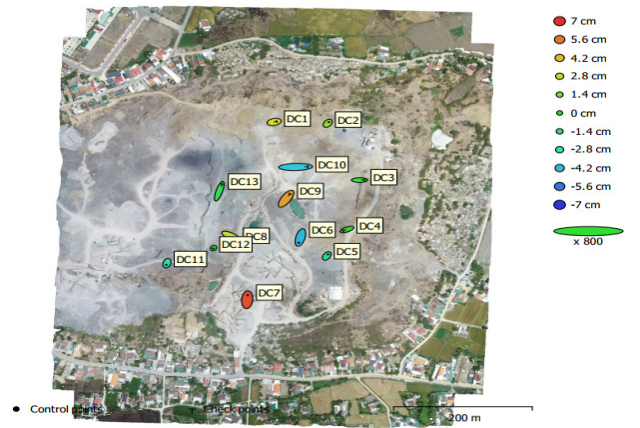
Trường hợp 1 RMSxyz nhỏ nhất



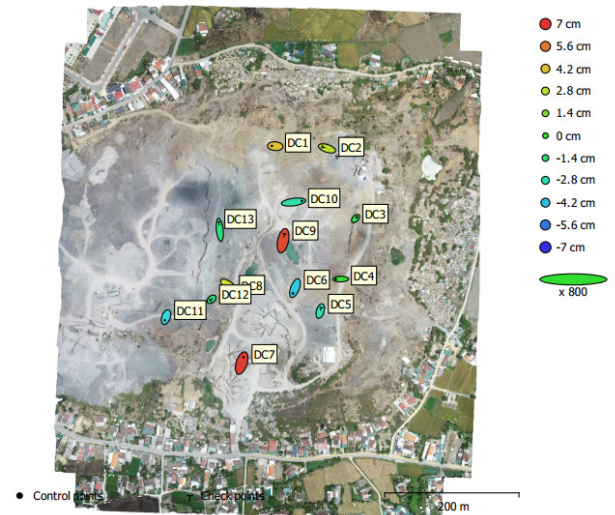
Trường hợp 2 RMSxyz nhỏ nhất



Trường hợp 3 RMSxyz nhỏ nhất



Trường hợp 4 RMSxyz nhỏ nhất



Trường hợp 5 RMSxyz nhỏ nhất



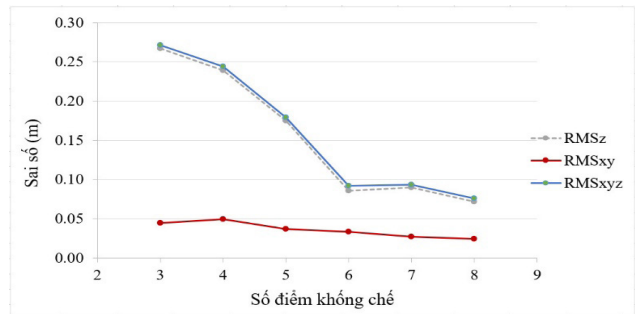
Trường hợp 6 RMSxyz nhỏ nhất

H.3. Vị trí điểm khống chế ảnh và sai số của chúng.



Từ Bảng 1 có thể thấy rằng, đối với các trường hợp 1, 2 và 3, các giá trị khá nhỏ cho cả 3 trường hợp với giá trị trung bình của 3 đồ hình tương ứng lần lượt là 0,039; 0,022 và 0,031 m. Các giá trị này đảm bảo độ chính xác về mặt bằng đối với quy phạm thành lập bản đồ tỷ lệ lớn. Tuy nhiên, sai số về độ cao lại khá lớn, giá trị $RMSE_{xyz}$ trung bình lần lượt với trường hợp 1, 2 và 3 là 0,215, 0,169 và 0,129 m. Chính vì sai số theo trục Z lớn nên sai số tổng hợp của các trường hợp này khá lớn, với các giá trị lần lượt là 0,173; 0,218; 0,133 m. Cả 3 trường hợp đều có sai số lớn hơn 10 cm. Từ kết quả trên cho thấy, với các trường hợp sử dụng 3, 4 và 5 điểm khống chế khó tạo ra một mô hình DSM có độ chính xác cao. Hơn nữa, các giá trị lớn cho thấy rằng độ chính xác của mô hình DSM phụ thuộc đáng kể vào đồ hình nếu sử dụng rất ít điểm khống chế ảnh. Mức giảm giá trị $RMSE_{xyz}$ trung bình từ 0,133 m đối với trường hợp 3 xuống còn 0,070 m đối với trường hợp 4 là do việc bổ sung thêm một điểm khống chế ảnh nữa để xử lý ảnh tạo DSM. Sự phụ thuộc của sai số vào đồ hình có thể được quan sát trong Bảng 1, trong đó đã thể hiện giá trị trung bình của 3 đồ hình điểm khống chế. Việc tăng độ chính xác bằng cách tăng GCPs được mô tả từ trường hợp 1 đến trường hợp 3 trong Bảng 1, từ đó nhận thấy không nên sử dụng ít hơn 05 điểm khống chế ảnh để tạo DSM. Việc sử dụng ít điểm khống chế sẽ không đáp ứng độ chính xác cần thiết cho một dự án khai thác và rất dễ bị ảnh hưởng bởi đồ hình khác nhau ngay cả khi chúng được phân bố đồng đều.

Cũng từ Bảng 1 cho thấy, với sự gia tăng số lượng điểm khống chế ảnh thì: (1) độ chính xác của DSM được cải thiện và (2) sự phụ thuộc vào đồ hình giảm. Sai số tổng hợp $RMSE_{xyz}$ trung bình cho trường hợp 4, 5 và 6 lần lượt là 0,070; 0,064; và 0,057 m. Rõ ràng sai số tổng hợp giảm dần khi số lượng điểm khống chế ảnh tăng lên và được cải thiện đáng kể so với 3 trường hợp đầu. Độ chính xác cải thiện mạnh mẽ khi số lượng điểm khống chế ảnh tăng từ 3 lên tới 6, với 6 điểm khống chế ảnh thì độ chính xác cải thiện xấp xỉ 50% so với 5 điểm khống chế (0,070 và 0,132 cm) và xấp xỉ 80% so với 3 điểm khống chế (0,070 và 0,218 cm). Tuy nhiên, khi tiếp tục tăng số lượng điểm khống chế từ 6 lên 7 và 8 thì sự cải thiện không đáng kể (0,070; 0,064; 0,057 cm) được thể hiện tại hình H.4. Vì vậy, chúng tôi đề xuất sử dụng 6 điểm khống chế phân bố đều cho khu vực đo vẽ các mỏ lộ thiên có diện tích tương tự.



H.4. Biểu đồ thể hiện sự thay đổi sai số khi tăng điểm khống chế mặt đất

4. KẾT LUẬN

1) Đối với việc khảo sát, bay chụp tại độ cao 200 m (có thể thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1/2000) để thành lập mô hình DSM cho các công trình dự án khai thác mỏ có quy mô từ khoảng 20-40 ha thì cần thiết lập khoảng 6 điểm khống chế phân bố đều trên mặt đất là đủ để vừa đảm bảo độ chính xác và vừa tiết kiệm, an toàn trong công tác đo đạc, cắm mốc điểm khống chế ảnh mặt đất tại khu vực Dự án;

2) Kết quả, phương pháp khảo sát thành lập mô hình DSM tại khảo sát này cũng có thể nghiên cứu thêm để thành lập các bản đồ địa hình tỷ lệ phù hợp, tính toán khối lượng của các mỏ khai thác có quy mô tương tự, cũng như có thể sử dụng để khảo sát lấy dữ liệu tham khảo tại các mỏ đất, đá đang được đưa vào khai thác làm dự án Cao tốc Bắc Nam đang được khẩn trương thực hiện trên địa bàn cả nước, tính toán lấy số liệu tại các khu vực đất, đá bị sạt lở thường xuyên xuất hiện trong mùa mưa lũ ở Miền Trung để phục vụ công tác chỉ đạo, điều hành trong công tác phòng chống lụt bão của các cơ quan chức năng.

3) Việc sử dụng các thiết bị hiện đại hơn (như Phantom 4 RTK) để thành lập mô hình DSM đối với các mỏ đất có quy mô tương tự thì để đạt được độ chính xác tương tự sẽ cần ít điểm khống chế mặt đất hơn. Tuy nhiên với lợi thế về giá cả thấp (Phantom 4 Pro có giá thấp chỉ bằng 1/5 Phantom 4 RTK) thì việc sử dụng UAV giá rẻ sẽ phù hợp với rất nhiều mục đích và nhiều doanh nghiệp ở Việt Nam có thể đầu tư và nghiên cứu sử dụng phương pháp nêu trên. Bên cạnh đó, đối với các khu vực có diện tích tương đồng nêu trên thì việc sử dụng Phantom 4 RTK và Phantom 4 pro để lập mô hình DSM là không có sự khác biệt đáng kể. Do vậy, việc nghiên cứu, ứng dụng UAV giá rẻ để lập mô hình DSM kết hợp với hiệu chỉnh bằng một số lượng mốc khống chế ảnh mặt đất tối thiểu sẽ mang tính khả thi, mang lại nhiều hiệu quả kinh tế, tiết kiệm thời gian và mang tính an toàn cao □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bui, D.T., et al. (2017), Lightweight unmanned aerial vehicle and structure-from-motion photogrammetry for generating digital surface model for open-pit coal mine area and its accuracy assessment. in International Conference on Geo-Spatial Technologies and Earth Resources. Springer.
2. Coveney, S. and K. Roberts (2017), Lightweight UAV digital elevation models and orthoimagery for environmental applications: data accuracy evaluation and potential for river flood risk modelling. International journal of remote sensing, 38(8-10): p. 3159-3180.
3. Mancini, F., et al. (2013), Using unmanned aerial vehicles (UAV) for high-resolution reconstruction of topography: The structure from motion approach on coastal environments. Remote sensing, 5(12): p. 6880-6898.
4. Shahbazi, M., et al. (2015), Development and evaluation of a UAV-photogrammetry system for precise 3D environmental modeling. Sensors, 15(11): p. 27493-27524.
5. Tahar, K. (2015), An evaluation on different number of ground control points in unmanned aerial vehicle photogrammetric block. ISPA, p. 93-98.
6. Van Le, C., et al. (2020), Volume computation of quarries in Vietnam based on Unmanned Aerial Vehicle (UAV) data. Journal of Mining and Earth Sciences 61(1): p. 21-30.
7. Villanueva, J. and A. Blanco (2019), Optimization of ground control point (GCP) configuration for unmanned aerial vehicle (UAV) survey using structure from motion (SfM). International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 42(4/W12).

LỜI CẢM ƠN

Xin cảm ơn Lãnh đạo các doanh nghiệp đang thực hiện khai thác tại mỏ đá Núi Sầm, tỉnh Khánh Hòa, gồm: Công ty Cổ phần Vật tư thiết bị và Xây dựng giao thông Khánh Hòa, Công ty TNHH Xây lắp số 1 và Doanh nghiệp tư nhân Thanh An, đã tạo điều kiện bố trí mặt bằng và đảm bảo công tác an toàn khi nhóm tác nghiệp thu thập số liệu thực nghiệm tại Dự án để hoàn thành nghiên cứu này.

DETERMINING THE OPTIMAL NUMBER OF GROUND CONTROL POINTS FOR ESTABLISHING THE DIGITAL SURFACE MODEL OF NUI SAM QUARRY KHANH HOA PROVINCE

Nguyen Huu Ninh, Tran Thi Phuong Thao, Le Van Thanh, Nguyen Huu Tam, Nguyen Van Vinh

ABSTRACT

The Digital Surface Model (DSM) is an important input in open-pit mining. The accuracy of DSM established by Unmanned Aerial Vehicle - UAV technology depends on the number of ground control points (GCPs). In this study, we investigated the influence of the number of GCPs on the accuracy of DSM of Nui Sam quarry (Khanh Hoa province). For this purpose, we established 13 GCPs over the surface, then using the DJI Phantom 4 Pro to capture the quarry surface in 20 April, 2021. The images were processed to create DSM by using Agisoft Photoscan software. The accuracy of established DSMs is defined by Root Mean Square error (RMS) in the XY, Z and XYZ directions. The results show that, in case of 3 control points, the maximum and minimum RMS_{zyx} error is 27.1 cm and 16.4 cm, respectively. Increasing in the number of GCPs results in the improvement in the accuracy of DSMs and decreases the dependency on the network configuration of the GCPs. It is concluded from experiments that with the number of control points from 06 points, it is possible that the accuracy of the DSM model can be achieved at 7 cm.

Keywords: *unmanned aerial vehicle, digital surface model, control point, checkpoint, open-pit mine.*

Ngày nhận bài: 2/9/2021;

Ngày gửi phản biện: 3/9/2021;

Ngày nhận phản biện: 25/9/2021;

Ngày chấp nhận đăng: 14/12/2021.

Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo: Các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam