



ĐÁNH GIÁ ĐỘ CHÍNH XÁC CỦA MÔ HÌNH SỐ BỀ MẶT THÀNH LẬP TỪ ẢNH MÁY BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI

Đặng Tuyết Minh

Đại học Thủy lợi, 175 Tây Sơn, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 23/4/2024

Ngày nhận bài sửa: 28/5/2024

Ngày chấp nhận đăng: 02/6/2024

Tác giả liên hệ:

Email: dtminh@tlu.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo đánh giá độ chính xác của mô hình số bề mặt (DSM) thành lập bằng công nghệ máy bay không người lái của khu vực có địa hình phức tạp và diện tích nhỏ dựa trên số lượng điểm khống chế ảnh xác định bằng công nghệ GNSS. Kết quả thực nghiệm thu được tại khu vực khai thác và chế biến khoáng sản của Công ty TNHH Tân Tiến, tỉnh Yên Bái cho thấy, 5 điểm khống chế ảnh là số lượng tối thiểu cần phải sử dụng để nắn ảnh phục vụ xây dựng DSM với sai số trung phương là 14,744 cm. Ngoài ra, số lượng điểm tối ưu đem lại độ chính xác cao nhất cho các mô hình DSM đồng thời đáp ứng được độ chính xác yêu cầu thành lập bản đồ 1: 1000 là 20 điểm. Kết quả của bài báo có thể dùng làm tài liệu tham khảo khi chọn điểm khống chế phục vụ việc thành lập DSM cho các khu vực có diện tích và đặc điểm địa hình tương tự như khu vực nghiên cứu của bài báo.

Từ khóa: UAV, máy bay không người lái, số lượng điểm khống chế ảnh, mô hình số bề mặt, DSM

@ Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, thiết bị bay không người lái (UAV- Unmanned Aerial Vehicle) đã và đang được sử dụng phổ biến ở nhiều lĩnh vực. Đặc biệt trong ngành công nghiệp mỏ, công nghệ này đã mang lại nhiều lợi ích như nâng cao hiệu quả và độ an toàn trong công tác khai thác đồng thời đảm bảo độ chính xác yêu cầu. Những năm gần đây, nhiều nghiên cứu đã ứng dụng UAV trong các hoạt động ở mỏ như khảo sát và lập bản đồ [13], quản lý bãi thải [12], một số các hoạt động khác trước, trong hoặc sau khi khai thác [11], ... Hầu hết các ứng dụng trên đều cần phải có mô hình số bề mặt (DSM- Digital Surface Model) có độ phân giải cao. Độ chính xác của DSM tạo ra từ ảnh UAV bị ảnh hưởng của nhiều yếu tố khác nhau như độ cao bay chụp, tham số máy chụp ảnh, độ phủ ảnh,

phần mềm và thuật toán ứng dụng [1], độ dài tiêu cự [4], thông số định hướng của máy chụp ảnh [7], chất lượng ảnh [15], đồ hình lưới khống chế [9]. Ngoài ra, số lượng điểm khống chế cũng được coi là một trong những yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng của DSM [6]. Những năm gần đây, trên thế giới nhiều nhà khoa học đã nghiên cứu để tìm ra số lượng điểm khống chế ảnh tối ưu phục vụ việc thành lập DSM. Trong khi [19] xác định số lượng điểm khống chế tại các vị trí khác nhau phục vụ việc đánh giá độ chính xác DSM tạo ra từ ảnh UAV thì [3] phân tích tác động của sự phân bố và số lượng điểm khống chế đến chất lượng của các sản phẩm đo ảnh UAV. Cũng với mục đích tương tự, [17] đã kết luận rằng số lượng và vị trí của các điểm khống chế tác động đáng kể đến độ chính xác của DSM. Kết quả nghiên cứu của Long và nnk chỉ ra

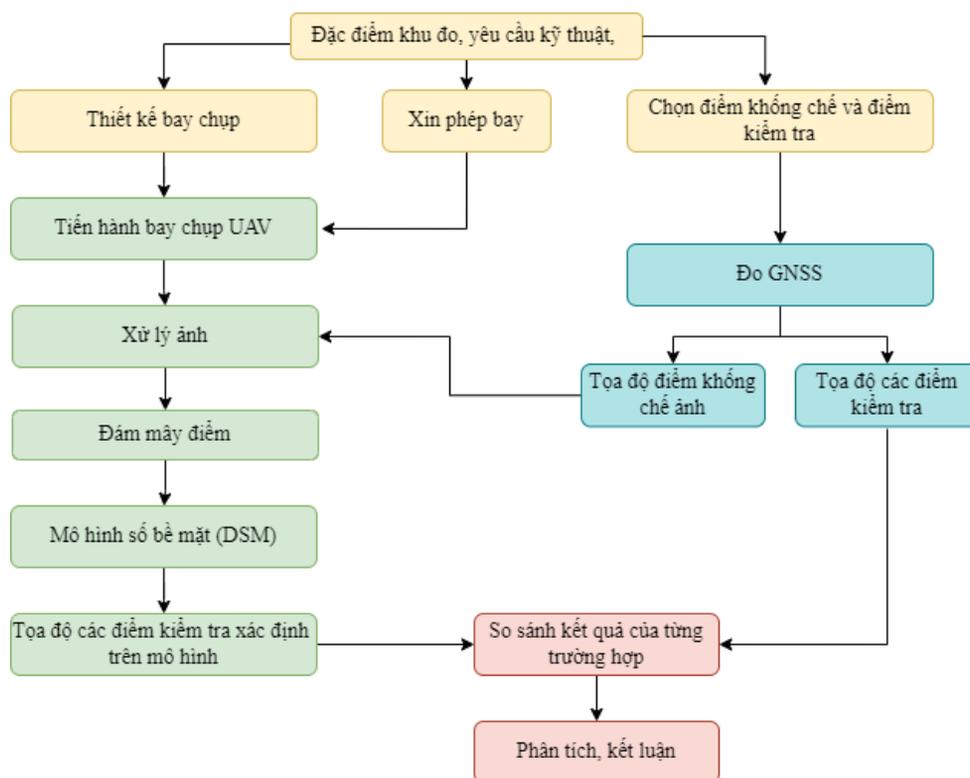
ràng, độ chính xác của DSM được cải thiện nếu số lượng điểm khống chế ảnh tăng [10]. Ngoài ra, số lượng tối ưu cho từng khu vực với diện tích cụ thể đã được đề xuất trong một số nghiên cứu. 10 - 12 điểm khống chế cho khu vực nghiên cứu có diện tích 100 ha [8], hoặc số điểm khống chế cần thiết có thể là 1 điểm/ 2ha [5], 1 điểm / 1,17 ha [2] ha để chụp ảnh UAV được cho là phù hợp để thành lập DSM có chất lượng tốt. Bên cạnh đó, để có được mô hình 3D chất lượng cao, Seung-woo Son và nnk đã nhận ra nên chọn 2 - 3 điểm khống chế/ 1 ha, tuy nhiên con số này có thể thay đổi tùy thuộc vào độ cao bay chụp [16]. Độ chính xác được cho là không thay đổi khi số lượng điểm khống chế nhiều hơn 100 điểm cho khu vực có diện tích 1200 ha [14]. Tương tự, Bu-yeol Yun và cộng sự khẳng định rằng DSM có độ chính xác ổn định khi sử dụng 8 – 9 điểm khống chế [20]. Mặc dù có nhiều nghiên cứu đề cập đến việc lựa chọn số điểm khống chế

ảnh tối ưu phục vụ việc chụp ảnh UAV để xây dựng DSM có độ chính xác cao nhưng chưa có nhiều công bố thực hiện ở khu vực khai thác mỏ. Do đó, nghiên cứu này được thực hiện góp phần khẳng định chất lượng của sản phẩm DSM tạo ra từ ảnh UAV chịu ảnh hưởng đáng kể của số lượng điểm khống chế ảnh, đặc biệt đối với địa hình phức tạp, có độ chênh cao lớn như những khu vực khai thác mỏ.

2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Quy trình đánh giá độ chính xác của DSM

Quy trình đánh giá độ chính xác của DSM dựa vào số lượng điểm khống chế được thể hiện trên Hình 1 bao gồm công tác ngoại nghiệp và xử lý nội nghiệp. Các công việc tiến hành ở thực địa để thu thập dữ liệu ảnh UAV, tọa độ điểm khống chế và điểm kiểm tra. Sau đó, dữ liệu thu được này sẽ được xử lý nội nghiệp bằng phần mềm chuyên dụng.



Hình 1. Quy trình thực hiện của nghiên cứu

2.2. Thu thập dữ liệu

Nghiên cứu sử dụng thiết bị bay không người lái DJI Inspire 2 và hệ thống GNSS để thu thập dữ liệu của khu vực nghiên cứu. Thiết bị UAV tích hợp

với camera có khả năng quay video với độ phân giải 4K và chụp ảnh tĩnh với độ phân giải 24 MP ở định dạng JPEG hoặc DGN RAW. Với 10 dải bay, độ cao bay chụp 96,8 m, tổng cộng 411 ảnh đã

được chụp bao phủ khu vực có diện tích 0,191 km². Lưới khống chế của khu vực nghiên cứu được đo nối với 2 điểm gốc tọa độ Nhà nước VN 2000, đặt rải đều trong khu đo và bố trí ở các vị trí

có độ cao khác nhau. Bảng 1 là tọa độ đo được của các điểm khống chế và điểm kiểm tra trong hệ tọa độ VN2000, múi 48.

Bảng 2. Tọa độ các điểm khống chế ảnh của khu vực nghiên cứu

STT	Điểm	X (m)	Y (m)	Z (m)	STT	Điểm	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	GCP2	2392731	504184.7	121.863	32	GCP33	2392814	504397.6	113.806
2	GCP3	2392814	504328.7	115.799	33	GCP34	2392792	504377	120.643
3	GCP4	2392848	504436.5	121.255	34	GCP35	2392795	504416.7	125.033
4	GCP5	2392819	504469.7	107.365	35	GCP36	2392867	504625.5	117.968
5	GCP6	2392783	504298.5	108.914	36	GCP37	2392875	504561.7	119.292
6	GCP7	2392752	504242.1	109.008	37	GCP38	2392868	504513.4	119.308
7	GCP8	2392772	504520.4	102.346	38	GCP39	2392886	504465.2	121.075
8	GCP9	2392846	504405	121.29	39	GCP40	2392903	504436.6	123.348
9	GCP10	2392881	504414	123.716	40	GCP41	2392898	504341.4	129.93
10	GCP11	2392727	504599.5	93.876	41	GCP42	2392920	504302.2	142.566
11	GCP12	2392757	504607.9	93.81	42	GCP43	2392915	504248.8	147.621
12	GCP13	2392793	504589.1	93.938	43	GCP44	2392869	504207.4	140.417
13	GCP14	2392803	504549.1	94.608	44	GCP45	2392829	504194.9	124.947
14	GCP15	2392814	504512.3	99.419	45	GCP46	2392849	504207	134.861
15	GCP16	2392666	504316.2	137.099	46	GCP47	2392826	504241.7	129.474
16	GCP17	2392624	504541.7	90.42	47	GCP48	2392799	504244.6	117.191
17	GCP18	2392632	504432.7	106.294	48	GCP50	2392794	504157.8	108.346
18	GCP19	2392831	504546.6	105.345	49	GCP51	2392768	504653.6	78.705
19	GCP20	2392688	504232.3	142.342	50	GCP52	2392698	504637.5	82.054
20	GCP21	2392960	504349.7	114.589	51	GCP53	2392711	504609.9	85.326
21	GCP22	2392779	504398.6	121.067	52	GCP54	2392701	504580	92.781
22	GCP23	2392808	504349.1	110.241	53	GCP55	2392698	504545.1	93.238
23	GCP24	2392779	504333	110.611	54	GCP56	2392730	504523.1	102.096
24	GCP25	2392755	504339.5	110.238	55	GCP57	2392716	504497.1	103.295
25	GCP26	2392753	504364.6	111.105	56	GCP58	2392725	504465.6	104.459
26	GCP27	2392752	504400.7	109.595	57	GCP59	2392742	504436.1	106.283
27	GCP28	2392759	504431.4	109.491	58	GCP60	2392734	504390.7	111.191
28	GCP29	2392779	504449.5	111.318	59	GCP61	2392676	504350.3	120.293
29	GCP30	2392806	504457.7	110.827	60	GCP62	2392706	504305.7	111.994
30	GCP31	2392819	504434	112.926	61	GCP63	2392711	504259.2	123.172
31	GCP32	2392727	504599.5	93.876					

Ghi chú: dấu chấm “.” là dấu thập phân

2.3. Chuẩn bị dữ liệu để đánh giá độ chính xác của mô hình số bề mặt

Để phân tích ảnh hưởng của số lượng điểm khống chế ảnh đến độ chính xác của DSM, 7 phương án được thiết kế với số lượng điểm khống

chế và điểm kiểm tra khác nhau như Bảng 2. Từ đó, 7 DSM tương ứng được xây dựng. Mô hình DSM và đánh giá độ chính xác của kết quả thu được sẽ được trình bày chi tiết ở phần 3.

Bảng 2. Số lượng điểm khống chế ảnh và điểm kiểm tra sử dụng cho các trường hợp khác nhau

Trường hợp	Số lượng điểm khống chế		Số lượng điểm kiểm tra	
	Số lượng	Tên điểm khống chế	Số lượng	Tên điểm khống chế
1	4	17-20-21-35	57	2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-18-19-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-36-37-38-39-40-41-42-43-44-45-46-47-48-50-51-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63
2	5	17-20-21-23-35	56	2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-18-19-22-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-36-37-38-39-40-41-42-43-44-45-46-47-48-50-51-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63
3	10	16-17-20-21-23-35-39-45-51-57	51	2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-18-19-22-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-36-37-38-40-41-42-43-44-46-47-48-50-52-53-54-55-56-58-59-60-61-62-63
4	15	2-16-17-18-20-21-23-35-37-3-42-45-50-51-57	46	3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-19-22-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-36-38-41-43-44-46-47-48-52-53-54-55-56-58-59-60-61-62-63
5	20	2-7-15-16-17-18-20-21-22-23-35-37-3-40-42-45-47-50-51-57	41	3-4-5-6-8-9-10-11-12-13-14-19-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-36-38-41-43-44-46-48-52-53-54-55-56-58-59-60-61-62-63
6	25	2-7-8-11-15-16-17-18-20-21-22-23-31-35-37-3-40-42-45-47-50-51-54-57-59	36	3-4-5-6-9-10-12-13-14-19-24-25-26-27-28-29-30-32-33-34-36-38-41-43-44-46-48-52-53-55-56-58-60-61-62-63
7	30	2-7-8-9-11-15-16-17-18-20-21-22-23-24-31-35-37-3-40-42-45-46-47-48-50-51-54-55-57-59	31	3-4-5-6-10-12-13-14-19-25-26-27-28-29-30-32-33-34-36-38-41-43-44-52-53-56-58-60-61-62-63

2.4. Phần mềm xử lý ảnh

Nghiên cứu sử dụng phần mềm Agisoft PhotoScan để khớp ảnh, tạo đám mây điểm, xây dựng DSM và thành lập bình đồ ảnh. Trình tự xử lý ảnh UAV để thành lập DSM bằng phần mềm này bao gồm các bước sau: (1) Nhập ảnh vào phần

mềm (Import Images); (2) Sắp xếp ảnh UAV (Align Images); (3) Tạo đám mây điểm (Build Dense Cloud); (4) Tạo mô hình 3D (Build Mesh); (5) Xây dựng DSM (Build DSM); (6) Xuất kết quả DSM (Export DSM). Bản chất của phương pháp này là tọa độ và độ cao của 1 điểm được tính dựa vào

các điểm ảnh cùng tên của điểm đo chụp từ các vị trí khác nhau. Quá trình xử lý ảnh được thực hiện dựa vào các yếu tố định hướng trong, định hướng ngoài và các điểm khống chế ảnh. Mỗi điểm đều có số lượng điểm ảnh cùng tên tương đối lớn nên phương pháp bình sai đa tia (Bundle Adjustment) được sử dụng [18].

2.5. Đánh giá độ chính xác

Độ chính xác của DSM được đánh giá bằng cách so sánh tọa độ các điểm kiểm tra trên mô hình với tọa độ của các điểm trên mặt đất tương ứng. Các điểm kiểm tra được xác định tọa độ và độ cao bằng phương pháp GNSS và không tham gia vào quá trình xử lý ảnh. Dựa vào sai số trung phương mặt bằng, độ cao và sử dụng các công thức sau đây để đánh giá độ chính xác của mô hình số bề mặt:

$$\Delta X_i = X_{DSMi} - X_{GCPi} \tag{1}$$

$$\Delta Y_i = Y_{DSMi} - Y_{GCPi} \tag{2}$$

$$\Delta Z_i = Z_{DSMi} - Z_{GCPi} \tag{3}$$

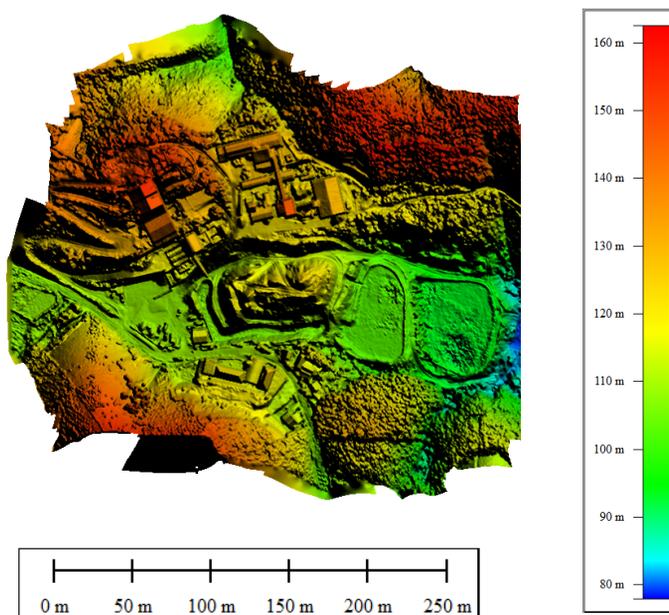
$$RMSE_X = \sqrt{\left[\left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n \Delta X_i^2 \right]} \tag{4}$$

$$RMSE_Y = \sqrt{\left[\left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n \Delta Y_i^2 \right]} \tag{5}$$

$$RMSE_Z = \sqrt{\left[\left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n \Delta Z_i^2 \right]} \tag{6}$$



Hình 2. Khu vực nghiên cứu



Hình 3. Mô hình số độ cao khu vực nghiên cứu

$$RMSE_{XY} = \sqrt{\left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n [\Delta X_i^2 + \Delta Y_i^2]} \tag{7}$$

$$RMSE_{XYZ} = \sqrt{\left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n [\Delta X_i^2 + \Delta Y_i^2 + \Delta Z_i^2]} \tag{8}$$

Trong đó:

X_{DSMi} và X_{GCPi} ; Y_{DSMi} và Y_{GCPi} ; Z_{DSMi} và Z_{GCPi} : Các thành phần tọa độ tương ứng của X, Y, Z của các điểm khống chế ảnh hoặc điểm kiểm tra trên mô hình DSM và đo ngoài thực địa;

$\Delta X_i, \Delta Y_i, \Delta Z_i$: Các giá trị chênh lệch thành phần tọa độ;

$RMSE_X, RMSE_Y, RMSE_{XY}, RMSE_Z, RMSE_{XYZ}$: Sai số trung phương tương ứng theo các hướng trục tọa độ X, Y, mặt bằng, độ cao và tổng hợp;
n: Tổng số điểm khống chế ảnh;

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Khu vực thực nghiệm

Nghiên cứu tiến hành thực nghiệm tại khu chế biến và khai thác khoáng sản thuộc quản lý của Công ty TNHH Tân Tiến, tỉnh Yên Bái (Hình 2). Khu vực thực nghiệm có diện tích 0,191 km², với độ cao địa hình từ 77 đến 163 m (Hình 3). Địa hình này được coi là khá phức tạp do có chênh cao lớn, nhiều địa vật và thực phủ.

3.2. Kết quả và thảo luận

Với số lượng điểm khống chế và điểm kiểm tra khác nhau, sai số trung phương mặt bằng, độ cao và tổng hợp của từng trường hợp sẽ khác nhau. Bảng 3 thể hiện chi tiết các sai số cho 7 trường hợp.

Bảng 3. Sai số trung phương của các điểm khống chế ảnh và điểm kiểm tra mô hình

Trường hợp	Số điểm	Sai số trung phương RMSE (cm)				
		m_x	m_y	m_z	m_{xy}	m_{xyz}
Điểm khống chế ảnh						
1	4	14.116	14.884	15.014	20.513	25.421
2	5	8.404	7.798	9.268	11.468	14.744
3	10	5.265	5.332	5.290	7.493	9.173
4	15	4.086	4.236	4.102	5.885	7.174
5	20	3.030	3.121	4.327	4.350	6.136
6	25	3.025	3.110	4.321	4.339	6.124
7	30	3.015	3.102	4.313	4.326	6.108
Điểm kiểm tra mô hình						
1	55	13.957	14.541	16.260	20.155	25.896
2	56	9.474	9.522	12.223	13.432	18.161
3	51	5.585	5.485	8.682	7.830	11.691
4	46	4.884	4.671	7.610	6.759	10.178
5	41	3.873	3.985	6.879	5.556	8.842
6	36	3.863	3.963	6.802	5.534	8.769
7	31	3.848	3.946	6.754	5.512	8.718

Ghi chú: dấu chấm “.” là dấu thập phân

Kết quả ở Bảng 3 cho thấy, số lượng điểm khống chế và điểm kiểm tra ảnh hưởng đáng kể đến độ chính xác của DSM. Nếu chỉ sử dụng 4 điểm khống chế ảnh để xây dựng DSM thì sai số trung phương thu được (20.155 cm và 25.896 cm tương ứng cho sai số mặt bằng và sai số tổng thể) không đáp ứng yêu cầu về độ chính xác để thành lập bản đồ 1: 1000 cho các dự án về khai thác mỏ. Tuy nhiên, sai số trung phương mặt bằng và tổng thể được cải thiện đáng kể khi số điểm khống chế ảnh tăng, từ 20,513 cm và 25,421 cm đối với trường hợp 4 điểm giảm xuống còn 11,468 cm và 14,744 cm tương ứng với trường hợp 5 điểm. Điều này có nghĩa là, ngoại trừ trường hợp thứ nhất sử dụng 4 điểm khống chế cho kết quả sai số trung phương lớn, tất cả 6 phương án còn lại đều cho kết quả với độ chính xác đảm bảo yêu cầu. Ngoài ra, kết quả thu được còn chỉ ra rằng, các sai số trung phương vẫn tiếp tục giảm nếu số lượng điểm khống chế ảnh tăng lên đến 10, 15, 20 điểm. Tuy nhiên, sai số này không có sự thay đổi nhiều trong

các trường hợp sử dụng 20, 25 và 30 điểm (sai số mặt bằng 4 cm và sai số tổng hợp 6 cm). Vì vậy, việc tăng số lượng điểm lên vượt quá 20 điểm là không cần thiết. Do đó, đối với khu vực nghiên cứu của bài báo, số lượng điểm khống chế ảnh có thể sử dụng để thỏa mãn độ chính xác yêu cầu là ít nhất 5 điểm, nhưng số điểm tối ưu để xây dựng DSM có độ chính xác phù hợp cho các dự án khai thác mỏ là 20 điểm.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã tiến hành nghiên cứu về ảnh hưởng của số lượng điểm khống chế ảnh đến độ chính xác của mô hình số bề mặt. Thiết bị bay UAV được sử dụng để chụp 411 ảnh của khu vực khai thác mỏ Yên Bái. Việc phân tích được thực hiện dựa trên 7 trường hợp với số lượng điểm khống chế ảnh khác nhau 4, 5, 10, 15, 20, 25 và 30 điểm. Kết quả thu được cho thấy, sai số trung phương m_{xy} và m_{xyz} tăng lên khi số lượng điểm khống chế ảnh tăng. Ngoài ra, kết quả thu được cho thấy, để sai số trung phương thu được đạt độ chính xác yêu



cầu lập bản đồ tỷ lệ 1: 1000 phục vụ các dự án khai thác mỏ thì số lượng điểm khống chế có thể chọn ít nhất là 5 điểm. Tuy nhiên, để nâng cao độ chính xác, tiết kiệm thời gian và chi phí, 20 điểm khống

chế là số lượng tối ưu cần sử dụng cho những khu vực khai thác mỏ có diện tích, quy mô và địa hình phức tạp như khu vực nghiên cứu của bài báo □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phạm Hà Thái, T. T. A., Lê Thu Trang & Nguyễn Thị Ánh (2018). Khảo sát một số yếu tố ảnh hưởng đến độ chính xác xây dựng mô hình số bề mặt từ dữ liệu ảnh chụp bởi thiết bị bay không người lái. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất*. Số 59, kỳ 5. 21-30.
2. Agüera-Vega, F., F. Carvajal-Ramírez and P. Martínez-Carricondo (2017). Assessment of photogrammetric mapping accuracy based on variation ground control points number using unmanned aerial vehicle. *Measurement* 98: 221-227.
3. Awasthi, B., S. Karki, P. Regmi, D. S. Dhami, S. Thapa and U. S. Panday (2020). Analyzing the effect of distribution pattern and number of GCPs on overall accuracy of UAV photogrammetric results. *Proceedings of UASG 2019: Unmanned Aerial System in Geomatics 1*, Springer.
4. Clapuyt, F., V. Vanacker and K. Van Oost (2016). Reproducibility of UAV-based earth topography reconstructions based on Structure-from-Motion algorithms. *Geomorphology* 260: 4-15.
5. 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): 3159-3180.
6. Kääh, A., L. Girod and I. Berthling (2014). Surface kinematics of periglacial sorted circles using structure-from-motion technology. *The Cryosphere* 8(3): 1041-1056.
7. Leitão, J. P., M. Moy de Vitry, A. Scheidegger and J. Rieckermann (2016). Assessing the quality of digital elevation models obtained from mini unmanned aerial vehicles for overland flow modelling in urban areas. *Hydrology and Earth System Sciences* 20(4): 1637-1653.
8. Lim, S. (2016). *Geospatial Information Data Generation Using Unmanned Aerial Photogrammetry and Accuracy Assessment*. Department of Civil Engineering, Graduate School Chungnam National University, Daejeon, Korea.
9. Liu, X., X. Lian, W. Yang, F. Wang, Y. Han and Y. Zhang (2022). Accuracy assessment of a UAV direct georeferencing method and impact of the configuration of ground control points. *Drones* 6(2): 30.
10. Long, N. Q., R. Goyal, L. K. Bui, C. X. Cuong, L. V. Canh, N. Q. Minh and X. N. Bui (2021). Optimal choice of the number of ground control points for developing precise DSM using light-weight UAV in small and medium-sized open-pit mine. *Archives of Mining Sciences* 66(3).
11. Minh, D. T. and N. B. Dung (2023). Applications of UAVs in mine industry: A scoping review. *Journal of Sustainable Mining* 22(2): 128-145.
12. Nguyen, B. D. (2023). Identifying the Potential Application of Unmanned Aerial Vehicle Technology in Mine Waste Dumps. *Inzynieria Mineralna* 52(2).
13. Nguyen, L. Q., M. T. Dang, L. K. Bui, Q. B. Ngoc and T. X. Tran (2022). Application of Unmanned Aerial Vehicles for Surveying and Mapping in Mines: A Review. *International Conference on Geo-Spatial Technologies and Earth Resources*, Springer.
14. Sanz-Ablanedo, E., J. H. Chandler, J. R. Rodríguez-Pérez and C. Ordóñez (2018). Accuracy of unmanned aerial vehicle (UAV) and SfM photogrammetry survey as a function of the number and location of ground control points used. *Remote Sensing* 10(10): 1606.
15. Smith, M. W., J. L. Carrivick and D. J. Quincey (2016). Structure from motion photogrammetry in physical geography. *Progress in physical geography* 40(2): 247-275.
16. Son, S. W., J. H. Yoon, H. J. Jeon, D. W. Kim and J. J. Yu (2019). Optimal flight parameters for unmanned aerial vehicles collecting spatial information for estimating large-scale waste generation. *International Journal of Remote Sensing* 40(20): 8010-8030.

17. Ulvi, A. (2021). The effect of the distribution and numbers of ground control points on the precision of producing orthophoto maps with an unmanned aerial vehicle. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering* 20(6): 806-817.
18. Van Le, C., C. X. Cao, V. H. Le and T. Dinh (2020). Volume computation of quarries in Vietnam based on Unmanned Aerial Vehicle (UAV) data. *Journal of Mining and Earth Sciences* Vol 61(1): 21-30.
19. Yu, J. J., D. W. Kim, E. J. Lee and S. W. Son (2020). Determining the optimal number of ground control points for varying study sites through accuracy evaluation of unmanned aerial system-based 3D point clouds and digital surface models. *Drones* 4(3): 49.
20. YUN, B.-Y. and S.-M. SUNG (2018). Location accuracy of unmanned aerial photogrammetry results according to change of number of ground control points. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 21(2): 24-33.

LỜI CẢM ƠN

Bài báo hoàn thành dựa vào kết quả của đề tài cấp cơ sở, Trường Đại học Thủy lợi, mã số: CS2024-06 với tên “Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của số lượng và phân bố điểm khống chế ảnh đến độ chính xác xây dựng mô hình số bề mặt từ dữ liệu ảnh UAV (thực nghiệm tại một mỏ khai thác khoáng sản lộ thiên)”.

LỜI CAM ĐOAN

Tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây

EVALUATING THE ACCURACY OF DIGITAL SURFACE MODELS GENERATED FROM IMAGERY ACQUIRED WITH UNMANNED AERIAL VEHICLES

Minh Tuyet Dang

Thuyloi University, 175 Tay Son, Ha Noi, Vietnam

ARTICLE INFOR

TYPE: Research Article

Received: 23/4/2024

Revised: 28/5/2024

Accepted: 02/6/2024

Corresponding author:

Email: dtminh@tlu.edu.vn

ABSTRACTS

This paper assesses the accuracy of the UAV-based Digital Surface Model (DSM) in a small area with complicated terrain based on the number of ground control points determined by GNSS technology. Experimental results obtained at the mineral exploitation and processing area of Tan Tien Co., Ltd., Yen Bai province show that 5 ground control points are the minimum number needed for image correction to generate DSM with a mean square error of 14.744 cm. In addition, the optimal number of ground control points provides the highest accuracy for DSM models while also meeting the required accuracy for creating a 1:1000 scale map of 20 points. The results of the paper can be used as a reference when choosing ground control points to establish DSM for areas with areas and topographical characteristics similar to the research area of the paper.

Keywords: UAV, Unmanned Aerial Vehicle, number of ground control points; Digital Surface Model, DSM

@ Vietnam Mining Science and Technology Association