Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất
Trang điện tử: http://tapchi.humg.edu.vn

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

Phạm Hà Thái [1,*], Trần Trung Anh [1], Lê Thu Trang [1], Nguyễn Thị Ánh [2]

[1] *Khoa Trắc địa - Bản đồ và Quản lý đất đai, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam*
[2] *Công ty Cổ phần Đo đạc và khoáng sản, Bộ Tài nguyên và Môi trường, Việt Nam*

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình:
Nhận bài 10/8/2018
Chấp nhận 25/9/2018
Đăng online 31/10/2018

Từ khóa:
Đo ảnh
Thiết bị bay không người lái
Mô hình số bề mặt
Mô hình số độ cao

TÓM TẮT

Trong những năm đây công nghệ đo ảnh UAV được ứng phổ biến trong nhiều lĩnh vực nhờ tính kinh tế và tính phổ dụng của nó. Bài báo này đề cập đến các yếu tố ảnh hưởng đến độ chính xác xây dựng mô hình số bề mặt từ dữ liệu ảnh UAV như ảnh hưởng của độ cao bay chụp, của tham số máy ảnh , của độ phủ ảnh, của phần mềm và thuật toán ứng dụng đồng thời đề ra những giải pháp nhằm hạn chế các ảnh hưởng đó. Chúng tôi đã tiến hành bay chụp trên khu vực công viên Hòa Bình, Hà Nội bởi hai thiết bị bay không người lái là Phantom 3 Pro và Phantom 4 Pro trong nhiều trường hợp để tìm ra được sự ảnh hưởng của các yếu tố đã đề cập ở trên tới độ chính xác thành lập mô mình số bề mặt. Trên bãi thực nghiệm này, chúng tôi xây dựng 16 điểm khống chế, đã được xác định tọa độ trắc địa chính xác bằng phương pháp đo RTK.

© 2018 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Mở đầu

Trong khoảng nửa thế kỷ trở lại đây, công nghệ đo ảnh bằng ảnh chụp từ máy bay không người lái (UAV) để tạo ra mô hình số bề mặt (DSM) hay mô hình số độ cao (DEM) cũng như bình đồ trực ảnh đã được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như thành lập bản đồ (Hugenholtz et al., 2014; Uysal et al., 2015; Siebert, 2014; Đào Ngọc Long, 2011; Phan Thị Anh Thư, Lê Văn Trung, 2011), ứng dụng trong giao thông (Díaz-Vilariño et al., 2016), (Võ Thanh Bình và nnk., 2018), lâm nghiệp và nông nghiệp (Grenzdörffer et al., 2008; Costa et al., 2012), nghiên cứu địa chất (Bemis et al., 2014), cũng như trong nghiên cứu môi trường (Díaz-Vilariño et al., 2016; Haas et al., 2015)... Với sự phát triển nhanh chóng của công nghệ này, thiết bị bay không người lái có thể sử dụng trong các trường hợp khu vực nguy hiểm cho con người và các khu vực không thể tiếp cận được ở độ cao thấp và gần với các đối tượng mà hệ thống có người lái không thể sử dụng. Ví dụ các vùng đồng bằng ngập lụt, động đất và các khu vực sa mạc. Hơn nữa, trong điều kiện thời tiết nhiều mây và mưa, việc thu thập dữ liệu bằng UAV vẫn có khả năng thực hiện khi khoảng cách tới đối tượng cho phép bay dưới mây. Các điều kiện thời tiết như vậy không cho phép thu thập dữ liệu với các máy ảnh cỡ lớn được tích hợp vào máy bay có người lái do yêu cầu

*Tác giả liên hệ
E-mail: phamhathai@humg.edu.vn

độ cao bay cao hơn. Ngoài ra, một lợi thế cơ bản của việc sử dụng UAV là nhanh chóng, giá thành hạ. Hầu hết các hệ thống UAV thương mại sẵn có trên thị trường đều tập trung vào các hệ thống chi phí thấp và do đó lợi thế lớn của việc sử dụng UAV cũng là yếu tố chi phí vì UAV rẻ hơn và có chi phí hoạt động thấp hơn máy bay có người lái. Do đó, các UAV có thể được xem như bổ sung hoặc thay thế cho phép đo ảnh hoặc đo đạc trên mặt đất trong một phạm vi ứng dụng nhất định.

Độ chính xác của DSM bắt nguồn từ đo ảnh UAV bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố khác nhau đã được nghiên cứu độc lập, ví dụ như ảnh hưởng của thay đổi độ dài tiêu cự (Clapuyt et al., 2016), ảnh hưởng của độ cao bay chụp, thông số định hướng của máy chụp ảnh (Rock et al., 2011), (Leitão et al., 2016), cũng như chất lượng ảnh (Nouwakpo et al., 2015), (Smith et al., 2015). Ngoài ra, số lượng cũng như sự phân bố của những điểm khống chế ảnh được sử dụng cho việc định hướng tấm ảnh trong hệ họa độ trắc địa cũng được coi là một trong những yếu tố ảnh hưởng đến độ chính xác thành lập DSM (Kääb et al., 2014).

Để việc ứng dụng công nghệ đo ảnh UAV một cách hiệu quả hơn trong công tác Trắc địa Bản đồ và trong các công tác khác, chúng ta hãy nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến độ chính xác thành lập DSM từ dữ liệu ảnh UAV và các giải pháp hạn chế ảnh hưởng của chúng. Độ chính xác thành lập DSM có thể được định nghĩa là độ lệch chuẩn (Standard Deviation - SD) của giữa độ cao điểm kiểm tra CP và độ cao điểm tương ứng của mô hình số bề mặt DSM (Saskia et al., 2017). Trong phạm vi bài báo này, độ chính xác mô số bề mặt DSM xây dựng từ các ảnh UAV được tính bằng sai số trung phương của độ chênh độ cao giữa độ cao điểm kiểm tra và độ cao điểm tương ứng trên mô hình số bề mặt trên tổng số điểm kiểm tra (Morgan and Falkner, 2001), (Bùi Tiến Diệu và nnk., 2016).

2. Khu vực nghiên cứu và dữ liệu sử dụng

Công trình công viên Hòa Bình (Hình 1) đã được khởi công vào ngày 20/2/2009, với ổng mức đầu tư 282 tỷ. Công viên có diện tích đất xây dựng là 20,3431 ha, trong đó: 19,8772 ha là đất xây dựng công viên; 0,4659 ha là đất giao thông Thành phố. Điểm khống chế mặt đất đã được bố trí đều trên khắp khu đo với số lượng là 16 điểm (Hình 2), được xác định tọa độ trắc địa chính xác bằng phương pháp đo RTK với độ chính xác đạt được 1cm về mặt phẳng và 2cm về độ cao.

Để tiến hành khảo sát tất cả các trường hợp trong bài báo này, chúng tôi sử dụng hệ thống máy bay không người lái Phantom 3 Pro và Phantom 4 Pro (Hình 3).

Kế hoạch bay đã được thiết kế bằng phần mềm Map pilot (Hình 4) đối với cả hai thiết bị bay là Phantom 3Pro và Phantom 4 Pro lần lượt ở độ cao 80m và 120m tương ứng với 2 trường hợp độ phủ là 70% và 90%.

Hình 1. Công viên Hòa Bình.

Hình 2. Sơ đồ bố trí điểm khống chế mặt đất.

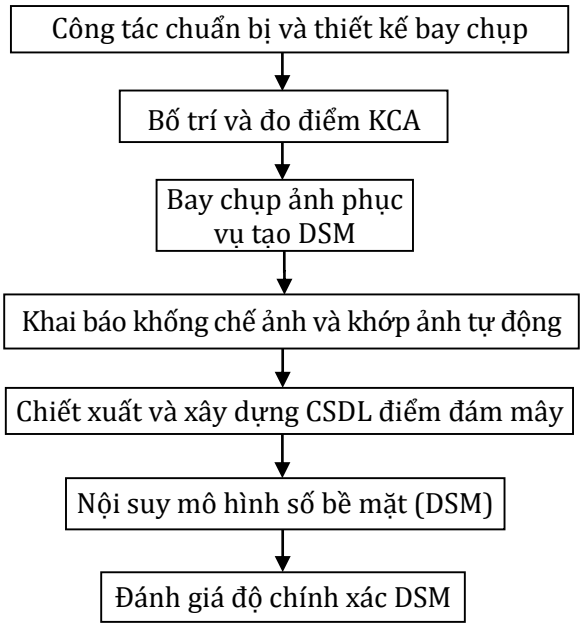
Hình 3. Hệ thống máy bay không người lái Phantom 3 Pro và Phantom 4 Pro.

Hình 4. Đồ hình bay được thiết kế bằng phần mềm Map pilot.

3. Phương pháp nghiên cứu

3.1. Phương pháp thành lập mô hình số bề mặt DSM từ dữ liệu UAV

Dữ liệu ảnh thu nhận từ UAV đã được xử lý bằng thuật toán tự động xử lý ảnh và khôi phục mô hình ba chiều (Bùi Tiến Diệu và nnk., 2016; Saskia et al., 2017). Những kĩ thuật này cho phép giải quyết đồng thời các vấn đề về hình học của hướng, vị trí máy chụp ảnh và các điểm khống chế trên những tấm ảnh có độ phủ trùm thông qua một quy trình xử lý tự động bằng phần mềm Agisoft PhotoscanPro (Agisoft, 2017)



Hình 5. Sơ đồ quy trình thành lập mô hình số bề mặt.

3.2. Các yếu tố ảnh hưởng đến độ chính xác thành lập DEM từ dữ liệu UAV

Từ quy trình công nghệ ở hình 5, ta thấy có rất nhiều các yếu tố ảnh hưởng đến độ chính xác thành lập mô hình số bề mặt từ dữ liệu UAV. Ngoài việc xét đến tính chất của bề mặt địa hình cũng như phần mềm sử dụng để xử lý ảnh tự động thì số lượng và vị trí phân bố khác nhau của các điểm GCP cũng ảnh hưởng tới độ chính xác đo ảnh UAV. Shahbazi, M. và nnk (Shahbazi et al., 2015) đã thực hiện một số thử nghiệm khác nhau về số lượng và vị trí của các điểm GCP, cũng như số lượng hình ảnh nơi các GCP được hiển thị. Họ phát hiện ra rằng DSM được tham chiếu nhiều điểm kiểm tra GCP hơn chính xác hơn DSM được tham chiếu địa lý ít điểm hơn và mạng các điểm GCP phân bố đồng đều tạo ra DSM có độ chính xác cao hơn mạng GCP được nhóm lại. Họ cũng cho thấy độ chính xác DSM cao hơn khi các GCP được bố trí sao cho chúng được hiển thị trên nhiều ảnh hơn. Các nghiên cứu của Tahar, K.N. và nnk (Tahar et al., 2012) cũng như của Rosnell, T. và Honkavaara, E. (Rosnell and Honkavaara, 2012) cũng kết luận rằng độ chính xác của DSM tăng lên khi số lượng các điểm GCP tăng lên. Một kết luận tương tự đã được thực hiện trong nghiên cứu của Tonkin, T.N. và Midgley, N.G (Tonkin and Midgley, 2016) người ta cũng cho thấy thêm rằng khi đạt được một số lượng điểm GCP nhất định, độ chính xác DSM không tăng nữa hay nói khác đi, độ chính xác của DSM tăng tiệm cận với sự tăng lên của số lượng các điểm GCP. Trong phạm vi của bài báo này, tác giả đề cập đến và làm rõ thêm một số yếu tố khác như: ảnh hưởng của độ cao bay chụp, ảnh hưởng của tham số máy chụp ảnh và ảnh hưởng của độ phủ ảnh.

3.2.1. Ảnh hưởng của độ cao bay chụp

Như ta đã biết, vì kích thước của cảm biến thu nhận ảnh trong một máy ảnh số là cố định, do đó độ phân giải điểm ảnh (kích thước của pixel) phụ thuộc vào độ cao bay chụp. Độ phân giải điểm ảnh ảnh hưởng đến độ chính xác của bản đồ. Theo Morgan, D. và E. Falkner (Morgan and Falkner, 2001) thì mối quan hệ giữa độ cao bay chụp và độ phân giải điểm ảnh được thể hiện ở công thức (1).

$$H_{bc} = (d_a * K * f)/d_s * 100 \quad (1)$$

Trong đó: H_{bc} - Độ cao bay chụp (m); d_a - Chiều dài của ảnh chụp (pixel); K - Độ phân giải điểm ảnh (cm); f - Tiêu cự của máy ảnh (mm); d_s - Độ dài của mảng CCD (mm).

Từ công thức (1) ta có thể suy ra (2).

$$K = H_{bc} * d_s * 100/d_a * f \quad (2)$$

Qua đây ta thấy độ chính xác của bản đồ (kích thước điểm ảnh cần chụp K) tỷ lệ nghịch với độ cao bay chụp H_{bc}. Khi giảm độ cao bay chụp H_{bc} thì độ chính xác đo ảnh UAV sẽ tăng, tuy nhiên sẽ kéo theo tăng số lượng ảnh chụp làm giảm tính kinh tế. Do vậy, khi thiết kế bay chụp căn cứ vào độ chính xác yêu cầu để xác định độ cao bay chụp hợp lý.

3.2.2. Ảnh hưởng của tham số máy chụp ảnh

Cũng từ công thức (2) ta thấy độ chính xác của bản đồ (kích thước điểm ảnh cần chụp K) còn

phụ thuộc vào tham số *f* của máy ảnh sử dụng. Qua đây ta thấy, độ chính xác đo ảnh UAV không chỉ phụ thuộc vào độ cao bay chụp mà còn phụ thuộc vào tham số của máy ảnh. Độ chính xác đo ảnh UAVsẽ tăng khi chụp ảnh sử dụng máy chụp ảnh có tiêu cự dài hơn. Trong công tác sản xuất, căn cứ vào điều kiện trang thiết bị mà lựa chọn máy chụp ảnh có tham số phù hợp.

3.2.3. Ảnh hưởng của độ phủ ảnh chụp

Trong công nghệ đo ảnh UAV, việc bay chụp ảnh thường được tiến hành 80x90%, liệu có thể dựa vào đặc điểm này để nâng cao độ chính xác được không ? Để trả lời cho câu hỏi này ta làm thực nghiệm sau. Trên bãi thực nghiệm Công viên Hòa Bình, chúng tôi máy chụp ảnh *Phantom 4 Pro* bay chụp 2 lần với độ phủ 90% và 70% trên dùng một độ cao bay chụp.

3.2.4. Ảnh hưởng của phần mềm và thuật toán ứng dụng

Độ chính xác của sản các phẩm bản đồ thành lập từ công nghệ UAV phụ thuộc vào phần mềm và thuật toán SfM (Structure - from - Motion) xử lý ảnh được sử dụng (Sona et al., 2014). Để có thể lựa chọn được các phần mềm phù hợp, cần phải có thông tin chi tiết về các phần mềm xử lý ảnh chụp UAV. Hiện nay có rất nhiều các phần mềm xử lý ảnh UAV, kể cả miễn phí lẫn thương mại Bemis, Micklethwaite (Bemis et al., 2014). Đặc điểm của các phần mềm tích hợp các thuật toán SfM là quá trình xử lý ảnh thành lập các sản phẩm bản đồ được tự động ở mức cao. Cơ chế hoạt động của các thuật toán SfM cơ bản gồm các bước chính như sau: Bước 1, các điểm "khóa" (key point features còn gọi là tie point) trên các ảnh được tự động phát hiện và chiết xuất, sau đó bộ cơ sở dữ liệu (3D point cloud) được xây dựng; Bước 2, quá trình khớp ảnh tự động được thực hiện giữa các cặp ảnh, dựa vào các điểm các điểm "khóa" nằm trên phần phủ dọc và phủ ngang (Snavely et al., 2008); Bước cuối cùng quá trình bình sai khối tam giác ảnh không gian được tiến hành để xác định các tham số định hướng trong, định hướng ngoài, và nội suy tọa độ 3D cho các điểm trên ảnh (Snavely et al., 2008; Clapuyt et al., 2015; Gini et al., 2013).

4. Kết quả và thảo luận

Chúng tôi khảo sát trên từng trường hợp cụ thể theo từng ảnh hưởng đã phân tích ở phần 3. Dựa vào mô hình số bề mặt được thành lập trong mỗi phân tích, chúng tôi đánh giá độ chính xác của nó dựa vào sai số trung phương của độ cao giữa giữa độ cao điểm kiểm tra và độ cao điểm tương ứng trên mô hình số bề mặt trên tổng số điểm kiểm tra được tính theo công thức (3).

$$RMSQ = \sqrt{\frac{\Delta H^2}{n}}; \Delta H^2 = \sum_{i=1}^{n} dh_i; dh = h_{GCP} - h_{DSM} \quad (3)$$

Trong đó: h_{GCP} - Giá trị độ cao của điểm khống chế; H_{DSM} - Giá trị độ cao trên DSM; *RMSQ* - Sai số trung phương; *n* - Số điểm kiểm tra.

4.1. Ảnh hưởng của độ cao bay chụp

Chúng tôi dùng một máy ảnh *Phantom 3* tiến hành chụp 2 lần trên bãi thực nghiệm Công viên Hòa Bình với 2 độ cao bay chụp khác nhau H_1= 80m và H_2 = 150 m. Sau khi xử lý ta có kết quả như Bảng 1 và Bảng 2.

Qua Bảng 1 và Bảng 2, ta thấy rằng, khi giảm độ cao bay chụp H_{bc} thì độ chính xác đo ảnh UAV sẽ tăng, tuy nhiên sẽ kéo theo tăng số lượng ảnh chụp làm giảm tính kinh tế. Do vậy , khi thiết kế bay chụp phải căn cứ vào độ chính xác yêu cầu để xác định độ cao bay chụp hợp lý.

4.2. Ảnh hưởng của thông số máy chụp ảnh

Để làm rõ hơn vấn đề này ta tiến hành chụp 2 lần bằng máy ảnh Phantom 3 Pro với tham số *f*=3,61mm, độ phân giải 4000 x 3000pixel, kích thước pixel 1,56 x 1,56 mm và máy Phantom 4 Pro với tham số *f*=8,8mm, độ phân giải 5472 x 3648 pixel, kích thước pixel 2,41 x2,41mm bãi thực nghiệm Công viên Hòa Bình với cùng một độ cao bay chụp H_{bc} = 150m . Sau khi xử lý, ta có kết quả như Bảng 3 và Bảng 4.

Từ kết quả Bảng 3 và Bảng 4 ta thấy, độ chính xác đo ảnh UAV không chỉ phụ thuộc vào độ cao bay chụp mà còn phụ thuộc vào tham số của máy ảnh. Trong công tác sản xuất, căn cứ vào tinh trạng thiết bị mà lựa chọn máy chụp ảnh có tham số phù hợp.

4.3. Ảnh hưởng của độ phủ ảnh chụp

Qua Bảng 5, Bảng 6 ta thấy khi tăng độ phủ dọc lên thì độ chính xác đo ảnh UAV sẽ tăng. Khi đo vẽ ở khu vực địa hình có độ dốc lớn thì việc tăng độ phủ khi chụp ảnh càng có ý nghĩa.

Bảng 1. Độ lệch của các trục tọa độ giữa tọa độ điểm kiểm tra GCP và tọa độ ảnh chụp từ Phantom 3 Pro ở độ cao bay chụp 80m.

Tên điểm	Tọa độ điểm kiểm tra GCP (1)			Tọa độ ảnh Phantom 3, (2) (độ cao bay chụp 80m)			Độ lệch (1)- (2)		
	X (m)	*Y* (m)	*H* (m)	*X* (m)	*Y* (m)	*H* (m)	dX (m)	*dY* (m)	*dH* (m)
P0	2330590.984	581506.006	7.000	2330591.035	581505.953	6.956	-0.051	0.053	0.044
P1	2330579.833	581456.203	7.713	2330579.887	581456.24	7.756	-0.054	-0.037	-0.043
P4	2330441.37	581464.148	12.638	2330441.334	581464.162	12.669	0.036	-0.014	-0.031
P6	2330205.114	581519.408	6.995	2330204.986	581519.529	6.975	0.128	-0.121	0.020
P8	2330196.581	581706.535	7.106	2330196.517	581706.419	7.111	0.064	0.116	-0.005
P10	2330340.387	581780.828	6.367	2330340.391	581780.826	6.38	-0.004	0.002	-0.013
P12	2330442.021	581663.008	7.185	2330442.078	581663.002	7.169	-0.057	0.006	0.016
P14	2330480.539	581588.403	7.306	2330480.642	581588.407	7.298	-0.103	-0.004	0.008

0.028

Bảng 2. Độ lệch của các trục tọa độ giữa tọa độ điểm kiểm tra GCP và tọa độ ảnh chụp từ Phantom 3 Pro ở độ cao bay chụp 150m.

Tên điểm	Tọa độ điểm kiểm tra GCP (1)			Tọa độ ảnh Phantom 3, (2) (độ cao bay chụp 150m)			Độ lệch (1)- (2)		
	X (m)	*Y* (m)	*H* (m)	*X* (m)	*Y* (m)	*H* (m)	dX (m)	*dY* (m)	*dH* (m)
P0	2330590.984	581506.006	7.000	2330591.083	581505.949	6.958	-0.099	0.057	0.042
P1	2330579.833	581456.203	7.713	2330579.833	581456.189	7.727	0.000	0.014	-0.014
P4	2330441.37	581464.148	12.638	2330441.405	581464.134	12.647	-0.035	0.014	-0.009
P6	2330205.114	581519.408	6.995	2330205.168	581519.342	6.917	-0.054	0.066	0.078
P8	2330196.581	581706.535	7.106	2330196.652	581706.468	7.033	-0.071	0.067	0.073
P10	2330340.387	581780.828	6.367	2330340.349	581780.841	6.322	0.038	-0.013	0.045
P12	2330442.021	581663.008	7.185	2330441.941	581663.089	7.183	0.080	-0.081	0.002
P14	2330480.539	581588.403	7.306	2330480.576	581588.436	7.398	-0.037	-0.033	-0.092

0.047

Bảng 3. Độ lệch của các trục tọa độ giữa tọa độ điểm kiểm tra GCP và tọa độ ảnh chụp từ Phantom 3 Pro ở tiêu cự máy ảnh f=3,61mm.

Tên điểm	Tọa độ điểm kiểm tra GCP (1)			Tọa độ đo ảnh Phantom 3, f=3,61mm (2)			Độ lệch (1)-(2)		
	X (m)	*Y* (m)	*H* (m)	*X* (m)	*Y* (m)	*H* (m)	*dX* (m)	*dY* (m)	*dH* (m)
P0	2330590.984	581506.006	7,000	2330591.083	581505.949	6.958	-0.099	0.057	0.042
P1	2330579.833	581456.203	7.713	2330579.833	581456.189	7.727	0.000	0.014	-0.014
P4	2330441.37	581464.148	12.638	2330441.405	581464.134	12.647	-0.035	0.014	-0.009
P6	2330205.114	581519.408	6.995	2330205.168	581519.342	6.917	-0.054	0.066	0.078
P8	2330196.581	581706.535	7.106	2330196.652	581706.468	7.033	-0.071	0.067	0.073
P10	2330340.387	581780.828	6.367	2330340.349	581780.841	6.322	0.038	-0.013	0.045
P12	2330442.021	581663.008	7.185	2330441.941	581663.089	7.183	0.080	-0.081	0.002
P14	2330480.539	581588.403	7.306	2330480.576	581588.436	7.398	-0.037	-0.033	-0.092

0.055

Bảng 4. Độ lệch của các trục tọa độ giữa tọa độ điểm kiểm tra GCP và tọa độ ảnh chụp từ Phantom 4 Pro ở tiêu cự máy ảnh f=8,8mm.

Tên điểm	Tọa độ điểm kiểm tra GCP (1)			Tọa độ đo ảnh Phantom 4, f=8,80mm (2)			Độ lệch (1)-(2)		
	X (m)	*Y* (m)	*H* (m)	*X* (m)	*Y* (m)	*H* (m)	*dX* (m)	*dY* (m)	*dH* (m)
P0	2330590.984	581506.006	7.000	2330590.962	581506.044	6.963	0.022	-0.038	0.037
P1	2330579.833	581456.203	7.713	2330579.864	581456.218	7.714	-0.031	-0.015	-0.001
P4	2330441.37	581464.148	12.638	2330441.319	581464.222	12.707	0.051	-0.074	-0.069
P6	2330205.114	581519.408	6.995	2330205.08	581519.412	7.019	0.034	-0.004	-0.024
P8	2330196.581	581706.535	7.106	2330196.595	581706.527	7.111	-0.014	0.008	-0.005
P10	2330340.387	581780.828	6.367	2330340.4	581780.866	6.381	-0.013	-0.038	-0.014
P12	2330442.021	581663.008	7.185	2330442.031	581663.036	7.253	-0.010	-0.028	-0.068
P14	2330480.539	581588.403	7.306	2330480.536	581588.437	7.353	0.003	-0.034	-0.047

0.041

4.4. Ảnh hưởng của phần mềm và thuật toán ứng dụng

Chúng tôi khảo sát ảnh hưởng này trên hai phần mềm xử lý ảnh UAV phổ biến hiện nay là Agisoft PhotoScan Professional Version 1.4.1 và Pid4Dmapper Pro Version 4.2.26.

Qua kết quả thể hiện ở Bảng 7 và Bảng 8, ta thấy, mặc dù với cùng một số liệu đầu vào của cùng một khu vực với cùng một máy bay ở độ cao nhất định với độ phủ như nhau thì việc xây dựng mô hình số bề mặt thu được có độ chính xác khác nhau khi ta sử dụng phần mềm khác nhau.

Bảng 5. Độ lệch của các trục tọa độ giữa tọa độ điểm kiểm tra GCP và tọa độ ảnh chụp từ Phantom 4 Pro ở độ phủ là 70%.

Tên điểm	Tọa độ điểm kiểm tra			Tọa độ ảnh Phantom 4, độ phủ 70%			Độ lệch		
	X (m)	*Y* (m)	*H* (m)	*X* (m)	*Y* (m)	*H* (m)	*dX* (m)	*dY* (m)	*dH* (m)
P0	2330590.984	581506.006	7	2330590.962	581506.044	6.943	0.022	-0.038	0.057
P1	2330579.833	581456.203	7.713	2330579.864	581456.218	7.714	-0.031	-0.015	0.001
P4	2330441.37	581464.148	12.638	2330441.319	581464.222	13.047	0.051	-0.074	0.409
P6	2330205.114	581519.408	6.995	2330205.08	581519.412	7.019	0.034	-0.004	0.024
P8	2330196.581	581706.535	7.106	2330196.595	581706.527	7.111	-0.014	0.008	0.005
P10	2330340.387	581780.828	6.367	2330340.4	581780.866	6.381	-0.013	-0.038	0.014
P12	2330442.021	581663.008	7.185	2330442.031	581663.036	7.253	-0.010	-0.028	0.068
P14	2330480.539	581588.403	7.306	2330480.536	581588.437	7.353	0.003	-0.034	0.047
									0.149

Bảng 6. Độ lệch của các trục tọa độ giữa tọa độ điểm kiểm tra GCP và tọa độ ảnh chụp từ Phantom 4 Pro ở độ phủ là 80%.

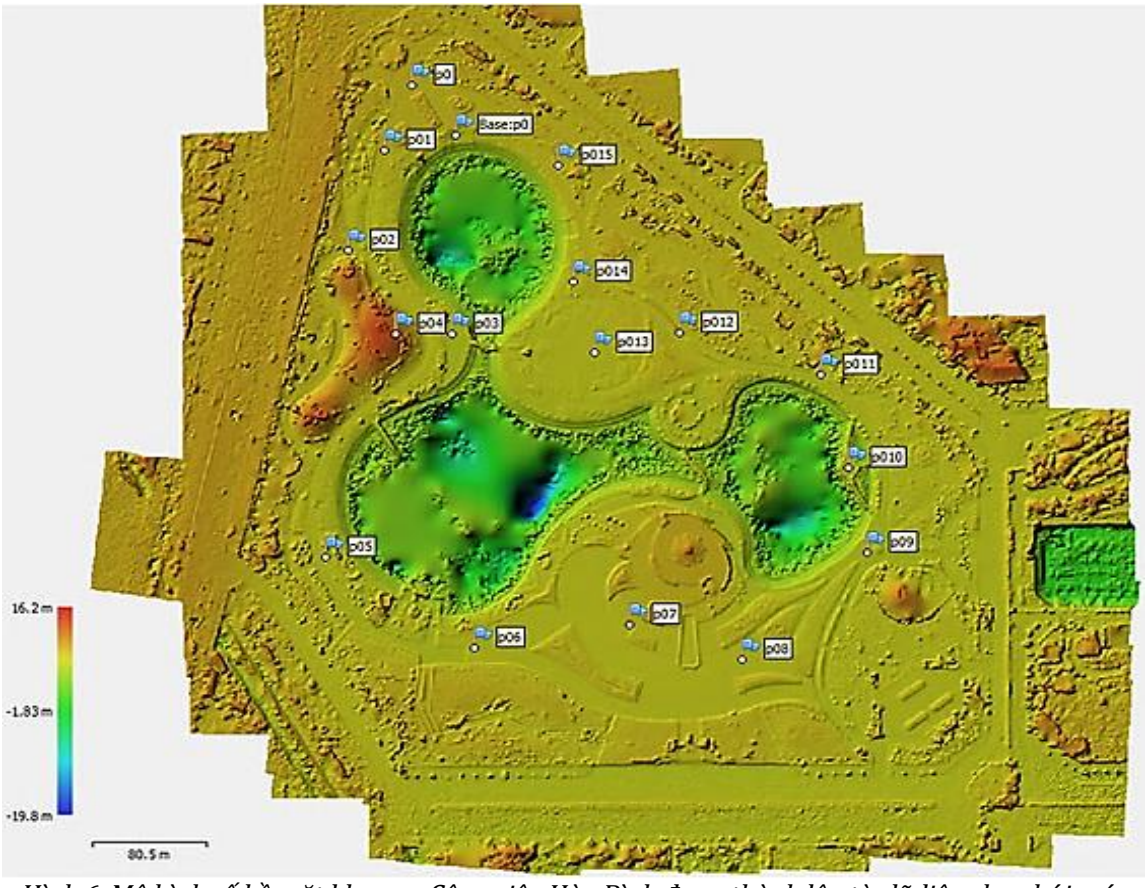
Tên điểm	Tọa độ điểm kiểm tra			Tọa độ ảnh Phantom 4, độ phủ 80%			Độ lệch		
	X (m)	*Y* (m)	*H* (m)	*X* (m)	*Y* (m)	*H* (m)	*dX* (m)	*dY* (m)	*dH* (m)
P0	2330590.984	581506.006	7	2330590.986	581506.014	7.011	-0.002	-0.008	0.011
P1	2330579.833	581456.203	7.713	2330579.86	581456.202	7.734	-0.027	0.001	0.021
P4	2330441.37	581464.148	12.638	2330441.348	581464.186	12.647	0.022	-0.038	0.009
P6	2330205.114	581519.408	6.995	2330205.094	581519.426	7.024	0.020	-0.018	0.029
P8	2330196.581	581706.535	7.106	2330196.602	581706.522	7.114	-0.021	0.013	0.008
P10	2330340.387	581780.828	6.367	2330340.397	581780.834	6.365	-0.010	-0.006	0.002
P12	2330442.021	581663.008	7.185	2330442.036	581663.036	7.218	-0.015	-0.028	0.033
P14	2330480.539	581588.403	7.306	2330480.522	581588.434	7.338	0.017	-0.031	0.032
									0.021

Bảng 7. Độ lệch của các trục tọa độ giữa tọa độ điểm kiểm tra đo bằng RTK và tọa độ điểm kiểm tra lấy từ ảnh trực giao với mô hình DSM được xử lý bằng phần mềm xử lý Pix4Dmapper Pro Version 4.2.26.

Tên điểm	Tọa độ điểm kiểm tra đo bằng RTK			Phần mềm xử lý Pix4Dmapper Pro Version 4.2.26					
				Tọa độ điểm kiểm tra lấy từ ảnh trực giao và mô hình DSM			Độ lệch		
	X (m)	*Y* (m)	*H* (m)	*X* (m)	*Y* (m)	*H* (m)	*dX* (m)	*dY* (m)	*dH* (m)
P0	2330590.984	581506.006	7.000	2330590.971	581506.008	7.038	0.013	-0.002	-0.038
P1	2330579.833	581456.203	7.713	2330579.841	581456.198	7.700	-0.008	0.005	0.013
P4	2330205.114	581519.408	6.995	2330205.125	581519.372	6.996	-0.011	0.036	-0.001
P6	2330196.581	581706.535	7.106	2330196.596	581706.534	7.118	-0.015	0.001	-0.012
P8	2330340.387	581780.828	6.367	2330340.429	581780.835	6.387	-0.042	-0.007	-0.020
P10	2330442.021	581663.008	7.185	2330442.022	581663.019	7.195	-0.001	-0.011	-0.010
P12	2330480.539	581588.403	7.306	2330480.544	581588.413	7.302	-0.005	-0.010	0.004
P14	2330590.984	581506.006	7.000	2330590.971	581506.008	7.038	0.013	-0.002	-0.038
									0.022

Bảng 8. Độ lệch của các trục tọa độ giữa tọa độ điểm kiểm tra đo bằng RTK và tọa độ điểm kiểm tra lấy từ ảnh trực giao với mô hình DSM được xử lý bằng phần mềm xử lý Agisoft PhotoScan Pro Version 1.4.1.

Tên điểm	Tọa độ điểm kiểm tra đo bằng RTK			Phần mềm xử lý Agisoft PhotoScan Pro Version 1.4.1					
				Tọa độ điểm kiểm tra lấy từ ảnh trực giao và mô hình DSM			Độ lệch		
	X (m)	*Y* (m)	*H* (m)	*X* (m)	*Y* (m)	*H* (m)	*dX* (m)	*dY* (m)	*dH* (m)
P0	2330590.984	581506.006	7.000	2330590.960	581506.033	6.963	0.024	-0.027	0.037
P1	2330579.833	581456.203	7.713	2330579.857	581456.224	7.727	-0.024	-0.021	-0.014
P4	2330205.114	581519.408	6.995	2330205.080	581519.409	7.009	0.034	-0.001	-0.014
P6	2330196.581	581706.535	7.106	2330196.599	581706.520	7.132	-0.018	0.015	-0.026
P8	2330340.387	581780.828	6.367	2330340.414	581780.848	6.404	-0.027	-0.020	-0.037
P10	2330442.021	581663.008	7.185	2330442.033	581663.028	7.233	-0.012	-0.020	-0.048
P12	2330480.539	581588.403	7.306	2330480.531	581588.443	7.380	0.008	-0.040	-0.074
P14	2330590.984	581506.006	7.000	2330590.960	581506.033	6.963	0.024	-0.027	0.037
									0.040



Hình 6. Mô hình số bề mặt khu vực Công viên Hòa Bình được thành lập từ dữ liệu chụp bởi máy Phantom 4 Pro độ phủ 70% ở độ cao 120m.

5. Kết luận

Qua nghiên cứu, làm thực nghiệm và sản xuất, chúng tôi rút ra một số kết luận.

- Việc giảm chiều cao bay chụp sẽ làm tăng độ chính xác đo ảnh UAV, tuy nhiên phải tính toán sao cho hợp lý vì khi giảm chiều cao bay chụp sẽ làm tăng số lượng ảnh chụp dẫn đến tốn nhiều thời gian xử lý trên máy tính.

- Độ chính xác đo ảnh UAV không chỉ phụ thuộc vào độ cao bay chụp mà còn phụ thuộc vào tham số của máy ảnh. Độ chính xác đo ảnh UAVsẽ tăng khi chụp ảnh sử dụng máy chụp ảnh có tiêu cự dài hơn.Trong công tác sản xuất, căn cứ vào

điều kiện trang thiết bị mà lựa chọn máy chụp ảnh có tiêu cự phù hợp.

- Độ phủ dọc lên thì độ chính xác đo ảnh UAV sẽ tăng. Khi đo vẽ ở khu vực có độ dốc lớn thì việc tăng độ phủ khi chụp ảnh càng có ý nghĩa.

- Phần mềm và thuật toán ứng dụng cũng ảnh hưởng đến độ chính xác đo ảnh UAV. Tùy theo yêu cầu độ chính xác đòi hỏi mà lựa chọn phần mềm cho phù hợp.

Trên đây là các yếu tố ảnh hưởng đến độ chính xác đo ảnh UAV, trong thực tế sản xuất phải căn cứ vào yêu cầu của công việc, tình hình cụ thể của địa hình khu đo, tình hình trang thiết bị có sẵn để lựa chọn các giải pháp cho thích hợp.

Tài liệu tham khảo

Agisoft LCC, 2017. Agisoft PhotoScan. Available online: http://www.agisoft.com (accessed on 20 February 2017).

Bemis, S. P., Micklethwaite, S., Turner, D., James, M. R., Akciz, S., Thiele, S. T., and Bangash, H. A., 2014, *Ground-based and UAV - based photogrammetry: A multi-scale, high-resolution mapping tool for structural geology and paleoseismology.* Journal of Structural Geology, 69. 163-178.

Bùi Tiến Diệu, Nguyễn Cẩm Vân, Hoàng Mạnh Hùng, Đồng Bích Phương, Nhữ Việt Hà, Trần Trung Anh, Nguyễn Quang Minh, 2016, *Xây dựng mô hình số bề mặt và bản đồ trực ảnh sử dụng công nghệ đo ảnh máy bay không người lái (UAV)*, Hội nghị Khoa học: Đo đạc Bản đồ với ứng phó biến đổi khí hậu.

Clapuyt, F., Vanacker, V., Van Oost, K., 2016. *Reproducibility of UAV-based earth topography reconstructions based on Structure-from-Motion algorithms*. Geomorphology, 260, 4-15.

Costa, F. G., Ueyama, J., Braun, T., Pessin, G., Osório, F. S., Vargas, P. A., 2012. *The use of unmanned aerial vehicles and wireless sensor network in agricultural applications*, 22-27 July 2012. In Proceedings of 2012 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Munich, Germany; 5045-5048.

Đào Ngọc Long, 2011. *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ thành lập bản đồ (địa hình và địa chính) từ ảnh chụp bằng máy chụp ảnh phổ thông lắp trên máy bay không người lái M100-CT điều khiển bằng sóng Radio*, Đề tài cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường.

Díaz-Vilariño, L., González-Jorge, H., Martínez-Sánchez, J., Bueno, M., and Arias, P., 2016. *Determining the limits of unmanned aerial photogrammetry for the evaluation of road runoff*. Measurement. 85: 132-141

Gini, R., Pagliari, D., Passoni, D., Pinto, L., Sona, G., and Dosso, P., 2013. *UAV photogrammetry: Block triangulation comparisons*. Int. Arch. Photogram. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.

Grenzdörffer, G. J., Engel, A., Teichert, B., 2008. *The photogrammetric potential of low-cost UAVs in forestry and agriculture*, 2008. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 31, 1207-1214.

Haas, F., Hilger, L., Neugirg, F., Umstädter, K., Breitung, C., Fischer, P., Hilger, P., Heckmann, T., Dusik, J.-M., Kaiser, A., Schmidt, J., Della Seta, M., Rosenkranz, R., and Becht, M., 2015, *Quantification and analysis of geomorphic processes on a recultivated iron ore mine on the Italian island Elba using long-time ground-based LIDAR and photogrammetric data by an UAV*. Natural Hazards and Earth System Sciences. 3: 6271-6319.

Hugenholtz, C.H., Walker, J., Brown, O., and Myshak, S., 2014. *Earthwork volumetrics with an unmanned aerial vehicle and softcopy photogrammetry*. Journal of Surveying Engineering. 141(1): 06014003.

Kääb, A., Girod, L., Berthling, I., 2014. *Surface kinematics of periglacial sorted circles using structure-from-motion technology*. Cryosphere 8, 1041-1056.

Leitão, J. P., Moy de Vitry, M., Scheidegger, A., and Rieckermann, J., 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, 1637-1653.

Morgan, D and Falkner, E., 2001. *Aerial mapping: methods and applications, CRC Press.*

Võ Thanh Bình, Nguyễn Xuân Hưng, Phạm Văn Tuấn và Phạm Hà Thái, 2018. *Ứng dụng công*

nghệ chụp ảnh hàng không sử dụng máy bay không người lái trong công tác khảo sát địa hình phục vụ các công trình giao thông.Tạp chí Tài nguyên & Môi trường kì 1 tháng 5/2018.

Nouwakpo, S. K., Weltz, M. A., and McGwire, K., 2015. *Assessing the performance of structure-from-motion photogrammetry and terrestrial LiDAR for reconstructing soil surface microtopography of naturally vegetated plots: SfM and LiDAR Performance on Vegetated Plots*. Earth Surface Processes and Landforms, 41. 308-322.

Phan Thị Anh Thư, Lê Văn Trung, 2011. *Thu nhận ảnh bằng máy bay không người lái phục vụ công tác thành lập bản đồ*, Kỷ yếu Hội thảo ứng dụng GIS toàn quốc 2011, 103-108

Rock, G., Ries, J. B., and Udelhoven, T., 2011. *Sensitivity Analysis of UAV-Photogrammetry for Creating Digital Elevation Models (DEM).* In Proceedings of the Conference on Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics, Zurich, Switzerland, 69-73

Rosnell, T., Honkavaara, E., 2012. *Point Cloud Generation from Aerial Image Data Acquired by a Quadrocopter Type Micro Unmanned Aerial Vehicle and a Digital Still Camera*. Sensors 12, 453-480.

Saskia Gindraux, Ruedi Boesch and Daniel Fariinotti, 2017. *Accuracy Assessment of Digital Surface Models from Unmanned Aerial Vehicles' Imagery on Glaciers*, Switzerland, 38 (1/C22), 186 (15).

Shahbazi, M., Sohn, G., Théau, J., and Menard, P., 2015. *Development and Evaluation of a UAV-Photogrammetry System for Precise 3D Environmental Modeling*, Sensors, v.15, 27493-27524.

Siebert, S., and Teizer, J., 2014. *Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system*. Automation in Construction, v.41, 1-14.

Sona, G., Pinto, L., Pagliari, D., Passoni, D., and Gini, R., 2014. *Experimental analysis of different software packages for orientation and digital surface modelling from UAV images*. Earth Science Informatics, 7(2), 97-107.

Smith, M. W., Carrivick, J. L., and Quincey, D. J., 2015. *Structure from motion photogrammetry in physical geography*. Progress in Physical Geography,40, 1-29.

Snavely, N., Seitz, S. M., and Szeliski, R., 2008. *Modeling the world from internet photo collections*. International Journal of Computer Vision. 80(2). 189-210.

Tahar, K.N., Ahmad, A., Akib, W. A. A. W. M., and Mohd, W. M. N. W., 2012. *Assessment on Ground Control Points in Unmanned Aerial System Image Processing for Slope Mapping Studies*. International Journal of Scientific and Engineering Research, 3, 1-10.

Tonkin, T. N., Midgley, N. G., 2016*. Ground-Control Networks for Image Based Surface Reconstruction: An Investigation of Optimum Survey Designs Using UAV Derived Imagery and Structure-from-Motion Photogrammetry*. Remote Sensing, 8, 1-8.

Uysal, M., Toprak, A., and Polat, N., 2015. *DEM generation with UAV Photogrammetry and accuracy analysis in Sahitler hill*. Measurement. 73: 539-543.

ABSTRACT

Investigation of effects of various factors on the accurary of DSM generated from UAV data

Thai Ha Pham [1], Anh Trung Tran [1], Trang Thu Le [1], Anh Thi Nguyen [2]

[1] *Faculty of Geomatics and Land Administration, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam*
[2] *Survey and Mineral Company, Ministry of Natural Resources and Environment, Vietnam*

Recently, unmanned aerial vehicle (UAV) photogrammetry has been applied widely in many fields; however, this is still a relatively novel technology in Vietnam. There are no specific regulations on the application of UAV technology in surveying and mapping, as well as in environment and natural resource study. In this paper, we aim at surveying the effects of various factors on the accuracy of DSMs/DEMs generating based on UAV photogrammetry, such as: flight altitude, camera parameters, overlap, applied algorithms and software. We then propose some measures to limit these effects.The experimental works have been conducted over Hoa Binh Park, Ha Noi using two UAVs: Phantom 3 Pro and Phantom 4 Pro with the changes of different factors in order to investigate their effect to the accurary of generated DEMs. There are 16 ground control points at the study area, the geodesy coordinates of GCPs were determined by RTK technique.