

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ UAV/RTK TRONG CÔNG TÁC THÀNH LẬP BẢN ĐỒ ĐỊA HÌNH TỶ LỆ LỚN TẠI KHU VỰC ĐỊA HÌNH PHỨC TẠP

Lê Thị Thu Hà^{1,2}

¹Trường Đại học Mở - Địa chất

²Nhóm nghiên cứu Công nghệ Địa tin học trong Khoa học Trái đất (GES),
Trường Đại học Mở - Địa chất

Tóm tắt

Bản đồ địa hình được sử dụng rộng rãi trong lĩnh vực kinh tế, dân sự và cả quốc phòng. Độ chính xác bản đồ địa hình mang ý nghĩa về cả kỹ thuật lẫn kinh tế khi vừa cần cân bằng giữa phục vụ nhu cầu công việc và ngân sách đầu tư cho công tác đo vẽ, thành lập bản đồ. Mức độ phức tạp của địa hình, địa vật của khu vực đo sẽ gây ảnh hưởng lớn đến công tác đo vẽ ngoại nghiệp nếu sử dụng phương pháp đo đạc truyền thống. Mục tiêu của bài báo này đó là xây dựng được quy trình ứng dụng công nghệ bay không người lái có tích hợp định vị GNSS động (UAV/RTK) vào công tác đo vẽ thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn ở các khu vực có địa hình chênh cao phức tạp và có đa dạng địa vật. Các vấn đề này càng được quan tâm hơn nữa khi mà các bản đồ địa hình tỷ lệ 1/500 ở Việt Nam ở vùng miền khác nhau của cả nước nhưng cùng có chung đặc điểm là nằm ở khu vực địa hình đồi núi, phức tạp, có sự thay đổi lớn về chênh cao địa hình, có đa dạng các loại địa vật đặc trưng, các đặc điểm này ảnh hưởng lớn đến độ chính xác của kết quả mô hình số độ cao thành lập được từ dữ liệu bay chụp UAV.

Từ khóa: Công nghệ UAV/RTK; GNSS; Bản đồ địa hình tỷ lệ lớn.

Abstract

Research on the application of UAV/RTK technology for establishing large-scale topographical maps in complex terrain area

Topographic maps are widely used in the economic, civil and defence fields. Topographic map accuracy has technical and economic significance when balancing work needs and investment budget for surveying and mapping work. The complexity of the terrain and topography of the measurement area will significantly affect field measurement work if traditional measurement methods are used. This article aims to build a process for applying drone technology that integrates dynamic GNSS positioning (UAV/RTK) into measuring and establishing large-scale topographic maps in areas with complex high-altitude terrain. These issues are of even more concern when the 1/500 scale topographic maps in Vietnam are in different regions of the country but have the same characteristic of being located in complex, mountainous terrain. Complex, with significant changes in terrain elevation, these characteristics significantly affect the accuracy of the established digital elevation model.

Keywords: UAV/RTK technology; GNSS; Large - scale terrain map.

***Tác giả liên hệ, Email:** lethuatdm1234@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.63064/khtnmt.2024.580>

1. Mở đầu

Cho đến nay, có nhiều phương pháp thành lập bản đồ địa hình (BĐĐH) tỷ lệ lớn, từ các phương pháp truyền thống sử dụng bàn đạc, toàn đạc quang học, các phương pháp chụp ảnh mặt đất, ảnh hàng không đến các phương pháp toàn đạc điện tử và định vị toàn cầu GNSS. Mỗi phương pháp đều có ưu nhược điểm và điều kiện ứng dụng riêng. Tuy nhiên, gần đây phương pháp với nhiều ưu điểm nổi trội, máy bay không người lái (UAV) đã và đang bắt đầu được ứng dụng rộng rãi trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn trong các khu vực có địa hình phức tạp với tính khả thi cao [1 - 7]

Các nghiên cứu trước đây cho thấy rằng thành lập các điểm khống chế ảnh (GCP) là công tác mất nhiều thời gian và công sức nhất khi sử dụng công nghệ UAV. Hơn thế nữa, đối với BĐĐH tỷ lệ 1/500 cho khu vực địa hình phức tạp, công tác thành lập điểm khống chế ảnh trong bay chụp UAV chiếm dụng nhiều thời gian công sức lao động và khó khăn cho người thực hiện do phải bố trí tầng dày một số lượng không nhỏ các điểm GCP ở độ cao khác nhau để đạt được độ chính xác cả về vị trí tọa độ mặt bằng và độ cao của bản đồ cần thành lập theo yêu cầu [8 - 12]. Để giảm thiểu tối đa số lượng điểm GCP, việc tích hợp công nghệ định vị GNSS động vào công nghệ bay không người lái đã đánh dấu một bước ngoặt mới của công nghệ này [7, 12, 13, 16].

Tuy nhiên có một số vấn đề thực tế sản xuất đáng quan tâm khi ứng dụng công nghệ này như: Khi sử dụng UAV/RTK thì có cần hay không cần điểm khống chế ảnh mặt đất; Các điểm khống chế này nếu cần

thiết thì số lượng như thế nào là phù hợp; Vị trí các điểm khống chế này được bố trí ở vị trí nào để đạt được yêu cầu độ chính xác khống chế cả mặt bằng và độ cao; Trạm base cho UAV/RTK nên đặt ở vị trí nào để có chất lượng điểm tọa độ tâm ảnh là tốt nhất [7, 11, 14, 15].

Các vấn đề này càng được quan tâm hơn nữa khi mà các BĐĐH tỷ lệ 1/500 ở Việt Nam tuy nằm ở vùng miền khác nhau của cả nước nhưng cùng có chung đặc điểm là có vị trí ở khu vực địa hình đồi núi, phức tạp, có sự thay đổi lớn về chênh cao địa hình, có đa dạng các loại địa vật đặc trưng, các đặc điểm này ảnh hưởng lớn đến độ chính xác của bản đồ thành lập được. Chính vì vậy, việc nghiên cứu ứng dụng công nghệ bay không người lái có tích hợp định vị GNSS động (UAV/RTK) vào công tác đo vẽ thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn tại khu vực có địa hình phức tạp, có đa dạng các loại địa vật đặc trưng là thực sự cần thiết xuất phát từ nhu cầu thực tiễn.

2. Đặc điểm khu bay đo thực nghiệm, thiết bị và phần mềm sử dụng

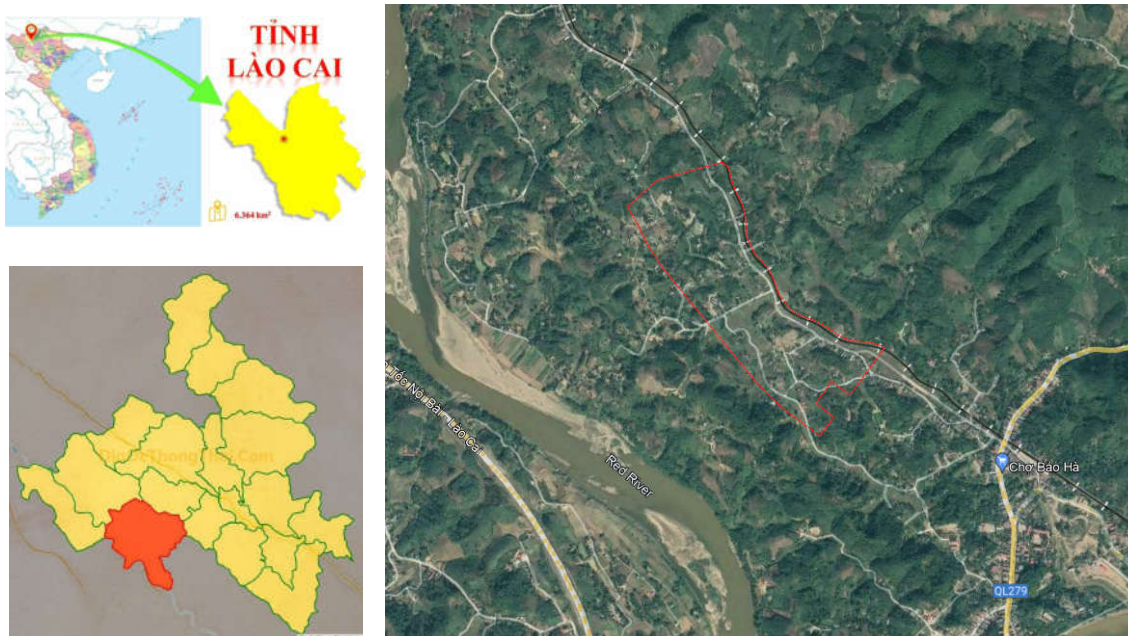
2.1. Khái quát đặc điểm khu bay đo thực nghiệm

Địa điểm thực nghiệm được lựa chọn là xã Bảo Hà - huyện Bảo Yên - tỉnh Lào Cai, nằm cách trung tâm thành phố Lào Cai khoảng 60 km về phía Đông Nam (Hình 1). Xã Bảo Hà - huyện Bảo Yên - tỉnh Lào Cai là khu vực sinh sống chủ yếu của người dân tộc Dáy, địa hình xã Bảo Hà có dạng đồi núi hẹp, dốc và gồ ghề. Mục đích của công tác thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1/500 nhằm phục vụ công tác lập quy hoạch giao thông nông thôn. Khu vực thành lập bản đồ

Nghiên cứu

Địa hình tỷ lệ 1/500 có diện tích là 70 ha. Khu vực đo đạc thành lập bản đồ có đầy đủ các yếu tố địa hình, địa vật, các bờ đai an toàn, rãnh thoát nước, tuy nhiên khu vực này có sự chênh lệch cao

độ địa hình tại khu vực khá lớn. Như vậy, khu vực được chọn thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1/500 có địa hình phức tạp, đặc trưng, đảm bảo mục tiêu của nghiên cứu này.



Hình 1: Khu vực thực nghiệm xã Bảo Hà - huyện Bảo Yên - tỉnh Lào Cai

Giới hạn khu vực nghiên cứu theo ranh giới màu đỏ, phía Tây gần Sông Hồng, phía Đông Nam gần chợ Bảo Hà có quốc lộ 279 đi qua. Khu vực này có địa hình phức tạp đặc trưng của khu vực miền núi của tỉnh Lào Cai.

2.2. Thiết bị và phần mềm sử dụng

Một số thiết bị trắc địa đã được sử dụng trong quá trình đo đạc thực nghiệm bao gồm:

+ Máy thu GNSS Trimble R8s sử dụng trong thành lập lưới đường chuyền cấp 1;

+ Máy thủy bình điện tử DL502 có độ chính xác đo chênh cao 1mm/km;

+ Máy toàn đạc điện tử Topcon ES 105 phục vụ đo tọa độ, độ cao cho các điểm khống chế ảnh và điểm kiểm tra;

+ Máy bay không người lái DJI Phantom 4 RTK thu nhận ảnh mặt đất (Hình 2);

+ Máy thu GNSS Comnav GNSS T300 làm trạm base cho thiết bị bay;

+ Phần mềm bình sai GPS, bình sai độ cao, biên tập kết quả;

+ Phần mềm xử lý ảnh Agisoft Metashapes.

+ Phần mềm Topo - Hsmo sử dụng trong vẽ bản đồ địa hình số 3D.

Các thiết bị đều được kiểm định về tính năng ứng dụng và các sai số trước khi sử dụng.

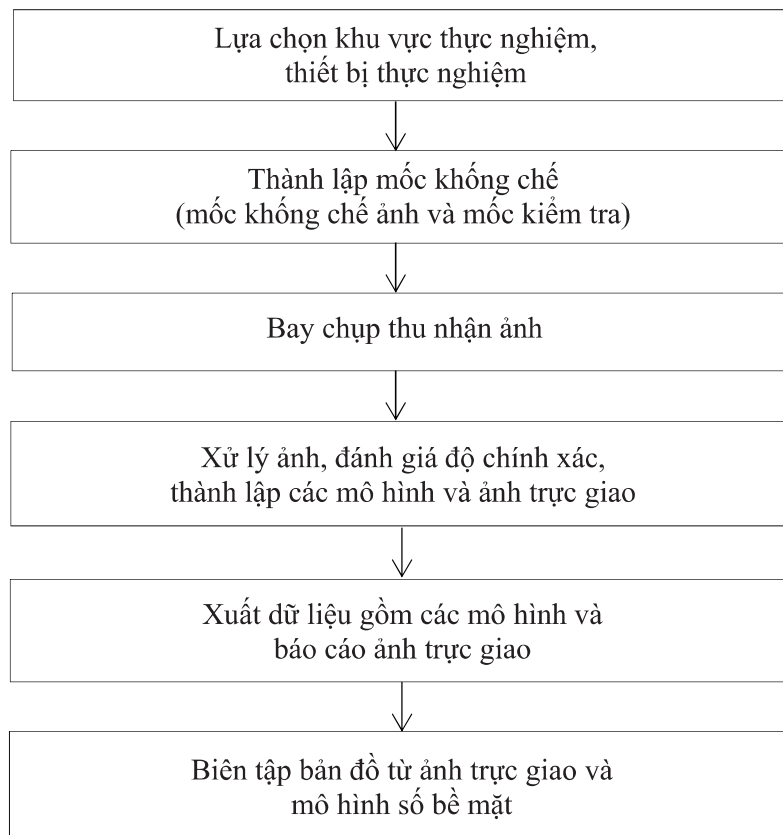
DJI Phantom 4 RTK có thể bay chụp linh hoạt trong diện tích nhỏ, có khả năng thu thập dữ liệu trắc địa chính xác [7, 15].



Hình 2: Máy DJI Phantom 4 RTK

3. Kết quả thực nghiệm

3.1. Quy trình thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1/500



Hình 3: Quy trình thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1/500 tại xã Bảo Hà, huyện Bảo Yên, tỉnh Lào Cai bằng công nghệ UAV/RTK

3.2. Bay chụp và thu nhận ảnh

3.2.1. Thiết kế kế hoạch bay chụp UAV

Thiết bị bay không người lái UAV/RTK Phantom 4 RTK sử dụng điều khiển có màn hình liền. Phần mềm điều khiển bay DJI GS RTK bản quyền được tích

hợp trong điều khiển. Việc thiết kế bay chụp được thực hiện trên phần mềm này. Các thông số về chiều cao bay chụp, độ phủ trùm ảnh, hướng dải bay và các thông số khác cần được lựa chọn bởi người điều khiển. Các thông số về tốc độ bay chụp, khoảng cách dải bay, số ảnh cần chụp

Nghiên cứu

phần mềm sẽ tự động tính toán. Diện tích khu đo tương đối lớn, dung lượng pin máy bay chỉ đáp ứng được thời gian bay từ 12

- 15 phút. Nên cần thực hiện bay chụp ở nhiều ca bay. Độ phủ trùm ảnh là 75 % theo cả chiều dọc và chiều ngang (Hình 4).



Hình 4: Ca bay được thiết kế trên Google Earth

3.2.2. Bay chụp thực địa

Do chênh lệch cao độ địa hình tại khu vực đo thực nghiệm khá lớn nên để đảm bảo độ chính xác thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1/500 độ cao bay chụp của máy bay được thiết kế ở mức 100 m (điểm xuất phát bay chụp phải đảm bảo địa vật xung quanh quang đăng, tránh va đập khi cất cánh hay hạ cánh). Chọn thời điểm bay chụp vào lúc trời nắng để tăng cường độ phản xạ ánh sáng từ mặt đất.

Quá trình bay chụp, tâm ảnh được định vị theo phương thức đo GNSS động xử lý sau (PPK) với mục đích nhằm để đạt được độ chính xác theo yêu cầu khi thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1/500. Máy đo GNSS hai tần số ComNav T300 được sử dụng làm máy base và được đặt vào điểm mốc đường chuyên cấp 1 đã thành lập. Chiều cao ăng ten được đo 2 lần độc lập,

lấy giá trị trung bình. Kết quả bay chụp thực địa nhận được trong Bảng 1 dưới đây.

Bảng 1. Kết quả bay chụp thực nghiệm sử dụng máy bay DJI Phantom 4 RTK

Chiều cao bay (m)	Số ca bay	Số ảnh chụp	Độ phân giải (cm)	Thời gian (phút)
100	4	618	2,7	27,5

3.3. Xử lý dữ liệu ảnh thành lập các mô hình và ảnh trực giao

3.3.1. Thành lập mô hình số bề mặt (DSM)

Tọa độ tâm chụp của ảnh sau khi loại bỏ các vị trí có sai số lớn và bình sai khối ảnh có sai số lớn nhất ± 12 cm. Trên DSM những vùng gần ranh giới ngoài của ca bay thường có sai số lớn. Khi đo vẽ cần bay rộng hơn ranh giới cần thiết để giảm thiểu sự ảnh hưởng này.

Nhập tọa độ các điểm khống chế ảnh và tiến hành nắn ảnh theo các GCPs. Tiến hành bình sai khối ảnh sau khi nắn ảnh và thành lập các mô hình DSM với các trường hợp như sau:

- Không sử dụng điểm khống chế ảnh: PPK
- Sử dụng ảnh bay chụp UAV/RTK kết hợp với điểm khống chế ảnh với các trường hợp:
 - + Chỉ sử dụng 01 điểm GCP: PPK + 01 GCP
 - + Sử dụng 02 điểm GCP: PPK + 02 GCP

+ Sử dụng 03 điểm GCP: PPK + 03 GCP

3.3.2. Đánh giá độ chính xác DSM

Khi sử dụng UAV/RTK không dùng điểm khống chế ảnh nào thì sai số vị trí điểm trên mô hình DSM là vài chục cm. Nhưng nếu chỉ dùng 01 điểm khống chế ảnh mặt đất thì sai số này được giảm đáng kể và khi dùng 02 điểm khống chế ảnh mặt đất thì sai số vị trí điểm trên DSM là 10 cm đảm bảo yêu cầu của bản đồ địa hình tỷ lệ 1/500. Khi số điểm khống chế ảnh mặt đất tăng lên 03 điểm thì sai số này có cải thiện nhưng không đáng kể.

Bảng 2. Độ chính xác của DSM

Trường hợp		PPK (cm)	PPK + GCP (cm)	PPK + 2GCP (cm)	PPK + 3GCP (cm)
Sai số trung phương	RMSE _x	5,1	4,7	3,7	4,0
	RMSE _y	4,5	4,2	2,5	2,3
	RMSE _{xy}	6,8	6,3	4,5	4,6
	RMSE _H	34,3	7,3	4,7	3,7
Sai số vị trí điểm kiểm tra yếu nhất	ΔX	6,3	4,6	7,6	7,8
	ΔY	1,4	4,3	-3,1	-3,9
	ΔXY	6,4	6,3	8,2	8,7
	ΔH	-54,7	-14,2	-5,9	-5,2

Sai số trung phương của mô hình theo mặt bằng tương đối nhỏ đạt cỡ cm. Ngược lại với thành phần tọa độ mặt bằng thì độ cao của các mô hình số bề mặt lại sai số lớn, trường hợp PPK sai số trung phương trung bình của DSM là $RMSE_H = 34,3$ cm, vị trí điểm yếu nhất trên mô hình này có sai số là -54,7 cm, đối thiếu theo qui phạm không thể sử dụng các mô hình này để thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn ở 1/500. Sai số này được cải thiện 75 % khi sử dụng 1 điểm khống chế ảnh (PPK+1GCP), với sai số trung phương trung bình của DSM

và sai số vị trí điểm yếu nhất của nó lần lượt là 7,3 cm và -14,2 cm. Khi sử dụng 02 điểm GCP sai số chỉ còn 4,7 cm tính trung bình cho toàn mô hình DSM và vị trí điểm yếu nhất sai số -5,9 cm. Sai số $RMSE_H = 3,7$ cm và $dH = -5,2$ cm khi sử dụng 03 điểm GCP, so với trường hợp sử dụng 02 điểm GCP thì sai số được cải thiện không đáng kể.

Từ đó cho thấy để đạt độ chính xác yêu cầu của bản đồ địa hình tỷ lệ 1/500 đối với khu vực có địa hình phức tạp, thì cần tối thiểu 02 điểm khống chế ảnh mặt đất (GCP).

Nghiên cứu

3.4. Các kết quả dữ liệu DSM và ảnh trực giao khu vực thực nghiệm

Sản phẩm thu nhận được sau quá trình xử lý ảnh mặt đất bao gồm mô hình số bề mặt và ảnh trực giao khu vực nghiên

cứu. Việc xuất các mô hình và ảnh trực giao được thực hiện một cách nhanh chóng trên phần mềm Agisoft Metashape. Đây là dữ liệu phục vụ công tác biên tập bản đồ địa hình.

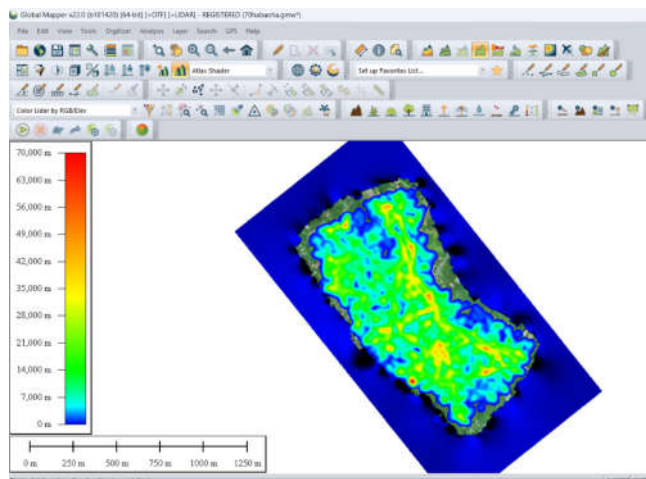


**Hình 5: Sản phẩm thành lập từ ảnh UAV/RTK:
a. Ảnh trực giao; b. Mô hình số bề mặt DSM**

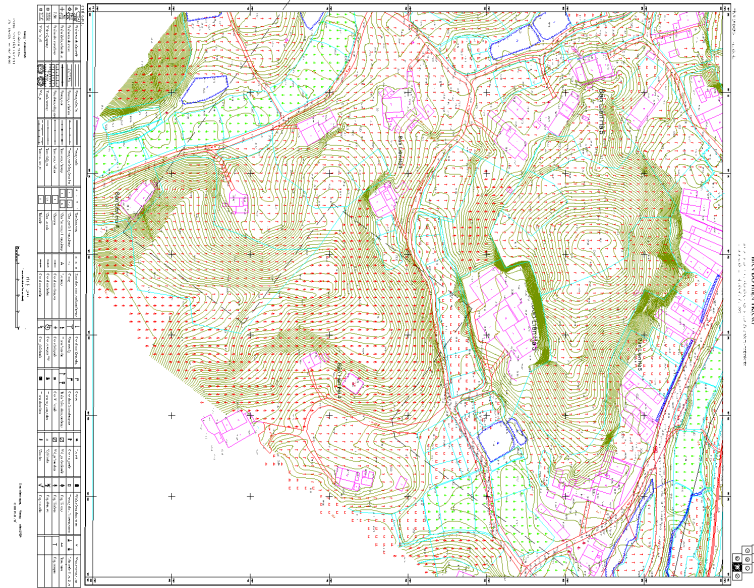
3.5. Biên tập bản đồ địa hình từ ảnh trực giao và mô hình số bề mặt DSM

Sử dụng kết quả ảnh trực giao và mô hình DSM từ trường hợp (PPK + 02 GCP) để thành lập bản đồ địa hình khu vực thực nghiệm. Từ sản phẩm ảnh trực giao có được sau xử lý ảnh UAV người dùng có thể số hóa địa vật trên bề mặt khu đo từ các phần mềm khác nhau như: Autocad, Microstation, Mapinfor, ArcGIS, QGIS.

Tuy nhiên, ở các bản đồ tỷ lệ lớn như 1/500 chủ yếu dùng Autocad và phần mềm phụ trợ Topo - Hsmo. Trước khi số hóa cần phải căn chỉnh theo đúng vị trí tọa độ dựa vào các điểm biết trước trên ảnh. Hoặc sử dụng phần mềm Global Mapper để covert ảnh sang định dạng (JPG). Việc đưa ảnh trực giao vào đúng vị trí trên hệ tọa độ của Autocad đơn giản hơn khi file đầu ra của Global mapper cho biết tọa độ thực của 2 điểm: Trái trên, phải dưới của tấm ảnh.



Hình 6: Số hóa địa vật trên mô hình DSM



Hình 7: Đường đồng mức địa hình được thành lập từ mô hình DSM (Mảnh 7 trong Hình 8)

Từ mô hình DSM này có thể chiết xuất điểm độ cao trên địa hình với mật độ điểm tùy ý người sử dụng. Có thể vẽ điểm trực tiếp trên phần mềm AGISOFT rồi export hoặc cũng có thể mở DSM trên phần mềm ArcGIS, phát sinh điểm theo mật độ điểm mong muốn (random points)

sau đó export điểm.

Sau khi số hóa được địa hình và địa vật từ sản phẩm của ảnh bay chụp UAV/RTK công tác biên tập bản đồ được thực hiện như quy định hiện hành. Bản đồ địa hình khu vực nghiên cứu được thể hiện trên Hình 8.



Hình 8: Bản đồ địa hình khu vực nghiên cứu được thành lập từ dữ liệu bay chụp UAV

4. Kết quả và thảo luận

Kết quả BDDH tỷ lệ 1/500 nhận được thực hiện theo đúng quy trình đã được nghiên cứu, đề xuất và thực nghiệm để kiểm chứng. Quá trình thực nghiệm được thực hiện tại khu vực tại xã Bảo Hà - huyện Bảo Yên - tỉnh Lào Cai, là khu vực có các yếu tố địa hình phức tạp, có độ chênh cao lớn, có đa dạng nhiều loại địa vật đặc trưng tại Việt Nam. Trên diện tích thực nghiệm là 70 ha, với 10 điểm khống chế ảnh mặt đất được thành lập trên bề mặt khu vực thực nghiệm, sử dụng thiết bị bay không người lái DJI Phantom 4 RTK. Kết quả cho thấy việc tích hợp GNSS với phương pháp sử dụng (PPK + 02 GCP) có thể đảm bảo yêu cầu độ chính xác cần thiết khi thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn tại khu vực có địa hình phức tạp, có độ chênh cao lớn trong khu vực đo vẽ.

5. Kết luận

Ứng dụng công nghệ bay không người lái có tích hợp RTK trong công tác đo vẽ địa hình tỷ lệ 1/500 tại xã Bảo Hà - huyện Bảo Yên - tỉnh Lào Cai đáp ứng được yêu cầu độ chính xác theo tiêu chuẩn kỹ thuật về công tác đo vẽ hiện trạng phục vụ công tác quy hoạch, giảm thời gian và công sức lao động.

Quy trình đã thành lập phù hợp với công tác đo vẽ thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1/500 tại xã Bảo Hà - huyện Bảo Yên - tỉnh Lào Cai về cả kinh tế và kỹ thuật. Để đạt độ chính xác thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1/500 tại xã Bảo Hà - huyện Bảo Yên - tỉnh Lào Cai cần tuân thủ theo quy trình đã đề xuất nêu trên. Trong đó việc tính toán chiều cao bay chụp và vị trí cất cánh cho UAV quyết định đến an toàn cho thiết bị bay chụp, đảm bảo độ chính

xác của bản đồ địa hình tỷ lệ lớn.

Với khu vực cần thành lập bản đồ ở tỷ lệ 1/500 có diện tích 70 ha, cần sử dụng ít nhất 02 điểm khống chế ảnh mặt đất để đạt được độ chính xác cho việc thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1/500 theo yêu cầu bằng phương pháp tích hợp ảnh bay chụp UAV/RTK.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. McLeod, T., Samson, C., Labrie, M., Shehata, K., Mah, J., Lai, P., Elder, J. H., (2013). *Using Video Acquired from an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) to Measure Fracture Orientation in an Open-Pit Mine*. GEOMATICA, 67(3), 173-180. Doi:10.5623/cig2013-036.

[2]. Cryderman, C., Mah, S. B., Shuffletoski, A., (2014). *Evaluation of UAV Photogrammetric Accuracy for Mapping and Earthworks Computations*. GEOMATICA, 68(4), 309-317. doi:10.5623/cig2014-405.

[3]. Indresh Rathore, Kumar, N. P., (2015). *Unlocking the potentiality of UAVs in Mining Industry and its Implications*. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology.

[4]. Lee, S., Choi, Y., (2015). *On-site demonstration of topographic surveying techniques at open-pit mines using a fixed-wing unmanned aerial vehicle (drone)*. Tunnel and Underground Space, 25(6), 527-533.

[5]. Trần Trung Anh, Dương Thế Anh, Phạm Viết Kiên, Lê Như Ngọc (2018). *Kết hợp công nghệ UAV, RTK và SES trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn vùng rừng ngập mặn ven biển*. Hội nghị toàn quốc khoa học Trái đất và Tài nguyên với phát triển bền vững - ERSD 2018, Hà Nội, Việt Nam

[6]. Lê Văn Cảnh, Cao Xuân Cường, Lê Thị Thu Hà (2020). *Nghiên cứu lựa chọn vị trí cất cánh cho thiết bị bay không người lái tích hợp GNSS động phục vụ đo vẽ thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn cho các mỏ lộ thiên* (in Vietnamese). Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất, 61(5).

- [7]. Lê Văn Cảnh, Cao Xuân Cường, Lê Thị Thu Hà, Nguyễn Ngọc Anh (2020). *Xác định số lượng điểm không chế ảnh cần thiết khi thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn mô lộ thiên bằng công nghệ bay không người lái có tích hợp định vị GNSS động*. Hội nghị toàn quốc khoa học Trái đất và Tài nguyên với phát triển bền vững (ERSD 2020).
- [8]. Barry, P., Coakley, R., (2013). *Accuracy of UAV photogrammetry compared with network RTK GPS*. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens, XL-1 W, 27-31.
- [9]. Cryderman, C., Mah, S. B., Shufletoski, A., (2014). *Evaluation of UAV Photogrammetric Accuracy for Mapping and Earthworks Computations*. GEOMATICA, 68(4), 309-317. Doi:10.5623/cig2014-405.
- [10]. Bùi Tiến Diệu và cộng sự (2016). *Xây dựng mô hình số bề mặt và bản đồ trực ảnh sử dụng công nghệ đo ảnh máy bay không người lái*. Hội nghị khoa học: Đo đạc bản đồ với ứng phó biến đổi khí hậu, Hà Nội.
- [11]. Forlani, G., Dall'Asta, E., Diotri, F., Cella, U. M. d., Roncella, R., Santise, M., (2018). *Quality assessment of DSMs produced from UAV flights georeferenced with on-board RTK positioning*. Remote Sensing, 10(2), 311.
- [12]. Mai Văn Sỹ, Bùi Ngọc Quý, Phạm Văn Hiệp, Lê Đình Quý (2017). *Nghiên cứu xử dụng dữ liệu ảnh máy bay máy bay không người lái (UAV) trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn*. Tạp chí khoa học Đo đạc và bản đồ, 33.
- [13]. Fazeli, H., Samadzadegan, F., Dadrasjavan, F., (2016). *Evaluating the potential of RTK-UAV for automatic point cloud generation in 3D rapid mapping* (Vol. XLI-B6).
- [14]. Benassi, F., Dall'Asta, E., Diotri, F., Forlani, G., Cella, U., Roncella, R., Santise, M., 2017. *Testing Accuracy and Repeatability of UAV Blocks Oriented with GNSS-Supported Aerial Triangulation*. Remote Sensing, 9(2), 172. Doi:10.3390/rs9020172.
- [15]. Nguyen Quoc Long, Bui Xuan Nam, Cao Xuan Cuong, Le Van Canh (2019). *An approach of mapping quarries in Vietnam using low-cost Unmanned Aerial Vehicles*. International Journal of Sustainable Development, 11(2):199-210. Doi:10.21177/1998-4502-2019-11-2-199-210.
- [16]. Taddia, Y., Stecchi, F., Pellegrinelli, A., (2020). *Coastal Mapping using DJI Phantom 4 RTK in Post-Processing Kinematic Mode*. Drones, 4, 9. Doi:10.3390/drones4020009.
- BBT nhận bài: 26/4/2024; Phản biện xong: 03/5/2024; Chấp nhận đăng: 28/6/2024