



ĐÁNH GIÁ ĐỘ CHÍNH XÁC DSM MỎ LỘ THIÊN ĐƯỢC THÀNH LẬP TỪ ẢNH BAY CHỤP UAV CÓ ĐỊNH VỊ TÂM ẢNH BẰNG CÔNG NGHỆ ĐO GNSS/PPK

Nguyễn Quốc Long - Lê Văn Cảnh - Cao Xuân Cường

Trường đại học Mỏ - Địa chất

Hà Minh Thọ - Lê Tiến Quảng - Nguyễn Văn Khải - Lê Thành Trung -

Nguyễn Quy Quốc Vương - Nguyễn Công Viên

Công ty Cổ phần Địa chất mỏ - TKV

Phạm Tuấn Ninh

Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản

Tóm tắt

Công nghệ bay không người lái có tích hợp định vị tâm ảnh theo phương thức đo GNSS động cho phép giảm tối đa số lượng điểm khống chế ảnh mặt đất (GCP). Để đánh giá được độ chính xác mô hình số bề mặt mỏ (DSM) thành lập được từ ảnh bay chụp UAV định vị tâm ảnh theo phương thức này, máy bay phantom4 RTK được sử dụng bay chụp ảnh 70ha địa hình mỏ, tọa độ tâm ảnh định vị theo phương thức PPK. Mô hình số bề mặt được thành lập với 2 trường hợp: (1) Sử dụng ảnh UAV/RTK và (2) sử dụng ảnh UAV/RTK kết hợp lẫn lượt với các điểm GCP. Các DSM này được đánh giá độ chính xác với các điểm tọa độ đã được đo bằng máy toàn đạc điện tử trên bề mặt mỏ. Kết quả cho ở thấy cả hai trường hợp sai số vị trí mặt bằng đạt độ chính xác cm đáp ứng được yêu cầu độ chính xác thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn tại mỏ lộ thiên. Tuy nhiên, độ cao lại có sai số -55.4cm (trường hợp 1) vượt hạn sai cho phép theo qui phạm. Khi kết hợp UAV/RTK với 1 điểm khống chế ảnh cho DSM có sai số đêximét và sai số đạt xăngtimét nếu kết hợp với 2 điểm GCP.

1. Đặt vấn đề

Tại các mỏ lộ thiên khai thác than ở bể than Quảng Ninh, công tác đo vẽ bản đồ địa hình được thực hiện thường xuyên nhằm cập nhật hiện trạng mỏ phục vụ quản lý, tính khối lượng, thiết kế khai thác mỏ, đảm bảo an toàn... Hiện, công tác đo vẽ bản đồ tại các mỏ chủ yếu bằng máy toàn đạc điện tử. Do địa hình phức tạp, phương pháp này vẫn tốn nhiều công sức lao động (Nguyễn Quốc Long & Lê Văn Cảnh, 2020). Do vậy, một số công nghệ mới đã được quan tâm nghiên cứu trong lĩnh vực này đó là GNSS/CORS, quét laser mặt đất, thiết bị bay không người lái (UAV). Trong đó, UAV cho thấy là công nghệ phát triển mạnh nhất hiện nay do thời gian đo đạc ngắn, hiệu suất lao động cao, tiếp cận được các vùng địa hình khó khăn. Tuy nhiên, khi ứng dụng công nghệ này việc thành lập các điểm khống chế ảnh mặt đất (GCP) chiếm đa số thời gian ngoại nghiệp (Forlani et al., 2018), đặc biệt đối với địa hình phức tạp như ở mỏ lộ thiên thành lập các điểm GCP tốn nhiều thời gian và công sức hơn nữa.

Gần đây, thiết bị bay không người lái (UAV) có định vị tâm ảnh bằng công nghệ

đo GNSS động được biết đến như một bước đột phá lớn của công nghệ này, hầu như đã thay thế được các điểm khống chế ảnh mặt đất (Helliguy, 2020). Mặc dù đã thành lập tới 12 điểm khống chế ảnh mặt đất nhưng độ chính xác của mô hình số bề mặt trong nghiên cứu của tác giả Fazeli và cộng sự vẫn cho độ chính xác mô hình đến đề xi mét (Fazeli, Samadzadegan, & Dadrass Javan, 2016), số lượng điểm GCP gần như tương đương với không sử dụng RTK, nghiên cứu cũng chỉ ra sai số này là do tồn tại sự trễ pha giữa thời điểm chụp ảnh của camera và thời điểm đo tâm cảnh của thiết bị RTK trên máy bay. Vấn đề này đã dần được khắc phục bởi các hãng sản xuất, các thiết bị UAV/RTK như Phantom4 RTK của hãng DJI có độ trễ giữa chụp ảnh và đo RTK chỉ ở mức mm ((DJI, 2020). Trong một nghiên cứu khác được công bố bởi tác giả Zhang và cộng sự đã chứng minh định vị tâm ảnh theo phương thức đo động thời gian thực GNSS/RTK cho độ chính xác đến cm (Zhang et al., 2019). Tác giả Taddia và cộng sự đã tiến hành khảo sát độ chính xác của thiết bị này khi ứng dụng trong thành lập bản đồ địa hình ven biển, kết quả khẳng định rằng UAV/RTK cho phép đo đạc đạt độ chính xác địa hình đến cm (Taddia, Stecchi, & Pellegrinelli, 2019). Tiến hành bay chụp địa hình vùng đồng bằng để khảo sát số lượng điểm GCP cần thiết khi sử dụng UAV/RTK được thực hiện trong các nghiên cứu của tác giả Forlani, Seidl và các cộng sự, nghiên cứu của họ chỉ ra rằng khi không sử dụng GCP mô hình số bề mặt (DSM) thành lập được có sai số lớn, nhưng khi kết hợp với chỉ 01 điểm GCP cho DSM có độ chính xác cao hơn rất nhiều.

Từ các nghiên cứu nêu trên có thể thấy rằng, khảo sát độ chính xác DSM, đánh giá

khả năng ứng dụng cũng như khảo sát số lượng điểm khống chế ảnh cần thiết khi sử dụng UAV/RTK... đã được nhắc đến trong nhiều nghiên cứu. Tuy nhiên, hầu hết các nghiên cứu này đều thực hiện khảo sát với tính năng định vị tâm ảnh theo phương thức đo động thời gian thực (GNSS/RTK) và hầu như chưa có nghiên cứu nào thực hiện tại các mỏ lộ thiên. Do vậy, cần tiếp tục nghiên cứu để đánh giá sự hiệu quả cũng như độ chính xác của DSM khi sử dụng UAV/RTK với phương thức định vị tâm ảnh GNSS/PPK cũng như khảo sát khả năng ứng dụng của công nghệ này trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn cho các mỏ lộ thiên.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp thành lập DSM

Mô hình số bề mặt khu vực thực nghiệm được thành lập từ ảnh bay chụp UAV với 2 trường hợp: 1. PPK-Sử dụng ảnh UAV/RTK và xử lý tâm ảnh theo số liệu đo PPK; 2. PPK+GCP - sử dụng ảnh UAV/RTK kết hợp với điểm khống chế ảnh mặt đất.

Ở trường hợp 2, tọa độ tâm ảnh được bình sai tính toán trên phần mềm RTKlib 2.4.3 và Aerotas P4RTK PPK Adjustments V1.0. Sau khi xử lý tọa độ tâm ảnh có sai số xăngtimét được giữ lại tham gia vào bình sai tính toán mô hình, các tâm ảnh có độ chính xác từ đềximét được loại bỏ. Các tâm ảnh được ghép tâm chính xác và xử lý trên phần mềm Agisoft Metashape Professional.

Để có cơ sở đánh giá độ chính xác các mô hình DSM, nhóm nghiên cứu thiết kế và thành lập 50 điểm GCP trên khu vực thực nghiệm 70ha tại mỏ Đèo Nai. Các điểm này được đánh dấu bằng tiêu khống chế ảnh có kích thước 60 x 60cm in 2 màu vàng - đen trên giấy bạt (có độ phản xạ tốt).



Hình 1. Đo nối tọa độ các điểm khống chế ảnh

Tọa độ được đo nối vào mốc tọa độ giải tích 1 của mỏ, độ chính xác đạt được tương đương với đường chuyền đo vẽ cấp 2 (Bộ Công Thương, 2015).

2.2. Đánh giá độ chính xác

Độ chính xác của mô hình DSM được đánh giá thông qua các điểm khống chế mặt đất. Các điểm này không được sử dụng vào quá trình xử lý ảnh mà chỉ được dùng để so sánh với các điểm tương ứng trên mô hình. Để tính độ chính xác mô hình DSM, các công thức sau được sử dụng:

$$\Delta X_i = X_{DEM_i} - X_{GCP_i} \quad (1)$$

$$\Delta Y_i = Y_{DEM_i} - Y_{GCP_i} \quad (2)$$

$$\Delta H_i = H_{DEM_i} - H_{GCP_i} \quad (3)$$

$$RMSE_X = \sqrt{[(1/n) \sum_{i=1}^n \Delta X_i^2]} \quad (4)$$

$$RMSE_Y = \sqrt{[(1/n) \sum_{i=1}^n \Delta Y_i^2]} \quad (5)$$

$$RMSE_H = \sqrt{[(1/n) \sum_{i=1}^n H_i^2]} \quad (6)$$

$$RMSE_{XYH} = \sqrt{\{(1/n) \sum_{i=1}^n [\Delta X_i^2 + \Delta Y_i^2 + \Delta H_i^2]\}} \quad (7)$$

Trong đó: ΔX , ΔY , ΔH - Các giá trị chênh lệch các thành phần tọa độ; $RMSE$ - Sai số trung phương; n tổng số điểm khống chế ảnh; và , và , và tương ứng là thành

phần tọa độ theo trục X, trục Y và trục H của điểm khống chế ảnh theo tọa độ đo được và trên mô hình DEM.

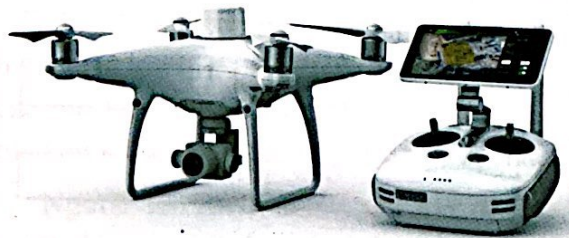
3. Bay chụp ảnh thực địa

3.1 Khu vực nghiên cứu

Diện tích địa hình mỏ khoảng 70ha thuộc bờ Đông Bắc mỏ than Đèo Nai được chọn làm khu vực nghiên cứu. Khu vực này có địa hình tầng bậc đặc trưng cho mỏ lộ thiên tại Quảng Ninh, chênh cao lớn nhất là 300m. Trên bề mặt mỏ hầu như không có lớp phủ nên mô hình số bề mặt thành lập được cũng chính là mô hình DEM (Nguyễn Quốc Long & Lê Văn Cảnh, 2020).

3.2. Thiết bị sử dụng

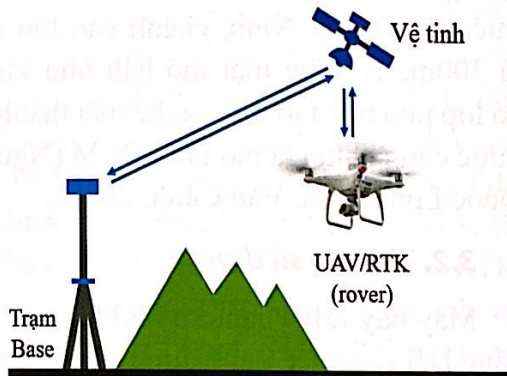
Máy bay DJI Phantom4 RTK (P4K) do hãng DJI sản xuất, đang được sử dụng rộng rãi trên thực tế sản xuất vì nó có tính hiệu quả cao, giá thành thấp, nhỏ gọn. Máy bay P4K được trang bị camera độ phân giải 20 Mb/Pix, độ phân giải không gian của ảnh 2.74cm khi bay ở độ cao 100m. Ngoài ra, P4K được tích hợp công nghệ định vị tâm ảnh bằng GNSS động cho phép xác định tâm ảnh có độ chính xác cm. Tọa độ các điểm GCP được đo nối với hệ thống mốc khống chế cơ sở của mỏ bằng máy toàn đạc điện tử Topcon ES105, có độ chính xác đo góc 5" và độ chính xác đo chiều dài là 2+2ppm.



Hình 2. Máy bay DJI Phantom4 RTK (DJI, 2020)

3.3. Bay chụp UAV

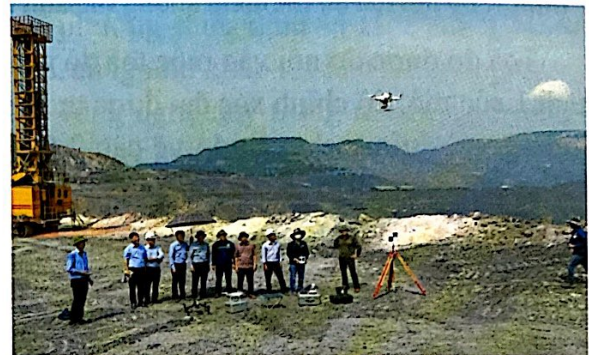
Tâm ảnh được định vị theo phương thức GNSS/PPK, trong suốt quá trình bay chụp máy base mặt đất (hình 3) được cài đặt ở chế độ đo tần suất ghi tín hiệu 5Hz, máy rover trên máy bay không kết nối tín hiệu với máy base. Tọa độ tâm ảnh (rover) được tính toán theo nguyên lý đo GNSS tương đối.



Hình 3. Nguyên lý xác định tâm ảnh bằng GNSS/PPK

Kế hoạch bay chụp được thiết kế và thực hiện trên phần mềm DJI GS Pro, là phần mềm bản quyền đi theo điều khiển máy bay. Người sử dụng cần thiết lập ranh giới bay, độ cao bay chụp, độ chông phù theo

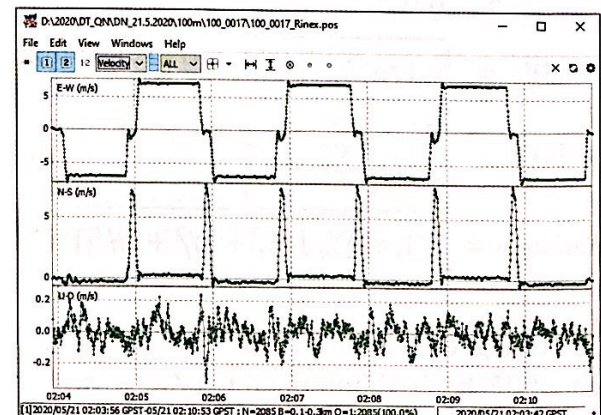
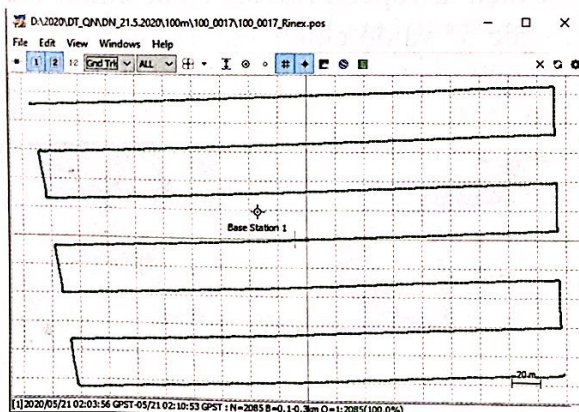
hướng dọc và ngang, góc chụp ảnh. Sau khi khai báo các thông số trên phần mềm, các dải bay, tốc độ bay chụp và số lượng ảnh cần chụp sẽ được tự động tính toán và thiết kế. Với địa hình khu thực nghiệm có diện tích 70ha, lịch bay UAV được thiết kế trong 05 ca bay. Chiều cao bay chụp 100m từ vị trí cất cánh của máy bay, độ phủ trùm dọc và ngang đều là 75%. Tổng số ảnh thu được là 894, độ phân giải ảnh là 2.74cm/pixel.



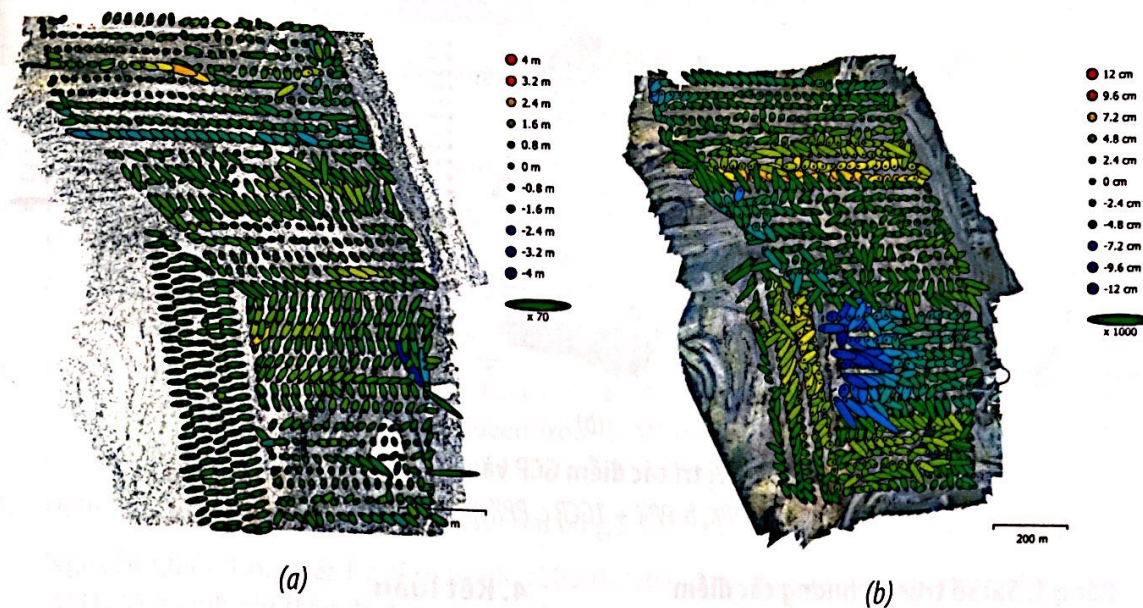
Hình 4. Bay chụp UAV trên thực địa

4. Xác định tọa độ tâm ảnh

Khi xử lý tập ảnh trên phần mềm RTKlib, dữ liệu đầu vào bao gồm file rinex được lấy từ máy base, rinex sinh ra từ máy đo GNSS trên máy bay (rover) và lịch vệ tinh chính xác do NASA cung cấp được lấy



Hình 5. Vị trí tâm ảnh với lời giải fix hiển thị trên phần mềm RTKlib 2.43



Hình 6. Vị trí tâm ảnh và elip sai số tương ứng

từ website. Tọa độ tâm ảnh sau khi được xử lý lời giải flood được loại bỏ, lời giải fix được dùng để bình sai khối ảnh.

5. Kết quả và thảo luận

Ảnh bay chụp UAV được xử lý trên phần mềm Agisoft metashape professional. Trường hợp không xử lý tâm ảnh, sai số tâm ảnh lớn nhất là 4m (hình 6a); sai số này được cải thiện đáng kể khi các bức ảnh được gắn tọa độ tâm được tính từ dữ liệu định vị PPK, với sai số sai số lớn nhất là 12cm (hình 6b). Từ đó cho thấy, việc tích hợp thêm định vị tâm ảnh bằng công nghệ GNSS động cho vị trí tâm ảnh bay chụp UAV có độ chính xác cao hơn so với UAV thông thường.

a. Không xử lý tâm ảnh; b. Xử lý tâm ảnh theo dữ liệu PPK

Thành lập mô hình DSM với các trường hợp PPK, PPK + 1GCP và PPK+2GCP. Các DSM này được đánh giá độ chính xác với các điểm GCP đã thành lập trên mặt đất, sau khi kiểm tra đã loại bỏ 04 điểm GCP

có sai số lớn, 46 điểm còn lại được dùng để kiểm tra mô hình, các điểm này trên mô hình có sai số được thể hiện bằng elip như hình 7. Có thể thấy, sai số mô hình tăng dần về phía các khu vực xa điểm GCP hoặc xa đường nối giữa 2 điểm GCP (Hình 7 b, c).

Đánh giá độ chính xác DSM trên khía cạnh thành phần tọa độ mặt bằng. Khi dựng ảnh bay chụp UAV/RTK và không dùng bất kỳ điểm khống chế ảnh nào thì DSM có sai số trung phương vị trí mặt bằng cỡ xăng ti mét ($RMSE_{XY} = 6.8cm$), sai số này hầu như không được cải thiện khi dùng điểm khống chế ảnh mặt đất (6.3cm). Qua đây, có thể thấy rằng khi sử dụng UAV/RTK cho mô hình DSM có độ chính xác vị trí mặt bằng đáp ứng được yêu cầu thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn (1/500, 1/1000 và 1/2000) tại các mỏ lộ thiên (Bộ Công Thương, 2015) mặc dù không dùng bất kỳ điểm GCP nào

Ngược lại với thành phần tọa độ mặt bằng, độ cao của các mô hình số bề mặt có lại sai số lớn, trường hợp PPK sai số trung phương trung bình của DSM là $RMSE_H =$



Hình 7. Vị trí các điểm GCP và elip sai số

a. PPK, b. PPK + 1GCP, c. PPK + 2GCP

Bảng 1. Sai số trung phương các điểm trên mô hình DEM

Trường hợp ΔX	RMSE (cm)				
	ΔY	ΔXY	ΔH		
Trung bình	PPK	5.1	4.5	6.8	34.3
	PPK + 1GCP	4.7	4.2	6.3	7.3
	PPK + 2GCP	4.0	2.3	4.6	3.7
Sai số lớn nhất	PPK	5.1	-1.8	5.4	-54.7
	PPK + 1GCP	4.6	4.3	6.3	-14.2
	PPK + 2GCP	7.7	-3.9	8.6	-5.3

34.3cm, vị trí điểm yếu nhất trên mô hình này có sai số là -54.7cm, đối thiếu theo qui phạm không thể sử dụng các mô hình này để thành lập bản đồ tỷ lệ lớn ở mô lộ thiên. Sai số này được cải thiện 75% khi sử dụng 1 điểm khống chế ảnh (PPK+1 GCP), với số trung phương trung bình của DSM và sai số vị trí điểm yếu nhất của nó lần lượt là 7.3cm và -14.3cm. Khi sử dụng 02 điểm GCP sai số chỉ còn 3.7 cm tính trung bình cho toàn mô hình DSM và vị trí điểm yếu nhất sai số -5.3cm.

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, để đánh giá độ chính xác DSM mô lộ thiên được thành lập từ ảnh bay chụp bằng thiết bị bay không người lái định vị tâm ảnh bằng công nghệ GNSS động, máy bay phantom4 RTK đã được sử dụng để chụp ảnh địa hình mô lộ thiên. Sử dụng các điểm GCP được đo nối tọa độ với mốc khống chế cơ sở của mô bằng máy toàn đạc điện tử để đánh giá độ chính xác của các DSM cho thấy:

- Ứng dụng công nghệ định vị GNSS động xác định tâm ảnh bay chụp UAV cho độ chính xác tâm ảnh đạt xăngtimét.

- Khi sử dụng ảnh UAV/RTK cho DSM có độ chính xác mặt bằng đạt yêu cầu thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn theo qui phạm trắc địa mỏ, tuy nhiên, độ cao có sai số vượt hạn sai cho phép .

- Sai số độ cao của DSM thành lập từ ảnh bay chụp bằng UAV/RTK có thể được cải thiện đáng kể khi sử dụng 01 điểm khống chế ảnh mặt đất và sai số này đạt xăng ti mét khi sử dụng 02 điểm khống chế ảnh mặt đất.



TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ Công Thương. (2015). Tiêu chuẩn Việt Nam ngành Trắc địa mỏ. Hà Nội: Viện tiêu chuẩn Quốc gia Việt Nam.
2. DJI. (2020). Phantom 4 RTK Visionary Intelligence, <https://www.dji.com/phantom-4-rtk>.
3. Fazeli, H., Samadzadegan, F., & Dadrass Javan, F. (2016). Evaluating the potential of RTK-UAV for automatic point cloud generation in 3D rapid mapping. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLI-B6*, 221-226. doi:10.5194/isprsarchives-XLI-B6-221-2016
4. 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.
5. Helliguy. (2020). <https://www.heliguy.com/blog/2019/01/24/is-rtk-the-future-of-drone-mapping/>.
6. Nguyễn Quốc Long, & Lê Văn Cảnh. (2020). Khả năng ứng dụng thiết bị bay không người lái (UAV) kinh phí thấp để đo vẽ kiểm kê trữ lượng khoáng sản mỏ lộ thiên. *Công nghiệp mỏ*, 02, 79-85.
7. Taddia, Y., Stecchi, F., & Pellegrinelli, A. (2019). Using DJI Phantom 4 RTK drone for topographic mapping of coastal areas. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-2/W13*, 625-630. doi:10.5194/isprs-archives-XLII-2-W13-625-2019
8. Zhang, H., Aldana Jague, E., Clapuyt, F., Wilken, F., Vanacker, V., & Oost, K. (2019). Evaluating the potential of post-processing kinematic (PPK) georeferencing for UAV-based structure- from-motion (SfM) photogrammetry and surface change detection. *Earth Surface Dynamics, 7*. doi:10.5194/esurf-7-807-2019