

Bài báo khoa học

Nghiên cứu ứng dụng thiết bị bay không người lái (UAV) để lập bản đồ vi phạm hành lang kỹ thuật công trình vườn quan trắc khí tượng bề mặt

Võ Văn Hòa^{1*}, Lê Minh Tuấn¹, Phạm Văn Hanh¹

¹Đài Khí tượng Thủy văn khu vực đồng bằng Bắc Bộ; vovanhoa80@yahoo.com; letuantv@gmail.com, hanhkttv@gmail.com

*Tác giả liên hệ: vovanhoa80@yahoo.com; Tel.: +84–912509932

Ban Biên tập nhận bài: 5/12/2022; Ngày phản biện xong: 10/1/2023; Ngày đăng bài: 25/1/2023

Tóm tắt: Bài báo dựa trên dữ liệu ảnh chụp phân giải cao từ thiết bị bay không người lái Phantom 4 RTK để tiến hành trích xuất dữ liệu độ cao số bề mặt (DSM) cho khu vực xung quanh vườn quan trắc khí tượng (tính từ 4 góc vườn ra 100m theo các chiều khác nhau) của trạm khí tượng Hà Nam và Ninh Bình. Các kết quả đánh giá với các điểm khống chế cho thấy sai số DSM nằm trong phạm vi cho phép. Bản đồ hiện trạng vi phạm hành lang kỹ thuật được thiết lập dựa theo quy định tại Điểm a, khoản 2 Điều 7 của Nghị định 38/2016/NĐ-CP và đã chỉ ra chi tiết mức độ vi phạm hành lang kỹ thuật tại 02 trạm này. Các kết quả phân tích cho thấy bản đồ vi phạm được thiết lập hoàn toàn phù hợp với thực tế.

Từ khóa: Mô hình số bề mặt; Thiết bị bay không người lái; Vi phạm hành lang kỹ thuật.

1. Mở đầu

Những năm gần đây, trước những đòi hỏi của nhu cầu thực tiễn của đời sống kinh tế xã hội và an ninh quốc phòng đã xuất hiện những mô hình máy bay không người lái (UAV). Việc ứng dụng công nghệ bay chụp UAV trong công tác xây dựng mô hình số bề mặt và bản đồ địa hình đã được thực hiện trong một số nghiên cứu [1–5]. [6] đã nghiên cứu đánh giá độ chính xác của DSM và bản đồ ảnh trực giao thành lập từ phương pháp ảnh UAV, đặc biệt chú trọng công tác bay chụp và xử lý ảnh để thành lập các sản phẩm bản đồ (mô hình số bề mặt, bản đồ trực ảnh). Thực nghiệm được tiến hành trên khu vực đồng bằng tại phường Đức Thắng, quận Bắc Từ Liêm (Hà Nội), sử dụng UAV Phantom 3 Pro trang bị máy ảnh thông thường 3 kênh RGB Sony EXMOR. Kết quả đánh giá thực nghiệm cho thấy sai số không chênh lệch quá 0.477cm trong tất cả các ca bay.

Trong lĩnh vực thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn, chưa có nhiều nghiên cứu về độ chính xác và giải pháp nâng cao độ chính xác, đặc biệt là khi địa hình có lớp thực vật che phủ. [7] đã đề xuất giải pháp hiệu chỉnh mô hình phủ thực vật đối với dữ liệu ảnh UAV dựa vào các điểm kiểm tra đo bằng công nghệ GPS động RTK (CORS) trong thành lập bản đồ địa hình. Kết quả nghiên cứu là phần mềm tự động hiệu chỉnh độ cao điểm đo ảnh trên bề mặt lớp phủ thực vật về độ cao điểm địa hình. Số liệu thực nghiệm đã minh chứng tính chính xác của thuật toán. [8] đã ứng dụng công nghệ UAV bay chụp khu vực thường xuyên bị ngập lụt ở lưu vực sông Lai Giang, cụ thể ở thôn Long Khánh thuộc địa phận xã An Hòa, huyện An Lão kết hợp mô hình thủy lực nhằm mô phỏng vùng ngập lụt diễn hình vào tháng 12 năm 2016. Trên cơ sở ảnh bay chụp có độ phân giải siêu cao, dữ liệu DSM, và dữ liệu vùng ngập lụt được mô phỏng từ phần mềm thủy lực HEC–RAS nhằm mô phỏng 3D vùng ngập giúp chính

quyền địa phương xác định nhanh các khu vực bị ngập lụt, số hộ dân bị ảnh hưởng và vùng chịu ảnh hưởng lớn của vận tốc truyền lũ. Kết quả mô phỏng 3D vùng ngập lụt cho thấy khu vực ngập, mức ngập cũng như tốc độ truyền lũ rất chi tiết, trực quan và chính xác. Đồng thời, nghiên cứu cũng đưa ra một số khuyến nghị việc sử dụng các mức độ chi tiết và phạm vi khu vực mô phỏng 3D vùng ngập lụt ở địa bàn nghiên cứu. [9] đã đánh giá độ chính xác DSM thành lập từ phương pháp đo ảnh máy bay không người lái UAV cho địa hình mở lộ thiên khai thác sâu. Từ mô hình 3D, sử dụng các phần mềm đồ họa để biên tập các bản đồ địa hình, bản đồ hiện trạng sử dụng đất của các mỏ... Trong nghiên cứu này độ chính xác đạt được có thể dùng để thành lập bản đồ tỷ lệ 1:1000. Để cải tiến hướng nghiên cứu hiện tại, các tác giả đề xuất tập trung theo hướng điều chỉnh độ cao bay chụp, tăng tỷ lệ chồng phủ dọc và ngang, cũng như thay đổi góc chụp của camera đối với các sườn tăng dốc nhằm đạt được độ chính xác cao hơn.

Trên thực tế, còn có rất nhiều công trình nghiên cứu ứng dụng UAV để tạo lập các bản đồ DSM, DTM hoặc DEM để ứng dụng cho nhiều mục đích nghiên cứu và quản lý khác nhau [9–22]. Nhưng trên thực tế, việc ứng dụng các dạng dữ liệu này trong bài toán quản lý hoạt động và hành lang kỹ thuật công trình quan trắc KTTV nói chung, mạng lưới quan trắc khí tượng bề mặt nói riêng vẫn còn nhiều hạn chế. Bài báo này đưa ra một số kết quả nghiên cứu ứng dụng số liệu DSM được chiết xuất từ ảnh chụp phân giải cao của UAV Phantom 4 RTK cho trạm khí tượng Hà Nam và Ninh Bình. Phần 2 sẽ trình bày chi tiết về quy trình đo đạc và xử lý số liệu UAV. Phần 3 đưa kết quả đánh giá chất lượng số liệu DSM được chiết xuất từ Phantom 4 RTK và bản đồ hiện trạng vi phạm hành lang kỹ thuật cho 02 trạm nói trên. Cuối cùng là kết luận và kiến nghị cho hướng nghiên cứu tiếp theo.

2. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Thiết bị bay Phantom 4 RTK

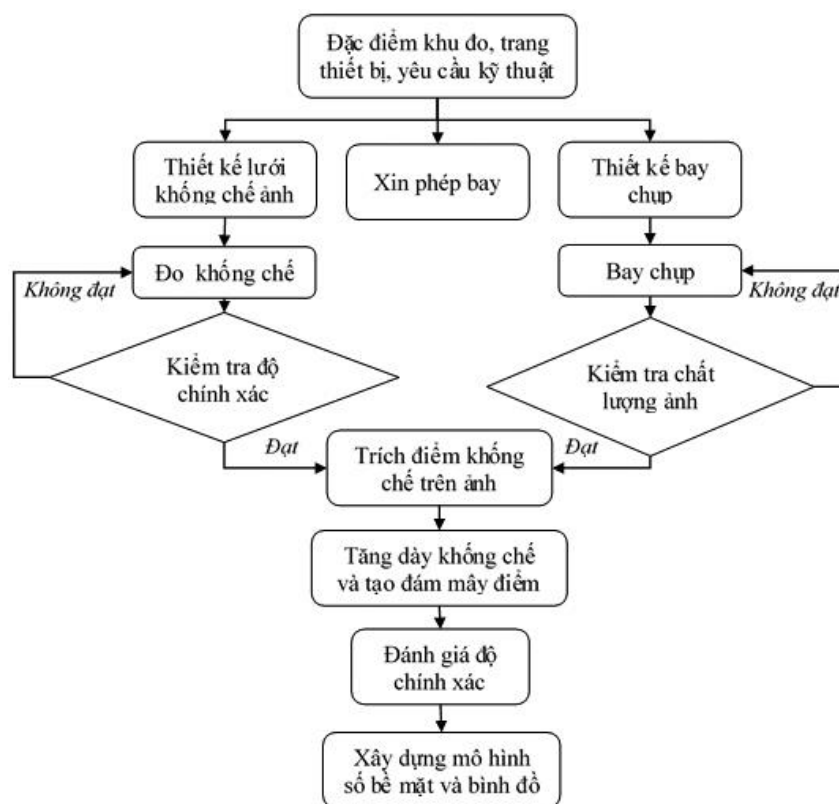
Để đo đạc DSM cho 02 trạm khí tượng bề mặt trên khu vực đồng bằng Bắc Bộ, nhóm nghiên cứu đã sử dụng thiết bị bay không người lái Phantom 4 RTK (*Real Time Kinematic – RTK*) (Hình 1). Thiết bị bay không người lái Phantom 4 RTK là UAV tích hợp khả năng khảo sát địa hình, thu tín hiệu GPS 2 tần số, kết hợp với trạm mặt đất, ... Phantom 4 RTK mang lại hiệu quả cao trong các nhiệm vụ bay chụp bản đồ địa chính, bay chụp bản đồ địa hình. Phantom 4 RTK cung cấp dữ liệu định vị theo thời gian thực, cải thiện độ chính xác tuyệt đối trên dữ liệu hình ảnh. Với mô đun GPS 2 tần số (GNSS) cho phép UAV Phantom 4 RTK có khả năng quan sát và thu thập dữ liệu vệ tinh, và giúp cho UAV bay ổn định và an toàn ngay cả ở khu vực đông dân cư, hoặc khu vực có sóng 3G, 4G kém. Hệ thống TimeSync được tích hợp để liên tục căn chỉnh bộ điều khiển máy bay và camera. Thêm vào đó, TimeSync tối ưu kết quả từ các phương pháp đo quang và cho phép hình ảnh đạt được dữ liệu định vị chính xác ở cấp độ centimet. Dữ liệu hình ảnh chính xác ngay cả khi bay với tốc độ cao. Với cảm biến CMOS 1 inch, 20 megapixel, Phantom 4 RTK có khả năng thực hiện các nhiệm vụ lập bản đồ, thu thập dữ liệu, chụp ảnh thực địa mà không sợ bị nhòe khi bay với tốc độ cao. Phantom 4 RTK có độ phân giải mặt đất GSD là 2.74cm ở độ cao 100 mét.



Hình 1. Hình ảnh về thiết bị bay Phantom 4 RTK.

2.2. Quy trình xử lý và chiết xuất số liệu DSM

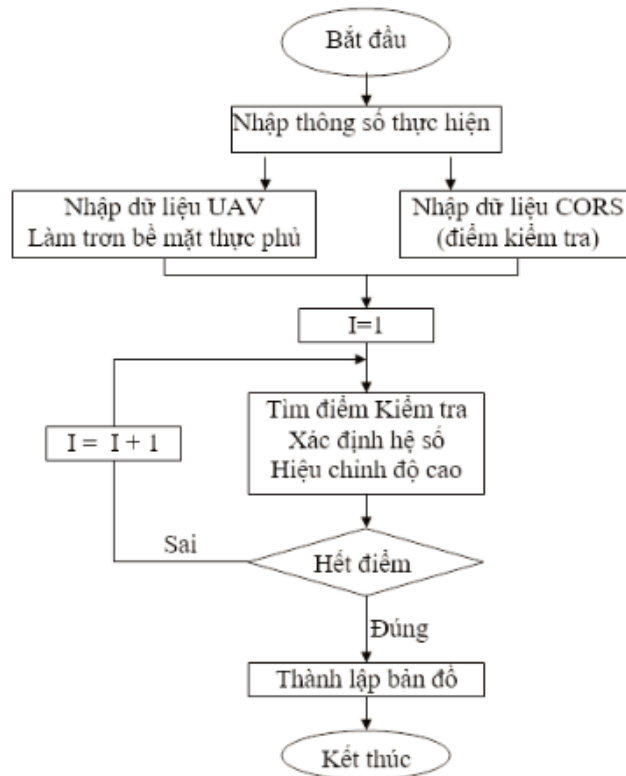
Nhóm nghiên cứu đã sử dụng thiết bị bay không người lái Phantom 4 RTK gắn với GPS 2 tần số thu tín hiệu vệ tinh RTK từ thiết bị RTK đặt cố định tại trạm khí tượng. Quy trình bay chụp và xử lý số liệu được thực hiện theo quy trình như trong Hình 2.



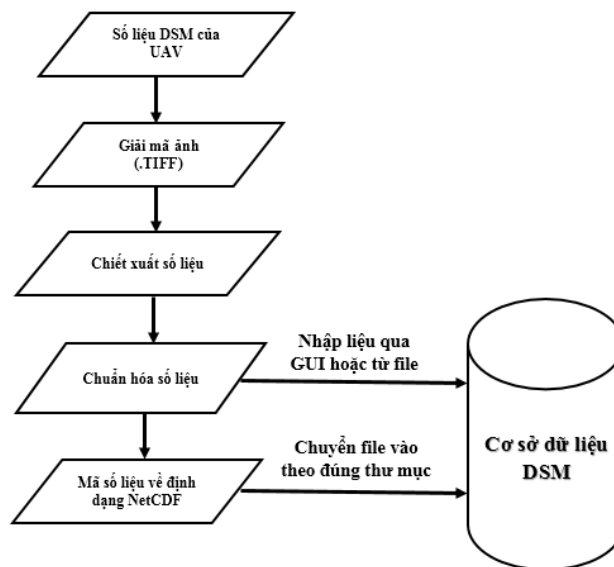
Hình 2. Quy trình bay chụp và xử lý số liệu đo đạc bằng UAV Phantom 4 RTK.

Mật độ điểm ảnh UAV trong quá trình bay chụp rất lớn, khoảng cách các điểm từ 1m đến 2m, trong khi đó, điểm kiểm tra được phân bố trên toàn bộ khu vực, tại các điểm đặc trưng của lớp phủ thực vật. Tại từng điểm đo ảnh, tăng dần bán kính khoanh vùng để xác định vị trí các điểm kiểm tra gần nhất. Khi số điểm kiểm tra vừa đủ tùy theo hàm số đa thức đã chọn, sẽ xây dựng mô hình bề mặt phủ thực vật tại đó và tính số hiệu chỉnh. Để thực hiện được bài toán này, một modul chương trình cho việc tự động hóa công tác tính toán đã được xây dựng nhằm đảm bảo tính chính xác và hiệu quả kinh tế. Sơ đồ khối chương trình nêu trong Hình 3 dưới đây. Điểm khống chế ảnh được đo đạc bằng công nghệ định vị vệ tinh (GNSS) xử lý tức thời. Những điểm này được sử dụng cho hai mục đích là nắn ảnh về hệ tọa độ VN – 2000 và đánh giá độ chính xác của mô hình bề mặt (DSM). Tổng số điểm khống chế và kiểm tra là 18 điểm, trong đó 10 điểm dùng để nắn ảnh và 8 điểm còn lại dùng để đánh giá độ chính xác mô hình, các điểm dùng để đánh giá độ chính xác được phân bố đều trên khu vực bay chụp và nằm ở các độ cao khác nhau, đảm bảo tính khách quan trong đánh giá kết quả.

Hình 4 đưa ra quy trình chuẩn hóa số liệu DSM thu thập được thiết bị bay không người lái cũng như đưa số liệu sau khi đã chuẩn hóa để đưa vào CSDL quản lý số liệu DSM. Khái niệm “chuẩn hóa” dữ liệu ở đây được hiểu là quá trình xử lý số liệu ban đầu để ra một dạng dữ liệu mới đáp ứng được yêu cầu của các nội dung nghiên cứu và gồm các bước thực hiện như sau: Xử lý số liệu ảnh TIFF; Truy xuất dữ liệu DSM; Nội suy dữ liệu về các điểm hoặc lưới theo yêu cầu; Chuyển đổi dữ liệu về dạng số nguyên dương để giảm dung lượng lưu trữ và tăng hiệu suất nhập/truy xuất số liệu vào/ra CSDL.



Hình 3. Sơ đồ khối chiết xuất số liệu DSM từ ảnh chụp của Phantom 4 RTK.



Hình 4. Quy trình chuẩn hóa số liệu DSM từ thiết bị Phantom 4 RTK.

Bước 1: Xử lý ảnh TIFF: đây là bước được thực hiện sau khi qua trình thực hiện đo đạc bằng thiết bị bay không người lái được hoàn tất. Cụ thể, sản phẩm đầu ra của thiết bị bay không người lái là 1 bản đồ DSM cho khu vực nghiên cứu được cung cấp dưới định dạng TIFF. Để mở được file ảnh này, cần thiết phải có các phần mềm chuyên dụng. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng phần mềm Global Mapper để hiển thị bản đồ này. Sau khi đã hiển thị được bản đồ. Quá trình kiểm tra dữ liệu đo đạc được thực hiện bằng phương pháp chuyên gia để kiểm tra các lỗi nếu có hoặc thực hiện căn chỉnh lại phép chiếu nếu cần. Ngoài ra, quá

trình hiển thị chồng chập với các lớp bản đồ địa lý cũng được thực hiện để kiểm tra mức độ phù hợp giữa số liệu DSM với thực tế.

Bước 2. Chiết xuất số liệu DSM: sau khi quá trình kiểm tra tại bước 1 đã hoàn tất và dữ liệu bản đồ DSM được xác thực là có độ tin cậy. Bước tiếp theo là chiết xuất số liệu DSM theo mục đích nghiên cứu. Khác với số liệu DSM từ nguồn NextMap World30 được cho trên lưới. Do số liệu DSM được đo đạc từ thiết bị bay không người lái được cung cấp dưới dạng các tệp tin ảnh có định dạng TIFF trong đó bao gồm ma trận các điểm ảnh. Do đó, quá trình chiết xuất dữ liệu có thể thực hiện ngay trên phần mềm Global Mapper. Cụ thể, chỉ bằng cách di con trỏ chuột tới vị trí cần lấy dữ liệu là phần mềm sẽ hỗ trợ chiết xuất dữ liệu DSM tại điểm đó, thông tin chiết xuất ra bao gồm tọa độ X và Y của điểm đó cùng với giá trị DSM tương ứng. Căn cứ theo nhu cầu nghiên cứu, bước này sẽ chiết xuất dữ liệu DSM ở 2 dạng:

- Tại một số vị trí trùng với vị trí đã được đo đạc ngoài thực địa;
- Tại các nút lưới sử dụng để lập bản đồ vi phạm hành lang kỹ thuật.

Lưới bản đồ vi phạm hành lang kỹ thuật là dưới lưới tròn có tâm tại vị trí mốc cao độ đặt trong vườn quan trắc khí tượng. Lưới tròn đồng tâm này gồm các đường tròn có bán kính lần lượt là 10 m, 50 m, ... đến 500 m theo phương bán kính (hay nói cách khác là độ phân giải theo phương bán kính là 50m). Theo góc phân vị, đề tài sử dụng 12 góc phương vị chính từ hướng 0 độ đến 330 độ (độ phân giải theo phương bán kính là 30 độ). Lý do chỉ lựa chọn 12 góc phương vị là do phạm vi lập bản đồ là tương đối nhỏ nên việc chia quá nhỏ góc phương vị không chi tiết hóa được thêm mức độ vi phạm nhưng lại làm tăng khối lượng xử lý và lưu trữ dữ liệu lên rất nhiều. Như vậy, tổng số nút lưới của lưới bản đồ vi phạm hành lang kỹ thuật là $11 \times 12 = 132$ nút lưới. Căn cứ theo tọa độ đã biết của mốc cao độ, tọa độ của 132 nút lưới sẽ được tính toán theo độ phân giải theo bán kính và góc phương vị như đã nói ở trên.

2.3. Lập bản đồ hiện trạng vi phạm hành lang kỹ thuật

Bảo vệ hành lang kỹ thuật công trình KTTV đã được quy định rõ ràng trong Luật khí tượng thủy văn đã được Quốc hội nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam ban hành ngày 23/11/2015, có hiệu lực từ ngày 01/7/2016. Trong phạm vi hành lang kỹ thuật công trình khí tượng thủy văn không được thực hiện các hành vi quy định tại khoản 3 Điều 15 của Luật khí tượng thủy văn; riêng vườn quan trắc khí tượng bề mặt được quy định chi tiết thêm như sau: “Trong phạm vi từ 50 mét đến 100 mét tính từ hàng rào vườn quan trắc khí tượng bề mặt ra các phía được trồng cây hoặc xây dựng công trình nhưng độ cao phải bảo đảm góc giữa đường nối tâm vườn tới điểm cao nhất của cây hoặc công trình và bề mặt vườn không vượt quá 10° (mười độ)”.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi căn cứ theo Điểm a, Khoản 2, Điều 7 của Nghị định 38/2016/NĐ-CP nhưng cách thức tính toán vi phạm sẽ căn cứ vào chênh lệch độ cao của vật thể và độ cao lý thuyết. Cụ thể:

- Gọi H_p là độ cao lý thuyết tính theo góc 10 độ tại điểm p có tọa độ (X_p, Y_p) trong đó được tính từ tọa độ mốc (X_{Moc}, Y_{Moc}) (Hình 5)
- Gọi H_{moc} là độ cao của mốc trạm
- Gọi DSM_p là độ cao của vật thể tại điểm p có tọa độ (X_p, Y_p) : DSM có thể được lấy từ nguồn NextWorld 30 hoặc từ thiết bị bay Phantom 4 RTK.

Để tính H_p , đầu tiên ta cần xác định khoảng cách Euler từ vị trí mốc (X_{Moc}, Y_{Moc}) đến vị trí điểm cần quan tâm (X_p, Y_p) (chính là đoạn AC trên hình 18) theo công thức tính khoảng cách trong hệ tọa độ Đề các như công thức dưới đây:

$$AC = \sqrt{(X_p - X_{moc})^2 + (Y_p - Y_{moc})^2} \quad (1)$$

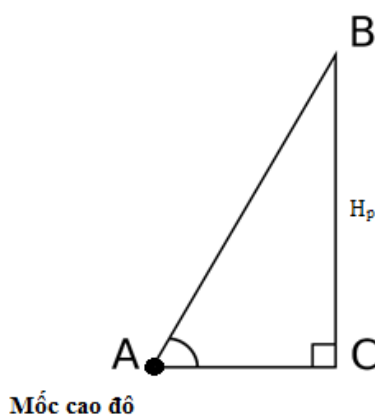
Sau khi tính được khoảng cách từ vị trí mốc đến vị trí điểm cần quan tâm, giá trị H_p có thể được xác định theo công thức (2) dưới đây:

$$H_p = AC * \text{TANG}(100) \quad (2)$$

Để lập bản đồ hiện trạng vi phạm, đề tài sử dụng giá trị độ lệch (DHP) giữa độ cao thực tế của vật thể tại điểm đang xem xét với độ cao lý thuyết được tính toán theo các công thức (1) và (2) ở trên. Cụ thể:

$$DHP = DSMp - (Hp + Hmoc) \quad (3)$$

Trong công thức (3) cần phải cộng thêm Hmoc là do số liệu DSM được thu thập là độ cao đã được quy về mực nước biển trung bình, do đó, giá trị Hp cũng cần phải được quy về cùng hệ quy chiếu. Như vậy, nếu DHP là âm, thì vi phạm không xảy ra do độ cao của vật thể tại điểm xem xét nhỏ hơn so với độ cao cho phép. Ngược lại, nếu DHP dương, thì vi phạm đã xảy ra và giá trị DHP càng lớn thì mức độ vi phạm càng nghiêm trọng.



Hình 5. Sơ đồ minh họa cách tính độ cao lý thuyết của một điểm bất kỳ theo Điểm a, Khoản 2, Điều 7 của Nghị định 38/2016/NĐ-CP.

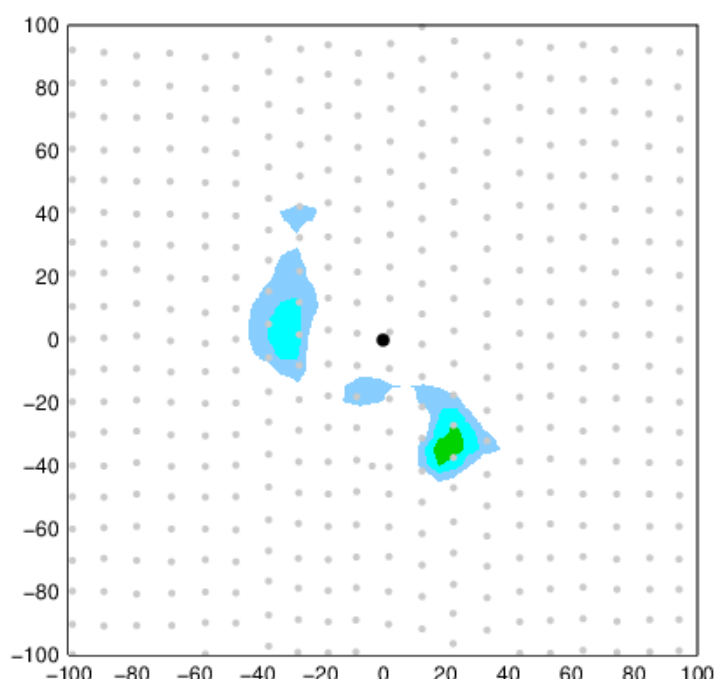
Để lập được bản đồ vi phạm, toàn bộ quá trình tính toán DHP theo cách tính ở trên được áp dụng cho tất cả các điểm dữ liệu DSM được thu thập trong phạm vi xung quanh trạm. Cụ thể, từ 04 góc vườn quan trắc khí tượng bề mặt, xác định 1 vòng tròn có bán kính 200m có tâm góc vườn. Tất cả các điểm nằm trên lưới dữ liệu của UAV nằm trong đường tròn nói trên sẽ được lựa chọn để tính toán DHP. Quá trình xác định số điểm lưới dữ liệu được thực hiện tương tự cho 03 điểm góc vườn còn lại, nhưng điểm lưới nào đã được lựa chọn thì không lựa chọn lại. Kết quả xác định cho thấy có 962 điểm dữ liệu từ UAV ở trạm khí tượng Hà Nam được sử dụng để lập bản đồ vi phạm hành lang kỹ thuật. Tương tự, đối với trạm khí tượng Ninh Bình là 966 điểm dữ liệu.

3. Kết quả nghiên cứu

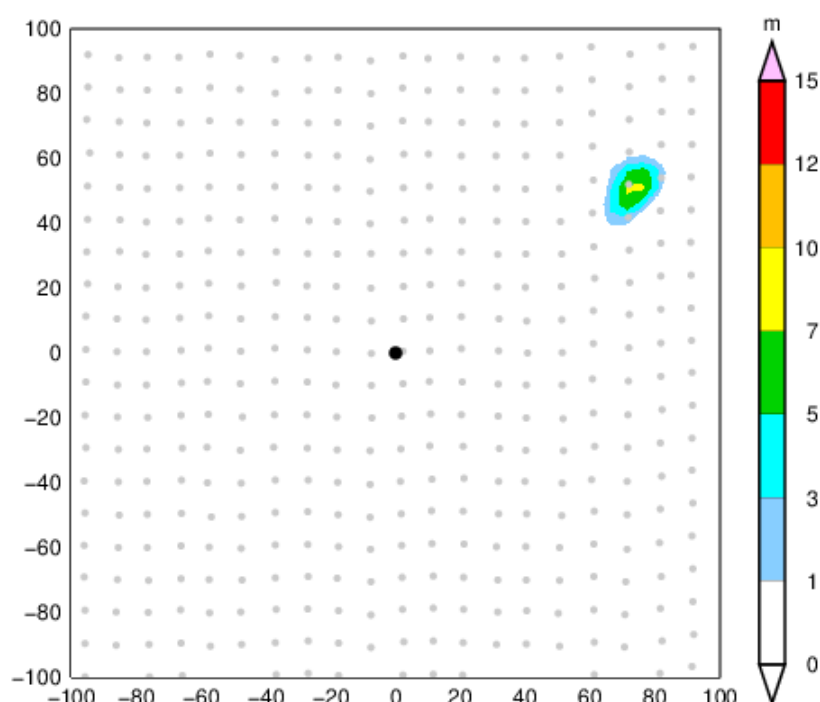
Kết quả tính toán và so sánh sai số vị trí và độ cao giữa nguồn số liệu DSM được chiết xuất từ Phantom 4 RTK tại 02 trạm được khảo sát cho thấy sai số vị trí giữa điểm dữ liệu từ Phantom 4 RTK được lấy để nội suy về điểm không chế gần nhất là không đáng kể, trung bình không lệch quá 0,3 m. Khi so sánh sai số độ cao của vật thể cũng cho kết quả tương tự. Cụ thể, nếu tính trung bình trên toàn bộ các điểm không chế, sai số độ cao của vật thể được xác định từ Phantom 4 RTK dao động trong khoảng 0,5 m.

Các hình 6 đến 7 đưa ra bản đồ hiện trạng vi phạm hành lang kỹ thuật vườn quan trắc khí tượng của trạm khí tượng Hà Nam và khí tượng Ninh Bình trong đó sử dụng số liệu DSM được chiết từ dữ liệu ảnh chụp phân giải cao của UAV Phantom 4 RTK. Dữ liệu bay được thực hiện trong năm 2022. Hình 6 có thể thấy có một số vi phạm tại trạm khí tượng Hà Nam ở phần phía Tây và Đông Nam của vườn quan trắc. Trong đó, ở phía Đông Nam vi phạm nhiều hơn so với phía Tây. Đối chiếu với ảnh chụp thực tế tại cùng thời điểm (Hình 8), có thể thấy rõ ràng vi phạm thuộc dạng án ngữ công trình trong đó gồm khu nhà xưởng của công ty lương thực được xây dựng từ năm 2011 và chỉ cách vườn khí tượng 5m, công trình này có độ cao 10m. Ở phía Nam và Đông Nam, là khu trụ sở làm việc của Công ty may được xây dựng từ năm 2005 cách vườn 8m, trụ sở này có độ cao gần 8m. Như vậy, bản đồ hiện trạng vi phạm hành lang kỹ thuật cho thấy sự phù hợp với thực tế.

Đối với trạm Ninh Bình, kết quả lập bản đồ hiện trạng vi phạm hành lang kỹ thuật dựa trên số liệu DSM được chiết xuất từ thiết bị Phantom 4 RTK trên hình 7 cho thấy có vi phạm nghiêm trọng ở phía Đông Bắc của vườn trong phạm vi khoảng 80m. Kết quả kiểm chứng với ảnh chụp thực tế trên hình 9 ở trên cho thấy kết quả tính toán là hoàn toàn chính xác. Cụ thể, cách 80m về phía Đông Bắc có một tòa nhà rất cao. Tòa nhà này đã được khởi công từ năm 2020 và hoàn thành trong đầu năm 2022 (theo báo cáo của trạm).



Hình 6. Bản đồ vi phạm hành lang kỹ thuật của trạm khí tượng Hà Nam theo nguồn số liệu DSM được chiết xuất từ dữ liệu ảnh chụp trong năm 2022 của thiết bị bay không người lái Phantom 4 RTK (chấm đen là tọa độ của mốc trạm).



Hình 7. Tương tự hình 6 nhưng cho trạm khí tượng Ninh Bình.



Hình 8. Ảnh chụp hiện trạng khu vực xung quanh vườn quan trắc khí tượng của trạm Hà Nam tại thời điểm tháng 12 năm 2022.



Hình 9. Ảnh chụp hiện trạng khu vực xung quanh vườn quan trắc khí tượng của trạm Ninh Bình tại thời điểm tháng 12 năm 2022.

4. Kết luận

Dựa trên các nguồn số liệu DSM được chiết xuất từ dữ liệu ảnh của UAV Phantom 4 RTK, bài báo đã thực hiện đánh giá chất lượng các nguồn số liệu này, đồng thời lập bản đồ hiện trạng vi phạm hành lang kỹ thuật công trình vườn quan trắc cho 02 trạm khí tượng Hà Nam và Ninh Bình. Các kết quả đánh giá, so sánh và phân tích cho thấy sai số vị trí và độ cao của dữ liệu DSM được chiết xuất ra nằm trong phạm vi cho phép. Bản đồ hiện trạng vi phạm hành lang kỹ thuật công trình vườn quan trắc được lập từ số liệu DSM cho thấy mức độ phù hợp với thực tế cả về vị trí và mức độ vi phạm. Kết quả này cho thấy việc ứng dụng số liệu DSM từ UAV trong quản lý hành lang kỹ thuật công trình quan trắc khí tượng là hoàn toàn phù hợp và khả thi.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: V.V.H., L.M.T.; Tổng quan tài liệu: L.M.T., P.V.H.; Tính toán, xử lý số liệu và phân tích kết quả: V.V.H., L.M.T., P.V.H.; Viết bản thảo bài báo: L.M.T., V.V.H.; Chỉnh sửa bài báo: V.V.H.

Lời cảm ơn: các tác giả xin gửi lời cảm ơn tới đề tài NCKH cấp cơ sở “Nghiên cứu ứng dụng số liệu mô hình số bề mặt (DSM) để xây dựng cơ sở dữ liệu trạm quan trắc khí tượng khu vực đồng bằng Bắc Bộ”, mã số CS.2022.1 đã hỗ trợ để nhóm thực hiện nghiên cứu này. Bài báo này cũng là kết quả thực hiện của một nội dung trong đề tài nói trên.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ bất kỳ nghiên cứu nào trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Long, V.P.; Ch�t, V.V.; Giang, N.V. Bay chụp ảnh bằng máy bay không người lái (UAV) thành lập bản đồ không gian 3 chiều (3D). *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2017**, 31, 23–28.
2. Mỹ, V.C.; Long, Đ.N. Nghiên cứu khả năng ứng dụng máy bay không người lái (UAV) trong công tác đo vẽ bản đồ tỷ lệ lớn và giám sát tài nguyên môi trường. Tuyển tập báo cáo Hội nghị khoa học quốc tế, Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ, 2014.
3. Làn, N.T. và cộng sự. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ địa không gian xây dựng dữ liệu không gian địa lý 3D cho thành phố thông minh ven biển phù hợp với điều kiện Việt Nam, thí điểm tại khu vực TP. Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh. Đề tài NCKH cấp Bộ, mã số TNMT.2021.04.04, 2022.
4. Diệu, B.T.; Vn, N.C.; Hùng, H.M.; Minh, N.Q. Xây dựng mô hình số bề mặt và bản đồ trực ảnh sử dụng công nghệ đo ảnh máy bay không người lái. Tuyển tập Hội nghị khoa học: Đo đạc bản đồ với ứng phó biến đổi khí hậu, 2016.
5. Quý, B.N.; Hiệp, P.V. Nghiên cứu xây dựng mô hình 3D từ dữ liệu ảnh máy bay không người lái (UAV). *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất*, **2017**, 4(58), 1–11.
6. Thảo, N.T.P.; Diệu, B.D.; Minh, M.T.; Khánh, N.Q.; Anh, N.T.; Long, N.H.; Long, N.Q. Đánh giá độ chính xác mô hình số bề mặt và bản đồ ảnh trực giao thành lập từ phương pháp ảnh máy bay không người lái (UAV). *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất* **2017**, 58, 18–27.
7. Thủy, H.T.; Hòa, Đ.C. Giải pháp thành lập bản đồ địa hình từ dữ liệu UAV vùng có phủ thực vật. *Tạp chí khoa học đo đạc và bản đồ* **2020**, 44, 49–55.
8. Tú, N.A.; Đợi, N.T.; Xuân, N.H.; Nghị, Đ.T. Ứng dụng thiết bị bay không người lái (UAV) và mô hình thủy lực HEC–RAS mô phỏng 3D vùng ngập lụt. Nghiên cứu điển hình ở xã an hòa, huyện an lão tỉnh Bình Định. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2021**, 44, 57–64.
9. Anh, N.T. Nghiên cứu ứng dụng dữ liệu Lidar và ảnh viễn thám độ phân giải cao để xây dựng bản đồ 3D phục vụ quản lý đô thị. Đề tài NCKH cấp Bộ, 2010.
10. Long, V.P. Bản đồ không gian ba chiều trong quản lý biên giới. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2013**, 15, 49–57.
11. Ch�t, V.V. Khả năng ứng dụng bản đồ 3D trong huấn luyện. *Tạp chí quân huấn* **2016**, 9, 18–20.
12. Sỹ, M.V.; Quý, B.N.; Hiệp, P.V.; Quý, L.Q. Nghiên cứu sử dụng dữ liệu ảnh 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* **2017**, 33, 49–57.
13. Hòa, Đ.C.; Thủy, H.T. Ứng dụng tin học vào bài toán chuyển đổi hệ quy chiếu bản đồ số địa hình. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2017**, 31, 59–64.
14. Thủy, H.T. Nâng cao độ chính xác khi ứng dụng công nghệ TRK trogn thành lập bản đồ số tỷ lệ lớn. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2017**, 38, 37–41.
15. Long, V.P.; Thắng, L. Thử nghiệm thiết bị bay không người lái thành lập bản đồ 3D hành lang tuyến điện. Tuyển tập hội thảo khoa học ngành Địa hình quân sự, 2014.
16. Mỹ, V.C.; Dukek, R. Nghiên cứu khả năng ứng dụng máy bay không người lái trong công tác trắc địa mỏ và giám sát môi trường mỏ.
17. Hà, N.T.T. Giải pháp trực quan hóa dữ liệu đô thị 3D theo chuẩn CITYGML trên nền web. Luận án thạc sĩ ngành CNTT, 2016, tr. 50.

18. Thao, P.T. Thử nghiệm xây dựng mô hình đô thị 3D bằng ngôn ngữ tiêu chuẩn CityGML và phần mềm mã nguồn mở. *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mở - địa chất* **2013**, 44, 59–56.
19. Hương, N.T.T. Nghiên cứu nâng cao độ chính xác của mô hình số độ cao dạng GRID bằng mạng Neuron Hopfield. Luận án tiến sĩ kỹ thuật, 2021, tr. 182.
20. Anh, L.T.; Tuân, P.V.; Hiền, L.Đ. Ứng dụng công nghệ tích hợp Lidar và chụp ảnh hàng không trong thu nhận, xử lý và thành lập dữ liệu không gian địa lý. Tuyến tập báo cáo Hội nghị khoa học, công nghệ toàn quốc ngành Đo đạc và Bản đồ, 2018, 1–12.
21. Cương, T.Q. Nghiên cứu cơ sở khoa học xây dựng mô hình số độ cao phục vụ quản lý tài nguyên thiên nhiên. Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Bộ, 2006.
22. Emilia, K.; Renata, J.R.; Joanna, D. The use of unmanned aerial vehicles in flood hazard assessment. *J. Flood Risk Manage.* **2020**, 13(4), e12622.

Application of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) to mapping technical safety corridor of surface meteorological observation station

Vo Van Hoa^{1*}, Le Minh Tuan¹, Pham Van Hanh¹

¹ Northern Delta Regional Hydro–Meteorological Center; vovanhoa80@yahoo.com; letuantv@gmail.com, hanhkttv@gmail.com

Abstract: The article is based on high-resolution image data from the Phantom 4 RTK drone to extract digital surface elevation data (DSM) for the area around the meteorological observation garden (from 4 garden corner extend to 100m in different directions) of Ha Nam and Ninh Binh surface meteorological stations. The evaluation results with control points show that the DSM error is within the allowable range. The current status map of violations of the technical corridor is established according to the provisions of Point a, Clause 2, Article 7 of Decree 38/2016/ND–CP and has detailed the extent of violations of the technical corridor at 02 given stations. The analysis results show that the established violation map is completely consistent with reality.

Keywords: Digital surface elevation data (DSM); UAV; Technical corridor violations maps.