

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG KẾT HỢP MÁY BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI VÀ LIDAR TẦM THẤP TRONG KHẢO SÁT CÔNG TRÌNH GIAO THÔNG

Nguyễn Việt Hà¹, Vũ Ngọc Quang², Đồng Văn Huyền³

¹Trường Đại học Mở - Địa chất

²Trường Đại học Công nghệ Giao thông Vận tải

³Công ty TNHH đầu tư dịch vụ Phương Linh

Tóm tắt

Bài báo là nghiên cứu và đánh giá bước đầu về sử dụng cảm biến Lidar tầm thấp lắp đặt trên thiết bị bay không người lái trong thu thập số liệu địa hình bề mặt đường hiện hữu. Nghiên cứu sử dụng cảm biến Lidar Alpha Air AA450, dòng sản phẩm quét đầu tiên của hãng CHC Navigation tại Việt Nam trên máy bay DJI Matric M300 và quét khu bay có chiều dài 175 m, rộng 110 m, tổng chiều dài ca bay là 1804 m ở độ cao 80 m, tốc độ bay là 7m/s. Số liệu bay quét được xử lý bằng phần mềm Copre, phiên bản đầu tiên đi theo thiết bị trong cả hai trường hợp là không sử dụng và sử dụng điểm khống chế mặt đất để hiệu chỉnh. Kết quả từ point cloud được trích xuất và so sánh với 264 điểm kiểm tra bằng phương pháp GNSS-RTK trạm đơn. Số lượng điểm và tỉ lệ chênh lệch độ cao trong hai trường hợp xử lý tương ứng như sau: Độ lệch độ cao nhỏ hơn 10 cm là 142 và 230 điểm (53,8 % và 87,1 %), từ 10 cm đến 20 cm là 109 và 23 điểm (41,2 % và 8,7 %), từ 20 cm đến 30 cm là 11 và 10 điểm (4,2 % và 3,8 %), từ 30 đến 40 cm là 2 và 0 điểm (0,8 % và 0,0%).

Từ khóa: Lidar AA450; GNSS-RTK; Copre; UAV M300.

Abstract

Research for the unmanned aerial vehicles and Lidar in traffic construction survey

The article is an initial study and evaluation of the use of low - altitude Lidar sensors installed on unmanned aerial vehicles in collecting data on existing road surface topography. Research using Lidar Alpha Air sensor AA450, the first scanning product line of CHC Navigation in Vietnam on DJI Matric M300 aircraft and scanning the flight area with a length of 175 m, 110 m wide, the total length of flight is 1804 m in Altitude 80 m, flight speed is 7m/s. Scanned flight data is processed by Copre software, the first version follows the device in both the use and non-use of ground control points for correction. The results from the point cloud were extracted and compared with 264 test points by the single station GNSS-RTK method. The number of points and percentage of deviations in both processing cases are following: With elevation deviations less than 10 cm are 142 and 230 points (53.8 % and 87.1 %), from 10 cm to 20 cm are 109 and 23 points (43.1 % and 8.7 %), from 20 cm to 30 cm are 11 and 10 points (4.2 % and 3.8 %), from 30 to 40 cm are 2 and 0 points (0.8 % and 0.0 %).

Keywords: Lidar AA450; GNSS-RTK; Copre; UAV M300.

1. Giới thiệu

Sự phát triển của các công nghệ mới cho phép các kỹ sư khảo sát có thêm nhiều hướng tiếp cận để giải quyết nhiệm vụ khảo sát bao gồm GNSS, thiết bị bay không người lái (Unmanned Aerial Vehicles - UAV) và giải pháp Lidar. Liên quan tới giải pháp GNSS, các ứng dụng đầu tiên đã được giới thiệu những năm 1990 [1] với các phương thức kết nối khác nhau giữa máy base và rover. Theo thời gian, phương pháp GNSS-RTK đã có nhiều cải thiện từ đo động thời gian thực trạm đơn tới đo động với mạng lưới trạm tham chiếu hoạt động liên tục giúp tăng độ ổn định và độ chính xác [2, 3] và hiện đã trở thành một trong những phương pháp chính trong các ứng dụng khảo sát, đặc biệt trong khảo sát, hiện chỉnh bản đồ đất đai [4]. Tuy nhiên, một trong những nhược điểm lớn nhất là rất khó để đạt lời giải fix khi đo đạc ở những vị trí khó khăn như dưới tán cây, gần các tòa nhà cao tầng mặc dù đã có nhiều sự cải thiện về phần cứng và phần mềm [5] thậm chí là không thể đạt lời giải fix trong một số trường hợp hay không thể tiếp cận để đo đạc.

Liên quan đến khả năng tiếp cận các khu vực khó, thiết bị bay không người lái trở thành sự lựa chọn thay thế để thực hiện nhiệm vụ nhờ khả năng tự động trong thiết kế, vận hành, thu thập và xử lý số liệu. Nghiên cứu [6] chỉ ra rằng giải pháp UAV có hiệu quả cao trong xác định kích thước và thể tích bề chứa nổi khi so sánh kết quả đo từ chế độ đo không gương của máy toàn đạc điện tử. Đồng thời, UAV cũng là một lựa chọn tốt trong giám sát chất lượng bề mặt đường [7] hay giải quyết tranh chấp đất đai ở cấp xã [8]. Các kết quả

nghiên cứu cũng chỉ ra rằng UAV được sử dụng rộng rãi trong công tác bảo trì đường bộ với độ chính xác cao [9, 10]. Giai đoạn 2007 - 2020 có sự gia tăng mạnh mẽ về số lượng các nghiên cứu, ứng dụng giải pháp UAV trong quản lý và giám sát kết cấu hạ tầng giao thông [11, 12], nhờ những tiến bộ trong các kỹ thuật phân tích hình ảnh. Tương tự như giải pháp GNSS-RTK, UAV cũng gặp khó khăn giải quyết bài toán tiếp cận điểm mặt đất trước những khu vực có cây với mật độ dày. Lúc này, bài toán khảo sát trở nên thử thách hơn cả và giải pháp Lidar trở thành lựa chọn mới.

Các ứng dụng của Lidar có sự phát triển mạnh mẽ trong giai đoạn từ 2008 đến 2018 [13] với các ứng dụng cho thành phố thông minh [14, 15], quan trắc môi trường [16, 17] và trở nên ngày càng phổ biến trong thu thập số liệu bề mặt đường [18 - 20]. Gần đây, sự cải tiến của Lidar cho phép thu nhỏ kích thước, tích hợp GNSS và có thể được vận hành độc lập trên các thiết bị bay không người lái cỡ nhỏ, mang lại sự tiện lợi và gọn nhẹ cho kỹ sư vận hành. Trong khi giải pháp GNSS-RTK và UAV đã phần nào khẳng định được độ tin cậy và độ chính xác, các thiết bị Lidar hàng không và Lidar di động trên xe ô tô đã được ứng dụng nhiều, Lidar cỡ nhỏ vận hành trên máy bay không người lái là một dòng sản phẩm còn khá mới trên thị trường, chưa có nhiều nghiên cứu, thực nghiệm, đặc biệt trong thu thập số liệu bề mặt đường hiện hữu. Bài báo nghiên cứu, đánh giá độ chính xác của Lidar AA450 khi vận hành trên thiết bị DJI M300, làm cơ sở để lựa chọn phương pháp và thiết bị phù hợp khi thực hiện nhiệm vụ khảo sát.

Nghiên cứu

2. Địa điểm, thiết bị và quy trình thực nghiệm

2.1. Địa điểm

Khu vực thực nghiệm là một đoạn đường nhựa khoảng 700 m thuộc khu công nghệ cao Láng Hòa Lạc, xã Tân Xã, huyện Thạch Thất, Hà Nội.

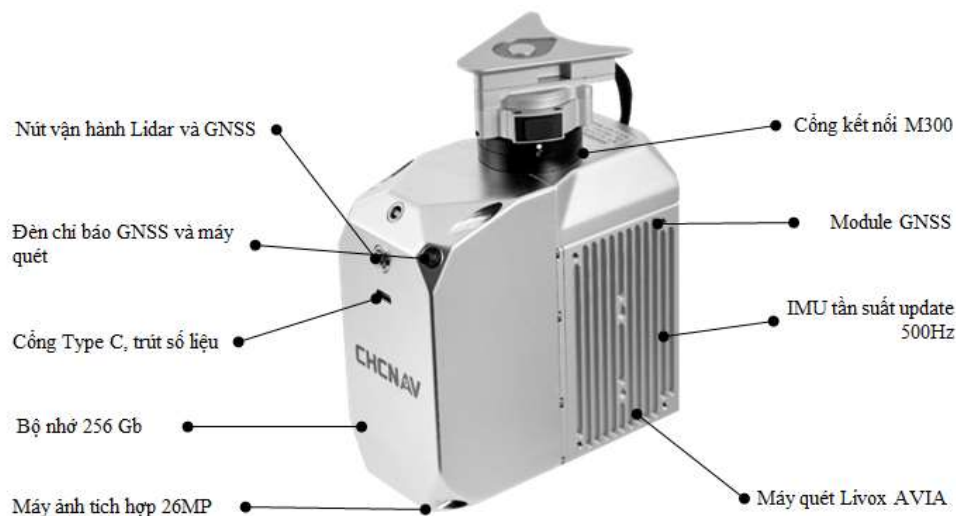


Hình 1: Khu vực thực nghiệm

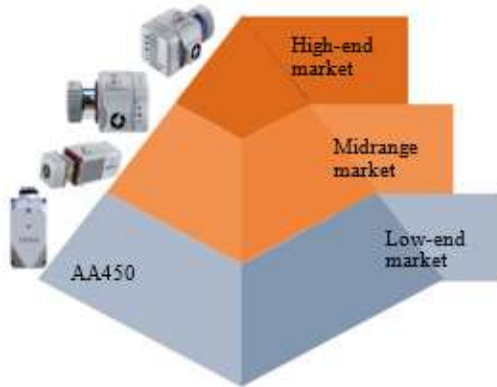
2.2. Thiết bị thực nghiệm

Nghiên cứu sử dụng thiết bị AA450 của hãng CHC navigation, đây là dòng sản phẩm quét đầu tiên của CHC trên thị trường Việt Nam. AA450 là một sản phẩm tích hợp tất cả trong một bao gồm các module định vị GNSS, máy ảnh độ nét cao và một máy quét (Hình 2). AA450 sử dụng laser cấp độ 1 theo tiêu chuẩn IEC60825-1:2014.

AA450 được thiết kế, chế tạo để định hướng tới người dùng cuối cùng ở phân cấp thấp nhất (Hình 3), có khả năng vận hành độc lập và không phụ thuộc vào các module định vị của máy bay DJI M300. Trong các tác vụ bay, quét, máy bay DJI M300 thực hiện hai nhiệm vụ là vận chuyển AA450 theo các dải bay được thiết kế sẵn, cung cấp nguồn điện cho thiết bị AA450 và đảm bảo an toàn bay bằng các cảm biến sẵn có trên DJI M300.



Hình 2 : Thiết bị AA450



Hình 3: Vị trí của AA450 trong tháp Lidar

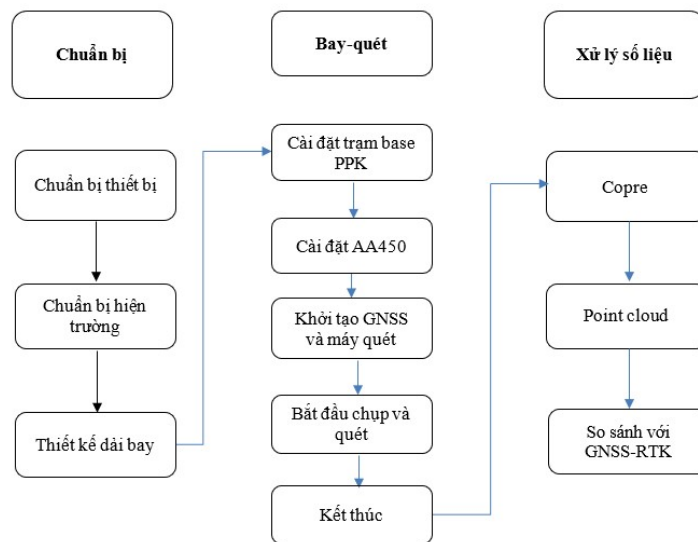
2.3. Quy trình thực nghiệm

Quy trình vận hành thiết bị Lidar AA450 được chia thành 3 bước bao gồm quá trình chuẩn bị, bay quét và xử lý số liệu. Trong bước chuẩn bị, Lidar AA450 lắp đặt trên máy bay DJI M300 như Hình 4.

Trong phần thiết kế dải bay, phương pháp chọn từng điểm waypoint trên màn hình điều khiển là yêu cầu bắt buộc. Trong đó, AA450 bắt buộc phải được bay theo một dải bay hình số 8 trong giai đoạn đầu tiên để thiết bị tiến hành tự hiệu chỉnh bù nghiêng IMU [21]. Trạm base PPK có thể sử dụng bất kỳ máy thu nào, với tần suất thu tín hiệu đo tĩnh tối thiểu là từ 2 Hz đến 5 Hz để đồng bộ với module GNSS tích hợp trong AA450. Trong nghiên cứu này, máy thu GNSS-CHCi50 được sử dụng làm trạm base đo tĩnh và đồng thời để đo các điểm kiểm tra. Các điểm kiểm tra được đo bằng phương pháp GNSS-RTK trạm đơn ở khoảng cách 14 km. Các điểm kiểm tra được thực hiện sau khi kết thúc toàn bộ quá trình bay quét. Toàn bộ quy trình vận hành Lidar AA450 được thể hiện trong Hình 5.



Hình 4: Lắp đặt AA450 trên DJI M300



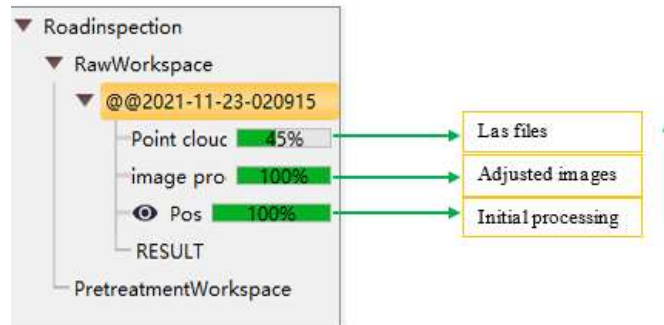
Hình 5: Quy trình vận hành của Lidar AA450

Nghiên cứu

Kết thúc quá trình bay, toàn bộ số liệu chụp, quét được trút ra máy tính và tiến hành xử lý xử lý bằng phần mềm Copre (Hình 6) theo cả hai phương thức có và không có điểm khống chế.

Quá trình xử lý trên Copre, theo trình

tự tính toán bình sai tâm ảnh theo phương pháp PPK, xử lý bình sai tâm ảnh và sau cùng là tính toán, khởi tạo đám mây điểm. Kết quả của phần mềm Copre là các ảnh sau bình sai, các tệp đám mây điểm dưới định dạng *.las.

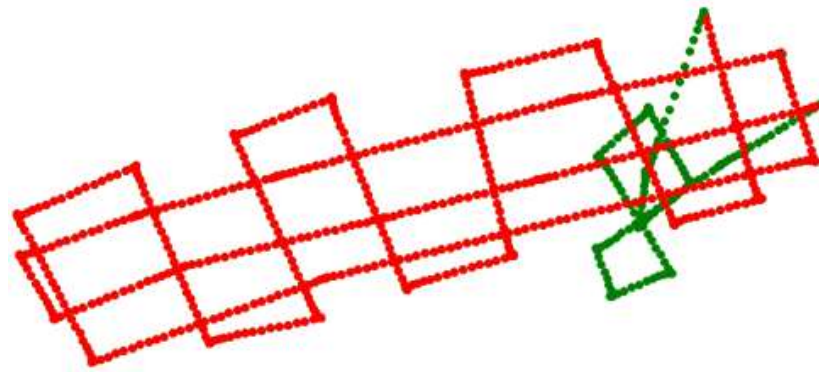


Hình 6: Xử lý số liệu trên Copre

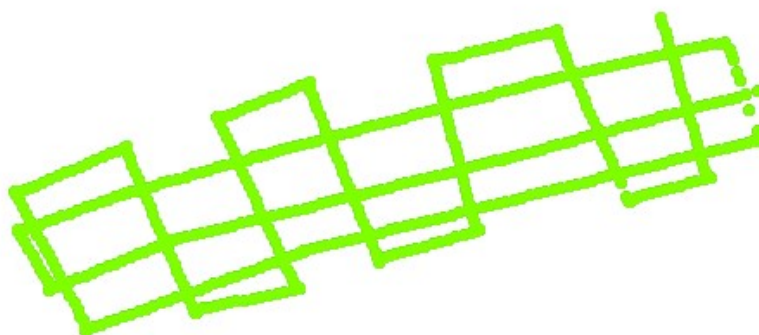
3. Kết quả thực nghiệm

Số liệu bay chụp và quét được đưa vào xử lý trên phần mềm Copre và loại bỏ dải bay số 8 để hiệu chỉnh IMU (Hình 7, 8).

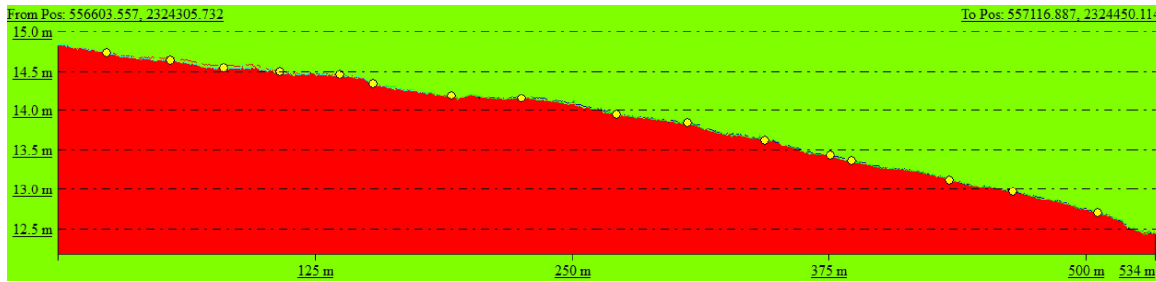
Các tệp đám mây điểm được sử dụng để trích xuất mặt cắt dọc (Hình 9, 10) hai bên đoạn đường và mặt cắt ngang đại diện (Hình 11).



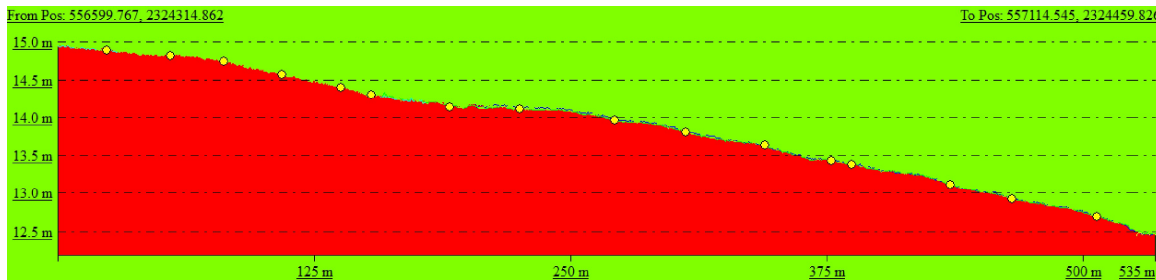
Hình 7: Dải bay ban đầu



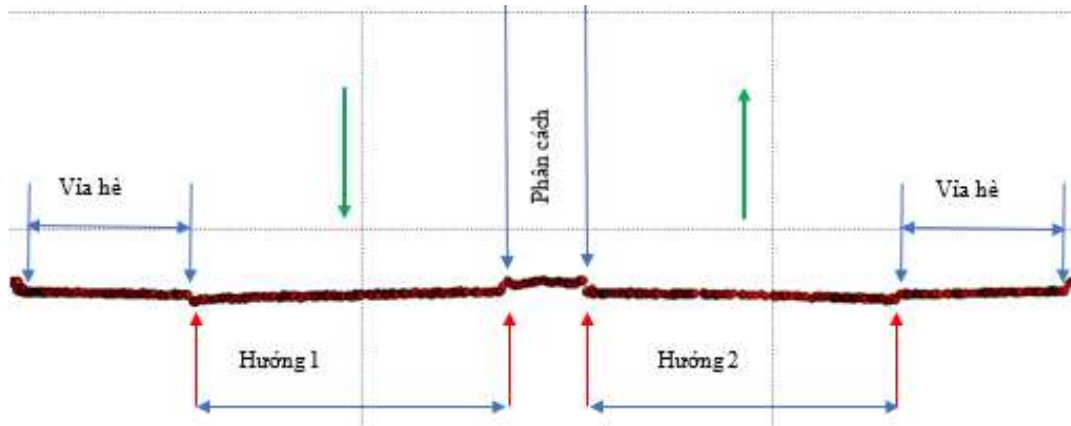
Hình 8: Dải bay sau xử lý và loại bỏ dải bay số 8



Hình 9: Mặt cắt dọc 1



Hình 10: Mặt cắt dọc 2



Hình 11: Mặt cắt ngang đại diện

264 điểm kiểm tra bằng phương pháp GNSS-RTK được lấy vị trí mặt bằng và đưa vào đám mây điểm để trích xuất cao độ trong cả hai trường hợp có và không sử dụng điểm khống chế. Độ cao của các điểm kiểm tra bằng phương pháp GNSS-

RTK và từ đám mây điểm trong cả hai trường hợp thể hiện trong Bảng 1.

Các kết quả thống kê được thể hiện trong Bảng 2. Giá trị độ cao của phương pháp GNSS-RTK được đưa về giá trị 0 để có cái nhìn tổng quan.

Bảng 1. Độ cao của các điểm kiểm tra theo 3 phương pháp

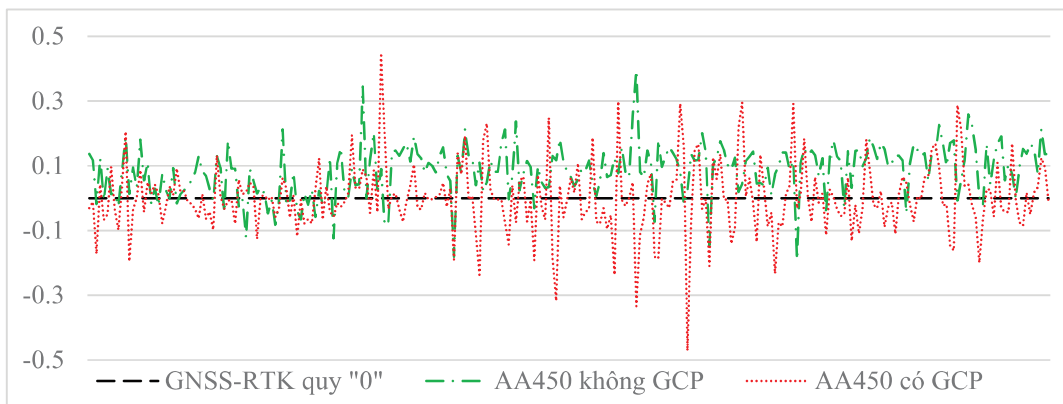
STT	Hm (GNSS-RTK)	Hm (Không GCP)	Hm (Có GCP)
1	12,528	12,665	12,497
2	12,531	12,648	12,520
3	12,634	12,616	12,462
4	12,533	12,657	12,575
5	12,601	12,595	12,534
6	12,361	12,453	12,311

Nghiên cứu

STT	Hm (GNSS-RTK)	Hm (Không GCP)	Hm (Có GCP)
7	12,292	12,304	12,389
8	12,325	12,34	12,289
..
261	15,081	15,157	15,114
262	15,164	15,376	15,288
263	15,263	15,399	15,359
264	15,290	15,426	15,278

Bảng 2. Bảng tổng hợp, thống kê so sánh với GNSS-RTK

Tiêu chí	Không GCP	Có GCP
Giá trị lệch lớn nhất (m)	0,395	0,441
Giá trị lệch nhỏ nhất (m)	-0,191	-0,471
Độ lệch chuẩn (m)	0,080	0,107
≤ 10cm	142 điểm (53,8 %)	230 điểm (87,1 %)
(10:20] cm	109 điểm (41,2 %)	23 điểm (8,7 %)
(20:30] cm	11 điểm (4,2 %)	10 điểm (3,8 %)
(30:40] cm	2 điểm (0,8 %)	0 điểm (0 %)
>40 cm	0 điểm (0 %)	1 điểm (0,4 %)
Tổng	264 (100 %)	264 (100 %)



Hình 12: So sánh độ lệch độ cao giữa GNSS-RTK và AA450

4. Thảo luận

Việc vận thiết bị AA450 là khá đơn giản với chỉ một nút vật lý duy nhất sử dụng cho cả module GNSS, máy chụp ảnh và máy quét. Tuy nhiên vẫn còn tồn tại một số vấn đề cần phải cải tiến trong phiên bản cao hơn. Dải bay hiệu chỉnh IMU là khá dài (khoảng 320 m) trong khi số liệu quét và chụp trong dải bay số 8 này là không được dẫn đến sự lãng phí về mặt số liệu, nguồn năng lượng và bộ nhớ lưu trữ.

Thời gian khởi tạo của GNSS, quét và chụp đang ở khoảng thời gian 5 phút là thời gian khá dài. Thêm nữa thời điểm để bắt đầu và kết thúc vận hành AA450 là không thể chủ động được. Đây là một nhược điểm lớn dẫn đến lãng phí nguồn từ máy bay DJI M300, ảnh hưởng tới thời gian, hiệu suất công việc

Việc thiết kế dải bay theo phương pháp waypoint là nhược điểm lớn do thiết bị AA450 chưa đồng bộ được với điều khiển của thiết bị bay. Điều này dẫn đến

khoảng cách các dải bay không đều, độ phủ không đều như trong Hình 7, 8. Quá trình bay, quét cũng chưa thể quan sát được màn hình trực quan trên điều khiển như các thiết bị bay khác.

Về mặt xử lý số liệu và kết quả, công tác xử lý tự động, nhanh chóng, mật độ điểm dày đặc. Đây là một lợi thế lớn của giải pháp Lidar nói chung và AA450 nói riêng. Kết quả khi không sử dụng và có sử dụng điểm không chế để hiệu chỉnh có sự khác biệt đáng kể. Kết quả ở Bảng 2 cho thấy tỉ lệ điểm có sai lệch nhỏ hơn hoặc bằng 10 cm giảm từ 53,8 % lên 87,1 %, tăng hơn 33 %. Một kết quả tương tự đối với phạm vi từ 10 cm đến 20 cm và từ 20 cm đến 30 cm nhưng với tỉ lệ nhỏ hơn.

Cũng thông qua kết quả trong Bảng 2, chất lượng kết quả được cải thiện đáng kể khi có sử dụng điểm không chế để hiệu chỉnh, tuy nhiên độ lệch chuẩn sau khi sử dụng điểm không chế lại đang lớn hơn so với không sử dụng điểm không chế (0,107 m so với 0,080 m). Đặc biệt nhìn vào khoảng cách biên độ giữa giá trị lớn nhất và nhỏ nhất, khi sử dụng điểm không chế lại có biên độ lớn hơn. Nguyên nhân có thể là do tại các điểm kiểm tra như chân taluy, mép dải phân cách bị ảnh hưởng bởi kết quả hiệu chỉnh độ cao khi sử dụng các điểm không chế mặt đất.

Các nội dung về khả năng tiếp cận điểm mặt đất trong các khu vực có cây cối, thực phủ cần được tiếp tục nghiên cứu và đánh giá trong các nghiên cứu tiếp theo.

5. Kết luận

Nghiên cứu về khả năng của thiết bị AA450 trong thu thập số liệu mặt đường hiện hữu đã được thực hiện trên một phạm vi nhỏ nhưng khá chi tiết. Kết quả về độ

chính xác chưa cho thấy sự phù hợp giữa các thông số kỹ thuật và kết quả sau xử lý ngoài thực địa. Thiết bị Lidar AA450 và cả giải pháp phần mềm đều là phiên bản đầu tiên, kết quả đánh giá là cơ sở để phát triển và cải tiến nhiều hơn nữa trong những phiên bản sau.

Nghiên cứu cũng là cơ sở để lựa chọn thiết bị, phương pháp vận hành và xử lý số liệu cho các kỹ sư khảo sát trong bài toán khảo sát nói chung và đánh giá tình trạng mặt đường nói riêng.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả xin cảm ơn Công ty Cổ phần công nghệ Nguyễn Kim đã hỗ trợ thiết bị Lidar, thiết bị bay UAV DJI M300 và thiết bị GNSS-RTK.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Heo, Y., Li, B., Lim, S., and Rizos, C. (2009). *Development of a network real-time kinematic processing platform*. 22nd International technical meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation 2009, ION GNSS 2009, 3647 - 3655.

[2]. El-mowafy, A (2012). *Precise real-time positioning using network RTK*. Global Navigation Satellite Systems - Signal, Theory and Applications (eds. Jin, S.), InTech, p. 161 -188.

[3]. Cina, A., Dabove, P., Manzano, A.M., and Piras, M. (2015). *Network Real Time Kinematic (NRTK) positioning - description, architectures and performances*. Satellite positioning - methods, models and applications.

[4]. Xu, H. (2012). *Application of GPS-RTK technology in the land change survey*. Procedia Eng, 29, 3454 - 3459.

[5]. Bakula, M., and Pelc-mieczkowska, R. (2011). *Reliable technology of GNSS/RTK positioning in severe observational conditions*. Report on Geodesy, 2 (January): 67 - 73.

[6]. Hàng, H.T., Chiêu, V.Đ., Dũng, L.N., and Huyền, N.T. (2022). *Nghiên cứu*

Nghiên cứu

ứng dụng máy bay không người lái trong xác định kích thước và thể tích bể chứa nổi. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, 16 (3V):7 - 20.

[7]. Hàng, H.T. (2018). *Ứng dụng máy bay không người lái (UAV) trong giám sát chất lượng mặt đường bộ, thí điểm tại một số đoạn trên quốc lộ 6 thuộc tỉnh Hòa Bình*. Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, 15 (9):86 - 94.

[8]. Anh, T.T., Khoa, N.T., Sinh, T.T. (2021). *Xử lý tranh chấp đất đai dưới sự trợ giúp của ảnh chụp từ máy bay không người lái*. Hội nghị khoa học quốc gia về công nghệ địa không gian trong khoa học trái đất và môi trường, p.189 - 195.

[9]. Zhang, C., and Elaksher, A. (2012). *An unmanned aerial vehicle-based imaging system for 3D measurement of unpaved road surface distresses*. Computer-aided civil and infrastructure engineering, 27 (2):118 - 129.

[10]. Zhang, C. (2010). *Monitoring the condition of unpaved roads with remote sensing and other technology*. Final Report US DOT DTPH56-06-BAA-0002, 1 - 53.

[11]. Feroz, S., and Dabous, S.A. (2021). *UAV - Based remote sensing applications for bridge condition assessment*. Remote Sens (Basel), 13 (09):1 - 38.

[12]. Kapoor, M., Katsanos, E., Nalpantidis, L., Winkler, J., and Thöns, S. (2021). *Structural health monitoring and management with Unmanned Aerial Vehicles review and potentials*.

[13]. Wang, Y., Chen, Q., Zhu, Q., Liu, L., Li, C., and Zheng, D. (2019). *A survey of mobile laser scanning applications and key techniques over urban areas*. Remote Sens (Basel), 11 (13):1 - 20.

[14]. Guo, L., Chehata, N., Mallet, C., and Boukir, S. (2011). *Relevance of airborne Lidar and multispectral image data for urban scene classification using Random Forests*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote sensing, 66 (1):56 - 66.

[15]. Kostrikov, S. (2019). *Urban remote sensing with Lidar for the smart city concept implementation*. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology".

[16]. Boyko, A., and Funkhouser, T. (2011). *Extracting roads from dense point clouds in large scale urban environment*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 66 (6 SUPPL):S2 - S12.

[17]. Rusu, R.B., Marton, Z.C., Blodow, N., Dolha, M., and Beetz, M. (2008). *Towards 3D point cloud based object maps for household environments*. Rob Auton Syst, 56 (11):927 - 941.

[18]. Yadav, M., Lohani, B., and Singh, A. K. (2018). *Road surface detection from mobile Lidar data*. ISPRS annals of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences, 95 - 101.

[19]. Guan, H., Li, J., Cao, S., and Yu, Y. (2016). *Use of mobile Lidar in road information inventory: A review*. Int J Image data fusion, 7 (3):219 - 242.

[20]. Li, Z., Cheng, C., Kwan, M.-P., Tong, X., and Tian, S. (2019). *Identifying asphalt pavement distress using UAV Lidar point cloud data and random forest classification*. International Journal of Geo-Information, 8 (39):1 - 26.

[21]. CHCNAV (2021). *CHCNAV AlphaAir450*.

BBT nhận bài: 19/5/2023; Phản biện xong: 29/5/2023; Chấp nhận đăng: 29/6/2023