

Nghiên cứu khả năng ứng dụng công nghệ UAV trong thành lập bản đồ hiện trạng nuôi trồng thủy sản: Thực nghiệm tại quần thể Hòn Yến, tỉnh Phú Yên

Research on the applicability of UAV technology in mapping the current status of aquaculture: An experiment in Hon Yen population, Phu Yen province

Nguyễn Hoàng Thái Khang^{a*}, Nguyễn Thị Thùy Dương^b, Trần Thị Quỳnh Thi^c, Ngô Mạnh Tiến^a,
Trần Văn Chung^a, Cao Văn Nguyên^a
Nguyen Hoang Thai Khang^{a*}, Nguyen Thi Thuy Duong^b, Tran Thi Quynh Thi^c, Ngo Manh Tien^a,
Tran Van Chung^a, Cao Van Nguyen^a

^aViện Hải dương học, Khánh Hòa, Việt Nam

^aInstitute of Oceanography, 57000, Khanhhoa, Vietnam

^bTrung tâm Nghiên cứu - Ứng dụng Khoa học Công nghệ, Tp HCM, Việt Nam

^bCenter for Research - Application of Science and Technology, HCM, Vietnam

^cTrường Đại học Thái Bình Dương, Khánh Hòa, Việt Nam

^cPacific Ocean University, Khanhhoa, Vietnam

(Ngày nhận bài: 28/4/2022, ngày phản biện xong: 23/5/2022, ngày chấp nhận đăng: 25/6/2022)

Tóm tắt

Trong những năm gần đây, công nghệ UAV (Unmanned Aerial Vehicle) đã giúp cho việc thu thập và xử lý dữ liệu trong đo vẽ bản đồ ngày càng nhanh chóng, tiết kiệm chi phí. Trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu ứng dụng UAV để khảo sát và thiết lập bản đồ chuyên đề hiện trạng nuôi trồng thủy sản ở quần thể Hòn Yến, tỉnh Phú Yên.

Bài báo đánh giá độ chính xác cũng như khả năng áp dụng UAV trong thành lập bản đồ hiện trạng. Kết quả áp dụng ảnh UAV trong thành lập bản đồ hiện trạng nuôi trồng thủy sản đạt sai số trung phương ngang $\pm 3,7\text{cm}$ và sai số trung phương đứng là $\pm 2,6\text{cm}$ phù hợp để thành lập bản đồ theo quy phạm hiện hành, đồng thời đưa ra một số khuyến nghị khi áp dụng công nghệ UAV trong thực tế.

Từ khóa: UAV; Bản đồ; Nuôi trồng thủy sản; Hòn Yến; Phú Yên.

Abstract

UAV technology has made the processing and collecting of data in cartography increasingly fast and cost-effective in recent years. In this study, the research team applied UAV to survey and create a thematic map of the current status of aquaculture in the Hon Yen population, Phu Yen province. The article evaluates the accuracy and the applicability of UAVs in mapping. The results of UAV images in mapping the current status of aquaculture achieved an error of $\pm 3.7\text{cm}$ in horizontal and $\pm 2.6\text{cm}$ in vertical root mean squared error, which is suitable for mapping according to current regulations and gives some recommendations when applying UAV technology in practice.

Keywords: UAV; Mapping; Aquaculture; Hon Yen; Phu Yen.

* *Corresponding Author:* Nguyen Hoang Thai Khang, Institute of Oceanography, 57000, Khanhhoa, Vietnam
Email: nguyenhoangthaikhang@gmail.com

1. Giới thiệu

Phú Yên có nhiều đầm, vịnh lớn như đầm Cù Mông (2.600ha), đầm Ô Loan (1.570ha), vịnh Xuân Đài (13.800ha) và vịnh Vũng Rô (1.640ha) [1]. Nhiều hệ thống nhánh sông đổ vào đầm, vịnh nên trên hình thành nên một nơi tiếp nhận nguồn dinh dưỡng từ vùng cửa sông đổ ra và từ biển do dòng triều mang vào, rất thích hợp cho phát triển ngành nghề nuôi trồng thủy sản, đặc biệt là nuôi tôm hùm [1]. Huyện Tuy An và Đông Hòa là những nơi có số lượng lồng nuôi tôm hùm ước đạt khoảng từ 30.000 – 40.000 lồng mỗi vụ [1]. Tại huyện Tuy An, nghề nuôi tôm hùm lồng tập trung ở hai xã An Chấn và An Hòa Hải.

Quần thể Hòn Yến tại xã An Hòa Hải bao gồm Hòn Yến, Hòn Đụn, Bàn Than, Gành Yến, Hòn Choi và Vũng Choi, trong đó Hòn Yến là điểm nhấn đặc trưng nhất của cả quần thể. Quần thể Hòn Yến có tính đa dạng sinh học cao với diện tích phân bố rạn san hô khoảng 12,71ha, cùng với thảm cỏ biển có diện tích ước đạt khoảng 6,5ha [2]. Nhiều hộ dân sinh sống ở đây chủ yếu bằng nghề nuôi tôm hùm. Người dân nuôi tôm với mật độ cao, chất thải xả thẳng trực tiếp ra môi trường nước [2, 3]. Bên cạnh đó, sự tự phát của việc nuôi tôm hùm lồng, việc không tuân thủ các quy định về bảo vệ môi trường cũng như nuôi trồng thủy sản của các hộ dân cũng góp phần gây nên hiện tượng tôm chết vì bệnh trong thời gian gần đây [2, 4]. Điều này gây nên một sức ép rất lớn lên môi trường quần thể Hòn Yến, nhất là trong bối cảnh được Bộ Văn hóa, Thể thao và Du lịch công nhận là Di tích thắng cảnh cấp quốc gia. Vấn nạn ô nhiễm môi trường không chỉ ảnh hưởng đến các hoạt động du lịch mà còn làm suy giảm sự đa dạng sinh học tại đây. Chính vì vậy, việc thành lập bản đồ chuyên đề hiện trạng nuôi trồng thủy sản là hết sức cần thiết, giúp cho các cấp quản lý thực hiện việc quy hoạch vùng nuôi trồng thủy sản đặc biệt là nuôi tôm

hùm lồng, cũng như cho sự phát triển du lịch bền vững tại quần thể Hòn Yến.

Công nghệ máy bay không người lái (Unmanned Aerial Vehicle – UAV) bắt đầu phát triển vào những năm đầu thế kỷ 20. Ban đầu, UAV chủ yếu phục vụ cho mục đích quân sự. Mãi đến những năm cuối thế kỷ 20, UAV mới được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực dân sự như giao thông, nông nghiệp, môi trường, trắc địa, quản lý tài nguyên môi trường. Công nghệ UAV với độ cao chuyến bay thường thấp dưới 500m cho phép thu nhận ảnh có độ phân giải rất cao, chủ động được thời gian thu nhận ảnh, chủ động trong công tác bay chụp, chi phí thấp, dễ dàng tiếp cận được những nơi có địa hình phức tạp [5]. Ngoài ra, với sự tích hợp hệ thống định vị bằng vệ tinh dẫn đường (Global Navigation Satellite System-GNSS), kết nối với hệ thống định vị mạng lưới vệ tinh liên tục (Continuously Operation Reference Station - CORS) đã giúp nâng cao độ chính xác của ảnh chụp của UAV đến từng cm và theo thời gian thực [6]. Điều này khiến công nghệ UAV đáp ứng được các yêu cầu trong lĩnh vực trắc địa-bản đồ nói riêng cũng như trong công tác quản lý tài nguyên môi trường nói chung.

Ở Na Uy, UAV được sử dụng trong giám sát phân bố về mặt không gian các lồng nuôi cá hồi trên biển [7]. UAV cũng được sử dụng trong ước tính sinh khối tảo lục ở phía nam vùng biển Hoàng Hải [8]. Ảnh UAV được sử dụng để thành lập bản đồ đất và quan trắc sự biến đổi cồn cát dọc ven biển miền tây nam nước Pháp [9]. Bản đồ đánh giá thay đổi lớp phủ đất ở Malaysia với sự thể hiện một cách chi tiết các đối tượng trên bề mặt cũng áp dụng công nghệ UAV [10].

Thông tư 07/2021/TT-BTNMT của Bộ Tài nguyên và Môi trường ban hành quy định về thu nhận và xử lý ảnh UAV có hiệu lực ngày 16 tháng 8 năm 2021 đã mở ra cơ sở pháp lý cho việc ứng dụng công nghệ UAV ở Việt Nam.

Ảnh chụp từ UAV kết hợp với mô hình thủy lực HEC-RAS dùng để mô phỏng vùng ngập lụt ở xã An Hòa, huyện An Lão, tỉnh Bình Định [11].

Mô hình phát hiện rác thải nhựa ven biển dựa trên ảnh UAV có kết hợp với mạng neural tích chập sâu cũng được nghiên cứu và áp dụng triển khai [12]. Bản đồ đất đai ở Phú Thọ được đo vẽ bằng công nghệ UAV với độ chính xác mặt bằng là 1,7cm, độ chính xác về cao độ là 0,6cm [13]. Mô hình 3D từ ảnh chụp UAV đáp ứng yêu cầu về độ chính xác để thiết lập bản đồ địa hình tỉ lệ 1:1000 cho mỏ khai thác than ở Quảng Ninh [14].

Trên cơ sở ứng dụng rộng rãi của công nghệ UAV, nhóm nghiên cứu sử dụng máy bay không người lái (Mavic Air 2 của hãng DJI) thực hiện bay chụp thu thập dữ liệu và thành lập bản đồ chuyên đề hiện trạng nuôi trồng thủy sản tại quần thể Hòn Yến nhằm đánh giá được độ chính xác, cũng như rút ra được những kinh nghiệm trong công tác đo vẽ thành lập bản đồ bằng công nghệ UAV.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Thiết bị UAV

Thiết bị sử dụng là Mavic Air 2 bao gồm máy bay và bộ điều khiển. UAV có các cảm biến cho phép chống va đập theo các hướng, được trang bị bốn motor, bốn cánh quạt có thể tháo rời và chân hạ cánh cố định bên dưới. Bộ điều khiển có hai antenna, truyền tín hiệu trên hai tần số 2,4 và 5,8GHz. Bộ điều khiển có thể kết nối với điện thoại thông minh để cài đặt thông số bay chụp cũng như giám sát trong quá trình bay. Camera của UAV có khả năng chụp ảnh với độ phân giải 48 megapixel với định dạng JPEG hay DNG RAW. Khẩu độ lớn của ống kính (f/2.8) cho phép chụp ảnh cả trong điều kiện thiếu sáng. Góc nhìn của ống kính 84°. Camera có bộ chống rung giúp chống nhòe cho ảnh khi chụp, nhất là trong điều kiện có gió.

2.2. Khu vực thực nghiệm bay chụp

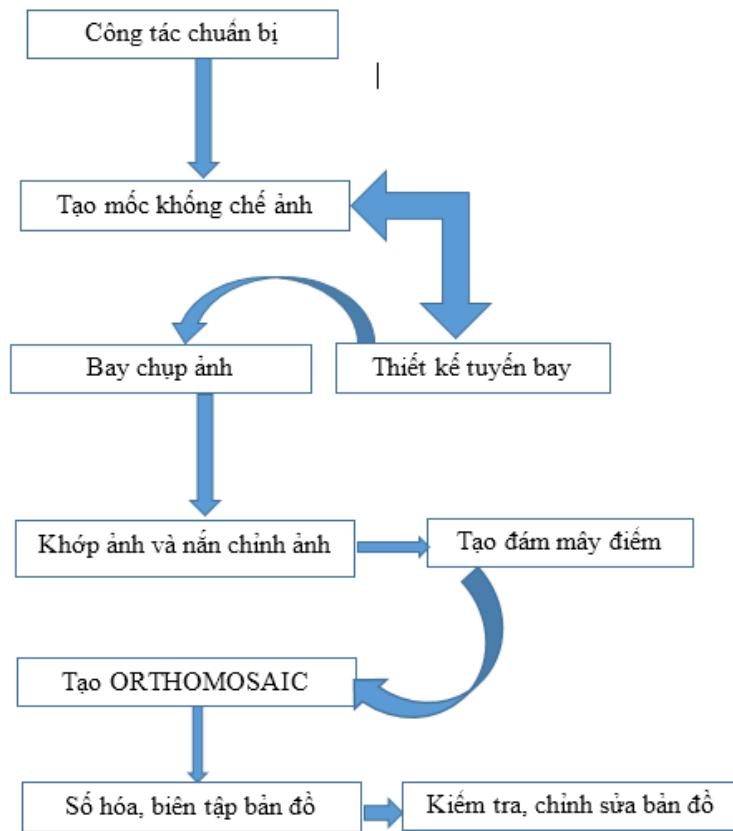
Khu vực thực nghiệm bay chụp bằng UAV tại quần thể Hòn Yến thuộc thôn Nhon Hội, xã An Hòa Hải, huyện Tuy An, tỉnh Phú Yên. Nơi đây tập trung nhiều lồng nuôi tôm hùm nên được lựa chọn để thiết lập bản đồ chuyên đề hiện trạng nuôi trồng thủy sản. Hình 1 giới thiệu phạm vi khu vực thực nghiệm bay chụp.



Hình 1. Khu vực thực nghiệm bay chụp (hình chữ nhật màu đỏ) (nguồn: Google Earth)

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Quy trình tổng quát công nghệ thành lập bản đồ bằng công nghệ UAV bao gồm bốn giai đoạn chính: giai đoạn chuẩn bị, giai đoạn bay chụp ảnh, giai đoạn xử lý ảnh UAV và giai đoạn thành lập bản đồ chuyên đề (Hình 2). Trong giai đoạn chuẩn bị bao gồm một số công việc như lựa chọn các phương pháp bay chụp, thiết kế tuyến bay, độ cao bay... nhằm đáp ứng các yêu cầu của bản đồ chuyên đề cần thành lập. Giai đoạn bay chụp ảnh tiến hành công tác bay chụp theo tuyến bay đã được thiết kế, có thể hiệu chỉnh các tham số bay chụp trong quá trình tác nghiệp sao cho phù hợp với điều kiện thực tế. Giai đoạn xử lý ảnh UAV bao gồm tạo lập đám mây điểm, nắn chỉnh hình học ảnh và ghép ảnh nhằm loại trừ các sai số do quá trình bay chụp gây ra để tiến tới số hóa thành lập bản đồ chuyên đề ở giai đoạn sau cùng [6, 13].



Hình 2. Quy trình tổng quát thành lập bản đồ chuyên đề bằng công nghệ UAV

2.3.1. Thiết kế tuyến bay

Độ cao bay chụp được tính toán dựa trên chiều dài tiêu cự máy ảnh của UAV, độ phân giải mặt đất, chiều rộng của ảnh chụp và chiều rộng của cảm biến máy ảnh. Công thức tính toán độ cao bay chụp như sau [15]:

$$H = \frac{L_i * GSD * f}{L_s * 100} \quad (1)$$

Trong đó:

H : Độ cao bay chụp (m)

L_i : Chiều rộng của ảnh chụp (pixels)

GSD: Độ phân giải mặt đất (Ground Sampling Distance) hay kích cỡ điểm ảnh cần chụp (cm)

f: Độ dài tiêu cự máy ảnh (mm)

L_s : Chiều rộng cảm biến của máy ảnh (mm)

Tốc độ chụp ảnh cần phải có để đạt được độ phủ dọc phụ thuộc vào độ phân giải mặt đất,

chiều rộng của ảnh chụp và vận tốc bay của UAV. Tốc độ chụp ảnh được tính theo công thức sau [15]:

$$T = \left(L_i * \frac{GSD}{100} \right) * \left(\frac{1 - P\%}{v} \right) \quad (2)$$

Trong đó:

T: Tốc độ chụp ảnh (s)

L_i : Độ rộng của ảnh chụp (pixels)

GSD: Độ phân giải mặt đất (Ground Sampling Distance) (cm)

P: Phần trăm độ phủ giữa hai tấm ảnh trên cùng một tuyến bay

v: Vận tốc UAV (m/s)

Số tuyến bay dùng ước tính thời gian bay, cũng như số lượng pin cần sử dụng khi bay trên khu vực nghiên cứu. Số tuyến bay phụ thuộc vào độ phủ ngang và được tính theo công thức sau [15]:

$$n = \frac{W_a}{\left(M * W_s * \frac{100 - Q\%}{100} \right)} \quad (3)$$

Trong đó:

n: Số tuyến bay

W_a : Độ rộng khu vực bay chụp (m)

M: Mẫu số tỷ lệ ảnh bằng chiều dài tiêu cự máy ảnh / độ cao bay chụp (F/H)

W_s : Độ rộng cảm biến máy ảnh (mm)

Q: Độ phủ ngang của ảnh (%)

Có hai dạng kiểu tuyến bay: dạng lưới kép và dạng vòng [15]. Do khu vực thực nghiệm bay chụp, các lồng bè nằm liền kề sát nhau, không có những đối tượng có chiều cao lớn như cột điện, tòa nhà cao tầng... cho nên bay theo tuyến dạng kép được lựa chọn. Tất cả tuyến bay đều vuông góc với nhau đảm bảo quan sát được hết toàn bộ bề mặt của các lồng nuôi tôm hùm bên dưới. Tuyến bay được thực hiện bằng chức năng WayPoint có sẵn trên Mavic Air 2.

2.3.2. Xây dựng các điểm mốc khống chế ảnh

Dựa trên cơ sở tuyến bay đã thiết kế, tiến hành khảo sát chọn các điểm mốc khống chế (Ground Control Point – GCP) nhằm phục vụ cho quá trình xử lý ảnh sau này. Điểm khống chế ảnh dùng để nắn chỉnh ảnh về hệ tọa độ mong muốn, còn điểm kiểm tra (Check Point – CP) được sử dụng để đánh giá độ chính xác của kết quả nắn chỉnh ảnh.

2.3.3. Xử lý dữ liệu ảnh UAV

Phương pháp xử lý ảnh theo phương pháp Structure-from-Motion (SfM). Phương pháp này dựa trên nền tảng phép chiếu lập thể, phù hợp với thiết kế tuyến bay được lên lộ trình sẵn và có độ chồng phủ cao [16]. Nắn chỉnh hình học ảnh sử dụng các điểm mốc khống chế nhằm đưa ảnh chụp về hệ tọa độ VN-2000. Thành lập đám mây điểm nhằm phát hiện sự chồng chéo giữa các ảnh, từ đó xác định các điểm tối ưu khi ghép các ảnh chụp lại với nhau. Bước cuối

cùng ghép ảnh tạo thành một ảnh duy nhất có độ phủ trùng lặp lên tới 80% và loại bỏ được sai số khi chồng chập các ảnh lại với nhau [16]. Các thao tác trên được thực hiện bằng phần mềm Pixel4Dmapper.

2.3.4. Đánh giá sai số và số hóa bản đồ chuyên đề

Đánh giá độ chính xác của kết quả từ xử lý ảnh ở các bước trên dựa vào sai số trung phương (Root Mean Squared Error – RMSE). Hai công thức sau tính toán sai số trung phương ngang và sai số trung phương đứng [16]:

$$RMSE_{xy} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_i^0)^2 + \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_i^0)^2}{n}} \quad (4)$$

$$RMSE_z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_i - H_i^0)^2}{n}} \quad (5)$$

Trong đó:

$RMSE_{xy}$: sai số trung phương ngang

$RMSE_z$: sai số trung phương đứng

n: tổng số điểm sử dụng để đánh giá độ chính xác

X_i^0, Y_i^0, H_i^0 : tọa độ của điểm thứ i của điểm kiểm tra

X_i, Y_i, H_i : tọa độ của điểm thứ i từ ảnh trực giao.

Các đối tượng địa vật như lồng bè, nhà ở, ghe thuyền... sẽ được vẽ theo dạng kiểu điểm, đường hay vùng tùy theo dạng mà lựa chọn thuộc tính tương ứng. Công tác số hóa được thực hiện với phần mềm QGIS. Sau khi số hóa bằng phần mềm, việc điều vẽ ngoại nghiệp sẽ được bổ sung nhằm hiệu chỉnh những sai số cho các đối tượng được thể hiện trên bản đồ. Bản đồ được thành lập theo các quy phạm do Bộ Tài nguyên & Môi trường ban hành.

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Kết quả bay chụp

Yêu cầu về độ chính xác khi thành lập bản đồ được đặt ra nhằm đạt được mục đích thiết lập bản đồ chuyên đề về hiện trạng nuôi trồng thủy sản (chủ yếu là nuôi tôm hùm lồng) phục vụ cho công tác quy hoạch vùng nuôi cũng như cho sự phát triển du lịch bền vững tại quần thể Hòn Yến. Tổng cộng có 95 ảnh được chụp với độ phân giải mặt đất là 2,2cm, độ phủ ngang và độ phủ dọc là 80% và độ cao bay chụp là 80m. Ảnh được chụp với các thông số của máy ảnh UAV như sau: ISO = 100, khẩu độ ống kính $f = 2,8$ và tốc độ chụp là 1/5 giây.

Bảng 1. Sai số trung phương của các điểm mốc khống chế ở Hòn Yến

STT	X_i (m)	Y_i (m)	H_i (m)	X_i^0 (m)	Y_i^0 (m)	H_i^0 (m)	Δ_{xy}^2	Δ_H^2	
01	315473,546	1462326,437	7,886	315473,547	1462326,414	7,91	0,00053	0,000576	
02	315649,68	1462626,62	7,921	315649,693	1462626,615	7,948	0,000194	0,000729	
03	315069,878	1462868,864	7,742	315069,883	1462868,806	7,77	0,003389	0,000784	
RMSE_{xy} = 0,037								RMSE_z = 0,026	

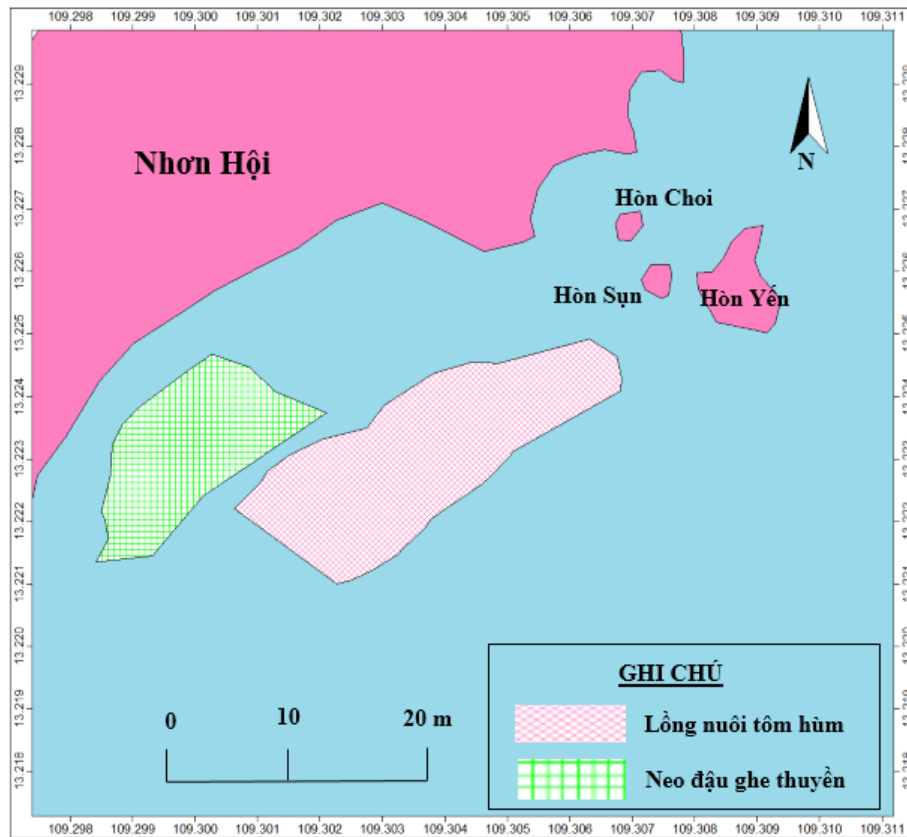
3.3. Số hóa bản đồ và đánh giá khả năng ứng dụng UAV trong thiết lập bản đồ chuyên đề

Ảnh sau khi đã xử lý bằng phần mềm, sẽ được số hóa bằng phần mềm QGIS. Những đối tượng như lồng nuôi, nhà ở, ghe thuyền... được chia thành các nhóm dữ liệu dạng vector (dạng điểm, đường, vùng) và được lưu bằng định

3.2. Đánh giá sai số trung phương của các điểm mốc khống chế

Sử dụng 5 điểm mốc khống chế và 3 điểm kiểm tra với hệ tọa độ VN-2000, kinh tuyến trục $105^{\circ}45'$, cao độ theo mốc Hòn Dấu để tiến hành đánh giá sai số. Bảng 1 cho kết quả tính toán sai số trung phương của các điểm mốc khống chế. Sai số trung phương ngang là $\pm 3,7\text{cm}$ và sai số trung phương đứng là $\pm 2.6\text{cm}$. Sau khi tiến hành đánh giá sai số có thể nhận thấy ảnh chụp từ UAV đáp ứng được yêu cầu thành lập bản đồ theo quy phạm hiện hành về đo vẽ bản đồ.

dạng shapefile. Việc lưu trữ như vậy giúp dễ dàng truy xuất nhanh chóng các thuộc tính, số lượng của các đối tượng nhằm hỗ trợ kịp thời cho các cấp quản lý khi ra quyết định trong công tác xây dựng quy hoạch. Hình 4 bản đồ chuyên đề hiện trạng nuôi trồng thủy sản tại quần thể Hòn Yến.



Hình 4. Minh họa bản đồ chuyên đề hiện trạng nuôi trồng thủy sản tại quần thể Hòn Yến

Kết quả phân tích từ ảnh UAV cho thấy số lượng lồng nuôi tôm hùm tại quần thể Hòn Yến khoảng 2.039 lồng bè. So với số liệu mà nhóm nghiên cứu thu thập được, số lượng lồng bè qua từng năm có sự gia tăng đáng kể. Năm 2013, số lượng nuôi tôm hùm khoảng 518 lồng, đến năm 2017 số lồng ước đạt khoảng 2.463 lồng. Đến năm 2022 số lượng lồng nuôi tôm khoảng 2.039 lồng. Điều này phản ánh tình trạng nuôi tôm hùm một cách tự phát đang có xu hướng giảm, nhưng chưa có sự quy hoạch vùng nuôi một cách hợp lý.

Công nghệ UAV cho ảnh với độ phân giải cao, có thể ứng dụng vào việc đo đạc thành lập bản đồ hiện trạng. Đây có thể xem là giải pháp hữu hiệu. Mức độ đầu tư cho một thiết bị UAV là không cao, giá thành khoảng từ 60 đến 120 triệu đồng. Với ảnh độ phân giải cao, các đối tượng trên bề mặt địa hình sẽ hiển thị rõ ràng giúp thành lập các loại bản đồ chuyên đề hiện trạng khác nhau. Bên cạnh đó cũng tồn tại một

số khó khăn khi áp dụng công nghệ UAV. Công tác bay chụp ở một số vùng còn khó khăn do có nhiều địa vật cản trở khiến việc bay chụp chứa đựng rủi ro mất an toàn. Hành lang pháp lý mặc dầu đã được ban hành nhưng vẫn chưa hoàn thiện. Máy ảnh của UAV vẫn còn có một số hạn chế khi chụp ảnh, cho nên trong một số trường hợp khả năng ứng dụng ảnh chưa được cao.

4. Kết luận

Nhóm nghiên cứu đã thử nghiệm ứng dụng công nghệ UAV trong thành lập bản đồ hiện trạng nuôi trồng thủy sản tại quần thể Hòn Yến, tỉnh Phú Yên. Tổng cộng bay chụp được 95 ảnh trên khu vực quần thể Hòn Yến. Kết quả sau khi xử lý nắn chỉnh và ghép ảnh đã đánh giá sai số trung phương ngang là $\pm 3,7\text{cm}$ và sai số trung phương đứng là $\pm 2,6\text{cm}$ đạt yêu cầu để thành lập bản đồ chuyên đề theo quy phạm hiện hành. Bản đồ thành lập đạt độ chính xác, hiệu quả về mặt kinh tế với chi phí thấp. Điều này khẳng định khả năng áp dụng công nghệ UAV

trong thành lập các loại bản đồ chuyên đề hiện trạng. Tuy nhiên, trong thực tế khi áp dụng công nghệ UAV sẽ gặp phải một số khó khăn như: vùng cấm khi bay, an toàn khi làm công tác bay chụp. Có thể kết hợp giữa công nghệ UAV với công nghệ đo đạc trực tiếp bằng máy quét Laser, máy toàn đạc điện tử để nâng cao độ chính xác cho việc nắn chỉnh ghép ảnh, tạo lập mô hình số 3D tiến tới thành lập bản đồ không gian ba chiều.

Tài liệu tham khảo

- [1] Trần Quang Vinh, Hà Vĩnh Hưng, Đào Việt Hùng, Phan Xuân Tuấn, Lê Thị Hằng Nga (2021), *Ứng dụng công nghệ tiên tiến trong quan trắc và dự báo môi trường nuôi tôm hùm tại Phú Yên*, JST: Engineering and Technology for Sustainable Development, 31(3), pp. 020-025.
- [2] Lê Ngọc Kim Ngân (2020), *Bảo vệ, bảo tồn đa dạng sinh học, cảnh quan môi trường quần thể Hòn Yến*, Tạp chí Môi trường (2), pp. 43-44.
- [3] Hoàng Thị Mỹ Hương, Nguyễn Phú Hòa (2019), *Nghiên cứu đánh giá hiện trạng và mức độ nhận thức của người nuôi tại vùng nuôi tôm hùm lồng bè thuộc vịnh Xuân Đài tỉnh Phú Yên*, Tạp chí Khoa học Giáo dục Kỹ thuật, (53), pp. 41-50.
- [4] Hoàng Thị Mỹ Hương, Trần Thị Kim Nhung, Tôn Thất Khoa, Lê Quang Hiệp, Nguyễn Phú Hòa (2018), *Hiện trạng nuôi tôm hùm lồng bè tập trung và chất lượng môi trường nước tại vịnh Xuân Đài, tỉnh Phú Yên*, Tạp chí Khoa học Nông nghiệp, 60(9), pp. 53-58.
- [5] Hà Quý Quỳnh, Nguyễn Văn Sinh, Đặng Huy Phương, Nguyễn Quảng Trường (2020), *Sử dụng máy bay không người lái (UAV) chụp ảnh phục vụ nghiên cứu cấu trúc các hệ sinh thái núi khu vực Tây Nguyên*, Tạp chí Khoa học & Công nghệ Việt Nam, (8), pp. 30-33.
- [6] Nguyễn Trọng Đợi, Đỗ Tấn Nghị, Ngô Anh Tú, Nguyễn Hữu Xuân (2022), *Nghiên cứu khả năng ứng dụng của thiết bị UAV chi phí thấp trong đo đạc thành lập bản đồ: thử nghiệm một số công trình trên địa bàn tỉnh Bình Định*, Tạp chí Khí tượng Thủy văn, Hội nghị khoa học toàn quốc “Chuyên đổi số và công nghệ số trong Khoa học Trái đất, Mỏ và Môi trường”, pp. 202-214.
- [7] Andreas Myskja Liena, Christian Schellewolda, Annette Stahlb, Kevin Franka, Kristoffer Rist Skøien, Jan Inge Tjølsen (2019), *Determining spatial feed distribution in sea cage aquaculture using an aerial camera platform*, Aquacultural Engineering, 87, pp. 102018.
- [8] Fuxiang Xua, Zhiqiang Gaoa, Xiaopeng Jianga, Weitao Shanga, Jicai Ninga, Debin Songa, Jinquan Ai (2018), *A UAV and S2A data-based estimation of the initial biomass of green algae in the South Yellow Sea*, Marine pollution bulletin, 128, pp. 408-414, DOI:10.1016/j.aquaeng.2019.102018.
- [9] Quentin Laporte-Fauret, Vincent Marieu, Bruno Castelle, Richard Michalet, Stéphane Bujan, David Rosebery (2019), *Low-Cost UAV for High-Resolution and Large-Scale Coastal Dune Change Monitoring Using Photogrammetry*, Journal of Marine Science and Engineering, 7(3), 63, <https://www.mdpi.com/2077-1312/7/3/63>.
- [10] N F H Jumaat, Baharin Ahmad and Hafsat Saleh Dutsenwai (2018), *Land cover change mapping using high resolution satellites and unmanned aerial vehicle*, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 169, 012076, DOI:10.1088/1755-1315/169/1/012076.
- [11] Ngô Anh Tú, Nguyễn Trọng Đợi, Nguyễn Hữu Xuân, Đỗ Tấn Nghị (2022), *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 (50), pp. 57-64, DOI:10.54491/jgac.2021.50.557.
- [12] Đỗ Thị Nhung, Nguyễn Thị Diễm My, Phạm Văn Mạnh, Phạm Vũ Đông, Bùi Quang Thành, Nghiêm Văn Tuấn, Phạm Minh Hải (2021), *Nghiên cứu mô hình phát hiện rác thải nhựa ven biển sử dụng ảnh máy bay không người lái và mạng nơ-ron tích chập sâu*, Tạp chí Khoa học đo đạc và Bản đồ (49), pp. 21-29. DOI:10.54491/jgac.2021.49.543.
- [13] Bùi Ngọc Quý, Phạm Anh Tuấn, Dương Anh Quân, Phạm Văn Hiệp, Trần Trung Kiên, Hoàng Xuân Tứ, Nguyễn Đại Đồng, Nguyễn Danh Đức, Nguyễn Việt Hưng (2020), *Nghiên cứu khả năng sử dụng thiết bị bay không người lái (UAV) trong thành lập bản đồ địa chính - khu vực đất thổ canh*, Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất, 61(5), pp. 43-53, DOI:10.46326/JMES.2020.61(5).05.
- [14] 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 mô lộ thiên*, Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất, 61(2), pp. 54-63.
- [15] Vũ Phan Long, Vũ Văn Chất, Nguyễn Vũ Giang (2017), *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 (31), pp. 23-28, DOI:10.54491/jgac.2017.31.207.
- [16] Phan Nguyễn Việt, Nguyễn Hữu Đức, Chung Minh Quân, Phùng Ngọc Anh (2022), *Ứng dụng công nghệ UAV kết hợp WebGIS trong đo vẽ địa hình phục vụ khảo sát, thiết kế công trình*, Tạp chí Khí tượng Thủy văn - Hội nghị khoa học toàn quốc “Chuyên đổi số và công nghệ số trong Khoa học Trái đất, Mỏ và Môi trường”, pp. 181-192, DOI:10.36335/VNJHM.2022(EME4).181-192.