TẠP CHÍ
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Bài báo khoa học

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

Nguyễn Trọng Đợi[1*], Đỗ Tấn Nghị[1], Ngô Anh Tú[1], Nguyễn Hữu Xuân[1]

[1] Trường Đại học Quy Nhơn; nguyentrongdoi@qnu.edu.vn; dotannghi@qnu.edu.vn; ngoanhtu@qnu.edu.vn; nguyenhuuxuan@qnu.edu.vn

*Tác giả liên hệ: nguyentrongdoi@qnu.edu.vn; Tel: +84–946015555
Ban Biên tập nhận bài: 5/2/2022; Ngày phản biện xong: 17/3/2022; Ngày đăng bài: 25/4/2022

Tóm tắt: Đo đạc thành lập bản đồ là một trong những nhiệm vụ quan trọng hàng đầu, được ưu tiên làm nền tảng cho công tác quản lý đất đai. Tuy nhiên, nguồn dữ liệu này đang còn thiếu, chất lượng chưa cao, chưa cập nhật kịp thời đáp ứng nhu cầu thực tiễn ở nhiều địa phương trên cả nước. Sự phát triển mạnh mẽ và ứng dụng rộng rãi của các thiết bay không người lái (*Unmaned Aerial Vehicles–UAVs*) trong thành lập bản đồ đã đưa khoa học đo đạc lên một tầm cao mới. Bài báo này nghiên cứu khả năng ứng dụng UAV phân khúc chi phí thấp để thành lập một số loại bản đồ trong quản lý đất đai. Nghiên cứu thử nghiệm trên một số công trình đo đạc thành lập bản đồ địa chính, bản đồ địa hình và bản đồ hiện trạng sử dụng đất trên địa bàn tỉnh Bình Định với nhiều phương pháp, kỹ thuật khác nhau để đánh giá độ chính xác, mức độ phù hợp và đưa ra những khuyến nghị trong thực tế triển khai.

Từ khóa: UAV chi phí thấp; Thành lập bản đồ; Tỉnh Bình Định.

1. Mở đầu

Công nghệ máy bay không người lái (*Unmanned Aerial Vehicles–UAV*) được hình thành và bắt đầu phát triển vào những năm đầu thế kỷ XX. Năm 1916, chiếc máy bay không người lái đầu tiên được phát triển bởi một kỹ sư người Anh Archibald Montgomery Low nhằm phục vụ cho mục đích quân sự [1]. Trải qua một thời gian dài UAV chủ yếu được sử dụng trong quân đội, đến những năm cuối thế kỷ XX, công nghệ máy bay không người lái bắt đầu mở rộng sử dụng trong nghiên cứu giám sát môi trường trái đất và tiếp tục được sử dụng phổ biến trong các lĩnh vực dân sự như giám sát tài nguyên môi trường, nông nghiệp thông minh, xây dựng, trắc địa–bản đồ, khảo sát thu thập thông tin về thiên tai, khảo cổ học, kiến trúc, cứu hộ, giải trí,… Ngày nay, với những ưu điểm vượt trội mà công nghệ máy bay không người lái mang lại như thu nhận hình ảnh với độ phân giải siêu cao trong thời gian ngắn, kết quả xử lý gần như đáp ứng theo thời gian thực, chủ động trong công tác bay chụp, nhỏ gọn, chi phí thấp, tính linh động cao trong các điều kiện thời tiết, dễ dàng tiếp cận nơi có địa hình phức tạp, … đó là những yếu tố để UAV đang thực sự là cuộc cách mạng trong lĩnh vực khảo sát, thu thập số liệu và giám sát các đối tượng trên mặt đất đặc biệt là đối với lĩnh vực trắc địa – bản đồ và giám sát tài nguyên môi trường. Bên cạnh đó, sự tích hợp của công nghệ định vị bằng vệ tinh dẫn đường toàn cầu–GNSS (*Global Navigation Satellite System*) kết nối với hệ thống mạng lưới định vị vệ tinh liên tục (*CORS–Continuosly Operation Reference Station*) hoặc kết hợp sử dụng bộ kit PPK (*Post–*

processed kinematic) trên thiết bị máy bay không người lái đã nâng cao độ chính xác đến cỡ centimét (cm) và theo thời gian thực. Từ đó cơ bản đã đáp ứng được các yêu cầu của công tác trắc địa–bản đồ nói chung và đo đạc địa chính nói riêng.

Trong lĩnh vực khảo sát, đo đạc thành lập bản đồ, chi phí luôn là vấn đề được quan tâm hàng đầu. Chính vì vậy mà thiết bị máy bay không người lái chi phí thấp với nhiều ưu việt ngày càng được sử dụng rộng rãi và hiệu quả. Trên thế giới, UAV chi phí thấp đã được sử dụng để thành lập bản đồ đất với độ phân giải mặt đất là 6,0 cm/pixel [2], quan trắc theo dõi sự thay đổi của cồn cát ven biển trên quy mô lớn [3]. Ảnh chụp từ UAV với độ phân giải cao thể hiện một cách chi tiết các đối tượng trên mặt đất nên được sử dụng để thành lập bản đồ hiện trạng sử dụng đất, bản đồ lớp phủ thực vật [4,5]. Nghiên cứu của Václav Šafář và các cộng sự đã sử dụng máy bay không người lái kết hợp kiểm tra đối chứng bằng công nghệ toàn đạc điện tử và GNSS để thành lập bản đồ địa chính cho các khu vực có dạng địa hình từ bằng phẳng đến khu vực miền núi ở Cộng hòa Séc [6]. Ngoài ra, một số nghiên cứu còn sử dụng ảnh bay chụp từ UAV để chiết suất tự động ranh giới thửa đất phục vụ cho việc xây dựng bản đồ địa chính [7-9] và còn là một công cụ hỗ trợ cho bản đồ quy hoạch sử dụng đất [10].

Công nghệ UAV đã du nhập vào Việt Nam từ những năm đầu của thế kỷ 21 và đã có nhiều nghiên cứu sử dụng UAV để khảo sát, thành lập các loại bản đồ chuyên đề sử dụng trong quản lý đất đai như: thành lập bản đồ địa hình dựa trên việc thu nhận dữ liệu từ các cảm biến quang học và quét laser gắn trên UAV đồng thời kết hợp kiểm chứng, đánh giá độ chính xác bằng công nghệ GNSS [11,12]; sử dụng ảnh chụp bằng máy ảnh số phổ thông lắp trên máy bay không người lái M100–CT điều khiển bằng sóng Radio đưa ra giải pháp kỹ thuật loại trừ nguồn sai số và quy trình công nghệ để thành lập bản đồ địa hình và địa chính [13]; thành lập bản đồ đất thổ canh có thể đạt độ chính xác mặt bằng 1,7 cm và độ chính xác độ cao 0,6 cm tại tỉnh Phú Thọ [14]; ngoài ra UAV còn cho thấy khả năng trong lĩnh vực khai thác khoáng sản, thành lập bản đồ các khu vực mỏ lộ thiên và ước tính trữ lượng [15,16]. Đặc biệt, Thông tư 07/2021/TT–BTNMT của Bộ TN&MT quy định về thu nhận và xử lý dữ liệu ảnh số từ thiết bị UAV [17] có hiệu lực từ ngày 16 tháng 8 năm 2021 đã tạo ra hành lang pháp lý cụ thể thúc đẩy mạnh mẽ việc ứng dụng UAV vào lĩnh vực trắc địa–bản đồ.

Trên địa bàn tỉnh Bình Định có nhiều dự án đã sử dụng công nghệ máy bay không người lái để khảo sát địa hình, đo đạc giải phóng mặt bằng, lập quy hoạch sử dụng đất điển hình như Dự án Khu đô thị và du lịch sinh thái Diêm Vân, xã Phước Thuận, huyện Tuy Phước; Khu công nghiệp, đô thị và dịch vụ Becamex Bình Định, ... nhưng rất ít đơn vị tư nhân hay cơ quan nhà nước đầu tư để sở hữu công nghệ UAV. Nhóm nghiên cứu tại Trường Đại học Quy Nhơn đã thực hiện nghiên cứu ứng dụng công nghệ máy bay không người lái (Phantom 4 RTK) trong đo đạc, thành lập bản đồ tỷ lệ lớn phục vụ công tác quản lý đất đai [18]; ứng dụng UAV lập bản đồ hiện trạng hệ sinh thái phục vụ giám sát các hệ sinh thái đới bờ biển tại quần thể Hòn Yến, tỉnh Phú Yên [19].

Với sự phát triển vượt bậc của công nghệ UAV trong thời gian qua trên thế giới và tại Việt Nam hứa hẹn mở ra kỷ nguyên mới của trắc địa–bản đồ với khả năng ứng dụng mạnh mẽ công nghệ này trong thành lập các loại bản đồ ngành quản lý đất đai với độ chính cao, tiết kiệm được thời gian và chi phí thành lập. Bài báo chỉ tập trung nghiên cứu sử dụng máy bay không người lái–Phantom 4 RTK của hãng DJI thu thập dữ liệu ảnh bay chụp để thử nghiệm trên một số công trình đo đạc thành lập bản đồ địa chính, bản đồ địa hình và bản đồ hiện trạng sử dụng đất trên địa bàn tỉnh Bình Định với nhiều phương pháp, kỹ thuật khác nhau nhằm đánh giá độ chính xác, mức độ phù hợp và đưa ra những khuyến nghị trong thực tế triển khai.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

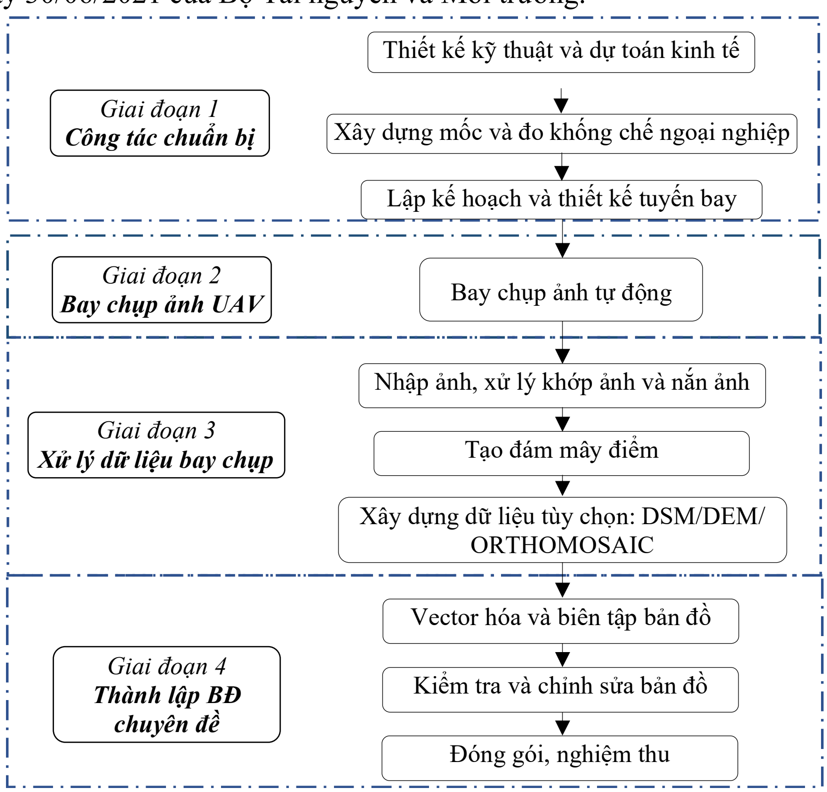
2.1. Đối tượng nghiên cứu

Nghiên cứu khả năng ứng dụng công nghệ UAV thành lập một số loại bản đồ chuyên đề như bản đồ địa chính, bản đồ hiện trạng sử dụng đất và bản đồ địa hình tại một số công trình trên địa bàn tỉnh Bình Định. Mỗi loại bản đồ được thành lập đều được nghiên cứu, tính toán kỹ các yêu cầu kỹ thuật, phương pháp thành lập để đạt độ chính xác và hiệu quả cao nhất. Trên cơ sở kết quả thành lập các loại bản đồ chuyên đề, đánh giá độ chính xác và hiệu quả thành lập.

Thiết bị bay sử dụng thử nghiệm tại các công trình nghiên cứu là Phantom 4 RTK của hãng DJI, có kích thước cảm biến CMOS 1 inch, độ phân giải 20 megapixel, ống kính FOV 84 °, tự động lấy nét ở 1 m – ∞, kích thước hình ảnh tối đa 4864×3648 (4:3); 5472×3648 (3: 2). UAV Phantom 4 RTK kết hợp với trạm di động D–RTK 2 có thể được sử dụng như một trạm Base để cung cấp dữ liệu vi sai thời gian thực cho để tạo ra giải pháp khảo sát chính xác hoặc có được tọa độ vị trí chính xác. Bên cạnh thiết bị bay chụp UAV, nghiên cứu còn sử dụng thiết bị GNSS Trimble R4 và máy toàn đạc điện tử Topcon GTS–N230 để đo kiểm tra và đo các điểm khống chế ảnh.

2.2. Quy trình nghiên cứu

Quy trình tổng quát đo đạc thành lập bản đồ bằng công nghệ UAV với 4 công đoạn chính được xây dựng cơ bản dựa trên quy trình thành lập các loại bản đồ chuyên đề ngành quản lý đất đai như bản đồ địa chính, bản đồ địa hình, bản đồ hiện trạng sử dụng đất và quy trình thu nhận, xử lý dữ liệu ảnh tàu bay không người lái trong Thông tư 07/2021/TT–BTNMT ngày 30/06/2021 của Bộ Tài nguyên và Môi trường.



Hình 1. Quy trình tổng quát thành lập bản đồ bằng công nghệ UAV.

Giai đoạn 1: Công tác chuẩn bị: Căn cứ vào loại bản đồ cần thành lập, mục tiêu sử dụng, đặc điểm địa hình và yêu cầu độ chính xác của bản đồ để lựa chọn phương pháp bay chụp UAV, thiết bị UAV phù hợp cũng như thiết kế tuyến bay, độ cao bay đảm bảo độ phủ trùm của ảnh, phục vụ khớp ảnh nắn chỉnh ảnh và độ phân giải mặt đất.

Giai đoạn 2: Bay chụp ảnh UAV: Tiến hành bay chụp tự động theo tuyến bay đã thiết kế dựa trên các phần mềm chụp ảnh UAV chuyên dụng và cần lưu ý về điều kiện thời tiết và ánh sáng để điều chỉnh các thông số vật lý của ảnh để thu được ảnh có chất lượng tốt nhất.

Giai đoạn 3: Xử lý dữ liệu bay chụp: Đây là công đoạn rất quan trọng, sau khi khớp ảnh và nắn ảnh cần đánh giá sai số, kiểm tra độ chính xác trước khi tạo đám mây điểm. Tùy thuộc vào loại bản đồ cần thành lập thì tùy chọn xây dựng dữ liệu mô hình số bề mặt–DSM, mô hình số độ cao–DEM và bình đồ ảnh trực giao. Đối với bản đồ địa hình DEM là yếu tố quan trọng nhất.

Giai đoạn 4: Thành lập bản đồ chuyên đề: Dựa trên nội dung của bản đồ chuyên đề, tiến hành vector hóa từ DEM hay bình đồ ảnh trực giao và biên tập bản đồ theo quy định từng loại.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Phương pháp thu thập số liệu, tài liệu

Phương pháp được sử dụng để thu thập các tài liệu về địa hình, điều kiện tự nhiên và kinh tế–xã hội khu vực bay chụp để xây dựng phương án bay chụp tốt nhất. Thu thập các bản đồ chuyên đề tỷ lệ lớn đã được thành lập trước đây bằng công nghệ toàn đạc điện tử hoặc công nghệ GNSS, các hồ sơ, trích lục thử đất. Thu thập tài liệu về các điểm tọa độ địa chính cơ sở, tọa độ GPS, các điểm địa chính cấp I, II để phục vụ xác định ví trí đặt trạm Base để bay chụp. Các văn bản về tình hình sử dụng đất, tình hình biến động đất đai và các văn bản khác có liên quan phục vụ cho công tác nghiên cứu và xây dựng phương án kỹ thuật bay chụp cũng như xử lý, thành lập bản đồ.

2.3.2. Phương pháp điều tra, khảo sát thực địa

Phương pháp này được sử dụng để xác định một cách tổng quan nhất về địa hình, các địa vật đặc trưng trên bề mặt đất của các công trình thử nghiệm. Kiểm tra kết quả giải đoán xác định hiện trạng sử dụng đất so với thực tế. Tiến hành xác định các điểm tọa độ địa chính đã có hoặc gần khu vực cần thành lập bản đồ từ đó xác định vị trí đặt trạm Base và rải điểm khống chế mặt đất và điểm kiểm tra một cách hợp lý và bao quát được khu vực bay chụp.

2.3.3. Phương pháp bay chụp UAV

Quy trình thiết kế bay chụp bao gồm các bước tính toán xác định các thông số về độ cao bay chụp của UAV, độ phủ dọc và phủ ngang của ảnh bay chụp, tính toán số đường bay, ước tính tổng số ảnh cần chụp, tổng dung lượng ảnh hay tính toán tốc độ chụp và tổng thời gian bay chụp. Trong nghiên cứu này nhóm tác giả đã tham khảo công thức tính toán và giải tích mô tả thiết kế bay chụp từ công bố của Edgar Falkner, Dennis Morgan năm 2001 [20].

Kích thước điểm ảnh hay độ phân giải không gian của ảnh bay chụp ảnh hưởng rất lớn đến độ chính xác và mức chi tiết của bản đồ. Tùy thuộc yêu cầu độ chính xác của loại bản đồ chuyên đề mà thiết kế độ cao bày chụp phù hợp với thiết bị bay để có được đô phân giải mặt đất phù hợp nhất. Ví dụ như trong thành lập bản đồ địa chính để đạt được độ phân giải mặt đất là 2,74 cm với các thông số kỹ thuật của thiết bị bay Phantom 4 RTK được chế tạo có chiều dài tiêu cự FR = 8,8 m, kích thước cảm biến là 1,0inch (13,2×8,8 mm) thì theo công thức (1) tính độ cao bay chụp bên dưới ta tính được là 99,96 m.

$$H = \frac{imW \times GSD \times F_R}{SS_W \times 100} \quad (1)$$

Với H là độ cao bay được thiết kế cho UAV (m); GSD (*Ground Sample Distance*) là độ phân giải mặt đất hay kích cỡ điểm ảnh cần chụp (cm); imW (image width) là độ rộng của ảnh chụp tính bằng pixel; FR là độ dài tiêu cự của máy ảnh; SSw là chiều rộng của cảm biến thu nhận ảnh của máy ảnh bay chụp.

Đối với các công trình thử nghiêm, thiết kế tuyến bay UAV được thực hiện theo nguyên tắc phải phủ kín khu bay, đảm bảo độ chính xác và tiết kiệm kinh phí nhất. Trên cơ sở ranh giới khu bay, độ phân giải mặt đất của ảnh, độ phủ dọc và độ phủ ngang của ảnh thường được xác định lần lượt là 80% và 70%. Bên cạnh đó việc thiết kế tuyến bay cũng cần đảm bảo độ phủ trùm ra khỏi ranh giới khu bay chụp và số đường bay chụp là ít nhất.

Cuối cùng là xác định thời điểm cần bay chụp, xem dự báo thời tiết, chuẩn bị và kiểm tra chi tiết thiết bị bay chụp. Kiểm tra tính hợp lý của kế hoạch bay chụp, kiểm tra các thông số máy ảnh, độ phủ trùm, kiểm tra chế độ khử méo ảnh. Triển khai và thiết lập trạm Base, đảm bảo sự kết nối với Rover gắn trên Phantom 4 RTK hoặc tín hiệu kết nối với trạm CORS trong khu vực. Sau đó tiến hành bay chụp tự động theo kế hoạch đã lập, khi chụp cần căn cứ điều kiện thực tế về thời tiết (nhất là tốc độ gió) và ánh sáng để tùy chỉnh các thông số vật lý của ảnh như tốc độ chụp, khẩu độ và độ nhạy sáng phù hợp đảm bảo ảnh có chất lượng tốt.

2.3.4. Phương pháp xử lý ảnh bay chụp từ UAV

Hiện nay trên thế giới có nhiều phần mềm xử lý ảnh UAV như Trimble Business Center, Inpho UASMaster, Pix4D Mapper Pro, Bentley Context Capture, Agisoft Metashape (*PhotoScan*), Drone Mapper, … và ở Việt Nam một số phần mềm chuyên xử lý ảnh UAV phổ biến là Trimble Business Center và Inpho UASMaster của hãng Trimble – Mỹ; Agisoft Metashape (*PhotoScan*) của hãng Agisoft LLC – Liên Bang Nga và Pix4D Mapper Pro – Thụy Sỹ. Trong nghiên cứu ngày nhóm tác giả sử dụng phần mềm Agisoft Metashape phiên bản 1.7.2. Tính năng chính của phần mềm này bao gồm: Thiết lập hệ tọa độ cho ảnh bay chụp, Tạo mô hình số bề mặt DSM, tạo bình đồ ảnh trực giao, tạo mô hình số độ cao DEM, …

Trình tự xử lý ảnh UAV như sau: Nhập ảnh vào phần mềm (*Import Images*) => Sắp xếp ảnh chụp (*Align Images*) => Tạo đám mây điểm (*Build Dense Cloud*) => Tạo mô hình 3D (*Build Mesh*) => Xây dựng dữ liệu tùy chọn theo yêu cầu thành lập bản đồ: mô hình số độ cao/mô hình số bề mặt/bình đồ ảnh trực giao (*Build DEM/DSM/Orthomosaic*) => Xuất kết quả dữ liệu tùy chọn (*Export DEM/DSM/Orthomosaic*).

2.3.5. Phương pháp biên tập bản đồ chuyên đề

Sau khi ảnh bay chụp UAV đã được xử lý bằng phần mềm Agisoft Metashape (*PhotoScan*) dữ liệu sẽ chuyển đổi về hệ tọa độ chuẩn Quốc gia–VN2000 để tiến hành công tác số hóa, biên tập bản đồ chuyên đề. Nhóm nghiên cứu đã sử dụng phần mềm Microstation SE, Famis, Microstation V8i, gCadas để số hóa và biên tập bản đồ địa chính, bản đồ hiện trạng sử dụng đất. Sử dụng kết hợp thêm với các phần mềm ArcGIS phiên bản 10.8, Global Mapper phiên bản 21 để biên tập bản đồ địa hình. Các bản đồ hiện hành được biên tập theo các quy phạm hiện hành được Nhà nước ban hành [21–23,17].

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Khái quát các công trình thử nghiệm

3.1.1. Khu quy hoạch dân cư Phú Gia, xã Cát Tường, huyện Phù Cát, tỉnh Bình Định

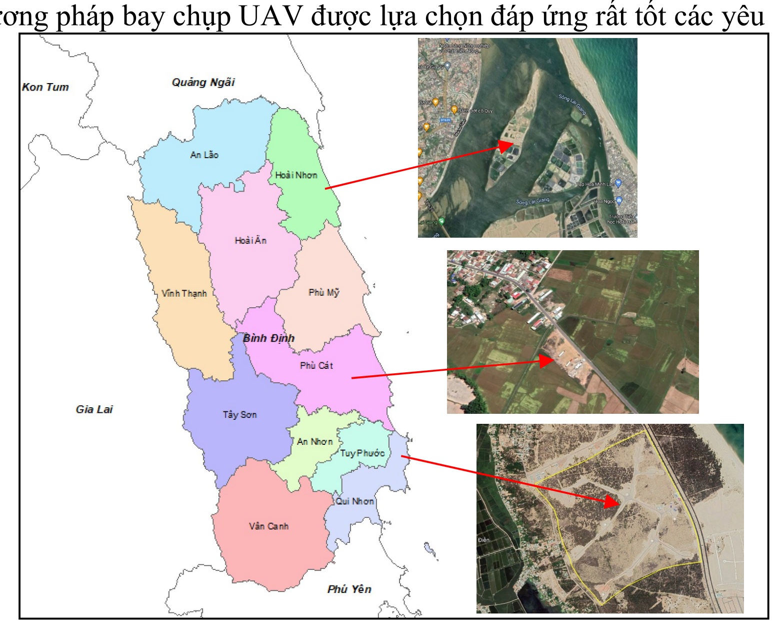
Khu vực lập quy hoạch chi tiết khu dân cư tỉ lệ 1/500 có diện tích 9,66 ha nằm dọc phía Bắc đường ĐH20 (TL635 cũ), thuộc thôn Phú Gia, xã Cát Tường, huyện Phù Cát. Để thực hiện dự án cần cập nhật, chỉnh lý bản đồ địa chính phục vụ xây dựng phương án thu hồi đất, cũng như khi thực hiện bồi thường, hỗ trợ và tái định cư. Với đặc điểm về thuận lợi về địa hình địa vật thông thoáng (chủ yếu là đất trồng lúa) nên phương pháp bay chụp UAV được lựa chọn và triển khai để thành lập bản trích đo địa chính cho khu vực này.

3.1.2. Các bãi bồi sông Lại Giang phường Hoài Hương, thị xã Hoài Nhơn, tỉnh Bình Định

Cập nhật thành lập bản đồ hiện trạng là nhiệm vụ bắt buộc theo chu kỳ kiểm kê đất đai. Thực hiện nhiệm vụ kiểm kê đất đai và thành lập bản đồ hiện trạng năm 2019, phường Hoài Hương, thị xã Hoài Nhơn có một số khu vực đất đai biến động thường xuyên do tác động bởi dòng chảy của sông Lại Giang đó là bãi cát Trường Gạo và 2 cồn Thạnh Xuân. Bãi cát Trường Gạo, thuộc Thôn Phú An, có diện tích tích khoảng 2,5 ha. Cồn Thạnh Xuân: bao gồm Thạnh Xuân 1 có diện tích khoảng 7,8 ha và Thạnh Xuân 2 có diện tích khoảng 9,5 ha. Để cập nhật biến động sử dụng đất do dòng chảy tại các khu vực này, việc đo đạc theo phương pháp truyền thống là tốn kém và gặp nhiều khó khăn. Chính vì vậy, sử dụng thiết bị UAV cập nhật biến động sử dụng đất cho các khu vực này là giải pháp rất hiệu quả, với độ chính xác cao, tiết kiệm thời gian và kinh phí.

3.1.3. Dự án Điện gió Phương Mai 1, xã Cát Chánh, huyện Phù Cát, tỉnh Bình Định

Nhà máy phong điện Phương Mai 1 gồm có 11 tổ máy, công suất 26,4 MW, được xây dựng trên diện tích 140 ha, tổng mức đầu tư 1.076 tỷ đồng. Đến nay đã tập kết thiết bị tại công trường và lắp đặt 2/4 đốt của 11 trụ tuabin. Dự án đầu tư xây dựng Nhà máy phong điện Phương Mai 1 là một trong hai Dự án năng lượng điện gió trọng điểm của tỉnh Bình Định. Với yêu cầu thành lập bản đồ địa hình tỉ lệ 1/2000 phục vụ quy hoạch cũng như tính toán chi phí xây dựng và hoàn công của dự án. Căn cứ vào đặc điểm địa hình và yêu cầu độ chính xác, phương pháp bay chụp UAV được lựa chọn đáp ứng rất tốt các yêu cầu đặt ra.



Hình 2. Sơ đồ vị trí các công trình thử nghiệm.

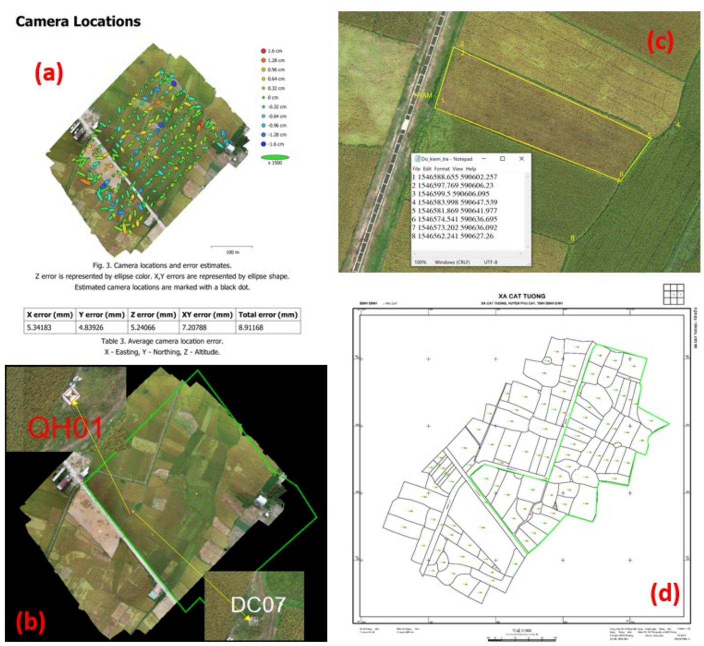
3.2. Kết quả thử nghiệm đo đạc thành lập bản trích đo địa chính

3.2.1. Kết quả bay chụp ảnh

Với mục tiêu thành lập bản trích đo địa chính phục vụ công tác bồi thường, hỗ trợ và tái định cư cho dự án quy hoạch, yêu cầu độ chính xác đặt ra ở mức độ cao nhất. Do đó độ cao bay chụp được thiết kế là 80,0 m để đạt độ phân giải mặt đất là 2,2 cm và độ phủ trùm ngang và dọc khi bay chụp đều là 80%. Kết quả bay chụp được 242 ảnh với các thông số vật lý của ảnh là tốc độ chụp 1/500, tiêu cự F = 5,6, ISO=320 trong điều kiện ánh sáng tốt. Quá trình bay chụp có rải điểm khống chế tại các mốc quy hoạch, trạm Base đặt tại điểm địa chính có trong khu vực nghiên cứu. Việc đo kiểm tra các điểm mốc quy hoạch được thực hiện cùng thời gian bay chụp bằng công nghệ GNSS.

3.2.2. Kết quả xử lý ảnh và biên tập bản đồ

Nghiên cứu sử dụng phần mềm Agisoft Metashape để xử lý ảnh sau bay chụp. Kết quả xử lý cho thấy sai số tâm ảnh rất thấp với tổng sai số là 8,9 mm thể hiện tại hình 3 (a); tiến hành kiểm tra tọa độ điểm địa chính và điểm mốc quy hoạch kết quả thể hiện ở hình 3 (b) chỉ lệch cao nhất 4,0 mm; bên cạnh đó nghiên cứu còn sử dụng máy toàn đạc điện tử để đo kiểm tra ngẫu nhiên một số thửa đất như hình 3 (c). Như kết quả kiểm tra ở trên về tọa độ điểm địa chính, điểm mốc quy hoạch và thửa đo kiểm tra là rất tốt, do vậy ảnh UAV xử lý đạt kết quả để số hóa, biên tập bản đồ địa chính. Thực hiện số hóa các đối tượng trên nền ảnh trực giao và biên tập mảnh bản đồ địa chính khu vực quy hoạch như hình 3 (d). Ngoài ra nghiên cứu còn tham chiếu so sánh với bản đồ địa chính đang được sử dụng để đánh giá độ chính xác.



Hình 3. Kết quả xử lý, biên tập bản đồ địa chính.

3.2.3. Kết quả đánh giá độ chính xác

Nghiên cứu đã tiến hành đánh giá độ chính xác của kết quả xử lý ảnh bay chụp UAV để thành lập bản trích đo địa chính tại khu vực thử nghiệm dựa trên sai số trung phương (RMSE) theo tọa độ 5 điểm không chế đặt tại các mốc quy hoạch và sai số trung phương theo tọa độ 20 đỉnh thửa đất. Dữ liệu sử dụng để đánh giá và so sánh là bản đồ địa chính khu vực thử nghiệm và tọa độ các mốc quy hoạch khu dân cư Phú Gia, xã Cát Tường, huyện Phù Cát do Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Bình Định cung cấp.

Đánh giá độ chính xác là công tác rất quan trọng chứng minh kết quả thành lập bản trích đo địa chính khu vực thử nghiệm từ ảnh bay chụp UAV có ý nghĩ khoa học và có thể sử dụng trong thực tế. Nghiên cứu này đã sử dụng công thức (2) tính sai số trung phương (RMSE) [20] như sau:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{E^2}{n}}; E^2 = \sum_{i=1}^{n} e_i^2 \quad e = V_{\text{bản đồ}} - V_{\text{thực nghiệm}} \tag{2}$$

Trong đó RMSE là sai số trung phương; n là tổng số điểm kiểm tra; Vbản đồ là tọa độ x hoặc y của mốc quy hoạch, đỉnh thửa đất trên bản đồ; Vthực nghiệm là tọa độ x hoặc y của các điểm khống chế, đỉnh thửa đất đã số hóa từ ảnh UAV. Kết quả được thể hiện ở bảng 1 và 2.

Bảng 1. Đánh giá sai số theo các điểm khống chế mặt đất.

STT	Tọa độ mốc QH		Tọa độ điểm KC		e(X)	e(Y)
	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)		
1	590470.384	1546552.291	590470.364	1546552.277	0.020	0.014
2	590456.774	1546524.213	590456.793	1546524.201	–0.019	0.012
3	590574.520	1546522.355	590574.511	1546522.370	0.009	–0.015
4	590821.540	1545647.320	590821.557	1545647.322	–0.017	–0.002
5	590817.770	1546541.040	590817.781	1546541.058	–0.011	–0.018
Sai số trung phương (RMSE)					0.016	0.013

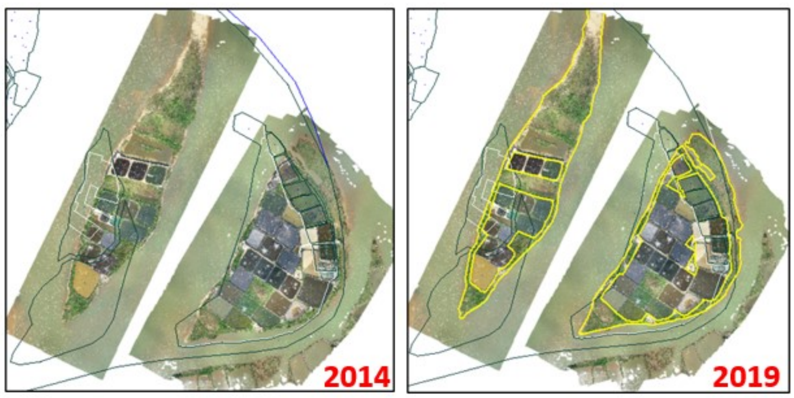
Bảng 2. Đánh giá sai số theo các đỉnh thửa đất.

STT	Tọa độ đỉnh thửa đất – BĐĐC		Tọa độ đỉnh thửa đất – Thực nghiệm		e(X)	e(Y)
	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)		
1	590484.890	1546493.130	590484.834	1546493.095	0.056	0.035
2	590487.560	1546495.390	590487.631	1546495.451	–0.071	–0.061
3	590504.310	1546535.020	590504.324	1546535.037	–0.014	–0.017
4	590492.440	1546483.180	590492.472	1546483.134	–0.032	0.046
5	590517.010	1546532.050	590517.040	1546532.088	–0.030	–0.038
6	590500.630	1546479.460	590500.673	1546479.445	–0.043	0.015
7	590526.820	1546527.300	590526.971	1546527.368	–0.151	–0.068
8	590531.590	1546494.080	590531.586	1546494.070	0.004	0.010
9	590509.470	1546461.820	590509.547	1546461.805	–0.077	0.015
10	590533.960	1546492.170	590533.961	1546492.202	–0.001	–0.032
11	590556.040	1546484.240	590556.043	1546484.298	–0.003	–0.058
12	590717.880	1546602.930	590717.856	1546602.991	0.024	–0.061
13	590698.620	1546567.870	590698.746	1546567.894	–0.126	–0.024
14	590691.640	1546615.500	590691.372	1546615.500	0.268	0.000
15	590669.550	1546575.280	590669.714	1546575.365	–0.164	–0.085
16	590701.570	1546668.810	590701.595	1546668.960	–0.025	–0.150
17	590686.980	1546619.030	590686.920	1546619.011	0.060	0.019
18	590640.700	1546597.260	590640.726	1546597.149	–0.026	0.111
19	590610.450	1546612.870	590610.544	1546612.928	–0.094	–0.058
20	590706.030	1546388.140	590706.011	1546388.023	0.019	0.117
Sai số trung phương (RMSE)					0.092	0.064

Từ kết quả thực nghiệm đánh giá độ chính xác mặt bằng theo tọa độ của 5 điểm khống chế mặt đất tương đối cao. Sai số theo tọa độ X đạt 1,6 cm và tọa độ Y đạt 1,3 cm. Đối với kết quả sai số tọa độ theo vị trí 20 đỉnh thửa đất so với bản đồ địa chính đạt 9,2 cm theo trục X và 6,4cm theo trục Y. Như vậy sau khi tiến hành so sánh và đánh giá sai số, có thể thấy được kết quả thành lập bản trích đo địa chính bằng phương pháp sử dụng ảnh chụp từ UAV đảm bảo đáp ứng theo đúng quy phạm thành lập bản đồ địa chính [22] đối với tỷ lệ bản đồ 1:1000.

3.3. Kết quả thử nghiệm hiện chỉnh bản đồ hiện trạng sử dụng đất

Kết quả bay chụp UAV Phantom 4 RTK + CORS các khu vực cần hiện chỉnh bản đồ hiện trạng sử dụng đất năm 2019 phường Hoài Hương, thị xã Hoài Nhơn: Bãi cát Trường An: 178 ảnh, độ cao bay chụp 100 m, GSD 2,74 cm; Cồn Thạnh Xuân 1: 293 ảnh, độ cao bay chụp 100 m, GSD 2,74 cm; Cồn Thạnh Xuân 2: 180 ảnh, độ cao bay chụp 100m, GSD 2,74 cm.



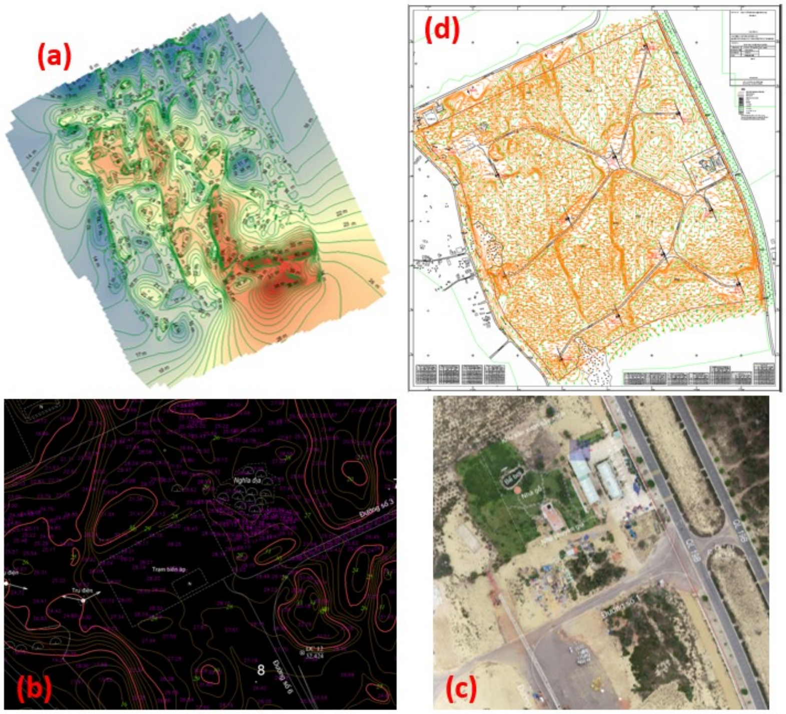
Hình 4. Kết quả hiện chỉnh hiện trạng cồn Thạnh Xuân 1 và Thạnh Xuân 2.

Tiến hành xử lý ảnh và cập nhật hiện trang biến động sử dụng đất mới và cập nhật số liệu biến đọng mới vào cơ sở dữ liệu kiểm kê. Đối với công tác hiện chỉnh bản đồ hiện trạng sử dụng đất cấp xã ở những khu vực khó khăn như trên bằng công nghệ UAV là hết sức phù hợp, thêm vào đó là mức độ chính xác cao và rất thích hợp với tỉ lệ của bản đồ hiện trạng.

3.4. Thực nghiệm đo đạc thành lập bản đồ địa hình

Thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1:2000 dự án Điện gió Phương Mai 1, thôn Phú Hậu, xã Cát Chánh, huyện Phù Cát, tỉnh Bình Định. Đối với công trình thử nghiệm này nghiên cứu đã sử dụng kỹ thuật bay chụp đo động xử lý sau PPK (*Post–Processed Kinematic*): bay chụp kết hợp rải tiêu khống chế mặt đất, sau đó đo GNSS RTK các tiêu khống chế mặt đất để xử lý sau. Xây dựng thiết kế kỹ thuật bay cho khu vực bay chụp phủ trùm 186 ha cho 140 ha của Điện gió Phương Mai 1. Độ cao bay chụp 200 m, GSD 5,6 cm, độ phủ ngang 80%, độ phủ dọc là 70%. Rải 12 tiêu khống chế mặt đất, bảo đảm 1,5ha có một điểm khống chế. Kết quả bay chụp cho khu đo thu được 770 ảnh bay chụp, sử dụng thiết bị GNSS Trimble R4 đo tọa độ các tiêu điểm khống chế mặt đất theo hệ tọa độ VN2000.

Tiếp theo sử dụng phần mềm ArcGIS 10.8 để nội suy đường bình độ với khoảng cao đều là 1m cho khu vực nghiên cứu từ dữ liệu DEM đã xử lý được (hình 5a). Số hóa các đối tượng địa vật, công trình xây dựng và các yếu tố nền giao thông, thủy hệ, … và biên tập bản đồ địa hình theo đúng quy phạm dựa trên tổ hợp kết quả xây dựng đường bình độ và số hóa địa hình đia vật, tiến hành biên tập các yếu tố khác để hoàn thiện bản đồ địa hình tỉ lệ 1:2000 cho khu điện gió Phương Mai 1 (hình 5b–5d).



Hình 5. Kết quả thành lập bản đồ địa hình Dự án Điện gió Phương Mai 1.

3.5. Đánh giá khả năng ứng dụng UAV chi phí thấp thành lập bản đồ chuyên đề

Với ưu điểm về độ phân giải siêu cao (*centimet–cm*), sai số tâm ảnh rất nhỏ, việc sử dụng công nghệ UAV được xem rất phù hợp để thành lập bản đồ địa chính ở khu vực có mức độ khó khăn thấp, nhất là đối với đất nông nghiệp có cây hàng năm. Đối với khu dân cư và các khu vực có mức độ khó khăn cao hơn, cần kết hợp với các phương pháp khác như GNSS hay toàn đạc điện tử để mang lại kết quả tốt nhất.

Trong công tác thành lập bản đồ hiện trạng sử dụng đất thì theo quy định hiện hành, được phép sử dụng ảnh viễn thám độ phân giải cao 2,5m để cập nhật hiện chỉnh biến động. Với độ phân giải centimet (2,74 cm ở độ cao bay 100m) của ảnh UAV thì việc sử dụng UAV để hiện chỉnh bản đồ hiện trạng là giải pháp hữu hiệu với độ chính xác và chi tiết cao. Trường hợp cần cập nhật ở quy mô lớn hơn có thể thiết kế kỹ thuật bay với GSD lớn nhất trên dòng Phantom 4 RTK là 13,0 cm thì vẫn đảm bảo yêu cầu độ chính xác ở mức rất cao.

Về thành lập bản đồ địa hình thì độ phân giải siêu cao hiển thị rõ nét địa hình, địa vật trên mặt đất kết hợp phương thức bay chụp 3D, công nghệ đám mây điểm mang lại nhiều tùy chọn đáp ứng các mục đích khác nhau. Với khả năng tách lọc các lớp địa vật bề mặt, giúp xây dựng mô hình số độ cao DEM với độ phù hợp cao nhất, giúp nội suy tốt nhất đường bình độ để thành lập bản đồ địa hình.

Về mặt hiệu quả kinh tế: với mức độ đầu tư các loại thiết bị UAV chi phí thấp từ 50–150 triệu đồng với các cấu hình UAV–PPK và UAV–RTK chỉ tương đương một bộ máy toàn đạc điện tử tầm trung độ chính xác 5–7” hoặc một bộ GNSS RTK giá thấp. Tuy nhiên hiệu quả về thời gian thành lập cùng với hiệu quả kinh tế là rất lớn, hơn nhiều lần so với đo đạc truyền thống. Chính vì vậy, sử dụng công nghệ UAV trong đo đạc thành lập bản đồ là xu thế tất yếu.

Bên cạnh đó cũng còn tồn tại một số khó khăn ảnh hưởng đến khả năng áp dụng rộng rãi công nghệ này vào thành lập bản đồ như: những vùng có thực phủ lớn che khuất, trong khu dân cư kết cấu xây dựng như mái hiên, hàng rào, ban công, … gây khó khăn trong việc giải đoán ranh giới thửa đất. Hành lang pháp lý quy định về sử dụng ảnh chụp từ máy bay không người lái UAV trong công tác thành lập bản đồ chuyên đề phục vụ công tác quản lý đất đai còn sơ khai và chưa mang tính toàn diện. Việc bay chụp ảnh nếu không được quản lý tốt thì sẽ tiềm ẩn nhiều rủi ro, gây mất an toàn. Các máy chụp ảnh sử dụng trên thiết bị bay UAV chưa có tính chuyên dụng cao nên khả năng khai thác ảnh chụp được sẽ có một số hạn chế, nhất là trong những ứng dụng cần độ chính xác cao.

4. Kết luận

Nghiên cứu đặc điểm nội dung, yêu cầu độ chính xác của các loại bản đồ chuyên đề cùng với quy trình thu nhận dữ liệu ảnh từ máy bay không người lái đã đề xuất được quy trình tổng quát thành lập bản đồ chuyên đề ngành quản lý đất đai bằng công nghệ UAV, là cơ sở triển khai và ứng dụng công nghệ này để triển khai chi tiết cho từng loại bản đồ cụ thể.

Kết quả nghiên cứu thử nghiệm ứng dụng UAV phân khúc chi phí thấp tại các công trình trên địa bàn tỉnh Bình Định thành lập bản đồ địa chính, bản đồ hiện trạng và bản đồ địa hình đáp ứng yêu cầu độ chính xác, hiệu quả kinh tế và tiết kiệm thời gian thi công. Mức độ rất thích hợp sử dụng cập nhật bản đồ hiện trạng, thành lập bản độ địa chính khu vực đất nông nghiệp, khu vực có điều kiểu kiện địa hình thông thoáng và thành lập bản đồ địa hình. Với việc sử dụng các phương pháp bay chụp UAV khác nhau, kết hợp với nhiều thiết bị truyền thống trong kiểm tra đối chứng và đo điểm khống chế mặt đất đã hỗ trợ và khẳng định khả năng ứng dụng của công nghệ này trong đo đạc thành lập bản đồ.

Hiệu quả kinh tế mang lại khi ứng dụng UAV chi phí thấp trong thành lập các loại bản đồ chuyên đề ngành quản lý đất đai là rất lớn có thể tiết kiệm 50–70% chi phí so với các phương pháp truyền thống, tính linh động và tiết kiệm thời gian thi công làm tăng thêm khả năng ứng dụng thiết thực của công nghệ này. Tuy nhiên khi triển khai sẽ không tránh khỏi những khó khăn như an toàn bay chụp, điều kiện thời tiết xấu, khu vực cấm, ... Do đó, giải pháp đặt ra là cần phải kết hợp với nhiều phương pháp khác nhau.

Tài liệu tham khảo

1. Matyas, P.; Nagy.; Máté. Brief history of UAV development. *Repüléstudományi Közlemények* **2019**, *31*, 155–166.
2. Tariq, A.; Osama, S.M.; Gillani, A. Development of a Low Cost and Light Weight UAV for Photogrammetry and Precision Land Mapping Using Aerial Imagery. International Conference on Frontiers of Information Technology (FIT), 2016, 360–364. doi: 10.1109/FIT.2016.072.
3. Laporte–Fauret.; Quentin.; Marieu, V.; Castelle, B.; Michalet, R.; Bujan, S.; Rosebery, D. Low–Cost UAV for High–Resolution and Large–Scale Coastal Dune Change Monitoring Using Photogrammetry. *Int. J. Forecasting* **2019**, *7(3)*, 63. https://doi.org/10.3390/jmse7030063.
4. Jumaat, N.; Ahmad, B.; Dutsenwai, H. Land cover change mapping using high resolution satellites and unmanned aerial vehicle. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* **2018**, *169,* 012076.
5. Noor, N.; Harun, N.; Abdullah, A. The Fixed wing UAV usage on Land use Mapping for gazetted Royal land in Malaysia. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* **2020**, *540*, 012006.
6. Šafář, Václav.; Markéta Potůčková.; Jakub Karas.; Jan Tlustý.; Eva Štefanová, Marián Jančovič.; Drahomíra Cígler Žofková. The Use of UAV in Cadastral

Mapping of the Czech Republic. *ISPRS Int. J. Geo–Inf.* **2021**, *10(6)*, 380. https://doi.org/10.3390/ijgi10060380.

7. Crommelinck, Sophie, Bennett, R.; Gerke, M.; Nex, F.; Yang, M.Y.; Vosselman, G. Review of Automatic Feature Extraction from High–Resolution Optical Sensor Data for UAV–Based Cadastral Mapping. *Remote Sen.* **2016**, *8(8)*, 689. https://doi.org/10.3390/rs8080689.
8. Crommelinck, S.; Höfle, B.; Koeva, M.N.; Yang, M.Y.; Vosselman, G. Interactive Cadastral Boundary Delineation from UAV Data. *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* **2018**, *IV–2*, 81–88. https://doi.org/10.5194/isprs–annals–IV–2–81–2018.
9. Fetai, Bujar.; Krištof Oštir.; Fras, M.K.; Lisec, A. Extraction of Visible Boundaries for Cadastral Mapping Based on UAV Imagery. *Remote Sen.* **2019**, *11(13)*, 1510. https://doi.org/10.3390/rs11131510.
10. FAO. The usage of unmanned aerial vehicle technology in participatory land use planning and mapping, FAO, Naypyitaw, Myanmar, 2020.
11. Anh, T.T. Kết hợp công nghệ UAV, RTK và SES trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn vùng rừng ngập mặn ven biển. Kỷ yếu Hội nghị toàn quốc Khoa học Trái Đất và Tài nguyên với Phát triển bền vững, 2018.
12. Âu, L.H. Tích hợp thiết bị IMU và GNSS thu nhận dữ liệu sử dụng công nghệ trạm tham chiếu ảo (VRS) trên thiết bị bay không người lái (UAV) phục vụ công tác thành lập bản đồ địa hình. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2020**, *45(9).*
13. Long, Đ.N. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ thành lập bản đồ (địa hình và địa chính) từ ảnh chụp bằng máy chụp ảnh phổ thông lắp trên máy bay không người lái M100–CT điều khiển bằng sóng Radio. Đề tài cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2011.
14. Quý, B.N.; Tuấn, P.A.; Quân, D.A.; Hiệp, P.V.; Kiên, T.T.; Tứ, H.X.; Đồng, N.Đ.; Đức, N.D.; Hưng, N.V. 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* **2020,** *61(5),* 43 – 53.
15. Long, N.Q.; Cảnh, L.V. 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. *Tạp chí Công nghiệp mỏ* **2020**, *2*, 79–85.
16. Nghĩa, N.V. Xây dựng mô hình sốđộ cao cho mỏ lộ thiên có độ sâu lớn từ dữ liệu ảnh chụp bằng thiết bị bay Inspire 2. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ –Địa chất* **2020**, *61(1),* 1–10.
17. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Thông tư số 07/2021/TT–BTNMT ngày 30/6/2021, Quy định kỹ thuật thu nhận và xử lý dữ liệu ảnh số từ tàu bay không người lái, 2021.
18. Nghị, Đ.T.; Sơn, P.P.H.; Hổ, T.N.; Duyên, P.T.M.; Loan, N.T.; Nhân, P.T. Ứng dụng công nghệ máy bay không người lái (Phantom 4 RTK) trong đo đạc, thành lập bản đồ tỷ lệ lớn phục vụ công tác quản lý đất đai. Kỷ yếu Hội thảo Ứng dụng GIS toàn quốc, Đại học Bách Khoa TPHCM, 2020.
19. Đợi, N.T.; Xuân, N.H.; Tú, N.A.; Trường, T.V.; Nghị Đ.T.; Thành, P.V. Ứng dụng thiết bị bay không người lái (UAV) phục vụ giám sát các hệ sinh thái đới bờ biển: nghiên cứu tại quần thể Hòn yến, tỉnh Phú Yên. Tuyển tập Hội thảo khoa học và công nghệ toàn quốc, Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ, 2021.
20. Falkner, E.; Morgan, D. Aerial Mapping: Methods and Applications, Second Edition (2nd ed.). CRC Press, 2001. https://doi.org/10.1201/9780367801359.

21. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Thông tư số 17/2005/TT – BTNMT ngày 21 tháng 12 năm 2005, Quy định về kỹ thuật thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1:2000 và 1:5000 bằng công nghệ ảnh số, 2005.
22. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Thông tư số 25/2014/TT – BTNMT ngày 19 tháng 5 năm 2014, Quy định về bản đồ địa chính, 2014.
23. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Thông tư số 27/2018/TT – BTNMT ngày 14 tháng 12 năm 2018, quy định về thống kê, kiểm kê đất đai và lập bản đồ hiện trạng sử dụng đất, 2018.

Research for the applicability of low-cost unmanned aerial vehicles in survey mapping: cases study in Binh Dinh province

Nguyen Trong Doi[1*], Do Tan Nghi[1], Ngo Anh Tu[1], Nguyen Huu Xuan[1]

[1] Quynhon University; nguyentrongdoi@qnu.edu.vn; dotannghi@qnu.edu.vn; ngoanhtu@qnu.edu.vn; nguyenhuuxuan@qnu.edu.vn

Abstract: Surveying and mapping is one of the most important tasks, are prioritized as the foundation for land management. However, this data source is still lacking, low quality, and it has not been updated in time to deal with practical demand in many localities across the country. The boom development and extensive application of Unmaned Aerial Vehicles (UAVs) in mapping has brought surveying science to a new range of vision. This paper studies the applicability of low–cost UAV section to establish certain types of maps in land management. Experimental research on a number of surveying works to establish cadastral map, topographic map and current land use map in Binh Dinh province with many different methods and techniques to assess accuracy, relevance and make recommendations in practice.

Keyword: Low-cost UAV; Mapping; Binh Dinh province.