

USING UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV) TO DEVELOP DIGITAL TERRAIN MODEL, FOR GOLF COURSE DESIGN

Ha Quy Quynh^{1,2*}, Tran Anh Tuan^{1,2}, Nguyen Thanh Hoan³, Nguyen Van Dung³

¹Institute of Ecology and Biological Resources - VAST, ²Graduate University of Science and Technology - VAST

³Institute of Geography - VAST

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received: 16/8/2023	Different technologies are often used for acquiring topographic surface data such as Electronic Total Stations, Global Navigation Satellite Systems, Terrestrial Laser Scanning, and Light Detection and Ranging. However, these methods demand substantial implementation time, incur higher costs, and involve greater complexity in comparison to UAV technology. The present study focuses on harnessing UAV technology to capture aerial imagery, complemented by ground control point measurements using RTK techniques. The study unfolds through the following sequential phases: flight plan construction; UAV imaging across a study area; acquisition of ground control points; UAV image processing; developing digital terrain model and extensive topographic data creation. The results encompassed 1,929 aerial scenes, 24 meticulously surveyed ground control points, an orthophoto mosaic, a digital terrain model, and contour line information (with a 1-meter elevation interval) delineating the 235,76 hectare region. The terrain data included 6m (lowest) to 81m high (highest) contour lines; the area with slope < 3° cover 19,47ha (8,26%), 3-8°, 23,95ha, 10,16%; 8-15°, 46,25ha, 19,62%; 15-25°, 72,34ha, 30,68%; 25-35°, 28,42ha, 12,06%; 35-81°, 45,34ha, 19,23%. There are 6 hill, 2 valley and 1 plain areas. These findings underscore the distinct advantages of UAV-based large-scale mapping, offering substantial contributions to planning, landscape architecture, and terrain design considerations.
Revised: 28/9/2023	
Published: 28/9/2023	
KEYWORDS	
Unmanned Aerial Vehicles - UAV	
Digital Terrain Model (DTM)	
Topographic map	
Geographic Information system (GIS)	
Golf course design	

SỬ DỤNG MÁY BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI (UAV) TRONG XÂY DỰNG MÔ HÌNH SỐ ĐỊA HÌNH, ỨNG DỤNG TRONG THIẾT KẾ SÂN GÔN

Hà Quý Quỳnh^{1,2*}, Trần Anh Tuấn^{1,2}, Nguyễn Thanh Hoàn³, Nguyễn Văn Dũng³

¹Viện Sinh thái và Tài nguyên sinh vật - VAST, ²Học viện Khoa học và Công nghệ - VAST, ³Viện Địa lý - VAST

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 16/8/2023	Các công nghệ Toàn đạc điện tử; định vị vệ tinh; quét Laser mặt đất và bay quét LiDAR được sử dụng trong thu thập dữ liệu bề mặt địa hình, phục vụ xây dựng bản đồ địa hình tỉ lệ lớn tốn nhiều thời gian, kinh phí hơn công nghệ UAV. Nghiên cứu này ứng dụng công nghệ UAV chụp ảnh kết hợp đo điểm khống chế mặt đất bằng máy RTK phục vụ xây dựng mô hình số địa hình tỉ lệ lớn. Các bước nghiên cứu chính gồm: Thu thập dữ liệu sơ bộ và xây dựng kế hoạch bay; Bay chụp ảnh UAV khu vực nghiên cứu; Đo điểm khống chế, xử lý ảnh UAV; xây dựng mô hình số địa hình và dữ liệu địa hình tỷ lệ lớn. Các kết quả gồm: 1.929 cảnh ảnh, 24 điểm khống chế, ảnh ghép UAV trực giao, mô hình số địa hình; dữ liệu địa hình với độ chênh cao đường bình độ 1 m của khu vực đồi rộng 235,76 ha. Số liệu địa hình gồm đường bình có độ cao từ 6 m (thấp nhất) đến 81 m (cao nhất); Độ dốc <3° có diện tích 19,47 ha, chiếm 8,26%, và từ 3-8°, 23,95 ha, 10,16%; 8-15°, 46,25 ha, 19,62%; 15-25°, 72,34 ha, 30,68%; 25-35°, 28,42 ha, 12,06%; 35-81°, 45,34 ha, 19,23%. Có 6 vùng đồi địa hình dương, 2 vùng địa hình âm và 1 vùng thoải. Kết quả nghiên cứu có thể mở rộng trong ứng dụng quy hoạch, thiết kế cảnh quan, địa hình...
Ngày hoàn thiện: 28/9/2023	
Ngày đăng: 28/9/2023	
TỪ KHÓA	
Máy bay không người lái	
Mô hình số địa hình	
Bản đồ địa hình	
Hệ thông tin địa lý	
Thiết kế sân golf	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.8554>

* Corresponding author. Email: haquyquynh@gmail.com

1. Giới thiệu

Trên thế giới, việc thành lập bản đồ bằng công nghệ ảnh chụp từ máy bay không người lái (Unmanned Aerial Vehicles-UAV) ngày càng được sử dụng rộng rãi trong ngành trắc địa, bản đồ. Tuy nhiên, công nghệ này vẫn tương đối mới ở Việt Nam [1] – [3]. Các công nghệ phổ biến hiện nay đang được sử dụng là Toàn đạc điện tử và công nghệ định vị vệ tinh (GNSS); quét Laser mặt đất (Terrestrial Laser Scanning -TLS) và công nghệ bay quét LiDAR (Light Detection and Ranging) [4]. Công nghệ Toàn đạc điện tử và định vị vệ tinh đã và đang được sử dụng phổ biến trong thu thập dữ liệu mặt đất phục vụ nghiên cứu địa chính, trắc địa địa hình, xây dựng dân dụng và thiết kế kiến trúc, do độ chính xác cao, dưới 1 m [1], nhược điểm của công nghệ này là tốn nhiều thời gian. Công nghệ quét Laser mặt đất và công nghệ bay quét LiDAR đang dần thay thế cho hai công nghệ đã nêu bên trên [4], [5], tuy đã khắc phục được nhược điểm về thời gian của công nghệ GNSS nhưng các công nghệ Laser và LiDAR có nhược điểm giá thành rất cao cần sử dụng nhiều thiết bị đắt tiền.

Thời gian gần đây, cùng với sự phát triển của công nghệ định vị vệ tinh, công nghệ chụp ảnh từ UAV được sử dụng nhiều trong xây dựng bản đồ tỷ lệ lớn. Công nghệ này có nhiều ưu điểm, đang được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như công tác đo đạc thành lập bản đồ, giao thông, sản xuất nông nghiệp, nghiên cứu địa chất, và nghiên cứu môi trường [1].

Sự phát triển của công nghệ bay chụp bằng UAV, xử lý ảnh UAV và phân tích địa hình được mở rộng sang xây dựng bản đồ địa hình phục vụ thiết kế công trình với độ chính xác lên đến 1 m đã giải quyết vấn đề về giá thành, giải pháp có chi phí thấp, thời gian triển khai nhanh, có thể tích hợp với Hệ thống tin địa lý để phân tích chuyên sâu [6] – [8]. Ở Việt Nam một số nghiên cứu ứng dụng ảnh UAV có nội dung liên quan nghiên cứu mô hình số địa hình đã được triển khai gồm: nghiên cứu cơ sở khoa học đo ảnh chụp từ UAV [4], xây dựng mô hình số bề mặt từ ảnh UAV [1].

Thiết kế sân gôn yêu cầu nghiên cứu địa hình của khu vực rộng từ vài chục đến hàng trăm ha kết hợp tính toán về đào, đắp vật liệu để tạo ra các vùng có địa hình âm, dương đan xen. Công việc này bắt buộc phải sử dụng bản đồ địa hình tỉ lệ lớn (độ chênh cao ≤ 1 m) cùng với các dữ liệu mô hình số bề mặt, mô hình số địa hình... Bài báo bổ sung thêm công nghệ mới, hiện đại, tốn ít thời gian, giá thành thấp trong nghiên cứu xây dựng dữ liệu địa hình tỉ lệ lớn.

Bài báo này giới thiệu kết quả sử dụng máy bay không người lái trong mô hình số địa hình phục vụ thiết kế sân gôn, lấy ví dụ tại sân gôn Silk Path Đông Triều có vị trí nằm tại xã An Sinh, thị xã Đông Triều, tỉnh Quảng Ninh.

2. Phương pháp nghiên cứu

Các phương pháp được sử dụng gồm: Chụp ảnh bằng UAV; đo tọa độ, vị trí điểm khống chế; xử lý ảnh UAV; xây dựng mô hình số địa hình; Hệ thống thông tin địa lý (Geographic Information System – GIS) được sử dụng để xây dựng bản đồ địa hình.

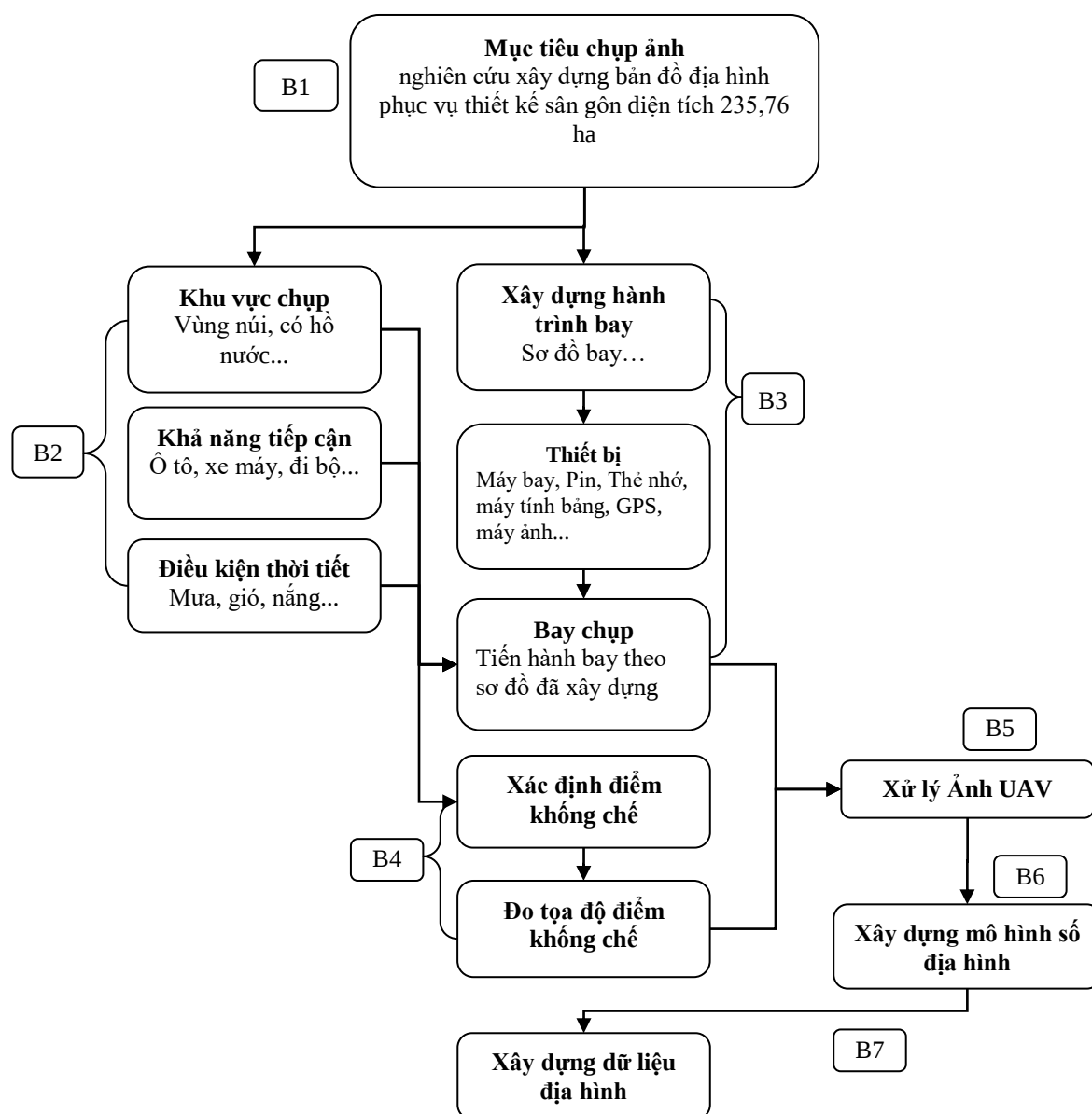
Chụp ảnh bằng UAV và thu thập thông tin điểm khống chế, xử lý ảnh là các bước chính được sử dụng trong nghiên cứu này, thể hiện trong sơ đồ nghiên cứu như trên Hình 1.

Bước 1 (B1): Xác định mục tiêu chụp ảnh bằng UAV phục vụ xây dựng bản đồ địa hình. Các số liệu sơ bộ, tình huống, điều kiện bất thường, ảnh hưởng tới quá trình bay ngoài hiện trường cần được xem xét trong xây dựng kế hoạch bay chụp chi tiết, dự báo các tình huống không theo kế hoạch tại hiện trường và các phương án xử lý.

Bước 2 (B2): Nghiên cứu tính toán khu vực bay, mức độ phức tạp của địa hình, khả năng di chuyển tiếp cận điểm cất cánh, thời tiết như nắng, mưa, gió và các điều kiện ảnh hưởng đến quá trình cất cánh, hạ cánh, di chuyển đến hành trình và chụp ảnh, thời gian bay của máy bay.

Bước 3 (B3): Xây dựng lịch trình triển khai chi tiết bao gồm: thời gian chuẩn bị cho ca bay; phương án dự phòng; các tình huống và giải pháp xử lý; triển khai hành trình bay và chụp ảnh (chỉnh sửa hành trình bay đã thiết lập cho phù hợp với điều kiện thực địa nếu cần).

Bước 4 (B4): Xác định các điểm không chế là các đối tượng dễ quan sát trên ảnh, đối tượng dạng tuyến, sử dụng sơn để đánh dấu điểm không chế, tiến hành đo tọa độ điểm không chế bằng máy toàn đạc cầm tay, trạm Real-Time Kinematic (RTK) – tăng cường tín hiệu hệ thống định vị toàn cầu – GPS.



Hình 1. Sơ đồ quy trình ứng dụng UAV chụp ảnh phục vụ xây dựng bản đồ địa hình

Bước 5 (B5): Trút dữ liệu ảnh chụp từ thiết bị UAV vào máy tính; Xác định điểm không chế trên ảnh; Sử dụng phần mềm Pix4Dmapper để xử lý ảnh UAV.

Bước 6 (B6): Xây dựng mô hình số địa hình và ảnh UAV đã được hiệu chỉnh trực giao;

Bước 7 (B7): Sử dụng mô hình số địa hình để xây dựng dữ liệu địa hình khu vực nghiên cứu.

Sử dụng máy bay Inspire 2 của DJI với các thông số chính liên quan gồm: Tương thích với máy ảnh Gimbal 5.2K; Sử dụng 1 cặp pin; Tốc độ bay tối đa 25,93m/s; Cảm biến vật cản tiên

tiền; Camera FPV (First Person View – hình ảnh người lái) tích hợp với gimbal 2 trục; Phạm vi hoạt động tối đa 7 km; Camera Zenmuse X2S; cảm biến 2,54 cm độ phân giải 20 MP, ống kính tiêu cự 24 mm F2.8-11 [3].

Các phần mềm bay gồm: DIJ GO 4; DJI pro [7] để điều khiển bay chụp, cất cánh, hạ cánh, bay khảo sát chương ngại vật, bay hành trình. Trong đó phần mềm DIJGO4 để điều khiển UAV cất cánh và hạ cánh máy UAV, khảo sát sơ bộ địa hình; DJI pro sử dụng để bay theo hành trình và chụp ảnh. Các phần mềm GIS và xử lý ảnh gồm UAV gồm: PIX4Dmapper; ArcGIS 10.8. Các tư liệu, số liệu gồm: Bản đồ địa hình tỉ lệ 1:50.000, tọa độ các điểm khống chế mặt đất...

3. Kết quả và bàn luận

Triển khai quy trình nghiên cứu bài báo giới thiệu các kết quả gồm ảnh UAV độ phân giải cao, mô hình số địa hình và bản đồ đường bình độ khu vực dự kiến xây dựng sân gôn Silk Path Đông Triều, tỉnh Quảng Ninh.

3.1. Ảnh UAV trực giao

Tại khu vực nghiên cứu có địa hình chủ yếu là đồi thấp, đỉnh cao nhất có độ cao tuyệt đối 81 m, điểm thấp nhất có độ cao 6 m. Đường giao thông khu vực nghiên cứu thuận lợi cho phép tiếp cận điểm nghiên cứu bằng xe ô tô, vận chuyển thiết bị đến điểm nghiên cứu.

Đã triển khai bay chụp UAV với các thông số chi tiết sau: diện tích khu vực bay 235,76 ha; thời gian bay 3 giờ (từ 8:30-11:30 ngày 01/5/2021); số ca bay: 02; tổng số ảnh chụp 1.929 ảnh; độ cao bay 150 m; độ cao 2 điểm cất cánh là 17,1 m và 14,8 m; độ phủ 2 ảnh liền kề là 75%.

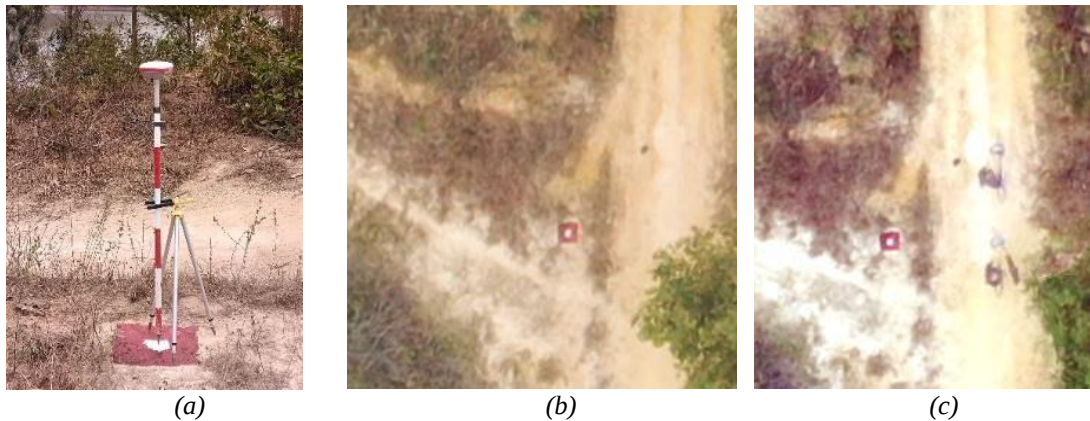
Xác định 24 điểm khống chế và đo tọa độ, độ cao bằng máy RTK (Hình 2, Bảng 1). Ảnh điểm khống chế trên ảnh UAV và ảnh điểm khống chế sau khi ghép ảnh UAV thể hiện trên Hình 2. Độ phân giải ảnh UAV là 3,93 cm. Số liệu điểm khống chế phục vụ hiệu chỉnh ảnh trực giao và đánh giá kết quả của mô hình.

Xử lý sơ bộ bao gồm: Đọc tọa độ tâm ảnh bằng phần mềm EasyGeoTagger, thông số này được xuất ra file Excel cung cấp thông tin hỗ trợ phục vụ xử lý chuyên đề.

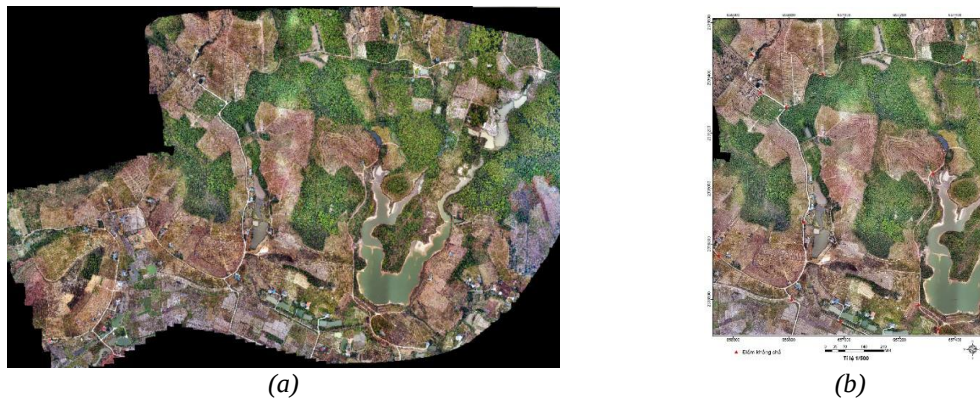
Kết quả xử lý thu được 1 ảnh UAV trực giao, độ phân giải 3,93 cm bao phủ toàn bộ khu vực dự án sân gôn Đông Triều.

Bảng 1. Thông tin, vị trí, độ cao các điểm khống chế

Tên điểm	Thông tin tọa độ			Tên điểm	Thông tin tọa độ		
	Kinh độ	Vĩ độ	Độ cao (m)		Kinh độ	Vĩ độ	Độ cao (m)
1	106.5163	21.13997	12.508	13	106.5044	21.14404	16.115
2	106.5145	21.14171	17.101	14	106.5076	21.14339	18.255
3	106.5152	21.14091	14.087	15	106.5088	21.14992	36.538
4	106.5171	21.13986	12.401	16	106.5091	21.14869	26.112
5	106.5161	21.14071	22.597	17	106.51	21.14819	20.688
6	106.5151	21.14599	14.103	18	106.5106	21.14443	16.24
7	106.5205	21.14222	14.799	19	106.5113	21.14926	25.83
8	106.5118	21.1412	12.068	20	106.5162	21.14975	26.729
9	106.5101	21.14192	12.282	21	106.5187	21.14795	17.719
10	106.5069	21.1451	19.72	22	106.5178	21.14958	22.532
11	106.5057	21.14382	15.733	23	106.519	21.14974	24.122
12	106.5051	21.14055	14.707	24	106.5164	21.14966	30.039



Hình 2. Ảnh điểm khống chế (a) ghi nhận thông tin bằng RTK (b) điểm khống chế trên ảnh UAV (c) điểm khống chế trên ảnh UAV sau khi ghép



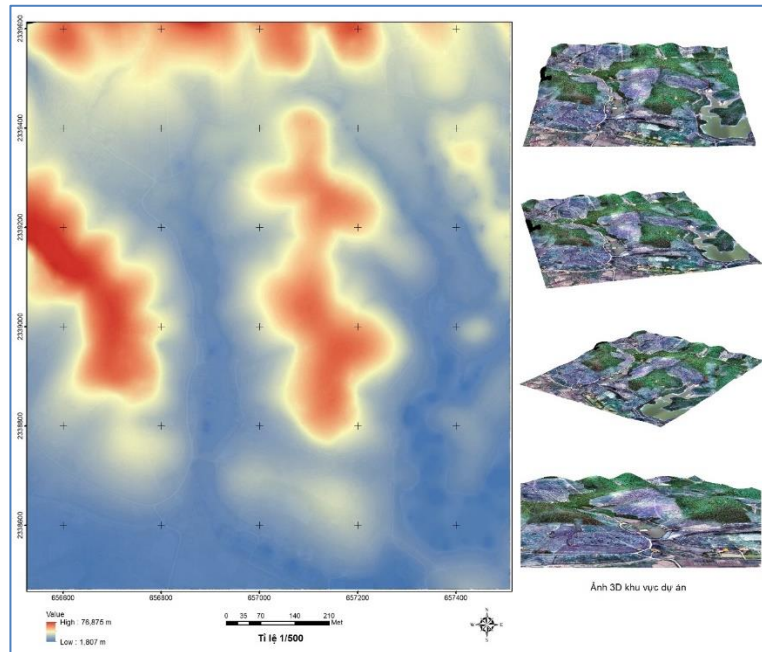
Hình 3. Ảnh trực giao (a) Toàn cảnh khu vực nghiên cứu (b) Bình đồ ảnh khu vực Trung tâm dự án

Hình 3 thể hiện ảnh trực giao toàn khu vực và khu vực trung tâm của sân golf Silk Path Đông Triều được trích lược từ sản phẩm ảnh UAV từ phần mềm Pix4Dmapper. Ảnh UAV độ phân giải 3,93 cm cho phép xử lý bằng mắt thường, có thể phân loại các đối tượng dạng tuyến, (đường giao thông) các đối tượng polygon kích thước tương ứng điểm khống chế.

3.2. Mô hình số địa hình

Từ số liệu ảnh UAV và thông tin, tọa độ, độ cao các điểm khống chế tiến hành nhập ảnh UAV vào phần mềm PIX4Dmapper; xác định điểm khống chế và nhập tọa độ, độ cao; chọn hệ tọa độ; chọn dạng kết quả (ảnh ghép toàn sắc và mô hình số bề mặt, mô hình số độ cao) và tiến hành xử lý. Phần mềm Pix4D Mapper thực hiện tìm kiếm điểm chung giữa các ảnh chồng phủ (overlap), mỗi điểm chung trên từng ảnh chồng phủ gọi là điểm chìa khóa (Keypoint). Khi một Keypoint được tìm thấy trên hai ảnh, chúng sẽ được kết hợp lại để tạo thành một điểm 3D. Tập hợp của nhiều điểm 3D tạo ra các đám mây điểm 3D (Point Cloud). Từ các đám mây điểm 3D phần mềm Pix4D Mapper tái dựng lại các đối tượng, lập mô hình số bề mặt. Từ mô hình số bề mặt, đám mây điểm (Point Cloud) và hình ảnh toàn sắc Pix4D Mapper tự động nội suy mô hình số độ cao DEM (hình 4). Độ phân giải của mô hình đạt 3,93 cm (kích thước 1 điểm ảnh), bằng với độ phân giải của ảnh UAV.

Dữ liệu Mô hình số địa hình được sử dụng cho các mục đích nghiên cứu chuyên sâu như địa hình của khu vực trung tâm, khu vực thiết kế hồ nước, khu vực địa hình dương, khu vực địa hình âm... (hình 4).



Hình 4. Mô hình số địa hình khu trung tâm dự án sân gôn Đông Triều

Để đánh giá độ chính xác của mô hình, bài báo sử dụng 02 điểm khống chế để so sánh và kiểm nghiệm kết quả của mô hình, theo nguyên tắc mỗi 1 ca bay cần ít nhất 1 điểm kiểm tra và độ chính xác của sai số trung phương $< 0,25$ m, đối với bản đồ bản đồ tỉ lệ 1/500, kết quả cho thấy 02 điểm này đều đảm bảo độ chính xác theo quy định (Thông tư 07/2021/TT-BTNMT), (Bảng 2).

Bảng 2. Bảng đánh giá độ chính xác của mô hình

Thứ tự	Kết quả đánh giá độ chính xác của mô hình				
	Kinh độ	Vĩ độ	Độ cao điểm khống chế (m)	Độ cao sau khi nội suy (m)	Sai số (m)
1	106.5163	21.13997	12.508	12.306	- 0,202
2	106.5205	21.14222	14.799	14.921	+ 0,122

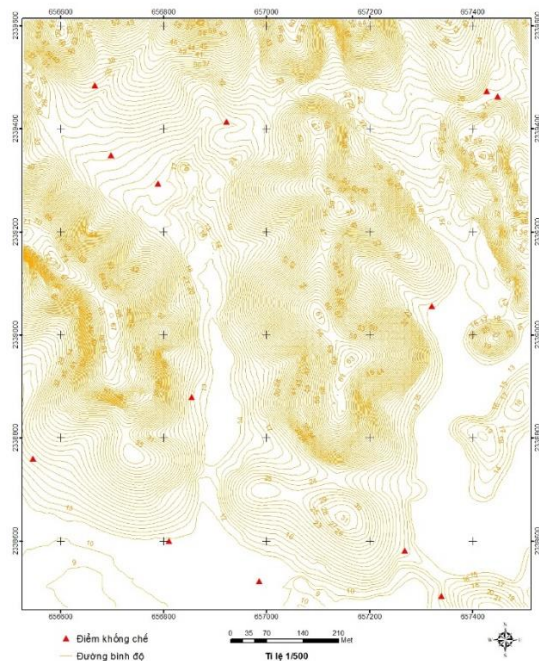
3.3. Dữ liệu đường bình độ

Sử dụng mô hình số địa hình ở mục 3.2 làm số liệu đầu vào, ứng dụng các chức năng phân tích địa hình của phần mềm GIS (ArcGIS) để phân tích địa hình thu được dữ liệu đường bình độ với độ chênh cao giữa 2 đường bình độ là 1 m, sản phẩm này được sử dụng để xây dựng bản đồ tỉ lệ lớn 1:500. Hình 5 thể hiện dữ liệu địa hình khu vực Trung tâm dự án sân gôn Đông Triều.

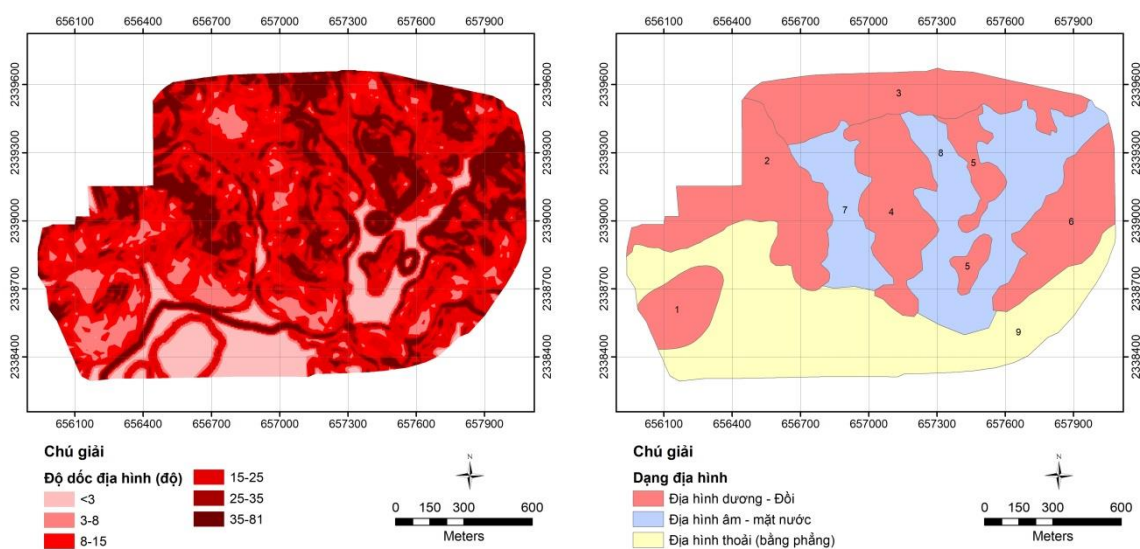
Dữ liệu địa hình khu vực sân gôn thể hiện qua số liệu đường bình độ, độ dốc địa hình và dạng địa hình. Số liệu đường bình độ thể hiện: có 1 đường bình độ có độ cao tuyệt đối thấp nhất là 6 m; 1 đường bình độ có độ cao tuyệt đối cao nhất là 81 m. Số lượng đường bình độ theo các khoảng độ cao khu vực sân gôn như sau: từ 6-10 m có 27 đối tượng (đường); từ 11-20 m có 100 đường; từ 21-30 m (121); 31-40 m (144); 41-50 m (112); 51-60 m (101); 61-70 m (62); 71-81 m có 19 đường (hình 5). Độ dốc địa hình thể hiện: độ dốc $< 3^\circ$ có diện tích 19,47 ha, chiếm 8,26%; từ $3-8^\circ$ tương ứng 23,95 ha và 10,16%; từ $8-15^\circ$ (46,25ha, 19,62%); từ $15-25^\circ$ (72,34 ha, 30,68%); từ $25-35^\circ$ (28,42 ha, 12,06%); từ $35-81^\circ$ (45,34 ha, 19,23%), (hình 6a). Dạng địa hình thể hiện 6 khu vực địa hình dương - đồi; 2 khu vực địa hình âm, (mặt nước) và 1 khu vực địa hình thoải (hình 6b).

Ứng dụng công nghệ bay chụp bằng UAV và các phần mềm cho phép thành lập, xây dựng dữ liệu địa hình rút ngắn được thời gian so với phương pháp truyền thống, chi phí thực hiện thấp

hơn. Kết quả cho phép ứng dụng thiết kế công trình với độ chính xác chênh cao 1 m. Trong thiết kế sân gôn, công nghệ này thể hiện những tính năng mới có nhiều tiềm năng để mở rộng trong các ứng dụng khác như thiết kế đô thị, khảo sát, xây dựng các khu nghỉ dưỡng.



Hình 5. Dữ liệu đường bình độ khu vực Trung tâm dự án sân gôn Đông Triều



(a) Độ dốc địa hình

(b) Dạng địa hình

Hình 6. Dữ liệu địa hình khu vực sân gôn Đông Triều

4. Kết luận

Sử dụng máy bay không người lái và các thiết bị, công nghệ liên quan như RTK để nghiên cứu địa hình thu được 1.929 cảnh ảnh có độ phân giải 3,93 cm, bao phủ diện tích >235,76 ha và 24 điểm khống chế với thông tin về tọa độ, độ cao. Công việc chụp ảnh bằng UAV khu vực 235,76 ha được thực hiện trong thời gian 3 giờ.

Thực hiện quy trình 7 bước và ứng dụng phần mềm chuyên dụng như Pix4Dmapper và GIS để xử lý ảnh UAV thu được ảnh UAV toàn cảnh; mô hình số địa hình độ phân giải 3,93 cm.

Ứng dụng phần mềm ArcGIS với số liệu đầu vào là mô hình số độ cao để phân tích địa hình thu được dữ liệu đường bình độ với độ chênh cao 1 m với các thông tin chi tiết: 1 đường bình có độ cao thấp nhất 6 m; 1 đường bình độ có độ cao cao nhất là 81 m. Độ dốc $<3^\circ$ có diện tích 19,47 ha, chiếm 8,26%; từ $3-8^\circ$, 23,95 ha, 10,16%; $8-15^\circ$, 46,25 ha, 19,62%; $15-25^\circ$, 72,34 ha, 30,68%; $25-35^\circ$, 28,42 ha, 12,06%; $35-81^\circ$, 45,34 ha, 19,23%. Có 6 vùng đồi địa hình dương, 2 vùng địa hình âm và 1 vùng thoải. Số liệu đảm bảo tỉ lệ lớn trong nghiên cứu thiết kế sân gôn Đông Triều, thời gian ngắn chỉ 3 giờ cho thu thập số liệu thực địa, chi phí thấp hơn so với phương pháp truyền thống, số liệu đảm bảo tính khả thi trong thiết kế, thi công.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi đề tài “Nghiên cứu ứng dụng thiết bị không người lái (UAV) thành lập bản đồ 3D”; mã số NVCC0904/23-23.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] T. D. Bui, V. C. Nguyen, M. H. Hoang, B. P. Dong, V. H. Nhu, T. A. Tran, and Q. M. Nguyen, "Construction of digital surface model and orthophoto using UAV photogrammetry technology," (in Vietnamese), in *Proc. Conf. Science and Technology Geodesy and Cartography for Climate Change Adatation*, Hanoi, 2016, pp. 206-220.
- [2] K. N. Tahar, "Multi rotor UAV at different altitudes for slope mapping studies," *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XL-1/W4, pp. 9-16, 2015, doi:10.5194/isprsarchives-XL-1-W4-9-2015.
- [3] J. He, Y. Li, and K. Zhang, "Research of UAV Flight Planning Parameters," *Positioning*, vol. 3, pp. 43-45, 2012, doi: 10.4236/pos.2012.34006.
- [4] D. D. Nguyen and N. Q. Bui, "UAV photogrammetry for topographical mapping based on Scale-Invariant FeatureTransform and Structure from Motion," (in Vietnamese), *Journal of Geodesy and Cartography*, vol. 46, pp. 19-27, 2020.
- [5] H. T. Berie and I. Burud, "Application of unmanned aerial vehicles in earth resources monitoring: focus on evaluating potentials for forest monitoring in Ethiopia," *European Journal of Remote Sensing*, vol. 51, no. 1, pp. 326-335, 2018, doi: 10.1080/22797254.2018.1432993.
- [6] R. J. G. Nuijten, L. Kooistra, and G. B. D. Deyn, "Using Unmanned Aerial Systems (UAS) and Object-Based Image Analysis (OBIA) for Measuring Plant-Soil Feedback Effects on Crop Productivity," *Drones*, vol. 3, no. 54, 2019, doi:10.3390/drones3030054.
- [7] J. Kang, S. Lee, S. Yeon, and S. Park, "Improving 3D mesh quality using multi-directional UAV images," *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XLII-2/W13, pp. 419-423, 2019, doi: 10.5194/isprs-archives-XLII-2-W13-419-2019.
- [8] Q. Q. Ha, A. T. Tran, H. T. Nguyen, and D.V. Nguyen, "Using unmanned aerial vehicle (UAV) inquire photo for study of structure of ecological systems in central highland's mountains," (in Vietnamese), in *Proc. 13th National Conference on Geography Science*, Hanoi, 2022, pp. 791-800.