

ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP ẢNH MÁY BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI XÂY DỰNG BẢN ĐỒ 2D VÀ MÔ HÌNH HIỆN TRẠNG 3D PHỤC VỤ THIẾT KẾ QUY HOẠCH

APPLICATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES (UAV) IN BUILDING 2D MAPS AND 3D CURRENT STATUS MODELS FOR PLANNING DESIGN

Lê Văn Hùng

Viện Khoa học công nghệ xây dựng

Email: hungleibst@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.59382/pro.intl.con-ibst.2023.ses3-22>

TÓM TẮT: Bài báo có nội dung trình bày công tác khảo sát địa hình sử dụng ảnh máy bay không người lái (UAV) để xây dựng bản đồ 2D và mô hình hiện trạng 3D. Công nghệ này đã được sử dụng trong nhiều lĩnh vực phục vụ cuộc sống, tuy nhiên ở Việt Nam trong công tác thiết kế quy hoạch vẫn chưa được ứng dụng phổ biến. Các kiến trúc sư quy hoạch vẫn theo phương pháp truyền thống là dựa vào cơ sở dữ liệu bản đồ nền 2D cộng với các số liệu đầu vào thu thập từ nhiều nguồn khác nhau và với yêu cầu của Chủ đầu tư để phân tích, thiết kế quy hoạch. Các sản phẩm được tạo ra từ đầu vào nêu trên là các bản vẽ thiết kế chi tiết 2D và mô hình thiết kế 3D sẽ khó tránh khỏi các thiếu sót, hạn chế do đó sẽ ảnh hưởng đến chất lượng, gây chậm tiến độ do phải điều chỉnh thiết kế. Công tác thiết kế quy hoạch ứng dụng các kết quả là sản phẩm từ thiết bị UAV như bản đồ địa hình 2D, bình đồ ảnh, mô hình hiện trạng 3D, mô hình số độ cao (DEM), dữ liệu đám mây điểm (Point cloud)... sẽ nâng cao chất lượng thiết kế, quản lý quy hoạch, ngoài ra thêm hướng tiếp cận về thiết kế xanh, bền vững, đáp ứng sự biến đổi khí hậu và các sự cố về thiên tai.

TỪ KHÓA: 2D, 3D, UAV, DEM, Point cloud.

ABSTRACTS: The article presents the topographic survey work using unmanned aerial vehicle (UAV) images to build 2D maps and 3D current status models. This technology has been used in many areas of life, but in Vietnam in planning design, it has not been widely applied. Planning architects still follow the traditional method of relying on the 2D basemap database plus input data collected from various sources and at the request of the Investor to analyze and design the plan. The products created from the above inputs are 2D detailed design drawings and 3D design models. It will be difficult to avoid shortcomings and limitations that will affect quality and slow progress due to design adjustments. The design and application of the results from UAV equipment such as 2D topographic maps, image maps, 3D current status models, digital elevation models (DEM), point cloud data, etc. will improve the quality of design and planning management, in addition to adding an approach to green, sustainable design, responding to climate change and natural disasters.

KEYWORDS: 2D, 3D, UAV, DEM, Point cloud.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Với sự phát triển như vũ bão về công nghệ và tốc độ xây dựng nhanh như hiện nay đặt ra những yêu cầu mới về khảo sát và quy hoạch đô thị hiệu quả, chất lượng cao. Một phương pháp khảo sát lập bản đồ mới dựa trên công nghệ UAV (Unmanned Aerial Vehicle) đang phát triển mạnh mẽ và được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Sơ

lược lịch sử công nghệ chụp ảnh từ các UAV đã được phát triển hơn 60 năm qua, và được nghiên cứu và sử dụng ở nhiều nước trên thế giới như: Mỹ, Nga, Trung Quốc... Trong thời gian đầu UAV được sử dụng cho các mục đích quân sự, qua nhiều năm phát triển các UAV hiện đại được sử dụng trong nhiều ứng dụng quan trọng nhiều loại UAV được thiết kế gọn nhẹ, thao tác nhanh; khởi bay bằng tay hoặc các dụng cụ đơn giản thích ứng với mọi điều kiện địa

hình. Các ứng dụng từ dữ liệu được đo, chụp từ UAV hiện đang là mối quan tâm hàng đầu của các nhà nghiên cứu với rất nhiều ưu điểm so với các nguồn dữ liệu truyền thống. Ở Nước ngoài công nghệ UAV cũng có nhiều nghiên cứu ở nhiều lĩnh vực, tuy nhiên trong lĩnh vực khảo sát quy hoạch thì các nghiên cứu mới chỉ dừng lại ở việc thành lập bản đồ [9], [10], [...], [13] hay đánh giá độ chính xác [8], phép đo ảnh chuyển động [14]. Có một số nghiên cứu có liên quan đến quy hoạch đô thị với nội dung về quy hoạch sử dụng đất đô thị ở Canada [15], đánh giá triển vọng [17], nghiên cứu ứng dụng đo đạc và lập bản đồ địa hình bằng chụp ảnh hàng không UAV [19], hay về pháp lý và quyền riêng tư [18]. Còn ở Việt Nam, có rất nhiều nghiên cứu ứng dụng công nghệ UAV trong các lĩnh vực có liên quan như, lập bản đồ [1], [6], [7] lập bản đồ 3D [5], [8], khảo sát đường giao thông [4]... tuy nhiên trong lĩnh vực quy hoạch có một số nghiên cứu về ứng dụng công nghệ bản đồ 3D trong quy hoạch đô thị sử dụng các dữ liệu 3D từ ảnh viễn thám, LiDAR... Sử dụng dữ liệu ảnh chụp từ UAV trong việc lập bản đồ có ưu điểm là giá thành thấp, nhanh, tiện dụng, độ chính xác cao (do độ phân giải của máy chụp ảnh cao và UAV bay ở độ cao thấp). Do đó với các ưu điểm của công nghệ này tác giả tập trung nghiên cứu ứng dụng ảnh máy bay không người lái để xây dựng bản đồ 2D và mô hình hiện trạng 3D phục vụ công tác thiết kế quy hoạch đảm bảo độ chính xác, tính thời sự của dữ liệu là cần thiết. Hiện nay trên thế giới và ở Việt Nam có rất nhiều thiết bị bay không người lái, tuy nhiên một số thiết bị được sử dụng phổ biến ở Việt Nam là Phantom 4 RTK (PT4RTK) đây là một máy bay không người lái chụp ảnh và lập bản đồ thông minh có khả năng thực hiện chức năng lập bản đồ với độ chính xác cao trong khuôn khổ bài báo này tác giả tiến hành nghiên cứu sử dụng máy bay PT4RTK để thu thập dữ liệu.

2. THIẾT BỊ BAY VÀ QUY TRÌNH XỬ LÝ DỮ LIỆU

2.1. Thiết bị bay Phantom 4 RTK

2.1.1. Cấu tạo của PT4RTK và thông số kỹ thuật

Cấu tạo của hệ thống thiết bị bay PT4RTK cơ bản cũng như các hệ thống thiết bị bay khác, gồm các thành phần chính sau [20]:

- Hệ thống bay: thân máy bay, đầu thu tín hiệu vệ tinh, các loại cảm biến
- Thiết bị dẫn đường;
- Máy ảnh kỹ thuật số;

- Trạm điều khiển mặt đất;
- Trạm xử lý dữ liệu.



Hình 1. Hệ thống thiết bị bay PT4RTK

Một số đặc điểm nổi bật của loại thiết bị bay này là:

- Ứng dụng DJI GS RTK kết hợp với tay cầm và màn hình điều khiển cung cấp sơ đồ bay đa dạng nhằm giải quyết các nhiệm vụ khảo sát và tình huống thu thập dữ liệu khác nhau. Các chế độ bay điển hình như: Chế độ quan trắc 2D, 3D, bay định hướng đến các điểm lập sẵn (Waypoint Flight), cảnh báo và nhận thức địa hình,... và chúng ta có thể nhập file định dạng KML/KMZ để tối ưu hóa quy trình làm việc của mình.

- Kết hợp với trạm di động D-RTK2, PT4RTK có thể được sử dụng như một trạm Rover để cung cấp dữ liệu vi sai thời gian thực cho flycam khảo sát khác để tạo ra giải pháp khảo sát chính xác hoặc có được tọa độ vị trí chính xác.

2.1.2. Thông số kỹ thuật [21]

STT	Nội dung	Thông số
Thông số bay (cắt hạ cánh thẳng đứng)		
1	Trọng lượng cất cánh	1391g (trạng thái cất cánh)
2	Độ cao bay tối đa	600m
3	Tốc độ cất cánh tối đa	6m/s (Chế độ tự động) 5m/s (Chế độ điều khiển tay)
4	Tốc độ tối đa:	50km/giờ (P-mode) 58km/giờ (A-mode)
5	Thời gian bay	Khoảng 30 phút
6	Tần số	2.400 GHz đến 2.483 GHz
B	Khả năng thu tín hiệu vệ tinh	
1	Mô-đun GNSS đơn tần độ nhạy cao	GPS+BeiDou+Galileo (Châu Á) GPS+GLONASS+Galileo (Khả năng khác) Đa tần số – Đa hệ thống RTK GNSS: GPS L1/L2 GLONASS L1/L2 BeiDou B1/B2 Galileo E1/E5a
2	Độ chính xác	Ngang: 1.5 cm + 1 ppm (RMS) Dọc: 1 cm + 1 ppm (RMS)
C	Thông số Gimbal	
1	Gimbal:	3 trục
2	Cao độ:	- 90° đến + 30°
3	Kiểm soát tốc độ rung:	90°/s

STT	Nội dung	Thông số
4	Phạm vi rung góc:	$\pm 0,02^\circ$
D	Thông số hồng ngoại	
1	Phạm vi cảm biến chướng ngại vật:	0.2m – 7m
2	Ngang:	70°
3	Dọc:	$\pm 10^\circ$ (Dọc)
4	Tần số đo:	10Hz
E	Chức năng lập bản đồ	
1	Độ chính xác	Đáp ứng được yêu cầu của độ chính xác tiêu chuẩn ASPRS
2	Độ phân giải mặt đất (GSD)	H/36.5 cm/pixel (H: Độ cao của máy bay so với cảnh chụp)
F	Thông số bộ điều khiển	
1	Phạm vi cảm biến chướng ngại vật:	0,7m – 30m
2	FOV tiền/lùi	Ngang: 60° Dọc: $\pm 27^\circ$ Xuống: 70° Trái và phải: 50°
G	Thông số nguồn	
1	Công suất:	5870 mAh
2	Điện năng:	15.2 V
3	Loại pin:	LiPo 4S
4	Năng lượng:	89.2 Wh
5	Khối lượng:	468 g
6	Nguồn sạc tối đa:	160 W
7	Nhiệt độ sạc:	-10° to 40°C
H	Thông số Camera	
1	Cảm biến:	1 “CMOS; pixel hiệu quả: 20 M (20 triệu điểm ảnh)
2	Ống kính:	FOV 84° ; 8.8 mm / 24 mm Tương đương 24 mm so với kích cỡ phim 35 mm $f/2.8 - f/11$
3	Khoảng cách tự bắt nét thấp nhất:	1 m – ∞
4	Video:	100-3200 (Tự động) 100-6400 (Thủ công)
5	Ảnh	100-3200(Tự động) 100-12800(Thủ công)
6	Tốc độ màn trập cơ:	8 – 1/2000s
7	Tốc độ màn trập điện:	8 – 1/2000s
8	Kích thước ảnh lớn nhất	(4:3) 4864×3648 (3:2): 5472×3648
9	Chế độ ghi hình:	H.264 4K : 3840×2160 30P
10	Định dạng ảnh:	JPG
11	Định dạng video:	MOV
12	Hỗ trợ tệp:	FAT32 (≤ 32 GB); exFAT > 32 GB)
13	Hỗ trợ thẻ nhớ:	MicroSD
14	Nhiệt độ hoạt động:	0° to 40°C

2.2. Nguyên lý cơ bản của phương pháp đo ảnh và quy trình xử lý dữ liệu ảnh UAV

2.2.1. Nguyên lý cơ bản của phương pháp đo ảnh

Phương pháp đo đặc chụp ảnh là một phương pháp đo gián tiếp thông qua ảnh hoặc các nguồn thông tin thu được của đối tượng đo. Nhiệm vụ của phương pháp đo ảnh là xác định trạng thái hình học của đối tượng đo bao gồm: vị trí, hình dạng, kích thước và mối quan hệ tương hỗ của đối tượng đo, biểu diễn các đối tượng đo dưới dạng bình đồ hoặc bản đồ 2D hoặc 3D.

2.2.2. Quy trình xử lý dữ liệu ảnh UAV

Sau khi kết thúc bay chụp ngoài thực địa tiến hành các công đoạn xử lý dữ liệu ảnh UAV như sau:

1. Sao lưu dữ liệu ảnh thô từ máy ảnh, dữ liệu đo GNSS từ trạm Base và dữ liệu GNSS/IMU từ máy thu trên máy bay.

2. Tính toán tọa độ tâm ảnh và các nguyên tố định hướng ảnh

3. Kiểm tra đánh giá kết quả bay chụp:

+ Điều kiện bay chụp: tốc độ máy bay, cấp độ gió, thời gian chụp;

+ Độ chừa ảnh ra biên khu chụp hoặc tiếp biên với các khu khác;

+ Độ phủ dọc, độ phủ ngang của ảnh;

+ Chất lượng ảnh chụp: độ rõ nét hình ảnh, độ tương phản, điều kiện ánh sáng, bóng nắng, bóng mây che khuất;

+ Chất lượng của các điểm khống chế ảnh: chất lượng hình ảnh dấu mốc, độ phủ ảnh tại các vị trí điểm khống chế ảnh, kiểm tra.

4. Bay bù, bay bổ sung: kiểm tra kết quả bay chụp tại thực địa, tiến hành bay bù, bay bổ sung nếu sản phẩm chưa đạt yêu cầu.

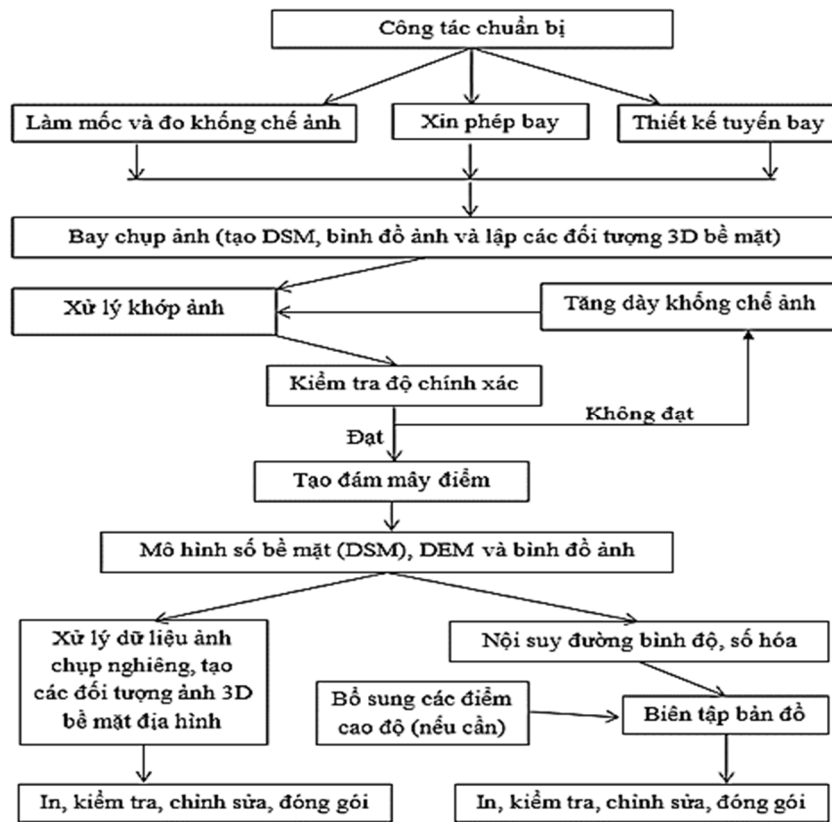
3. THÀNH LẬP BẢN ĐỒ TỪ DỮ LIỆU UAV

3.1. Quy trình lập bản đồ và mô hình hiện trạng 3D bằng UAV

Dưới đây là Quy trình lập bản đồ và mô hình hiện trạng 3D bằng UAV truyền thống (không có tích hợp công nghệ định vị, các hệ thống GPS/GNSS và hệ thống dẫn đường). Do đó khi triển khai bay chụp cần phải lập các điểm khống chế ảnh ngoại nghiệp (GCP). Tuy nhiên khi sử dụng thiết bị bay **PT4RTK** đã được tích hợp công nghệ định vị, các hệ thống GPS/GNSS và hệ thống dẫn đường để xác định vị trí chụp ảnh và các góc xoay với độ chính xác cao, điều này cho phép tham chiếu ảnh trực tiếp mà không cần tới các điểm GCP, tăng được tiến độ cũng như mang lại hiệu quả về kinh tế. Tuy nhiên nếu có các điểm

GCP thì người ta sẽ ưu tiên sử dụng các điểm này để đảm bảo độ tin cậy khi chuyển tọa độ GPS về hệ tọa độ địa phương, việc này cũng đơn giản hóa trong quá trình xử lý dữ liệu và kiểm tra tọa độ các điểm không

chế ảnh. Do đó quy trình thành lập bản đồ 2D và mô hình hiện trạng 3D cũng cần nghiên cứu ứng dụng được tất cả các ưu điểm của thiết bị mang lại.



Hình 2. Quy trình lập bản đồ và mô hình hiện trạng 3D bằng UAV

3.2. Quy định kỹ thuật thiết kế và bay chụp từ UAV

Công tác thiết kế bay chụp cơ bản bao gồm tính toán độ cao bay của UAV, xác định độ phủ dọc và độ phủ ngang của ảnh, thiết kế và tính toán số đường bay, ước tính tổng số ảnh cần chụp và tổng dung lượng ảnh, tính tốc độ chụp và tổng thời gian bay. Quá trình thiết kế bay chụp có thể được thực hiện trên một số phần mềm như: Map Pilot, Pix4D Capture, Mission Planner, Dronedeploy,.. Tuy nhiên khi sử dụng thiết bị bay PT4RTK hãng sản xuất đã trang bị phần mềm Dji Ground Control Station chuyên dụng được xây dựng để thiết kế tuyến bay tích hợp với nền bản đồ Google map. Các tham số cho công tác thiết kế bay chụp được xác định tùy thuộc vào diện tích bay chụp và độ chính xác của sản phẩm bản đồ. Sau đó, chúng được nhập vào phần mềm Dji Ground Control Station.

3.2.1. Thiết kế độ cao bay chụp cho UAV

Vì kích cỡ của cảm biến thu nhận ảnh trong máy ảnh trang bị kèm thiết bị bay là cố định, do đó độ

phân giải điểm ảnh (kích thước của pixel) bị chi phối bởi độ cao bay chụp. Kích cỡ điểm ảnh ảnh hưởng đến độ chính xác của các sản phẩm bản đồ. Mối quan hệ giữa độ cao bay chụp và độ phân giải điểm ảnh được thể hiện trong công thức dưới đây:

$$H = f \cdot \text{GSD} \cdot 1000 / S \quad (\text{m}) \quad (1)$$

Trong đó:

f là chiều dài tiêu cự ống kính máy chụp ảnh (mm);

S là kích thước điểm ảnh (μm);

GSD là độ phân giải mặt đất của ảnh (m).

Đối với yêu cầu độ phân giải mặt đất của ảnh chụp từ thiết bị bay không người lái có thể ước tính theo công thức (2)

$$\text{GSD} \leq M_p / 10 \cdot k \quad (2)$$

Trong đó: $M_p = (0.2\text{mm} \cdot M_{bd}) / \sqrt{2}$

M_{bd} : Mẫu số tỷ lệ bản đồ cần lập.

k : hệ số suy giảm độ chính xác, (thực tế thường chọn $k=2$).

Đối với công tác quy hoạch trong xây dựng thường sử dụng 2 loại tỷ lệ bản đồ là 1/2000 và 1/500 thì dựa vào công thức 2 lần lượt ta có:

$$GSD_{1/2000} \leq (0.2 \times 2000) / 10 \times 2 \times \sqrt{2} = 14.1 \text{ cm}$$

$$GSD_{1/500} \leq (0.2 \times 500) / 10 \times 2 \times \sqrt{2} = 3.5 \text{ cm}$$

3.2.2. Tính tổng số đường bay của UAV

Tổng số đường bay của UAV phụ thuộc vào độ phủ ngang giữa hai dải bay kề nhau và được tính theo công thức [11]:

$$n = \frac{W_{Pr}}{ma \cdot W_{SS} \cdot (100 - q\%)} \cdot 100 \quad (3)$$

Trong đó:

n: số dải bay;

W_{Pr} : độ rộng khu vực bay chụp, đơn vị m;

ma : mẫu số tỷ lệ ảnh;

W_{SS} : chiều rộng của Sensor, đơn vị m;

q%: độ phủ ngang.

Ví dụ: Khu đo có kích cỡ là 168 m dài $\times$ 156 m rộng; độ phủ ngang của ảnh là 65%; W_{SS} của máy ảnh là 4.72 mm; ma là 19.000, tổng số đường bay là 5 đường bay (làm tròn).

3.2.3. Thiết kế tuyến bay phục vụ thành lập bình đồ ảnh, các mô hình số và mô hình hiện trạng 3D

Dựa vào công thức (1), công thức (3) và các thông số của máy ảnh, sẽ tính được các thông số kỹ thuật của ca bay đúng với các giá trị trên phần mềm thiết kế và điều khiển bay chụp. Tuy nhiên với phần mềm đi kèm theo thiết bị bay PT4RTK thì việc thiết kế này rất đơn giản, sau khi khoanh vùng diện tích khu đo trên nền bản đồ Google map và độ cao bay chụp từ công thức (1), phần mềm sẽ tự động tính toán tối ưu tuyến bay và đưa ra các thông số cần thiết.

Lưu ý đối với công tác bay chụp để lập mô hình hiện trạng 3D thì cần thiết kế tuyến bay riêng với tham số góc nghiêng của camera để bổ sung các ảnh chụp nghiêng.

3.3. Một số quy định về sản phẩm và độ chính xác trong xử lý dữ liệu [2, 3]

3.3.1. Quy định về độ chính xác

Sai số trung phương vị trí mặt phẳng và độ cao của các điểm khống chế ảnh ngoại nghiệp sau bình sai khối tăng dày phải bảo đảm về mặt phẳng không vượt quá 0,2 mm tính theo tỷ lệ bản đồ, về độ cao không vượt quá 1/4 khoảng cao đều cơ bản.

Số chênh giữa tọa độ, độ cao tăng dày và tọa độ, độ cao đo ngoại nghiệp của các điểm kiểm tra không

vượt quá 0,4 mm trên bản đồ về mặt phẳng và 1/2 khoảng cao đều đường bình độ cơ bản về độ cao.

3.3.2. Sản phẩm đám mây điểm

Định dạng file *.las, thông tin thuộc tính của đám mây điểm ngoài tọa độ, độ cao cần phải có thông số màu sắc của mỗi điểm tương ứng. Độ chính xác của đám mây điểm tương ứng với độ chính xác của bản đồ căn thành lập, về mặt phẳng nhỏ hơn 01 GSD, về độ cao nhỏ hơn 02 GSD.

3.3.3. Sản phẩm mô hình số DSM

Định dạng file mô hình số DSM chứa thông tin về tọa độ, độ cao của các địa vật, thực vật... trong khu vực bay chụp. Độ chính xác về độ cao nhỏ hơn 02*GSD. Mô hình số độ cao được cắt chờm khung khu vực đo 0,1mm ở tỷ lệ bản đồ và không được có dữ liệu trống bên trong khu vực đo.

3.3.4. Sản phẩm bình đồ ảnh, số hóa các đối tượng trên ảnh và biên tập bản đồ

Định dạng file *.Tiff, bình đồ ảnh phải có màu sắc tự nhiên hài hòa không quá sáng hoặc quá tối, không bị lóa, không có mây mù. Độ chính xác về tọa độ nhỏ hơn 01GSD. Bình đồ ảnh phải cắt chờm 1cm ra ngoài khung mảnh bản đồ; trường hợp bình đồ ảnh không kín mảnh bản đồ thì phải cắt chờm 1cm ngoài biên khu đo.

Sau quá trình xử lý ảnh, bình đồ ảnh được dùng để số hóa các đối tượng trên ảnh phục vụ công tác biên tập và thành lập bản đồ 2D theo các quy định hiện hành. Trên cơ sở để đảm bảo sai số nhận dạng vị trí điểm nhỏ nhất trên bình đồ ảnh nên đạt ở kích thước điểm ảnh nhỏ hơn 0.1mm * M_{bd} (4). Do đó với bình đồ ảnh phục vụ công tác số hóa lập bản đồ thiết kế quy hoạch 1/2000 và 1/500 thì nên xuất dữ liệu bình đồ ảnh với độ phân giải được xuất kết quả sao cho có thể phục vụ số hóa nhỏ hơn hoặc bằng với giá trị tương ứng bản đồ 1/2000 là 0.1mm * 2000=20cm và bản đồ 1/500 là 0.1mm*500=5cm.

Ngoài ra bình đồ ảnh được dùng để kiểm tra và đối soát thực địa, kiểm đếm trong công tác giải phóng mặt bằng sau này. Các kiến trúc sư dựa vào bình đồ ảnh và bản đồ 2D tiến hành định vị cũng như thiết kế quy hoạch các công trình.

3.3.5. Sản phẩm DEM, đường bình độ và các yếu tố địa vật 3D

Sai số tiếp biên giữa các mảnh DEM khác phân khu bay quét không được vượt quá 1.5 lần sai số cho phép của DEM cuối cùng.

Sai số cho phép của DEM cuối cùng không được vượt quá so với quy định theo bảng 1 tương ứng với

các khoảng cao đều đường bình độ cơ bản và tỷ lệ bản đồ.

Bảng 1. Sai số cho phép của DEM (m)

Khoảng cao đều đường bình độ cơ bản	Tỷ lệ bản đồ		
	1:500	1:1.000	1:2.000
0,5 m	0,12	0,12	0,12
1,0 m	0,2	0,2	0,2
2,5 m		0,7	0,7

Đối với khu vực ẩn khuất và đặc biệt khó khăn các sai số trên được phép tăng lên 1.5 lần.

Độ chính xác của DEM được đánh giá thông qua các điểm đo kiểm tra ở thực địa. Sai số trung phương về độ cao của tập hợp điểm kiểm tra giữa độ cao đo so với độ cao nội suy từ DEM không được vượt quá sai số cho phép của DEM cuối cùng. Sai số giới hạn không được vượt quá 2 lần sai số trung phương. Các sai lệch của các trị đo kiểm tra không được vượt quá sai số giới hạn, số lượng các trị đo có giá trị nằm trong khoảng (70%-100%) sai số giới hạn không được vượt quá 10%.

Điểm kiểm tra thực địa DEM được đo bằng phương pháp truyền thống hoặc công nghệ đo GNSS tĩnh, kỹ thuật đo GNSS động với độ cao trạm gốc (Base) được lấy từ điểm thuộc lưới đo vẽ cấp 2 trở lên.

Sau khi có sản phẩm đám mây điểm và DSM tiếp tục bổ sung các điểm cao độ địa vật tại những vị trí nhiều thực phủ sau đó sử dụng phần mềm chuyên dùng để nội suy đường bình độ, các điểm độ cao và tiến hành biên tập bản đồ.

Lưu ý khi bổ sung các điểm độ cao và các điểm lên đám mây điểm thì cần chấm vào các điểm dưới mặt đất, không chấm lên các điểm địa vật, hay cây (lớp thực phủ) như vậy sẽ làm DEM sai, dẫn đến đường bình độ nội suy ra cũng sẽ không đúng.

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

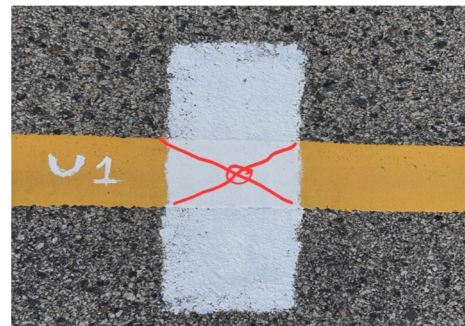
4.1. Giới thiệu công trình và tiến hành thực nghiệm

Khu nghỉ dưỡng Ninh Hải thuộc xã Vĩnh Hải, huyện Ninh Hải, tỉnh Ninh Thuận có diện tích gần 10ha, khu vực nghiên cứu có địa hình phức tạp nằm ngay cạnh mép biển và chân Núi Chúa, địa hình dốc, chủ yếu là đá tảng, nhiều vị trí cây cối mọc um tùm. Khu vực có đường giao thông là tỉnh lộ 702 đi qua.

Theo yêu cầu của đơn vị tư vấn thiết kế, cần dữ liệu để có thiết kế quy hoạch khu nghỉ dưỡng cao cấp, với yêu cầu không đục phá san nền, bảo tồn hiện trạng cây xanh và địa hình tự nhiên. Nhóm tác giả đã đề xuất giải pháp dùng công nghệ hiện đại

như UAV, GNSS RTK kết hợp với toàn đạc điện tử để khảo sát và sản phẩm có thể cung cấp cho các nhà thiết kế là: Bình đồ ảnh, bản đồ đường đồng mức, bản đồ 2D, mô hình 3D...

Dựa vào hiện trạng địa hình, tình hình thời tiết tại khu đo, tiến hành lập kế hoạch bay chụp, xin phép bay, xác định vùng cấm bay và thiết kế tuyến bay bằng phần mềm kèm theo thiết bị. Sử dụng thiết bị bay PT4 RTK với thông số kỹ thuật tại mục 2.1.2 cũng với trạm Base kèm theo máy phục vụ định vị tọa độ tâm chụp. Bố trí thêm các điểm khống chế ảnh để kiểm tra và thu thập dữ liệu.



Hình 3. Điểm khống chế ảnh tại khu đo



Hình 4. Đo nối khống chế ảnh và đo kiểm tra các điểm địa hình

Quá trình bay chụp được tính toán với độ cao bay chụp 100m so với vị trí đứng điều khiển cất hạ cánh (lưu ý khi chọn vị trí cất hạ cánh cần phải xác định độ thông thoáng để thu tín hiệu vệ tinh, khoảng cách điều khiển từ vị trí đứng đến mép biên xa nhất của ca bay khoảng dưới 5km. Đối với khu vực địa hình phức tạp, độ cao lớn cần lựa chọn khoảng cách này nhỏ hơn 5km để đảm bảo điều khiển và theo dõi được UAV), độ phủ dọc và ngang đều trên 80%.

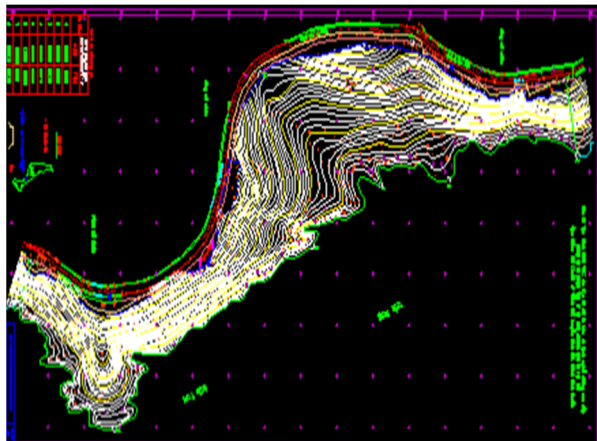
Sau khi bay chụp UAV, dữ liệu ảnh được xử lý bằng phần mềm Agisoft Metashape (PhotoScan), các dữ liệu sẽ chuyển đổi về hệ tọa độ chuẩn Quốc gia-VN2000 để tiến hành công tác số hóa, biên tập bản đồ địa hình phục vụ công tác thiết kế quy hoạch xây dựng.

Đối với khu vực thực phủ dày tiến hành đo bổ sung bằng máy toàn đạc kết hợp với đo GNSS RTK.

4.2. Kết quả thử nghiệm đo đạc thành lập bản đồ 2D, mô hình hiện trạng 3D



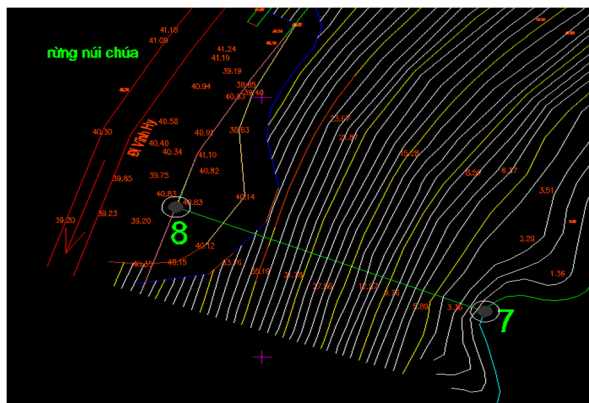
Hình 5. Bình đồ ảnh



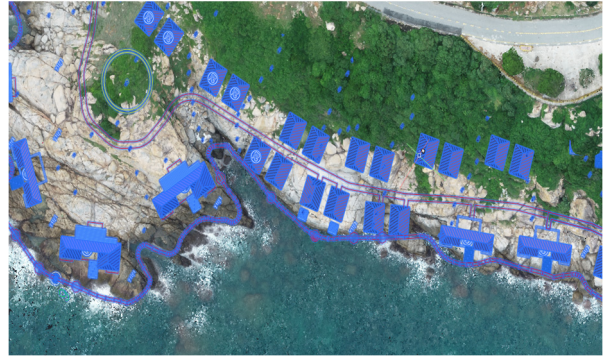
Hình 6. Bản đồ đường đồng mức



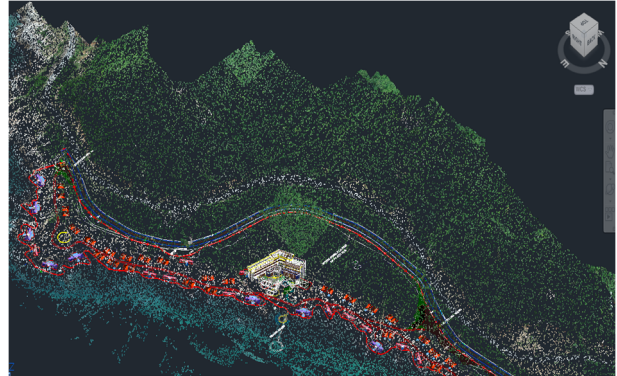
Hình 7. Bản đồ 2D



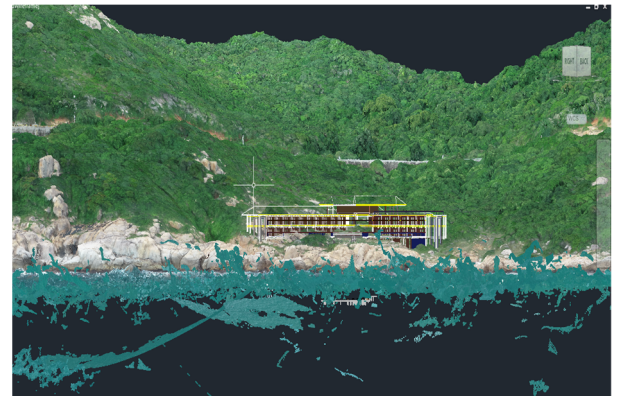
Hình 8. Mô hình hiện trạng 3D



Hình 9. Thiết kế quy hoạch trên nền bình đồ ảnh



Hình 10. Thiết kế quy hoạch trên point cloud



Hình 11. Thiết kế mô hình 3D công trình trên bản đồ hiện trạng 3D

Bảng 2. Đánh giá độ chính xác các điểm kiểm tra so sánh từ bản đồ 2D với các điểm đo bằng toàn đạc

TT	Điểm kiểm tra	$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$	$\Delta XY(m)$	$\Delta H(m)$
1	2D-KT1	0.008	0.010	0.013	0.060
2	2D-KT14	-0.010	0.004	0.011	0.011
3	2D-KT16	-0.008	-0.006	0.010	0.017
4	2D-KT25	0.009	0.004	0.010	0.023
5	2D-KT41	-0.003	-0.003	0.004	0.046
6	m			0.098	0.177

Bảng 3. Đánh giá độ chính xác các điểm kiểm tra so sánh từ mô hình 3D với các điểm đo bằng toàn đạc

TT	Điểm kiểm tra	$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$	$\Delta XY(m)$	$\Delta H(m)$
1	3D-KT6	0.012	-0.005	0.013	0.021
2	3D-KT11	0.023	0.011	0.025	0.055
3	3D-KT16	-0.006	0.012	0.013	0.034
4	3D-KT33	0.018	0.004	0.018	0.018
5	3D-KT50	0.025	-0.017	0.030	0.057
6	m			0.142	0.192

Trong đó các đại lượng m , ΔX , ΔY và ΔH được tính theo các công thức:

$$m = \sqrt{\frac{\Delta^2}{n}} ; \Delta^2 = \sum_{i=1}^n \Delta_i^2 ; \Delta_i = (\Delta_{2D,3D})_i - (\Delta_{Hientruong})_i ;$$

$$\Delta_{XY} = \sqrt{\Delta_X^2 + \Delta_Y^2} \quad (4)$$

Trong đó:

m là sai số trung phương của tọa độ và độ cao; n là tổng số điểm kiểm tra; $\Delta_{2D,3D}$ là tọa độ X hoặc Y và độ cao H của điểm kiểm tra trên bản đồ 2D hay mô hình 3D; $\Delta_{Hientruong}$ là tọa độ X hoặc Y và độ cao H của điểm kiểm tra trên hiện trường; Theo thông tư số 68/2015/TT-BTNMT thì sai số trung phương xác định tọa độ của điểm không quá $\pm 0,3$ mm theo tỷ lệ bản đồ và về độ cao không vượt quá $1/3$ khoảng cao đều đường bình độ cơ bản cần thành lập và ở đây với bản đồ tỷ lệ $1/500$ khoảng cao đều $1m$ lần lượt ta có $m_{xy}=0,15m$ và $m_H=0,33m$. So sánh với kết quả kiểm tra tại bảng 2 và bảng 3 thì kết quả thành lập bản đồ 2D và mô hình 3D đều đạt yêu cầu.

5. KẾT LUẬN

- Sử dụng thiết bị bay PT4RTK để lập bản đồ 2D, mô hình hiện trạng 3D phục vụ công tác thiết kế quy hoạch xây dựng đảm bảo độ chính xác theo yêu cầu. Công tác triển khai ngoại nghiệp nhanh, đáp ứng tiến độ của Chủ đầu tư.

- Đối với khu vực có thực phủ dày cần kết hợp với phương pháp khảo sát truyền thống (toàn đạc, RTK) để bổ sung các điểm chi tiết.

- Các sản phẩm như: đám mây điểm, bình đồ ảnh, bản đồ địa hình 2D, bản đồ đường đồng mức, mô hình hiện trạng 3D hoàn toàn đáp ứng yêu cầu thiết kế quy hoạch, các nhà thiết kế có cái nhìn tổng quan trong công tác thiết kế khi sử dụng các sản phẩm này.

- Đối với công tác thiết kế quy hoạch về cấp thoát nước, lưu vực thoát nước, độ cao công trình, hướng dòng chảy,... mô hình hiện trạng 3D đưa đến cái nhìn tổng quan, từ đó các nhà kiến trúc giải quyết các bài toán này một cách tối ưu nhất, đáp ứng sự biến đổi khí hậu và các sự cố về thiên tai tránh được các nhầm lẫn như là sự dụng bản đồ 2D.

- Đối với công tác thiết kế cảnh quan, sản phẩm bình đồ ảnh, mô hình hiện trạng 3D mang nhiều thông tin các nhà thiết kế để tận dụng các cảnh quan hiện có tiếp cận về thiết kế xanh, bền vững và lưu giữ được cảnh quan tự nhiên nhiều nhất có thể.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

- [1] Bùi Ngọc Quý, Nguyễn Đại Đồng và nnk (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 Mỏ - Địa chất Tập 61, kỳ 5, tr. 57-67.
- [2] Bộ Tài nguyên và Môi trường (2021). *Thông tư số 07/2021/TT-BTNMT quy định kỹ thuật thu nhận và xử lý dữ liệu ảnh số từ tàu bay không người lái phục vụ xây dựng, cập nhật cơ sở dữ liệu nền địa lý quốc gia tỷ lệ 1:2.000, 1:5.000 và thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1:500, 1:1.000, ngày 30/6/2021*.
- [3] Nguyễn Đại Đồng (2021) *Báo cáo đề tài: Nghiên cứu cơ sở khoa học và thực tiễn xây dựng quy định kỹ thuật bay chụp và xử lý ảnh từ thiết bị bay không người lái phục vụ thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1/500, 1/1.000, 1/2.000*.
- [4] Cao Tuấn Dũng, Võ Thanh Bình, Phạm Văn Tuấn (2016). *Ứng dụng công nghệ chụp ảnh hàng không bằng máy bay không người lái (UAV) trong công tác khảo sát địa hình mặt đất*. Thông tin tư vấn thiết kế - Tedi số quý II/2016, tr 57-65.
- [5] Đào Thị Ngọc Tâm (2010). *Công nghệ mô phỏng địa hình trong xây dựng bản đồ địa hình 3D*. Tạp chí Tài nguyên và Môi trường kỳ 1 tháng 8/2010, tr 48-50.
- [6] Mai Văn Sỹ, Bùi Ngọc Quý, Phạm Văn Hiệp, Lê Đình Quý (2017). *Nghiên cứu sử dụng dữ liệu ảnh máy bay không người lái (UAV) trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn*. Tạp chí khoa học Đo đạc và bản đồ số 33, tr.49-57.
- [7] Trần Xuân Thùy, Nguyễn Thị Mai Anh (2023). *Ứng dụng công nghệ bay không người lái phantom4 RTK kết nối trạm Cors vào*

thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn. Tạp chí KH Trái đất & Mỏ tập 1 số 01-2023. tr.36-43

- [8] Vũ Phan Long, Lê Thắng (2014). *Thử nghiệm thiết bị bay không người lái thành lập bản đồ 3D hành lang tuyến điện*. Hội nghị khoa học ngành địa hình quân sự.

Tiếng Anh

- [9] Ali, H. H., and F. M. Abed. 2019. *The Impact of UAV Flight Planning Parameters on Topographic Mapping Quality Control*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 518 (2). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/518/2/022018>
- [10] Anuar Ahmad, *Digital mapping using low altitude UAV*, Pertanika J. Sci. & Technol. Malaysia 19 (S): 51 - 58 (2011).
- [11] Bryan Phillip Fitzpatrick. *Unmanned aerial systems for surveying and mapping: cost comparison of UAS versus traditional methods of data acquisition*. Thesis, faculty of the USC graduate school University of southern California, 2016.
- [12] Christopher Hackney, Alexander I Clayton. *Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) and their application in geomorphic mapping*. British Society for Geomorphology Geomorphological Techniques, Chap. 2, Sec. 1.7 (2015).
- [13] D.H. Kim, S.W. Kwon, S.W. Jung, S. Park, Park J. W., J.W. Seo (2015), *A Study on Generation of 3D Model and Mesh Image of Excavation Work using UAV*, Proceedings of the 32st ISARC, Oulu, Finland, pp. 1-7.
- [14] Natan Micheletti, Jim H Chandler, Stuart N Lane, *Structure from Motion (SfM) Photogrammetry*, 2015.
- [15] Nathan Alexander Lindo Jenkins. *An application of aerial drones in zoning and urban land use planning in Canada*, University of Guelph, 2013.
- [16] Olagoke Daramola, James Olaleye, Oluibukun Gbenga Ajayi, Oladayo Olawuni. *Assessing the geometric accuracy of UAV-based orthophotos*. South African Journal of Geomatics, Vol. 6. No. 3, October 2017.
- [17] *UAV Implementations in Urban Planning and Related Sectors of Rapidly Developing Nations: A Review and Future Perspectives for Malaysia*.
- [18] *uav/drone zoning in urban planning: review on legals and privacy*.
- [19] Zhiguo Gao, Yang Song, Changhui Li, Fanyang Zeng, Feng Wang. *Research on the application of rapid surveying and mapping for large scale topographic map by UAV aerial photography system*. Guangzhou Urban Planning Design & Survey Research Institute.
- [20] <https://www.dji.com/phantom-4-rtk>
- [21] <https://www.agisoft.com>