

# NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG MÁY BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI TRONG XÁC ĐỊNH KÍCH THƯỚC VÀ THỂ TÍCH BỂ CHỨA NƯỚC

Hà Thị Hằng<sup>a,\*</sup>, Vũ Đình Chiều<sup>a</sup>, Lương Ngọc Dũng<sup>a</sup>, Nguyễn Thu Huyền<sup>a</sup>,  
Vũ Ngọc Quang<sup>b</sup>, Dương Công Hiếu<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Khoa Cầu Đường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội,  
55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

<sup>b</sup>Khoa Công trình, Trường Đại học Công nghệ Giao thông Vận tải,  
54 phố Triều Khúc, quận Thanh Xuân, Hà Nội

<sup>c</sup>Viện công nghệ Trắc địa xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội,  
55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 09/6/2022, Sửa xong 01/7/2022, Chấp nhận đăng 07/7/2022

## Tóm tắt

Ngày nay, các thiết bị máy bay không người lái (Unmanned Aerial Vehicle - UAV) được ứng dụng trong nhiều ngành bởi thời gian bay chụp nhanh, phạm vi khảo sát rộng, chủ động về thời gian, hình ảnh có độ phân giải không gian cao, chi phí thấp và có thể giảm thiểu nguy hiểm cho con người ở những khu vực khó tiếp cận. Nghiên cứu này sử dụng thiết bị UAV Phantom 4 Pro trong xác định kích thước và thể tích bể chứa nước với số lượng 10 điểm khống chế mặt đất và ở hai độ cao bay chụp khác nhau. Kết quả xác định từ dữ liệu bay chụp từ UAV cũng được so sánh và kiểm chứng bởi số liệu đo trực tiếp ngoài hiện trường bằng máy toàn đạc điện tử Trimble M1. Kết quả của nghiên cứu này cho thấy sai số ước tính thể tích bể chứa lần lượt đạt là 0,1% và 1,4% ở độ cao bay chụp 36,9 m; là 0,4% và 1,7% ở độ cao bay chụp 66,1 m. Qua đó, chứng minh rằng UAV có thể ứng dụng hiệu quả trong xác định kích thước và thể tích các bể chứa nước có cấu trúc đơn giản với đường kính đồng nhất cũng như bổ sung thêm một phương pháp xác định mới bên cạnh các công nghệ truyền thống.

*Từ khóa:* kích thước; thể tích; bể chứa; UAV; toàn đạc điện tử.

## APPLICATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLE TO DETERMINE THE DIMENSION AND VOLUME OF THE TANK

### Abstract

Nowadays, Unmanned Aerial Vehicle (UAV) devices have applied in many fields because of their flexibility. Moreover, they can provide high spatial resolution images, at a low cost, and reduce danger to surveyors. In this study, the Phantom 4 Pro UAV was used to determine the dimension and volume of the tank with ten ground control points and at two different altitudes. The result of UAV data is also compared and validated by the Trimble M1 total station data. The results of this study show that the errors of tank volume are 0.1% and 1.4% at the flying altitude of 36.9 m; are 0.4% and 1.7% at the flying altitude of 66.1 m, respectively. The final results demonstrate that UAVs can be employed effectively to determine the dimension and volume of simple tanks and add a new approach method.

*Keywords:* dimension; volume; tank; UAV; total station.

[https://doi.org/10.31814/stce.huce\(nuce\)2022-16\(3V\)-02](https://doi.org/10.31814/stce.huce(nuce)2022-16(3V)-02) © 2022 Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (ĐHXDHN)

\*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: [hanght@huce.edu.vn](mailto:hanght@huce.edu.vn) (Hằng, H. T.)

## 1. Giới thiệu

Ước lượng và tính toán thể tích là một phần công việc rất quan trọng trong nhiều ngành, nhiều lĩnh vực, như: khai thác mỏ, xây dựng, môi trường, khai thác bề mặt, khảo sát địa hình, khai thác lâm nghiệp, ... [1]. Công tác này nhiều lúc đòi hỏi khả năng thực hiện nhanh chóng, chính xác và đảm bảo hiệu quả về mặt chi phí [2, 3]. Có nhiều phương pháp khác nhau để xác định khối lượng hoặc thể tích các bể chứa nổi, có thể sử dụng máy toàn đạc điện tử (TĐĐT), hoặc sử dụng công nghệ định vị vệ tinh toàn cầu GNSS-RTK (Global Navigation Satellite System - Real Time Kinematics), phương pháp viễn thám hoặc hệ thống quét laser [4].

Máy bay không người lái UAV (Unmanned Aerial Vehicle) là dạng máy bay có thể bay do trạm kiểm soát dưới mặt đất điều hành, hoặc có thể tự bay do được lập trình trước, hoặc theo một hệ thống động lực tự động hóa phức tạp hơn mà không cần có người lái. Ngày nay, sự phát triển của các thể hệ máy bay không người lái UAV đã cung cấp một nền tảng hỗ trợ hiệu quả cho việc đánh giá cũng như ước tính thể tích bể chứa nổi bởi tính linh hoạt, chủ động và chi phí thấp [2]. Các UAV có thể thực hiện các nhiệm vụ phức tạp trong phạm vi không gian hạn chế hoặc trong vùng khảo sát diện tích nhỏ [5]. Chính vì vậy, các thể hệ máy bay không người lái được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khác nhau, như: viễn thám, quản lý thiên tai, tìm kiếm và cứu hộ, giám sát môi trường, ... [6, 7].

Theo quy định của một số ngành, một số lĩnh vực, ví dụ: trong lĩnh vực lâm nghiệp, độ chính xác ước lượng và tính toán khối lượng có thể chấp nhận được của tất cả các phép đo dao động trong vòng 10% giá trị thực [8]; còn trong ngành công nghiệp khai thác khoáng sản ở một số quốc gia thì độ chính xác ước lượng và tính toán khối lượng có thể chấp nhận được dao động trong vòng 3% của toàn bộ vật liệu [4]. Thông thường, thể tích bể chứa nổi thường đã có sẵn số liệu thiết kế, việc xác định kích thước và thể tích bể chứa nổi thường gặp khi có hồ sơ thiết kế bị thất lạc, hoặc yêu cầu đo vẽ hoàn công thể tích bể chứa hoặc đo biến dạng thể tích bể. Từ trước đến nay, việc đánh giá và ước tính khối lượng hoặc thể tích bể chứa nổi khi có yêu cầu chủ yếu được thực hiện bằng các phương pháp đo đạc truyền thống, bên cạnh đó, các văn bản quy phạm quy định sai số cụ thể cho việc xác định thể tích bể chứa nổi còn khá hiếm hoi ở Việt Nam.

Những năm gần đây, mới có một số ít nghiên cứu ứng dụng UAV trong xác định khối lượng hoặc thể tích bể chứa nổi nhằm kiểm chứng độ chính xác đạt được cũng như đánh giá khả năng áp dụng của UAV trong vấn đề này. Điển hình như Hugenholtz et al. đã kiểm tra độ chính xác của việc ước tính khối lượng của một bãi trữ sỏi trước và sau khi khai thác bằng một UAV, dữ liệu hình ảnh thu thập được có độ phân giải không gian 3,5 cm với 10 điểm khống chế mặt đất được xác định bằng GNSS-RTK. Khối lượng sỏi được ước tính trước và sau chuyến bay bằng UAV, lần lượt là 10.202,66 m<sup>3</sup> và 8.681,05 m<sup>3</sup>, hai giá trị này chênh lệch tương ứng với 2,6% và 3,9% so với giá trị khối lượng ước tính được khi đo bằng công nghệ GPS. Trong đó, dữ liệu được sử dụng trong nghiên cứu này là tập điểm 3D trên bề mặt đối tượng quan sát được thu thập bằng UAV và GNSS-RTK. Kết luận của nghiên cứu này cho rằng UAV là một giải pháp kỹ thuật tiết kiệm chi phí hơn, an toàn hơn và hiệu quả hơn để khảo sát và ước tính khối lượng tại các dự án đào đắp có quy mô vừa và nhỏ [2].

Trong nghiên cứu mới đây nhất, Cảnh và cs. đã ứng dụng UAV trong tính toán trữ lượng khai thác ở mỏ lộ thiên, trong đó, trữ lượng khoáng sản được đánh giá và so sánh từ mô hình số độ cao (Digital Elevation Model - DEM) lập từ ảnh bay chụp UAV và từ DEM lập từ số liệu đo trực tiếp GNSS-RTK. Trong nghiên cứu này, UAV bay ở độ cao 150 m, sử dụng 12 điểm khống chế mặt đất, kết quả tính trữ lượng từ dữ liệu đo bằng công nghệ UAV lệch so với kết quả tính trữ lượng từ dữ liệu đo GNSS-RTK là 0,07%, tương ứng với 5514,29 m<sup>3</sup> và kết quả này đáp ứng được yêu cầu về độ chính xác trong Quy phạm Trắc địa mỏ Việt Nam [9].

Trong một nghiên cứu khác, Rhodes sử dụng thiết bị UAV để tái tạo mô hình 3D và ước tính thể

tích của bể chứa nước tại hai khu vực thực nghiệm khác nhau. Trong đó, tại khu vực thực nghiệm số 1 có 4 cấu kiện bể, với độ cao bay chụp 35m, thu được 80 ảnh với độ phân giải không gian đạt 3,5cm, sử dụng 8 điểm khống chế mặt đất; tại khu vực thực nghiệm số 2 có 9 cấu kiện bể, với độ cao bay chụp 45 m, thu được 290 ảnh với độ phân giải không gian đạt 4,5 cm và sử dụng 23 điểm khống chế. Kết quả xác định thể tích bể chứa nổi từ ảnh UAV được so sánh với số liệu đo trực tiếp bằng thước thép, tại khu vực thực nghiệm số 1, sai lệch tương đối dao động từ 2% đến 35%, còn tại khu vực thực nghiệm số 2, sai lệch tương đối này dao động từ (-2%) đến (-28%). Điều này được lý giải là do một số cấu kiện bể nằm ở rìa bức ảnh, vướng đường dây điện trong quá trình khảo sát, các cấu kiện bể chứa nổi có cấu trúc vòm nên khó xác định. Nghiên cứu này cũng cho rằng phương pháp bay chụp ảnh bằng UAV trong xác định thể tích bể chứa là một phương pháp tiếp cận mới, chi phí thấp, có thể ứng dụng hiệu quả trong ước lượng và tính toán thể tích, song phải tùy thuộc vào hình dạng đối tượng và độ chính xác yêu cầu đặt ra trong mỗi lĩnh vực [10].

Cũng cùng hướng nghiên cứu trên, Rahman et al. đã tiến hành xác định thể tích bể chứa nước hình trụ bằng máy bay không người lái Phantom 3 Professional, với 2 đến 4 điểm khống chế mặt đất, thời gian bay chụp khác nhau, phần mềm xử lý nội nghiệp cũng là phần mềm Agisoft Photoscan. Kết quả thu được cho thấy, nếu sử dụng 35 ảnh thu được cùng tọa độ và độ cao của 2 điểm khống chế mặt đất, thể tích ước lượng là  $4.837,84 \text{ m}^3$ , so với thể tích thực tế của bể chứa là  $4.027,659 \text{ m}^3$  thì 35 ảnh không thể đem lại kết quả ước tính chính xác; tiếp theo sử dụng 4 điểm khống chế mặt đất cùng với các số lượng ảnh chụp tăng lên là 55, 75, 95 thì đã mang lại sự cải thiện lớn cho giá trị thể tích ước tính được. Kết luận của nghiên cứu này rút ra rằng, khi sử dụng 95 ảnh và 4 điểm khống chế thì chênh lệch giữa giá trị thể tích ước tính và thực tế chênh lệch thấp nhất, là  $185,87 \text{ m}^3$  hay sai số tương đối chỉ có 5%, từ đó cho thấy, sử dụng càng nhiều hình ảnh chụp, điểm khống chế thì kết quả ước tính giá trị thể tích càng trở nên tốt hơn [11]. Tuy vậy, nghiên cứu này lại không đề cập đến độ cao bay chụp sử dụng trong nghiên cứu, đây là một yếu tố có tính quyết định rất lớn tới độ phân giải hình ảnh cũng như kết quả ước tính thể tích bể chứa.

Như vậy, có thể thấy, mặc dù có rất ít nghiên cứu ứng dụng UAV trong ước lượng và tính toán giá trị thể tích bể chứa nổi nhưng qua tổng quan những nghiên cứu trên cho thấy, hệ thống UAV có thể dùng để ước lượng và tính toán thể tích bể chứa trong một số ngành, một số lĩnh vực không yêu cầu độ chính xác cao, đặc biệt, việc ứng dụng UAV trong tính toán thể tích cần tiếp tục nghiên cứu đối với những đối tượng có hình dạng, kích thước khác nhau cũng như thuộc các lĩnh vực khác [10].

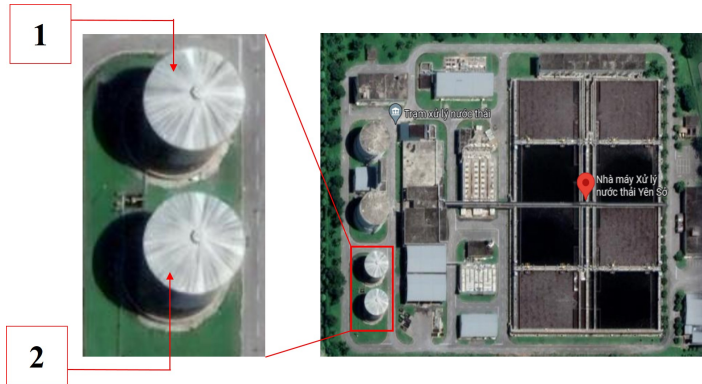
Ở Việt Nam, máy bay không người lái UAV trong những năm gần đây đã không còn xa lạ, bởi những ưu thế nổi trội mà công nghệ UAV mang lại, như: cung cấp hình ảnh với độ phân giải không gian siêu cao, chủ động, linh hoạt về mặt thời gian, nhỏ gọn, chi phí thấp, có thể tiếp cận với những nơi có địa hình phức tạp, ... Các nghiên cứu ở nước ta hiện nay chủ yếu tập trung vào ứng dụng UAV trong khảo sát địa hình mặt đất phục vụ thiết kế các công trình giao thông [12, 13], hoặc ứng dụng UAV trong giám sát chất lượng mặt đường bộ [14], hoặc ứng dụng UAV trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn [15], hầu như chưa có nghiên cứu nào đề cập đến việc ứng dụng UAV trong đánh giá và ước tính thể tích bể chứa.

Nhìn chung, mặc dù các nghiên cứu trên đã bước đầu khẳng định tính hiệu quả và khả thi của thiết bị UAV trong ước lượng và tính toán thể tích bể chứa nổi, song các kết quả này chưa thực hiện đánh giá một cách toàn diện các khía cạnh mà UAV có thể đem lại trong ước tính thể tích bể chứa nổi. Chính vì vậy, nghiên cứu này thực hiện đánh giá các số liệu đo chiều cao, bán kính và thể tích bể chứa nổi bằng UAV, sau đó, sử dụng kết quả đo trực tiếp ngoài thực địa để kiểm chứng. Qua đó, nhằm nâng cao độ chính xác ước tính cũng như có thể đánh giá toàn diện khả năng ứng dụng của thiết bị UAV trong tính toán kích thước và thể tích bể chứa nổi.

## 2. Quy trình và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Khu vực nghiên cứu

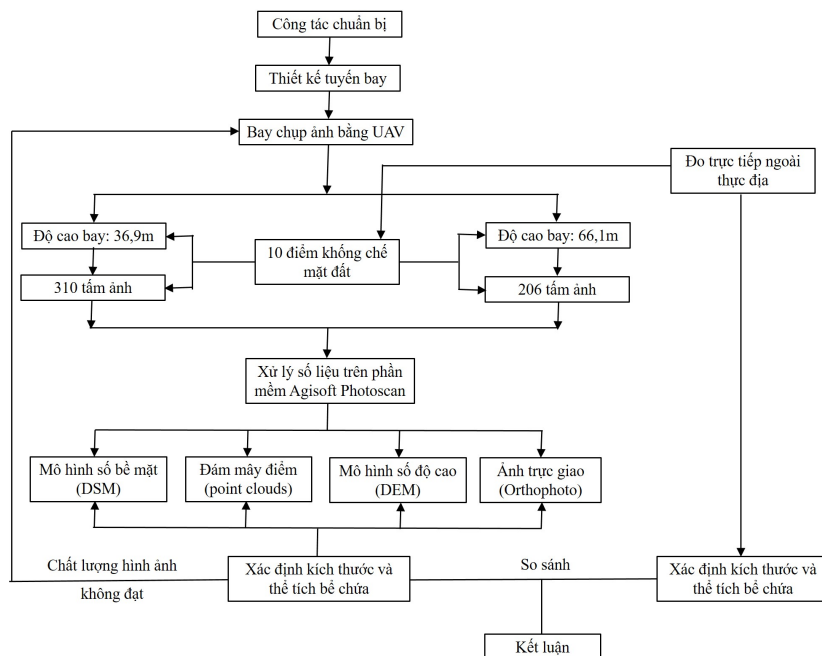
Khu vực thực nghiệm được chọn là Nhà máy xử lý nước thải Yên Sở nằm ở phía Bắc công viên Yên Sở thuộc phường Yên Sở, quận Hoàng Mai, Hà Nội. Trên khu vực thực nghiệm, lựa chọn bay chụp UAV để xác định kích thước và thể tích của 02 bể chứa nổi, có đường kính đồng nhất nằm phía Tây Nam của Nhà máy, đây là khu vực tương đối thoáng, không bị vướng đường dây điện, chiều cao và thể tích bể chứa có thể kiểm chứng bằng toàn đạc điện tử theo chế độ đo không gương.



Hình 1. Khu vực thực nghiệm bao gồm 2 cấu kiện bể chứa nổi, đánh số 1 và 2

### 2.2. Quy trình thực nghiệm

Quy trình thực nghiệm đánh giá và ước tính kích thước và thể tích bể chứa bằng UAV được thể hiện trong Hình 2.



Hình 2. Quy trình đánh giá và ước tính kích thước, thể tích bể chứa từ UAV

- Công tác chuẩn bị bao gồm: lựa chọn vị trí, phạm vi tiến hành bay chụp ảnh, phạm vi vùng cấm bay, điều kiện thời tiết, ... Trong nghiên cứu này, thực nghiệm ay chụp bằng UAV trong điều kiện thời tiết nắng ráo, lặng gió và thời điểm tiến hành bay chụp vào lúc 9h45' sáng ngày 16-04-2022.

- Lựa chọn điểm khống chế ảnh mặt đất: Các điểm khống chế ảnh mặt đất nên lựa chọn những điểm cố định, rõ nét ngoài thực địa. Trong nghiên cứu này, tận dụng 10 điểm địa vật cố định, rõ nét là các vạch sơn có sẵn trên đường nằm trong khuôn viên khu vực thực nghiệm.

- Thiết kế tuyến bay: Tùy thuộc vào mục đích, đặc điểm địa hình và đối tượng nghiên cứu, lựa chọn phương án thiết kế tuyến bay phù hợp nhằm đảm bảo độ phủ trùm giữa các tấm ảnh nhằm phục vụ cho công tác xử lý số liệu nội nghiệp sau này. Trong nghiên cứu này, nhằm quan sát được tốt nhất 02 cấu kiện bể chứa, UAV được thiết kế bay ở hai mức độ cao lần lượt là 36,9 m và 66,1 m.

- Bay chụp ảnh bằng UAV: Quá trình bay chụp ảnh bằng UAV được thiết kế trên phần mềm Pix4D Capture, các thông số được thiết lập bao gồm: độ cao bay, tốc độ bay, độ chồng phủ theo hướng dọc và ngang, góc chụp ảnh.

- Xử lý dữ liệu bay chụp: Hiện nay, trên thị trường có khá nhiều phần mềm xử lý dữ liệu bay chụp UAV thông dụng, như: ENVI, Erdas Imagine, PhotoModeler Scanner Pix4D Mapper, Global Mapper, Agisoft Photoscan, ... Trong đó, phần mềm Agisoft Photoscan được đánh giá là có khá nhiều ưu điểm nổi trội, như: người dùng không cần can thiệp quá nhiều vào quá trình xử lý [16], có thể tự động tạo ra các mô hình 3D mà không cần thiết lập các thông số ban đầu [17]. Do vậy, trong nghiên cứu này, lựa chọn phần mềm Agisoft Photoscan để xử lý dữ liệu bay chụp ảnh từ UAV tại khu vực thực nghiệm.

### 2.3. Thiết bị thực nghiệm

#### a. Thiết bị bay UAV

Công nghệ bay chụp bằng UAV thường bao gồm 4 thành phần chính, đó là: hệ thống máy bay, máy ảnh kỹ thuật số, trạm điều khiển mặt đất và trạm xử lý ảnh tạo mô hình số mặt đất. Trong đó, hệ thống máy bay của UAV bao gồm: thân máy bay, đầu thu tích hợp GPS, cảm biến tốc độ gió, cảm biến độ cao, cảm biến áp suất, cảm biến cân bằng, bộ thu phát tín hiệu và một quả pin để cung cấp nguồn điện [18]. Trong nghiên cứu này, thiết bị UAV được sử dụng là Phantom 4Pro, do hãng sản xuất máy bay không người lái lớn nhất thế giới DJI sản xuất, với các thông số kỹ thuật cơ bản được thể hiện trong Bảng 1.

Trên thân máy gồm các bộ phận chính như sau: cảm biến hồng ngoại chống va đập theo các hướng (trước, sau, phải, trái, dưới), bốn motor, 4 cánh quạt có thể tháo rời, chân hạ cánh cố định bên dưới. Bộ điều khiển từ xa gồm các nút bấm điều khiển bay, điều khiển có tích hợp hai anten theo hai tần số 2,4 GHz và 5,8 GHz, ngoài ra, thiết bị này còn có cổng kết nối máy tính bằng hoặc điện thoại thông minh để cài đặt các thông số bay chụp [19].



Hình 3. Máy bay UAV Phantom 4 Pro và các thiết bị phụ trợ (Nguồn: Internet)

Bảng 1. Một số thông số kỹ thuật của thiết bị UAV Phantom 4 Pro [20]

TT	Tính năng kỹ thuật	Giá trị
1	Trọng lượng	1280 g
2	Tốc độ bay tối đa	72 km/h
3	Chiều cao tối đa	5000 m
4	Máy ảnh	
	- Cảm biến	CMOS
	- Độ phân giải	20 MP
	- Tiêu cự	8,8 mm
	- Kích thước ảnh	4864 × 3648

## b. Thiết bị toàn đạc điện tử Trimble M1

Trong nghiên cứu này, việc kiểm tra kích thước và thể tích của 02 cấu kiện bể chứa trong khuôn viên Nhà máy xử lý nước thải Yên Sở, cũng như xác định tọa độ của 10 điểm khống chế ảnh mặt đất nhằm phục vụ công tác xử lý dữ liệu bay chụp UAV được thực hiện bằng máy toàn đạc điện tử Trimble M1. Đây là các loại máy toàn đạc điện tử có tích hợp chế độ đo trực tiếp bằng laser, cho phép đo khoảng cách trực tiếp tới các điểm mà không cần dùng gương. Máy toàn đạc điện tử Trimble M1 do hãng Trimble sản xuất, các thông số kỹ thuật của máy được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2. Một số thông số kỹ thuật của máy toàn đạc điện tử Trimble M1

STT	Tính năng kỹ thuật	Giá trị
1	Độ phóng đại ống kính	30 <sup>X</sup>
2	Độ chính xác đo góc ngang	±2"
3	Độ chính xác đo góc đứng	±2"
4	Khoảng cách dài nhất đo được	
	a) Sử dụng gương	3000 m
	b) Đo trực tiếp không cần gương	500 m
5	Độ chính xác đo chiều dài	±(2 mm + 2.10 <sup>-6</sup> D)

## 2.4. Phương pháp nghiên cứu

## a. Phương pháp bay chụp ảnh UAV

Trong nghiên cứu này, tiến hành thực hiện 2 ca đo ở hai độ cao bay khác nhau, độ phủ dọc và ngang giữa các tấm ảnh là 80%, kích thước mỗi tấm ảnh số là 4864 × 3648, tọa độ tâm chụp được xác định nhờ đầu thu GPS gắn trên máy bay, cụ thể:

- Lần 1: Bay ở độ cao 36,9 m, thu được 310 tấm ảnh, với độ phân giải không gian là 9,95 mm/pixel (Bảng 4).

- Lần 2: Bay ở độ cao 66,1 m, thu được 206 tấm ảnh, với độ phân giải không gian là 1,78 cm/pixel (Bảng 5).



## b. Phương pháp đo đạc, khảo sát thực địa

Theo [18], sử dụng các điểm khống chế ảnh mặt đất để chuyển đổi các dữ liệu hình ảnh bay chụp bằng UAV về hệ tọa độ thích hợp còn tùy thuộc vào yêu cầu, mục đích nghiên cứu. Bên cạnh đó, số lượng điểm khống chế ảnh mặt đất có thể tùy thuộc vào diện tích và địa hình khu đo để lựa chọn và bố trí cho phù hợp [18]. Trong nghiên cứu này, máy toàn đạc điện tử Trimble M1 được sử dụng để xác định tọa độ của 10 điểm khống chế ảnh mặt đất nhằm phục vụ công tác xử lý dữ liệu bay chụp UAV, cũng như xác định chiều cao, thể tích bể chứa bằng chế độ đo không gương. 10 điểm khống chế ảnh mặt đất được bố trí xung quanh 2 bể chứa (Hình 4 và Bảng 3).



Hình 4. Xác định chiều cao và đường kính bể chứa bằng toàn đạc điện tử Trimble M1

Bảng 3. Tọa độ của 10 điểm khống chế ảnh mặt đất sử dụng trong nghiên cứu

STT	X (m)	Y (m)	H (m)
1	2320587,700	589423,187	4,660
2	2320587,497	589459,723	5,833
3	2320612,418	589437,582	5,222
4	2320609,009	589419,217	4,613
5	2320616,680	589401,037	4,146
6	2320654,293	589437,338	5,290
7	2320649,539	589399,661	4,085
8	2320683,392	589402,945	4,181
9	2320683,562	589416,714	4,621
10	2320683,636	589434,010	5,233

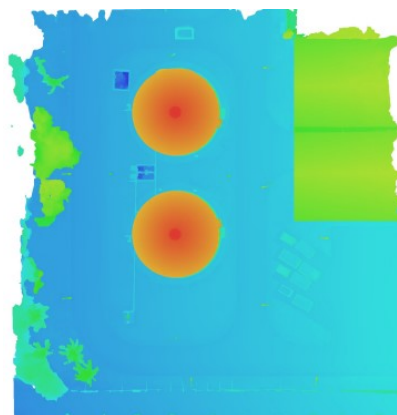
### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Kết quả xử lý dữ liệu bay chụp ảnh UAV

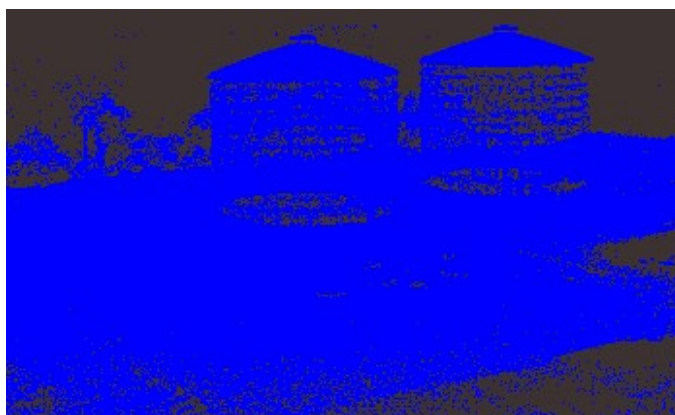
Sử dụng tọa độ của 10 điểm khống chế ảnh mặt đất để xử lý dữ liệu bay chụp UAV trong phần mềm Agisoft Photoscan, kết quả sau khi xử lý nhận được các dữ liệu sau: ảnh trực giao, mô hình số độ cao (DEM), tập hợp điểm đám mây, có định dạng \*.las.



(a) Ảnh trực giao



(b) Mô hình số độ cao – DEM



(c) Tập hợp điểm đám mây

Hình 5. Các dữ liệu nhận được ở độ cao bay chụp 36,9 m

Ở lần bay chụp thứ nhất, với độ cao bay chụp 36,9 m, sử dụng 10 điểm khống chế ảnh mặt đất, thu nhận được 310 tấm ảnh với độ phân giải không gian đạt 9,95 mm (Bảng 4).

Bảng 4. Trích kết quả đánh giá dữ liệu bay chụp UAV ở độ cao 36,9m trong phần mềm Agisoft Photoscan

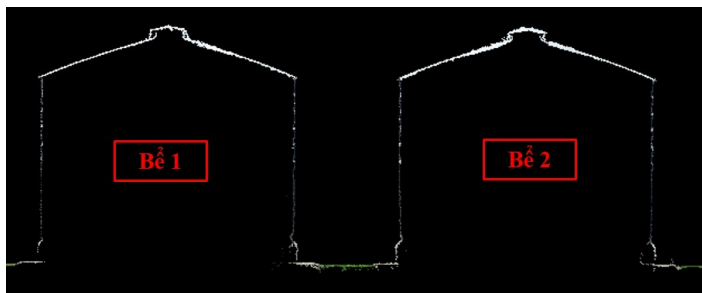
Số lượng hình ảnh:	310
Độ cao bay chụp:	36,9 m
Độ phân giải không gian:	9,95 mm/pix
Diện tích khu vực bay chụp:	9,8e+03 m <sup>2</sup>



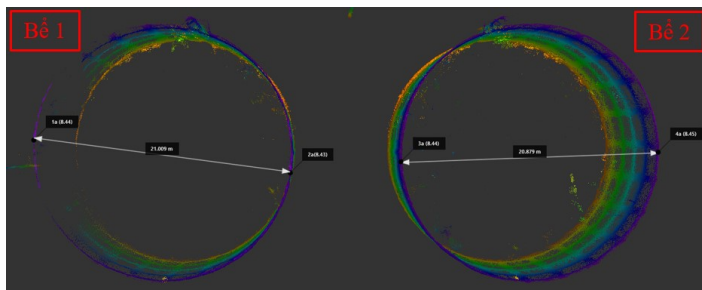
Kết quả đo kích thước các bể chứa từ các dữ liệu bay chụp UAV ở độ cao 36,9 m được thực hiện trong phần mềm Civil 3D, trong đó kết quả đo đường kính và chiều cao bể chứa nổi lần lượt là 21,009 m và 14,010 m cho bể chứa nổi số 1; 20,879 m và 14,012 m cho bể chứa nổi số 2 (Hình 7). Thể tích các bể chứa nổi lần lượt tính được là 4856,672 m<sup>3</sup> và 4797,438 m<sup>3</sup>.



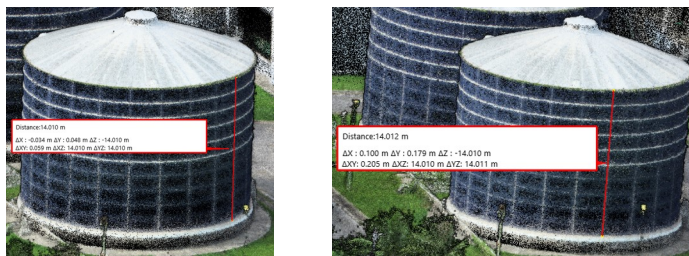
(a) Hình ảnh 02 bể chứa khi nhìn từ trên xuống



(b) Hình ảnh mặt cắt dọc của 02 bể chứa



(c) Số liệu đo đường kính 02 bể chứa

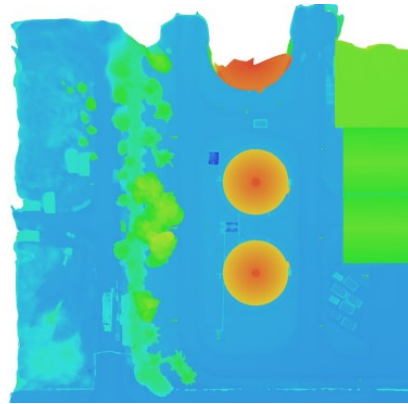


(d) Số liệu đo chiều cao 02 bể chứa

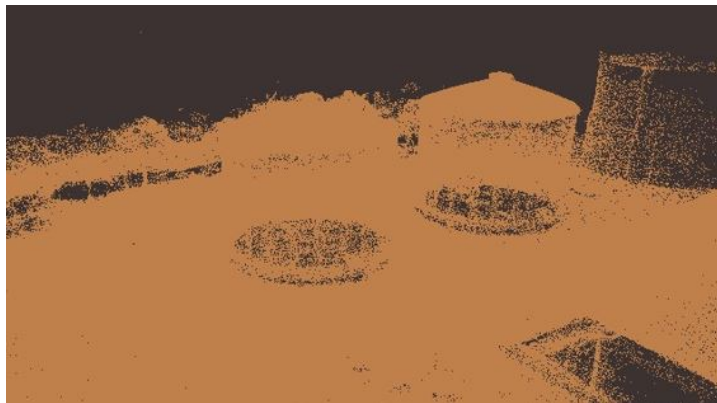
Hình 6. Kết quả đo đường kính và chiều cao 02 bể chứa nổi trên các dữ liệu nhận được ở độ cao bay chụp 36,9 m



(a) Ảnh trực giao



(b) Mô hình số độ cao – DEM



(c) Tập hợp điểm đám mây

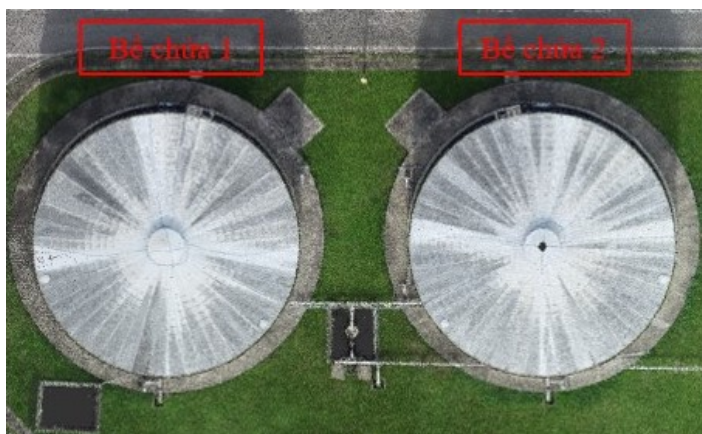
Hình 7. Các dữ liệu nhận được ở độ cao bay chụp 66,1 m

Ở lần bay chụp thứ hai, với độ cao bay 66,1 m, sử dụng 10 điểm không chế ảnh mặt đất, thu nhận được 206 tấm ảnh với độ phân giải không gian đạt 1,78 cm (Bảng 5).

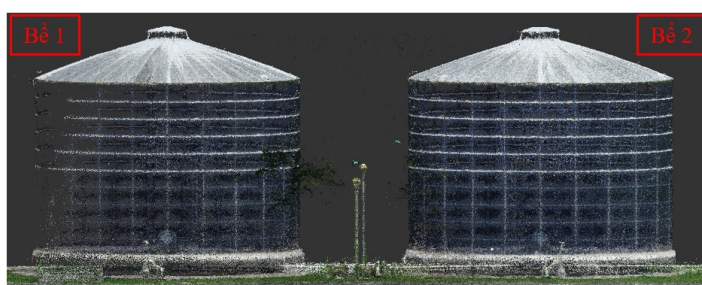
Bảng 5. Trích kết quả đánh giá dữ liệu bay chụp UAV ở độ cao 66,1 m trong phần mềm Agisoft Photoscan

Số lượng hình ảnh:	206
Độ cao bay chụp:	66,1 m
Độ phân giải không gian:	1,78 cm/pix
Diện tích khu vực bay chụp:	0,022 km <sup>2</sup>

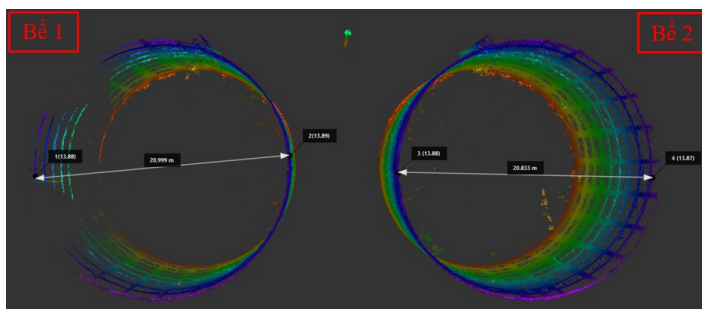
Kết quả đo kích thước các bể chứa từ các dữ liệu bay chụp UAV ở độ cao 66,1 m cũng được thực hiện trong phần mềm Civil 3D, trong đó kết quả đo đường kính và chiều cao bể chứa lần lượt là 20,999 m và 13,994 m cho bể chứa nổi số 1; 20,833 m và 14,024 m cho bể chứa nổi số 2 (Hình 8). Thể tích các bể chứa nổi lần lượt tính được là 4846.508 m<sup>3</sup> và 4780,413 m<sup>3</sup>.



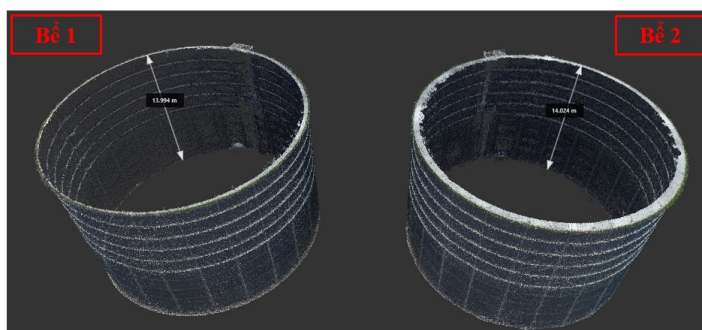
(a) Hình ảnh 02 bể chứa khí nhìn từ trên xuống



(b) Hình ảnh 02 bể chứa khí nhìn từ trái sang phải



(c) Số liệu đo đường kính 02 bể chứa



(d) Số liệu đo chiều cao 02 bể chứa

Hình 8. Kết quả đo đường kính và chiều cao 02 bể chứa nổi trên các dữ liệu nhận được ở độ cao bay chụp 66,1 m

### 3.2. Kết quả xử lý dữ liệu đo đạc, khảo sát thực địa

Trong nghiên cứu này, máy toàn đạc điện tử Trimble M1 được sử dụng để xác định chiều cao, bán kính bể chứa tại các vị trí đáy và đỉnh bể chứa theo chế độ đo không gương, không tính tới phần đỉnh chóp của bể chứa. Kết quả thể hiện trong Bảng 6.

Bảng 6. Kết quả xác định bán kính, chiều cao và thể tích bể tích từ máy toàn đạc điện tử Trimble M1

TT	Đường kính (m)			Chiều cao (m)	Thể tích (m <sup>3</sup> )
	Vòng đáy	Vòng đỉnh	Trung bình		
Bể 1	21,015	21,024	21,018	14,019	4863,957
Bể 2	21,029	20,011	21,020	14,015	4863,494

### 3.3. So sánh kết quả nghiên cứu

Nghiên cứu này tiến hành so sánh kết quả xác định chiều cao, đường kính và thể tích bể chứa từ kết quả bay chụp bằng UAV và kết quả đo đạc bằng máy toàn đạc điện tử Trimble M1 (Bảng 7). Trong đó, thể tích bể chứa nước hình trụ được tính theo công thức:

$$V = \pi r^2 h \quad (1)$$

trong đó:  $V$  là thể tích bể chứa (m<sup>3</sup>);  $r$  là bán kính của bể chứa (m);  $h$  là chiều cao của bể chứa (m).

Bảng 7. Bảng so sánh kết quả xác định kích thước và thể tích bể chứa từ dữ liệu bay UAV và toàn đạc điện tử Trimble M1

TT	Tên bể	Các thông số đo	Dữ liệu đo từ UAV	Dữ liệu đo từ toàn đạc điện tử	Sai lệch
Độ cao bay chụp 36,9 m	Bể 1	Đường kính bể (m)	21,009	21,018	-0,009
		Chiều cao bể (m)	14,010	14,019	-0,009
		Thể tích bể (m <sup>3</sup> )	4856,672	4863,957	-7,285
	Bể 2	Đường kính bể (m)	20,879	21,020	-0,141
		Chiều cao bể (m)	14,012	14,015	-0,003
		Thể tích bể (m <sup>3</sup> )	4797,438	4863,494	-66,056
Độ cao bay chụp 66,1 m	Bể 1	Đường kính bể (m)	20,999	21,018	-0,019
		Chiều cao bể (m)	13,994	14,019	-0,025
		Thể tích bể (m <sup>3</sup> )	4846,508	4863,957	-17,448
	Bể 2	Đường kính bể (m)	20,833	21,020	-0,187
		Chiều cao bể (m)	14,024	14,015	0,009
		Thể tích bể (m <sup>3</sup> )	4780,413	4863,494	-83,081

Qua kết quả so sánh cho thấy, sai lệch về đường kính bể chứa nổi lên lần lượt dao động từ thấp nhất là 0,009 m đến cao nhất là 0,187 m; sai lệch về chiều cao bể chứa thấp nhất là 0,003 m đến cao nhất là 0,025 m; sai lệch về thể tích bể chứa nổi lên lần lượt dao động ở độ cao bay chụp 36,9 m: sai lệch là



7,285 m<sup>3</sup> cho bể chứa nổi số 1, tương đương với 0,1%, 66,056 m<sup>3</sup> cho bể chứa nổi số 2, tương đương với 1,4%; ở độ cao bay chụp 66,1 m: sai lệch là 17,448 m<sup>3</sup> cho bể chứa nổi số 1, tương đương với 0,4%, 83,081 m<sup>3</sup> cho bể chứa nổi số 2, tương đương với 1,7%. Như vậy, có thể thấy số lượng 10 điểm không chế mặt đất được sử dụng để xử lý dữ liệu bay chụp UAV ở hai độ cao bay là 36,9 m và 66,1 m là phù hợp. Sai lệch xác định kích thước và thể tích bể chứa nổi phụ thuộc khá nhiều vào độ cao bay chụp UAV, tuy vậy, kết quả của nghiên cứu này bước đầu đạt độ chính xác khá tốt so với những nghiên cứu được công bố trước đó.

#### 4. Kết luận

Ước lượng và tính toán thể tích là một phần công việc rất quan trọng đối với nhiều ngành, nhiều lĩnh vực. Nghiên cứu này đã trình bày một cách tiếp cận khá hiệu quả trong việc ước lượng và tính toán thể tích các bể chứa nổi có hình dạng đơn giản, đường kính đồng nhất từ máy bay không người lái UAV. Trong đó, dữ liệu hình ảnh từ UAV cho độ phân giải không gian cao, thời gian bay chụp nhanh chóng, phạm vi khảo sát rộng, chủ động được về mặt thời gian, chi phí thấp. Trong nghiên cứu này, cả 10 điểm không chế ảnh mặt đất đều được sử dụng để xử lý dữ liệu bay chụp UAV ở các độ cao 36,9 m và 66,1 m trong phần mềm Agisoft Photoscan, tuy vậy, kết quả của nghiên cứu này cho thấy, việc sử dụng nhiều dữ liệu hình ảnh ở độ cao bay chụp thấp sẽ cho độ chính xác ước lượng và tính toán thể tích bể chứa tốt hơn. Sai số ước tính thể tích bể chứa lần lượt đạt là 0,1% và 1,4% ở độ cao bay chụp 36,9 m; là 0,4% và 1,7% ở độ cao bay chụp 66,1m. Điều này cho thấy độ cao bay chụp có ảnh hưởng đến độ chính xác xác định kích thước cũng như thể tích bể chứa.

Các sai lệch trong ước tính thể tích bể chứa trong nghiên cứu này cũng tốt hơn khá nhiều so với những kết quả đã công bố trước đó, tuy nhiên, cũng cần phải kiểm chứng thêm đối với những đối tượng có những hình dạng khác nhau, đường kính bể không đồng nhất. Nhìn chung, kết quả của nghiên cứu này cho thấy rằng thiết bị UAV hoàn toàn có khả năng ứng dụng hiệu quả trong xác định kích thước và thể tích các bể chứa nổi có hình dáng không quá phức tạp với chi phí thấp và nhanh chóng.

Các thể hệ máy TĐĐT có chế độ đo không gương có thể khắc phục được hầu hết những nhược điểm của công nghệ đo đặc truyền thống (thời gian đo lâu, nguy hiểm cho người khảo sát, ...), ngoài ra, dữ liệu đo từ TĐĐT không gương còn có thể sử dụng luôn, không cần phải mất thời gian xử lý nội nghiệp cũng như xây dựng điểm không chế ảnh mặt đất như khi bay chụp bằng UAV. Tuy vậy, đối với những cấu kiện bể chứa nổi có chiều cao rất lớn, chất liệu và bề mặt phản xạ không tốt, thì đây lại là một hạn chế rất lớn của các máy TĐĐT đo không gương, trong khi đó, bay chụp bằng UAV lại có thể khắc phục hiệu quả những nhược điểm này.

#### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Xây dựng Hà Nội trong đề tài mã số 21-2021/KHXD.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Easa, S. M. (1988). [Estimating pit excavation volume using nonlinear ground profile](#). *Journal of Surveying Engineering*, 114(2):71–83.
- [2] Hugenholtz, C. H., Walker, J., Brown, O., Myshak, S. (2015). [Earthwork volumetrics with an unmanned aerial vehicle and softcopy photogrammetry](#). *Journal of Surveying Engineering*, 141(1):06014003.
- [3] Yilmaz, H. M. (2010). [Close range photogrammetry in volume computing](#). *Experimental Techniques*, 34(1):48–54.



- [4] Raeva, P. L., Filipova, S. L., Filipov, D. G. (2016). [Volume computation of a stockpile - A study case comparing GPS and UAV measurements in an open pit quarry](#). *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLI-B1:999–1004.
- [5] Eisenbeiss, H. et al. (2004). A mini unmanned aerial vehicle (UAV): system overview and image acquisition. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 36 (5/W1):1–7.
- [6] Iizuka, K., Itoh, M., Shiodera, S., Matsubara, T., Dohar, M., Watanabe, K. (2018). [Advantages of unmanned aerial vehicle \(UAV\) photogrammetry for landscape analysis compared with satellite data: A case study of postmining sites in Indonesia](#). *Cogent Geoscience*, 4(1):1498180.
- [7] Wang, T., Li, Y., Yu, S., Liu, Y. (2019). [Estimating the volume of oil tanks based on high-resolution remote sensing images](#). *Remote Sensing*, 11(7):793.
- [8] Forsman, K. (2017). [Using structure from motion for stockpile inventory in the forest industry](#). Master thesis in Forest Management, Institutionen för skoglig resurshushållning.
- [9] Canh, L. V., Cuong, C. X., Tien, D. (2020). [Volume computation of quarries in Vietnam based on Unmanned Aerial Vehicle \(UAV\) data](#). *Journal of Mining and Earth Sciences*, 61(1):21–30.
- [10] Rhodes, R. K. (2017). *UAS as an inventory tool: a photogrammetric approach to volume estimation*. University of Arkansas.
- [11] Rahman, A. A. A., Maulud, K. N. A., Mohd, F. A., Jaafar, O., Tahar, K. N. (2017). [Volumetric calculation using low cost unmanned aerial vehicle \(UAV\) approach](#). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 270:012032.
- [12] Dũng, L. N., Trọng, T. Đ., Chiêu, V. Đ., Quỳnh, B. D., Hằng, H. T., Hiếu, D. C., Huy, N. Đ. (2021). [Nghiên cứu chế độ bay UAV trong khảo sát địa hình công trình dạng tuyến - ứng dụng cho đoạn đường đê Xuân Quan, Hà Nội](#). *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCVXD) - ĐHXDHN*, 15(7V):131–142.
- [13] Mai, V. S., Bùi, N. Q., Phạm, V. H., Lê, Đ. Q. (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*, (33): 49–57.
- [14] Hằng, H. T. (2018). [Ứng dụng máy bay không người lái \(UAV\) trong giám sát chất lượng mặt đường bộ, thí điểm tại một số đoạn trên Quốc lộ 6 thuộc tỉnh Hòa Bình](#). *Tạp chí Khoa học*, 15(9):86.
- [15] Đợi, N. T., Nghị, Đ. T., Tú, N. A., Xuân, N. H. (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](#). *Khí tượng thủy văn*, EME4(1):202–214.
- [16] Uysal, M., Toprak, A. S., Polat, N. (2015). [DEM generation with UAV Photogrammetry and accuracy analysis in Sahitler hill](#). *Measurement*, 73:539–543.
- [17] quan Li, X., an Chen, Z., ting Zhang, L., Jia, D. (2016). [Construction and accuracy test of a 3D model of non-metric camera images using Agisoft PhotoScan](#). *Procedia Environmental Sciences*, 36:184–190.
- [18] Diệu, B. T., Vân, N. C., Hùng, H. M., Phương, Đ. B., Hà, N. V., Anh, T. T., Minh, N. Q. (2016). Xây dựng mô hình số bề mặt và bản đồ trực ảnh sử dụng công nghệ đo ảnh máy bay không người lái (UAV). *Hội nghị Khoa học: Đo đạc Bản đồ với ứng phó biến đổi khí hậu, Hà Nội*.
- [19] Silva, M. R. S., Eger, R. A., Rosenfeldt, Y. A. Z., Loch, C. (2018). [Testing DJI Phantom 4 Pro for urban georeferencing](#). *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-1:407–411.
- [20] DIJ (2017). [Phantom 4 Pro visionary intelligence imagination, and elevatedimagination](#).