TẠP CHÍ
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Check for updates

Bài báo khoa học

Ứng dụng công nghệ UAV và WebGIS trong xây dựng bản đồ 3D trực tuyến

Vũ Xuân Định[1]*

[1] Bộ môn Trắc địa bản đồ và GIS, Viện Quản lý đất đai và PTNT, Trường Đại học Lâm nghiệp; dinh.vuxuan@gmail.com

*Tác giả liên hệ: dinh.vuxuan@gmail.com; Tel.: +84–989640422

Ban Biên tập nhận bài: 12/9/2024; Ngày phản biện xong: 11/10/2024; Ngày đăng bài: 25/3/2025

Tóm tắt: Nghiên cứu tập trung vào việc ứng dụng công nghệ UAV và hệ thống WebGIS để xây dựng bản đồ 3D trực tuyến cho Trường Đại học Lâm nghiệp Việt Nam (VNUF), nhằm cung cấp một công cụ quản lý hiện đại và hiệu quả. UAV Phantom 4 RTK đã được sử dụng để thu thập dữ liệu hình ảnh với độ phân giải cao (2,24 cm/pixel) trên toàn bộ khu vực nghiên cứu, bao gồm cả việc chụp chi tiết các công trình kiến trúc. Quá trình xử lý dữ liệu từ UAV đã tạo ra mô hình số địa hình (DTM), ảnh trực giao, và mô hình 3D của các công trình, đảm bảo độ chính xác cao và chất lượng vượt trội. Cơ sở dữ liệu bản đồ 3D của khu vực trung tâm VNUF đã được thiết lập trong QGIS và sau đó chuyển đổi thành bản đồ 3D trực tuyến. Hệ thống này cho phép người dùng tương tác và truy xuất thông tin, hỗ trợ hiệu quả cho công tác quản lý, giảng dạy và tham quan khuôn viên trường. Kết quả nghiên cứu khẳng định rằng sự kết hợp giữa công nghệ UAV và WebGIS là một công cụ hiệu quả trong việc tạo ra hệ thống bản đồ 3D trực tuyến hiện đại và chính xác. Phương pháp này không chỉ mang lại nhiều tiện ích cho việc quản lý và giám sát mà còn có tiềm năng ứng dụng rộng rãi tại nhiều khu vực khác ở Việt Nam.

Từ khóa: Bản đồ 3D; Bản đồ trực tuyến; GIS; Trường Đại học Lâm nghiệp; UAV; WebGIS.

1. Đặt vấn đề

Bản đồ 3D trực tuyến là công cụ quan trọng trong việc hiển thị và quản lý thông tin không gian với khả năng mô phỏng chính xác địa hình, công trình và các yếu tố tự nhiên hoặc nhân tạo [1]. Nó giúp cung cấp cái nhìn toàn diện, trực quan đóng vai trò thiết yếu trong quản lý đô thị, quy hoạch cơ sở hạ tầng, bảo tồn tài nguyên và giáo dục [2]. Nhiều phương pháp với các công nghệ tiên tiến đã được áp dụng để xây dựng bản đồ 3D trực tuyến [3]. Các công nghệ như LiDAR, UAV, và phần mềm xử lý hình ảnh như Agisoft Metashape, Pix4D, và Bentley ContextCapture được sử dụng phổ biến [4–6]. Cùng với sự ra đời và phát triển của các thiết bị bay không người lái (UAV) các tư liệu ảnh thu được từ các thiết bị này đã thay thế và khắc phục hoàn toàn các nhược điểm của tư liệu ảnh vệ tinh hoặc máy bay có người lái trước kia trong các nghiên cứu về xây dựng bản đồ [7–9]. Các tư liệu ảnh thu được ở độ phân giải cao, giá thành thấp, khả năng xây dựng ảnh trực giao và mô hình không gian (3D) với chất lượng cao đã và đang gia tăng khả năng ứng dụng của công nghệ UAV [6, 10–12]. Bên cạnh đó với công nghệ định vị động thời gian thực (RTK), UAV có thể cung cấp dữ liệu với độ chính xác cao, thường trong khoảng vài centimet [13, 14]. Điều này rất hữu ích trong nhiều ứng dụng đòi hỏi định vị chính xác trong quản lý tài nguyên thiên nhiên nói chung cũng như quản lý đất đai nói riêng như thành lập bản độ hiện trạng, bản đồ địa chính...[15–17]. Ứng dụng công nghệ UAV kết hợp WebGIS trong đo vẽ và thành lập bản đồ đã được thực hiện trong rất nhiều các nghiên cứu trước đây và đã chứng minh được tính hiệu quả của

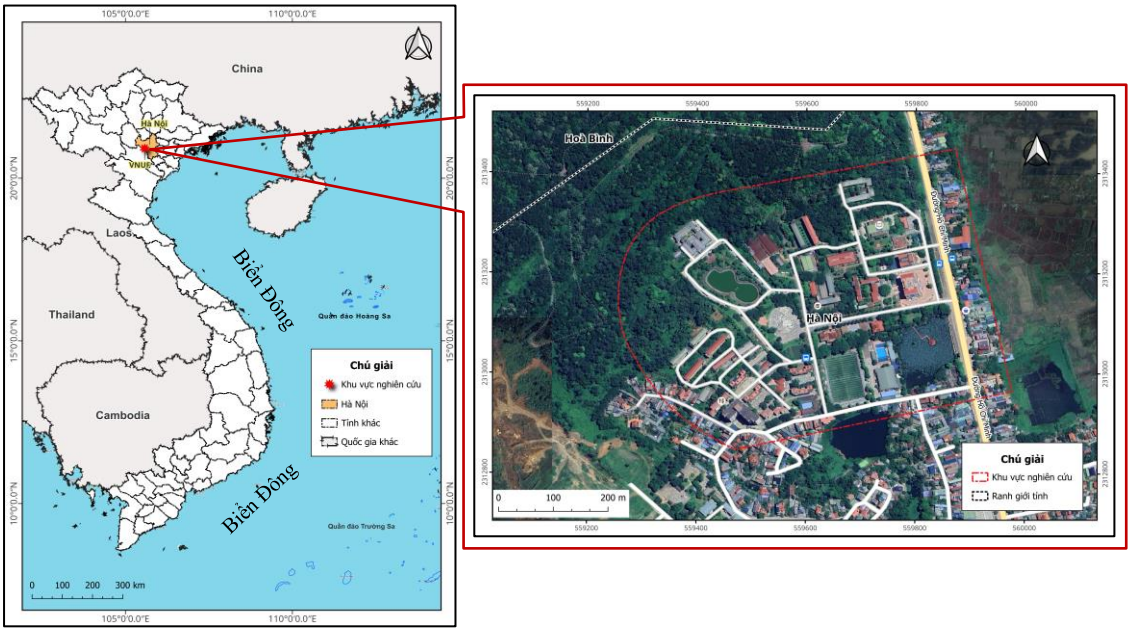
nó [18–20]. WebGIS là một hệ thống thông tin địa lý được triển khai trên web thông qua công nghệ Internet. Người dùng có thể truy cập dữ liệu, thực hiện truy vấn và phân tích không gian trực tiếp trên nền tảng WebGIS. Với sự bùng nổ của kỷ nguyên công nghệ Internet, WebGIS đã có những bước phát triển mạnh mẽ [21–23].

Từ những dữ liệu đã thu thập được cho thấy bản đồ hiện trạng Trường đại học Lâm nghiệp (VNUF) trước đây đã được thành lập từ trước năm 2006 và tái bản nhiều lần nhưng hầu hết kế thừa từ dữ liệu trước đó là chính. Các dữ liệu này một mặt đã bị thay đổi nhiều với nhiều công trình mới được xây dựng lên thay thế các công trình cũ trước đây, mặt khác các dữ liệu bản đồ trước đây đã không thực sự chính xác do thiết bị đo đạc được sử dụng vào thời điểm thành lập còn nhiều hạn chế. Sự cần thiết phải có bản đồ số hiện trạng trung tâm VNUF với đầy đủ thông tin và chính xác là rất lớn không những phục vụ cho công tác giảng dạy, đào tạo của Trường, mà còn phục vụ cho các hoạt động khác như tham quan, và tra cứu thông tin trường đặc biệt là thông qua hệ thống mạng Internet. Nhận thấy vấn đề này, nghiên cứu đã được định hướng sử dụng UAV Phantom 4 RTK kết hợp với WebGIS để xây dựng bản đồ 3D trực tuyến mà mọi đối tượng người dùng khác nhau đều có thể tương tác và truy xuất dữ liệu với mức độ chi tiết và độ chính xác cao.

2. Phương pháp nghiên cứu và thu thập số liệu

2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Trường Đại học Lâm nghiệp (*Vietnam National University of Forestry - VNUF*) là một trường đại học công lập, được thành lập theo Quyết định số 127/CP ngày 19 tháng 8 năm 1964 của Hội đồng Chính phủ. Trường có sứ mệnh đào tạo nguồn nhân lực chất lượng cao cho các lĩnh vực lâm nghiệp, nông nghiệp và phát triển nông thôn. Trụ sở chính của VNUF tọa lạc tại thị trấn Xuân Mai, huyện Chương Mỹ, cách trung tâm Hà Nội khoảng 35 km về phía Tây Nam, nằm tại vĩ độ 20°50’ Bắc và kinh độ 105°30’ Đông (Hình 1). Khu vực này thuộc địa hình bán sơn địa, giao thoa giữa các tuyến quốc lộ 6A và 21A, có khí hậu nhiệt đới gió mùa với mùa hè nóng ẩm và mùa đông lạnh khô. Nhiệt độ trung bình năm khoảng 23°C, và lượng mưa trung bình đạt 1.600 mm. Cơ sở chính của trường rộng hơn 500 ha, bao gồm nhiều khu vực khác nhau, mang đến một môi trường học tập và nghiên cứu thoáng đãng, gần gũi với thiên nhiên. Khuôn viên trường có diện tích 27 ha, nơi tập trung các hoạt động giáo dục và nghiên cứu. Bên cạnh đó, khu rừng thực nghiệm rộng hơn 100 ha được sử dụng cho các thí nghiệm liên quan đến lâm nghiệp và bảo vệ môi trường. Đặc biệt, khu rừng sinh thái

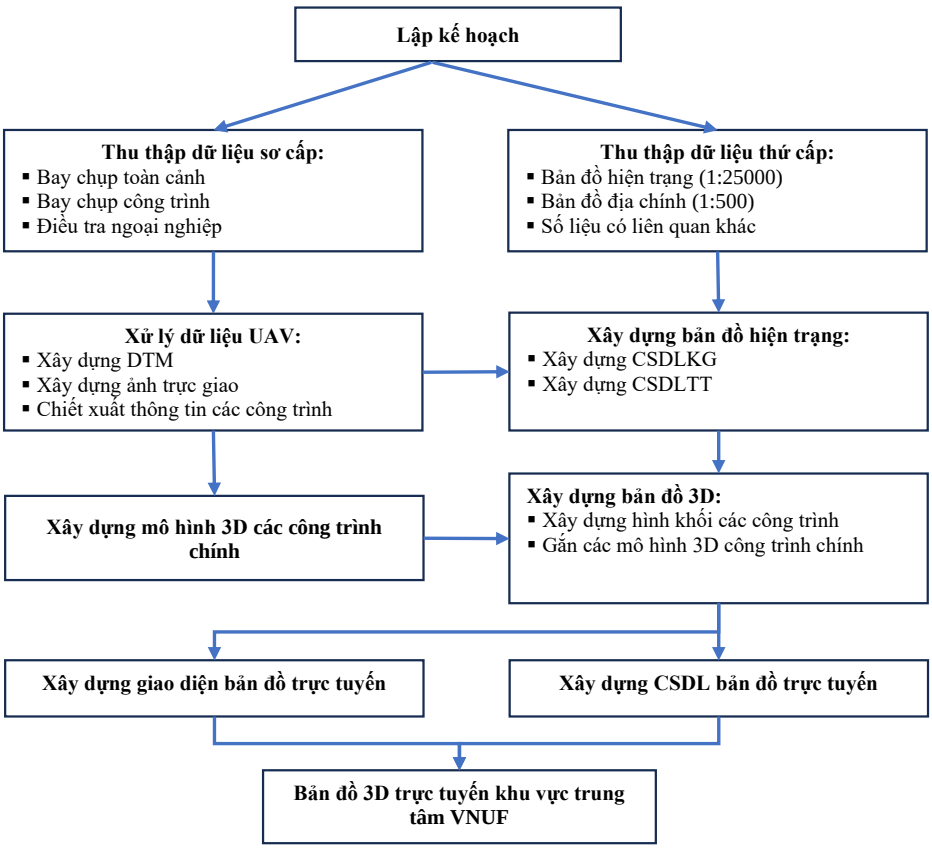


Hình 1. Vị trí khu vực nghiên cứu.

bao phủ gần 400 ha, đóng vai trò quan trọng trong việc bảo tồn đa dạng sinh học và là địa điểm nghiên cứu về hệ sinh thái tự nhiên.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Hình 2 minh họa quy trình nghiên cứu với các phương pháp và kỹ thuật được áp dụng để xây dựng bản đồ 3D trực tuyến. Quy trình bắt đầu với giai đoạn lập kế hoạch, sau đó tiến hành thu thập dữ liệu sơ cấp và thứ cấp. Các dữ liệu này sau đó được xử lý qua nhiều giai đoạn, bao gồm xử lý dữ liệu UAV và xây dựng bản đồ hiện trạng 3D. Cuối cùng, các thông tin thu thập và xử lý được tổng hợp để tạo ra bản đồ 3D trực tuyến mô phỏng khu vực trung tâm của VNUF.



Hình 2. Sơ đồ các bước thực hiện.

2.2.1. Thu thập dữ liệu thứ cấp

Các tài liệu, báo cáo và công trình nghiên cứu liên quan đã được thu thập và tổng hợp để cung cấp nền tảng lý thuyết và thực tiễn vững chắc cho nghiên cứu. Dữ liệu bản đồ sẽ được thu thập từ các cơ quan và tổ chức liên quan với tiêu chí đảm bảo tính chính xác và sự cập nhật của thông tin. Hệ thống bản đồ bao gồm bản đồ số địa chính (1:500) khu vực thị trấn Xuân Mai, và bản đồ số hiện trạng sử dụng đất huyện Chương Mỹ (1:25000) sẽ được tổng hợp và phân tích, nhằm mang lại cái nhìn toàn diện về hiện trạng của khu vực nghiên cứu. Việc hệ thống hóa các thông tin này không chỉ hỗ trợ cho quá trình phân tích và đánh giá hiện trạng, mà còn cung cấp cơ sở dữ liệu nền tảng cho các bước xử lý tiếp theo trong nghiên cứu.

2.2.2. Thu thập dữ liệu sơ cấp

Nghiên cứu tiến hành các đợt khảo sát và điều tra thực địa nhằm phục vụ cho việc lập kế hoạch bay chụp, xác minh lại các số liệu đã có cũng như sau xử lý nhằm đảm bảo độ chính

xác và tính nhất quán của thông tin. Đặc biệt, dữ liệu ảnh chụp từ UAV Phantom 4 RTK, với độ chính xác cao, đã được thu thập, bao phủ toàn bộ khu vực trung tâm VNUF và các công trình trọng điểm. Những dữ liệu này cung cấp thông tin chi tiết và toàn diện, tạo nền tảng vững chắc cho việc phân tích và đánh giá trong nghiên cứu.

2.2.3. Xử lý dữ liệu UAV

a) Phần mềm Agisoft Metashape

Agisoft Metashape là một phần mềm tiên tiến và phổ biến trong lĩnh vực xử lý dữ liệu UAV, đặc biệt được sử dụng để tạo ra các mô hình 3D và ảnh trực giao từ dữ liệu ảnh chụp từ UAV [24–26]. Phần mềm này sử dụng các thuật toán thị giác máy tính và xử lý ảnh để chuyển đổi dữ liệu ảnh thô thành các sản phẩm bản đồ có độ chính xác cao.

Thuật toán RANSAC (*Random Sample Consensus*) được áp dụng để tìm kiếm và ghép nối các điểm đặc trưng giống nhau giữa các ảnh dựa trên công thức cơ bản sau [27]:

$$D\left(f_i, f_j\right) = \sqrt{\left(x_i - x_j\right)^2 + \left(y_i - y_j\right)^2} \quad (1)$$

Trong đó f_i và f_j là các vector đặc trưng của hai điểm trên hai ảnh khác nhau. Mỗi điểm đặc trưng có tọa độ (x, y) trên ảnh tương ứng; x_i và y_i là tọa độ của điểm đặc trưng f_i trên ảnh đầu tiên; x_j và y_j là tọa độ của điểm đặc trưng f_j trên ảnh thứ hai.

Đám mây điểm dày đặc (*Dense Point Cloud*) được xây dựng dựa trên sự kết hợp của các bản đồ độ sâu hình thành từ công thức sau [28]:

$$Z_i = \frac{f \times B}{d_i} \quad (2)$$

Trong đó Z_i là khoảng cách đến điểm; f là tiêu cự của camera; B là khoảng cách cơ sở (baseline distance) giữa hai ảnh; d_i là sự khác biệt về vị trí của điểm tương ứng giữa hai ảnh.

b) Xây dựng mô hình số địa hình

Mô hình số địa hình (DTM) là một mô hình ba chiều của bề mặt địa hình, loại bỏ các đối tượng không liên quan như cây cối và công trình xây dựng [1, 29, 30]. Để tạo ra DTM, dữ liệu ảnh thu được từ UAV sẽ được ghép lại thành một mô hình 3D dựa trên phần mềm Agisoft Metashape. Quá trình này bao gồm việc xử lý dữ liệu đám mây điểm ảnh (*point cloud*) và lọc bỏ các đối tượng không mong muốn để chỉ giữ lại bề mặt địa hình.

c) Xây dựng ảnh trực giao

Ảnh trực giao (*Orthophoto*) là các hình ảnh đã được hiệu chỉnh để loại bỏ biến dạng do góc nhìn và độ cao, tạo ra một bản đồ ảnh chính xác theo tỷ lệ [26]. Quá trình tạo ảnh trực giao, sử dụng công thức ma trận chiếu để chuyển đổi các điểm 3D thành ảnh trực giao 2D [31]. Công thức cơ bản cho việc chuyển đổi từ điểm 3D đến ảnh 2D (ảnh gốc) như sau:

$$x_i = K \times \left(R \times X_j + T\right) \quad (3)$$

Trong đó x_i là tọa độ 2D của điểm trên ảnh i; K là ma trận nội tại của camera (*calibration matrix*), bao gồm các tham số như tiêu cự và điểm chính; R là ma trận quay (*rotation matrix*) của camera; T là vector dịch chuyển (*translation vector*) của camera; X_j là tọa độ 3D của điểm trong không gian thực.

Các ảnh thu thập được từ UAV được ghép lại với nhau và điều chỉnh bằng phần mềm xử lý ảnh, sử dụng các thông tin về vị trí và độ cao từ GNSS RTK trên UAV Phantom 4 RTK. Kết quả là một bức ảnh có độ phân giải cao, phản ánh chính xác bề mặt đất mà không bị biến dạng hình học.

d) Chiết xuất thông tin các công trình

Chiết xuất thông tin các công trình từ dữ liệu UAV bao gồm việc xác định vị trí, hình dạng và kích thước của các cấu trúc xây dựng. Các kỹ thuật phân loại đối tượng dựa trên học máy (*machine learning*) bao gồm *Random Forests* và học sâu (*Deep Learning*) được áp dụng

để tự động nhận diện và phân loại các đối tượng dựa trên các đặc trưng hình học, màu sắc và kết cấu từ dữ liệu ảnh không gian. Kết quả của quá trình phân loại sẽ trích xuất được thông tin chi tiết về các công trình như nhà cửa, đường xá, cầu cống và các hạ tầng khác.

2.2.4. Xây dựng bản đồ số

a) Chuyển đổi dữ liệu

Quá trình này nhằm chuyển đổi các dữ liệu đã được thu thập từ rất nhiều nguồn với rất nhiều định dạng, vị trí địa lý, và tỷ lệ được lưu trữ khác nhau về một chuẩn định dạng chung. Các dữ liệu này có thể là các tệp dữ liệu, bản đồ, các ghi chép, các số liệu điều tra thực địa, hay nhiều những loại khác nữa có chứa đựng thông tin cần thiết cho nghiên cứu. Phương pháp, công cụ và cách thức để chuyển đổi dữ liệu có thể là khác nhau tùy theo đối tượng cần chuyển đổi và nhắm tới trong các nghiên cứu.

b) Xây dựng dữ liệu không gian

Dữ liệu được chuyển đổi sang định dạng phù hợp (Shapefile) trước khi được nhập vào QGIS và sử dụng nó để xây dựng cơ sở dữ liệu không gian. Các lớp dữ liệu không gian được thành lập đại diện cho một loại đối tượng trên bản đồ. Mỗi đối tượng trong một lớp sẽ được biểu diễn bởi một hình dạng địa lý và một tập hợp các thuộc tính. Cuối cùng, tối ưu hóa cơ sở dữ liệu không gian để đảm bảo rằng nó hoạt động một cách hiệu quả. Điều này có thể bao gồm việc tạo ra các chỉ mục không gian, tối ưu hóa truy vấn, và thực hiện các biện pháp khác để cải thiện hiệu suất.

c) Xây dựng dữ liệu thuộc tính

Sau khi xác định các thuộc tính cần thiết cho mỗi lớp thông tin, tiến hành thu thập dữ liệu từ nhiều nguồn khác nhau, bao gồm cả dữ liệu quan trắc trực tiếp và dữ liệu từ các nguồn thứ ba. Dữ liệu thuộc tính này sau đó được nhập vào QGIS tương ứng cho mỗi lớp thông tin, với mỗi hàng trong bảng đại diện cho một đối tượng trên bản đồ và mỗi cột trong bảng đại diện cho một thuộc tính.

2.2.5. Xây dựng WebGIS

WebGIS là một giải pháp dựa trên mô hình máy khách - máy chủ, internet được sử dụng như là nơi để quản lý, phân tích, cập nhật và chia sẻ hệ thống thông tin địa lý [32, 33]. Thông tin được trao đổi giữa máy chủ GIS và các thiết bị máy khách thông qua các trình duyệt web, ứng dụng di động và ứng dụng máy tính để bàn.

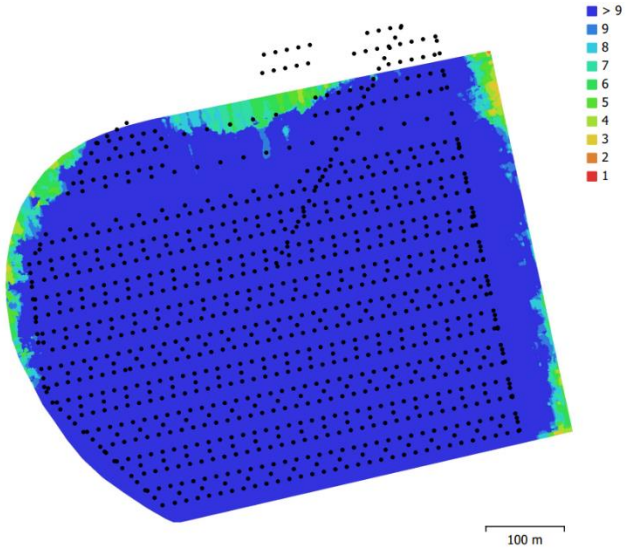
Trong nghiên cứu này, đầu tiên cần thiết lập Webserver và GeoServer. Tiếp theo, hệ thống cơ sở dữ liệu cho WebGIS sẽ được xây dựng bằng cách cài đặt PostgreSQL. Dữ liệu sau khi được chuẩn hóa và định dạng bằng phần mềm QGIS sẽ được nhập vào cơ sở dữ liệu thông qua PostGIS. Khi quá trình thiết lập máy chủ hoàn tất, việc kiểm thử và phát triển các tính năng cùng với giao diện người dùng sẽ được triển khai. Cuối cùng, hệ thống sẽ được đồng bộ hóa và công bố trên trang web.

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Tổng hợp và đánh giá dữ liệu ảnh UAV

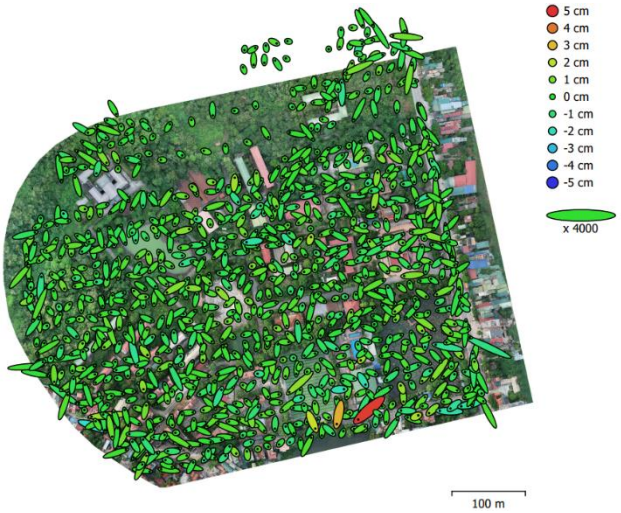
Dữ liệu khảo sát từ UAV Phantom 4 RTK đã được thu thập với hệ thống máy ảnh (FC6310R) có tiêu cự 8,8 mm, độ phân giải ảnh là 5472×3648 và kích thước điểm ảnh là 2,41×2,41 µm cho phép chụp những hình ảnh có độ nhạy, chất lượng hình ảnh, và độ chi tiết cao. Độ cao bay của hệ thống là 73,8 m, một độ cao đủ thấp để đảm bảo độ phân giải chi tiết nhưng cũng đủ cao để bao quát một diện tích lớn. Độ cao bay này giúp dữ liệu ảnh thu được đạt độ phân giải mặt đất là 2,24 cm/pix, điều này đảm bảo rằng các chi tiết nhỏ trên bề mặt đất đều có thể được nhận diện rõ ràng.

Kết quả dữ liệu thu được với tổng số lượng ảnh chụp là 1.206, và số lượng điểm chụp ảnh được triển khai là 999 cho thấy một mức độ phủ ảnh cao trên toàn bộ khu vực nghiên cứu được thể hiện chi tiết trên Hình 3. Trong đó mức độ phủ của ảnh được thể hiện thông qua các màu sắc khác nhau, với màu xanh đậm biểu thị mức độ phủ của ảnh là cao nhất (9 ảnh), trong khi màu đỏ biểu thị mức độ phủ của ảnh là thấp nhất (1 ảnh).



Hình 3. Sơ đồ vị trí chụp và mức độ phủ của ảnh UAV.

Các điểm nối (*tie points*) là các điểm đặc trưng được nhận dạng và theo dõi trên nhiều hình ảnh khác nhau. Số lượng điểm nối thu thập được là 1.144.467, một con số rất lớn, phản ánh mức độ chi tiết và chính xác của dữ liệu không gian thu thập được. Số lượng phép chiếu (*Projections*) là số lần một điểm nối xuất hiện và được chiếu vào các hình ảnh khác nhau. Số lượng phép chiếu đạt được là 3.367.706, cho thấy quá trình xử lý và tái tạo hình ảnh ba chiều được thực hiện một cách tỉ mỉ và chính xác. Trong khi đó lỗi định vị lại (*Reprojection error*) là 0,732 pix, cho thấy độ sai số trong quá trình tái tạo hình ảnh là rất nhỏ, đảm bảo tính chính xác cao của dữ liệu thu được. Quá trình hiệu chuẩn máy ảnh sau khi chụp đã được tiến hành để đảm bảo độ chính xác và chất lượng của các hình ảnh thu được từ UAV. Tiêu cự (*Focal length*) được ghi nhận là 3716.19 với sai số 0,19, chỉ ra độ chính xác cao của phép đo tiêu cự.



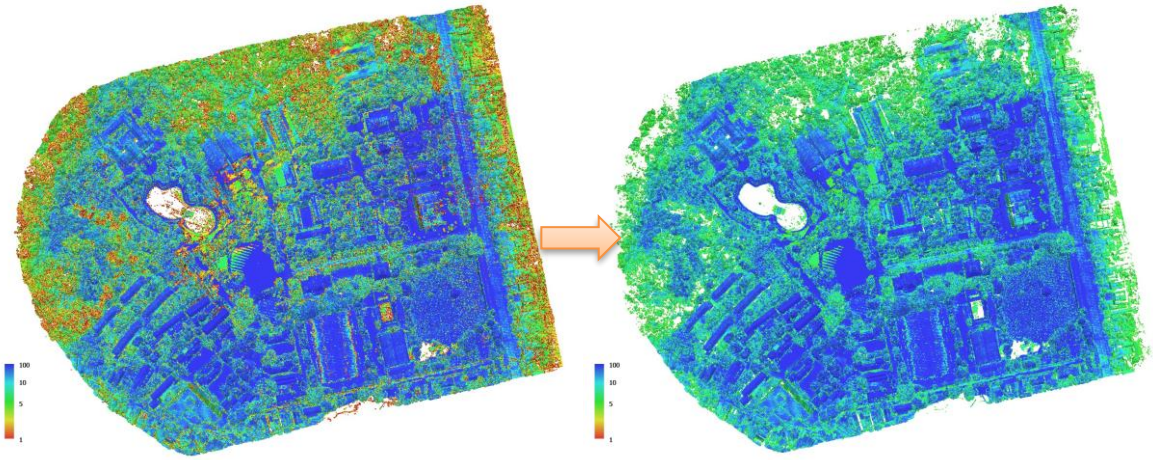
Hình 4. Vị trí máy ảnh và sai số ước tính (Sai số Z được biểu thị bằng màu elip. Sai số X, Y được thể hiện bằng hình elip. Vị trí máy ảnh sau nội suy được đánh dấu bằng chấm đen).

Hình 4 minh họa một cách trực quan vị trí của các camera và mức độ chính xác của chúng thông qua các chấm đen và hình ellipse. Các chấm đen đại diện cho vị trí ước tính của các camera, trong khi các hình ellipse biểu thị lỗi trong vị trí ước tính đó. Các lỗi được mã hóa màu và hình dạng để biểu diễn mức độ lỗi theo các chiều khác nhau. Lỗi theo chiều dọc (Z) được thể hiện bằng màu sắc của hình ellipse, với thang màu từ đỏ (tương ứng với lỗi 5 cm) đến xanh lá cây (tương ứng với lỗi -5 cm). Lỗi theo chiều ngang (XY) được thể hiện qua hình dạng của các ellipse với độ lớn được tính theo độ lớn của thanh tỷ lệ (100 m) chia cho 4000.

Lỗi trung bình theo trục X là 3 mm và theo trục Y là 3 mm, cho thấy độ chính xác cao trong việc định vị ngang của các camera. Lỗi trung bình theo hướng Z (độ cao) lớn hơn, ở mức 6 mm, chỉ ra rằng việc ước tính độ cao có độ chính xác kém hơn so với định vị ngang. Tổng lỗi tất cả các hướng tính được là 7 mm. Từ bản đồ và dữ liệu trên, có thể kết luận rằng độ chính xác dữ liệu ảnh thu được từ quá trình bay chụp bằng UAV (Phantom 4 RTK) là hoàn toàn đủ độ chính xác để xây dựng bản đồ hiện trạng khu vực trung tâm Trường đại học Lâm nghiệp.

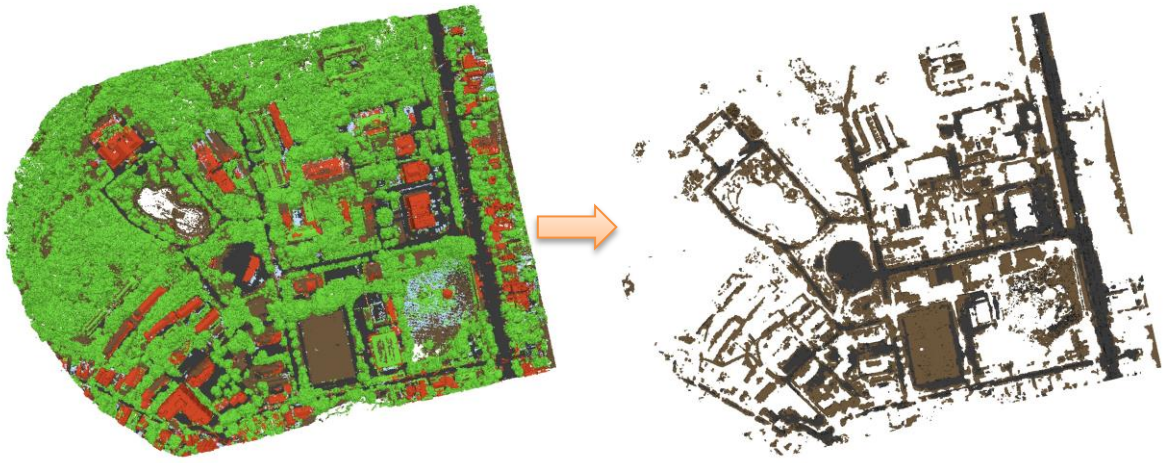
3.2. Xử lý dữ liệu ảnh UAV

Quá trình xử lý ảnh UAV trong phần mềm Agisoft Metashape bắt đầu bằng việc sử dụng các điểm đặc trưng trong các bức ảnh để tìm các điểm chung và căn chỉnh chúng với nhau, tạo ra một đám mây điểm sơ bộ (*Photo Alignment*). Dựa trên đám mây điểm sơ bộ, sử dụng thuật toán đa hướng để tạo ra xây dựng đám mây điểm dày đặc. Đám mây điểm này có mật độ điểm cao và cung cấp thông tin chi tiết về địa hình, bao gồm cả các đối tượng như cây cối, công trình xây dựng và các yếu tố tự nhiên khác.



Hình 5. Quá trình lọc bỏ các điểm có độ tin cậy thấp của đám mây điểm ảnh (Blue: mức độ tin cậy cao, Red: mức độ tin cậy thấp).

Hình 5 cho thấy mức độ tin cậy của các điểm ảnh trong đám mây điểm dày đặc (point cloud) được tạo ra cho khu vực trung tâm VNUF. Các điểm ảnh được mã hóa màu sắc theo mức độ tin cậy, mức độ tin cậy cao thể hiện bằng màu xanh dương và mức độ tin cậy thấp thể hiện bằng màu đỏ. Hình ảnh cho thấy các khu vực trung tâm và các vùng gần các tòa nhà có mức độ tin cậy cao hơn, biểu thị bằng các điểm màu xanh dương, trong khi các khu vực ngoại vi và các vùng có cây cối hoặc các bề mặt không đều có mức độ tin cậy thấp hơn, biểu thị bằng các điểm màu xanh lá cây và đỏ. Để xử lý và thu được dữ liệu có độ chính xác cao từ đám mây điểm này, thực hiện lọc bỏ các điểm có mức độ tin cậy thấp để giảm thiểu các lỗi và sai số trong dữ liệu. Sau đó, áp dụng các thuật toán nội suy (*interpolation*) để làm mịn các bề mặt và giảm sự biến động của dữ liệu. Quá trình này giúp đảm bảo rằng dữ liệu cuối cùng phản ánh chính xác đặc điểm địa hình và các yếu tố địa lý của khu vực nghiên cứu.



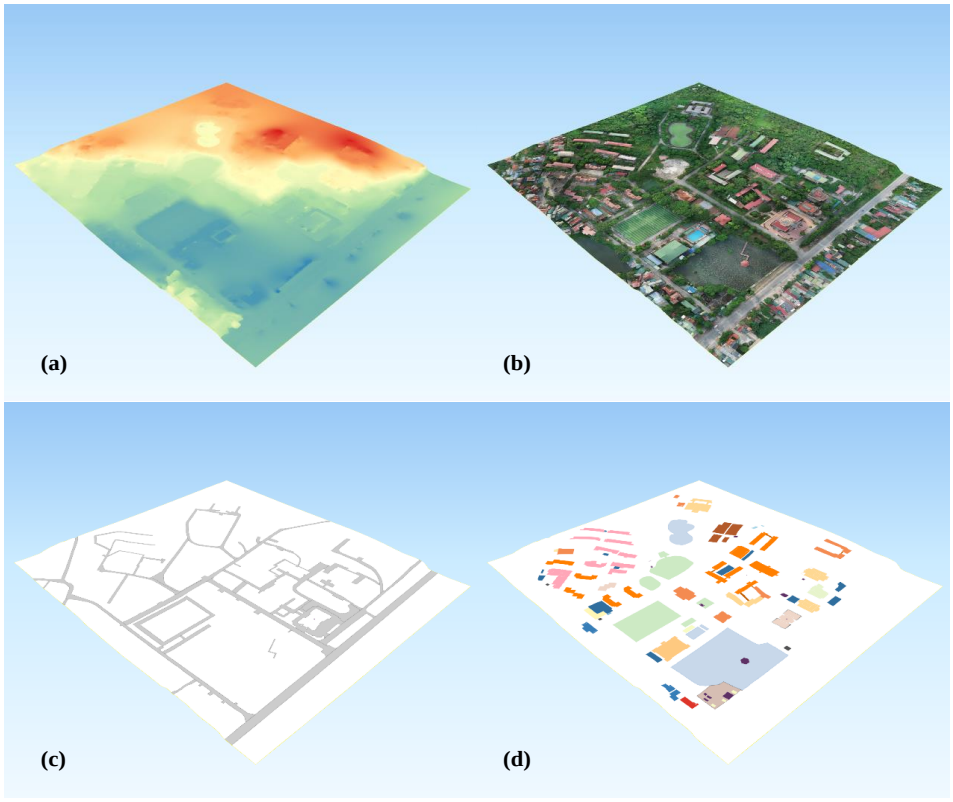
Hình 6. Xây dựng đám mây điểm ảnh thuộc mặt đất cho mô hình địa hình số.

Để xây dựng DTM, công cụ phân loại đám mây điểm ảnh (*Point Classification*) đã được sử dụng. Công cụ này dựa trên độ cao và mật độ điểm để xác định và phân loại các điểm, tách biệt các điểm thuộc mặt đất khỏi các điểm thuộc các đối tượng trên mặt đất như cây cối và công trình xây dựng. Tiếp theo, sử dụng các công cụ chỉnh sửa thủ công cho từng khu vực nhỏ một cách cẩn thận để kiểm tra thông qua việc so sánh với các dữ liệu địa hình đã đã được thu thập trực tiếp ngoài thực địa để từ đó điều chỉnh phân loại các điểm, loại bỏ các điểm không chính xác hoặc nhiễu đảm bảo thu được các điểm mặt đất với độ chính xác cao nhất. Quá trình tạo ảnh trực giao bắt đầu bằng việc sử dụng các ảnh đã được căn chỉnh để tạo ra một ảnh ghép không có biến dạng, bằng cách chiếu các ảnh lên mô hình số địa hình đã tạo ra. Từ đó hiệu chỉnh hình học các ảnh để loại bỏ các biến dạng do góc chụp và địa hình, sau đó ghép các ảnh lại với nhau thành một ảnh toàn cảnh liên tục. Để loại bỏ các lỗi nhỏ hoặc các khu vực không chính xác trên ảnh trực giao tiến hành chỉnh sửa và tinh chỉnh thêm bằng cách điều chỉnh màu sắc, ánh sáng và các chi tiết khác để đảm bảo ảnh trực giao thu được có chất lượng cao nhất.

Từ mô hình bề mặt số tiến hành nhận diện, chiết xuất mô hình không gian và các thông tin cụ thể về các công trình đặc trưng nằm trong khu vực trung tâm Trường đại học Lâm nghiệp. Quá trình này có thể bao gồm việc sử dụng các thuật toán học máy và các phương pháp phân tích hình ảnh để phân biệt các công trình như nhà ở, cơ sở hạ tầng, và các cấu trúc khác từ các yếu tố tự nhiên như cây cối và địa hình. Khi các công trình đã được nhận diện, bước chiết xuất thông tin được tiến hành để xác định chiều cao, diện tích, và vị trí của từng công trình. Điều này cho phép tạo ra một bộ dữ liệu phong phú và chi tiết về các công trình trong khu vực nghiên cứu. Kết quả của quy trình này là một tập hợp thông tin chi tiết về các công trình như nhà ở, cơ sở hạ tầng, và các cấu trúc khác.

3.3. Xây dựng dữ liệu GIS

Sự đa dạng của các lớp thông tin địa lý khác nhau là vô cùng quan trọng giúp cung cấp cái nhìn toàn diện và chi tiết về khu vực được nghiên cứu. Các lớp thông tin được xây dựng bao gồm mô hình số địa hình (Hình 7a), ảnh trực giao chụp từ độ cao 70 m (Hình 7b), lớp thông tin giao thông (Hình 7c) và lớp thông tin hiện trạng (Hình 7d).



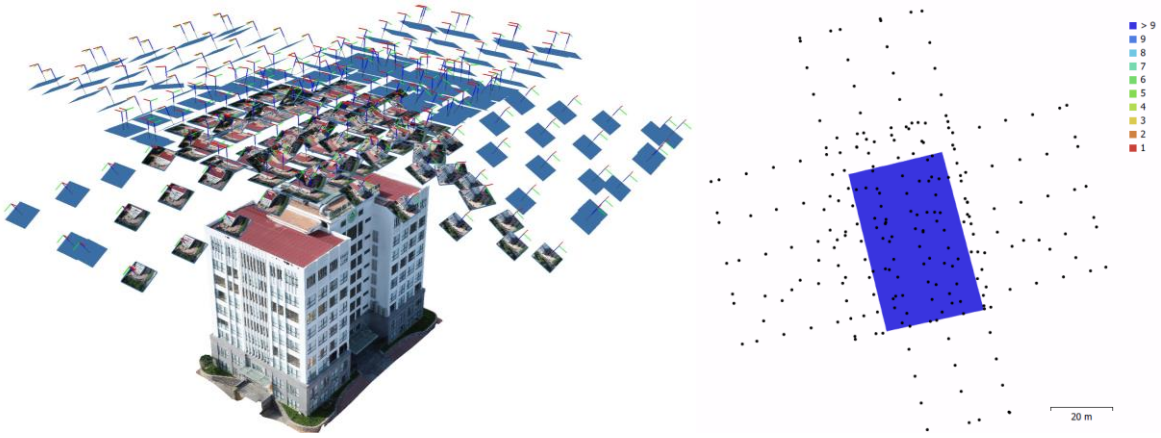
Hình 7. Các lớp thông tin phục vụ xây dựng bản đồ 3D: (a) Mô hình số địa hình (DTM); (b) Ảnh trực giao chụp ở độ cao 70m; (c) Lớp thông tin giao thông; (d) Lớp thông tin hiện trạng.

Quá trình xử lý dữ liệu DTM để xây dựng lớp thông tin địa hình cho bản đồ hiện trạng đòi hỏi nhiều bước chính xác và cẩn thận. Lớp thông tin này không chỉ giúp cung cấp cơ sở dữ liệu chi tiết và chính xác để xây dựng bản đồ hiện trạng mà còn để hiểu rõ hơn về đặc điểm địa hình của khu vực nghiên cứu. Dữ liệu này sau khi được nhập vào QGIS sẽ được sử dụng làm nền trong việc xây dựng địa hình khu vực nghiên cứu trước khi tích hợp các lớp thông tin khác vào bản đồ hiện trạng 3D (Hình 7a).

Ảnh trực giao thu được cung cấp hình ảnh trực quan và sắc nét về bề mặt đất, đã được nhập vào QGIS theo đúng hệ tọa độ và hệ quy chiếu để đảm bảo dữ liệu không gian hiển thị chính xác. Lớp thông tin này không chỉ là lớp thông tin trực quan trong việc thể hiện hiện trạng khu vực mà còn rất cần thiết để số hóa các đối tượng hiện trạng trên khu vực như hệ thống giao thông và hiện trạng các công trình (Hình 7c, 7d). Quá trình số hóa diễn ra với việc sử dụng các công cụ số hóa của QGIS để vẽ và chỉnh sửa các đối tượng trên ảnh trực giao, các khu vực số hóa được phóng to để xác định và vẽ chính xác các đối tượng cần số hóa như tòa nhà, đường xá, khu vực cây xanh và các đối tượng địa lý khác. Sau số hóa, tiến hành gán các thuộc tính cho từng đối tượng với các thông tin liên quan như tên, loại đối tượng, diện tích và các thông tin khác tùy theo tùy theo mỗi lớp tương ứng. Để đảm bảo tính chính xác và đầy đủ, dữ liệu sau khi số hóa được kiểm tra lại, bao gồm kiểm tra sự trùng lặp, lỗi hình học và các lỗi khác có thể ảnh hưởng đến chất lượng dữ liệu. Toàn bộ quá trình này đòi hỏi sự tỉ mỉ và chính xác để đảm bảo dữ liệu thu thập phản ánh đúng hiện trạng khu vực.

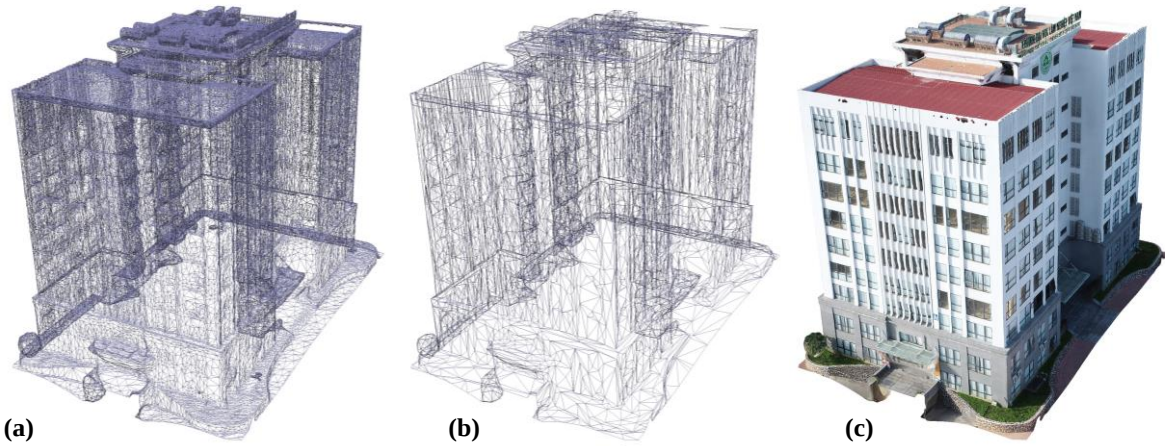
3.4. Xây dựng mô hình 3D

Bay chụp 3D và 2D bằng UAV mang những sự khác biệt rõ rệt về mục đích, quỹ đạo bay, và quy trình xử lý dữ liệu. Trong khi bay chụp 2D chủ yếu với các bức ảnh chụp từ trên xuống ở góc thẳng đứng, thì bay chụp 3D lại yêu cầu UAV bay theo các quỹ đạo phức tạp, bao quanh đối tượng ở nhiều góc độ khác nhau để thu thập dữ liệu từ mọi chiều không gian. Đặc biệt, quy trình bay chụp 3D nhà cao tầng đòi hỏi lập kế hoạch tỉ mỉ với việc thiết lập quỹ đạo bay để ghi lại hình ảnh chi tiết của tất cả các mặt của tòa nhà để có thể tái tạo mô hình 3D chính xác nhất.



Hình 8. Vị trí chụp ảnh và mức độ phủ ảnh của toàn nhà A1.

Trong nghiên cứu này, UAV Phantom 4 RTK đã được sử dụng để chụp hàng loạt ảnh với sự chồng lấp từ nhiều góc độ, đảm bảo ghi lại mọi chi tiết của tòa nhà từ các mặt bên đến phía trên và phía dưới (Hình 8). Dữ liệu ảnh này sau đó được đưa vào căn chỉnh ảnh (*align photos*) để xác định các điểm chung giữa các bức ảnh và xây dựng một đám mây điểm thưa (*sparse point cloud*) thể hiện cấu trúc cơ bản của tòa nhà. Tiếp theo, phần mềm sẽ dựng lưới đa giác (*build mesh*) từ đám mây điểm thưa này để tạo ra bề mặt 3D ban đầu của mô hình. Quá trình tiếp theo bao gồm các bước tinh chỉnh loại bỏ nhiễu, và làm mịn bề mặt để đảm bảo độ chính xác cao của mô hình, mang lại cái nhìn toàn diện hơn về cấu trúc và chi tiết của tòa nhà.



Hình 9. Quá trình tối ưu hóa lưới đa giác các mô hình 3D công trình: (a) Lưới đa giác trước tối ưu cho tòa nhà A1; (b) Lưới đa giác sau tối ưu cho tòa nhà A1; (c) Mô hình 3D sau tối ưu hóa lưới đa giác.

Để giảm dung lượng lưu trữ dữ liệu các mô hình không gian trên bản đồ 3D mà không làm mất các kết cấu và chi tiết chính, cần thực hiện các bước tối ưu hóa lưới đa giác (Hình 9). Điều này bao gồm việc giảm số lượng đa giác (*Decimate mesh*) nhưng vẫn đảm bảo mức độ chính xác của các chi tiết kiến trúc chính và các điểm đặc trưng của công trình. Bước này có thể kết hợp với nén kết cấu (*Resize Texture*), nơi các kết cấu ảnh được giảm độ phân giải một cách chọn lọc nhưng vẫn đảm bảo thể hiện đầy đủ chi tiết bề mặt.

Sau khi hoàn thành việc tạo mô hình 3D trong Agisoft Metashape, tiến hành xuất mô hình sang phần mềm Blender ở định dạng DEA để đảm bảo rằng kết cấu và màu sắc của mô hình được duy trì. Blender cung cấp nhiều công cụ không những để giảm dung lượng của mô hình mà vẫn giữ được các chi tiết quan trọng, mà còn giúp dịch chuyển điều chỉnh hướng mô hình phù hợp với vị trí chèn vào. Các mô hình 3D công trình sau khi được tối ưu hóa đều được kiểm tra thông qua quá trình so sánh đánh giá với số liệu kích thước công trình thu thập trực tiếp ngoài thực địa trước đó trước khi mô hình được xuất từ Blender sang QGIS bằng cách sử dụng định dạng GLB.

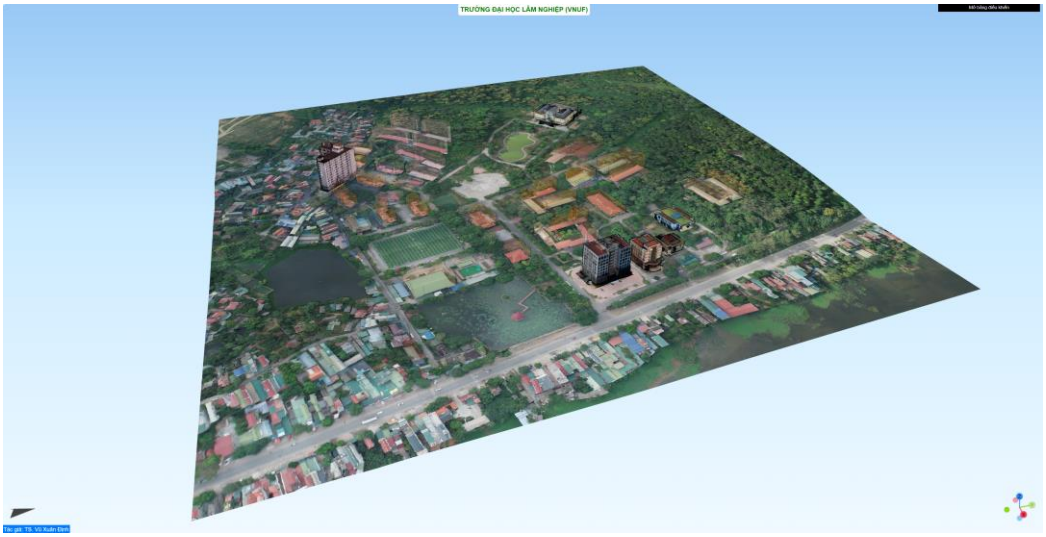
Hình 10. Xây dựng bản đồ 3D Trường đại học Lâm nghiệp: (a) Xây dựng mô hình khối chứa thông tin thuộc tính các công trình; (b) Mô hình 3D các công trình sau khi đưa vào đúng vị trí.

Trong QGIS, sử dụng ứng dụng Qgis2threejs để nhập và hiển thị mô hình 3D cho các công trình dưới dạng khối hoặc chèn các công trình không gian đã được xử lý trước đó. Phần mềm này cho phép hiển thị mô hình 3D của các công trình với các thông tin địa lý thực tế, tích hợp mô hình 3D vào bản đồ hoặc cảnh quan 3D. Kết quả là một hệ thống thông tin địa lý có thể hiển thị và quản lý trực quan các công trình kiến trúc 3D, phục vụ cho việc phân tích không gian hoặc trình bày dự án (Hình 10).

3.5. Thành lập bản đồ trực tuyến

Quy trình xây dựng bản đồ 3D trực tuyến bắt đầu bằng việc thiết lập các yếu tố địa hình, không gian, và các lớp dữ liệu cần thiết. Sau đó, sử dụng plugin Qgis2threejs để chuyển đổi và hiển thị các lớp dữ liệu này trong không gian 3D. Plugin này đóng vai trò quan trọng trong việc tùy chỉnh các thông số của mô hình, chẳng hạn như các thiết lập về ánh sáng, màu sắc và hình học của các đối tượng không gian, giúp người dùng có được trải nghiệm giống thực khi tương tác với mô hình.

Sau khi mô hình 3D hoàn thiện, quá trình chuyển đổi dữ liệu sang định dạng trực tuyến bắt đầu với việc sử dụng GeoJSON để định dạng và tối ưu hóa dữ liệu địa lý cho việc hiển thị trên nền tảng web. Công cụ Leaflet được tích hợp vào trang web thông qua HTML, CSS, và JavaScript để cung cấp giao diện hiển thị bản đồ trực tuyến cho phép hiển thị các yếu tố địa lý một cách linh hoạt. Quá trình này không chỉ bao gồm việc thiết lập các thông số cơ bản như tọa độ, cấp độ zoom, mà còn bổ sung các công cụ tương tác như tìm kiếm và điều hướng, cho phép người sử dụng có thể tương tác với các yếu tố địa lý trên bản đồ 3D một cách chi tiết và hiệu quả. Khả năng phân tích dữ liệu địa lý cũng được bổ sung, giúp cung cấp thông tin hữu ích khi người dùng nhấp vào các đối tượng trên bản đồ.



Hình 11. Bản đồ hiện trạng 3D trực tuyến trung tâm Trường đại học Lâm nghiệp.

Tiến hành tối ưu hóa mã nguồn để đảm bảo bản đồ 3D trực tuyến khi sử dụng được tối ưu hóa giúp tốc độ tải trang nhanh chóng và hiệu quả. Cuối cùng, bản đồ 3D trực tuyến được triển khai lên máy chủ để có thể dễ dàng truy cập từ bất cứ đâu. Dữ liệu bản đồ cung cấp không chỉ đảm bảo chất lượng và độ chính xác, mà còn mang lại trải nghiệm tốt trong hỗ trợ người dùng phân tích, tra cứu thông tin địa lý một cách thuận tiện.

3.6. Đánh giá và phân tích kết quả

Quá trình thu thập và xử lý dữ liệu UAV đã đạt được những kết quả đáng kể về độ chính xác không gian và mức độ chi tiết của DTM và ảnh trực giao. Tổng số lượng ảnh UAV thu thập là 1.206, với độ cao bay 73,8 m và độ phân giải 2,24 cm/pixel, đảm bảo chất lượng hình ảnh vượt trội. Đám mây điểm dày đặc được xây dựng từ quá trình ghép nối các điểm đặc trưng, với tổng số 1.144.467 điểm nối, giúp tái tạo chính xác địa hình và các công trình. Quá trình tối ưu hóa dữ liệu thông qua lọc bỏ các điểm có độ tin cậy thấp và áp dụng các thuật toán nội suy đã mang lại kết quả là mô hình số địa hình chính xác, phù hợp trong xây dựng bản đồ hiện trạng 3D. Lỗi định vị lại chỉ 0,732 pix đã chứng minh mức độ chính xác trong xử lý dữ liệu UAV. Mức độ chi tiết cao, đặc biệt là khả năng nhận diện rõ các công trình và hạ tầng trong khu vực đã cho thấy quy trình xây dựng ảnh trực giao và tối ưu hóa mô hình 3D của các công trình đạt kết quả tốt.

Việc xây dựng bản đồ 3D trực tuyến đã thành công khi tích hợp được các lớp thông tin địa lý quan trọng như ảnh trực giao, mô hình số địa hình, và các thông tin thuộc tính của các công trình kết hợp với các công trình trọng điểm được tái hiện chi tiết với những điều chỉnh để nâng cao tính ổn định của hệ thống và cải thiện hiệu suất hiển thị trực tuyến. Hệ thống WebGIS cung cấp giao diện tương tác trực tuyến với khả năng truy cập toàn bộ cơ sở dữ liệu từ xa để tra cứu thông tin và phân tích dữ liệu một cách linh hoạt. Kết quả này đã cung cấp cái nhìn toàn diện về hiện trạng khu vực, đặc biệt đóng vai trò quan trọng trong việc quản lý và quy hoạch cơ sở hạ tầng của VNUF.

4. Kết luận

Công nghệ UAV, đặc biệt là Phantom 4 RTK, đã giúp thu thập dữ liệu hình ảnh với độ phân giải cao, cung cấp cơ sở chính xác để tạo mô hình số địa hình, ảnh trực giao và các mô hình 3D chi tiết của công trình. Việc kết hợp với WebGIS đã tạo ra một hệ thống tương tác trực tuyến, cho phép người dùng dễ dàng truy cập, truy xuất thông tin và phân tích dữ liệu không gian, đáp ứng các yêu cầu về quản lý, quy hoạch và giảng dạy cũng như mở ra những ứng dụng tiềm năng trong các lĩnh vực quản lý tài nguyên và phát triển đô thị. Các công nghệ này đã giúp giảm chi phí, tăng cường khả năng thu thập và xử lý dữ liệu, đồng thời cung cấp nền tảng số hóa toàn diện. Tuy nhiên, vẫn tồn tại một số thách thức cần giải quyết trong tương lai, bao gồm việc xử lý khối lượng dữ liệu lớn, duy trì độ chính xác cao trong khi giảm thiểu chi phí, và tối ưu hóa hệ thống WebGIS để tăng cường khả năng tương tác và tích hợp dữ liệu từ nhiều nguồn.

Nghiên cứu này đã chứng minh hiệu quả của việc ứng dụng công nghệ UAV kết hợp với WebGIS trong việc phát triển các hệ thống bản đồ trực tuyến, giúp tối ưu hóa quá trình quản lý tài nguyên và hỗ trợ ra quyết định. Kết quả nghiên cứu không chỉ tạo ra một công cụ quản lý hiện đại cho VNUF mà còn mở ra nhiều tiềm năng phát triển trong các lĩnh vực khác như quản lý đất đai, quy hoạch đô thị và bảo tồn tài nguyên.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: V.X.Đ.; Xử lý số liệu: V.X.Đ.; Viết bản thảo bài báo: V.X.Đ.; Chỉnh sửa bài báo: V.X.Đ.

Lời cam đoan: Tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích với tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Li, Z.; Zhu, C.; Gold, C. Digital terrain modeling: principles and methodology. CRC Press, 2004.
2. Biljecki, F.; Ledoux, H.; Stoter, J.; Zhao, J. Formalisation of the level of detail in 3D city modelling. *Comput. Environ. Urban Syst.* **2014**, *48*, 1–15.
3. Kolbe, T.H.; Gröger, G.; Plümer, L. CityGML: Interoperable access to 3D city models. Proceeding of Geo-information for Disaster Management. Springer, Berlin, Heidelberg, 2005, pp. 883–899.
4. Bass, B.; New, J.; Crawley, D. 3D reality energy modeling software. Oak Ridge National Laboratory (ORNL), Oak Ridge, TN (United States), 2022.
5. Harwin, S.; Lucieer, A. Assessing the accuracy of georeferenced point clouds produced via multi-view stereopsis from unmanned aerial vehicle (UAV) imagery. *Remote Sens.* **2012**, *4(6)*, 1573–1599.
6. Turner, D.; Lucieer, A.; Watson, C. An automated technique for generating georectified mosaics from ultra-high resolution unmanned aerial vehicle (UAV) imagery, based on structure from motion (SfM) point clouds. *Remote Sens.* **2012**, *4(5)*, 1392–1410.

7. Al-Najjar, H.A.H.; Kalantar, B.; Pradhan, B.; Saeidi, V.; Halin, A.A.; Ueda, N.; Mansor, S. Land cover classification from fused DSM and UAV images using convolutional neural networks. *Remote Sens.* **2019**, *11*, 1461.
8. De Luca, G.; N. Silva, J.M.; Cerasoli, S.; Araújo, J.; Campos, J.; Di Fazio, S.; Modica, G. Object-based land cover classification of cork oak woodlands using UAV imagery and orfeo toolbox. *Remote Sens.* **2019**, *11*, 1238.
9. Sarron, J.; Malézieux, É.; Sané, C.A.B.; Faye, É. Mango yield mapping at the orchard scale based on tree structure and land cover assessed by UAV. *Remote Sens.* **2018**, *10*, 1900.
10. Colomina, I.; Molina, P. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* **2014**, *92*, 79–97.
11. Nex, F.; Remondino, F. UAV for 3D mapping applications: A review. *Applied Geomatics* **2014**, *6*, 1–15.
12. Wallace, L.; Lucieer, A.; Malenovský, Z.; Turner, D.; Vopěnka, P. Assessment of forest structure using two UAV techniques: A comparison of airborne laser scanning and structure from motion (SfM) point clouds. *Forests* **2016**, *7*, 62.
13. Gevaert, C.M.; Suomalainen, J.; Tang, J.; Kooistra, L. Generation of spectral-temporal response surfaces by combining multispectral satellite and hyperspectral UAV imagery for precision agriculture applications. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* **2015**, *8(6)*, 3140–3146.
14. Stempfhuber, W.; Buchholz, M. A precise, low-cost RTK GNSS system for UAV applications. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* **2012**, *38*, 289–293.
15. Tomaštík, J.; Mokroš, M.; Surový, P.; Grznárová, A.; Merganič, J. UAV RTK/PPK method – An optimal solution for mapping inaccessible forested areas? *Remote Sens.* **2019**, *11(6)*, 721.
16. Ekaso, D.; Nex, F.; Kerle, N. Accuracy assessment of real-time kinematics (RTK) measurements on unmanned aerial vehicles (UAV) for direct geo-referencing. *Geo-spatial Inf. Sci.* **2020**, *23(2)*, 165–181.
17. Remzi, E.; Alkan, E.; Aydin, A. A comparative analysis of UAV-RTK and UAV-PPK methods in mapping different surface types. *Eur. J. Forest Eng.* **2020**, *7(1)*, 12–25.
18. Zhi, M.; Zhu, Y.; Jang, J.C.; Wang, S.; Chiang, P.C.; Su, C.; Liang, S.; Li, Y.; Yuan, Y. Analysis of storage capacity change and dam failure risk for tailings ponds using WebGIS-based UAV 3D image. *Sustainability* **2023**, *15*, 14062.
19. Dewanto, B.G.; Novitasari, D.; Tan, Y.C.; Puruhito, D.D.; Fikriyadi, Z.A.; Aliyah, F. Application of Web 3D GIS to display urban model and solar energy analysis using the unmanned aerial vehicle (UAV) data (Case study: National Cheng Kung University buildings). *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **2020**, *520*, 012017.
20. Việt, P.N.; Đức, N.H.; Quân, C.M.; Anh, P.N. Ứng dụng công nghệ UAV kết hợp WebGIS trong đo vẽ địa hình phục vụ khảo sát, thiết kế công trình. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2022**, *EME4*, 181–192.
21. La Guardia, M.; D'Ippolito, F.; Cellura, M. Construction of a WebGIS tool based on a GIS semiautomated processing for the localization of P2G plants in Sicily (Italy). *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* **2021**, *10(10)*, 671.
22. Pasquaré Mariotto, F.; Antoniou, V.; Drymoni, K.; Bonali, F.L.; Nomikou, P.; Fallati, L.; Karatzaferis, O.; Vlasopoulos, O. Virtual geosite communication through a WebGIS Platform: A case study from Santorini Island (Greece). *Appl. Sci.* **2021**, *11*, 5466.
23. Baker, T.R. WebGIS in education. Geospatial technologies and geography education in a changing world: Geospatial practices and lessons learned, 2015, pp. 105–115.

24. Sona, G.; Pinto, L.; Pagliari, D.; Passoni, D.; Gini, R. Experimental analysis of different software packages for orientation and digital surface modelling from UAV images. *Earth Sci. Inf.* **2014**, *7*, 97–107.
25. James, M.R.; Robson, S.; d'Oleire-Oltmanns, S.; Niethammer, U. Optimising UAV topographic surveys processed with structure-from-motion: Ground control quality, quantity and bundle adjustment. *Geomorphology* **2017**, *280*, 51–66.
26. Remondino, F.; Barazzetti, L.; Nex, F.; Scaioni, M.; Sarazzi, D. UAV photogrammetry for mapping and 3D modeling: Current status and future perspectives. *Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* **2011**, *XXXVIII-1/C22*, 25–31.
27. Lowe, D.G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints. *Int. J. Comput. Vision* **2004**, *60*, 91–110.
28. Hartley, R.; Zisserman, A. Multiple view geometry in computer vision. Cambridge University Press, 2003.
29. Wilson, J.P. Digital terrain modeling. *Geomorphology* **2012**, *137(1)*, 107–121.
30. Zandbergen, P.A. Positional accuracy of spatial data: Non-normal distributions and a critique of the national standard for spatial data accuracy. *Trans. GIS.* **2008**, *12(1)*, 103–130.
31. Szeliski, R. Computer vision: Algorithms and applications. Springer Nature, 2022.
32. Randazzo, G.; Italiano, F.; Micallef, A.; Tomasello, A.; Cassetti, F.P.; Zammit, A.; D'Amico, S.; Saliba, O.; Cascio, M.; Cavallaro, F.; et al. WebGIS implementation for dynamic mapping and visualization of coastal geospatial data: A case study of BESS project. *Appl. Sci.* **2021**, *11(17)*, 8233.
33. Agrawal, S.; Gupta, R.D. Web GIS and its architecture: A review. *Arabian J. Geosci.* **2017**, *10(23)*, 518.

Application of UAV and WebGIS in building online 3D map

Vu Xuan Dinh[1]*

[1] Department of Geodesy, Mapping and GIS, College of Land Management and Rural Development, Vietnam National University of Forestry; dinh.vuxuan@gmail.com

Abstract: This study focuses on the application of UAV technology and WebGIS to develop an online 3D map for the Vietnam National University of Forestry (VNUF), providing a modern and efficient management tool. The UAV Phantom 4 RTK was used to collect high-resolution imagery (2.24 cm/pixel) across the entire study area, including detailed captures of key structures. The data processing resulted in the creation of a Digital Terrain Model (DTM), orthophotos, and 3D models of the structures, ensuring high accuracy and superior quality. A 3D map database of the central VNUF area was established in QGIS and subsequently converted into an online 3D map. This system enables users to interact and retrieve information, effectively supporting management, teaching, and campus tours. The research results demonstrate that the combination of UAV and WebGIS technologies is an efficient tool for creating modern and accurate online 3D mapping systems. This approach not only provides numerous benefits for management and monitoring but also has great potential for widespread application in other areas across Vietnam.

Keywords: 3D Map; GIS; VNUF; Online Map; UAV; WebGIS.