



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0040527

(51)^{2021.01} G06T 17/00; G06T 19/00; G06F 16/00

(13) B

(21) 1-2022-05106

(22) 11/08/2022

(45) 25/07/2024 436

(43) 25/10/2022 415

(73) Trường Đại học Mở - Địa chất (VN)

Số 18 phố Viên, phường Đức Thắng, quận Bắc Từ Liêm, thành phố Hà Nội, Việt Nam

(72) Lê Thị Thu Hà (VN); Nguyễn Văn Trung (VN); Phạm Thị Làn (VN); Tống Sĩ Sơn (VN).

(54) QUY TRÌNH XÂY DỰNG CƠ SỞ DỮ LIỆU KHÔNG GIAN ĐỊA LÝ 3D CHO
THÀNH PHỐ THÔNG MINH BẰNG CÔNG NGHỆ ĐỊA KHÔNG GIAN

(57) Với mục tiêu xây dựng hạ tầng thông tin cho thành phố thông minh được nhanh chóng, tiết kiệm nhân lực và hiệu quả kinh tế cao, dữ liệu không gian địa lý 3D xây dựng được bằng công nghệ địa không gian là công việc quan trọng và thiết yếu. Sáng chế đề xuất quy trình tổng quát xây dựng dữ liệu không gian địa lý 3D bằng công nghệ địa không gian bao gồm các bước chính sau: bước 1 nghiên cứu đặc điểm khu đo, trang thiết bị, dữ liệu cần thu thập và xây dựng; bước 2 xác định yêu cầu kỹ thuật đối với từng đối tượng địa lý về cả dữ liệu không gian và dữ liệu thuộc tính; bước 3 đưa ra các phương pháp, giải pháp sử dụng các thiết bị để thu thập dữ liệu địa không gian, thu thập ảnh chụp các đối tượng địa lý bằng UAV, máy chụp ảnh mặt đất và quét LiDAR mặt đất; bước 4 xử lý dữ liệu thu thập được từ ảnh chụp bằng UAV, máy chụp ảnh mặt đất và dữ liệu quét LiDAR mặt đất ở bước 3 để xây dựng các đám mây điểm 3D của các đối tượng địa lý và đánh giá độ chính xác sản phẩm thu được; bước 5 xây dựng dữ liệu không gian vector 3D và dữ liệu thuộc tính của các đối tượng địa lý; bước 6 chuẩn hóa dữ liệu không gian vector 3D sang tiêu chuẩn CityGML và liên kết dữ liệu thuộc tính với dữ liệu không gian đã chuẩn hóa, việc chuẩn hóa dữ liệu này sử dụng các phần mềm chuyên dụng FME để tạo cơ sở dữ liệu dạng CityGML và nhập thuộc tính.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập tới phương pháp xây dựng cơ sở dữ liệu (CSDL) không gian địa lý 3D bằng công nghệ địa không gian. Theo đó, các công nghệ địa không gian sử dụng bao gồm: chụp ảnh lập thể bằng máy bay không người lái (UAV), chụp ảnh lập thể mặt đất và quét LiDAR mặt đất được kết hợp để xây dựng dữ liệu không gian ở dạng vector hoàn chỉnh. Dữ liệu thuộc tính thu thập từ điều vẽ ảnh và trực tiếp ở thực địa được liên kết với các dữ liệu không gian để thu được cơ sở dữ liệu không gian địa lý 3D theo tiêu chuẩn CityGML phù hợp phục vụ xây dựng dữ liệu hạ tầng cho thành phố thông minh.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Xây dựng thành phố thông minh là một xu hướng tất yếu, không thể đảo ngược trên thế giới. Tại Việt Nam, Chính phủ đã xác định rằng phát triển các thành phố thông minh là sự lựa chọn tốt nhất để hỗ trợ tăng trưởng kinh tế bền vững và đô thị hóa, dữ liệu không gian địa lý thành phố thông minh cũng phù hợp với các xu hướng toàn cầu. Trong chiến lược phát triển của Chính phủ Việt Nam thì việc xây dựng các thành phố thông minh là cốt lõi và được định hướng ưu tiên theo Quyết định số 950/QĐ-TTg: “Xây dựng thí điểm hệ thống cơ sở dữ liệu không gian phục vụ phát triển đô thị thông minh”.

Trong quá trình quy hoạch, xây dựng và quản lý đô thị thông minh, dữ liệu địa không gian đóng vai trò quan trọng. Những năm gần đây, công nghệ địa không gian hiện đại không ngừng được phát triển nhằm thu thập, lưu trữ, phân tích và hiển thị thông tin các đối tượng và hiện tượng trên bề mặt Trái đất. Dữ liệu không gian địa lý 3D xây dựng được bằng công nghệ địa không gian là một trong những hạ tầng thông tin quan trọng của thành phố thông minh.

Các nghiên cứu trong nước trước đây và xu thế tương lai cho thấy, việc nghiên cứu khai thác công nghệ địa không gian tại Việt Nam mới dừng lại ở những nghiên cứu nhỏ lẻ, phục vụ chủ yếu cho thành lập bản đồ tỷ lệ lớn hoặc hơn nữa là mô hình số bề mặt. Các nghiên cứu liên quan đến xây dựng cơ sở dữ liệu không gian địa lý 3D của các công trình hay thành phố vẫn còn rất hạn chế do thiếu quy trình thực nghiệm cho công việc này. Hơn nữa, việc xây dựng cơ sở dữ liệu này cho các đối tượng yêu cầu độ chi tiết cao

trong đô thị cần phải có phương pháp kết hợp nhiều thiết bị công nghệ mới để cung cấp được dữ liệu hoàn chỉnh phù hợp với điều kiện đô thị ở nước ta.

Khu vực nghiên cứu thực nghiệm thuộc Dự án Grand Bay Hạ Long được xây dựng từ năm 2019 nằm trên địa bàn phường Hùng Thắng và phường Cái Dăm, TP. Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh bao gồm các nhà ở độc lập, các dãy biệt thự liền kề và các tòa nhà cao tầng đặc trưng cho kiến trúc của đô thị hiện đại. Do vậy, việc đo vẽ các đối tượng nhà ở cần phải đề xuất được quy trình thực nghiệm phù hợp với điều kiện khu vực thực nghiệm.

Hiện nay, công tác xây dựng dữ liệu không gian địa lý 3D sử dụng công nghệ địa không gian bao gồm: chụp ảnh lập thể bằng máy bay không người lái (UAV), chụp ảnh lập thể mặt đất và quét LiDAR mặt đất. Mỗi thiết bị cho phép đo vẽ được một phần của đối tượng (ví dụ: nhà ở). Chính vì vậy, giải pháp kết hợp các thiết bị để đo vẽ một đối tượng hoàn chỉnh cần được đề xuất phù hợp cho các trường hợp cụ thể. Việc sử dụng các thiết bị cho đo vẽ các đối tượng khác nhau như nhà ở thấp tầng và tòa nhà cao tầng đối với mức độ chi tiết cao (LOD3-Level of Detail 3). Để chụp ảnh lập thể bằng UAV cho tòa nhà cao tầng cần đề xuất giải pháp kỹ thuật đặc biệt để phù hợp với phương án bay chụp bằng UAV so với phương án đối với các nhà thấp tầng. Bên cạnh đó, phía trước các tầng thấp thường bị các địa vật như cây xanh che lấp nên phải sử dụng dữ liệu từ chụp ảnh lập thể mặt đất hoặc quét LiDAR mặt đất để bổ sung. Kết quả xử lý của quá trình bay chụp bằng UAV, chụp ảnh mặt đất và quét LiDAR mặt đất là các đám mây điểm 3D. Đám mây điểm là một mô hình 3D bao gồm một số lượng lớn các điểm trong không gian ba chiều sử dụng hệ tọa độ Descartes (X, Y, Z) để xác định vị trí của từng điểm. Những điểm này đại diện cho một điểm trên bề mặt của một đối tượng, xác định hình dạng của đối tượng được mô hình hóa.

Qua các phân tích trên, việc đề xuất quy trình tổng quát đồng bộ cho giải pháp kết hợp các thiết bị công nghệ mới phù hợp với tình hình khu vực bay đo và các giải pháp cụ thể cho các đối tượng có đặc trưng riêng là cần thiết để có cơ sở khoa học đầy đủ và vững chắc khi xây dựng dữ liệu không gian địa lý 3D sử dụng công nghệ địa không gian phục vụ cho các thành phố thông minh ở Việt Nam.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất các giải pháp hiệu quả trong quá trình áp dụng công nghệ địa không gian vào việc thu thập, xử lý, chuẩn hóa và hoàn thiện cơ sở dữ liệu không gian địa lý 3D với độ chính xác cao, tiết kiệm thời gian, nhân lực và hạ giá thành

sản phẩm. Giải pháp sử dụng kết hợp chụp ảnh lập thể bằng máy bay không người lái (UAV), chụp ảnh lập thể mặt đất và quét LiDAR mặt đất là phù hợp cho việc xây dựng dữ liệu các đối tượng nhà ở của các khu đô thị mới có xu hướng trở thành các đô thị thông minh trong tương lai gần.

Phương pháp chụp ảnh lập thể bằng UAV và chụp ảnh lập thể mặt đất sử dụng trong sáng chế này yêu cầu các thiết bị có chi phí thấp. Phương pháp và thiết bị được lựa chọn phù hợp với điều kiện các nhà ở đô thị thường có các hệ thống cây xanh và các địa vật khác che khuất ở các tầng thấp, đồng thời đảm bảo về độ chính xác của sản phẩm. Phương pháp thực hiện được hướng dẫn đầy đủ, chi tiết, rõ ràng, chính xác và dễ thực hiện thông qua một quy trình thực nghiệm.

Theo đó, quy trình xây dựng cơ sở dữ liệu không gian địa lý 3D cho thành phố thông minh bằng công nghệ địa không gian bao gồm các bước chính sau:

- 1) nghiên cứu đặc điểm khu đo, trang thiết bị, dữ liệu cần thu thập và xây dựng;
- 2) xác định yêu cầu kỹ thuật đối với từng đối tượng địa lý về cả dữ liệu không gian và dữ liệu thuộc tính;
- 3) đưa ra các phương pháp, giải pháp sử dụng các thiết bị để thu thập dữ liệu địa không gian;
- 4) xử lý dữ liệu thu thập được để xây dựng các đám mây điểm 3D của các đối tượng địa lý và đánh giá độ chính xác sản phẩm thu được;
- 5) xây dựng dữ liệu không gian vector 3D và dữ liệu thuộc tính của các đối tượng địa lý;
- 6) chuẩn hóa dữ liệu không gian vector 3D sang tiêu chuẩn CityGML và liên kết dữ liệu thuộc tính với dữ liệu không gian đã chuẩn hóa. Trong quy trình nêu trên, trong mỗi bước chính sẽ có các quy trình cụ thể hoặc mô tả chi tiết các giải pháp kỹ thuật riêng để thực hiện phù hợp với các đối tượng địa lý có ở khu đo. Công việc xử lý dữ liệu thu thập được thực hiện bởi các phần mềm đi kèm với thiết bị bao gồm: phần mềm Pix4D Capture cho xử lý ảnh lập thể chụp từ UAV và máy ảnh mặt đất; phần mềm SCENE cho quét LiDAR mặt đất. Công việc vector hóa dữ liệu đám mây điểm sử dụng phần mềm SketchUp Pro và công việc chuẩn hóa dữ liệu không gian và liên kết với dữ liệu thuộc tính sử dụng phần mềm FME. Vector hóa dữ liệu đám mây điểm là các thao tác cơ bản để vẽ điểm, đường và mặt dựa vào các điểm góc và biên của các đối tượng trên các đám mây điểm bằng cách vẽ, chia, nối, di chuyển, xoay, thu phóng, nâng khối, cắt khối, trượt

dẫn, tô màu, áp vật liệu, vẽ địa hình, cảnh quan, giả lập bóng đổ, xuất ảnh, làm slide show. Các hoạt động này đều trực quan trong môi trường 3D.

Nhìn chung, cơ sở dữ liệu không gian địa lý 3D được xây dựng thống nhất theo quy trình thực nghiệm có tính khoa học cao, đảm bảo các yêu cầu theo các qui định kỹ thuật và tiêu chuẩn quốc gia về cơ sở dữ liệu địa lý.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là sơ đồ quy trình tổng quát xây dựng dữ liệu không gian địa lý 3D bằng công nghệ địa không gian;

Hình 2 là sơ đồ quy trình xử lý ảnh chụp từ máy bay không người lái;

Hình 3 là sơ đồ quy trình chụp ảnh và xử lý ảnh chụp mặt đất;

Hình 4 là sơ đồ quy trình quét và xử lý dữ liệu quét LiDAR mặt đất;

Hình 5 là sơ đồ ghép các đám mây điểm xây dựng từ UAV và quét LiDAR mặt đất;

Hình 6 là sơ đồ quy trình vector hóa, chuẩn hóa dữ liệu không gian và liên kết dữ liệu thuộc tính;

Hình 7 là ranh giới bay chụp cho nhà thấp tầng (dưới 6 tầng);

Hình 8 là ranh giới bay chụp cho nhà cao tầng (từ 6 tầng trở lên);

Hình 9 là sơ đồ khối chuyển đổi dữ liệu vector 3D sang GML trên phần mềm FME;

Hình 10 là sơ đồ khối liên kết thông tin thuộc tính cho đối tượng;

Hình 11 là kết quả minh họa cơ sở dữ liệu không gian địa lý 3D của một đối tượng nhà ở;

Hình 12 là kết quả độ chính xác của đám mây điểm từ kết hợp dữ liệu ảnh chụp UAV và ảnh chụp mặt đất so với kết quả từ quét LiDAR mặt đất;

Hình 13 là sơ đồ các lớp dữ liệu không gian địa lý 3D.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các nội dung chính trong phương pháp xây dựng cơ sở dữ liệu không gian địa lý 3D cho thành phố thông minh bằng công nghệ địa không gian đã được thể hiện trên 01 quy trình kỹ thuật được vẽ dưới dạng sơ đồ thể hiện rõ ràng từng bước chính (Hình 1). Ngoài ra, để thể hiện chi tiết hơn các nội dung cụ thể của từng bước, các qui trình cụ thể được trình bày bằng các qui trình dưới dạng sơ đồ (từ Hình 2 đến Hình 6).

Kết quả cơ sở dữ liệu không gian địa lý 3D cho đối tượng nhà ở được mô tả bao gồm dữ liệu không gian 3D với liên kết với dữ liệu thuộc tính theo tiêu chuẩn CityGML

trong Hình 11. Việc đánh giá độ chính xác của kết quả sản phẩm xây dựng từ ảnh chụp UAV và ảnh chụp mặt đất được so sánh với sản phẩm xây dựng từ quét LiDAR mặt đất có độ chính xác rất cao được cung cấp trong Hình 12. Sản phẩm thu được sau khi đối chiếu với các qui định kỹ thuật là hoàn toàn đáp ứng yêu cầu về độ chính xác.

Quy trình tổng quát

Bước 1: Nghiên cứu đặc điểm khu đo, trang thiết bị, dữ liệu cần thu thập và xây dựng

Đặc điểm khu đo là một trong các thông tin quan trọng đầu tiên cần xác định bởi các kỹ sư thiết kế khi thực hiện xây dựng cơ sở dữ liệu không gian địa lý 3D bằng công nghệ địa không gian. Trên cơ sở ranh giới và vị trí của khu vực cần tiến hành thực nghiệm sẽ đánh giá được khả năng đo vẽ cũng như các điều kiện thực hiện dựa trên ba tiêu chí sau:

+ Kiểm tra vị trí khu vực bay chụp có nằm trong vùng cấm bay hoặc vùng hạn chế bay theo quyết định của Thủ tướng Chính phủ (quyết định 18/2020/QĐ-TTg).

+ Điều kiện các đối tượng cần xây dựng cơ sở dữ liệu có thể áp dụng được bằng thiết bị nào hoặc phải kết hợp các thiết bị để đề xuất phương án kỹ thuật. Ngoài ra, đối với mỗi thiết bị cũng cần đưa ra giải pháp kỹ thuật cho từng đối tượng có các đặc điểm riêng. Ví dụ, trong quá trình xây dựng CSDL không gian địa lý 3D cho khu vực đô thị ở LOD3 cần có giải pháp cho các đối tượng nhà cao tầng là sử dụng thiết bị bay chụp UAV với phương pháp bay chụp thiết kế riêng xung quanh các nhà cao tầng để đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật; đối với các đối tượng bị nhà ở bị che khuất bởi cây hoặc đối tượng khác cần sử dụng máy chụp ảnh mặt đất để đo vẽ bổ sung các vùng và các thiết bị khác không thực hiện được.

+ Tìm kiếm các dữ liệu đã có ở khu đo bao gồm các điểm khống chế đo vẽ các hạng, cấp về tọa độ và độ cao Nhà nước và các bản đồ địa chính, bản đồ hiện trạng sử dụng đất, quy hoạch sử dụng đất, bản đồ hệ thống cây xanh đô thị để phục vụ cho xây dựng cơ sở dữ liệu không gian địa lý 3D.

Bước 2: Yêu cầu kỹ thuật đối với từng đối tượng địa lý về cả dữ liệu không gian và dữ liệu thuộc tính

+ Dữ liệu không gian địa lý 3D được phân chia thành 5 mức độ chi tiết thể hiện trong không gian ba chiều khác nhau LOD0, LOD1, LOD2, LOD3 và LOD4 mô tả về mức độ chi tiết của các đối tượng hiển thị 3D và được chuẩn hóa theo tiêu chuẩn CityGML.

+ Mỗi đối tượng cụ thể trong một gói dữ liệu địa lý 3D được quy định chặt chẽ về tên đối tượng, mã đối tượng, kiểu hình học của đối tượng (dạng điểm (GM_point), đường (GM_Curve) và vùng (GM_Surface)), kiểu dữ liệu thuộc tính gắn với đối tượng.

+ Mỗi mức độ chi tiết của dữ liệu không gian địa lý 3D có một yêu cầu về độ chính xác cụ thể khác nhau như Bảng 1:

Bảng 1. Độ chính xác của dữ liệu không gian CityGML theo các mức LOD

	LOD0	LOD1	LOD2	LOD3	LOD4
Quy mô mô hình	Vùng, miền	Tỉnh, thành phố	Quận, dự án	Mô hình một hoặc một số công trình (phía ngoài)	Mô hình một hoặc một vài công trình (phía trong)
Phân loại độ chính xác	Thấp nhất	Thấp	Trung bình	Cao	Rất cao
Độ chính xác tuyệt đối của điểm 3D (mặt bằng/độ cao)	Thấp hơn LOD1	5/5 m	2/2 m	0,5/0,5 m	0,2/0,2 m
Mức độ tổng quát hóa	Thể hiện lớp sử dụng đất	Đối tượng có kích thước > 6 × 6 m/3 m	Đối tượng có kích thước > 4 × 4 m/2 m	Đối tượng có kích thước > 2 × 2 m/1m	

Bước 3: Đưa ra các phương pháp, giải pháp sử dụng các thiết bị để thu thập dữ liệu địa không gian

+ Phương pháp bay chụp ảnh UAV để thu thập các ảnh chụp lập thể phục vụ xây dựng đám mây điểm 3D các đối tượng địa lý;

+ Phương pháp chụp ảnh mặt đất để thu thập các ảnh chụp lập thể phục vụ xây dựng đám mây điểm 3D các đối tượng địa lý;

+ Phương pháp quét LiDAR mặt đất để thu thập đám mây điểm 3D các đối tượng địa lý;

+ Giải pháp kết hợp các phương pháp ở trên để xây dựng đám mây điểm 3D hoàn chỉnh của tất cả các đối tượng địa lý ở khu đo như sau: trước khi ghép, các đám mây điểm 3D được tạo ra bởi ba phương pháp đã đề cập ở trên được lọc bỏ nhiễu. Lọc nhiễu các đám mây điểm nhằm loại bỏ các điểm của các đối tượng không quan trọng như dây

điện, cây cối,... hoặc các điểm bị sai trong quá trình xử lý trước đây. Ngoài ra, việc lọc nhiều làm giảm dung lượng của đám mây điểm. Do các đám mây điểm 3D tạo bởi phương pháp quét LiDAR có mật độ và độ chính xác cao hơn nên được sử dụng làm đám mây điểm cơ sở và hai đám mây điểm 3D của hai phương pháp còn lại là đám mây điểm ghép.

Bước 4: Xử lý dữ liệu thu thập được để xây dựng các đám mây điểm 3D của các đối tượng địa lý và đánh giá độ chính xác sản phẩm thu được

+ Xử lý ảnh chụp từ máy bay không người lái trên phần mềm Pix4D Capture để nhận được đám mây điểm 3D và ảnh trực giao bề mặt đất và bề mặt đối tượng theo quy trình trong Hình 2 như sau: để đảm bảo độ chính xác, độ ổn định và xử lý lâu dài, phương án tối ưu là sử dụng một phần mềm xử lý ảnh thương mại. Với chi phí bỏ ra ban đầu khá lớn nhưng lợi ích đem lại từ phần mềm thương mại sẽ đáp ứng các yêu cầu khắt khe của công tác xử lý ảnh để tạo mô hình số bề mặt và bình đồ ảnh trực giao. Trong các bước xử lý, quan trọng nhất là bước chích điểm không chế và kiểm tra, khai báo các tham số cho xử lý. Tọa độ điểm không chế được đo đạc chính xác, ảnh được chụp đảm bảo yêu cầu kỹ thuật nhưng nếu chích không chế ảnh trên các ảnh có tiêu đo không đảm bảo sẽ dẫn đến sai số hệ thống cho toàn khối ảnh. Đặc trưng của quá trình chích điểm không chế trên ảnh là mất nhiều thời gian, yêu cầu sự kiên nhẫn. Hơn nữa cần chích điểm không chế, điểm kiểm tra xuất hiện trên tất cả các ảnh phủ trùm. Đồng thời cũng cần đánh giá trực tiếp độ chính xác các điểm không chế, điểm kiểm tra sau khi chích ảnh (sẽ có kết quả trong quá trình tiền xử lý ảnh), để có phát hiện và điều chỉnh ngay những sai lầm khi chích ảnh. Từ các bước tăng dày không chế ảnh, phần mềm sẽ tự động xử lý hoàn toàn để tạo ra đám mây điểm, mô hình số bề mặt và bình đồ ảnh;

+ Xử lý ảnh chụp mặt đất trên phần mềm Pix4D Capture để nhận được đám mây điểm 3D và ảnh trực giao bề mặt đối tượng theo quy trình trong Hình 3 như sau: để có được dữ liệu ở LOD3, hiển thị được mô hình 3D ở các mặt của tòa nhà, cần phải sử dụng công nghệ chụp ảnh mặt đất. Công nghệ chụp ảnh mặt đất nhằm bổ khuyết dữ liệu UAV sẽ được thực hiện chụp ảnh và xử lý ảnh tương tự như phương pháp xử lý ảnh UAV. Trong đó, tỷ lệ phủ chồng ngang và phủ chồng dọc vẫn được đảm bảo khi chụp ảnh mặt đất. Bên cạnh đó, tọa độ, độ cao tại mỗi điểm đặt máy ảnh sẽ tương tự như tọa độ tâm ảnh chính xác khi chụp ảnh trên UAV. Bên cạnh đó một số điểm không chế ảnh trên tường và điểm kiểm tra cũng được thiết kế và đo đạc để định hướng ngoài khối ảnh. Quá trình xử

lý ảnh chụp mặt đất cũng sẽ sử dụng phần mềm xử lý ảnh UAV. Tuy nhiên, do đặc thù của công nghệ và phương pháp, sẽ có một số điều chỉnh trong quá trình chụp ảnh và xử lý ảnh để đảm bảo độ chính xác của các mô hình số bề mặt và đám mây điểm cũng như ảnh trực giao của bề mặt của các công trình xây dựng. Hình 3 biểu thị quy trình chung sử dụng cho chụp ảnh mặt đất xây dựng dữ liệu 3D cho các công trình nhà ở thấp tầng;

+ Xử lý dữ liệu quét LiDAR mặt đất trên phần mềm SCENE để nhận được đám mây điểm 3D của đối tượng theo quy trình trong Hình 4 gồm những công đoạn chính như sau:

- Trút dữ liệu vào máy tính.
- Lọc các điểm vượt quá giới hạn thu nhận dữ liệu của một trạm máy.
- Ghép dữ liệu đám mây điểm của các trạm máy đơn và tiến hành kiểm tra độ lệch tương đối tại các điểm tiêu đo cùng tên giữa các trạm máy liền kề. Độ lệch tương đối giữa các điểm tiêu đo cùng tên được quy định không vượt quá hai lần sai số cho phép của điểm quét.
- Ghép và bình sai dữ liệu đám mây điểm tại các trạm máy đơn thành một khối thống nhất theo các tham số là tọa độ, độ cao của các điểm trạm máy.
- Loại bỏ các điểm không thuộc đối tượng cần thu nhận.
- Phân loại dữ liệu đám mây điểm phục vụ thành lập mô hình số bề mặt và mô hình số độ cao.

Đánh giá độ chính xác dữ liệu: Trong trường hợp dữ liệu còn thiếu, nhiễu tín hiệu (chưa đạt) cần quét bổ sung hoặc đo bổ sung bằng các phương pháp: toàn đạc điện tử, GNSS và các phương pháp khác có độ chính xác tương đương. Mật độ điểm, độ chính xác các điểm đo bổ sung theo quy định tại Thông tư số 68/2015/TT-BTNMT.

Thành lập đám mây điểm và mô hình số bề mặt: Kết quả sau khi xử lý là đám mây điểm độ chính xác cao. Đám mây điểm có thể được sử dụng để nội suy mô hình số bề mặt thể hiện dưới dạng TIN, GRID hoặc GeoTIFF.

Yêu cầu độ chính xác của mô hình số bề mặt:

a) Sai số tiếp biên giữa các khu đo không được vượt quá 1,5 lần sai số cho phép của mô hình số độ cao;

b) Sai số tuyệt đối của mô hình số độ cao 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 mô hình số độ cao không được vượt quá yêu cầu độ chính xác quy định.

Sai số giới hạn không được vượt quá 2 lần sai số trung phương và không được vượt quá 10%;

+ Ghép các đám mây điểm xây dựng từ UAV và chụp ảnh mặt đất theo quy trình trong Hình 5 như sau: công đoạn ghép dữ liệu gồm 2 bước: Ghép thô (Coarse Alignment) và ghép chính xác (Fine Alignment). Trong đó, ở bước ghép thô cần lựa chọn tối thiểu 4 điểm song trùng trên hai đám mây điểm. Đây có thể là điểm tiêu, điểm khống chế hoặc điểm đặc trưng rõ nét trên hai đám mây điểm. Ở bước ghép chính xác, số lượng điểm tham gia quá trình khớp tăng lên đáng kể do đó độ chính xác ghép dữ liệu cũng tăng lên, tuy nhiên, thời gian xử lý sẽ lâu hơn. Hai bước ghép dữ liệu đám mây điểm được thực hiện trên phần mềm Cloudcompare;

+ Đánh giá độ chính xác dữ liệu đám mây điểm 3D bằng cách so sánh với các số liệu đo tọa độ, độ cao bằng máy toàn đạc điện tử sử dụng tia Laser hoặc máy quét LiDAR mặt đất (Hình 12).

Bước 5: Xây dựng dữ liệu không gian vector 3D và dữ liệu thuộc tính của các đối tượng địa lý

+ Xây dựng dữ liệu không gian vector 3D bằng cách số hóa các đám mây điểm 3D của các đối tượng địa lý bằng phần mềm SketchUp Pro theo quy trình trong Hình 6 như sau: trong các bước của quy trình, xây dựng mô hình 3D của các đối tượng địa lý từ dữ liệu đồ họa là bước số hóa đường biên của các tòa nhà, phân tách các đối tượng cần quan tâm. Đám mây điểm và mô hình số bề mặt tòa nhà là cơ sở để xác định các điểm góc cũng như đường biên tòa nhà. Kết quả của bước này là mô hình các đối tượng ở mức độ chi tiết LOD2. Các hình khối ở LOD2 chưa thể hiện được màu sắc thực, mặc dù các chi tiết nổi đã xuất hiện rõ trên các đối tượng. Các ảnh chụp ngang hoặc chụp nghiêng từ máy UAV đối với nhà cao tầng hoặc ảnh chụp từ mặt đất với các công trình thấp tầng được cắt và ghép theo các họa tiết nổi trên LOD2 để có được dữ liệu LOD3. Vị trí, hình dạng các cây xanh đô thị và các đối tượng đồ họa khác trong đô thị cũng được bổ sung trong bước này. Đây là công đoạn mất nhiều thời gian và công sức, đòi hỏi người thực hiện cần kiên nhẫn và có khả năng quan sát cũng như khả năng hình dung các cấu trúc 3D của đối tượng để đảm bảo độ chính xác và tiến độ công việc;

+ Xây dựng dữ liệu thuộc tính của các đối tượng địa lý đã được số hóa ở dạng vector và chiết xuất tọa độ vị trí không gian của đối tượng sang phần mềm Microsoft Excel

thông qua phần mềm ArcMap để nhập thông tin thuộc tính của đối tượng địa lý từ kết quả điều vẽ ảnh trực giao và điều tra trực tiếp ở thực địa;

Bước 6: Chuẩn hóa dữ liệu không gian vector 3D sang tiêu chuẩn CityGML và liên kết dữ liệu thuộc tính với dữ liệu không gian đã chuẩn hóa. Quá trình chuẩn hóa dữ liệu cần các phần mềm chuyên dụng FME để tạo cơ sở dữ liệu dạng CityGML và nhập thuộc tính. Hiện nay, có nhiều phương pháp và công nghệ cũng như phần mềm được phát triển để thực hiện quá trình nhanh và thuận tiện. Tuy nhiên, quá trình đều cần trải qua các bước cụ thể được thể hiện trong Hình 6.

+ Chuẩn hóa dữ liệu không gian vector 3D sang tiêu chuẩn CityGML được thực hiện trên phần mềm FME theo quy trình trong Hình 6.

+ Liên kết dữ liệu thuộc tính với dữ liệu không gian đã chuẩn hóa thông qua mã của đối tượng (ID) đã được mã hóa theo tiêu chuẩn CityGML lấy từ dữ liệu không gian đã chuẩn hóa và nhập vào dữ liệu cột ID của bảng thuộc tính trên phần mềm Microsoft Excel. Công việc này được thực hiện trên phần mềm FME.

Giải pháp bay chụp bằng UAV thiết kế cho các đối tượng nhà ở khu vực đô thị

Việc bay chụp bằng UAV cho các đối tượng nhà ở để xây dựng cơ sở dữ liệu không gian địa lý 3D đối với LOD3 cần được thực hiện với các giải pháp thiết kế bay chụp với độ nghiêng ống kính chụp ở độ cao bay chụp thích hợp và khoảng cách giữa các lần chụp liên tiếp được tính toán chính xác mới nhận được sản phẩm đảm bảo độ chính xác theo yêu cầu kỹ thuật. Các thông số quan trọng được thiết kế như sau:

*** Đối với nhà thấp tầng (dưới 6 tầng)**

ranh giới bay chụp: đường tròn biên ngoài có bán kính phù hợp với diện tích tòa nhà tính từ tâm tòa nhà thấp tầng,

bán kính quỹ đạo bay: phù hợp với diện tích tòa nhà thấp tầng,

chiều cao bay chụp: phù hợp tùy theo chiều cao tòa nhà thấp tầng,

độ phủ trùm dọc và ngang: 80 %,

góc chụp: -45°,

chế độ bay: chế độ bay nhanh (Fast Mode).

*** Đối với nhà cao tầng (từ 6 tầng trở lên)**

ranh giới bay chụp: đường tròn biên ngoài có bán kính phù hợp với diện tích tòa nhà tính từ tâm tòa nhà cao tầng,

bán kính quỹ đạo bay: 50 m,
 chiều cao bay chụp: 50-175 m,
 độ phủ trùm dọc và ngang: 80 %,
 góc chụp: -45° và -15° ,
 chế độ bay: dừng và chụp ảnh (Capture and Hover).

Quy trình xây dựng dữ liệu không gian vector 3D và dữ liệu thuộc tính của các đối tượng nhà ở

- Thiết kế dữ liệu không gian vector 3D và dữ liệu thuộc tính

Mỗi nhà ở riêng được thiết kế là một đối tượng không gian vector 3D và dữ liệu thuộc tính của đối tượng đó cũng được thiết kế bao gồm: GLM_ID, tên nhà, loại nhà, ngày xây dựng, loại mái nhà, chiều cao cả nhà, chiều cao từng tầng, diện tích xây dựng, diện tích sàn, số tầng, kết cấu nhà ở, cấp hạng, thời hạn sử dụng.

- Xây dựng dữ liệu đồ họa vector 3D cho các đối tượng nhà ở

Đối với sáng chế này khi vẽ mô hình các đối tượng 3D sẽ dùng mức độ 3 (LOD3) để thể hiện độ chi tiết của đối tượng. Khi mô hình đối tượng có mức độ chi tiết càng cao thì đối tượng sẽ càng thể hiện được độ chân thực so với thực tế, tuy nhiên thì tốc độ khi xử lý khi chuyển đổi đối tượng trên phần mềm SketchUp Pro sẽ giảm.

Dữ liệu đồ họa vector 3D với mức độ chi tiết cấp 3 (LOD3) là mức độ đối tượng sẽ được thể hiện giống với thực tế nhất. Dữ liệu này thể hiện chi tiết góc cạnh các mặt của đối tượng, độ lồi lõm của các vật thể trên đối tượng như cửa chính, cửa sổ, hành lang. Mô hình này được tạo từ quá trình đo đạc thực địa và xây dựng trên mô hình trực tiếp trên phần mềm SketchUp Pro. Các đám mây điểm của nhà độc lập, dãy biệt thự liền kề và tòa nhà cao tầng được vector hóa.

Quy trình chuẩn hóa dữ liệu không gian vector 3D sang tiêu chuẩn CityGML và liên kết dữ liệu thuộc tính với dữ liệu không gian đã chuẩn hóa

- Quá trình chuẩn hóa dữ liệu không gian 3D theo tiêu chuẩn CityGML được thực hiện trên phần mềm FME theo sơ đồ khối ở Hình 9. Sơ đồ khối bao gồm 4 khối như sau:

+ Dữ liệu đầu vào được đọc bằng khối 1: FME cho phép chọn nhiều định dạng cho dữ liệu đầu vào, khi vẽ mô hình 3D trên phần mềm SketchUp Pro theo định dạng file dữ liệu được chọn dạng file (*.Skp);

+ Khối thứ 2: Chuyển đổi định dạng dữ liệu không gian vector 3D từ SketchUp Pro sang CityGML, phần này được chạy tự động bằng gắn kết các lệnh đọc đối tượng có sẵn trong kho dữ liệu của FME.

+ Khối 3: Chuyển đổi hệ tọa độ bản vẽ về Hệ tọa độ quốc gia VN-2000, kinh tuyến trục địa phương tỉnh Quảng Ninh $107^{\circ}45'$, múi chiều 3 độ.

+ Khối 4: Cho phép ghi kết quả chuyển đổi mô hình 3D sang định dạng (*.GML) hoặc (*.XML).

- Quá trình liên kết dữ liệu thuộc tính với dữ liệu không gian 3D CityGML được thực hiện trên phần mềm FME theo sơ đồ khối ở Hình 10. Sơ đồ khối bao gồm 3 khối như sau:

+ Khối 1: Đọc dữ liệu gồm 2 file đầu vào là file dữ liệu không gian (Building) và file dữ liệu thuộc tính của đối tượng nhà ở.

+ Khối 2: Liên kết dữ liệu (Merged), tự động gán thông tin thuộc tính và thông tin không gian đối tượng. Khối lệnh Requestor đọc dữ liệu không gian, khối lệnh Supplier đọc dữ liệu thuộc tính;

Hai lớp thông tin của đối tượng tự động nhận dạng và ghép với nhau thông qua định dạng trường dữ liệu kết nối theo ID. Các dữ liệu không gian và thuộc tính liên kết với nhau theo mô hình quan hệ đối tượng theo mã đã được gán.

+ Khối 3: Ghi kết quả, sau khi ghép thuộc tính, các đối tượng trên mô hình 3D được giữ nguyên định dạng dữ liệu theo CityGML dưới định dạng (*.GML hoặc *.XML) nhưng có kèm theo thuộc tính đối tượng đã ghép. Trường dữ liệu thuộc tính được hiển thị theo định dạng cài đặt trước khi lưu trữ.

Thiết kế các lớp dữ liệu không gian địa lý 3D

Dữ liệu không gian địa lý 3D được thiết kế gồm 05 lớp dữ liệu riêng biệt bao gồm các lớp Nhà ở, Cây xanh, Giao thông, Thủy văn và Nền địa hình. Mỗi lớp được xây dựng hai phần gồm dữ liệu không gian 3D và dữ liệu thuộc tính được liên kết với lớp dữ liệu không gian tương ứng kèm theo ở Hình 13.

Căn cứ vào cấu trúc dữ liệu không gian 3D, bảng thông tin thuộc tính phục vụ công tác thu thập thông tin được thiết kế bao gồm các lớp sau:

- Nhà ở:

Các thuộc tính bao gồm:

+ GLM_ID, tên nhà, loại nhà, ngày xây dựng, loại mái nhà, chiều cao cả nhà, chiều cao từng tầng, diện tích xây dựng, diện tích sàn, số tầng, kết cấu nhà ở, cấp hạng, thời hạn sử dụng.

+ Địa chỉ, tên chủ hộ, năm sinh, giới tính, số người ở trong cả tòa nhà và trong từng căn hộ (nhà chung cư).

- Công trình xây dựng:

Các thuộc tính bao gồm:

+ GLM ID, tên công trình xây dựng, tên hạng mục công trình, diện tích xây dựng, diện tích công suất, số tầng, kết cấu, chức năng, năm hoàn thành, thời hạn sở hữu công trình.

+ Địa chỉ, tên tổ chức/cơ sở tôn giáo/cộng đồng dân cư, địa chỉ trụ sở chính (nếu có).

- Cây xanh

GLM_ID của thực phủ bề mặt, loại thực phủ bề mặt (Cây ăn quả, cây bụi, cây xanh đô thị, cây hoa, cây cảnh), tên cây, chiều cao, đường kính thân, năm trồng, hiện trạng sinh trưởng.

- Giao thông:

+ Cầu giao thông:

Các thuộc tính bao gồm: GLM_ID, tên cầu, loại cầu (Bê tông, đơn giản, phao, sắt, treo, xây, quay, tâng), loại chức năng cầu (chung, đường bộ, đường sắt, vượt), tải trọng, chiều dài, chiều rộng, năm khánh thành.

+ Đường bộ:

Các thuộc tính bao gồm: GLM_ID, tên đường, loại đường (cao tốc, dẫn, chính, gom, ngõ), loại chất liệu trải mặt (Không xác định, bê tông, gạch, đá sỏi, đất, nhựa), loại hiện trạng sử dụng (đang sử dụng, đang xây dựng), loại kết cấu (Qua cầu kiên cố, qua cầu tạm, qua hầm, qua đập, trên đê, qua ngầm, qua bến lỵ, có kết cấu khác), độ rộng, năm khánh thành.

- Thủy văn

+ Bãi biển (bãi bồi):

Thông tin thuộc tính bao gồm: GML_ID, tên bãi biển (địa danh), loại bãi biển (Không xác định, cát, bùn, đá, sỏi, loại khác), loại trạng thái xuất lộ (Chìm, nổi, nửa chìm nửa nổi).

+ Mặt nước tĩnh:

Thông tin thuộc tính bao gồm: GML_ID, loại (ao, hồ, đầm, phá, hồ chứa), tên, địa danh.

+ Kênh mương:

Thông tin thuộc tính bao gồm: GML_ID, loại hiện trạng sử dụng, địa danh, tên.

Đập: GML_ID, loại đập (chấn sóng, dâng, tràn), loại vật liệu (Bê tông, đá học, khác), địa danh, tên.

Đê: GML_ID, loại đê (bao, biển, bồi, chuyên dụng), loại vật liệu (bê tông, đá học, khác).

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Hiệu quả của các phương pháp thu nhận, xử lý và phân tích dữ liệu

Công nghệ địa không gian đã tích hợp được các phương pháp thu nhận, xử lý và phân tích dữ liệu từ các thiết bị kỹ thuật khác nhau gồm: chụp ảnh từ UAV, chụp ảnh lập thể mặt đất và quét LiDAR mặt đất. Quá trình tích hợp các phương pháp đã khắc phục được các nhược điểm của mỗi phương pháp để hoàn chỉnh dữ liệu đám mây điểm của các đối tượng địa lý.

Công nghệ địa không gian đã tối ưu hóa cả về mặt kỹ thuật và thời gian khi sử dụng phương pháp bay chụp bằng UAV với giải pháp bay chụp riêng cho các tòa nhà cao tầng với yêu cầu kỹ thuật ở mức độ chi tiết cao (LOD3). Bên cạnh đó, việc bổ sung các đối tượng địa lý bị che khuất từ ảnh chụp UAV bằng các ảnh chụp lập thể mặt đất mang lại hiệu quả đáng kể.

Xét trên khía cạnh chi phí và độ chính xác của dữ liệu không gian địa lý 3D, phương án sử dụng quét LiDAR mặt đất cho độ chính xác cao nhưng chi phí cho thiết bị lớn. Ngược lại, phương án sử dụng bay chụp ảnh bằng UAV và chụp ảnh lập thể mặt đất có chi phí thiết bị thấp hơn và có độ chính xác kém hơn. Do vậy, khi sử dụng các phương án cần tính đến các yêu cầu về độ chính xác cần đạt được để lựa chọn các thiết bị công nghệ phù hợp với mục đích đo vẽ ở các mức độ chi tiết cụ thể.

Hiệu quả phương pháp xây dựng dữ liệu không gian vector 3D và dữ liệu thuộc tính của các đối tượng địa lý

Việc xây dựng dữ liệu không gian vector 3D bằng phần mềm SketchUp cho thấy các hoạt động đo vẽ đều trực quan trong môi trường 3D. Ngoài ra, phần mềm SketchUp đã được tích hợp nhiều định dạng mở file, dễ dàng chuyển đổi qua các phần mềm khác.

Quá trình chuẩn hóa dữ liệu không gian vector trên phần mềm FME đã nhanh chóng định dạng theo tiêu chuẩn CityGML. Ngoài ra, phần mềm FME đã cung cấp các mã đối tượng địa lý ID_gml theo đúng qui định nhằm liên kết các dữ liệu thuộc tính thu thập được theo đúng mã đối tượng địa lý ID_gml. Các dữ liệu không gian địa lý 3D nhận được là cơ sở hạ tầng ban đầu quan trọng đối với công tác qui hoạch, xây dựng và quản trị đô thị thông minh.

Yêu cầu bảo hộ

1. Quy trình xây dựng cơ sở dữ liệu không gian địa lý 3D cho thành phố thông minh bằng công nghệ địa không gian bao gồm các bước chính sau:

bước 1: nghiên cứu đặc điểm khu đo, trang thiết bị, dữ liệu cần thu thập và xây dựng;

bước 2: xác định yêu cầu kỹ thuật đối với từng đối tượng địa lý về cả dữ liệu không gian và dữ liệu thuộc tính;

bước 3: đưa ra các phương pháp, giải pháp sử dụng các thiết bị để thu thập dữ liệu địa không gian;

bước 4: xử lý dữ liệu thu thập được để xây dựng các đám mây điểm 3D của các đối tượng địa lý và đánh giá độ chính xác sản phẩm thu được;

bước 5: xây dựng dữ liệu không gian vector 3D và dữ liệu thuộc tính của các đối tượng địa lý;

bước 6: chuẩn hóa dữ liệu không gian vector 3D sang tiêu chuẩn CityGML và liên kết dữ liệu thuộc tính với dữ liệu không gian đã chuẩn hóa, việc chuẩn hóa dữ liệu này sử dụng các phần mềm chuyên dụng FME để tạo cơ sở dữ liệu dạng CityGML và nhập thuộc tính;

trong đó:

bước 1: nghiên cứu đặc điểm khu đo, trang thiết bị, dữ liệu cần thu thập và xây dựng bởi các kỹ sư thiết kế, trên cơ sở ranh giới và vị trí của khu vực cần tiến hành thực nghiệm để đánh giá khả năng đo vẽ cũng như các điều kiện thực hiện dựa trên ba tiêu chí sau:

- + kiểm tra vị trí khu vực bay chụp có nằm trong vùng cấm bay hoặc vùng hạn chế bay,
- + dựa trên điều kiện, đặc điểm của các đối tượng cần xây dựng cơ sở dữ liệu để đề xuất phương án áp dụng loại thiết bị hoặc kết hợp các thiết bị phù hợp,
- + tìm kiếm các dữ liệu đã có ở khu đo bao gồm các điểm khống chế đo vẽ các hạng, cấp về tọa độ và độ cao Nhà nước và các bản đồ địa chính, bản đồ hiện trạng sử dụng đất, quy hoạch sử dụng đất, bản đồ hệ thống cây xanh đô thị để phục vụ cho xây dựng cơ sở dữ liệu không gian địa lý 3D, ngoài ra, thu thập dữ liệu thuộc tính của các đối tượng địa lý bằng phương pháp trực tiếp ngoài thực địa và các số liệu thống kê về hệ thống cây xanh đô thị, các dữ liệu không gian và thuộc tính của các đối tượng địa lý được thu thập đều phục vụ cho xây dựng cơ sở dữ liệu không gian địa lý 3D trong khu vực thực nghiệm;

bước 2: xác định yêu cầu kỹ thuật đối với từng đối tượng địa lý về cả dữ liệu không gian và dữ liệu thuộc tính gồm:

+ xác định mức độ chi tiết của dữ liệu, trong đó dữ liệu không gian địa lý 3D được phân chia thành 5 mức độ chi tiết thể hiện trong không gian ba chiều khác nhau LOD0, LOD1, LOD2, LOD3 và LOD4 mô tả về mức độ chi tiết của các đối tượng hiển thị 3D và được chuẩn hóa theo tiêu chuẩn CityGML,

+ mỗi đối tượng cụ thể trong một gói dữ liệu địa lý 3D được quy định về tên đối tượng, mã đối tượng, kiểu hình học của đối tượng (dạng điểm (GM_point), đường (GM_Curve) và vùng (GM_Surface)), kiểu dữ liệu thuộc tính gắn với đối tượng,

+ mỗi mức độ chi tiết của dữ liệu không gian địa lý 3D có một yêu cầu về độ chính xác cụ thể khác nhau như Bảng 1:

Bảng 1. Độ chính xác của dữ liệu không gian CityGML theo các mức LOD

	LOD0	LOD1	LOD2	LOD3	LOD4
Quy mô mô hình	Vùng, miền	Tỉnh, thành phố	Quận, dự án	Mô hình một hoặc một số công trình (phía ngoài)	Mô hình một hoặc một vài công trình (phía trong)
Phân loại độ chính xác	Thấp nhất	Thấp	Trung bình	Cao	Rất cao
Độ chính xác tuyệt đối của điểm 3D (mặt bằng/độ cao)	Thấp hơn LOD1	5/5 m	2/2 m	0,5/0,5 m	0,2/0,2 m
Mức độ tổng quát hóa	Thể hiện lớp sử dụng đất	Đối tượng có kích thước > 6 × 6 m/3 m	Đối tượng có kích thước > 4 × 4 m/2 m	Đối tượng có kích thước > 2 × 2 m/1m	

bước 3: lựa chọn các giải pháp sử dụng các thiết bị để thu thập dữ liệu địa không gian, trong đó:

- + phương pháp bay chụp ảnh UAV để thu thập các ảnh chụp lập thể phục vụ xây dựng đám mây điểm 3D các đối tượng địa lý,
 - + phương pháp chụp ảnh mặt đất để thu thập các ảnh chụp lập thể phục vụ xây dựng đám mây điểm 3D các đối tượng địa lý,
 - + phương pháp quét LiDAR mặt đất để thu thập đám mây điểm 3D các đối tượng địa lý,
- trong đó:

việc bay chụp bằng UAV cho các đối tượng nhà ở để xây dựng cơ sở dữ liệu không gian địa lý 3D đối với LOD3 được thực hiện với các thiết kế bay chụp với độ nghiêng ống kính chụp ở độ cao bay chụp thích hợp và khoảng cách giữa các lần chụp liên tiếp được tính toán chính xác theo yêu cầu kỹ thuật với ít nhất các thông số cơ bản như sau:

* đối với nhà thấp tầng (dưới 6 tầng)

ranh giới bay chụp: đường tròn biên ngoài có bán kính phù hợp với diện tích tòa nhà tính từ tâm tòa nhà thấp tầng,

bán kính quỹ đạo bay: phù hợp với diện tích tòa nhà thấp tầng,

chiều cao bay chụp: phù hợp tùy theo chiều cao tòa nhà thấp tầng,

độ phủ trùm dọc và ngang: 80 %,

góc chụp: -45° ,

chế độ bay: chế độ bay nhanh (Fast Mode),

* đối với nhà cao tầng (từ 6 tầng trở lên)

ranh giới bay chụp: đường tròn biên ngoài có bán kính phù hợp với diện tích tòa nhà tính từ tâm tòa nhà cao tầng,

bán kính quỹ đạo bay: 50 m,

chiều cao bay chụp: 50-175 m,

độ phủ trùm dọc và ngang: 80 %,

góc chụp: -45° và -15° ,

chế độ bay: dừng và chụp ảnh (Capture and Hover),

- + giải pháp kết hợp các phương pháp ở trên để xây dựng đám mây điểm 3D hoàn chỉnh của tất cả các đối tượng địa lý ở khu đo gồm: trước khi ghép, các đám mây điểm 3D được tạo ra bởi ba phương pháp đã đề cập ở trên được lọc bỏ nhiễu, việc lọc nhiễu các đám mây điểm nhằm loại bỏ các điểm của các đối tượng không quan trọng hoặc các điểm bị

sai trong quá trình xử lý trước đây, làm giảm dung lượng của đám mây điểm, các đám mây điểm 3D tạo bởi phương pháp quét LiDAR có mật độ và độ chính xác cao hơn được sử dụng làm đám mây điểm cơ sở và hai đám mây điểm 3D của hai phương pháp còn lại là đám mây điểm ghép;

bước 4: xử lý dữ liệu thu thập được để xây dựng các đám mây điểm 3D của các đối tượng địa lý và đánh giá độ chính xác sản phẩm thu được, trong đó:

+ xử lý ảnh chụp từ máy bay không người lái trên phần mềm Pix4D Capture để nhận được đám mây điểm 3D và ảnh trực giao bề mặt đất và bề mặt đối tượng theo quy trình như sau:

chích điểm không chế trên ảnh UAV,
thiết lập hệ tọa độ VN-2000 và chuyển đổi hệ tọa độ tâm ảnh,
bình sai khối ảnh và đánh giá độ chính xác,
xây dựng mô hình số bề mặt, đám mây điểm và bản ảnh trực giao.

+ xử lý ảnh chụp mặt đất trên phần mềm Pix4D Capture để nhận được đám mây điểm 3D và ảnh trực giao bề mặt đối tượng theo quy trình như sau:

chích điểm không chế trên ảnh chụp mặt đất,
thiết lập hệ tọa độ VN-2000 và chuyển đổi hệ tọa độ tâm ảnh,
bình sai khối ảnh và đánh giá độ chính xác,
xây dựng mô hình số các mặt của tòa nhà, đám mây điểm và bản ảnh trực giao.

+ xử lý dữ liệu quét LiDAR mặt đất trên phần mềm SCENE để nhận được đám mây điểm 3D của đối tượng theo quy trình như sau:

trút dữ liệu vào máy tính,
lọc các điểm vượt quá giới hạn thu nhận dữ liệu của một trạm máy,
ghép dữ liệu đám mây điểm của các trạm máy đơn và tiến hành kiểm tra độ lệch tương đối tại các điểm tiêu đo cùng tên giữa các trạm máy liền kề, độ lệch tương đối giữa các điểm tiêu đo cùng tên được quy định không vượt quá hai lần sai số cho phép của điểm quét,

ghép và bình sai dữ liệu đám mây điểm tại các trạm máy đơn thành một khối thống nhất theo các tham số là tọa độ, độ cao của các điểm trạm máy,

loại bỏ các điểm không thuộc đối tượng cần thu nhận,
phân loại dữ liệu đám mây điểm phục vụ thành lập mô hình số bề mặt và mô hình số độ cao,

đánh giá độ chính xác dữ liệu, trong trường hợp dữ liệu còn thiếu, nhiều tín hiệu (chưa đạt) cần quét bổ sung hoặc đo bổ sung bằng các phương pháp: toàn đạc điện tử, GNSS và các phương pháp khác có độ chính xác tương đương,

thành lập đám mây điểm và mô hình số bề mặt: kết quả sau khi xử lý là đám mây điểm độ chính xác cao, đám mây điểm có thể được sử dụng để nội suy mô hình số bề mặt thể hiện dưới dạng TIN, GRID hoặc GeoTIFF,

trong đó yêu cầu độ chính xác của mô hình số bề mặt gồm:

a) sai số tiếp biên giữa các khu đo không được vượt quá 1,5 lần sai số cho phép của mô hình số độ cao,

b) sai số tuyệt đối của mô hình số độ cao 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 mô hình số độ cao không được vượt quá yêu cầu độ chính xác quy định, sai số giới hạn không được vượt quá 2 lần sai số trung phương và không được vượt quá 10%;

+ ghép các đám mây điểm xây dựng từ UAV và chụp ảnh mặt đất theo quy trình như sau, công đoạn ghép dữ liệu gồm 2 bước: ghép thô (Coarse Alignment) và ghép chính xác (Fine Alignment), trong đó:

ở bước ghép thô cần lựa chọn tối thiểu 4 điểm song trùng trên hai đám mây điểm, đây có thể là điểm tiêu, điểm khống chế hoặc điểm đặc trưng rõ nét trên hai đám mây điểm,

ở bước ghép chính xác, tăng số lượng điểm tham gia quá trình khớp để tăng độ chính xác ghép dữ liệu, hai bước ghép dữ liệu đám mây điểm được thực hiện trên phần mềm Cloudcompare,

+ đánh giá độ chính xác dữ liệu đám mây điểm 3D bằng cách so sánh với các số liệu đo tọa độ, độ cao bằng máy toàn đạc điện tử sử dụng tia Laser hoặc máy quét LiDAR mặt đất,

bước 5: xây dựng dữ liệu không gian vector 3D và dữ liệu thuộc tính của các đối tượng địa lý gồm:

+ xây dựng dữ liệu không gian vector 3D bằng cách số hóa các đám mây điểm 3D của các đối tượng địa lý bằng phần mềm SketchUp Pro theo quy trình như sau: trong các bước của quy trình, xây dựng mô hình 3D của các đối tượng địa lý từ dữ liệu đồ họa là bước số hóa đường biên của các tòa nhà, phân tách các đối tượng cần quan tâm, đám mây điểm và

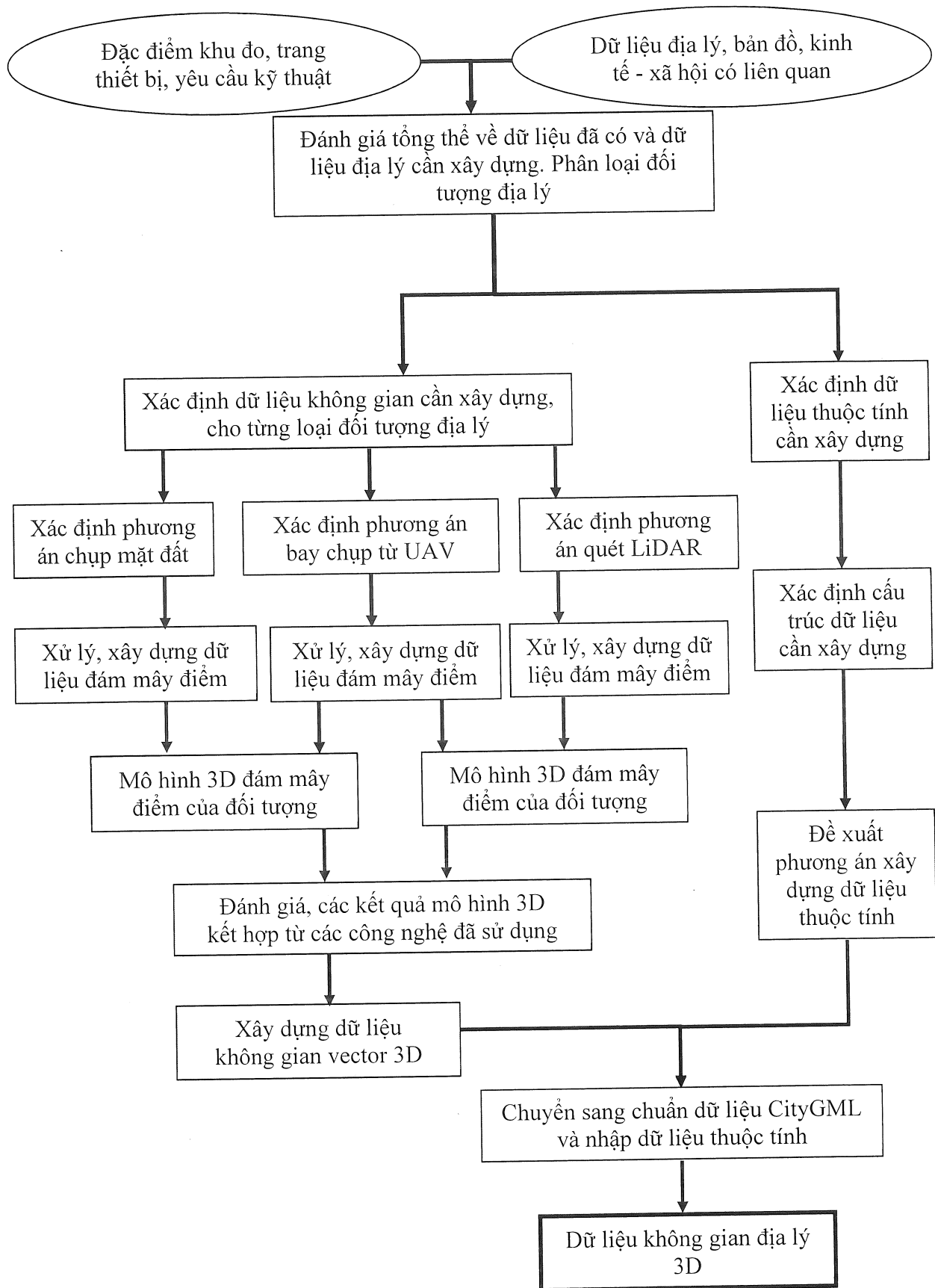
mô hình số bề mặt tòa nhà là cơ sở để xác định các điểm góc cũng như đường biên tòa nhà, kết quả của bước này là mô hình các đối tượng ở mức độ chi tiết LOD2, các hình khối ở LOD2 chưa thể hiện được màu sắc thực, các ảnh chụp ngang hoặc chụp nghiêng từ máy UAV đối với nhà cao tầng hoặc ảnh chụp từ mặt đất với các công trình thấp tầng được cắt và ghép theo các họa tiết nổi trên LOD2 để có được dữ liệu LOD3, vị trí, hình dạng các cây xanh đô thị và các đối tượng đồ họa khác trong đô thị cũng được bổ sung trong bước này;

+ xây dựng dữ liệu thuộc tính của các đối tượng địa lý đã được số hóa ở dạng vector và chiết xuất tọa độ vị trí không gian của đối tượng sang phần mềm Microsoft Excel thông qua phần mềm ArcMap để nhập thông tin thuộc tính của đối tượng địa lý từ kết quả điều vẽ ảnh trực giao và điều tra trực tiếp ở thực địa,

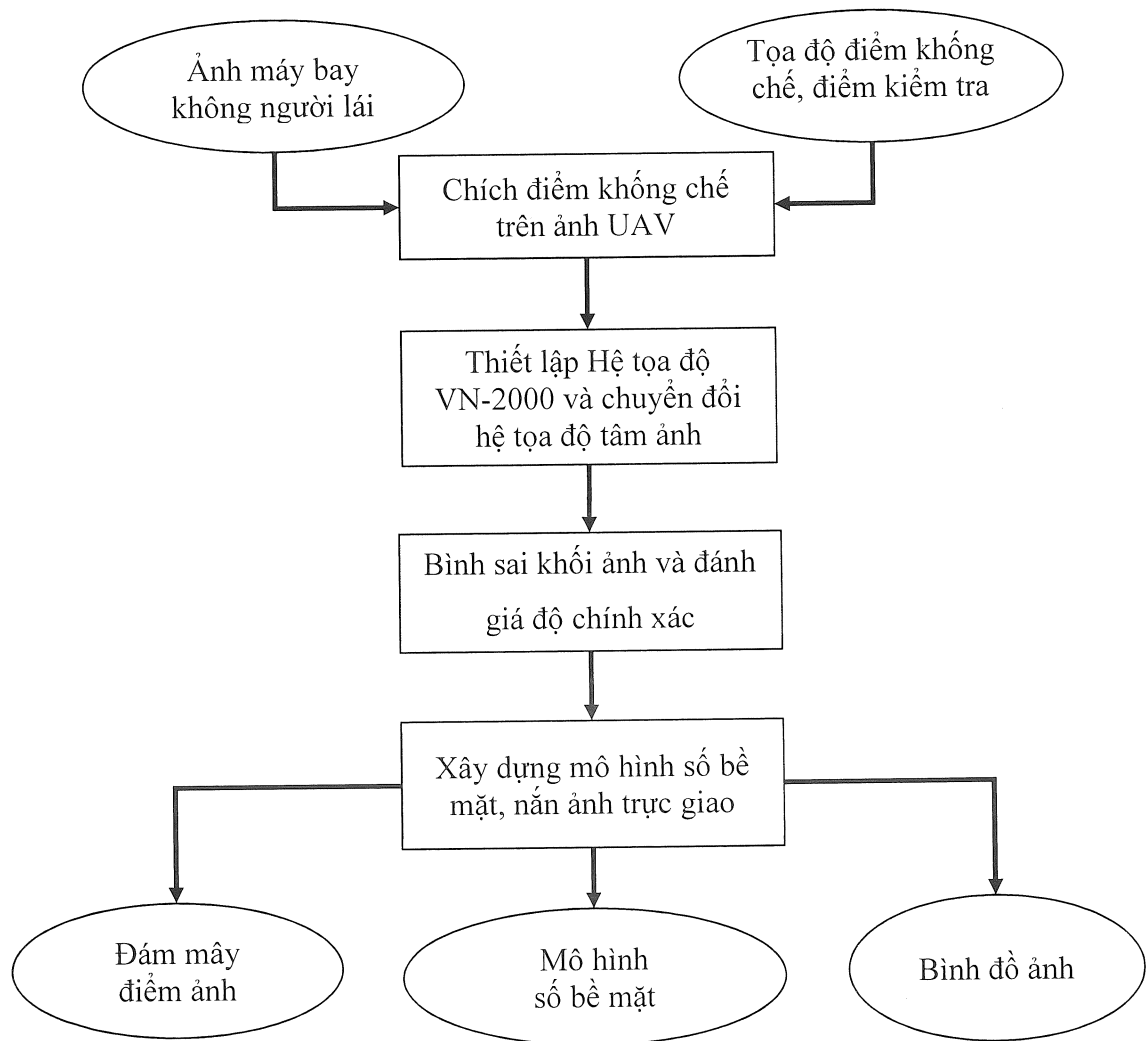
bước 6: chuẩn hóa dữ liệu không gian vector 3D sang tiêu chuẩn CityGML và liên kết dữ liệu thuộc tính với dữ liệu không gian đã chuẩn hóa, việc chuẩn hóa dữ liệu này sử dụng các phần mềm chuyên dụng FME để tạo cơ sở dữ liệu dạng CityGML và nhập thuộc tính, trong đó gồm:

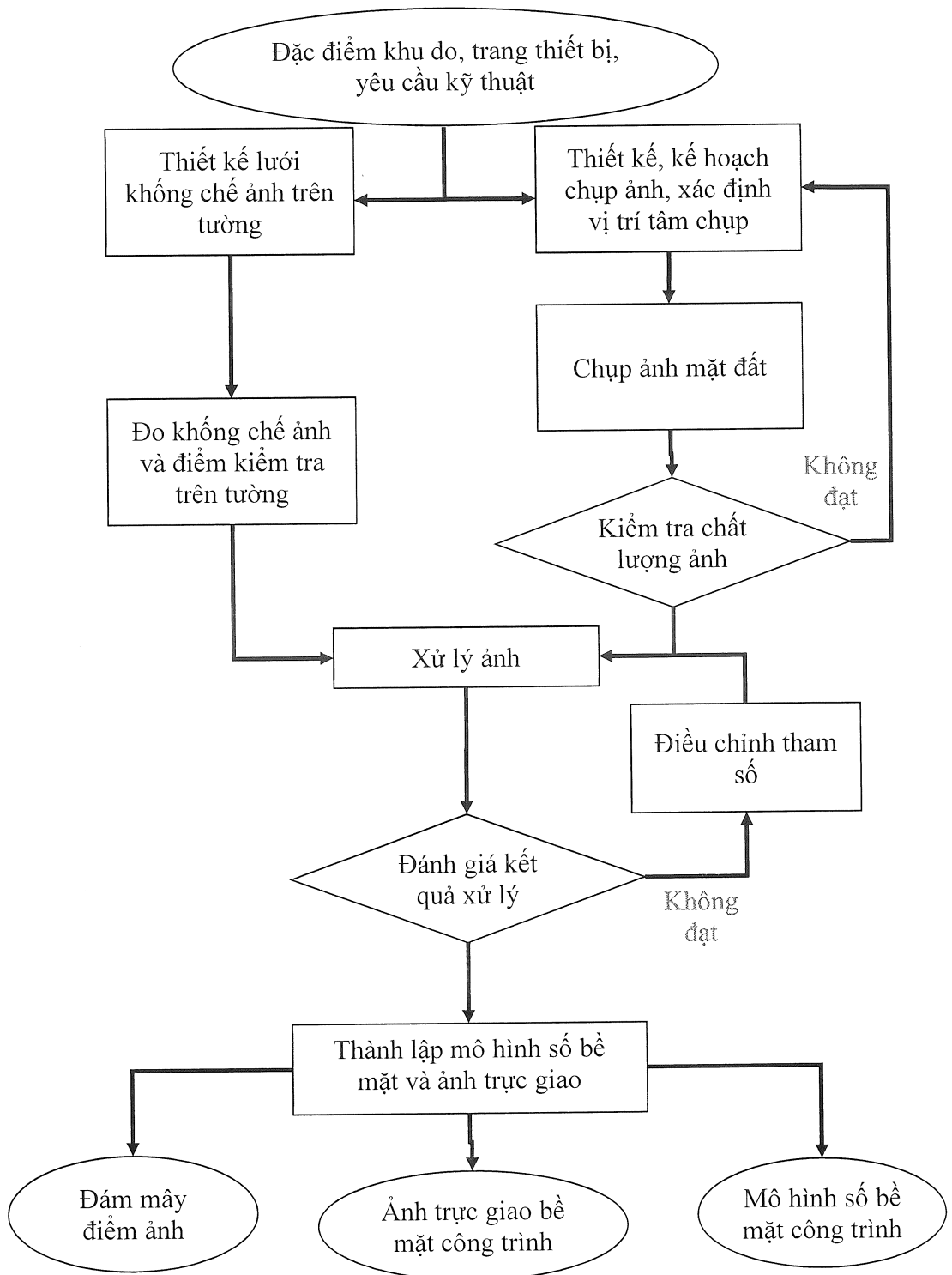
+ chuẩn hóa dữ liệu không gian vector 3D sang tiêu chuẩn CityGML được thực hiện trên phần mềm FME,

+ liên kết dữ liệu thuộc tính với dữ liệu không gian đã chuẩn hóa thông qua mã của đối tượng (ID) đã được mã hóa theo tiêu chuẩn CityGML lấy từ dữ liệu không gian đã chuẩn hóa và nhập vào dữ liệu cột ID của bảng thuộc tính trên phần mềm Microsoft Excel, việc này được thực hiện trên phần mềm FME.

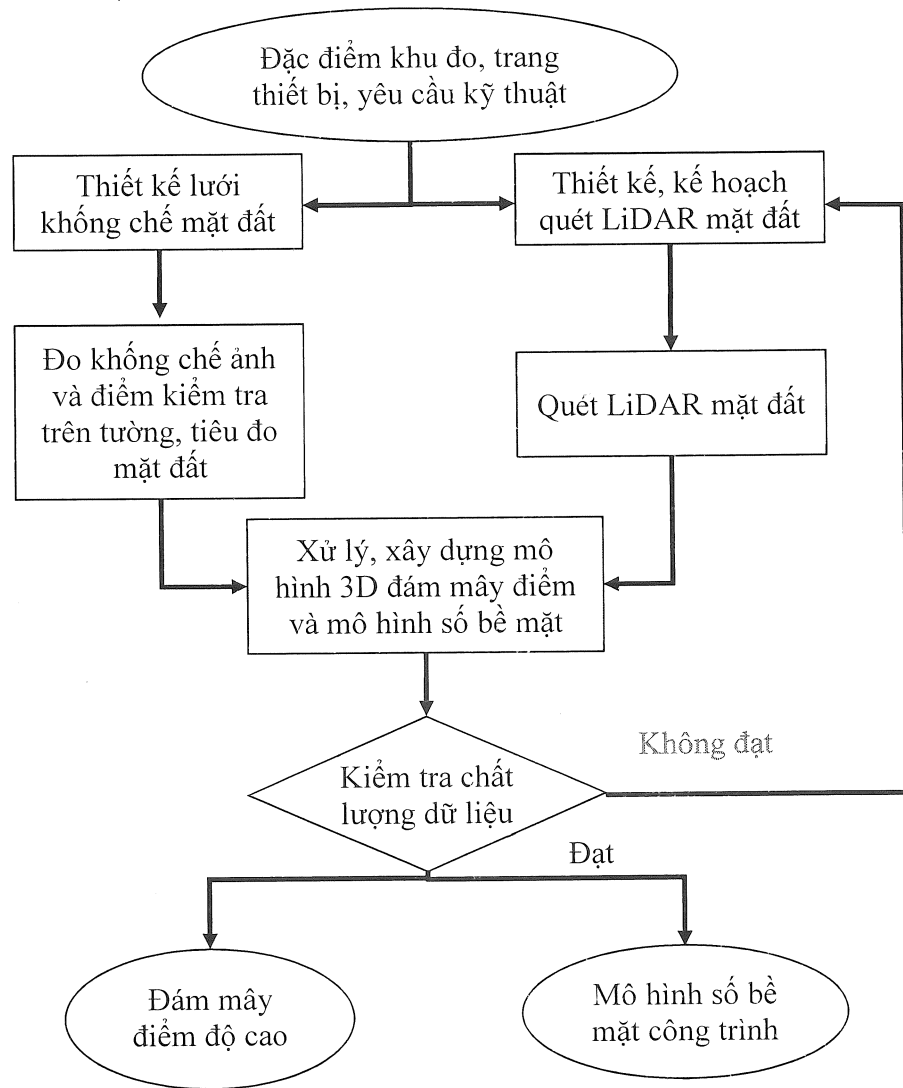


Hình 1

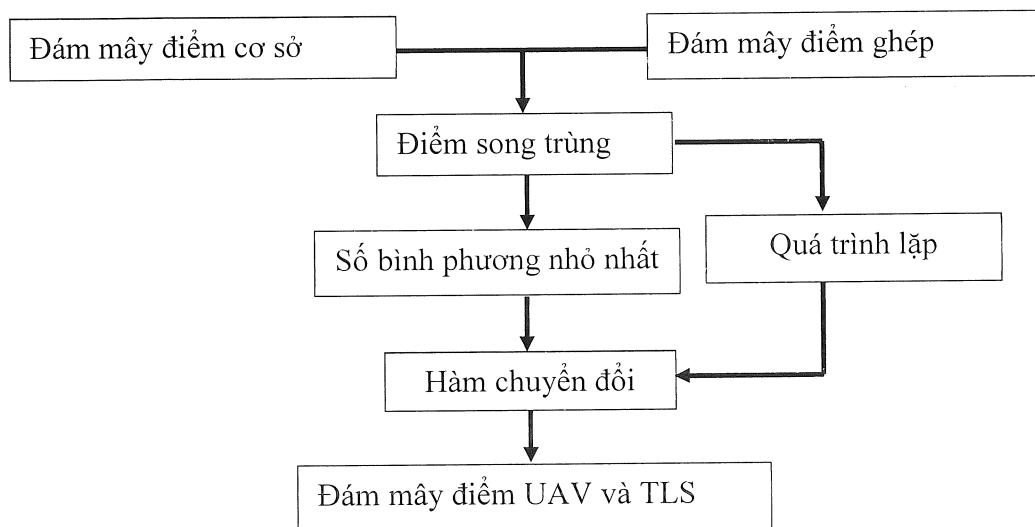
**Hình 2**



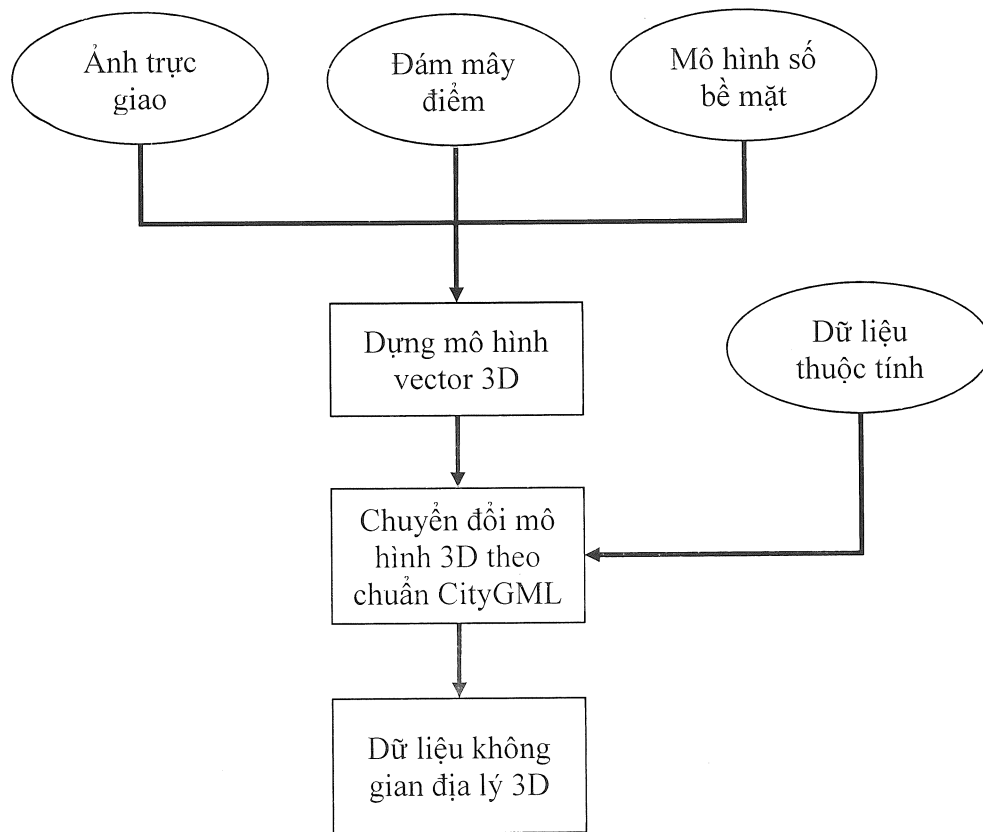
Hình 3



Hình 4



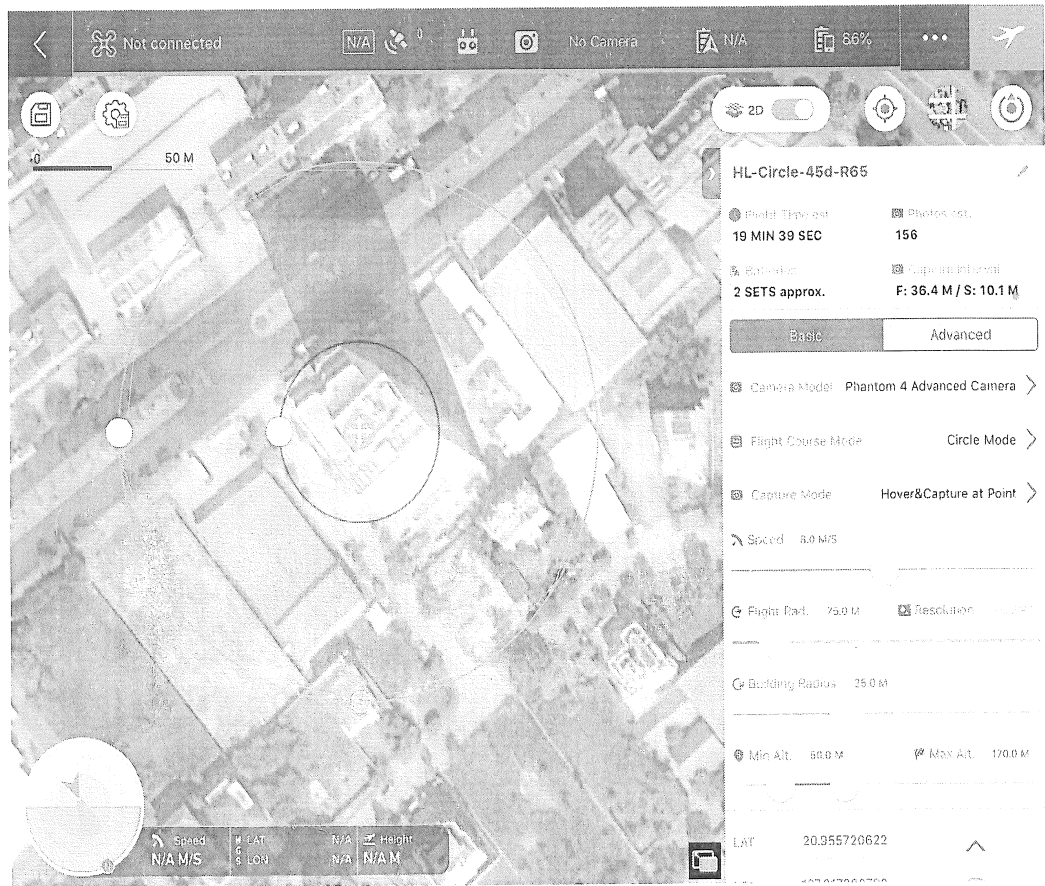
Hình 5



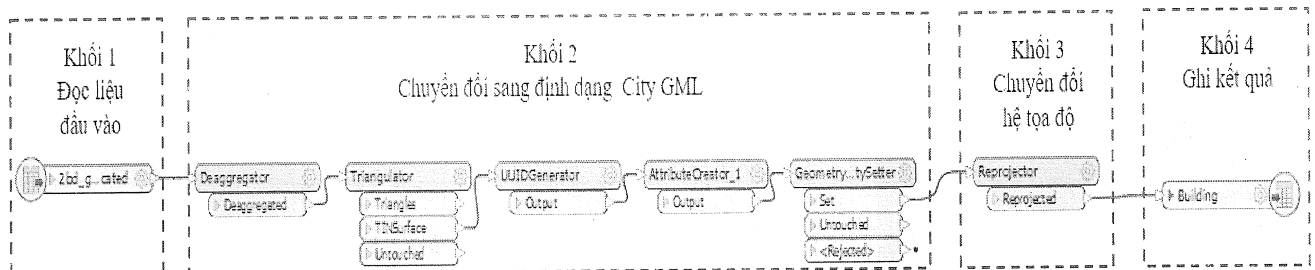
Hình 6



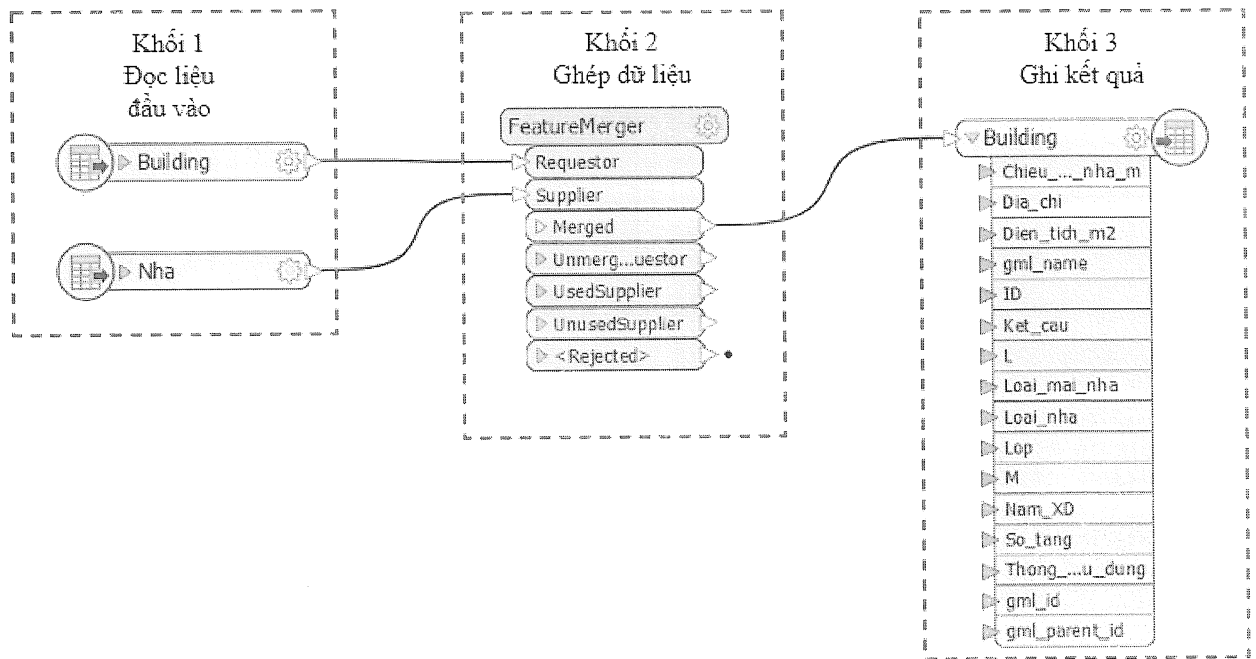
Hình 7



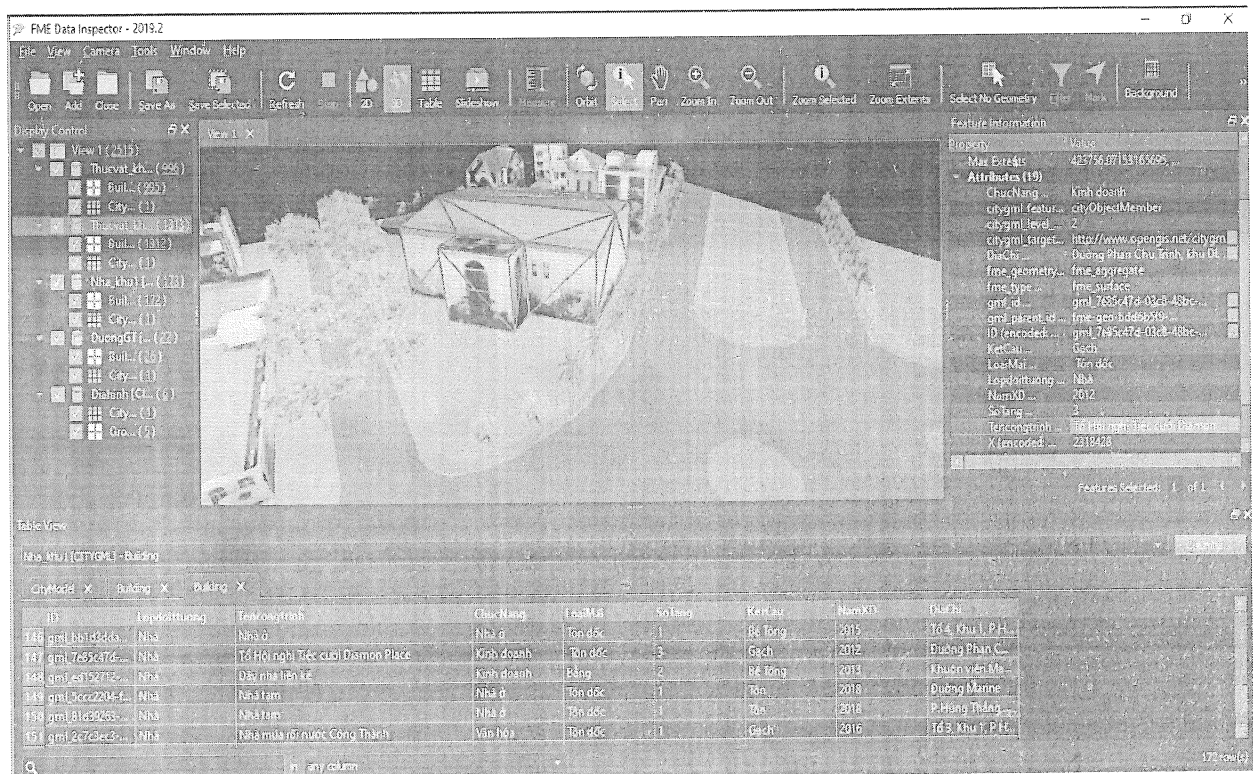
Hình 8



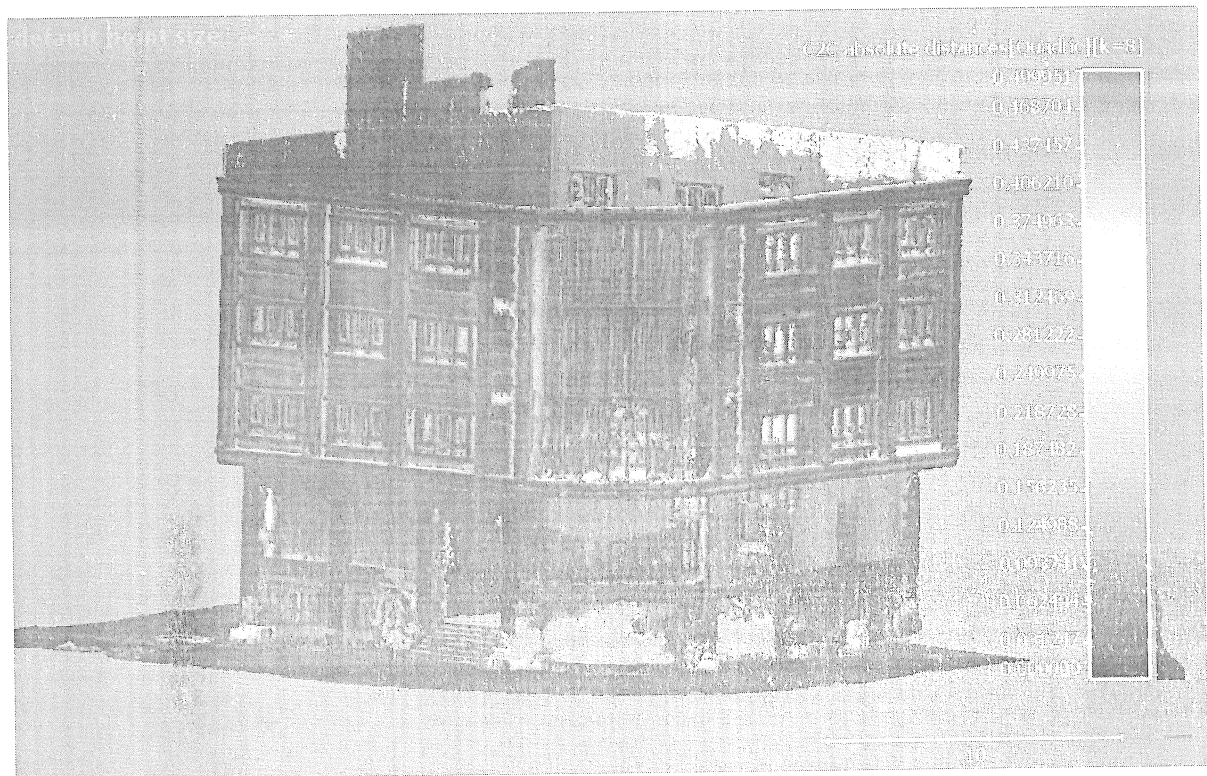
Hình 9



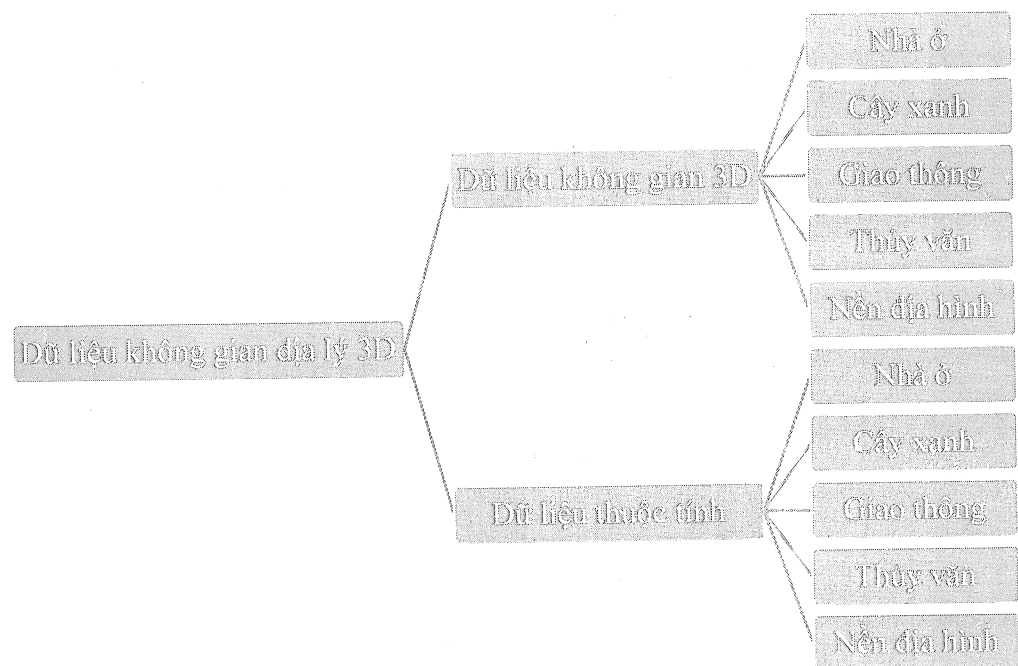
Hình 10



Hình 11



Hình 12



Hình 13