Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất
Trang điện tử: http://tapchi.humg.edu.vn

Nâng cao chất lượng xây dựng mô hình 3D bằng kết hợp công nghệ bay chụp UAV và quét Laser mặt đất

Ngô Sỹ Cường [1,*], Trần Xuân Trường [2], Trần Hồng Hạnh [2], Đặng Nguyên Vũ [1]

[1] *Tổng công ty Tài nguyên và Môi trường Việt Nam, Bộ Tài nguyên và Môi trường, Việt Nam*
[2] *Khoa Trắc địa Bản đồ và Quản lý Đất đai, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam, Việt Nam*

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình:
Nhận bài 10/06/2019
Chấp nhận 12/08/2019
Đăng online 30/8/2019

Từ khóa:
Máy quét Laser mặt đất
Máy bay không người lái UAV
Mô hình 3D
Pointcloud
Xử lý dữ liệu 3D

TÓM TẮT

Trên thế giới cũng như ở Việt Nam việc ứng dụng công nghệ máy bay không người lái (UAV) và thiết bị quét laser mặt đất trong việc thành lập mô hình 3D đang ngày càng được sử dụng rộng rãi. Tuy nhiên, việc kết hợp giữa hai công nghệ này để mang đến sự hiệu quả trong việc thu thập số liệu một cách đầy đủ hơn từ mặt đất đến trên cao thì vẫn còn là tương đối mới ở nước ta. Mục đích chính của bài báo này là trình bày việc sử dụng dữ liệu quét laser mặt đất làm tăng độ chính xác xử lý dữ liệu UAV và quá trình tự động hóa trong việc xây dựng mô hình 3D từ các nguồn dữ liệu này. Nội dung cụ thể bao gồm: (1) Nâng cao chất lượng xây dựng mô hình 3D bằng kết hợp công nghệ bay chụp UAV và quét laser mặt đất; (2) Xây dựng quy trình kết hợp dữ liệu đám mây điểm của máy quét laser mặt đất và dữ liệu UAV thành lập mô hình 3D; (3) Thực nghiệm thành lập mô hình 3D khu vực Chùa Láng – Hà Nội từ số liệu của thiết bị quét Faro X330 và dữ liệu máy bay UAV Phantom 4 Pro; (4) Đánh giá độ chính xác và các kết luận về ưu nhược điểm của công nghệ.

© 2019 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Mở đầu

Trên thế giới và ở Việt Nam, việc thành lập mô hình số 3D bằng công nghệ đo ảnh máy bay không người lái (UAV) và máy chụp ảnh độ phân giải cao đang ngày càng được sử dụng rộng rãi trong ngành trắc địa - bản đồ (Bùi Tiến Diệu và nnk., 2016). Hiện tại, các công nghệ sử dụng thiết bị laser mặt đất đang được sử dụng rộng rãi trong thu thập dữ liệu mặt đất phục vụ cho công tác địa chính, trắc địa địa hình, xây dựng dân dụng, thiết kế kiến trúc và bảo tồn di sản với độ chính xác cao (Hoàng Kim Quang, 2012). Điểm hạn chế của hai công nghệ trên là chỉ thực hiện trong phạm vi vừa và nhỏ. Điều có thể dễ dàng nhận thấy là độ chính xác khi quét laser mặt đất cao hơn bay chụp bằng UAV (Trần Quốc Vinh, 2017). Tuy nhiên, công nghệ bay chụp bằng UAV có ưu thế là thu thập số liệu trên bề mặt công trình rất tốt nhưng lại không có khả năng ghi nhận các điểm bị che khuất ở phía dưới của công trình, điều mà công nghệ quét laser mặt đất hoàn toàn có thể làm được. Nhưng khi áp dụng quét Laser mặt đất cho các công trình thì phần bề mặt phía trên của công trình (từ phần

*Tác giả liên hệ
E - mail: ngosycuong@vinanren.vn

mái trở lên) rất khó hoặc không thể quét. Vì vậy, kết hợp các ưu điểm của 2 công nghệ này để nâng cao chất lượng xây dựng mô hình số 3D là hoàn toàn cần thiết. Hiện tại, ở nước ta mới chỉ phát triển theo hướng từng công nghệ riêng biệt mà ít nơi có sự kết hợp hoàn thiện giữa 2 công nghệ này. Bài báo này phân tích một hướng đi mới kết hợp giữa hai công nghệ mang đến sự hiệu quả cho công việc ứng dụng vào thu thập số liệu một cách đầy đủ hơn từ mặt đất đến trên cao. Hơn nữa, công nghệ laser mặt đất có thể sử dụng để làm tăng độ chính xác dữ liệu khi sử dụng tiêu đo cho dữ liệu UAV.

Dựa vào việc nghiên cứu các giải pháp xây dựng cơ sở dữ liệu và mô hình 3D bằng cách kết hợp công nghệ UAV và quét laser mặt đất các công trình dự án gồm: công trình ngầm địa đạo Vịnh Mốc; thu thập xử lý số liệu hang động Sơn Đoòng; các công trình kiến trúc, bảo tồn Hoàng thành Thăng Long … đã sử dụng nhiều giải pháp tiên tiến về việc kết hợp các công nghệ tạo nên sản phẩm cuối (Hoàng Kim Quang, 2012). Tuy nhiên, các nghiên cứu trên chưa đề cập đến vấn đề kết hợp dữ liệu quét Laser mặt đất và UAV trong thành lập mô hình 3D. Dữ liệu quét laser mặt đất và UAV đều là các đám mây điểm (point cloud), nhưng do các trạm quét laser mặt đất không thể quét được phần trên mái nhà nên khu vực này sẽ không có dữ liệu. Để bù vào phần thiếu hụt đó, có thể kết hợp sử dụng dữ liệu đám mây điểm của UAV (Trần Quốc Vinh, 2017). Vì thế bài báo đi sâu nghiên cứu, phân tích việc kết hợp dữ liệu của 2 loại công nghệ trên, thêm vào đó sử dụng dữ liệu laser mặt đất như một số liệu chuẩn hóa tọa độ làm tăng độ chính xác của chính số liệu bay chụp. Dữ liệu bay chụp được bay chụp bằng các công nghệ bay tiên tiến như Phantom 4 Pro, Trinity F9 hay Avian P, kết hợp với số liệu quét laser mặt đất từ thiết bị Faro X330.

2. Giải pháp nâng cao độ chính xác xử lý dữ liệu UAV từ dữ liệu quét laser mặt đất

2.1. Xây dựng hệ thống tiêu đo dùng chung

Khi thành lập mô hình số 3D bằng công nghệ quét laser mặt đất thì việc xây dựng và bố trí các tiêu đo trải đều trong phạm vi thực hiện là hết sức quan trọng. Các vị trí đó đảm bảo tối đa được phần diện tích quét cũng như độ phủ trùm giữa các trạm quét phù hợp được thể hiện như trong Hình 1.

Đối với việc thành lập mô hình số 3D bằng công nghệ UAV, thì việc xây dựng và bố trí các điểm không chế ảnh mặt đất phải đảm bảo các điểm này được trải đều khu đo và kích thước phải hợp lý để có thể định tâm chính xác trên ảnh (Bùi Tiến Diệu và nnk., 2016).

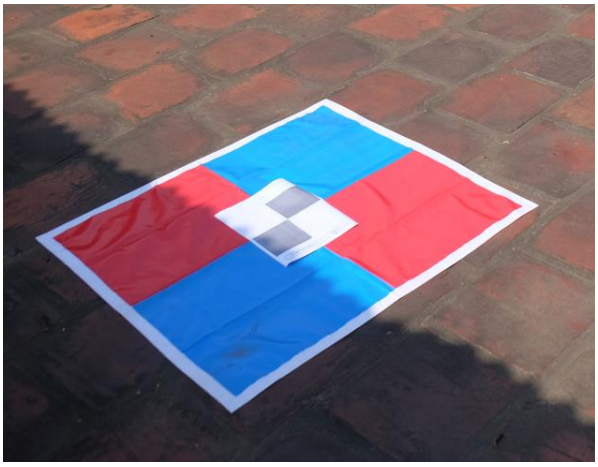
Do vậy cần phải xác định loại tiêu đo cho phù hợp với cả 2 công nghệ trên (Hình 2).

Tiêu cần rõ nét, chính xác và nhận diện tốt bằng cả 2 phương pháp thu thập số liệu. Ở đây, tiêu nhỏ phù hợp với số liệu quét 3D Laser mặt đất, còn tiêu lớn hơn phù hợp với bay chụp ảnh bằng UAV.

2.2. Xác định tự động giá trị toạ độ tiêu đo thu được từ dữ liệu laser mặt đất bằng phần mềm sau nắn ghép

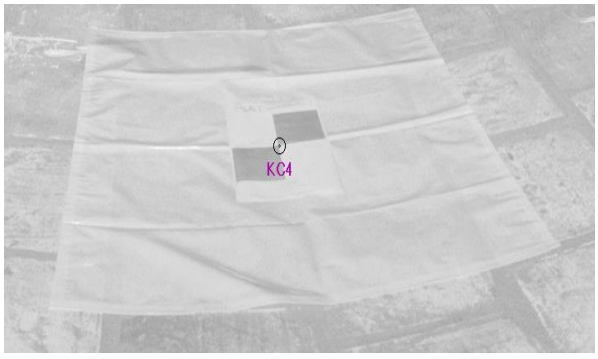
Số liệu laser mặt đất có thể ghép nối giữa các trạm thành đám mây điểm tổng hợp. Sau khi nắn

Hình 1. Sơ đồ vị trí các tiêu đo.



Hình 2. Tiêu đo kết hợp giữa quét laser mặt đất và UAV.

ghép, từ số liệu này có thể trích xuất ra tọa độ điểm tiêu một cách tự động (Hình 3).



Hình 3. Trích điểm toạ độ tiêu đo sau khi xử lý.

2.3. Xây dựng mô hình 3D bằng dữ liệu bay chụp UAV

Hệ thống bay UAV Trinity F9, Avian P, hoặc Phantom 4 Pro được thiết kế bay hoàn toàn tự động bằng thiết bị dẫn đường. Để tạo mô hình 3D theo quy trình trên thực tế phải kết hợp công tác ngoại nghiệp, công tác nội nghiệp trên cơ sở một số phần mềm chuyên dụng đi kèm (Bùi Ngọc Quý, Phạm Văn Hiệp, 2017). Công việc chính cần thực hiện là:

2.3.1. Bố trí mốc đo khống chế ảnh

Do có sử dụng thiết bị laser mặt đất nên việc bố trí điểm khống chế ảnh chỉ cần 4 điểm vị trí góc khu đo và các điểm này được đo đạc GPS/RTK để ghép nối.

2.3.2. Bay chụp ảnh

Trước hết sử dụng phần mềm thiết kế tuyến bay để thiết kế các tuyến bay chụp, sau khi khai báo các tham số như: hệ tọa độ, máy ảnh, độ cao bay, thời gian tối đa cho một chuyến bay, độ phủ dọc ngang, hướng bay và vị trí cất hạ cánh… Phần mềm sẽ tự động tính toán tổng số các tuyến phải bay, số lượng ảnh chụp và bản vẽ thiết kế chi tiết các đường bay. Ngoài ra, phần mềm còn tạo ra tệp "flight. txt" ghi lại các thông số về đường bay và tệp chứa tham số định hướng ngoài cho mỗi khu chụp có khuôn dạng *_eo_wgs84. txt. Tệp này chứa dữ liệu với định dạng như sau: tên ảnh, tọa độ x, y, z, góc omega, phi và kappa.

Quá trình bay chụp đồng thời, cùng lúc với thời điểm sử dụng laser mặt đất. Vì vậy UAV/Drone có thể cùng thu được mốc của vị trí đã rải tiêu cho laser mặt đất (Bùi Ngọc Quý, Phạm Văn Hiệp, 2017).

2.3.3. Xử lý dữ liệu bay chụp

Việc tính toán bình sai, đo đạc ảnh được thực hiện bằng phần mềm Skyline. Phần mềm này sử dụng thuật toán đo ảnh mới có tên là "Structure from motion" (Sfm), dựa trên quá trình chuyển động của camera để tạo ra hàng loạt ảnh chụp liên tiếp với độ chồng phủ cao. Thuật toán sẽ tái tạo lại vị trí chụp ảnh, đồng thời tạo ra đám mây điểm dày đặc các điểm chung, khôi phục lại địa vật và địa hình khu vực nghiên cứu (Beraldin et al., 2010).

2.3.4. Trích xuất vị trí tọa độ tiêu

Sau khi có được sản phẩm ảnh bình đồ khu vực đo, sử dụng phần mềm Global Mapper để trích xuất tọa độ của tiêu đo đã sử dụng trong khi thực hiện việc quét laser mặt đất. Sau đó xuất ra định dạng CSV toạ độ các điểm khống chế ảnh "KC1", "KC2", "KC3", "KC4" (Hình 4).

2.3.5. Kiểm tra so sánh kết quả xử lý tọa độ tiêu của UAV bằng số liệu quét laser mặt đất

Sau khi nắn ghép thành công, trích xuất số liệu các điểm khống chế ra có định dạng "*. E57" bằng phần mềm Faro Scene, có thể tiến hành lọc nhiễu số liệu, loại bỏ các yếu tố không cần thiết.

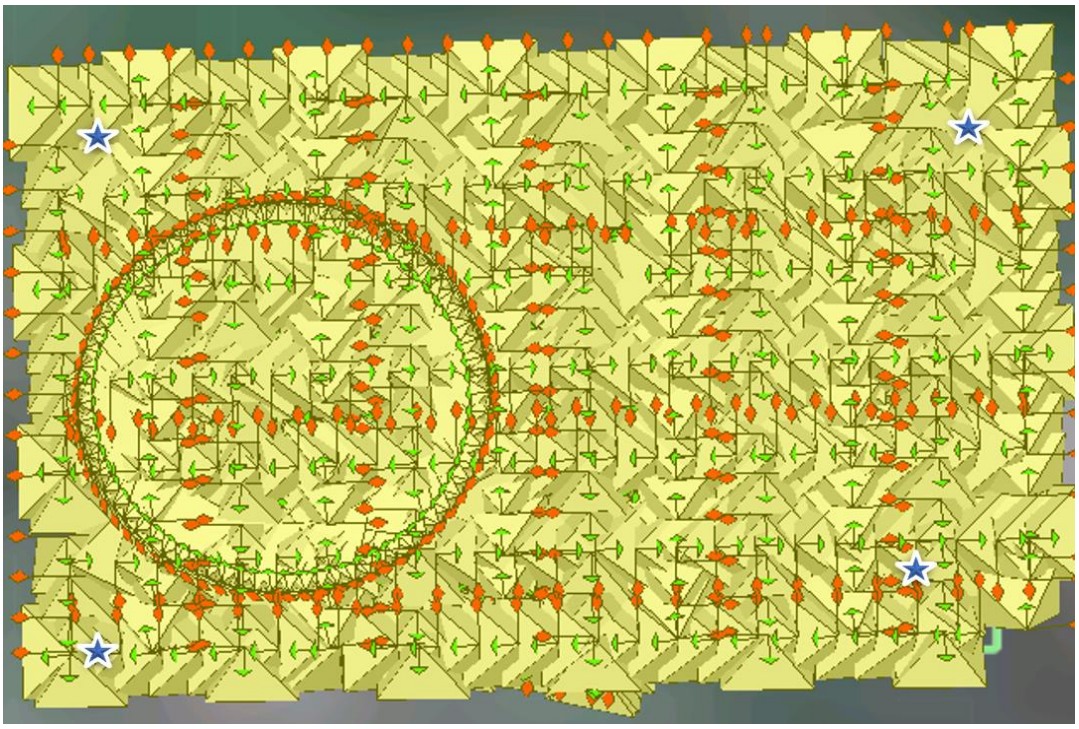
Trích xuất lại số liệu đo tiêu, mốc trực tiếp trên số liệu mô hình đám mây điểm (point cloud) của số liệu quét laser mặt đất. Lúc này số liệu đo đạc đã được cải thiện do độ chính xác cao của số liệu quét laser mặt đất và có thể sử dụng cho số liệu đo khống chế ảnh UAV (Hình 5, Bảng 1).

2.4. Kết hợp dữ liệu quét laser mặt đất và UAV để thành lập mô hình 3D

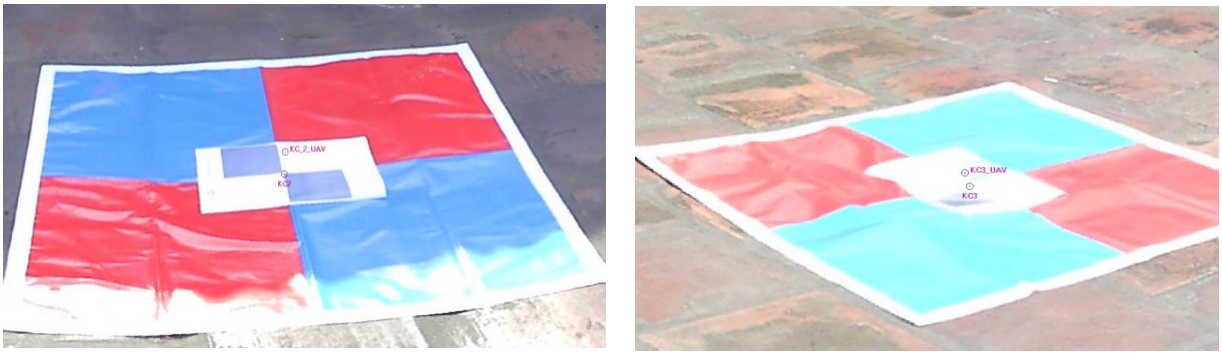
Mô hình 3D gồm các thành phần chủ yếu là mô hình số địa hình (DEM), các đối tượng địa vật nổi hoặc nằm trên bề mặt DEM, kết hợp với các thông tin địa vật gắn với các đối tượng (Nguyễn Viết Nghĩa và nnk., 2017).

Nhóm đối tượng này khá đa dạng về cấu trúc hình học, chúng có thể được thể hiện chi tiết bằng các mô hình 3D thực mà mỗi nút đều mang giá trị X, Y, H hoặc được khái quát hoá ở các mức độ khác nhau phụ thuộc vào LoD (level of detail).

Một cách thể hiện đơn giản là nhà được đẩy lên từ đường viền đáy nhà nằm trên mặt DEM



Hình 4. Tương quan vị trí các điểm khống chế trên mô hình số (sau xử lý).



Hình 5. So sánh toạ độ tiêu đo thu được giữa 2 công nghệ.

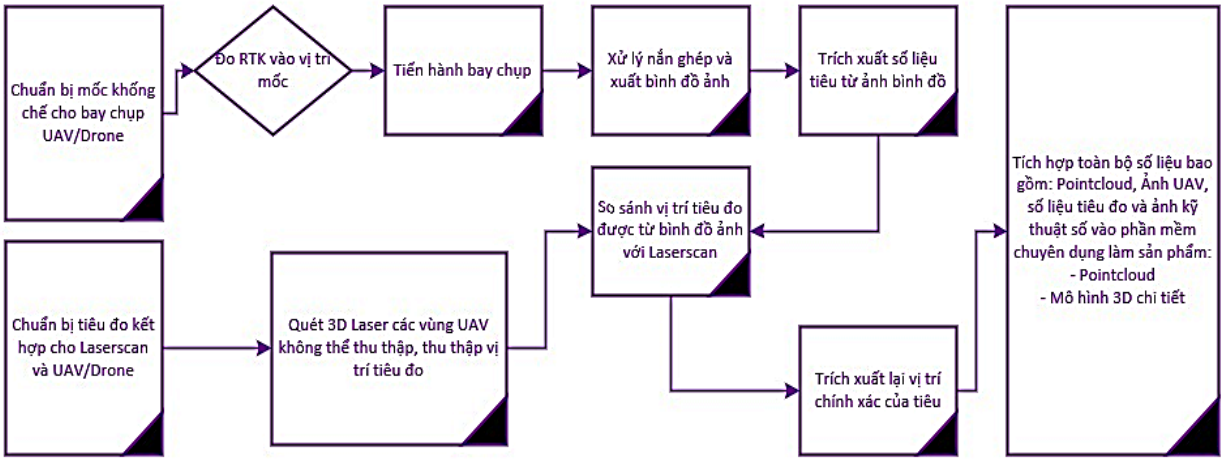
một khoảng bằng chiều cao riêng h của nhà thành một hình hộp.

Trong quy trình, dữ liệu quét laser mặt đất là dữ liệu chính để xây dựng mô hình 3D, nó cần phải kết hợp với mô hình bề mặt và ảnh chụp kết cấu từ dữ liệu ảnh bay chụp và ảnh số để có độ chính xác cao và chi tiết hơn.

Dữ liệu từ UAV có khả năng thành lập DEM khu vực bay chụp với độ chính xác của mô hình với tỷ lệ 1:1000 ở khu vực đồng bằng nhưng có nhược điểm là không thu nhận được hết dữ liệu ở phần chân của các công trình có chiều cao lớn trên mặt đất, gây ra ảnh hưởng lớn đến độ chính xác của các công trình trên bản đồ. Ngược lại, dữ liệu quét laser mặt đất không quét được phần mái của các đối tượng cao trong đô thị; đồng thời muốn thành lập mô hình 3D cần dựa vào DEM nền mới thực hiện được. Vì vậy, có thể kết hợp dữ liệu đám mây điểm của 2 loại công nghệ này bù trừ nhau thành lập mô hình 3D đô thị hoàn thiện hơn hay không. Thực tế phân tích ở trên cho thấy, trên nền DEM thành lập từ dữ liệu UAV, dữ liệu bổ xung từ việc quét laser mặt đất tập trung chủ yếu là phần chân, thân của các đối tượng là các tòa nhà cao tầng và một số đối tượng có chiều cao lớn trong đô thị. Để thực hiện được công việc này đối với một đối tượng nhà cao tầng cần phải thực hiện các công việc theo trình tự sau với sự trợ giúp của các phần mềm chuyên dụng như Reality Capture hoặc Skyline như đã nói ở phần trên (Hình 6) (Đỗ Văn Dương, 2017).

Bảng 1. Toạ độ và độ cao các điểm khống chế ảnh.

Tên điểm	Loại	X (m)	Y (m)	Z (m)
KC 1	Point	583402, 325511	2325058, 513979	82, 468640
KC 2	Point	583398, 792763	2325056, 345389	82, 444604
KC 3	Point	583403, 044293	2325053, 265751	82, 443934
KC 4	Point	583398, 506029	2325049, 977691	82, 410288



Hình 6. Quy trình công nghệ thành lập bản đồ 3D từ dữ liệu UAV và quét laser mặt đất.

3. Thực nghiệm và thảo luận

Để đánh giá được hiệu quả và độ chính xác của việc kết hợp đồng thời dữ liệu từ công nghệ quét laser mặt đất và bay chụp bằng UAV, nghiên cứu này đã tiến hành đo thực nghiệm và lập mô hình 3D khu vực Chùa Láng. UAV Phantom 4 Pro được sử dụng có tiêu cự 24 mm, bay chụp ở độ cao 150 m sẽ cho độ chính xác xấp xỉ 1,6 cm cho toàn bộ mô hình 3D và máy quét laser Faro X330 có khoảng cách quét tối đa lên tới 330 m độ chính xác 2 mm.

3.1. Thực nghiệm

3.1.1. Quét laser mặt đất

Phạm vi máy quét là toàn bộ khu vực khuôn viên Chùa Láng. Với 16 trạm quét từ trong ra ngoài, mô hình point cloud của Chùa Láng đã thể hiện hầu như đầy đủ bề mặt công trình kiến trúc này (Hình 7a, b).

Toàn bộ các trạm quét laser mặt đất được ghép nối tự động bằng phương pháp Point to Point (Hình 8).

Kết quả xử lý sẽ xuất ra tệp báo cáo miêu tả về quá trình xử lý nắn ghép và sai số tiêu đo.

3.1.2. Xử lý số liệu và ghép nối các trạm quét

Trong quá trình ghép nối các trạm, công đoạn quyết định là kết hợp với các điểm, bề mặt đặc trưng và lấy đó làm điểm chung để nối khung hình dữ liệu các trạm quét về đúng vị trí thực tế. Độ chính xác của mô hình đám mây điểm bằng phương pháp Point to Point phụ thuộc chủ yếu vào mật độ trạm quét và độ phủ giữa các trạm.

Số liệu tiêu đo được nhận diện tự động và chính xác sau khi nắn ghép. Sau nắn ghép, kết hợp với số liệu tiêu của ảnh bình đồ có thể tự động trích xuất lại vị trí tiêu và trích xuất cho bước cuối (Hình 9).

3.1.3. Bay chụp UAV

Quá trình bay chụp đủ độ cao cần thiết đối với ứng dụng bảo tồn di sản, và thu được chính xác vị trí mốc, tiêu đo.

Kết quả từ bảng 2 cho thấy sai số nắn ghép dữ liệu ảnh UAV có thể thấy toạ độ các điểm trong mô hình point cloud có sai số so với điểm khống chế được đo ngoài thực địa bằng phương pháp RTK là không đáng kể, hoàn toàn đáp ứng được công tác thành lập mô hình 3D.

Hình 7 (a) Đám mây điểm từ hệ thống quét laser mặt đất; (b) Đám mây điểm từ hệ thống UAV.

Cluster/Scan 1	Cluster/Scan 2	Mean [mm]	< 4 mm [%]	Overlap [%]	Used Points	Details
ChuaLang_Chual...	ChuaLang_C...	4.81	43.6	28.7	12192	
ChuaLang_Chual...	ChuaLang_C...	1.757	76.0	61.7	43649	
ChuaLang_Chual...	ChuaLang_C...	1.549	80.3	60.2	48744	
ChuaLang_Chual...	ChuaLang_C...	1.488	80.8	69.0	39802	
ChuaLang_Chual...	ChuaLang_C...	1.428	83.8	63.9	46565	
ChuaLang_Chual...	ChuaLang_C...	1.38	79.7	66.7	60176	
ChuaLang_Chual...	ChuaLang_C...	1.364	85.7	73.4	54049	
ChuaLang_Chual...	ChuaLang_C...	1.358	84.1	52.4	27125	

Overall Statistics

Mean: 1.5195 [mm]

< 4 mm: 81.2 [%]

Hình 8. Hình ảnh sai số vị trí điểm trên phần mềm.

Hình 9. Trích xuất toạ độ các điểm khống chế ảnh của UAV.

3.1.4. Thu thập số liệu bằng máy ảnh số

Với việc thu thập thêm số liệu bằng máy ảnh số, có thể tiết kiệm được thời gian thu thập số liệu bằng máy quét 3D, cho chất lượng màu sắc tốt hơn và thu được các vị trí mà thiết bị quét laser mặt đất hay UAV không thể thu được (Hình 10).

3.1.5. Thành lập mô hình 3D từ dữ liệu kết hợp các nguồn

Trên thực tế, sản phẩm cuối cùng khi tạo dữ liệu mô phỏng địa hình là tập hợp đám mây điểm của các trạm quét và hình ảnh các đối tượng quét.

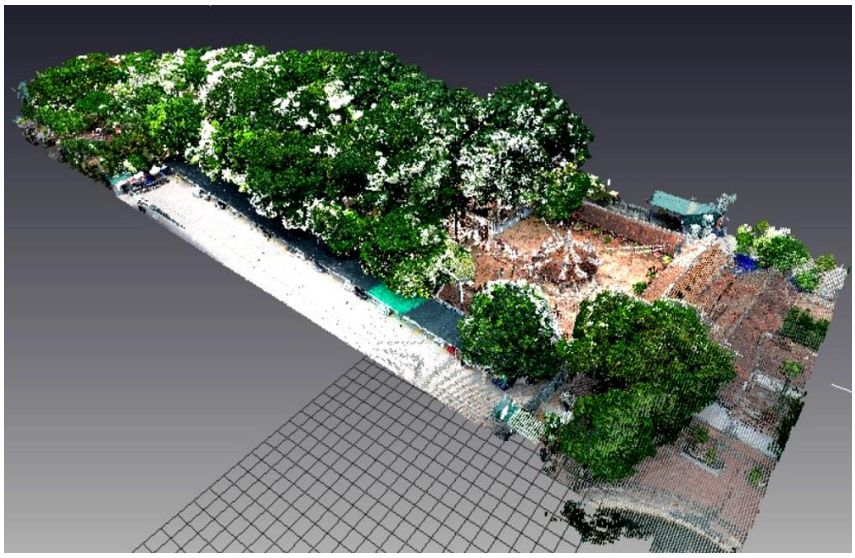
Các số liệu sẽ được nội suy và tạo thành các sản phẩm dẫn xuất như point cloud kết hợp, mô hình 3D toàn bộ khu Chùa Láng. Quy trình xây dựng số liệu mô hình 3D kết hợp các số liệu này thực hiện hoàn toàn tự động hóa bằng các phần mềm như Reality Catpture hoặc Skyline (Hình 11, 12, 13, 14).

Bảng 2. Sai số nắn ghép dữ liệu ảnh UAV.

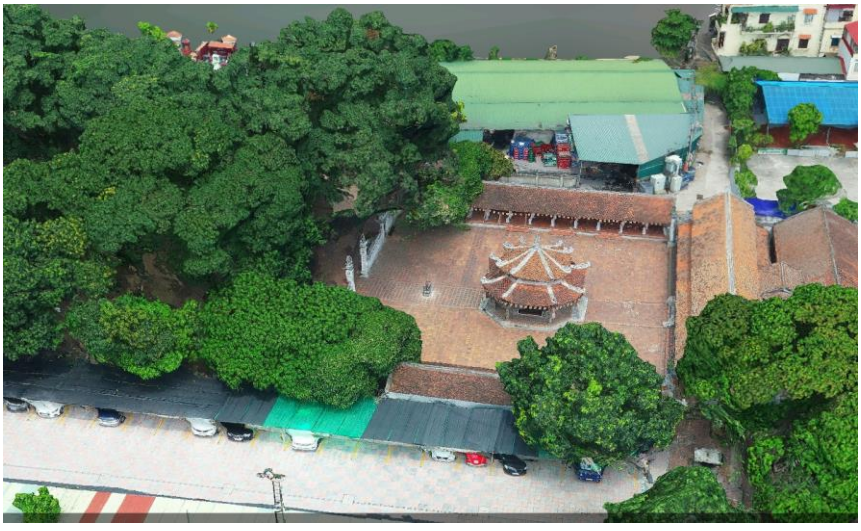
Điểm khống chế ảnh	Sai số trung bình (px)	Tiêu cự		Điểm cơ sở X (px)		Điểm cơ sở Y (px)		K 1		K 2		K 3	
		Tính toán	Gốc	Tính toán	Gốc	Tính toán	Gốc	Tính toán	Gốc	Tính toán	Gốc	Tính toán	Gốc
KC1	0.311	24	24	2738.287	2736	1832. 344	1824	0. 000645	0	-0. 0174	0	0. 01592	0
KC2	0.346	24	24	2738.58	2736	1834. 834	1824	0. 000378	0	-0. 0167	0	0. 01532	0
KC3	0.395	24	24	2738.252	2736	1830. 811	1824	0. 000714	0	-0. 0172	0	0. 01571	0
KC4	0.399	24	24	2738.157	2736	1830. 816	1824	0. 000641	0	-0. 0173	0	0. 01562	0

Hình 10. Một số hình ảnh được thu thập bằng máy ảnh số.

Hình 11. Mô hình 3D khu Chùa Láng từ số liệu bay chụp.



Hình 12. Mô hình pointcloud khu Chùa Láng kết hợp UAV và quét laser mặt đất.



Hình 13. Mô hình 3D khu Chùa Láng kết hợp các nguồn số liệu.

Hình 14. Mô hình 3D chi tiết nhà Bát Giác ở Chùa Láng được xây dựng tự động bằng phần mềm Skyline.

3.2. Thảo luận

Dữ liệu bay chụp UAV và quét laser mặt đất hoàn toàn có thể kết hợp để thành lập mô hình 3D khu vực đô thị. Tuy nhiên, vẫn còn tồn tại vấn đề cần giải quyết trong quá trình thực hiện đó là dữ liệu đám mây điểm từ hai loại công nghệ quá lớn, cần xem xét loại bỏ dữ liệu không cần thiết của từng mô hình trước khi gộp lại để việc xử lý nhanh hơn.

4. Kết luận

- Việc kết hợp sử dụng dữ liệu của công nghệ quét laser mặt đất sẽ làm giảm số lượng điểm khống chế ảnh bố trí trong quá trình bay chụp mà vẫn nâng cao độ chính xác của dữ liệu UAV.

- Mô hình 3D thu được từ việc kết hợp quét laser mặt đất và bay chụp UAV thể hiện chi tiết, rõ ràng và trực quan hơn mô hình thành lập từ dữ liệu đơn lẻ đặc biệt đối với khu vực có thực phủ cao.

- Việc kết hợp xử lý 2 nguồn dữ liệu thu thập được từ việc bay chụp UAV và từ công nghệ quét laser mặt đất đã giúp mô hình 3D đạt độ chính xác cao hơn đặc biệt đối với các yếu tố địa vật trên mô hình.

- Số liệu tạo ra từ việc kết hợp này có thể đọc tốt trên các phần mềm 3D, có thể xem trực tiếp trên nền Web và Google Earth là một ưu điểm của công nghệ mới.

- Điểm hạn chế của cả 2 công nghệ này là phạm vi thực hiện giới hạn với những khu vực có diện tích vừa và nhỏ khoảng vài trăm hecta còn đối với những khu vực lớn hơn cần xem xét, cân nhắc các vấn đề về thời gian và kinh phí cũng như thiết bị xử lý trước khi thực hiện.

Tài liệu tham khảo

Beraldin J. A., François B., Uwe L., 2010. Components of Laser Scanners. In: Hans-Gerd Maas, George Volselman (Editors), Airborne and Terrestrial Laser Scanning. *Whittles Publishing*, Scotland, UK, 11 - 16.

Bùi Ngọc Quý, Phạm Văn Hiệp, 2017. Nghiên cứu xây dựng mô hình 3D từ dữ liệu ảnh máy bay không người lái (UAV) chi phí thấp. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ- Địa chất số 58*. 201 - 211.

Bùi Tiến Diệu, Nguyễn Cẩm Vân, Hoàng Mạnh Hùng, Đồng Bích Phương, Nhữ Việt Hà, Trần Trung Anh, Nguyễn Quang Minh, 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, Việt Nam.

Đỗ Văn Dương, 2017. Nghiên cứu phương pháp nhận dạng tự động một số đối tượng và xây dựng cơ sở dữ liệu 3D bằng dữ liệu ảnh thu nhận từ thiết bị bay không người lái. *Luận án tiến sĩ*. Đại học Mỏ - Địa chất. Việt Nam.

Hoàng Kim Quang, 2012. Ứng dụng công nghệ quét laser 3D trong thu thập - xử lý - hiển thị- phân tích - lưu trữ và cập nhật số liệu phục vụ công nghiệp khai khoáng. Công ty TNHH Anthi. Hà Nội. Việt Nam.

Nguyễn Viết Nghĩa, Nguyễn Quốc Long, Vũ Quốc Lập, 2017. Đánh giá khả năng ứng dụng máy quét laser mặt đất GeoMax Zoom 300 trong công tác thành lập mô hình 3D mỏ lộ thiên. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ- Địa chất số 58.* 212 - 218.

Trần Quốc Vinh, 2017. Nghiên cứu kết hợp dữ liệu của máy bay không người lái và máy quét laser mặt đất thành lập mô hình 3D khu vực đô thị, *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ- Địa chất số 59*. 9 - 18.

ABSTRACT

Combination of UAV technology and terrestrial laser scanning for improving the efficiency of building 3D model

Cuong Sy Ngo [1], Truong Xuan Tran [2], Hanh Hong Tran [2], Vu Nguyen Dang [1]

[1] *Vietnam Natural Resouces and Environment Cooporation, Ministry of Natural Resouces and Environment, Vietnam*

[2] *Faculty of Geomatics and Land Administration, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam*

The application of unmanned aerial vehicle (UAV) and terrestrial laser scanning in the 3D model establishment is increasingly being used widely in the world as well as in Vietnam. However, the combination of these two technologies for enhancing the efficiency of data collection from the ground to the high is still new in our country. The main aim of this paper is to use terrestrial laser scanning data to improve the efficiency of the UAV data and the automation process, and to build the 3D models from these data sources. More specifically, the study was designed to address the following contents: (1) Improving the quality of 3D model by the combination of UAV technology and terrestrial laser scanning; (2) Establishing a combined process of 3D model from point cloud data of terrestrial laser scanner and UAV data; (3) Experimentation of 3D model establishment in the Chua Lang area (Hanoi) from data of Faro X330 scanning device and UAV Phantom 4 Pro UAV; (4) Evaluation of accuracy and conclusions of technology advantages and disadvantages.