

DOI:10.22144/ctujos.2026.007

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG GIẢI PHÁP BAY QUÉT LIDAR TRONG CẬP NHẬT BIẾN ĐỘNG BẢN ĐỒ ĐỊA CHÍNH

Văn Hùng Tiên^{1*}, Nguyễn Việt Hà² và Vũ Ngọc Quang³

¹Sở Nông nghiệp và Môi trường Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

²Khoa Trắc địa Bản đồ và Quản lý đất đai, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

³Khoa Công trình, Trường Đại học Công nghệ Giao thông Vận tải, Việt Nam

*Tác giả liên hệ (Corresponding author): vhtien@gmail.com

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 28/07/2025

Sửa bài (Revised): 17/08/2025

Duyệt đăng (Accepted): 11/12/2025

Title: Study on the application of UAV LiDAR solutions for updating cadastral map changes

Author: Van Hung Tien^{1*}, Nguyen Viet Ha² and Vu Ngoc Quang³

Affiliation(s): ¹Department of Agriculture and Environment of Ho Chi Minh City, Viet Nam; ²Faculty of Geomatics and Land Administration, Ha Noi University of Mining and Geology, Viet Nam; ³Engineering faculty, University of Transport Technology, Viet Nam

TÓM TẮT

Bài toán cập nhật biến động bản đồ địa chính luôn là vấn đề cấp bách nhằm đảm bảo phản ánh kịp thời sự thay đổi trên địa bàn quản lý, tăng cường hiệu quả quản lý và công tác quy hoạch sử dụng đất. Bài báo được thực hiện nhằm nghiên cứu, đánh giá khả năng sử dụng giải pháp bay chụp UAV kết hợp quét LiDAR trong cập nhật, chỉnh lý biến động bản đồ địa chính tại khu vực phường Bình Thới, Thành phố Hồ Chí Minh. Kết quả nghiên cứu, thực nghiệm cho thấy độ chính xác đạt được khả quan, có thể đáp ứng yêu cầu độ chính xác đo đạc cập nhật bản đồ địa chính tỉ lệ 1/500 với sai số trung phương dựa trên tọa độ của các điểm khống chế mặt đất, các điểm chi tiết ranh thửa đất lần lượt là 0,0454 m và 0,0548 m khi sử dụng phương pháp bay chụp UAV kết hợp quét LiDAR và xử ảnh ở chế độ phân giải trung bình. Bên cạnh yếu tố độ chính xác, phương pháp bay chụp cũng rút ngắn thời gian, giảm chi phí thực hiện các dự án chỉnh lý biến động bản đồ địa chính.

Từ khóa: Bản đồ địa chính, biến động, chỉnh lý, LiDAR, UAV

ABSTRACT

Updating cadastral map changes remains an urgent issue to ensure timely reflection of land-use changes within managed areas, thereby enhancing the effectiveness of land management and land-use planning. This study examines and evaluates the feasibility of utilizing a combined UAV aerial imaging and LiDAR scanning solution to update and revise cadastral map changes in Binh Thoi Ward, Ho Chi Minh City. Experimental results indicate promising accuracy: the achieved positional precision is sufficient to meet the requirements for updating cadastral maps at a 1:500 scale. Specifically, the root-mean-square error (RMSE) based on ground control point coordinates and parcel boundary points is 0,0454 m and 0,0548 m, respectively, when using LiDAR-enabled UAV flight and medium-resolution image processing. Beyond accuracy, the UAV-based method significantly reduces project duration and lowers costs for cadastral map revision.

Keywords: Cadastral map, LiDAR, Map change, Map revision, UAV

1. GIỚI THIỆU

Việc khảo sát và thành lập bản đồ địa chính, xác nhận quyền sử dụng đất luôn là một nhu cầu cấp bách, nhận được quan tâm rất lớn từ cả hai phía là chính quyền và người dân nhằm phản ánh chính xác tình hình sử dụng đất đai, quản lý tài nguyên và quy hoạch đô thị. Công tác đo đạc cũng có sự thay đổi đáng kể từ các phương pháp truyền thống như các máy toàn đạc điện tử (*total station*) để thu thập số liệu tọa độ của các góc ranh thửa. Phương pháp này có cường độ công việc cao, tốn nhiều nhân lực và thực sự tốn kém chi phí khi khối lượng công việc đo đạc địa chính lớn (Park & Song, 2020) và có biến động không ngừng từ cả nguyên nhân khách quan hay chủ quan. Công nghệ LiDAR (Light Detection and Ranging-LiDAR) là một công nghệ cảm biến từ xa sử dụng ánh sáng laser để đo khoảng cách đến mục tiêu) vận hành đa nền tảng đã chứng minh được độ chính xác trong một số nghiên cứu ứng dụng với yêu cầu độ chính xác cao về cả yếu tố tọa độ và độ cao (Vu & Pham, 2023; Vu & Luong, 2025). Kết quả nghiên cứu của tác giả He & Li (2020) cũng đã chứng minh tính linh hoạt, độ tin cậy, độ chính xác của giải pháp LiDAR khi chúng có khả năng thu thập một lượng lớn dữ liệu dưới dạng đám mây điểm dày đặc, điều mà phương pháp truyền thống không có khả năng hoàn thành được. Song song với dữ liệu đám mây điểm dày đặc từ thiết bị quét LiDAR, các bức ảnh từ thiết bay không người lái (*Unmanned Aerial Vehicle-UAV*) có khả năng cung cấp các hình ảnh chi tiết với độ phân giải không gian rất cao, có tính trực quan trên một diện tích lớn và chi phí thấp hơn so với phương pháp truyền thống.

Mục tiêu duy trì một hệ thống dữ liệu bản đồ địa chính được cập nhật liên tục để theo dõi những biến động đất đai và phát hiện các trường hợp đăng ký đất đai bất hợp pháp là mối quan tâm chính. Tuy nhiên, các phương pháp khảo sát thực địa thủ công rất tốn thời gian do nhiều yếu tố quy định, thủ tục và chỉ có thể cập nhật một khu vực hạn chế tại một thời điểm (Fetai et al., 2022). Điều này dẫn đến sự chậm trễ trong việc cập nhật thông tin địa chính, ảnh hưởng đến hiệu quả quản lý đất đai và phát triển kinh tế - xã hội (Camille et al., 2020). Chính vì vậy, nhu cầu về các kỹ thuật lập bản đồ địa chính sáng tạo, tự động, nhanh chóng và tiết kiệm chi phí để đẩy nhanh quá trình thành lập, cập nhật và duy trì bản đồ địa chính trở nên cấp thiết trên phạm vi thế giới nói chung và ở Việt Nam nói riêng (Fetai et al., 2019; Xia et al., 2019; Oluibukun & Emmanuel, 2022).

Đứng trước nhu cầu đó, sự phát triển vượt bậc của công nghệ máy bay không người lái kết hợp với

công nghệ LiDAR (*Light Detection and Ranging*) đã mở ra một hướng đi tiềm năng trong lĩnh vực đo đạc và lập bản đồ địa chính (Elmesairy et al., 2021; Šafář et al., 2021). Các hệ thống UAV-LiDAR cung cấp khả năng thu thập dữ liệu không gian địa lý chất lượng cao, độ phân giải cao với mật độ điểm dày đặc, độ chính xác vượt trội và tốc độ nhanh chóng, khắc phục được những hạn chế cố hữu của các phương pháp truyền thống. UAV cho phép tiếp cận các khu vực khó khăn, giảm thiểu rủi ro cho người thực hiện và tối ưu hóa chi phí thu thập dữ liệu (Mantey, 2019; Sestras et al., 2023).

Kết quả một số nghiên cứu gần đây đã khẳng định ưu điểm vượt trội của LiDAR trong việc tạo ra mô hình độ cao số (DEM), mô hình số bề mặt (DSM) và các sản phẩm bản đồ 3D chi tiết, vốn là nền tảng cho việc cập nhật bản đồ địa chính (Bieda et al., 2020; Dragomir et al., 2025). Kết quả các nghiên cứu đã chỉ ra rằng độ chính xác cần thiết cho bản đồ địa chính tỷ lệ 1/500 có thể đạt được với dữ liệu từ UAV-LiDAR, thậm chí lên tới 0,05 m trong nhiều trường hợp. Khả năng thu thập đám mây điểm 3D chi tiết, kết hợp với các thuật toán lọc và xử lý tiên tiến như bộ lọc hình thái đơn giản (SMRF) và lọc phân tán, cho phép phát hiện và ghi nhận các biến động về ranh giới thửa đất có thể nhìn thấy, các công trình xây dựng, thay đổi sử dụng đất và các yếu tố địa hình khác một cách kịp thời và hiệu quả khi ứng dụng giải pháp UAV và LiDAR cũng đã được chứng minh trong các nghiên cứu (Crommelinck et al., 2018; Chio & Hou, 2021). Ngoài ra, giải pháp tự động hóa trích xuất đặc điểm và sử dụng học sâu (deep learning) từ hình ảnh UAV, chẳng hạn như mạng nơ-ron tích chập (CNN) đang được nghiên cứu rộng rãi để giảm thiểu công sức số hóa thủ công và đẩy nhanh quá trình cập nhật, với độ chính xác nhận diện tổng thể đạt được là rất cao. Sự tích hợp các công nghệ UAV và LiDAR đã được khẳng định là có khả năng đóng góp vào việc hiện đại hóa quy trình công việc địa chính, đặc biệt là ở những khu vực có mật độ xây dựng cao, cung cấp một giải pháp thực tế, chính xác và tiết kiệm thời gian cho quản lý đất đai và quy hoạch đô thị bền vững (Camille et al., 2020; Oluibukun & Emmanuel, 2022; Dragomir et al., 2025).

Ở trong nước, giải pháp bay chụp với máy bay không người lái cỡ nhỏ đã được hiện thực hóa bởi thông tư số: 07/2021/TT-BTNMT (*nay là Bộ Nông nghiệp và Môi trường*) với các hướng dẫn chi tiết. Tuy nhiên, phạm vi áp dụng chỉ đang dành cho cập nhật cơ sở dữ liệu nền địa lý và bản đồ địa hình. Về mặt quản lý, bản đồ địa chính thường chậm được cập nhật kịp thời khi xảy ra biến động do nhiều nguyên

nhân và dẫn đến các khó khăn trong công tác quản lý đất đai, giảm hiệu quả của công tác điều hành quy hoạch, phát triển kinh tế xã hội. Trong nghiên cứu này, giải pháp UAV LiDAR với trần bay thấp trong cập nhật biến động bản đồ địa chính với một phạm vi cụ thể là phường Bình Thọ, Thành phố Hồ Chí Minh đã được đề xuất.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

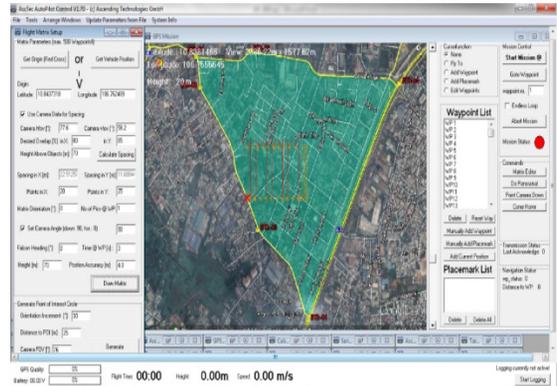
2.1. Dữ liệu nghiên cứu

Trong nghiên cứu, dữ liệu bay UAV kết hợp với quét LiDAR tại phường Bình Thọ, Thành Phố Hồ Chí Minh đã được sử dụng trong nghiên cứu, với diện tích 121 ha và tổng số ảnh chụp là 10.381 bức ảnh. Các tham số bay cơ bản như sau: độ phân giải 2 cm, cao độ bay 70 m, độ phủ dọc là 85%, độ phủ ngang là 80%. Toàn bộ dữ liệu bay quét LiDAR được thực hiện bởi thiết bị bay DJI Matrix M300 với cảm biến LiDAR Zenmuse L1 như mô tả trong Hình 1.



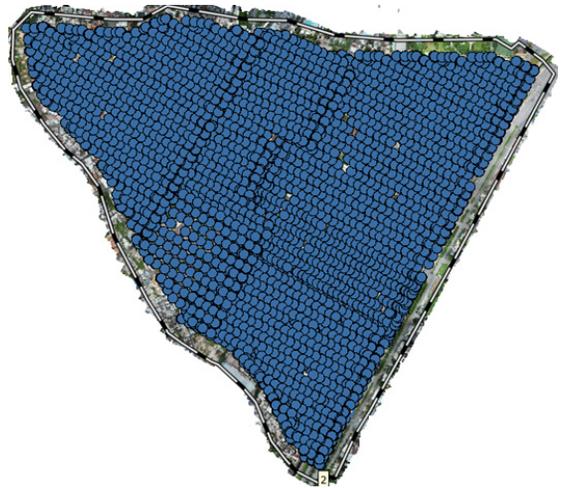
Hình 1. Thiết bị bay DJI Matrix M300 và cảm biến LiDAR Zenmuse L1

Toàn bộ quá trình bay chụp được thiết kế bởi các ca bay hoàn toàn tự động (5 ca bay) trong thời gian ½ ngày từ 8 giờ sáng tới 12 giờ trưa với tổng dung lượng dữ liệu sau xử lý vào khoảng 60 Gb. Các ca bay quét được thiết kế tự động như mô tả trong Hình 2.



Hình 2. Thiết kế dải bay tự động

Các ca bay được thiết kế với độ phủ dọc, độ phủ ngang lớn nhằm đảm bảo chất lượng ảnh và mật độ đám mây điểm sau xử lý để nhận diện đối tượng một cách tốt nhất. Với mục tiêu nhận diện ranh thửa đất, dải bay được thiết kế dưới dạng lưới ô vuông, đảm bảo mức độ chồng phủ tối đa và mức độ ghi nhận thông tin của toàn bộ đối tượng trên khu vực bay chụp một cách tốt nhất (Hình 3).



Hình 3. Các tấm ảnh trên nền ảnh trực giao

Hình 3 hiển thị vị trí dày đặc của các tấm ảnh trong quá trình bay chụp kết hợp với quét LiDAR trên toàn bộ ranh giới khu vực nghiên cứu.

2.2. Phương pháp xử lý dữ liệu

Dữ liệu bản đồ địa chính dưới định dạng *.dgn (bao gồm ranh giới phường và các lô đất) được chuyển đổi sang định dạng shapefile bằng cách sử dụng phần mềm ArcGIS như mô tả trong Hình 4.



Hình 4. Bản đồ địa chính dạng shapefile

Từ dữ liệu đo đạc thực tế đã được thu thập nhiều năm trước (bằng phương pháp đo mặt đất sử dụng máy toàn đạc điện tử), có 498 thửa có thông tin không gian được cập nhật đến năm 2020 (các phân khu): 109 thửa (30/12/2005), 69 thửa (28/12/2007), 96 thửa (31/12/2010), 57 thửa (13/4/ 2016), 113 thửa (25/11/2018), 54 thửa (28/06/2020)

Dữ liệu ảnh chụp được xử lý bằng phần mềm Pix4D mapper và Agisoft với hai dữ liệu đầu ra quan trọng là mô hình số độ cao (DEM) và ảnh ortho dưới định dạng *.tif.

Dữ liệu LiDAR được sử dụng để bổ sung phần ranh thửa bị thiếu trên ảnh chụp ở công đoạn xử lý ảnh. Dữ liệu quét LiDAR được xử lý bằng phần mềm Cloud Compare nhằm đi tới mục tiêu cuối cùng là vector hóa ranh các công trình để chồng lên lớp bản đồ địa chính hiện hữu và xác định các vị trí có biến động.

2.3. Đánh giá độ chính xác

Kết quả đánh giá độ chính xác được thực hiện theo hai phần riêng biệt. Phần thứ nhất: Các điểm khống chế mặt đất (GCP) có sẵn trong khu vực được sử dụng để đánh giá độ chính xác của ảnh đã được xử lý theo công thức GAUSS (Charles & Paul, 2015). Sai số trung phương theo các phương X, Y và tổng hợp theo khoảng cách được tính toán theo công thức (1).

$$\begin{aligned}
 m_{\Delta X_{GCP}} &= \pm \sqrt{\frac{[\Delta X_{GCPi}^2]}{n}} \\
 m_{\Delta Y_{GCP}} &= \pm \sqrt{\frac{[\Delta Y_{GCPi}^2]}{n}} \\
 m_{\Delta S_{GCP}} &= \pm \sqrt{\frac{[\Delta S_{GCPi}^2]}{n}}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Trong đó:

$$\begin{aligned}
 \Delta X_{GCPi} &= X_i - X_{GCPi} \\
 \Delta Y_{GCPi} &= Y_i - Y_{GCPi} \\
 \Delta S_{GCPi}^2 &= \Delta X_{GCPi}^2 + \Delta Y_{GCPi}^2
 \end{aligned}$$

X_{GCPi} , Y_{GCPi} : tọa độ của các điểm địa chính được đã được đo bằng phương pháp đo toàn đạc (máy toàn đạc điện tử có độ chính xác đo góc là 2” đã được sử dụng, độ chính xác đo cạnh là ± (2+2 ppm).

X_i , Y_i : tọa độ tương ứng của các điểm GCP được xác định trên ảnh đã được xử lý.

Ở phần thứ hai, lớp ảnh trực giao được chồng xếp với lớp ranh giới thửa đất. Tại phường Bình Thới, các mẫu thửa đất được lấy để đánh giá mức độ chính xác giữa các góc ranh được xác định từ kết quả bay chụp nêu trên và các góc ranh được xác định từ các bản vẽ trích thửa địa chính (chính lý bản đồ địa chính) được đo đạc bằng máy toàn đạc điện tử. Thông số RMSE tiếp tục được sử dụng như công thức (2) để đánh giá độ chính xác của dữ liệu hình thành từ kết quả của dự án bay quét LiDAR nêu trên so với dữ liệu chính lý bản đồ địa chính bằng phương pháp toàn đạc.

$$\begin{aligned}
 m_{\Delta X_T} &= \pm \sqrt{\frac{[\Delta X_{Ti}^2]}{n}} \\
 m_{\Delta Y_T} &= \pm \sqrt{\frac{[\Delta Y_{Ti}^2]}{n}} \\
 m_{\Delta S_T} &= \pm \sqrt{\frac{[\Delta S_{Ti}^2]}{n}}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Trong đó:

$$\begin{aligned}
 \Delta X_{Ti} &= X'_i - X_{tdi} \\
 \Delta Y_{Ti} &= Y'_i - Y_{tdi} \\
 \Delta S_{Ti}^2 &= \Delta X_{Ti}^2 + \Delta Y_{Ti}^2
 \end{aligned}$$

X_{tdi} , Y_{tdi} : tọa độ của các điểm chi tiết ranh thửa được đo bằng phương pháp đo toàn đạc (máy toàn đạc điện tử có độ chính xác đo góc là 5” đã được sử dụng, độ chính xác đo cạnh là ± (5+5 ppm).

X'_i , Y'_i : tọa độ tương ứng của các điểm ranh thửa chi tiết được xác định trên ảnh đã được xử lý.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

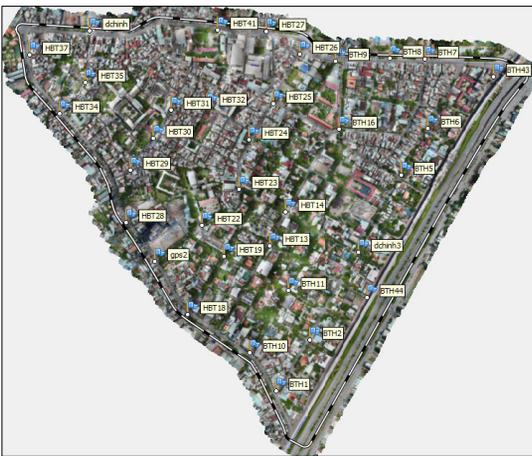
3.1. Kết quả xử lý dữ liệu ảnh

Các tấm ảnh chụp từ thiết bị bay DJI matrix M300 được xử lý trên phần mềm Pix4D mapper và Agisoft với một khu vực nhỏ để so sánh chất lượng và quyết định lựa chọn kết quả tốt nhất (Hình 5).



Hình 5. Ảnh trực giao từ Pix4D và Agisoft

Kết quả xử lý sơ bộ từ hai phần mềm cho thấy chất lượng hình ảnh từ phần mềm Agisoft tốt hơn. Phương án cuối cùng được lựa chọn để xử lý ảnh tổng thể là phần mềm Agisoft. Kết quả ảnh trực giao tổng thể của Phường Bình Thới được xây dựng như Hình 6.



Hình 6. Ảnh trực giao tổng thể từ Agisoft

Trên Hình 6, các điểm khống chế ảnh mặt đất đã được sử dụng để tăng cường độ chính xác yếu tố mặt bằng của các đối tượng trên ảnh trong đó có yếu tố ranh giới thửa đất. Chi tiết về chất lượng ảnh thô ban đầu và ảnh tổng sau khi ghép được hiển thị trong Hình 7.



Hình 7. Các tấm ảnh thô ban đầu

Các tấm ảnh thô ban đầu ở các vị trí tâm chụp khác nhau có độ chồng phủ lớn, có độ phân giải rất cao và hiển thị chi tiết các đối tượng bao gồm mái nhà, các đối tượng cây lớn và các bức tường thẳng đứng không bị che phủ bởi các địa vật khác. Các tấm ảnh thô được ghép thành tấm ảnh trực giao tổng thể như Hình 8.



Hình 8. Chi tiết ảnh trực giao sau xử lý

Hình 8 một lần nữa hiển thị mức độ chi tiết cao của các đối tượng địa vật trên phạm vi bay chụp. Tuy nhiên, vị trí cây có tán rộng và dày trong vòng tròn đỏ mặc dù được hiển thị rõ nét nhưng dưới tán cây chưa khẳng định được ranh giới, hình thể và cần kiểm chứng qua đám mây điểm như Hình 9.

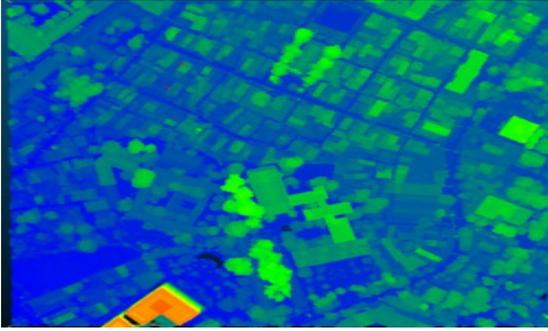


Hình 9. Vị trí không tiếp cận được

Vị trí tương tự được hiển thị chi tiết trên Hình 9 nhờ đám mây điểm. Bức tường thẳng không hiển thị đầy đủ do bị che phủ bởi tán cây rộng và dày. Đây là một yếu tố quan trọng và cần được bổ sung bởi dữ liệu quét LiDAR.

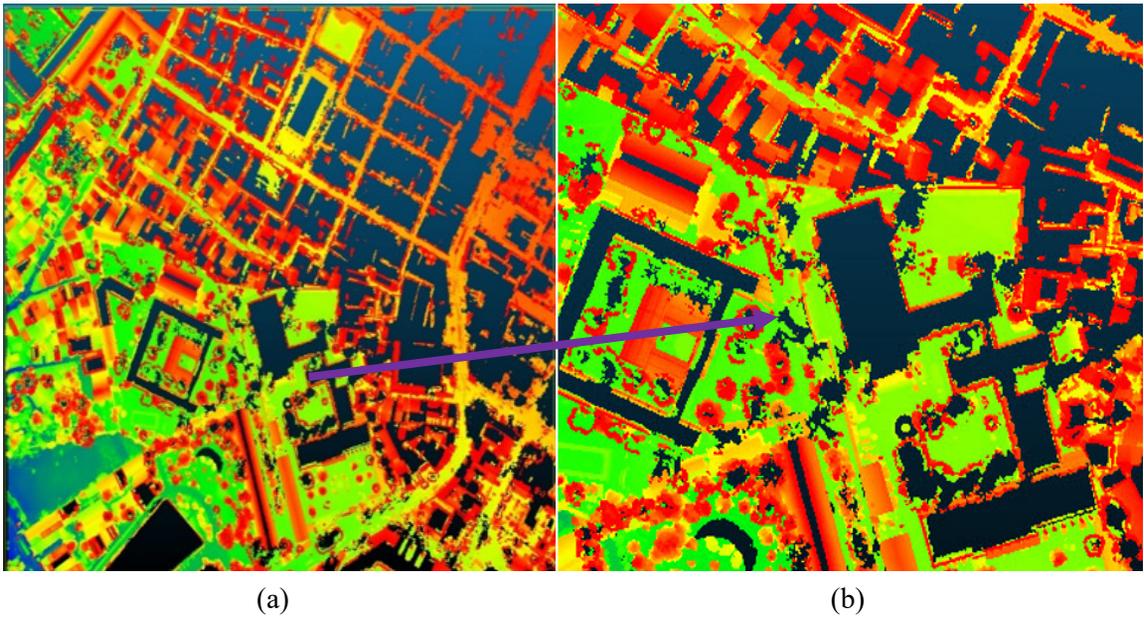
3.2. Kết quả xử lý dữ liệu đám mây điểm

Dữ liệu đám mây điểm từ LiDAR được xây dựng thành các mô hình số độ cao khu vực (Hình 10). Dựa trên sự phân bố độ cao trên toàn khu vực bay chụp (từ 9,8 đến 18 m), các lát cắt được tạo ra ở độ cao 1,0 m cao hơn so với vị trí mặt đường tự nhiên để xác định các vị trí ranh thửa công trình (Hình 11).



Hình 10. Đám mây điểm theo phương trục Z

Dữ liệu đám mây điểm ở lát cắt +1,0 m được sử dụng để vector hóa các đối tượng ranh thửa công trình và được chồng lớp với lớp dữ liệu bản đồ địa chính đã được chuẩn hóa dưới dạng shape file như minh họa ở Hình 4. Sự sai lệch về vị trí ranh thửa giữa được đo chi tiết bằng phương pháp toàn đạc điện tử và vector hóa từ tấm ảnh trực giao đã được xác định và đánh giá.



(a)

(b)

Hình 11. Dữ liệu đám mây điểm

Ghi chú: (a) lát cắt ở độ cao +1,0 m, (b) trung tâm lát cắt

3.3. Kết quả đánh giá độ chính xác

Kết quả đánh giá độ chính xác xử lý ảnh được dựa trên hai cơ sở. Một là dựa trên dữ liệu tọa độ các điểm khống chế đo bằng toàn đạc điện tử có độ chính xác cao được xây dựng từ giai đoạn trước và dữ liệu tọa độ tương ứng của các điểm này trên tấm ảnh trực giao sau xử lý (Hình 12).

Điểm ký hiệu màu đỏ là vị trí các điểm khống chế được xác định bằng thiết bị toàn đạc điện tử, ký hiệu màu xanh là vị trí các điểm khống chế xác định từ tấm ảnh trực giao sau khi xử lý. Các điểm khống chế này được đánh dấu bằng các dấu son và hiển thị rõ nét trên ảnh. Kết quả đánh giá các độ lệch của các điểm khống chế từ hai phương pháp được liệt kê trong Bảng 1.



Hình 12. Vị trí điểm khống chế xác định từ hai phương pháp

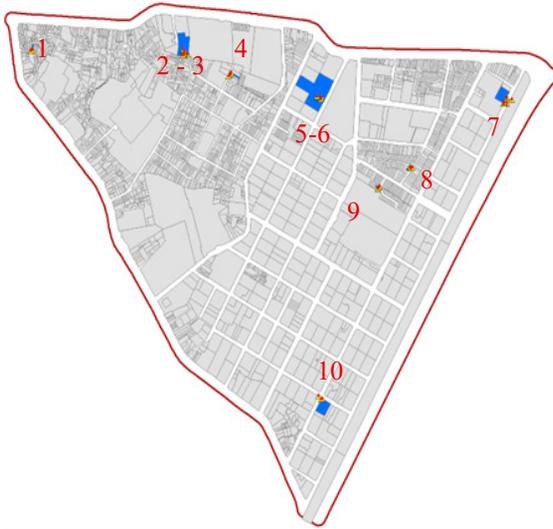
Bảng 1. So sánh độ lệch tọa độ của các điểm khống chế có trên khu vực bay chụp từ hai phương pháp

STT	Tên Điểm	Tọa độ gốc của các điểm khống chế		Tọa độ của các điểm khống chế trên ảnh		ΔX (m)	ΔY (m)	ΔS (m)
		X_{GCP} (m)	Y_{GCP} (m)	X_i (m)	Y_i (m)			
1	gcp1	611029,120	1200057,045	611029,0773	1200056,9989	0,0427	0,0461	0,0628
2	gcp2	610916,145	1199629,647	610916,1292	1199629,6336	0,0158	0,0134	0,0207
3	gcp3	611673,227	1199969,563	611673,1908	1199969,5244	0,0362	0,0386	0,0529
4	gcp4	611269,324	1199463,085	611269,3266	1199463,0658	-0,0026	0,0192	0,0194
5	gcp5	610991,863	1198976,051	610991,8095	1198976,0231	0,0535	0,0279	0,0603
6	gcp6	610630,486	1199174,318	610630,4335	1199174,2999	0,0525	0,0181	0,0555
7	gcp7	610677,768	1199441,577	610677,7332	1199441,5673	0,0348	0,0097	0,0361
8	gcp8	610424,607	1199496,488	610424,5665	1199496,4981	0,0405	-0,0101	0,0417
9	gcp9	610401,359	1199620,861	610401,3005	1199620,8280	0,0585	0,033	0,0672
10	gcp10	610556,001	1199798,419	610556,0085	1199798,3682	-0,0075	0,0508	0,0514
11	gcp12	610731,556	1200123,542	610731,5586	1200123,5250	-0,0026	0,017	0,0172
12	moc-tam	611431,539	1199575,175	611431,5354	1199575,2066	0,0036	-0,0316	0,0318
13	Base	611537,813	1199524,916	611537,8327	1199524,8915	-0,0197	0,0245	0,0314

Các điểm khống chế gcp1, 3, 5, 6, 9, 10 có độ lệch khoảng cách lớn hơn 0,05 m nhưng tất cả đều nhỏ hơn 0,07 m, các điểm còn lại có độ lệch nhỏ hơn 0,05 m so với phương pháp toàn đạc điện tử. Các giá trị độ lệch này do ảnh được xử lý phân giải trung bình tương đương 2,57 cm / pix. Điều này dẫn tới việc xác định vị trí tọa độ trên ảnh có chịu ảnh hưởng của độ phân giải khi xác định vị trí tọa độ. Công thức (1) được sử dụng với các giá trị tọa độ từ phương pháp toàn đạc điện tử được xem như là các giá trị thực, sai số trung phương của các thành phần tọa độ X, Y và khoảng cách S lần lượt là 0,0348 m, 0,0291 m và 0,0454 m.

Tiếp theo, vị trí ranh thửa đất (tại một số vị trí có biến động) được vector hóa trên đám mây điểm được so sánh độ lệch với tọa độ tương ứng xác định từ phương pháp đo bằng toàn đạc điện tử. Vị trí một số thửa đất mẫu được đo bằng phương pháp toàn đạc điện tử trên bản đồ địa chính được minh họa trong Hình 13.

Vị trí tương ứng của một số thửa đất trên bình đồ ảnh tổng thể được minh họa trong Hình 14.



Hình 13. Vị trí các thửa đất kiểm tra

Sự thay đổi về ranh giới thửa đất được cập nhật bằng cách chồng lớp bản đồ địa chính đã được chuẩn hóa với lớp ảnh trực giao và dữ liệu ranh thửa được vector hóa trên cơ sở đám mây điểm (Hình 15).

Vị trí các ranh thửa sau khi vector hóa ảnh mặt cắt (Hình 10) và quy đồng tỷ lệ được so sánh với vị trí tương ứng xác định từ phương pháp toàn đạc để đánh giá độ chính xác. Công thức (2) đã được sử dụng, độ lệch vị trí theo các phương X, Y và khoảng cách S của 18 điểm chi tiết ranh thửa được tính toán trong Bảng 2.

Tiêu chí đánh giá được sử dụng như với điểm khống chế, sai số theo các phương X, Y, và khoảng cách của 18 điểm chi tiết ranh thửa lần lượt là 0,0368 m, 0,0406 m, 0,0548 m, 07 điểm có độ lệch lớn hơn 0,050 m trong đó có 01 điểm có độ lệch lớn hơn 0,10 m. Kết quả này cho thấy mức độ lệch tọa độ các điểm góc ranh thửa đất giữa 2 phương pháp phụ thuộc vào mức độ nhận diện góc ranh trên ảnh và độ phân giải của bộ ảnh được sử dụng (việc thực nghiệm trên sử dụng ảnh có độ phân giải 2,57 cm/pix và xử lý ảnh ở chế độ trung bình). Kết quả xử lý cũng cho thấy tầm quan trọng của phương pháp bay chụp, độ cao bay chụp, chế độ xử lý ảnh hậu kỳ. Các yếu tố này ảnh hưởng lớn tới khả năng nhận diện các đối tượng ranh thửa đất trên nền đám mây điểm, gián tiếp làm ảnh hưởng tới độ chính xác của sản phẩm số hóa bình đồ.



Hình 14. Vị trí các thửa đất trên ảnh trực giao



Hình 15. Chồng lớp ranh giới lên trên ảnh để cập nhật biến động

Bảng 2. So sánh độ lệch tọa độ của các điểm ranh thửa có biến động

STT	Tên Điểm	Tọa độ điểm ranh thửa đo bằng máy toàn đạc điện tử		Tọa độ của các điểm ranh thửa trên ảnh		ΔX (m)	ΔY (m)	ΔS (m)
		X_{tdi} (m)	Y_{tdi} (m)	X' (m)	Y' (m)			
1	g1	610352,739	1200027,216	610352,720	1200027,196	0,019	0,021	0,028
2	g2	610358,426	1200025,066	610358,442	1200025,082	-0,016	-0,016	0,023
3	g3	610371,130	1200021,940	610371,132	1200021,900	-0,002	0,040	0,040
4	g4	610373,708	1200031,602	610373,753	1200031,610	-0,046	-0,008	0,047
5	g5	610495,870	1200086,300	610495,875	1200086,230	-0,005	0,070	0,070
6	g6	610581,708	1199251,242	610581,764	1199251,220	-0,056	0,022	0,060
7	g7	610596,067	1199259,770	610596,031	1199259,790	0,035	-0,021	0,041
8	g8	610755,284	1199263,152	610755,294	1199263,105	-0,011	0,047	0,048
9	g9	610758,038	1199268,077	610758,048	1199268,051	-0,010	0,026	0,028
10	g10	610765,196	1199263,726	610765,161	1199263,688	0,035	0,038	0,052
11	g11	610913,480	1199202,830	610913,470	1199202,828	0,010	0,002	0,010
12	g12	611079,183	1198983,395	611079,157	1198983,389	0,027	0,005	0,027
13	g13	611104,416	1198969,587	611104,440	1198969,551	-0,024	0,036	0,044
14	g14	611230,255	1199698,942	611230,200	1199698,901	0,054	0,041	0,068
15	g15	611234,310	1199727,850	611234,320	1199727,793	-0,010	0,057	0,057
16	g16	611239,544	1199727,015	611239,504	1199726,954	0,040	0,060	0,072
17	g17	611504,799	1199915,318	611504,837	1199915,344	-0,038	-0,026	0,046
18	g18	611507,012	1199919,355	611507,104	1199919,274	-0,092	0,081	0,122

Thời gian xử lý dữ liệu bao gồm các công đoạn nhập dữ liệu, báo cáo chỉnh lý được giảm đáng kể từ 5 ngày xuống 1,5 ngày với 56 thửa đất được chỉnh lý trên bản đồ địa chính số, đồng bộ với cơ sở dữ liệu đất đai địa phương.

4. KẾT LUẬN

Kết quả xử lý, hiển thị, đánh giá độ chính xác cho thấy khả năng của giải pháp bay quét UAV kết hợp với LiDAR trong cập nhật sự biến động của bản đồ địa chính một cách trực quan, nhanh chóng với đầy đủ hình ảnh minh chứng. Giải pháp sử dụng thiết bị bay không người lái cỡ nhỏ cũng cho thấy tốc độ trong xử lý và trích xuất dữ liệu địa chính, chứng minh tiềm năng và khả năng cải thiện hệ thống quản lý đất đai trong tương lai.

Kết quả đánh giá độ chính xác tọa độ các điểm ranh giới thửa đất có thể đạt được độ chính xác trong

vòng 5 cm đáp ứng tiêu chí cho cập nhật dữ liệu bản đồ địa chính tỉ lệ lớn lên tới 1/500, đặc biệt ở các vị trí có ranh thửa rõ ràng (Ministry of Natural Resources and Environment, 2024).

Để nâng cao độ chính xác tọa độ của các điểm ranh thửa đất, phương pháp bay chụp PPK cần được xem xét áp dụng (Eker et al., 2021; Tamimi & Toth, 2023). Phương pháp này đảm bảo độ chính xác đồng đều hơn và có thể giảm số lượng điểm khống chế mặt đất trong quá trình bay chụp (Zhao et al., 2024).

Bên cạnh các kết quả khả quan đạt được, một số vị trí che khuất chưa cho kết quả tối ưu. Do đó, các phương pháp truyền thống có độ chính xác cao vẫn cần được kết hợp và giải pháp LiDAR di động trên ô tô cần được nghiên cứu áp dụng để tăng cường khả năng nhận diện chính xác đối tượng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO (REFERENCES)

- Bieda, A., Bydłosz, J., Warchoł, A., & Balawejder, M. (2020). Historical underground structures as 3D cadastral objects. *Remote Sensing*, 12(10), 1547-1575.
<https://doi.org/10.3390/rs12101547>
- Camille, M. M., Vivian, A., Ndukwu, R., & Okeke, F. (2020). Advantages of a Digital Cadastre Using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Tool to Support Better Governance and Land Administration in Cameroon: An Exploratory Study. *Smart surveyors for land and water management*. Amsterdam, the Netherlands
- Charles D, G., & Paul R, W. f. (2015). Elementary surveying - introduction to geomatics. In *Prentice Hall* (13th ed.).
- Chio, S. H., & Hou, K. W. (2021). Application of a hand-held lidar scanner for the urban cadastral detail survey in digitized cadastral area of taiwan urban city. *Remote Sensing*, 13(24), 4981-5012.
<https://doi.org/10.3390/rs13244981>
- Crommelinck, S., Höfle, B., Koeva, M. N., Yang, M. Y., & Vosselman, G. (2018). Interactive Cadastral Boundary Delineation from UAV Data. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 4(2), 81–88.
<https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-2-81-2018>
- Dragomir, L. O., Popescu, C. A., Herbei, M. V., Popescu, G., Herbei, R. C., Salagean, T., Bruma, S., Sabou, C., & Sestras, P. (2025). Enhancing Conventional Land Surveying for Cadastral Documentation in Romania with UAV Photogrammetry and SLAM. *Remote Sensing*, 17(13), 2113-2137.
<https://doi.org/10.3390/rs17132113>
- Eker, R., Alkan, E., & Aydın, A. (2021). A Comparative Analysis of UAV-RTK and UAV-PPK Methods in Mapping Different Surface Types. *European Journal of Forest Engineering*, 7(1), 12–25.
<https://doi.org/10.33904/ejfe.938067>
- Elmeseiry, N., Alshaer, N., & Ismail, T. (2021). A detailed survey and future directions of unmanned aerial vehicles (Uavs) with potential applications. *Aerospace*, 8(12), 363-391.
<https://doi.org/10.3390/aerospace8120363>
- Fetai, B., Grigillo, D., & Lisec, A. (2022). Revising Cadastral Data on Land Boundaries Using Deep Learning in Image-Based Mapping. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(5), 298-314.
<https://doi.org/10.3390/ijgi11050298>
- Fetai, B., Oštir, K., Fras, M. K., & Lisec, A. (2019). Extraction of visible boundaries for cadastral mapping based on UAV imagery. *Remote Sensing*, 11(13), 1510-1529.
<https://doi.org/10.3390/rs11131510>
- He, G. B., & Li, L. L. (2020). Research and application of LiDAR technology in cadastral surveying and mapping. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 43(B1), 33–37.
<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B1-2020-33-2020>
- Mantey, S. (2019). Suitability of Unmanned Aerial Vehicles for Cadastral Surveys. *Ghana Mining*

- Journal*, 19(1), 1–8.
<https://doi.org/10.4314/gm.v19i1.1>
- Ministry of Natural Resources and Environment. (2024). *CIRCULAR Technical regulations on cadastral surveying and mapping (in Vietnamese)*.
<https://chinhphu.vn/?pageid=27160&docid=212227&classid=1&typegroupid=6>
- Oluibukun, G. A., & Emmanuel, O. (2022). On the applicability of integrated UAV photogrammetry and automatic feature extraction for cadastral mapping. *Advances in Geodesy and Geoinformation*, 71, 1–24.
<https://doi.org/10.24425/gac.2022.141172>
- Park, S., & Song, A. (2020). Discrepancy analysis for detecting candidate parcels requiring update of land category in cadastral map using hyperspectral UAV images: A case study in Jeonju, South Korea. *Remote Sensing*, 12(3), 354–372. <https://doi.org/10.3390/rs12030354>
- Šafář, V., Potůčková, M., Karas, J., Tlustý, J., Štefanová, E., Jančovič, M., & Žofková, D. C. (2021). The use of uav in cadastral mapping of the czech republic. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(6), 380–398.
<https://doi.org/10.3390/ijgi10060380>
- Sestras, P., Roșca, S., Bilașco, Ștefan, Șoimoșan, T. M., & Nedevschi, S. (2023). The use of budget UAV systems and GIS spatial analysis in cadastral and construction surveying for building planning. *Frontiers in Built Environment*, 9, 1–16. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2023.1206947>
- Tamimi, R., & Toth, C. (2023). Assessing the Viability of PPK Techniques for Accurate Mapping with UAS. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 48(1/W1-2023), 479–488.
<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-1-W1-2023-479-2023>
- Vu, Q. N., & Luong, D. N. (2025). Advantages of MTL solutions in Vietnam s transportation infrastructure surveying a case study of the AU20 system. *Survey Review*, 1, 1–15.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00396265.2025.2452796>
- Vu, Q. N., & Pham, H.T. T. (2023). Mobile Lidar for Road Surface Monitoring: A Case Study of an Integrated AU20 Lidar. In L. T. Cuong, A. H. Gandomi, & L. K. S. Abualigah (Eds.), *Recent Advances in Structural Health Monitoring and Engineering Structures. SHM&ES 2023*, 575–584. https://doi.org/10.1007/978-981-97-0399-9_53
- Xia, X., Persello, C., & Koeva, M. (2019). Deep fully convolutional networks for cadastral boundary detection from UAV images. *Remote Sensing*, 11(14).
<https://doi.org/10.3390/rs11141725>