



## Journal of Mining and Earth Sciences

Website: <https://jmes.humg.edu.vn>



# Establishment of orthophoto map using Lidar technology combined with digital photography at Tan Son Nhat Airport, Ho Chi Minh City



Tham Hong Thi Bui<sup>1</sup>, Nghia Viet Nguyen<sup>2</sup>, Anh Trung Nguyen<sup>3</sup>, Thu Hoai Thi Trinh<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Hanoi University of Natural Resources and Environment, Hanoi, Vietnam

<sup>2</sup>Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam

<sup>3</sup>Survey and Aerial Mapping One Member Limited Liability Company, Hanoi, Vietnam

### ARTICLE INFO

*Article history:*  
Received 28<sup>th</sup> Feb. 2024  
Revised 02<sup>nd</sup> July 2024  
Accepted 19<sup>th</sup> Aug. 2024

*Keywords:*  
Digital image,  
LiDAR,  
Orthophoto map.

### ABSTRACT

*This article presents a detailed process for generating orthophoto maps using LiDAR technology alongside digital photography derived from uncorrected LiDAR data, also referred to as raw data. The process consists of five main steps: 1. Selection and establishment of control points: Choose and establish control points for precise georeferencing; 2. Planning and execution of LiDAR scanning flights: Plan the flight path and parameters for efficient data collection; 3. Generation of raw point cloud: Following data collection, the raw point cloud is generated, forming the basis for subsequent processing and analysis; 4. Orientation and adjustment of the point cloud data to correct distortions; 5. Creation of an orthophoto map and accuracy evaluation: In the final phase, increase image control density to produce orthogonal maps and evaluate accuracy.*

*This methodology was applied to create orthophoto maps of the Tan Son Nhat airport area in Ho Chi Minh City, utilizing Trimble's Inpho software suite. The research results show that the discrepancies in X, Y coordinates and height (h) between the model values and the measured values for the 25 checkpoints have maximum values of 0.149 m, 0.167 m and 0.169 m, and minimum values of 0.004 m, 0.005 m, and 0.002 m, respectively. The difference in the position coordinates and height of the orthophoto map for the Tan Son Nhat Airport area is less than 10 cm.*

*With images having a resolution of 0.1 m, the coordinates and heights of the orthophoto map have small deviations. Therefore, the orthophoto map in this study has high accuracy, ensuring the creation of maps at a scale of 1:1000 and smaller scales in the experimental area.*

Copyright © 2024 Hanoi University of Mining and Geology. All rights reserved.

\*Corresponding author

E - mail: [tththu@hunre.edu.vn](mailto:tththu@hunre.edu.vn)

DOI: 10.46326/JMES.2023.65(5).07



## Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <https://tapchi.humg.edu.vn>

# Xây dựng bình đồ ảnh trực giao bằng công nghệ LiDAR kết hợp chụp ảnh số tại sân bay Tân Sơn Nhất, thành phố Hồ Chí Minh

Bùi Thị Hồng Thắm<sup>1</sup>, Nguyễn Viết Nghĩa<sup>2</sup>, Nguyễn Trung Anh<sup>3</sup>, Trịnh Thị Hoài Thu<sup>1,\*</sup>,

<sup>1</sup> Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội, Hà Nội, Việt Nam

<sup>2</sup> Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam

<sup>3</sup> Công ty TNHH MTV Trắc địa bản đồ, Hà Nội, Việt Nam

### THÔNG TIN BÀI BÁO

#### Quá trình:

Nhận bài 28/02/2024

Sửa xong 02/7/2024

Chấp nhận đăng 19/8/2024

#### Từ khóa:

Ảnh số,

Ảnh trực giao,

LiDAR.

### TÓM TẮT

Bài báo trình bày về quá trình xây dựng bình đồ ảnh trực giao bằng công nghệ LiDAR kết hợp với chụp ảnh số từ dữ liệu LiDAR chưa được hiệu chỉnh tín hiệu vật lý (còn gọi là dữ liệu thô). Quá trình thực hiện bao gồm 5 bước chính: Bước 1. Lựa chọn, xây dựng các điểm khống chế; Bước 2. Thiết kế bay quét LiDAR, thiết lập các tham số; Bước 3. Tạo point cloud gốc; Bước 4: Định hướng và hiệu chỉnh; Bước 5: Tăng dày khống chế ảnh, thành lập bình đồ ảnh trực giao, đánh giá độ chính xác.

Quá trình này được áp dụng để xây dựng bình đồ ảnh trực giao khu vực sân bay Tân Sơn Nhất, thành phố Hồ Chí Minh bằng bộ phần mềm Inpho của hãng Trimble. Kết quả nghiên cứu cho thấy độ lệch về tọa độ X, Y và độ cao (h) giữa giá trị mô hình và giá trị đo đạc của 25 điểm kiểm tra có giá trị lớn nhất lần lượt là 0,149 m, 0,167 m, 0,169 m, giá trị nhỏ nhất lần lượt là 0,004 m, 0,005 m, 0,002 m. Độ lệch vị trí tọa độ và độ cao của bình đồ ảnh trực giao khu vực sân bay Tân Sơn Nhất nhỏ hơn 10 cm.

Với ảnh chụp có độ phân giải 0,1 m, tọa độ và độ cao của bình đồ ảnh được xây dựng có độ lệch nhỏ, do đó bình đồ ảnh trong nghiên cứu này có độ chính xác cao, đảm bảo cho việc thành lập bản đồ tỷ lệ 1:1000 và các tỷ lệ nhỏ hơn tại khu vực thực nghiệm.

© 2024 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

\*Tác giả liên hệ

E - mail: [tththu@hunre.edu.vn](mailto:tththu@hunre.edu.vn)

DOI: 10.46326/JMES.2023.65(5).07

## 1. Mở đầu

Công nghệ LiDAR (Light detection and Ranging) đã tồn tại từ những năm 1960 (Mehendale và Neoge, 2020). Công nghệ này sử dụng tia laser để đo khoảng cách và tạo ra hình ảnh chi tiết về địa hình, mặt đất cũng như các đối tượng khác trên bề mặt trái đất. Đặc điểm của công nghệ LiDAR là cho phép thu thập dữ liệu chính xác, chi tiết cao, không cần trực tiếp tiếp xúc với đối tượng cần khảo sát nên nó được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như:

- *Giao thông, cơ sở hạ tầng:*

Công nghệ LiDAR được sử dụng: trong thiết kế các đường bay dân dụng ở Malaysia (Hatta Antah và nnk., 2021); trong kiểm tra, giám sát theo dõi tình trạng kết cấu của các cơ sở hạ tầng dân dụng bao gồm cầu, đường và vỉa hè, đường hầm và cấu trúc vòm, đánh giá sự an toàn và tính toàn vẹn của cơ sở hạ tầng dân dụng (Kartinen và nnk., 2022); trong khảo sát thiết kế cầu Pingtang Grand ở Trung Quốc (Ding và Zhang, 2023); trong giám sát toàn bộ vòng đời của đường sắt (Li, 2020); trong hỗ trợ các cơ quan vận tải trong các giai đoạn thiết kế, xây dựng và bảo trì các dự án giao thông (McIntosh và Rister, 2022); trong phát triển đường cao tốc, đường dây truyền tải và đập thủy điện (Ganendra và Mobarakeh, 2018).

- *Đất đai, quản lý đô thị:*

Công nghệ LiDAR được sử dụng để: đo lường và giám sát tài nguyên đất đai theo thời gian thực (Wei và Guo, 2018); thành lập bản đồ địa chính khu vực nông thôn phục vụ cho công tác địa chính tại khu vực (He và Li, 2020). Công nghệ này kết hợp với: dữ liệu ảnh hàng không, ảnh vệ tinh, bản đồ... để xây dựng mô hình 3D khu vực đô thị, bản đồ không gian ba chiều khu vực đô thị tại thành phố Bắc Giang (Đặng và nnk., 2014), tại khu vực phường Thượng Lý, quận Hồng Bàng, thành phố Hải Phòng (Dương và nnk., 2022); công nghệ GPS, GIS và AI để cung cấp dữ liệu nhanh chóng và chính xác giúp các nhà quản trị và quy hoạch đưa ra những quyết định (Prim và nnk., 2021); ảnh chụp mặt đất để xây dựng dữ liệu không gian địa lý 3D theo tiêu chuẩn CityGML khu vực Hạ Long, Quảng Ninh (Nguyễn và nnk., 2022).

- *Địa chấn, địa chất:*

Công nghệ LiDAR được sử dụng: xây dựng mô hình số độ cao phục vụ cho việc xác định dạng địa hình, đặc điểm cấu trúc địa mạo, nghiên cứu đứt gãy, địa chấn tại khu vực rìa phía bắc của dãy núi Qinling và vùng đứt gãy Huashan Piedmont (Wang và nnk., 2020); xây dựng bản đồ địa hình, tính toán độ dốc phục vụ cho thăm dò địa chấn tại lưu vực sông Green ở Wyoming (Wagaman và Sfara, 2005); thành lập bình đồ ảnh trực giao độ phân giải cao giúp nâng cao việc lập kế hoạch để thu thập địa chấn và quản lý vận hành tại hiện trường ở phía nam Trung Quốc (Gaoming và nnk., 2022); thành lập dữ liệu địa hình có độ phân giải cao để xác định các đặc điểm cấu trúc vi mô và địa mạo, phân tích hoạt động vùng đứt gãy và đánh giá thảm họa động đất ở Tân Cương, Trung Quốc (Wen và nnk., 2022); thu thập dữ liệu và xác định trượt lở đất nhằm xác định sớm các mối nguy hiểm địa chất ở khu vực núi cao (Wang và nnk., 2020).

- *Đo đạc, bản đồ:*

Công nghệ LiDAR được sử dụng: đo đạc và thành lập bản đồ địa hình có độ phân giải cao được sử dụng đa dạng bao gồm quy hoạch phát triển, công trình kỹ thuật, quản lý môi trường, quản lý thiên tai, quy hoạch đô thị, thủy lợi, nghiên cứu địa chất, nghiên cứu khảo cổ học và ứng dụng địa chính tại Nepal (Joshi và Koirala, 2020); thành lập mô hình số độ cao khu vực thành phố Bắc Giang (Bùi và nnk., 2010); phân loại lớp phủ bề mặt khu vực đô thị (Nguyễn và Nguyễn, 2022a); thành lập ảnh trực giao, mô hình 3D của bề mặt Trái đất có mức độ chi tiết, sắc nét và độ chính xác cao cho nhà ga sân bay Liên Khương (Nguyễn và Nguyễn, 2022b); thành lập bản đồ và phân tích địa hình tại Malaysia (Hassan và Syed, 2021); thành lập mô hình số độ cao, bản đồ cấu trúc địa mạo, kết xuất tòa nhà, tích hợp mô hình toán học, thông số thực vật trên phạm vi rộng và độ chính xác cao (Hill và nnk., 2020).

- *Nghiên cứu khí quyển:*

Công nghệ LiDAR được sử dụng: xây dựng mô hình số độ cao hỗ trợ cho việc nghiên cứu khí quyển ở Ấn Độ (Purwar, 2018); quan trắc ô nhiễm không khí tại thành phố Hồ Chí Minh (Lê, 2022).

Bên cạnh đó, công nghệ LiDAR còn được sử dụng trong rất nhiều các công việc khác như: giám sát các tòa nhà, đê, bờ sông, đường xây dựng -

những đối tượng có ảnh hưởng rất lớn tới động lực học dòng chảy, lan truyền lũ để mô hình hóa lũ phục vụ cảnh báo thiên tai (Trần, 2010); giám sát các cuộc thử nghiệm phóng tên lửa phục vụ cho lĩnh vực an ninh quốc phòng (Ren và nnk., 2022); trong quản lý vận hành đường dây truyền tải điện (Nguyễn, 2021).

Có thể thấy công nghệ LiDAR được ứng dụng trong đa dạng các lĩnh vực. LiDAR cho phép đo đạc độ cao của địa hình một cách chi tiết, nhanh chóng và chính xác vì vậy bản đồ địa hình, cơ sở dữ liệu, hình ảnh mô phỏng địa hình khu vực cũng có độ chính xác và độ tin cậy cao. Đi kèm với các hệ thống bay quét LiDAR là các bộ phần mềm xử lý dữ liệu. Hiện nay tại Việt Nam tồn tại phần mềm thương mại và phần mềm mã nguồn mở để xử lý dữ liệu LiDAR. Tuy nhiên, cả hai loại phần mềm này chỉ xử lý được dữ liệu sau khi đã được hiệu chỉnh tín hiệu vật lý mà không xử lý được dữ liệu thô từ máy quét LiDAR. Bên cạnh đó, mặc dù dữ liệu LiDAR có mật độ điểm dày đặc chứa đựng các thông tin về đối tượng địa lý nhưng đường viền của các đối tượng không sắc nét trong khi đó ảnh số lại giải quyết được vấn đề này. Chính vì vậy bài báo này nghiên cứu đề xuất quy trình xử lý dữ liệu LiDAR kết hợp với ảnh số từ dữ liệu thô và áp dụng nó để thành lập bình đồ ảnh trực giao khu vực sân bay Tân Sơn Nhất, thành phố Hồ Chí Minh.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

Quá trình thành lập bình đồ ảnh trực giao được thực hiện theo các bước sau:

### *Bước 1: Lựa chọn, xây dựng các điểm khống chế.*

Điểm khống chế tọa độ, độ cao được sử dụng làm điểm gốc phục vụ cho việc định hướng bay quét LiDAR, xây dựng bình đồ ảnh trực giao. Các điểm khống chế tọa độ, độ cao được lựa chọn, bố trí tại những nơi có nền đất vững chắc, ổn định tại khu vực thực nghiệm, được đo nối với lưới khống chế trắc địa quốc gia để xác định tọa độ và độ cao trong hệ tọa độ và độ cao quốc gia.

### *Bước 2: Thiết kế bay quét LiDAR, thiết lập các tham số.*

- Việc thiết kế bay quét LiDAR được tính toán, thiết kế trên bản đồ phù hợp với địa hình của khu vực bay.

- Thiết kế đường bay, hướng bay trong khu

- Thu thập dữ liệu: Dữ liệu LiDAR gốc; dữ liệu tính toán quỹ đạo bay quét (post-processing solution); dữ liệu ảnh chụp; dữ liệu đo đạc bãi chuẩn hiệu chỉnh; tham số kiểm định hệ thống bay quét.

- Thiết lập công việc, các tham số.

- Tạo và kiểm tra độ phủ các dải quét: Tạo các dải quét, kiểm tra độ chồng phủ của chúng để phát hiện những vấn đề còn tồn tại về dữ liệu.

### *Bước 3: Tạo point cloud gốc.*

Quá trình này tạo ra tập hợp các đám mây điểm gốc từ máy quét bằng cách đọc dữ liệu LiDAR gốc được mã hóa sau đó được chuyển đổi về hệ tọa độ và độ cao địa phương.

### *Bước 4: Định hướng và hiệu chỉnh.*

- Định hướng tương đối tự động: Tính toán, hiệu chỉnh tự động khớp tất cả các dải quét có độ chồng phủ nhất định để xử lý đưa ra mô hình độ cao. Đây là công việc phân tích, tìm kiếm các vùng địa vật có chênh cao (mặt nghiêng) trong phạm vi chồng phủ sau đó tự động điều chỉnh, khớp với các địa vật giống nhau trong các dải quét và tính toán kết quả bù trừ để tất cả các dải quét được liên kết với nhau một cách gần đúng nhất.

- Định hướng tương đối thủ công: Hiệu chỉnh bình sai các dải quét kết hợp với dữ liệu bãi chuẩn hiệu chỉnh mặt đất. Tất cả các giá trị (X,Y,H) của từng dải bay/từng point cloud được hiệu chỉnh để đưa về giá trị tọa độ chính xác nhất theo hệ tọa độ yêu cầu. Việc hiệu chỉnh này được chia thành 2 công đoạn:

+ Hiệu chỉnh mặt phẳng: Hiệu chỉnh các đám mây điểm kết hợp dữ liệu tham chiếu mặt đất. Hình ảnh có độ phân giải cao của đám mây điểm được hiển thị và các đa giác hình ảnh tòa nhà hoặc các đại vật hình khối tham chiếu được phủ lên đó một cách trực quan giúp người dùng có thể hiệu chỉnh, xê dịch theo nó một cách dễ dàng.

+ Hiệu chỉnh độ cao: Tất cả các dải quét được hiển thị bằng hình ảnh và được quy định các màu sắc khác nhau để dễ dàng cho việc nâng hạ cả dải quét theo phương thẳng đứng để có được sự trùng khớp và phù hợp nhất giữa các dải quét.

- Định hướng tuyệt đối mô hình độ cao: Dựa vào các tham số tham chiếu của bãi hiệu chỉnh độ cao mặt đất việc bình sai và hiệu chỉnh được thực hiện để đưa ra sai số về sự chênh lệch độ cao trung bình giữa mô hình được tính toán và các giá trị độ

cao thực tế. Sự chênh lệch trung bình này được bù trừ vào mô hình tính toán để dịch chuyển toàn bộ các dải quét theo hướng thẳng đứng một cách chính xác nhất. Toàn bộ quá trình và các tham số về độ lệch này được ghi trong file báo cáo chi tiết và cụ thể giúp người dùng đưa ra đánh giá xác thực nhất về kết quả xử lý dữ liệu.

**Bước 5: Tăng dày khống chế ảnh, thành lập bình đồ ảnh trực giao, đánh giá độ chính xác.**

- Công nghệ LiDAR sẽ sử dụng trực tiếp DSM, DEM từ dữ liệu LiDAR để nắn ảnh. Toàn bộ tâm ảnh tuyệt đối sau hiệu chỉnh bình sai sẽ được sử dụng cho công tác tăng dày. Làm hạn chế công tác đo đạc khống chế ảnh ngoại nghiệp, tạo tính đồng bộ giữa dữ liệu LiDAR và bình đồ ảnh.

- Bình đồ ảnh trực giao là một trong sản phẩm của quá trình thực hiện nêu trên. Các sản phẩm khác của quá trình này gồm point cloud sau hiệu chỉnh, DSM/DTM, quỹ đạo và các tham số định hướng tuyệt đối.

Độ chính xác của bình đồ ảnh trực giao được xác định thông qua quá trình so sánh tọa độ, độ cao được chiết xuất từ DSM/DTM của các điểm khống chế được sử dụng làm điểm kiểm tra với các giá trị tương ứng đo đạc, cụ thể như sau:

- Tính độ lệch về tọa độ ( $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ) và độ cao ( $\Delta h$ ):

$$\begin{aligned} \Delta X_i &= X_i^{sur} - X_i^{model} \\ \Delta Y_i &= Y_i^{sur} - Y_i^{model} \\ \Delta h_i &= h_i^{sur} - h_i^{model} \end{aligned} \quad (1)$$

- Tính độ lệch về mặt phẳng ( $\Delta XY$ ):

$$\Delta XY_i = \sqrt{(\Delta X_i)^2 + (\Delta Y_i)^2} \quad (2)$$

- Tính giá trị trung bình độ lệch về mặt phẳng ( $\Delta XY^{aver}$ ) và độ cao ( $\Delta h^{aver}$ ):

$$\begin{aligned} \Delta XY^{aver} &= \frac{\sum_{i=1}^n \Delta XY_i}{n} \\ \Delta h^{aver} &= \frac{\sum_{i=1}^n \Delta h_i}{n} \end{aligned} \quad (3)$$

- Tính các giá trị hiệu chỉnh về mặt phẳng ( $VXY$ ) và độ cao ( $Vh$ ):

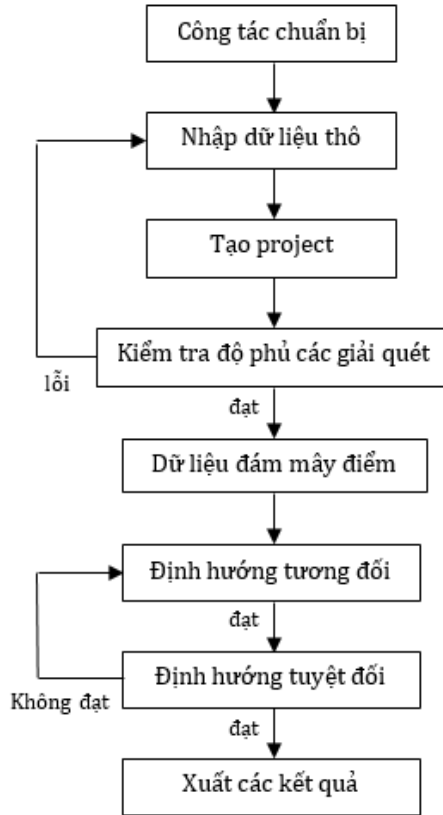
$$\begin{aligned} VXY_i &= \Delta XY^{aver} - \Delta X_i \\ Vh_i &= \Delta h^{aver} - \Delta h_i \end{aligned} \quad (4)$$

- Tính sai số trung phương về mặt phẳng ( $m_{XY}$ ) và độ cao ( $m_h$ ):

$$m_{XY} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [VXY]^2}{n-1}}; m_h = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [Vh]^2}{n-1}} \quad (5)$$

Trong đó:  $X_i^{sur}, Y_i^{sur}, h_i^{sur}$  - tọa độ, độ cao đo đạc của điểm kiểm tra thứ  $i$ ;  $X_i^{model}, Y_i^{model}, h_i^{model}$  - tọa độ, độ cao trên mô hình của điểm kiểm tra thứ  $i$ .

Quá trình xử lý dữ liệu LiDAR được mô hình hóa dưới dạng sơ đồ quy trình thể hiện tại Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ quy trình xử lý dữ liệu LiDAR.

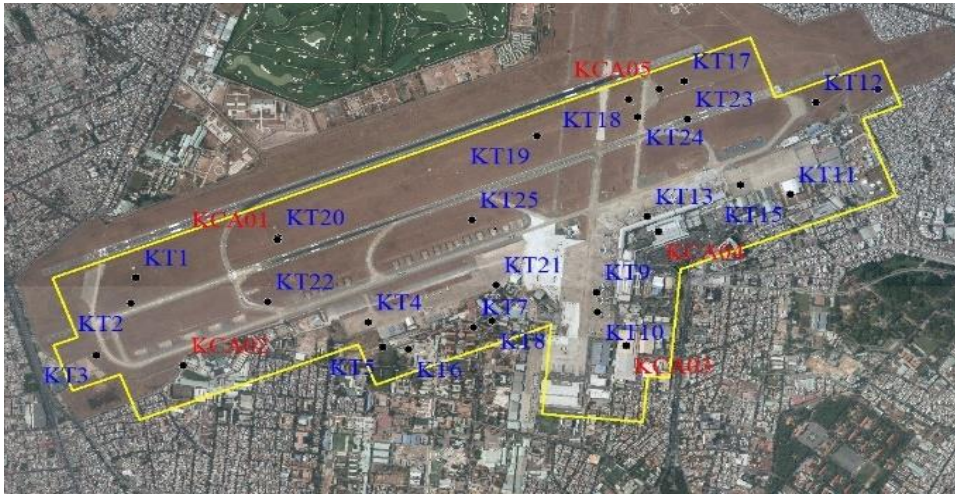
### 3. Dữ liệu nghiên cứu

Phạm vi nghiên cứu trong bài viết là khu vực sân bay Tân Sơn Nhất, thành phố Hồ Chí Minh được thể hiện tại Hình 1. Dữ liệu được sử dụng phục vụ cho nghiên cứu gồm:

- 05 điểm khống chế ảnh và 25 điểm kiểm tra được bố trí như sơ đồ Hình 2. Tọa độ và độ cao của các điểm này được thể hiện tại Bảng 1.

- 432 ảnh của 7 tuyến bay được chụp từ máy chụp ảnh Rollei AIC P45. Các tuyến bay này có độ phủ ngang nằm trong khoảng 35÷40%,





Hình 2. Sơ đồ phạm vi bay quét LiDAR khu vực sân bay Tân Sơn Nhất.

Bảng 1. Tọa độ và độ cao của các điểm khống chế và điểm kiểm tra.

TT	Tên điểm	X (m)	Y (m)	h (m)	TT	Tên điểm	X (m)	Y (m)	h (m)
1	KCA01	1196207,420	679715,555	6,523	16	KT11	1196481,342	682376,301	8,269
2	KCA02	1195478,338	679230,474	5,066	17	KT12	1197015,106	682506,512	9,540
3	KCA03	1195604,807	681528,039	8,314	18	KT13	1196350,495	681634,073	8,543
4	KCA04	1196263,005	681692,991	8,872	19	KT14	1196537,935	682115,110	8,671
5	KCA05	1197089,076	681690,247	9,491	20	KT15	1196481,342	682376,301	8,276
6	KT1	1195981,462	678984,953	5,741	21	KT16	1197091,570	682827,033	9,782
7	KT2	1195835,264	678956,552	5,735	22	KT17	1197133,489	681820,648	9,655
8	KT3	1195535,020	678779,042	4,542	23	KT18	1197025,553	681534,307	9,581
9	KT4	1195733,445	680191,368	7,181	24	KT19	1196812,277	681056,280	8,992
10	KT5	1195589,018	680268,092	7,203	25	KT20	1196219,759	679720,864	6,844
11	KT6	1195577,727	680399,412	7,071	26	KT21	1195952,389	680850,557	7,380
12	KT7	1195705,032	680738,576	7,230	27	KT22	1195848,216	679666,899	6,781
13	KT8	1195742,604	680831,241	7,397	28	KT23	1196913,489	681838,264	9,458
14	KT9	1195912,005	681372,700	7,692	29	KT24	1196925,749	681578,303	9,269
15	KT10	1195798,223	681378,057	7,630	30	KT25	1196326,256	680725,673	8,039

độ phủ dọc nằm trong khoảng 75÷80%. Ảnh có tỷ lệ là 1/14900 với độ phân giải của ảnh là 0,1 m.

- Đám mây điểm là sản phẩm của máy quét LiDAR Harrier 56. Đám mây điểm có mật độ điểm là 2,5 điểm/m<sup>2</sup>.

#### 4. Kết quả và thảo luận

Quá trình thực hiện xây dựng bình đồ ảnh trực giao khu vực sân bay Tân Sơn Nhất, thành phố Hồ Chí Minh được thực hiện theo trình tự được trình bày tại mục 2. Trong nghiên cứu này, bộ phần mềm InPho của hãng Trimble được sử dụng để xử lý dữ liệu. Bộ phần mềm này được thiết kế để phân tích và chuyển đổi chính xác ảnh

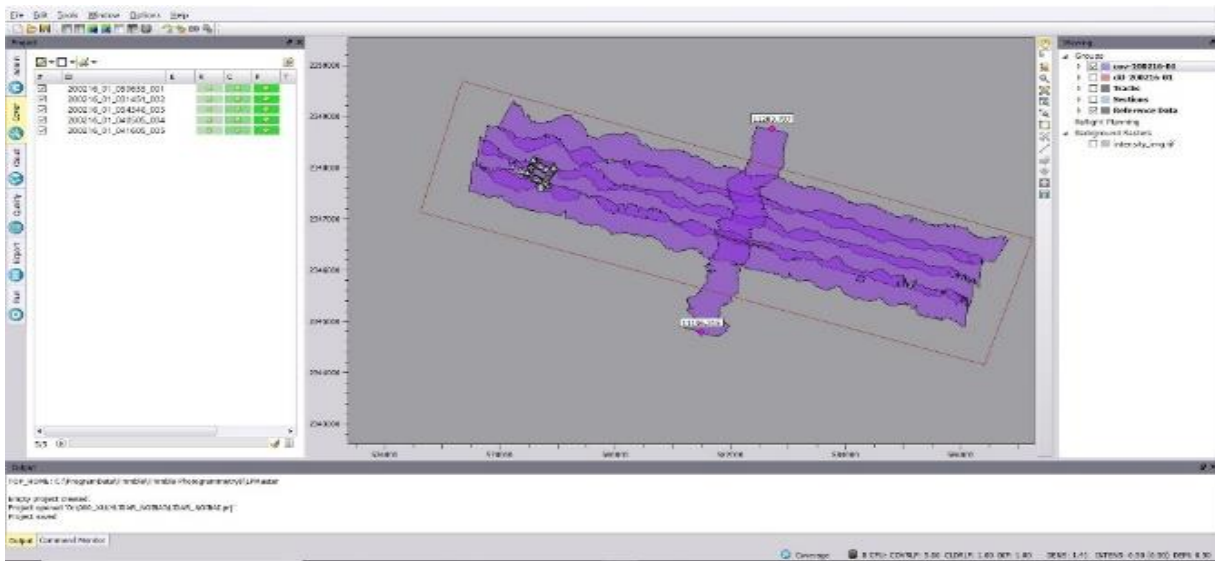
viễn thám, ảnh hàng không cũng như ảnh vệ tinh thành các đám mây điểm và mô hình số bề mặt nhất quán DSM, DTM, DEM, thành lập bình đồ ảnh bằng kỹ thuật đo ảnh viễn thám chính xác, hiệu quả và hiện đại.

Quá trình xử lý dữ liệu LiDAR bằng bộ phần mềm Inpho được thực hiện theo sơ đồ Hình 1. Một số hình ảnh về kết quả chính của quá trình thực nghiệm được thể hiện như sau:

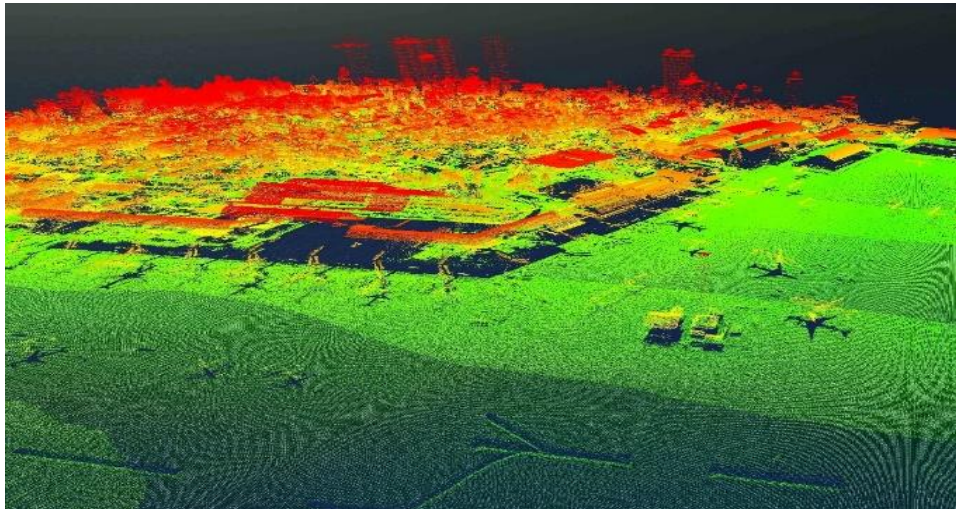
- Hình ảnh về các giải quét được tạo tự động tại Hình 3.

- Dữ liệu đám mây điểm gốc từ máy quét bằng cách đọc dữ liệu LiDAR gốc được tạo như Hình 4.

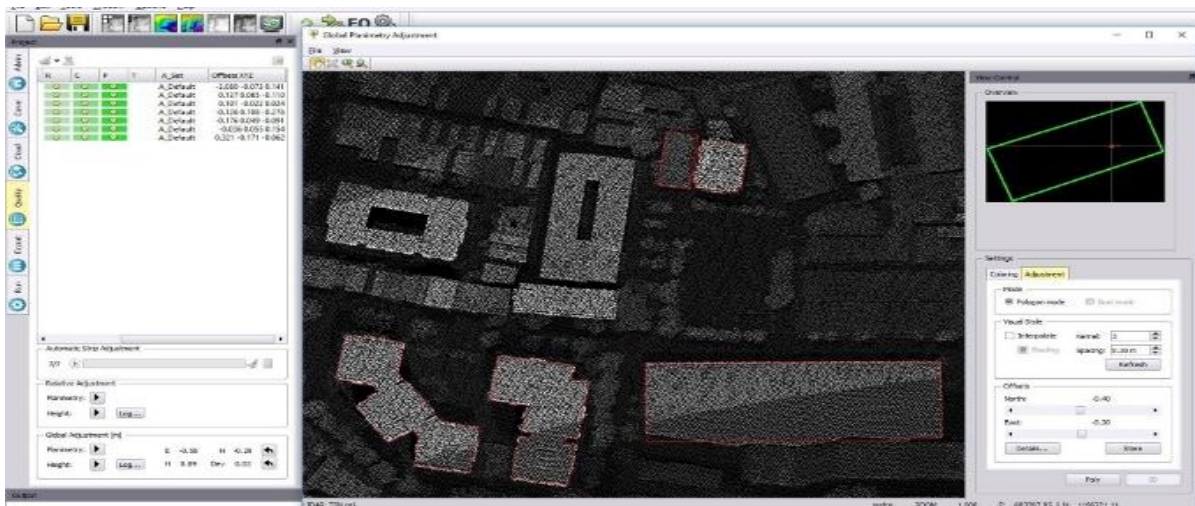
- Các kết quả của quá trình định hướng và hiệu chỉnh như Hình 5÷7.



Hình 3. Dải quét.

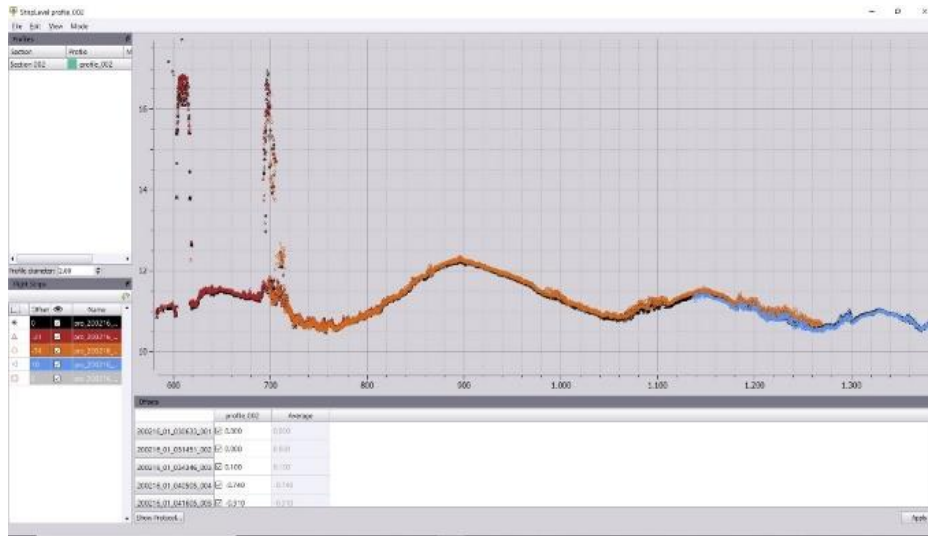


Hình 4. Dữ liệu đám mây điểm sân bay Tân Sơn Nhất.

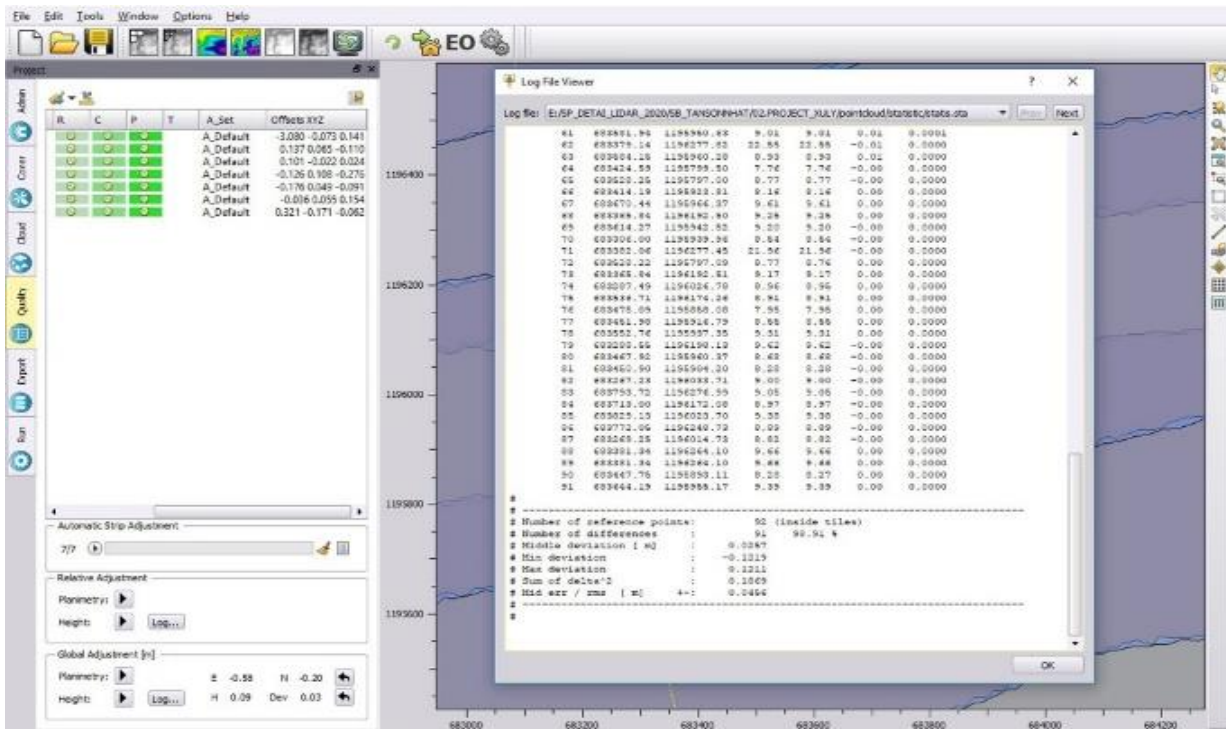


Hình 5. Hiệu chỉnh mặt phẳng giữa các dải quét.





Hình 6. Hiệu chỉnh độ cao dải quét.



Hình 7. Định hướng tuyệt đối mô hình độ cao.

Quá trình kiểm tra, đánh giá độ chính xác mô hình số độ cao được thực hiện.

- Sai số định hướng tuyệt đối mô hình độ cao đám mây điểm có các giá trị cụ thể như sau:

+ Sai số trung phương định hướng tuyệt đối mô hình: ±0,046m.

+ Sai số lớn nhất  $m_{hmax}$ : -0,122m.

+ Sai số nhỏ nhất  $m_{hmin}$ : 0,001m.

- Sai số bình sai tầng dày không chế ảnh được

thể hiện ở Bảng 2.

Dựa vào các điểm kiểm tra, việc đánh giá độ chính xác sản phẩm được thực hiện với các số liệu được trình bày tại Bảng 3.

Giá trị tuyệt đối độ lệch về: tọa độ X lớn nhất là 0,149 m, nhỏ nhất là 0,004 m; tọa độ Y lớn nhất là 0,167 m, nhỏ nhất là 0,004 m; mặt phẳng lớn nhất là 0,174m, nhỏ nhất là 0,007m; độ cao lớn nhất là 0,169 m, nhỏ nhất là 0,002 m.



Bảng 2. Sai số tính toán bình sai tầng dày khống chế ảnh.

TT	Loại sai số	Kết quả tính toán, bình sai		
		$m_x$ (m)	$m_y$ (m)	$m_h$ (m)
1	Sai số trung phương tại các điểm kiểm tra	$\pm 0,043$	$\pm 0,042$	$\pm 0,201$
2	Sai số trung phương tại các điểm tầng dày	$\pm 0,041$	$\pm 0,033$	$\pm 0,069$
3	Sai số lớn nhất tại các điểm kiểm tra	$\pm 0,089$	$\pm 0,062$	$\pm 0,217$

Bảng 3. Sai số tại các điểm kiểm tra.

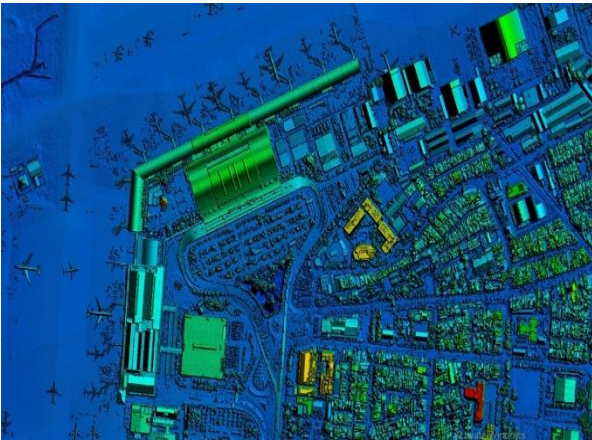
TT	Số liệu từ mô hình			Độ lệch giữa mô hình và đo đạc			
	X (m)	Y (m)	h (m)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$\Delta XY$ (m)	$\Delta h$ (m)
1	1195981,413	678984,816	5,738	0,049	0,137	0,145	0,003
2	1195835,204	678956,594	5,832	0,060	-0,042	0,073	-0,097
3	1195534,995	678778,930	4,603	0,025	0,112	0,115	-0,061
4	1195733,433	680191,362	7,252	0,012	0,006	0,013	-0,071
5	1195588,914	680268,017	7,208	0,104	0,075	0,128	-0,005
6	1195577,600	680399,322	7,092	0,127	0,090	0,156	-0,021
7	1195704,999	680738,497	7,254	0,033	0,079	0,086	-0,024
8	1195742,587	680831,318	7,316	0,017	-0,077	0,079	0,081
9	1195912,100	681372,690	7,694	-0,095	0,010	0,096	-0,002
10	1195798,189	681378,063	7,603	0,034	-0,006	0,035	0,027
11	1196481,275	682376,345	8,377	-0,067	0,044	0,080	0,108
12	1197015,025	682506,590	9,396	-0,081	0,078	0,112	-0,144
13	1196350,644	681634,102	8,683	-0,149	-0,029	0,152	-0,140
14	1196537,983	682115,277	8,610	-0,048	-0,167	0,174	0,061
15	1196481,402	682376,398	8,259	-0,060	-0,097	0,114	0,017
16	1197091,522	682827,095	9,901	0,048	-0,062	0,078	-0,119
17	1197133,496	681820,756	9,800	-0,007	-0,108	0,108	-0,145
18	1197025,414	681534,311	9,465	0,139	-0,004	0,139	0,116
19	1196812,197	681056,326	9,161	0,080	-0,046	0,092	-0,169
20	1196219,845	679720,845	6,933	-0,086	0,019	0,088	-0,089
21	1195952,394	680850,607	7,443	-0,005	-0,050	0,050	-0,063
22	1195848,220	679666,905	6,944	-0,004	-0,006	0,007	-0,163
23	1196913,554	681838,270	9,593	-0,065	-0,006	0,065	-0,135
24	1196925,807	681578,298	9,385	-0,058	0,005	0,058	-0,116
25	1196326,196	680725,701	8,097	0,060	-0,028	0,066	-0,058

Sai số trung phương vị trí mặt bằng và độ cao được tính theo công thức 3, 4, 5 giá trị lần lượt là  $\pm 0,043$  m và  $\pm 0,085$  m.

Sản phẩm về dữ liệu mô hình số bề mặt được thể hiện tại Hình 8, bình đồ ảnh trực giao được thể hiện tại Hình 9.

## 5. Kết luận

Kết quả xây dựng bình đồ ảnh trực giao khu vực sân bay Tân Sơn Nhất, thành phố Hồ Chí Minh được thực hiện theo quy trình gồm 5 bước bao gồm:



Hình 8. Dữ liệu mô hình số bề mặt.



Hình 9. Ảnh trực giao.

1. Lựa chọn, xây dựng các điểm khống chế;  
2. Thiết kế bay quét LiDAR, thiết lập các tham số;

3. Tạo point cloud gốc;  
4. Định hướng và hiệu chỉnh;  
5. Tăng dày khống chế ảnh, thành lập bình đồ ảnh trực giao, đánh giá độ chính xác.

Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng, độ lệch về tọa độ X, Y và độ cao h giữa giá trị mô hình và giá trị đo đạc của 25 điểm kiểm tra có giá trị lớn nhất lần lượt là 0,149 m, 0,167 m, 0,169 m, nhỏ nhất lần lượt là 0,004 m, 0,005 m, 0,002 m. Độ lệch vị trí tọa độ và độ cao của bình đồ ảnh trực giao khu vực sân bay Tân Sơn Nhất nhỏ hơn 10 cm.

Ảnh chụp có độ phân giải 0,1 m, tọa độ và độ cao của bình đồ ảnh được xây dựng có độ lệch nhỏ. Do đó, bình đồ ảnh trong nghiên cứu này có độ chính xác cao, đảm bảo độ chính xác cho việc thành lập bản đồ tỷ lệ 1:1000 và các tỷ lệ nhỏ hơn tại khu vực thực nghiệm.

### Đóng góp của tác giả

Bùi Thị Hồng Thắm - lên ý tưởng, xây dựng đề cương, xây dựng quy trình nghiên cứu, xử lý dữ liệu, viết bản thảo bài báo; Nguyễn Việt Nghĩa - đọc bản thảo bài báo, kiểm chứng các kết quả và hiệu đính; Nguyễn Trung Anh - thu thập số liệu, triển khai thực nghiệm, xử lý dữ liệu, viết bản thảo bài báo; Trịnh Thị Hoài Thu - chỉnh sửa hoàn thiện bài báo.

### Tài liệu tham khảo

Bùi, K. C., Bùi, V. Q., Vũ, T. H. N. & Trần, T. V. A. (2010). Ứng dụng công nghệ LIDAR phục vụ

xây dựng mô hình số địa hình. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ*, 5, 33-41. DOI: 10.54491/jgac.2010.5.421.

Đặng, T. T., Hoàng, T. & Đinh, T. T. H. (2014). Công nghệ LiDAR trong thành lập mô hình 3D khu vực đô thị. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ*, 21, 36-45. DOI: 10.54491/jgac.2014.21.115.

Ding, Y. & Zhang, Z. (2023). Topographic map measurement of Pingtang Grand Bridge based on airborne LiDAR technology. *ISIA '23: Proceedings of the 2023 International Conference on Intelligent Sensing and Industrial Automation*, 11, 1-5. DOI: 10.1145/3632314.3632325.

Dương, A. Q., Lê, Đ. H., Phạm, V. H., Nguyễn, Q. C. & Bùi, N. Q. 2022. Xây dựng quy trình thu nhận, xử lý và phân loại dữ liệu đám mây điểm LiDAR phục vụ thành lập mô hình 3D thành phố. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất*, 63, 1-12. DOI: 10.46326/JMES.2022.63(4).01.

Ganendra, T. R. & Mobarakeh, E. T. 2018. The role of airborne LiDAR survey technology in digital transformation *MATEC Web of Conferences, International Conference on Civil, Offshore & Environmental Engineering 2018 (ICCOEE 2018)*, 203, 05009. DOI: 10.1051/mateconf/201820305009.

Gaoming, Ch., Xing, L., Hongxiao, N., Liwei, J., Yuanyi, H., Yifan, S., Yulei, L., Zhihong, B. & Yan, Z. 2022. Application of LiDAR in mountainous seismic acquisition in the south of China. *SEG/AAPG International Meeting for Applied*

- Geoscience & Energy*. DOI: 10.1190/image2022-3745089.1.
- Hassan, H. & Rahman, S. A. F. S. A. 2021. Application and evolution of airborne LiDAR technology for topographic data acquisition practice in the department of survey and mapping Malaysia. *Journal of Engineering Technology and Applied Physics*, 3, 1-6. DOI: 10.33093/jetap.
- Hatta, Antah F., Khoiry, M. A., Abdul Maulud K. N. & Abdullah, A. 2021. Perceived usefulness of airborne LiDAR technology in road design and management: A review. *Sustainability*, 13, 11773. DOI: 10.3390/su132111773.
- He, G. & Wang, A. (2020). Study on the application of airborne LiDAR in seismic active faults in the northern rim of qinling mountain and the piedmont of Huashan in China. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLIII-B2-2020, 241-246. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2020-241-2020.
- He, G. B. & Li, L. L. (2020). Research and application of LiDAR technology in cadastral surveying and mapping. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLIII-B1-2020, 33-37. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLIII-B1-2020-33-2020.
- Hill, J. M., Graham, L. A. & Henry, R. J. (2020). Wide-Area topographic mapping and applications using airborne Light Detection and Ranging (LiDAR) technology. *Photogrammetry Engineering and Remote Sensing*, 908-914.
- Joshi, A. & Koirala, S. (2020). Preparation of high-resolution DTM and orthophoto using LiDAR in Nepal. *Journal on Geoinformatics*, 20, 75-80. DOI: 10.3126/njg.v20i1.39481.
- Kaartinen, E., Dunphy, K. & Sadhu, A. (2022). LiDAR-based structural health monitoring: Applications in civil infrastructure systems. *Sensors*, 22, 4610. DOI: 10.3390/s22124610.
- Lê, H. N. (2022). Ứng dụng công nghệ LIDAR trong quan trắc ô nhiễm không khí tại TP. Hồ Chí Minh. *Tạp chí Môi trường số Chuyên đề Môi trường không khí năm 2022*.
- Li, H. (2020). Application of Leica LiDAR technology in the whole lifecycle of railway. *Bulletin of Surveying and Mapping*, 0, 160-163. DOI: 10.13474/j.cnki.11-2246.2020.0342.
- Mcintosh, L. & Rister, B. (2022). Utilization of Lidar technology - When to use It and why. *KTC Research Report Utilization of Lidar Technology*. DOI: 10.13023/ktc.rr.2022.15.
- Mehendale, N. & Neoge, S. (2020). Review on Lidar Technology. DOI: 10.2139/ssrn.3604309.
- Nguyễn, V. G. (2021). Ứng dụng công nghệ Lidar trong quản lý vận hành đường dây truyền tải điện.
- Nguyễn, T. H. P. & Nguyễn, M. T. (2022a). Khả năng ứng dụng của dữ liệu Lidar trong phân loại lớp phủ bề mặt khu vực đô thị. *Tạp chí Tài nguyên và Môi trường*.
- Nguyễn, V. N. & Nguyễn, Q. L. (2022b). Ứng dụng công nghệ Lidar kết hợp dữ liệu ảnh số phục vụ xây dựng bản đồ 3D, thử nghiệm tại sân bay Liên Khương, tỉnh Lâm Đồng. *Kỷ yếu Hội nghị khoa học toàn quốc Trái Đất, Mỏ, Môi trường bền vững lần thứ V*, 461-471. DOI: 10.15625/vap.2022.0199.
- Nguyễn, V. T., Phạm, T. L., Tống, S. S., Lê, T. T. H. & Nguyễn, V. N. (2022). Nghiên cứu ứng dụng công nghệ địa không gian trong xây dựng dữ liệu 3D cho thành phố thông minh. *Tạp chí Khoa học Tài nguyên và Môi trường*, 40, 108-117.
- Prim, A., Mandla, V. R., Naidu, Ch. R., Rajitha, K., Tripathy, G., Vittal, T. R., Cariappa, M. D. & Kondepoti, V. (2021). Lidar technology in forestry mapping. *GIS resources*.
- Purwar, A. K. (2018). Lidar technology and its applications. *International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT)*, 6.
- Ren, Z., Wang, Q., Wang, Y., Wu, G., Kang Wang, K. & Zhong, W. (2022). Application of LiDAR survey technology in space launch sites *Journal of Physics: Conference Series*, 2364, 012017. DOI: 10.1088/1742-6596/2364/1/012017.
- Trần, Đ. P. (2010). Giới thiệu ứng dụng công nghệ LiDAR trong mô hình hóa lũ. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải*, 23, 54-58.

- Wagaman, M. & Sfara, R. (2005). Applications of LiDAR in seismic acquisition and processing. *CSEG National Convention*, 408-412.
- Wang, L. C., Wang, M., Hung, X. C. & Feng, Z. (2020). Research on LiDAR technology in early identification of geo-hazards in alpine loess areas. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 570, 042044. DOI: 10.1088/1755-1315/570/4/042044.
- Wei, J. & Guo, Y. (2018). The application of LiDAR in land resources survey. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 382, 052026. DOI: 10.1088/1757-899X/382/5/052026.
- Wen, S., Zhanyu, W., Haoyue, S. & Honglin, H. (2022). Review on the application of airborne LiDAR in active tectonics of China: Dushanzi Reverse Fault in the Northern Tian Shan. *Sec. Quaternary Science, Geomorphology and Paleoenvironment, Frontiers in Earth Science*, 10. DOI: 10.3389/feart.2022.895758.