Nghiên cứu ảnh hưởng của tầng phủ thực vật đến độ chính xác độ cao của bản đồ địa hình dạng tuyến thành lập bằng công nghệ UAV-Lidar, thực nghiệm tại tuyến đường ở huyện Lương Sơn, tỉnh Hòa Bình

■ **TS. NGUYỄN VĂN CHÍNH; ThS. LÊ QUANG(*)**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: (*)lequang_td@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Bản đồ địa hình thành lập bằng công nghệ Lidar thu được số lượng điểm chi tiết rất lớn cho phép xây dựng bề mặt địa hình 3D. Tuy nhiên, do tia laser không xuyên qua được tầng phủ thực vật nên kết quả nhận được có thể là bề mặt lớp phủ thực vật thay vì bề mặt đất, do vậy cần thiết phải nghiên cứu loại bỏ tầng phủ thực vật đảm bảo độ chính xác của bản đồ địa hình. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm thành lập bản đồ địa hình cho tuyến đường ở vùng miền núi tỉnh Hòa Bình, sử dụng "Phép lọc TIN di động" của phần mềm Terra Solid, kết quả cho thấy với bề mặt bê tông xi măng (BTXM) và có đáp ứng độ chính xác độ cao bản đồ tỷ lệ 1/500, bề mặt cây tự nhiên đáp ứng độ chính xác độ cao bản đồ tỷ lệ 1/2.000.

TỪ KHÓA: Lidar, khảo sát địa hình, BIM, số liệu khảo sát.

ABSTRACT: Topographic maps created by Lidar technology capture a large number of detailed points, allowing the construction of a 3D terrain surface. However, because laser beams cannot penetrate the vegetation layer, the results obtained may be the surface of the vegetation layer instead of the ground surface, so it is necessary to study the removal of the vegetation layer to ensure the accuracy of the topographic map. The results of the experimental study to establish a topographic map for a route in the mountainous area of Hoa Binh province, using the " Adaptive TIN Models " of Terra Solid software, the results show that the surface of BTXM and grass meets the accuracy of the map elevation at a scale of 1/500, the surface of natural trees meets the accuracy of the map elevation at a scale of 1/2,000.

KEYWORDS: Lidar, survey, BIM, survey data.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Để thực hiện thiết kế 3D phù hợp với yêu cầu của mô hình thông tin công trình (BIM) thì cần phải có số liệu khảo sát 3D tương ứng. Trong các phương pháp khảo sát thành lập bản đồ địa hình thì công nghệ Lidar là giải pháp thu được số lượng điểm chi tiết rất lớn (đám mây điểm) cho phép xây dựng bề mặt địa hình 3D. Tuy nhiên, độ chính xác độ cao của bản đồ địa hình bị ảnh hưởng rất lớn bởi tầng phủ, do vậy nghiên cứu giải pháp loại bỏ ảnh hưởng tầng phủ đã được quan tâm nghiên cứu ở nước ngoài cũng như ở Việt Nam.

Đã có rất nhiều thuật toán lọc dữ liệu tầng phủ như: Thuật toán lọc giản đơn [1], lọc theo ngưỡng độ cao [2], lọc theo độ dốc tối đa cục bộ [3], lọc theo hình thái lũy tiến [4]... Nguyên tắc chung của các thuật toán lọc dữ liệu là nhận dạng những điểm dữ liệu không phải là điểm mặt đất sau đó tiến hành xóa bỏ các điểm đó. Các nghiên cứu cho thấy không có giải pháp lọc tầng phủ tối ưu đáp ứng yêu cầu lọc bỏ toàn bộ tầng phủ mà mỗi thuật toán thích hợp cho một số dạng bề mặt [5, 6, 7].

Ở Việt Nam, nghiên cứu của nhóm tác giả Trần Trung Anh, Trần Hồng Hạnh, Quách Mạnh Tuấn [8] đã xây dựng thuật toán kết hợp lọc giản đơn và lọc phân bố cho thấy giải pháp đáp ứng yêu cầu thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1/2000, đường đồng mức 1 m. Nghiên cứu của nhóm tác giả Đinh Xuân Vinh, Cao Minh Thủy [9] đề xuất sử dụng phép lọc hình thái lũy tiến với khu đô thị, phép lọc độ dốc tối đa cục bộ cho khu vực thông thoáng, khu vực nút giao thông có cầu nhiều tầng thì dùng phép lọc TIN di động.

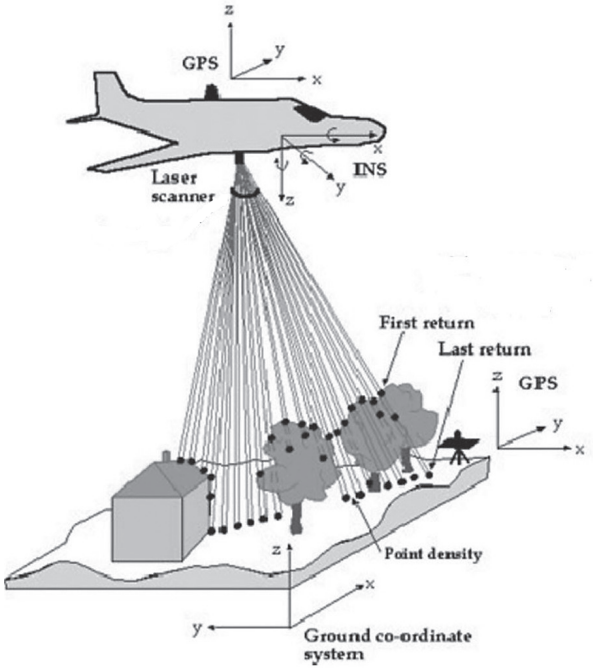
Như vậy, những nghiên cứu ở trong và ngoài nước cho thấy không có giải pháp loại bỏ tầng phủ thực vật tối ưu nên cần tiếp tục nghiên cứu, đặc biệt là nghiên cứu thực nghiệm.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên lý thành lập bản đồ bằng công nghệ UAV- Lidar

Nguyên lý thành lập bản đồ địa hình bằng công nghệ Lidar (Light Detection and Ranging) là phát chùm tia laser

đến bề mặt và nhận được tia phản hồi, từ đó xác định được tọa độ không gian (x, y, z) của các điểm bề mặt *(Hình 2.1)*, thiết bị phát tia laser được gắn trên máy bay không người lái *(Hình 2.2a)* hoặc gắn trên thiết bị trên mặt đất *(Hình 2.2b)*.



Hình 2.1: Nguyên lý đo điểm chi tiết bằng công nghệ UAV- Lidar

a) *b)*

Hình 2.2: Lidar gắn trên thiết bị bay không người lái và trên thiết bị mặt đất

Tọa độ không gian của các điểm chi tiết thu được có độ chính xác cao. Tuy nhiên, do tia laser chỉ truyền thẳng và thường không xuyên qua được các đối tượng mà ánh sáng không đi qua như tầng phủ thực vật, các công trình xây dựng... nếu không xử lý thì điểm thu được là bề mặt tầng phủ thực vật hoặc bề mặt công trình xây dựng mà không phải là bề mặt đất.

2.2. Một số phương pháp lọc tầng phủ thực vật

a) Phương pháp lọc giản đơn [1]

Bộ lọc đơn giản nhất hoạt động bằng cách luôn lấy độ cao thấp nhất trong một khu vực nhất định làm điểm địa hình. Để thực hiện phép lọc này, tiến hành chia khu vực đám mây điểm thành các ô vuông hoặc hình chữ nhật. Sau đó tiến hành tìm kiếm và so sánh cao độ các điểm trong ô lưới, cao độ điểm thấp nhất được chọn là điểm địa hình.

b) Phép lọc ngưỡng độ cao với cửa sổ mở rộng [2]

Đầu tiên, tập dữ liệu đám mây điểm Lidar được chia thành một mảng các ô vuông theo mặt bằng với kích thước tùy chọn, sau đó tất cả các điểm, ngoại trừ độ cao tối thiểu đều bị loại bỏ. Đối với lần lặp tiếp theo, các ô được tăng kích thước và độ cao tối thiểu trong mỗi ô được xác định. Sau đó, tất cả các điểm có độ cao lớn hơn ngưỡng tối thiểu sẽ bị loại bỏ.

Quá trình được lặp lại với các ô và ngưỡng tăng kích thước cho đến khi không có điểm nào từ lần lặp trước bị loại bỏ.

c) *Phép lọc độ dốc tối đa cục bộ [3]*

Bằng cách so sánh các dải cục bộ giữa một điểm Lidar và các điểm lân cận của nó. Phủ một lớp lưới hình chữ nhật trên tập dữ liệu Lidar và tạo một mảng 2D có các phần tử đại diện cho các điểm đặc trưng trong các ô của lưới che phủ tập dữ liệu. Mỗi phép đo điểm $p_j(x_j, y_j, z_j)$ từ tập dữ liệu Lidar được gán vào một ô theo tọa độ x và y của nó. Nếu có nhiều hơn một điểm đặc trưng vào cùng một ô, thì điểm có độ cao thấp nhất được chọn làm thành phần mảng.

Điểm khảo sát Lidar $p_0(x_0, y_0, z_0)$, được phân loại là phép đo mặt đất nếu giá trị tối đa ($s_{0,max}$) của độ dốc giữa điểm này và bất kỳ điểm nào khác (p_j) trong bán kính R cho trước nhỏ hơn ngưỡng xác định trước (s):

$$S_{0,j} = \frac{z_0 - z_j}{\sqrt{(x_0 - x_j)^2 + (y_0 - y_j)^2}} \quad (1)$$

p_0 - Điểm địa hình nếu $s_{0,max} < s$

Trong đó: $s_{0,j}$ - Độ dốc giữa p_0 và p_j; x_j và y_j - Tọa độ phẳng của p_j và z_j - Độ cao.

d) Bộ lọc hình thái lũy tiến [4]

Bằng cách sử dụng cách tăng dần kích thước cửa sổ và sử dụng các ngưỡng chênh lệch độ cao, bộ lọc sẽ loại bỏ các điểm đối với các vật thể có kích thước như nhau trong khi vẫn bảo tồn dữ liệu mặt đất. Quy trình của bộ lọc hình thái lũy tiến như sau:

- Phủ một lưới hình chữ nhật trên tập dữ liệu Lidar. Mỗi ô chứa một trị đo điểm của độ cao thấp nhất trong số các điểm có tọa độ nằm trong ô. Kích thước ô thường được chọn là nhỏ hơn khoảng cách trung bình giữa các trị đo Lidar để hầu hết các điểm Lidar được bảo tồn. Nếu không có trị đo nào tồn tại trong một ô, nó được gán giá trị của điểm gần nhất. Độ cao của các điểm trong các ô tạo thành một bề mặt gần đúng ban đầu.

- Thực hiện thao tác mở trên bề mặt ban đầu để lấy được bề mặt thứ cấp. Chênh lệch độ cao ($dh_{i,j}$) của một ô j giữa các bề mặt trước (i-1) và hiện tại (i) được so sánh với ngưỡng $dh_{i,T}$ để xác định xem điểm p_j trong ô này có phải là phép đo phi địa hình không.

- Tăng kích thước cửa sổ lọc và mô hình bề mặt có được từ bước thứ hai sử dụng làm đầu vào cho thao tác mở tiếp theo. Bước thứ hai và thứ ba được lặp lại cho đến khi kích thước của cửa sổ lọc lớn hơn kích thước tối đa được xác định trước của các địa vật.

e) Phép lọc TIN di động (10)

Bộ lọc TIN di động sử dụng khoảng cách điểm trên bề mặt TIN để chọn điểm mặt đất từ bộ dữ liệu Lidar. Cách thức thực hiện thuật toán như sau:

- Chia tập dữ liệu thành một mảng các ô vuông và các điểm trong một ô có độ cao thấp nhất được chọn là các hạt giống của tập dữ liệu điểm mặt đất. Kích thước của một ô

vuông được đặt là lớn hơn kích thước tối đa của các đối tượng địa vật trong khu vực nghiên cứu. Một TIN được xây dựng bằng cách sử dụng các điểm hạt giống dựa trên thuật toán tam giác Delauney.

- Kiểm tra các điểm phía trên mỗi tam giác của TIN về khoảng cách của chúng với bề mặt tam giác, góc lớn nhất của 3 góc giữa bề mặt tam giác với các đường nối giữa điểm xét và các đỉnh của tam giác. Nếu khoảng cách và góc của một điểm nhỏ hơn ngưỡng được xác định trước, điểm đó sẽ được thêm vào tập dữ liệu điểm mặt đất. Ngưỡng góc được sử dụng để kiểm soát điểm gần với điểm mặt đất (khoảng cách bé hơn ngưỡng) nhưng có độ dốc lớn. Để xử lý điểm trên địa hình dốc như vách đá, khoảng cách của điểm đối xứng đến bề mặt tương ứng cũng được sử dụng trong quá trình chọn điểm mặt đất.

- Các bước tiếp theo, TIN mới được tạo với các điểm mặt đất mới và quá trình lọc tiếp tục, phép lọc sẽ dừng lại khi không có điểm mới nào được thêm vào tập điểm địa hình.

** Nhận xét:* Có nhiều phương pháp lọc tầng phủ, tuy nhiên phương pháp "TIN di động" được sử dụng trong phần mềm chuyên dụng xử lý số liệu Lidar, do vậy trong nội dung nghiên cứu sử dụng phương pháp để nghiên cứu thực nghiệm.

2.3. Thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng của tầng phủ đến độ chính xác bản đồ địa hình dạng tuyến

a) Công thức đánh giá độ chính xác

Độ chính xác độ cao của bản đồ được xác định trên cơ sở so sánh độ cao của bản đồ địa hình thành lập bằng công nghệ UAV- Lidar với độ cao của những điểm đó được đo bằng phương pháp thủy chuẩn kỹ thuật. Các công thức đánh giá như sau:

Độ lệch độ cao:

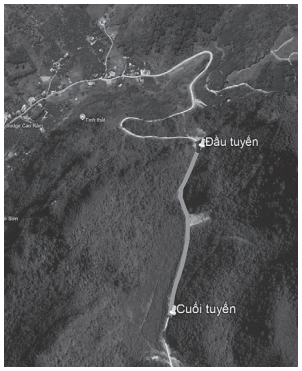
$$\Delta H = H_{Ld} - H_g \quad (2)$$

H_g - Độ cao gốc trên bản đồ, vị trí điểm được định vị bằng máy toàn đạc điện tử và đo độ cao bằng máy thủy bình với độ chính xác độ cao kỹ thuật.

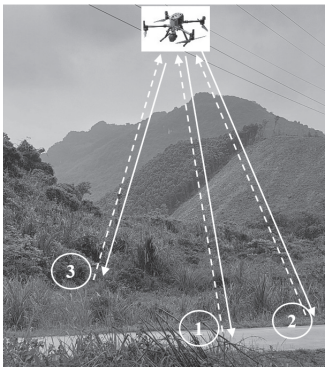
H_{Ld} - Độ cao xác định bằng công nghệ UAV- Lidar .

b) Đặc điểm khu vực thực nghiệm

- Khu vực thực nghiệm là một đoạn đường BTXM dài khoảng 650 m ở xã Cao Sơn, huyện Lương Sơn, tỉnh Hòa Bình. Chênh lệch độ cao giữa điểm thấp nhất và cao nhất trên tuyến thực nghiệm là 73,9 m. Vị trí tuyến thực nghiệm thể hiện trong *Hình 2.3*.



Hình 2.3: Vị trí tuyến thực nghiệm



Hình 2.4: Vị trí bề mặt thực nghiệm

- Bề mặt thực nghiệm trong ký hiệu 1 là bề mặt BTXM, 2 là bề mặt cỏ và 3 là cây tự nhiên *(Hình 2.4)*.

c) Tiến hành thực nghiệm

- Thiết bị thực nghiệm gồm: UAV DJI Matrice M300 RTK (M300), Lidar DJI Zenmuse L1 LiDAR,GNSS T300, máy toàn đạc điện tử GTS 230, máy thủy bình AT-G4.

- Đo độ cao gốc: Điểm gốc được đánh dấu trước trên bình đồ, sử dụng máy toàn đạc điện tử GTS 230 để bố trí điểm từ bình đồ ra thực địa. Sử dụng máy thủy bình AT-G4 để đo độ cao các điểm gốc.

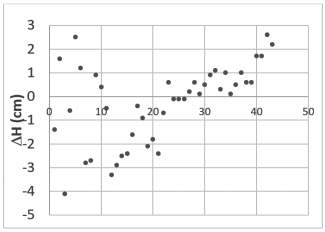
- Bay chụp Lidar: Sau khi thực hiện các thủ tục thiết kế ca bay trên sổ tay điều khiển M300 với độ phủ ngang là 60% và độ phủ dọc 80%, bay theo dáng song song với bề mặt địa hình. Kết nối giữa máy bay với trạm Base bằng Radio link. Chiều cao bay là 80 m, vận tốc bay là 4 m/s.

- Xử lý số liệu: Từ dữ liệu đo xử lý thu được file "point cloud". Lọc tầng phủ thực vật bằng "Phép lọc TIN di động" trong phần mềm Terra Solid. Sau khi lọc tầng phủ thì sử dụng phần mềm Civil 3D để xây dựng mô hình số địa hình (DTM), xác định độ cao các điểm gốc trên mô hình số địa hình. So sánh độ cao trên mô hình số địa hình với độ cao gốc theo các công thức (5) và (6).

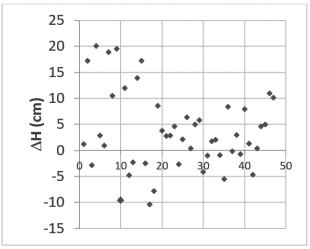
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

- Số lượng điểm thực nghiệm: 43 điểm trên bề mặt BTXM, 47 điểm trên bề mặt tầng phủ là cỏ, 56 điểm trên bề mặt tầng phủ là cây bụi tự nhiên, loại bỏ điểm chứa sai số thô (độ lệch >3 m).

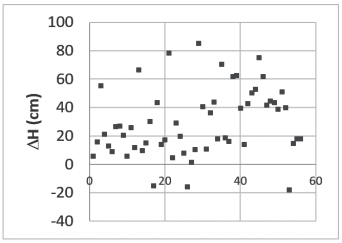
- Độ lệch cao độ theo công thức (5) thể hiện trong đồ thị *Hình 3.1, 3.2, 3.3*.



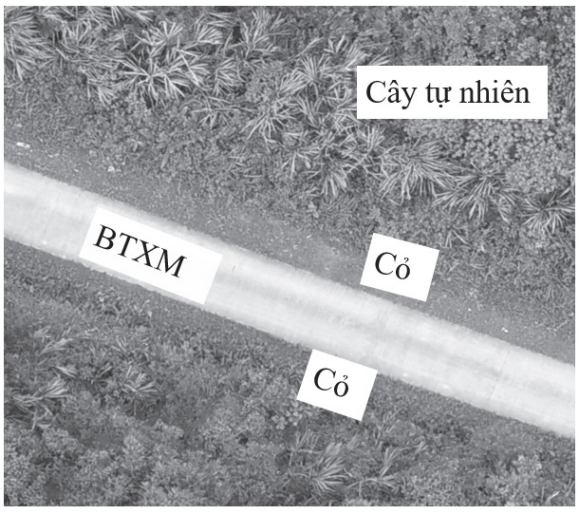
Hình 3.1: Độ lệch độ cao của các điểm trên bề mặt BTXM



Hình 3.2: Độ lệch độ cao của các điểm trên bề mặt cỏ



Hình 3.3: Độ lệch độ cao của các điểm trên bề mặt cây tự nhiên



Hình 3.4: Bề mặt thực nghiệm trên mặt BTXM, cỏ và cây tự nhiên

Nhận xét:

- Số lượng điểm có độ cao UAV-Lidar lớn hơn độ cao thủy chuẩn ($H_{Ld} > H_g$)

+ Trên bề mặt BTXM: 23/43 điểm;

+ Trên bề mặt cỏ: 32/47 điểm;

+ Trên bề mặt cây tự nhiên: 53/56 điểm.

Số lượng điểm có độ cao đo bằng UAV-Lidar lớn hơn độ cao thủy chuẩn tăng rõ rệt từ bề mặt BTXM đến bề mặt cỏ và bề mặt cây tự nhiên. Kết quả này cho thấy tầng phủ càng dày thì số lượng điểm thu được là độ cao của tầng phủ (cao hơn độ cao mặt đất) càng lớn. Đối với bề mặt cây tự nhiên thì khả năng xuyên qua tầng phủ của tia laser rất kém và thuật toán xử lý tầng phủ của phần mềm Terra Solid chưa đáp ứng yêu cầu loại bỏ triệt để tầng phủ.

- Quy phạm kỹ thuật thành lập bản đồ địa hình [11], độ chính xác độ cao của bản đồ địa hình khu vực có độ dốc từ 6^0 đến 15^0 với tỷ lệ 1/500 là 0,333 m, tỷ lệ 1/1.000 là 0,667 m và 1/2.000 là 1,667 m. Như vậy, công nghệ UAV- Lidar cho phép thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1/500 đối với bề mặt BTXM và cỏ, tỷ lệ 1/2000 đối với bề mặt cây tự nhiên.

- Trong phạm vi thực nghiệm không phát hiện thấy ảnh hưởng của chiều dài tuyến đến độ chính xác của bản đồ.

4. KẾT LUẬN

- Kết quả thực nghiệm cho thấy ảnh hưởng của lớp phủ tăng rõ rệt từ bề mặt BTXM đến bề mặt cỏ và bề mặt cây tự nhiên. Đồng thời, số lượng điểm có độ cao lớn hơn cao độ mặt đất tăng rất nhanh giữa bề mặt BTXM, bề mặt cỏ và bề mặt cây tự nhiên.

- Ứng dụng khảo sát phục vụ thiết kế theo BIM cho công trình dạng tuyến. Trong phạm vi thực nghiệm cho thấy:

+ Bề mặt BTXM và cỏ đáp ứng độ chính xác độ cao khi thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1/500 [11], đồng thời đáp ứng độ chính xác của mặt cắt địa hình đường ô tô [12]. Do vậy, cho phép ứng dụng tạo mô hình địa hình 3D phục vụ triển khai BIM ở bước sau thiết kế cơ sở.

+ Bề mặt cây tự nhiên đáp ứng độ chính xác độ cao của bản đồ tỷ lệ 1/2.000 và mô hình địa hình 3D phục vụ triển khai BIM ở bước thiết kế cơ sở và thiết kế sơ bộ.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông vận tải trong Đề tài mã số T2024-CT-033.

Tài liệu tham khảo

[1]. Jie Shan, Charles K.Toth (2017), *Topographic laser ranging and scaning Principles and Processing*, CRC press, *https://doi.org/10.1201/9781315154381*.

[2]. Keqi Zhang, Dean Whitman (2003), *Comparison of Three Algorithms for Filtering Airborne LiDAR Data*, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing - March 2005.

[3]. Vosselman (2000), *Slope base filtering of laser altimetry Data*, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, vol.XXXIII, Amsterdam.

[4]. Keqi Zhang, Shu-Ching Chen (April, 2003), *A Progressive Morphological Filter for removing Nonground Measurements From Airborne LIDAR Data*, IEEE Transactions on geoscience and Remote sensing, vol.41, no.4.

[5]. Xiaoqian Zhaoa, Yanjun Sua, WenKai Lid, Tianyu Hua, Jin Liua and Qinghua Guo (2017), *A Comparison of LiDAR Filtering Algorithms in Vegetated Mountain Areas,* Canadian Journal of Remote Sensing, DOI:10.1080/07038992.2018.1481738.

[6]. Lixin Wei, Biao Yang, Jianping Jiang, Guanzhong Cao (2016), *Vegetation filtering algorithm for UAV-borne lidar point clouds: a case study in the middle-lower Yangtze River riparian zone*, International Journal of Remote Sensing, vol.38, DOI:10.1080/01431161.2016.1252476.

[7]. Carlos Alberto Silva, Carine Klauberg, Angela Maria Klein Hentz, Ana Paula Dalla Corte, Uelison Ribeiro, Veraldo Liesenberg (2018), *Comparing the Performance of Ground Filtering Algorithms for Terrain Modeling in a Forest Environment Using Airborne LiDAR Data*, Floresta e Ambiente 2018, *http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.015016*.

[8]. Trần Trung Anh, Trần Hồng Hạnh, Quách Mạnh Tuấn (2022), *Kết hợp lọc hình thái và lọc phân bố mật độ đám mây điểm UAV-LiDAR để xây dựng mô hình số địa hình*, Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất 63 (5), 1-10.

[9]. Đinh Xuân Vinh, Cao Minh Thủy (2021), *Nghiên cứu tách dữ liệu địa hình từ đám mây điểm LiDAR phục vụ thành lập DEM - Thực nghiệm tại quận Long Biên, TP. Hà Nội, www.tainguyenvamoitruong.vn*.

[10]. Axelsson, P. (2000), *DEM generation from laser scanner data using adaptive tin models*, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, XXXIII, Part B4.

[11]. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2015), *Quy định kỹ thuật đo đạc trực tiếp địa hình phục vụ thành lập bản đồ địa hình và cơ sở dữ liệu nền địa lý tỷ lệ 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000*;

[12]. Tổng cục Đường bộ Việt Nam (2020), *Đường ô tô - Tiêu chuẩn khảo sát, TCCS 31: 2020/TCĐBVN*.

Ngày nhận bài: 24/10/2024
Ngày nhận bài sửa: 17/11/2024
Ngày chấp nhận đăng: 28/11/2024