



## Journal of Mining and Earth Sciences

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



# Building 3D model for the deep vertical shaft in Nui Beo coal mine using Terrestrial laser scanning technology



Hanh Hong Tran \*, Nhan Thi Pham

Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 15<sup>th</sup> June 2021

Revised 25<sup>th</sup> Oct. 2021

Accepted 17<sup>th</sup> Nov. 2021

#### Keywords:

3D model,  
Depth vertical shaft,  
Magnet Collage,  
Nui Beo coal mine,  
TLS.

### ABSTRACT

*Nowadays, deep vertical shafts have been built normally in Vietnam's underground coal mines. During the operation of the underground coal mines, the deep vertical shafts must check periodically. With the advantages of fast measurement, high accuracy, point cloud data, the ability to process data by other specialized software, etc. Terrestrial laser scanning technology has allowed building 3D models for deep vertical shafts and used for other different purposes. In this present, by using Topcon's equipment and software, the process of establishing a 3D model for the main vertical shaft of the Nui Beo coal mine at a depth of 400 m was indicated. The simulation results have the cumulative error of sampling interval of stations not more than 4 mm, and the average position deviation of the aim direction relative to the vertical is 8.3 mm.*

Copyright © 2021 Hanoi University of Mining and Geology. All rights reserved.

\*Corresponding author

E - mail: [tranhonghanh@humg.edu.vn](mailto:tranhonghanh@humg.edu.vn)

DOI: 10.46326/JMES.2021.62(5a).16



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

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



# Xây dựng mô hình 3D giếng đứng mỏ than Núi Béo bằng công nghệ quét laser mặt đất

Trần Hồng Hạnh \*, Phạm Thị Nhàn

Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam

**THÔNG TIN BÀI BÁO**

**TÓM TẮT**

*Quá trình:*

Nhận bài 15/6/2021

Sửa xong 25/10/2021

Chấp nhận đăng 17/11/2021

*Từ khóa:*

Giếng đứng độ sâu lớn,

Magnet Collage,

Mô hình 3D,

Mỏ Núi Béo,

TLS.

*Thời gian gần đây tại Việt Nam, giếng đứng có độ sâu lớn đã được xây dựng ở các mỏ khai thác than hầm lò, trong quá trình vận hành của mỏ, các giếng này cần thiết phải được kiểm tra định kỳ. Với những ưu điểm về khả năng đo nhanh, độ chính xác cao, dữ liệu đám mây điểm, khả năng xử lý bằng phần mềm chuyên dụng,... Công nghệ quét laser mặt đất không chỉ cho phép xây dựng mô hình 3D cho các giếng đứng có độ sâu lớn mà còn được sử dụng cho nhiều mục đích khác nhau. Bài báo trình bày quy trình thành lập mô hình 3D giếng đứng chính tại mỏ than Núi Béo có độ sâu 400 m bằng thiết bị và phần mềm của hãng Topcon với sai số tích lũy của các trạm ghép liền kề không quá 4 mm, đồng thời xác được độ lệch vị trí trung bình của thanh dẫn so với phương thẳng đứng là 8,3 mm.*

© 2021 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

**1. Giới thiệu**

Các mỏ than hầm lò tại Việt Nam hiện nay dần chuyển sang mở vỉa bằng các giếng đứng với độ sâu lớn (400÷700 m) điển hình như các mỏ than Mạo Khê, Hà Lầm, Núi Béo, Hạ Long. Theo thời gian vận hành của mỏ, các thiết bị trong giếng đứng cần được kiểm tra mức độ hao mòn, biến dạng, nhằm kịp thời bảo dưỡng, chỉnh sửa, thay thế,... đảm bảo an toàn trong quá trình vận hành giếng đứng.

Giếng đứng chủ yếu được dùng để vận chuyển sản phẩm khai thác, người lao động, trang thiết bị

phục vụ khai thác,... ở các mức lò có độ sâu khác nhau. Trong lòng giếng đứng đối tượng chính thường xuyên cần được kiểm tra là các thanh dẫn hướng, xà dầm ngang,... ngoài ra, bề mặt thành giếng, sự ăn mòn của các vật liệu khác trong giếng cũng là đối tượng cần được quan tâm kiểm tra định kỳ.

Hiện nay, để kiểm tra các đối tượng trong lòng giếng đứng tại Việt Nam vẫn thường sử dụng các phương pháp dây dọi truyền thống và quan sát bằng mắt thường. Tuy nhiên, do sử dụng phương pháp dây dọi làm chuẩn cùng thước thép và thi công trong điều kiện khó khăn như: tắt thông gió, ẩm ướt, thiếu ánh sáng và có nhiều góc khuất do vướng các thiết bị khác trong giếng,... nhưng kết quả đo đạc thường đạt được với độ chính xác không cao, sử dụng nhiều nhân công, cần nhiều thời gian tạm dừng hoạt động vận tải của giếng để

\*Tác giả liên hệ

E - mail: [tranhonghanh@humg.edu.vn](mailto:tranhonghanh@humg.edu.vn)

DOI: 10.46326/JMES.2021.62(5a).16

phục vụ đo đạc, khó khăn trong việc quan sát hiện trạng của các thiết bị ăn mòn, nguy hiểm khi đo đạc,... Do vậy, đòi hỏi cần phải áp dụng công nghệ mới nhằm tăng năng suất, mức độ chi tiết, độ chính xác, đồng thời sử dụng được cho nhiều mục đích,...

Quét laser mặt đất (TLS - Terrestrial Laser Scanner) đang là xu hướng công nghệ mới được ứng dụng hiện nay, với khả năng cho phép thu thập dữ liệu địa không gian đám mây điểm "point cloud" nhanh chóng (vài phút đến vài giờ) bộ dữ liệu có độ chính xác cao ở độ phân giải không gian mức milimet (Thomas và nnk., 2009; Nguyễn Việt Nghĩa, 2017), cho phép đo quét đám mây điểm chi tiết các đối tượng thu được trong các khoảng không gian đo quét, không phải đo trực tiếp đến các đối tượng (Võ Chí Mỹ, 2016; Pfeifer và Briese, 2007). Trong lĩnh vực khai thác mỏ, công nghệ TLS đã thể hiện ở khả năng xử lý dữ liệu, sử dụng cho nhiều mục đích cùng lúc (Bock và nnk., 2009; Kukutsch, Kajzar, Waclawik, & Nemcik, 2016; Nguyen Quoc Long và nnk., 2018; Nguyen Viet Nghia và nnk., 2016; 2019). Dữ liệu đám mây điểm đo quét bằng công nghệ quét laser cho phép mang đến cơ hội cải thiện hiệu quả ở nhiều mục đích so với phương pháp đo đạc truyền thống trong công tác kiểm tra giếng đứng (Lipecki và Huong, 2020). Tại Ba Lan, Lipecki và Huong (2020) đã ứng dụng thiết bị quét laser di động để xây dựng mô hình 3D giếng đứng với độ chính xác đạt 1÷3 mm (mặt cắt ngang), nghiên cứu của Nguyễn Việt Nghĩa (2020) đã bước đầu thử nghiệm ứng dụng TLS để kiểm tra thanh dẫn hướng cho giếng đứng có độ sâu 200 m tại giếng đứng phụ của mỏ than núi Béo với độ chính xác đạt được là 4,64 mm.

Tuy nhiên, trong các mỏ hầm lò Việt Nam, việc thành lập quy trình quy trình xử lý dữ liệu quét laser mặt đất để xây mô hình 3D phục vụ công tác kiểm tra hiện trạng giếng đứng có độ sâu lớn vẫn chưa được đề cập. Bài báo trình bày quy trình ghép trạm đo quét, xử lý dữ liệu TLS bằng phần mềm chuyên dụng Magnet Collage của hãng Topcon, nhằm xây dựng mô hình 3D giếng đứng của mỏ than Núi Béo với độ sâu 400 m.

## 2. Phương pháp, thiết bị kiểm tra giếng đứng

### 2.1. Hiện trạng và phương pháp nghiên cứu

Giếng đứng của mỏ Núi Béo có độ sâu 400 m, trong giếng có kết cấu các thanh dẫn hướng được

gắn cố định vào dầm xà và được gắn cố định vào thành giếng, khoảng chênh cao giữa các dầm xà là 4,5 m. Thanh dẫn hướng được coi là lý tưởng nếu được lắp đặt theo phương thẳng đứng và các mặt tiếp xúc với bánh tì là đồng phẳng (Hình 1). Đến nay sau hơn 3 năm vận hành liên tục 24 h/ngày phục vụ sản xuất và 5 năm xây dựng mỏ hầm lò, cùng với yếu tố vận động các lớp địa tầng đất đá thì đến nay các thiết bị trong lòng giếng cần thiết được kiểm tra hiện trạng để kịp thời có phương án xử lý thích hợp. Tuy nhiên, với độ sâu của giếng khá lớn cùng số lượng trang thiết bị trong giếng rất nhiều, đòi hỏi cần thiết phải ứng dụng phương pháp mới để giảm thời gian đo đạc ngoại nghiệp và nâng cao an toàn trong quá trình đo đạc và cho phép sử dụng cho nhiều mục đích.

Tại giếng đứng mỏ Núi Béo, việc lắp đặt ròng dọc và dây rọi rất khó khăn do vướng nhiều thiết bị, một số vị trí như ray dẫn hướng đối trọng và ray dẫn thùng kiểm tra giếng không thể tiếp cận thực hiện đo đạc trực tiếp được. Do vậy, thiết bị TLS đã được đặt trên nóc của thùng cũi và đo quét từ trên mặt đất xuống đáy giếng, khẩu độ các tầng đo quét khoảng 4,5 m. Do đó, với chiều sâu giếng đứng mỏ than Núi Béo khoảng 400 m thì số tầng đo quét toàn giếng là 85 tầng. Vị trí dùng thang cũi được ước lượng 1,5÷1,7 m và thấp hơn tầng xà 30÷50 cm.



Hình 1. Các thiết bị, thanh dẫn của giếng đứng trên mặt công nghiệp của mỏ than Núi Béo.

### 2.2. Thiết bị nghiên cứu

Thiết bị TLS được sử dụng là máy quét laser GLS - 2000S của hãng Topcon, máy hoạt động theo nguyên lý đo xung TOF (Time of Flight) với tầm hoạt động của tia laser quét 3600 theo phương ngang và 2700 theo phương dọc. Các thông số kỹ

thuật chính của thiết bị gồm:

- Tốc độ thu thập dữ liệu 120.000 điểm/giây;
- Thời gian đo quét 01 trạm là 2 phút;
- Sai số đo khoảng cách: 3,5mm ( $1 \div 130$  m);
- Sai số góc: 6”;
- Khoảng cách đo xa nhất là 130 m;
- Chế độ đo bề mặt phản xạ thấp 9% trong khoảng cách  $\leq 40$  m;
- Mức độ chịu bụi, ẩm ướt đạt tiêu chuẩn IP54.

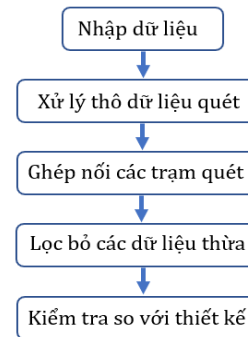
### 2.3. Phần mềm xử lý Magnet Collage

Dữ liệu đo quét từ thiết bị GLS - 2000S được xử lý bằng phần mềm chuyên dụng Magnet Collage của hãng Topcon. Phần mềm này cho phép xử lý dữ liệu “point cloud” của các loại máy như: máy quét laser mặt đất, mobile mapping, UAV,... Đồng thời, cho phép xử lý tính toán dữ liệu: tạo TIN, đường đồng mức, tính khối lượng,... Phần mềm cho phép xuất dữ liệu ra nhiều định dạng như: ptx, rcs, e57, csv,... giúp nâng cao khả năng tương tác với các phần mềm xử lý chuyên dụng khác như: ClearEdge3D, Autodesk,...

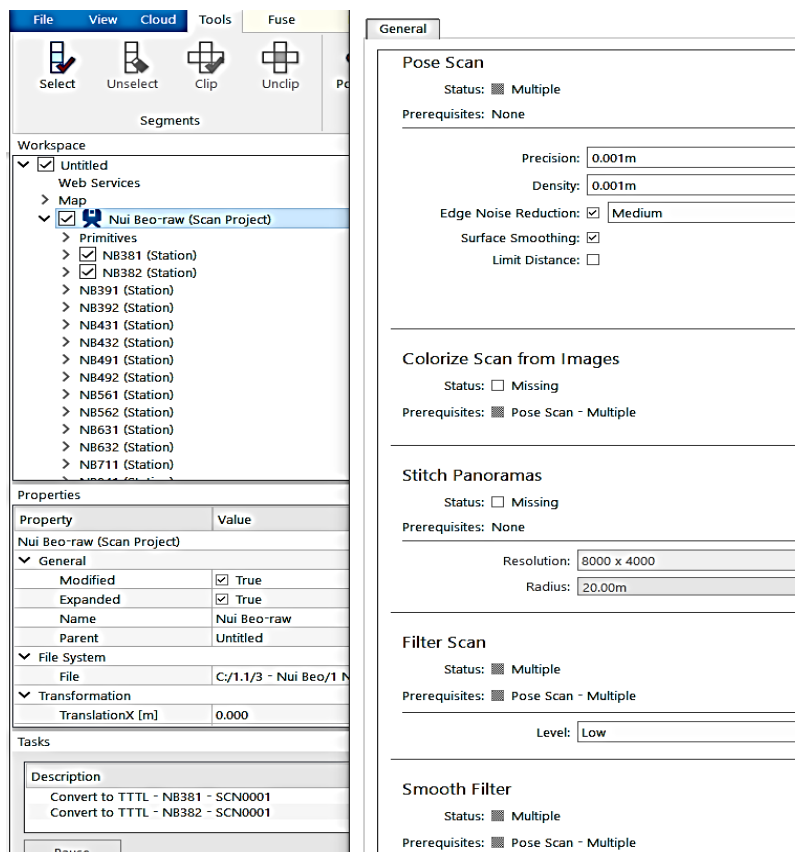
## 3. Thực nghiệm đo quét TLS trong giếng đứng

### 3.1. Quy trình xử lý dữ liệu TLS giếng đứng

Dữ liệu đám mây điểm sau khi đo quét TLS được xử lý bằng phần mềm Magnet Collage theo quy trình ở Hình 2. Theo đó, dữ liệu sau khi được đưa vào phần mềm Magnet Collage sẽ được lựa chọn thông số “xử lý thô dữ liệu” theo các bước: Pose Scan (cài đặt trạm đo), Colorize Scan From Panoramas (toàn cảnh), Filter Scan (lọc đo quét) (Hình 3).



Hình 2. Quy trình xử lý dữ liệu TLS giếng đứng.



Hình 3. Xử lý thô dữ liệu đo quét TLS giếng đứng

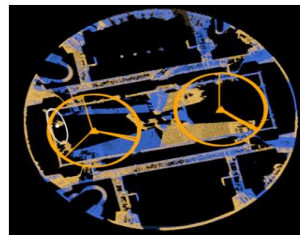
Theo đó, các thông số đặt ra cho mô hình ghép sơ bộ ở “Pose scan” được lựa chọn với độ chính xác và mật độ là 1 mm; “Stitch Panoramas” có bán kính 20 m; “Filter Scan” chọn ở mức lọc “thấp”.

Tiếp theo, tiến hành “ghép nối các trạm” các trạm TLS gần nhau. Quá trình ghép nối các trạm đo quét này là quan trọng nhất vì sẽ ảnh hưởng đến chất lượng của tổng thể toàn bộ mô hình 3D. Theo đó, các trạm đo quét cần được ghép nối (align) theo mặt bằng và trục đứng.

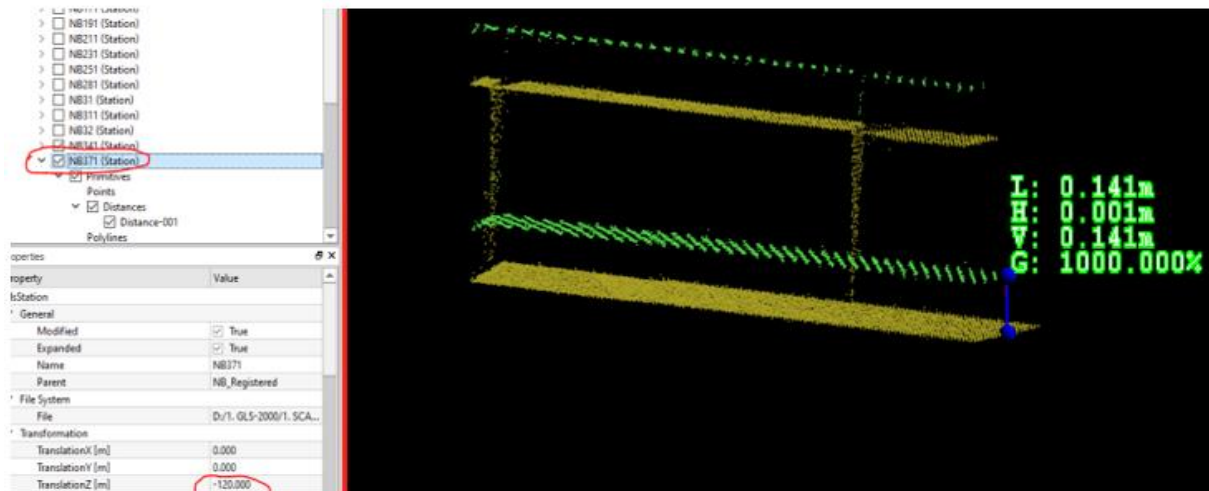
*Align các trạm theo mặt bằng:*

Chỉnh các thông số dịch chuyển X, Y và góc quay

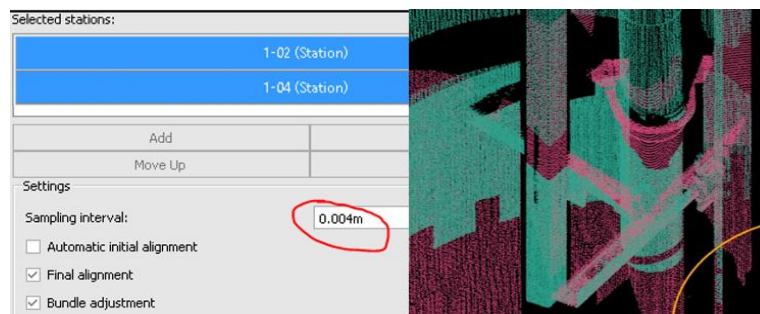
Transformation	
TranslationX [m]	0.001
TranslationY [m]	0.000
TranslationZ [m]	-34.611
RotationRoll [deg]	0.000000000
RotationPitch [deg]	0.000000000
RotationYaw [deg]	0.025289393



Hình 4. Align các trạm theo mặt bằng giếng đứng mỏ Núi Béo.



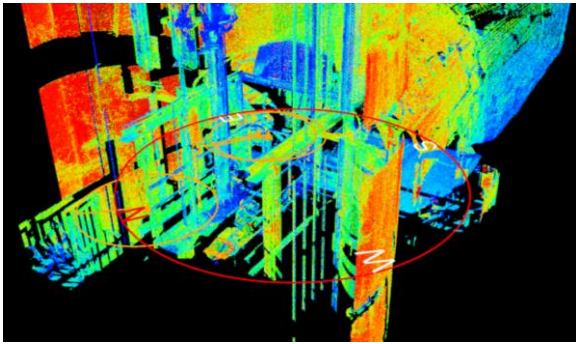
Hình 5. Align theo trục đứng tại vị trí trạm đo 37 ở độ sâu 120 m của giếng đứng mỏ Núi Béo.



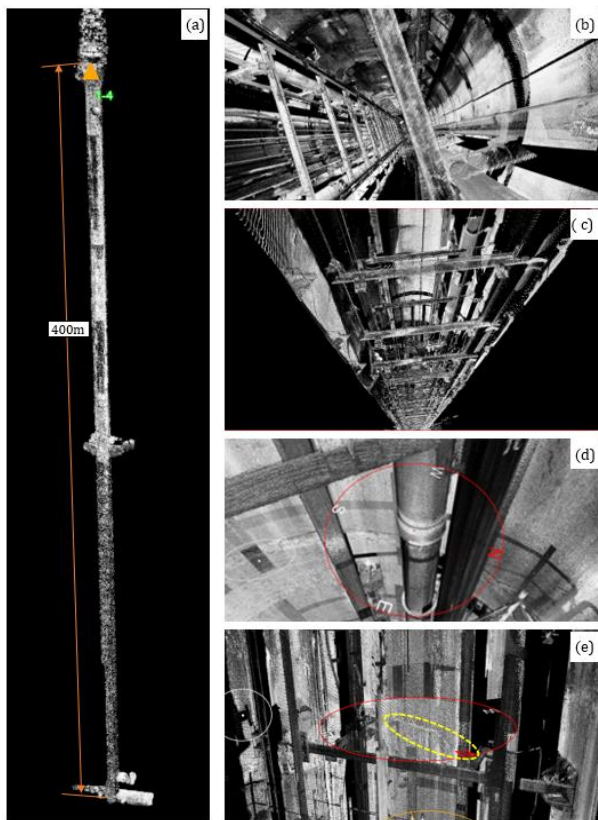
Hình 6. Phân tích loại bỏ các sai số tích lũy (không quá 4 mm) để tạo mô hình 3D tổng thể giếng đứng mỏ Núi Béo.

Với 85 trạm TLS đo quét tại giếng đứng mỏ Núi Béo, tiến hành ghép trạm theo quy trình như ở Hình 2, kết quả là đã xây dựng được mô hình 3D tổng thể giếng đứng mỏ Núi Béo (Hình 8a).

Trên mô hình tổng thể này, người sử dụng có thể dễ dàng nhìn ở nhiều góc cạnh khác nhau tùy



Hình 7. Đám mây điểm tổng thể của 2 trạm đo quét 84 và 85 (đáy giếng).



Hình 8. Mô hình 3D và chi tiết hiển thị trong giếng đứng mỏ Núi Béo.

(a - mô hình 3D giếng đứng với độ sâu 400 m; b - các thiết bị bên trong giếng đứng; c - mặt cắt dọc theo giếng đứng của mô hình; d - thiết bị ống nước trong giếng; e - vết bê tông trên thành giếng có hiện tượng bất thường được phát hiện trên mô hình 3D).

theo mục đích, quan sát tường tận các thiết bị, bề mặt thành giếng... ở các chế độ hiển thị: ảnh chụp, cường độ phản xạ, độ cao thay đổi, mật độ điểm quét, mặt phẳng, trạm đo quét... sao cho phù hợp với mục tiêu đặt ra. Đồng thời, cho phép lựa chọn chỉ hiển thị đối tượng nghiên cứu trên mô hình 3D, xuất các đối tượng hiển thị sang các định dạng khác nhau để xử lý trên các phần mềm chuyên dụng khác, cũng như cho phép xác định khoảng cách giữa các đối tượng với nhau (Hình 9b).

Để kiểm tra độ chính xác của toàn mô hình 3D giếng đứng mỏ than Núi Béo, nhóm nghiên cứu đã tiến hành xác định độ lệch khoảng cách giữa các thanh dẫn hướng đo được trên mô hình với thiết kế ban đầu (phương thẳng đứng) (Hình 9c). Kết quả đã xác định được độ lệch vị trí trung bình của thanh dẫn so với thiết kế là 8,3 mm.

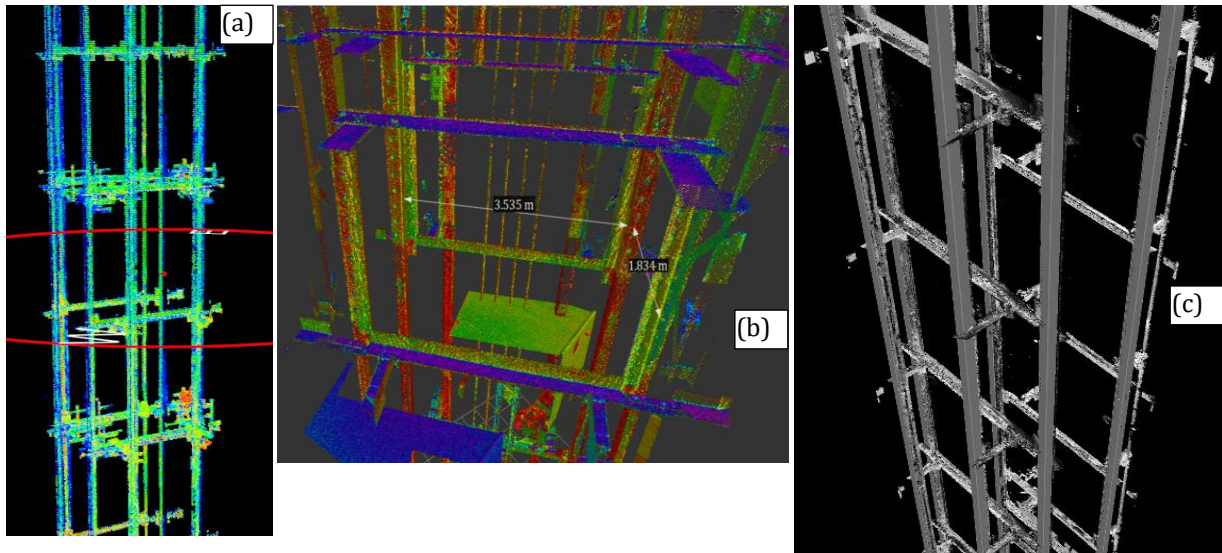
## 5. Kết luận

Quy trình xử lý dữ liệu TLS giếng đứng đã cho phép xử lý nhanh chóng, chính xác mô hình 3D giếng đứng mỏ than Núi Béo có độ sâu 400 m với sai số tích lũy của các trạm ghép liền kề không quá 4 mm, độ lệch vị trí không gian trung bình của thanh dẫn so với phương thẳng đứng là 8,3 mm. Các kết quả trên đã cho phép nâng cao độ chính xác trong đo đạc. Đồng thời cho phép lọc, loại bỏ dữ liệu đo quét thừa, chỉ hiển thị đối tượng được lựa chọn phân tích xử lý tùy mục tiêu công việc đặt ra... cho thấy công nghệ TLS có khả năng đáp ứng nhiều mục đích khác nhau như: kiểm tra độ lệch của thiết bị, đánh giá hiện trạng bất thường, phân tích biến dạng bề mặt thân giếng, cho phép đo đạc gián tiếp trên mô hình ở nhiều góc độ khác nhau, phục vụ nhiều mục đích. Các dữ liệu này cũng cho phép xử lý bằng các phần mềm chuyên dụng khác.

Ngoài ra, với thời gian đo quét 2 phút/trạm, cùng khả năng thu thập toàn bộ dữ liệu địa không gian của các đối tượng trong lòng giếng, đã giảm đáng kể thời gian dừng vận hành phục vụ công đo đạc ngoại nghiệp và nâng cao an toàn trong quá trình đo đạc trong giếng.

## Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin gửi lời cảm ơn sự giúp đỡ của Công ty than Núi Béo và các ông Lê Minh Ngọc, Nguyễn Văn Hùng - Văn phòng đại diện TOPCON/SOKKIA tại Việt Nam đã hỗ trợ trong công tác thực nghiệm và xử lý dữ liệu.



Hình 9. Lộ trình thị thanh dẫn hướng giếng đứng chính mỏ Núi Béo.

(a - hiển thị đối tượng dầm xà ngang và thanh dẫn trên mô hình; b - đo đạc xác định khoảng cách giữa các thanh dẫn trên mô hình 3D; c - kiểm tra độ lệch của thanh dẫn với thiết kế của giếng đứng trên mô hình).

### Đóng góp của các tác giả

Trần Hồng Hạnh - tham gia thực địa, xử lý số liệu, xây dựng mô hình, đưa ra ý tưởng và viết bài báo; Phạm Thị Nhân - tham gia phân tích số liệu, thảo luận ý tưởng cho bài báo.

### Tài liệu tham khảo

- Bock J, Uhl O, Benecke N, Kuchenbecker R. (2009). *Support of High - Performance Operations in Coal Mining by Use of 3D Laser Scanning*. International Society for Mine surveying, 29 - 30 July 2009. UK.
- Pfeifer, N., & Briese, C. (2007). *Laser scanning-principles and applications*. In GeoSiberia 2007 - International Exhibition and Scientific Congress (pp. cp - 59). European Association of Geoscientists & Engineers.
- Lipecki T., Huong K. T. T. (2020). The development of terrestrial laser scanning technology and its applications in vertical shaft in Poland, *Inżynieria Mineralna - Journal of the Polish Mineral Engineering Society*, 2(46), part 1, p. 301-310.
- Nguyen Quoc Long, Michał M. Buczek, La Phu Hien, Sylwia A. Szlapinska, Bui Xuan Nam, Nguyen Viet

Nghia, Cao Xuan Cuong. (2018). Accuracy assessment of mine walls' surface models derived from terrestrial laser scanning. *International Journal of Coal Science & Technology*, 5(3), 328 - 338.

Nguyễn Việt Nghĩa, Võ Ngọc Dũng. (2016). Nghiên cứu khả năng ứng dụng máy quét laser 3D mặt đất trong quản lý xây dựng - khai thác mỏ hầm lò, *Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất*, 57, 65 - 73.

Nguyen Viet Nghia, Nguyen Quoc Long, Nguyen Thi Cuc, Xuan - Nam Bui. (2019). Applied Terrestrial Laser Scanning for coal mine High definition *Underground*, 71(4), 237 - 242.

Nguyễn Việt Nghĩa. (2020). Khả năng ứng dụng công nghệ quét laser mặt đất kiểm tra thanh dẫn giếng đứng tại mỏ than Núi Béo, *Công nghiệp mỏ*, 2, 75 - 78.

Thomas P. K., Klaus M., Maren L., Harald S. (2009). *Methods for geometric accuracy investigations of Terrestrial Laser Scanning systems*. PFG - Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation, 2009, Heft 4, 301 - 314.

Võ Chí Mỹ. (2016). *Trắc địa mỏ*. Hà Nội: Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ.