



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

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



Nghiên cứu khả năng ứng dụng máy quét laser 3D mặt đất trong quản lý xây dựng - khai thác mỏ hầm lò

Nguyễn Viết Nghĩa^{1,*}, Võ Ngọc Dũng¹

¹ Khoa Trắc địa - Bản đồ và Quản lý đất đai, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

TÓM TẮT

Quá trình:

Nhận bài 25/7/2016

Chấp nhận 09/8/2016

Đăng online 30/12/2016

Từ khóa:

Quét laser 3D mặt đất

Dữ liệu địa không gian

Mỏ hầm lò

Thủy điện Đa Dâng

Bài báo trình bày kết quả kiểm tra độ chính xác về không gian khi đo bằng máy quét laser 3D mặt đất (TLS) cho thấy giá trị chênh lệch khoảng cách (ΔS) xác định được $6 \div 14$ mm trong phạm vi từ 50 đến 150 m. Mô hình 3D đo bằng TLS tại khu vực hầm thủy điện Đa Dâng (Lâm Đồng) với thời gian đo, xử lý nhanh chóng trong khoảng thời gian 18 giờ cho phép xác định được vị trí hầm sập và tình trạng không gian tại vị trí xảy ra sự cố và phục vụ công tác cứu nạn, cứu hộ. Mặc dù hiện nay giá thành của thiết bị TLS cao hơn các thiết bị đo đạc truyền thống, nhưng hiệu quả và kết quả công việc cao hơn nhiều. Từ đó trong tương lai gần, máy quét laser 3D mặt đất cũng có thể cho phép ứng dụng trong quản lý xây dựng - khai thác ở mỏ hầm lò, góp phần nâng cao hiệu quả trong quản lý khai thác, quản trị tài nguyên và góp phần minh bạch hóa hoạt động khoáng sản ở Việt Nam.

© 2016 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Đặt vấn đề

Các dữ liệu cơ sở địa không gian là tài nguyên thông tin góp phần hỗ trợ hiệu quả cho công tác quản trị tài nguyên, điều hành, quản lý sản xuất và kiểm soát các hoạt động khai thác khoáng sản.

Trong xu hướng hiện nay, các mỏ hầm lò ở Việt Nam khai thác, mở vỉa ở độ sâu ngày càng lớn như: dự án ở mỏ than Hà Lầm (Công ty CP Than Hà Lầm, 2012), núi Béo (Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin, 2012), dự án khai thác ở đồng bằng Sông Hồng có độ sâu khai thác 300÷600 m so với mặt nước biển (Nguyễn Tam Sơn, 2008). Việc mở vỉa khai thác ở độ sâu lớn như vậy đòi hỏi

trong quá trình thi công xây dựng, vận hành khai thác phải thực hiện với các chỉ tiêu thiết kế phức tạp hơn, các tiêu chuẩn quản lý chất lượng khắt khe, thời gian thi công rút ngắn, đồng thời đòi hỏi hiệu quả sản xuất phải nâng cao hơn. Với những yêu cầu chặt chẽ như vậy thì vai trò của công tác đo đạc trắc địa mỏ trở nên hết sức quan trọng, quyết định hiệu quả hoạt động của mỏ từ giai đoạn khởi công, thi công xây dựng cơ bản, đo cập nhật phục vụ sản xuất, tính khối lượng, kiểm tra định kỳ các công trình xây dựng cơ bản,... (Võ Chí Mỹ, 2012; Fengyun Gu, và nnk, 2013). Đòi hỏi cần phải vừa xác định các thông số hình học của các đối tượng trong mỏ hầm lò, vừa phải xây dựng cơ sở dữ liệu địa không gian một cách chính xác để phục vụ hiệu quả công tác quản lý, xây dựng, khai thác, quản trị tài nguyên mỏ (Võ Chí Mỹ, 2016).

*Tác giả liên hệ.

E-mail: nguyenvietnghia@gmail.com

Với các phương pháp truyền thống trước đây, các đối tượng hình học của mỏ như: giếng, đường lò, gương lò chợ,... thường được đo bằng thước mét hoặc bằng máy toàn đạc điện tử với số lượng điểm thưa thớt, mang tính khái quát, chưa cụ thể chi tiết. Các số liệu đo đạc, các dữ liệu địa không gian được thu thập, xử lý biểu diễn trên các mặt cắt, bản đồ 2D làm cho người quản lý rất khó khăn để bao quát và hình dung.

Trong những năm gần đây, sự xuất hiện của công nghệ quét laser 3D mặt đất (TLS - Terrestrial Laser Scanner) đã mở ra xu hướng mới trong công tác đo đạc, cập nhật vị trí và xây dựng dữ liệu địa không gian trên mô hình 3D cho các đối tượng trong mỏ hầm lò một cách chính xác, nhanh chóng kịp thời, góp phần nâng cao hiệu quả công tác quản trị tài nguyên mỏ.

2. Nguyên tắc hoạt động của công nghệ quét laser 3D

Các máy quét laser 3D mặt đất (TLS) sử dụng sự phản xạ của chùm tia laser có định hướng từ các đối tượng ngoài thực địa để tính toán chính xác vị trí của chúng trong không gian ba chiều. Những máy quét laser 3D mặt đất được ứng dụng trong nhiều nội dung công tác trắc địa. Các thiết bị TLS độ phân giải cao có khả năng tạo ra hàng triệu điểm đo mỗi giây, hiển thị đối tượng trên mô hình 3D, khoảng cách đo xa lên đến km với sai số đo khoảng cách từ mm đến cm (Thomas và nnk, 2009) và quan trọng nữa là đo được trong những điều kiện môi trường hết sức khó khăn.

Nguyên lý của công nghệ quét laser 3D mặt đất là sử dụng tín hiệu laser để đo khoảng cách từ máy quét đến đối tượng. Đồng thời với khoảng cách, máy sẽ đo góc bằng β và góc đứng γ . Từ nguyên lý tọa độ cực, phần mềm của máy sẽ xác định tọa độ không gian X, Y, Z của các điểm. Trong máy quét laser, khoảng cách từ máy phát đến đối tượng có thể xác định theo nguyên lý đo xung hoặc đo pha. TLS trong trắc địa thường sử dụng một trong những công nghệ để xác định chính xác khoảng cách tới các đối tượng.

- “Thời gian di chuyển - Time of Flight”;
- “Cơ sở pha - Phase Based”

2.1. Nguyên lý hoạt động của các máy quét TLS đo xung “Time of Flight”

Máy quét công nghệ đo xung “Time of Flight”

(cũng có thể gọi bằng tên khác “Pulse Based” là kiểu máy quét laser phổ biến nhất trong đo đạc dân dụng bởi tia quét có khả năng đi xa (chuẩn từ 125m đến hơn 1000m) và tốc độ thu thập số liệu đạt tới 50.000 điểm đến 1.000.000 điểm mỗi giây.

Cấu tạo của máy quét TLS đo xung “Time of Flight” gồm các bộ phận chính sau:

- Bộ phát laser tạo ra chùm tia;
- Hệ thống gương lệch để hướng chùm tia laser về phía đối tượng hay khu vực đo vẽ;
- Hệ thống máy thu quang học thứ cấp để xác định tín hiệu laser phản xạ lại từ các đối tượng đo vẽ.

Theo đó tốc độ di chuyển của ánh sáng là giá trị đã biết, thời gian di chuyển của tín hiệu laser có thể chuyển đổi thành số liệu đo khoảng cách chính xác. Khi đó, (Thorsten S., 2007) khoảng cách từ TLS đến điểm phản xạ được xác định bằng công thức:

$$D = \frac{1}{2} \cdot \frac{c}{n} \cdot \Delta t \quad (1)$$

trong đó: c - vận tốc lan truyền sóng laser,
 n - hệ số chiết xuất môi trường,
 Δt - thời gian tín hiệu đi và về của tín hiệu.

Trong phương pháp đo xung TOF (Time-of-Flight) cho phép thu phát đo xa tới km, tốc độ quét đến hơn 50.000 điểm mỗi giây, với độ chính xác đo trung bình 6÷10mm (Quintero và nnk, 2008).

2.2. Nguyên lý hoạt động của các máy quét TLS đo pha “Phase Based”

Máy quét công nghệ “Phase Based” là các máy quét laser điều biến tia sáng laser phát thành nhiều pha và so sánh sự dịch chuyển pha (Phase Shift) trong nguồn năng lượng laser quay trở lại bộ nhận của máy. Các máy quét sử dụng thuật toán Phase Shift để xác định khoảng cách dựa vào các đặc tính duy nhất của từng pha độc lập. Các máy quét laser “Phase Based” có khoảng cách quét ngắn hơn so với các máy quét “Pulse Based” (25÷27 mét), nhưng có tốc độ thu thập số liệu cao hơn rất nhiều so với các máy quét “Pulse Based”, độ chính xác đo khoảng cách phụ thuộc vào cường độ tín hiệu, độ nhiễu...

Đối với các máy quét TLS “Phase Based”, (Quintero và nnk, 2008) khoảng cách đó được tính bằng công thức (2)

$$D = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{c}{f} \cdot \Delta \phi \quad (2)$$



Faro Focus 3D



ILRIS-LR



Leica ScanStation



Trimble GX 3D



Callidus CP 3200

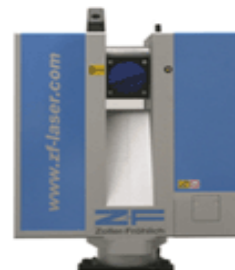
Hình 1: Máy quét laser 3D mặt đất hoạt động theo phương pháp đo xung (Time-of-Flight)



Cyran 2500



Leica HDS 8800



Leica HDS 6000

Hình 2: Một số máy quét laser 3D mặt đất hoạt động theo phương pháp cơ sở pha (Phase Based) (<http://www.greenhatch-group.co.uk/hard-ware-technology-used>)

Trong đó:

c: vận tốc lan truyền sóng laser;

$\Delta\phi$: chênh lệch pha trong truyền và nhận tín

hiệu;

f: tần số điều biến tín hiệu;

Δt : chênh lệch thời gian.

3. Công nghệ quét laser 3D mặt đất trong công tác quản lý xây dựng - khai thác hầm lò

Công nghệ TLS có khả năng ứng dụng gần như không hạn chế, với những ưu điểm như:

- Đo vẽ hầm lò với độ chính xác cao có thể đạt tới giới hạn mi-li-mét (mm), hiện trạng hầm lò được thể hiện rõ ràng khách quan, trung thực không bị ảnh hưởng bởi yếu tố chủ quan của con người (Radovan và nnk, 2016);

- Tốc độ quét lớn (10.000 ÷ 1.000.000 điểm/giây), thời gian đo nhanh, không ảnh hưởng lớn đến tiến độ sản xuất của mỏ;

- Công tác ngoại nghiệp không lớn, có thể đo trong điều kiện khó khăn, không tiếp xúc trực tiếp với các điểm nguy hiểm (vị trí có nguy cơ sập lở đất đá,...) nên độ an toàn công tác đo vẽ ngoại nghiệp được nâng cao;

- Các dữ liệu quét từ TLS tạo thành đám mây điểm 3D, được sử dụng với các phần mềm thích hợp để xử lý, di chuyển, xoay trong không gian 3D, xuất sang 2D, đồng thời các dữ liệu TLS có khả năng trích xuất sang các phần mềm thiết kế khác như: AutoCAD, Microstation, Surpac, Datamine, Micromine, Vulcan,... tạo thành các cơ sở dữ liệu địa không gian cho toàn mỏ (Thorsten, 2007).

Trong công tác trắc địa mỏ, TLS có thể tham gia vào nhiều nội dung công việc như:

- Kiểm tra giếng đứng

Dữ liệu quét laser 3D có thể được xây dựng, cập nhật như một bộ dữ liệu tham khảo cho các chu kỳ tiếp theo để kiểm tra bề mặt cũng như trục giếng đứng. Bằng cách lắp đặt các mốc cố định lâu dài trên các trục, sau đó ở mỗi chu kỳ kiểm tra tiếp theo có thể kiểm tra độ ổn định của các mốc ban đầu này, cũng như có thể kiểm tra bề mặt thành giếng đứng.

- Phục vụ thay đổi thiết kế, sửa chữa

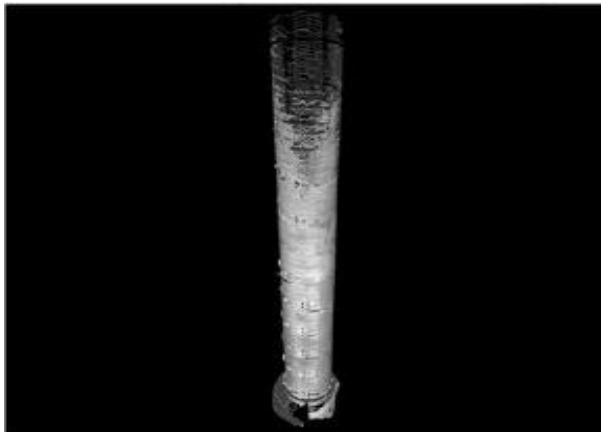
Các dữ liệu đo trong giếng, hầm lò bằng thiết bị TLS được thể hiện trên mô hình 3D, do vậy trong tương lai khi có sự thay đổi thiết kế hay sửa chữa, thay thế, bổ sung trong mỏ thì các dữ liệu này là một tham khảo rất trực quan và hữu ích,



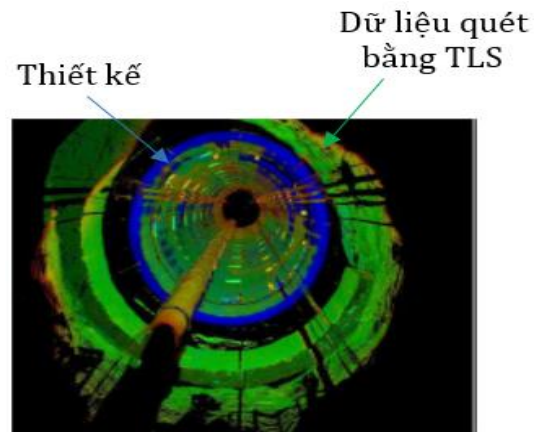
Hình 3. Sử dụng TLS của hãng Faro FOCUS3D tại mỏ Wielczka (BaLan)



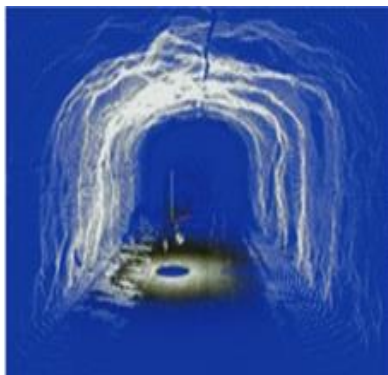
Hình 4. Dữ liệu đo bằng TLS tại đường hầm thủy điện Đa Dâng cho số lượng lớn các điểm



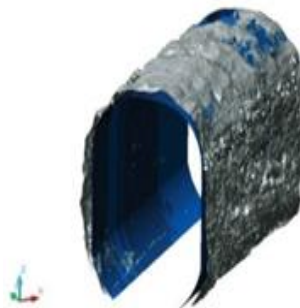
Hình 5: Quét thành giếng đứng và thể hiện trên mô hình 3D (Van der Merwe and Andersen, 2012).



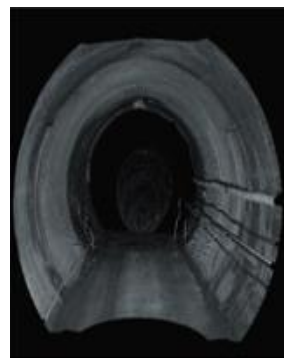
Hình 6: Dữ liệu điểm quét bằng TLS (màu xanh lục) so với thiết kế (màu xanh nước biển)



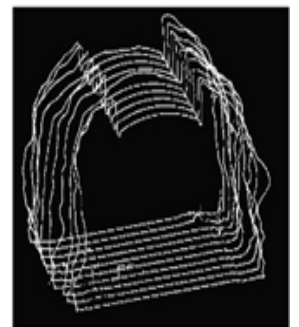
a) Mô hình 3D đám mây đường hầm



b) Mô hình bề mặt ngoài đường hầm



c) Mô hình chuyên đề trong đường hầm



d) Mô hình mặt cắt đường hầm

Hình 7. Đường hầm thủy điện Đa Dâng được đo bằng công nghệ TLS và biểu diễn trên mô hình 3D

giúp cải thiện mức độ chính xác trong việc lập kế hoạch thi công, mua sắm vật tư và hạn chế tối đa những thay đổi, điều chỉnh trong quá trình triển khai.

- Đo đạc cập nhật trong hầm lò, tính khối lượng

Các đối tượng đo đạc cập nhật dưới hầm lò rất đa dạng và khá phức tạp, bao gồm: các loại đường như: lò chuẩn bị, lò xây dựng cơ bản, lò chợ, lò thăm dò, sân ga dưới giếng; các trụ bảo vệ, ranh giới các khu vực phá hủy, chèn lò,...; hệ thống thoát nước và thông gió mỏ,...; vị trí đứt gãy, cấu trúc khoáng sản,... đo dịch chuyển và biến dạng các công trình mỏ. Tất cả các dữ liệu cần phải thực hiện cho nội dung trên đều được xác định và lưu trữ trong cơ sở dữ liệu địa không gian, có ý nghĩa quan trọng trong công tác điều hành sản xuất và quản lý mỏ.

Trong hầm lò, các nội dung này thực hiện trong điều kiện khó khăn, phức tạp, thiếu ánh sáng, nhiều vị trí không thể tiếp cận được. Độ chính xác dữ liệu sẽ bị tác động bởi nhiều nguồn yếu tố. Tuy nhiên, khi sử dụng TLS trong đo vẽ mỏ hầm lò sẽ tạo lên đám mây điểm quét có mật độ lên đến hàng triệu điểm đo trong thời gian rất ngắn, độ chính xác có thể đạt tới (2cm). (Rodríguez-González và nnk, 2015)

Các mô hình 3D được xây dựng, cập nhật bằng phương pháp này qua các kỳ thống kê cho phép xác định khối lượng với độ chính xác cao ($\Delta v \leq \pm 2\%$). Dữ liệu đo bằng TLS qua các chu kỳ cho phép xây dựng các mô hình thay đổi theo thời gian là bức tranh rất khách quan và trung thực về quá trình dịch động đất đá mỏ trong hầm lò.

- Ứng phó kịp thời khi có sự cố xảy ra trong hầm lò. Khi có sự cố xảy ra trong hầm lò, những nhà quản lý, nhân viên cứu hộ có thể dễ dàng nắm bắt được thông tin, vị trí tọa độ của khu vực xảy ra sự cố một cách trực quan và nhanh chóng trên mô hình 3D. Từ đó giúp cho những người có trách nhiệm đưa ra phương án ứng phó một cách chính xác và nhanh chóng.

4. Kiểm tra độ chính xác không gian của máy đo quét laser 3D

Độ chính xác đo khoảng cách máy đo quét laser 3D của hãng Faro FOCUS3D đã được tiến hành nghiên cứu thực nghiệm tại mỏ muối Wieliczka (Ba Lan) (Hình 3) và so sánh với kết quả

đo bằng máy toàn đạc điện tử. Tại các vị trí đánh dấu mốc cố định tiến hành dựng gương để đo và tính toán giá trị không gian 3D bằng máy toàn đạc điện tử TCR 1101 với độ chính xác đo khoảng cách $\pm 2\text{mm}$ và sau đó đặt thiết bị dùng làm điểm đánh dấu để đo bằng TLS Faro FOCUS3D. (Maciaszek và nnk, 2007).

Kết quả xác định chênh lệch khoảng cách trung bình giữa hai phương pháp đo được thể hiện ở Bảng 1:

Bảng 1. Chênh lệch vị trí không gian khi so sánh kết quả đo bằng Faro FOCUS3D và toàn đạc điện tử TCR 1101

TT	Khoảng cách (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)	ΔS (mm)
1	50 m	2	4	4	6
2	100 m	4	5	8	10
3	150 m	7	9	10	15



Hình 8. Máy quét TLS sử dụng tại hầm thủy điện Đạ Dâng (Lâm Đồng)

5. Công nghệ quét laser 3D trong công tác ứng phó sự cố đường hầm

Sự cố sập hầm xảy ra tại công trình thủy điện Đạ Dâng (Lâm Đồng) ngày 16 tháng 12 năm 2014, tại công trường thi công đào hầm dẫn nước. Vị trí sập hầm cách cửa hầm phía thượng lưu khoảng 500m và về phía hạ lưu khoảng 200m, trong khi cửa hầm phía hạ lưu mới thi công đào được 20m, làm cô lập 12 công nhân đang thi công trong đường lò. Để nhanh chóng xử lý sự cố sập hầm, cần phải thành lập mô hình 3D xác định chính xác vị trí sập hầm. Do vậy, Ban chỉ huy cứu nạn cùng công ty An Thi đã tiến hành sử dụng máy quét

Bảng 2. Số Lượng máy TLS và thời gian xử lý

TT	Số trạm máy và thời gian đo, xử lý	Trong hầm	Ngoài hầm	Tổng
1	Tổng số trạm quét	36	14	50 trạm
2	Thời gian quét			4 giờ
3	Thời gian dựng mô hình	2 giờ	4 giờ	6 giờ
4	Thời gian xử lý nội nghiệp			8 giờ
5	Tổng thời gian đo và xử lý			18 giờ

Bảng 3. Sản phẩm được xây dựng thêm

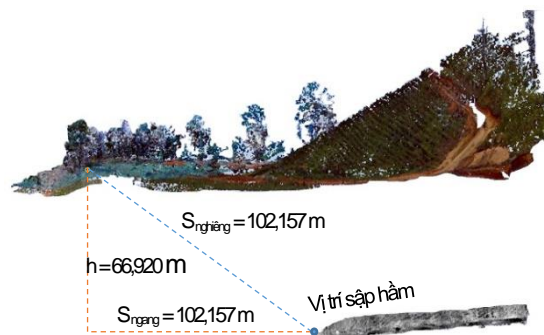
TT	Sản phẩm xây dựng thêm từ dữ liệu đo bằng TLS
1	Cơ sở dữ liệu địa không gian tổng thể
2	Mô hình đám mây điểm hiển thị theo các chuyên đề
3	Bản vẽ trích xuất vị trí quan trọng trong hầm
4	Mô hình 3D phục vụ tính mặt cắt đường hầm
5	Mô hình 3D phục vụ xác định hiện trạng đường hầm
6	Mô hình 3D xác định mối liên hệ các công trình



Hình 9.1. Mô hình 3D khu vực xảy ra sự cố sập hầm (http://www.vinanren.vn/default.aspx?page=tmv_chitiectin&cat=news&zoneid=83&lang=vi&contentid=1911)



Hình 9.2. Mô hình 3D vị trí xảy ra sự cố sập hầm (http://www.vinanren.vn/default.aspx?page=tmv_chitiectin&cat=news&zoned=83&lang=vi&contentid=1911)



Hình 9.3. Tương quan khoảng cách từ mặt đất tới vị trí xảy ra sự cố

laser 3D mặt đất - Faro FOCUS3D X330 và 120 (Hình 8) với khoảng cách quét cho phép 300m và 120m, độ chính xác $\pm 2\text{mm}$, cùng số lượng kỹ thuật viên là 4 người đã tiến hành quét toàn bộ đường hầm và bề mặt bên trên mặt đất từ cửa miệng hầm hạ lưu tới thượng lưu.

Số lượng công việc và thời gian xây dựng mô hình được tổng hợp tại Bảng 2.

Từ các số liệu quét được tại thủy điện Đa Dâng, ngoài yêu cầu xác định vị trí xảy ra sự cố sập hầm chính xác thì đã đồng thời xử lý xây dựng thêm một số sản phẩm trình bày tại Bảng 3, Hình 7.

Các mô hình 3D được xây dựng bằng TLS với tổng thời gian đo và xử lý mô hình chỉ có 18 giờ, đã xác định vị trí chính xác vị trí sập hầm và xác định được mối tương quan giữa vị trí sập hầm với bề mặt đất. Từ đó, đã giúp cho những nhà quản lý, cơ quan chức năng đưa ra phương án ứng phó sự cố sập hầm thủy điện Đa Dâng nhanh chóng, chính xác và kịp thời.

Trong hình 9.1÷9.3 là mô hình 3D tổng quan khu vực thủy điện Đa Dâng. Trong hình 9.3 đã xác định chính xác vị trí tương quan từ điểm khoan dẫn khí trên bề mặt đất xuống vị trí điểm sập hầm với độ cao xác định được $h = 66.920\text{m}$, chiều dài trong mặt phẳng $S_{\text{ngang}} = 77.186\text{m}$ và chiều dài nghiêng $S_{\text{nghiêng}} = 102.157\text{m}$.

6. Thảo luận

Kết quả so sánh kết quả đo bằng thiết bị Faro FOCUS3D và toàn đạc điện tử Leica TS02 trong Bảng 1 có giá trị chênh lệch khoảng cách không gian (ΔS) xác định được $6\div 14\text{mm}$ trong phạm vi từ 50 đến 150m là hoàn toàn đáp ứng yêu cầu quy phạm trong công tác đo vẽ chi tiết trong các mỏ hầm lò ở Việt Nam.

Với thời gian đo đạc cho cả khu vực trong và ngoài đường hầm chỉ có 4 giờ đã cho thấy tốc độ đo bằng thiết bị TLS là rất nhanh chóng. Thời gian để xử lý số liệu là 14 giờ cũng cho thấy công tác nội nghiệp chiếm nhiều thời gian hơn ngoại nghiệp, tuy nhiên thời gian xử lý nội nghiệp có thể giảm xuống hơn nữa khi người xử lý số liệu có nhiều kinh nghiệm hơn.

Các dữ liệu đo đạc được xây dựng trên mô hình 3D với độ chính xác cao cho phép xác định mối tương quan trong không gian hai chiều, ba chiều giữa các đường hầm với nhau, giữa đường hầm với bề mặt đất, nhanh chóng xác định vị trí

tương đối theo các chiều (thẳng đứng, ngang, nghiêng...); xác định chính xác vị trí, khoảng cách vị trí đường hầm đang thi công cũng như vị trí xảy ra sự cố, cung cấp các số liệu đo quan trọng với độ chính xác cao và rất chi tiết phục vụ cho công tác nghiên cứu, điều tra và đánh giá toàn bộ sự cố sập hầm; Đồng thời, qua mô hình 3D cho phép đưa ra nhiều phương án trong thiết kế, thi công, kiểm tra, xử lý các phát sinh xảy ra đột xuất và mô phỏng tình huống trên mô hình đồ họa máy tính 3D với khả năng đo đạc chính xác tại mọi vị trí trong hầm lò.

Trong công tác trắc địa mỏ trong hầm lò, các công tác đo đạc phục vụ xây dựng giếng, đường lò, kiểm tra độ ổn định giếng, đo cập nhật đường lò, đo cập nhật gương lò chợ,... nếu sử dụng các thiết bị đo đạc truyền thống trước đây thì mất rất nhiều thời gian, công sức và một các vị trí đo đạc chỉ mang tính tương đối phụ thuộc vào kinh nghiệm và cảm tính của người dựng mia. Trong khi nếu sử dụng phương pháp đo bằng thiết bị TLS thì các công tác đo đạc, cập nhật, kiểm tra các đối tượng trong hầm lò sẽ trở lên đơn giản, giảm thời gian đo ngoại nghiệp, an toàn hơn trong sản xuất, đồng thời với số lượng điểm đo lên đến hàng triệu điểm thì các đối tượng trong hầm lò sẽ được thể hiện một cách chi tiết, trực quan và chính xác.

Các dữ liệu đo bằng công nghệ TLS có tính liên kết cao với các phần mềm chuyên dụng trong thiết kế, điều khiển sản xuất và tạo thành các cơ sở dữ liệu địa không gian cho toàn mỏ.

Hiện nay, các thiết bị TLS có giá thành trung bình cao hơn các máy toàn đạc điện tử. Tuy nhiên, xét về hiệu quả công việc, khả năng cung cấp cùng lúc nhiều sản phẩm với tính trực quan, mức độ chi tiết cao trong khoảng thời gian ngắn phục vụ trong công tác quản lý xây dựng - khai thác, thành lập các cơ sở dữ liệu địa không gian trong các công trình hầm lò thì các thiết bị TLS cho thấy hiệu quả kinh tế cao hơn. Trong tương lai gần với sự phát triển của khoa học công nghệ, các thiết bị TLS ngày càng phổ biến hơn do giá thành được hạ thấp dần.

7. Kết luận

Với độ chính xác đạt được về khoảng cách không gian (ΔS) từ $6\div 14\text{mm}$ trong phạm vi từ 50 đến 150m trong thực nghiệm ở trên có thể khẳng định phương pháp đo bằng thiết bị TLS hoàn toàn đáp ứng yêu cầu trong công tác trắc địa mỏ Việt Nam. Phương pháp đo bằng thiết bị TLS đã giảm

thời gian trong công tác đo ngoại nghiệp với 36 trạm đo trong hầm chỉ mất khoảng thời gian 2 giờ giúp tăng năng suất lao động trong thi công, sản xuất đặc biệt khi ứng dụng cho các đường hầm hoặc mỏ hầm lò.

Các thiết bị TLS hiện nay hoàn toàn đáp ứng yêu cầu về mặt kỹ thuật và có hiệu quả kinh tế cao. Đặc biệt trong tương lai gần, khi các thiết bị TLS có giá thành rẻ hơn thì các phương pháp đo này sẽ ngày càng được phổ biến nhằm phát huy được hiệu quả về mặt kinh tế

Tóm lại, công nghệ TLS so với các phương pháp đo đạc hiện nay có ưu điểm về mật độ điểm quan trắc cao, thời gian quan trắc ngắn và hiệu quả kinh tế,... Ngoài ra công nghệ TLS hoàn toàn đáp ứng được hầu hết các nội dung của công tác trắc địa mỏ một cách nhanh chóng, chính xác, trực quan, an toàn với khả năng thu thập, cập nhật, phân tích không gian, hiển thị và chia sẻ dữ liệu nhanh các cơ sở dữ liệu địa không gian. Đây là nhân tố quan trọng góp phần nâng cao hiệu quả trong công tác quản lý xây dựng - khai thác, quản trị tài nguyên và góp phần minh bạch hóa hoạt động khoáng sản.

Tài liệu tham khảo

Công ty CP Than Hà Lâm, 2012. Báo cáo thi công đào lò đối hướng giếng phụ -330 đến giếng gió -295 năm 2012.

Fengyun Gu, Hongquan Xie, 2013. Status and development trend of 3D laser scanning technology in the mining field. *International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering*. Atlantis.

<http://www.greenhatch-group.co.uk/hard-ware-technology-used>.

http://www.vinanren.vn/default.aspx?page=tnv_chitiettin&cat=news&zoneid=83&lang=vi&contentid=1911.

Maciaszek J., Gawałkiewicz R., 2007. Badanie dokładności tachimetrów i skanerów laserowych w warunkach laboratoryjnych i polowych. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Górnictwo*, 278, Gliwice.

Nguyễn Tam Sơn, 2008. Nghiên cứu đánh giá mức độ dịch động và biến dạng bề mặt đất khi khai thác mỏ than Bình Minh -Khoái Châu - Hưng Yên. *Báo cáo đề tài cấp Bộ* 2008.

Quintero M.S., Genechten B.V., Bruyne M.D., Ronald, P., Hankar, M., dan Barnes, S., 2008. *Theory and Practice on Terrestrial Laser Scanning, Training Material Based on Practical Applications*, Vlaams Leonardo da Vinci Agenschap.

Radovan K., Vlastimil K., Petr W., Jan N., 2016. Use of 3D Laser Scanner Technology to Monitor Coal Pillar Deformation, in Naj Aziz and Bob Kininmonth (eds.), *Proceedings of the 16th Coal Operators' Conference, Mining Engineering*, University of Wollongong, 10-12 February 2016, 99-107.

Rodríguez-González P., Nocerino E., Menna F., Minto S., Remondino F., 2015. 3D Surveying & Modeling of underground passages in wwi fortifications. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XL-5/W4, 2015 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, 25-27 February 2015, Avila, Spain.

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

Thorsten S., 2007. *Calibration of a Terrestrial Laser Scanner for Engineering Geodesy*. Doctor of Sciences thesis 2007, Technical University of Berlin, Germany.

Van der Merwe J. W., Andersen D. C., 2012. Applications and Benefits of 3D Laser Scanning for the Mining Industry. *In The Southern African Institute of Mining and Metallurgy Platinum 2012*, 501-518.

Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin, 2012. Hồ sơ dự án “Đầu tư xây dựng công trình khai thác phần hầm lò mỏ than Núi Béo – Công ty Cổ phần than Núi Béo -Vinacomin”.

Võ Chí Mỹ, 2012. Một số lưu ý về độ chính xác đo chuyển tọa độ và phương vị qua hai giếng đứng. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất* 39, 37-40.

Võ Chí Mỹ, 2016. *Trắc địa mỏ*. NXB Khoa học tự nhiên và công nghệ, Hà Nội.

ABSTRACT

The possibility applying of Terrestrial Laser Scanner 3D for construction - mining management in underground mines

Nghia Viet Nguyen ¹, Võ Ngọc Dũng ¹

¹*Faculty of Geomatics and Land Administration, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam*

This paper presents the test results for accuracy of spatial position measuring by Terrestrial Laser Scanner 3D (TLS) with value (ΔS) determined from 6 to 14 mm corresponding in measurement distance from 50m to 150m. 3D models measured in Da Dang hydropower tunnel collapse within 18 hours allow to identify the location of collapsed tunnels, the status of space at collapsed location and service of the rescue. Although the price of TLS is higher than the traditional equipments, the effects and results of their work are much higher. In the near future, TLS can also allow applications in construction - mining management at underground mines, improving efficiency in the management exploiting, resources management and contribute to the transparency of mineral activities in Vietnam.