



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

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



Đánh giá khả năng ứng dụng máy quét laser mặt đất GeoMax Zoom 300 trong công tác thành lập mô hình 3D mỏ lộ thiên

Nguyễn Viết Nghĩa^{1,*}, Nguyễn Quốc Long¹, Vũ Quốc Lập²

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

² Công ty Cổ phần Đo đạc và Khoáng sản, Bộ Tài nguyên & Môi trường

THÔNG TIN BÀI BÁO

TÓM TẮT

Quá trình:

Nhận bài 25/7/2017
Chấp nhận 09/8/2017
Đăng online 30/8/2017

Từ khóa:

Máy quét laser GeoMax
Zoom300,
Bản đồ 3D
Mỏ lộ thiên Việt Nam

Bài báo trình bày khả năng ứng dụng máy quét laser mặt đất GeoMax Zoom 300 trong thành lập mô hình 3D cho mỏ lộ thiên Cọc Sáu. Thời gian đo 6 giờ và sai số vị trí điểm sau ghép mô hình $\pm 3\text{mm}$. Số liệu thu được cho phép xử lý nhiều mục đích khác nhau phục vụ các công tác trắc địa của mỏ. Qua các kết quả nghiên cứu cho thấy máy quét laser GeoMax Zoom 300 hoàn toàn đáp ứng yêu cầu trong công tác thành lập bản đồ mỏ lộ thiên tại Việt Nam

© 2017 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Đặt vấn đề

Công nghệ quét laser mặt đất (TLS - Terrestrial Laser Scanning) trong thời gian gần đây bắt đầu được ứng dụng rộng rãi trong công tác trắc địa mỏ lộ thiên (Jadwiga et al., 2015; Maciaszek & Gawalkiewicz, 2007; Võ Chí Mỹ, 2016). Tại nhiều nước trên thế giới, việc ứng dụng công nghệ TLS trong công tác trắc địa mỏ đã cho thấy khả năng thu thập xử lý dữ liệu, sử dụng cho nhiều mục đích cùng lúc như: cập nhật dữ liệu địa hình mỏ, đánh giá độ ổn định trong quá trình khai thác, tính toán khối lượng, điều hành sản xuất, giám sát khai thác tài nguyên mỏ một cách trực quan và hợp lý, phân loại nhiều đối tượng ở mỏ cùng lúc (Fengyun & Hongquan, 2013; Kukutsch,

et al, 2016; Nguyen Tien Thanh et al., 2013; YanPing Feng & TianZhu Zheng, 2013). Các dữ liệu thu được từ máy quét laser mặt đất có thể được sử dụng trên nhiều phần mềm khác nhau CAD, GIS... (Jian Li, Shuqiao Hu, & Zengbing Deng, 2012) phụ thuộc vào mục đích của người sử dụng.

Tuy nhiên tại Việt Nam, công nghệ quét laser mặt đất vẫn chưa được ứng dụng phổ biến, mới chỉ có một số ít nghiên cứu áp dụng TLS tại Việt Nam và chủ yếu trong một số lĩnh vực như: cứu hộ (Nguyễn Viết Nghĩa & Võ Ngọc Dũng, 2016b), xây dựng mô hình cảnh quan di tích (Huyền Nga, 2014). Trong lĩnh vực trắc địa mỏ lộ thiên, mới chỉ có một vài nghiên cứu mang tính chất nguyên lý và lý thuyết về công nghệ quét laser mặt đất (Nguyễn Viết Nghĩa & Võ Ngọc Dũng, 2016a).

Với mục tiêu đánh giá khả năng ứng dụng máy quét laser mặt đất GeoMax Zoom 300 trong

*Tác giả liên hệ

E-mail: nguyenvietnghia@humg.edu.vn

công tác đo đạc thành lập mô hình 3D địa hình khai thác trong điều kiện thực tế các mỏ lộ thiên Việt Nam, nơi có nhiều điều kiện bất lợi tác động tới kết quả đo quét. Bài báo đã tiến hành đánh giá khả năng thành lập mô hình 3D mỏ lộ thiên bằng máy quét laser mặt đất GeoMax Zoom300 trong điều kiện thực tế tại Việt Nam nói chung và tại mỏ Cọc Sáu nói riêng.

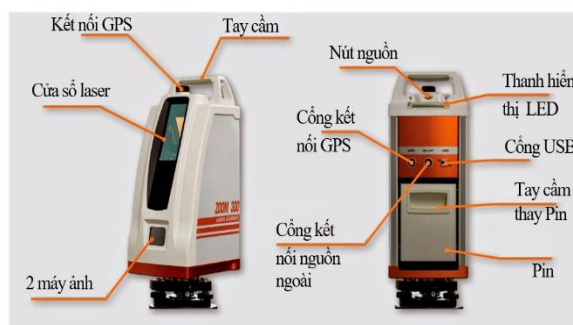
2. Thiết bị quét laser GeoMax Zoom 300

2.1. Máy quét laser mặt đất GeoMax Zoom 300

Thiết bị quét laser mặt đất Zoom 300 là sản phẩm của hãng GeoMax được giới thiệu lần đầu năm 2014. Máy sử dụng công nghệ “time-of-flight” để xác định khoảng cách và vị trí của các điểm. Một số tính năng chính của máy quét laser GeoMax Zoom 300 được giới thiệu trong Bảng 1.

Bảng 1. Giới thiệu tính năng chính của máy quét laser GeoMax Zoom 300.

Phạm vi quét	2.5m đến 300m
Tốc độ quét	40.000 điểm/giây
Độ chính xác	±6mm (ở khoảng cách 50m); ±10mm ở khoảng cách 100m;
2 máy ảnh tích hợp	5 + 5 Mpx
Bán kính quét (đứng/ngang):	90°/360°
Laser	+ Sử dụng tia laser: Laser class 1; + Bước sóng: 905 nm; + Đường kính chùm tia laser: Trước ống kính: ≤ 12 mm; ≤ 37mm ở khoảng cách 100m; độ phân tán: 0.37mrad;
Chế độ bù hai trục	Hỗ trợ chế độ bù nghiêng
Màn hình hiển thị, điều khiển thiết bị	Điều khiển bằng điện thoại thông minh hoặc máy tính bảng (hệ điều hành Android, iOS hoặc Windows Mobile) qua chức năng kết nối Wi-fi;
Nhiệt độ môi trường làm việc:	-10° đến 50°C;
Kích thước máy	215mm x 170mm x 430mm
Trọng lượng máy	7 kg (cả 1 pin trong);



Hình 1. Máy quét laser mặt đất GeoMax Zoom 300.

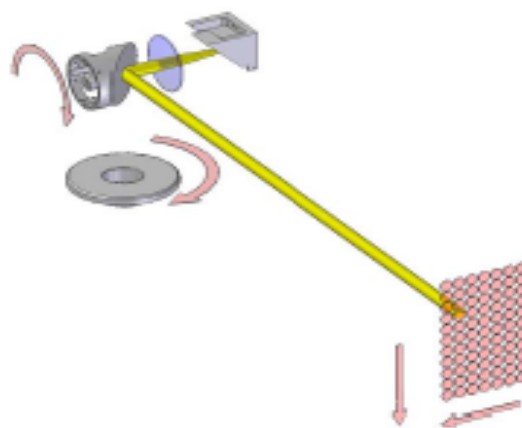
2.2. Nguyên lý xác định khoảng cách điểm địa vật của TLS GeoMax Zoom 300

Máy quét laser mặt đất GeoMax Zoom 300 hoạt động theo phương pháp đo xung (Time of Flight). Khoảng cách từ máy đến điểm địa vật được xác định bằng công thức (Schulz, 2008):

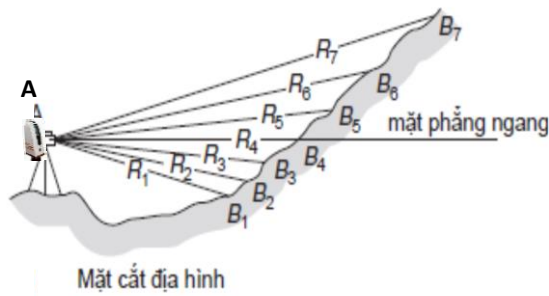
$$S = \frac{1}{2} \cdot \frac{c}{n} \cdot \Delta t \tag{1}$$

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.

Các thiết bị TLS xác định khoảng cách và vị trí đối tượng trong mặt phẳng ngang và mặt phẳng đứng (Simon Ratcliffe & Andrew Myers, 2006) (Hình 2). Theo đó, độ chính xác điểm trong không gian 3 chiều của TLS phụ thuộc vào độ chính xác xác định thời gian đi và về của tín hiệu (Kersten, Sternberg, & Mechelke, 2005).



Hình 2. Vòng xoay hai trục đồng bộ của TLS xác định vị trí các điểm trong mặt phẳng ngang và đứng (Simon Ratcliffe & Andrew Myers, 2006).



Hình 3. Khoảng cách nghiêng R và góc đứng của các đối tượng địa vật.

Theo hình 3, khoảng cách nghiêng (S) và góc đứng (V) tới từng vị trí điểm được xác định theo công thức (2):

$$D = S \times \cos V \quad (2)$$

Trong đó:

D - khoảng cách trong mặt phẳng ngang

S - khoảng cách trong mặt phẳng nghiêng

V - góc đứng

Chênh cao giữa tâm phát tia laser và đối tượng điểm được xác định theo công thức (3):

$$\Delta H = S \times \sin V \quad (3)$$

Đồng thời, máy GeoMax Zoom 300 hoạt động theo cơ chế xác định và hoạt động trong một hệ tọa độ cầu (Rade & Westergren, 2005), xác định các tín hiệu phản xạ trở lại và ghi lại các góc bằng (θ), góc thẳng đứng (φ) và tính toán khoảng ρ tới bề mặt vật thể, máy TLS được coi như là trung tâm của hệ thống.

$$\begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix}_{i=1...n} = \begin{bmatrix} \rho_i \cos \varphi_i \cos \theta_i \\ \rho_i \cos \varphi_i \sin \theta_i \\ \rho_i \sin \varphi_i \end{bmatrix}_{i=1...n} \quad (4)$$

Theo đó, các giá trị thành phần tọa độ (X, Y, Z) được máy quét Zoom 300, các điểm có thể được thể hiện trong khuôn dạng XYZIRGB (Tọa độ X, Y, Z . Cường độ phản hồi I , các giá trị màu R, G, B) được xác định bởi máy chụp ảnh gắn ngoài chụp cùng trong quá trình quét. Mỗi pixel của hình ảnh được tô màu với một giá trị xác định.

3. Thành lập bản đồ 3D khu vực moong khai thác mỏ lộ thiên Cọc Sáu bằng công nghệ quét laser

3.1. Khu vực nghiên cứu

Khu nghiên cứu là mỏ than lộ thiên Cọc Sáu (Hình 4), có vị trí tại phường Cẩm Phú, thị xã Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh, cách thành phố Hà Nội 180

km về phía đông. Đây là một trong những mỏ khai thác than lộ thiên lớn nhất ở Việt Nam với sản lượng than hàng năm khoảng một triệu tấn (Công ty than Cọc Sáu, 2016). Tổng diện tích khai thác của mỏ khoảng 4,5 km².

Mỏ than Cọc Sáu có điều kiện địa hình phức tạp, chênh cao địa hình khai thác mở lên tới 500m, mỏ sử dụng phương pháp đổ thải trong kết hợp với đổ thải ngoài tại bãi thải Khe Dè. Độ sâu đáy moong khai thác của mỏ là -180 m (Công ty Than Cọc Sáu, 2015). Mỏ Cọc Sáu có thể coi là mỏ than lộ thiên điển hình về mức độ và điều kiện khó khăn khi đo đạc ở mỏ than lộ thiên Việt Nam.



Hình 4. Thực nghiệm đo quét laser bằng máy GeoMax Zoom 300 tại khai trường mỏ Cọc Sáu trong điều kiện bụi và nắng.

3.2. Đánh giá độ chính xác của máy quét laser mặt đất Zoom 300

Trước khi tiến hành đo quét thành lập bản đồ 3D của mỏ Cọc Sáu. Máy quét laser GeoMax Zoom 300 được tiến hành kiểm tra độ chính xác xác định vị trí của điểm địa vật trong điều kiện thực tế khai thác của mỏ lộ thiên.

Theo đó, đã tiến hành bố trí 6 bảng tiêu đặt trên các bờ tầng khai thác của mỏ. Khoảng cách từ điểm đứng máy tới các điểm tiêu nằm trong khoảng 4 ÷ 100 m. Tọa độ và khoảng cách các điểm tiêu được xác định bằng đồng thời bằng toàn đạc điện tử Topcon GPT7501 và bằng máy quét laser GeoMax Zoom 300. Kết quả nhận được chỉ xác định được tọa độ và khoảng cách đến tiêu số 5 ở khoảng cách 75 m.

Sai số vị trí điểm xác định bằng máy quét laser GeoMax Zoom 300 được tính theo công thức:

$$m_p^i = \pm \sqrt{\frac{[d^i d^i]}{n}} \quad (5)$$

d^i - chênh lệch khoảng cách giữa đo bằng toàn đạc điện tử và TLS ở lần đo thứ i .

n - số điểm đo

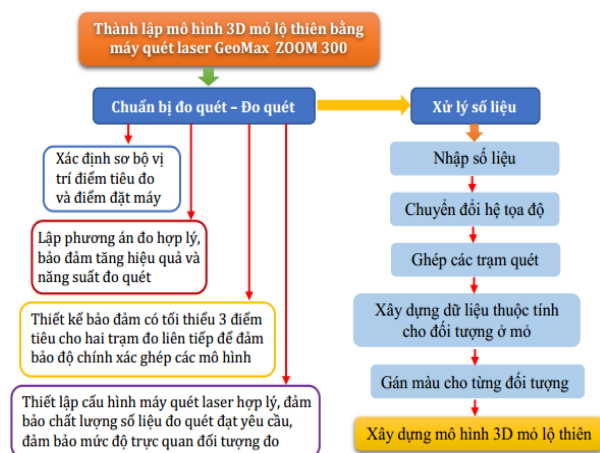
Bảng 2. Sai số vị trí điểm và khoảng cách của các điểm tiêu được xác định.

Tiêu số	Khoảng cách (m)	Chênh lệch ΔX [mm]	Chênh lệch ΔY [mm]	Chênh lệch ΔZ [mm]	Sai số vị trí điểm [mm]
1	3.9	0.3	0.5	0.6	0.6
2	15.2	0.9	0.8	1.1	1.6
3	28.5	1.1	1.0	1.8	2.3
4	60	1.9	1.8	2.9	3.9
5	75.1	3.6	3.9	4.1	6.7

Kết quả xác định bằng 2 phương pháp trên cho thấy, chênh lệch khoảng cách xác định vị trí các điểm hoàn toàn đáp ứng yêu cầu và chỉ tiêu quy phạm trong đo vẽ thành lập bản đồ mỏ.

3.3. Thành lập bản đồ 3D mỏ lộ thiên Cọc Sáu

Trên cơ sở sở đánh giá độ chính xác của GeoMax Zoom 300 đã được kiểm nghiệm tại mỏ Cọc Sáu, tiến hành thành lập mô hình 3D mỏ lộ thiên theo sơ đồ quy trình Hình 5.



Hình 5. Quy trình thành lập mô hình 3D mỏ lộ thiên bằng máy quét GeoMax Zoom 300 tại mỏ Cọc Sáu.

3.3.1 Đo quét mỏ lộ thiên Cọc Sáu

Tại khu vực nghiên cứu tại mỏ than Cọc Sáu, nhóm nghiên cứu đã tiến hành quét 15 trạm. Các tiêu phục vụ đo quét được đặt sao cho, mỗi trạm đo quét sử dụng ít nhất 3 điểm tiêu của trạm đo trước đó. Nhằm đảm bảo độ chính xác trong quá trình ghép các trạm quét đơn lẻ thành một thể thống nhất.



Hình 6. Máy quét GeoMax Zoom 300 và bảng tiêu được bố trí phục vụ một trạm quét tại mỏ Cọc Sáu.

3.3.2 Xử lý số liệu đo quét GeoMax Zoom 300

Dữ liệu sau khi đo quét được đề xuất xử lý theo quy trình (Hình 5). Thông thường, các dữ liệu đo quét được mã hóa theo định dạng riêng của mỗi hãng máy. Do vậy, khi nhập dữ liệu đo quét để xử lý nên sử dụng đồng bộ bằng các phần mềm theo hãng máy, sau đó xuất ra các định dạng text hoặc định dạng khác phù hợp với chương trình xử lý.

Phần mềm đồng bộ của máy quét laser mặt đất GeoMax Zoom300 dùng để xử lý dữ liệu quét là X-PAD MPS. Đây là phần mềm do hãng GeoMax phát triển, cho phép cập nhật, chuyển đổi các dữ liệu quét và đồng bộ với các ảnh chụp trong quá trình đo quét của máy Zoom300. Phần mềm gồm 4 modul chính: BASIC, L-SCAN, TOPO and X-CAD giúp cho việc xử lý các đám mây điểm trở nên dễ dàng, cho phép cập nhật dữ liệu từ máy quét, hiển thị, xử lý, phân tích, xuất dữ liệu đám mây điểm sang các định dạng của phần mềm chuyên dụng khác.

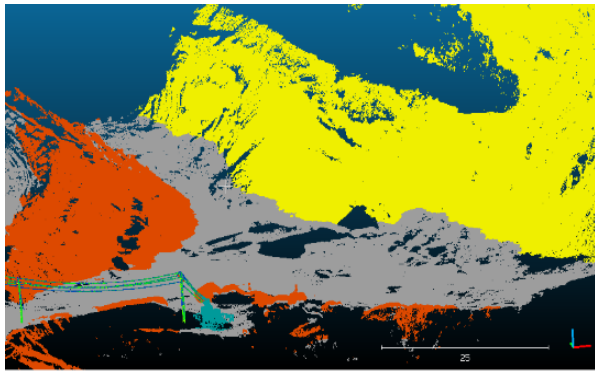
- *Chuyển đổi hệ tọa độ:* Dữ liệu sau khi nhập vào phần mềm xử lý được chuyển về hệ tọa độ phù hợp với quy định nhà nước (VN2000) nhằm đồng bộ và thống nhất với các dữ liệu khác của mỏ và tập đoàn than khoáng sản.

- *Ghép các trạm đo quét:* Các dữ liệu đo quét từ mỗi trạm quét laser GeoMax Zoom 300 được ghép vào thành một khối, tạo ra một mô hình đám mây điểm cho toàn bộ khu vực đo quét trong

không gian 3 chiều.

- *Xây dựng dữ liệu thuộc tính cho đối tượng ở mỏ:* Các đối tượng trong khu vực mỏ Cọc Sáu được phân loại cơ sở dữ liệu theo từng lớp với từng thuộc tính như lớp: thực vật, đường giao thông, bờ tầng, sườn tầng, đất đá sườn tầng, đất đá nền, than, cột điện,... và được thiết kế sao cho các đối tượng được quản lý tốt cả về thuộc tính và không gian, tiết kiệm về dung lượng lưu trữ, giúp quản lý, sử dụng đơn giản và hiệu quả.

- *Gán màu đối tượng dữ liệu:* Dựa vào các dữ liệu thuộc tính được thiết kế ở trên, tiến hành gán màu cho từng đối tượng thông qua nguồn dữ liệu ảnh chụp được trích từ trong quá trình đo quét. Tại mỏ Cọc Sáu đã tiến hành gán màu theo từng thuộc tính. Các đối tượng được gán một màu khác nhau nhằm để phân biệt và xác định các đối tượng được dễ dàng.



Hình 7. Các đối tượng trên địa hình mỏ Cọc Sáu được phân loại và gán màu.

- Xây dựng mô hình 3D dữ liệu mỏ: gồm Xây dựng mô hình hình học và Hiển thị trực quan các đối tượng mỏ

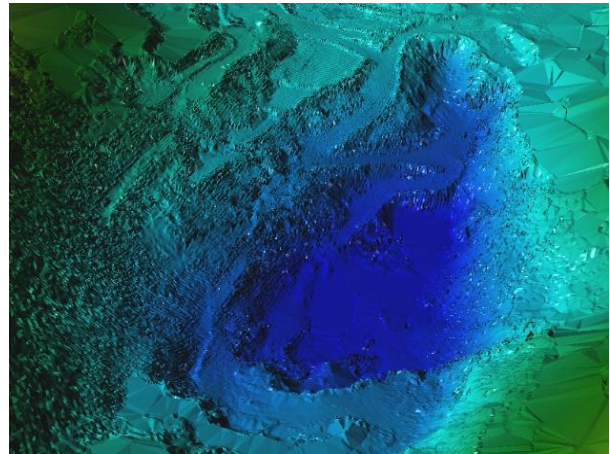
Bước 1: Xây dựng mô hình hình học (modeling) bao gồm xây dựng mô hình DEM và mô hình hóa các đối tượng địa hình 3D.

Bước 2: Hiển thị trực quan (visualisation) các đối tượng của mô hình.

Mô hình địa hình 3D lý tưởng nhất ở mỏ là mỗi đối tượng phải có nhiều cách thể hiện khác nhau với mức độ chi tiết khác nhau và thường được chia thành ba cấp độ chi tiết (độ chi tiết cao, trung bình và thấp). Do đó, cần phải có phương án xử lý thật tốt khi hiển thị ở khu vực ranh giới giữa hai mảnh có cấp độ chi tiết khác nhau. Từ các dữ liệu được phân loại và gán màu ở trên, tiến hành xây dựng các mô hình khác nhau.

3.4. Kết quả đo quét laser mặt đất

Từ 15 trạm đo quét tại mỏ lộ thiên Cọc Sáu bằng máy quét laser GeoMax Zoom 300 đã ghép được thành một bề mặt địa hình của khai trường mỏ trong hệ tọa độ VN-2000. Trong quá trình ghép, việc kiểm tra độ chính xác trong ghép các điểm tiêu chung giữa các trạm quét liên tiếp tại mỏ Cọc Sáu xác định được giá trị sai số vị trí các điểm tiêu đạt được lớn nhất lên đến 1,1 cm về mặt bằng và 4 cm về độ cao. Giá trị sai số này có thể là do chất lượng tiêu chưa được tốt khi chỉ sử dụng bảng tiêu sơn phản quang (Hình 6). Các đối tượng đối tượng bờ bờ tầng, đường giao thông vận tải, các đối tượng thực hiện khai thác,... được phân tách, gán màu và loại bỏ các đối tượng không mong muốn (bụi mỏ, các đối tượng di chuyển) có trong dữ liệu quét. Trên cơ sở các bề mặt địa hình 3D đã được phân tách trên, tiến hành phân tích với các mục đích mong muốn như: xây dựng mô hình DEM, mô hình TIN, mặt cắt địa hình, tính khối lượng đất đá,...



Hình 8. Mô hình độ cao (DEM) moong khai thác mỏ than lộ thiên Cọc Sáu.

4. Kết luận

Với độ chính xác đạt được về vị trí điểm $0,6\div 6,7\text{mm}$ trong phạm vi từ 4 đến 75m trong thực nghiệm ở khai trường mỏ Cọc Sáu, có thể khẳng định phương pháp đo bằng thiết bị quét laser mặt đất nói chung và máy GeoMax Zoom 300 hoàn toàn đáp ứng yêu cầu trong công tác trắc địa mỏ Việt Nam. Phương pháp đo bằng quét laser mặt đất đã giảm thời gian công tác đo ngoại nghiệp với 15 trạm ở khai trường của mỏ trong khoảng thời gian 6 giờ giúp tăng năng suất lao động.

Qua các kết quả trên cho thấy trong tương lai gần, máy quét laser mặt đất Zoom 300 của hãng GeoMax cùng phần mềm đồng bộ X-PAD hoàn toàn đáp ứng yêu cầu về thời gian, độ chính xác trong công tác đo vẽ, cập nhật địa hình khai thác mỏ lộ thiên, phân tích không gian, hiển thị và chia sẻ dữ liệu nhanh các cơ sở dữ liệu địa không gian mỏ, góp phần nâng cao hiệu quả trong quản lý khai thác, quản trị tài nguyên khoáng sản ở Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

- Công ty Than Cọc Sáu, 2015. Báo cáo tiến độ khai thác tháng 5 năm 2017. Retrieved from <http://baoquangninh.com.vn/kinh-te/201503/cong-ty-cp-than-coc-sau-tkv-cao-diem-chien-dich-ha-moong-2261974/>.
- Công ty than Cọc Sáu, 2016. *Kế hoạch khai thác năm 2016*.
- Huyền Nga, 2014. Số hóa di sản để bảo tồn và chuyển giao. Retrieved from <http://www.nhandan.com.vn/cuoituan/doi-song-van-hoa/tro-chuyen-cuoituan/item/25072602-so-hoa-di-san-de-baoton-va-chuyen-giao.html>
- Jadwiga Maciaszek, Rafał Gawałkiewicz, & Anna Szafarczyk, 2015. *Geodezyjne metody badania osuwisk*. Kraków: AGH, 71-80.
- Jian Li, Shuqiao Hu, Zengbing Deng, 2012. Application of open-pit mine slope mapping with 3D laser scanning technique based on comprehensive improved ICP algorithm. *Coal Geology & Exploration*, 2012(1), 51-54.
- Kersten, Thomas, P., Sternberg, Harald, Mechelke, Klaus, 2005. Investigations into the accuracy behaviour of the terrestrial laser scanning system Mensi GS100. *Proc. in the Optical 3D Measurement Techniques*, 1, 122-131.
- Maciaszek, J., Gawałkiewicz, R., 2007. Badanie dokładności tachimetrów i skanerów laserowych w warunkach laboratoryjnych i polowych. *Zeszyty Naukowe. Górnictwo/Politechnika Śląska*(278), 241-258.
- Nguyễn Việt Nghĩa, Võ Ngọc Dũng, 2016. Khảo sát quy trình thành lập bản đồ địa hình mỏ lộ thiên bằng máy quét laser 3D mặt đất. *TC. Công nghiệp mỏ*, 2, 61-65.
- 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.
- Rade, Lennart, Westergren, Bertil., 2005. *Mathematics handbook for science and engineering*. Birkhauser Boston: Springer Science & Business Media.
- Schulz, Thorsten., 2008. Calibration of a terrestrial laser scanner for engineering geodesy, Technical University of Berlin.
- Simon Ratcliffe, Andrew Myers, 2006. Laser Scanning in the Open Pit Mining Environment A Comparison with Photogrammetry. *I-SiTE White Paper*, 1-10.
- Võ Chí Mỹ, 2016. *Trắc địa mỏ*. Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ.

ABSTRACT

Application of terrestrial laser scanner GeoMax Zoom 300 for 3D mapping of Vietnam's open-pit mines

Nghia Viet Nguyen ¹, Long Quoc Nguyen ¹, Lap Quoc Vu ²

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

² Survey and Mineral Company, Ministry of Natural resources and Environment, Vietnam

This paper presents the result of applying Terrestrial Laser Scanner - Zoom 300 in generation of 3D image for Coc Sau open pit mine. 3D mapping of Coc Sau coal mine has measured in 6 hours and the position error is about 0.6÷6.7 mm corresponding in measurement distance from 4m to 75m, it's allow for multiple purposes of mine surveying. Based on the research results, it's show that Zoom 300 laser scanner fully respond to the requirements in 3D mapping of open cast mine in Vietnam.