

HỘI NGHỊ

KHOA HỌC KỸ THUẬT MỎ TOÀN QUỐC LẦN THỨ XXVI

CÔNG NGHIỆP MỎ THẾ KỶ 21
NHỮNG VẤN ĐỀ KHOA HỌC, CÔNG NGHỆ VÀ MÔI TRƯỜNG
TUYỂN TẬP BÁO CÁO



NHÀ XUẤT BẢN CÔNG THƯƠNG
THÁNG 8 NĂM 2018

HỘI NGHỊ

KHOA HỌC KỸ THUẬT MỎ TOÀN QUỐC LẦN THỨ XXVI

LỜI NÓI ĐẦU

Ngành công nghiệp mỏ Việt Nam đã bước vào những thập niên đầu tiên của thế kỷ 21, trong bối cảnh có những tác động to lớn của biến đổi khí hậu, môi trường và xu thế hội nhập quốc tế sâu rộng.

Hàng loạt những khó khăn, thách thức như: Sự cạn kiệt nguồn tài nguyên chất lượng cao, khai thác ngày càng khó khăn phức tạp, sự biến đổi của môi trường, ô nhiễm và nguồn nhân lực chất lượng cao, yêu cầu về bảo vệ môi trường ngày càng khắt khe, những thách thức về tác động của yếu tố địa chính trị và cơ chế chính sách, v.v. đã nảy sinh và chờ đợi ở những thập niên tiếp theo, đòi hỏi cần phải có các giải pháp toàn diện và đồng bộ để nâng cao năng lực cạnh tranh và hiệu quả của hoạt động khai thác tài nguyên khoáng sản. Mặt khác, cuộc Cách mạng Công nghiệp lần thứ tư cũng đang tạo ra những cơ hội mới cho sự phát triển của toàn bộ ngành công nghiệp Mỏ.

CÔNG NGHIỆP MỎ THẾ KỶ 21

NHỮNG VẤN ĐỀ KHOA HỌC, CÔNG NGHỆ VÀ MÔI TRƯỜNG

TUYÊN TẬP BÁO CÁO

Ban Khoa học và Biên tập Hội nghị đã tuyển chọn 63 báo cáo trong số gần 150 báo cáo của các nhà khoa học, các nhà quản lý gửi về từ các Viện nghiên cứu, các Trường Đại học, các Tập đoàn, Tổng Công ty, Công ty... để đưa vào Tuyên tập. Các báo cáo khoa học được sắp xếp theo các phần sau:

Phần I. Những vấn đề chung

Phần II. Kỹ thuật Địa cơ học và Địa tin học

Phần III. Công nghệ Khai thác Lộ thiên

Phần IV. Công nghệ Khai thác Hầm lò và Xây dựng Mỏ

Phần V. Công nghệ Tuyển, Chế biến khoáng sản và Cơ khí, Cơ điện

Phần VI. An toàn, Thông gió và Môi trường

Trong quá trình biên tập, in ấn chắc chắn có những thiếu sót không thể tránh khỏi, chúng tôi mong nhận được sự thông cảm của các tác giả và bạn đọc.

Ban Tổ chức, Ban Khoa học và Biên tập Hội nghị Khoa học Kỹ thuật Mỏ toàn quốc lần thứ XXVI xin cảm ơn chân thành các nhà khoa học, các nhà quản lý đã gửi báo cáo đến Hội nghị, đồng thời cảm ơn các nhà tài trợ đã đóng góp phần vào thành công của Hội nghị.



NHÀ XUẤT BẢN CÔNG THƯƠNG
THÁNG 8 NĂM 2018

BAN TỔ CHỨC

TS. Trần Xuân Hòa	Trưởng ban
PGS.TS. Phùng Mạnh Đắc	Phó Trưởng ban
KS. Lê Minh Chuẩn	Ủy viên
TS. Nguyễn Quốc Thập	Ủy viên
KS. Bùi Trường Sơn	Ủy viên
GS. TS. Bùi Xuân Nam	Ủy viên
TS. Trần Tú Ba	Ủy viên
TS. Đào Duy Anh	Ủy viên
TS. Nguyễn Bình	Ủy viên
TS. Hoàng Văn Khanh	Ủy viên
PGS. TS. Hồ Sĩ Giao	Ủy viên
GS.TS. Võ Trọng Hùng	Ủy viên
PGS. TS. Trần Xuân Hà	Ủy viên
GS.TS. Võ Chí Mỹ	Ủy viên
TS. Lại Hồng Thanh	Ủy viên
TS. Nghiêm Xuân Đa	Ủy viên
TS. Nguyễn Hồng Minh	Ủy viên

BAN KHOA HỌC VÀ BIÊN TẬP

PGS. TS. Phùng Mạnh Đắc	Trưởng ban
PGS.TS. Trần Xuân Hà	Phó Trưởng ban
TS. Nguyễn Bình	Ủy viên thường trực
TS. Nguyễn Tiến Chính	Ủy viên
TS. Trương Đức Dư	Ủy viên
ThS. Nguyễn Thị Hồng Gấm	Ủy viên
TS. Nghiêm Gia	Ủy viên
PGS.TS. Hồ Sĩ Giao	Ủy viên
TS. Tạ Ngọc Hải	Ủy viên
GS.TSKH. Lê Như Hùng	Ủy viên
GS.TS. Võ Trọng Hùng	Ủy viên
TS. Nguyễn Hồng Minh	Ủy viên
GS.TS. Võ Chí Mỹ	Ủy viên
GS.TS. Bùi Xuân Nam	Ủy viên
PGS.TS. Nguyễn Cảnh Nam	Ủy viên
TS. Đào Đắc Tạo	Ủy viên
KS. Trần Văn Trạch	Ủy viên
PGS. TS. Kiều Kim Trúc	Ủy viên

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ QUÉT LASER 3D MẶT ĐẤT TRONG CÔNG TÁC TRẮC ĐỊA MỎ CỌC SÁU

TS Nguyễn Viết Nghĩa, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội

Tóm tắt:

Công nghệ quét laser 3D mặt đất đang trở thành một xu thế phát triển của khoa học kỹ thuật và thực tế sản xuất trong thời đại mới. Với những ưu thế trong việc cho phép thu nhận dữ liệu địa không gian một cách chi tiết, chính xác đồng thời hiển thị trong không gian 3 chiều một cách trực quan giúp cho người sử dụng dễ dàng tiếp cận và nắm bắt được thông tin một cách chi tiết từng đối tượng trên thực địa, giúp những nhà quản lý nâng cao khả năng quản trị, khai thác tài nguyên khoáng sản ở các mỏ lộ thiên Việt Nam. Bài báo trình bày khả năng ứng dụng máy quét laser 3D mặt đất FARO Focus^{3D} X330 để thành lập mô hình 3D của mỏ Cọc Sáu, số liệu đo quét được xử lý bằng phần mềm JRC 3D Reconstructor cho phép tính toán xử lý với nhiều mục đích đáp ứng yêu cầu của công tác trắc địa mỏ.

1. MỞ ĐẦU

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 mô hình 3D cho các đối tượng ở mỏ. Kết quả sau khi đo quét là tập hợp các đám mây điểm rất lớn lên đến hàng triệu điểm trong không gian 3 chiều với độ chính xác đạt cỡ một vài mm, không cần tiếp xúc trực tiếp với đối tượng,... đã giúp cho công nghệ TLS này ngày càng được ứng dụng rộng rãi. [7,8,9].

Trên thế giới, việc ứng dụng công nghệ TLS đã cho thấy khả năng thu thập dữ liệu địa không gian tài nguyên khoáng sản ở mỏ một cách một cách chi tiết, trực quan, nhanh chóng, chính xác, chi tiết, đồng thời cho phép quản lý, điều hành sản xuất, khai thác tài nguyên mỏ một cách trực quan và hợp lý, góp phần nâng cao hiệu quả trong quản lý khai thác, quản trị tài nguyên khoáng sản mỏ. Công nghệ quét laser 3D được các chuyên gia quốc tế đánh giá là "Kỹ thuật đo đạc của thế kỷ XXI", sự xuất hiện của kỹ thuật quét laser 3D mặt đất đã làm thay đổi hoàn toàn khái niệm đo đạc truyền thống, thay vì những điểm đo bằng gương và máy toàn đạc điện tử rời rạc và hạn chế số lượng, thay vì nội suy từ một số lượng hạn chế các điểm đo toàn đạc điện tử để tạo ra

các bề mặt khai trường mỏ, kỹ thuật quét laser 3D cung cấp hàng trăm triệu điểm đo trải đều trên toàn bộ bề mặt thực địa, số lượng điểm đo dày đặc tạo ra các "đám mây số liệu" (Point Cloud) diễn tả một cách chi tiết thực địa khai trường tới từng viên đá, cho phép đo đạc một cách chính xác ngay trên ảnh, đây là đặc điểm mà các giải pháp kỹ thuật và các thiết bị đo cũ không thể thực hiện được.

Tại các mỏ lộ thiên Việt Nam, điều kiện khai thác ngày càng trở nên khó khăn, độ sâu khai thác ngày càng lớn, địa hình phức tạp, sườn vách bờ tầng cao và nguy hiểm... do đó, với các phương pháp đo đạc truyền thống sẽ gặp khó khăn trong việc xác định chính xác, chi tiết địa hình, tính thể tích, khối lượng,... dẫn đến hiệu suất lao động không cao.

Do đó, công nghệ quét laser 3D mặt đất với những ưu thế về khả năng chi tiết, tốc độ quét, độ chính xác, sử dụng đa mục đích,... sẽ đáp ứng được những yêu cầu về tiến độ khai thác, năng suất lao động, mức độ chi tiết địa hình,... ở các mỏ Việt Nam hiện nay.




2. NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA HỆ THỐNG QUÉT LASER 3D MẶT ĐẤT

Nguyên lý hoạt động của một hệ thống quét laser dựa vào nguyên tắc tán xạ ngược các bức xạ điện từ sau khi phản xạ từ các đối tượng. Cấu trúc của laser bao gồm một khối

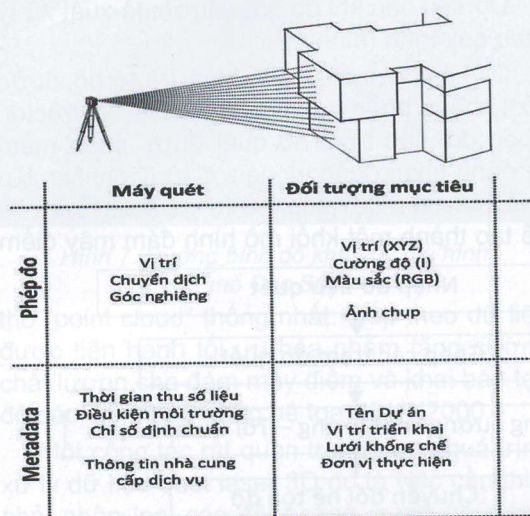
phát bức xạ điện từ kích thích phát ra chùm tia laser hướng đến đối tượng cần khảo sát và một khối thu, xử lý tín hiệu tán xạ ngược. Bức xạ laser sử dụng trong các hệ laser đo đạc có bước sóng nằm trong khoảng từ hồng

ngoại, khoảng từ 250 nm đến 11 μ m, tùy thuộc vào mục đích nghiên cứu mà bước sóng được lựa chọn là khác nhau. Dữ liệu thu được của hệ thống là tập hợp đám mây điểm phản xạ 3 chiều của tia laser từ đối tượng được khảo sát.

Bảng 1. So sánh các thông số kỹ thuật một số máy quét laser 3D

TT	Tên thiết bị			
		FARO Focus ^{3D} X330	Trimble TX8	Leica ScanStation P40
1	Công nghệ quét	"phase shift"	"time-of-flight"	"Waveform Processing"
2	Loại laser	Cấp độ 1	Cấp độ 1	Cấp độ 1
	Bước sóng	1550nm	1.5 μ m	1550 nm (không nhìn thấy) / 658 (nhìn thấy)
	Đ.kính chùm tia	≤ 2.25 mm (trước ống kính); độ phân kỳ 0.2mrad	≤ 6.0 mm (10m); 10mm (30m); 34mm (100m)	≤ 3.5 mm (FWHM); độ phân tán: 0.23mrad (FWHM, full angle)
3	Khoảng cách quét	từ 0.6m đến 330m	Từ 0.6m đến 340m	0.4m đến 120m (độ phản xạ 8%); 0.4m đến 180m (độ phản xạ 18%); 0.4m đến 270m (độ phản xạ 34%)
4	Tốc độ quét (điểm/giây)	122.000/ 244.000/ 488.000/ 976.000	1 triệu điểm/giây	1 triệu điểm/giây
5	Khoảng cách giữa các điểm đo	Step size: 0.009°	Step size: 0.009°	Lựa chọn theo chiều đứng, ngang với mật độ <0.8mm
6	Độ chính xác mô hình sau xử lý	± 2 mm	± 2 mm khoảng cách 100m (độ phản xạ 10% đến 90%)	± 2 mm (ở khoảng cách 50m)
7	Tích hợp camera	70 megapixel	70 megapixel	5 megapixels góc chụp 17° x 17°; ảnh toàn cảnh 70 megapixels
8	Chế độ bù trục	độ chính xác 0.015°; dài bù $\pm 5^\circ$	Độ phân giải: 0.3"; độ chính xác 0.5"; dài bù $\pm 10'$	độ phân giải: 1"; độ chính xác 1.5"; dài bù $\pm 5'$
9	Màn hình hiển thị, điều khiển	Màn hình cảm ứng, đa điểm, có chức năng kết nối mạng không dây (WLAN)	Màn hình cảm ứng, đa điểm, có chức năng kết nối mạng không dây (WLAN)	Màn hình cảm ứng, đa điểm, có chức năng kết nối mạng không dây (WLAN)
10	Thời gian làm việc	4.5 giờ	2 giờ/1pin	5,5 giờ (sử dụng 2 pin trong); 7, giờ (sử pin ngoài)

Một số hệ thống laser còn cho phép thu nhận các tín hiệu phản hồi trung gian (giữa tín hiệu đầu và cuối) cho phép phân tích cấu trúc đối tượng.



Hình 1. Nguyên lý hoạt động của công nghệ quét laser 3D

Đặc điểm điều kiện địa hình là yếu tố ảnh hưởng tới độ chính xác thành lập mô hình số độ cao (DEM). Có thể kể đến các yếu tố chính sau đây:

- Bề mặt phức tạp, chia cắt của địa hình.
- Góc nghiêng của địa hình.
- Địa vật phủ trên bề mặt địa hình.

Độ chính xác của mô hình số độ cao (DEM) thành lập bằng công nghệ quét laser mặt đất là rất cao, hiện nay một số thiết bị quét laser mặt đất có thể đạt được tới độ chính xác $\pm 2\text{mm}$ (với khoảng cách đo 50m). Mật độ của các điểm DEM rất dày, đạt tới hàng triệu điểm/km², nhiều hơn gấp hàng chục lần, thậm chí hàng trăm lần so với công nghệ truyền thống [4].

Từ mô hình 3D của mỏ lộ thiên ta tính được:

- Khối lượng khai thác.
- Dịch chuyển bờ mỏ.
- Thành lập mặt cắt mỏ.
- Xây dựng bình đồ, quản lý bãi thải.

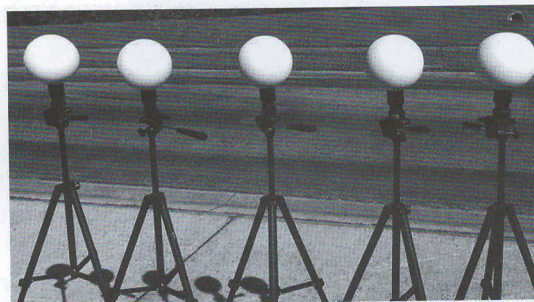
3. ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ QUÉT LASER 3D MẶT ĐẤT XÂY DỰNG MÔ HÌNH ĐỊA HÌNH MỎ CỌC SÁU

Để xây dựng được mô hình 3D mỏ bằng công nghệ đo quét laser 3D mặt đất cần thiết phải tiến hành các công việc theo trình tự.

3.1. Chuẩn bị, lựa chọn thiết bị

Để xây dựng mô hình chi tiết 3D mỏ Cọc Sáu, nhóm nghiên cứu tiến hành sử dụng máy quét laser Faro Focus3D X330. Đây là loại máy có chất lượng tốt và phổ biến trên thế giới, với độ chính xác cao (bảng 1), máy cho phép đo quét ở cả chế độ trong nhà và ngoài trời.

Tiêu đo gồm các quả bóng tiêu được bố trí sao cho ở mỗi trạm đo quét kế tiếp đều nhìn thấy tối thiểu 3 quả bóng tiêu (hình 2).



Hình 2. Tiêu bóng phục vụ đo quét laser 3D

Với mục đích chuyển mô hình đo quét về hệ tọa độ địa phương mà mỏ đang sử dụng, nhóm nghiên cứu tiến hành xác định tọa độ các điểm tiêu bằng phương pháp toàn đạc điện tử tới các điểm khống chế ở mỏ (hình 3).

3.2. Đo quét

Các vị trí đo quét lần lượt được triển khai theo phương án đã lập sẵn, sao cho đảm bảo thu nhận đầy đủ dữ liệu các bờ tầng của mỏ. Tại các vị trí đặt máy quét được tiến hành cài đặt các chế độ và chất lượng đo quét như sau:

- Chế độ đo ngoài trời
- Độ phân giải 3x,
- Quét toàn bộ 360°
- Khoảng cách quét xa nhất

Trung bình thời gian đo quét 1 trạm là khoảng 6 phút. Dữ liệu quét được chuyển vào máy tính trạm (workstation - với bộ vi xử lý tốc độ cao, cấu hình đồ họa mạnh) bằng phần mềm Faro Scene. Các dữ liệu được kiểm tra sơ bộ dưới dạng dữ liệu thô. Sau đó, dữ liệu này được xử lý bằng một số phần mềm chuyên dụng khác, trong đó đáng kể nhất là phần mềm JRC 3D Reconstructor của Gexcel (Ý) cho phép xử lý một cách tương đối đầy đủ các công của trắc địa mỏ như: tự động ghép trạm đo quét, loại bỏ các điểm "nhiều", xuất mô hình đám mây điểm,

tạo mô hình độ cao, xác định khối lượng, thể tích, xây dựng các mặt cắt mỏ, xác định dịch chuyển các chu kỳ,...

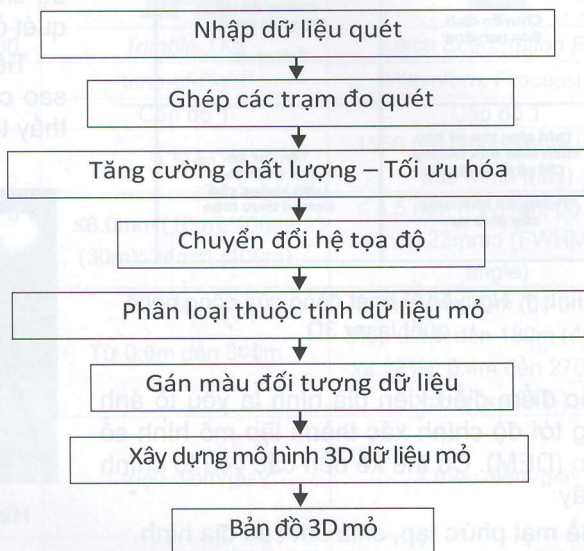
3.3. Xử lý dữ liệu đo quét

Dữ liệu sau khi đo quét được đề xuất xử lý theo quy trình (hình 4)

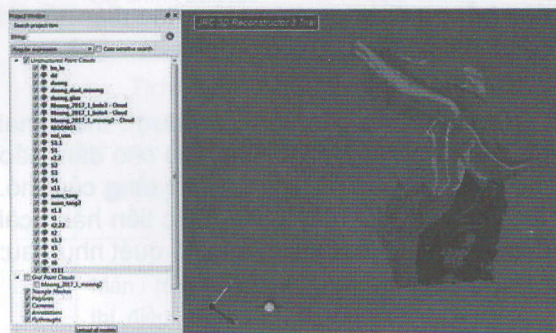
Dữ liệu đo quét sau khi kiểm tra sơ bộ, được xử lý bằng phần mềm JRC 3D Reconstructor. Theo đó, các trạm đo quét được phần mềm tự động nhận dạng và người xử lý chỉ cần lắp ghép các tiêu đo đúng thứ tự giữa các trạm đo để tạo thành một khối mô hình đám mây điểm



Hình 3. Máy toàn đạc điện tử đo nối từ mốc khống chế mỏ tới các điểm



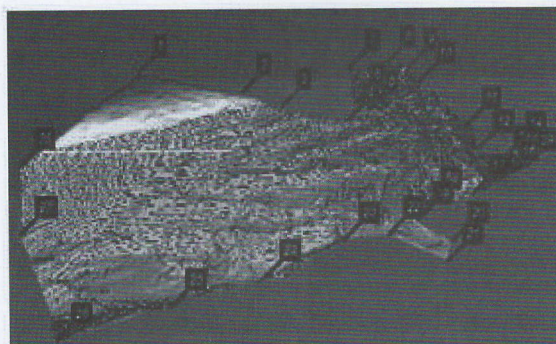
Hình 4. Sơ đồ xử lý số liệu đo quét tạo bản đồ 3D dữ liệu địa không gian mỏ [2].



Hình 5. Dữ liệu sau khi được xử lý và phân loại từng đối tượng ở mỏ Cọc Sáu



Hình 6. Tạo mesh bề mặt địa hình mỏ Cọc Sáu



Hình 7. Đường bình đồ khu vực địa hình mỏ Cọc Sáu

thô "point cloud" thống nhất. Tiếp theo dữ liệu được tiến hành tối ưu hóa nhằm tăng cường chất lượng cho đám mây điểm và khai báo tọa độ các điểm tiêu trong hệ tọa độ VN2000.

Một công tác rất quan trọng trong quá trình xử lý dữ liệu quét laser 3D đó là việc cần thiết phải phân loại các đối tượng ở mỏ như: các bờ tầng, khu vực than, khu vực đất đá, thiết bị dây điện và nhất là các đối tượng không mong muốn xuất hiện trong quá trình đo quét gọi là "nhiều". Các đối tượng này cần thiết phải phân loại, loại bỏ trong quá trình xử lý tiếp theo nhằm xây dựng được mô hình 3D mỏ một cách chi tiết, chính xác và đầy đủ các lớp thông tin đối tượng.

Để mô hình số bề mặt địa hình không bị gồ ghề do chỉ là tập hợp "đám mây điểm", cần thiết phải tiến hành làm mịn bề mặt bằng cách tạo mạng lưới "mesh" bề mặt địa hình.

Với mô hình bề mặt sau khi đã "mesh", có thể tiến hành làm một số công tác khác một cách nhanh chóng như: tạo đường bình đồ, thiết lập mặt cắt, tính thể tích khối lượng,...

4. KẾT LUẬN

- Dữ liệu từ máy quét laser 3D mặt đất tạo mô hình thực tiễn có tỉ lệ 1:1 với đầy đủ mức độ chi tiết thực tế với độ chính xác cao (mm), đồng thời chứa đầy đủ các thông tin trực quan các đối tượng trong khu vực khai thác.

- Bản đồ 3D địa hình mỏ được xây dựng với số điểm lên tới hàng triệu điểm đo, đồng thời cho phép biểu diễn từng đối tượng trên mô

Reference plane: "New plane 12663"
Surface integrated: Topographic mesh of 28 clouds (cut with polyline)

The volume is 1237817.435234 m³



Hình 8. Khối lượng khu vực khai thác mỏ Cọc Sáu ngày 23 tháng 4

hình 3D hoặc 2D ở nhiều dạng khác nhau như: dạng đám mây điểm, mô hình 3D, ảnh toàn cảnh,... giúp xác định và phân loại xây dựng cơ sở dữ liệu các đối tượng trên địa hình mỏ một cách chi tiết và trực quan.

- Phương pháp đo bằng thiết bị quét laser 3D mặt đất đã giảm thời gian trong công tác đo ngoại nghiệp, giúp tăng năng suất lao động trong thi công, sản xuất đặc biệt khi ứng dụng khảo sát các đối tượng công trình quan trọng trong mỏ.

- Các thiết bị quét laser 3D mặt đất 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 quét laser 3D mặt đất 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.

- Công nghệ TLS so với các phương pháp đo đặc 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.

- Công nghệ quét laser 3D mặt đất cho

phép thu nhận dữ liệu địa không gian mỏ một cách chi tiết, chính xác đồng thời hiển thị trong không gian 3 chiều một cách trực quan giúp cho người sử dụng dễ dàng tiếp cận và nắm bắt được thông tin một cách chi tiết từng đối tượng trên thực địa giúp những nhà quản lý nâng cao khả năng quản trị, khai thác tài nguyên khoáng sản ở các mỏ lộ thiên Việt Nam./.

Tài liệu tham khảo :

[1] 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-ktvcao-diem-chien-dich-ha-moong-2261974/>

[2] Nguyễn Viết 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.

[3] Nguyễn Viết Nghĩa, & Võ Ngọc Dũng. (2016b). 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.

[4] Võ Chí Mỹ. (2016). Trắc địa mỏ. Hà Nội: NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ.

[5] Jadwiga Maciaszek, Rafał Gawalkiewicz, & Anna Szafarczyk. (2015). *Geodezyjne metody badania osuwisk*. Kraków: AGH.

[6] 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, 1, 013.

[7] 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.

[8] Maciaszek, J, & Gawalkiewicz, R. (2007). Badanie dokładności tachimetrów i skanerów laserowych w warunkach laboratoryjnych i polowych. Zeszyty Naukowe. Górnictwo/Politechnika Śląska(278), 241-258.

[9] Simon Ratcliffe, & Andrew Myers. (2006). Laser Scanning in the Open Pit Mining Environment A Comparison with Photogrammetry. I-SiTE White Paper, 1-10.

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ MÁY BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI (UAV) TRONG CÔNG TÁC XÂY DỰNG MÔ HÌNH SỐ BỀ MẶT MỎ LỘ THIÊN

Nguyễn Quốc Long, Bùi Xuân Nam, Nguyễn Việt Nghĩa, Cao Xuân Cường,
Lê Văn Cảnh, Trường Đại học Mỏ- Địa chất
Võ Chí Mỹ, Hội Trắc địa Bản đồ Viễn thám Việt Nam
Nguyễn Thanh Triều, Công ty Cổ phần Tư vấn Đầu tư xây dựng NN

Tóm tắt:

Công nghệ máy bay không người lái (UAV) đã được sử dụng rộng rãi trong thành lập mô hình số bề mặt (DSM). Tuy nhiên, đối với các mỏ lộ thiên ở Việt Nam, thì đây vẫn là công nghệ tương đối mới. Mục tiêu của bài báo là đánh giá khả năng xây dựng mô hình số bề mặt (DSM) cho các mỏ lộ thiên có chênh cao địa hình lớn từ dữ liệu ảnh UAV. Để thực hiện mục tiêu này, thiết bị bay Phantom4pro của hãng DJI được sử dụng để bay chụp 3 mỏ khai thác đá lộ thiên tại các tỉnh Quảng Ninh, Bình Dương và An Giang. Các điểm khống chế ảnh và điểm dùng để đánh giá độ chính xác mô hình DSM được xây dựng bằng công nghệ định vị vệ tinh xử lý tức thời (RTK). Dữ liệu ảnh bay chụp được xử lý trên phần mềm Agisoft Photoscan 1.42. Kết quả cho thấy trong cả ba trường hợp bay chụp, độ chính xác về tọa độ và độ cao của các điểm trên mô hình DSM của mỏ so với các điểm đánh giá độ chính xác đều đạt quy phạm thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1:1000.

1. MỞ ĐẦU

Mô hình số bề mặt (Digital Surface Model – DSM) là một dữ liệu quan trọng được sử dụng cho các hoạt động như thành lập bản đồ 3D, lập kế hoạch phòng chống các tai biến thiên nhiên, lũ lụt, kiểm soát xói lở đất, phân tích tầm nhìn ở diện rộng, và giám sát tài nguyên và môi trường. Đối với địa hình mỏ lộ thiên, DSM thực chất là mô hình số độ cao DEM, do tại đây gần như không có thực phủ và địa vật. Khi đó, dữ liệu này có thể được sử dụng để thành lập bản đồ địa hình và tính toán khối lượng ở các mỏ. Hiện nay, trong khi DSM thường được thành lập bằng nhiều công nghệ khác nhau như đo đạc trực tiếp bằng máy toàn đạc điện tử, định vị vệ tinh GNSS, và quét laser mặt đất. Các công nghệ này có các nhược điểm như giá thành cao, tiêu tốn thời gian và sức lao động. Khó thực hiện trong các điều kiện địa hình và môi trường phức tạp và có thể gây nguy hiểm về sức khỏe (Bui et al., 2016).

Trong những năm gần đây, thiết bị bay không người lái (UAV - Unmanned Aerial Vehicle) được nghiên cứu ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau như khảo cổ và bảo tồn di sản văn hóa (Lambers, 2007), quan trắc

môi trường (Maza, 2011; Oleire-Oltmanns, 2012), giám sát nông lâm nghiệp (Rokhmana, 2015), đo đạc trắc địa (Peter Liu¹ 2014; Sona, 2014), và xây dựng mô hình 3D các công trình (Irschara, 2010). Tại Việt Nam, đã có một số nghiên cứu về ứng dụng công nghệ UAV trong thành lập mô hình số bề mặt như của các tác giả (Bui et al., 2016), (Ngô Thị Phương Thảo và NNK, 2017), (Dieu et al., 2017). Kết quả các nghiên cứu đều đã khẳng định công nghệ UAV có thể sử dụng linh hoạt trong việc thu thập lượng lớn thông tin có độ phân giải cao, từ đó có thể thành lập DSM có chất lượng cao. Tuy nhiên, hiện nay chưa có một nghiên cứu nào trong đó sử dụng công nghệ này thành lập DSM ở các mỏ lộ thiên khai thác vật liệu xây dựng, đặc biệt có những mỏ xuống sâu và có chênh cao địa hình lớn như tại Việt Nam. Do đó, mục tiêu chính của nghiên cứu này là đánh giá độ chính xác DSM và bình đồ ảnh thành lập từ phương pháp đo ảnh máy bay không người lái UAV cho địa hình mỏ lộ thiên.

2. THIẾT BỊ BAY VÀ PHẦN MỀM XỬ LÝ

2.1. Thiết bị bay Phantom 4 pro

Trọng thiết bị Phantom 4 pro bao gồm thân máy và bộ điều khiển. Các bộ phận chính gắn



Hình 1. Thiết bị bay Phantom 4 pro và bộ điều khiển trên thân máy bao gồm các cảm biến tránh va đập theo 5 hướng (trái, phải, trước, sau, dưới), bốn mô tơ, 4 cánh quạt có thể tháo rời, chân hạ cánh cố định phía bên dưới.

Bộ điều khiển từ xa gồm các nút bấm điều khiển quá trình bay, điều khiển có tích hợp 2 ăng ten với 2 tần số có cổng kết nối với máy tính bảng hoặc điện thoại thông minh để cài đặt các thông số bay chụp hoặc hình hiển thị ảnh chụp trực tiếp từ máy bay. Hình ảnh của bộ thiết bị Phantom 4 pro như hình 1. Các thông số kỹ thuật của thiết bị được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Thông số chính của Phantom4 Pro

Trọng lượng	1280 (g)
Cao, dài, rộng	18.5, 28.9, 28.9 (cm)
Tốc độ bay lên tối đa	5 (m/s)
Tốc độ bay xuống tối đa	3 (m/s)
Tốc độ bay ngang tối đa	16 (m/s)
Thời gian bay	23 (phút)
Tầm bay cao nhất	6000 (m)
Nhiệt độ hoạt động	0 -40 (°C)
Định vị	GPS/GLONAS

2.2. Bộ phận chụp ảnh (camera)

Camera của Phantom 4 Pro (hình 2) có cảm biến bên trong có thể chụp ảnh tĩnh 20 MP ở định dạng JPEG hoặc DNG RAW. Có khả năng quay video 4K. Cảm biến mới có kích thước lớn hơn các thế hệ trước nó nên Phantom 4 pro có thể cho ra ảnh/video chất lượng tốt hơn trong



Hình 2. Camera của Phantom 4 Pro

điều kiện thiếu sáng. Ống kính của camera có khẩu độ lớn nhất F/2.8, cho góc nhìn rộng 94 độ. DJI cho biết ống kính của camera được thiết kế đặc biệt để chống méo ở vùng rìa ảnh. Camera được nối với bộ chống rung 3 chiều giúp cho ảnh chụp ổn định. Các thông số chụp ảnh có thể đặt ở chế độ tự động hoặc điều khiển thông qua bộ điều khiển mặt đất.

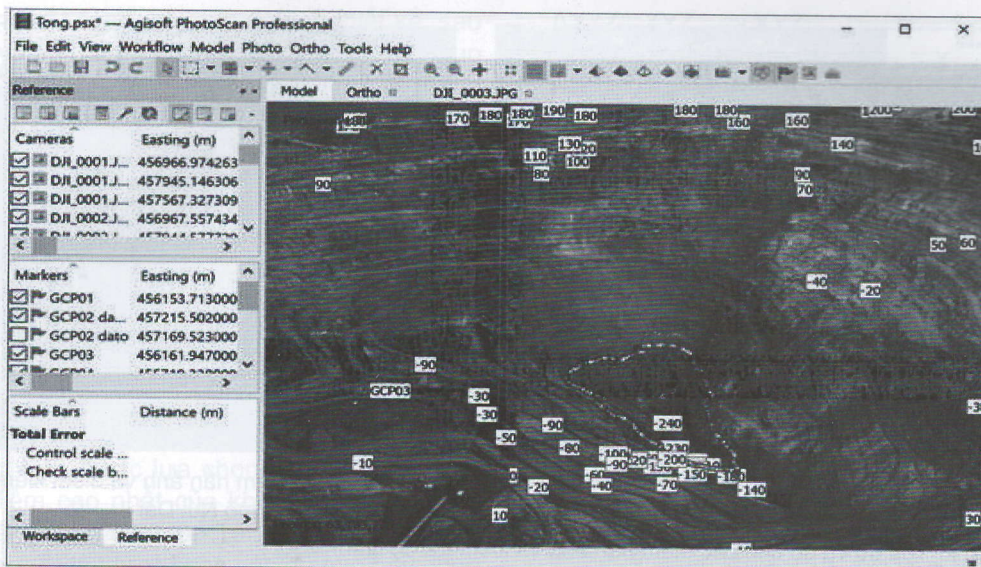
2.3. Phần mềm xử lý ảnh chụp từ UAV

Hiện nay có nhiều phần mềm xử lý ảnh UAV khác nhau như Agisoft Photoscan, ENVI, Trimble Business Center, Erdas Leica Photogrammetry Suite, PhotoModeler Scanner, Pix4UAV Desktop v.v. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng phần mềm Agisoft Photoscan phiên bản 1.42 để xử lý toàn bộ quy trình từ khớp ảnh, tạo đám mây điểm, xây dựng mô hình số bề mặt (DSM), và thành lập bình đồ ảnh. Giao diện phần mềm Agisoft Photoscan như hình 3.

3. THỰC NGHIỆM XÂY DỰNG MÔ HÌNH DSM VÀ ĐÁNH GIÁ ĐỘ CHÍNH XÁC

3.1. Địa điểm và thiết bị thực nghiệm bay chụp

Phần thực nghiệm được tiến hành tại 2 mỏ khai thác lộ thiên là cụm mỏ Tân Đông Hiệp và Núi Dài. Trong đó Cụm mỏ Tân Đông Hiệp (tỉnh Bình Dương) là mỏ khai thác đá phục vụ xây dựng, đáy móng có độ sâu -120 m, chênh cao lên bề mặt mỏ là 170 m. Diện tích bay chụp là 130 ha. Mỏ Núi Dài tại huyện Trảng Bàng tỉnh Anh Giang là mỏ khai thác vật liệu xây dựng, đá chủ yếu là Andezit, đáy móng có độ cao là +10m,



Hình 3. Phần mềm Agisoft Photoscan

chênh cao từ móng tới điểm cao nhất trên bề mặt mỏ là 150m, diện tích bay chụp là 125 Ha.

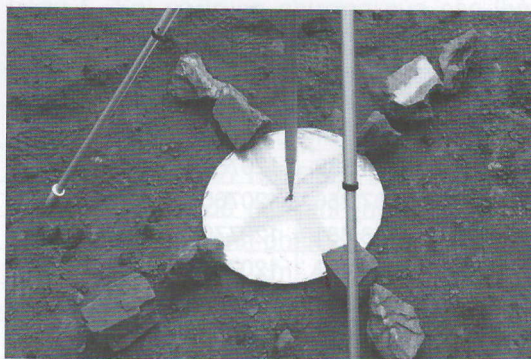
Có thể nhận thấy, cả 2 mỏ đều có chênh cao từ bề mặt tới đáy móng lớn, diện tích bay chụp rộng, vật liệu khai thác là đá, do vậy có thể coi 2 mỏ này là các mỏ tiêu biểu cho các mỏ khai thác vật liệu xây dựng ở Việt Nam.

Thiết bị dùng bay chụp là Phantom 4 Pro đã được tích hợp máy ảnh Sony EXMOR độ phân giải 20Mp. Phần mềm xử lý ảnh là Agisoft Photoscan.

3.2. Xây dựng điểm khống chế và kiểm tra

Điểm khống chế ảnh ngoại nghiệp cho khu vực nghiên cứu được đo đạc bằng công nghệ định vị vệ tinh xử lý thực thời (Real time Kinematic – RTK). Những điểm này được sử dụng để nắn ảnh về tọa độ VN-2000 và đánh giá độ chính xác của mô hình DSM. Các tiêu đánh dấu điểm khống chế ảnh có đường kính 50 cm, được làm bằng vật liệu phản chiếu cao để tăng cường độ tương phản, dễ dàng phát hiện trên ảnh (hình 4).

Trong mỗi trường hợp bay chụp, tổng số điểm khống chế và kiểm tra là 21 điểm, trong đó 14 điểm dùng để nắn ảnh và 7 điểm còn lại dùng để đánh giá độ chính xác mô hình, các



Hình 4. Tiêu đánh dấu điểm khống chế ảnh trên thực địa được đo bằng công nghệ GNSS/RTK

điểm kiểm tra độ chính xác được phân bố rải đều trên khu vực bay chụp và nằm ở các độ cao khác nhau, đảm bảo tính khách quan trong đánh giá kết quả (hình 5 và hình 6). Tọa độ, độ cao các điểm khống chế mặt đất được trình bày ở bảng 2.

3.3. Thiết kế và thực hiện bay chụp

Quá trình bay chụp được thiết kế trên phần mềm Pix4D Capture (hình 4), có thể thiết kế độ cao bay, tốc độ bay, độ chồng phủ theo hướng dọc và ngang, góc chụp ảnh v.v. Khi cài đặt ở chế độ bay an toàn (Safe mode) thì UAV sẽ tự động bay theo các dải đã thiết kế bao gồm

HỘI NGHỊ KHOA HỌC KỸ THUẬT MỎ TOÀN QUỐC LẦN THỨ XXVI
 "Công nghiệp mỏ thế kỷ 21 - Những vấn đề Khoa học, Công nghệ và Môi trường"



Hình 5. Phân bố điểm nắn ảnh và điểm kiểm tra tại cụm mỏ Tân Đông Hiệp



Hình 6. Phân bố điểm nắn ảnh và điểm kiểm tra tại mỏ Núi Dài

Bảng 2. Tọa độ và độ cao các điểm nắn ảnh và kiểm tra độ chính xác

Cụm mỏ Tân Đông Hiệp				Mỏ Núi Dài			
Tên điểm	Tọa độ			Tên điểm	Tọa độ		
	X(m)	Y(m)	Z(m)		X(m)	Y(m)	Z(m)
GPS1	614119.593	1207967.399	16.237	G1	522357.741	1155501.358	97.342
P1	614339.949	1207673.561	7.756	G2	522482.762	1155507.169	134.680
P2	614116.539	1207620.095	-34.994	G3	522505.611	1155475.140	143.097
P3	613607.256	1207653.555	-89.466	G4	522578.322	1155360.124	127.562
P4	613843.681	1207706.913	-120.292	G5	522599.229	1155361.896	132.377
P5	614073.639	1207693.009	-121.572	G6	522620.795	1155328.228	124.352
P6	613963.797	1207805.117	-122.134	G7	522735.415	1155316.837	125.400
P7	613959.958	1207918.895	-125.810	G8	522830.587	1155326.417	102.483
P8	613756.193	1207912.934	-122.833	G9	523059.951	1155096.376	40.402
P9	613521.589	1207779.813	-123.391	G10	522932.642	1155059.934	20.354
P10	613853.326	1207534.904	-112.690	G11	522895.664	1155026.343	31.245
P11	614009.118	1208152.587	10.904	G12	522681.805	1155127.325	32.021
P12	613683.660	1208098.145	10.705	G13	522561.879	1155173.408	44.115
P13	614023.288	1208072.528	-27.273	G14	522401.681	1155222.221	56.665
P14	613395.427	1207923.149	18.423	G15	522145.678	1155475.168	18.044
P15	613289.591	1207538.993	23.540	G16	522236.736	1155198.050	13.335
P16	613660.551	1207411.936	17.290	G17	522493.057	1154908.340	15.043
P17	614146.662	1207207.516	14.522	G18	522626.383	1154829.387	18.171
P18	614015.980	1207327.253	10.085	G19	523046.437	1154711.066	8.119
P19	614427.807	1207805.339	2.130	G20	523197.823	1154803.658	7.581
P20	614473.831	1207929.260	7.086	GPS_01	522235.758	1154851.642	3.983

tự động cất cánh, bay lên độ cao thiết kế, sau đó bay đến các điểm thiết kế để dừng và chụp ảnh như đã thiết lập trong phần mềm. Khi ảnh cuối cùng được chụp xong, UAV sẽ tự động bay về và hạ cánh tại điểm xuất phát. Trong quá trình bay chụp, trạng thái hoạt động của UAV và máy ảnh được hiện thị liên tục trên máy tính bảng hoặc điện thoại thông minh. Tùy vào độ an toàn của UAV (ví dụ tình trạng năng lượng của pin, nguy cơ va chạm với vật thể, động vật trên không) người điều khiển có thể dừng quá trình bay tự động để UAV hạ cánh. Để đảm bảo an toàn cho máy bay, tránh va đập vào các ngọn núi thì độ cao bay chụp trong 3 trường hợp được lựa chọn sao cho luôn cao hơn điểm cao nhất của khu vực bay. Cụ thể mỏ Núi Dài và cụm mỏ Tân Đông Hiệp, nhóm nghiên cứu lần lượt chọn các độ cao bay chụp so với điểm cất cánh là 250m và 200m. Do các hạn chế về thời gian bay nên để hoàn thành được diện tích bay chụp lớn, cần thiết kế nhiều dải bay liên tiếp.



Hình 7. Thiết kế giải bay tại cụm mỏ Tân Đông Hiệp

3.4. Đánh giá độ chính xác của mô hình số bề mặt (DSM)

Độ chính xác của mô hình DSM (3D) mô được đánh giá trên cơ sở so sánh tọa độ và độ cao của các điểm trên mô hình với các điểm khống chế mặt đất, độ chính xác của mô hình 3D được đánh giá theo các công thức sau:

$$\Delta X = X_{DSM} - X_{GCP} \quad (1)$$

$$\Delta Y = Y_{DSM} - Y_{GCP} \quad (2)$$

$$\Delta Z = Z_{DSM} - Z_{GCP} \quad (3)$$

$$\Delta XYZ = XYZ_{DSM} - XYZ_{GCP} \quad (4)$$

$$RMSE_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{DSM} - X_{GCPi})^2} \quad (5)$$

$$RMSE_y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_{DSM} - Y_{GCPi})^2} \quad (6)$$

$$RMSE_z = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z_{DSM} - Z_{GCPi})^2} \quad (7)$$

$$RMSE_{xyz} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{DSM} - X_{GCPi})^2 + (Y_{DSM} - Y_{GCPi})^2 + (Z_{DSM} - Z_{GCPi})^2} \quad (8)$$

Trong đó: $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ là giá trị chênh lệch các thành phần tọa độ và vị trí điểm; $RMSE$ là sai số trung phương; n tổng số điểm kiểm tra; X_{GCPi} và X_{DSM} , Y_{GCPi} và Y_{DSM} , Z_{GCPi} và Z_{DSM} tương ứng là thành phần tọa độ theo trục X, trục Y và trục Z của điểm khống chế và mô hình 3D.

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Sau khi xử lý ghép ảnh, nắn ảnh, tạo đám mây điểm, ta sẽ tạo mô hình số bề mặt (DSM) cho cả 2 mỏ (hình 7 và hình 8). Sai số trung phương của các thành phần X, Y, Z, XYZ của tất cả các điểm nắn ảnh như trong bảng 3, bảng 5. Sai số trung phương của các thành phần X, Y, Z, XYZ của tất cả các điểm kiểm tra độ chính xác mô hình 3D như trong bảng 4 và bảng 6. Mô hình DEM của cụm mỏ Tân Đông Hiệp và mỏ Núi Dài như hình 5 và 6.

Đối với cụm mỏ Tân Đông Hiệp, sai số của các điểm dùng để nắn ảnh như sau: sai số trung bình các thành phần X, Y, Z, XYZ tương ứng là 2.074, 1.537 cm, 4.616 cm, 5.289 cm. Sai số lớn nhất theo trục X là -3.303cm và trục Y là -5.186 cm, sai số lớn nhất theo trục Z là 24.580 cm (điểm P12, bảng 3) và sai số tổng hợp theo vị trí điểm XYZ là 24.677cm (điểm P12, bảng 3).

Sai số trung bình các thành phần X, Y, Z, XYZ của các điểm kiểm tra tại cụm mỏ Tân Đông Hiệp tương ứng là 5.140, 2.746cm, 13.482cm, 14.688cm. Sai số lớn nhất theo trục X là 10.184cm và trục Y là -5.900cm (điểm P14, bảng 4), sai số lớn nhất theo trục Z là -24.171 cm và sai số tổng hợp theo vị trí điểm XYZ là 24.483cm (điểm P7, bảng 4).

Đối với mỏ Núi Dài sai số trung bình các thành phần X, Y, Z, XYZ của các điểm nắn ảnh tương ứng là -3.303 m, -2.311cm, 13.976cm, 2 và 14.644cm. Sai số lớn nhất theo trục X

Hình 11. Mô hình 3D mỏ Núi Dài

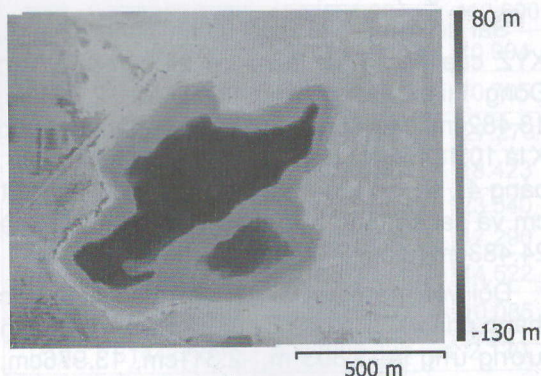
HỘI NGHỊ KHOA HỌC KỸ THUẬT MỎ TOÀN QUỐC LẦN THỨ XXVI
"Công nghiệp mỏ thế kỷ 21 - Những vấn đề Khoa học, Công nghệ và Môi trường"

Bảng 3. Sai số các thành phần của điểm khống chế trong xây dựng mô hình 3D cụm mỏ Tân Đông

Tên điểm	DX (cm)	DY (cm)	DZ (cm)	D XYZ (cm)
P19	-2.209	2.514	20.101	20.378
P10	0.075	-1.442	-14.379	14.451
P11	3.610	-2.596	-3.390	5.592
P12	6.805	-5.186	4.721	9.772
P15	2.178	0.096	24.580	24.677
P17	-3.713	5.006	1.645	6.446
P18	-1.760	1.237	-2.265	3.124
P2	-2.400	1.500	-6.282	6.890
P20	-1.980	1.420	21.132	21.272
P5	-1.009	2.817	-3.989	4.987
P6	2.841	-1.791	-17.367	17.689
P8	2.676	2.104	-21.776	22.040
P9	-6.741	1.674	-2.192	7.284
Σ	3.478	2.650	13.976	14.644

Bảng 4. Sai số các thành phần X, Y, Z, XY, XYZ của điểm kiểm tra cụm mỏ Tân Đông Hiệp

Tên điểm	DX (cm)	DY (cm)	DZ (cm)	D XYZ (cm)
P13	3.233	0.810	-5.373	6.323
P14	10.184	-5.900	19.055	22.397
P16	-1.139	1.451	2.189	2.862
P1	-4.418	2.976	11.228	12.427
P3	3.725	-2.405	-3.293	5.523
P7	3.846	0.636	-24.171	24.483
P4	-4.616	-0.395	-12.430	13.265
Σ	5.140	2.746	13.482	14.688



Hình 8. Mô hình DEM cụm mỏ Tân Đông Hiệp

Bảng 5. Sai số các thành phần của điểm khống chế ảnh trong xây dựng mô hình 3D cụm mỏ Núi Dài

Tên điểm	DX (cm)	DY (cm)	DZ (cm)	D XYZ (cm)
G5	-2.762	-1.493	1.171	3.351
G3	-1.922	0.303	7.369	7.622
G9	-1.054	-0.392	-0.523	1.24
G8	-0.645	-0.804	-4.731	4.842
G1	2.448	0.011	-2.409	3.435
G4	1.523	2.22	-1.634	3.149
G7	-2.797	0.99	0.423	2.997
G11	-3.003	1.568	-8.262	8.930
G12	1.906	-0.692	9.863	10.069
G18	1.134	-2.311	-0.357	2.599
G20	0.761	-2.93	3.815	4.870
G14	1.89	1.679	-2.002	3.225
G15	2.002	-1.001	1.358	2.618
G16	-2.201	-1.001	2	3.138
Total	2.074	1.537	4.616	5.289

là 6.805cm (điểm GP11, bảng 5) và trục Y là -2.311cm (điểm GP18, bảng 5), sai số lớn nhất theo trục Z là 9.863cm (điểm GP12, bảng 5) và sai số tổng hợp theo vị trí điểm XYZ là 10.069 cm (điểm G12, bảng 5).

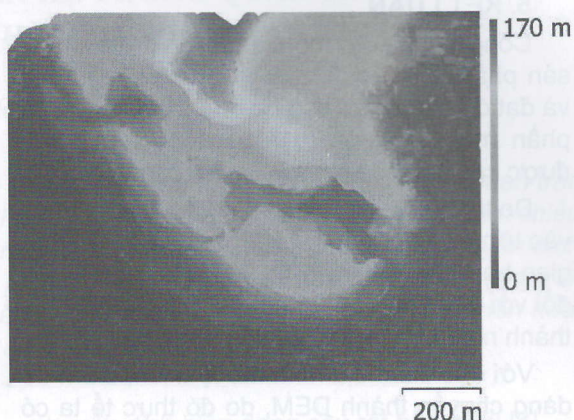
Sai số các điểm kiểm tra tại mỏ Núi Dài như sau: Sai số trung bình các thành phần X, Y, Z, XYZ tương ứng là 1.039, 1.240 cm, 8.397 cm, 8.551 cm. Sai số lớn nhất theo trục X là -1.972 cm (điểm G10, bảng 6). và trục Y là -1.854 cm (điểm G10, bảng 6), sai số lớn nhất theo trục Z là -17.880cm và sai số tổng hợp theo vị trí điểm XYZ là 17.882 cm (điểm G13, bảng 6).

Từ kết quả đánh giá độ chính xác ở trên cho thấy mô hình DSM có độ trùng khớp cao với địa hình thực tế. Mô hình 3D của cụm mỏ Tân Đông Hiệp và mỏ Núi Dài như hình 9 và hình 10.

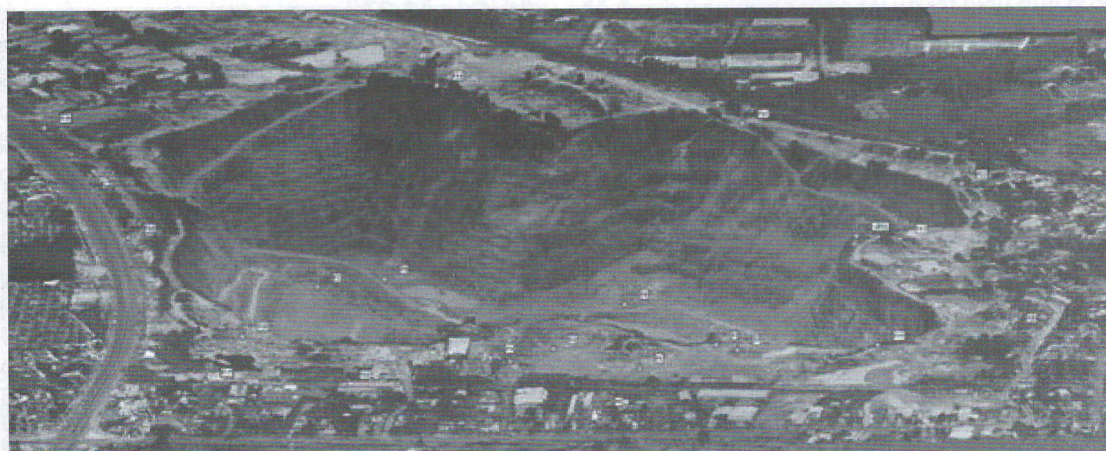
HỘI NGHỊ KHOA HỌC KỸ THUẬT MỎ TOÀN QUỐC LẦN THỨ XXVI
"Công nghiệp mỏ thế kỷ 21 - Những vấn đề Khoa học, Công nghệ và Môi trường"

Bảng 6. Sai số các thành phần X, Y, Z, XY, XYZ của điểm kiểm tra cụm mỏ Tân Đông Hiệp

Tên điểm	<i>DX</i> (cm)	<i>DY</i> (cm)	<i>DZ</i> (cm)	<i>D XYZ</i> (cm)
GPS_01	1.302	-0.110	-2.594	2.904
G2	0.823	2.256	4.022	4.684
G6	-0.401	0.552	-3.448	3.515
G10	-1.972	1.185	-8.409	8.718
G13	-0.086	-0.139	-17.88	17.882
G17	-0.904	-1.854	-8.059	8.319
G19	-0.553	-0.708	1.830	2.038
Σ	1.039	1.24	8.397	8.551



Hình 9. Mô hình DEM cụm mỏ Tân Đông Hiệp



Hình 10. Mô hình 3D Cụm mỏ Tân Đông Hiệp



Hình 11. Mô hình 3 D mỏ Núi Dài

5. KẾT LUẬN

Công nghệ UAV có ưu điểm về giá thành sản phẩm thấp, quá trình xử lý số liệu nhanh và đạt độ chính xác cao do quá trình xử lý trên phần mềm là hoàn toàn tự động nên tránh được các hạn chế do con người can thiệp.

Do thời gian bay chụp bị giới hạn tùy thuộc vào từng loại UAV (đối với Phantom 4 Pro, thời gian bay dài nhất về lý thuyết là 28 phút), nên đối với các khu vực có diện tích lớn phải chia thành nhiều phần nhỏ để tiến hành bay chụp.

Với đặc điểm địa hình mỏ lộ thiên, DSM dễ dàng chuyển thành DEM, do đó thực tế ta có thể dùng mô hình DSM thành lập từ công nghệ đo UAV để thành lập các loại bản đồ địa hình. Trong nghiên cứu này độ chính xác thành lập bản đồ địa hình đạt được tỉ lệ 1:1000.

Tài liệu tham khảo:

Bùi Tiến Diệu và NNK (2016). *Xây dựng mô hình số bề mặt và bản đồ trực ảnh sử dụng công nghệ đo ảnh máy bay không người lái. Hội nghị khoa học: Đo đạc bản đồ với ứng phó biến đổi khí hậu*, Hà Nội.

Dieu T.B., et al (2017). *Lightweight Unmanned Aerial Vehicle and Structure-from-Motion Photogrammetry for Generating Digital Surface Model for Open-Pit Coal Mine Area and Its Accuracy Assessment*" International conference on Geo-spatial Technologies and Earth Resources 2017, P1-16, DOI: 10.1007/978-3-319-68240-2.

Irschara, A., et al. (2010). *Towards fully automatic photogrammetric reconstruction using digital images taken from uavs*. 38, 65-70.

Lambers, K., et al (2007). *Combining photogrammetry and laser scanning for the*

recording and modelling of the Late Intermediate Period site of Pinchango Alto, Palpa, Peru. Journal of Archaeological Science, 34(10), 1702-1712.

Maza, I., Caballero, F., Capitán, J., Martínez-De-Dios, J. R. and Ollero, A. (2011). *Experimental results in multi-UAV coordination for disaster management and civil security applications*. J. Intell. Robot. Syst., 61(1-4), 563-585.

Ngô Thị Phương Thảo và NNK (2017). *Đánh giá độ chính xác mô hình số bề mặt và bản đồ ảnh trực giao thành lập từ phương pháp ảnh máy bay không người lái (UAV)*, Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất số, số 58.2017 (kỳ 4), p.18-27.

Oleire-Oltmanns, S., et al. (2012). *Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for Monitoring Soil Erosion in Morocco*. Remote Sens., 4(11). doi:3390-3416.

Peter Liu¹, A. Y. C., Yin-Nan Huang, Jen-Yu Han, Jihn-Sung Lai, Shih-Chung Kang, Tzong-Hann Wu, Ming-Chang Wen and Meng-Han Tsai. (2014). *A review of rotorcraft Unmanned Aerial Vehicle (UAV) developments and applications in civil engineering*. 13.

Rokhmana, C. A. T. P. o. U.-b. R. S. f. S. P. A. i. I. P. E. S. S. C.-. (2015). *The Potential of UAV-based Remote Sensing for Supporting Precision Agriculture in Indonesia*. Procedia Environmental Sciences, 24(Supplement C), 245-253.

Sona, G., et al., . (2014). *Experimental analysis of different software packages for orientation and digital surface modelling from UAV images*. Earth Science Informatics, 97-107.

MỤC LỤC

Lời nói đầu

Trang

PHẦN I. NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG

1

PGS. TS. Nguyễn Cảnh Nam

Thực hiện chiến lược phát triển công nghiệp Bauxit ở Tây Nguyên; Kết quả đạt được – vấn đề rút ra và bài học kinh nghiệm

1

2

TS. Nguyễn Tiến Chinh

Tình hình tài chính và hiệu quả kinh tế của dự án Alumin

8

3

Nguyễn Thành Liêm
Nguyễn Xuân Ba

Tình hình thực hiện và công nghệ sản xuất Alumin của dự án tổ hợp bauxit - nhôm Lâm Đồng

13

4

Nguyễn Mạnh Quân

Dự án Nhà máy điện phân nhôm Đắk Nông

17

5

TS. Phạm Lê Hùng
TS. Hoàng Ngọc Phong
KS. Bùi Huy Tuấn
GS.TSKH. Nguyễn Mỹ
TS. Nghiêm Gia

Đánh giá thực trạng và giải pháp thực hiện dự án mỏ Thạch Khê

25

6

PGS.TS. Hồ Sĩ Giao
PGS.TS. Phùng Mạnh Đắc

Một số vấn đề về công nghệ khai thác mỏ sắt Thạch Khê

34

7

TS. Nguyễn Quốc Hưng

Các giải pháp kỹ thuật, công nghệ và môi trường của Dự án khai thác và tuyển quặng mỏ sắt Thạch Khê – Hà Tĩnh

39

8

Phạm Kiều Quang
Phạm Thu Trang
Nguyễn Hồng Minh

Cơ chế chính sách để tận khai thác các mỏ dầu khí ở Việt Nam

48

9

ThS. Nguyễn Thị Hồng Gấm
KS. Trương Đức Chính

Tiềm năng khoáng sản titan và một số quan điểm phát triển ngành titan Việt Nam

59

10

Bùi Xuân Nam
Phạm Văn Hòa
Lê Tiến Dũng
Diêm Công Hoàng

Định hướng nghiên cứu và đào tạo trong khai thác mỏ đáp ứng yêu cầu phát triển bền vững, ứng phó biến đổi khí hậu và cách mạng công nghiệp 4.0

64

11

Nguyễn Hồng Minh

Chuyển đổi số trong công nghiệp khai thác tài nguyên

71

12

TS. Lê Văn Thành

Hoạt động khai thác khoáng sản làm vật liệu xây dựng thông thường – những bất cập và hệ lụy

76

13

ThS. Nguyễn Thị Hồng Gấm
CN. Nghiêm Thị Vân
TS. Đỗ Thị Chính

Dự báo nhu cầu các sản phẩm chế biến từ quặng Titan của Thế giới và Việt Nam

82

14

Nguyễn Ngọc Khánh

Phương pháp xác định mức độ tuân thủ khung quản trị doanh nghiệp Nhà nước phù hợp với chuẩn mực Quốc tế và đề xuất áp dụng tại Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam

87

- | | | | |
|----|---|--|----|
| 15 | TS. Đồng Thị Bích
TS. Lưu Thị Thu Hà | Cơ hội và thách thức đối với Việt Nam trong việc nhập khẩu than từ Indonesia | 94 |
|----|---|--|----|

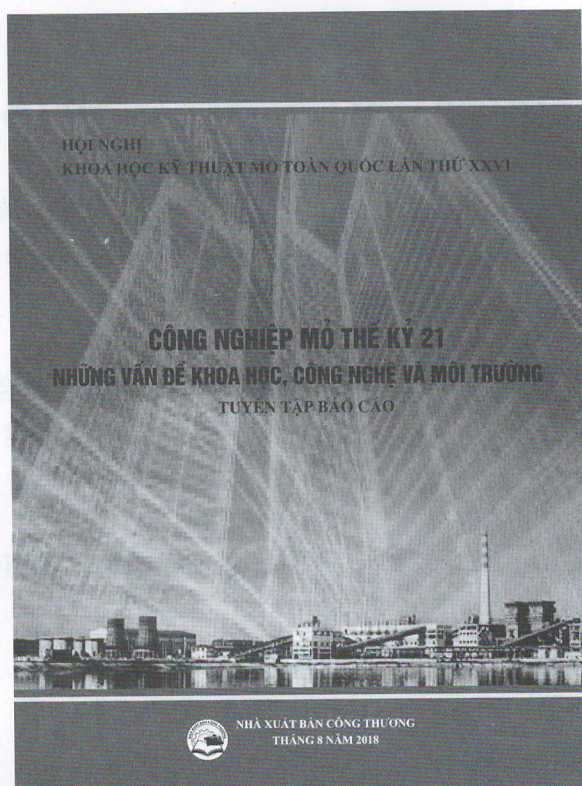
II. KỸ THUẬT ĐỊA CƠ HỌC VÀ ĐỊA TIN HỌC

- | | | | |
|----|---|---|-----|
| 16 | Phạm Văn Chung
Vương Trọng Kha
Phùng Mạnh Đắc | Xây dựng mô hình địa cơ xác định Mô đun đàn hồi cho bể than Quảng Ninh do ảnh hưởng lò chợ cơ giới hóa khai thác vỉa dày | 99 |
| 17 | Nguyễn Duyên Phong
Nguyễn Xuân Mẫn
Lê Văn Hưng | Ảnh hưởng của nổ mìn đến trạng thái ứng suất trong khối đá quanh đường hầm | 105 |
| 18 | ThS. Nguyễn Hữu Huân
ThS. Đỗ Kiên Cường
ThS. Trần Tuấn Anh
ThS. Nguyễn Tử Vinh | Nghiên cứu, đánh giá điều kiện địa chất thủy văn khu vực khai thác hầm lò rìa moong lộ thiên mỏ than Khánh Hòa phục vụ lập giải pháp an toàn phòng chống nguy cơ tiềm ẩn bực nước | 110 |
| 19 | KS. Trần Tiến Huệ | Về mô hình lưới sử dụng trong các phần mềm tích hợp địa chất mỏ áp dụng cho các khoáng sàng dạng vỉa | 116 |
| 20 | Trịnh Lê Hùng
Nguyễn Thị Lệ Hằng | Ứng dụng dữ liệu ảnh vệ tinh quang học sentinel 2 trong xác định hàm lượng chất lơ lửng khu vực ven biển Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh | 122 |
| 21 | Vương Trọng Kha
Trần Đình Tô
Kiều Kim Trúc
Nguyễn Quốc Long | Nghiên cứu xây dựng chương trình xử lý số liệu quan trắc dịch động nhằm nâng cao hiệu quả sản xuất | 129 |
| 22 | Nguyễn Quốc Long
Bùi Xuân Nam
Nguyễn Việt Nghĩa
Cao Xuân Cường
Lê Văn Cảnh
Võ Chí Mỹ
Nguyễn Thanh Triều | Ứng dụng công nghệ máy bay không người lái (UAV) trong công tác xây dựng mô hình số bề mặt mỏ lộ thiên | 135 |
| 23 | Phạm Công Khải | Nghiên cứu phát triển hệ thống quan trắc độ ổn định công trình theo thời gian thực | 143 |
| 24 | Lê Thị Thu Hà
Phạm Thị Làn
Nguyễn Văn Trung
Vũ Văn Thành | Xác định sự thay đổi nhiệt độ bề mặt khu vực khai thác mỏ Thành phố Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh bằng kênh viễn thám hồng ngoại nhiệt Landsat | 151 |
| 25 | TS. Nguyễn Việt Nghĩa | Ứng dụng công nghệ quét laser 3D mặt đất trong công tác trắc địa mỏ Cọc Sáu | 159 |

PHẦN III. CÔNG NGHỆ KHAI THÁC LỘ THIÊN

- | | | | |
|----|--|--|-----|
| 26 | TS. Đỗ Ngọc Tước
TS. Đoàn Văn Thanh
ThS. Phạm Xuân Tráng | Xác định biên giới lộ thiên cho các mỏ quặng khai thác hỗn hợp lộ thiên – hầm lò | 165 |
|----|--|--|-----|

HỘI NGHỊ KHOA HỌC KỸ THUẬT MỎ TOÀN QUỐC LẦN THỨ XXVI
"Công nghiệp mỏ thế kỷ 21 - Những vấn đề Khoa học, Công nghệ và Môi trường"



In 310 cuốn, khổ 19 x 27 cm, tại Công ty Cổ phần In Ngọc Trâm
Địa chỉ: P107 - E8 TT. Thanh Xuân Bắc - P. Thanh Xuân Bắc - Hà Nội
Số xác nhận đăng ký xuất bản: 2548-2018/CXBIPH/01-81/CT
Số Quyết định xuất bản: 85/QĐ - NXBCT ngày 30 tháng 7 năm 2018
Mã số ISBN: 978-604-931-521-3
In xong và nộp lưu chiểu Quý III năm 2018