

## ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ THIẾT BỊ BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI UAV INSPIRE 2 XÂY DỰNG BẢN ĐỒ 3D CHO MỎ LỘ THIÊN

**KS. Trần Vũ Thăng, ThS. Nguyễn Duy Long**

*Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin*

**TS. Nguyễn Việt Nghĩa**

*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

**Biên tập: TS. Nhữ Việt Tuấn**

### Tóm tắt:

Ngày nay, sự xuất hiện của các thiết bị bay không người lái (UAV) thực sự là cuộc cách mạng giúp cho công tác khảo sát đo vẽ thành lập bản đồ, giám sát và theo dõi sự biến động các thành phần và các đối tượng trên bề mặt Trái đất ngày càng hiệu quả. Trên thế giới, đã có nhiều nghiên cứu ứng dụng UAV trong xây dựng mô hình 3D các công trình và trong đo đạc địa hình và công trình. Hiện nay, các nghiên cứu ứng dụng UAV trong thành lập bản đồ khai thác mỏ ở Việt Nam chưa nhiều. Vẫn chưa có một nghiên cứu nào về ứng dụng công nghệ này trong thành lập mô hình số độ cao (DEM) ở các mỏ lộ thiên khai thác sâu, chênh cao địa hình trên bề mặt mỏ và đáy moong lớn tại Việt Nam. Do đó, mục tiêu chính của bài báo là đánh giá độ chính xác DEM thành lập từ phương pháp đo ảnh máy bay không người lái UAV cho địa hình mỏ lộ thiên khai thác sâu.

### 1. Thiết bị bay và phần mềm xử lý

#### 1.1. Thiết bị bay Inspire 2

Hiện nay, trên thế giới có nhiều thiết bị bay được sử dụng trong đo đạc khảo sát địa hình như: Mavic 2, DJI Mavic Air 2, Matrice 300 RTK, Inspire 2; trong đó, Inspire 2 là thiết bị bay điển hình, được sử dụng khá rộng rãi. Trọn bộ thiết bị Inspire 2 bao gồm thân máy và bộ điều khiển. Các bộ phận chính gắn trên thân máy bao gồm các cảm biến tránh va đập theo 5 hướng, 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, 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 1).

#### 1.2. Bộ phận chụp ảnh (camera)

Camera của Inspire 2 có thể tùy biến, có thể dùng các camera có cùng một kiểu ngàm kết nối với thân máy bay. Hiện nay, 2 loại camera là Zenmuse X4S và Zenmuse X5S (Hình 2) được sử dụng khá rộng rãi. Các camera này có thể chụp ảnh tĩnh với độ phân giải 24 MP ở định dạng JPEG hoặc DNG RAW, có khả năng quay video với độ



Hình 1. Bộ thiết bị bay Inspire 2



Hình 2. Camera của thiết bị bay Inspire 2

phân giải 4K. Cảm biến camera có kích thước lớn hơn các thế hệ trước đó, nên trong điều kiện thiếu sáng, có thể tạo ra ảnh/video chất lượng tốt hơn. Ống kính của camera có khẩu độ lớn nhất F/2.8, cho góc nhìn rộng 94 độ, 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 (DJI, 2017). Các thông số chụp ảnh có thể đặt ở chế độ tự động hoặc điều khiển thông qua bộ điều khiển mặt đất.

**1.3. 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,... 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. Theo các kết quả nghiên cứu (Sona Giovanna, et al., 2014), đây là phần mềm xử lý ảnh UAV tốt nhất. Giao diện phần mềm Agisoft Photoscan thể hiện tại Hình 3.

**2. Thục nghiệm xây dựng mô hình DSM cho mỏ lộ thiên sâu**

**2.1. Địa điểm thực nghiệm bay chụp**



Hình 3. Giao diện phần mềm Agisoft Photoscan



Hình 4. Thiết bị đo GNSS/RTK và tiêu đánh dấu điểm khống chế



Hình 5. Phân bố điểm nền ảnh và điểm đánh giá độ chính xác

Phần thực nghiệm được tiến hành tại mỏ lộ thiên Cọc Sáu. Đây là một trong những mỏ lộ thiên khai thác than sâu nhất tại Việt Nam, hiện tại đáy moong có độ sâu - 250 m, chênh cao với bề mặt mỏ khoảng 500 m, diện tích bay chụp là 400 ha.

**2.2. Xây dựng điểm khống chế và kiểm tra**

Điểm khống chế ảnh được đo đạc bằng công nghệ định vị vệ tinh (GNSS) xử lý thức thời (Real Time Kinematic - RTK). Những điểm này được sử dụng cho hai mục đích là nền ảnh về hệ tọa độ VN - 2000 và đánh giá độ chính xác của mô hình bề mặt (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). Tổng số điểm khống chế và kiểm tra là 35 điểm, trong đó 17 điểm dùng để nắn ảnh và 8 điểm còn lại dùng để đánh giá độ chính xác mô hình, các điểm dùng để đánh giá độ chính xác được phân bố 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).

**2.3. Thiết kế và thực hiện bay chụp**

Quá trình bay chụp được thiết kế trên phần mềm Pix4D Capture (Hình 6), có thể thiết kế độ cao bay, tốc độ bay, độ chùng phủ theo hướng dọc và ngang, góc chụp ảnh,... Khi cài đặt ở chế độ bay an toàn (Safe mode), UAV sẽ tự động bay theo các dải đã thiết kế bao gồm 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 điều khiển UAV hạ cánh. Để đảm bảo an toàn cho máy bay, tránh va

đập vào các ngọn núi, độ cao bay chụp được lựa chọn sao cho luôn cao hơn điểm cao nhất của khu vực bay. Do hạn chế về dung lượng pin, nên thời gian bay mỗi ca chỉ xấp xỉ 20 phút. Vì thế để hoàn thành được diện tích bay chụp lớn, cần thiết kế nhiều dải bay liên tiếp. Độ phủ ngang và phủ dọc của các tuyến bay thiết kế là 70%.

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

Độ chính xác của mô hình DSM mỏ 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:

$$\begin{aligned} \Delta X &= X_{DSM} - X_{CCP} \\ \Delta Y &= Y_{DSM} - Y_{CCP} \\ \Delta Z &= Z_{DSM} - Z_{CCP} \\ \Delta XYZ &= XYZ_{DSM} - XYZ_{CCP} \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned} RMSE_x &= SQRT \left[ \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (X_{DSM} - X_{GCPi})^2 \right] \\ RMSE_y &= SQRT \left[ \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (Y_{DSM} - Y_{GCPi})^2 \right] \end{aligned}$$



Hình 6. Thiết kế dải bay tại cụm mỏ Cọc Sáu



$$RMSE_Z = SQRT \left[ \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (Z_{DSM} - Z_{GCPi})^2 \right]$$

$$RMSE_{XYZ} = SQRT \left\{ \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n [(X_{DSM} - X_{GCPi})^2 + (Y_{DSM} - Y_{GCPi})^2 + (Z_{DSM} - Z_{GCPi})^2] \right\} \quad (2)$$

Trong đó:  $\Delta X, \Delta Y, \Delta X, \Delta Z, \Delta XYZ$  - Các giá trị chênh lệch các thành phần tọa độ, độ cao và vị trí điểm; RMSE - 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 DSM.

#### 4. Kết quả và thảo luận

Sau khi xử lý ghép ảnh bằng phần mềm Agisoft Photoscan, sai số trung phương của tất cả các điểm nắn ảnh như trong Bảng 1. Cụ thể, sai số của

các điểm dùng để nắn ảnh như sau: sai số trung bình các thành phần X, Y, XY, Z, XYZ tương ứng là 0,011 m, 0,017 m, 0,016 m, 0,049 m và 0,051 m. Sai số lớn nhất theo trục X là - 0,025 m và trục Y là 0,028 m, sai số tổng hợp mặt bằng theo cả trục X và Y lớn nhất 0,034 m, sai số lớn nhất theo trục Z là 0,095 m và sai số tổng hợp theo vị trí điểm XYZ là 0,095 m.

Sai số trung phương của các thành phần X, Y, XY, Z, XYZ của tất cả các điểm kiểm tra độ chính xác mô hình số địa hình (DTM) tương ứng là 0,011 m, 0,017 m, 0,016 m, 0,049 m, và 0,051 m (Bảng 2). Sai số lớn nhất theo trục X là - 0,120 m và trục Y là 0,166 m, sai số tổng hợp mặt bằng theo cả trục X và Y lớn nhất 0,205 m, sai số lớn nhất theo trục Z là 0,255 m và sai số tổng hợp theo vị trí điểm XYZ là 0,309 m. Mô hình DTM của mỏ Cọc Sáu như trên hình 7.

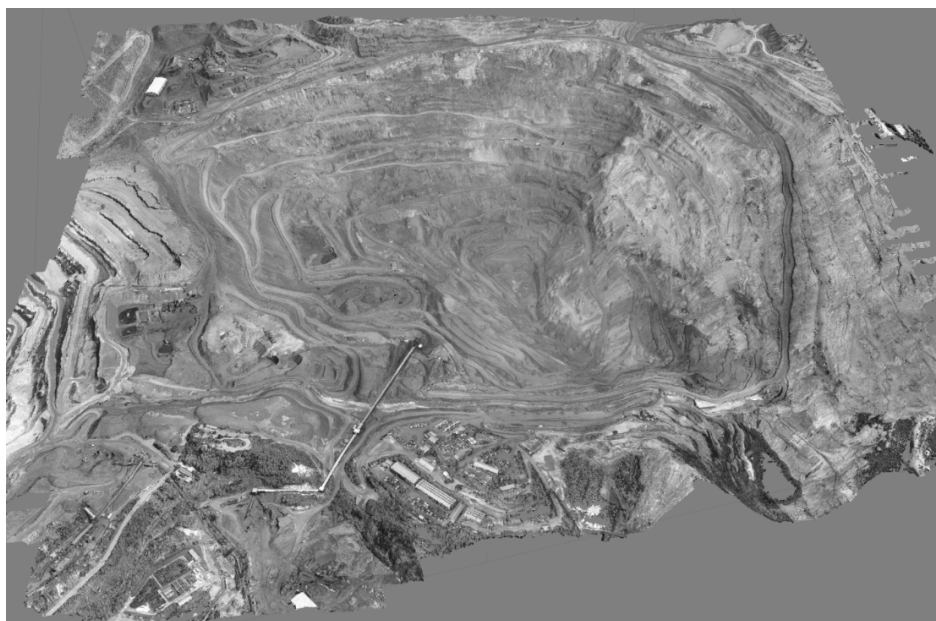
Từ kết quả đánh giá độ chính xác ở trên cho thấy mô hình DTM có độ trùng khớp cao với địa hình thực tế. Theo qui phạm Việt Nam ngành

Bảng 1. Tọa độ và độ cao các điểm nắn ảnh và độ chính xác

Tên điểm	Sai số $\Delta X$ (m)	Sai số $\Delta Y$ (m)	Sai số $\Delta XY$ (m)	Sai số $\Delta Z$ (m)	Sai số $\Delta XYZ$ (m)
GCP01	0,003	0,002	0,004	0,011	0,012
GCP02 danho	- 0,004	- 0,014	0,015	- 0,02	0,058
GCP04	- 0,012	0,001	0,012	0,021	0,016
T2	- 0,004	0,013	0,014	0,013	0,019
T5	0,007	0,007	0,010	- 0,016	0,019
T7	0,005	- 0,002	0,005	- 0,054	0,054
T8	- 0,02	- 0,028	0,034	- 0,063	0,072
T14	0,015	- 0,012	0,019	- 0,054	0,057
T18	0,004	- 0,007	0,008	- 0,025	0,026
T19	- 0,008	0,001	0,008	0,095	0,095
T20	- 0,007	- 0,003	0,008	- 0,014	0,016
T21	- 0,007	- 0,011	0,013	0,091	0,092
T22	0,006	- 0,008	0,010	0,004	0,011
T27	- 0,025	- 0,017	0,030	0,063	0,07
T29	- 0,016	0,012	0,020	0,079	0,081
T30	- 0,007	- 0,013	0,015	- 0,028	0,032
T1	- 0,004	- 0,008	0,009	- 0,017	0,019
RMSE	0,011	0,017	0,016	0,049	0,051

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

Tên điểm	Sai số $\Delta X$ (m)	Sai số $\Delta Y$ (m)	Sai số $\Delta XY$ (m)	Sai số $\Delta Z$ (m)	Sai số $\Delta XYZ$ (m)
GCP03	0,120	0,166	0,205	- 0,195	0,283
T3	- 0,060	- 0,020	0,063	- 0,080	0,102
T4	- 0,098	0,000	0,098	0,128	0,161
T6	- 0,005	- 0,032	0,032	- 0,207	0,210
T9	0,053	- 0,003	0,053	- 0,204	0,309
T10	0,069	0,037	0,078	0,255	0,267
T11	0,094	- 0,094	0,133	0,148	0,199
T12	0,022	0,003	0,022	- 0,148	0,150
T15	0,035	- 0,011	0,037	0,090	0,097
T16	0,044	- 0,032	0,054	- 0,035	0,065
T17	0,033	- 0,089	0,095	- 0,081	0,125
T23	- 0,016	- 0,064	0,066	- 0,075	0,068
T24	0,006	- 0,058	0,058	- 0,071	0,059
T25	0,070	0,077	0,136	0,085	0,144
T26	- 0,079	0,002	0,079	- 0,071	0,079
T28	- 0,108	- 0,017	0,169	0,159	0,232
T31	0,082	- 0,062	0,128	0,068	0,145
GCP02 dato	0,006	0,015	0,016	0,138	0,139
RMSE	0,066	0,061	0,090	0,138	0,164



Hình 7. Mô hình 3D mỏ Cọc Sáu



Trắc địa mỏ (Bộ Công Thương 2015) và thông tư số 68/2015/TT - BTNMT (Bộ Tài Nguyên và Môi Trường 2015), độ chính xác của cả hai mô hình ở trên là đáp ứng được yêu cầu thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn 1:1000.

Từ mô hình 3D, sử dụng các phần mềm đồ họa như Autocad, Microstation để biên tập các bản đồ địa hình, bản đồ hiện trạng sử dụng đất của các mỏ,... Nhờ mô hình có độ phân giải cao, hình ảnh trực quan, chân thực, rõ nét và chính xác, quá trình biên tập bản đồ thuận lợi.

Trong nghiên cứu này độ chính xác đạt được có thể dùng để thành lập bản đồ tỷ lệ 1:1000. Trong các nghiên cứu tiếp theo, tác giả sẽ tập trung theo hướng điều chỉnh độ cao bay chụp, tăng tỷ lệ chồng phủ dọc và ngang, cũng như thay đổi góc chụp của camera đối với các sườn tầng dốc nhằm đạt được độ chính xác cao hơn.

**Tài liệu tham khảo:**

[1]. Bộ Công Thương, (2015). “Tiêu chuẩn Việt Nam ngành Trắc Địa Mỏ.”  
 [2]. Bộ Tài Nguyên và Môi Trường, (2015).

“Thông tư 68/2015/TT - BTNMT: Quy định kỹ thuật đo đạc trực tiếp địa hình phục vụ thành lập bản đồ địa hình và cơ sở dữ liệu nền địa lý tỷ lệ 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000.”

[3]. Bùi Ngọc Quý, Phạm Văn Hiệp, (2017). “Nghiên cứu xây dựng mô hình 3D từ dữ liệu ảnh máy bay không người lái (UAV).” Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất.

[4]. Bùi Tiến Diệu, Nguyễn Cẩm Vân, Hoàng Mạnh Hùng, Đồng Bích Phương, Nhữ Việt Hà, Trần Trung Anh, Nguyễn Quang Minh, (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.

[5]. Võ Chí Mỹ, Robert Dudek, (2015). Nghiên cứu khả năng ứng dụng máy bay không người lái trong công tác trắc địa mỏ và giám sát môi trường mỏ”, Tuyển tập Hội nghị khoa học và Công nghệ mỏ Việt Nam: “Công nghiệp mỏ Việt Nam - cơ hội và thách thức”, Vũng Tàu.

**Application of the UAV Inspire in the 3-D map construction for open pit mines**

**Eng. Tran Vu Thang, MSc. Nguyen Duy Long**

*Vinacomin – Institute of Mining Science and Technology*

**Dr. Nguyen Viet Nghia - Hanoi University of Mining and Geology**

**Abstract:**

*Nowadays, the appearance of unmanned aerial vehicles (UAVs) is truly revolutionary for surveying, mapping, monitoring and tracking of fluctuations of components and objects on the Earth's surface, which is increasingly effective. In the world, there have been lots of researches and applications of UAVs in the 3-D model construction of buildings and in measurement of topography and buildings. Currently, researches on the UAV application in mining map construction mining in Vietnam are still not much. There has not been any research on the application of this technology in establishment of the digital elevation model (DEM) in deep open pit mines, the topographic elevation on the mine surface and the large pit bottom in Vietnam. Therefore, the main objective of the paper is to evaluate the accuracy of the DEM establishment from the UAV's image measurement method for the deep mining open pit terrain.*