

VỀ BÀI TOÁN XÂY DỰNG MÔ HÌNH LẬP THỂ ĐƠN GIẢI TÍCH

TRẦN ĐÌNH TRÍ, TRẦN THANH HÀ, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Tóm tắt: Bài báo giới thiệu thuật toán xây dựng mô hình lập thể đơn giải tích từ những tấm ảnh chụp bằng các máy chụp ảnh khác nhau, với điều kiện hình học chụp ảnh bất kỳ. Thuật toán được xây dựng trên cơ sở sử dụng phương trình đồng phẳng của 3 vector (vector đường đáy ảnh, vector điểm ảnh trái và vector điểm ảnh phải) trong không gian. Quá trình xây dựng mô hình lập thể đơn giải tích được thực hiện theo 2 bước: Xác định và bình sai các nguyên tố định hướng của ảnh trái và phải của cặp ảnh lập thể; xác định và bình sai tọa độ không gian của tập hợp điểm trên mô hình. Thuật toán được sử dụng để đo vẽ cặp ảnh lập thể giải tích, và đã được lập trình. Chương trình tính toán bằng các số liệu mẫu đã khẳng định tính chính xác và khả năng ứng dụng của thuật toán trong đo vẽ giải tích cặp ảnh lập thể.

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, trong đo ảnh người ta không chỉ sử dụng các tấm ảnh chụp được chụp bằng máy chụp ảnh kỹ thuật, với các điều kiện hình học chụp ảnh chuẩn mà còn sử dụng các tấm ảnh được chụp bằng các máy chụp ảnh không chuyên, điều kiện chụp ảnh tự do, như ảnh chụp trên tàu lượn, máy bay không người lái... Để xây dựng mô hình lập thể đơn từ những tấm ảnh chụp đó, cần thiết phải xây dựng các thuật toán xử lý các tấm ảnh với các góc định hướng có độ lớn bất kỳ. Các mô hình lập thể đơn sẽ được sử dụng đo vẽ địa hình bổ sung, thành lập mô hình 3D đối tượng...

2. Cơ sở lý thuyết

Trong lý thuyết đo ảnh, để xây dựng mô hình lập thể đơn giải tích, cần thiết phải xác định:

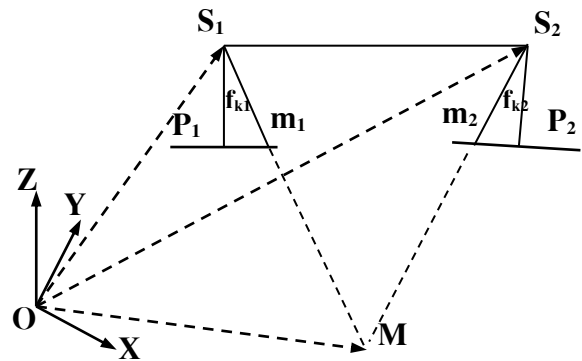
- 18 nguyên tố định hướng của cả 2 ảnh trái và phải;
- 3n giá trị tọa độ của điểm trên mô hình (n - số lượng điểm cần xác định tọa độ).

Thực tế, để xác định đồng thời 18 + 3n ẩn số là vấn đề không đơn giản, đặc biệt khi số lượng điểm (n) trên mô hình lên tới hàng trăm điểm. Do vậy, quá trình xây dựng mô hình lập thể đơn giải tích từ những tấm ảnh chụp tự do bằng các máy chụp khác nhau có thể tiến hành theo 2 bước:

- **Bước 1:** Xác định và bình sai các nguyên tố định hướng của ảnh. Khi đó, số lượng ẩn chỉ còn 18.

- **Bước 2:** Xác định và bình sai tọa độ điểm trên mô hình bằng bài toán giao hội thuận.

Giả sử ảnh trái P_1 và ảnh phải P_2 đã được định hướng tương đối với nhau, khi đó các điểm tâm chụp S_1, S_2 và các cặp điểm ảnh cùng tên m_1 và m_2 bất kỳ sẽ nằm trên cùng một mặt phẳng (hình vẽ).



Hình :

Khi đó tọa độ không gian của chúng phải thỏa mãn phương trình:

$$F = \begin{vmatrix} X_{S1} & Y_{S1} & Z_{S1} & 1 \\ X_{S2} & Y_{S2} & Z_{S2} & 1 \\ X_{m1} & Y_{m1} & Z_{m1} & 1 \\ X_{m2} & Y_{m2} & Z_{m2} & 1 \end{vmatrix} = 0; \quad (1)$$

Hệ tọa độ không gian mặt đất OXYX có thể chọn bất kỳ. Nếu chọn OXYZ trùng với hệ tọa độ trắc địa, thì khi đó mô hình lập thể sẽ được định hướng tuyệt đối trực tiếp.

Tọa độ không gian của các điểm m_1 và m_2 được tính theo các công thức của đo ảnh:

$$\begin{pmatrix} X_{m1} \\ Y_{m1} \\ Z_{m1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_{S1} \\ Y_{S1} \\ Z_{S1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} x_1 - x_{01} \\ y_1 - y_{01} \\ -f_{k1} \end{pmatrix}; \quad (2)$$

$$\begin{pmatrix} X_{m2} \\ Y_{m2} \\ Z_{m2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_{S2} \\ Y_{S2} \\ Z_{S2} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a'_{11} & a'_{12} & a'_{13} \\ a'_{21} & a'_{22} & a'_{23} \\ a'_{31} & a'_{32} & a'_{33} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} x_2 - x_{02} \\ y_2 - y_{02} \\ -f_{k2} \end{pmatrix}; \quad (3)$$

trong đó:

x_1, y_1 , và x_2, y_2 - tọa độ của m_1 và m_2 đo trên P_1 và P_2 ; $a_{11} \dots a_{33}$, $a'_{11} \dots a'_{33}$ - các hệ số cosin hướng tính theo các góc định hướng ngoài của ảnh trái P_1 và ảnh phải P_2 ; f_{k1} , f_{k2} - tiêu cự của ảnh trái P_1 và ảnh phải P_2 . ☞

Triển khai (1) thành chuỗi Taylo, với giả thiết biến của chuỗi là các nguyên tố định hướng của ảnh trái P_1 .

$$F(X_{S1}, Y_{S1}, Z_{S1}, \varphi_1, \omega_1, \kappa_1, x_{01}, y_{01}, f_{k1}) = F(X^0_{S1}, Y^0_{S1}, Z^0_{S1}, \varphi^0_1, \omega^0_1, \kappa^0_1, x^0_{01}, y^0_{01}, f^0_{k1}) + \frac{\partial F}{\partial X_{S1}} dX_{S1} + \frac{\partial F}{\partial Y_{S1}} dY_{S1} + \dots + \frac{\partial F}{\partial x_{01}} dx_{01} + \frac{\partial F}{\partial y_{01}} dy_{01} + \frac{\partial F}{\partial f_{k1}} df_{k1} = 0; \quad (5)$$

Các số cải chính dX_{S1} , dY_{S1} , ..., df_{k1} cần phải xác định, nên phương trình (5) được viết dưới dạng phương trình số hiệu chỉnh:

$$a \cdot dX_{S1} + b \cdot dY_{S1} + c \cdot dZ_{S1} + d \cdot d\varphi_1 + e \cdot d\omega_1 + f \cdot d\kappa_1 + g \cdot dx_{01} + h \cdot dy_{01} + k \cdot df_{k1} - l = v; \quad (6)$$

trong đó: a, b, \dots, k - các đạo hàm riêng theo các biến tương ứng, có nghĩa là: $a = \frac{\partial F}{\partial X_{S1}}$; $b =$

$\frac{\partial F}{\partial Y_{S1}}$; ...; $k = \frac{\partial F}{\partial f_{k1}}$; $X^0_{S1}, Y^0_{S1}; \dots, f^0_{k1}$ - trị gần đúng của các nguyên tố định hướng của ảnh P_1 .

Các biểu thức để tính các hệ số của phương trình số hiệu chỉnh trong (6) có dạng:

$$a = \frac{\partial F}{\partial X_{S1}} = \begin{vmatrix} Y_{S2} & Z_{S2} & 1 \\ Y_{m1} & Z_{m1} & 1 \\ Y_{m2} & Z_{m2} & 1 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} Y_{S1} & Z_{S1} & 1 \\ Y_{S2} & Z_{S2} & 1 \\ Y_{m2} & Z_{m2} & 1 \end{vmatrix}; \quad b = \frac{\partial F}{\partial Y_{S1}} = \begin{vmatrix} X_{S2} & Z_{S2} & 1 \\ X_{m1} & Z_{m1} & 1 \\ X_{m2} & Z_{m2} & 1 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} X_{S1} & Z_{S1} & 1 \\ X_{S2} & Z_{S2} & 1 \\ X_{m2} & Z_{m2} & 1 \end{vmatrix};$$

$$c = \frac{\partial F}{\partial Z_{S1}} = \begin{vmatrix} X_{S2} & Y_{S2} & 1 \\ X_{m1} & Y_{m1} & 1 \\ X_{m2} & Y_{m2} & 1 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} X_{S1} & Y_{S1} & 1 \\ X_{S2} & Y_{S2} & 1 \\ X_{m2} & Y_{m2} & 1 \end{vmatrix};$$

☞ Phương trình (1) là phương trình tổng quát định hướng tương đối cặp ảnh lập thể. Từ phương trình này có thể chứng minh được các phương trình định hướng tương đối cặp ảnh lập thể ở các dạng đặc biệt khác. Thí dụ, nếu lấy S_1 làm gốc hệ tọa độ, trục X trùng với đường đáy chụp ảnh và trục Z nằm trong mặt phẳng đáy chính của ảnh trái P_1 , thì khi đó từ phương trình (1), có thể suy ra:

$$F = \begin{vmatrix} X_{S1} & Y_{S1} & Z_{S1} & 1 \\ X_{S2} & Y_{S2} & Z_{S2} & 1 \\ X_{m1} & Y_{m1} & Z_{m1} & 1 \\ X_{m2} & Y_{m2} & Z_{m2} & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ B_x & B_y & B_z & 1 \\ X_{m1} & Y_{m1} & Z_{m1} & 1 \\ X_{m2} & Y_{m2} & Z_{m2} & 1 \end{vmatrix}, \quad (4)$$

$$= B_x \begin{vmatrix} Y_{m1} & Z_{m1} \\ Y_{m2} & Z_{m2} \end{vmatrix} = 0$$

hay: $Y_{m1}Z_{m2} - Y_{m2}Z_{m1} = 0$; đây chính là phương trình định hướng tương đối cặp ảnh lập thể trong hệ tọa độ mô hình độc lập đã biết trong lý thuyết đo ảnh.

$$\begin{aligned}
d &= \frac{\partial F}{\partial \varphi_1} = -(Z_{m1} - Z_{S1}) \begin{vmatrix} Y_{S1} & Z_{S1} & 1 \\ Y_{S2} & Z_{S2} & 1 \\ Y_{m2} & Z_{m2} & 1 \end{vmatrix} + (X_{m1} - X_{S1}) \begin{vmatrix} X_{S1} & Y_{S1} & 1 \\ X_{S2} & Y_{S2} & 1 \\ X_{m2} & Y_{m2} & 1 \end{vmatrix}; \\
e &= \frac{\partial F}{\partial \omega_1} = -(Y_{m1} - Y_{S1}) \sin \varphi \begin{vmatrix} Y_{S1} & Z_{S1} & 1 \\ Y_{S2} & Z_{S2} & 1 \\ Y_{m2} & Z_{m2} & 1 \end{vmatrix} + (Y_{m1} - Y_{S1}) \cos \varphi \begin{vmatrix} X_{S1} & Y_{S1} & 1 \\ X_{S2} & Y_{S2} & 1 \\ X_{m2} & Y_{m2} & 1 \end{vmatrix} + a_{21}x_1 \operatorname{tg} \omega_1 + a_{22}y_1 \operatorname{tg} \omega_1 + \\
&+ a_{22}y_1 \operatorname{tg} \omega_1 + f_{k1} \operatorname{cotg} \omega_1 \begin{vmatrix} X_{S1} & Z_{S1} & 1 \\ X_{S2} & Z_{S2} & 1 \\ X_{m2} & Z_{m2} & 1 \end{vmatrix}; \\
f &= \frac{\partial F}{\partial \kappa_1} = -(a_{12}x_1 - a_{11}y_1) \begin{vmatrix} Y_{S1} & Z_{S1} & 1 \\ Y_{S2} & Z_{S2} & 1 \\ Y_{m2} & Z_{m2} & 1 \end{vmatrix} - (a_{22}x_1 - a_{21}y_1) \begin{vmatrix} X_{S1} & Z_{S1} & 1 \\ X_{S2} & Z_{S2} & 1 \\ X_{m2} & Z_{m2} & 1 \end{vmatrix} + (a_{32}x_1 - a_{31}y_1) \begin{vmatrix} X_{S1} & Y_{S1} & 1 \\ X_{S2} & Y_{S2} & 1 \\ X_{m2} & Y_{m2} & 1 \end{vmatrix}; \quad (7)
\end{aligned}$$

Giả thiết trên cặp ảnh đo j điểm. Coi trị gần đúng của các nguyên tố định hướng của ảnh phải là "chính xác", thành lập j phương trình số hiệu chỉnh dạng (6).

$$\begin{aligned}
&a_1 dX_{S1} + b_1 dY_{S1} + c_1 dZ_{S1} + d_1 d\varphi_1 + e_1 d\omega_1 + \\
&+ f_1 d\kappa_1 + g_1 dx_{01} + h_1 dy_{01} + k_1 df_{k1} - l_j = v_1; \\
&a_2 dX_{S1} + b_2 dY_{S1} + c_2 dZ_{S1} + d_2 d\varphi_1 + e_2 d\omega_1 + \quad ; (8) \\
&+ f_2 d\kappa_1 + g_2 dx_{01} + h_2 dy_{01} + k_2 df_{k1} - l_j = v_2 \\
&\dots \\
&a_j dX_{S1} + b_j dY_{S1} + c_j dZ_{S1} + d_j d\varphi_1 + e_j d\omega_1 + \\
&+ f_j d\kappa_1 + g_j dx_{01} + h_j dy_{01} + k_j df_{k1} - l_j = v_j;
\end{aligned}$$

Tổng quát, số phương trình luôn nhiều hơn số ẩn. Từ hệ phương trình số hiệu chỉnh lập hệ phương trình chuẩn.

Giải hệ phương trình chuẩn dưới điều kiện [pvv] = min, tìm được các số hiệu chỉnh: dX_{S1} , dY_{S1} , ..., df_{k1} cho các nguyên tố định hướng của ảnh. Cải chính trị gần đúng của các nguyên tố định hướng của ảnh trái theo các công thức:

$$\begin{aligned}
X_{S1} &= X_{S1}^0 + dX_{S1}; \quad Y_{S1} = Y_{S1}^0 + dY_{S1}; \\
Z_{S1} &= Z_{S1}^0 + dZ_{S1}; \\
\varphi_1 &= \varphi_1^0 + d\varphi_1; \quad \omega_1 = \omega_1^0 + d\omega_1; \\
\kappa_1 &= \kappa_1^0 + d\kappa_1; \\
x_{01} &= x_{01}^0 + dx_{01}; \quad y_{01} = y_{01}^0 + dy_{01}; \\
f_{k1} &= f_{k1}^0 + df_{k1} \quad ; (9)
\end{aligned}$$

Trị cải chính các nguyên tố định hướng của ảnh trái được coi là "chính xác", được sử dụng để xác định các nguyên tố định hướng của ảnh phải với thuật toán sử dụng hoàn toàn tương tự như đã sử dụng để xác định các nguyên tố định

hướng của ảnh trái. Chu trình tính các nguyên tố định hướng của ảnh được lặp lại cho đến khi đạt độ chính xác theo yêu cầu.

Bước tiếp theo là tính và bình sai tọa độ điểm trên mô hình lập thể. Trước hết, nắn tọa độ ảnh đo theo công thức [1,2]:

$$\begin{aligned}
x^0 &= \frac{a_{11}(x-x_0) + a_{12}(y-y_0) - a_{13}f_k}{a_{31}(x-x_0) + a_{32}(y-y_0) - a_{33}f_k}; \\
y^0 &= \frac{a_{21}(x-x_0) + a_{22}(y-y_0) - a_{23}f_k}{a_{31}(x-x_0) + a_{32}(y-y_0) - a_{33}f_k}; \quad (10)
\end{aligned}$$

trong đó: các hệ số a_{11}, \dots, a_{33} - các hệ số cosin hướng được tính theo các trị bình sai φ, ω, κ của các ảnh. Công thức tính các hệ số cosin hướng được minh họa trong các tài liệu tham khảo [1,2] Sau đó tính trị gần đúng của tọa độ điểm trên mô hình:

$$X = X_S + \frac{Z_S}{f_k} x^0; \quad Y = Y_S + \frac{Z_S}{f_k} y^0 \quad ; \quad (11)$$

Trong trường hợp này, độ cao Z của điểm được coi là "như nhau". các giá trị gần đúng của tọa độ điểm được sử dụng để bình sai.

Với mỗi một điểm, lập phương trình số hiệu chỉnh:

$$g_x dX + h_x dY + k_x dZ - l_x = v_x \quad ; \quad (12)$$

và giải theo nguyên lý số bình phương nhỏ nhất theo phương pháp nhích dần.

Kết quả nhận được mô hình lập thể giải tích "tự do", (có tỷ lệ tự do và sự định hướng bất kỳ trong không gian).

Quá trình định hướng tuyệt đối mô hình lập thể được thực hiện theo các thuật toán đã được trình bày trong lý thuyết đo ảnh [1,2], dựa vào tọa độ không gian của các điểm khống chế ảnh ảnh có trên mô hình. Để hiệu chỉnh sai số biến dạng mô hình, có thể sử dụng các phương trình dạng đa thức sau để bình sai:

$$\begin{aligned}
 &A_0 + A_1X + A_2Y + A_3X^2 + A_4Y^2 + \dots ; \quad (13) \\
 &+ A_5XY + X - X_g = v_x ; \\
 &B_0 + B_1X + B_2Y + B_3X^2 + B_4Y^2 + \\
 &+ B_5XY + Y - Y_g = v_y ; \\
 &C_0 + C_1X + C_2Y + C_3X^2 + C_4Y^2 + \\
 &+ C_5XY + Z - Z_g = v_z
 \end{aligned}$$

3. Kết quả thử nghiệm

Theo các thuật toán đã trình bày, tác giả đã xây dựng chương trình tính toán. Chương trình được viết trong ngôn ngữ Pascal. Số liệu thực nghiệm là các số liệu ảnh mẫu số [3]. Kết quả tính cho mô hình:

CHƯƠNG TRÌNH ĐO VẼ MÔ HÌNH GIẢI TÍCH
 THUẬT TOÁN VÀ CHƯƠNG TRÌNH DO PGS.TS. TRẦN ĐÌNH TRÍ
 BỘ MÔN ĐO ẢNH VÀ VIỄN THĂM, TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT XÂY DỰNG

=====

CÁC GÓC ĐỊNH HƯỚNG CỦA ẢNH TRÁI
 30,00227 -30,00221 -10,00080

=====

CÁC GÓC ĐỊNH HƯỚNG CỦA ẢNH PHẢI
 -30,00225 54,00419 10,00055

=====

GÓC PHƯƠNG VỊ VÀ GÓC NGHIÊNG CỦA ĐƯỜNG DÂY
 -0,00055 -49,12496

=====

TỌA ĐỘ TRẮC ĐỊA ĐÃ ĐƯỢC BÌNH SAI

Stt	X(m)	Y(m)	H(m)

1	0,200	1400,000	2,000
3	700,000	1400,000	3,000
18	0,200	700,000	0,200
19	700,000	700,000	80,000
35	0,200	0,200	200,000
37	700,000	0,200	200,000
45	700,000	1400,000	180,000
64	175,001	1224,999	6,001
65	530,000	1225,000	2,000
84	0,200	1050,000	1,000
85	350,000	1050,000	3,000
86	700,000	1050,000	8,000
105	0,200	1050,000	2,000
....			
271	0,200	350,000	80,000
272	350,000	350,000	20,000
272	349,985	349,986	19,969
273	700,000	350,000	2,000
273	700,000	350,000	2,000
313	175,000	175,000	10,000

...

4. Kết luận

Thuật toán được xây dựng theo lý thuyết chung của đo ảnh có thể được sử dụng cho các cặp ảnh chụp ở các vị trí bất kỳ, với các máy chụp ảnh khác nhau (cả máy chụp ảnh kỹ thuật và máy chụp ảnh phổ thông). Khả năng này tạo điều kiện rất thuận lợi cho đo vẽ giải tích các cặp ảnh lập thể được chụp bằng các máy chụp ảnh phổ thông, đặt trên mặt đất hay trên máy bay không người lái, trên tàu lượn. Mô hình lập thể của đối tượng chụp có thể được xây dựng tự do (khi trong phạm vi mô hình không có điểm khống chế ảnh) hay xây dựng trực tiếp trong hệ tọa độ mặt đất (khi có điểm khống chế ảnh), và

được sử dụng để nghiên cứu bề mặt đối tượng đo, lập mô hình số bề mặt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Đình Trí, 2009. Đo ảnh giải tích và đo ảnh số. NXB KH&KT, Hà Nội.
2. Trần Đình Trí, 2005. Khả năng hạn chế và loại trừ ảnh hưởng của các loại sai số của ảnh đo trong công nghệ đo ảnh số. LATS, ĐH Mỏ - Địa chất.
3. Trần Đình Trí và nnk, 2012. Xây dựng bộ ảnh mẫu giải tích dạng số và phần mềm xử lý giải tích ảnh, Đề tài KHCN cấp Bộ, Mã số B2010-02-86.

SUMMARY

Mathematical construction of single analytical stereoscopic model

Tran Dinh Tri, Tran Thanh Ha, *University of Mining and Geology*

The article presents the algorithm which can use to create analytical single model from photographs that were taken by different cameras and in a certain provided imaging geometry. The algorithm is built on the basis of using the same plane of the 3-equational vectors (vector of image bottom line, vectors of left and right pixels) in space. The process of modeling the single analytical stereoscopic model is done in two steps. First, identify and adjustment the oriented elements of the left and right images of a pair of stereoscopic images. Second, determination and adjustment of spatial coordinates of the set of points on the model. Algorithm is used to measure the pair of analytical stereoscopic images which have been programmed. The program, calculated by the number of data samples, confirms the accuracy and the applicability of the algorithm in analytical measuring a pair of stereoscopic photos.

THỰC TRẠNG QUẢN LÝ VỐN NHÀ NƯỚC...

(tiếp theo trang 73)

SUMMARY

The current of state capital management in joint stock companies under Vietnam Coal - Mineral industries Group

Nguyen Van Bui, Vu Thi Hien, *University of Mining and Geology*

The paper shows the current status of state capital management in joint stock companies including irrationality, low management level, lack of understanding of joint stock company activities, lax supervision mechanism, weak sanctions and low remuneration. Thus, there is a demand for strengthening the legal capacity and business operation understanding of the state capital management representative in joint stock companies.