

## XÂY DỰNG THUẬT TOÁN VÀ CHƯƠNG TRÌNH ĐO VẼ GIẢI TÍCH ẢNH CHỤP BẰNG CÁC MÁY CHỤP ẢNH KHÔNG CHUYÊN

TRẦN ĐÌNH TRÍ, TRẦN THANH HÀ, Trường Đại học Mỏ - Địa chất  
NGUYỄN THỊ HOA, Công ty CP Tư vấn xây dựng Điện I

**Tóm tắt:** Bên cạnh các tư liệu ảnh vệ tinh phổ biến hiện nay, chúng ta có thể khai thác nguồn thông tin khác cũng rất giá trị từ các loại ảnh như: ảnh chụp trên mặt đất (có gắn thiết bị GPS), ảnh từ máy bay và đặc biệt là ảnh từ máy bay không người lái. Nguyên nhân những tư liệu ảnh này vẫn chưa được khai thác và tận dụng một cách hiệu quả là do chúng thiếu hầu hết các tham số kỹ thuật, như: tiêu cự, mẫu khung, tọa độ điểm chính ảnh... Vì vậy, để có thể sử dụng các tư liệu đó trong nghiên cứu các đối tượng địa hình, đo vẽ bản đồ đặc biệt là đo vẽ bổ xung cần phải có các thuật toán xử lý phù hợp. Trên cơ sở nghiên cứu phương pháp xử lý ảnh giải tích và biến đổi phương trình hàm tọa độ ảnh, bài báo nghiên cứu và đề xuất thuật toán và xây dựng chương trình tính sử dụng phương trình hàm khoảng cách xác định tọa độ các điểm trên 3 mẫu ảnh chụp. Đánh giá thực nghiệm cho thấy độ chính xác của kết quả rất cao, ngoài ra, giảm được số lượng ảnh trong phương trình.

### 1. Đặt vấn đề

Trong thời gian gần đây, để các giải quyết các bài toán thực tế của sản xuất, được thực hiện trong một thời gian ngắn, yêu cầu độ chính xác không quá cao, người ta đã sử dụng các máy chụp ảnh không chuyên (máy chụp ảnh phổ thông) để chụp ảnh các đối tượng cần nghiên cứu trên mặt đất, hay từ các phương tiện bay không người lái. Phạm trù này có nhiều ưu điểm nổi bật như: dễ trang bị, rẻ tiền, dễ sử dụng,...

Khác với các máy chụp ảnh kỹ thuật, máy chụp ảnh không chuyên có nhiều nguồn sai số làm xê dịch vị trí điểm ảnh, phát sinh từ nhiều nguồn gốc khác nhau. Đó chính là: sai số méo hình kính vật, sai số xác định các nguyên tố định hướng trong và độ không ổn định của chúng. Ngoài ra do chụp ảnh tự do nên không phải khi

nào, cũng có thể tạo được cặp ảnh lập thể, mẫu khung tọa độ lại không có...

Trên cơ sở nghiên cứu các phương pháp xử lý giải tích, chúng tôi đã biến đổi phương trình của hàm tọa độ ảnh [1] thành phương trình khoảng cách giữa các cặp điểm ảnh:

$$d_{ij}^2 = (x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2;$$

với mục đích sử dụng ảnh đo, được chụp từ các máy chụp ảnh không chuyên (máy chụp ảnh phổ thông), không có mẫu khung tọa độ, không có các giá trị kiểm định của các nguyên tố định hướng trong trên mặt đất hay từ máy bay không người lái.

### 2. Cơ sở lý thuyết của phương pháp

Giả sử, trên ảnh đơn ta có cặp điểm ảnh **i** và **j**. Theo bài toán đo ảnh, tọa độ ảnh của chúng được xác định theo phương trình (hàm tọa độ ảnh [1]):

$$\begin{aligned} x - x_0 &= -f_k \frac{a_1(X - X_s) + b_1(Y - Y_s) + c_1(Z - Z_s)}{a_3(X - X_s) + b_3(Y - Y_s) + c_3(Z - Z_s)} = -f_k \frac{U}{W} \\ y - y_0 &= -f_k \frac{a_2(X - X_s) + b_2(Y - Y_s) + c_2(Z - Z_s)}{a_3(X - X_s) + b_3(Y - Y_s) + c_3(Z - Z_s)} = -f_k \frac{V}{W} \end{aligned} \quad (1)$$

với  $x_0, y_0, f_k$  - các nguyên tố định hướng trong ảnh đo;  $X, Y, Z$  và  $x, y$  - tọa độ trắc địa và tọa độ ảnh tương ứng của điểm không chế ảnh;  $X_s, Y_s, Z_s$  - tọa độ trắc địa của tâm chụp;  $a_i, b_i, c_i$  - các phần tử ma trận quay  $A(i=1,2,3)$ :

$$A = \begin{bmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{bmatrix};$$

là hàm của các góc định hướng  $\varphi$ ,  $\omega$ ,  $\kappa$  của ảnh, và được tính theo công thức sau:

$$\begin{aligned} a_1 &= \cos\varphi\cos\kappa - \sin\varphi\sin\omega\sin\kappa; & b_1 &= \cos\omega\sin\kappa; & c_1 &= \sin\varphi\cos\kappa + \cos\varphi\sin\omega\sin\kappa; \\ a_2 &= -\sin\varphi\cos\kappa - \sin\varphi\sin\omega\cos\kappa; & b_2 &= \cos\omega\cos\kappa; & c_2 &= -\sin\varphi\sin\kappa + \cos\varphi\sin\omega\sin\kappa; \\ a_3 &= -\sin\varphi\cos\omega; & b_3 &= -\sin\omega; & c_3 &= \cos\varphi\cos\omega; \end{aligned} \quad (2)$$

Nếu biết trị gần đúng các nguyên tố định hướng của ảnh, tọa độ trắc địa của các điểm vật, thì khoảng cách giữa hai điểm đó được xác định theo phương trình:

$$(d_{ij}) = \frac{f_k}{Z'_i Z'_j} \cdot \sqrt{(X'_i Z'_j - X'_j Z'_i)^2 + (Y'_i Z'_j - Y'_j Z'_i)^2}; \quad (3)$$

trong đó:

$$\begin{aligned} X' &= a_1.(X-X_s) + c_1.(Z-Z_s) + c_1.(Z-Z_s); \\ Y' &= a_2.(X-X_s) + b_2.(Y-Y_s) + c_2.(Z-Z_s); \\ Z' &= a_3.(X-X_s) + b_3.(Y-Y_s) + c_3.(Z-Z_s); \end{aligned}$$

Mặt khác trên ảnh chụp, khoảng cách giữa 2 điểm  $i$  và  $j$  được đo là:  $d_{ij}$ . Vì trị đo là khoảng cách giữa 2 điểm không phụ thuộc vào hệ tọa độ phẳng, không phụ thuộc vào góc xoay  $\kappa$  của ảnh cho nên có thể chọn một hệ tọa độ giả định với  $\kappa = 0$ . Như vậy, các phần tử của ma trận A trong (2) được tính:

$$\begin{aligned} a_1 &= \cos(\varphi); & b_1 &= 0; & c_1 &= \sin(\varphi); \\ a_2 &= -\sin(\varphi).\sin(\omega); & b_2 &= \cos(\omega); & c_2 &= \cos(\varphi).\sin(\omega); \\ a_3 &= -\sin(\varphi).\cos(\omega); & b_3 &= -\sin(\omega); & c_3 &= \cos(\varphi).\cos(\omega); \end{aligned} \quad (4)$$

Do các tham số trong phương trình (3) chỉ biết gần đúng, nên khoảng cách tính ( $d_{ij}$ ) và khoảng cách đo  $d_{ij}$  sẽ không bằng nhau. Ký hiệu:

$$F_{ij} = (d_{ij}) - d_{ij} = \frac{f_k}{Z'_i Z'_j} \cdot \sqrt{(X'_i Z'_j - X'_j Z'_i)^2 + (Y'_i Z'_j - Y'_j Z'_i)^2} - d_{ij}; \quad (5)$$

Phương trình (5) chỉ chứa các ẩn  $f_k$ ,  $\varphi$ ,  $\omega$ ,  $X_s$ ,  $Y_s$ ,  $Z_s$ , trong đó không có các ẩn  $x_0$ ,  $y_0$  và góc xoay của ảnh, do vậy nó không phụ thuộc vào hệ tọa độ phẳng nào của ảnh.

Tuyến tính hoá phương trình (5) theo các ẩn cần xác định là các số hiệu chỉnh cho trị gần đúng của các nguyên tố định hướng ngoài của ảnh, và số hiệu chỉnh cho tọa độ thực địa của hai điểm vật tương ứng, phương trình số hiệu chỉnh có dạng:

$$a \delta f_k + b \delta \varphi + c \delta \omega + d \delta X_s + e \delta Y_s + f \delta Z_s + g \delta X_i + h \delta Y_i + i \delta Z_i + j \delta X_j + k \delta Y_j + m \delta Z_j - l_{ij} = v; \quad (6)$$

Trong phương trình (6), các hệ số  $a, b, c, \dots, m$  là các đạo hàm riêng của hàm F theo các biến tương ứng; số hạng tự do  $l_{ij} = F_{ij} = (d_{ij}) - d_{ij}$ , có chứa giá trị khoảng cách giữa hai điểm  $i$  và  $j$ :

$$d^2_{ij} = (x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 \quad (7)$$

mà  $d_{ij}$  có thể được đo trực tiếp trên ảnh, hoặc được tính từ các giá trị tọa độ ảnh  $x$  và  $y$  đo được trong một hệ tọa độ giả định.

Các hệ số của phương trình số hiệu chỉnh (6) được tính theo các công thức sau:

$$a = \frac{\partial F}{\partial f_k} = \frac{P}{M};$$

$$b = \frac{\partial F}{\partial \varphi} = Q \{ H [ B_1 (Z'_j E_1 + X'_i E_4 - Z'_i E_2 - Y'_j E_3) + B_2 (Z'_j E_5 + Y'_i E_4 - Z'_i E_6 - Y'_j E_3) ] - P (Z'_j E_3 + Z'_i E_4) \};$$

$$\begin{aligned}
c &= \frac{\partial F}{\partial \omega} = Q\{H[B_1(X_j'Y_i' - X_i'Y_j')] - P(Z_j'Y_i + Z_i'Y_j)\}; \\
d &= \frac{\partial F}{\partial X_s} = Q\{H[B_1[a_1(Z_j' - Z_j') + a_3(X_j' - X_j')] + B_2[a_2(Z_j' - Z_j') + a_3(Y_j' - Y_j')] + Pa_3(Z_j' + Z_j')]\}; \\
e &= \frac{\partial F}{\partial Y_s} = Q\{H[B_1b_3(X_j' - X_j') + B_2[b_2(Z_j' - Z_j') + b_3(Y_j' - Y_j')]] + Pb_3(Z_j' + Z_j')\}; \\
g &= \frac{\partial F}{\partial Z_s} = Q\{H[B_1[c_1(Z_j' - Z_j') + c_3(X_j' - X_j')] + B_2[c_2(Z_j' - Z_j') + c_3(Y_j' - Y_j')] + Pc_3(Z_j' + Z_j')]\};
\end{aligned} \tag{8}$$

...

trong đó đã đặt các giá trị:

$$P^2 = (X_i', Z_j - X_j', Z_i')^2 + (Y_i', Z_j - Y_j', Z_i')^2 = B_1^2 + B_2^2;$$

$$M = Z_i', Z_j; Q = f_k/M^2; H = M/P; \text{ và:}$$

$$\begin{aligned}
E_1 &= a_1(Z_i - Z_s) - c_1(X_i - X_s); & E_2 &= a_1(Z_j - Z_s) - c_1(X_j - X_s); \\
E_3 &= a_3(Z_i - Z_s) - c_3(X_i - X_s); & E_4 &= a_3(Z_j - Z_s) - c_3(X_j - X_s); \\
E_5 &= a_1(Z_i - Z_s) - c_2(X_i - X_s); & E_6 &= a_1(Z_i - Z_s) - c_2(X_i - X_s);
\end{aligned} \tag{9}$$

Các phương trình trên là các phương trình tổng quát của bài toán thuận và nghịch đo ảnh. Nếu các nguyên tố định hướng của ảnh đã biết, ta có thể sử dụng các phương trình sau để xác định tọa độ điểm vật - có nghĩa là giải bài toán giao hội thuận đo ảnh:

$$g \cdot \delta X_i + h \cdot \delta Y_i + i \cdot \delta Z_i + j \cdot \delta X_j + k \cdot \delta Y_j + m \cdot \delta Z_j = v; \tag{10}$$

Ngược lại, nếu biết tọa độ điểm vật, ta cũng có thể sử dụng các phương trình sau để giải bài toán giao hội nghịch đo ảnh:

$$a \cdot \delta f_k + b \cdot \delta \rho + c \cdot \delta \omega + d \cdot \delta X_s + e \cdot \delta Y_s + f \cdot \delta Z_s = v. \tag{11}$$

Như vậy phương trình (10) và (11) chính là cơ sở lý thuyết của quá trình xử lý giải tích cặp ảnh.

Quá trình giải bài toán được thực hiện như sau:

Đầu tiên, tất cả các điểm không chế ảnh và các điểm cần xác định tọa độ được sử dụng để giải bài toán nghịch đo ảnh, nhằm xác định các nguyên tố định hướng của ảnh; Sau đó, dựa vào các nguyên tố định hướng của ảnh xác định tọa độ cho các điểm cần xác định - giải bài toán giao hội thuận đo ảnh. Tiếp tục sử dụng lại tọa độ các điểm không chế ảnh, các điểm cần xác định để giải lại bài toán nghịch, và tiếp theo đó lại giải bài toán thuận... Quá trình lặp được thực hiện cho đến khi các số hiệu chỉnh cho các nguyên tố định hướng của ảnh, cho tọa độ của các điểm cần xác định đủ nhỏ (nhỏ hơn hạn sai cho phép).

### 3. Xây dựng chương trình tính toán

Chương trình xử lý số liệu được viết bằng ngôn ngữ Pascal, đặt tên là DT3631. Quá trình xử lý được thực hiện theo các bước sau:

- Nhập trị gần đúng của các tham số kỹ thuật của máy chụp ảnh; trị gần đúng của các ẩn cần xác định;

- Xác định các nguyên tố định hướng của ảnh;

- Tính chuyển tọa độ ảnh;

- Tính tọa độ của các điểm đo;

- Bình sai tổng thể và đánh giá độ chính xác.

### 4. Kết quả thực nghiệm

1. Với tư liệu ảnh mẫu; Chương trình sử dụng cặp ảnh lập thể mẫu L001 và L002; Với tiêu cự  $f_k = 75\text{mm}$ ; Tọa độ điểm chính ảnh  $x_0 = y_0 = 0$ ; Trên cặp ảnh đo 40 điểm; sử dụng 15 trong số đó làm điểm không chế ảnh. Kết quả xác định tọa độ 25 điểm còn lại, với sai số trung phương:

$$m_x = \pm 0.009\text{m};$$

$$m_y = \pm 0.011\text{m};$$

$$m_z = \pm 0.012\text{m}.$$

2. Với ảnh chụp khu vực khe Bó. Khối ảnh khe Bó - Nghệ An có tỷ lệ gần 1/38000, được Liên đoàn Trắc địa địa hình tầng dày và đo vẽ bản đồ 1/5000, khoảng cao đều 2.5m. Trên cơ sở ứng dụng các thành quả (6/15 điểm) đã đo nổi

ngoại nghiệp và tầng dày của mô hình 560-561, chúng tôi đã tiến hành tính lại các nguyên tố định hướng của ảnh, và tính lại tọa độ của 9 điểm còn lại. Kết quả tính đạt độ chính xác:

$$m_x = \pm 1.076m;$$

$$m_y = \pm 0.105m;$$

$$m_z = \pm 1.980m.$$

3. Sử dụng ảnh chụp mặt đất khu vực Trường Đại học Mở - Địa chất bằng máy chụp ảnh phổ thông SONY DSC- F717. Trên cặp ảnh 287-288 đo 23 điểm khống chế ngoại nghiệp. Sử dụng chương trình DT3631, số liệu đo tọa độ ảnh để tính tọa độ của các điểm đo.

- Lần 1, sử dụng 8/23 điểm. Độ chính xác xác định tọa độ của các điểm còn lại:

$$m_x = \pm 0.002m;$$

$$m_y = \pm 0.007m;$$

$$m_z = \pm 0.007m.$$

- Lần 2, sử dụng 12/23 điểm. Độ chính xác xác định tọa độ của các điểm còn lại:

$$m_x = \pm 0.008m;$$

$$m_y = \pm 0.007m;$$

$$m_z = \pm 0.045m.$$

## 5. Kết luận

- Thuật toán trình bày ở trên hoàn toàn chính xác, trong đó, đã sử dụng khoảng cách được tính từ hàm tọa độ ảnh, nên số lượng ẩn giảm.

- Thuật toán xử lý không quan tâm tới tọa độ điểm chính ảnh và góc xoay của ảnh, cho nên có thể sử dụng để đo vẽ giải tích ảnh được chụp từ các máy chụp ảnh phổ thông, không có mẫu khung tọa độ, không biết chính xác tiêu cự.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Trần Đình Trí, 2009. Đo ảnh giải tích và Đo ảnh số. NXB KH và KT, Hà Nội.

[2]. Amromin I.D. Phương pháp giảm ẩn trong bài toán đo ảnh. Tạp chí "Trắc địa và Bản đồ" (Bản tiếng Nga), Maxcova, tháng 9/1990.

## SUMMARY

### Establishing analytic algorithm for amateur cameras' images

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

**Nguyen Thi Hoa**, *Power Engineering Consulting Joint Stock Company 1*

Besides current common satellite images, we can exploit other sources which contain huge of worthy informations, such as photographs taken on the ground (with attached GPS device, images from aircraft, and especially the images of the unmanned helicopters. Due to the lack of the technical parameters, such as focal length, frame line, the coordinates of the image... these images have not been milked and utilized effectively in mapping and terrain object researches. Hence, it is necessary to construct pertinent algorithms for analytical image measurement. Based on analytical image processing methods and transformation of equation of image coordinate measurement, the article proposes the algorithm and it's program which uses distance function to determine the coordinates of points on 3 samples of photos. Experimental evaluation shows that the accuracy of the result is in allowing, in addition, it reduces the number of variables in the equation.