

KHỚP ẢNH DỌC THEO ĐƯỜNG THẲNG ĐỨNG TRÊN CẶP ẢNH LẬP THỂ CHUẨN HÓA

TRẦN TRUNG ANH, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Tóm tắt: Bài báo trình bày cách xây dựng thuật toán khớp ảnh dọc theo đường thẳng đứng áp dụng trên cặp ảnh lập thể chuẩn hóa. Cơ sở của phương pháp là sự tìm kiếm điểm ảnh cùng tên dọc theo phương trình của đường thẳng đứng có vết trên cặp ảnh lập thể chuẩn hóa. Quyết định điểm cùng tên dựa trên giá trị lớn nhất của hệ số tương quan ZNCC được tính dọc theo vết đường thẳng đứng. Phương pháp này giúp hạn chế không gian tìm kiếm điểm ảnh cùng tên giúp tăng tốc tự động hóa đo ảnh.

1. Đặt vấn đề

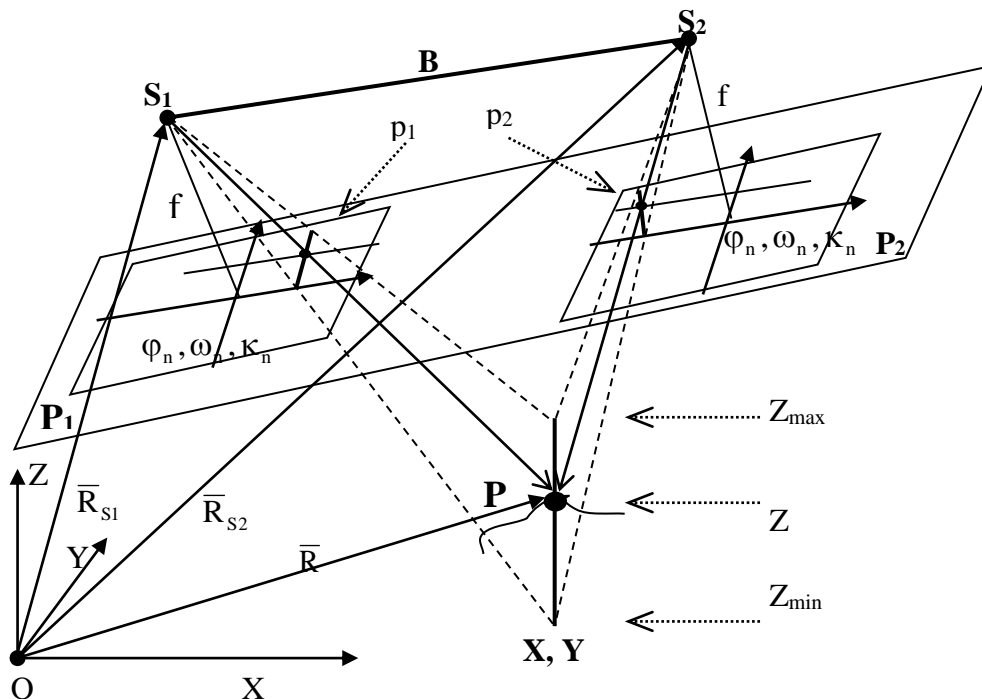
Một trong những bài toán tự động hóa trong đo ảnh là giải quyết vấn đề tự động nhận dạng điểm ảnh cùng tên trên cặp ảnh lập thể. Đây là bài toán kết hợp nhiều yếu tố như: nhận dạng ảnh, tương quan ảnh, hình học ảnh... Bài báo trình bày mối quan hệ hình học của điểm ảnh cùng tên trên cặp ảnh lập thể chuẩn hóa, từ đó xây dựng công thức, thuật toán tìm kiếm điểm ảnh cùng tên theo đường thẳng đứng, giúp tăng tốc độ tự động hóa đo ảnh.

2. Cơ sở của phương pháp

2.1. Cặp ảnh lập thể chuẩn hóa

Cặp ảnh lập thể chuẩn hóa là cặp ảnh lập

thể đã được nắn chỉnh trên cơ sở đường đáy chụp ảnh theo nguyên lý hình học epipolar từ cặp ảnh lập thể gốc đã định hướng, đồng thời được hiệu chỉnh các sai số hệ thống của điểm ảnh (như sai số xê dịch vị trí điểm ảnh do méo hình kính vật, độ cong trái đất, chiết quang khí quyển...). Đặc điểm của cặp ảnh lập thể chuẩn hóa là: tiêu cự chọn bằng tiêu cự gốc, tọa độ điểm chính ảnh được quy "0", tọa độ tâm chụp được giữ nguyên, góc quay của cả hai tấm ảnh đều giống nhau, thị sai dọc được triệt tiêu (tung độ của các điểm ảnh cùng tên có giá trị như nhau) [1, 3, 4, 5].



Hình 1. Cơ sở hình học của phương pháp với cặp ảnh lập thể chuẩn hóa

trong đó:

OXYZ là hệ tọa độ trong không gian vật (hệ tọa độ đo vẽ);

S_1, S_2 là tâm chụp ảnh trái và ảnh phải;

P_1, P_2 là ảnh trái và ảnh phải của cặp ảnh lập thể chuẩn hóa;

p_1, p_2 là cặp điểm ảnh cùng tên;

$\phi_n, \omega_n, \kappa_n$ là các góc xoay chung của cặp ảnh lập thể chuẩn hóa;

F là tiêu cự kiểm định của máy chụp ảnh;

B là đường đáy chụp ảnh.

Lấy cách tính tọa độ điểm địa vật P làm cơ sở (duy nhất), xuất phát từ tọa độ mặt phẳng ảnh của cặp điểm ảnh cùng tên p_1 và p_2 trên cặp ảnh chuẩn hóa, sử dụng công thức:

$$\begin{cases} \bar{\mathbf{R}} = \bar{\mathbf{R}}_{S_1} + m_1 \mathbf{A} \bar{\mathbf{r}}_1, \text{ tính theo ảnh trái} \\ \bar{\mathbf{R}} = \bar{\mathbf{R}}_{S_2} + m_2 \mathbf{A} \bar{\mathbf{r}}_2, \text{ tính theo ảnh phải} \end{cases}, \quad (1)$$

trong đó:

$\bar{\mathbf{R}} = (\mathbf{X} \quad \mathbf{Y} \quad \mathbf{Z})^T$ là vector tọa độ điểm địa vật P trong hệ OXYZ;

$\bar{\mathbf{R}}_{S_1} = (\mathbf{X}_{S_1} \quad \mathbf{Y}_{S_1} \quad \mathbf{Z}_{S_1})^T$ và $\bar{\mathbf{R}}_{S_2} = (\mathbf{X}_{S_2} \quad \mathbf{Y}_{S_2} \quad \mathbf{Z}_{S_2})^T$ là vector tọa độ tâm chụp trái S_1 và tâm chụp phải S_2 trong hệ OXYZ;

$\bar{\mathbf{r}}_1 = (\mathbf{x}_1 \quad \mathbf{y} \quad -f)^T$ và $\bar{\mathbf{r}}_2 = (\mathbf{x}_2 \quad \mathbf{y} \quad -f)^T$ là vector tọa độ cặp điểm ảnh cùng tên p_1 và p_2 trong hệ tọa độ không gian ảnh trái và phải của cặp ảnh lập thể chuẩn hóa (tung độ của điểm ảnh cùng tên có giá trị bằng nhau);

m_1, m_2 là mẫu số tỷ lệ điểm ảnh trái và phải trên cặp ảnh lập thể chuẩn hóa;

A là ma trận xoay của các cosin chỉ hướng chứa các góc xoay giống nhau trên cặp ảnh lập thể chuẩn hóa, cả ảnh trái và ảnh phải sau khi nấn đều sử dụng ma trận xoay này.

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \text{ trong đó } \begin{cases} a_{11} = \cos \phi_n \cos \kappa_n \\ a_{12} = \sin \phi_n \sin \omega_n - \cos \phi_n \cos \omega_n \sin \kappa_n \\ a_{13} = \sin \phi_n \cos \omega_n + \cos \phi_n \sin \omega_n \sin \kappa_n \\ a_{21} = \sin \kappa_n \\ a_{22} = \cos \omega_n \cos \kappa_n \\ a_{23} = -\sin \omega_n \cos \kappa_n \\ a_{31} = -\sin \phi_n \cos \kappa_n \\ a_{32} = \cos \phi_n \sin \omega_n + \sin \phi_n \cos \omega_n \sin \kappa_n \\ a_{33} = \cos \phi_n \cos \omega_n - \sin \phi_n \sin \omega_n \sin \kappa_n \end{cases}.$$

Tọa độ mặt phẳng ảnh trên ảnh trái hoặc ảnh phải của điểm địa vật theo công thức đồng phương:

$$\begin{cases} \mathbf{x} = -f \frac{a_{11}(\mathbf{X} - \mathbf{X}_S) + a_{21}(\mathbf{Y} - \mathbf{Y}_S) + a_{31}(\mathbf{Z} - \mathbf{Z}_S)}{a_{13}(\mathbf{X} - \mathbf{X}_S) + a_{23}(\mathbf{Y} - \mathbf{Y}_S) + a_{33}(\mathbf{Z} - \mathbf{Z}_S)} \\ \mathbf{y} = -f \frac{a_{12}(\mathbf{X} - \mathbf{X}_S) + a_{22}(\mathbf{Y} - \mathbf{Y}_S) + a_{32}(\mathbf{Z} - \mathbf{Z}_S)}{a_{13}(\mathbf{X} - \mathbf{X}_S) + a_{23}(\mathbf{Y} - \mathbf{Y}_S) + a_{33}(\mathbf{Z} - \mathbf{Z}_S)} \end{cases} \quad (2)$$

2.2. Xây dựng phương trình đường thẳng đứng

Xuất phát từ điểm địa vật có tọa độ (X, Y), lần lượt thay Z_{\min}, Z_{\max} , và tọa độ tâm chụp X_S, Z_S, Y_S của từng ảnh trái, ảnh phải vào công thức (2), nhận được giá trị tọa độ mặt phẳng ảnh gồm: $(x_{\min}, y_{\min}), (x_{\max}, y_{\max})$. Dùng công thức tính chuyển từ tọa độ mặt phẳng ảnh về tọa độ ảnh số nhận được

$(u_{\min}, v_{\min}), (u_{\max}, v_{\max})$, đây là tọa độ cột (u) và tọa độ hàng (v) của điểm ảnh số (pixel). Theo quy luật dựng hình của phép chiếu xuyên tâm: một đoạn thẳng trên thực địa sẽ dựng được một đoạn thẳng trên ảnh. Qua 2 điểm Min và Max xây dựng phương trình đoạn thẳng $u = a \cdot v + b$ trong đó $a = (u_{\max} - u_{\min}) / (v_{\max} - v_{\min})$, $b = (u_{\min} v_{\max} - u_{\max} v_{\min}) / (v_{\max} - v_{\min})$. Phương trình trên lập cho cả ảnh trái và ảnh phải. Vùng tìm kiếm sẽ di chuyển từ điểm Min tới điểm Max.

Phương trình đường thẳng đứng (*) của ảnh trái và phương trình (**) là của ảnh phải.

$$\begin{cases} u_1 = a_1 \cdot v + b_1 & (*) \\ u_2 = a_2 \cdot v + b_2 & (**) \end{cases}, \quad (3)$$

trong đó: tọa độ cột, hàng của pixel cùng tên có giá trị chạy trong khoảng:

$$\begin{cases} u_1 \in [u_{1\min} \quad \dots \quad u_{1\max}] \\ u_2 \in [u_{2\min} \quad \dots \quad u_{2\max}] \\ v_1 = v_2 = v \in [v_{\min} \quad \dots \quad v_{\max}] \end{cases}. \quad (4)$$

2.3. Khớp ảnh dựa trên tính toán hệ số tương quan

Cửa sổ mục tiêu thuộc ảnh trái với tâm là vị trí $(u_1; v)$, cửa sổ tìm kiếm thuộc ảnh phải với tâm là điểm cùng tên ở vị trí $(u_2; v)$, tính hệ số tương quan (ZNCC) giữa 2 cửa sổ theo công thức tính nhanh [1,2]

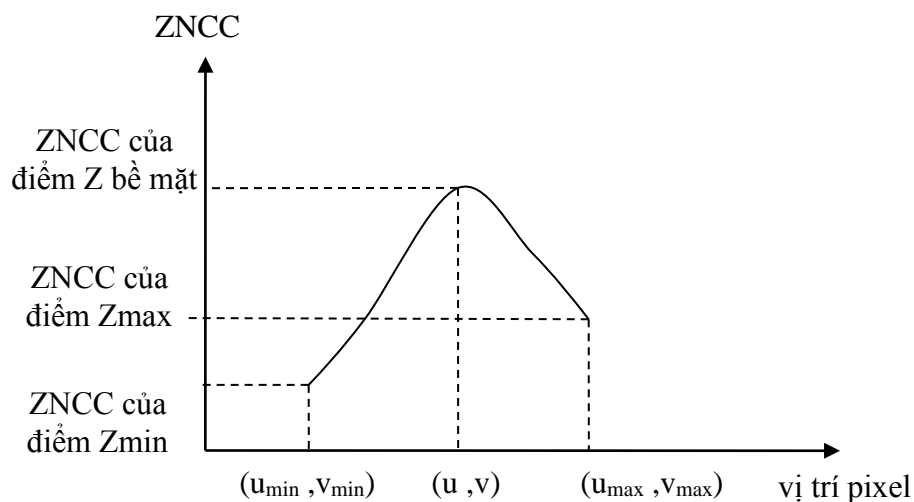
$$ZNCC = \frac{E - A \cdot C / N}{\sqrt{(B - A^2 / N) \cdot (D - C^2 / N)}}. \quad (5)$$

trong đó:

$$\begin{aligned} \sum_u \sum_v \{L_{(u,v)}; L_{(u,v)}^2\} &= \{A; B\} \\ \sum_u \sum_v \{R_{(u,v)}; R_{(u,v)}^2\} &= \{C; D\} \\ \sum_u \sum_v L_{(u,v)} \cdot R_{(u,v)} &= E \end{aligned}$$

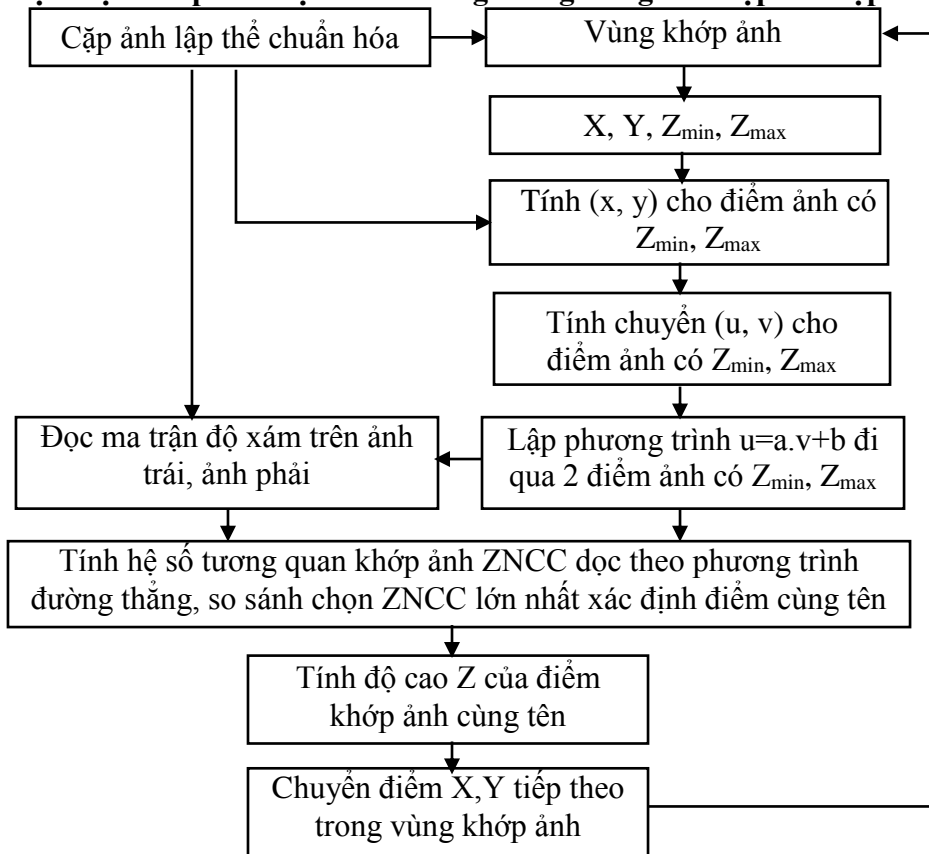
$L_{(u,v)}, R_{(u,v)}$ là độ xám tương ứng của cửa sổ tìm kiếm trên ảnh trái và ảnh phải.

Việc quyết định điểm cùng tên nhờ vào sự so sánh hệ số tương quan, nếu hệ số tương quan đạt giá trị lớn nhất trong vùng tìm kiếm trượt theo phương trình (3) thì đó chính là 2 điểm cùng tên với nhau.



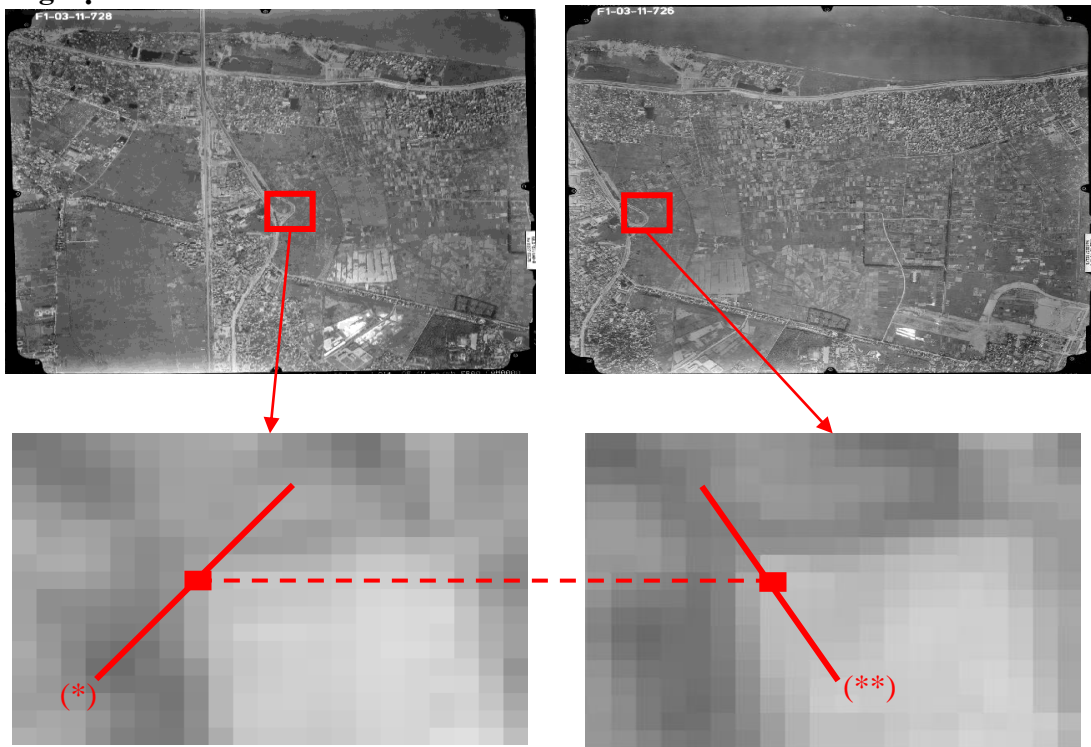
Hình 2. Quyết định điểm cùng tên dựa trên giá trị của hệ số tương quan lớn nhất

3. Quy trình thực hiện khớp ảnh dọc theo đường thẳng đứng trên cặp ảnh lập thể chuẩn hóa



Hình 3. Sơ đồ quy trình khớp ảnh dọc theo đường thẳng đứng

4. Thực nghiệm



Ảnh trái
Ảnh phải
Hình 4. Điểm cùng tên trượt theo phương trình đường thẳng đứng

Tác giả tiến hành thực nghiệm với một cặp ảnh lập thể ở khu vực Hà Nội, với 3 phương thức tìm kiếm điểm ảnh cùng tên: phương pháp tìm kiếm theo tương quan 2 chiều (không gian tìm kiếm 2 chiều dựa vào vị trí phân bố chuẩn trên cặp ảnh lập thể gốc), phương pháp tương quan 1 chiều (vị trí phân bố chuẩn trên cặp ảnh lập thể chuẩn hóa), phương pháp tương quan dọc theo đường thẳng đứng trên cặp ảnh chuẩn hóa. Số liệu so sánh được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. So sánh các phương pháp tìm kiếm điểm ảnh cùng tên

TT	Tư liệu tìm kiếm	Vùng tìm kiếm điểm ảnh cùng tên cho 1 điểm chi tiết		Số lượng hệ số tương quan ZNCC phải tính
		Ảnh trái	Ảnh phải	
1	Trên cặp ảnh lập thể gốc (phương pháp tương quan 2 chiều)	1 pixel	1000 hàng x 2000 cột (vị trí phân bố chuẩn)	2000000
2	Trên cặp ảnh chuẩn hóa (phương pháp tương quan 1 chiều)	1 pixel	1 hàng x 2000 cột	2000
3	Trên cặp ảnh chuẩn hóa (phương pháp đường thẳng đứng)	30 pixel, dọc theo phương trình u_1 (*)	30 pixel, dọc theo phương trình u_2 (**)	30

4. Kết luận

Phương pháp tìm kiếm điểm ảnh cùng tên dựa trên kỹ thuật khớp ảnh dọc theo đường thẳng đứng, được áp dụng trên cặp ảnh lập thể chuẩn hóa cho thấy khả năng tìm kiếm nhanh, giới hạn vùng tìm kiếm điểm cùng tên. Kỹ thuật này cho thấy khả năng vận dụng tối đa các quan hệ hình học của bài toán đo ảnh hiện đại với kỹ thuật của hàm tương quan số về độ xám của ảnh số... Kỹ thuật này có thể áp dụng để đo tự động lưới ô vuông các điểm địa hình một cách nhanh chóng, là cơ sở để có thể xây dựng phần mềm đo ảnh số của Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Trần Trung Anh, 2011. Nghiên cứu các biện pháp nâng cao hiệu quả ứng dụng máy ảnh

số phổ thông vào lĩnh vực đo ảnh địa hình và phi địa hình. Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Hà Nội.

[2]. Trần Trung Anh, 2010. Lựa chọn hợp lý hàm toán học và xây dựng thuật toán tìm kiếm nhanh điểm ảnh cùng tên, Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất, số 29/01-2010, tr82-89, Hà Nội.

[3]. Trần Trung Anh, 2009. Epipolar resampling of stereo image base on airbase in the digital photogrammetry, The 7th FIG Regional Conference: Spatial Data Serving People, Land Governance and the Environment-Building the Capacity, Hanoi, Vietnam.

[4]. Toni F. Schenck, 2009. Digital Photogrammetry, TerraScience Home, pp 247.

[5]. Woosug Cho and Toni Schenk, 1992. "Resampling Digital Imagery to Epipolar Geometry", ISPRS Archives - Volume XXIX - Part B3 - Commission III, pp 404-408.

SUMMARY

Image matching using the vertical line locus (VLL) for the normalized stereo image pair

Tran Trung Anh, Hanoi University of Mining and Geology

This paper presented the effective image matching method for the normalized stereo image pair by using the Vertical Line Locus or VLL approach. The basis of the method is the matching points along the vertical line locus of traces on standardized stereo image pairs. In fact, the choosing conjugate points based on the maximum value of the correlation coefficient ZNCC (Zero-mean Normalized Cross Correlation). This approach can help to optimize the size of window search and improve processing speed in photogrammetry automatic technique.