

QUAN SÁT DỊCH CHUYỂN CỦA BĂNG DỰA TRÊN PHÂN TÍCH CHUỖI ẢNH LẬP THỂ THEO THỜI GIAN

TS. PHẠM HÀ THÁI
Trường Đại học Mở Địa chất

Tóm tắt:

Dữ liệu viễn thám ngày càng được sử dụng rộng rãi trong việc quan sát trái đất, cho phép phân tích sự thay đổi theo thời gian của các đối tượng trên mặt đất. Có rất nhiều kỹ thuật khác nhau để quan sát các đối tượng này và phương pháp đo ảnh khoảng cách gần là một trong những phương pháp mang lại hiệu quả cao. Bài báo này trình bày một quy trình xử lý thích hợp để theo dõi chuyển dịch của băng trong điều kiện thực địa khắc nghiệt (núi cao, lạnh giá, v.v.) bằng tư liệu ảnh chụp khoảng cách gần. Những kết quả ban đầu được minh họa qua một chuỗi ảnh lập thể thu được bởi hai máy ảnh đặt trên bờ phải của sông băng Argentière nhằm xây dựng lại mô hình và tính chuyển dịch của nó trong không gian ba chiều. Công tác thực nghiệm được tiến hành với sự hợp tác của viện địa lý quốc gia Pháp (IGN) vào 09/2013.

1. Giới thiệu chung

Sự biến đổi khí hậu làm cho nhiệt độ của Trái đất tăng lên theo từng năm, điều này kéo theo nhiều nguy cơ, trong đó có sự biến đổi dòng chảy của băng cũng như hiện tượng băng tan. Việc nghiên cứu biến đổi của băng rất quan trọng bởi băng không những là nguồn dự trữ nước ngọt cho sinh hoạt mà dòng chảy của nó cũng được sử dụng để sản xuất thủy điện. Ngoài ra, quan sát hình dạng của băng còn có thể đưa ra các cảnh báo về nguy cơ tiềm ẩn có thể ảnh hưởng đến đời sống của người dân dưới thung lũng cũng như đảm bảo cho sự an toàn của khách du lịch.

Các dữ liệu sử dụng cho việc quan sát băng có thể kể đến như ảnh vệ tinh quang học, ảnh radar khẩu độ tổng hợp (SAR), ảnh hàng không, ảnh chụp khoảng cách gần, quét laser (lidar), các trị đo trắc địa chính xác (ví dụ như GPS), v.v.. Sử dụng các dữ liệu khác nhau đều có những ưu và nhược điểm khác nhau về độ chính xác, phạm vi quan sát, chu kỳ thu nhận dữ liệu

hay giá thành. Trong bài viết này chúng tôi giới thiệu phương pháp sử dụng ảnh chụp khoảng cách gần để quan sát sự dịch chuyển của băng trong điều kiện tự nhiên khắc nghiệt trên dãy Alpes. Phương pháp đo ảnh khoảng cách gần có nhiều lợi thế so với các phương pháp khác như: có độ chính xác cao hơn ảnh vệ tinh, phạm vi quan sát rộng hơn phương pháp GPS và có thể tiếp cận những vị trí mà GPS không tới được, giá thành rẻ hơn phương pháp lidar.

Sử dụng ảnh chụp khoảng cách gần trong nghiên cứu chuyển dịch của băng với một máy ảnh cho phép quan sát chuyển dịch băng hai chiều trên mặt phẳng ảnh [1], [2]. Kỹ thuật này rất dễ dàng thực hiện bằng cách cài đặt một máy ảnh được lập trình để có thể chụp tự động một chuỗi ảnh (time lapse). Kết hợp thêm một máy ảnh nữa giúp chúng ta có thể quan sát chuyển động của băng trong không gian ba chiều.

2. Quá trình đo chuyển động

Chuỗi ảnh lập thể theo thời gian thu được từ hai máy ảnh trong điều kiện tự

nhiên bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố thời tiết như nhiệt độ, gió, mưa, độ cao v.v.. Điều này làm cho máy ảnh bị di chuyển so với vị trí đặt ban đầu, do đó việc nắn ảnh luôn cần thiết trước khi sử dụng chuỗi ảnh cho các mục đích khác và cho việc loại trừ các sai số của tấm ảnh.

2.1. Nắn chuỗi ảnh

Để tiến hành nắn chuỗi ảnh thu nhận được, trước tiên cần xác định ảnh tham chiếu (reference), các ảnh còn lại trong chuỗi ảnh sẽ được nắn theo ảnh đó. Sau đó, lần lượt từng cặp ảnh (ảnh tham chiếu và ảnh cần nắn) sẽ được xử lý. Có rất nhiều phương pháp để thực hiện vấn đề này như "commun master", "leap frog" hay "network". Phương pháp "leap frog" cho phép xử lý hai ảnh trong chuỗi ảnh ở hai thời điểm t và $t+n$. Phương pháp "network" có thể thực hiện với hai ảnh bất kì trong chuỗi. Trong thực nghiệm này, chúng tôi đã sử dụng phương pháp "commun master" để chọn ảnh tham chiếu trong chuỗi ảnh cần nắn. Thường thì người ta sẽ chọn ảnh đầu tiên, ở đây phương pháp này chọn ảnh có giá trị khoảng cách nắn nhỏ nhất so với các ảnh khác làm ảnh tham chiếu.

Xét hai chuỗi ảnh trái và phải gồm N tấm ảnh mỗi chuỗi. Trên mỗi tấm ảnh, K cửa sổ trượt ở những vùng ổn định được chọn ra nhằm tính toán độ xô dịch trên mỗi cửa sổ trượt đó và tìm điểm ảnh đặc trưng phục vụ cho công tác nắn ảnh thu được tại những thời điểm khác nhau. Độ dịch chuyển giữa hai ngày tại mỗi cửa sổ trượt k được tính toán qua phép tương quan, sau đó chúng được phân tích thành chuyển dịch theo hàng và theo cột và thể hiện trong hai ma trận Dy^k và Dx^k [4].

$$Dx^k = \begin{pmatrix} dx^k(1,1) & \dots & dx^k(1,m) & \dots & dx^k(1,N) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ dx^k(1,m) & \dots & dx^k(1,m) & \dots & dx^k(1,m) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ dx^k(1,m) & \dots & dx^k(1,m) & \dots & dx^k(1,m) \end{pmatrix} \quad (1)$$

Giá trị $dx^k(n,m)$ thể hiện sự xô dịch theo cột giữa ảnh thứ m so với ảnh thứ n trên cửa sổ trượt k . Tương tự ta sẽ có sự xô dịch theo hàng $dy^k(n,m)$. Vì vậy tại mỗi cửa sổ trượt k , khoảng cách dịch chuyển giữa cặp cửa sổ trượt (n, m) sẽ được tính bằng công thức [4]:

$$d^k(n,m) = \sqrt{dx^k(n,m)^2 + dy^k(n,m)^2} \quad (2)$$

Sau đó ảnh trung bình sẽ là ảnh có giá trị tổng khoảng cách nhỏ nhất so với những ảnh khác [4]:

$$d_{\min}^k = \min \left(\sum_n d^k(n,m) \right) \quad (3)$$

$$n_{ref}^k = \operatorname{argmin} \left(\sum_m d^k(n,m) \right) \quad (4)$$

Trong đó, n_{ref}^k là ảnh tham chiếu được chọn tại vị trí cửa sổ trượt k . Khoảng cách $d^k(n, m)$ phụ thuộc vào vị trí cửa sổ trượt k , vì vậy xét tại tất cả các vị trí của cửa sổ trượt k , n_{ref}^k xuất hiện nhiều nhất sẽ được chọn làm ảnh tham chiếu cho toàn bộ chuỗi ảnh [4].

$$n_{ref} = \operatorname{mode}(n_{ref}^k) \quad (5)$$

Trên mỗi ảnh trong chuỗi, các kết quả này cũng xác định được vị trí của điểm ảnh đặc trưng tương ứng với ảnh tham chiếu. Gọi tọa độ của điểm đặc trưng là (x^k, y^k) , đây là điểm trung tâm của cửa sổ trượt k . Vị trí tương ứng của chúng trên ảnh cần nắn n được tính theo công thức [4]:

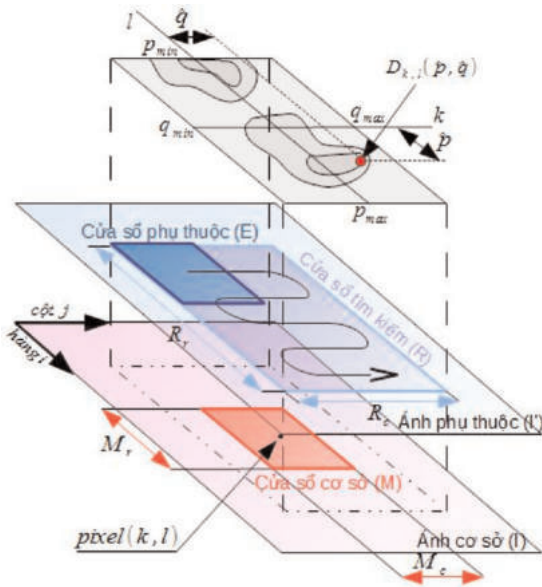
$$P^n = \begin{pmatrix} x^1 + dx^1(n_{ref}, n), y^1 + dy^1(n_{ref}, n) \\ \vdots \\ x^k + dx^k(n_{ref}, n), y^k + dy^k(n_{ref}, n) \\ \vdots \\ x^K + dx^K(n_{ref}, n), y^K + dy^K(n_{ref}, n) \end{pmatrix} \quad (6)$$

Những điểm này sẽ được sử dụng vào việc xác định ma trận biến đổi của quá trình nắn ảnh. Có rất nhiều phương pháp nắn ảnh được trình bày trong [3] nhưng đều tuân thủ theo bốn bước cơ bản: Xác định điểm ảnh cùng tên, khớp điểm ảnh, ước

tính mô hình chuyển đổi và tái chia mẫu.

2.2. Chuyển động 2D

Từ chuỗi ảnh đã được nắn, việc đo chuyển động của đối tượng được thực hiện bởi phép tương quan (correlation method) [4].



Hình 1: Phép tương hỗ (correlation)

Tại vị trí pixel (i, j) bất kì trên ảnh tham chiếu, vectơ chuyển động $V(i, j)$ thu được từ việc tính toán các giá trị của hàm tương

quan $D(p, q)$ giữa tâm của cửa sổ tham chiếu (M) và tâm của cửa sổ phụ thuộc (E) đã dịch chuyển một khoảng (p, q) trên ảnh phụ thuộc (xem hình 1). Khi đó, vị trí thích hợp nhất được xác định bằng cách lấy giá trị lớn nhất của hàm tương quan. Hàm tương quan này được dùng vào việc chọn điểm ảnh đặc trưng trên mỗi ảnh trong chuỗi và tính toán sự dịch chuyển của pixel giữa các ảnh. Kết quả thu được thể hiện sự chuyển dịch của đối tượng tính bằng pixel/ngày và sai số còn lại của quá trình nắn ảnh tại vùng ổn định. Để tính chuyển sự dịch chuyển này sang mét, phần mềm MICMAC [5] được sử dụng để xác định thêm thông tin về độ sâu (khoảng cách từ vị trí máy ảnh đến tất cả các điểm trên ảnh).

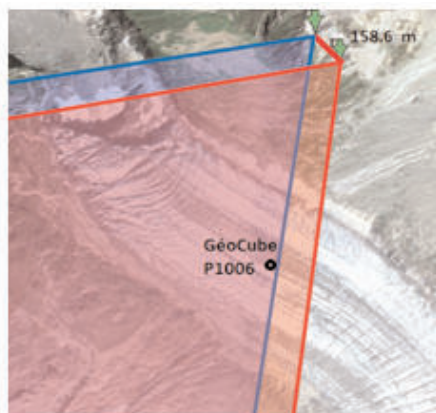
3. Kết quả thực nghiệm

Hai máy ảnh kỹ thuật số DMC-LX 4 (Leica) được cài đặt trên bờ trái của sông băng Argentière (Pháp) ở độ cao 2631m và 2683m với khoảng cách đường đáy chụp 158,6m. (Xem hình 2)

Các thông số của máy ảnh được thể hiện trong bảng 1. (Xem bảng 1)



(a)



(b)



(c)

Hình 2: (a): Vị trí máy ảnh đặt trên bờ trái dòng chảy của băng Argentière;

(b): Vị trí của hai máy ảnh và điểm Géocube P1006; (c): Thiết bị Géocube

Hai máy ảnh này chụp tự động bốn lần một ngày ở các thời điểm 9h, 12h, 15h, 18h. Bên cạnh đó, kết hợp với viện địa lý quốc gia Pháp, chúng tôi đã cài đặt một mạng lưới Géocubes (thiết bị GPS) để đo liên tục (30 giây/lần đo) tại các điểm quan tâm nhằm xác định độ chuyển dịch của băng (hình 2b) cũng như xác định tọa độ trắc địa của mạng lưới điểm khống chế dùng để định vị mô hình 3D trong hệ tọa độ trắc địa.

Bảng 1: Thông số kỹ thuật máy chụp ảnh DMC-LX 4

Số lượng điểm ảnh	10,4MP
Kích cỡ của ảnh	3776x2520
Độ dài tiêu cự máy ảnh	5,1mm
Góc mở của máy ảnh	$2,7 \times 10^{-4}$ rad/pixel

3.1. Chọn ảnh và nắn ảnh

Như đã trình bày ở phần 2.1, chúng tôi chọn ra ảnh tham chiếu để tiến hành nắn những ảnh còn lại trong mỗi chuỗi ảnh theo ảnh này. Trên mỗi tấm ảnh, 6 cửa sổ trượt sẽ được xác định và trên mỗi ảnh nhỏ, phép tương quan sẽ xác định chuyển dịch của các pixel trên ảnh nhỏ đó giữa các thời điểm khác nhau.

3.2. Chuyển dịch 2D

Sau khi nắn chuỗi ảnh, phép tính tương

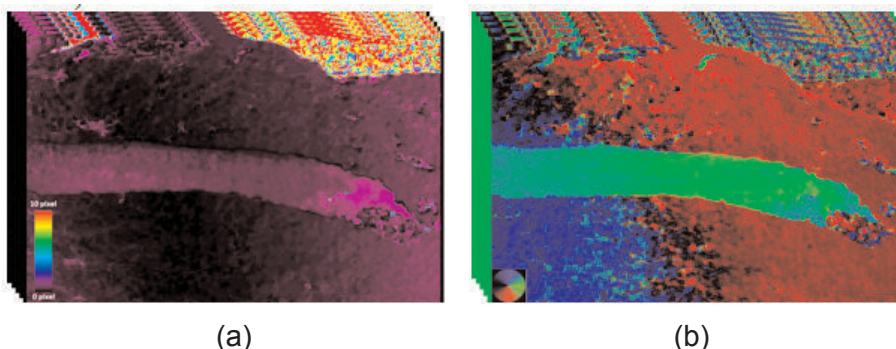
quan được thực hiện trên toàn bộ tấm ảnh tại thời điểm t và $t+1$. Hình 3 a và b minh họa tốc độ chuyển dịch (pixel/ngày) cũng như hướng chuyển dịch của tất cả các pixel. Kết quả này làm nổi bật sự chuyển dịch dòng chảy của băng, đặc biệt là tốc độ của băng ở phần cuối của dòng chảy (phía bên phải của ảnh). (Xem hình 3)

Chúng ta cũng có thể quan sát tại thời điểm t và $t+2$ cũng như t và $t+n$ để thu được các giá trị đo chính xác hơn.

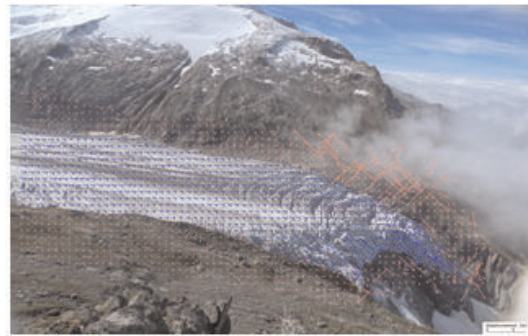
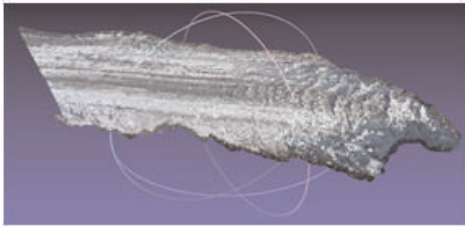
3.3. So sánh kết quả đo ảnh với kết quả đo GPS

Kết quả chuyển dịch trên cần phải tính đổi sang $m/ngày$. Để thực hiện việc này cần chú đến kích cỡ của pixel và khoảng cách từ máy chụp ảnh đến các điểm trên ảnh. Với sự trợ giúp của phần mềm MICMAC và hệ thống điểm khống chế đã được đo bằng GPS, mô hình 3D và tọa độ của tất cả các điểm trong hệ tọa độ trắc địa có thể sử dụng vào việc tính chuyển đơn vị chuyển dịch 2D từ pixel/ngày sang $m/ngày$. (Xem hình 4)

Kết quả độ lớn và hướng chuyển dịch của băng tính theo đơn vị mét được mô tả trong hình 4b. Kết hợp với mạng lưới Géocubes đã cài đặt chúng tôi chọn điểm P1006 ở giữa sông băng để so sánh kết quả đo chuyển dịch trên chuỗi ảnh lập thể và kết quả đo bằng GPS (tương ứng với hình 5 và hình 6) trong phạm vi 20 ngày.



Hình 3: (a): Chuyển dịch 2D (a) và hướng chuyển dịch 2D (b) của các pixel tại thời điểm t và $t+1$

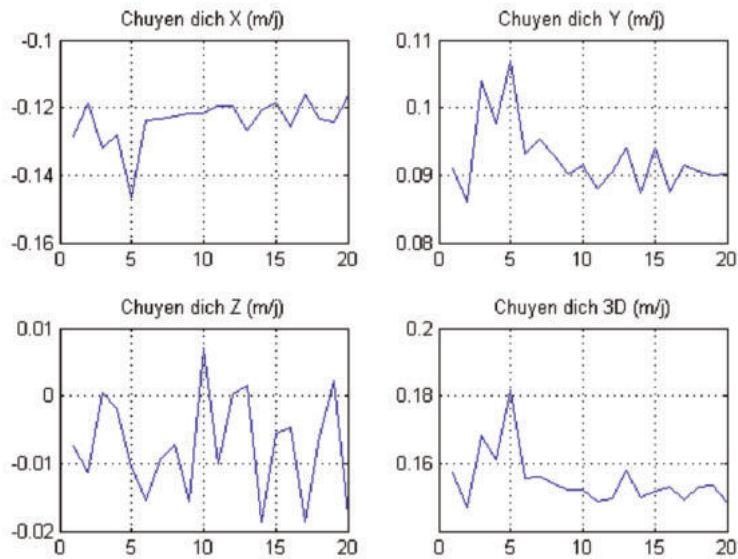


(a)

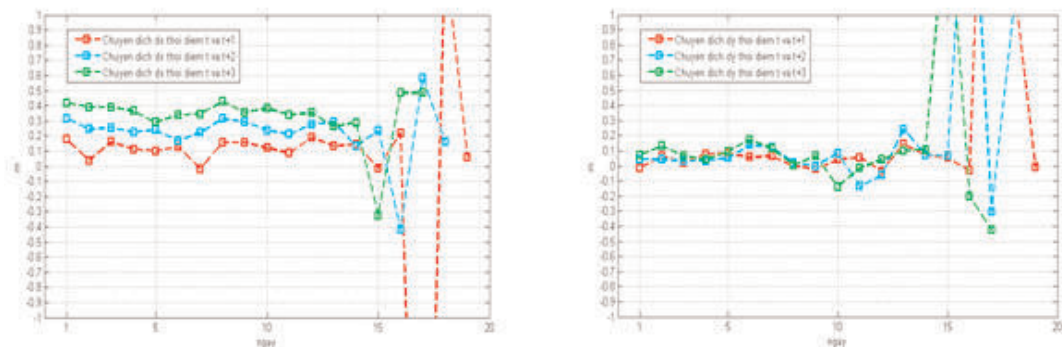
(b)

Hình 4: Mô hình 3D dòng chảy của băng (a) và Chuyển dịch của vùng quan sát theo đơn vị mét

(Mũi tên xanh là chuyển dịch của băng, mũi tên đỏ là dịch chuyển của vùng lân cận).



Hình 5: Chuyển dịch m/ngày của điểm P1006 tính theo GPS Géocube



Hình 6: Chuyển dịch m/ngày của điểm P1006 được tính bằng phép tương quan

4. Kết luận

Trong bài báo này, qui trình quan sát chuyển dịch của băng từ chuỗi ảnh lập thể khoảng cách gần theo thời gian đã được giới thiệu. Chuyển dịch hai chiều của băng được thực hiện bởi phép tương quan cho kết quả đồng nhất với số liệu đo GPS chuyển dịch bề mặt dòng chảy của băng. Từ kết quả ban đầu này, kết hợp với mô hình số độ cao sẽ cho ta kết quả chuyển dịch ba chiều.○

Tài liệu tham khảo

[1]. R. Fallourd and al. (2010), Monitoring temperate glacier with high resolution automated digital cameras - application to the Argentière glacier. In PCV 2010, ISPRS Commission III Symposium, Paris, France, Sept. 2010.

[2]. Adrian N. Evans (2000), Glacier sur-

face motion computation from digital image sequences. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 38(2) :1064– 1071, 2000.

[3]. B. Zitová and J. Flusser (2003), Image registration methods: a survey. Image and Vision Computing, 21(11) :977–1000, 2003

[4]. F. Vernier and all (2011), Fast correlation technique for glacier flow monitoring by digital camera and space-borne sar images. EURASIP Journal on Image and Video Processing, 2011(11).

[5]. N Paparodits and all (2006) High-end aerial digital cameras and their impact on the automation and quality of the production workflow. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing (IJPRS), 60:400–412, 2006.○

Summary

Observations of glacier movement on the stereoscopic image series analysis

Dr. Pham Ha Thai

Hanoi University of Mining and Geology

Remote sensing data which are increasingly used in the Earth observation allow analyzing temporal evolution of objects on the ground surface. There are many different techniques which help us to observe these objects and close range photogrammetry is one of the effective methods. This paper presents a processing chain suitable for monitoring geophysical objects in difficult conditions for close range photogrammetry. The initial results are illustrated on time series of stereoscopic images acquired by two automatic cameras installed on the right bank of the Argentière glacier to build elevation models and to measure its displacement in 3D. The experimental results are validated in collaboration with IGN in fall 2013.○

Ngày nhận bài: 16/02/2015