

MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP BÌNH SAI TỰ DO MẠNG LƯỚI QUAN TRẮC DỊCH CHUYỂN THEO MÔ HÌNH ĐỘNG TUYẾN TÍNH

TS. DƯƠNG VĂN PHONG
KS. PHẠM NGỌC QUANG

Trường Đại học Mở - Địa Chất

Tóm tắt:

Bài báo này giới thiệu một số thuật toán bình sai tự do mạng lưới quan trắc dịch chuyển theo mô hình động tuyến tính và các kết quả tính toán thực nghiệm. Kết quả tính toán cho thấy, các thuật toán bình sai tự do theo mô hình động tuyến tính có thể xác định chính xác tốc độ dịch chuyển.

1. Đặt vấn đề

Lưới quan trắc dịch chuyển được xây dựng với mục đích quan trắc sự dịch chuyển của các công trình, quan trắc biến dạng bề mặt cục bộ do quá trình khai thác... Ngày nay, với những ưu điểm vượt trội, công nghệ GPS đã được ứng dụng rộng rãi để thành lập các mạng lưới quan trắc dịch chuyển với độ chính xác cao.

Trong nghiên cứu về lưới quan trắc dịch chuyển, thông thường ta tính toán được lượng dịch chuyển tương đối của các điểm dịch chuyển so với một điểm cố định nào đó tức là bình sai lưới có điểm cố định.

Trên thực tế, để lựa chọn một điểm nào đó là điểm cố định chúng ta phải tiến hành bình sai tự do mạng lưới đó và phân tích, đánh giá độ ổn định của các điểm. Bình sai tự do cho phép tính toán tọa độ các điểm không bị ràng buộc bởi điểm gốc, giảm thiểu ảnh hưởng của sai số số liệu gốc đến tọa độ và vận tốc dịch chuyển của các điểm. Sau đây, chúng ta sẽ tìm hiểu một số thuật toán bình sai tự do lưới quan trắc dịch chuyển bằng công nghệ GPS theo mô hình động tuyến tính.

2. Một số thuật toán bình sai tự do kết hợp số liệu đo GPS nhiều chu kì theo mô hình động tuyến tính

Trong [5],[6] đã trình bày thuật toán bình sai kết hợp lưới GPS nhiều chu kì có tính đến ẩn số là vận tốc dịch chuyển của các thành phần tọa độ của các điểm trong trường hợp lưới có điểm cố định, chi tiết về thuật toán tham khảo [5],[6].

Khi bình sai tự do lưới quan trắc dịch chuyển, ma trận hệ số của hệ phương trình chuẩn là ma trận suy biến, không thể giải được. Do đó, chúng ta cần đưa thêm vào các điều kiện phụ trợ để có thể giải được hệ phương trình chuẩn. Dưới đây là một số phương pháp xây dựng ma trận giả nghịch đảo:

2.1. Phương pháp Helmert – Bjerhamar:

+ Lập ma trận hệ số hệ phương trình số hiệu chỉnh

$$V = AX + L, P \quad (1)$$

Trong đó

A: là ma trận hệ số hệ phương trình số hiệu chỉnh

L: là ma trận số hạng tự do

X: là ma trận (véc tơ) ẩn số

V: là ma trận (véc tơ) số hiệu chỉnh

P: là ma trận trọng số của các trị đo

+ Tính ma trận chuyển vị A^T

+ Tính $N = A^T P A$ (2)

+ Tính $A^T P L$ (3)

+ Tính ma trận (NN)

+ Tách ma trận (NN) thành các ma trận con

$$(N.N) = \begin{bmatrix} N.N_{11} & N.N_{12} \\ N.N_{21} & N.N_{22} \end{bmatrix} \quad (4)$$

+ Tính $(N.N)^{-1}$

+ Tính ma trận nghịch đảo mở rộng:

$$(N.N)^{-1} = \begin{bmatrix} N.N_{11}^{-1} & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

+ Tính ma trận $N_m^{-1} = N.(N.N)^{-1}$

+ Tính ma trận ẩn số

$$X = N_m^{-1}(A^T P L) \quad (6)$$

+ Tính ma trận giả nghịch đảo

$$Q = N^+ = N_m^{-1} N_m^{-1} N \quad (7)$$

2.2. Phương pháp giải kèm điều kiện phụ

+ Lập hệ phương trình số hiệu chỉnh

$$V = AX + L, P$$

+ Lập ma trận hệ số hệ phương trình chuẩn

$$N = A^T P A; M = A^T P L$$

+ Tính ma trận điều kiện phụ

$$G^T = (E \quad E \quad \dots \quad E) \quad (8)$$

Trong đó E là các ma trận đơn vị có kích cỡ 6 hàng, 6 cột.

+ Tính ma trận (GG^T)

+ Tính ma trận $Q_r = (A^T P A + GG^T)^{-1}$ (9)

+ Tính nghiệm $X = -(A^T P A + GG^T)^{-1}(A^T P L) = -Q_r M$

+ Tính ma trận $Q = N^+ = Q_r N Q_r$ dùng để đánh giá độ chính xác các yếu tố sau bình sai.

2.3. Phương pháp giải trực tiếp

+ Lập ma trận hệ phương trình số hiệu chỉnh

$$V = AX + L$$

+ Tách ma trận A thành 2 ma trận con A_1 và A_2 trong đó A_1 có kích thước $n \times r$, $rk(A_1) = r$.

+ Tính $N_{11} = A_1^T A_1$

+ Tính $N_{12} = A_1^T A_2$

+ Tính $N = \begin{bmatrix} N_{11} \\ N_{12}^T \end{bmatrix}$ (10)

+ Tính $R = (N_{11} N_{11}^{-1} + N_{12} N_{12}^T)$ (11)

+ Tính R^{-1}

+ Tính $S = N.R^{-1}$ (12)

+ Tính ẩn số $X = -S.A_1^T L$ (13)

+ Tính ma trận trọng số đảo của ẩn số:

$$Q = N R^{-1} N_{11}^{-1} R^{-1} N^T \quad (14)$$

2.4. Phương pháp chuyển đổi

+ Lập ma trận hệ số hệ phương trình số hiệu chỉnh

$$V = AX + L$$

+ Tách ma trận A thành 2 ma trận con A_1 và A_2 trong đó A_1 có kích thước $n \times r$, $rk(A_1) = r$.

+ Tính $N_{11} = A_1^T A_1$, $N_{12} = A_1^T A_2$,

$$N_{21} = A_2^T A_1, N_{22} = A_2^T A_2 \quad (15)$$

+ Tính N_{11}^{-1}

+ Tính $X_0 = -N_{11}^{-1}(A_1^T L)$

+ Tính $M^T = N_{21} N_{11}^{-1}$ (16)

+ Lập ma trận I là ma trận đơn vị cùng kích thước với N_{11}

+ Tính ma trận $G = (I + MM^T)$ (17)

+ Tính G^{-1}

+ Tính $R = \begin{bmatrix} G^{-1} \\ M^T G^{-1} \end{bmatrix}$ (18)

+ Tính ẩn $X = RX_0$

+ Tính ma trận trọng số đảo của ẩn số

$$Q = RN_{11}^{-1}R^T \quad (19)$$

Trong khuôn khổ bài báo này sẽ so sánh kết quả thực nghiệm tính toán theo 2 phương pháp bình sai tự do lưới quan trắc dịch chuyển theo mô hình động tuyến tính là phương pháp giải kèm điều kiện phụ và phương pháp giải trực tiếp.

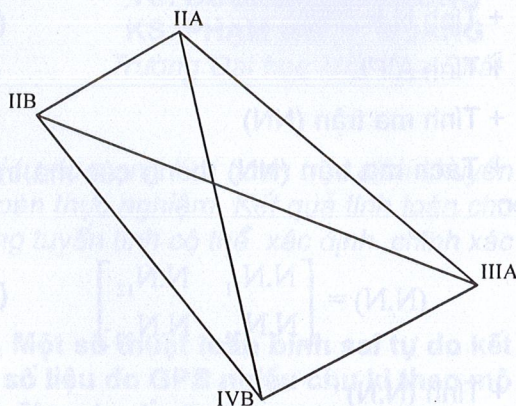
3. Giới thiệu về số liệu tính toán và kết quả thực nghiệm

3.1. Giới thiệu về số liệu thực nghiệm

Để có được số liệu tính toán thực nghiệm, tác giả đã tiến hành xây dựng một mạng lưới thực nghiệm "mô hình". Lưới thực nghiệm được xây dựng trong khai trường của mỏ than Cọc Sáu thuộc vùng Cẩm Phả - Mông Dương của tỉnh Quảng Ninh. Lưới thực nghiệm bao gồm 4 điểm như hình 1, lưới được đo trong vòng 3 ca đo bằng các máy thu 2 tần số GB - 1000 và máy thu Hiper của hãng Topcon Nhật Bản. Trong 3 ca đo, máy thu tại các điểm IIB, IIIA, IVB bất liên tục cố định tại 1 vị trí. Máy đo tại điểm IIA được dịch chuyển như sau:

- Tại chu kỳ 2, điểm IIA được dịch chuyển 3cm về mặt bằng và 1,5cm về độ cao so với chu kỳ 1.

- Tại chu kỳ 3, điểm IIA được dịch chuyển 3cm về mặt bằng, độ cao của điểm IIA được giữ nguyên so với chu kỳ 2.



Hình 1: Sơ đồ lưới thực nghiệm

(Xem bảng 1)

Sau khi đo đạc, số liệu đo lưới thực nghiệm được chuyển về định dạng RINEX và sử dụng modul Wave của phần mềm GPSurvey 2.35 để tiến hành xử lý cạnh. Sau khi tính cạnh, ta thu được các giá số tọa độ và ma trận hiệp phương sai (M) của các cạnh trong lưới, chi tiết về số liệu đo đạc và kết quả tính toán xử lý cạnh của lưới thực nghiệm tham khảo trong [4]. Dựa vào các số liệu này, ta tiến hành bình sai tự do kết hợp số liệu đo của các chu kỳ theo mô hình động trong hệ tọa độ địa diện chân trời.

Bảng 1: Số liệu đo đạc lưới trong 3 chu kỳ

STT	Baseline	Chu kỳ 1			Chu kỳ 2			Chu kỳ 3		
		$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$	$\Delta Z(m)$	$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$	$\Delta Z(m)$	$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$	$\Delta Z(m)$
1	IIA - IIB	272.305	102.130	-40.667	272.287	102.134	-40.637	272.273	102.119	-40.615
2	IIIA - IIA	334.253	-50.717	836.427	334.263	-50.711	836.397	334.282	-50.706	836.373
3	IIIA - IIB	606.562	51.400	795.756	606.562	51.400	795.756	606.562	51.400	795.756
4	IIIA - IVB	38.531	106.419	151.923	38.531	106.419	151.923	38.531	106.419	151.923
5	IIA - IVB	295.731	157.154	988.346	295.743	157.144	988.321	295.755	157.151	988.287
6	IIB - IVB	568.029	-55.006	947.685	568.029	-55.006	947.685	568.029	-55.006	947.685

Để có thể bình sai lưới trong hệ tọa độ địa diện chân trời, chúng ta tiến hành tính chuyển tọa độ các điểm lưới, ma trận hiệp phương sai và các giá số tọa độ từ hệ tọa độ địa tâm WGS – 84 sang hệ tọa độ địa diện chân trời. Thuật toán tính chuyển từ hệ tọa độ địa tâm sang hệ tọa độ địa diện chân trời tham khảo trong [2].

3.2. Kết quả tính toán thực nghiệm

3.2.1. Kết quả bình sai tự do bằng phương pháp giải trực tiếp

(Xem bảng 2)

Trong bảng trên: $P = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$

Nhìn vào kết quả tính toán trong bảng 1, chúng ta đưa ra một số nhận xét sau:

- Từ giá trị chuyển dịch của các thành phần tọa độ, ta tính được lượng dịch chuyển về mặt bằng của điểm IIA sau 3 chu kỳ đo là 2.85cm. Giá trị này lệch so với lượng dịch chuyển mặt bằng thực tế là 0.15cm.

- Vận tốc dịch chuyển về độ cao của điểm IIA là 0.79cm lệch 0.71cm so với lượng chuyển dịch thực tế về độ cao của chu kỳ 1 - 2 và lệch so với lượng chuyển dịch thực tế của chu kỳ 2 - 3 là 0.79cm.

- Giá trị dịch chuyển về mặt bằng của các điểm còn lại lớn nhất là 1.09cm (điểm IIB) và lượng dịch chuyển lớn nhất về độ cao là

0.41cm (điểm IVB).

3.2.2. Kết quả bình sai tự do bằng phương pháp giải kèm điều kiện phụ

(Xem bảng 3)

Nhìn vào bảng 1, chúng ta có thể đưa ra một số nhận xét như sau:

- Từ các giá trị vận tốc chuyển dịch các thành phần tọa độ, tính được lượng dịch chuyển về mặt bằng của điểm IIA qua 3 chu kỳ là 3cm và bằng so với lượng chuyển dịch thực tế.

- Lượng dịch chuyển về độ cao của điểm IIA là 0.86cm, lệch 0,64cm so với lượng chuyển dịch thực tế về độ cao trong chu kỳ 1 - 2 và lệch 0.86cm so với lượng chuyển dịch thực tế của chu kỳ 2 - 3.

- Theo kết quả bình sai, các điểm còn lại của lưới đều bị dịch chuyển, điểm IIB có lượng dịch chuyển lớn nhất về mặt bằng là 1.01cm, điểm IVB có lượng dịch chuyển lớn nhất về độ cao là 0.43cm.

Từ các kết quả tính toán của hai phương án, ta có thể thấy rằng:

- Cả hai phương án bình sai tự do cho ra các kết quả tọa độ bình sai và lượng chuyển dịch các thành phần tọa độ của các điểm tương đương nhau và phản ánh đúng lượng chuyển dịch thực tế. Tuy nhiên, phương

Bảng 2: Kết quả bình sai kết hợp số liệu đo 3 chu kỳ trong trường hợp không có điểm cố định bằng phương pháp giải trực tiếp

TT	Điểm	X (m)	Y (m)	Z (m)	V _x (m/năm)	V _y (m/năm)	V _h (m/năm)	P (m/năm)
		m _x (m)	m _y (m)	m _z (m)	M _{Vx} (m)	M _{Vy} (m)	M _{Vh} (m)	
1	IIA	1833,828	696,032	1161,992	-0,0224	-0,0176	-0,0079	0,0285
		0,001	0,001	0,004	0,001	0,001	0,003	
2	IIB	1789,992	405,663	1162,688	0,0071	0,0083	0,0011	0,0109
		0,001	0,001	0,005	0,001	0,001	0,004	
3	IVB	825,861	931,515	1029,584	0,0076	0,045	0,0041	0,0088
		0,001	0,003	0,007	0,001	0,001	0,007	
4	IIIA	1000,000	999,999	999,993	0,0085	0,0037	0,0027	0,0092
		0,002	0,001	0,005	0,001	0,001	0,005	

Bảng 3: Kết quả bình sai kết hợp số liệu đo 3 chu kỳ trong trường hợp không có điểm cố định bằng phương pháp giải kèm điều kiện phụ

TT	Điểm	X (m)	Y (m)	Z (m)	V_x (m/năm)	V_y (m/năm)	V_h (m/năm)	P (m/năm)
		m_x (m)	m_y (m)	m_z (m)	M_{v_x} (m)	M_{v_y} (m)	M_{v_h} (m)	
1	IIA	1833,829	696,033	1161,992	-0,0251	-0,0164	-0,0086	0,0300
		0,002	0,002	0,005	0,002	0,002	0,005	
2	IIB	1789,992	405,663	1162,686	0,0079	0,0063	0,0014	0,0101
		0,002	0,002	0,007	0,002	0,002	0,006	
3	IVB	825,860	931,515	1029,586	0,0086	0,0050	0,0043	0,0099
		0,001	0,002	0,007	0,001	0,001	0,007	
4	IIIA	1000,000	999,998	999,991	0,0086	0,0051	0,0029	0,0100
		0,001	0,001	0,006	0,001	0,001	0,005	

pháp giải kèm điều kiện phụ cho kết quả tính toán lượng chuyển dịch về mặt bằng tốt hơn một chút.

- Lượng chuyển dịch về mặt bằng của 3 điểm còn lại trong lưới là 1 cm và về độ cao là 0.43 cm trong khi các điểm này được coi là “đứng yên” là khá lớn. Do vậy, cần tiếp tục nghiên cứu giải thích vấn đề này một cách hợp lý.

4. Kết luận và kiến nghị

Từ các kết quả tính toán và nhận xét trên, có thể rút ra một số vấn đề như sau:

- Việc bình sai tự do theo mô hình động tuyến tính mạng lưới trên cho phép xác định khá chính xác lượng dịch chuyển về mặt bằng và độ cao của điểm IIA, nhưng đồng thời với nó thì vận tốc dịch chuyển của các điểm còn lại cũng sai lệch khá lớn. (Trên thực tế, các điểm còn lại của lưới được coi là “đứng yên”).

- Trên thực tế, vận tốc dịch chuyển của các điểm trong mỗi chu kỳ là khác nhau. Do vậy, cần tiếp tục nghiên cứu thuật toán bình sai tự do theo mô hình động tuyến tính có tính đến ẩn số là gia tốc dịch chuyển của các điểm khi bình sai kết hợp 3 chu kỳ trở lên.

- Cần nghiên cứu thuật toán bình sai tự do lưới quan trắc dịch chuyển theo mô hình động tuyến tính kết hợp với thuật toán đánh giá độ ổn định của các điểm nhằm lựa chọn ra các điểm gốc để bình sai kết hợp số liệu đo lưới GPS nhiều chu kỳ. ○

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Đỗ Ngọc Đường, Đặng Nam Chinh (2009), Bài giảng Công nghệ GPS (dành cho bậc Đại học), Trường Đại học Mở - Địa chất.

[2]. Đặng Nam Chinh, Trần Đình Trọng. Bình sai lưới GPS trong hệ tọa độ vuông góc không gian địa diện chân trời.

[3] Hoàng Ngọc Hà (2006), Bình sai tính toán lưới trắc địa và GPS, Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật.

[4]. Dương Văn Phong, Nguyễn Gia Trọng, ảnh hưởng của tầng điện ly trong xử lý số liệu lưới cạnh ngắn sử dụng phần mềm GPSurvey 2.35.

[5] Nguyễn Gia Trọng (2010), Nghiên cứu, đề xuất phương pháp xử lý số liệu lưới quan trắc địa động tại Việt Nam theo mô hình động, Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học Bộ Giáo dục và Đào tạo. Đại học Mở - Địa chất. ○

(Xem tiếp trang 58)

phòng chống và giảm nhẹ thiên tai đến năm 2020, ngày 16/11/2007.

[2]. UNDP Project DMU VIE/97/002, Chiến lược và kế hoạch hành động giảm nhẹ thiên tai ở Việt Nam, Hà Nội, 2001.

[3]. Trần Minh Ý và nnk, Nghiên cứu tai biến môi trường bằng công nghệ Viễn thám

và GIS (lấy ví dụ tỉnh Thừa Thiên Huế), Viện Địa lý, Trung tâm Khoa học tự nhiên và công nghệ quốc gia.

[4]. Qihao Weng, Remote Sensing and GIS Integration: Theories, Methods, and Applications, McGraw-Hill Professional, 2009.○

Summary

INTERGRATE REMOTE SENSING AND GIS TECHNOLOGIES IN SUPPORT OF SEARCH AND RESCUE ACTIVITIES IN VIETNAM

MSc. Pham Thanh An⁽¹⁾

Prof. Dr. Dao Dinh Bac⁽²⁾

Ass. Prof. Dr. Nhu Thi Xuan⁽²⁾

⁽¹⁾Search and Rescue Technical Service Center, Survey and Aerial Mapping Corporation/Defence Mapping Agency

⁽²⁾Geography Faculty, University of Natural Sciences, National University of Hanoi

Research and propose measures to prevent and respond to mitigate the damage and support in search and rescue in a disaster is a very important issue in the strategy to deal with environmental each country, including Vietnam. National Strategy for prevention and mitigation of Vietnam in 2020 has pointed out the key tasks, including research and scientific applications technology in flood prevention, mitigation and support the search and rescue activities.

The contents of the article mentions the current state of search and rescue, along with the ability to integrate remote sensing and GIS technologies in support of the search and rescue with specific characteristics in Vietnam.○

MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP BÌNH SAI...

(Tiếp theo trang 24)

Summary

A FEW METHODS OF ADJUSTING KINEMATIC NETWORK WITHOUT FIXED POINTS UNDER DINAMIC MODEL

Dr. Duong Van Phong

Pham Ngoc Quang

Hanoi University of Mining and Geology

This paper introduce some algorithms to adjust the kinematic network without fixed points under dinamic model and experimental results. The computation data show that, velocities can be determined accurately by these algorithms.○