

PHÂN TÍCH ĐỘ ỔN ĐỊNH LƯỚI CƠ SỞ QUAN TRẮC CHUYỂN DỊCH NGANG CÔNG TRÌNH THEO THUẬT TOÁN BÌNH SAI HIỆU TRỊ ĐO

TRẦN KHÁNH, LÊ ĐỨC TÌNH, NGUYỄN HÀ, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Tóm tắt: Để phân tích, đánh giá chính xác mức độ chuyển dịch biến dạng của công trình thì nhiệm vụ phân tích độ ổn định của hệ thống các điểm mốc cơ sở là công việc rất cần thiết và quan trọng. Tính chính xác của việc đánh giá độ ổn định các điểm mốc cơ sở có ảnh hưởng rất lớn đến kết quả quan trắc cũng như tính chính xác mức độ biến dạng của công trình. Bài báo có nội dung đề xuất phương pháp phân tích độ ổn định hệ thống điểm mốc trong mạng lưới cơ sở quan trắc chuyển dịch biến dạng công trình. Trên cơ sở nghiên cứu, phân tích lý thuyết đã xây dựng hệ thống thuật toán và quy trình xử lý số liệu phù hợp. Tính đúng đắn của các đề xuất nêu ra đã được kiểm chứng thông qua ví dụ thực nghiệm.

1. Đặt vấn đề

Bài toán phân tích, đánh giá độ ổn định của hệ thống điểm mốc cơ sở quan trắc biến dạng công trình dựa trên các trị đo lặp trong nội tại mạng lưới, lời giải cho bài toán nêu trên chỉ có thể được xác định nếu có một số điều kiện bổ sung nào đó. Có nhiều phương pháp phân tích độ ổn định mốc độ cao trong quan trắc lún công trình, tuy nhiên đối với việc phân tích độ ổn định của các điểm mốc không chế cơ sở quan trắc chuyển dịch ngang công trình còn ít được nêu ra trong các tài liệu trắc địa. Trong bài báo này sẽ khảo sát việc áp dụng phương pháp bình sai tự do theo hiệu trị đo để phân tích độ ổn định các điểm mốc của lưới cơ sở quan trắc chuyển dịch biến dạng công trình.

2. Cơ sở lý thuyết

Giả sử trong 2 chu kỳ quan trắc (kí hiệu là chu kỳ 1 và 2) trên cơ sở số liệu đo đạc mạng lưới ở thực địa và thực hiện nội dung tính toán bình sai theo thuật toán bình sai hiệu trị đo sẽ thu được hệ phương trình [3, 4]:

$$A^T P A . q_{12} - A^T P \Delta T_{12} = 0, \quad (1)$$

trong đó: A là ma trận hệ số của hệ phương trình số hiệu chỉnh, P là ma trận trọng số của hiệu trị đo, ΔT_{12} , q_{12} là vector hiệu trị đo và vector chuyển dịch. Ký hiệu $R = A^T P A$; $b = A^T P \Delta T_{12}$ sẽ viết lại được hệ phương trình chuẩn dạng rút gọn:

$$R . q_{12} - b = 0, \quad (2)$$

Tương tự như đối với bậc lưới quan trắc, khi bình sai bậc lưới cơ sở theo hiệu trị đo cũng xác định được hệ phương trình chuẩn dạng (2). Điểm khác biệt ở chỗ lưới cơ sở là lưới trắc địa tự do nên ma trận hệ số của hệ phương trình chuẩn đã nêu không có nghịch đảo thường, vì vậy cần phải đưa vào điều kiện bổ sung để định vị mạng lưới, dưới dạng:

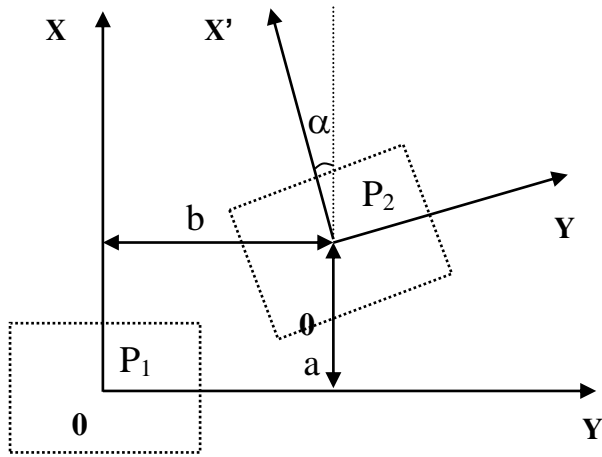
$$C^T . q_{12} = 0, \quad (3)$$

Khi đó vector chuyển dịch được xác định theo công thức:

$$q_{12} = R^{-1} b, \quad (4)$$

Đối với lưới cơ sở mặt bằng trong quan trắc chuyển dịch ngang công trình, ma trận C được xác lập dưới điều kiện [1]: “Tổng bình phương độ lệch tọa độ giữa 2 chu kỳ của các điểm mốc ổn định trong lưới là nhỏ nhất”. Trong trường hợp bình sai hiệu trị đo, dạng của ma trận C được xác lập trên cơ sở sau:

Quy ước gán cho công trình một hệ tọa độ đặc trưng XOY. Ở thời điểm t_1 công trình ở vị trí P_1 và có hệ tọa độ đặc trưng là (XOY). Đến thời điểm t_2 công trình ở vị trí P_2 và có hệ tọa độ đặc trưng là (X'O'Y'). Như vậy chuyển dịch công trình có thể được đặc trưng bằng chuyển dịch giữa 2 hệ tọa độ XOY và X'O'Y' như trên hình 1.



Hình 1. Chuyển dịch giữa hai hệ tọa độ

Trong đó 4 tham số (a, b, α, m) nêu trên có ý nghĩa là: a, b đặc trưng cho chuyển dịch tịnh tiến của công trình ở vị trí gốc tọa độ theo các hướng trục OX, OY tương ứng, α đặc trưng cho góc xoay, còn m đặc trưng cho hệ số co giãn kích thước công trình. Từ hình 1 xác định được công thức chuyển đổi giữa 2 hệ tọa độ:

$$x' = a + x.m.\cos \alpha + y.m.\sin \alpha \quad (5)$$

$$y' = b + y.m.\cos \alpha - x.m.\sin \alpha$$

Khai triển tuyến tính biểu thức trên, coi ẩn số là các tham số chuyển dịch với giá trị gần đúng của vector tham số $(a_0, b_0, \alpha_0, m_0) = (0, 0, 0, 1)$. Đề ý rằng thực tế góc α rất nhỏ ($\alpha \approx 0$) nên: $\sin \alpha \approx 0, \cos \alpha \approx 1, m \approx 1$ và chuyển dịch công trình theo các hướng trục tọa độ được tính theo công thức:

$$q_x = x' - x; \quad q_y = y' - y;$$

kết quả thu được:

$$\begin{bmatrix} q_x \\ q_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & y & x \\ 0 & 1 & -x & y \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \delta a \\ \delta b \\ \delta \alpha \\ \delta m \end{bmatrix} = B.\delta Z \quad (6)$$

Trên cơ sở công thức (6), đối với các điểm ổn định trong mạng lưới thành lập được hệ phương trình (viết dưới dạng ma trận):

$$q = B.\delta Z \quad (7)$$

trong đó:

$$B = (B_1, B_2, \dots, B_n)^T \quad (8)$$

$$B_i = \begin{bmatrix} 1 & 0 & y_i & x_i \\ 0 & 1 & -x_i & y_i \end{bmatrix}; \quad \delta Z = (a, b, \alpha, \delta m)^T$$

Điều kiện “Tổng bình phương độ lệch tọa độ (chuyển dịch) của các điểm ổn định trong lưới là nhỏ nhất” được thể hiện bằng biểu thức:

$$[\Delta^2] = \text{Min} \quad (9)$$

Từ đó suy ra:

$$B^T . q = 0 \quad (10)$$

So sánh các biểu thức (3) và (10) sẽ xác định được cách thức chọn ma trận C , thoả mãn việc định vị mạng lưới (ở chu kỳ đang khảo sát so với mạng lưới ở chu kỳ được lấy làm gốc so sánh):

- Chọn $C_i = B_i$ - Nếu i là điểm ổn định

- Chọn $C_i = 0$ - Nếu i là điểm không ổn định

Độ ổn định của các điểm mốc của lưới không chế sơ sở có thể được xác định theo nguyên tắc: Điểm không chế cơ sở được coi là ổn định nếu chênh lệch tọa độ của điểm ở chu kỳ đang xét so với chu kỳ đầu không vượt quá sai số giới hạn xác định độ chênh lệch đó. Tiêu chuẩn nêu trên được cụ thể hóa bằng biểu thức:

$$\Delta \leq t.m_q \quad (11)$$

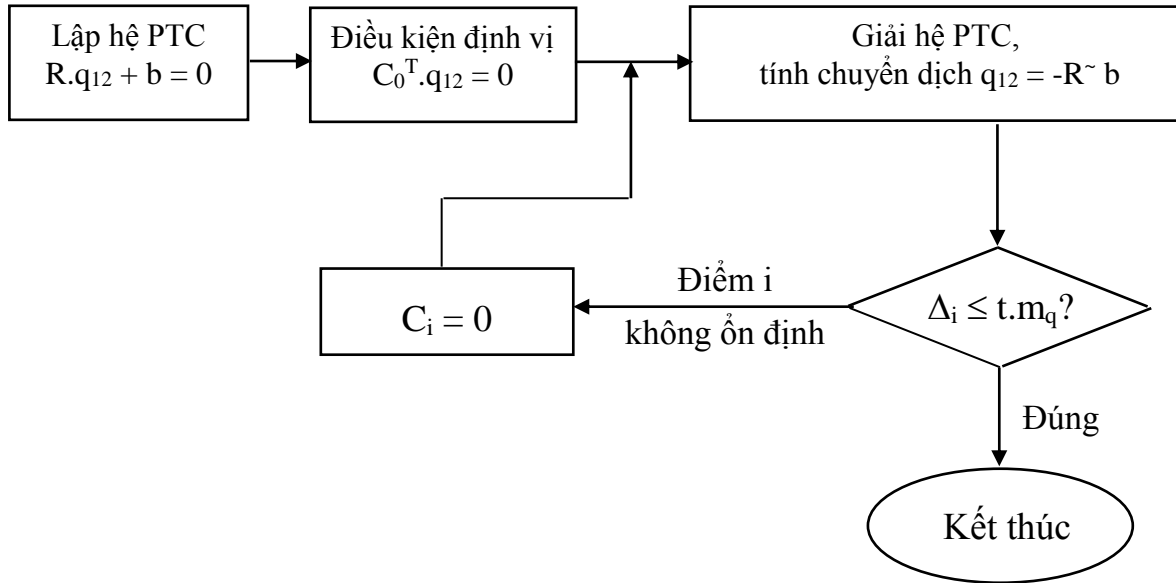
Trong công thức (11): Δ và m_q là giá trị chênh lệch và sai số tương ứng; t là hệ số xác định tiêu chuẩn sai số giới hạn, thông thường t lấy giá trị trong khoảng từ 2 đến 3.

3. Quy trình tính toán phân tích độ ổn định mốc cơ sở theo hiệu trị đo

Áp dụng công thức (11) và cách chọn ma trận C ở trên cho phép định vị mạng lưới tự do và đánh giá độ ổn định các điểm mốc trong lưới. Tuy nhiên để xác định được biểu thức định vị C thì cần phải biết được điểm mốc có ổn định hay không, ngược lại tính chất ổn định của điểm lại chỉ có thể được xác định sau khi đã bình sai xong mạng lưới. Để giải quyết vấn đề này, trong tài liệu [1, 2, 4] đã đưa ra quy trình lập nhích dần, giải pháp này cũng có thể áp dụng được trong trường hợp phân tích độ ổn định mốc lưới cơ sở theo hiệu trị đo.

Quy trình xử lý số liệu lưới quan trắc biến dạng công trình nêu trên được thể hiện một cách trực quan thông qua sơ đồ tính toán đưa ra ở

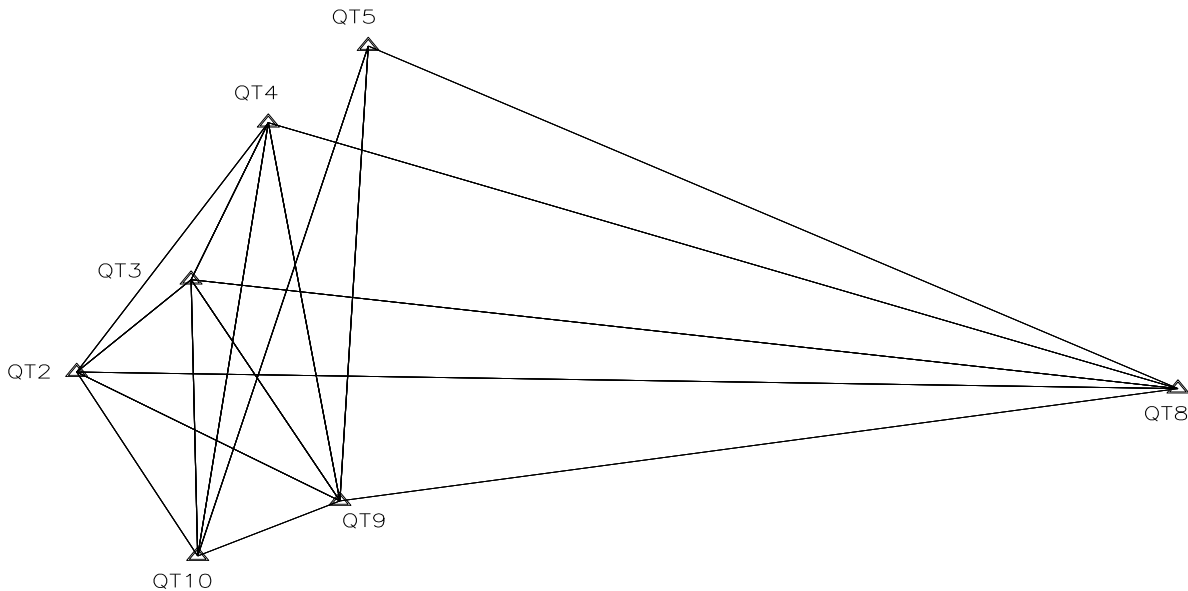
hình 2:



Hình 2. Sơ đồ tính toán phân tích độ ổn định mốc lưới cơ sở

4. Ví dụ phân tích độ ổn định mốc cơ sở theo hiệu trị đo

Xét ví dụ phân tích độ ổn định của các điểm mốc trong mạng lưới cơ sở mặt bằng tại công trình thủy điện Yaly. Đây là mạng lưới đo góc - cạnh kết hợp, trong lưới có 7 điểm mốc cơ sở (kí hiệu là QT10, QT2, QT3, QT4, QT5, QT8, QT9), sơ đồ mạng lưới được đưa ra trong hình 3 [1].



Hình 3. Sơ đồ mạng lưới thực nghiệm

Đối với cả 2 chu kỳ quan trắc, trong mạng lưới đã thực hiện đo 17 cạnh và 28 góc bằng máy toàn đạc điện tử TC2003. Kết quả hiệu trị đo cạnh đưa ra trong bảng 1, kết quả hiệu trị đo góc được đưa ra trong bảng 2.

Bảng 1. Kết quả hiệu trị đo cạnh

Số TT	Tên cạnh		Hiệu trị đo (mm)	Số TT	Tên cạnh		Hiệu trị đo (mm)
	Đầu	Cuối			Đầu	Cuối	
1	QT10	QT2	-1.0	10	QT3	QT4	-5.5
2	QT10	QT3	1.5	11	QT3	QT8	-4.4
3	QT10	QT4	-3.2	12	QT3	QT9	-0.2
4	QT10	QT5	2.9	13	QT4	QT8	1.0
5	QT10	QT9	-1.2	14	QT4	QT9	1.5
6	QT2	QT4	2.3	15	QT5	QT8	5.6
7	QT2	QT3	7.6	16	QT5	QT9	4.9
8	QT2	QT8	1.5	17	QT8	QT9	2.2
9	QT2	QT9	0.7				

Bảng 2. Kết quả hiệu trị đo góc

Số TT	Tên góc			Hiệu "	Số TT	Tên góc			Hiệu "
	Trái	Giữa	Phải			Trái	Giữa	Phải	
1	QT2	QT10	QT3	2.2	15	QT9	QT4	QT10	1.0
2	QT3	QT10	QT4	-2.3	16	QT10	QT4	QT3	-3.0
3	QT4	QT10	QT5	-0.2	17	QT3	QT4	QT2	3.7
4	QT5	QT10	QT9	2.5	18	QT8	QT5	QT9	1.2
5	QT4	QT2	QT3	3.6	19	QT9	QT5	QT10	1.5
6	QT3	QT2	QT8	-3.8	20	QT9	QT8	QT2	0.0
7	QT8	QT2	QT9	0.1	21	QT2	QT8	QT3	0.6
8	QT9	QT2	QT10	1.2	22	QT3	QT8	QT4	-0.3
9	QT2	QT3	QT4	-2.0	23	QT4	QT8	QT5	0.5
10	QT4	QT3	QT8	1.4	24	QT10	QT9	QT2	-1.3
11	QT8	QT3	QT9	2.0	25	QT2	QT9	QT3	2.5
12	QT9	QT3	QT10	-1.8	26	QT3	QT9	QT4	-1.4
13	QT10	QT3	QT2	0.3	27	QT4	QT9	QT5	0.2
14	QT8	QT4	QT9	1.1	28	QT5	QT9	QT8	-0.1

Việc bình sai được thực hiện theo quy trình nêu trong mục 3, có kết hợp phân tích độ ổn định các điểm mốc và định vị mạng lưới theo số liệu tọa độ các điểm thu được ở chu kỳ 1. Quá trình lặp được thực hiện 2 lần, kết quả đã xác định được 1 điểm mốc không ổn định là điểm mốc QT3 (có chênh lệch tọa độ so với chu kỳ 1 vượt quá giá trị giới hạn cho phép được lấy là $m_{g/h} = 2.m_q = 5.3$ mm). Các điểm mốc còn lại đều ổn định và mạng lưới được định vị theo các điểm ổn định đó. Kết quả tính toán đưa ra trong bảng 3.

Bảng 3. Phân tích độ ổn định các mốc trong lưới

N ^o	Tên điểm	Lặp lần 1				Lặp lần 2				Đánh giá
		C	q _x (mm)	q _y (mm)	Q(mm)	C	q _x (mm)	q _y (mm)	Q(mm)	
1	QT10	B	0.4	-2.7	2.8	B	0.8	-1.9	2.0	Ổn định
2	QT2	B	-1.1	-2.3	2.5	B	-0.6	-1.3	1.4	Ổn định
3	QT3	B	1.4	6.2	6.4	0	1.8	7.3	7.5	Không ổn định
4	QT4	B	-1.8	0.7	1.9	B	-1.4	1.9	2.4	Ổn định
5	QT5	B	2.6	-1.7	3.1	B	2.8	-0.5	2.9	Ổn định
6	QT8	B	1.1	1.6	1.9	B	0.8	2.5	2.7	Ổn định
7	QT9	B	-2.6	-1.8	3.2	B	-2.3	-0.9	2.5	Ổn định

4. Kết luận

Trên cơ sở phân tích lý thuyết và tính toán thực nghiệm, có thể rút ra một số kết luận sau:

1- Vector số hạng tự do của hệ phương trình số hiệu chỉnh khi bình sai hiệu trị đo được tính đơn giản hơn so với bình sai tách biệt. Kết quả bình sai cho phép tính trực tiếp được ngay giá trị dịch chuyển của các điểm khống chế cơ sở.

2- Tuy vậy, phương pháp bình sai hiệu trị đo cũng có nhược điểm là yêu cầu đồ hình lưới trong các chu kỳ quan trắc phải giữ nguyên, điều này có thể dẫn đến một số ràng buộc trong tổ chức công tác quan trắc ngoại nghiệp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Trần Khánh, Nguyễn Việt Hà, 2008. Phân tích độ ổn định các điểm mốc lưới cơ sở quan trắc chuyển dịch ngang công trình thủy điện ở Việt Nam, Tạp chí Trắc địa và chụp ảnh hàng không, Số 5, Tr 33-38.
- [2]. Trần Khánh, Nguyễn Quang Phúc, 2010. Quan trắc chuyển dịch và biến dạng công trình, Nxb Giao thông vận tải, Hà Nội.
- [3]. Lê Đức Tinh, Trần Thùy Linh, 2011. Khảo sát phương pháp quan trắc biến dạng công trình theo hiệu trị đo, Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ-Địa chất, Số 34, Tr 64-67.
- [4]. D.X.Tamutis, 1986. Thiết kế tối ưu lưới trắc địa công trình, Nxb. "Nhedra", Moskva.

SUMMARY

Stability analysis base mesh deformation works by treatment algorithm performance measurement ringworm

Tran Khanh, Le Duc Tinh, Nguyen Ha

Hanoi University of Mining and Geology

Analyze and accurately assess the extent of the deformation shifts the task of analyzing the stability of the system is the basis of the landmark is necessary and important. The accuracy of the assessment of the stability of the landmark facility has greatly influenced the observed results as well as the accuracy level of the distortion. The article content analysis method proposed stabilization system landmarks in the campus network monitoring deformation shift work. On the basis of research, theoretical analysis has developed algorithms and system processes the data accordingly. Soundness of the proposal has yet to be proven through empirical examples.