



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>



Ứng dụng phương pháp bình sai hiệu trị đo để xử lý lưới quan trắc chuyển dịch ngang công trình

Lê Đức Tình *

Khoa Trắc địa - Bản đồ và Quản lý đất đai, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

TÓM TẮT

Quá trình:

Nhận bài 15/6/2017
 Chấp nhận 21/7/2017
 Đăng online 31/8/2017

Từ khóa:

Quan trắc chuyển dịch ngang
 Lưới quan trắc chuyển dịch ngang
 Quan trắc

Quan trắc chuyển dịch chuyển dịch ngang công trình là công tác trắc địa độ chính xác cao, vì vậy để bảo đảm độ tin cậy của kết quả quan trắc cần phải áp dụng các giải pháp kỹ thuật hợp lý, chặt chẽ trong thiết kế cũng như tổ chức đo đạc ngoại nghiệp và trong tính toán xử lý số liệu. Lưới quan trắc biến dạng công trình có tính đặc thù là dạng lưới đo lặp, sơ đồ lưới thường được giữ nguyên trong các chu kỳ quan trắc. Vì vậy, có thể áp dụng phương pháp bình sai hiệu các trị đo trong 2 chu kỳ. Bài báo có nội dung ứng dụng phương pháp bình sai hiệu trị đo để xử lý lưới quan trắc chuyển dịch ngang công trình. Trên cơ sở nghiên cứu 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.

© 2017 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Mở đầu

Để đánh giá đúng được giá trị chuyển dịch biến dạng của công trình thì không những phải ứng dụng phương pháp thiết kế lưới tối ưu, áp dụng các máy móc thiết bị hiện đại độ chính xác cao mà còn phải lựa chọn phương pháp xử lý số liệu phù hợp đúng bản chất của mạng lưới quan trắc biến dạng công trình là điều rất cần thiết. Thông thường lưới quan trắc biến dạng công trình là dạng lưới đo lặp, sơ đồ lưới thường được giữ nguyên trong các chu kỳ quan trắc. Vì vậy, có thể áp dụng phương pháp bình sai hiệu các trị đo để xử lý mạng lưới quan trắc (Trương Quang Hiếu, Nguyễn Hồng Sơn, 2006; Trương Quang Hiếu, Nguyễn Hồng Sơn, 2008; Nguyễn Hồng Sơn, 2010; Lê Đức Tình, 2012). Phương pháp xử lý số liệu này

cho phép giảm đáng kể tác động của các nguồn sai số hệ thống và sai số số liệu gốc đến kết quả tính toán cuối cùng.

2. Cơ sở lý thuyết

Giả sử trong 2 chu kỳ (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 thu được hệ phương trình số hiệu chỉnh trị đo của 2 chu kỳ tương ứng là (Tamutis, 1986; Trần Khánh và nnk, 2010; Lê Đức Tình và nnk, 2011; Lê Đức Tình, 2012):

- Đối với chu kỳ 1:

$$V_1 = A_1 X_1 + L_1 \tag{1}$$

- Đối với chu kỳ 2:

$$V_2 = A_2 X_2 + L_2$$

Khi đồ hình lưới quan trắc trong 2 chu kỳ đo là như nhau, sẽ có $A_1 = A_2 = A$. Thực hiện phép trừ theo từng vế 2 biểu thức (1) và (2) thu được

*Tác giả liên hệ

E-mail: leductinh@humg.edu.vn

biểu thức tính hiệu số hiệu chỉnh trị đo V_{12} trong 2 chu kỳ:

$$V_{12} = V_2 - V_1 = A.(X_2 - X_1) + (L_2 - L_1) \quad (3)$$

Nếu chọn vector tọa độ gần đúng giống nhau trong cả 2 chu kỳ quan trắc thì hiệu 2 vector nghiệm ở 2 chu kỳ đó sẽ là vector chuyển dịch q , tức là: $q_{12} = X_2 - X_1$. Do vector số hạng tự do trong phương trình số hiệu chỉnh được tính theo công thức: $V = T_{gd} - T_{do}$, nên khi vector tọa độ gần đúng trong 2 chu kỳ là như nhau, sẽ có:

$$V_{12} = A.q_{12} - \Delta T_{12} \quad (4)$$

Với vector trọng số của hiệu trị đo được tính theo công thức:

$$P = \frac{P_1 P_2}{P_1 + P_2} \quad (5)$$

Trên cơ sở hệ phương trình số hiệu chỉnh đối với hiệu trị đo (4) và theo nguyên lý số bình phương nhỏ nhất thành lập được hệ phương trình chuẩn:

$$A^T P A . q_{12} - A^T P \Delta T_{12} = 0$$

Từ đó xác định trực tiếp được vector chuyển dịch của các điểm quan trắc:

$$q_{12} = (A^T P A)^{-1} A^T P . \Delta T_{12} \quad (6)$$

Khi bình sai lưới theo hiệu trị đo, nếu số liệu tọa độ gốc trong chu kỳ 2 có thay đổi so với số liệu gốc ở chu kỳ 1 thì cần phải hiệu chỉnh sự thay đổi

đó trong hiệu trị đo. Giả sử giữa trị đo t và vector số liệu gốc X có mối liên hệ:

$$t = f(x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (7)$$

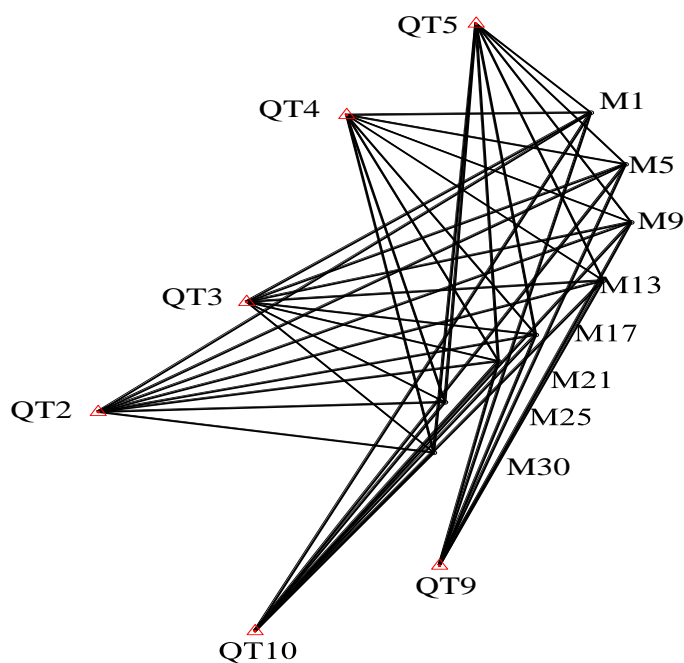
Nếu dx_i là giá trị biến động của số liệu gốc x_i ($i = 1, n$), khi đó giá trị biến động của trị đo được tính theo công thức (4), (5).

$$dt = \left[\begin{array}{l} \left(\frac{\partial t}{\partial x_1} \right) . dx_1 + \left(\frac{\partial t}{\partial x_2} \right) . dx_2 + \\ \dots + \left(\frac{\partial t}{\partial x_n} \right) . dx_n \end{array} \right] \quad (8)$$

Từ đó suy ra, nếu số liệu gốc trong chu kỳ đo thứ 2 có sự thay đổi so với chu kỳ 1 thì cần phải tính giá trị biến động của các trị đo (ở chu kỳ 2) theo công thức (8) và hiệu chỉnh vào trị đo ở thực địa với dấu ngược lại. Như vậy có thể thấy rằng, quy trình tính toán bình sai theo hiệu trị đo cũng được thực hiện giống như trường hợp bình sai với dãy trị đo tách biệt trong từng chu kỳ riêng rẽ.

3. Thực nghiệm bình sai lưới quan trắc theo hiệu trị đo

Lưới thực nghiệm là lưới quan trắc chuyển dịch ngang (xây dựng theo đồ hình giao hội cạnh) công trình thủy điện Yaly (Lê Đức Tình, 2012) Trong lưới có 6 điểm gốc (kí hiệu là QT2...QT10) và 8 điểm quan trắc (kí hiệu là M1, M5,...M30).



Hình 1. Sơ đồ lưới thực nghiệm.

Bảng 1. Tọa độ các điểm gốc.

Số TT	Tên điểm	Chu kỳ 1		Chu kỳ 2	
		x(m)	y(m)	x(m)	y(m)
1	QT2	1574554.4983	805200.0739	1574554.4976	805200.0726
2	QT3	1574814.6063	805458.7394	1574814.6101	805458.7542
3	QT4	1575256.5022	805633.1292	1575256.5008	805633.1311
4	QT5	1575472.3894	805858.8324	1575472.3923	805858.8319
5	QT9	1574191.3153	805794.8647	1574191.3129	805794.8639
6	QT10	1574036.4409	805473.4806	1574036.4417	805473.4787

Bảng 2. Kết quả đo cạnh trong 2 chu kỳ.

Số TT	Tên cạnh	Cạnh đo (m)		Số TT	Tên cạnh	Cạnh đo (m)	
		Chu kỳ 1	Chu kỳ 2			Chu kỳ 1	Chu kỳ 2
1	QT2 M1	1112.747	1112.745	24	QT4 M30	812.601	812.603
2	QT2 M5	1090.018	1090.017	25	QT5 M1	290.223	290.226
3	QT2 M9	1031.615	1031.613	26	QT5 M5	422.319	422.319
4	QT2 M13	933.447	933.446	27	QT5 M9	541.820	541.816
5	QT2 M17	784.377	784.379	28	QT5 M13	646.468	646.466
6	QT2 M21	708.114	708.114	29	QT5 M17	742.866	742.863
7	QT2 M25	605.097	605.096	30	QT5 M21	799.012	799.013
8	QT2 M30	593.004	593.002	31	QT5 M25	896.507	896.508
9	QT3 M1	748.579	748.572	32	QT5 M30	1016.800	1016.806
10	QT3 M5	736.507	736.495	33	QT9 M1	1102.857	1102.855
11	QT3 M9	696.343	696.330	34	QT9 M5	1002.753	1002.753
12	QT3 M13	623.637	623.627	35	QT9 M9	877.693	877.696
13	QT3 M17	510.164	510.154	36	QT9 M13	731.743	731.750
14	QT3 M21	461.071	461.064	37	QT9 M17	570.873	570.878
15	QT3 M25	419.415	419.410	38	QT9 M21	493.926	493.934
16	QT3 M30	483.275	483.276	39	QT10 M1	1358.280	1358.278
17	QT4 M1	425.749	425.745	40	QT10 M5	1278.790	1278.783
18	QT4 M5	500.047	500.043	41	QT10 M9	1167.847	1167.848
19	QT4 M9	557.134	557.130	42	QT10 M13	1027.093	1027.090
20	QT4 M13	594.326	594.319	43	QT10 M17	854.519	854.522
21	QT4 M17	615.475	615.469	44	QT10 M21	766.245	766.252
22	QT4 M21	639.571	639.566	45	QT10 M25	634.449	634.449
23	QT4 M25	700.329	700.327	46	QT10 M30	524.532	524.529

Bảng 3. Kết quả bình sai kết hợp 2 chu kỳ.

Số TT	Tên Điểm	Chuyển dịch (mm)			Sai số chuyển dịch (mm)		
		q _x	q _y	Q	m _{qx}	m _{qy}	m _q
1	M1	-0.8	0.1	0.8	2.3	2.0	3.1
2	M5	-0.5	-1.9	1.9	2.4	2.0	3.1
3	M9	3.4	-1.9	3.9	2.3	2.1	3.1
4	M13	3.7	-0.7	3.7	2.2	2.1	3.1
5	M17	3.7	1.5	4.0	2.0	2.2	3.0
6	M21	3.6	3.6	5.1	1.9	2.2	2.9
7	M25	-0.8	1.2	1.5	2.1	2.4	3.2
8	M30	-5.3	-0.1	5.3	2.1	2.5	3.3

Trong mỗi chu kỳ quan trắc đã đo 46 cạnh bằng máy toàn đạc điện tử chính xác. Sơ đồ lưới đưa ra trong Hình 1, số liệu tọa độ các điểm gốc đưa ra trong Bảng 1, số liệu đo cạnh trong 2 chu kỳ đưa ra trong Bảng 2.

Bình sai hiệu trị đo được thực hiện bằng phần mềm Construction Deformation Analysis (Lê Đức Tình, 2012). Kết quả trực tiếp tính được chuyển dịch các điểm quan trắc gắn trên công trình (Bảng 3) và các tham số bình sai của hiệu trị đo.

Để có cơ sở so sánh kết quả tính toán theo các phương án bình sai khác nhau, trong bài báo đã thực hiện bình sai tách biệt 2 chu kỳ đối với mạng

lưới quan trắc thực nghiệm nêu trên. Từ tọa độ bình sai tính được giá trị chuyển dịch của các điểm quan trắc. Kết quả bình sai tọa độ ở 2 chu kỳ được đưa ra trong các Bảng 4, Bảng 5; kết quả tính chuyển dịch đưa ra trong Bảng 6.

Nhận xét thực nghiệm: So sánh kết quả 2 phương án bình sai (Bảng 3 và Bảng 6) có thể thấy: Kết quả tính chuyển dịch ngang trong 2 phương án là như nhau. Các chỉ tiêu sai số chuyển dịch trong phương án bình sai hiệu trị đo có giá trị nhỏ hơn so với phương án bình sai tách biệt, điều này xảy ra là do ảnh hưởng của sai số hệ thống hoặc sai số số liệu gốc còn tồn tại trong các chu kỳ đo.

Bảng 4. Kết quả bình sai tọa độ chu kỳ 1.

Số TT	Tên điểm	Tọa độ bình sai (m)		Sai số vị trí điểm		
		X	y	m_x	m_y	m_p
1	M1	1575262.0890	806058.8307	1.0	0.8	1.3
2	M5	1575140.0667	806119.4196	1.0	0.9	1.3
3	M9	1575002.8320	806129.1477	1.0	0.9	1.3
4	M13	1574865.0637	806080.3209	0.9	0.9	1.3
5	M17	1574736.8714	805962.9370	0.8	0.9	1.2
6	M21	1574674.3524	805897.9526	0.8	0.9	1.2
7	M25	1574577.5387	805804.7188	0.9	1.0	1.3
8	M30	1574458.2814	805785.2054	0.9	1.0	1.4

Bảng 5. Kết quả bình sai tọa độ chu kỳ 2.

Số TT	Tên điểm	Tọa độ bình sai (m)		Sai số vị trí điểm		
		X	y	m_x	m_y	m_p
1	M1	1575262.0882	806058.8308	1.8	1.6	2.4
2	M5	1575140.0662	806119.4177	1.8	1.6	2.4
3	M9	1575002.8354	806129.1458	1.8	1.6	2.4
4	M13	1574865.0674	806080.3202	1.7	1.7	2.4
5	M17	1574736.8752	805962.9385	1.5	1.7	2.3
6	M21	1574674.3561	805897.9562	1.5	1.7	2.3
7	M25	1574577.5379	805804.7200	1.7	1.8	2.5
8	M30	1574458.2761	805785.2053	1.6	1.9	2.5

Bảng 6. Kết quả tính chuyển dịch theo phương pháp bình sai tách biệt.

Số TT	Tên Điểm	Chuyển dịch (mm)			Sai số chuyển dịch (mm)		
		q_x	q_y	Q	m_{q_x}	m_{q_y}	m_q
1	M1	-0.8	0.1	0.8	2.9	2.5	3.8
2	M5	-0.5	-1.9	1.9	2.9	2.6	3.9
3	M9	3.4	-1.9	3.9	2.9	2.6	3.9
4	M13	3.7	-0.7	3.7	2.7	2.7	3.8
5	M17	3.8	1.5	4.0	2.4	2.7	3.6
6	M21	3.7	3.6	5.1	2.4	2.7	3.6
7	M25	-0.8	1.2	1.5	2.7	2.9	4.0
8	M30	-5.3	-0.1	5.3	2.6	3.0	4.0

4. Kết luận

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

1- Kết quả bình sai hiệu trị đo không chịu ảnh hưởng của sai số hệ thống và sai số số liệu gốc cố định (do các loại sai số này được loại trừ trong hiệu trị đo giữa 2 chu kỳ). Vì vậy, việc đánh giá độ chính xác chuyển dịch trong phương pháp bình sai hiệu trị đo có độ tin cậy cao hơn so với bình sai tách biệt theo từng chu kỳ đo.

2- Vector số hạng tự do 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 quan trắc.

3- 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

Trần Khánh, Nguyễn Quang Phúc, 2010. *Quan trắc chuyển dịch và biến dạng công trình*.

Trương Quang Hiếu, Nguyễn Hồng Sơn (2006), Ứng dụng toán thống kê để đánh giá độ ổn định các mốc của lưới cơ sở đo lún công trình dựa

vào kết quả bình sai các hiệu chênh cao. *Tuyển tập công trình khoa học, chuyên đề kỷ niệm 40 năm thành lập khoa Trắc địa, Trường Đại học Mỏ - Địa chất Hà Nội, 44-46*.

Tamutis, D.X., 1986. *Thiết kế tối ưu lưới trắc địa công trình*. Nxb. "Nhedra", Moskva.

Trương Quang Hiếu, Nguyễn Hồng Sơn (2008). Xây dựng công thức thích hợp đánh giá độ chính xác hiệu độ cao dựa vào kết quả bình sai dãy chênh cao của hai chu kỳ. *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất 21, 92-94*.

Nguyễn Hồng Sơn, 2010. *Nghiên cứu hoàn thiện các giải pháp kỹ thuật đo đạc và xử lý số liệu đo cao hình học trong quan trắc độ lún công trình dân dụng- công nghiệp*. Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Mỏ - Địa chất Hà Nội.

Lê Đức Tình, 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 34, 64-67*.

Lê Đức Tình, 2012. *Nghiên cứu giải pháp nâng cao hiệu quả công tác quan trắc biến dạng công trình ở Việt Nam*, Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Trường đại học Mỏ - Địa chất Hà Nội.

ABSTRACT

Application methods for measuring adjustment handling effective treatment network monitoring horizontal movement of engineering structures

Tinh Duc Le

Faculty of Geomatics and Land Administration, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam.

The monitoring of engineering structures' movement is one of precise surveying activities. In order to obtain optimal accuracies for deformation parameters, the procedure of movement observation should contain appropriate technical approaches in both measurement and data processing. The control network for the deformation monitoring is characterized by its repeated measurement and a fixed configuration throughout all of observations. Hence, an adjustment method using different measurements of two cycles is applied to process the observation data of structures' movement. In this study, The adjustment method was used to process the horizontal movement of engineering structures. Based on the theory of this method, the study proposed a new processing data approach that consists of algorithms and a proper processing procedure. The results of the numerical experiments showed the effectiveness of the developed method

Key words: Monitoring horizontal displacement, horizontal displacement network, Monitoring