



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

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



Thiết kế tối ưu lưới trắc địa theo chỉ tiêu mức đo thừa trung bình của trị đo.

Phạm Quốc Khánh*

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

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình:

Nhận bài 01/9/2016

Chấp nhận 20/9/2016

Đăng online 20/12/2016

Từ khóa:

Thiết kế tối ưu

Mức đo thừa của trị đo

Mức đo thừa trung bình

của trị đo

TÓM TẮT

Trong thiết kế tối ưu lưới trắc địa hiện nay ở Việt Nam, từ các công trình thực tế và các nghiên cứu có liên quan chủ yếu dựa trên tiêu chuẩn về độ chính xác, độ tin cậy, độ nhạy (của lưới quan trắc biến dạng) và chi phí xây dựng lưới. Rất ít nghiên cứu áp dụng chỉ tiêu mức đo thừa của trị đo, đặc biệt là mức đo thừa trung bình của trị đo trong lưới. Bài báo này phân tích tầm quan trọng của mức đo thừa của trị đo, tính chất và mức độ cần thiết của mức trị đo thừa trong thiết kế tối ưu lưới trắc địa. Trên cơ sở đó, đưa ra cách tính mức đo thừa trung bình của trị đo và lấy giá trị này làm một tiêu chuẩn để thiết kế tối ưu lưới. Tính toán thực nghiệm thiết kế tối ưu lưới thi công công trình cầu để minh chứng cho kết quả nghiên cứu.

© 2016 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Đặt vấn đề

Bài toán thiết kế tối ưu lưới trắc địa thường được biểu đạt dưới dạng tổng quát như sau (Trần Vĩnh Kỳ, và nnk, 1996)

$$\begin{cases} \min_{X \in E^n} f(X) \\ g_i(X) \geq 0, i = 1, 2, \dots, m \\ h_j(X) = 0, j = 1, 2, \dots, l \end{cases} \quad (1)$$

Trong đó, biểu thức thứ nhất trong công thức (1) gọi là hàm mục tiêu, biểu thức thứ hai và thứ ba gọi là điều kiện ràng buộc. Thực chất của bài

toán tối ưu là trong một số điều kiện ràng buộc nào đó, thông qua tìm cực trị (min hoặc max) của hàm mục tiêu để tìm lời giải tối ưu. Có hai phương pháp giải bài toán tối ưu là phương pháp giải tích và phương pháp mô phỏng. Phương pháp giải tích cho kết quả tối ưu trên lý thuyết nhưng có khối lượng tính toán lớn và rất khó tự động hóa trên máy tính; phương pháp mô phỏng là thiết kế tối ưu dựa trên nhiệm vụ tối ưu và kinh nghiệm của người thiết kế thông qua máy tính điện tử, nhược điểm của phương pháp này là người thiết kế phải có kiến thức và kinh nghiệm, với những người thiết kế khác nhau, phương án thiết kế có thể khác nhau với khác biệt tương đối nhiều. Mức đo thừa của trị đo trong bài toán thiết kế tối ưu thường được dùng làm chỉ tiêu xác định độ tin cậy của lưới thiết kế (Nguyen và Hoang, 2016; Trần Vĩnh Kỳ và

*Tác giả liên hệ.

E-mail: phamquockhanh@humg.edu.vn

nnk, 1996; Trương Chính Lộc, 2001). Đặc biệt, sử dụng mức đo thừa trung bình của trị đo làm chỉ tiêu để thiết kế tối ưu lưới chỉ mới được đề cập gần đây (Trương Chính Lộc và nnk, 2008). Đây là cách tiếp cận mới, khác biệt so với cách làm từ trước đến nay. Vậy làm thế nào sử dụng mức đo thừa trung bình để lựa chọn trị đo trong bài toán thiết kế tối ưu là nội dung chính được nghiên cứu trong bài báo này.

2. Mức đo thừa của trị đo và tính chất của nó

2.1. Mức đo thừa của trị đo

Đối với một mạng lưới khống chế trắc địa, khi bình sai hoặc ước tính theo mô hình chặt chẽ gián tiếp, bình sai lưới tự do sẽ tính được mức đo thừa r_i của trị đo l_i , cũng gọi là độ tin cậy nội bộ của trị đo, là (Lý Đức Nhân, 2012):

$$r_i = (Q_{VV}P)_{ii} \quad (2)$$

Đồng thời thỏa mãn:

$$\sum_{i=1}^n r_i = r = n - t \quad (3)$$

trong đó, Trong đó, n là số trị đo trong lưới đường chuyền phù hợp, Q_{VV} là ma trận hiệp trọng số đảo số hiệu chỉnh của trị đo, P là ma trận trọng số của trị đo. Khi các trị đo là độc lập nhau thì:

$$r_i = 1 - \frac{\sigma_i^2}{\sigma_i^2} \quad (4)$$

Với, σ_i^2 là phương sai tiên nghiệm của trị đo l_i , σ_i^2 là phương sai sau bình sai của trị đo l_i .

2.2. Tính chất mức đo thừa của trị đo

Độ tin cậy nội bộ r_i của trị đo l_i có tính chất sau (Lý Đức Nhân, 2012):

(1) $0 \leq r_i \leq 1$: r_i càng nhỏ thì mức độ quan trọng của trị đo trong lưới càng cao. Nếu $r_i = 0$ thì trị đo này không thể lược bớt khi tối ưu lưới. r_i càng lớn thì mức độ quan trọng của trị đo càng thấp, nếu $r_i = 1$ thì trị đo không cần thiết phải đo.

(2) Trong một phương án thiết kế lưới nhất định gồm: đồ hình, số lượng trị đo, độ chính xác, độ nhạy, trị đo có độ chính xác càng cao, mức đo thừa của trị đo r_i càng nhỏ; ngược lại, trị đo có độ chính xác càng thấp, mức đo thừa của trị đo r_i càng lớn. Có thể thấy, mức đo thừa của trị đo (hay độ tin cậy nội bộ) trái ngược với độ chính xác của trị đo.

(3) Trường hợp độ chính xác trị đo đã được xác định thì trị đo trong lưới càng nhiều, mức đo thừa của trị đo r_i càng lớn, tức có số trị đo thừa lớn.

(4) Đối với một mạng lưới độc lập, mức đo thừa của trị đo r_i không liên quan đến vị trí của mốc gốc hay mốc cơ sở. Giả thiết tổng số trị đo trong lưới là n , số trị đo cần thiết là t thì số trị đo thừa và mức đo thừa trung bình của trị đo trong lưới được tính:

$$r = n - t \quad (5)$$

$$\bar{r} = \frac{r}{n} \quad (6)$$

Trong thiết kế tối ưu, tùy thuộc loại hình lưới, để trị đo có tác dụng khống chế tốt, mức đo thừa của từng trị đo phải nằm trong khoảng (0.3,0.6) (Trần Vĩnh Kỳ và nnk, 1996; Trương Chính Lộc và nnk, 2008). Nếu ký hiệu mức đo thừa trung bình của trị đo nằm trong khoảng tin cậy ở trên là \bar{r}^0 , thì có thể tính được số trị đo của lưới n^0 ứng với mức đo thừa trung bình đó là:

$$n^0 = \frac{t}{1 - \bar{r}^0} \quad (7)$$

Ví dụ: lưới đường chuyền là lưới có rất ít trị đo thừa, trong Bảng 1 thống kê cho lưới đường chuyền phù hợp (đo hướng), với số lượng điểm chưa biết trong lưới khác nhau, số lượng trị đo khác nhau sẽ có mức đo thừa trung bình của trị đo khác nhau. Khi số điểm chưa biết nhiều hơn 4, mức đo thừa trung bình là 0.2, theo chỉ tiêu độ tin cậy thì không nên sử dụng đường chuyền phù hợp thành lập lưới thi công và lưới quan trắc biến dạng công trình đây (Trương Chính Lộc và nnk, 2008)

Bảng 1: Mức đo thừa trung bình của đường chuyền phù hợp (đo hướng)

Số điểm chưa biết	1	2	3	4	5	6	7	8	9
n	8	11	14	17	20	23	26	29	32
\bar{r}	0.38	0.27	0.21	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09

3. Thiết kế ưu hóa lưới theo \bar{r}_i

Như đã biết, chúng ta sử dụng một số chỉ tiêu để biểu thị chất lượng lưới khống chế. Căn cứ vào yêu cầu khác nhau đối với lưới khống chế, thường có 4 chỉ tiêu chất lượng là độ chính xác, độ tin cậy, chi phí xây dựng lưới và tiêu chuẩn về độ nhạy (đối với lưới quan trắc biến dạng). Độ nhạy của lưới quan trắc biến dạng biểu thị khả năng phát hiện biến dạng của đối tượng quan trắc trên một hướng đã định nào đó. Cho nên, độ tin cậy nội bộ của trị đo cùng với độ chính xác quan trắc, chi phí xây dựng lưới và độ nhạy của lưới có quan hệ chặt chẽ và mật thiết với nhau. Có quan hệ được đơn giản hóa, nhưng có quan hệ rất khó dùng phương trình toán học để biểu đạt (Trần Vĩnh Kỳ và nnk, 1996). Vì vậy, có thể quy nạp mức trị đo thừa trong độ tin cậy của thiết kế tối ưu như sau (Trương Chính Lộc, 2001):

- Một mạng lưới trắc địa bắt buộc phải có mức đo thừa của trị đo không ít thì nhiều, mức đo thừa của trị đo r_i càng lớn thì độ tin cậy của lưới càng cao, nhưng chi phí xây dựng lưới theo đó cũng cao do phải đo nhiều trị đo.

- Với mức đo thừa nhất định nào đó của trị đo, độ chính xác giữa các trị đo nên tương đồng với nhau. Nghĩa là, độ chính xác đo góc, đo cạnh trong lưới phải phù hợp.

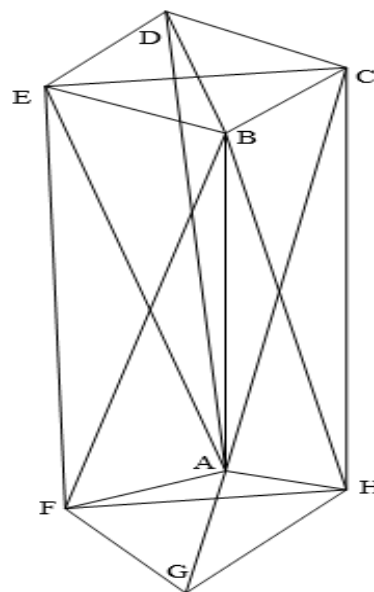
- Dựa vào yêu cầu của lưới cần thành lập (độ chính xác, độ tin cậy, độ nhạy hay chi phí), tiến hành thiết kế trên bản đồ kết hợp với khảo sát thực địa để xác định phương án ban đầu. Tùy thuộc máy móc thiết bị sử dụng đo đạc lưới, cần thiết kế đo tất cả các trị đo có thể (góc, cạnh, phương vị) để có mức đo thừa lớn nhất của trị đo, thuận lợi cho bước tối ưu lưới.

- Ước tính lưới theo phương án thiết kế ban đầu, tính được mức đo thừa trung bình của trị đo \bar{r}_i . So sánh giá trị này với khoảng tin cậy mức đo thừa trung bình của lưới, phân tích lưới xem có thể tối ưu hóa được không. Nếu lưới có đủ điều kiện để tối ưu hóa thì chọn mức đo thừa trung bình tối ưu nhỏ hơn, tiến hành tính toán lược bớt trị đo và ước tính lại lưới xem có đạt yêu cầu ban đầu đề ra không; nếu chưa đạt yêu cầu thì cần phải điều chỉnh lưới rồi tiến hành ước tính lại cho đến khi đạt yêu cầu thì dừng.

4. Thực nghiệm thiết kế tối ưu lưới thi công công trình cầu

Để minh chứng cho phần lý thuyết đã trình bày, tiến hành thiết kế tối ưu theo tiêu chuẩn độ chính xác vị trí điểm một lưới khống chế thi công công trình cầu dựa vào chỉ tiêu mức đo thừa trung bình của trị đo. Lưới thiết kế gồm 8 điểm (ký hiệu các điểm lưới là A, B, C, D, E, F, G, H) trong đó điểm A và B trùng trục cầu như hình 1. Theo quy định quy phạm thì độ chính xác điểm yếu nhất của lưới không được lớn hơn 10mm. Chia thành 2 phương án thiết kế thực nghiệm như sau.

4.1 Thực nghiệm 1



Hình 1. Lưới khống chế thi công cầu

Lưới đo góc-cạnh với 1 điểm gốc A và 1 phương vị giả định AB có độ chính xác rất cao, số trị đo góc là 34, số trị đo cạnh là 20 như Bảng 2. Chọn máy Set2B với độ chính xác đo góc là 2", độ chính xác đo cạnh là 3+2ppm để tiến hành ước tính. Mức đo thừa trung bình của các trị đo trong thực nghiệm này là $\bar{r}^0 = 0.75$.

4.2 Thực nghiệm 2

Lưới đo góc-cạnh với 2 điểm gốc là A và B, số trị đo góc trong lưới là 34 và số trị đo cạnh là 19, vẫn chọn máy Set2B để ước tính. Mức đo thừa trung bình tính được là $\bar{r}^0 = 0.77$.

Sau khi thiết kế tối ưu lưới với mức đo thừa trung bình của các trị đo $\bar{r}^0 = 0.50$. Theo công thức (7), thực nghiệm 1 và 2 lần lượt sẽ có 28 và 24 trị đo được lược bớt. Các trị đo góc và cạnh lược bớt của phương án 1 và 2 là các trị đo trong Bảng 2, 3, 4 và 5. Sau khi lược bớt trị đo tiến hành ước tính lại lưới, kết quả được tổng hợp trong Bảng 6.

4.3. Nhận xét

Từ kết quả thực nghiệm thiết kế tối ưu lưới tam giác cầu ở trên có thể thấy:

- Trị đo được lược bớt có mức đo thừa từ cao xuống thấp và được tính theo (7);

- Thiết kế lưới ban đầu của hai thực nghiệm có sự khác biệt không lớn nên kết quả thiết kế tối ưu cũng gần như nhau;

- Số lượng trị đo trước và sau khi tối ưu cách biệt tương đối lớn, xấp xỉ 50% nhưng vẫn đảm bảo độ chính xác vị trí điểm yếu nhất theo yêu cầu ban đầu của lưới;

- Thực nghiệm này chưa xét đến ảnh hưởng của vị trí trị đo trong lưới đối với kết quả tối ưu.

Bảng 2: Danh sách góc đo ban đầu và trị đo lược bớt thực nghiệm 1

STT	Điểm trái	Điểm giữa	Điểm phải	r_i	STT	Điểm trái	Điểm giữa	Điểm phải	r_i	STT	Điểm trái	Điểm giữa	Điểm phải	r_i
1	D	A	B	0.940	13	H	B	A	0.949	25	E	F	B	0.949
2	B	A	C	0.951	14	H	C	A	0.971	26	B	F	A	0.759
3	C	A	H	0.672	15	A	C	B	0.841	27	A	F	H	0.883
4	H	A	G	0.664	16	B	C	E	0.825	28	H	F	G	0.786
5	G	A	F	0.679	17	E	C	D	0.795	29	F	G	A	0.751
6	F	A	E	0.698	18	C	D	B	0.768	30	A	G	H	0.751
7	E	A	D	0.965	19	B	D	A	0.879	31	G	H	F	0.768
8	A	B	F	0.941	20	A	D	E	0.712	32	F	H	A	0.859
9	F	B	E	0.718	21	D	E	C	0.762	33	A	H	B	0.760
10	E	B	D	0.792	22	C	E	B	0.842	34	B	H	C	0.961
11	D	B	C	0.759	23	B	E	A	0.849					
12	C	B	H	0.702	24	A	E	F	0.966					

Bảng 3: Danh sách cạnh đo ban đầu và trị đo lược bớt thực nghiệm 1

STT	Điểm đầu	Điểm cuối	r_i	STT	Điểm đầu	Điểm cuối	r_i	STT	Điểm đầu	Điểm cuối	r_i
1	A	D	0.786	8	B	C	0.614	15	C	H	0.712
2	A	B	0.770	9	B	D	0.651	16	D	E	0.538
3	A	C	0.753	10	B	E	0.622	17	E	F	0.688
4	A	H	0.604	11	B	F	0.700	18	F	G	0.584
5	A	G	0.610	12	B	H	0.716	19	F	H	0.624
6	A	F	0.611	13	C	D	0.585	20	G	H	0.582
7	A	E	0.757	14	C	E	0.629				

Bảng 4: Danh sách góc đo ban đầu và trị đo lược bớt thực nghiệm 2

STT	Điểm trái	Điểm giữa	Điểm phải	r_i	STT	Điểm trái	Điểm giữa	Điểm phải	r_i	STT	Điểm trái	Điểm giữa	Điểm phải	r_i
1	D	A	B	0.940	13	H	B	A	0.946	25	E	F	B	0.954
2	B	A	C	0.953	14	H	C	A	0.969	26	B	F	A	0.790
3	C	A	H	0.684	15	A	C	B	0.859	27	A	F	H	0.908
4	H	A	G	0.645	16	B	C	E	0.835	28	H	F	G	0.768
5	G	A	F	0.681	17	E	C	D	0.795	29	F	G	A	0.751
6	F	A	E	0.701	18	C	D	B	0.770	30	A	G	H	0.798
7	E	A	D	0.966	19	B	D	A	0.880	31	G	H	F	0.800
8	A	B	F	0.945	20	A	D	E	0.713	32	F	H	A	0.870
9	F	B	E	0.721	21	D	E	C	0.762	33	A	H	B	0.754
10	E	B	D	0.800	22	C	E	B	0.853	34	B	H	C	0.960
11	D	B	C	0.771	23	B	E	A	0.873					
12	C	B	H	0.699	24	A	E	F	0.967					

Bảng 5: Danh sách cạnh đo ban đầu và trị đo lược bớt thực nghiệm 2

STT	Điểm đầu	Điểm cuối	r_i	STT	Điểm đầu	Điểm cuối	r_i	STT	Điểm đầu	Điểm cuối	r_i
1	A	D	0.846	8	B	C	0.686	15	C	H	0.538
2	A	B	0.818	9	B	D	0.640	16	D	E	0.722
3	A	C	0.585	10	B	E	0.811	17	E	F	0.576
4	A	H	0.605	11	B	F	0.845	18	F	G	0.619
5	A	G	0.612	12	B	H	0.586	19	F	H	0.590
6	A	F	0.815	13	C	D	0.631				
7	A	E	0.642	14	C	E	0.750				

Bảng 6: Bảng so sánh các phương án thiết kế thực nghiệm

Thực nghiệm	\bar{r}^0	Số góc đo	Số cạnh đo	Số phương vị (giả định)	Tổng số trị đo	Sai số vị trí điểm yếu nhất (mm)	Hiệu quả (%)
Phương án ban đầu thực nghiệm 1	0.75	34	20	01	55	5.0	
Phương án tối ưu thực nghiệm 1	0.50	9	18	01	28	7.3	49.1
Phương án ban đầu thực nghiệm 2	0.77	34	19	0	53	4.8	
Phương án tối ưu thực nghiệm 2	0.50	10	14	0	24	6.9	54.7

5. Kết luận

- Mức đo thừa trung bình của trị đo là chỉ tiêu quan trọng trong thiết kế tối ưu lưới, từ giá trị này có thể tính được số lượng trị đo sau tối ưu lưới.

- Phương pháp này chỉ cần lượng hóa một chỉ tiêu là mức đo thừa trung bình được tính từ mức đo thừa của các trị đo. Kết quả tối ưu không phụ thuộc vào kiến thức, kinh nghiệm của người thiết kế mà vẫn cho kết quả có tính chặt chẽ và thống nhất.

Tài liệu tham khảo

Quang Phuc Nguyen, Thi Minh Huong Hoang, 2016. Optimal design of control network for engineering surveying according to the redundant degree of measurements,

International symposium on geo-spatial and mobile mapping technologies and summer school for mobile mapping technology, 51-55

Lý Đức Nhân, 2012. *Lý thuyết về độ tin cậy và xử lý sai số*. NXB đại học Vũ Hán. Tiếng Trung Quốc.

Trần Vĩnh Kỳ, Trương Chính Lộc, Ngô Tử An, Phan Chính Phong, 1996. *Trắc địa ứng dụng nâng cao*. NXB Trắc hội Bắc Kinh.

Trương Chính Lộc, Đặng Dũng, La Trường Lâm, 2008. Tiêu chuẩn độ tin cậy thiết kế tối ưu lưới khống chế trắc địa. *Khoa học kỹ thuật Trắc hội* 33, 23-24, 30. (Tiếng Trung Quốc).

Trương Chính Lộc, 2001. Một phương pháp thiết kế tối ưu lưới khống chế trắc địa theo độ tin cậy. Đại học Vũ Hán, *Bản khoa học kỹ thuật thông tin* 26(4), 354-360. (Tiếng Trung Quốc)

ABSTRACT

Optimal design of geodetic networks according the average redundant of measurement

Khanh Quoc Pham

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

Concerning the optimal design of geodetic networks nowadays in Vietnam, both factual constructions and theoretical studies are mostly based on the standard of accuracy, the reliability, the sensitivity (in deformation monitoring) and the expended cost. Very few studies have applied the redundant level of measurement, especially the average one of the network measurement. This article analyzed the importance, the quality and the necessity of the redundant level of measurement in the optimal design of geodetic networks. Consequently, the method of calculating the redundant level of measurement has been suggested and considered as a standard in designing optimal networks. The factual calculations of optimal network design in building bridge construction were used to prove the study results.

Keyword: Optimal design, redundant level of measurement, average redundant level of measurements