Quan hệ giữa các sai số trung phương trọng số đơn vị thu được từ kết quả bình sai dãy trị đo và dãy hiệu trị đo tương ứng trong đo lún công trình

PGS. TS. TRƯƠNG QUANG HIẾU
Trường Đại học Mỏ - Địa Chất
ThS. NGUYỄN THÙY LINH
Trường Đại học GTVT

Tóm tắt: ***Để nâng cao hiệu quả một số phương pháp đánh giá độ ổn định mốc đo biến dạng công trình, chúng tôi xây dựng công thức biểu diễn quan hệ giữa các sai số trung phương trọng số đơn vị σ_{oi}, σ_{ok}; σ_{ol} thu được từ kết quả bình sai dãy trị đo và dãy hiệu trị đo.***

Abstract: ***To improve the efficiency of a method of reliability assessment datum deformation work, we build equations describing the relationship between the mean square error of unit weight σ_{oi}, σ_{ok}; σ_{ol} collection as a result of adjustment range and range measurement perfomance measurement.***

1. Đặt vấn đề

Trong các công trình [1], [2], chúng tôi đã phân tích khả năng ứng dụng và tính hiệu quả của phương pháp dùng luật phân bố Stiuđơn dựa vào kết quả bình sai dãy hiệu trị đo.

Để dùng các tiêu chuẩn trong phương pháp này phải sử dụng giá trị sai số trung phương trọng số đơn vị σ_{ol} của dãy hiệu trị đo σ_{ol}. Trong thực tế xảy ra hiện tượng các lưới đo biến dạng công trình ở chu kỳ đo khác nhau có hình dạng khác nhau và rất khó để tiến hành bình sai theo dãy hiệu trị đo. Vấn đề đặt ra là dựa vào các sai số trung phương trọng số đơn vị σ_{oi}, σ_{ok} từ kết quả bình sai dãy trị đo ở các chu kỳ đo (i) và (k), chúng ta xác định được sai số trung phương trọng số đơn vị dãy hiệu trị đo tương ứng σ_{ol} và sử dụng các tiêu chuẩn hiệu quả nhất để đánh giá độ ổn định các mốc đo biến dạng. Tính hiệu quả sẽ được nâng lên rõ rệt khi cần phải đánh giá độ ổn định các mốc quan trắc trong các mạng lưới lớn.

Ngoài ra, công thức được chứng minh sẽ bổ sung và làm phong phú hơn lĩnh vực lý thuyết về đo biến dạng công trình.

2. Nội dung

Gọi $h_u^{*(k)}$, $h_u^{*(i)}$, l_u^* lần lượt là trị bình sai của chênh cao h_u trong các chu kỳ đo (k), (i) và của hiệu chênh cao, ta có định nghĩa:

$$l_u^* = h_u^{*(k)} - h_u^{*(i)} \tag{1}$$

Ta suy ra quan hệ giữa các số hiệu chỉnh $v_{l_u} = v_l$, $v_{h_u}^{(k)} = v_k$, $v_{h_u}^{(i)} = v_i$ dạng:

$$v_l = v_k - v_i \tag{2}$$

Sử dụng quan hệ (2) ta sẽ có:

$$\sum p_l v_l^2 = \sum p_l v_k^2 + \sum p_l v_i^2 - 2\sum p_l v_i v_k$$

Khi các chênh cao đo ở hai chu kỳ đo (i), (k) có cùng trọng số ($p_i = p_k = p$) và $p_l = \frac{p}{2}$, thì biểu thức trên có thể viết:

$$\sum p_l v_l^2 = \frac{1}{2}\sum p_i v_i^2 + \frac{1}{2}\sum p_k v_k^2 - 2\sum \frac{(\sqrt{p_i}v_i)(\sqrt{p_k}v_k)}{2}$$

Trường hợp số trị đo thừa của hai chu kỳ đo bằng nhau ($r_i = r_k = r$) ta sẽ được:

$$\frac{\sum p_l v_l^2}{r} = \frac{1}{2}\left[\frac{\sum p_i v_i^2}{r} + \frac{\sum p_k v_k^2}{r}\right] - \frac{\sum(\sqrt{p_i}v_i)(\sqrt{p_k}v_k)}{r}$$

Đặt: $\frac{\sum(\sqrt{p_i}v_i)(\sqrt{p_k}v_k)}{r} = \mathrm{cov}^*(\bar{h}^{(i)}, \bar{h}^{(k)})$

Ta sẽ được
$$\sigma_{ol}^2 = \frac{1}{2}\left[\sigma_{oi}^2 + \sigma_{ok}^2\right] - \mathrm{cov}^*(\bar{h}^{(i)}, \bar{h}^{(k)}) \tag{3}$$

Lấy phương sai của công thức (1) ta có:

$$\sigma_l^2 = \sigma_i^2 + \sigma_k^2 - 2R_{ik}\sigma_i\sigma_k \tag{*}$$

Trong đó đã ký hiệu

$$\sigma_l^2 \equiv \sigma_{l_u^*}^2;\ \sigma_i^2 \equiv \sigma_{h_u^{*(i)}}^2;\ \sigma_k^2 \equiv \sigma_{h_u^{*(k)}}^2$$

Từ (*) ta cũng sẽ viết được:

$$\frac{\sigma_{ol}^2}{p_l} = \frac{\sigma_{oi}^2}{p_i} + \frac{\sigma_{ok}^2}{p_k} - 2R_{ik}\frac{\sigma_{oi}\sigma_{ok}}{\sqrt{p_i p_k}} = G - 2R_{ik}\frac{\sigma_{oi}\sigma_{ok}}{\sqrt{p_i p_k}} \tag{**}$$

Trong (**) ta có:

$$G = \frac{\sigma_{oi}^2}{p_i} + \frac{\sigma_{ok}^2}{p_k} = \frac{1}{p_i}\left(\frac{r_i + r_k}{r_i + r_k}\right)\sigma_{oi}^2 + \frac{1}{p_k}\left(\frac{r_i + r_k}{r_i + r_k}\right)\sigma_{ok}^2$$

$$= \frac{1}{p_i}\left\{\frac{r_i\sigma_{oi}^2}{r_i + r_k} + \frac{r_k\sigma_{oi}^2}{r_i + r_k}\right\} + \frac{1}{p_k}\left\{\frac{r_i\sigma_{ok}^2}{r_i + r_k} + \frac{r_k\sigma_{ok}^2}{r_i + r_k}\right\}$$

$$= \frac{1}{p_i}\left[\frac{r_i\sigma_{oi}^2 + r_k\sigma_{ok}^2}{r_i + r_k}\right] + \frac{1}{p_k}\left[\frac{r_i\sigma_{oi}^2 + r_k\sigma_{ok}^2}{r_i + r_k}\right] + \frac{1}{p_i}\left[\frac{r_k\sigma_{oi}^2 - r_k\sigma_{ok}^2}{r_i + r_k}\right] + \frac{1}{p_k}\left[\frac{r_i\sigma_{ok}^2 - r_i\sigma_{oi}^2}{r_i + r_k}\right]$$

Trong trường hợp $r_i = r_k = r$, đại lượng G sẽ có dạng:

$$G = \left(\frac{r_i\sigma_{oi}^2 + r_k\sigma_{ok}^2}{r_i + r_k}\right)\left(\frac{1}{p_i} + \frac{1}{p_k}\right) + \frac{1}{2p_i}\left(\sigma_{oi}^2 - \sigma_{ok}^2\right) + \frac{1}{2p_k}\left(\sigma_{ok}^2 - \sigma_{oi}^2\right)$$

Trong trường hợp $p_i = p_k = p$, ta sẽ được:

$$G = \frac{2}{p}\left(\frac{r_i\sigma_{oi}^2 + r_k\sigma_{ok}^2}{r_i + r_k}\right) + \frac{1}{2p}\left(\sigma_{oi}^2 - \sigma_{ok}^2 + \sigma_{ok}^2 - \sigma_{oi}^2\right)$$

$$= \frac{2}{p}\left(\frac{r_i\sigma_{oi}^2 + r_k\sigma_{ok}^2}{r_i + r_k}\right) = \frac{2}{p}\left[\frac{1}{2}\left(\sigma_{oi}^2 + \sigma_{ok}^2\right)\right] \tag{4}$$

Thay đại lượng G vào biểu thức (**) với chú ý $p_i = p_k = p$ và $p_l = \frac{p}{2}$ ta được công thức:

$$\frac{2}{p}\sigma_{ol}^2 = \frac{2}{p}\left(\frac{r_i\sigma_{oi}^2 + r_k\sigma_{ok}^2}{r_i + r_k}\right) - \frac{2}{p}R_{ik}\sigma_{oi}\sigma_{ok}$$

Hay $\sigma_{ol}^2 = \dfrac{r_i\sigma_{oi}^2 + r_k\sigma_{ok}^2}{r_i + r_k} - R_{ik}\sigma_{oi}\sigma_{ok}$ (5)

Với các giả thiết trên, thì công thức (5) sẽ là:

$$\sigma_{ol}^2 = \frac{1}{2}\left(\sigma_{oi}^2 + \sigma_{ok}^2\right) - R_{ik}\sigma_{oi}\sigma_{ok} \quad (6)$$

So sánh (3) với (6) ta suy ra:

$$\operatorname{cov}^*(\overline{h}^{(i)}, \overline{h}^{(k)}) = R_{ik}\sigma_{oi}\sigma_{ok}$$

nên công thức (5) sẽ có dạng:

$$\sigma_{ol}^2 = \frac{r_i\sigma_{oi}^2 + r_k\sigma_{ok}^2}{r_i + r_k} - \operatorname{cov}^*(\overline{h}^{(i)}, \overline{h}^{(k)}) \quad (7)$$

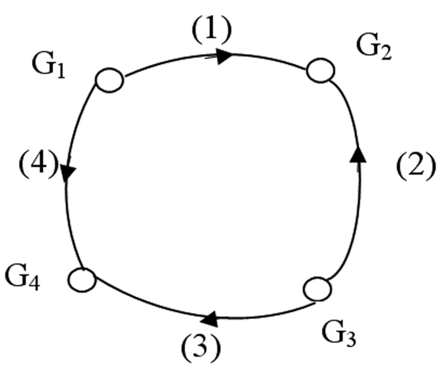
Trong đó, $\operatorname{cov}^*(\overline{h}^{(i)}, \overline{h}^{(k)}) = \dfrac{\sum(\sqrt{p_i}v_i)(\sqrt{p_k}v_k)}{r}$ (8)

Các công thức (7), (8) sẽ hoàn toàn chính xác khi hai lưới đo ở chu kỳ đo (i) và (k) có cùng số trị đo thừa ($r_i = r_k$) và các chênh cao đo ở hai chu kỳ đo có cùng độ chính xác ($p_i = p_k$).

Trường hợp các điều kiện trên không thỏa mãn thì dùng các công thức (7), (8) sẽ cho ta giá trị gần đúng của σ_{ol}. Mức độ gần đúng của đại lượng σ_{ol} phụ thuộc vào độ chênh lệch của các đại lượng trên. Khi $r_i \neq r_k$, chúng ta có thể sử dụng $r_{TB} = \frac{1}{2}(r_i + r_k)$ để tính đại lượng (8).

3. Tính toán thực nghiệm

Lưới độ cao cơ sở ở *Hình 1* phục vụ đo lún nhà máy xi măng Quảng Ninh. Kết quả đo ở các chu kỳ đo (5), (6) ghi ở *Bảng 1*. Kiểm tra độ tin cậy của công thức (7).



Hình 1: Sơ đồ lưới đo lún nhà máy xi măng Quảng Ninh

Bảng 1

Nº	Chu kỳ 5		Chu kỳ 6	
	$h_i\,(mm)$	n_i (trạm)	$h_i\,(mm)$	n_i (trạm)
1	3.13059	15	3.13014	14
2	2.85797	10	2.85768	10
3	0.39217	11	0.39248	10
4	0.66358	9	0.66420	9

Lưới được bình sai bằng phương pháp Mitter-mayer theo dãy chênh cao riêng biệt với chu kỳ đo (5), chu kỳ đo (6) và theo dãy hiệu chênh cao đo (6,5). Quá trình bình sai cụ thể thực hiện trong tài liệu [3]. Sau đây chúng tôi trích lược một số kết quả tính toán phục vụ cho việc kiểm tra công thức (7).

- Kết quả tính số hiệu chỉnh $v^{(5)}$, $v^{(6)}$ ghi ở *Bảng 2*.

Bảng 2

Nº	dH_{G_1}	dH_{G_2}	dH_{G_3}	dH_{G_4}	$l_i^{(5)}(mm)$	$l_i^{(6)}(mm)$	$p_i^{(5)}$	$p_i^{(6)}$	$v_i^{(5)}$(mm)	$v_i^{(6)}$(mm)
1	-1	1	0	0	0.00	-0.05	0.067	0.071	-0.40	-0.24
2	0	1	-1	0	0.00	-0.56	0.100	0.100	0.27	0.17
3	0	0	-1	1	0.00	0.61	0.091	0.100	-0.30	-0.17
4	-1	0	0	1	-1.21	0.38	0.111	0.111	0.24	0.15

Từ đó ta tính được các sai số trung phương trọng số đơn vị $\sigma_{05} = 0.18$mm; $\sigma_{06} = 0.11$mm.

- Kết quả tính số hiệu chỉnh v_l từ bình sai dãy hiệu chênh cao đo (6,5) ghi ở *Bảng 3*.

Bảng 3

Nº	Δ_{G1}	Δ_{G2}	Δ_{G3}	Δ_{G4}	l_l(mm)	p_{l_i}	v_{l_i}
1	-1	1	0	0	-0.45	0.034	0.15
2	0	1	-1	0	-0.29	0.050	-0.11
3	0	0	-1	1	0.31	0.048	0.11
4	-1	0	0	1	0.62	0.056	-0.10

Từ đó ta tính được sai số trung phương trọng số đơn vị dãy hiệu chênh cao đo:

$$\sigma_{ol} = \sqrt{\frac{v_l^T p_l v_l}{r}} = 0.05mm$$

- Kiểm tra độ tin cậy của công thức (7). Ta có:

$$\sigma_{ol} = \sqrt{\frac{r_5\sigma_{o5}^2 + r_6\sigma_{o6}^2}{r_i + r_k} - \operatorname{cov}^*(\overline{h}^{(5)}, \overline{h}^{(6)})} = \sqrt{\frac{0.18^2 + 0.11^2}{1+1} - 0.0201}$$

Với $\operatorname{cov}^*(\overline{h}^{(5)}, \overline{h}^{(6)}) = \dfrac{\sum(\sqrt{p_5}v_5)(\sqrt{p_6}v_6)}{1} = 0.0201$

Từ đó, $\sigma_{ol} \equiv \sigma_{o(6,5)} = 0.046mm \approx 0.05mm$

4. Kết luận

Từ nội dung của bài báo chúng tôi rút ra một số kết luận cơ bản sau:

- Công thức (7) trong bài báo được chứng minh theo phương pháp gần đúng phù hợp với hầu hết các dạng lưới trong đo biến dạng công trình. Đây là công thức mới sẽ được bổ sung vào lý thuyết xử lý số liệu đo biến dạng công trình.
- Công thức (7) được xây dựng nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng một số phương pháp đánh giá độ ổn định mốc đo biến dạng công trình.

Tài liệu tham khảo

[1]. Trương Quang Hiếu, Nguyễn Thùy Linh, *Hoàn thiện phương pháp dùng luật phân bố Stiuđơn để đánh giá độ ổn định mốc đo lún công trình*, Tạp chí khoa học GTVT, Trường Đại học GTVT, số 40, tháng 12/2012.

[2]. Nguyễn Hồng Sơn, *Nghiên cứu hoàn thiện các giải pháp thiết kế và xử lý số liệu đo cao hình học trong quan trắc lún công trình dân dụng - Công nghiệp*, Luận án Tiến sỹ Kỹ thuật, Trường Đại học Mỏ - Địa Chất, 2009.

[3]. Nguyễn Hữu Việt, *Nghiên cứu hoàn thiện phương pháp Martuszewicz và phương pháp dùng luật phân bố Stiuđơn để đánh giá độ ổn định mốc đo lún công trình*, Luận án Thạc sỹ Kỹ thuật, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, 2013.

Ngày nhận bài: 11/02/2014
Ngày chấp nhận đăng: 25/02/2014
Người phản biện: TS. Hồ Thị Lan Hương
TS. Trần Quang Học