

ỨNG DỤNG TOÁN THỐNG KÊ ĐỂ ĐÁNH GIÁ ĐỘ ỔN ĐỊNH MỐC CƠ SỞ ĐO LÚN CÔNG TRÌNH TỪ KẾT QUẢ ĐO NHIỀU CHU KỲ

Tổng Thị Hạnh – Học viện Kỹ thuật Quân sự
Bùi Thị Kiên Trinh – Đại học Thủy lợi

Tóm tắt: Trong công tác quan trắc lún công trình, sự ổn định của các mốc khống chế cơ sở quyết định độ chính xác của kết quả quan trắc. Dựa trên cơ sở bài toán kiểm định thống kê, chúng tôi tiến hành xác định tiêu chuẩn hợp lý để hoàn thiện phương pháp đánh giá độ ổn định của các mốc khống chế phục vụ đo lún công trình từ kết quả đo nhiều chu kỳ.

1. Mở đầu

Như đã biết, để quan trắc chuyển dịch biến dạng các công trình công nghiệp hay dân dụng cần có hệ thống mốc đo đạc. Hệ thống này phân thành hai loại: mốc khống chế cơ sở là các mốc chuẩn được bố trí ở khu vực ổn định (gần như không xảy ra xô dịch) và mốc quan trắc gắn trên thân công trình, tại những vị trí đặc trưng dễ phát hiện chuyển dịch nhất.

Bản chất của công tác quan trắc lún công trình là đo chênh cao từ các mốc chuẩn đến các mốc quan trắc, từ đó tính được độ cao các mốc quan trắc theo phương pháp bình sai chặt chẽ. Thông qua so sánh độ cao của các mốc quan trắc ở các chu kỳ đo khác nhau sẽ xác định được độ lún của công trình trong quãng thời gian đó. Như vậy, muốn xác định chính xác độ lún của công trình thì các mốc chuẩn phải ổn định, và việc đánh giá độ ổn định của các mốc này có ý nghĩa quyết định chất lượng của việc tính độ lún, tính các tham số lún và dự báo lún công trình, đồng thời cần thường xuyên được nghiên cứu và hoàn thiện.

Có rất nhiều phương pháp đánh giá độ ổn định mốc khống chế cơ sở (hay mốc chuẩn), nhưng các phương pháp đều tập trung đánh giá độ ổn định các mốc từ kết quả đo hai chu kỳ. Cũng có một vài phương pháp đánh giá độ ổn định các mốc chuẩn từ kết quả đo nhiều chu kỳ như phương pháp phân tích tương quan, phương pháp dùng luật phân bố D-Simon... Tuy nhiên cơ sở khoa học và khả năng ứng dụng thực tiễn của chúng có nhiều hạn chế. Trong bài báo này, chúng tôi phân tích cơ sở khoa học và khả năng ứng dụng của hai phương pháp trên, từ đó hoàn

thiện phương pháp đánh giá độ ổn định của mốc khống chế từ kết quả đo nhiều chu kỳ.

2. Tổng quan về các phương pháp đánh giá độ ổn định mốc khống chế từ kết quả đo nhiều chu kỳ

Các phương pháp đánh giá độ ổn định mốc chuẩn từ kết quả đo lún của nhiều chu kỳ hầu hết đều dựa trên bài toán kiểm định thống kê, nhưng cách lựa chọn tiêu chuẩn và quy tắc kiểm định của mỗi phương pháp là khác nhau.

2.1 Phương pháp phân tích tương quan

Giả thiết lưới khống chế cơ sở đã đo k chu kỳ với n trị đo chênh cao là h_{ij} ($i=1 \div n, j=1 \div k$). Ký hiệu các chênh cao sau bình sai là h'_{ij} và sai số trung phương tương ứng là $\sigma_{h'_{ij}}$.

Trong phương pháp phân tích tương quan, giả thiết thống kê H_0 được tạo:

$$H_0: h'_{i1} = h'_{i2} = \dots = h'_{ik} \quad (1)$$

tức là chênh cao h'_{ij} cố định trong k chu kỳ đo.

Quy tắc để kiểm định giả thiết thống kê (1) là đại lượng thống kê:

$$F = \frac{\sigma_{h_i}^2}{\sigma_{h'_{ij}}^2} \quad (2)$$

trong đó: $\sigma_{h_i}^2$ là bình phương sai số trung phương của trị chênh cao trung bình từ k chu kỳ đo được tính theo công thức:

$$\sigma_{h_i}^2 = \frac{\sum_{j=1}^k (h'_{ij} - \bar{h}_i)^2}{k(k-1)} \quad (3)$$

Đại lượng thống kê (3) sẽ có luật phân bố Fish-Snedec với số bậc tự do $\{k(k-1), r\}$. Tính

được trị thực tế f_p theo công thức (3) và kiểm tra giả thiết (1) theo nguyên tắc:

a. Nếu $f_p \leq f_{\alpha, \{k(k-1), r\}}$ ta chấp nhận giả thiết (1), nghĩa là chênh cao h'_{ij} cố định trong k chu kỳ đo.

b. Ngược lại, nếu $f_p > f_{\alpha, \{k(k-1), r\}}$ thì giả thiết (1) bị phủ định, nghĩa là chênh cao h'_{ij} không cố định trong k chu kỳ đo.

2.2 Phương pháp dùng luật phân bố D-Simon

Phương pháp dùng luật phân bố D-Simon được chúng tôi trình bày trong tài liệu tham khảo [3]. Phương pháp này được thực hiện với từng mốc chuẩn của lưới không chế cơ sở. Với lưới cơ sở đo lún gồm p mốc chuẩn được đo k chu kỳ, nội dung của phương pháp có thể tóm tắt qua 3 bước như sau:

Bước 1: Từ độ chính xác quan trắc lún tổng hợp $\sigma_{\Delta y_{\text{đu}}}$ sẽ tính được độ chính xác đo lún yêu cầu của cấp lưới cơ sở theo công thức:

$$\sigma_{\Delta_{cs}} = \frac{\sigma_{\Delta y_{\text{đu}}}}{\sqrt{1+K^2}} \quad (4)$$

Tiến hành bình sai lưới theo phương pháp bình sai lưới tự do, có thể theo chênh cao đo hoặc hiệu chênh cao đo. Nếu bình sai theo chênh cao đo cần lưu ý là khi bình sai các chu kỳ sau ta lấy trị gần đúng của các ẩn số bằng trị bình sai độ cao các mốc tương ứng ở chu kỳ bình sai trước.

Bước 2:

a. Xác định độ lún Δ_{ij} và sai số trung phương độ lún $\sigma_{\Delta_{ij}}$ với $(i=1 \div p)$ và $(j=1 \div k)$:

Việc xác định hai đại lượng này sẽ phụ thuộc vào đối tượng trị đo được sử dụng trong bài toán bình sai lưới:

- Nếu bình sai lưới theo dãy hiệu chênh cao đo thì sẽ nhận được ngay độ lún Δ_{ij} và sai số trung phương độ lún $\sigma_{\Delta_{ij}}$

- Nếu bình sai theo dãy chênh cao đo, dựa vào các giá trị bình sai độ cao H_{ij} , trọng số đảo tương ứng $Q_{H_{ij}}$ và sai số trung phương trọng số đơn vị σ_{0j} ta xác định được:

$$+ \text{Độ lún: } \Delta_{ij} = H_{ij} - H_{i(j-1)} \quad (5)$$

+ Sai số trung phương độ lún theo công thức:

$$\sigma_{\Delta_{ij}} = \bar{\sigma}_{0ij} \sqrt{Q_{\Delta_{ij}}} = \bar{\sigma}_{0ij} \sqrt{Q_{H_{ij}} + Q_{H_{i(j-1)}}} \quad (6)$$

$$\text{trong đó: } \bar{\sigma}_{0ij} = \frac{r_{(j-1)} \sigma_{0(j-1)}^2 + r_j \sigma_{0j}^2}{r_{(j-1)} + r_j} \quad (7)$$

b. Tạo dãy độ lún cùng độ chính xác.

Từ dãy độ lún Δ_{ij} của mốc chuẩn (i) khác độ chính xác chúng ta phải cân bằng chúng bằng cách tạo dãy độ lún tương đương:

$$\Delta'_{ij} = \Delta_{ij} \sqrt{P_{\Delta_{ij}}} \quad (8)$$

trong đó $P_{\Delta_{ij}}$ là trọng số của độ lún Δ_{ij} và

được xác định theo một trong các cách sau:

- Nếu yêu cầu xác định độ lún các mốc không chế là σ_{Δ} thì chọn trọng số theo công thức:

$$P_{\Delta_{ij}} = \frac{\sigma_{\Delta}^2}{\sigma_{\Delta_{ij}}^2} \quad (9)$$

- Khi giãn cách thời gian giữa các chu kỳ chênh lệch lớn thì trọng số $P_{\Delta_{ij}}$ có thể chọn theo

công thức:

$$P_{\Delta_{ij}} = \frac{T_0}{T_i} \frac{\sigma_{\Delta}^2}{\sigma_{\Delta_{ij}}^2} \quad (10)$$

với T_0 chọn phù thuộc vào thời gian giữa các chu kỳ dùng để tính các độ lún.

- Dựa vào kết quả bình sai ta cũng có thể xác định trọng số của độ lún theo công thức:

$$P_{\Delta_{ij}} = \frac{1}{Q_{\Delta_{ij}}} \quad (11)$$

Bước 3: Đánh giá độ ổn định của các mốc chuẩn.

Để đánh giá độ ổn định của mốc chuẩn (i) trong dãy k chu kỳ đo ta tạo giả thiết:

$$H_0: E(\Delta_{i1}) = E(\Delta_{i2}) = \dots = E(\Delta_{i(k-1)}) = 0 \quad (12)$$

Dùng đại lượng thống kê:

$$D = \frac{R_{\max}}{\sigma_{\Delta}} = \frac{\Delta_{\max} - \Delta_{\min}}{\sigma_{\Delta}} \quad (13)$$

làm quy tắc để kiểm định giả thiết (12). Đại lượng thống kê (13) sẽ có luật phân bố D-Simon với số bậc tự do $(k-1)$.

Trong quy tắc (13), để tính trị thực tế của quy tắc tác giả đã nhận trị cực đại $\Delta_{\max} = |\Delta'_{\max}|$ và

trị cực tiểu $\Delta_{\min}=0$. Chọn mức xác suất α và tra bảng D-Simon ta tìm được trị giới hạn $d_{\alpha,(k-1)}$, sau đó so sánh với trị thực tế d_p của quy tắc (13) và rút ra kết luận:

- Nếu $d_p \leq d_{\alpha,(k-1)}$: chấp nhận giả thiết (12), nghĩa là mốc chuẩn (i) ổn định trong k chu kỳ đo
- Ngược lại, nếu $d_p > d_{\alpha,(k-1)}$ ta nói mốc chuẩn (i) không ổn định trong k chu kỳ đo, nghĩa là có ít nhất một chu kỳ đo có mốc chuẩn (i) không ổn định.

3. Lựa chọn phương pháp hợp lý để đánh giá độ ổn định mốc đo lún nhiều chu kỳ

Để chọn phương pháp hợp lý nhằm đánh giá độ ổn định các mốc đo lún nhiều chu kỳ, chúng ta nên căn cứ vào các mục tiêu sau:

Mục tiêu 1: Phải được xây dựng trên cơ sở toán học chặt chẽ và phải phù hợp với tính thực tế độ lún các mốc.

Mục tiêu 2: Quy trình tính toán đơn giản và có khả năng tự động hóa, khối lượng tính toán ít, tính phổ cập cao.

Dựa vào hai mục tiêu trên, chúng tôi sẽ phân tích ưu nhược điểm của từng phương pháp từ đó lựa chọn phương pháp hợp lý nhất.

- *Phương pháp phân tích tương quan:* Xét về mặt cơ sở lý thuyết thì phương pháp này có cơ sở toán học chặt chẽ vì nếu mốc không chế không bị lún thì chênh cao trong các chu kỳ tương ứng sẽ như nhau. Tuy nhiên, phương pháp này có khối lượng tính toán lớn, đặc biệt khi lưới cơ sở có số điểm mốc nhiều. Đồng thời khả năng tự động hóa của phương pháp không cao vì trong trường hợp có ít nhất một chênh cao không ổn định thì việc xác định mốc không ổn định sẽ rất phức tạp vì sẽ phải phân tích dựa vào cấu trúc lưới hoặc giá trị của các hệ số tương quan.

- *Phương pháp dùng luật phân bố D-Simon:*

Phương pháp này cũng dựa trên cơ sở bài toán kiểm định thống kê có giả thiết thống kê và quy tắc kiểm định hợp lý. Tuy nhiên, có nhiều công thức tính trọng số của độ lún các mốc không chế nên việc lựa chọn công thức cụ thể nào sẽ gặp khó khăn. Đồng thời phương pháp này chưa xác định được chu kỳ đo có mốc chuẩn không ổn định - mà đây là yêu cầu thiết yếu. Tuy vậy, phương pháp có ưu điểm là quy

trình tính toán rõ ràng và có khả năng tự động hóa quá trình tính toán.

Do vậy chúng tôi đã kế thừa những ưu điểm và hoàn thiện các tồn tại của phương pháp dùng luật phân bố D-Simon, nhằm đánh giá độ ổn định mốc chuẩn trong đo lún công trình [3], tóm tắt như sau:

3.1. Lựa chọn công thức tính trọng số độ lún phù hợp với đặc thù của công tác quan trắc độ ổn định lưới không chế.

Trong ba công thức tính trọng số (9), (10), (11) đã nêu, có thể thấy công thức (11) phù hợp nhất với lưới không chế quan trắc lún, vì về lý thuyết, trọng số độ lún tỷ lệ nghịch với trọng số đảo độ lún. Mặt khác, khi đưa trọng số đảo vào quá trình tính độ lún thì sẽ thể hiện được sự tác động của cấu hình lưới ở chu kỳ đo tương ứng đến độ lún.

3.2 Xác định chu kỳ đo có mốc chuẩn (i) không ổn định khi đã kết luận là mốc chuẩn đó không ổn định.

Để xác định chu kỳ đo có mốc chuẩn không ổn định chúng ta tiến hành như sau:

- Khi nhận trị cực đại $\Delta_{\max}=|\Delta'|_{\max}$ và trị cực tiểu $\Delta_{\min}=0$ thì quy tắc (13) có dạng:

$$D = \frac{|\Delta'|_{\max}}{\sigma_{\Delta}} \quad (14)$$

- Đại lượng thống kê (14) có luật phân bố D-Simon. Tính trị thực tế d_p của quy tắc theo (14) và so sánh với trị tới hạn $d_{\alpha,(k-1)}$ tra từ bảng tra của luật phân bố D-Simon:

+ Nếu $d_p \leq d_{\alpha,(k-1)}$ thì giả thiết (12) được chấp nhận, tức là mốc chuẩn (i) ổn định trong tất cả các chu kỳ đo và kết thúc bài toán đánh giá độ ổn định.

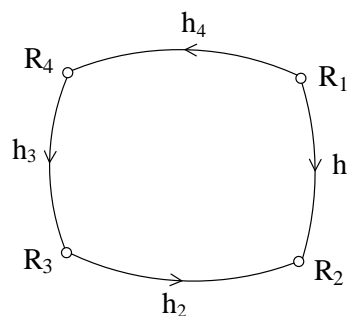
+ Nếu $d_p > d_{\alpha,(k-1)}$ thì giả thiết (12) bị bác bỏ, tức là mốc chuẩn (i) không ổn định tại chu kỳ có độ lún cực đại, giả sử tại chu kỳ (j) là $|\Delta'|_{\max(j)}$. Để kiểm tra xem liệu rằng còn chu kỳ nào có mốc chuẩn (i) không ổn định nữa hay không thì chúng ta tiến hành loại bỏ $|\Delta'|_{\max(j)}$ ở chu kỳ (j), sau đó kiểm nghiệm đối với $|\Delta'|_{\max}$ trong dãy các chu kỳ còn lại, nếu giả thiết gốc bị bác bỏ tức là còn có chu kỳ đo có mốc không ổn định thì tiếp tục kiểm nghiệm cho đến khi tìm được tất cả các chu kỳ có mốc chuẩn không ổn định, các chu kỳ còn lại là các chu kỳ đo có mốc chuẩn ổn định.

4. Tính toán thực nghiệm

Để minh chứng cho các phân tích trên, chúng tôi tiến hành thực nghiệm kiểm tra độ ổn định của 4 mốc R_1, R_2, R_3, R_4 của lưới cơ sở ở hình bên. Lưới được xây dựng nhằm đo lún công trình với độ chính xác $\sigma_{\Delta y_{0u}} = \pm 1\text{mm}$ nên

$$\sigma_{\Delta_{cs}} = 0.32\text{mm}.$$

Lưới được đo 9 chu kỳ, số liệu đo ghi ở bảng 1.



Bảng 1: Số liệu thực nghiệm

Chu kỳ	h_1 (mm)	n_1 (trạm)	h_2 (mm)	n_2 (trạm)	h_3 (mm)	n_3 (trạm)	h_4 (mm)	n_4 (trạm)
1	979.52	4	484.28	3	398.84	4	96.67	5
2	980.31	4	483.92	3	398.49	4	97.58	5
3	979.97	3	483.24	5	398.33	5	97.60	5
4	978.71	3	481.53	5	398.84	5	98.13	6
5	977.31	3	481.16	4	399.09	4	96.75	4
6	976.77	3	480.68	4	398.96	5	96.22	4
7	976.52	5	480.12	4	399.18	3	96.92	5
8	978.15	3	481.83	3	398.79	5	97.11	5
9	974.72	4	479.24	4	398.96	3	96.14	4

Sau khi bình sai thu được các kết quả trong bảng 2.

Bảng 2: Độ cao các mốc và trọng số đảo độ cao các mốc sau bình sai:

Chu kỳ	$H_{R1}(m)$	$H_{R2}(m)$	$H_{R3}(m)$	$H_{R4}(m)$	Q_{HR1}	Q_{HR2}	Q_{HR3}	Q_{HR4}
1	9.99997	10.97956	10.49533	10.09656	1.36	1.11	1.11	1.36
2	9.99932	10.97955	10.49557	10.09700	1.36	1.11	1.11	1.36
3	9.99935	10.97919	10.49572	10.09717	1.25	1.25	1.53	1.53
4	9.99940	10.97806	10.49645	10.09753	1.36	1.28	1.54	1.67
5	10.00034	10.97758	10.49634	10.09717	1.10	1.10	1.23	1.23
6	10.00067	10.97727	10.49636	10.09712	1.11	1.11	1.36	1.36
7	10.00044	10.97687	10.49668	10.09745	1.51	1.37	1.13	1.22
8	9.99999	10.97806	10.49615	10.09723	1.19	1.00	1.19	1.50
9	10.00132	10.97594	10.49660	10.09756	1.23	1.23	1.10	1.10

Bảng 3: Chênh cao sau bình sai, chênh cao trung bình và sai số trung phương xác định chênh cao sau bình sai

Chu kỳ	$h_1(\text{mm})$	$h_2(\text{mm})$	$h_3(\text{mm})$	$h_4(\text{mm})$	$m_{h_1}(\text{mm})$	$m_{h_2}(\text{mm})$	$m_{h_3}(\text{mm})$	$m_{h_4}(\text{mm})$
1	979.59	484.23	398.77	96.59	0.12	0.11	0.12	0.13
2	980.23	483.98	398.57	97.68	0.14	0.12	0.14	0.15
3	979.84	483.46	398.55	97.82	0.30	0.36	0.36	0.36
4	978.66	481.61	398.92	98.23	0.11	0.14	0.14	0.14
5	977.25	481.24	399.17	96.83	0.12	0.14	0.14	0.14
6	976.60	480.91	399.24	96.45	0.36	0.39	0.42	0.39
7	976.43	480.19	399.23	97.01	0.14	0.13	0.11	0.14
8	978.07	481.91	398.92	97.24	0.16	0.16	0.19	0.19
9	974.62	479.34	399.04	96.24	0.17	0.17	0.15	0.17
h_i	977.92	481.87	398.94	97.12				

Từ kết quả bình sai, chúng tôi tiến hành đánh giá độ ổn định các mốc chuẩn theo hai phương pháp gồm: phương pháp phân tích tương quan và phương pháp dùng luật phân bố D-Simon đã hoàn thiện. Cụ thể như sau:

a. Đánh giá độ ổn định các mốc chuẩn theo phương pháp phân tích tương quan.

Trị giới hạn:

$$f_{g.h} \cdot n = f_{\alpha, k(k-1), 1} = f_{0.05, 9(9-1), 1} = 3.98$$

Bảng 4: Kiểm định sự ổn định của chênh cao h_i trong k chu kỳ đo:

Chu kỳ	Kiểm định h_1		Kiểm định h_2		Kiểm định h_3		Kiểm định h_4	
	$(h'_{1j} - \bar{h}_1)^2$	$f_{p1} = \frac{\sigma_{h_1}^2}{\sigma_{h'_{1j}}^2}$	$(h'_{2j} - \bar{h}_2)^2$	$f_{p2} = \frac{\sigma_{h_2}^2}{\sigma_{h'_{2j}}^2}$	$(h'_{3j} - \bar{h}_3)^2$	$f_{p3} = \frac{\sigma_{h_3}^2}{\sigma_{h'_{3j}}^2}$	$(h'_{4j} - \bar{h}_4)^2$	$f_{p4} = \frac{\sigma_{h_4}^2}{\sigma_{h'_{4j}}^2}$
1	2.781	30.288	5.567	29.174	0.028	0.667	0.286	3.384
2	5.336	21.563	4.452	20.769	0.137	0.100	0.314	2.409
3	3.674	4.657	2.535	2.523	0.150	0.687	0.493	0.413
4	0.549	32.400	0.067	17.387	0.000	0.681	1.227	2.552
5	0.452	26.925	0.394	17.241	0.054	0.072	0.083	2.820
6	1.744	3.282	0.926	2.087	0.093	0.979	0.452	0.341
7	2.215	22.157	2.820	20.008	0.086	0.338	0.012	2.836
8	0.023	15.406	0.002	12.057	0.000	0.390	0.015	1.398
9	10.899	17.352	6.394	10.978	0.009	0.390	0.772	2.479
	$\sigma_{h_1}^2 = \frac{\sum_{j=1}^9 (h'_{1j} - \bar{h}_1)^2}{9(9-1)} = 0.384$		$\sigma_{h_2}^2 = \frac{\sum_{j=1}^9 (h'_{2j} - \bar{h}_2)^2}{9(9-1)} = 0.32$		$\sigma_{h_3}^2 = \frac{\sum_{j=1}^9 (h'_{3j} - \bar{h}_3)^2}{9(9-1)} = 0.008$		$\sigma_{h_4}^2 = \frac{\sum_{j=1}^9 (h'_{4j} - \bar{h}_4)^2}{9(9-1)} = 0.051$	

So sánh các giá trị thực tế $f_{p1}, f_{p2}, f_{p3}, f_{p4}$ với trị giới hạn $f_{g.han}$ chúng tôi rút ra kết luận sau:

- Chênh cao h_1 là không cố định trong 9 chu kỳ đo.
 - Chênh cao h_2 là không cố định trong 9 chu kỳ đo.
 - Chênh cao h_3 là cố định trong 9 chu kỳ đo.
 - Chênh cao h_4 là cố định trong 9 chu kỳ đo.
- Kết hợp với việc phân tích sơ đồ lưới chúng

ta thấy: mốc R_2 liên quan đến các chênh cao không cố định h_1, h_2 nên mốc R_2 là mốc không ổn định. Các mốc R_1, R_3, R_4 là mốc đầu và mốc cuối của các chênh cao cố định h_3, h_4 nên là các mốc ổn định hoặc lún đều.

b. Đánh giá độ ổn định các mốc chuẩn theo phương pháp dùng luật phân bố D-simon.

Dựa vào độ cao và trọng số đảo độ cao các mốc sau bình sai chúng tôi tính được:

a. Kết quả tính độ lún và trọng số đảo độ lún các mốc theo từng cặp chu kỳ liên tiếp:

Cặp chu kỳ	$\Delta_{R1}(mm)$	$\Delta_{R2}(mm)$	$\Delta_{R3}(mm)$	$\Delta_{R4}(mm)$	$Q_{\Delta R1}$	$Q_{\Delta R2}$	$Q_{\Delta R3}$	$Q_{\Delta R4}$
1-2	-0.66	-0.01	0.23	0.44	2.72	2.22	2.22	2.72
2-3	0.03	-0.36	0.16	0.17	2.61	2.36	2.64	2.89
3-4	0.05	-1.13	0.72	0.35	2.61	2.53	3.07	3.20
4-5	0.94	-0.47	-0.11	-0.36	2.46	2.38	2.77	2.90
5-6	0.34	-0.31	0.02	-0.05	2.21	2.21	2.59	2.59
6-7	-0.24	-0.40	0.31	0.33	2.62	2.48	2.49	2.58
7-8	-0.45	1.19	-0.53	-0.22	2.70	2.37	2.32	2.72
8-9	1.33	-2.12	0.45	0.33	2.42	2.23	2.29	2.60

b. Kết quả tính trọng số độ lún và độ lún sau khi cân bằng trọng số:

Cặp chu kỳ	$P_{\Delta R_1}$	$P_{\Delta R_2}$	$P_{\Delta R_3}$	$P_{\Delta R_4}$	Δ'_{R_1} (mm)	Δ'_{R_2} (mm)	Δ'_{R_3} (mm)	Δ'_{R_4} (mm)
1-2	0.37	0.45	0.45	0.37	-0.40	-0.01	0.16	0.27
2-3	0.38	0.42	0.38	0.35	0.02	-0.24	0.10	0.10
3-4	0.38	0.40	0.33	0.31	0.03	-0.71	0.41	0.20
4-5	0.41	0.42	0.36	0.34	0.60	-0.31	-0.06	-0.21
5-6	0.45	0.45	0.39	0.39	0.23	-0.21	0.01	-0.03
6-7	0.38	0.40	0.40	0.39	-0.15	-0.26	0.20	0.20
7-8	0.37	0.42	0.43	0.37	-0.27	0.77	-0.35	-0.13
8-9	0.41	0.45	0.44	0.38	0.86	-1.42	0.30	0.21

c. Kết quả đánh giá độ ổn định theo phương pháp D-Simon

TT	Tên mốc	Trị thực tế của quy tắc D	Trị giới hạn của quy tắc D	Kết luận
1	R ₁	2.68	4.29	R ₁ ổn định
2	R ₂	4.43	4.29	R ₂ không ổn định tại chu kỳ 9
3	R ₃	1.29	4.29	R ₃ ổn định
4	R ₄	0.83	4.29	R ₄ ổn định

5. Kết luận

Từ kết quả phân tích và tính toán thực nghiệm có thể thấy phương pháp sử dụng luật phân bố D-Simon đã hoàn thiện có quy luật tính toán chặt chẽ nhưng đơn giản, có thể tự động hóa quá trình tính toán. Đồng thời,

phương pháp sử dụng luật phân bố D-Simon đã hoàn thiện có độ tin cậy cao hơn phương pháp tương quan và không hạn chế số lượng mốc chuẩn trong lưới. Đặc biệt, phương pháp này có thể áp dụng đối với cấp lưới quan trắc khi cần thiết.

Tài liệu tham khảo:

1. Trương Quang Hiếu (1999), *Nghiên cứu ứng dụng toán thống kê trong đánh giá chất lượng kết quả đo và kết quả bình sai lưới trắc địa*, Báo cáo đề tài cấp bộ mã số B98 – 36 – 29, Hà Nội.
2. Phan Văn Hiến (1997), *Quan trắc chuyển dịch và biến dạng công trình*, Bài giảng cao học, Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.
3. Tống Thị Hạnh (2002), *Nghiên cứu ứng dụng bài toán kiểm định thống kê để đánh giá độ ổn định mốc đo lún công trình*, Luận văn Thạc sỹ kỹ thuật, Đại học Mỏ – Địa Chất.

Summary

The proposal of a solution for assessing the stability of the benchmark in the monitoring control network is based on the adjustment results of multi-periods

The paper proposes one way to assess the stability subsidence benchmark that were measured by multi-periods result. This method is based on statistical hypothesis testing with distribution D-Simon.