

PHƯƠNG PHÁP KIỂM TRA SAI SỐ VƯỢT GIỚI HẠN TRONG CÁC TRỊ ĐO QUAN TRẮC LÚN CÔNG TRÌNH

ThS. Trần Ngọc Đông

Viện KHCN Xây dựng

ThS. Nguyễn Hà

Trường Đại học Mở - Địa chất

TÓM TẮT: Bài báo có nội dung trình bày phương pháp phát hiện các trị đo quan trắc lún công trình có sai số vượt quá sai số giới hạn trong bước xử lý số liệu, để từ đó có sự chọn lọc số liệu quan trắc đưa vào xử lý tính toán độ lún công trình nhằm nâng cao mức độ tin cậy đối với giá trị quan trắc lún.

1. Đặt vấn đề

Trong quan trắc độ lún công trình nếu số liệu quan trắc tồn tại sai số thô hoặc sai số hệ thống thì sẽ khó khăn cho việc phân tích và giải thích độ lún, thậm chí có kết luận sai. Đồng thời, vì bản thân giá trị độ lún tương đối nhỏ, xấp xỉ bằng giới hạn của sai số đo, để phân biệt độ lún và sai số, nhận được độ lún chính xác đặc trưng cho độ lún thực của công trình, ngoài việc nâng cao độ chính xác đo để giảm thiểu ảnh hưởng của sai số đo đối với phân tích độ lún công trình, cần phải có biện pháp loại trừ trị đo có sai số tương đối lớn (vượt quá sai số đo).

Dựa vào quan hệ hình học của lưới quan trắc độ lún công trình, giữa các yếu tố đo tồn tại quan hệ nhất định, dùng phương trình toán học liên hệ các yếu tố đo lại với nhau. Nhưng trong các trị đo tồn tại sai số ngẫu nhiên, để kiểm tra sai số vượt giới hạn trong các trị đo, cần phải dùng phương pháp kiểm định thống kê.

2. Kiểm định tổng thể sai số vượt giới hạn

Giả thiết L là vector trị đo n chiều, chia thành hai phần. Trong đó L_1 là vector trị đo n_1 chiều, không gồm sai số vượt giới hạn; L_2 là vector trị đo n_2 chiều, nghi là có sai số giới hạn và dùng δ biểu thị vector sai số vượt giới hạn. Lúc đó, mô hình toán của bình sai tham số là [3]:

$$\begin{bmatrix} L_1 \\ L_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 & 0 \\ A_2 & I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ \delta \end{bmatrix} \quad (1)$$

Để phán đoán tổng thể, trong vector trị đo có sai số vượt giới hạn hay không, lập giả thiết gốc $H_0: \delta = 0$. Khi lấy giả thiết gốc làm điều kiện ràng buộc của (1), có thể dùng điều kiện này để khử đi vector ẩn số δ , do đó, với điều kiện ràng buộc thì (1) trở thành:

$$\begin{bmatrix} L_1 \\ L_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \tilde{V}_1 \\ \tilde{V}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \end{bmatrix} \tilde{X} \quad (2)$$

Trong đó \tilde{V}_1, \tilde{V}_2 biểu thị số hiệu chỉnh khi có điều kiện ràng buộc, để phân biệt với số hiệu chỉnh V_1, V_2 khi chưa thêm điều kiện ràng buộc (2) có thể viết đơn giản là:

$$L + \tilde{V} = A \tilde{X} \quad (3)$$

Ứng dụng phương pháp bình sai theo nguyên lý số bình phương nhỏ nhất, tính được trị ước lượng phương sai của tập nền.

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{\tilde{V}^T P \tilde{V}}{r} \quad (4)$$

Khi giả thiết gốc được chấp nhận, biến $\frac{\hat{\sigma}_0^2}{\sigma_0^2}$ tuân theo phân phối F với bậc tự do r và trung tâm ∞ , tức:

$$\frac{\hat{\sigma}_0^2}{\sigma_0^2} \sim F(r, \infty) \quad (5)$$

Lấy mức α , có thể tiến hành kiểm định đối với giả thiết gốc H_0 (trong các trị đo không có sai số vượt giới hạn).

Sau khi kiểm định giả thiết gốc H_0 bị bác bỏ, biểu thị với mức α , trong các trị đo có thể có sai số vượt giới hạn.

3. Kiểm định cục bộ sai số vượt giới hạn

3.1. Phương pháp kiểm định F

Để phán đoán cụ thể trị đo nào có sai số vượt giới hạn, trước tiên giả thiết chỉ có trị đo L_i có sai số vượt giới hạn, thì (1) có thể viết [3]:

$$L + V = [A \quad e_i] \begin{bmatrix} X \\ \Delta_i \end{bmatrix} \quad (6)$$

Trong đó, $e_i = [0, \dots, 0, 1, 0, \dots, 0]^T$

Hệ phương trình chuẩn tương ứng là:

$$\begin{bmatrix} A^T P A & A^T P e_i \\ e_i^T P A & e_i^T P e_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ \Delta_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A^T P L \\ e_i^T P L \end{bmatrix} \quad (7)$$

Tìm nghịch đảo ma trận chia khối, giải được:

$$\Delta_i = \frac{-e_i^T P V}{e_i^T P Q_{VV} P e_i} \quad (8)$$

Mẫu số $e_i^T P Q_{VV} P e_i$ trong (8) là một số. Do đó:

$$Q_{\Delta_i} = \frac{e_i^T P}{e_i^T P Q_{VV} P e_i} \cdot Q_{VV} \cdot \frac{P e_i}{e_i^T P Q_{VV} P e_i} = (e_i^T P Q_{VV} P e_i)^{-1}$$

$$Q_{\Delta_i}^{-1} = e_i^T P Q_{VV} P e_i \quad (9)$$

Để kiểm định Δ_i có phải là sai số vượt giới hạn hay không, lập giả thiết gốc H_0 ; Δ_i không phải là sai số vượt giới hạn, tức Δ_i tiến đến 0. Cần dùng công thức ước tính phương sai trọng số đơn vị:

$$S^2 = \frac{d^T Q_d^{-1} d}{r} \quad (10)$$

Để ý đến $r = 1$, $d = \Delta_i$, dùng công thức [8] và [9] thay vào được:

$$S^2 = \frac{(e_i^T P V)^2}{e_i^T P Q_{VV} P e_i} \quad (11)$$

Do đó, biến

$$F = \frac{S^2}{\sigma_0^2} = \frac{(e_i^T P V)^2}{(e_i^T P Q_{VV} P e_i) \sigma_0^2} \quad (12)$$

Khi giả thiết gốc H_0 được chấp nhận cần tuân theo phân phối F với bậc tự do $r = 1$ và trung tâm ∞ , với mức α có thể tiến hành kiểm định đối với giả thiết gốc.

3.2. Phương pháp kiểm định B (phương pháp kiểm định u)

Kết quả tính được theo (8), (9) cũng có thể dùng kiểm định u để tiến hành kiểm định đối với giả thiết gốc H_0 (Trị đo L_i không có sai số vượt giới hạn). Vì thế, tiêu chuẩn hóa biến Δ_i , được lượng thống kê [3]:

$$W_i = \frac{|\Delta_i| - 0}{\sigma_{\Delta_i}} = \frac{|e_i^T P V|}{\sigma_0 (e_i^T P Q_{VV} P e_i)^{1/2}} \quad (13)$$

cần tuân theo luật phân phối chuẩn.

Trường hợp chung, ma trận trọng số P của các trị đo là ma trận đường chéo, thì (13) có thể được đơn giản hóa thành:

$$W_i = \frac{|v_i|}{\sigma_0 \sqrt{q_{v_i, v_i}}} \quad (14)$$

Dùng công thức xác suất:

$$P\{W_i > u_{1-\alpha/2} | H_0\} = \alpha \quad (15)$$

Có thể kiểm định thống kê đối với giả thiết gốc, từ đó quyết định trị đo L_i có chứa sai số vượt giới hạn hay không.

3.3. Phương pháp kiểm định τ

Phương pháp kiểm định B yêu cầu phải biết trước phương sai tập nền σ_0^2 của giá trị đo, nhưng trong trường hợp nào đó không có cách nào biết trước σ_0^2 , khi đó dùng trị ước lượng phương sai $\frac{V^T P V}{r} = \hat{\sigma}_0^2$ [3] tìm được trước khi loại bỏ trị đo thay cho σ_0^2 để tạo thành lượng thống kê.

$$\tau = \frac{|v_i|}{\hat{\sigma}_0 \sqrt{q_{v_i v_i}}} \quad (16)$$

Và chỉ ra rằng khi giả thiết gốc trị đo L_i không chứa sai số vượt giới hạn, lượng thống kê tuân theo phân phối τ bậc tự do là r , do đó có thể dùng công thức xác suất:

$$P\{\tau_i > \tau_{1-\alpha/2}(r) | H_0\} = \alpha \quad (17)$$

để tiến hành kiểm định đối với giả thiết gốc. Phương pháp kiểm định này thường gọi là phương pháp kiểm định τ .

Trị phân vị của phân phối τ có thể tính được từ trị phân vị của phân phối t theo công thức:

$$\tau_{1-\alpha/2}(r) = \sqrt{\frac{r \cdot t_{1-\alpha/2}^2(r-1)}{r-1 + t_{1-\alpha/2}^2(r-1)}} \quad (18)$$

Trong đó, $t_{1-\alpha/2}^2(r-1)$ là trị phân vị t khi dùng kiểm định hai phía với bậc tự do $r-1$, mức α .

3.4. Phương pháp kiểm định t

Khi phương sai tập nền σ_0^2 chưa biết thì dùng trị ước lượng của phương sai tìm được sau bình sai đã loại bỏ trị đo L_i có sai số vượt giới hạn [3]:

$$\frac{(V^T P V)^{(k)}}{r-1} = (\hat{\sigma}_0^{(k)})^2 (V^T P V)^{(k)} = V^T P V - \frac{v_k^2}{q_{v_k v_k}} \quad (19)$$

Thay cho σ_0^2 , lúc đó lượng thống kê là:

$$t = \frac{|v_i|}{\hat{\sigma}_0^{(k)} \sqrt{q_{v_i v_i}}} \quad (20)$$

Khi giả thiết gốc H_0 : trị đo L_i không chứa sai số vượt giới hạn, lượng thống kê t tuân theo phân phối t với bậc tự do $r-1$, do đó dùng công thức xác suất:

$$P\{t_i > t_{1-\alpha/2}(r-1) | H_0\} = \alpha \quad (21)$$

Tiến hành kiểm định giả thiết gốc, phương pháp này gọi là phương pháp kiểm định t .

4. Các bước kiểm định sai số vượt giới hạn đối với các trị đo quan trắc lún công trình theo phương pháp kiểm định thống kê

Để kiểm định sai số vượt giới hạn đối với các trị đo quan trắc lún công trình chúng ta thực hiện theo các bước sau:

(1) Tiến hành bình sai đối với các trị đo của các chu kỳ của lưới quan trắc lún, tìm được vector ẩn số X và ma trận hiệp trọng số đảo Q_{xx} , từ đó tính:

$$V = A Q_{xx} A^T P L - L \quad (22)$$

Được $V^T P V$, dùng (5), với mức α , tiến hành kiểm định tổng thể sai số vượt giới hạn, khi kết quả kiểm định cho thấy tồn tại sai số vượt giới hạn, thì tính:

$$Q_{vv} = (A Q_{xx} A^T P - I) Q_{LL} (A Q_{xx} A^T P - I)^T \quad (23)$$

$$Q_{vv} = Q_{LL} - A Q_{xx} A^T \quad (24)$$

(2) Dùng các phần tử trong vector V và các phần tử tương ứng trên đường chéo chính của ma trận Q_{vv} tính $|v_i| / \sqrt{q_{v_i v_i}}$, lấy trị đo tương ứng với $\max(|v_i| / \sqrt{q_{v_i v_i}})$ (giả thiết là L_k) làm trị đo có thể chứa sai số vượt giới hạn.

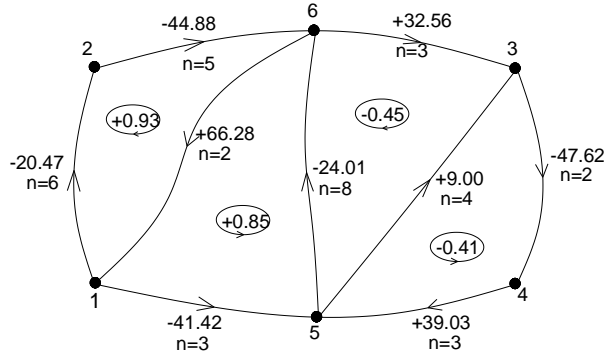
(3) Dùng phương pháp kiểm định B hoặc phương pháp kiểm định τ hoặc phương pháp kiểm định t tiến hành kiểm định thống kê giả thiết gốc. Khi giả thiết gốc được chấp nhận, nhận định các trị đo trong lưới quan trắc không chứa sai số vượt giới hạn. Nếu không thì nhận định trị đo L_k có chứa sai số vượt giới hạn, cần phải loại trừ.

(4) Khi giả thiết gốc bị bác bỏ, loại trừ trị đo L_k , lặp lại các bước 1) ~ 3), cho đến khi không còn khả năng tồn tại trị đo có chứa sai số vượt giới hạn (tức giả thiết gốc được chấp nhận).

5. Ví dụ tính toán theo phương pháp kiểm định thống kê

Hình 1 là lưới khống chế độ cao cơ sở quan trắc lún công trình theo phương pháp đo cao hình học hạng I, mạng lưới gồm 6 điểm khống chế độ cao cơ sở (1, 2, 3, 4, 5, 6), trong hình mũi tên biểu thị hướng đo, chênh cao là mm, n là số trạm đo. Các vòng khép của lưới đều đạt yêu cầu đo lún hạng I

$(w \leq w_{gh} \leq 0.3\sqrt{n})$.



Hình 1. Sơ đồ lưới khống chế độ cao cơ sở quan trắc lún công trình

Sai số trung phương đo cao trên một trạm máy sau bình sai đối với đo lún hạng I theo tiêu chuẩn quy định là ($m_{h/trạm} \leq 0,15\text{mm}$). Giả thiết ban đầu là sai số trung phương đo cao trên một trạm máy là $\sigma_0 = \pm 0,12 \text{ mm}$.

Để tiến hành kiểm tra trong vector trị đo lưới hình 1 có trị đo chứa sai số vượt giới hạn hay không tiến hành theo các bước sau:

Bước 1: Tiến hành bình sai lưới và kiểm định tổng thể sai số vượt giới hạn.

• **Bình sai lưới**

Với số liệu ở hình 1 giả thiết độ cao của điểm 1 là $H_1=0$, độ cao của điểm 2, 3, 4, 5, 6 là x_2, x_3, x_4, x_5, x_6 , trọng số của các trị đo $P_i=1/n_i$; Tiến hành tính toán bình sai lưới và tính được:

$V^T P V = 0.1868$; $\hat{\sigma}_0 = \sqrt{\frac{0.1868}{9-5}} = 0.216 \text{ mm /trạm}$

Sau khi kết thúc bình sai lưới chúng ta nhận thấy với mạng lưới hình 1 tất cả các vòng khép đều đạt hạn sai theo đo lún hạng I ($w_{gh} \leq 0.3\sqrt{n}$) nhưng kết quả bình sai cho kết quả sai số trung phương trọng số đơn vị là $0,216\text{mm/ trạm} > 0,15\text{mm / trạm}$ (theo tiêu chuẩn quy định $m_{h/trạm} \leq 0,15\text{mm}$) do đó, sau bình sai mạng lưới không đạt độ chính xác theo tiêu chuẩn quy định. Để tiến hành kiểm tra lưới không đạt yêu cầu độ chính xác là do đâu chúng ta tiến hành thực hiện kiểm tra các trị đo xem có trị đo nào chứa sai số vượt sai số giới hạn hay không?

• **Kiểm định tổng thể sai số vượt giới hạn**

Theo giả thiết ban đầu là sai số trung phương đo cao trên một trạm máy $\sigma_0 = \pm 0,12 \text{ mm}$, với mức $\alpha=0,05$ tiến hành kiểm định tổng thể sai số vượt giới hạn theo công thức (5), ta có:

$F = \frac{\hat{\sigma}_0^2}{\sigma_0^2} = 3.24 > 2.37$ ($\alpha=0,05, F(4, \infty) = 2,37$) do đó, giả thiết gốc bị bác bỏ, nhận định trong các trị đo có trị

đo chứa sai số vượt giới hạn.

Bước 2: Tính $|v_i| / \sqrt{q_{v_i}}$

$$\begin{aligned} \frac{|v_1|}{\sqrt{q_{v_1 v_1}}} &= 0.193; & \frac{|v_2|}{\sqrt{q_{v_2 v_2}}} &= 0.193; \\ \frac{|v_3|}{\sqrt{q_{v_3 v_3}}} &= 0.403; & \frac{|v_4|}{\sqrt{q_{v_4 v_4}}} &= 0.310; \\ \frac{|v_5|}{\sqrt{q_{v_5 v_5}}} &= 0.076; & \frac{|v_6|}{\sqrt{q_{v_6 v_6}}} &= 0.249; \\ \frac{|v_7|}{\sqrt{q_{v_7 v_7}}} &= 0.018; & \frac{|v_8|}{\sqrt{q_{v_8 v_8}}} &= 0.018; & \frac{|v_9|}{\sqrt{q_{v_9 v_9}}} &= 0.244 \end{aligned}$$

$$\text{Max } \frac{|v_i|}{\sqrt{q_{v_i v_i}}} = \frac{|v_3|}{\sqrt{q_{v_3 v_3}}} = 0.403 \text{ tương ứng với trị đo } h_{61}$$

Bước 3: Kiểm định cục bộ sai số vượt giới hạn

- Theo phương pháp kiểm định B

Vì giả thiết ban đầu lấy sai số trung phương đo cao trên một trạm máy là 0,12mm. Do đó, theo công thức (14) tính được $W_{61} = 3,358$.

Nếu lấy mức $\alpha = 0,05$ thì trị phân vị là $u_{1-\alpha/2} = 1,96$. Vì $W_{61} = 3,358 > 1,96$ nên giả thiết gốc bị bác bỏ, nghi ngờ h_{61} có chứa sai số vượt giới hạn.

- Theo phương pháp kiểm định τ

Từ vector số hiệu chỉnh V tìm được sau bình sai và ma trận trọng số P của các trị đo, có thể tính được trị ước lượng của sai số trung phương trọng số đơn vị trước khi loại bỏ trị đo có chứa sai số vượt giới hạn.

$$\hat{\sigma}_0 = \sqrt{\frac{V^T P V}{9-5}} = \pm 0.216 \text{ m}$$

Từ đó theo công thức (16) ta được.

Với bậc tự do 3, mức $\alpha = 0,05$, tra bảng được $t_{0,975}(3)=3,1824$; Theo công thức (18) tính trị phân vị τ .

$$\tau_{0,975}(4) = \sqrt{\frac{4 \times 3 \cdot 1824^2}{4-1+3 \cdot 1824^2}} = 1.756$$

Vì $\tau_{61} = 1,865 > 1,756$, do đó có kết luận giống như phương pháp kiểm định B nghi ngờ h_{61} có chứa sai số vượt giới hạn.

- Theo phương pháp kiểm định t

Để sử dụng kiểm định t, cần phải tính trị ước lượng phương sai $(\hat{\sigma}^{(k)})^2$ sau khi loại bỏ trị đo có chứa sai số vượt hạn sai. Ở đây, dùng công thức (19)

$$\frac{(V^T P V)^{(k)}}{r-1} = (\hat{\sigma}_0^{(k)})^2 \text{ với } (V^T P V)^{(k)} = V^T P V - \frac{v_k^2}{q_{v_k v_k}} \text{ ta tính được } \hat{\sigma}_0^{(k)} = 0.09$$

Lượng thống kê được tính theo công thức (20):

$$t_{61} = \frac{0.403}{0.091} = 4.428$$

Vì $t_{61} = 4,428 > 3,1824$, do đó nghi ngờ h_{61} có chứa sai số vượt giới hạn, như kết luận của hai phương pháp kiểm định trên.

Sau khi loại bỏ trị đo h_{61} có chứa sai số vượt giới hạn, tiến hành kiểm định các trị đo còn lại, kết quả kiểm định cho thấy các trị đo còn lại không chứa sai số vượt giới hạn và sai số trung phương trọng số đơn vị của lưới lúc này là 0.09mm / trạm < 0.15mm/ trạm. Lưới đạt độ chính xác theo cấp hạng đề ra.

6. Kiểm định cục bộ sai số vượt giới hạn theo tiêu chuẩn sai số giới hạn

Quá trình kiểm định cục bộ sai số vượt giới hạn theo phương pháp kiểm định B, τ , t theo các công thức ở trên, ngoài việc sử dụng kết quả bình sai lưới để tính toán còn phải tra bảng xác suất thống kê. Do đó khó có thể tự động hóa quá trình tính toán trên máy tính điện tử. Trong trường hợp để tự động hóa quá trình tính toán trên máy tính điện tử thì có thể áp dụng công thức sau để kiểm tra trị đo chứa sai số vượt giới hạn:

$$|v_i| \leq t \cdot m_{v_i}; \quad (25)$$

Trong công thức (25):

V_i : số hiệu chỉnh của các trị đo.

t : là hệ số chuyển đổi từ sai số trung phương sang sai số giới hạn ($t = 2-3$); trong quan trắc chuyển dịch công trình t thường chọn bằng 2.

m_{V_i} : sai số trung phương xác định số hiệu chỉnh V_i :

$$m_{V_i} = \mu \sqrt{Q_{V_i V_i}} \quad (26)$$

Trong công thức (26), tùy từng trường hợp cụ thể mà người tính toán xử lý số liệu có thể lấy μ theo giả thiết ban đầu hoặc lấy theo kết quả sau bình sai lưới hoặc cũng có thể lấy μ theo cấp hạng lưới mà quy phạm, tiêu chuẩn quy định.

7. Ví dụ tính toán theo tiêu chuẩn sai số giới hạn

7.1. Ví dụ 1

Quay trở lại với ví dụ tính toán lưới hình 1 ở trên, sau khi tính toán bình sai lưới lấy giả thiết sai số trung phương đo cao trên một trạm máy là $\sigma_0 = \pm 0,12$ mm tiến hành kiểm tra trị đo chứa sai số vượt giới hạn theo công thức (25). Kết quả được nêu ra ở bảng 1.

Bảng 1. Kết quả kiểm tra trị đo chứa sai số vượt giới hạn

STT	V_i	m_{V_i}	$2. m_{V_i}$	$ V_i $	$ V_i - 2. m_{V_i}$	So sánh $ V_i $ với $2. m_{V_i}$
1	V12	0,204	0,408	0,327	-0,081	<
2	V26	0,170	0,340	0,273	-0,067	<
3	V61	0,098	0,196	0,330	0,134	>
4	V15	0,128	0,256	0,332	0,076	>
5	V56	0,297	0,594	0,188	-0,406	<
6	V63	0,126	0,252	0,262	0,010	>
7	V34	0,088	0,176	0,014	-0,162	<
8	V45	0,132	0,264	0,020	-0,244	<
9	V53	0,185	0,370	0,376	0,006	>

Từ kết quả ở Bảng 1 nhận thấy các trị đo h_{61} , h_{15} , h_{63} và h_{53} có thể chứa sai số vượt giới hạn. Tiến hành loại bỏ trị đo có $|V_i| - 2.m_{V_i} = \max$ (trị đo h_{61}) và bình sai lại mạng lưới sau đó tiếp tục tiến hành kiểm tra các trị đo còn lại. Kết quả kiểm tra sau khi đã loại bỏ trị đo h_{61} được đưa ra ở Bảng 2.

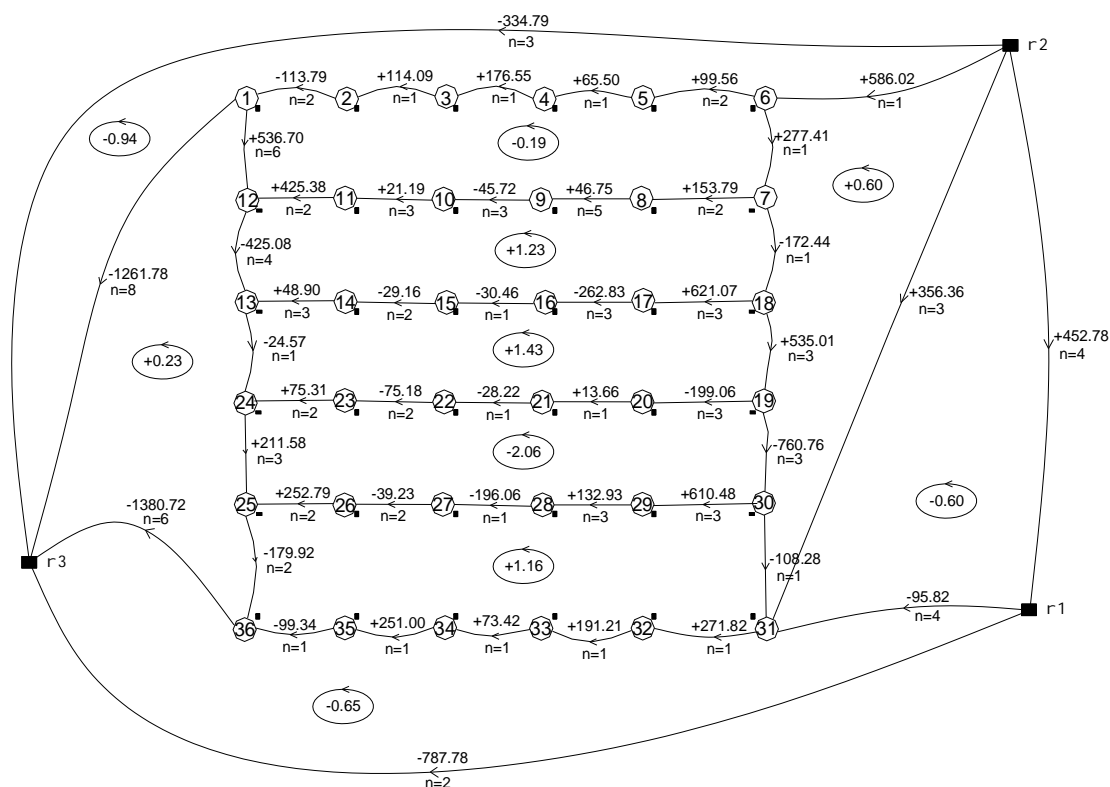
Bảng 2. Kết quả kiểm tra trị đo chứa sai số vượt giới hạn (sau khi đã loại bỏ trị đo h_{61})

STT	V_i	m_{V_i}	$2. m_{V_i}$	$ V_i $	$ V_i - 2. m_{V_i}$	So sánh $ V_i $ với $2. m_{V_i}$
1	V12	0,174	0,348	0,029	-0,319	<
2	V26	0,145	0,290	0,024	-0,266	<
3	V15	0,087	0,174	0,014	-0,160	<
4	V56	0,279	0,558	0,147	-0,411	<
5	V63	0,112	0,224	0,069	-0,155	<
6	V34	0,087	0,174	0,071	-0,103	<
7	V45	0,130	0,260	0,106	-0,154	<
8	V53	0,180	0,360	0,234	-0,126	<

Kết quả ở bảng 2 cho thấy, sau khi loại bỏ trị đo h_{61} các trị đo còn lại không chứa sai số vượt giới hạn và sai số trung phương trọng số đơn vị của lưới lúc này là 0,09mm / trạm < 0,15mm/ trạm. Lưới đạt độ chính xác theo cấp hạng đề ra.

7.2. Ví dụ 2

Hình 2 là lưới độ cao quan trắc lún công trình theo phương pháp đo cao hình học hạng II, trong hình mũi tên biểu thị hướng đo, chênh cao là mm, n là số trạm đo. Mạng lưới gồm có 3 mốc chuẩn (R1, R2, R3) và 36 điểm quan trắc (1, 2, ..., 36). Các vòng khép của lưới đều đạt yêu cầu đo lún hạng II ($w \leq w_{gh} \leq 0.5\sqrt{n}$).



Hình 2. Sơ đồ lưới độ cao quan trắc lún công trình

Sai số trung phương đo cao trên một trạm máy sau bình sai đối với độ cao quan trắc lún (đo lún hạng II) theo tiêu chuẩn quy định là ($m_{h/trạm} \leq 0,25mm$). Giả thiết ban đầu là sai số trung phương đo cao trên một trạm máy là $\sigma_0 = \pm 0,24$ mm.

Để tiến hành kiểm tra trong vector trị đo lưới hình 2 có trị đo chứa sai số vượt giới hạn hay không tiến hành theo các bước sau:

• **Bình sai lưới**

Với số liệu ở hình 2 giả thiết độ cao của điểm R1 là $H_{R1}=6.00000m$, trọng số của các trị đo $P_i=1/n_i$; Tiến hành tính toán bình sai lưới và tính được:

$$V^T P V = 2.6887 ; \hat{\sigma}_0 = \sqrt{\frac{2.6887}{39-1}} = 0.266 \text{ m m /trạm}$$

Sau khi kết thúc bình sai lưới chúng ta nhận thấy với mạng lưới hình 2 tất cả các vòng khép đều đạt hạn sai theo đo lún hạng II ($w \leq w_{gh} \leq 0.5\sqrt{n}$) nhưng kết quả bình sai cho kết quả sai số trung phương trọng số đơn vị là $0,266mm/ \text{trạm} > 0,25mm / \text{trạm}$ (theo tiêu chuẩn quy định đối với đo lún hạng II, $m_{h/trạm} \leq 0,25mm$) do đó, sau bình sai mạng lưới không đạt độ chính xác theo tiêu chuẩn quy định. Tiến hành thực hiện kiểm tra các trị đo xem có trị đo nào chứa sai số vượt sai số giới hạn hay không?

• **Kiểm định cục bộ sai số vượt giới hạn theo tiêu chuẩn sai số giới hạn**

Sau khi tính toán bình sai lưới lấy giả thiết sai số trung phương đo cao trên một trạm máy là $\sigma_0 = \pm 0,24$ mm tiến hành kiểm tra trị đo chứa sai số vượt giới hạn theo công thức (25). Kết quả tìm được $h_{7-8}, h_{8-9}, h_{9-10}, h_{10-11}, h_{11-12}, h_{19-20}, h_{20-21}, h_{21-22}, h_{22-23}$ và h_{23-24} có thể chứa sai số vượt giới hạn. Trong các trị đo này trị đo có $|V_i| - 2.m_{V_i} = \max$ là trị đo h_{8-9} , tiến hành loại bỏ trị đo này ra khỏi tập hợp trị đo và bình sai lại mạng lưới sau đó tiếp tục tiến hành kiểm tra các trị đo còn lại. Kết quả kiểm tra sau khi đã loại bỏ trị đo h_{8-9} cho thấy các trị đo còn

lại không chứa sai số vượt giới hạn và sai số trung phương trọng số đơn vị của lưới lúc này là 0,23mm / trạm < 0,25mm/ trạm. Lưới đạt độ chính xác theo cấp hạng đề ra.

8. Kết luận

- Để nâng cao mức độ tin cậy đối với giá trị quan trắc lún công trình, ngoài việc đảm bảo hạn sai đo đạc theo quy phạm, tiêu chuẩn quy định thì trong khâu xử lý số liệu quan trắc lún cần phải loại bỏ các trị đo chứa sai số vượt sai số giới hạn.

- Phương pháp kiểm định thống kê để kiểm định tổng thể và kiểm định cục bộ sai số vượt giới hạn đối với các trị đo là hoàn toàn chặt chẽ và phù hợp đối với mạng lưới quan trắc lún công trình.

- Phương pháp kiểm định cục bộ sai số vượt giới hạn theo tiêu chuẩn sai số giới hạn cho kết quả giống phương pháp kiểm định thống kê và có công thức tính toán đơn giản, dễ dàng lập trình kết hợp với bài toán bình sai lưới quan trắc để tự động hóa quá trình tính toán trên máy tính điện tử.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hoàng Ngọc Hà, Trương Quang Hiếu, *Cơ sở toán học xử lý số liệu trắc địa*, Nxb Giao thông Vận tải, Hà Nội, 1999.
2. Hoàng Ngọc Hà, *Bình sai tính toán lưới trắc địa và GPS*, Nxb Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 2006.
3. Huang Sheng Xiang, Yin Hui, Jiang Zheng (Biên dịch: Phan Văn Hiến, Phạm Quốc Khánh), *Xử lý số liệu quan trắc biến dạng*, Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 2012.
4. Tống Đình Quý, *Giáo trình xác suất thống kê*, Nxb Giáo dục, Hà Nội, 1999.
5. US.Army Corps of engineers (2002), *Structural Deformation Surveying*.

Ngày nhận bài: 06/9/2013.

Methods of checking errors exceeding the limits in monitored values of settlement of constructions

MEng. TRAN NGOC DONG, MEng. NGUYEN HA

This article presents the methods for identifying the values from measured settlement of constructions with errors exceeding the limits in the data-processing procedure. This helps to select the monitored values to be processed in order to improve the reliability of the settlement monitoring work.