

ỨNG DỤNG PHÉP KIỂM ĐỊNH THỐNG KÊ ĐỂ ĐÁNH GIÁ ĐỘ ỔN ĐỊNH MỐC KHÔNG CHẾ CƠ SỞ TRONG QUAN TRẮC BIẾN DẠNG CÔNG TRÌNH

Lê Thị Nhung¹; Vũ Ngọc Quang²; Nguyễn Văn Quang¹

¹Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

²Trường Đại học Công nghệ Giao thông Vận tải

Tóm tắt

Trong xử lý số liệu đo, sai số thô và sai số hệ thống cần được kiểm soát để giảm thiểu ảnh hưởng của chúng đến chất lượng dãy trị đo. Tuy nhiên, không phải lúc nào các nguồn sai số này cũng dễ dàng phát hiện và bị loại bỏ. Vì vậy, ứng dụng các phép kiểm định thống kê nhằm góp phần kiểm soát sai số và nâng cao chất lượng dãy trị đo thường được các nhà trắc địa quan tâm và nghiên cứu. Trong bài báo này, nhóm tác giả ứng dụng phép kiểm định χ^2 (Chi-square) và F (Fisher) trong đánh giá độ ổn định mốc không chế cơ sở trong quan trắc chuyển dịch biến dạng công trình.

Từ khoá: Sai số thô, Mốc không chế, Dịch chuyển biến dạng công trình

Abstract

Applying statistical hypothesis testing to analyze the stability of control points in construction deformation monitoring

In measurement data processing, gross errors and systematic errors are controlled to reduce negative effects to the quality of data. However, these errors are not always easily found out and eliminated. Therefore, application of statistical hypothesis testing in controlling errors and enhancing the quality of data is usually considered and studied by many surveyors. In this paper, Chi-square Test (χ^2) and Fisher Test (F) are applied to examine the stability of control points in deformation monitoring in constructions.

Keywords: Gross errors, Control points, Deformation monitoring in construction

1. Cơ sở lý thuyết

1.1. Xác định khoảng tin cậy trong phép kiểm định thống kê

Khi phát triển lý thuyết kiểm định thống kê, những nhà kiểm định phải xác định phép kiểm định nào là phù hợp cho mỗi đối tượng nghiên cứu. Phép kiểm định t được ứng dụng khi so sánh trị trung bình của một tập mẫu với trị trung bình tập hợp. Hay nói cách khác phép kiểm định này so sánh trị trung bình của dãy trị đo với một giá trị đã biết. Phép kiểm định χ^2 được ứng dụng khi so sánh phương sai tập mẫu với phương

sai tập hợp. Khi so sánh phương sai từ hai dãy trị đo, phép kiểm định F sẽ được áp dụng.

Bảng 1. Ba phép kiểm định thống kê t , χ^2 , và F

Phép kiểm định thống kê	Biến 1	Biến 2	Giả thuyết gốc H_0
t	μ	$\bar{y}$	$\mu = \bar{y}$
χ^2	σ	S^2	$\sigma^2 = S^2$
F	1	$\frac{S_1^2}{S_2^2}$	$\frac{S_1^2}{S_2^2} = 1$

Trong đó:

- μ : là trị trung bình của tập hợp

- $\bar{y}$: là trị trung bình của tập mẫu
- σ^2 : là phương sai của tập hợp
- S^2 : là phương sai tập mẫu

Mỗi một phép kiểm định có thể được kiểm định từ cả hai phía tuân theo luật phân phối. Kiểm định một bên (one-tailed test) xác định trị tới hạn từ bên trái hoặc phải của luật phân phối. Trong khi đó kiểm định hai bên (two-tailed test) xác định khoảng tin cậy, với trị tới hạn được phân bổ đều nhau về cả hai phía.

*** Khoảng tin cậy trong phép kiểm định χ^2 :**

Phép kiểm định χ^2 được thiết lập để kiểm tra chất lượng của dãy trị đo với công thức [1]:

$$\chi^2 = \frac{vS^2}{\sigma^2} \quad (1)$$

Trong đó: v là số bậc tự do

$$P\left(\chi^2_{1-\frac{\alpha}{2}} < \frac{vS^2}{\sigma^2} < \chi^2_{\frac{\alpha}{2}}\right) = P\left(\frac{\chi^2_{1-\frac{\alpha}{2}}}{vS^2} < \frac{1}{\sigma^2} < \frac{\chi^2_{\frac{\alpha}{2}}}{vS^2}\right) = P\left(\frac{vS^2}{\chi^2_{\frac{\alpha}{2}}} < \sigma^2 < \frac{vS^2}{\chi^2_{1-\frac{\alpha}{2}}}\right) = 1 - \alpha \quad (3)$$

Từ phương trình (3) suy ra khoảng tin cậy của phương sai như sau:

$$\frac{vS^2}{\chi^2_{\frac{\alpha}{2}}} < \sigma^2 < \frac{vS^2}{\chi^2_{1-\frac{\alpha}{2}}} \quad (4)$$

*** Khoảng tin cậy trong phép kiểm định F :**

Phép kiểm định F được thiết lập để so sánh tỷ số phương sai của hai bộ số liệu đo như sau [1]:

$$F = \frac{\chi^2_1 \cdot v_1}{\chi^2_2 \cdot v_2} \quad (5)$$

Trong đó: Hai biến số χ^2_1 , χ^2_2 độc lập tương ứng với bậc tự do v_1 và v_2 .

Các giả thiết được thiết lập:

Bảng 2. Các giả thiết trong kiểm định χ^2

Các giả thiết	Kiểm định một bên	Kiểm định hai bên
Giả thiết gốc H_0	$H_0 : S^2 = \sigma^2$	$H_0 : S^2 = \sigma^2$
Giả thiết thay thế H_a	$H_a : S^2 > \sigma^2$; Hoặc $H_a : S^2 < \sigma^2$	$H_0 : S^2 \neq \sigma^2$

Trong đó:

- Giả thiết gốc H_0 (Null Hypothesis) là giả thiết về tỷ số giữa thống kê tập hợp và thống kê tập mẫu, thống kê tập mẫu được cho bằng với thống kê của tập hợp.

- Giả thiết thay thế H_a (Alternative Hypothesis) là giả thiết được thành lập khi giả thiết ban đầu H_0 bị loại bỏ.

Khi giả thiết H_0 bị loại bỏ, lúc này giả thiết thay thế H_a sẽ được thiết lập để tìm ra một khoảng tin cậy (The confidence Interval) [1].

$$P(\chi^2_{(1-\alpha/2)} < \chi^2 < \chi^2_{(\alpha/2)}) = 1 - \alpha \quad (2)$$

Các giả thiết được thiết lập:

Bảng 3. Các giả thiết trong kiểm định F

Các giả thiết	Kiểm định một bên	Kiểm định hai bên
Giả thiết gốc H_0	$H_0 : \frac{S_1^2}{S_2^2} = 1$	$H_0 : \frac{S_1^2}{S_2^2} = 1$
Giả thiết thay thế H_a	$H_a : \frac{S_1^2}{S_2^2} > 1$ Hoặc $H_a : \frac{S_1^2}{S_2^2} < 1$	$H_a : \frac{S_1^2}{S_2^2} \neq 1$

Khi giả thiết gốc H_0 bị loại bỏ, giả thiết thay thế H_a sẽ được thiết lập để tìm ra khoảng tin cậy [1].

$$P\left(F_{1-\frac{\alpha}{2}, v_1, v_2} < F < F_{\frac{\alpha}{2}, v_1, v_2}\right) = 1 - \alpha \quad (6)$$

Ta có:

$$\begin{aligned} P(F_l < F < F_u) &= P\left(F_l < -\frac{1}{2} \times -\frac{2}{1} < F_u\right) \quad (7) \\ &= P\left(F_l \frac{S_2^2}{S_1^2} < \frac{\sigma_2^2}{\sigma_1^2} < \frac{S_2^2}{S_1^2} F_u\right) \end{aligned}$$

$$\Rightarrow P\left(\frac{1}{F_{\alpha/2, v_1, v_2}} \frac{S_1^2}{S_2^2} < \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} < \frac{S_1^2}{S_2^2} \frac{1}{F_{1-\alpha, v_1, v_2}}\right) = P\left(\frac{1}{F_{\alpha/2, v_1, v_2}} \frac{S_1^2}{S_2^2} < \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} < \frac{S_1^2}{S_2^2} \frac{1}{F_{\alpha/2, v_2, v_1}}\right) = 1 - \alpha \quad (8)$$

Do đó, từ phương trình (8), khoảng tin cậy cho tỷ số phương sai tập hợp như sau:

$$\frac{1}{F_{\alpha/2, v_1, v_2}} \frac{S_1^2}{S_2^2} < \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} < \frac{S_1^2}{S_2^2} \frac{1}{F_{\alpha/2, v_2, v_1}} \quad (9)$$

Để tìm khoảng tin cậy cho tỷ số $\frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}$ ta sẽ giả thiết tỷ số $\frac{S_1^2}{S_2^2} = 1$ (tức là giả thiết hai dãy trị đo hoàn toàn tương đương nhau, với phương sai).

1.2. Ứng dụng phép kiểm định thống kê để đánh giá độ ổn định mốc không chế cơ sở trong quan trắc biến dạng công trình

Trong phân tích biến dạng, để đánh giá đúng sự chuyển dịch biến dạng công trình cần dựa vào các điểm ổn định thuộc không chế cơ sở. Do đó, xác định điểm nào trong lưới là điểm ổn định điểm nào là điểm không ổn định là việc làm cần thiết. Ứng dụng phép kiểm định thống kê để kiểm tra chất lượng dãy trị đo và tìm ra điểm không ổn định trong lưới được tiến hành qua các bước chính sau:

Bước 1: Tiến hành bình sai dãy trị đo để xác định vector ẩn số X, từ đó tính vector số hiệu chỉnh V làm cơ sở tính phương sai S^2 [3]:

$$S^2 = \frac{V^T P V}{v} \quad (10)$$

Trong đó: P là trọng số; v là số bậc tự do.

Bước 2: Ứng dụng phép kiểm định thống kê χ^2 tại mức α để kiểm tra chất lượng của từng dãy trị đo giữa các chu kỳ quan trắc thông qua kiểm tra các phương sai σ_i^2 . Phương sai của dãy trị đo trong các chu kỳ quan trắc phải nằm trong khoảng tin cậy như trong công thức (4).

Bước 3: Ứng dụng phép kiểm định thống kê F lấy ở mức α để kiểm tra tính thống nhất giữa hai dãy trị đo với nhau.

Nếu tỷ số $\frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}$ nằm ngoài khoảng tin cậy chứng tỏ hai dãy trị đo không được lấy từ một tập hợp, hay nói cách khác hai dãy trị đo không thống nhất.

Trong quan trắc biến dạng, lưới không chế cơ sở thuộc chu kỳ trước chỉ gồm những điểm mốc được coi là

Nghiên cứu

ổn định (những điểm không ổn định đã bị loại bỏ), khi kiểm tra tỷ số phương sai giữa hai chu kỳ quan trắc $\frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}$ với khoảng tin cậy theo công thức (9):

- Nếu nằm trong khoảng tin cậy, kết luận các điểm mốc trong lưới không chế cơ sở đều ổn định. Việc đánh giá độ ổn định kết thúc, có thể sử dụng lưới không chế cơ sở vào bước tiếp theo của công tác phân tích biến dạng.

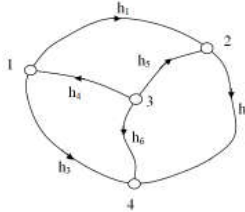
- Nếu ngoài khoảng tin cậy, kết luận chu kỳ sau có điểm không ổn định. Cần tiến hành bước thứ tư là đi tìm điểm không chế cơ sở không ổn định.

Bước 4: Tìm điểm mốc không chế cơ sở không ổn định. Bước này được thực hiện tính lặp nhích dần để phát hiện và loại bỏ từng điểm bị coi là không ổn định ra khỏi mạng lưới không chế cơ sở.

2. Thực nghiệm đánh giá độ ổn định mốc lưới không chế cơ sở trong quan trắc lún công trình

2.1. Số liệu quan trắc lún

Bảng 4. Số liệu đo lưới không chế cơ sở

TT	Chu kỳ I		Chu kỳ II		Sơ đồ đo
	Chênh cao đo h_i (m)	Trọng số (P_i)	Chênh cao đo h_i (m)	Trọng số (P_i)	
1	0.023	2	0.023	2	
2	1.114	2	1.11	2	
3	1.142	2	1.145	2	
4	0.079	1	0.078	1	
5	0.099	1	0.099	1	
6	1.216	1	1.215	1	

Trong đó:

- 1, 2, 3: Là tên điểm lưới không chế cơ sở;

- h_i với $(i = 1 \div 6)$: là tên chênh cao đo.

2.3. Kết quả tính toán

Từ kết quả bình sai lưới không chế cơ sở, ứng dụng phép kiểm định χ^2 và F để kiểm tra chất lượng dãy trị đo và tìm điểm không ổn định trong lưới không

chế cơ sở. Chia các điểm lưới không chế cơ sở của chu kỳ cần đánh giá thành hai nhóm: N và M. Nhóm M là nhóm điểm không ổn định, trong nhóm N có thể có điểm không ổn định. Sắp xếp và chia khối ΔX , $P_{\Delta X}$ theo nhóm N, M như sau [3]:

$$\Delta X^T = (\Delta X_N^T M \Delta X_M^T) \quad (11)$$

$$P_{\Delta X} = \begin{bmatrix} P_{NN} M \Delta P_{NM} \\ K.M.... \\ P_{MN} M \Delta P_{MM} \end{bmatrix} \quad (12)$$

Trong đó: ΔX là véc tơ nghiệm, $P_{\Delta X}$ là ma trận trọng số.

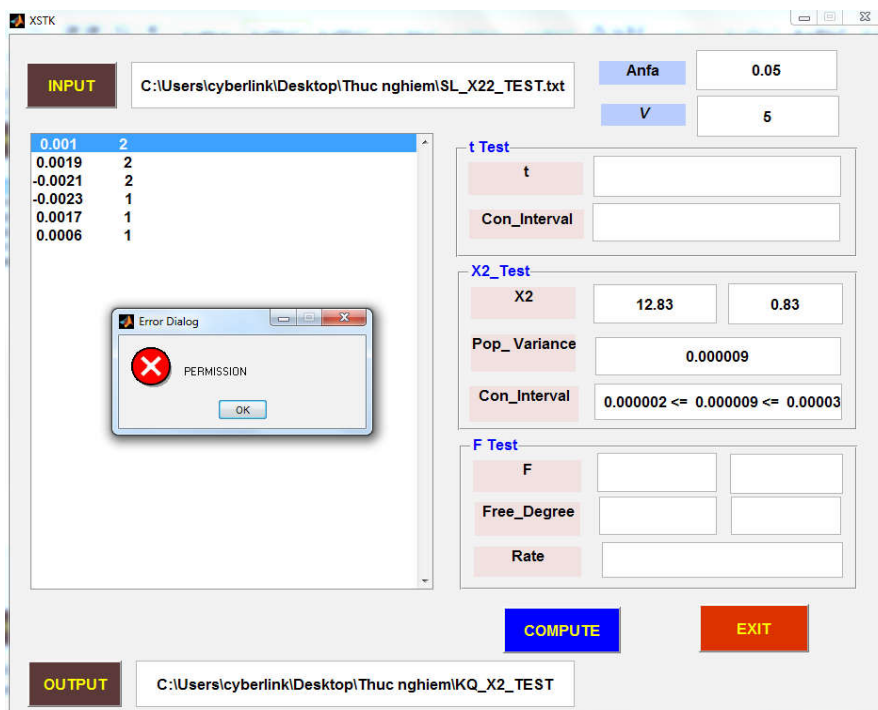
Thực hiện việc tính lặp để nhật lần lượt tất cả các điểm không ổn định từ nhóm N sang nhóm M bằng phép kiểm định F đến khi kiểm định tính thống nhất đồ hình đối với nhóm N đạt yêu cầu thì dừng lại.

chế cơ sở. Thuật toán của các phép kiểm định thống kê được viết dựa trên ngôn ngữ lập trình MATLAB.

2.3.1. Kiểm định χ^2

Ứng dụng phép kiểm định χ^2 để kiểm tra phương sai dãy trị đo các chu kỳ quan trắc. Kết quả tính toán được xuất ra một file có tên “KQ_X2_TEST” như hình 2 và hình 3:

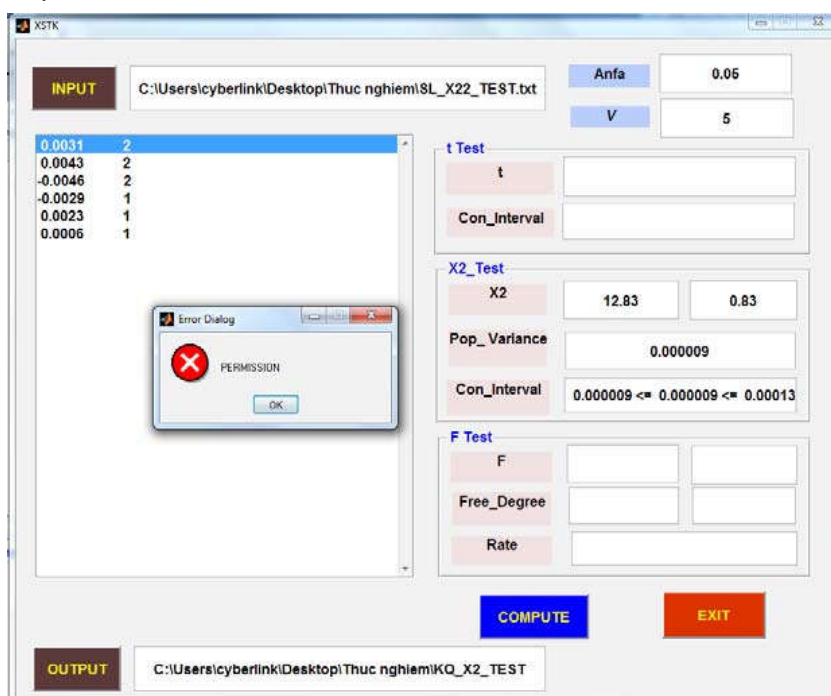
* Chu kỳ I:



Hình 2: Kết quả kiểm định χ^2 chu kỳ I

Kết luận: Dãy trị đo đạt yêu cầu (PERMISSION); với phương sai nằm trong khoảng tin cậy từ 0.000002 đến 0.000032.

* Chu kỳ II:

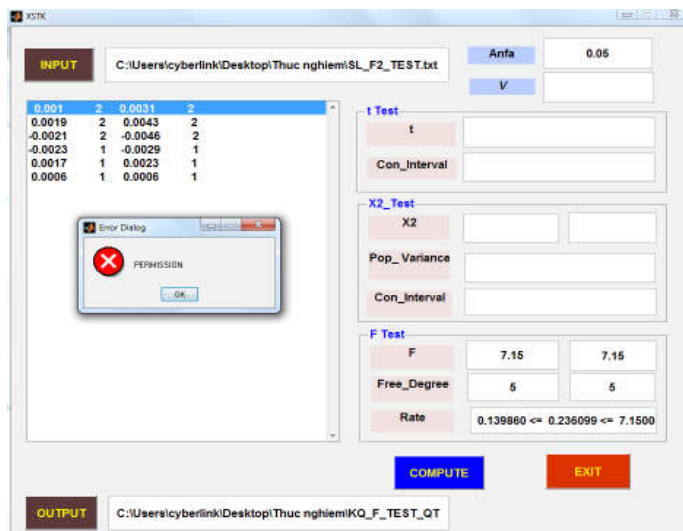


Hình 3: Kết quả kiểm định χ^2 chu kỳ II

Kết luận: Dãy trị đo đạt yêu cầu (PERMISSION); với phương sai nằm trong khoảng tin cậy từ 0.000009 đến 0.000136.

2.3.2. Kiểm định F

Ứng dụng kiểm định F, kết quả tính toán được xuất ra một file có tên “KQ_F_TEST_QT” như hình 4:



Hình 4: Kết quả kiểm định F

Dựa vào kết quả chương trình Matlab tính toán cho thấy: Hai chu kỳ I và II là thống nhất với nhau (PERMISSION); với tỷ số phương sai của hai chu kỳ quan trắc nằm trong khoảng tin cậy từ 0.139860 đến 7.150000. Kết luận: “Tất cả các điểm lưới trong chu kỳ II đều ổn định”.

3. Kết luận

Ứng dụng các phép kiểm định thống kê trong loạt số liệu đo quan trắc chuyển dịch biến dạng dựa trên cơ sở lý luận chặt chẽ. Trong đo đạc luôn tồn tại sai số cho dù là rất nhỏ, nếu dãy trị đo chứa sai số thô sẽ làm sai lệch lớn kết quả dẫn đến sai lầm trong kết luận. Bởi vậy, ứng dụng phép kiểm định thống kê χ^2 nhằm kiểm tra chất lượng dãy trị đo (thông qua kiểm tra phương sai); ứng dụng phép kiểm định thống kê F để kiểm tra tính thống nhất của đồ hình từ đó là cơ sở để phát hiện và loại bỏ những điểm bị coi là không ổn định trong mạng lưới không chế cơ sở là phương pháp hiệu quả và đảm bảo độ tin cậy.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Charles D. Ghilani; Paul R. Wolf (2006). *Adjustment Computations: Spatial Data Analysis*, Fourth Edition, John Wiley & Sons, Inc. ISBN: 978-0-471-69728-2.
- [2]. Hoàng Ngọc Hà (2006). *Bình sai tính toán lưới trắc địa và GPS*. NXB Khoa học và kỹ thuật.
- [3]. Hoàng Thanh Hường; Đoàn Huy; Tường Chinh (2001). *Xử lý số liệu quan trắc biến dạng*. (Bản dịch từ tiếng Trung Quốc của PGS. TS. Phan Văn Hiến).
- [4]. <https://onlinecourses.science.psu.edu/statprogram/node/138>.
- [5]. Phan Văn Hiến; Đặng Quang Thịnh (2009). *Cơ sở bình sai trắc địa*. NXB Nông nghiệp.
- [6]. Lê Đức Vĩnh (2006). *Giáo trình xác suất thống kê*. Trường Đại học Nông nghiệp 1.
- [7]. Wang Xinzhou; Tao Benzao; Qiu Weining; Yao Yibin (2006). *Bình sai trắc địa nâng cao* (Bản dịch của Phan Văn Hiến).