

ĐÁNH GIÁ MỨC ĐỘ PHỤ THUỘC ĐỘ CHUYỂN DỊCH CÔNG TRÌNH VÀO MỘT SỐ YẾU TỐ NGOẠI CẢNH BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH TƯƠNG QUAN TUYẾN TÍNH ĐƠN

ThS. **TRẦN NGỌC ĐÔNG**
Viện KHCN Xây dựng

Tóm tắt: Trong công tác quan trắc biến dạng công trình, độ lún và chuyển dịch ngang của công trình phụ thuộc trước hết vào tính chất cơ lý của đất nền và một số yếu tố ngẫu nhiên khác như độ ẩm, mực nước ngầm,... Tác động của các yếu tố đã nêu có thể làm thay đổi quy luật lún và chuyển dịch ngang của công trình theo thời gian. Do vậy, một trong những nhiệm vụ quan trọng của công tác quan trắc biến dạng công trình là đánh giá mức độ phụ thuộc giữa các yếu tố ngẫu nhiên với độ lún và chuyển dịch ngang công trình. Trong bài báo này, tác giả trình bày phương pháp phân tích tương quan tuyến tính đơn để đánh giá mức độ phụ thuộc của độ chuyển dịch công trình vào một số yếu tố ngoại cảnh.

1. Đặt vấn đề

Trong công tác quan trắc biến dạng công trình, độ lún và chuyển dịch ngang của công trình phụ thuộc trước hết vào tính chất cơ lý của đất nền và một số yếu tố ngẫu nhiên khác như độ ẩm, mực nước ngầm,... Tác động tổng hợp của các yếu tố đã nêu có thể làm thay đổi quy luật lún của công trình theo thời gian.

Một trong những nhiệm vụ quan trọng của công tác quan trắc biến dạng công trình là đánh giá mức độ phụ thuộc giữa các yếu tố ngẫu nhiên với độ lún và chuyển dịch ngang công trình. Các vấn đề được đặt ra là:

- Đánh giá mức độ phụ thuộc của chuyển dịch với một hoặc một số nhân tố có thể ảnh hưởng đến độ chuyển dịch đó (có tồn tại sự phụ thuộc giữa chúng không? Mức độ phụ thuộc như thế nào nếu chúng tồn tại?);
- Xác định biểu thức của hàm số mô tả mối quan hệ phụ thuộc nêu trên giữa các biến ngẫu nhiên.

Để giải quyết các vấn đề nêu trên chúng tôi áp dụng phương pháp phân tích tương quan tuyến tính đơn.

2. Phương pháp phân tích tương quan tuyến tính đơn

Giả sử ta có $\{X_i, Y_i\} \quad i = \overline{1, n}$ là một ngẫu nhiên 2 chiều thu được khi quan sát vector ngẫu nhiên (X, Y) thì hệ số tương quan mẫu r_{XY} của X và Y được xác định như sau:

$$r_{XY} = \frac{\sum_i (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{n} = \frac{\overline{XY} - \bar{X}\bar{Y}}{\sqrt{\overline{X^2} - (\bar{X})^2} \sqrt{\overline{Y^2} - (\bar{Y})^2}} \quad (1)$$

Trong đó:

$$\bar{X} = \frac{\sum_i X_i}{n}; \quad \bar{Y} = \frac{\sum_i Y_i}{n}; \quad \overline{XY} = \frac{\sum_i X_i Y_i}{n}$$
$$\overline{X^2} = \frac{\sum_i X_i^2}{n}; \quad \overline{Y^2} = \frac{\sum_i Y_i^2}{n}$$

Hệ số tương quan tính theo công thức (1) là chỉ số biểu thị cho sự tương quan giữa hai đại lượng ngẫu nhiên X và Y . Hệ số r_{XY} biến thiên từ - 1 đến + 1, nếu r_{XY} bằng + 1 hoặc - 1 thì giữa X và Y tồn tại chính xác mối liên hệ tuyến tính, tức $Y = aX + b$ hoặc $X = cY + d$. Nếu giá trị r_{XY} càng gần + 1 hoặc - 1 thì giữa X và Y tồn tại sự

tương quan mạnh và ngược lại, nếu giá trị hệ số r_{XY} càng gần 0 thì càng ít có sự liên quan giữa X và Y với nhau.

Để đánh giá độ tin cậy của hệ số tương quan tùy thuộc vào số lần quan trắc mà sử dụng các công thức sau:

a. Khi n đủ lớn ($n \geq 50$)

Tính độ lệch chuẩn của hệ số tương quan theo công thức sau:

$$\sigma_r \approx \frac{1-r^2}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

Mối quan hệ tương quan giữa 2 đại lượng X, Y coi như được thiết lập nếu thỏa mãn điều kiện:

$$|r| \geq 3\sigma_r \quad (3)$$

b. Khi $n < 50$

Khi $n < 50$ sử dụng hàm đặc biệt phân bố theo quy luật chuẩn, được gọi là tiêu chuẩn Fisher.

$$Z = \frac{1}{2} \ln \frac{1+r}{1-r} \quad (4)$$

Phương sai của đại lượng Z được tính theo công thức:

$$\sigma_Z \approx \frac{1}{\sqrt{n-3}} \quad (5)$$

Trong trường hợp này mối quan hệ tương quan giữa X và Y cũng được thiết lập với điều kiện giống như công thức (3).

Khi quan hệ tương quan giữa 2 đại lượng X và Y đã được xác lập, sẽ sử dụng hàm hồi quy tuyến tính đơn để mô tả mối quan hệ đó, hàm hồi quy có dạng:

$$Y = a.X + b \quad (6)$$

Các tham số a, b của hàm hồi quy (6) được xác định trên cơ sở n cặp trị đo (Y.X) là: $\{(Y_i, X_i)\} = \{(Y_1, X_1), (Y_2, X_2), \dots, (Y_n, X_n)\}$ theo nguyên lý số bình phương nhất:

$$\sum_{i=1}^n (Y_i - a.X_i - b)^2 = \min \quad (7)$$

Khi đó sẽ dẫn đến hệ phương trình tuyến tính:

$$\left. \begin{aligned} [X^2]a + [X]b - [XY] &= 0 \\ [X]a + nb - [Y] &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Giải hệ phương trình tuyến tính (8) và lưu ý công thức tính các hệ số r_{XY} sẽ xác định được các tham số a, b trong (8) theo công thức:

$$\left. \begin{aligned} a &= r_{XY} \cdot \frac{\sqrt{\overline{X^2} - (\overline{X})^2}}{\sqrt{\overline{Y^2} - (\overline{Y})^2}} \\ b &= \overline{Y} - a \cdot \overline{X} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

3. Đánh giá mức độ phụ thuộc độ chuyển dịch công trình vào một số yếu tố ngoại cảnh bằng phương pháp phân tích tương quan tuyến tính đơn

Quá trình đánh giá độ phụ thuộc độ chuyển dịch công trình vào một số yếu tố ngoại cảnh bằng phương pháp phân tích tương quan tuyến tính đơn được thực hiện theo các bước sau:

Bước 1: Xác định mối tương quan

Giả sử trong các chu kỳ quan trắc chúng ta thu được 2 dãy trị đo của 2 đại lượng X và Y. Khi đó chúng ta thực hiện:

- Tính hệ số tương quan ngẫu nhiên r_{XY} theo công thức (1);
- Đánh giá độ tin cậy của hệ số tương quan r_{XY} theo công thức (3).

Khi mối tương quan theo công thức (3) thỏa mãn (nhân tố có thể ảnh hưởng đến độ chuyển dịch công trình) thì chúng ta chuyển sang bước 2 là xây dựng hàm hồi quy. Còn trong trường hợp mối tương quan theo công thức (3) không thỏa mãn, có nghĩa là X không phụ thuộc vào Y (nhân tố có thể ảnh hưởng đến độ chuyển dịch, ảnh hưởng không đáng kể hoặc không ảnh hưởng đến độ chuyển dịch công trình).

Bước 2: Xây dựng hàm hồi quy

Hàm hồi quy được xây dựng có dạng như công thức (6).

Công trình thủy lợi - thủy điện là loại công trình có nhiều yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến độ chuyển dịch (biến dạng) công trình, ví dụ: sự thay đổi cao trình mực nước hồ chứa, sự thay đổi nhiệt độ thân đập, độ ẩm môi trường. Như vậy hàm hồi quy cho phép xác định mối tương quan giữa độ chuyển dịch của đập với cao trình mực nước cũng như với các yếu tố khác.

4. Ví dụ áp dụng

Ví dụ 1:

Đánh giá mức độ phụ thuộc giữa giá trị chuyển dịch của điểm quan trắc với độ cao mực nước trong hồ chứa đối với công trình thủy điện.

Trong ví dụ sẽ phân tích, đánh giá mức độ phụ thuộc giữa giá trị chuyển dịch của một điểm quan trắc với độ cao mực nước trong hồ chứa trên cơ sở số liệu quan trắc 43 chu kỳ, số liệu thu được trong từng chu kỳ gồm: độ cao mực nước hồ và giá trị chuyển dịch của một mốc quan trắc (bảng 1).

Bảng 1. Kết quả quan trắc chuyển dịch một điểm mốc trên tuyến đập thủy điện

STT	Mức nước hồ chứa H (m)	Chuyển dịch ngang Q (m)	STT	Mức nước hồ chứa H (m)	Chuyển dịch ngang Q (m)
1	86.46	0.0206	23	105.31	0.0094
2	87.56	0.0246	24	105.36	0.0063
3	87.74	0.0261	25	108.62	0.0000
4	88.11	0.0259	26	109.14	0.0135
5	90.33	0.0213	27	109.17	0.0046
6	90.48	0.0208	28	110.73	0.0087
7	91.20	0.0200	29	111.66	-0.0022
8	91.42	0.0265	30	112.18	0.0058
9	91.84	0.0241	31	112.77	-0.0002
10	92.83	0.0241	32	113.07	0.0017
11	93.86	0.0140	33	113.20	-0.0026
12	94.48	0.0184	34	114.33	-0.0013
13	94.54	0.0191	35	114.49	-0.0045
14	96.83	0.0178	36	114.54	0.0045
15	97.32	0.0192	37	115.34	0.0008
16	97.69	0.0080	38	115.64	-0.0018
17	98.34	0.0168	39	115.66	-0.0044
18	99.77	0.0108	40	116.08	-0.0016
19	102.11	0.0122	41	116.18	-0.0030
20	103.46	0.0040	42	116.42	-0.0007
21	103.52	0.0159	43	116.56	-0.0043
22	105.27	0.0070			

Việc phân tích, đánh giá chuyển dịch của điểm quan trắc được thực hiện theo 2 nội dung là kiểm tra mức độ phụ thuộc của giá trị chuyển dịch (Q) so với độ cao mực nước hồ (H) và xây dựng hàm hồi quy đặc trưng cho sự tương quan đó.

*** Xác định mối quan hệ tương quan giữa Q và H**

- Theo công thức (1) tính được hệ số tương quan r: $r_{XY} = 0.94$;
- Theo công thức (5) tính được độ lệch chuẩn σ_z : $\sigma_z = 0.16$.

Kiểm tra độ tin cậy của hệ số r theo công thức (3), xác định được rằng giữa Q và H có mối quan hệ tương quan mạnh (chuyển dịch ngang (Q) có phụ thuộc vào độ cao mực nước hồ (H)). Do đó, chuyển sang bước 2 là xây dựng hàm hồi quy cho mối quan hệ giữa 2 đại lượng đã nêu ở trên.

*** Xây dựng hàm hồi quy**

- Hàm hồi quy tuyến tính thể hiện sự phụ thuộc của chuyển dịch Q vào độ cao H có dạng:

$$Q = a.H + b$$

- Dựa vào số liệu đưa ra ở bảng 1 lập được hệ phương trình tuyến tính với ẩn số là tham số a và b.

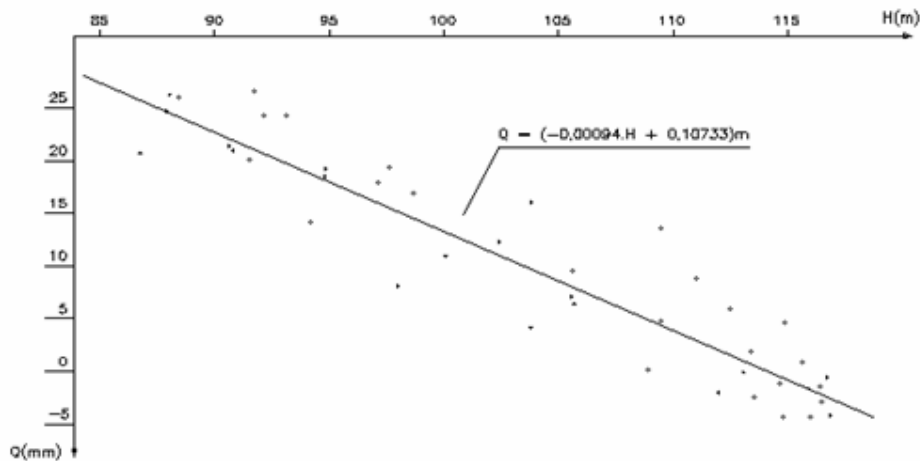
$$465207.427a + 4451.610b = 39.997$$

$$4451.610a + 43.000b = 0.426$$

Giải hệ phương trình tuyến tính trên tìm được $a = - 0.00094$ và $b = 0.10733$. Như vậy phương trình hồi quy thể hiện mối quan hệ giữa chuyển dịch ngang điểm quan trắc và mực nước sẽ là:

$$Q = - 0.00094H + 0.10733$$

Biểu đồ thể hiện hàm hồi quy tuyến tính đơn giữa Q và H được đưa ra trên hình 1.



Hình 1. Hàm hồi quy tuyến tính đơn giữa Q và H

Ví dụ 2:

Đánh giá mức độ phụ thuộc giữa giá trị độ lún của điểm quan trắc với sự thay đổi mực nước ngầm trong quá trình đào đất thi công móng và tầng hầm đối với một công trình nhà cao tầng.

Trong ví dụ sẽ phân tích, đánh giá mức độ phụ thuộc giữa giá trị độ lún của một điểm quan trắc lún nền đất với mực nước ngầm trên cơ sở số liệu quan trắc 37 chu kỳ, số liệu thu được trong từng chu kỳ gồm: độ cao mực nước ngầm và giá trị độ lún của một mốc quan trắc (bảng 2).

Bảng 2. Kết quả quan trắc độ lún nền đất một điểm mốc

STT	Mức nước ngầm H (m)	Độ lún S (m)	STT	Mức nước ngầm H (m)	Độ lún S (m)
1	-9.03	-0.00005	20	-8.88	-0.03960
2	-8.99	-0.00032	21	-8.73	-0.03925
3	-9.04	-0.00016	22	-8.71	-0.03984
4	-9.05	-0.00041	23	-8.63	-0.03983
5	-9.16	-0.00055	24	-8.62	-0.03999
6	-9.12	-0.00642	25	-8.53	-0.04063
7	-9.10	-0.01706	26	-8.49	-0.04141
8	-9.13	-0.02020	27	-8.48	-0.04123
9	-9.19	-0.02214	28	-8.53	-0.04181
10	-9.21	-0.02289	29	-8.51	-0.04223
11	-9.21	-0.02293	30	-8.53	-0.04318
12	-9.22	-0.02513	31	-8.49	-0.04346
13	-9.23	-0.02493	32	-8.53	-0.04426
14	-9.19	-0.03062	33	-8.51	-0.04468
15	-9.14	-0.03721	34	-8.51	-0.04480
16	-9.15	-0.03794	35	-8.53	-0.04473
17	-9.10	-0.03830	36	-8.49	-0.04427
18	-8.99	-0.03895	37	-8.53	-0.04459
19	-8.93	-0.03908			

Việc phân tích, đánh giá chuyển dịch của điểm quan trắc được thực hiện theo 2 nội dung là kiểm tra mức độ phụ thuộc của giá trị chuyển dịch (S) so với độ cao mực nước ngầm (H) và xây dựng hàm hồi quy đặc trưng cho sự tương quan đó.

*** Xác định mối quan hệ tương quan giữa S và H**

- Theo công thức (1) tính được hệ số tương quan r: $r_{xy} = -0.68$;
- Theo công thức (5) tính được độ lệch chuẩn σ_z : $\sigma_z = 0.17$.

Kiểm tra độ tin cậy của hệ số z theo công thức (3), xác định được rằng giữa S và H có mối quan hệ tương quan (độ lún (S) có phụ thuộc vào mực nước ngầm (H)). Do đó, chuyển sang bước 2 là xây dựng hàm hồi quy cho mối quan hệ giữa 2 đại lượng đã nêu ở trên.

*** Xây dựng hàm hồi quy**

- Hàm hồi quy tuyến tính thể hiện sự phụ thuộc của chuyển dịch S vào độ cao H có dạng:

$$S = a.H + b$$

- Dựa vào số liệu đưa ra ở bảng 2 lập được hệ phương trình tuyến tính với ẩn số là tham số a và b.

$$2900.320a - 327.410b = 10.023$$

$$- 327.410a + 37.000b = - 1.145$$

Giải hệ phương trình tuyến tính trên tìm được a = - 0.03546 và b = - 0.34475. Như vậy phương trình hồi quy thể hiện mối quan hệ giữa chuyển dịch ngang điểm quan trắc và mực nước ngầm sẽ là:

$$S = - 0.03546H - 0.34475$$

5. Kết luận

- Phương pháp phân tích tương quan tuyến tính đơn dùng để đánh giá mức độ phụ thuộc của chuyển dịch với một nhân tố có thể ảnh hưởng đến độ chuyển dịch đó hoàn toàn thích hợp. Phương pháp này giúp chúng ta biết được nhân tố mà chúng ta nghi ngờ là có thể ảnh hưởng đến độ chuyển dịch công trình thực ra nó có ảnh

hường hay không và khi có ảnh hưởng thì mức độ phụ thuộc của nhân tố này đến độ chuyển dịch công trình như thế nào;

- Xây dựng hàm hồi quy là xây dựng hàm số mô tả mối quan hệ phụ thuộc của chuyển dịch với một nhân tố có thể ảnh hưởng đến độ chuyển dịch đó;

- Các công thức tính toán ở trên hoàn toàn chặt chẽ và dễ triển khai lập trình trên máy tính.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. PHAN VĂN HIẾN và nnk. Trắc địa công trình. *Nhà Xuất bản Giao thông vận tải, Hà Nội, 1999.*
2. TRẦN KHÁNH, NGUYỄN QUANG PHÚC. Quan trắc và phân tích biến dạng công trình. *Nhà Xuất bản Giao thông vận tải, Hà Nội, 2010.*
3. MIKHELEV.D.X. và nnk. Trắc địa công trình. *Nhà Xuất bản "Đại học", Moskva-2001 (tiếng Nga).*