

XÁC ĐỊNH THỜI GIAN TRỄ CHUYỂN DỊCH SO VỚI THỜI ĐIỂM TÁC ĐỘNG CỦA TÁC NHÂN GÂY CHUYỂN DỊCH

TS. Lê Đức Tình, PGS.TS. Trần Khánh
Trường Đại học Mở Địa chất

Tóm tắt: Bài báo có nội dung khảo sát phương pháp xác định thời gian trễ chuyển dịch công trình so với thời điểm tác động của tác nhân chủ yếu gây nên chuyển dịch của các đối tượng quan trắc. Việc xác định thời gian trễ chuyển dịch không những cho phép đánh giá chính xác mối tương quan giữa chuyển dịch và tác nhân gây ra chuyển dịch đó mà còn giúp cho việc hoạch định thời điểm quan trắc một cách hợp lý.

Abstract: The paper presents the determination of time delay shift with the time of the impacts that cause the displacement of the subjects of monitoring. The determination of the time delay not only allows for accurate assessment of the relationship between displacements and their causes, it also helps the planning the suitable time of monitoring.

1. Đặt vấn đề

Quan trắc chuyển dịch biến dạng công trình là công tác trắc địa độ chính xác cao, vì vậy để bảo đảm độ tin cậy của kết quả quan trắc cần phải áp dụng các giải pháp kỹ thuật hợp lý, đề ra những giải pháp hợp lý trong tổ chức đo đạc ngoại nghiệp và tính toán xử lý số liệu đối với các mạng lưới trắc địa được thành lập cho mục đích khảo sát biến dạng mặt đất và công trình.

Sự thay đổi áp lực tác động đến công trình thường dẫn đến sự thay đổi quá trình chuyển dịch của chính công trình đó. Thông thường, phản ứng của công trình (thể hiện qua giá trị chuyển dịch) xảy ra muộn hơn so với thời điểm tác động của tác nhân gây ra chuyển dịch. Sự không đồng bộ về thời gian như nêu ở trên được gọi là thời gian trễ chuyển dịch. Việc xác định thời gian trễ chuyển dịch không những cho phép đánh giá chính xác mối tương quan giữa chuyển dịch và tác nhân gây ra chuyển dịch đó mà còn giúp cho việc hoạch định thời điểm quan trắc một cách hợp lý [4, 6, 7].

2. Cơ sở lý thuyết của việc xác định thời gian trễ chuyển dịch công trình

2.1. Xác định thời gian trễ chuyển dịch công trình theo hệ số tương quan

Trong tài liệu [6], đã đề xuất phương pháp xác định thời gian trễ chuyển dịch bằng cách so sánh hệ số tương quan, nội dung của phương pháp dựa trên cơ sở lý luận sau:

Giả sử trong quá trình quan trắc thu được 2 chuỗi giá trị định lượng tại các chu kỳ đo: chuỗi giá trị của tác nhân gây ra chuyển dịch $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ và chuỗi giá trị chuyển dịch $q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$.

Mối quan hệ tương quan giữa chuyển dịch (q) và tác nhân gây ra chuyển dịch (X) được xác lập thông qua hệ số tương quan $r_{(X,q)}$ và được tính theo công thức:

$$r_{(X,q)} = \frac{M(X, q)}{M(X) \cdot M(q)} \quad (1)$$

Trong đó: $M(X)$, $M(q)$ tương ứng là sai số trung phương của các đại lượng X , q ; $M(X, q)$ là mô men tương quan bậc 2, được xác định theo công thức:

$$M(X, q) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(q_i - \bar{q}) \quad (2)$$

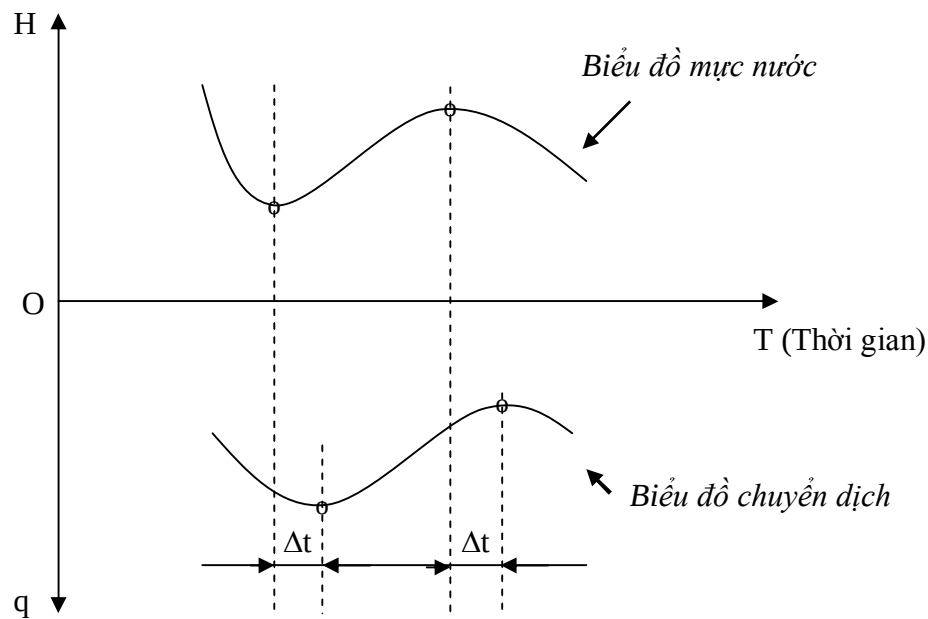
Trước hết, dựa vào số liệu quan trắc để lập đồ thị biểu diễn biến động của tác nhân gây chuyển dịch X và biến động của chuyển dịch q . Ban đầu, tính hệ số tương quan giữa X và q theo số liệu quan trắc. Tiếp theo, thực hiện dịch chuyển tịnh tiến biểu đồ chuyển dịch so với biểu đồ của tác nhân (với khoảng thời gian dịch chuyển tịnh tiến là Δt) và tính hệ số tương quan mới giữa X và q . Mỗi lần dịch chuyển tịnh tiến như vậy sẽ tính được một giá trị hệ số tương quan. Thời gian trễ chuyển dịch của công trình chính là khoảng thời gian tịnh tiến đồ thị Δt , cho đến khi mà hệ số tương quan đạt giá trị lớn nhất.

2.2 Xác định thời gian trễ chuyển dịch theo cực trị hàm hồi quy

Thực tế cho thấy rằng, dựa trên cơ sở chuỗi kết quả quan trắc trong các chu kỳ có thể xây dựng được hàm hồi quy để mô tả chuyển dịch công trình cũng như tác nhân gây chuyển dịch. Trong tài liệu [3], chúng tôi đã đề xuất phương pháp xác định thời gian trễ của chuyển dịch công trình bằng cách phân tích và so sánh thời điểm xảy ra cực trị của hàm hồi quy chuyển dịch và hàm hồi quy tác nhân gây chuyển dịch. Ý tưởng của đề xuất dựa trên giả thiết về mối quan hệ tuyến tính giữa chuyển dịch và tác nhân gây chuyển dịch, từ đó dựa vào sự lệch pha thời điểm xảy ra cực trị của các hàm hồi quy để xác định thời gian trễ chuyển dịch.

Giả sử hàm hồi quy thể hiện chuyển dịch là $q = f(t)$, hàm số thể hiện tác nhân gây chuyển dịch (ví dụ như sự biến động mực nước trong hồ chứa H) là $H = \varphi(t)$. Thời điểm mà 2 hàm số trên đạt giá trị cực đại hoặc cực tiểu được xác định thông qua việc giải 2 phương trình vi phân: $f'(t) = 0$ và $\varphi'(t) = 0$. Kí hiệu các nghiệm tương ứng của 2 phương trình trên là t_1 và t_2 . Khi đó thời gian trễ của chuyển dịch được tính theo công thức (hình 1).

$$\Delta t = t_1 - t_2 \quad (3)$$



Hình 1. Độ trễ chuyển dịch công trình

Quy trình tính toán xác định thời gian trễ chuyển dịch theo phương pháp phân tích cực trị hàm hồi quy được thể hiện thông qua ví dụ sau:

Giả sử theo kết quả quan trắc trong n chu kỳ, chuyển dịch (q) và độ cao mực nước hồ chứa (H) của một công trình thủy điện được biểu diễn bằng các hàm hồi quy tuần hoàn dạng [1, 2, 5]:

$$q_t = a_0 + a_1 \cdot \sin(w_1 t) + a_2 \cdot \cos(w_1 t) + a_3 t \quad (4)$$

$$H_t = b_0 + b_1 \cdot \sin(w_2 t) + b_2 \cdot \cos(w_2 t) + b_3 t \quad (5)$$

Hàm (4) đạt cực trị tại thời điểm:

$$t_1 = \frac{\varphi_1 - \alpha_1 + 2k\pi}{\omega_1}$$

$$\text{Với: } \alpha = -\frac{a_3}{\omega \sqrt{a_1^2 + a_2^2}}; \sin \varphi_1 = \frac{a_1}{\sqrt{a_1^2 + a_2^2}};$$

Hàm (5) đạt cực trị tại thời điểm:

$$t_2 = \frac{\varphi_2 - \alpha_2 + 2k\pi}{\omega_2}$$

$$\text{Với: } \alpha_2 = -\frac{b_3}{\omega_2 \sqrt{b_1^2 + b_2^2}}; \sin \varphi_2 = \frac{b_1}{\sqrt{b_1^2 + b_2^2}};$$

Từ đó, kết hợp với công thức 3 tính được thời gian trễ chuyển dịch:

$$\Delta t = t_1 - t_2 = \frac{\varphi_1 - \alpha_1 + 2k\pi}{\omega_1} - \frac{\varphi_2 - \alpha_2 + 2k\pi}{\omega_2} \quad (6)$$

3. Ví dụ về tính độ trễ chuyển dịch công trình thủy điện

Để minh chứng cho các luận cứ phương pháp xác định độ trễ chuyển dịch nêu trong mục 2.2, chúng tôi đã tiến hành thực nghiệm với số liệu quan trắc chuyển dịch của một điểm quan trắc tại tuyến đập thủy điện Hòa Bình [4]. Chuyển dịch ngang của điểm quan trắc PVM2 được đo trong 59 chu kỳ, số liệu quan trắc được đưa ra trong bảng 1, gồm có: thời gian đo, độ cao mực nước trong hồ chứa, giá trị chuyển dịch ngang theo hướng áp lực (được tính so với chu kỳ tham chiếu, thực hiện ngày 10/01/2005).

Bảng 1. Chuyển dịch điểm PVM2 trên tuyến đập thủy điện

STT	Thời gian đo	Độ cao mực nước	Chuyển dịch (mm)	STT	Thời gian đo	Độ cao mực nước	Chuyển dịch (mm)
1	10/1/2005	110.29	0.0	31	09/8/2007	93.60	-15.0
2	15/2/2005	105.02	0.3	32	29/8/2007	111.23	-11.0
3	8/3/2005	101.64	0.2	33	09/10/2007	116.46	-10.3
4	15/4/2005	92.39	5.7	34	08/11/2007	116.84	-6.5
5	10/5/2005	85.57	-8.3	35	10/12/2007	116.05	-7.2
6	2/6/2005	78.56	-9.6	36	11/1/2008	111.80	-7.2
7	11/7/2005	95.12	-5.7	37	20/02/2008	108.88	-9.5
8	10/8/2005	96.44	-10.5	38	20/3/2008	104.51	-13.7
9	31/8/2005	113.84	-4.6	39	14/4/2008	101.47	-14.4
10	13/10/2005	116.59	-5.2	40	15/5/2008	92.52	-19.3
11	30/11/2005	116.85	-3.1	41	12/6/2008	85.89	-20.2
12	17/1/2006	116.66	-3.8	42	10/7/2008	102.07	-17.2
13	20/2/2006	112.22	-2.3	43	13/8/2008	102.76	-21.4
14	13/3/2006	111.12	-2.2	44	03/9/2008	106.48	-13.4
15	6/4/2006	94.84	-4.8	45	02/10/2008	116.65	-18.7
16	16/5/2006	93.95	-12.3	46	14/11/2008	117.22	-12.0
17	12/6/2006	82.04	-5.7	47	11/12/2008	116.56	-11.5
18	13/7/2006	98.99	-4.5	48	19/01/2009	116.13	-13.0
19	8/8/2006	108.00	-8.9	49	16/02/2009	111.79	-13.0
20	25/9/2006	114.76	-10.1	50	05/03/2009	109.56	-16.2
21	09/10/2006	116.62	-4.9	51	13/4/2009	105.62	-13.6
22	9/11/2006	116.64	-2.5	52	11/5/2009	98.55	-14.4
23	15/12/2006	116.25	-2.9	53	11/6/2009	90.83	-17.5

24	16/1/2007	114.49	-1.2	54	14/7/2009	101.15	-19.0
25	05/2/2007	112.10	1.0	55	14/8/2009	98.37	-19.5
26	05/3/2007	109.60	-7.5	56	15/9/2009	110.44	-20.6
27	09/4/2007	101.74	-11.4	57	9/10/2009	114.22	-19.7
28	16/5/2007	94.84	-13.6	58	18/11/2009	114.50	-19.0
29	12/6/2007	85.45	-11.6	59	7/12/2009	116.14	-21.6
30	09/7/2007	97.55	-13.5				

3.1. Xác định tham số hàm hồi quy

Phân tích sơ bộ đồ thị chuyển dịch và đồ thị biến động mực nước trong hồ chứa theo thời gian cho thấy, cả hai biểu đồ trên đều có tính tuần hoàn (hình 2). Trong bài báo đã chọn sử dụng hàm 4, 5 để mô tả sự biến thiên của cả 2 đại lượng trên (q và H) theo thời gian. Trên cơ sở số liệu quan trắc nêu ra trong bảng 1, theo nguyên lý số bình phương nhỏ nhất xác định được tham số của các hàm hồi quy (4, 5) như sau:

a. Phương trình thể hiện mô hình chuyển dịch theo thời gian với các tham số:

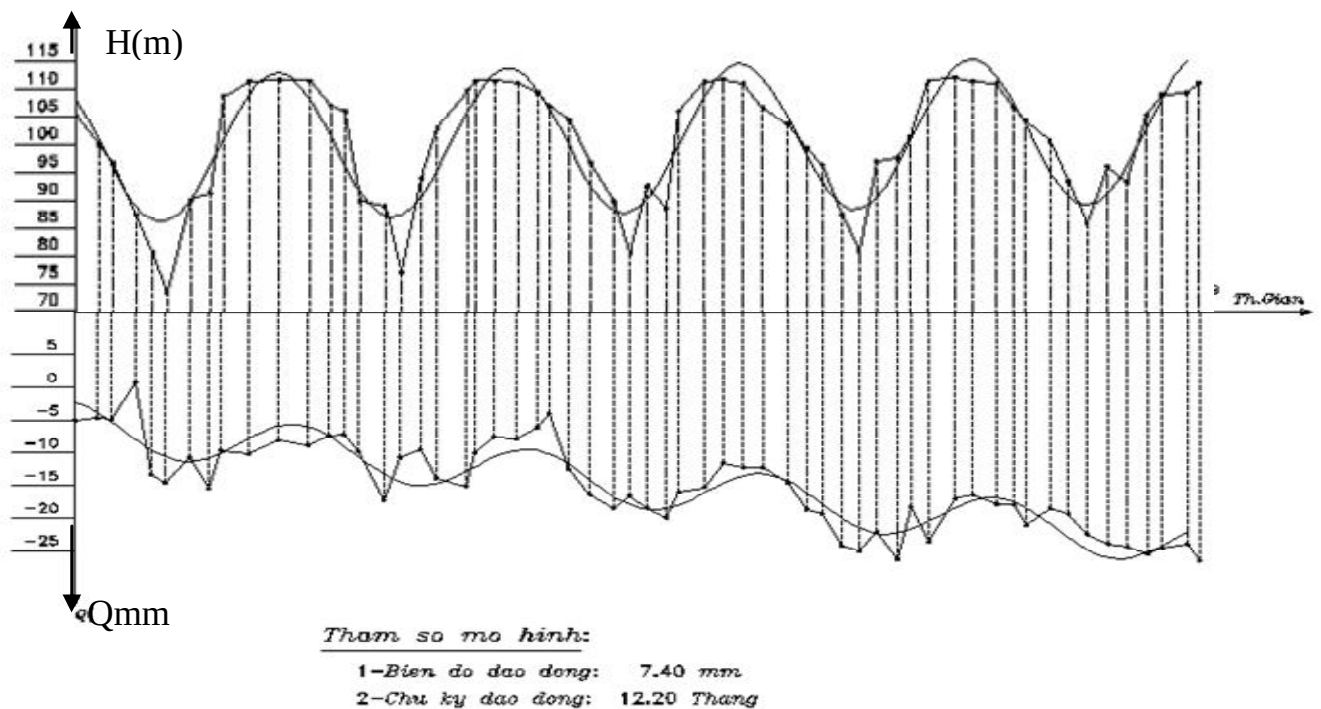
$$q_t = -0.81 - 0.89 \times \sin(0.52.t) + 3.59 \times \cos(0.52.t) - 0.31 \times t$$

- Sai số mô hình: $m = 3.0 \text{ mm}$;
- Biên độ chuyển dịch: $T_1 = 7.4 \text{ mm}$;
- Chu kỳ chuyển dịch: $P_1 = 12.2 \text{ tháng}$.

b. Phương trình thể hiện mô hình biến động độ cao mực nước trong hồ chứa theo thời gian:

$$H_t = 104.07 - 9.92 \times \sin(0.52.t) + 8.94 \times \cos(0.52.t) + 0.06 \times t$$

- Biên độ dao động mực nước: $T_2 = 26.7 \text{ m}$;
- Chu kỳ dao động mực nước: $P_2 = 12.15 \text{ tháng}$.



Hình 2. Biểu đồ mô hình chuyển dịch điểm quan trắc và dao động mực nước hồ

3.2 Xác định độ trễ chuyển dịch

Xác định thời gian trễ chuyển dịch được thực hiện theo phương pháp so sánh thời điểm mà hàm số thể hiện độ cao mực nước hồ và hàm số chuyển dịch đạt cực trị (hình 2). Số liệu so sánh được đưa ra trong bảng 2 (thời điểm mà các hàm số trên đạt cực trị tính theo đơn vị tháng và được so sánh tương đối so với thời điểm đo chu kỳ 1).

Kết quả so sánh cho thấy, thời gian trễ của chuyển dịch so với tác động của áp lực nước trong hồ chứa nằm trong khoảng từ 1.2 đến 1.5 tháng. Như vậy có thể đánh giá chung là, thời gian trễ chuyển dịch xảy ra chậm hơn so với tác động của áp lực nước trung bình là 1.35 tháng (khoảng 40 ngày).

Bảng 2. So sánh thời điểm cực trị của hàm chuyển dịch và hàm tuần hoàn

Thời gian Tham số	Thời gian hàm số mô hình đạt cực trị (tháng- so với chu kỳ 1)								
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Mực nước	4.5	10.5	16.6	22.7	28.7	34.8	40.9	47.0	53.0
Chuyển dịch	5.7	11.8	17.9	24.0	30.1	36.2	42.3	48.4	54.5
Thời gian trễ (tháng)	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5

4. Kết luận

Từ những kết quả khảo sát lý thuyết và ví dụ minh họa, có thể rút ra một số kết luận sau:

- Cần phải tính đến thời gian trễ của chuyển dịch trong các phân tích biến dạng công trình. Việc xác định thời gian trễ chuyển dịch không những cho phép đánh giá hợp lý mối quan hệ giữa chuyển dịch và tác nhân gây ra chuyển dịch đó mà còn giúp cho việc hoạch định thời điểm quan trắc một cách hợp lý, có tác dụng thiết thực để nâng cao hiệu quả của công tác quan trắc và phân tích chuyển dịch biến dạng công trình;

- Việc khảo sát xác định thời gian trễ của chuyển dịch công trình dựa trên việc phân tích, so sánh thời điểm xảy ra cực trị của hàm hồi quy chuyển dịch và hàm hồi quy tác nhân gây ra chuyển dịch đưa ra trong bài báo có tính chặt chẽ và thuận tiện cho việc triển khai lập trình tính toán trên máy tính điện tử.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. TRẦN KHÁNH, NGUYỄN QUANG PHÚC, Quan trắc chuyển dịch và biến dạng công trình. NXB Giao thông vận tải, 2010.
2. TRẦN KHÁNH, LÊ ĐỨC TÌNH, "Ứng dụng phương pháp phân tích tương quan để đánh giá chuyển dịch công trình", Tạp chí KHKT Mỏ - Địa chất, (31), 2010.
3. LÊ ĐỨC TÌNH, "Ứng dụng phương pháp thống kê để phân tích biến dạng công trình thủy điện trong điều kiện Việt Nam", Báo cáo tổng kết đề tài hỗ trợ NCS, mã số N2010-31, 2012.
4. Nhà máy thủy điện Hòa Bình (2005-2011), Báo cáo tình trạng công trình qua kết quả quan trắc các năm 2005- 2011.
5. US.Army Corps of engineers, Structural Deformation Surveying, 2002.
6. ЗАЙЦЕВ А. К. И ДР., Геодезические методы исследования деформаций сооружения, изд-во "недра", Москва, 1991.
7. ЯЩЕНКО В.Р., Геодезические исследования вертикальных движений земной поверхности, изд-во "недра", Москва, 1989.