

# ĐÁNH GIÁ ĐỘ ỔN ĐỊNH MỐC LƯỚI ĐỘ CAO CƠ SỞ BẰNG THUẬT TOÁN BÌNH SAI LƯỚI TỰ DO PHỤC VỤ QUAN TRẮC LÚN CÔNG TRÌNH

ThS. Nguyễn Thị Ánh Tuyết  
Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật Thành Phố Hồ Chí Minh

## TÓM TẮT:

Bài báo đánh giá kết quả tính toán một chương trình thương mại phổ biến trong công tác theo dõi, kiểm tra tính ổn định của công trình bằng thuật toán bình sai lưới tự do. Từ đó, có thể đưa ra kết luận về độ tin cậy khi sử dụng chương trình này trong công tác quan trắc lún và ngang công trình. Thêm vào đó, nghiên cứu cũng đưa ra hệ thống công thức và quy trình tính toán cụ thể để triển khai phương pháp xử lý số liệu này vào công trình Nhà máy Thủy điện Buôn Tua Srah – Đắk Lắk.

## 1. GIỚI THIỆU

Xây dựng hệ thống mốc cơ sở (mốc chuẩn) và kiểm soát, đánh giá độ ổn định của hệ thống mốc này luôn là một trong những khâu quan trọng đối với công tác quan trắc chuyển dịch công trình. Với những công trình cấp 1, có các hạng mục quy mô lớn và kết cấu phức tạp, để bảo đảm công trình vận hành an toàn và hiệu quả, công tác quan trắc lún và ngang nhằm theo dõi, kiểm tra tính ổn định của công trình trong thời gian đầu xây dựng và vận hành sau này là rất cần thiết.

Trên thế giới, bài toán có liên quan đến đề tài đã được nghiên cứu, ứng dụng rộng rãi, Mikhelev và cộng sự (1977) bàn về các công tác trắc địa trong nghiên cứu biến dạng công trình. Trong khi đó, tại Việt Nam có thể thấy bài toán đánh giá hệ thống mốc quan trắc biến dạng bằng thuật toán bình sai lưới tự do vẫn chưa được nghiên cứu và áp dụng phổ biến. Tác giả đã tìm thấy một số nghiên cứu trong nước có liên quan trực tiếp đến đề tài. Đào Xuân Lộc (2003) đã khảo sát độ ổn định mốc gốc trong quan trắc lún công trình cũng như sử dụng thuật toán bình sai lưới tự do để phân tích dữ liệu quan trắc cùng với Chu Mạnh Hùng (2009). Một nghiên cứu khác liên quan đến quan trắc biến dạng như Trần Khánh 2005.

DPSurvey là phần mềm xử lý số liệu trắc địa - bản đồ (ước tính, bình sai, đánh giá độ ổn định mốc lún, mốc chuyển dịch ngang công

trình, chuyển đổi các hệ tọa độ, tính toán xử lý số liệu đo vẽ chi tiết, ...). Đây là phần mềm chuyên dụng để tự động hoá công tác xử lý số liệu Trắc địa-bản đồ trên máy tính. Phần mềm liên tục được cập nhật, bổ sung cho phù hợp với yêu cầu thực tế sản xuất và sự phát triển của khoa học công nghệ.

## 2. THUẬT TOÁN VÀ QUY TRÌNH BÌNH SAI LƯỚI TỰ DO

### 2.1. Thuật toán

Phương pháp bình sai lưới tự do dựa trên giả thuyết “Độ cao trung bình của các mốc ổn định là không đổi”.

Xử lý số liệu lưới quan trắc theo phương pháp bình sai tự do được thực hiện theo thuật toán sau:

1. Coi độ cao tất cả các điểm trong lưới là ẩn số, thành lập hệ phương trình số hiệu chỉnh đối với tập hợp trị đo trong lưới:

$$A \cdot \partial x + L = V \quad (2.1)$$

2. Lập hệ phương trình chuẩn

$$R \cdot \partial x + b = 0 \quad (2.2)$$

$$R = A^T \cdot P \cdot A; b = A^T \cdot P \cdot L$$

3. Xác lập điều kiện định vị lưới

$$C \cdot \partial x = 0 \quad (2.3)$$

4. Tính ma trận giả nghịch đảo

$$R^{-1} = (R + C^T P_0 C - T^T P_0^{-1} T) \quad (2.4)$$

5. Tính vector nghiệm và tọa độ bình sai

$$\partial x = -R^{-1} \cdot b \quad (2.5)$$

$$X = X_0 + \partial x$$

6. Đánh giá độ chính xác lưới

- Sai số trung phương đơn vị trọng số
- Sai số của các đại lượng sau bình sai

Chọn vector định vị C theo quy tắc:

$$C_i = B_i - \text{nếu } i \text{ là điểm khống chế cố định} \quad (2.6)$$

$$C_i = 0 - \text{nếu } i \text{ là điểm không ổn định}$$

$$\text{Đối với lưới độ cao } B_i = 1 \quad (2.7)$$

"Điểm khống chế được coi là ổn định nếu chênh lệch độ cao của điểm ở các chu kỳ đang xét không vượt quá sai số giới hạn xác định độ chênh lệch đó".

$$|S| \leq t \cdot M_S \quad (2.8)$$

trong đó:

S,  $M_S$  là độ lún và sai số trung phương tương ứng  
t là hệ số xác định sai số giới hạn

## 2.2. Quy trình tính toán

Với các công thức (2.6) và (2.8) chúng ta đã có đủ điều kiện để bình sai và định vị lưới khống chế, tuy nhiên 2 công thức trên lại có quan hệ ràng buộc, tương hỗ lẫn nhau: việc định vị lưới theo quy tắc (2.6) chỉ có thể thực hiện sau khi đã xác định các mốc ổn định, được kiểm tra theo tiêu chuẩn (2.8). Ngược lại, chỉ sau khi định vị xong lưới chúng ta mới có thể đánh giá được mức độ ổn định của từng mốc trong hệ thống. Do đó không thể triển khai tính toán đồng thời theo cả 2 công thức (2.6) và (2.8) mà chỉ có thể thực

hiện trình tuần tự theo từng công thức, nên giải pháp hợp lý trong trường hợp này là thực hiện tình toán nhích dần theo quy trình tính toán như sau:

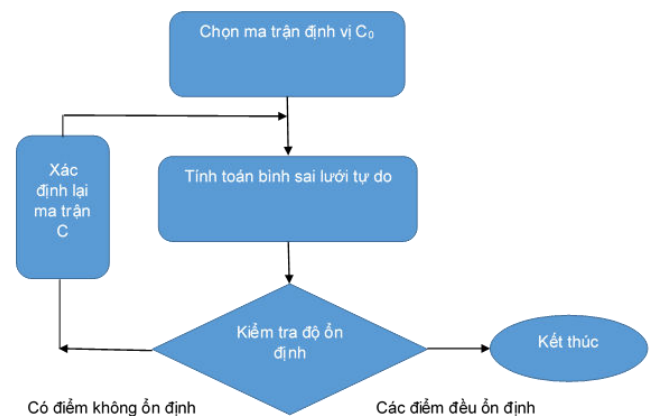
**Bước 1:** Trong chu kỳ đầu thực hiện xử lý mạng lưới khống chế theo phương pháp bình sai lưới tự do (với hệ độ cao gần đúng tùy chọn).

**Bước 2:** Trong chu kỳ đang xét (chu kỳ n), giả định tất cả các điểm khống chế trong lưới là ổn định, thực hiện tình toán bình sai và định vị lưới với điều kiện  $C_i = B_i$  (với vector độ cao gần đúng được chọn bằng độ cao bình sai của chu kỳ 1. Tính giá trị chênh lệch độ cao của tất cả các điểm trong lưới và áp dụng tiêu chuẩn (2.8) để xác định các điểm mốc ổn định.

**Bước 3:** Có thể xảy ra một trong hai khả năng sau:

Nếu phát hiện một số mốc khống chế không ổn định (theo tiêu chuẩn 2.8) thì sẽ loại một điểm có độ lệch lớn nhất ra khỏi tập hợp điểm khống chế và quay lại thực hiện việc kiểm tra từ bước 2.

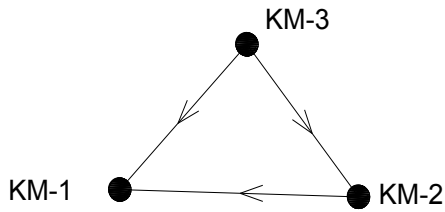
Quy trình trên được thể hiện bằng sơ đồ như sau:



## 3. TÍNH TOÁN ỨNG DỤNG TRÊN MẠNG LƯỚI QUAN TRẮC LÚN NHÀ MÁY THỦY ĐIỆN BUỒN TUA SRAH (ĐẮK LẮK)

### 3.1. Đánh giá độ ổn định cụm mốc cơ sở KM1, KM2, KM3

Sơ đồ đo thủy chuẩn cụm mốc (KM1, KM2, KM3)



**Bảng 3.1. Kết quả đo thủy chuẩn hạng II**

STT	N	Tuyến	dh0(m)	dh(m)
1	2	KM3-KM2	-2.1299	-2.135
2	2	KM2-KM1	1.0327	1.0372
3	2	KM1-KM3	1.0972	1.0979

Chu kỳ 0: Bình sai lưới tự do với ma trận định vị:  
 $C^T = (1 \ 1 \ 1)$ .

**Bảng 3.2. Kết quả bình sai chu kỳ 0**

STT	Tên mốc	Độ cao bình sai (m)
1	KM3	512.2253
2	KM2	510.0954
3	KM1	511.1281

Chu kỳ 2: Xử lý số liệu lưới được thực hiện theo quy trình lặp

- **Bước 1:** Bình sai lưới tự do với ma trận định vị:  $C^T = (1 \ 1 \ 1)$ .

1- Ma trận hệ số hệ phương trình số hiệu chỉnh

Trọng số P	Hệ số phương trình số hiệu chỉnh			Số hạng tự do li
	KM1	KM2	KM3	
1	0	1	-1	5.1
1	1	-1	0	-4.5
1	-1	0	1	-0.7

2- Ma trận A

0	1	-1
1	-1	0
-1	0	1

3- Ma trận P

1	0	0
0	1	0
0	0	1

4- Ma trận chuyển vị  $A^T$

0	1	-1
1	-1	0
-1	0	1

5- Ma trận  $A^T P$

0	1	-1
1	-1	0
-1	0	1

6- Ma trận hệ số hệ phương trình chuẩn  $R = A^T P A$

2	-1	-1	1
-1	2	-1	1
-1	-1	2	1
1	1	1	0

7- Ma trận giả nghịch đảo

0.2	-0.1	-0.1	0.3
-0.1	0.2	-0.1	0.3
-0.1	-0.1	0.2	0.3
0.3	0.3	0.3	0.0

8-  $b = A^T P A L$

-3.8	-3.8	-3.8
9.6	9.6	9.6
-5.8	-5.8	-5.8

9- Nghiệm phương trình

$\delta_{KM1}$	-1.3
$\delta_{KM2}$	3.2
$\delta_{KM3}$	-1.9

So sánh với điều kiện ổn định (3.1), nhận thấy mốc KM2 dịch chuyển là có thật.

- **Bước 2:**

1- Chọn lại ma trận C: Mốc KM2 có độ lệch vượt quá lớn so với giới hạn sai số, do đó phải chọn lại ma trận C:

$$C^T = (1.000 \ 0.000 \ 1.000)$$

2- Ma trận R

2	-1	-1	1
-1	2	-1	0
-1	-1	2	1
1	0	1	0

3- Ma trận giả nghịch đảo

0.2	-0.1	-0.1	0.3
-0.1	0.2	-0.1	0.3
-0.1	-0.1	0.2	0.3
0.3	0.3	0.3	0.0

4-  $b = A^T PAL$

-3.8	-3.8	-3.8
9.6	9.6	9.6
-5.8	-5.8	-5.8

5- Nghiệm phương trình

0.33	KM1	-0.3
4.80	KM2	-4.8
-0.33	KM3	0.3

6- Kết quả xử lý

S	Tên điểm	Hi (m)	Độ lún (mm)	Đánh giá
1	KM-01	511.1281	-0.3	Ổn định
2	KM-02	510.0906	-4.8	Không ổn định
3	KM-03	512.2256	0.3	Ổn định

**Bảng 3.3. Kết quả đánh giá độ ổn định cụm mốc (KM-01, KM-02, KM-03) – dùng DP Survey**

S	Tên điểm	Hi (m)	Độ lún (mm)	mHi (mm)	Đánh giá
1	KM-01	511.1278	-0.3	0.00	Ổn định
2	KM-02	510.0906	-4.8	0.04	Không ổn định
3	KM-03	512.2256	0.3	0.00	Ổn định

**3.2. Nhận xét:**

Với kết quả tính toán cho lưới độ cao cơ sở cụm 3 mốc, độ lệch cao độ các mốc giữa phương pháp bình sai lưới tự do và chương trình DP Survey là như nhau.

**4. KẾT LUẬN**

Việc phân tích độ ổn định của lưới khống chế cơ sở trong quan trắc lún và chuyển dịch ngang công trình có thể được thực hiện một cách hiệu quả bằng phương pháp bình sai lưới trắc địa tự do.

Trong quá trình tính toán cần đề ra điều kiện định vị phù hợp. Tiêu chuẩn đánh giá độ ổn định mốc khống chế được xác lập trên cơ sở phân tích độ chính xác lưới và đặc điểm kết cấu công trình.

Kết quả bình sai bằng chương trình DPSurvey và bình sai bằng thủ công ứng dụng thuật toán bình sai lưới tự do hoàn toàn giống nhau, chỉ sai trong khoảng 0.01mm. Do vậy, chương trình DPSurvey là đáng tin cậy, có thể dùng chương trình này để xử lý số liệu quan trắc và phân tích độ ổn định mốc góc trong thực tế sản xuất.

Cần lưu ý phương pháp bình sai lưới tự do chỉ có thể phát hiện nếu số lượng mốc bị dịch chuyển nhỏ hơn 50% tổng số mốc của lưới, vì thế khi xây dựng lưới cơ sở phải thiết kế kết cấu mốc và lựa chọn vị trí đặt mốc thật ổn định và không bị tác động bởi điều kiện ngoại cảnh.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1] Diêm Công Huy – Bài giảng Quan trắc công trình xây dựng, Viện Khoa học Công nghệ xây dựng, Bộ Xây dựng, Quyển 1, Hà Nội - 2014

[2] Đào Xuân Lộc, Chu Mạnh Hùng - Khảo sát độ ổn định mốc lưới độ cao cơ sở bằng thuật toán bình sai lưới tự do, Tạp chí Phát triển khoa học công nghệ, NXB Đại học quốc gia Tp.Hồ Chí Minh, Tập 12, Số 18 – 2009.

[3] Trần Khánh, Phạm Đình Dương – Phân tích độ ổn định hệ thống mốc độ cao cơ sở trong quan trắc lún công trình, Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ, Số 8 – 6/2011.

[4] Trần Khánh – Nghiên cứu ứng dụng bình sai tự do trong lĩnh vực xử lý số liệu trắc

*địa công trình*, Luận án Tiến sĩ Khoa học,  
Đại học Mở - Địa Chất, Hà Nội – 1996.

*Liên hệ:*

Tác giả: Nguyễn Thị Ánh Tuyết – 0908520732

Đơn vị: ĐH Sư Phạm Kỹ Thuật TP. HCM

Email: tuyetnta@hcmute.edu.vn