

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT
KHOA TRẮC ĐỊA - BẢN ĐỒ VÀ QUẢN LÝ ĐẤT ĐAI
BỘ MÔN TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH



ENGINEERING SURVEYING
FOR SUSTAINABLE
DEVELOPMENT - ESSD 2023

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH VÌ SỰ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ESSD 2023)

Engineering Surveying for Sustainable Development - ESSD 2023



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ

Nghiên cứu khả năng sử dụng Lidar phân khúc thấp AA450 trong khảo sát công trình giao thông hiện hữu	110
<i>Nguyễn Việt Hà, Vũ Ngọc Quang, Đồng Văn Huyền</i>	
Ứng dụng đồng bộ công nghệ UAV, xử lý ảnh trong kiểm soát chất lượng và an toàn nổ mìn tại mỏ đá vôi Hồng Sơn, tỉnh Hà Nam	120
<i>Phạm Văn Việt, Nguyễn Anh Tuấn, Phạm Văn Hòa, Trần Đình Bảo, Lê Thị Thu Hoa</i>	
Nghiên cứu kết hợp công nghệ GNSS và 3D Laser Scan quan trắc chuyển vị đề chấn sóng	130
<i>Trần Ngọc Đông, Nguyễn Văn Nghĩa, Nguyễn Văn Hùng</i>	
Nghiên cứu hoàn thiện phương pháp phân tích độ ổn định lưới độ cao cơ sở trong quan trắc lún công trình	141
<i>Trần Thùy Linh</i>	
Xây dựng lưới tam giác thủy công trên cơ sở kết hợp tính chuyển tọa độ công trình và bình sai tự do	147
<i>Trần Trung Anh, Nguyễn Quang Hà</i>	
Quy trình khảo sát địa hình mở lộ thiên bằng công nghệ UAV phục vụ đánh giá ổn định bờ mỏ: Thực nghiệm tại cụm mỏ đá thuộc Công ty cổ phần xi măng VICEM Hà Tiên	155
<i>Trần Trung Anh, Nguyễn Anh Tuấn, Phạm Quốc Khánh, Phạm Văn Việt</i>	
Giải pháp Lidar di động cho khảo sát bề mặt đường: Nghiên cứu với Lidar tích hợp Au20 vận hành trên xe ô tô	166
<i>Vũ Ngọc Quang, Nguyễn Việt Hà, Phạm Thị Thanh Hòa</i>	
Ứng dụng GIS trong công tác giải phóng mặt bằng dự án tuyến đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái	176
<i>Vũ Thái Hà, Phạm Chinh Thảo, Khúc Thành Đông</i>	
Trắc địa công trình trong cách mạng số và cơ sở dữ liệu thông tin xây dựng	185
<i>Vũ Văn Thặng, Vũ Thái Hà</i>	
Nghiên cứu xây dựng mô hình dự báo biến động bề mặt không thấm khu vực Thành phố Hồ Chí Minh từ dữ liệu viễn thám và GIS	193
<i>Phạm Văn Tùng, Nguyễn Văn Trung, Vũ Xuân Cường, Lê Văn Phú</i>	
Đánh giá độ chính xác xử lý số liệu trạm CORS Việt Nam theo phương pháp PPP online sử dụng dịch vụ CSRS-PPP	203
<i>Nguyễn Đình Huy, Trần Đình Trọng, Lương Ngọc Dũng</i>	
Ứng dụng GNSS - RTK trong quan trắc chuyển dịch cầu dây văng ở Việt Nam và một số vấn đề trong xử lý số liệu quan trắc	213
<i>Nguyễn Thùy Linh, Lê Văn Hiến, Lê Minh Ngọc, Cù Văn Linh</i>	
Thực trạng và giải pháp hoàn thiện pháp luật về giá đất, cơ chế vận hành, khai thác cơ sở dữ liệu giá đất	223
<i>Nguyễn Thị Dung, Nguyễn Thế Công, Trần Xuân Miên</i>	

Xây dựng lưới tam giác thủy công trên cơ sở kết hợp tính chuyên tọa độ công trình và bình sai tự do

Trần Trung Anh^{1,2,*}, Nguyễn Quang Hà³

¹Khoa Trắc địa - Bản đồ và Quản lý đất đai, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

²Nhóm nghiên cứu Công nghệ Địa tin học trong Khoa học Trái đất (GES), Trường Đại học Mỏ - Địa chất

³Công ty Thủy điện Bản Vẽ

TÓM TẮT

Bài báo trình bày về mục đích xây dựng lưới tam giác thủy công ở phạm vi nghiên cứu thuộc công trình thủy điện Bản Vẽ, tỉnh Nghệ An. Phương pháp nghiên cứu gồm phương pháp trắc địa công trình, đo đạc thực nghiệm, đo đạc hiện trường bằng máy toàn đạc điện tử độ chính xác cao, đo tinh lưới GNSS, phương pháp bình sai tự do, đánh giá độ chính xác và xử lý vấn đề tính chuyên tọa độ, cải chính trị đo. Kết quả nghiên cứu là quy trình xây dựng, xử lý lưới tam giác thủy công phục vụ thi công và quan trắc biến dạng công trình thủy điện. Thực nghiệm với lưới tam giác thủy công tại công trình thủy điện Bản Vẽ với 6 điểm đo tinh GNSS, đo 26 góc, đo 13 cạnh toàn đạc; Xử lý số liệu sau bình sai đạt sai số trung phương đối cạnh yếu nhất đạt 1/231715, sai số trung phương vị trí điểm yếu nhất đạt 0,7 mm, sai số trung phương tương đối cạnh yếu nhất đạt 1/231715, sai số trung phương phương vị yếu nhất đạt 0,40". Các điểm này có độ chính xác cao, phản ánh đúng, chân thực với thực tế tại khu vực thực nghiệm thủy điện Bản Vẽ phục vụ tốt cho thi công và quan trắc biến dạng công trình.

Từ khóa: Lưới tam giác thủy công, toàn đạc, GNSS, bình sai tự do, thủy điện.

1. Đặt vấn đề

Theo Quyết định số 16/2005/NĐ-CP ngày 07/02/2005 của Thủ tướng Chính phủ: Tất cả các công trình thủy điện nhóm A và nhóm B trước khi thi công đều phải xây dựng lưới khống chế thi công chuyên dụng gọi là lưới tam giác thủy công và thủy chuẩn thủy công (EVN, 2005). Lưới tam giác thủy công được xây dựng với mục đích làm cơ sở tọa độ, độ cao gốc thống nhất cho công trình phục vụ thi công, hoàn công công trình như: Đưa tim các hạng mục công trình thiết kế ra thực địa; Bố trí, theo dõi, điều chỉnh lắp đặt các cấu kiện cơ khí, công nghệ; Là cơ sở theo dõi, kiểm tra, bổ sung, điều chỉnh và khôi phục các tim, trục, các đường biên công trình trong quá trình thi công, lắp máy, hoàn công và nghiệm thu công trình; Đo vẽ bản đồ tỷ lệ lớn, các mặt cắt địa hình để chính xác hoá khối lượng thi công,... Là cơ sở để xây dựng lưới quan trắc biến dạng công trình cũng như nâng cấp, cải tạo sửa chữa sau này (EVN, 2005). Các điểm tam giác thủy công và thủy chuẩn thủy công khi thiết kế và xây dựng mốc cần căn cứ vào bản vẽ tổng mặt bằng công trình kết hợp với việc khảo sát hiện trường. Vị trí các mốc phải đảm bảo tính bền vững, ổn định, ít biến dạng hoặc bị phá hoại trong quá trình thi công và được bố trí thuận lợi cho mục đích sử dụng. Hệ tọa độ và độ cao của lưới tam giác thủy công phải phù hợp với hệ tọa độ và độ cao đã sử dụng trong quá trình khảo sát và thiết kế công trình, thông thường là hệ tọa độ quốc gia VN2000 và hệ độ cao Hòn Dấu, Hải Phòng. Theo TCVN 9398:2012 tại 4.8: "Đối với những công trình lớn có dây chuyền công nghệ phức tạp và công trình cao tầng cần phải sử dụng các máy móc, thiết bị hiện đại có độ chính xác cao như máy toàn đạc điện tử, máy thủy chuẩn tự động cân bằng có bộ đo cực nhỏ và mìa invar, máy chiếu đứng,... Để thành lập lưới khống chế có thể sử dụng công nghệ GPS kết hợp máy toàn đạc điện tử".

Chính vì yêu cầu trên, đối với lưới tam giác thủy công: các mốc được chọn và xây dựng ở vị trí gần các hạng mục công trình xây dựng để đáp ứng công tác thi công được tiện lợi, giảm thiểu sai số do đo đạc và biến dạng của phép chiếu hệ tọa độ, độ cao trung bình của công trình. Các mốc tam giác thủy công phải được đặt ở các khu vực có tầm khống chế rộng, bền vững và có tính ổn định trong suốt quá trình từ khi khởi công đến lúc hoàn thiện công trình. Các mốc cần được ưu tiên bố trí ở gần các trục dọc trực ngang của công trình và ở các cao trình khác nhau thuận lợi cho công tác xây dựng công trình.

* Tác giả liên hệ

Email: trantrunganh@humg.edu.vn

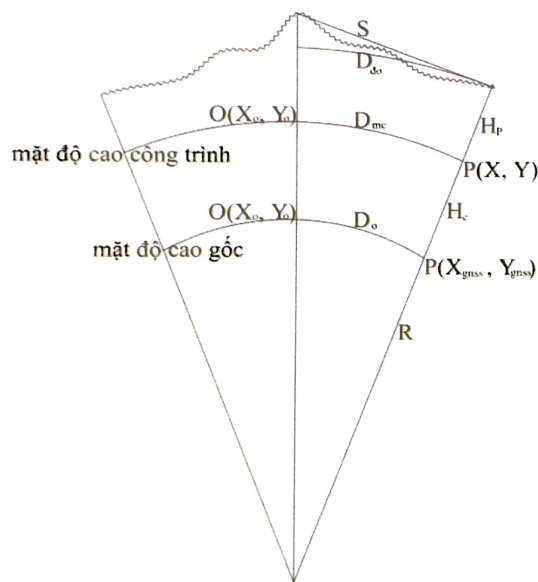
Một vấn đề đặt ra là: lưới tam giác thủy công phải thuộc hệ quốc gia VN2000 nhưng đồng thời cũng là hệ công trình và đạt yêu cầu độ chính xác rất cao (EVN, 2005). Để đáp ứng yêu cầu đó cần phải thực hiện công việc: đo tính lưới GNSS có mốc gốc là điểm tọa độ quốc gia (để nhận được tọa độ GNSS quốc gia của các điểm tam giác thủy công), đo góc cạnh độ chính xác cao bằng máy toàn đạc điện tử.

Với yêu cầu độ chính xác rất cao trong phạm vi hẹp nên tọa độ GNSS quốc gia mới chỉ là định vị ban đầu trên mặt chiếu góc, cần tính chuyển về hệ công trình và chính xác hóa bằng trị đo toàn đạc thông qua bài toán bình sai tự do. Từ trước đến nay các công trình nghiên cứu thường tách riêng công đoạn này; cũng chỉ chọn 1 điểm và chọn 1 hướng phương vị phát triển lưới (đôi khi là hệ giả định). Bài báo giải quyết đồng thời tính chuyển tọa độ và bình sai tự do nhằm đáp ứng cả 2 yêu cầu là: xây dựng lưới thủy công trong hệ quốc gia nhưng vẫn đáp ứng độ chính xác cao, tận dụng ưu điểm của công nghệ GNSS và toàn đạc điện tử.

2. Cơ sở của phương pháp nghiên cứu

2.1. Cơ sở của tính chuyển tọa độ và cải chính trị đo cạnh toàn đạc

Cơ sở của tính chuyển tọa độ từ hệ quốc gia về hệ công trình và cải chính trị đo cạnh toàn đạc được trình bày trong Hình 1.



Trong đó:

- R = 6371000 m là bán kính Trái đất;
- O(X_o, Y_o) là tọa độ điểm trọng tâm;
- P(X_{gnss}, Y_{gnss}) là điểm tọa độ đo bằng GNSS;
- P(X, Y) là điểm tọa độ trong hệ công trình;
- H_c là độ cao mặt chiếu;
- H_p là độ cao của điểm đo;
- S là cạnh đo nghiêng;
- D_{do} là cạnh đo ngang;
- D_{mc} là cạnh đo ngang tính cải chính về mặt chiếu công trình;
- D_o là cạnh trên mặt độ cao góc.

Hình 1. Nguyên lý tính chuyển tọa độ về hệ công trình và cải chính cạnh đo

Trong bài toán tính chuyển tọa độ từ hệ quốc gia về hệ công trình cần chọn 1 điểm trọng tâm O, tọa độ điểm này là không đổi, được sử dụng thống nhất trong toàn bộ dự án. Điểm trọng tâm O được xác định tọa độ có thể là trị trung bình của các điểm tam giác thủy công, hoặc giá trị tọa độ tại vị trí đập, nhà máy theo thiết kế. Nguyên tắc tính chuyển tọa độ về hệ công trình là giữ nguyên hướng phương vị từ điểm trọng tâm đến điểm tam giác thủy công, cải chính vào tọa độ điểm tam giác thủy công giá trị biến dạng của múi chiếu và độ cao mặt chiếu. Vấn đề này được xử lý qua các bước như sau:

Tính khoảng cách từ điểm trọng tâm đến các điểm tam giác thủy công theo công thức (1):

$$D_o = \sqrt{(X_{gnss} - X_o)^2 + (Y_{gnss} - Y_o)^2} \quad (1)$$

Tính tọa độ điểm trong hệ công trình theo công thức (2):

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_o \\ Y_o \end{pmatrix} + \left[D_o + \left(1 - k - \frac{Y_{\alpha}^2}{R^2} \right) D_o + \frac{H_{mc}}{R} D_o \right] \begin{pmatrix} \cos \alpha \\ \sin \alpha \end{pmatrix} \quad (2)$$

trong đó: k là hệ số biến dạng của múi chiếu (thường lấy 0,9999 đối với múi 3°);

$Y_{otb} = \frac{Y_{gnss} + Y_o}{2} - 500000$ là hoành độ trung bình của cạnh từ điểm trọng tâm đến điểm tam giác thủy công;

α là góc phương vị của hướng từ điểm trọng tâm đến điểm tam giác thủy công;

Đối với trị đo toàn đạc, việc cải chỉnh trị đo được tính theo công thức (3):

$$D_{mc} = D_{do} + \left(1 - k - \frac{Y_{tb}^2}{R^2}\right) D_{do} - \frac{H_{cạnh} - H_{mc}}{R} D_{do} \quad (3)$$

trong đó: $Y_{tb} = \frac{Y_{P_{đầu}} + Y_{P_{cuối}}}{2} - 500000$ là hoành độ trung bình của cạnh đo từ điểm đầu đến điểm cuối;

$H_{cạnh}$ là độ cao của cạnh đo;

Nếu cạnh đo 1 chiều thì: $H_{cạnh} = H_{P_{đầu}}$ (độ cao của điểm đầu cạnh).

Nếu cạnh đo 2 chiều thì: $H_{cạnh} = \frac{H_{P_{đầu}} + H_{P_{cuối}}}{2}$ (độ cao trung bình của điểm đầu và điểm cuối cạnh đo).

2.2. Cơ sở của bình sai tự do lưới tam giác thủy công và quy trình xây dựng lưới

Về các bước của bình sai tự do, đầu tiên lập hệ phương trình số hiệu chỉnh (Đặng Nam Chính, 2015; Benzao Tao, 2017):

$$\begin{aligned} V_{góc} &= A_{góc} \cdot X + L_{góc}; & P_{góc} \\ V_{cạnh} &= A_{cạnh} \cdot X + L_{cạnh}; & P_{cạnh} \\ V_{gnss} &= A_{gnss} \cdot X + L_{gnss}; & P_{gnss} \end{aligned} \quad (4)$$

trong đó: $V_{góc}, V_{cạnh}, V_{gnss}$ là vector số hiệu chỉnh của trị đo góc, cạnh và giá số tọa độ GNSS ($\Delta X, \Delta Y$ bổ sung nếu cần);

$A_{góc}, A_{cạnh}, A_{gnss}$ là ma trận hệ số hệ phương trình số hiệu chỉnh góc, cạnh, giá số GNSS;

X là vector ẩn số (số hiệu chỉnh tọa độ điểm tam giác thủy công);

$L_{góc}, L_{cạnh}, L_{gnss}$ là vector số hạng tự do;

$P_{góc}, P_{cạnh}, P_{gnss}$ là ma trận trọng số của trị đo góc, cạnh, giá số tọa độ GNSS;

Theo phương pháp số bình phương nhỏ nhất, bước tiếp theo là lập hệ phương trình chuẩn:

$$N \cdot X + I = 0 \quad (5)$$

trong đó: $N = A_{góc}^T P_{góc} A_{góc} + A_{cạnh}^T P_{cạnh} A_{cạnh} + A_{gnss}^T P_{gnss} A_{gnss}$ là ma trận hệ số phương trình chuẩn;

$$I = \begin{pmatrix} A_{góc}^T P_{góc} L_{góc} \\ A_{cạnh}^T P_{cạnh} L_{cạnh} \\ A_{gnss}^T P_{gnss} L_{gnss} \end{pmatrix} \text{ là vector số hạng tự do của hệ phương trình chuẩn.}$$

Đặc điểm của hệ phương trình chuẩn (5) là có ma trận hệ số suy biến $DET(N) = 0$, có số khuyết d. Để giải hệ phương trình chuẩn này cần phải thêm điều kiện phụ ràng buộc nội bộ các ẩn số gọi là điều kiện số liệu góc. Điều kiện đó là:

$$S^T \cdot X = 0 \quad (6)$$

trong đó: S^T là ma trận có số hàng bằng số khuyết d và số cột bằng số ẩn số, dạng của S có thể tham khảo (Đặng Nam Chính, 2015).

Như vậy từ (4) và (6) hệ phương trình chuẩn kèm điều kiện số liệu góc được viết lại là:

$$\begin{bmatrix} N & S \\ S^T & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -I \\ 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

trong đó: K là ma trận kích thước số cột là số khuyết d, số hàng là số ẩn số gọi là ma trận nhân Lagrange.

$$\begin{bmatrix} N & S \\ S^T & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -I \\ 0 \end{bmatrix}$$

Nghiệm duy nhất của hệ phương trình chuẩn được xác định theo công thức:

$$X = -Q' \cdot I \quad (8)$$

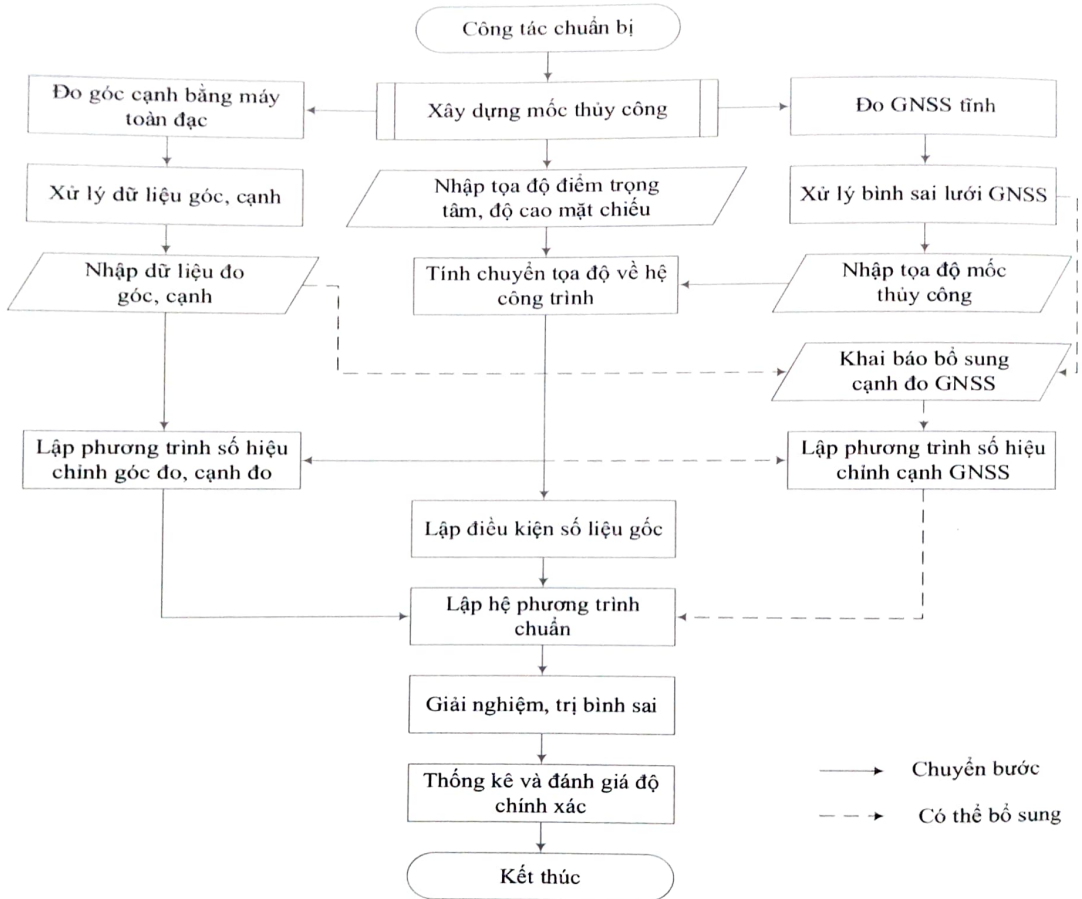
trong đó: $Q' = (N + SS^T)^{-1}$ gọi là ma trận giá nghịch đảo.

Ma trận hiệp trọng số đảo của vector ẩn số X được xác định là:

$$Q_{XX} = Q' N Q' = Q' - Q' S S^T Q' \quad (9)$$

Đánh giá độ chính xác của lưới trên các tiêu chí chính như: Sai số trung phương trọng số đơn vị, sai số trung phương của ẩn số, elip sai số vị trí điểm, sai số trung phương tương hỗ,... được tham khảo theo tài liệu (Đặng Nam Chinh, 2015, Charles D. Ghilani, 2017). Kiểm định thống kê sau bình sai được tính theo tiêu chí tham khảo tài liệu (Charles D. Ghilani, 2017).

Từ lý thuyết cơ bản như trên, nhóm tác giả tiến hành triển khai thuật toán và quy trình xây dựng lưới tam giác thủy công theo Hình 2. Lập trình viết phần mềm bình sai ApnetPro để tự động xử lý số liệu và kiểm chứng thuật toán.

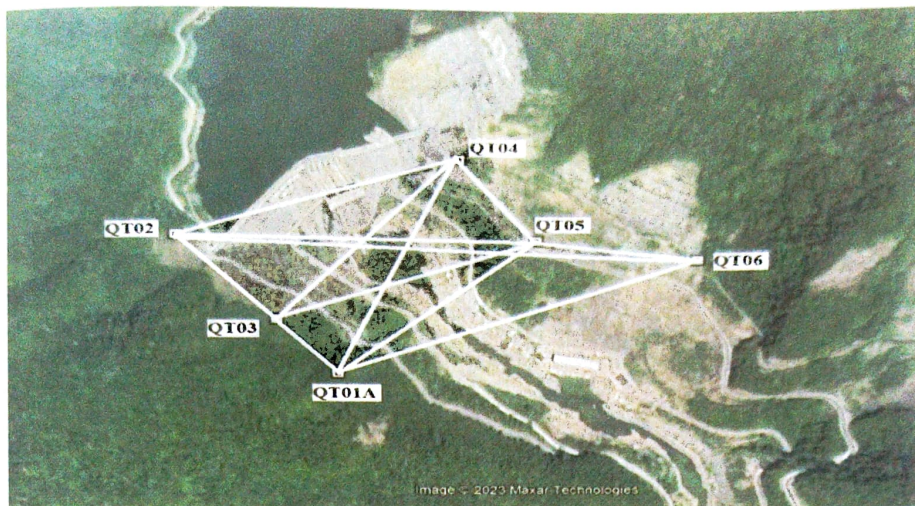


Hình 2. Quy trình xây dựng lưới khống chế mặt bằng thủy công

3. Kết quả và thảo luận

Khu vực thực nghiệm là xây dựng lưới tam giác thủy công tại thủy điện Bàn Vẽ. Thủy điện Bàn Vẽ được xây dựng trên dòng sông Nậm Nơn tại xã Yên Na, huyện Tương Dương, tỉnh Nghệ An. Đây là thủy điện lớn nhất khu vực Bắc miền Trung với công suất lắp máy 320 MW, sản lượng điện trung bình năm 1.084 triệu kWh, mực nước dâng bình thường 200 m và có dung tích hồ chứa 1,83 tỷ m³ (EVN-GENCO1, 2017).

Lưới tam giác thủy công gồm 6 điểm mốc định tâm bắt buộc được đặt trên nền đất hoặc đá cứng, ổn định (Hình 3). Tọa độ các điểm mốc được đo tọa độ quốc gia bằng công nghệ GNSS với phương pháp đo tĩnh. Đo góc cạnh bằng máy toàn đạc điện tử Leica kèm phụ kiện gương tiêu chuẩn, máy và gương đều được định tâm bắt buộc. Máy toàn đạc điện tử Leica có thông số độ chính xác đo góc 1,0"; độ chính xác đo cạnh đạt 1,0 mm + 1 ppm × D; (D là chiều dài cạnh được tính bằng km). Các thông số của máy đo là cơ sở tính trọng số của góc, cạnh đo.



Hình 3. Lưới tam giác thủy công thủy điện Bản Vẽ



Hình 4. Đo góc cạnh bằng máy toàn đạc điện tử Leica (ảnh EVN-PECCI)

Sau khi nhập số liệu gồm: tọa độ điểm tam giác thủy công đo bằng GNSS làm gốc khởi tính (có nhập độ cao của điểm để làm cơ sở cải chính cạnh đo), trị đo góc, trị đo cạnh, tọa độ điểm trọng tâm, độ cao mặt chiếu, yêu cầu cải chính phép chiếu ($k = 0,9999$) và yêu cầu cải chính độ cao cho cạnh đo toàn đạc. Kết quả tính chuyển được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Kết quả tính chuyển tọa độ từ hệ quốc gia về hệ công trình

Điểm	Tọa độ đo bằng GNSS (VN2000, $k = 0,9999$)		Tọa độ tính chuyển về hệ công trình ($X_0 = 2139765$ m; $Y_0 = 472130$ m; $H_c = 150$ m)			Ghi chú
	X_{gnss} (m)	Y_{gnss} (m)	X(m)	Y(m)	H(m)	
QT01A	2139506.614	471990.871	2139506.5846	471990.8551	228	
QT02	2139832.996	471715.669	2139833.0037	471715.6218	243	
QT03	2139635.532	471888.945	2139635.5173	471888.9175	245	
QT04	2140014.635	472206.464	2140014.6635	472206.4727	219	
QT05	2139823.096	472344.101	2139823.1026	472344.1254	198	
QT06	2139777.070	472630.456	2139777.0714	472630.5131	222	

Để thấy sự hiệu quả khi tính chuyển tọa độ từ hệ quốc gia về hệ công trình của trị đo cạnh gốc và cạnh được tính từ tọa độ GNSS, xét độ chênh lệch trong Bảng 2.

Bảng 2. So sánh chiều dài cạnh góc ở hệ quốc gia và cạnh sau cải chính ở hệ công trình

TT	Cạnh		Trị đo gốc			Trị đo trong hệ công trình			Ghi chú	
	Đầu	Cuối	D _{đo} (m)	D _o (m)	D _{đo} -D _o (mm)	D _{mc} (m)	D (m)	D _{mc} - D (mm)		
1	QT05	QT06	290,0638	290,0303	33,5	290,0611	290,0634	-2,3		
2	QT04	QT05	235,8913	235,8625	28,8	235,8891	235,8894	-0,3		
3	QT03	QT06	754,9936	754,8984	95,2	754,9837	754,9845	-0,8		
4	QT03	QT05	492,3513	492,2878	63,5	492,3458	492,3439	1,9		
5	QT03	QT04	494,5679	494,5072	60,7	494,5615	494,5636	-2,1		
6	QT02	QT04	523,3959	523,3283	67,6	523,3892	523,3878	1,4		
7	QT02	QT05	628,5914	628,5100	81,4	628,5844	628,5816	2,8		
8	QT02	QT06	916,6100	916,4949	115,1	916,5981	916,5994	-1,3		
9	QT02	QT03	262,7400	262,7101	29,9	262,7361	262,7400	-3,9		
10	QT01A	QT03	164,3665	164,3434	23,1	164,3643	164,3621	2,2		
11	QT01A	QT04	551,9421	551,8747	67,4	551,9357	551,9376	-1,9		
12	QT01A	QT05	474,3300	474,2703	59,7	474,3253	474,3243	1,0		
13	QT01A	QT06	694,5017	694,4173	84,4	694,4935	694,4965	-3,0		
			Độ lệch trung bình			67,8	Độ lệch trung bình		2,1	

Từ Bảng 2, thấy rằng việc tính chuyên tọa độ đã giảm thiểu được độ chênh lệch cạnh đo từ 67,8 mm xuống còn 2,1 mm. Vì tọa độ điểm đo từ công nghệ GNSS chỉ là giá trị khởi tính ban đầu nên nội bộ lưới cần chính xác hóa bằng trị đo toàn đạc để giải quyết mâu thuẫn giữa các trị đo và cung cấp giá trị bình sai của điểm tam giác thủy công thông qua bài toán bình sai tự do bằng phần mềm ApnetPro. Kết quả được trình bày trong Bảng 3.

Bảng 3. Tọa độ bình sai điểm tam giác thủy công trong hệ công trình

Điểm	Tọa độ sau bình sai		Elip sai số				Ghi chú
	X _{bs} (m)	Y _{bs} (m)	S _u (mm)	S _v (mm)	t		
QT01A	2139506.5834	471990.8561	0,5	0,4	139°53'		
QT02	2139833.0024	471715.6215	0,5	0,4	133°58'		
QT03	2139635.5203	471888.9172	0,4	0,3	132°30'		
QT04	2140014.6629	472206.4723	0,5	0,4	136°35'		
QT05	2139823.1032	472344.1269	0,4	0,3	105°06'		
QT06	2139777.0708	472630.5117	0,6	0,4	99°24'		

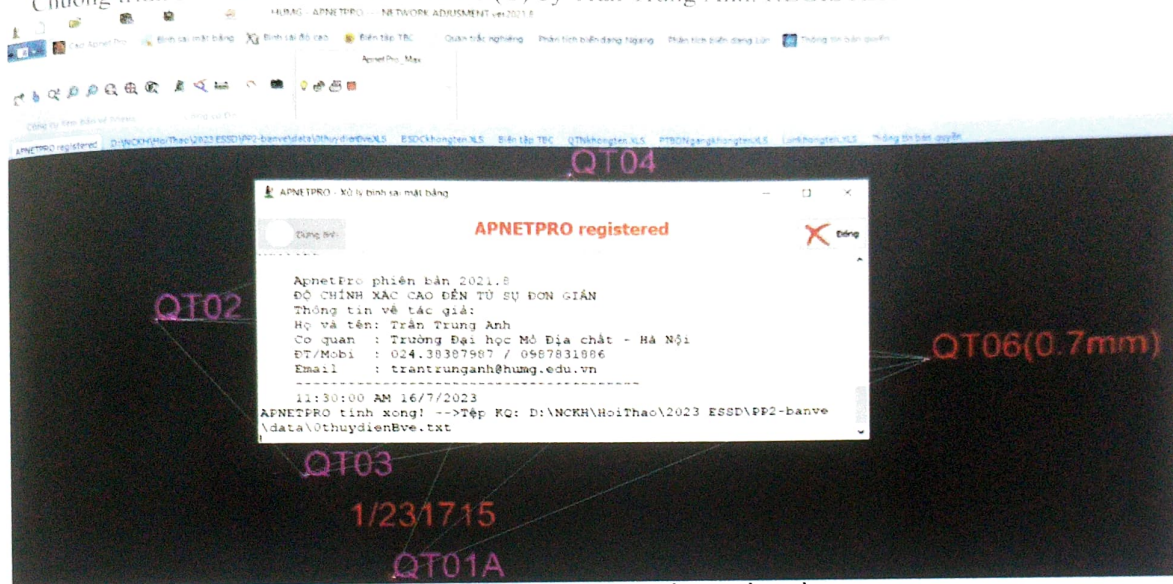
Kết quả thống kê sau bình sai bằng phần mềm ApnetPro (Hình 5) được báo cáo như sau:
KET QUẢ DANH GIA DO CHỈNH XÁC LUOI - ADJUSTMENT SUMMANY

- 1.SSTP Trong so don vi - Standard Deviation of Unit Weight = 0,8501
- 2.SSTP vi tri Diem yeu nhat - Max positional RMSE (QT06) = 0,7(mm)
- 3.SSTP vi tri Diem nho nhat - Min positional RMSE (QT03) = 0,5(mm)
- 4.SSTP tuong doi Canh yeu nhat - Max Relative Error (QT01A_QT03): 1/231715
- 5.SSTP tuong doi Canh nho nhat - Min Relative Error (QT02_QT06): 1/1094379
- 6.SSTP Phuong vi yeu nhat - Max azimuth RMSE (QT01A_QT03): 0,40(")
- 7.SSTP Phuong vi nho nhat - Min azimuth RMSE (QT02_QT06): 0,11(")

PHAN TICH THONG KE BINH SAI - ADJUSTMENT STATISTICS

Lan tinh lap - Iterations.....= 1,2
Tri do thua - Redundancies.....= 30

Biên tham chiếu - Reference Variance= 0,722618141436
 SSTP đơn vị trong số - Reference So.....= 0,8501
 Giá trị Chi bình phương - Chi square Chi2 = 21,679 < 43,770
 BÌNH SAI HỒI TỰ - KIỂM ĐỊNH THÔNG KÊ ĐẠT MỨC 95 %
 Convergence - PASS Chi-square: test at 95 % significance level!
 Chương trình APNETPRO-FINAL2021.8 (C) by Tran Trung Anh. REGISTERED VERSION



Hình 5. Xử lý lưới tam giác thủy công bằng phần mềm ApnetPro

Thông qua kết quả báo cáo bình sai tự do lưới tam giác thủy công, nhận thấy các tiêu chí đều đảm bảo yêu cầu kỹ thuật về độ chính xác.

4. Kết luận

Từ kết quả thực nghiệm về xây dựng lưới tam giác thủy công trên cơ sở đo tĩnh lưới GNSS, vấn đề tính chuyển tọa độ, cải chính trị đo, bình sai tự do trong cùng một quy trình nhận thấy: tốc độ xử lý nhanh chóng, tự động hóa cao. Lưới tam giác thủy công tại công trình thủy điện Bản Vẽ với 6 điểm đo tĩnh GNSS, đo 26 góc, đo 13 cạnh toàn đạc; Xử lý số liệu sau bình sai đạt sai số trung phương tương đối cạnh yếu nhất 0,8501, sai số trung phương vị trí điểm yếu nhất đạt 0,7 mm, sai số trung phương tương đối cạnh yếu nhất đạt 1/231715, sai số trung phương vị trí điểm yếu nhất đạt 0,40". Các điểm này có độ chính xác cao phục vụ tốt cho thi công và quan trắc biến dạng công trình. Quy trình xử lý đồng bộ trong 1 lần chạy phần mềm, đảm bảo sự thống nhất và tránh sai sót.

Kiến nghị EVN (và các chủ đầu tư các dự án xây dựng thủy điện) áp dụng quy trình và phần mềm xử lý số liệu ApnetPro để tăng năng suất lao động, đảm bảo độ chính xác khi xây dựng lưới tam giác thủy công.

Tài liệu tham khảo

- Benzao Tao, bản dịch tiếng Việt của Phan Văn Hiến và nnk. (2017), Bình sai lưới tự do và phân tích biến dạng, Nhà xuất bản Tài nguyên Môi trường và Bản đồ Việt Nam.
- Charles D. Ghilani (2017), Adjustment Computations: Spatial Data Analysis, 6th Edition, John Wiley & Sons.
- Đặng Nam Chính (Chủ biên), 2015, Giáo trình Bình sai lưới trắc địa, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- EVN (2005), Quyết định số 4389/CV-EVN-TĐ ngày 26/8/2005 của Tổng Công ty Điện lực Việt Nam về Xây dựng lưới tam giác thủy công, lưới thủy chuẩn thủy công phục vụ thi công và quản lý vận hành các công trình thủy điện.
- EVN-GENCO1 (2011), Giới thiệu Công ty thủy điện Bản Vẽ, website: <https://banvehpc.com/c3/vi-VN/gioi-thieu/Gioi-thieu-chung-2-2288>, truy cập 15/6/2023.

- EVN-PECC1 (2022), Công ty CP Tư vấn Điện I, Báo cáo kỹ thuật nhà máy thủy điện Bản Vẽ - Giai đoạn vận hành, Quan trắc biến dạng đập dâng, đập tràn và cửa nhận nước chu kỳ 16.
- QCVN04:2009/BTNMT (2009) - Quy chuẩn Việt Nam, Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về xây dựng lưới tọa độ.
- TCVN 9398:2012 (2012) - Tiêu chuẩn Quốc gia Việt Nam, Công tác trắc địa trong xây dựng công trình - Yêu cầu chung.
- TCVN 9401: 2012 (2012), Tiêu chuẩn Quốc gia Việt Nam - Kỹ thuật đo và xử lý số liệu GPS trong trắc địa công trình.
- TT 973/2001/TT-TCDC (2001), Thông tư ngày 20/6/2001 của Tổng cục Địa chính về hướng dẫn áp dụng hệ quy chiếu và hệ tọa độ quốc gia VN2000.
- TT 68/2015/TT-BTNMT (2015), Thông tư ngày 22/12/2015 về Quy định kỹ thuật đo đạc trực tiếp địa hình phục vụ thành lập bản đồ địa hình và cơ sở dữ liệu nền địa lý tỷ lệ 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000.
- US Army Corps of Engineers (2009), Structural Deformation Surveying, EM 1110-2-1009.

ABSTRACT

Building the horizontal network for hydropower projects by combining local coordinates transformation and free adjustment networks

Tran Trung Anh^{1,2,*}, Nguyen Quang Ha³

¹Faculty of Geomatics and Land Administration, Hanoi University of Mining and Geology

²Geomatics in Earth Sciences Research Group (GES), Hanoi University of Mining and Geology

³EVN-GENCOI

The paper presents the purpose of constructing a horizontal network for the Ban Ve hydropower project in Nghe An province. The research methods employed include the construction geodetic method, a case study of field measurements using high-precision total stations and GNSS static measurements, the free adjustment method, accuracy assessment and processing, as well as addressing issues related to coordinate transformation and observation corrections. The research result is the technical workflow and processing the network to serve the construction and deformation monitoring of hydroelectric works. The experiment conducted at the Ban Ve hydropower project involved 6 GNSS static measuring points, 26 angle observations, and 13 distance observations using total stations. The data processing after adjustment resulted in a unit weighted mean square error of 0.8501. The weakest point had a mean square error of 0.7 mm, the relative mean square error of the weakest distance was 1/231715, and the mean square error of the weakest azimuth was 0.40". These points exhibit high accuracy and provide an accurate reflection of the reality at the Ban Ve hydropower experimental area. They effectively serve the purposes of surveying, construction, and deformation monitoring.

Keywords: Horizontal network, total station, GNSS, free adjustment networks, hydropower projects.

ISBN: 978-604-357-178-3



9 786043 571783

SÁCH KHÔNG BÁN