

# KHẢO SÁT PHƯƠNG PHÁP XÁC LẬP HỆ TỌA ĐỘ CHO CÁC MẠNG LƯỚI THI CÔNG CÔNG TRÌNH THỦY ĐIỆN

PGS.TS TRẦN KHÁNH

ĐH Mở Địa chất

KS BÙI THỊ KIÊN TRINH

Tr.tâm Địa tin học ĐH Thủy Lợi

**Tóm tắt:** Bài báo khảo sát một số phương pháp tính chuyển tọa độ mạng lưới thi công thủy điện về hệ tọa độ công trình và đề xuất quy trình cũng như hệ thống công thức tính toán phù hợp, có khả năng ứng dụng vào thực tế sản xuất.

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Lưới tam giác thủy công được thiết kế xây dựng làm cơ sở mặt bằng cho công tác bố trí và đo vẽ hoàn công các hạng mục công trình thủy điện. Ngoài ra, mạng lưới này còn được sử dụng cho một số nhiệm vụ khác như: Đo vẽ bản đồ, mặt cắt trong quá trình lập bản vẽ thi công; làm cơ sở để xây dựng lưới quan trắc biến dạng công trình... Do tính chất phức tạp và đặc điểm phân bố của các hạng mục công trình chính tại đầu mối thủy điện nên lưới tam giác thủy công thường có kết cấu là hệ thống lưới nhiều bậc, yêu cầu độ chính xác đối với mỗi bậc lưới tăng dần (điều này khác hẳn với nguyên tắc xây dựng các mạng lưới trắc địa cho mục đích khảo sát, đo vẽ thông thường). Mỗi bậc lưới tam giác thủy công là một mạng lưới độc lập cục bộ (để tránh ảnh hưởng sai số số liệu gốc), nhưng tất cả các bậc lưới đều phải được định vị trong cùng một hệ tọa độ, độ cao thống nhất đã được xác định đối với công trình [2,5].

Vì vậy, hệ quy chiếu đối với lưới tam giác thủy công phải được lựa chọn sao cho độ biến dạng của mạng lưới so với thực địa là nhỏ nhất. Trong thực tế, để đảm bảo độ chính xác bố trí và thi công, hệ tọa độ thi công được chọn nằm ở độ cao trung bình và có kinh tuyến trực của múi chiếu đi qua giữa khu vực xây dựng công trình. Từ đó nảy sinh vấn đề tính chuyển giá trị trong các hệ tọa độ khác nhau và việc tính chuyển phải đảm bảo được kết cấu nội tại của bản thân lưới, đồng thời đạt yêu cầu về độ chính xác phục vụ quá trình thi công.

## II. KHẢO SÁT THUẬT TOÁN VÀ QUY TRÌNH TÍNH CHUYỂN TỌA ĐỘ VỀ HỆ QUY CHIỀU CÔNG TRÌNH

Hiện nay lưới mặt bằng thi công công trình thủy điện (lưới tam giác thủy công) thường đo bằng máy toàn đạc điện tử, hoặc GPS, hoặc kết hợp cả hai dạng đo này. Đối với lưới GPS, phần mềm xử lý số liệu của hãng sản xuất máy cho phép xác định được tọa độ các điểm lưới ở trong cả 3 hệ: tọa độ vuông góc không gian, tọa độ trắc địa và tọa độ phẳng. Trong trường hợp này việc tính chuyển từ tọa độ GPS về hệ tọa độ công trình có thể được thực hiện theo trình tự: *Tọa độ vuông góc không gian* → *Tọa độ địa diện* → *Tọa độ công trình*. Khi chúng ta chỉ sử dụng hệ tọa độ phẳng của lưới thì việc tính chuyển lại cần phải triển khai theo các bước: *Tọa độ phẳng với múi chiếu gốc* → *Tọa độ phẳng với múi chiếu công trình* → *Tọa độ công trình*.

*II.1. Phương án 1: Tính chuyển từ hệ tọa độ không gian về hệ tọa độ phẳng*

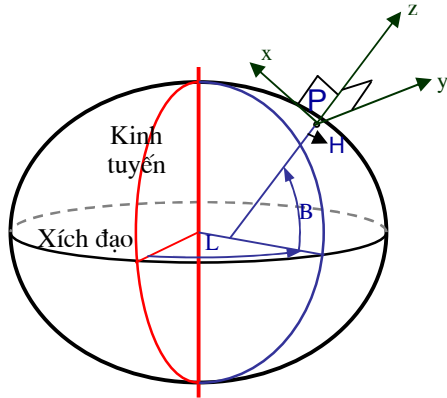
**Bước 1:** Tính chuyển từ (X, Y, Z) trong hệ tọa độ địa tâm WGS-84 về hệ tọa độ địa diện

Ký hiệu:

- Hệ tọa độ vuông góc không gian địa tâm là (X,Y,Z)

- Hệ tọa độ vuông góc không gian địa diện tại điểm quan sát (điểm đặt máy thu) là (x,y,z) - một số tài liệu ký hiệu tương ứng các trục này là (N-E-U) với gốc tọa độ là điểm quan sát, trục z trùng với phương pháp tuyến qua điểm xét -

hướng lên trên, trục x là tiếp tuyến của kinh tuyến đi qua điểm xét – hướng về phía cực Bắc, trục y vuông góc với 2 trục trên – hướng về phía



Đông (Hình 1)

Áp dụng công thức tính chuyển tọa độ giữa 2 hệ [1]:

Hình 1: Hệ tọa độ vuông góc không gian và hệ tọa độ địa diện

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin B \cos L & -\sin B \sin L & \cos B \\ -\sin L & \cos L & 0 \\ \cos B \cos L & \cos B \sin L & \sin B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X - (N_0 + H_0) \cos B_0 \cos L_0 \\ Y - (N_0 + H_0) \cos B_0 \sin L_0 \\ Z - [N_0(1 - e^2) + H_0] \sin B_0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Trong đó:

X, Y, Z là tọa độ vuông góc không gian địa tâm của điểm cần tính chuyển

x, y, z là tọa độ cần tính chuyển trong hệ tọa độ địa diện

$B_0, L_0, H_0$  là tọa độ trắc địa của điểm trọng tâm lưới (hay gốc tọa độ của hệ tọa độ địa diện)

$N_0$  là bán kính cong của vòng thẳng đứng thứ nhất đi qua điểm gốc của hệ tọa độ địa tâm C được xác định thông qua công thức:

$$N_0 = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \cdot \sin^2 B_0}} \quad (2)$$

với: e là tâm sai thứ nhất của elipsoid, được tính như sau:

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} \quad (3)$$

**Bước 2:** Tính chuyển từ hệ tọa độ phẳng về hệ tọa độ công trình:

Để thực hiện tính toán chúng ta áp dụng thức chuyển đổi tọa độ Helmert:

$$\begin{cases} x' = x \cdot m \cdot \cos \alpha - y \cdot m \cdot \sin \alpha + x_0 \\ y' = y \cdot m \cdot \cos \alpha + x \cdot m \cdot \sin \alpha + y_0 \end{cases} \quad (4)$$

Trong đó  $Z = (x_0, y_0, \alpha, m)$  là vector tham số

chuyển đổi tọa độ, được xác định nhờ so sánh tọa độ đã có của trên 2 điểm ở cả hai hệ (điểm song trùng)

Sau khi xác định được các tham số tính chuyển, sử dụng những tham số này để tính chuyển các điểm từ hệ tọa độ nhà nước về hệ tọa độ công trình.

**II.2 Phương án 2: Tính chuyển từ hệ tọa độ vuông góc phẳng về tọa độ công trình**

Chúng tôi đề xuất một quy trình xác lập và tính chuyển hệ tọa độ phẳng công trình với các bước thực hiện như sau:

**Bước 1:** Tính chuyển tọa độ phẳng về hệ tọa độ có kinh tuyến trục được chọn là kinh tuyến trung bình của khu vực công trình bằng cách chuyển đổi múi tọa độ. Các công thức và quy trình tính chuyển múi tọa độ có trong nhiều tài liệu trắc địa như [3,4].

**Bước 2:** Tính chuyển tọa độ lên độ cao trung bình của khu vực bằng cách sử dụng phép biến đổi tỷ lệ lưới với hệ số tỷ lệ m được xác định theo công thức:

$$m = \frac{R + H_0}{R} \quad (5)$$

Trong đó R là bán kính trung bình của trái đất và  $H_0$  là độ cao trung bình của khu vực xây dựng

### III. THỰC NGHIỆM

Tính chuyển tọa độ cho lưới đo bằng công nghệ GPS về hệ quy chiếu công trình nhằm minh chứng và làm sáng tỏ 2 thuật toán đã nêu ở trên với số liệu thực nghiệm là kết quả đo GPS tại công trình thủy điện Tuyên Quang.

Mạng lưới mặt bằng gồm 6 điểm (ký hiệu từ NH-1 đến NH-6) đo theo công nghệ GPS, việc

biểu sai lưới được thực hiện bằng phần mềm GPSurvey 2.35. Các kết quả được trích dẫn bao gồm: Tọa độ vuông góc không gian sau bình sai (bảng 1), tọa độ tọa độ trắc địa sau bình sai (bảng 2) và tọa độ phẳng và độ cao sau bình sai trong hệ tọa độ phẳng Gauss, elipxoid quy chiếu: Krasovski, kinh tuyến trục của múi chiếu:  $105^0$  (bảng 3). Yêu cầu xác lập và tính chuyển tọa độ phẳng của lưới về hệ tọa độ công trình ở độ cao trung bình là 65 m, sao cho kích thước của mạng lưới có độ biến dạng ít nhất so với thực tế.

Bảng 1: Bảng tọa độ vuông góc không gian sau bình sai

Số TT	Tên điểm	TỌA ĐỘ		
		X(m)	Y(m)	Z(m)
1	NH-1	-1566986.9820	5689706.4490	2411600.7010
2	NH-2	-1566969.8096	5689709.2013	2411605.3678
3	NH-3	-1566967.9392	5689709.5454	2411605.9164
4	NH-4	-1566950.9101	5689712.2738	2411610.4858
5	NH-5	-1567225.3701	5689755.4689	2411319.7931
6	NH-6	-1567331.4743	5689780.8978	2411191.9644

Bảng 2: Bảng tọa độ tọa độ trắc địa sau bình sai

Số TT	Tên điểm	TỌA ĐỘ		
		B	L	H(m)
1	NH-1	22°21'42.853433"	105°23'52.611137"	94.523
2	NH-2	22°21'43.017310"	105°23'52.006946"	94.535
3	NH-3	22°21'43.035842"	105°23'51.940725"	94.592
4	NH-4	22°21'43.196607"	105°23'51.341586"	94.581
5	NH-5	22°21'33.040695"	105°24'00.188904"	89.904
6	NH-6	22°21'28.545896"	105°24'03.528091"	90.010

Bảng 3: Bảng tọa độ phẳng và độ cao sau bình sai

(Hệ tọa độ phẳng Gauss, Elipxoid quy chiếu: Krasovski, Kinh tuyến trục của múi chiếu:  $105^0$ )

Tên điểm	Tọa độ			Sai số vị trí điểm (m)			
	x(m)	y(m)	h(m)	$m_x$	$m_y$	$m_h$	$m_n$
NH-1	2473973.322	540988.764	66.621	0.002	0.003	0.004	0.007
NH-2	2473978.317	540971.463	66.633	0.003	0.003	0.004	0.008
NH-3	2473978.882	540969.567	66.689	0.002	0.003	0.004	0.008
NH-4	2473983.782	540952.412	66.680	0.003	0.003	0.004	0.008
NH-5	2473672.048	541206.377	61.999	0.011	0.008	0.014	0.016
NH-6	2473534.038	541302.286	62.104	0.015	0.011	0.018	0.021

Việc xác lập hệ quy chiếu và tính chuyển tọa độ được thực hiện theo 2 phương án:

–Phương án 1: Tính chuyển tọa độ từ hệ tọa độ địa tâm (WGS-84) về hệ tọa độ địa diện và sử dụng phép chuyển đổi tọa độ Helmert để tính chuyển tiếp về hệ tọa độ công trình.

–Phương án 2: Tính chuyển tọa độ phẳng từ múi chiếu 105<sup>0</sup> về múi chiếu với kinh tuyến trục trung

bình của mạng lưới, sau đó tiếp tục dùng phép chuyển đổi tỷ lệ để đưa tọa độ các điểm trong lưới lên độ cao trung bình của khu vực xây dựng.

Kết quả xử lý số liệu theo phương án 1 thể hiện trong bảng 4 với số liệu đầu vào là tọa độ vuông góc không gian, tọa độ trắc địa, độ cao trung bình khu vực xây dựng và kết quả xác định được là tọa độ vuông góc phẳng công trình.

*Bảng 4: Kết quả tính chuyển tọa độ từ hệ WGS-84 về hệ tọa độ công trình*

Số TT	Tọa độ vuông góc không gian			Tọa độ địa diện (Tính ở độ cao 65 m)		Tọa độ phẳng (Tính ở độ cao 65 m)	
	X(m)	Y(m)	Z(m)	x'(m)	y'(m)	x(m)	y(m)
1	-1566986.982	5689706.449	2411600.701	-14907.534	-76.061	2473973.325	540988.759
2	-1566969.810	5689709.201	2411605.368	-14902.488	-93.347	2473978.316	540971.464
3	-1566967.939	5689709.545	2411605.916	-14901.917	-95.242	2473978.880	540969.569
4	-1566950.910	5689712.274	2411610.486	-14896.967	-112.384	2473983.778	540952.414
5	-1567225.370	5689755.469	2411319.793	-15209.669	140.748	2473672.052	541206.374
6	-1567331.474	5689780.898	2411191.964	-15348.065	236.285	2473534.039	541302.285

*Bảng 5: Kết quả tính chuyển từ hệ tọa độ phẳng về hệ tọa độ công trình*

Số TT	Tọa độ vuông góc phẳng (Múi chiếu L <sub>0</sub> = 105 <sup>0</sup> , H <sub>0</sub> = 0 m)		Tọa độ vuông góc phẳng (L <sub>0</sub> = 105 <sup>0</sup> 24', H <sub>0</sub> = 0 m)		Tọa độ vuông góc phẳng (L <sub>0</sub> = 105 <sup>0</sup> 24', H <sub>0</sub> = 65 m)	
	x(m)	y(m)	x(m)	y(m)	x(m)	y(m)
1	2473973.322	540988.764	2473919.167	499788.597	2473973.321	540988.765
2	2473978.317	540971.463	2473924.208	499771.310	2473978.316	540971.464
3	2473978.882	540969.567	2473924.778	499769.416	2473978.881	540969.568
4	2473983.782	540952.412	2473929.724	499752.274	2473983.781	540952.413
5	2473672.048	541206.377	2473617.323	500005.405	2473672.050	541206.376
6	2473534.038	541302.286	2473479.062	500100.945	2473534.042	541302.284

Trên cơ sở kết quả tính theo 2 phương án trong các bảng 3 và 4 có thể nhận thấy rằng sự sai khác lớn nhất trong kết quả chuyển đổi tọa độ theo trục x là 4mm và theo trục y là 6mm. Độ

chênh này nằm trong giới hạn cho phép đối với yêu cầu độ chính xác khi thành lập các mạng lưới thi công công trình thủy điện [5]. Như vậy cả 2 phương án trên đều có thể chấp nhận được.

Trong thực tế, việc lựa chọn phương án tính chuyển tọa độ phụ thuộc vào hình thức thành lập lưới. Nếu mạng lưới được xây dựng theo công nghệ GPS thì áp dụng cả hai phương án xử lý đều phù hợp. Còn nếu lưới được thành lập theo phương án đo đạc mặt đất thì nên sử dụng phương án 2, vì trường hợp này chỉ thu được tọa độ vuông góc phẳng mà chưa xác định trực tiếp được tọa độ các điểm lưới trong hệ tọa độ WGS-84 và hệ tọa độ trắc địa.

#### IV. KẾT LUẬN

Quy trình tính chuyển tọa độ các mạng lưới thi công về hệ tọa độ công trình đã nêu có hệ thống công thức tính toán phù hợp, đáp ứng được yêu cầu độ chính xác đối với các mạng lưới thi công công trình thủy điện.

Kết quả khảo sát và tính toán thực nghiệm bước đầu đã cho thấy 2 phương án tính chuyển tọa độ đã nêu có đủ độ tin cậy và có thể áp dụng được vào thực tế sản xuất.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hoàng Ngọc Hà (2006), *Bình sai tính toán lưới trắc địa và GPS*, NXB Khoa học kỹ thuật, Hà Nội.
2. Trần Khánh, Hứa Văn Vũ (2006), 'Thành lập lưới khống chế thi công công trình thủy điện', *Tuyển tập báo cáo hội nghị khoa học lần thứ 17*, Quyển 5 – Đại học Mỏ Địa chất.
3. Bolsakov B.B. và nnk (1976), *Cẩm nang trắc địa*, Nxb Nedra, Moskva.
4. Iacovlev.H.V. (1982), *Thực hành trắc địa cao cấp*, Nxb Nedra, Moskva.
5. Tổng công ty Điện lực Việt Nam (2006), *Quy định xây dựng lưới tam giác thủy công, lưới thủy chuẩn thủy công và quản lý vận hành các công trình thủy điện*, Hà Nội.

#### Summary:

### ASSESSMENT ON SOME METHODS OF BUILDING COORDINATE SYSTEMS IN THE CONTROL NETWORK WHICH IS USED IN HYDROELECTRIC POWER CONSTRUCTION

**Tran Khanh**, *University of Mining and Geology*

**Bui Thi Kien Trinh**, *Water Resources University*

*This paper investigated some methods of coordinates transformation from the National coordinate system to the construction coordinate system. Authors introduced a suitable algorithm to compute data. This algorithm is able to applicate in practice.*

---

*Người phản biện:* **TS. Hoàng Xuân Thành**