

NGHIÊN CỨU MỘT GIẢI PHÁP TÍNH CHUYỂN TOẠ ĐỘ LƯỚI GPS VỀ HỆ TOẠ ĐỘ THI CÔNG CÔNG TRÌNH

TRẦN VIỆT TUẤN, *Trường Đại học Mỏ-Địa chất*

Tóm tắt : *Nội dung của bài báo trình bày phương pháp và thuật toán tính chuyển toạ độ lưới GPS về hệ toạ độ thi công cho các công trình dạng tuyến có chiều dài lớn. Phương pháp tính chuyển nhằm đảm bảo độ chính xác bố trí thi công xây dựng công trình. Kết quả tính toán thực nghiệm tính chuyển toạ độ lưới GPS ứng dụng cho loại công trình dạng tuyến ở Việt Nam.*

1. Đặt vấn đề

Lưới khống chế thi công có một vai trò rất quan trọng trong quá trình xây dựng công trình. Chất lượng của lưới khống chế thi công sẽ đảm bảo độ chính xác xây dựng công trình. Một trong những yêu cầu cơ bản khi thành lập lưới khống chế thi công là phải đảm bảo sự đồng nhất về hệ toạ độ của lưới khống chế thi công và hệ toạ độ đã được sử dụng để thiết kế công trình với sự biến dạng về chiều dài cạnh là nhỏ nhất [2].

Ngày nay với những ưu điểm vượt trội, công nghệ GPS đã được ứng dụng rộng rãi để thành lập các dạng lưới khống chế thi công công trình. Tuy nhiên để đảm bảo độ chính xác bố trí công trình cần phải lựa chọn giải pháp phù hợp để tính chuyển toạ độ các điểm đo GPS về hệ toạ độ thi công công trình [2]. Trong kết quả nghiên cứu phương pháp tính chuyển lưới GPS về hệ toạ độ thi công theo phương pháp tính chuyển qua hệ toạ độ địa diện chân trời [1] cho thấy kết quả tính chuyển lưới GPS đã đảm bảo độ chính xác cần thiết trong bố trí công trình. Tuy nhiên phương pháp tính chuyển này chỉ sử dụng cho các công trình dạng vùng, có kính thước nhỏ và trung bình. Hiện nay ở nước ta đang có rất nhiều công trình có dạng tuyến kéo dài hàng trăm km (tuyến đường cao tốc Ninh Bình - Thanh Hoá, Hà Nội - Lào Cai), khi đó sử dụng phương pháp tính chuyển qua hệ toạ độ địa diện chân trời để tính chuyển toạ độ cho lưới GPS phục vụ cho các công trình này là không phù hợp. Vì vậy cần phải nghiên cứu phương pháp tính chuyển toạ độ cho lưới GPS cho các công trình dạng tuyến có kích thước và chiều dài lớn.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1 Xác định phương pháp và thuật toán tính chuyển toạ độ lưới GPS

Để tính chuyển toạ độ lưới GPS về hệ toạ độ thi công, cần phải sử dụng toạ độ vuông góc không gian địa tâm (X, Y, Z) hoặc toạ độ trắc địa (B, L, H). Kết quả đo GPS được thể hiện trong hệ toạ độ WGS- 84. Kết quả đo này cần được tính chuyển về mặt chiếu có độ cao trung bình của khu vực hay có thể coi đó là mặt thuỷ chuẩn đi qua điểm có độ cao trung bình của khu vực. Do có sự khác biệt về chênh cao giữa mặt Elipsoid và mặt thuỷ chuẩn trung bình và các số hiệu chỉnh do phép chiếu và độ lệch dây dọi nên chiều dài cạnh lưới GPS khi tính chuyển về hệ toạ độ thi công trên mặt đất thường bị biến dạng. Để khắc phục hiện tượng biến dạng chiều dài cạnh lưới khống chế thi công lập bằng công nghệ GPS cho các công trình có chiều dài lớn cần phải xây dựng phương pháp và thuật toán tính chuyển phù hợp.

Đầu tiên cần thay đổi chiều cao của bề mặt Elipsoid WGS- 84 trong khu vực cho trùng với mặt chiếu đã chọn (mặt thuỷ chuẩn đi qua độ cao trung bình của khu vực) bằng cách thay đổi bán trục lớn a và tâm sai thứ nhất e của Elipsoid. Sau đó tiến hành định hướng lại mặt Elipsoid cho trùng với mặt thuỷ chuẩn của khu vực thông qua giá trị độ lệch dây dọi. Elipsoid đã định hướng lại theo mặt thuỷ chuẩn khu vực ký hiệu là Elipsoid E_3 . Từ đó có thể xác định được toạ độ không gian địa tâm của điểm GPS đã được định hướng lại trong Elipsoid E_3 . Tiến hành tính toạ độ trắc địa (B', L', H') để tính

chuyển về tọa độ phẳng của khu vực theo phép chiếu, múi chiếu và kinh tuyến trục phù hợp với hệ tọa độ thiết kế công trình.

2.2. Thuật toán tính chuyển tọa độ lưới GPS về mặt thủy chuẩn khu vực

- Trong lưới GPS chọn một điểm (P_0) nằm ở giữa lưới GPS làm điểm gốc. Điểm P_0 có tọa độ vuông góc không gian địa tâm: X_0, Y_0, Z_0 ; Tọa độ trắc địa là B_0, L_0, H_0 ; độ cao thủy chuẩn: h_0 . Chọn mặt chiếu cho lưới GPS là mặt thủy chuẩn có độ cao là Δ_h .

- Tịnh tiến (thay đổi Ellipsoid WGS-84) theo E3: Tịnh tiến bề mặt của Elipsoid lên độ cao thường của mặt chiếu khu vực bằng cách thay đổi bán trục lớn a và tâm sai thứ nhất e theo công thức [3]:

$$a_1 = a + \frac{2 - e^2 \sin^2 B_0}{2\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B_0}} (H_0 - h_0 + \Delta_h), \quad (1)$$

$$e_1^2 = e^2 + \frac{e^2 \sqrt{1 - e^2 \sin^2 B_0}}{a} (H_0 - h_0 + \Delta_h), \quad (2)$$

- Tại điểm P_0 , pháp tuyến của Elipsoid E_3 không trùng với đường dây dọi. Góc lệch giữa pháp tuyến và đường dây dọi ký hiệu u được phân tích thành hai thành phần: theo kinh tuyến- η ; theo vòng thẳng đứng thứ nhất - ξ

- Lấy điểm P_0 làm gốc hệ tọa độ địa diện xích đạo và đồng thời là gốc hệ tọa độ vuông góc phẳng. lấy pháp tuyến của E_3 làm trục Z , trục X trùng hướng kinh tuyến. Sau đó lấy P_0 làm tâm quay, quay hệ XYZ quanh trục Y một góc ε_ζ , quanh trục X một góc ε_η . Sau hai lần quay ta được trục Z của hệ XYZ trùng với đường dây dọi. Như vậy chúng ta đã thực hiện phép biến đổi để đưa bề mặt của Elipsoid $-E_3$ về trùng với mặt thủy chuẩn khu vực đi qua điểm P_0 .

- Tọa độ vuông góc không gian địa tâm của một điểm i trong hệ mới tính theo công thức[3]:

$$\begin{pmatrix} X'_i \\ Y'_i \\ Z'_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & -(Z_i - Z_0) & (Y_i - Y_0) \\ Z_i - Z_0 & 0 & -(X_i - X_0) \\ -(Y_i - Y_0) & X_i - X_0 & 0 \end{pmatrix}, \quad (3)$$

$$\begin{pmatrix} \cos L_0 \sin B_0 & \sin L_0 \\ \sin L_0 \sin B_0 & -\cos L_0 \\ -\cos B_0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_\eta \\ \varepsilon_\zeta \end{pmatrix}$$

trong đó: X'_i, Y'_i, Z'_i - tọa độ vuông góc không gian của điểm i sau khi xoay;

X_i, Y_i, Z_i - tọa độ vuông góc không gian của điểm i trước khi xoay.

- Từ các giá trị tọa độ (X'_i, Y'_i, Z'_i) tiến hành tính (B'_i, L'_i, H'_i) và chuyển về tọa độ phẳng x_i, y_i qua kinh tuyến trục của khu vực và phép chiếu bản đồ phù hợp (phép chiếu UTM hoặc phép chiếu Gauss tùy thuộc vào hệ tọa độ sử dụng là hệ VN-2000 hay HN-72). Đó chính là phương pháp tính chuyển tọa độ các điểm đo GPS về hệ tọa độ khu vực (hệ tọa độ thi công trên mặt đất) cho công trình xây dựng. Kết quả tính chuyển này sẽ đảm bảo sự phù hợp giữa hệ tọa độ thiết kế và hệ tọa độ thi công công trình cũng như làm giảm sự biến dạng chiều dài cạnh lưới GPS, nhằm đảm bảo độ chính xác bố trí công trình.

Từ trình tự tính chuyển đã nêu trên ta thấy, để thực hiện được bài toán tính chuyển cần phải xác định được giá trị độ lệch dây dọi giữa Elipsoid (E_3) và mặt thủy chuẩn khu vực đi qua điểm P_0 là các đại lượng ($\varepsilon_\zeta, \varepsilon_\eta$)

Để tính được giá trị độ lệch dây dọi tại điểm P_0 cần sử dụng các điểm song trùng (tức là các điểm GPS có độ cao thủy chuẩn). Phương pháp tính như sau:

1. Dựa vào một số điểm song trùng trong lưới GPS, tính độ chênh giữa độ cao trắc địa và độ cao thủy chuẩn tại điểm song trùng thứ j theo công thức:

$$V_{hj} = H_j - (h_j - \Delta_h), \quad (4)$$

trong đó: H_j - độ cao trắc địa của điểm j , h_j - độ cao thủy chuẩn của điểm j ;

Δ_h - độ cao của mặt chiếu.

2. Khi xoay và định hướng lại Elipsoid (E_3) ta có:

$$V_{hj} = dH_j + H_j - (h_j - \Delta_h), \quad (5)$$

với: $dH_j = [e_1^2 \cos B_j \sin B_0 \sin (L_j - L_0)(N_0 \sin$

$B_0 - N_j \sin B_j) - (N_0 + H_0) \cos B_j \sin (L_j - L_0)] \varepsilon_\eta$

$+ [e_1^2 \cos B_j \sin (L_j - L_0)(N_0 \sin B_0 - N_j \sin B_j)$

$+ (N_0 + H_0) \sin B_j \cos B_0 - \sin B_0 \cos B_j \cos (L_j - L_0)] \varepsilon_\zeta$, (6)

trong đó: N_0 - bán kính vòng thẳng đứng thứ nhất tại điểm P_0 [3].

3. Số điểm song trùng trong lưới phải lớn hơn hoặc bằng hai điểm. Khi số điểm song trùng $n > 2$, cần giải bài toán theo nguyên lý số bình phương nhỏ nhất. Kết quả giải hệ các phương

trình dạng (5) cho ta giá trị các đại lượng (ϵ_x, ϵ_y), từ đó có thể tính chuyển tọa độ các điểm đo GPS về hệ tọa độ không gian địa tâm mới theo công thức (3).

4. Từ các đại lượng (X'_i, Y'_i, Z'_i) tính chuyển về hệ tọa độ trắc địa (B'_i, L'_i, H'_i) và tính chuyển về tọa độ vuông góc phẳng cho từng khu vực (x_i, y_i) theo kinh tuyến trực và phép chiếu bản đồ (phép chiếu UTM hay phép chiếu Gauss) phù hợp với hệ tọa độ đã dùng để thiết kế công trình.

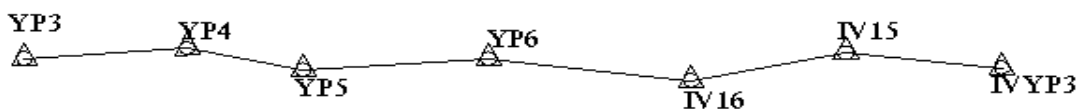
Ta thấy rằng bằng cách sử dụng các thuật toán tính chuyển tọa độ lưới GPS về mặt thủy chuẩn khu vực, ta có thể tính chuyển lưới GPS thi công các công trình có chiều dài lớn như các tuyến đường cao tốc có chiều dài hàng trăm km, chạy qua nhiều khu vực có kinh tuyến, vĩ tuyến thay đổi. Phương pháp tính chuyển này đảm bảo được sự phù hợp giữa hệ tọa độ thiết kế và hệ tọa độ thi công công trình với sự biến dạng chiều dài cạnh lưới GPS nằm trong giới hạn cho phép mà vẫn đảm bảo được tính thống nhất về hệ quy chiếu cho toàn bộ công trình. Đó cũng chính là ưu điểm nổi bật của phương pháp tính chuyển tọa độ lưới GPS về hệ tọa độ thi công qua mặt thủy chuẩn khu vực. Phương pháp tính chuyển này cũng cho kết quả và độ chính xác tính chuyển tương tự như phương pháp tính chuyển qua hệ tọa độ địa diện chân trời nhưng khắc phục được

những giới hạn về kích thước của lưới GPS mà phương pháp tính chuyển qua hệ tọa độ địa diện gặp phải, không khắc phục được.

3. Tính toán thực nghiệm

Để kiểm định tính chính xác của phương pháp tính chuyển tọa độ lưới GPS theo thuật toán tính chuyển về mặt thủy chuẩn khu vực, chúng tôi đã tiến hành tính chuyển cho lưới GPS xây dựng khu công nghiệp Yên Phong (Bắc Ninh). Để thử nghiệm phương pháp tính chuyển chúng tôi đã sử dụng 7 điểm đo GPS nằm trên một tuyến từ điểm YP3 đến điểm IVYP3 như (hình 1).

Lưới GPS được đo bằng máy thu Trimble - R3. Kết quả xử lý số liệu, tính tọa độ bằng phần mềm TGO, sử dụng hệ tọa độ VN-2000 với kinh tuyến trực $105^{\circ} 30'$. Chúng tôi đã tiến hành tính chuyển lưới GPS này theo hai phương pháp tính chuyển. Tính chuyển qua hệ tọa độ địa diện chân trời [1] và tính chuyển theo các thuật toán từ (1) đến (6). Khi tính chuyển tọa độ qua mặt thủy chuẩn khu vực chúng tôi chọn điểm IV16 làm điểm gốc P_0 . So sánh kết quả đo cạnh lưới bằng công nghệ GPS trong hệ tọa độ VN-2000, kinh tuyến trực $105^{\circ} 30'$ với kết quả đo kiểm tra cạnh bằng máy toàn đạc điện tử TC303, kết quả tính chuyển tọa độ theo hai phương pháp tính chuyển được nêu trong bảng 1.



Hình 1

Bảng 1. So sánh kết quả tính chuyển chiều dài cạnh theo các phương pháp tính chuyển tọa độ

Tên cạnh	S- đo bằng máy TĐĐT TC-303 (m) (1)	Chiều dài cạnh S - đo bằng công nghệ GPS (m)					
		Chưa tính chuyển tọa độ (2)		Tính chuyển qua hệ tọa độ địa diện (3)		Tính chuyển qua mặt thủy chuẩn khu vực (4)	
		S1(m)	ΔS (m)	S2(m)	ΔS (m)	S3(m)	ΔS (m)
YP3-YP4	371.597	371.580	-0.017	371.601	0.004	371.590	-0.007
YP4-YP5	167.266	167.260	-0.006	167.267	0.001	167.259	-0.006
YP5-YP6	529.745	529.711	-0.034	529.738	-0.007	529.739	-0.006
YP6-IV16	504.890	504.860	-0.030	504.881	-0.009	504.889	-0.001

Từ kết quả tính toán thực nghiệm cho lưới GPS khu công nghiệp Yên Phong cho thấy:

- Chiều dài cạnh của lưới GPS khi chưa tính chuyển (cột 2) có sự khác biệt tương đối lớn so với chiều dài cạnh đo trực tiếp trên mặt đất (cột 1).

- Kết quả tính chuyển cho thấy: sau tính chuyển tọa độ lưới GPS, sự biến dạng của chiều dài cạnh lưới giảm đi rõ rệt, chiều dài cạnh lưới GPS gần xấp xỉ với chiều dài cạnh đo trực tiếp trên mặt đất bằng máy toàn đạc điện tử. Kết quả tính chuyển theo phương pháp tính qua mặt thủy chuẩn khu vực (cột 4) tương đương với phương pháp tính chuyển qua hệ tọa độ địa diện chân trời (cột 3).

4. Kết luận và kiến nghị

Từ những kết quả nghiên cứu về lý thuyết và tính toán thực nghiệm chúng tôi rút ra kết luận sau đây:

Khi thành lập lưới không chế thi công bằng công nghệ GPS phục vụ thi công xây dựng các công trình dạng tuyến có chiều dài lớn (như các tuyến đường cao tốc, tuyến hầm xe điện ngầm, các công trình đường ống dẫn khí) nên áp dụng phương pháp tính chuyển tọa độ qua mặt thủy chuẩn khu vực. Phương pháp tính chuyển tọa độ này hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu độ chính

xác bố trí công trình và đảm bảo sự thống nhất về hệ tọa độ cho toàn bộ dự án trong quá trình thiết kế và thi công xây dựng công trình.

Kiến nghị: cần tiếp tục tính toán thực nghiệm cho những lưới không chế thi công lập bằng công nghệ GPS khi có điều kiện đo kiểm tra lại chiều dài cạnh lưới trên mặt đất bằng máy toàn đạc điện tử, nhằm khẳng định về khả năng ứng dụng của phương pháp và thuật toán tính chuyển tọa độ lưới GPS về hệ tọa độ thi công cho các công trình dạng tuyến.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Trần Viết Tuấn, 2005. Nghiên cứu phương pháp tính chuyển tọa độ các điểm đo GPS về hệ tọa độ thi công công trình. Tạp chí khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất, (11), Hà Nội.
- [2]. Trần Viết Tuấn, 2005. Nghiên cứu nâng cao độ chính xác thành lập lưới GPS trong trắc địa công trình. Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp bộ mã số B2005-36-75, Hà Nội.
- [3]. SHI Yi-min and ZHOU Yong-jun and ZHANG Wen-qing, 2002. The Determination of the Regional Ellipsoidal Surface by the Method of Readjusting Its Orientation and Positioning. Department of Surveying and Geoinformatics, Tangji University, Shanghai, China.

SUMMARY

On the research of some transformation methods to transfer coordinates from the GPS system into the construction system

Tran Viet Tuan, *University of Mining and Geology*

The content of this report focus two main parts: methods and algorithm to transform coordinate by GPS network in the coordinate system of construct works for form large linear length. Results of transfer will ensure the correct layout and construction works. Then, there are experimental calculation results for several types of large length work in Vietnam.