

NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP NÂNG CAO ĐỘ CHÍNH XÁC XÁC ĐỊNH TỌA ĐỘ ĐIỂM TRÊN ĐẢO TRONG HỆ VN-2000

PGS.TS. DƯƠNG VÂN PHONG, ThS. BÙI KHẮC LUYỀN,
ThS. NGUYỄN THÁI CHINH, ThS. VŨ ĐÌNH TOÀN,
ThS. PHẠM THỊ THANH - Trường Đại học Mỏ-Địa chất

1. Sự cần thiết phải tính chuyển tọa độ từ ITRF-2008 về VN-2000

Trong tổ chức Dịch vụ Địa động lực quốc tế IGS, có một số trạm trung tâm phân tích làm nhiệm vụ thu nhận thông tin đo GNSS liên tục từ các trạm thành viên để xử lý xác định tọa độ hiện thời và vận tốc chuyển dịch của các điểm trong hệ thống lưới IGS, tính các tham số của Trái đất và tính lịch vệ tinh chính xác. Các điểm của lưới IGS cũng chính là các điểm quan sát thường xuyên của nhiều quốc gia trên thế giới nhưng được thiết kế theo yêu cầu của IGS như địa điểm đặt mốc, cách thức xây dựng mốc, loại máy thu tín hiệu, phương thức kết nối mạng để truyền dữ liệu đến các trung tâm phân tích của IGS. Do sự thay đổi vị trí trọng tâm Trái đất theo thời gian cho nên gốc tọa độ của hệ quy chiếu ITRS cũng bị thay đổi. Vì thế hệ quy chiếu Trái đất quốc tế ITRS là một hệ quy chiếu động. Khi đo nối tọa độ trên đảo với chiều dài cạnh lớn có thể xử lý số liệu bằng phần mềm Bernese 5.0, kết quả nhận được tọa độ của các điểm đo nối trong ITRF. Để đánh giá độ chính xác tọa độ điểm nhận được có thể tính chuyển tọa độ ITRF về hệ quy chiếu Quốc gia VN-2000 rồi so sánh với tọa độ gốc khi đo trùng lưới GNSS cạnh dài vào các điểm địa chính cơ sở đã biết tọa độ. Muốn tính chuyển tọa độ từ hệ ITRF sang VN-2000 cần phải xác định 7 tham số tính chuyển tọa độ. Các tham số này có thể được xác định riêng cho từng khu vực cụ thể dựa vào các điểm song trùng bao quanh khu vực tính chuyển.

Độ chính xác xác định vị trí điểm trong ITRF bằng phần mềm Bernese 5.0 có thể đạt cỡ milimet, từ đây có thể tính chuyển tọa độ các điểm đo sang VN-2000. Nếu xác định các tham số tính chuyển phù hợp cho khu vực thì độ chính xác trong VN-2000 có thể đạt cỡ centimet. Nếu sử dụng các tham số tính chuyển cho cả nước thì độ chính xác đạt được chỉ cỡ 0,2÷0,3 m.

2. Thuật toán xác định 7 tham số tính chuyển giữa hai hệ tọa độ vuông góc không gian địa tâm

Để tính chuyển tọa độ giữa hai hệ thống tọa độ vuông góc không gian địa tâm người ta sử dụng công thức Bursa Wolf [2]:

$$\begin{bmatrix} X_i' \\ Y_i' \\ Z_i' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} dX \\ dY \\ dZ \end{bmatrix} + m \cdot \begin{bmatrix} 1 & -e_z & -e_y \\ -e_z & 1 & e_x \\ e_y & -e_x & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} \quad (1)$$

Với: X_i, Y_i, Z_i - Tọa độ vuông góc không gian địa tâm trong hệ thứ nhất; X_i^0, Y_i^0, Z_i^0 - Tọa độ vuông góc không gian địa tâm trong hệ thứ 2; $dX, dY, dZ, e_x, e_y, e_z, m$ - 7 tham số tính chuyển tọa độ.

7 tham số trên thường xác định dựa vào các điểm song trùng có thành phần tọa độ trong cả hai hệ. Với điểm i bất kỳ, có thể lập được 3 phương trình tính chuyển tọa độ như (1). Ta coi các phương trình (1) là mô hình toán để xác định 7 tham số. Kí hiệu $m=(1+dm)$, từ (1), thay tọa độ bình sai bằng tọa độ gần đúng cộng số hiệu chỉnh ta lập hệ phương trình:

$$\begin{bmatrix} X_i' \\ Y_i' \\ Z_i' \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} dX \\ dY \\ dZ \end{bmatrix} + (1 + dm) \cdot \begin{bmatrix} 1 & e_z & -e_y \\ -e_z & 1 & e_x \\ e_y & -e_x & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} \quad (2)$$

Từ (2) ta biến đổi về hệ phương trình số hiệu chỉnh:

$$\begin{bmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} dX \\ dY \\ dZ \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} dm & e_z & -e_y \\ -e_z & dm & e_x \\ e_y & -e_x & dm \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_i - X_i' \\ Y_i - Y_i' \\ Z_i - Z_i' \end{bmatrix} \quad (3)$$

Ở bài toán này ta cần xác định 7 ẩn số, do vậy cần phải thành lập tối thiểu 7 phương trình có dạng như (3). Khi có từ 3 điểm song trùng trở lên ($n \geq 3$), ta sẽ giải bài toán theo nguyên tắc số bình phương

$$V = \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{bmatrix}; A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -Z_i & Y_i & X_i \\ 0 & 1 & 0 & Z_i & 0 & -X_i & Y_i \\ 0 & 0 & 1 & -Y_i & X_i & 0 & Z_i \end{bmatrix}; L = \begin{bmatrix} 1_x \\ 1_y \\ 1_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_i - X'_i \\ Y_i - Y'_i \\ Z_i - Z'_i \end{bmatrix}$$

$$X^T = [dX \quad dY \quad dZ \quad e_x \quad e_y \quad e_z \quad dm]$$

Với n điểm song trùng ta sẽ lập được 3n phương trình số hiệu chỉnh như trên. Sau đó, ta thành lập ma trận hệ số phương trình chuẩn $R = A^T \cdot A$ và tính ma trận nghịch đảo R^{-1} . Cuối cùng, tính ẩn số X theo công thức:

$$X = -R^{-1} \cdot A^T \cdot L \quad (7)$$

Sai số trung phương trọng số đơn vị được tính:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[VV]}{3n-7}} \quad (8)$$

Sai số trung phương các ẩn số được xác định:

$$\begin{aligned} m_{dx} &= \mu \sqrt{Q_{1,1}}; \quad m_{dy} = \mu \sqrt{Q_{2,2}}; \quad m_{dz} = \mu \sqrt{Q_{3,3}}; \\ m_{ex} &= \mu \sqrt{Q_{4,4}}; \quad m_{ey} = \mu \sqrt{Q_{5,5}}; \quad m_{ez} = \mu \sqrt{Q_{6,6}}; \\ m_m &= \mu \sqrt{Q_{7,7}} \end{aligned} \quad (9)$$

Tại đây: $Q_{i,i} (i=1, 2, \dots, 7)$ - Các phần tử trên đường chéo chính của ma trận nghịch đảo.

3. Giải pháp nâng cao độ chính xác xác định tọa độ trên đảo trong hệ VN-2000

3.1. Giới thiệu lưới thực nghiệm

Lưới thực nghiệm bao gồm 6 điểm (4 điểm địa chính cơ sở (ĐCCS) và 2 điểm mới) được đo tại huyện đảo Vân Đồn, tỉnh Quảng Ninh vào các ngày 8, 9, 10 tháng 11 năm 2013. Trong mỗi ngày các điểm đều được đo liên tục 8 tiếng từ 8h30 đến 16h30. Tất cả các điểm đều đảm bảo điều kiện tốt cho việc thu tín hiệu vệ tinh liên tục. Các điểm ĐCCS có cơ sở toán học là: lưới chiếu UTM, kinh tuyến trục 105^0 , múi chiếu 6^0 . Máy thu sử dụng để đo lưới thực nghiệm bao gồm hai máy 2 tần GB-1000 (hãng Topcon) và bốn máy 1 tần 4600LS (hãng Trimble). Máy 2 tần GB-1000 được đặt tại các điểm 107444, VD-01 vào các ngày 8, 9/11 và đặt tại các điểm 107443, 107445 vào ngày 10/11. Chiều dài cạnh trung bình trong lưới khoảng 6 km, cạnh ngắn nhất 1,7 km, cạnh dài nhất 12,5 km.

3.2. Xác định tọa độ của các điểm đo nối trong ITRF-2008

Để tính toán tọa độ của các điểm đo nối trong hệ ITRF-2008, chúng tôi sử dụng phần mềm Bernese 5.0 do Viện Thiên văn, Trường Đại học Bern của Thụy Sĩ xây dựng. Nó được công nhận là phần mềm

nhỏ nhất. Khi đó, ma trận hệ phương trình số hiệu chỉnh có dạng:

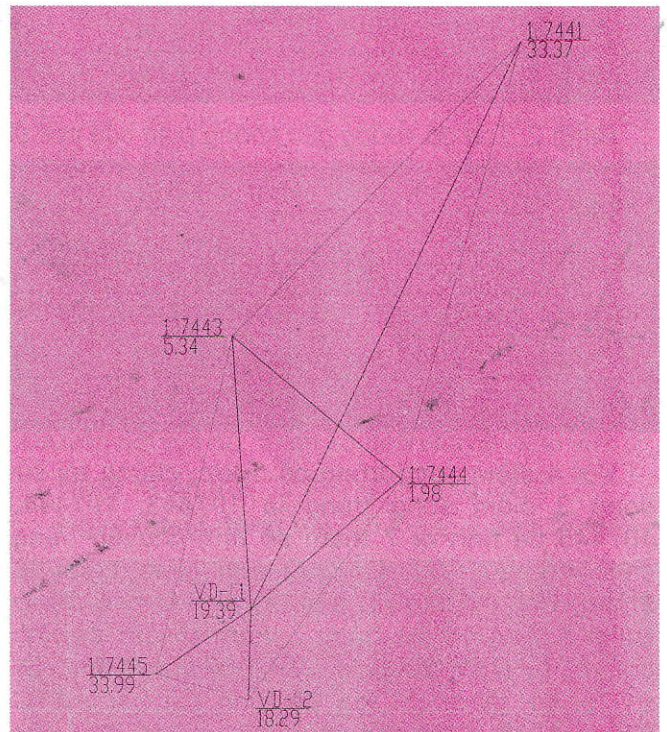
$$V = AX + L \quad (4)$$

Trong đó:

$$L = \begin{bmatrix} 1_x \\ 1_y \\ 1_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_i - X'_i \\ Y_i - Y'_i \\ Z_i - Z'_i \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$(6)$$

đa năng, cho kết quả xử lý đạt độ chính xác cao và đã có trên 400 các trường đại học, viện nghiên cứu trên thế giới sử dụng với nhiều mục đích khác nhau.



H.1. Sơ đồ lưới thực nghiệm

Số liệu sử dụng để tính tọa độ của các điểm đo nối trong ITRF-2008 bao gồm số liệu đo liên tục trong 8 tiếng ở 4 điểm 107443, 107444, 107445, VD-01 ở khu vực Vân Đồn, Quảng Ninh. Số liệu đo của các trạm thường xuyên IGS lấy tại địa chỉ [5]. Lịch vệ tinh chính xác được lấy tại địa chỉ [6]. Tọa độ các điểm tính được cho trong các cột 2, 3, 4 của Bảng 2. Độ chính xác vị trí điểm trong ITRF cỡ ± 1 cm.

3.3. Xác định tọa độ của các điểm đo nối trong VN-2000

Tiến hành xử lý số liệu mạng lưới thực nghiệm bằng phần mềm TTC (Trimble Total Control) với 3 điểm gốc 107443, 107444, 107445 cho kết quả tọa độ sau bình sai của các điểm trong hệ VN-2000 trong Bảng 1. Độ chính xác vị trí điểm trong VN-2000 khoảng ± 3 cm.

3.4. Xác định các tham số tính chuyển tọa độ

Như vậy, sau khi bình sai bằng phần mềm Bernese 5.0 ta thu được tọa độ vuông góc không gian của các điểm trong hệ ITRF-2008, bình sai

bằng phần mềm TTC ta thu được tọa độ vuông góc không gian của các điểm trong hệ VN-2000. Tọa độ của 4 điểm đo nối được thống kê trong Bảng 2.

Bảng 1. Kết quả tính tọa độ các điểm đo nối trong hệ VN-2000

Điểm	Tọa độ vuông góc phẳng		Tọa độ vuông góc không gian		
	x (m)	y (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
VD-01	2332422.200	752122.176	-1783144.279	5680779.153	2279194.042
107444	2334913.299	755008.527	-1785664.385	5679048.202	2281469.618
107443	2337597.143	751769.059	-1782320.674	5679070.325	2284019.572
VD-02	2330708.528	752073.765	-1783257.229	5681387.689	2277596.019
107445	2331190.027	750296.242	-1781518.707	5681756.957	2278075.900
107441	2343171.408	757313.868	-1787103.964	5675519.604	2289146.078

Bảng 2. Tọa độ vuông góc không gian của các điểm song trùng

Điểm	ITRF-2008			VN-2000		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
107443	-1782519.203	5679049.960	2283915.977	-1782320.674	5679070.325	2284019.572
107444	-1785862.897	5679027.720	2281365.973	-1785664.385	5679048.202	2281469.618
107445	-1781717.188	5681736.509	2277972.198	-1781518.707	5681756.957	2278075.900
VD-01	-1783342.750	5680758.595	2279090.339	-1783144.279	5680779.153	2279194.042

Với 4 điểm song trùng có được, chúng tôi sử dụng 3 điểm song trùng là 107443, 107444, 107445 để tính ra 7 tham số tính chuyển riêng cho khu vực Vân Đồn, Quảng Ninh theo hệ thống công thức từ (1) đến (9) với kết quả cho ở Bảng 3. Sau đó, sử dụng 7 tham số này để tính chuyển từ ITRF-2008 về VN-2000 cho điểm VD-01 rồi so sánh với tọa độ bình sai bằng TTC (Bảng 1) để đánh giá mức độ tin cậy của các tham số xác định được.

Bảng 3. Các tham số tính chuyển tọa độ giữa ITRF-2008 và VN-2000 khu vực Vân Đồn

N ^o	Tham số	Giá trị	Sai số trung phương
1	dX	+49.9825 m	27.8885 m
2	dY	+92.5831 m	16.1947 m
3	dZ	-19.5202 m	20.4867 m
4	e _x	-4.46911451"	0.63463979"
5	e _y	-2.56742654"	0.62318600"
6	e _z	+3.73517953"	0.85841302"
7	m=1+dm	0.999990312949	0.000002419337

Sai số trung phương đơn vị trọng số:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[VV]}{3n-7}} = \pm 0.0138 \text{ m.}$$

3.5. Kiểm tra độ tin cậy của các tham số tính chuyển tọa độ

Để cơ sở so sánh, chúng tôi tiến hành tính chuyển từ ITRF-2008 về VN-2000 cho điểm kiểm tra VD-01 theo 2 phương án tại 2 thời điểm khác nhau như sau:

❖ Phương án 1 (tính chuyển tại thời điểm đo): sử dụng 7 tham số tính chuyển tọa độ ở Bảng 3, áp dụng công thức (1) để tính chuyển từ ITRF-2008 về VN-2000. Sau đó từ tọa độ vuông góc không gian (XYZ) trong hệ VN-2000, tiến hành tính đổi về hệ tọa độ trắc địa (BLH), rồi tính đổi tiếp về hệ tọa độ vuông góc phẳng (xy) với cơ sở toán học giống với các điểm địa chính cơ sở có trong khu đo.

❖ Phương án 2 (tính chuyển tại thời điểm 2007): sử dụng 7 tham số được công bố theo quyết định 05/2007/QĐ-BTNMT để tính chuyển từ ITRF-2008 về VN-2000, sau đó tiến hành tính chuyển về tọa độ phẳng (xy).

Kết quả tính tọa độ vuông góc không gian và tọa độ trắc địa trong hệ VN-2000 cho trong Bảng 4. Kết quả tính tọa độ phẳng và so sánh với tọa độ bình sai cho trong Bảng 5.

Bảng 4. Tọa độ vuông góc không gian và tọa độ trắc địa trong hệ VN-2000

Phương án	Tọa độ vuông góc không gian			Tọa độ trắc địa						
	X (m)	Y (m)	Z (m)	B			L		H (m)	
P/A 1	-1783144.254	5680779.062	2279194.022	21 ⁰	4'	31.7375"	107 ⁰	25'	35.7347"	-3.306
P/A 2	-1783150.059	5680796.601	2279201.128	21 ⁰	4'	31.7372"	107 ⁰	25'	35.7446"	16.486

Bảng 5. Bảng so sánh tọa độ điểm VD-01 theo các phương án

Phương án	Tọa độ vuông góc phẳng		Độ lệch so với tọa độ bình sai		
	x (m)	y (m)	dx (m)	dy (m)	dP (cm)
P/A 1	2332422.215	752122.181	+0.015	+0.005	1.6
P/A 2	2332422.210	752122.467	+0.010	+0.291	29.1

với: $dx = x_{TC} - x_{BS}$, $dy = y_{TC} - y_{BS}$, $dP = \sqrt{dx^2 + dy^2}$.

4. Đánh giá kết quả

Từ kết quả so sánh Bảng 5 ta thấy tọa độ tính chuyển theo các tham số của khu vực cho độ chính xác tốt hơn so với tọa độ tính chuyển theo 7 tham số của Bộ TNMT công bố năm 2007. Độ lệch 1.6 cm hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu độ chính xác xây dựng lưới khống chế mặt bằng nhà nước.

Khi tính chuyển từ tọa độ ITRF-2008 về VN-2000 nên xác định lại các tham số tính chuyển cho khu vực. Nếu tính theo 7 tham số của Bộ TNMT công bố năm 2007 thì độ chính xác đạt được chỉ cỡ $\pm 0.2 \div 0.3$ m.

Các tham số tính chuyển của khu vực được xác định dựa vào các điểm song trùng theo thuật toán từ (1) đến (9). Các điểm song trùng cần phải được bố trí bao quanh khu vực tính chuyển và số lượng điểm song trùng không được ít hơn 3. Độ chính xác tính chuyển tọa độ phụ thuộc vào độ chính xác của các điểm song trùng trong 2 hệ ITRF-2008 và VN-2000. Nếu các điều kiện trên được đảm bảo thì độ chính xác tính chuyển tọa độ có thể đạt cỡ một vài centimet.

Khi tính chuyển tọa độ từ ITRF-2008 về VN-2000 tại khu vực Vân Đồn, Quảng Ninh có thể sử dụng 7 tham số ở Bảng 3. Tuy nhiên, do điều kiện số liệu điểm thực nghiệm ít, quy mô của lưới thực nghiệm nhỏ nên bộ 7 tham số trên chưa phải là những tham số phù hợp nhất cho toàn bộ khu vực Quảng Ninh. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Cục Bản đồ Bộ Tổng tham mưu, "Hướng dẫn sử dụng phần mềm xử lý dữ liệu đo GNSS - Bernese 5.0", Hà Nội, 2013.
2. Đặng Nam Chinh. Hệ quy chiếu trắc địa, Bài giảng cao học. Trường Đại học Mỏ-Địa chất, Hà

Nội, 2009.

3. Đặng Nam Chinh, Nguyễn Gia Trọng. Xác định các tham số tính chuyển tọa độ giữa Hệ quy chiếu Quốc gia Việt Nam (VN-2000) và ITRF-2005. Hội nghị khoa học kỹ thuật mỏ quốc tế, 2010.
4. Bộ Tài nguyên Môi trường. Quyết định QĐ 05/2007/QĐ-BTNMT.
5. <ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/pub/data/daily>.
6. <ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/pub/gps/products/>.

Người biên tập: Võ Chí Mỹ

Từ khóa: Độ chính xác vị trí điểm trên đảo, chuyển đổi tọa độ, tham số tính chuyển khu vực

Ngày nhận bài: 19 tháng 11 năm 2015

Ngày duyệt đăng bài: 15 tháng 7 năm 2016

SUMMARY

The software process GNSS data Bernese 5.0 provides the result in ITRF-2008 coordinate system. So, it is necessary to transfer the result in ITRF-2008 coordinate system to VN-2000 coordinate system, they are both spatial cartesian coordinate system. To transfer coordinate from this system to another system, we must use 7 parameters of coordinate transformation. These parameters can be separately determined for specific area based on common points located surround the transformative area. The paper introduces one method to define 7 parameters of coordinate transformation and specify them in the region of Vân Đồn, Quảng Ninh.