

## TÍNH CHUYỂN TỌA ĐỘ GIỮA CÁC KHUNG QUY CHIỀU TRÁI ĐẤT QUỐC TẾ

BÙI THỊ HỒNG THẨM, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

**Tóm tắt:** Khung quy chiếu Trái đất quốc tế ITRF (International Terrestrial Reference Frame) được định nghĩa như là sự một sự hiện thực hóa của hệ thống quy chiếu Trái đất quốc tế ITRS (International Terrestrial Reference System) được xác định về gốc, các trục định hướng, tỷ lệ và sự phát triển của nó theo thời gian [2]. Yếu tố thời gian là một đặc điểm rất cơ bản trong khung quy chiếu Trái đất quốc tế. Bài báo trình bày về cơ sở lý thuyết, các công thức cơ bản và phương pháp tính chuyển tọa độ giữa các khung quy chiếu Trái đất quốc tế. Tọa độ một số điểm GNSS từ các ITRF tại thời điểm khác nhau đã được chuyển đổi thành công sang ITRF08 tại một thời điểm.

### 1. Mở đầu

Theo thời gian với việc phát triển của công nghệ, tọa độ động dần được thiết lập và được ứng dụng thực tiễn trên thế giới cũng như ở nước ta. Một khác biệt cơ bản so với hệ tọa độ tĩnh là yếu tố thời gian, tọa độ của hệ thay đổi theo thời gian và vì vậy việc xác định tọa độ là bài toán cơ bản trong tọa độ động.

Để tính tọa độ của các điểm GNSS (Global Navigation Satellite Systems), từ số liệu đo GNSS kết hợp với việc sử dụng tọa độ của các điểm IGS (International GNSS Service) đóng vai trò như các điểm khống chế để xác định tọa độ của các điểm đo. Tọa độ của các điểm GNSS liên quan chặt chẽ với khung quy chiếu Trái đất quốc tế do bởi lịch vệ tinh chính xác, tọa độ, vận tốc của các điểm IGS, các số liệu hỗ trợ đều được biểu diễn trong hệ tọa độ này.

Có các phương pháp khác nhau để xác định được tọa độ của các điểm GNSS (của các đợt đo thuộc các công trình, dự án khác nhau) trong một ITRF thống nhất tại một thời điểm xác định: phương pháp thứ nhất là tập hợp và xử lý lại toàn bộ số liệu đo; phương pháp thứ hai là dùng các phép biến đổi tọa độ. Với phương pháp thứ nhất, việc xử lý lại toàn bộ số liệu khối lượng công việc lớn và rất phức tạp; phương pháp thứ hai khối lượng tính toán giảm một cách cơ bản dẫn đến khả năng cập nhật các kết quả mới cũng thuận lợi hơn. Vì vậy, trong bài báo này phép biến đổi tọa độ đã được lựa chọn để chuyển đổi tọa độ của một số điểm GNSS tại các ITRF trong các thời điểm khác nhau về ITRF08 tại thời điểm quan tâm.

### 2. Cơ sở lý thuyết

#### 2.1. Công thức chuyển đổi tọa độ giữa các khung quy chiếu

Theo định nghĩa của IERS (International Earth Rotation and Reference Systems Service), việc chuyển đổi giữa các khung quy chiếu được xác định bởi công thức: [1]

$$X_{(2)} = T + (1 + D)R^T X_{(1)}, \quad (1)$$

trong đó:

$X_{(2)}$  - véc tơ tọa độ của điểm trong khung quy chiếu (2);

$X_{(1)}$  - véc tơ tọa độ tương ứng của điểm đó trong khung quy chiếu (1);

T - véc tơ dịch chuyển gốc tọa độ;

D - sự khác nhau về tỷ lệ.

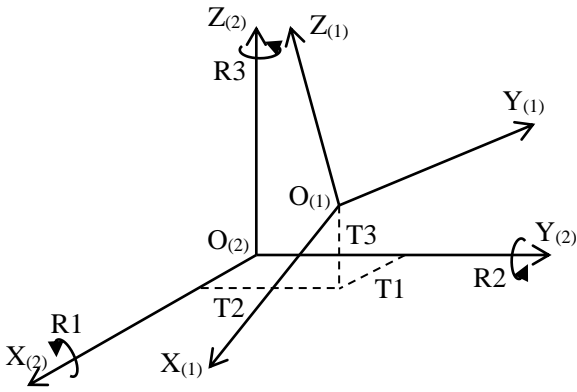
R - ma trận xoay trục tọa độ giữa 2 khung quy chiếu được tính theo công thức:

$$R^T = R1^T (R1)R2^T (R2)R3^T (R3) = \begin{pmatrix} 1 & -R3 & R2 \\ R3 & 1 & -R1 \\ -R2 & R1 & 1 \end{pmatrix}, \quad (2)$$

trong đó: R1, R2, R3 - các góc xoay Öle nhỏ.

Vì D cũng rất nhỏ nên có thể viết:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{(2)} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{(1)} + \begin{bmatrix} T1 \\ T2 \\ T3 \end{bmatrix} + D \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{(1)} + \begin{bmatrix} 0 & -R3 & R2 \\ R3 & 0 & -R1 \\ -R2 & R1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{(1)}, \quad (3)$$



Hình 1. Chuyển đổi giữa 2 khung quy chiếu

Các tham số  $T1, T2, T3, R1, R2, R3$  và  $D$  biến đổi theo thời gian theo mô hình tuyến tính sau:

$$\beta_i(t) = \beta_i(t_0) + \dot{\beta}_i(t-t_0) \quad (4)$$

trong đó:

$\beta_i$  đề cập tới tất cả các tham số với  $i = 1$  đến 7;

$\dot{\beta}_i$  - đạo hàm bậc nhất của  $\beta_i$  theo thời gian;

$\beta_i(t)$  - các giá trị tại thời điểm  $t$ ;

$\beta_i(t_0)$  - các giá trị tại thời điểm  $t_0$ .

Từ đó công thức chuyển đổi tọa độ điểm ở khung quy chiếu (1) tại thời điểm  $t_0$  sang khung quy chiếu (2) tại thời điểm  $t$  được viết như sau:

$$\tilde{R} = \begin{bmatrix} 0 & -(\dot{R}3(t_0) + \dot{R}3.(t-t_0)) & \dot{R}2(t_0) + \dot{R}2.(t-t_0) \\ \dot{R}3(t_0) + \dot{R}3.(t-t_0) & 0 & -(\dot{R}1(t_0) + \dot{R}1.(t-t_0)) \\ -(\dot{R}2(t_0) + \dot{R}2.(t-t_0)) & \dot{R}1(t_0) + \dot{R}1.(t-t_0) & 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Công thức tính chuyển tọa độ trong một khung quy chiếu từ thời điểm  $t_0$  sang thời điểm  $t$ :

$$\begin{bmatrix} X(t) \\ Y(t) \\ Z(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X(t_0) \\ Y(t_0) \\ Z(t_0) \end{bmatrix} + (t-t_0) \begin{bmatrix} V_X(t_0) \\ V_Y(t_0) \\ V_Z(t_0) \end{bmatrix} \quad (8)$$

trong đó:  $V_X, V_Y, V_Z$  - vận tốc của khung quy chiếu tại thời điểm  $t_0$ .

Công thức tính đổi tọa độ giữa B, L, H và X, Y, Z được trình bày trong [1]; công thức tính chuyển vận tốc chuyển dịch từ  $V_X, V_Y, V_Z$  sang  $V_N, V_E, V_H$  và ngược lại được trình bày trong [5].

quy chiếu (2) tại thời điểm  $t$  được viết như sau: (công thức 5)

$$\begin{bmatrix} X(t) \\ Y(t) \\ Z(t) \end{bmatrix}_{(2)} = \begin{bmatrix} X(t) \\ Y(t) \\ Z(t) \end{bmatrix}_{(1)} + \begin{bmatrix} T1(t) \\ T2(t) \\ T3(t) \end{bmatrix} + D(t) \times \begin{bmatrix} X(t) \\ Y(t) \\ Z(t) \end{bmatrix}_{(1)} + \begin{bmatrix} 0 & -R3(t) & R2(t) \\ R3(t) & 0 & -R1(t) \\ -R2(t) & R1(t) & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} X(t) \\ Y(t) \\ Z(t) \end{bmatrix}_{(1)} \quad (5)$$

$$\times \begin{bmatrix} X(t) \\ Y(t) \\ Z(t) \end{bmatrix}_{(1)}$$

Kết hợp với công thức (4), công thức (5) được viết dưới dạng như sau:

$$\begin{bmatrix} X(t) \\ Y(t) \\ Z(t) \end{bmatrix}_{(2)} = \begin{bmatrix} X(t) \\ Y(t) \\ Z(t) \end{bmatrix}_{(1)} + \begin{bmatrix} T1(t_0) + \dot{T}1.(t-t_0) \\ T2(t_0) + \dot{T}2.(t-t_0) \\ T3(t_0) + \dot{T}3.(t-t_0) \end{bmatrix} + (D(t_0) + \dot{D}.(t-t_0)) \begin{bmatrix} X(t) \\ Y(t) \\ Z(t) \end{bmatrix}_{(1)} + \tilde{R} \begin{bmatrix} X(t) \\ Y(t) \\ Z(t) \end{bmatrix}_{(1)} \quad (6)$$

## 2.2. Các tham số tính chuyển giữa các khung quy chiếu Trái đất quốc tế

Việc tính chuyển các tham số (tọa độ và vận tốc) giữa các ITRF được tổ chức ITRF đảm bảo bằng việc thu thập số liệu, xử lý, xác định và công bố các tham số tính chuyển. Với vai trò người sử dụng, để có thể tính chuyển các tọa độ về một ITRF cần nắm vững và áp dụng các công thức tính chuyển, bên cạnh đó còn phải khai thác và ứng dụng chính xác các tham số tính chuyển được ITRF công bố. Một số các tham số chuyển đổi giữa các khung quy chiếu Trái đất quốc tế tại một thời điểm xác định được thống kê ở trong bảng 1.

Bảng 1. Các tham số chuyển đổi giữa các ITRF [3]

ITRF <sub>(1)</sub>	ITRF <sub>(2)</sub>	T1	T2	T3	D	R1	R2	R3	Thời điểm
		Ṫ1	Ṫ2	Ṫ3	Đ̇	Ṙ1	Ṙ2	Ṙ3	
		mm mm/n	mm mm/n	mm mm/n	10 <sup>-8</sup> 10 <sup>-8</sup> /n	0.0001" 0.0001"/n	0.0001" 0.0001"/n	0.0001" 0.0001"/n	
92	93	-2 -2.9	-7 0.4	-7 0.8	1.2 0	-3.9 -1.1	8 -1.9	-9.6 0.5	1988
93	94	-6 2.9	5 -0.4	15 -0.8	-0.04 0.0	0.39 0.11	-0.80 0.19	0.96 -0.05	1988
94	96	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	1997
96	97	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	1997
97	00	-6.7 0.0	-6.1 0.6	18.5 1.4	-0.155 -0.001	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 -0.02	1997
00	05	-0.1 0.2	0.8 -0.1	5.8 1.8	-0.040 -0.008	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	2000
05	08	0.5 -0.3	0.9 0.0	4.7 0.0	-0.094 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	2005

### 3. Số liệu và kết quả xử lý

#### 3.1. Số liệu đầu vào

- Các điểm trên lãnh thổ Việt Nam trong đề án GEODYSSSEA: gồm 2 điểm GPS ký hiệu là CAMP và NONN [4]. Có thể nói, đây là hai

điểm có tọa độ cũng như vận tốc trong ITRF sớm nhất nước ta, tọa độ của các điểm được tính toán tại thời điểm ngày 18 tháng 4 năm 1996 và vận tốc chuyển dịch tuyệt đối của các điểm được tính toán trong ITRF94.

Bảng 2. Tọa độ và vận tốc chuyển dịch tuyệt đối trong ITRF94

TT	Tên điểm	X (m)	Y (m)	Z (m)	V <sub>N</sub> (mm/n)	V <sub>E</sub> (mm/n)	V <sub>H</sub> (mm/n)
1	CAMP	-1772773.7	5687232.7	2271331.7	-7.222	47.131	27.081
2	NONN	-1921866.2	5823665.7	1747139.6	-3.163	43.978	23.779

- Số liệu của mạng lưới Châu Á-Thái Bình Dương gồm các trạm DGPS được đo đạc liên tục trong 7 ngày. Số liệu này được xử lý

bằng phần mềm Bernese 5.0 được tính toán trong ITRF2005 tại thời điểm 14 tháng 9 năm 2011.

Bảng 3. Tọa độ và vận tốc chuyển dịch tuyệt đối trong ITRF05

TT	Tên điểm	X (m)	Y (m)	Z (m)	V <sub>X</sub> (mm/n)	V <sub>Y</sub> (mm/n)	V <sub>Z</sub> (mm/n)
1	DIEB	-1336842.3589	5787988.4777	2315702.2337	-27.9	0.9	-7.5
2	DOSN	-1724757.3113	5714523.9123	2239792.0381	-31.5	9.7	-1.6
3	NT01	-1726969.5598	5714864.9610	2237081.3952	-37.7	0.3	-8.3
4	NT03	-1844373.5828	5997105.5914	1142317.0471	-31.6	11.7	-8.1
5	NT04	-1575936.5376	6075089.2311	1132070.0808	-11.9	-16.1	-12.2
6	QT01	-1339440.8661	5788398.0363	2313170.2666	-25.8	-21.2	-16.9
7	QT03	-1916791.4202	5822974.9472	1754668.6945	-25.8	-6.9	-15.1
8	VUNT	-1849617.0087	5995299.9216	1143372.7255	-22.4	-3.9	-10.7



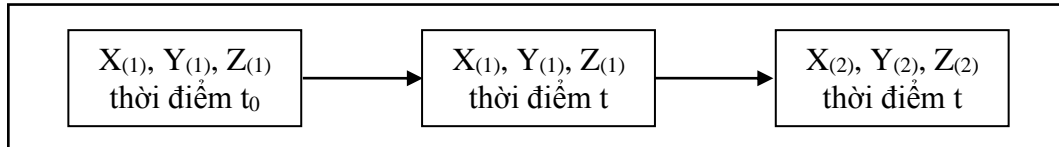
### 3.2. Các bước tính

Từ số liệu thu thập được cùng các công thức, các tham số tính chuyển giữa hai khung quy chiếu, việc tính chuyển tọa độ của các điểm ở các ITRF khác nhau tại các thời điểm khác nhau về ITRF08 tại thời điểm ngày 18 tháng 7 năm 2012 được tiến hành theo quy trình sau:

- Sử dụng công thức (4) để xác định các tham số tính chuyển từ ITRF<sub>(1)</sub> sang ITRF<sub>(2)</sub> tại thời điểm t.

- Áp dụng các công thức (6) và (8) để tính chuyển tọa độ giữa các khung quy chiếu tại các thời điểm khác nhau.

Việc tính chuyển tọa độ được khái quát dưới dạng sơ đồ sau:



### 3.3. Kết quả tính toán

Từ các bước tính chuyển tọa độ được trình bày ở trên, tọa độ của hai điểm CAMP, NONN và tọa độ của 8 điểm thuộc mạng lưới Châu Á-Thái Bình Dương được tính chuyển thống nhất đến khung quy chiếu ITRF08 tại thời điểm 18 tháng 7 năm 2012 (bảng 4).

Bảng 4. Tọa độ của các điểm GPS trong ITRF08 tại thời điểm 18/7/2012

TT	Tên điểm	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	CAMP	-1772774.5625	5687232.9039	2271331.8300
2	NONN	-1921866.9957	5823665.8416	1747139.7398
3	DIEB	-1336842.3829	5787988.4739	2315702.2299
4	DOSN	-1724757.3380	5714523.9160	2239792.0393
5	NT01	-1726969.5917	5714864.9568	2237081.3908
6	NT03	-1844373.6094	5997105.5965	1142317.0439
7	NT04	-1575936.5479	6075089.2127	1132070.0742
8	QT01	-1339440.8883	5788398.0139	2313170.2549
9	QT03	-1916791.4419	5822974.9368	1754668.6848
10	VUNT	-1849617.0276	5995299.9136	1143372.7201

### 4. Kết luận

Với việc tìm hiểu về cơ sở lý thuyết, công thức, khai thác các số liệu hỗ trợ quốc tế, tọa độ của một số điểm GNSS đã được tính chuyển từ các ITRF94 tại thời điểm 18/4/1996 và ITRF05 tại thời điểm 14/9/2011 về ITRF08 tại thời điểm duy nhất là 18/7/2012.

Theo cách tính toán này, việc xác định tọa độ của các điểm trong một ITRF thống nhất

tại một thời điểm xác định được giải quyết một cách tối ưu.

Kết quả trên góp phần vào việc nghiên cứu hệ quy chiếu động quốc gia kết nối với khung quy chiếu Trái đất quốc tế và ngược lại. Nó tạo điều kiện thuận lợi để giải quyết các bài toán toàn cầu và có ý nghĩa thiết thực đối với việc nghiên cứu và triển khai hệ tọa độ động trong tương lai ở nước ta.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. GS.TSKH. Phạm Hoàng Lân, PGS.TS. Đặng Nam Chính, TS. Dương Văn Phong, TS. Vũ Văn Trí (2012), Trắc địa cao cấp đại cương, NXB Khoa học và kỹ thuật.
- [2]. Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) and US Naval Observatory (USNO) (2010), IERS Conventions (2010)
- [3]. Christopher Jekeli (2012), Geometric Reference Systems in Geodesy.
- [4]. <http://www.geologie.ens.fr/~vigny/geod03.html>
- [5]. T. Soler, J.Y. Han, and N.D. Weston (2011), Alternative transformation from Cartesian to geodetic coordinates by least squares for GPS georeferencing applications, Computers & Geosciences pp.100-109.

## SUMMARY

### **Transformation coordinates between international terrestrial reference frames**

**Bui Thi Hong Tham**, *Hanoi University for Natural Resources and Environment*

An International Terrestrial Reference Frame is defined as the realization of a TRS, through the realization of its origin, orientation axes and scale, and their time evolution [2]. The time is a basic feature in one. This paper presents the theory, the basic formula and method of calculating the coordinates transfer between International Terrestrial Reference Frames. Coordinates of some GNSS points from the previous ITRF at different times have been converted to ITRF08 at the same time.