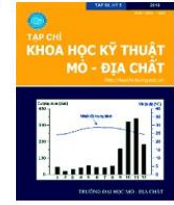




Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>



Xây dựng phần mềm phục vụ tính chuyển tọa độ giữa hệ quy chiếu VN2000 với khung quy chiếu trái đất quốc tế (ITRF)

Phạm Thị Hoa¹, Nguyễn Văn Quang¹, Phạm Thế Huỳnh², Trịnh Thị Hoài Thu^{1,*},
Đào Văn Khánh¹, Ngô Thị Phương Thảo³, Phạm Thị Hồng Hương¹, Nguyễn Văn Bình¹

¹ Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường, Việt Nam

² Khoa Khoa Trắc địa - Bản đồ và Quản lý đất đai, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

³ Khoa Công nghệ Thông tin, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình:

Nhận bài 11/8/2019

Chấp nhận 06/9/2019

Đăng online 31/10/2019

Từ khóa:

ITRF,

VN2000,

Tính chuyển tọa độ.

TÓM TẮT

Khung quy chiếu trái đất quốc tế ITRF đang được coi là tiêu chuẩn chung nhằm đảm bảo sự tích hợp giữa các hệ thống thông tin không gian. Cơ sở lý thuyết kết nối tọa độ giữa hệ tọa độ quốc gia VN2000 và ITRF đã được giải quyết trong các công trình nghiên cứu trước đây. Tuy nhiên, đây là bài toán phức tạp, việc triển khai tính toán trong thực tế gặp nhiều khó khăn nên việc xây dựng phần mềm hỗ trợ cho công tác tính chuyển là cần thiết. Chính vì thế, bài báo này sẽ trình bày về xây dựng phần mềm hỗ trợ tính chuyển giữa VN2000 và khung quy chiếu quốc tế ITRF. Phần mềm là một công cụ hữu hiệu để người dùng để dàng tính chuyển tọa độ giữa VN2000 và khung quy chiếu quốc tế ITRF, đáp ứng nhu cầu tích hợp được cơ sở dữ liệu quốc tế và quốc gia trong xu thế phát triển của khoa học công nghệ hiện nay. Phần mềm còn có tính năng mở cho phép người dùng thay đổi các thông số tính chuyển.

© 2019 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Mở đầu

Năm 1994, Liên đoàn Trắc địa Quốc tế đã đề xuất thành lập hệ quy chiếu quốc tế động ITRS. Triển khai của hệ quy chiếu quốc tế ITRS chính là các khung quy chiếu trái đất quốc tế ITRF (International Terrestrial Reference System). ITRF được thiết lập bởi các phương pháp đo trắc địa không gian như VLBI, LLR, SLR, GPS và DORIS

(Altamimi, 2012). Vì tọa độ và vận tốc của các điểm là đại lượng biến thiên theo thời gian nên sẽ có nhiều sản phẩm ITRF khác nhau: ITRF1992, ITRF1996, ITRF1997, ITRF2000, ITRF2005, ITRF2008 và gần đây nhất là ITRF2014 (Altamimi, 2001, 2002, 2007, 2011, 2016; Boucher et al., 1993, 1998, 1999). Có thể nói, khung quy chiếu quốc tế (ITRF) là hiện thực hoá hệ quy chiếu ITRS (Altamimi, 2012) tại một thời điểm cụ thể. Tất cả các khung quy chiếu ITRF đều cung cấp tọa độ các trạm tại thời điểm nhất định và vận tốc chuyển dịch cho từng thành phần tọa độ. Để tính chuyển giữa các phiên bản của ITRF, tổ chức IERS

*Tác giả liên hệ

E - mail: tththu@hunre.edu.vn

(Jekeli, 2016) cung cấp 14 tham số tính chuyển, gồm 7 tham số gốc (3 tham số dịch gốc địa tâm, 3 tham số góc xoay hướng trục tọa độ và 1 tham số tỷ lệ) và 7 tham số vận tốc tương ứng.

Khung quy chiếu trái đất quốc tế đang được coi là tiêu chuẩn chung nhằm đảm bảo sự tích hợp giữa các hệ thống thông tin không gian vì các lý do sau: Hầu hết các hệ tọa độ toàn cầu và khu vực đều tương thích hoặc có mối liên hệ với ITRF; Nhiều quốc gia đang hiện đại hóa hệ tọa độ quốc gia theo hướng tương thích với ITRF; Các hệ thống định vị vệ tinh toàn cầu đều sử dụng hệ tọa độ tương thích với ITRF; Các trạm của mạng lưới GNSS trên toàn thế giới dễ dàng có được tọa độ trong khung ITRF trên cơ sở sử dụng các sản phẩm của IGS.

Theo Quyết định số 83/2000/QĐ - TTg ngày 12 tháng 7 năm 2000 của Thủ tướng chính phủ về sử dụng Hệ quy chiếu và Hệ tọa độ quốc gia Việt Nam, Hệ quy chiếu và Hệ tọa độ VN - 2000 chính thức thay thế cho Hệ quy chiếu và Hệ tọa độ Hà Nội - 72 trước đây (QĐ 83, 2000). Theo quyết định số 05/2007/QĐ - BTNMT ngày 27 tháng 02 năm 2007 về sử dụng hệ thống tham số tính chuyển giữa hệ tọa độ quốc tế WGS84 và hệ tọa độ quốc gia VN - 2000 (QĐ 05, 2007), VN - 2000 đã được kết nối với WGS84 qua 7 tham số tính chuyển theo quan điểm tĩnh. Theo quyết định này, VN2000 chưa được kết nối với ITRF.

Trong thực tế, do các ưu điểm vượt trội về đảm bảo sự tích hợp giữa các hệ thống thông tin không gian nên ITRF đang được sử dụng rộng rãi, phổ biến hơn so với hệ quy chiếu WGS84 (đang được sử dụng lâu nay tại Việt Nam). Đặc biệt, hiện nay hệ thống mạng lưới trạm GNSS CORS quốc gia đang được xây dựng; các trạm của mạng lưới sẽ được kết nối với mạng lưới IGS quốc tế nên sẽ có tọa độ ITRF chính xác. Rõ ràng, để đáp ứng được quy định pháp lý, dữ liệu tọa độ các trạm cần được chuyển về hệ tọa độ VN2000. Phân tích trên đây cho thấy nhu cầu xác định mối liên hệ về tọa độ giữa ITRF và VN2000 hết sức cấp thiết. Trong công trình (Phạm Thị Hoa, 2018), vấn đề xác định bộ tham số tính chuyển tọa độ giữa VN2000 và ITRF đã được quan tâm giải quyết. Tuy nhiên, do khuôn khổ thời gian và kinh phí, nội dung nghiên cứu về xây dựng phần mềm tự động hóa tính chuyển tọa độ giữa hai hệ này chưa được đặt ra.

2. Những vấn đề cần tiếp tục giải quyết trong bài toán chuyển tọa độ giữa hệ tọa độ quốc gia

VN2000 và khung quy chiếu quốc tế ITRF

Tọa độ trong hệ VN2000 độc lập với thời gian, tuy nhiên, tọa độ ITRF phụ thuộc vào thời gian. Do đó, bài toán tính chuyển tọa độ giữa hai hệ cần triển khai theo quan điểm động, cụ thể cần sử dụng 14 tham số, bao gồm 7 tham số gốc và 7 tham số vận tốc tương ứng. Cách tiếp cận này đang được nước Úc áp dụng để chuyển đổi tọa độ ITRF sang tọa độ quốc gia Úc (GDA94) (Dawson et al., 2010). Cách tiếp cận cũng đang được sử dụng tại các châu lục và quốc gia khác như Châu Âu, Mỹ, Canada, Mexico (Tomás, 2014).

Trên quan điểm động như tài liệu (Phạm Thị Hoa, 2018) trình bày, bài toán tính chuyển tọa độ giữa VN2000 và ITRF rất phức tạp, bao gồm nhiều bước tính toán với các tham số tính chuyển giữa hệ VN2000 và ITRF mang đặc điểm sau: Các tham số tính chuyển không phải là hằng số mà là hàm số của thời gian, mỗi thời điểm xét cần xác định bộ tham số tương ứng; Tại cùng một thời điểm xét, tham số tính chuyển tọa độ giữa VN2000 với từng phiên bản của ITRF sẽ có giá trị khác nhau. Để tính chuyển tọa độ giữa VN2000 và ITRF, người dùng cần xác định chính xác: loại phiên bản ITRF, thời điểm bộ tham số gốc được cấp, thời điểm số liệu tọa độ được xác định, tính tọa độ ở các thời điểm khác nhau về một thời điểm quy ước, tính tọa độ và vận tốc ở các khung quy chiếu khác nhau về cùng một khung quy chiếu quy ước, tính bộ tham số tại thời điểm cần tính chuyển dựa vào bộ tham số gốc,... Do đó, để thuận lợi hơn, việc xây dựng phần mềm tính chuyển tọa độ giữa hệ tọa độ quốc gia VN2000 và khung quy chiếu quốc tế ITRF là hết sức cần thiết, có ý nghĩa lớn trong xu thế phát triển về khoa học công nghệ hiện nay của ngành Trắc địa - Bản đồ.

Bên cạnh đó, để phần mềm giải quyết được đầy đủ các trường hợp tính chuyển tọa độ giữa VN2000 và ITRF, một số vấn đề khoa học liên quan đến bài toán này cũng cần được hoàn thiện. Công trình (Phạm Thị Hoa, 2018) đã xác định bộ tham số tính chuyển từ các khung quy chiếu quốc tế ITRF sang VN2000. Bài báo này tiếp tục xác định bộ tham số tính chuyển tọa độ từ VN2000 sang các khung ITRF. Bên cạnh đó, mặc dù trong (ITRF, 2019) đã công bố một số bộ tham số gốc để tính chuyển giữa các phiên bản khác nhau của khung quy chiếu ITRF nhưng chúng chưa được đầy đủ cho tất cả các phiên bản ITRF, nên cần thiết phải

xác định bộ tham số tính chuyển giữa các phiên bản dựa vào các tham số gốc.

Qua phân tích trên cho thấy, các vấn đề cần tiếp tục giải quyết trong bài toán chuyển tọa độ giữa hệ tọa độ quốc gia VN2000 và khung quy chiếu quốc tế ITRF gồm có: Xác định bổ sung tham số tính chuyển tọa độ giữa các khung quy chiếu ITRF còn lại (chưa được công bố); Xác định bổ sung bộ tham số tính chuyển tọa độ từ hệ tọa độ quốc gia VN2000 sang khung quy chiếu quốc tế ITRF; Xây dựng phần mềm tính chuyển tọa độ giữa hệ quy chiếu quốc gia VN2000 và khung quy chiếu quốc tế ITRF.

3. Phương pháp tính chuyển tọa độ giữa hệ quy chiếu quốc gia VN2000 và khung quy chiếu quốc tế ITRF

3.1. Cơ sở lý thuyết tính chuyển tọa độ theo quan điểm động

Tính chuyển tọa độ giữa các khung quy chiếu ITRF (ITRF, 2019) hoặc tính chuyển giữa hệ VN2000 với ITRF đều được thực hiện theo công thức chung như sau:

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

Trong đó: $X_{(2)}$ là véc tơ tọa độ trong hệ VN2000, $X_{(1)}$ là véc tơ tọa độ trong ITRF; T là véc tơ chuyển dịch gốc tọa độ, D là hệ số tỉ lệ dài, R là ma trận góc xoay (biểu diễn theo radian) (Jekeli, 2016).

$$R^T = \begin{bmatrix} 1 & -R_3 & R_2 \\ R_3 & 1 & -R_1 \\ -R_2 & R_1 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Vì giá trị của tích $D.R^T$ là đại lượng nhỏ nên có thể bỏ qua số hạng bậc 2, do đó (1) có thể biểu diễn thành:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{(2)} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{(1)} + \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \end{bmatrix}_{(1)} + D \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{(1)} + \begin{bmatrix} 0 & -R_3 & R_2 \\ R_3 & 0 & -R_1 \\ R_2 & R_1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{(1)} \quad (3)$$

Theo quan điểm động, bảy tham số chuyển đổi $T_1, T_2, T_3, R_1, R_2, R_3$ và D có đặc tính biến thiên theo thời gian, do đó phương trình có thể biểu diễn dưới dạng (Jekeli, 2016):

$$\begin{bmatrix} X(t) \\ Y(t) \\ Z(t) \end{bmatrix}_{(2)} = \begin{bmatrix} X(t) \\ Y(t) \\ Z(t) \end{bmatrix}_{(1)} + \begin{bmatrix} T_1(t_0) + \dot{T}_1(t - t_0) \\ T_2(t_0) + \dot{T}_2(t - t_0) \\ T_3(t_0) + \dot{T}_3(t - t_0) \end{bmatrix}_{(1)} + \left(D(t_0) + \dot{D}(t - t_0) \right) \begin{bmatrix} X(t) \\ Y(t) \\ Z(t) \end{bmatrix}_{(1)} + \tilde{R} \begin{bmatrix} X(t) \\ Y(t) \\ Z(t) \end{bmatrix}_{(1)} \quad (4)$$

Trong đó: t là thời điểm tính, t_0 là thời điểm ban đầu (thời điểm 7 tham số chuyển đổi gốc được áp dụng) và:

$$\tilde{R} = \begin{bmatrix} 0 & -(R_3(t_0) + \dot{R}_3(t - t_0)) & R_2(t_0) + \dot{R}_2(t - t_0) \\ R_3(t_0) + \dot{R}_3(t - t_0) & 0 & -(R_1(t_0) + \dot{R}_1(t - t_0)) \\ -(R_2(t_0) + \dot{R}_2(t - t_0)) & R_1(t_0) + \dot{R}_1(t - t_0) & 0 \end{bmatrix}$$

Tương ứng tại hai thời điểm khác nhau, sẽ có hai phương trình dạng (1). Trừ hai phương trình ta sẽ có (Jekeli, 2016):

$$\dot{X}_2 = \dot{X}_1 + \dot{T} + \dot{D}X_1 + D\dot{X}_1 + \dot{R}X_1 + R\dot{X}_1 \quad (5)$$

Trong đó: $\dot{X}_2, \dot{X}_1, \dot{T}, \dot{D}, \dot{R}$ tương ứng là vận tốc của X_2, X_1, T, D, R .

Vì D và R rất nhỏ, nên phương trình (5) có thể viết lại thành (Jekeli, 2016):

$$\dot{X}_2 = \dot{X}_1 + \dot{T} + \dot{D}X_1 + \dot{R}X_1 \quad (6)$$

3.2. Phương pháp xác định tham số tính chuyển tọa độ giữa các khung quy chiếu ITRF còn lại

Dựa theo công thức tính chuyển tọa độ theo quan điểm động như đã trình bày trong mục 3.1. Các tham số chuyển đổi tọa độ giữa một số phiên bản ITRF đã được công bố (ITRF, 2019). Trên cơ sở đó, bài báo đã xác định tiếp các bộ tham số tính chuyển tọa độ giữa các khung ITRF còn lại theo công thức sau:

$$\begin{aligned} ITRF_1 \rightarrow ITRF_3 &= \\ &= (ITRF_1 \rightarrow ITRF_2) + (ITRF_2 \rightarrow ITRF_3) \end{aligned} \quad (7)$$

$$ITRF_1 \rightarrow ITRF_2 = - (ITRF_2 \rightarrow ITRF_1) \quad (8)$$

Công thức (7) được áp dụng sử dụng một khung quy chiếu ITRF trung gian ($ITRF_3$) để kết nối hai khung ITRF còn lại ($ITRF_1$ và $ITRF_2$). Điều kiện sử dụng công thức (1) là: ITRF trung gian đã có mối liên hệ với hai khung ITRF cần tính chuyển tọa độ ($ITRF_3$ đã có mối liên hệ với $ITRF_1$ và $ITRF_2$). Công thức (8) áp dụng trong trường hợp đã có bộ tham số tính chuyển từ $ITRF_2$ sang $ITRF_1$. Khi đó,

bộ tham số tính chuyển từ $ITRF_1$ sang $ITRF_2$ được công thức trên, bộ tham số tính chuyển tọa độ giữa xác định bằng cách lấy dấu ngược lại. Theo các các khung $ITRF$ còn lại đã được xác định (Bảng 1).

Bảng 1. Tham số tính chuyển tọa độ từ $ITRF_x$ sang các $ITRF_y$.

Khung ITRF _x	Khung ITRF _y	T_1 (mm)	T_2 (mm)	T_3 (mm)	D (10^{-9})	R_1 (mas)	R_2 (mas)	R_3 (mas)	Thời điểm
		\dot{T}_1 (mm/n)	\dot{T}_2 (mm/n)	\dot{T}_3 (mm/n)	\dot{D} (10^{-9} /n)	\dot{R}_1 (mm/n)	\dot{R}_2 (mm/n)	\dot{R}_3 (mm/n)	
ITRF2008	ITRF2014	-1,6	-1,9	-2,4	0,02	0	0	0	2010
		0	0	0,1	-0,03	0	0	0	
ITRF2005	ITRF2014	-2,6	-1	2,3	-0,92	0	0	0	2010
		-0,3	0	0,1	-0,03	0	0	0	
ITRF2000	ITRF2014	-0,7	-1,2	26,1	-2,12	0	0	0	2010
		-0,1	-0,1	1,9	-0,11	0	0	0	
ITRF97	ITRF2014	-7,4	0,5	62,8	-3,8	0	0	-0,26	2010
		-0,1	0,5	3,3	-0,12	0	0	-0,02	
ITRF96	ITRF2014	-7,4	0,5	62,8	-3,8	0	0	-0,26	2010
		-0,1	0,5	3,3	-0,12	0	0	-0,02	
ITRF94	ITRF2014	-7,4	0,5	62,8	-3,8	0	0	-0,26	2010
		-0,1	0,5	3,3	-0,12	0	0	-0,02	
ITRF93	ITRF2014	50,4	-3,3	60,2	-4,29	2,81	3,38	-0,4	2010
		2,8	0,1	2,5	-0,12	0,11	0,19	-0,07	
ITRF92	ITRF2014	-15,4	-1,5	70,8	-3,09	0	0	-0,26	2010
		-0,1	0,5	3,3	-0,12	0	0	-0,02	
ITRF91	ITRF2014	-27,4	-15,5	76,8	-4,49	0	0	-0,26	2010
		-0,1	0,5	3,3	-0,12	0	0	-0,02	
ITRF90	ITRF2014	-25,4	-11,5	92,8	-4,79	0	0	-0,26	2010
		-0,1	0,5	3,3	-0,12	0	0	-0,02	
ITRF89	ITRF2014	-30,4	-35,5	130,8	-8,19	0	0	-0,26	2010
		-0,1	0,5	3,3	-0,12	0	0	-0,02	
ITRF2005	ITRF2008	2	0,9	4,7	-0,94	0	0	0	2000
		-0,3	0	0	0	0	0	0	
ITRF2000	ITRF2008	1,9	1,7	10,5	-1,34	0	0	0	2000
		-0,1	-0,1	1,8	-0,08	0	0	0	
ITRF97	ITRF2008	-4,8	-2,6	33,2	-2,92	0	0	-0,06	2000
		-0,1	0,5	3,2	-0,09	0	0	-0,02	
ITRF96	ITRF2008	-4,8	-2,6	33,2	-2,92	0	0	-0,06	2000
		-0,1	0,5	3,2	-0,09	0	0	-0,02	
ITRF94	ITRF2008	-4,8	-2,6	33,2	-2,92	0	0	-0,06	2000
		-0,1	0,5	3,2	-0,09	0	0	-0,02	
ITRF93	ITRF2008	24	-2,4	38,6	-3,41	1,71	1,48	0,3	2000
		2,8	0,1	2,4	-0,09	0,11	0,19	-0,07	
ITRF92	ITRF2008	-12,8	-4,6	41,2	-2,21	0	0	-0,06	2000
		-0,1	0,5	3,2	-0,09	0	0	-0,02	
ITRF91	ITRF2008	-24,8	-18,6	47,2	-3,61	0	0	-0,06	2000
		-0,1	0,5	3,2	-0,09	0	0	-0,02	
ITRF90	ITRF2008	-22,8	-14,6	63,2	-3,91	0	0	-0,06	2000
		-0,1	0,5	3,2	-0,09	0	0	-0,02	
ITRF89	ITRF2008	-27,8	-38,6	101,2	-7,31	0	0	-0,06	2000
		-0,1	0,5	3,2	-0,09	0	0	-0,02	
ITRF88	ITRF2008	-22,8	-2,6	125,2	-10,41	-0,1	0	-0,06	2000
		-0,1	0,5	3,2	-0,09	0	0	-0,02	
ITRF2005	ITRF97	7,4	5	-18,9	1,71	0	0	0	1997
		-0,2	-0,5	-3,2	0,09	0	0	0,02	
ITRF2005	ITRF96	8	4,7	-13,5	1,47	0	0	0	1997

		- 0,2	- 0,5	- 3,2	0,09	0	0	0,02	
ITRF2005	ITRF94	7,4	5	- 18,9	1,71	0	0	0	1997
		- 0,2	- 0,5	- 3,2	0,09	0	0	0,02	
ITRF2005	ITRF93	15,2	4,5	- 5,1	1,39	- 0,39	0,8	- 1,14	1998
		- 3,1	- 0,1	- 2,4	0,09	- 0,11	- 0,19	0,07	
ITRF2005	ITRF92	17,2	11,5	1,9	0,19	0	0	- 0,18	1998
		- 0,2	- 0,5	- 3,2	0,09	0	0	0,02	
ITRF2005	ITRF91	29,2	25,5	- 4,1	1,59	0	0	- 0,18	1998
		- 0,2	- 0,5	- 3,2	0,09	0	0	0,02	
ITRF2005	ITRF90	- 27,2	- 21,5	20,1	1,89	0	0	- 0,18	1998
		0,2	0,5	3,2	- 0,09	0	0	0,02	
ITRF2005	ITRF89	- 32,2	- 45,5	58,1	5,29	0	0	- 0,18	1998
		0,2	0,5	3,2	0,09	0	0	0,02	
ITRF2005	ITRF88	27,2	9,5	- 82,1	8,39	0,1	0	- 0,18	1998
		- 0,2	- 0,5	- 3,2	0,09	0	0	0,02	
ITRF2000	ITRF2005	- 0,1	0,8	5,8	- 0,4	0	0	0	2000
		0,2	- 0,1	1,8	- 0,08	0	0	0	
ITRF97	ITRF2005	- 7,4	- 5	18,9	- 1,71	0	0	0	1997
		0,2	0,5	3,2	- 0,09	0	0	- 0,02	
ITRF96	ITRF2005	- 8	- 4,7	13,5	- 1,47	0	0	0	1997
		0,2	0,5	3,2	- 0,09	0	0	- 0,02	
ITRF94	ITRF2005	- 7,4	- 5	18,9	- 1,71	0	0	0	1997
		0,2	0,5	3,2	- 0,09	0	0	- 0,02	
ITRF93	ITRF2005	- 15,2	- 4,5	5,1	- 1,39	0,39	- 0,8	1,14	1998
		3,1	0,1	2,4	- 0,09	0,11	0,19	- 0,07	
ITRF92	ITRF2005	- 17,2	- 11,5	- 1,9	- 0,19	0	0	0,18	1998
		0,2	0,5	3,2	- 0,09	0	0	- 0,02	
ITRF91	ITRF2005	- 29,2	- 25,5	4,1	- 1,59	0	0	0,18	1998
		0,2	0,5	3,2	- 0,09	0	0	- 0,02	
ITRF90	ITRF2005	27,2	21,5	- 20,1	- 1,89	0	0	0,18	1998
		- 0,2	- 0,5	- 3,2	0,09	0	0	- 0,02	
ITRF89	ITRF2005	32,2	45,5	- 58,1	- 5,29	0	0	0,18	1998
		- 0,2	- 0,5	- 3,2	- 0,09	0	0	- 0,02	
ITRF88	ITRF2005	- 27,2	- 9,5	82,1	- 8,39	- 0,1	0	0,18	1998
		0,2	0,5	3,2	- 0,09	0	0	- 0,02	

3.3. Phương pháp xác định tham số tính chuyển tọa độ từ hệ tọa độ quốc gia VN2000 sang khung quy chiếu quốc tế ITRF

Dựa theo công thức tính chuyển tọa độ theo quan điểm động như trên mục 3.1, theo (Phạm Thị Hoa, 2018), bộ tham số tính chuyển từ ITRF sang VN2000 đã được xác định dựa trên tọa độ của 10 điểm thuộc lưới Châu Á Thái Bình Dương và 11 điểm thuộc lưới GNSS biển. Lưới Châu Á Thái Bình Dương được đo mỗi năm 1 chu kỳ 7 ngày liên tục (Project, 2013). Kết quả đo được xử lý bằng phần mềm Bernese trên cơ sở tích hợp với các nguồn số liệu hỗ trợ quốc tế như lịch vệ tinh chính xác, số liệu đo của các trạm trong hệ thống IGS, tệp số liệu về tầng Ion (Hu G., 2012),... Các điểm đều có số liệu

tọa độ và vận tốc ITRF08 trong 4 chu kỳ (2011÷2015) (Hu G., 2012; 2013; 2014; 2016).

Lưới GNSS biển được hoàn thành vào năm 2016, trị đo của lưới kéo dài trong 7 ngày. Lưới được xử lý trong khung ITRF05 và tọa độ ứng với thời điểm 2016.764. Tất cả 21 điểm xét của hai lưới trên đây đồng thời cũng có tọa độ VN2000 trên cơ sở liên kết với mạng lưới GPS địa phương.

Dựa trên bộ tham số gốc để tính chuyển tọa độ từ ITRF sang VN2000 được xác định trong công trình (Phạm Thị Hoa, 2018) trên cơ sở áp dụng nguồn dữ liệu của hai lưới trên đây, bài báo xác định tiếp bộ tham số tính chuyển tọa độ từ VN2000 sang các khung ITRF theo công thức sau:

$$VN2000 \rightarrow ITRF = - (ITRF \rightarrow VN2000) \quad (9)$$

Theo công thức (9), các tham số tính chuyển tọa độ từ VN2000 sang ITRF đã được xác định như trong Bảng 2.

4. Xây dựng phần mềm tính chuyển tọa độ giữa hệ quy chiếu quốc gia VN2000 và khung quy chiếu quốc tế ITRF

Kết hợp cơ sở lý thuyết với các bộ tham số tính chuyển trong (Phạm Thị Hoa, 2018) và Bảng 2, 3, phần mềm tính chuyển tọa độ giữa hệ quy chiếu quốc gia VN2000 và khung quy chiếu quốc tế ITRF đã được xây dựng dựa trên ngôn ngữ Visual Basic 6.0 (VB6) (Tran Bach Giang, 2003).

Phần mềm thực hiện tính năng tính chuyển tọa độ giữa VN2000 và khung quy chiếu quốc tế ITRF theo 6 trường hợp trong thanh thực đơn TransTools (Bảng 3). Mỗi trường hợp sẽ được thiết kế như một mô đun tính toán trên một giao diện riêng (Hình 1, 2). Cấu trúc dữ liệu đầu vào và đầu ra tương ứng cho từng trường hợp được thiết

kế cụ thể và được thể hiện rõ tại phần hướng dẫn sử dụng.

Ngoài chức năng chính là tính chuyển tọa độ giữa VN2000 và khung quy chiếu quốc tế, phần mềm còn có các chức năng hỗ trợ để người dùng thuận lợi cho việc sử dụng như: mở tệp để xem trực tiếp; chỉnh sửa, bổ sung thông tin cho tệp; ghi lại kết quả thay đổi trên tệp vào chính tệp cũ; ghi lại kết quả thay đổi trên tệp vào tệp mới; in tệp số liệu; bố trí màn hình soạn thảo theo các cách khác nhau; truy cập đến các thông tin hướng dẫn sử dụng phần mềm cho từng thanh thực đơn tính chuyển tọa độ,... Đồng thời, phần mềm có khả năng phát hiện sự nhầm lẫn của dữ liệu đầu vào, nếu khi bộ tham số gốc có sai số thô.

5. Kết luận

Bài báo đã hoàn thiện bài toán tính chuyển tọa độ giữa hệ quy chiếu quốc gia VN2000 và khung quy chiếu trái đất quốc tế (ITRF).

Bảng 2. Tham số tính chuyển tọa độ từ VN2000 sang ITRF.

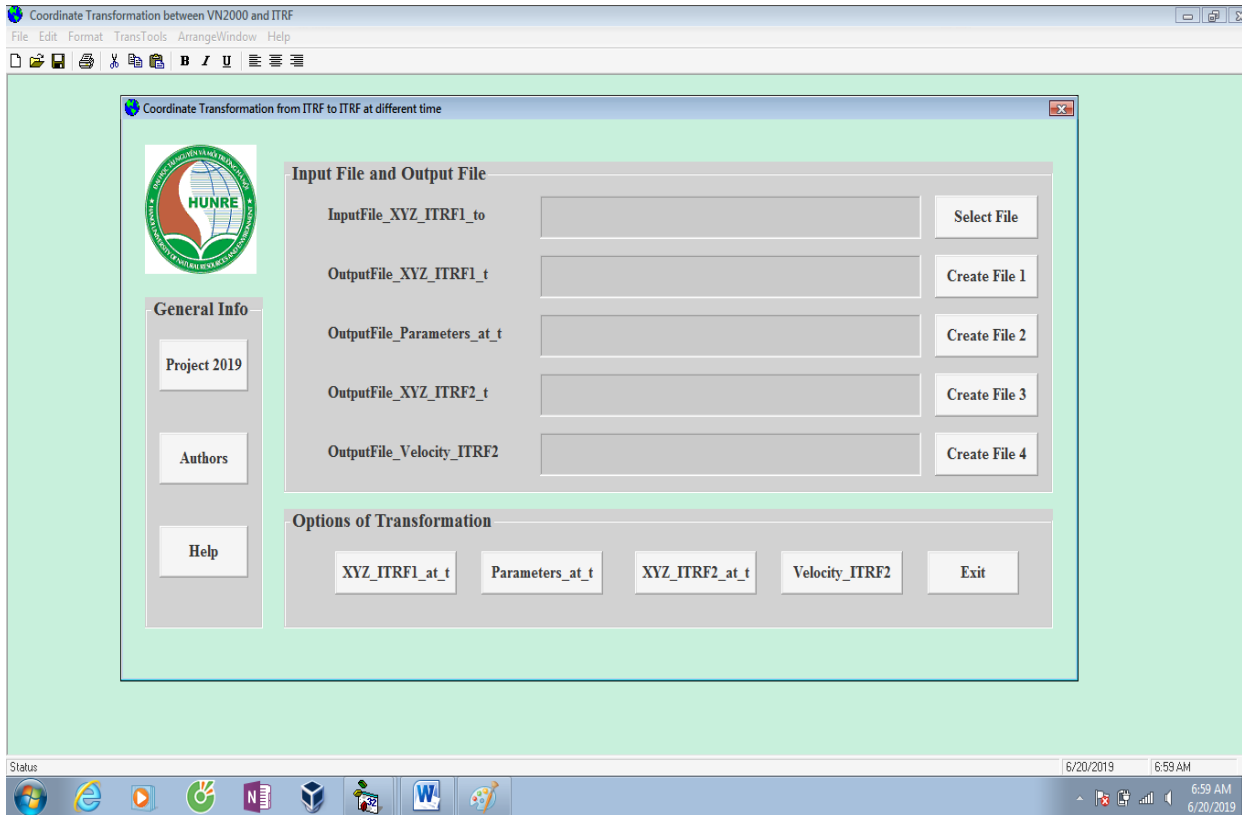
Khung ITRFx	Khung ITRFy	T_1 (mm)	T_2 (mm)	T_3 (mm)	D (10^{-9})	R_1 (mas)	R_2 (mas)	R_3 (mas)	Thời điểm
		\dot{T}_1 (mm/n)	\dot{T}_2 (mm/n)	\dot{T}_3 (mm/n)	\dot{D} (10^{-9} /n)	\dot{R}_1 (mm/n)	\dot{R}_2 (mm/n)	\dot{R}_3 (mm/n)	
VN2000	ITRF2014	-193,9227	-37,5110	-110,6343	+7,51	+7,11	-20,08	-37,35	2015
		+0,0790	+0,0360	-0,0188	-0,16	+0,85	-1,33	+3,52	
VN2000	ITRF2008	-193,9211	-37,5091	-110,6319	+7,51	+7,11	-20,08	-37,35	2015
		+0,0790	+0,0360	-0,0189	-0,16	+0,85	-1,33	+3,52	
VN2000	ITRF2005	-193,9186	-37,5100	-110,6366	+8,48	+7,11	-20,08	-37,35	2015
		+0,0793	+0,0360	-0,0189	-0,16	+0,85	-1,33	+3,52	
VN2000	ITRF2000	-193,9215	-37,5093	-110,6694	+10,08	+7,11	-20,08	-37,35	2015
		+0,0791	+0,0361	-0,0207	-0,08	+0,85	-1,33	+3,52	
VN2000	ITRF97	-193,9148	-37,5140	-110,7131	+11,81	+7,11	-20,08	-36,99	2015
		+0,0791	+0,0355	-0,0221	-0,07	+0,85	-1,33	+3,54	
VN2000	ITRF96	-193,9148	-37,5140	-110,7131	+11,81	+7,11	-20,08	-36,99	2015
		+0,0791	+0,0355	-0,0221	-0,07	+0,85	-1,33	+3,54	
VN2000	ITRF94	-193,9148	-37,5140	-110,7131	+11,81	+7,11	-20,08	-36,99	2015
		+0,0791	+0,0355	-0,0221	-0,07	+0,85	-1,33	+3,54	
VN2000	ITRF93	-193,9871	-37,5082	-110,7065	+12,30	+3,75	-24,41	-36,60	2015
		+0,0762	+0,0359	-0,0213	-0,07	+0,74	-1,52	+3,59	
VN2000	ITRF92	-193,9068	-37,5120	-110,7211	+11,10	+7,11	-20,08	-36,99	2015
		+0,0791	+0,0355	-0,0221	-0,07	+0,85	-1,33	+3,54	
VN2000	ITRF91	-193,8948	-37,4980	-110,7271	+12,50	+7,11	-20,08	-36,99	2015
		+0,0791	+0,0355	-0,0221	-0,07	+0,85	-1,33	+3,54	
VN2000	ITRF90	-193,4813	-36,9155	-112,2131	+121,10	+7,11	-20,08	-36,39	2015
		+0,0791	+0,0355	-0,0221	-0,07	+0,85	-1,33	+3,54	
VN2000	ITRF89	-193,5513	-37,4315	-112,6111	+171,00	+8,61	-20,08	-36,39	2015
		+0,0791	+0,0355	-0,0221	-0,07	+0,85	-1,33	+3,54	
VN2000	ITRF88	-193,8983	-37,5065	-110,7571	+17,95	+7,21	-20,08	-37,29	2015
		+0,0791	+0,0355	-0,0221	-0,07	+0,85	-1,33	+3,54	

Cụ thể, bài báo đã xác định bổ sung bộ tham số tính chuyển từ VN2000 sang ITRF và bộ tham số tính chuyển giữa các ITRF với nhau. Trên cơ sở lý thuyết tính chuyển tọa độ theo quan điểm động và các bộ tham số tính chuyển, bài báo đã xây dựng phần mềm tính với 6 thanh công cụ chính cho phép tính chuyển tọa độ chuyển tọa độ giữa VN2000 và ITRF.

Bên cạnh đó, phần mềm còn có chức năng hỗ trợ để người dùng thuận lợi cho việc sử dụng như: mở tệp để xem trực tiếp; chỉnh sửa, bổ sung thông tin cho tệp; ghi lại kết quả thay đổi trên tệp vào chính tệp cũ; ghi lại kết quả thay đổi trên tệp vào tệp mới; in tệp số liệu; bố trí màn hình soạn thảo theo các cách khác nhau; truy cập đến các thông tin hướng dẫn sử dụng phần mềm cho từng thanh thực đơn tính chuyển tọa độ; phát hiện sự nhầm lẫn trong dữ liệu đầu vào, nếu khi bộ tham số gốc có sai số thô. Phần mềm còn có tính năng mở trong việc thay đổi các thông số tính chuyển khi người sử dụng có nhu cầu và được cấp quyền, giúp cho phần mềm có tính mềm dẻo trong việc tính chuyển giữa các hệ tọa độ.

Bảng 3. Danh mục các tính năng biểu thị trong thanh thực đơn con của thanh thực đơn chính TransTools.

TT	Tên thanh thực đơn trong TransTools	Chức năng của thanh thực đơn trong TransTools
1	ITRFx_ITRFx	Tính chuyển tọa độ giữa các thời điểm trong cùng một khung ITRF
2	ITRFx_ITRFy	Tính chuyển tọa độ và vận tốc giữa hai khung ITRF
3	ITRF_to_VN2000_Same_Time	Tính chuyển tọa độ từ khung ITRF sang VN2000 tại cùng một thời điểm cấp bộ tham số gốc
4	ITRF_to_VN2000_Diff_Time	Tính chuyển tọa độ từ khung ITRF sang VN2000 tại thời điểm khác thời điểm cấp bộ tham số gốc
5	VN2000_to_ITRF_Save_Time	Tính chuyển tọa độ từ khung VN2000 sang ITRF tại cùng một thời điểm cấp bộ tham số gốc
6	VN2000_to_ITRF_Diff_Time	Tính chuyển tọa độ từ khung VN2000 sang ITRF tại thời điểm khác thời điểm cấp bộ tham số gốc



Hình 1. Giao diện thanh thực đơn "ITRFx_ITRFy".



Hình 2. Giao diện thanh thực đơn “VN2000_to_ITRF_Diff_Time”.

Phần mềm là một công cụ hữu hiệu để người dùng dễ dàng tích hợp được cơ sở dữ liệu quốc tế và quốc gia trong xu thế phát triển của khoa học công nghệ hiện nay.

6. Lời cảm ơn

Bài báo được thực hiện dưới sự hỗ trợ nghiên cứu của đề tài “Nghiên cứu tự động hóa tính chuyển VN2000 và khung quy chiếu trái đất quốc tế ITRF”, mã số: 13.01.19.0.04 do Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường chủ trì.

Tài liệu tham khảo

Altamimi Z, 2001. The terrestrial reference frame and the dynamic Earth. *Eos, Transactions, Am. Geophys. U.*, 82(25): p. 273 - 279.

Altamimi Z, 2012, Role and importance of the International Terrestrial Reference Frame for sustainable development.

Altamimi Z., Collilieux X., Legrand J. G. B. and A. B. C, 2007, ITRF2005: A New Release of the International Terrestrial Reference Frame based on time series of station positions and Earth Orientation Parameters. *J. Geophys. Res.*

Altamimi, Z., P. Sillard and C. Boucher, 2002, ITRF2000: A new release of the International Terrestrial Reference Frame for Earth science application. *J. Geophys. Res.* 107(B10).

Altamimi, Z., R. Rebischung, L. Métivier and X. Collilieux, 2016, ITRF2014: A new release of the International Terrestrial Reference Frame modeling nonlinear station motions. *Journal of Geophysical Research* 121 (8): 6109 - 6131.

Altamimi, Z., X. Collilieux, J. Legrand, L. Laurent, 2011, ITRF2008: an improved solution of the international terrestrial reference frame. *Journal of Geodesy* 85(8). 457 - 473.

Boucher, C., Z. Altamimi and L. and Duhem, 1993, ITRF 92 and its associated velocity field. Technical Note 15, Paris, France, Central Bureau of the IERS, Observatoire de Paris.

Boucher, C., Z. Altamimi and P. Sillard, 1998. Results and analysis of the ITRF96, Technical Note 24. Paris, France, Central Bureau of the IERS, Observatoire de Paris.

Boucher, C., Z. Altamimi and P. Sillard, 1999. The 1997 International Terrestrial Reference

- Frame (ITRF97). Technical Note 27, Paris, France, Central Bureau of the IERS, Observatoire de Paris.
- Dawson, J. and A. and Woods, 2010, ITRF to GDA94 coordinate transformations. *Journal of Applied Geodesy* 4: 189 - 199.
- Don Abbey "WGS84, ITRF & GDA94: What's the difference?".
- Hu, G., 2012, Report on the Analysis of the Asia Pacific Regional Geodetic Project (APRGP) GPS Campaign 2011. Record 2012/61. *Geoscience Australia: Canberra*.
- Hu, G., 2013, Report on the Analysis of the Asia Pacific Regional Geodetic Project (APRGP) GPS Campaign 2012. *Geoscience Australia*.
- Hu, G., 2014, Report on the Analysis of the Asia Pacific Regional Geodetic.
- Hu, G., 2016, Report on the Analysis of the Asia Pacific Regional Geodetic Project (APRGP) GPS Campaign 2015. Record 2016/20. *Geoscience Australia*. Canberra.
- ITRF, 01/2019, from: <http://itrf.ensg.ign.fr/>
- Jekeli, C., 2016, Geometric Reference Systems in Geodesy. *Division of Geodesy and Geospatial Science, School of Earth Sciences*. Ohio State University.
- Phạm Thị Hoa, 2018. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp cơ sở "Nghiên cứu tính chuyển tọa độ theo quan điểm động giữa các hệ quy chiếu trắc địa, mã số 13.01.17.0.06".
- Project (APRGP) GPS Campaign, 2013, Record 2014/34. *Geoscience Australia: Canberra*.
- Quyết định số 05/2007/QĐ - BTNMT ngày 27 tháng 2 năm 2007 về sử dụng hệ thống tham số tính chuyển giữa hệ tọa độ quốc tế WGS84 và hệ tọa độ quốc gia VN2000.
- Quyết định số 83/2000/QĐ - TTg ngày 12 tháng 7 năm 2000 của Thủ tướng chính phủ về sử dụng hệ quy chiếu và hệ tọa độ quốc gia Việt Nam.
- Tomás, S., 2014, Transformations between NAD83 (2011) and WGS84 (G1674). Available on [https://www.ngs.noaa.gov/CORS/Articles/SolerWGS84\(G1674\)toNAD83\(2011\).pdf](https://www.ngs.noaa.gov/CORS/Articles/SolerWGS84(G1674)toNAD83(2011).pdf)
- Trần Bạch Giang, 2003. Giới thiệu hệ quy chiếu và hệ tọa độ quốc gia Việt nam. Cục đo đạc và bản đồ Việt Nam

ABSTRACT

Developing a program for coordinate transformation between VN2000 and ITRF

Hoa Thi Pham¹, Quang Van Pham¹, Huynh The Pham², Thu Hoai Thi Trinh¹, Khanh Van Dao¹, Thao Phuong Thi Ngo³, Huong Hong Thi Nguyen¹, Binh Van Nguyen¹

¹ Hanoi University of Natural Resources and Environment, Vietnam

² Faculty of Geomatics and Land Administration, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam

³ Faculty of Information Technology, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam

The International Terrestrial Reference Frame (ITRF) is being considered as a common standard to the integration of spatial information systems. The theory of the connection between the national coordinate system of Vietnam (VN2000) and ITRF has been performed in previous studies. However, this transformation is quite complex and difficult, therefore this paper built a computer program for users. The program is a useful tool to link VN2000 and ITRF, meet the demand of integrating international and national databases in the current development trend of science and technology. The software also has an open feature for users to change the transformation parameters.