



XÁC ĐỊNH BỘ THAM SỐ TÍNH CHUYỂN TỌA ĐỘ MỚI GIỮA HỆ QUY CHIỀU QUỐC GIA (VN-2000) VỚI HỆ QUY CHIỀU QUỐC TẾ WGS84

Phạm Thị Hoa^{1*}, Trịnh Thị Hoài Thu¹, Phạm Việt Hòa²,
Phạm Thế Huynh³, Nguyễn Thị Hồng Hương¹

¹ Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

² Viện Địa lý Tài nguyên Thành phố Hồ Chí Minh – Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

³ Đại học Mở – Địa chất

Ngày nhận bài: 30-9-2018; ngày nhận bài sửa: 20-10-2018; ngày duyệt đăng: 21-11-2018

TÓM TẮT

Năm 2007, Bộ Tài nguyên và Môi trường đã công bố tham số tính chuyển giữa VN-2000 với WGS84. Tuy nhiên, WGS84 đã được nâng cấp lên phiên bản mới nên cần thiết phải cập nhật lại bộ tham số này. Bài báo chọn hệ quy chiếu ITRS làm yếu tố trung gian để xác định bộ tham số mới. Kết quả cho thấy, bộ tham số mới có độ chính xác cao hơn cỡ 7 lần so với bộ tham số cũ. Thành quả này có ý nghĩa lớn cho nhiều ứng dụng liên quan đến bài toán định vị ở Việt Nam.

Từ khóa: ITRF, ITRS, tính chuyển tọa độ, VN-2000, WGS84.

ABSTRACT

Determination of new transformation parameters between Vietnam national reference system (VN-2000) and the world geodetic system 1984 (WGS84)

The Ministry of Natural Resources and Environment of Vietnam has announced the transformation parameters between VN-2000 and WGS84 since 2007. However, there is now a need to estimate a new parameter set because WGS84 has been updated. This paper employed the International Terrestrial Reference System (ITRS) for calculating the new transformation parameters. The results revealed that the new set of parameters is seven times better than the existing one. This achievement is of significant value for applications related to the positioning issues over Vietnam.

Keywords: coordinate transformation, ITRF, ITRS, VN-2000, WGS84.

1. Giới thiệu

Tháng 7 năm 2000, chính phủ Việt Nam đã quyết định sử dụng hệ quy chiếu và hệ tọa độ VN-2000 thay thế cho hệ quy chiếu HN72 trước đó [1]. VN-2000 là hệ quy chiếu tĩnh do đó tọa độ không thay đổi theo thời gian. Ngược lại, hệ quy chiếu WGS84 được thiết lập năm 1984 có tính động [2] nên tọa độ của cùng một điểm xét là hàm số của thời gian. Ngày 1 tháng 7 năm 2007, Bộ Tài nguyên và Môi trường đã công bố bộ tham số tính chuyển giữa hệ VN-2000 và WGS84 [3]. Bộ tham số này đã được sử dụng phổ biến từ đó

* Email: pthoa.tdbd@hunre.edu.vn

cho đến nay. Trong mười năm qua, hệ quy chiếu WGS84 đã được nâng cấp lên phiên bản mới [4]. Do đó, yêu cầu tính lại các tham số tính chuyển giữa WGS84 với VN-2000 là hết sức cần thiết. Thông thường, các tham số tính chuyển giữa hai hệ quy chiếu được xác định dựa vào các điểm có tọa độ chính xác cao trong hai hệ trên cơ sở nguyên lý số bình phương nhỏ nhất. Theo đó, để xác định tham số tính chuyển giữa VN-2000 và WGS84, cần có các điểm có tọa độ chính xác cao trong cả hai hệ. Tại Việt Nam, tọa độ với độ chính xác cao trong hệ VN-2000 có thể dễ dàng xác định được. Ngược lại, việc xác định tọa độ với độ chính xác cao trong hệ WGS84 khó khăn thi [5]. Đây chính là thách thức chủ yếu của bài toán xác định các tham số tính chuyển giữa VN-2000 và WGS84. Để giải quyết được khó khăn này, chúng tôi đề xuất giải pháp sử dụng hệ quy chiếu ITRS làm yếu tố trung gian [6]. Kết nối giữa VN-2000 và WGS84 sẽ được thực hiện gián tiếp thông qua mối liên hệ giữa ITRS với VN-2000 và WGS84. Đây được xem là lựa chọn tốt nhất bởi các lí do sẽ trình bày chi tiết trong mục 2.3.

2. Hệ quy chiếu VN-2000, WGS84 và ITRS

2.1. VN-2000

Trước năm 2000, Việt Nam sử dụng hệ tọa quy chiếu quốc gia Hà Nội 72 (HN-72). Tuy nhiên, HN-72 có yếu điểm là ellipsoid thực dụng chưa được định vị tại Việt Nam và thiếu tính thống nhất và độ chính xác không đồng đều. Vì thế, từ những năm 90 của thế kỉ trước, vấn đề thiết lập một hệ quy chiếu mới đảm bảo sự phù hợp và thống nhất cho lãnh thổ đã được đặt ra. Để thống nhất các mạng lưới tọa độ đã có ở trong nước và thuận lợi cho xu thế hội nhập quốc tế, năm 1996, Tổng cục Địa chính (cũ) đo lưới GPS hạng "0" phủ trùm cả nước. Trên cơ sở tập hợp số liệu của các mạng lưới trên toàn lãnh thổ được xây dựng qua nhiều thời kì, từ năm 1998 đến 1999, Tổng cục Địa chính đã triển khai công trình "Xây dựng hệ quy chiếu và hệ tọa độ quốc gia (VN-2000)" [7]. Ngày 12-7-2000, VN-2000 đã chính thức được đưa vào sử dụng thay thế cho HN-72 [1]. Hệ tọa độ VN-2000 được thiết lập trên ellipsoid WGS84 (được định vị tại Việt Nam). Để biết thêm thông tin chi tiết về VN-2000 có thể tham khảo thêm [7].

2.2. WGS84

Bảng 1. Độ chính xác các phiên bản trong hệ quy chiếu WGS84 [4]

STT	Phiên bản	Thời điểm thực hiện		Thời điểm tham chiếu	Độ chính xác vị trí điểm
		Lịch vệ tinh quảng bá	Lịch vệ tinh chính xác		
1	WGS84(Doppler)	1987	01-01-1987		1-2 (m)
2	WGS84 (G730)	29-6-1994	29-6-1994	1994.0	10 cm
3	WGS84 (G873)	29-01-1997	29-01-1997	1997.0	5 cm
4	WGS84 (G1150)	20-01-2002	20-01-2002	2001.0	1cm
5	WGS84 (G1674)	08-02-2012	08-02-2012	2005.0	< 1 cm
6	WGS84 (G1762)	16-10-2013	16-10-2013	2005.0	< 1 cm

WGS84 là hệ quy chiếu Trái Đất quy ước, được thiết lập năm 1987 [4]. Hệ WGS84 được xác định với gốc tọa độ khá gần với trọng tâm Trái Đất [4]. Hệ WGS84 được đảm bảo bởi khung quy chiếu WGS84 với các trạm trong đoạn điều khiển của hệ thống GPS và một số trạm quan sát của các tổ chức khác [4]. Hệ tọa độ đề các trong WGS84 có các trục tọa độ như sau [4]: Trục OZ hướng về Cực Bắc (thời điểm 1984.0) và trục OX xác định trên mặt phẳng kinh tuyến gốc (thời điểm 1984.0) với sai số cỡ 0,005"; trục OY tạo với OX, OZ thành một tam diện thuận. Các tham số kích thước và hình dạng Ellipsoid tham chiếu của hệ quy chiếu WGS84 được cho trong [4]. Kể từ khi thiết lập, hệ WGS84 đã trải qua 6 lần cập nhật với thông tin chi tiết được cho trong Bảng 1. Thông tin chi tiết về WGS84 có trong tài liệu [4].

2.3. Hệ quy chiếu ITRS

Vào năm 1994, ý tưởng hình thành hệ quy chiếu quốc tế (ITRS) có tính đến sự thay đổi của các yếu tố gốc (gốc tọa độ, trục tọa độ...) do hiện tượng tuế sai, chương động, chuyển dịch cực Trái Đất và chuyển động kiến tạo đã thành hiện thực. Hiện thực hóa hệ quy chiếu ITRS tại một thời điểm cụ thể được gọi là khung quy chiếu ITRF. ITRF được thiết lập bởi cơ quan quốc tế về chuyển động quay của Trái Đất và hệ quy chiếu [8] trên cơ sở kết hợp các tệp tọa độ các trạm đo và vận tốc được xác định từ các quan trắc của các phương pháp trắc địa không gian. Các trạm đo được quan trắc và tính toán liên tục nên tọa độ và vận tốc của chúng biến thiên theo thời gian, do đó sẽ có nhiều sản phẩm ITRF khác nhau, gọi chung là $ITRF_{xy}$ (XY có nghĩa về dấu mốc thời gian, toàn bộ số liệu từ năm XY trở về trước được sử dụng để xác định ra $ITRF_{xy}$). Cho đến nay đã có các phiên bản khác nhau của ITRS như ITRF1992 [9], ITRF1996 [10], ITRF1997 [11], ITRF2000 [12], ITRF2005 [13], ITRF2008 [14] và gần đây nhất là ITRF2014 [15]. Tính chuyển tọa độ giữa các phiên bản ITRF được thực hiện dựa trên 14 tham số công bố trên trang mạng [16].

ITRF được coi là tiêu chuẩn chung nhằm đảm bảo sự tích hợp giữa các hệ thống thông tin không gian vì các lý do: (1) Hiện nay, hầu hết các hệ tọa độ toàn cầu và khu vực đều tương thích hoặc có mối liên hệ với ITRF [17]; (2) Nhiều quốc gia đang trên tiến trình hiện đại hóa hệ tọa độ quốc gia theo hướng tương thích với ITRF [17]; (3) Các hệ thống định vị vệ tinh toàn cầu đều sử dụng hệ tọa độ tương thích với ITRF [17]; (4) 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 [17].

3. Đề xuất phương pháp xác định bộ tham số mới tính chuyển tọa độ giữa VN-2000 và WGS84

Theo nguyên tắc chung, để xác định bộ tham số kết nối tọa độ giữa hai hệ quy chiếu trên cơ sở nguyên lý số bình phương nhỏ nhất cần có các điểm có tọa độ chính xác cao trong hai hệ. Tại Việt Nam, tọa độ với độ chính xác cao trong hệ VN-2000 và ITRS có thể xác định được, do đó có thể xác định bộ tham số kết nối giữa hai hệ này. Ngược lại, việc xác định tọa độ với độ chính xác cao trong hệ WGS84 và rất khó khả thi [18] nên bài báo

đề xuất giải bài toán tính chuyển tọa độ giữa VN-2000 và WGS84 trên cơ sở sử dụng ITRS làm yếu tố trung gian. Theo đó, mối liên hệ giữa VN-2000 và WGS84 được xác định theo sơ đồ:

$$\text{VN-2000} \rightarrow \text{WGS84} = (\text{VN-2000} \rightarrow \text{ITRS}) + (\text{ITRS} \rightarrow \text{WGS84}) \quad (1)$$

Như vậy để xác định tham số tính chuyển giữa VN-2000 và WGS84 cần thực hiện ba bước: (1) Xác định các tham số tính chuyển giữa hệ VN-2000 và ITRS; (2) Xác định các tham số tính chuyển giữa ITRS và WGS84; (3) Xác định các tham số tính chuyển giữa VN-2000 và WGS84 dựa trên hai bộ tham số được xác định trong bước 1 và bước 2.

a. Xác định bộ tham số tính chuyển giữa VN-2000 và ITRS

Tọa độ trong hệ VN-2000 độc lập với thời gian. Ngược lại, tọa độ ITRS phụ thuộc vào thời gian. Do đó để tính chuyển tọa độ giữa hai hệ cần sử dụng 14 tham số, bao gồm 7 tham số gốc và 7 tham số vận tốc tương ứng [2], [19]. Cách tiếp cận này đang được nhiều nơi trên thế giới áp dụng như châu Âu [8], Úc [5] - [18], Mĩ, Canada, Mexico [20]. Thông tin chi tiết về cơ sở lý thuyết xác định bộ tham số giữa VN-2000 và ITRF có thể tham khảo trong [6] - [21].

Dựa trên bộ tham số gốc kết nối giữa ITRS với WGS84 [4] - [22], trong [6] đã xác định được bộ tham số kết nối giữa tất cả các khung quy chiếu còn lại của hai hệ WGS84 và ITRS. Sau khi xác định được mối quan hệ giữa ITRS với WGS84 và giữa VN-2000 với ITRS, tham số tính chuyển tọa độ giữa VN-2000 và WGS84 sẽ được xác lập theo công thức (1).

4. Thực nghiệm xác định bộ tham số mới tính chuyển tọa độ giữa VN-2000 và WGS84

4.1. Nguồn số liệu xác định bộ tham số mới cho tính chuyển tọa độ giữa VN-2000 và WGS84

Bài báo sử dụng tọa độ của 10 điểm thuộc lưới châu Á Thái Bình Dương và 11 điểm thuộc lưới GNSS biển để tiến hành thực nghiệm kết nối VN-2000 với các hệ ITRS, WGS84 và PZ90. Lưới châu Á Thái Bình Dương được đo mỗi năm 1 chu kỳ 7 ngày liên tục [23]. 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 trạm trạm trong hệ thống IGS, tệp số liệu về tầng Ion [2]... Các điểm đều có số liệu tọa độ và vận tốc ITRF08 trong 4 chu kỳ (2011-2015) [24] - [27]. Lưới GNSS biển được hoàn thành vào năm 2016 với trị đo cũng kéo dài trong 7 ngày. Lưới được xử lý trong khung ITRF05 ứng với thời điểm 2016.764. Tất cả 21 điểm xét của hai lưới đồng thời cũng có tọa độ VN-2000 trên cơ sở liên kết với mạng lưới GPS địa phương.

Trong bài toán kết nối giữa VN-2000 vào ITRS, lưới châu Á Thái Bình Dương được sử dụng để xác định các tham số kết nối, lưới GNSS biển được sử dụng để kiểm tra độ chính xác các tham số. Trong bài toán kết nối giữa VN-2000 với WGS84, cả hai lưới được sử dụng để kiểm tra độ chính xác các tham số tính chuyển tọa độ.

4.1.2. Kết quả và thảo luận

Dựa trên cơ sở lí thuyết xác định tham số kết nối giữa hệ quy chiếu VN-2000 với hệ quy chiếu ITRS được trình bày trong [6] – [21], sử dụng tọa độ và vận tốc trong khung ITRF2008 kết hợp tọa độ VN-2000 của 10 điểm thuộc lưới châu Á Thái Bình Dương đã xác định tham số tính chuyển tọa độ từ khung ITRF2008 sang VN-2000 tại thời điểm 1.1.2015 (2015.0). Sai số trung phương trọng số đơn vị tương ứng là $\pm 4,67$ cm và $\pm 0,52$ cm/năm cho 7 tham số tọa độ và vận tốc của chúng. Kết hợp các tham số tính chuyển giữa VN-2000 và ITRF08 với các tham số tính chuyển giữa ITRF_{XY} sang ITRF08 trên trang mạng chính thức của IERS [16] đã xác định được 14 tham số tính chuyển giữa khung ITR_{XY} sang VN-2000 theo công thức sau:

$$\text{ITRF}_{XY} \rightarrow \text{VN-2000} = (\text{ITRF}_{XY} \rightarrow \text{ITRF2008}) + (\text{ITRF2008} \rightarrow \text{VN-2000})$$

Kết quả xác định bộ tham số giữa chuyển giữa VN-2000 và các phiên bản ITRF được trình bày trong [6]. Theo nguyên tắc đã trình bày trên mục 3, trong [6] đã xác định tham số tính chuyển giữa ITRF và WGS84. Dựa trên các tham số tính chuyển tọa độ từ VN-2000 về ITRF và ITRF về WGS84, các tham số tính chuyển từ VN-2000 về WGS84 đã được xác định (Bảng 2). Sử dụng các tham số này, tọa độ VN-2000 của lưới châu Á Thái Bình Dương và lưới GNSS biển được tính chuyển về hệ WGS84. Bên cạnh đó, các giá trị tọa độ ITRF được tính chuyển về tọa độ WGS84 theo các tham số đã được xác định trong [6]. Độ lệch trung phương giữa tọa độ WGS84 được xác định theo phương án tính chuyển từ hệ VN-2000 với phương án tính chuyển từ ITRF08 được thống kê trong Bảng 3. Số liệu trong bảng 3 cho thấy, ở mức độ khái quát, độ lệch trung phương giữa tọa độ WGS84 được xác định từ hai phương án (tính theo VN-2000 và ITRF08) đồng đều trong các khung quy chiếu của WGS84. Độ lệch trung phương về tọa độ tính theo hai phương án đạt mức $\pm 0,5$ dm, ± 1 dm và $\pm 0,4$ dm tương ứng với ba thành phần tọa độ Z, Y và X.

Bảng 2. Các tham số tính chuyển tọa độ từ VN-2000 sang WGS84

Giá trị	T ₁ mm	T ₂ mm	T ₃ Mm	D 10 ⁻⁹	R ₁ mas	R ₂ mas	R ₃ mas	Thời điểm
WGS84 (G1762)	194,7154	37,8661	110,4386	-2,2172	1,0920	7,0395	72,1838	2005.0
WGS84 (G1674)	194,7114	37,8691	110,4426	-9,1172	1,3620	6,7695	72,5638	2005.0
WGS84 (G1150)	195,0293	38,01471	110,3792	-11,1682	4,7517	1,4456	86,6502	2001.0
WGS84 (G873)	195,3391	38,15302	110,3148	-13,0293	8,1414	-3,8783	100,7366	1997.0
WGS84 (G730)	195,5565	38,24353	110,2624	-13,9225	10,6837	-7,8713	111,3614	1994.0
WGS84 (bán gốc)	196,2898	39,11956	110,2802	-96,1000	0,8579	-20,8810	139,7773	1984.0

Bảng 3. Độ lệch trung phương giữa tọa độ WGS84 được xác định theo phương án tính chuyển từ hệ VN-2000 với phương án tính chuyển từ ITRF08

Lưới	Khung	Chênh lệch trung phương tọa độ			
		$m_x(m)$	$m_y(m)$	$m_z(m)$	$m_{\text{tổng hợp}}$
Lưới GNSS biển	WGS84 1150	$\pm 0,0465$	$\pm 0,1178$	$\pm 0,0368$	$\pm 0,0761$
	WGS84 1674	$\pm 0,0463$	$\pm 0,0913$	$\pm 0,0330$	$\pm 0,0621$
	WGS84 1762	$\pm 0,0463$	$\pm 0,0913$	$\pm 0,0330$	$\pm 0,0621$
Lưới châu Á Thái Bình Dương	WGS84 1150	$\pm 0,0550$	$\pm 0,1629$	$\pm 0,0468$	$\pm 0,1029$
	WGS84 1674	$\pm 0,0503$	$\pm 0,1206$	$\pm 0,0362$	$\pm 0,0783$
	WGS84 1762	$\pm 0,0503$	$\pm 0,1206$	$\pm 0,0362$	$\pm 0,0783$

Về chi tiết, độ lệch trung phương trong hai khung WGS84 (G1674) và WGS84 (G1762) nhỏ hơn một chút so với khung (G1150). Điều này có thể giải thích là do WGS84 (G1150) là phiên bản cũ [4], thời điểm xác định WGS84 (G1150) (năm 2001) [4] cách xa thời điểm đo hai lưới (năm 2015 và 2016). Hai khung WGS84 (G1674) và WGS84 (G1762) đều là hai phiên bản mới [4], thời điểm xác định hai khung này khá gần nhau (năm 2012, 2013) [4] và gần với thời điểm đo lưới (năm 2015 và 2016). Bên cạnh đó, số liệu trong bảng 4 cũng cho thấy, độ chênh lệch tọa độ tính từ hai phương án (từ VN-2000 và ITRF) trong lưới châu Á Thái Bình Dương lớn hơn trong lưới GNSS biển. Về tổng quát, độ chênh lệch này nằm trong khoảng $\pm 1,5$ đến ± 2 cm.

Bên cạnh đó, bài báo đã sử dụng 7 tham số được công bố trong [3] để tính chuyển tọa độ VN-2000 của các điểm trong hai lưới sang hệ WGS84. Vì ITRF2008 được coi là tương đồng với WGS84 (G1674) [4], nên tọa độ trong hai khung được coi là trùng nhau. Do đó, để đánh giá độ chính xác của 7 tham số tính chuyển tọa độ hiện nay đang sử dụng, bài báo đã so sánh kết quả xác định WGS84 theo 7 tham số này với các giá trị tọa độ WGS84 (G1674) đã biết. Kết quả so sánh trình bày trong bảng 4 cho thấy độ lệch trung phương giữa tọa độ WGS84 được xác từ hệ VN-2000 với giá trị WGS84 đã biết là rất đáng kể. Độ lệch trung phương có giá trị cỡ ± 4 dm, ± 7 dm và ± 3 dm tương ứng với các thành phần tọa độ Z, Y và X. Độ lệch trung phương tổng hợp vị trí điểm lên đến trên $\pm 0,5$ m đối với cả hai lưới châu Á Thái Bình Dương và lưới GNSS biển. Mức lệch này khá lớn so với giá trị $\pm 0,07$ m trong trường hợp sử dụng bộ tham số mới để tính chuyển từ VN-2000 sang WGS84. Như vậy bộ tham số mới có độ chính xác cao hơn cỡ 7 lần so với bộ tham số cũ.

Bảng 4. Độ lệch trung phương giữa tọa độ WGS84 được xác định từ VN-2000 (theo 7 tham số cũ) với giá trị WGS84 đã biết

Lưới	Chênh lệch trung phương tọa độ			
	X(m)	Y(m)	Z(m)	Tổng hợp (m)
Lưới GNSS biển	$\pm 0,3960$	$\pm 0,7158$	$\pm 0,3167$	$\pm 0,5065$
Lưới châu Á Thái Bình Dương	$\pm 0,4483$	$\pm 0,7057$	$\pm 0,3510$	$\pm 0,5235$

5. Kết luận

Sau mười năm công bố, bộ tham số tính chuyển tọa độ giữa WGS84 và VN-2000 nên được cập nhật lại bởi WGS84 đã được nâng cấp lên phiên bản mới. Do việc xác định tọa độ WGS84 với chính xác cao không dễ dàng thực hiện trong điều kiện Việt Nam nên bài báo đã sử dụng hệ quy chiếu ITRS (cụ thể hóa bằng các khung quy chiếu ITRF) làm yếu tố trung gian. Bộ tham số tính chuyển giữa VN-2000 và WGS84 được xác định gián tiếp thông qua xác định các bộ tham số tính chuyển giữa ITRF với từng hệ. Trên cơ sở so sánh kết quả tính chuyển tọa độ theo các phương án khác nhau cho cùng một đối tượng xét cho thấy các tham số mới có độ chính xác khá cao vì độ chênh lệch trung phương về vị trí điểm giữa các phương án chỉ ở mức $\pm 0,07$ m, giá trị này khá nhỏ so với trường hợp sử dụng bộ tham số cũ ($\pm 0,5$ m). Từ đó có thể kết luận bộ số mới có độ chính xác cao hơn cỡ 7 lần so với bộ tham số cũ. Thành quả này có ý nghĩa lớn cho nhiều ứng dụng liên quan đến bài toán định vị ở Việt Nam.

- ❖ **Tuyên bố về quyền lợi:** Các tác giả xác nhận hoàn toàn không có xung đột về quyền lợi.
- ❖ **Lời cảm ơn:** Tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ nghiên cứu của Đề tài khoa học cấp cơ sở: "Nghiên cứu kết nối tọa độ theo quan điểm động giữa các hệ quy chiếu trắc địa", mã số 13.01.17.O.06 của Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Thủ tướng Chính phủ, 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*, 2000.
- [2] C. Jekeli, "Geometric Reference Systems in Geodesy." *Division of Geodesy and Geospatial Science, School of Earth Sciences*, Ohio State University, 2016.
- [3] Bộ Tài nguyên và Môi trường, 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 VN-2000*, 2007.
- [4] Nga, World geodetic System 1984. Its Definition and Relationships with Local Geodetic Systems, 2014.
- [5] Don Abbey. *WGS84, ITRF & GDA94: What's the difference?* Available on http://www.members.iinet.net.au/~abbey/WGS84_ITRF_&_GDA94_What_is_the_Difference.pdf
- [6] Phạm Thị Hoa, *Nghiên cứu kết nối tọa độ theo quan điểm động giữa các hệ quy chiếu trắc địa*. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp cơ sở, mã số 13.01.17.O.06, 2018.
- [7] Trần Bạch Giang, *Giới thiệu hệ quy chiếu và hệ tọa độ quốc gia Việt Nam*, 2003.
- [8] C. Boucher, and Z. Altamimi (1993). *Specifications for reference frame fixing in the analysis of a EUREF GPS campaign*. Available on <http://etrs89.cnsg.ign.fr/memo-V8.pdf>.
- [9] C. Boucher, Z. Altamimi and L. Duhem, "ITRF 92 and its associated velocity field," *Technical Note 15*. Paris, France, Central Bureau of the IERS, Observatoire de Paris, 1993.
- [10] C. Boucher, Z. Altamimi and P. Sillard, "Results and analysis of the ITRF96," *Technical Note 24*, Paris, France, Central Bureau of the IERS, Observatoire de Paris, 1998.

- [11] C. Boucher, Z. Altamimi and P. Sillard, "The 1997 International Terrestrial Reference Frame (ITRF97)," *Technical Note 27*, Paris, France, Central Bureau of the IERS, Observatoire de Paris, 1999.
- [12] Z. Altamimi, P. Sillard and C. Boucher, "ITRF2000: A new release of the International Terrestrial Reference Frame for Earth science application," *J. Geophys. Res.*, 107(B10), 2214, 2002. Doi:10.1029/2001JB000561
- [13] Z. Altamimi, X. Collilieux, J. Legrand, B. Garayt and C. Boucher, "ITRF2005: A new release of the International Terrestrial Reference Frame based on time series of station positions and Earth Orientation Parameters," *J. Geophys. Res. Solid Earth*, 112, B09401, 2007. Doi:10.1029/2007JB00494
- [14] Z. Altamimi, X. Collilieux, J. Legrand, L. Laurent, "ITRF2008: an improved solution of the international terrestrial reference frame," *Journal of Geodesy*, 85(8), pp 457-473, 2011. Doi:10.1007/s00190-011-0444-4
- [15] Z. Altamimi, R. Rebischung, L. Métivier and X. Collilieux, "ITRF2014: A new release of the International Terrestrial Reference Frame modeling nonlinear station motions," *Journal of Geophysical Research*, 121 (8), pp. 6109-6131, 2016. Doi:10.1002/2016jb013098
- [16] <http://lareg.ensg.ign.fr/ITRF/>
- [17] Z. Altamimi (2012). *Role and importance of the International Terrestrial Reference Frame for sustainable development*. Available on <https://unstats.un.org/unsd/geoinfo/RCC/docs/rccap19/Side%20events/IAG-GGOS-ITRF-report2UNRRC-10Oct2012.pdf>
- [18] J. Dawson and A. Woods, "ITRF to GDA94 coordinate transformations," *Journal of Applied Geodesy*, 4, pp. 189-199, 2010. Doi:10.1515/Jag.2010.019
- [19] B. Graeme et al., "Reference Frames in Practice Manual, Commission 5 Working Group 5.2 Reference Frames," *FIG Guide 2014*, 2014.
- [20] S. Tomás (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)
- [21] Phạm Thị Hoa, Nghiem Quoc Dung, "Determination of coordinate transformation parameters between ITRF and Vietnamese geodetic datum (VN-2000)," *International conference on Geo-spatial technologies and Earth resources*
- [22] [https://confluence.qps.nl/qinsy/en/world-geodetic-system-1984-wgs849855173.html#WorldGeodeticSystem1984\(WGS84\)-WGS84andITRF](https://confluence.qps.nl/qinsy/en/world-geodetic-system-1984-wgs849855173.html#WorldGeodeticSystem1984(WGS84)-WGS84andITRF)
- [23] Project (APRGP) GPS Campaign 2013. Record 2014/34. Geoscience Australia: Canberra
- [24] G. Hu, *Report on the Analysis of the Asia Pacific Regional Geodetic Project (APRGP) GPS Campaign 2011*. Record 2012/61. Geoscience Australia: Canberra.
- [25] G. Hu, *Report on the Analysis of the Asia Pacific Regional Geodetic Project (APRGP) GPS Campaign 2012*, Geoscience Australia.
- [26] G. Hu, *Report on the Analysis of the Asia Pacific Regional Geodetic/*
- [27] G. Hu, *Report on the Analysis of the Asia Pacific Regional Geodetic Project (APRGP) GPS Campaign 2015*. Record 2016/20. Geoscience Australia, Canberra.
- [28] IERS Conventions, "Gérard Petit and Brian Luzum (eds.)," (IERS Technical Note; 36) Frankfurt am Main: Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie, 2010. 179 pp., ISBN 3-89888-989-6