

Bài báo khoa học

Khả năng thích ứng của hệ tọa độ quốc gia VN-2000 với khung quy chiếu quốc tế ITRF dựa trên bài toán xác định bộ tham số tính chuyển tọa độ

Lê Huy Nam^{1*}, Hoàng Ngọc Hà²

¹ Công ty TNHH MTV Trắc địa Bản đồ/Cục Bản đồ; nam.leuhuy@gmail.com

² Trường Đại học Mở-Địa chất; hoangngochoa@humg.edu.vn

*Tác giả liên hệ: nam.leuhuy@gmail.com; Tel: +84-977991639

Ban biên tập nhận bài: 20/4/2024; Ngày phản biện xong: 27/5/2024; Ngày đăng bài: 25/11/2024

Tóm tắt: Hệ quy chiếu và hệ tọa độ đóng vai trò quan trọng trong hoạt động đảm bảo an ninh - quốc phòng cũng như nhiệm vụ phát triển kinh tế và nghiên cứu khoa học của mỗi quốc gia. Sau hơn 20 năm đưa vào sử dụng, hệ tọa độ quốc gia VN-2000 gặp một số hạn chế trong việc xử lý dữ liệu thời gian thực cũng như quản lý không gian 3D trên nền tảng số khu vực biển đảo và các vùng lân cận. Đồng thời, ellipsoid WGS-84 đã nâng cấp qua nhiều phiên bản nhưng dữ liệu lại không được công bố rộng rãi như dữ liệu do IGS quản lý (hệ tọa độ VN-2000 được thành lập dựa trên cơ sở định vị ellipsoid WGS84 phù hợp với lãnh thổ Việt Nam theo nguyên tắc tổng $\xi^2 = \min$). Vì vậy, giải pháp nghiên cứu các dịch vụ do tổ chức IGS cung cấp để phát triển các mạng lưới GNSS bằng phương pháp xử lý tính toán bình sai kết nối thông qua tham số chuyển đổi tọa độ của mô hình Bursa - Wolf được cho là phù hợp. Nghiên cứu sử dụng dữ liệu do Cục Bản đồ/BTTM cung cấp và phân tích mối quan hệ giữa các thành phần trong bộ tham số tính chuyển dựa trên bài toán bình sai xử lý kết nối trạm CORS, nghiên cứu đã tính toán và so sánh bộ tham số tính chuyển mới so với bộ tham số tính chuyển đã được công bố từ những nghiên cứu trước đó, góp phần bổ sung cơ sở khoa học ứng dụng trạm CORS trong việc nâng cấp hệ tọa độ quốc gia VN-2000 tại Việt Nam.

Từ khóa: ITRF; VN-2000; Tính chuyển tọa độ; 07 tham số; 14 tham số.

1. Đặt vấn đề

Việc lựa chọn ellipsoid quy chiếu WGS-84 thay thế cho ellipsoid quy chiếu Krasovski trong việc xây dựng hệ tọa độ VN-2000 tại thời điểm năm 2000 với lý do quan trọng nhất đó là áp dụng công nghệ định vị vệ tinh, đảm bảo kết nối số liệu trong nước với quốc tế nhằm mục tiêu phát triển lâu dài [1, 2]. Từ những quan điểm đó, sau hơn 20 năm đưa vào sử dụng, hệ tọa độ VN-2000 đã giúp thống nhất số liệu trên toàn lãnh thổ Việt Nam, giúp nâng cao khả năng ứng dụng GNSS vào đo cao hình học, xây dựng bản đồ địa chính cũng như xây dựng mô hình Geoid trên phạm vi cả nước. Tuy nhiên tới thời điểm hiện tại hệ tọa độ VN-2000 được coi là hệ “tĩnh”, hệ quy chiếu WGS-84 đã nâng cấp qua nhiều phiên bản nhưng dữ liệu đo lại không được công bố rộng rãi như dữ liệu do IGS quản lý khiến cho việc tính toán cập nhật hệ tọa độ quốc gia VN-2000 gặp nhiều khó khăn [3, 4]. Vì vậy, việc sử dụng hệ quy chiếu ITRF để nâng cấp hệ tọa độ VN-2000 được cho là phù hợp và thuận lợi hơn so với việc tiếp tục sử dụng các phiên bản của hệ tọa độ WGS-84 để tính toán nâng cấp [5].

Tổ chức IGS được thành lập vào năm 1994 với mục tiêu ban đầu là cung cấp dữ liệu GNSS chính xác để hỗ trợ các nghiên cứu khoa học và các ứng dụng cần độ chính xác cao. Ngày nay, với sự phát triển vượt bậc về khoa học công nghệ GNSS CORS (*Continuously* *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2024**, 767, 1-9; doi:10.36335/VNJHM.2024(767).1-9 <http://tapchikttv.vn/>

Operating Reference Stations), các quốc gia là thành viên của các tổ chức IGS như Mỹ, Canada, Australia, Anh, Đức, Pháp,... đã sử dụng các trạm CORS để xác định 03 góc Euler cũng như để xác định sự chuyển dịch mảng kiến tạo phục vụ thiết lập khung quy chiếu trái đất ITRF/ETRS89. Về ưu điểm, ITRF cung cấp một hệ thống tọa độ đồng nhất toàn cầu và được cập nhật thường xuyên với độ chính xác cao, nhờ vào việc tích hợp dữ liệu từ nhiều nguồn đo khác nhau, bao gồm GNSS, VLBI (*Very Long Baseline Interferometry*), SLR (*Satellite Laser Ranging*) và DORIS (*Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite*) [6, 7].

Đối với các quốc gia có Hệ quy chiếu hệ tọa độ không tương thích với ITRF/ETRS89 mà chỉ được xác định mối liên kết thông qua 07 tham số chuyển đổi tọa độ của mô hình Bursa - Wolf, khi xây dựng được hệ thống trạm CORS mà chưa tham gia xử lý chung cùng hệ thống mạng lưới IGS để xây dựng khung quy chiếu ITRF/ETRS89 thì có thể sử dụng các dịch vụ do tổ chức IGS cung cấp để phát triển các mạng lưới GNSS tại quốc gia đó với độ chính xác cao và đồng nhất bằng phương pháp xử lý tính toán bình sai kết nối là giải pháp phù hợp [3, 16]. Tuy nhiên, các mảng kiến tạo của lớp vỏ trái đất là “động” và dịch chuyển theo thời gian [8, 9], đồng nghĩa với việc tâm trái đất luôn trong trạng thái dịch chuyển vì vậy việc tính toán xử lý tọa độ trên bề mặt trái đất cần quan tâm đến vận tốc và tọa độ của các trạm đo tại một thời điểm cụ thể cho mỗi lần tính toán xây dựng khung tham chiếu [10, 11].

Cục Đo đạc Bản đồ và thông tin địa lý Việt Nam đã sử dụng 164 điểm GPS/TC được đo đạc trong giai đoạn 2009-2010 làm số liệu tính toán bộ tham số chuyển đổi từ hệ quy chiếu quốc tế ITRF về hệ quy chiếu tọa độ quốc gia VN-2000 trong nhiệm vụ xây dựng hệ quy chiếu hệ tọa độ không gian quốc gia khởi đầu VN-2000 3D [3].

Nghiên cứu [12] xác định bộ tham số tính chuyển dựa trên 10 điểm GNSS thuộc dự án nghiên cứu về địa động học khu vực Châu Á - Thái Bình Dương từ năm 2013 đến 2016 (đo theo chu kỳ hàng năm với 7 ngày liên tục) và 11 điểm thuộc lưới GNSS biên (đo trong 7 ngày năm 2016), tuy nhiên mỗi mạng lưới lại sử dụng các khung tham chiếu khác nhau do tính toán tại các thời điểm khác nhau. Bài toán tính chuyển tọa độ giữa VN-2000 và ITRF bao gồm nhiều bước tính toán như: xác định phiên bản ITRF sử dụng, thời điểm bộ tham số gốc được cấp, thời điểm xác định giá trị tọa độ, tính tọa độ ở các khung quy chiếu 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,....

Năm 2019, hệ thống mạng lưới 65 trạm định vị vệ tinh GNSS CORS (VNGEONET) do Bộ Tài nguyên và Môi trường quản lý đã chính thức đi vào hoạt động. Trong giai đoạn tiếp theo, mạng lưới VNGEONET sẽ triển khai kế hoạch kết nối 02 trạm CORS vào mạng lưới IGS nhằm mục đích thuận lợi cho việc tính toán bình sai kết nối cũng như xây dựng hệ tọa độ không gian 3D [13–15].

Nghiên cứu [17] đã trình bày giải pháp xử lý tính toán 17 điểm thuộc hệ thống VNGEONET bằng phần mềm Gamit/Blobk nhằm mục đích đánh giá sự chuyển dịch của các bề mặt trái đất trên lãnh thổ Việt Nam theo chuỗi thời gian từ ngày 26/8/2019 đến 18/3/2022. Bài báo cũng đã kết luận việc sử dụng chuỗi thời gian đo liên tục và dài hơn có thể cải thiện độ chính xác xác định từng thành phần chuyển dịch.

Các nghiên cứu trên tập chung vào tính toán và phân tích dữ liệu GNSS phục vụ kết nối giữa khung quy chiếu quốc tế ITRF và hệ tọa độ VN-2000, tuy nhiên vấn đề tìm hiểu và áp dụng các phương pháp phân tích xây dựng mô hình dự báo về các chuyển dịch cũng như loại trừ sai số ngẫu nhiên chưa được thực nghiệm, vì vậy bài báo sẽ thực nghiệm tính toán và phân tích các thành phần trong bộ tham số tính chuyển.

2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Dữ liệu thực nghiệm

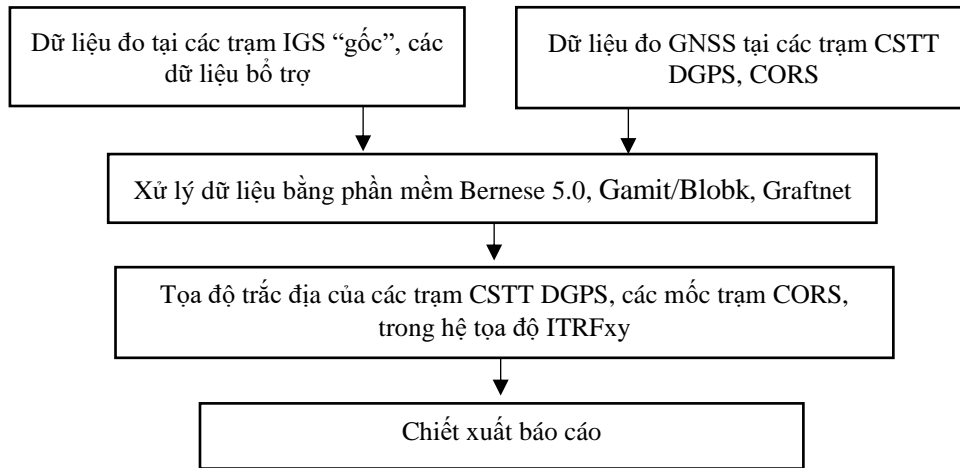
Sử dụng 14 điểm trạm CORS do Cục Bản đồ/BTTM quản lý làm dữ liệu phục vụ xây dựng tính toán bộ tham số tính chuyển. Công tác xử lý tính toán được thực hiện trong Hệ tọa

độ quốc tế ITRF2014 với ellipsoid tham chiếu WGS-84 và thời điểm tham chiếu 12h00 từ ngày 30/4/2017 (Giờ GMT) tới ngày 7/5/2017 (chu kỳ 1). Dữ liệu đầu vào bao gồm:

- Dữ liệu đo liên tục trong 01 tuần (từ 30/04 đến 07/05/2017) tại: 01 trạm XLTT, 06 mốc đặt tại 06 trạm CSTT DGPS và 7 trạm CORS.

- Dữ liệu đo tại các trạm IGS: IISC, SGOC, JOG2, NTUS-01, CUSV, PIMO, HKSL, JFNG, LHAZ.

- Các dữ liệu bổ trợ theo yêu cầu của phần mềm Bernese 5.0 do Dịch vụ quốc tế về Định vị vệ tinh IGS và Trung tâm xác định quỹ đạo Châu Âu (CODE - *Centre for Orbit Determination in Europe*) cung cấp: Lịch vệ tinh chính xác, tham số định hướng Trái đất, mô hình tầng điện ly toàn cầu, hiệu thế mã P1C1 (DCB - *Differential code biases*); tọa độ và vận tốc dịch chuyển của các điểm IGS [18–25].



Hình 1. Sơ đồ quy trình tính toán dữ liệu trên hệ tọa độ ITRF và VN-2000.

Dữ liệu sẽ được chuẩn hóa theo định dạng của phần mềm tương ứng và xử lý trị đo code và trị đo phân sai đơn. Sau khi hoàn thành bước tiền xử lý, tiến hành xử lý dữ liệu phân sai bậc 2 và tạo các file hệ phương trình chuẩn cho từng ngày đo. Khi kết quả các vòng lặp đảm bảo tiêu chí độ chính xác theo yêu cầu, tiến hành ghép nối dữ liệu từng ngày đo và giải hệ phương trình chuẩn xác định tọa độ của các trạm đo.

2.2. Giải pháp thực tiễn tính chuyển giữa ITRF và VN-2000

Việc tính chuyển các kết quả đo GNSS trong khung quy chiếu ITRF_{yy} về Hệ tọa độ VN-2000 có thể sử dụng các mô hình tính chuyển khác nhau. Theo Bursa-Wolf:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{bmatrix} + (1 + s)R_Z(\omega_Z)R_Y(\omega_Y)R_X(\omega_X) \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\text{Trong đó: } R_X(\omega_X) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega_X & \sin \omega_X \\ 0 & -\sin \omega_X & \cos \omega_X \end{bmatrix}; R_Y(\omega_Y) = \begin{bmatrix} \cos \omega_Y & 0 & -\sin \omega_Y \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \omega_Y & 0 & \cos \omega_Y \end{bmatrix}$$

$$R_Z(\omega_Z) = \begin{bmatrix} \cos \omega_Z & \sin \omega_Z & 0 \\ -\sin \omega_Z & \cos \omega_Z & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Tuy nhiên, khi xác định tham số tính chuyển giữa tọa độ mạng lưới GNSS ITRF về hệ tọa độ VN-2000 ta cần tính đến vận tốc chuyển dịch mảng kiến tạo. Vì vậy công thức tính chuyển 7 tham số theo Bursa-Wolf (1) sẽ không còn phù hợp mà phải chuyển đổi thành 14 tham số (2):

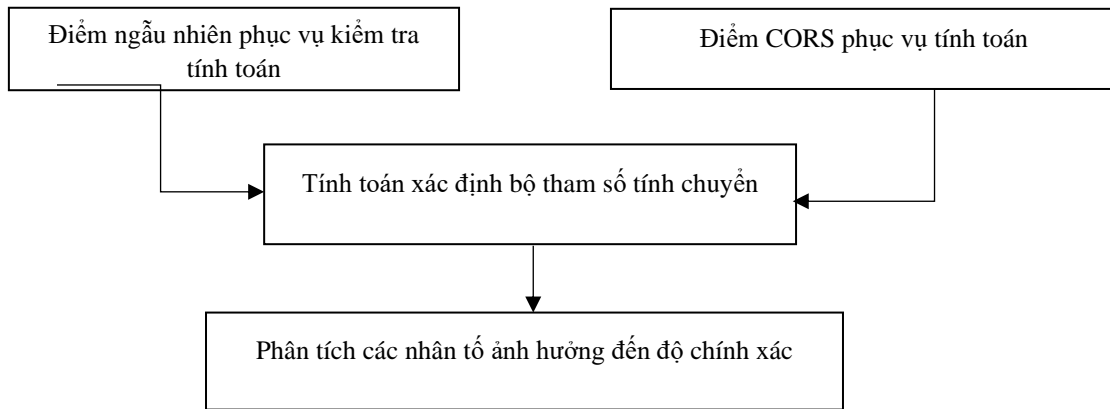
$$\begin{bmatrix} x(t) \\ y(t) \\ z(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_x(t) \\ T_y(t) \\ T_z(t) \end{bmatrix} + (1 + s(t))R_Z(\omega_Z(t))R_Y(\omega_Y(t))R_X(\omega_X(t)) \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (2)$$

Trong đó:
$$\begin{bmatrix} T_x(t) \\ T_y(t) \\ T_z(t) \\ s(t) \\ \omega_x(t) \\ \omega_y(t) \\ \omega_z(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_x(t_0) + (t - t_0)\dot{T}_x \\ T_y(t_0) + (t - t_0)\dot{T}_y \\ T_z(t_0) + (t - t_0)\dot{T}_z \\ s(t_0) + (t - t_0)\dot{s} \\ \omega_x(t_0) + (t - t_0)\dot{\omega}_x \\ \omega_y(t_0) + (t - t_0)\dot{\omega}_y \\ \omega_z(t_0) + (t - t_0)\dot{\omega}_z \end{bmatrix}$$
 và

$$R_{ZYX}(t) = \begin{bmatrix} \cos \omega_Y \cos \omega_Z & \cos \omega_Z \sin \omega_X \sin \omega_Y + \cos \omega_X \sin \omega_Z & -\cos \omega_X \cos \omega_Z \sin \omega_Y + \sin \omega_X \sin \omega_Z \\ -\cos \omega_Y \sin \omega_Z & \cos \omega_X \cos \omega_Z - \sin \omega_X \sin \omega_Y \sin \omega_Z & \cos \omega_Z \sin \omega_X + \cos \omega_X \sin \omega_Y \sin \omega_Z \\ \sin \omega_Y & -\cos \omega_Y \sin \omega_X & \cos \omega_X \cos \omega_Y \end{bmatrix}$$

3. Kết quả và thảo luận

Dựa trên kết quả tính toán tại mục 2.1, áp dụng công thức (1) và (2) tính toán giá trị 7 tham số và 14 tham số tính chuyển theo nguyên lý số bình phương nhỏ nhất. Đồng thời sử dụng nền tảng ngôn ngữ Python để xây dựng công cụ tính toán thử nghiệm bộ tham số với tiêu chí cơ bản đó là tạo các dữ liệu mẫu phục vụ tính toán và phân tích các yếu tố thành phần chính ảnh hưởng tới kết quả tính toán bộ tham số. Đây là tiền đề cơ sở để phân tích đánh giá xây dựng mô hình dự báo và phương pháp kiểm soát độ chính xác của bộ tham số tính chuyển theo thời gian. Sơ đồ đánh giá như sau:



Hình 2. Quy trình thử nghiệm bộ tham số tính chuyển.

3.1. Xác định tham số tính chuyển dựa trên điểm ngẫu nhiên

Sử dụng giải pháp xây dựng dữ liệu giả lập nhằm đánh giá và kiểm soát các nguồn sai số khi xây dựng bộ tham số tính chuyển. Đây cũng là giải pháp kiểm chứng độ chính xác cũng như nâng cao trị tin cậy trong các nhiệm vụ không có đầy đủ các dữ liệu phục vụ phân tích thống kê.

Bộ giá trị tham chiếu thuật toán như sau:

$$\Delta X = 191,90441429 \text{ (m)}, \Delta Y = 39,30318279 \text{ (m)}, \Delta Z = 111,45032835 \text{ (m)}$$

$$\omega X = 0,00928836 \text{ ("}), \omega Y = -0,01975479 \text{ ("}), \omega Z = 0,00427372 \text{ ("})$$

$$d = 1,000000252906278 \text{ (ppm)}$$

Bảng 2. Giá trị bộ tham số tính toán dựa trên số lượng điểm ngẫu nhiên.

TT	Số điểm	Độ nhiễu	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)	ωX (")	ωY (")	ωZ (")	d (ppm)
1	5	0,5	194,02502	37,77227	110,69173	1,52083	-0,04731	0,21206	-1,01224
2		1	196,14562	36,24137	109,93312	2,04165	-0,08453	0,36450	-1,68063
3		1,5	198,26622	34,71046	109,17452	2,56248	-0,11087	0,47236	-2,15359
4		2	198,26622	34,71046	109,17452	2,56248	-0,11087	0,47236	-2,15359
5		0,5	193,05139	39,19390	111,96194	0,52032	0,17661	0,26323	-0,63932
6	7	1	194,19835	39,08461	112,47355	0,04065	0,49818	0,80708	-1,87624
7		1,5	195,34533	38,97532	112,98516	-0,43903	1,36971	2,28102	-5,22851
8		2	195,34533	38,97532	112,98516	-0,43903	1,36971	2,28102	-5,22851

TT	Số điểm	Độ nhiễu	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)	ωX (")	ωY (")	ωZ (")	d (ppm)
9		0,5	191,72408	38,81427	111,16899	1,31103	0,01301	-0,10158	-0,08930
10	14	1	191,54374	38,32537	110,88766	1,62206	0,01586	-0,16399	-0,16067
11		1,5	191,36341	37,83646	110,60632	1,93310	0,01810	-0,21316	-0,21691
12		2	191,36341	37,83646	110,60632	1,93310	0,01810	-0,21316	-0,21691
13		0,5	191,93257	39,26048	112,11891	0,60467	0,31942	-0,06364	-0,05130
14	20	1	191,93257	39,26048	112,11891	0,60467	0,31942	-0,06364	-0,05130
15		1,5	191,96072	39,21777	112,78750	0,20935	0,83231	-0,13622	-0,14321
16		2	191,98887	39,17506	113,45608	-0,18598	1,84338	-0,27929	-0,32439

Kết quả tại bảng 2 cho thấy số lượng điểm đo rất quan trọng trong việc nâng cao độ chính xác cũng như trị tin cậy của dữ liệu tính toán. Tuy nhiên, thời điểm hiện tại việc xây dựng và vận hành điểm CORS đáp ứng theo tiêu chí yêu cầu của tổ chức IGS [20–22] (khu vực địa chất ổn định, đồng bộ thiết bị thu và antena chất lượng cao, kết nối và bảo mật dữ liệu, ...) còn nhiều hạn chế, chính vì vậy việc nâng cao độ chính xác tọa độ tính toán và duy trì số lượng điểm ở mức tối thiểu của các điểm trạm CORS đóng vai trò là khung lưới tọa độ quốc gia là nhiệm vụ tối ưu nhất.

$$f_{\text{chính xác}} + f_{\text{độ tin cậy}} + f_{\text{chỉ phí}}^{-1} = \max$$

Phương pháp kiểm tra đánh giá này sẽ hỗ trợ việc đánh giá xác định tiêu chí xây dựng hệ tọa độ dựa trên độ chính xác tọa độ điểm CORS đã có. Đồng thời việc tính toán xác định các sai số tiêu chuẩn hoặc các mô hình nội suy hồi quy tuyến tính giúp phát hiện và loại bỏ được những điểm sai số thô, giúp đảm bảo độ chính xác theo mục đích của từng nhiệm vụ đặc thù.

3.2. Xác định tham số khi sử dụng điểm trạm CORS

Sử dụng điểm trạm CORS để tính toán xây dựng bộ tham số tính chuyển nhằm mục đích so sánh với các kết quả nghiên cứu đã được công bố tại Việt Nam. Độ lệch chuẩn của trọng số đơn vị $S_0 = 0,18675916$ m.

Bảng 3. Giá trị bộ tham số tính toán từ điểm trạm CORS.

TT	Tham số	Giá trị	Độ lệch chuẩn	Đơn vị
1	ΔX	213,708729	8,4756	m
2	ΔY	49,280623	4,1399	m
3	ΔZ	116,468626	4,2322	m
4	ωX	-8,919657955383	0,1614	["]
5	ωY	23,378755175012	0,0416	["]
6	ωZ	30,169935436225	0,2923	["]
7	Hệ số biến dạng	-1,668864088200	0,1227	[ppm]

So sánh với kết quả của Viện Khoa học Đo đạc bản đồ năm 2017 và 7 tham số VN-2000 công bố năm 2000 được trình bày trong bảng 4.

Bảng 4. Giá trị tham số so sánh.

TT	Tham số	Giá trị công bố năm 2000	Giá trị do Viện Khoa học Đo đạc Bản đồ tính toán năm 2017	Đơn vị
1	ΔX	191,90441429	204,511083	m
2	ΔY	39,30318279	42,192468	m
3	ΔZ	111,45032835	111,417880	m
4	ωX	-0,00928836	-0,011168229	["]
5	ωY	0,01975479	0,085600577	["]
6	ωZ	0,00427372	0,400462723	["]
7	Hệ số biến dạng	1,000000252906278	0,00000	[ppm]

Kết quả tính toán so sánh giữa bảng 3 và bảng 4 cho thấy sai số dịch chuyển lớn của hệ tọa độ VN-2000, khi sử dụng hệ thống tọa độ điểm gốc địa chính cơ sở hoặc các điểm lưới GNSS xây dựng tính toán theo 7 tham số tính chuyển do Bộ Tài nguyên và Môi trường cung

cấp sẽ không còn phù hợp để tính toán kết nối dữ liệu chuyển đổi với hệ tọa độ quốc tế tính đến thời điểm hiện tại [3, 10, 11].

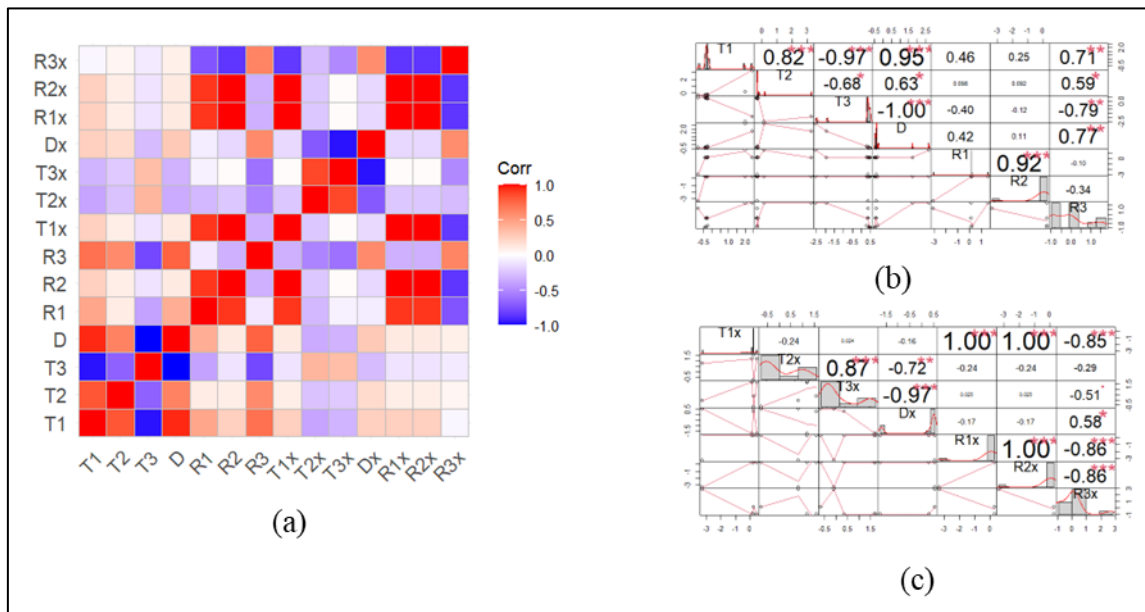
3.3. Xác định các tham số tính chuyển giữa tọa độ mạng lưới GNSS quốc tế (hệ quy chiếu ITRS) với Hệ quy chiếu VN-2000 có tính đến vận tốc chuyển dịch kiến tạo của các điểm trạm CORS

Bảng 5 là kết quả tính toán dữ liệu trên 2 chu kỳ từ năm 2017 đến 2019, tính toán 7 tham số tính chuyển tọa độ và 7 tham số vận tốc dịch chuyển tương ứng (giữa các khung quy chiếu ITRF có sự tính toán cập nhật và dịch chuyển theo từng thời điểm). Khi so sánh với [12] nhận thấy độ chính xác trạm tọa độ điểm trạm CORS cũng như phương pháp tính toán tốc độ dịch chuyển tham số dựa trên chuỗi thời gian thu nhận dữ liệu là rất quan trọng [16, 17]. Trong bài báo này tác giả sẽ tập trung phân tích vào sự ảnh hưởng của các thành phần chính trong bộ tham số tính chuyển. Sử dụng phương pháp phân tích dữ liệu thành phần chính PCA (Principal Component Analysis) để xác định mối quan hệ tuyến tính của kết quả tính toán trong bảng 5.

Bảng 5. Kết quả tính toán 14 tham số tính chuyển từ VN-2000 sang ITRF.

Khung ITRFx	Khung ITRFy	T1 (mm)	T2 (mm)	T3 (mm)	D (10 - 9)	R1 (mas)	R2 (mas)	R3 (mas)	Thời điểm
		T1'(mm/n)	T2'(mm/n)	T3'(mm/n)	D' (10- 9/n)	R1' (mm/n)	R2'(mm/n)	R3'(mm/n)	
VN2000	ITRF2014	-213,5654	-50,6880	-115,2550	-6,3900	-6,9808	20,1801	37,4656	2017
		0,0790	0,0360	-0,0188	-0,1600	0,8500	-1,3300	3,5200	
VN2000	ITRF2008	-213,5670	-50,6899	-115,2574	-6,3900	-6,9808	20,1801	37,4656	2017
		0,0790	0,0360	-0,0189	-0,1600	0,8500	-1,3300	3,5200	
VN2000	ITRF2005	-213,5695	-50,6890	-115,2527	-7,3600	-6,9808	20,1801	37,4656	2017
		0,0793	0,0360	-0,0189	-0,1600	0,8500	-1,3300	3,5200	
VN2000	ITRF2000	-213,5666	-50,6897	-115,2199	-8,9600	-6,9808	20,1801	37,4656	2017
		0,0791	0,0361	-0,0207	-0,0800	0,8500	-1,3300	3,5200	

Thuật toán PCA về ý nghĩa là bài toán giảm chiều dữ liệu, mục đích tìm một hệ số không gian mới và tối đa hóa phương sai dữ liệu của không gian mới đó. Sau đó lựa chọn ra n chiều có phương sai lớn nhất giúp thuận lợi cho việc đánh giá phân tích tương quan của dữ liệu.



Hình 3. Mối quan hệ tương quan giữa 14 tham số tính chuyển.

Dựa vào ma trận hệ số tương quan trong hình 3a Màu đỏ (giá trị 1) là thể hiện sự tương quan mạnh giá trị các tham số tỉ lệ thuận với nhau. Màu xanh (-1) là thể hiện giá trị các tham

số tỉ lệ nghịch với nhau, màu trắng giá trị bằng 0 là các tham số không có mối quan hệ tuyến tính với nhau. Đồng thời dựa vào giá trị hệ số tương quan tại hình 3b, 3c ta có thể kết luận: hệ số biến dạng tỷ lệ (tương ứng d) có mối quan hệ tương quan chặt chẽ với sự chuyển dịch của các trục tọa độ X, Y, và không có sự ảnh hưởng nhiều tới sự thay đổi của trục Z. Chính vì vậy, khi tính chuyển và cập nhật dữ liệu tọa độ cũng như bản đồ số, cần quan tâm đến yếu tố chuyển dịch ngang của địa hình, đồng thời cần đánh giá và kiểm soát chất lượng mô hình số độ cao áp dụng trong tính toán dữ liệu nhằm kiểm soát nguồn sai số do sử dụng các mô hình khác nhau trong tính toán cập nhật dữ liệu [16].

4. Kết luận

Việc xây dựng Hệ quy chiếu hệ tọa độ mới là bài toán phức tạp và cần nhiều thời gian trong việc nâng cấp đồng bộ về cơ sở hạ tầng cũng như các giải pháp thực nghiệm tính toán tối ưu, vì vậy trong giai đoạn hiện nay giải pháp nâng cấp hệ tọa độ quốc gia VN-2000 dựa trên bài toán xác định bộ tham số tính chuyển là phù hợp nhất. Bài báo đã so sánh đánh giá được sự thay đổi của số lượng điểm tham gia tính xây dựng bộ tham số tính chuyển cũng như sai số vị trí điểm ảnh hưởng đến bộ tham số. Đây là tiền đề để đánh giá phân tích xây dựng bộ tham số tính chuyển dựa trên các hàm dự báo của mô hình tính chuyển theo phương pháp hồi quy tuyến tính. Đồng thời có thể kiểm soát và loại trừ các sai số thô trong công tác tính toán bình sai.

Trong trường hợp đánh giá về tốc độ chuyển dịch của mảng kiến tạo, dữ liệu sử dụng cần phải được đo liên tục theo chuỗi thời gian tính theo tháng và năm. Đồng thời mật độ điểm trạm CORS sẽ phải tăng lên nhằm đảm bảo tính đồng nhất tại các khu vực có chuyển tiếp địa hình lớn. Vì vậy, ta có thể cân nhắc sử dụng bổ sung ứng dụng ảnh viễn thám InSAR và LiDAR trong việc hỗ trợ quan trắc chi tiết biến dạng lớp vỏ bề mặt trái đất. Khi đó, dữ liệu tọa độ của ảnh viễn thám sẽ được tính toán dựa trên tọa độ của các trạm CORS.

Vì vậy, cơ sở lý thuyết và thực nghiệm này có ý nghĩa thực tiễn trong nghiên cứu hợp tác quốc tế cũng như các dự án nghiên cứu địa động học, quản lý tài nguyên thiên nhiên và các ứng dụng liên quan đến mạng lưới GNSS CORS tại Việt Nam.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: L.H.N., H.N.H.; Xử lý số liệu: L.H.N.; Viết bản thảo bài báo: L.H.N.; Chỉnh sửa bài báo: H.N.H.

Lời cảm ơn: Được sự hướng dẫn và chỉ bảo của GS. TSKH Hoàng Ngọc Hà, tác giả đã lên ý tưởng và tiến hành nghiên cứu thực nghiệm nội dung tích chuyên và đánh giá khả năng thích ứng của hệ tọa độ VN-2000 với khung quy chiếu quốc tế ITRF.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Báo cáo khoa học: Xây dựng hệ quy chiếu và hệ thống điểm tọa độ quốc gia. Tổng cục Địa chính, 2000.
2. Giang, T.B. Giới thiệu hệ quy chiếu và hệ tọa độ quốc gia Việt Nam. Cục Đo đạc và bản đồ Việt Nam, 2003.
3. Thạch, L.T. Nghiên cứu phương pháp xây dựng và phát triển hệ quy chiếu tọa độ không gian quốc gia. Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Viện khoa học đo đạc và bản đồ, 2018.
4. Department of Defense World Geodetic System 1984. Its definition and relationships with local geodetic systems. National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) standardization document, 2014.
5. Nam, L.H.; Hà, H.N.; Sơn, N.C. Cơ sở lý thuyết nâng cấp hệ quy chiếu hệ tọa độ quốc gia VN-2000 thích ứng với khung quy chiếu quốc tế ITRF. *Tạp chí Khoa học đo đạc và Bản đồ* 2024, 60, 100–108.

6. Ferland, R.; Piraszewski, M. The IGS combined station coordinates, earth rotation parameters and apparent geocenter. *J. Geod.* **2009**, 83, 385–392.
7. Altamimi, Z.; Métivier, L.; Rebischung, P.; Rouby, H.; Collilieux, X. ITRF2014 plate motion model. *Geophys. J. Int.* **2017**, 209, 1906–1012.
8. Hải, V.Q. Xử lý số liệu hỗn hợp GPS/GLONASS phục vụ nghiên cứu địa động lực hiện đại. Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 2014.
9. Hải, V.Q.; Cường, T.Q.; Thuận, N.V. Về chuyển dịch vỏ Trái đất dọc đới đứt gãy sông Hồng từ số liệu GNSS. *Tạp chí các khoa học về trái đất* **2016**, 38(1), 14–21.
10. Tinh, B.Y. Development and research of a method for improving the accuracy of the geodetic coordinate base of the Socialist Republic of Vietnam. PhD in Technical Sciences, 2005.
11. Dong, N.V. Development and research of methods to improve the accuracy of coordinate determinations in the Socialist Republic of Vietnam. PhD in Technical Sciences, 2011.
12. Hoa, P.T.; Quang, N.V.; Huynh, P.T.; Thu, T.T.H.; Khánh, Đ.V.; Thảo, N.T.P.; Hương, P.T.H.; Bình, N.V. Xây dựng phần mềm phục vụ tính chuyển tọa độ giữa hệ quy chiếu VN2000 với khung quy chiếu trái đất quốc tế (ITRF). *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất* **2019**, 60, 100–108.
13. Dự án “Hoàn chỉnh Hệ quy chiếu và Hệ tọa độ quốc gia Việt Nam”. Cục Đo đạc và Bản đồ Việt Nam - Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2012.
14. Hà, H.N. Bình sai hỗn hợp lưới mặt đất và GNSS phục vụ phát triển hệ thống tọa độ ở Việt Nam. Hội nghị khoa học quốc gia về công nghệ địa không gian trong khoa học trái đất và môi trường, 2021.
15. Thắm, B.T.H. Nghiên cứu cơ sở lý thuyết cho việc hiện đại hóa lưới không chế trắc địa quốc gia ở Việt Nam bằng hệ thống vệ tinh dẫn đường toàn cầu GNSS. Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Mỏ Địa chất, 2014.
16. Hà, H.N.; Nam, L.H. Nghiên cứu thuật toán bình sai hỗn hợp lưới mặt bằng và GNSS có điểm trạm CORS. *Tạp chí Khoa học đo đạc và Bản đồ* **2021**, 48, 23–28.
17. Trọng, N.G.; Nghĩa, N.V.; Khải, P.C.; Thành, N.H.; Hà, L.L.; Dũng, V.T.; Quân, N.V.; Quang, P.Q. Xác định chuyển dịch trên phạm vi lãnh thổ Việt Nam dựa vào dữ liệu của các trạm CORS thuộc mạng lưới VNGEONET. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2022**, 739, 59–66.
18. Soler, T.; Snay, R.A.; Foote, R.H.; Cline, M.W. Maintaining accurate coordinates for the National CORS network, FIG, 2003.
19. Wiley, B. International Committee on GNSS. National Geospatial-Intelligence Agency (USA), 2009.
20. Altamimi, Z.; Rebischung, P.; Métivier, L.; Collilieux, X. ITRF2014: A new release of the International Terrestrial Reference Frame modeling nonlinear station motions. *J. Geophys. Res. Solid Earth* **2016**, 121, 6109–6131.
21. Moreaux, G.; Stepanek, P.; Capdeville, H.; Lemoine, F.G.; Otten, M. The DORIS contribution to ITRF2020. Technical Report, 2022.
22. Nothnagel, A.; Artz, T.; Behrend, D.; Malkin, Z. International VLBI service for geodesy and astrometry. *J. Geodesy* **2017**, 91, 711–721.
23. Abbondanza, C.; Chin, T.M.; Gross, R.S.; Heflin, M.B.; Parker, J.W.; Soja, B.S.; van Dam, T.; Wu, X. ITRF2014, the JPL Kalman filter and smoother realization of the International Terrestrial Reference System. *J. Geophys. Res. Solid Earth* **2017**, 122(10), 8474–8510.
24. Qiong, W.; Guodong, Y. Geoid refinement of Songyuan irrigation area based on EGM2008 and GPS. Scientific research project of Jilin University, 2011.
25. Khameneh, M.A.A. Optimal design in geodetic GNSS-based networks. Doctoral Thesis in Geodesy, KTH Royal Institute of technology, 2017.

Evaluating the adaptability of the VN-2000 national coordinate system with the international reference frame ITRF based on determining transformation parameters

Leu Huy Nam^{1*}, Hoang Ngoc Ha²

¹ Survey and Aerial Mapping One Member Limited Liability Company;
nam.leuhuy@gmail.com

² Hanoi University of Mining and Geology; hoangngocha@humg.edu.vn

Abstract: The coordinate reference system plays an important role in the economic development and scientific research of each country. After more than 20 years of development, the VN-2000 national coordinate system has some disadvantages in real-time data processing as well as 3D space management. At the same time, the WGS-84 ellipsoid has been upgraded through many versions, but the data is not as widely published as the data managed by IGS. Therefore, the solution to research the services provided by the IGS organization to develop GNSS networks by processing connection calculations through parameter transformation of the Bursa - Wolf model is appropriate. The article uses data provided by the Defense Mapping Agency and analyzes the relationship between the components in the parameter transformation set, contributing to supplementing the scientific basis for CORS station application in upgrading the national coordinate system in Vietnam.

Keywords: ITRF; VN-2000; Transformation parameter; 07 parameters; 14 parameters.