

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG NÂNG CAO ĐỘ CHÍNH XÁC ĐỘ CAO TRẮC ĐỊA QUỐC GIA NHỜ VIỆC GIẢI QUYẾT BÀI TOÁN BÌNH SAI PHÉP NỐI MẠNG LƯỚI GNSS VÀ HỆ QUY CHIẾU TỌA ĐỘ KHÔNG GIAN QUỐC GIA VN2000-3D

LƯƠNG THANH THẠCH

Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Tóm tắt:

Trong quá trình xây dựng Hệ quy chiếu tọa độ không gian quốc gia, mạng lưới GNSS phủ trùm (tạm gọi là mạng lưới GNSS hạng A) có vị trí rất quan trọng. Các trị đo của mạng lưới GNSS hạng A đóng vai trò như các trị đo dư, nên sau khi bình sai ghép nối dựa vào các điểm trùng, độ chính xác độ cao trắc địa của các điểm mặt đất sẽ được nâng lên - đây là một trong những yêu cầu rất quan trọng đặt tiền đề cho việc xây dựng Hệ quy chiếu tọa độ không gian quốc gia.

Bài báo khoa học này đã nghiên cứu cơ sở lý thuyết của bài toán bình sai ghép nối mạng lưới GNSS vào Hệ quy chiếu tọa độ không gian quốc gia và tiến hành tính toán thực nghiệm. Kết quả thực nghiệm trong bài báo đã chỉ ra rằng, độ chính xác độ cao trắc địa đã được nâng lên cỡ 4 lần sau khi thực hiện bình sai ghép nối.

1. Đặt vấn đề

Trong bài báo khoa học này sử dụng 2 thuật ngữ, đó là “điểm mặt đất” và “điểm trùng”. Cụ thể, thuật ngữ “điểm mặt đất” để chỉ các điểm Thiên văn – Trắc địa hạng I, II quốc gia được thành lập bằng các phương pháp đo đạc truyền thống trên mặt đất; thuật ngữ “điểm trùng” để chỉ rằng, điểm trắc địa vừa có tọa độ trong mạng lưới GNSS hạng A, vừa có tọa độ trong mạng lưới Thiên văn - Trắc địa hạng I, II quốc gia của Hệ quy chiếu tọa độ không gian quốc gia VN2000-3D.

Trong tài liệu (Hà Minh Hòa, Đặng Hùng Võ và nnk, 2005) đã đề xuất xây dựng hệ tọa độ động quốc gia (Dynamic Reference System) ở Việt Nam mà thực chất là xây dựng Hệ quy chiếu tọa độ không gian quốc gia, gắn kết chặt chẽ với Khung quy chiếu Trái đất quốc tế ITRF. Xây dựng Hệ quy chiếu tọa độ không gian quốc gia là nội dung quan trọng trong Chiến lược phát triển ngành Đo đạc và Bản đồ đến năm 2020 đã được phê duyệt tại Quyết định số 33/2008/QĐ -TTg ngày 27/02/2008 của Thủ tướng Chính phủ. Trên cơ sở ứng dụng công nghệ GNSS, như đã phân tích trong các tài liệu (Hà Minh Hòa và nnk, 2012); Hà Minh Hòa, 2014a), mấu chốt của việc xây dựng Hệ quy chiếu tọa độ không gian quốc gia là xây dựng mô hình quasigeoid quốc gia với độ chính xác không thấp hơn hơn ± 4.0 cm để đảm bảo sai số tương đối của các tọa độ không gian ở mức 10^{-9} theo quy định quốc tế (Augath W., Ihde J, 2002). Cũng cần nhấn mạnh thêm rằng, Hệ quy chiếu tọa độ không gian quốc gia Việt Nam phải được xây dựng dựa vào ellipsoid WGS-84 quy chiếu quốc gia đã được định vị sát nhất với mặt quasigeoid quốc gia Hòn Dấu. Khi ứng dụng công nghệ GNSS có thể xác định độ cao trắc địa tương ứng với ellipsoid WGS-84 quốc tế với độ chính xác rất cao. Tuy nhiên, xác định độ cao trắc địa độ chính xác cao tương ứng với

Ngày nhận bài: 15/6/2017, ngày chuyển phản biện: 22/6/2017, ngày chấp nhận phản biện: 04/7/2017, ngày chấp nhận đăng: 01/8/2017

ellipsoid WGS-84 quy chiếu quốc gia lại là vấn đề nan giải, mà mấu chốt là giải quyết bài toán dị thường độ cao cục bộ (hay độ chính xác của mô hình quasigeoid quốc gia). Điều này đảm bảo độ cao trắc địa quốc gia độ chính xác H cao được xác định từ các tọa độ không gian quốc gia X, Y, Z của điểm trắc địa thỏa mãn điều kiện $H = H^* + \zeta$, ở đây H^* là độ cao chuẩn trong hệ độ cao quốc gia HP72, còn ζ là độ cao quasigeoid quốc gia được xác định từ mô hình quasigeoid quốc gia độ chính xác cao (độ cao của mặt quasigeoid cục bộ Hòn Dấu so với ellipsoid WGS-84 quy chiếu quốc gia).

Trong thực tiễn xây dựng các hệ quy chiếu tọa độ không gian ở các nước, hệ tọa độ không gian địa tâm OS Net (Ordnance Survey Network) của nước Anh được xây dựng dựa trên mô hình geoid OSGM02 (Ordnance Survey Geoid Model 2002) với độ chính xác ± 2.0 cm (J. C. Illiffe, M. Ziebart, and P. A. Cross; R. Forsberg and G. Strykowski; C. C. Tscherning); Mô hình geoid của Australia AUSGeoid09 với độ chính xác ± 3.0 cm được dùng để xây dựng hệ quy chiếu địa tâm GDA94. Các nhà khoa học trắc địa Australia đang được định hướng cho việc xây dựng hệ quy chiếu địa tâm GDA2020 - The Geocentric Datum of Australia (*Australia is on the move GDA2020*) trong tương lai dựa trên mô hình AUSGeoid2020; Hệ quy chiếu tọa độ không gian của Đức ETRS89/DREF91/2016 được xây dựng dựa trên mô hình quasigeoid GCG2016 - Germany Combined QuasiGeoid of 2016 với độ chính xác ± 2.0 cm (*Quasigeoid of the Federal Republic of Germany*).

Trong tài liệu (Hà Minh Hòa, Đặng Hùng Võ và nnk, 2005), khi quan niệm mạng lưới hạng AA là hệ thống điểm/trạm GNSS hoạt động liên tục phục vụ cho việc thu nhận thường xuyên các dữ liệu GNSS để kết nối với IGS, thì mạng lưới GNSS hạng A (mạng lưới phủ trùm) có vai trò rất quan trọng trong việc giải quyết bài toán bình sai ghép nối. Mạng lưới GNSS hạng A được xử lý riêng rẽ trong ITRF, sau đó được bình sai ghép nối vào Hệ quy chiếu tọa độ không gian quốc gia VN2000-3D sẽ giải quyết được hai nhiệm vụ khoa học sau:

- Nâng cao độ chính xác độ cao trắc địa của các điểm mặt đất trong VN2000-3D có tọa độ trùng với các điểm thuộc mạng lưới GNSS hạng A. Đây là nhiệm vụ quan trọng nhất, cũng là nội dung chính của bài báo này.

- Đưa tọa độ các điểm của mạng lưới GNSS chưa có tọa độ trong Hệ quy chiếu tọa độ không gian quốc gia VN2000-3D (ví dụ đang trong ITRF) về Hệ quy chiếu tọa độ này, với độ chính xác “đồng cấp hạng” với mạng lưới GNSS hạng A. Nhiệm vụ này phục vụ cho việc phát triển Hệ quy chiếu tọa độ không gian quốc gia VN2000-3D khi có nhu cầu xây dựng các điểm GNSS hạng A mới. Nội dung này đã được giải quyết trong tài liệu (Lương Thanh Thạch, 2017).

2. Giải quyết vấn đề

Giả thiết rằng mạng lưới GNSS có N điểm, trong đó có n điểm trùng ($n \leq N$) có vector các tọa độ không gian $\tau_1 = (X_1, Y_1, Z_1, \dots, X_n, Y_n, Z_n)^T$ trong hệ tọa độ VN2000 - 3D với ma trận tương quan Σ_{τ_1} , ở đây $k=3.n$. Không mất tính chất chung, chúng ta giả thiết n điểm trùng được đánh số thứ tự đầu tiên. Khi đó sau khi bình sai riêng rẽ mạng lưới GNSS trong ITRF tương ứng với ellipsoid WGS84 quy chiếu quốc tế, chúng ta nhận được vector các tọa độ không gian được bình sai của N điểm GNSS ở dạng sau:

$$\eta = (\bar{X}_1, \bar{Y}_1, \bar{Z}_1, \dots, \bar{X}_n, \bar{Y}_n, \bar{Z}_n | \bar{X}_{n+1}, \bar{Y}_{n+1}, \bar{Z}_{n+1}, \dots, \bar{X}_N, \bar{Y}_N, \bar{Z}_N)^T$$

với ma trận tương quan $\Sigma_{\hat{x}} = \mu_{\hat{x}}^2 \cdot \Sigma_S^{-1}$ ở đây $\mu_{\hat{x}}$ - sai số trung phương đơn vị trọng số nhận được sau khi bình sai riêng rẽ mạng lưới GNSS trong ITRF, R_S - ma trận chuẩn bậc $K \times K$, còn bậc $K = 3 \cdot N$.

Khi đã biết các giá trị gần đúng của 07 tham số chuyển tọa độ $X_0, Y_0, Z_0, \varepsilon_X, \varepsilon_Y, \varepsilon_Z, \Delta m$ từ ITRF về VN2000 – 3D, dựa trên công thức Bursa – Wolf ở dạng sau:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \bar{X} \\ \bar{Y} \\ \bar{Z} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{pmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta m & \varepsilon_Z & -\varepsilon_Y \\ -\varepsilon_Z & \Delta m & \varepsilon_X \\ \varepsilon_Y & -\varepsilon_X & \Delta m \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \bar{X} \\ \bar{Y} \\ \bar{Z} \end{pmatrix},$$

vector các tọa độ không gian η trong ITRF được chuyển thành vector các tọa độ không gian τ trong VN2000 – 3D dưới dạng $\tau = (\bar{\tau}_1 | \bar{\tau}_2)^T$, ở đây $\bar{\tau}_1$ là vector con của các tọa độ không gian tương ứng với n điểm trùng, $\bar{\tau}_2$ là vector con của các tọa độ không gian tương ứng với $(N - n)$ điểm GNSS còn lại.

Vector $\tau^{(0)} = (\tau_1 | \tau_2)^T$ được nhận làm vector các tọa độ không gian gần đúng để giải quyết bài toán bình sai ghép nối mạng lưới GNSS vào Hệ quy chiếu tọa độ không gian quốc gia VN2000 – 3D. Việc giải quyết bài toán này trong Hệ quy chiếu tọa độ không gian quốc gia VN2000 – 3D được thực hiện theo mô hình toán học được đề xuất vào năm 1995 trong công trình (Hà Minh Hòa, 1995) (xem chi tiết trong các tài liệu Hà Minh Hòa, 2013; Hà Minh Hoà, 2014a) ở dưới dạng sau đây:

$$\begin{aligned} V_{\tau_1}^{k \times 1} &= \delta \tau_1^{k \times 1} & \bar{P}_{\tau_1} &= \mu_{\tau_1}^2 \cdot K_{\tau_1}^{-1}, \\ V_S^{K \times 1} &= \delta \tau^{K \times 1} - G_S \cdot \delta \omega + L_S, & P_S &= R_S, \end{aligned} \quad (1)$$

ở đây vector số hạng tự do $L_S = \begin{pmatrix} \tau_1 - \bar{\tau}_1 \\ \dots \\ 0 \end{pmatrix}$

ma trận hệ số G_S có dạng: $G_S = [G_1; G_2; \dots; G_N]^T$ thêm vào đó G_i ($i = 1, 2, \dots, N$) là ma trận đơn vị $\mathbb{R}^{3 \times 3}$ bậc 3×3 ; $\delta \omega = (\delta X_0, \delta Y_0, \delta Z_0)^T$ là vector số hiệu chỉnh vào các tham số chuyển tọa độ X_0, Y_0, Z_0 do sự ghép nối thêm các điểm mới.

Trong thực tế bình sai ghép nối mạng lưới GNSS vào Hệ quy chiếu tọa độ không gian quốc gia VN2000-3D, các tọa độ trắc địa B, L của các điểm trùng trong Hệ quy chiếu tọa độ không gian quốc gia thay đổi rất nhỏ, trong khi đó độ cao trắc địa H thay đổi đáng kể do sai số trong độ cao quasigeoid quốc gia và điều này chủ yếu dẫn đến sự thay đổi của các tham số chuyển tọa độ X_0, Y_0, Z_0 .

Khi bình sai riêng rẽ mạng lưới GNSS theo thuật toán T – thuận, chúng ta nhận được ma trận tam giác trên T_S liên hệ với ma trận chuẩn R_S trong (1) bởi biểu thức $R_S = T_S^T \cdot T_S$. Khi đó phương trình thứ hai trong hệ (1) được chuyển về dạng phương trình số hiệu chỉnh của các trị đo cùng độ chính xác ở dạng sau:

$$\bar{V}_S^{K \times 1} = T_S \cdot \delta \tau^{K \times 1} - \bar{G}_S \cdot \delta \omega + \bar{L}_S, \quad \bar{P}_S = E \quad (2)$$

với ma trận trọng số là ma trận đơn vị bậc $K \times K$, ở đây $\bar{G}_S = T_S \cdot G_S$, vector số hạng tự do $\bar{L}_S = T_S \cdot L_S$. Dạng đơn giản của phương trình (2) phản ánh ưu điểm nổi bật của thuật toán T - thuận khi giải quyết bài toán bình sai riêng rẽ và ghép nối tiếp theo mạng lưới

GNSS vào Hệ quy chiếu tọa độ không gian quốc gia.

Phương trình số hiệu chỉnh thứ nhất trong hệ (1) đóng vai trò như phương trình số hiệu chỉnh của các số liệu gốc (bài toán bình sai với sai số số liệu gốc). Khi ma trận trọng số \bar{P}_{τ_1} được khai triển về dạng $\bar{P}_{\tau_1} = T_{\tau_1}^T \cdot T_{\tau_1}$, ở đây T_{τ_1} là ma trận tam giác trên bậc $k \times k$, để giải hệ phương trình số hiệu chỉnh (2) theo thuật toán T - thuận, chúng ta lập ma trận ban đầu

$$T_0 = \begin{bmatrix} T_{\tau_1}^{k \times k} & 0 & 0 \\ 0 & 10^{-6} \cdot E_{(K-k) \times (K-k)} & 0 \\ 0 & 0 & 10^{-6} \cdot E_{3 \times 3} \end{bmatrix}_{(K+3) \times (K+3)} \quad (3)$$

ở đây $E_{(K-k) \times (K-k)}$ - ma trận đơn vị bậc $(K-k)$.

Trong thực tế đối với mỗi điểm trùng với các tọa độ không gian (X, Y, Z) đã biết trong VN2000 – 3D, chúng ta chỉ biết được ma trận tương quan $K_{X,Y,Z}^{3 \times 3}$ bậc 3×3 . Việc chuyển ma trận tương quan $K_{X,Y,Z}^{3 \times 3}$ thành ma trận tam giác trên $T_{X,Y,Z}$ được thực hiện theo thuật toán đã được trình bày trong tài liệu (Hà Minh Hòa, 2014a).

Triển khai hệ phương trình (2) theo thuật toán T - thuận, chúng ta sẽ nhận được ma trận tam giác trên $T_{(K+3) \times (K+3)}$, vector số hạng tự do được biến đổi $Y_{(K+3)}$ và $\Phi_{(K+3)} = [PVV]_{(K+3)}$. Vector số hiệu chỉnh $\delta\tau$ vào vector các tọa độ không gian gần đúng, $\tau^{(0)}$, được xác định từ việc giải hệ phương trình $T_{(K+3) \times (K+3)} \cdot \delta\tau = Y_{(K+3)}$, vector các tọa độ không gian cuối cùng nhận được theo công thức $\tilde{\tau} = \tau^{(0)} + \delta\tau$, sai số trung phương đơn vị trọng số μ sau bình sai ghép nối được đánh giá theo công thức:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{\Phi_K}{k}} \quad (3)$$

3. Thực nghiệm

Mạng lưới thực nghiệm là “Mạng lưới cơ sở của các điểm địa động lực Miền Bắc” bao gồm 11 điểm, trong đó có 05 điểm mặt đất có các tọa độ trắc địa trong Hệ quy chiếu tọa độ không gian VN2000 – 3D tương ứng với ellipsoid WGS84 quy chiếu quốc gia được thống kê (xem bảng 1).

Theo tài liệu (Hà Minh Hoa, 2017), các giá trị gần đúng của 07 tham số chuyển tọa độ $X_0, Y_0, Z_0, \varepsilon_X, \varepsilon_Y, \varepsilon_Z, \Delta m$ từ ITRF về VN2000 – 3D như sau:

$$X_0 = 204.511083\text{m}, Y_0 = 42.192468\text{m}, Z_0 = 111.417880\text{m},$$

$$\varepsilon_X = -0''.011168229, \varepsilon_Y = 0''.085600577, \varepsilon_Z = -0''.400462723, \Delta m = 0.000000000$$

Theo tài liệu (Lương Thanh Thạch, 2017), kết quả bình sai riêng rẽ mạng lưới trên trong ITRF tương ứng với ellipsoid WGS84 quy chiếu quốc tế được thống kê (xem bảng 2).

Từ tọa độ trắc địa (B, L, H) của 05 điểm mặt đất trong bảng 1, chuyển về dạng (X, Y, Z) và được thống kê (xem bảng 3) (ký hiệu là vector τ_1).

Dựa vào 07 tham số chuyển đổi tọa độ nêu trên, tiến hành chuyển vector tọa độ τ trong bảng 2 từ ITRF về VN2000 - 3D theo mô hình Bursa – Wolf. Kết quả nhận được vector tọa độ τ và được thống kê (xem bảng 4).

Vì không còn lưu giữ được các thông tin về độ chính xác khi bình sai mạng lưới Thiên văn – Trắc địa quốc gia hạng I, II của 05 điểm mặt đất ở giai đoạn trước, nên trong thực

Nghiên cứu

Bảng 1: Toạ độ trắc địa của các điểm mặt đất trong VN2000 - 3D tương ứng với elipsoid WG84 quy chiếu quốc gia

	Tên điểm	Toạ độ trắc địa trong VN2000 - 3D			Độ cao chuẩn quốc gia H^y (m)
		B	L	Độ cao trắc địa H trong hệ không phụ thuộc triều (m)	
1	C052	21 38 11.879	104 47 7.206	88.557	87.071
2	C022	21 1 47.286	104 18 35.056	439.674	437.703
3	C045	21 7 10.794	104 58 47.932	180.337	179.020
4	C033	21 33 00.424	104 02 01.514	286.608	282.905
5	C004	21 55 36.200	103 14 10.998	371.261	366.792

Bảng 2: Toạ độ các điểm trong ITRF tương ứng với ellipsoid WGS84 quy chiếu quốc tế (ký hiệu là vector \vec{v})

TT	Tên điểm	Toạ độ X	Toạ độ Y	Toạ độ Z
1	C052	-1513906.489	5735082.184	2336981.806
2	C004	-1355658.552	5762556.110	2366915.270
3	C033	-1439447.099	5758043.293	2328147.346
4	C049	-1473579.882	5720435.954	2397574.334
5	C065	-1577073.412	5710600.599	2354964.651
6	C070	-1710327.527	5667123.305	2367282.063
7	C045	-1538796.596	5750145.806	2283713.025
8	C022	-1472371.505	5771451.649	2274521.770
9	C014	-1564207.138	5782678.917	2183019.947
10	C056	-1592975.373	5745087.917	2258944.874
11	C075	-1723545.896	5702787.025	2270104.021

Bảng 3: Toạ độ không gian (X, Y, Z) của 05 điểm mặt đất trong VN2000 - 3D

	Tên điểm	Các toạ độ trắc địa trong VN2000 - 3D		
		X (m)	Y (m)	Z (m)
1	C052	-1513714.136	5735121.344	2337092.916
2	C022	-1472179.244	5771490.833	2274632.893
3	C045	-1538604.244	5750184.813	2283824.080
4	C033	-1439254.798	5758082.515	2328258.441
5	C004	-1355466.287	5762595.502	2367026.391

Bảng 4: Toạ độ các điểm của mạng lưới được chuyển từ ITRF về VN2000 - 3D (vector \vec{v})

TT	Tên điểm	Toạ độ X	Toạ độ Y	Toạ độ Z	Ghi chú
1	C052	-1513714.080	5735121.312	2337092.905	vector \vec{v}_1
2	C022	-1472179.140	5771490.861	2274632.888	
3	C045	-1538604.194	5750184.888	2283824.115	
4	C033	-1439254.730	5758082.565	2328258.478	
5	C004	-1355466.208	5762595.543	2367026.437	
6	C049	-1473387.470	5720475.157	2397685.449	vector \vec{v}_2
7	C065	-1576880.962	5710639.604	2355075.723	
8	C056	-1592782.951	5745126.896	2259055.940	
9	C014	-1564014.757	5782717.956	2183131.028	
10	C075	-1723353.397	5702825.750	2270215.032	
11	C070	-1710134.998	5667162.050	2367393.077	

nghiệm này chúng ta tiến hành xác lập mô hình sai số tiên nghiệm cho chúng như sau: Giả sử độ chính xác của các thành phần tọa độ trắc địa B, L tương ứng là $m_B'' = 0.0020, m_L'' = 0.0015$ - là độ chính xác trong khoảng cho phép theo chỉ tiêu kỹ thuật về độ chính xác của mạng lưới Thiên văn - Trắc địa quốc gia hạng I, II (*Tổng cục Địa chính, 1999*). Theo tài liệu (*Hà Minh Hoa, 2017*), độ chính xác của mô hình VIGAC2017 là $m_{\zeta} = \pm 6.2$ cm và độ chính xác độ cao chuẩn hạng II là $m_{H''} = 7.5$ cm (*Hà Minh Hòa, 2014b*), chúng ta có độ chính xác của độ cao trắc địa: $m_H = \pm \sqrt{m_{\zeta}^2 + m_{H''}^2} = \pm 9.7$ cm. Lúc này, ma trận tương quan K_{BLH} của các điểm trùng như sau:

$$K_{BLH} = \begin{bmatrix} 9.402E - 17 & 0 & 0 \\ 0 & 5.288E - 17 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0095 \end{bmatrix}$$

kết hợp với sai số trung phương của kết quả bình sai riêng rẽ trong ITRF $\mu_s = 0.005$ m (*Lương Thanh Thạch, 2017*), dựa vào thuật toán được trình bày trong (*Hà Minh Hoà, 2014a*) sẽ xác định được 05 giá trị $T_{ql}^{(k)}$ tương ứng với 05 điểm mặt đất trong VN2000 - 3D thuộc ma trận ban đầu T_0 dạng (3) ở trên.

Triển khai hệ phương trình (2) theo thuật toán T - thuận, nhận được ma trận tam giác trên T và vectơ Y. Lúc này, vectơ số hiệu chỉnh của vectơ tọa độ không gian gần đúng $\tau^{(0)}$ được xác định từ hệ phương trình $T_{(K+3) \times (K+3)} \cdot \delta\tau = Y_{(K+3)}$, còn vectơ tọa độ không gian cuối cùng nhận được theo công thức $\tau = \tau^{(0)} + \delta\tau$, được thống kê (xem bảng 5).

*** Nhận xét:**

Sau khi bình sai ghép nối nhận được ma trận tam giác trên T, kết hợp với sai số trung phương trọng số đơn vị nhận được ở kết quả bình sai riêng rẽ, sẽ nhận được ma trận tương quan K'_{BLH} trung bình của 05 điểm mặt đất như sau:

$$K'_{BLH} = \begin{bmatrix} 1.26863E - 17 & 7.88143E - 18 & -8.03745E - 11 \\ 7.88143E - 18 & 5.60232E - 18 & -5.29587E - 11 \\ -8.03745E - 11 & -5.29587E - 11 & 0.000566043 \end{bmatrix}$$

So sánh K'_{BLH} sau khi bình sai ghép nối với K_{BLH} tiên nghiệm ban đầu nêu trên ta thấy rằng, độ chính xác của độ cao trắc địa H được nâng lên cỡ 4 lần so với trước khi bình sai ghép nối.

4. Kết luận

Từ cơ sở lý thuyết và các kết quả thực nghiệm bình sai ghép nối mạng lưới GNSS vào Hệ quy chiếu tọa độ không gian quốc gia VN2000-3D, chúng ta có thể đưa ra các kết luận sau:

- Bài toán bình sai ghép nối mạng lưới GNSS hạng A vào Hệ quy chiếu tọa độ không gian quốc gia VN2000-3D cho phép nâng cao độ chính xác tọa độ các điểm mặt đất, đặc biệt là độ cao trắc địa. Đây là một trong nhiều vấn đề khoa học quan trọng góp phần vào việc xây dựng Hệ quy chiếu tọa độ không gian quốc gia;

- Hiện nay, độ chính xác về vị trí mặt bằng có thể được xác định với độ chính xác rất cao bằng công nghệ GNSS, nhưng để có được độ cao trắc địa độ chính xác cao đòi hỏi phải có mô hình quasigeoid quốc gia độ chính xác rất cao. Một trong nhiều vấn đề khoa học cần giải quyết là sử dụng các trị đo trong mạng lưới GNSS hạng A như là trị đo dư để nâng cao độ chính xác độ cao trắc địa của các điểm mặt đất trên cơ sở bình sai ghép nối mạng lưới GNSS hạng A vào Hệ quy chiếu tọa độ không gian quốc gia.○

Bảng 5: Kết quả bình sai ghép nối

	Tên điểm	Toạ độ gần đúng $\tau^{(0)} = (\tau_1 \bar{\tau}_2)^T$			Số hiệu chỉnh $\delta\tau$		
		Toạ độ X ⁽⁰⁾	Toạ độ Y ⁽⁰⁾	Toạ độ Z ⁽⁰⁾	$\delta X^{(0)}$	$\delta Y^{(0)}$	$\delta Z^{(0)}$
1	C052	-1513714.1363	5735121.3441	2337092.9163	-0.0133	0.0277	-0.0431
2	C022	-1472179.2440	5771490.8326	2274632.8926	0.0368	0.0835	-0.0427
3	C045	-1538604.2440	5750184.8130	2283824.0800	-0.0093	0.0970	-0.0345
4	C033	-1439254.7980	5758082.5153	2328258.4414	0.0143	0.0520	-0.0498
5	C004	-1355466.2870	5762595.5020	2367026.3910	0.0197	0.0647	-0.0208
6	C049	-1473387.4695	5720475.1566	2397685.4491	-0.0620	0.0280	-0.0629
7	C065	-1576880.9624	5710639.6036	2355075.7229	-0.0625	0.0383	-0.0529
8	C056	-1592782.9507	5745126.8957	2259055.9404	-0.0618	0.0388	-0.0526
9	C014	-1564014.7572	5782717.9559	2183131.0281	-0.0611	0.0353	-0.0552
10	C075	-1723353.3969	5702825.7498	2270215.0317	-0.0616	0.0300	-0.0609
11	C070	-1710134.9984	5667162.0502	2367393.0769	-0.0633	0.0354	-0.0567

	Tên điểm	Toạ độ sau bình sai $\bar{\tau} = \tau^{(0)} + \delta\tau$			Độ chính xác
		X	Y	Z	
1	C052	-1513714.1496	5735121.3718	2337092.8732	0.036
2	C022	-1472179.2072	5771490.9161	2274632.8499	0.036
3	C045	-1538604.2533	5750184.9100	2283824.0455	0.036
4	C033	-1439254.7837	5758082.5673	2328258.3916	0.036
5	C004	-1355466.2673	5762595.5667	2367026.3702	0.036
6	C049	-1473387.5315	5720475.1846	2397685.3862	0.037
7	C065	-1576881.0249	5710639.6419	2355075.6700	0.037
8	C056	-1592783.0125	5745126.9345	2259055.8878	0.036
9	C014	-1564014.8183	5782717.9912	2183130.9729	0.039
10	C075	-1723353.4585	5702825.7798	2270214.9708	0.037
11	C070	-1710135.0617	5667162.0856	2367393.0202	0.038

Tài liệu tham khảo

[1]. Augath W., Ihde J., 2002. Definition and realization of Vertical Reference System - the European Solution EVRS/EVRF2000. FIG XXII International Congress, Washington D.C., April 19-26 2002;

[2]. Australia is on the moveGDA2020. <https://esriaustraliattechblog.wordpress.com/2016/08/12/australia-is-on-the-move-gda2020/>;

[3]. Hà Minh Hòa, 1995. Các phương pháp ghép nối các mạng lưới mặt đất và vệ tinh với việc áp dụng phép xoay Givens. IZV. Vuzov. Geodezia i Aerophotozemka, No1, trg. 54 – 66 (Tiếng Nga);

[4]. Hà Minh Hòa, Đặng Hùng Võ và nnk, 2005. Nghiên cứu cơ sở khoa học của việc xây dựng các mạng lưới GPS các cấp hạng trong hệ tọa độ động học. Báo cáo tổng kết Khoa học và Kỹ thuật. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Hà Nội - 3/2005.

[5]. Hà Minh Hòa, và nnk, 2012. Nghiên cứu cơ sở khoa học của việc hoàn thiện hệ độ

cao gắn liền với việc xây dựng hệ tọa độ động lực quốc gia. Đề tài khoa học và công nghệ cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường giai đoạn 2010 - 2012. Hà Nội - 2012;

[6]. Hà Minh Hòa, 2013. Phương pháp bình sai truy hồi với phép biến đổi xoay. Sách chuyên khảo. NXB Khoa học và Kỹ thuật, 287 trg, Hà Nội - 2013;

[7]. Hà Minh Hoà, 2014a. Phương pháp xử lý toán học các mạng lưới trắc địa quốc gia. NXB Khoa học và Kỹ thuật, 244 trg, Hà Nội - 2014;

[8]. Hà Minh Hòa, 2014b. Lý thuyết và thực tiễn của trọng lực trắc địa. NXB Khoa học và Kỹ thuật, 590 trg. Hà Nội 2014.

[9]. Ha Minh Hoa, 2017. Construction of initial national quasi-geoid model VIGAC2017, first step to national spatial reference system in Vietnam. Vietnam Journal of Earth Sciences. 39(2), 155-166. Vietnam Academy of Sciences And Technology.

[10]. Quasigeoid of the Federal Republic of Germany. Geodatenzentrum, https://upd.geodatenzentrum.de/docpdf/quasigeoid_eng.pdf;

[11]. J. C. Iliffe, M. Ziebart, and P. A. Cross; R. Forsberg and G. Strykowski; C. C. Tscherning. "OSGM02: A New geoid model for the British Isles", http://cct.gfy.ku.dk/publ_cct/cct1777.pdf.

[12]. Lương Thanh Thạch, 2017. Nghiên cứu phương pháp phát triển hệ quy chiếu tọa độ không gian quốc gia VN2000-3D khi xuất hiện các điểm cơ sở mới. Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ. Số 32, tháng 6/2017.

[13]. Tổng cục Địa chính, 1999. Báo cáo khoa học Xây dựng hệ quy chiếu và hệ thống điểm tọa độ quốc gia. Hà Nội - 1999.○

Summary

A research on the Capabilities of the accuracy improvement of national geodetic heights by solving the problem of pairing adjustment of the GNSS network into the National Space Coordinates System VN2000-3D

Luong Thanh Thach

Ha Noi University of Natural Resources and Environment

During the process of the National Spatial Coordinate System construction, the overarching GNSS network (temporarily called the GNSS network tier A) is very important. The measured values of the GNSS network tier A play a role as the measured residual value, therefore, after pairing adjustment based on the coincided points, the accuracy of the geodetic heights of the ground points were improved - this is one of the very important requirements to set the premise for the construction of the National Spatial Coordinate System.

This paper presents the theoretical basis of pairing adjustment of the GNSS network into the National Space Coordinates System, and empirical calculations. The results of empirical calculations showed that, the accuracy of the geodetic heights were improved up to 4 times, after performing the pairing adjustment.○