



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

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



Kết quả tính tham số góc quay EULER từ vận tốc chuyển dịch ngang trên các điểm thuộc mạng lưới GNSS nghiên cứu địa động lực lãnh thổ Việt Nam

Lại Văn Thủy *

Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ, Bộ Tài nguyên và Môi trường, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình:

Nhận bài 15/12/2018
Chấp nhận 06/02/2019
Đăng online 28/02/2019

Từ khóa:

Vận tốc góc Euler
GNSS
Khối Sundaland

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu kiến tạo, góc quay Euler được sử dụng để mô tả sự chuyển dịch tương đối của các mảng kiến tạo trên bề mặt Trái đất. Bài báo này trình bày và diễn giải cơ sở lý thuyết xác định các tham số góc Euler sử dụng các véc tơ vận tốc chuyển dịch ngang của một tập hợp các trạm đo hệ thống vệ tinh định vị và dẫn đường toàn cầu (GNSS). Từ vận tốc các điểm thuộc mạng lưới GNSS nghiên cứu địa động lực lãnh thổ Việt Nam (2012 - 2015) lần đầu tiên tác giả thử nghiệm xác định giá trị vận tốc quay: 0.35° /triệu năm, kinh độ Đông: -92.1° , và vĩ độ Bắc cực quay Euler: 36.5° cho khối Sundaland.

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

1. Mở đầu

Góc quay Euler một đặc trưng mô tả chuyển động của các mảng kiến tạo trên bề mặt Trái đất (Hà Minh Hòa, 2017) thường được xác định theo nhiều phương pháp khác nhau như sử dụng phương vị đứt gãy (ranh giới) chuyển dạng (Transform Fault Azimuths), véc tơ trượt gây ra động đất (Earthquake Slip Vectors), vận tốc mở rộng sống núi đại dương (Spreading Rates At Mid-Ocean Ridges), phương pháp trắc địa... (Goudarzi et al., 2013). Sử dụng phương pháp trắc địa, gần đây (Goudarzi et al., 2013) đã nghiên cứu và đề xuất thuật toán xác định góc quay Euler dựa trên định lý Euler về quay vòng trên mặt cầu: Sự

chuyển động của một vật cứng trên bề mặt của hình cầu có thể được mô tả như một vòng quay xung quanh một trục đi qua trung tâm quả cầu. Tức là sự dịch chuyển của một mảng kiến tạo tương đối so với các mảng khác là sự quay quanh cực Euler của phép quay tương đối giữa các mảng. Goudarzi (Goudarzi et al., 2013) đã xây dựng mô hình toán học để xác định các tham số góc quay Euler sử dụng các véc tơ vận tốc của một tập hợp các trạm đo trong Hệ thống tọa độ vuông góc không gian địa tâm Trái đất hoặc trong Hệ tọa độ địa diện.

Để xác định được các tham số góc quay Euler các điểm GNSS tham gia tính toán phải thỏa mãn các điều kiện sau: (a) Các điểm đo phải được tính trong khung quy chiếu, (b) có thời gian đo từ 3 năm trở lên, (c) nằm trong mảng hoặc khối kiến tạo, (d) có vị trí ổn định và cách ranh giới mảng

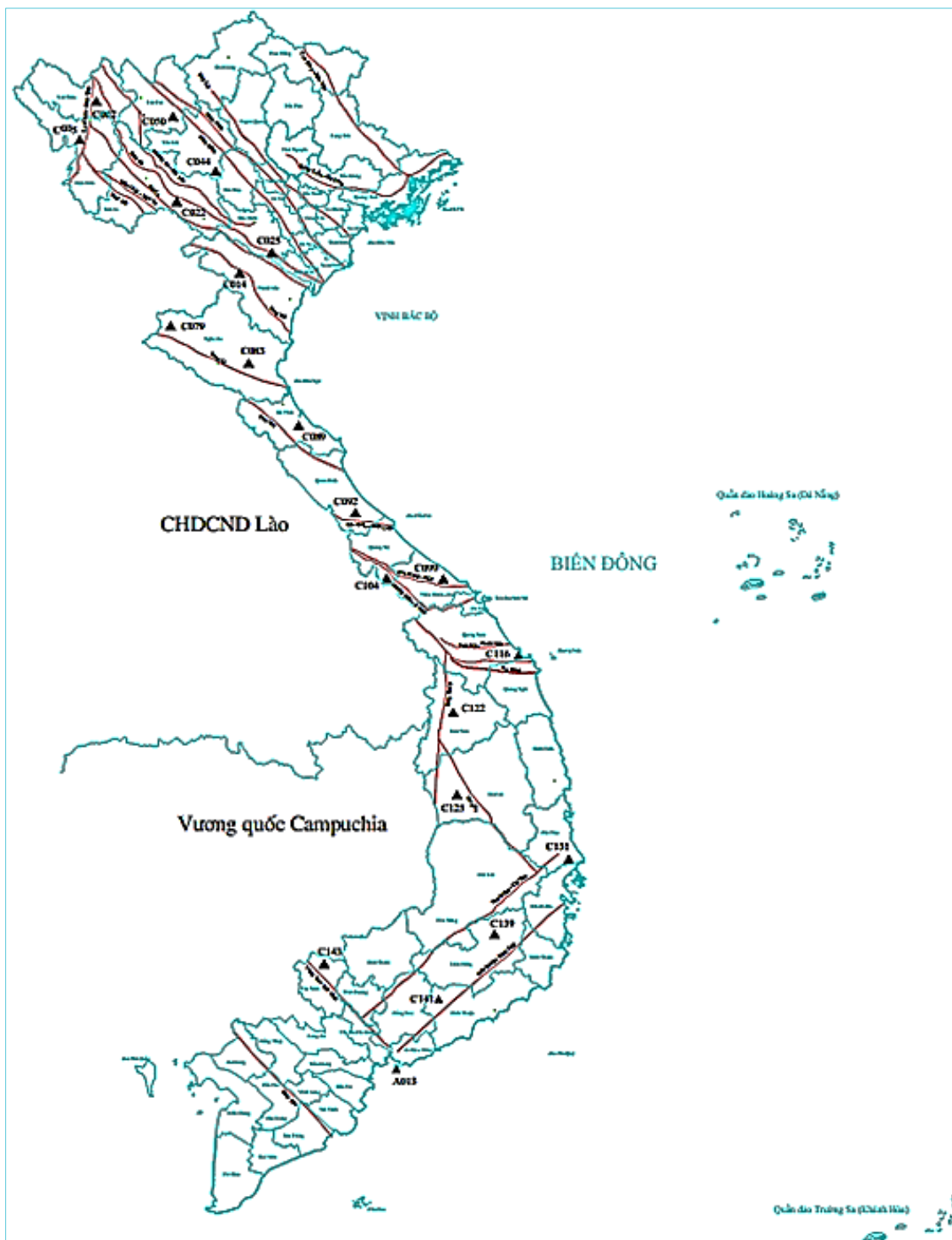
*Tác giả liên hệ

E - mail: laivanthuy68@gmail.com

hoặc khối kiến tạo tối thiểu 5km,(Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2011; Goudarzi et al., 2015).

Theo (Simons et al., 2007; Trần Đình Tô và Phạm Văn Hùng, 2011) đới đứt gãy Sông Hồng (Hình 1) là ranh giới của hai khối kiến tạo

Sundaland và Nam Trung Hoa. Như vậy, về phân khối kiến tạo thì Việt Nam nằm trên hai khối kiến tạo thuộc mảng Á - Âu, do đó trong nghiên cứu hoạt động kiến tạo trên lãnh thổ Việt Nam cần phải tính đến chuyển dịch hai khối kiến tạo nói trên.



Hình 1. Sơ đồ các điểm thực nghiệm tính tham số góc quay Euler ở Việt Nam.

Trong bài báo này tác giả giới thiệu cơ sở lý thuyết xác định các tham số góc quay Euler theo phương pháp trắc địa đã được (Goudarzi et al., 2013) đề xuất và lần đầu tiên trình bày kết quả tính các tham số góc quay Euler cho khối Sundaland với dữ liệu đầu vào là véc tơ vận tốc chuyển dịch ngang trong hệ tọa độ địa diện của các điểm đo GNSS trên lãnh thổ Việt Nam trong ITRF-2008.

2. Cơ sở lý thuyết

Từ kết quả tính toán bình sai (từ 2 chu kỳ đo trở lên) mạng lưới trắc địa bằng phần mềm Bernese, ta có được vị trí tọa độ: B (vĩ độ trắc địa, trong bài báo là φ), L (kinh độ trắc địa, trong bài báo là ϕ), H (độ cao trắc địa), các thành phần vận tốc chuyển dịch V_N, V_E, V_U và sai số trung phương các thành phần vận tốc chuyển dịch M_{VN}, M_{VE}, M_{VU} tương ứng trong Khung quy chiếu trái đất quốc tế ITRF-2008.

Các giá trị vận tốc chuyển dịch của các điểm quan trắc trong hệ tọa độ địa diện gồm các thành phần: chuyển dịch do hoạt động của mảng kiến tạo: V_N^P, V_E^P, V_U^P ; chuyển dịch do hoạt động của các đới đứt gãy trên khu vực: $V_N^{dg}, V_E^{dg}, V_U^{dg}$; chuyển động do tác động ngoại sinh: $V_N^{ns}, V_E^{ns}, V_U^{ns}$ và các sai số đo đạc: $\varepsilon_N^4, \varepsilon_E^4, \varepsilon_U^4$. Vì vậy, tác giả đề xuất vận tốc chuyển dịch của điểm i theo các trục trong hệ tọa độ địa diện nhận được từ kết quả tính toán bình sai mạng lưới trắc địa có thể được viết dưới dạng công thức (1).

$$\begin{bmatrix} V_N \\ V_E \\ V_U \end{bmatrix}_i = \begin{bmatrix} V_N^P \\ V_E^P \\ V_U^P \end{bmatrix}_i + \begin{bmatrix} V_N^{dg} \\ V_E^{dg} \\ V_U^{dg} \end{bmatrix}_i + \begin{bmatrix} V_N^{ns} \\ V_E^{ns} \\ V_U^{ns} \end{bmatrix}_i + \begin{bmatrix} \varepsilon_N^4 \\ \varepsilon_E^4 \\ \varepsilon_U^4 \end{bmatrix}_i \quad (1)$$

Thành phần vận tốc chuyển dịch do hoạt động của đới đứt gãy gây ra thường là nhỏ (khoảng một vài mm) so với chuyển dịch của các mảng, khối kiến tạo như của khối Sundaland là vào khoảng 30mm nên khi tính toán chuyển dịch mảng ta có thể coi ảnh hưởng này như là sai số đo đạc.

Đối với thành phần chuyển dịch do tác động ngoại sinh cũng đã được loại bỏ đáng kể trong quy trình chọn điểm, chôn mốc, trong quy trình đo đạc, tính toán véc tơ dịch chuyển và dữ liệu quan trắc tham gia tính toán được đo từ 3 chu kỳ trở lên (mỗi chu kỳ cách nhau ~ 1 năm). Như vậy, thành phần sai số chuyển dịch ngoại sinh là nhỏ không

đáng kể và có thể coi ảnh hưởng này như là sai số đo đạc. Khi đó, các công thức trên có thể được viết lại như công thức (2).

$$\begin{bmatrix} V_N \\ V_E \\ V_U \end{bmatrix}_i = \begin{bmatrix} V_N^P \\ V_E^P \\ V_U^P \end{bmatrix}_i + \begin{bmatrix} \varepsilon_N \\ \varepsilon_E \\ \varepsilon_U \end{bmatrix}_i \quad (2)$$

Trong đó:

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_N \\ \varepsilon_E \\ \varepsilon_U \end{bmatrix}_i = \begin{bmatrix} V_N^{dg} \\ V_E^{dg} \\ V_U^{dg} \end{bmatrix}_i + \begin{bmatrix} V_N^{ns} \\ V_E^{ns} \\ V_U^{ns} \end{bmatrix}_i + \begin{bmatrix} \varepsilon_N^4 \\ \varepsilon_E^4 \\ \varepsilon_U^4 \end{bmatrix}_i$$

Theo (Goudarzi et al., 2013), vận tốc chuyển dịch mảng kiến tạo được biểu diễn qua các tham số góc quay Euler như công thức (3).

$$\begin{bmatrix} V_X \\ V_Y \\ V_Z \end{bmatrix}^P = \begin{bmatrix} 0 & Z & -Y \\ -Z & 0 & X \\ Y & -X & 0 \end{bmatrix}_i \begin{bmatrix} \Omega_X \\ \Omega_Y \\ \Omega_Z \end{bmatrix} \quad (3)$$

Trong đó:

$\begin{bmatrix} V_X \\ V_Y \\ V_Z \end{bmatrix}^P$ là véc tơ các vận tốc chuyển dịch điểm i

trên mảng kiến tạo P trong Khung quy chiếu ITRF-2008;

$\begin{bmatrix} 0 & Z & -Y \\ -Z & 0 & X \\ Y & -X & 0 \end{bmatrix}_i$ là ma trận hệ số T có các phần

tử là các tọa độ X, Y, Z của điểm i trong Khung quy chiếu ITRF-2008;

$\begin{bmatrix} \Omega_X \\ \Omega_Y \\ \Omega_Z \end{bmatrix}^P$ là véc tơ các thành phần góc quay

Euler Ω .

Việc chuyển đổi giữa véc tơ vận tốc chuyển dịch từ Khung quy chiếu Trái đất V_X, V_Y, V_Z về hệ tọa độ địa diện có thể thực hiện thông qua ma trận xoay R , theo công thức (4) (Goudarzi et al., 2013).

$$\begin{bmatrix} V_N \\ V_E \\ V_U \end{bmatrix}^P = \begin{bmatrix} -\sin\theta\cos\phi & -\sin\theta\sin\phi & \cos\theta \\ -\sin\phi & \cos\phi & 0 \\ \cos\theta\cos\phi & \cos\theta\sin\phi & \sin\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_X \\ V_Y \\ V_Z \end{bmatrix}^P \quad (4)$$

Ở đây: ϕ là kinh độ trắc địa và cùng là kinh độ trong hệ tọa độ cầu của điểm, θ là vĩ độ trong hệ

tọa độ cầu được tính từ vĩ độ trắc địa φ của điểm theo công thức (5).

$$\theta = \frac{\pi}{2} - \arctan((1 - e^2). \tan\varphi) \quad (5)$$

Trong đó: e^2 là độ lệch tâm thứ nhất của ellipsoid quy chiếu tương ứng với quy chiếu quốc tế ITRF-2008, $e^2=0.00669437999013$.

Độ lệch giữa vĩ độ trắc địa và vĩ độ cầu không làm thay đổi đáng kể giá trị của vận tốc. Goudarzi (Goudarzi et al., 2013) cũng đã đề xuất 2 cách làm như sau trong bài toán xác định vận tốc Euler: a) Nếu sử dụng vĩ độ trắc địa cho vị trí các điểm đo GNSS thì sau đó phải chuyển đổi vĩ độ cầu điểm cực Euler sang vĩ độ trắc địa; b) Sử dụng vĩ độ cầu cho vị trí các điểm đo GNSS. Trong bài báo này tác giả lựa chọn sử dụng tọa độ cầu của các điểm đo.

Biến đổi ma trận (3x3) từ công thức (3) thành dạng sau thể hiện mối quan hệ giữa tọa độ không gian địa tâm X, Y, Z và tọa độ cầu θ, ϕ như công thức (6).

$$r_e \begin{bmatrix} 0 & Z & -Y \\ -Z & 0 & X \\ Y & -X & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \sin\theta & -\cos\theta\sin\phi \\ -\sin\theta & 0 & \cos\theta\cos\phi \\ \cos\theta\sin\phi & -\cos\theta\cos\phi & 0 \end{bmatrix}_i \quad (6)$$

Trong đó $r_e = 6.378.137\text{m}$ là bán kính của Trái đất.

Thay công thức (4) và (6) vào công thức (3) sau đó biến đổi và chuyển về ta có vận tốc chuyển dịch trong hệ tọa độ địa diện như (7).

$$\begin{bmatrix} V_N \\ V_E \\ V_U \end{bmatrix}^P = r_e \begin{bmatrix} \sin\phi & -\cos\phi & 0 \\ -\sin\theta\cos\phi & -\sin\theta\sin\phi & \cos\theta \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}_i \begin{bmatrix} \Omega_X \\ \Omega_Y \\ \Omega_Z \end{bmatrix}^P \quad (7)$$

Công thức (7) là mối quan hệ hàm số giữa các thành phần véc tơ vận tốc chuyển dịch của điểm đo GNSS với các tham số thành phần góc quay Euler cần tìm. Từ (7) có thể thấy vận tốc thẳng đứng $V_U = 0$ tức là chuyển động xoay quanh cực Euler trên mặt cầu không làm thay đổi độ cao.

Kết hợp công thức (2) với (7) và biến đổi, ta nhận được phương trình số cải chính của các thành phần véc tơ vận tốc chuyển dịch ngang của điểm đo i như sau (8).

$$\begin{bmatrix} V_N \\ V_E \end{bmatrix}_i = \quad (8)$$

$$r_e \begin{bmatrix} \sin\phi & -\cos\phi & 0 \\ -\sin\theta\cos\phi & -\sin\theta\sin\phi & \cos\theta \end{bmatrix}_i \begin{bmatrix} \Omega_X \\ \Omega_Y \\ \Omega_Z \end{bmatrix}^P + \begin{bmatrix} \varepsilon_N \\ \varepsilon_E \end{bmatrix}_i$$

Biểu diễn phương trình (8) dưới dạng ma trận tương ứng, ta có (9).

$$-A_i \cdot \Omega + L_i = \varepsilon_i \quad (9)$$

Trong đó: Ma trận hệ số A_i của điểm i là ma trận (2x3) dạng (10).

$$A_i = r_e \begin{bmatrix} \sin\phi & -\cos\phi & 0 \\ -\sin\theta\cos\phi & -\sin\theta\sin\phi & \cos\theta \end{bmatrix}_i \quad (10)$$

Véc tơ các thành phần vận tốc chuyển dịch ngang của điểm đo thứ i có dạng: $L_i = \begin{bmatrix} V_N \\ V_E \end{bmatrix}_i$;

- Véc tơ số cải chính của các thành phần véc tơ vận tốc chuyển dịch ngang có dạng: $\varepsilon_i = \begin{bmatrix} \varepsilon_N \\ \varepsilon_E \end{bmatrix}_i$

Áp dụng nguyên tắc số bình phương nhỏ nhất đối với ε_i , ta có hệ phương trình chuẩn đối với điểm i trong Khung quy chiếu trái đất quốc tế ITRF-2008 như (11).

$$A_i^T P_i A_i \cdot \Omega - A_i^T P_i L_i = 0 \quad (11)$$

Trong đó, ma trận trọng số P_i như (12).

$$P_i = \begin{bmatrix} \frac{1}{M_{V_N}^2} & 0 \\ 0 & \frac{1}{M_{V_E}^2} \end{bmatrix} \quad (12)$$

Khi mạng lưới đo GNSS có n điểm, kết hợp (11) và (12) theo các bước sau:

Lần lượt gọi véc tơ $L_{(2n,1)}$, ma trận $A_{(2n,3)}$, $P_{(2n,2n)}$ và véc tơ $\varepsilon_{(2n,1)}$ là:

$$L_{(2n,1)} = \begin{bmatrix} v_1 \\ \dots \\ v_n \end{bmatrix}, A_{(2n,3)} = \begin{bmatrix} A_1 \\ \dots \\ A_n \end{bmatrix}, P_{(2n,2n)} = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \dots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

Ta có hệ phương trình chuẩn dạng như (13)

$$A^T P A \cdot \Omega - A^T P L = 0 \quad (13)$$

Trong đó:

$$A^T P A = \sum_{i=1}^n A_i^T P_i A_i; A^T P L = \sum_{i=1}^n A_i^T P_i L_i$$

Giải hệ phương trình chuẩn (13), ta nhận

được các tham số góc quay Euler của mảng (khối) kiến tạo khu vực nghiên cứu như (14).

$$\Omega = (A^T P A)^{-1} \cdot A^T P L \quad (14)$$

Sau khi tính được các thành phần góc quay Euler, ta có thể xác định được vị trí của cực quay và tính được giá trị góc quay của mảng như (15).

$$|\Omega^P| = \sqrt{\Omega_X^2 + \Omega_Y^2 + \Omega_Z^2}$$

$$\theta_{\text{vĩ độ}}^P = \arctan\left(\frac{\Omega_Z}{\sqrt{\Omega_X^2 + \Omega_Y^2}}\right) \quad (15)$$

$$\phi_{\text{kinh độ}}^P = \arctan\left(\frac{\Omega_Y}{\Omega_X}\right)$$

Trong đó: $|\Omega^P|$ là giá trị vận tốc góc quay Omega của mảng (đơn vị đo: độ/triệu năm); $\theta_{\text{vĩ độ}}^P$ là vĩ độ điểm cực quay của mảng (đơn vị đo: độ); $\phi_{\text{kinh độ}}^P$ là kinh độ điểm cực quay của mảng (đơn vị đo: độ).

Để đánh giá độ chính xác các tham số góc quay Euler ta thực hiện các bước tính toán sau:

1. Đầu tiên tính sai số trung phương trọng số đơn vị theo công thức (16).

$$\mu_o = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta V_i^T \cdot P_i \cdot \Delta V_i)}{2n-3}} \quad (16)$$

Trong đó: n là số điểm trong mạng lưới; P_i là ma trận trọng số (12) của các điểm thứ i trong mạng lưới; ΔV_i là giá trị chênh lệch giữa véc tơ vận tốc chuyển dịch ngang đo được tại các điểm trong mạng lưới và véc tơ vận tốc chuyển dịch ngang của các điểm xác định từ các tham số góc quay Euler theo công thức (8) như (17).

$$\Delta V_i = V_i - V_i^P$$

2. Sau đó độ chính xác của 3 tham số góc Euler ($\Omega_X, \Omega_Y, \Omega_Z$) được xác định theo (18).

$$m_{\Omega_x} = \mu_o \sqrt{Q_{\Omega_x}} \quad (18)$$

$$\text{Với } Q = (A^T P A)^{-1}$$

Độ chính xác của vận tốc góc Euler, kinh vĩ độ cực quay Euler được xác định theo công thức (18) trong (Goudarzi et al., 2013). 3. Kết quả tính toán thực nghiệm

3.1. Giới thiệu số liệu thực nghiệm

Dữ liệu đầu vào để tính tham số góc quay

Bảng 1. Vận tốc chuyển dịch ngang trên 21 điểm GNSS.

Tên điểm	Kinh độ (°)	Vĩ độ (°)	V_N (m/năm)	M_{VN} (m/năm)	V_E (m/năm)	M_{VE} (m/năm)
C002	103.2425	22.2678	-0.01254	0.00027	0.03132	0.00028
C005	103.0284	21.7916	-0.01274	0.00026	0.03165	0.00028
C014	105.1362	20.1465	-0.01016	0.00035	0.03340	0.00036
C022	104.3116	21.0288	-0.00933	0.00033	0.03093	0.00035
C025	105.5552	20.4103	-0.01025	0.00037	0.03332	0.00043
C044	104.8212	21.4060	-0.00938	0.00031	0.03556	0.00033
C050	104.2525	22.0872	-0.00749	0.00032	0.03578	0.00034
C079	104.2368	19.5026	-0.00918	0.00027	0.03301	0.00039
C083	105.2517	19.0403	-0.00755	0.00029	0.03190	0.00041
C089	105.8950	18.2665	-0.01038	0.00027	0.02944	0.00040
C093	106.8505	17.1574	-0.00968	0.00029	0.03087	0.00045
C099	107.7325	16.3644	-0.01216	0.00039	0.03625	0.00048
C104	107.0096	16.3745	-0.01307	0.00040	0.03467	0.00045
C116	108.6813	15.4073	-0.00866	0.00055	0.03153	0.00069
C122	107.8309	14.7153	-0.01371	0.00031	0.03115	0.00035
C125	107.8693	13.6964	-0.01076	0.00028	0.03052	0.00032
C131	109.1950	12.9408	-0.01011	0.00023	0.02571	0.00027
C139	108.3941	11.9788	-0.00943	0.00022	0.02461	0.00026
C141	107.8545	11.2413	-0.00675	0.00029	0.02686	0.00032
C143	106.1955	11.6349	-0.00764	0.00027	0.02828	0.00027
A013	107.0837	10.3220	-0.00721	0.00026	0.02885	0.00027

Euler là vận tốc chuyển dịch ngang của 21 điểm GNSS nằm trong mạng lưới trắc địa địa động lực nghiên cứu hoạt động các đới đứt gãy lãnh thổ Việt Nam (Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2011; 2013). Véc tơ vận tốc chuyển dịch ngang của 21 điểm này đã được Tổ tính toán xử lý dữ liệu đo các mạng lưới địa động lực tính bằng phần mềm Bernese 5.2 trong Khung quy chiếu trái đất quốc tế ITRF -2008 (Bảng 1).

Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ đã tiến hành đo đạc mạng lưới này bằng máy GPS 2 tần số, với thời gian quan trắc từ 3 năm trở lên (từ 2012 đến 2015). Các điểm GNSS là các mốc được chôn trên nền đá, có tầm thông thoáng và có chất lượng tín hiệu tốt. Vị trí của 21 điểm này trải đều trên phần đất liền từ đới đứt gãy Sông Hồng đến đới đứt gãy Sông Hậu như mô tả trong Hình 1.

3.2. Kết quả tính thực nghiệm

Từ thuật toán trình bày ở trên cùng với số liệu thực nghiệm ở Bảng 1 và lưu ý chuyển đổi vĩ độ trắc địa sang vĩ độ cầu tương ứng (xem lựa chọn sau công thức (5)) tác giả đã tính toán xác định các

tham số góc Euler cùng sai số trung phương (Bảng 2) và vận tốc quay, tọa độ của cực quay Euler (Bảng 3) đặc trưng cho chuyển dịch của khối Sundaland.

Ta có thể so sánh kết quả vận tốc quay và tọa độ cực quay Euler trong Bảng 3 với các kết quả do 9 tác giả khác đã công bố trong (Simons et al., 2007) được trình bày trong Bảng 4.

Các giá trị vận tốc quay và tọa độ điểm cực quay Euler ở Bảng 4 đã được xác định từ các mạng lưới có số lượng điểm đo thay đổi (2 ÷ 28) và trong các khung quy chiếu trái đất quốc tế khác nhau: từ ITRF94... đến ITRF08 cùng với Khung quy chiếu với điều kiện mạng lưới không quay NNR (No-Net-Rotation).

Vận tốc quay và tọa độ điểm cực quay Euler ở Bảng 4 nằm trong khoảng các giá trị như trên là do dữ liệu đầu vào thay đổi: số điểm lưới, vị trí phân bố các điểm lưới. Còn ảnh hưởng của các khung quy chiếu là không đáng kể so với độ chính xác tính toán (0.0001°): theo (Bùi Thị Hồng Thắm, 2013) độ chênh tọa độ ΔX ΔY ΔZ là không đáng kể (lần lượt là ~0,9m ~0,2m ~0,1m) giữa 2 khung quy chiếu ITRF08 và ITRF94.

Bảng 2. Kết quả tính tham số góc Euler.

Tên khối	Ω_x (rad/năm)	m_{Ω_x} (rad/năm)	Ω_y (rad/năm)	m_{Ω_y} (rad/năm)	Ω_z (rad/năm)	m_{Ω_z} (rad/năm)
Sundaland	-0.0183E-08	0.1244E-09	-0.4887E-08	0.4129E-09	0.3617E-08	0.1318E-09

Bảng 3. Kết quả tính vận tốc quay và tọa độ cực quay Euler.

Tên khối	Vĩ độ (Bắc) cực quay (°)	Kinh độ (Đông) cực quay (°)	Vận tốc quay (°/triệu năm)
Sundaland	36.4875	-92.1405	0.348

Bảng 4. Các kết quả tính vận tốc góc quay và tọa độ của cực quay Euler của khối Sundaland (Simons et al., 2007).

Tác giả công bố	Khung quy chiếu	Số điểm sử dụng	Vĩ độ (Bắc) cực quay (°)	Kinh độ (Đông) cực quay (°)	Vận tốc quay (°/triệu năm)
Wilson et al., 1998	ITRF94	12	31,8	-46	0,28
Simons et al., 1999	ITRF96	12	51	-113	0,23
Michel et al., 2000b	ITRF97	15	59,7	-102,7	0,34
Michel et al., 2000	ITRF97	10	56,0	-102,7	0,34
Sella et al., 2002	ITRF97	2	38,9	-86,9	0,39
Kreemer et al., 2003	NNR	9	47,3	-90,2	0,39
Bock et al., 2003b	ITRF00	16	49,8	-95,9	0,32
Prawiro et al., 2004	ITRF00	2	32,6	-86,8	0,46
Simons et al., 2007	ITRF00	28	49,0	-94,2	0,34
Bài báo này	ITRF08	21	36,5	-92,1	0,35

Kết quả vận tốc quay và tọa độ cực quay Euler trong Bảng 3 là tương đối phù hợp và nằm trong khoảng các giá trị tương ứng ở Bảng 4 như sau:

- Vĩ độ cực quay Euler: $36.5^{\circ}\text{Bắc} \in [31.8^{\circ}, 59.7^{\circ}]$,
- Kinh độ cực quay Euler: $-92.1^{\circ}\text{Đông} \in [-113^{\circ}, -46^{\circ}]$,
- Vận tốc quay Euler: $0.35^{\circ}/\text{triệu năm} \in [0.23, 0.46]^{\circ}/\text{triệu năm}$.

So với kết quả gần nhất của (Simons et al., 2007) có thể thấy độ lệch của vận tốc quay là ít nhất: $0.01^{\circ}/\text{triệu năm}$, của kinh độ cực quay Euler nhiều hơn là $2,1^{\circ}$ và của vĩ độ cực quay Euler là nhiều nhất: 12.5° . Điều này có thể do số lượng điểm đo GNSS (dữ liệu thử nghiệm đầu vào) là ít hơn, cũng có thể là do vị trí phân bố của 21 điểm chỉ nằm trên lãnh thổ Việt Nam là khu vực nhỏ hơn nhiều so với khối Sundaland, hoặc do số liệu tính toán thực nghiệm mới được quan trắc trong khoảng thời gian tối thiểu là 3 năm.

4. Kết luận và kiến nghị

Việc tính toán xác định các tham số vận tốc quay và vị trí cực quay Euler đặc trưng cho chuyển động của các mảng kiến tạo, các khối kiến tạo từ lâu đã được tiến hành bằng nhiều phương pháp khác nhau trên phạm vi toàn cầu cũng như tại các khu vực hoạt động kiến tạo nổi bật và đã đạt được những kết quả đánh kể (Simons et al., 2007; Goudarzi et al., 2013, 2015).

Trong bài báo này tác giả đã trình bày kết quả việc triển khai thuật toán cũng như xác định cụ thể vận tốc quay và tọa độ cực quay Euler của khối Sundaland từ vận tốc chuyển dịch ngang của các điểm đo GNSS trên lãnh thổ Việt Nam mặc dù kết quả đạt được còn sai lệch so với các kết quả đã công bố: cụ thể là vẫn còn độ lệch có giá trị nhỏ đối với vận tốc quay, tăng lên ở kinh độ và nhiều nhất đối với vĩ độ cực quay Euler. Điều này cho thấy số liệu trắc địa đặc biệt là dữ liệu đo GNSS vẫn luôn đóng vai trò rất quan trọng trong các nghiên cứu định lượng chuyển động hiện đại vỏ Trái đất.

Để có thể nâng cao hơn nữa độ chính xác và độ tin cậy của việc xác định các tham số góc quay Euler thì cần phải sử dụng số liệu quan trắc GNSS với thời gian lâu hơn, ở phạm vi rộng hơn và trước khi tính toán cần phải kiểm tra, lọc bỏ các dữ liệu

bị tác động ngoại sinh làm ảnh hưởng đến độ chính xác của véc tơ vận tốc dịch chuyển.

Tài liệu tham khảo

- Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2011. Xây dựng mạng lưới Trắc địa địa động lực trên khu vực các đứt gãy thuộc miền Bắc Việt Nam phục vụ công tác dự báo tai biến tự nhiên. Quyết định số 1665/QĐ-BTNMT ngày 26 tháng 8 năm 2011.
- Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2013. Xây dựng mạng lưới Trắc địa địa động lực trên khu vực các đứt gãy thuộc miền Trung, Tây Nguyên và Nam Bộ Việt Nam phục vụ công tác dự báo tai biến tự nhiên. Quyết định số: 1929/QĐ-BTNMT ngày 11 tháng 10 năm 2013.
- Bùi Thị Hồng Thắm, 2013. Tính chuyển tọa độ giữa các khung quy chiếu trái đất quốc tế. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất 41*, (Chuyên đề Trắc địa cao cấp). 53-57.
- Goudarzi, M. A., Cocard, M., Santerre, R., 2013. EPC: Matlab software to estimate Euler pole parameters. *GPS Solutions 18*, 153-162.
- Goudarzi, M. A., Cocard, M., Santerre, R., 2015. Estimating Euler pole parameters for eastern Canada using GPS velocities. *Geodesy and Cartography 41*. 162-173.
- Hà Minh Hòa, 2017. Các đặc trưng cơ bản của việc nghiên cứu chuyển dịch các mảng kiến tạo của vỏ Trái đất. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ 31*. 1-10.
- Simons, W. J. F., A. Socquet, C. Vigny., B. A. C. Ambrosius., S. Haji Abu., Chaiwat Promthong., C. Subarya., D. A. Sarsito., S. Matheussen., P. Morgan., and W. Spakman., 2007. A decade of GPS in Southeast Asia: Resolving Sundaland motion and boundaries. *Journal of Geophysical Research 112*. B06420.
- Trần Đình Tô, Phạm Văn Hùng, 2013. Xây dựng lưới GNSS thường trực tại Việt Nam dưới góc nhìn địa kiến tạo. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất 41*. (Chuyên đề Trắc địa cao cấp). 58-64.

ABSTRACT

Result of estimation of Euler pole parameters from horizontal velocities at a sites of GNSS geodynamic network for Vietnam territory

Thuy Van Lai

Vietnam Institute of Geodesy and Cartography, Ministry of Natural Resources and Environment of the Socialist Republic of Vietnam, Vietnam

In tectonic studies Euler angular velocity describes relative motion of the tectonic plates across the Earth's surface. This report presents and explains theoretical basics of the estimation of Euler pole parameters using horizontal velocities at a set of GNSS stations. Using the observed velocities on GNSS geodynamic network in Vietnam (2012-2015) the author at first estimated values of Euler rate of rotation of $0.35^\circ/\text{Myr}$, longitude of -92.1°E , and latitude of Euler pole of 36.5°N for Sundaland block.