

ĐÁNH GIÁ HOẠT ĐỘNG KIẾN TẠO HIỆN ĐẠI THEO PHƯƠNG PHÁP BIẾN ĐỔI SÓNG NHỎ TỪ SỐ LIỆU ĐO GNSS

LẠI VĂN THỦY

Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ

Tóm tắt:

Trong những năm vừa qua, phương pháp biến đổi sóng nhỏ (Wavelet transform) đã được áp dụng và phát triển mạnh mẽ trong lĩnh vực trắc địa ở nhiều nước trên thế giới, một số kết quả nghiên cứu đã chỉ ra những ưu điểm nổi trội của phương pháp này trong giảm nhiễu, trích xuất tín hiệu nhiễu loạn ban đầu, phân tích dữ liệu đo GNSS theo chuỗi thời gian, xây dựng mô hình Geoid và trong nghiên cứu biến dạng vỏ Trái đất. Bài báo này trình bày cơ sở lý thuyết phương pháp biến đổi sóng nhỏ phục vụ tính toán các đại lượng biến dạng trên khu vực Miền Bắc Việt Nam từ kết quả nội suy trường vận tốc chuyển dịch theo số liệu đo GNSS 4 chu kỳ (2012-2015). Kết quả tính toán đã cho thấy sự hoạt động kiến tạo hiện đại của vỏ Trái đất của khu vực là rất nhỏ và chỉ tập trung trên khu vực đứt gãy Lai Châu – Điện Biên với vận tốc quay lớn nhất là 4.0×10^{-8} /năm, vận tốc biến dạng (tách dần nén ép) là 8.4×10^{-8} /năm, vận tốc trượt là 8.0×10^{-8} /năm và vận tốc trương nở là 4.5×10^{-8} /năm. Kết quả tính toán này khá phù hợp với các kết quả nghiên cứu hoạt động của các đứt gãy trên khu vực Miền Bắc đã được các nhà khoa học địa chất công bố.

1. Đặt vấn đề

Nghiên cứu biến dạng vỏ Trái đất theo quy mô khu vực hiện đang được thực hiện khá phổ biến ở nhiều nước trên Thế giới. Các đại lượng đặc trưng cho biến dạng của khu vực có thể được xác định từ véc tơ vận tốc trong hệ tọa độ phẳng của các tam giác, đa giác theo phương pháp Frank (1966) và phương pháp nội suy spline (Haines et al. 1998) hoặc được xác định từ véc tơ vận tốc không gian của các điểm trên hệ tọa độ cầu theo phương pháp biến đổi sóng nhỏ (Tape et al. 2009)...

Các công trình nghiên cứu tiêu biểu về biến dạng vỏ Trái đất theo quy mô khu vực đã được công bố như: Ở Iran tác giả Frederic Masson et al. (2014) sử dụng số liệu quan trắc trong giai đoạn từ năm 1999 đến năm 2010 để tính toán tenxơ vận tốc biến dạng khu vực Iranian và đã chỉ ra biến dạng lớn nhất ở khu vực này khoảng 1,5 cm trên 1.500 km (tức là 10^{-8}); tại Nhật Bản K. Vijay Kumar et al. (2001) đã sử dụng số liệu đo trong giai đoạn 4 năm (1996 – 1999) để xác định tốc độ biến dạng trượt cực đại ở khu vực xung quanh Vịnh Sagami và Vịnh Tokyo; tại khu vực Nam California từ kết quả đo GPS trong 11,6 năm (1997-2008) Tape et al. (2009) đã xác định vận tốc biến dạng lớn nhất là 1.5×10^{-6} /năm. Từ kết quả đo GPS (1999-2009), Trinh Bằng Phi và nnk (2015) sử dụng biến đổi sóng nhỏ để nghiên cứu biến dạng toàn bộ lãnh thổ Trung Quốc.

Ở Việt Nam, Nguyễn Văn Hường (2012) đã sử dụng kết quả nội suy trường vận tốc chuyển dịch để xác định biến dạng lớn nhất ở ngoài khơi và đất liền Nam Trung Bộ là 8×10^{-9} /năm. Phan Trọng Trịnh và nnk (2015) đã sử dụng kết quả đo 3 chu kỳ (2012-2013) lưới 13 điểm GPS khu vực Ninh Thuận để nội suy trường vận tốc chuyển dịch ngang bằng phương pháp Kriging và xác định tốc độ biến dạng (tách dần nén ép) ở khu vực này từ 5×10^{-8} /năm đến 10^{-7} /năm. Hiện nay, các nghiên cứu biến dạng vỏ Trái đất theo quy mô khu vực ở Việt Nam mới chỉ được thực hiện trên hệ tọa độ phẳng dựa theo các tam giác, đa giác, việc tính toán biến dạng khu vực từ véc tơ vận tốc không gian của các điểm đặc trưng cho khu vực nghiên cứu trên hệ tọa độ cầu chưa được nghiên cứu. Bài báo này

Ngày nhận bài: 07/1/2019, ngày chuyển phân biện: 17/1/2019, ngày chấp nhận phân biện: 21/1/2019, ngày chấp nhận đăng: 30/1/2019

giới thiệu phương pháp đánh giá hoạt động kiến tạo hiện đại của các đứt gãy (hay khu vực các đứt gãy) thông qua các đại lượng biến dạng: tách giãn nén ép (gọi chung là biến dạng), quay, trượt, trượt nở được tính trực tiếp từ tenxơ gradient vận tốc chuyển dịch không gian của điểm bằng phương pháp biến đổi sóng nhỏ (Wavelet transform) và một số nhận định ban đầu về kết quả tính toán biến dạng theo phương pháp biến đổi sóng nhỏ trên khu vực Miền Bắc Việt Nam.

2. Cơ sở lý thuyết của phương pháp

Theo định nghĩa về hệ tọa độ cầu, trường vận tốc chuyển dịch trên mặt cầu theo các hướng vĩ độ, hướng kinh độ và bán kính của hình cầu được biểu diễn dưới dạng sau:

$$\mathbf{v}(\theta, \phi) = v_r \hat{\mathbf{r}} + v_\theta \hat{\boldsymbol{\theta}} + v_\phi \hat{\boldsymbol{\phi}} \quad (1)$$

Trong đó:

v_r - là vận tốc chuyển dịch theo hướng bán kính của mặt cầu;

v_θ - là vận tốc chuyển dịch theo hướng vĩ độ;

v_ϕ - là vận tốc chuyển dịch theo hướng kinh độ;

$\hat{\mathbf{r}}, \hat{\boldsymbol{\theta}}, \hat{\boldsymbol{\phi}}$ - là các véc tơ đơn vị dọc theo hướng bán kính hình cầu, hướng vĩ độ và hướng kinh độ trên mặt cầu của điểm xét.

Từ trường vận tốc chuyển dịch ta tính được tenxơ gradient vận tốc của điểm xét như sau:

$$\mathbf{L} = (\nabla \cdot \mathbf{v})^T = \mathbf{v} \cdot \nabla = \begin{bmatrix} \frac{\partial v_r}{\partial r} & \frac{1}{r}(-v_\theta + \frac{\partial v_r}{\partial \theta}) & \frac{1}{r}(-v_\phi + \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial v_r}{\partial \phi}) \\ \frac{\partial v_\theta}{\partial r} & \frac{1}{r}(v_r + \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta}) & \frac{1}{r}(-v_\phi \cos \theta + \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial v_\theta}{\partial \phi}) \\ \frac{\partial v_\phi}{\partial r} & \frac{1}{r}(\frac{\partial v_\phi}{\partial \theta}) & \frac{1}{r}(v_r + v_\theta \cos \theta + \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial v_\phi}{\partial \phi}) \end{bmatrix} \quad (2)$$

Áp dụng lý thuyết về hệ tọa độ cầu, Tape et al (2009) đã xây dựng phương án đánh giá biến dạng khu vực dựa trên cơ sở tính toán biến dạng không gian của các điểm đặc trưng trên mặt cầu. Để thực hiện được điều này, Tape et al (2009) đã giả định Trái đất có dạng hình cầu (bỏ qua ảnh hưởng của ellipsoid và sự lồi lõm của địa hình, lúc đó $r = R_e$), khi đó tập hợp các điểm đo trên bề mặt đất được xem như các điểm nằm trên mặt cầu. Đồng thời giả định vỏ Trái đất có sự biến dạng đàn hồi tuyến tính, khi đó đạo hàm riêng của các thành phần vận tốc theo bán kính Trái đất trong không gian trên hệ tọa độ cầu được tính như sau:

$$\begin{aligned} \frac{\partial v_r}{\partial r} &= \frac{F}{R_e} \left(2v_r + v_\theta \cos \theta + \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial v_\phi}{\partial \phi} \right) \\ \frac{\partial v_\theta}{\partial r} &= \frac{1}{R_e} \left(v_\theta - \frac{\partial v_r}{\partial \theta} \right) \\ \frac{\partial v_\phi}{\partial r} &= \frac{1}{R_e} \left(v_\phi - \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial v_r}{\partial \phi} \right) \end{aligned} \quad (3)$$

Trong đó F là hằng số được tính theo công thức: $F = \frac{-\rho}{\rho + 2\mu}$ (4)

Với λ, μ là tham số Lamé, trong cân bằng rắn $p = \mu$ và $F = -1/3$.

Như vậy, tenxơ gradient vận tốc tại mỗi điểm quan sát trên bề mặt Trái đất (giả định theo đàn hồi tuyến tính) được tính theo công thức sau:

$$L_{BM}^{đán\ hời} = \begin{bmatrix} F(L_{22} + L_{33}) & \frac{1}{R_e} \left(-v_\theta + \frac{\partial v_r}{\partial \theta} \right) & \frac{1}{R_e} \left(-v_\phi + \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial v_r}{\partial \phi} \right) \\ -L_{12} & \frac{1}{R_e} \left(v_r + \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} \right) & \frac{1}{R_e} \left(-v_\phi \cos \theta + \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial v_\theta}{\partial \phi} \right) \\ -L_{13} & \frac{1}{R_e} \left(\frac{\partial v_\phi}{\partial \theta} \right) & \frac{1}{R_e} \left(v_r + v_\theta \cos \theta + \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial v_\phi}{\partial \phi} \right) \end{bmatrix} \quad (5)$$

R_e là bán kính của Trái đất, $R_e = 6\,378\,137$ m.

v_r là véc tơ vận tốc chuyển dịch địa phương theo hướng bán kính Trái đất.

v_θ là véc tơ vận tốc chuyển dịch địa phương theo hướng vĩ độ cầu.

v_ϕ là véc tơ vận tốc chuyển dịch địa phương theo hướng kinh độ cầu.

Trong công thức (5) các thành phần đạo hàm riêng của véc tơ vận tốc chuyển dịch địa phương được tính theo phương pháp biến đổi sóng nhỏ và các tham số mô hình nội suy m (a_k, b_k, c_k) như sau (Lại Văn Thủy, Dương Chí Công, 2018):

Lấy đạo hàm của v_r theo vĩ độ kinh độ ta có:

$$\frac{\partial v_r}{\partial \theta} = \sum_{k=1}^m a_k \frac{\partial g_k}{\partial \theta} \quad ; \quad \frac{\partial v_r}{\partial \phi} = \sum_{k=1}^m a_k \frac{\partial g_k}{\partial \phi} \quad (6)$$

Đạo hàm của v_θ theo vĩ độ kinh độ được tính như sau:

$$\frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} = \sum_{k=1}^m b_k \frac{\partial g_k}{\partial \theta} \quad ; \quad \frac{\partial v_\theta}{\partial \phi} = \sum_{k=1}^m b_k \frac{\partial g_k}{\partial \phi} \quad (7)$$

Đạo hàm của v_ϕ theo vĩ độ kinh độ như sau:

$$\frac{\partial v_\phi}{\partial \theta} = \sum_{k=1}^m c_k \frac{\partial g_k}{\partial \theta} \quad ; \quad \frac{\partial v_\phi}{\partial \phi} = \sum_{k=1}^m c_k \frac{\partial g_k}{\partial \phi} \quad (8)$$

Trong các công thức trên g_k là đạo hàm riêng của hàm sóng nhỏ trên mặt cầu DOG (Difference of Gaussians) thứ k có dạng:

$$g_k = \lambda_a(\varnothing)^{\frac{1}{2}} \cdot \exp \left[-\frac{\tan^2 \left(\frac{\varnothing}{2} \right)}{a^2} \right] - \frac{1}{\alpha} \lambda_{\alpha a}(\varnothing)^{\frac{1}{2}} \cdot \exp \left[-\frac{\tan^2 \left(\frac{\varnothing}{2} \right)}{(\alpha a)^2} \right] \quad (9)$$

Ở đây:

α là hằng số và được chọn lớn hơn 1 ($\alpha > 1$). Để sự biến đổi biên độ theo đường kinh tuyến của hàm sóng nhỏ cầu DOG là nhỏ nhất, chọn $\alpha = 1.25$.

\varnothing là góc giữa điểm lưới (θ, ϕ) và điểm xét (θ', ϕ') trên mặt cầu (góc ở tâm hình cầu);

λ là hàm tham số được tính theo công thức:

$$\lambda_a(\varnothing) = \frac{4a^2}{[(a^2 - 1)\cos\varnothing + (a^2 + 1)]^2} \quad (10)$$

Trong đó: a là tỷ lệ rời rạc hóa được tính theo công thức: $a_q = 2^{-q}$ với $q = 0, 1, 2, \dots, q_{\max}$.

Véc tơ thành phần chuyển dịch địa phương (tương đối) của điểm xét (phần dư vận tốc) là hiệu vận tốc chuyển dịch tuyệt đối (chuyển dịch so với tâm của hệ tọa độ địa tâm Trái đất) và vận tốc chuyển dịch của mảng kiến tạo tại điểm xét.

2.1. Tính vận tốc quay (Rotation rate)

Theo Tape et al (2009) tenxơ gradient vận tốc được phân tích ra hai thành phần đối xứng D và phản đối xứng W . Trong đó vận tốc quay của điểm xét trên hệ tọa độ cầu được tính từ thành phần phản đối xứng W (trường hợp đàn hồi tuyến tính) theo công thức (21) (Tape et al., 2009):

$$\mathbf{W}_{BM}^{\text{đàn hồi}} = \frac{1}{2} (\mathbf{L}_{BM}^{\text{đàn hồi}} - \mathbf{L}_{BM}^{\text{đàn hồi}^T}) = \frac{1}{2} [(\nabla \mathbf{v})^T - (\nabla \mathbf{v})] =$$

$$= \begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{R_e} \left(-v_\theta + \frac{\partial v_r}{\partial \theta} \right) & \frac{1}{R_e} \left(-v_\phi + \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial v_r}{\partial \phi} \right) \\ -W_{12} & 0 & \frac{1}{2R_e} \left(-v_\phi \cos \theta + \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial v_\theta}{\partial \phi} - \frac{\partial v_\phi}{\partial \theta} \right) \\ -W_{13} & -W_{23} & 0 \end{bmatrix} \quad (11)$$

Khi đó độ lớn của vận tốc quay của một điểm lưới trên bề mặt của Trái đất (r, θ, ϕ) được tính theo:

$$\Omega = \sqrt{W_{12}^2 + W_{13}^2 + W_{23}^2} \quad (12)$$

Nếu biểu diễn khu vực nghiên cứu bằng m điểm đặc trưng thì độ lớn của vận tốc quay trên khu vực đó có dạng ma trận sau:

$$\Omega = \begin{bmatrix} \Omega_1 \\ \Omega_2 \\ \dots \\ \Omega_m \end{bmatrix} \quad (13)$$

Đơn vị của vận tốc quay Ω là [rad/năm].

2.2. Tính vận tốc biến dạng (tách dẫn nén ép) (Strain rate)

Từ thành phần đối xứng của tenxơ gradient vận tốc ta tính được tenxơ vận tốc tách dẫn nén ép theo công thức:

$$D_{BM}^{\text{đàn hồi}} = \begin{bmatrix} F(D_{22} + D_{33}) & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{R_e} \left(v_r + \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} \right) & \frac{1}{2R_e} \left(-v_\phi \cos \theta + \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial v_\theta}{\partial \phi} + \frac{\partial v_\phi}{\partial \theta} \right) \\ 0 & D_{23} & \frac{1}{R_e} \left(v_r + v_\theta \cos \theta + \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial v_\theta}{\partial \phi} \right) \end{bmatrix} \quad (14)$$

Vận tốc biến dạng tách dẫn nén ép (Strain) của một điểm theo tenxơ gradient vận tốc được tính như sau:

$$St = \sqrt{2a_1 + a_2} \quad (15)$$

Và vận tốc biến dạng trượt (Shear) được tính theo công thức:

$$Sh = \sqrt{2a_1 + \frac{2}{3}a_2 - \frac{2}{3}a_3} \quad (16)$$

Trong đó:

$$\begin{aligned} a_1 &= \frac{1}{2R_e} \left(-v_\phi \cos\theta + \frac{1}{\sin\theta} \frac{\partial v_\theta}{\partial \phi} + \frac{\partial v_\phi}{\partial \theta} \right) \\ a_2 &= \frac{2}{3R_e} \left(v_r + \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} \right) + \frac{2}{3R_e} \left(v_r + v_\theta \cos\theta + \frac{1}{\sin\theta} \frac{\partial v_\phi}{\partial \phi} \right) \\ a_3 &= F \cdot D_{22} \cdot D_{22} + F \cdot D_{33} \cdot D_{33} - F \cdot D_{22} \cdot D_{33} \end{aligned}$$

Tương tự, nếu trong khu vực nghiên cứu được biểu diễn với m điểm mắt lưới thì độ lớn của vận tốc biến dạng tách dẫn nén ép và biến dạng trượt trên khu vực có dạng véc tơ:

$$St = \begin{bmatrix} St_1 \\ St_2 \\ \dots \\ St_m \end{bmatrix}; \quad Sh = \begin{bmatrix} Sh_1 \\ Sh_2 \\ \dots \\ Sh_m \end{bmatrix} \quad (17)$$

Đơn vị của vận tốc biến dạng tách dẫn nén ép St và vận tốc biến dạng trượt Sh là [/năm].

2.3. Tính vận tốc trương nở (Dilatation rate)

Vận tốc trương nở tại một điểm xét được tính từ tenxơ gradient vận tốc theo công thức:

$$\begin{aligned} \Theta &= F(D_{22} + D_{33}) + D_{22} + D_{33} \\ \Theta &= \frac{2}{3}D_{22} + \frac{2}{3}D_{33} \end{aligned} \quad (18)$$

Hay

$$\Theta = \frac{2}{3R_e} \left(v_r + \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} \right) + \frac{2}{3R_e} \left(v_r + v_\theta \cos\theta + \frac{1}{\sin\theta} \frac{\partial v_\phi}{\partial \phi} \right)$$

Nếu khu vực nghiên cứu được biểu diễn với m điểm mắt lưới thì vận tốc trương nở của khu vực có dạng véc tơ:

$$\Theta = \begin{bmatrix} \Theta_1 \\ \Theta_2 \\ \dots \\ \Theta_m \end{bmatrix} \quad (19)$$

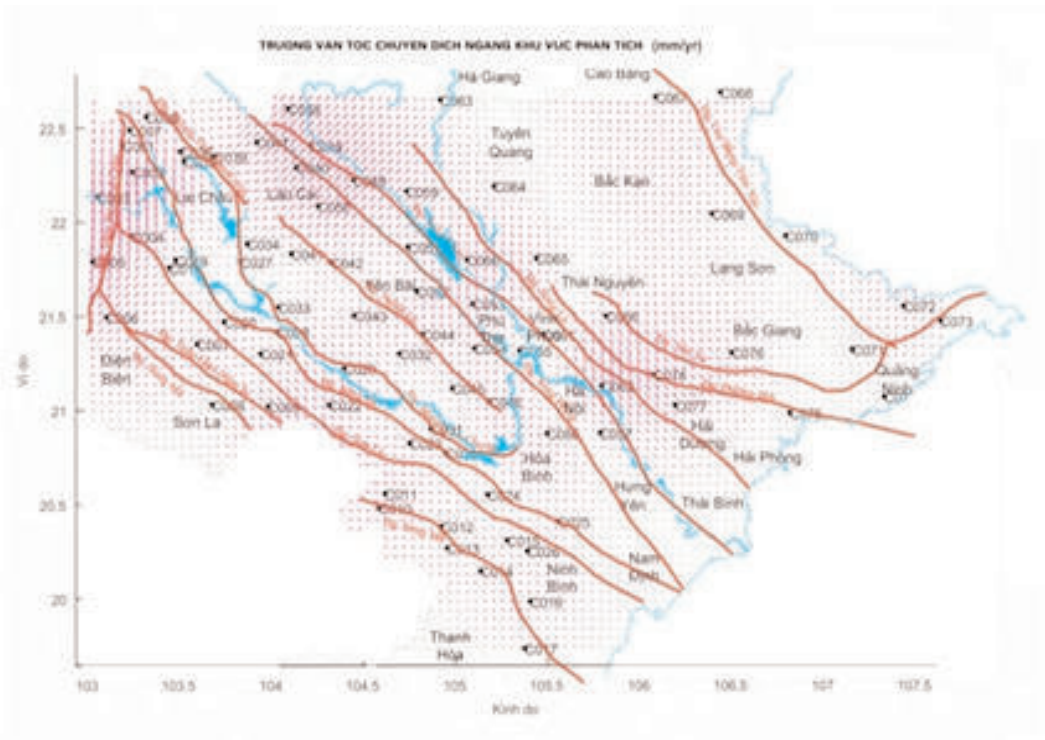
Đơn vị của vận tốc biến dạng trương nở Θ là [/năm].

3. Kết quả tính toán

Để tính toán biến dạng khu vực, trước tiên tính toán trường vận tốc chuyển dịch nội suy cho khu vực Miền Bắc Việt Nam từ kết quả quan trắc trên 78 điểm trắc địa đo bằng công nghệ GPS (từ năm 2012-2015) theo quy trình được trình bày trong (Lại Văn Thùy, Dương Chí Công, 2018), trường vận tốc nội suy của khu vực Miền Bắc đã được tính toán và thể hiện như hình sau: (Xem hình 1)

Từ các điểm đặc trưng của trường vận tốc chuyển dịch nội suy (điểm GRID), tiến hành tính toán các đại lượng biến dạng theo phân lý thuyết đã được trình bày ở Mục 2 nêu trên. Kết quả tính toán được tổng hợp trong bảng sau: (Xem bảng 1)

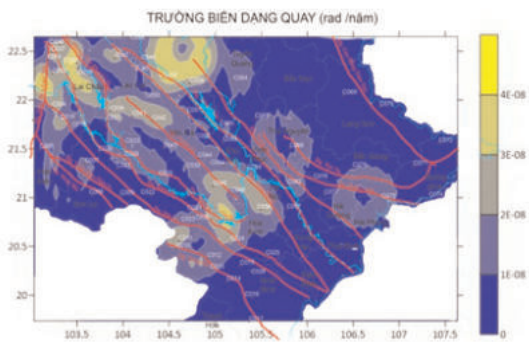
Từ kết quả tính toán các đại lượng biến dạng của các điểm đặc trưng (GRID) chúng tôi đã sử dụng phần mềm Surfer để vẽ bản đồ trường biến dạng cho khu vực Miền Bắc như sau: (Xem hình 2, 3, 4, 5)



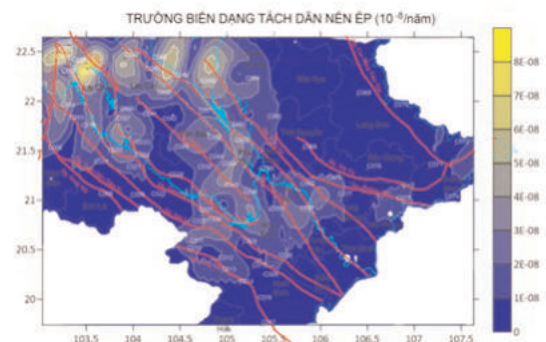
Hình 1: Bản đồ trường vận tốc nội suy trên khu vực Miền Bắc

Bảng 1: Kết quả tính các đại lượng biến dạng

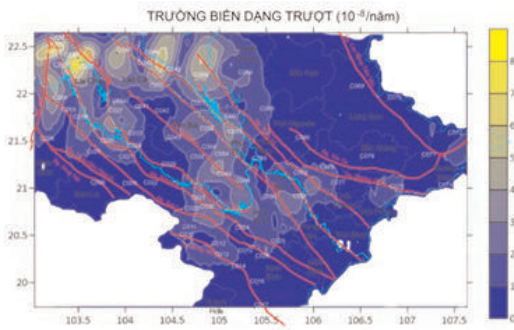
Đại lượng biến dạng	Giá trị lớn nhất	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị trung bình
Vận tốc quay [rad/năm]	4.05E-08	5.55E-12	7.15E-09
Vận tốc biến dạng [/năm]	8.47E-08	5.24E-12	9.34E-09
Vận tốc trượt cực đại [/năm]	8.05E-08	4.87E-12	8.88E-09
Vận tốc trương nở [/năm]	4.55E-08	-4.68E-08	-1.02E-11



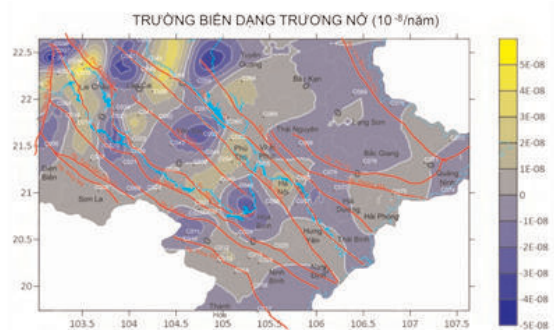
Hình 2: Bản đồ trường biến dạng quay trên khu vực Miền Bắc



Hình 3: Bản đồ trường biến dạng tách dẫn nén ép khu vực Miền Bắc



Hình 4: Bản đồ trường biến dạng trượt khu vực Miền Bắc



Hình 5: Bản đồ trường biến dạng trương nở khu vực Miền Bắc

Kết luận

Từ kết quả tính toán theo biến đổi sóng nhỏ các đại lượng biến dạng dựa trên số liệu đo GNSS giai đoạn 2012 ÷ 2015 có thể thấy rằng trên phần lớn khu vực Miền Bắc Việt Nam hoạt động địa chất kiến tạo là yếu, ngoại trừ quanh khu vực đới đứt gãy Lai Châu - Điện Biên.

Kết quả tính toán từ Bảng 1 cho thấy độ lớn biến dạng trung bình cỡ 10^{-9} /năm lớn hơn không nhiều so với biến dạng một phần khu vực Miền Bắc theo Nguyễn Văn Hương (2012) và nhỏ hơn khoảng 10 ÷ 100 lần so với biến dạng tại Nam California (Tape et al., 2009).

Đánh giá cụ thể hơn đối với từng đại lượng biến dạng như sau: Trường vận tốc quay tính có giá trị lớn nhất là 4.05×10^{-8} rad/năm ở khu vực đứt gãy Lai Châu - Điện Biên; trường vận tốc biến dạng có giá trị lớn nhất là 8.47×10^{-8} /năm; trường vận tốc trượt có giá trị lớn nhất là 8.05×10^{-8} /năm ở khu vực quanh đới đứt gãy Lai Châu - Điện Biên, ở giữa và cuối đới đứt gãy Mường La - Bắc Yên; trường vận tốc trương nở trong không gian của khu vực, có giá trị lớn nhất là 4.55×10^{-8} /năm ở khu vực đới đứt gãy Lai Châu – Điện Biên.

Phương pháp biến đổi sóng nhỏ cho phép xác định được trường vận tốc chuyển dịch trên toàn bộ không gian khu vực quan trắc, đây chính là điểm khác biệt giữa phương pháp biến đổi sóng nhỏ. Trong thời gian tới kết hợp với các số liệu đo GNSS liên tục sẽ giúp xây dựng được trường vận tốc chuyển dịch và biến dạng theo thời gian và cho ta những đánh giá cụ thể hơn và chính xác hơn về chuyển động hiện đại vỏ Trái Đất khu vực nghiên cứu. ○

Tài liệu tham khảo

[1]. Nguyễn Văn Hương (2012): Đặc điểm biến dạng, trường ứng suất kiến tạo hiện đại và mối quan hệ của chúng với các tai biến địa chất khu vực Biển Đông Việt Nam và các vùng lân cận, *Luận án tiến sĩ địa chất*, Hà Nội, 2012, 108 tr.

[2]. Lại Văn Thủy, Dương Chí Công (2018): Nghiên cứu xây dựng trường vận tốc chuyển dịch không gian khu vực Miền Bắc Việt Nam bằng phương pháp biến đổi sóng nhỏ, *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ*, số 37, tháng 9/2018, tr. 11-19.

[3]. Frederic Masson, Maximilien Lehoujeur, Yann Ziegler and Cecile Doubre. (2014): Strain rate

tensor in Iran from a new GPS velocity field, *Geophysical Journal International Advance Access published J. Int.* (2014), Doi: 10.1093/gji/ggt509.

[4]. Haines, A.J., Jackson, J.A., Holt, W.E., Agnew, D.C. (1998): Representing distributed deformation by continuous velocity fields, *Sci. Rept.* 98/5, Inst. of Geology and Nuclear Science, Wellington, New Zealand.

[5]. Kumar, K. V., K. Miyashita, and J. Li (2002): Secular crustal deformation in central Japan, based on the wavelet analysis of GPS time-series data, *Earth Planets Space*, 54, 133–139, 2002.

[6]. Tape, C., P. Muse, M. Simons, D. Dong, F. Webb (2009): Multiscale estimation of GPS velocity fields, *Geophys. J. Int.*, 179, 945–971, doi: 10.1111/j.1365-246X.2009.04337.x.

[7]. Trình Bằng Phi, Văn Hán Giang, Tôn La Khánh, Thành Anh Yến, Trương Bằng, Bí Kim Chung, Vương Hoa (2015): Mô hình Wavelet mặt cầu và phân tích đặc trưng đa tỉ lệ của trường vận tốc GPS ở Trung Quốc đại lục [J]. *Tạp chí bản đồ*, 2015, 44(10): 1063-1070, DOI:10.11947/j. AGCS. 2015.20140141 (Tiếng Trung).

[8]. Phan Trọng Trịnh, Ngô Văn Liêm, Vy Quốc Hải, Trần Văn Phong, Nguyễn Văn Hương, Nguyễn Viết Thuận, Nguyễn Quang Xuyên, Bùi Văn Thơm, Nguyễn Đăng Túc, Hoàng Quang Vinh, Nguyễn Huy Thịnh, Bùi Thị Thảo, Trần Quốc Hùng (2015): Gradient kiến tạo hiện đại khu vực Ninh thuận và lân cận, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển*, Tập 15, Số 3; 2015: 209-224, DOI: 10.15625/1859-3097/15/3/7216, <http://www.vjs.ac.vn/index.php/jmst>○

Summary

Evaluation of modern tectonic activities by Wavelet transform methods from GNSS measurement data

Lai Van Thuy

Vietnam Institute of Geodesy and Cartography

In recent years, the method of wavelet transform has been applied and developed strongly in the geodesy field in many countries around the world. Some study results have pointed out dominant advantages of this method in reducing noise, extracting initial disturbance signals, analyzing GNSS measurement data in time series, building geoid model and in studying the deformation of the Earth's crust. This paper presents the theoretical basis of the wavelet transformation method in calculating the deformation quantities in Northern region of Vietnam, which based on the velocity field interpolation results, according to the 4-cycle GNSS measurement data (2012-2015). Calculated results have shown that the modern tectonic activity of the crust in these areas is very weak and it only concentrates on the fault area Lai Chau - Dien Bien with the maximum rotation rate: 4.0×10^{-8} rad/year, maximum strain rate: 0.84×10^{-8} /year, maximum shear rate: 8.0×10^{-8} /year and maximum dilatation rate: 4.5×10^{-8} /year. This result is quite consistent with the study result concerning the activities of fractures in Northern regions which had been published ago.○