

# ỨNG DỤNG MÔ HÌNH THAM SỐ BIẾN DẠNG HAI CHIỀU ĐỂ ĐÁNH GIÁ CHUYỂN ĐỘNG NGANG ĐỨT GẦY SÔNG HỒNG

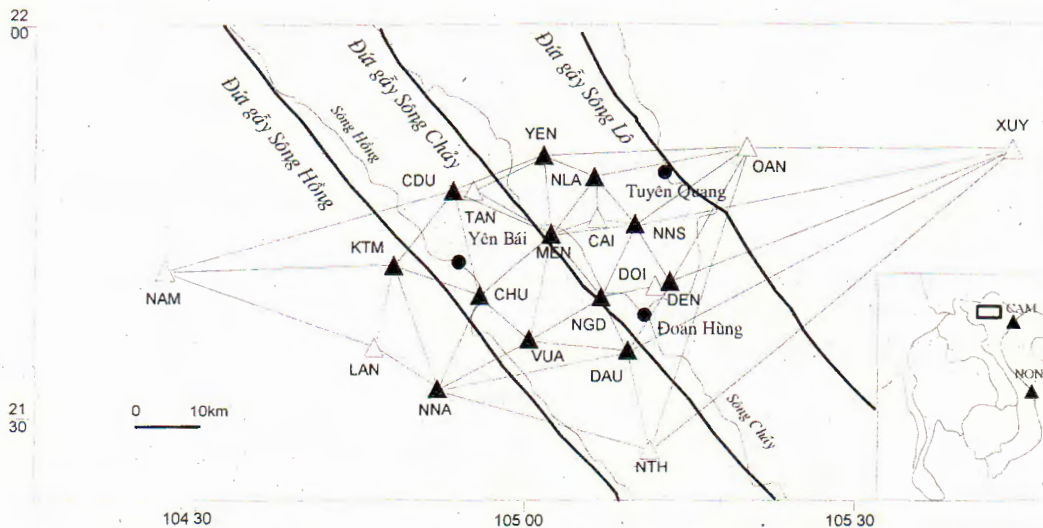
DƯƠNG CHÍ CÔNG

## I. MỞ ĐẦU

Đới đút gầy Sông Hồng (ĐGSH) dài trên 1.000 km, chạy từ Tây Tạng, qua Vân Nam (Trung Quốc), miền Bắc Việt Nam ra tới Biển Đông. ĐGSH được thừa nhận là ranh giới địa chất quan trọng ở châu Á, phân chia khối Đông Dương với khối Nam Trung Hoa.

Với mục đích nghiên cứu hoạt động kiến tạo hiện đại ĐGSH, vào năm 1982 lưới nghiên cứu

biến dạng Thác Bà - Yên Bái đã được thiết lập trên cơ sở lựa chọn đo lại 12 điểm tam giác Nhà nước hạng I, II phân bố trên các cánh của ĐGSH và đút gầy Sông Chảy thuộc địa phận các tỉnh Yên Bái, Tuyên Quang, Vĩnh Phúc, Phú Thọ. Để nâng cao độ chính xác các kết quả nghiên cứu, năm 1993 Viện Địa chất phối hợp với Trung tâm Nghiên cứu Khoa học Quốc gia Pháp đã thiết lập thêm 8 điểm vào lưới và tháng 10/1994 lần đầu ứng dụng kỹ thuật hiện đại GPS đo trên lưới mở rộng này (hình 1).



Hình 1. Sơ đồ lưới nghiên cứu chuyển dịch ngang vỏ Trái đất khu vực Thác Bà - Yên Bái

▲ - điểm tam giác nhà nước, Δ - các điểm bổ sung, ▲ (trong bản đồ thu nhỏ) - các điểm của lưới nghiên cứu địa động lực Nam và Đông Nam Á, ● - các thị xã, — - đút gầy chính, ~ - sông

Mô hình tham số biến dạng đàn hồi 2 chiều trong môi trường liên tục được ứng dụng để xử lý ba chuỗi số liệu đo nói trên, nhằm xác định chuyển dịch và biến dạng ngang ĐGSH khu vực Thác Bà - Yên Bái.

Bài báo giới thiệu nội dung mô hình tham số biến dạng đàn hồi 2 chiều trong môi trường liên tục và quá trình ứng dụng để xử lý tập số liệu đo trên lưới Thác Bà - Yên Bái.

## II. MÔ HÌNH THAM SỐ BIẾN DẠNG 2 CHIỀU

Chuyển dịch vô Trái đất được xác định thông qua sự so sánh tọa độ của các điểm mốc ở những thời điểm khác nhau trong một hệ quy chiếu được giả thiết là không thay đổi. Muốn đảm bảo thỏa mãn giả thiết này, trong nghiên cứu chuyển dịch biến dạng ngang, phải tính đến ảnh hưởng của 4 tham số định vị hệ tọa độ phẳng xy, bao gồm 2 tọa độ điểm gốc, góc định hướng trục tọa độ và hệ số tỷ lệ.

Để giảm ảnh hưởng của các yếu tố định vị hệ tọa độ khi xử lý các số liệu đo lặp, người ta sử dụng mô hình tham số biến dạng đàn hồi trong môi trường liên tục. Phương pháp này xác định các tham số từ tensor biến dạng của từng tam giác của lưới trắc địa. Việc phân chia những tham số biến dạng này thành các nhóm tương đương nhau giúp chúng ta sử dụng chúng triệt để hơn và cụ thể hơn đối với các lưới đo góc, đo cạnh hay đo bằng GPS... Nhiều tác giả đã sử dụng các tham số biến dạng đàn hồi trong môi trường liên tục theo [11, 9] để mô tả chuyển dịch ngang [1, 4, 6...].

Vận tốc biến dạng trên mặt phẳng xy theo trục x (Ox dương chỉ hướng đông), trục y (Oy dương chỉ hướng bắc) của một vật thể dẻo nhỏ tùy ý được định nghĩa theo :

$$\dot{\epsilon}_x = \frac{\partial u_x}{\partial x} \quad \text{và} \quad \dot{\epsilon}_y = \frac{\partial u_y}{\partial y}, \quad (1)$$

trong đó  $u_x, u_y$  - các vận tốc thành phần của sự thay đổi rất nhỏ kích thước vật thể và bản thân kích thước vật thể  $\rightarrow 0$ .

Chúng được gọi là vận tốc dãn nở khi có giá trị dương và vận tốc nén ép khi có giá trị âm. Vận tốc biến dạng trượt không kèm theo sự xoay được định nghĩa như sau :

$$\dot{\epsilon}_{xy} = \frac{1}{2} \dot{\gamma}_{xy} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_x}{\partial y} + \frac{\partial u_y}{\partial x} \right) \quad (2)$$

Sự dịch chuyển tương đối giữa hai phân tử A và B ở gần nhau trong một vật thể liên tục sẽ được mô tả chi tiết như sau : sau một đơn vị thời gian do vật thể biến dạng nên chúng dịch chuyển trong mặt phẳng song song với mặt phẳng xy và có vị trí mới tại A' và B'. Dịch chuyển tương đối của B so với A sau khi xảy ra biến dạng là :

$$u = u_B - u_A, \quad (3)$$

trong đó  $u_A, u_B$  là các vecto AA', BB' tương ứng.

Gọi khoảng cách AB là S, ta có vận tốc chuyển dịch tương đối của B so với A sẽ là :  $u/S$ . Do u và S có giá trị rất nhỏ nên  $u/S$  có thể coi là :

$$\frac{u}{S} \approx \frac{du}{dS} \quad \text{khi } S \approx dS \rightarrow 0. \quad (4)$$

Theo định nghĩa gradient trường vecto  $u$  trong môi trường liên tục ta có :

$$\frac{du}{dS} = J_u n \quad (5)$$

Ma trận  $J_u$  được gọi là ma trận gradient vận tốc chuyển dịch ngang, ma trận vận tốc chuyển dịch tương đối, hoặc ma trận Jacobi. Vecto  $n$  gồm các cosin chỉ phương của AB :

$$\begin{aligned} n_x &= \frac{x}{S} \approx \frac{dx}{dS} \\ \text{và} \\ n_y &= \frac{y}{S} \approx \frac{dy}{dS} \end{aligned}$$

với  $x \approx dx$  và  $y \approx dy$  là chiều dài của AB theo trục x, y khi  $S \approx dS \rightarrow 0$ .

Biểu diễn (5) dưới dạng ma trận ta có :

$$\begin{bmatrix} \frac{du_x}{dS} \\ \frac{du_y}{dS} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial u_x}{\partial x} & \frac{\partial u_x}{\partial y} \\ \frac{\partial u_y}{\partial x} & \frac{\partial u_y}{\partial y} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{dx}{dS} \\ \frac{dy}{dS} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Có thể phân tích  $J_u$  thành tổng của ma trận tenso vận tốc biến dạng  $\dot{E}$  và ma trận vận tốc xoay  $\dot{\Omega}$  :

$$J_u = \begin{bmatrix} \dot{\epsilon}_x & \dot{\epsilon}_{xy} \\ \dot{\epsilon}_{yx} & \dot{\epsilon}_y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & \dot{\Omega}_{xy} \\ \dot{\Omega}_{yx} & 0 \end{bmatrix} = \dot{E} + \dot{\Omega} \quad (7)$$

trong đó :

$$\dot{\epsilon}_{yx} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_y}{\partial x} + \frac{\partial u_x}{\partial y} \right) = \dot{\epsilon}_{xy}, \quad (8)$$

$$\dot{\Omega}_{xy} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_x}{\partial y} - \frac{\partial u_y}{\partial x} \right) = -\dot{\Omega}_{yx}$$

Đã chứng minh được tenso vận tốc biến dạng  $\dot{E}$  không phụ thuộc vào sự tịnh tiến của hệ tọa độ và ảnh hưởng không đáng kể vào phép xoay tọa độ ; ma trận vận tốc xoay  $\dot{\Omega}$  không phụ thuộc vào phép tịnh tiến hệ tọa độ.

Do những ưu điểm trên của tenso vận tốc biến dạng người ta thường sử dụng các tham số tính từ

các thành phần của nó để mô tả biến dạng bề mặt vỏ Trái Đất : vận tốc dẫn nở theo trục x, y (1) :  $\dot{\epsilon}_x$ ,  $\dot{\epsilon}_y$ , vận tốc biến dạng trượt (2) :  $\dot{\gamma}_{xy}$ . Từ những vận tốc biến dạng cơ bản này ta có thể xác định thêm một số vận tốc biến dạng khác như vận tốc trương nở (hoặc co ngót) diện tích :

$$\dot{\Delta} = \dot{\epsilon}_x + \dot{\epsilon}_y, \quad (9)$$

vận tốc dẫn nở (hoặc nén ép) lớn nhất  $\dot{\epsilon}_{\max}$ , nhỏ nhất  $\dot{\epsilon}_{\min}$ , vận tốc biến dạng trượt theo những góc đặc biệt :  $\dot{\gamma}_1, \dot{\gamma}_2$  vận tốc biến dạng trượt lớn nhất :  $\dot{\gamma}_{\max}$ , nhỏ nhất :  $\dot{\gamma}_{\min}$ . Theo [8, 9] công thức chung để tính vận tốc dẫn nở (nén ép) theo phương vị  $\alpha$  là :

$$\dot{\epsilon}_\alpha = \dot{\epsilon}_x \sin^2 \alpha + 2\dot{\epsilon}_{xy} \cos \alpha \sin \alpha + \dot{\epsilon}_y \cos^2 \alpha \quad (10)$$

với  $\alpha$  là phương vị của vị trí khởi đầu của phần tử (vật thể nhỏ tùy ý) so với trục y, và vận tốc biến dạng trượt (cũng theo phương vị  $\alpha$ ) :

$$\dot{\gamma}_\alpha = (\dot{\epsilon}_y - \dot{\epsilon}_x) \sin 2\alpha - 2\dot{\epsilon}_{xy} \cos 2\alpha \quad (11)$$

Giá trị  $\dot{\epsilon}_{\max}, \dot{\epsilon}_{\min}$  được tính theo công thức :

$$\dot{\epsilon}_{\max, \min} = \frac{1}{2} (\dot{\epsilon}_x + \dot{\epsilon}_y) \pm \sqrt{\dot{\epsilon}_{xy}^2 + \frac{1}{4} (\dot{\epsilon}_x - \dot{\epsilon}_y)^2} \quad (12)$$

Phương của chúng được xác định từ (11) và vuông góc với nhau.

$\dot{\gamma}_1$  là vận tốc thay đổi của góc vuông tạo bởi các cạnh có phương tây bắc và đông bắc, và  $\dot{\gamma}_2$  là vận tốc thay đổi của góc vuông tạo bởi các cạnh có phương đông và nam. Giá trị của  $\dot{\gamma}_1$  và  $\dot{\gamma}_2$  được xác định bằng cách thay lần lượt  $\alpha = -45^\circ$  và  $90^\circ$  vào (11) :

$$\dot{\gamma}_1 = \dot{\epsilon}_x - \dot{\epsilon}_y \quad \text{và} \quad \dot{\gamma}_2 = 2\dot{\epsilon}_{xy} \quad (13)$$

$\dot{\gamma}_{\max, \min}$  được xác định theo công thức sau :

$$\dot{\gamma}_{\max, \min} = \pm \sqrt{\dot{\gamma}_1^2 + \dot{\gamma}_2^2} \quad (14)$$

Phương của vận tốc biến dạng trượt lớn nhất  $\dot{\gamma}_{\max}$  được tính từ (11). Có thể chỉ ra phương của  $\dot{\gamma}_{\max}$  và  $\dot{\gamma}_{\min}$  là vuông góc với nhau và chia đôi góc vuông tạo bởi các đường phương của  $\dot{\epsilon}_{\max}, \dot{\epsilon}_{\min}$ , các đường phương này được các nhà địa chấn gọi là các trục T và P tương ứng [13].

Các vận tốc biến dạng nêu trên có thể được xác định trực tiếp từ các trị đo [8, 12] hoặc từ vận tốc

chuyển dịch ngang [6]. Từ vận tốc chuyển dịch ngang, các thành phần của ma trận gradien vận tốc chuyển dịch  $J_u$  sẽ được xác định theo từng tam giác và được quy về trọng tâm của tam giác đó với giả thiết vận tốc biến dạng là đồng nhất trong một tam giác. Như vậy giá trị tính được của các vận tốc biến dạng đối với từng tam giác sẽ phản ánh khách quan và chi tiết hơn thực trạng biến dạng của toàn bộ khu vực nghiên cứu.

Xét dưới góc độ tính toán, trên cơ sở các loại trị đo của lưới mặt bằng (toàn cạnh, góc-cạnh, toàn góc) có thể xếp các vận tốc biến dạng trên theo các nhóm tương đương như sau [6] :

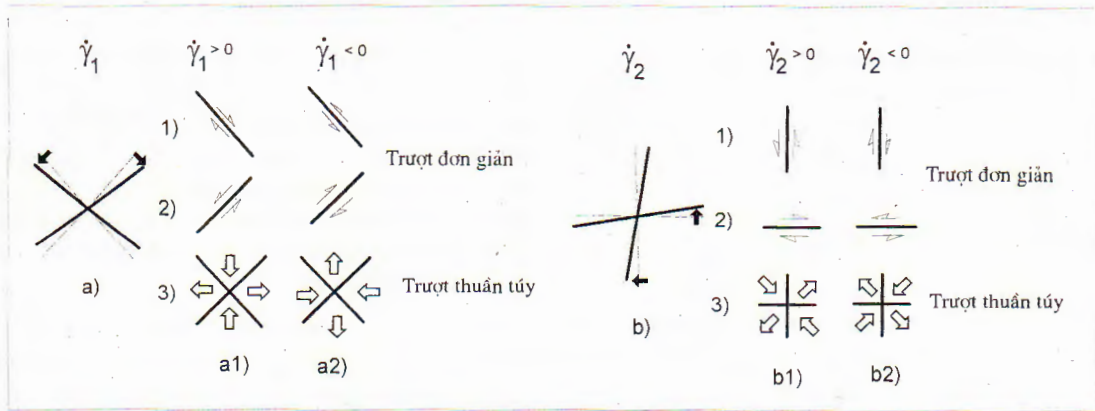
1) Nhóm tham số "gradien" gồm bốn phân tử của ma trận  $J_u$ .

2) Nhóm tham số "giá trị riêng" được tạo nên bởi  $\dot{\epsilon}_{\max}, \dot{\epsilon}_{\min}$  phương vị  $\alpha$  của  $\dot{\epsilon}_{\min}$  hoặc  $\dot{\epsilon}_{\max}$  và  $\Omega_{xy}$ .

3) Nhóm tham số "kỹ thuật" có  $\dot{\gamma}_1, \dot{\gamma}_2, \dot{\Delta}$  và  $\Omega_{xy}$ .

Người ta sử dụng các vận tốc biến dạng trượt  $\dot{\gamma}_1, \dot{\gamma}_2$  của nhóm tham số "kỹ thuật" đối với các lưới tam giác đo toàn góc, khi đó không xác định được các vận tốc trương nở  $\dot{\Delta}$  và vận tốc xoay  $\Omega_{xy}$ . Đây cũng chính là nhóm tham số được sử dụng để xử lý số liệu đo lưới Thác Bà - Yên Bái, sẽ nói tới ở mục III. Hai nhóm tham số "giá trị riêng" và "kỹ thuật" đều tách vận tốc xoay ra khỏi các vận tốc biến dạng khác. Vận tốc xoay nhiều khi được xác định với độ chính xác thấp hoặc không xác định được do trước đây trị đo phương vị thiên vận thường ít được quan tâm tới trong lưới nghiên cứu biến dạng. Ngày nay khó khăn này đã được khắc phục nhờ vào sự phát triển ứng dụng của công nghệ GPS.

Ý nghĩa kiến tạo vật lý của các vận tốc biến dạng trượt  $\dot{\gamma}_1, \dot{\gamma}_2$  được mô tả theo hình 2 (trên cơ sở [6] có sửa đổi) như sau. Vận tốc biến dạng trượt  $\dot{\gamma}_1$  biểu thị sự thay đổi của góc vuông tạo bởi các cạnh có phương tây bắc và đông bắc. Vận tốc biến dạng trượt  $\dot{\gamma}_2$  biểu thị sự thay đổi của góc vuông tạo bởi các cạnh có phương đông và nam. Theo mô hình trượt đơn giản, đối với đứt gãy phương tây bắc - đông nam, giá trị  $\dot{\gamma}_1$  dương biểu thị trượt bằng phải, giá trị  $\dot{\gamma}_1$  âm biểu thị trượt bằng trái. Ngược lại đối với đứt gãy phương đông bắc - tây nam. Tương tự trong mô hình trượt thuần túy theo phương đông bắc - tây nam, giá trị  $\dot{\gamma}_2$  dương biểu thị



Hình 2. Ý nghĩa hình học của vận tốc trượt  $\dot{\gamma}_1, \dot{\gamma}_2$

Vận tốc  $\dot{\gamma}_1$  dương biểu thị vận tốc tăng lên của góc vuông có cạnh gạch nét a) và là vận tốc (từ trên xuống dưới) : 1) trượt bằng phải của đứt gãy phương tây bắc, 2) trượt bằng trái của đứt gãy phương đông bắc, 3) nén ép theo phương bắc - nam. Vận tốc trượt  $\dot{\gamma}_2$  dương biểu thị vận tốc tăng lên của góc vuông có cạnh gạch nét b) và là vận tốc (từ trên xuống dưới) : 1) trượt bằng trái của đứt gãy phương bắc - nam, 2) trượt bằng phải của đứt gãy phương đông - tây, 3) tách dẫn theo phương đông bắc - tây nam

a1)  $\dot{\gamma}_1 > 0$ , a2)  $\dot{\gamma}_1 < 0$ , b1)  $\dot{\gamma}_2 > 0$ , b2)  $\dot{\gamma}_2 < 0$

tách dẫn đứt gãy thuận, giá trị  $\dot{\gamma}_2$  âm biểu thị nén ép đứt gãy chồm nghịch hoặc uốn nếp hoặc cả hai.

Có thể thấy sử dụng các tham số xác định từ thành phần của tenso vận tốc biến dạng để mô tả chuyển dịch biến dạng vỏ Trái Đất có nhiều lợi thế so với phương pháp dùng vecto chuyển dịch. Giá trị của chúng bất biến đối với sự tịnh tiến hệ tọa độ và hầu như không thay đổi đối với sai số nhỏ của phép xoay tọa độ. Các giá trị vận tốc biến dạng được tính cho riêng từng tam giác và được gắn cho điểm trọng tâm nên mang tính khách quan hơn đối với sự phân bố tự nhiên của biến dạng và chuyển dịch khu vực nghiên cứu. Đây cũng chính là lý do tại sao mô hình tính vận tốc biến dạng này được áp dụng trong các phần mềm xử lý số liệu trắc địa đo lặp phục vụ nghiên cứu biến dạng.

### III. ỨNG DỤNG MÔ HÌNH THAM SỐ BIẾN DẠNG 2 CHIỀU ĐỂ ĐÁNH GIÁ CHUYỂN ĐỘNG NGANG ĐỨT GẦY SÔNG HỒNG KHU VỰC THÁC BÀ-YÊN BÁI

Số liệu đo lặp lại của lưới Thác Bà - Yên Bái mở rộng bao gồm trị đo hướng năm 1963, trị đo hướng năm 1983 và trị đo GPS tháng 10/1994. Độ chính xác của các trị đo hướng được đánh giá là tương tự nhau trong cả hai chu kỳ và đạt  $\pm 0,70''$ . Các trị đo GPS trên lưới Thác Bà - Yên Bái mở

rộng : 10 điểm tam giác Nhà nước, 8 điểm bổ sung và 2 điểm của lưới nghiên cứu địa động lực Nam và Đông Nam Á (hình 1) được xử lý bằng tổ hợp phần mềm GAMIT/GLOBK đạt sai số tương đối đo cạnh yếu nhất là  $10^{-7}$ .

Sau khi dùng kiểm định thống kê khi - bình phương để kiểm tra cho thấy các chuỗi số liệu trên không chứa sai số thô, các trị đo hướng năm 1963, 1983 và trị đo GPS tháng 10/1994 đã được xử lý theo phương án bình sai tự do. Kết quả thu được :

#### 1. Giá trị vận tốc biến dạng trượt

a) Vận tốc biến dạng trượt trung bình của cả lưới :

$$\dot{\gamma}_1 = -0,019 \pm 0,055 \text{ } \mu\text{rad/năm}$$

$$\text{và } \dot{\gamma}_2 = -0,094 \pm 0,060 \text{ } \mu\text{rad/năm.}$$

b) Vận tốc  $\dot{\gamma}_1$  và  $\dot{\gamma}_2$  của từng tam giác (bảng 1).

c) Vận tốc biến dạng trượt cực đại  $\dot{\gamma}_{\max}$  và phương của chúng đối với các tam giác của lưới được biểu diễn trên hình 3.

#### 2. Đánh giá các kết quả tính toán

Từ giá trị sai số trung phương trung bình của vận tốc biến dạng trượt  $\dot{\gamma}_1, \dot{\gamma}_2$  (bảng 1) và ứng với xác suất 95%, đã tính được sai số trung bình "giới hạn" của  $\dot{\gamma}_1, \dot{\gamma}_2$  khu vực Thác Bà - Yên Bái là 0,6  $\mu\text{rad/năm}$ . Như vậy ứng với mức xác suất 95% có thể suy ra hai nhận định tương đương sau :

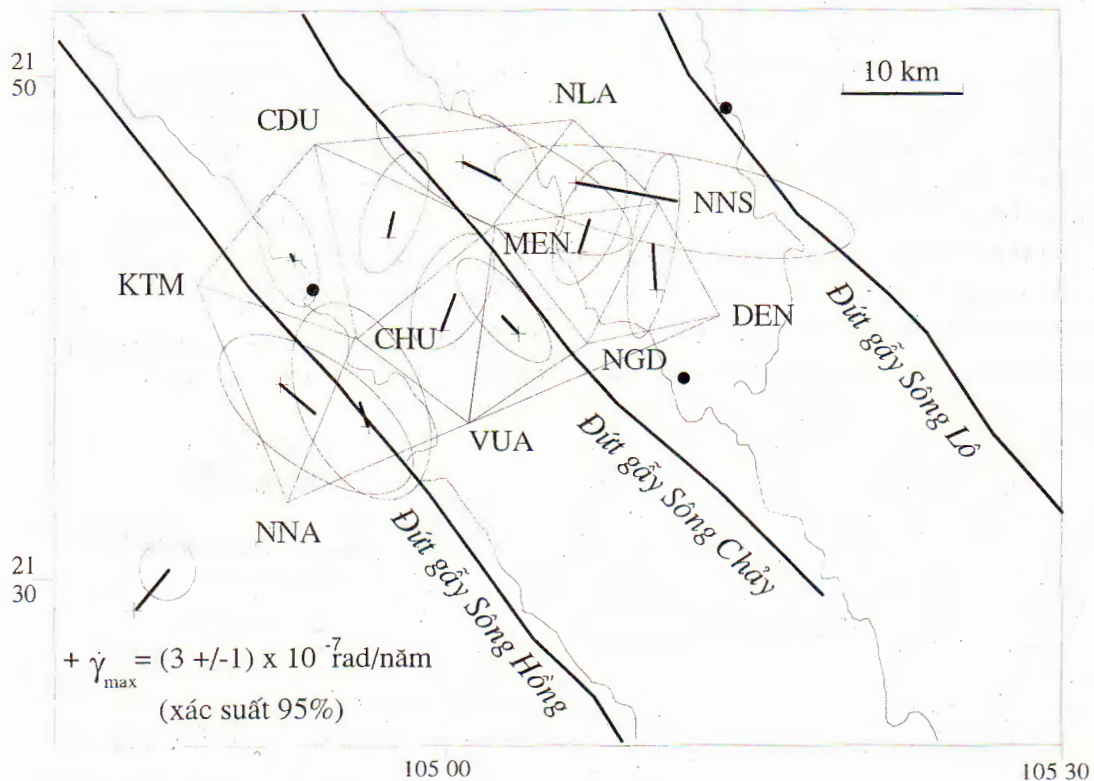
- Không có biến dạng trượt với vận tốc trên 0,6  $\mu\text{rad}/\text{năm}$  (tương đương với vận tốc chuyển dịch ngang 6 mm/năm trên 10 km).

- Có thể kỳ vọng vận tốc biến dạng trượt của ĐGSH tại khu vực nghiên cứu chỉ trong khoảng 0,6  $\mu\text{rad}/\text{năm}$ .

Tuy nhiên dưới góc độ hoạt động đứt gãy, từ vận tốc  $\dot{\gamma}_1$  có giá trị dương tại 7 trong 10 tam giác và thông qua phương của vận tốc biến dạng trượt cực đại  $\dot{\gamma}_{\text{max}}$  của ba tam giác nằm kề ĐGSH (hình 3) có thể cho phép kết luận xu thế trượt phải của ĐGSH. Nhận xét này phù hợp với các kết quả nghiên cứu địa chất tại khu vực.

Bảng 1. Vận tốc  $\dot{\gamma}_1$  và  $\dot{\gamma}_2$

Tam giác	$\dot{\gamma}_1$ [ $\mu\text{rad}/\text{năm}$ ]	$\dot{\gamma}_2$ [ $\mu\text{rad}/\text{năm}$ ]
KTM-NNA-CHU	$0,284 \pm 0,278$	$0,070 \pm 0,283$
CHU-NNA-VUA	$0,133 \pm 0,275$	$-0,094 \pm 0,301$
CHU-CDU-KTM	$0,033 \pm 0,124$	$-0,023 \pm 0,140$
MEN-CHU-VUA	$-0,161 \pm 0,186$	$-0,150 \pm 0,155$
CDU-CHU-MEN	$-0,057 \pm 0,168$	$-0,128 \pm 0,130$
NGD-VUA-MEN	$0,141 \pm 0,169$	$-0,004 \pm 0,136$
CDU-MEN-NLA	$0,203 \pm 0,323$	$0,204 \pm 0,299$
NNS-NGD-MEN	$-0,118 \pm 0,179$	$-0,168 \pm 0,144$
DEN-NNS-NGD	$0,024 \pm 0,149$	$-0,239 \pm 0,226$
NLA-MEN-NNS	$0,222 \pm 0,265$	$0,628 \pm 0,474$



Hình 3. Sơ đồ vận tốc biến dạng trượt cực đại  $\dot{\gamma}_{\text{max}}$  của các tam giác trong lưới nghiên cứu biến dạng. Các Elip tin cậy với mức xác suất 95%. Các vòng tròn tô đen biểu thị vị trí các thị xã (hình 1)

### KẾT LUẬN

Thích ứng với ba chuỗi số liệu đo lập 1963-1983-10/1994, mô hình tham số biến dạng 2 chiều đã được áp dụng thành công để đánh giá chuyển dịch biến dạng ngang ĐGSH khu vực Thác Bà - Yên Bái. Từ những kết quả thu được, có thể nhận định về chuyển động hiện đại vỏ Trái Đất ĐGSH khu vực

Thác Bà - Yên Bái từ 1963 đến 1994 như sau : ứng với mức xác suất 95% không phát hiện thấy vận tốc biến dạng trượt lớn hơn 0,6  $\mu\text{rad}/\text{năm}$  (tương ứng với vận tốc chuyển dịch ngang 6 mm/năm trên 10 km). Hay nói cách khác chỉ có thể kỳ vọng vận tốc biến dạng trượt ĐGSH tại khu vực nghiên cứu nằm trong khoảng từ 0 đến 0,6  $\mu\text{rad}/\text{năm}$ .

Sau đợt đo GPS đầu tiên (10/1994) trên lưới Thác Bà - Yên Bái mở rộng, từ cuối năm 1994 đến năm 2000, đã tiến hành thêm 4 đợt đo GPS dọc theo ĐGSH : tháng 11/1994, 4/1996, 11/1998 trên lưới Tam Đảo - Ba Vì, 11/2000 trên lưới Tam Đảo - Ba Vì, 8 điểm bổ sung của lưới Thác Bà - Yên Bái mở rộng (lưới GPS Thác Bà) và điểm CAM của lưới nghiên cứu địa động lực Nam và Đông Nam Á. Chất lượng các trị đo được tăng lên rõ rệt. Kết quả xử lý toàn bộ các số liệu GPS (từ 10/1994 đến 11/2000) cho thấy ĐGSH không chuyển dịch ngang mạnh hơn 2 mm/năm trong khoảng thời gian từ 1994 đến 2000 [7].

Bài báo này được hoàn thành với sự tài trợ của Chương trình Nghiên cứu cơ bản.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] G.W. BAWDEN et al, 1997 : Geodetic measurements of horizontal strain near the White Wolf fault, Kern Conty, California, 1926-1993, J. Geophys. Res., **102**, 4957-4975.

[2] H.M. BIBBY, 1982 : Unbiased estimate of strain from triangulation data using the method of simultaneous reduction, Tectonophysics, **82**, 161-174.

[3] DUONG CHI CONG et al, 1994 : Terrestrial surveying measurements of deformation across the Red River fault near Thac Ba, Vietnam, 1963-1983, in Int. Workshop on Seismotectonics and Seismic Hazard in South East Asia, Hanoi, Vietnam, 34-39.

[4] DUONG CHI CONG, KURT L. FEIGL, 1999 : Geodetic Measurement of Horizontal Strain across the Red River fault near Thac Ba, Vietnam, 1963-1994, Journal of Geodesy, **73**, 298-310, Springer-Verlag.

[5] DUONG CHÍ CÔNG, 2000 : Nghiên cứu đánh giá chuyển động ngang đứt gãy Sông Hồng bằng phương pháp xử lý hỗn hợp số liệu trắc địa mặt đất và trắc địa vệ tinh, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, 123 tr, Hà Nội.

[6] K.L. FEIGL, R.W. KING and T.H. JORDAN, 1990 : Geodetic measurement of tectonic deformation in the Santa Maria fold and thrust belt, California, J. Geophys. Res., **95**, 2679-2699.

[7] K.L. FEIGL, DUONG CHI CONG, M. BECKER, TRAN DINH TO, K. NEUMANN, NGUYEN QUANG XUYEN, 2003 : Insignificant horizontal

strain across the Red River fault near Thac Ba, Vietnam from GPS measurements 1994-2000, Geophysical Research Abstracts, Vol. 5, 04707.

[8] F.C. FRANK, 1966 : Deduction of earth strains from survey data, Bull. Seismol. Soc. Am., **56**, 35-42.

[9] J.C. JAEGER, and N.G.W. COOK, 1979 : Fundamentals of Rock Mechanics, 593 pp., Chapman and Hall, London.

[10] K. LAMBECK, 1988 : Geophysical Geodesy : The Slow Deformations of the Earth, 718 pp., Clarendon Press, Oxford.

[11] L.E. MALVERN, 1969 : Introduction to the Mechanics of a Continuous Medium, 713 pp., Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

[12] W.H. PRESCOTT, 1976 : An extension of Frank's method for obtaining crustal shear strains from survey data, Bull. Seismol. Soc. Am., **66**, 1847-1853.

[13] J.C. SAVAGE and R.O. BURFORD, 1970 : Accumulation of tectonic strain in California, Bull. Seismol. Soc. Am., **60**, 1877-1896.

[14] P. VANÍČEK, E.J. KRAKIWSKY, 1986 : Geodesy : The Concepts, 2nd ed., 697 pp., North-Holland.

#### SUMMARY

##### Application of two dimensional strain model for estimating horizontal movements across Red River Fault

The Red River Fault (RRF) is over 1,000 km long, running from Tibet plateau, through Yunnan (China) and North Vietnam into the Bac Bo gulf. It plays an important role in the tectonics of Asia, dividing Sundaland from the south China block.

Two dimensional strain parameters are revised and their application for estimating horizontal movements across RRF near Thac Ba-Yen Bai from 1963-1983-1994 geodetic time series is shown. At this time no value of shear strain rate larger than 0,6  $\mu$ rad/yr can be found at 95% confidence.

From a recent studies one can conclude that the RRF did not slip faster than 1 or 2 mm/year between 1994 and 2000.

Ngày nhận bài : 24-10-2004

Viện Địa chất