



## Đánh giá về chuyển động hiện đại lãnh thổ Việt Nam theo các mô hình động học khu vực

Tống Thị Hạnh<sup>1\*</sup>, Nguyễn Dũng Dương<sup>2</sup>, Lê Minh Quân<sup>2</sup>, Nguyễn Thị Thu Nga<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Trường Đại học kỹ thuật Lê Quý Đôn

<sup>2</sup> Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội.

Email tác giả liên hệ: [tonghanh@lqdtu.edu.vn](mailto:tonghanh@lqdtu.edu.vn)

DOI: 10.5281/zenodo.15205543

### Tóm tắt:

Bài báo trình bày về việc đánh giá chuyển động hiện đại của lãnh thổ Việt Nam thông qua việc áp dụng các mô hình động học khu vực. Các mô hình động học Sundaland của Simons và Michel được giới thiệu, cùng với cơ sở lý thuyết về mô hình động học, đặc biệt là việc sử dụng cực Euler để mô tả chuyển động quay của các mảng kiến tạo. Vận tốc chuyển động tuyệt đối của lãnh thổ Việt Nam theo các mô hình Michel, Simons và Nuvel-1A được tính toán và so sánh. Sự khác biệt giữa các mô hình và kết quả đo đạc thực tế được phân tích, từ đó đưa ra nhận xét về mức độ phù hợp của từng mô hình đối với chuyển động hiện tại của lãnh thổ Việt Nam.

**Từ khóa:** Euler, Sundaland, ITRF.

Ngày nhận bài: 20/03/2025

Ngày sửa lại: 07/04/2025

Ngày chấp nhận đăng: 08/04/2025

Ngày xuất bản: 14/04/2025

## Assessment of modern crustal motion in Viet Nam according to regional kinematic models

Tong Thi Hanh<sup>1\*</sup>, Nguyen Dung Duong<sup>2</sup>, Le Minh Quan<sup>2</sup>, Nguyen Thi Thu Nga<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Le Quy Don Technical University, Hanoi, Vietnam

<sup>2</sup>Hanoi University of Natural Resource and Environment

Email: [tonghanh@lqdtu.edu.vn](mailto:tonghanh@lqdtu.edu.vn)

### Abstract:

This paper presents an assessment of modern crustal motion in Vietnam through the application of regional kinematic models. The Sundaland kinematic models of Simons and Michel are introduced, along with the theoretical basis of kinematic modeling, particularly the use of the Euler pole to describe the rotational motion of tectonic plates. The absolute velocities of Vietnam's territory according to the Michel, Simons, and Nuvel-1A models are calculated and compared. The differences between the models and actual measurement results are analyzed, thereby providing comments on the suitability level of each model for the current crustal motion of Vietnam's territory.

**Keywords:** Euler, Sundaland, ITRF.

Date of receipt: 16/03/2025

Date of revision: 07/04/2025

Date of acceptance: 08/04/2025

Date of publication: 14/04/2025

## 1. Giới thiệu mô hình động học khối Sundaland

### 1.1. Cơ sở lý thuyết về mô hình động học:

Theo lý thuyết kiến tạo mảng, chuyển động của một vật thể rắn có thể được mô tả bằng tổ hợp chuyển động ngang và chuyển động quay. Trên bề mặt Trái Đất, chuyển vị = 0 nên chuyển động của một vật thể trên mặt đất được mô tả bằng chuyển động quay [1]. Chúng ta coi tất cả các mảng kiến tạo đều có thể xem như những vật thể rắn. Đây chính là định lý Euler và góc quay gọi là góc Euler.

Chuyển động quay được mô tả đầy đủ bởi hai tham số:

$$\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r} \quad (1)$$

$\vec{v}$ : vận tốc của điểm trên mảng.

$\vec{\omega}$ : vận tốc góc (được xác định bởi cực Euler và tốc độ quay).

$\vec{r}$ : vector vị trí của điểm (tọa độ Địa tâm XYZ).

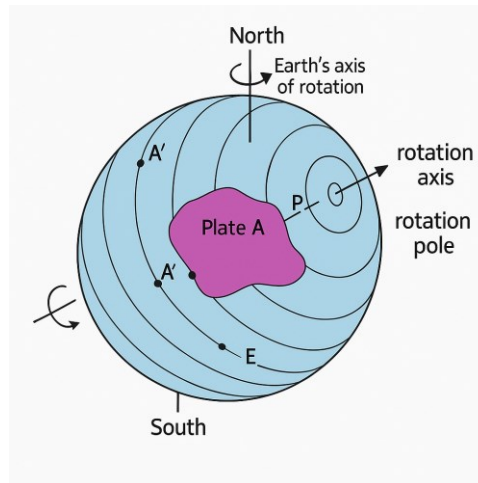
( $\times$ ): Phép nhân vector (tích chéo), tạo ra một vector vuông góc với cả ( $\vec{\omega}$ ) và ( $\vec{r}$ ).

Công thức này cho thấy vận tốc tuyến tính tại một điểm trên vật thể phụ thuộc vào khoảng cách từ điểm đó đến trục quay và hướng của vận tốc góc.

- Vị trí cực quay – là giao điểm của trục quay của vật thể với bề mặt Trái Đất, thông thường được định nghĩa bằng cặp tọa độ (kinh độ và vĩ độ), và

- Tốc độ (góc) quay quanh trục quay, (tốc độ góc Euler) là một đại lượng mô tả tốc độ mà một mảng kiến tạo quay quanh trục Euler.

- Đơn vị thường dùng là độ/Ma (deg/Myr) hoặc radian/năm (rad/yr).
- Hướng quay: có thể là thuận chiều hoặc ngược chiều kim đồng hồ (nhìn từ ngoài vào Trái Đất).
- Góc này giúp ta biết mảng quay nhanh hay chậm quanh cực Euler (Hình 1).



Hình 1. Mô tả chuyển động của mảng kiến tạo trên mặt cầu

Véc tơ quay  $\vec{\omega}$  ( $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ ) được xác định như sau:

Giả sử:

- Vĩ độ cực Euler:  $\varphi_p$  (bắc dương, nam âm).
- Kinh độ cực Euler:  $\lambda_p$  (đông dương, tây âm).
- Tốc độ quay:  $\omega$  (đơn vị độ/Ma, cần đổi sang radian/năm).

Bước 1: Đổi góc quay sang radian/năm

$$\omega_{\text{rad}} = \omega_{\text{deg/Ma}} \times (\pi / 180) \div 10^6 \quad (2)$$

Bước 2: Tính vector quay trong hệ XYZ (Địa tâm)

$$\vec{\omega} = \omega_{\text{rad}} \times [\cos(\varphi_p) \times \cos(\lambda_p), \cos(\varphi_p) \times \sin(\lambda_p), \sin(\varphi_p)] \quad (3)$$



Giá trị tính được sẽ là một vector 3 thành phần – chính là vector vận tốc góc trong hệ XYZ.

Từ công thức (1) ta xét chuyển động của điểm P1 nằm trên mặt xích đạo trong khoảng thời gian t so với trục quay Euler, ta có các bước tính như sau:

$$\text{Bán kính vòng tròn quay tại vĩ độ } \Delta\theta: r = R * \sin(\Delta\theta) \quad (4)$$

(Gần cực Euler  $\rightarrow \Delta\theta \approx 0 \rightarrow v \approx 0$ , xa cực Euler ( $\Delta\theta \approx 90^\circ$ )  $\rightarrow v$  lớn nhất)

Với (R: bán kính Trái Đất  $\approx 6371$  km,  $\Delta\theta$ : đơn vị radian)

$\Delta\theta$  là góc giữa vị trí của một điểm trên bề mặt Trái Đất và cực Euler, đo trên mặt cầu.

Giả sử:

- $\varphi_1, \lambda_1$ : vĩ độ và kinh độ của cực Euler
- $\varphi_2, \lambda_2$ : vĩ độ và kinh độ của điểm cần xét

Công thức:

$$\cos(\Delta\theta) = \sin(\varphi_1) \cdot \sin(\varphi_2) + \cos(\varphi_1) \cdot \cos(\varphi_2) \cdot \cos(\lambda_2 - \lambda_1) \quad (5)$$

Sau đó:  $\Delta\theta = \arccos$  (giá trị trên)

Độ dài quãng đường dịch chuyển:

$$d = \omega_{\text{rad}} \cdot R \cdot \sin(\Delta\theta) \quad (6)$$

Trong đó:

- $\omega_{\text{rad}}$  là vận tốc góc (đơn vị rad/năm)
- $R * \sin(\delta)$  là bán kính vòng tròn quay nhỏ tại vị trí đó
- + Vận tốc tuyến tính:

$$v = d / t = \omega_{\text{rad}} \cdot R \cdot \sin(\Delta\theta) \quad (7)$$

$\rightarrow$  Đây là độ lớn của vận tốc, không có hướng.

$$\vec{v} = \omega_{\text{rad}} * R * (\hat{E} \times \hat{P}) \quad (8)$$

Trong đó:

- $\hat{E}$  là vector đơn vị hướng về cực Euler
- $\hat{P}$  là vector đơn vị từ tâm Trái Đất đến điểm cần tính
- $\times$  là phép tích có hướng (vector cross product)
- $\rightarrow$  Kết quả là vector vận tốc  $\vec{v}$  có độ lớn và hướng cụ thể.

## 1.2. Khối Sundaland và các mô hình động học

### - **Khối Sundaland:**

Khối Sundaland là một cấu trúc kiến tạo địa chất nằm một phần rìa đông nam của

mảng Á-Âu và chịu ảnh hưởng mạnh mẽ từ các mảng kiến tạo xung quanh như mảng Ấn Độ, mảng Úc, và mảng Thái Bình Dương [2]. Khối này di chuyển theo hướng Đông - Đông Nam với tốc độ khoảng 5 mm/năm, tuân theo mô hình quay Euler xung quanh một cực giả định nằm trong nội địa châu Mỹ hoặc bắc Thái Bình Dương. Chuyển động này được ghi nhận rõ rệt qua kết quả xử lý số liệu GPS [3].

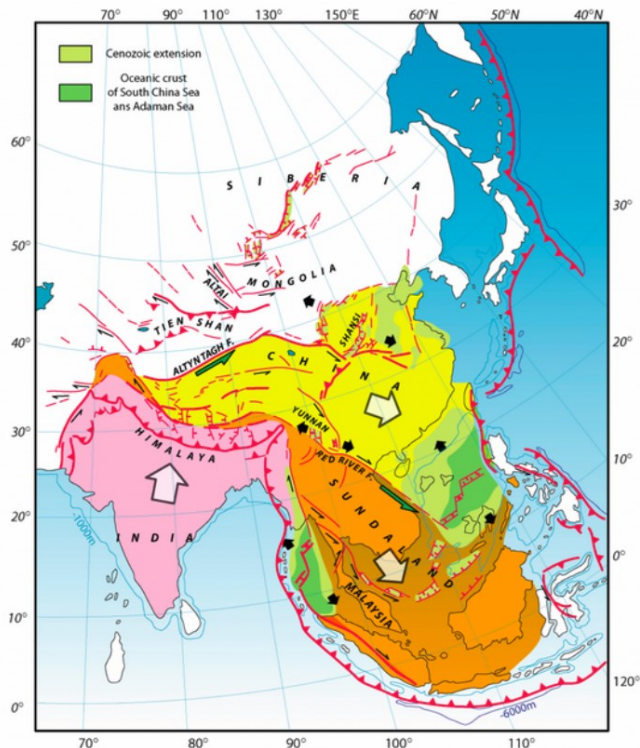
Bảng 1: Ranh giới và các mảng lân cận quan trọng

Hướng	Ranh giới chính	Tính chất
Tây & Nam	Rãnh Sunda	Hút chìm
Đông	Philippine Trench	Phức tạp, chuyển dạng
Bắc	Đứt gãy Sông Hồng	Trượt ngang phải
Tây Bắc	Đứt gãy Sagaing	Trượt ngang phải trái

- Phía Tây và Nam: Giáp ranh với mảng Ấn Độ-Úc (Indo, Australian Plate), nơi mảng Úc hút chìm xuống dưới Sundaland tại rãnh Sunda (còn gọi là rãnh Java). Khu vực này thường có nhiều hoạt động địa chấn và núi lửa.

- Phía Đông: Tương tác phức tạp với mảng Philippines (Philippine Sea Plate) và các mảng nhỏ khác trong khu vực biển Philippines và Sulawesi.

- Phía Bắc: Tiếp giáp với khối Nam Trung Hoa (South China Block)



Hình 2: Sơ đồ khối Sundaland và các mảng, khối lân cận.

- **Mô hình động học của Simons:**

- Mô hình động học của Simons, thường được nhắc đến trong bối cảnh nghiên cứu kiến tạo mảng ở khu vực Sundaland, tập trung vào việc sử dụng dữ liệu GPS để xác định vận tốc hiện tại của các khối kiến tạo và sự biến dạng nội khối. Mô hình này cung cấp



một cái nhìn chi tiết về cách Sundaland đang di chuyển và biến dạng dưới tác động của sự hội tụ với mảng Ấn Độ-Úc và các tương tác phức tạp với các mảng lân cận khác. Nó giúp làm sáng tỏ sự phân bố ứng suất và nguy cơ địa chất trong khu vực.

Simons đã trình bày một trường vận tốc GPS bao trùm toàn bộ khu vực Đông Nam Á. Mô hình này dựa trên dữ liệu GPS trong 10 năm (1994-2004) tại hơn 100 địa điểm ở Indonesia, Malaysia, Thái Lan, Myanmar, Philippines và Việt Nam. Phần lớn các vectơ vận tốc ngang có độ chính xác toàn cầu đã được chứng minh là  $\sim 1$  mm/năm (ở mức độ tin cậy 95%) [4]. Các kết quả đã được sử dụng để xác định rõ hơn ranh giới của khối Sundaland và để đưa ra một mô hình động học mới cho khu vực. Cực quay của lõi không biến dạng của khối Sundaland nằm ở  $49,0^{\circ}\text{B} - 94,2^{\circ}\text{Đ}$ , với tốc độ quay theo chiều kim đồng hồ là  $0,34^{\circ}$ /triệu năm. So với cả các mô hình mảng kiến tạo địa lý và địa vật lý được xác định bằng trắc địa, Sundaland di chuyển về phía đông với vận tốc từ  $6 \pm 1$  đến  $10 \pm 1$  mm/năm từ nam lên bắc. Trái với các nghiên cứu trước đây, Sundaland được chứng minh là di chuyển độc lập so với Nam Trung Quốc, phần phía đông của Java, đảo Sulawesi và mũi phía bắc của Borneo. Đứt gãy Sông Hồng ở Nam Trung Quốc và Việt Nam vẫn còn hoạt động và có sự dịch trượt khoảng 2 mm/năm. Mặc dù biến dạng bên trong Sundaland nói chung là rất nhỏ (nhỏ hơn 7 nanostrain/năm), nhưng sự tích tụ biến dạng đàn hồi quan trọng xảy ra dọc theo ranh giới của nó với các mảng lân cận chuyển động nhanh. Đặc biệt ở phía bắc Sumatra và Malaysia, các vận tốc dư hướng vào trong và vuông góc với rãnh được phát hiện trước trận động đất siêu lớn ngày 26 tháng 12 năm 2004. Các nghiên cứu trước đây ở Sumatra đã cho thấy điều này nhưng đánh giá thấp mức độ của vùng biến dạng. Nghiên cứu này cho thấy rằng chỉ một mạng lưới khu vực Đông Nam Á trải dài hàng nghìn km mới có thể cung cấp một hệ quy chiếu đủ vững chắc để phân tích chi tiết biến dạng nội mảng và liên mảng.

#### - **Mô hình động học của Michel:**

Sundaland, bao gồm cả Đông Dương cũng như phần phía tây và trung tâm của Indonesia, cùng với Nam Trung Quốc, tạo thành một khối kiến tạo ổn định rõ ràng, tách biệt với đại lục Á-Âu. Trong hệ quy chiếu ITRF97, khối này di chuyển về phía đông xung quanh một cực Euler gần giống với cực của đại lục Á-Âu, nhưng với vận tốc cao hơn một phần ba so với chuyển động hướng về phía đông của đại lục Á-Âu. So với Ấn Độ và Úc, khối Sundaland-Nam Trung Quốc đang di chuyển về phía nam [5]. Điều này cho thấy rằng a) Sundaland-Nam Trung Quốc đang di chuyển đồng bộ về phía đông dọc theo các ranh giới được nghiên cứu và b) chuyển động về phía đông của Ấn Độ được bù đắp bởi chuyển động về phía đông của Sundaland-Nam Trung Quốc. Hành vi động học khá đồng nhất hiện tại của Sundaland-Nam Trung Quốc, khác nhau về tốc độ (không quá 5 mm) thay vì hướng so với chuyển động của Bắc Trung Quốc, khác với động học được đề xuất bởi các phương pháp mô hình hóa khác nhau trong các tài liệu nghiên cứu. Dữ liệu này giúp làm rõ vị trí và hành vi của các đứt gãy hoạt động và cung cấp thông tin về biến dạng giữa mảng và nội mảng trong khu vực.



Michel và các đồng tác giả đã tính toán một cực Euler để mô tả chuyển động của khối Sundaland-Nam Trung Quốc (SC). Cực Euler này là một điểm trên bề mặt Trái Đất mà tại đó, nếu coi chuyển động của khối là một chuyển động quay, thì mọi điểm trên khối này sẽ quay quanh điểm đó.

Cụ thể, các thông số của cực Euler mà họ tính toán là:

- **Vĩ độ:**  $59.74 \pm 2.86^\circ$  Bắc
- **Kinh độ:**  $-102.69 \pm 3.93^\circ$  Đông
- **Tốc độ quay:**  $0.34 \pm 0.01^\circ$ /triệu năm

Các giá trị này mô tả một cách toán học chuyển động quay của khối Sundaland so với hệ quy chiếu ITRF97.

## 2. Chuyển động lãnh thổ Việt Nam theo các mô hình động học

Để làm sáng tỏ bức tranh động học hiện đại của Việt Nam, phần này trình bày chi tiết về việc tính toán và so sánh vận tốc chuyển động của lãnh thổ theo các mô hình khác nhau. Dữ liệu GPS đã xử lý trong hệ ITRF2000[6] được sử dụng để tính toán vận tốc tại các điểm đo, và kết quả này được đối chiếu với dự đoán từ mô hình Michel, Simons (các mô hình khu vực) và mô hình Nuvel-1A (mô hình toàn cầu) (Bảng 2). Phân tích định lượng về độ lệch vận tốc và các thành phần vận tốc (Đông, Bắc) được thực hiện để đánh giá mức độ phù hợp của từng mô hình, cũng như xác định các đặc trưng chuyển động riêng của lãnh thổ Việt Nam [3].

Bảng 2: Vận tốc chuyển động tuyệt đối các điểm GPS theo các mô hình động học khu vực.

Điểm đo	Địa điểm	VE Michel	VN Michel	Độ lớn Michel	Phương vị Michel	VE Nuvel-1A	VN Nuvel-1A	Độ lớn Nuvel-1A	Phương vị Nuvel-1A	VE Simons	VN Simons	Độ lớn Simons	Phương vị Simons
CAM1	Cắm Phá	35,73	-10,55	37,25	106,45	34,50	-8,99	35,65	104,61	34,50	-8,99	35,65	104,61
XUY1	Phú Lương	35,92	-10,04	37,29	105,63	34,75	-8,36	35,74	103,53	34,75	-8,36	35,74	103,53
OAN1		35,94	-9,91	37,28	105,42	34,77	-8,20	35,72	103,27	34,77	-8,20	35,72	103,27
DOI1		35,93	-9,87	37,26	105,36	34,74	-8,15	35,68	103,25	34,74	-8,15	35,68	103,25
NTH1	Thanh Ba	35,91	-9,87	37,24	105,36	34,70	-8,14	35,64	103,20	34,70	-8,14	35,64	103,20
NAM1		35,98	-9,63	37,25	104,98	34,78	-7,85	35,66	102,71	34,78	-7,85	35,66	102,71
NGA1		36,12	-9,23	37,28	104,33	34,94	-7,27	35,69	101,76	34,96	-7,35	35,73	101,88
DON1		36,11	-9,16	37,26	104,24	34,87	-7,27	35,62	101,77	34,94	-7,27	35,69	101,76
LEM1		36,08	-9,16	37,22	104,24	34,89	-7,35	35,65	101,90	34,87	-7,27	35,62	101,77
HAM1		36,08	-9,23	37,24	104,34	34,77	-7,22	35,51	101,73	34,89	-7,35	35,65	101,90
TAT1		36,03	-9,12	37,17	104,21	34,81	-7,30	35,57	101,84	34,77	-7,22	35,51	101,73
TAU1		36,04	-9,18	37,20	104,29	34,80	-7,27	35,55	101,79	34,81	-7,30	35,57	101,84
QT01	Điện Biên	36,04	-9,16	37,18	104,26	33,37	-9,36	34,66	105,66	34,80	-7,27	35,55	101,79
QT02	Đò Sơn	35,73	-10,38	37,21	106,21	31,85	-8,91	33,08	105,62	34,46	-8,79	35,57	104,30
QT03	Đà Nẵng	35,05	-10,84	36,69	107,19	34,59	-8,38	35,59	103,62	33,37	-9,36	34,66	105,66
QT04	Vũng Tàu	34,05	-10,48	35,63	107,11	34,46	-8,80	35,56	104,32	31,85	-8,91	33,08	105,62
N000	Hà Nội	35,83	-10,06	37,22	105,68	35,58	-8,17	36,50	102,93	34,59	-8,38	35,59	103,62
NT01		35,73	-10,39	37,21	106,22	34,70	-7,76	35,55	102,61	34,46	-8,80	35,56	104,32



NT02		37,08	-10,02	38,41	105,12	34,69	-7,73	35,54	102,57	35,58	-8,17	36,50	102,93
MON1		35,94	-9,56	37,19	104,89	34,71	-7,69	35,55	102,49	34,70	-7,76	35,55	102,61
NOI1	Cò Nòi	35,94	-9,54	37,19	104,86	34,73	-7,64	35,56	102,40	34,69	-7,73	35,54	102,57
NAD2		35,93	-9,53	37,17	104,86	34,68	-7,66	35,55	102,46	34,66	-7,73	35,51	102,57
LOT1	Hát Lót	35,96	-9,50	37,19	104,80	34,76	-7,67	35,60	102,45	34,71	-7,69	35,55	102,49
QTA2	Sơn La	35,97	-9,46	37,20	104,73	33,99	-8,47	35,03	102,96	34,73	-7,64	35,56	102,40
NAH1		35,94	-9,48	37,17	104,77	34,00	-8,45	35,03	102,96	34,68	-7,66	35,55	102,46
TPU1	Mường lả	35,98	-9,49	37,21	104,77	33,98	-8,44	35,01	102,95	34,76	-7,67	35,60	102,45
RUH1	Cầm Xuyên	35,48	-10,13	36,90	105,93	34,50	-8,99	35,65	104,61	33,99	-8,47	35,03	102,96
XCB1	Cầm Bình	35,49	-10,12	36,90	105,91	34,75	-8,36	35,74	103,53	34,00	-8,45	35,03	102,96
DKG2	Hồ Kê Gỗ	35,48	-10,10	36,89	105,90	34,77	-8,20	35,72	103,27	33,98	-8,44	35,01	102,95
NAH2	Năng Hương	35,49	-10,08	36,90	105,86	34,74	-8,15	35,68	103,25	33,99	-8,41	35,02	102,90

*Bảng 3. Độ lệch giữa các mô hình động học với khung quy chiếu ITRF2000*

Điểm đo	Diff E (Simons)	Diff N (Simons)	V Diff (Simons)	Diff E (Michel)	Diff N (Michel)	V Diff (Michel)	Diff E (Nuvel- 1A)	Diff N (Nuvel- 1A)	V Diff (Nuvel- 1A)
CAM1	-0,12	-2,39	0,56	-1,35	-0,83	-1,04	11,07	-0,87	10,64
XUY1	-0,03	-2,07	0,51	-1,20	-0,41	-1,04	11,24	-0,39	10,66
OAN1	-1,61	-1,49	-1,17	-2,78	0,22	-2,73	9,65	0,38	8,97
DOI1	-1,40	-1,47	-0,98	-2,59	0,25	-2,56	9,83	0,32	9,14
NTH1	-1,44	-1,82	-0,92	-2,65	-0,09	-2,52	9,77	0,08	9,18
NAM1	0,07	-2,15	0,60	-1,07	-0,37	-0,99	11,26	-0,13	10,72
NGA1	6,10	-1,69	6,30	5,94	0,19	4,75	17,38	0,55	16,48
DON1	1,94	-4,15	2,92	0,77	-2,26	1,35	13,2	-1,88	13,09
LEM1	1,70	-3,25	2,43	0,49	-1,36	0,83	12,92	-0,98	12,55
HAM1	0,55	-3,39	1,37	0,36	-1,51	-0,21	11,79	-1,16	11,51
TAT1	0,50	-1,53	0,83	0,24	0,37	-0,83	12,00	0,76	10,88
TAU1	0,81	-3,82	1,74	0,42	-1,93	0,11	12,00	-1,57	11,83
QT01	17,50	-14,68	-7,64	-18,73	-12,79	-9,27	-3,4	-15,75	7,37
QT02	14,54	-17,36	-2,67	-15,81	-15,77	-4,31	-16,48	-16,74	3,03
QT03	27,07	-18,10	-6,45	-28,75	-16,91	-8,48	-15,79	-53,48	39,9
QT04	24,86	-56,04	32,24	-27,06	-54,47	29,69	-2,82	-3,48	-0,82
N000	13,99	-5,27	-10,88	-15,23	-3,59	-12,51	-4,97	-8,90	1,10
NT01	16,11	-10,50	-8,93	-17,38	-8,91	-10,58	8,29	-3,33	8,94
MON1	-2,88	-5,39	-1,12	-4,12	-3,59	-2,76	7,17	-4,03	8,15
NOI1	-4,40	-5,79	-2,37	-5,65	-3,98	-4,02	7,28	-4,28	8,39
NAD2	-3,98	-6,03	-1,88	-5,25	-4,25	-3,54	7,41	-4,21	8,48
LOT1	-3,89	-6,37	-1,67	-5,14	-4,56	-3,21	7,13	-2,96	7,72
QTA2	-3,76	-6,32	-1,59	-5,00	-4,50	-3,23	7,10	-3,65	7,96
NAH1	-4,02	-5,06	-2,36	-5,28	-3,24	-3,98	13,37	-1,78	13,21
TPU1	-4,10	-5,75	-2,13	-5,32	-3,93	-3,74	11,82	-3,19	12,16
RUH1	2,52	-3,79	3,48	1,03	-2,13	1,61			
XCB1	0,97	-4,95	2,42	-0,52	-3,28	0,55	-6,31	-12,41	2,38



DKG2	3,63	-1,50	3,89	2,13	0,16	2,01	6,76	-3,72	7,68
NAH2	2,90	-6,58	4,80	1,40	-4,91	2,92	14,47	0,26	13,61

Chúng tôi đã tiến hành đối sánh kết quả tính vận tốc chuyển động ngang tuyệt đối (ký hiệu là Diff E, N, V), cũng như hai thành phần vận tốc là E (theo kinh độ) và N (theo vĩ độ) tính trong ITRF2000 với kết quả tương ứng tính theo mô hình Nuvel-1A, mô hình Michel và mô hình Simons [7] [8]. Độ lệch vận tốc (V Diff) cũng như độ lệch thành phần vận tốc (Diff E và Diff N) được tích hợp ở (Bảng 3). Trên cơ sở tổng hợp phân tích, có thể rút ra các nhận xét sau: 1. Trong các kết quả xử lý bài báo thì kết quả tính vận tốc chuyển động theo hai chu kỳ đo tại các điểm Việt Nam trong lưới APSG có biến động về độ lệch khá phức tạp và lớn, chứng tỏ kết quả này cần phải xem xét lại và trước mắt không nên sử dụng để đánh giá về chuyển động hiện đại tại Việt Nam. 2. Kết quả của đề tài gần gũi hơn với vận tốc tính được theo mô hình Simons và mô hình Michel, khá khác biệt so với mô hình Nuvel -1A. Điều này là đúng bởi mô hình Nuvel-1A là mô hình toàn cầu và chưa cập nhật các kết quả nghiên cứu bằng các kỹ thuật không gian trong thời gian gần 20 năm trở lại đây [9]. 3. So với cả ba mô hình, thì thành phần vận tốc chuyển động về phía nam đạt độ phù hợp cao hơn. 4. Xét về phương diện phù hợp với ba mô hình nói trên, nhất là hai mô hình khu vực, thì kết quả xử lý các điểm trên đới đứt gãy Sông Hồng đạt tốt nhất, tiếp đến lưới Lai Châu, rồi đến lưới Sơn La, lưới Hà Tĩnh và cuối cùng là các điểm lưới APSG.

### 3. Kết luận

Bài báo nhấn mạnh rằng định lý Euler là cơ sở lý thuyết quan trọng để mô tả chuyển động quay của các mảng kiến tạo. Nghiên cứu đã tiến hành so sánh vận tốc chuyển động của lãnh thổ Việt Nam theo các mô hình động học khu vực (Simons, Michel) và mô hình toàn cầu (Nuvel-1A) với kết quả tính toán trong hệ quy chiếu ITRF2000. Kết quả cho thấy sự khác biệt đáng kể giữa mô hình Nuvel1A và hai mô hình khu vực, trong khi mô hình Simons và Michel có sự tương đồng nhất định với kết quả của nghiên cứu. Điều này nhấn mạnh sự cần thiết của việc sử dụng các mô hình khu vực phù hợp hơn để mô tả chính xác chuyển động địa động lực trong phạm vi lãnh thổ Việt Nam. Những khác biệt về vận tốc và độ lệch ở một số khu vực chỉ ra rằng cần có sự kết hợp giữa mô hình khu vực và các nghiên cứu chi tiết về địa động lực địa phương. Việc nghiên cứu thêm về các yếu tố như đứt gãy hoạt động, biến dạng nội khối và ảnh hưởng của các mảng lân cận là cần thiết để xây dựng một mô hình toàn diện và chính xác hơn về chuyển động của lãnh thổ Việt Nam. Tuy nhiên, cần tiếp tục nghiên cứu và thu thập dữ liệu với độ chính xác cao hơn để làm rõ hơn các đặc điểm chuyển động phức tạp của lãnh thổ, đặc biệt là ở các khu vực có đới đứt gãy hoạt động.

### Tài liệu tham khảo.

[1] Altamimi, Z., Sillard, P., & Boucher, C. (2002). ITRF2000: A new release of the International Terrestrial Reference Frame for earth science applications. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 107(B10), 2214.



- [2] Lacassin, R., Leloup, P.H. & Tapponnier, P. 1993. Bounds on strain in large Tertiary shear zone of SE Asia from boudinage restoration. *Journal of Structural Geology*, 15, 677–692
- [3] Tran Dinh To, Nguyen Trong Yem, Duong Chi cong, Vy Quoc Hai, Zuchiewicz Witold, Nguyen Quoc Cuong, Nguyen Viet Nghia, 2012. “Recent Crustal movements of northern Vietnam from GPS data”. *Journal of Geodynamics*.
- [4] W. J. F. Simons,1 A. Socquet,1,9 C. Vigny,2 B. A. C. Ambrosius,1 S. Haji Abu,3Chaiwat Promthong,4 C. Subarya,5 D. A. Sarsito,6 S. Matheussen,1 P. Morgan,7 and W. Spakman8 A decade of GPS in Southeast Asia: Resolving Sundaland motion and boundaries. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 112, B06420, doi:10.1029/2005JB003868, 2007
- [5] Gero W. Michell1, Matthias Becker2, Detlef Angermann1, Christoph Reigber1, and Ewald Reinhart.2001. Crustal motion in E- and SE-Asia from GPS measurements. *Earth Planets Space*, 52, 713–720, 2000
- [6] Trần Đình Tô, Phạm Văn Hùng (2013) “Xây dựng lưới GNSS thường trực tại Việt Nam dưới góc nhìn địa kiến tạo”. *Tạp chí KHKT- Mô Địa chất* số 41, 01/2013
- [7] Altamimi, Z., D. Angermann, D. Argus, G. Blewitt, C. Boucher, B. Chao, H. Drewes, R. Eanes, M. Feissel, R. Ferland, T. Herring, B. Holt, J. Johannson, K. Larson, C. Ma, J. Manning, C. Meertens, A. Nothnagel, E. Pavlis, G. Petit, J. Ray, John Ries, H.-G. Scherneck, P. Sillard, and M. Watkins, 2001. The terrestrial reference frame and the dynamic Earth, *Eos, Transactions, Am. Geophys. U.*, 82, No. 25, 273-279
- [8] Vy Quốc Hải, Trần Đình Tô, Ngô Văn Liêm Xác định chuyển dịch hiện đại đới đứt gãy sông Hồng theo số liệu lưới GPS Tam Đảo – Ba Vì (1994-2007).
- [9] Vy Quốc Hải, Trần Quốc Cường, Nguyễn Việt Thuận (2016): Về chuyển dịch đới đứt gãy sông Hồng từ số liệu GNSS. *Tạp chí Khoa học về Trái đất*. Số 1 (T38), tr 14-21

