

## Kết quả đo GPS thời kỳ 2012-2013 và biến dạng kiến tạo hiện đại khu vực Tây nguyên và lân cận

Phan Trọng Trinh\*, Ngô Văn Liêm, Nguyễn Văn Hương, Trần Văn Phong, Bùi Văn Thơm, Nguyễn Việt Thuận, Nguyễn Đăng Túc, Hoàng Quang Vinh, Nguyễn Quang Xuyên, Nguyễn Huy Thịnh, Bùi Thị Thảo, Trần Quốc Hùng

*Viện Địa chất, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 18 Hoàng Quốc Việt, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 13 tháng 1 năm 2015

Chỉnh sửa ngày 30 tháng 1 năm 2015; Chấp nhận đăng ngày 28 tháng 8 năm 2015

**Tóm tắt:** Đánh giá vận tốc chuyển động kiến tạo hiện đại và tốc độ biến dạng kiến tạo hiện đại có ý nghĩa thực tiễn quan trọng trong việc đánh giá tai biến địa chất khu vực Tây nguyên. Trên cơ sở đo 2 chu kỳ GPS vào các năm 2012-2013, sử dụng phần mềm BERNESE 5.0, chúng tôi đã xác lập được vận tốc chuyển động kiến tạo hiện đại tại 12 điểm đo với tốc độ chuyển dịch kiến tạo hiện đại về phía đông giao động từ 22 -25 mm/năm và chuyển dịch về phía nam với tốc độ giao động từ 5-8 mm/năm trên hệ tọa độ toàn cầu ITRF08. Một số nơi, hần hữu có tốc độ chuyển dịch về phía đông đạt tới 28 mm/năm hoặc chuyển dịch về phía nam chỉ 1 mm/năm. Sai số tốc độ chuyển dịch kiến tạo về phía đông giao động trong khoảng 1.2 mm/năm và về phía nam giao động trong khoảng 0.9 mm/năm. Liên kết với giá trị đo GPS từ mạng lưới Châu Á -Thái bình Dương và từ các đề tài khác, chúng tôi đã xác định được giá trị tốc độ biến dạng giao động từ 50 nano tới 100 nano biến dạng với sai số giao động trong khoảng 50 nano biến dạng. Trục biến dạng nén cực đại giao động theo phương bắc nam. Các hoạt động địa chấn hầu như yếu ớt, chỉ có phần ven rìa phía bắc Tây Nguyên có khả năng phát sinh động đất kích thích. Vùng hồ chứa bùn đỏ Tân Rai và Nhân Cơ về cơ bản nằm trong khu vực bình ổn về kiến tạo, không thấy dấu vết của chuyển động phân dị trong giai đoạn Đệ Tứ. Đới đứt gãy Sông Ba có biểu hiện hoạt động trong giai đoạn Đệ Tứ nhưng kích thước đứt gãy hạn chế.

**Từ khóa:** GPS, Vận tốc tuyệt đối, kiến tạo hiện đại, vận tốc biến dạng, trục biến dạng nén cực đại, trục biến dạng giãn cực đại.

### 1. Mở đầu

Trên khu vực Tây Nguyên do yêu cầu phát triển kinh tế, hàng loạt các đập thủy điện và hồ chứa đã được xây dựng như đập Đa Nhim, Đắc Mi, Đồng Nai (2, 3, 4, 5, 6, 6A); hệ thống hồ, đập thủy điện dọc sông Ba như Ayun Hạ, Ba Hạ; hệ thống dọc sông Sê San như Se San (2, 3,

3A, 4), Thượng Kon Tum, Yaly, Plei Kong, Đại Ninh, Đak Glun 2, Thác Mơ, Thác Mơ mở rộng. Ngoài ra, việc xây dựng hai hồ chứa bùn đỏ ở Tân Rai (Lâm Đồng), Nhân Cơ (Đắc Nông) và những hồ khác đã và đang được dự tính xây dựng ở Tây Nguyên.

Điểm đáng chú ý là các hồ, đập thủy điện thường được triển khai xếp theo kiểu bậc thang nối tiếp nhau có thể gây ra “hiệu ứng domino” không chỉ về xả lũ và tạo lũ mà còn tiềm ẩn

\* Tác giả liên hệ. ĐT: 84-904350034.  
Email: phantrongt@yahoo.com

nguy cơ phá hủy hồ chứa, gây ra thảm họa môi trường do hoạt động chuyển dịch của vỏ trái đất. Vì vậy nghiên cứu kiến tạo trẻ và địa động lực hiện đại trên vùng Tây Nguyên nói chung và nghiên cứu chi tiết tại những vùng hồ chứa chịu ảnh hưởng lớn của chuyển động kiến tạo trẻ và địa động lực hiện đại nói riêng trở nên cấp thiết để có cơ sở khoa học trong việc dự báo tai biến, đánh giá độ an toàn của các đập và hồ chứa, nhằm đề xuất những biện pháp phòng tránh, giảm thiểu thiệt hại do quá trình địa động lực hiện đại gây ra.

Bài báo này trình bày những kết quả mới nhất về xác định tốc độ chuyển dịch kiến tạo hiện đại trên khu vực Tây nguyên trên cơ sở các số đo GPS trên 12 trạm trong 2 chu kỳ 2012-2013. Tốc độ chuyển dịch tuyệt đối được tính toán trên mạng lưới toàn cầu ITRF08. Trên cơ sở các số liệu về tốc độ chuyển dịch trên khu vực Tây nguyên, kết hợp với giá trị tốc độ chuyển động hiện đại đo từ mạng lưới Châu Á – Thái Bình dương [1,2] và từ nhiều đề tài dự án như từ đề tài KC09.11/06-10 và đề tài đánh giá gradient kiến tạo phục vụ xây dựng nhà máy điện hạt nhân Ninh thuận mã số 03/2012 do Phan Trọng Trịnh là chủ nhiệm [3-5, 6, 7] hoặc từ đề tài do Nguyễn Hồng Phương là chủ nhiệm [8], chúng tôi đã xác định tốc độ biến dạng kiến tạo hiện đại cho toàn khu vực Tây nguyên và lân cận. Những kết quả được trình bày ở đây sẽ góp phần làm sáng tỏ đặc điểm địa động lực hiện đại khu vực Tây Nguyên và ảnh hưởng của chúng tới đập và hồ chứa; từ đó đặt cơ sở cho việc đề xuất các giải pháp phòng tránh giảm thiểu thiệt hại trong việc bảo vệ, quy hoạch phát triển đập và hồ chứa khu vực Tây Nguyên.

## **2. Bối cảnh kiến tạo Pliocen-Đệ tứ khu vực Tây Nguyên và lân cận**

Đọc theo rìa lục địa Việt Nam, những sự thay đổi lớn về kiến tạo và trầm tích đã xảy ra

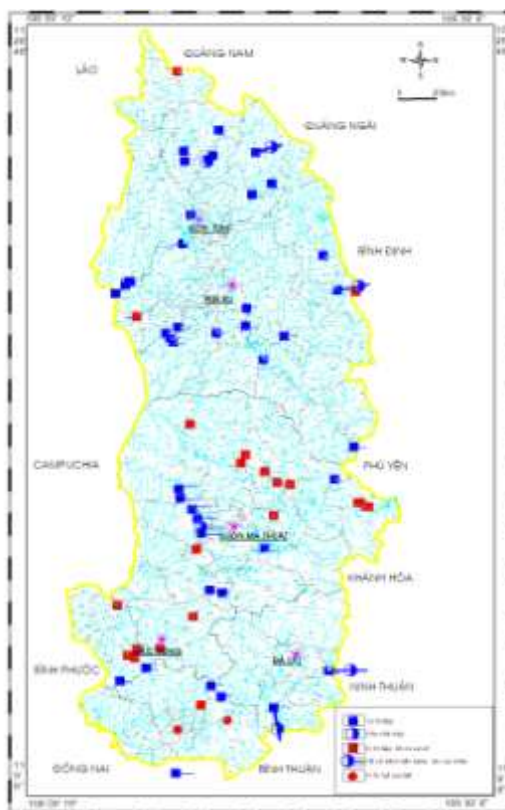
từ khoảng ranh giới Paleogen–Neogen. Trong suốt Neogen sớm, sự phá vỡ lục địa ở phần phía nam của Biển Đông lan truyền về phía tây nam và đã kích thích quá trình tách giãn đáy biển trong khu vực giữa Việt Nam và Borneo ngày nay [3, 4, 9]. Một sự thay đổi cấu trúc quan trọng trong Miocen sớm, đi kèm là biển tiến rộng khắp xảy ra trong các bể ngoài khơi ở miền Nam và miền Trung Việt Nam. Ở phía bắc Bể Phú Khánh, sự phát triển rộng khắp của carbonate bắt đầu do sự lún chìm tái xảy ra sau khi sự tạm ngừng của vận động trượt trái của đứt gãy ranh giới Đông Việt Nam chỉ ra rằng biển tiến Miocen sớm cũng đã ảnh hưởng đến khu vực này. Hoạt động núi lửa Neogen sớm trong bể Phú Khánh thể hiện bởi núi lửa bazan kiềm Miocen sớm-giữa gặp trong lỗ khoan phía bắc của bể [3, 4, 9]. Hoạt động núi lửa rộng khắp trên khu vực Tây Nguyên và miền Trung Đông Dương có tuổi sau Neogen sớm, mặc dù, chỉ có một số lượng nhỏ bazan ở miền Trung Việt Nam có tuổi Miocen sớm và giữa cho thấy sự khởi đầu sớm hơn của hoạt động núi lửa [10-14].

Từ Pliocene đến nay, các khu vực rộng lớn ở Tây Nguyên nói riêng, đông nam Đông Dương nói chung được phủ bởi các cao nguyên bazan lớn chủ yếu có tuổi Neogen muộn, nó được xem với các điểm dâng lên của vòm manti, quá trình làm mỏng vỏ mang tính khu vực bên dưới khu vực tương ứng của Đông Dương. Khác với quan điểm cho rằng hoạt động đứt gãy căng giãn đi kèm hoạt động núi lửa và tiêm nhập của bazan dọc theo các mặt đứt gãy thuận và các đứt gãy trượt bằng, chúng tôi không tìm thấy chứng cứ của hoạt động trượt bằng đi kèm với đứt gãy thuận xảy ra trong Pliocene. Sự tồn tại của bề mặt san bằng [15, 16] sau đó phủ lên bazan tuổi Miocene - Đệ Tứ cho thấy có một giai đoạn hết sức bình ổn về mặt kiến tạo ở Tây Nguyên xảy ra vào cuối Pliocene.

Sự tồn tại của các đứt gãy cổ làm cho hai bên cánh của đứt gãy đất đá bị đập vỡ, cà nát cao vì vậy mà nhiều tuyến đập bị rò rỉ mạnh thậm chí tạo thành những dòng chảy lớn: như đập thủy điện Se San 3 có thể do ảnh hưởng của đới đứt gãy Pô Kô, thủy điện Đại Ninh và Đa Nhim do ảnh hưởng của đứt gãy đường 20, (Đức Trọng-Đà Lạt) và đứt gãy Nha Trang-Tánh Linh. Một loạt các hồ ở các huyện Krông An Na, Krông Nô do ảnh hưởng của đứt gãy phương á vĩ tuyến và đập Serepok 4 do ảnh hưởng của đứt gãy Tuy Hòa - Cù Chi...

Nhìn chung hoạt động kiến tạo trong giai đoạn Đệ tứ tập trung ở một số đứt gãy như đứt gãy Sông Hồng, Điện Biên- Lai châu, Sông Cả [17, 18]. Ở Khu vực Tây nguyên, hoạt động kiến tạo trẻ thể hiện rõ nét nhất là dọc đới đứt gãy Sông Ba. Rất nhiều bằng chứng cho thấy hoạt động của đứt gãy xảy ra trong thời gian Đệ

tứ. Tuy nhiên chúng tôi không đi vào chi tiết trong bài báo này. Một số đập hồ chứa dọc lưu vực sông này và vùng lân cận có thể bị ảnh hưởng của hoạt động kiến tạo trẻ và địa động lực hiện đại. Tại các vùng xây dựng hồ chứa bùn đỏ ở Nhân Cơ và Tân Rai, chúng tôi không quan sát thấy dấu hiệu của chuyển động kiến tạo trẻ. Hoạt động kiến tạo hiện đại trên toàn châu Á hoặc khối Sunda đã được công bố trong các công trình trước đây [1, 2, 9, 16, 19, 20, 21, 22, 23-27], hay ở Việt Nam [4, 5, 28-31]. Tuy nhiên ở khu vực Tây nguyên hoàn toàn vắng mặt các số đo GPS, vì vậy trong đề tài này chúng tôi phải tạo lập các số đo nguyên thủy, từ đó cho phép xác định được tốc độ chuyển dịch kiến tạo hiện đại trong mạng lưới định vị toàn cầu mới nhất ITRF08, cũng như xác định tốc độ biến dạng hiện đại cho toàn khu vực và lân cận.



Hình 1. Phân bố một số hồ đập thủy điện, thủy lợi chính ở Tây Nguyên.

### 3. Dữ liệu và Phương pháp nghiên cứu

#### 3.1 Số liệu

Trong khu vực Tây Nguyên, trong các đề tài và dự án trước đây vắng mặt hoàn toàn các dữ liệu đo GPS vì vậy chúng tôi phải tiến hành đo mới toàn bộ số liệu tại 12 trạm đo. Các trạm đo đều được đặt trên đá gốc. Phần lớn các trạm đều được xây dựng theo qui chuẩn của trạm đo địa động lực với việc xây cố định cột mốc, bắt vít ăngten, việc này làm giảm sai số định tâm của ăng ten. Tại một số trạm, để đảm bảo an toàn cho các cột mốc nên chúng tôi giấu điểm mốc sau mỗi lần đo và sử dụng chân máy đo khi đo số liệu. Để giảm thiểu sai số định tâm, cứ sau mỗi ca đo chúng tôi lại định tâm lại để giảm thiểu sai số hệ thống gây ra do việc định tâm. Mỗi ca đo được thực hiện trong 23h45 phút. Các số liệu được ghi tự động trong mỗi khoảng thời gian 30 giây. Tại mỗi điểm đo, chúng tôi đã thực hiện tối thiểu 4 ca đo. Tại một số vị trí quan trọng, mỗi kỳ đo có thể thực hiện 8 -10 ca đo. Ngoài ra, chúng tôi phải sử dụng các số đo từ các trạm đo quốc tế IGS để xác lập vị trí của các điểm đo trên mạng lưới toàn cầu ITRF08. Để xác định tốc độ biến dạng của khu vực Tây nguyên, chúng tôi đã sử dụng các giá trị về tốc độ chuyển động kiến tạo xác định được ở khu vực Tây nguyên, kết hợp với các giá trị về tốc độ chuyển dịch từ dự án Châu Á – Thái Bình dương và đề tài KC09.11/06-10, đề tài nghiên cứu xác định gradient kiến tạo phục vụ xây dựng nhà máy điện Hạt nhân Ninh thuận do chính tác giả làm chủ nhiệm.

Để thực hiện các nội dung trên, chúng tôi đã áp dụng các phương pháp chính sau:

#### 3.1. Phương pháp phân tích hệ thống định vị toàn cầu GPS

Trong nghiên cứu này chúng tôi sử dụng các phương pháp như: Phương pháp quan trắc, thu thập số liệu; Phương pháp kiểm tra chất

lượng số liệu; Phương pháp xử lý số liệu; Phương pháp phân tích, so sánh, tổng hợp được áp dụng đồng thời các phương pháp hoặc riêng rẽ từng phương pháp nhằm lựa chọn phương án tiến hành các nội dung đề tài;

Với sự phát triển công nghệ sử lý GPS có độ chính xác cao, để xác định chuyển động kiến tạo hiện đại với vận tốc cỡ một vài mm/ năm, bên cạnh việc kéo giãn khoảng thời gian giữa hai chu kỳ đo, sử dụng phần mềm tiên tiến, người ta còn phải nghiên cứu và áp dụng hàng loạt các biện pháp kỹ thuật nâng cao độ chính xác khi thiết lập lưới, thu thập cũng như xử lý số, điển hình như: - áp dụng các giải pháp kỹ thuật thi công mốc, loại trừ tối đa các dịch chuyển do các yếu tố ngoại sinh, không có nguồn gốc kiến tạo, mốc ở vị trí thông thoáng thuận lợi thu tín hiệu vệ tinh; Lựa chọn phương pháp đo tĩnh (thu thập số liệu) với ca đo đủ dài, tần suất thu tín hiệu 30 giây. Tùy đồ hình lưới, lựa chọn và tiến hành số lượng ca đo đủ lớn, nhiều trị đo dư tạo điều kiện kiểm tra sai sót; Chúng tôi đã tiến hành đo liên tục 5 ngày đêm tại mỗi điểm đo, lựa chọn phương án xử lý hậu kỳ (postprocessing) cho số liệu đã được kiểm tra và đánh giá chất lượng, bằng các phần mềm khác nhau. Phần mềm được chúng tôi sử dụng ở đây là BERNESE 5.0. Đây là phần mềm chuẩn quốc tế được sử dụng trong các tính toán tốc độ chuyển dịch GPS và công bố quốc tế.

#### 3.2. Phương pháp tính biến dạng

Để tính biến dạng, chúng tôi đã sử dụng phần mềm QOCA (Quasi-Observation Combination Analysis), là gói phần mềm cho phép kết hợp các lời giải vận tốc chuyển dịch khác nhau nhằm thu được thông tin về biến dạng của vỏ trái đất. Cơ sở lý thuyết của phần mềm được hoàn thiện và công bố năm 1998 [32]. QOCA chấp nhận nhiều định dạng kết quả tính khác nhau từ các phần mềm xử lý số liệu GPS như: GIPSY, GAMIT, FONDA, GLOBK, BERNESE. Trong quá trình phát triển, QOCA

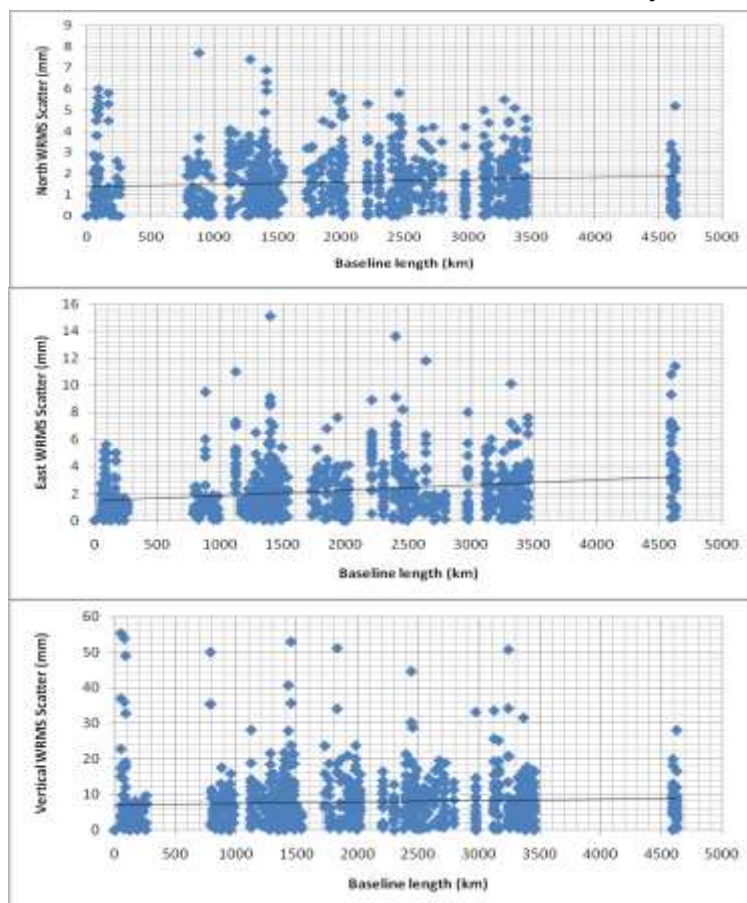
đã trải qua nhiều phiên bản khác nhau chạy trên hệ điều hành họ UNIX. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng phiên bản 1.34 với chương trình tính biến dạng được gọi là *ANALYZE\_STRAIN* thay thế cho chương trình tính biến dạng *CAL\_STR* được phát triển trong các phiên bản trước phiên bản 1.27. Người sử dụng cần phải định dạng các đa giác cần tính biến dạng từ lưới quan trắc với các lựa chọn tính hoặc trong các tam giác Delauney hoặc tính biến dạng trung bình trong một tập hợp điểm quan trắc hoặc tính biến dạng trung bình trong các đa giác nhất định. Nghiên cứu áp dụng cách tính biến dạng trung bình trong các đa giác đã định sẵn [33, 34]. Từ trường vận tốc chuyển dịch, chương trình tính biến dạng này cho phép tính các tham số biến dạng, với kết quả đầu ra

bao gồm: vận tốc biến dạng chính lớn nhất và nhỏ nhất, vận tốc xoay, góc lệch giữa phương của trục biến dạng chính nhỏ nhất và phương bắc, vận tốc biến dạng trương nở và vận tốc biến dạng trượt cực đại...

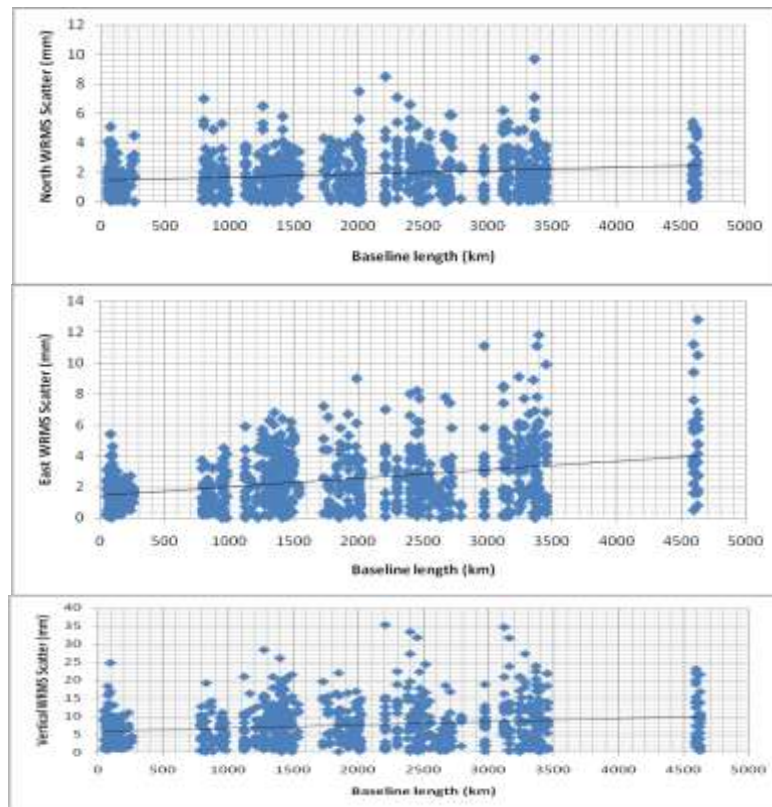
#### 4. Kết quả

##### 4.1. Chuyển động kiến tạo hiện đại

Từ kết quả của 2 đợt đo GPS của mạng lưới gồm 12 điểm đo thuộc lưới Tây Nguyên, chúng tôi đã tính được tọa độ chính xác của các điểm đo trong mạng lưới theo từng chu kỳ đo năm 2012 và 2013 với sai số trung phương của từng thành phần theo chiều dài cạnh như biểu đồ hình 1 và 2 dưới đây:



Hình 1. Biểu đồ sai số trung phương các thành phần theo chiều dài cạnh của tất cả các ngày đo (chu kỳ 2012).



Hình 2. Biểu đồ sai số trung phương các thành phần theo chiều dài cạnh của tất cả các ngày đo (chu kỳ 2013).

Kết quả xác định vận tốc chuyển động kiến tạo hiện đại được trình bày trong bảng 1. Các giá trị trên là vận động tuyệt đối tính trong lưới chiếu toàn cầu ITRF08. Cột thứ nhất thể hiện tên trạm đo, cột thứ 2 và cột thứ 3 thể hiện tọa độ điểm đo. Cột thứ 4  $V_e$  thể hiện tốc độ chuyển dịch tuyệt đối trong mạng lưới ITRF08 theo phương vĩ tuyến vĩ tuyến, ở đây giá trị + thể hiện chuyển dịch về phía đông, giá trị - thể hiện chuyển dịch về phía tây. Đơn vị là mm/năm. Cột thứ 5  $V_n$  thể hiện tốc độ chuyển dịch theo phương kinh tuyến trong cùng hệ lưới, giá trị - thể hiện chuyển dịch về phía nam, giá trị + thể hiện chuyển dịch về phía bắc. Sơ đồ phân bố các vectơ chuyển dịch trên lưới toàn cầu ITRF08 thể hiện trên hình 3 với các mũi tên màu xanh. Các mũi tên màu vàng là các giá trị được sử dụng từ các đề tài khác để xác định vận

tốc biến dạng cho khu vực Tây nguyên và lân cận.

#### 4.2. Tốc độ biến dạng kiến tạo hiện đại

Từ các kết quả trên, bước đầu chúng tôi đã sơ bộ tính được tốc độ chuyển dịch tuyệt đối của các điểm thuộc khu vực Tây Nguyên và vùng lân cận như được thể hiện trên bảng 1, hình 3.

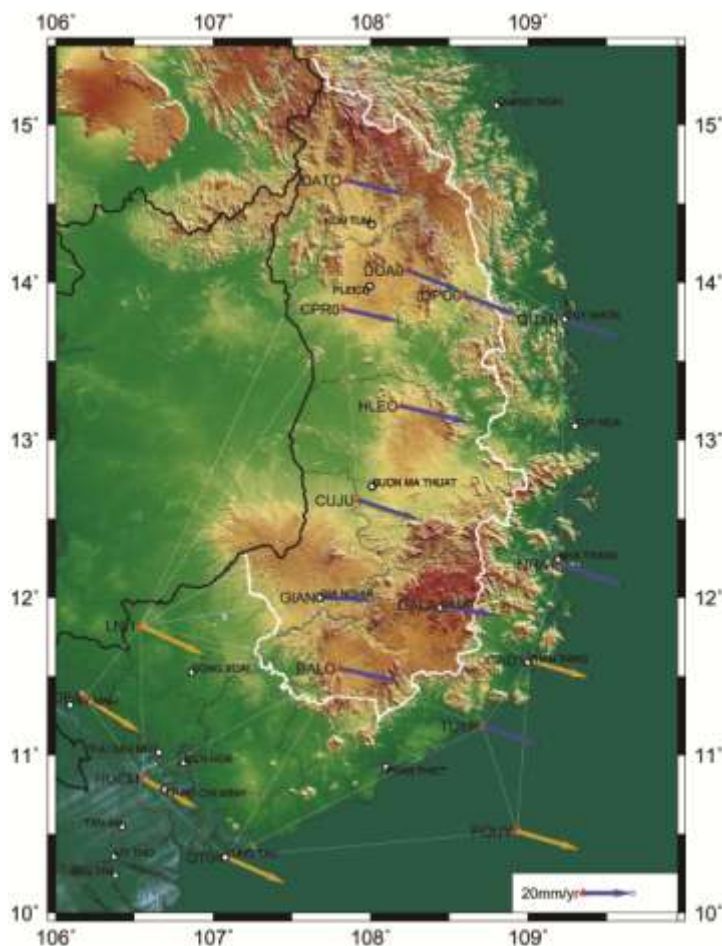
Ngoài 12 điểm đo thuộc lưới Tây Nguyên, chúng tôi tham khảo thêm kết quả của 11 điểm GPS ở vùng lân cận [1, 11, 13, 22, 28, 29, 35, 36] và đã tiến hành phân chia khu vực nghiên cứu thành 35 tam giác để tính toán biến dạng (Hình 4). Để nâng cao tính chính xác, các tam giác được lựa chọn sao cho có diện tích và khoảng cách các cạnh đồng đều nhất (có thể).



Bảng 1. Kết quả chuyển dịch tuyệt đối lưới GPS Tây Nguyên chu kỳ 2012-2013

Tên trạm đo	Kinh độ	Vĩ độ	$V_e$	$V_n$	$S_e$	$S_n$
BALO	107.80	11.55	23.6	-5.2	1.5	1.2
CADI	109.01	11.60	23.9	-7.1	0.9	0.9
CPR0	107.82	13.83	22.4	-5.0	1.2	0.9
CUJU	107.92	12.61	25.2	-8.2	1.2	0.9
DALA	108.44	11.95	23.2	-4.4	1.2	0.9
DATO	107.84	14.64	23.5	-5.6	1.2	0.9
DOAO	108.23	14.07	22.6	-8.9	1.2	0.9
DPO0	108.60	13.91	21.5	-8.2	1.2	0.9
GIAN	107.67	12.00	21.7	-1.1	1.2	1.2
HLEO	108.20	13.21	27.9	-6.8	1.2	0.9
NHAT	109.21	12.20	24.7	-8.4	1.2	0.9
QUYN	109.22	13.76	23.0	-7.5	1.2	0.9

(Trong đó:  $V_e$  - Vận tốc theo hướng đông;  $V_n$  - Vận tốc theo hướng bắc và  $S_e$ ,  $S_n$  là sai số tương ứng; đơn vị tính mm/năm)

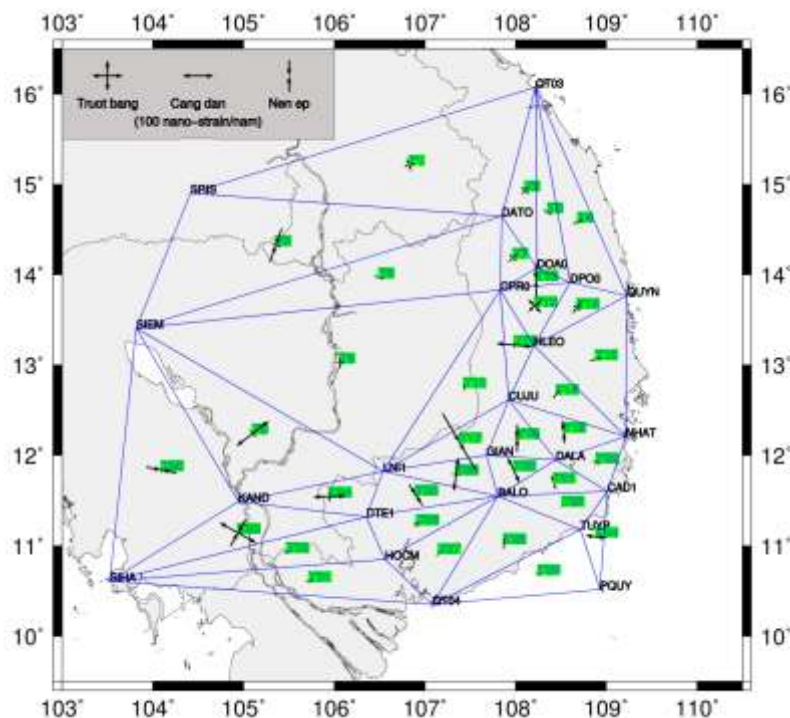


Hình 3. Vectơ chuyển dịch kiến tạo hiện đại khu vực Tây nguyên từ số đo GPS 2012-2013. (Toàn khu vực chuyển dịch về phía đông với tốc độ trung bình 23-24 mm/năm).

Các tam giác được chọn chủ yếu nằm trên phần đất liền, chỉ có 2 tam giác T 24 và T 29 được nối với điểm PQUY (Đảo Phú Quý) nằm ở khu vực trên Biển Đông. Các tam giác được phân bố chủ yếu tại khu vực Tây Nguyên của Việt Nam, trừ các tam giác T 1, T5, T6, T9, T31-T35 sử dụng các điểm bên ngoài tại Thái Lan (SIHA, SIEM, KAND) và Myanmar (SRIS) nên các tam giác này được tính vận tốc biến dạng như phần phụ cận của khu vực nghiên cứu. Kết quả các giá trị vận tốc biến dạng chính của 35 tam giác này được tính toán thể hiện ở trọng tâm của mỗi tam giác (Hình 4).

Khu vực nghiên cứu với quy mô lưới tính biến dạng lớn nhưng chỉ có 23 điểm đo GPS chất lượng tốt. Để thu được một trường biến dạng mang tính liên tục, cần phải có một trường vận tốc chuyển dịch với các điểm GPS phân bố tương đối đều trong lưới. Nhằm mô tả trường vận tốc biến dạng liên tục, từ vận tốc các trục của biến dạng chính, chúng tôi đã tiến hành

tính nội suy vận tốc biến dạng chính theo lưới  $0,4 \times 0,4^\circ$  cho toàn vùng trên cơ sở giá trị các trục vận tốc biến dạng chính tại 35 tam giác (Hình 4). Việc nội suy được tiến hành bằng phương pháp Kriging cho từng thành phần vận tốc, sử dụng phần mềm Surfer 10.0 thực hiện bằng phương thức nội suy trên thu được kết quả gồm một mạng lưới  $12 \times 12$  điểm chứa giá trị vận tốc biến dạng chính một cách liên tục và đồng đều trên toàn bộ khu vực nghiên cứu (Hình 5). Ý nghĩa của quá trình nội suy ở chỗ làm cho khoảng cách tính giữa các điểm đo chuyển dịch đồng bằng nhau, khi đó làm giảm sai số gây ra do tính bất đối xứng của tam giác và các khoảng cách khác nhau. Lưới đo với kích thước xấp xỉ  $0,4 \times 0,4^\circ$  sẽ giảm khoảng cách trung bình giữa các điểm đo ở Tây nguyên đi khoảng 2 lần vẫn giữ nguyên được sai số nhưng tăng dày được các giá trị tính toán ở những khu vực lân cận.



Hình 4. Vận tốc các trục biến dạng chính khu vực Tây Nguyên và vùng lân cận.





CAD1 chúng ta lại nhận thấy trục tách giãn gần với phương bắc nam (hình 4). Để loại trừ sự sai lệch của giá trị tốc độ biến dạng liên quan tới kích thước và tính bất cân xứng của các tam giác, chúng tôi đã nội suy các giá trị tốc độ, rồi từ đó tính tốc độ biến dạng trên cơ sở mạng lưới vuông, cân đối. Kết quả tính toán được thể hiện trên hình 5. Khi đó phân bố của các trục biến dạng đã được cải thiện nhiều so với kết quả trình bày trên sơ đồ 4. Mặc dầu vậy tại vùng bao bởi các trạm GIAN, DALA, BALO, CAD1 vẫn thấy tồn tại các trục biến dạng tách giãn cực đại có phương gần với phương bắc nam. Rõ ràng giá trị chuyển dịch kiến tạo cũng như tốc độ biến dạng tại khu vực này cần được làm sáng tỏ trong các kỳ đo GPS tiếp theo. Mặc dầu vậy chúng tôi nhận thấy biến dạng kiến tạo hiện đại trong khu vực Tây nguyên là yếu với giá trị tốc độ biến dạng cực đại nhỏ hơn 100 nano biến dạng.

## 6. Kết luận

Với chu kỳ đo GPS trong khoảng thời gian 2012- 2013, chúng tôi nhận thấy chuyển động kiến tạo hiện đại thể toàn khu vực Tây nguyên có tốc độ chuyển dịch trung bình về phía đông khoảng 23 mm/năm và về phía nam khoảng 6 mm/năm với sai số theo phương vĩ tuyến và kinh tuyến tương ứng là 1.2 mm/năm và 0.9 mm/năm. Tốc độ biến dạng nhỏ hơn 100 nano biến dạng với sai số 50 nano biến dạng. Do khoảng thời gian đo ngắn (<2 năm), nên sai số tính toán còn cao, nhưng có thể thấy rằng vùng Tây Nguyên là vùng ổn định kiến tạo.

## 7. Lời cảm ơn

Bài viết này là kết quả của đề tài độc lập cấp nhà nước “ đánh giá gradient chuyển dịch

kiến tạo trong Pleistocen muộn và hiện đại khu vực dự kiến xây dựng nhà máy điện hạt nhân Ninh thuận”, mã số 03/2012 và đề tài trọng điểm cấp nhà nước:”Nghiên cứu địa động lực hiện đại khu vực Tây nguyên phục vụ dự báo các dạng tai biến địa chất ở các vùng đập, hồ chứa và đề xuất các giải pháp phòng tránh.” Mã số TN3/06. Tập thể tác giả cảm ơn sự tài trợ kinh phí của quỹ phát triển Khoa học và Công nghệ và Bộ Khoa học và Công nghệ.

## Tài liệu tham khảo

- [1] Dawson, J., G. Luton, R. Govind (2004), Permanent Committee for GIS Infrastructure for Asia and the Pacific, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002 GPS Campaign Analysis. Geosciences Australia. 566p.
- [2] Hu G. & J. Dawson (2010), The Asia Pacific Regional Geodetic project (APRGP) GPS solution (1997-2008), XXIV FIG, (www.icsm.gov.au/icsm/FIG/CongressPaper4113.pdf.)
- [3] Phan Trọng Trịnh & nnk., 2010a. Nghiên cứu hoạt động kiến tạo trẻ , kiến tạo hiện đại và địa động lực Biển Đông làm cơ sở khoa học cho việc dự báo các dạng tai biến liên quan và đề xuất các giải pháp phòng tránh . Báo cáo tổng hợp kết quả khoa học công nghệ đề tài mã số: KC.09.11/06-10. Lưu trữ Viện Địa chất (446 trang).
- [4] Phan Trọng Trịnh & nnk., 2010b. Nghiên cứu mối quan hệ giữa nguy cơ dầu tràn và các biến cố địa chất tự nhiên trên vùng biển Việt Nam . Báo cáo tổng hợp kết quả khoa học công nghệ đề tài mã số: KC.09.11BS/06-10. Lưu trữ Viện Địa chất (401 trang).
- [5] Phan Trọng Trịnh, 2012. Kiến tạo trẻ và địa động lực hiện đại vùng biển Việt Nam và kế cận, Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, 332 trang.
- [6] Phan Trọng Trịnh, 2013. Tràn dầu tự nhiên và mối liên quan với kiến tạo vùng biển Việt Nam và kế cận. Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, 308 trang.
- [7] Phan Trọng Trịnh & nnk, 2013. Đánh giá gradient chuyển dịch kiến tạo trong Pleistocen muộn và hiện đại khu vực dự kiến xây dựng nhà máy điện hạt nhân Ninh Thuận . Báo cáo đề tài Điện hạt nhân Ninh Thuận, mã số NT-2012. Lưu trữ Viện địa chất.

- [8] Nguyễn Hồng Phương & nnk, 2014. Nghiên cứu đánh giá độ nguy hiểm động đất và sóng thần tại khu vực ninh thuận và lân cận phục vụ công tác thăm định địa điểm xây dựng nhà máy điện hạt nhân. Báo cáo đề tài điện hạt nhân Ninh Thuận, mã số: 02-2012/HĐ-ĐTĐL. Lưu trữ Viện vật lý địa cầu.
- [9] Rangin, C., Le Pichon, X., Mazzotti, S., Pubellier, M., Chamot-Rooke, N., Aurelio, M., Walpersdorf, A., Quebral, R., 1999. Plate convergence measured by GPS across the Sundaland/Philippine Sea plate deformed boundary: the Philippines and eastern Indonesia. *Geophys. J. Inter.*, 139, 296–316.
- [10] Hoang N., Flower M.F.J., Carlson R.W., 1996. Major, trace element, and isotopic compositions of Vietnamese basalts: interaction of hydrous EM1-rich asthenosphere with thinned Eurasian lithosphere. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 60/22: 4329-4351.
- [11] Hoang N., Flower M.F.J., 1998. Petrogenesis of Cenozoic basalts from Vietnam: implications for origins of a 'diffuse igneous province'. *J. Petrol.*, 39/3: 369-395.
- [12] Nguyễn Kinh Quốc, Lê Ngọc Thước, 1979. Phun trào bazan Kainozoi muộn Nam Trung Bộ. Địa chất và khoáng sản, 1: 137-158. Liên đoàn Bản đồ địa chất, Hà Nội.
- [13] Nguyễn Xuân Hãn, Nguyễn Trọng Yêm, Nguyễn Hoàng, Cung Thượng Chí, Phạm Tích Xuân., 1991. Hoạt động núi lửa Kainozoi muộn Nam Trung Bộ. Địa chất, 202-203: 33-41, Hà Nội.
- [14] Phạm Tích Xuân, Nguyễn Hoàng, Lee Hyun Koo, 2003. Đặc điểm thành phần nguyên tố vết và đồng vị trong bazan Kainozoi muộn tại Việt Nam và ý nghĩa kiến tạo của chúng. *TC Các Khoa học về Trái đất*, 25/4: 449-510. Hà Nội.
- [15] Calais, E., M. Vergnolle, V. San'kov, A. Lukhnev, A. Miroshnitchenko, S. Amarjargal, and J. Deverchere (2003), GPS measurements of crustal deformation in the baikal-Mongolia area (1994–2002): Implications for current kinematics of asia, *J. Geophys. Res.*, 108(B10), 2501, doi:10.1029/2002JB002373.
- [16] Gan, W., P. Zhang, Z. K. Shen, ZH. Niu, M. Wang, Y. Wan, D. Zhou, J. Cheng (2007), Present-day crustal motion within the Tibetan Plateau inferred from GPS measurements, *J. Geophys. Res.* 112, B08416, doi: 10.1029/2005JB004120.
- [17] Phan Trong Trinh, Ngo Van Liem, Nguyen Van Huong, Hoang Quang Vinh, Bui Van Thom, Bui Thi Thao, Mai Thanh Tan, Nguyen Hoang, 2012. Late Quaternary tectonics and seismotectonics along the Red River fault zone, North Vietnam. *Earth-Science Reviews* 114, 224–235.
- [18] Phan Trong Trinh, Hoang Quang Vinh, Nguyen Van Huong, Ngo Van Liem, 2013. Active fault segmentation and seismic hazard in Hoa-Binh reservoir, Vietnam, *Cent. Eur. J. Geosci.* 5(2), P. 223-235.
- [19] Galgana, Gerald; Hamburger, Michael; McCaffrey, Robert; Corpuz, Ernesto; Chen, Qizhi, 2007. Analysis of crustal deformation in Luzon, Philippines using geodetic observations and earthquake focal mechanisms. *Tectonophysics*, Volume 432, Issue 1-4, p.63-87.
- [20] Iwakuni, M., T. Kato, H. Takiguchi, T. Nakaegawa, and M. Satomura (2004), Crustal deformation in Thailand and tectonics of Indochina peninsula as seen from GPS observations, *Geophys. Res. Lett.*, 31, L11612, doi:10.1029/2004GL020347.
- [21] Michel; Yue Qui Yu, Sheng Yuan Zhu, Christoph Reigber, Matthias Becker, Ewald Reinhart, Wim Simons, Boudewijn Ambrosius, Christophe Vigny, Nicolas Chamot-Rooke, Xavier Le Pichon, Peter Morgan, Saskia Matheussen, 2001, Crustal motion and block behaviour in SE-Asia from GPS measurements. *EPSL* 187 (2001) 239-244.
- [22] Niu Z., M. Wang, et al. (2005), Contemporary velocity field of crustal movement of Chinese mainland from Global Positioning System measurements. *Chinese Science Bulletin*. 50, 1-3.
- [23] Shen Z.K., J. Lu, M. Wang, & R. Burgmann (2005), Contemporary crustal deformation around the southeast borderland of the Tibetan Plateau, *J. Geophys. Res.*, 110, B11409, doi: 10.1029/2004JB003421.
- [24] 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, & W. Spakman (2007), A decade of GPS in Southeast Asia: Resolving Sundaland motion and boundaries, *J. Geophys. Res.*, 112, B06420, doi:10.1029/2005JB003868,
- [25] Socquet, A., W. Simons, C. Vigny, R. McCaffrey, C. Subarya, D. Sarsito, B. Ambrosius, and W. Spakman (2006a), Microblock rotations and fault coupling in SE Asia triple junction (Sulawesi, Indonesia) from GPS and earthquake slip vector data, *J. Geophys. Res.*, 111, B08409, doi:10.1029/2005JB003963.
- [26] Vigny C., J. F. Simons, S. Abu, B. Ronnachai, S. Chalermchon, Ch. Nithiwathn, C. Subarya, A. Socquet, K. Omar, H. Z. Abidin, B.A.C.

- Ambrosius (2005), Insight into the 2004 Sumatra-Andaman earthquake from GPS measurements in southeast Asia. *Nature*, 436, 201-206.
- [27] Zhang, P., Z. Shen, M. Wang, W. Gan, R. Burgmann, P. Molnar, Q. Wang, Z. Niu, J. Sun, J. Wu, H. Sun, and X. You (2004), Continuous deformation of the Tibetan Plateau from Global Positioning System data, *Geology*, 32, 809–812.
- [28] Duong Ch. C., K.L. Feigl, (1999), geodetic measurement of horizontal strain across the Red River fault near Thac Ba, Vietnam, 1963–1994. *J. Geodesy*, 73, 298-310.
- [29] Feigl, K. L., D. C. Cong, M. Becker, T. D. To, K. Neumann, and N. Q. Xuyen (2003), Insignificant horizontal strain across the Red River Fault near Thac Ba, Vietnam from GPS measurements 1994–2000, *Geophys. Res. Abstr.*, 5, 04707.
- [30] Nguyễn Hồng Phương & nnk, 2014. Nghiên cứu đánh giá độ nguy hiểm động đất và sóng thần tại khu vực ninh thuận và lân cận phục vụ công tác thăm định địa điểm xây dựng nhà máy điện hạt nhân. Báo cáo đề tài điện hạt nhân Ninh Thuận , mã số : 02-2012/HĐ-ĐTĐL. Lưu trữ Viện vật lý địa cầu.
- [31] Trần Đình Tô và Nguyễn Trọng Yên, 2004. Chuyển động hiện đại vỏ trái đất lãnh thổ Việt Nam theo số liệu đo GPS. *Tc Các khoa học về Trái đất*. Số 4 (T26), tr 579-586.
- [32] Beavan, J., P. Tregoning, M. Bevis, T. Kato, and C. Meertens (2002), Motion and rigidity of the Pacific Plate and implications for plate boundary deformation. *J. Geophys. Res.* 107(B10), 2261, doi:10.1029/2001JB000282.
- [33] Bock, Y., L. Prawirodirdjo, J. Genrich, C. Stevens, R. McCaffrey, C. Subarya, S. Puntodewo, and E. Calais (2003), Crustal motion in Indonesia from Global Positioning System measurements, *J. Geophys. Res.*, 108(B8), 2367, /2001JB000324.
- [34] Chamote-Rooke, N., and X. L. Pichon (1999), GPS determined eastward Sundaland motion with respect to Eurasia confirmed by earthquake slip vectors at Sunda and Philippine Trenches, *EPSL* 173, 439–455.
- [35] Chen, Z., B. C. Burchfiel, Y. Liu, R. W. King, L. H. Royden, W. Tang, E. Wang, J. Zhao, and X. Zhang (2000), Global Positioning System measurements from eastern Tibet and their implications for India/Eurasia intercontinental deformation, *J. G. R.*, 105(16), 215–227.
- [36] Feigl K.L., D. C. Agnew, Y. Bock, D. Dong, A. Donnellan, B.H. Hager, T.A. Herring, D.D. Jackson, T.H. Jordan, R.W. King, S. Larsen, K.M. Larson, M.M. Murray, Z. Shen, F.W. Webb (1993). Space geodetic measurement of crustal deformation in central and southern California, 1984-1992, *J. Geophys. Res.* 98, 21677-21712.

## Present day Tectonics in Tây Nguyên from GPS Measurement between 2012-2013

Phan Trọng Trịnh, Ngô Văn Liêm, Nguyễn Văn Hương, Trần Văn Phong, Bùi Văn Thơm, Nguyễn Việt Thuận, Nguyễn Đăng Túc, Hoàng Quang Vinh, Nguyễn Quang Xuyên, Nguyễn Huy Thịnh, Bùi Thị Thảo, Trần Quốc Hùng

*Institute of Geological Sciences, Vietnam Academy of Sciences and Technology,  
18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội, Viet Nam*

**Abstract:** The estimation of the present day tectonic movement and strain rate have an important practical signification in the assessment of geological hazards in the Tây Nguyên region. Based on the two periods of GPS measurement between 2012-2013, we used BERNESSE5.0 software to determine actual tectonic velocities of 12 stations in ITRF08 frame. The stations move eastwards with the slip rate of 22 - 25 mm/yr, southwards with the velocities of 5 -8 mm/yr. However, some station moves eastwards with the rate of ~28mm/yr or southwards of ~1mm/yr. The standard error in eastern and

southern directions are 1.2 mm/yr and 0.9 mm/yr, respectively. Combined with GPS data from the Asia Pacific network and from other projects, we determined the strain rate ranging from 50 to 100 nanostrain with the standard error of 50 nanostrain. The direction of maximum strain rate is approximately North – South. Earthquake activity in the region is rather low. Red mud disposal in Tân Rai and Nhân Cơ bauxite locates in a stable tectonic area, with no sign of slip displacement in the Quaternary. The Song Ba fault zone is an active fault zone in the Quaternary, but limited in dimension.

*Keywords:* GPS, velocity, present day tectonics, strain rate, compressive strain axis, extensive strain axis.