# DỊCH CHUYỂN VỎ TRÁI ĐẤT THEO SỐ LIỆU GPS LIÊN TỤC TẠI VIỆT NAM VÀ KHU VỰC ĐÔNG NAM Á

LÊ HUY MINH, KURT FEIGL, FRÉDÉRIC MASSON, DƯƠNG CHÍ CÔNG,
ALAIN BOURDILLON, PATRICK LASSUDRIE DUCHESNE, NGUYỄN CHIẾN THẮNG,
NGUYỄN HÀ THÀNH, TRẦN NGỌC NAM, HOÀNG THÁI LAN

## I. MỞ ĐẦU

Ngày nay phương pháp đo dịch chuyển kiến tạo vỏ Trái Đất bằng công nghệ GPS được sử dụng rộng rãi khắp nơi trên thế giới. Công nghệ này đã cung cấp các bản đồ định lượng trường vận tốc trong các vùng kiến tạo hoạt động ở các tỷ lệ khác nhau, cho phép đưa ra những thông tin về phân bố không gian của biến dạng, các lực khống chế và các đặc trưng dòn dẻo của thạch quyển lục địa [4, 22, 25]. Các bản đồ như vậy ở khu vực Đông Nam Á có thể tìm thấy ở nhiều nghiên cứu [12, 13, 18, 19]. Trên lãnh thổ Việt Nam cũng đã có những kết quả nghiên cứu dịch chuyển kiến tạo ở một số đứt gẫy hoạt động (đứt gẫy Lai Châu - Điện Biên, đứt gẫy Sơn La, đứt gẫy Sông Hồng) dựa trên việc đo lặp GPS [2, 3, 5-9, 23]. Tuy nhiên do chuyển dịch tương đối trên các đứt gẫy thường nhỏ, các kết quả đo lặp trong thời gian quan sát chưa đủ dài, nên thật sự chưa cho những thông tin tin cậy về dịch chuyển tương đối trên các đứt gẫy, và hiện tại việc nghiên cứu này vẫn đang tiếp tục. Ở Việt Nam chưa có công bố nào về dịch chuyển kiến tạo vỏ Trái Đất dựa trên các quan sát GPS liên tục, trong bài báo này chúng tôi trình bầy một số kết quả tính toán dịch chuyển kiến tạo vỏ Trái Đất dựa trên số liệu của các trạm GPS liên tục tại Hà Nội, Huế và thành phố Hồ Chí Minh (Tp HCM). Các thông tin về dịch chuyển vỏ Trái Đất theo các số liệu GPS liên tục có độ chính xác và tin cậy cao trình bầy ở đây có thể xem như những tư liệu chuẩn giúp cho việc đánh giá các kết quả đo đạc GPS với mục đích nghiên cứu dịch chuyển kiến tạo vỏ Trái Đất ở Việt Nam.

## II. SỐ LIỆU GPS LIÊN TỤC Ở VIỆT NAM, PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ

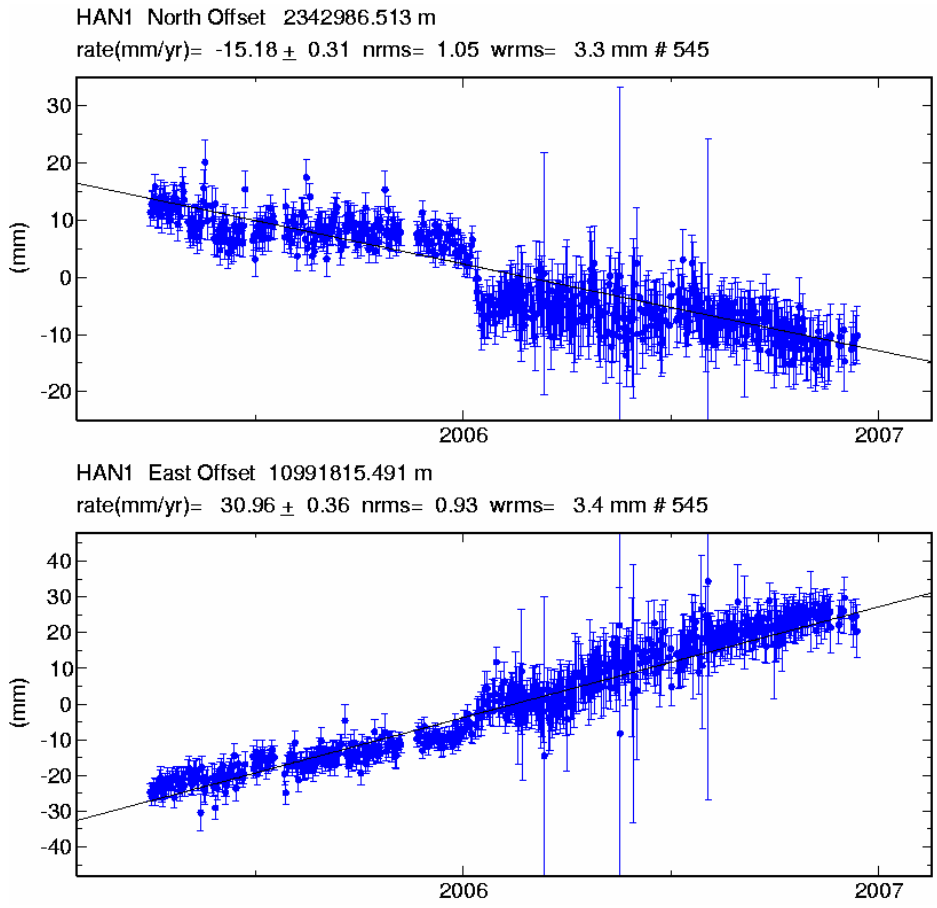
***1. Số liệu*** : như đã nêu trong [14-17], ba trạm GPS liên tục tại Hà Nội, Huế và Tp HCM được đưa vào hoạt động từ tháng 4-5/2005 (Hà Nội và Tp HCM) và từ 1-2006 (Huế) đến nay. Vị trí của các trạm và loại thiết bị nêu trong *bảng 1*. Các máy thu tại ba trạm của Việt Nam đều thuộc loại GSV4004 [11], loại máy thu hai tần số của hãng NovAtel. Trạm Hà Nội đặt tại nóc nhà của Viện Vật lý địa cầu, do nhu cầu sửa chữa nhà nên máy thu đã bị di chuyển, chuỗi số liệu liên tục được sử dụng vì thế chỉ có từ tháng 4-2005 đến tháng 12-2006, ở các vị trí khác chuỗi số liệu chưa đủ dài nên chúng tôi không nêu ở đây. Từ tháng 2-2009 máy thu của trạm Hà Nội được đặt tại đài điện ly Phú Thụy. Máy thu tại trạm Huế được đặt từ ngày13-01-2006 đến nay, tuy nhiên trong khoảng thời gian 5-2007-5-2008 máy dừng hoạt động do hỏng hóc phải sửa chữa, sau đó lại tiếp tục hoạt động liên tục cho đến nay. Máy thu của trạm Tp HCM hoạt động gần như liên tục từ tháng 5-2005 đến nay. Hiện tại các máy thu tại Huế và Tp HCM hoạt động ở chế độ 30 giây một lần thu số liệu, máy thu ở trạm Phú Thụy hoạt động ở chế độ 1 giây. Tuy nhiên để phục vụ mục đích nghiên cứu dịch chuyển kiến tạo vỏ Trái Đất chúng tôi sử dụng số liệu ở dạng RINEX với khoảng thời gian thu số liệu là 30 giây như số liệu của các trạm IGS. Các chuỗi thời gian của các trạm GPS nêu trong bảng 1 là các chuỗi số liệu GPS liên tục dài nhất ở Việt Nam cho tới hiện nay.

***2. Phương pháp xử lý*** : để tính toán chuỗi thời gian của các tọa độ trạm và sau đó tính toán tốc độ dịch chuyển của vỏ Trái Đất tại vị trí trạm, chúng tôi đã sử dụng phần mềm GAMIT/GLOBK phiên bản 10.35 được phát hành tháng 6-2009 [10]. Trước khi chạy chương trình GAMIT, những bước chuẩn bị quan trọng đảm bảo có thể thu được kết quả mong đợi, đó là việc chuẩn bị các tệp sau đây : process. default (quy định môi trường chạy chương trình, các nguồn số liệu bên trong và bên ngoài, các tệp

quỹ đạo vệ tinh, cấu trúc cho lưu trữ kết quả), sites.default (bao hàm tên các trạm IGS và các trạm địa phương được sử dụng và cách thức quản lý tài liệu trạm), station.info (chứa thông tin về kiểu máy thu và anten, giá trị độ cao của anten, thời gian hoạt động...), lfile (chứa thông tin về tọa độ gần đúng của trạm), sestbl (thiết lập các lựa chọn thích hợp cho việc phân tích). Ngoài ra cần cập nhật thông tin lịch thiên văn vệ tinh, các mô hình triều Mặt Trăng và Mặt Trời, vị trí cực... Tất cả các tệp RINEX của ba trạm GPS ở nước ta cùng với hơn 20 trạm IGS lân cận hoặc thuộc mảng Âu-Á và các mảng khác mà vỏ Trái Đất tương đối ổn định được lựa chọn và đưa vào thư mục rinex trong thư mục xử lý GAMIT. Việc tính toán với số liệu của hơn 20 trạm IGS như đã nêu do chúng tôi lựa chọn phương pháp xử lý bằng phần mềm GAMIT với khoảng cách các trạm lớn (trên 500 km). Việc xử lý kiểu này đòi hỏi dùng mode BASELINE và số liệu của hơn 10 trạm IGS/ITRF, trong tệp glorg đòi hỏi dùng ít nhất 10 trạm ITRF có vận tốc tương đối ổn định để ổn định trường vận tốc tại các trạm cần nghiên cứu. Phương pháp xử lý này không đòi hỏi dùng các hfiles từ trung tâm số liệu của MIT hoặc SOPAC, nhưng do số liệu các trạm đưa vào tính nhiều nên đòi hỏi thời gian xử lý nhiều hơn. Việc xử lý số liệu được thực hiện hàng ngày trong ITRF2005, như vậy sau khi xử lý mỗi ngày số liệu phần mềm GAMIT sẽ tạo ra một thư mục ngày lưu trữ toàn bộ kết quả tính toán, trong đó có tệp kết quả đánh giá các tọa độ trạm (Q-file). Lối ra này sẽ là lối vào cho việc chạy chương trình GLOBK để đánh giá vận tốc dịch chuyển vỏ Trái Đất. Để hiểu rõ thêm, độc giả cần tham khảo kỹ sách hướng dẫn sử dụng phần mềm GAMIT/GLOBK phiên bản 10.35 như đã nêu ở trên.

## III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

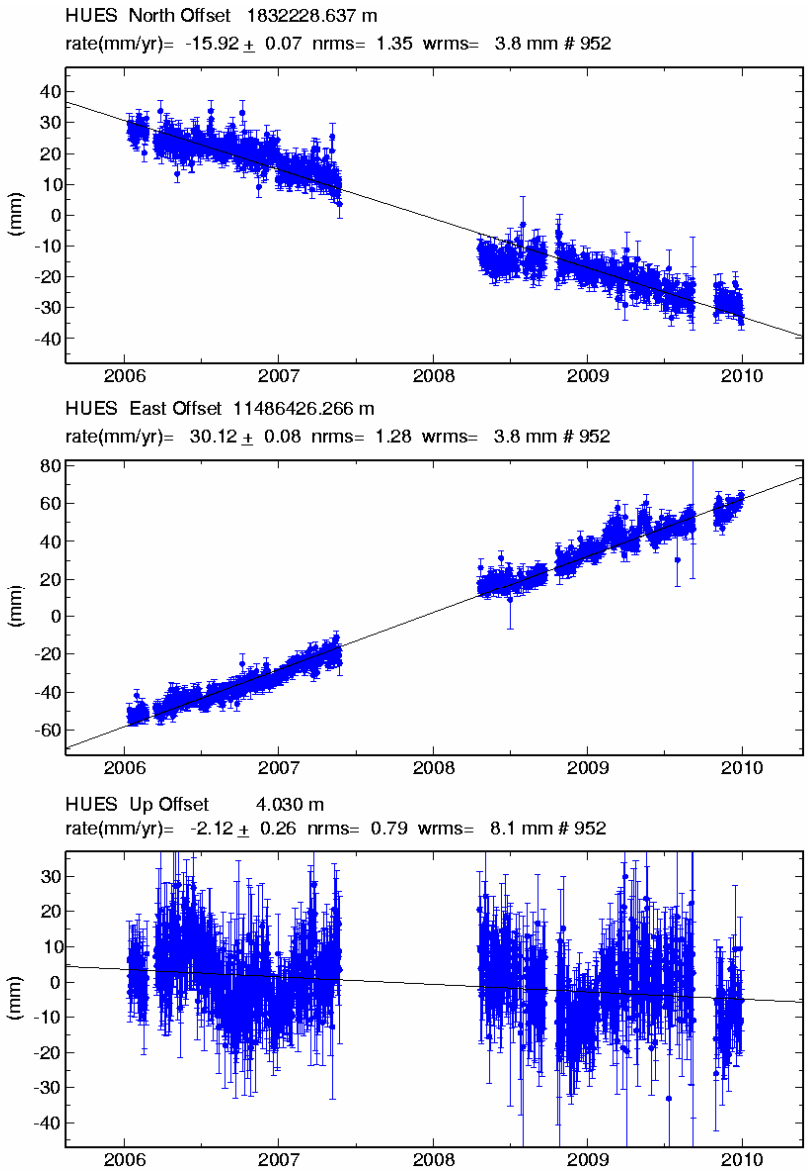
Kết quả xử lý số liệu GPS bằng phần mềm GAMIT cho chúng ta chuỗi thời gian theo từng ngày của ba thành phần tọa độ trạm : thành phần bắc N, thành phần đông E và chiều cao U. *Hình 1* biểu diễn chuỗi thời gian của thành phần N và E trong khoảng thời gian 4-2005-12-2006 của trạm Hà Nội. *Hình 2* và *hình 3* tương tự đối với trạm Huế và trạm Tp HCM.




← *Hình 1.* Biến đổi theo thời gian của thành phần bắc (trên) và thành phần đông (dưới) tại trạm Hà Nội trong ITRF2005

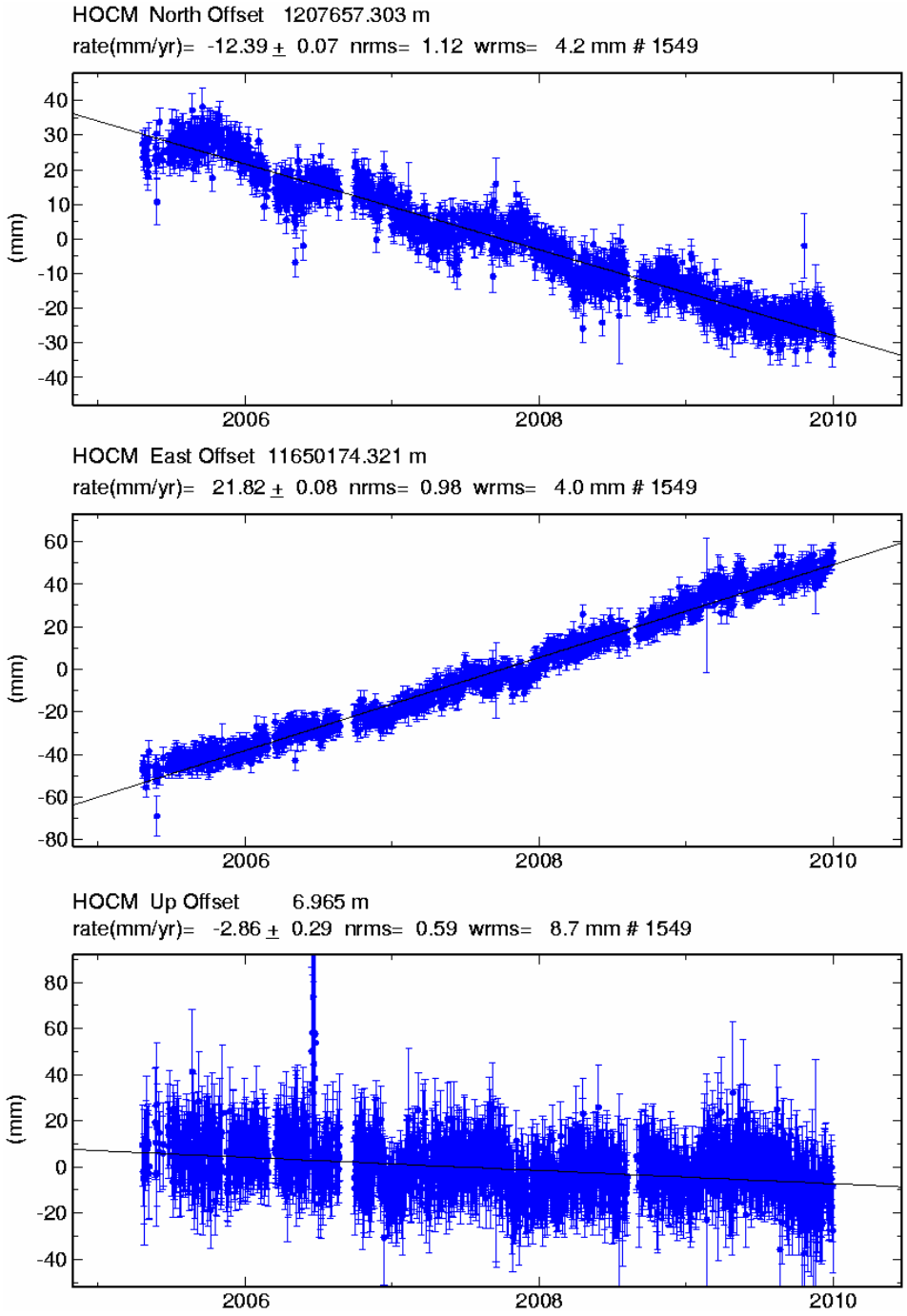
*Bảng 1*. **Vị trí các trạm GPS liên tục ở Việt Nam và loại máy được sử dụng**

| Tên trạm | Tọa độ | | Máy thu | Anten | Thời gian |
|---|---|---|---|---|---|
| | Kinh độ | Vỹ độ | | | |
| Hà Nội | 105.800°E | 21.047°N | GSV4004A<br>GSV4004B | NOV503+CR<br>NOV533+CR | 4/2005 - 1/2006<br>1/2006 - 12/2006 |
| Huế | 107.593°E | 16.459°N | GSV4004A | NOV503+CR | 1/2006 - 12/2009 |
| Tp HCM | 106.560°E | 10.849°N | GSV4004B | NOV533+CR | 5/2005 - 12/2009 |




*Hình 2*. Biến đổi theo thời gian của thành phần bắc (trên), thành phần đông (giữa) và chiều cao (dưới) tại trạm Huế trong ITRF2005

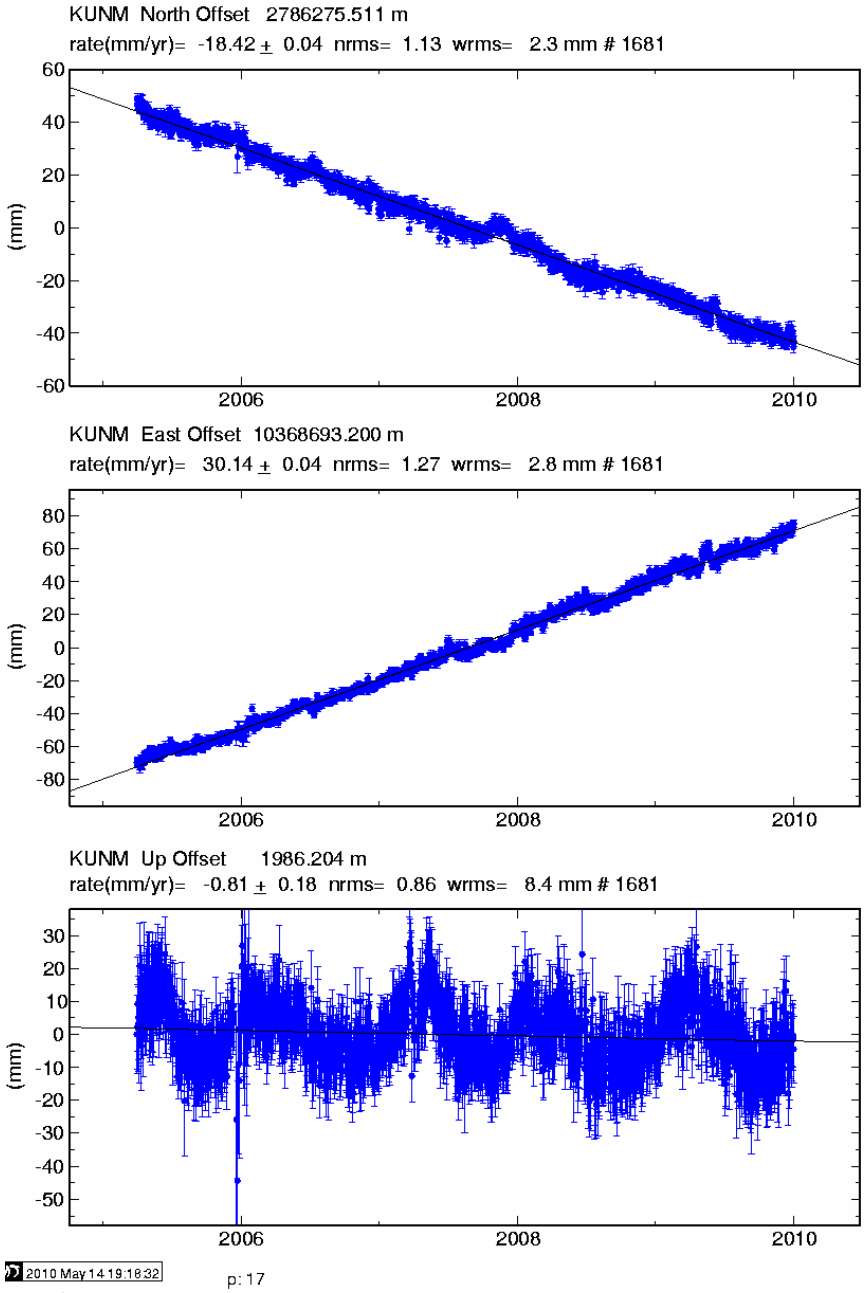
Ở trạm Hà Nội có sự thay đổi thiết bị và anten vào ngày 11-1-2006, hiệu chỉnh về sự thay đổi độ cao anten chưa được xác định tốt nên kết quả tính toán độ cao chưa thống nhất nên chúng tôi không đưa ra




*Hình 3*. Biến đổi thời gian của thành phần bắc (trên) và thành phần đông (giữa) và chiều cao (dưới) tại trạm Tp HCM trong ITRF2005

ở đây. Ở trạm Huế và trạm Tp HCM chúng tôi trình bầy kết quả thu được đối với cả ba thành phần. Các hình vẽ được lấy nguyên từ lối ra của sh_gamit và sh_glred của phần mềm GAMIT. Có thể thấy xu thế biến đổi tuyến tính ở các thành phần N và E ở cả ba trạm rất rõ, độ dài các chuỗi số liệu cũng tương đối dài (21 tháng đối với trạm Hà Nội, 4 năm đối với Huế và 4 năm 7 tháng đối với trạm Tp HCM) để thu được thông tin tin cậy về hệ số góc của các xu thế tuyến tính này, tức là thông tin tin cậy về vận tốc dịch chuyển

của vỏ Trái Đất tại các vị trí trạm. Ở cả ba trạm tham số nrms (độ lệch bình phương trung bình chuẩn) đều xấp xỉ 1, tham số wrms (độ lệch bình phương trung bình có trọng số) xấp xỉ 3-5 mm đối với các thành phần nằm ngang và 8-9 mm đối với thành thẳng đứng, các giá trị này gần với các giá trị tương ứng ở các trạm IGS có chất lượng tốt trên thế giới (ví dụ trạm KUNM, *hình 4*) cũng cho phép khẳng định chất lượng của số liệu đưa vào xử lý ở cả ba trạm GPS Việt Nam đều tương đối tốt.




*Hình 4*. Biến đổi theo thời gian của thành phần bắc (trên), thành phần đông (giữa) và chiều cao (dưới) tại trạm KUNM trong ITRF2005

Trên các đồ thị biểu thị các chuỗi theo thời gian của các thành phần vận tốc bên cạnh các xu thế tuyến tính biểu thị các thành phần tốc độ dịch chuyển còn có các dao động theo mùa khá rõ rệt, nhất là ở thành

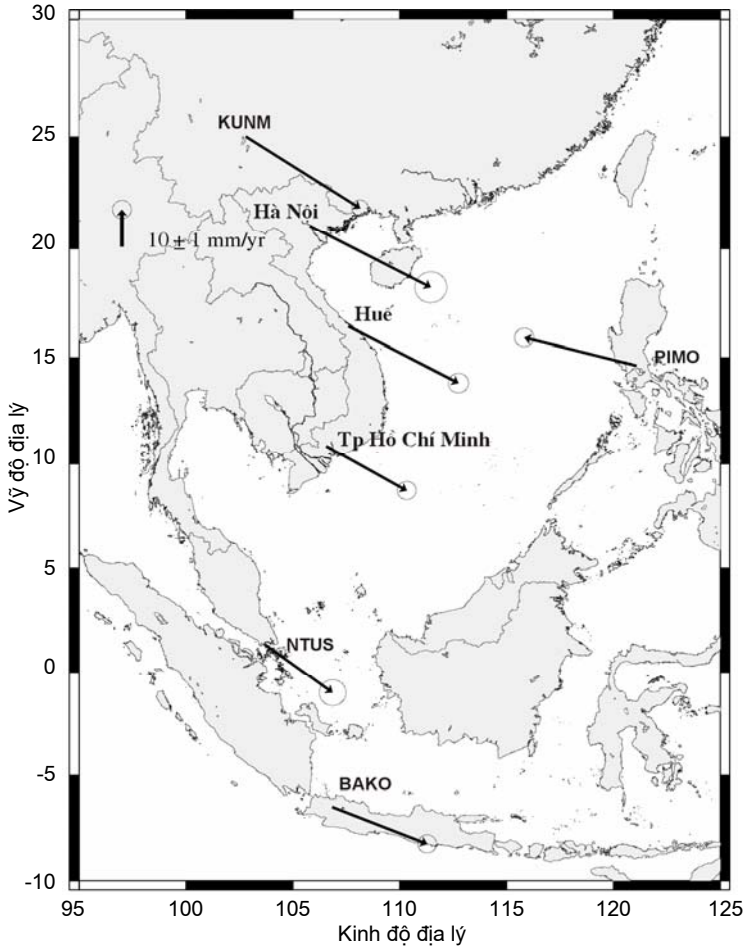
phần thẳng đứng, điều này có thể do nhiều nguyên nhân, nhưng chủ yếu là do ảnh hưởng của tầng khí quyển có thể chưa được loại trừ một cách đầy đủ trong các phần mềm xử lý số liệu GPS hiện nay [16, 17]. Việc nghiên cứu sự biến đổi theo thời gian của các phần dư như vậy có thể là chủ đề của nghiên cứu khác không được đề cập tới ở đây. Do không thể loại trừ các xu thế biến đổi mùa như vậy, nên chúng ta phải có chuỗi số liệu trong thời gian đủ dài để đường thẳng xấp xỉ chuỗi thời gian của tọa độ thực sự phản ánh đúng đắn nhất vận tốc dịch chuyển vỏ Trái Đất của điểm quan sát. Mặt khác từ chuỗi số liệu về biến đổi độ cao quan sát ta thấy ở cả hai trạm Huế và Tp HCM đều đang bị lún với tốc độ khoảng 2 mm/năm, tuy nhiên do ảnh hưởng của biến đổi chu kỳ năm tương đối lớn, nên cũng cần quan sát trong những khoảng thời gian dài hơn để khẳng định tốc độ sụt lún này.

Từ các chuỗi thời gian của các thành phần tọa độ thu được ở trên, độ lớn của các thành phần vector vận tốc dịch chuyển tuyệt đối với độ tin cậy 95 % trong hệ quy chiếu chuẩn ITRF2005 (thành phần bắc VN và thành phần đông VE), cùng với biên độ vector chuyển dịch |V| và phương vị của chúng được trình bầy ở *bảng 2*. Trường vận tốc tại các trạm IGS thu được trong lời giải đã nêu phù hợp với trường vận tốc tại các trạm này theo ITRF2005. Ví dụ tại trạm KUNM vận tốc trong ITRF2005 là 35,0 mm/năm, tại BAKO là 25,9 mm/năm, tại PIMO là 28,9 mm/năm, trong khi giá trị tương ứng ở bảng 2 là 35,3 mm/năm, 26,5 mm/năm và 30,1 mm/năm, sự phù hợp này là cơ sở quan trọng cho độ tin cậy các kết quả chúng tôi thu được ở đây đối với các số liệu mới của ba trạm ở Việt Nam. Cũng cần chú ý, có sự sai lệch đáng kể về vận tốc tính được tại trạm NTUS so với vận tốc tại trạm này theo ITRF2005. Khi xem xét chuỗi số liệu biến đổi tọa độ theo thời gian của trạm NTUS trong khoảng thời gian 4-2005-12-2009 có sự thay đổi nhẩy bậc vào tháng 8-2007, do vậy chúng tôi chỉ sử dụng đoạn số liệu sau thời điểm nhẩy bậc tới tháng 12-2009 để tính toán vận tốc. Mô hình ITRF2005 được tính toán với các số liệu trước thời điểm số liệu nhẩy bậc của trạm NTUS, như vậy các kết quả tính toán của chúng tôi phản ánh đầy đủ hơn trường dịch chuyển hiện đại của vỏ Trái Đất tại trạm này. Kết quả đánh giá các thành phần vận tốc đối với ba trạm Việt Nam và các trạm KUNM, BAKO, NTUS và PIMO trong ITRF2005 được biểu diễn trên *hình 5*. Các vòng gần tròn ở đầu các mũi tên vận tốc là vòng tròn sai số với độ tin cậy của việc xác định vector vận tốc là 95 %. Lưu ý các hệ số góc của các đường thẳng xấp xỉ chuỗi số liệu tính toán ở các hình 1-4 có khác đôi chút so với kết quả tính toán ở bảng 2 là do trong quá trình tính toán vận tốc chúng tôi đã xem xét lại chuỗi thời gian đối với các trạm, loại đi những ngày có kết quả đánh giá tọa độ lệch nhiều so với xu thế của các đoạn thẳng xấp xỉ. Các trạm có chất lượng số liệu càng tốt và chuỗi thời gian quan sát đủ dài, sự chênh lệch nêu trên sẽ càng nhỏ, nói chung sự chênh lệch tương đối không vượt quá vài phần trăm.

Số liệu trong bảng 2 và hình 5 cho chúng ta thấy vận tốc dịch chuyển có xu thế giảm từ KUNM và Hà Nội (~35 mm/năm) tới NTUS (21,9 mm/năm) theo phương vỹ độ ; trạm BAKO có vận tốc 26,5 mm/năm, trạm PIMO có vận tốc 30,1 mm/năm ; sai số xác định các thành phần vận tốc với độ tin cậy 95 % trong khoảng 1 mm/năm, trạm Hà Nội có chuỗi thời gian ngắn nhất sai số cỡ 1,7 mm/năm, và trạm NTUS có sai số cỡ 1,4 mm/năm. Tất cả các trạm (trừ PIMO) đều dịch chuyển về phía đông nam với góc phương vị thay đổi từ 111°7 ở BAKO đến 126°3 ở NTUS ; trạm PIMO dịch chuyển về phía tây bắc (phương vị 284°3). Kết quả tính dịch chuyển tuyệt đối này là hợp lý vì tất cả các trạm đã nêu (trừ trạm PIMO) đều thuộc khối Sundaland và khối Nam Trung Hoa, các khối này đang dịch chuyển về phía đông nam [12, 13] ; các trạm ở phía Bắc (KUNM,

*Bảng 2*. **Các thành phần tọa độ và vận tốc tại các trạm GPS liên tục ở Việt Nam và Đông Nam á trong ITRF2005**

| Trạm | Tọa độ | | VE | ĐLBPTB | VN | ĐLBPTB | \|V\| | Phương vị |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Kinh độ | Vỹ độ | mm/năm | mm/năm | mm/năm | mm/năm | mm/năm | (°) |
| KUNM | 102.797 | 25.030 | 29,7 | 0,88 | -19,1 | 0,88 | 35,3 | 122.7 |
| Hà Nội | 105.800 | 21.047 | 31,4 | 1,70 | -16,4 | 1,67 | 35,4 | 117.6 |
| Huế | 107.593 | 16.459 | 28,6 | 1,07 | -15,1 | 1,06 | 32,3 | 117.7 |
| Tp HCM | 106.560 | 10.849 | 20,9 | 1,00 | -11,9 | 0,99 | 24,1 | 119.7 |
| NTUS | 103.680 | 1.346 | 17,7 | 1,42 | -13,0 | 1,41 | 21,9 | 126.3 |
| BAKO | 106.849 | -6.491 | 24,6 | 0,99 | -9,8 | 0,98 | 26,5 | 111.7 |
| PIMO | 121.078 | 14.636 | -29,2 | 1,03 | 7,4 | 1,02 | 30,1 | 284.3 |




← *Hình 5*.
Chuyển dịch tuyệt đối của các trạm KUNM, Hà Nội, Huế, Tp HCM, NTUS, BAKO và PIMO trong ITRF2005

Hà Nội, Huế) dịch chuyển nhanh hơn các trạm ở phía Nam (Tp HCM, NTUS và BAKO), trạm PIMO thuộc mảng Philippine đang dịch chuyển về phía tây bắc.

Để thấy được rõ hơn ý nghĩa kiến tạo của dịch chuyển tại các trạm GPS liên tục đã nêu, chúng tôi tiến hành tính toán dịch chuyển tương đối của các trạm này so với mảng Âu-Á và so với mảng Sunda-land, nghĩa là tính các chuyển dịch tương đối của các trạm so với cực Euler của mảng Âu-Á và cực Euler của khối Sundaland được lấy theo E. Calais et al [1] và W.J.F. Simons et al [18] một cách tương ứng. Các kết quả được nêu trong *bảng 3* và *4* và trình bầy trên *hình 6* và *7*.

So với mảng Âu-Á, dịch chuyển tương đối ở các trạm giảm dần từ KUNM (11,5 mm/năm) đến Tp HCM 4,0 mm/năm, trạm NTUS là 6,1 mm/năm, trạm BAKO là 4,8 mm/năm, trạm PIMO đạt tới 56,5 mm/năm. Sự chênh lệch về phương vị của vector dịch chuyển lớn hơn nhiều so với phương vị của các vector dịch

*Bảng 3*. **Dịch chuyển tương đối (mm/năm) của các trạm so với mảng Âu-Á**

| Tên trạm | VE | VN | \|V\| | Phương vị (°) |
|---|---|---|---|---|
| KUNM | 4,0 | -10,8 | 11,5 | 159.5 |
| Hà Nội | 6,3 | -7,4 | 9,7 | 139.8 |
| Huế | 4,1 | -5,6 | 6,9 | 144.0 |
| TP HCM | -2,9 | -2,7 | 4,0 | 226.3 |
| NTUS | -4,2 | -4,5 | 6,1 | 223.4 |
| BAKO | 4,8 | -0,5 | 4,8 | 96.0 |
| PIMO | -52,9 | 19,9 | 56,5 | 290.6 |

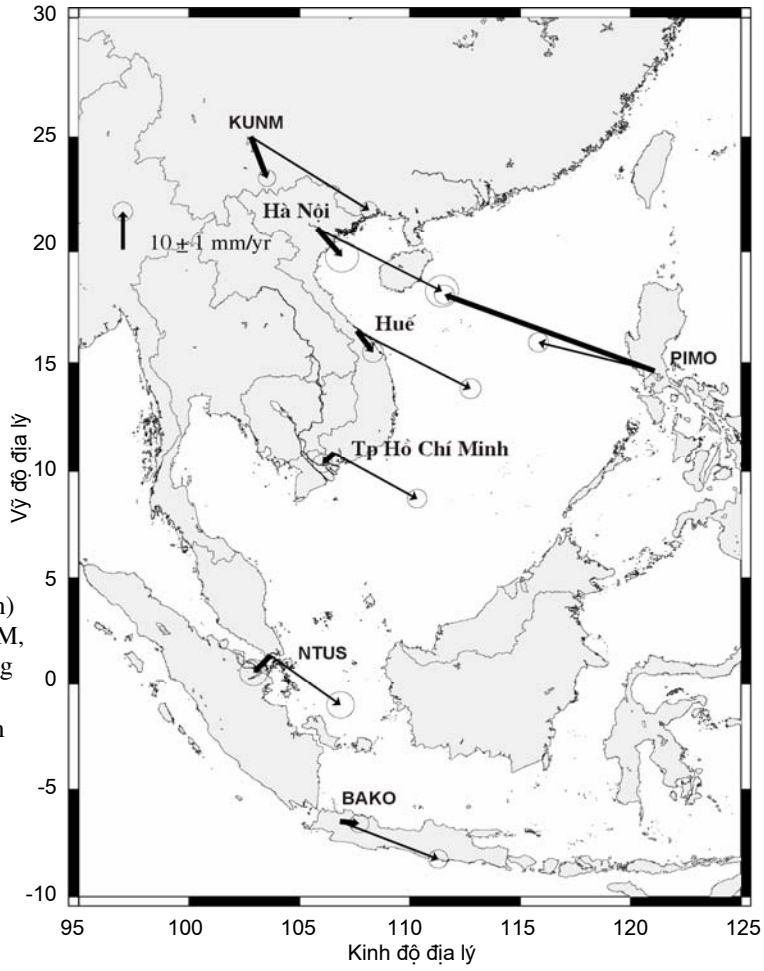
chuyển tuyệt đối ; phương vị tăng rõ rệt từ Hà Nội tới Huế và Tp HCM biểu thị sự quay của khối Đông Dương theo chiều kim đồng hồ so với mảng Âu-Á và sự chênh lệch về biên độ vận tốc đã nêu cho thấy phần phía bắc quay nhanh hơn phần phía nam, như vậy có sự biến dạng đáng kể hiện đang xảy ra trong nội khối Đông Dương. Biên độ vận tốc tương đối ở trạm NTUS lớn hơn (6,1 mm/năm) so với ở Tp HCM

*Bảng 4*. **Dịch chuyển tương đối (mm/năm) của các trạm so với khối Sundaland**

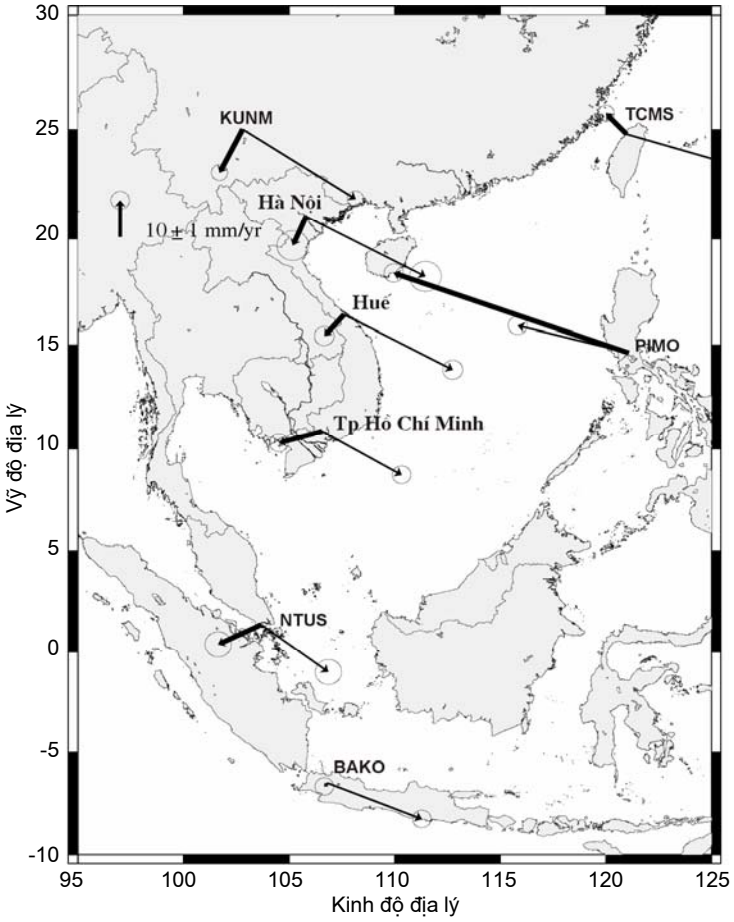
| Tên trạm | VE | VN | \|V\| | Phương vị (°) |
|---|---|---|---|---|
| KUNM | -6,1 | -11,9 | 13,3 | 207.1 |
| Hà Nội | -3,5 | -8,0 | 8,7 | 203.6 |
| Huế | -5,2 | -5,9 | 7,8 | 221.3 |
| Tp HCM | -11,4 | -3,2 | 11,8 | 254.4 |
| NTUS | -11,3 | -5,4 | 12,5 | 244.6 |
| BAKO | -1,0 | -0,9 | 1,3 | 228.9 |
| PIMO | -61,8 | 21,7 | 65,5 | 289.4 |

(4,0 mm/năm), phương vị nhỏ hơn khoảng 3° cho thấy khối Đông Dương và khu vực trạm NTUS dù không quay cùng vận tốc, nhưng vẫn với xu thế quay theo chiều kim đồng hồ so với mảng Âu-Á. Phương vị của dịch chuyển tương đối tại trạm PIMO là 290°6, so với mảng Âu-Á, mảng Philippine đang hút chìm về phía tây bắc.

Dịch chuyển tương đối của các trạm so với khối Sundaland thay đổi rất đáng kể. Trong số các trạm đang khảo sát, các trạm Huế, Tp HCM, NTUS và BAKO nằm trong khối Sundaland biên độ vector dịch chuyển thay đổi từ 1,3 mm/năm ở BAKO, 7,8 mm/năm ở Huế tới khoảng 12 mm/năm ở Tp HCM và NTUS. Điểm Hà Nội ở ranh giới của khối Sundaland với khối Nam Trung Hoa, biên độ dịch chuyển tương đối là 8,7 mm/năm, trạm KUNM ở trong khối Nam Trung Hoa là 13,3 mm/năm. Biên độ dịch chuyển tương đối của trạm PIMO so với khối Sundaland cỡ 65,5 mm/năm, lớn hơn biên độ dịch chuyển tương đối so với khối Âu-Á. Kết quả xác định biên độ vector dịch chuyển tương đối so với khối Sundaland của các trạm KUNM, BAKO và PIMO thu được trong bài báo này khá phù hợp với kết quả của Simson và các cộng sự (tương ứng là 13 mm/năm, 2 mm/năm và 64 mm/năm và phương vị hoàn toàn tương tự), điều này một lần nữa khẳng định các kết quả đánh giá vận tốc đối với các trạm mới ở Việt Nam là tin cậy.




*Hình 6.* →
Chuyển dịch tương đối (vector đậm) của các trạm KUNM, Hà Nội, Tp HCM, NTUS, BAKO và PIMO so với mảng Âu-Á. Vector mảnh biểu thị dịch chuyển tuyệt đối tại các vị trí trạm




← *Hình 7.*
Chuyển dịch tương đối (vector đậm) của các trạm KUNM, Hà Nội, Tp HCM, NTUS, BAKO và PIMO so với khối Sundaland, vector mảnh biểu thị dịch chuyển tuyệt đối

Phương vị vector dịch chuyển thay đổi rõ từ Hà Nội (203°6) tới Huế (221°3), và tới Tp HCM (254°4) ám chỉ sự quay theo chiều kim đồng hồ của khối Đông Dương như đã nêu. Biên độ vận tốc tương đối của trạm NTUS chênh lệch nhỏ so với vận tốc tương đối của trạm Tp HCM, nhưng phương vị chênh nhau khoảng 10°, cũng ám chỉ trạm NTUS cũng quay theo chiều kim đồng hồ như các trạm ở khối Đông Dương nhưng với vận tốc khác chút ít ; biên độ dịch chuyển tương đối của trạm PIMO là 65,5 mm/năm hướng về phía tây bắc gần như vector dịch chuyển tương đối của trạm này so với mảng Âu-Á. Trong chương trình GEODYSSEA [12, 13], đã tiến hành đo lặp tại điểm NONN (Non Nước) (cách Huế khoảng 100 km về phía nam) cho kết quả dịch chuyển tương đối của điểm này so với khối Sundaland chỉ khoảng 1 mm/năm [18, 19], trong khi dịch chuyển tương đối của Huế so với khối Sundaland xác định được là 7,8 mm/năm. Tương tự ở khu vực miền Bắc kết quả đo lặp tại điểm CAMP (Cẩm Phả) cho thấy dịch chuyển tương đối của điểm này so với khối Sundaland là 2 mm/năm, trong khi dịch chuyển tương đối của trạm Hà Nội khoảng 8,7 mm/năm, như vậy các kết quả đo lặp của các điểm Non Nước và Cẩm Phả đã tiến hành phải được xem xét kỹ càng hơn. Hiển nhiên dịch chuyển của mỗi điểm phụ thuộc vào điều kiện kiến tạo tại điểm đó, nhưng sự chênh lệch lớn về vận tốc giữa điểm NONN với điểm Huế và điểm CAMP với điểm Hà Nội như đã nêu là không thể trong điều kiện dịch chuyển kiến tạo ở khu vực Việt Nam.

Các nghiên cứu của P. Tapponnier và cộng sự cho rằng do quá trình xô húc của mảng Ấn Độ vào mảng Âu-Á làm cho khối Sundaland thúc trượt dọc đới đứt gẫy Sông Hồng và quay theo chiều kim đồng hồ [20, 21]. Đới đứt gẫy Sông Hồng là ranh giới giữa khối Nam Trung Hoa và khối Sundaland kéo dài từ Tibet đến biển Đông. Ở biển Đông đới đứt gẫy tiếp tục kéo dài từ vùng đồng bằng Sông Hồng ra vùng vịnh Bắc bộ và rất có thể phát triển dọc theo đứt gẫy kinh tuyến 110° tới vùng biển Nam Trung bộ. Trong công trình nghiên cứu về sự chuyển động của khối Sundaland của W.J.F. Simson và các cộng sự không

có số liệu GPS tin cậy ở khối Đông Dương, với kết quả thu được của điểm Non Nước như đã nêu có thể nghĩ khối Đông Dương không bị biến dạng và quay. Phương vị của các vector chuyển dịch tại các trạm Hà Nội, Huế, Tp HCM và NTUS cũng cho phép khẳng định khối Sundaland hiện tại đang quay theo chiều kim đồng hồ và khả năng phát triển của đới đứt gẫy Sông Hồng tới tận vùng biển Nam Trung Bộ là hoàn toàn có thể. Sự chênh lệch về phương vị của các vận tốc tương đối như đã nêu giữa trạm Huế và trạm Tp HCM chỉ ra vận tốc quay là rất đáng kể. Điều này gợi mở cho việc đặt thêm các trạm GPS liên tục ở khu vực từ Huế trở vào tới mũi Cà Mau sẽ cho những thông tin thú vị và chính xác về sự quay hiện đại khối Đông Dương, một thông tin quan trọng trong việc tìm hiểu điều kiện kiến tạo địa động lực hiện đại ở khu vực Việt Nam và Đông Nam Á. Sự chênh lệch về biên độ của vector vận tốc giữa các trạm Huế, Tp HCM, NTUS và BAKO còn khẳng định khối Sundaland chẳng những quay theo chiều kim đồng hồ còn có sự biến dạng đáng kể nội khối. Những thông tin có tính định lượng nêu ra trong bài báo này có thể giúp các nhà kiến tạo xây dựng các mô hình động học giải thích chuyển động hiện đại của khối Sundaland như đã được Nguyễn Văn Vượng và các cộng sự đề cập [24].

## KẾT LUẬN

Từ các kết quả đánh giá tốc độ dịch chuyển vỏ Trái Đất tại ba trạm GPS liên tục Hà Nội, Huế và Tp HCM cùng với các trạm IGS trong khu vực Đông Nam Á chúng tôi có thể rút ra một số kết luận sau :

- Số liệu GPS liên tục thu ở các trạm Hà Nội, Huế và Tp HCM có chất lượng tốt, đảm bảo thu được những thông tin tin cậy về dịch chuyển kiến tạo vỏ Trái Đất. Tốc độ dịch chuyển thu được tại các trạm này có thể coi là những thông tin có độ chính xác cao để đánh giá chất lượng đo đạc GPS theo định kỳ ở các khu vực khác của nước ta.

- Các trạm Hà Nội, Huế và Tp HCM có biên độ dịch chuyển tuyệt đối trong ITRF2005 tương ứng là 35,4 mm/năm, 32,3 mm/năm và 24,1 mm/năm về phía đông nam. Các kết quả này phù hợp với bối cảnh kiến tạo hiện nay ở khu vực Đông Nam Á thể hiện qua trường vận tốc dịch chuyển vỏ Trái Đất thu được tại các trạm KUNM (35,3 mm/năm), NTUS (21,9 mm/năm), BAKO (26,5 mm/năm) và PIMO (30,1 mm/năm). Các trạm KUNM, Hà Nội, Huế, Tp HCM, NTUS, BAKO đều dịch chuyển tuyệt đối về phía đông nam, trạm PIMO dịch chuyển về phía tây bắc. Các trạm Huế và Tp HCM có thể đang lún chìm với vận tốc khoảng 2-3 mm/năm.

- Dịch chuyển tương đối so với mảng Âu-Á giảm từ 9,7 mm/năm tại Hà Nội, 6,9 mm/năm ở Huế tới 4,0 mm/năm ở Tp HCM và phương vị thay đổi từ 139°8 tại Hà Nội tới 226°3 ở Tp HCM cho thấy khối Đông Dương đang quay theo chiều kim đồng hồ với phần phía bắc quay nhanh hơn phần phía nam. Vận tốc tương đối so với khối Sundaland có phương vị tăng dần từ Hà Nội tới Tp HCM cũng biểu thị khối Đông Dương quay theo chiều kim đồng hồ với một tâm xoay nào đó ở khu vực vịnh Thái Lan. Sự chênh lệch đáng kể về biên độ dịch chuyển tuyệt đối cũng như dịch chuyển tương đối (so với khối Âu-Á và khối Sundaland) của các trạm thuộc khối Sundaland ngụ ý khối đang chịu những biến dạng nội khối đáng kể.

- Những kết quả thu được ở đây chỉ là bước đầu, có thể được hoàn thiện khi có chuỗi số liệu thời gian dài hơn.

Lời cảm ơn : đề tài được sự hỗ trợ kinh phí của đề tài "Ứng dụng công nghệ vũ trụ để nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của tầng điện ly và tầng khí quyển tới độ chính xác khi sử dụng tín hiệu vệ tinh ở khu vực Việt Nam", thuộc chương trình khoa học công nghệ vũ trụ 2008-2010 ; đề tài nghiên cứu cơ bản mã số 105.01.42.09 "Sử dụng số liệu GPS liên tục ở Việt Nam và Đông Nam Á nghiên cứu nồng độ điện tử tổng cộng tầng điện ly và mối liên quan với biến thiên trường từ Trái Đất, đánh giá hàm lượng hơi nước tổng cộng tầng đối lưu và dịch chuyển vỏ Trái Đất ở các điểm quan sát tại Việt Nam" ; đề tài hợp tác song phương CNRS-VAST "Nghiên cứu cấu trúc độ dẫn vùng đứt gẫy Sông Hồng" và tài trợ của Cục Địa chất Mỹ và Trường Đại học Wisconsin-Madison.

## *TÀI LIỆU DẪN*

[1] E. CALAIS, M. VERGNOLLE, V. SAN'KOV, A. LUKHNEV, A. MORISHNITECHENKO, S. AMARJARGAL, J. DEVERCHERE, 2003 : GPS measurements of crustal deformation in the Baikal-Mongolia erea (1992-2002). Implications for current kinematics of Asia. J. Geophys. Res., **108**(B10), 2501, doi:10.1029/2002JB002373.

[2] DUONG CHI CONG, 2006: GPS measurements of horizontal deformation across of Lai Chau-Dien

Bien (Dien Bien Phu) fault in Northwest of Vietnam, 2002-2004. Earth Planets Space, **58**, *523-528*.

[3] DUONG CHI CONG & K.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*.

[4] K.L. FEIGL, D.C. AGNEW, Y. BOCK, D. DONG, A. DONNELLAN, B.H. HAGER, T.A. HERRING, D.D. JACKSON, T. JORDAN, R.W. KING, S. LARSEN, K.M. LARSON, M.H. MURRAY, Z. SHEN & F.H. WEBB, 1993 : Space geodetic measurement of crustal deformation in Central and Southern California, 1984-1992. J. Geophys. Res., 98, **B12**, *21677-21712*.

[5] VY QUỐC HẢI, TRẦN ĐÌNH TÔ, DƯƠNG CHÍ CÔNG, 1998 : Về độ dài ca đo qua việc xử lý số liệu một lưới GPS. Tạp chí Các Kkhoa học về Trái Đất, T. 20, **3**, *200-203*.

[6] VY QUỐC HẢI, TRẦN ĐÌNH TÔ, DƯƠNG CHÍ CÔNG, 2001 : Kinh nghiệm ứng dụng GPS trong nghiên cứu dịch chuyển kiến tạo hiện đại. Tạp chí Các khoa học về Trái Đất, T. 23, **4**, *431-435*.

[7] VY QUỐC HẢI, TRẦN ĐÌNH TÔ, DƯƠNG CHÍ CÔNG, 2004 : Xác định tọa độ tuyệt đối bằng GPS trên WGS-84. Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất, T. 26, **1**, *76-81*.

[8] VY QUỐC HẢI, 2009 : Nghiên cứu đặc điểm chuyển dịch vỏ Trái Đất theo theo thời gian, lân cận chấn tâm động đất Sumatra 26-12-2004 từ số liệu GPS. Tc Các Khoa học về Trái Đất, T. 31, **2**, *184-190*.

[9] VY QUỐC HẢI, 2009 : Xác định chuyển dịch tuyệt đối khu vực lưới GPS Tam Đảo - Ba Vì. Tạp chí Địa chất, A 311, **3-4**, *22-30*.

[10] T.A. HERRING. R.W. KING, S.C. MCCLUSKY, 2009 : GAMIT reference manual, Department of Earth, Atmotspheric and Planetary Sciences, Massachussetts Institute of Technology.

[11] NOVATEL, 2003 : OEM4 family of receivers, USER manual.

[12] G.W. MICHEL, M. BECKER, D. ANGERMANN, C. REIGBER & REINHART, 2000 : Crustal motion in E- and SE-Asia from GPS measurements. Earth Planet Space, **52**, *713-720*.

[13] G.W. MICHEL, Y.Q. YU, S.Y. ZHU, C. REIGBER, M. BECKER, E. REINHART, W. SIMONS, B. AMBRO-SUIS, C. VIGNY, N. CHAMOT-ROOKE, X. LE PICHON, P. MORGAN, S. MATHEUSSEN, 2001 : Crustal motion and block behaviour in SE-Asia from GPS measurement. Earth Planet. Science Lett., **187**, *239-244*.

[14] LÊ HUY MINH, A. BOURDILLON, P. LASSUDRIE DUCHESNE, R. FLEURY, NGUYỄN CHIẾN THẮNG, TRẦN THỊ LAN, NGÔ VĂN QUÂN, LÊ TRƯỜNG THANH, TRẦN NGỌC NAM, HOÀNG THÁI LAN, 2006 : Xác định hàm lượng điện tử tổng cộng tầng điện ly ở Việt Nam qua số liệu các trạm thu tín hiệu vệ tinh GPS. Tạp chí Địa chất, A296, *54-62*.

[15] LÊ HUY MINH, NGUYỄN CHIẾN THẮNG, TRẦN THỊ LAN, R. FLEURY, P. LASSUDRIE DUCHESNE, A. BOURDILLON, C. AMORY-MAZAUDIER, TRẦN NGỌC NAM, HOÀNG THÁI LAN, 2007 : Ảnh hưởng của bão từ tới nồng độ điện tử tổng cộng vùng dị thường điện ly xích đạo Đông Nam Á quan sát được từ số liệu GPS. Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất, T. 29, **2**, *104-112*.

[16] LE HUY MINH, PHAM XUAN THANH, NGUYEN CHIEN THANG, TRAN THI LAN, R. FLEURY, P. LASSUDRIE DUCHESNE, A. BOURDILLON, C. AMORY-MAZAUDIER, TRAN NGOC NAM, HOANG THAI LAN, 2008 : Total tropospheric water vapour and precision of the absolute positioning by GPS in Viet Nam. J. GEOLOGY, Series B, **31-3**2, *118-126*.

[17] LÊ HUY MINH, F. MASSON, P. LASSUDRIE DUCHESNE, A. BOURDILLON, TRẦN THỊ LAN, PHẠM XUÂN THÀNH, NGUYỄN CHIẾN THẮNG, TRẦN NGỌC NAM, HOÀNG THÁI LAN, 2009 : Kết quả đánh giá độ trễ thiên đỉnh và hàm lượng hơi nước tổng cộng tầng đối lưu từ số liệu GPS ở Việt Nam. Tc Các Khoa học về Trái Đất, T. 31, **3**, *201-211*.

[18] W.J.F. SIMSON, A. SOCQUET, C. VIGNY, B. A.C. AMBROSIUS, S. HAJI ABU, C. PROMTHONG, C. SUBARYA, D.A. SARSITO, S. MATHEUSSEN, P. MORGAN AND W. SPARMAN, 2007 : A decade of GPS in Southeast Asia : Resolving Sundaland motion and boundaries. J. Geophys. Res., 112, B06420, doi:10.1029/2005JB003868.

[19] SOCQUET A., C. VIGNY, N. CHAMOT-ROOKE, W. SIMSONS, C. RANGIN & B. AMBROSIUS, 2006 : India and Sunda plates motion and deformation along their boundary in Myanmar determined by GPS. J. Geophys. Res., 111, B05406, doi:10.1029/2005JB003877.

[20] P. TAPONNIER, G. PELTZER, A.Y. LE DAIN, R. ARMIJO & P. COBBOLD, 1982 : Propagating ex-

trusion tectonics in Asia ; new insights from simple experiments with plasticine, Geology, **12**, *611-616*.

[21] P. TAPONNIER, G. PELTZER, R. ARMIJO, 1986 : On the mechanics of the collision between India and Asia, Geological Society, London, Special Publications, **19**, *113-157*.

[22] W. THATCHER, 2009 : How the continents deform : the evidence from tectonic geodesy, Annu. Rev. Earth Planet. Sci, **37**, *237-262*.

[23] TRẦN ĐÌNH TÔ, NGUYỄN TRỌNG YÊM, K. FEIGL, DƯƠNG CHÍ CÔNG, VY QUỐC HẢI, 2001 : Về hoạt động của đới đứt gẫy Sông Hồng theo số liệu đo GPS. Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất, T. 23, **4**, *436-441*.

[24] NGUYỄN VĂN VƯỢNG, TẠ TRỌNG THẮNG, VŨ VĂN TÍCH, 2002 : A new kinematic model for the cenozoic deformation along the Red River shear zone : implication for the Song Hong basin formation. J. Geology, Serie B, **19-20**, *79-89*.

[25] P.Z. ZANG, Z. SHEN, M. WANG, W. GAN, R. BURGMANN, P. MOLNAR, 2004 : Continuous deformation of the Tibetan Plateau from global positioning system data. Geology, 32(**9**), *809*.

## SUMMARY

**Crustal motion from the continuous GPS data in Vietnam and in the Southeast Asian region**

This paper presents an estimation of the velocity of the Earth's crust in Vietnam and the Southeast Asian region, determined from the GPS data in nearly 5 years (4/2005-12/2009) at 3 sites in Vietnam (Hanoi, Hue and Ho Chi Minh city) plus more than 20 ones in Southeast Asia and other regions using GAMIT software. The horizontal velocity vectors in ITRF2005 at the considered Southeast Asian stations show that they drive to the south-eastward, but the KUNM, Hanoi and Hue (with velocity of about 32-35mm/yr) move faster than the Ho Chi Minh city, NTUS and BAKO (with the velocity of 22-26mm/yr) ; meanwhile the PIMO drives to the northwest with the velocity of 30 mm/yr. The fact that relative velocity vectors with respect to the Eurasian plate decrease from 9.7 mm/yr at Hanoi, 6.9 mm/yr at Hue to 4.0 mm/yr at Ho Chi Minh city, as well as the increase of the motion azimuths from 139°8 at Hanoi to 226°3 at HCM city show that the Indochina block rotates clockwise ; however, its northern part moves faster than the southern one. The increase of the azimuths of the relative velocities with respect to the Sundaland block from 201°6 at Hanoi, 221°3 at Hue to 254°4 at Ho Chi Minh City also implicates the clockwise rotation of the Indochina block. Significant differences of the relative velocities with respect to Sundaland at the stations in this block (1.4 mm/yr at BAKO, ~12 mm/yr at NTUS and HCM city, and 7.8 mm/yr at Hue) implicate that the Sundaland also undergoes a significant internal deformation.

*Ngày nhận bài : 11-01-2010*

*Viện Vật lý địa cầu, Hà Nội*
*Trường Đại học Wisconsin-Madison, Mỹ*
*Viện Vật lý địa cầu Strasbourg, Pháp*
*Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ*
*Trường Đại học Rennes 1, Pháp*
*Trường Viễn thông Quốc gia Bretagne, Pháp*
*Trường Đại học Khoa học Huế*
*Viện Vật lý Tp HCM*