

CHUYỂN ĐỘNG TUYỆT ĐỐI KHU VỰC ĐỨT GỖY SÔNG HỒNG (TỪ YÊN BÁI QUA THÁI NGUYÊN) THEO SỐ LIỆU ĐO GPS

TRẦN ĐÌNH TÔ, DƯƠNG CHÍ CÔNG

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việc ứng dụng ngày một rộng rãi các kỹ thuật đo đạc không gian, nhất là định vị toàn cầu GPS đã mang lại những thành tựu đáng kể trong nghiên cứu động học thạch quyển và địa động lực trên quy mô toàn cầu, khu vực và địa phương. Tại khu vực Đông Nam Á, tuy có chậm hơn so với một số khu vực khác, GPS cũng đã được ứng dụng liên tục từ những năm đầu của thập niên 90 cho đến nay để đo đạc hoạt động kiến tạo hiện đại và đã đạt được nhiều kết quả [2-8], khắc họa bức tranh chuyển động hiện đại khu vực ngày một chi tiết và chính xác hơn, đồng thời đã xây dựng bước đầu các mô hình động học khối Sunda [4, 6] và bổ sung vào mô hình động học toàn cầu [5].

Trong các mô hình động học toàn cầu và khu vực này, đứt gãy Sông Hồng được coi là ranh giới phía bắc của khối Sunda (SU) với khối Nam Trung Hoa (SC) với ghi chú đây vẫn còn là vấn đề mở cần tiếp tục làm rõ [4-6].

Trong bài báo này, các tác giả cung cấp kết quả tính vận tốc chuyển động tuyệt đối (trong ITRF2000) cũng như vận tốc chuyển động tương đối tại các điểm nằm trên cánh tây nam và cánh đông bắc hệ thống đứt gãy Sông Hồng từ số liệu hai chu kỳ đo GPS (1994 và 2000) trên lưới GPS Thác Bà, qua đó bổ sung những chứng cứ để nhìn nhận về quan hệ chuyển động giữa SU và SC.

II. LƯỚI GPS THÁC BÀ VÀ HAI CHU KỲ ĐO

Như đã được giới thiệu chi tiết trong [6], nhằm đo đạc mức độ hoạt động của hệ thống đứt gãy Sông Hồng bao gồm đứt gãy Sông Hồng, đứt gãy sông Chày và đứt gãy Sông Lô trên khu vực các tỉnh Yên Bái, Phú Thọ, Tuyên Quang và Thái Nguyên, lưới GPS Thác Bà được thiết lập từ 1994 và đo được hai chu kỳ.

Chu kỳ đo đầu thực hiện vào tháng 11 năm 1994 với hai ca đo 8 giờ mỗi ngày (ngắt quãng 3 giờ giữa hai ca). Các điểm NAM1 và XUY1 đo trong 8 ngày, trong khi các điểm còn lại đo 4 ngày. Lưới còn được lần lượt đo nối với hai điểm CAM1 và NON4 của lưới GEODYSSSEA nghiên cứu địa động lực Nam-Đông Nam Á [7], tại mỗi điểm đo 4 ngày như trên.

Chu kỳ thứ hai tiến hành vào tháng 11 năm 2000, mỗi ngày đo một ca 16 giờ liên tục. Số ngày đo tại mỗi điểm giống như chu kỳ đầu ; chỉ đo nối với điểm CAM1 nhưng lại được bổ sung điểm đo liên tục 24 giờ/ngày, ban đầu là BAI0 (tại thị xã Yên Bái) và tiếp sau là VTR0 (tại Việt Trì) nhằm hỗ trợ việc kết nối với các trạm thường trực IGS khu vực trong quá trình xử lý.

Cả hai đợt đều sử dụng máy thu hai tần số Ashtech. Các thông số máy thu được cài đặt như sau : góc ngưỡng cao 15°, tần suất ghi 30 giây và số lượng vệ tinh tối thiểu là 3.

Trên cơ sở số liệu đo cả hai chu kỳ, có thể tính vận tốc chuyển dịch cho 6 điểm, trong đó, điểm NAM1 nằm ở cánh tây nam đứt gãy Sông Hồng, điểm NTH1 nằm trên cấu trúc giữa đứt gãy Sông Hồng và đứt gãy Sông Chày, điểm DOI1 nằm giữa đứt gãy Sông Chày và đứt gãy Sông Lô ; đối diện với nó ở cánh đông bắc đứt gãy Sông Lô là điểm OAN1, xa đứt gãy hơn nữa là điểm XUY1. Điểm CAM1 (Cắm Phà) thuộc lưới GEODYSSSEA.

III. TÍNH VẬN TỐC CHUYỂN ĐỘNG CÁC ĐIỂM

Số liệu hai chu kỳ đo đã được xử lý để xác định vận tốc chuyển động tuyệt đối trong ITRF2000 [1] tại vùng nghiên cứu. Nhằm mục đích này, đã lựa chọn các điểm IGS xung quanh Việt Nam sau đây để xử lý kết hợp :

- Đối với chu kỳ 1994 : KIT3 (Kitab, Uzbekistan), TSKB (Tsukuba, Nhật Bản), IISC (Bangalore, Ấn Độ), TIDB (Tidbinbilla, Australia), YAR1 (Yarragadee, Australia) và TAIW (Đài Bắc, Đài Loan).

- Đối với chu kỳ đo 2000 : ngoài các điểm nói trên (trừ TAIW), còn có PIMO (Quezon, Philippines), COCO (Đảo Coco, Australia), KUNM (Kunming, Trung Quốc) và WUHN (Vũ Hán, Trung Quốc).

Về nguyên tắc, số lượng điểm kết nối nên từ bốn trở lên và nhìn chung càng nhiều càng tốt. Có sự khác nhau trong lựa chọn điểm IGS kết nối là do vào thời gian 1994, mật độ điểm lưới IGS còn thưa, nhất là ở khu vực Đông Nam Á, còn điểm TAIW không còn được sử dụng vào năm 2000.

Phần mềm GAMIT phiên bản 10.32 được dùng để xử lý số liệu ca đo ; sau đó dùng phần mềm GLOBK để kết hợp các ca đo trong mỗi chu kỳ nhằm tính tọa độ trung bình xác suất nhất trong khung ITRF2000 ứng với mốc thời gian chu kỳ và lập các phương trình chuẩn cho từng chu kỳ. Cuối cùng, cũng bằng GLOBK kết hợp hai chu kỳ đo để tính vận tốc chuyển động của các điểm trong khung ITRF2000.

Thành phần vận tốc chuyển động tuyệt đối của các điểm lưới Thác Bà cùng sai số trung phương xác định được trình bày ở *bảng 1*.

Bảng 1. Vận tốc chuyển động tuyệt đối cùng sai số vận tốc

Điểm đo	Vận tốc chuyển động [mm/năm]		Sai số vận tốc [mm/năm]	
	Kinh độ (E)	Vĩ độ (N)	Kinh độ (E)	Vĩ độ (N)
Điểm lưới GPS Thác Bà				
CAM1	34,38	-11,38	1,35	1,19
XUY1	34,72	-10,45	1,33	1,19
OAN1	33,16	-9,69	1,34	1,19
DOI1	33,34	-9,62	1,36	1,20
NTH1	33,26	-9,96	1,35	1,20
NAM	34,85	-10,00	1,33	1,18
Các điểm lưới IGS				
WUHN	32,78	-13,50	1,0	1,0
TAIW	35,07	-13,88	1,0	1,0
KUNM	31,54	-20,39	1,0	1,0
KIT3	26,43	4,52	0,91	0,89
TSKB	-4,37	-10,68	0,90	0,86
PIMO	-47,20	30,63	1,0	1,0
COCO	42,46	49,39	1,0	1,0
YAR1	38,86	55,76	0,86	0,82
TIDB	19,07	56,26	0,89	0,85

Chuyển động tuyệt đối của vùng nghiên cứu (đại diện bằng vector chuyển động của điểm NAM1) trong bối cảnh chuyển động của các điểm IGS khu vực được giới thiệu trên *hình 1*.

Ngoài ra cũng đã tính vận tốc chuyển động tương đối của các điểm DOI1, NTH1 và NAM1 so với ba điểm CAM1, OAN1 và XUY1 nhận là đứng yên. Kết quả tính được giới thiệu ở *bảng 2*.

Bảng 2. Vận tốc chuyển động tương đối cùng sai số vận tốc

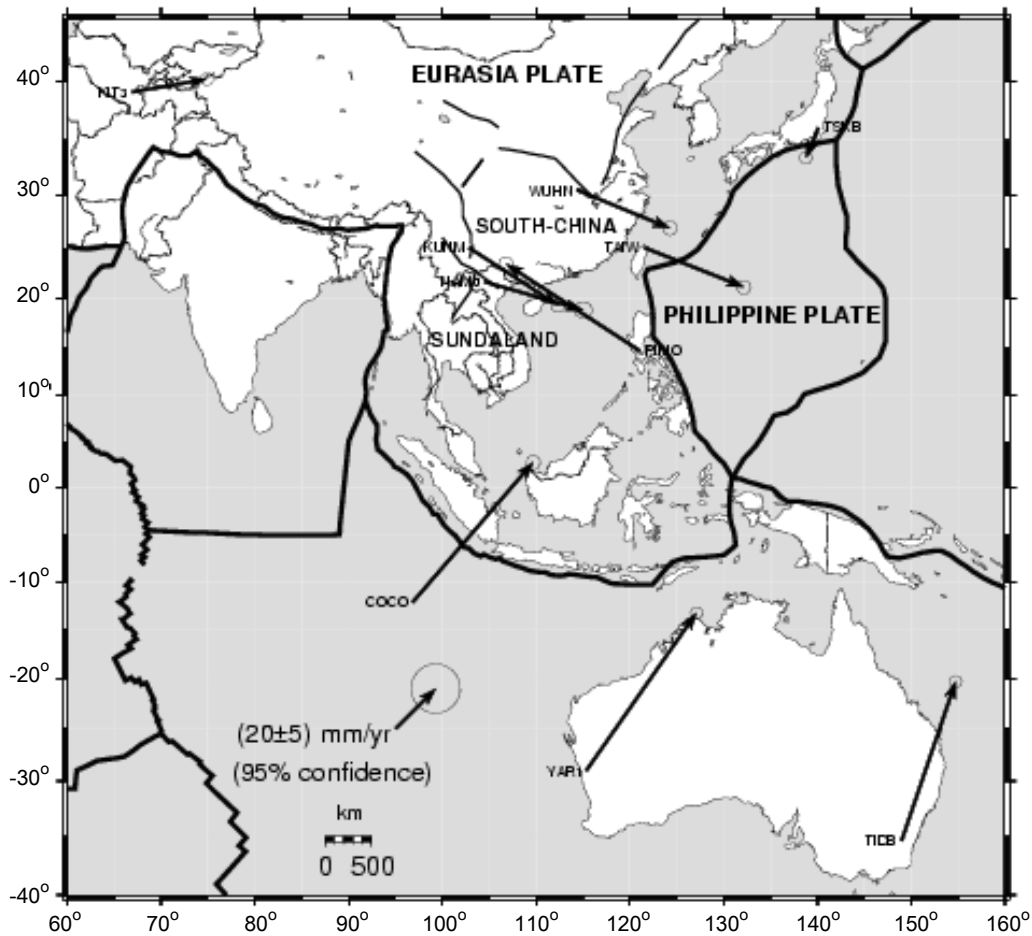
Điểm đo	Vận tốc chuyển động [mm/năm]		Sai số vận tốc [mm/năm]	
	Kinh độ (E)	Vĩ độ (N)	Kinh độ (E)	Vĩ độ (N)
CAM1	0,00	0,00	0,00	0,00
XUY1	0,00	0,00	0,00	0,00
OAN1	0,00	0,00	0,00	0,00
DOI1	0,12	0,08	0,99	0,97
NTH1	0,03	0,44	0,98	0,96
NAM	1,54	0,20	0,95	0,95

IV. THẢO LUẬN CÁC KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Như đã giới thiệu trong *bảng 1* và *bảng 2*, mỗi giá trị thành phần vận tốc tính được đều đi kèm với giá trị sai số xác định tương ứng. Giá trị sai số này là số đo về chất lượng số liệu đo và chất lượng xử lý ; nó cũng là cơ sở để nhận dạng chuyển dịch điểm đo. Thông thường ta coi giá trị vận tốc chuyển dịch là có nghĩa khi vector vận tốc của điểm vượt ra ngoài elip sai số ứng với mức xác suất 95 %.

Như đã giới thiệu ở trên, chương trình đo trên các điểm tại chu kỳ 1994 và 2000 về cơ bản tương tự nhau, song cũng có một số khác biệt : năm 2000 đã bố trí thêm điểm đo liên tục 24 giờ/ngày (BAI0 và VTRO) nhằm tăng chất lượng kết nối với các điểm IGS khu vực ; thời gian đo mỗi ca/ngày liên tục, không ngắt quãng 3 giờ như năm 1994 và số lượng vệ tinh hoạt động trên bầu trời nhiều hơn. Có thể nhận thấy sự khác biệt này qua các kết quả xử lý.

Trong mỗi bước xử lý của phần mềm, chất lượng các kết quả được đánh giá chặt chẽ và được thông báo dưới dạng các bảng giá trị hoặc biểu đồ. Dưới đây chọn minh họa biểu đồ sai số trung phương thành phần tọa độ và sai số trung bình đo cạnh theo độ dài cạnh đo, nhận được từ kết quả kết hợp các ca đo trong chu kỳ 2000 (*hình 2*) và chu kỳ 1994 (*hình 3*), trước khi kết hợp để tính vận tốc.



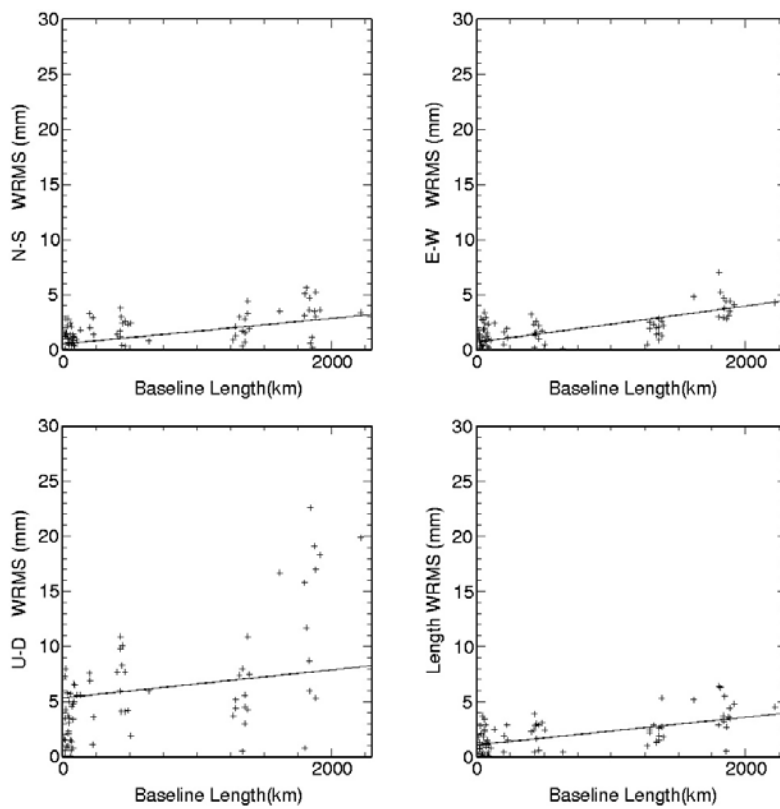
Hình 1. Sơ đồ vector chuyển động tuyệt đối của các điểm trên nền kiến tạo khu vực
 Các điểm IGS : KIT3, TSKB, TAIW, WUHN, KUNM, PIMO, COCO, TIDB, YARI

Các đánh giá này chứng tỏ hai chuỗi số liệu đo có số lượng và chất lượng tốt, đảm bảo các kết quả xử lý đạt độ chính xác và độ tin cậy, minh chứng là giá trị các sai số vận tốc nhận được (bảng 1 và 2).

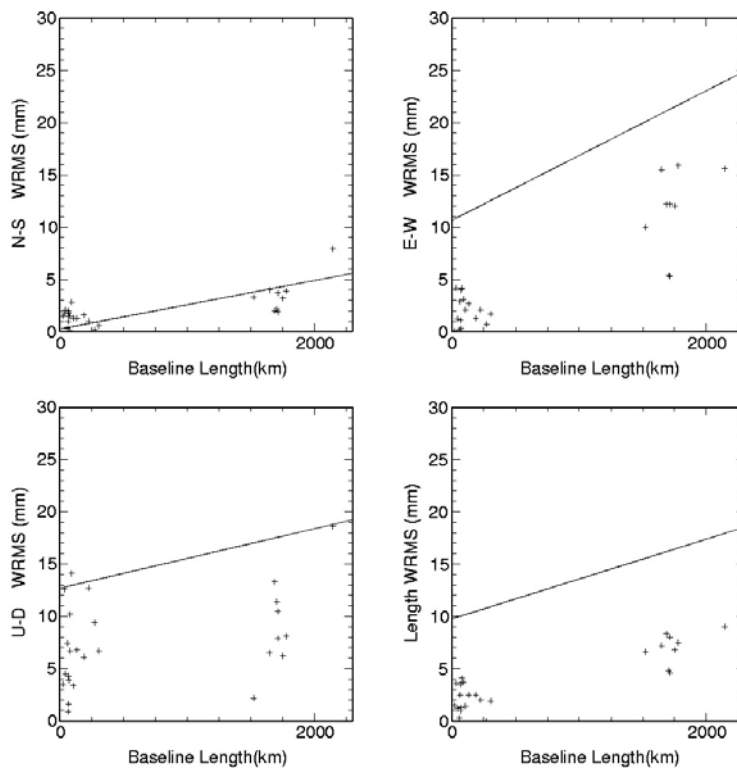
Theo bảng 1, các giá trị sai số thành phần vận tốc của các điểm tương tự nhau và tương đối bé, chỉ bằng 1/10 thành phần vận tốc chuyển động về phía nam và 1/30 giá trị thành phần vận tốc chuyển động về phía đông, nên hiển nhiên là các vector vận tốc (hình 1) đều nằm ngoài elip sai số ứng với mức xác suất 95%. Điều này chứng tỏ, giá trị vận tốc chuyển động ngang tuyệt đối nhận được tại các điểm lưới Thác Bà đều có nghĩa, hơn thế nữa, vận tốc này được quy về ITRF2000 một cách chính xác và đồng nhất biểu hiện qua giá trị hiệu chỉnh vận tốc và giá trị sai số của vận tốc các điểm IGS tham chiếu.

Vận tốc chuyển động tuyệt đối tại điểm NAM1 đại diện cho đầu bắc khối SU đạt giá trị $34,8 \pm 1,4$

mm/năm về phía đông và $10,0 \pm 1,2$ mm/năm về phía nam, trong khi vận tốc của các điểm đại diện khối SC là XUY1, CAM1 trên lãnh thổ Việt Nam đạt giá trị trung bình $34,6 \pm 1,4$ mm/năm về phía đông và $11,0 \pm 1,2$ mm/năm về phía nam và tại WUHN đạt tương ứng là 32,8 và 13,5 mm/năm. Như vậy, so với NAM1 được coi là đứng yên, ta xác định được chuyển động về phía tây - tây nam của các điểm trên khối SC với vận tốc $1,5 \pm 2,5$ mm/năm tại CAM1 (nằm cách NAM1 300 km) và $4,0 \pm 2,2$ mm/năm tại WUHN (nằm cách NAM1 gần 1.400 km). Như vậy, nhiều khả năng có sự khác biệt (không lớn) về chuyển động tuyệt đối giữa SU và SC. Kết quả này khá phù hợp với [6], theo đó, so với SU, khối SC quay ngược chiều kim đồng hồ từ tây - tây nam sang nam - tây nam với vận tốc trong khoảng 1-4 mm/năm, cho phép suy diễn về sự tồn tại trường ứng suất nén ép dọc đới ranh giới giữa SU và SC với phương bắc nam là chủ đạo.



← Hình 2.
 Biểu đồ sai số vĩ độ (N-S),
 kinh độ (E-W), độ cao (U-D)
 và sai số đo cạnh theo độ dài
 cạnh đo của chu kỳ 2000



Hình 3. →
 Biểu đồ phân bố sai số vĩ độ
 (N-S), kinh độ (E-W), độ cao
 (U-D) và sai số đo cạnh theo
 độ dài cạnh đo của
 chu kỳ 1994

Vận tốc chuyển động nhận được (bảng 1) đã được so sánh với vận tốc chuyển động cũng tại các điểm lưới Thác Bà tính theo mô hình động học (cùng hệ quy chiếu ITRF2000) của Simons [5] và giới thiệu trong *bảng 3*.

Có thể nhận thấy độ phù hợp cao đối với các điểm NAM1, XUY1 và CAM1, mặt khác cũng thấy rõ đối

với ba điểm NTH1, DOI1 và OAN1 nằm trong đới đứt gãy Sông Hồng độ lệch vận tốc lớn hơn rõ rệt. Điều này có thể do ảnh hưởng của hoạt động kiến tạo cục bộ tại đới đứt gãy này.

Xét tại khu vực nghiên cứu (hệ thống đứt gãy Sông Hồng), kết quả (bảng 1) cho thấy có sự khác biệt về vận tốc chuyển động tuyệt đối giữa các khối

Bảng 3. So sánh vận tốc chuyển động tuyệt đối theo số liệu đo lưới Thác Bà (TC) và theo mô hình Simons

Điểm	Thành phần vận tốc về phía đông E [mm/năm]			Thành phần vận tốc về phía nam N [mm/năm]			Vận tốc chuyển động [mm/năm]		
	TC	Simons	độ lệch	TC	Simons	độ lệch	TC	Simons	độ lệch
CAM1	34,38	34,50	-0,12	-11,38	-8,99	-2,39	36,21	35,65	0,56
XUY1	34,72	34,75	-0,03	-10,45	-8,36	-2,07	36,25	35,74	0,51
OAN1	33,16	34,77	-1,61	-9,69	-8,20	-1,49	34,55	35,72	-1,17
DOI1	33,34	34,74	-1,40	-9,62	-8,15	-1,47	34,70	35,68	-0,98
NTH1	33,26	34,70	-1,44	-9,96	-8,14	-1,82	34,72	35,64	-0,92
NAM1	34,85	34,78	0,07	-10,00	-7,85	-2,15	36,26	35,66	0,60

cấu trúc nằm trong đới (do các điểm NTH1, DOI1 và OAN1 đại diện), so với vận tốc chuyển động của cánh tây nam (điểm NAM1 đại diện) và cánh đông bắc (CAM1 và XUY1 đại diện). Một mặt, độ lệch này mang tính hệ thống rõ rệt, nguyên nhân có thể là do hoạt động kiến tạo tại hệ thống đứt gãy này gây nên. Mặt khác, giá trị độ lệch cùng bậc với giá trị sai số, nên khó có thể coi sự khác biệt này là có nghĩa. Để tìm hiểu thêm vấn đề này, trước hết ta tính vận tốc chuyển động tương đối giữa hai cánh của đứt gãy Sông Chảy và đứt gãy Sông Lô từ giá trị vận tốc chuyển động tuyệt đối tại ba điểm NTH1, DOI1 và OAN1. Vận tốc tương đối nhận được đều nhỏ, chỉ là 0,4 mm/năm đối với đứt gãy Sông Chảy và 0,2 mm/năm đối với đứt gãy Sông Lô và chỉ bằng 1/4 sai số xác định. Như vậy, có thể cho đứt gãy Sông Chảy và đứt gãy sông Lô thuộc hệ thống đứt gãy Sông Hồng, nếu có hoạt động hiện tại thì cũng rất yếu mà giá trị vận tốc 0,4 và 0,2 mm/năm nói trên có thể là một ước lượng tham khảo. Sự khác biệt về vận tốc chuyển động tuyệt đối giữa hai cánh của đứt gãy Sông Hồng (giữa điểm NAM1 và điểm NTH1) lớn hơn, đạt 1,5 mm/năm, nhưng cũng cùng cỡ với sai số. Như vậy, với mức tin cậy 95 %, số liệu đo đã không đưa ra được chứng cứ về chuyển động tương đối có nghĩa của hệ thống đứt gãy Sông Hồng, nhưng không loại trừ khả năng hoạt động ở mức độ yếu, tức là trong khoảng 0-1,5 mm/năm và cường độ hoạt động giảm dần từ đứt gãy Sông Hồng sang đứt gãy Sông Chảy và yếu hơn tại đứt gãy Sông Lô.

Nhận định này cũng được kiểm chứng lại qua phân tích kết quả tính vận tốc chuyển dịch tương đối giữa các cánh (bảng 2).

KẾT LUẬN

Số liệu đo hai chu kỳ trên lưới GPS Thác Bà, đủ về số lượng và đảm bảo về chất lượng, đã được xử lý theo một quy trình chuẩn bằng tổ hợp phần mềm GAMIT/GLOBK, nhằm xác định vận tốc chuyển động tuyệt đối (trong ITRF2000) và vận tốc chuyển động tương đối của các điểm trên các khối cấu trúc thuộc hệ thống đứt gãy Sông Hồng. Kết quả xử lý cho phép đưa ra các nhận định sau :

1) Với hệ thống đứt gãy Sông Hồng là ranh giới, vùng Đông Bắc Việt Nam đang chuyển động tuyệt đối với vận tốc $34,6 \pm 1,4$ mm/năm về phía đông và $11,0 \pm 1,2$ mm/năm về phía nam, trong khi vận tốc chuyển động ở phần tây nam đạt giá trị tương ứng là $34,8 \pm 1,3$ mm/năm và $10,0 \pm 1,2$ mm/năm. Tuy không lớn, nhưng nhiều khả năng có sự khác biệt về chuyển động giữa SU và SC.

2) Số liệu đo đã không đưa ra được bằng chứng ủng hộ với mức xác suất 95 % về chuyển động tương đối giữa các cấu trúc của hệ thống đứt gãy Sông Hồng (bao gồm đứt gãy Sông Hồng, đứt gãy Sông Chảy và đứt gãy Sông Lô), nhưng cho phép đưa ra nhận định (ở mức tin cậy ứng với một lần sai số) : hoạt động hiện tại của hệ thống đứt gãy vào loại

yếu với vận tốc khoảng 0-1,5 mm/năm, trong đó đứt gãy Sông Hồng có tính tích cực cao nhất, tiếp đến là đứt gãy Sông Chảy, thấp nhất là đứt gãy Sông Lô.

3) Kết quả thu được sẽ góp phần quan trọng vào việc xây dựng mô hình động học lãnh thổ Việt Nam trong thời gian tới.

Lời cảm ơn : bài báo được hoàn thành với sự hỗ trợ của Chương trình Nghiên cứu Cơ bản trong lĩnh vực Khoa học Tự nhiên, ngành Các Khoa học về Trái Đất (Đề tài 707606).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Z. Altamini, P. Sillard and C. Boucher, 2002 : ITRF2000 : A new release of the International Terrestrial Reference frame for earth science applications, *Journal of Geophys. Res.*, 107 (B10), 2214. doi : 10.1029/2001 JB0051.

[2] M. Becker, E. Reihart, Soeb Bin Nordin, D. Angermann, G. Michel and C. Reigber, 2000 : Improving the velocity field in south and south-East Asia : The third round of GEODYSSSEA. *Earth Planets Space*, 52, 721-726.

[3] G. Michel, M. Becker, D. Angermann, C. Reigber and E. Reinhart, 2000 : Crustal motion in E-and SE-Asia from GPS measurements. *Earth Planets Space*, 52, 713-720.

[4] G. Michel, Yue Qui Yu, Sheng Yuan Zhu, C. Reigber, M. Becker, E. Reinhart, W. Simons, B. Ambrosius, C. Vigny, N. Chamot-Rooke, X. Le Pichon, P. Morgan, M. Saskia, 2001 : Crustal motion and block behaviour in E-and SE-Asia from GPS measurements. *Earth and Planets Science Letters*, 187, 239-244.

[5] G.F Sella., T.H. Dixon, Ailin Mao, 2002 : REVEL : A model for Recent plate velocities from space geodesy. *Journal of Geophys. Research*, Vol. 107, B4, 2081.

[6] W.J.F. Simons, A. Socquet, C. Vigny, B.A. C. Ambrosius, S. Haji Abu, C. promthong, C. Su-barya, D.A. Sarsito, S. Matheussen, P. morgan, W. Spakman, 2007 : A decade of GPS in Southeast Asia: Resolving

Sundaland motion and boundaries. *Journal of Geophys. Research*, Vol. 112, B06420.

[7] Trần đình Tô, Dương Chí Công, Vỹ Quốc Hải, Kurt Feigl, Matthias Becker, 2002 : Đánh giá hoạt động kiến tạo hiện đại đối đứt gãy Sông Hồng theo số liệu đo GPS. Trong chuyên khảo : Đứt gãy Sông Hồng - đặc điểm địa động lực, sinh khoáng và tai biến thiên nhiên. Kết quả nghiên cứu cơ bản 2001-2003, Nxb Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2004.

[8] P. Wilson, G. Michel (editors), 1998 : The GEODYNAMICS of S and SE Asia (GEODYSSSEA) Project, Scientific Technical report STR98/14, Geoforschungs Zentrum Potsdam.

SUMMARY

Absolute motion of the Red River fault system area (from Yen Bai to Thai Nguyen) deduced from GPS data

The GPS data from 2 measurement campaigns (1994-2000) on Thac Ba network spanned across the Red River fault system from Yen Bai to Thai Nguyen were processed using GAMIT/GLOBK software for computing station absolute (itrf 2000) motion velocities. It is resulted :

1) Across the Red River fault concerned as the between SU and SC blocks boundary, NAM1 site (the northern part of Sundaland) is now moving eastward with a rate of 34.8 ± 1.3 mm/year and southward with a velocity of 10.0 ± 1.2 mm/year, while XUY1 and CAM1 sites (on the South China block but close to the boundary) are moving eastward with average rate of 34.6 ± 1.3 mm/year and southward with a velocity of 11.0 ± 1.2 mm/year. There probably exists a small motion difference between SU and SC blocks.

2) The analyzed data although could not recover significant relative motions between the tectonic structures of the Red River fault system, it allows to imply that, while the Red River fault is seem to be now active, its motion rate should be small, of 0-1.5 mm/year and is decreasing from the Red River fault through the Black River fault to Lo River fault.

3) The presented results contribute to describe a kinematic model of Vietnam territory in near future.

Ngày nhận bài : 20-8-2008

Viện Địa chất