

XÁC ĐỊNH CHUYÊN DỊCH HIỆN ĐẠI ĐỚI ĐỨT GÃY SÔNG HỒNG THEO SỐ LIỆU LƯỚI GPS TAM ĐẢO - BA VÌ (1994 - 2007)

VY QUỐC HẢI, TRẦN ĐÌNH TÔ, NGÔ VĂN LIÊM

E - mail: vqhai75@yahoo.com

Viện Địa chất - Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Ngày nhận bài: 21 - 2 - 2011

1. Mở đầu

Đới đứt gãy Sông Hồng (ĐGSH) có vai trò quan trọng bậc nhất trong bình đồ kiến tạo nước ta, đã thu hút sự quan tâm rộng rãi của các nhà địa chất trong nước cũng như quốc tế. Hoạt động kiến tạo cũng như chuyển dịch của đới ĐGSH được quan tâm nghiên cứu bằng nhiều phương pháp khác nhau. Với các phương pháp địa chất, đã xác định được biên độ, tốc độ chuyển dịch của đới đứt gãy qua các thời kỳ địa chất. Tuy vậy, xác định chuyển động của đới đứt gãy trong giai đoạn hiện đại vẫn là thách thức lớn đối với chúng ta.

Công nghệ GPS đã được ứng dụng nghiên cứu chuyển dịch hiện đại đới ĐGSH từ những năm 1990. Theo [5], đới ĐGSH phần nằm trên lãnh thổ Trung Quốc đã được quan trắc bằng 4 chu kỳ đo GPS năm 1991, 1993, 1994, 1995. Vận tốc trung bình của các điểm gần biên giới Việt Nam cỡ một vài mm/năm, cùng bậc với sai số xác định chúng. Ở nước ta, từ những năm 1990 đã thiết lập lưới GPS Thác Bà và lưới GPS Tam Đảo - Ba Vì dọc theo đới ĐGSH. Một loạt các chu kỳ đo đã được triển khai vào các thời điểm 1994, 1996, 1998, 2000. Các tệp số liệu đã được xử lý, đưa ra kết luận bước đầu: chuyển dịch ngang của đới ĐGSH không lớn hơn 2mm/năm [1, 2, 6]. Đây là kết quả hết sức thú vị và quý giá đối với khoa học địa chất nước ta.

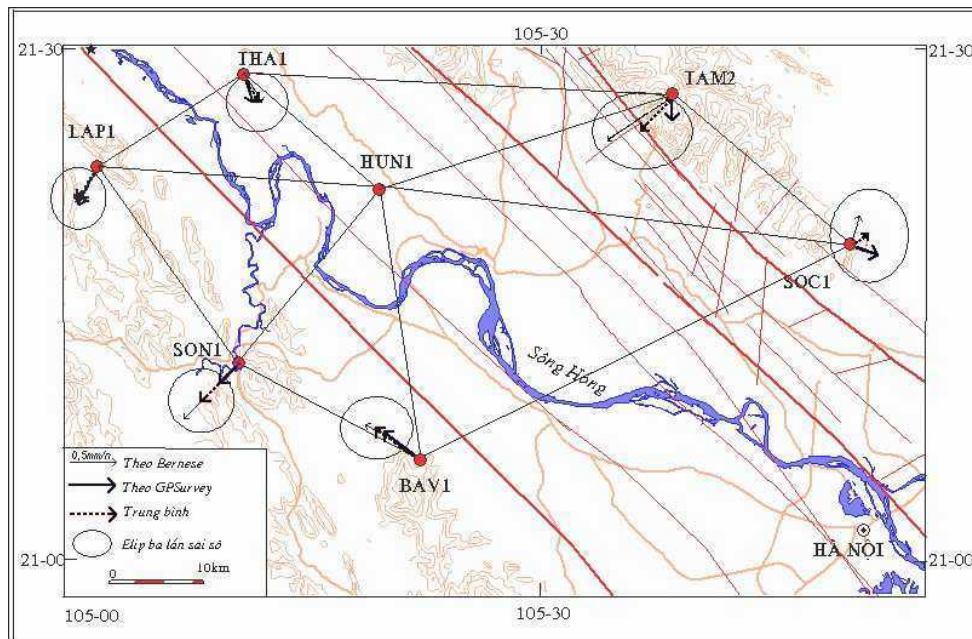
Tiếp theo các chu kỳ trước, trong năm 2006-2007, lưới Tam Đảo - Ba Vì (TĐBV) đã được quan trắc chu kỳ mới. Bởi vậy, trong bài báo này, số liệu của tất cả các chu kỳ đo đã được tập hợp, tiến hành xử lý theo một quy trình thống nhất, nhằm xác định chuyển dịch đới ĐGSH giai đoạn 1994 - 2007, với

hy vọng đạt được kết quả có độ chính xác và tin cậy cao hơn.

2. Lưới GPS Tam Đảo - Ba Vì và các chu kỳ đo

Lưới GPS Tam Đảo - Ba Vì đã được Viện Địa chất thuộc Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam thiết lập vào năm 1994. Các điểm của lưới phân bố trên địa phận: Yên Lập (LAP1), Thanh Sơn (SON1), Thanh Ba (THA1), Lâm Thao (HUN1) thuộc tỉnh Phú Thọ, Tam Đảo (TAM1) thuộc Vĩnh Phúc, Sóc Sơn (SOC1), Ba Vì (BAV1) thuộc Hà Nội (*hình 1*). Điểm TAM1 bị mất do mở rộng đường nên từ năm 2000 đo vào điểm TAM2. Tất cả các mốc của lưới đều được đặt trong đá gốc và đánh dấu bằng lõi thép không rỉ. Các trạm đo được phân đều trên các cánh của hệ thống đứt gãy, tạo nên một đa giác trung tâm gồm sáu tam giác có chiều dài cạnh nằm trong khoảng 20 - 50km. Cho đến nay, lưới được quan trắc 5 chu kỳ với các thông số cơ bản trình bày trong *bảng 1*.

Tất cả các chu kỳ đo đều được thực hiện theo quy trình nghiêm ngặt, đáp ứng các yêu cầu nghiên cứu chuyển dịch hiện đại. Số liệu GPS được thu thập bằng máy thu hai tần số Trimble 4000 SSE hoặc Trimble 4000ssi cùng anten compact L1/L2 có vành chống phản xạ. Góc ngưỡng cao thu tín hiệu 10°, tần suất ghi tín hiệu 15 hoặc 30 giây tùy thuộc vào độ dài ca đo. Các chu kỳ đều được tiến hành theo sơ đồ đo thống nhất, về cơ bản lấy máy tại điểm HUN1 làm tâm, hai máy còn lại đo theo từng tam giác. Số liệu đo, sau mỗi ca đo đều được kiểm tra sơ bộ ngay tại thực địa. Sau đợt đo, số liệu được biên tập, tổng hợp, chuyển sang dạng Rinex và kiểm tra chất lượng số liệu bằng phần mềm QC và TeQC [3].



Hình 1. Sơ đồ các vector vận tốc chuyển dịch

Bảng 1. Một số chỉ tiêu tổng hợp các chu kỳ đo

Chu kỳ đo	Số ca đo	Độ dài ca đo (giờ)	Số giờ đo	Ghi chú
1994	6	5	~90	
1996	6	5	~90	
	5	24	~120	Đo nối điểm HUN1 với các điểm IGS
1998	10	10	~300	
2000	9	16	~330	Kết hợp đo lưới Thác Bà, đo một phần lưới
2006-2007	16	24	~1150	

Bảng 2. Tọa độ điểm HUN1 trong ITRF 97

Thông số	Giá trị	Sai số
Vĩ độ	21 - 21 - 40,686312	6,9 mm
Kinh độ	105 - 19 - 47,592328	25,3 mm
Độ cao	59,8803 m	56,5 mm

Với tọa độ và sai số như trên, điểm HUN1 hoàn toàn đáp ứng được vai trò là điểm khởi tính trong việc tính cạnh và bình sai lưới.

Để đạt được độ chính xác cao nhất, quá trình xử lý đã khai thác và sử dụng lịch vệ tinh chính xác do International Global Navigation Satellite System Service (IGS) cung cấp. Tất nhiên các tệp lịch vệ tinh chính xác sau khi giải nén được chuyển đổi phù hợp với phần mềm.

Số liệu GPS có thể xử lý theo nhiều phần mềm khác nhau, trong trường hợp lưới TĐBV, phần mềm GPSurvey 3.25 và phần mềm Bernese 4.2 đã được sử dụng và đều đảm bảo độ tin cậy [4]. Đây cũng là cơ hội kiểm tra kết quả xử lý, hạn chế các sai lầm, nâng cao độ tin cậy của kết quả tính toán.

Với phần mềm GPSurvey 2.35, việc xử lý qua hai bước:

- Tính cạnh: sau khi lựa chọn các thông số điều khiển, phần mềm sẽ xử lý tự động và thông báo kết quả. Nhiệm vụ của người xử lý là xem xét các

3. Xử lý số liệu các chu kỳ

Để có thể tính toán và đánh giá chuyển dịch tương đối, phải xử lý và xác định được tọa độ điểm theo từng chu kỳ. Đầu vào của quá trình xử lý là tập hợp số liệu đo, lịch vệ tinh, các số liệu hỗ trợ phần mềm,... đầu ra là tọa độ bình sai cùng sai số của các điểm lưới.

Đối với lưới khu vực, khi xử lý cần lựa chọn điểm khởi đầu có tọa độ chính xác trong hệ tọa độ địa tâm Trái Đất. Trong trường hợp lưới TĐBV, với số liệu 5 ca đo 24/24 giờ đo năm 1996, đã tính chuyển tọa độ ITRF 97 từ điểm TAJW (Đài Loan) và xác định được tọa độ của điểm HUN1 với sai số trình bày trong *bảng 2*.

thông số đặc trưng cho độ chính xác và tin cậy của cạnh để quyết định chấp nhận kết quả hoặc tính lại bằng cách can thiệp vào việc điều khiển các thông số đầu vào, để có thể nhận được kết quả tốt hơn.

- Bình sai lưới theo các phương án: việc bình sai tuân thủ theo phương án nhích dần. Nhiệm vụ của chúng ta là xem xét, điều chỉnh các thông số thích hợp sao cho kết quả bình sai vượt qua phép thử thống kê. Quá trình bình sai, tuân thủ nguyên tắc sau:

- Điểm HUN1 được chọn là điểm cố định.
- Lần đầu cho tất cả các cạnh vào bình sai, xem xét kết quả, khả năng loại bỏ các trị đo có sai số thô.
- Sau đó bình sai nhích dần, sao cho kết quả đáp ứng được các phép thử thống kê. Một trong các kết quả bình sai (một phần kết quả chu kỳ 2006-2007) được trình bày ở *bảng 3*.

Bảng 3. Một phần kết quả bình sai lưới TĐ-BV chu kỳ 2006-2007 (tính theo GPSurvey 2.35)

TÊN ĐIỂM	TỌA ĐỘ GẦN ĐÚNG	HIỆU CHỈNH	TỌA ĐỘ SAU BÌNH SAI	SAI SỐ
1 BAV1				
VỸ ĐỘ =	21ø 05' 47.905547"	+0.000008"	21ø 05' 47.905554"	0.001147m
K. ĐỘ =	105ø 22' 22.248808"	+0.000000"	105ø 22' 22.248809"	0.000868m
ĐỘ CAO =	48.9996m	+0.0001m	48.9997m	0.005466m
3 HUN1				
VỸ ĐỘ =	21ø 21' 40.686312"	+0.000000"	21ø 21' 40.686312"	FIXED
K. ĐỘ =	105ø 19' 47.592328"	+0.000000"	105ø 19' 47.592328"	FIXED
ĐỘ CAO =	59.8803m	+0.0000m	59.8803m	FIXED
4 LAP1				
VỸ ĐỘ =	21ø 23' 01.986297"	+0.000007"	21ø 23' 01.986304"	0.000742m
K. ĐỘ =	105ø 01' 57.219207"	-0.000047"	105ø 01' 57.219160"	0.000949m
ĐỘ CAO =	66.6154m	-0.0001m	66.6153m	0.003151m

Kết quả bảng 3 chỉ ra rằng:

- Sai số theo vĩ tuyến của các điểm trung bình khoảng 1mm.
- Sai số theo kinh tuyến của các điểm trung bình dưới 1mm.
- Sai số theo độ cao dao động 3~7mm, trung bình khoảng 5mm.

Đây là kết quả rất tốt, có thể nói là tốt nhất từ trước đến nay trên lưới có quy mô tương tự.

Với phần mềm Bernes 4.2, quá trình xử lý gồm các nội dung:

- Chuẩn bị số liệu phù hợp với xử lý bằng Bernese 4.2.
- Chuyển các tệp lịch vệ tinh sang dạng tương thích với Bernese 4.2.
- Cập nhật tệp số liệu hỗ trợ phần mềm của IGS.

- Xử lý số liệu theo các bước của phần mềm Bernese 4.2 cho tới kết quả cuối cùng là tọa độ bình sai của tất cả các điểm lưới.

Số liệu đo chu kỳ 2006 - 2007 lưới GPS TĐBV đã được tiến hành xử lý bằng phần mềm Bernese 4.2 một cách bài bản, theo các bước một cách logic, chặt chẽ, đạt độ chính xác cao. Kết quả này được thể hiện ở thành quả cuối cùng là tọa độ bình sai của các điểm trong lưới. Theo thông báo của phần mềm, sai số tọa độ điểm sau bình sai đạt xấp xỉ 0,3-0,4mm theo mặt bằng, dưới 3mm theo độ cao (*bảng 4*).

Cũng xin lưu ý, tọa độ của điểm HUN1 (điểm cố định) khi đưa vào bình sai ở GPSurvey 2.35 là các thông số ở bảng 1. Từ các giá trị vĩ độ, kinh độ và độ cao phần mềm tính chuyển sang hệ tọa độ Đề các (X, Y, Z), nhằm phù hợp với dạng tọa độ đầu vào của Bernese 4.2. Sau khi xử lý, Bernese 4.2 thông báo tọa độ ở cả hai dạng. Tuy tọa độ X, Y, Z là như nhau, song do qua hai lần tính chuyển của

hai phần mềm nên vĩ độ, kinh độ và độ cao có chút khác biệt. Vì vậy, vĩ độ điểm HUN1 trong bảng 3 và bảng 4 có sai lệch cỡ 0,5mm theo mặt bằng. Các khác biệt này hoàn toàn không ảnh hưởng tới kết quả tính toán chuyển dịch.

Việc xử lý số liệu các chu kỳ đo trước đây cũng được tiến hành theo quy trình thống nhất, chặt chẽ tương tự:

- Tập hợp và chuẩn bị số liệu.

- Khai thác lịch vệ tinh chính xác và các sản phẩm hỗ trợ.

- Thiết lập các Project theo các chu kỳ (1994, 1996, 1998, 2000).

- Xử lý bằng hai phần mềm GPSurvey 2.35 và Bernese 4.2 theo các bước và quy trình khi xử lý số liệu 2006 - 2007.

Kết quả cuối cùng là tọa độ bình sai và sai số liên quan của từng chu kỳ theo từng phần mềm.

Bảng 4. Một phần kết quả bình sai lưới TD-BV chu kỳ 2006-2007 (tính theo Bernese 4.2)

STT	TÊN ĐIỂM	THÔNG SỐ	TỌA ĐỘ GẦN ĐÚNG	TỌA ĐỘ BÌNH SAI	HIỆU CHỈNH	SAI SỐ
2	HUN1	ĐỘ CAO	59.8802	59.8802	0.0000	0.0000
		VĨ ĐỘ	21 21 40.686296	21 21 40.686296	0.0000	0.0000
		KINH ĐỘ	105 19 47.592327	105 19 47.592327	0.0000	0.0000
3	LAP1	ĐỘ CAO	66.6046	66.6156	0.0110	0.0020
		VĨ ĐỘ	21 23 1.986287	21 23 1.986268	-0.0006	0.0003
		KINH ĐỘ	105 1 57.219158	105 1 57.219156	-0.0001	0.0004
1	BAV1	ĐỘ CAO	48.9749	48.9919	0.0169	0.0024
		VĨ ĐỘ	21 5 47.905630	21 5 47.905622	-0.0003	0.0003
		KINH ĐỘ	105 22 22.248890	105 22 22.248778	-0.0032	0.0003

4. Đánh giá chuyển dịch tương đối

Thông thường, đánh giá chuyển dịch được tiến hành với việc tính toán độ lệch tọa độ (và từ đó là vận tốc) của các chu kỳ so với chu kỳ 1994 (chu kỳ cơ bản), với điểm HUN1 được coi là không chuyển dịch (phương án 1). Song căn cứ vào thực tế chu kỳ đo 1994, 1996, 1998, độ dài ca đo còn ngắn, khoảng thời gian giữa các chu kỳ này chỉ là hai năm, trên cơ sở giả thiết đặc điểm tuyến tính của chuyển dịch, nên độ lệch tọa độ của các chu kỳ sau được so với tọa độ trung bình của 3 chu kỳ 1994, 1996, 1998 cũng được thiết lập. Nói cách khác, số liệu đo của 3 chu kỳ 1994, 1996, 1998 được tổng hợp như một chu kỳ cơ bản có thời điểm đo vào 1996 (phương án 2). Kết quả của phương án này được tập hợp ở *bảng 5*. Từ kết quả bình sai từng chu kỳ, vận tốc của các điểm được tính theo phương án tích hợp các phương trình chuẩn bằng phần mềm Bernese 4.2 (phương án 3).

Các bước tính toán độ lệch tọa độ và sai số liên quan theo các phương án có thể tìm hiểu chi tiết trong báo cáo (Vy Quốc Hải, chủ biên, 2008: Tiếp tục quan trắc và nâng cao độ chính xác xác định

chuyển dịch đới đứt gãy Sông Hồng bằng công nghệ GPS. Báo cáo tổng kết đề tài Cấp Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Hà Nội, 2008).

Việc đánh giá chuyển dịch cơ bản dựa trên kết quả của phương án 2, có xem xét một cách tổng hợp kết quả của phương án 1 và phương án 3 theo các quan điểm được nêu dưới đây.

Để có thể kết luận về chuyển dịch cần tiến hành phân tích, so sánh kết quả trên các cơ sở sau:

- Chất lượng số liệu đo.
- Độ chính xác kết quả xử lý.
- Độ tin cậy kết quả tính toán.
- Tính xu thế của các độ lệch tọa độ qua các chu kỳ.
- Chú ý tới độ dài khoảng thời gian giữa hai chu kỳ đo.

Với các quan điểm như trên có thể thấy:

- Số liệu đều được quan trắc bằng máy thu 2 tần và anten có vành chống phản xạ, 3 chu kỳ đầu có độ dài ca đo còn hạn chế.

- Số liệu đã được xử lý bằng hai phần mềm với quy trình chặt chẽ và bề dày kinh nghiệm, đạt độ chính xác cao nhất có thể, có độ tin cậy cao.

- Vận tốc tại tất cả các điểm giảm dần theo độ lớn khoảng thời gian giữa hai chu kỳ đo (phương án 1), thể hiện đúng quy luật.

- Về độ lớn giá trị tính từ hai phần mềm được coi là một bậc.

- Theo số liệu bảng 5 và sơ đồ (hình 1) có thể thấy sự phù hợp cao kết quả tính từ hai phần mềm cả về xu thế.

Bảng 5. Vận tốc chuyển dịch trung bình theo GPSurvey 2.35 và Bernese 4.2

Điểm	Đơn vị: mm/năm					
	Theo GPSurvey		Theo Bernese		Trung bình	
	Vận tốc	Sai số	Vận tốc	Sai số	Vận tốc	Sai số
1 BAV1						
Vỹ độ	0,3	0,18	0,4	0,12	0,3	0,11
K.độ	-0,4	0,23	-0,6	0,12	-0,5	0,13
Độ cao	0,9	0,88	0,7	0,91	0,8	0,63
3 LAP1						
Vỹ độ	-0,4	0,20	-0,3	0,09	-0,4	0,11
K.độ	-0,2	0,15	-0,2	0,14	-0,2	0,10
Độ cao	0,7	0,63	0,3	0,77	0,5	0,50
4 SOC1						
Vỹ độ	-0,1	0,31	0,3	0,12	0,1	0,17
K.độ	0,3	0,23	0,1	0,16	0,2	0,14
Độ cao	3,0	1,20	0,9	0,92	1,9	0,76
5 SON1						
Vỹ độ	-0,2	0,20	-0,6	0,12	-0,4	0,12
K.độ	-0,2	0,21	-0,6	0,12	-0,4	0,12
Độ cao	0,3	0,72	-0,4	0,88	-0,1	0,57
6b TAM2						
Vỹ độ	-0,3	0,21	-0,5	0,18	-0,4	0,14
K.độ	0,0	0,25	-0,7	0,25	-0,4	0,18
Độ cao	0,3	0,90	2,0	1,34	1,2	0,80
7 THA1						
Vỹ độ	-0,3	0,18	-0,3	0,12	-0,3	0,11
K.độ	0,1	0,17	0,2	0,12	0,1	0,11
Độ cao	-0,1	0,62	0,0	0,87	-0,1	0,53

Ghi chú: Các giá trị vận tốc và sai số tại điểm TAM2 được tính theo số liệu đo 2000 và 2006-2007

Về tổng thể, vận tốc chuyển dịch lớn nhất xấp xỉ 3 lần sai số xác định chúng. Theo hình 1, khu vực nghiên cứu được chia làm 3 cấu trúc: cấu trúc phía tây gồm 3 điểm LAP1, SON1, BAV1, cấu trúc giữa gồm 2 điểm HUN1 và THA1, cấu trúc phía đông gồm hai điểm TAM2 và SOC1. Bằng cách tổng hợp các vec tơ chuyển dịch theo từng cấu trúc có thể thấy chuyển dịch tương đối của toàn bộ đới ĐGSH xấp xỉ 1,0 mm/năm với sai số khoảng 0,3 mm/năm, với xu thế chuyển dịch phải có tách giãn.

Vận tốc chuyển dịch xác định từ số liệu GPS hoàn toàn độc lập, đây là dữ liệu quan trọng phục vụ cho các chuyên ngành so sánh cũng như minh giải theo các dữ liệu địa chất. Trong trường hợp có sai khác, cần phải lưu ý tới các khả năng sau:

- Độ tin cậy của giá trị vận tốc xác định từ phương pháp địa chất, địa mạo (xác định biên độ dịch chuyển của các đứt gãy theo các dấu hiệu địa mạo, địa chất trẻ) còn hạn chế; việc xác định tuổi của các dạng địa hình bị dịch chuyển khi cắt qua đứt gãy còn khó khăn.

- Độ tin cậy của giá trị vận tốc tính từ số liệu GPS.

- Cuối cùng, không loại trừ trường hợp hoạt động của đới đứt gãy Sông Hồng hiện nay đã yếu đi so với giai đoạn trước đây.

5. Kết luận

(i) Số liệu đo của các chu kỳ trước đây đã được tập hợp đầy đủ, cùng với số liệu đo 2006-2007, đã lựa chọn quy trình xử lý thích hợp.

(ii) Số liệu đo của các chu kỳ được xử lý theo một quy trình thống nhất, cẩn thận bằng hai phần mềm GPSurvey 2.35 và Bernese 4.2. Trên cơ sở phân tích và tổng hợp kết quả xử lý số liệu cho thấy:

- Vận tốc chuyển dịch tương đối đứt gãy Sông Hồng theo mặt bằng không quá 1,0mm/năm. Về ý nghĩa tuyệt đối các giá trị này phản ánh chuyển dịch nhỏ và cơ bản ở mức xấp xỉ 3 lần sai số xác định chúng.

- Cho dù giá trị chuyển dịch nhỏ song phần nào thể hiện xu thế chuyển dịch phải, có tách giãn của đới đứt gãy Sông Hồng, phù hợp với các tài liệu địa chất.

(iii) Nghiên cứu chuyển dịch hiện đại là một quá trình lâu dài, bởi vậy, việc tiếp tục đo lặp lại

GPS TĐBV trong tương lai gần là nhiệm vụ cần thiết, tạo điều kiện đánh giá chuyển dịch hiện đại đới ĐGSH, với xác suất lớn tiến dần tới giá trị thực.

TÀI LIỆU DẪN

[1] *Duong Chi Cong* and *Kurt L. Feigl*, 1999: Geodetic Measurement of Horizontal Strain across the Red River fault near Thac Ba, Vietnam, 1963-1994, *Journal of Geodesy*, No. 73, January 11, 1999, 298-310.

[2] *Feigl K.* et al, 2003: Insignificant horizontal strain across the Red River fault near Thac Ba, Vietnam from GPS measurements 1994-2000, *Geophysical Research Abstracts*, Vol.5, 04707, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, France, 6-11 April 2003.

[3] *Vy Quốc Hải*, 2004: So sánh kết quả xử lý số liệu GPS của lưới địa động lực bằng phần mềm GPSurvey 2.35 và Bernese 4.2. *Tc. Các KH về TĐ*, T.26, 4, tr.426-431.

[4] *Vy Quốc Hải*, 2006: Kiểm tra chất lượng số liệu GPS. *Tc. Các KH về TĐ*, T.28, 2, 287-292.

[5] *King, R.W., Shen, F., Burchfiel, B.C., Chen, Z., Li, Y., Liu, Y., Royden, L.H., Wang, E., Zhang, X., and Zhao, J.*, 1997: Geodetic measurement of crustal motion in southwest China. *Geology*, v. 25, pp.179-182.

[6] *Trần Đình Tô, Dương Chí Công, Vy Quốc Hải, Kurt Feigl, Matthias Becker*, 2004: Đánh giá hoạt động kiến tạo đới đứt gãy Sông Hồng theo số liệu đo GPS. Trong: Đới đứt gãy Sông Hồng: đặc điểm địa động lực, sinh khoáng và tai biến thiên nhiên. Nxb. Khoa học và Kỹ thuật, 233-296.

SUMMARY

Determination of present crustal movements of Red River Fault Zone by the Tam Dao - BaVi GPS network (1994-2007)

The Tam Dao - Ba Vi GPS network was established for investigation of present crustal movements of Red River Fault Zone. Five GPS measurement campaigns were carried out in 1994, 1996, 1998, 2000, 2006-2007 by Trimble 4000 SSE/SSI with Compact L1/L2 W/G antennas.

GPS data were processed by GPSurvey 2.35 and Bernese 4.2 softwares. The results show that, in 1994-2007 time duration, the movements of Red River Fault Zone was small, with the rate of about $1 \pm 0,3$ mm/year.