

ĐÁNH GIÁ SỐ LIỆU ĐO GPS ĐỐI ĐỨT GẦY SÔNG HỒNG TẠI KHU VỰC BA VÌ - TAM ĐẢO

TRẦN ĐÌNH TÔ

1. Đặt vấn đề

Đới đứt gãy Sông Hồng bắt nguồn từ cao nguyên Tây Tạng, chạy theo phương TB-ĐN qua Vân Nam (Trung Quốc) và Bắc Việt Nam ra vịnh Bắc Bộ; bao gồm hai cấu trúc khác biệt là đới trượt cắt Ailao Shan - Sông Hồng và hệ thống đứt gãy tích cực Sông Hồng.

Trên phần lãnh thổ Trung Quốc, hệ thống đứt gãy tích cực Sông Hồng bao gồm đứt gãy Qiaohou, đứt gãy Qianchang Shan và đứt gãy Sông Hồng (ĐGSH) trong đó ĐGSH được nhận thấy là lớn nhất trên ảnh vệ tinh [5]. Về hoạt động của các đứt gãy này đã có một số công trình của các nhà địa chất và trắc địa nước ngoài công bố.

Trên phần lãnh thổ Việt Nam, ĐGSH đầu tiên phân thành hai nhánh tại Lào Cai, được đặt tên là đứt gãy Sông Hồng và đứt gãy Sông Chảy; tiếp đến ở phía Nam Bảo Hà nó lại phân ra các đứt gãy nhỏ hơn trong đó có đứt gãy Sông Lô.

ĐGSH được thống nhất thừa nhận có một vai trò cực kỳ quan trọng trong sơ đồ kiến tạo Việt Nam và khu vực. Chính vì vậy nó là đối tượng của rất nhiều công trình nghiên cứu trong lĩnh vực các khoa học về Trái Đất như địa mạo, địa chất, kiến tạo, địa vật lý, trắc địa...

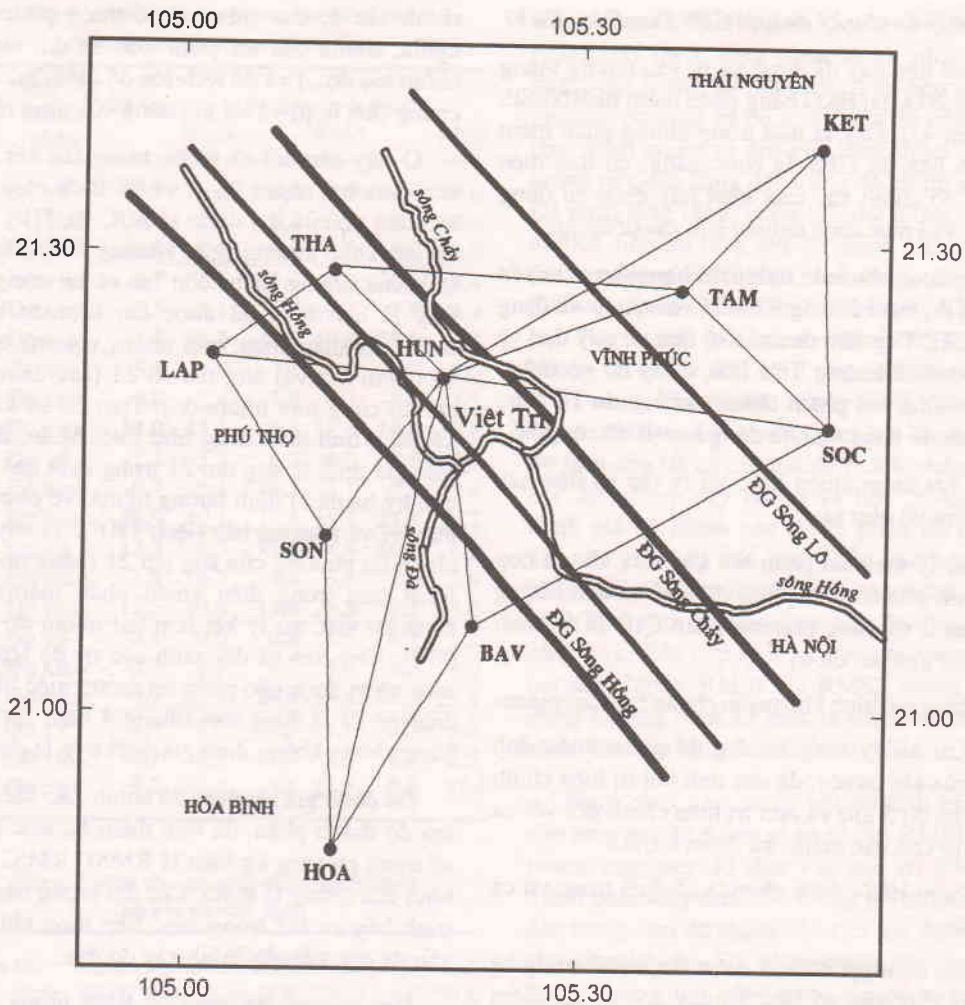
Viện Các Khoa học về Trái Đất trước đây và nay là Viện Địa chất thuộc Trung tâm Khoa học Tự nhiên và Công nghệ Quốc gia đã ứng dụng các phương pháp đo đạc chính xác vào nghiên cứu địa động lực nói chung và nghiên cứu hoạt động ĐGSH nói riêng ngay từ đầu những năm 80 trong khuôn khổ *Chương trình tiến bộ khoa học kỹ thuật cấp Nhà nước 48-02*. Viện đã hợp tác cùng Cục Đo đạc và Bản đồ Nhà nước thiết lập lưới tam giác Thác Bà gồm 12 điểm vắt qua đới đứt gãy Sông Hồng, Sông Chảy và Sông Lô tại địa phận các tỉnh

Yên Bái, Phú Thọ và Tuyên Quang. Sau đó, vào năm 1994, Viện đã đo lại lưới này bằng kỹ thuật định vị toàn cầu GPS với sự hợp tác của Phòng Trắc địa Không gian thuộc Trung tâm Khoa học Quốc gia Pháp. Những kết quả nghiên cứu này đã được giới thiệu trong [3, 4, 12].

Từ cuối 1994 đến 1998, trong khuôn khổ dự án độc lập "*Nghiên cứu thiên tai nứt đất lãnh thổ Việt Nam*", Viện Địa chất nhân cơ hội tham gia vào một Đề án quốc tế "*Địa động lực Nam - Đông Nam Á và Tai biến liên quan*" viết tắt là GEODYSSSEA - đã cùng với Viện Trắc địa ứng dụng - nay là Cục Bản đồ Trắc địa Liên bang (BKG), CHLB Đức - thiết lập lưới GPS Tam Đảo - Ba Vì nhằm đo đạc hoạt động đới ĐGSH tại dải mặt cắt từ dãy núi Ba Vì sang dãy núi Tam Đảo.

2. lưới GPS Tam Đảo - Ba Vì và ba chu kỳ đo

Lưới GPS Tam Đảo - Ba Vì được thiết lập vào tháng 9 năm 1994 gồm 7 điểm (*hình 1*) có đồ hình tốt và đặc biệt các mốc đều được bố trí trong đá gốc tại những vị trí chọn lựa theo sơ đồ kiến tạo. Về mặt này nó vượt trội lưới tam giác Thác Bà [13]. Tuy nhiên, qua quá trình khai thác, lưới GPS Tam Đảo - Ba Vì cũng lộ ra vài điểm yếu: một là tín hiệu thu tại mốc BAV (đặt ở chân núi Ba Vì) và mốc SON (ở trên triển phía tây đôi "địa chất" thuộc thị trấn Thanh Sơn) bị ảnh hưởng khúc xạ do độ thông thoáng bị hạn chế một phần từ ngưỡng 25° trở xuống; thứ hai là thiếu những điểm nằm cách xa đứt gãy 40-50 km, nơi có thể kỳ vọng đo đạc được vận tốc chuyển dịch cực đại của đứt gãy [9]. Hạn chế sau đã được khắc phục bằng cách bổ sung điểm HOA tại Đà Bắc (Hoà Bình) và điểm KET tại Đông Hỷ (Thái Nguyên) vào năm 1998 trước lúc tiến hành đo chu kỳ thứ ba.



Hình 1. Sơ đồ lưới GPS Tam Đảo - Ba Vì (1994-1998)

Chu kỳ đo đầu tiên đã tiến hành vào tháng 11 năm 1994 bằng ba máy GPS hai tần số Trimble 4000 SSE. Đã thực hiện đồng thời 6 ca đo với thời lượng 5 giờ mỗi ca. Trong mỗi ca, đo đồng thời trên cả ba điểm lưới trong đó có điểm HUN nằm ở trung tâm lưới; các thông số của máy thu được đặt theo chế độ ngầm định: góc ngưỡng cao tiếp nhận tín hiệu vệ tinh là 15° , tần suất ghi tín hiệu 15 giây và số lượng vệ tinh tối thiểu là 3. Như vậy, với chương trình đo này, điểm HUN đã được đo 6 ca, những điểm còn lại được đo 2 ca.

Vào tháng 4 năm 1996, chu kỳ đo thứ hai đã được tiến hành hoàn toàn giống như chu kỳ đầu cả về thiết bị, người đo cũng như chương trình đo. Ngoài ra, ngay sau đó, điểm HUN đã được đo 5 ca 24 giờ đồng thời với lưới GEODYSSSEA để nối

lưới GPS Tam Đảo - Ba Vì với hệ tọa độ Trái Đất Quốc tế ITRF.

Chu kỳ đo thứ ba đã được thực hiện trên 9 điểm lưới vào tháng 11 năm 1998. Rút kinh nghiệm từ đánh giá số liệu hai chu đầu [2], thời lượng ca đo bây giờ được tăng lên gấp đôi là 10 giờ. Số lượng ca đo cũng tăng lên 8 do lưới được bổ sung hai điểm mới. Còn lại giống như trước. Như vậy, điểm HUN đã được đo 8 ca, mỗi điểm còn lại được đo 2 ca.

Trong cả ba đợt đo, đã cùng sử dụng ba ăng ten hai tần compact L1/L2 có vành chống khúc xạ tín hiệu. Ăng ten được gắn cố định chắc chắn trên chân máy và được định tâm điểm bằng bộ định tâm quang học của đế ăng ten.

3. Xử lý ba chu kỳ đo lưới GPS Tam Đảo - Ba Vì

Tập số liệu này đã được xử lý vào những tháng cuối năm 2000 tại BKG bằng phần mềm BERNESE, phiên bản 4.0. Đây là một trong những phần mềm xử lý số liệu đo GPS đa chức năng, có dao diện lớn, đạt độ chính xác cao, hiện nay được sử dụng rộng rãi vào mục đích nghiên cứu địa động lực.

Công đoạn chuẩn bị tính toán bao gồm : chuyển tất cả trị đo thô về dạng RINEX và sau đó về dạng BERNESE. Tiếp đến đưa các số liệu về quỹ đạo vệ tinh, góc định hướng Trái Đất, đồng hồ vệ tinh... Đây là những sản phẩm chính xác cao do Tổ chức GPS Quốc tế Phục vụ Địa động lực (IGS) công bố.

Các lựa chọn chiến lược xử lý tập số liệu này có thể tóm tắt như sau :

a) Xử lý theo sai phân bội kép dựa vào tổ hợp tuyến tính pha sóng tải (L3) đã loại bỏ ảnh hưởng tầng điện li và dùng phương pháp QIF để ổn định lời giải số nguyên đa trị.

b) Dùng mô hình khí quyển chuẩn Saastamoinen.

c) Khi xử lý từng ca đo, để giảm thiểu ảnh hưởng của khí quyển, đã ước tính hai trị hiệu chỉnh đối với ca đo 5 giờ và bốn trị hiệu chỉnh đối với ca đo 10 giờ cho các điểm, trừ điểm HUN.

d) Điểm HUN được chọn là cố định trong tất cả ba lần đo.

e) Toạ độ tuyệt đối các điểm được tính trong hệ ITRF-97 dựa vào số liệu 5 ngày đo nối tại điểm HUN với lưới GEODYSSSEA vào năm 1996. Điểm HUN đã được xác định với sai số trung phương 6,9 mm đối với độ vĩ, 25,3 mm đối với độ kinh và 56,5 mm đối với độ cao trên elipsoid ITRF [3].

Dưới đây sẽ trình bày vấn đề nội dung các bước chính của quá trình xử lý.

Đầu tiên trị đo từng ca đo được xử lý mà kết quả là nhận được lời giải ca đo và đồng thời phương trình chuẩn của ca đo được lập và lưu trữ. Các phương trình chuẩn này sau đó được kết hợp lại làm hai nhóm (ký hiệu là A và B) cho từng chu kỳ đo, trong đó mỗi nhóm đều tính được toạ độ của tất cả điểm lưới. Như vậy ứng với ba chu kỳ đo, đã lập được 6 nhóm phương trình chuẩn ký hiệu theo năm đo là 94-A, 94-B, 96-A, 96-B, 98-A và 98-B.

Tiếp đến, trên cơ sở bình sai kết hợp từng cặp nhóm theo năm, đã xác định được toạ độ điểm từng chu kỳ đo cùng với các tham số biểu thị độ

chính xác đo đạc (như sai số trung phương danh nghĩa, sigma của sai phân đơn trị đo, sigma của nhóm toạ độ...) và độ lệch toạ độ điểm giữa lời giải chung (kết hợp) và lời giải riêng của từng nhóm.

Ở đây cần nói rõ thêm, trong lần kết hợp đầu tiên giữa hai nhóm 98-A và 98-B đã phát hiện độ lệch toạ độ của hai điểm là SOC và THA cũng có độ lớn khác thường (gấp khoảng 5 lần) so với độ lệch của những điểm còn lại và lại cùng hướng. Đây là hai điểm đã được lần lượt đo bằng hai nhóm đo khác nhau, một nhóm với ăng ten số 21 và nhóm kia với ăng ten số 23 (các điểm còn lại chỉ do cùng một nhóm đo). Trên cơ sở kiểm định kỹ bằng tính toán cũng như thiết bị đo, đã đưa ra một giả thiết là ăng ten 21 trong suốt quá trình đo chu kỳ ba đã bị định hướng ngược về phương nam thay vì về phương bắc (lệch 180°). Vì vậy đã điều chỉnh lại phương của ăng ten 21 (bằng những lệnh thích ứng trong điều khiển phần mềm) để tiến hành lại việc xử lý kết hợp hai nhóm đo 98-A và 98-B. Xem xét và đối sánh các trị độ lệch toạ độ vừa nhận được cho phép tin tưởng việc hiệu chỉnh ăng ten 21 là đúng đắn (tháng 4 năm 2001- đã có bằng chứng khẳng định giả thiết trên là đúng).

Để đánh giá sát thực độ chính xác xác định các toạ độ thành phần, đã tính thêm ba ước lượng sai số trung phương ký hiệu là RMS1, RMS2 và trung bình của chúng là RMS. Các đại lượng này sẽ được trình bày cụ thể trong mục tiếp theo khi bàn đến vấn đề ước tính độ chính xác đo đạc.

Dựa vào toạ độ điểm và RMS tương ứng này, bước tiếp theo đã tính độ lệch toạ độ và RMS xác định chúng cho từng điểm giữa hai chu kỳ đo ; kết quả thống kê ở *bảng 1*.

Cuối cùng đã tính toạ độ, các vận tốc chuyển dịch thành phần cùng với các sai số trung phương tương ứng của từng điểm lưới trên cơ sở bình sai kết hợp trị đo của cả ba chu kỳ. Các giá trị vận tốc thành phần : VE (độ kinh), VN (độ vĩ) và VU (độ cao) cùng các RMS1 tương ứng của chúng được mô tả trong *bảng 2*. Trong *bảng* này còn liệt kê vận tốc chuyển động nằm ngang VNE với RMS1 của chúng.

4. Ước lượng độ chính xác đo đạc

Đánh giá đúng độ chính xác đo đạc luôn đóng một vai trò quan trọng trong xử lý số liệu đo. Nó càng có ý nghĩa hơn khi số liệu này được dùng vào mục tiêu nghiên cứu chuyển dịch và biến dạng, bởi

Bảng 1. Độ lệch tọa độ và sai số (mm) xác định giữa các chu kỳ đo

Điểm đo	Tọa độ thành phần	94-96		96-98		94-98	
			RMS		RMS		RMS
HUN	Độ vĩ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Độ kinh	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Độ cao	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
BAV	Độ vĩ	-0,7	7,6	1,6	6,0	0,9	5,4
	Độ kinh	-3,5	5,1	5,4	4,1	1,9	4,2
	Độ cao	-4,3	48,5	-34,6	45,8	-38,9	30,3
SOC	Độ vĩ	5,5	4,9	-7,1	4,9	-1,7	3,0
	Độ kinh	2,0	5,4	-7,0	4,7	-5,0	3,5
	Độ cao	14,0	45,1	0,4	37,4	14,4	35,8
SON	Độ vĩ	-2,2	5,3	6,7	4,0	4,5	4,8
	Độ kinh	-0,7	5,4	10,2	5,1	9,5	5,8
	Độ cao	-38,9	40,1	17,8	31,1	21,1	35,2
TAM	Độ vĩ	12,3	5,5	-1,5	4,6	10,7	4,3
	Độ kinh	-1,8	4,2	4,4	3,8	2,6	3,9
	Độ cao	12,5	30,8	-13,0	26,2	-0,5	27,6
LAP	Độ vĩ	-0,1	6,0	0,8	3,6	0,7	5,2
	Độ kinh	-8,3	4,2	8,7	3,6	0,3	4,0
	Độ cao	0,9	28,4	20,4	25,8	21,3	28,4
THA	Độ vĩ	7,7	4,6	-4,1	4,1	3,7	3,3
	Độ kinh	-2,1	4,9	1,3	5,4	-0,8	5,9
	Độ cao	5,2	29,4	4,6	27,3	9,8	27,4

Bảng 2. Vận tốc chuyển dịch (mm/năm) và sai số xác định

Vận tốc thành phần	Điểm đo						
	HUN	BAV	SON	SOC	TAM	LAP	THA
VN (bắc)	0,0	0,4	1,4	-1,0	1,8	0,2	0,3
RMS1	0,0	1,4	1,4	1,1	1,1	1,1	1,1
VE (đông)	0,0	0,8	2,8	-1,7	0,7	0,6	-0,1
RMS1	0,0	1,1	1,4	1,1	1,1	1,1	1,1
VU (T. đứng)	0,0	-9,0	-3,0	2,8	-1,0	5,9	2,7
RMS1	0,0	11,3	11,8	10,3	9,8	9,6	9,8
VNE (bằng)	0,0	0,9	3,1	2,0	2,0	0,6	0,3
RMS1	0,0	1,8	1,8	1,6	1,6	1,6	1,6

chính đại lượng này được dùng để xây dựng tiêu chuẩn kiểm định chuyển dịch và biến dạng.

Trong phần mềm BERNESE vấn đề này còn để khoảng trống cho người xử lý tự chọn giải pháp thích hợp cho tập số liệu cụ thể của mình.

Dựa vào hướng dẫn của phần mềm BERNESE, đã tính thêm các ước lượng RMS1, RMS2 và RMS. Đại lượng RMS1 được tính bằng cách nhân trị sigma nhóm tọa độ của chu kỳ đo với từng sai số

trung phương danh nghĩa tọa độ thành phần, ước lượng này được thừa nhận là tốt nhất, thực chất nhất; đại lượng RMS2 được tính theo các độ lệch giữa tọa độ từng ca đo so với tọa độ của chu kỳ đo (bao gồm nhiều ca đo) của từng điểm. Cả hai đại lượng này đều cùng đặc trưng độ chính xác đo đạc. Để nhận thấy rằng, trong khi đại lượng RMS2 liên hệ trực tiếp tới từng tọa độ thành phần tương ứng thì đại lượng RMS1 có tính tổng quát cao hơn. Đối với tập số liệu đo này, ước lượng RMS2 có thể hơi "lạc quan" bởi vì số lượng độ lệch tọa độ không đủ nhiều (chỉ có 2 trên mỗi thành phần tọa độ); trong khi đó ước lượng RMS1 có thể coi là chính xác hơn do sai số nhóm tọa độ được tính từ độ lệch của tất cả các tọa độ thành phần của tất cả các điểm, tuy vậy nó có vẻ hơi "bi quan" trong đánh giá độ chính xác thành phần độ cao - nhận xét này phù hợp với lưu ý của chính các tác giả phần mềm M. Rothacher và L. Mervart (1996), và cũng như kinh nghiệm thực tiễn đo đạc. Trong bối cảnh này, điều hợp lý là sử dụng trị trung bình của hai ước lượng RMS1 và RMS2 tương ứng - và trong bài này được ký hiệu là RMS - để biểu thị sai số đo đạc của từng tọa độ thành phần.

Bằng cách này, trước hết đã tính các trị RMS cho từng tọa độ thành phần từ cặp RMS1 và RMS2 tương ứng, sau đó dựa vào các trị RMS tọa độ thành phần này tính ước lượng RMS trung bình để đặc trưng cho độ chính xác của tọa độ thành phần cho chu kỳ đo. Đã nhận được ước lượng RMS trung bình (tính bằng mm) của độ vĩ/độ kinh/độ cao tương ứng là 3,7/3,6/24,6 đối với chu kỳ đo 94; 4,0/3,2/25,7 đối với chu kỳ đo 96 và 1,9/2,8/16,7 đối với chu kỳ 98.

Các ước lượng RMS của các độ lệch tọa độ thành phần giữa hai chu kỳ đo cũng đã được tính bằng cách trên và giới thiệu ở bảng 1.

Tuy nhiên đã dùng ước lượng RMS1 để đặc trưng cho độ chính xác vận tốc thành phần chuyển dịch điểm (bảng 2) vì phần mềm không cung cấp các đầu ra cần thiết để có thể tính được các trị RMS2 tương ứng.

Trên cơ sở những kết quả tính toán này có thể khái quát lại độ chính xác đo đạc trong hai chu kỳ đầu là tương đương và được đặc trưng bởi các RMS tọa độ thành phần độ vĩ/độ kinh/độ cao là 4/4/26 mm. Độ chính xác đo chu kỳ thứ ba với các RMS tương ứng đạt 2/3/17 mm. Tập hợp trị đo đủ tốt để có thể xác định các thành phần tọa độ mặt

bằng chính xác nhưng lại chưa đủ tốt để xác định thành phần độ cao với độ chính xác cần thiết. Điều này có thể giải thích bởi hai nguyên nhân chính : một là thời lượng ca đo tương đối ngắn, nhất là ở hai chu kỳ đo đầu và tiếp đến là ảnh hưởng phản xạ tín hiệu tại một số điểm như đã lưu ý tới ở trên. Trong quá trình xử lý đã phải loại bỏ một khối lượng trị đo thu tại hai điểm SON và BAV vì sai số vượt quá ngưỡng 5 mm. Rõ ràng việc tăng thời lượng ca đo lên gấp đôi là nguyên do làm tăng độ chính xác chu kỳ đo thứ ba cao hơn 1,5 lần so với hai chu kỳ đầu. Tuy vậy thời lượng ca đo 10 giờ là còn chưa đủ dài để góp phần đảm bảo xác định thành phần độ cao đáp ứng yêu cầu nghiên cứu chuyển động thẳng đứng. Ngoài ra cũng cần tính đến ảnh hưởng của sai số định tâm ăng ten trên điểm và của yếu tố khí tượng.

5. Thảo luận các kết quả tính toán

Mỗi công đoạn xử lý dẫn đến một nhóm kết quả. Dưới đây tập trung thảo luận hai nhóm sau :

- Độ lệch toạ độ điểm giữa từng cặp chu kỳ đo với RMS tương ứng (bảng 1),
- Vận tốc chuyển động điểm và sai số tương ứng (bảng 2).

Trước hết hãy xem xét các kết quả trình bày ở bảng 1 mà cụ thể là nhìn nhận về độ lớn (giá trị tuyệt đối) của độ lệch cũng như tương quan độ lớn của nó so với RMS tương ứng, nhưng bỏ qua các độ lệch thành phần độ cao vì lý do độ chính xác thấp như đã trình bày ở trên.

Đối với cặp số liệu 94-96, giá trị độ lệch từ 0,1 đến 12,3 mm còn RMS đạt khoảng $4,6 \div 7,6$ mm. Suy ra vận tốc chuyển dịch thành phần trung bình chừng $0,1 \div 6,1$ mm/năm $\pm 3,8$ mm/năm. Có 4 độ lệch lớn hơn 1 lần RMS tương ứng.

Đối với hai chu kỳ đo 96-98, giá trị độ lệch từ 1,3 đến 10,2 mm ; còn RMS : $4 \div 6$ mm. Từ đây tính được vận tốc chuyển dịch thành phần đạt trong khoảng $0,6 \div 5,1$ mm/năm ± 3 mm/năm. Có tới 7 độ lệch vượt 1 lần RMS tương ứng.

Với tập số liệu 94-98, độ lệch đạt giá trị trong khoảng $0,3 \div 10,7$ mm và RMS : $3 \div 6$ mm. Suy ra vận tốc toạ độ thành phần trung bình đạt $0,1 \div 2,8$ mm/năm $\pm 1,5$ mm/năm. Chỉ có 3 độ lệch vượt 1 lần RMS.

Đối với cả ba tập số liệu, tất cả các độ lệch đều nhỏ hơn 2,5 lần RMS tương ứng.

Có một nhận xét là vận tốc chuyển dịch cũng như RMS tương ứng ước tính cho hai cặp chu kỳ ngắn 94-96 và 96-98 cũng cỡ và lớn gấp 2 lần so với cặp chu kỳ 94-98, nguyên nhân chủ yếu là độ chính xác đo đạc. Nhóm kết quả 94-98 bao gồm số liệu đo chu kỳ 98 đạt độ chính xác vượt trội lại có khoảng cách thời gian lớn nhất là 4 năm ; nên được ưu tiên lựa chọn để đánh giá hoạt động ĐGSH.

Tiếp theo hãy chú ý tới các giá trị vận tốc cùng các RMS1 tương ứng được giới thiệu ở bảng 2. Có thể khái quát vận tốc chuyển dịch bằng của các điểm nằm trong khoảng $0,3 \div 3,1$ mm/năm $\pm 1,8$ mm/năm. Kết quả xử lý kết hợp cả 3 chu kỳ đo này tương tự như kết quả nhận được từ nhóm kết quả 94-98 nêu trên. Cũng ghi nhận thêm một nét chung là các giá trị vận tốc đều bé hơn 2,5 lần RMS1.

Tóm lại việc xử lý theo cách đã trình bày, số liệu ba chu kỳ đo lưới GPS Tam Đảo - Ba Vì dẫn đến ước lượng vận tốc chuyển động ngang của ĐGSH trong khoảng $3 \pm 1,8$ (mm/năm). Như vậy, với mức xác suất 95% có thể kết luận vận tốc chuyển động ngang tại ĐGSH không vượt qua ngưỡng 5 mm/năm.

Tại đây cũng cần điểm qua một số kết quả nghiên cứu hoạt động đới ĐGSH của một số tác giả.

Trên phần lãnh thổ Vân Nam, dựa vào chuyển dịch của các sông suối, C.R. Allen đã ước tính vận tốc trượt bằng phải từ 3 đến 7 mm/năm [1]. Trong khi đó bằng phương pháp định tuổi C_{14} , R. Weldon lại đưa ra kết quả là vận tốc trượt của toàn bộ đứt gãy nằm trong khoảng từ 1 đến 4 mm/năm [15]. Đặc biệt R. King đã tiến hành 4 chu kỳ đo hoạt động đới ĐGSH bằng kỹ thuật GPS vào các năm 1991, 1993-1995 và bước đầu xác định vận tốc chuyển dịch của các điểm bố trí trên hai cánh của ĐGSH [7]. Vận tốc chuyển dịch tại điểm BSC nằm phía nam ĐGSH và gần lãnh thổ Việt Nam nhất đạt trung bình -5 ± 2 mm/năm theo hướng bắc (thành phần độ vĩ) và đạt -4 ± 6 mm/năm theo hướng đông (thành phần độ kinh). Cũng cần lưu ý, độ chính xác đo đạc ở đây có thể xem cùng cỡ với lưới GPS Tam Đảo - Ba Vì.

Các khảo sát địa mao - địa chất tại đới ĐGSH đã tìm thấy nhiều dấu hiệu chuyển dịch và cho thấy đới này thuộc kiểu trượt bằng phải [6, 10, ...]. Dựa vào các phân tích ảnh viễn thám và bản đồ địa hình tỷ lệ 1/50 000, R. Lacassin và đồng nghiệp (1994) đã chứng minh ĐGSH đang hoạt động tích cực và trượt bằng phải giống như ở Vân Nam [3].

Mặt khác, tại ĐGSĐ từ 1903 đến 1998 chỉ ghi nhận được một số lượng tương đối nhỏ các trận động đất, trong đó không trận động đất nào có cường độ lớn hơn 5,5 độ Richter [11, 14].

Dương Chi Công and Kurt Feigl trên cơ sở tính toán vận tốc biến dạng cắt theo số liệu 3 chu kỳ đo lưới Thác Bà đã đưa ra kết luận là với mức xác suất 95% vận tốc này không vượt quá ngưỡng 0,6 μ rad/năm, tương đương với vận tốc chuyển dịch 6 mm/năm trên 10 km [4].

KẾT LUẬN

Trên cơ sở những kết quả xử lý và những phân tích đã trình bày có thể rút ra những kết luận sau :

1) Tập số liệu ba chu kỳ đo lưới GPS Tam Đảo - Ba Vì đã được xử lý tốt, có thể do chất lượng của phần mềm BERNESE 4.0 cùng các điều kiện để thực hiện các lựa chọn tốt nhất và sự nỗ lực của người xử lý. Các ước lượng về sai số nhận được là xác đáng và phản ánh đúng thực chất độ chính xác đo đạc.

Số liệu hai chu kỳ đo đầu với thời lượng ca đo 5 giờ đảm bảo xác định độ vĩ, độ kinh và độ cao điểm với sai số trung phương 4/4/27 mm, trong khi chu kỳ sau với ca đo 10 giờ cho phép giảm các sai số tương ứng xuống 2/3/17 mm.

2) Với chất lượng đo đạc vừa nêu, tập số liệu đo chưa cho phép rút ra kết luận tường tận và chắc chắn về hoạt động ĐGSĐ mà chỉ đưa ra ước lượng vận tốc chuyển dịch ngang trong khoảng $3 \pm 1,8$ mm/năm với mức xác suất 68%. Tuy nhiên trên cơ sở này có thể suy ra là, ứng với mức xác suất 95% vận-tốc chuyển dịch ngang chỉ nằm trong khoảng 5 mm/năm trở lại. Nhìn chung đây là ước lượng phù hợp với những kết quả nghiên cứu khác.

3) Như vậy vấn đề đánh giá định lượng hoạt động ĐGSĐ vẫn còn bỏ ngỏ. Cho nên việc tiến hành thêm các chu kỳ đo GPS lưới Tam Đảo - Ba Vì với chương trình đo tương tự như năm 1998 nhưng với thời lượng ca đo 24 giờ để có thể xác định cả thành phần chuyển động thẳng đứng là rất cần thiết.

Bài báo được hoàn thành với sự hỗ trợ của Chương trình Nghiên cứu Cơ bản.

[1] C.R. ALLEN, A.R. GILLESPIE, HAN YUAN, K. SIEH, ZHANG BUCHUM, ZHU CHENGNAN, 1984 : *Red River and associated faults, Yunnan Province, China*. Quaternary Geology, slip rates and seismic hazard, Bull. Geol. Soc. Am., **95**, 686-700.

[2] M. BECKER, P. NEUMAIER, E. REINHART, H. SEEGER, NGUYEN TRONG YEM, DUONG CHI CONG, TO LINH, TRAN DINH TO, 1998 : *GPS Measurements of Crustal Movements at the Red River Fault in Vietnam*. In The GEODYNAMICS of S and SE Asia (GEODYSSEA) Project. Scientific Technical Report STR98/14, Geoforschungs Zentrum Potsdam, 185-190.

[3] DUONG CHI CONG, KURT FEIGL, NGUYEN TRONG YEM, TRAN DINH TO, PHAN TRONG TRINH, GILLES PELTZER, ROBIN LACASSIN, PAUL TAPONNIER, DANG HUNG VO, and TRAN DINH LU, 1994 : *Terrestrial surveying measurements of deformation across the Red River fault near Thac Ba, Vietnam, 1963-1983*, in International Workshop on Seismotectonics and Seismic Hazard in South East Asia, Hanoi, Vietnam, 34-39.

[4] DUONG CHI CONG, KURT FEIGL, 1999 : *Geodetic measurement of horizontal strain across the Red River fault near Thac Ba, Vietnam, 1963-1994*. Journal of Geodesy, **73**, 298-310, Springer-Verlag.

[5] LELOUP PHILIPPE HERVE', CHEN WENJI, T.M. HARISON and TAPONNIER PAUL, 1994 : *Timing of Sheare sense inversion along the Red River Fault Zone* ; in International Workshop on Seismotectonics and Seismic Hazard in South East Asia, Hanoi, Vietnam, 76-80.

[6] NGUYỄN VĂN HÙNG, NGUYỄN TRỌNG YÊM, HOÀNG QUANG VINH, 1996 : *Một số đặc điểm của hệ thống đứt gãy kiến tạo trẻ phương tây bắc -đông nam ở Tây Bắc Việt Nam*. Địa chất - Tài nguyên, Trung tâm Khoa học Tự nhiên và Công nghệ Quốc gia, Nxb Khoa học và Kỹ thuật, Hà nội.

[7] R.W. KING, FENG SHEN, B.C. BURCHFIEL, L.H. ROYDEN, ERCHIE WANG, ZHILIANG CHEN, YUPING LIU, XUAN-YANG ZHANG, JI-XIANG ZHAO, YULIN LI, 1997 : *Geodetic measurement of crustal motion in southwest China*, in Geology, February, vol 25, **2**, 179-182.

[8] M. ROTHACHER, L.MERVART, 1996 : *Bernese GPS Software Version 4.0*. Astronomical Institute, University of Bern, Bern, Switzerland.

[9] J.C. SAVAGE, 1990 : *Equivalent strike-slip earthquake cycles in half-space and Lithosphere-Asthenosphere Earth models*. J. Geophys. Res. **95**, 4873-4879.

[10] TRẦN VĂN THẮNG, VĂN ĐỨC CHUÔNG, 1996 : *Chuyển dịch ngang vỏ Trái Đất đới Sông Hồng giai đoạn Pliocen Đệ Tứ*. Địa chất - Tài nguyên, Trung tâm Khoa học Tự nhiên và Công nghệ Quốc gia, Nxb KHvKT, Hà Nội.

[11] DINH VAN TOAN, 1999 : *Correlation of the Red River fault zone with Gravity, Magnetic Anomalies and Seismicity recorded by K2 network in North Vietnam*. Postdoctoral Report, Institute of Geophysics, National Central University Chung-li, Taiwan, ROC.

[12] TRẦN ĐÌNH TÔ, NGUYỄN TRỌNG YÊM, 1991 : *Những kết quả đầu tiên nghiên cứu chuyển động ngang đới đứt gãy Sông Hồng - Sông Chảy bằng phương pháp đo lập lưới tam giác*, Địa chất Tài nguyên, Viện Địa chất, Nxb KHvKT, 23-28.

[13] TRẦN ĐÌNH TÔ, DƯƠNG CHÍ CÔNG, 1997 : *Ứng dụng kỹ thuật GPS vào nghiên cứu hoạt động đới đứt gãy Sông Hồng*, Đặc san Khoa học và Công nghệ Địa chính, 12/1997, Viện Khoa học và Công nghệ Địa chính, Tổng cục Địa chính, 43-46.

[14] NGUYEN DINH XUYEN and LE TU SON, 1998 : *Seismicity and Seismics Hazard of Vietnam*. The 5th ASEAN SCIENCE AND TECHNOLOGY WEEK, Proceedings, Hanoi, October 12-14.

[15] R. WELDON, K. SIEH, C. ZHU, Y. HAN, J. YANG and S. ROBINSON, 1994 : *Slip rate and recurrence interval of earthquakes on Hong Ha (Red River) fault, Yunnan, PRC*, in International Workshop on Seismotectonics and Seismic hazard in South East Asia, Hanoi, Vietnam, 244-248.

SUMMARY

The analysis of GPS data in Tam Dao - Ba Vi network

The Tam Dao - Ba Vi GPS network was created to study tectonic movements of the Red River Fault. This network was the result a joint research project between the Institute of Geology (IG), at National Center for Natural Sciences and Technology, Vietnam and the Federal Agency for Cartography and Geodesy (BKG), Germany. The observation in this network was carrying out three times : in November, 1994, April, 1996, and November, 1998 with 3 Trimble 4000 SSE receivers.

The measurement data were processed with Bernese GPS Software version 4.0 at the BKG.

Analyzing of the computation results shows that the horizontal velocity of the Red River fault in the study area is probably below 5 mm/year.

Ngày nhận bài : 25-12-2000

Viện Địa chất