

XỬ LÝ SỐ LIỆU HỖN HỢP GPS/GLONASS

VY QUỐC HẢI

E-mail: vqhai75@yahoo.com

Viện Địa chất, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Ngày nhận bài: 19 - 7 - 2013

1. Mở đầu

Ra đời từ những năm 1970, song do nhiều nguyên nhân hệ thống vệ tinh dẫn đường toàn cầu GLONASS (Global Navigation Satellite System) do Liên Xô (cũ) và ngày nay là Nga điều hành hầu như chưa được quan tâm ở nước ta. Trong thời gian gần đây, hệ GLONASS được củng cố và phát triển, đủ điều kiện kỹ thuật đáp ứng cho các nhiệm vụ trắc địa dân sự có độ chính xác cao. Bởi vậy, việc ứng dụng số liệu hỗn hợp GPS/GLONASS đã được quan tâm triển khai nghiên cứu trên trường quốc tế [1, 4]. Tổ chức IGS (International GNSS Service) đã dần thay thế loại máy thu một tín hiệu

(GPS) sang máy thu có khả năng nhận đồng thời hai loại tín hiệu tại các trạm đo trong hệ thống lưới đo thường trực. Đây không chỉ là hạ tầng kỹ thuật hết sức thuận lợi mà còn là thách thức cho việc triển khai cũng như xử lý số liệu hỗn hợp GPS/GLONASS cho các ứng dụng định vị trong quá trình hội nhập quốc tế.

Số liệu hỗn hợp GPS/GLONASS là tệp số liệu trong đó theo từng thời điểm (record) dãy trị đo bao gồm cả số liệu GPS và số liệu GLONASS. Một số đặc điểm cơ bản có thể nhận biết trên cơ sở xem xét một cách trực quan dạng Rinex của tệp số liệu ở *bảng 1*.

Bảng 1. Một phần tệp số liệu hỗn hợp BAKO0940.10o

1	2.11	OBSERVATION DATA								M	RINEX VERSION / TYPE
.....											
2	351658	LEICA GRX1200GGPRO				6.02/3.015				REC # / TYPE / VERS	
	200067	LEIAT504				LEIS				ANT # / TYPE	
3	48									# OF SATELLITES	
4	G 2	1216	1216	1216	1216	1214	1214	1214	1214	PRN / # OF OBS	
	G 3	827	827	827	827	823	823	823	823	PRN / # OF OBS	
.....											
5	G32	1067	1067	1067	1067	1058	1058	1058	1058	PRN / # OF OBS	
.....											
6	R 1	950	950	950	950	944	944	944	944	PRN / # OF OBS	
	R 2	1349	1349	1349	1349	1333	1333	1333	1333	PRN / # OF OBS	
.....											
7	R24	666	666	666	666	665	665	665	665	PRN / # OF OBS	
8	10 04 04 00 00	0.0000000	0	16G02G04G05G10G12G15G17G27R01R02R07R08							
R11R21R22R23											

Bảng 1 trích một phần phần đầu (header) tệp số liệu hỗn hợp dạng Rinex BAKO0940.10o. Ở hàng đầu, M (mixed) ký hiệu số liệu được quan trắc từ

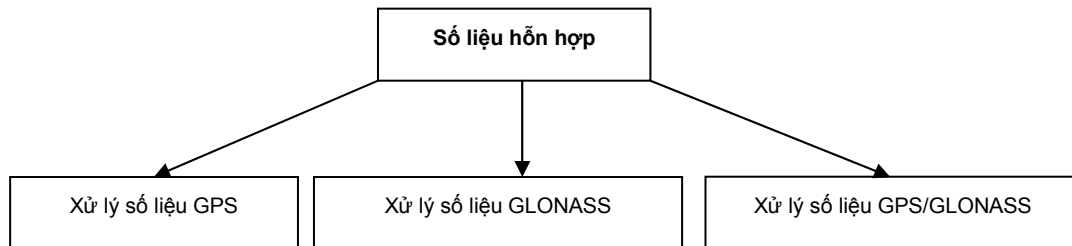
nhiều hệ GNSS (Global Navigation Satellite System). Hàng 3, 48 là số vệ tinh của cả hai hệ, có tín hiệu thu được trong tệp đo. Các hàng từ 4 đến 7

thống kê vệ tinh tham gia trong tệp, được ký hiệu từ G1 đến G32 là vệ tinh của hệ GPS (G: GPS); từ R1 đến R24 là vệ tinh của GLONASS (R: GLONASS). Hàng thứ 8, số vệ tinh và ký hiệu, số hiệu từng vệ tinh liên quan tới thời điểm đo.

Vì tệp số liệu hỗn hợp có hai loại trị đo GPS và GLONASS nên việc xử lý các tệp số liệu này có

nhiều phương án: chỉ xử lý số liệu GPS, chỉ xử lý số liệu GLONASS và cuối cùng là xử lý đồng thời hai loại số liệu (*hình 1*).

Việc xử lý theo phương án 1, về cơ bản như xử lý tệp số liệu chỉ thu tín hiệu GPS. Quy trình xử lý cũng như kết quả ứng dụng đã được trình bày trong nhiều văn liệu trong và ngoài nước.



Hình 1. Các phương án xử lý số liệu hỗn hợp

Việc xử lý theo phương án 2, đã được trình bày trong Vy Quốc Hải (2010) [7]. Bằng phần mềm Bernese 5.0, số liệu các ca đo liên tục của các điểm IGS lân cận Việt Nam đã được xử lý các trị đo GLONASS một cách thành công, cho kết quả cuối cùng. Khảo sát, so sánh với kết quả xử lý trị đo GPS cho thấy, các kết quả xử lý trị đo GLONASS đạt độ chính xác cao trên quy mô không gian lớn [8].

Tiếp tục hướng đi trên, trong công trình này số liệu hỗn hợp sẽ được tiến hành xử lý theo phương án 3. Quá trình cũng như kết quả xử lý sẽ trình bày ở các nội dung tiếp theo.

2. Cơ sở phương pháp, số liệu xử lý

Để xử lý đồng thời hai loại trị đo thành công, phải quan tâm tới khác biệt giữa hai hệ. Là hai hệ độc lập nên có khác biệt cơ bản về:

2.1. Hệ quy chiếu, khung tọa độ

GLONASS sử dụng hệ quy chiếu PZ-90 (Parameters of Earth 1990 System), hệ GPS sử dụng WGS-84 (World Geodetic System -84). Về định nghĩa các thông số cơ bản (góc tọa độ, hướng các trục,...) giống nhau, song giá trị cụ thể của chúng có khác biệt. Khi xử lý tích hợp số liệu cần tính đến các yếu tố này và có các biến đổi thích hợp về một hệ tọa độ duy nhất. Phương án thường được chọn là chuyển đổi từ hệ PZ-90 về WGS-84 rồi về ITRF (International Terrestrial Reference Frame). Việc xác định các thông số chuyển đổi

được tiến hành theo hai phương pháp: phương pháp tọa độ và phương pháp lịch vệ tinh. Trong phương pháp tọa độ, sử dụng máy thu tín hiệu GLONASS trên các điểm đã biết tọa độ trong WGS-84, xác định tọa độ trong PZ-90. Với các điểm song trùng này, hoàn toàn xác định được các thông số tính chuyển. Với phương pháp lịch vệ tinh, tọa độ của vệ tinh trên PZ-90 được nhận từ lịch vệ tinh quảng bá của hệ GLONASS; tọa độ trên WGS-84 được xác định từ hệ thống các trạm đo liên tục phân bố trên toàn cầu và từ đó xác định được các thông số tính chuyển [3, 5].

Các thông số tính chuyển xác định bằng các phương án này hoàn toàn đáp ứng yêu cầu của các nhiệm vụ định vị thông thường. Phục vụ các nhiệm vụ yêu cầu độ chính xác cao, lịch vệ tinh chính xác của hệ GLONASS cũng được xác định từ hơn 50 trạm quan trắc liên tục phân bố trên toàn thế giới và 4 trung tâm xử lý của IGS.

2.2. Khung thời gian sử dụng

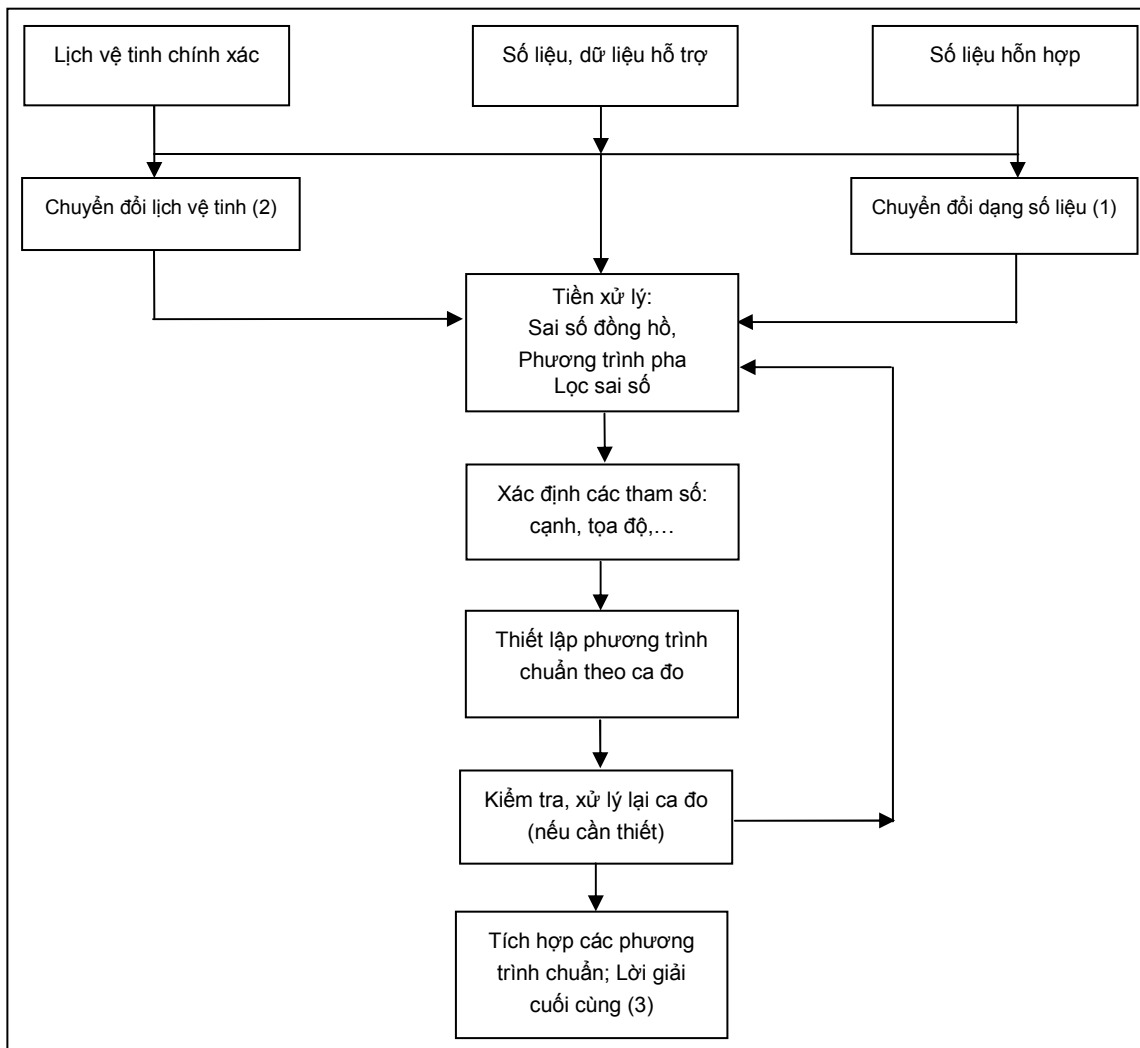
GLONASS sử dụng GLONASS time trên cơ sở UTC_SU (Universal Coordinated Time_Soviet Union) trong khi đó GPS sử dụng UTC được điều hành bởi United States Naval Observatory (UTC_USNO) [2]. Muốn xử lý được số liệu hỗn hợp cần xác định được khác biệt (offset) giữa hai hệ thời gian. Qua các thảo luận của Zinoviev A.E. (2005) [1] có thể thấy rằng, khác biệt thời gian thay đổi chậm có thể dự báo được. Mặt khác, với sự phát triển của công nghệ, các thông tin liên quan

tới khác biệt này được các máy thu GPS/GLONASS, vệ tinh loại GLONASS-M hoặc BIPM (Bureau International des Poids et Measures) xác định và cung cấp.

Trên đây là một vài khác biệt mang tính cơ bản và lý thuyết. Liên quan tới việc xử lý số liệu có thể thấy rằng, về nguyên lý, quá trình xử lý xuất phát từ lịch vệ tinh chính xác, cụ thể là tọa độ chính xác của vệ tinh theo từng thời điểm thu tín hiệu. Trong xử lý số liệu với độ chính xác cao và không gian

lớn, lịch vệ tinh chính xác được biểu diễn trong hệ ITRF (IGS) với sai số xấp xỉ 5cm. Như trên đã viết, số liệu (trị đo) của cả hai hệ được ghi nhận theo từng thời điểm, trong tệp Rinex được trình bày theo từng trường (record). Tất nhiên, khi xử lý, lịch vệ tinh phải được tích hợp thích hợp với dạng số liệu hỗn hợp này.

Muốn thực hiện được phương án theo sơ đồ *hình 1*, cần xử lý theo quy trình (*hình 2*) bằng việc áp dụng các thuật toán sau:



Hình 2. Quy trình xử lý số liệu

- Thuật toán trích xuất số liệu: theo từng thời điểm có hai loại số liệu GPS và GLONASS. Muốn xử lý riêng rẽ, phần mềm phải tách (hay còn gọi là trích xuất) được theo từng loại số liệu. Trên cơ sở

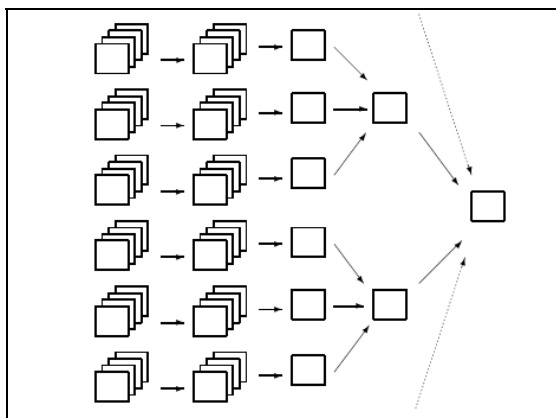
số liệu này cùng với lịch vệ tinh tương ứng mới có thể tiến hành các bước tiếp theo. Để giải quyết vấn đề trích xuất số liệu có thể viết phần mềm, nhưng như đã nhấn mạnh, việc xử lý số liệu với độ chính

xác cao yêu cầu sử dụng các phần mềm mang tính khoa học và chuyên nghiệp. Trong hàng loạt phần mềm được sử dụng, Bernese 5.0 đáp ứng được việc trích xuất số liệu này và được lựa chọn để xử lý số liệu hỗn hợp (mô đun (1) hình 2).

- Thuật toán tích hợp số liệu: được áp dụng trong trường hợp tích hợp lịch vệ tinh chính xác. Lịch vệ tinh chính xác có thể được IGS cung cấp theo dạng hỗn hợp GPS/GLONASS. Song trong trường hợp chỉ nhận được theo từng hệ GPS và GLONASS, phải có phương án tích hợp theo từng thời điểm để có thể xử lý đồng thời cả hai loại số liệu (mô đun (2) hình 2).

- Thuật toán tích hợp phương trình chuẩn: bản chất của thuật toán tích hợp phương trình chuẩn là cho phép người xử lý tích hợp các phương trình chuẩn (NEQ) của lời giải thành phần nhằm nhận được lời giải cuối cùng (hình 3). Theo sơ đồ, quá trình tích hợp các phương trình chuẩn được thực hiện như sau: trị đo (các cạnh hoặc lời giải theo đoạn tín hiệu) tích hợp thành phương trình chuẩn. Từ đó phương trình chuẩn được tích hợp theo ngày. Từ lời giải ngày tích hợp theo nhóm ngày, theo đợt đo. Từ phương trình chuẩn đợt đo (nhiều ngày) tích hợp tiếp cho đến lời giải (phương trình chuẩn) mong muốn.

Trong trường hợp cần thiết, có thể áp dụng một cách linh hoạt thuật toán này trong xử lý số liệu hỗn hợp (mô đun (3) hình 2).



Hình 3. Sơ đồ tích hợp các phương trình chuẩn

Trên cơ sở các quan điểm nêu trên, số liệu của 7 ca đo liên tục có DOY (ngày trong năm) 094, 095, 096, 097, 098, 099 và 100 năm 2010 của các điểm BAKO, COCO, LHAZ và NTUS đã được

khai thác (bảng 2). Đây là các điểm thường trực của mạng IGS ở lân cận nước ta, có thể khai thác được số liệu hỗn hợp GPS/GLONASS. Việc sử dụng các số liệu này có nhiều ưu thế, do các điều kiện kỹ thuật về máy thu, anten, vị trí mốc,... phải đáp ứng các yêu cầu cao và vì vậy số liệu đạt chuẩn IGS. Mặt khác, các điểm này đều có tọa độ do IGS công bố tạo điều kiện thuận lợi xử lý và kiểm tra kết quả.

Bảng 2. Các thông số số liệu khai thác

Điểm	Máy thu	Anten	Số tệp đo
BAKO	LEICA GRX1200GGPRO	LEIAT504GG LEIS	7
COCO	TRIMBLE NETR5	AOAD/M_T NONE	7
LHAZ	TPS E_GGD	ASH701941.B SNOW	7
NTUS	LEICA GRX1200GGPRO	LEIAT504GG	7

3. Kết quả xử lý

Việc xử lý số liệu tuân theo phương án, quy trình đã lựa chọn và theo trình đơn của phần mềm Bernese 5.0 [6], có thể mô tả ngắn gọn như sau:

(i) Chuẩn bị số liệu: cần khai thác số liệu đo của các điểm IGS, lịch vệ tinh chính xác và các tệp số liệu hỗ trợ phần mềm (tâm pha anten, chuyển động cực, thủy triều,...)

(ii) Lập lịch đo: đây là bước kỹ thuật tuy đơn giản song hết sức quan trọng giúp người xử lý quản lý và theo dõi được quá trình xử lý (thông số lịch vệ tinh, ngày trong năm,...).

(iii) Lập Project và các thư mục, cập nhật các tệp vào thư mục: thiết lập và cập nhật các tệp số liệu và các tệp số liệu hỗ trợ phần mềm hoạt động.

(iv) Xử lý theo từng bước đến kết quả bình sai: xử lý trên cơ sở trình đơn, đảm bảo không sai sót các thông số đầu vào-ra. Sau mỗi bước cần kiểm tra, trong trường hợp cần thiết có thể can thiệp, thay đổi các lựa chọn.

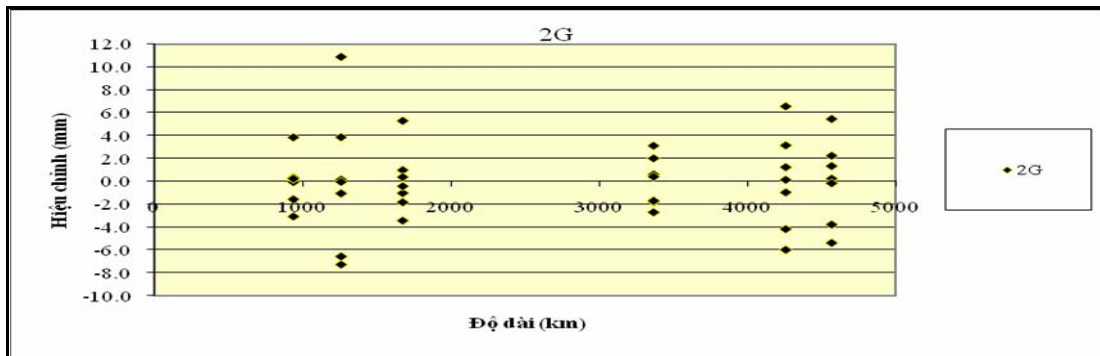
Từ đầu ra của phần mềm, các kết quả chủ yếu: kết quả tính cạnh, tọa độ bình sai, sai số đã tập hợp. Bảng 3 tập hợp độ dài cạnh theo từng ca đo, từ đó tính giá trị trung bình và sai số (hàng in đậm sau 7 ca đo). Mối liên hệ giữa độ dài và trị hiệu chỉnh được biểu diễn trực quan trên hình 4. Có thể thấy, kết quả tính cạnh từ số liệu hỗn hợp có độ hội tụ cao, hiệu chỉnh nhỏ: giá trị lớn nhất là 11mm ở khoảng cách 1.265km. Kết quả tính cạnh từ số liệu GLONASS kém hội tụ hơn [7], độ hội tụ của kết quả tính từ số liệu GPS và số liệu hỗn hợp

GPS/GLONASS có thể coi là tương đương [8]. Sai số trung phương nhỏ, cỡ một vài mm trên khoảng

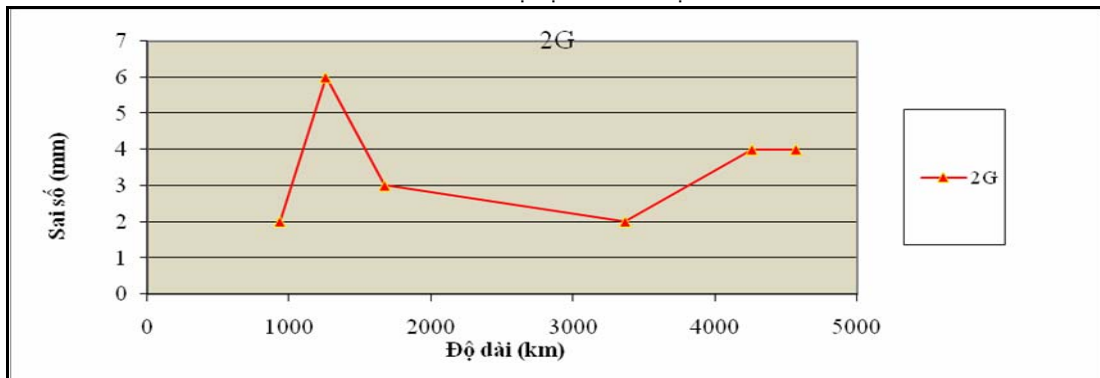
cách hàng ngàn km, lớn nhất là 6mm ở khoảng cách 1.265km (bảng 3, hình 5).

Bảng 3. Kết quả tính cạnh

Cạnh	DOY	Độ dài	H.chỉnh	Cạnh	DOY	Độ dài	H.chỉnh
BAKO-NTUS	94	934568.990	0.000	LHAZ-NTUS	94	3365015.196	0.001
	95	934568.988	-0.002		95	3365015.195	0.000
	96	934568.987	-0.003		96	3365015.193	-0.002
	97	934568.990	0.000		97	3365015.192	-0.003
	98	934568.990	0.000		98	3365015.197	0.002
	99	934568.993	0.004		99	3365015.193	-0.002
	100	934568.990	0.000	100	3365015.198	0.003	
Trung bình và sai số		934568.990	0.002	Trung bình và sai số		3365015.195	0.002
BAKO-COCO	94	1265326.745	0.004	BAKO-LHAZ	94	4257262.201	0.000
	95	1265326.742	0.000		95	4257262.200	-0.001
	96	1265326.734	-0.007		96	4257262.197	-0.004
	97	1265326.740	-0.001		97	4257262.195	-0.006
	98	1265326.741	0.000		98	4257262.204	0.003
	99	1265326.735	-0.007		99	4257262.202	0.001
	100	1265326.752	0.011	100	4257262.208	0.007	
Trung bình và sai số		1265326.741	0.006	Trung bình và sai số		4257262.201	0.004
COCO-NTUS	94	1672354.752	0.001	COCO-LHAZ	94	4567097.711	0.000
	95	1672354.750	-0.001		95	4567097.713	0.002
	96	1672354.751	0.000		96	4567097.710	0.000
	97	1672354.749	-0.002		97	4567097.707	-0.004
	98	1672354.751	0.000		98	4567097.712	0.001
	99	1672354.748	-0.003		99	4567097.705	-0.005
	100	1672354.756	0.005	100	4567097.716	0.005	
Trung bình và sai số		1672354.751	0.003	Trung bình và sai số		4567097.710	0.004



Hình 4. Đồ thị hiệu chỉnh và độ dài



Hình 5. Đồ thị sai số trung phương và độ dài

Về tổng thể, độ lớn hiệu chỉnh cũng như sai số trung phương tính cạnh biến thiên theo độ dài, có bất thường ở khoảng cách 1.265km, có thể do số liệu GLONASS. Sai số tương đối tính từ sai số trung phương và khoảng cách rất nhỏ, giá trị trung bình xấp xỉ 1/764 000 000, được tập hợp ở *bảng 4*.

Bảng 4. Sai số tương đối

Cạnh	Độ dài(km)	Sai số(mm)	Sai số tương đối
BAKO-NTUS	934	2	1/467 000 000
BAKO-COCO	1256	6	1/209 333 333
COCO-NTUS	1672	3	1/557 333 333
LHAZ-NTUS	3365	2	1/1682 500 000
BAKO-LHAZ	4257	4	1/1064 250 000
COCO-LHAZ	4567	4	1/1141 750 000
Trung bình	2675	3.5	1/764 333 333

Từ kết quả từng ngày, tích hợp phương trình

Bảng 5. Tổng hợp kết quả bình sai

Điểm (1)	Thông số (2)	Tọa độ gần đúng (3)	Tọa độ bình sai (4)	Độ lệch (m) (5)	Sai số (m) (6)
COCO	U (m)	-35,2874	-35.2891	-0,0018	0,0011
	N (° ' ")	-12° 11' 18",042256	-12° 11' 18",041150	0,0342	0,0002
	E (° ' ")	96° 50' 02",297134	96° 50' 02",296993	-0,0043	0,0004
LHAZ	U (m)	3624,5972	3624,6257	0,0285	0,0016
	N (° ' ")	29° 39' 26",397700	29° 39' 26",398044	0,0106	0,0007
	E (° ' ")	91° 06' 14",500121	91° 06' 14",500396	0,0074	0,0006
NTUS	U (m)	75,4124	75,4018	-0,0106	0,0009
	N (° ' ")	1° 20' 44",886558	1° 20' 44",885696	-0,0267	0,0002
	E (° ' ")	103° 40' 47",850404	103° 40' 47",848236	-0,0670	0,0004

4. Kết luận

Việc ứng dụng số liệu đa hệ GNSS ngày càng trở nên hiện hữu ở nước ta. Nhằm đóng góp một phần đánh giá về tính khả dụng các hệ GNSS cũng như số liệu hỗn hợp GPS/GLONASS chuỗi số liệu 7 ngày đo của 4 điểm IGS đã được xử lý bằng phần mềm Bernese 5.0.

- Việc xử lý được tiến hành trên cơ sở phương pháp chặt chẽ, bằng phần mềm khoa học tiên tiến được thừa nhận trên trường quốc tế.

- Số liệu được khai thác từ các điểm IGS đảm bảo khối lượng, chất lượng đạt chuẩn quốc tế, các điểm phân bố trên không gian lớn. Các số liệu hỗ trợ được thu thập và cập nhật đầy đủ cho quá trình xử lý.

- Số liệu hỗn hợp đã được xử lý thành công, đạt độ chính xác và tin cậy cao; sai số tương đối trung bình tính cạnh xấp xỉ 1/764 000 000, sai số trung phương tọa độ sau bình sai 1-2 mm trên quy mô lưới xấp xỉ 4.500km.

chuẩn để xác định tọa độ cuối cùng cho toàn bộ đợt đo (*bảng 5*). Trong *bảng 5*, cột 3 tập hợp tọa độ nhận được từ IGS của các điểm COCO và LHAZ, NTUS đã được tính chuyển về thời điểm đợt đo được nhận như tọa độ trước bình sai. Cột 4 là tọa độ bình sai theo số liệu hỗn hợp, cột 5 là độ lệch tọa độ bình sai so với tọa độ IGS. Tương tự cột 6 là sai số trung phương tọa độ bình sai.

Về kết quả bình sai toàn đợt đo, có thể thấy sai số sau bình sai (cột 6) theo phần mềm thông báo, theo chiều cao chưa tới 2mm, theo chiều kinh tuyến và vĩ tuyến nhỏ hơn 1mm. Với không gian lưới hàng ngàn km (khoảng cách BAKO-LHAZ 4.257km), đây là sai số rất nhỏ, chứng tỏ việc xử lý số liệu hỗn hợp đã đi đến thành quả cuối cùng (tọa độ bình sai) và đạt độ chính xác và tin cậy cao.

- Việc đánh giá tính khả dụng của từng loại số liệu (hay từng hệ GNSS) yêu cầu việc tổng hợp so sánh chi tiết tiếp theo. Song cùng với kết quả được trình bày ở [7, 8], kết quả xử lý dịp này chỉ ra rằng số liệu hỗn hợp hoàn toàn đáp ứng các nhiệm vụ nghiên cứu địa động lực với độ chính xác cao nhất trên quy mô không gian lớn.

Với ưu thế nêu trên, việc triển khai các chương trình ứng dụng đa hệ GNSS (máy thu đa hệ, phần mềm xử lý) cần được cân nhắc, lựa chọn nhằm theo kịp xu thế thế giới.

Lời cảm ơn: Bài báo được hoàn thành với sự tài trợ của Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam về Đề tài “Xử lý số liệu hỗn hợp GPS/GLONASS phục vụ nghiên cứu địa động lực hiện đại”, mã số: VAST05.03/12-13.

TÀI LIỆU DẪN

[1] Alexei E. Zinoviev, *Topcon Positioning Systems CIS, LLC*, 2005: Using GLONASS in

combined GNSS Receivers: Current Status. ION GNSS 18th International Technical Meeting of the Satellite Division, 13-16 September 2005, Long Beach, CA.

[2] *Bykhanov, E.*, 1999: Timing and Positioning with GLONASS and GPS". GPSSolution, Vol. 3, No.1, pp. 26-31.

[3] *C. Boucher, Z. Altamimi*, 2001: ITRS, PZ-90 and WGS-84: current realization and the related transformation parameters. Journal of Geodesy, 75, 613-619.

[4] *M. P. Stewart et al.*, 2000: The contribution of GLONASS measurements to regional and continental scale geodetic monitoring regimes. Earth Planets Space, 52, 877-880.

[5] *Mitrikas, V. V., S.G. Revnivykh, E.V. Bykhanov*, 1998: WGS84/PZ90 transformation parameters determination based on laser and ephemeris long-term GLONASS orbital data processing. Proceedings of ION-GPS 98, the Institute of Navigation, Part II, pp. 1625-1635

[6] *Rolf Dach, Urs Hugentober, Peter Walser*, 2008: Bernese GPS Software Version 5.0. Astronomical Institute, University of Bern.

[7] *Vy Quốc Hải*, 2010: Xử lý số liệu GLONASS phục vụ nghiên cứu địa động lực. Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất, T.30, 4, tr.343-347.

[8] *Vy Quốc Hải*, 2013: So sánh kết quả xử lý số liệu GPS và GLONASS. Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất, T.35, 1, tr.60-65.

SUMMARY

Processing GPS/GLONASS data

The GPS/GLONASS data processing and application of two (or more) global positioning system offers many practical benefits. In this paper, some GNSS data of IGS sites (BAKO, COCO, NTUS and LHAZ) has been collected and processed by Bernese 5.0 software.

The results show that, baseline processing achieved satisfactory accuracy with relative error about 1/764 000 000, error of adjusted coordinates smaller than 2 mm in large spatial scales network- the distance about 4500km.

Based on of those parameters, a conclusion can be made, GPS/GLONASS data absolutely fulfill requirements of investigation crustal movements.