

ĐÁNH GIÁ TÍNH KHẢ DỤNG CỦA SỐ LIỆU CÁC HỆ ĐỊNH VỊ TRONG XÁC ĐỊNH CHUYỂN DỊCH HIỆN ĐẠI VỎ TRÁI ĐẤT

VY QUỐC HẢI

Viện Địa chất, Ngõ 84, Phố Chùa Láng, Đống Đa, Hà Nội

Tóm tắt: *Tính khả dụng các loại số liệu định vị được nghiên cứu trên cơ sở kết quả xử lý số liệu bảy ca đo từ ngày thứ 094 đến ngày thứ 100 năm 2010 của các điểm BAKO, COCO, LHAZ và NTUS và xem xét các thông số liên quan.*

- Số liệu (hay hệ GLONASS) hoàn toàn đáp ứng các yêu cầu trong thiết lập hệ quy chiếu quốc gia. Trong nghiên cứu địa động lực, số liệu GLONASS là công cụ hiệu quả hỗ trợ, kiểm tra kết quả xử lý số liệu GPS. Là một phần trong tập số liệu hỗn hợp GPS/GLONASS, số liệu GLONASS góp phần nâng cao độ chính xác, độ tin cậy khi xử lý số liệu hỗn hợp.

- Số liệu (hay hệ) GPS và số liệu hỗn hợp GPS/GLONASS hoàn toàn đáp ứng các yêu cầu xác định chuyển dịch vỏ Trái đất.

I. MỞ ĐẦU

Tính khả dụng của hệ định vị có thể hiểu là khả năng ứng dụng của hệ đó cho các nhiệm vụ thực tế, thể hiện qua mức độ đáp ứng các yêu cầu về độ chính xác, tính ổn định-sẵn sàng, hỗ trợ quốc tế, phần cứng - phần mềm... Cho đến nay, trên thế giới đã xuất hiện nhiều hệ định vị: GPS, GLONASS, Galileo, Compass... Tuy vậy, hệ GPS và GLONASS được sử dụng rộng rãi mang tính toàn cầu, vì vậy tính khả dụng được xem xét ở đây liên quan tới hai hệ định vị này. Từ những năm 1980, GPS đã được ứng dụng và đạt được nhiều thành tựu trong nghiên cứu, xác định chuyển dịch vỏ Trái đất. Với ưu thế vượt trội, so với công nghệ cổ điển (tam giác đạc, thủy chuẩn) và các phương pháp trắc địa vệ tinh khác (VLBI - Very Long Baseline Interferometry, SLR - Satellite Laser Ranging), tính hiệu quả và ưu thế của GPS là không thể bàn cãi.

Hệ GLONASS được khởi động từ những năm 1970. Vệ tinh đầu tiên của GLONASS được Liên Xô đưa lên quỹ đạo ngày 12 tháng 10 năm 1982, vào ngày 24 tháng 9 năm 1993 hệ chính thức được đưa vào sử dụng. Hệ GLONASS đã hoạt động theo chế độ đầy đủ (Full Operational Capability-FOC) từ tháng 1/1996 với 24 vệ tinh. Sau đó, do nhiều lý do việc phát triển của hệ bị gián đoạn. Sau năm 2000, chương trình hoàn thiện và phát triển hệ GLONASS được tiếp tục tiến hành. Tại thời điểm hiện tại, hệ đã đủ 24 vệ tinh và trở lại chế độ FOC (<http://www.glonass-center.ru/en/GLONASS/>). Sự xuất hiện hệ định vị mới (GLONASS) mang lại hai lợi ích rõ ràng: 1/ Cung cấp khả năng kiểm tra độc lập với kết quả GPS; 2/ Khắc phục điểm yếu của hệ GPS về xác định độ cao [2]. Bên cạnh đó, số lượng vệ tinh được quan trắc đồng thời (của hai hệ) là yếu tố then chốt nâng cao chất lượng định vị [1, 3]. M. P. Stewart, et al., [2] trên cơ sở độ dài cạnh tính từ hai hệ đã đưa ra nhận định: nếu hoạt động với đủ vệ tinh, GLONASS có thể được sử dụng như đối trọng độc lập (với GPS) cho mục đích trắc địa chính xác cao trên quy mô không gian lớn. Tín hiệu của vệ tinh GLONASS là yếu tố hỗ trợ hiệu quả trong việc thực hiện các nhiệm vụ ở vị trí đặc biệt (có vĩ độ cao hoặc nơi ít thông thoáng). Việc xử lý số liệu hỗn hợp còn nâng cao tính chính xác trong việc xác định cạnh có độ dài lớn, các thông số khí tượng và điện ly...

Khái niệm tính khả dụng không chỉ bó hẹp tới hệ định vị (GPS hoặc GLONASS) mà còn liên quan tới dạng số liệu. Xuất phát từ thực tế, hiện nay với máy thu đa hệ, tập số liệu hỗn hợp GPS/GLONASS đã được thu thập. Bởi vậy, có thể đánh giá tính khả dụng liên quan đến từng loại số liệu: GLONASS, GPS và số liệu hỗn hợp GPS/GLONASS. Việc đánh giá tính khả dụng còn liên quan chặt chẽ tới nhiệm vụ cụ thể. Trong trường hợp hiện tại, khả năng của các dạng số liệu nêu trên được xem xét từ góc độ nghiên cứu địa động lực với yêu cầu độ chính xác tương đối nhỏ hơn 10^{-8} .

Việc đánh giá tính khả dụng có thể được tiến hành theo hai hướng: 1/ Theo hướng hẹp: dựa trên độ chính xác, tính tin cậy của kết quả xử lý; 2/ Theo hướng rộng: ngoài yếu tố trên còn xem xét các thông số khác liên quan tới chế độ hoạt động của hệ, khả năng hỗ trợ quốc tế, máy thu, phần mềm và kinh phí. Đánh giá tính khả dụng yêu cầu các nghiên cứu toàn diện (lý thuyết, thực tế), lâu dài. Trong bài báo này - với cách tiếp cận thực tiễn- tập hợp số liệu IGS (International GNSS Service) được xử lý bằng phần mềm Bernese theo ba dạng số liệu (GLONASS, GPS, GPS/GLONASS); từ đó tổng hợp, phân tích, so sánh các kết quả xử lý nhằm đưa ra các kết luận hữu ích. Bên cạnh đó, một số đặc điểm của các hệ cũng được tập hợp phân tích bổ sung để việc đánh giá tính khả dụng được toàn diện hơn.

II. ĐÁNH GIÁ VỀ ĐỘ CHÍNH XÁC

Việc so sánh, phân tích và đánh giá kết quả xử lý của ba loại số liệu chỉ tin cậy khi số liệu cũng như kết quả xử lý đáp ứng được một số yêu cầu cơ bản sau.

- *Điều kiện thu tín hiệu đồng nhất:* đảm bảo các điều kiện kỹ thuật như máy thu, anten, phương thức ghi số liệu (phương pháp đo), điều kiện ngoại cảnh không có khác biệt.

- *Phương án xử lý số liệu:* xuất phát cùng các tệp số liệu sẽ xử lý riêng rẽ: theo số liệu GLONASS, theo số liệu GPS và theo số liệu cả hai hệ trên cùng một phần mềm, với cùng một quy trình chặt chẽ. Thành quả là độ dài các cạnh cùng sai số liên quan và cuối cùng là tọa độ và sai số tọa độ nhận được sau bình sai toàn lưới.

- *Về các tệp số liệu:* có độ dài ca đo đủ lớn, trong điều kiện hiện nay hoàn toàn có thể lựa chọn các tệp đo với thời lượng 24/24 giờ. Cũng nên lựa chọn số ca đo tối ưu, hạn chế khối lượng tính toán, song không ảnh hưởng một cách cơ bản tới độ tin cậy. Với kinh nghiệm xử lý các lưới quy mô khu vực, nên thu thập khoảng 5 ca đo.

- *Phương án so sánh:* việc so sánh phân tích nên tiến hành theo cùng loại độ dài cạnh, tọa độ bình sai, phân tích cùng sai số liên quan nhận được từ ba loại số liệu. Trong trường hợp thuận lợi, việc so sánh với số liệu IGS cũng có thể thêm các kết luận hữu ích.

Trên cơ sở các quan điểm nêu trên, số liệu đo của các trạm IGS lân cận nước ta được lựa chọn. 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. 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.

Số liệu trên được xử lý bằng phần mềm Bernese [4], các kết quả được tổng hợp, phân tích ở các phần tiếp theo. Trong Bảng 1, cột 3 là độ dài cạnh tính từ số liệu GLONASS, cột 4 là độ lệch (hiệu chỉnh) của độ dài so với giá trị trung bình. Cột 5 và cột 6 là các đại lượng tương tự tính từ số liệu GPS, cột 7 và 8 là độ dài tính từ số liệu GPS/GLONASS và hiệu chỉnh. Đối với từng cạnh, đều tính giá trị trung bình, từ độ dài tính từ 7 ca đo, (hàng cuối sau 7 ca đo, in đậm) sai số trung phương liên quan từ độ lệch hay hiệu chỉnh của từng độ dài so với độ dài trung bình. Từ số liệu Bảng 1, phân bố hiệu chỉnh, sai số trung phương theo các cạnh cũng được trình bày trực quan ở Hình 1 và 2. Trên cơ sở Bảng 1 và đồ thị Hình 1, Hình 2 có thể thấy:

Bảng 1. Tổng hợp kết quả tính cạnh (Đơn vị tính: mm)

Cạnh (1)	Ca đo (2)	GLONASS		GPS		GPS/GLONASS	
		Độ dài (3)	Hiệu chỉnh (4)	Độ dài (5)	Hiệu chỉnh (6)	Độ dài (7)	Hiệu chỉnh (8)
BAKO- NTUS	94	934568,987	0,000	934568,991	0,001	934568,990	0,000
	95	934568,985	-0,002	934568,987	-0,002	934568,988	-0,002

	96	934568,988	0,002	934568,989	0,000	934568,987	-0,003
	97	934568,986	-0,001	934568,988	-0,002	934568,990	0,000
	98	934568,991	0,005	934568,990	0,000	934568,990	0,000
	99	934568,991	0,004	934568,993	0,004	934568,993	0,004
	100	934568,979	-0,008	934568,989	-0,001	934568,990	0,000
<i>Trung bình và sai số</i>		<i>934568,987</i>	<i>0,004</i>	<i>934568,989</i>	<i>0,002</i>	<i>934568,990</i>	<i>0,002</i>
BAKO-COCO	94	1265326,778	0,024	1265326,744	0,002	1265326,745	0,004
	95	1265326,748	-0,006	1265326,744	0,002	1265326,742	0,000
	96	1265326,761	0,007	1265326,741	-0,001	1265326,734	-0,007
	97	1265326,726	-0,028	1265326,742	0,000	1265326,740	-0,001
	98	1265326,761	0,007	1265326,742	0,000	1265326,741	0,000
	99	1265326,732	-0,021	1265326,737	-0,005	1265326,735	-0,007
	100	1265326,772	0,018	1265326,743	0,001	1265326,752	0,011
<i>Trung bình và sai số</i>		<i>1265326,754</i>	<i>0,019</i>	<i>1265326,742</i>	<i>0,003</i>	<i>1265326,741</i>	<i>0,006</i>
COCO-NTUS	94	1672354,766	0,007	1672354,752	0,000	1672354,752	0,001
	95	1672354,755	-0,004	1672354,754	0,003	1672354,750	-0,001
	96	1672354,763	0,004	1672354,752	0,000	1672354,751	0,000
	97	1672354,741	-0,019	1672354,751	-0,001	1672354,749	-0,002
	98	1672354,761	0,001	1672354,751	0,000	1672354,751	0,000
	99	1672354,749	-0,010	1672354,750	-0,002	1672354,748	-0,003
	100	1672354,780	0,021	1672354,752	0,001	1672354,756	0,005
<i>Trung bình và sai số</i>		<i>1672354,759</i>	<i>0,013</i>	<i>1672354,752</i>	<i>0,001</i>	<i>1672354,751</i>	<i>0,003</i>
LHAZ-NTUS	94	3365015,199	0,006	3365015,195	0,003	3365015,196	0,001
	95	3365015,192	-0,001	3365015,196	0,004	3365015,195	0,000
	96	3365015,188	-0,005	3365015,186	-0,006	3365015,193	-0,002
	97	3365015,194	0,000	3365015,191	-0,001	3365015,192	-0,003
	98	3365015,187	-0,007	3365015,188	-0,004	3365015,197	0,002
	99	3365015,182	-0,012	3365015,193	0,001	3365015,193	-0,002
	100	3365015,213	0,020	3365015,194	0,002	3365015,198	0,003
<i>Trung bình và sai số</i>		<i>3365015,194</i>	<i>0,010</i>	<i>3365015,192</i>	<i>0,004</i>	<i>3365015,195</i>	<i>0,002</i>
	94	4257262,206	0,008	4257262,201	0,004	4257262,201	0,000

BAKO-LHAZ	95	4257262,193	-0,004	4257262,201	0,004	4257262,200	-0,001
	96	4257262,199	0,001	4257262,190	-0,007	4257262,197	-0,004
	97	4257262,192	-0,006	4257262,194	-0,003	4257262,195	-0,006
	98	4257262,198	0,001	4257262,190	-0,007	4257262,204	0,003
	99	4257262,181	-0,016	4257262,200	0,004	4257262,202	0,001
	100	4257262,214	0,016	4257262,201	0,004	4257262,208	0,007
Trung bình và sai số		4257262,197	0,010	4257262,197	0,005	4257262,201	0,004
COCO-LHAZ	94	4567097,708	0,004	4567097,708	0,003	4567097,711	0,000
	95	4567097,703	-0,001	4567097,713	0,007	4567097,713	0,002
	96	4567097,710	0,006	4567097,699	-0,006	4567097,710	0,000
	97	4567097,699	-0,005	4567097,704	-0,001	4567097,707	-0,004
	98	4567097,703	-0,001	4567097,699	-0,007	4567097,712	0,001
	99	4567097,680	-0,024	4567097,702	-0,003	4567097,705	-0,005
	100	4567097,725	0,021	4567097,712	0,007	4567097,716	0,005
Trung bình và sai số		4567097,704	0,013	4567097,705	0,006	4567097,710	0,004

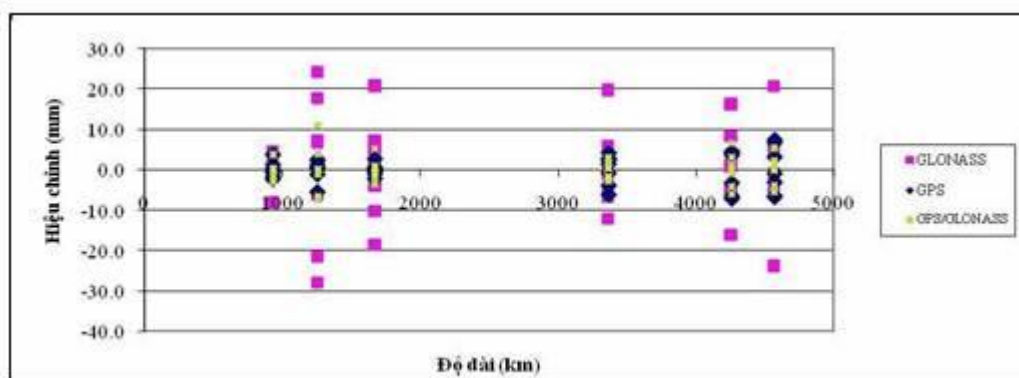
- Kết quả tính cạnh từ số liệu GLONASS kém ổn định, tính hội tụ kém, hiệu chỉnh lớn (giá trị lớn nhất 28 mm) và vì vậy sai số trung phương lớn. Giá trị cụ thể lần lượt là: với khoảng cách 936 km sai số trung phương là 4 mm, với độ dài 4500 km sai số xấp xỉ 13 mm. Tuy vậy, hiệu chỉnh và sai số trung phương không thể hiện rõ sự biến thiên tuyến tính theo độ dài. Có sự bất thường ở các giá trị độ dài 1265 km và 1672 km.

- Kết quả tính từ số liệu GPS có độ ổn định, hội tụ rất cao, giá trị tuyệt đối của các hiệu chỉnh nhỏ (giá trị tuyệt đối lớn nhất là 7 mm) và vì vậy sai số trung phương nhỏ. Với khoảng cách 935 km sai số trung phương đạt 2 mm, với khoảng cách 4500 km sai số trung phương là 6 mm. Một đặc điểm cơ bản có thể xác nhận, giá trị tuyệt đối của hiệu chỉnh và từ đó là sai số trung phương biến thiên gần như tuyến tính với độ dài.

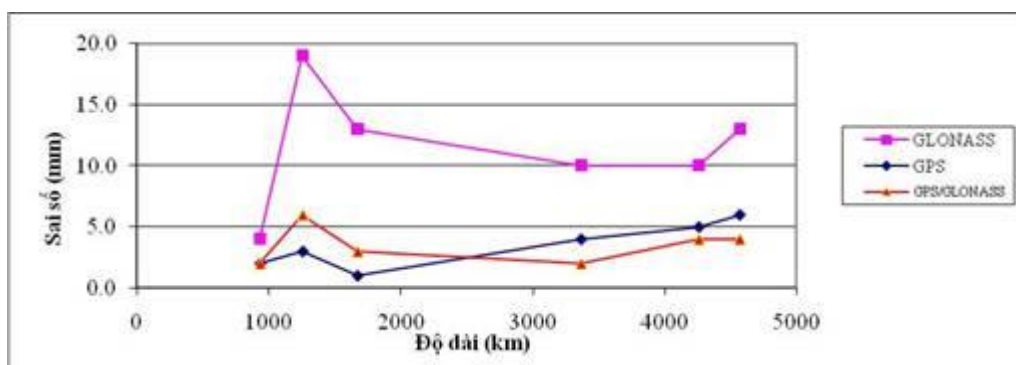
- Sai khác giữa độ dài trung bình tính từ GLONASS và GPS có giá trị tuyệt đối nhỏ, giá trị lớn nhất xuất hiện tại khoảng cách 1265 km là 12 mm (sai khác tương đối $1/100\ 000\ 000$ hay 10^{-8}),

nhỏ nhất cỡ 1 mm ở độ dài hơn 4000 km. Với quy mô không gian của lưới có thể cho rằng kết quả tính cạnh từ hai loại số liệu là đồng nhất.

- Kết quả tính cạnh từ số liệu hỗn hợp GPS/GLONASS có độ ổn định và hội tụ cao và vì vậy sai số trung phương nhỏ. So sánh với kết quả tính từ số liệu GLONASS và GPS có thể thấy, kết quả tính từ số liệu hỗn hợp GPS/GLONASS khác biệt lớn so với số liệu GLONASS, rất gần với số liệu GPS. Sai số trung phương trong trường hợp này xấp xỉ sai số trung phương tính từ số liệu GPS và gần như tuyến tính với độ dài.



Hình 1. Đồ thị hiệu chỉnh và độ dài.



Hình 2. Đồ thị sai số và độ dài.

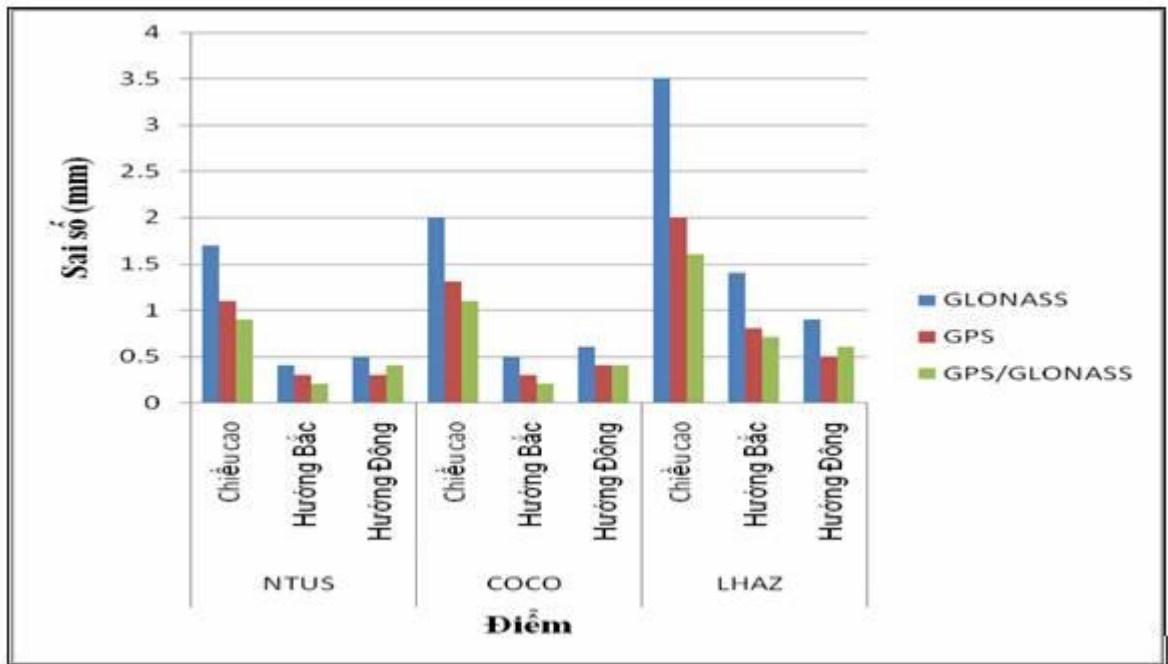
Lưới được bình sai toàn bộ bảy ca đo, theo từng loại số liệu với điều kiện cố định điểm BAKO. Sai số trung phương vị trí điểm sau bình sai được tập hợp ở Bảng 2.

Có thể thấy, sai số tọa độ sau bình sai có thể coi là cùng một bậc. Tuy vậy, sắp xếp theo thứ tự sai số xử lý số liệu GLONASS có giá trị lớn nhất, tiếp đến là sai số xử lý số liệu GPS và cuối cùng là của số liệu hỗn hợp. Số liệu Bảng 2 được biểu diễn trực quan trên Hình 3 cũng chỉ rõ ưu thế khi xử lý số liệu hỗn hợp, với số trị đo tăng sai số cũng như độ tin cậy được cải thiện.

Độ lệch nội bộ giữa tọa độ xác định từ 3 loại số liệu không lớn (Bảng 3) và hầu như không liên quan tới khoảng cách. Tọa độ bình sai từ ba loại số liệu (GPS, GLONASS và GPS/GLONASS) có thể coi là đồng nhất, ngoại trừ thành phần E của điểm COCO sai khác tới 21 mm, với khoảng cách BAKO-COCO 1265 km, sai số tương đối xấp xỉ $1/60.000.000$.

Bảng 2. Tổng hợp sai số tọa độ sau bình sai (Đơn vị tính: mm)

Số liệu	NTUS			COCO			LHAZ		
	Chiều cao	Hướng Bắc	Hướng Đông	Chiều cao	Hướng Bắc	Hướng Đông	Chiều cao	Hướng Bắc	Hướng Đông
GLONASS	1,7	0,4	0,5	2	0,5	0,6	3,5	1,4	0,9
GPS	1,1	0,3	0,3	1,3	0,3	0,4	2	0,8	0,5
GPS/GLONASS	0,9	0,2	0,4	1,1	0,2	0,4	1,6	0,7	0,6



Hình 3. Đồ thị sai số tọa độ theo loại số liệu.

Bảng 3. Tổng hợp sai khác tọa độ so với lời giải GPS/GLONASS (Đơn vị tính: mm)

Số liệu \ Điểm	NTUS			COCO			LHAZ		
	Chiều cao	Hướng Bắc	Hướng Đông	Chiều cao	Hướng Bắc	Hướng Đông	Chiều cao	Hướng Bắc	Hướng Đông
GLONASS	4,10	0,10	-3,20	3,90	1,20	20,90	7,30	-2,70	3,20
GPS	-1,00	-0,40	-1,20	2,00	-0,40	-0,20	8,10	-0,60	-2,50
GPS/GLONASS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

III. ĐÁNH GIÁ THEO CÁC TIÊU CHÍ KHÁC

1. Khả năng hoạt động của hệ thống

Khả năng hoạt động của hệ thống được thể hiện theo hai đặc điểm: 1/ Tính liên tục và ổn định; 2/ Tính hoạt động đầy đủ (Full Operational Capability-FOC).

Về hệ GPS: kể từ khi đi vào hoạt động hệ không ngừng được củng cố và phát triển. Các thể hệ vệ tinh được hoàn thiện, các kênh thu tín hiệu được mở rộng. Hệ được đảm bảo hoạt động liên tục, ổn định theo chế độ FOC. Thực tế cho thấy, GPS đã được áp dụng rộng rãi trên mọi lĩnh vực, trên quy mô không gian toàn cầu và đã trở thành công nghệ không thể thiếu trong nghiên cứu khoa học, trong quân sự, trong các hoạt động của các ngành kinh tế. Đặc biệt phải nhấn mạnh công nghệ GNSS (Global Navigation Satellite System) nói chung và GPS nói riêng đã mang lại lợi ích kinh tế to lớn cho toàn cầu.

Về hệ GLONASS: hệ đã trải qua nhiều thăng trầm do nhiều nguyên nhân: chính trị, kinh phí, thương mại. Tính liên tục và ổn định kém hơn so với hệ GPS. Cần lưu ý, hệ đi vào hoạt động từ năm 1982 khi phóng vệ tinh đầu tiên, song sau đó, do nhiều lý do, hệ bị trì trệ nghiêm trọng do thiếu kinh phí thay thế các vệ tinh. Tuy vậy, sau năm 2000, với sự ổn định của nước Nga, hệ lại được hoàn thiện và phát triển. Trong thời gian qua, các thể hệ vệ tinh được cải tiến phát triển. Có thể nói, GLONASS cũng là hệ định vị không thể thay thế và có vai trò hết sức quan trọng trong nền quốc phòng, kinh tế và nghiên cứu khoa học của Nga. Trên quy mô quốc tế, việc ứng dụng hệ GLONASS còn nhiều hạn chế không hẳn do tính hoạt động của hệ thống mà do rất nhiều nguyên nhân khác. Điều hết sức quan trọng, theo thông báo của ông Vladimir Popvkin, giám đốc Cơ quan

Vũ trụ Liên bang Nga, từ tháng 10/2011 hệ lại trở lại chế độ FOC (*Hệ thống định vị Nga phủ sóng toàn cầu*

<http://vnexpress.net/gl/khoahoc/2011/10/he-thong-dinh-vi-nga-phu-song-toan-cau/>).

2. Khả năng hỗ trợ quốc tế

Có thể thấy tính khả dụng của từng hệ không thể tách rời khả năng hỗ trợ quốc tế. Bản thân nội tại là yếu tố quan trọng, song liên kết quốc tế không thể thiếu. Xử lý số liệu GNSS liên quan tới rất nhiều số liệu, dữ liệu mang tính toàn cầu. Các số liệu, dữ liệu này do các tổ chức quốc tế tổ chức thu thập, xử lý, xác định và công bố hỗ trợ cho các hệ định vị. Điều hết sức quan trọng, tháng 3/2005, tổ chức International GPS Service được đổi thành International GNSS Service (tên viết tắt vẫn được giữ nguyên là IGS) đã ghi nhận sự lớn mạnh cũng như vai trò của GLONASS. Từ đây, IGS hỗ trợ không chỉ bó hẹp cho GPS mà được mở rộng cho GLONASS. Đây không chỉ tạo cơ sở pháp lý mà còn đảm bảo cho các ứng dụng thực tiễn. Quá trình xử lý số liệu, đã khai thác và sử dụng nhiều loại số liệu của IGS cũng như quốc tế (số liệu đo hỗn hợp GPS/GLONASS, lịch vệ tinh chính xác, ocean loading, tọa độ trong ITRF v.v...) để xử lý số liệu GPS và GLONASS. Có thể nói, từ khía cạnh này, GLONASS đã được đảm bảo hỗ trợ quốc tế đầy đủ, tương tự như hệ GPS.

3. Độ chính xác, độ tin cậy

Các khảo sát liên quan tới độ chính xác và độ tin cậy của kết quả xử lý các loại số liệu đã được trình bày chi tiết ở phần II. Trên cơ sở phân tích số liệu, có thể cho rằng:

- Kết quả xử lý số liệu GLONASS có độ ổn định và độ chính xác kém hơn về kết quả tính cạnh, song tọa độ bình sai có thể coi là đồng nhất.

- Kết quả xử lý số liệu GPS và số liệu hỗn hợp GPS/GLONASS đạt độ ổn định, có độ chính xác và độ tin cậy tương đương nhau.

- Bởi vậy, đối với các nhiệm vụ trắc địa-bản đồ yêu cầu độ chính xác cao nhất (lập lưới không chế Nhà nước) hoàn toàn có thể sử dụng hệ GLONASS. Đối với các nghiên cứu địa động lực, số liệu GLONASS có thể là công cụ hỗ trợ, kiểm tra độc lập với GPS.

4. Máy thu, phần mềm

Thị trường máy thu (và anten) trong thời gian gần đây đã có rất nhiều lựa chọn cho các loại máy thu tín hiệu hỗn hợp. Bảng 4 tập hợp thông số cơ bản của một số sản phẩm máy thu đa hệ theo tài liệu kỹ thuật của các hãng. Có thể thấy:

- Các công ty lớn, có truyền thống về các máy trắc địa trên toàn thế giới đều sản xuất các sản phẩm loại này. Uy tín, tiềm lực của các công ty này thể hiện tiềm năng to lớn cũng như đảm bảo sự ổn định và phát triển của thị trường máy thu đa hệ. Bên cạnh đó, điều này còn phản ánh sự cạnh tranh gay gắt mang lại lợi ích cho người sử dụng về khả năng lựa chọn, cũng như giá cả.

- Cho dù chỉ đề cập tới hai hệ GPS và GLONASS, song các máy thu đa hệ có tính năng thu tín hiệu phong phú hơn nhiều. Ngoài việc thu tín hiệu GPS, GLONASS phần lớn các máy còn khả năng thu tín hiệu của Galileo và các hệ khác. Đây là tiền đề thuận lợi, song cũng là áp lực thúc đẩy việc nghiên cứu ứng dụng đa hệ định vị ở nước ta.

- Việc trang bị thiết bị cần lưu ý, bên cạnh cấu hình cơ bản, các lựa chọn (option) của tính năng thu tín hiệu rất phong phú, cần tìm hiểu kỹ lưỡng nhằm đầu tư một cách tối ưu.

Máy thu hỗn hợp đã thay dần máy thu một loại tín hiệu trong các ứng dụng có độ chính xác cao. Mạng lưới các điểm IGS, đã dần trang bị thể hệ máy thu đa tín hiệu. Gần cận nước ta, các điểm NTUS, COCO, LHAZ, BACO và gần đây là WUHN đã chuyển sang loại máy này.

Xử lý số liệu GNSS là quá trình hết sức phức tạp, nhất là các ứng dụng yêu cầu độ chính xác cao. Về cơ bản, phải sử dụng các sản phẩm quốc tế, được thừa nhận trong giới khoa học.

Ở nước ta, phần mềm Bernese đã được du nhập từ đầu những năm 2000. Bernese phiên bản mới đã xử lý được tín hiệu GLONASS đạt độ chính xác cao [5, 6] và tín hiệu hỗn hợp. Đây cũng là thực tế khách quan và hết sức tích cực, bởi thiếu phần mềm, cho dù có đủ các điều kiện nêu trên cũng khó có thể triển khai việc ứng dụng số liệu hỗn hợp.

Bảng 4. Một số loại máy thu tiêu biểu

Hãng	Máy	Tính năng thu tín hiệu
LEICA (www.leica-geosystems.com)	GS09	-GPS: L1, L2, L2C (C/A, P, C Code) -GLONASS: L1, L2 (C/A, P narrow Code)
	GS10	-GPS: L1, L2, L2C, L5 -GLONASS: L1, L2 -Galileo (Test): GIOVE-A, GIOVE-B -Galileo: E1, E5a, E5b, Alt-BOC -Compass1 -SBAS: WAAS, EGNOS, GAGAN, MSAS
	GS12	-GPS: L1, L2, L2C, L5 (C/A, P, C Code) -GLONASS: L1, L2 (C/A, P narrow Code); -Galileo (Test): GIOVE-A, GIOVE -B; Galileo: E1, E5a, E5b, Alt-BOC; -Compass; -SBAS: WAAS, EGNOS, GAGAN, MSAS
	GS15	-GPS: L1, L2, L2C, L5 -GLONASS: L1, L2 -Galileo (Test): GIOVE-A, GIOVE-B -Galileo: E1, E5a, E5b, Alt-BOC -Compass1 -SBAS: WAAS, EGNOS, GAGAN, MSAS
TOPCON (www.topcon.co.jp)	GB-500 GB-1000	-GPS:(20 GPS L1+L2 on Cinderella Days) Tracking Channels, optional 20 GPS L1+L2, -GLONASS:Signals Tracked, standard 20 L1/L2, C/A, P-Code, Full Cycle Carrier
	HIPER2-E	-GPS L1 CA, L1/L2 P-code, L2C -GLONASS L1/L2 CA, L1/L2 P-code -SBAS WAAS, EGNOS, MSAS
	Net-G3	-GPS L1, L2, & L5 carrier, CA, L1 P, L2 P, L2C -GLONASS L1, L2, & L5 carrier, L1CA, L2CA, L1 P, L2 P -GALILEO E2-L1-E1, E5
TRIMBLE (www.trimble.com)	R7 GNSS	-GPS: L1 C/A Code, L2C và L1/L2/L5 Full Cycle Carrier ¹ -GLONASS: L1 C/A Code, L1 P Code, L2 P Code, L1/L2 Full
	R8 GNSS	-GPS L1 C/A, L1C, L1E, L2C, L2E, L5 -GLONASS L1 C/A, L1P, L2 C/A (GLONASS M), L2P -SBAS: L1C/A, L5 -Galileo GIOVE-A và GIOVE-B
PENTAX (www.septentrio.com)	SEPT ASTERX2E	-GPS L1 C/A, L1/L2 P, L2C -GLONASS L1 C/A, L2 C/A

5. Kết quả triển khai thực tế

Khả năng triển khai thực tế được kể đến cuối cùng song đóng vai trò quyết định, bởi cho dù hội đủ các yếu tố trên song không triển khai được ra thực tế thì cũng không có ý nghĩa gì. Triển khai thực tế được hiểu là quá trình tìm hiểu phương pháp, tiến hành quan trắc ngoài thực địa, thu thập, lưu trữ, xử lý số liệu cho đến kết quả cuối cùng, đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật. Về GPS, triển khai thực tế đã có quá trình lâu dài (từ những năm 1990) và đạt được nhiều kết quả. Về hệ GLONASS, các đơn vị trong nước ở Việt Nam đã tiến hành tìm hiểu khả năng thiết bị, thu thập số liệu, chuyển đổi số liệu đo sang dạng Rinex. Số liệu đo thực tế đã được xử lý đạt độ chính xác cao.

Có thể nói, việc triển khai thực tế ứng dụng GLONASS cũng như số liệu hỗn hợp GPS/GLONASS đã thực hiện suôn sẻ.

Với tất cả các tổng hợp và phân tích trên có thể tóm tắt các tiêu chí trong Bảng 5.

Bảng 5. Đánh giá tính khả dụng

Tiêu chí	GLONASS	GPS	GPS/GLONASS
Khả năng hoạt động của hệ thống	√	√	√
Khả năng hỗ trợ quốc tế	√	√	√
Độ chính xác	√	√	√
Máy thu, phần mềm xử lý	√	√	√
Kết quả triển khai thực tế	√	√	√
Đánh giá chung	√	√	√

Bảng 6. Các chỉ tiêu kỹ thuật

Loại lưới	Sai số tương đối
Nghiên cứu địa động lực	$< 1/100\ 000\ 000 = 10^{-8}$
Lưới không chế quốc gia cấp cao nhất	$< 1/10\ 000\ 000 = 10^{-7}$

Chỉ tiêu “√” (đáp ứng yêu cầu) ở phần đánh giá chung của loại số liệu GLONASS cần được lưu ý, kết quả tính cạnh từ loại số liệu này có độ hội tụ thấp, hiệu chỉnh và vì thế sai số trung phương lớn hơn kết quả tính cạnh từ số liệu GPS và GPS/GLONASS.

IV. KẾT LUẬN

Với các khảo sát bước đầu, chưa thật sự toàn diện đầy đủ song căn cứ vào các chỉ tiêu kỹ thuật đối với các loại lưới (Bảng 6), có thể thấy:

- Số liệu (hay hệ) GLONASS hoàn toàn đáp ứng các yêu cầu, là đối trọng độc lập với hệ GPS trong thiết lập hệ quy chiếu quốc gia. Trong nghiên cứu địa động lực, số liệu GLONASS là công cụ hiệu quả hỗ trợ, kiểm tra kết quả xử lý số liệu GPS. Là một phần trong tập số liệu hỗn hợp GPS/GLONASS, số liệu GLONASS góp phần nâng cao độ chính xác, độ tin cậy khi xử lý số liệu hỗn hợp.

- Số liệu (hay hệ GPS) và số liệu hỗn hợp GPS/GLONASS (đa hệ) hoàn toàn đáp ứng các yêu cầu xác định chuyển dịch vỏ Trái đất.

Các kết quả này đóng góp phần nào cho quá trình định hướng, tiếp nhận cũng như triển khai đa hệ định vị ở nước ta.

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

VĂN LIỆU

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

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

3. Len Jacobson, 2007. Current and future GNSS trends. *"GNSS Markets and Applications"*, Artech, 2007.

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

5. Vy Quốc Hải, 2010. Xử lý số liệu GLONASS phục vụ nghiên cứu địa động lực. *TC Các Khoa học về Trái đất*, 4/2010. tr.343-347. Hà Nội.

6. Vy Quốc Hải, 2013. So sánh kết quả xử lý số liệu GPS và GLONASS. *TC Các Khoa học về Trái đất*, 1/2013. tr.60-65. Hà Nội.