

# XỬ LÝ SỐ LIỆU GLONASS PHỤC VỤ NGHIÊN CỨU ĐỊA ĐỘNG LỰC

VY QUỐC HẢI

## I. MỞ ĐẦU

Văn liệu thế giới thường đề cập về ba hệ định vị toàn cầu (Global Positioning System - GPS) chủ yếu. Hệ NAVSTAR GPS do Mỹ quản lý, hệ GLONASS do Liên Xô (cũ) thiết lập và hệ Galileo sắp được cộng đồng châu Âu đưa vào hoạt động. Cho đến nay, do quy mô cũng như ưu thế thương mại, các ứng dụng chủ yếu triển khai trên hệ NAVSTAR GPS, vì vậy hệ định vị toàn cầu thường được hiểu là NAVSTAR GPS và được gọi tắt là GPS. Hệ GLONASS được thiết lập từ những năm 1970. Sau một thời gian gặp nhiều trở ngại (kinh tế, ổn định chính trị) từ năm 2000 trở lại đây hệ này được củng cố và phát triển. Hệ Galileo đã được triển khai tích cực, dự kiến 2010 đưa vào hoạt động.

Về cơ bản, các hệ đều chia làm ba đoạn (segment) : đoạn điều khiển, đoạn không gian và đoạn sử dụng ; việc hoạt động do nước (tổ chức) sở hữu điều hành và tất nhiên người sử dụng phụ thuộc lớn vào việc điều hành đó. Vì vậy, các nước và các tổ chức cố gắng thiết lập và phát triển hệ định vị toàn cầu cho riêng mình (ngoài hệ GPS hệ GLONASS, hệ Galileo còn có các hệ của Trung Quốc, Ấn Độ,...). Với vai trò người sử dụng, việc ứng dụng đồng thời nhiều hệ định vị mang lại nhiều lợi ích : 1. Tiết kiệm kinh phí : cùng một tổ hợp thiết bị thu được khối lượng số liệu lớn hơn ; 2. Nâng cao hiệu quả ứng dụng : kết quả xử lý tín hiệu hai hệ có thể bổ sung, hỗ trợ kiểm tra độ tin cậy, có thể rút ngắn độ dài ca đo nâng cao độ chính xác ; 3. Hạn chế việc phụ thuộc vào độc quyền của bất kỳ hệ nào.

Trên thế giới, để đáp ứng nhu cầu trên, trong thời gian gần đây, các hãng sản xuất thiết bị thu tín hiệu đã tung ra thị trường các máy thu không chỉ thu được tín hiệu GPS mà còn có thể ghi tín hiệu của các hệ khác [4] (trước mắt là tín hiệu của hệ GLONASS, tiếp theo có thể là Galileo). Một số tổ chức quốc tế (IGS - International GPS Service : tổ chức dịch vụ

GPS quốc tế), cũng như các nước đã sử dụng các thiết bị này cho thu thập các số liệu của mình.

Ở nước ta công nghệ định vị toàn cầu được du nhập và ứng dụng từ những năm 1990. Trong thời gian gần đây, một số đơn vị đã trang bị một số máy thu cả hai loại tín hiệu GPS và GLONASS.

Việc xử lý số liệu GPS ở nước ta đã mang lại những thành công nhất định ; GPS đã được ứng dụng trong trắc địa, bản đồ. Đặc biệt, với các thiết bị và phần mềm mạnh (GPSurvey, Bernese, Gamit), công nghệ GPS là công cụ không thể thiếu trong nghiên cứu chuyển dịch hiện đại nói riêng, địa động lực nói chung. Tuy vậy, việc xử lý số liệu GLONASS trên cơ sở văn liệu công bố gần như chưa được đề cập. Vì vậy, việc tìm hiểu, xử lý số liệu GLONASS và Galileo (trong tương lai) thực sự là nhu cầu cấp bách đối với chúng ta.

Về cơ bản, thuật toán cũng như quy trình xử lý số liệu GLONASS tương tự như số liệu GPS, song có khác biệt về số, dữ liệu hỗ trợ. Với quy mô không gian nhỏ và độ chính xác không cao, đi liền với máy thu, thông thường sẽ có phần mềm xử lý. Các ứng dụng trong nghiên cứu địa động lực thường có yêu cầu độ chính xác cao nhất có thể, trên quy mô không gian lớn. Bởi vậy, dịp này việc xử lý số liệu GLONASS được thực hiện theo phương thức chuyển đổi sang dạng RINEX và xử lý bằng phần mềm chuyên dụng (khoa học) được cập nhật các số liệu hỗ trợ nhằm phục vụ hướng nghiên cứu này. Quy trình xử lý số liệu nêu trên hoàn toàn đáp ứng yêu cầu của các ứng dụng thông thường.

## II. SỐ LIỆU VÀ PHƯƠNG ÁN XỬ LÝ

Khởi đầu, cũng như GPS, hệ GLONASS được thiết lập nhằm phục vụ các mục đích quân sự. Do nhiều lý do, việc phát triển hệ thống không được liên tục, có nhiều gián đoạn. Đến năm 2005, toàn

hệ thống có 14 vệ tinh hoạt động và có thể sử dụng cho trắc địa và dẫn đường. Theo chương trình phát triển GLONASS 2001-2010, đến 2008 hệ thống có 18 vệ tinh gồm ba loại : GLONASS, GLONASS-M và GLONASS-K [1, 4], khi hoàn thiện toàn bộ hệ thống có 24 vệ tinh. Khác với GPS, các vệ tinh GLONASS phân bố trên ba quỹ đạo (GPS có sáu quỹ đạo) và tín hiệu được truyền trên các tần số cơ bản, song có hiệu chỉnh theo số hiệu vệ tinh.

GLONASS sử dụng ellipsoid PZ-90 (GLONASS) với vai trò hệ quy chiếu cho toàn hệ thống. Ngoài thực địa, 33 điểm phân bố chủ yếu trên lãnh thổ Liên Xô (cũ) thiết lập và ghi nhận hệ tọa độ này, phục vụ cho việc xác định vị trí cũng như cung cấp lịch vệ tinh quảng bá.

Tương tự như GPS, việc xác định lịch vệ tinh chính xác (Precise GLONASS ephemerides) có ý nghĩa quan trọng trong việc xử lý số liệu có quy mô không gian lớn và có độ chính xác cao. Hiện nay, trong khuôn khổ IGS, có hơn 50 trạm liên tục, thiết lập lưới quan trắc vệ tinh GLONASS, và bốn trung tâm xử lý nhằm tính toán lịch vệ tinh chính xác. Vì vậy, lịch vệ tinh chính xác đạt sai số cỡ 5 cm, hoàn toàn đáp ứng việc xử lý hậu kỳ.

Việc lựa chọn số liệu đưa vào xử lý dịp này yêu cầu nhiều cân nhắc. Về nguyên tắc, có thể xử lý ca đo có số liệu GLONASS bất kỳ, tuy vậy số liệu của các điểm IGS được lựa chọn do có nhiều ưu thế :

- Hạ tầng thiết bị của các điểm này đạt chuẩn IGS, đảm bảo số lượng cũng như chất lượng số liệu, các thông tin minh bạch thuận lợi cho việc khai báo cho phần mềm xử lý.

- Có tọa độ trong các hệ tọa độ toàn cầu, có độ chính xác cao được công bố chính thức, có thể khai thác miễn phí từ Internet.

- Độ dài các cạnh cỡ hàng ngàn kilomet, thích hợp cho việc thử nghiệm xử lý các lưới có quy mô không gian lớn với độ chính xác cao nhất có thể, đáp ứng các yêu cầu nghiên cứu chuyển dịch hiện đại.

- Từ các điểm IGS có thể khai thác và xử lý các ca đo liên tục ngày-đêm (độ dài ca đo 24 giờ) với số lượng ca đo đủ lớn, để có thể đạt độ chính xác nhất định khi xử lý lưới khu vực.

- Bên cạnh các yếu tố kỹ thuật thuận lợi trên, do tất cả các số liệu có thể khai thác miễn phí, nên tiết kiệm được rất nhiều kinh phí nếu phải tổ chức đo đạc, thu thập số liệu ngoài thực địa.

Trên cơ sở các quan điểm nêu trên, số liệu đo của các trạm IGS lân cận nước ta, cụ thể là các điểm : BAKO, COCO và LHAZ được lựa chọn và đưa vào xử lý. Cũng xin lưu ý, cho dù khu vực này có nhiều điểm IGS, song chỉ có các điểm này có số liệu đo GLONASS. Số liệu của 5 ca đo liên tục có DOY (ngày trong năm) 094, 095, 096, 097 và 098 năm 2010 của các điểm BAKO, COCO và LHAZ đã được khai thác (*bảng 1*).

*Bảng 1. Các thông số số liệu khai thác*

Điểm	Máy thu	Anten	Số tệp đo
BAKO	LEICA GRX1200GGPRO	LEIAT504GG LEIS	5
COCO	TRIMBLE NETR5	AOAD/M_T NONE	5
LHAZ	TPS E_GGD	ASH701941.B SNOW	5

Phần mềm Bernese được lựa chọn xử lý chuỗi số liệu đã khai thác, do :

- Phần mềm có khả năng cập nhật, sử dụng hàng loạt các số, dữ liệu hỗ trợ : lịch vệ tinh chính xác, tâm pha anten (máy thu, vệ tinh), chuyển động cực, địa triều, thủy triều, mô hình khí quyển... đáp ứng yêu cầu cho việc xử lý số liệu của các lưới có không gian lớn.

- Phần mềm cũng đã được khai thác thành công khi xử lý số liệu GPS của hàng loạt các lưới khảo sát chuyển dịch vỏ Trái Đất ở nước ta cũng như khu vực : lưới dọc theo đứt gãy Sông Hồng, Sông Đà [2], Lai Châu - Điện Biên và khảo sát chuyển dịch vỏ Trái Đất lân cận chấn tâm động đất Sumatra ngày 26-12-2004 [3].

### III. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

Việc xử lý số liệu bằng phần mềm Bernese được tiến hành theo các bước :

- *Khai thác và chuẩn bị số liệu* : số liệu đo của các điểm IGS được khai thác từ Internet, giải nén nhận được ở dạng Rinex. Tọa độ các điểm trong IGS05 được khai thác hoặc tính chuyển liên quan tới thời điểm các ca đo.

- Khai thác và cập nhật các tệp số liệu hỗ trợ : khai thác và chuẩn bị các tệp lịch vệ tinh chính xác ở dạng thích hợp với phần mềm. Khai thác và cập nhật các tệp số liệu hỗ trợ phần mềm (tệp hiện

trạng vệ tinh, chuyển động cực, tâm pha anten, thủy triều...).

- *Xử lý theo từng bước đến kết quả bình sai* : xử lý số liệu bằng phần mềm Bernese gồm các công đoạn : chuyển đổi số liệu sang dạng thích hợp với Bernese, chuyển đổi lịch vệ tinh, xác định sai số đồng hồ, thiết lập phương trình cạnh, tính cạnh và cuối cùng là bình sai toàn lưới. Tất cả các bước được thực hiện theo trình đơn theo phương thức đối thoại người-máy.

- *Kiểm tra kết quả xử lý* : việc xử lý sẽ diễn ra theo từng ca đo, qua từng bước phải kiểm tra, đảm bảo thành quả của từng bước đáp ứng chất lượng cho bước sau. Việc bình sai toàn lưới (kết hợp các ca đo) chỉ thực hiện khi từng ca đo được xử lý đạt yêu cầu.

Sau khi khai thác, giải nén số liệu đo, thu thập các dữ liệu hỗ trợ số liệu đã được xử lý theo trình đơn cho từng ngày đo và tổng hợp cho cả đợt đo. Kết quả cuối cùng là tọa độ bình sai, song để có thể phân tích về độ chính xác một cách đầy đủ, kết quả xác định độ dài cạnh được tập hợp tại *bảng 2*.

Trong bảng 2, số liệu ở cột 3 là độ dài cạnh tính từ tọa độ điểm nhận được từ IGS trong IGS05 (gọi tắt là độ dài IGS). Cột 4 là độ dài tính từ số liệu

GLONASS của các ca đo (gọi tắt là độ dài GLONASS) và sai số liên quan (cột 5). Cột 6 là hiệu chỉnh của độ dài từng ca đo so với giá trị trung bình và sai số liên quan. Cột 7 là hiệu độ dài tính từ GLONASS so với độ dài IGS.

Nhận xét chung nhất có thể rút ra : số liệu GLONASS đã được xử lý thành công bằng phần mềm Bernese. Các bước xử lý đã được tiến hành chặt chẽ theo đúng trình đơn, qua từng bước đều được kiểm tra và đã đạt được kết quả cuối cùng. Về chất lượng xử lý (vấn đề then chốt) cần phân tích và đánh giá dựa trên :

- Độ chính xác tính cạnh theo phần mềm thông báo ;

- So sánh giữa độ dài cạnh nhận được từ xử lý số liệu và cạnh tính được từ tọa độ điểm ;

- So sánh tọa độ bình sai và tọa độ IGS.

Từ số liệu bảng 2 có thể thấy :

- Sai số tính cạnh từ phần mềm (cột 5) dưới 1 cm ở khoảng cách 1265 km, 2-3 cm ở độ dài 4.500 km ; sai số tương đối trung bình xấp xỉ 1 : 150.000.000. Đây là thông số thể hiện độ chính xác rất cao, cho dù sai số tính cạnh do phần mềm thông báo thường "quá chính xác".

*Bảng 2. Tổng hợp kết quả tính cạnh*

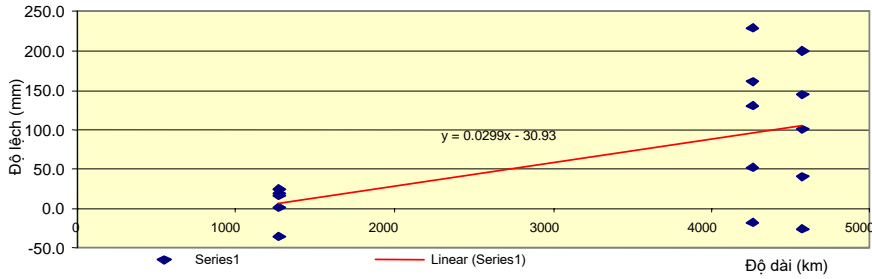
Cạnh (1)	Ca đo (2)	Độ dài cạnh			Hiệu chỉnh (6)	Hiệu (4) - (3) (7)
		IGS (3)	GLONASS (4)	RMS (5)		
BAKO-COCO	94	1265326.754	1265326.771	0.007	0.011	0.016
	95	1265326.754	1265326.775	0.005	0.015	0.020
	96	1265326.754	1265326.757	0.007	-0.003	0.002
	97	1265326.754	1265326.718	0.008	-0.042	-0.036
	98	1265326.754	1265326.779	0.009	0.019	0.025
Trung bình và sai số		1265326.754	1265326.760		0.025	0.005
BAKO-LHAZ	94	4257262.182	4257262.311	0.023	0.019	0.129
	95	4257262.182	4257262.343	0.017	0.051	0.161
	96	4257262.182	4257262.235	0.018	-0.057	0.053
	97	4257262.182	4257262.164	0.020	-0.128	-0.018
	98	4257262.182	4257262.410	0.029	0.118	0.228
Trung bình và sai số		4257262.182	4257262.292		0.096	0.111
COCO-LHAZ	94	4257262.182	4257262.311	0.023	0.019	0.129
	95	4257262.182	4257262.343	0.017	0.051	0.161
	96	4257262.182	4257262.235	0.018	-0.057	0.053
	97	4257262.182	4257262.164	0.020	-0.128	-0.018
	98	4257262.182	4257262.410	0.029	0.118	0.228
Trung bình và sai số		4567097.719	4567097.811		0.088	0.092

- Bởi vậy, sai số tính từ cạnh của các ca đo cũng được tập hợp lần lượt là 2,5 cm ở độ dài 1.265 km, và xấp xỉ 9 cm ở cạnh có độ dài 4.500 km, sai số tương đối xấp xỉ 1 : 50.000.000.

- Các sai số ở trên đều mang tính “nội bộ”. Từ góc nhìn khách quan, có thể so sánh độ dài cạnh từ số liệu GLONASS với độ dài cạnh tính từ tọa độ nhận được từ IGS, các độ lệch được tổng hợp ở cột 7 và biểu diễn trực quan ở hình 1. So với giá trị trung bình tính từ 5 ca đo, độ lệch là 5 mm ở khoảng cách

1.256 km, xấp xỉ 10 cm ở khoảng cách 4.500 km. Điều quan trọng, theo phương trình đường thẳng hồi quy, có thể coi độ dài GLONASS "dài hơn" so với độ dài IGS.

Với các phân tích trên, có thể nói đây là kết quả đạt độ chính xác cao, cho dù có kém hơn so với kết quả xử lý số liệu GPS với quy mô lưới tương đương. Điều đó có thể do số lượng vệ tinh thu được tín hiệu tại một vị trí, cùng một thời điểm của hệ GLONASS ít hơn so với hệ GPS.



Hình 1. Độ lệch độ dài GLONASS và IGS

Bên cạnh việc so sánh cạnh, việc kiểm tra và đánh giá theo tọa độ cũng được tiến hành. Bảng 3 tập hợp kết quả bình sai với điều kiện tọa độ điểm

BAKO được cố định. Tọa độ trước bình sai (A priori value) được tính từ tập tọa độ IGS05 liên quan tới đợt đo.

Bảng 3. Kết quả bình sai tọa độ

Tên trạm đo	Kiểu	Tọa độ trước bình sai	Tọa độ sau bình sai	Hiệu chỉnh	Sai số
COCO 50127M001	X	-741950.6450	-741950.6416	0.0034	0.0016
	Y	6190961.6737	6190961.6762	0.0025	0.0028
	Z	-1337767.9267	-1337767.8984	0.0283	0.0007
	U	-35.2874	-35.2913	-0.0039	0.0028
	N	-121118.042256	-121118.041343	0.0282	0.0007
	E	9650 2.297134	9650 2.297013	-0.0037	0.0016
LHAZ 21613M002	X	-106941.6743	-106941.6775	-0.0032	0.0069
	Y	5549269.8374	5549269.8282	-0.0092	0.0060
	Z	3139215.0720	3139215.1094	0.0374	0.0021
	U	3624.5972	3624.6078	0.0106	0.0058
	N	293926.397700	293926.398903	0.0372	0.0026
	E	91 614.500121	91 614.500246	0.0033	0.0069

Theo kết quả bảng 3, tọa độ xác định từ 5 ca đo GLONASS lệch so với tọa độ công bố của IGS theo không gian 3 chiều tại điểm COCO (cách điểm BAKO 1.265 km) 2,9 cm, tại điểm LHAZ (cách điểm BAKO 4.257 km) 3,9 cm. Nếu xét trên quan điểm sai số tương đối, độ chính xác tọa độ đã được cải thiện so với độ chính xác cạnh.

Xin lưu ý, độ lệch giữa cạnh và tọa độ nhận được từ xử lý số liệu GLONASS với giá trị tương ứng tính được từ tọa độ IGS gồm hai thành phần chính :

- Sai số trong quá trình xử lý số liệu ;

- Tọa độ (và độ dài tính từ các giá trị này) của IGS được xác định từ việc quan trắc với thời gian dài

(nhiều năm) và bình sai toàn bộ lưới gồm nhiều điểm trên toàn cầu, tất nhiên có sai khác so với kết quả xử lý lưới cục bộ gồm 3 điểm với số liệu là 5 ca đo.

Từ đó có thể coi sai số kết quả xử lý số liệu GLO-NASS nhỏ hơn các giá trị đã dẫn ở trên.

## KẾT LUẬN

Với việc lựa chọn phương án nghiên cứu hợp lý, khai thác số liệu phù hợp, làm chủ phần mềm tiên tiến, số liệu GLONASS được xử lý thành công đến kết quả cuối cùng trên lưới có quy mô không gian lớn.

Dựa trên sự lựa chọn tọa độ các điểm nhận được từ IGS liên quan tới thời gian tiến hành ca đo là cơ sở để so sánh, việc phân tích về độ chính xác kết quả xử lý đã cho thấy :

- Với khoảng cách 4.500 km, sai số tuyệt đối tính cạnh cỡ 9 cm, và sai số tọa độ bình sai (có 2 cạnh tham gia) đã nhỏ hơn còn 3,9 cm ;

- Với khoảng cách trên, sai số tương đối xác định cạnh nhỏ hơn 1: 50.000.000.

Từ kinh nghiệm xử lý số liệu GPS lưới có quy mô tương tự, bước đầu có thể nhận xét độ chính xác kết quả xử lý GLONASS có kém hơn so với độ chính xác kết quả xử lý số liệu GPS. Tuy vậy, liên quan tới vấn đề này cần có các khảo sát chi tiết tiếp theo.

Một lần nữa, cũng xin nhấn mạnh, việc xử lý thành công số liệu GLONASS với độ chính xác cao là bước khởi đầu quan trọng, mở ra cơ hội ứng dụng nhiều hệ định vị toàn cầu khác nhau trong thời gian tiếp theo ở nước ta.

## TÀI LIỆU DẪN

[1] E. ALEXEI ZINOVIEV, Topcon Positioning Systems CIS, LLC (2005) : Using GLONASS in

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

[2] VY QUỐC HẢI, TRẦN ĐÌNH TÔ, DƯƠNG CHÍ CÔNG, 2005 : Xác định chuyển dịch hiện đại đới đứt gãy Sông Đà và đới đứt gãy Sơn La - Bim Sơn bằng số liệu GPS. Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất **4**, 306-311, Hà Nội.

[3] VY QUỐC HẢI, 2009 : Nghiên cứu đặc điểm chuyển dịch vỏ Trái Đất theo thời gian lân cận chấn tâm động đất Sumatra 26-12-2004 từ số liệu IGS. Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất, **2**, 184-190.

[4] M.P. STEWART, M. TSAKIRI, J. WANG and J.F. MONICO, 2000 : The contribution of GLO-NASS measurements to regional and continental scale geodetic monitoring regimes. Earth Planets Space, **52**, 877-880.

## SUMMARY

### Processing GLONASS data for geodynamics study

The application of two (or more) global positioning systems offers many practical benefits. In recent times, outside the GPS, GLONASS system was developed, to meet the surveying, navigation requirements, so the GLONASS data processing has become necessary.

In this paper, some GLONASS data of IGS sites have been processed by Bernese software. The processing results achieved satisfactory accuracy with relative errors of approximately 1:50 000 000. This success set the stage for the application of the systems (GLONASS system and the immediate future Galileo) for works in large spatial scale with high accuracy.

Ngày nhận bài : 10-9-2010

Viện Địa chất