XÁC ĐỊNH CÁC MÔ HÌNH SAI SỐ CHO TRỊ ĐO GPS VÀ GLONASS

PGS. TS. NGUYỄN NGỌC LÂU[1], ThS. NGUYỄN THỊ THANH HƯƠNG[2]
[1]Trường Đại học Bách khoa TP.HCM
[2]Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ

Tóm tắt:

Để xử lý hỗn hợp các trị đo GPS và GLONASS, chúng tôi đã chọn mô hình sai số phụ thuộc vào góc cao vệ tinh và khảo sát các hệ số của nó tại 17 trạm đo IGS. Kết quả cho thấy mô hình trên phù hợp với trị đo GNSS. Trị đo pha GPS chính xác hơn GLONASS 1.2 lần, trong khi trị đo mã GLONASS lại kém chính xác hơn GPS đến 3.5 lần.

1. Giới thiệu

Một trong những vấn đề quan trọng để xử lý hỗn hợp các trị đo GPS và GLONASS là cần phải khảo sát để tìm ra trọng số thích hợp của các trị đo này. Mô hình này đều hết sức cần thiếu cho việc xử lý tuyệt đối lẫn tương đối. Nếu không có được mô hình phù hợp thì kết quả xử lý hỗn hợp trị đo GPS và GLONASS sẽ bị sai lệch đáng kể, thậm chí còn kém hơn so với khi xử lý riêng biệt từng hệ thống. Sử dụng mô hình sai số không phù hợp còn làm giảm tính hiệu quả của các bộ lọc trị đo xấu thường dựa trên tính chất thống kê.

Trường hợp đơn giản nhất người ta thường giả sử độ chính xác của trị đo GPS và GLONASS là như nhau. Khi đó trọng số của trị đo hiệu GPS-GPS, GLONASS-GLONASS và GPS-GLONASS đều như nhau. Tuy nhiên thực tế cho thấy trị đo GLONASS có độ chính xác kém hơn, nếu dùng mô hình này sẽ cho kết quả định vị thậm chí kém chính xác hơn khi chỉ dùng trị đo GPS.

Trong xử lý có sử dụng cả hai loại trị đo pha và mã. Các trị đo này khác nhau về độ chính xác nên cũng cần phải khảo sát riêng biệt. Trong bài báo này chúng tôi sẽ trình bày các mô hình sai số thông dụng cho trị đo GNSS và ứng dụng nó để xây dựng trọng số cho cả hai loại trị đo pha và mã.

2. Các mô hình sai số thường dùng

Theo tài liệu [1,4,6,7], người ta thường sử dụng mô hình sai số của trị đo GNSS phụ thuộc góc cao vệ tinh như sau

$$\sigma = \sigma_0\left(a_0 + a_1.f\left(\varepsilon\right)\right)$$

hay $$\sigma^2 = \sigma_0^2\left(a_0^2 + a_1^2 f^2\left(\varepsilon\right)\right) \quad (1)$$

Trong đó a_0 và a_1 là các hằng số; ε là góc cao vệ tinh; còn f là hàm ánh xạ. Hàm ánh xạ thường được sử dụng nhiều nhất là hàm sine có dạng sau

$$f\left(\varepsilon\right) = \frac{1}{\sin\varepsilon} \quad (2)$$

Đặt $k = a_0/a_1$, ta có

$$\sigma = \sigma_0.a_1\left(k + \frac{1}{\sin\varepsilon}\right) \quad (3)$$

Một số tài liệu [2, 4, 7] đã khảo sát mối quan hệ giữa a_0 và a_1 và cho thấy $k = 0 \div 0.2$. Sự thay đổi của k trong giới hạn này có tác động không đáng kể đến độ chính xác định vị [8].

Trong nghiên cứu này, chúng tôi sẽ áp dụng hàm (3). Nếu giả sử $\sigma_0 = 1$ và chọn

Người phản biện: TS. Nguyễn Đình Thành

k ~ 0.1, ta cần tìm giá trị của a_1 cho từng trị đo pha và mã, và cho từng hệ thống vệ tinh.

Để thực hiện điều này, chúng tôi khảo sát các bước sau:

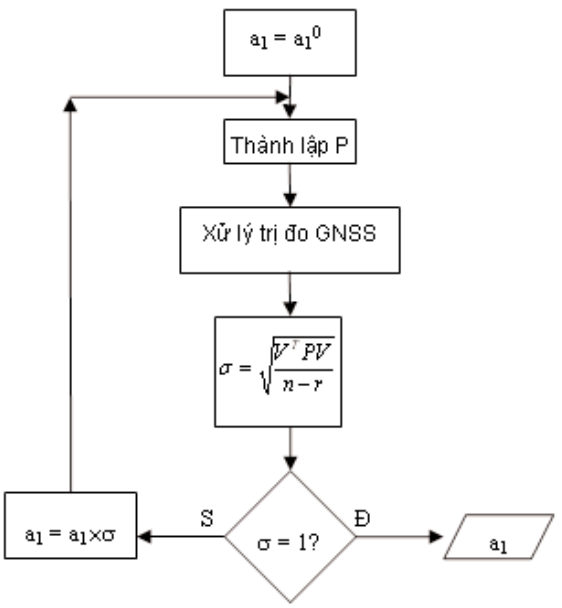
Bước 1: Dùng riêng trị đo GPS L_3 để khảo sát a_1 cho trị đo pha của GPS

Bước 2: Dùng riêng trị đo GPS P_3 để khảo sát a_1 cho trị đo mã của GPS.

Bước 3: Dùng riêng trị đo GLONASS L_3 để khảo sát a_1 cho trị đo pha của GLONASS.

Bước 4: Dùng riêng trị đo GLONASS P_3 để khảo sát a_1 cho trị đo mã của GLONASS.

Trong mỗi bước, chúng tôi khảo sát a_1 bằng sơ đồ sau ở hình 1



Hình 1: Sơ đồ khảo sát hệ số a_1

Có thể tóm tắt sơ đồ ở hình 1 như sau: bắt đầu với giá trị gần đúng của a_1, ta thành lập ma trận trọng số P cho tất cả các trị đo. Dùng P để xử lý các trị đo GNSS theo phương pháp số bình phương nhỏ nhất. Kết quả ta nhận được vector phần dư của trị đo V. Dùng V và P ta tính được sai số trung phương đơn vị trọng số ε . Nếu ε = 1 thì xuất ra kết quả a_1, ngược lại tính lại a_1 mới và lặp lại quá trình.

Trong quá trình xử lý trị đo GNSS, để giảm ảnh hưởng của các nguồn sai số hệ thống đến mức thấp nhất, chúng tôi dùng:

a. Thông tin chính xác về tọa độ máy thu và vệ tinh

b. Số hiệu chỉnh đồng hồ chính xác của máy thu và vệ tinh.

c. Dùng trị đo L_3 và P_3 để loại bỏ ảnh hưởng của tầng điện ly.

d. Dùng mô hình Saastamoinen [9] để tính ảnh hưởng không khí khô trong tầng đối lưu.

Do đó chỉ còn lại ảnh hưởng nhỏ của không khí ướt (5-30cm) cần khảo sát trong mô hình.

3. Giới thiệu tập dữ liệu dùng trong khảo sát

Để khảo sát hệ số a_1 trong mô hình (3), chúng tôi dùng dữ liệu của 17 trạm đo IGS vào ngày 26-04-2012. Máy thu tại các trạm đo này đều thu được tín hiệu GPS và GLONASS. Tọa độ của chúng được cho trong hệ ITRF2008 với độ chính xác vài mm. Để cho kết quả tương đối khách quan, chúng tôi cố gắng chọn nhiều loại máy thu khác nhau (*xem bảng 1*).

4. Kết quả và phân tích

Để kiểm tra ảnh hưởng của hệ số k, chúng tôi tính toán hệ số a_1 trong hai trường hợp khi k = 0.01 và khi k = 0.1. Kết quả cho ở bảng 2 và 3. (*xem bảng 2, 3*)

Kết quả ở bảng 2 cho thấy sự biến động của hệ số a_1 tại các trạm đo đối với trị đo pha ở mức vài mm (GPS là 0.0039÷0.0066 m và GLONASS là 0.0037÷0.0088 m). Còn trị đo mã ở mức dm, xấp xỉ với với sai số

Bảng 1: Các trạm đo IGS dùng trong khảo sát

Station	X	Y	Z	Receiver/antenna
ALIC	-4052052.4375	4212836.0313	-2545105.0041	LEICA GRX 1200GGPRO/LEIAR25.R3
AUCK	-5105681.3473	461564.0137	-3782181.2441	TRIMBLE NETR9/TRM55971.00
BAKO	-1836969.3060	6065617.0150	-716257.8760	LEICA GRX 1200GGPRO/LEIAT504GG
CASI	-901776.1423	2409383.2805	-5816748.4848	LEICA GRX 1200GGPRO/AOAD/M_T
CEDU	-3753472.8740	3912741.0142	-3347960.0829	TRIMBLE NETR8/AOAD/M_T
DARW	-4091359.3326	4684606.5294	-1408579.5750	LEICA GRX 1200GGPRO/ASH700936D_M
DAVI	486854.5704	2285099.2198	-5914955.6939	LEICA GRX 1200GGPRO/LEIAR25.R3
GUUG	-5070465.2010	3576460.2796	1472093.8149	TRIMBLE NETR5/TRM55971.00
HOB2	-3950071.9619	2522415.3118	-4311637.7284	LEICA GRX 1200GGPRO/AOAD/M_T
LHAZ	-106941.7816	5549269.8267	3139215.1117	TPS E_GGD/ASH701941.B
MAC1	-1508023.014	6195576.603	148799.362	LEICA GRX 1200+GNSS/AOAD/M_T
NTUS	-1508023.0140	6195576.6030	148799.3620	LEICA GRX 1200GGPRO/LEIAT504GG
TIXI	-1264873.3403	1569455.7703	6031003.4087	JPS EGGDT/TPSCR3_GGD
TOW2	-5054583.1672	3275504.2328	-2091538.8891	LEICA GRX 1200GGPRO/LEIAR25.R3
URUM	193030.4017	4606851.3022	4393311.5127	TPS NETG3/TPSCR3_GGD
WUHN	-2267749.6575	5009154.2355	3221290.6291	TRIMBLE NETR8/TRM59800.00
XMIS	-1696344.4400	6039590.0150	-1149275.5050	LEICA GRX 1200GGPRO/ASH1945C_M

Bảng 2: Ước lượng hệ số a_1 tại các trạm đo IGS (k = 0.01)

STT	Điểm	Phase		Code		Ratio = Code/Phase	
		GPS	GLN	GPS	GLN	GPS	GLN
1	ALIC	0.0042	0.0053	0.3491	1.0602	83.6	201.5
2	AUCK	0.0066	0.0065	0.5707	1.1823	86.0	182.1
3	BAKO	0.0065	0.0064	0.2561	0.9840	39.2	153.3
4	CAS1	0.0039	0.0088	0.1904	1.1053	48.4	126.1
5	CEDU	0.0030	0.0053	0.4531	1.4673	151.9	275.1
6	DARW	0.0046	0.0041	0.2492	1.1586	53.6	282.3
7	DAV1	0.0049	0.0056	0.2274	1.1531	46.1	205.3
8	GUUG	0.0058	0.0065	0.5937	1.4085	102.4	216.6
9	HOB2	0.0042	0.0040	0.1689	1.1310	40.6	280.6
10	LHAZ	0.0044	0.0052	0.4172	1.2187	95.6	233.7
11	MAC1	0.0039	0.0037	0.1965	1.0961	50.8	298.3
12	NTUS	0.0044	0.0050	0.3286	1.0003	74.9	200.1
13	TIXI	0.0045	0.0052	0.3614	1.0696	80.5	204.8
14	TOW2	0.0048	0.0054	0.1873	0.9423	39.4	175.8
15	URUM	0.0050	0.0057	0.4213	1.5228	84.4	267.4
16	WUHN	0.0051	0.0059	0.4904	1.3041	95.3	220.9
17	XMIS	0.0050	0.0046	0.2459	1.1187	48.8	244.7
	TB	0.0048	0.0055	0.3359	1.1719	71.8	221.7

nhiễu của các trị đo tương ứng. Điều này cho thấy mô hình (3) khá phù hợp. Cũng theo bảng 2, sai số trị đo pha L_3 và trị đo mã P_3 của GPS có thể xấp xỉ bằng công thức:

$$\sigma_{phase}^{GPS} = 0.0048\left(0.01 + \frac{1}{\sin\varepsilon}\right)$$

$$\sigma_{code}^{GPS} = 0.3359\left(0.01 + \frac{1}{\sin\varepsilon}\right) \qquad (4)$$

Kết quả ở bảng 3 cho thấy sai số trị đo pha L_3 và trị đo mã P_3 của GPS được xấp xỉ bằng công thức:

$$\sigma_{phase}^{GPS} = 0.0046\left(0.1 + \frac{1}{\sin\varepsilon}\right)$$

$$\sigma_{code}^{GPS} = 0.3203\left(0.1 + \frac{1}{\sin\varepsilon}\right) \qquad (5)$$

Bảng 3: Ước lượng hệ số a_1 tại các trạm đo IGS (k = 0.1)

STT	Điểm	Phase		Code		Ratio = Code/Phase	
		GPS	GLN	GPS	GLN	GPS	GLN
1	ALIC	0.0040	0.0050	0.3319	1.0060	82.9	199.7
2	AUCK	0.0063	0.0063	0.5411	1.1132	86.2	177.4
3	BAKO	0.0062	0.0062	0.2436	0.9326	39.0	150.8
4	CAS1	0.0037	0.0083	0.1814	1.0521	48.4	126.9
5	CEDU	0.0029	0.0051	0.4312	1.3871	151.0	273.1
6	DARW	0.0044	0.0039	0.2397	1.0959	54.2	279.9
7	DAV1	0.0048	0.0054	0.2162	1.0938	45.4	203.7
8	GUUG	0.0056	0.0063	0.5688	1.3390	101.5	213.9
9	HOB2	0.0040	0.0039	0.1614	1.0698	40.3	275.8
10	LHAZ	0.0042	0.0050	0.3979	1.1532	95.1	231.8
11	MAC1	0.0037	0.0035	0.1876	1.0398	50.1	269.9
12	NTUS	0.0042	0.0048	0.3143	0.9495	74.4	198.2
13	TIXI	0.0043	0.0050	0.3481	1.0133	81.1	202.7
14	TOW2	0.0046	0.0051	0.1791	0.8937	39.0	175.0
15	URUM	0.0047	0.0054	0.4034	1.4371	85.3	266.4
16	WUHN	0.0049	0.0056	0.4548	1.2351	94.7	218.9
17	XMIS	0.0048	0.0044	0.2344	1.0652	48.9	242.4
	TB	0.0046	0.0052	0.3203	1.1104	71.6	219.6

Độ lệch giữa hai mô hình rất bé khi chọn k = 0.01 (4) và khi chọn k = 0.1 (5). Điều này khẳng định rằng biến động của k ít ảnh hưởng vào mô hình sai số, trong khi thành phần 1/sinε mới là chủ yếu.

Sai số trị đo pha L_3 và trị đo mã P_3 của GLONASS được xấp xỉ bằng công thức:

$$\sigma_{phase}^{GLN} = k_1.\sigma_{phase}^{GPS} \quad \text{và} \quad \sigma_{code}^{GLN} = k_2.\sigma_{code}^{GPS} \qquad (6)$$

Trong đó

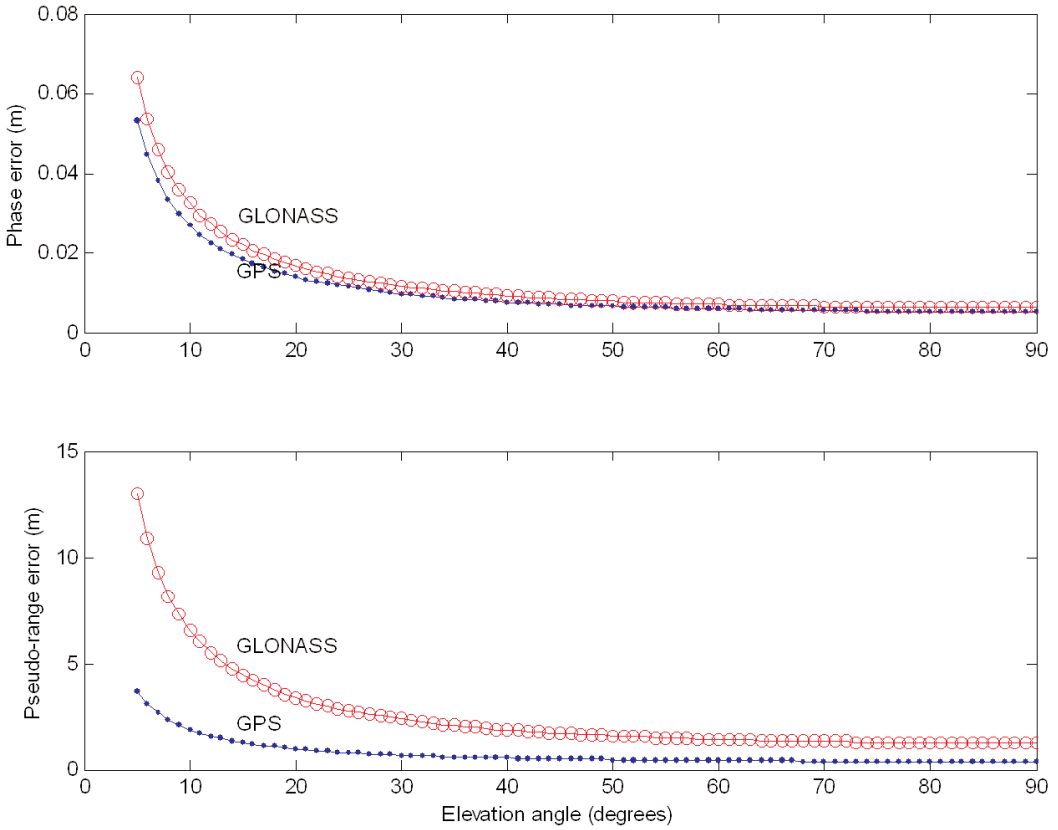
$$k_1 = \sigma_{phase}^{GLN} / \sigma_{phase}^{GPS} = a_{1,phase}^{GLN} / a_{1,phase}^{GPS} = 1.2$$

$$k_2 = \sigma_{code}^{GLN} / \sigma_{code}^{GPS} = a_{1,code}^{GLN} / a_{1,code}^{GPS} = 3.5$$

Điều này chỉ ra rằng trị đo pha GPS chính xác hơn GLONASS 1.2 lần. Nhưng trị đo mã GLONASS lại kém chính xác hơn GPS đến 3.5 lần (*xem hình 2*).

5. Thử nghiệm mô hình

Để chứng minh tính hiệu quả của mô hình sai số vừa xây dựng, chúng tôi xử lý lại tập dữ liệu trên để khảo sát tọa độ của các trạm đo theo 2 phương án:



Hình 2: Sai số trị đo pha (cửa sổ trên: chấm là GPS, tròn là GLONASS) và trị đo mã (cửa sổ dưới: chấm là GPS, tròn là GLONASS)

(i) Coi sai số của trị đo GPS và GLONASS như nhau, dùng công thức (5).

(ii) Dùng công thức (5) cho GPS và (6) cho GLONASS.

Trong quá trình xử lý, chúng tôi dùng phép kiểm tra thống kê phần dư để loại ra những trị đo có độ lệch lớn:

$$|v_i| \le 4 \times \sqrt{q_{v_i}} \qquad (7)$$

Trong đó v_i và q_{vi} là phần dư và trọng số đảo phần dư tương ứng của trị đo i.

Tọa độ trạm đo từ việc xử lý theo 2 phương án được so sánh với giá trị chính xác của nó trong bảng 4. *(Xem bảng 4)*

Theo bảng 4, phương án (ii) cho kết quả chính xác hơn phương án (i) một cách nhẹ nhàng, gần như không đáng kể. Tuy nhiên số trị đo bị loại ở phương án (i) gấp 3 lần ở phương án (ii). Điều này đã chứng minh rằng phương án (ii) đã sử dụng mô hình sai số của trị đo tốt hơn.

6. Tóm tắt và kết luận

Để có mô hình sai số trị đo GPS và trị đo GLONASS nhằm phục vụ cho việc xử lý chung, chúng tôi đã tiến hành:

a. Lựa chọn mô hình sai số dùng hàm sine theo góc cao vệ tinh $\sigma = \sigma_0 . a_1 \left(k + \frac{1}{\sin \varepsilon} \right)$ chung cho GPS và GLONASS.

Bảng 4: Độ lệch tọa độ trạm đo và số trị đo bị loại

	Điểm	Phương án	Độ lệch tọa độ (mm)			Số trị đo bị loại
			North	East	Up	
1	ALIC	i ii	+4.0 +2.7	+0.3 +5.7	-5.9 -5.5	781 63
2	AUCK	i ii	+0.2 -1.2	-0.1 -0.5	-1.6 +0.5	542 133
3	BAKO	i ii	+1.2 +0.5	-7.8 -7.1	-3.6 -1.6	442 198
4	CAS1	i ii	+2.1 +3.5	-1.7 -3.6	-2.2 -1.2	992 642
5	CEDU	i ii	+3.5 +2.8	+1.6 +0.8	+2.1 +2.9	157 91
6	DARW	i ii	-0.6 -1.0	+7.9 +4.4	-1.7 -0.8	106 136
7	DAV1	i ii	-3.7 -3.3	-5.2 -5.4	+3.7 +2.8	826 315
8	GUUG	i ii	-3.1 -2.7	+11.0 +11.3	-21.0 -22.0	202 85
9	HOB2	i ii	-3.5 -2.6	+2.0 +1.1	-15.5 -15.8	1101 406
10	LHAZ	i ii	-3.4 -1.9	-1.8 0.0	+7.3 +7.7	185 61
11	MAC1	i ii	-2.0 -1.9	-7.3 -8.3	+9.7 +7.0	859 549
12	NTUS	i ii	+11.0 +10.3	+10.2 +9.5	+4.7 +4.6	681 104
13	TIXI	i ii	-0.2 +1.4	-8.3 -7.2	-12.9 -9.2	640 159
14	TOW2	i ii	+10.5 +9.9	+5.1 +1.4	-15.7 -15.3	734 93
15	URUM	i ii	-5.8 -5.2	+1.2 +1.9	-3.4 -2.7	761 53
16	WUHN	i ii	+3.1 +2.5	+3.1 +2.2	-6.3 -7.2	316 28
17	XMIS	i ii	+9.1 +7.8	-1.1 -1.1	+10.8 +9.6	370 166
	SSTP	i ii	5.26 4.76	5.85 5.57	9.71 9.30	Σ = 9695 3282

b. Khảo sát mô hình sai số trên tại 17 trạm đo IGS.

Kết quả cho thấy hệ số k ít ảnh hưởng vào mô hình sai số, trong khi thành phần 1/sinε mới là chủ yếu. Trị đo pha GPS chính xác hơn GLONASS 1.2 lần. Nhưng trị đo mã GLONASS lại kém chính xác hơn GPS đến 3.5 lần.❍

Tài liệu tham khảo

[1]. Collins J.P., and R.B. Langley, (1999), "Possible weighting schemes for GPS carrier phase observations in the presence of multipath", Report for The United States Army Corps of Engineers Topographic Engineering Center, Geodetic Research Laboratory-University of New Brunswick-Canada.

[2]. Han S., (1997), "Carrier phase-based long-range GPS kinematic positioning", PhD thesis at the University of New South Whales - Australia.

[3]. Xin-Xiang Jin and Cees D. de Jong, (1996), "Relationship between satellite elevation and precision of GPS code observation", Journal of Navigation, Vol. 49, N. 2, pp. 253-265.

[4]. Hugentobler U., S. Schaer, and P. Fridez, (2001), "Bernese GPS software Version 4.2 Documentation", Astronomical Institute of the University of Bern.

[5]. Jin S., J. Wang, and P.H. Park, (2005), "An improvement of GPS height estimation: stochastic modeling", Earth Planet Space, 57, p. 253-259.

[6]. Herring T.A., King R.W., and Y. Bock, (2010), "GAMIT Reference Manual: GPS analysis at MIT", Mass. Inst. of Technology.

[7]. Wang J., M.P. Stewart, and M. Tsakiri, (1998), "Stochastic modeling for static GPS baseline data processing", Journal of Surveying Engineering, Vol 124, No 4, p. 171-181.

[8]. Nguyễn Ngọc Lâu, (2007), "Kiểm nghiệm các mô hình trọng số của trị đo GPS trong định vị điểm độ chính xác cao", Kỷ yếu Hội nghị Khoa học và Công nghệ lần thứ 10 tại Đại học Bách Khoa TP HCM, pp. 44-50.

[9]. Saastamoinen, (1972), "Atmospheric correction for the troposphere and stratosphere in radio ranging of satellites", in the Use of Artificial Satellites for Geodesy, Geophysics Monograph, 15, AGU, Wasington D.C.❍

Summary

Determination of stochastic models for GPS and GLONASS measurements

Assoc. Prof. Dr. Nguyen Ngoc Lau - Hochiminh City University of Technology

MSc. Nguyen Thi Thanh Huong - Institute of Geodesy and Cartography

To process GPS and GLONASS measurements together, we choose the stochastic model which depends on the satellite elevation angles. We estimate the model coefficients at 17 IGS stations. The results show that the chosen model is suitable for GNSS measurements. The GPS carrier phase measurements have better accuracy than the GLONASS carrier phase measurements about 1.2 times. Meanwhile, the GLONASS code measurement error is 3.5 times lager than GPS.❍

Ngày nhận bài: 07/11/2013.