

BÀN VỀ SỐ HIỆU CHỈNH ĐỘ LỆCH TÂM PHA ĂNG TEN ĐỐI VỚI TRỊ ĐO TRONG GIẢI CÁC BÀI TOÁN ĐỊNH VỊ VỆ TINH

KS. PHẠM VĂN CHUNG, ThS. NGUYỄN GIA TRỌNG
ThS. PHẠM NGỌC QUANG - Trường Đại học Mỏ-Địa chất

Trị đo khoảng cách trong công nghệ GNSS lan truyền từ vệ tinh tới máy thu chịu ảnh hưởng của nhiều nguồn sai số khác nhau trong đó có ảnh hưởng do lệch tâm phát sóng của vệ tinh. Trị đo mà ta nhận được được tính từ tâm phát sóng của vệ tinh đến tâm thu tín hiệu của máy thu. Trong khi đó, tọa độ của vệ tinh theo thời gian được tính cho trọng tâm hình học của vệ tinh. Giữa tâm phát sóng với trọng tâm hình học của một số vệ tinh có độ lệch nhất định. Để nâng cao độ chính xác của bài toán định vị nhất thiết phải tính đến ảnh hưởng của sai số này. Bài báo giới thiệu kết quả giải bài toán định vị tuyệt đối có xét đến số hiệu chỉnh do độ lệch tâm phát sóng của vệ tinh.

1. Các nguồn sai số đối với trị đo trong định vị vệ tinh

Trị đo từ tâm phát sóng của vệ tinh tới tâm pha ăng ten máy thu chịu ảnh hưởng của nhiều nguồn sai số khác nhau. Để có thể sử dụng trị đo vào giải bài toán định vị vệ tinh cần phải tính ảnh hưởng của các nguồn sai số đối với trị đo.

a. Sai số do ảnh hưởng của tầng điện ly

Ảnh hưởng của tầng điện ly thông thường ở mức vài mét. Cá biệt có thể lên đến 50 m vào thời kỳ hoạt động theo chu kỳ của Mặt Trời. Ảnh hưởng của tầng này có thể được loại trừ khi sử dụng máy thu nhiều tần số. Khi sử dụng máy thu một tần số, có thể tính số hiệu chỉnh thông qua giá trị tổng lượng điện tử được tính theo một số phương pháp khác nhau [4], [5].

b. Sai số do ảnh hưởng của tầng đối lưu

Ảnh hưởng của tầng đối lưu không thể loại trừ khi sử dụng máy thu nhiều tần số, chỉ có thể hạn chế ảnh hưởng của nguồn sai số này thông qua các mô hình toán là hàm của các yếu tố đặc trưng cho điều kiện khí tượng như nhiệt độ, áp suất, độ ẩm... Có nhiều mô hình hiệu chỉnh ảnh hưởng của tầng này đã được trình bày ở nhiều tài liệu [2], [3], [5]...

c. Số hiệu chỉnh do độ lệch tâm phát sóng của vệ tinh

Trị đo khoảng cách đo được trong công nghệ GNSS là khoảng cách tính từ tâm phát sóng của vệ tinh tới máy thu. Trên thực tế, tọa độ vệ tinh dùng để giải các bài toán định vị được tính cho trọng tâm hình học của vệ tinh tương ứng. Đối với một số vệ tinh, tâm phát sóng và trọng tâm hình học không trùng với nhau. Do vậy, khi đưa trị đo vào giải bài toán định vị cần xét đến số hiệu chỉnh này.

d. Độ lệch tâm pha ăng ten máy thu

Cũng giống như vệ tinh, máy thu có hai điểm tham chiếu cần lưu ý đó là trọng tâm hình học của máy thu là điểm được tính tọa độ khi giải bài toán định vị và tâm thu tín hiệu vệ tinh là điểm tiếp nhận tín hiệu của vệ tinh tới máy thu. Trị đo ta thu được là trị đo được tính từ tâm phát sóng của vệ tinh tới tâm thu tín hiệu của máy thu. Như vậy, để có thể nhận được kết quả định vị chính xác cần phải tính hiệu chỉnh độ lệch tâm pha ăng ten máy thu. Muốn tính hiệu chỉnh được giá trị này, cần phải biết các tham số như bán kính ăng ten, khoảng tịnh tiến (khoảng offset) tâm pha ăng ten và các tham số khác nếu có. Các tham số như bán kính của ăng ten, khoảng offset được cung cấp trong catalog của máy bởi hãng sản xuất máy thu.

e. Sai số đồng hồ vệ tinh, sai số đồng hồ máy thu

Mỗi vệ tinh được trang bị 4 bộ tạo dao động tần số chuẩn là cơ sở để tạo ra thời gian với độ chính xác cao. Máy thu cũng được trang bị đồng hồ nguyên tử nhưng với độ chính xác thấp hơn. Tuy cả đồng hồ vệ tinh và đồng hồ máy thu đều là đồng hồ nguyên tử nhưng đều có sai số. Khi sử dụng trị đo, cần phải tính đến ảnh hưởng của nguồn sai số này. Sai số đồng hồ vệ tinh có thể tính được thông qua các tham số đồng hồ đi kèm với thông tin đạo hang. Sai số của đồng hồ máy thu có thể coi là một ẩn số để giải trong quá trình giải bài toán định vị tuyệt đối.

f. Các nguồn sai số khác

Ngoài các nguồn sai số trên, trị đo còn chịu ảnh hưởng của các nguồn sai số khác như ảnh hưởng của thủy triều, địa triều, sự chậm trễ truyền tín hiệu trong phần cứng của vệ tinh và máy thu, hiện tượng di chuyển của cực Trái Đất...

2. Hiệu chỉnh độ lệch tâm pha ăng ten vệ tinh đối với các trị đo GNSS

Độ lệch tâm pha ăng ten vệ tinh được tính toán theo hệ thống công thức như sau [5]:

$$\vec{d} = x\vec{e}_x + y\vec{e}_y + z\vec{e}_z \tag{1}$$

Trong đó: x, y, z - Độ lệch tâm pha ăng ten vệ tinh, giá trị này được cung cấp bởi tổ chức IGS.

$$\vec{e}_z = \vec{r}/|\vec{r}| \tag{2}$$

$$\vec{e}_y = (\vec{e}_z \cdot \vec{n}_{sun}) / |\vec{e}_z \cdot \vec{n}_{sun}| \tag{3}$$

$$\vec{e}_x = \vec{e}_y \times \vec{e}_z \tag{4}$$

$$\vec{n}_{sun} = (\vec{r}_s - \vec{r}) / |\vec{r}_s - \vec{r}| \tag{5}$$

$$\cos\beta = \vec{n}_{sun} \cdot \vec{e}_z$$

Hay có thể viết lại dưới dạng tường minh hơn:

$$\vec{e}_z = -\frac{1}{r} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} \quad r = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} \tag{6}$$

$$\vec{n}_{sun} = \frac{1}{R} \begin{pmatrix} X_{sun} - X \\ Y_{sun} - Y \\ Z_{sun} - Z \end{pmatrix} \tag{7}$$

$$\vec{e}_y = -\frac{1}{S} \begin{pmatrix} YZ_{sun} - Y_{sun}Z \\ ZX_{sun} - Z_{sun}X \\ YX_{sun} - Y_{sun}X \end{pmatrix} \tag{8}$$

$$\vec{e}_x = -\frac{1}{S \cdot r} \begin{pmatrix} (ZX_{sun} - Z_{sun}X)Z - (XY_{sun} - X_{sun}Y)Y \\ (XY_{sun} - X_{sun}Y)X - (YZ_{sun} - Y_{sun}Z)Z \\ (YZ_{sun} - Y_{sun}Z)Y - (ZX_{sun} - Z_{sun}X)X \end{pmatrix} \tag{9}$$

Với $R = \sqrt{(X_{sun} - X)^2 + (Y_{sun} - Y)^2 + (Z_{sun} - Z)^2}$.

Tại đây: X, Y, Z - Tọa độ của vệ tinh; $X_{sun}, Y_{sun}, Z_{sun}$ - Tọa độ của Mặt Trời trong hệ tọa độ vuông góc không gian địa tâm.

Như vậy, muốn tính hiệu chỉnh độ lệch tâm pha ăng ten vệ tinh đối với các trị đo cần phải tính tọa độ Mặt Trời theo thời gian.

3. Tính toán thực nghiệm

3.1 Giới thiệu về số liệu tính toán thực nghiệm

Để minh chứng cho lý thuyết trình bày ở trên, tiến hành tính toán với tệp số liệu đo bằng máy thu GB-1000 là máy thu 2 tần số, thu được tín hiệu của 2 hệ thống vệ tinh (GPS và GLONASS) vào ngày 25 tháng 7 năm 2009 tại Hà Nội. Số liệu đo của

máy thu được chuyển về định dạng dữ liệu RINEX để có thể chạy bằng chương trình của tác giả lập ra dựa trên lý thuyết đã được trình bày bằng ngôn ngữ VB.NET. Kết quả tính toán từ số liệu thực nghiệm so sánh với tọa độ được tính toán sử dụng phần mềm Bernese 5.0 (có sử dụng số liệu của các trạm thu tín hiệu thường xuyên của IGS, chi tiết tham khảo [2]).

Tiến hành tính số hiệu chỉnh độ lệch tâm pha ăng ten vệ tinh sử dụng các công thức từ (1) đến (9) cho hai trường hợp, kết quả cho trong Bảng 1.

Bảng 1. Số hiệu chỉnh độ lệch ăng ten của các vệ tinh

Thời điểm	Tên vệ tinh	Số hiệu chỉnh độ lệch tâm pha ăng ten vệ tinh (m)
0h0m00s	1	0.000
	12	0.000
	14	0.000
	18	0.000
	21	0.000
	22	0.000
	24	1.060
	26	1.060
0h0m30s	27	1.060
	30	1.060
	1	0.000
	12	0.000
	14	0.000
	18	0.000
	21	0.000
	22	0.000
	24	1.060
	26	1.060
27	1.060	
30	1.060	

Từ Bảng 1 có thể thấy rằng, số hiệu chỉnh do ảnh hưởng của độ lệch tâm phát tín hiệu ăng ten vệ tinh của các vệ tinh là không giống nhau nên cần phải tính số hiệu chỉnh này cho trị đo.

3.2. Kết quả tính toán thực nghiệm

Từ số liệu thực nghiệm như miêu tả ở trên, tiến hành tính toán thực nghiệm theo hai phương án:

❖ Phương án 1: Giải bài toán định vị tuyệt đối không tính đến số hiệu chỉnh độ lệch tâm pha ăng ten vệ tinh đối với các trị đo;

❖ Phương án 2: Giải bài toán định vị tuyệt đối có tính đến số hiệu chỉnh độ lệch tâm pha ăng ten vệ tinh đối với các trị đo;

Kết quả tính toán của hai phương án được so sánh với tọa độ chính xác đã có. Kết quả tính toán của các phương án cho trong các Bảng 2+6 sau.

Bảng 2. Tọa độ chính xác của điểm được tính bằng phần mềm Bernese 5.0

Tên điểm	B (^{0''''})	L (^{0''''})	H (m)
Hà Nội	21 5 48,974975	105 42 9,618317	-10,1855

Bảng 3. Tọa độ của điểm đo tính theo phương án 1

T	Thời điểm	Các thành phần tọa độ		
		B (^{0''''})	L (^{0''''})	H (m)
1	0h0m00s	21 5 48.92951	105 42 9.52601	-8.707
2	0h0m30s	21 5 48.95533	105 42 9.6091	-4.67
...
	Trung bình	21 5 48.95332	105 42 9.59991	-10.442

Bảng 4. Độ lệch các thành phần tọa độ tính theo phương án 1

T	Thời điểm	Độ lệch các thành phần tọa độ		
		dB (")	dL (")	dH (m)
1	0h0m00s	-0.045465	-0.092307	1.4785
2	0h0m30s	-0.019645	-0.009217	5.5155
...
	Trung bình	-0.021655	-0.018407	-0.2565

Bảng 5. Tọa độ của điểm đo tính theo phương án 2

T	Thời điểm	Các thành phần tọa độ		
		B (^{0''''})	L (^{0''''})	H (m)
1	0h0m00s	21 5 48.92108	105 42 9.51888	-7.269
2	0h0m30s	21 5 48.94688	105 42 9.60196	-3.225
...
	Trung bình	21 5 48.9511	105 42 9.59548	-10.385

Nhìn vào kết quả tính toán trong Bảng 4 và Bảng 6 có thể nhận thấy rằng, độ lệch về các thành phần độ vĩ và độ kinh giữa hai phương án chênh nhau không đáng kể tuy nhiên giá trị độ cao trắc địa được cải thiện một cách rõ nét (tốt nên 5 cm) khi hiệu chỉnh giá trị độ lệch tâm phát sóng của các vệ tinh.

Bảng 6. Độ lệch các thành phần tọa độ tính theo phương án 2

T	Thời điểm	Độ lệch các thành phần tọa độ		
		dB (m)	dL (m)	dH (m)
1	0h0m00s	-0.053895	-0.099437	2.9165
2	0h0m30s	-0.028095	-0.016357	6.9605
...
	Trung bình	-0.023875	-0.022837	-0.1995

4. Kết luận và kiến nghị

❖ Từ các công thức tính toán từ (1) đến (9) có thể thấy rằng, muốn hiệu chỉnh được giá trị độ lệch tâm phát sóng của các vệ tinh nhất thiết phải tính được tọa độ của Mặt Trời theo thời gian;

❖ Số hiệu chỉnh độ lệch tâm phát sóng của các vệ tinh khác nhau. Có một số vệ tinh tâm phát sóng và tâm hình học được thiết kế trùng với nhau nên số hiệu chỉnh độ lệch tâm phát tín hiệu của vệ tinh đó bằng 0;

❖ Khi hiệu chỉnh độ lệch tâm phát tín hiệu của vệ tinh. Các thành phần độ vĩ và độ kinh của điểm định vị không thay đổi nhiều nhưng độ cao trắc địa được cải thiện tốt hơn một cách rõ nét;

❖ Cần tiếp tục nghiên cứu nâng cao độ chính xác của giải các bài toán định vị bằng cách tính ảnh hưởng của các nguồn sai số còn lại đối với trị đo. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đặng Nam Chính, Đỗ Ngọc Đường. Định vị vệ tinh. Nhà xuất bản KH&KT. Hà Nội. 2012.
2. Đặng Nam Chính, Nguyễn Gia Trọng. Ảnh hưởng khúc xạ tầng đối lưu đến kết quả định vị tuyệt đối bằng khoảng cách giả. Tạp chí kỹ thuật Mỏ-Địa chất số 30. Hà Nội.
3. ESA-23/1. GNSS Data Processing, Vol I: Fundamentals and Algorithms. 2013.
4. B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger, J. Collin. Global Positioning System. Springer - Verlag Wien, New York 1993.
5. Guochang Xu. GPS theory, Algorithms and application. Springer. 2003.

Người biên tập: Võ Chí Mỹ

SUMMARY

GNSS measurement from satellite transmission to receiver is influence by many difference sources of error which affected by eccentricity of satellite antenna phase centre. The measurement that we get from satellite antenna phase centre to receiver antenna phase centre. Meanwhile, the coordinate of satellite is computed for the barycentre of satellite. There are some certain deviations between antenna phase centre and geometry barycentre of some satellites. To improve the accuracy of satellite positioning problem, we have to determine the influences of this error. This paper introduces a result from absolute positioning approach considering the correction of satellite antenna phase centre variation.