

MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP NỘI SUY TRỊ ĐO GNSS VÀ ỨNG DỤNG

NGUYỄN GIA TRỌNG⁽¹⁾, NGUYỄN VĂN CƯỜNG⁽²⁾

⁽¹⁾Trường Đại học Mở - Địa chất

⁽²⁾Trung tâm Trắc địa Bản đồ Biển

Tóm tắt:

Tần suất thu tín hiệu của các trạm thu tín hiệu thường xuyên (CORS) thông thường được cài đặt là 30 giây, để có thể sử dụng số liệu đo của các trạm này để xác định tọa độ của các điểm theo hình thức mạng tham chiếu RTK với tần suất thu tín hiệu tại các trạm động thường là nhỏ hơn cần phải thực hiện bài toán nội suy trị đo. Bài báo giới thiệu kết quả nội suy trị đo sử dụng một số hàm khác nhau để nội suy (tăng dày) trị đo GNSS phục vụ việc xử lý số liệu đo GNSS theo mạng tham chiếu RTK.

1. Một số thuật toán nội suy

Bản chất của định vị vệ tinh là giải bài toán giao hội cạnh không gian trong đó tọa độ của các vệ tinh trên quỹ đạo theo thời gian đóng vai trò là số liệu gốc. Để tính tọa độ vệ tinh, có thể sử dụng lịch quảng bá đối với những yêu cầu có độ chính xác thông thường và lịch chính xác với những yêu cầu độ chính xác cao hoặc xử lý cạnh dài. Các tham số quỹ đạo vệ tinh trong tệp lịch quảng bá được cho với giãn cách 2 giờ 1 lần, tọa độ vệ tinh cho trong tệp lịch chính xác được cho với giãn cách 15 phút 1 lần trong khi đó tần suất thu tín hiệu của máy thu nhỏ hơn nhiều lần (có thể là 1 giây, 2 giây, 5 giây, 15 giây...). Như vậy, để có được tọa độ vệ tinh vào thời điểm có trị đo, bắt buộc phải nội suy theo phương pháp nào đó.

Để nội suy tọa độ vệ tinh, có thể sử dụng hàm Lagrange. Bản chất của hàm nội suy này có thể được tóm tắt như sau:

Nếu có dãy tọa độ vệ tinh vào các thời điểm t_i ($i = 0, 1, \dots, n$), chúng ta đã nhận được các giá trị tương ứng của hàm là $f(t_i)$, khi đó ta tính được:

$$P_j(t) = \frac{(t-t_0)(t-t_1)\dots(t-t_{j-1})(t-t_{j+1})\dots(t-t_n)}{(t_j-t_0)(t_j-t_1)\dots(t_j-t_{j-1})(t_j-t_{j+1})\dots(t_j-t_n)} \quad (1)$$

Hàm nội suy giá trị tương ứng với thời điểm t sẽ là:

$$f(t) = \sum_{j=0}^n f(t_j)P_j(t) \quad (2)$$

Công thức (1) và (2) chính là công thức nội suy theo hàm Lagrange. Trong đó, công thức (1) chính là công thức tính trọng số cho thời điểm dùng để nội suy t_j .

Khi mạng lưới các trạm thu tín hiệu thường xuyên (CORS) ra đời với mật độ đủ dày, có

thể sử dụng số liệu đo của các trạm này để xác định tọa độ điểm với độ chính xác cỡ cm theo một vài phương pháp khác nhau trong đó có cách thức định vị theo mạng tham chiếu RTK. Thông thường, tần suất thu tín hiệu của các trạm CORS là 30 giây trong khi tần suất thu tín hiệu tại các trạm động là nhỏ hơn (thông thường là 1 giây). Để có thể xử lý số liệu chung giữa các trạm tham chiếu CORS và các trạm động, cần phải thực hiện bài toán nội suy trị đo mà phương pháp nội suy Lagrange là một trong những đề xuất của các tác giả dùng để nội suy trị đo.

Trong trường hợp trị đo không chịu ảnh hưởng của nhiễu SA hoặc không có hiện tượng trượt chu kỳ, có thể đề xuất phương pháp nội suy đa thức để nội suy cho trị đo. Thuật toán của phương pháp nội suy này được biểu diễn như sau: phương trình của trị đo pha theo hàm đa thức có thể được viết ở dạng:

$$\Phi = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \dots + a_k t^k \quad (3)$$

Như vậy, để nội suy được trị đo, cần phải tìm được k hệ số a_i ($i=1 \div k$) tương ứng. Muốn vậy ta phải có tập hợp n trị đo ($n \geq k$). Khi có n trị đo, có thể viết hệ phương trình số hiệu chỉnh ở dạng như sau:

$$\begin{bmatrix} \Phi_1 \\ \Phi_2 \\ \dots \\ \Phi_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & t_1 & t_1^2 & \dots & t_1^k \\ 1 & t_2 & t_2^2 & \dots & t_2^k \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & t_n & t_n^2 & \dots & t_n^k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_k \end{bmatrix} \quad (4)$$

Sau khi giải hệ phương trình (4) theo nguyên lý số bình phương quen thuộc, có được các hệ số a_1, a_2, \dots, a_k . Thay ngược lại các hệ số đó vào phương trình (3) sẽ thu được các trị đo mới sau nội suy là Φ'_i :

$$\Phi'_i = a_0 + a_1 t_i + a_2 t_i^2 + \dots + a_k t_i^k \quad (5)$$

So sánh trị đo ban đầu với trị đo sau nội suy, thu được giá trị độ lệch của các trị đo:

$$\delta\Phi_{\text{obs}} = \Phi_{\text{obs}} - (a_0 + a_1 t_{\text{obs}} + a_2 t_{\text{obs}}^2 + \dots + a_k t_{\text{obs}}^k) \quad (6)$$

Từ giá trị độ lệch trên, tiến hành nội suy độ lệch trị đo cho trị đo được nội suy theo công thức sau:

$$\delta\Phi'_i = (t_i - t_{\text{obs}(i-1)}) (\delta\Phi_{\text{obs}(i+1)} - \delta\Phi_{\text{obs}(i-1)}) / (t_{\text{obs}(i+1)} - t_{\text{obs}(i-1)}) \quad (7)$$

Cuối cùng thu được trị đo cần nội suy theo công thức:

$$\Phi_i = \Phi'_i + \delta\Phi'_i = (a_0 + a_1 t_i + a_2 t_i^2 + \dots + a_k t_i^k) + \delta\Phi'_i \quad (8)$$

2. Tính toán thực nghiệm

2.1. Giới thiệu về số liệu thực nghiệm

Số liệu dùng để tính toán trong bài báo được đo bằng máy Hiper_Gb vào ngày 17 tháng 9 năm 2010 tại khai trường mở Cọc Sáu thuộc thành phố Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh có đoạn đầu ở định dạng RINEX như sau:

2.10	OBSERVATION DATA	G (GPS)	RINEX VERSION / TYPE
Topcon Link 7.1	17-SEP-10 21:48	PGM / RUN BY / DATE	

```

build July 25, 2002 (c) Topcon Positioning Systems      COMMENT
IIA                                                    MARKER NAME
                                                    MARKER NUMBER
IIA      -Unknown-                                    OBSERVER / AGENCY
8RXB8VUS4JK  -Unknown-  -Unknown-  REC # / TYPE / VERS
TPSHIPER_GB  -Unknown-                                    ANT # / TYPE
-1773915.9813 5685403.4405 2275170.0664  APPROX POSITION XYZ
      1.5358      0.0000      0.0000      ANTENNA: DELTA H/E/N
      1      1      WAVELENGTH FACT L1/2
2010  9  17  0  53  0.0000000  GPS  TIME OF FIRST OBS
2010  9  17  5  24  55.0000000  GPS  TIME OF LAST OBS
      5.000      INTERVAL
      15      LEAP SECONDS
      17      # OF SATELLITES
      7  C1  P1  P2  L1  L2  D1  D2      # / TYPES OF OBSERV
G 1  1666  1637  1637  1666  1637  1666  1637      PRN / # OF OBS
G 3  3264  3264  3264  3264  3264  3264  3264      PRN / # OF OBS
G 6  2793  2784  2784  2793  2784  2793  2784      PRN / # OF OBS
G 7  1770  1766  1766  1770  1766  1770  1766      PRN / # OF OBS
G 8  728  706  706  728  706  728  706      PRN / # OF OBS
G11  1748  1748  1748  1748  1748  1748  1748      PRN / # OF OBS
G13  2826  2812  2812  2826  2812  2826  2812      PRN / # OF OBS
G14  665  665  665  665  665  665  665      PRN / # OF OBS
G16  2790  2746  2746  2790  2746  2790  2746      PRN / # OF OBS
G17  414  414  414  414  414  414  414      PRN / # OF OBS
G19  3264  3264  3264  3264  3264  3264  3264      PRN / # OF OBS
G20  1953  1953  1953  1953  1953  1953  1953      PRN / # OF OBS
G23  3264  3264  3264  3264  3264  3264  3264      PRN / # OF OBS
G24  2642  2642  2642  2642  2642  2642  2642      PRN / # OF OBS
G28  337  245  245  337  245  337  245      PRN / # OF OBS
G31  1999  1998  1998  1999  1998  1999  1998      PRN / # OF OBS
G32  1712  1712  1712  1712  1712  1712  1712      PRN / # OF OBS
    
```

SE TPS 00000000

COMMENT

END OF HEADER

10 9 17 0 53 0.0000000 0 10G 1G 3G 6G14G16G19G20G23G31G32

20763109.573 20763109.0214 20763110.8874 109110871.813 8 85021466.51946

-37.558 -29.256

21988894.931 21988894.6064 21988899.2264 115552424.965 7 90040857.45945

5091.053 3967.057

21231062.748 21231062.0714 21231067.5554 111569995.481 7 86937663.85445

4134.609 3221.759

22885632.785 22885632.0714 22885637.3724 120264812.138 6 93712842.65344

-985.213 -767.687

20287298.851 20287298.3504 20287301.3854 106610471.611 8 83073104.02246

896.786 698.801

24778573.491 24778571.2374 24778578.6074 130212278.426 6
101464121.69443

5251.495 4092.047

22536256.946 22536256.2914 22536261.0364 118428828.770 7 92282215.33144

1196.307 932.194

23232902.500 23232901.6584 23232907.0744 122089722.496 7 95134864.35345

5152.870 4015.237

22424675.796 22424675.7774 22424678.6794 117842472.793 7 91825309.71545

1031.266 803.593

21990158.620 21990157.2014 21990163.1634 115559060.581 7 90046030.63545

695.017 541.561

.....

Sử dụng các trị đo C1 và L1 của vệ tinh số 1 trong tệp số liệu nói trên, tiến hành nội suy trị đo. Để có thể kiểm chứng kết quả nội suy, tiến hành nội suy vào thời điểm có trị đo trong tệp trị đo nói trên. Trị đo dùng để kiểm chứng sẽ không đưa vào để tính các tham số. Số liệu dùng để nội suy cho trong bảng 1: (*Xem bảng 1*)

Các thời điểm có trị đo dùng để kiểm tra là: 0h53m25s, 0h53m30s và 0h53m35s với số liệu như sau: (*Xem bảng 2*)

2.2. Kết quả nội suy trị đo sử dụng hàm lagrange

Sử dụng hàm Lagrange bậc 7 để nội suy, kết quả trị đo nội suy cho trong bảng sau: (*Xem bảng 3*)

Bảng 1: Tập hợp số liệu dùng để nội suy

STT	Thời điểm (h m s)	Thời điểm (s)	C1 (m)	L1 (chu kỳ)
1	0 53 00	0	20763109,573	109110871,813
2	0 53 05	5	20763143,556	109111050,172
3	0 53 10	10	20763173,798	109111208,108
4	0 53 15	15	20763200,098	109111346,540
5	0 53 20	20	20763222,730	109111465,333
6	0 53 25	25	20763241,351	109111564,333
7	0 53 30	30	20763256,679	109111642,879
8	0 53 35	35	20763268,126	109111703,095
9	0 53 40	40	20763275,665	109111743,141
10	0 53 45	45	20763279,225	109111762,845
11	0 53 50	50	20763279,132	109111764,380
12	0 53 55	55	20763276,317	109111747,541
13	0 54 00	60	20763269,480	109111712,366

Bảng 2: Số liệu của các thời điểm dùng để kiểm tra

STT	Thời điểm (h m s)	Thời điểm (s)	C1 (m)	L1 (chu kỳ)
1	0 53 25	25	20763241,351	109111564,333
2	0 53 30	30	20763256,679	109111642,879
3	0 53 35	35	20763268,126	109111703,095

Bảng 3: Trị đo nội suy sử dụng hàm Lagrange bậc 7

STT	Thời điểm (h m s)	Thời điểm (s)	C1 (m)	L1 (chu kỳ)
1	0 53 25	25	20763241.565	109111563.815
2	0 53 30	30	20763256.533	109111643.447
3	0 53 35	35	20763268.195	109111702.854

Từ các trị đo nội suy được trong bảng 3, tính giá trị độ lệch của trị đo nội suy được khi nội suy sử dụng hàm Lagrange bậc 7, kết quả cho trong bảng 4.

Bảng 4: Độ lệch của các trị đo sử dụng hàm Lagrange bậc 7

STT	Thời điểm (h m s)	Thời điểm (s)	$\delta C1$ (m)	$\delta L1$ (chu kỳ)
1	0 53 25	25	0,214	-0,518
2	0 53 30	30	-0,146	0,568
3	0 53 35	35	0,069	-0,241

Với các giá trị độ lệch cho trong bảng 4 ta thấy: khi sử dụng hàm Lagangre nội suy cho trị đo C1 với 3 thời điểm để kiểm tra thì giá trị độ lệch của trị đo chỉ là 0,214m; giá trị độ lệch cho trị đo L1 chỉ là 0,568 chu kỳ.

2.3. Kết quả nội suy trị đo sử dụng hàm đa thức

Trong phần thực nghiệm này chỉ sử dụng 8 thời điểm có trị đo để nội suy cho 3 thời điểm kiểm tra như đã dùng ở trường hợp trên. Sử dụng hàm đa thức nội suy trị đo với số bậc là 5, kết quả nội suy cho trong các bảng sau:

Bảng 5: Giá trị độ lệch của các trị đo được sử dụng để nội suy

STT	Thời điểm (h m s)	Thời điểm (s)	$\delta C1$ (m)	$\delta L1$ (chu kỳ)
1	0 53 05	5	0,000	-0,010
2	0 53 10	10	-0,005	-0,008
3	0 53 15	15	-0,004	0,019
4	0 53 20	20	0,002	-0,052
5	0 53 40	40	-0,023	0,138
6	0 53 45	45	0,036	-0,212
7	0 53 50	50	-0,026	0,167
8	0 53 55	55	0,004	-0,001

Bảng 6: Giá trị nội suy của các trị đo vào thời điểm dùng để kiểm tra

STT	Thời điểm (h m s)	Thời điểm (s)	$\delta C'_1$ (m)	C1 (m)	$\delta L'_1$ (chu kỳ)	L1 (chu kỳ)
1	0 53 25	25	-0,006	20763241,707	0,048	109111564,628
2	0 53 30	30	-0,013	20763256,941	0,095	109111644,046
3	0 53 35	35	-0,019	20763268,286	0,143	109111703,547

Bảng 7: Giá trị độ lệch giữa trị đo nguyên thủy với trị đo nội suy được tại các thời điểm kiểm tra

STT	Thời điểm (h m s)	Thời điểm (s)	$\delta C1$ (m)	$\delta L1$ (chu kỳ)
1	0 53 25	25	-0,356	-0,295
2	0 53 30	30	-0,262	-1,167
3	0 53 35	35	-0,160	-0,452

Nhìn vào bảng trên ta thấy, khi sử dụng 8 tập hợp trị đo để nội suy trị đo theo hàm đa thức, giá trị độ lệch của trị đo C1 là 0,356m; giá trị độ lệch của trị đo L1 nội suy được là 1,167 chu kỳ. Từ kết quả tính toán sử dụng hai phương pháp là hàm Lagrange bậc 7 và hàm đa thức thì giá trị của trị đo C1 nội suy được là tương đương nhau. Khi sử dụng hàm nội suy đa thức nội suy trị đo L1 thì độ lệch của trị đo nội suy được lớn hơn khi sử dụng hàm Lagrange.

3. Kết luận

Qua kết quả tính toán thực nghiệm, có một số nhận xét như sau:

+ Cần tiến hành nội suy theo cả hai phương pháp là sử dụng hàm Lagrange và hàm đa thức với nhiều tập hợp trị đo hơn nữa và bằng số liệu đo của nhiều loại máy thu khác nhau.

+ Kết quả nội suy với dãy số liệu thử nghiệm cho kết quả nội suy trị đo khá tốt thể hiện ở giá trị độ lệch của các trị đo nội suy được ở các thời điểm khác nhau.

+ Cần tiến hành nội suy để tạo ra các tệp trị đo hoàn chỉnh, sử dụng các tệp trị đo đó xử lý bằng phần mềm xử lý số liệu GNSS sau đó so sánh kết quả xử lý với tệp số liệu nguyên bản để rút ra nhận xét về hiệu quả của việc nội suy và khả năng ứng dụng trong thực tế.○

Tài liệu tham khảo

[1]. Đặng Nam Chinh, Đỗ Ngọc Đường (2013), *Định vị vệ tinh* (dành cho bậc Đại học), Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.

[2]. Nguyễn Gia Trọng, Nguyễn Thị Mai Anh (2008), *Nội suy tọa độ vệ tinh từ lịch vệ tinh chính xác sử dụng hàm Lagrange với số bậc khác nhau*, Báo cáo Hội nghị khoa học lần thứ 18, Đại học Mở - Địa chất.

[3]. Guochang Xu, 2003. GPS theory, Algorithms and application. Springer.

[4]. B. Hofmann - Wellenhof, H.Lichtenegger, J.Collin, 1993. Global Positioning System. Springer - Verlag Wien, Newyork.○

Summary

Some of interpolation GNSS observations methods and application

Nguyen Gia Trong

University of Mining and Geology

Nguyen Van Cuong

Center For Sea Survey and Mapping

The frequency of the base station receiver signal frequently (CORS) is normally set at 30 seconds, can be used to measure the data of these stations to determine the coordinates of the points in the form of network RTK reference, the frequency of the signal obtained at the mobile station is usually small, need to perform interpolation measurement problem. This paper presents measurement results interpolated using a number of different functions to interpolate (increased thickness) GNSS measurements, for processing the data measured GNSS with RTK reference networks.○

Ngày nhận bài: 20/7/2013.

NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH SỐ BẬC...

(Tiếp theo trang 9)

[2]. Rapp, R. H., and Pavlis N. K., (1990), The development and analysis of geopotential coefficient models to spherical harmonic degree 360, *Journal of Geophysical Research* 95(B13): 21885–21911.○

Summary

Determination of maximum degree of spherical harmonic coefficients for height anomaly calculation in Vietnam

MSc. Nguyen Tuan Anh

Vietnam Institute of Geodesy and Cartography

This scientific article analyses the development of spherical harmonic coefficient models from different data sources and calculates the height anomaly in Vietnam by changing the maximum degree of spherical harmonic coefficients. The result shows that by not using detail gravity data, spherical harmonic coefficient models are only effective for spherical harmonic expansion to degree 180.○

Ngày nhận bài: 30/8/2013.