

SO SÁNH KẾT QUẢ NỘI SUY TỌA ĐỘ VỆ TINH TỪ MỘT SỐ TẬP LỊCH CHÍNH XÁC VÀ ẢNH HƯỞNG CỦA NÓ ĐẾN KẾT QUẢ GIẢI BÀI TOÁN ĐỊNH VỊ TUYỆT ĐỐI

DƯƠNG VĂN PHONG, NGUYỄN GIA TRỌNG, PHẠM NGỌC QUANG

Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Tóm tắt: Bản chất của định vị vệ tinh đó là giải các bài toán giao hội cạnh không gian mà tọa độ vệ tinh trên quỹ đạo vào thời điểm có trị đo đóng vai trò là số liệu gốc. Để tính tọa độ vệ tinh, có thể tính theo lịch vệ tinh quảng bá hoặc lịch vệ tinh chính xác. Tùy theo thời gian lấy lịch vệ tinh chính xác mà ta có thể có 3 loại lịch vệ tinh chính xác khác nhau như Ultra-rapid (igu), Rapid (igr) và Final (igs). Bài báo trình bày kết quả so sánh tọa độ và sai số đồng hồ vệ tinh trong 3 tập lịch vệ tinh chính xác nêu trên. Tiến hành nội suy tọa độ vệ tinh sử dụng hàm Lagrange cho các thời điểm có trị đo, tiến hành so sánh độ lệch tọa độ và sai số đồng hồ vệ tinh nội suy được; đồng thời so sánh kết quả tọa độ điểm định vị sau khi định vị tuyệt đối sử dụng 3 tập lịch vệ tinh chính xác nêu trên.

1. Các loại lịch vệ tinh chính xác và ứng dụng trong xử lý số liệu GNSS

Bản chất của việc sử dụng tín hiệu GNSS vào định vị đó là giải bài toán giao hội cạnh không gian mà tọa độ của các vệ tinh trên quỹ đạo đóng vai trò là số liệu gốc. Để tính toán được tọa độ vệ tinh vào các thời điểm có trị đo, tùy thuộc vào yêu cầu độ chính xác xác định tọa độ điểm mà có thể sử dụng loại lịch vệ tinh khác nhau.

Lịch vệ tinh, theo độ chính xác được chia thành 3 loại lịch đó là lịch vệ tinh dự báo, lịch vệ tinh quảng bá và lịch vệ tinh chính xác. Chi tiết về 3 loại lịch này tham khảo [1]. Trong đó, riêng lịch vệ tinh chính xác nếu phân chia theo phiên bản có phiên bản SP3a và SP3c; nếu phân chia theo thời gian tính toán được lịch thì có các phiên bản Ultra-rapid (với cách đặt tên tệp tin là igu), Rapid (với cách đặt tên tệp tin là igr) và Final (với cách đặt tên tệp tin là igs).

Độ chính xác xác định tọa độ vệ tinh từ các tập lịch cho trong bảng 1 [6].

Khi xử lý cạnh ngắn, với độ chính xác thông thường bằng các phần mềm thương mại thì tọa độ vệ tinh dùng để giải bài toán định vị được tính từ tệp lịch vệ tinh quảng bá. Khi sử dụng lịch vệ tinh chính xác trong trường hợp này cũng có thể nâng cao độ chính xác của kết quả xử lý.

Bảng 1. Thời gian có được lịch vệ tinh và độ chính xác xác định tọa độ vệ tinh theo từng loại lịch vệ tinh

Loại lịch vệ tinh	Thời gian có lịch so với thời gian có trị đo	Độ chính xác xác định tọa độ vệ tinh
Dự báo	Tức thời hoặc sớm hơn	vài km
Quảng bá	Tức thời	3 m
Ultra-rapid	Gần như tức thời	20 cm
Rapid	Sau 17 giờ	10 cm
Final	Sau 10 ngày	5 cm

Khi xử lý lưới cạnh dài hoặc sử dụng các phần mềm xử lý số liệu GNSS chuyên dụng (Bernese, Gamit/Glock...), sai số đồng hồ và tọa độ của vệ tinh dùng để giải bài toán định vị cần phải xác định từ lịch chính xác.

Đối với định vị tuyệt đối thông thường, tọa độ vệ tinh dùng để giải bài toán được tính toán từ tệp lịch quảng bá. Trong định vị tuyệt đối chính xác (PPP), tọa độ và sai số đồng hồ vệ tinh dùng để giải bài toán được tính toán từ tệp lịch chính xác.

Như đã biết, thông tin về quỹ đạo của các vệ tinh cho trong tệp lịch quảng bá thông thường là 2 giờ một lần và trong tệp lịch chính xác được cho với giãn cách 15 phút một lần. Trong khi đó, tần suất ghi tín hiệu trị đo thường nhỏ hơn rất nhiều (ví dụ như 1 giây, 5 giây ...) từ đó xuất hiện bài toán nội suy tọa độ vệ tinh. Công thức nội suy tọa độ vệ tinh từ tệp lịch quảng bá và tệp lịch chính xác đã được trình bày trong nhiều tài liệu khác nhau, chi tiết tham khảo [1, 2 và 5].

2. Kết quả nội suy tọa độ vệ tinh từ các tệp lịch vệ tinh chính xác

Để có kết quả so sánh, trong phần này sử dụng 3 tệp lịch chính xác ngày 28 tháng 5 năm 2013 bao gồm các tệp igs17406.sp3, igr17406.sp3 và igu17406.sp3. Kết quả tính toán được cho trong các phần sau.

2.1 So sánh tọa độ và sai số đồng hồ vệ tinh từ các tệp lịch chính xác

Trong phần này, tiến hành so sánh độ lệch các thành phần tọa độ và sai số đồng hồ vệ tinh ở tất cả các thời điểm cho trong 3 tệp lịch chính xác IGS17406, IGR17406 và IGU17406 tác giả thu được một số kết quả như sau:

2.1.1 Kết quả so sánh tọa độ giữa các tệp lịch trong cả ngày

Bảng 2. Thống kê kết quả so sánh tọa độ vệ tinh trên quỹ đạo

Thống kê độ lệch tọa độ vệ tinh trên quỹ đạo (Δp)		Tệp IGS và IGU	Tệp IGS và IGR	Tệp IGR và IGU
$10\text{cm} < \Delta p$		3%	72%	3%
$1\text{cm} < \Delta p < 10\text{cm}$		88%	26%	88%
$\Delta p < 1\text{cm}$		9%	1%	9%
Giá trị độ lệch tọa độ	Δp lớn nhất	1,148(m)	0,181(m)	1,154 (m)
	Δp nhỏ nhất	0,002(m)	0(m)	0,001 (m)

Bảng 3. Thống kê kết quả so sánh độ lệch sai số đồng hồ vệ tinh

Thống kê độ lệch sai số đồng hồ vệ tinh ($\Delta \delta t$)		Tệp IGS và IGU	Tệp IGS và IGR	Tệp IGR và IGU
$10^{-8} < \Delta \delta t$		3%	0%	3%
$10^{-10} < \Delta \delta t < 10^{-8}$		92%	97%	89%
$\Delta \delta t < 10^{-10}$		5%	3%	8%
Giá trị độ lệch sai số đồng hồ vệ tinh	$\Delta \delta t$ lớn nhất	9,757999E-09s	1,336000E-09s	8,83599996E-09s
	$\Delta \delta t$ nhỏ nhất	0 s	0 s	0 s

Nhìn vào kết quả so sánh như trên ta thấy các thành phần tọa độ và sai số đồng hồ vệ tinh cho trong hai tệp igs17406.sp3 và igr17406.sp3 là tương đối giống nhau. Các thành phần tọa độ và sai số đồng hồ vệ tinh cho trong tệp igu17406.sp3 lệch khá lớn so với hai tệp còn lại.

2.1.2 Kết quả so sánh tọa độ và sai số đồng hồ vệ tinh giữa các tệp lịch trong thời gian có trị đo dùng để giải bài toán định vị tuyệt đối

Ở phần sau, dùng tệp trị đo được đo từ 1h11m00s đến 2h9m00s để giải bài toán định vị tuyệt đối nên ở đây sẽ so sánh giá trị độ lệch tọa độ và sai số đồng hồ vệ tinh trong khoảng thời gian trên. Kết quả cho ở các bảng sau:

Bảng 4. Thống kê kết quả so sánh tọa độ vệ tinh trên quỹ đạo trong thời gian có trị đo sử dụng để giải bài toán định vị tuyệt đối

Thống kê độ lệch tọa độ vệ tinh trên quỹ đạo (Δp)		Tệp IGS và IGU	Tệp IGS và IGR	Tệp IGR và IGU
$10\text{cm} < \Delta p$		2%	70%	2%
$1\text{cm} < \Delta p < 10\text{cm}$		98%	27%	98%
$\Delta p < 1\text{cm}$		0%	3%	0%
Giá trị độ lệch tọa độ	Δp lớn nhất	0,070(m)	0,152(m)	0,069 (m)
	Δp nhỏ nhất	0,006(m)	0,002(m)	0,008 (m)

Bảng 5. Thống kê kết quả so sánh độ lệch sai số đồng hồ vệ tinh trong thời gian có trị đo sử dụng để giải bài toán định vị tuyệt đối

Thống kê độ lệch sai số đồng hồ vệ tinh ($\Delta \delta t$)		Tệp IGS và IGU	Tệp IGS và IGR	Tệp IGR và IGU
$10^{-8} < \Delta \delta t$		3%	0%	3%
$10^{-10} < \Delta \delta t < 10^{-8}$		96%	97%	85%
$\Delta \delta t < 10^{-10}$		1%	3%	12%
Giá trị độ lệch sai số đồng hồ vệ tinh	$\Delta \delta t$ lớn nhất	5,3710000E-09	1,3290000E-09s	4,19800001E-09
	$\Delta \delta t$ nhỏ nhất	0 s	0 s	0 s

Nhìn vào kết quả tính ở bảng 3 và bảng 4 có thể thấy, giá trị độ lệch tọa độ của vệ tinh trên quỹ đạo giữa các tệp lịch lớn nhất chỉ 0,152 m.

2.2 So sánh kết quả nội suy tọa độ và sai số đồng hồ vệ tinh từ các tệp lịch chính xác vào thời điểm có trị đo

Các thành phần tọa độ và sai số đồng hồ vệ tinh cho trong các tệp lịch chính xác với giãn cách 15 phút trong khi tần suất thu tín hiệu

trong tệp thông tin trị đo nhỏ hơn nhiều (trong tệp số liệu dùng để tính thực nghiệm trong bài báo là 5 giây) nên cần tiến hành nội suy tọa độ vệ tinh cho các thời điểm có trị đo. Việc nội suy ở đây sử dụng hàm Lagrange với số bậc 9, công thức nội suy tham khảo [5]. Sau khi nội suy, tiến hành so sánh kết quả nội suy tọa độ và sai số đồng hồ vệ tinh từ các tệp lịch chính xác. Kết quả so sánh được thống kê trong các bảng sau:

Bảng 5. Thống kê kết quả nội suy tọa độ vệ tinh

Thống kê độ lệch tọa độ điểm (Δp_{ns})		Tệp IGS và IGU	Tệp IGS và IGR	Tệp IGR và IGU
$10\text{cm} < \Delta p_{ns}$		0%	0%	0%
$5\text{cm} < \Delta p_{ns} < 10\text{cm}$		0%	0%	0%
$\Delta p_{ns} < 5\text{cm}$		100%	100%	100%
Giá trị độ lệch tọa độ	Δp_{ns} lớn nhất	0,0233(m)	0,0310(m)	0,0134
	Δp_{ns} nhỏ nhất	0,0171(m)	0,0168(m)	0,0020

Bảng 6. Thống kê kết quả nội suy sai số đồng hồ vệ tinh

Thống kê độ lệch sai số đồng hồ vệ tinh ($\Delta\delta t_{ns}$)	Tệp IGS và IGU	Tệp IGS và IGR	Tệp IGR và IGU	
$10^{-9} < \Delta\delta t_{ns}$	91,0%	89,0%	26,0%	
$\Delta\delta t_{ns} < 10^{-9}$	9,0%	11,0%	74,0%	
Giá trị độ lệch tọa độ sai số đồng hồ vệ tinh	$\Delta\delta t_{ns}$ lớn nhất	3,999998E-09 s	2,000005E-09 s	2,99999959E-09
	$\Delta\delta t_{ns}$ nhỏ nhất	0 s	9,999993E-10 s	-1,0000477E-09

3. Ảnh hưởng của việc nội suy tọa độ vệ tinh từ các tệp lịch chính xác đến kết quả giải bài toán định vị tuyệt đối

Nhìn vào kết quả so sánh tọa độ và sai số đồng hồ vệ tinh ở phần trên có thể thấy rằng giá trị độ lệch tọa độ và sai số đồng hồ vệ tinh nội suy được khi sử dụng các tệp lịch chính xác khác nhau là khá nhỏ. Để có thể đánh giá độ chính xác khi sử dụng các tệp lịch chính xác khác nhau nội suy tọa độ và sai số đồng hồ vệ tinh dùng trong giải bài toán định vị tuyệt đối, tiến hành tính toán thực nghiệm với một tệp số liệu đo trong cùng ngày được đo bằng máy thu 2 tần số. Số liệu tệp thông tin đo có dạng như sau:

```

2.10      OBSERVATION DATA  G (GPS)          RINEX VERSION / TYPE
Topcon Link 7.2.3          19-MAY-13 21:05    PGM / RUN BY / DATE
build July 25, 2002 (c) Topcon Positioning Systems    COMMENT
SDLK13                MARKER NAME
                        MARKER NUMBER
-Unknown-      -Unknown-      OBSERVER / AGENCY
AFW5WA8R4LC    -Unknown-      -Unknown-      REC # / TYPE / VERS
-Unknown-      TSPSPG_A1      ANT # / TYPE
-1626239.1136  5739173.1067  2250223.9861    APPROX POSITION XYZ
  1.1110      0.0000      0.0000      ANTENNA: DELTA H/E/N
  1  1                WAVELENGTH FACT L1/2
2013  5  18  1  11  0.0000000  GPS    TIME OF FIRST OBS
2013  5  18  2  9  0.0000000  GPS    TIME OF LAST OBS
  5.000                INTERVAL
  16                LEAP SECONDS
  8                # OF SATELLITES
  7  C1  P1  P2  L1  L2  D1  D2      # / TYPES OF OBSERV
G12  697  697  697  697  697  697  697      PRN / # OF OBS
G14  697  697  697  697  697  697  697      PRN / # OF OBS
G18  697  697  697  697  697  697  697      PRN / # OF OBS
G21  697  697  697  697  697  697  697      PRN / # OF OBS
G22  697  697  697  697  697  697  697      PRN / # OF OBS
G24  361  361  361  361  361  361  361      PRN / # OF OBS
G25  697  697  697  697  697  697  697      PRN / # OF OBS
G31  697  697  697  697  697  697  697      PRN / # OF OBS
SE TPS 29f022b9                COMMENT
                        END OF HEADER
13  5  18  1  11  0.0000000  0  8G12G14G18G21G22G24G25G31
22717483.227  22717482.7544  22717494.4174  119381190.267  7  93024308.63044
  215.555      167.982
22140444.981  22140444.6174  22140453.2594  116348831.049  7  90661436.35944
  26.265      19.757

```

20453424.407 20453424.0334 20453431.5814 107483481.906 7 83753368.34045
 229.697 178.987
 21379928.101 21379927.3884 21379936.1274 112352286.342 7 87547237.33644
 -2904.432 -2263.209
 21349318.563 21349317.8714 21349324.7184 112191446.137 7 87421912.72245
 1667.378 1299.254
 23029040.291 23029039.8364 23029053.6594 121018426.744 6 94300077.04043
 -3621.723 -2822.119
 22409544.328 22409544.4684 22409557.3854 117762971.324 7 91763356.72644
 1679.682 1308.853
 22994462.135 22994463.0494 22994472.3954 120836734.402 6 94158493.72243
 2689.840 2095.979

Với số liệu đo như trên, tiến hành giải bài toán định vị tuyệt đối theo các công thức đã trình bày trong [1], [3], [4] ... Sau khi có tọa độ của điểm định vị tại các thời điểm có trị đo, tiến hành tính toán giá trị độ lệch tọa độ, kết quả thống kê sau:

Bảng 7. Thống kê độ lệch kết quả định vị tuyệt đối sử dụng các lịch vệ tinh khác nhau

Thống kê độ lệch tọa độ điểm định vị tuyệt đối (Δp_{td})		Tệp IGS và IGU	Tệp IGS và IGR	Tệp IGR và IGU
$3(m) < \Delta p_{td}$		51,8%	0%	51,8%
$0,05(m) < \Delta p_{td} < (3m)$		2,0%	47,5%	0%
$\Delta p_{td} < 0,05(m)$		46,2%	52,5%	48,2%
Giá trị độ lệch tọa độ	Δp_{td} lớn nhất	99,076(m)	0,095(m)	99,103(m)
	Δp_{td} nhỏ nhất	0,183(m)	0,021(m)	0,164(m)

Giá trị độ lệch tọa độ điểm định vị xác định được trong bảng 7 có giá trị khá lớn (xấp xỉ 100m là giá trị độ lệch tọa độ ở thời điểm đầu tiên có trị đo) vì khi sử dụng tệp lịch IGU đã loại bỏ vệ tinh 24 do sai số đồng hồ của vệ tinh này không xác định được (thể hiện sai số đồng hồ vệ tinh biểu thị bằng toàn các số 9). Ngoài giá trị độ lệch tọa độ lớn ở thời điểm đầu tiên thì khi sử dụng tệp lịch IGU để giải bài toán định vị tuyệt đối, giá trị tọa độ điểm nhận được lệch khá nhiều so với sử dụng hai tệp lịch còn lại.

4. Kết luận và kiến nghị

Qua những kết quả tính toán và thống kê ở trên, có thể rút ra một số nhận xét như sau:

- Các thành phần tọa độ và sai số đồng hồ vệ tinh cho trong 2 tệp lịch vệ tinh igs và igr trong cả một ngày là khá giống nhau; các thành phần tọa độ và sai số đồng hồ vệ tinh cho trong tệp lịch vệ tinh igu có khác biệt tương đối lớn so với hai tệp còn lại trong một số thời điểm (giá trị lớn nhất lên tới hơn 1 m).

- Tọa độ vệ tinh trong thời gian có trị đo dùng để giải bài toán định vị tuyệt đối khác nhau nhỏ nhất là 0,069 m và lớn nhất là 0,152 m tuy nhiên khi nội suy tọa độ vệ tinh vào các thời điểm có trị đo thì tọa độ vệ tinh nội suy được sai khác nhau không nhiều (độ lệch nhỏ hơn 5 cm).

- Kết quả định vị tuyệt đối sử dụng các thành phần tọa độ và sai số đồng hồ vệ tinh nội suy được từ hai tệp lịch igs và igr là khá giống nhau và rất khác biệt so với kết quả định vị tuyệt đối sử dụng tệp lịch vệ tinh igu.

Những kết quả và nhận xét nêu trên mới chỉ dựa vào kết quả tính toán đối với tệp lịch vệ tinh trong một ngày, để có thể đưa ra những kết luận chính xác hơn nữa cần tính toán với số liệu của nhiều ngày và thực hiện bài toán định vị tuyệt đối sử dụng trị đo pha hoặc kết hợp các trị đo theo các cách khác nhau.

(xem tiếp trang 98)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Đặng Nam Chinh, Đỗ Ngọc Đường, 2012. Định vị vệ tinh. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội.
- [2]. Đặng Nam Chinh, Nguyễn Gia Trọng, 2006. So sánh quỹ đạo vệ tinh GPS xác định theo lịch quảng bá và lịch chính xác. Báo cáo Hội nghị khoa học lần thứ 17, Đại học Mỏ - Địa chất.
- [3]. Đặng Nam Chinh, Nguyễn Gia Trọng, 2010. Ảnh hưởng khúc xạ tầng đối lưu đến kết quả định vị bằng khoảng cách giả. Tạp chí Kỹ thuật Mỏ - Địa chất, Hà Nội
- [4]. Nguyễn Duy Đô, Nguyễn Gia Trọng, 2007. Xác định tọa độ tuyệt đối điểm định vị theo tri đo khoảng cách giả từ tệp RINEX. Tạp chí Địa chính, Hà Nội.
- [5]. 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 Mỏ - Địa chất.
- [6]. Sandra Verhagen, 2005. The GNSS integer ambiguities: estimation and validation. Delf.

SUMMARY

Compare the interpolation result of satellite coordinate from some of precise ephemeris and the influence to absolute positioning resolution.

Duong Van Phong, Nguyen Gia Trong, Pham Ngoc Quang

Hanoi University of Mining and Geology

The essence of satellite geodesy is the resolving baseline intersection in space at observable time with role as control data. To calculate satellite coordinate, we can use the broadcast ephemeris or precise ephemeris. We have three kinds of precise ephemeris: Ultra-rapid (IGU), Rapid (IGR) and Final (IGS) which depend on what time you receive them. This article show the result of comparing satellite coordinate and satellite's clock bias from the precise ephemeris which we presented above. Using Lagrange function to interpolate satellites coordinate at observable time, compare the interpolation results and the results of single point positioning after we used the precise ephemeris which was mentioned afore.