

Nghiên cứu cơ sở khoa học và đề xuất một số giải pháp phát hiện và sửa chữa trượt chu kỳ pha sóng mang phục vụ cho công tác định vị GNSS độ chính xác cao trên các khoảng cách lớn

Nguyễn Xuân Thủy*

*Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Received: 8/8/2023; Accepted: 11/8/2023; Published: 16/8/2023

Abstract: For the purpose of achieving economic efficiency in GPS measurement and ensuring the determination of independent Baseline vectors, it is necessary to determine the appropriate number of measurements. There are developer tools to check and correct levels of cycle slip. Use accurate satellite calendar and geophysical data during phase processing. It is possible to use a standard atmospheric model to calculate the quadratic troposphere delay and to use a mapping function to calculate the correction due to troposphere effects.

Keywords: Correct levels of cycle slip; accurate satellite calendar; standard atmospheric model; quadratic troposphere delay

1. Đặt vấn đề

Bài báo tập trung nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến kết quả đo đạc và xử lý dữ liệu GNSS độ chính xác cao, và các tiêu chuẩn của các phần mềm hiện đại được sử dụng để xử lý dữ liệu đo GNSS độ chính xác cao trên các khoảng cách lớn. Các kết quả nghiên cứu của bài báo tạo ra cơ sở khoa học để xây dựng quy trình đo đạc GNSS ở ngoại nghiệp và lựa chọn các phương pháp phù hợp, nhằm đáp ứng các yêu cầu của việc xây dựng các mạng lưới GNSS các cấp hạng trong Hệ tọa độ động học Quốc gia.

2. Cơ sở của công tác phát hiện và sửa chữa trượt chu kỳ pha trong định vị điểm chính xác

Trượt chu kỳ phase xảy ra khi sự quan trắc liên tục một vệ tinh bị ngắt quãng bởi chướng ngại vật, anten di chuyển quá nhanh, quá trình xử lý bên trong máy thu có lỗi hay ngay cả ảnh hưởng của tầng điện ly vào tín hiệu GPS. Những điều này làm cho bộ đếm pha tích hợp ngừng hoạt động khi tín hiệu lock-on khởi động lại. Trượt vòng phase nói chung xảy ra ở một máy thu quan trắc một vệ tinh và hiếm khi xảy ra đồng thời ở tất cả các máy thu. Việc trượt có thể xảy ra độc lập trên tần số L1 và L2.

Từ thời điểm xảy ra trượt chu kỳ phase, các trị đo phase bị dịch đi cùng một số nguyên chu kỳ phase và do đó trị nguyên đa trị tương ứng cũng thay đổi theo. Vì lý do này mà trượt chu kỳ cần phải được sửa chữa trong các trị đo phase trước khi đưa vào xử lý. Đây cũng là nhiệm vụ quan trọng nhất trong mô đun xử lý

khái lược dữ liệu đo GPS.

Nhiều kỹ thuật đã được phát triển để thực hiện nhiệm vụ trên. Có thể chia làm hai bước cụ thể là: phát hiện và sửa chữa. Việc phát hiện luôn luôn dễ hơn là sửa chữa vì nó phụ thuộc vào kiểu định vị, chiều dài baseline, dạng máy thu một hay hai tần số:

- Phát hiện và sửa chữa trên dữ liệu hai tần số để hơn một tần số;

- Phát hiện và sửa chữa trên dữ liệu ở dạng hiệu để hơn trên dữ liệu thô vì nó khử đi các nguồn sai số chung;

- Phát hiện và sửa chữa trên dữ liệu đo tĩnh để hơn dữ liệu đo động;

- Phát hiện và sửa chữa trên dữ liệu tương ứng với chiều dài baseline ngắn để hơn so với chiều dài baseline dài;

- Phát hiện và sửa chữa dữ liệu ở kiểu hậu xử lý để hơn trường hợp xử lý thời gian thực.

Trường hợp mà chúng ta quan tâm là hậu xử lý cho dữ liệu định vị tương đối, tĩnh, độ chính xác cao trên chiều dài baseline dài. Trong trường hợp này sử dụng máy thu hai tần số, tức là dữ liệu đo có sẵn trên cả hai tần số với tốc độ thu dữ liệu thường là 30 giây.

Các phần mềm tin cậy thường scan phần dư của các trị đo ở dạng hiệu kép hay hiệu bội để phát hiện và ước lượng số chu kỳ phase bị trượt. Bởi vì các trị đo ở dạng hiệu (hiệu kép hay hiệu bội) cho phép khử và giảm đáng kể các nguồn sai số chung, nên thành phần chính trong phần dư là số chu kỳ phase bị trượt.

Do ảnh hưởng còn lại của các sai số chung trong phần dư lại gia tăng theo chiều dài của baseline, nên độ trượt phase ở các chiều dài baseline lớn được xác định với độ tin cậy không cao.

Để gia tăng độ tin cậy xác định độ trượt, các thuật toán nên tiến hành trên nhiều trị đo kết hợp để loại trừ các sai số hệ thống như sau:

- Trị đo L3 cho phép khử đi ảnh hưởng độ trễ tầng điện ly là nguồn sai số đáng kể trong các chiều dài baseline lớn;

- Trị đo L4 cho phép khử đi hầu hết các nguồn sai số và chỉ còn giữ lại ảnh hưởng của tầng điện ly và trị nguyên đa trị;

- Trị đo Melbourne -Wubbena khử đi hầu hết các nguồn sai số, thành phần chủ yếu còn lại là trị nguyên đa trị.

Một phần mềm tin cậy luôn tiến hành kiểm tra trên tất cả các tổ hợp trên. Nếu phát hiện ra sự trượt chu kỳ phase, nó sẽ dựa trên các phần dư trước và sau khi xảy ra độ trượt để xác định độ lớn của độ trượt trên các trị đo kết hợp, và sau đó tính ra độ trượt chu kỳ trong các trị đo phase của các sóng mang *L1* và *L2*.

Mô đun xử lý baseline được sử dụng khi các dữ liệu phase được đưa vào mô đun đã “sạch” các độ trượt chu kỳ phase và các dữ liệu xấu từ những nguyên nhân khác. Cùng với dữ liệu phase là thông tin các tọa độ của các vệ tinh quan trắc ở từng thời điểm đó.

Để đạt được kết quả định vị cao nhất, mô đun này phải hiệu chỉnh sự thay đổi vị trí của trạm thu dưới ảnh hưởng của lực hút mặt trăng, mặt trời, sự chuyển động của cực quả đất. Mặt khác các nguồn sai số cấp hai như sự lệch tâm phase anten cũng phải được hiệu chỉnh vào trị đo.

Chiến lược khảo sát tham số đa trị đóng vai trò rất quan trọng trong bài toán xác định vector baseline độ chính xác cao với chiều dài lớn. Có một vài tiêu chuẩn để xác định phương pháp giải đa trị thích hợp nhất. Chúng phụ thuộc vào những yếu tố sau:

- Dạng trị đo phase và trị đo mã có sẵn trên hai tần số;

- Chiều dài baseline;

- Thời gian thu tín hiệu vệ tinh trên trạm đo bao lâu.

Nếu trị đo phase có sẵn trên hai tần số, nhiều nhà nghiên cứu đã chấp nhận kỹ thuật được gọi là dải rộng (wide-laning technique) để giải đa trị cho các baseline dài. Trong kỹ thuật đó, các trị đo được xử lý qua hai bước. Trước hết sử dụng tổ hợp tuyến tính L5 hay Melbourne-Wubbena xác định các tham số

đa trị dải rộng. Trong lần xử lý tiếp theo, trị đo L3 được sử dụng để giải tham số đa trị dải hẹp sau khi đã nhận được giá trị của tham số đa trị giải rộng ở bước trước đó.

Phương pháp dùng L5 với một mô hình điện ly đơn giản (một tham số) đã được đề nghị bởi một vài nhà nghiên cứu như Blewitt, Beutier et al. , Rothacher và Mervart. Cách này giúp chúng ta giải đa trị dải rộng cùng với các tham số độ trễ điện ly thiên đỉnh, nếu tọa độ khái lược của trạm đo và vệ tinh đủ chính xác. Ưu điểm của phương pháp này là không đòi hỏi phải có trị đo khoảng cách giả hoặc khi trị đo này chính xác không cao do ảnh hưởng của hiện tượng đa đường. Tuy nhiên đối với baseline dài ở những vùng dọc vành đai xích đạo hay trên vĩ độ cao, mô hình điện ly đơn sẽ không đủ tốt để giải đa trị dải rộng vì độ trễ điện ly ở hai trạm đo hai đầu sẽ không còn tương tự nhau nữa. Vì vậy phương pháp này chỉ giới hạn cho các đường đáy ngắn hơn 100 km, Một chọn lựa khác là thay vì khảo sát tham số độ trễ điện ly chúng ta có thể nhận được giá trị chính xác của nó bằng cách nội suy từ các bản đồ điện ly toàn cầu. Những bản đồ này được cung cấp hàng ngày ở trung tâm phân tích CODE bắt đầu từ ngày 1-1-1996 , Quá trình này chắc chắn sẽ cải thiện việc giải đa trị dải rộng khi dùng L5 và nên được nghiên cứu sâu hơn để vận dụng vào phần mềm xử lý.

Khi có sẵn trị đo khoảng cách giả độ chính xác cao thì việc dùng tổ hợp tuyến tính Melbourne-Wubbena để giải đa trị dải rộng là rất tin cậy và hầu như không phụ thuộc vào chiều dài baseline. Vì vậy phương pháp này được sử dụng nhiều nhất đối với các baseline dài. Tuy nhiên chất lượng của trị đo mã sẽ đóng một vai trò then chốt vì nó thường chịu ảnh hưởng nặng nề của hiện tượng đa đường truyền (do bước sóng dài). Để giúp cho quá trình giải thành công, cần phải lấy trung bình tham số đa trị dải rộng qua khoảng thời gian dài.

Nếu như có hai phương pháp để giải tham số đa trị dải rộng thì việc giải đa trị dải hẹp chủ yếu tập trung vào trị đo L3. Tiếp theo tham số đa trị dải rộng được thay bằng các giá trị nguyên đã giải ở bước 1, tham số đa trị dải hẹp và những tham số khác sẽ được khảo sát đồng thời. Trong phương trình trị đo L3, tham số đa trị dải hẹp được nhân với một hằng số 0.56, làm cho độ lớn của tham số đa trị nhỏ đi (10.7 cm). Do ảnh hưởng của tầng điện ly hầu như bị triệt tiêu. Và nếu những nguồn sai số khác ảnh hưởng rất nhỏ trong trị đo phase hiệu kép thì tham số đa trị dải hẹp sẽ được giải với độ tin cậy cao ngay cả ở những

baseline dài. Do đó, phương pháp này đã được ứng dụng vào hầu hết các phần mềm xử lý độ chính xác cao như GAMIT, BERNESE, vv.

Hai yếu tố thường được chọn để quyết định chọn số nguyên tương ứng là giá trị thực của tham số đa trị (b) và sai số trung phương của nó (σ_b^2). Hai yếu tố này rút ra từ kết quả xử lý với các tham số đa trị là các số thực. Việc xem xét hai yếu tố trên có thể riêng biệt hay đồng thời trong một hàm xác suất chung.

Nếu việc xử lý được tiến hành theo phương pháp bình sai truy hồi, độ chính xác ẩn số trong đó có tham số đa trị được cải thiện dần mỗi khi đưa vào xử lý một trị đo mới. Sau một số trị đo nhất định, giá trị đã hiệu chỉnh của các tham số đa trị sẽ thay rất ít và rất gần với một số nguyên nào đó. Talbot, đã chỉ ra rằng cố định số nguyên vào tham số đa trị ngay sau khi nó thỏa mãn những tiêu chuẩn đề ra sẽ rất có ích cho việc giải những tham số đa trị còn lại. Tiêu chuẩn mà Talbot đề nghị là

$$\sigma_b < \sigma_b^0$$

$$|\Delta_b| < \Delta_b^0$$

Trong đó $\Delta_b = b - \text{round}(b)$; σ_b^0 và Δ_b^0 là giới hạn σ_b và Δ_b . Giá trị 0.15 đã được chứng minh là thích hợp cho giới hạn này và được áp dụng trong phần mềm GAMIT, tức

$$\sigma_b^0 = 0.15 \text{ (cycles)} \text{ and } \Delta_b^0 = 0.15 \text{ (cycles)}$$

Cách tiếp cận khác tinh tế hơn được Dong và Bock đề nghị vào 1989. Cách tiếp cận này dựa trên một hàm quyết định được mô tả như sau

$$d(\Delta_b, \sigma_b) = \frac{F * T}{Q_0}$$

Trong đó

$T = 0$ nếu $|\Delta_b| > \Delta_b^0$ hay $\sigma_b \geq \sigma_b^0$, trong trường hợp ngược lại,

$$Q_0 = \sum_{n=1}^{\infty} \text{erfc} \left(\frac{n - |\Delta_b|}{\sqrt{2}\sigma_b} \right) - \text{erfc} \left(\frac{n + |\Delta_b|}{\sqrt{2}\sigma_b} \right),$$

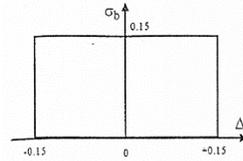
$$F_{i+1} = \prod_i (1 - Q_{0i})$$

$$T = 3 \left(1 - \frac{|\Delta_b|}{\Delta_{b \min}} \right)^2 (\sigma_b^0 - \sigma_b)$$

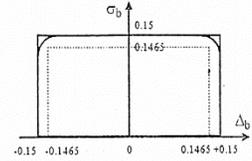
Các tham số đa trị sẽ được làm tròn vào các số nguyên tương ứng nếu hàm quyết định có giá trị lớn hơn 1000.

Vùng làm tròn nguyên của tham số đa trị là không gian hai chiều, trong đó sai số trung phương (σ_b) và độ lệch tuyệt đối (Δ_b) của tham số đa trị (b) là hai trục chính của nó. Nếu một tham số đa trị nằm trong vùng làm tròn, có nghĩa là nó thỏa mãn tiêu chuẩn đã

chọn và sẽ được làm tròn. Sự khác nhau giữa hai tiêu chuẩn Talbot và Dong & Bock là rất nhỏ như chỉ ra ở hình 2.1 và hình 2.2.



Hình 2.1: Vùng làm tròn của Talbot



Hình 2.2: Dong & Bock

3. Kết luận

Các yếu tố chính cần đạt được trong những quy trình đo đạc độ chính xác cao. Với mục đích đạt được hiệu quả kinh tế trong đo đạc GPS và đảm bảo xác định các véc tơ Baseline độc lập cần xác định số lượng các ca đo phù hợp. Công tác nội nghiệp và ngoại nghiệp khi xây dựng và thành lập lưới khống chế trắc địa cũng như các lưới nhằm phục vụ cho các công tác nghiên cứu địa động lực học khi được áp dụng nghiên cứu này sẽ trở nên đáng tin cậy hơn rất nhiều. Có các công cụ phát triển để kiểm tra và sửa chữa các mức độ trượt chu kỳ. Có khả năng sử dụng mô hình khí quyển chuẩn để tính độ trễ tầng đối lưu phương thiên đỉnh và sử dụng hàm ánh xạ để tính số cải chính do ảnh hưởng của tầng đối lưu. Có tính đến mô hình anten máy thu trong quá trình hiệu chỉnh trị đo phase do độ lệch và sự biến thiên của tâm phase so với tâm vật lý. Và độ lệch của tâm anten phát so với trọng tâm của vệ tinh.

Tài liệu tham khảo

1. Vũ Nghiễm và nnk (1988), “Tóm tắt báo cáo tổng kết đề tài 48-02-07-09. Nghiên cứu chuyển động của vỏ Trái đất ở những vùng có hình thành khe nứt bằng phương pháp trắc địa”, Cục Đo đạc và Bản đồ nhà nước.

2. Trần Đình Tô, Dương Chí Công (1997), “Ứng dụng kỹ thuật GPS Vào việc nghiên cứu hoạt động đứt gãy sông Hồng”, Đặc san khoa học công nghệ địa chính, Trg 43-46.

3. Nguyễn Xuân Thủy(2014), “Phương pháp xác định sự thay đổi vị trí không gian của các điểm GPS dựa trên kết quả đo lặp mạng lưới GPS trong hai chu kỳ đo lặp”, Tạp chí khoa học Tài nguyên và Môi trường N0 3, Trg 30-35.

4. Sanders S. Itikarai I. , Stanaway R., Curley B., Suat J (2001). Geodetic Monitoring of the November 16, 2000 - New Ireland Earthquake. Progress Report Research School of Earth Sciencies. the Australia National University. April 4.