

TRẮC ĐỊA - ĐỊA CHÍNH - BẢN ĐỒ (trang 62-74)

BÌNH SAI HỖN HỢP LƯỚI MẶT ĐẤT VÀ GPS, ỨNG DỤNG CÔNG THỨC TRUY HỒI ĐỂ PHÁT HIỆN SAI SỐ THÔ

HOÀNG NGỌC HÀ, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

VŨ THÁI HÀ, *Trường Đại học Xây dựng*

Tóm tắt: Bài báo đề cập đến vấn đề ứng dụng công thức truy hồi vào bình sai lưới hỗn hợp mặt đất và GPS. Kiến nghị với lưới có số trị đo lớn nên sử dụng công thức truy hồi để có thể tự động hóa việc phát hiện sai số thô. Bình sai lưới có bổ sung thêm trị đo nên sử dụng công thức truy hồi sẽ chỉ cần tính toán với các trị đo bổ sung.

1. Mở đầu

Hiện nay, công nghệ GPS (Global Position System) ngày càng được sử dụng phổ biến trong công tác trắc địa bởi nhiều ưu điểm vượt trội mà nó mang lại. Sự xuất hiện của trị đo GPS làm cho các dạng đồ hình lưới có nhiều điểm khác biệt so với đo đạc bằng các thiết bị truyền thống. Điều này đặt ra cho công tác xử lý số liệu trắc địa cần phải phát triển các thuật toán xử lý số liệu đối với các mạng lưới trắc địa vệ tinh, cũng như các mạng lưới hỗn hợp trắc địa mặt đất và vệ tinh. Từ đó đưa vào tự động hoá việc tính toán trên máy tính nhằm đáp ứng nhu cầu của thực tế sản xuất.

Trong thực tế, dạng lưới bổ sung thêm một vài hay nhiều trị đo vào lưới không chế sẵn có cũng là một lựa chọn khả thi. Vậy làm thế nào để bình sai mạng lưới có bổ sung thêm trị đo một cách tự động hóa mà không phải bình sai lại toàn bộ lưới? Hơn nữa với mạng lưới có số lượng trị đo lớn, có thể phát hiện và loại bỏ những trị đo mang sai số sai lầm? Bài báo đề cập đến một phương pháp bình sai có khả năng giải quyết được những vấn đề trên, đó là phương pháp bình sai sử dụng công thức truy hồi.

2. Ứng dụng công thức truy hồi để bình sai lưới có bổ sung thêm trị đo và loại bỏ sai số thô

Việc tính toán bình sai lưới trắc địa trong thực tế có thể có nhiều phương pháp. Tùy thuộc vào dạng đồ hình, yêu cầu độ chính xác hay điều kiện phương tiện tính toán mà người ta đưa

ra quyết định chọn phương pháp tính toán bình sai nào.

Một bài toán bình sai dù thực hiện theo phương pháp nào thì cũng dẫn đến hai mục đích cuối cùng là: 1. Xác định trị xác suất nhất của các đại lượng cần xác định; 2. Đánh giá độ chính xác của lưới và các đại lượng đặc trưng.

Nội dung đề cập đến trong bài báo là khi chúng ta xây dựng lưới mặt đất có đo thêm một số trị đo GPS. Để bình sai hỗn hợp trong trường hợp này trước hết cần phải tính chuyển các Baseline thành giá số tọa độ Δx , Δy hoặc phương vị và chiều dài α , S . Sau đó chúng ta cần thêm vào hệ phương trình số chỉnh các trị đo mặt đất, các phương trình số hiệu chỉnh của trị đo vệ tinh, các bước tiếp theo được tiến hành như bình sai gián tiếp thông thường. Đối với bình sai hỗn hợp ngoài việc thực hiện các bước như bình sai gián tiếp thông thường, chúng ta cần phải chuyển đổi tọa độ để các điểm sau bình sai được thống nhất trong một hệ tọa độ.

Trong đo GPS, khi đặt máy thu tại hai điểm đồng thời thu tín hiệu vệ tinh sẽ cho ta trị đo là hiệu tọa độ vuông góc không gian ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$) hoặc hiệu tọa độ trắc địa ($\Delta B, \Delta L, \Delta H$). Hiệu tọa độ này chịu sự tác động của các điều kiện thành phần và các trị đo này là trị đo phụ thuộc. Vì trị đo GPS có độ chính xác cao hơn nhiều so với trị đo mặt đất nên lúc này, ảnh hưởng của sự phụ thuộc chiều dài và phương vị cạnh đo GPS đến lưới mặt đất là không đáng kể và không ảnh hưởng đến kết quả bình sai [1]. Kết luận này cũng đúng khi xét đến ảnh hưởng của sự phụ thuộc trị đo $\Delta X, \Delta Y$. Như vậy ta có thể đơn giản

hóa tính toán bình sai lưới hỗn hợp mặt đất trong mô hình tọa độ phẳng.

Công thức truy hồi được phát minh ra hồi đầu thế kỷ 20 và sau đó được áp dụng rộng rãi trong toán học và một số ngành khác trong đó có ngành trắc địa, xuất phát từ định lý:

Nếu $R_{n \times m}$ và $P_{n \times n}$ là hai ma trận không suy biến [2], A là ma trận kích thước $m \times n$ khi đó

$$(R+APA^T)^{-1} = R^{-1} - R^{-1}A(A^TP^{-1}A+P^{-1})^{-1}A^TR^{-1} \quad (1)$$

Trường hợp đặc biệt khi trị đo $n = 1$:

$$(R+APA^T)^{-1} = R^{-1} - \frac{R^{-1}AA^TR^{-1}}{\frac{1}{P_i} + A^TR^{-1}A} \quad (2)$$

Đề ý rằng trong trắc địa chúng ta thường kí hiệu $Q = R^{-1}$ và a_i là vector hệ số hệ phương trình số hiệu chỉnh thứ i , nếu ma trận Q_{i-1} đã được xác định thì ma trận Q_i được tính theo công thức:

$$Q_i = Q_{i-1} - \frac{Q_{i-1}a_i^T a_i Q_{i-1}}{\frac{1}{P_i} + a_i Q_{i-1} a_i^T} \quad (3)$$

Như vậy nếu lần lượt tính các ma trận Q_i thay đổi từ 1 đến N (với N là số trị đo thêm), chúng ta sẽ thu được ma trận nghịch đảo Q của vector tọa độ lưới.

Nếu i không phải là một trị đo đơn lẻ mà là một nhóm trị đo phụ thuộc thì công thức truy hồi tính ma trận nghịch đảo có dạng:

$$Q_i = Q_{i-1} - A_i^T (A_i Q_{i-1} A_i^T + P_i^{-1})^{-1} A_i Q_{i-1} \quad (4)$$

Khi tăng hoặc giảm trọng số của một trị đo, dùng công thức truy hồi ta dễ dàng có được công thức truy hồi ma trận hiệp phương sai các tham số.

Khi đặt $A = Q_{i-1}a_i^T$ công thức truy hồi lúc này có dạng:

$$Q_i = Q_{i-1} - \frac{AA^T}{\frac{1}{P_i} + a_i A} \quad (5)$$

Với công nghệ tiên tiến hiện nay, một mạng lưới ngoài các trị đo mặt đất người ta còn bổ sung thêm các trị đo GPS hoặc các trị đo mặt đất nhằm tăng độ chính xác và nâng cao chất lượng của lưới. Nhưng sau khi bổ sung thêm các trị đo, theo phương pháp truyền thống ta lại phải tiến hành bình sai lại toàn bộ mạng lưới.

Số lượng phương trình lớn dẫn đến khối lượng tính toán cũng sẽ rất lớn sau mỗi lần bổ sung. Hơn nữa, vì số lượng trị đo lớn nên sẽ có nhiều khả năng xuất hiện trị đo có mang sai số thô, nếu không được phát hiện và loại bỏ thì sẽ làm giảm độ chính xác của lưới. Để có thể tự động hóa việc phát hiện sai số thô kết hợp với việc bình sai lưới có trị đo bổ sung mà không cần bình sai lại toàn bộ lưới, sử dụng công thức truy hồi là một biện pháp thích hợp.

Để xét xem một trị đo có mang sai số thô hay không, trong quá trình tính Q_i của trị đo đó, ta tiến hành so sánh theo công thức sau:

$$|l_i| \geq 3m_0 \sqrt{g_i} \quad (6)$$

$$\text{với: } g_i = \frac{1}{P} + a_i Q_{i-1} a_i^T \quad (7)$$

g_i - chính là mẫu số tính được trong quá trình tính Q_i ;

l_i - số hạng tự do của trị đo thứ i trong hệ phương trình số hiệu chỉnh;

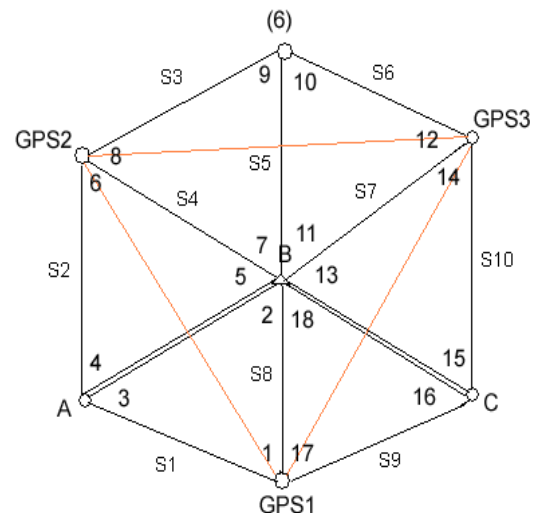
m_0 - sai số trung phương của trị đo thứ i .

Nếu công thức (6) thỏa mãn thì trị đo thứ i hoặc các trị đo trước đó có mang sai số thô.

Có thể tiến hành phát hiện hết các trị đo có sai số thô trong một lần bình sai sau đó loại bỏ những trị đo đó để bình sai lại, lưới sẽ có độ chính xác cao hơn.

3. Thực nghiệm

Tác giả đã tiến hành tính toán thực nghiệm với mô hình lưới đo 18 góc, 10 cạnh, 3 điểm góc, 4 điểm cần xác định. Sau đó tiến hành đo thêm 6 trị đo GPS dưới dạng trị đo $\Delta X, \Delta Y$.



Hình 1. Sơ đồ lưới thực nghiệm

Phần tính toán thực nghiệm gồm các bài toán sau:

a. Bình sai theo phương pháp gián tiếp lưới mặt đất gồm trị đo góc và cạnh

Tiến hành bình sai theo phương pháp gián tiếp thông thường, thu được kết quả là các trị đo sau bình sai, tọa độ điểm sau bình sai và đánh giá được độ chính xác.

b. Bình sai sử dụng công thức truy hồi lưới mặt đất gồm trị đo góc và cạnh

Cũng với sơ đồ lưới trên, tiến hành bình sai theo phương pháp truy hồi. Sau khi lập hệ phương trình số hiệu chỉnh, lần lượt tính Q_i của các trị đo. Kết quả thu được giống như bình sai theo phương pháp gián tiếp. Ma trận Q_{28} đúng bằng ma trận nghịch đảo $Q = N^{-1}$.

Trong quá trình tính ma trận Q_i đối với trị đo cạnh, áp dụng công thức truy hồi để phát hiện trị đo có sai số thô. Nhận thấy với lưới ban đầu, các trị đo không mang sai số thô vì với mọi trị đo $|l_i| < 3m_0\sqrt{g_i}$. Giả sử ta tăng trị đo cạnh thứ 8 thêm 0,6m, phát hiện thấy $l_{s8} \geq 3m_0\sqrt{g_i}$, phát hiện được trị đo này có sai số thô. Như vậy, thuật toán truy hồi sẽ giúp ta phát hiện được trị đo có sai số thô trong quá trình bình sai. Sau khi phát hiện được trị đo mang sai số thô, ta có thể loại bỏ những trị đo đó và bình sai lại, tăng độ chính xác cho mạng lưới.

c. Bình sai lưới hỗn hợp mặt đất và GPS theo phương pháp gián tiếp

Cũng với sơ đồ lưới trên, đo thêm 3 điểm GPS với 6 trị đo $\Delta X, \Delta Y$. Sau khi bình sai lưới, được kết quả tọa độ điểm cần xác định. So sánh giữa lưới chỉ có trị đo mặt đất và lưới gồm cả trị đo mặt đất và trị đo GPS, ta sẽ thấy lưới có thêm trị đo GPS sẽ có độ chính xác cao hơn.

d. Bình sai sử dụng công thức truy hồi lưới hỗn hợp mặt đất và GPS với trị đo GPS là trị đo được bổ sung sau

Tiến hành bình sai theo phương pháp truy hồi với lưới ban đầu đã đo thêm trị đo GPS. Với trị đo thêm ta chỉ cần lập hệ phương trình số hiệu chỉnh của trị đo thêm và tính toán với những trị đo đó. Cụ thể ta chỉ cần lập 6 phương trình số hiệu chỉnh của trị đo GPS. Lần lượt tính Q_i của các trị đo GPS sử dụng Q_{28} của lưới mặt đất để tính. Kết quả thu được giống như bình sai

theo phương pháp gián tiếp với lưới hỗn hợp. Ma trận Q_{34} đúng bằng ma trận nghịch đảo $Q = N^{-1}$ ở bước c. Như vậy kết quả thực nghiệm cho thấy tính đúng đắn của thuật bình sai truy hồi áp dụng với lưới đo hỗn hợp mặt đất và GPS.

Trong quá trình tính ma trận Q_i đối với trị đo GPS, áp dụng công thức truy hồi để phát hiện và loại bỏ trị đo có sai số thô. Vậy, tất cả các cạnh của lưới đều không có sai số thô. Trong thực tế, xuất phát từ nhiều nguyên nhân khác nhau mà sau khi xử lý cạnh GPS, vẫn có thể tồn tại sai số thô trong trị đo GPS của lưới bình sai, ví dụ như sự bất cẩn trong quá trình nhập số liệu. Giả sử, ta tăng trị đo ΔX cạnh GPS3-GPS1 thêm -0,5m, phát hiện thấy $l_{\Delta X_{GPS3-GPS1}} \geq 3m_0\sqrt{g_i}$, phát hiện được trị đo này có sai số thô. Như vậy, thuật toán truy hồi sẽ giúp ta phát hiện được trị đo có sai số thô trong quá trình bình sai và trong trường hợp có trị đo thêm không cần phải tính lại toàn bộ bài bình sai mà chỉ cần tính toán với trị đo thêm.

Tác giả bài báo đã xây dựng chương trình bình sai dựa trên ngôn ngữ C# ứng dụng công thức truy hồi để bình sai lưới có bổ sung thêm trị đo và loại bỏ sai số thô. Trong quá trình thực hiện bài toán bình sai, các trị đo ban đầu và trị đo bổ sung không thỏa mãn yêu cầu $l_i \geq 3m_0\sqrt{g_i}$ hoàn toàn được loại bỏ.

Khi thực hiện đề tài “Nghiên cứu khả năng xác định lưới đo hỗn hợp đo GPS và toàn đạc điện tử khi chuyển trục lên tầng nhà cao tầng qua các giai đoạn xây dựng” tác giả nhận thấy ứng dụng công thức truy hồi để bình sai lưới có bổ sung thêm trị đo trong quá trình chuyển trục lên tầng và loại bỏ sai số thô cho kết quả tốt.

4. Kết luận

Sau quá trình nghiên cứu áp dụng trong các công trình thực tế, dựa trên kết quả tính toán, khảo sát thực nghiệm các tác giả bài báo có một số kết luận sau:

- Để nâng cao độ chính xác của mạng lưới trắc địa mặt đất nên kết hợp đo thêm một số trị đo GPS.

- Bình sai lưới có số trị đo lớn nên sử dụng công thức truy hồi trong bình sai để có thể tự động hóa được việc phát hiện sai số thô.

- Bình sai lưới có bổ sung thêm trị đo nên sử dụng công thức truy hồi, để không phải tính lại toàn bộ lưới mà chỉ cần tính toán với các trị đo bổ sung. Điều này có ý nghĩa trong thực tiễn sản xuất, vì hiện nay có nhiều lưới đo theo phương pháp cũ không đạt được độ chính xác như mong muốn. Nếu muốn nâng cao độ chính xác thì cần phải đo thêm trị đo, đặc biệt là các trị đo GPS cạnh lớn, để có nhiều trị đo thừa hơn, độ chính xác lưới sẽ được nâng cao.

- Có thể chỉ trong một lần bình sai phát hiện được nhiều trị đo có sai số thô mà không

phải tiến hành nhiều lần. Sau khi loại bỏ những trị đo đó, tiếp tục bình sai, kết quả nhận được lưới bình sai với độ chính xác cao hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Hoàng Ngọc Hà, 2006. Bình sai tính toán lưới trắc địa và GPS, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.

[2]. Hoàng Ngọc Hà, 2001. Tính toán trắc địa và cơ sở dữ liệu, Nhà xuất bản giáo dục, Hà Nội.

SUMMARY

Adjustment of combined GPS and terrestrial networks, application of recurrent form to detect blunder

Hoang Ngoc Ha, *University of Mining and Geology*

Vu Thai Ha, *National University of Civil Engineering*

The paper presents method of adjustment of combined GPS and terrestrial networks, application of recurrent form to detect blunder. Adjustment of a large network which including a large number of measurement, may be used recurrent form to detect blunder. When adjusting a network adds more measurement, using recurrent form only computers the additional measurement.