

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG SỰ PHỤ THUỘC TRỊ ĐO CẠNH VÀ PHƯƠNG VỊ GPS ĐẾN KẾT QUẢ BÌNH SAI HỖN HỢP VỚI LƯỚI MẶT ĐẤT

NGUYỄN TIẾN NĂNG, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Tóm tắt: Trên cơ sở đã nghiên cứu lý thuyết và công thức chứng minh về mức độ ảnh hưởng của sự phụ thuộc vào phương vị và chiều dài cạnh được tính từ trị đo bằng công nghệ GPS vào kết quả bình sai hỗn hợp với mạng lưới trắc địa mặt đất, cùng những kết quả tính toán khảo sát thực nghiệm trên một số đồ hình thực tế rất đặc trưng, bài báo đã rút ra một số kết luận, đề xuất những giải pháp thực tế và kiến nghị cho công tác bình sai các mạng lưới hỗn hợp giữa trị đo GPS và trị đo mặt đất.

1. Đặt vấn đề

Như chúng ta đều biết kết quả đo GPS nhận được là giá số tọa độ không gian từ các cặp điểm ΔX_{ij} , ΔY_{ij} , ΔZ_{ij} và thông tin kèm theo trong lời giải cạnh là ma trận phương sai-hiệp phương sai của các trị đo ở dạng ma trận $M_{X,Y,Z}(3 \times 3)$. Qua các giá trị hiệp phương sai $cov(x,y)$, $cov(x,z)$, $cov(y,z)$ có giá trị khác không chứng tỏ các trị đo ΔX_{ij} , ΔY_{ij} , ΔZ_{ij} là các trị đo phụ thuộc.

Khi bình sai tính toán mạng lưới mặt bằng, các đại lượng chiều dài và phương vị cạnh được tính chuyển từ trị đo GPS có sự phụ thuộc rõ rệt. Chúng ta cần xem xét mức độ phụ thuộc ấy đến kết quả tính toán bình sai các mạng lưới hỗn hợp để có những giải pháp cho công tác trắc địa.

2. Giải quyết vấn đề

Để xác định sự phụ thuộc của chiều dài và phương vị cạnh tính từ các trị đo ΔX , ΔY , ΔZ trong kết quả đo GPS, chúng ta có công thức đối với ma trận tương quan $K_{S,A}$ như sau[3].

$$K_{S,A} = A \cdot K_{\Delta X, \Delta Y, \Delta Z} \cdot A^T \quad (1)$$

Trong này ma trận $K_{S,A}$ có kích thước (2×2) và ma trận A có kích thước (2×3) được xác định như sau:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{pmatrix}$$

trong đó:

$$\begin{aligned} a_{11} &= -(\sin B_i \cdot \cos L_i \cdot \cos A_{ij} \cdot \sin Z_{ij} + \\ &\quad + \sin L_i \cdot \sin A_{ij} \cdot \sin Z_{ij} - \cos B_i \cdot \cos L_i \cdot \cos Z_{ij}); \\ a_{12} &= (\cos L_i \cdot \sin A_{ij} \cdot \sin Z_{ij} - \sin L_i \cdot \sin B_i \cdot \\ &\quad \cdot \cos A_{ij} \cdot \sin Z_{ij} + \cos B_i \cdot \sin L_i \cdot \cos Z_{ij}); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_{13} &= (\cos B_i \cdot \cos A_{ij} \cdot \sin Z_{ij} + \sin B_i \cdot \cos Z_{ij}); \\ a_{21} &= (\sin A_{ij} \cdot \sin B_i \cdot \cos L_i - \cos A_{ij} \cdot \sin L_i) / D; \\ a_{22} &= (\cos A_{ij} \cdot \cos L_i - \sin A_{ij} \cdot \sin L_i) / D; \\ a_{23} &= -(\sin A_{ij} \cdot \cos B_i) / D. \end{aligned}$$

$$D = \sqrt{X'^2 + Y'^2}.$$

Góc thiên đỉnh Z_{ij} giữa hai điểm tính theo

$$\text{công thức: } Z_{ij} = \text{artag} \frac{Z'_j}{D}$$

X'_j , Y'_j , Z'_j là tọa độ địa diện của điểm j trong hệ tọa độ với gốc là điểm i

Từ công thức (1) có thể thấy các hệ số tương quan $r_{S,A}$ là khác 0.

Giả thiết sau khi mạng lưới trắc địa mặt đất được bình sai, ta đưa thêm giá trị chiều dài và phương vị cạnh được tính từ các trị đo baselines $(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)$ trong công nghệ GPS. Theo tính chất của bài toán truy hồi [1], vector ẩn số mới sau bình sai sẽ là:

$$X_i = X_{i+1} + Z \cdot N^{-1} \cdot l_i \quad (2)$$

trong này

$$Z = Q_{i-1} \cdot a_i \quad (3)$$

$$N = \tilde{P}^{-1} + a_i \cdot Q_{i-1} \cdot a_i^T \quad (4)$$

ở đây \tilde{P}^{-1} là ma trận trọng số đảo của hàm chiều dài và phương vị được tính chuyển trong lưới mặt đất. $Q_{i-1} = R^{-1}$ là ma trận trọng số đảo của lưới mặt đất.

Nếu gọi P^{-1} là ma trận trọng số đảo của các đại lượng chiều dài và phương vị tính chuyển từ trị đo GPS, thì dễ dàng nhận thấy:

$$\tilde{P}^{-1} = \frac{\sigma_{0GPS}^2}{\sigma_0^2} P^{-1} = t \cdot P^{-1} \quad (5)$$

trong này kí hiệu $t = \frac{\sigma_{0GPS}^2}{\sigma_0^2}$, (6)

với: σ_{0GPS} là độ lệch chuẩn trị đo GPS;
 σ_0 là độ lệch chuẩn trị đo mặt đất.
 Như vậy (4) có thể viết lại được:

$$N = t.P^{-1} + a_i.Q_{i-1}.a_i^T. \quad (7)$$

Chúng ta khảo sát hai trường hợp sau:

a/. Ma trận $P^{-1} = K_{S,A}$ chỉ lấy các thành phần trên đường chéo chính

b/. Ma trận $P^{-1} = K_{S,A}$ lấy đầy đủ cả các thành phần ngoài đường chéo, tức là ma trận trọng số không chỉ gồm các thành phần trên đường chéo chính khác không, mà các thành phần ngoài đường chéo cũng khác không.

Như vậy trường hợp có xét đến mối quan hệ tương quan của chiều dài và phương vị, ẩn số mới sau bình sai theo bài toán truy hồi sẽ là:

$$\bar{X}_i = X_{i-1} + Z.N^{-1}.I_i, \quad (8)$$

với $\bar{N} = t.P^{-1} + a_i.Q_{i-1}.a_i^T$

Kí hiệu: $\Delta X = X_i - \bar{X}_i$

trong đó: X_i được tính theo trường hợp a; còn \bar{X}_i được tính theo trường hợp b.

Sử dụng tính chất: $A^{-1}.B^{-1} = B^{-1}(B.A)^{-1}$, ta được:

$$\begin{aligned} \Delta X &= Z.(N^{-1} - \bar{N}^{-1}).I_i \\ \Delta X &= t.Z.\bar{N}^{-1}.DN^{-1}.I_i, \end{aligned} \quad (9)$$

trong đó: $D = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$

$N = t.P^{-1} + a_i.Q_{i-1}.a_i^T$

$\bar{N} = t.\bar{P}^{-1} + a_i.Q_{i-1}.a_i^T$

Công thức (9) chính là sự sai lệch tọa độ do ảnh hưởng thực tế của sự phụ thuộc của các trị

b. Tổng hợp kết quả tính

Trường hợp $t=10^{-1}$

Bảng 1

Giá trị tính theo công thức: $\Delta X = t.Z.N^{*-1}.D.N^{-1}.L$									
$t=$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Δx_C	-0,113	-0,112	-0,111	-0,110	-0,109	-0,109	-0,108	-0,107	-0,106
Δy_C	-0,071	-0,072	-0,072	-0,072	-0,073	-0,073	-0,073	-0,074	-0,074
Δx_D	-0,069	-0,069	-0,068	-0,068	-0,068	-0,068	-0,067	-0,067	-0,067
Δy_D	-0,015	-0,015	-0,015	-0,015	-0,015	-0,015	-0,015	-0,015	-0,015
Δx_E	-0,077	-0,077	-0,077	-0,077	-0,078	-0,078	-0,078	-0,078	-0,078
Δy_E	0,063	0,062	0,062	0,061	0,061	0,061	0,060	0,060	0,059

đo phương vị và chiều dài cạnh tính từ trị đo GPS đến kết quả bình sai lưới mặt bằng.

Trường hợp đặc biệt khi $t=0$ (các trị đo GPS được coi là các đại lượng gốc và $\sigma_{0GPS}=0$) thì $\Delta X = 0$. Điều đó có nghĩa là mặc dù các đại lượng chiều dài và phương vị có sự phụ thuộc nhiều, nhưng hoàn toàn không ảnh hưởng tới kết quả bình sai.

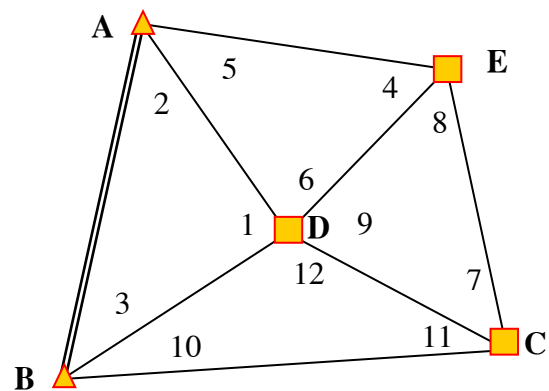
Trong thực tế σ_{0GPS} nhỏ hơn σ_0 rất nhiều, có nghĩa là các trị đo GPS có thể đạt được với độ chính xác cao hơn nhiều lần trị đo mặt đất nên giá trị “t” thường rất nhỏ, khi đó ảnh hưởng của sự phụ thuộc chiều dài và phương vị tính từ trị đo GPS đến kết quả bình sai lưới mặt bằng là không đáng kể và ta có thể nói là hoàn toàn không ảnh hưởng tới kết quả bình sai.

2.1. Một số kết quả tính thực nghiệm

Trên cơ sở lí thuyết đã trình bày ở trên, chúng tôi đã tiến hành tính toán trên một số đồ hình thực tế rất đặc trưng như lưới tam giác đo góc, lưới đường chuyền điện quang và lưới đường chuyền đo bằng công nghệ GPS ...

2.2.1. Lưới tam giác đo góc

a. Sơ đồ lưới

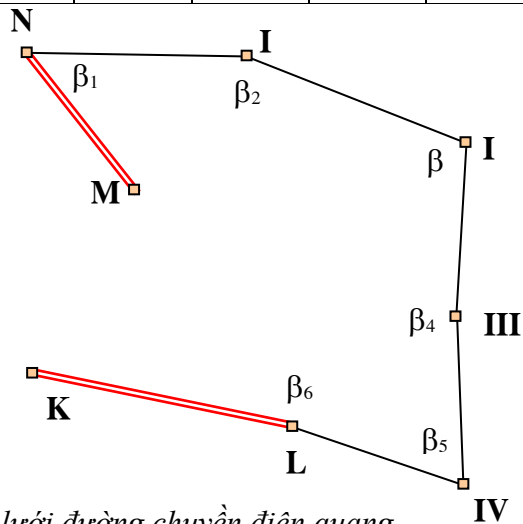


Hình 1. Sơ đồ lưới tam giác đo góc

Trường hợp $t=10^{-2}$									
Giá trị tính theo công thức: $\Delta X = t.Z.N^{*-1}.D.N^{-1}.L$									
r=	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Δx_C	-0,019	-0,019	-0,019	-0,019	-0,019	-0,019	-0,019	-0,019	-0,019
Δy_C	-0,012	-0,012	-0,012	-0,012	-0,012	-0,012	-0,012	-0,012	-0,012
Δx_D	-0,012	-0,012	-0,012	-0,012	-0,012	-0,012	-0,012	-0,012	-0,012
Δy_D	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
Δx_E	-0,013	-0,013	-0,013	-0,013	-0,013	-0,013	-0,013	-0,013	-0,013
Δy_E	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011

2.2.2. Lưới đường chuyền điện quang

a. Sơ đồ lưới



Hình 2. Sơ đồ lưới đường chuyền điện quang

b. Tổng hợp kết quả tính

Trường hợp $t=10^{-1}$

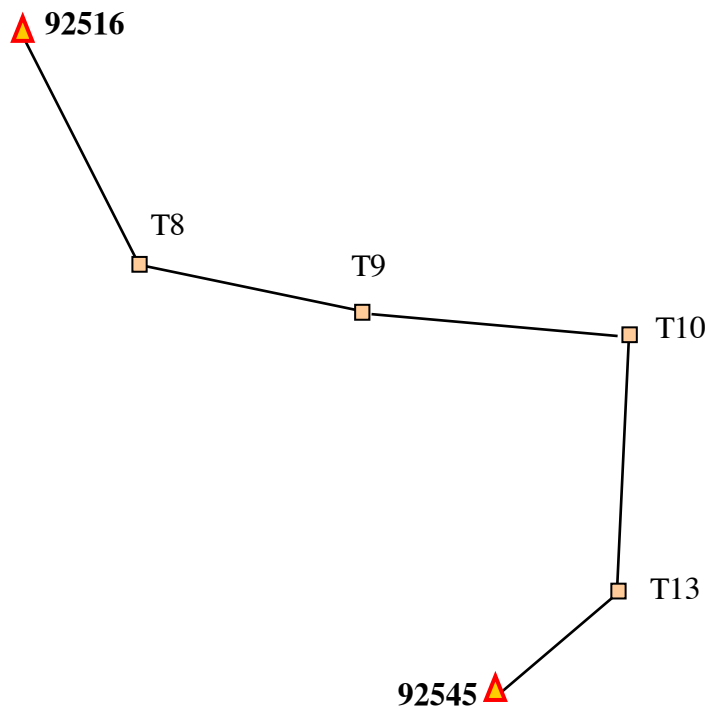
Bảng 2

Giá trị tính theo công thức: $\Delta X = t.Z.N^{*-1}.D.N^{-1}.L$									
r=	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Δx_I	0,0046	0,0045	0,0045	0,0044	0,0044	0,0043	0,0043	0,0043	0,0042
Δy_I	0,0385	0,0381	0,0378	0,0375	0,0373	0,0372	0,0371	0,0371	0,0372
Δx_{II}	-0,0003	-0,0003	-0,0003	-0,0003	-0,0003	-0,0003	-0,0003	-0,0003	-0,0003
Δy_{II}	0,0675	0,0665	0,0656	0,0649	0,0643	0,0638	0,0634	0,0632	0,0631
Δx_{III}	-0,0169	-0,0154	-0,0139	-0,0124	-0,0110	-0,0095	-0,0080	-0,0065	-0,0049
Δy_{III}	0,0117	0,0115	0,0114	0,0113	0,0112	0,0111	0,0110	0,0110	0,0110
Δx_{IV}	-0,0004	-0,0003	-0,0002	0,0000	0,0001	0,0002	0,0003	0,0004	0,0005
Δy_{IV}	-0,0211	-0,0209	-0,0207	-0,0206	-0,0206	-0,0205	-0,0205	-0,0206	-0,0207

Trường hợp $t=10^{-2}$									
Giá trị tính theo công thức: $\Delta X = t.Z.N^{*-1}.D.N^{-1}.L$									
r=	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Δx_I	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013
Δy_I	0,0112	0,0112	0,0112	0,0112	0,0112	0,0111	0,0111	0,0111	0,0111
Δx_{II}	-0,0001	-0,0001	-0,0001	-0,0001	-0,0001	-0,0001	-0,0001	-0,0001	-0,0001
Δy_{II}	0,0196	0,0196	0,0195	0,0195	0,0194	0,0194	0,0193	0,0193	0,0193
Δx_{III}	-0,0048	-0,0046	-0,0045	-0,0044	-0,0043	-0,0042	-0,0041	-0,0040	-0,0039
Δy_{III}	0,0034	0,0034	0,0034	0,0034	0,0034	0,0034	0,0034	0,0033	0,0033
Δx_{IV}	-0,0001	-0,0001	-0,0001	-0,0001	-0,0001	-0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
Δy_{IV}	-0,0061	-0,0061	-0,0061	-0,0061	-0,0061	-0,0061	-0,0061	-0,0061	-0,0061

2.3. Lưới đường chuyền đo bằng công nghệ GPS

a. Sơ đồ lưới:



Hình 3. Sơ đồ lưới đường chuyền GPS phù hợp

b. Tổng hợp kết quả tính

Trường hợp $t=10^{-1}$.

Bảng 3

Công thức tính $\Delta X = t.Z.N^{*-1}.D.N^{-1}.L$									
r=	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Δx_8	-0,0327	-0,0365	-0,0365	-0,0365	-0,0364	-0,0364	-0,0364	-0,0364	-0,0364
Δy_8	0,0257	0,0279	0,0279	0,0279	0,0279	0,0278	0,0278	0,0278	0,0278
Δx_9	-0,0390	-0,0429	-0,0428	-0,0428	-0,0428	-0,0428	-0,0427	-0,0427	-0,0427
Δy_9	0,0904	0,0906	0,0907	0,0907	0,0907	0,0907	0,0908	0,0908	0,0909
Δx_{10}	-0,0505	-0,0360	-0,0361	-0,0362	-0,0364	-0,0366	-0,0367	-0,0369	-0,0370
Δy_{10}	-0,0242	-0,0208	-0,0208	-0,0208	-0,0209	-0,0209	-0,0210	-0,0210	-0,0211
Δx_{13}	-0,0224	-0,0191	-0,0192	-0,0192	-0,0193	-0,0193	-0,0193	-0,0194	-0,0194
Δy_{13}	-0,0171	-0,0148	-0,0148	-0,0149	-0,0149	-0,0149	-0,0149	-0,0149	-0,0149
Trường hợp $t=10^{-2}$.									
Công thức tính $\Delta X = t.Z.N^{*-1}.D.N^{-1}.L$									
r=	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Δx_8	-0,0041	-0,0041	-0,0041	-0,0041	-0,0041	-0,0041	-0,0041	-0,0041	-0,0041
Δy_8	0,0031	0,0031	0,0031	0,0031	0,0031	0,0031	0,0031	0,0031	0,0031
Δx_9	-0,0048	-0,0048	-0,0048	-0,0048	-0,0048	-0,0048	-0,0048	-0,0048	-0,0048
Δy_9	0,0111	0,0111	0,0111	0,0111	0,0111	0,0111	0,0111	0,0111	0,0111
Δx_{10}	-0,0040	-0,0040	-0,0040	-0,0040	-0,0040	-0,0040	-0,0040	-0,0040	-0,0040
Δy_{10}	-0,0023	-0,0023	-0,0023	-0,0023	-0,0023	-0,0023	-0,0023	-0,0023	-0,0023
Δx_{13}	-0,0021	-0,0021	-0,0021	-0,0021	-0,0021	-0,0021	-0,0021	-0,0021	-0,0021
Δy_{13}	-0,0016	-0,0016	-0,0016	-0,0016	-0,0016	-0,0016	-0,0016	-0,0016	-0,0016

Như vậy trong tất cả các loại lưới trắc địa đã xét (lưới tam giác đo góc, lưới đường chuyền điện quang, lưới đường chuyền GPS) khi $t < 10^{-3}$ thì ảnh hưởng do sự phụ thuộc chiều dài và phương vị đến kết quả tọa độ sau bình sai hoàn toàn có thể bỏ qua.

3. Kết luận

3.1. Trên cơ sở xây dựng công thức lý thuyết xác định ảnh hưởng của sự phụ thuộc chiều dài và phương vị tới vector tọa độ, chúng tôi đã tiến hành tính toán thực nghiệm trên một số mạng lưới trắc địa đặc trưng trong thực tế (lưới tam giác đo góc, lưới đường chuyền GPS, lưới đường chuyền điện quang...), kết quả tính toán thực nghiệm hoàn toàn phù hợp với lý thuyết.

3.2. Các tính toán thực nghiệm cho thấy: khi $t < 10^{-3}$ thì sự phụ thuộc chiều dài và phương vị thực tế không ảnh hưởng tới kết quả bình sai.

Điều này phù hợp với công thức lý thuyết khi $t=0$ các trị đo GPS có thể coi là các đại lượng gốc thì hệ số tương quan giữa phương vị và chiều dài hoàn toàn không ảnh hưởng tới kết quả bình sai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Masimov, 1981. Bình sai các mạng lưới trắc địa, Nxb Hedra (Liên Xô cũ).
- [2]. Hoàng Ngọc Hà, 2001. Tính toán trắc địa và cơ sở dữ liệu- Bài giảng cho đào tạo cao học ngành Trắc địa và Địa chính. Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội.
- [3]. Hà Minh Hoà, 2000. Nghiên cứu các mối quan hệ giữa các trị đo trong công nghệ GPS, Báo cáo khoa học-Quyển 5, chuyên ngành Trắc địa-Địa chính và Bản đồ, Hội nghị khoa học lần thứ 14 Trường đại học Mỏ-Địa chất, Hà Nội.
- [4]. Nguyễn Tiến Năng, 2002, Luận văn thạc sỹ kỹ thuật.

SUMMARY

To study the effect of edge and azimuth measured by GPS technology adjustment in mixed results with terrestrial networks

Nguyen Tien Nang, *Hanoi University of Mining and Geology*

On the basis of the theory studied and proven formula of the impact of the dependence on the azimuthal and edge length is calculated from measurements of GPS technology to the adjustment of the mixture results with geodetic ground network, and the calculated results empirical survey on some graph very characteristic, the paper draws some conclusions, propose ractical solutions and recommendations for the adjustment of the mixture of network measurements GPS and readings on the ground.

XÁC ĐỊNH HỆ SỐ HỆ PHƯƠNG TRÌNH CHUẨN...

(tiếp theo trang 94)

SUMMARY

Determination of normal equations for adjustment of land parcels with distance and area constraints

Dinh Hai Nam, Pham The Huynh, Tran Thuy Duong
Hanoi University of Mining and Geology

For land parcel changes updating, it is necessary to have an adjustment of land parcel with edges (distance) and area constraints. This paper presents a method to determine the normal equations for the adjustment directly with the edges and area constraints. This method shows the structure of the normal equation matrix and it will help to reduce the cost of computing, memory occupation of the program and computing errors.