

THÀNH LẬP CHƯƠNG TRÌNH BSHH V1.0 BÌNH SAI HỖN HỢP LƯỚI TRẮC ĐỊA MẶT ĐẤT - GPS TRONG HỆ TỌA ĐỘ PHẪNG

KS. NGUYỄN VĂN XUÂN
Viện KHCN Xây dựng

Tóm tắt: *Bình sai lưới khống chế trắc địa là công việc khá phức tạp và có khối lượng tính toán lớn. Với sự phát triển của công nghệ GPS việc xây dựng mạng lưới khống chế trắc địa kết hợp giữa công nghệ truyền thống với công nghệ GPS cho phép nâng cao độ chính xác, rút ngắn thời gian xây dựng lưới, đồng thời tận dụng được ưu điểm và khắc phục được nhược điểm của từng công nghệ. Từ đó đặt ra một vấn đề cấp thiết là phải xây dựng các phương pháp hiệu quả để tự động hóa xử lý, tính toán, bình sai mạng lưới hỗn hợp các trị đo mặt đất – GPS. Từ nhu cầu thực tế tại đơn vị sản xuất, để tự động hóa quá trình xử lý, bình sai dạng lưới này, tác giả đã sử dụng ngôn ngữ lập trình Visual Basic để thành lập chương trình bình sai hỗn hợp lưới trắc địa mặt đất – GPS trong hệ tọa độ phẳng.*

Từ khóa: *Trị đo mặt đất, Baseline, GPS, bình sai hỗn hợp.*

1. Tổng quan về lưới khống chế hỗn hợp các trị đo mặt đất - GPS

1.1 Khái niệm chung về lưới khống chế trắc địa

Hệ thống các điểm cơ sở trắc địa hay mạng lưới khống chế trắc địa là hệ thống các điểm được chọn và đánh dấu mốc vững chắc trên mặt đất, chúng được liên kết với nhau bởi các trị đo tạo thành mạng lưới. Tiến hành đo đạc các yếu tố cần thiết, xử lý số

liệu và tính ra tọa độ, độ cao của các điểm theo một hệ thống tọa độ thống nhất.

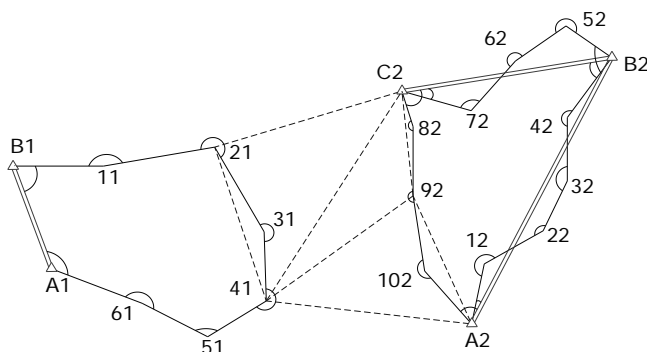
Mỗi quốc gia đều xây dựng mạng lưới trắc địa cơ bản thống nhất trong một hệ quy chiếu với một gốc tọa độ và độ cao. Lưới trắc địa Việt Nam sử dụng từ trước cho đến năm 2000 đã dùng Elipsoid Kraxovski và dùng phép chiếu tọa độ phẳng Gauss. Góc độ cao tính theo mực nước biển trung bình ở vùng biển Đồ Sơn, Hải Phòng. Từ tháng 8 năm 2000 nước ta sử dụng hệ quy chiếu và hệ tọa độ VN-2000, trong đó dùng Ellipsoid quốc tế WGS-84, điểm gốc tọa độ quốc gia có số hiệu N00 đặt trong khuôn viên của Viện Khoa học Đo đạc Bản đồ, đường Hoàng Quốc Việt, Hà Nội và lưới chiếu tọa độ phẳng UTM.

1.2 Lưới khống chế hỗn hợp các trị đo mặt đất – GPS

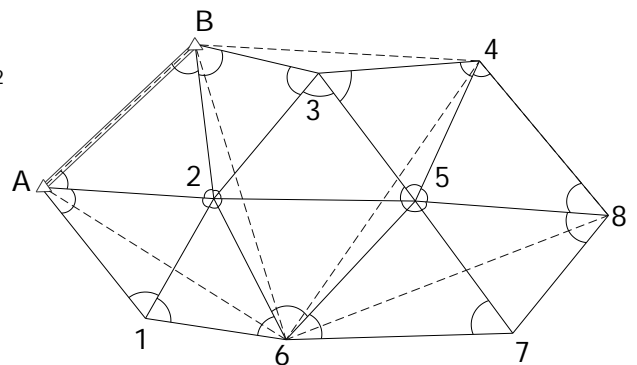
Lưới hỗn hợp các trị đo mặt đất – GPS là dạng lưới khống chế gồm các trị đo mặt đất (góc đo, cạnh đo và phương vị đo) và các trị đo GPS (các Baseline đo).

Dạng lưới hỗn hợp các trị đo mặt đất - GPS là dạng lưới có đồ hình khá linh hoạt, việc đo hỗn hợp các trị đo mặt đất và trị đo GPS làm tăng độ chính xác của lưới đồng thời tận dụng được ưu điểm của từng phương pháp đo và khắc phục nhược điểm của mỗi phương pháp.

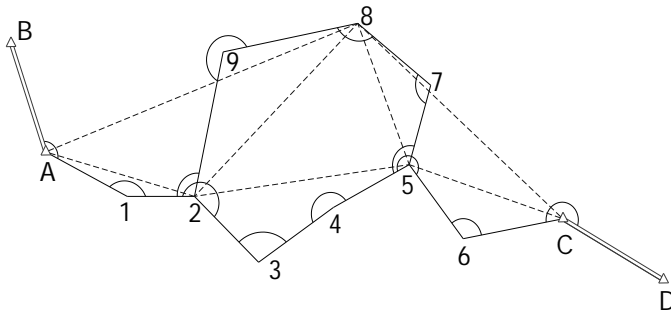
Dưới đây là một số dạng đồ hình lưới:



Hình 1. Trị đo GPS liên kết 2 mảng lưới mặt bằng



Hình 2. Lưới tam giác đo góc kết hợp trị đo GPS



Ghi chú:

————— hướng của các trị đo mặt đất

----- các trị đo GPS

Hình 3. Lưới đa giác kết hợp trị đo GPS

2. Thuật toán bình sai hỗn hợp lưới trắc địa mặt đất- GPS

2.1 Tính chuyển các baseline và ma trận hiệp phương sai về hệ tọa độ phẳng

Từ kết quả đo GPS tiến hành xử lý cạnh bằng các phần mềm xử lý số liệu GPS của hãng Trimble như TBC, TGO,... Trong kết quả giải cạnh luôn có sự phù hợp giữa $\Delta B = B_2 - B_1$, $\Delta L = L_2 - L_1$, $\Delta H = H_2 - H_1$ với ΔX ,

ΔY , ΔZ . Vì vậy để tính chuyển ΔX , ΔY của các baseline trong hệ tọa không gian địa tâm về Δx , Δy trong hệ tọa độ phẳng có thể được tính toán theo các bước sau:

Bước 1: Tính chuyển tọa độ điểm đầu và điểm cuối các baseline hệ tọa độ trắc địa (B, L) về hệ tọa độ vuông góc phẳng (x,y) theo các công thức sau [1]:

$$x = K_0 \left[X_0 + \frac{l^2}{2} N \cdot \sin B \cdot \cos B + \frac{l^4}{24} N \sin B \cdot \cos^3 B \cdot (4\psi^2 + \psi - t^2) + \frac{l^6}{720} N \cdot \sin B \cdot \cos^5 B \cdot \{8\psi^4 (11 - 24t^2) - 28\psi^3 (1 - 6t^2) + \psi^2 (1 - 32t^2) - \psi (2t^2) + t^4\} + \frac{l^8}{40320} N \cdot \sin B \cdot \cos^7 B \cdot (1385 - 3111t^2 + 543t^4 - t^6) \right] \tag{1}$$

$$y = K_0 \left[l \cdot N \cos B + \frac{l^3}{6} N \cdot \cos^3 B \cdot (\psi - t^2) + \frac{l^5}{120} N \cdot \cos^5 B \cdot \{4\psi^3 (1 - 6t^2) + \psi (1 + 8t^2) - 2\psi t^2 + t^4\} + \frac{l^7}{5040} N \cdot \cos^7 B \cdot (61 - 479t^2 + 179t^4 - t^6) \right] \tag{2}$$

trong đó:

X_0 - chiều dài cung kinh tuyến từ xích đạo đến độ vĩ B;

$l = L - L_0$, với L_0 - độ kinh của kinh tuyến trung ương.

$t = \text{tg}B$

$$\psi = \frac{N}{M} = \frac{1 - e^2 \sin^2 B}{1 - e^2} ; N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}}$$

K_0 - tỷ lệ biến dạng trên kinh tuyến trung ương. Với phép chiếu Gauss-Kriuger $K_0=1$; với phép chiếu UTM múi chiếu 6 độ $K_0=0.9996$; với phép chiếu UTM múi chiếu 3 độ $K_0=0.9999$.

Bước 2: Tính giá số tọa độ phẳng của các baseline:

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= x_c - x_d \\ \Delta y &= y_c - y_d \end{aligned} \right\} \tag{3}$$

Trong đó (x_d, y_d) , (x_c, y_c) là tọa độ vuông góc phẳng của điểm đầu và điểm cuối baseline được tính chuyển (B, L) theo các công thức (1), (2).

Đối với các giá số tọa độ phẳng Δx , Δy được tính chuyển từ các trị đo GPS là các baseline, trọng số được tính từ ma trận tương quan $Q_{\Delta r}$ tính chuyển từ ma trận hiệp phương sai của các trị đo ΔX , ΔY trong công nghệ GPS. Với $C = 1$ ta có:

$$P_{\Delta r} = Q^{-1}_{\Delta r} \tag{4}$$

Ma trận tương quan $Q_{\Delta r}$ được tính chuyển từ ma trận hiệp phương sai của các trị đo ΔX , ΔY , ΔZ trong công nghệ GPS theo công thức sau [2]:

$$Q_{\Delta r} = C \cdot K_{XYZ} \cdot C^T \tag{5}$$

trong đó:
$$K_{XYZ} = \begin{pmatrix} M_1 & & & \\ & M_1 & & \\ & & \dots & \\ & & & M_n \end{pmatrix}$$

M_i - ma trận hiệp phương sai nhận được trong kết quả giải cạnh GPS, là ma trận có kích thước 3x3 (không phải là ma trận đường chéo);

C - ma trận chuyển đổi vi phân tọa độ.

$$C = \begin{pmatrix} D_1 & & & \\ & D_2 & & \\ & & \dots & \\ & & & D_n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} K_1^T & & & \\ & K_2^T & & \\ & & \dots & \\ & & & K_n^T \end{pmatrix} \quad (6)$$

$$D_i = \begin{pmatrix} \frac{M}{M + H} & & & \\ & \frac{N}{N + H} & & \\ & & & 1 \end{pmatrix}; \quad K_i^T = \begin{pmatrix} -\sin \bar{B} \cos \bar{L} & -\sin \bar{B} \sin \bar{L} & \cos \bar{B} \\ -\sin \bar{L} & -\cos \bar{L} & 0 \\ \cos \bar{B} \cos \bar{L} & \cos \bar{B} \sin \bar{L} & \sin \bar{L} \end{pmatrix}$$

Trong đó: \bar{B} , \bar{L} , \bar{H} là độ vĩ trung bình, độ kinh trung bình, độ cao trắc địa trung bình của điểm đầu và điểm cuối baseline.

Ta thấy rằng ma trận $P_{\Delta r}$ có các giá trị ngoài đường chéo chính khác không. Điều này chứng tỏ các giá trị gia số tọa độ phẳng Δx , Δy tính chuyển từ các baseline là các trị đo phụ thuộc (trị đo tương quan).

Việc đưa các giá trị gia số tọa độ phẳng Δx , Δy vào bình sai với ma trận trọng số $P_{\Delta r}$ có thể lấy là ma trận đầy đủ các thành phần tương quan Δx , Δy ngoài đường chéo hoặc chỉ các thành phần trên đường chéo chính. Hiện nay các trị đo GPS được đo với độ chính xác cao nên ảnh hưởng của sự phụ thuộc các gia số tọa độ phẳng Δx , Δy tính từ trị đo GPS đến kết quả bình sai lưới mặt bằng là không đáng kể, có thể bỏ qua. Điều này có nghĩa là trọng số của các gia số tọa độ phẳng Δx , Δy tính từ các trị đo GPS khi đưa vào bình sai hỗn hợp chỉ cần lấy 2 thành phần đầu tiên trên đường chéo chính của ma trận $P_{\Delta r}$.

2.2 Bình sai hỗn hợp lưới trắc địa mặt đất – GPS trong hệ tọa độ phẳng sử dụng gia số tọa độ phẳng Δx , Δy được tính chuyển từ các baseline

Khi sử dụng gia số tọa độ phẳng Δx , Δy được tính chuyển từ các baseline kết hợp với trị đo mặt đất, việc bình sai hỗn hợp mạng lưới trắc địa mặt đất – GPS trong mô hình tọa độ phẳng được thực hiện như sau [2]:

Nếu ký hiệu $\Delta r^S = (\dots \Delta x_{ij}^S \quad \Delta y_{ij}^S \dots)^T$ - vector gia số tọa độ phẳng của các điểm GPS.

$$\Delta r^S + CU + V = \Delta r^{(0)} + A\delta r \quad (7)$$

δr - vector các số hiệu chỉnh tọa độ x, y các điểm trùng.

$\Delta r^{(0)}$ - vector của gia số tọa độ tính theo tọa độ gần đúng.

$$U = (\alpha \quad m)^T \quad (8)$$

Ma trận C được xác định từ các ma trận khối sau:

$$C = \begin{pmatrix} \Delta Y & \Delta X \\ -\Delta X & \Delta Y \end{pmatrix} \quad (9)$$

Ma trận A được xác định từ các khối:

$$A = (\dots -E \dots E \dots) \quad (10)$$

$E_{2 \times 2}$ - Ma trận đơn vị

$$V = A\delta r - CU + L^S \quad (11)$$

$$L^S = (\Delta r^{(0)} - \Delta r) \quad (12)$$

Với ma trận trọng số là $P_{\Delta r}$ có được từ các trị đo baseline.

Thành lập hệ phương trình số hiệu chỉnh với các trị đo mặt đất

$$V = \delta r + l; \text{ với ma trận trọng số là } P_l \quad (13)$$

Giải (11) và (13) với điều kiện:

$$V^T P_{\Delta r} V + V^T P_l V = \min \quad (14)$$

Chúng ta thành lập được hệ phương trình:

$$\begin{pmatrix} A^T P_{\Delta r} A + R_t & -A^T P_{\Delta r} C \\ C^T P_{\Delta r} C \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \delta r \\ \delta U \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} A^T P_{\Delta r} L \\ -C^T P_{\Delta r} L \end{pmatrix} = 0 \quad (15)$$

Trọng số của các trị đo GPS: $P_{\Delta r} = Q_{\Delta r}^{-1}$
 Trọng số của các trị đo mặt đất: $P_{\beta} = \frac{1}{m_{\beta}^2}$; $P_S = \frac{1}{m_S^2}$; $P_{\alpha} = \frac{1}{m_{\alpha}^2}$.

Trong trường hợp hệ tọa độ phẳng mặt đất và GPS song song và cùng tỷ lệ (ví dụ hệ VN 2000 với lưới chiếu UTM), chúng ta có hệ phương trình chuẩn như sau:

$$(A^T P_{\Delta r} A + R_t) \delta r + A^T P_{\Delta r} L = 0 \quad (16)$$

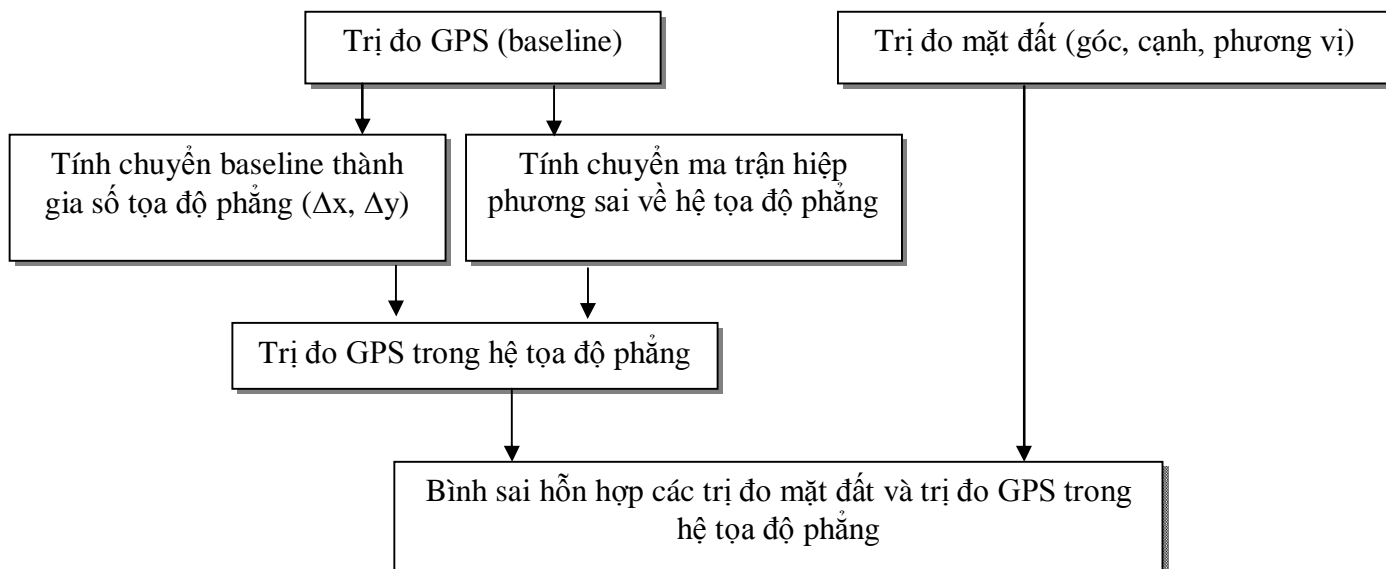
Như vậy để tính toán bình sai, ngoài phương trình số hiệu chỉnh các trị đo mặt đất (đối với các trị đo góc,

cạnh và phương vị) chúng ta cần có thêm phương trình số hiệu chỉnh các giá số tọa độ $\Delta x, \Delta y$ với ma trận trọng số $P_{\Delta r}$ được tính từ ma trận trọng số đảo của các trị đo GPS $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$.

3. Thành lập chương trình BSHH V1.0 bình sai hỗn hợp lưới trắc địa mặt đất – GPS trong hệ tọa độ phẳng bằng ngôn ngữ lập trình VISUAL BASIC 6.0

3.1 Cấu trúc chương trình bình sai hỗn hợp

Từ cơ sở lý thuyết đã trình bày ở trên, tác giả đưa ra sơ đồ khối cho bài toán bình sai hỗn hợp lưới trắc địa mặt đất – GPS trong hệ tọa độ phẳng như sau:



Hình 4. Sơ đồ khối của chương trình

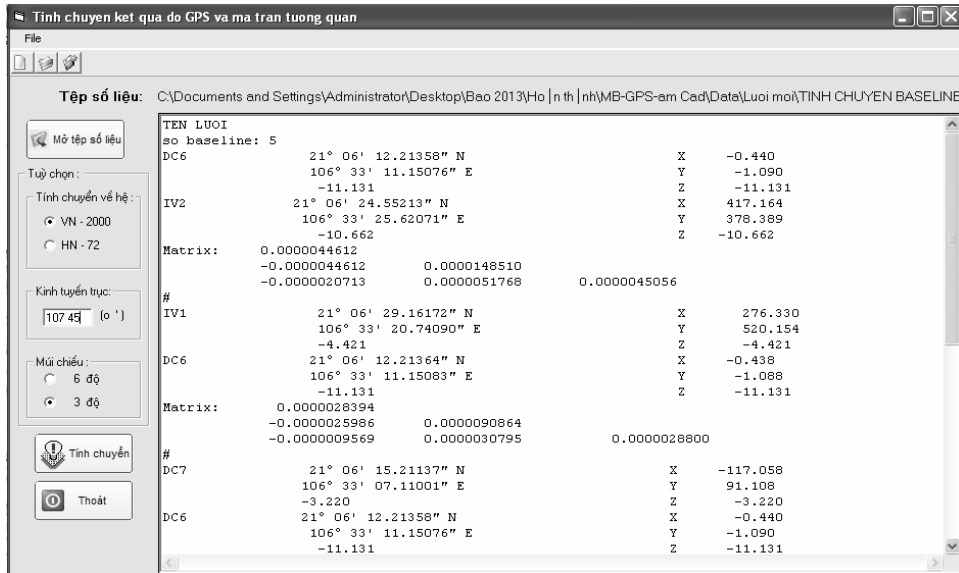
Chương trình bình sai gồm 2 modul:

Modul 1 - Tính chuyển các baseline và ma trận hiệp phương sai về hệ tọa độ phẳng.

Modul 2 - Bình sai hỗn hợp các trị đo mặt đất và trị đo GPS trong hệ tọa độ phẳng.

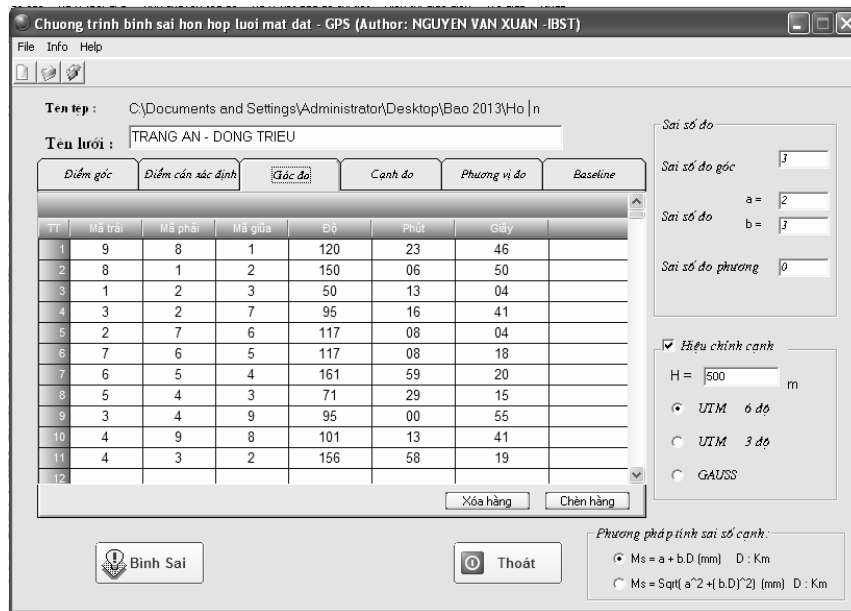
3.2 Thiết kế giao diện các Modul của chương trình

Giao diện modul 1 - Tính chuyển các baseline và ma trận hiệp phương sai về hệ tọa độ phẳng.



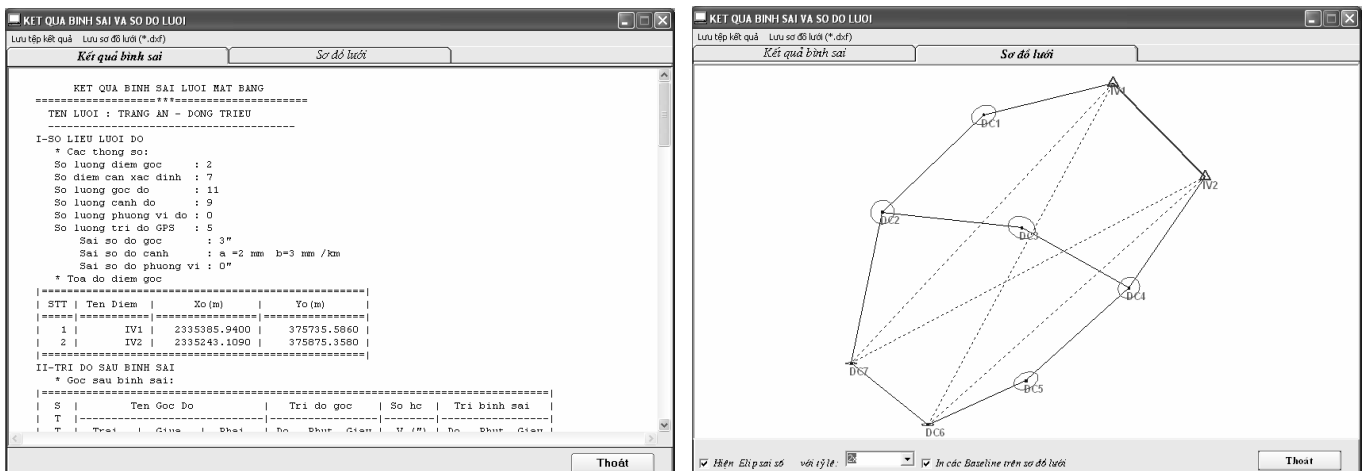
Hình 5. Giao diện modul 1

Giao diện modul 2 - Bình sai hỗn hợp các trị đo mặt đất và trị đo GPS trong hệ tọa độ phẳng.



Hình 6. Giao diện chính modul 2

Ngoài giao diện chính, modul 2 còn có cửa sổ hiển thị kết quả bình sai và sơ đồ lưới.



Hình 7. Cửa sổ hiển thị kết quả bình sai và sơ đồ lưới

4. Tính toán thực nghiệm

Phần tính toán thực nghiệm trình bày kết quả bình sai lưới khống chế mặt bằng dự án khu khai thác sét tại xã Trảng An, huyện Đông Triều, tỉnh Quảng Ninh. Lưới gồm 2 điểm gốc, 7 điểm cần xác định, đo 11 góc, 9 cạnh và 5 baseline được bình sai trong hệ tọa độ VN 2000, kinh tuyến trục $107^{\circ}45'$, múi chiếu 3 độ.

Kết quả tính chuyển các baseline và ma trận hiệp phương sai về hệ tọa độ phẳng

I. Các chỉ tiêu kỹ thuật:

- 1. Số Baseline tính chuyển : 5
- 2. Tính chuyển về hệ thực dụng : VN - 2000
 - + Phép chiếu : UMT 3*
 - + Kinh tuyến trung ương : 107 45

II. Bảng kết quả tính chuyển

S	Tên Baseline đo		Trong hệ tọa độ KG		Trong hệ tọa độ phẳng	
	DX(m)	dY(m)	dx(m)	dy(m)	dx(m)	dy(m)
T	Điểm đầu	Điểm cuối	Ma trận tương quan trong hệ tọa độ phẳng			

1	DC6	IV2	417.604	379.479	376.360	420.485
			2.3231738E-06	-2.7731275E-07	1.4210786E-06	
			-2.7731275E-07	7.7417036E-06	1.2399861E-05	
			1.4210786E-06	1.2399861E-05	2.8382483E-05	

2	IV1	DC6	-276.768	-521.242	-519.193	-280.707
			1.6366078E-06	-4.3431579E-07	9.0994055E-07	
			-4.3431579E-07	4.7659981E-06	7.1831914E-06	
			9.0994055E-07	7.1831914E-06	1.7115401E-05	

...						

Kết quả bình sai hỗn hợp các trị đo mặt đất và trị đo GPS mặt đất trong hệ tọa độ phẳng

TOA DO DIEM SAU BINH SAI VA SAI SO VI TRI DIEM

STT	TÊN ĐIỂM	Xbs(m)	Ybs(m)	mX (m)	mY (m)	mP (m)
1	DC1	2335337.1598	375539.7190	0.0024	0.0030	0.0039
2	DC2	2335189.5797	375386.2081	0.0030	0.0029	0.0042
3	DC3	2335166.0946	375597.3658	0.0028	0.0033	0.0044
4	DC4	2335074.5568	375759.9890	0.0026	0.0027	0.0037
5	DC5	2334933.3885	375603.8326	0.0024	0.0030	0.0039
6	DC6	2334866.7482	375454.8771	0.0011	0.0018	0.0021
7	DC7	2334959.8272	375338.9441	0.0009	0.0013	0.0016

KẾT QUẢ DANH GIÁ DO CHÍNH XÁC

- 1. Sai số trung phương trong số đơn vị $M_0 = 1.46$
- 2. Sai số vị trí điểm
 - + Lon nhất : (DC3) $mP = 0.0044$ m
 - + Nho nhất : (DC7) $mP = 0.0016$ m
- 3. Sai số tương đối cạnh
 - + Lon nhất : (DC5 - DC6) $M_s/S = 1:54084$
 - + Nho nhất : (DC6 - DC7) $M_s/S = 1:100211$
- 4. Sai số Phương vị
 - + Lon nhất : (DC5 - DC6) $M_{pv} = 2.55''$
 - + Nho nhất : (DC6 - DC7) $M_{pv} = 1.77''$
- 5. Sai số tương hỗ điểm
 - + Lon nhất : (DC2 - DC3) $M_{th} = 0.0041$ m
 - + Nho nhất : (DC6 - DC7) $M_{th} = 0.0020$ m

5. Kết luận

Việc xây dựng mạng lưới khống chế trắc địa với sự kết hợp của các trị đo mặt đất (góc, cạnh, phương vị) và trị đo GPS đã tận dụng được ưu điểm của từng phương pháp đo và khắc phục nhược điểm của mỗi phương pháp đồng thời có thể làm tăng độ chính xác của lưới.

Bình sai hỗn hợp lưới trắc địa mặt đất – GPS có thể được thực hiện trong những mô hình khác nhau. Một trong những thuật toán khá đơn giản, cho kết quả bình sai trong hệ tọa độ thực dụng đó là bình sai hỗn hợp lưới trắc địa mặt đất - GPS trong hệ tọa độ phẳng sử dụng các giá số tọa độ phẳng được tính chuyển từ các baseline của kết quả đo GPS.

Hiện nay việc lựa chọn trọng số các trị đo GPS và trị đo mặt đất khi đưa vào bình sai hỗn hợp lưới trắc địa mặt đất – GPS vẫn còn là vấn đề chưa được thống nhất. Trong khuôn khổ của bài báo này, tác giả đã lựa chọn trọng số $P_{\Delta r}$ của các trị đo GPS được tính từ ma trận trọng số đảo của các trị đo GPS $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$. Trong thời gian tới tác giả sẽ tiếp tục tìm hiểu nghiên cứu để đưa ra phương pháp lựa chọn trọng số các trị đo GPS và trị đo mặt đất phù hợp hơn.

Bình sai hỗn hợp lưới trắc địa mặt đất – GPS là bài toán có khối lượng tính toán rất lớn, vì vậy cần thiết phải xây dựng được chương trình tự động hóa

bình sai dạng hỗn hợp trên máy tính. Chương trình BSHH V1.0 được xây dựng bằng ngôn ngữ lập trình Visual basic đáp ứng được nhu cầu này.

Tuy nhiên, bình sai hỗn hợp lưới trắc địa mặt đất - GPS trong hệ tọa độ phẳng có nhược điểm là thuật toán bình sai 2D, không bình sai được độ cao của các trị đo GPS.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. ĐỖ NGỌC ĐƯỜNG, ĐẶNG NAM CHINH, Công nghệ GPS. *Đại học Mở - Địa Chất*, 2007.
2. HOÀNG NGỌC HÀ, Bình sai tính toán lưới trắc địa và GPS. *NXB Khoa học kỹ thuật*, 2006.
3. HOÀNG NGỌC HÀ, TRƯƠNG QUANG HIẾU, Cơ sở toán học xử lý số liệu trắc địa. *NXB Giao thông vận tải*, 2003.
4. NGUYỄN TRỌNG SAN, ĐÀO QUANG HIẾU, ĐINH CÔNG HOÀ, Trắc địa cơ sở tập 1, tập 2. *NXB Xây dựng*, 2002.
5. PHẠM HOÀNG LÂN, ĐẶNG NAM CHINH, Giáo trình Trắc địa cao cấp - Bình sai lưới. *DH Mở - Địa Chất*, 1999.
6. NGUYỄN THỊ NGỌC MAI, Microsoft Visual Basic Lập trình cơ sở dữ liệu, *NXB Lao động - Xã hội*, 2005.

Ngày nhận bài sửa: 10/9/2014.

