

BÌNH SAI LƯỚI GPS TRONG HỆ TOẠ ĐỘ VUÔNG GÓC KHÔNG GIAN ĐỊA DIỆN CHÂN TRỜI

PGS. TS. **ĐẶNG NAM CHINH**

Trường Đại học Mỏ - Địa chất

ThS. **TRẦN ĐÌNH TRỌNG**

Trường Đại học Xây dựng

Tóm tắt: Các trị đo véc tơ cạnh GPS $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ được thực hiện trong hệ toạ độ vuông góc không gian địa tâm WGS-84. Trong trắc địa công trình, các mạng lưới GPS thường được xây dựng trên diện tích nhỏ. Vì thế có thể sử dụng hệ toạ độ vuông góc không gian địa diện chân trời địa phương để bình sai mạng lưới GPS. Trong trường hợp này tỷ lệ lưới sẽ gần như không thay đổi trên mặt phẳng toạ độ x, y và chúng ta cũng có thể thực hiện bình sai kết hợp các trị đo GPS với các trị đo truyền thống bằng toàn đạc điện tử.

1. Mở đầu

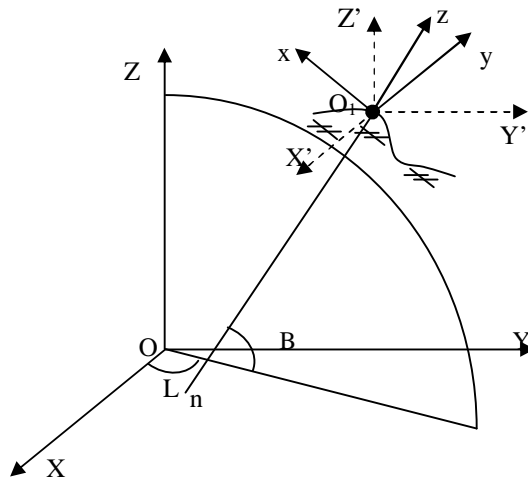
Lưới không chế trắc địa đóng vai trò quan trọng trong quá trình khảo sát, thi công công trình. Ngày nay, với những ưu điểm vượt trội, công nghệ GPS đã được ứng dụng rộng rãi để thành lập các mạng lưới không chế trắc địa. Do việc tính toán bình sai lưới GPS thực hiện trong hệ toạ độ địa tâm, sau đó tính đổi về toạ độ trắc địa B, L và về toạ độ vuông góc phẳng nên khoảng cách giữa các điểm trong lưới bị biến dạng đáng kể do phép chiếu UTM (hoặc Gauss-Kruger). Trong trường hợp sử dụng kinh tuyến trung ương trong phép chiếu phẳng không phù hợp và độ cao của mạng lưới khá lớn thì biến dạng trên làm thay đổi đáng kể kích thước của mạng lưới so với các trị đo chiều dài trực tiếp ở thực địa. Đây là vấn đề cần lưu ý trong công tác trắc địa công trình.

Để giải quyết vấn đề trên, một trong những phương án mà chúng tôi muốn đề cập đến, đó là bình sai lưới GPS với trị tham gia bình sai là các giá số toạ độ trong hệ toạ độ vuông góc không gian địa diện chân trời địa phương (*Local topocentric coordinate system*), mà chúng ta vẫn quen gọi là hệ toạ độ địa diện chân trời. Liên quan đến vấn đề này cũng đã có một số công trình nghiên cứu trong và ngoài nước [3],[5]. Ở đây chúng tôi muốn nêu vấn đề này với mục đích xây dựng quy trình tính toán.

2. Cơ sở lý thuyết

2.1. Hệ toạ độ địa diện chân trời

Hệ toạ độ địa diện chân trời được thành lập như sau: tịnh tiến gốc toạ độ địa tâm O lên trùng với điểm O_1 trên mặt đất (gọi là điểm quy chiếu mạng lưới), lấy O_1 làm điểm gốc để thành lập hệ toạ độ $O_1X'Y'Z'$ có các trục toạ độ tương ứng song song với hệ toạ độ địa tâm (OX Y Z), ta được hệ toạ độ địa diện xích đạo (hình 1). Từ hệ $O_1X'Y'Z'$ thành lập hệ toạ độ địa diện chân trời O_1xyz theo quy tắc bàn tay trái: lấy điểm O_1 làm điểm gốc, lấy pháp tuyến đi qua điểm O_1 làm trục z (hướng thiên đỉnh làm hướng dương), lấy hướng kinh tuyến làm trục x (hướng bắc là hướng dương), trục y vuông góc với trục x và z (hướng đông là hướng dương). Trong một số tài liệu thay vì ký hiệu x, y, z người ta ký hiệu là N, E, U, [1],[3].



Hình 1. Hệ tọa độ địa diện chân trời

Như vậy hệ tọa độ địa diện chân trời chính là hệ tọa độ vuông góc không gian địa tâm tịnh tiến và xoay, do đó các trị đo GPS tính chuyển về hệ tọa độ địa diện chân trời không bị biến dạng và phương của trục z là phương pháp tuyến tại điểm quy chiếu, khá gần với phương dây dọi.

Công thức tổng quát tính chuyển tọa độ từ hệ tọa độ vuông góc không gian địa tâm sang hệ tọa độ địa diện chân trời như sau [1], [5]:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = R^T \cdot \begin{bmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Trong đó: $(x \ y \ z)^T$: tọa độ trong hệ địa diện chân trời;

$(X \ Y \ Z)^T$: tọa độ trong hệ vuông góc không gian địa tâm;

$(X_0 \ Y_0 \ Z_0)^T$: tọa độ vuông góc không gian địa tâm của điểm quy chiếu;

B_0, L_0 : tọa độ trắc địa của điểm quy chiếu;

R : là ma trận xoay.

$$R^T = \begin{bmatrix} -\sin B_0 \cos L_0 & -\sin B_0 \sin L_0 & \cos B_0 \\ -\sin L_0 & \cos L_0 & 0 \\ \cos B_0 \cos L_0 & \cos B_0 \sin L_0 & \sin B_0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Điểm quy chiếu sẽ là gốc của lưới trong hệ tọa độ địa diện chân trời. Điểm này được chọn trùng với một điểm cụ thể của lưới hoặc có thể là điểm có tọa độ bằng tọa độ trọng tâm và có độ cao bằng độ cao trung bình của tất cả các điểm trong lưới. Nên chọn điểm gốc là một điểm nào đó trong lưới vì khi đó điểm gốc sẽ là điểm có dấu mốc cụ thể, dễ nhận biết ở thực địa và dễ dàng hơn khi tính chuyển từ hệ tọa độ địa diện chân trời sang hệ tọa độ khác.

Từ (1), thành lập được công thức tính chuyển các trị đo $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ từ hệ địa tâm về hệ địa diện theo công thức:

$$\begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{bmatrix} = R^T \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} \quad (3)$$

Ma trận hiệp phương sai M' của các thành phần tọa độ trong hệ địa diện chân trời được tính:

$$M' = R^T \cdot M \cdot R \quad (4)$$

Với M là ma trận hiệp phương sai trong hệ tọa độ vuông góc không gian địa tâm:

$$M = \begin{bmatrix} V(X_i X_j) & COV(X_i Y_j) & COV(X_i Z_j) \\ COV(Y_i X_j) & V(Y_i Y_j) & COV(Y_i Z_j) \\ COV(Z_i X_j) & COV(Z_i Y_j) & V(Z_i Z_j) \end{bmatrix} \quad (5)$$

Việc tính chuyển trị đo $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ và ma trận hiệp phương sai được thực hiện theo các công thức (3) và (4). Sau khi tính chuyển, cần tính toán kiểm tra lại các sai số khép trong các hình khép kín.

2.2. Bình sai lưới GPS trong hệ địa diện chân trời

Trong hệ tọa độ địa diện chân trời, lưới GPS được bình sai với thuật toán bình sai gián tiếp như sau:

Với mỗi trị đo $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ lập được phương trình sai số:

$$\begin{aligned} v_{\Delta x_{ij}} &= -dx_i + dy_j + (x_j^0 - x_i^0 - \Delta x_{ij}) \\ v_{\Delta y_{ij}} &= -dy_i + dy_j + (y_j^0 - y_i^0 - \Delta y_{ij}) \\ v_{\Delta z_{ij}} &= -dz_i + dz_j + (z_j^0 - z_i^0 - \Delta z_{ij}) \end{aligned} \quad (6)$$

Với: $v_{\Delta X}, v_{\Delta Y}, v_{\Delta Z}$ - số hiệu chỉnh cho giá số tọa độ đo;

dx, dy, dz - số hiệu chỉnh tọa độ điểm cần xác định;

x^0, y^0, z^0 - tọa độ gần đúng.

Như vậy với n baseline, sẽ có $3n$ phương trình dạng (6), với $3m$ ẩn số (m : số điểm cần xác định tọa độ).

Việc bình sai lưới GPS được thực hiện với yếu tố gốc là tọa độ điểm gốc của hệ tọa độ địa diện chân trời, đây cũng là lý do mà chúng ta nên chọn điểm gốc của hệ tọa độ địa diện chân trời là một điểm cụ thể trong lưới. Và về nguyên tắc, điểm gốc này có tọa độ phẳng x,y được xác định theo tọa độ Nhà nước. Mặc dù vậy, về bản chất, chúng ta vẫn thực hiện bình sai lưới trong hệ vuông góc không gian địa diện chân trời địa phương.

Hệ (6) viết dưới dạng ma trận: $V = AX + L$ (7)

Thành lập hệ phương trình chuẩn: $NX + b = 0$ (8)

Với: $N = A^T P A$ (9)

$b = A^T P L$ (10)

Trong đó, ma trận trọng số P :

$$P = \begin{bmatrix} P_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & P_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & P_n \end{bmatrix} \quad (11)$$

Với P là ma trận khối tựa đường chéo, P_i là ma trận nghịch đảo của ma trận hiệp phương sai $M^i (3 \times 3)$:

$$P_i = M^i{}^{-1} \quad (12)$$

Giải hệ phương trình chuẩn (8) ta được:

$$X = -N^{-1}b \quad (13)$$

Đánh giá độ chính xác:

Sai số trung phương trọng số đơn vị:

$$\mu = \sqrt{\frac{V^T P V}{3n - 3m}} \quad (14)$$

Sai số vị trí điểm i : $m_{P_i} = \mu \sqrt{Q_{XX}^i + Q_{YY}^i + Q_{ZZ}^i}$ (15)

($Q_{XX}^i, Q_{YY}^i, Q_{ZZ}^i$: các phần tử trên đường chéo của ma trận $Q = N^{-1}$ tương ứng với điểm i)

Sai số trung phương của hàm trọng số: $m_F = \mu \sqrt{Q_{FF}}$, $Q_{FF} = F^T Q F$ (16)

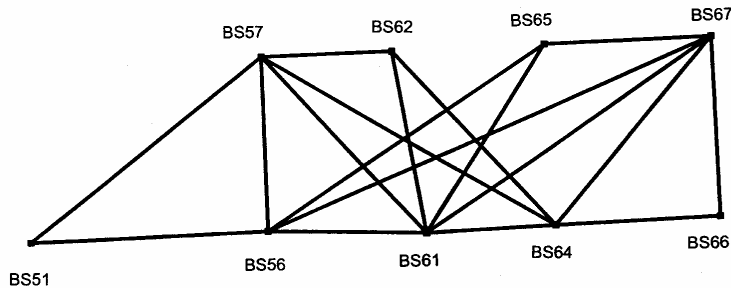
Chúng ta đã biết, các số hiệu chỉnh nhận được từ kết quả bình sai lưới GPS với số liệu gốc là tọa độ x,y,z của một điểm gốc và kết quả bình sai tự do lưới GPS (không có điểm gốc nào) trong hệ tọa độ địa diện chân trời cho kết quả hoàn toàn giống nhau.

Nếu như có thêm các trị đo chiều dài cạnh bằng toàn đạc điện tử, chúng ta hoàn toàn có thể lập thêm các phương trình số hiệu chỉnh chiều dài, liên quan đến tọa độ các điểm. Nếu là chiều dài nằm ngang, phương trình số hiệu chỉnh chỉ liên quan đến x,y. Trong trường hợp đo chiều dài nghiêng, thì phương trình số hiệu chỉnh sẽ liên quan đến cả x,y và z.

Các trị đo góc ngang có thể đưa vào bình sai cùng lưới GPS. Trong phạm vi hẹp, phương trình số hiệu chỉnh góc ngang chỉ liên quan đến toạ độ x,y. Các trị đo góc đứng cũng có thể tham gia bình sai cùng lưới GPS trong hệ địa diện chân trời. Trong trường hợp này phương trình số hiệu chỉnh góc đứng sẽ liên quan đến x,y,z.

3. Số liệu tính toán thực nghiệm

Từ những lý thuyết nêu trên, chúng tôi tiến hành tính chuyển trị đo sang hệ toạ độ địa diện chân trời và bình sai lưới GPS Nhà máy xi-măng Bút Sơn. Mạng lưới được đo năm 2008 bằng 4 máy thu GPS 1 tần số Trimble R-3. Lưới có 9 điểm đo và 19 cạnh đo (baselines). Sơ đồ mạng lưới thể hiện trên hình 2.



Hình 2. Sơ đồ lưới GPS nhà máy xi măng Bút Sơn

Công việc tính toán bình sai được thực hiện theo các bước sau:

a. Tính chuyển trị đo GPS $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ sang hệ địa diện chân trời

Từ tệp kết quả giải cạnh GPS, lấy các số liệu đo $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ cùng ma trận hiệp phương sai M của chúng, và toạ độ trắc địa B_0, L_0 của điểm được chọn làm gốc trong hệ địa diện.

Trong trường hợp này, điểm BS62 được chọn làm gốc, có các số liệu như sau:

Toạ độ trắc địa: $B_0 = 20^{\circ} 31' 50'' 36214$, $L_0 = 105^{\circ} 52' 0'' 75151$, $H_0 = 9.738\text{m}$.

Tính đổi toạ độ trắc địa B_0, L_0, H_0 sang toạ độ vuông góc không gian địa tâm:

$X_0 = -1633719.823\text{m}$, $Y_0 = 5747828.023\text{m}$, $Z_0 = 2222811.129\text{m}$.

Để có toạ độ điểm gốc trong hệ địa diện, tính đổi toạ độ B_0, L_0 của điểm BS62 sang toạ độ vuông góc phẳng, theo phép chiếu UTM, ellipsoid WGS-84, kinh tuyến trung ương $L_0=105^{\circ}45'$, múi chiếu 3 độ:

$x' = 2270888.925\text{m}$; $y' = 512184.998\text{m}$

Toạ độ phẳng x', y' và độ cao H của điểm BS62 sẽ được lấy làm giá trị khởi tính x,y,z để bình sai mạng lưới trong hệ địa diện chân trời. Như vậy toạ độ khởi tính của điểm BS62 như sau:

$(x,y,z)^T = (x', y', H_0)^T = (2270888.925, 512184.998, 9.738)^T$.

Tính ma trận xoay theo (2) và tính chuyển trị đo và ma trận hiệp phương sai sang hệ địa diện chân trời theo (3) và (4).

Với toạ độ B_0, L_0 của điểm quy chiếu, ma trận xoay R là:

$$R^T = \begin{bmatrix} -\sin B_0 \cos L_0 & -\sin B_0 \sin L_0 & \cos B_0 \\ -\sin L_0 & \cos L_0 & 0 \\ \cos B_0 \cos L_0 & \cos B_0 \sin L_0 & \sin B_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.095881 & -0.337304 & 0.936500 \\ -0.961893 & -0.273426 & 0 \\ -0.256063 & 0.900813 & 0.350667 \end{bmatrix}$$

Kết quả tính chuyển trị đo từ hệ toạ độ địa tâm sang hệ toạ độ địa diện chân trời thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Trị đo trong hệ toạ độ địa tâm và chuyển về hệ toạ độ địa diện chân trời

No/Đầu-Cuối	Trị đo trong hệ toạ độ địa tâm			Trị đo trong hệ toạ độ địa diện chân trời		
	ΔX	ΔY	ΔZ	Δx	Δy	Δz
1 BS51 BS57	151.667	-20.951	166.356	177.400	-140.160	0.637
2 BS56 BS51	-22.880	60.436	-168.331	-180.221	5.485	1.264
3 BS56 BS57	128.785	39.477	-1.981	-2.824	-134.671	1.892
4 BS56 BS61	8.687	-41.833	112.434	120.238	3.081	-0.476

5 BS57 BS62	12.223	-32.717	92.969	99.273	-2.812	0.004
6 BS61 BS57	120.093	81.318	-114.419	-123.069	-137.750	2.376
7 BS61 BS62	132.315	48.603	-21.449	-23.796	-140.562	2.382
8 BS64 BS51	-44.869	133.440	-371.630	-397.344	6.677	1.358
9 BS64 BS57	106.787	112.522	-205.259	-219.942	-133.482	2.033
10 BS64 BS61	-13.306	31.204	-90.840	-96.873	4.268	-0.343
11 BS64 BS62	119.009	79.808	-112.289	-120.669	-136.294	2.040
12 BS64 BS66	16.805	-40.977	117.188	125.180	-4.961	-0.116
13 BS64 BS67	149.473	0.461	113.560	120.524	-143.904	1.971
14 BS65 BS56	-155.327	30.770	-198.188	-210.874	140.996	-2.019
15 BS65 BS61	-146.639	-11.057	-85.750	-90.634	144.075	-2.488
16 BS66 BS67	132.671	41.444	-3.624	-4.654	-138.947	2.093
17 BS67 BS56	-171.465	72.578	-316.838	-337.639	145.089	-1.838
18 BS67 BS61	-162.778	30.743	-204.404	-217.400	148.171	-2.315
19 BS67 BS65	-16.137	41.799	-118.655	-126.767	4.094	0.171

Từ tọa độ điểm gốc BS62 và giá số tọa độ trong hệ địa diện chân trời, tính được tọa độ gần đúng các điểm còn lại của lưới. Tọa độ gần đúng các điểm thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2. Tọa độ gần đúng của các điểm cần xác định

No	Tên điểm	$x^0 (m)$	$y^0 (m)$	$z^0 (m)$
1	BS51	2270612.252	512327.970	9.097
2	BS56	2270792.483	512322.479	7.832
3	BS57	2270789.652	512187.810	9.734
4	BS61	2270912.721	512325.560	7.356
5	BS64	2271009.594	512321.292	7.698
6	BS65	2271003.355	512181.485	9.844
7	BS66	2271134.774	512316.331	7.582
8	BS67	2271130.120	512177.384	9.675

b. Bình sai lưới GPS trong hệ tọa độ địa diện chân trời

Sau khi tính tọa độ gần đúng cho các điểm theo điểm gốc (BS62), lập các phương trình số hiệu chỉnh theo (7), lập hệ phương trình chuẩn theo (8) và giải hệ phương trình chuẩn.

Sau khi bình sai lần thứ nhất, nhận được kết quả bình sai với sai số trung phương trọng số đơn vị $\mu = 2.56$. Tiếp tục bình sai lần thứ hai, sau khi đã chia các phần tử ma trận trọng số cho $\mu^2=6.5536$, kết quả bình sai có sai số trung phương trọng số đơn vị $\mu = 1.00$. Kết quả bình sai cuối cùng trình bày trong bảng 3 và 4.

Bảng 3. Giá trị sau bình sai và kết quả đánh giá độ chính xác

No	Đầu – Cuối	Trị đo trước bình sai (m)			Số hiệu chỉnh (m)			Trị đo sau bình sai (m)			Sai số tương đối cạnh	$m_a (")$
		Δx	Δy	Δz	$V\Delta x$	$V\Delta y$	$V\Delta z$	$\Delta'x$	$\Delta'y$	$\Delta'z$		
1	BS51 - BS57	177.400	-140.160	0.637	0.002	0.001	0.004	177.398	-140.159	0.641	1: 97803	2.1
2	BS56 - BS51	-180.221	5.485	1.264	0.005	0.004	0.007	-180.226	5.489	1.257	1: 72456	2.8
3	BS56 - BS57	-2.824	-134.671	1.892	0.004	0.001	0.006	-2.828	-134.670	1.898	1: 73248	2.8
4	BS56 - BS61	120.238	3.081	-0.476	0.002	0.001	0.000	120.240	3.080	-0.476	1: 70537	2.9
5	BS57 - BS62	99.273	-2.812	0.004	0.000	0.000	0.003	99.273	-2.811	0.007	1: 80385	2.2
6	BS61 - BS57	-123.070	-137.750	2.376	0.002	0.000	0.002	-123.068	-137.750	2.374	1:127742	1.6
7	BS61 - BS62	-23.796	-140.562	2.382	0.000	0.000	0.000	-23.796	-140.562	2.382	1:173599	1.4
8	BS64 - BS51	-397.344	6.677	1.358	0.004	0.001	0.032	-397.340	6.676	1.390	1:173458	1.1
9	BS64 - BS57	-219.942	-133.482	2.033	0.000	0.000	0.002	-219.942	-133.483	2.031	1:167442	1.1
10	BS64 BS61	-96.873	4.268	-0.343	0.001	0.001	0.000	-96.874	4.268	-0.343	1: 69202	2.5

11	BS64 - BS62	-120.669	-136.294	2.040	0.000	0.000	0.002	-120.669	-136.294	2.038	1:196379	1.1
12	BS64 - BS66	125.180	-4.961	-0.116	0.000	0.001	0.001	125.180	-4.960	-0.117	1: 73468	2.8
13	BS64 - BS67	120.524	-143.904	1.971	0.002	0.000	0.002	120.526	-143.904	1.973	1:127007	1.6
14	BS65 - BS56	-210.874	140.996	-2.019	0.000	0.000	0.006	-210.874	140.996	-2.013	1:124142	1.8
15	BS65 - BS61	-90.634	144.075	-2.488	0.001	0.001	0.001	-90.633	144.076	-2.489	1: 93844	2.1
16	BS66 - BS67	-4.654	-138.947	2.093	0.000	0.003	0.004	-4.654	-138.944	2.089	1: 74087	2.7
17	BS67 - BS56	-337.639	145.089	-1.838	0.001	0.002	0.002	-337.640	145.091	-1.840	1:201627	1.1
18	BS67 - BS61	-217.400	148.171	-2.315	0.001	0.000	0.001	-217.399	148.171	-2.316	1:178376	1.1
19	BS67 - BS65	-126.767	4.094	0.171	0.001	0.001	0.002	-126.766	4.095	0.173	1: 71998	3.3

Sai số trung phương tương đối cạnh yếu nhất: BS64-BS61 1: 69202.

Sai số trung phương phương vị cạnh yếu nhất: BS67-BS65 3”3.

Bảng 4. Toạ độ sau bình sai và sai số vị trí điểm

No	Điểm	Toạ độ sau bình sai (m)			m _x (m)	m _y (m)	m _z (m)	m _p (m)
		x'	y'	z'				
1	BS51	2270612.255	512327.968	9.090	0.002	0.002	0.005	0.006
2	BS56	2270792.480	512322.479	7.833	0.001	0.001	0.004	0.004
3	BS57	2270789.652	512187.809	9.731	0.001	0.001	0.003	0.004
4	BS61	2270912.721	512325.560	7.356	0.001	0.001	0.003	0.003
5	BS64	2271009.594	512321.292	7.700	0.001	0.001	0.003	0.003
6	BS65	2271003.354	512181.484	9.846	0.001	0.002	0.004	0.005
7	BS66	2271134.774	512316.332	7.583	0.001	0.001	0.004	0.005
8	BS67	2271130.120	512177.388	9.673	0.001	0.001	0.003	0.004
9	BS62	2270888.725	512184.998	9.738	0	0	0	0

Điểm yếu nhất trong lưới là điểm BS51, có sai số trung phương vị trí điểm $m_p = \pm 0.006m$.

4. Kết luận

- Khoảng cách giữa các cặp điểm khi bình sai lưới GPS trong hệ địa diện chân trời không bị biến dạng do phép chiếu và độ cao mạng lưới so với mặt ellipxoid. Điểm quy chiếu nên chọn là điểm gần trung tâm của mạng lưới, sẽ là điểm gốc khi bình sai lưới;

- Khi bình sai lưới GPS trong hệ địa diện chân trời, việc kết hợp trị đo mặt đất và trị đo GPS sẽ đơn giản hơn vì chúng ta đã tách X,Y,Z trong hệ địa tâm thành x,y nằm trong mặt phẳng chân trời (yếu tố mặt bằng) và z là thành phần liên quan đến độ cao;

- Do thành phần z trong hệ địa diện chân trời có phương là phương pháp tuyến tại điểm quy chiếu (điểm gốc), do đó có thể tính chuyển từ z thành độ cao trắc địa H theo công thức khá đơn giản, liên quan trực tiếp đến bán kính cong ellipxoid trên hướng từ điểm gốc đến điểm xét;

- Quy trình tính toán bình sai trong hệ toạ độ địa diện chân trời gồm hai bước: tính chuyển và bình sai. Việc bình sai được thực hiện bằng các chương trình bình sai do chúng ta lập trình, không phụ thuộc vào các phần mềm bản quyền nước ngoài;

- Bình sai lưới GPS cạnh ngắn có quy mô không lớn trong hệ toạ độ địa diện chân trời vừa đảm bảo được tính chặt chẽ vừa không làm biến dạng kích thước của mạng lưới. Phương pháp này nên áp dụng để bình sai các mạng lưới trắc địa công trình phục vụ xây dựng các công trình dân dụng và công nghiệp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. ĐẶNG NAM CHINH, ĐỖ NGỌC ĐƯỜNG. Công nghệ GPS. Bài giảng. Trường Đại học Mở - Địa chất, 2007.

2. HOÀNG NGỌC HÀ. Tính toán trắc địa và cơ sở dữ liệu. *Bài giảng cho các khoá cao học. Trường Đại học Mở - Địa chất, 2000.*
3. TRẦN VIỆT TUẤN. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GPS trong trắc địa công trình ở Việt Nam. *Luận án tiến sỹ kỹ thuật. Trường Đại học Mở - Địa chất, 2007.*
4. LEVENT TAŞCI. DAM deformation measurements with GPS. *Fýrat University, 23119 lazýđ, Turkey, 2008.*
5. SLAWOMIR CELLMER, ZOFIA RZEPECKA. Common adjustment of GPS baselines with classical measurments. *The 7th International Conference –May 22-23-2008.*