

# BÌNH SAI LƯỚI GÓC - CẠNH CÓ TÍNH ĐẾN SAI SỐ HỆ THỐNG TRONG ĐO KHOẢNG CÁCH

ThS. NGUYỄN HẢI ĐÔNG  
KS. LÊ NGỌC XUYỀN

Trung tâm Viễn thám Quốc gia

## Tóm tắt:

Bài báo giới thiệu phương pháp tính toán bình sai lưới trắc địa đo góc - cạnh có tính đến sai số hệ thống trong đo khoảng cách. Đồng thời đề xuất sử dụng phương pháp này trong điều kiện thiết bị toàn đạc điện tử đa chủng loại như ở Việt Nam hiện nay. Việc ứng dụng phương pháp bình sai lưới trắc địa đo góc - cạnh có tính đến sai số hệ thống trong đo khoảng cách có nhiều triển vọng, là hướng đi tốt để nâng cao độ chính xác của các điểm lưới trắc địa hiện nay.

## I. Đặt vấn đề

Hiện tại việc tính toán bình sai các số liệu đo để tính toán ra tọa độ các điểm của lưới dựa trên số liệu đo góc, cạnh của các góc, cạnh trong lưới nhưng chưa tính đến sai số hệ thống trong công tác đo cạnh khi máy đo chưa được kiểm nghiệm để xác định hằng số cộng, hằng số nhân tức là chưa xác định được tỷ lệ thu phóng của chiều dài các cạnh đo. Đây cũng là một yếu tố quan trọng cần phải kể đến khi tiến hành xử lý và tính toán các số liệu trắc địa hiện nay nhất là đối với những máy toàn đạc điện tử lâu ngày không được kiểm định và bảo dưỡng định kỳ. Thông thường, hầu hết các phần mềm tính toán bình sai hiện nay chưa tính đến nguồn sai số hệ thống trong công tác đo khoảng cách.

Do vậy, việc sử dụng các số liệu đo khoảng cách trong lưới để đưa vào tính toán bình sai thì sai số hệ thống trong đo khoảng cách có ảnh hưởng đến kết quả tính toán tọa độ của các điểm trong lưới tầng dày.

## II. Khả năng ứng dụng của phương pháp

Nghiên cứu, xây dựng qui trình và chương trình bình sai có kể đến sai số hệ thống trong đo khoảng cách là một nhiệm vụ quan trọng, nó có ý nghĩa thực tiễn với công tác đo đạc ngoài thực địa hiện nay bởi vì trong khi sản xuất rất ít tác nghiệp bớt thời gian ngoài thực địa để tiến hành kiểm nghiệm và xác định các sai số hệ thống của máy, vả lại việc xác định các sai số hệ thống này cũng đòi hỏi phải có bãi kiểm nghiệm và nhiều điều kiện khác nữa. Do vậy phương pháp tính toán bình sai lưới trắc địa đo góc - cạnh có tính đến sai số hệ thống trong đo khoảng cách có ý nghĩa khoa học nhất định và cũng có ý nghĩa rất sát với thực tiễn sản xuất.

Trong tình hình sản xuất hiện nay thì ngày càng xuất hiện nhiều lưới tầng dày có đo cả góc và các cạnh trong lưới điều này có nghĩa là lưới góc - cạnh xuất hiện ngày càng nhiều và trở nên phổ biến. Vì vậy việc xây dựng một qui trình và một chương trình tính toán bình sai có kể đến sai số hệ thống trong đo khoảng cách là một việc cấp thiết và quan trọng để đáp ứng cho việc đồng bộ nâng cao độ chính xác của các điểm cả ở phương diện đo đạc và phương diện tính toán xử lý số liệu sau khi đo.

### III. Phương pháp bình sai lưới góc - cạnh có kể đến sai số hệ thống trong đo khoảng cách

Ta biết mỗi lưới đều có số liệu gốc tối thiểu, ngoài các số liệu gốc tối thiểu ra ta có thể đưa thêm tỷ lệ thu phóng chiều dài - chính là sai số hệ thống trong đo khoảng cách - với các phần khác 1 của nó là  $dm$ , lúc này tỷ lệ thu phóng của nó sẽ là  $m+dm$ , gọi là tỷ lệ thu phóng vì từ sai số hệ thống này sẽ làm cho chiều dài cạnh của lưới khi nhân với nó có thể dài ra hoặc ngắn đi.

Khi bình sai có kể đến sai số hệ thống trong đo khoảng cách, căn cứ vào tình hình thực tế khi xây dựng lưới có thể có các cách xử lý khác nhau. Ví dụ: Trong lưới phụ thuộc đo góc cạnh nếu toàn lưới sử dụng chung một máy đo khoảng cách thì toàn lưới có thể sử dụng chung một tỷ lệ thu phóng  $m$ , khi trong lưới sử dụng từ 02 máy đo khoảng cách trở lên, mỗi máy sẽ có một tỷ lệ thu phóng riêng là  $\mu_i$ ,  $i = 2, 3$

Điều đó cũng có nghĩa là đã mặc nhiên thừa nhận tỷ lệ thu phóng số liệu gốc bằng 1. Nếu như là lưới độc lập, trong một lưới chỉ sử dụng một máy đo khoảng cách, sai số hệ thống sẽ không phát hiện được, nhưng khi sử dụng 02 máy đo khoảng cách thì vẫn có thể xử lý theo lý thuyết này được. Lúc này ta cho một máy có tỷ lệ thu phóng bằng 1 còn máy kia có tỷ lệ thu phóng là  $m$ , tình huống xử lý với lưới độc lập dùng nhiều máy đo khoảng cách có thể xử lý tương tự như cách này. Lý thuyết xử lý này cũng không cho phép xác định sai số hệ thống của từng cạnh, mặt khác khi tăng thêm ẩn số thì lại tăng thêm trị đo tối thiểu vì thế với một lưới thuần đo cạnh chỉ khi có nhiều trị đo thừa mới có thể xử lý theo lý thuyết này.

#### III.1. Bình sai điều kiện có kể đến sai số hệ thống trong đo khoảng cách

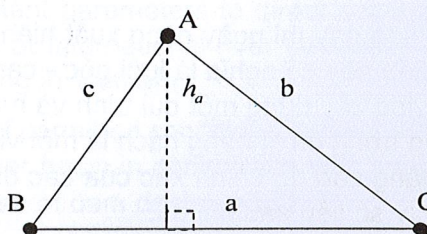
##### III.1.1. Ảnh hưởng của sai số hệ thống trong đo cạnh đối với góc gián tiếp:

Ta biết trong bình sai lưới góc - cạnh thì phương trình điều kiện đều dính đến góc trực tiếp đo và góc gián tiếp tính từ cạnh, sai số của góc tính từ cạnh có thể xác định theo lý thuyết qui luật lan truyền của sai số đo. Bây giờ nếu trong phương trình của cạnh lại có ẩn số là tỷ lệ thu phóng thì tỷ lệ thu phóng này cũng sẽ tham gia vào việc tính ra góc. Chính vì vậy cần nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ thu phóng đối với góc tính gián tiếp từ kết quả đo cạnh. Từ quan hệ vi phân giữa giá trị góc gián tiếp và trị đo cạnh ta có:

$$dA = \frac{1}{\sigma_a} (da - \cos C_{db} - \cos B_{dc}) \quad (3-1-1)$$

Chuyển sang quan hệ sai số ta được:

$$v_A = \frac{\rho_c}{h_a} (v_a - \cos C_{v_c} - \cos B_{v_c}) \quad (3-1-2)$$



Hình (3-1)

Như hình (3 - 1) a, b, c là các cạnh đo của VABC. Nếu coi tỷ lệ thu phóng của các cạnh lần lượt là  $\mu_a, \mu_b, \mu_c$  và theo công thức Cosin của lượng giác phẳng ta có:

$$(\mu_a a)^2 = (\mu_b b)^2 + (\mu_c c)^2 - 2(\mu_b b)(\mu_c c) \cos A \quad (3 - 1 - 3)$$

Vi phân công thức trên, thay ký hiệu vi phân bằng số hiệu chỉnh có kể đến thứ nguyên và qua biến đổi ta được:

$$\begin{aligned} v_A = & \frac{\rho_c}{h_a} (v_a - \cos C v_b - \cos B v_c) \\ & + \frac{\rho}{ah_a} \left\{ a^2 \delta \mu_a - (b^2 - bc \cos A) \delta \mu_b - (c^2 - bc \cos A) \delta \mu_c \right\} \end{aligned} \quad (3 - 1 - 4)$$

Trong công thức trên số hạng thứ nhất bên phải chính là công thức (3 - 1 - 1) ở trên, số hạng thứ hai chính là ảnh hưởng của tỷ lệ thu phóng đến góc gián tiếp tính được. Nếu ta coi tỷ lệ thu phóng của các cạnh là như nhau tức là:

ta sẽ có công thức:

$$v_A = \frac{\rho_c}{h_a} (v_a - \cos C v_b - \cos B v_c) + \frac{\rho}{ah_a} (a^2 - b^2 - c^2 + 2bc \cos A) \delta \mu \quad (3 - 1 - 5)$$

viết gọn hơn là:

$$v_A = \frac{\rho_c}{h_a} (v_a - \cos C v_b - \cos B v_c) + \frac{\rho}{ah_a} (K) \delta \mu \quad (3 - 1 - 6)$$

Từ công thức trên khi cho K = 0 tức là khi tỷ lệ thu phóng của các cạnh như nhau thì không ảnh hưởng đến góc gián tiếp. Trong công thức (3 - 1 - 6)  $v_a, v_b, v_c$  có đơn vị là centimét, cạnh a, b, c và  $h_a$  có đơn vị là mét,  $\rho_c = 2062.65$ ,  $\rho = 206265$ .

### III.1.2. Tỷ lệ thu phóng tham gia vào bình sai lưới đo cạnh:

Phương trình điều kiện cạnh trong lưới đo cạnh độc lập đều biểu thị dưới dạng góc tính gián tiếp. Như mục III.1.1 ở trên đã trình bày, nếu như tỷ lệ thu phóng của cả 3 cạnh hình tam giác là như nhau thì tỷ lệ thu phóng không ảnh hưởng đến số hiệu chỉnh góc tính gián tiếp.

Trong lưới phụ thuộc sẽ có phương trình điều kiện phụ thuộc dưới dạng phương vị hay tọa độ phụ thuộc. Lúc này phương trình điều kiện được viết như lưới thông thường sau đó gán cho các góc tính gián tiếp thêm phần ảnh hưởng của tỷ lệ thu phóng đến số hiệu chỉnh. Tỷ lệ thu phóng sẽ ảnh hưởng đến điều kiện góc phương vị. Với phương vị của cạnh mở đầu trong tam giác thứ nhất là  $a_1, c_1$  thì ảnh hưởng đến phương trình điều kiện phương vị sẽ là:

$$\sum_{i=1}^n \left[ \pm \frac{\rho_c}{h_{c_i}} v_{c_i} \right] - \sum_{i=1}^{n-1} \left[ \pm \frac{\rho_c}{h_{c_{i+1}}} \cos A_{i+1} \pm \frac{\rho_c}{h_{c_i}} \cos B_i \right] v_{a_i} + \mu_a \delta \mu - \omega_a = 0 \quad (3 - 1 - 7)$$

Trong đó:

$$\mu_a = \pm \frac{\rho_c}{c_1 h_{c_1}} (S_{AB}^2 - a_1 S_{AB} \cos C_1) \pm \frac{\rho}{c_n h_{c_n}} (S_{DE}^2 - a_{n-1} S_{DE} \cos C_n) \quad (3-1-8)$$

Trong công thức trên dấu  $\pm$  phụ thuộc vào vị trí của góc C, đơn vị của  $\delta\mu$  là  $\delta\mu \cdot 10^6$ , còn đơn vị của  $\mu$  là  $\mu \cdot 10^6$ .

Tỷ lệ thu phóng cũng ảnh hưởng đến phương trình điều kiện tọa độ khi tính số gia tọa độ ta cũng phải dùng đến góc  $C_1, C_2, \dots, C_{n-1}$  và các cạnh liên quan  $a_1, a_2, \dots, a_{n-1}$ . Ảnh hưởng của tỷ lệ thu phóng  $\delta\mu$  đến phương trình điều kiện tọa độ sẽ là:

$$\begin{aligned} & \pm \frac{-(y_n - y_1)}{c_1 h_{c_1}} (S_{AB}^2 - a_1 S_{AB} \cos C_1) \delta\mu \\ & \pm \frac{(x_n - x_1)}{c_1 h_{c_1}} (S_{AB}^2 - a_1 S_{AB} \cos C_1) \delta\mu \end{aligned} \quad (3-1-9)$$

Và ảnh hưởng đến số gia tọa độ sẽ là:

$$\begin{aligned} \Delta \hat{x}_i &= \mu a_i \cos \alpha_i \\ \Delta \hat{y}_i &= \mu a_i \sin \alpha_i \end{aligned} \quad (3-1-10)$$

Khai triển tuyến tính ta sẽ được dạng cuối cùng của phương trình điều kiện tọa độ mới (có kể đến tỷ lệ thu phóng của các cạnh ảnh hưởng đến các góc gián tiếp) là:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{n-1} \left[ \pm \frac{y_n - y_i}{h_{c_i}} \cos B_i \pm \frac{y_n - y_{i+1}}{h_{c_{i+1}}} \cos A_{i+1} + \frac{\Delta x_i}{a_i} \right] v_{a_i} - \sum_{i=1}^{n-1} \left[ \pm \frac{y_n - y_i}{h_{c_i}} \right] v_{c_i} + \mu \delta\mu \hat{\omega}_x &= 0 \\ \sum_{i=1}^{n-1} \left[ \pm \frac{x_n - x_i}{h_{c_i}} \cos B_i \pm \frac{x_n - x_{i+1}}{h_{c_{i+1}}} \cos A_{i+1} - \frac{\Delta y_i}{a_i} \right] v_{a_i} + \sum_{i=1}^{n-1} \left[ \pm \frac{x_n - x_i}{h_{c_i}} \right] v_{c_i} + \mu \delta\mu \hat{\omega}_y &= 0 \end{aligned} \quad (3-1-11)$$

Trong công thức trên hệ số  $\mu_x$  và  $\mu_y$  có đơn vị centimét vì đã nhân với  $10^6$ , hệ số  $\delta\mu$  nhân với  $10^6$ .

Tỷ lệ thu phóng ảnh hưởng đến trị bình sai của cạnh S sẽ là:  $\hat{s} = \hat{\mu} \hat{a}_i$  và  $\hat{s} = \hat{\mu} \hat{c}_i$  và số hiệu chỉnh tương ứng là  $v_s = v_{a_i} + a_i \delta\mu$  và  $v_s = v_{c_i} + c_i \delta\mu$  và ảnh hưởng đến phương vị của cạnh  $a_j$  khi kể đến ảnh hưởng của tỷ lệ thu phóng:

$$\overline{a_j} = a_j + v_{a_j} = \alpha_{AB} + \sum_{i=1}^j (\pm C_i) \quad (3-1-12)$$

và tổng hợp ảnh hưởng đến phương vị của cạnh  $a_j$  sẽ là:

$$v_{a_j} = \sum_{i=1}^j \left[ \pm \frac{\rho_c}{h_{c_i}} v_{c_i} \right] - \sum_{i=1}^{j-1} \left[ \pm \frac{\rho_c}{h_{c_{i+1}}} \cos A_{i+1} \pm \frac{\rho_c}{h_{c_i}} \cos B_i \right] v_{a_i} - \left[ \frac{\rho_c}{h_{c_j}} \cos B_j \right] v_{a_j} \\ \pm \frac{\rho}{c_1 h_{c_1}} (S_{AB}^2 - a_1 S_{AB} \cos C_1) \delta \hat{\mu}$$

(3 - 1 - 13)

Đối với cạnh thứ j thì tọa độ của các điểm gián cách là:

$$\hat{x}_j = x_j + v_{x_j} = x_B + \sum_{i=1}^{j-1} \hat{\mu} \hat{a}_i \cos \hat{\alpha}_i$$

$$\hat{y}_j = y_j + v_{y_j} = y_B + \sum_{i=1}^{j-1} \hat{\mu} \hat{a}_i \sin \hat{\alpha}_i$$

(3 - 1 - 14)

và ảnh hưởng đến số hiệu chỉnh của tọa độ sẽ là:

$$v_{x_j} = \sum_{i=1}^{j-1} \left[ \pm \frac{y_j - y_i}{h_{c_i}} \cos B_i \pm \frac{y_j - y_{i+1}}{h_{c_{i+1}}} \cos A_{i+1} + \frac{\Delta x_i}{a_i} \right] v_{a_i} - \sum_{i=1}^{j-1} \left[ \pm \frac{y_j - y_i}{h_{c_i}} \right] v_{c_i} \\ + \left[ \pm \frac{-(y_j - y_1)}{c_1 h_{c_1}} (S_{AB}^2 - a_1 S_{AB} \cos C_1) + (x_j - x_1) \right] \delta \hat{\mu}$$

$$v_{y_j} = \sum_{i=1}^{j-1} - \left[ \pm \frac{x_j - x_i}{h_{c_i}} \cos B_i \pm \frac{x_j - x_{i+1}}{h_{c_{i+1}}} \cos A_{i+1} - \frac{\Delta y_i}{a_i} \right] v_{a_i} + \sum_{i=1}^{j-1} \left[ \pm \frac{x_j - x_i}{h_{c_i}} \right] v_{c_i} \\ + \left[ \pm \frac{(x_j - x_1)}{c_1 h_{c_1}} (S_{AB}^2 - a_1 S_{AB} \cos C_1) + (y_j - y_1) \right] \delta \hat{\mu}$$

(3 - 1 - 15)

### III.2. Bình sai gián tiếp lưới góc - cạnh có kể đến tỷ lệ thu phóng trong đo cạnh

Ta biết trong bình sai gián tiếp mỗi trị đo cạnh sẽ có một phương trình sai số (phương trình số hiệu chỉnh), vì vậy tỷ lệ thu phóng chỉ liên quan đến từng cạnh. Căn cứ vào tình hình đo của lưới để có thể đặt ra một hoặc nhiều hơn 01 tỷ lệ thu phóng. Khi đặt thêm 1 tỷ lệ thu phóng cần thêm 1 trị đo.

Giả sử lưới có  $n_u$  điểm cần xác định,  $n_0$  điểm đã biết, tổng số điểm trong lưới là  $n_p = n_0 + n_u$ . Giả sử tọa độ của các điểm cần xác định là  $X_i$  và  $Y_i$ , tọa độ gần đúng của chúng là  $X_i^0$ ,  $Y_i^0$  và số hiệu chỉnh tương ứng là  $\hat{x}_i$  và  $\hat{y}_i$  thì trị bình sai của chúng sẽ là:

$$\begin{aligned} X_i &= X_i^0 + \hat{x}_i \\ Y_i &= Y_i^0 + \hat{y}_i \\ i &= n_0 + 1, n_0 + 2, \dots, n_p \end{aligned} \quad (3 - 2 - 1)$$

Khi  $i \leq n_0$ ,  $\hat{x}_i = \hat{y}_i = 0$ ,  $X_i = X_i^0$ ,  $Y_i = Y_i^0$  với cạnh đo trực tiếp có tỷ lệ thu phóng là  $\mu$  nếu lấy trị gần đúng  $\mu_0 = 1$  sẽ có  $\hat{\mu} = 1 + \delta\hat{\mu}$  Tọa độ của điểm k và j ở hai đầu cạnh  $S_i$  sẽ có quan hệ:

$$\hat{\mu} S_i = \sqrt{(\hat{X}_j - \hat{X}_k)^2 + (\hat{Y}_j - \hat{Y}_k)^2} \quad (3 - 2 - 2)$$

Đem công thức trên triển khai tuyến tính ta có:

$$v_{S_i} = -\frac{X_j^0 - X_k^0}{S_{kj}^0} \hat{x}_k - \frac{Y_j^0 - Y_k^0}{S_{kj}^0} \hat{y}_k + \frac{X_j^0 - X_k^0}{S_{kj}^0} \hat{x}_j + \frac{Y_j^0 - Y_k^0}{S_{kj}^0} \hat{y}_j - s_i \delta\hat{\mu} - l_{s_i} \quad (3 - 2 - 3)$$

hoặc viết gọn thành:

$$v_{S_i} = -\cos \alpha_{kj}^0 \hat{x}_k - \sin \alpha_{kj}^0 \hat{y}_k + \cos \alpha_{kj}^0 \hat{x}_j + \sin \alpha_{kj}^0 \hat{y}_j - s_i \delta\hat{\mu} - l_{s_i} \quad (3 - 2 - 4)$$

Công thức (3 - 2 - 3) nói lên ảnh hưởng của tỷ lệ thu phóng đến phương trình sai số trong đo cạnh. Trong công thức trên  $-l_{s_i} = S_{kj}^0 - S_i$

$S_{kj}^0$  : là chiều dài cạnh tính được từ tọa độ gần đúng.

$S_i$  : là trị đo trực tiếp.

Nếu  $-l_{s_i}$  lấy đơn vị là cm thì số hiệu chỉnh x, y, v có đơn vị là cm,  $\delta\hat{\mu}$  có đơn vị là cm nhân với  $10^{-6}$ , tỷ lệ thu phóng sẽ là  $\delta\hat{\mu} \cdot 10^6$

Khi một đầu của cạnh  $S_i$  (điểm k hoặc điểm j) là điểm đã có tọa độ, trong công thức (3 - 2 - 3)  $\hat{x}_k = \hat{y}_k = 0$  (hoặc  $\hat{x}_j = \hat{y}_j = 0$ ). Căn cứ vào tình hình thực tế của lưới nếu cạnh  $S_i$  lại có tỷ lệ thu phóng là  $\hat{\mu}_i$  thì theo (3 - 2 - 3) phương trình số hiệu chỉnh của cạnh  $S_i$  sẽ có số hạng  $-S_i \delta\hat{\mu}_i$ . Sau khi lập hệ phương trình sai số công việc tính toán bình sai sẽ diễn ra theo qui luật chung.

Bình sai lưới đo góc cạnh khi tất cả các cạnh đều có cùng một hệ số thu phóng  $\mu$ . Kết quả bình sai cho ra tọa độ đã bình sai của các điểm, độ chính xác vị trí các điểm và Elip sai số của các điểm.

### III.3. Số liệu đo đạc lưới thực nghiệm và kết quả tính toán bình sai

Lưới thực nghiệm đã được tiến hành đo đạc với hai máy toàn đạc điện tử là máy TC 1101 (độ chính xác đo góc là  $\pm 1''$  và độ chính xác đo cạnh là  $\pm 2$  mm) và máy SET 2C II (độ chính xác đo góc là  $\pm 5''$  và độ chính xác đo cạnh là  $\pm 3$  mm). Cả hai máy này trước khi

đo đã không được tiến hành kiểm nghiệm để xác định hằng số cộng và hằng số nhân của các máy, trong khi đo chỉ sử dụng một loại gương.

Trong các bảng sau thì kết quả bình sai theo phương pháp thông thường được ký hiệu là PA.1 còn kết quả bình sai theo phương pháp có kể đến sai số hệ thống trong đo khoảng cách được ký hiệu là PA.2. (Xem bảng 4-3, bảng 4-4, bảng 4-5, bảng 4-6, bảng 4-7, bảng 4-8, bảng 4-9)

### Số hiệu chỉnh của các góc đo sau bình sai máy TC 1101

Bảng (4 - 3)

STT	Tên góc đo			Góc đo			Số hiệu chỉnh ( " )		
	Trái	Giữa	Phải	Độ	Phút	Giây	PA.1	PA.2	Chênh
1	TN01	5539	TN02	50	6	41.0	-13.01	-12.87	0.14
2	5539	TN02	TN01	38	20	51.0	1.34	1.31	-0.03
3	TN02	TN01	5539	91	32	32.0	7.66	7.57	-0.09
4	TN04	TN01	TN02	86	15	20.0	-3.52	-3.52	0.00
5	TN01	TN02	TN04	48	26	48.0	-0.82	-0.84	-0.02
6	TN02	TN04	TN01	45	17	47.0	9.34	9.36	0.02
7	TN03	TN04	TN02	39	43	35.0	0.49	0.45	-0.04
8	TN04	TN02	TN03	62	52	45.0	-2.63	-2.51	0.12
9	TN02	TN03	TN04	77	23	37.0	5.14	5.06	-0.08
10	5540	TN04	TN03	85	0	38.0	-0.60	-0.60	0.00
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
45	TN17	TN15	TN18	66	57	47.0	2.49	2.47	-0.02
46	TN15	TN18	TN17	61	22	45.0	2.01	2.01	0.00
47	TN19	TN17	TN18	34	52	6.0	-2.69	-2.74	-0.05
48	TN17	TN18	TN19	54	50	26.0	0.57	0.58	0.01
49	TN18	TN19	TN17	90	17	32.0	-1.87	-1.84	0.03
50	TN20	TN17	TN19	41	15	47.0	0.30	0.27	-0.03
51	TN17	TN19	TN20	55	7	21.0	3.19	3.28	0.09
52	TN19	TN20	TN17	83	36	53.0	-4.49	-4.55	-0.06
53	5531	TN20	TN19	50	0	38.0	14.55	14.59	0.04
54	TN20	TN19	5531	75	42	42.0	0.03	0.02	-0.01
55	TN19	5531	TN20	54	16	36.0	-10.57	-10.61	-0.04

#### IV. Nhận xét - Đánh giá

Theo kết quả bình sai của cả hai phương pháp với hai loại máy đo khác nhau thì sai số trung phương trọng số đơn vị ( $M_0$ ) của phương án bình sai thông thường (PA.1) xấp xỉ bằng sai số trung phương trọng số đơn vị ( $M_0$ ) của phương pháp bình sai có kể đến sai số hệ thống trong đo khoảng cách (PA.2) mặc dù số lượng ẩn số trong phương pháp bình sai có kể đến sai số hệ thống trong đo khoảng cách lớn hơn trong phương pháp bình sai thông thường (*chênh lệch nhau đến 0.01*). Điều này có nghĩa là độ chính xác của các điểm tăng dày trong lưới sau khi bình sai theo phương pháp có kể đến sai số hệ thống trong đo khoảng cách đã được cải thiện.

Nhìn vào bảng so sánh số hiệu chỉnh của các trị đo góc (bảng 4 - 3 và bảng 4 - 4) ta

Số hiệu chỉnh của các góc đo sau bình sai máy SET 2C II  
Bảng (4 - 4)

STT	Tên góc đo			Góc đo			Số hiệu chỉnh ( " )		
	Trái	Giữa	Phải	Độ	Phút	Giây	PA.1	PA.2	Chênh
1	TN01	5539	TN02	50	6	43.0	-17.02	-16.97	0.05
2	5539	TN02	TN01	38	20	52.0	1.23	1.21	-0.02
3	TN02	TN01	5539	91	32	33.0	7.80	7.76	-0.04
4	TN04	TN01	TN02	86	15	21.0	-3.07	-3.09	-0.02
5	TN01	TN02	TN04	48	26	47.0	-3.66	-3.70	-0.04
6	TN02	TN04	TN01	45	17	49.0	9.73	9.78	0.05
7	TN03	TN04	TN02	39	43	37.0	-4.56	-4.46	0.10
8	TN04	TN02	TN03	62	52	42.0	2.50	2.52	0.02
9	TN02	TN03	TN04	77	23	40.0	3.05	2.95	-0.10
10	5540	TN04	TN03	85	0	37.0	0.00	0.00	0.00
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
45	TN17	TN15	TN18	66	57	48.0	0.93	0.92	-0.01
46	TN15	TN18	TN17	61	22	44.0	1.39	1.39	0.00
47	TN19	TN17	TN18	34	52	9.0	-6.75	-6.78	-0.03
48	TN17	TN18	TN19	54	50	25.0	0.52	0.52	0.00
49	TN18	TN19	TN17	90	17	33.0	-0.77	-0.74	0.03
50	TN20	TN17	TN19	41	15	48.0	-0.58	-0.59	-0.01
51	TN17	TN19	TN20	55	7	22.0	0.51	0.51	0.00
52	TN19	TN20	TN17	83	36	54.0	-3.93	-3.92	0.01
53	5531	TN20	TN19	50	0	36.0	7.10	7.10	0.00
54	TN20	TN19	5531	75	42	41.0	3.52	3.52	0.00
55	TN19	5531	TN20	54	16	35.0	-2.62	-2.62	0.00

Số hiệu chỉnh của các cạnh đo sau bình sai máy TC 1101  
Bảng (4 - 5)

STT	Tên cạnh		Dài cạnh (m)	Số hiệu chỉnh (m)		Chênh
	Đ. đầu	Đ. cuối		PA.1	PA.2	
1	TN01	5539	512.240	-0.0114	-0.0127	-0.0013
2	TN02	5539	825.340	0.0033	0.0055	0.0022
3	TN02	TN01	633.490	0.0037	0.0066	0.0029
4	TN04	TN01	666.985	-0.0127	-0.0134	-0.0007
5	TN04	TN02	889.366	-0.0016	0.0029	0.0045
6	TN03	TN02	582.442	0.0117	0.0128	0.0011
7	TN03	TN04	811.107	0.0012	0.0049	0.0037
8	TN03	TN06	827.292	0.0135	0.0157	0.0022
9	TN06	5540	813.438	0.0056	0.0088	0.0032
10	5540	TN04	773.742	-0.0138	-0.0136	0.0002
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
29	TN16	TN17	696.614	0.0001	0.0025	0.0024
30	TN15	TN17	946.187	0.0048	0.0076	0.0028
31	TN15	TN18	845.391	0.0050	0.0064	0.0014
32	TN17	TN18	991.932	-0.0057	0.0011	0.0068
33	TN18	TN19	567.078	0.0061	0.0062	0.0001
34	TN17	TN19	810.964	0.0037	0.0048	0.0011
35	TN17	TN20	669.449	0.0023	0.0049	0.0026
36	TN19	TN20	538.186	0.0063	0.0089	0.0026
37	TN19	5531	507.909	-0.0002	-0.0014	-0.0012
38	TN20	5531	642.404	-0.0049	-0.0024	0.0025



**Số hiệu chỉnh của các cạnh đo sau bình sai máy SET 2C II**

Bảng (4 - 6)

STT	Tên cạnh		Dài cạnh (m)	Số hiệu chỉnh (m)		Chênh
	Đ. đầu	Đ. cuối		PA.1	PA.2	
1	TN01	5539	512.251	-0.0186	-0.0193	-0.0007
2	TN02	5539	825.335	-0.0011	0.0000	0.0011
3	TN02	TN01	633.495	0.0056	0.0071	0.0015
4	TN04	TN01	666.988	-0.0195	-0.0199	-0.0004
5	TN04	TN02	889.365	-0.0015	0.0009	0.0024
6	TN03	TN02	582.432	0.0086	0.0092	0.0006
7	TN03	TN04	811.111	0.0000	0.0019	0.0019
8	TN03	TN06	827.295	0.0093	0.0104	0.0011
9	TN06	5540	813.436	0.0077	0.0093	0.0016
10	5540	TN04	773.752	-0.0203	-0.0202	0.0001
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
29	TN16	TN17	696.609	-0.0030	-0.0018	0.0012
30	TN15	TN17	946.181	0.0055	0.0069	0.0014
31	TN15	TN18	845.388	0.0080	0.0087	0.0007
32	TN17	TN18	991.928	-0.0098	-0.0063	0.0035
33	TN18	TN19	567.071	0.0107	0.0107	0.0000
34	TN17	TN19	810.959	0.0056	0.0062	0.0006
35	TN17	TN20	669.455	0.0013	0.0026	0.0013
36	TN19	TN20	538.182	0.0033	0.0046	0.0013
37	TN19	5531	507.914	0.0075	0.0069	-0.0006
38	TN20	5531	642.401	-0.0023	-0.0010	0.0013

**Tọa độ và sai số vị trí các điểm mới sau bình sai máy TC 1101**

Bảng (4 - 7)

Tên điểm	PA.1					PA.2				
	Tọa độ sau bình sai (m)		Sai số vị trí điểm (m)			Tọa độ sau bình sai (m)		Sai số vị trí điểm (m)		
	X	Y	Mx	My	Mp	X	Y	Mx	My	Mp
TN01	2326543.239	611636.976	0.067	0.022	0.070	2326543.245	611636.977	0.069	0.022	0.072
TN02	2327166.926	611526.386	0.070	0.055	0.089	2327166.927	611526.392	0.075	0.057	0.094
TN03	2327280.754	610955.163	0.112	0.060	0.127	2327280.765	610955.168	0.117	0.061	0.132
TN04	2326469.892	610974.043	0.109	0.022	0.112	2326469.898	610974.043	0.112	0.022	0.114
TN05	2327074.599	609633.457	0.043	0.045	0.062	2327074.612	609633.459	0.044	0.045	0.063
TN06	2327329.284	610129.271	0.028	0.051	0.058	2327329.289	610129.274	0.029	0.052	0.060
TN07	2327406.734	609011.304	0.067	0.056	0.087	2327406.743	609011.305	0.067	0.056	0.087
TN09	2327835.021	609512.697	0.049	0.065	0.081	2327835.021	609512.699	0.051	0.065	0.083
TN10	2328042.636	608904.474	0.071	0.065	0.096	2328042.639	608904.474	0.072	0.065	0.097
TN12	2328348.291	608474.619	0.079	0.064	0.102	2328348.293	608474.619	0.080	0.065	0.103
TN13	2327668.507	608299.352	0.080	0.061	0.101	2327668.511	608299.350	0.080	0.061	0.101
TN14	2328025.899	607803.334	0.086	0.065	0.108	2328025.902	607803.331	0.087	0.065	0.108
TN15	2328635.528	607713.559	0.080	0.060	0.100	2328635.531	607713.555	0.081	0.061	0.101
TN16	2327769.339	607175.572	0.062	0.082	0.103	2327769.340	607175.570	0.064	0.082	0.104
TN17	2328361.106	606808.040	0.051	0.068	0.085	2328361.112	606808.036	0.053	0.069	0.087
TN18	2329284.139	607171.305	0.063	0.046	0.078	2329284.141	607171.301	0.063	0.047	0.079
TN19	2329150.065	606620.300	0.047	0.037	0.060	2329150.070	606620.296	0.048	0.037	0.061
TN20	2328748.476	606262.019	0.029	0.058	0.065	2328748.476	606262.012	0.030	0.060	0.068

**Tọa độ và sai số vị trí các điểm mới sau bình sai máy SET 2C II**  
Bảng (4 - 8)

Tên điểm	PA.1					PA.2				
	Toạ độ sau bình sai (m)		Sai số vị trí điểm (m)			Toạ độ sau bình sai (m)		Sai số vị trí điểm (m)		
	X	Y	Mx	My	Mp	X	Y	Mx	My	Mp
TN01	2326543.218	611636.975	0.081	0.026	0.086	2326543.221	611636.976	0.084	0.027	0.088
TN02	2327166.940	611526.385	0.085	0.067	0.108	2327166.941	611526.389	0.091	0.070	0.115
TN03	2327280.735	610955.177	0.137	0.072	0.155	2327280.740	610955.180	0.143	0.075	0.162
TN04	2326469.896	610974.046	0.133	0.027	0.136	2326469.900	610974.046	0.137	0.027	0.139
TN05	2327074.569	609633.467	0.052	0.055	0.076	2327074.576	609633.468	0.053	0.055	0.077
TN06	2327329.300	610129.286	0.034	0.063	0.071	2327329.303	610129.288	0.036	0.064	0.073
TN07	2327406.700	609011.319	0.081	0.068	0.106	2327406.705	609011.320	0.082	0.068	0.107
TN09	2327835.008	609512.706	0.060	0.079	0.099	2327835.008	609512.708	0.063	0.080	0.102
TN10	2328042.637	608904.486	0.087	0.079	0.117	2328042.639	608904.486	0.088	0.080	0.119
TN12	2328348.306	608474.639	0.096	0.078	0.124	2328348.307	608474.639	0.097	0.079	0.125
TN13	2327668.498	608299.364	0.097	0.074	0.123	2327668.500	608299.364	0.098	0.075	0.124
TN14	2328025.923	607803.345	0.105	0.079	0.131	2328025.925	607803.344	0.106	0.080	0.133
TN15	2328635.543	607713.579	0.098	0.073	0.122	2328635.545	607713.577	0.098	0.074	0.123
TN16	2327769.390	607175.595	0.076	0.099	0.125	2327769.391	607175.594	0.078	0.100	0.127
TN17	2328361.137	606808.066	0.062	0.083	0.104	2328361.140	606808.064	0.064	0.085	0.106
TN18	2329264.184	607171.315	0.076	0.056	0.094	2329284.186	607171.313	0.077	0.058	0.096
TN19	2329150.091	606620.313	0.057	0.044	0.072	2329150.094	606620.311	0.058	0.046	0.074
TN20	2328748.537	606262.039	0.036	0.071	0.079	2328748.537	606262.035	0.037	0.074	0.083

**Bảng sai số trung phương trọng số đơn vị và hệ số thu phóng của cạnh**  
Bảng (4 - 9)

Sai số và hệ số thu phóng	Máy TC 1101		Máy SET 2C II	
	PA.1	PA.2	PA.1	PA.2
SS trung phương trọng số đơn vị Mo	2.684429819	2.690378019	3.267490120	3.291314278
Hệ số thu phóng của cạnh M		0.999995609		0.999997748
SS trung phương xác định tỷ lệ thu phóng Mc		0.000010728		0.000013125

nhận thấy các số hiệu chỉnh của phương pháp bình sai có kể đến sai số hệ thống trong đo khoảng cách đa phần là nhỏ hơn các số hiệu chỉnh của phương pháp bình sai thông thường tức là độ chính xác của các góc sau bình sai đã được tăng lên.

Cũng như vậy với các số hiệu chỉnh của chiều dài cạnh ở *bảng 4 - 5* và *bảng 4 - 6* ta thấy các số hiệu chỉnh cho chiều dài cạnh trong phương pháp bình sai có kể đến sai số hệ thống trong đo khoảng cách đa phần lớn hơn các số hiệu chỉnh cho chiều dài cạnh trong phương pháp bình sai thông thường. Như vậy sai số hệ thống trong đo khoảng cách của các máy toàn đạc điện tử đã được hiệu chỉnh vào kết quả đo sau bình sai.

Sai số vị trí điểm của các điểm tăng dày trong lưới sau bình sai trong hai phương pháp bình sai (*được in ở trong bảng 4 - 7* và *bảng 4 - 8*) là tương đương nhau (*xấp xỉ bằng nhau*) điều đó có nghĩa là độ chính xác của các điểm tăng dày trong hai phương pháp bình sai này là tương đương nhau.

Trong kết quả của phương pháp bình sai có kể đến sai số hệ thống trong đo khoảng cách thì hệ số thu phóng của các cạnh trong toàn lưới đã được xác định với độ chính cao (được thể hiện ở giá trị của  $M_c$ ).

**Kiến nghị:**

1. Áp dụng và phổ biến qui trình và chương trình bình sai có kể đến sai số hệ thống trong đo khoảng cách.
2. Đối với những máy toàn đạc điện tử sử dụng lâu ngày mà chưa có điều kiện kiểm nghiệm và cân chỉnh thì nên áp dụng phương pháp và chương trình này trong việc xử lý và bình sai kết quả đo.
3. Đối với những lưới có sử dụng nhiều loại máy toàn đạc điện tử và nhiều loại gương khác nhau nên sử dụng phương pháp này trong việc xử lý và bình sai kết quả đo.
4. Vì thực hiện công tác kiểm nghiệm máy toàn đạc điện tử trước khi tiến hành đo đạc lưới gặp nhiều khó khăn nên để giảm bớt các sai số hệ thống của thiết bị đo đạc làm cho việc xử lý các kết quả đo có độ chính xác cao hơn, đồng bộ với độ chính xác của các thiết bị đo đạc ngày nay nên áp dụng phương pháp bình sai có kể đến sai số hệ thống trong đo khoảng cách.○

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1]. Phan Văn Hiến - Đỗ Ngọc Đường (2002), *Thiết kế tối ưu lưới trắc địa*, Bài giảng sau đại học ngành Trắc địa, trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.
- [2]. GS. Hoàng Ngọc Hà (2000), *Tính toán trắc địa và cơ sở dữ liệu*, Bài giảng cho các khoá đào tạo cao học ngành trắc địa, địa chính, trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.
- [3]. GS. TSKH. Hoàng Ngọc Hà - TS. Trương Quang Hiếu (2003), *Cơ sở toán học xử lý số liệu trắc địa*, Nhà xuất bản Giao thông vận tải.
- [4]. Ngô Tuấn Sửa - Lưu Đại Kiệt (1998), *Bình sai lưới khống chế trắc địa*, Nhà xuất bản Trắc hội, Bắc Kinh.
- [5]. Michael H.Elfrick - John G.Fryer - Russell C.Brinker - Paul R.Wolf (1989), *Elementary Surveying*, Globe Press, Melbourne, Australia.○

**Summary**

*MSc. Nguyen Hai Dong*

This article presents a calculation method geodetic network adjustment angle - beside accounting systematic errors in distance measurements. Also recommended to use this method in condition of total station electronic equipment has a similar type in Vietnam today. The application method adjustment of geodetic networks angle - beside accounting systematic errors in distance measurement has great prospective, is actually a good way to improve the accuracy of the geodetic grid point today.○