หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การคำนวณปรับแก้โครงข่ายระดับ

4.1 คำนำ

การปรับแก้โครงข่ายระดับด้วยลีสท์สแควร์ครั้งนี้ เรามุ่งหวังที่จะได้ค่าพารามิเตอร์ และในขั้นตอนการปรับแก้ต้องมีการเพิ่มหรือลดจำนวนค่าสังเกตลง โดยให้จำนวนพารามิเตอร์คงเดิม ประกอบกับเหตุผลที่กล่าวไว้แล้วในบทก่อนเราจึงได้เลือกใช้วิธีสมการค่าสังเกต

ปัญหาของงานระดับมีแบบจำลองเชิงคณิต $L_a = F(X_a)$ เป็นสมการเชิงเส้น ทำให้การสร้างแมทริกซ์สัมประสิทธิ์ของพารามิเตอร์มีความง่ายขึ้นมาก และไม่มีความจำเป็นต้องหาค่าประมาณของพารามิเตอร์ (X_o) โดยอาจถือเป็นศูนย์ไป กรณีเช่นนี้

$L_o = F(X_o)$ จะมีค่าเท่ากับค่าคงที่ของสมการ

4.2 แมทริกซ์น้ำหนักของค่าสังเกต (Weight of Observations Matrix)

น้ำหนักของค่าสังเกตคือ การเปรียบเทียบค่าสังเกตนั้น ๆ กับค่าอื่น ๆ ในเชิงสัมพัทธ์ หรืออาจกล่าวได้ว่าน้ำหนักเป็นการคาดคะเนหรือแสดงความน่าเชื่อในเชิงสัมพัทธ์ (the relative reliabilities) ของค่าสังเกต ถ้าความแปรปรวนของค่าสังเกตมีน้อยแสดงว่าค่าสังเกตนั้นดี นั่นคือน้ำหนักของค่าสังเกตมีค่ามากแต่ในทางตรงกันข้าม ถ้าความแปรปรวนของค่าสังเกตมีค่ามาก จะทำให้น้ำหนักของค่าสังเกตมีค่าน้อย จึงพอสรุปได้ว่าน้ำหนักของค่าสังเกตเป็นส่วนกลับกับความแปรปรวนของค่าสังเกต

ในงานวิศวกรรมสำรวจส่วนใหญ่มักจะถือว่าค่าที่วัดได้แต่ละครั้งเป็นอิสระแก่กัน*

---

* วิชา (2524) หน้า 1-7 ถึง 1-8

ดังนั้นค่าสังเกตในงานระดับจึงไม่มีสหสัมพันธ์กัน (uncorrelate) จะได้ว่าแมทริกซ์ของความแปรปรวนของค่าสังเกต (L_b) เป็นแมทริกซ์ทะแยงมุม (diagonal matrix)

$$\Sigma_{Lb} = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & & \phi \\ & \sigma_2^2 & \\ & \ddots & \\ \phi & & \sigma_n^2 \end{bmatrix}$$

เมื่อ σ_i^2 คือความแปรปรวนของค่าสังเกตที่ i, i = 1, 2, ... , n

n คือจำนวนค่าสังเกต

และ P คือแมทริกซ์น้ำหนักของค่าสังเกต จะได้ว่า

$$P = \sigma_o^2 \Sigma_{Lb}^{-1} \qquad (4 - 1)$$

โดยที่ σ_o^2 เป็นความแปรปรวนของน้ำหนักหนึ่งหน่วยก่อนการปรับแก้ สำหรับการหาความแปรปรวนของค่าสังเกต (σ_i^2) ในงานระดับมีข้อพิจารณาดังนี้ (Wolf, 1980, p. 60)

1. เป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนตั้งกล้อง (set-up)

$$\sigma_i^2 = (\ell_i/d)\, S^2 \qquad (4 - 2)$$

เมื่อ S = The standard deviation per instrument set up

d = The linear advance per set up

σ_i^2 = The variance of each line of level net

ℓ_i = ระยะทางของเส้นทางระดับที่

2. เป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะทางของเส้นทางระดับ จากสมการ (4 - 2) จะเห็นว่าปริมาณของ (S^2/d) เป็นค่าคงที่ ดังนั้น

$$\sigma_i^2 = \ell_i (S^2/d) \propto \ell_i \qquad (4 - 3)$$

3. จากสมการ (3.19) ของ Bomford (1971) , p. 246

$$\sigma_i^2 = S_i^2 K_i \qquad (4 - 4)$$

เมื่อ K_i = ระยะทาง (ก.ม.) ของเส้นทางระดับที่ i

$$S_i^2 = (1/4m) \sum_{j=1}^{m} (\Delta_j^2/r_j) \quad (mm.)^2/km. \qquad (4 - 5)$$

: คือความแปรปรวนของค่าสังเกตในการทำไป-ทำกลับระหว่างตอนระดับ ภายในเส้นทางระดับที่ i

Δ_j = ค่าความต่าง (ม.ม.) ของการทำระดับไป-ทำระดับกลับในตอนระดับที่ j

r_j = ระยะทาง (1-5 ก.ม.) ของตอนระดับที่ j

m = จำนวนตอนระดับ ภายในเส้นทางระดับที่ i

การปรับแก้โครงข่ายระดับครั้งนี้เลือกใช้ค่า σ_i^2 ทั้งสมการ (4 - 3) และ (4 - 4) ส่วนการพิจารณาหน่วยของแมทริกซ์น้ำหนักของค่าสังเกตมีดังนี้

จากสมการ (4 - 4) จะได้หน่วยของ σ_i^2 เป็น $(ม.ม.)^2$ และถ้าให้เวคเตอร์ของเศษคงเหลือ (V) มีหน่วยเป็น (ม.ม.) จะทำให้ V'PV ไม่มีหน่วย ผลก็คือ $\hat{\sigma}_o^2 = V'PV/r$ ไม่มีหน่วยด้วย

4.3 <u>สมการปกติ</u> (Normal equations)

การปรับแก้ด้วยลีสท์สแควร์โดยวิธีสมการค่าสังเกต รูปแบบของสมการปกติซึ่งมีจำนวนสมการเท่ากับจำนวนตัวไม่ทราบค่าคือ u สมการ (จากตารางที่ 3.1) ดังนี้

$$(A'PA)\ X + A'PL = 0$$

หรือ

$$NX + U = 0 \qquad (4 - 6)$$

เมื่อ $N = A'PA$ และ $U = A'PL$

4.3.1 การจัดแมทริกซ์สัมประสิทธิ์ของพารามิเตอร์ $({}_nA_u)$

เมื่อทราบจำนวนค่าสังเกต n และจำนวนพารามิเตอร์ u

กำหนดให้

ℓ_{i_a} คือค่าสังเกต (ค่าต่างระดับ) ที่ i, i = 1, 2, 3, ..., n

X_{j_a} คือพารามิเตอร์ (ค่าระดับ) ที่ j, j = 1, 2, 3, ..., u

จากแบบจำลองเชิงคณิต $L_a = F(X_a)$

จะได้ว่า $\begin{bmatrix} \ell 1_a \\ \ell 2_a \\ \vdots \\ \ell n_a \end{bmatrix} = {}_n[A]_u \begin{bmatrix} X1_a \\ X2_a \\ \vdots \\ Xu_a \end{bmatrix} + C$, (C = เวคเตอร์ของค่าคงที่)

เมื่อ $A = \frac{\partial F}{\partial X_a}$, แต่แบบจำลองเชิงคณิตเป็นสมการเชิงเส้น ดังนั้นองค์ (elements) ของแมทริกซ์สัมประสิทธิ์ของพารามิเตอร์ (A) ในแต่ละแถว (row) จะมีเพียง 2 ค่าคือ +1 และ -1 นอกนั้นเป็นศูนย์

4.3.2 การจัดเวคเตอร์ L

เวคเตอร์ L คือความต่างระหว่างเวคเตอร์ L_o กับเวคเตอร์ L_b มีหน่วยเป็น (ม.ม.)

$$L = L_o - L_b$$

เมื่อ L_b คือค่าสังเกต (ค่าต่างระดับ)

L_o คือค่าประมาณของค่าสังเกต $(L_o = F(X_o))$

4.4 ขั้นตอนการคำนวณปรับแก้

เมื่อทราบปริมาณต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น (n, u, A, P, L) เราก็สามารถคำนวณหาค่าคาดคะเนด้วยลีสท์สแควร์ (Least squares estimates) โดยวิธีสมการค่าสังเกตได้ดังนี้

ขั้นตอน	ขนาดของแมทริกซ์
- สร้าง $N = A'PA$ (normal matrix)	(u, u)
- สร้าง $U = A'PL$	(u, 1)
- คำนวณหา N^{-1}	(u, u)
- คำนวณ $X = -N^{-1}U$	(u, 1)
- $V = AX + L$	(n, 1)
- $\hat{X}_a = X_o + X$ (ค่าระดับที่ปรับแก้แล้ว)	(u, 1)
- $\hat{L}_a = L_b + V = L_o + AX$ (ค่าต่างระดับที่ปรับแก้แล้ว)	(n, 1)
- ตรวจสอบการคำนวณด้วย $A'PV = 0$	(u, 1)
- คำนวณ $V'PV = L'PL + X'U$	scalar
- $\hat{\sigma}_o^2 = V'PV/(n - u)$	scalar
- คำนวณแมทริกซ์ของความแปรปรวน (Variance - covariance matrices)	
$\Sigma_{\hat{X}a} = \hat{\sigma}_o^2 N^{-1}$	(u, u)
$\Sigma_{\hat{L}a} = \hat{\sigma}_o^2 (AN^{-1}A')$	(n, n)
$\Sigma_{vv} = \hat{\sigma}_o^2 (P^{-1} - AN^{-1}A')$	(n, n)

ตัวอย่างการคำนวณ (Numerical example)

ใช้ข้อมูลของโครงข่ายระดับ จากรูปที่ ช.1 ซึ่งประกอบด้วยค่าต่างระดับและระยะทางระหว่างจุดชุมทางระดับ กำหนดให้หมุดระดับ B.M.S. 122 (ค่าระดับ = 5.8542 ม.) เป็นจุดบังคับหรือมีค่าระดับคงที่

จำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า (u) = 12 และจำนวนค่าสังเกต (n) = 19 ดังนั้นจะได้ลำดับชั้นแห่งความอิสระ (r = n - u) เท่ากับ 7

จากค่าสังเกตแต่ละตัวนำมาเขียนสมการได้ 1 สมการ ซึ่งในที่นี้จะได้ 19 สมการ

แบบจำลองเชิงคณิต

$$L_a = F(X_a)$$

หรือเขียนในรูปของแมทริกซ์จะได้

$$L_a = AX_a + C, \quad (C = \text{เวคเตอร์ค่าคงที่})$$

$$\begin{bmatrix} \ell_1 \\ \ell_2 \\ \ell_3 \\ \ell_4 \\ \ell_5 \\ \ell_6 \\ \ell_7 \\ \ell_8 \\ \ell_9 \\ \ell_{10} \\ \ell_{11} \\ \ell_{12} \\ \ell_{13} \\ \ell_{14} \\ \ell_{15} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{a1} \\ X_{a2} \\ X_{a3} \\ X_{a4} \\ X_{a5} \\ X_{a6} \\ X_{a6} \\ X_{a7} \\ X_{\varepsilon 8} \\ X_{a9} \\ X_{a10} \\ X_{a11} \\ X_{a12} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -B.M.S.122 \\ -B.M.S.122 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4\text{-}7)$$

$$\begin{bmatrix} \ell_{16} \\ \ell_{17} \\ \ell_{18} \\ \ell_{19} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} .3 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$P = \sigma_o^2 \Sigma_{Lb}^{-1}$, กำหนดให้ $\sigma_o^2 = 1$

$$\Sigma_{Lb} = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & & \phi \\ & \sigma_2^2 \ddots \sigma_{19}^2 & \\ \phi & & \end{bmatrix}$$, ค่า σ_i^2 ใช้หลักการตามสมการ (4 - 3)

P = diag. [1/179.060, 1/134.421, 1/94.210, 1/324.088, 1/108.901,
1/446.541, 1/492.447, 1/510.682, 1/138.559, 1/149.398,
1/116.457, 1/42.441, 1/68.080, 1/40.371, 1/269.641,
1/174.809, 1/355.128, 1/172.179, 1/159.979] $(m.m.)^{-2}$

$$L = L_o - L_b = \begin{bmatrix} -5.8542 \\ -5.8542 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}^{m.} - \begin{bmatrix} 172.1529 \\ 21.4728 \\ 3.9643 \\ 198.9031 \\ 75.6420 \\ 75.6450 \\ 278.7262 \\ 123.3144 \\ -8.8285 \\ -34.4886 \\ 0.0253 \\ -14.4031 \\ -19.3951 \\ -6.0822 \\ 8.7184 \end{bmatrix}^{m.} = \begin{bmatrix} -178007.1 \\ -27327.0 \\ -3964.3 \\ -198903.1 \\ -75642.0 \\ -75645.0 \\ -278726.2 \\ -123314.4 \\ 8828.5 \\ 34488.6 \\ -25.3 \\ 14403.1 \\ 19395.1 \\ 6082.2 \\ -8718.4 \end{bmatrix}^{m.m.}$$

I16854984

$$L = L_o - L_b = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \text{m.} - \begin{bmatrix} -13.7016 \\ -41.7672 \\ 21.8751 \\ -21.8613 \end{bmatrix} \text{m.} = \begin{bmatrix} 13701.6 \\ 41767.2 \\ -21875.1 \\ 21861.3 \end{bmatrix}$$

$N = A'PA$ (normal matrix)

$$= \begin{bmatrix}
.0201 & -.0106 & 0 & -.0020 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 & .0157 & -.0031 & 0 & 0 & 0 & -.0020 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 & & .0145 & -.0114 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 & & & .0135 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 & & & & .0195 & -.0072 & 0 & 0 & 0 & -.0067 & 0 & 0 \\
 & & & & & .0455 & -.0236 & -.0147 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 & & & & & & .0292 & 0 & 0 & 0 & -.0037 & 0 \\
 & & & & & & & .0452 & -.0248 & 0 & -.0057 & 0 \\
 & & & & & & & & .0366 & -.0060 & 0 & -.0058 \\
 & & & & & & & & & .0190 & 0 & -.0063 \\
 & & & & & & & & & & .0123 & -.0028 \\
 & & & & & & & & & & & .0149
\end{bmatrix} (\text{m.m.})^{-2}$$

$$U = A'PL = \begin{bmatrix} 404.79 \\ 813.12 \\ 250.26 \\ -1430.00 \\ -1288.69 \\ -560.54 \\ 130.23 \\ 212.61 \\ 23.46 \\ 94.35 \\ -228.33 \\ 381.31 \end{bmatrix} (\text{m.m.})^{-1}, \quad \hat{X} = -N^{-1}U = \begin{bmatrix} 27.3408 \\ 31.3343 \\ 230.3044 \\ 305.9651 \\ 177.9887 \\ 169.1087 \\ 154.7011 \\ 149.6957 \\ 143.5981 \\ 143.5403 \\ 163.4180 \\ 121.6908 \end{bmatrix} \text{m.}$$

$$X_a = \hat{X} + X_o, \quad (X_o = 0)$$

$$V = A\hat{X} + L = \begin{bmatrix} -18.37 \\ 13.79 \\ 29.16 \\ 67.05 \\ 18.70 \\ 15.70 \\ -101.89 \\ 52.40 \\ -51.49 \\ 40.19 \\ 32.47 \\ -4.59 \\ -17.94 \\ -15.41 \\ -1.48 \\ -20.68 \\ 40.06 \\ 32.15 \\ 11.82 \end{bmatrix} \quad \text{(m.m.)} \ , \ (\hat{X} \text{ มีหน่วยเป็น ม.ม.})$$

$$V'PV = L'PL + \hat{X}'U = 117.65 \ , \ r = 7$$

$$\hat{\sigma}_o^2 = V'PV/r = 16.808 \ , \ (\sigma_o^2 = 1)$$

$$\Sigma_{\hat{X}a} = \frac{\Lambda^2}{\sigma_o} N^{-1}$$

$$= \begin{bmatrix}
1968 & 1783 & 1849 & 1867 & 388 & 596 & 675 & 572 & 552 & 488 & 594 & 533 \\
 & 2914 & 2509 & 2399 & 635 & 975 & 110 & 934 & 902 & 797 & 971 & 871 \\
 & & 5767 & 5175 & 546 & 839 & 951 & 804 & 776 & 686 & 836 & 750 \\
 & & & 5925 & 522 & 803 & 909 & 769 & 742 & 656 & 800 & 717 \\
 & & & & 2492 & 2215 & 2110 & 2248 & 2275 & 2360 & 2218 & 2300 \\
 & & & & & 3441 & 3241 & 3219 & 3100 & 2742 & 3167 & 2962 \\
\text{Symmetric} & & & & & & 3671 & 3106 & 2998 & 2650 & 3229 & 2895 \\
 & & & & & & & 3878 & 3670 & 3077 & 3533 & 3395 \\
 & & & & & & & & 4057 & 3283 & 3454 & 3618 \\
 & & & & & & & & & 3917 & 3046 & 3504 \\
 & & & & & & & & & & 4815 & 3540 \\
 & & & & & & & & & & & 4685
\end{bmatrix} (\text{ม.ม.})^2$$

ในการปรับแก้โครงข่ายระดับอื่น ๆ คำนวณในลักษณะเดียวกันนี้เพียงแต่ขนาดของแมทริกซ์เปลี่ยนไป ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงได้จัดทำเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับคำนวณปรับแก้โครงข่ายระดับ

4.5 การตรวจสอบ gross errors เบื้องต้น

งานระดับชั้นหนึ่งได้ทำการรังวัดต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน ตามประวัติยังมิเคยมีการปรับแก้พร้อมกันทั้งโครงข่ายระดับมาก่อน ดังนั้นก่อนที่จะนำค่าสังเกตจากข้อมูลที่มีอยู่ทั้งหมดมาทำการปรับแก้พร้อมกัน จำเป็นต้องมีการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนขนาดใหญ่และกำจัดออกไป เพื่อความสะดวกในทางปฏิบัติและเป็นการประหยัดเวลา จึงได้แบ่งพื้นที่ตรวจสอบ gross errors ออกเป็นภูมิภาคคือ ภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ ดังแสดงในรูปที่ ข.2, ข.3, ข.4 และ ข.5 ตามลำดับ

โครงข่ายระดับแต่ละภาคประกอบไปด้วยวงจรปิดของวงรอบระดับที่เป็นไปตามข้อมูลจริง คำนวณหาค่าคลาดบรรจบจากผลรวมทางพีชคณิตของ ค่าต่างระดับ* ในทิศทางเวียนตามเข็มนาฬิกา จากนั้นจึงพิจารณาดูเส้นทางระดับใดบ้างที่ทำให้ค่าคลาดบรรจบของวงจรปิดเกินเกณฑ์ 4 ม.ม. $\sqrt{K}$ (เมื่อ K คือระยะทางเป็น ก.ม.) ตลอดจนตรวจดูทิศทาง (เครื่องหมาย) ของค่าคลาดบรรจบนั้น ๆ ว่ามีความสอดคล้องกับวงจรปิดที่ต่อเนื่องกันหรือไม่เพียงใด ดังรายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ ช.1-1, ช.1-2, ช.1-3 และ ช.1-4 ตามลำดับ

ผลของการพิจารณาดังกล่าวทำให้ทราบได้โดยประมาณว่า เส้นทางระดับใดน่าที่จะมีความคลาดเคลื่อนขนาดใหญ่แฝงอยู่ในความคลาดเคลื่อนเป็นระบบ เพื่อแยกออกให้เห็นเด่นชัดจึงได้เขียนเป็นเส้นประแทนเส้นทางระดับเหล่านั้น ภายในรูปโครงข่ายระดับแต่ละภูมิภาค

4.6 การปรับแก้เบื้องต้นเพื่อวิเคราะห์หา gross errors

เพื่อเป็นการยืนยันในการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนขนาดใหญ่ในหัวข้อ 4.5 จึงได้ทำการคำนวณปรับแก้โครงข่ายระดับเบื้องต้น โดยแยกเป็นส่วน ๆ ตามภูมิภาคดังนี้

เริ่มจากภาคกลาง (รูปที่ ช.2) ใช้ค่าระดับของหมุด B.M.A. เท่ากับ 1.4477 ม. เป็นค่าคงที่หรือจุดบังคับในการคำนวณปรับแก้โครงข่ายระดับ สำหรับภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือใช้ค่าระดับจากผลของการปรับแก้ภาคกลางเป็นค่าคงที่ในการปรับแก้ของส่วนต่อไป น้ำหนักของค่าสังเกตใช้ตามหลักการของสมการ (4 - 4)

---

* เนื่องจากค่าต่างระดับจาก spirit leveling กับค่าต่างระดับออร์ธอเมตริค เมื่อนำมาทำเป็นวงจรปิด จะทำให้ค่าคลาดบรรจบไม่แตกต่างกันมาก ดังนั้นในขั้นนี้จึงยังไม่มีการตรวจแก้ออร์ธอเมตริคให้กับค่าต่างระดับ

4.6.1 วิธีตรวจสอบ gross errors จากการคำนวณปรับแก้

ในขั้นต้นได้ใช้ค่าสังเกต* จากข้อมูลทั้งหมดมาทำการปรับแก้ ถ้าผลลัพธ์ออกมาได้ค่า $\hat{\sigma}_o^2$ โตกว่าค่า σ_o^2 ก่อนการปรับแก้มาก นั่นเป็นการแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองของโครงข่ายระดับมีความคลาดเคลื่อนขนาดใหญ่แฝงอยู่จริง

หลักการตรวจสอบค่าสังเกตที่มี gross errors แฝงอยู่นั้นใช้การพิจารณาตัดค่าสังเกตที่มีเศษคงเหลือ (V) มากออก ประกอบกับดูการเปลี่ยนแปลงของค่า $\hat{\sigma}_o^2$ ภายหลังการปรับแก้ครั้งต่อไป จากการทดลองปรับแก้หลาย ๆ ครั้ง โดยตัดค่าสังเกตที่คาดว่ามี gross errors ออก ถ้าค่า $\hat{\sigma}_o^2$ ที่ได้ใหม่มีการเปลี่ยนแปลงเข้าใกล้ σ_o^2 ตามที่กำหนดไว้ก่อนการปรับแก้ครั้งแรก นั่นหมายถึงว่าเราได้กำจัดค่าสังเกตที่มี gross errors ถูกจุดจนในที่สุดจะได้ค่า $\hat{\sigma}_o^2$ ใกล้เคียงกับ σ_o^2 อยู่ในเกณฑ์ที่น่าเชื่อ ดังผลการทดลองปรับแก้แสดงไว้ในตาราง 4.1 ส่วนรายละเอียดข้อมูลการคำนวณปรับแก้เบื้องต้นแต่ละภูมิภาคแสดงไว้ในตาราง ช.2-1, ช.2-2 และ ช.2-3 ตามลำดับ

ควรจะหมายเหตุไว้ในที่นี้ว่า ค่าสังเกตที่มีเศษคงเหลือมากนั้นมิได้หมายความว่าค่าสังเกตนั้น ๆ จะมี gross errors เสมอไป (Kriengkraipet, 1979, p. 26) และการตรวจสอบ gross errors บางคนก็ใช้เกณฑ์ของเศษคงเหลือต้องไม่เกินกว่า $2.5\ \hat{\sigma}_o$ แต่อย่างไรก็ตามปัญหานี้สำหรับบางกรณีก็ยังอยู่ระหว่างการวิจัย (วิชา, 2524, หน้า 10-7)

---

* เป็นค่าต่างระดับที่ยังไม่มีการตรวจแก้ค่าออร์ธอเมตริค

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดปรับแก้โครงข่ายระดับเบื้องต้นตามภูมิภาค

ลำดับที่	โครงข่ายระดับ		ค่าระดับคงที่ (เมตร)		จำนวนพารามิเตอร์	จำนวนค่าสังเกต		$\sigma_o^2 = 1.0$	
	พื้นที่	รูปที่	หมุดระดับ	ตำบลที่ตั้ง		$n^{(1)}$	$n^{(2)}$	$\hat{\sigma}_o^{2\ (1)}$	$\hat{\sigma}_o^{2\ (2)}$
1	ภาคกลาง	ช.2	B.M.A. = 1.4477	ต. เกาะหลัก	16	28	27	2.518	1.448
2	ภาคเหนือ	ช.3	B.M.P.27 = 7.0959	บ. ภาชี	33	46	42	6.917	1.017
			B.M.P.673 = 237.1741	ต. หนองบัวโคก					
3	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ช.4	B.M.P.43 = 15.9998	ลพบุรี	28	45	41	6.956	1.243
			B.M.P.800 = 13.343	กบินทร์บุรี					

เมื่อ $n^{(1)}$ คือจำนวนค่าสังเกตจากข้อมูลทั้งหมดในการปรับแก้ครั้งแรก

$n^{(2)}$ คือจำนวนค่าสังเกตในการปรับแก้ครั้งสุดท้าย

ส่วนผลการทดสอบทางสถิติของค่า $\hat{\sigma}_o^2$ เทียบกับ σ_o^2 อยู่ในบทต่อไป

4.6.2 การหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยกฎของการแพร่

(Standard deviation by rule of propagation)

จากผลลัพธ์ครั้งสุดท้ายของการปรับแก้โครงข่ายระดับเบื้องต้นเป็นส่วน ๆ ตามภูมิภาค บรรดาค่าสังเกตที่มี gross errors ได้ถูกกำจัดออกไปจากโครงข่ายระดับชั้นหนึ่ง จึงทำให้ค่าระดับ (พารามิเตอร์) ที่ได้หลังกการปรับแก้เป็นค่าที่น่าเชื่อที่สุด และขณะเดียวกันจะได้แมทริกซ์ความแปรปรวนของพารามิเตอร์ (Σ_{Xa}) ด้วย

เมื่อให้ L_b^* เป็นค่าสังเกตที่มี gross errors และตัดออกไป

L_a^* เป็นค่าสังเกตที่ตรงกัน ซึ่งได้จากผลต่างของพารามิเตอร์ทั้งสองภายหลังการปรับแก้ครั้งสุดท้าย

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ L_a^* เราสามารถหาได้จากกฎของการแพร่:

จาก $L_a = F(X_a)$

จะได้ว่า $\Sigma_{La} = G\Sigma_{Xa}G'$

เมื่อ $G = \frac{\partial F}{\partial X_a}$

<u>โครงข่ายระดับภาคกลาง</u> จากรูปที่ ข.2 ค่าสังเกตที่ ℓ_{28} เป็นส่วนที่ถูกตัดออกไปจากการปรับแก้

โดยที่

$$\ell_{28\varepsilon} = \begin{bmatrix} -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{9a} \\ X_{13a} \end{bmatrix}$$

$$\Sigma_{Xa} = \begin{bmatrix} 314.1 & 265.7 \\ 265.7 & 401.5 \end{bmatrix}$$

$$\Sigma_{La} = G\Sigma_{Xa}G' = 184.2 \text{ (ม.ม.)}^2$$

$$\hat{\sigma}_{\ell_{28a}} = 13.6 \text{ ม.ม.}$$

<u>โครงข่ายระดับภาคเหนือ</u> จากรูปที่ ช.3 ค่าสังเกตที่ ℓ_{43}, ℓ_{44}, ℓ_{45}, ℓ_{46}, ℓ_{47}, ℓ_{48} และ ℓ_{49} เป็นส่วนที่ถูกตัดออกจากการปรับแก้

แบบจำลองเชิงคณิตในรูปของแมทริกซ์ (สมการ (4 - 8)นี้ แสดงเฉพาะเซ็ทย่อย (Sub. Set) ของค่าที่จะตัดออกจากโครงข่ายระดับ)

$$\begin{bmatrix} \ell_{43} \\ \ell_{44} \\ \ell_{45} \\ \ell_{46} \\ \ell_{47} \\ \ell_{48} \\ \ell_{49} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_4 \\ X_5 \\ X_7 \\ X_8 \\ X_{10} \\ X_{12} \\ X_{13} \\ X_{15} \\ X_{16} \\ X_{17} \\ X_{19} \\ X_{20} \\ X_{23} \end{bmatrix} \quad (4 - 8)$$

ผลจากการปรับแก้ทำให้ทราบ Σ_{Xa} หน่วยเป็น $(\text{ม.ม.})^2$

$$\Sigma_{Xa} = \begin{bmatrix} 172.1 & 87.1 & 70.3 & 102.6 & 81.0 & 86.6 & 93.9 & 85.4 & 89.3 & 88.7 & 91.2 & 88.7 & 89.6 \\ & 173.0 & 117.4 & 145.5 & 126.7 & 131.5 & 137.9 & 130.5 & 133.9 & 133.4 & 135.6 & 133.4 & 134.2 \\ & & 162.3 & 114.6 & 146.4 & 138.3 & 127.5 & 140.0 & 134.3 & 135.1 & 131.4 & 135.1 & 133.7 \\ & & & 173.8 & 134.3 & 144.5 & 157.9 & 142.3 & 149.4 & 148.4 & 153.0 & 148.4 & 150.1 \\ & & & & 200.4 & 183.5 & 161.0 & 187.1 & 175.2 & 176.8 & 169.2 & 176.8 & 174.1 \\ & & & & & 215.7 & 178.3 & 191.3 & 200.6 & 188.9 & 187.2 & 188.9 & 188.3 \\ & & & & & & 201.1 & 174.6 & 186.7 & 185.1 & 192.8 & 185.1 & 187.9 \\ & & & & & & & 230.7 & 186.8 & 204.6 & 186.3 & 204.6 & 198.0 \\ & & & & & & & & 214.3 & 191.3 & 195.3 & 191.7 & 193.0 \\ & & & & & & & & & 234.8 & 200.9 & 234.7 & 222.5 \\ & & & & & & & & & & 269.8 & 201.0 & 226.0 \\ & & & & & & & & & & & 235.4 & 222.9 \\ & & & & & & & & & & & & 321.7 \end{bmatrix}$$

Symmetric

$$\Sigma_{La} = G\Sigma_{Xa}G' = \begin{bmatrix} 170.9 & 2.0 & -0.4 & 1.4 & 0.5 & 0.1 & -0.4 \\ & 100.5 & -8.5 & -25.5 & -2.2 & 2.3 & -13.8 \\ & & 56.3 & 5.4 & -31.0 & 5.6 & -4.1 \\ & & & 69.9 & -6.2 & -1.3 & 4.3 \\ \text{Symmetric} & & & & 71.4 & 7.9 & -3.1 \\ & & & & & 111.3 & 22.2 \\ & & & & & & 85.3 \end{bmatrix}$$

เวคเตอร์ของ $\overset{\Lambda}{\sigma}_{La}$ คือ

$$\begin{bmatrix} \ell_{43a} \\ \ell_{44a} \\ \ell_{45a} \\ \ell_{46a} \\ \ell_{47a} \\ \ell_{48a} \\ \ell_{49a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 13.1 \\ 10.0 \\ 7.5 \\ 8.4 \\ 8.4 \\ 10.5 \\ 9.2 \end{bmatrix} \quad \text{(ม.ม.)}$$

<u>โครงข่ายระดับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ</u> จากรูปที่ ข.4 ค่าสังเกตที่ ℓ_{42}, ℓ_{43}, ℓ_{44}, ℓ_{45} และ ℓ_{46} เป็นส่วนที่ถูกตัดออกจากการปรับแก้

แบบจำลองเชิงคณิตในรูปของแมทริกซ์ (สมการ 4 - 9 นี้ แสดงเฉพาะเซ็ทย่อยของค่าที่จะตัดออกจากโครงข่ายระดับ)

$$\begin{bmatrix} \ell_{42} \\ \ell_{43} \\ \ell_{44} \\ \ell_{45} \\ \ell_{46} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_9 \\ X_{12} \\ X_{13} \\ X_{14} \\ X_{15} \\ X_{18} \\ X_{22} \\ X_{25} \end{bmatrix} \qquad (4 - 9)$$

ผลจากการปรับแก้จะได้ Σ_{Xa} มีหน่วยเป็น $(\text{ม.ม.})^2$

$$\Sigma_{Xa} = \begin{bmatrix} 131.1 & 33.8 & 116.8 & 116.9 & 114.3 & 115.9 & 105.0 & 113.1 \\ & 224.7 & 33.9 & 34.0 & 32.8 & 33.7 & 31.5 & 32.9 \\ & & 197.6 & 190.5 & 134.6 & 185.9 & 121.2 & 155.7 \\ & & & 191.8 & 134.1 & 180.4 & 120.7 & 153.2 \\ & & & & 163.8 & 138.3 & 136.9 & 145.8 \\ & \text{Symmetric} & & & & 230.0 & 125.8 & 175.3 \\ & & & & & & 241.7 & 141.0 \\ & & & & & & & 226.0 \end{bmatrix}$$

$$\Sigma_{La} = F\Sigma_{Xa}G' = \begin{bmatrix} 354.5 & 33.1 & -343.0 & 4.3 & -18.8 \\ & 185.7 & -48.1 & -17.0 & -0.8 \\ & & 387.3 & 49.9 & 23.4 \\ & \text{Symmetric} & & 61.0 & 5.2 \\ & & & & 66.3 \end{bmatrix}$$

เวคเตอร์ของ $\overset{\Lambda}{\sigma}_{La}$ คือ

$$\begin{bmatrix} \ell_{42a} \\ \ell_{43a} \\ \ell_{44a} \\ \ell_{45a} \\ \ell_{46a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 18.8 \\ 13.6 \\ 19.7 \\ 7.8 \\ 8.1 \end{bmatrix} \quad (\text{ม.ม.})$$

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ค่าสังเกตที่มี gross errors

โครงข่ายระดับ	ค่าสังเกตที่	ปีทำการ พ.ศ.	ระยะทาง (ก.ม.)	s^2 (มม.^{2}/กม.)	L_b^* (ม.)	σ_{Lb} (ม.ม.)	L_a^* (ม.)	$\hat{\sigma}_{La}$ (ม.ม.)	Δ (ม.ม.)	$\hat{\sigma}_\Delta$ (ม.ม.)	4mm.$\sqrt{K}$	8mm.$\sqrt{K}$
ภาคกลาง (รูปที่ ข.2)	ℓ_{28}	2458, 2460	132.642	1.03	225.6806	11.7	225.6251	13.6	+60.9	17.9	46	92
ภาคเหนือ (รูปที่ ข.3)	ℓ_{45}	2502	95.926	0.64	-55.2872	7.8	-55.2310	7.5	-56.2	10.8	39	78
	ℓ_{44}	2520	87.681	1.36	-12.5476	10.9	-12.4730	10.0	-74.6	14.8	38	75
	ℓ_{43}	2487	81.121	0.92	109.0723	8.6	109.1495	13.1	-77.2	15.7	36	72
	ℓ_{48}*	2516	85.321	1.20	52.8012	10.1	52.6962	10.5	+105.0	14.6	37	74
	ℓ_{47}*	2511	77.847	1.07	-62.3730	9.1	-62.5164	8.4	+143.4	12.4	35	71
	ℓ_{49}*	2470	19.964	1.00	5.9728	4.4	6.1440	9.2	-171.2	10.2	18	36
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (รูปที่ ข.4)	ℓ_{42}	2520	109.582	0.87	-87.2877	9.8	-87.3424	18.8	+54.7	21.2	42	84
	ℓ_{14}	2497	110.754	1.10	25.0961	11.0	25.1527	19.7	-56.6	22.6	42	84
	ℓ_{45}	2497	169.518	1.11	107.6465	13.7	107.5732	7.8	+73.3	15.8	52	104
	ℓ_{43}	2501	281.013	0.79	-5.8585	14.9	-5.7738	13.6	-84.7	20.2	67	134
	ℓ_{46}*	2481	62.971	1.50	4.6833	9.7	4.5311	8.1	+157.2	12.6	32	63

หมายเหตุ : $\Delta = L_b^* - L_a^*$

4.7 วิเคราะห์ผลของค่าสังเกตที่มี gross errors

จากสัญญลักขณ์ L_b^* และ L_a^* ตามความหมายในหัวข้อ 4.6.2 หาความต่างของปริมาณทั้งสอง (Δ) หรือ v

$$\Delta = L_b^* - L_a^*$$

$$\sigma_\Delta^2 = \sigma_{Lb}^2 + \sigma_{La}^2 \qquad (\text{เพราะว่า } Q_{La,\,Lb} = 0)$$

โดยที่ σ_{Lb}^2 คำนวณได้ตามหลักการของสมการ (4 - 4)

σ_{La}^2 ได้จากการคำนวณในหัวข้อ 4.6.2

เมื่อได้ค่าความต่าง (Δ) พร้อมกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\hat{\sigma}_\Delta$) จึงนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์งานระดับชั้นหนึ่ง ถ้าเกิน 4 ม.ม. $\sqrt{K}$ (K ระยะทางเป็น ก.ม.) ย่อมแสดงว่าเส้นทางระดับ (ค่าสังเกต L_b^*) นั้น ๆ มี gross errors แต่ถ้าค่าความต่าง (Δ) ไม่เกินเกณฑ์ 8 ม.ม. $\sqrt{K}$ อาจถือได้ว่า เส้นทางระดับนั้นอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่างานระดับชั้นสอง ดังรายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 4.2

4.8 คำนวณปรับแก้โครงข่ายระดับชั้นหนึ่งพร้อมกัน

ภายหลังจากการวิเคราะห์ตัดค่าสังเกตที่มี gross errors ออกหมดแล้ว ส่วนที่เหลือจึงเป็นข้อมูลที่มีคุณสมบัติพอที่จะคำนวณปรับแก้โครงข่ายระดับพร้อมกันต่อไป เนื่องจากค่าระดับสูงที่ต้องการในงานรังวัดควบคุมทางดิ่งคือ ระดับสูงออร์ธอเมตริค (orthometric height) ดังนั้นค่าต่างระดับที่ได้จากงานระดับต้องเปลี่ยนเป็นค่าต่างระดับออร์ธอเมตริคเสียก่อนที่จะนำไปคำนวณปรับแก้ โดยที่

$$\Delta H_{12} = \Delta n_{12} + E_{12}$$

เมื่อ Δn_{12} คือข้อมูลจากงานระดับ (spirit leveling)

E_{12} คือค่าตรวจแก้ออร์ธอเมตริค

ΔH_{12} คือค่าต่างระดับออร์ธอเมตริค

4.8.1 คำนวณค่าตรวจแก้ออร์ธอเมตริค (Orthometric correction)

จากสมการ (ข. - 5) จะได้ค่าตรวจแก้ออร์ธอเมตริค (E_{12})

$$E_{12} = \int_1^2 \frac{g - \gamma_o}{\gamma_o} dn + \frac{\bar{g}_1 - \gamma_o}{\gamma_o} H_1 - \frac{\bar{g}_2 - \gamma_o}{\gamma_o} \cdot H_2$$

จะเห็นได้ว่าต้องทราบค่าแรงดูดพิภพ (g) ตลอดเส้นทางระดับ (จากจุด 1 ถึง 2) ซึ่งหมายความว่าค่าต่างระดับออร์ธอเมตริคควรมีการวัดค่าแรงดูดพิภพโดยตรง

แต่ลักษณะของงานวัดแรงดูดพิภพที่ผ่านมา มีความมุ่งหมายเพื่อรวบรวมข้อมูลส่งไปยังสหภาพยีออเดซี่และยีออฟิสิคส์ระหว่างประเทศ (International Union of Geodesy and Geophysic)* ซึ่งประเทศไทยเป็นสมาชิกอยู่ ทั้งนี้เพื่อเป็นการศึกษาหารูปร่างที่แท้จริงของโลก (geoid) โดยใช้ข้อมูลแรงดูดพิภพทั่วโลก ดังแผนที่รายงานผลงานการวัดค่าแรงดูดพิภพ ในรูปที่ ข.10

สำหรับประเทศไทยเอง ข้อมูลแรงดูดพิภพที่ผ่านมายังมิได้มีการประยุกต์ใช้กับงานยีออเดซีแต่อย่างใด จะเห็นได้จากแผนงานการวัดค่าแรงดูดพิภพกับแผนงานระดับชั้นหนึ่งไม่ค่อยจะสอดคล้องกัน เป็นผลให้เส้นทางระดับบางเส้นทางในโครงข่ายยังไม่มีการวัดค่าแรงดูดพิภพ โดยเฉพาะบริเวณภูเขาสูง เมื่อข้อมูลแรงดูดพิภพไม่สมบูรณ์เพียงพอดังกล่าว การปรับแก้โครงข่ายระดับครั้งนี้ จึงใช้สูตรประมาณในการหาค่าตรวจแก้ออร์ธิเมตริค (Normal orthometric correction) Bomford (1971, p. 230) แสดงสูตรไว้ดังนี้

$$E_{12}^{(n)} = -0.005302\ H_m \sin 2\phi_m \cdot \Delta\phi'' \sin 1''$$

เมื่อ $E_{12}^{(n)}$ คือค่าตรวจแก้ออร์ธอเมตริคจากจุด 1 ไป 2

$$\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1$$

H_m, ϕ_m คือค่าระดับสูงและละติจูดปานกลางตามลำดับผลลัพธ์ของค่าตรวจแก้ $E_{12}^{(n)}$ แสดงในตารางที่ ข.3 และการเปรียบเทียบผลการคำนวณจากสูตร E_{12} และ $E_{12}^{(n)}$ ได้กล่าวไว้ในภาคผนวก ค.

---

* ใช้คำย่อเป็น " I.U.G.G."

4.8.2 คำนวณปรับแก้โครงข่ายระดับตอนเหนือของเกาะหลัก

ด้วยสถานีวัดระดับน้ำทะเลปานกลางที่ ต. เกาะหลัก ทำการวัดระดับน้ำติดต่อกันมามากกว่า 19 ปี ได้ค่าระดับของหมุด B.M.A. ใหม่เป็น 1.4267 ม.* จึงใช้ค่านี้เป็นค่าระดับคงที่ในการปรับแก้โครงข่ายระดับพร้อมกัน (เดิมใช้ B.M.A. = 1.4477 ม.) จากรูปโครงข่ายระดับตอนเหนือเกาะหลัก รูปที่ ช.6 มีจำนวนค่าสังเกต (n) เท่ากับ 96 และจำนวนพารามิเตอร์ (u) เท่ากับ 62 ใช้ค่าต่างระดับออร์ธอเมตริค จากตารางที่ ช.3 เป็นเวคเตอร์ของค่าสังเกต

การประกอบสมการปกติ (normal equations) ปฏิบัติตามหัวข้อ 4.3 ใช้ข้อมูลจากตารางที่ ช.4-1 (input data) คำนวณปรับแก้โครงข่ายระดับด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ น้ำหนักของค่าสังเกตใช้ตามหลักการของสมการ (4 - 4) ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวในบทต่อไป

ผลลัพธ์ของพารามิเตอร์หลังจากการปรับแก้เป็นค่าระดับสูงออร์ธอเมตริค พร้อมกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมัน ส่วนขนาดของเศษคงเหลือ (V) แสดงไว้ในรูปที่ ช.7 ได้มีการเปรียบเทียบค่าระดับสูงที่ใช้อยู่เดิมกับค่าระดับสูงใหม่ ดังรายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ ช.5-1 และรูปที่ ช.9 โดยกำหนดให้

H_o = ค่าระดับสูงที่ใช้อยู่เดิม

$H_a^{(1)}$ = ค่าระดับสูงจากการปรับแก้ ใช้ค่าระดับ B.M.A. = 1.4477 ม. เป็นค่าอ้างอิง

$H_a^{(2)}$ = ค่าระดับสูงจากกาปรับแก้ใช้ค่าระดับ B.M.A. = 1.4267 ม. เป็นค่าอ้างอิง

$\hat{\sigma}_{Ha}$ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคาดคะเนของ H_a

Δ = $H_a^{(1)} - H_o$

---

* รายละเอียดค่าระดับของหมุด B.M.A. กล่าวไว้ในภาคผนวก ก.

4.8.3 คำนวณปรับแก้โครงข่ายระดับตอนใต้ของเกาะหลัก

จากรูป ช.5 ใช้หมุดระดับ B.M.A. เป็นค่าคงที่ ได้จำนวนค่าสังเกต (n) = 25 และจำนวนพารามิเตอร์ (u) = 18 ใช้ข้อมูลในตาราง ช.4-2 คำนวณปรับแก้โครงข่ายระดับโดยใช้น้ำหนักของค่าสังเกตตามหลักการของสมการ (4 - 4) ผลลัพธ์หลังจากการปรับแก้แสดงในตาราง ช.5-2 ควรหมายเหตุไว้ในที่นี้ว่าจุดพารามิเตอร์ที่ 4 และ 5 ความจริงเป็นจุดเดียวกัน สาเหตุที่แยกเป็น 2 ค่า เพราะเส้นทางระดับ ℓ_5 และ ℓ_7 ทำการวัดในปี 2469 ส่วน ℓ_6 ทำการวัดในปี 2521 (ต่างกัน 52 ปี) ครั้นเมื่อทำเป็นวงจรปิด คำนวณได้ค่าคลาดบรรจบเท่ากับ 205.3 ม.ม. ในขณะที่เกณฑ์ยอมให้เพียง 88 ม.ม. จะเห็นได้ว่าเกินเกณฑ์มาก เพื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าระดับของหมุดระดับ B.M.P. 110 (อ. หลังสวน) จึงได้แยกเป็น 2 พารามิเตอร์ดังกล่าว ผลปรากฏว่าค่าระดับใหม่จากงานปี 2521 น้อยกว่าระดับเดิมประมาณ 19.8 ซ.ม.