บทที่ 4

การคำนวณงานรังวัดระบบยูทีเอ็ม

4. การคำนวณงานรังวัดระบบยูทีเอ็ม

ปกติการคำนวณงานรังวัดยีออเดติกนั้น เป็นการคำนวณบนพื้นผิวทรงรีอ้างอิงโดยตรง การนำระบบพิกัดบนระนาบ เช่น ระบบยูทีเอ็ม มาประยุกต์ในการคำนวณจะทำให้ปัญหาการคำนวณบนผิวโค้ง (ทรงรี) กลายเป็นปัญหาการคำนวณบนระนาบ กระบวนการแก้ปัญหางานรังวัดยีออเดติกโดยวิธีนี้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนใหญ่ ๆ ดังนี้ (สวัสดิ์ชัย เกรียงไกรเพชร, 2524)

1. การแปลงและการตรวจแก้ข้อมูลบนพื้นผิวทรงรีอ้างอิงให้เป็นข้อมูลบนระนาบของการฉายแผนที่ ความสัมพันธ์นี้เขียนเป็นสมการได้ในรูป

$$X = f_1(\phi, \lambda) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4-1)$$

$$Y = f_2(\phi, \lambda) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4-2)$$

2. การคำนวณปริมาณต่าง ๆ เช่น พิกัดของจุด มุมระหว่างด้าน ความยาวของด้าน ฯลฯ จากข้อมูลที่ได้ในข้อ 1 โดยใช้หลักเรขาคณิตบนระนาบ ถ้าต้องมีการปรับแก้ข้อมูลสามารถกระทำได้ในขั้นตอนนี้

$$X = P_1(D, \alpha) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4-3)$$

$$Y = P_2(D, \alpha) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4-4)$$

โดย D = ระยะความยาวด้าน

α = Azimuth ของจุดพิจารณา

3. การแปลงและการตรวจแก้ผลในข้อ 2 ให้เป็นปริมาณบนผิวทรงรี

$$\phi = g_1(X, Y) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4-5)$$

$$\lambda = g_2(X, Y) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4-6)$$

เนื่องจากกรมที่ดินมีค่าพิกัดของจุดต่าง ๆ ที่นำการวางโครงข่ายวงรอบมาตั้งปี พ.ศ. 2444 เป็นค่าพิกัดระบบโซลด์เนอร์ จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนค่าพิกัดระบบยูทีเอ็ม ซึ่งมีแนวทางปฏิบัติ 3 วิธี คือ

4.1 <u>วิธีคำนวณวงรอบในระบบยูทีเอ็ม</u>

เป็นวิธีที่จัดได้ว่าตรงไปตรงมาที่สุด วิธีนี้จะนำข้อมูลงานวงรอบมาคำนวณปรับแก้ให้สอดคล้องกับค่าพิกัดควบคุม โดยหลักการคำนวณในระบบพิกัดแผนที่ สูตรพื้นฐานของการคำนวณมีดังนี้

$$Y_2 = Y_1 + (C \times K \times D) \cdot \cos\alpha_1 \quad \text{.....} \quad (4\text{-}7)$$

$$X_2 = X_1 + (C \times K \times D) \cdot \sin\alpha_1 \quad \text{.....} \quad (4\text{-}8)$$

เมื่อ X_1, Y_1 พิกัดระบบยูทีเอ็มของหมุดที่ทราบค่าต่อเนื่องมา

D ระยะทางราบที่วัดได้บนผิวโลก

C ค่าแก้ทอนระยะจากผิวโลกสู่ระดับน้ำทะเลปานกลาง

$= \frac{R}{R + H}$; R รัศมีโลก 6,358,211.105 เมตร

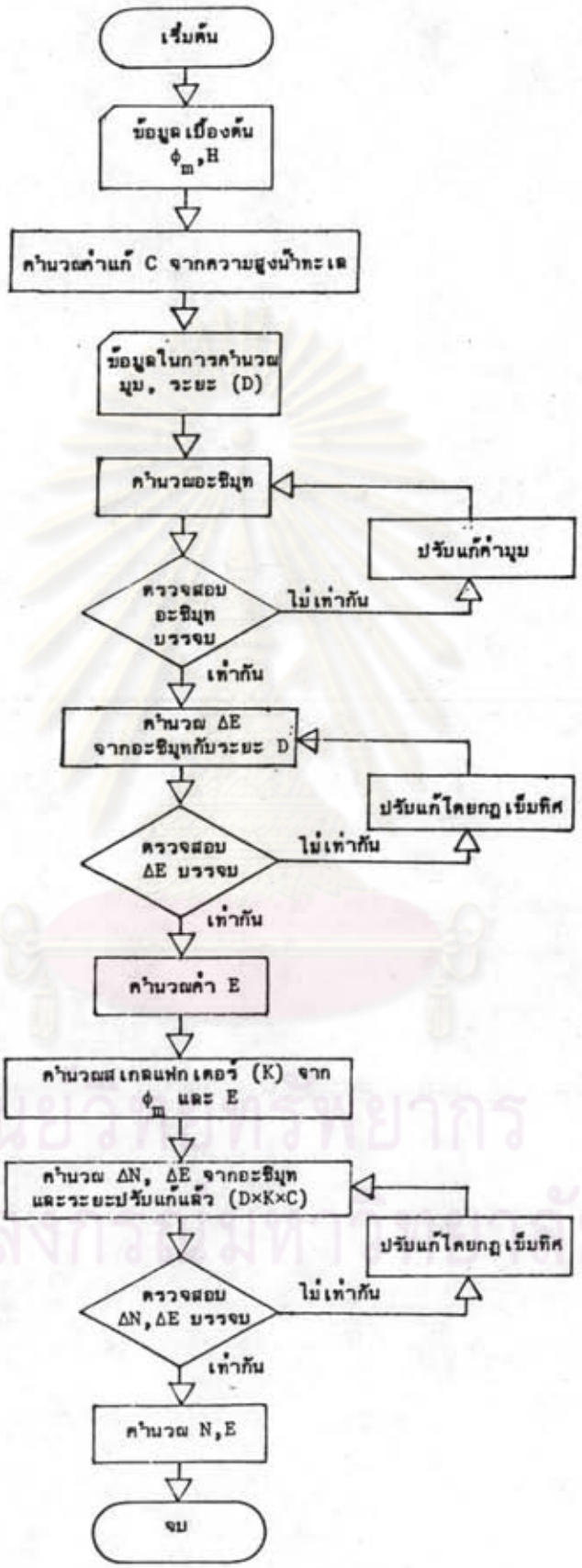
H ความสูงจากระดับน้ำทะเล (เมตร)

K สเกลแฟกเตอร์ของแต่ละหมุดเส้นโครงงาน

α_1 Grid Azimuth ของจุด (X_1, Y_1)

ขั้นตอนการคำนวณสามารถเขียนเป็นแผนภูมิได้ดังรูป 4.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.1 แผนภูมิการคำนวณวงรอบระบบทีเอ็ม

4.2 <u>วิธีแปลงค่าพิกัดระบบไซลด์เนอร์เป็นพิกัดภูมิศาสตร์แล้วแปลงเป็นพิกัดระบบยูทีเอ็ม</u>

เป็นวิธีอ้อมซึ่งอาศัยหลักที่ว่าระบบพิกัดบนแผนที่มีความสัมพันธ์กับพิกัดภูมิศาสตร์ (ϕ, λ) ความสัมพันธ์ดังกล่าวอยู่ในรูปสมการการฉายแผนที่ ดังนั้นค่าพิกัดระบบไซลด์เนอร์สามารถแปลงให้เป็นระบบยูทีเอ็มตามขั้นตอนดังแสดงในแผนภูมิ และผลการคำนวณโดยวิธีนี้รวบรวมอยู่ในภาคผนวก ง

ซึ่งการแปลงจากระบบหนึ่งไปสู่อีกระบบหนึ่งมีขั้นตอนรายละเอียดดังนี้

4.2.1 <u>การแปลงค่าพิกัดระหว่างพิกัดไซลด์เนอร์กับพิกัดภูมิศาสตร์</u> (ส่วนรังวัดที่ดิน, กรมที่ดิน, 2510)

สำหรับระบบพิกัดไซลด์เนอร์ของกรมที่ดินระยะทางมีหน่วยเป็นเส้นและมีสูตรดังนี้

สูตรแปลงพิกัดภูมิศาสตร์ เป็นพิกัดไซลด์เนอร์

$$Y = I_{\phi} - I_{o} + II\ p^2 \quad \ldots\ldots\ldots (4\text{-}10)$$

$$X = III\ p \quad \ldots\ldots\ldots (4\text{-}11)$$

สูตรแปลงพิกัดไซลด์เนอร์ เป็นพิกัดภูมิศาสตร์

$$\phi = \phi' - IV\ q^2 \quad \ldots\ldots\ldots (4\text{-}12)$$

$$\Delta\lambda = V\ q \quad \ldots\ldots\ldots (4\text{-}13)$$

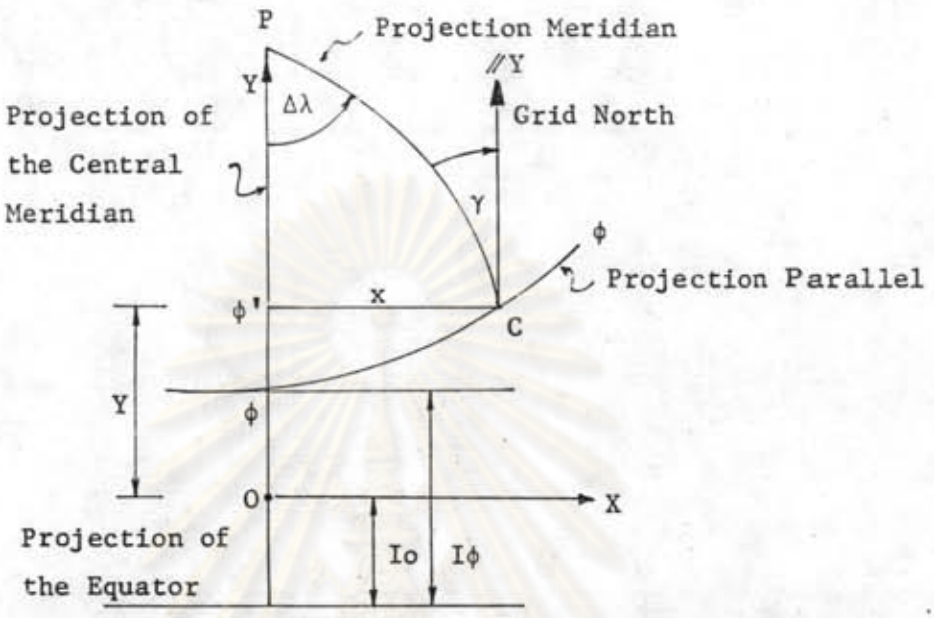
$$\gamma = VI\ q \quad \ldots\ldots\ldots (4\text{-}14)$$

โดย $p = 0.0001\ \Delta\lambda$

$q = 0.0001\ X$

ϕ' หาจาก $I_o + Y = I$ นำไปหาโดย Iteration จากสมการ (4-15)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.2 ระบบพิกัดบนระนาบของการฉายแผนที่แบบโซลด์เนอร์ แสดงเส้นเมริเดียน เส้นขนานละติจูด มุมสอบเมริเดียน และพิกัดกริด (พิกัดฉาก X, Y) สำหรับจุด C

$$I = c\left(A\frac{\phi}{\rho_0} - \frac{B}{2}\sin 2\phi + \frac{C}{4}\sin 4\phi - \frac{D}{6}\sin 6\phi + \frac{E}{8}\sin 8\phi\right) \quad .. \quad (4\text{-}15)$$

$$A = 1 - \frac{3}{4}e'^2 + \frac{45}{64}e'^4 - \frac{175}{256}e'^6 + \frac{11025}{16384}e'^8$$

$$B = +\frac{3}{4}e'^2 - \frac{15}{16}e'^4 + \frac{525}{512}e'^6 - \frac{2205}{2048}e'^8$$

$$C = +\frac{15}{64}e'^4 - \frac{105}{256}e'^6 + \frac{2205}{4096}e'^8$$

$$D = +\frac{35}{512}e'^6 - \frac{315}{2048}e'^8$$

$$E = +\frac{315}{16384}e'^8$$

$$II = \frac{N\cos\phi\sin\phi}{2\rho''^2} \times 10^8 \quad \text{.....} \quad (4\text{-}16)$$

$$III = \frac{N \cos\phi}{\rho''} \times 10^4 \qquad \text{..... (4-17)}$$

$$IV = \frac{\rho'' \cdot \sin\phi}{2MN \cos\phi} \times 10^8 \qquad \text{..... (4-18)}$$

$$V = \frac{\rho''}{N \cos\phi} \times 10^4 \qquad \text{..... (4-19)}$$

$$VI = \frac{\rho'' \cdot \tan\phi}{N} \times 10^4 \qquad \text{..... (4-20)}$$

4.2.2 <u>การแปลงค่าพิกัดระหว่างพิกัดภูมิศาสตร์กับพิกัดยูทีเอ็ม</u> (สวัสดิ์ชัย เกรียงไกรเพชร, 2524)

สำหรับระบบยูทีเอ็มมีรายละเอียดของสูตรเฉพาะกรณี ซึ่งได้แก่

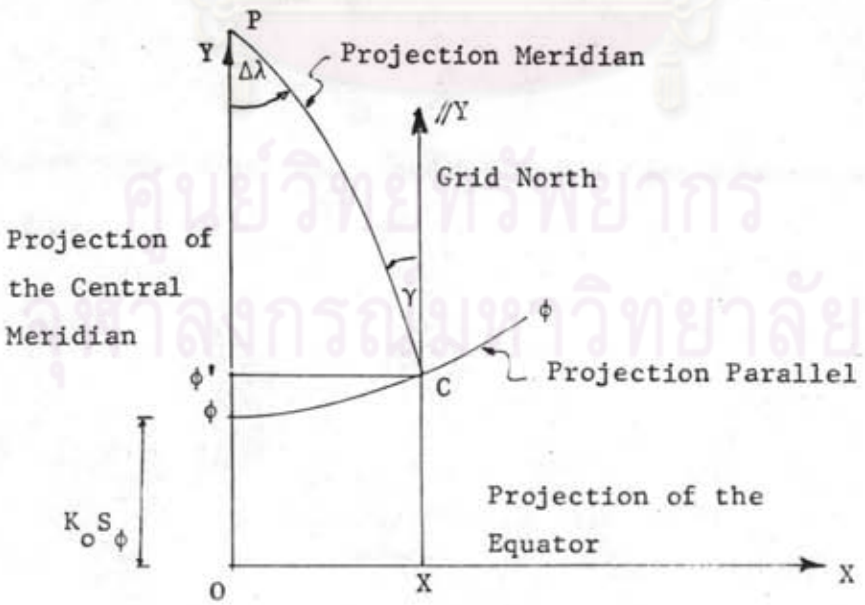
$K_o = 0.9996$

$X' = 500{,}000 + X$

$Y' = Y$ (สำหรับซีกโลกเหนือ)

$= 10{,}000{,}000 + Y$ (สำหรับซีกโลกใต้)

หน่วยของระยะทางใช้เป็นเมตร



รูปที่ 4.3 ระบบพิกัดบนระนาบของการฉายแผนที่แบบทรานสเวอร์สเมอร์เคเตอร์ แสดงเส้นเมริเดียน เส้นขนานละติจูด มุมสอบเมริเดียน และพิกัดกริด (พิกัดฉาก X, Y) ของจุด C

สูตรการแปลงพิกัดยีออเดติกเป็นพิกัดกริด

$$Y = K_o S\phi - a_2 \Delta\lambda^2 + a_4 \Delta\lambda^4 - a_6 \Delta\lambda^6 \quad \text{..... (4-21)}$$

$$X = a_1 \Delta\lambda - a_3 \Delta\lambda^3 + a_5 \Delta\lambda^5 \quad \text{..... (4-22)}$$

$$a_1 = K_o N \cos\phi \ , \quad a_2 = \frac{K_o N \cos^2\phi \ (-\tan\phi)}{2}$$

$$a_3 = \frac{K_o N \cos^3\phi}{6} (-1 + \tan^2\phi - \eta^2)$$

$$a_4 = \frac{K_o N \cos^4\phi \tan\phi}{24} (5 - \tan^2\phi + 9\eta^2 + 4\eta^4)$$

$$a_5 = \frac{K_o N \cos^5\phi}{120} (5 - 18\tan^2\phi + \tan^4\phi + \eta^2 (14 - 58\tan^2\phi))$$

$$a_6 = \frac{K_o N \cos^6\phi \tan\phi}{720} (-61 + 58\tan^2\phi + \tan^4\phi + \eta^2 (-270 + 330\tan^2\phi))$$

$S\phi$ = ดูสูตร 4-30

สูตรการแปลงพิกัดกริดเป็นพิกัดยีออเดติก

$$\phi = \phi' + b_2 x^2 + b_4 X^4 + b_6 X^6 + \ldots \quad \text{..... (4-23)}$$

$$\lambda = b_1 X + b_3 X^3 + b_5 X^5 + \ldots \quad \text{..... (4-24)}$$

$$b_1 = (K_o N)^{-1} \sec\phi'$$

$$b_2 = -\frac{1}{2} b_1^2 \sin\phi' \cos\phi' (1 + e'^2 \cos^2\phi')$$

$$b_3 = -\frac{1}{6} b_1^3 (2 - \cos^2\phi' + e'^2 \cos^4\phi')$$

$$b_4 = -\frac{1}{12} b_1^2 b_2 (3 + (2 - 9e'^2)\cos^2\phi' + 10e'^2 \cos^4\phi' - 4e'^4 \cos^6\phi')$$

$$b_5 = \frac{1}{120} b_1^5 (24 - 20\cos^2\phi' + (1 + 8e'^2)\cos^4\phi' - 2e'^2 \cos^6\phi')$$

$$b_6 = \frac{1}{360} b_1^4 b_2 (45 + 16\cos^4\phi')$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สูตรคำนวณมุมสอบของแนวเมริเดียนในเทอมของพิกัดยีออเดติก

$$\gamma = \Delta\lambda \sin\phi \left(1 + \frac{\Delta\lambda^2 \cos^2\phi}{3} (1 + 3\eta^2 + 2\eta^4) + \frac{\Delta\lambda^4 \cos^4\phi}{15} (2 - \tan^2\phi)\right)$$

.. (4-25)

สูตรคำนวณมุมสอบของแนวเมริเดียนในเทอมของพิกัดกริด

$$\gamma = \frac{X \tan\phi}{N} - \frac{\tan\phi}{3} \left(\frac{X}{N}\right)^3 (1 + \tan^2\phi - \eta^2 - 2\eta^4)$$

$$+ \frac{\tan\phi}{15} \left(\frac{X}{N}\right)^5 (2 + 5\tan^2\phi + 3\tan^4\phi) \quad \ldots\ldots (4\text{-}26)$$

สูตรสเกลแฟกเตอร์ในเทอมของพิกัดยีออเดติก

$$K = K_o \left(1 + \frac{\Delta\lambda^2 \cos^2\phi}{2} (1 + \eta^2)\right.$$

$$\left. + \frac{\Delta\lambda^4 \cos^4\phi}{24} (5 - 4\tan^2\phi + 14\eta^2 - 28\tan^2\phi\ \eta^2)\right) \quad .. (4\text{-}27)$$

สูตรสเกลแฟกเตอร์ในเทอมพิกัดกริด

$$K = K_o \left(1 + \frac{1 + \eta^2}{2} \left(\frac{X}{K_o N}\right)^2 + \frac{1 + 6\eta^2}{24} \left(\frac{X}{K_o N}\right)^4\right) \quad \ldots\ldots\ldots (4\text{-}28)$$

สูตรคำนวณค่า (t - T) สำหรับอะซิมุทกริดเส้น 1-2

$$(t - T) = - \frac{(Y_2 - Y_1)(X_2 + 2X_1)}{6K_o^2 R_1^2} \quad \ldots\ldots\ldots (4\text{-}28)$$

สูตรคำนวณความยาวของเส้นเมริเดียน

$$S\phi = \frac{a}{1 + n} (a_o\phi - a_2 \sin 2\phi + a_4 \sin 4\phi - a_6 \sin 6\phi + a_8 \sin 8\phi)$$

$\ldots\ldots\ldots$ (4-30)

$$a_o = 1 + \frac{n^2}{4} + \frac{n^4}{64}$$

$$a_2 = \frac{3}{2} \left(n - \frac{n^3}{8}\right)$$

$$a_4 = \frac{15}{16} \left(n^2 - \frac{n^4}{4}\right),$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$a_6 = \frac{35}{48} n^3$$

$$a_8 = \frac{315}{512} n^4$$

สูตรคำนวณละติจูดฟุตพ้อยท์ (Footpoint Latitude)

$$\phi' = u + P_2 \sin 2u + P_4 \sin 4u + P_6 \sin 6u \qquad \text{..... (4-31)}$$

$$u = \frac{1 + n}{a_o} \left(\frac{Y}{K_o a}\right) \quad ; \quad a_o = 1 + \frac{n^2}{4} + \frac{n^4}{64}$$

$$P_2 = \frac{3}{2} n - \frac{27}{32} n^3 + \frac{269}{512} n^5$$

$$P_4 = \frac{21}{16} n^2 - \frac{55}{32} n^4$$

$$P_6 = \frac{151}{96} n^3 - \frac{417}{128} n^5$$

สูตรคำนวณสเกลแฟกเตอร์สำหรับเส้นยาว

$$\overline{K} = K_o \left[1 + \frac{X_m^2}{6K_o^2 R_m^2} \left(1 + \frac{X_m^2}{36K_o^2 R_m^2}\right)\right] \qquad \text{..... (4-32)}$$

$$X_m^2 = X_1^2 + X_1 X_2 + X_2^2$$

<u>หมายเหตุ</u> ค่าละติจูดที่ใช้ในสูตร 23, 24, 26, 28 เป็นละติจูดฟุตพ้อยต์ ซึ่งคำนวณได้จากค่า Y โดยใช้สูตร 4-31

4.2.3 <u>การแปลงค่าพิกัดระหว่างพิกัดยูทีเอ็มพื้นฐานราชบุรีกับพิกัดยูทีเอ็มพื้นฐานอินเดียน 2497</u>

เนื่องจากค่าพิกัดระบบไซลด์เนอร์ที่นำมาวิจัยในครั้งนี้ เป็นค่าพิกัดที่อ้างอิงกับพื้นหลักฐานราชบุรี และค่าพิกัดยูทีเอ็มที่คำนวณในข้อ 4.2.1 เป็นพิกัดยูทีเอ็มพื้นฐานอินเดียน 2497 เพื่อจะนำมาเปรียบเทียบจึงต้องคำนวณเปลี่ยนค่าพิกัดยูทีเอ็ม จากพื้นฐานราชบุรีเป็นพื้นฐานอินเดียน 2497 โดยใช้สมการ

$$E = A_1X + B_1Y + C_1 \quad \text{..... (4-33)}$$

$$N = A_2X + B_2Y + C_2 \quad \text{..... (4-34)}$$

จากตารางการแบ่งพื้นที่ประเทศไทยในโซน 47 ออกเป็น 40 เขตพื้นที่คือ พื้นที่ที่ 1-40 และในโซน 48 ออกเป็น 13 เขตพื้นที่คือ พื้นที่ที่ 80-92 (DMATC-G(52310), 22 May, 1974) และจังหวัดชลบุรีอยู่ในเขตพื้นที่ที่ 8 ของโซน 47 มีค่าสมการดังนี้

$$E = 0.9999759873\ X - 0.0000428053\ Y + 116.828 \quad \text{... (4-33)}$$

$$N = 0.0000486487\ X + 1.0000171932\ Y + 9.319 \quad \text{... (4-34)}$$

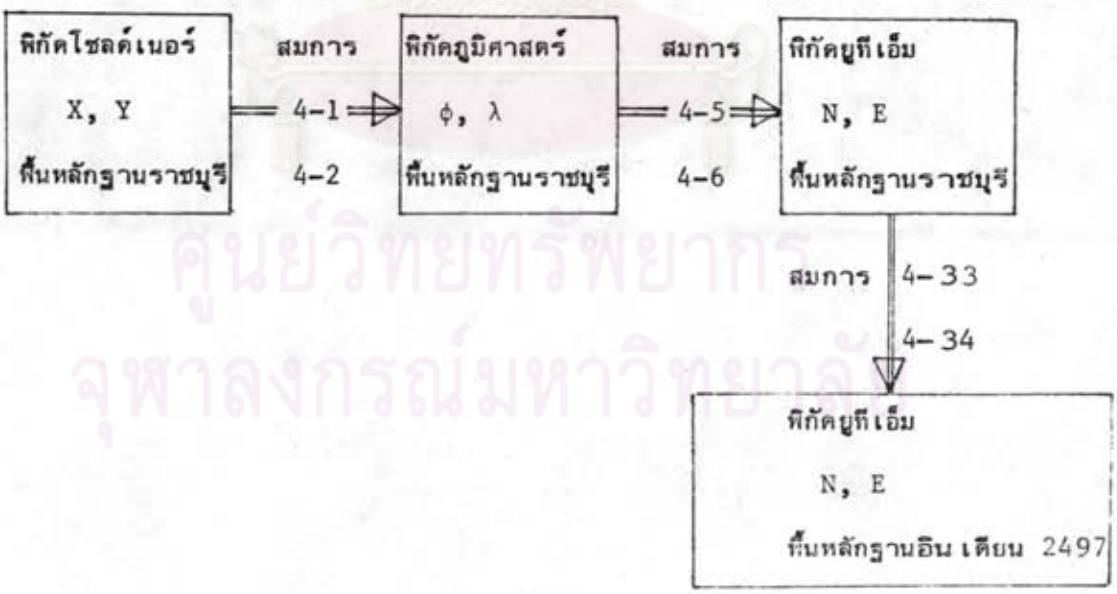
โดยที่

X, Y เป็นค่าพิกัดยูทีเอ็มพื้นฐานราชบุรี

E, N เป็นค่าพิกัดยูทีเอ็มพื้นฐานอินเดียน 2497

4.2.4 <u>สรุปลำดับขั้นการแปลงค่าพิกัดวิธีที่ 2 ในการวิจัย</u>

ในการวิจัยครั้งนี้ ลำดับขั้นของการแปลงค่าพิกัดในวิธีที่ 2 จากข้อ 4.2.1 ถึง 4.2.3 สามารถเขียนเป็นแผนภูมิได้ดังนี้



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 <u>ใช้พิกัดระบบไซลด์เนอร์มาแปลงเป็นระบบยูทีเอ็มโดยใช้วิธีการแปลงแบบสัมพรรถ</u>
(General Affine Transformation)

เป็นการแปลงค่าพิกัดโดยใช้รูปจำลองของการแปลงพารามิเตอร์ของรูปจำลองนี้สามารถหาได้จากการเปรียบเทียบค่าพิกัดตำแหน่งระบบไซลด์เนอร์กับระบบยูทีเอ็มบนหลักฐานแผนที่ชุดเดียวกัน ในพื้นที่ของเส้นโครงงานที่มีขอบเขตไม่กว้างขวางนักให้มากพอเพียง พิกัดตำแหน่งที่ใช้มีจำนวน 3 จุด เป็นอย่างน้อย ในการคำนวณหากมีจำนวนสมการมากกว่าตัวไม่ทราบค่าอาจใช้วิธีลีสท์สแควรแก้ปัญหาได้ ผลการคำนวณแสดงอยู่ในภาคผนวก จ และวิธีการแปลงอาจแสดงเป็นแผนภูมิอย่างง่าย ๆ ดังนี้

$$N = A_1X + B_1Y + C_1 \qquad \text{..... (4-35)}$$

$$E = A_2X + B_2Y + C_2 \qquad \text{..... (4-36)}$$

โดยที่ N, E พิกัดระบบยูทีเอ็ม

X, Y พิกัดระบบไซลด์เนอร์

A_1, A_2, B_1, B_2, C_1, C_2 เป็นพารามิเตอร์ที่หาได้จากหมุดหลักฐานแผนที่ที่รู้ค่าตำแหน่งทั้ง 2 ระบบ และใช้ Least Square ในการหาค่าที่ดีที่สุดมาใช้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย