กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม

บทที่ 3

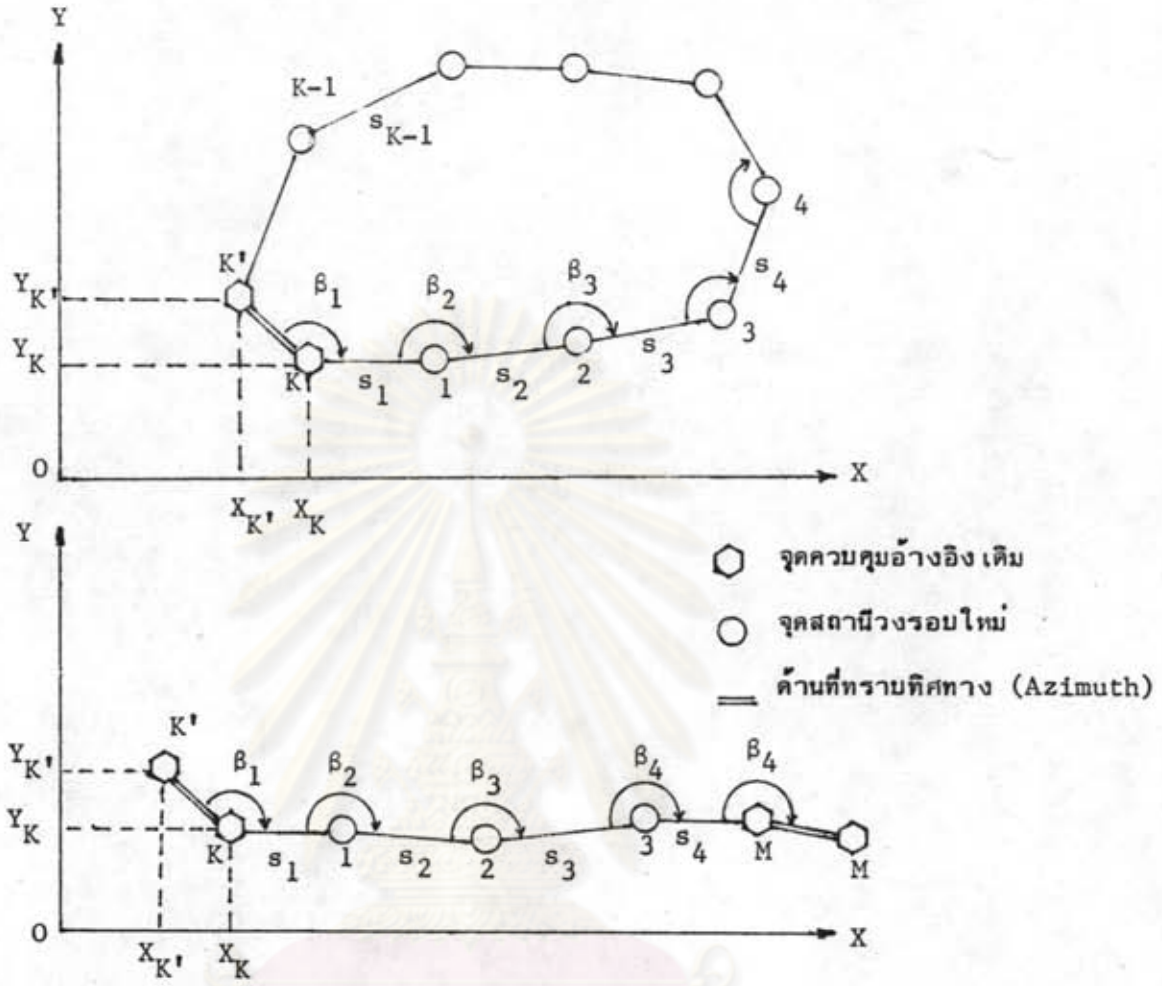
โครงข่ายวงรอบของงานกรมที่ดิน

3.1 งานวงรอบ (Traverse)

งานวงรอบหมายถึง งานรังวัดเพื่อหาค่าพิกัดตำแหน่งของจุดต่าง ๆ บนผิวโลก โดยการวัดมุมและความยาวของด้านที่เชื่อมระหว่างจุดในลักษณะอนุกรม

งานวงรอบดังรูปที่ 3.1 ประกอบด้วยการวัดมุม และวัดระยะราบระหว่างสถานีประชิดกันของวงรอบ จุดควบคุมที่มีอยู่เดิมจะรวมอยู่ในบริเวณโครงข่ายด้วย การวัดมุมใช้กล้องทีโอโดไลท์ ระยะวัดด้วยเครื่องวัดระยะอีเลคโทรนิคส์หรือแถบวัดระยะ ทิศทางของแขนวงรอบทุกแขนคำนวณจากจุดควบคุมที่มีอยู่กับมุมราบที่วัดได้ เมื่อทราบทิศทางแล้วคำนวณหาพิกัดของทุกจุดในระบบพิกัดเดียวกันกับค่าพิกัดของจุดควบคุมที่มีปรากฏอยู่เดิม โดยวิธีตรีโกณมิติ ในกรณีที่เส้นวงรอบมีจำนวนมุมมากจำเป็นต้องมีการรังวัดอะซิมุทดาราศาสตร์ ตามเกณฑ์กำหนดของงานวงรอบเพื่อเป็นการควบคุมทิศทาง

ตำแหน่งทางราบอาจคำนวณ โดยใช้ระบบพิกัดยีออเดติก (Geodetic Coordinate System) ซึ่งแสดงด้วยค่าละติจูด (Latitude) และลองจิจูด (Longitude) หรืออาจคำนวณในระบบพิกัดฉากระนาบราบ (Plane Rectangular System) ข้อดีของระบบพิกัดยีออเดติกคือตำแหน่งสัมพันธ์ของจุดที่อยู่ห่างกันมาก ๆ ไม่มีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากความโค้งของผิวโลก แต่การคำนวณทางคณิตศาสตร์ค่อนข้างยุ่งยาก ส่วนในระบบพิกัดฉากระนาบราบจะเกิดความคลาดเคลื่อนเนื่องจากความโค้งของผิวโลก จึงต้องกำหนดขอบเขตของระบบพิกัดประเภทนี้ เพื่อให้ความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ความถูกต้องยอมรับ นอกจากนี้สำหรับงานโครงการขนาดเล็ก อาจใช้ระบบพิกัดฉากระนาบราบธรรมดาที่สมมุติขึ้นได้ เช่น โครงการออกโฉนดท้องถิ่น เป็นต้น แต่ถ้าเป็นไปได้ควรหลีกเลี่ยงการใช้ระบบพิกัดที่สมมุติขึ้น เพราะระบบเช่นนี้ จะไม่มีสัมพันธ์กับค่าละติจูดและลองจิจูดจริง หรือไม่สัมพันธ์กับระบบพิกัดสมบูรณ์อื่น ๆ



รูปที่ 3.1 เส้นโครงงานวงรอบ

3.2 <u>การแบ่งชั้นงานวงรอบของกรมที่ดิน</u> (ระเบียบกรมที่ดินว่าด้วยการสร้างและซ่อมแซมหมุดหลักฐานโครงงานแผนที่, 2526)

ความละเอียดถูกต้องของงานวงรอบขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องมือ บุคคล ผู้ทำการรังวัด วิธีการวัดและสภาพดินฟ้าอากาศ งานแต่ละโครงการย่อมต้องการความละเอียดถูกต้องต่างกันตามแต่วัตถุประสงค์ของงานนั้น จึงจำเป็นต้องแบ่งชั้นของงานวงรอบ มีเกณฑ์กำหนดของงาน เพื่อให้ได้ความละเอียดถูกต้องตามจุดประสงค์

3.2.1 <u>งานวงรอบชั้นที่ 1</u> (First Order Traverse)

หมุดหลักฐานแผนที่หลัก ซึ่งกรมที่ดินจะนำไปใช้เป็นหมุดออกและเข้าบรรจบในการวางเส้นโครงงานหลักฐานแผนที่ชั้น 1 นั้น จะต้องเป็นหมุดหลักฐานแผนที่ที่ได้มาจาก

009061

1. หมุดหลักฐานแผนที่ของกรมแผนที่ทหาร ซึ่งมีค่าพิกัดภูมิศาสตร์จากงานโครงข่ายสามเหลี่ยม หรืองานวงรอบชั้น 1

2. หมุดหลักฐานแผนที่ชั้น 1 ของกรมที่ดินที่ได้มาจากการวัดระยะด้วยเครื่องวัดระยะอีเลคโทรนิคส์ ซึ่งรังวัดออกและเข้าบรรจบจากหมุดหลักฐานของกรมแผนที่ทหารที่มีความละเอียดสูง

ส่วนการวางโครงหมุดหลักฐานแผนที่จะเป็นชนิดและวิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับ ขนาด รูปร่าง สภาพบริเวณ และตำแหน่งของหมุดหลักฐานแผนที่บริเวณพื้นที่นั้น ความยาวทั้งหมดของเส้นโครงงานไม่เกิน 20 กม. ระยะระหว่างหมุดที่ทำการรังวัดด้วยโซ่ไม่ควรยาวเกิน 12.5 เส้น ระยะที่ยาวกว่านี้อาจทำการวัดระยะด้วยเครื่องวัดระยะอีเลคโทรนิคส์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพของสิ่งแวดล้อม ความยาวระหว่างหมุดหลักฐานแผนที่ ควรมีระยะเท่ากัน และให้สร้างหมุดหลักฐานแผนที่ถาวร 1 อู่ ทุกหมู่บ้าน ทุกแยกทางหลวง หรือทุกระยะประมาณ 5 กม. โดยให้หล่อหมุดในที่มั่นคงถาวรใกล้กับหลักพยานที่ค้นหาง่าย เช่น หลักกิโลเมตร

ถ้าแนวเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ไม่เป็นไปตามนี้ให้รังวัดด้วยวิธี จุดร่วม (Nodal Point) คือเป็นจุดซึ่งเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ซึ่งมีความยาวมาก มาบรรจบกันอย่างน้อย 3 เส้น เพื่อใช้ประกอบในการบังคับเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ เส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่แต่ละเส้นมาบรรจบกันที่จุดร่วม จะต้องมีลักษณะคล้ายคลึงกันและออกมาจากหมุดหลักฐานแผนที่ชั้นเดียวกัน เพื่อให้ผลของการคำนวณอยู่ในเกณฑ์เดียวกัน และที่จุดร่วมจะต้องทำการรังวัดอะซิมุท (Azimuth) กรณีหมุดหลักฐานแผนที่มีไม่เพียงพอหรือไม่อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมหรือสภาพภูมิประเทศไม่อำนวย อันจะทำให้เส้นโครงงานหลักฐานแผนที่แต่ละเส้นมีลักษณะไม่คล้ายคลึงกันก็ให้ทำได้โดยวิธีนี้

การวัดมุมราบให้ใช้กล้องวัดมุมชนิดที่อ่านได้โดยตรงไม่ต่ำกว่า 1 พิลิบดา ให้ทำการวัดอย่างน้อย 3 ชุด การวัด 1 ชุด หมายถึงการวัดด้วยกล้องหน้าซ้ายและหน้าขวา อย่างละ 1 ครั้ง ความแตกต่างของกล้องหน้าซ้ายและหน้าขวาต้องไม่เกิน 10 พิลิบดา ความต่างของมุมแต่ละชุดที่จะนำมาเฉลี่ยใช้คำนวณต้องไม่เกิน 10 พิลิบดา ในการวัดมุมแต่ละชุดให้เปลี่ยนมุมฉานองศาราบไปประมาณ 180 องศาหารด้วยจำนวนชุดที่ทำการรังวัด และควรทำการวัดมุมโดยวิธีใช้ขากล้อง 3 ชุด (Method of Three Tripods Centering)

การรังวัดอะซิมุท (Azimuth) ให้ทำการรังวัดอะซิมุททุก ๆ 20 หมุด และต้องไม่เกิน 10 กิโลเมตร

3.2.2 งานวงรอบชั้นที่ 2 (Second Order Traverse)

ให้วางออกและเข้าบรรจบกับหมุดหลักฐานแผ่นที่ชั้นที่ 1 จุดประสงค์ในการสร้างเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผ่นที่ชั้น 2 ก็เพื่อใช้เป็นหลักในการสร้างเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผ่นที่ชั้น 3 ระยะระหว่างหมุดหลักฐานของเส้นโครงงานแผ่นที่ชั้น 2 ไม่ควรยาวเกิน 12.5 เส้น และความยาวทั้งหมดของเส้นโครงงานไม่ควรเกิน 5 กม. แต่ถ้ามีความจำเป็นในกรณีไม่อาจหาหมุดเข้าบรรจบได้ ก็ให้ยาวเกินกว่านี้ได้ แต่ต้องไม่เกิน 10 กม. และให้สร้างหมุดหลักฐานถาวร เช่น งานวงรอบชั้น 1

การวัดมุมราบให้ใช้กล้องวัดมุมชนิดที่อ่านได้โดยตรงไม่ต่ำกว่า 1 ลิบดา ให้ทำการวัดอย่างน้อย 3 ชุด การวัด 1 ชุด หมายถึงการวัดด้วยกล้องหน้าซ้ายและหน้าขวาอย่างละ 1 ครั้ง ความแตกต่างของกล้องหน้าซ้ายและหน้าขวาต้องไม่เกิน 1 ลิบดา ความต่างของมุมแต่ละชุดที่จะมาเฉลี่ยใช้คำนวณต้องไม่เกิน 1 ลิบดา ในการวัดมุมแต่ละชุดให้เปลี่ยนมุมจานองศาราบไปประมาณ 180 องศาหารด้วยจำนวนชุดที่ทำการรังวัด และควรทำการวัดมุมโดยวิธีใช้ขากล้อง 3 ชุด (Method of Three Tripods Centering)

การรังวัดอะซิมุท (Azimuth) ให้ทำการรังวัดอะซิมุททุก ๆ ช่วง ไม่เกิน 40 หมุด

3.2.3 งานวงรอบชั้นที่ 3 (Third Order Traverse)

ให้วางระหว่างหมุดหลักฐานแผ่นที่ของเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผ่นที่ชั้นเดียวกันหรือสูงกว่า จุดประสงค์ในการสร้างเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผ่นที่ชั้น 3 ก็เพื่อจะสร้างหมุดหลักฐานแผ่นที่สำหรับเก็บรายละเอียดในบริเวณพื้นที่ดิน ระยะระหว่างหมุดหลักฐานแผ่นที่ไม่ควรเกิน 5 เส้น และความยาวทั้งหมดของเส้นโครงงานไม่ควรเกิน 2 กม. ถ้ามีความจำเป็นในกรณีไม่อาจหาหมุดเข้าบรรจบได้ ก็ให้ยาวเกินกว่านี้ได้ แต่ต้องไม่เกิน 4 กม.

การวัดมุมราบให้ใช้กล้องวัดมุมชนิดที่อ่านได้โดยตรงไม่ต่ำกว่า 1 ลิบดา ให้ทำการวัดอย่างน้อย 2 ชุด การวัด 1 ชุด หมายถึง การวัดด้วยกล้องหน้าซ้ายและกล้องหน้าขวาอย่างละ 1 ครั้ง ความแตกต่างของกล้องหน้าซ้ายและหน้าขวา ต้องไม่เกิน 1 ลิบดา ความต่างของมุมแต่ละชุดที่จะนำมาเฉลี่ยใช้คำนวณต้องไม่เกิน 1 ลิบดา ในการวัดมุมแต่ละชุดให้เปลี่ยนมุมจานองศาราบไปประมาณ 180 องศา หารด้วยจำนวนชุดที่ทำการรังวัด

3.3 วิธีคำนวณงานวงรอบ

วิธีคำนวณวงรอบโดยทั่วไปมี 5 วิธี (ร้อยตรี พล รักษ์ทอง, 2526)

3.3.1 วิธีที่กำหนดขึ้นเอง (Arbitrary Method) ไม่มีกฎเกณฑ์ที่แน่นอน ความคลาดเคลื่อนบรรจบเชิงเส้นจะถูกกระจายไปตามการวิเคราะห์สภาพท้องถิ่นของผู้ปฏิบัติงาน

3.3.2 วิธีกฎทรานสิท (Transit Rule Method) เหมาะสำหรับงานวงรอบที่การวัดมุมมีความละเอียดกว่าการวัดระยะ เช่น วงรอบสเตเดีย ในทางปฏิบัติ กรมที่ดิน ใช้วิธีนี้ในการปรับแก้วงรอบระบบพิกัดโซลด์เนอร์ ซึ่งค่าแก้ (Corrections) จะหาได้จาก

$$\text{ค่าแก้ทางละติจูด AB} = \frac{\text{ละติจูดของ AB} \times \text{ค่าคลาดเคลื่อนบรรจบทางละติจูด}}{\text{ผลรวมเลขคณิตของละติจูด}}$$

$$\text{ค่าแก้ทางดีพาร์ทเจอร์ AB} = \frac{\text{ดีพาร์ทเจอร์ของ AB} \times \text{ค่าคลาดเคลื่อนบรรจบทางดีพาร์ทเจอร์}}{\text{ผลรวมเลขคณิตของดีพาร์ทเจอร์}}$$

3.3.3 วิธีกฎเข็มทิศ (Compass Rule Method) เหมาะสำหรับงานวงรอบที่การวัดมุมและการวัดระยะมีความละเอียดเท่ากัน ในทางปฏิบัติกรมที่ดินใช้วิธีนี้ในการปรับแก้วงรอบระบบพิกัดยูทีเอ็ม ซึ่งค่าแก้หาได้จาก

$$\text{ค่าแก้ทางละติจูด AB} = \frac{\text{ความยาวด้าน AB} \times \text{ค่าคลาดเคลื่อนบรรจบทางละติจูด}}{\text{ผลรวมความยาวด้านในเส้นวงรอบ}}$$

$$\text{ค่าแก้ทางดีพาร์ทเจอร์ AB} = \frac{\text{ความยาวด้าน AB} \times \text{ค่าคลาดเคลื่อนบรรจบทางดีพาร์ทเจอร์}}{\text{ผลรวมความยาวด้านในเส้นวงรอบ}}$$

3.3.4 วิธีแครนดัล (Crandall Method)

ใช้ปรับแก้เส้นวงรอบที่การวัดระยะมีความคลาดเคลื่อนมากกว่าการวัดมุม เช่น วงรอบสเตเดีย วิธีการคำนวณตามลำดับดังนี้

- หาความคลาดเคลื่อนบรรจบทางมุม (Angular Error of Closure) และกระจายค่าตรวจแก้ทางมุมกับมุมที่วัดได้ทุกมุมเป็นจำนวนเท่า ๆ กัน
- ใช้มุมที่ตรวจแก้แล้วเป็นค่าคงตัวในการปรับแก้ระยะที่วัดได้
- คำนวณหาค่าละติจูด ดีพาร์ทเจอร์ และพิกัดจุดต่าง ๆ ในเส้นวงรอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.5 วิธีลีสท์สแควร์ (Least Squares Method) เป็นการปรับแก้ทั้งมุมและระยะพร้อมกันโดยทำให้ผลรวมของกำลังสองของเศษคงเหลือมีค่าน้อยที่สุด

3.4 การตรวจสอบงานรังวัดเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่

ให้ทำการคำนวณและหาความคลาดเคลื่อนของการวัดมุมเข้าบรรจบ (Angular Error) ความคลาดเคลื่อนทางแนวยาว (Longitudinal Error) ความคลาดเคลื่อนทางแนวขวาง (Lateral Error) และความคลาดเคลื่อนของการเข้าบรรจบ (Error of Closure) ของเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ทุกเส้น ค่าความคลาดเคลื่อนแต่ละค่า จะต้องอยู่ในเกณฑ์ของความคลาดเคลื่อนที่กำหนด ในกรณีที่มีความจำเป็นอาจยอมให้ความคลาดเคลื่อนเกินเกณฑ์กำหนดไว้ได้ โดยให้อยู่ในดุลยพินิจของกองรังวัดและทำแผนที่

3.4.1 การคำนวณหาความคลาดเคลื่อน ปริมาณต่าง ๆ หาได้ดังนี้

1. ความคลาดเคลื่อนของการวัดมุมเข้าบรรจบ (Angular Error; EA)

EA = ผลต่างของอะซิมุทที่เข้าบรรจบกับอะซิมุทที่คำนวณได้

2. ความคลาดเคลื่อนทางแนวยาว (Longitudinal Error; EL)

$$EL = \frac{(\text{Error Y} \times \Sigma \text{ Latitude}) + (\text{Error X} \times \Sigma \text{ Departure})}{\sqrt{(\Sigma \text{ Latitude})^2 + (\Sigma \text{ Departure})^2}}$$

โดย Error Y = ความผิดทางแกน Y

Error X = ความผิดทางแกน X

Σ Latitude = ผลรวมของค่า Latitude ของเส้นโครงงาน

Σ Departure = ผลรวมของค่า Departure ของเส้นโครงงาน

3. ความคลาดเคลื่อนทางแนวขวาง (Lateral Error; ET)

$$ET = \frac{(\text{Error Y} \times \Sigma \text{ Latitude}) - (\text{Error X} \times \Sigma \text{ Departure})}{\sqrt{(\Sigma \text{ Latitude})^2 + (\Sigma \text{ Departure})^2}}$$

4. ความคลาดเคลื่อนบรรจบ (Error of Closure; EC)

$$EC = \sqrt{(EL)^2 + (ET)^2}$$

หรือ $$EC = \sqrt{(\text{Error Y})^2 + (\text{Error X})^2}$$

3.4.2 <u>เกณฑ์ความละเอียดในงานรังวัดกรมที่ดิน</u> (ส่วนรังวัดที่ดิน, กรมที่ดิน, 2514)

1. เกณฑ์ความละเอียดในการวัดระยะของเส้นวงรอบ (Limit of Error for Distance Measurement; ED)

ชั้น 1 $ED_1 = .00063\sqrt{D} + .00030\ D + .00005$

ชั้น 2 $ED_2 = .00095\sqrt{D} + .00035\ D + .00005$

โดย D = ระยะที่วัดได้หน่วยเป็นเส้น

2. เกณฑ์ความละเอียดในการวัดมุม (Limit of Error for Angular Closure; EA)

ชั้น 1 $EA_1 = 30''\sqrt{N}$

ชั้น 2 $EA_2 = 45''\sqrt{N}$

ชั้น 3 $EA_3 = 75''\sqrt{N}$

โดย N = จำนวนหมุดที่ตั้งกล้อง

3. เกณฑ์ความละเอียดตามแนวราบเส้นรอบวง (Limit for Longitudinal Error; EL)

ชั้น 1 $EL_1 = \frac{2}{3}\left[.00025\sqrt{[D]} + .00020\ [D] + .00085\right]$

ชั้น 2 $EL_2 = .00025\sqrt{[D]} + .00020\ [D] + .00085$

ชั้น 3 $EL_3 = .00040\sqrt{[D]} + .00040\ [D] + .00125$

โดย $[D] = \sqrt{(X_o - X_I)^2 + (Y_o - Y_I)^2}$

(X_o, Y_o) = พิกัดหมุดออก หน่วยเป็นเส้น

(X_I, Y_I) = พิกัดหมุดเข้าบรรจบ หน่วยเป็นเส้น

4. เกณฑ์ความละเอียดตามแนวข้างของเส้นวงรอบ (Limit for Lateral Error; ET)

ชั้น 1 $ET_1 = \frac{2}{3}\left[[D]\ \frac{40''}{\rho''}\sqrt{\frac{N(N+1)}{12\ (N-1)}} + .00085\right]$

ชั้น 2 $ET_2 = [D]\ \frac{40''}{\rho''}\sqrt{\frac{N(N+1)}{12(N-1)}} + .00085$

ชั้น 3 $ET_3 = [D]\ \frac{80''}{\rho''}\sqrt{\frac{N(N+1)}{12(N-1)}} + .00085$

โดย $\left[D \right]$ = เหมือนข้อ 3

N = จำนวนหมุดของเส้นวงรอบ

ρ'' = 206264.8

5. เกณฑ์ความละเอียดถูกต้องของเส้นโครงงาน (Error of Closure; EC)

ชั้น 1 $EC_1 = \sqrt{(EL_1)^2 + (ET_1)^2}$

ชั้น 2 $EC_2 = \sqrt{(EL_2)^2 + (ET_2)^2}$

ชั้น 3 $EC_3 = \sqrt{(EL_3)^2 + (ET_3)^2}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย