หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การระดับเป็นงานรังวัดควบคุมทางดิ่งจะให้ค่าระดับสูงของจุดต่าง ๆ ภายในโครงข่ายระดับ โดยมีระดับน้ำทะเลปานกลางเป็นพื้นผิวอ้างอิงค่าระดับสูงจะได้รับการตรวจแก้ให้เป็นค่าที่มียีออยด์ (geoid) เป็นพื้นผิวอ้างอิง ซึ่งยีออยด์นี้มีลักษณะศักย์สมดุลย์ตลอดทั่วทั้งผิว (equipotential surface) และระดับน้ำทะเลปานกลางจะเท่ากับระดับของผิวยีออยด์โดยประมาณ โครงข่ายระดับชั้นหนึ่งเป็นโครงข่ายควบคุมหลักแห่งชาติมีไว้เพื่อรองรับการขยายตัวของชุมชน เพื่อประโยชน์ในทางวิทยาศาสตร์และงานวิศวกรรม

ประเทศไทยเริ่มงานระดับชั้นหนึ่งในสมัยรัชกาลที่ 6 พ.ศ. 2455 โดยกรมแผนที่-ทหาร ใช้ค่าระดับน้ำทะเลปานกลางของสถานีวัดน้ำที่ ต. เกาะหลัก จ. ประจวบคีรีขันธ์ เป็นค่าอ้างอิง งานระดับได้ทำต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบันได้ระยะทางประมาณ 14,000 กม. มีหมุดหลักฐานระดับ B.M.P.[1] ประมาณ 1,500 หมุด และ B.M.S.[2] ประมาณ 8,000 หมุด

ลักษณะงานระดับในยุคแรก ๆ มักจะทำไปในทิศทางเดียวตามทางรถไฟ ไม่ค่อยจะมีการบรรจบเป็นวงจรปิดแต่อย่างใด จนถึงปี 2503 ได้มีการปรับแก้โครงข่ายระดับเป็นครั้งแรกเฉพาะส่วนเหนือของ จ. สระบุรี และภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีวงจรปิด 7 วง

---

1. Principal Bench Mark เป็นหมุดระดับถาวรแบบ ก. หล่อด้วยคอนกรีตมีการลงฐานรากอย่างดี

2. Secondary Bench Mark เป็นหมุดระดับรองไม่มีฐานราก

(จากหลักฐานการคำนวณระดับชั้นหนึ่ง ของกรมแผนที่ทหาร เล่มที่ 9 หน้า 173 โดย พันเอก ขุนศักดิ์สิทธิ์ ภูมิภาค) และการปรับแก้โครงข่ายระดับครั้งต่อมาทำเป็นส่วน ๆ โดยใช้ค่าระดับที่ได้จากการปรับแก้ครั้งก่อนเป็นตัวบังคับ (constraint)

ลักษณะการปรับแก้ดังกล่าว มีความหมายเท่ากับการให้สมมุติฐานว่าข้อมูลที่เป็นตัวบังคับนั้นคือ ค่าที่ไม่มีความคลาดเคลื่อน (errorless value) ซึ่งแท้จริงแล้วมันมีความคลาดเคลื่อนอยู่เสมอ ถ้าคลาดเคลื่อนเล็กน้อยก็คงไม่มีผลต่อการปรับแก้ในส่วนต่อไปมากนัก แต่ถ้าคลาดเคลื่อนมากผลที่ตามมาย่อมมากด้วย และมีโอกาสเป็นความคลาดเคลื่อนสะสมขนาดใหญ่ได้

ตั้งแต่เริ่มมีการทำระดับชั้นหนึ่งจนถึงปัจจุบัน ยังไม่เคยมีการปรับแก้พร้อมกันทั้งโครงมาก่อนทำให้ค่าระดับเดิมไม่เหมาะสมในสภาวะปัจจุบัน เพื่อให้ได้ค่าระดับที่เป็นเอกภาพ (unique) และมีความน่าเชื่อถือ จึงจำเป็นต้องมีการปรับแก้โครงข่ายระดับชั้นหนึ่งพร้อมกันทั้งโครง

1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย

1. เพื่อรวบรวมสรุปหลักฐานของหมุดระดับชั้นหนึ่งในประเทศไทยที่มีอยู่แต่เดิมจนถึงปัจจุบัน

2. เพื่อตรวจสอบความคลาดเคลื่อนขนาดใหญ่ (gross errors) ที่แฝงอยู่ในค่าสังเกตภายในโครงข่ายระดับ

3. เพื่อคำนวณปรับแก้โครงข่ายระดับชั้นหนึ่งด้วยลีสท์สแควร์ โดยใช้ข้อมูลทั้งหมดที่ได้กำจัด gross errors ออกแล้ว พร้อมกับวิเคราะห์ผลลัพธ์ทางสถิติและเปรียบเทียบกับค่าระดับที่ใช้อยู่เดิม ในขณะเดียวกันจะได้จัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับคำนวณปรับแก้โครงข่ายระดับ โดยใช้เทคนิคดังกล่าวด้วย

4. เพื่อเตรียมจัดทำเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาหาค่าระดับสูงจากยีออยด์ที่แท้จริงต่อไปในอนาคต

5. เพื่อหาวิธีการในเชิงปฏิบัติที่เหมาะสมเกี่ยวกับการพัฒนาด้านคำนวณ งานรังวัดควบคุมทางดิ่งตลอดจนแผนการปรับปรุงโครงข่ายระดับให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้นในอนาคต

1.3 แนวเหตุผลและทฤษฎีที่สำคัญหรือสมมุติฐาน

ค่าสังเกตที่ได้จากงานสนามปกติจะมีจำนวนมากกว่าตัวไม่ทราบค่า แต่ค่าสังเกตเหล่านั้นมักมีความคลาดเคลื่อนแฝงอยู่ด้วยเสมอ เมื่อได้มีการวางแผนให้มีระบบการวัดที่สามารถตรวจสอบค่าผิด (blunders) ได้และกำจัดออกไป ส่วนความคลาดเคลื่อนเป็นระบบ (systematic effects) จะถูกกำจัดออกไป เมื่อได้ตระหนักถึงสาเหตุแห่งความคลาดเคลื่อนในงานระดับ พร้อมทั้งปฏิบัติตามระเบียบวิธีของงานระดับชั้นหนึ่ง ซึ่งจะได้กล่าวในบทต่อไป ยังคงเหลือความคลาดเคลื่อนสุ่ม (random errors) ติดอยู่กับค่าสังเกตุไม่สามารถกำจัดให้หายไปได้ แต่จากเทคนิคของการคำนวณปรับแก้ จะทำให้ได้ค่าระดับเป็นเอกภาพและเป็นค่าคาดคะเนที่ดีที่สุด (best estimate) โดยทั่วไปมักนิยมปรับแก้ด้วยลีสท์สแควร์

หลักการของลีสท์สแควร์คือ ผลรวมทางพีชคณิตของผลคูณระหว่างน้ำหนักของค่าสังเกตกับเศษคงเหลือกำลังสองที่สอดคล้องกันต้องมีค่าต่ำสุด

$$\phi = V'PV \rightarrow \text{minimum}$$

เมื่อ P คือแมทริกซ์ของน้ำหนักของค่าสังเกต

V คือเวคเตอร์ของเศษคงเหลือของค่าสังเกต (residuals)

การปรับแก้ข้อมูลของงานสำรวจด้วยลีสท์สแควร์นั้น เราสามารถทำได้หลายวิธีแตกต่างกันไปตามลักษณะของแบบจำลองเชิงคณิต (mathematical model) และวิธีการที่ใช้อยู่เสมอได้แก่

วิธีสมการค่าสังเกต (Observation equation method)

วิธีสมการเงื่อนไข (Condition equation method)

แต่ไม่ว่าจะใช้วิธีใดในสองวิธีนี้ก็จะได้ผลลัพธ์เหมือนกันสำหรับค่าสังเกตชุดเดียวกัน ทั้งนี้เพราะลีสท์สแควร์ให้ผลลัพธ์ที่เป็นเอกภาพ สำหรับการรปับแก้โครงข่ายระดับครั้งนี้ได้เลือกใช้วิธีสมการค่าสังเกต โดยมีข้อสมมุติฐานดังนี้

1. การปรับแก้โครงข่ายระดับพร้อมกันครั้งนี้ใช้ค่าระดับน้ำทะเลปานกลางที่เกาะหลักเป็นค่าระดับอ้างอิง และมีหมุดระดับ B.M.A.* เป็นจุดบังคับของโครงข่ายระดับ

2. ด้วยเหตุที่รูปโครงข่ายระดับตอนเหนือและตอนใต้เกาะหลักเป็นอิสระซึ่งกันและกัน เราจึงได้แยกการปรับแก้โครงข่ายระดับพร้อมกันออกเป็น 2 ส่วน

3. เนื่องจากการปรับแก้โครงข่ายระดับในสมัยก่อนใช้วิธีของ "The Gauss-Doolitle method" แก้ปัญหาของสมการปกติ (normal equations) และไม่มีการวิเคราะห์ผลด้วยกรรมวิธีทางสถิติของปริมาณใด ๆ (รวมทั้ง accuracy & precission) แต่ในการปรับแก้ครั้งนี้จะได้ทำการวิเคราะห์ทางด้านสถิติและความถูกต้องด้วย

4. ปัจจุบันการคำนวณปรับแก้ด้วยลีสท์สแควร์โดยใช้แมทริกซ์มีความสอดคล้องกับเทคโนโลยีด้านการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ สามารถแก้ปัญหาขนาดใหญ่ได้โดยไม่เสียเวลามากเหมือนสมัยก่อน ถ้าจัดทำเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้อยู่ในลักษณะที่ยืดหยุ่นจะทำให้การปรับแก้ข้อมูลของงานสำรวจมีความง่ายและรวดเร็วขึ้น และจากเทคนิคของการแพร่ (techniques of propagation) จะทำให้ทราบคุณสมบัติทางสถิติของค่าสังเกตหรือพารามิเตอร์ ได้ภายหลังจากการปรับแก้

1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

1. ในบทที่ 2-4 เป็นการรวบรวมทฤษฎีของงานระดับและทฤษฎีของการปรับแก้ตลอดจนการนำมาประยุกต์ใช้วิธีการปรับแก้โครงข่ายระดับด้วยลีสท์สแควร์

---

* เป็นหมุดระดับแรกที่ได้โยงค่าระดับมาจากระดับน้ำทะเลปานกลางที่เกาะหลัก

2. จากข้อมูลในแบบคำนวณระดับชั้นหนึ่งของแผนกยีออเดซี กรมแผนที่ทหาร ได้นำมาจัดทำเป็นรูปวงจรปิดของวงรอบระดับพร้อมกับกำหนดจุดชุมทางระดับ ประกอบเป็นรูปโครงข่ายระดับ หลังจากนั้นได้คำนวณหาค่าคลาดบรรจบ (misclosure) ของวงจรปิดในทิศทางเวียนตามเข็มนาฬิกา และวิเคราะห์ในขั้นต้นว่าค่าสังเกต (ค่าต่างระดับ) ใดเป็นตัวที่ทำให้ค่าคลาดบรรจบเกินเกณฑ์ 4 ม.ม. $\sqrt{K}$ (K คือระยะเส้นทางระดับเป็น ก.ม.)

3. จัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับคำนวณปรับแก้โครงข่ายระดับด้วยลีสท์สแควร์โดยวิธีสมการค่าสังเกต

4. คำนวณปรับแก้โครงข่ายระดับเบื้องต้นโดยทำเป็นส่วน ๆ ตามภูมิภาค เพื่อตรวจสอบและวิเคราะห์ค่าสังเกตที่มี gross errors แฝงอยู่ แล้วตัดค่าสังเกตนั้น ๆ ออกไป

5. ทำการคำนวณปรับแก้โครงข่ายระดับตอนเหนือและตอนใต้ของเกาะหลักโดยใช้หมุดระดับ B.M.A. เป็นจุดบังคับ

6. วิเคราะห์ความถูกต้องของผลลัพธ์ทางสถิติ

7. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

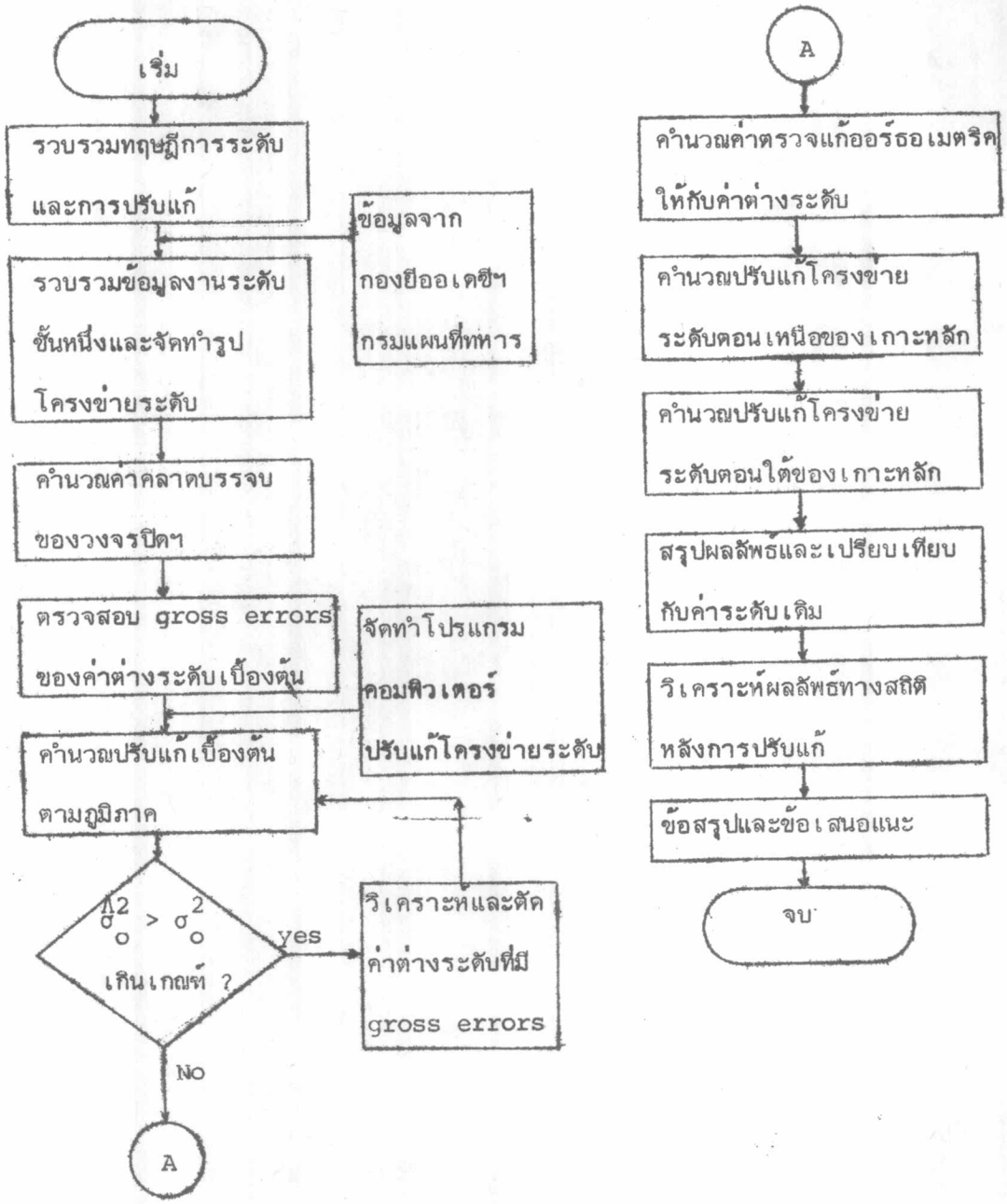
จากขั้นตอนที่กล่าวมานี้พอจะสรุปเขียนเป็นแผนผังการทำงาน (flow diagram) ตามรูปที่ 1.1

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ผลของการปรับแก้โครงข่ายระดับชั้นหนึ่งจากข้อมูลทั้งหมดที่มีทำให้จุดชุมทางระดับมีค่าเป็นเอกภาพและมีความน่าเชื่อถือ สามารถเป็นหลักอ้างอิงให้แก่หมุดระดับอื่น ๆ ภายในโครงข่ายระดับ

2. ทำให้ทราบว่าเส้นทางระดับใดมี gros errors แฝงอยู่

3. ทำให้ทราบสถานภาพ ของโครงข่ายระดับว่า ส่วนใดควรจะมีการเสริมเส้นทางระดับให้โครงข่ายระดับมีความสมบูรณ์มากขึ้น



รูปที่ 1.1 แผนผังขั้นตอนของการวิจัย