บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยเพื่อให้บรรลุถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ได้จัดลำดับขั้นตอนต่าง ๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 **ขอบเขตและการรวบรวมข้อมูลในการวิจัย** (Research Scope and Data Collection)

ในการกำหนดขอบเขตของการวิจัยครั้งนี้ ได้พิจารณาเลือกพื้นที่ทั่วทั้งประเทศของประเทศไทยเป็นกรณีศึกษา โดยแยกการพิจารณาออกเป็นภาคต่างๆ คือ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และ ภาคใต้ ในการรวบรวมข้อมูลซึ่งใช้ในการวิจัยจะประกอบด้วย

เส้นฐานจากการวัดด้วยระบบดาวเทียมจีพีเอส(GPS Baseline Solutions)

ข้อมูลของเส้นฐานซึ่งจะนำมาใช้ในการประมวลผลสำหรับการวิจัยครั้งนี้ มีแหล่งที่มาจาก 2 หน่วยงาน ได้แก่

3.1.1 **ข้อมูลเส้นฐานโดยกรมแผนที่ทหาร**

เป็นข้อมูลที่ได้จากการรับสัญญาณดาวเทียม โดยใช้เครื่องรับสัญญาณแบบสองความถี่ Trimble 4000 SST และ Trimble 4000 SSE ซึ่งผลิตโดยบริษัท Trimble Navigation ด้วยวิธีการรังวัดบนหมุดหลักฐานดาวเทียมจีพีเอส มีระยะห่างกันประมาณ 20 ถึง 100 กิโลเมตร ทั้งนี้จะรับสัญญาณดาวเทียมพร้อมกันอย่างน้อย 5 ดวง และแต่ละคาบการทำงาน (session) จะใช้ระยะเวลาประมาณ 1.5 ถึง 2 ชั่วโมง ข้อมูลจากการรังวัด จะนำมาประมวลผลเพื่อหาองค์ประกอบของเส้นฐาน (baseline components) หรือค่าผลต่างพิกัดทางแกน x แกน y และแกน z โดยใช้โปรแกรม TRIMMBP ใน

ซอฟต์แวร์ TRIMVEC Plus และโปรแกรม WAVE ในซอฟต์แวร์ GPSurvey ผลลัพธ์จากการประมวลผลเส้นฐานมีรูปแบบของแฟ้มข้อมูลเป็น SSF

ข้อมูลชุดนี้ประกอบด้วย

- ภาคเหนือและภาคกลาง มีเส้นฐานจำนวน 595 เส้น และหมุดหลักฐานจำนวน 340 หมุด ดังแสดงในภาพที่ 3.1

- ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีเส้นฐานจำนวน 353 เส้น และหมุดหลักฐานจำนวน 200 หมุด ดังแสดงในภาพที่ 3.2

- ภาคใต้ มีเส้นฐานจำนวน 214 เส้น และหมุดหลักฐานจำนวน 119 หมุด ดังแสดงในภาพที่ 3.3

เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดมารวมเป็นโครงข่ายทั้งประเทศแล้วจะมีหมุดหลักฐานจำนวน 659 หมุด แต่เนื่องจากมีหมุดหลักฐานที่ซ้ำกันตามแนวรอยต่อของภาคจำนวน 13 หมุด ดังนั้นโครงข่ายทั้งประเทศของกรมแผนที่ทหารที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้จึงมีจำนวนหมุดหลักฐานทั้งสิ้น 649 หมุด ดังแสดงในภาพที่ 3.4

3.1.2 เส้นฐานโดยกรมที่ดิน

ประกอบด้วยข้อมูลที่ได้จากการรับสัญญาณดาวเทียม โดยใช้เครื่องรับสัญญาณแบบสองความถี่ Trimble 4000 SSE ซึ่งผลิตโดยบริษัท Trimble Navigation และ Wild SR399 ซึ่งผลิตโดยบริษัท Leica ด้วยวิธีการรังวัดแบบสถิต รับสัญญาณดาวเทียมพร้อมกันอย่างน้อย 5 ดวง และใช้ระยะเวลาในแต่ละคาบการทำงานประมาณ 2 ชั่วโมง ในการรังวัดจะกระทำบนหมุดหลักฐานดาวเทียมจีพีเอส ซึ่งสร้างขึ้นด้วยระยะห่างกันประมาณ 10 ถึง 100 กิโลเมตร นอกจากนี้ยังได้ทำการรังวัดดาวเทียมเพื่อโยงยึดเข้ากับหมุดหลักฐานดาวเทียมจีพีเอสของกรมแผนที่ทหารด้วย ข้อมูลจากการรังวัดสามารถจำแนกออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

(1) ข้อมูลที่ได้จากเครื่องรับสัญญาณ Trimble 4000 SSEจะถูกนำมาประมวลผลเพื่อหาองค์ประกอบของเส้นฐาน โดยใช้โปรแกรม WAVE ในซอฟต์แวร์เชิง

พาณิชย์ GPSurvey ผลลัพธ์จากการประมวลผลเส้นฐานมีรูปแบบของแฟ้มข้อมูลเป็น SSF

(2) ข้อมูลที่ได้จากเครื่องสัญญาณ Wild SR399 จะผ่านขั้นตอนของการแปลงให้เป็นรูปแบบมาตรฐานหรือ RINEX (Receiver Independent EXchange format) โดยใช้ซอฟต์แวร์ SKI หลังจากนั้นจะนำเข้ามาประมวลผลเพื่อหาองค์ประกอบของเส้นฐานโดยใช้โปรแกรม WAVE ในซอฟต์แวร์ GPSurvey ผลลัพธ์จากการประมวลผลเส้นฐานมีรูปแบบของแฟ้มข้อมูลเป็น SSF

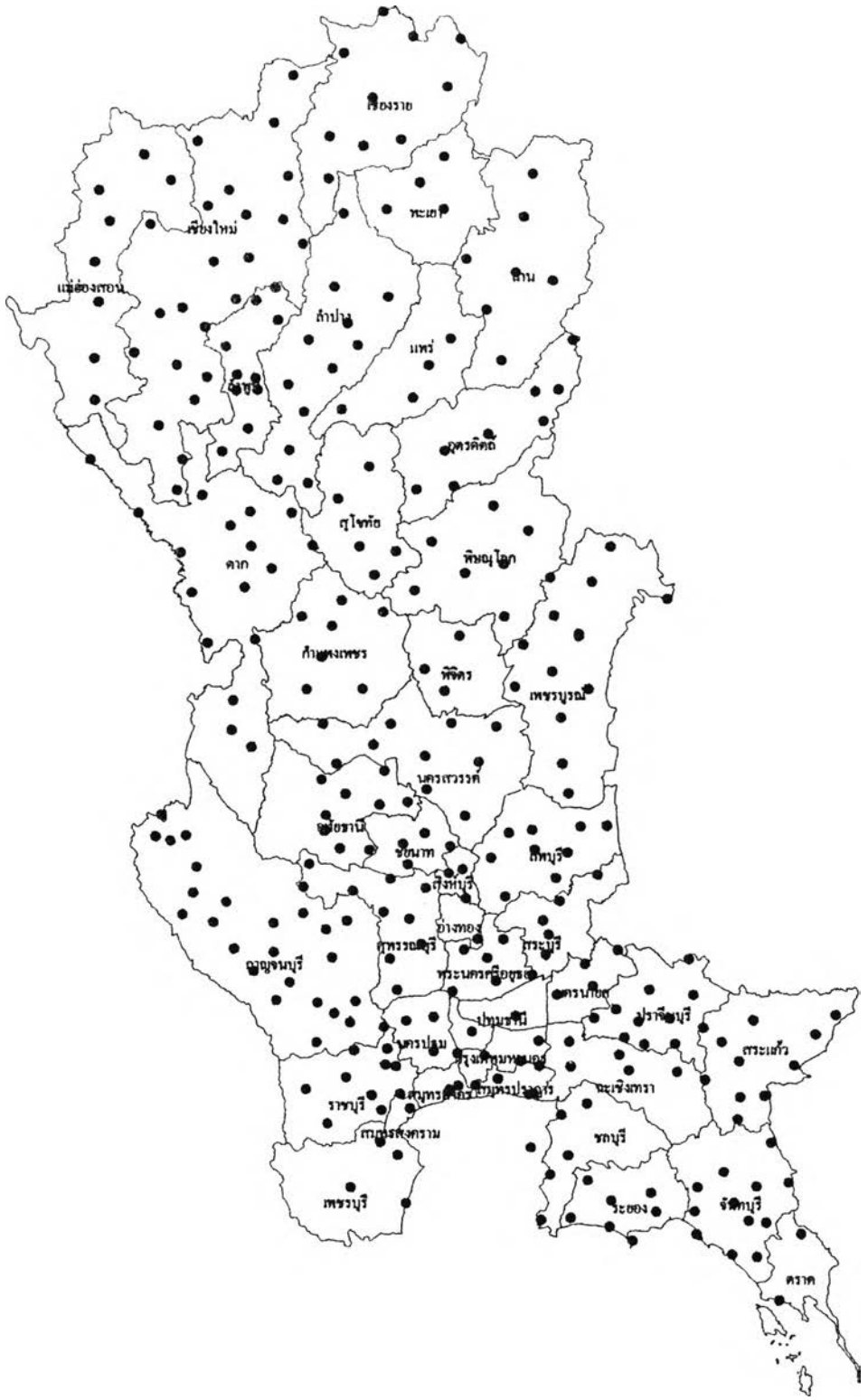
ข้อมูลชุดนี้ประกอบด้วย

- ภาคเหนือและภาคกลาง มีเส้นฐานจำนวน 438 เส้น และหมุดหลักฐานจำนวน 170 หมุด ดังแสดงในภาพที่ 3.5

- ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีเส้นฐานจำนวน 297 เส้น และหมุดหลักฐานจำนวน 103 หมุด ดังแสดงในภาพที่ 3.6

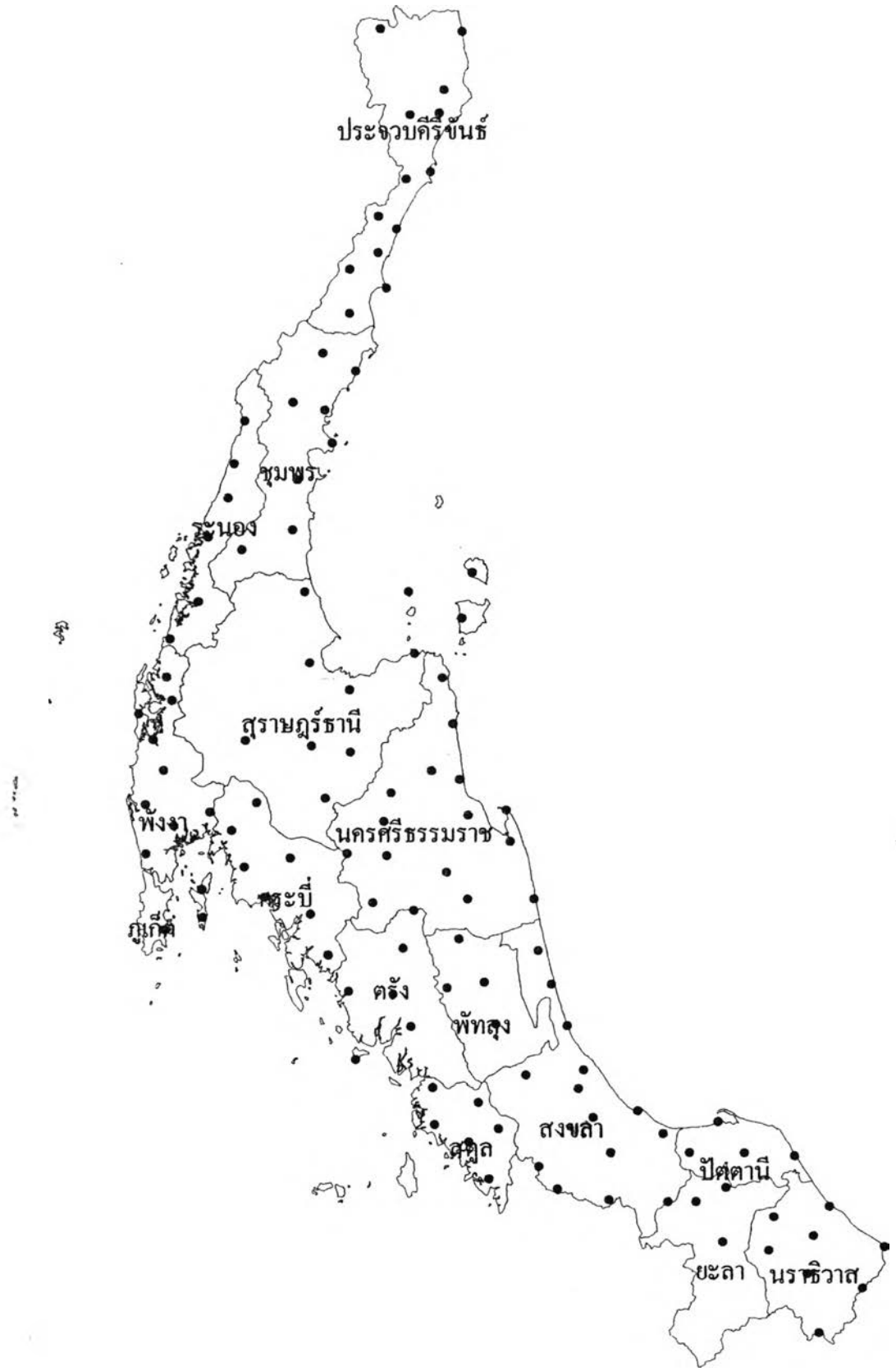
- ภาคใต้ มีเส้นฐานจำนวน 155 เส้น และหมุดหลักฐานจำนวน 67 หมุด ดังแสดงในภาพที่ 3.7

เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดมารวมเป็นโครงข่ายทั้งประเทศแล้วจะมีหมุดหลักฐานจำนวน 340 หมุด แต่เนื่องจากมีหมุดหลักฐานที่ซ้ำกันตามแนวรอยต่อของภาคจำนวน 11 หมุด ดังนั้นโครงข่ายทั้งประเทศของกรมที่ดินที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้จึงมีจำนวนหมุดหลักฐานทั้งสิ้น 329 หมุด ดังแสดงในภาพที่ 3.8 ผลลัพธ์จากการประมวลผลเส้นฐานทั้งหมดจาก 2 หน่วยงาน จะนำมารวมกันเพื่อเป็นโครงข่าย สำหรับการประมวลผลในลำดับต่อไป



ภาพที่ 3.1 แสดงขอบเขตงานวิจัยและหมุดหลักฐานในบริเวณภาคเหนือและภาคกลางของกรมแผนที่ทหาร

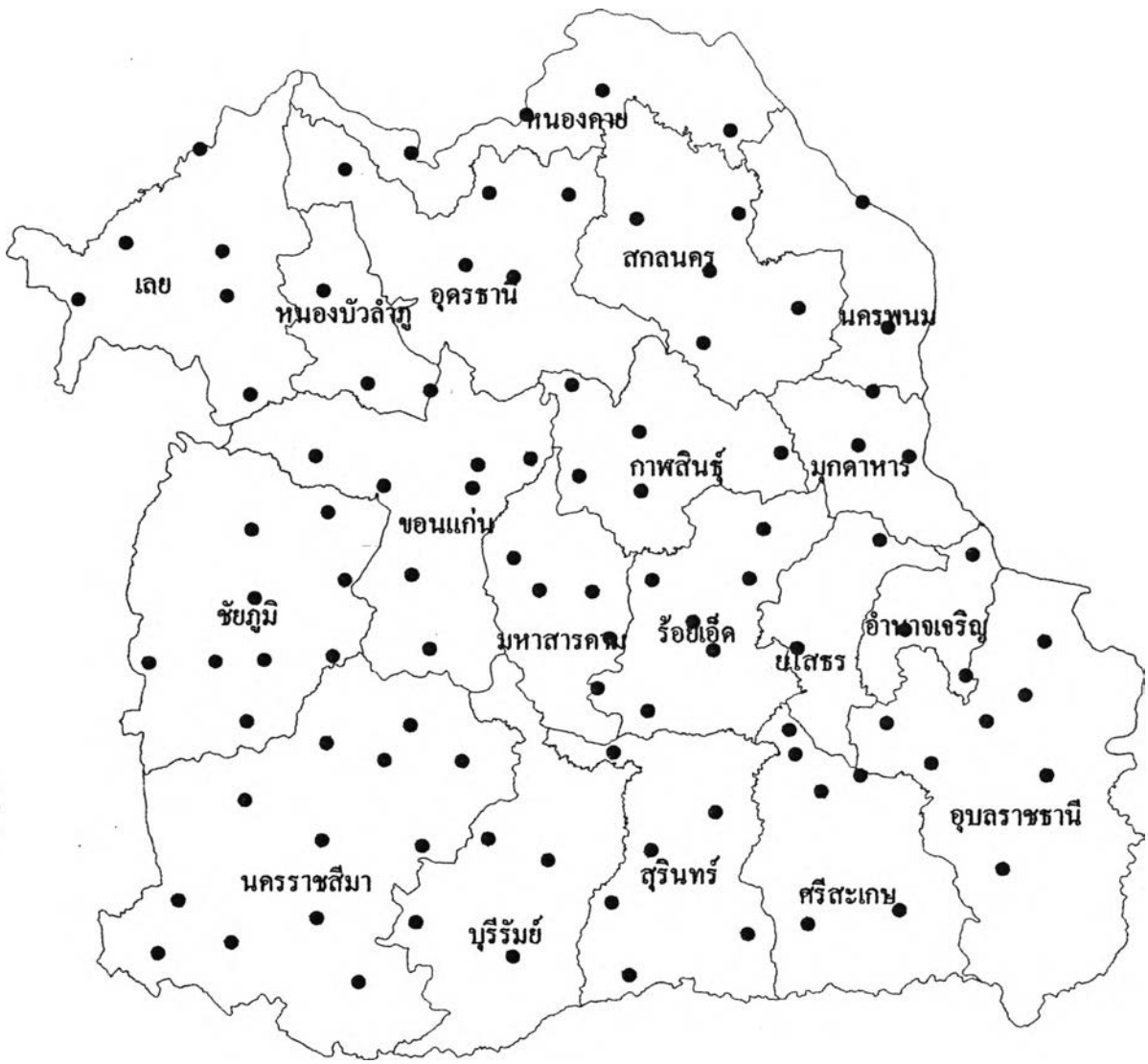
ภาพที่ 3.2 แสดงขอบเขตงานวิจัยและหมุดหลักฐานในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงหนือของกรมแผนที่ทหาร



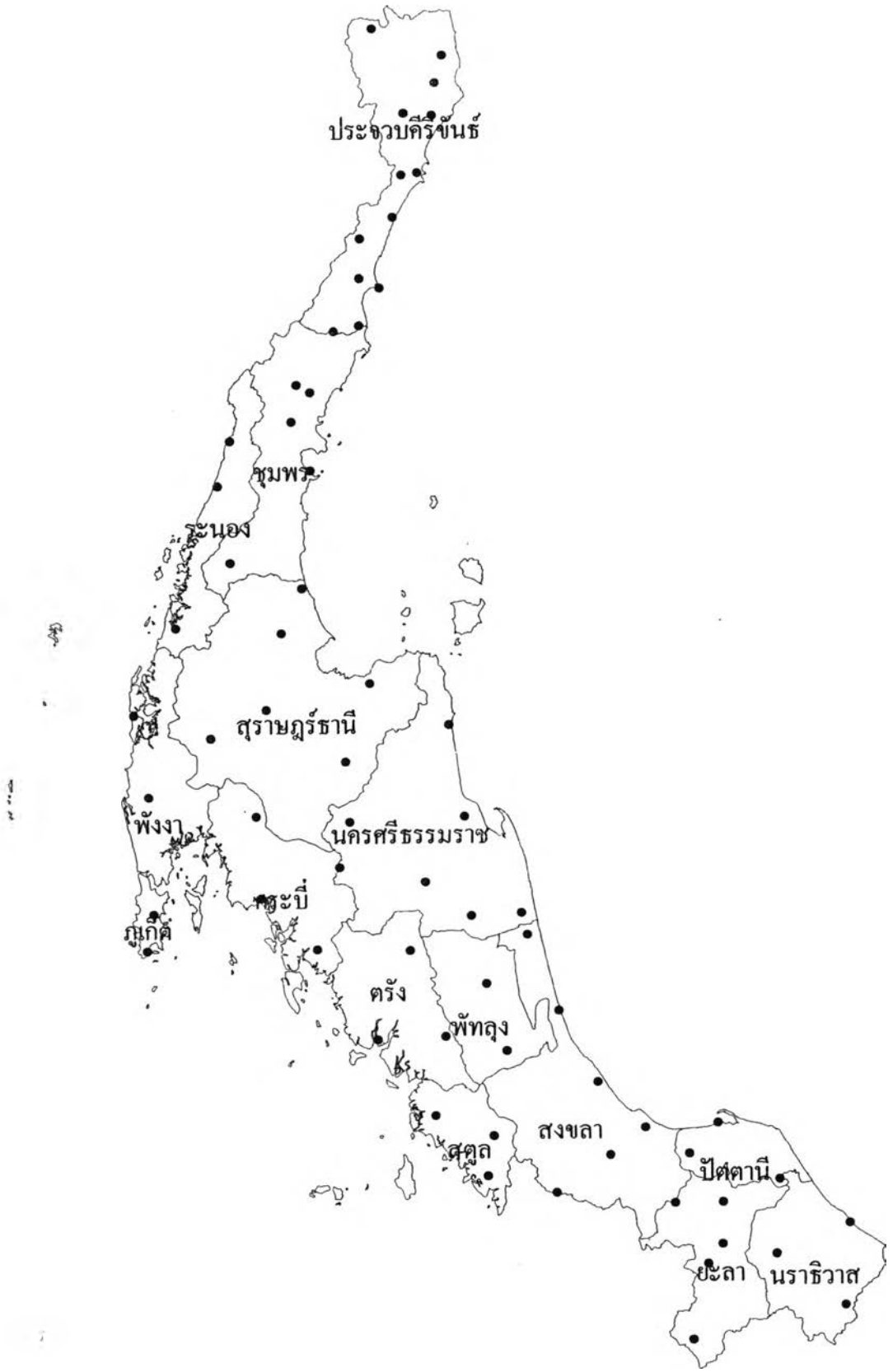
ภาพที่ 3.3 แสดงขอบเขตงานวิจัยและหมุดหลักฐานในบริเวณภาคใต้ของกรมแผนที่ทหาร

ภาพที่ 3.4 แสดงขอบเขตงานวิจัยและหมุดหลักฐานทั่วประเทศของกรมแผนที่ทหาร

ภาพที่ 3.5 แสดงขอบเขตงานวิจัยและหมุดหลักฐานในบริเวณภาคเหนือและภาคกลางของกรมที่ดิน



ภาพที่ 3.6 แสดงขอบเขตงานวิจัยและหมุดหลักฐานในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงหนือของกรมที่ดิน



ภาพที่ 3.7 แสดงขอบเขตงานวิจัยและหมุดหลักฐานในบริเวณภาคใต้ของกรมที่ดิน

ภาพที่ 3.8 แสดงขอบเขตงานวิจัยและหมุดหลักฐานทั่วประเทศของกรมที่ดิน

3.2 การประมวลผล (Process)

ภายหลังจากการรวบรวมข้อมูลจากการประมวลผลเส้นฐาน(GPS baseline solutions) จากทั้ง 2 หน่วยงานแล้ว ในขั้นต้นนำมารวมเป็นโครงข่ายโดยพิจารณาแยกแต่ละหน่วยงานก่อน แล้วจึงนำโครงข่ายจากทั้ง 2 หน่วยงานมารวมกันเป็นโครงข่ายเดียวในภายหลัง ขั้นตอนต่อไป คือ การประมวลผลเพื่อปรับแก้โครงข่ายจีพีเอส (GPS network adjustment) เพื่อให้ได้ผลของค่าพิกัดที่มีความถูกต้อง โดยกระทำแยกแต่ละหน่วยงานก่อนแล้วนำมารวมกันในภายหลัง

ในการประมวลผลจะใช้โปรแกรม GPSurvey ประมวลผลโครงข่ายด้วยวิธีการปรับแก้แบบลีสท์สแควร์ (least squares adjustment)

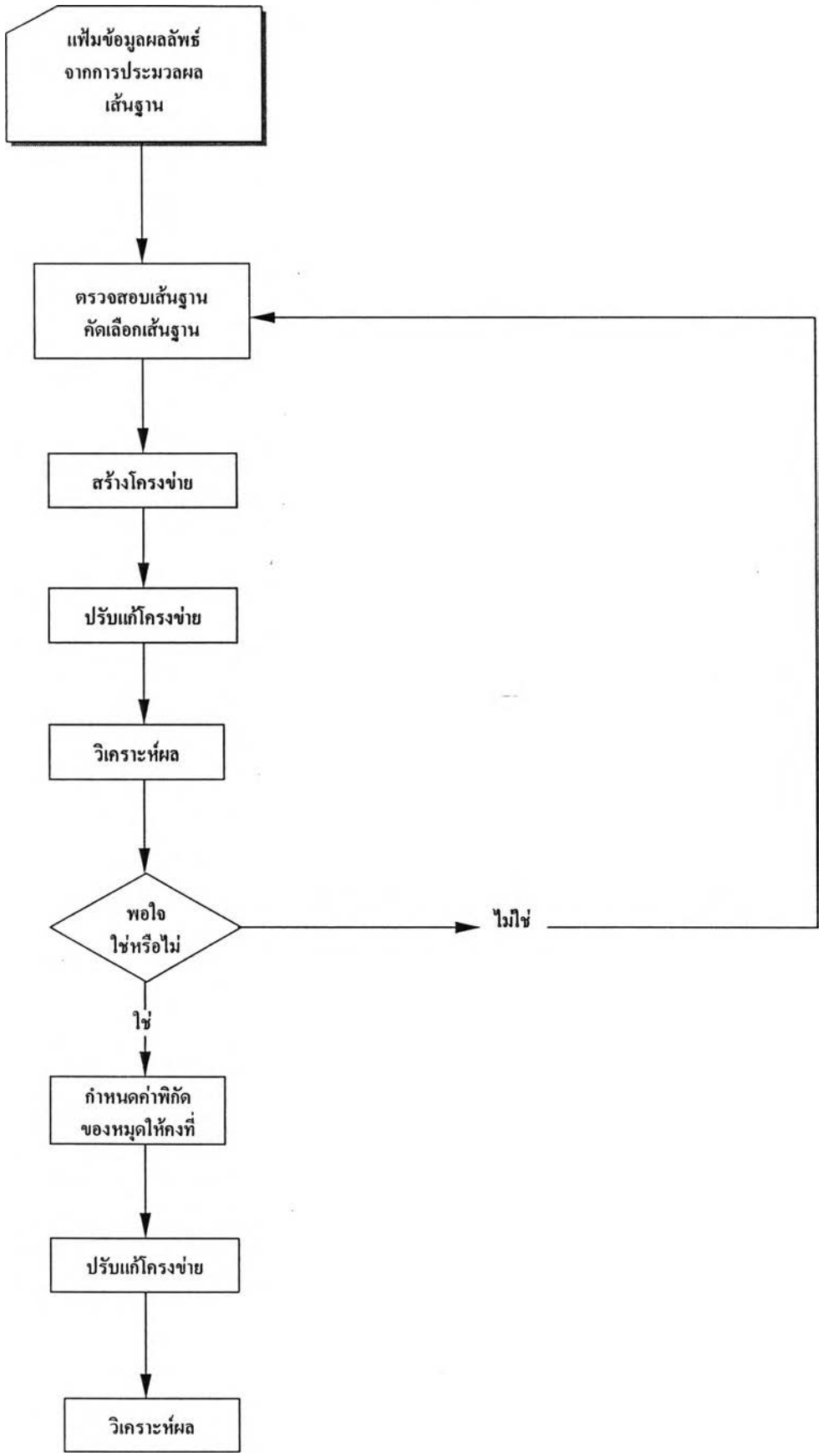
ขั้นตอนในการประมวลผลเพื่อปรับแก้โครงข่าย แสดงได้ดังผังงานในภาพที่ 3.4 และสามารถอธิบายในแต่ละลำดับขั้นได้ดังต่อไปนี้

3.2.1 ตรวจสอบและคัดเลือกเส้นฐาน

เป็นขั้นตอนการนำข้อมูลเส้นฐานของทั้งสองหน่วยงานมาตรวจสอบ ในขั้นต้นจะพิจารณาจากค่าทางสถิติของเส้นฐาน คือค่า ratio และค่า reference variance รวมทั้งการตรวจสอบการเข้าบรรจบตัวเอง (loop closure)ของเส้นฐานในแต่ละ session

ค่า ratio ในทางทฤษฎีนั้นเส้นฐานที่ดีจะต้องมีค่า ratio สูง ค่า ratio จะแสดงพร้อมกับผลลัพธ์จากการหาจำนวนเต็ม (fixed integer solution) เมื่อโปรแกรม WAVE ได้คำนวณผลของ fixed solution โดยปรกติจะปรากฏจำนวนของสมาชิกที่มีความเป็นไปได้พร้อมกับคอมบิเนชั่นของค่าจำนวนเต็มซึ่งแตกต่างกัน ตัวประมวลผล (processor) จะทำการสร้างคอมบิเนชั่นทั้งหมดและจะคำนวณหาค่าคอมบิเนชั่นของจำนวนเต็มซึ่ง fit กับ ค่ารังวัดที่ได้มาจากเครื่องรับสัญญาณ หลังจากนั้นโปรแกรม WAVE จะคำนวณหาค่า ratio ของความแปรปรวน (variance) ของ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 3.9 ผังงานแสดงขั้นตอนการประมวลผลเพื่อปรับแก้โครงข่าย

สมาชิกที่ได้ถูกเลือกขึ้น 2 ค่าที่ best fit กับค่ารังวัด กล่าวได้ว่า ค่า ratio คือ อัตราส่วนระหว่างค่าความแปรปรวนของ fixed solution ที่ดีเป็นลำดับสอง กับค่าความแปรปรวนของ fixed solution ที่ดีที่สุด ในทางทฤษฎีนั้นข้อมูลเส้นฐานที่ดีควรจะมีค่า ratio > 1.5 (ดูรายละเอียดจาก GPSurvey,WAVE Software User's Guide,Trimble หน้า 8-8)

ค่า reference variance เป็นตัวบ่งบอกการกระจายตัวของข้อมูล กล่าวคือ เป็นดัชนีชี้วัดข้อมูลจากการรังวัดของเส้นฐานแต่ละเส้นกับผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด ถ้ามีความแตกต่างกันน้อย ค่า reference variance จะต่ำ แสดงว่าการกระจายของข้อมูลมีน้อยจะให้ค่าความถูกต้องที่ดี ในขณะที่ค่า reference variance สูง แสดงว่าการกระจายของข้อมูลมีมากจะให้ค่าความถูกต้องที่ไม่ดี ในทางทฤษฎีนั้นค่า reference variance ควรจะมีค่าเข้าใกล้ 1 หรือน้อยกว่า กล่าวได้ว่า เส้นฐานที่ดีจะมีค่า ratio สูง , ค่า reference variance ต่ำ และเส้นฐานที่ไม่ดีจะมีค่า ratio ต่ำ , ค่า reference variance สูง (ดูรายละเอียดจาก GPSurvey,WAVE Software User's Guide,Trimble หน้า 8-10)

ในทางปฏิบัติเนื่องจากข้อกำหนดของเครื่องมือและซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ที่ใช้ในการประมวลผลมีข้อจำกัดในเรื่องความยาวเส้นฐาน กล่าวคือ ในกรณีที่เส้นฐานมีความยาวมาก จะมีผลทำให้ค่าพิกัดที่คำนวณได้มีค่าความถูกต้องน้อยลง ค่า ratio และค่า reference variance อาจไม่เป็นไปตามทฤษฎี

- จากการตรวจสอบข้อมูลเส้นฐานพบว่า เส้นฐานส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ดี ,เส้นฐานที่มีค่าไม่สอดคล้องกับคุณสมบัติดังที่กล่าวมาข้างต้นก็จะถูกตัดทิ้ง

ตรวจสอบการเข้าบรรจบตัวเอง (loop closure)

โดยเส้นฐานที่ทำการตรวจสอบจะต้องเป็นเส้นฐานที่เป็นอิสระต่อกัน (independent vectors) ตามทฤษฎีวงรอบเข้าบรรจบภายใน session เดียวกันจะต้องมีค่าเข้าใกล้ค่าศูนย์

- ผลการตรวจสอบ ไม่มีวงรอบเข้าบรรจบใดที่แสดงให้เห็นว่ามี Blunder แฝงอยู่

3.2.2 **การสร้างโครงข่าย** (Build network)

เป็นขั้นตอนการอ่านแฟ้มข้อมูลผลลัพธ์จากการประมวลผลเส้นฐานของแต่ละหน่วยงาน เพื่อสร้างขึ้นเป็นโครงข่าย แฟ้มข้อมูลเส้นฐานที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มีรูปแบบเดียวกันคือ SSF ซึ่งได้จากการใช้โปรแกรมในการประมวลผลเส้นฐาน คือ GPSurvey และ TrimMBP แบ่งการสร้างโครงข่ายออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

(1) สร้างโครงข่ายจากแฟ้มข้อมูลเส้นฐานที่ได้มาจากกรมแผนที่ทหาร

(2) สร้างโครงข่ายจากแฟ้มข้อมูลเส้นฐานที่ได้มาจากกรมที่ดิน

(3) สร้างโครงข่ายจากแฟ้มข้อมูลเส้นฐานที่ได้มาจากทั้ง 2 หน่วยงาน

ในขั้นตอนนี้สามารถตรวจสอบการเข้าบรรจบของวงรอบ (Global Network closures) และเวคเตอร์ที่ไม่ดีจากโครงข่ายในขั้นต้นได้อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากค่า Delta x Delta y และ Delta z (ค่า Delta x Delta y และ Delta z คือ ความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบในทางเรขาคณิตซึ่งจะแสดงในรูปของ EC Cartesain coordinate ลักษณะการทำงานจะทำการตรวจสอบความคลาดเลื่อนเข้าบรรจบของ loop ในโครงข่าย ทีละ loop ไปจนตลอดทั้งโครงข่ายแล้วจะแสดงผลของความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบในทางเรขาคณิตออกมาในรูปของค่า Delta x Delta y และ Delta z)

- โครงข่ายที่ดี (clean network) จะแสดงด้วยค่า Delta x Delta y และ Delta z ที่อยู่ในระดับเซนติเมตร การตรวจสอบในขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบว่าโครงข่ายที่นำเข้ามาประมวลผลมีความคลาดเคลื่อน (closure errors) สูงหรือไม่ โดยปกติหากการประมวลผลมีปัญหาก็สามารถตรวจสอบในขั้นต้นจาก Global Network closures นี้ได้ ยกตัวอย่างดังตารางที่ 3.1 เป็นการนำเอาบางส่วนของโครงข่ายที่ใช้ในการวิจัยมาแสดง จะพบว่าโครงข่ายนี้เป็นโครงข่ายที่ดี เนื่องจากค่า Delta x Delta y และ Delta z ที่ปรากฏอยู่มีค่ามากที่สุดอยู่ในระดับ 3 เซนติเมตรเท่านั้น(ดูรายละเอียด

จาก Trimble Navigation Limited.TRIMNET Plus,Survey Network Software User's Manual หน้า 2-10)

- ค่า Delta x Delta y และ Delta z ที่ปรากฏอยู่ในระดับ 10 หรือ 100 เมตร แสดงว่ามีปัญหาเกิดขึ้นกับชื่อของหมุด ซึ่งอาจจะเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น การตั้งชื่อหมุดซ้ำกันทั้งๆที่เป็นคนละหมุดกัน ทั้งนี้อาจจะเนื่องจากทำการรังวัดต่างเวลา ต่าง session หรือ ต่างชุดปฏิบัติงาน , การใส่ชื่อหรือหมายเลขของหมุดอาจเกิดความผิดพลาด เป็นต้น

ตารางที่ 3.1 แสดงตัวอย่างค่าผลต่างของการเปรียบเทียบองค์ประกอบของเส้นฐานทางแกน x แกน y และแกน z จากบางส่วนของโครงข่ายที่นำมาใช้ในการวิจัย

CLOSURES						
Solution	Vector	From	To	Delta x (m.)	Delta y (m.)	Delta z (m.)
1	1	D05280	D05279	0.000	0.000	0.000
2	1	D05289	D05287	0.000	0.000	0.000
3	1	D05289	D05290	0.000	0.000	0.000
4	1	D05297	D05290	0.000	0.000	0.000
5	1	D05283	D05279	0.000	0.000	0.000
6	1	D05284	D05283	0.000	0.000	0.000
7	1	D05280	D05282	-0.016	-0.034	-0.010
8	1	D05284	D05280	0.014	-0.008	0.000
9	1	D05284	D05279	-0.017	0.012	0.010
10	1	D05282	D05283	0.033	-0.030	0.010
11	1	D05282	D05287	0.000	0.000	0.000
12	1	D05282	D05286	0.000	0.000	0.000
13	1	D05283	D05286	-0.030	0.029	0.020

3.2.3 การปรับแก้โครงข่าย (Network adjustment)

เป็นขั้นตอนการปรับแก้โครงข่ายในครั้งแรก เรียกวิธีการนี้ว่า การปรับแก้โครงข่ายแบบอิสระ (minimally constrained of free adjustment) เพื่อทำการตรวจสอบความสมบูรณ์ (integrity verification) ของค่ารังวัด (GPS observation) ในขั้นตอนนี้เป็นการปรับแก้โครงข่ายโดยใช้โปรแกรม GPSurvey ในกระบวนการปรับแก้ของขั้นตอนนี้สามารถกระทำได้ 2 วิธี คือ

1. ในขั้นตอนการปรับแก้อาจจะไม่ทำการตรึงหมุดใดๆเลย เนื่องจากในการปรับแก้โครงข่ายโดยอิสระนี้ โปรแกรมจะตรึงหมุดที่อยู่ ณ. กลางพื้นที่ของโครงการหนึ่งหมุดโดยอัตโนมัติ

2. ในขั้นตอนการปรับแก้สามารถเลือกกำหนดค่าพิกัดใน 3 มิติของหมุดที่ใช้บังคับเพียงหมุดเดียวเท่านั้น และทำการปรับแก้ให้อยู่บนพื้นหลักฐาน WGS84

ในการทำงานวิจัยครั้งได้เลือกกระทำในขั้นตอนที่ 2 คือ ได้ทำการปรับแก้โดยทำการกำหนดค่าพิกัดของหมุดที่ใช้บังคับเพียงหมุดเดียว คือ หมุด GPS หมายเลข 3001 มีที่ตั้งอยู่ ณ เขาสะแกกรัง จังหวัด อุทัยธานี ซึ่งเป็นหมุดที่หน่วยงานทั้งสองใช้เป็นจุดกำเนิดในการขยายโครงข่ายของแต่ละหน่วยงานออกไปทั่วประเทศ

3.2.4 การวิเคราะห์ผลจากการปรับแก้ (Result analysis)

เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ผลจากรายการคำนวณ (adjustment results) เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์หรือความคลาดเคลื่อนของค่ารังวัดซึ่งจะส่งผลต่อโครงข่าย ซึ่งจะประกอบไปด้วย

- Network Reference Factor หรือ Standard error of unit weight

ภายหลังจากการปรับแก้โครงข่ายครั้งแรก ค่านี้ควรอยู่ระหว่าง 5 – 10 หรือต่ำกว่า (ถ้าเป็นไปได้) ในกรณีที่มีค่าสูงกว่า นั่นอาจจะหมายถึงมีเส้นฐานบางเส้นที่จำเป็นต้องนำออกจากการปรับแก้โครงข่าย (disable)
(ดูรายละเอียดจาก Trimble Navigation Limited.TRIMNET Plus,Survey Network Software User's Manual หน้า 8-18)

- Chi-Square Test เมื่อ Network Reference Factor เข้าใกล้ 1.00 การปรับแก้จะผ่าน (pass) แต่ถ้า Network Reference Factor มีค่ามากกว่า 1 มาก การทดสอบทางสถิติจะไม่ผ่าน (fail) โดยปรกติการปรับแก้ครั้งแรกจะไม่ผ่าน เนื่องจากค่า Network Reference Factor มีค่ามากกว่า 1 มาก (ดูรายละเอียดจาก Trimble Navigation Limited.TRIMNET Plus,Survey Network Software User's Manual หน้า 8-21)

- วงรีความคลาดเคลื่อน (Error Ellipes)

ตรวจสอบวงรีความคลาดเคลื่อนด้วยการพิจารณา มาตราส่วนของแถบกริดที่มุมขวาด้านล่าง วงรีจะแสดงให้เห็นถึงความคลาดเคลื่อนในค่าทาง X และ Y ที่ระดับความน่าเชื่อถือ 95% (เมื่อ Bivariate Sigma Scalar = 2.45) สำหรับความคลาดเคลื่อนในทางความสูงจะแสดงด้วยแถบกริดที่ด้านขวาของแต่ละกราฟ โครงข่ายที่มีสภาพสมบูรณ์จะแสดงวงรีความคลาดเคลื่อนในระดับเซนติเมตร หรือ เล็กกว่า (ดูรายละเอียดจาก Trimble Navigation Limited.TRIMNET Plus,Survey Network Software User's Manual หน้า 6-35)

- ฮีสโตแกรมของค่าเศษคงเหลือ (Histogram of residual)

ฮีสโตแกรมของค่าเศษคงเหลือสำหรับค่ารังวัด (observation) ในทางราบ ทางดิ่ง และ ทางราบรวมกับทางดิ่ง จะแสดงในรูปของโค้งการกกระจายแบบ

ปรกติ หรือ โค้งระฆัง (normal distribution curve or bell curve) ให้สังเกตส่วนที่อยู่ด้านนอกของเส้นดิ่ง ซึ่งถือเป็นค่านอกกลุ่ม (outlier) โดยอาศัยหลักการของ Tau Criterion (Allen Pope,1976) ภายหลังจากการประมวลผลค่า Tau นี้จะปรากฏมาพร้อมกับค่ารังวัด ตามทฤษฎีค่ารังวัดแต่ละค่าควรจะมีค่า Tau น้อยกว่า 1 ถ้ามีค่ามากว่า 1 แสดงว่าค่ารังวัดนั้นๆ มีความคลาดเคลื่อนสูงซึ่งจะเรียกว่าเป็นค่านอกกลุ่ม ค่านอกกลุ่มนี้เป็นค่าที่ควรจะนำออกจากโครงข่าย ในการประมวลผลค่านอกกลุ่มจะถูกนำออกจากโครงข่ายที่ละค่า จนกระทั่งไม่ปรากฏค่านอกกลุ่มในโครงข่ายอีก (ดูรายละเอียดจาก Trimble Navigation Limited.TRIMNET Plus,Survey Network Software User's Manual หน้า 6-33, 6-37, 8-18, 8-23)

3.2.5 **การดำเนินการซ้ำในขั้นตอนที่** 3.2.1- 3.2.4 (Repeating Step 3.2.1- 3.2.4)

เป็นการกระทำซ้ำในกระบวนการดังกล่าวข้างต้น (ขั้นตอนที่ 3.2.1- 3.2.4) จนกระทั่งผลการวิเคราะห์มีค่าทางสถิติอยู่ในเกณฑ์ที่ดี กล่าวคือมีค่าใกล้เคียงกับทฤษฎีที่กล่าวมาข้างต้นมากที่สุด

3.2.6 **การบังคับหรือการกำหนดค่าพิกัดของหมุดควบคุมให้คงที่** (Fixing control coordinates)

ในการบังคับหมุดควบคุม * สามารถกระทำได้ 3 รูปแบบ คือ การบังคับใน 3 มิติ (ค่าละติจูด, ค่าลองจิจูด, ค่าความสูง) ใน 2 มิติ (ค่าละติจูดและค่าลองจิจูด) หรือใน 1 มิติ (ค่าความสูง) สำหรับในการวิจัยครั้งนี้จะพิจารณาบังคับหมุดควบคุมหรือกำหนดค่าพิกัดของหมุดควบคุมให้คงที่ ใน 3 มิติ คือ ค่าละติจูด ค่าลองจิจูด และค่าความสูง

---

* หมุดควบคุมที่นำมาใช้ ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก.

3.2.7 **การปรับแก้โครงข่าย** (Network adjustment)

เป็นขั้นตอนการปรับแก้โครงข่ายในขั้นสุดท้าย เรียกวิธีการนี้ว่า Constrained adjustment โดยทำการ constrain หมุดควบคุมตามขั้นตอนในข้อ 3.2.6

3.2.8 **การวิเคราะห์ผลในขั้นสุดท้าย** (Final result analysis)

เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ผลจากการปรับแก้โครงข่ายในขั้นสุดท้าย เพื่อนำค่าพิกัดที่ได้รับ (final adjusted coordinates) ไปใช้ประโยชน์ต่อไป