บทที่ 6
ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 ลักษณะการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยนี้ ประกอบด้วยการนำข้อมูลจริงมาประยุกต์เข้ากับสมมุติฐานแล้วจึงคำนวณปรับแก้พร้อมกันทั้งโครงข่ายโดยวิธีลีสท์สแควร์ การปรับแก้ได้แยกออกเป็นหลายชุด โดยมุ่งเน้นในเรื่องของการใช้ระบบพิกัด ข้อสมมุติฐานและการกำหนดค่าบังคับหรือค่าคงตัวดังนี้คือ

ก. การใช้ระบบพิกัด หมุดหลักฐานอ้างอิงที่ใช้เป็นหมุดคงตัว เป็นค่าพิกัดใน 2 ระบบ คือ

1. ระบบพิกัด Cassini เพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลเดิมที่ใช้อยู่ ค่าจุดคงตัวที่เป็นจุดออกงานและเข้าบรรจบจึงใช้ระบบนี้ ในขณะที่ตั้งข้อสมมุติฐานว่าพื้นที่โครงการเป็นระนาบ การคำนวณโครงข่ายได้ใช้พิกัดฉากระนาบราบธรรมดา ข้อมูลสนามที่ใช้ในการคำนวณจะไม่มีการทอนค่าใด ๆ ซึ่งเห็นได้ชัดถึงความไม่ลงรอยกันระหว่างระบบของจุดบังคับกับค่าของจุดในโครงข่ายที่ได้จากการคำนวณ ในการวิจัยนี้ต้องการชี้ให้เห็นความคลาดเคลื่อนที่จะมีผลต่อการใช้งาน เพื่อจะได้เป็นแนวทางปรับปรุงการปรับแก้ให้เหมาะสม

2. ระบบพิกัดทรานสเวอร์สเมอร์เคเตอร์ เป็นระบบพิกัดที่คล้ายกับระบบ Cassini มาก แต่ดีกว่าตรงที่ระบบนี้มีคุณสมบัติรักษารูปร่าง

ข. การกำหนดค่าคงตัว แต่ละระบบตามข้อ ก. ในการปรับแก้โดยลีสท์สแควร์ได้แยกกำหนดค่าคงตัวออกเป็น 3 กรณีคือ

- กรณีที่ 1 มีค่าคงตัว 13 ค่า
- กรณีที่ 2 มีค่าคงตัว 2 ค่า
- กรณีที่ 3 มีค่าคงตัว 1 ค่า

6.2 สรุปผลการวิเคราะห์

จากผลของการปรับแก้ได้มีการทดสอบทางสถิติ การวิเคราะห์ความละเอียดถูกต้องทางตำแหน่ง การเปรียบเทียบค่าความต่างของจุดร่วม และผลกระทบต่อการนำค่าพิกัดที่ปรับแก้แล้วไปใช้งาน ดังรายละเอียดในบทที่ 5 มีข้อสรุปดังนี้

1) เมื่อมีความคลาดเคลื่อนมีระบบแฝงอยู่ในแบบจำลอง เนื่องจากข้อสมมุติฐานที่ใช้และในแบบจำลองนั้นมีจุดควบคุมจำนวนเพียงพอ ผลของความคลาดเคลื่อนนั้นจะทำให้ การทดสอบทางสถิติปฏิเสธการปรับแก้ ดังการทดสอบและการวิเคราะห์ในหัวข้อ 5.2 และ 5.4 การคำนวณปรับแก้ในระบบพิกัดฉากระนาบราบธรรมดา กรณีที่ 1 และกรณีที่ 2 การทดสอบปฏิเสธ การปรับแก้ ในขณะที่ระบบทรานสเวอร์สเมอร์เคเตอร์ไม่ปฏิเสธ การปรับแก้ จึงสรุปได้ว่า ในโครงข่ายที่มีจุดควบคุมเพียงพอ สามารถตรวจสอบความคลาดเคลื่อนมีระบบที่แฝงอยู่ในแบบจำลองได้

2) ข้อมูลชุดเดียวกันที่คำนวณปรับแก้ในระบบพิกัดฉากระนาบราบธรรมดา และระบบทรานสเวอร์สเมอร์เคเตอร์ ในแต่ละระบบกำหนดเงื่อนไขให้มีจำนวนจุดบังคับแตกต่างกันเป็น 3 กรณี ผลการปรับแก้ในระบบทรานสเวอร์สเมอร์เคเตอร์ กรณีที่ 1 (มีจุดควบคุม 13 จุด) จะให้ความละเอียดถูกต้องน่าเชื่อมากกว่ากรณีอื่น ๆ ดังการทดสอบทางสถิติและการวิเคราะห์ในหัวข้อ 5.2, 5.4, 5.5 และ 5.8 ตามลำดับ ที่เห็นได้เด่นชัดก็คือ จุดพิกัดที่ปรับแก้แล้วในกรณีนี้สามารถนำไปใช้ในการขยายจุดควบคุมภาพถ่ายได้ดีกว่ากรณีอื่น ๆ มาก (หัวข้อ 5.8.2)

3) โครงข่ายงานวงรอบที่มีจุดควบคุมเพียงจุดเดียวไม่เพียงพอที่จะบ่งชี้ผลของความคลาดเคลื่อนมีระบบที่แฝงอยู่ในแบบจำลองได้อย่างสมบูรณ์ (หัวข้อ 5.4.1) ดังในกรณีที่ 3 ของการคำนวณปรับแก้ในระบบพิกัดฉากระนาบราบธรรมดา ทั้ง ๆ ที่ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนมีระบบแฝงอยู่ แต่การทดสอบทางสถิติไม่ปฏิเสธสมมุติฐาน

4) จุดที่อยู่ใกล้จุดบังคับจะมีความคลาดเคลื่อนน้อย จุดที่อยู่ห่างออกไปมีความคลาดเคลื่อนเพิ่มมากขึ้น พิจารณาได้จากวงรีความคลาดเคลื่อน ในรูปที่ ข.1-ข.6 ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการแพร่ของความคลาดเคลื่อน และจากการเปรียบเทียบค่าความต่างของจุดร่วมระหว่างกรณีต่าง ๆ ดังรูปในภาคผนวก จ. ก็มีลักษณะเช่นเดียวกัน รวมทั้งการเปรียบเทียบค่าพิกัดของหมุดหลักฐานที่คำนวณใหม่ในระบบทรานสเวอร์สเมอร์เคเตอร์กับค่าเดิม (หัวข้อ 5.7)

5) เมื่อได้ขจัดค่าความคลาดเคลื่อนมีระบบออกไปจากข้อมูลอย่างเพียงพอ และในโครงข่ายมีจุดควบคุมมาก ดังในระบบทรานสเวอร์สเมอร์เคเตอร์กรณีที่ 1 ค่าพิกัดของจุดร่วมที่ปรับแก้แล้วคลุมพื้นที่ประมาณ 90% ของพื้นที่โครงการ มีความละเอียดอยู่ในเกณฑ์ที่นำไปใช้เป็นจุดควบคุมภาพถ่ายในการขยายจุดควบคุมโดยข่ายสามเหลี่ยมทางอากาศ สำหรับการทำแผนที่มาตราส่วน 1:10,000 จากภาพถ่ายมาตราส่วน 1:10,000 ตามวิธีที่กรมชลประทานใช้อยู่ในปัจจุบัน และถ้าจุดควบคุมในโครงข่ายมีจำนวนน้อยลง พื้นที่ที่คลุมจุดพิกัดที่มีความละเอียดอยู่ในเกณฑ์กำหนดที่จะนำไปใช้งานก็ลดลงไปด้วย ดังการวิเคราะห์ในหัวข้อ 5.8.2

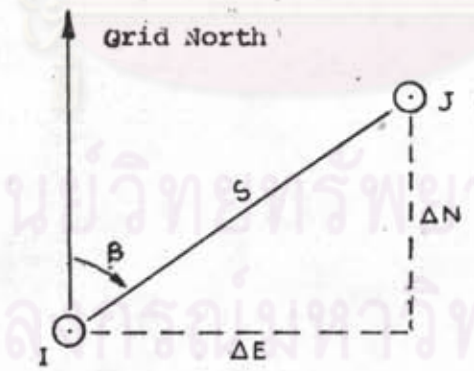
6.3 <u>ข้อเสนอแนะ</u>

1) การคำนวณในระบบพิกัดฉากระนาบราบธรรมดา ยอมให้ใช้ได้กับพื้นที่ขนาดจำกัด เช่น ถ้ามีข้อกำหนดว่า ยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนทางมาตราส่วนไม่มากกว่า 1 ใน 2,000 และความคลาดเคลื่อนทางทิศทางไม่เกิน 10" พื้นที่ที่จะใช้งานได้จะมีรัศมีไม่เกิน 10 กิโลเมตร (Ordnance Survey, 1954) จากการวิจัยชี้ให้เห็นว่า ในโครงการที่คลุมพื้นที่กว้าง เมื่อนำข้อมูลที่ไม่มีการทอนค่าใด ๆ ไปคำนวณในระบบพิกัดฉากระนาบราบธรรมดา จะมีความคลาดเคลื่อนมีระบบที่เกิดจากผลของความโค้งของผิวโลกแฝงอยู่ และผลการปรับแก้ที่ได้มีความคลาดเคลื่อนมากกว่าที่ควรจะเป็น ดังในหัวข้อ 5.5 และ 5.8 ดังนั้นในโครงการที่มีพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง ควรใช้ระบบทรานสเวอร์สเมอร์เคเตอร์หรือระบบ UTM หรือระบบพิกัดอื่นที่มีคุณสมบัติคงรูป (Conformality) เพราะมุมระหว่างเส้นต่าง ๆ บนระนาบโปรเจ็คชันแบบคงรูปจะมีค่าถูกต้องเหมือนของจริง

อีกประการหนึ่ง ค่าสเกลแฟคเตอร์ที่จุดใด ๆ บนโปรเจ็คชันไม่ขึ้นกับทิศทาง ดังนั้นจึงมีเพียงค่าเดียว คุณสมบัติทั้งสองประการนี้ทำให้การคำนวณค่าความเพี้ยนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนโปรเจ็คชันแบบคงรูปง่ายกว่าโปรเจ็คชันแบบอื่น โดยทั่วไปถ้าไม่มีเงื่อนไขบังคับอย่างอื่นก็ควรใช้ระบบ UTM เพราะจะสอดคล้องกับแผนที่มาตรฐาน 1:50,000 และ 1:25,000 ของประเทศไทยที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และเป็นระบบสากลนิยม

2) ในกรณีที่ใช้ระบบพิกัดเฉพาะถิ่น ควรกำหนดค่า False Northing และ False Easting ของจุดศูนย์กำเนิดให้เหมาะสมกับพื้นที่โครงการ เพื่อให้ค่าพิกัดของจุดทุกจุดในโครงการมีค่าเป็นบวก ซึ่งจะมีประโยชน์เกี่ยวกับการประมวลข้อมูล ทำให้การนำค่าตัวเลขไปใช้มีโอกาสผิดพลาดน้อยลง สำหรับซีกโลกเหนือ ปกติจะกำหนดให้ False Origin อยู่นอกเขตพื้นที่ทางใต้สุดและตะวันตกสุด จะเห็นได้ว่าค่าพิกัดของจุดต่าง ๆ ในการวิจัยนี้มีค่าเป็นลบ เพราะไม่ได้กำหนดค่า False Origin ให้เหมาะสมนั่นเอง

3) ในการวิจัยนี้ได้ตั้งข้อสมมุติฐานว่า ค่า ΔN และ ΔE ไม่มีสหสัมพันธ์กัน การคำนวณปรับแก้โดยลีสท์สแควร์จึงแยกคำนวณทีละชุด ในความเป็นจริง ค่า ΔN และ ΔE ระหว่างจุด 2 จุดใด ๆ คำนวณมาจากข้อมูลการวัดเดียวกัน ดังในรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง ΔN และ ΔE

$$\Delta N = S \cos \beta$$

$$\Delta E = S \sin \beta$$

ถ้าให้ระยะ S คงที่ ค่า ΔN และ ΔE จะขึ้นอยู่กับขนาดของมุมอะซิมุท β จึงเห็นได้ชัดว่า ΔN และ ΔE มีสหสัมพันธ์กัน

อีกประการหนึ่ง แบบจำลองเชิงคณิตในการวิจัยใช้แบบสมการเงื่อนไข ซึ่งได้กล่าวในบทที่ 3 แล้วว่าเป็นวิธีที่ไม่ยืดหยุ่นต่อการสร้างสมการ มีข้อดีในด้านประหยัดหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์เท่านั้น ในขณะที่สมการค่าสังเกต (Observation Equations) มีความง่ายในการสร้างสมการ สามารถจะสร้างโปรแกรมให้ใช้กับปัญหาที่มีขอบเขตกว้างและใช้ได้กับทุกกรณีของปัญหา ดังนั้นจึงน่าจะปรับปรุงแบบจำลองโดยคำนวณปรับแก้ค่า ΔN และ ΔE พร้อมกัน โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์ในการคำนวณน้ำหนักของค่าสังเกตด้วย และใช้วิธีสมการค่าสังเกต ซึ่งผลการปรับแก้จะให้ค่าพิกัดของจุดร่วมออกมา และเป็นวิธีที่มีความสะดวกเมื่อต้องการเปลี่ยนแปลงจำนวนข้อมูลในการปรับแก้

4) การวางโครงข่ายสำหรับโครงการชลประทานที่คลุมพื้นที่กว้างเช่น โครงการพัฒนาลุ่มน้ำโขง การวางโครงข่ายหลัก (Basic Control) ควรใช้มาตรฐานความถูกต้องและเกณฑ์กำหนดทั่วไปของงานชั้นสองประเภท 2 ดังในตารางที่ 2.3 จะทำให้ได้ผลงานที่มีความละเอียดถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ที่จะนำไปใช้เป็นจุดควบคุมในงานสำรวจขั้นต่อไป ดังที่กล่าวในหัวข้อ 5.8 ได้เป็นอย่างดี ในภาวะปัจจุบันเครื่องคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทช่วยในการคำนวณงาน ประกอบกับเจ้าหน้าที่ของหน่วยงานมีความสามารถพอที่จะจัดทำโปรแกรมการปรับแก้และดำเนินกรรมวิธีการคำนวณ ดังนั้นโครงข่ายหลักควรจะคำนวณปรับแก้พร้อมกันทั้งโครงโดยวิธีบิสท์สแควร์ ผลจากการปรับแก้จะได้ค่าพิกัดที่มีค่าความแปรปรวนน้อยที่สุด มีความสอดรอยกัน และได้ค่าที่เป็นเอกภาพ ซึ่งจะให้ความถูกต้องน่าเชื่อถือกว่าวิธีคำนวณปรับแก้ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

5) ควรมีหน่วยงานที่รับผิดชอบโดยตรงในเรื่องการวางแผนงานการกำหนดมาตรฐานเกี่ยวกับวิธีการวัด การคำนวณปรับแก้ และการใช้ระบบพิกัดอ้างอิงที่เป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน เพื่อให้งานมีความละเอียดในเกณฑ์กำหนดที่ต้องการ สามารถจะโยงยึดกันได้ทั้งหมดทั่วประเทศ หน่วยงานนี้ควรเป็นหน่วยที่มีอำนาจในการตัดสินใจได้ ต้องกำหนดเป็นนโยบายระยะยาว เพื่อควบคุมให้งานทุก ๆ โครงการเป็นระบบเดียวกัน

6) งานสำรวจเพื่อโครงการวิศวกรรมต่าง ๆ ควรจะมีการประสานงานกันระหว่างหน่วยงานของรัฐและหน่วยงานเอกชนที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างงานที่มีมาตรฐานใช้ประโยชน์ร่วมกันได้ ซึ่งงานจะไม่ซ้ำซ้อนกัน อันจะเป็นการประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย

6.4 <u>ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย</u>

1) ถึงแม้ค่าพิกัดของจุดร่วมและหมุดหลักฐานที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งได้จากการคำนวณปรับแก้ในระบบพิกัดฉากระนาบราบ สามารถจะนำไปใช้งานสำรวจของกรมชลประทานได้ แต่ค่าพิกัดที่คำนวณปรับแก้ใหม่ในระบบทรานสเวอร์สเมอร์เคเตอร์ กรณีที่ 1 มีความละเอียดถูกต้องน่าเชื่อถือมากกว่า จึงสามารถที่จะนำไปใช้งานได้ดีกว่าค่าเดิมที่ใช้อยู่ ค่าที่คำนวณได้ใหม่นี้มีลักษณะสมบัติของโปรเจ็คชันทรานสเวอร์สเมอร์เคเตอร์ จึงสามารถแปลงค่าเป็นพิกัดภูมิศาสตร์ได้ง่าย

2) เป็นแนวทางในการคำนวณปรับแก้โครงข่ายวงรอบที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน

3) ชี้ให้เห็นถึงข้อบกพร่องที่เกิดจากการใช้ข้อสมมุติฐาน และจำนวนจุดควบคุมในโครงข่ายมีไม่เพียงพอ เป็นแนวทางในการวางแผนการปฏิบัติงานให้ดีขึ้น ตลอดจนความจำเป็นของการวางโครงข่ายให้โยงยึดกับจุดควบคุมชั้นสูงกว่า