บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาพบว่าการเลือกใช้การรังวัดดาวเทียมแบบ Precise Single Point Position (PSPP) ซึ่งเป็นวิธีการรังวัดดาวเทียม GPS โดยใช้วิธีการประมวลผลด้วย Precise Orbit ในการหาค่าพิกัดของจุดบังคับภาพ นำมาใช้ในการดัดแก้ภาพดาวเทียมเป็นทางเลือกที่สามารถนำมาใช้ในการปฏิบัติงานได้ เพราะสามารถให้ความถูกต้องเชิงตำแหน่งในระดับ 2-5 เมตร เมื่อมองในแง่ของปริมาณการทำงานภาคสนาม จะใช้เวลาที่น้อยในการรังวัดสัญญาณ เวลาส่วนใหญ่จะสูญเสียไปในการเดินทางเข้าหาจุด แต่คุ้มค่าในแง่ของการได้มาซึ่งภาพดาวเทียมที่ผ่านการดัดแก้ที่ไม่สูญเสียศักยภาพความถูกต้องทางตำแหน่งของภาพในระดับ 10 เมตร จากการวิจัยพบว่าวิธีนี้สามารถให้ความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งของภาพดาวเทียมโดยรวมให้อยู่ในระดับ 0.2-0.8 จุดภาพ จากตาราง 4.5, 4.11, 4.17 และ 4.19 จากการวิจัยขึ้นอยู่กับปริมาณของจุดบังคับภาพและการเลือกใช้ดีกรีของสมการโพลิโนเมียล

การเลือกใช้ดีกรีของโพลิโนเมียลในการดัดแก้ภาพดาวเทียม ต้องคำนึงถึงความเหมาะสมในแง่ของจำนวนจุดบังคับภาพ และลักษณะการกระจายตัวของจุดบังคับภาพ จากการวิจัยพบว่าสมการโพลิโนเมียลดีกรีหนึ่งไม่เหมาะสมในการดัดแก้ภาพดาวเทียม SPOT 2 Panchromatic เพราะ ให้ค่า RMSE ที่มีขนาดโตกว่า 1 จุดภาพ แม้ว่าจะใช้จำนวนจุดบังคับภาพที่มากขึ้นก็ตาม สมการโพลิโนเมียลดีกรีสองมีความเหมาะสมในการดัดแก้ภาพ ผลการดัดแก้ภาพบริเวณพื้นที่ตอนเหนือ จ. จันทบุรี ได้ค่า RMSE มีขนาดในระดับ 0.6 จุดภาพ เมื่อใช้จำนวนจุดบังคับภาพ 12 จุด และเมื่อเพิ่มจำนวนจุดบังคับภาพเป็น 15-24 จุด จะได้ค่า RMSE ที่มีความเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับ 0.8 จุดภาพ สำหรับโพลิโนเมียลดีกรีสาม ค่า RMSE มีขนาด 0.3 จุดภาพเมื่อใช้จุดบังคับภาพจำนวน 18 จุด และเมื่อเพิ่มจำนวนจุดบังคับภาพเป็น 21-24 จุด จะได้ค่า RMSE ที่มีความเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับ 0.5 จุดภาพ รายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 4.17

ผลการดัดแก้ภาพบริเวณอ่าวคุ้งกระเบนได้ค่า RMSE มีขนาดในระดับ 0.4 จุดภาพ เมื่อใช้จำนวนจุดบังคับภาพ 15 และ 18 จุด และเมื่อเพิ่มจำนวนจุดบังคับภาพเป็น 21-24 จุด จะได้ค่า RMSE ที่มีความเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับ 0.6 จุดภาพ สำหรับโพลิโนเมียลดีกรีสาม ค่า RMSE มีขนาด 0.2 จุดภาพ เมื่อใช้จุดบังคับภาพจำนวน 18-21 จุด และเมื่อเพิ่ม

จำนวนจุดบังคับภาพเป็น 24 จุด จะได้ค่า RMSE ที่มีขนาด 0.3 จุดภาพ รายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 4.19

จากการทดสอบจากภาพดาวเทียมทั้ง 2 ภาพ หากต้องการค่า RMSE ที่อยู่ในระดับ 0.6-0.8 จุดภาพ จำนวนที่น้อยที่สุดของจุดบังคับภาพที่เหมาะสม ในการดัดแก้ภาพดาวเทียมเมื่อเลือกใช้โพลิโนเมียลดีกรีสอง คือ 15 จุด และหากต้องการค่า RMSE ที่อยู่ในระดับ 0.3-0.5 จุดภาพ จำนวนที่น้อยที่สุดของจุดบังคับภาพที่เหมาะสม ในการดัดแก้ภาพดาวเทียมเมื่อเลือกใช้โพลิโนเมียลดีกรีสาม คือ 21 จุด ซึ่งจำนวนที่น้อยที่สุดของจุดบังคับภาพที่ใช้ในการดัดแก้ภาพดาวเทียมนี้ผลที่ได้สอดคล้องกับ Image Georeferencing and Rectification (http://geog.tamu.edu/~liu/courses/g361/note#4.pdf) ซึ่งได้แนะนำให้ใช้จำนวนจุดบังคับภาพจำนวน 12 และ 20 จุด สำหรับการดัดแก้โดยใช้สมการโพลิโนเมียลดีกรีสอง และ สาม ตามลำดับ

อย่างไรก็ตามค่า RMSE ที่ได้จากการดัดแก้ด้วยสมการโพลิโนเมียล เมื่อใช้ดีกรีที่สูงขึ้นจะมีค่าที่ลดลง แต่มิได้หมายความว่า ความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งของภาพจะมีขนาดที่เล็กลง เพราะตามลักษณะทางพฤติกรรมของสมการโพลิโนเมียลดีกรีสูง ๆ จะมีความปรวนแปรเมื่อนำมาใช้ในการจำลองลักษณะความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ต้องการ และความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเป็นไปอย่างไร้กฎเกณฑ์ ในทางปฏิบัติแล้วควรเลือกใช้โพลิโนเมียลดีกรีต่ำ ๆ (Coburn, C., 2000) ข้อควรพิจารณาอีกประการหนึ่งในการเลือกใช้ดีกรีของโพลิโนเมียล คือ หากต้องการดีกรีที่สูงขึ้น ย่อมต้องการจำนวนจุดบังคับภาพที่มากขึ้นเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของโพลิโนเมียล และส่งผลต่อเนื่องถึงปริมาณงานในการรังวัดดาวเทียม ซึ่งมีค่าใช้จ่าย และระยะเวลาในการทำงานที่เพิ่มมากขึ้น

การดัดแก้ภาพดาวเทียมโดยการใช้สมการโพลิโนเมียลเป็นการแปลงพิกัดภาพที่อยู่ในรูป row, column มาเป็นพิกัดบนพื้นดิน ตามสภาพภูมิประเทศจริงแล้ว ความสูงของพื้นที่มีผลต่อความถูกต้องทางตำแหน่งของการดัดแก้ภาพดาวเทียม โดยหลักการแล้วเมื่อดัดแก้ภาพด้วยสมการโพลิโนเมียลจะมีการเปลี่ยนแปลงของ การย้ายแกน, สเกล และ การหมุนของภาพดาวเทียมเท่านั้น ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความสูงต่ำของภูมิประเทศ (relief displacement) ยังคงมีอยู่ หากต้องการกำจัดความคลาดเคลื่อนประเภทนี้ออกไปต้องทำการดัดแก้แบบ orthorectification ซึ่งต้องการข้อมูล DEM ของพื้นที่ และข้อมูลเครื่องรับสัญญาณของดาวเทียม

การกระจายตัวของจุดบังคับภาพเป็นเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการดัดแก้ภาพดาวเทียม การเลือกการกระจายตัวของจุดบังคับภาพที่เหมาะสม และจำนวนของจุดบังคับภาพที่พอเพียง ย่อมทำให้ภาพดาวเทียมหลังการดัดแก้มีคุณภาพสูง จากการวิจัยพบว่า ลักษณะการกระจายตัวที่พึงประสงค์ของจุดบังคับภาพควรเป็นลักษณะการกระจายตัวที่ครอบคลุมทั้งภาพ และเมื่อทดสอบค่าต่างทางราบของค่าพิกัดของจุดทดสอบที่เหลือพบว่า ค่าต่างมีขนาดเล็กกว่าการกระจายตัวในรูปแบบอื่น ดังตารางที่ 4.24-4.26 และ 4.30-4.32 ซึ่งเป็นผลการทดสอบบนภาพบริเวณอ่าวคุ้งกระเบนและภาพตอนเหนือ จ. จันทบุรี ตามลำดับ เมื่อทดสอบค่าต่างทางราบที่เกิดขึ้นกับจุดทดสอบร่วมของการกระจายทั้ง 4 กรณี พบว่า ค่าต่างของค่าพิกัดที่เกิดจากการกระจายที่ครอบคลุมทั้งภาพมีขนาดเล็กกว่ากรณีอื่น ดังรูป ที่ 4.18-4.20 และ 4.25-4.27 ซึ่งเป็นผลการทดสอบบนภาพบริเวณอ่าวคุ้งกระเบนและภาพตอนเหนือ จ. จันทบุรี ตามลำดับ

สำหรับการทดสอบความผิดพลาดของค่าพิกัดที่มีผลต่อค่า RMSE พบว่า ค่าพิกัดของจุดบังคับภาพควรมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน +/- 4 ม.

สำหรับการทดสอบอิทธิพลของจุดบังคับภาพที่มีต่อบริเวณพื้นที่ที่เข้าไม่ถึงนั้น พบว่าการเลือกใช้รูปแบบของกลุ่มจุดบังคับภาพมีผลต่อค่า RMSE กล่าวคือ การเลือกใช้กลุ่มจุดบังคับภาพแบบโพลิกอน จะให้ความถูกต้องทางตำแหน่งที่ดีและครอบคลุมพื้นที่มากกว่าแบบ Curvilinear จากการศึกษาพบว่า ความถูกต้องทางตำแหน่ง ในระดับ 25 เมตร มีระยะห่างจากแนวกลุ่มจุดบังคับภาพแบบ Curvilinear เป็นระยะทาง 20 กิโลเมตร และ 25 กิโลเมตรจากระยะห่างจากจุด centroid ของกลุ่มจุดบังคับภาพแบบโพลิกอน

จากการทดสอบอิทธิพลของจุดบังคับภาพที่มีต่อบริเวณพื้นที่ที่เข้าไม่ถึงทำให้ทราบความถูกต้องทางตำแหน่งในการทำงานบริเวณพื้นที่แนวพรมแดนระหว่างประเทศ หรือ เกาะที่อยู่ห่างจากชายฝั่งทะเล หรือพื้นที่ที่มีอุปสรรคในการเข้าวางจุดบังคับภาพ เพราะทราบข้อจำกัดของความถูกต้องทางตำแหน่งที่เกิดขึ้นบริเวณที่ไม่มีจุดบังคับภาพได้ รวมทั้งสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือกตำแหน่งในการวางจุดบังคับภาพ เพื่อให้ระยะห่างของจุดบังคับภาพอยู่ในระดับที่ไม่มากไม่น้อยเกินไป และจำนวนจุดบังคับภาพให้ครอบคลุมทั้งภาพเพื่อให้การดัดแก้ภาพดาวเทียมมีค่าใช้จ่ายที่ไม่สูงมากและผลลัพธ์ของการดัดแก้มีคุณภาพดี

5.2 ศักยภาพของภาพดาวเทียม SPOT 2 Panchromatic ในกิจการแผนที่

ในทางปฏิบัติแผนที่มาตราส่วนเดียวกันอาจมีมาตรฐานของ Map Accuracy ไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตและต้นทุน ดังนั้น จึงมีการกำหนดความถูกต้องไว้หลายชั้น ตัวอย่างเช่น ASPRS Accuracy Standard for Large Scale Maps กำหนดชั้นความถูกต้องของแผนที่แต่ลพมาตราส่วนไว้ 3 ชั้น ได้แก่ Standard, Circular และ Maximum ซึ่งกำหนดให้มีค่า Map Resolution มีขนาด 0.25 มม., 0.50 มม. และ 0.75 มม. ของมาตราส่วนบนแผนที่ตามลำดับ (อิทธิ ตริสิริสัตยวงศ์, 2543) ดังนั้นหมายความว่าที่แต่ละมาตราส่วน เช่น 1: 20,000 Map Accuracy อาจเป็นได้ทั้ง 5 ม., 10 ม., และ 15 ม. แล้วแต่ว่าต้องการคุณภาพแผนที่ชั้นใด

ความถูกต้องของภาพดาวเทียมสามารถระบุได้เป็นขนาดจุดภาพ ซึ่งหากสมมติว่าไม่มีความคลาดเคลื่อนใด ๆ เกิดขึ้นในกระบวนการบันทึกภาพและกระบวนการผลิตแผนที่ และหากยึดตาม ASPRS Accuracy Standard for Large Scale Maps ภาพดาวเทียม SPOT 2 Panchromatic ที่มีขนาดจุดภาพ 10 ม. สามารถผลิตแผนที่มาตราส่วน 1 : 40,000 ได้ หากใช้ Standard Error เป็นเกณฑ์ หรือผลิตแผนที่มาตราส่วน 1: 20,000 ได้ถ้าใช้ Circular Error เป็นเกณฑ์ โดยข้อเท็จจริง เนื่องจากมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นในกระบวนการบันทึกภาพและกระบวนการผลิต Map Accuracy ที่ได้จากภาพดาวเทียมจะมีค่าไม่ดีเท่าขนาดของจุดภาพ ทำให้มาตราส่วนแผนที่ที่สามารถใช้ภาพดาวเทียมเป็นแหล่งข้อมูลในการผลิตมีขนาดเล็กลง

จากการวิจัยพบว่า การปรับแก้ทางตำแหน่งของภาพดาวเทียม SPOT 2 Panchromatic เมื่อใช้สมการโพลิโนเมียลดีกรีสอง และสาม พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนโดยรวมที่อาจเกิดขึ้นได้มีขนาด 4-8 เมตร และ 2 -5 เมตร ตามลำดับ ขึ้นอยู่กับปริมาณของจุดบังคับภาพ ซึ่งจะเห็นได้ว่าภาพดาวเทียม SPOT 2 Panchromatic เมื่อผ่านการดัดแก้ทางเรขาคณิต สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งข้อมูลในการผลิตและปรับปรุงแผนที่ มาตราส่วนที่เล็กกว่า 1: 20,000 ได้ โดยเฉพาะแผนที่มาตราส่วน 1: 50,000 ซึ่งเป็นแผนที่มาตราส่วนที่ครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทยทั้งประเทศ