บทที่ 2

แนวความคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวความคิดที่จะเป็นพื้นฐานในการเลือกใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยสมการโพลิโนเมียล และการเลือกใช้วิธีการรังวัดพิกัดด้วย GPS แบบ PSPP (Precise Single Point Positioning) เพื่อนำค่าพิกัดมาใช้ในการดัดแก้ภาพดาวเทียม SPOT ที่มีขนาดจุดภาพ 10 ม.

2.1 สมการโพลิโนเมียล

โพลิโนเมียลเป็นสมการสากล (universal model) กล่าวคือ สามารถจำลองสมการใดๆ ได้โดยที่รักษาความถูกต้องแม่นยำ (accuracy) ของสมการนั้นได้ตามที่ต้องการ ดังนั้น โพลิโนเมียลสามารถให้ความถูกต้องที่ใกล้เคียงกับแบบจำลองพาราเมตริค และสามารถใช้ในการแปลงพิกัดภาพไปยังพิกัดบนพื้นดินได้ทุก ๆ เครื่องรับสัญญาณ ค่าสัมประสิทธิ์ของโพลิโนเมียล (coefficients) แสดงให้เห็นถึงผลกระทบต่าง ๆ ที่มีบนภาพโดยนัย อาทิ เรขาคณิตของเครื่องรับสัญญาณ, ความโค้งของโลก, การสะท้อนแสง, พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวัดสอบทัศนูปกรณ์ (calibration) เป็นต้น Pala and Pans (1995) และ Okamoto et al. (1999) ศึกษาพบว่าการดัดแก้โดยใช้แบบจำลองนอนพาราเมตริค แบบสมการโพลิโนเมียลสามมิติสามารถให้ความถูกต้องใกล้เคียงกับแบบจำลองพาราเมตริค Papapanagiotou (2000) แสดงให้เห็นว่าโพลีโนเมียลสามารถใช้ในการดัดแก้ภาพ ถึงแม้มีปัญหาด้านความไม่แน่นอนและการประมาณค่าของความผิดพลาดสูงกว่าความเป็นจริง แต่โพลีโนเมียลก็ให้ความถูกต้องที่ดีพอ และจุดเด่นคือไม่ซับซ้อนและง่ายต่อการทำความเข้าใจของผู้ใช้งานโดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ที่ไม่มีความชำนาญและที่สำคัญไม่จำเป็นที่ต้องมีข้อมูลดาวเทียมของแต่ละเครื่องรับสัญญาณ อาทิ พารามิเตอร์วงโคจรและพารา-มิเตอร์ของการหมุนแพลทฟอร์ม ในขณะที่การใช้ แบบจำลองพาราเมตริค อาจไม่สามารถใช้งานในเชิงปฏิบัติจริงได้ตลอดเวลา เนื่องจากถูกปิดบังข้อมูลดาวเทียมจากเจ้าของข้อมูลดาวเทียมโดยเฉพาะอย่างยิ่งดาวเทียมเชิงพาณิชย์ อาทิ IKONOS

สมการในรูปทั่วไปของโพลิโนเมียล สองตัวแปร คือ

$$a_{nm}x^n y^m + \ldots + a_{22}x^2y^2 + a_{21}x^2y + a_{12}xy^2 + a_{11}xy + a_{10}x + a_{01}y + a_{00}. \quad \text{----(2.1)}$$

เมื่อ x,y เป็นตำแหน่งของจุดภาพบนภาพดาวเทียม และ a_{nm} เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของโพลีโนเมียล

เมื่อเป็นพื้นที่ราบ โพลีโนเมียลดีกรีต่ำ สามารถให้ความถูกต้องที่ดี จากการศึกษาของ Pala and Pons (1995) และ Okamoto และคณะ (1999) พบว่าการใช้ โพลีโนเมียลดีกรีสาม สามารถใช้ดัดแก้ภาพที่มีพื้นที่แบบภูเขาสูง และให้ความถูกต้องใกล้เคียงกับ rigorous model การเลือกวิจัยเฉพาะโพลิโนเมียล ดีกรีหนึ่ง สอง และสาม มีเหตุผลจาก ข้อเท็จจริงที่ว่าการใช้ดีกรีที่สูงขึ้นทำให้ต้องการพารามิเตอร์ในการแก้สมการเป็นจำนวนมาก ในกระบวนการดัดแก้ภาพดาวเทียมในทางปฏิบัตินั้นหากใช้ดีกรีที่สูงมากขึ้นนั่นหมายถึงค่าใช้จ่าย และระยะเวลาในการทำจุดบังคับภาพ และตามธรรมชาติของโพลิโนเมียล ดีกรีที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้มีการปรับแก้ที่ดีรอบจุด แต่จะเกิดความผิดพลาดมากกับบริเวณที่ไกลจากจุดบังคับภาพ และจำนวนของจุดบังคับภาพควรมีจำนวนมากพอเพื่อใช้ในการทดสอบลักษณะการกระจายตัว และจำนวนของจุดบังคับภาพในกระบวนการดัดแก้ภาพดาวเทียมและใช้ในการทดสอบเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของลักษณะการวางตัวของจุดบังคับภาพ เมื่อมีการเพิ่มและลดจำนวนของจุดบังคับภาพในการดัดแก้ภาพดาวเทียม ข้อดีอีกประการหนึ่งเมื่อใช้สมการโพลีโนเมียลดีกรีหนึ่ง ในการดัดแก้ภาพดาวเทียม คือ สามารถจำลองการหมุน การเปลี่ยนแปลงมาตราส่วนและการย้ายแกน ใช้ระยะเวลาในการแปลงพิกัดน้อย ในขณะที่ดีกรีสูงขึ้นระยะเวลาที่ใช้ในการคำนวณก็เพิ่มมากขึ้น

มีการวิจัยของ Kardoulas, Bird, และ Lawan (1996) เลือกใช้ โพลิโนเมียล ดีกรีหนึ่ง ในการดัดแก้ภาพดาวเทียมโดยใช้ จุดบังคับภาพ จากการทำ GPS ด้วย Magellan GPS NAV 500 :ซึ่งเป็นเครื่องรับสัญญาณแบบพกพาที่สามารถรับสัญญาณได้แบบ C/A code และ carrier phase code โดยรังวัดสัญญาณนาน 20 นาที (การรังวัดสัญญาณขณะที่มี SA- Selective Availability) และใช้ค่าเฉลี่ยของค่าพิกัดตำแหน่งจุดบังคับภาพ พบว่ามี RMSE ขนาด +/- 20.4, 30.2 และ 32.2 เมตร หรือ +/-2.04, 3.02 และ 3.22 จุดภาพ ของภาพดาวเทียม SPOT Panchromatic เมื่อใช้จุดบังคับภาพ 5, 10 และ 15 จุด และเมื่อใช้ค่าพิกัดจากแผนที่ 1: 100,000 พบว่ามี RMSE ขนาด +/- 33.5, 33.7 และ 36.6 เมตร หรือ +/-3.35, 3.37 และ 3.66 จุดภาพ Michaelis (1988) พบว่า ได้ค่า RMSE ขนาด 0.6 ถึง 0.8 จุดภาพ ตามแนวโคจร (along-track) และ 0.6 ถึง 0.9 จุดภาพ ในแนวขวางการโคจร (across – track) เกิดขึ้นในการดัดแก้เรขาคณิตของภาพดาวเทียม SPOT ในโหมดหลายช่วงคลื่น Multispectral หรือ SPOT-XS ซึ่งเป็นภาพในระดับ 1A, ขนาด จุดภาพ 20 เมตร, ในมุมมองที่เบี่ยงเบนจากแนวดิ่ง (off nadir veiw) โดยใช้ค่าพิกัดของจุดบังคับภาพ จากแผนที่ มาตราส่วน 1:25,000 จำนวน 9 จุด สถานที่ที่ศึกษาคือ เมืองแฮนโนเวอร์ (Hannover) ประเทศเยอรมนีและใช้โพลีโนเมียลดีกรีหนึ่งในการดัดแก้ Forster (1988) พบ RMSE ขนาด 10 เมตร (1 จุดภาพ) ในแกนราบและดิ่ง ในการดัดแก้เรขาคณิต ของ

ภาพดาวเทียม SPOT Panchromatic ขนาดจุดภาพ 10 เมตร โดยใช้จุดบังคับภาพที่เลือกจากแผนที่มาตราส่วน 1:24,000 สถานที่ที่ศึกษาคือเมืองซิดนีย์ (Sydney) ประเทศออสเตรเลีย และใช้สมการโพลีโนเมียลดีกรีหนึ่งและสอง ในการดัดแก้ Thormodsgard และ Feuquay (1988) พบว่า RMSE ของจุดบังคับภาพ จำนวน 12 จุด มีขนาด 4 เมตร (0.4 จุดภาพ) ในการดัดแก้เรขาคณิตของภาพดาวเทียม SPOT Panchromatic โดยใช้จุดบังคับภาพ เลือกจากแผนที่มาตราส่วน 1:24,000 และใช้สมการโพลีโนเมียลดีกรีสอง ณ เมืองซานดิเอโก ประเทศสหรัฐอเมริกา และยังพบว่ามีค่า RMSE ขนาด 10 เมตร เมื่อใช้ค่าพิกัดที่ได้จากแผนที่มาตรา-ส่วน 1:24,000 และทำการทดสอบกับจุดตรวจสอบ (check points) จำนวน 10 จุด หลังจาก การรวมภาพดาวเทียม SPOT Panchromatic กับ SPOT –XS August et al. (1994) ใช้ค่าพิกัดที่ได้จากการรังวัด GPS แบบพกพามีความแตกต่างจากค่าจริงในระดับ 30 เมตร โดยใช้เครื่องรับสัญญาณ Trimble Pathfinder Basic ค่าพิกัดที่ใช้มาจากค่าเฉลี่ยของการวัด 300 ครั้งในแต่ละจุด หากใช้ค่าที่มีการปรับแก้ค่าต่างโดยผ่านการทำแบบดิฟเฟอร์เรนเชียลจะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าในระดับ 3 ม.

จากคุณลักษณะที่เด่นชัดและเป็นเอกลักษณ์ รวมทั้งมีผลงานวิจัยมากมายในต่างประเทศที่เลือกใช้สมการโพลิโนเมียลในการดัดแก้ภาพดาวเทียม โดยการใช้ค่าพิกัดจากการรังวัดดาวเทียมแบบ Differential GPS ที่ให้ความถูกต้องของค่าพิกัดที่ดี แต่ระยะเวลาที่ใช้ในการรังวัดค่าพิกัดมีมาก ในปัจจุบันวิธีการรังวัดดาวเทียมด้วยการทำ Single Point Positioning สามารถ ให้ความถูกต้องเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการที่รัฐบาลสหรัฐอเมริกาได้ประกาศการปิด SA ทำให้วิธีการนี้เป็นทางเลือกในการหาค่าพิกัดและนำมาใช้ในการดัดแก้ภาพ SPOT Panchromatic ในการวิจัยในครั้งนี้จึงเลือกสมการโพลีโนเมียลดีกรีหนึ่ง สอง และสาม และการหาพิกัดแบบ Single Point Positioning เพื่อทำการดัดแก้ภาพดาวเทียม SPOT Panchromatic ที่มีขนาดจุดภาพ 10 ม. ขั้นตอนและรายละเอียดในกระบวนการดัดแก้ภาพดาวเทียมจะกล่าวไว้ในบทที่ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 การรังวัดพิกัดด้วย GPS

มีการศึกษาของ Clavet และคณะ (1993) ซึ่งให้ข้อสรุปว่า ค่าพิกัดที่ได้จากแผนที่มาตราส่วน 1:50 000 มีความถูกต้องไม่เพียงพอ ที่จะนำมาใช้ในการดัดแก้ภาพดาวเทียม SPOT Panchromatic ดังนั้นการเลือกจากแผนที่ภูมิประเทศจึงเป็นทางเลือกที่ตกไป แนวความคิดในการทำจุดบังคับภาพ โดยใช้เทคโนโลยีด้าน GPS จึงเป็นทางเลือกที่นำใช้เพื่อหาตำแหน่งของจุดบังคับภาพและให้ความถูกต้องสูงกว่าการทำจากแผนที่ ทั้งนี้เพราะ GPS สามารถให้ค่าความ

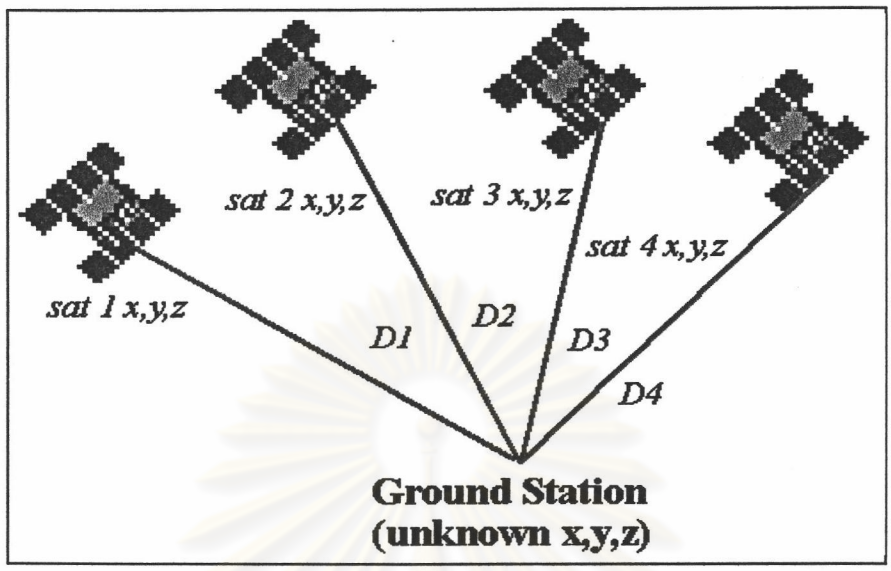
ถูกต้องถึงระดับเซนติเมตรหรือดีกว่า ขึ้นอยู่กับวิธีการทำการรังวัดซึ่งแบ่งออกเป็น 2 วิธีการหลัก ๆ คือ

1. การรังวัดค่าตำแหน่งสัมบูรณ์ (Absolute Positioning)
2. การรังวัดค่าตำแหน่งแบบสัมพัทธ์ (Differential Positioning)

2.2.1 การรังวัดค่าตำแหน่งสัมบูรณ์ (Absolute Positioning)

เป็นวิธีการหาตำแหน่งที่ใช้ทั่วไปในการนำหนแบบ real-time วิธีการคือการรับสัญญาณ ดาวเทียมโดยใช้เครื่องรับเดี่ยววาง ณ ตำแหน่งที่ต้องการทราบค่าซึ่งเครื่องรับสามารถตั้งเครื่องรับสัญญาณอยู่กับที่ หรือ รับสัญญาณขณะเคลื่อนที่ เช่น บนยานพาหนะ เครื่องบิน จรวดนำวิถี ฯลฯ ดังรูปที่ 2.1 ความถูกต้องของตำแหน่งของวิธีการนี้ ขึ้นอยู่กับความสามารถของเครื่องรับ ข้อมูลของผู้ใช้ แต่ความถูกต้องในระดับที่น้อยกว่า 1 เมตรสามารถทำได้หากใช้เครื่อง geodetic GPS วางรับสัญญาณเป็นเวลานาน ๆ พร้อมกับการประมวลผลภายหลัง ในการใช้อิฟีเมอริสส่งกระจาย (Broadcast Orbit) ผู้ใช้สามารถใช้ค่าซูโดเรนจ์ (pseudo range) เพื่อคำนวณหาตำแหน่งให้มีความถูกต้องในระดับ 3 เมตร ในสภาวะที่สมบูรณ์ (ค่าบ่งชี้ความถูกต้องโดยรวม GDOP ดี และไม่มี systematic errors) และ 80 เมตร ในสภาวะที่ไม่สมบูรณ์ (ค่าบ่งชี้ความถูกต้องโดยรวม GDOP ไม่ดี และ มี systematic errors) ในขณะที่ใช้ อิฟีเมอริสละเอียด (Precise Orbit) ผู้ใช้สามารถคำนวณหาตำแหน่งได้ความถูกต้องในระดับ 1 เมตร ในสภาวะที่สมบูรณ์ และ ในสภาวะที่ไม่สมบูรณ์ 40 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



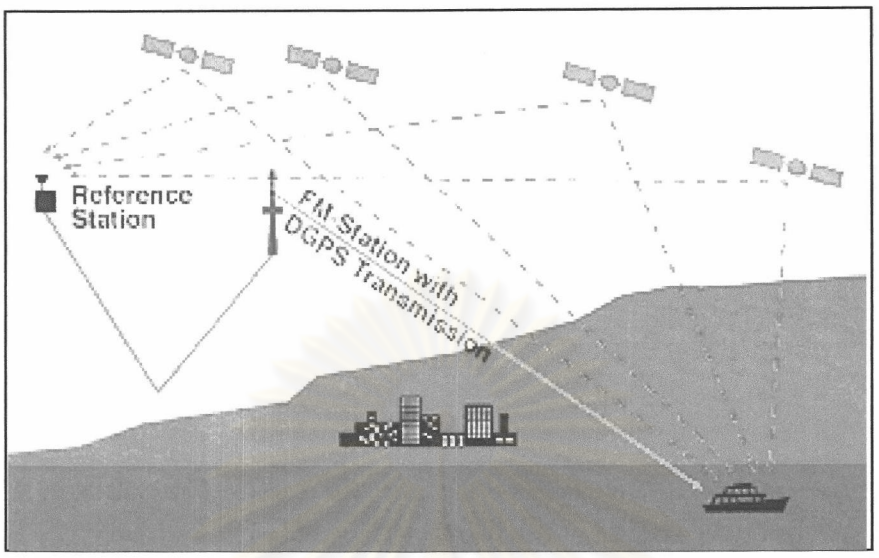
รูปที่ 2.1 การรังวัดค่าตำแหน่งแบบสัมบูรณ์ (Absolute Positioning)

ที่มา : www.waypnt.com/html/ hsystem.html

2.2.2 การรังวัดค่าตำแหน่งแบบสัมพัทธ์ (Differential Positioning)

เป็นกระบวนการหาค่าต่างทางตำแหน่งระหว่าง เครื่องรับ 2 ตัว ซึ่งทำงานพร้อมกันในการรับสัญญาณดาวเทียม ทั้งจาก code range และ carrier phase ซึ่งวิธีการคือการวัดระยะระหว่างดาวเทียมไปยังเครื่องรับทั้งสองไปยังจุดต่าง ๆ และนำข้อมูลประมวลผลเพื่อหาค่าต่างซึ่งเป็นการเปรียบเทียบค่าต่างเฟส โดยการใช้ carrier หรือ code phase ดังรูปที่ 2.2 ซึ่งหลักการของวิธีการนี้คือ ความผิดพลาดทางตำแหน่งที่เกิดขึ้นกับเครื่องรับทั้ง 2 เครื่องจะมีค่าเท่ากัน ณ ขณะ เวลานั้นๆ ความถูกต้องที่ได้จากการใช้ code phase คือ ระดับ 1 เมตร สำหรับ carrier phase คือ ระดับเซนติเมตร และสามารถใช้ได้ในการรังวัดแบบสถิตและแบบจลน์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.2 การรังวัดค่าตำแหน่งแบบสัมพัทธ์ (Differential Positioning)
ที่มา : http://www.swisstopo.ch/geoaktuell/en/geo/gpsdgps.htm

2.3 การรังวัดค่าพิกัดด้วย GPS แบบ Precise Single Point Positioning (PSPP)

ในการทำวิจัยครั้งนี้ เลือกใช้วิธีการรังวัดแบบ Precise Single Point Positioning เพราะความได้เปรียบของการทำงาน กล่าวคือ การใช้ข้อมูลสองความถี่ประกอบกับวงโคจรดาวเทียมที่มีความถูกต้องสูง (Precise Orbit) ในการคำนวณหาค่าพิกัด การทดสอบวิธีการนี้ของ.Satirapod, C. et all (2000) ซึ่งดำเนินการภายหลังจากที่ระบบดาวเทียม GPS ได้ปิด SA (Selective Availability) พบว่าความถูกต้องเฉลี่ยของการรังวัดแบบสถิต ในการวัดแบบความถี่เดียว (single frequency) และการวัดแบบสองความถี่ (dual frequency) โดยใช้ broadcast orbit มีความถูกต้องเพิ่มมากขึ้น และการดัดแก้สัญญาณดาวเทียมโดยใช้วงโคจรดาวเทียมที่มีความถูกต้องสูง (precise IGS orbit) ของข้อมูลสองความถี่ (dual frequency) พบว่ามีความถูกต้องในระดับ 1 ม. ทั้งทางราบและทางดิ่ง ส่วนข้อมูลแบบความถี่เดียว single frequency มีความถูกต้องในระดับ 1-1.5 ม. ในทางราบ และ 2-4 ม. ทางดิ่ง เมื่อทำการวัดเวลานาน (24 ชม.) ในปัจจุบันการวัดเพื่อหาตำแหน่งโดยใช้ single epoch หรือข้อมูล 1 ขณะเวลา จะได้ความถูกต้องทันทีถึง 5.2 ม. ด้วยการวัดแบบสองความถี่ dual frequency และ 6.8 ม. ด้วยการวัดแบบความถี่เดียว single frequency ในทางราบ และในแนวดิ่ง คือ 9.7 ม. และ 12.3 ม. ตามลำดับ และจากการทดสอบเบื้องต้นภายในภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทดลองการวัดแบบ

สัมบูรณ์ single point positioning และใช้วงโคจร precise orbit ในการประมวลผล พบว่าความถูกต้องที่ได้อยู่ในระดับ 4 เมตรเมื่อเทียบกับค่าพิกัดจริง (อิทธิ ตริสิริสัตยวงศ์ ,2543)

การหาค่าตำแหน่งพิกัดด้วยการรังวัดดาวเทียม GPS แบบสัมพัทธ์ Differential GPS ให้ความถูกต้องในระดับเมตรหรือดีกว่า แต่ในการดัดแก้ภาพดาวเทียมไม่มีความจำเป็นที่ต้องการความถูกต้องในระดับนี้ เพราะเป็นความถูกต้องที่สูงกว่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการระบุตำแหน่งของจุดภาพ Clavet และคณะ (1993) ได้ให้ข้อเสนอแนะว่า การใช้จุดบังคับภาพที่มีความถูกต้องสูงกว่า 0.1 เมตร อาจไม่ส่งผลในเชิงปฏิบัติ เนื่องจากระยะเวลาในการจัดทำและค่าใช้จ่ายสูง ที่สำคัญกว่านั้นคือ ความถูกต้องที่น้อยกว่า 0.1 เมตร เป็นความถูกต้องที่สูงกว่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการระบุตำแหน่งของจุดภาพที่มีมากกว่า 4 ม. และในการปฏิบัติจริงการรังวัดแบบสัมพัทธ์ Differential GPS ต้องใช้เครื่องรับอย่างน้อย 2 เครื่องในการทำงาน ทำให้มีผลต่อค่าใช้จ่ายการทำงานที่สูงขึ้น พร้อมทั้งปริมาณการทำจุดบังคับภาพที่ได้ต่อวันน้อยกว่าการทำรังวัดแบบสัมบูรณ์ Single Point Positioning เมื่อใช้เครื่องรับสัญญาณในจำนวนที่เท่ากัน ดังนั้นการเลือกวิธีการหาค่าพิกัดของจุดบังคับภาพด้วยการรังวัดดาวเทียมแบบสัมบูรณ์ จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมกว่าในเชิงปฏิบัติ

จากการทดสอบหาความถูกต้องของวิธี PSPP ของ อิทธิ ตริสิริสัตยวงศ์ (2543) ในการดัดแก้ภาพดาวเทียม LANDSAT 5 ซึ่งมีขนาดของจุดภาพ 30 เมตร พบว่า ค่าพิกัดที่ได้จากการรังวัดในระดับประมาณ 4 เมตร ทำให้มีแนวความคิดในการทดสอบการดัดแก้ภาพดาวเทียม SPOT2 Panchromatic ซึ่งมีขนาดจุดภาพ 10 เมตร ในการวิจัยครั้งนี้เลือกวิธีการหาค่าพิกัดของจุดบังคับภาพโดยการรังวัดดาวเทียมหาตำแหน่งแบบสัมบูรณ์ ประกอบกับวงโคจรดาวเทียมที่มีความถูกต้องสูง (Precise Single Point Positioning- PSPP) รายละเอียดทั้งหมดจะกล่าวในบทที่ 3 ต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย