บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ภาพ Panchromatic ของดาวเทียม SPOT 2 มีความละเอียดทางราบ 10 ม. ภาพดาวเทียม SPOT 2 Panchromatic ที่ได้โดยตรงจากดาวเทียมนี้เป็นภาพที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการดัดแก้ภาพ (Rectification) และไม่สามารถนำมาใช้ในกิจการแผนที่ได้โดยตรง เพราะมีความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิต และไม่มีระบบพิกัดอ้างอิงที่ทำให้สามารถใช้ภาพดาวเทียมร่วมกับข้อมูลเชิงตำแหน่งอื่น ๆ อาทิ แผนที่ ภาพถ่ายทางอากาศ หรือภาพดาวเทียมอื่น ๆ ได้

การดัดแก้ภาพเป็นกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่อาศัยแบบจำลองแบบใดแบบหนึ่งในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดภาพ (ในรูปของหมายเลข row และ column) ของจุดใดๆ และพิกัดจริง เช่น พิกัดภูมิศาสตร์ หรือ พิกัด UTM เป็นต้น ซึ่งเป็นจุดเดียวกันบนภาพ เพื่อคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลองที่เลือก จุดบังคับภาพต้องมีจำนวนและตำแหน่งที่เหมาะสม พิกัดภาพของจุดบังคับภาพสามารถรังวัดได้โดยตรงจากภาพดาวเทียม ส่วนค่าพิกัดจริงต้องอาศัยวิธีการอื่น ๆ เช่น การรังวัดในพื้นที่จริงด้วย GPS การอาศัยพิกัดจากแหล่งข้อมูลอื่นที่มีความถูกต้องเชิงตำแหน่งสูงกว่าเช่น แผนที่ หรือภาพถ่ายทางอากาศที่ผ่านการดัดแก้แล้ว

การหาพิกัดจริงของจุดบังคับภาพโดยการใช้พิกัดจากแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 เป็นวิธีที่นิยมปฏิบัติโดยทั่วไปในกิจการภาพดาวเทียมในประเทศไทย ค่าพิกัดที่ได้มาใช้เป็นจุดบังคับภาพดาวเทียมมีจุดด้อยหลัก ๆ ดังนี้

1. ความคลาดเคลื่อนของค่าพิกัดในการระบุตำแหน่งบนแผนที่ซึ่งความคลาดเคลื่อนอาจสูงกว่าความละเอียดของจุดภาพ แม้ว่าตามเกณฑ์ความละเอียดที่สามารถอ่านได้จากค่าพิกัดจากแผนที่ 1:50,000 จะเท่ากับ10 ม. (0.2 มม. X 50,000) ก็ตาม หากพิจารณาถึงความคลาดเคลื่อนสะสมที่เกิดจากขั้นตอนการผลิต การเก็บรักษาแผนที่ ความชื้นการยืดหดของแผนที่ เป็นต้น ผลจากความคลาดเคลื่อนสะสมดังกล่าวรวมกันอาจมีมากถึง 0.5 - 1 มม. บนแผนที่ 1 : 50,000 หรือ 25 - 50 เมตรบนพื้นดิน

2. แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ที่ใช้งานอยู่ปัจจุบันค่อนข้างล้าสมัย รายละเอียดที่ปรากฏบนแผนที่มีน้อยกว่ารายละเอียดที่ปรากฏบนภาพดาวเทียม ซึ่งมีความทันสมัยมากกว่าทำให้โอกาสการเลือกจุดบังคับภาพในตำแหน่งต่าง ๆ ที่เหมาะสมถูกจำกัดจากความล้าสมัยของแผนที่

ภาพดาวเทียมไม่สามารถนำมาใช้ในกิจการแผนที่ได้โดยตรงเพราะภาพดาวเทียมยังมีความคลาดเคลื่อนมีระบบ (systematic errors) แฝงอยู่แนวทางหลักที่ใช้ในการขจัดความคลาดเคลื่อน เหล่านี้คือกระบวนดัดแก้ภาพ (rectification) ซึ่งมี 2 แนวทางหลัก คือ

1. แบบจำลองพาราเมตริค (Parametric Model) หรือ (Rigorous Model) หรืออาจเรียกอย่างหนึ่งว่าแบบจำลองกายภาพของเครื่องรับสัญญาณ (physical sensor model) ซึ่งเป็นการสร้างฟังก์ชั่นความสัมพันธ์ระหว่างระนาบของภาพ ดาวเทียมกับพื้นดิน ซึ่งเป็น แบบจำลองที่ให้ความถูกต้องสูงเพราะเป็นพารามิเตอร์ แบบจำลองที่สามารถอธิบายลักษณะทางกายภาพของกระบวนการประมวลภาพของเครื่องรับสัญญาณ (sensor)) ข้อมูลที่ต้องการสร้าง แบบจำลองนี้ คือ ข้อมูลของดาวเทียม ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของ เครื่องรับสัญญาณ และแบบจำลองการถ่ายภาพ
2. แบบจำลองแบบนอนพาราเมตริค (Non Parametric model) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าแบบจำลองในรูปอย่างง่ายของเครื่องรับสัญญาณ (generalized sensor model) เป็นการใช้สมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อแปลงค่าพิกัดระหว่าง ระวางวัตถุ (object space) และ ภาพดาวเทียม (image space) โดยไม่สนใจลักษณะของเครื่องรับสัญญาณรวมทั้งชนิดของ เครื่องรับสัญญาณ และข้อมูลดาวเทียม พารามิเตอร์ที่ได้ไม่สามารถอธิบายเชิงกายภาพของลักษณะการวางตัวของภาพ การหมุน การย้ายแกน อาทิ การแปลงภาพโดยใช้สมการโพลิโนเมียล (Polynomials Rectification), Projective Transformation, แบบจำลองโดยการใช้อัตราส่วนสมการโพลิโนเมียล (Rational Function Model) เป็นต้น

ข้อดีในการใช้แบบจำลองพาราเมตริค คือ มีความถูกต้องสูง เพราะมี การแก้ค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากความสูงต่างของวัตถุ (relief displacement) และ ความเพี้ยนของทัศนูปกรณ์ (camera distortions) รวมถึงการลดค่าความคลาดเคลื่อนมีระบบ และความคลาดเคลื่อนสุ่ม (random errors) แต่ข้อเสียของวิธีการนี้คือ ต้องศึกษาแบบจำลองเครื่องรับสัญญาณ (sensor model) ของภาพดาวเทียมแต่ละดวงที่ใช้ และ ข้อมูลที่ต้องการเพื่อคำนวณการดัดแก้ต้องใช้ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนและใช้เวลานาน ซึ่งข้อมูลเหล่านี้อาจไม่ได้รับการเปิดเผยจากเจ้าของข้อมูลตลอดเวลา โดยเฉพาะผู้ให้บริการเชิงพาณิชย์ อาทิ IKONOS

ในการวิจัยครั้งนี้ เลือกใช้การดัดแก้ภาพด้วยวิธีการแบบจำลองนอนพาราเมตริคด้วยสมการโพลิโนเมียล เนื่องจากลักษณะเด่นของ โพลิโนเมียล ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย คือสามารถทำให้อยู่ในรูปอย่างง่าย ใช้เวลาในการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์น้อย และสามารถจำลองสมการใด ๆ ได้หลากหลายประเภท รวมทั้งสามารถทำการดิฟเฟอเรน- เชียล และอินทิเกรตได้ง่าย รวมถึงการนำมาใช้ร่วมกันเพื่อสร้างเส้นโค้งเรียบ (Spline curve) ที่สามารถจำลองฟังก์ชั่นใด ๆ ได้โดยที่รักษาความถูกต้องแม่นยำ (accuracy) ของสมการนั้น ๆ ได้ตามความต้องการ (Joy, K.I.,2000)

กระบวนการดัดแก้ภาพดาวเทียมต้องการ จุดบังคับภาพ (Ground Control Points) นั่นคือ จุดร่วมของภาพดาวเทียม และบนพื้นดิน เพื่อใช้ในสมการการดัดแก้ภาพ เพื่อแก้หาพารามิเตอร์ของดาวเทียม จากการศึกษาของ Clavet และคณะ (1993) พบว่าหากต้องการให้มีความถูกต้องทางตำแหน่งในระดับ 10 เมตร ในระดับความเชื่อมั่นที่ 90 เปอร์เซ็นต์ ต้องใช้ จุดบังคับภาพ ที่มีความถูกต้องในระดับ 4 ม. โดยใช้ค่าพิกัดของจุดบังคับภาพด้วยการทำ Differential GPS สำหรับภาพดาวเทียม SPOT Panchromatic ซึ่งมีขนาด จุดภาพ 10 เมตร ความถูกต้องในการทำ จุดบังคับภาพ ต้องมีความถูกต้องในระดับ 4 เมตร หรือ ดีกว่า ปัญหาที่ตามมาคือต้องมีค่าใช้จ่ายเท่าใดในการทำจุดบังคับภาพ ที่ให้ความถูกต้องในระดับนี้ และมีทางเลือกของที่มาของ จุดบังคับภาพ จากแหล่งข้อมูลที่ไหนบ้างและต้องมีค่าใช้จ่ายมากน้อยเท่าไร Cook, A. E. and Pinder III, J. E. (1996) พบว่า มีการใช้ GPS เพื่อใช้ในการทำ จุดบังคับภาพ อาทิ ใช้ภาพดาวเทียม Landsat TM ขนาดจุดภาพ 30 เมตร และภาพดาวเทียม SPOT MSS และ SPOT Panchromatic ขนาดจุดภาพ 20 เมตร และ 10 เมตร ตามลำดับ พบว่า GPS ให้ตำแหน่ง จุดบังคับภาพ ที่มีความถูกต้องสูงกว่าที่ได้จากแผนที่ และสรุปว่าการใช้ค่าพิกัดจาก GPS เทียบกับแผนที่ในการดัดแก้ภาพดาวเทียมให้ค่า RMSE (Root Mean Square Error) ที่แตกต่างกันถึงมากกว่า 40% ในการระบุตำแหน่งของจุดภาพซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุบน

ภาพที่ถูกดัดแก้ถึง 30 เมตร เมื่อต้องการตำแหน่งวัตถุที่มีความถูกต้องสูง การใช้ GPS สามารถให้ค่าพิกัดที่ถูกต้องกว่า

จำนวนการใช้จุดบังคับภาพ เป็นปัจจัยที่สำคัญในการเลือกใช้โพลิโนเมียลดีกรีต่าง ๆ ที่ใช้ในการดัดแก้ภาพดาวเทียม และเป็นวัตถุประสงค์ประการหนึ่งของการวิจัยในครั้งนี้ โดยทั่วไปแล้วจำนวนของจุดบังคับภาพ ที่ต้องการน้อยที่สุดสำหรับดีกรีหนึ่ง สอง และ สาม คือ 3 จุด, 6 จุด และ 10 จุด ตามลำดับ เมื่อดีกรีเพิ่มมากขึ้นจะทำให้เกิดการปรับแก้ที่ดีรอบ ๆ จุดบังคับภาพ แต่จะทำให้เกิดความผิดพลาดมากสำหรับบริเวณที่อยู่ไกลออกไปจากจุดบังคับภาพ และที่สำคัญคือ ลักษณะการกระจายตัวของจุดบังคับภาพที่อาจส่งผลต่อความถูกต้องในกระบวนการดัดแก้ภาพดาวเทียมซึ่งเป็นประเด็นที่ต้องศึกษาในงานวิจัยชิ้นนี้รวมถึงค่า RMSE ของจุดตรวจสอบ (check points) เพื่อวิเคราะห์หาคุณภาพของการดัดแก้ภาพดาวเทียม และศึกษาความถูกต้องเชิงตำแหน่งของภาพดาวเทียมหลังการดัดแก้ว่าสามารถนำไปใช้ในงานกิจการแผนที่ที่มาตราส่วนใด ในเชิงปฏิบัติแล้วต้องการจำนวนจุดบังคับภาพ ในปริมาณที่มากพอเพื่อเป็นการเผื่อเหลือเผื่อขาดที่จะทำให้สามารถตัดจุดที่ผลการคำนวณดัดแก้ภาพออกมาแล้วมีความคลาดเคลื่อนสูงออกไปโดยยังมีจำนวนจุดบังคับภาพที่เหลืออยู่เพียงพอสำหรับการคำนวณปรับแก้(redundant observation)

การศึกษาความถูกต้องเชิงตำแหน่งของภาพดาวเทียม SPOT 2 Panchromatic หลังการดัดแก้ด้วยวิธีการแบบจำลองนอนพาราเมตริค ด้วยสมการโพลิโนเมียล ดีกรีหนึ่ง สอง และ สาม เป็นประเด็นที่ต้องทำการศึกษาเพื่อวิเคราะห์ความถูกต้องเชิงตำแหน่งของภาพดาวเทียมหลังการดัดแก้ ว่ามีศักยภาพในการนำไปใช้ในกิจการแผนที่ในระดับมาตราส่วนใด และการวิเคราะห์ลักษณะการกระจายตัว และจำนวนของจุดบังคับภาพที่มีอิทธิพลต่อการดัดแก้ภาพดาวเทียมเป็นประเด็นที่ต้องทำการวิจัยเพื่อเป็นแนวทางในการนำภาพดาวเทียม SPOT 2 มาใช้ในกิจการแผนที่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อศึกษาการดัดแก้ภาพดาวเทียม SPOT2 Panchromatic ความละเอียดของจุดภาพ 10 เมตรโดยสมการโพลิโนเมียลดีกรีหนึ่ง สอง และสาม
2) เพื่อศึกษาศักยภาพการรังวัดจุดบังคับภาพ ด้วยเทคนิคการรังวัดค่าพิกัดจุดเดี่ยว (Single Point Positioning) ด้วยเรื่องรับสัญญาณ GPS ที่ให้ความถูกต้องหลายระดับ รวมถึงลักษณะการกระจายตัว และจำนวนของจุดบังคับภาพในการดัดแก้ภาพดาวเทียม
3) เพื่อวิเคราะห์ความถูกต้องเชิงตำแหน่งของภาพดาวเทียมหลังการดัดแก้ว่ามีศักยภาพในการนำไปใช้ในกิจการแผนที่ระดับมาตราส่วนใด

1.3 ขอบเขตการวิจัย

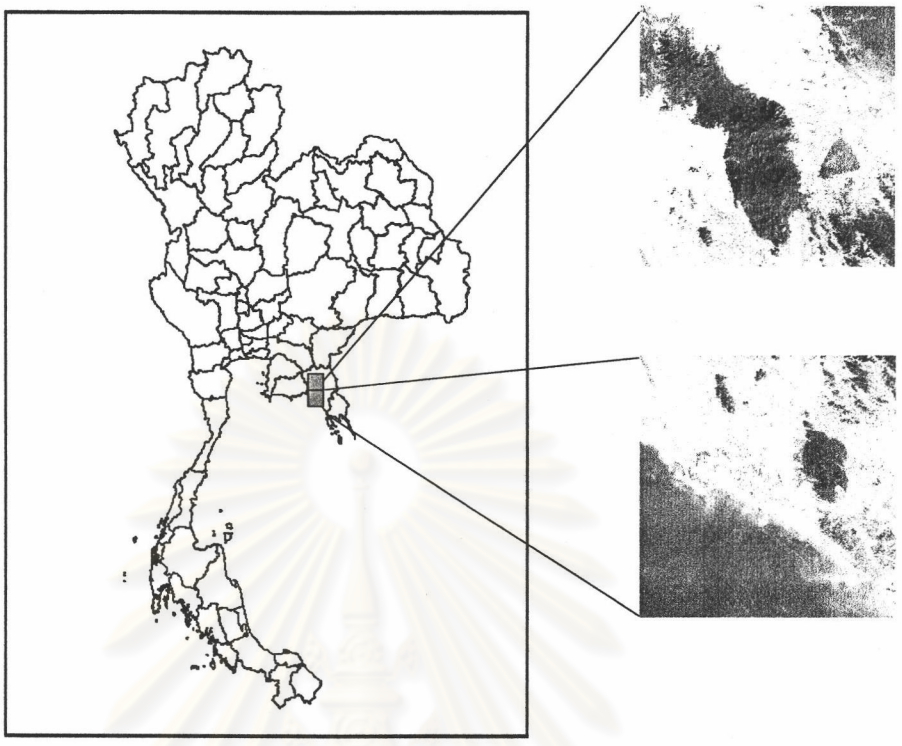
ในการวิจัยนี้ จะใช้ภาพดาวเทียมของ SPOT 2 Panchromatic ที่มีความละเอียดจุดภาพ 10 เมตร พื้นที่ที่ศึกษาคือ บริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย ครอบคลุมพื้นที่ จ. จันทบุรี ขนาดพื้นที่ 60 x 120 กม. ภาพดาวเทียมถ่ายเมื่อวันที่ 12 มกราคม 2540

SPOT 2 Panchromatic 2 ภาพ :-

1. Scene 2 266 324 970112034908 1 P
2. Scene 2 266 325 970112034917 1 P

ภาพดาวเทียมทั้งสองภาพได้รับความอนุเคราะห์จากกรมแผนที่ทหาร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1.1 แสดงพื้นที่ศึกษา จ. จันทบุรีและภาพดาวเทียม SPOT 2 Panchromatic ทั้ง 2 ภาพ

ทั้ง 2 ภาพ เป็นภาพที่มีพื้นที่ติดต่อกัน ดังรูปที่ 1.1 และมีภูมิประเทศที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ภาพล่างเป็นพื้นที่ราบติดชายทะเล ส่วนที่เป็นแผ่นดินอยู่ทางตอนบนของภาพ และมีส่วนที่ซ้อนทับกับภาพบน ซึ่งมีระยะซ้อนทับ 3 กิโลเมตร ลักษณะทั่วไปของภาพบนเป็นพื้นที่ภูเขาสูงสลับที่ราบ ซึ่งเหตุผลในการเลือกภาพที่มีความแตกต่างด้านภูมิประเทศนี้คือ การวิเคราะห์ปริมาณการใช้ จุดบังคับภาพ ในการดัดแก้ภาพดาวเทียม และลักษณะการกระจายตัวและจำนวนของจุดบังคับภาพ ที่ส่งผลกับการดัดแก้ภาพดาวเทียม เพื่อการวิเคราะห์ความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบของภาพหลังการดัดแก้ว่าได้รับผลกระทบจากสภาพภูมิประเทศที่มีความแตกต่างกันอย่างไร และวิเคราะห์ถึงความถูกต้องเชิงตำแหน่งบริเวณที่เป็นส่วนเหลื่อมซ้อนของทั้ง 2 ภาพ เมื่อผ่านกระบวนการดัดแก้อย่างอิสระว่าได้รับผลกระทบอย่างไรบ้าง และเปรียบเทียบความถูกต้องของค่าพิกัดของจุดบังคับภาพที่ใช้เพื่อการตรวจสอบ

การหาค่าพิกัดของจุดบังคับภาพ ด้วยการทำรังวัดดาวเทียม GPS แบบ Single Point Positioning โดยใช้เครื่องรับสัญญาณที่ให้ความถูกต้องหลายระดับ อาทิ เครื่องรับสัญญาณ GPS แบบพกพา (Handheld GPS) ที่ให้ความถูกต้องในระดับ 10-20 เมตร และ 1-3 เมตร และ

เครื่องรับสัญญาณแบบ Geodetic GPS ที่ให้ความถูกต้องในระดับเมตรหรือดีกว่า การประมวลผลของพิกัดจุดบังคับภาพกระทำโดยการใช้การคำนวณหาตำแหน่งของจุดบังคับภาพโดยใช้ ค่าอิฟีเมอริสละเอียด (Precise Ephemeris หรือ Precise Orbit) และค่าอิฟีเมอริสส่งกระจาย (Broadcast Ephemeris หรือ Broaddcast Orbit) ด้วยซอฟท์แวร์ GPSurvey

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1) ศึกษาขั้นตอนการดัดแก้ภาพดาวเทียม Geometric Correction and Rectification ของภาพดาวเทียม โดยการใช้สมการโพลิโนเมียล
2) กำหนดตำแหน่งของจุดบังคับภาพบนภาพดาวเทียม โดยกำหนดตำแหน่งของจุดบังคับภาพลงบนภาพดาวเทียมด้วยซอฟท์แวร์ ERDAS ของภาพดาวเทียมทั้ง 2 ภาพ โดยให้จำนวนของจุดมีมากพอและครอบคลุมบนภาพประมาณ 30 จุดต่อภาพ ตำแหน่งที่เลือกต้องมีลักษณะที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนบนภาพ เช่น ตำแหน่งมุมถนนที่ตัดกัน บริเวณสะพานตัดกับลำน้ำ สิ่งปลูกสร้างหรือท่าเรือที่ยื่นออกไปในทะเล และทำการวางตำแหน่งของหมุดบนแผนที่มาตราส่วน 1: 50,000 เพื่อเป็นแนวทางในการเข้าหาจุด
3) ทำการรังวัดดาวเทียมของจุดบังคับภาพ เพื่อใช้ในการดัดแก้ภาพดาว-เทียม โดยใช้ Single Point Positioning ด้วยเครื่อง Geodetic GPS หลังจากนั้นนำข้อมูลมาทำการประมวลผลการคำนวณหาตำแหน่งของจุดบังคับภาพโดยใช้ Precise orbit และ Broadcast orbit ด้วยซอฟท์แวร์ GPSurvey
4) เปรียบเทียบความถูกต้องของค่าพิกัดจุดบังคับภาพบนภาพดาวเทียมเทียบกับค่าที่ได้จากการทำ GPS แบบ Single Point Positioning โดยใช้เครื่องรับสัญญาณที่ให้ความถูกต้องในระดับต่าง ๆ
5) ทำการดัดแก้ภาพดาวเทียมโดยการใช้สมการโพลิโนเมียลดีกรีหนึ่ง สอง และสาม โดยใช้ค่าพิกัดของจุดบังคับภาพจากการรังวัดดาวเทียมและทำการตรวจสอบค่า RMSE ที่เกิดขึ้น โดยกำหนดจุดบังคับภาพบางส่วนให้เป็นจุดบังคับภาพที่ใช้ในการดัดแก้ และบางส่วนให้เป็นจุดตรวจสอบว่า

ผลลัพธ์ของภาพหลังการดัดแก้มีคุณภาพอย่างไร ในขั้นตอนนี้ใช้ซอฟท์แวร์ ENVI เวอร์ชั่น 3.2

6) วิเคราะห์จำนวนการใช้จุดบังคับภาพโดยการเลือกบางส่วน เพื่อเป็นจุดควบคุมและจุดตรวจสอบ และทำการดัดแก้ภาพดาวเทียม และลักษณะของการกระจายตัวของ จุดบังคับภาพ ที่มีผลต่อการดัดแก้ภาพดาวเทียม โดยใช้ซอฟท์แวร์ Datafit เวอร์ชั่น 6.1 ทำการจำลองพารามิเตอร์ของสมการโพลิโนเมียลดีกรีต่าง ๆ เพื่อทดสอบหาความสัมพันธ์ของจำนวนจุดบังคับภาพ ที่ส่งผลกับค่า RMSE หลังการดัดแก้ภาพดาวเทียม

7) วิเคราะห์และสรุปผลที่ได้จากการทำวิจัยว่าภาพดาวเทียมหลังจากการดัดแก้มีศักยภาพในกิจการแผนที่อย่างไรและข้อเสนอแนะในการดัดแก้ภาพดาวเทียมรวมถึงการกระจายตัวที่พึงประสงค์ของจุดบังคับภาพบนภูมิประเทศ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ผลลัพธ์ของความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบ ภายหลังจากการดัดแก้ภาพด้วยสมการโพลิโนเมียล เพื่อเป็นแนวทางการนำภาพดาวเทียม SPOT 2 Panchromatic มาใช้ ในกิจการแผนที่

2) แนวทางในการกำหนดคุณภาพของจุดบังคับภาพ และปริมาณการใช้จุดบังคับภาพและลักษณะการกระจายตัวของจุดบังคับภาพที่มีผลกระทบในการดัดแก้ภาพดาวเทียม โดยเฉพาะในกรณีที่มีข้อจำกัดของภูมิประเทศจากภาพดาวเทียมทั้ง 2 ภาพ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย