

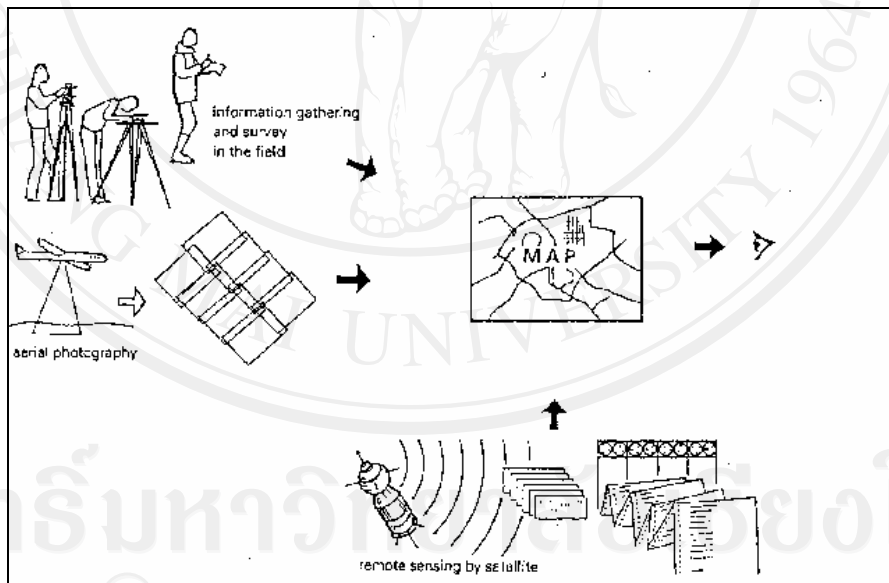
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีหรือแนวคิด

2.1.1 แนวคิดด้านการสร้างแผนที่

แผนที่เป็นเครื่องมือที่สำคัญชนิดหนึ่ง ซึ่งมนุษย์สร้างขึ้นไว้ใช้เป็นเครื่องช่วยในการดำเนินงาน หรือประกอบกิจการต่างๆ อันเกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตของมนุษย์ แผนที่ถูกนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์กว้างขวางยิ่งขึ้น ตามวิวัฒนาการและความเจริญก้าวหน้าในการดำเนินชีวิตของมนุษย์ ปัจจุบันอาจกล่าวได้ว่าแผนที่ที่มีบทบาทอันสำคัญยิ่งเกี่ยวกับความมั่นคงและความเจริญก้าวหน้าของชาติบ้านเมือง ในการดำเนินกิจกรรม 4 ประการ คือ การเมือง การทหาร การเศรษฐกิจ และสังคมจิตวิทยา โดยแผนที่สามารถทำได้ดังนี้ (เจิมศักดิ์ หั่วเพชร, 2523)



ภาพ 2.1 หลักการทำแผนที่วิธีการต่างๆ

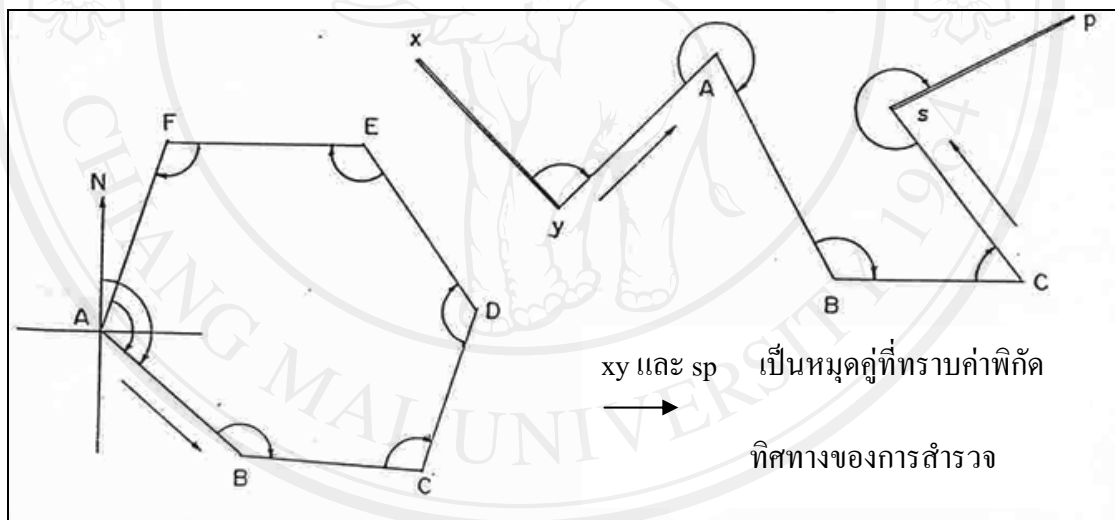
ที่มา: สุจิตรา เจริญหิรัญยงศ 2550.

2.1.1.1 แผนที่ที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม

งานสำรวจโดยทั่วไปซึ่งพื้นที่ไม่กว้างใหญ่และเป็นที่ราบ หรือค่อนข้างราบที่จะทำการสำรวจโดยวิธีวงรอบ ซึ่งเป็นวิธีการหาตำแหน่งของจุดที่ตั้งกล้องต่อเนื่องกันไปโดยวิธีการวัดมุมและวัดระยะ เสร็จแล้วจึงนำค่าเหล่านี้ไปใช้เพื่อการสำรวจอื่นๆที่จำเป็น หมุดวงรอบเหล่านี้ก็จะเกิดเป็นหมุดหลักฐานแผนที่ (control point) ขึ้น ใช้สำหรับเป็นหลักในการเก็บรายละเอียดในการทำแผนที่รายละเอียดต่อไป (เจิมศักดิ์ หัวเพชร, 2523)

1) วงรอบประกอบด้วยหมุดสำรวจหลาย ๆ หมุดที่มีความสัมพันธ์กันและโยงเข้าด้วยกัน โดยใช้ทั้งมุมและระยะทาง วงรอบจะมีอยู่ 2 แบบ คือ

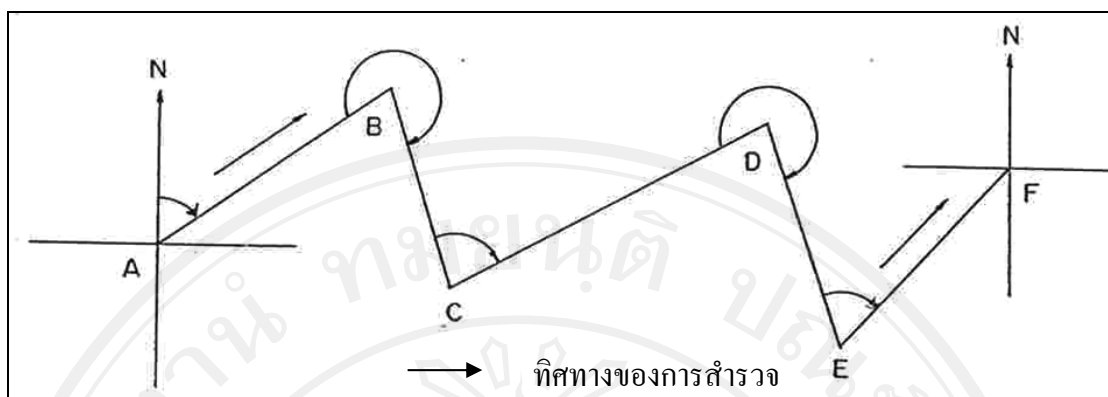
(1) วงรอบปิด (close traverse) หมายถึง เส้นสำรวจที่เข้าบรรจบตัวเองหรือเข้าบรรจบหมุดที่ทราบค่าพิกัดแล้วโดยเส้นสำรวจแต่ละเส้นจะทราบหรือถูกกำหนดโดยมุมและระยะทาง



ภาพ 2.2 แสดงวงรอบแบบปิด (closed traverse)

ที่มา: เสรีย์ ตู๊ประกาย, 2549: การสำรวจวงรอบ.

(2) วงรอบเปิด (open traverse หรือ link traverse) หมายถึง แนวเส้นสำรวจที่เป็นเส้นตรงหลาย ๆ เส้นที่ทราบระยะและมุม ซึ่งนำมาต่อกันโดยไม่จำเป็นต้องอยู่ในแนวเดียวกันและไม่บรรจบตัวเองหรือไม่บรรจบหมุดที่รู้ค่าพิกัด



ภาพ 2.3 แสดงวงรอบแบบเปิด (open traverse หรือ link traverse)

ที่มา: เสรีย์ ตู๊ประกาย, 2549: การสำรวจวงรอบ.

2) การแบ่งชั้นงานวงรอบ

ความละเอียดถูกต้องของงานวงรอบขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องมือ บุคคลผู้ทำการวัด วิธีการรังวัดและสภาพดินฟ้าอากาศ งานแต่ละโครงการย่อมต้องการตามแต่วัตถุประสงค์ของงานนั้น จึงจำเป็นต้องแบ่งชั้นงานวงรอบ มีเกณฑ์กำหนดของงาน เพื่อให้ได้ความละเอียดถูกต้องตามวัตถุประสงค์

(1) งานวงรอบชั้นที่ 1 (First order traverse) หมุดหลักฐานแผนที่หลักที่จะนำไปใช้เป็นหมุดออกและเข้าบรรจบในการวางเส้นโครงงานหลักฐานแผนที่ชั้น 1 นั้น จะต้องเป็นหมุดหลักฐานแผนที่ที่ได้จากการรังวัดอาซิมุท (azimuth) โดยให้ทำการรังวัดอาซิมุททุกๆ 10 หมุด และต้องไม่เกิน 10 กิโลเมตร

(2) งานวงรอบชั้นที่ 2 (second order traverse) ให้วางออกและเข้าบรรจบกับหมุดหลักฐานแผนที่ชั้นที่ 1 จุดประสงค์ในการสร้างเส้นโครงหมุดหลักฐานแผนที่ชั้นที่ 2 ก็เพื่อให้เป็นหลักในการสร้างเส้นโครงหมุดหลักฐานแผนที่ชั้นที่ 3 ระยะห่างระหว่างหมุดหลักฐานของเส้นโครงงานแผนที่ชั้นที่ 2 ไม่ควรยาวเกิน 12.5 เส้น (กรณีใช้โซ่) และความยาวทั้งหมดของเส้นโครงงานไม่ควรยาวเกิน 5 กิโลเมตร แต่ถ้ามีความจำเป็นในกรณีไม่อาจหาหมุดเข้าบรรจบได้ ก็ให้ยาวเกินกว่านี้ได้แต่ต้องไม่เกิน 10 กิโลเมตรและให้สร้างหมุดหลักฐานถาวร เช่นเดียวกับงานวงรอบชั้นที่ 1

(3) งานวงรอบชั้นที่ 3 (third order traverse) ให้วางระหว่างหมุดหลักฐานแผนที่ของเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ชั้นเดียวกันหรือสูงกว่า จุดประสงค์ในการสร้างเส้นโครงงานหมุดหลักฐานชั้นที่ 3 ก็เพื่อจะสร้างหมุดหลักฐานแผนที่สำหรับเก็บรายละเอียดในบริเวณพื้นที่ดิน ระยะระหว่างหมุดหลักฐานแผนที่ไม่ควรเกิน 5 เส้น (กรณีใช้โซ่) และความยาวทั้งหมด

ของเส้นโครงการไม่ควรเกิน 2 กิโลเมตร ถ้ามีความจำเป็นในกรณีไม่อาจหาหมุดบรรจบได้ก็ให้ยาวเกินกว่านี้ได้แต่ต้องไม่เกิน 4 กิโลเมตร (ส่วนเทคโนโลยีการสำรวจและผลิตข้อมูลแผนที่, 2538)

3) ประโยชน์ของงานวงรอบ

- (1) รายละเอียดภูมิประเทศสำหรับเตรียมผังก่อสร้าง
- (2) วางแนวสิ่งก่อสร้าง
- (3) หาขอบเขตและปริมาณงานดิน
- (4) ช่วยงานกันเขตบนแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ
- (5) กำหนดตำแหน่งค่าระดับเพื่อใช้ในการเขียนเส้นชั้นความสูง (เสรีย์ ผู้ประกาศ, 2549)

2.1.1.2 การทำแผนที่จากภาพถ่ายทางอากาศ

เป็นการทำแผนที่จากภาพถ่ายทางอากาศที่มีระยะเวลาการทำเร็ว ข้อเสียคือการลงทุนมาก วิธีการทำแบบนี้ทำได้โดยการถ่ายภาพด้วยกล้องชนิดที่ออกแบบพิเศษ โดยถ่ายจากเครื่องบินหรือจากจุดใดจุดหนึ่งบนพื้นดิน เมื่อได้รูปถ่ายมาแล้วก็นำรูปนั้นมาทำเป็นภาพต่อ (mosaic) หรือนำภาพถ่ายเหล่านี้มาเขียนเป็นแผนที่ โดยใช้เครื่องเขียนแผนที่จากภาพถ่ายหรือใช้ในการแปลภาพถ่ายก็ได้

สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งของภาพถ่ายทางอากาศ คือ มาตรฐาน ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างระยะบนภาพต่อระยะบนพื้นดินในพื้นที่เดียวกัน มาตรฐานของภาพถ่ายจะแปรจากจุดถึงจุด เพราะความผิดพลาดอันเกิดจากความสูงของภูมิประเทศ (relief displacement) ความเอียงของกล้องถ่ายภาพ (camera tilt) ความผิดพลาดเหล่านี้จำเป็นต้องแก้ไขถ้าหากภาพถ่ายนั้นใช้ในงานที่ต้องการความละเอียดสูง และหากภาพถ่ายนั้นได้รับการปรับแก้แล้ว ภาพถ่ายก็จะเหมือนแผนที่จากภาพถ่ายทางอากาศ ดังนั้นในการทำแผนที่จากภาพถ่ายทางอากาศมี 3 แนวคิด

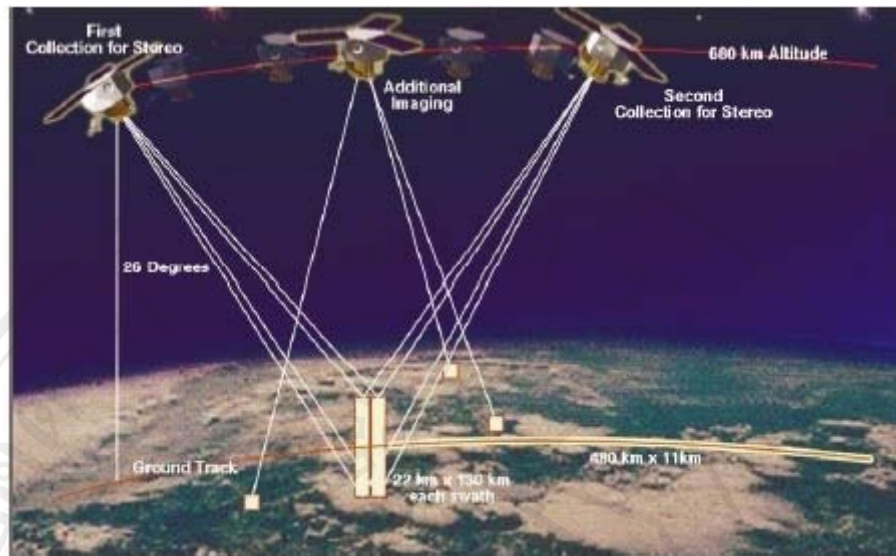
1) การตัดแก้ (rectification) เป็นการทำให้ภาพถ่ายทางอากาศแต่ละภาพมีลักษณะเป็นเช่นเดียวกับในขณะที่ยังไม่ทำการถ่าย โดยใช้หลักการของแสงสำหรับภาพถ่ายที่เกือบเป็นทางตั้ง และใช้สำหรับพื้นดินที่พื้นราบหรือค่อนข้างราบ เพราะวิธีนี้ไม่สามารถปรับแก้ความผิดพลาดอันเกิดจากความสูงของภูมิประเทศได้ ภาพถ่ายทางอากาศจะถูกปรับแก้แล้วจะแสดงลักษณะถูกต้องในทางราบเช่นเดียวกับแผนที่ สำหรับความสูงและเส้นชั้นความสูงไม่สามารถกำหนดได้ ภาพถ่ายที่ปรับแก้แล้ว โดยทั่วไปใช้ทำภาพถ่ายต่อที่สร้างขึ้นโดยจุดต่างๆที่อยู่ต่างภาพสามารถชี้ชัดหรือใช้ในงานทำแผนที่เพื่อออกโฉนดที่ดิน หรือใช้ลอกกลายเป็นแผนที่ได้ทันที (เจมส์ ค็อกซ์ หัวเพชร, 2523)

2) งานภาพถ่ายออร์โธ (orthophotography) เป็นเทคนิคในการทำแผนที่จากภาพถ่ายทางอากาศ โดยอาศัยกระบวนการถ่ายทอดการแปลงค่าพิกัดจากภาพถ่ายทางอากาศ ซึ่งจะเห็นในลักษณะภาพทวิทัศน (perspective view) ไปสู่ภาพที่มองแบบภาพขนาน (parallel projection) การถ่ายทอดนี้ทำโดยการตัดแก้ (rectification) ในแนวนอน (strip) จะต้องรู้กำหนดความสูงของพื้นดินของแต่ละจุดแนวนอน (strip) กำหนดสูงเหล่านี้หาได้จาก เครื่องสร้างแผนที่จากภาพถ่าย 3 มิติ ความละเอียดของการถ่ายทอดขึ้นอยู่กับความกว้างของแนวนอน (strip) โดยการใช้วิธีงานถ่ายออร์โธ (orthophotography) ต้องใช้เครื่องมือโดยเฉพาะเรียกว่า เครื่องออร์โธโปรเจกเตอร์ (ortho projector)

3) การทำแผนที่โดยอาศัยเครื่องมือสร้างแผนที่จากภาพถ่ายทางอากาศซึ่งมีอยู่หลายชนิด เช่น เครื่องวิลด์ เอ-8 ออโตกราฟ (Wide A-8 Authograph) เครื่องมือเหล่านี้เขียนได้ด้วยการสร้างภาพจำลองภูมิประเทศที่จะทำแผนที่ โดยการใช้ระบบแสงเข้าช่วย หลังจากทำการปรับแก้ระยะเหลื่อม (parallax) และทำระดับ ของภาพคู่แล้ว จะสามารถเขียนแผนที่ได้ทั้งรายละเอียดทางราบและทางตั้ง วิธีนี้นิยมใช้ทำแผนที่ทั่วไป (วิชา จีวาลย, 2531)

2.1.1.3 การทำแผนที่จากภาพข้อมูลดาวเทียม

มีแนวคิดคล้ายคลึงการทำแผนที่จากภาพถ่ายทางอากาศ ใช้วิธีการมองภาพในลักษณะสเตอริโอ หมายถึง การมองภาพถ่ายคู่สเตอริโอด้วยตาทั้งสองข้าง โดยใช้ตาซ้ายมองภาพด้านซ้าย และตาขวามองภาพด้านขวา วิธีการดังกล่าวเรียกว่า สเตอริโอสโคปี (stereoscopy) ซึ่งมีพื้นฐานมาจากหลักการของ Porro-Koppe ที่ว่าแสงสะท้อนให้สายตามองเห็นภาพในระบบนี้ได้ก็ต่อเมื่อลำแสงนั้นสะท้อนจากภาพที่ผลิตขึ้นมาจากระบบนี้เช่นกัน การวัดค่าความสูงโดยการมองภาพสเตอริโอนั้นใช้หลักการที่เรียกว่า ระยะเหลื่อม (parallax) ซึ่งจะสัมพันธ์กับระยะทางระหว่างจุดในภาพของวัตถุเดียวกันกับบนพื้นดินที่ปรากฏอยู่ในภาพซ้ายภาพขวา ความแตกต่างของความสูงระหว่างจุด 2 จุด ซึ่งมีความสูงแตกต่างกัน สามารถคำนวณได้จากการวัดความแตกต่างของระยะเหลื่อม (parallax difference) (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2540)



ภาพ 2.4 การถ่ายภาพของดาวเทียมในลักษณะสเตอริโอ

ที่มา: Gene Dial, Howard Bowen, Frank Gerlach, Jacek Grodecki, Rick Oleszczuk, 2003.

IKONOS satellite, imagery, and products.

วิธีการทำประกอบด้วย

1) หลักการเลือกข้อมูลดาวเทียมขึ้นกับความสำคัญต่อการเลือกข้อมูลตามปัจจัยต่างๆ ดังนี้

(1) ดาวเทียมดวงไหนหรืออุปกรณ์บันทึกข้อมูลอะไรดาวเทียมสำรวจทรัพยากรแต่ละดวงมีคุณสมบัติแตกต่างกันและเอื้อต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในงานต่างกัน

(2) การกำหนดพื้นที่ สำหรับดาวเทียมที่ถ่ายภาพภาพในแนวตั้ง เช่น ดาวเทียมแลนด์แซต (LANDSAT) มีการกำหนดพื้นที่บนผิวโลก เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันไว้ด้วยระบบ World Reference System : WRS path - row แนวตั้งเรียกว่า path แนวตัดขวางเรียกว่า row นอกจากนี้ผู้ใช้อย่างยังสามารถเลือกข้อมูลโดยกำหนดพื้นที่เป็นพิกัดทางภูมิศาสตร์ได้อีกด้วย

(3) ระยะเวลาที่ดาวเทียมบันทึกภาพ ดาวเทียมที่มีวงรอบการโคจรซ้ำที่เดิมเป็นประจำ เช่น ดาวเทียมแลนด์แซต นั้น เราสามารถตรวจสอบวันที่บันทึกภาพได้จากปฏิทินการโคจรของดาวเทียม (orbital calendar) อย่างไรก็ตามบางครั้งอาจมีอุปสรรคทำให้สถานีรับฯ ไม่สามารถรับสัญญาณได้ ดังนั้นควรตรวจสอบด้วยว่าในช่วงเวลาที่ต้องการข้อมูลนั้นมีข้อมูลอยู่หรือไม่

(4) ปริมาณเมฆปกคลุมภาพ ข้อมูลดาวเทียมในระบบเชิงแสง เช่น ดาวเทียมแลนด์แซต ย่อมได้รับผลกระทบจากปริมาณเมฆปกคลุมภาพทำให้เป็นอุปสรรคสำคัญประการหนึ่งในการได้มาซึ่งข้อมูลที่มีคุณภาพดี (ไพศาล สันติธรรมนนท์, 2546)

2) การปรับแก้เชิงเรขาคณิต

การปรับแก้เชิงเรขาคณิต มีวัตถุประสงค์เพื่อขจัดความบิดเบี้ยวเชิงเรขาคณิตของภาพ ซึ่งกระทำโดยการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างระบบพิกัดภาพ และระบบพิกัดภูมิศาสตร์ โดยใช้ข้อมูลเปรียบเทียบของเครื่องวัด ข้อมูลตำแหน่งและข้อมูลทรงตัวที่มีการวัดไว้ จุดควบคุมภาคพื้นดิน สภาพบรรยากาศ ฯลฯ การปรับแก้เชิงเรขาคณิตมีอยู่ 3 วิธี ดังต่อไปนี้

(1) การปรับแก้แบบมีระบบ (symtematic correction) ในกรณีที่ข้อมูลอ้างอิงเชิงเรขาคณิต หรือเรขาคณิตของเครื่องวัดได้กำหนด หรือทำการวัดไว้แล้ว ความเพี้ยนเชิงเรขาคณิตสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงได้อย่างมีระบบหรือตามทฤษฎี ตัวอย่างเช่น เรขาคณิตของกล้องถ่ายรูปชนิดเลนส์จะถูกกำหนดโดย สมการร่วมเชิงเส้น ด้วยความยาวโฟกัสที่ปรับเทียบแล้ว, ค่าตัวแปรต่างๆของความเพี้ยนของเลนส์ พิกัดของจุดดัชนี (fiducial mark) ฯลฯ การปรับแก้เชิงสัมผัสผิว (tangent correction) เป็นแบบหนึ่งของการปรับแก้แบบมีระบบ สำหรับเครื่องกวาดภาพแบบกลเชิงแสง โดยทั่วไปแล้วการปรับแก้แบบมีระบบจะเพียงพอสำหรับการขจัดความผิดพลาดทั้งหมด

(2) การปรับแก้แบบไม่มีระบบ (non-symtematic correction) สมการโพลีโนเมียล สำหรับการคัดแปลงจากระบบพิกัดภูมิศาสตร์ไปเป็นระบบพิกัดภาพ หรือในทางกลับกันนั้น จะหาได้จากค่าพิกัดของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่รู้ค่าโดยใช้วิธีการ กำลังสองน้อยที่สุด (least square method) ความแม่นยำขึ้นอยู่กับลำดับยกกำลัง (order) ของสมการโพลีโนเมียล และขึ้นกับจำนวนและการกระจายของจุดควบคุมภาคพื้นดิน

(3) วิธีผสม (combined method) เริ่มต้นด้วยการประยุกต์ใช้การปรับแก้แบบมีระบบ และต่อจากนั้นใช้สมการโพลีโนเมียลที่มีลำดับยกกำลังต่ำๆเพื่อลดความผิดพลาดที่คงเหลืออยู่ โดยปกติแล้วจุดมุ่งหมายของการปรับแก้เชิงเรขาคณิตนั้น เพื่อที่จะยอมให้มีความผิดพลาดแฝงอยู่ไม่เกินบวกหรือลบหนึ่งจุดภาพของตำแหน่งจริงๆของจุดนั้น

3) เทคนิคการตรึงพิกัดภาพ

เทคนิคการแปลงพิกัด (coordinate transformation) มีประโยชน์สำหรับการปรับแก้เชิงเรขาคณิตด้วยจุดควบคุมภาคพื้นดิน หลักใหญ่จะอยู่ที่การเลือกทั้ง 2 แบบต่อไปนี้

(1) การเลือกสูตรการแปลง ลำดับกำลังของสมการโพลีโนเมียลจะถูกกำหนดโดยขึ้นอยู่กับความเพี้ยนเชิงเรขาคณิต โดยปกติแล้วสูงสุดเพียงสมการโพลีโนเมียลลำดับกำลังสามจะเพียงพอสำหรับภาพจากการสำรวจระยะไกลที่มีอยู่ เช่น ดาวเทียมแลนด์แซท

(2) การเลือกจุดควบคุมภาคพื้นดิน จำนวนและการกระจายของจุดควบคุมภาคพื้นดิน จะมีอิทธิพลต่อความแม่นยำของการปรับแก้เชิงเรขาคณิต จำนวนของจุดควบคุม

ภาคพื้นดินควรมีมากกว่าจำนวนของตัวแปรไม่ทราบค่า เพราะ ความผิดพลาดต่างๆจะถูกปรับแก้โดยวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด

(3) การกระจายของจุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCP) ควรจะเป็นแบบคละ แต่มีระยะห่างค่อนข้างเท่ากันรวมถึงบริเวณมุมพื้นที่ด้วย ควรเลือกจุดควบคุมประมาณ 10 ถึง 20 จุดที่สามารถกำหนดได้อย่างชัดเจนทั้งบนภาพและแผนที่ ทั้งนี้ขึ้นกับเลขยกกำลังของสูตรที่นำมาใช้หรือขึ้นกับจำนวนของตัวแปรไม่ทราบ โดยปกติแล้วความแม่นยำของการปรับแก้เชิงเรขาคณิตจะแสดงด้วยความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Root Mean Square: RMS) ในหน่วยของจุดภาพบนระนาบนี้ (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2540)

σ_u : ความเบี่ยงเบนมาตรฐานในหมายเลขจุดภาพ

σ_v : ความเบี่ยงเบนมาตรฐานในหมายเลขบรรทัดภาพ

โดย

$$\sigma_u^2 = \frac{\sum (u_i - f(x_i, y_i))^2}{n}$$

$$\sigma_v^2 = \frac{\sum (v_i - g(x_i, y_i))^2}{n}$$

หมายเหตุ

(u_i, v_i) : พิกัดภาพของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่ i

(x_i, y_i) : พิกัดแผนที่ของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่ i

$f(x_i, y_i)$: การแปลงค่าพิกัดจากแผนที่ไปเป็นหมายเลขจุดภาพ

$g(x_i, y_i)$: การแปลงค่าพิกัดจากแผนที่ไปเป็นหมายเลขบรรทัดภาพ

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2540. คำบรรยายเรื่องการสำรวจจากระยะไกล

ตาราง 2.1 สูตรการแปลง

ชื่อสูตร	สูตรการแปลง	จำนวนตัวแปรไม่ทราบค่า
1.การแปลงแบบ Helmert (มาตราส่วน การเลื่อนและการหมุน)	$x = au + bv + c$ $y = -bu + av + d$	4
2.การแปลงแบบ Affine	$x = au + bv + c$ $y = du + ev + f$	6

ตาราง 2.1 (ต่อ)

ชื่อสูตร	สูตรการแปลง	จำนวน ตัวแปร ไม่ทราบ ค่า
3.การแปลงแบบ Pseudo affine	$x = a_1u + a_2v + a_3$ $y = a_4u + a_5v + a_6$	8
4.การแปลงแบบการฉาย	$x = \frac{a_1u + a_2v + a_3}{a_7u + a_8 + 1}$ $y = \frac{a_4u + a_5v + a_6}{a_7u + a_8 + 1}$	8
5.การแปลงแบบ Second-order Conformal	$x = a_1u + a_2v + a_3(u^2 - v^2) + 2a_4uv + a_5$ $y = -a_2u + a_1v + 2a_3uv - a_4(u^2 - v^2) + a_6$	6
6.การแปลงแบบ สมการโพลีโนเมียล	$x = \sum \sum a_{ij} u^{i-1} v^{j-1}$ $y = \sum \sum b_{ij} u^{i-1} v^{j-1}$	-

หมายเหตุ (x,y): ระบบพิกัดแผนที่

(u,v): ระบบพิกัดภาพ

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2540. คำบรรยายเรื่องการสำรวจจากระยะไกล

4) เทคนิคการเน้นภาพ (image enhancement)

การเน้นภาพทำได้หลายวิธี โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ภาพมีความคมชัดและเน้นความแตกต่างกันของสีหรือประเภทของข้อมูลให้เด่นชัด ทำให้ง่ายต่อการแปลความหมาย

5) การลงขอบเขตโครงการ

ภาพดาวเทียมที่ถูกตรึงพิกัดสามารถนำข้อมูลสายเส้น (vector file) ต่างๆ เช่น ขอบเขตโครงการ เส้นแบ่งเขตการปกครอง ถนน หรือ เส้นน้ำขึ้นน้ำลงทับบนภาพดาวเทียมได้เพื่อกำหนดพื้นที่ศึกษาที่ต้องการ

6) การ โมเสก (mosaicking)

การโมเสกหรือการต่อภาพจากดาวเทียมเป็นสิ่งจำเป็นในกรณีที่พื้นที่ศึกษามีขนาดใหญ่ต้องใช้ภาพดาวเทียมหลายภาพมาต่อกัน ภาพถ่ายที่นำมาต่อกันเป็นภาพโมเสกควรใช้

ภาพในแนวโคจรเดียวกันจะทำให้ต่อภาพได้ง่าย ถ้าบันทึกต่างเวลาหรือต่างแนวโคจรควรได้รับการปรับค่าสีเทมาก่อน

7) การวิเคราะห์ข้อมูล

สามารถวิเคราะห์ได้ 2 วิธี คือ การวิเคราะห์หรือการแปลด้วยสายตา อาศัยความแตกต่างของสีใช้ในกรณีที่ข้อมูลมีขนาดจุดภาพปานกลาง และการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (software) นำเข้าโดยการดิจิไทท์ (digitize) บนจอคอมพิวเตอร์ได้โดยตรงผลที่ได้ จะได้แผนที่หรือขอบเขตการใช้ที่ดินที่อยู่ในรูปแบบดิจิทัล ที่สามารถนำไปคำนวณพื้นที่ หรือ ผลิตเป็นแผนที่ต่อไป วิธีนี้ใช้เวลาในการปฏิบัติงานน้อยกว่าวิธีแรกข้อมูลนี้มาแปลด้วยสายตาจากจอคอมพิวเตอร์

8) การทำแผนที่นำเสนอ

หลังจากได้ข้อมูลแผนที่ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เรียบร้อยแล้วสามารถพิมพ์แผนที่ได้ในขนาดมาตราส่วนต่างๆ แต่มีข้อควรพิจารณาว่าไม่ควรพิมพ์แผนที่ที่มีขนาดมาตราส่วนใหญ่กว่าขนาดมาตราส่วนที่ใช้สำรวจทั้งนี้ความหนาละเอียดของข้อมูลจะอ้างอิงกับขนาดมาตราส่วนของแผนที่หรือข้อมูลภาพถ่ายเทียมที่ใช้สำรวจหรือที่ใช้แปล เมื่อนำแผนที่ไปพิมพ์ที่มีขนาดมาตราส่วนใหญ่กว่าไปใช้อาจเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ เช่น แผนที่และข้อมูลภาพที่ใช้ในการสำรวจและแปลมีขนาดมาตราส่วน 1:250,000 หากนำแผนที่ที่ได้นี้ไปขยายมาตราส่วนพิมพ์ออกมาในขนาดมาตราส่วน 1:50,000 เมื่อนำไปใช้หรือวิเคราะห์ในระบบสารสนเทศ ภูมิศาสตร์จะเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ ในทางกลับกันหากต้องการใช้แผนที่มาตราส่วนเล็กกว่ามาตราส่วนแผนที่ต้นฉบับ (ไพศาล สันติธรรมนนท์, 2546)

2.1.2 แนวคิดด้านการมาตราส่วน

2.1.2.1 มาตราส่วนใหญ่ (large scale map) คือการแสดงอัตราความสัมพันธ์ระหว่างระยะบนแผนที่กับระยะบนภูมิประเทศที่ได้จากการสำรวจที่สามารถแสดงรายละเอียดภายในแผนที่ได้มากขึ้นแต่ครอบคลุมบริเวณพื้นที่ขนาดเล็ก แต่ละประเทศมีการแบ่งมาตราส่วนไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่ใช้ เช่น การแบ่งมาตราส่วนสำหรับงานภูมิศาสตร์แผนที่มาตราส่วนใหญ่ต้องมีมาตราส่วนใหญ่กว่า 1:250,000 (เจิมศักดิ์ หัวเพชร, 2523)

สมัยก่อนการทำแผนที่มาตราส่วนใหญ่ ขนาดใหญ่กว่า 1: 10,000 ขึ้นไปนั้น ต้องอาศัยทั้งภาพถ่ายทางอากาศ ผสานกับการสำรวจทางภาคพื้นดิน โดยการถ่ายทอดรายละเอียดจากภาพถ่ายลงแผนที่จะทำแบบคร่าวๆ การสำรวจทางพื้นดิน จะเป็นการสำรวจเพื่อเพิ่มเติมรายละเอียดและทำข้อมูลความสูงหรือเส้นชั้นความสูง (contour) จากจุดที่สำรวจความสูงจากกล้องระดับเพิ่มเติม

ฉะนั้นการทำแผนที่มาตราส่วนใหญ่หรือที่เรียกกันในภาษานักสำรวจว่า “ผัง” จึงค่อนข้างจะเสียเวลาและค่าใช้จ่ายค่อนข้างมาก

ปัจจุบันเนื่องจาก เทคโนโลยีที่ดีขึ้นทำให้ นิยาม มาตราส่วนแผนที่เปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือถ้าพูดถึงแผนที่มาตราส่วนใหญ่ ในปี พ.ศ. 2533 หมายถึงแผนที่ มาตราส่วน 1: 10,000 และ ในปี พ.ศ. 2543 หมายถึงแผนที่มาตราส่วน 1: 5,000 ขึ้นอยู่ความละเอียดของภาพถ่ายที่จะได้ ในปัจจุบัน ภาพถ่ายที่จะทำแผนที่มาตราส่วนใหญ่ต้องมีขนาดความละเอียด (resolution) ที่ 5-40 ซม. มีความละเอียดในทางตำแหน่งสูงขนาด 10-50 ซม. การค้นคิดระบบไลดาร์ (LIDAR) ในโลกของการทำแผนที่ด้วยเลข อันประกอบด้วยกล้องถ่ายภาพระบบตัวเลข และระบบ DGPS (Differential GPS) ที่ทำงานร่วมกับระบบ IMU (Initial Measurement Unit) ที่ทำให้ทราบอาการเอียงและพิกัดของจุดเปิดถ่าย และการกราดภาพโดยอัสยเลเซอร์ที่ให้ข้อมูลความสูงในความละเอียดค่อนข้างจะสูง ช่วยให้การทำแผนที่มาตราส่วนใหญ่กระทำได้ง่ายขึ้น (ศุภฤกษ์ ชัยชนะ, 2550)

2.1.2.2 แนวคิดด้านมาตราส่วนแผนที่

มาตราส่วน เป็นแบบจำลองของมาตราส่วนของโลก ที่อยู่บนโลกจะถูกลดทอนลงด้วยอัตราส่วนที่แน่นอน มาตราส่วนจะบอกถึงอัตราส่วนการลดหรือเพิ่มของวัตถุนั้น เป็นอัตราส่วนความสัมพันธ์ระหว่างระยะบนแผนที่กับระยะบนภูมิประเทศที่ได้จากการสำรวจที่แสดงไว้บนแผนที่ โดยมีจุดมุ่งหมายให้ผู้ใช้งานแผนที่ได้ทราบว่าแผนที่แผ่นนั้นย่อมาจากภูมิประเทศจริงที่ตรงกันด้วยอัตราส่วนเท่าไร มาตราส่วนช่วยให้การเขียนแผนที่ที่จะใช้เขียนแผนที่หรือย่อลงให้เหมาะสมกับแผ่นกระดาษที่ต้องการเขียน เช่น วัดในภูมิประเทศได้ 10,000 ส่วน ย่อลงในกระดาษเพียง 1 ส่วน แผนที่ทุกฉบับจะต้องแสดงมาตราส่วนได้ หน่วยที่ใช้ในการบอกระยะอาจใช้เป็นหน่วยอะไรก็ได้ แต่ต้องเป็นหน่วยเดียวกัน (เจิมศักดิ์ หัวเพชร, 2523)

การแบ่งมาตราส่วนของแผนที่ตามลักษณะการใช้งาน

แต่ละประเทศหรือหน่วยงานต่างๆมีการแบ่งชนิดของแผนที่ตามขนาดมาตราส่วนที่แตกต่างกัน

1) ส่วนมาตรฐานการสำรวจจำแนกดินและที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน ได้จำแนกการสำรวจและแผนที่ดินเพื่อให้เหมาะสมกับขนาดของพื้นที่และความละเอียดของงานสำรวจดินออกเป็น 6 ระดับ ดังนี้

(1) การสำรวจดินแบบหยาบหรือแบบกว้างมาก (exploratory survey) เป็นการสำรวจดินเพื่อวางแผนระดับภาคหรือระดับประเทศ และใช้เป็นแนวทางในการศึกษาในขั้นละเอียด

ต่อไป แผนที่ที่ใช้สำรวจดินในภาคสนาม มีมาตราส่วน 1:100,000 – 1:250,000 แผนที่ดินพิมพ์ออกมาเผยแพร่มีมาตราส่วน 1:1,000,000 หรือ มาตราส่วนเล็กกว่า

(2) การสำรวจดินแบบหยาบ (reconnaissance survey) เป็นการสำรวจดินที่ใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนระดับภาคหรือระดับประเทศ เพื่อให้ทราบถึงศักยภาพของพื้นที่ แตกต่างกับแบบการสำรวจดินแบบแรกตรงที่ ระยะและปริมาณดินที่ตรวจสอบจะมากกว่า แผนที่ที่ใช้ในการสำรวจดินภาคสนามมีมาตราส่วน 1:100,000 – 1:250,000 แผนที่ดินที่พิมพ์ออกมาเผยแพร่มีมาตราส่วนระหว่าง 1:100,000 – 1:1,000,000 หรือมาตราส่วนเล็กกว่า

(3) การสำรวจดินแบบค่อนข้างหยาบ (detailed reconnaissance survey) เป็นการสำรวจดินเพื่อใช้ข้อมูลในการวางแผนระดับจังหวัดหรือโครงการขนาดใหญ่ แผนที่ที่ใช้ออกสำรวจดินภาคสนามมีมาตราส่วน 1:40,000 – 1:100,000 แผนที่ดินที่พิมพ์ออกมาเผยแพร่มีมาตราส่วน 1:50,000 – 1:100,000

(4) การสำรวจดินแบบค่อนข้างละเอียด (semi-detailed survey) เป็นการสำรวจดินเพื่อใช้ข้อมูลในการวางแผนระดับอำเภอหรือโครงการขนาดกลาง แผนที่ที่ใช้ออกสำรวจภาคสนามมีมาตราส่วน 1:15,000 – 1:50,000 แผนที่ดินที่พิมพ์ออกมาเผยแพร่ มีมาตราส่วน 1:25,000 – 1:60,000

(5) การสำรวจดินแบบละเอียด (detailed survey) เป็นการสำรวจดินระดับไร่นาหรือโครงการขนาดเล็ก ที่ต้องการการพัฒนาอย่างประณีต สามารถจัดทำแผนการจัดการที่ดินที่สามารถนำไปปฏิบัติจริงในพื้นที่ได้ แผนที่ที่ใช้ในการสำรวจดินภาคสนามมีมาตราส่วน 1:4,000 – 1:30,000 หรือใหญ่กว่า แผนที่ดินที่พิมพ์ออกมาเผยแพร่มีมาตราส่วน 1:10,000 – 1:30,000 หรือใหญ่กว่า ขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่

(6) การสำรวจดินแบบละเอียดมาก (very detailed survey) เป็นการสำรวจดินในพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย การทำแปลงทดลองที่ต้องการข้อมูลที่มีความถูกต้องแม่นยำ และความละเอียดเป็นพิเศษ แผนที่ที่ใช้ในการสำรวจดินภาคสนามมีมาตราส่วน 1:2,000 – 1:10,000 แผนที่ดินที่พิมพ์ออกมาเผยแพร่มีมาตราส่วน 1:5,000 – 1:10,000 หรือมาตราส่วนใหญ่กว่า ขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ (ส่วนมาตรฐานการสำรวจจำแนกดินและที่ดิน, 2547)

2) แบ่งตามมาตราส่วนสำหรับงานด้านทหาร

- (1) แผนที่มาตราส่วนเล็ก : มีมาตราส่วนตั้งแต่ 1:600,000 และเล็กกว่า
- (2) แผนที่มาตราส่วนกลาง : มีมาตราส่วนระหว่าง 1:600,000 – 1:75,000
- (3) แผนที่มาตราส่วนใหญ่ : มีมาตราส่วนใหญ่กว่า 1:75,000 ขึ้นไป

3) แบ่งตามมาตราส่วนสำหรับงานด้านภูมิศาสตร์

- (1) แผนที่มาตราส่วนเล็ก : มีมาตราส่วนตั้งแต่ 1:1,000,000 และเล็กกว่า
- (2) แผนที่มาตราส่วนกลาง : มีมาตราส่วนระหว่าง 1:250,000 – 1:100,000
- (3) แผนที่มาตราส่วนใหญ่ : มีมาตราส่วนใหญ่กว่า 1:250,000 ขึ้นไป (พินิจ ถาวรกุล, 2521)
- 4) สำหรับประเทศไทยเพื่อความเหมาะสมจึงแยกแผนที่ออกเป็น 5 ประเภทตามขนาดของมาตราส่วนดังนี้

- (1) แผนที่แสดงกรรมสิทธิ์ ใช้มาตราส่วนระหว่าง 1:125 – 1:10,000
- (2) แผนที่ตำบลใช้มาตราส่วน 1:10,000 หรือใหญ่กว่านี้
- (3) แผนที่อำเภอหรือจังหวัด ใช้มาตราส่วน 1:10,000 – 1:100,000
- (4) แผนที่ประเทศไทยใช้มาตราส่วน 1:100,000 – 1:1,000,000
- (5) แผนที่โลก ใช้มาตราส่วน 1:1,000,000 หรือเล็กกว่านี้ (เจิมศักดิ์ หั่วเพชร, 2525)

การศึกษาในครั้งนี้มีจุดประสงค์ในการจัดทำแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:4,000 จัดอยู่ในการสำรวจดินแบบละเอียด (detailed survey) เพราะเป็นแผนที่ที่ถูกจัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการสำรวจและจำแนกดินในระดับไร่นาของโครงการหมู่บ้านพัฒนาที่ดิน ต้องมีการบันทึกข้อมูลดินที่ละเอียดและต้องการขอบเขตของดินที่มีความถูกต้องมาก ขนาดรายละเอียดที่ใช้ กำหนดให้ ความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งทางราบ ความคลาดเคลื่อนที่ 1 เมตร เป็นความคลาดเคลื่อนสำหรับแผนที่ 1:4,000 ขึ้น 1 ดังนั้นจัดเป็นแผนที่มาตราส่วนใหญ่

2.1.3 แนวคิดด้านมาตรฐานความถูกต้องการทำแผนที่

สมาคมการสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศและการรับรู้ระยะไกล ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นองค์กรวิชาชีพในประเทศสหรัฐอเมริกา ก่อตั้งในปี พ.ศ.2477 ประกอบด้วยสมาชิกนักวิชาชีพที่เกี่ยวข้องกว่า 7,000 คนทั่วโลก โดยมีคำขวัญที่ว่า “The Imaging & Geospatial Information Society” ภารกิจของสมาคมกล่าวไว้ใน Mission of the Society ดังนี้ “เพื่อสร้างความรู้ที่ก้าวหน้าและเพื่อปรับปรุงความเข้าใจในศาสตร์ของการทำแผนที่และเพื่อส่งเสริมการประยุกต์ใช้งานการรังวัดด้วยภาพถ่าย การสำรวจระยะไกล ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และเทคโนโลยีสนับสนุนอื่นๆ”

เมื่อพิจารณามาตรฐานความถูกต้องทางตำแหน่งของข้อมูลปริภูมิโลกจาก Geospatial Positioning Accuracy Standards (FGDC-STD-007-2541) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐานแห่งชาติสำหรับความถูกต้องข้อมูลเชิงพื้นที่ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดย FGDC ad hoc working group on spatial data accuracy โดยที่มุ่งหวังจะปรับปรุงและพัฒนาจากมาตรฐานเดิมที่มีอยู่ได้แก่

- the United States national Map Accuracy Standard (NMAS) (U.S. Bureau of the Budget 2517).
- The ASPRS Accuracy Standards for Large-Scale Maps (ASPRS Specifications and Standards Committee, 2533)
- The National Cartographic Standards for Spatial Accuracy (NCSSA) ซึ่งเป็นส่วนเพิ่มเติมจาก the ASPRS Accuracy Standards to map scales smaller than 1:20,000 (ปรับปรุงจาก ไพศาล สันติธรรมนนท์, 2546)

2.1.3.1 วิธีการทดสอบความถูกต้อง (accuracy testing methodology)

1) ความถูกต้องเชิงพื้นที่ (Spatial Accuracy)

(1.1) ความถูกต้องทางราบ (horizontal spatial accuracy หรือ planimetric accuracy) อธิบายได้ด้วย Circular Error (CE) ของชุดพิกัดทางราบที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่ง CE อยู่บนพื้นฐานของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของกลุ่มตัวอย่างของค่าพิกัด ในจุดเดียวกันระหว่างพิกัดแผนที่และพิกัดจากแหล่งข้อมูลอื่นเช่นจาก การสำรวจวงรอบปิดหรือ GPS ที่มีความถูกต้องสูงกว่า

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ CE ที่พิกัด r หาได้จาก

$$\sigma_r = \sqrt{\sum (d_i - d)^2 / (n - 1)}$$

เมื่อ;

$$d_i = r_{data\ i} - r_{check\ i}$$

$$r_i = \sqrt{X_i^2 + Y_i^2}$$

$$d = \sum d_i / n, \text{ ค่าเฉลี่ยของพิกัดที่ไม่ตรงกัน}$$

$$n = \text{จำนวนทั้งหมดของจุดที่ใช้ตรวจสอบ}$$

NSSDA horizontal accuracy คือ

$$\text{accuracy}_r = 2.4477 * \sigma_r \text{ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95}$$

(ค่า $\sigma_x = \sigma_y$ เพราะ ถือว่าค่าพิกัดทั้ง x และ y มีความถูกต้องเท่ากัน

$$\text{ดังนั้น } \sigma_r = \sigma_x = \sigma_y)$$

(1.2) ความถูกต้องทางดิ่ง (vertical spatial accuracy หรือ altimetric accuracy)

อธิบายได้ด้วย Linear Error (LE) ของพิกัดค่าความสูงของพื้นที่ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่ง Linear Error อยู่บนพื้นฐานของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของกลุ่มตัวอย่างของค่าความสูงในจุดเดียวกันระหว่างค่าความสูงบนแผนที่และพิกัดค่าความสูงที่ได้จากแหล่งข้อมูลอื่น เช่นจาก การสำรวจวงรอบปิดหรือ GPS ที่มีความถูกต้องสูงกว่า

$$\text{ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ LE ที่ค่าความสูง } z \text{ หาได้จาก}$$

$$\sigma_z = \sqrt{\sum (d_i - \bar{d})^2 / (n - 1)}$$

เมื่อ;

$$d_i = Z_{data\ i} - Z_{check\ i}$$

$$\bar{d} = \sum d_i / n, \text{ ค่าเฉลี่ยของพิกัดที่ไม่ตรงกัน}$$

$$n = \text{จำนวนทั้งหมดของจุดที่ใช้ตรวจสอบ}$$

NSSDA vertical accuracy คือ

$$\text{accuracy}_z = 1.96 * \sigma_z \text{ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95}$$

2) การทดสอบความถูกต้อง (Accuracy Test)

(2.1) ในการตรวจสอบความถูกต้องทางราบ (horizontal spatial accuracy หรือ planimetric accuracy) ทำได้โดยการเปรียบเทียบพิกัดทางราบจุดเดียวกันของ จุดเห็นเด่นชัดกับ พิกัดที่ได้จากแผนที่หรือแหล่งข้อมูลอื่นๆเช่น การสำรวจหรือ GPS ที่มีความถูกต้องมากกว่า ในการเลือกใช้จะต้องเป็นข้อมูลที่มีความถูกต้องอยู่ภายใน 1 ใน 3 ของความถูกต้องที่กำหนดโดย มาตรฐานของ Federal Geodetic Control Subcommittee, 1993, 1995 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

(2.2) ในการตรวจสอบความถูกต้องทางดิ่ง (vertical spatial accuracy หรือ altimetric accuracy) ทำได้โดยการเปรียบเทียบค่าความสูงของจุดเดียวกันระหว่างจุดเห็นเด่นชัดกับ ค่าความสูงของพิกัดที่ได้จากแผนที่หรือแหล่งข้อมูลอื่นๆเช่น การสำรวจหรือ GPS ที่มีความถูกต้อง มากกว่า ในการเลือกใช้จะต้องเป็นข้อมูลที่มีความถูกต้องอยู่ภายใน 1 ใน 3 ของความถูกต้องที่กำหนดโดยมาตรฐานของ Federal Geodetic Control Subcommittee, 1993, 1995 ที่ระดับความ เชื่อมั่นร้อยละ 95 (Federal Geographic Data Committee, 2539)

3) การตรวจสอบจะต้องคำนึงถึง

(3.1) เมื่อตรวจสอบค่าความสูง ตำแหน่งทางราบของจุดบนพื้นดินจะขยับไปในทิศทางต่างๆ โดยจำนวนครั้งจะต้องไม่น้อยกว่า 2 เท่าของค่าความถูกต้องที่คาดเอาไว้ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

(3.2) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ถ้ามีความคลาดเคลื่อนเป็น 2 เท่า หรือมากกว่าจะถือว่าเป็นความผิดพลาดที่จะต้องได้รับการแก้ไขแล้วจึงจะสามารถคำนวณความถูกต้องใหม่อีกครั้ง

(3.3) จุดพิกัดที่ใช้ตรวจสอบจะต้องมีไม่น้อยกว่า 20 จุด และจะต้องกระจายกันครอบคลุมเป็นลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้าในบริเวณที่ซึ่งคาดไว้ว่าจะมีความถูกต้องเชิงตำแหน่งแบบสม่ำเสมอ จุดที่ใช้ตรวจเช็คจะต้องกระจายดังนั้นจะต้องห่างกันอย่างน้อยร้อยละ 10 และอย่างน้อยร้อยละ 20 จะต้องอยู่ในส่วน 1 ใน 4 ของส่วนแผนที่

(3.4) จุดพิกัดที่ใช้ตรวจสอบจะต้องกระจายอยู่หนาแน่นบริเวณใกล้เคียงกับจุดที่มีลักษณะเด่นชัด สำคัญ และอยู่เบาบางบริเวณที่ไม่มีสิ่งใดน่าสนใจ เมื่อข้อมูลมีน้อย ก็ต้องจำกัดพื้นที่ที่จะทดสอบ หรือเมื่อการกระจายของค่าความคลาดเคลื่อนน่าจะเป็นไปได้ว่าจะจะเป็นแบบไม่สุ่ม จึงควรจะต้องหาจุดตรวจสอบเพื่อให้มีการกระจายที่เหมือนกัน

(3.5) จุดเห็นเด่นชัด คือ จุดเด่นที่สามารถระบุ ชี้อ้างได้อย่างถูกต้อง สำหรับแผนที่มาตราส่วนใหญ่ สามารถเลือกได้จากทางแยกของทางเดิน ทางแยกของถนน ฝาบ่อพักของท่อ พุ่มไม้ที่อยู่โดดๆ ก้อนหินเด่น มุมอาคาร มุมรั้ว เสาไฟฟ้า จุดแยกของทางเดิน เป็นต้น การเลือกจุดนี้จะต้องระมัดระวังและแน่ใจว่าจุดนั้นจะไม่อยู่ภายใต้หรือภายในเงา

(3.6) จุดตรวจสอบทางดิ่งไม่จำเป็นจะต้องคมและชัดเหมือนทางราบ จุดที่เลือกควรต้องมีความเด่นชัดทางดิ่งที่เหมาะสมที่สุดคือพื้นที่ราบเล็กๆ หรือพื้นที่เนิน พื้นที่เล็กๆ นี้ควรมีสิ่งในธรรมชาติที่เด่นชัดอยู่ใกล้ๆ เช่น ต้นไม้หรือก้อนหินซึ่งจะช่วยให้การรับรู้ความลึกได้ ถ้าเป็นไปได้ควรหลีกเลี่ยงพื้นที่เปิดกว้างเช่น ทุ่งหญ้า เนินเขา หรือทุ่งเปิดโล่ง เพราะ การรับรู้ความลึกจะยากขึ้น (วิชา จีวาลักษณ์และปริชา วงศ์วิวัฒน์, 2531)

2.1.3.2 วิธีการทดสอบความถูกต้อง (accuracy testing methodology) สำหรับแผนที่มาตราส่วนใหญ่

เมื่อพิจารณามาตรฐานสมาคมการสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศและการรับรู้ระยะไกล ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดค่ามาตรฐานความถูกต้องของแผนที่มาตราส่วนใหญ่

ขนาด 1:20,000 หรือใหญ่กว่า ค่าความถูกต้องจะถูกรายงานเป็น ชั้นที่ 1 ชั้นที่ 2 หรือชั้นที่ 3 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ชั้นที่ 1 จะมีค่าความถูกต้องทางราบและทางดิ่งอยู่ในตารางที่ 1

ชั้นที่ 2 ค่าความถูกต้องจะเป็น 2 เท่าของชั้นที่ 1

ชั้นที่ 3 ค่าความถูกต้องจะเป็น 3 เท่าของชั้นที่ 1

สถิติที่ใช้ในการทดสอบตามมาตรฐานของ NSSDA คือ ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง เป็นรากที่สองของค่าเฉลี่ยความแตกต่างระหว่างจุดพิกัดเดียวกันของจุดบนแผนที่ที่สร้างกับจุดพิกัดที่ได้จากแผนที่หรือแหล่งข้อมูลอื่นๆเช่น การสำรวจหรือ GPS ที่มีความถูกต้องมากกว่า

1) ความสัมพันธ์ระหว่าง NSSDA และ RMSE สำหรับค่ามาตรฐานความถูกต้อง

เชิงราบ

$$RMSE = \sqrt{\sum d_i^2 / n}$$

เมื่อ ;

$$d_i = X_{data\ i} - X_{check\ i} \quad \text{สำหรับ ค่าพิกัดทิศทาง X หรือ}$$

$$d_i = Y_{data\ i} - Y_{check\ i} \quad \text{สำหรับค่าพิกัดทิศทาง Y}$$

$$n = \text{จำนวนทั้งหมดของจุดที่ใช้}$$

ค่า RMSE จะต้องสัมพันธ์กันกับค่ามาตรฐานความถูกต้องเชิงราบของ NSSDA ซึ่งถือว่าค่าความถูกต้องทั้งพิกัด X,Y มีความถูกต้องที่เหมือนกัน

$$\text{คือ} \quad RMSE_X = RMSE_Y = RMSE_r \quad (r = radial)$$

ดังนั้น

$$accuracy_r = 2.447 * \sqrt{(n/(n-1))} * (\sum (d_i - \bar{d})^2 / \sum d_i^2)^{1/2} * RMSE_r$$

โดยที่ $\bar{d} = \sum d_i / n$, เป็นค่าเฉลี่ยของความแตกต่าง

แต่ถ้ามีกลุ่มตัวอย่างที่ใหญ่ จะถือว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และค่า RMSE มีความใกล้เคียงกันหรือเป็นค่าเดียวกัน ดังนั้น

$$accuracy_r = 2.447 * RMSE_r \quad \text{ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95}$$

ตาราง 2.2 ค่าขีดความถูกต้องทางราบ (RMSE) สำหรับแผนที่มาตราส่วนใหญ่ตาม ASPRS

Class 1 Planimetric Accuracy Limiting RMSE (Meters)	มาตราส่วนแผนที่
0.0125	1:50
0.025	1:100
0.050	1:200
0.125	1:500
0.25	1:1,000
0.50	1:2,000
1.00	1:4,000
1.25	1:5,000
2.50	1:10,000
5.00	1:20,000

ที่มา: Federal Geographic Data Committee. 2539. Geospatial Positioning Accuracy Standards

Part3: National Standard for Spatial Data Accuracy

ดังนั้นเมื่อใช้มาตรฐาน FGDC geospatial positioning accuracy Standards จึงอาจกล่าวได้ว่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งสำหรับทางราบเป็น 1 เมตรสามารถใช้ทำเป็นแผนที่มาตราส่วน 1:4,000

ตามมาตรฐานสมาคมการสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศและการรับรู้ระยะไกล ประเทศสหรัฐอเมริกา กำหนดให้ความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งทางราบ RMSE ที่ 1 เมตร เป็นความคลาดเคลื่อน สำหรับแผนที่ 1:4,000 ขั้นที่ 1

2) ความสัมพันธ์ระหว่าง NSSDA และ RMSE สำหรับค่ามาตรฐานความถูกต้องเชิงตั้ง

RMSE สำหรับค่าความสูง Z จะได้ว่า

$$RMSE_z = \sqrt{\sum d_i^2 / n}$$

เมื่อ;

$$d_i = Z_{data\ i} - Z_{check\ i}$$

$$n = \text{จำนวนทั้งหมดของจุดที่ใช้}$$

จะได้ค่ามาตรฐานความถูกต้อง

$$accuracy_z = 1.96 * \sqrt{[(n/(n-1))] * (\sum (d_i - d)^2 / \sum d_i^2)} * RMSE_z$$

โดยที่ $d = \sum d_i / n$, เป็นค่าเฉลี่ยของความแตกต่าง

แต่ถ้ามีกลุ่มตัวอย่างที่ใหญ่ จะถือว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และค่า RMSE มีความใกล้เคียงกันหรือเป็นค่าเดียวกัน ดังนั้น

$$accuracy_z = 1.96 * RMSE_z \quad \text{ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95}$$

เมื่อพิจารณามาตรฐานของ The ASPRS Accuracy Standards for Large-Scale Maps (ASPRS : American Society for Photogrammetry and Remote Sensing) ได้กำหนดค่ามาตรฐานความถูกต้องความละเอียดถูกต้องทางดิ่ง ตามมาตรฐานสมาคมการสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศและการรับรู้ระยะไกล ประเทศสหรัฐอเมริกา ดังนี้

(2.1) ค่าความคลาดเคลื่อนของเส้นชั้นความสูง (Contour Line)

RMSE = 1/3 ของระยะห่างของเส้นชั้นความสูง (Contour Interval)

(2.2) ค่าความคลาดเคลื่อนของจุดความสูง (Spot Elevation)

RMSE = 1/6 ของระยะห่างของเส้นชั้นความสูง (Contour Interval)

(Federal Geographic Data Committee, 2539)

ในส่วนมาตรฐานการทำแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ดิน เดิมการทำแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ดินใช้การแบ่งชั้นงานวงรอบของกรมแผนที่ทหาร ซึ่งใช้เป็นมาตรฐานของการจัดทำแผนที่ในประเทศไทย โดยจะใช้มาตรฐานการทำวงรอบชั้นที่ 3 เป็นมาตรฐานในการทำแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:4,000 ต่อมาเมื่อเกิดปัญหาซ้ำซ้อนในการทำแผนที่ของแต่ละหน่วยงาน จึงได้มีการจัดทำระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรี ว่าด้วยมาตรฐานระวางแผนที่และแผนที่รูปแปลงที่ดินในที่ดินของรัฐ พ.ศ. 2550 ประกาศใช้เมื่อวันที่ 11 มกราคม 2550 (คณะกรรมการกำหนดมาตรฐานระวางแผนที่และแผนที่รูปแปลงที่ดินในที่ดินของรัฐ, 2551) เพื่อให้จัดทำระวางแผนที่และแผนที่รูปแปลงที่ดินในที่ดินของรัฐให้มีระบบและมาตรฐานเดียวกัน ซึ่งกรมแผนที่ดินได้นำมาตรฐานนั้นมาใช้เพื่อเป็นมาตรฐานของการทำแผนที่มาตราส่วน 1:4,000

2.1.4 แนวคิดการปรับแก้เชิงเรขาคณิตของภาพ

2.1.4.1 การปรับแก้เชิงเรขาคณิต มีวัตถุประสงค์เพื่อขจัดความบิดเบี้ยวเชิงเรขาคณิตของภาพ ซึ่งกระทำโดยการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างระบบพิกัดภาพ และระบบพิกัดภูมิศาสตร์

โดยใช้ข้อมูลเปรียบเทียบของเครื่องวัด ข้อมูลตำแหน่งและข้อมูลทรงตัวที่มีการวัดไว้ จุดควบคุมภาคพื้นดิน สภาพบรรยากาศ ฯลฯ

1.1 ขั้นตอนต่างๆสำหรับการปรับแก้เชิงเรขาคณิตมีดังนี้

1.1.1 การเลือกวิธีการ

ควรพิจารณาคูณลักษณะของความเพี้ยนเชิงเรขาคณิตร่วมกับข้อมูลอ้างอิงที่มีอยู่ แล้วจึงทำการเลือกวิธีการปรับแก้เชิงเรขาคณิตที่เหมาะสม

1.1.2 การหาค่าตัวแปร

ตัวแปรที่ไม่ทราบค่าซึ่งเป็นตัวกำหนดสมการคณิตศาสตร์ระหว่างระบบพิกัดภาพและระบบภูมิศาสตร์นั้นจะสามารถหาค่าได้จากข้อมูลเปรียบเทียบ และ/หรือ จุดควบคุมภาคพื้นดิน

1.1.3 การตรวจสอบความแม่นยำ

ควรต้องมีการตรวจสอบ และยืนยันความแม่นยำของการปรับแก้เชิงเรขาคณิต ถ้าความแม่นยำนี้ไม่สามารถผ่านเงื่อนไขที่กำหนดไว้แล้ว จะต้องทำการตรวจสอบและแก้ไขวิธีการปรับแก้หรือข้อมูลที่ใช้ เพื่อหลีกเลี่ยงความผิดพลาดเหล่านี้

1.1.4 การประมาณค่าในช่วง (interpolation) และการจัดข้อมูลใหม่ (resampling)

ภาพในระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (geo-coded image) จะถูกผลิตขึ้นจากเทคนิคการจัดข้อมูลใหม่ และการประมาณค่าในช่วง

1.2 การปรับแก้เชิงเรขาคณิตมีอยู่ 3 วิธี ดังต่อไปนี้

1.2.1 การปรับแก้แบบมีระบบ (Systematic correction) ในกรณีที่ข้อมูลอ้างอิงเชิง

เรขาคณิตหรือเรขาคณิตของเครื่องวัดได้กำหนด หรือทำการวัดไว้แล้ว ความเพี้ยนเชิงเรขาคณิตสามารถที่จะเลียงได้อย่างมีระบบหรือตามทฤษฎี ตัวอย่างเช่น เรขาคณิตของกล้องถ่ายภาพชนิดเลนส์จะถูกกำหนดโดย สมการร่วมเชิงเส้น ด้วยความยาวโฟกัสที่ปรับเทียบค่าตัวแปรต่างๆ ความเพี้ยนของเลนส์ พิกัดของจุดดัชนี (fiducial mask) ฯลฯ การปรับแก้เชิงสัมผัสผิว (tangent correction) เป็นแบบหนึ่งของการปรับแก้แบบมีระบบ สำหรับเครื่องกวาดภาพแบบกลเชิงแสง โดยทั่วไปแล้วการปรับแก้แบบมีระบบจะเพียงพอสำหรับการขจัดความผิดพลาดทั้งหมด

1.2.2 การปรับแก้แบบไม่มีระบบ (Non-systematic correction) สมการโพลีโน

เมียล สำหรับการแปลงจากระบบพิกัดภูมิศาสตร์ไปเป็นระบบพิกัดภาพ หรือในทางกลับกันนั้น จะหาได้จากค่าพิกัดของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่รู้ค่า โดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (least square method) ความแม่นยำขึ้นอยู่กับลำดับยกกำลัง (order) ของสมการโพลีโนเมียล และขึ้นกับจำนวนและการกระจายของจุดควบคุมภาคพื้นดิน

1.2.3 วิธีผสม (Combined method) เริ่มต้นโดยการประยุกต์ใช้การปรับแก้แบบมีระบบ และต่อจากนั้นใช้สมการโพลีโนเมียลที่มีลำดับยกกำลังต่ำๆ เพื่อลดความผิดพลาดที่คงเหลืออยู่ โดยปกติจุดมุ่งหมายของการปรับแก้เชิงเรขาคณิตนั้น เพื่อที่จะยอมให้มีการผิดพลาดแฝงอยู่ไม่เกินบวกหรือลบหนึ่งจุดภาพของตำแหน่งจริงของจุดๆ นั้น

1.3 เทคนิคการแปลงพิกัดภาพ

เทคนิคการแปลงพิกัด (coordinate transformation) มีประโยชน์สำหรับการปรับแก้เชิงเรขาคณิตด้วยจุดควบคุมภาคพื้นดิน หลักใหญ่จะอยู่ที่การเลือกทั้ง 2 แบบต่อไปนี้

1.3.1 การเลือกสูตรการแปลง ลำดับกำลังของสมการโพลีโนเมียลจะถูกกำหนดโดยขึ้นอยู่กับความเพี้ยนเชิงเรขาคณิต โดยปกติแล้วสูงสุดเพียงสมการโพลีโนเมียลลำดับกำลังสามจะเพียงพอสำหรับภาพจากการสำรวจระยะไกลที่มีอยู่ เช่น ดาวเทียมแลนด์แซท

1.3.2 การเลือกจุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCP) จำนวนและการกระจายของจุดควบคุมภาคพื้นดิน จะมีอิทธิพลต่อความแม่นยำของการปรับแก้เชิงเรขาคณิต จำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดินควรมีมากกว่าจำนวนของตัวแปรไม่ทราบค่า ทั้งนี้เพราะ ความผิดพลาดต่างๆ จะถูกปรับแก้โดยวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด

การกระจายของจุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCP) ควรจะเป็นแบบคละ แต่มีระยะห่างค่อนข้างเท่ากันรวมถึงบริเวณมุมพื้นที่ด้วย ควรเลือกจุดควบคุมประมาณ 10 ถึง 20 จุดที่สามารถกำหนดได้อย่างชัดเจนทั้งบนภาพและแผนที่ ทั้งนี้ขึ้นกับเลขยกกำลังของสูตรที่นำมาใช้หรือขึ้นกับจำนวนของตัวแปรไม่ทราบ โดยปกติแล้วความแม่นยำของการปรับแก้เชิงเรขาคณิตจะแสดงด้วยความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Root Mean Square: RMS) ในหน่วยของจุดภาพบนระนาบนี้

σ_u : ความเบี่ยงเบนมาตรฐานในหมายเลขจุดภาพ

σ_v : ความเบี่ยงเบนมาตรฐานในหมายเลขบรรทัดภาพ

โดยที่

$$\sigma_u^2 = \frac{\sum (u_i - \bar{u})^2}{n}$$

$$\sigma_v^2 = \frac{\sum (v_i - \bar{v})^2}{n}$$

หมายเหตุ

(u_i, v_i) : พิกัดภาพของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่ i

(x_i, y_i) : พิกัดแผนที่ของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่ i

$f(x_i, y_i)$: การแปลงค่าพิกัดจากแผนที่ไปเป็นหมายเลขจุดภาพ

$g(x_i, y_i)$: การแปลงค่าพิกัดจากแผนที่ไปเป็นหมายเลขบรรทัดภาพ

โดยปกติแล้วความแม่นยำควรจะอยู่ที่ ± 1 จุดภาพ ถ้าความผิดพลาดมากกว่าที่กำหนด จะต้องตรวจสอบค่าพิกัดบนภาพหรือแผนที่อีกครั้งหนึ่ง มิฉะนั้นจะต้องทำการเลือกสูตรที่จะใช้ใหม่ (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2540)

2.1.5 แนวคิดการกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดิน

PCI Geomatics Enterprises Inc (2003) อธิบายถึงการกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดินเป็นส่วนสำคัญที่ใช้ในการปรับแก้พิกัดของระบบภาพข้อมูลระยะไกลไปสู่ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ จำนวนจุดควบคุมภาคพื้นดินที่ใช้ในการปรับแก้ข้อมูลระยะไกลที่จะให้ความถูกต้องแม่นยำควรมีมากกว่า 20 จุดควบคุมต่อภาพและกระจายครอบคลุมทั่วทั้งภาพ สำหรับบริเวณที่มีความเหลื่อมซ้อนทับกัน 2 ภาพควรมีจุดควบคุมภาคพื้นดิน ดังตารางที่ 2.2 สำหรับข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศควรมีจุดควบคุมภาคพื้นดินบริเวณที่ซ้อนทับกัน 3 จุดต่อ 1 ภาพ ส่วนภาพดาวเทียม IKONOS ควรมีจุดควบคุมภาคพื้นดินบริเวณที่ซ้อนทับกัน 10 - 12 จุดต่อ 1 ภาพ

ตาราง 2.3 จำนวนจุดควบคุมภาคพื้นดินน้อยที่สุดบริเวณส่วนที่มีการซ้อนทับกัน

วิธีการคำนวณทางคณิตศาสตร์ (MATH Model)	จุดควบคุม ภาคพื้นดินน้อยที่สุด	จุดควบคุมภาคพื้นดิน ที่แนะนำ
Aerial photography	3 - 4 จุดต่อโครงการ	3 จุดต่อภาพสำหรับข้อมูลที่ต้องการความละเอียดสูง
Satellite orbital - SPOT 1 TO 4 - SPOT 5 - IRS, ASTER, EOC - LANDSAT, QUICKBIRD - IKONOS	4 จุดต่อภาพ 6 จุดต่อภาพ 6 จุดต่อภาพ 6 จุดต่อภาพ 8 จุดต่อภาพ	ขึ้นอยู่กับคุณภาพของควบคุมภาคพื้นดิน ขึ้นอยู่กับคุณภาพของควบคุมภาคพื้นดิน 6 - 8 จุดต่อภาพ 10 - 12 จุดต่อภาพ 10 - 12 จุดต่อภาพ

ตาราง 2.3 (ต่อ)

วิธีการคำนวณทางคณิตศาสตร์ (MATH Model)	จุดควบคุม ภาคพื้นดินน้อยที่สุด	จุดควบคุมภาคพื้นดิน ที่แนะนำ
SAR Images - RADARSAT, ERS, JERS, ASAR, EROS - RADARSAT with the RADARSAT specific model	8 จุดต่อภาพ ขึ้นอยู่กับความ ต้องการ	10 - 12 จุดต่อภาพ ปรับปรุงความละเอียดถูกต้องด้วยจุด ควบคุมภาคพื้นดิน 1-2 จุด
Rational Function: กรณีคำนวณด้วยจุดควบคุม ภาคพื้นดิน กรณีสร้างจากข้อมูลภาพ	5 จุดต่อภาพ -	9 จุดต่อภาพ ขึ้นอยู่กับความต้องการ สำหรับ ข้อมูลภาพ IKONOS Ortho Kit ปรับปรุงความละเอียดถูกต้องด้วยจุด ควบคุมภาคพื้นดิน 1 จุดหรือมากกว่า
Thin Plate Spine	3 จุดต่อภาพ	จำนวนจุดควบคุมที่น้อยที่สุดขึ้นอยู่กับ การเฉลี่ยค่าความคลาดเคลื่อนใน แต่ละจุดควบคุมและลักษณะภูมิ ประเทศที่แตกต่างกัน
Polynomial: First-order Second-order Third-order Fourth-order Fifth-order	4 จุดต่อภาพ 7 จุดต่อภาพ 11 จุดต่อภาพ 16 จุดต่อภาพ 22 จุดต่อภาพ	จำนวนจุดควบคุมที่น้อยที่สุดขึ้นอยู่กับ การเฉลี่ยค่าความคลาดเคลื่อนใน แต่ละจุดควบคุม

ที่มา : ปรับปรุงมาจาก PCI Geomatics Enterprises Inc, 2003:34.

2.1.6 แนวคิดการปรับแก้ความบิดเบี้ยวของภาพ (Distortion correction)

ในการทำงานด้านรีโมตเซนซิง (Remote sensing) ข้อมูลดาวเทียมต้องการปรับแก้ความบิดเบี้ยวเชิงพื้นที่ เพื่อสามารถประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ สาเหตุของความบิดเบี้ยวของภาพเกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างลักษณะเฉพาะตัวของเครื่องกราดภาพ (scanner) และยานสำรวจ หรือลักษณะเรขาคณิตของวงโคจรและทรวดทรงของโลก

ในการปรับแก้ความบิดเบี้ยวของภาพ จะต้องให้ความสำคัญกับการจัดตำแหน่งใหม่
ของจุดภาพจากตำแหน่งเดิมเพื่อไปยังพิกัดของภาพใหม่ โดยมีขั้นตอนการทำงาน 3 ขั้นตอน

1. เลือกแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม
2. การแปลงพิกัด
3. การจัดข้อมูลใหม่

ขั้นตอนทั้ง 3 ขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้น สามารถเรียกได้อีกชื่อว่า การวาร์ป (Warping) เพราะการซับซ้อนของรีโมตเซนซิงและความต้องการความถูกต้องที่เพิ่มขึ้นและความต้องการอยาก
ได้อัลกอริทึมในการทำงานที่ให้ความถูกต้อง มีอิสระและประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น จึงมีเกณฑ์ในการ
ปรับแก้ความบิดเบี้ยวของภาพดังต่อไปนี้

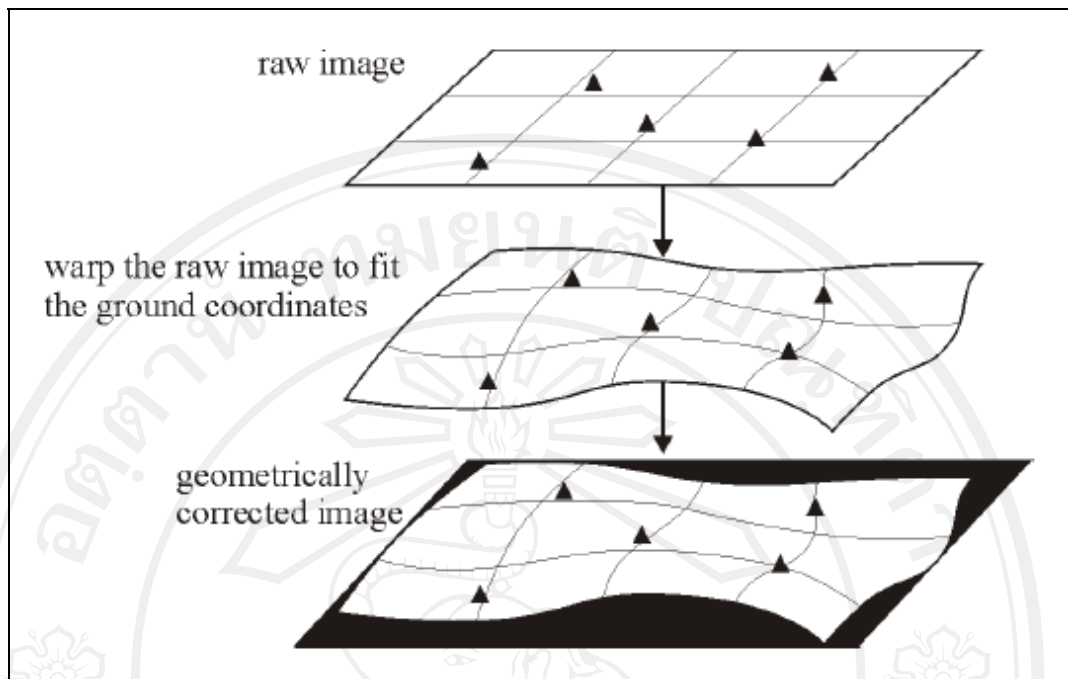
- 1) การปรับยัดต้นร่าง (Registering) ตามความหมายโดยการศัพท์บัญญัติของ
ราชบัณฑิตยสถาน มี 2 ความหมาย คือ

- 1.1) การปรับแผนที่หรือภาพเพื่อให้ตรงกับพิกัดทางภูมิศาสตร์
- 1.2) การเชื่อมโยงพิกัดของแผนที่เข้ากับจุดควบคุม(บัญชีคำอธิบายศัพท์
ภูมิสารสนเทศ, 2550)

ดังนั้นการปรับยัดต้นร่างจึงเป็นการจัดเรียงข้อมูลแบบเส้นตรงของภาพ 1 ภาพได้ผลลัพธ์
เป็นภาพใหม่ 1 ภาพ ข้อมูลจุดภาพ 2 จุดภาพใดก็ตามในตำแหน่งเดียวกันของทั้ง 2 ภาพจะถูกปรับ
ยัดต้นร่าง

2) การตัดแก้(Rectification)ตามความหมายโดยการบัญญัติศัพท์ของราชบัณฑิตยสถาน
หมายถึง กระบวนการการประยุกต์ใช้การแปลงค่าคณิตศาสตร์ของภาพเพื่อให้ใช้ภาพที่เป็นระนาบ
การตัดแก้ภาพข้อมูลดาวเทียมจึงเป็นการจัดข้อมูลภาพไปเป็นแผนที่ทางราบ หรือเรียกว่า
Georeferencing

3) การกำหนดรหัสพิกัด (Geocoding) เป็นวิธีการคล้ายการตัดแก้เป็นระบบการจัดการ
และการทำแผนที่ข้อสนเทศทางภูมิศาสตร์เป็น GIS ที่ใช้แผนที่รูปหลายเหลี่ยมราคาถูกซึ่งเป็นที่รู้จัก



ภาพ 2.5 ขั้นตอนการปรับแก้ความบิดเบี้ยวของภาพ

ที่มา : Geomatics OrthoEngine UserGuide, 2003.

4) Orthorectification เป็นกระบวนการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตของภาพ เพื่อให้ทุกจุดภาพแสดงอยู่ในลักษณะแนวตั้ง โดยใช้ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model: DEM) ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากความสูงภูมิประเทศของภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียม

Orthorectification แบ่งเป็น 2 รูปแบบคือ

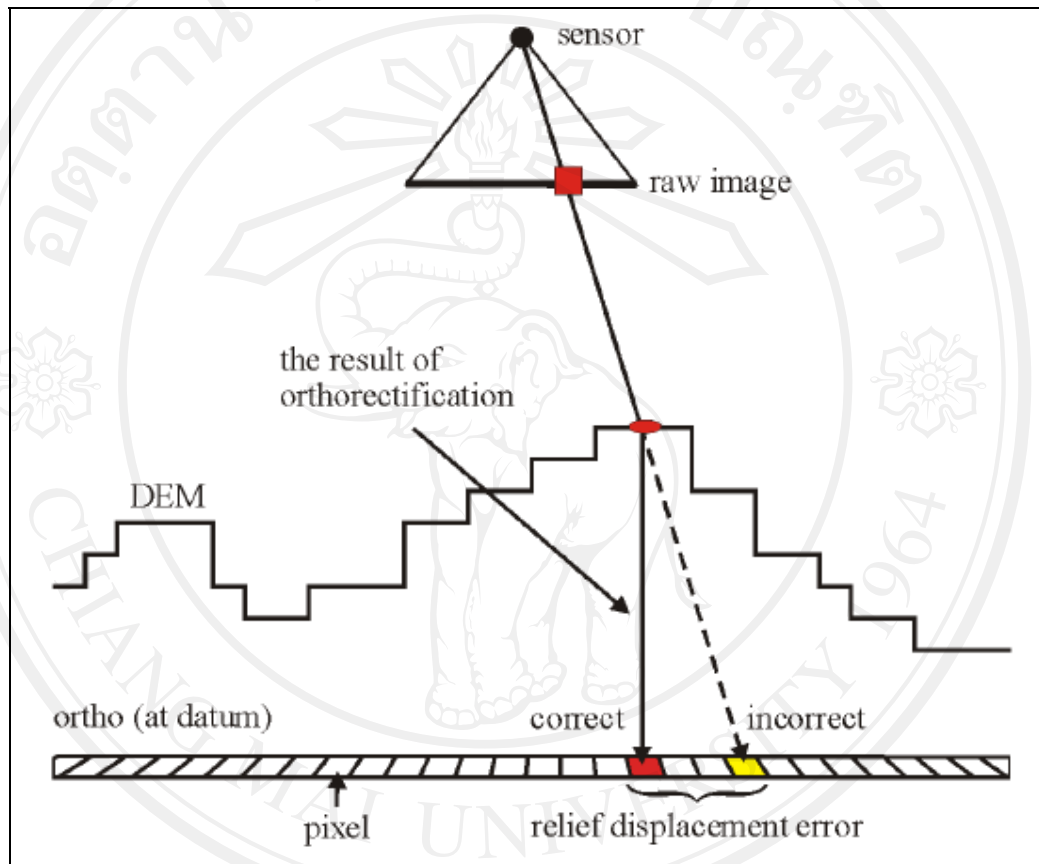
4.1) Direct rectification ปรับแก้จากภาพ (original image space) พิกัด (r,c) ที่มีความสูง Z ไปยังวัตถุบนพื้นโลก (object space) ที่มีพิกัด (X,Y)

4.2) Indirect rectification ปรับแก้จากวัตถุบนพื้นโลก (object space) ที่มีพิกัด (X,Y,Z) ไปยังภาพ (original image space) พิกัด (r,c)

ถึงแม้ผลที่เกิดจากทั้ง 2 วิธีไม่มีความแตกต่างกันสามารถทดแทนกันได้ แต่ส่วนใหญ่โปรแกรมทางรีโมตเซนซิงทั่วไป เช่น PCI Geomatica, Erdas Imagine จะใช้ Indirect rectification (Jeff Zhizhong Xu, 2004)

ในการปรับแก้เพื่อการตัดแก้ภาพดาวเทียมสามารถทำได้โดยฟังก์ชันโพลีโนเมียล และจุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCP) วิธีการนี้ทำให้ประยุกต์การใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง แต่ก็มีข้อเสีย

- ในการทำงานครั้งหนึ่ง การจัดข้อมูลใหม่ (resampling) 2 ครั้งขึ้นไป ผลลัพธ์ที่ได้ก็อาจจะดีเสมอไป
- สมการโพลีโนเมียล ระดับกำลังมากๆ ไม่ได้ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยลง
- จุดควบคุมภาคพื้นดินมากๆ จุดก็ไม่เกิดประโยชน์กับการคำนวณ



ภาพ 2.6 การทำแผนที่ภาพถ่าย (Orthorectification)

ที่มา : Geomaticas OrthoEngine UserGuide, 2003.

2.1.7 ลักษณะข้อมูลดาวเทียมรีออส

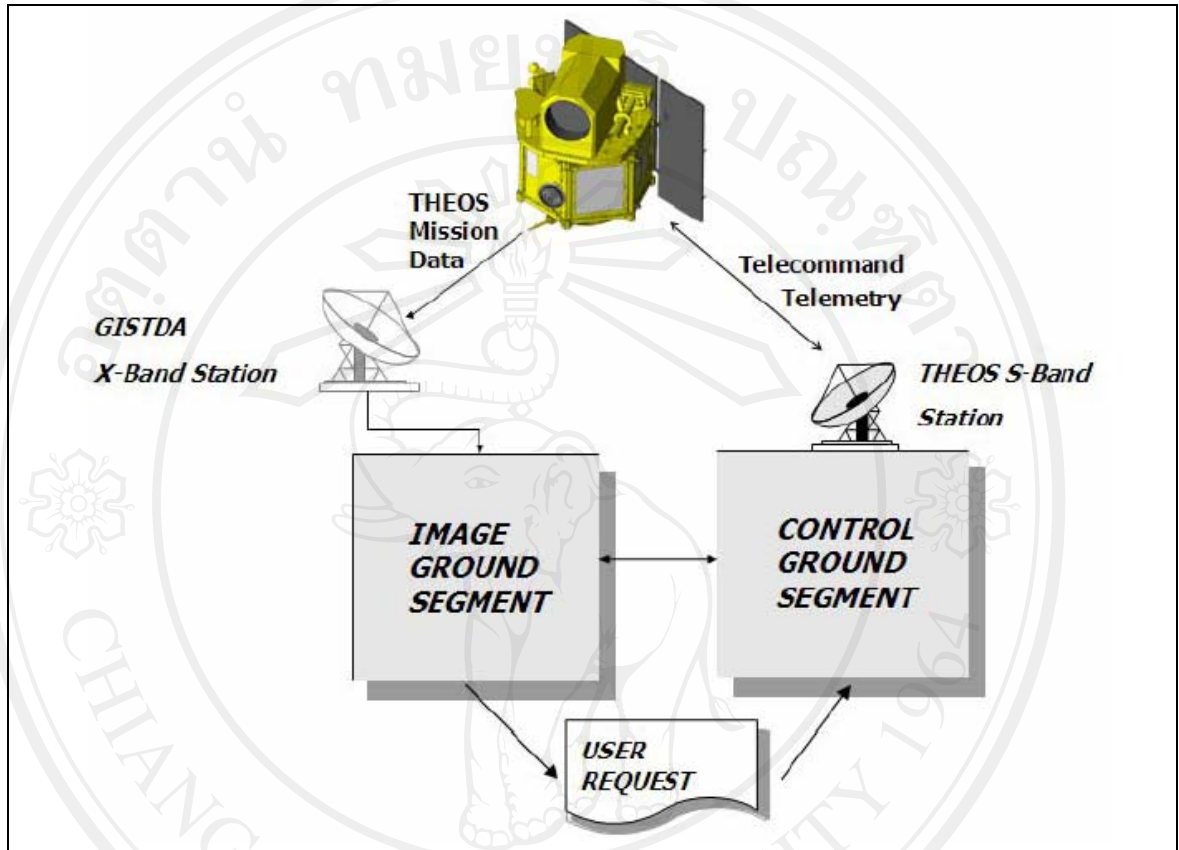
ระบบดาวเทียมรีออสเป็นระบบดาวเทียมสำรวจทรัพยากร ซึ่งมีสถาปัตยกรรมที่ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยคำนึงถึงความต้องการของ ผู้ใช้ข้อมูลทั้งในประเทศและต่างประเทศทั่วโลก ความต้องการดังกล่าวประกอบด้วยรายละเอียดภาพ ความกว้างของแนวกว้างของภาพ พื้นที่ครอบคลุม ความถี่ในการโคจรกลับมา ณ ตำแหน่งเดิมรวมถึงคุณภาพของข้อมูลภาพ และการนำไปประยุกต์ใช้

ระบบดาวเทียมรีออสมีองค์ประกอบหลักดังแสดงในรูป 2.8 ได้แก่

- 1) ดาวเทียมรีออส (ภาคอวกาศ)

2) สถานีภาคพื้นดิน (ภาคพื้นดิน) ประกอบด้วย

- ส่วนควบคุมภาคพื้นดิน (Control Ground Segment—CGS)
- ส่วนรับสัญญาณภาคพื้นดิน (Image Ground Segment—IGS)



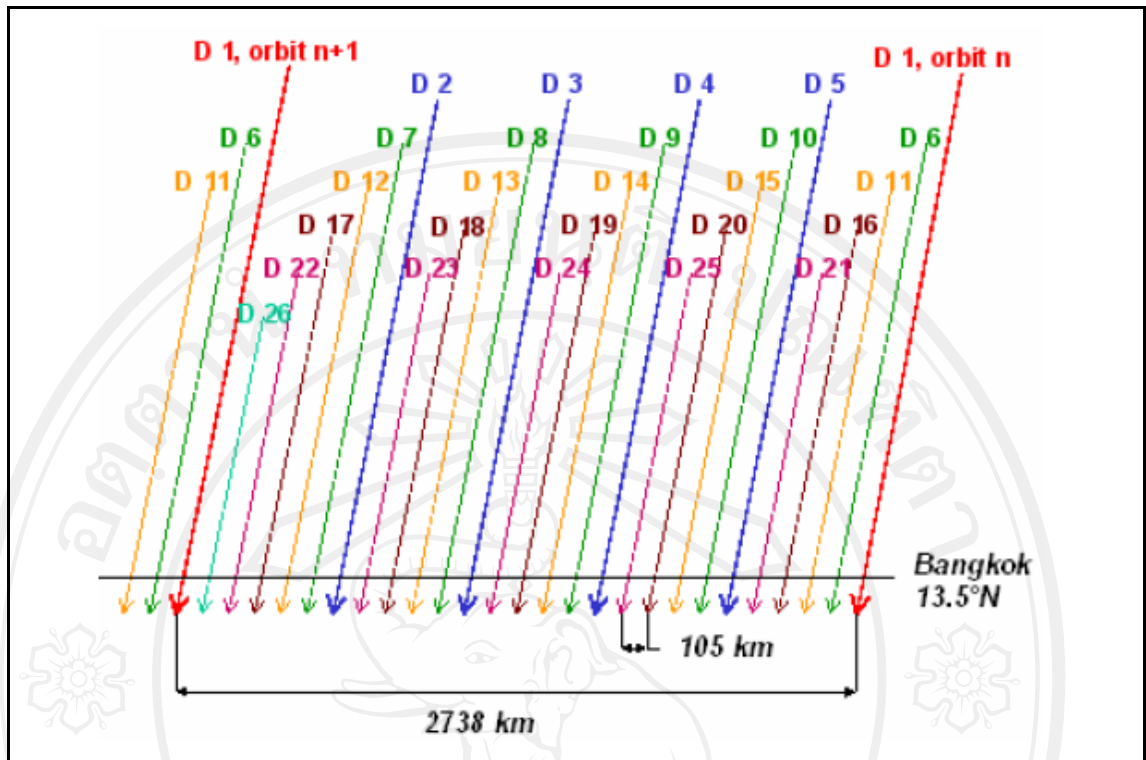
ภาพ 2.7 สถาปัตยกรรมของดาวเทียมธีออส

ที่มา:สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน). 2552. คู่มือผู้ใช้ดาวเทียมธีออส.

2.1.7.1 วงโคจรของดาวเทียมวงโคจรของดาวเทียมธีออส

ดาวเทียมธีออสโคจรเป็นวงกลมในแนวต่ำ ใกล้ขั้วโลก โดยโคจรในแนวสัมผัสกับดวงอาทิตย์ (Sunsynchronous orbit) ดาวเทียมจะโคจรผ่านเส้นศูนย์สูตรจากเหนือไปใต้ในเวลา 10.00 น. ทุกวัน ตามเวลาท้องถิ่น ระยะเวลาของดาวเทียมทำมุม 30° กับทิศทางการโคจรของดวงอาทิตย์ ซึ่งมีข้อดีคือ

- 1) ให้แสงที่คงที่และสม่ำเสมอ
- 2) ให้จุดสมดุลระหว่างเงากับการจำแนกวัตถุ
- 3) หลีกเลี่ยงแสงสะท้อนโดยตรงจากดวงอาทิตย์
- 4) แนวโน้มที่จะมีเมฆน้อยกว่าในช่วงบ่าย



ภาพ 2.8 แสดงแนวโคจรภาคพื้นดินของดาวเทียม

ที่มา:สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน). 2552. คู่มือผู้ใช้ดาวเทียมธีออส.

ตาราง 2.4 แนวโคจรภาคพื้นดินของดาวเทียมธีออส

	ที่ กทม.	ที่เส้นศูนย์สูตร
ระยะห่างระหว่างแนวโคจร 2 แนวที่อยู่ติดกัน	105 ก.ม.	108 ก.ม.
ระยะห่างระหว่างแนวโคจร 2 แนวในวันที่ต่อเนื่องกัน	527 ก.ม.	542 ก.ม.
ระยะห่างระหว่างแนวโคจร 2 แนวที่ต่อเนื่องกัน	2,738 ก.ม.	2,808 ก.ม.

ที่มา:สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน). 2552. คู่มือผู้ใช้ดาวเทียมธีออส. หน้า 8

ตาราง 2.5 องค์ประกอบของวงโคจร

รายละเอียด	
1.ความสูงจากพื้นโลกโดยประมาณ(Normal altitude)	822 ก.ม.
2.ครึ่งแกนหลัก (Semi-major axis)	7,200.545 ก.ม.
3.ความเยื้องศูนย์กลาง(Eccentricity)	0.00116
4.มุมเอียง(Inclination)	98.7 องศา
5.ไรต์แอสเซนชันของดาวเทียมขาขึ้น(Right ascension of ascending node)	260.860 องศา

ตาราง 2.6 (ต่อ)

รายละเอียด	
6.มุมของจุดโคจรใกล้โลก (Argument of perigee)	90.00 องศา
7.เวลาที่ท้องถิ่นของดาวเทียมขาขึ้น (Local solar time at ascending node)	22.00 น.
8.ความเร็วภาคพื้นดิน (Ground velocity)	6.6 กม./วินาที
9.ระยะเวลาหนึ่งรอบวงโคจร (Revolution period)	101 นาที
10.จำนวนรอบวงโคจรต่อวัน (Number of revolutions per day)	14+5/26 รอบ
11.ระยะเวลาการโคจรกลับมาแนวเดิม (Orbit full cycle)	26 วัน
12.จำนวนรอบในการโคจรกลับมาแนวเดิม (Number of revolutions in full cycle)	369 รอบ
13.ขอบเขตการบันทึกภาพ (Accessible area)	ทั่วโลก

คัดแปลงมาจาก ที่มา:สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน), 2552.
คู่มือผู้ใช้ดาวเทียมธีออส. หน้า 9

2.7.1.2 คุณสมบัติของดาวเทียมธีออส

ตาราง 2.6 คุณสมบัติของดาวเทียมธีออส

คุณสมบัติ	คำอธิบาย
น้ำหนัก	715 กก.
ขนาด	2.1 เมตร × 2.1 เมตร × 2.4 เมตร
พลังงานไฟฟ้าและการจัดเก็บ	840 วัตต์และแบตเตอรี่ลิเทียม-ไอออน 75 แอมแปร์-ชั่วโมง
อายุการใช้งานโดยประมาณ	> 5 ปี
ชนิดและปริมาณเชื้อเพลิง	-ไฮดราซีน (Hydrazine) ขนาด 77.1 กก. (ก่อนเข้าสู่โคจร) -ไฮดราซีน ขนาด 54.1 กก. (หลังเข้าสู่โคจรแล้ว)
ขนาดหน่วยความจำ	51 กิกะบิต เมื่อเริ่มต้นอายุการใช้งาน
อัตราการบีบอัดข้อมูล	- 2.80 หรือ 3.75 สำหรับระบบ PAN - 2.95 หรือ 3.95 สำหรับระบบ MS
อัตราการส่งข้อมูลภาพ	120 เมกะบิต/วินาที (X-band)
อุปกรณ์บันทึกภาพ	- กล้องโทรทรรศน์แบบแคสซิเกรน (ทำจากซิลิคอนคาร์ไบด์ SiC) สำหรับระบบ PAN - เลนส์สะท้อน (Reflective optics) สำหรับระบบ MS

ตาราง 2.6 (ต่อ)

คุณสมบัติ	คำอธิบาย
ความสามารถในการเอียงกล้อง	± 30 องศา เพื่อคุณภาพของข้อมูล ± 50 องศา เพื่อการเข้าถึงข้อมูล
ความถูกต้องในการกำหนดตำแหน่ง (Localization)	300 RMS
สถาปัตยกรรม	มีระบบสำรองเพื่อป้องกันการทำงานล้มเหลวของอุปกรณ์ทุกชิ้น

ที่มา:สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน). 2552. คู่มือผู้ใช้งานดาวเทียมธีออส. หน้า 9

2.1.7.3 อุปกรณ์ตรวจวัดของดาวเทียมธีออส

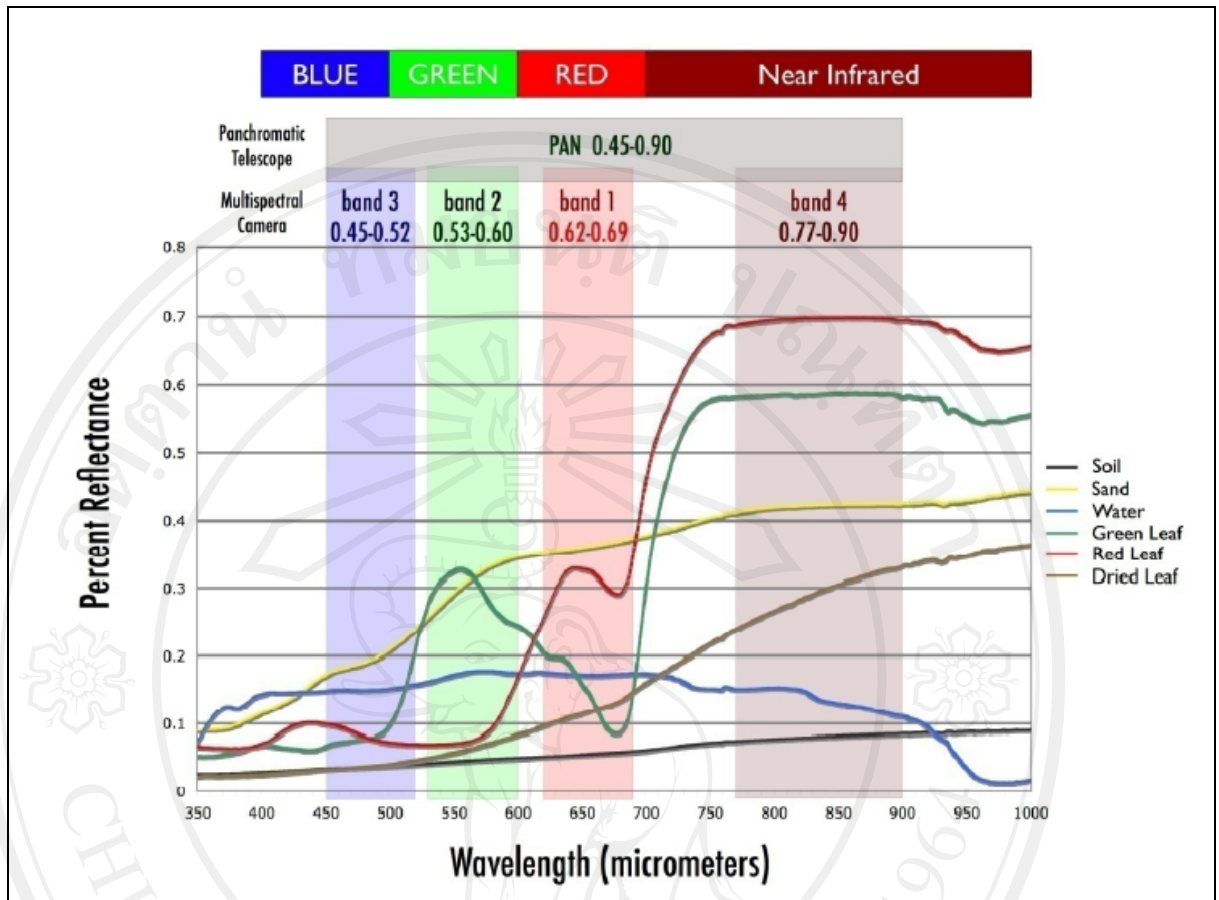
อุปกรณ์ตรวจวัดของดาวเทียมธีออสได้รับการคัดเลือก เพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการใช้งานที่หลากหลาย ซึ่งอุปกรณ์ที่เลือกใช้นี้ได้ผ่านการตรวจสอบการใช้งานจากดาวเทียมก่อนหน้านี้ว่ามีความเสถียรทนทานต่อสภาวะการเปลี่ยนแปลงได้สูง อุปกรณ์ตรวจวัดของดาวเทียมธีออสมี 2 ระบบ ได้แก่

- 1) กล้องบันทึกภาพแบบช่วงคลื่นเดียว (ภาพขาว-ดำ)
- 2) กล้องบันทึกภาพสีเชิงคลื่น (น้ำเงิน เขียว แดง และอินฟราเรดใกล้)

คุณสมบัติที่สำคัญของกล้องบันทึกภาพของดาวเทียมธีออส สรุปได้ดังตาราง 2.8 และภาพ 2.10 แสดงคุณสมบัติการสะท้อนของวัตถุในช่วงคลื่นที่ใช้ในอุปกรณ์ตรวจวัดของดาวเทียมธีออส ตาราง 2.7 คุณสมบัติของกล้องบันทึกภาพ

คุณสมบัติ	แบบช่วงคลื่นเดียว (Panchromatic)	ภาพสีเชิงคลื่น (Multispectral)
รายละเอียดภาพ	2 เมตร	15 เมตร
จำนวนจุดภาพ (Pixel) ต่อแถว	12,000 จุดภาพ	6,000 จุดภาพ
ความกว้างของแนวกว้างบันทึกภาพ	22 ก.ม.	90 ก.ม.
ความกว้างของแนวที่สามารถบันทึกภาพได้ (Accessible corridor)	1,003 ก.ม. (ที่ $\pm 30^\circ$) 2,273 ก.ม. (ที่ $\pm 50^\circ$)	1,100 ก.ม. (ที่ $\pm 30^\circ$) 2,548 ก.ม. (ที่ $\pm 50^\circ$)

ที่มา:สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน). 2552. คู่มือผู้ใช้งานดาวเทียมธีออส. หน้า 10



ภาพ 2.9 คุณสมบัติการสะท้อนของวัตถุในช่วงคลื่นที่ใช้ในอุปกรณ์ตรวจวัดของดาวเทียมธีออส
ที่มา:สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน). 2552. หน้า 11

2.7.1.4 ความสามารถในการบันทึกภาพของดาวเทียมธีออส

ขอบเขตการบันทึกภาพ (Accessible area) คือส่วนของพื้นผิวโลกที่ดาวเทียมโคจรผ่าน และสามารถบันทึกภาพได้ ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวงโคจร ทิศทางการหันของดาวเทียม รวมถึงคุณภาพของภาพและความถูกต้องที่ต้องการ ดาวเทียมธีออสสามารถบันทึกภาพและเก็บไว้ในอุปกรณ์บันทึกข้อมูล (Solid State Recorder—SSR) เป็นแนวยาวต่อเนื่องได้นานถึง 10 นาที ซึ่งมีความยาวประมาณ 4,000 กิโลเมตร ความสามารถในการเอียงกล้องออกไปนอกแนวโคจร ทำให้ดาวเทียมธีออส สามารถเอียงกล้องซ้าย-ขวา เพื่อบันทึกภาพพื้นที่ที่อยู่ในขอบเขตการบันทึกภาพได้ตลอดแนวโคจร นอกจากนี้ ยังสามารถบันทึกภาพสเตริโอด้วยการเอียงกล้องไปข้างหน้า และข้างหลังในแนวโคจรเดียวกัน ด้วยวงโคจรและความสามารถในการเอียงกล้อง ทำให้ดาวเทียมธีออสสามารถบันทึกภาพพื้นที่ที่ต้องการได้ในเวลาอันรวดเร็ว ในกรณีเร่งด่วน ธีออสสามารถบันทึกภาพพื้นที่ใด ๆ ในโลกได้ภายใน 2 วันโดยการเอียงกล้อง 50° อย่างไม่

ที่ดีเพื่อเป็นการรับประกันคุณภาพของภาพ มุมเอียงของกล้องจึงไม่ควรเกิน 30° ซึ่งในกรณีนี้ ดาวเทียมสามารถบันทึกภาพทุกพื้นที่ในโลกได้ภายใน 5 วัน

2.7.1.5 ผลลัพธ์ข้อมูลจากดาวเทียมธีออส

ระดับของการปรับแก้

1) ระดับการปรับแก้โดยระบบ (1A): ภาพระดับ 1A นั้นจะได้รับการปรับแก้เชิงคลื่น ปรับระดับการตอบสนองสัมพัทธ์ของตัวตรวจวัด (Detector equalization) และกำจัดความผิดพลาดเชิงคลื่น ช่วงคลื่น PAN และช่วงคลื่นสีแดงของระบบ MS ซึ่งเรียกว่า “ช่วงคลื่นอ้างอิง” จะไม่ได้รับการปรับแก้เชิงเรขาคณิต ส่วนช่วงคลื่น 3 ช่วงคลื่นที่เหลือจะได้รับการขยับ (Shifted) เพื่อทดแทนการเอียงกันของข้อมูลในแต่ละช่วงคลื่น

ตาราง 2.9 คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ระดับ 1A

คุณสมบัติเชิงกายภาพ	
พื้นที่น้อยที่สุดที่ส่งได้	1 ภาพ
การตัดภาพผลิตภัณฑ์	ภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัส
โครงสร้างเชิงกายภาพของผลิตภัณฑ์	ภาพเป็นจำนวนเต็ม
ความกว้างของแถบภาพ PAN (จุดภาพ)	12,000
ขนาดภาพ PAN (โดยประมาณ ที่การบันทึกภาพแนวตั้ง)	22 กม. × 22 กม.
ความกว้างของแถบภาพ MS (จุดภาพ)	6,000
ขนาดภาพ MS (โดยประมาณ ที่การบันทึกภาพแนวตั้ง)	90 กม. × 90 กม.
ข้อกำหนดในการประมวลผล	
ความถูกต้องในการกำหนดตำแหน่ง	ดีกว่า 300 เมตร RMS
การปรับแก้เชิงคลื่น	สัมประสิทธิ์การเพิ่ม/ลดเลข สัมประสิทธิ์การปรับเทียบเชิงคลื่น แฉข้อมูลที่หายไป
ตัวเลือกของผลิตภัณฑ์	
ประเภทผลิตภัณฑ์	PAN, MS
จำนวนบิตต่อจุดภาพ	8 บิต
วิธีการปรับค่าตัวเลข	เชิงเส้น โดยกำหนดค่าสูงสุดเป็น 255
ตัวเลือกในการจัดข้อมูล	bi cubic

ตาราง 2.9 (ต่อ)

ตัวเลือกของผลิตภัณฑ์	
การจัดระยะห่างระหว่างจุดของภาพขาออก	2 เมตรสำหรับ PAN และ 15 เมตรสำหรับ MS
ปริมาณเมฆปกคลุม	0-20 %
รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เผยแพร่	
สื่อบันทึกข้อมูล	FTP, CD, DVD
รูปแบบข้อมูลภาพ	GeoTiFF
การบีบอัดข้อมูล	สูง/ต่ำ
ข้อมูลสนับสนุน	
เพิ่มข้อมูลทั้งหมดที่ผู้ใช้ได้รับ	README.HTM, LOGO.JPG, <OE>.PDF, METADATA.DIM, IMAGERY.TIF, PREVIEW.JPG, ICON.JPG, STYLE.XLS

ที่มา:สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน). 2552. คู่มือผู้ใช้ ดาวเทียมธีออส. หน้า 15

2) ระดับการปรับแก้เชิงภูมิศาสตร์ (2A): ภาพระดับ 2A จะได้รับการปรับแก้เชิงคลิ่นเหมือนกับระดับ 1A นอกจากนี้ยังได้รับการแก้ไขความผิดพลาดเชิงเรขาคณิตของแต่ละช่วงคลิ่น (Registered) และการปรับแก้ความบิดเบือนเชิงภูมิศาสตร์ (Geocoded) นั่นคือได้รับการจัดข้อมูลใหม่บนระบบพิกัดเชิงแผนที่ (Cartographic grid)

ตาราง 2.9 การปรับแก้ผลิตภัณฑ์แต่ละระดับ

ระดับการแก้	ปรับแก้เชิงคลิ่น	ปรับแก้เชิงภูมิศาสตร์	จัดข้อมูลใหม่บนระบบพิกัดเชิงแผนที่
1A			
2A			

ที่มา:สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน). 2552. คู่มือผู้ใช้ ดาวเทียมธีออส. หน้า 14

2.2 ทบทวนวรรณกรรม

2.2.1 การสร้างและปรับปรุงแผนที่จากภาพถ่ายดาวเทียม

Micheal Tonon (2005) กล่าวว่า หลังจากที่มีการพัฒนาการของยุคดิจิทัลและเป็นจุดเริ่มต้นของระบบคอมพิวเตอร์ประมวลผลขั้นสูง เป็นการก้าวเข้าสู่ยุคสมัยใหม่ของข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ทำให้การใช้งานของข้อมูลดาวเทียมความละเอียดสูงในเชิงพาณิชย์ได้เติบโตเร็วขึ้นและทำให้ข้อมูลดาวเทียมมีราคาถูกลง ซึ่งส่งผลให้การใช้งานง่ายขึ้นและสามารถใช้ได้ไม่เฉพาะทางการทหารแต่พลเรือนก็สามารถใช้งานได้เช่นกัน โดยมีการประยุกต์นำเอาข้อมูลดาวเทียม SPOT-5 มาใช้ประยุกต์ในการปรับปรุงแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:25,000 และ 1:50,000 ส่งผลให้ข้อมูลทันสมัยมากขึ้น ราคาถูกลงใช้ระยะเวลาการทำงานน้อยลง ช่วยยกระดับงานเขียนแผนที่ให้ดีขึ้นตามไปด้วย จึงเรียกได้ว่าเป็นยุคของการปฏิวัติดาวเทียม (Satellite revolution)

Jaruphummik and Simking (2007) ได้ทำการศึกษาการใช้ข้อมูลดาวเทียมรายละเอียดสูง IKONOS, SPOT-5 ในการประยุกต์การทำแผนที่มาตราส่วนใหญ่นั้น ช่วยให้ประเมินถึงศักยภาพของข้อมูลความถูกต้องของภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูงว่า สามารถที่จะนำมาปรับปรุงและประยุกต์ให้กับแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ได้และให้ความถูกต้องที่ดีขึ้น เพราะ ปัจจุบันในการผลิตแผนที่มาตราส่วน 1:25,000 จากภาพถ่ายทางอากาศมีความคลาดเคลื่อนทางตะวันออก 6 เมตร และทางเหนือ 8 เมตร ตามลำดับ จึงมีความร่วมมือระหว่างสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ และกรมแผนที่ทหารได้ทดลองทำการปรับปรุงแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:25,000 และ 1:50,000 โดยใช้ข้อมูลดาวเทียมความละเอียดสูง SPOT-5 ร่วมกับการออกภาคสนามในพื้นที่ศึกษาจังหวัดระนอง ชุมพรและสุราษฎร์ธานี

Ottichilo and Khamala (2002) รายงานว่า เดิมแผนที่ภูมิประเทศของทวีปแอฟริกาเป็นรูปแบบเก่า ไม่มีการปรับปรุงข้อมูล การที่จะปรับปรุงข้อมูลแต่ละครั้งก็ต้องใช้ภาพถ่ายทางอากาศซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูง แผนที่ต่างๆจึงไม่ค่อยได้รับการปรับปรุงมานานแล้ว ผลเสียที่เกิด คือ ประเทศไม่สามารถใช้ข้อมูลภูมิศาสตร์วางแผนและกำหนดทิศทางการของประเทศได้ ดังนั้นการปรับปรุงแผนที่จึงเป็นเรื่องเร่งด่วนมาก ดังนั้นเมื่อ The Regional Centre for Mapping of Resources for Development (RCMRD) ได้เริ่มมีแนวคิดที่จะใช้ข้อมูลดาวเทียมความละเอียดสูง นอกจากจะแผนที่จะให้ความถูกต้องที่ดีขึ้น งบประมาณในการทำก็น้อยลงกว่าเดิม และได้กล่าวถึงว่าประเทศสวิตเซอร์แลนด์ได้ใช้ข้อมูลจากดาวเทียม SPOT-5 ความละเอียดภาพ 20*20 เมตร เป็นกรณีศึกษาในการทำแผนที่ ผลที่ได้ประสบความสำเร็จเช่นกัน แต่นอกเหนือจากนั้นคือ เป็นการยกระดับการทำแผนที่ที่มีความถูกต้อง

สูงขึ้น ใช้เวลาน้อยลง งบประมาณน้อยลง และยังช่วยให้ได้ทราบถึงศักยภาพของการทำงานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (geographic information systems) ว่ามีความยืดหยุ่นและสามารถสร้างข้อมูลพื้นฐาน สำหรับการวางแผนเพื่อการตัดสินใจได้

B.Behdinian (2002) ได้ทำการศึกษาดาวเทียม IKONOS ได้ว่าดาวเทียม IKONOS มีช่วงข้อมูลขาวดำ มีรายละเอียดจุดภาพ 1 เมตร และช่วงข้อมูลหลายช่วงคลื่น มีรายละเอียดจุดภาพ 4 เมตร มีมุมออกจากแนวตั้งล่างมากกว่า 60 องศาในทุกๆช่วงข้อมูลภาพส่งผลดีต่ออัตราการกลับมาโคจรซ้ำที่เดิมและศักยภาพของการทำ stereo pair

ปัจจุบันดาวเทียมความละเอียดสูงอย่าง IKONOS เหมาะสมในการใช้งานแบบไม่จำกัด หมายถึงสามารถรองรับการทำงานของทั้งภาครัฐและเอกชน และยังสามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย เช่น การทำแผนที่, ภาคเกษตรกรรม, ป่าไม้และการป้องกันภัยคุกคาม นอกจากนั้น ยังได้บอกว่าภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูงจะมาแทนที่ภาพถ่ายทางอากาศ เพราะให้รายละเอียดของพื้นที่บริเวณกว้างกว่า และสามารถใช้อ้างอิงได้อย่างต่อเนื่องและสะดวกในการปรับปรุงข้อมูล เช่น เกษตรกรสามารถติดตามระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืชได้และยังประมาณช่วงของผลผลิตได้อย่างแม่นยำ นักวิทยาศาสตร์สามารถใช้ข้อมูลดาวเทียมในการสังเกตการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมและยังพยากรณ์แนวโน้มพื้นที่ปัญหาได้อย่างถูกต้องมากขึ้น

ปิยะวรรณ (2007) ได้ทำการศึกษาการใช้ข้อมูลดาวเทียมรายละเอียดสูง IKONOS, SPOT-5 ในการประยุกต์การทำแผนที่มาตราส่วนใหญ่นั้น ช่วยให้เห็นถึงศักยภาพของข้อมูลความถูกต้องของภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูงว่า สามารถที่จะนำมาปรับปรุงและประยุกต์ให้กับแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ได้และให้ความถูกต้องที่ดีขึ้น เพราะ ปัจจุบันในการผลิตแผนที่มาตราส่วน 1:25,000 จากภาพถ่ายทางอากาศมีความคลาดเคลื่อนทางตะวันออก 6 เมตร และทางเหนือ 8 เมตร ตามลำดับ จึงมีความร่วมมือระหว่างสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ และกรมแผนที่ทหารได้ทดลองทำการปรับปรุงแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:25,000 และ 1:50,000 โดยใช้ข้อมูลดาวเทียมความละเอียดสูง SPOT-5 ร่วมกับการออกภาคสนาม ในพื้นที่ศึกษาจังหวัดระนอง ชุมพรและสุราษฎร์ธานี

2.2.2 การประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียมธีออส

สำหรับวิภูพัฒน์ สถิตยอุทการและคณะ(2552)ได้ประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียมธีออส (THEOS) เป็นการศึกษาและทดลองใช้ภาพถ่ายดาวเทียมซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจพื้นที่ป่าชุมชน และจัดทำแผนที่การจำแนกใช้ประโยชน์ที่ดิน(Land Use Classification)ในพื้นที่ป่าชุมชนโดยใช้ข้อมูลดาวเทียมธีออส(THEOS) ซึ่งบันทึกภาพในเดือนสิงหาคม พ.ศ.2551 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ.2552 จำนวน 5 ภาพ โดยใช้ข้อมูลแบบช่วงคลื่นเดียว (Panchromatic) และข้อมูลภาพสีเชิงคลื่น

(Multispectral) ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน(Land Use Classification) และเข้าตรวจสอบความถูกต้องในภาคพื้นดินอีกครั้งในเดือนสิงหาคม พ.ศ.2552 ผลการศึกษาและทดลองใช้ข้อมูลทั้งสองชนิดดังกล่าว ผลปรากฏว่าข้อมูลแบบช่วงคลื่นเดียว (Panchromatic) มีความเหมาะสมสำหรับการสำรวจพื้นที่ป่าชุมชน จังหวัดลำปาง สามารถแยกแยะลักษณะสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน(Land Use Classification) ทำให้สามารถวางแผนและจัดการในการสำรวจภาคพื้นดินได้อย่างรวดเร็วและประหยัดงบประมาณได้เป็นอย่างดี

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (2550) กล่าวว่าไว้ว่าการออกแบบดาวเทียม THEOS มุ่งตอบสนองการประยุกต์ใช้ข้อมูลภูมิสารสนเทศของผู้ใช้ข้อมูลในประเทศไทย ซึ่งจากการรวบรวมสถิติที่ผ่านมาพบว่า มีการประยุกต์ใช้ข้อมูลในด้านต่างๆ ประกอบด้วย ด้านการทำแผนที่ ด้านการเกษตร ด้านป่าไม้ ด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน ด้านทรัพยากรธรณี ด้านการจัดการทรัพยากรน้ำและด้านภัยพิบัติ และเพื่อตอบสนองความต้องการในการนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ จึงได้ออกแบบดาวเทียม THEOS ให้มีความสามารถในการถ่ายภาพได้ทั้งช่วงคลื่นเดียวซึ่งมีรายละเอียดภาพ 2 เมตร ความกว้างในการถ่ายภาพแนวดิ่ง 22 กิโลเมตร และการถ่ายภาพแบบหลายช่วงคลื่นซึ่งมีรายละเอียดภาพ 15 เมตร ความกว้างในการถ่ายภาพแนวดิ่ง 90 กิโลเมตร ในด้านการทำแผนที่นั้น ข้อมูลดาวเทียม THEOS สามารถใช้ในงานผลิตแผนที่ การปรับปรุงข้อมูลแผนที่ รวมทั้งใช้เทคนิคการประมวลผลภาพอื่นๆ เพื่อจัดทำแผนที่เฉพาะกิจประเภทต่างๆได้

Darasri and Houdry (2007) ได้กล่าวว่าเพื่อการบริการจัดการวางแผนของประเทศ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสนับสนุนการพัฒนาด้านเศรษฐกิจ การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติลดจนการวางแผนป้องกันภัยพิบัติที่เกิดจากธรณินานาชนิด ถือว่าเป็นปัญหาเฉพาะหน้าที่ท้าทายการทำงานของรัฐบาลอย่างมาก เครื่องมือสำคัญในการทำงานคือ แผนที่ แต่ปัญหาก็คือ ความไม่ทันสมัยและไม่เป็นปัจจุบันของแผนที่ที่ใช้ทำงาน ข้อมูลดาวเทียมถือเป็นแหล่งข้อมูลที่มีค่าในการทำแผนที่ในมาตราส่วนต่างๆ ส่วนใหญ่แล้วแผนที่มาตราส่วน 1 :25,000 จะเป็นมาตราส่วนที่หน่วยงานต่างๆเลือกใช้ เพราะ ครอบคลุมพื้นที่ได้กว้างและราคาไม่แพง ปัจจุบันประเทศไทยใช้ดาวเทียม SPOT 5 รายละเอียดจุดภาพ 2.5 เมตรในการผลิตแผนที่มาตราส่วน 1:25,000 ในอนาคตด้วยความร่วมมือกันระหว่าง สทอภ. และบริษัท EADS ASTRIUM ประเทศฝรั่งเศสจะทำการผลิตแผนที่จากข้อมูลดาวเทียม THEOS มีวัตถุประสงค์ในการทำแผนที่ให้ครอบคลุมประเทศไทยและอาเซียน ในชื่อโครงการ THEOS Cartographic Pilot Project ผลที่คาดหวังไว้ นอกจากจะได้แผนที่ที่มีมาตราส่วนละเอียดกว่าเดิม ถูกต้องกว่าเดิมแล้ว ยังได้เทคนิคการทำแผนที่เพิ่มขึ้นด้วย

2.2.3 การทำแผนที่ภาพถ่ายจากดาวเทียมภาพเดียว

Joon-Mook Kang และคณะ (2008) ได้ทำการวิจัยประเมินค่าความถูกต้องของการทำแผนที่ภาพถ่ายจากข้อมูลดาวเทียม SPOT5 แบบเดี่ยว ในขั้นตอนแรกจะใช้การปรับแก้ความบิดเบี้ยวเชิงเรขาคณิตด้วยการใช้จุดควบคุมภาคพื้นดินและข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลขที่สร้างจากแผนที่ดิจิทัลมาตราส่วน 1:5,000 ของสถาบันใช้ในการปรับแก้ความบิดเบี้ยวที่เกิดจากความสูงของภูมิประเทศ โดยเปรียบเทียบแผนที่ถ่ายถำนั้กับแผนที่ดิจิทัลมาตราส่วน 1:25,000 ของ Korean National Geographic Information Institute การวิเคราะห์ค่าความถูกต้องใช้จุดเช้ค 10 จุดจากชั้นข้อมูลต่างๆเช่น เส้นทาง, เส้นทางน้ำและสิ่งก่อสร้างต่างๆ ผลของการวิจัยได้ว่ แผนที่ภาพถ่ายที่สร้างจากข้อมูลดาวเทียม SPOT5 แบบเดี่ยวให้ผลลัพธ์เชิงราบเป็นที่น่าพอใจสำหรับการทำที่จะนำไปทำแผนที่ต่อไป แต่อย่างไรก็ตามถึงแม้จะพิสูจน์ได้ว่าการทำแผนที่ภาพถ่ายจากภาพเดี่ยวจะให้ค่าความถูกต้องที่ดี เหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้ข้อมูลได้ก็ยังมีข้อแม้ถึงเรื่องมาตราส่วนของแผนที่ที่จะทำออกมา ซึ่งได้แนะนำว่าถ้าหากใช้ภาพข้อมูลดาวเทียมที่มีความละเอียดสูงๆก็จะสามารถทำแผนที่ที่มีมาตราส่วนใหญ่ขึ้นได้