สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลที่ได้จากการศึกษา

4.1 ผลการปรับแก้เชิงเรขาคณิตข้อมูลภาพดาวเทียมด้วยสมการโพลิโนเมียล

4.1.1 ผลการปรับแก้ภาพดาวเทียมด้วยสมการโพลิโนเมียลกำลัง 1, 2 และ 3 โดยใช้จุดควบคุมภาพจากการรับสัญญาณดาวเทียม GPS

ในงานวิจัยนี้ใช้จุดตรวจสอบชุดเดียวกันทั้งหมดจำนวน 22 จุด ตลอดการวิจัย

4.1.1.1 การศึกษาจำนวนจุดควบคุมภาพที่เหมาะสม

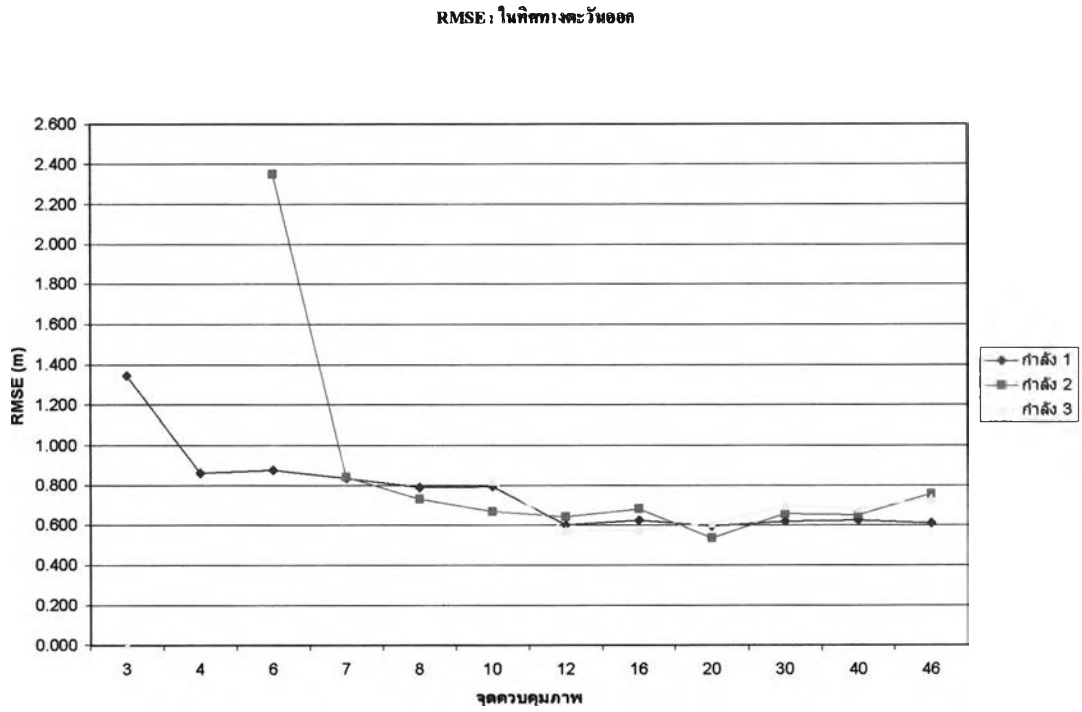
ในการศึกษาจำนวนจุดควบคุมภาพที่เหมาะสม จะทำการศึกษาโดยเริ่มจากจุดควบคุมภาพจำนวนน้อยที่สุดที่แบบจำลองต้องการและเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ดังนี้ คือ 3, 4, 6, 7, 8, 10, 12, 16, 20, 30, 40 และ 46 จุด ตามลำดับ(ดูรูปที่ 3.5 ประกอบ) ผลการปรับแก้ภาพดาวเทียมแสดงในรูปของค่าคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางราบ (RMSE) ของจุดตรวจสอบ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่า RMSE ทางราบของจุดตรวจสอบเมื่อปรับแก้ภาพดาวเทียมด้วยสมการโพลิโนเมียลกำลัง 1, 2 และ 3 เมื่อจำนวนจุดควบคุมภาพต่างกัน โดยที่จำนวนจุดควบคุมภาพกระจายทั่วภาพ (รายละเอียดการคำนวณดูที่ภาคผนวก ข)

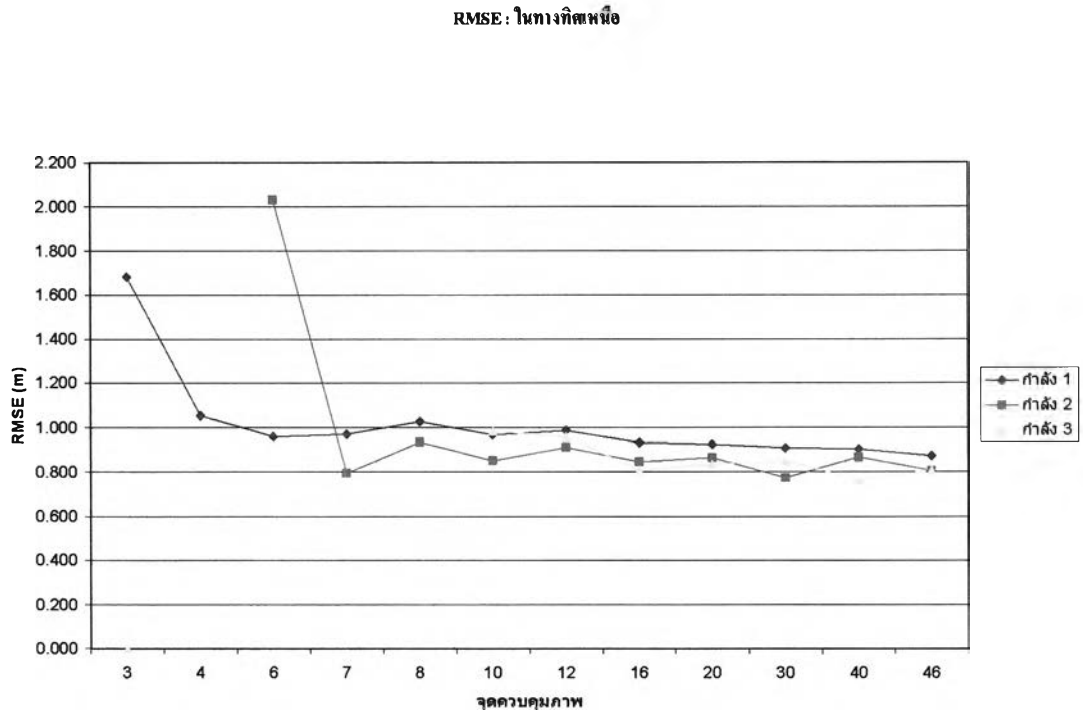
จำนวน GCP	RMSE (m)								
	สมการโพลิโนเมียล กำลัง 1			สมการโพลิโนเมียล กำลัง 2			สมการโพลิโนเมียล กำลัง 3		
	E	N	Total	E	N	Total	E	N	Total
3	1.346	1.683	2.154	-	-	-	-	-	-
4	0.862	1.054	1.362	-	-	-	-	-	-
6	0.874	0.960	1.299	2.348	2.032	3.105	-	-	-
7	0.834	0.970	1.279	0.839	0.795	1.156	-	-	-
8	0.789	1.025	1.294	0.731	0.934	1.186	-	-	-
10	0.792	0.967	1.250	0.670	0.851	1.084	0.821	0.983	1.281
12	0.601	0.985	1.154	0.643	0.911	1.115	0.574	0.959	1.118
16	0.625	0.931	1.122	0.680	0.845	1.085	0.579	0.809	0.995
20	0.596	0.923	1.099	0.537	0.864	1.017	0.611	0.836	1.036

จำนวน GCP	RMSE (m)								
	สมการโพลิโนเมียล กำลัง 1			สมการโพลิโนเมียล กำลัง 2			สมการโพลิโนเมียล กำลัง 3		
	E	N	Total	E	N	Total	E	N	Total
30	0.620	0.907	1.099	0.659	0.773	1.016	0.698	0.852	1.101
40	0.624	0.903	1.098	0.652	0.868	1.086	0.685	0.767	1.028
46	0.611	0.872	1.065	0.759	0.806	1.107	0.733	0.809	1.091

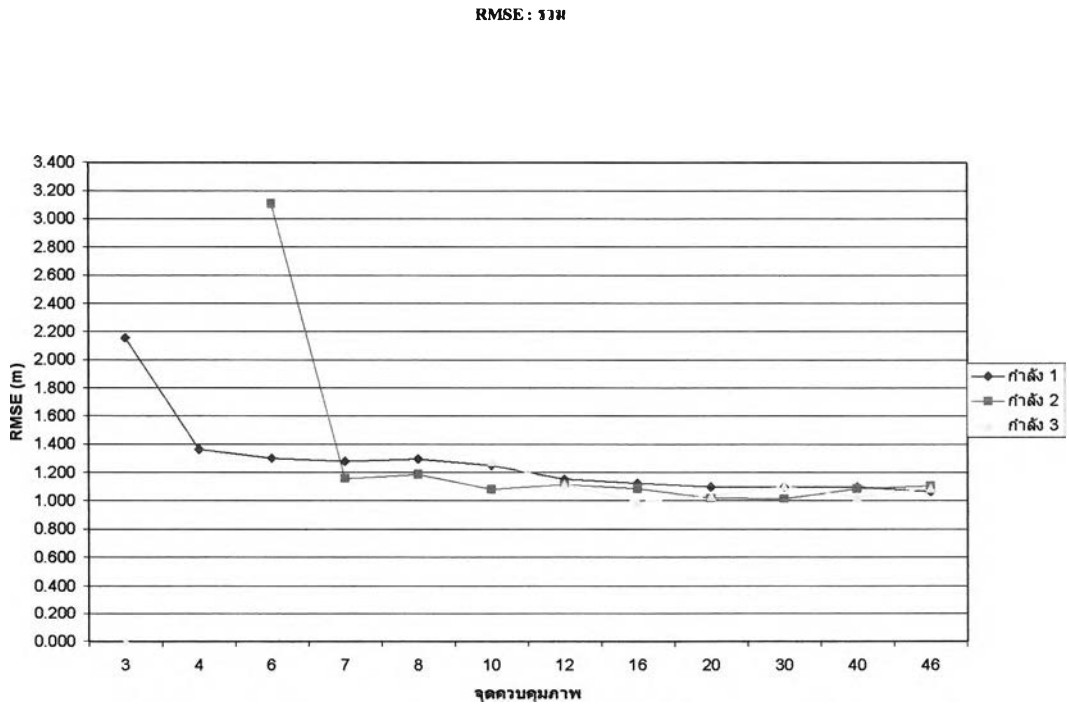
จากตารางที่ 4.1 เพื่อให้เห็นผลการศึกษาที่ชัดเจนขึ้นจึงนำค่า RMSE ของการปรับแก้ด้วยสมการโพลิโนเมียลกำลัง 1, 2 และ 3 มาแสดงในลักษณะของกราฟเส้น โดยแสดงค่า RMSE ของจุดตรวจสอบในแนวทิศตะวันออก ทิศเหนือ และค่า RMSE รวม ดังรูปที่ 4.1-4.3



รูปที่ 4.1 แสดงค่า RMSE ของจุดตรวจสอบในแนวตะวันออก



รูปที่ 4.2 แสดงค่า RMSE ของจุดตรวจสอบในแนวทิศเหนือ



รูปที่ 4.3 แสดงค่า RMSE รวมของจุดตรวจสอบ

จากการศึกษาผลกระทบของจำนวนจุดควบคุมภาพที่ใช้ในการปรับแก้ภาพดาวเทียมด้วยสมการโพลิโนเมียลที่กำลังต่างๆ กัน เมื่อพิจารณาค่าคลาดเคลื่อนรวมของจุดตรวจสอบพบว่าจำนวนจุดควบคุมภาพมีผลต่อความถูกต้องของจุดตรวจสอบ กล่าวคือ เมื่อจุดควบคุมภาพมีจำนวนมากขึ้นความคลาดเคลื่อนของจุดตรวจสอบมีแนวโน้มที่จะลดลง โดยเมื่อจุดควบคุมภาพเพิ่มขึ้นถึงจำนวนหนึ่งค่าความคลาดเคลื่อนของจุดตรวจสอบจะมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงแคบๆ จนถือได้ว่าไม่มีนัยสำคัญ จากตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 4.2 และ 4.3 จะเห็นว่าสำหรับการปรับแก้ด้วยสมการโพลิโนเมียลกำลัง 1 เมื่อใช้จุดควบคุมภาพจำนวน 3 จุด ซึ่งเป็นจำนวนต่ำที่สุดที่สมการต้องการพบว่ามีค่า RMSE อยู่ที่ 2.154 เมตร เมื่อเพิ่มจำนวนจุดควบคุมภาพเป็น 4 จุด ค่า RMSE ที่ได้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (มากกว่า 1/3 เท่าของขนาดของจุดภาพ) กล่าวคือ มีค่า RMSE อยู่ที่ 1.362 เมตร และเมื่อเพิ่มจำนวนจุดควบคุมภาพมากขึ้นเป็น 6, 7 และ 8 จุด พบว่าค่า RMSE ที่ได้มีค่า 1.299, 1.279 และ 1.294 ตามลำดับ ซึ่งค่า RMSE ทั้ง 3 ค่าต่างกันเพียงเล็กน้อยจนถือได้ว่าไม่มีนัยสำคัญ ดังนั้นจำนวนจุดควบคุมภาพที่เหมาะสมสำหรับการปรับแก้ภาพด้วยสมการโพลิโนเมียลกำลัง 1 คือ 4-6 จุด โดยที่ค่าความถูกต้องโดยรวมของการใช้จุดควบคุมภาพ 6 จุด ดีขึ้นกว่า 4 จุดเล็กน้อย กล่าวคือ ที่จำนวนจุดควบคุมภาพ 4 จุด ค่า RMSE ของจุดตรวจสอบมีค่า 1.362 เมตร ในขณะที่เมื่อใช้จุดควบคุมภาพจำนวน 6 จุด ค่า RMSE ของจุดตรวจสอบมีค่า 1.299 เมตร เมื่อใช้สมการโพลิโนเมียลกำลัง 2 ในการปรับแก้ภาพดาวเทียม พบว่า เมื่อใช้จุดควบคุมภาพจำนวน 6 จุด ซึ่งเป็นจำนวนน้อยที่สุดที่แบบจำลองต้องการ ค่า RMSE ที่ได้ คือ 3.105 เมตร เมื่อเพิ่มจำนวนจุดควบคุมภาพเป็น 7, 8, 10 และ 12 จุด ค่า RMSE ที่ได้มีค่า 1.156, 1.186, 1.084 และ 1.115 เมตร ตามลำดับ ซึ่งลดลงจากการใช้จุดควบคุมภาพจำนวน 6 จุด อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจำนวนจุดควบคุมภาพที่เหมาะสมสำหรับการปรับแก้ด้วยสมการโพลิโนเมียลกำลัง 2 คือ 7–12 จุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาความถูกต้องของภาพดาวเทียม IKONOS ที่ผ่านการปรับแก้ด้วยสมการโพลิโนเมียล โดยจำนวนจุดควบคุมภาพที่เหมาะสมสำหรับการปรับแก้ด้วยสมการโพลิโนเมียลกำลัง 1 และ กำลัง 2 อยู่ในช่วง 4-6 จุด และ 8-12 จุด ตามลำดับ (วิชัย, 2549) และเมื่อใช้สมการโพลิโนเมียลกำลัง 3 ในการปรับแก้ พบว่าเมื่อใช้จุดควบคุมภาพจำนวน 10 จุด ซึ่งเป็นจำนวนน้อยที่สุดที่แบบจำลองต้องการ มีค่า RMSE อยู่ที่ 1.281 เมตร และเมื่อเพิ่มจำนวนจุดควบคุมภาพเป็น 12 และ 16 จุด ค่า RMSE มีค่า 1.118 และ 0.995 เมตร ตามลำดับ จะเห็นว่าการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุดควบคุมภาพจากจำนวนต่ำสุดที่ต้องการ คือ 10 จุด มาเป็น 12 และ 16 จุด ให้ค่า RMSE ต่างกันเพียงเล็กน้อยประมาณ 0.10 เมตร แต่การใช้จำนวนจุดควบคุมภาพน้อยที่สุดที่แบบจำลองต้องการทำให้ไม่มีการคำนวณปรับแก้เนื่องจากไม่มี Redundant ความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์ที่ได้จึงน้อยกว่าผลที่ได้จากการคำนวณปรับแก้ ดังนั้น จำนวนจุดควบคุมภาพที่เหมาะสมสำหรับการปรับแก้ด้วยสมการโพลิโนเมียลกำลัง 3 คือ 12-16 จุด

I22473592

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นว่าสำหรับพื้นที่ศึกษานี้กำลังที่ต่างกันของสมการโพลิโนเมียลที่ใช้ในการปรับแก้และการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุดควบคุมภาพมีผลต่อความถูกต้องของการแปลงค่าพิกัดไม่มากนัก กล่าวคือ ค่า RMSE รวมของจุดตรวจสอบมีค่าประมาณ 1 เมตร โดยธรรมชาติของสมการโพลิโนเมียลแล้วจะให้ผลการปรับแก้ที่ดีบริเวณรอบๆ จุดควบคุมภาพ แต่จะมีความคลาดเคลื่อนสูงและมีความแปรปรวนมากเมื่ออยู่ไกลออกไป และจำนวนจุดควบคุมภาพที่ใช้ต้องมีมากพอและมีการกระจายตัวที่ดี ดังนั้นหากใช้สมการโพลิโนเมียลที่มีกำลังสูงๆ ในการปรับแก้จำนวนจุดควบคุมภาพน้อยที่สุดที่แบบจำลองต้องการจึงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ทำให้ค่าใช้จ่ายในการทำงานสนามเพิ่มสูงขึ้นและใช้เวลาในการประมวลผลเพิ่มขึ้น

เนื่องจากพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ราบ การปรับแก้โดยใช้สมการโพลิโนเมียลกำลัง 1 และ 2 จึงเพียงพอสำหรับงานวิจัยนี้ เมื่อพิจารณารูปที่ 4.1-4.3 พบว่า สำหรับการปรับแก้ด้วยสมการโพลิโนเมียลกำลัง 2 เมื่อใช้จุดควบคุมภาพจำนวน 10 จุด ให้ความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบดีที่สุด คือ 1.084 เมตร ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Shaker et al.(2005) ที่สรุปว่า สำหรับพื้นที่ราบสมการโพลิโนเมียลกำลัง 2 ให้ค่าความถูกต้องของการปรับแก้เชิงเรขาคณิตของภาพดาวเทียมที่ดีที่สุด ในขณะที่หากใช้สมการโพลิโนเมียลกำลัง 1 ที่จุดควบคุมภาพจำนวน 10 จุดเท่ากัน ความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบอยู่ที่ 1.250 เมตร (ดูตารางที่ 4.1) จะเห็นว่าที่จุดควบคุมภาพจำนวน 10 จุดเท่ากัน เมื่อใช้สมการโพลิโนเมียลกำลัง 2 ในการปรับแก้ ค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งที่ได้ดีกว่าการใช้สมการโพลิโนเมียลกำลัง 1 ในการปรับแก้ถึง 0.166 เมตร และหากจะใช้สมการโพลิโนเมียลกำลัง 1 ในการปรับแก้ ต้องใช้จำนวนจุดควบคุมภาพมากถึง 20 จุด จึงจะได้ความถูกต้องในระดับเดียวกัน

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น จะเห็นได้ว่าการปรับแก้ด้วยสมการโพลิโนเมียลกำลัง 2 โดยใช้จุดควบคุมภาพจำนวน 10 จุด มีความเหมาะสมในงานวิจัยนี้ เนื่องจากให้ค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบดีที่สุด และใช้จุดควบคุมภาพไม่มากเพียง 10 จุด

ในการศึกษาขั้นต่อไปจึงเลือกใช้สมการโพลิโนเมียลกำลัง 2 โดยใช้จุดควบคุมภาพจำนวน 10 จุดในการปรับแก้

4.1.1.2 การศึกษาตำแหน่งการวางตัวของจุดควบคุมภาพ

ในการศึกษาตำแหน่งการวางตัวของจุดควบคุมภาพ ใช้การปรับแก้เชิงเรขาคณิตโดยแบบจำลองนอนพาราเมตริกด้วยสมการโพลิโนเมียลกำลัง 2 ร่วมกับจุดควบคุมภาพที่ได้จากการรับสัญญาณดาวเทียม GPS จำนวน 10 จุด (ซึ่งเป็นผลการศึกษาจาก 4.1.1.1) แล้วทดลองจัดตำแหน่งการวางตัวของจุดควบคุมภาพที่ตำแหน่งต่างๆ กัน (ดูรูปที่ 3.6) คือ

1) ตำแหน่งจุดควบคุมภาพกระจุกตัวอยู่ที่มุมภาพ
2) ตำแหน่งจุดควบคุมภาพกระจุกตัวบริเวณกึ่งกลางภาพ

3) ตำแหน่งจุดควบคุมภาพกระจายตัวบริเวณขอบภาพ

4) ตำแหน่งจุดควบคุมภาพกระจายทั่วทั้งภาพ

เมื่อวัดค่าคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางราบ (RMSE) ของจุดตรวจสอบจำนวน 22 จุด ได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่า RMSE ทางราบของจุดตรวจสอบเมื่อปรับแก้ภาพดาวเทียมด้วยสมการโพลิโนเมียลกำลัง 2 โดยใช้จุดควบคุมภาพจำนวน 10 จุด เมื่อตำแหน่งการวางตัวของจุดควบคุมภาพต่างกัน (รายละเอียดการคำนวณดูที่ภาคผนวก ข)

ตำแหน่งการวางตัวของจุดควบคุมภาพ	**RMSE (m)**		
	E	N	Total
มุมภาพ	10.373	7.004	12.516
กลางภาพ	3.469	1.268	3.694
ขอบภาพ	0.838	0.810	1.165
ทั่วทั้งภาพ	0.670	0.851	1.084

จะเห็นว่าตำแหน่งของจุดควบคุมภาพมีผลโดยตรงต่อความถูกต้องของภาพดาวเทียมภายหลังการปรับแก้ จากตารางที่ 4.2 พบว่า เมื่อจุดควบคุมภาพมีการกระจายตัวทั่วทั้งภาพจะให้ความถูกต้องของภาพภายหลังการปรับแก้ดีที่สุด คือ มีค่า RMSE น้อยที่สุด อยู่ที่ 1.084 เมตร ในขณะที่เมื่อจุดควบคุมภาพอยู่บริเวณขอบภาพ และ ตรงกลางภาพ ให้ค่าความถูกต้องรองลงมา คือ RMSE อยู่ที่ 1.165 และ 3.694 เมตร ตามลำดับ และเมื่อจุดควบคุมภาพกระจุกตัวอยู่บริเวณมุมภาพจะให้ผลความถูกต้องของภาพภายหลังการปรับแก้แย่ที่สุด โดยที่มีค่า RMSE อยู่ที่ 12.516 เมตร

4.1.2 ผลการปรับแก้ภาพดาวเทียม โดยใช้จุดควบคุมภาพจากแผนที่กรุงเทพมหานคร มาตราส่วน 1:4000

จากผลการปรับแก้ภาพดาวเทียมโดยใช้จุดควบคุมภาพจากการรับสัญญาณดาวเทียม GPS ในหัวข้อที่ 4.1.1 พบว่าการปรับแก้ด้วยสมการโพลิโนเมียลกำลัง 2 เมื่อใช้จุดควบคุมภาพจำนวน 10 จุด กระจายทั่วทั้งภาพ มีความเหมาะสมกับงานวิจัยนี้ดังได้กล่าวมาแล้ว ดังนั้น ในขั้นตอนนี้จึงใช้สมการโพลิโนเมียลกำลัง 2 โดยใช้จุดควบคุมภาพจำนวน 10 จุด ในการปรับแก้ภาพดาวเทียมเช่นกัน ตำแหน่งของจุดควบคุมภาพดังแสดงในรูปที่ 4.4

รูปที่ 4.4 แสดงตำแหน่งของจุดควบคุมภาพที่ใช้ในการปรับแก้ภาพดาวเทียม โดยใช้จุดควบคุมภาพจากแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000

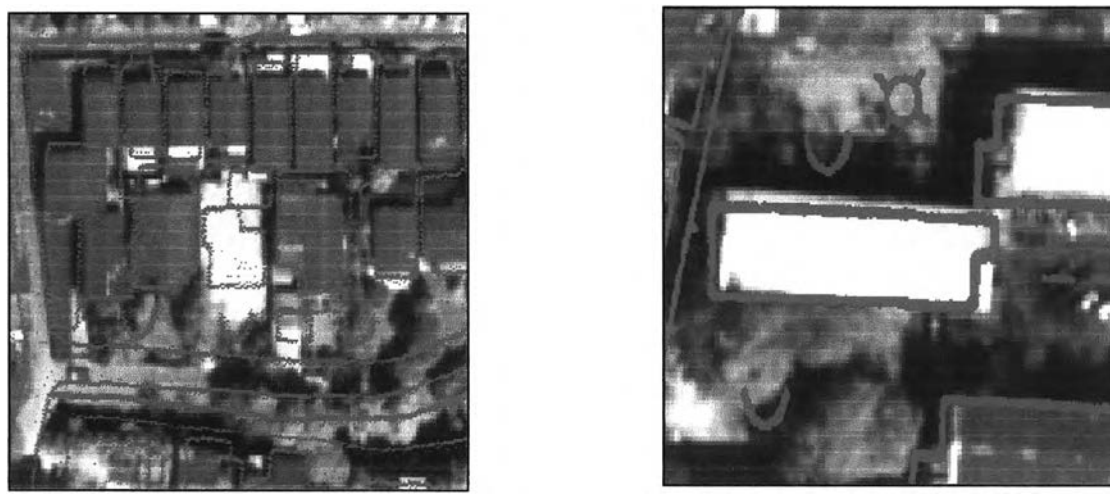
เมื่อวัดค่าคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางราบ (RMSE) ของจุดตรวจสอบ (Well-Defined Point) จำนวน 72 จุด บนภาพดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้ด้วยสมการโพลิโนเมียลกำลัง 2 โดยใช้จุดควบคุมภาพจากแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 ซึ่งทำการปรับแก้แบบ Image to Image Registration บนพื้นหลักฐาน Indian 1975 พบว่าเท่ากับค่า RMSE ของการปรับแก้ด้วยวิธีเดียวกันแต่ใช้จุดควบคุมภาพจากแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 บนพื้นหลักฐาน WGS84 ซึ่งได้มาจากการแปลงค่าพิกัดของแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 บนพื้นหลักฐาน Indian 1975 คือ มีค่า RMSE เท่ากับ 1.677 เมตร (รายละเอียดการคำนวณดูที่ภาคผนวก ข)

4.2 การซ้อนทับแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 กับภาพดาวเทียมที่ผ่านกระบวนการปรับแก้ด้วยสมการโพลิโนเมียล

4.2.1 การซ้อนทับแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 กับภาพดาวเทียมที่ผ่านกระบวนการปรับแก้โดยใช้จุดควบคุมภาพจากการรับสัญญาณดาวเทียม GPS

เมื่อนำแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 ที่ผ่านกระบวนการ register และแปลงระบบค่าพิกัดให้อยู่ในระบบเดียวกันกับภาพดาวเทียม QuickBird คือ WGS84 มาซ้อนทับกับภาพดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้ด้วยการใช้จุดควบคุมภาพจากการรับสัญญาณดาวเทียม GPS โดยใช้จุดควบคุมภาพจำนวน 10 จุด กระจายทั่วทั้งภาพ และมีค่า RMSE เท่ากับ 1.084 เมตร (ดูตารางที่ 4.1)

พบว่าข้อมูลจากทั้ง 2 แหล่ง ไม่ซ้อนทับกันพอดี ดังรูปที่ 4.5 และเมื่อทำการวัดระยะทางที่คลาดเคลื่อนไปของจุด Well-Defined Point ที่อยู่บนพื้นดิน จำนวน 72 จุด ได้ผลดังตารางที่ 4.3



รูปที่ 4.5 แสดงการซ้อนทับแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 กับภาพดาวเทียมที่ผ่านกระบวนการปรับแก้แล้ว

ตารางที่ 4.3 ผลการวัดระยะทางของ Well-Defined Point บนพื้นดินจากภาพดาวเทียม QuickBird ที่ผ่านการปรับแก้โดยใช้จุดควบคุมภาพจากการรับสัญญาณดาวเทียม GPS ไปยังแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000

ค่าทางสถิติ	dX (เมตร)	dY (เมตร)	Distance (เมตร)
Max	0.461	2.233	4.750
Min	-4.181	-3.781	0.492
Mean	-2.006	-1.029	2.701
SD	1.047	1.398	0.869

จากตารางที่ 4.3 พบว่าค่าคลาดเคลื่อนที่วัดได้ของ Well-Defined Point บนภาคพื้นดินจากภาพดาวเทียม QuickBird ที่ผ่านกระบวนการปรับแก้ด้วยสมการโพลิโนเมียลโดยใช้จุดควบคุมภาพจากการรับสัญญาณดาวเทียม GPS ไปยังแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 มีค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ที่ 2.701 เมตร หรือประมาณ 2.7 เมตร ในขณะที่ค่าคลาดเคลื่อนต่ำสุดและสูงสุดอยู่ในช่วง 0.492 – 4.750 เมตร ซึ่งค่าคลาดเคลื่อนดังกล่าวน่าจะมีสาเหตุมาจาก

1) ความคลาดเคลื่อนจากการ Scan แผนที่

2) การยืดหดตัวของกระดาษที่ใช้ plot แผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน1:4000

3) ความคลาดเคลื่อนในการแปลงค่าพิกัดจากพิกัดภาพมาเป็นพิกัดแผนที่

4) ความถูกต้องเชิงตำแหน่งของแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 ซึ่งมีค่าอยู่ที่ 0.80 เมตร

4.2.2 การซ้อนทับแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 กับภาพดาวเทียมที่ผ่านกระบวนการปรับแก้ โดยใช้จุดควบคุมภาพจากแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000

เมื่อนำภาพดาวเทียมที่ผ่านกระบวนการปรับแก้โดยใช้จุดควบคุมภาพจากแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 มาทำการ Rectified โดยวิธี Image to Image บนพื้นหลักฐาน Indian 1975 และ WGS84 มาซ้อนทับกับแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 แล้ววัดระยะคลาดเคลื่อนของจุด Well-Defined Point บนพื้นดิน จำนวน 72 จุด จากภาพดาวเทียมไปยังแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 ได้ผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการวัดระยะทางของ Well-Defined Point บนพื้นดินจากภาพดาวเทียม QuickBird ที่ผ่านการปรับแก้ โดยใช้จุดควบคุมภาพจากแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 ไปยังแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000

พื้นหลักฐาน	ค่าทางสถิติ	dX (เมตร)	dY (เมตร)	Distance (เมตร)
Indian 1975	Max	1.737	2.932	3.841
	Min	-3.158	-2.550	0.161
	Mean	-0.330	0.081	1.471
	SD	1.097	1.250	0.812
WGS84	Max	1.737	2.932	3.841
	Min	-3.158	-2.550	0.041
	Mean	-0.323	0.069	1.469
	SD	1.093	1.244	0.815

จากตารางที่ 4.4 พบว่าค่าคลาดเคลื่อนที่วัดได้ของ Well-Defined Point บนภาคพื้นดินจากภาพดาวเทียม QuickBird ที่ผ่านกระบวนการปรับแก้ด้วยสมการโพลิโนเมียล โดยวิธี Image to

Image ไปยังแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.471 เมตร สำหรับพื้นหลักฐาน Indian 1975 และ 1.469 เมตร สำหรับพื้นหลักฐาน WGS84 หรือประมาณ 1.5 เมตร ซึ่งน้อยกว่าค่าคลาดเคลื่อนของการซ้อนทับแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 กับภาพดาวเทียม QuickBird ที่ผ่านกระบวนการปรับแก้ด้วยสมการโพลิโนเมียลโดยใช้จุดควบคุมภาพจากการรับสัญญาณดาวเทียม GPS ดังตารางที่ 4.3 (ค่าคลาดเคลื่อนระยะทางเฉลี่ย เท่ากับ 2.701 เมตร) อยู่ 1.232 เมตร (พื้นหลักฐาน WGS84) หรือประมาณ 1 เมตร

4.2.3 สรุปผลการซ้อนทับแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 กับภาพดาวเทียม QuickBird ที่ผ่านการปรับแก้ด้วยสมการโพลิโนเมียล

เนื่องด้วยภาพดาวเทียมที่ผ่านกระบวนการปรับแก้ด้วยสมการโพลิโนเมียลโดยใช้จุดควบคุมภาพจากการรับสัญญาณดาวเทียม GPS ที่นำมาซ้อนทับกับแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 มีค่า RMSE อยู่ที่ 1.084 เมตร และภาพดาวเทียมที่ผ่านกระบวนการปรับแก้ด้วยสมการโพลิโนเมียลโดยใช้จุดควบคุมภาพจากพิกัดของแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 โดยวิธีการ Image to Image Registration มีค่า RMSE อยู่ที่ 1.677 เมตร จะเห็นว่าค่าคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางราบของภาพดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้โดยใช้จุดควบคุมภาพจากการรับสัญญาณดาวเทียม GPS มีค่าคลาดเคลื่อนน้อยกว่าประมาณ 0.60 เมตร และเมื่อนำภาพดาวเทียมดังกล่าวมาซ้อนทับกับแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 พบว่ามีระยะทางคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของ Well-Defined Point เท่ากับ 2.701 เมตร ในขณะที่ค่าคลาดเคลื่อนของระยะทางเฉลี่ยของการซ้อนทับภาพดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้แบบ Image to Image กับแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 ณ Well-Defined Point ชุดเดียวกันมีค่า 1.469 เมตร บนพื้นหลักฐาน WGS84 ซึ่งค่าคลาดเคลื่อนของระยะทางเฉลี่ยของทั้งสองวิธีต่างกันอยู่ 1.232 เมตร หรือประมาณ 1 เมตร

เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.3 และ 4.4 พบว่า ความถูกต้องในการวัดระยะทางระหว่างแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 กับภาพดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้โดยใช้จุดควบคุมภาพจากการรับสัญญาณดาวเทียม GPS และจากแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 บนพื้นหลักฐาน WGS84 มีค่าใกล้เคียงกัน คือ 0.869 เมตร และ 0.815 เมตร ตามลำดับ แต่ระยะทางคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเมื่อซ้อนทับแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 กับภาพดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้โดยใช้จุดควบคุมภาพจากการรับสัญญาณดาวเทียม GPS มีค่ามากกว่าระยะทางคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการซ้อนทับแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 กับภาพดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้โดยใช้จุดควบคุมภาพจากแผนที่มาตราส่วน 1:4000 ถึง 1 เมตร ทั้งๆ ที่ภาพดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้โดยใช้จุดควบคุมภาพจากการรับสัญญาณดาวเทียม GPS มีความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบดีกว่า ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ในขณะที่ภาพดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้

โดยใช้จุดควบคุมภาพจากแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 ด้วยวิธี Image to Image Registration เมื่อนำมาซ้อนทับกับแผนที่กรุงเทพมาตราส่วน 1:4000 ชุดเดิมที่ใช้อ้างอิงในการปรับแก้แล้ววัดระยะทางคลาดเคลื่อนพบว่าระยะทางคลาดเคลื่อนเฉลี่ยน้อยกว่าการซ้อนทับแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 กับภาพดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้โดยใช้จุดควบคุมภาพจากการรับสัญญาณดาวเทียม GPS ทั้งนี้เนื่องมาจากภาพดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้โดยใช้จุดควบคุมภาพจากแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 มีค่าคลาดเคลื่อนเช่นเดียวกันกับแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 เมื่อนำมาซ้อนทับกันแล้ววัดระยะทางคลาดเคลื่อนจึงไม่พบค่าคลาดเคลื่อนที่แฝงอยู่ ดังนั้น สาเหตุของความคลาดเคลื่อนจึงน่าจะมาจากแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 ซึ่งความคลาดเคลื่อนดังกล่าวอาจมีสาเหตุมาจากหลายประการด้วยกัน คือ ความคลาดเคลื่อนจากการ Scan แผนที่ การยืดหดตัวของกระดาษที่ใช้ plot แผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 ความคลาดเคลื่อนในการแปลงค่าพิกัดจากพิกัดภาพมาเป็นพิกัดแผนที่ และความถูกต้องเชิงตำแหน่งของแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 ซึ่งมีค่าอยู่ที่ 0.80 เมตร

ดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า ความถูกต้องของการวัดระยะทางคลาดเคลื่อนระหว่างแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 กับภาพดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้โดยใช้จุดควบคุมภาพจากการรับสัญญาณดาวเทียม GPS และจากแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 บนพื้นหลักฐาน WGS84 มีค่า 0.869 เมตร และ 0.815 เมตร ตามลำดับ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ความถูกต้องทางราบของภูมิสารสนเทศ ตามมาตรฐานของ FGDC ดังตารางที่ 2.4 ในบทที่ 2 พบว่า ค่าความถูกต้องดังกล่าว อยู่ในเกณฑ์ของค่าความถูกต้องทางราบของแผนที่มาตราส่วน 1:4000 ชั้น 1 ซึ่งกำหนดไว้ที่ 1 เมตร ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าภาพดาวเทียมรายละเอียดสูง QuickBird ที่ผ่านการปรับแก้โดยแบบจำลองนอนพาราเมตริกร่วมกับการใช้จุดควบคุมภาพ มีความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบเพียงพอที่จะใช้ในการปรับปรุงแผนที่มาตราส่วนใหญ่สำหรับพื้นที่เล็กๆ

4.3 ผลการเปรียบเทียบรายละเอียดข้อมูลภาพดาวเทียมกับแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000

จากการศึกษารายละเอียดที่ปรากฏบนแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 จากบัญชีสัญลักษณ์ พบว่ามีรายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ค จากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบรายละเอียดข้อมูลภาพดาวเทียมกับแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 โดยใช้หลักเกณฑ์การเปรียบเทียบซึ่งให้คำนิยามไว้ในบทที่ 3 หัวข้อ 3.4 ได้ผลดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ความสามารถในการมองเห็นได้ของภาพดาวเทียม QuickBird เปรียบเทียบรายละเอียดกับแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000

รายละเอียดแผนที่ 1:4000	เกณฑ์การมองเห็น					
	ชัดเจน	ปานกลาง	ไม่ชัดเจน	ไม่เห็น	ไม่มีข้อมูล	สำรวจภาคสนาม
ทางหลวงสายประธาน	/					
ทางหลวงสายรอง	/					
ถนนลูกรัง พื้นถนนอ่อน	/					
ทางพิเศษ ทางด่วน ทางยกระดับ	/					
ทางคนเดิน					/	
ถนนกำลังก่อสร้าง					/	
ทางเดินเท้า			/			
ทางต่างระดับ สะพานสำหรับรถข้ามทางแยก	/					
ทางแยกต่างระดับ ทางแยก	/					
อุโมงค์ลอดทางแยก	/					
สะพานคนเดินข้ามถนน	/					
ด่านเก็บค่าผ่านทาง	/					
ถนนในสวนสาธารณะ	/					
ทางรถไฟและสถานีรถไฟ		/				
ทางรถไฟลอยฟ้าและสถานีรถไฟลอยฟ้า	/ /					
ทางรถไฟฟ้าใต้ดินและสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน	/			/		
อาคาร - อาคารที่มีความสูง 1-5 ชั้น - อาคารที่มีความสูง 6-15 ชั้น - อาคารที่มีความสูง 16 ชั้นขึ้นไป	/					/ / /
หน่วยงานราชการ						/
ศาลากลางจังหวัด						/
สำนักงานเขต/อำเภอ						/
สำนักงานแขวง/ตำบล						/
สถานีตำรวจ						/
สถานีตำรวจดับเพลิง						/
ที่ทำการไปรษณีย์						/
สถานศึกษา	/					
โบราณสถาน / ป้อมปราการ					/	
สถานพยาบาลของรัฐ						/
สถานพยาบาลของเอกชน						/

รายละเอียดแผนที่ 1:4000	เกณฑ์การมองเห็น					
	ชัดเจน	ปานกลาง	ไม่ชัดเจน	ไม่เห็น	ไม่มีข้อมูล	สำรวจภาคสนาม
สถานทูต						/
หน่วยงานขององค์การสหประชาชาติ						/
วัดมีโบสถ์	/					
วัดไม่มีโบสถ์	/					
สำนักสงฆ์					/	
โบสถ์คริสต์						/
มัสยิด			/			
ศาสนสถานฮินดู						/
ศาลเจ้า					/	
โรงแรม						/
ตลาดสด						/
ธนาคาร						/
โรงงาน						/
ที่จอดเฮลิคอปเตอร์						/
โรงละคร โรงภาพยนตร์						/
ห้องสมุด						/
สถานีไฟฟ้าย่อย	/					
โรงเก็บของ						/
ถังเก็บน้ำมันและก๊าซ	/					
ประภาคาร					/	
อนุสาวรีย์			/			
พระบรมรูป รูปปั้น			/			
สถานีบริการน้ำมัน						/
สถานีบริการก๊าซ						/
น้ำพุ		/				
สนามกอล์ฟ	/					
อาคารกำลังก่อสร้าง						/
สุสาน					/	
สายไฟฟ้าแรงสูง		/				
กำแพงหรือรั้ว			/			
สะพาน ท่าเรือ เชื่อนกันคลื่น	/					
แม่น้ำ หรือ ทะเล	/					
คลอง	/					
คู ลำราง	/					
สะพานท่อ		/				
สะพาน	/					
ประตูน้ำ					/	

รายละเอียดแผนที่ 1:4000	เกณฑ์การมองเห็น					
	ชัดเจน	ปานกลาง	ไม่ชัดเจน	ไม่เห็น	ไม่มีข้อมูล	สำรวจภาคสนาม
ทำนบกั้นน้ำ					/	
สถานีสูบน้ำ						/
ทะเลสาบ สระ บ่อน้ำ หนองน้ำแอ่ง	/					
บ่อปลา						/
บ่อกุ้ง						/
นาเกลือ					/	
สวนสาธารณะ	/					
สนามหญ้า	/					
พุ่มไม้ ป่าละเมาะ	/					
ทุ่งนา					/	
ไร่ สวนผลไม้ สวนไม้ดอก						/
ป่าเลนน้ำเค็ม					/	
พื้นที่โล่ง	/					
สนามกีฬา	/					

จากตารางที่ 4.5 ใช้รายละเอียดข้อมูลแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 ทั้งสิ้น 84 รายการเป็นข้อมูลอ้างอิง เมื่อนับจำนวนรายการข้อมูลอ้างอิงที่ตรงตามเงื่อนไข (เกณฑ์การมองเห็น) แต่ละประเภท แล้วนำมาคิดเป็นร้อยละ สามารถสรุปได้ดัง ตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 สรุปรายละเอียดของภาพดาวเทียม QuickBird เทียบกับแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000

เกณฑ์การมองเห็น	จำนวนรายละเอียด	คิดเป็นร้อยละ
ชัดเจน	31	36.9
ปานกลาง	4	4.8
ไม่ชัดเจน	5	5.9
ไม่เห็น	1	1.2
ไม่มีข้อมูล	12	14.3
สำรวจภาคสนาม	31	36.9

จากตารางที่ 4.5 และ 4.6 จะเห็นว่า ภาพดาวเทียมรายละเอียดสูง QuickBird มีรายละเอียดภาพเมื่อเทียบกับบัญชีสัญลักษณ์ของแผนที่กรุงเทพมหานครมาตราส่วน 1:4000 ถึงร้อยละ 84.5 (คำนวณมาจากผลรวมของร้อยละของการมองเห็น คือ ชัดเจน ปานกลาง ไม่ชัดเจน และสำรวจข้อมูลภาคสนาม) โดยที่ร้อยละ 73.8 (คำนวณมาจากผลรวมของร้อยละของการมองเห็น คือ ชัดเจน และสำรวจข้อมูลภาคสนาม) เป็นวัตถุที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนโดยที่ต้องมีการสำรวจข้อมูลภาคสนามร่วมด้วยเพื่อบ่งชี้การใช้ประโยชน์ให้ถูกต้อง เช่น ภาพดาวเทียมรายละเอียดสูง Quickbird มองเห็นอาคารได้ชัดเจน แต่ไม่สามารถระบุได้ว่า อาคารนั้นมีกี่ชั้น และใช้ประโยชน์อะไร หรืออีกกรณีหนึ่งเช่น ภาพดาวเทียม QuickBird สามารถมองเห็นแหล่งน้ำได้ชัดเจน แต่ไม่สามารถบ่งชี้ได้ว่า เป็นบ่อปลา หรือ บ่อกุ้ง ต้องมีการสำรวจภาคสนามเพิ่มเติม เป็นต้น