หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การกำหนดสถานีดอปเปลอร์

3.1 วิธีรับสัญญาณ

ความละเอียดถูกต้องของค่าพิกัด จำนวนการรับสัญญาณจากดาวเทียมที่สมบูรณ์ และจำนวนเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงาน สามารถแสดงไว้ตามตารางที่ 3.1

ตาราง 3.1 ความถูกต้องของการหาพิกัดตำแหน่ง (Hoar, 1982)

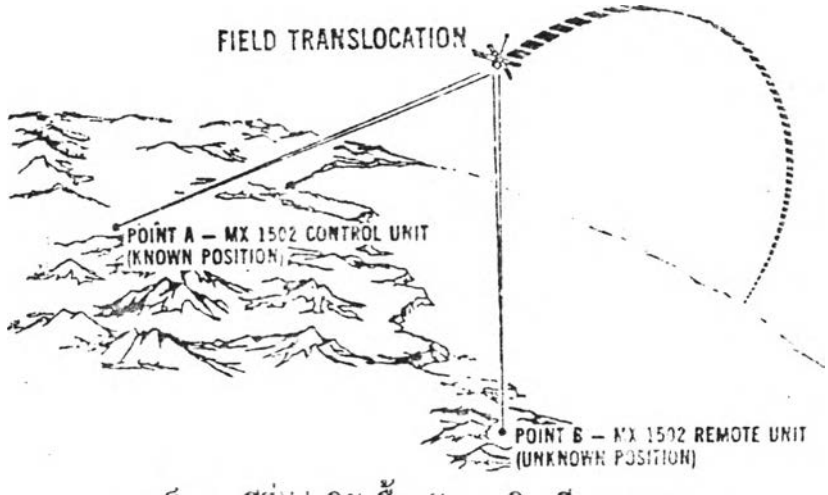
ความถูกต้อง (เมตร)	เทคนิคในการวัด	จำนวนเครื่องรับ	จำนวนทางเดินวงโคจรที่ต้องการ
> 37	Point Positioning	1	1 เส้น
> 10	Point Positioning	1	15 เส้น
> 1	Translocation	2	4 เส้น ที่เครื่องรับทั้งสองรับได้พร้อมกัน
0.5-1.0	Translocation	2	17 เส้น ที่เครื่องรับทั้งสองรับได้พร้อมกัน
> 0.3	Network Adjustment	> 3	20 เส้น ที่เครื่องรับอย่างน้อยสองเครื่องรับได้พร้อมกัน

3.2 เทคนิคการรับสัญญาณดาวเทียม

วิธีทรานสโลเคชั่นเป็นการรับสัญญาณดาวเทียมที่ใช้เครื่องรับสัญญาณน้อยที่สุด 2 เครื่อง สถานีแม่ทราบค่าพิกัดบนพื้นหลักฐานที่ต้องการ ส่วนสถานีรองต้องการทราบค่าพิกัด การรับสัญญาณแบบทรานสโลเคชั่น มี 2 วิธีคือ

3.2.1 Field Translocation ดำเนินการเฉพาะด้านรับสัญญาณดาวเทียม เมื่อสถานีรองรับสัญญาณครบตามต้องการ จะเคลื่อนย้ายไปรับสัญญาณในตำแหน่งต่อไป และเมื่อรับสัญญาณครบทุกตำแหน่งที่วางแผน จะนำเทปข้อมูลมาคำนวณหาค่าพิกัดตำแหน่งโดยวิธีทรานสโลเคชั่นต่อไปในภายหลัง ตามรูป 3.1

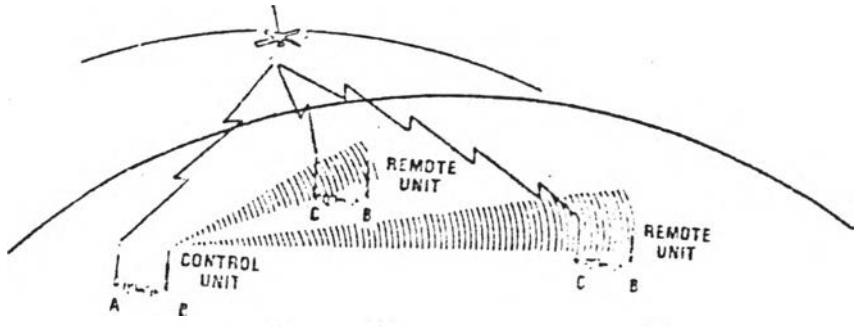
3.2.2 Real Time Translocation มีอุปกรณ์ระบบสื่อสารอยู่ภายในเครื่องรับสัญญาณ ขณะรับสัญญาณดาวเทียมที่สถานีแม่จะคำนวณหาค่าพารามิเตอร์เกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนวงโคจรดาวเทียม และจะส่งค่าพารามิเตอร์ไปยังสถานีรอง ทำให้สถานีรองสามารถคำนวณค่าพิกัดตำแหน่งโดยวิธีทรานสโลเคชั่นบนพื้นหลักฐานดาวเทียมเมื่อรับสัญญาณแต่ละเส้นวงโคจรเสร็จ ไม่จำเป็นต้องนำเทปข้อมูลไปคำนวณในภายหลัง ตามรูป 3.2



A เป็นสถานีที่รู้ค่าพิกัดพื้นหลักฐานอินเดียน 1918

B เป็นสถานีที่ต้องการรู้ค่าพิกัด

รูปที่ 3.1 การรับสัญญาณแบบ Field Translocation (Stansell, 1978)



A เป็นสถานีแม่ที่รู้ค่าพิกัดเริ่มหลักฐานอินเดียน 2518 ขณะรับสัญญาณจะคำนวณหาค่าพารามิเตอร์

B อุปกรณ์สื่อสาร ส่งค่าพารามิเตอร์ไปยังสถานีรอง

C เป็นสถานีรองที่คำนวณค่าพิกัดตำแหน่งแบบทรานสโลเคชั่น

รูปที่ 3.2 การรับสัญญาณแบบ Real Time Translocation (Stansell, 1978)

3.3 การคำนวณพิกัดตำแหน่งเริ่มหลักฐานดาวเทียม

กรมที่ดินเลือกใช้วิธีรับสัญญาณแบบโครงข่าย (Network Adjustment) รับสัญญาณใช้เครื่องรับทั้งสิ้น 4 เครื่อง รับสัญญาณพร้อมกันทั้ง 4 เครื่อง จำนวนสถานีในแต่ละวงรอบมี 10 สถานี เป็นสถานีแม่ 1 สถานี โดยสถานีแม่ตั้งรับสัญญาณที่หมุดโครงข่ายสามเหลี่ยมชั้นที่ 1 ของกรมแผนที่ทหาร ข้อมูลดาวเทียมเป็นแบบอีฟีเมอริสส่งกระจาย และจำนวนสัญญาณดาวเทียมที่ยอมรับในการดำเนินงาน ต้องมีจำนวนทางเดินวงโคจรของดาวเทียมที่กำหนดดังนี้

ก) สัญญาณคาบเกี่ยว (Overlap) ระหว่างสถานีรอง ไม่คำนึงถึงทิศทาง ต้องไม่น้อยกว่า 10 เส้นของวงโคจร

ข) สัญญาณคาบเกี่ยวระหว่างสถานีแม่กับสถานีรอง ต้องได้ทั้ง 4 ทิศทาง คือ NW, NE, SW และ SE ทิศทางละไม่ต่ำกว่า 7 เส้นวงโคจร

3.3.1 การคำนวณค่าพิกัด แบ่งตามประเภทเครื่องมือที่ใช้คือ เครื่องรับสัญญาณสามารถคำนวณได้แบบ Point Positioning และแบบทรานสโลเคชั่น โดยกรมที่ดินเลือกใช้วิธีคำนวณเฉพาะแบบ Point Positioning และเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ พร้อมโปรแกรม MAGNET สามารถคำนวณได้แบบ Point Positioning ทรานสโลเคชั่น และแบบโครงข่าย กรมที่ดินเลือกใช้วิธีคำนวณเฉพาะแบบทรานสโลเคชั่นและแบบโครงข่าย ในการคำนวณแต่ละวิธีมีรายละเอียดดังนี้

ก) การคำนวณแบบ Point Positioning คำนวณหาค่าพิกัดแต่ละสถานี เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสูง ใช้ประโยชน์ในการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ (ΔX, ΔY, ΔZ) เพื่อคำนวณแบบทรานสโลเคชั่น และทดสอบเทปบันทึกข้อมูลก่อนการเคลื่อนย้าย กรมที่ดินดำเนินการคำนวณด้วยเครื่องรับสัญญาณ วิธีดำเนินการเมื่อรับสัญญาณดาวเทียมแต่ละสถานีครบตามต้องการจะเปลี่ยน MODE ของเครื่องรับสัญญาณจาก MODE รับสัญญาณ (MODE STANDARD) เป็น MODE คำนวณ(MODE OFF LINE) เริ่มคำนวณหาค่าพิกัดตำแหน่ง ก่อนนำเทปบันทึกข้อมูลออกจากเครื่องรับสัญญาณ ผลการคำนวณจะแสดงทางเครื่องพิมพ์ การคำนวณนี้สามารถคำนวณได้ทันทีที่รับสัญญาณเสร็จที่แต่ละสถานี ยกเว้นสถานีแม่ต้องรอจนกระทั่งการรับสัญญาณครบทุกสถานีภายในวงรอบ จึงจะคำนวณได้

ข) การคำนวณแบบทรานสโลเคชั่น และแบบโครงข่าย ด้วยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ พร้อมโปรแกม MAGNET จะแสดงรายละเอียดหลักการและวิธีการคำนวณของโปรแกรม MAGNET ในหัวข้อที่ 4.2

3.3.2 ความคลาดเคลื่อนของสัญญาณดาวเทียมที่คำนวณตำแหน่งของเครื่องรับในขณะที่กำลังเคลื่อนที่ และส่งสัญญาณมายังเครื่องรับบนพื้นโลก T.A. Stansell (1978) ได้รวบรวมสาเหตุและขนาดของความคลาดเคลื่อนในการคำนวณไว้ดังนี้

ก) การหักเหของคลื่นในชั้น Ionosphere และ Troposphere
ที่ไม่อยู่ในสมการแบบจำลอง 1-5 เมตร

ข) เครื่องมือได้แก่ เครื่องสร้างความถี่ และนาฬิกา 3-6 เมตร

ค) ความไม่สมบูรณ์ของแบบจำลองสนามแรงดึงดูดของโลกในการ
ในการคำนวณวงโคจร 10-20 เมตร

ง) ค่าความสูง 10 เมตร

จ) การเคลื่อนที่ของขั้วโลก (Polar motion) และผลต่าง
UT1-UTC ส่วนที่ไม่ได้อยู่ในสมการแบบจำลอง 0-10 เมตร

ฉ) ความไม่ถูกต้องของสมการแบบจำลองของแรงกระทำ
อื่นต่อดาวเทียมได้แก่ แรงเสียดทาน และ radiation
pressure ที่ใช้ในการคำนวณตำแหน่งล่วงหน้า 10-25 เมตร

ช) การปัดตัวเลขตำแหน่งสุดท้ายในอีฟิเมอริส 5 เมตร

เมื่อรวมความคลาดเคลื่อนเข้าด้วยกัน จะพบว่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง 18 ถึง 35 เมตร ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบจากงานสนาม โดย APL ที่ได้ความไม่แน่นอนของพิกัดตำแหน่งอยู่ในช่วง 27 ถึง 37 เมตร

3.4 การตั้งเครื่องรับสัญญาณและกำหนดวงรอบ

เป็นวิธีปฏิบัติที่กรมที่ดินเลือกใช้ในการพิจารณาจัดทำแผนงานดำเนินการ เพื่อให้มีสถานีควบคุมค่าพิกัดทางราบกระจายเต็มพื้นที่ และการเลือกใช้ค่าพิกัดของหมุดกรมแผนที่ทหาร แบ่งวิธีปฏิบัติได้ 3 วิธีคือ

3.4.1 วิธีปฏิบัติในการรังวัดเพื่อกำหนดพิกัดตำแหน่งจุดบนพื้นโลก มีข้อควรปฏิบัติดังนี้

ก) การตั้งเครื่องมือ หมายถึงส่วนของเสาอากาศ ควรอยู่ห่างอย่างน้อย 10 เมตร กับเสาอากาศอื่น ๆ ที่รับคลื่นที่มีความถี่ย่านใกล้เคียงกัน โดยเฉพาะเสาอากาศเครื่องรับโทรทัศน์ที่รับคลื่นความถี่ใกล้เคียงมาก

ข) สถานที่ตั้งเสาอากาศ ควรอยู่ห่างกับพื้นน้ำในทะเลสาบหรือพื้นน้ำราบเรียบ หรือบริเวณที่มีโลหะราบเรียบ จะทำให้สัญญาณดาวเทียมเกิดการสะท้อนกลับ

ค) สถานที่ตั้งเสาอากาศ ควรอยู่ในที่โล่งไม่มีสิ่งปกคลุม อยู่ในที่ ๆ สามารถมองเห็นท้องฟ้าเป็นมุมไม่ต่ำกว่า 10 องศา กับแนวพื้นผิวโลก ณ จุดที่ตั้งเครื่องรับ

3.4.2 การแบ่งพื้นที่ ที่จะดำเนินการออกเป็นวงรอบ ตามความเหมาะสมของพื้นที่และการกระจายของหมุดโครงข่ายสามเหลี่ยมชั้น 1 และหมุดวงรอบชั้น 1 ของกรมแผนที่ทหาร โดยในแต่ละวงรอบ ประกอบด้วยสถานีดอปเปลอร์ จำนวน 10 สถานี เป็นสถานีแม่ 1 สถานี การกำหนดสถานีภายในวงรอบจะคำนึงถึงหลักวิชาการทางแผนที่และความประหยัดเพื่อวัตถุประสงค์

ก) สร้างสถานีดอปเปลอร์ให้กระจายคลุมพื้นที่ เพื่อใช้เป็นหมุดควบคุมค่าพิกัดทางราบของเส้นวงรอบต่าง ๆ

ข) เส้นวงรอบเดิมมีระยะทางของเส้นวงรอบยาว จำเป็นต้องตัดให้สั้นลงอยู่ในช่วงระยะ 30 ถึง 50 กิโลเมตร เพื่อให้เส้นวงรอบมีความคลาดเคลื่อนบรรจบของระยะและมุมอยู่ในเกณฑ์กำหนด (ข้อ 3.5)

ค) ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของหมุดกรมแผนที่ทหารในส่วนที่เกี่ยวข้องก่อนนำไปใช้คำนวณเส้นวงรอบ

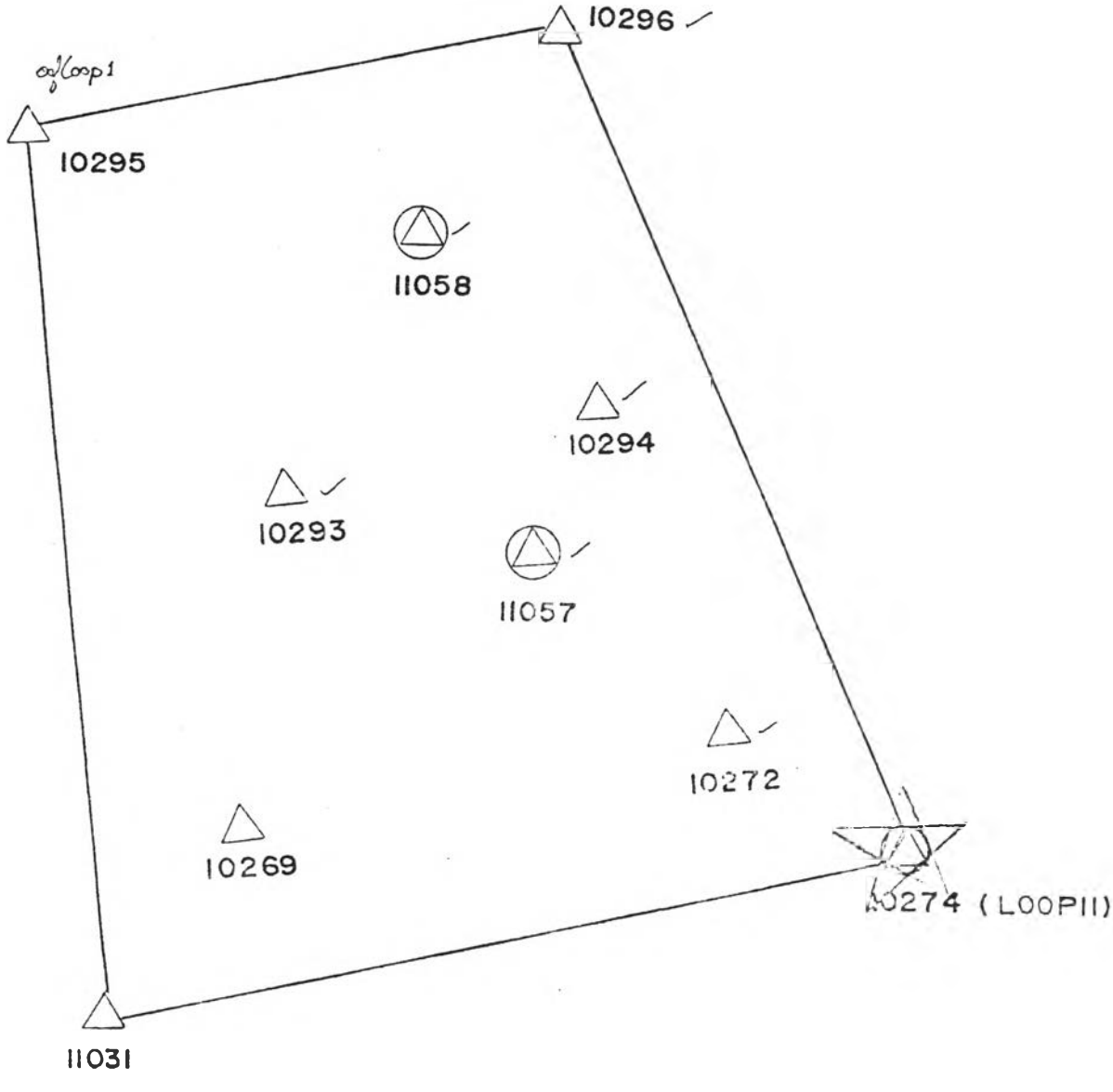
จากวัตถุประสงค์ดังกล่าวข้างต้น ระยะห่างของสถานีที่สร้างใหม่จะอยู่ในระยะ 30 ถึง 50 กิโลเมตร ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของพื้นที่ เพื่อให้ประโยชน์เป็นหมุดควบคุมค่าพิกัดทางราบ เช่น ในวงรอบที่ 9 จำนวนสถานี 10 สถานี ตามรูป 3.3 และระยะห่างของแต่ละสถานี แสดงในตารางที่ 3.2 สัญญลักษณ์ภายในวงรอบ คือ

R_1, R_2, R_3, R_4 หน่วยที่ตั้งเครื่องรับสัญญาณ เครื่องที่ 1, 2, 3, 4 ตามลำดับ

△ หมุดโครงข่ายสามเหลี่ยมชั้น 1 ของกรมแผนที่ทหาร

สถานีคอปเปลอร์ที่สร้างใหม่

สถานีแม่



รูปที่ 3.3 แสดงสถานีคอปเปลอร์ ในวงรอบที่ 9

ตาราง 3.2 ระยะห่างของแต่ละสถานี หน่วยเป็นเมตร

ชื่อสถานี	274	269	295	272	D58	D31	294	293	D57
269	43998.37								
295	77076.68	49523.26							
272	23376.72	23726.05	54955.97						
D58	56652.77	42122.24	23768.02	37188.05					
D31	50037.41	10626.64	56940.80	32579.000	52163.06				
294	38973.12	36397.59	40605.65	22266.20	18005.12	47005.82			
293	50015.22	24668.70	28208.10	27112.71	17847.37	34416.11	20181.94		
D57	36113.44	27276.89	40982.31	15407.02	21786.51	37863.56	9188.54	15321.74	
296	69262.52	63665.32	35020.40	54489.95	21927.06	73900.64	32274.06	39749.89	39910.88

3.4.3 การหาความคลาดเคลื่อนของหมุดกรมแผนที่ทหาร ใช้วิธีคำนวณถ่ายค่าพิกัดจากหมุดกรมแผนที่ทหาร ที่มีสภาพมั่นคงและใช้คำนวณในวงรอบอื่นมาก่อน เมื่อได้ค่าพิกัดของหมุดกรมแผนที่ทหารใหม่ จะนำค่าที่คำนวณได้ เปรียบเทียบกับค่าพิกัดของกรมแผนที่ทหาร โดยใช้เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน 1.50 เมตร ซึ่งได้จากการกำหนดความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบเส้นวงรอบชั้นที่ 3 ประเภท 1 ไม่ต่ำกว่า 1:10,000 ของความยาวเส้นวงรอบที่กำหนดไม่น้อยกว่า 30 กิโลเมตร เมื่อให้พิกัดควบคุมทางราบทั้ง 2 จุด มีความคลาดเคลื่อนไปทิศทางเดียวกัน ทำให้ความคลาดเคลื่อนรวมของพิกัดควบคุมทางราบเป็น 3.00 เมตร ถ้าการรังวัดเส้นวงรอบไม่มีความผิดพลาด จะได้ความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบ 1:10,000 และ การใช้ค่าพิกัดทางราบของกรมแผนที่ทหารพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนแบ่งได้เป็น

ก) ค่าพิกัดของหมุดกรมแผนที่ทหารที่คำนวณใหม่ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าพิกัดของกรมแผนที่ทหารมีความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ ± 1.50 เมตร จะใช้ค่าพิกัดของกรมแผนที่ทหาร

ข) ค่าพิกัดของหมุดกรมแผนที่ทหารที่คำนวณใหม่ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าพิกัดของกรมแผนที่ทหารมีความคลาดเคลื่อนเกินเกณฑ์ ± 1.50 เมตร จะใช้ค่าพิกัดที่คำนวณได้ใหม่ และจะเปลี่ยนชื่อหมุดเป็นชื่อของกรมที่ดินแทน เพื่อไม่ให้เกิดความสับสนในการนำไปใช้

3.5 งานแบ่งชั้นงานเส้นวงรอบของกรมที่ดิน

เป็นการจำแนกประเภท ตามมาตรฐานความละเอียดถูกต้อง และเกณฑ์กำหนดทั่วไปของงานรังวัดควบคุมยีออเดติก เป็นงานชั้นสาม ประเภท 1 และประเภท 2 ของงานรังวัดควบคุมทางราบ รายละเอียดตามตารางที่ 3.3 ส่วนการคำนวณปรับแก้ความคลาดเคลื่อนบรรจบใช้วิธีกฎเข็มทิศ (Compass Rule Method) ซึ่งเหมาะสำหรับงานวงรอบที่การวัดมุมและการวัดระยะมีความละเอียดเท่ากัน ใช้วิธีนี้ในการปรับแก้วงรอบระบบพิกัดยูทีเอ็ม ค่าแก้หาได้จาก

ค่าแก้ทางละติจูด = $\frac{\text{ความยาวด้าน} \times \text{ค่าความคลาดเคลื่อนบรรจบทางละติจูด}}{\text{ผลรวมความยาวด้านในเส้นวงรอบ}}$

ค่าแก้ทางดีพาร์ทเจอร์ = $\frac{\text{ความยาวด้าน} \times \text{ค่าความคลาดเคลื่อนบรรจบทางดีพาร์ทเจอร์}}{\text{ผลรวมความยาวด้านในเส้นวงรอบ}}$

ตาราง 3.3 มาตรฐานการจำแนกของงานรังวัดควบคุมยีออเดติก งานวงรอบชั้นสาม (Federal Geodetic Control Committee, 1975)

	ประเภทหนึ่ง	ประเภทสอง
การวัดมุม (หรือทิศทาง) ในแนวราบ		
กล้องวัดมุม	1".0	1".0
จำนวนชุดของการวัด	4	4
เกณฑ์ปฏิเสธค่าการวัด	5"	5"
การวัดความยาว		
ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน	1:60,000	1:30,000
อะซิมุทดาราศาสตร์		
จำนวนเส้นวงรอบในระหว่างแนวที่มี-การวัดอะซิมุท	20-25	30-40
จำนวนชุดของการวัดในหนึ่งคืน	8	4
จำนวนคืนที่ทำการวัด	1	1
ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน	3".0	8".0
ความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบของอะซิมุท ณ แนว-ตรวจสอบไม่เกิน	10" N	30" N
ความคลาดบรรจบของพิกัดตำแหน่ง		
หลังจากปรับแก้มุมอะซิมุทแล้ว	1:10,000	1:5,000