คู่มือปฏิบัติงาน
รังวัดหมุดหลักฐานแผนที่โดยระบบดาวเทียม

สำนักเทคโนโลยีทำแผนที่ กรมที่ดิน

มกราคม 2553

คำนำ

ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่ด้านการรังวัดด้วยระบบดาวเทียม GPS มาใช้ในการปฏิบัติงานของสำนักเทคโนโลยีทำแผนที่มากขึ้น ซึ่งผู้ปฏิบัติงานมีการผลัดเปลี่ยนหมุนเวียนเข้ามาปฏิบัติงานอยู่เสมอ ทั้งยังขาดความรู้และประสบการณ์ในการปฏิบัติงาน

จึงเห็นเป็นการสมควรที่จะได้จัดทำคู่มือปฏิบัติงานรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่โดยระบบดาวเทียมเล่มนี้ขึ้น เพื่อวัตถุประสงค์ให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถเรียนรู้ และปฏิบัติงานได้ในเวลาอันรวดเร็ว ถูกต้อง และใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติเดียวกัน ทำให้ระบบการปฏิบัติงานรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่ มีประสิทธิภาพ เป็นไปตามระบบการบริหารงานรูปแบบใหม่ สามารถติดตามผล และแก้ไขปัญหาอุปสรรคในการดำเนินงาน รวมทั้งให้ผู้ที่สนใจได้ศึกษาวิธีการทำงาน หลักการที่ใช้ในการรังวัดโดยระบบดาวเทียม เพื่อให้เกิดความเข้าใจวิธีการได้มาซึ่งค่าพิกัดของหมุดดาวเทียม เกณฑ์มาตรฐาน อุปสรรคและข้อจำกัดในการทำงาน อีกทั้งเป็นการยกระดับคุณภาพมาตรฐานการทำงานไปสู่มาตรฐานสากลตามเกณฑ์คุณภาพการบริหารจัดการภาครัฐมาเป็นเครื่องมือในการดำเนินการ ในหมวดที่ 6 การบริหารจัดการกระบวนการ กำหนดให้ส่วนราชการจัดทำคู่มือการปฏิบัติงานของกระบวนการสร้างคุณค่า และกระบวนการสนับสนุน ของสำนักงาน ก.พ.ร.

สำนักเทคโนโลยีทำแผนที่ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือปฏิบัติงานนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ปฏิบัติงาน อันจะทำให้การปฏิบัติงานรังวัดและทำแผนที่ของกรมที่ดิน มีการพัฒนาและมีประสิทธิภาพมากขึ้น หากมีข้อสงสัยเพิ่มเติมกรุณาติดต่อที่ กลุ่มวิศวกรรมบริหาร โทร 025033365 e-mail: mapping@dol.go.th

สำนักเทคโนโลยีทำแผนที่

มกราคม 2553

สารบัญ

หน้า

คำนำ

หลักการและที่มา 1

วัตถุประสงค์ของการจัดทำคู่มือ 1

ขอบเขต 1

การจัดทำแผนงานและแผนปฏิบัติงาน 2

การปฏิบัติงานรังวัดหมุดดาวเทียม 6

- การรังวัดหมุดดาวเทียมแบบ STATIC 6
- การรังวัดหมุดดาวเทียมแบบสถิตอย่างเร็ว (RAPID or FAST STATIC) 12
- การรังวัดหมุดดาวเทียมแบบ RTK (Real Time Kinematic) 15
  - การรังวัดหมุดดาวเทียม RTK แบบสถานีฐานเดี่ยว (Single Base Station) 15
  - การรังวัดหมุดดาวเทียม RTK แบบสถานีโครงข่าย (Network Base Station) 21

เครื่องมือและอุปกรณ์ 23

- ส่วนประกอบของเครื่องรับสัญญาณ GPS 5700 25
- ขั้นตอนการติดตั้งเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมในการทำงานรูปแบบ Rapid Static หรือ Static 32
- ขั้นตอนการติดตั้งเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมในการทำงานรูปแบบ RTK 33
- ส่วนประกอบของเครื่องควบคุม TSC2 35
- ขั้นตอนการติดตั้งเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม Trimble5700 สำหรับงาน VRS 40
  - การเชื่อมต่อ TSC2 กับ Mobile Phone ผ่านช่องทาง Bluetooth 40
  - การใช้งาน Trimble Survey Controller 45

แบบหมุดดาวเทียม 53

การคำนวณค่าพิกัดหมุดหลักฐานแผนที่โดยระบบดาวเทียม 54

- การส่งข้อมูลหมุดดาวเทียมเพื่อคำนวณค่าพิกัดหมุดดาวเทียม แบบ RAPID STATIC 54
- การส่งข้อมูลเพื่อขออนุมัติค่าพิกัดหมุดดาวเทียม แบบ RTK 55
- การโอนถ่ายข้อมูล Trimble Data Transfer 55
- ขั้นตอนการประมวลผลโดยใช้โปรแกรม TGO 59

สารบัญ

หน้า

- แผนผังการคำนวณค่าพิกัดหมุดหลักฐานแผนที่โดยระบบดาวเทียมแบบ RTK 73
- แผนผังการคำนวณค่าพิกัดหมุดหลักฐานแผนที่โดยระบบดาวเทียม แบบ Static และ Fast Static 74

การส่งหลักฐานแผนที่ 75

ภาคผนวก

- ข้อปฏิบัติในการสร้างหมุดดาวเทียม STATIC
- ร่างระเบียบกรมที่ดินว่าด้วยการรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่โดยระบบดาวเทียม พ.ศ. ๒๕๕๑

หลักการและที่มา

การพัฒนาคุณภาพและบริหารจัดการภาครัฐเป็นเป้าหมายสำคัญของการพัฒนาระบบราชการไทย ที่ต้องการให้หน่วยงานภาครัฐมีการยกระดับคุณภาพมาตรฐานการทำงานไปสู่มาตรฐานสากล โดยสำนักงาน ก.พ.ร. ได้นำเกณฑ์คุณภาพการบริหารจัดการภาครัฐเป็นเครื่องมือในการดำเนินการ ซึ่งประกอบด้วย 7 หมวด และในหมวดที่ 6 คือ การบริหารจัดการกระบวนการ กำหนดให้ส่วนราชการจัดทำคู่มือการปฏิบัติงานของกระบวนการสร้างคุณค่า และกระบวนการสนับสนุน

ตามแผนปฏิบัติราชการ 4 ปี (พ.ศ.551-2554)ของกรมที่ดิน กำหนดพันธกิจไว้ 3 พันธกิจ คือ

1. แสดงสิทธิการถือครองที่ดินและพัฒนาระบบสารสนเทศที่ดิน สนับสนุนการวางระบบการถือครองที่ดิน
2. บริหารจัดการที่ดินของรัฐให้มีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด
3. ส่งเสริมการบริหารกิจการบ้านเมืองที่ดี

ส่วนพัฒนาการรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่โดยระบบดาวเทียม จึงได้จัดทำคู่มือการปฏิบัติงานของกระบวนการรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่โดยระบบดาวเทียม เพื่อสนับสนุนพันธกิจหลัก และกระบวนการสร้างคุณค่าของกรมที่ดิน เช่น การออกเอกสารสิทธิในที่ดิน การให้บริการรังวัดที่ดิน เป็นต้น

วัตถุประสงค์ของการจัดทำคู่มือ

1. เพื่อให้ระบบการปฏิบัติงานรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่โดยระบบดาวเทียมเป็นมาตรฐานเดียวกัน มีประสิทธิภาพ สามารถติดตามผล และแก้ไขปัญหาอุปสรรคในการดำเนินงานได้อย่างชัดเจน
2. เพื่อให้เจ้าหน้าที่ทุกคนทราบบทบาท หน้าที่ และความรับผิดชอบของตนเองในการดำเนินงานให้เป็นไปตามขั้นตอนที่กำหนด
3. เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการวัดประสิทธิภาพในการดำเนินงานของเจ้าหน้าที่
4. เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ในการปฏิบัติงานรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่โดยระบบดาวเทียม

ขอบเขต

ขอบเขตของคู่มือปฏิบัติงานการรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่โดยระบบดาวเทียม มีดังนี้

1. การจัดทำแผนงานและแผนปฏิบัติงาน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเขียนแผนงานและแผนปฏิบัติงาน
2. การปฏิบัติงานรังวัดหมุดดาวเทียมแบบต่างๆ เป็นการนำเสนอแนวทางในการปฏิบัติงานรังวัดหมุดดาวเทียม 3 วิธี ได้แก่ วิธีแบบ Static วิธีแบบRapid Static หรือFast Static และ

วิธีแบบ RTK(Real Time Kinematic) ซึ่งแต่ละวิธีมีวัตถุประสงค์ในการสร้างและการใช้งานแตกต่างกัน จึงได้แยกอธิบายหลักการทำงาน การเตรียมการ การสร้างและการรังวัด รวมทั้งการรับสัญญาณในแต่ละแบบ

3. เครื่องมือและอุปกรณ์ เพื่อให้เจ้าหน้าที่ได้จัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการปฏิบัติงานภาคสนามได้ครบถ้วน และการติดตั้ง การตรวจสอบและดูแลรักษาเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม Trimble 5700 ซึ่งเป็นรุ่นที่สำนักเทคโนโลยีทำแผนที่ใช้งานในปัจจุบัน

4. การคำนวณค่าพิกัดหมุดหลักฐานแผนที่ ได้เขียนอธิบายการรับ-ส่ง ข้อมูลดาวเทียม การโอนถ่ายข้อมูลจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม และขั้นตอนการคำนวณโดยใช้โปรแกรม TGO รวมทั้งได้นำแผนผังขั้นตอนการคำนวณของหน่วยคำนวณฯ มาแสดงไว้เพื่อให้ทราบระยะเวลาในการดำเนินการ

5. การส่งหลักฐานแผนที่ใช้ในราชการ เป็นขั้นตอนที่ต้องดำเนินหลังเสร็จสิ้นการรังวัดและการคำนวณค่าพิกัดหมุดหลักฐานแผนที่

การจัดทำแผนงานและแผนปฏิบัติงาน

การจัดทำแผนงาน สามารถกำหนดพื้นที่การปฏิบัติงานและปริมาณงานได้จากการประสานงานกับสำนักงานที่ดิน สำนักมาตรฐานการออกหนังสือสำคัญ หรือหน่วยงานอื่นๆ ภายในกรมที่ดิน รวมทั้งหน่วยงานภายนอก ที่มีความต้องการสนับสนุนด้านหมุดหลักฐานแผนที่ แล้วจัดทำเป็นแผนงานดำเนินการ ตามลำดับความสำคัญ

ตัวอย่างการเขียนแผนปฏิบัติงาน

แผนปฏิบัติงานรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. .....

1. หลักการและเหตุผล

กรมที่ดินได้อนุมัติแผนปฏิบัติการรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่และสร้างระวางแผนที่ประจำปีงบประมาณพ.ศ. ..... โดยใช้วิธีการหาค่าพิกัดจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมระบบ RTK GPS ในการรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่ เพื่อรองรับงานรังวัดทุกประเภทได้แก่งานรังวัดซ่อมหมุดหลักฐานแผนที่ของสำนักงานที่ดิน งานรังวัดหมุดบังคับภาพ งานเดินสำรวจออกโฉนดที่ดินของสำนักมาตรฐานการออก

หนังสือสำคัญ และงานสร้างระวางแผนที่ให้ครอบคลุมทั้งประเทศ ในการปฏิบัติงานจะจัดตั้งศูนย์รับสัญญาณดาวเทียมระบบ RTK GPS ประจำพื้นที่แบ่งออกเป็น 8 พื้นที่ เพื่อให้การปฏิบัติงานรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถติดตามประเมินผล แก้ไขปัญหาอุปสรรคได้อย่างรวดเร็ว การเบิกจ่ายเป็นไปตามแผนงบประมาณที่ตั้งไว้ จึงได้จัดทำแผนปฏิบัติการรังวัด หมุดหลักฐานแผนที่เขตพื้นที่..... ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. .....ขึ้น

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อให้มีหมุดหลักฐานแผนที่และค่าพิกัดหมุดหลักฐานแผนที่ สำหรับใช้ในงานรังวัดและทำแผนที่ครอบคลุมเขตพื้นที่.... สามารถตอบสนองภารกิจ การรังวัดเฉพาะรายของสำนักงานที่ดิน การเดินสำรวจออกโฉนดที่ดินของสำนักมาตรฐานการออกหนังสือสำคัญ การรังวัดหมุดบังคับภาพของสำนักเทคโนโลยีทำแผนที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 เพื่อให้มีหมุดหลักฐานแผนที่และค่าพิกัดหมุดหลักฐานแผนที่ ที่มีมาตรฐานสากลและเป็นที่ยอมรับจากหน่วยงานภาครัฐและเอกชน

3. เป้าหมาย

3.1 รังวัดและรับสัญญาณดาวเทียมหมุดดาวเทียมชนิดมั่นคงถาวร

จังหวัด..... จำนวน ..... หมุด

3.2 สร้างและรังวัดหมุดบังคับภาพ

จังหวัด..... จำนวน ..... หมุด

3.3 รังวัดหมุดหลักฐานแผนที่ เพื่อรองรับงานของสำนักงานที่ดิน งานเดินสำรวจออกโฉนดที่ดิน

จังหวัด..... จำนวน ..... หมุด

4. ระยะเวลาดำเนินการ

1 มกราคม 2552 - 31 สิงหาคม 2552

5. พื้นที่ดำเนินการ

จังหวัดนนทบุรี ปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง กาญจนบุรี นครปฐม ราชบุรี สุพรรณบุรี ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี สมุทรสงคราม สมุทรสาคร และกรุงเทพมหานคร

6. อัตรากำลัง

การรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่โดยระบบดาวเทียมใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม RTK GPS จำนวน 3 ชุด ใช้เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานในพื้นที่ 6 นาย ลูกจ้างชั่วคราว จำนวน 30 นาย

7. งบประมาณ

ใช้งบประมาณของสำนักเทคโนโลยีทำแผนที่ ตามแผนงบประมาณเสริมสร้างความมั่นคงของชีวิตและสังคม กิจกรรมที่ 3 จำนวน 3,133,051 บาท (สามล้านหนึ่งแสนสามหมื่นสามพันห้าสิบเอ็ดบาทถ้วน)

- ค่าจ้างชั่วคราว คือค่าจ้างคนงานสนามจำนวน 30 คน ของเจ้าหน้าที่รับสัญญาณดาวเทียม 6 คน (เจ้าหน้าที่รับสัญญาณดาวเทียม 1 คนจ้างคนงานได้ 5 คน/เดือน ปฏิบัติงาน 8 เดือน)
- ค่าใช้สอยและวัสดุสำหรับเจ้าหน้าที่หน่วยงานสนาม ผู้กำกับการรังวัด 8 คน ปฏิบัติงาน 8 เดือน

8. วิธีดำเนินการ

ดำเนินการใน 4 รูปแบบ แยกตามลักษณะงาน ได้ดังนี้

8.1 การรังวัดหมุดดาวเทียมชนิดมั่นคงถาวร ในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก และจังหวัดอุตรดิตถ์ ดำเนินการโดยวิธีการรับสัญญาณดาวเทียม แบบสถิต (Static)

8.2 การสร้างและรังวัดหมุดบังคับภาพ ดำเนินการโดยวิธีการรับสัญญาณดาวเทียมแบบจลน์ ณ เวลาการรังวัด (Real Time Kinematic , RTK)

8.3 การรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่ เพื่อรองรับงานของสำนักงานที่ดิน งานเดินสำรวจออกโฉนดที่ดิน ดำเนินการโดยวิธีการรับสัญญาณดาวเทียม แบบจลน์ ณ เวลาการรังวัด (Real Time Kinematic , RTK)

8.4 การรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่ ในพื้นที่เขตเทศบาล ดำเนินการโดยวิธีการรับสัญญาณดาวเทียม แบบสถิต (Static) แบบสถิตอย่างเร็ว(Rapid Static) และการวางโครงหมุดหลักฐานแผนที่

9. การติดตามและประเมินผล

9.1 ผู้ตรวจสำนักและหรือผู้ช่วยผู้ตรวจสำนักจะเดินทางไปติดตาม ประเมินผลผลิตที่ได้รับทั้งหมดเปรียบเทียบกับปริมาณงานขั้นต่ำ ทุกเดือนจนเสร็จสิ้นโครงการ

9.2 ประเมินผลประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ ทุก 2 เดือน

10. ผลที่คาดว่าจะได้รับ

10.1 มีระวางแผนที่ระบบพิกัดฉาก ยู ที เอ็ม สำหรับบริการสำนักงานที่ดิน สำนักมาตรฐานการออกหนังสือสำคัญ หน่วยงานอื่นๆ ได้ตามความต้องการ

10.2 มีข้อมูลหมุดหลักฐานแผนที่ในรูปดิจิทัลไว้บริการด้วยความรวดเร็ว ถูกต้อง รองรับการเชื่อมต่อกับระบบของหน่วยงานต่างๆ

..... ผู้เสนอแผน

(.....)

.....ผู้อนุมัติ

(.....)

ผู้อำนวยการสำนักเทคโนโลยีทำแผนที่

<u>ตัวอย่างการเขียนรายละเอียดแผนปฏิบัติงาน</u>

รายละเอียดแผนปฏิบัติงานรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่ ปีงบประมาณ พ.ศ.2552

สายนาย.....

ลำดับ	พื้นที่ (จังหวัด)	ระยะเวลา								รวม(หมุด)		หมายเหตุ
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	Static	RTK	
1.	……	Static …หมุด RTK …หมุด มั่นคง ....หมุด										
2.	..... .		Static …หมุด RTK …หมุด มั่นคง ....หมุด									
3.												
4.												

การปฏิบัติงานรังวัดหมุดดาวเทียม

การรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่โดยระบบดาวเทียมในภาคสนาม เป็นงานที่มีจุดมุ่งหมายในการสร้างหมุดหลักฐานแผนที่และรับสัญญาณจากดาวเทียม เพื่อให้ได้ค่าพิกัดของหมุดหลักฐานแผนที่ สามารถแบ่งวิธีการรังวัดเป็น 3 แบบ ดังนี้

1. การรังวัดหมุดดาวเทียมแบบ STATIC

วัตถุประสงค์

เพื่อให้ได้ค่าพิกัดของหมุดดาวเทียมที่มีความละเอียดถูกต้องสูง ใช้เป็นหมุดควบคุมค่าพิกัด (CONTROL POINT) หมุดออก-เข้าบรรจบของเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ หมุดสถานีฐานของการรับสัญญาณดาวเทียมแบบ RTK GPS

หลักการทำงาน

การรังวัดแบบ Static เป็นการรังวัดที่ให้ความถูกต้องสูงที่สุด แต่ต้องมีการใช้เวลาในการรังวัดแต่ละจุดสถานีเป็นเวลานาน ซึ่งการทำงานของ GPS ในรูปแบบของ Static นั้นต้องใช้เครื่องรับสัญญาณอย่างน้อย 2 เครื่อง ที่รับสัญญาณดาวเทียมในเวลาเดียวกัน จากดาวเทียมอย่างน้อย 5 ดวง ซึ่งจะใช้เวลาในการรับสัญญาณไม่น้อยกว่า 60 นาที

ข้อมูลในการเก็บบันทึกในแต่ละช่วงเวลาจะแยกออกเป็นแต่ละไฟล์ ซึ่งจะสามารถเก็บข้อมูลได้เพียง 1 ช่วงเวลาต่อ 1 ไฟล์ ถ้าเครื่องมีการปิดการรับสัญญาณ เมื่อทำการรับสัญญาณอีกครั้งข้อมูลจะถูกจัดเก็บไว้เป็นไฟล์ใหม่ ในกรณีนี้จะเห็นว่า สามารถมีมากกว่า 1 ไฟล์ ต่อ 1 ช่วงเวลาทำการรังวัด แต่สามารถเก็บข้อมูลได้เพียง1 ช่วงเวลาต่อ 1 ไฟล์

การเก็บข้อมูลในการทำงานแบบ Static นี้ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย แนะนำว่าควรจะมีการบันทึกข้อมูลในแต่ละช่วงเวลาไม่น้อยกว่า 60 นาที โดยมีจำนวนดาวเทียมไม่น้อยกว่า 5 ดวง

เทคนิคการรังวัดแบบ Static นี้มักจะใช้ในการรังวัดที่ต้องการความถูกต้องสูงมาก โดยจะต้องมีการใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมอย่างน้อย 2 เครื่อง แต่ถ้ามีจำนวนเครื่องยิ่งมาก ยิ่งจะทำให้เพิ่มคุณภาพในการรังวัดมากขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบการวางโครงข่ายของผู้ใช้งานด้วย

เงื่อนไขในการทำงานรูปแบบ Static มีดังนี้

1. ใช้ในการคำนวณเส้น Baseline อย่างน้อยต้องมี 2 เครื่องที่มีการรับสัญญาณพร้อมกัน และอัตราการเก็บข้อมูลเดียวกัน

2. สำหรับทุก Baseline ทุกเครื่องที่คำนวณบนเส้น Baseline ต้องมีการรับสัญญาณดาวเทียมอย่างน้อย 5 ดวง

3. เครื่องรับสัญญาณแต่ละเครื่อง ต้องมีคุณภาพการรับสัญญาณที่ดี รับสัญญาณดาวเทียม 2 ความถี่ และสามารถทำการบันทึกข้อมูลได้ทั้งแบบรหัสและคลื่นส่ง (Code and Carrier Phase Observation)

การสร้างและรังวัด

กระบวนการสร้างหมุดและการรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่โดยระบบดาวเทียม ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

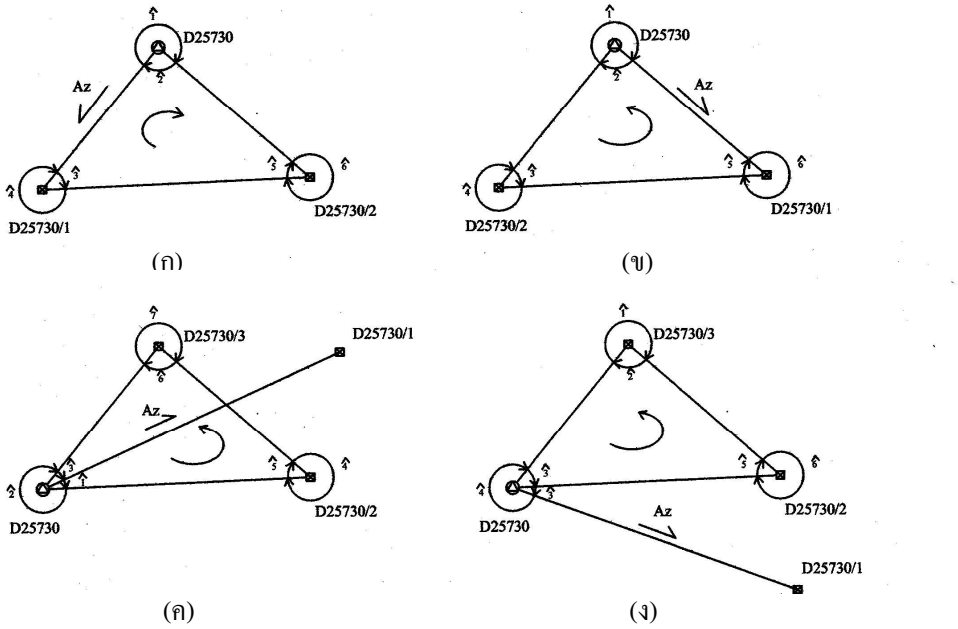
1. การวางแผนงาน

จะต้องนำแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ชุด L7017 ที่ลงสารบัญเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่และหมุดดาวเทียมแล้วมาใช้ในการวางแผนงาน เพื่อกำหนดตำแหน่งโดยประมาณที่จะสร้างหมุดดาวเทียม โดยการจดชื่อสถานที่ตั้ง (ระวาง,บ้าน,ตำบล,อำเภอ,จังหวัด) พร้อมทั้งค่าพิกัดเหนือ-ตะวันออก ในระบบ UTM (Universal Transverse Mercator) มาจัดทำบัญชีรายละเอียด และแผนงาน ปัจจุบันสามารถใช้ข้อมูลภาพถ่ายออร์โทสีของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ แผนที่ภูมิประเทศและเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ หมุดดาวเทียม ของจังหวัดต่างๆ ในระบบดิจิตอล โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางด้าน GIS ช่วยให้การวางแผนงาน สะดวก รวดเร็ว สามารถตรวจสอบและประสานงานกับส่วนที่เกี่ยวข้องได้อย่างสะดวก รวดเร็ว

2. การเลือกตำแหน่งและการฝังหมุด

ตำแหน่งในการสร้างหมุดจะต้องคำนึงถึงอุปสรรคกีดขวางในการรับสัญญาณดาวเทียม (OBSTRUCTION) การเกิดคลื่นแทรกซ้อน (MULTIPATH) ความสะดวกต่อการใช้งาน แต่สิ่งที่ต้องคำนึงถึงมากที่สุดคือ ความมั่นคงถาวรของหมุด เพราะถ้าหมุดนั้นสามารถนำไปใช้งานในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ก็จะไม่คุ้มประโยชน์กับงบประมาณ และการนำเครื่องมือที่มีเทคโนโลยีล้ำสมัย ราคาสูงมาใช้

เมื่อเลือกตำแหน่งได้แล้ว สิ่งที่จะต้องทำต่อไป คือการฝังหมุดดาวเทียม จำนวน 1 หมุด และหมุดพยานดาวเทียม จำนวน 2 หรือ 3 หมุด ตามรูป โดยระยะห่างระหว่างหมุดดาวเทียม กับหมุดพยานดาวเทียม จะต้องไม่น้อยกว่า 50 เมตร ส่วนหมุดดาวเทียม กับหมุดคู่รังวัดอาซิมุท จะต้องไม่น้อยกว่า 400 เมตร



3. การให้ชื่อ การรังวัดมุม การนับมุม

หมุดคู่รังวัดอาซิมุท จะให้ชื่อของหมุดดาวเทียมตามด้วย /1 เช่น หมุด D25730 ให้ชื่อเป็น D25730/1 ส่วนหมุดพยานดาวเทียม จะเป็น /2,/3....ตามลำดับ เมื่อเริ่มทำการรังวัดมุมให้ใช้หมุดดาวเทียมเป็นหมุดตั้งกล้อง และใช้หมุด /1 (หมุดคู่รังวัดอาซิมุท) เป็นหมุดธงหลังเริ่มต้น หมุดธงหน้าเริ่มต้นจะให้ชื่อเป็นหมุด /2 เสมอ และจะเริ่มนับมุมๆ นี้เป็นมุมที่ 1 ตามรูป(ก)-(ง) ส่วนมุมที่ 2, 3,4, ... ก็จะนับต่อเนื่องกันไป พร้อมกับการให้ชื่อหมุดพยานดาวเทียม ก็จะให้ชื่อต่อเนื่องสอดคล้องกันไป ตัวอย่างในรูป (ค) ธงหลังเริ่มต้นจะเป็นหมุดคู่รังวัดอาซิมุท หรือหมุด /1 ธงหน้าแรกซึ่งเป็นมุมที่ 1 จะให้ชื่อหมุดพยานดาวเทียมเป็นหมุด/2 ส่วนมุมที่ 2, 3, 4,.... และการให้ชื่อหมุดพยานดาวเทียม จะนับต่อเนื่องสอดคล้องกันไป

วิธีการรังวัดมุม ให้รังวัดมุมตามวิธีการรังวัดรอบจุด มุม 1 มุม จะทำการรังวัดมุมจำนวน 4 ชุด โดยจะต้องตั้งจานองศาประมาณที่ 0, 45, 90, 135 องศา ตามลำดับ มุมแต่ละชุดจะต่างกันได้ ไม่เกิน 10 ฟิลิปดา ถ้ามุมชุดใดต่างกันเกินกว่าเกณฑ์ ให้รังวัดมุมชุดนั้นใหม่ โดยที่ยังไม่ต้องหาค่าเฉลี่ยมุมราบ เมื่อมุมแต่ละชุดต่างกันไม่เกิน 10 ฟิลิปดา ให้หาค่าเฉลี่ยมุมราบ โดยมุมแต่ละชุด ก็จะต้องต่างจากค่าเฉลี่ยไม่เกิน 5 ฟิลิปดา ถ้ามีมุมชุดใดต่างจากค่าเฉลี่ยเกินกว่าเกณฑ์ ให้รังวัดมุมชุดนั้นใหม่ แล้วกลับไปตรวจดูว่า มุมชุดนั้นต่างจากมุมชุดอื่นเกิน 10 ฟิลิปดา อีกหรือไม่ ถ้าไม่เกิน ให้หาค่าเฉลี่ยมุมราบใหม่ และตรวจดูว่ามุมแต่ละชุดต้องต่างจากค่าเฉลี่ยไม่เกิน 5 ฟิลิปดา อีกครั้ง เมื่อรังวัดมุมทั้งหมด

เรียบร้อยแล้ว ให้ทำการปรับแก้มุม โดยเริ่มจากทำการปรับแก้มุมรอบจุด ให้ได้ 360 องศาก่อน โดยต้องแสดงผลรวมและค่าแก้ของมุมแต่ละมุม เสร็จแล้วทำการปรับแก้มุมภายในสามเหลี่ยม โดยรวมมุมให้ได้ 180 องศา และจะต้องแสดงผลรวมมุมภายในสามเหลี่ยม และแสดงค่าแก้ในแต่ละมุม ค่าแก้ของมุมที่เกิดจากการปรับแก้มุมภายในสามเหลี่ยมจะต้องกระจายกลับไปที่มุมภายนอกด้วย

4. การวัดระยะ

การวัดระยะจะต้องวัดระยะทั้งไปและกลับ ทำการวัดระยะราบจำนวน 5 ค่า ระยะราบแต่ละค่าจะต้องต่างกันไม่เกิน 3 มิลลิเมตร ถ้าเกินจะต้องตัดค่านั้นทิ้งแล้ววัดเพิ่มจนได้ครบ 5 ค่า วัดระยะลาด 1 ค่า และระยะฟุต 1 ค่า (เพื่อใช้ในการตรวจสอบกับระยะเมตร) จากนั้นหาค่าเฉลี่ยระยะราบ โดยมีหลักเกณฑ์ที่จะต้องพิจารณา คือ ค่าเฉลี่ยระยะราบของการวัดไปและกลับ ะต้องต่างกันไม่เกิน 1 เซนติเมตร ที่ระยะ 100 เมตร หรือ ค่าความถูกต้องของระยะราบจะต้องอยู่ในเกณฑ์ 1 : 10,000 ถ้าเกินเกณฑ์จะต้องวัดระยะใหม่

5. การรังวัดอาซิมุท

หมุดคู่รังวัดอาซิมุท จะต้องมีระยะไม่น้อยกว่า 400 เมตร โดยในปัจจุบันสามารถรังวัดอาซิมุท ได้ 2 วิธี คือ การรังวัดโดยการรับสัญญาณดาวเทียม ควรจะมีระยะไม่น้อยกว่า 200 เมตร และการรังวัดทางดาราศาสตร์ ให้เป็นตามระเบียบกองรังวัดและทำแผนที่ ว่าด้วยการรังวัดอาซิมุท พ.ศ. 2521

6. การเขียนรายการรังวัดหมุดดาวเทียม

หมุดดาวเทียมทุกหมุด จะต้องเขียนรายการรังวัดหมุดดาวเทียม และรายละเอียดหมุดดาวเทียมด้วย

7. การตรวจสอบหมุดดาวเทียม

การตรวจสอบหมุดดาวเทียม ต้องตรวจสอบทั้งมุม , ระยะ และระยะโยงยึดทั้งหมดของหมุดดาวเทียม จะไม่เลือกตรวจสอบมุมใดมุมหนึ่ง หรือระยะใดระยะหนึ่ง หรือตรวจสอบเพียงระยะโยงยึด

การรับสัญญาณดาวเทียม

ก่อนออกปฏิบัติงานรับสัญญาณดาวเทียม ให้เตรียมการ ดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลหมุดดาวเทียมในพื้นที่เป้าหมายที่ต้องเข้ารับสัญญาณดาวเทียมทั้งหมด โดยข้อมูลเหล่านี้ ได้แก่ รายการรังวัดหมุดดาวเทียม (Chain) และค่าพิกัดโดยประมาณของหมุดดาวเทียม

2. คัดเลือกหมุดดาวเทียมที่จะใช้เป็นหมุดควบคุมค่าพิกัด ของโครงข่ายหมุดดาวเทียมต่างๆ (Fixed Control) โดยข้อมูลจะต้องประกอบไปด้วย ค่าพิกัดของหมุดดาวเทียม ทั้งค่าพิกัดในระบบ

UTM (Northing, Easting) และค่าพิกัดในระบบภูมิศาสตร์ (Latitude, Longitude) บนพื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975 และ WGS 84 (World Geodetic System 1984)

ในการพิจารณาคัดเลือกหมุดควบคุมค่าพิกัดในพื้นที่เป้าหมาย นั้น จะมีวิธีพิจารณาดังนี้

- จำนวนหมุดควบคุมค่าพิกัดทางราบ ต้องมีจำนวนไม่น้อยกว่า 3 หมุด หมุดควบคุมค่าพิกัดทางดิ่ง ต้องมีจำนวนไม่น้อยกว่า 4 หมุด
- หมุดควบคุมค่าพิกัดจะต้องมีการกระจายให้ครอบคลุมทั้งพื้นที่ปฏิบัติงานไม่ให้ไปกระจุกอยู่ในพื้นที่ส่วนใดส่วนหนึ่ง
- มีความสะดวกและง่ายต่อการเดินทางเข้าถึงหมุด
- เลือกหมุดควบคุมค่าพิกัดที่สร้างไว้ล่าสุด ถ้าเลือกหมุดควบคุมที่สร้างไว้หลายปีแล้วโอกาสถูกทำลายสูง ทำให้อาจจะต้องปรับเปลี่ยนแผนงานรับสัญญาณได้

3. ลงตำแหน่งหมุดดาวเทียมทั้งหมดรวมทั้งหมุดควบคุมค่าพิกัด ลงในแผนที่ เพื่อใช้ในการออกแบบ Session ในการเข้ารับสัญญาณ จัดทำบัญชีรายละเอียดหมุดดาวเทียม และแผนที่

Session หมายถึง คาบการทำงานของหน่วยรับสัญญาณดาวเทียมในพื้นที่ปฏิบัติงานหรือ โครงข่าย นั้นๆ จำนวน Session ทั้งหมด ก็หมายถึง จำนวนงานที่ต้องรับสัญญาณดาวเทียมทั้งหมด

การออกแบบ Session ที่ดีต้องมีลักษณะดังนี้

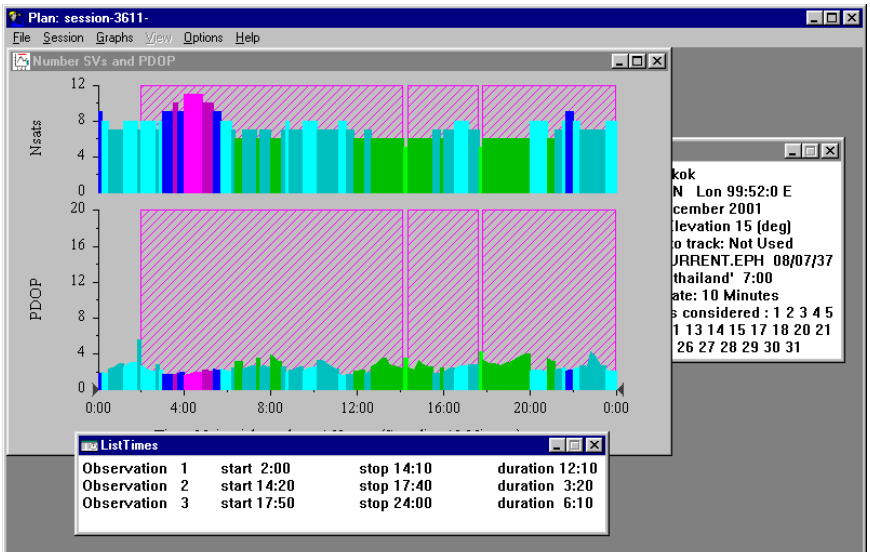
- Session จะประกอบกันเป็นรูป Polygon ตามจำนวนเครื่องรับสัญญาณ เช่น มีเครื่องรับสัญญาณจำนวน 4 เครื่อง ก็เป็นรูป 4 เหลี่ยม เป็นต้น
- รูป Polygon ของ Session จะประกอบกันต่อเนื่องไปเรื่อยๆ ดังรูป แต่มีสิ่งที่ต้องคำนึงเมื่อออกแบบ Session คือ หมุดดาวเทียมแต่ละหมุดต้องเข้ารับสัญญาณอย่างน้อย 2 ครั้ง และต่างเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

4. การวางแผนการรับสัญญาณดาวเทียมล่วงหน้า (Preplanning) คือการคำนวณหาช่วงเวลาในการรับสัญญาณดาวเทียม ช่วงเวลาของการรับสัญญาณดาวเทียมเป็นเรื่องสำคัญ เพราะถ้าหากคำนวณได้ช่วงเวลาที่ไม่ดี เมื่อรับสัญญาณไปแล้ว นำสัญญาณดังกล่าวมาคำนวณเส้นฐาน (Baseline) หากผลการคำนวณไม่ผ่านเกณฑ์ หน่วยรับสัญญาณดาวเทียมอาจจะต้องไปทำการรับสัญญาณดาวเทียมใหม่ (Re observe) โดยในการคำนวณหาช่วงเวลาดังกล่าว มีสิ่งที่ต้องคำนึง คือ จำนวนดาวเทียมที่ปรากฏบนท้องฟ้า,ค่า PDOP และ GDOP และระยะเวลาของการรับสัญญาณดาวเทียม โดยมีหลักเกณฑ์ ดังนี้

- ต้องมีดาวเทียมบนท้องฟ้าขณะรับสัญญาณดาวเทียมไม่ต่ำกว่า 5 ดวง
- ค่า PDOP และ GDOP ไม่เกิน 5 (PDOP ย่อมาจาก Position Dilution Of Precision หมายถึง ค่าที่ใช้บ่งชี้ การลดลงของความละเอียดถูกต้องของการรับสัญญาณดาวเทียม

PDOP มีค่าสูงจะให้ความถูกต้องทางตำแหน่งน้อยกว่าค่า PDOP ต่ำ) เช่นเดียวกับค่า (GDOP ซึ่งย่อมาจาก Geometry Dilution Of Precision หมายถึง ค่าที่ใช้บ่งชี้ การลดลงของความละเอียดถูกต้องของการรับสัญญาณดาวเทียม GDOP มีค่าสูง จะให้ความถูกต้องทางตำแหน่งน้อยกว่าค่า GDOP ต่ำ)

- ระยะเวลาของการรับสัญญาณดาวเทียมในแต่ละ Session ใช้เวลา 2 ชั่วโมง และใช้เวลาในการเดินทางในระหว่างคาบ Session ประมาณ 1.30 ชั่วโมง จากเกณฑ์กำหนดข้างต้นนำมาหาช่วงเวลาที่จะเข้ารับสัญญาณดาวเทียม โดยใช้โปรแกรมที่ได้มาพร้อมกับเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม เริ่มแรกให้นำเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมไปตั้งรับสัญญาณ ประมาณ 15 นาที หลังจากนั้นนำเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมมาถ่ายข้อมูลวงโคจรของดาวเทียม (Almanac File) เพื่อหาช่วงเวลาที่จะเข้ารับสัญญาณ ซึ่งจะได้ช่วงเวลา ตามรูป



ช่วงเวลานอกเหนือจากนี้ต้องหลีกเลี่ยง เนื่องจากมีผลทำให้การคำนวณค่าพิกัดไม่ผ่านต้องไปรับสัญญาณดาวเทียมใหม่ ทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่าย

5. การสร้างกำหนดการรับสัญญาณดาวเทียม หลังจากได้ช่วงเวลาที่สามารถเข้ารับสัญญาณดาวเทียมแล้ว จึงนำมาจัดทำแผนงาน เพื่อกำหนดเวลาที่จะเข้าสัญญาณ พร้อมทั้งหมุดดาวเทียมที่แต่ละหน่วยจะต้องเข้ารับสัญญาณ โดยต้องตั้งชื่อ Session การคิดระยะเวลาเคลื่อนย้ายระหว่าง Session ให้คิดจากหน่วยรับสัญญาณที่ใช้เวลาการเดินทางมากที่สุด หลังจากนั้นจึงนำทำเป็นตาราง ดังรูป

ตารางแผนงานการเข้ารับสัญญาณดาวเทียม

Session	หน่วยฯ 1	หน่วยฯ 2	หน่วยฯ 3	หน่วยฯ 4	เวลา	ว/ด/ป
1/1	D23567	D23566	D05213	D23568	9.00-11.00	27-12-51
1/2	D23566	D23567	D23568	D23569	12.30-14.30	27-12-51
1/3	D23566	D23567	D23569	D23565	17.00-19.00	27-12-51
1/4	D05213	D23567	D23569	D23563	9.00-11.00	28-12-51

6. การรับสัญญาณดาวเทียม GPS

ในการเข้ารับสัญญาณดาวเทียม จะต้องตรวจสอบหมายเลข ดป. บนหัวหมุดดาวเทียม หรือหมายเลขบนหัวหมุดหลักฐานแผนที่ดาวเทียม กรมที่ดิน เฉลิมพระเกียรติ หรือ หมายเลข ก.ร.ว. บนหัวหมุดพยาน หรือ หมุดคู่รังวัดอาซิมุท ว่าถูกต้องตรงกับในรายการรังวัดหรือไม่ และจะต้องทำการวัดระยะโยงยึดหมุด เพื่อตรวจสอบว่าตรงกับในรายการรังวัดหรือไม่ ถ้าต่างกันมากๆ จะต้องแจ้งให้สำนักเทคโนโลยีทราบ เพื่อตรวจสอบแก้ไขต่อไป

2. **การรังวัดหมุดดาวเทียมแบบสถิตอย่างเร็ว** (RAPID or FAST STATIC)

การรังวัดหมุดดาวเทียมแบบสถิตอย่างเร็ว (RAPID or FAST STATIC) มี 2 แบบ คือ

- แบบสถานีโครงข่าย(Network Base Station)
- แบบสถานีฐานเดี่ยว(Single Base Station)

วัตถุประสงค์

1. สร้างหมุดดาวเทียม สำหรับใช้เป็นหมุดออก-เข้าบรรจบของเส้นเพื่อโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่
2. เพื่อสร้างหมุดดาวเทียมสำหรับใช้เป็นสถานีฐาน (Base Station) ในการขยายหมุด RTK GPS

หลักการทำงาน

การทำงานเหมือนกับการรังวัดแบบ Static ซึ่งต้องมีการรับสัญญาณพร้อมกันอย่างน้อย 2 เครื่อง โดยมีดาวเทียมอย่างน้อย 5 ดวง ในช่วงเวลา 20 นาทีขึ้นไป

การบันทึกข้อมูลจะทำในขณะที่เครื่องตั้งอยู่กับที่ ถ้าในขณะที่เครื่องรับสัญญาณมีการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่ง ข้อมูลจะไม่มีการบันทึก

ความแตกต่างในการทำงานของระบบ Rapid Static และ Static อยู่ที่การบันทึกข้อมูล มีน้อยกว่าเนื่องจากใช้เวลารังวัดไม่มากนัก ดังนั้นค่าความถูกต้องอาจจะไม่สูงเท่ากับการรังวัดแบบ Static และข้อแตกต่างอีกอย่างคือ สามารถบันทึกข้อมูลมากกว่า 1 ช่วงเวลาต่อ 1 ไฟล์

ระยะเวลาในการรับสัญญาณขึ้นอยู่กับ

- จำนวนของดาวเทียมที่ทำการรับสัญญาณ
- ลักษณะทางเลขาคณิตของการโคจรดาวเทียม (PDOP)
- ระยะเส้นฐาน
- คุณภาพของข้อมูลที่ทำการบันทึก
  ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของข้อมูลมีดังนี้ :
  - Cycle slips เป็นการขัดขวางหรือการกระโดดของข้อมูลจากดาวเทียมหนึ่งดวงหรือมากกว่านั้น
  - Multipath เป็นการสะท้อนสัญญาณจากวัตถุที่อยู่ใกล้จานรับสัญญาณดาวเทียม เช่น ผนัง หรือหลังคารถ ทำให้ระยะทางที่คำนวณได้ผิดพลาดไป
  - Radio Frequency (RF) interference

การสร้างและการรังวัด

เพื่อให้การรับสัญญาณดาวเทียมและการคำนวณค่าพิกัดหมุด RAPID STATIC เป็นไปด้วยความเรียบร้อย มีความละเอียดถูกต้อง และมีความชัดเจนในการปฏิบัติยิ่งขึ้น จึงกำหนดหลักเกณฑ์ในการสร้างหมุด RAPID STATIC ไว้ดังต่อไปนี้

การสร้างหมุด RAPID STATIC

ให้สร้างจำนวน 3 หมุด โดยมีระยะห่างระหว่างหมุดไม่น้อยกว่า 200 เมตร ในกรณีที่สร้างหมุดดาวเทียม RAPID STATIC เพื่อสร้างระวางแผนที่ หรือเพื่อโยงยึดเก็บรายละเอียด หรือเป็นหมุดออกหรือเข้าบรรจบเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่เพื่อเก็บรายละเอียด หรือเป็นหมุดออกหรือเข้าบรรจบส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ย่อย ให้มีระยะห่างระหว่างหมุดไม่น้อยกว่า 100 เมตร

การรับสัญญาณ

การรับสัญญาณแบบ RAPID STATIC มี 2 แบบ คือ

1. การรังวัดแบบสถานีโครงข่าย (Network Base Station)

ให้ดำเนินการและปฏิบัติเช่นเดียวกับการรังวัดแบบ Static โดยให้มีระยะเส้นฐานไม่เกิน 10 กิโลเมตร และให้รับสัญญาณไม่น้อยกว่า 20 นาที

2. การรังวัดแบบสถานีฐานเดี่ยว (Single Base Station)

ใช้ในกรณีที่ไม่สามารถรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่ แบบ RTK ได้ โดยมีขั้นตอนและเงื่อนไขดังนี้

- รับสัญญาณโดยใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมอย่างน้อย 2 เครื่อง โดยรับสัญญาณที่สถานีที่ทราบค่าพิกัดหนึ่งเครื่อง ส่วนเครื่องที่เหลือทำการรับสัญญาณที่หมุดที่ต้องการทราบค่าพิกัด
- ก่อนดำเนินการรับสัญญาณหมุดดาวเทียมที่ต้องการหาค่าพิกัดให้รับสัญญาณที่หมุดที่ทราบค่าพิกัดอีกหมุดหนึ่งเพื่อเป็นการตรวจสอบสถานีฐาน โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนตามชนิดหมุดที่ตรวจสอบดังนี้

ตรวจสอบกับหมุดพยานดาวเทียมของสถานีฐาน	ค่าต่างจากพิกัดเดิมไม่เกิน 0.05 เมตร
ตรวจสอบกับหมุดดาวเทียม Static	ค่าต่างจากพิกัดเดิมไม่เกิน 0.10 เมตร
ตรวจสอบกับหมุดดาวเทียม Rapid Static	ค่าต่างจากพิกัดเดิมไม่เกิน 0.12 เมตร
ตรวจสอบกับหมุดดาวเทียม RTK	ค่าต่างจากพิกัดเดิมไม่เกิน 0.15 เมตร

- ทำการรังวัดมุม – ระยะ ของหมุดที่ต้องการทราบค่าพิกัดด้วยกล้องกล้องวัดมุมและเครื่องวัดระยะอิเลคทรอนิกส์ ความละเอียดไม่น้อยกว่า 2 ฟิลิบดา เพื่อใช้ในการตรวจสอบมุม – ระยะที่ได้จากการคำนวณจากค่าพิกัดที่ได้จากการรับสัญญาณดาวเทียม
- เปรียบเทียบค่า มุม – ระยะที่ได้จากการรับสัญญาณกับมุม – ระยะที่ได้จากการรังวัดด้วยกล้องโดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนดังนี้

ความคลาดเคลื่อนทางมุม	ค่าต่างไม่เกิน 30 ฟิลิปดา
ความคลาดเคลื่อนทางระยะ	ค่าต่างไม่เกิน 1: 5,000

3. การรังวัดหมุดดาวเทียมแบบ RTK (Real Time Kinematic)

การรังวัดหมุดดาวเทียมแบบ RTK (Real Time Kinematic) มี 2 แบบ คือ

- แบบสถานีฐานเดี่ยว (Single Base Station)
- แบบสถานีโครงข่าย(Network Base Station)

การรังวัดหมุดดาวเทียม RTK แบบสถานีฐานเดี่ยว (Single Base Station)

วัตถุประสงค์

1. ขยายหมุดหลักฐานแผนที่ เพื่องานรังวัดออกโฉนดที่ดินทั่วประเทศ
2. เพื่อใช้เป็นหมุด ออกและเข้าบรรจบ ของเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ต่างๆ
3. เพื่อใช้สร้างระวางแผนที่ภาคพื้นดิน

หลักการทำงาน

การทำงานในรูปแบบ RTK นี้จะต้องใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมอย่างน้อย 2 เครื่อง ซึ่งจะมีเครื่องรับสัญญาณที่สถานีที่ทราบค่าพิกัด เรียกว่า Base station และ เครื่องที่เหลือจะเป็นสถานีเคลื่อนที่ เรียกว่า Rover ซึ่งที่สถานีหลักจะทำการรับสัญญาณค่าพิกัดจากดาวเทียม แล้วส่งค่าปรับแก้ที่ทราบค่าโดยผ่านระบบสื่อสาร เช่นระบบวิทยุ ระบบโทรศัพท์มือถือ ไปยังสถานีเคลื่อนที่ ที่สถานีเคลื่อนที่ก็เช่นกันจะทำการรับสัญญาณจากดาวเทียม และทำการประมาณค่าตำแหน่งสัมพัทธ์กับสถานีหลักได้ โดยอาศัยค่าแก้ที่ส่งมาจากสถานีหลัก

โดยทั่วไปแล้ว ที่สถานีหลัก และสถานีเคลื่อนที่ จะทำการรับสัญญาณและบันทึกข้อมูลทุกๆ 1 วินาที และทำการประมวลผลได้ค่าพิกัดที่อัตราเดียวกัน โดยกำหนดให้ทำการบันทึกข้อมูลจำนวนไม่น้อยกว่า 180 ข้อมูล (epoch)

การวางแผนงาน

ในการปฏิบัติงานรับสัญญาณดาวเทียม แบบ RTK จะมีข้อจำกัดของสัญญาณวิทยุ หรือสัญญาณโทรศัพท์มือถือ ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของการรับสัญญาณ โดยปกติแล้วการรับสัญญาณดาวเทียม แบบ RTK สามารถครอบคลุมพื้นที่เป็นรัศมีได้ประมาณ 5-10 กิโลเมตร โดยขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ

- การคัดเลือก Base Station เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องทำก่อนอันดับแรก ของการปฏิบัติงาน เนื่องจากในพื้นที่ปฏิบัติงาน RTK อาจไม่มี Base Station หรือมีน้อย ไม่ครอบคลุมพื้นที่ได้เพียงพอ

เพราะฉะนั้นจะต้องวางแผนงานสร้างหมุด Base Station เพื่อกระจายให้ครอบคลุมพื้นที่ปฏิบัติงาน RTK อย่างเพียงพอเสียก่อน

- การเตรียมข้อมูลหมุดตรวจสอบ หมุดตรวจสอบเป็นหมุดที่เราใช้ตรวจสอบค่าพิกัดก่อนเริ่มปฏิบัติงาน RTK ในแต่ละพื้นที่ เนื่องจากหากเราป้อนค่าพิกัดผิดในสถานี Base Station และหากไม่มีการตรวจสอบในหมุดตรวจสอบ ก็อาจทำให้ค่าพิกัดที่เกิดจากการปฏิบัติงาน RTK ผิดตามไปด้วย

การเตรียมเครื่องมือก่อนการปฏิบัติงาน

ในการปฏิบัติงานสร้างและรับสัญญาณดาวเทียม RTK GPS จะต้องเตรียมความพร้อมก่อนเริ่มปฏิบัติงานดังนี้

- การตรวจสอบกล้องวัดมุมและเครื่องวัดระยะ ก่อนการปฏิบัติงานในแต่ละโครงการจะต้องนำกล้องวัดมุมและเครื่องวัดระยะ ทำการวัดสอบ กับ เส้นฐานมาตรฐานที่กรมชลประทาน อ. ปากเกร็ด จ.นนทบุรี เสียก่อนเพื่อให้ได้ทราบว่ากล้องวัดมุมและเครื่องวัดระยะอยู่ในมาตรฐานที่กำหนดหรือไม่

- การตรวจสอบสภาพเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ก่อนการปฏิบัติงานในแต่ละโครงการจะต้องตรวจสภาพเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมมีสภาพพร้อมต่อการปฏิบัติงานอย่างไร เช่น สายนำสัญญาณต่างๆ แบตเตอรี่ เครื่องส่งสัญญาณวิทยุหรือสัญญาณโทรศัพท์ เป็นต้น

- การตรวจสอบเครื่องมือก่อนและหลังการปฏิบัติงาน เนื่องจากอุปกรณ์ในการปฏิบัติงาน RTK GPS มีอุปกรณ์ต่างๆ ค่อนข้างมาก เราจึงต้องมีแบบฟอร์มเพื่อตรวจสอบเครื่องมือก่อนและหลังการปฏิบัติงานทุกครั้ง

การสร้างและการรังวัด

การสร้างหมุดดาวเทียมแบบ RTK มีองค์ประกอบดังนี้

- การเลือกตำแหน่งสร้าง
- การวัดมุมและระยะ
- การเขียนรายการรังวัด

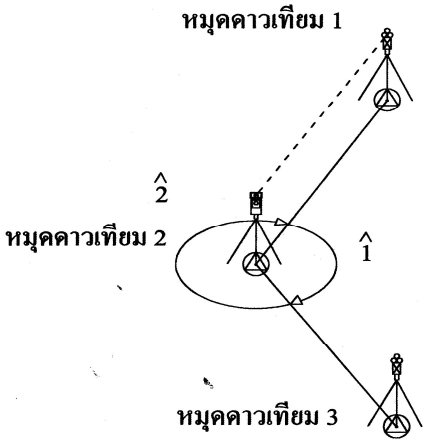
1. การเลือกตำแหน่งสร้าง

การสร้างหมุด RTK GPS จะแตกต่างจากการสร้างหมุดของเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ค่อนข้างมาก เนื่องจากมีองค์ประกอบที่ต้องคำนึงถึงการรับสัญญาณดาวเทียมด้วย ดังนี้

- ตำแหน่งต้องมั่นคง ยากต่อการถูกทำลาย เนื่องจากเป็นหมุดที่เสียค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง การซ่อมแซมกระทำได้ยาก
- สภาพตำแหน่งต้องเหมาะสมแก่การรับสัญญาณดาวเทียม
- ในบริเวณใกล้เคียงต้องไม่มีสิ่งรบกวนสัญญาณดาวเทียม
- การสร้างต้องเป็นไปตามระเบียบกรมที่ดินว่าการรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่โดยระบบดาวเทียม พ.ศ. 2543

2. การวัดมุมและระยะ

หลังจากการสร้างหมุดดาวเทียม RTK แล้ว ขั้นตอนต่อไป ให้ใช้กล้องวัดมุมและเครื่องวัดระยะอิเลคทรอนิกส์ ความละเอียดไม่น้อยกว่า 2 ฟิลิบดา ทำการวัดมุมและระยะ โดยมีวิธีการ ดังรูป



- ตั้งกล้องวัดมุมตรงตำแหน่งหมุดกลาง (2) แล้ววัดมุม 1 → 2 จำนวนไม่น้อยกว่า 3 set และค่าเฉลี่ยแต่ละ set ไม่เกิน 5 ฟิลิบดา
- ให้วัดระยะทั้ง 2 ด้าน ดังรูป จำนวนด้านละ 5 ครั้ง

จุดประสงค์ของการวัดมุมและระยะ เพื่อนำไปใช้ตรวจสอบค่าพิกัด ที่ได้จากการรับสัญญาณดาวเทียม

3. การเขียนรายการรังวัด

- ใบสรุปหมุดดาวเทียม(ร.ว. ๗๕ ก)
- แผนที่สังเขปหมุดดาวเทียม (ร.ว. ๗๖)
- รายการรังวัดหมุดดาวเทียม (ร.ว. ๗๗)
- รายการวัดมุมและระยะ (ร.ว.๓๑ ค)

การรับสัญญาณ

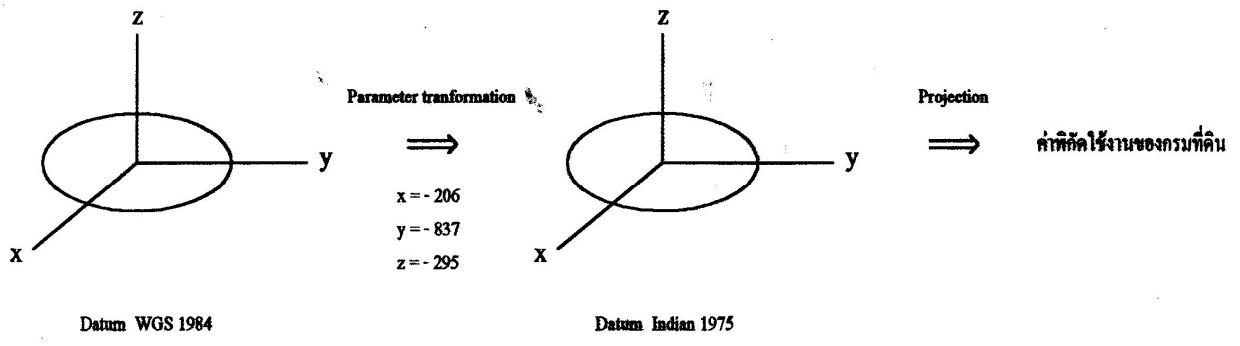
ในการรับสัญญาณดาวเทียม RTK GPS มีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

- การกำหนดค่ามาตรฐานของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม
- การตรวจสอบ Base Station
- การ Start Base Station
- การรับสัญญาณของ Rover Station

1. **การกำหนดค่ามาตรฐานของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม**

การกำหนดค่าเป็นการกำหนดค่าเพื่อให้ได้ค่าพิกัดที่ใช้งานอยู่ในเกณฑ์และเป็นค่าพิกัดในระบบที่กรมที่ดินใช้งาน ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- การสร้าง Job ในการปฏิบัติงาน RTK จะต้องมีการสร้าง Job หรือ File เพื่อเก็บข้อมูลในแต่ละครั้งที่เราเข้ารับสัญญาณดาวเทียม ซึ่งชื่อ Job ที่ดีจะต้องสื่อความหมาย เช่น วันที่รับสัญญาณ ใครเป็นคนรับสัญญาณ
- การกำหนดระบบค่าพิกัด กรมที่ดินใช้ Datum Indian 1975 เป็นระบบอ้างอิง และใช้ค่า Transformation จาก WGS 1984 (ระบบดาวเทียมอ้างอิง) ไป Indian 1975 มีค่าดังนี้ TX = -206, T Y = -837,TZ = -295



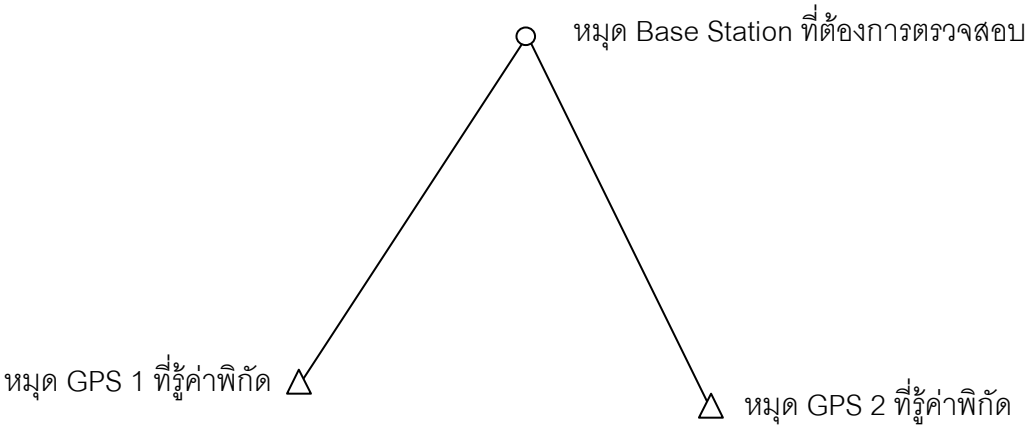
- กำหนดระยะเวลาในการรับ โดยปกติแล้วจะกำหนดไว้ 180 epoch หรือประมาณ 3 นาที
- ค่าพิกัดที่ได้ต้องได้จากวิธีการ Fixed solution เท่านั้น

- การกำหนดเกณฑ์ ความถูกต้องทางราบและทางดิ่ง ซึ่งจะต้องกำหนดดังนี้ คือ ข้อมูลที่บันทึกได้จะต้องไม่เกิน 0.015 เมตร ทางราบ และไม่เกิน 0.030 เมตร ทางดิ่ง

2. **การตรวจสอบ** Base station

การตรวจสอบหมุด Base Station เป็นสิ่งสำคัญอันดับแรกของการปฏิบัติงาน RTK ซึ่งในการตรวจสอบ Base Station สามารถกระทำได้หลายวิธี ดังนี้

- การตรวจสอบจากรายการโยงยึดจากรายการรังวัด ซึ่งก่อนการเข้ารับสัญญาณดาวเทียมที่หมุดดาวเทียมทุกครั้ง จะต้องตรวจสอบรายการโยงยึดทุกครั้งเสมอ
- การตรวจสอบโดยใช้กล้องวัดมุม หากพบว่าสภาพโยงยึดของหมุดดาวเทียมเปลี่ยน ไม่สามารถตรวจสอบได้ แต่สามารถตรวจสอบได้โดยกล้องวัดมุม ซึ่งการตรวจสอบสามารถกระทำโดยใช้เกณฑ์การตรวจสอบของหมุดดาวเทียม
- การตรวจสอบโดยการรับสัญญาณของ Rover ซึ่งเป็นวิธีการตรวจสอบโดยมีหมุดที่เรารู้ค่าพิกัดแล้วในพื้นที่ปฏิบัติงาน โดยหมุดตรวจสอบนี้อาจจะเป็นหมุดที่รู้ค่าพิกัดแล้ว เช่นหมุดดาวเทียมในบริเวณใกล้เคียง,หมุดพยานดาวเทียม ซึ่งได้คำนวณค่าพิกัดแล้ว, หมุดเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ ซึ่งควรจะเป็นลำดับสุดท้ายของการใช้เป็นหมุดตรวจสอบ เนื่องจากค่าพิกัดจะมีความแตกต่างค่อนข้างมาก
- การตรวจสอบโดยใช้การรับสัญญาณดาวเทียม แบบ RAPID STATIC เป็นวิธีการรับสัญญาณดาวเทียมเพื่อตรวจสอบ Base Station ในกรณีที่มีหมุดตรวจสอบในพื้นที่ที่ปฏิบัติงาน การตรวจสอบให้กระทำโดยเลือกหมุดดาวเทียมที่รู้ค่าพิกัดแล้ว จำนวน 2 หมุด แล้วตั้งเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมพร้อมกันทั้งสามหมุด ดังรูป



ตั้งเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมให้รับสัญญาณพร้อมกันทั้ง 3 หมุดและมีช่วงเวลาเดียวกัน ไม่น้อยกว่า 20 นาที แล้วนำผลการรับสัญญาณมาคำนวณค่าพิกัดของหมุดที่คิดเป็น Base Station ว่าแตกต่างจากค่าพิกัดเดิมหรือไม่

3. **การ Start Base Station**

การ Start Base Station มีขั้นตอนตามลำดับดังนี้

- การตั้งเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมและอุปกรณ์วิทยุ ที่หมุด Base Station
- ตรวจสอบสายสัญญาณต่างๆ ว่าได้ต่อตามจุดอุปกรณ์ต่างๆ ครบถ้วนแล้ว
- ป้อนค่าพิกัดหมุด Base Station โดยปกติแล้วควรกดปุ่ม Here ก่อน เพื่อตรวจสอบว่าค่าพิกัดที่เกิดขึ้นขณะรับสัญญาณดาวเทียมกับค่าพิกัดของหมุด Base Station แตกต่างกันหรือไม่ หากไม่แตกต่างก็ให้ป้อนค่าพิกัดลงไป
- การป้อนความสูง ไม่ควรนำค่าความสูงที่คาดคะเนเองป้อนลงไป ควรเป็นค่าที่ได้จากการประมาณจากแผนที่ภูมิประเทศหรืออาจเป็นความสูงจากการรับสัญญาณดาวเทียม
- ตรวจสอบสัญญาณวิทยุ ก่อนเคลื่อนย้ายเพื่อไปรับสัญญาณ ตามหมุดดาวเทียมต่างๆ ควรตรวจสอบสัญญาณวิทยุว่ามีสัญญาณส่งออกไปหรือไม่
- บันทึกรายละเอียดการรับสัญญาณดาวเทียมลงในแบบ Field sheet ทุกครั้ง ก่อนการเริ่ม Start ให้ตรวจสอบข้อมูลในเครื่อง Receiver ที่ใช้เป็น Base Station ว่าเต็มหรือไม่ และข้อพึงระวังการตั้ง Base ใกล้กับสายไฟฟ้าแรงสูง อาจเกิดอันตรายได้

4. **การรับสัญญาณของ Rover Station**

การรับสัญญาณดาวเทียมหมายถึงเครื่องรับสัญญาณที่เป็น Rover เคลื่อนย้ายไปรับสัญญาณดาวเทียมตามหมุดดาวเทียมที่ถูกสร้างไว้ตามตำแหน่งต่างๆ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- การเข้ารับสัญญาณดาวเทียมเพื่อตรวจสอบค่าพิกัด Base Station
- การเข้ารับสัญญาณดาวเทียมและตรวจสอบค่าพิกัดที่รับสัญญาณมา

4.1 การเข้ารับสัญญาณดาวเทียมเพื่อตรวจสอบค่าพิกัด Base Station

จุดประสงค์เพื่อตรวจสอบค่าพิกัดของ Base Station โดยเข้ารับสัญญาณตรวจสอบที่หมุดที่ทราบค่าพิกัดแล้ว โดยมีเกณฑ์ดังนี้

ตรวจสอบกับหมุดพยานดาวเทียม	ค่าต่างจากพิกัดเดิมไม่เกิน 0.05 เมตร
ตรวจสอบกับหมุดดาวเทียม Static	ค่าต่างจากพิกัดเดิมไม่เกิน 0.10 เมตร
ตรวจสอบกับหมุดดาวเทียมRapid Static	ค่าต่างจากพิกัดเดิมไม่เกิน 0.12 เมตร
ตรวจสอบกับหมุดดาวเทียม RTK	ค่าต่างจากพิกัดเดิมไม่เกิน 0.15 เมตร

ในกรณีที่ได้เข้ารับสัญญาณดาวเทียมที่หมุดตรวจสอบ แล้วพบว่าเกินเกณฑ์ ให้ค้นหาหมุดตรวจสอบเพิ่มอีกและเข้ารับสัญญาณเพื่อตรวจสอบต่อไปจนกว่าพิสูจน์ได้ หมุด Base Station เคลื่อนหรือป้อนค่าพิกัดผิด

4.2 การเข้ารับสัญญาณดาวเทียมและตรวจสอบค่าพิกัดที่รับสัญญาณมา

หมายถึงการเข้ารับสัญญาณดาวเทียมของเครื่องรับสัญญาณ Rover ตามตำแหน่งหมุดดาวเทียมที่ได้สร้างไว้ ซึ่งก่อนการปฏิบัติควรมีการ predict ดาวเทียมก่อนเพื่อให้ได้ค่าพิกัดที่มีความถูกต้อง พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลการรับลงใน Field sheet ทุกครั้ง ควรหลีกเลี่ยงการรับสัญญาณดาวเทียมที่มีค่า RMS สูงๆ

จากนั้นนำค่าพิกัดที่ได้จากการรับสัญญาณมาคำนวณค่าระยะและมุม เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้วัดโดยกล้องและเครื่องวัดระยะ ซึ่งมีเกณฑ์ดังนี้ คือ

ความคลาดเคลื่อนทางมุม ค่าต่างไม่เกิน 30 ฟิลิปดา

ความคลาดเคลื่อนทางระยะ ค่าต่างไม่เกิน 1 : 5,000

การรังวัดหมุดดาวเทียม RTK แบบสถานีโครงข่าย (Network Base Station)

ข้อจำกัดของการรังวัด RTK แบบสถานีฐานเดี่ยวคือ ความถูกต้องทางตำแหน่ง (Accuracy) และความน่าเชื่อถือของค่าพิกัด (Reliability) จะลดลงเมื่อระยะทางระหว่างสถานีฐานและสถานีจรเพิ่มขึ้น อีกทั้งพื้นที่ขอบเขตในการทำงานได้ของแต่ละสถานีฐานไม่ต่อเนื่องเป็นเนื้อเดียวกัน

ดังนั้นเพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าว เทคนิคการรังวัดแบบจลน์ในทันที จึงได้ถูกพัฒนาขึ้นเป็นเทคนิคการรังวัดด้วยดาวเทียมจีพีเอสระบบเครือข่ายแบบจลน์ในทันที (Network-based RTK GPS) ซึ่งมีข้อดีคือ มีความถูกต้องทางตำแหน่งในระดับเซนติเมตรเช่นกันและมีความน่าเชื่อถือของค่าพิกัดสูงโดยความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของค่าพิกัดตลอดจนขอบเขตในการทำงานนั้นเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันตลอดทั้งโครงข่าย ทำให้มีพื้นที่ในการทำงานเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งยังสนับสนุนการประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ เช่น การติดตามการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปลูกสร้างขนาดใหญ่ เช่น สะพาน หรือเขื่อนขนาดใหญ่ เป็นต้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้งานรังวัดออกโฉนดที่ดินในพื้นที่โครงข่ายมีความถูกต้องในระดับเดียวกันและมีความสัมพันธ์กันทั้งโครงข่าย

2. เพื่อใช้เป็นหมุด ออกและเข้าบรรจบ ของเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ต่างๆ

3. เพื่อใช้สร้างระวางแผนที่ภาคพื้นดิน

องค์ประกอบของการรังวัด RTK แบบสถานีโครงข่าย (Network Base Station)

1. สถานีฐานถาวร (Permanent reference station) ต้องมีสถานีฐานอย่างน้อย 3 สถานี

2. ศูนย์ควบคุม (Control center) ซึ่งรวมเรียกว่า ระบบเครือข่ายสถานีฐานจีพีเอส

3. ส่วนของสถานีผู้ใช้งาน (Rover station) ซึ่งสถานีฐานถาวรจะรับสัญญาณดาวเทียมตลอดเวลาและส่งข้อมูลแบบในทันที (Real time) ไปยังศูนย์ควบคุมผ่านช่องทางการสื่อสารอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น leased lines หรือ LAN / WAN เป็นต้น โดยที่ศูนย์ควบคุมจะมีการประมวลผลข้อมูลและมีการติดต่อสื่อสารกับสถานีผู้ใช้งานผ่านช่องทางการสื่อสาร เช่น โทรศัพท์มือถือหรือสัญญาณวิทยุ เช่นกัน

หลักการทำงาน

การทำงานของ Virtual Reference Station (VRS) ประกอบด้วยสถานีโครงข่ายดาวเทียมอย่างน้อย 3 สถานีที่มีระยะห่างเส้นฐานประมาณ 50 – 70 กิโลเมตร และมีการเชื่อมต่อส่งข้อมูลดาวเทียมผ่านระบบการสื่อสารมายังสถานีควบคุมอย่างต่อเนื่อง โดยมีคอมพิวเตอร์ที่สถานีควบคุมทำการรวบรวมข้อมูลจากทุกสถานีอ้างอิงที่ส่งมาอย่างต่อเนื่อง และสร้างฐานข้อมูลของการปรับแก้โครงข่ายที่ขจัดค่าความคลาดเคลื่อนของชั้นบรรยากาศได้ โดยจะส่งค่าปรับแก้ในรูปแบบ VRS ที่เป็นการจำลองตำแหน่งเสมือนของสถานีอ้างอิงให้อยู่ใกล้ๆกับตำแหน่งของผู้ใช้งานในภาคสนามเพียงไม่กี่เมตร ซึ่งเป็นการสื่อสารแบบสองทางระหว่างผู้ใช้งานและสถานีควบคุม โดยที่เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมเคลื่อนที่แบบจลน์จะแปลค่าและใช้งานข้อมูลนั้นราวกับว่าได้รับค่าปรับแก้มาจากสถานีอ้างอิงที่แท้จริง ทำให้ได้ผลลัพธ์ของประสิทธิภาพการทำงานในรูปแบบ RTK มีประสิทธิภาพสูงสุด

โดยในภาคสนามที่เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมเคลื่อนที่แบบจลน์จะมีการสื่อสารแบบสองทางโดยจะส่งค่าตำแหน่งโดยประมาณไปยังสถานีควบคุมโดยผ่านรูปแบบการสื่อสารเช่น GSM หรือ GPRS ซึ่งเป็นค่าตำแหน่ง NMEA ในรูปแบบ GGA แล้วที่สถานีควบคุมจะทำการยอมรับตำแหน่งและส่งค่าปรับแก้ในรูปแบบ RTCM มายังผู้ใช้งาน ทันทีที่เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมเคลื่อนที่แบบจลน์รับค่าปรับแก้จะมีการคำนวณค่าพิกัดในรูปแบบ DGPS (ซึ่งมีความถูกต้องเพียงพอที่จะมั่นใจได้ว่าค่าโมเดลของชั้นบรรยากาศและอิฟิเมอร์ริสของทั้งโครงข่ายได้ถูกใช้อย่างถูกต้อง) พร้อมทั้งปรับปรุงค่าตำแหน่งพิกัดใหม่

แล้วส่งค่าพิกัดใหม่นั้นมายังสถานีควบคุมอีกครั้ง และที่สถานีอ้างอิงจะคำนวณค่าปรับแก้ RTCM มาให้ผู้ใช้งานใหม่ เสมือนกับว่ามาจากตำแหน่งของสถานีอ้างอิงที่อยู่ใกล้ๆกับตำแหน่งของผู้ใช้งาน

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. เชื่อมต่อเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมเข้ากับระบบ RTK Network
2. สร้าง Project ในเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมด้วยชื่อที่กำหนด
3. รังวัดหมุดหลักฐานแผนที่ ด้วยระบบ RTK Network ที่ให้ผลเป็นแบบ VRS หรือ Single Base โดยกำหนดเงื่อนไขการรังวัด ดังนี้
    - PDOP ไม่เกิน 5.0
    - RMS ไม่มากกว่า 3.0
    - ให้ผลการคำนวณเป็นแบบ fixed ทุก 1 วินาที ใช้เวลาในการรับสัญญาณดาวเทียมไม่น้อยกว่า 180 วินาที
4. ตรวจสอบความถูกต้องของค่าพิกัดที่ได้จากการรังวัด โดยวัดระยะระหว่างหมุดหลักฐานแต่ละหมุด เกณฑ์การตรวจสอบมีความผิดพลาดทางระยะไม่น้อยกว่า 1:5,000
5. ผู้รังวัด load ข้อมูล Project และข้อมูล export ค่าพิกัด ส่งให้ตรวจสอบ
6. ส่งข้อมูล Project ที่ได้รับการตรวจสอบแล้ว เข้า website www.i-dolnet.com และเข้าเมนู *ส่งข้อมูลเข้าฐานข้อมูล เพื่อเก็บไว้เป็นฐานข้อมูล*

เครื่องมือและอุปกรณ์

การรังวัดหมุดดาวเทียมแบบ STATIC และ RAPID STATIC

มีเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็น ดังนี้

1. กล้องธีโอโดไลท์ ชนิด 1 ฟิลิปดา และเครื่องวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์ หรือ กล้องสำรวจแบบประมวลผลชนิด 1 ฟิลิปดาพร้อมอุปกรณ์ จำนวน 1 ชุด
2. เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม
3. จานรับสัญญาณดาวเทียม
4. สายสัญญาณ
5. ADAPTER สำหรับจานรับสัญญาณดาวเทียม
6. TRIBRACH
7. แบตเตอรี่ภายใน

8. แท่นชาร์จแบตเตอรี่
9. สายไฟใช้กับแบตเตอรี่รถยนต์
10. POLE วัดระยะ
11. ขาตั้งกล้อง
12. รถยนต์ราชการสำหรับขนเครื่องและอุปกรณ์ และใช้ปฏิบัติงานภาคสนาม จำนวน 1 คัน/หน่วย

นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์เสริมในการปฏิบัติงานรับสัญญาณดาวเทียม ดังนี้

วิทยุสื่อสาร ถือว่าเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญมาก สำหรับใช้ติดต่อระหว่างหน่วยรับสัญญาณดาวเทียม กรณีมีการปรับเปลี่ยนแผนงานรับสัญญาณดาวเทียม อาจจะเนื่องมาจากการตั้งเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมไม่ทันตามเวลาที่กำหนดไว้ ทำให้ต้องขยายระยะเวลาในการรับสัญญาณ

Tower เป็นอุปกรณ์ดัดแปลงพิเศษที่ประดิษฐ์ขึ้นมาเพื่อใช้ต่อเสาอากาศรับสัญญาณดาวเทียมให้สูง เพื่อให้พ้นแนวสิ่งกีดขวาง (OBSTRUCTION)

การรังวัดหมุดดาวเทียมแบบ RTK (Real Time Kinematic)

สำหรับงานรังวัดหมุดดาวเทียมแบบ RTK (Real Time Kinematic) จะมีอุปกรณ์สื่อสารต่างๆเพิ่มเติมได้แก่ โทรศัพท์มือถือ หรือวิทยุรับ-ส่ง เสาอากาศวิทยุ

วิธีการทำงานรังวัดหมุดดาวเทียมแบบ RTK มีผลกับการรบกวนการส่งสัญญาณวิทยุ การลดอัตราการรบกวนจากคลื่นความถี่วิทยุเดียวกันที่ใช้กับสถานีฐานอื่น ๆ สามารถใช้ตัวเลื่อนเวลาในการส่งคลื่นที่สถานีฐาน ซึ่งไม่ได้เกิดขึ้นพร้อมกันกับตัวอื่น ๆ ที่คลื่นความถี่เดียวกัน ในบางกรณีสภาพแวดล้อม หรือ สภาพภูมิประเทศของสนามการทำงานจะมีผลกับการส่งคลื่นวิทยุ พื้นที่ครอบคลุมการทำงาน

การเพิ่มความสามารถในการครอบคลุมพื้นที่การทำงาน

1. เลื่อนสถานีฐานไปยังจุดที่เห็นได้อย่างชัดเจนรอบ ๆ บริเวณภาคสนาม
2. ติดตั้งเสาอากาศวิทยุของสถานีฐานให้สูงที่สุดเท่าที่จะทำได้
3. เลือกใช้ Radio repeaters

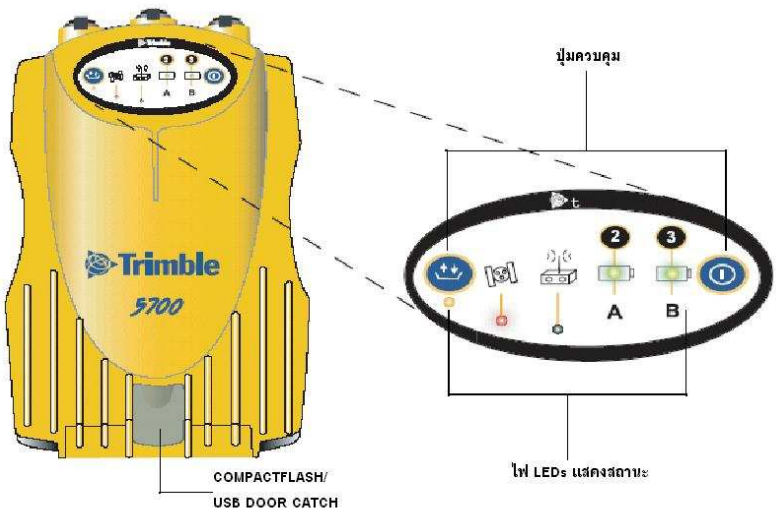
ข้อควรทราบ – ค่าความละเอียดถูกต้องของจุดที่รังวัดไม่ได้รับผลกระทบใด ๆ จากการทำงานของวิทยุ

ส่วนประกอบของเครื่องรับสัญญาณ GPS 5700

ส่วนประกอบหลักของเครื่องรับสัญญาณไม่ว่าจะเป็น ส่วนควบคุมการทำงาน, พอร์ต และส่วนเชื่อมต่อ ติดตั้งที่ 4 ส่วนหลัก คือ ส่วนบน, ส่วนล่าง, ส่วนหน้า และส่วนหลัง ดังแสดงในรูป

1. **ส่วนหน้า** [FRONT PANEL]

ที่ส่วนนี้จะเป็นส่วนแสดงสถานะของการทำงานเครื่องซึ่งแสดงด้วยไฟ LEDs นอกจากนี้จะประกอบด้วยปุ่มการทำงาน 2 ปุ่ม และส่วนสำหรับบรรจุแผ่น COMPACT FLASH และส่วนเชื่อมต่อสาย USB



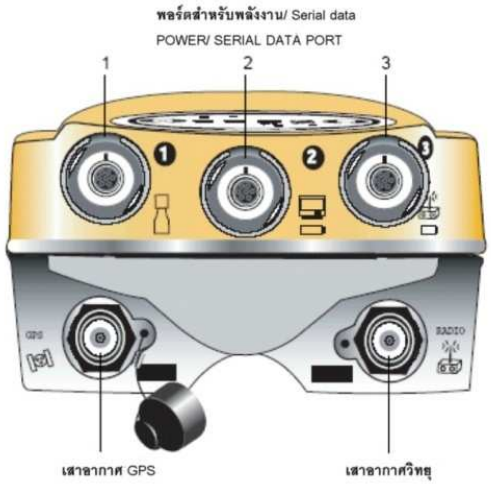
ปุ่มการทำงาน 2 ปุ่มนี้จะเป็นตัวควบคุมการรับข้อมูล (data logging), การจัดการข้อมูล (data management), พลังงาน และการตั้งค่ากำหนด ไฟแสดงสถานะ LEDs จะแสดงสถานะในการรับสัญญาณ , พลังงาน, การรับสัญญาณดาวเทียม และการรับคลื่นวิทยุ

2. **ส่วนหลัง** [REAR PANEL]

ส่วนของตัวล็อคเครื่องรับสัญญาณใช้ในการติดตั้งกับ Pole โดยต้องใช้งานร่วมกับตัว Bracket เพื่อรองรับเครื่องรับสัญญาณอีกครั้ง

3 **ส่วนบน** [TOP PANEL]

ในส่วนนี้จะเป็นประกอบด้วยพอร์ตทั้งสิ้น 3 พอร์ต คือ พอร์ตเชื่อมต่อแหล่งพลังงาน, Serial data และ (TNC) ports สำหรับเชื่อมต่อเครื่อง GPS และเสาอากาศวิทยุ



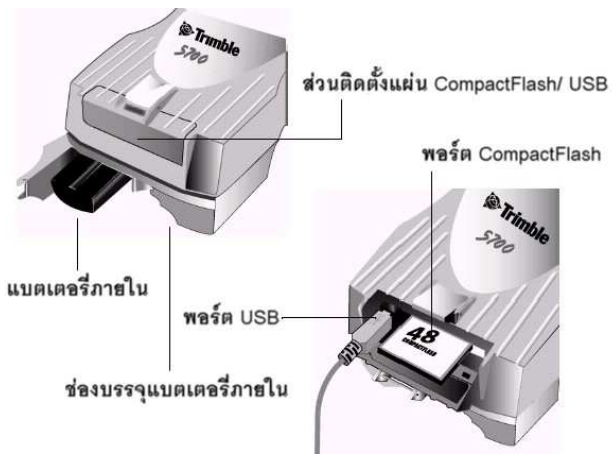
โดยแต่ละพอร์ตที่ส่วนบนจะแสดงด้วยรูปสัญลักษณ์ เพื่อแสดงหน้าที่หลักในการทำงาน ดังแสดงในตารางด้านล่าง

ตารางแสดงพอร์ตของเครื่องรับสัญญาณ GPS

รูปสัญลักษณ์	ชื่อ	เพื่อการเชื่อมต่อ
	พอร์ต 1	TRIMBLE Controller, event marker, หรือคอมพิวเตอร์
	พอร์ต 2	ต่อแบตเตอรี่, คอมพิวเตอร์, 1PPS, หรือ event marker
	พอร์ต 3	ต่อแบตเตอรี่, วิทยุภายนอก
	GPS	เสาอากาศ GPS
	วิทยุ	เสาอากาศวิทยุเพื่อสื่อสาร

4. **ส่วนล่าง** [BOTTOM PANEL]

ส่วนนี้ประกอบด้วย พอร์ต USB, พอร์ต Compact Flash และที่บรรจุแบตเตอรี่ภายในสองก้อน



ข้อควรระวัง: เมื่อไม่มีการเชื่อมต่อสาย USB และเครื่องถูกใช้งานบริเวณที่มีฝุ่นเป็นจำนวนมาก ควรปิดฝาช่องสำหรับบรรจุแผ่นการ์ด และพอร์ต USB เพื่อป้องกันความชื้น, ฝุ่น และสิ่งสกปรกที่อาจเกาะที่พอร์ตได้ และการใช้งานของเครื่อง จะเป็นไปตามคุณลักษณะของอุณหภูมิที่กำหนดไว้ เมื่อฝาช่องบรรจุทุกส่วนปิดในขณะที่ใช้งาน

การติดตั้งเพื่อการทำงานแบบ POST-PROCESSED

ชุดเครื่องมือที่คุณต้องใช้เพื่อการติดตั้ง และใช้งานในรูปแบบ Post-processing ประกอบด้วย

- เครื่องรับสัญญาณ GPS 5700
- เสาอากาศ Zephyr™ หรือ Zephyr Geodetic
- สายเคเบิลเพื่อการเชื่อต่อเสาอากาศ และเครื่องรับสัญญาณ GPS

สำหรับอุปกรณ์อื่น ๆ เสมือนเป็น Option ซึ่งใช้ร่วมเพื่อการทำงานในรูปแบบนี้

การติดตั้งเครื่องรับสัญญาณ GPS 5700

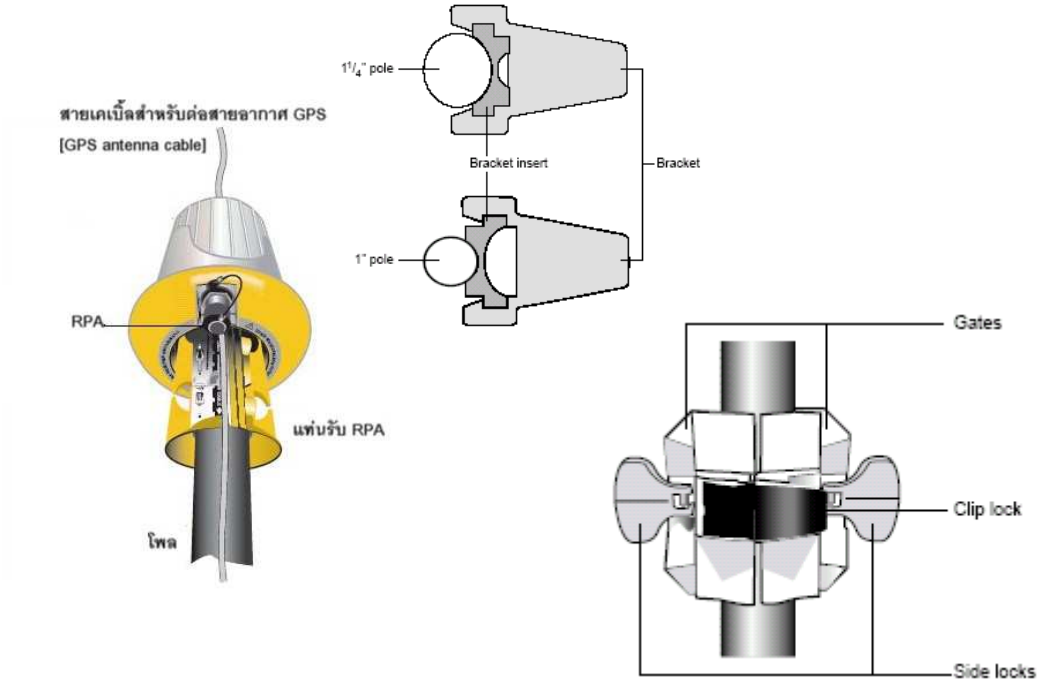
1. ณ จุดหัวหมุดของงานสำรวจ ทำการตั้งขาตั้งแบบสามขาพร้อมฐานสามเส้า และฐานตัวต่อเสาอากาศถ้าคุณไม่ต้องการใช้ขาตั้งแบบสามขา คุณสามารถเลือกใช้ Pole พร้อมขาตั้ง (Bipod) แต่อย่างไรก็ตามการติดตั้งเครื่องมือให้ได้ความมั่นคงในการใช้งานควรเลือกใช้ขาตั้งแบบสามขา
2. ติดตั้งเสาอากาศที่ฐานสามเส้าพร้อมตัวต่อ
3. ใช้ตัวจับเครื่องรับสัญญาณที่ขาตั้ง (Tripod clip) เพื่อจับยึดเครื่องรับสัญญาณ GPS 5700
4. ต่อสายเคเบิลสีเหลืองเพื่อเชื่อมกับเสาอากาศ Zephyr
5. ที่ปลายสายเคเบิลอีกด้านต่อเข้ากับเครื่องรับสัญญาณบริเวณพอร์ต TNC สีเหลือง
6. ถ้ามีความจำเป็นต้องใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ภายนอก ให้ใช้สายเคเบิลแบบ 0-shell Lemo ต่อเข้ากับพอร์ตที่ 2 และ 3 ของเครื่องรับสัญญาณ

การติดตั้งบน POLE [Pole – Mounted Setup]

การติดตั้งบนโพล ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้:

1. สายอากาศ eRTK กับโพล (eRTK™ Range Pole Antenna, RPA)เป็นอุปกรณ์เสริม
2. เครื่องรับสัญญาณ 5700
3. เครื่องควบคุม (Trimble Controller)

รูปแบบการติดตั้งแบบต่าง ๆ



รูปแบบการติดตั้งสายอากาศกับโพล
(eRTK™ Range Pole Antenna)

รูปแบบการติดตั้งเครื่องรับสัญญาณ 5700

รูปแบบการติดตั้งเครื่องควบคุม TSC1/ TSC2 **รูปแบบการติดตั้งเครื่องรับสัญญาณแบบกระเป๋าสะพายหลัง** (Backpack Diagram)

อุปกรณ์อื่น ๆ สำหรับ GPS

วิทยุเป็นอุปกรณ์ชิ้นหนึ่งที่มีความสำคัญในการทำงาน GPS ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้วิทยุภายในตัวเครื่องรับสัญญาณโดยตรง (450 หรือ 900 MHz UHF) หรือเลือกทำการเชื่อมต่อกับวิทยุภายนอกเพื่อเพิ่มรัศมีการทำงานให้ไกลขึ้น เมื่อใช้ GPS ควบคู่กับวิทยุจะเป็นการทำงานในรูปแบบ RTK (Real-Time Kinematic)

ในกรณีที่ผู้ใช้งานต้องการใช้วิทยุภายในตัวเครื่องเพื่อการทำงานแบบสถานีเคลื่อนที่ (ROVER) และใช้วิทยุภายนอกเพื่อเป็นสถานีฐาน (BASE) วิทยุที่สามารถใช้งานกับ TRIMBLE 5700 ได้มีดังต่อไปนี้

- TRIMMARK™3
- TRIMMARK lie
- TRIMTALK™ 450s
- SiteNet™ 450
- Sitenet 900
- HPB450 Radio

การติดตั้งวิทยุภายใน

การกำหนดให้เครื่องรับสัญญาณสามารถใช้งานแบบวิทยุภายในได้โดยการ Set เครื่องด้วยอุปกรณ์ดังนี้:

- GPS CONFIGURATOR SOFTWARE
- WINFLASH SOFTWARE
- TRIMBLE SURVEY CONTROLLER SOFTWARE

การติดตั้งวิทยุภายนอก

เมื่อต้องการติดตั้งวิทยุภายนอกเพื่อใช้งานร่วมกับ GPS ผู้ใช้งานจำเป็นต้องมีแหล่งกำเนิดไฟฟ้าภายนอกเพื่อใช้งานร่วมกับวิทยุ

การติดตั้ง:

1. ต่อปลายข้างหนึ่งของสายเคเบิ้ลสำหรับสายอากาศ GPS เข้ากับพอร์ต TNC ที่เครื่องรับสัญญาณ
2. สำหรับปลายอีกด้ายต่อเข้ากับตัวสายอากาศภายนอก Zephyr หรือ Zephyr Geodetic

3. จากนั้นต่อวิทยุภายนอกเข้ากับเครื่องรับสัญญาณที่พอร์ต 3
4. ติดตั้งเสาอากาศวิทยุเข้ากับวิทยุภายนอก
5. ต่อแหล่งกำเนิดไฟฟ้าภายนอก ที่พอร์ต 2 ที่เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ซึ่งแหล่งกำเนิดไฟฟ้าภายนอกที่สามารถใช้ได้คือขนาด 6 หรือ 10 แอมป์ หรือ แบตเตอรี่แบบ Camcorder

รูปตัวอย่างการต่อเครื่องรับสัญญาณ 5700 กับวิทยุ TRIMMARK 3

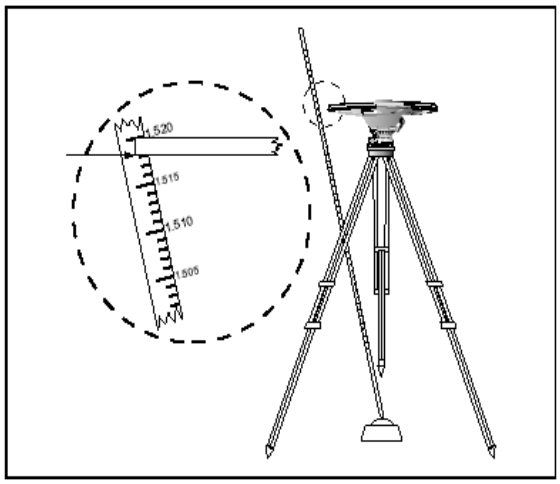
นอกจากนี้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมยังสามารถทำงานร่วมกับโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อใช้ในการรับส่งข้อมูลระหว่างสถานีฐาน และสถานีเคลื่อนที่

เสาอากาศ

เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม 5700 โดยปกติใช้กับเสาอากาศรุ่น Zephyr หรือ Zephyr Geodetic ซึ่งออกแบบมาใช้งานกับ GPS5700 โดยเฉพาะ

ซึ่งในการวัดความสูงนั้น : รุ่น Zephyr ให้ทำการวัดที่ด้านบนของรอยบาก

: รุ่น Zephyr Geodetic ให้ทำการวัดที่ด้านล่างของรอยบาก (แสดงดังรูป)



ขั้นตอนการติดตั้งเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมในการทำงานรูปแบบ Rapid Static หรือ Static

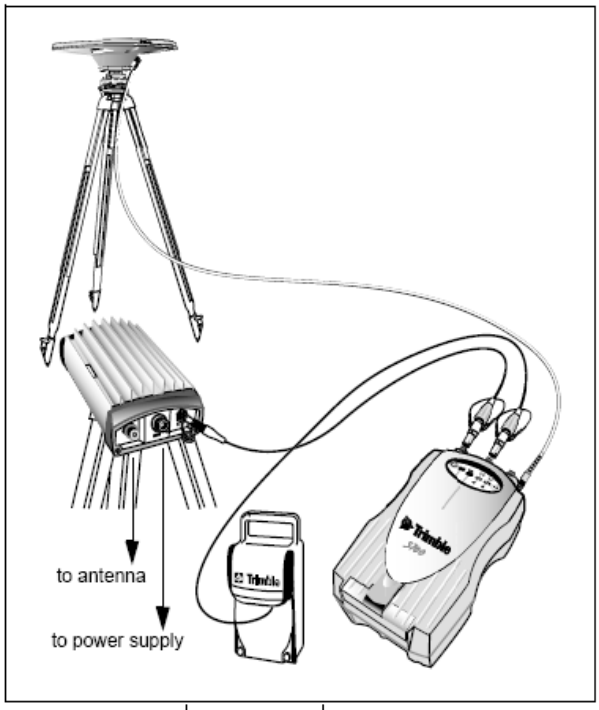
1. ทำการติดตั้งอุปกรณ์ดังรูป

2. ตรวจสอบว่าได้ทำการใส่แผ่น CF การ์ด ไว้ในตัวเครื่องรับสัญญาณแล้วหรือไม่
3. ทำการขั้นตอนใด ขั้นตอนหนึ่งดังนี้
   - ควบคุมโดยใช้ Controller ให้ดูขั้นตอนการใช้งานที่คู่มือของการใช้งานเครื่องควบคุมการรับสัญญาณดาวเทียม
   - กดที่ปุ่ม จากนั้นรอให้เครื่องทำการรับสัญญาณดาวเทียม จนกระทั่งไฟสีแดงของ SV Tracking ทำการกระพริบช้าๆ
4. ที่ตัวเครื่องรับสัญญาณทำการกดปุ่ม เพื่อทำการเริ่มต้นบันทึกสัญญาณดาวเทียม สังเกตที่ไฟสีส้มอ่อนที่ Logging/ Memory LED จะติดขึ้นมา แสดงว่าเริ่มมีการบันทึกแล้ว
5. ในการทำงานในรูปแบบ Fast Static ถ้าข้อมูลที่ทำการบันทึกเพียงพอต่อการประมวลผลแล้ว ไฟสีส้มอ่อน ที่ Logging / Memory LED จะกระพริบช้าๆ
6. เมื่อมีการเก็บข้อมูลระยะเวลาเพียงพอต่อรูปแบบการทำงานแล้ว ให้ทำการกดปุ่ม ค้างไว้ประมาณ 2 วินาที เพื่อทำการหยุดการบันทึก
7. และกดปุ่ม ค้างไว้ประมาณ 2 วินาที เพื่อทำการปิดเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

ขั้นตอนการติดตั้งเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมในการทำงานรูปแบบ RTK

การติดตั้งอุปกรณ์ที่ Base Station

1. ทำการติดตั้งอุปกรณ์ดังรูป

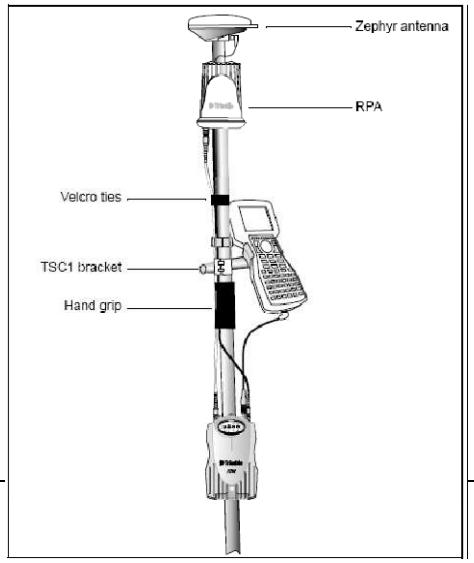


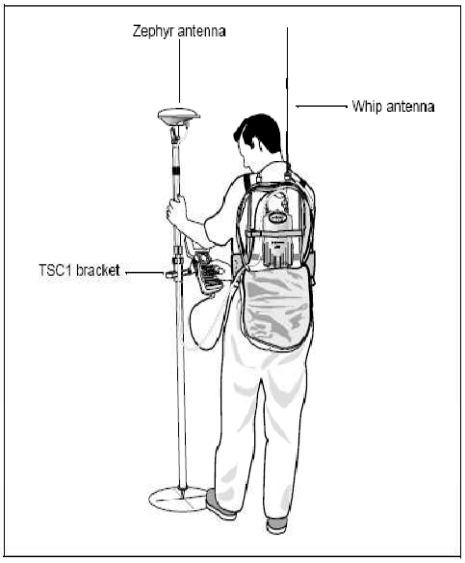
ที่พอร์ต 2 ทำการต่อกับแบตเตอรี่ภายนอก, ที่พอร์ต 3 ทำการต่อกับวิทยุภายนอก

2. ที่พอร์ต 1 ทำการต่อกับ Controller เพื่อใช้ควบคุมและตั้งค่าพารามิเตอร์ของสถานีหลัก

การติดตั้งอุปกรณ์ที่ Rover

1. ทำการติดตั้งอุปกรณ์ดังรูป อาจจะทำการติดตั้งที่โพล หรือทำการติดตั้งที่กระเป๋า Back pack ก็ได้

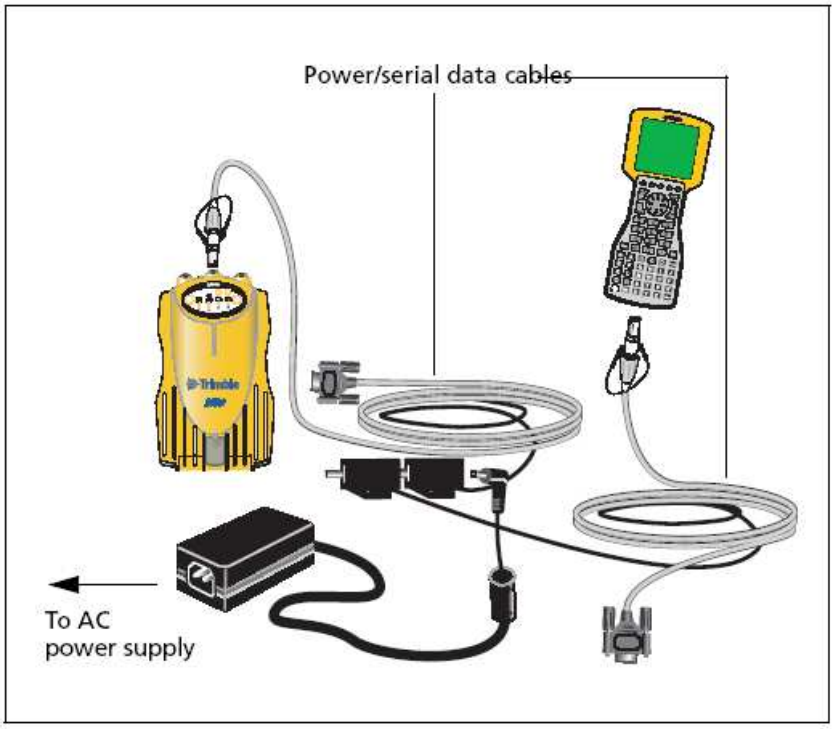




2. ใช้เครื่อง controller ในการควบคุมการทำงานของ Rover
3. ในกรณีที่จะทำการรังวัดแบบ RTK ให้ผู้ใช้งานทำการตรวจสอบระบบวิทยุในการส่งค่าปรับแก้ระหว่างที่สถานีหลัก และสถานีเคลื่อนที่ ว่าถูกต้องหรือไม่
   - เริ่มตั้งสถานีเคลื่อนที่ให้ห่างจากสถานีหลักประมาณ 100-200 เมตร
   - ทำการตรวจสอบว่าที่สถานีเคลื่อนที่ได้มีการรับสัญญาณวิทยุส่งค่าจากสถานีหลักหรือไม่
   - ถ้าไม่ได้รับค่าแก้จากสถานีหลัก ให้ทำการตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ของระบบวิทยุทั้งที่ตัวสถานีหลัก และสถานีเคลื่อนที่ ว่าได้ตั้งไว้ตรงกันหรือไม่

การติดตั้งเครื่องรับสัญญาณ TRIMBLE 5700 เป็นสถานีฐานเพื่อการทำงานแบบ RTK

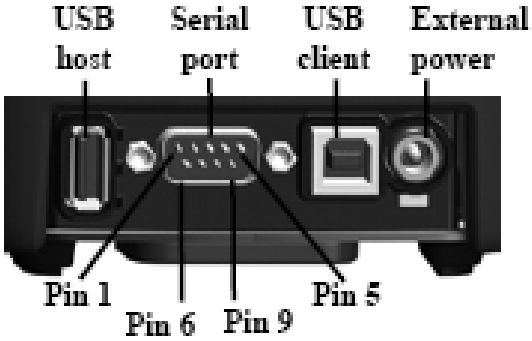
1. ติดตั้งเสาอากาศ Zephyr บน ground mask และทำการติดตั้งบนขาตั้งชนิดสามขา และใช้งานร่วมกับ Tribrach และ Tribrach adaptor
2. ใช้ตัวแขวนสำหรับเครื่องรับสัญญาณ 5700 (Tripod clip: Part number 43961) ติดตั้งที่ขาตั้งชนิดสามขา
3. ใช้สายเคเบิ้ลสำหรับเสาอากาศ GPS สีเหลือง (Part number 41300-10) เชื่อมต่อระหว่างเสาอากาศ Zephyr และพอร์ตสีเหลืองที่ติดป้าย GPS ที่เครื่องรับสัญญาณ
4. ทำการรวบรวม และติดตั้งเสาอากาศวิทยุ
5. ทำการเชื่อมต่อเสาอากาศวิทยุกับวิทยุโดยการใช้สายเคเบิ้ลที่มากับเสาอากาศ
6. เชื่อมต่อเครื่องรับสัญญาณ GPS กับตัววิทยุที่พอร์ต 3
7. ถ้ามีการใช้พลังงานภายนอก ให้ต่อแหล่งจ่ายพลังงานด้วย 0-shell Lemo connection ที่พอร์ต 2 หรือ 3 ที่เครื่องรับสัญญาณ
8. ต่อเครื่องควบคุม TSC2 กับ เครื่องรับสัญญาณ GPS ที่พอร์ต 1 โดยการใช้สายเคเบิ้ล 0-shell Lemo to F 9 pin
9. เปิดเครื่องควบคุม TSC2 จากนั้นปฏิบัติตามคำแนะนำการเริ่มต้นงานสำรวจที่สถานีฐาน



รูปการติดตั้งเครื่องรับสัญญาณ GPS 5700
เพื่อการทำงานแบบ real-time **ของสถานีฐาน** (Base receiver)

ส่วนประกอบของเครื่องควบคุม TSC2

I/O Ports



นอกจากนี้เครื่องควบคุม TSC2 มีระบบปฏิบัติงานแบบ Windows Mobile ซึ่งใช้งานง่ายและสะดวกโดยเฉพาะผู้ที่เคยใช้คอมพิวเตอร์แล้ว รูปแบบที่น่าสนใจในการปฏิบัติงานแบบ Windows Mobile ดังต่อไปนี้:

ในกรณีที่มีสัญลักษณ์นี้ที่เครื่อง TSC2 นั่นหมายความว่าสามารถทำการสื่อสารกับเครื่องมือที่มีระบบ Bluetooth™ อื่น ๆ ได้

Dialing: เป็นการระบุรหัสประเทศ, รหัสพื้นที่ และหมายเลขที่ต้องการใช้ในการติดต่อสื่อสารได้

Display: เป็นการเปลี่ยนแปลงภาพพื้นหลัง, รูปแบบสี, และการกำหนดความสว่างของแสงในการใช้งานในรูปแบบจอสัมผัส

Network and Dial-up Connections: เป็นการกำหนดค่าการเชื่อมต่อสื่อสารของโครงข่าย และการเชื่อมต่อโดยผ่านสายโทรศัพท์

Owner: เพื่อทำการป้อนข้อมูลชื่อ และองค์การที่เป็นเจ้าของเครื่อง

Password: เพื่อทำการกำหนดรหัสลับให้ระบบ และการเข้าสู่การทำงานของ TSC2

PC Connections: เพื่อทำการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการสื่อสารของเครื่องคอมพิวเตอร์

Power: แสดงระดับพลังงานแบตเตอรี่ และปรับรูปแบบการปิดเครื่องแบบอัตโนมัติ

Regional Settings: เพื่อเปลี่ยนรูปแบบการแสดงจำนวนตัวเลข, ค่าสกุลเงิน, เวลาและวันที่ของ Windows CE รวมถึงหน่วยการรังวัด (U.S./ Metric)

System: การเข้าสู่ข้อมูลระบบที่ OS และ Hardware เพื่อทำการเปลี่ยนแปลงสถานที่เก็บข้อมูล, และชื่อที่ใช้เรียกคอมพิวเตอร์

Volume and Sounds: เพื่อเปลี่ยนระบบเสียง, การคลิก และเลื่อน, และการเปลี่ยนรูปแบบเสียงตามเหตุการณ์เฉพาะใด ๆ

การตรวจสอบ/ดูแลรักษา

แม้เครื่องรับสัญญาณ ดาวเทียม ได้รับการออกแบบเพื่อใช้งานในสถานที่ขรุขระ และยากลำบากซึ่งเป็นบริเวณงานสนามส่วนใหญ่ แต่ตัวเครื่องควรได้รับการดูแลรักษาอย่างดี เนื่องจากส่วนประกอบสำคัญของเครื่องคือระบบอิเล็คทรอนิคส์ ฉะนั้นการใช้งานเครื่องรับสัญญาณ GPS ในบริเวณที่มีช่วงอุณหภูมิเกินกว่าที่กำหนดไว้ อาจก่อให้เกิดความเสียหาย หรือทำให้อายุการทำงานของเครื่องสั้นลง นอกจากนี้ควรหลีกเลี่ยงการใช้งานในที่ที่มีคลื่นความถี่สูงเช่น คลื่นวิทยุ หรือการส่งคลื่นเรดาร์ เพราะจะทำให้วงจรไฟฟ้าของเครื่องรับสัญญาณถูกครอบคลุมความสามารถในการรับสัญญาณดาวเทียม แต่มันจะไม่ส่งผลเสียหายให้แก่ตัวเครื่องแต่อย่างใด ควรใช้งานในบริเวณที่ห่างจากแหล่งกำเนิดความถี่คลื่นสูงตั้งแต่ 400 เมตรขึ้นไป ยิ่งไปกว่านั้นยังควรหลีกเลี่ยงการใช้งาน หรือการสัมผัสกับแหล่งไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น:

- แหล่งน้ำมันเชื้อเพลิง (อาจเกิดประกายไฟ)
- โทรทัศน์ และจอภาพ
- แหล่งกำเนิดไฟฟ้า
- เครื่องมือหม้อแปลงไฟฟ้ากระแสตรง เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ

ผู้ใช้งานเครื่องรับสัญญาณ GPS ควรศึกษาคุณลักษณะเฉพาะเพื่อทราบว่ามาตรฐานของเครื่องรับสัญญาณสามารถรองรับสภาพแวดล้อมการทำงานได้อย่างเหมาะสมเพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้

การดูแลรักษาเครื่องควบคุม TSC2 ของเครื่องรับสัญญาณ 5700

1. การเพิ่มประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ [Charging the Battery]

ทำการต่อเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Adapter) เข้ากับเครื่องควบคุม (TSC2 Controller) ทำการเพิ่มประจุไฟฟ้าอย่างน้อย 2 ชั่วโมงและต้องทำการเพิ่มประจุไฟฟ้าในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 5 ถึง 35 องศาเซลเซียส ในขณะที่ทำการเพิ่มประจุไฟฟ้า ที่หน้าจอแสดงผลจะแสดงสถานะการเพิ่มประจุ แต่อย่างไรก็ตามในขณะที่เพิ่มประจุนี้ผู้ใช้งานสามารถทำการปิดหน้าจอแสดงผลได้โดยการกดปุ่ม On/ Off

2. การเปลี่ยนแบตเตอรี่ [Changing the Battery]

ขั้นตอนการเปลี่ยนแบตเตอรี่

2.1 เพื่อรักษาข้อมูลที่บันทึกไว้ ก่อนทำการเปลี่ยนแบตเตอรี่ให้ทำการปิดหน้าจอการทำงานทั้งหมด และทำการบันทึกข้อมูลไว้ โดยทำการบันทึกข้อมูลไว้ที่ Built-in Storage โดยการใช้ Pre-installed Sprite Backup

2.2 ทำการเปิดเครื่องไว้แล้ว ทำการถอดยางรัดมือจับเครื่องขณะทำงาน (Handstrap) จากช่องบรรจุแบตเตอรี่ดังแสดงในรูป

2.3 ใช้ไขควงคลายสกรู ที่ช่องบรรจุแบตเตอรี่เพื่อถอดฝาครอบแบตเตอรี่ออก

2.4 ทำการถอดแบตเตอรี่ออกจากช่องบรรจุ

ข้อควรทราบ: เมื่อต้องการทำการเปลี่ยนแบตเตอรี่ ให้ทำการติดต่อตัวแทนจำหน่ายเพื่อดำเนินการ

3. การทำความสะอาดตัวเครื่องภายนอก

เมื่อต้องการทำความสะอาดตัวเครื่องผู้ใช้งานสามารถใช้ผ้านุ่มๆ ชุบน้ำหรือน้ำสบู่ทำความสะอาด จากนั้นใช้ลมเป่าฝุ่นละออง ไม่ควรให้ตัวเครื่องสัมผัสกับน้ำโดยตรง

4. การดูแลหน้าจอสัมผัส

ควรระวังการสัมผัสระหว่างจอ และสารที่มีความสามารถในการกัดกร่อนเพราะจะทำให้เกิดความเสียหายได้ เมื่อต้องการทำความสะอาดใช้เพียงผ้านุ่ม ๆ กับน้ำสะอาด หรือน้ำยาเช็ดกระจก ไม่ควรใช้น้ำยาทำความสะอาดใด ๆ เช็ดที่หน้าจอโดยตรง

5. การติดตั้งแผ่นป้องกันหน้าจอแสดงผล

ก่อนทำการติดตั้งให้ทำความสะอาดหน้าจอก่อนแล้วนำแผ่นป้องกันจอติดที่หน้าจอ จากนั้นใช้แผ่นพลาสติกกรีดไล่ฟองอากาศออก

6. ช่วงอุณหภูมิการทำงาน

ถึงแม้ว่าเครื่องควบคุม TSC2 จะได้รับการออกแบบเพื่อใช้งานในสภาพแวดล้อมที่สมบุกสมบัน แต่ผู้ใช้งานควรระมัดระวังไม่ให้เครื่องสัมผัสกับแสงแดดโดยตรงเป็นระยะเวลานาน ๆ

	อุณหภูมิต่ำ	**อุณหภูมิสูง**
ช่วงอุณหภูมิการทำงาน	-30 องศาเซลเซียส	60 องศาเซลเซียส
ช่วงอุณหภูมิการเก็บรักษา	-25 องศาเซลเซียส	60 องศาเซลเซียส

7. ความสั่นสะเทือน

เครื่องควบคุม TSC2 ได้รับการออกแบบเพื่อป้องกันการตกกระแทกที่ระยะสูงจากพื้น 122 เซนติเมตร

8. กันน้ำ

เครื่องควบคุม TSC2 สามารถกันน้ำได้ในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุเครื่องตกน้ำ แต่ผู้ใช้งานควรระมัดระวังในกรณีที่มีการเปลี่ยนแบตเตอรี่ว่าได้ทำการขันสกรู และปิดฝาครอบแบตเตอรี่สนิท เพราะอาจเป็นสาเหตุของการรั่วซึมได้

ความปลอดภัยในการใช้เครื่อง TSC2

1. แบตเตอรี่

- เพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดประกายไฟ ไม่ควรทำการแปลง เจาะทำลายแบตเตอรี่
- เมื่อแบตเตอรี่เสื่อม และเกิดการรั่วซึมควรทำการถือแบตเตอรี่อย่างระมัดระวัง เนื่องจากสารเคมีจากแบตเตอรี่อาจทำให้เกิดแผลผุพองที่ผิวหนังได้ ถ้ากรณีที่เกิดการสัมผัสควรล้างด้วยสบู่และน้ำทันที ในกรณีที่เข้าตาให้ลืมตาในน้ำประมาณ 15 นาทีจากนั้นควรพบแพทย์ในทันที
- เพื่อเป็นการยืดอายุการใช้งานแบตเตอรี่ไม่ควรวางแบตเตอรี่ไว้กลางแจ้งที่อุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส

- เมื่อทำการเพิ่มประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ อุณหภูมิแวดล้อมไม่ควรต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส

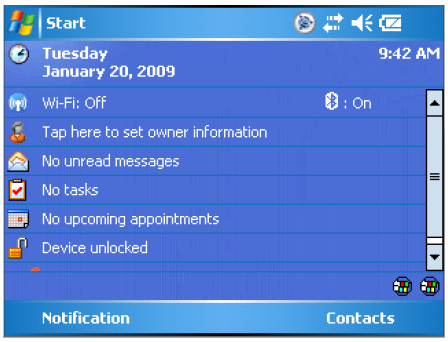
2. สายไฟ และเครื่องแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ [Power Cords & Adaptors]

เมื่อทำการใช้เครื่องแปลงไฟฟ้ากระแสสลับต้องพิจารณาสายไฟให้เหมาะสมกับภูมิภาคที่ใช้งาน

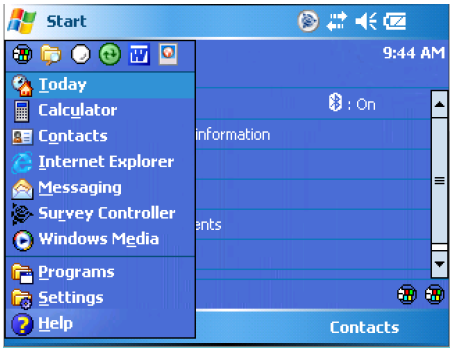
ขั้นตอนการติดตั้งเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม Trimble5700 สำหรับงาน VRS

การเชื่อมต่อ TSC2 กับ Mobile Phone ผ่านช่องทาง Bluetooth

Mobile Phone ที่แนะนำคือ Sony Ericsson รุ่นที่มี Modem ในตัว เช่น K510 K700 K750i W810 K810i

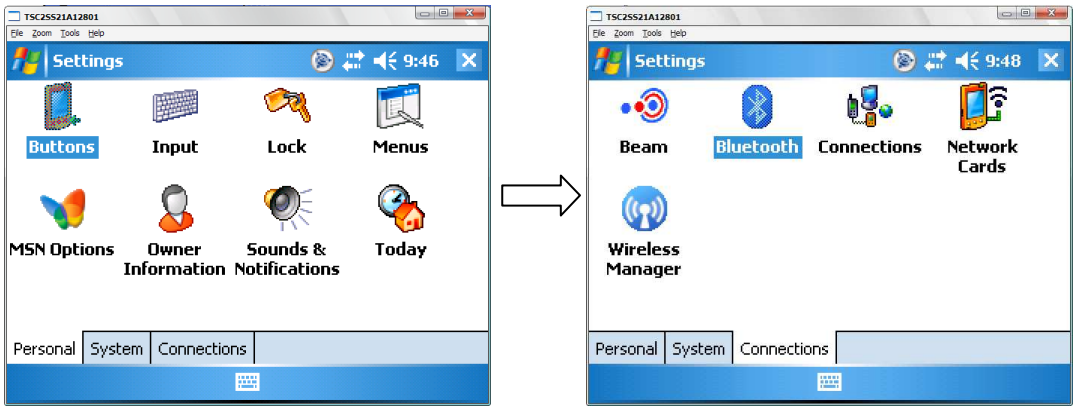


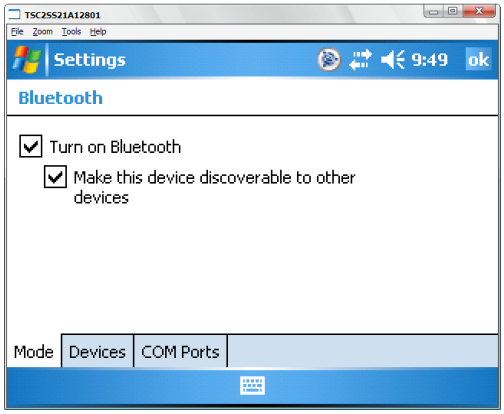
หน้าจอ TSC2



เลือกที่

เลือก Settings





เลือก - Turn on Bluetooth

- Make this device discoverable to device

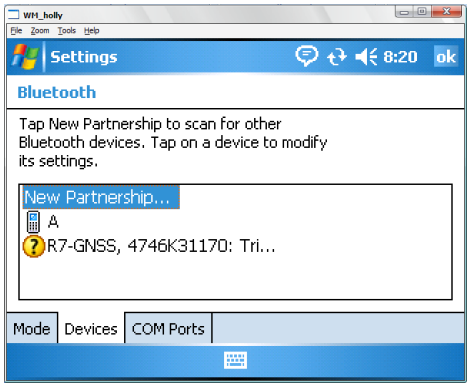
การตั้งค่าการเชื่อมต่อ Bluetooth สาหรับ Mobile Phone

- เปิด Bluetooth

เลือก Setting ⇨ Bluetooth ⇨ Turn on

- ตั้งค่าชื่อของ Mobile Phone

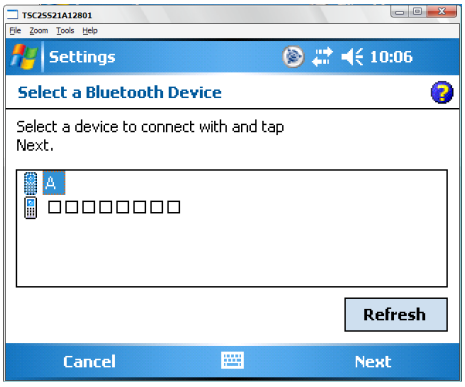
เลือก Options ⇨ Phone name ⇨ ใส่ชื่อ (ไม่ควรชื่อซ้ำกับเครื่องอื่น)



ที่หน้าจอ Devices

เลือก New Partnership

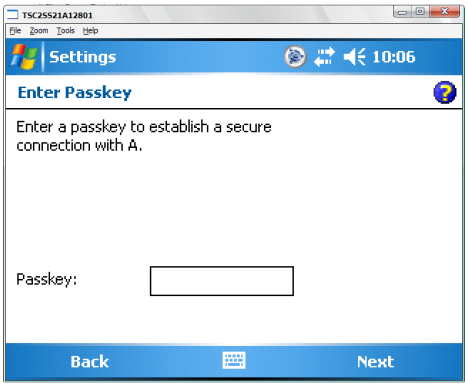
เพื่อค้นหา Mobile Phone

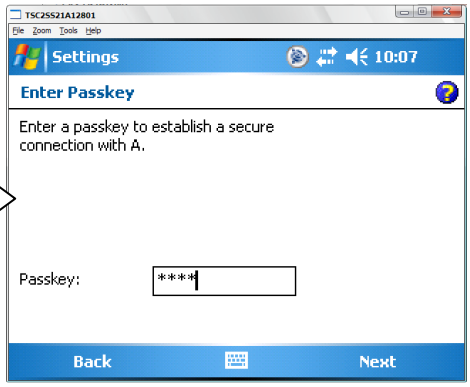


จะพบชื่อ Mobile Phone

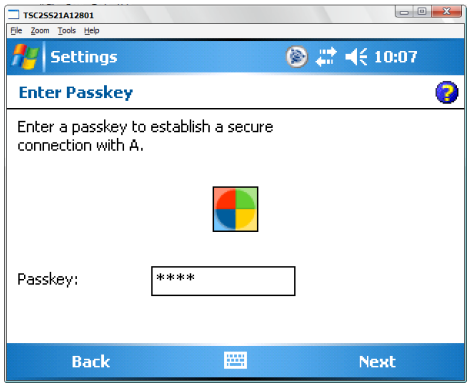
คลิ๊กชื่อ Mobile Phone ที่ต้องการ

จากนั้นเลือก Next



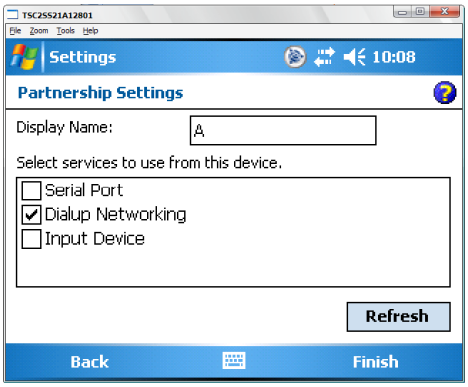


จะปรากฏหน้าจอให้ใส่ Passkey ให้พิมพ์ตัวเลขเช่น 1234 จากนั้นเลือก Next



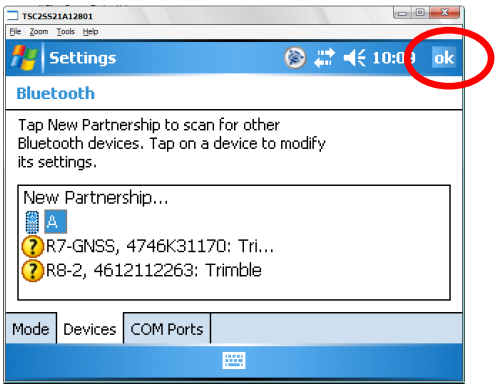
TSC2 จะทำการ pair Bluetooth กับMobile Phone

โดย Mobile Phone จะปรากฏหน้าจอให้ ใส่ Key ให้กรอก Key ที่ตั้งไว้ จากนั้นเลือกยืนยัน



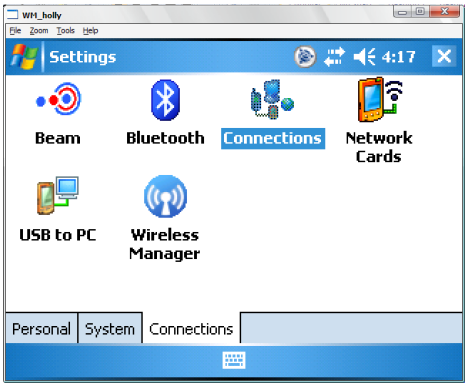
เลือก Dialup Networking

จากนั้นเลือก Finish

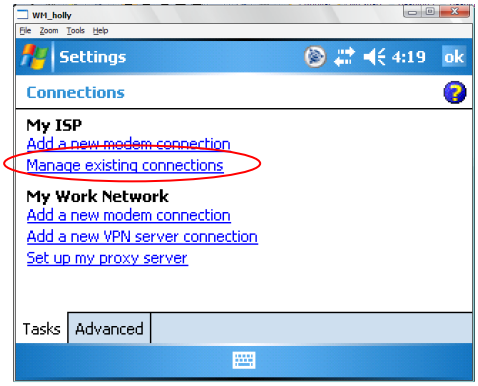


เลือก OK เพื่อยืนยันการใช้งาน

- <u>สร้าง Dialup profile</u>

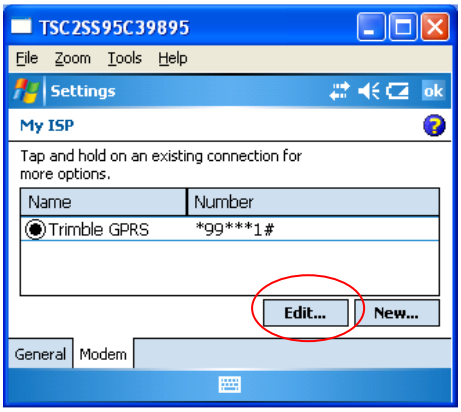


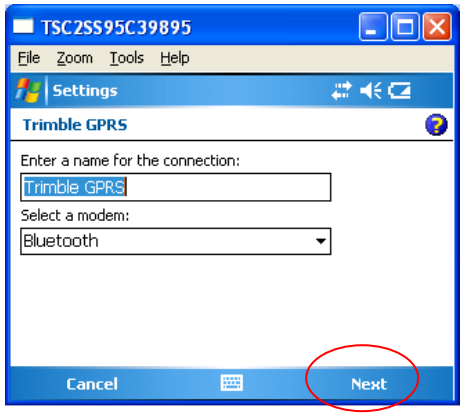
เลือก Connections

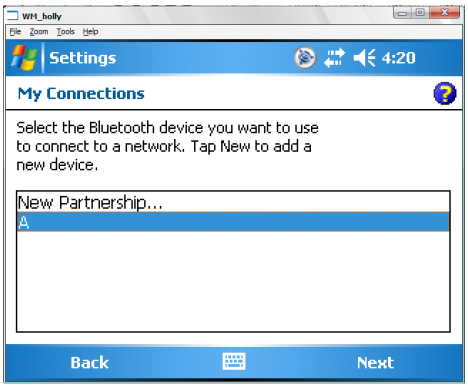


ที่ My Work Network

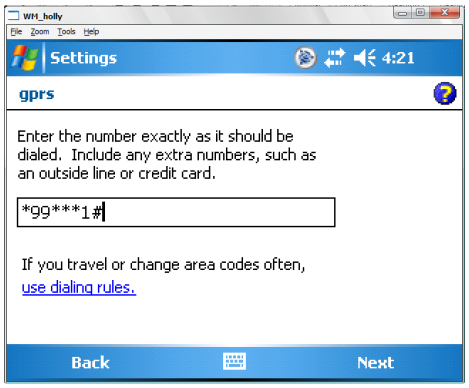
เลือก Manage Existing Connections



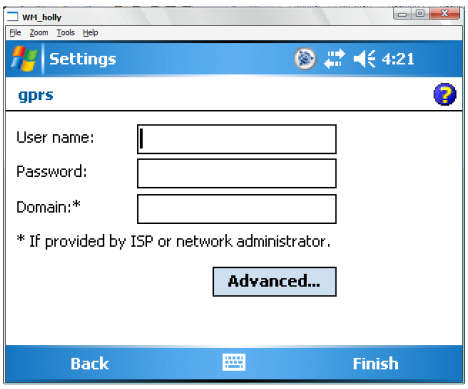




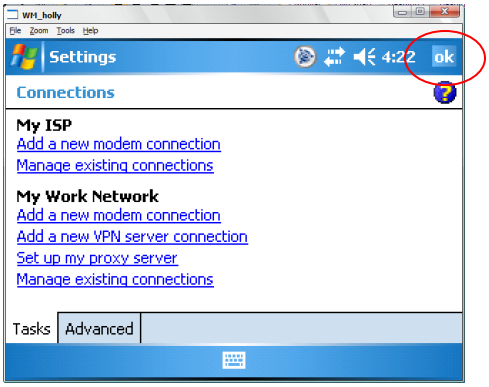
เลือก Mobile Phone
ที่ได้ทำการ pair Bluetooth ไว้
จากนั้นเลือก Next



กำหนดหมายเลขการเชื่อมต่อ GPRS
โดยใช้ *99***1#



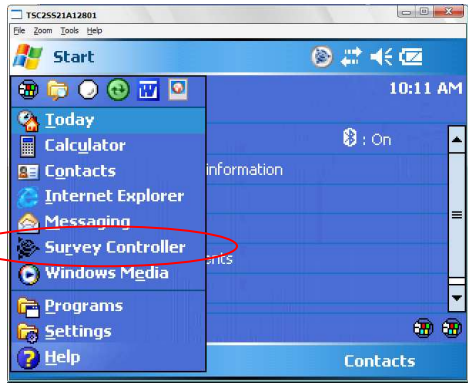
ไม่ต้องใส่
User name
Password
Domain
เลือก Finish



จะกลับมาสู่หน้าจอ Connection

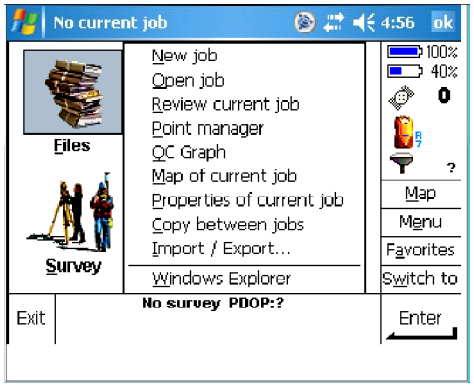
เลือก ok เพื่อยืนยัน

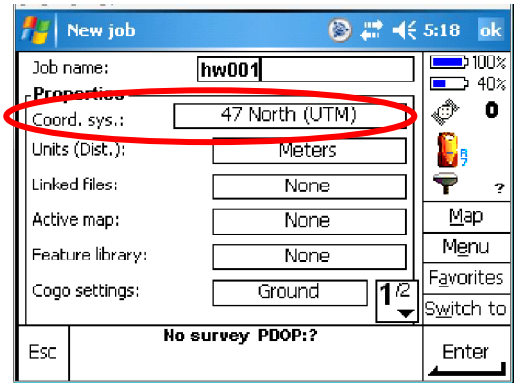
การใช้งาน Trimble Survey Controller



เลือก ⇨ Survey Controller

- <u>การสร้าง JOB การทำงาน</u>



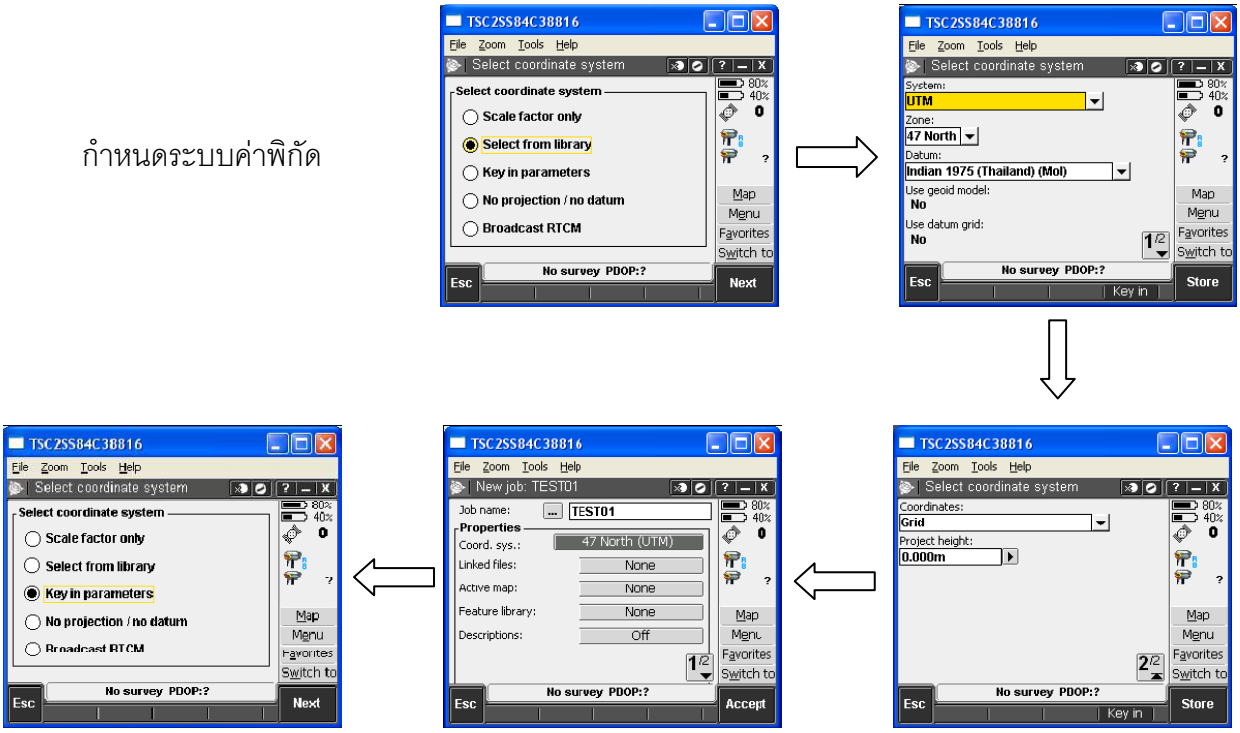


เลือก ⇨ New job

กำหนดชื่อ job

เลือก Coord sys กำหนดระบบค่าพิกัด

กำหนดระบบค่าพิกัด



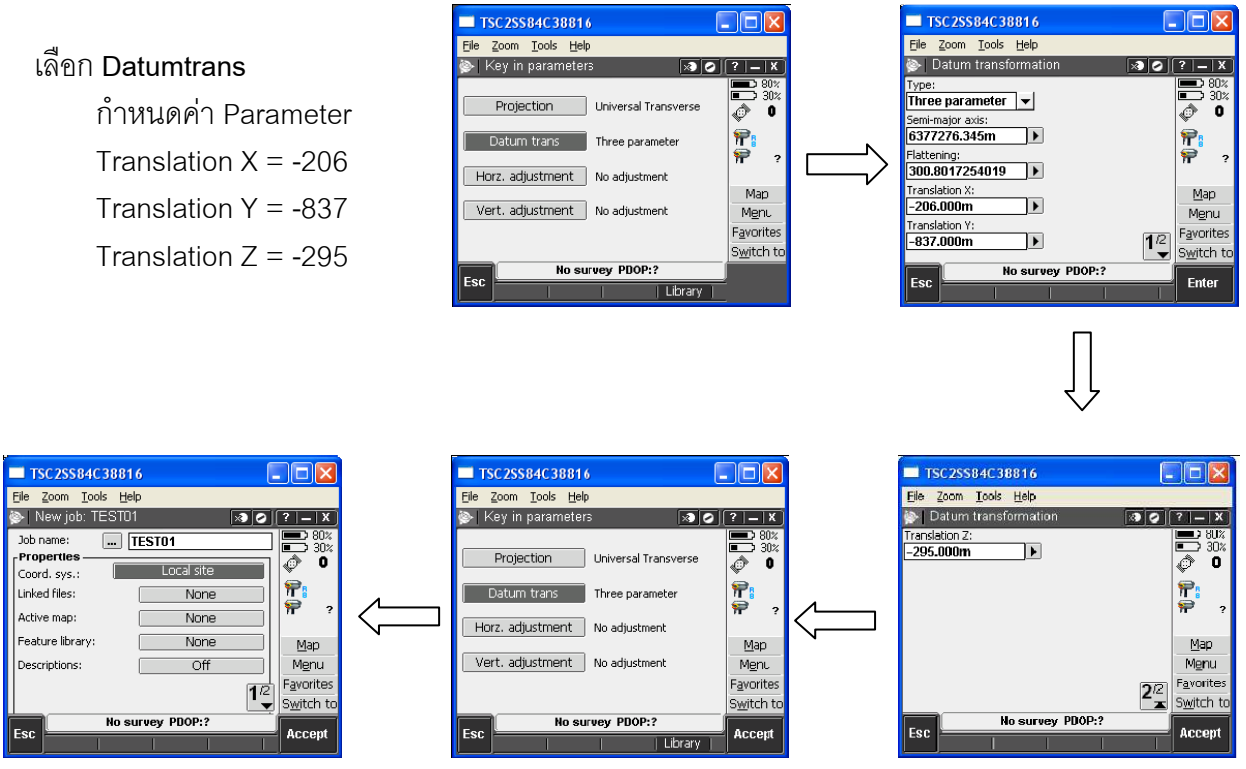
เลือก Datumtrans

กำหนดค่า Parameter

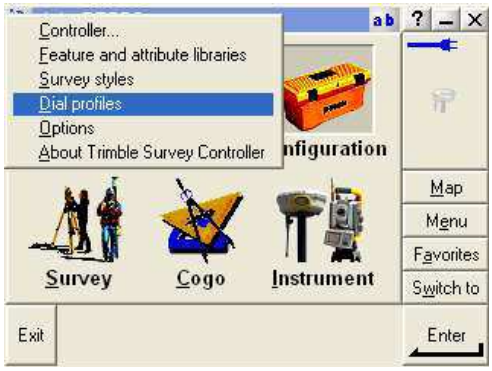
Translation X = -206

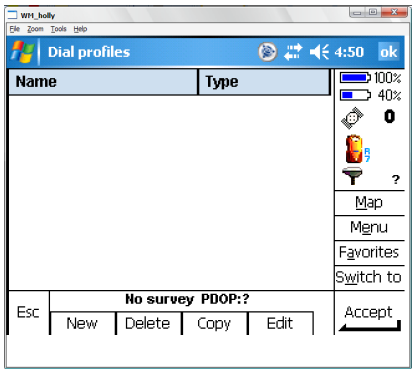
Translation Y = -837

Translation Z = -295

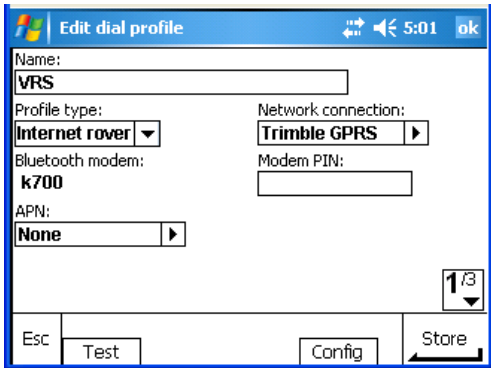


- การสร้าง Dial Profile

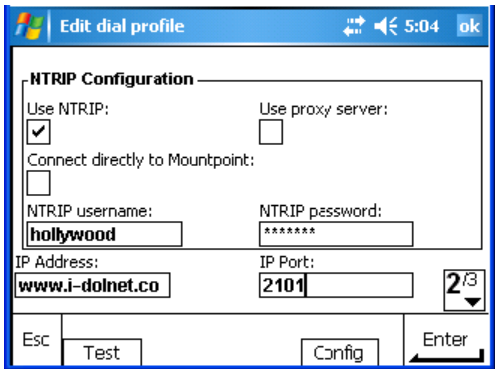




เลือก New เพื่อสร้าง Dial profile



กำหนดการตั้งค่าข้อมูลดังภาพ



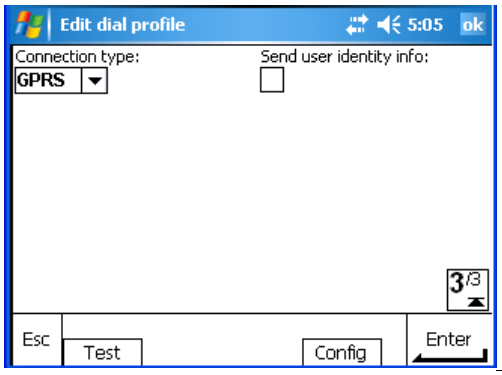
กำหนด

NTRIP username:

NTRIP password:

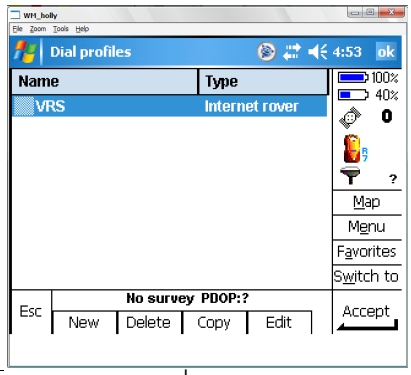
IP Address: **www.i-dolnet.com**

IP Port: **2101**



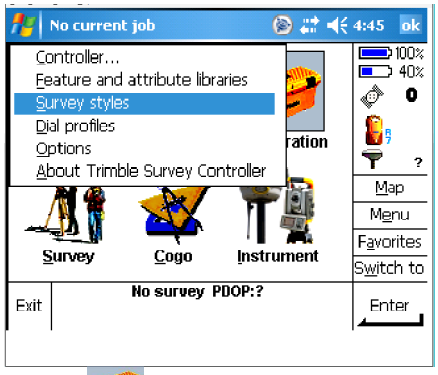
Connection type: GPRS

จากนั้นเลือก Store

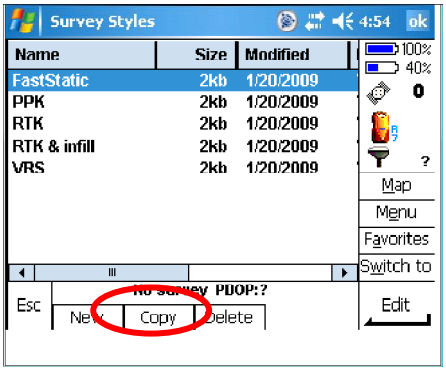


เลือก Accept ที่ VRS Dial profile

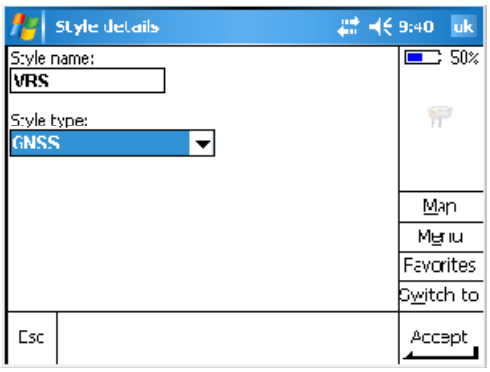
- การสร้าง VRS Survey Style



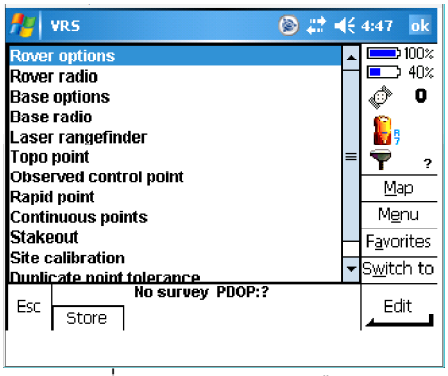
เลือก ⇨ Survey styles



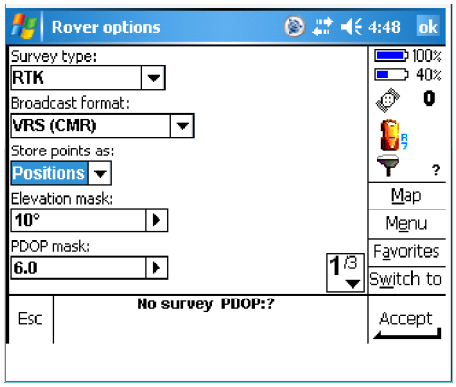
เลือก New เพื่อสร้างVRS Survey Style



Style name :VRS, **Style type**: GNSS



ที่ Rover options เลือก **Edit**



Survey type : RTK

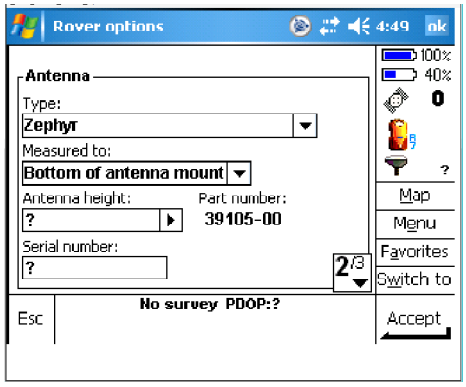
Broadcast format: VRS(CMR)

Store points as: Positions

Elevation mask : 10

PDOP mask: 6.0

จากนั้นเลือก

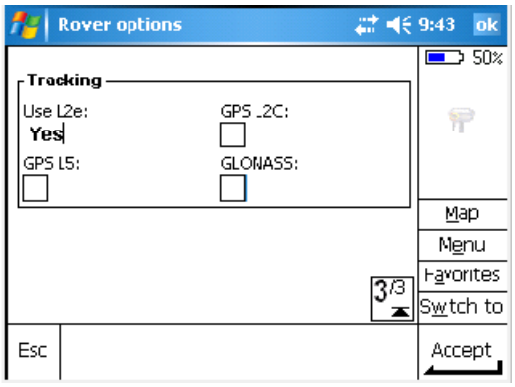


Antenna Type: Zephyr

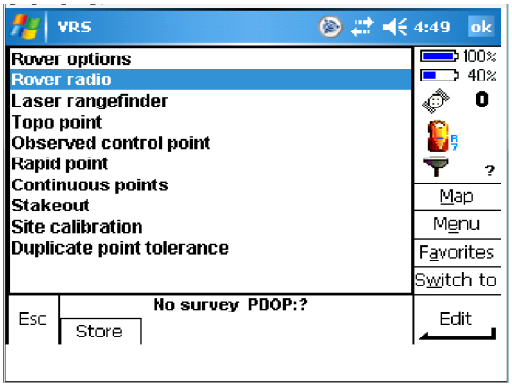
Measured to:

Bottom of antenna mount

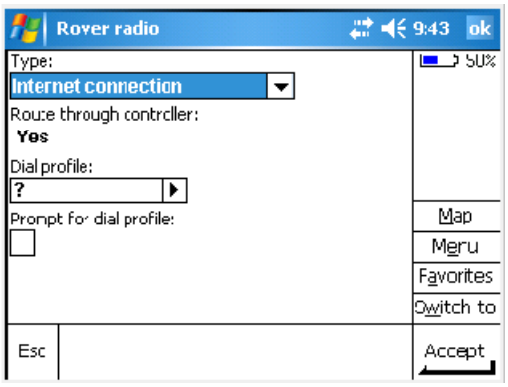
จากนั้นเลือก



เลือก Accept



เลือก Rover radio ⇨ Edit



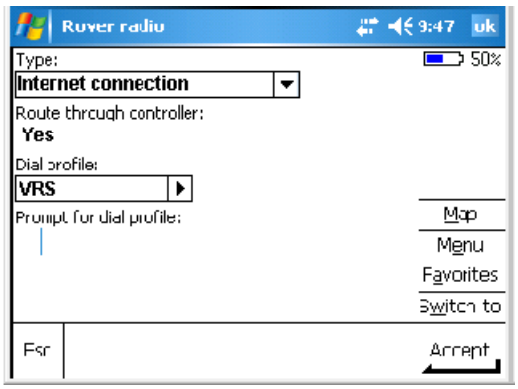
Type :

Internet connection

Route through controller:

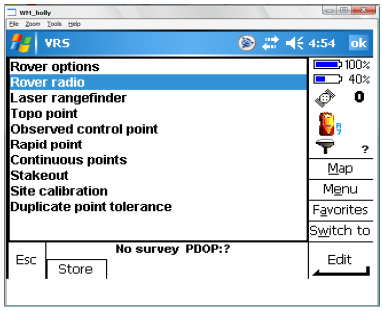
Yes

ที่ Dial profile: ▶



เลือก Dial Profileที่ตั้งค่าไว้ (VRS)

เลือก Accept



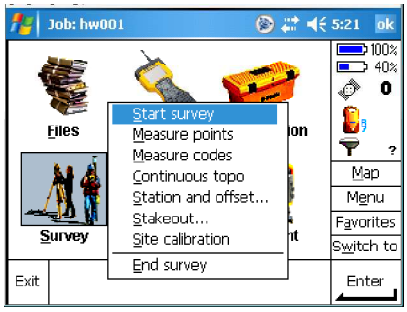
เลือก Store

เพื่อบันทึก VRS Survey Style

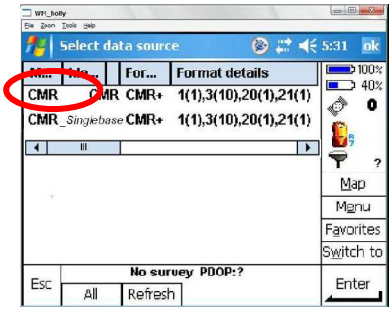
- <u>การรังวัดด้วย VRS Style</u>

เลือก ⇨ VRS

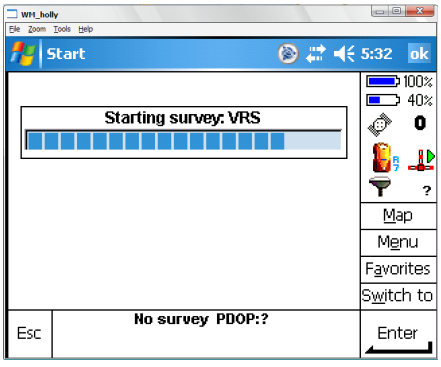
*** หาก TSC2 สามารถเชื่อมต่อกับ 5700 จะปรากฏ ภาพ

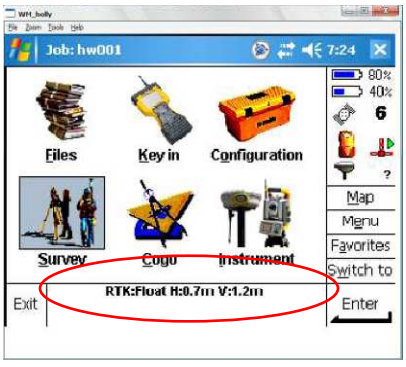


เลือก Start Survey



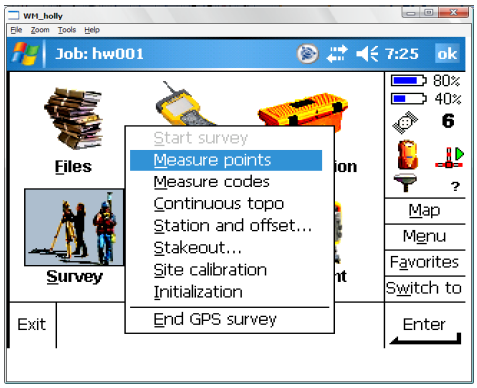
เลือก CMR



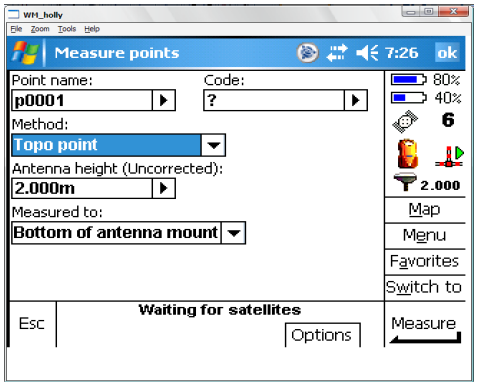


เริ่มเชื่อมต่อเพื่อรับข้อมูล VRS สังเกตข้อความ RTK:Float → RTK:Fixed

แสดงว่า ค่าพิกัดอยู่ในเกณฑ์ระดับ เซนติเมตร จึงเริ่มรังวัดข้อมูล



เลือก → Measure point



Point name:

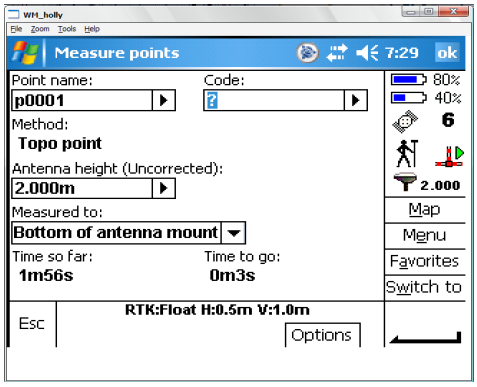
Method: Topo point

Antenna height:

Measured to :

Bottom of antenna mount

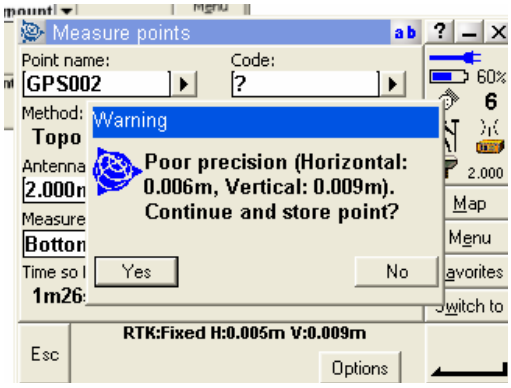
จากนั้นเลือก Measure



เครื่องจะทำการรังวัดข้อมูล

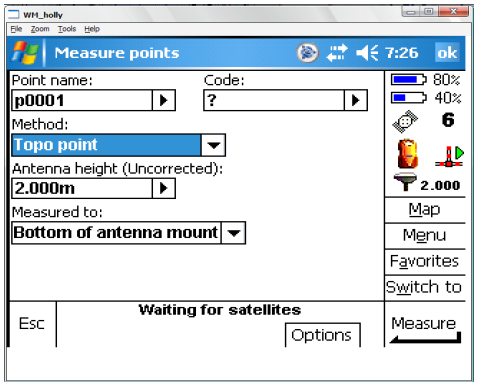
จนกระทั่ง Time to go = 0

จะปรากฏปุ่ม Store

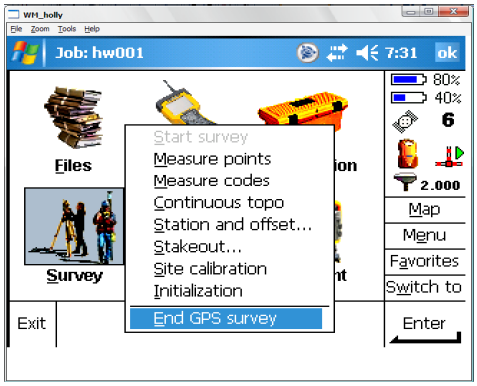


หากค่าพิกัดที่รังวัดมีค่าความละเอียดมากกว่าที่กำหนดไว้จะปรากฏหน้าจอดังภาพ

หากยอมรับให้เลือก **Yes**



- รังวัดจุดต่อไป เลือก Measure
- จบการท างาน เลือก ESC



หยุดการเชื่อมต่อ VRS

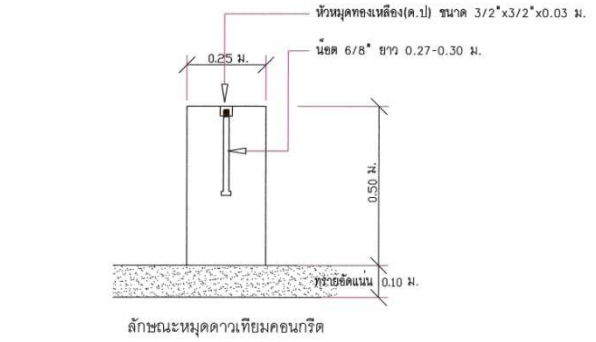
เลือก ⇨ End GPS survey

แบบหมุดดาวเทียม

หมุดดาวเทียมที่เจ้าหน้าที่ จะต้องดำเนินการสร้างในภาคสนามเพื่อใช้ปฏิบัติงานรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่ มี 2 แบบ ได้แก่

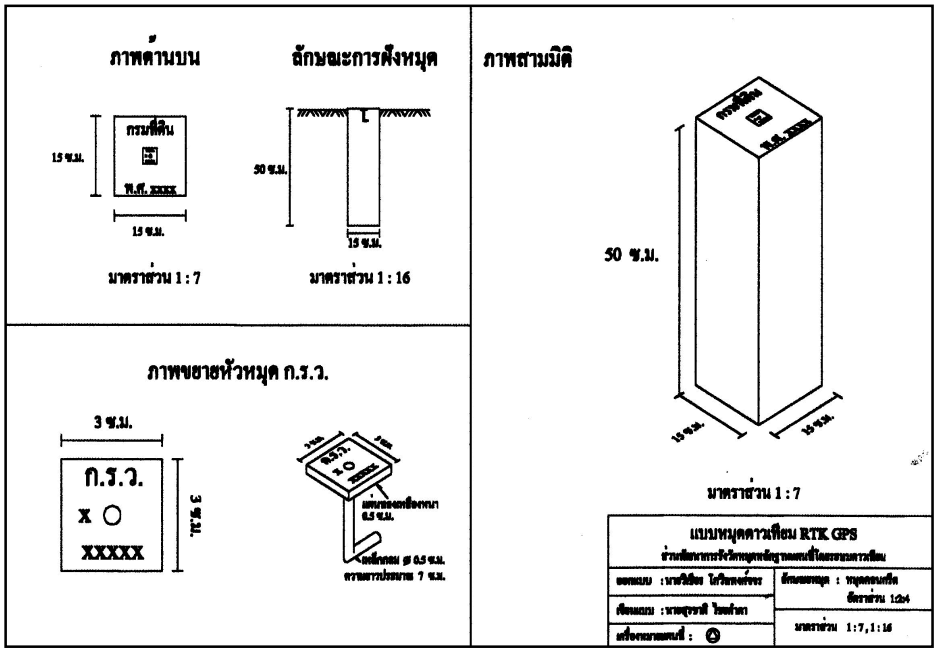
แบบหมุดดาวเทียม STATIC

เป็นหมุดคอนกรีต มีขนาด 0.25 x 0.25 x 0.50 เมตร ฝังหัวหมุดดาวเทียมและเขียนคำว่า “**หมุดดาวเทียม กรมที่ดิน**” ดังรูป



แบบหมุดดาวเทียม RAPID STATIC และ RTK

เป็นหมุดคอนกรีต ขนาด 0.15 x 0.15 x 0.50 เมตร ดังรูป



การคำนวณค่าพิกัดหมุดหลักฐานแผนที่โดยระบบดาวเทียม

การส่งข้อมูลหมุดดาวเทียมเพื่อคำนวณค่าพิกัดหมุดดาวเทียม แบบ RAPID STATIC

1. ในกรณีที่ต้องขออนุมัติระยะของคู่หมุดน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

หลักฐานการรังวัดต่างๆ และไฟล์ข้อมูลที่ผู้กำกับการรังวัดจะต้องส่งให้ สทผ.2 ประกอบด้วย

1.1 บันทึกขออนุมัติระยะของคู่หมุดน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

1.2 ไฟล์ข้อมูลของการรับสัญญาณดาวเทียม (Raw Data)

1.3 Field Sheet ที่แสดงข้อมูลครบถ้วน

1.4 ไฟล์ Database (ไฟล์ excel หัวสีชมพู) ที่มีข้อมูลครบถ้วน ยกเว้นเฉพาะช่องค่าพิกัด (N,E)

1.5 แผนที่สังเขปหมุดดาวเทียม (รผ.33) , รายการรังวัดหมุดดาวเทียม (รผ.34) และรายการรังวัดมุมและระยะ (EDM 1)

เมื่อ สทผ. 2 พิจารณาระยะของคู่หมุด และส่งข้อมูลตามข้อ 2, 3, 4 เพื่อทำการคำนวณค่าพิกัด เมื่อคำนวณเสร็จ และพิจารณาผลการคำนวณแล้ว หากต้องมีการรับสัญญาณดาวเทียมใหม่ กลุ่มงานคำนวณค่าพิกัด จะแจ้ง ให้ผู้กำกับการรังวัดประสานงานรับสัญญาณดาวเทียมใหม่ในสนามต่อไป ส่วนค่าพิกัดที่ใช้ได้ จะเสนอ ผอ.สทผ. อนุมัติใช้ในราชการ เมื่อได้อนุมัติแล้ว จะต้องนำค่าพิกัดไปเพิ่มในไฟล์ Database ตามข้อ 4 เสร็จแล้วส่ง e-mail ไฟล์ Database เพื่อนำไปจัดทำใบสรุปหน้าหมุด RAPID STATIC ต่อไป ส่วนไฟล์ที่จะต้องส่งให้สทผ.2 คือ ไฟล์ Used และ ไฟล์ Database พร้อมทั้ง Hard copy

2. ในกรณีที่ไม่ต้องขออนุมัติระยะของคู่หมุดน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

หลักฐานการรังวัดต่างๆ และไฟล์ข้อมูลที่ผู้กำกับการรังวัดจะต้องส่งให้ สทผ. 2 ประกอบด้วย

2.1 ไฟล์ข้อมูลของการรับสัญญาณดาวเทียม (Raw Data)

2.2 Field Sheet ที่แสดงข้อมูลครบถ้วน

2.3 ไฟล์ Database (ไฟล์ excel หัวสีชมพู) ที่มีข้อมูลครบถ้วน ยกเว้นเฉพาะช่องค่าพิกัด (N,E)

2.4 แผนที่สังเขปหมุดดาวเทียม (รผ.33) , รายการรังวัดหมุดดาวเทียม (รผ.34) และรายการรังวัดมุมและระยะ (EDM 1)

หลังจากนั้น สทผ. 2 จะทำการคำนวณค่าพิกัด เมื่อคำนวณเสร็จ และพิจารณาผลการคำนวณแล้ว ถ้าต้องมีการรับสัญญาณดาวเทียมใหม่ จะแจ้งให้ผู้กำกับการรังวัดประสานงานรับสัญญาณดาวเทียมใหม่ในสนามต่อไป ส่วนค่าพิกัดที่ใช้ได้ จะเสนอ ผอ.สทผ. อนุมัติใช้ในราชการ เมื่ออนุมัติแล้ว จะต้องนำค่าพิกัดไปเพิ่มในไฟล์ Database ตามข้อ 4 เสร็จแล้วส่ง e-mail ไฟล์ Database เพื่อนำไปจัดทำใบสรุปหน้าหมุด

RAPID STATIC ต่อไป ส่วนไฟล์ที่จะต้องส่งให้ สทผ. 2 คือ ไฟล์ Used และ ไฟล์ Database พร้อมทั้ง Hard copy

การส่งข้อมูลเพื่อขออนุมัติค่าพิกัดหมุดดาวเทียม แบบ RTK

1. ในกรณีที่ต้องขออนุมัติระยะของคู่หมุดน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

หลักฐานการรังวัดต่างๆ และไฟล์ข้อมูลที่ผู้กำกับการรังวัดจะต้องส่งให้ สทผ.2 ประกอบด้วย

1.1 บันทึกขออนุมัติระยะของคู่หมุดน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

1.2 ไฟล์ Database (ไฟล์ excel หัวสีชมพู) ที่มีข้อมูลครบถ้วน , ไฟล์ Used

1.3 ใบสรุปหน้าหมุด RTK , แผนที่สังเขปหมุดดาวเทียม (รผ.33), รายการรังวัดหมุดดาวเทียม (รผ.34) และรายการรังวัดมุมและระยะ (EDM 1)

เมื่อ สทผ. 2 พิจารณาระยะของคู่หมุด และส่งข้อมูลตามข้อ 2 เพื่อเสนอ ผอ.สทผ. อนุมัติใช้ในราชการ เมื่ออนุมัติแล้ว ต้องส่งไฟล์ Used และ ไฟล์ Database พร้อมทั้ง Hard copy ให้สทผ.2

2. ในกรณีที่ไม่ต้องขออนุมัติระยะของคู่หมุดน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

หลักฐานการรังวัดต่างๆ และไฟล์ข้อมูลที่ผู้กำกับการรังวัดจะต้องส่งให้ สทผ.2 ประกอบด้วย

2.1 ไฟล์ Database (ไฟล์ excel หัวสีชมพู) ที่มีข้อมูลครบถ้วน , ใบสรุปหน้าหมุด RTK , ไฟล์ Used

2.2 แผนที่สังเขปหมุดดาวเทียม (รผ.33), รายการรังวัดหมุดดาวเทียม(รผ.34) และรายการรังวัดมุมและระยะ (EDM 1)

หลังจากนั้น สทผ.2 เสนอ ผอ.สทผ. อนุมัติใช้ในราชการ เมื่ออนุมัติแล้ว จะต้องส่งไฟล์ Used และไฟล์ Database พร้อมทั้ง Hard copy ให้สทผ.2

การโอนถ่ายข้อมูล Trimble Data Transfer

การโอนถ่ายข้อมูลจากการรับสัญญาณเพื่อนำมาใช้งาน มีขั้นตอน ดังนี้

1. ให้ผู้ใช้งานทำการลงแผ่นโปรแกรม CD GPS5700 ก่อน ซึ่งจะทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์รู้จักกับอุปกรณ์เครื่องมือ GPS และต้องทำการลงแผ่นโปรแกรม CD Controller เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์รู้จักอุปกรณ์ก่อน *ในกรณีที่ไม่มีการลงโปรแกรม Driver ก่อนอาจจะเกิดปัญหาในการโอนถ่ายได้*

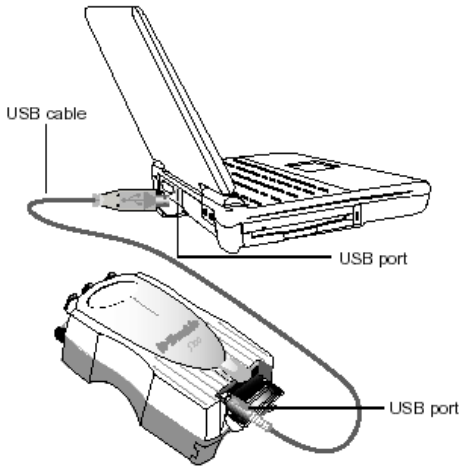
2. รูปแบบในการโอนถ่ายข้อมูลจะต้องทำการโอนถ่ายผ่านโปแกรม Trimble Data Transfer ซึ่งมีอยู่ 3 รูปแบบหลักๆได้แก่

- การโอนถ่ายข้อมูลโดยตรงจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม โดยผ่านทางช่อง USB port
- การโอนถ่ายข้อมูลโดยถอด Compact Flash card แล้วทำการอ่านข้อมูลผ่าน card reader

- การโอนถ่ายข้อมูลโดยผ่าน Controller โดยใช้สาย USB (ในกรณีที่ทำการเก็บข้อมูลในเครื่องควบคุม Controller) ใช้ในการรังวัดในรูปแบบการทำงานแบบ RTK

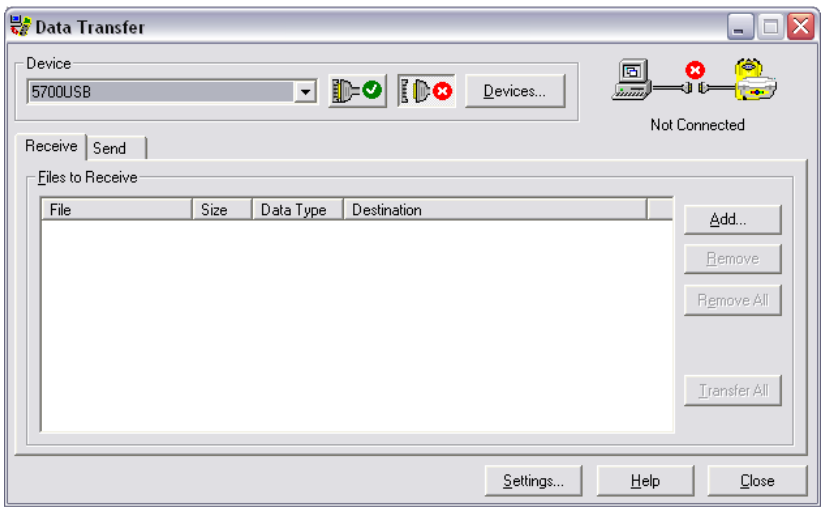
การโอนถ่ายข้อมูลโดยตรงจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม โดยผ่านทางช่อง USB port

3. การโอนถ่ายข้อมูลโดยตรงจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม โดยผ่านทางช่อง USB port ให้ทำการติดตั้งดังรูป

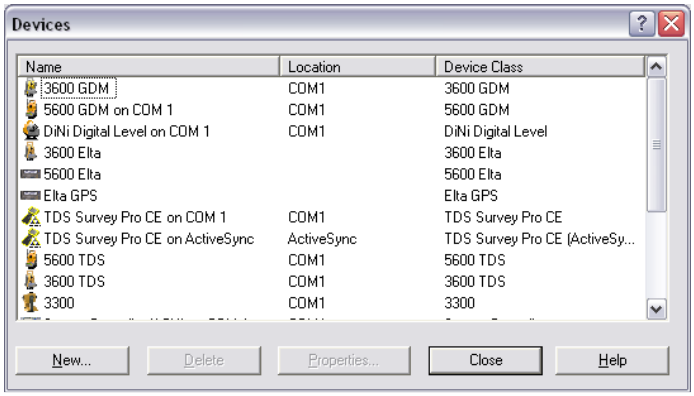


ในขณะที่ทำการโอนถ่ายข้อมูลให้ทำการเปิดเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมด้วย

4. ที่โปรแกรม Trimble Data Transfer จะแสดงหน้าจอดังนี้

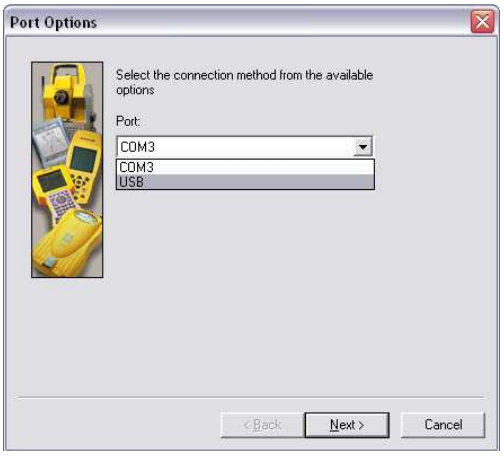


5. ในกรณีที่ทำการโอนถ่ายข้อมูลครั้งแรก ต้องทำการตั้งค่าเครื่องมือใหม่ก่อน ให้ทำการเลือกที่ปุ่ม Device จะแสดงรายการดังนี้



6. ให้ทำการเลือกเพิ่มเติมอุปกรณ์ใหม่ โดยกดปุ่ม New แล้วให้ทำการเลือกรายการที่ GPS Receiver (R/5000 Series) แล้วกดปุ่ม OK

7. ที่หน้าจอจะให้ผู้ใช้งานเลือกว่าต้องการโอนถ่ายผ่าน port ใด ให้ทำการเลือกที่ USB port แล้วทำการกดปุ่ม Next แล้วจะมีหน้าจอให้ตั้งชื่อเครื่องมือที่ทำการโอนถ่าย แล้วทำการกด Next ทำจนเสร็จสิ้นขั้นตอน จะได้รายชื่อที่ทำการเพิ่มเติมแสดงขึ้นมา



8. ทำการติดตั้งเครื่องมือดังขั้นตอนที่ 3 และทำการเรียกใช้โปรแกรม Trimble Data Transfer โดยทำการเลือกอุปกรณ์ (Device) เป็นชื่อรายการเครื่องมือที่ทำการตั้งค่า จากนั้นให้ทำการกดปุ่ม Connect เพื่อทำการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และเครื่อง GPS ถ้าอุปกรณ์เชื่อมต่อกันได้รูปสัญลักษณ์ที่มุมขวาบน จะแสดงเครื่องหมายถูก

9. จากนั้นให้ทำการกดปุ่ม Add เพื่อทำการเรียกชื่อไฟล์ที่มีอยู่ในเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม จะมีข้อมูลไฟล์ ให้ทำการกดเลือก แล้วกดปุ่ม OK ส่วนที่บรรทัดล่างสุดจะเป็นตำแหน่งที่ผู้ใช้งานต้องการจัดเก็บข้อมูลที่จะทำการโอนถ่าย

10. ทำการโอนถ่ายข้อมูลโดยกดที่ปุ่ม Transfer All ข้อมูลจึงจะทำการส่งไปยังโฟลเดอร์ที่ต้องการจัดเก็บ เสร็จสิ้นขั้นตอน

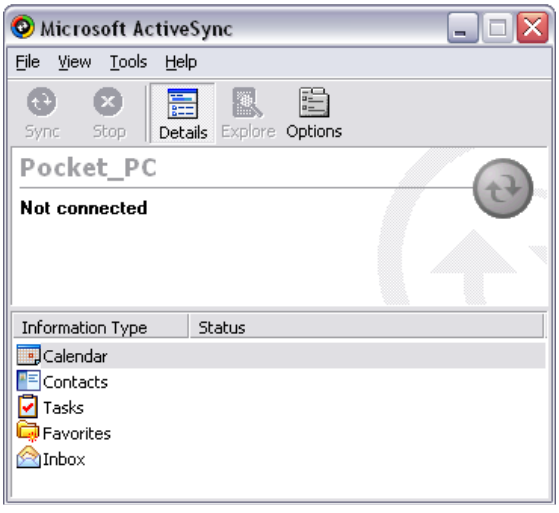
- **การโอนถ่ายข้อมูลโดยถอด** Compact Flash card **แล้วทำการอ่านข้อมูลผ่าน** card reader

11. ให้ทำการถอดแผ่น CF card ทีอยู่ในตัวเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมออกมา แล้วต่อเข้ากับ Card reader เครื่องคอมพิวเตอร์จะทำการอ่านไฟล์ใน Card เป็นนามสกุล *.T00, *.T01

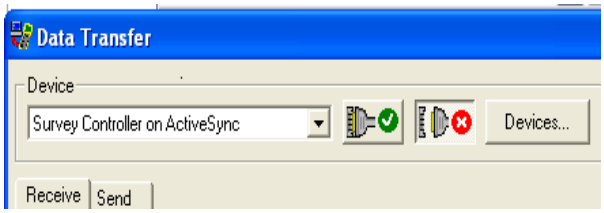
12. ให้ทำการคลิกขวา ที่ไฟล์ จะมีคำสั่ง Convert To DAT file ทำการกดเลือก แล้วไฟล์จะทำการเปลี่ยนนามสกุลเป็น *.dat ให้อัตโนมัติ

- **การโอนถ่ายข้อมูลโดยใช้** Controller **ผ่านสาย** Serial DB9 **หรือสาย** USB

13. ทำการติดตั้ง ให้ทำการตรวจสอบสายสัญญาณและการเชื่อมต่อกันของเครื่อง Controller กับเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำการทดสอบโดยใช้โปรแกรม Microsoft ActiveSync ทำการเปิดเครื่อง Controller ถ้ามีการมองเห็นกันระหว่างเครื่องมือ ไฟสัญลักษณ์ของโปรแกรมจะเป็นสีเขียว (โปรแกรมจะทำการเชื่อมต่อกับเครื่องมืออัตโนมัติโดยไม่ต้องกดปุ่มใดๆ)



14. ทำตามขั้นตอนที่ 8-10 ทั้งนี้ให้เลือกอุปกรณ์ (Device) เป็น Survey Controller on ActiveSync



ขั้นตอนการประมวลผลโดยใช้โปรแกรม TGO

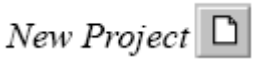
ทำการติดตั้งแผ่นโปรแกรม TGO โดยทำการใส่หมายเลข Serial number, Authorization key, Wave base line key, Network adjustment key ให้เรียบร้อย ทำตามขั้นตอนจนกระทั่งเสร็จสิ้น

คุณลักษณะในการทำงานของโปรแกรม TGO มีดังนี้

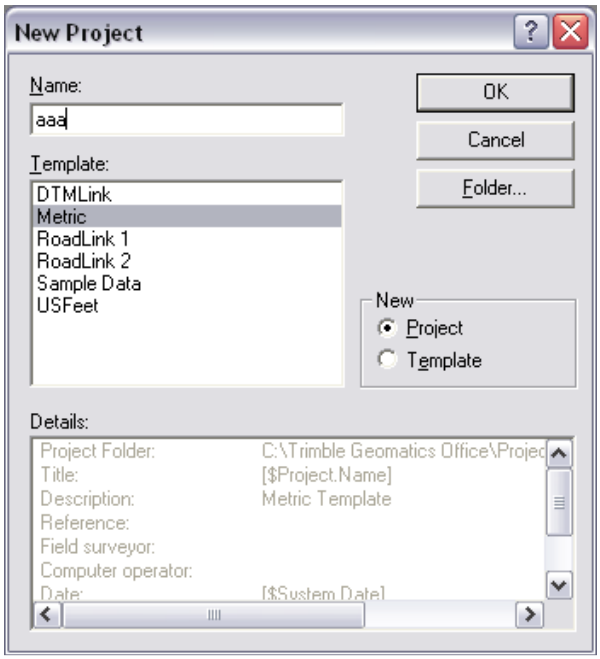
- สามารถทำการประมวลผลเส้นฐานได้ (Process Baseline)
- สามารถทำการรวมและแก้ไขข้อมูลดิบในการตรวจสอบได้
- สามารถทำการประมวลผลปรับแก้โครงข่ายได้ (Network Adjustment)
- แสดงผลที่หน้าจอได้ 2 รูปแบบคือ Survey view / Plan view
- มีแถบเมนูกราฟริกทางด้านข้างหน้าจอ เพื่อความสะดวกในการใช้งาน
- มีการรายงานผลข้อมูลแบบ HTML
- สามารถทำการประมวลผลของข้อมูลที่ได้จากกล้องสำรวจ และเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมได้
- สามารถเลือก, แสดง,แก้ไข ข้อมูลต่างๆได้
- มีรูปแบบ Layer เพื่อช่วยในการจัดการข้อมูลต่างๆได้ง่าย
- สามารถนำเข้า-ส่งออกข้อมูลต่างๆได้หลากหลายรูปแบบ
- สามารถประมวลผลร่วมกับข้อมูลที่ได้จาก GIS data collection ได้
- มีฟังก์ชั่น RoadLink / DTMLink ในการแสดงผลและแก้ไขข้อมูลในการออกแบบถนนได้

ขั้นตอนการสร้าง Project สำหรับใช้ในการประมวลผล

เมื่อหลังจากทำการเรียกโปรแกรม TGO มาเปิดใช้งานแล้วให้ผู้ใช้ทำการสร้าง Project เพื่อที่จะใช้เป็นไฟล์งานที่ใช้ประมวลผลข้อมูล มีขั้นตอน ดังนี้

1. เลือกที่ File → New project หรือเลือกที่รูป 

2. ที่หน้าต่าง New project ให้สร้างชื่องาน ทั้งนี้ให้เลือกที่ Template: Metric แล้วให้ทำการยอมรับที่ปุ่ม OK



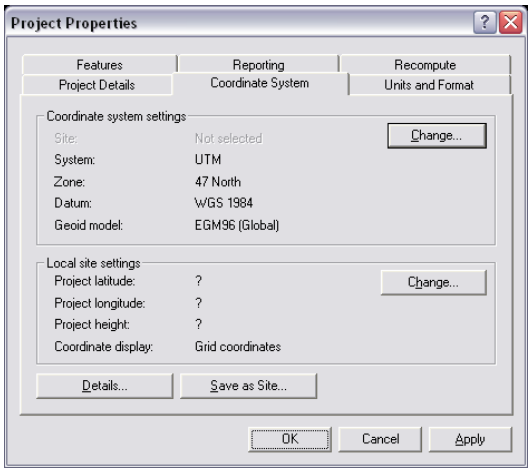
3. หน้าจอจะแสดง project properties ดังรูป ให้ผู้ใช้งานตั้งค่าพารามิเตอร์ที่แถบต่าง ให้ถูกต้อง โดยเฉพาะ แถบ Coordinate system ให้กดปุ่ม Change แล้วเลือกดังนี้

Coordinate system group: UTM

Zone: 47/48

Datum: WGS84 / Indian Thailand 1975

Geoid: EGM96



เมื่อตั้งค่าต่างๆเรียบร้อยแล้วให้กดยอมรับที่ปุ่ม OK

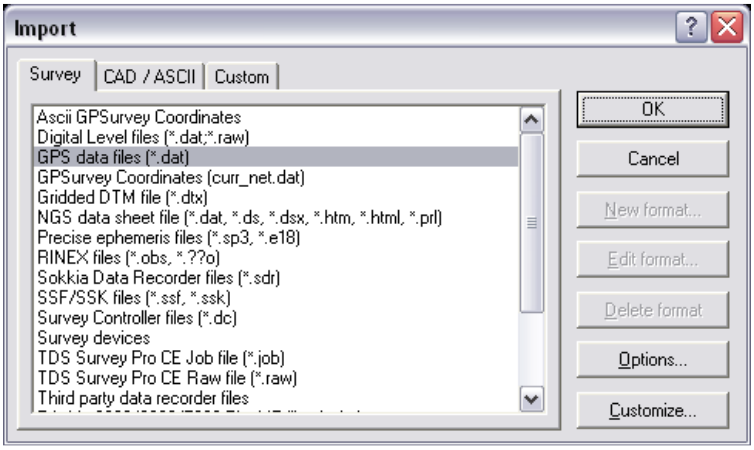
ขั้นตอนการนำเข้าข้อมูล

ข้อมูลหลักที่จะนำเข้าในโปรแกรม TGO มี 3 ประเภทหลัก คือ

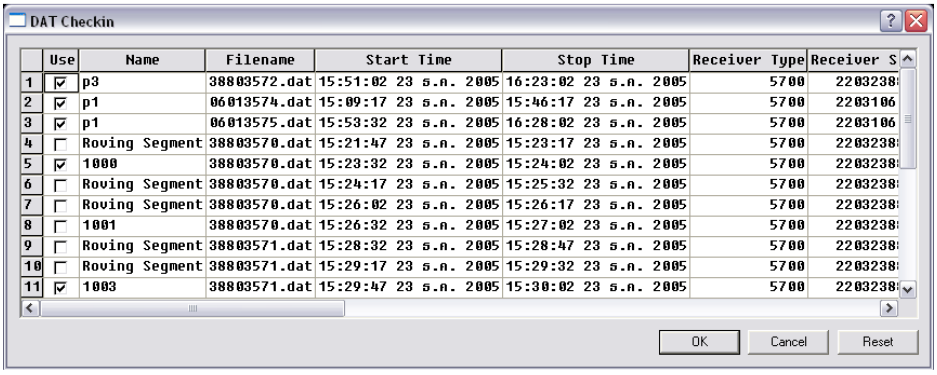
- *GPS data file (*.dat)* : เป็นข้อมูลดิบที่ได้จากการบันทึกของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม Trimble มักจะเป็นข้อมูลที่ได้จากการรังวัดแบบ Static / Kinematic
- *Survey controller file (*.dc)* : เป็นข้อมูลที่ได้จากการบันทึกโดยใช้ Trimble controller มักจะเป็นข้อมูลที่ได้จากการรังวัดแบบ RTK
- *RINEX file (*.obs, *.??o)* : เป็นข้อมูลไฟล์กลางของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมทุกยี่ห้อที่สามารถนำมาใช้ประมวลผลร่วมกันได้

ขั้นตอนการนำเข้าข้อมูล มีดังนี้

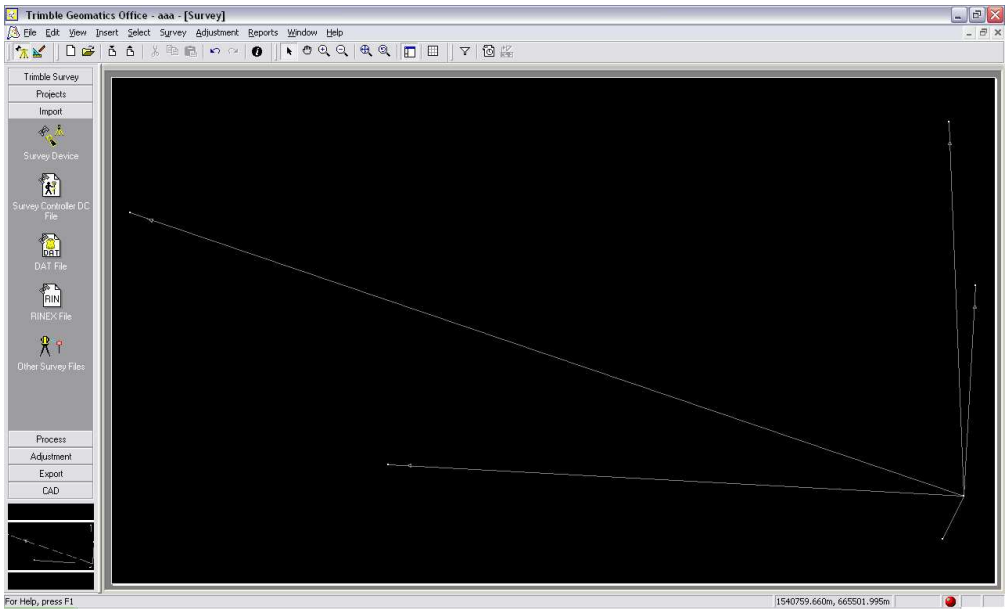
1. ให้ทำการเลือกที่ File → import แล้วเลือกตามชนิดข้อมูลที่ต้องการนำเข้า จะปรากฏหน้าจอดังนี้ หรืออาจทำการเลือกที่แถบเมนูทางด้านซ้ายมือ เลือก Import แล้วเลือกชนิดข้อมูลที่ต้องการ



2. เมื่อข้อมูลถูกนำเข้าจะแสดงผลให้ผู้ใช้งานทราบดังนี้ เพื่อให้ผู้ใช้งานทำการตรวจสอบว่าข้อมูลที่นำเข้าถูกต้องหรือไม่ ให้ตรวจสอบชื่อจุด, วันเวลาที่ทำการรังวัดข้อมูล ชนิดของจานรับสัญญาณดาวเทียม หรือ ความสูงของจานรับสัญญาณดาวเทียม ซึ่งสามารถทำการแก้ไขข้อมูลก่อนจะนำเข้าได้ ทั้งนี้อาจจะกดคลิกเลือกไม่นำเข้าข้อมูลก็ได้ (ที่แถบ Use ให้คลิกเครื่องหมายถูกออก)<u>ชื่อจุดควรตั้งให้ถูกต้องตรงกัน</u>

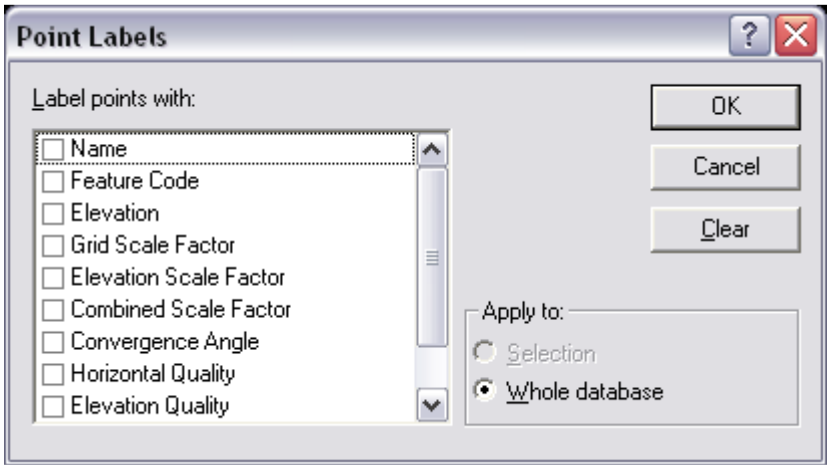


3. เมื่อข้อมูลต่างๆถูกนำเข้าจนครบเรียบร้อยแล้ว ข้อมูลที่ทำการรับสัญญาณพร้อมกันในแต่ละช่วงเวลา จะมีเส้นฐานลากเชื่อมให้ (Base line) จะแสดงผลดังนี้



ขั้นตอนการแสดงชื่อจุดบนหน้าจอ

1. เลือก Select → All
2. ทำการเลือก View → Point Labels จะปรากฏหน้าจอขึ้นมา



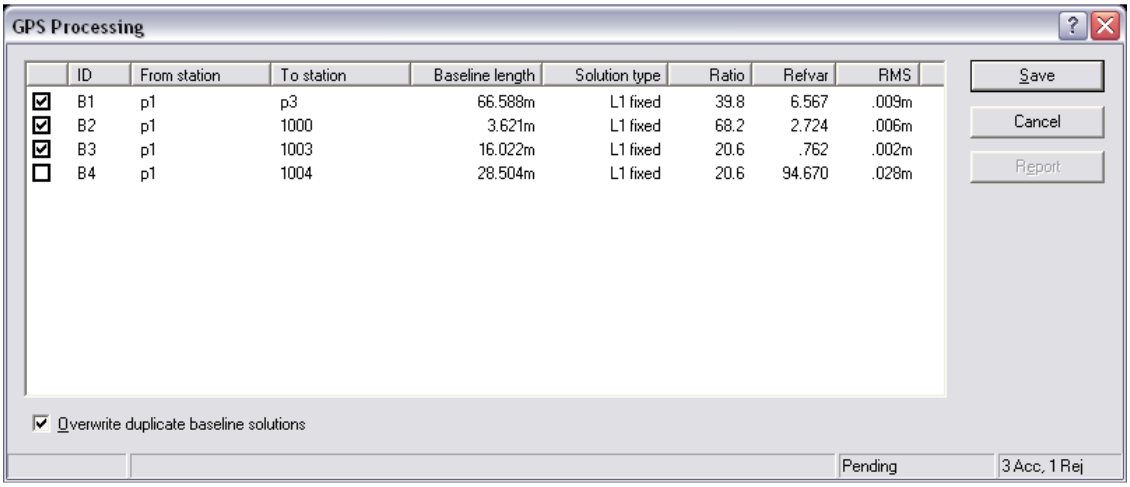
3. ให้ทำการเลือกที่ Name แล้วคลิกเลือกที่ OK

ขั้นตอนการประมวลผลเส้นฐาน (Processing GPS Baselines)

ในการใช้โปรแกรม TGO ในการประมวลผลเส้นฐาน จะประกอบด้วย WAVE™ (Weighted Ambiguity Vector Estimator) และ Timeline ซึ่ง WAVE baseline จะทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้จากการรังวัดแบบ Static, Fast static, หรือ Kinematic ส่วนของ Timeline นั้นเป็นการข้อมูลของ GPS ที่ได้จากการรังวัดในรูปแบบกราฟิก

ขั้นตอนการประมวลผลเส้นฐาน มีดังนี้

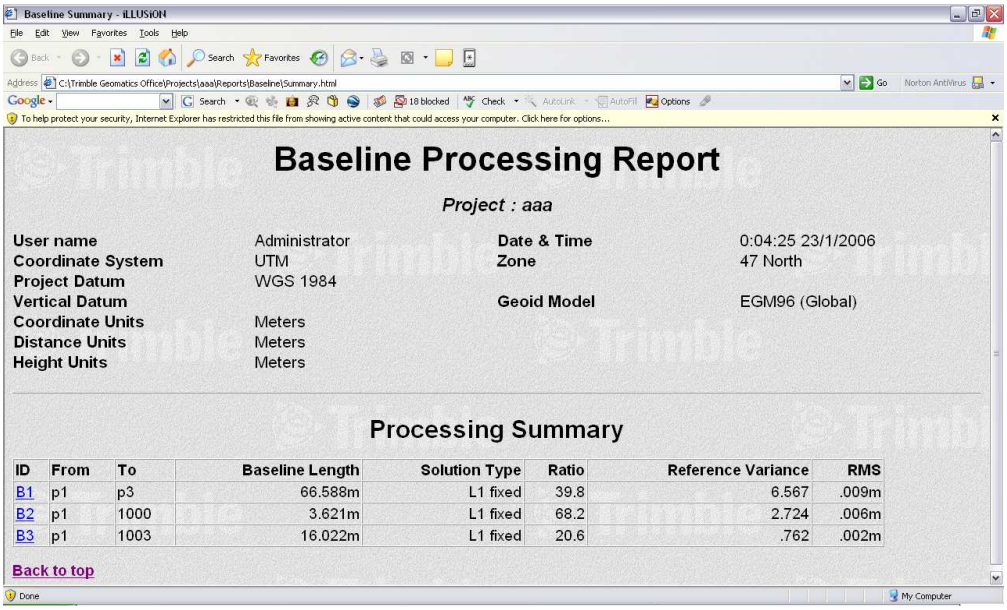
1. เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีเส้นฐานที่ถูกเลือกไว้อยู่แล้ว โดยทำดังขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง ดังนี้
   - เลือก Select → None
   - คลิกเลือกที่บริเวณว่างของหน้าจอ
2. เริ่มทำการประมวลผลเส้นฐาน โดยทำดังขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง ดังนี้
   - เลือก Survey → Process GPS Baseline
   - ที่แถบเมนูทางด้านซ้าย ให้เลือก Process group แล้วเลือก Process GPS Baseline



ข้อมูลแต่ละเส้นฐานจะถูกประมวลผล พร้อมแสดงค่าทางสถิติ ของเส้นฐานแต่ละเส้น ส่วนทางด้านมุมล่างซ้าย จะบอกจำนวนของเส้นฐานที่ยอมรับในการประมวลผล (Accept, Acc) และเส้นฐานที่ไม่ยอมรับในการประมวลผล (Rejected, Rej) ถ้ายอมรับค่าให้ทำการกดที่ปุ่ม Save

3. การแสดงผลรายงานการประมวลผลเส้นฐาน (GPS Baseline Processing Report) ให้ทำดังขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง ดังนี้ โดยจะแสดงรายงานในรูปแบบ HTML report
   - เลือก Report → GPS Baseline Processing Report

- ที่แถบเมนูทางด้านซ้าย ให้เลือก Process group แล้วเลือก GPS Baseline Processing Report



TIP:

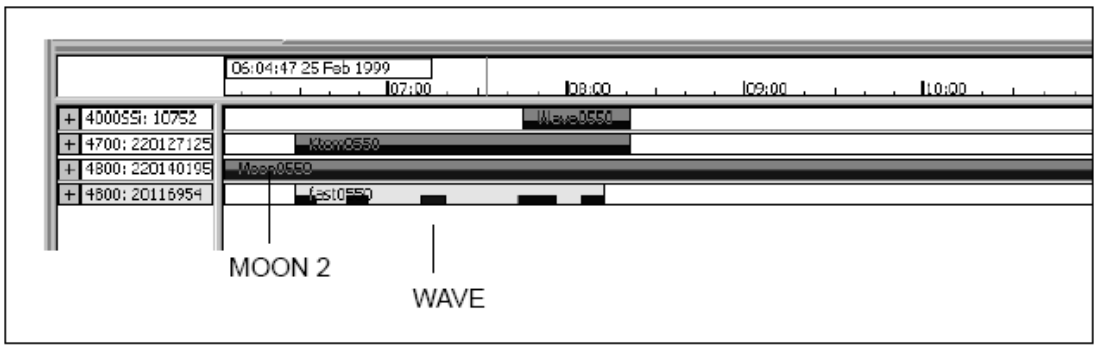
ในกรณีที่ประมวลผลเส้นฐานไม่ผ่านนั้น อาจจะต้องใช้เทคนิคหลัก 3 อย่างในการช่วยประมวลผลเส้นฐาน คือ

1. *ตั้งค่ามุมการรับสัญญาณดาวเทียมให้สูงขึ้น (Raise elevation mask) เพื่อให้หลีกเลี่ยงสัญญาณรบกวนที่มาจากการรับสัญญาณที่มุมต่ำ*
2. *เลือกตัดข้อมูลดาวเทียม (Cut satellite)*
3. *เปลี่ยนช่วงเวลาการรับข้อมูล*

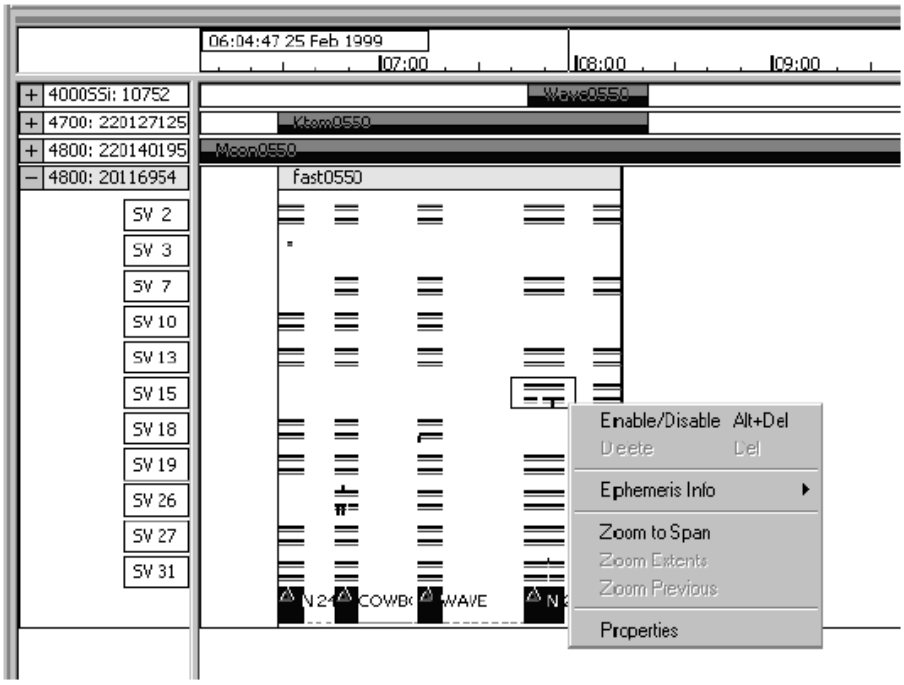
การใช้ Timeline

ผู้ใช้งานสามารถทำการเลือกใช้การวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมให้การประมวลผลเส้นฐานมีผลลัพธ์ที่ดีขึ้นมาได้ โดยการเลือกใช้ข้อมูลดาวเทียมจากช่วงเวลาต่างๆที่เหมาะสม โดยทำขั้นตอนดังนี้

1. เลือกฟังก์ชั่นเวลาดาวเทียม โดยเลือก View → Timeline



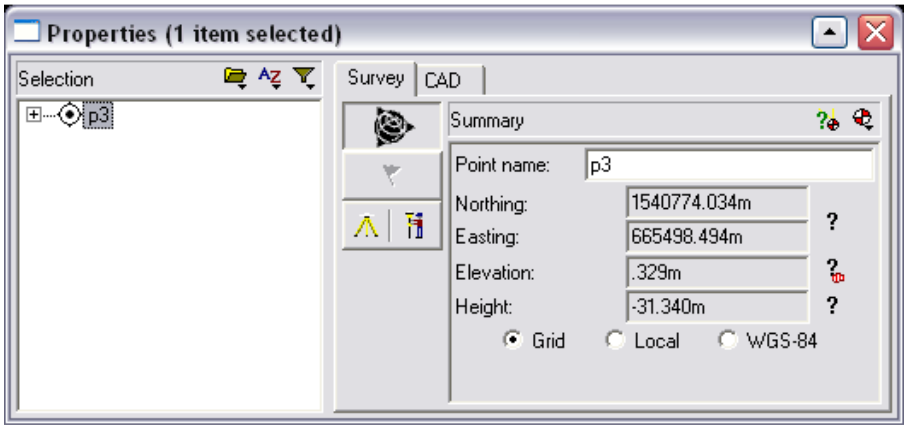
2. ข้อมูลเวลาดาวเทียมจะปรากฏ แล้วให้ทำการแสดงผลของดาวเทียมแต่ละดวง โดยทำการกดที่เครื่องหมายบวก ของแต่ละเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม แล้วนำเอาเมาส์คลิกซ้าย ลากครอบคลุมช่วงพื้นที่ที่ไม่ต้องการ (ช่วงที่มี Cycle slip) จากนั้นให้คลิกเมาส์ขวา แล้วเลือก Enable/Disable จะแสดงเป็นเส้นจาง (แสดงว่าไม่ถูกนำมาประมวลผลเส้นฐาน)

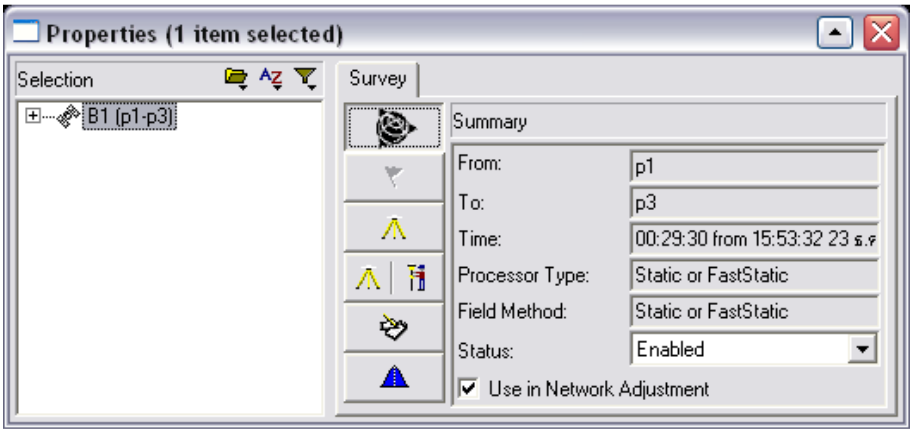


3. เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนแล้วให้ทำการเลือกคำนวณใหม่ โดยเลือก Survey → Re compute หรือ Survey → Process GPS Baseline

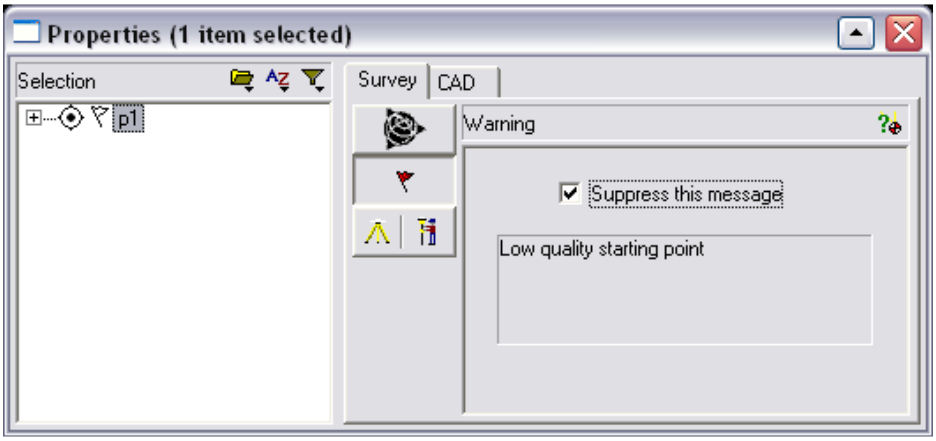
การพิจารณาผลการคำนวณ (Evaluate Result)

สำหรับผู้ใช้งานที่ต้องการพิจารณาดูค่าแสดงผลข้อมูลไม่ว่าจะเป็นค่าพิกัดของจุดที่ทำการรังวัด หรือค่าข้อมูลของเส้นฐาน ให้ทำการเลือกดูข้อมูลโดยการกด Double click ที่จุดนั้น



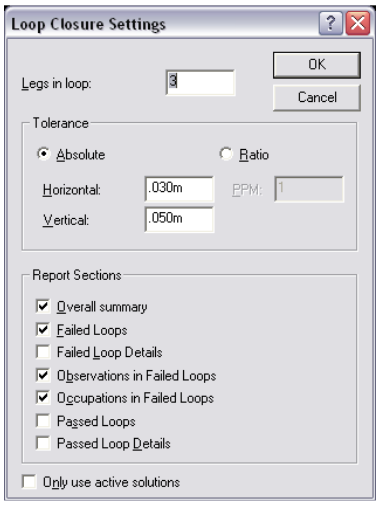


แต่ถ้าในกรณีที่หน้าจอ จุดค่าพิกัด หรือเส้นฐานมีธงแดง (เป็นเครื่องหมายที่บอกว่าจุด หรือเส้นฐานนี้ อาจมีความผิดพลาดอยู่) แสดงอยู่ ให้ทำการคลิกออกไป โดยทำการ Double click แล้วเลือก click – Suppress this message



การตรวจสอบรูปปิดของโครงข่าย (GPS Loop Closure)

1. ทำการตั้งค่าในการตรวจสอบ GPS Loop Closure ได้โดยเลือก Report → Set up →GPS Loop Closure Report จะปรากฏดังรูป



2. เลือกแสดงผลตรวจสอบการปิดของรูปข่ายโดยเลือก Report → GPS Loop Closure Report ถ้าจำนวนของ Failed loops เท่ากับศูนย์ แสดงว่าเส้นฐานที่ประมวลผลมาได้ยังอยู่ในรูปปิด สามารถนำไปประมวลผล Network Adjustment ได้

Minimally Constrained Adjustment of GPS Data

จะเป็นการทำ Network Adjustment โดยใช้จุดยึดเพียงจุดเดียว มีขั้นตอนการทำ ดังนี้

1. ทำการเลือกพื้นหลักฐาน (Datum)

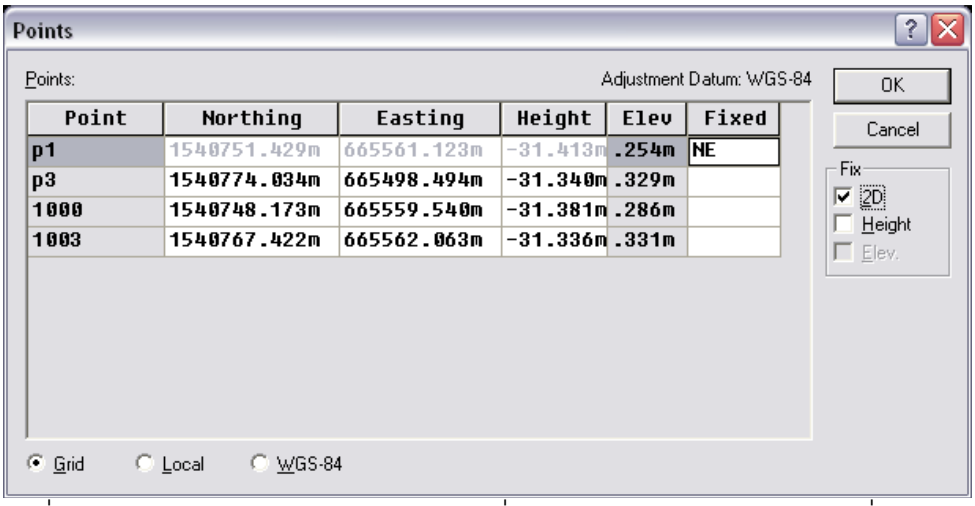
   ตั้งค่าพื้นหลักฐานให้เป็น **WGS84** โดยเลือกที่ Adjustment → Datum → WGS84

2. เลือกวิธีการในการปรับแก้โครงข่าย (Set Adjustment Style)

   ผู้ใช้สามารถเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการนำมาปรับแก้โครงข่ายได้หลายรูปแบบโดยทำการเลือกที่ Adjustment → Adjustment Style จะปรากฏดังหน้าจอ

3. เลือกจุดที่ใช้เป็นจุดยึด (Fixing the Points in the network adjustment)

ผู้ใช้งานทำการเลือกจุดที่จะใช้ในการเป็นจุดยึด ในการปรับแก้โครงข่าย โดยทำการเลือกดังนี้ Adjustment → Points จะปรากฏหน้าจอดังรูป



ที่แถบ Fixed group ให้ผู้ใช้งานเลือกจุดที่จะใช้เป็นจุดยึด แล้วคลิกเลือกที่ 2D จากนั้นให้ กดปุ่ม OK

4. ทำการปรับแก้โครงข่าย (Performing a Minimally Constrained Adjustment)

เป็นการทำการปรับแก้โครงข่ายโดยทำการเลือก Adjustment → Adjust

5. การพิจารณาผลการคำนวณปรับแก้ (Viewing the Adjustment Result)

ในการเลือกดูข้อมูลที่ได้จากการปรับแก้โครงข่ายนั้น ต้องพิจารณาผลลัพธ์ของข้อมูล ดังนี้

- Network Adjustment Report
- Observation Dialog

การพิจารณา Network Adjustment report

1. ทำการเลือกที่ Report → Network Adjustment report
2. ทำการตรวจสอบโดยพิจารณาที่ Statistical summary ซึ่งเป็นส่วนหลักในการวิเคราะห์การปรับแก้โครงข่าย ให้ดูที่ผลของค่า Chi-square ไม่ควรมีค่าเกิน 1.0

Tip:

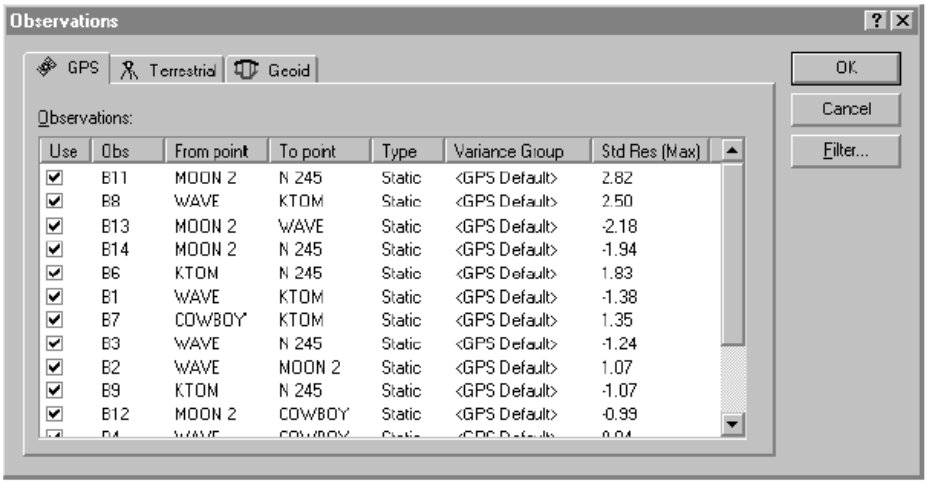
ในกรณีที่ค่า Chi-square มีค่าเกิน 1.0 ให้ผู้ใช้ทำการตรวจสอบได้ 2 รูปแบบคือ

- *ตรวจสอบว่ามีค่า outlier ในข้อมูลหรือไม่*
- *ใช้ค่า scalar ในการประมาณความคลาดเคลื่อนใหม่*

การพิจารณา Observation dialog

เป็นการตรวจสอบค่าทางสถิติของแต่ละเส้นฐาน ว่ามีค่า Standard Residual เกินค่าที่ยอมรับได้หรือไม่

1. ทำการเลือก Adjustment → Observations จะปรากฏดังหน้าจอ



2. ให้ทำการเลือกเรียงค่าโดยอ้างอิงตามค่า outlier ให้ทำการกดเลือกที่แถบ Std Res. (Max)

3. ถ้าเส้นฐานใด มีค่า Std Res สูงเกินไป ให้ทำการเลือกคลิกออก ไม่ใช้ในการประมวลผล

6. การกำหนดค่า Scalar (Applying a Scalar to the Estimated Errors)

1. ให้ทำการเลือกที่ Adjustment → Weighting Strategies
2. ทำการเลือกที่ แถบ GPS
3. ที่กลุ่ม Scalar Type ให้ทำการเลือกที่ Alternative
4. คลิกเลือกที่ OK
5. ทำการปรับแก้โครงข่ายใหม่อีกครั้ง โดยทำการเลือก Adjustment → Adjust
6. พิจารณาดูค่ารายงาน ที่ Report → Network Adjustment Report
7. ดูค่าทางสถิติที่ Statistical summary ซึ่งในการทำการปรับแก้ครั้งที่สองนี้ ค่าสเกลใหม่ที่ประมาณจะถูกใช้
8. ถ้าค่า Chi-square ยังมีค่าเกิน 1.0 ให้ทำการเลือกใช้ Scalar แบบ Automatic (ในขั้นตอนที่ 3)

Performing a Fully Constrained Adjustment

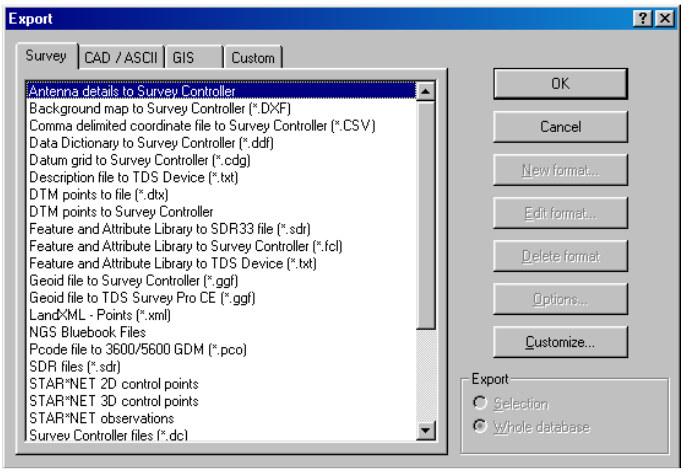
รูปแบบการทำงานเหมือนกับ Minimally Constrained Adjustment แต่เป็นการปรับแก้โครงข่ายอย่างสมบูรณ์โดยใช้จุดยึดที่ทราบค่าอย่างน้อย 3 จุด มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการเลือกพื้นหลักฐาน (Datum) ที่ใช้ในรูปแบบ Local (พื้นหลักฐานที่ใช้ในการประมวลผล)
2. ทำการเลือก Load Geoid โดยเป็นการหาความสัมพันธ์ของค่าระดับที่ได้จากการรังวัดจากกล้อง (Terrestrail observation) และค่าระดับที่ได้จาก GPS (Ellipsoidal height) ขั้นตอนดังนี้ Adjustment → Observation ที่แถบ Geoid ให้เลือก Load แล้วคลิก OK
3. ทำการเลือก Fixed จุดต่างๆ ทางราบควรมีอย่างน้อย 3 จุด และทางดิ่งควรมีอย่างน้อย 4จุด
4. ทำการปรับแก้โครงข่าย Adustment → Adjust
5. พิจารณาผลการคำนวณปรับแก้ Report → Network Adjustment Report

การส่งออกข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ (Export)

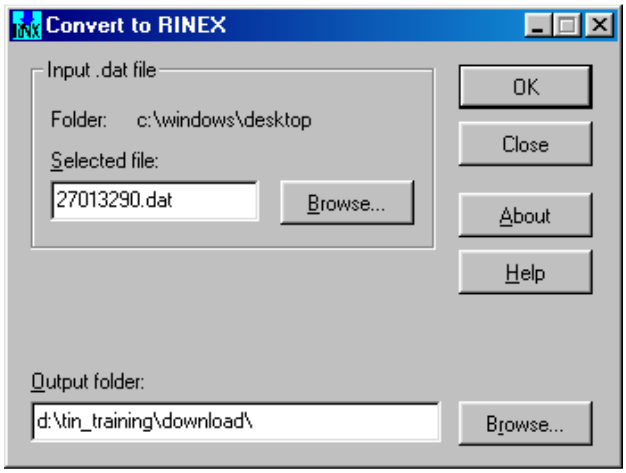
ผู้ใช้งานสามารถทำการส่งต่อ หรือแปลงไฟล์ไปยังรูปแบบต่างๆที่ต้องการได้ โดยทำการกดที่ File → Export มีการส่งออกในรูปแบบต่างๆ เช่น

- Survey – เป็นการส่งออกข้อมูลไปยังนามสกุลต่างๆทางด้านการสำรวจได้
- CAD/ASCII – เป็นการส่งออกข้อมูลไปด้านซอร์ฟแวร์ทางด้านการออกแบบ
- GIS – เป็นการส่งออกข้อมูลไปยังงานด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS)
- Custom – เป็นการส่งออกข้อมูลตามรูปแบบที่ผู้ใช้งานต้องการ มักจะเป็นในรูปแบบ Comma File เพื่อเรียกใช้เปิดใน Notepad หรือ Microsoft Excel



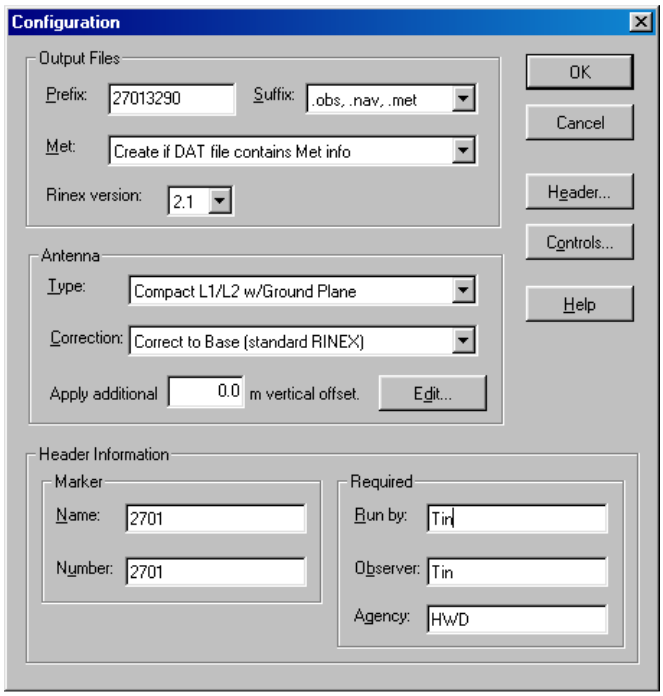
การแปลงข้อมูลดิบ (*.dat) ให้อยู่ในรูปแบบ RINEX

- เรียกใช้โปรแกรมที่ Start → Programs → Trimble Office →Utilities → Convert to RINEX



- เลือกชื่อ File ข้อมูลดิบที่ต้องการแปลง ที่ *Select file:* แล้วกดปุ่ม Browse
- เลือกชื่อ Folder ที่จะทำการจัดเก็บข้อมูลที่ได้ หลังจากการแปลงเป็น RINEX แล้ว ที่ *Output folder*: แล้วกดปุ่ม Browse เมื่อเสร็จเรียบร้อยแล้วกดปุ่ม OK

จะปรากฏหน้าจอ Configuration ดังรูป



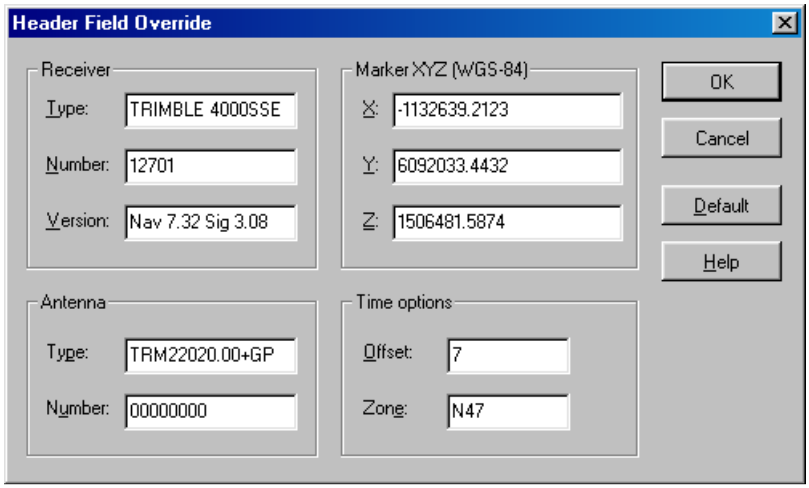
Prefix : เป็นชื่อนำหน้าไฟล์ที่ต้องการแปลง

Suffix : เป็นนามสกุลของ RINEX ที่ต้องการแปลง ซึ่งมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ (*.obs, *.nav, .met) หรือ (*.yyo, *.yym, *.yyn)

RINEX Version : เลือก version ตามต้องการ ซึ่งมีเวอร์ชั่น 2.0 และ 2.1

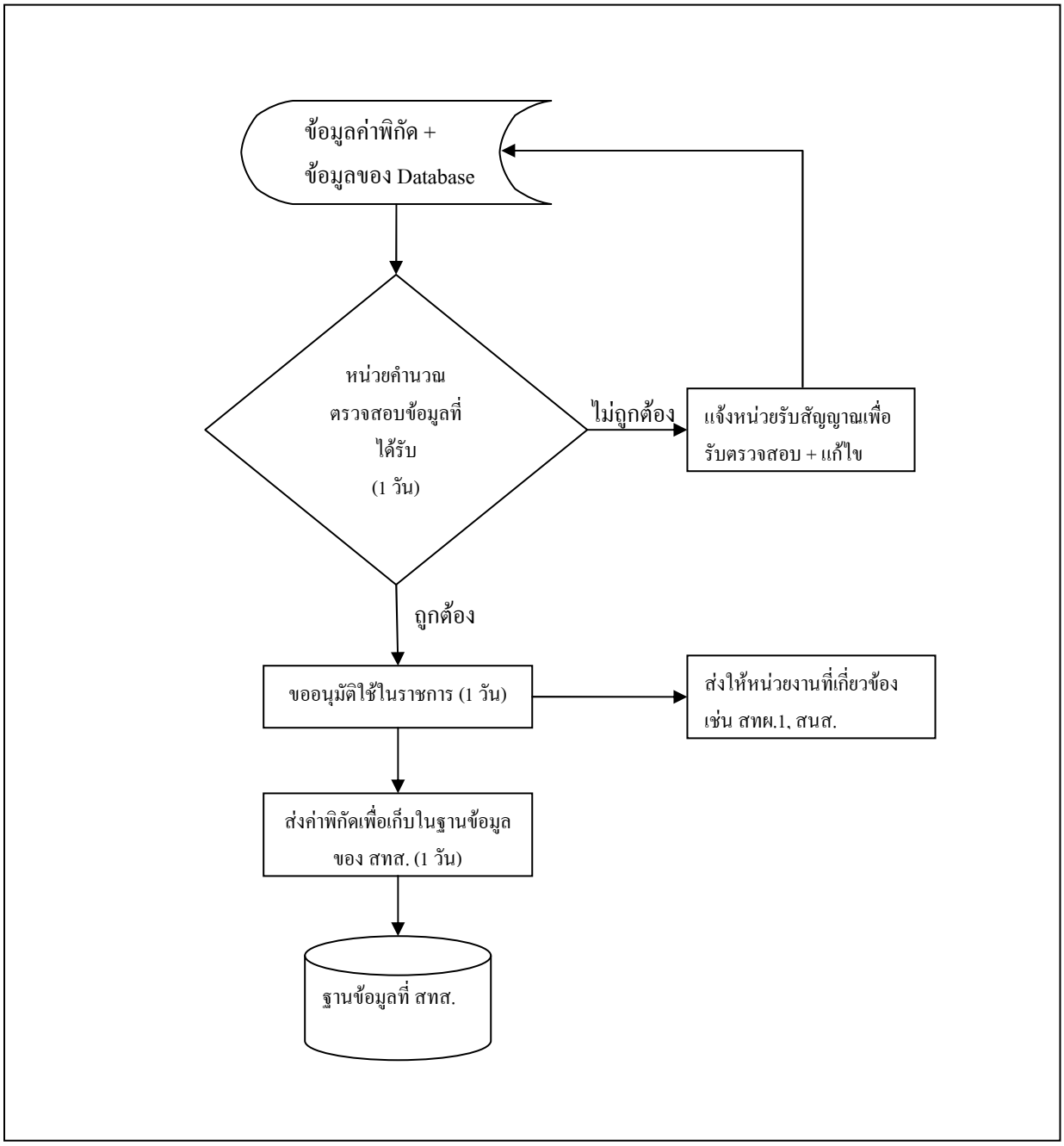
Type : เลือกชนิดของจานรับสัญญาณดาวเทียม

ถ้าต้องการดูค่าพิกัดหรือรายละเอียดต่างๆของจุด ให้กดเลือกที่ Header จะปรากฏดังนี้



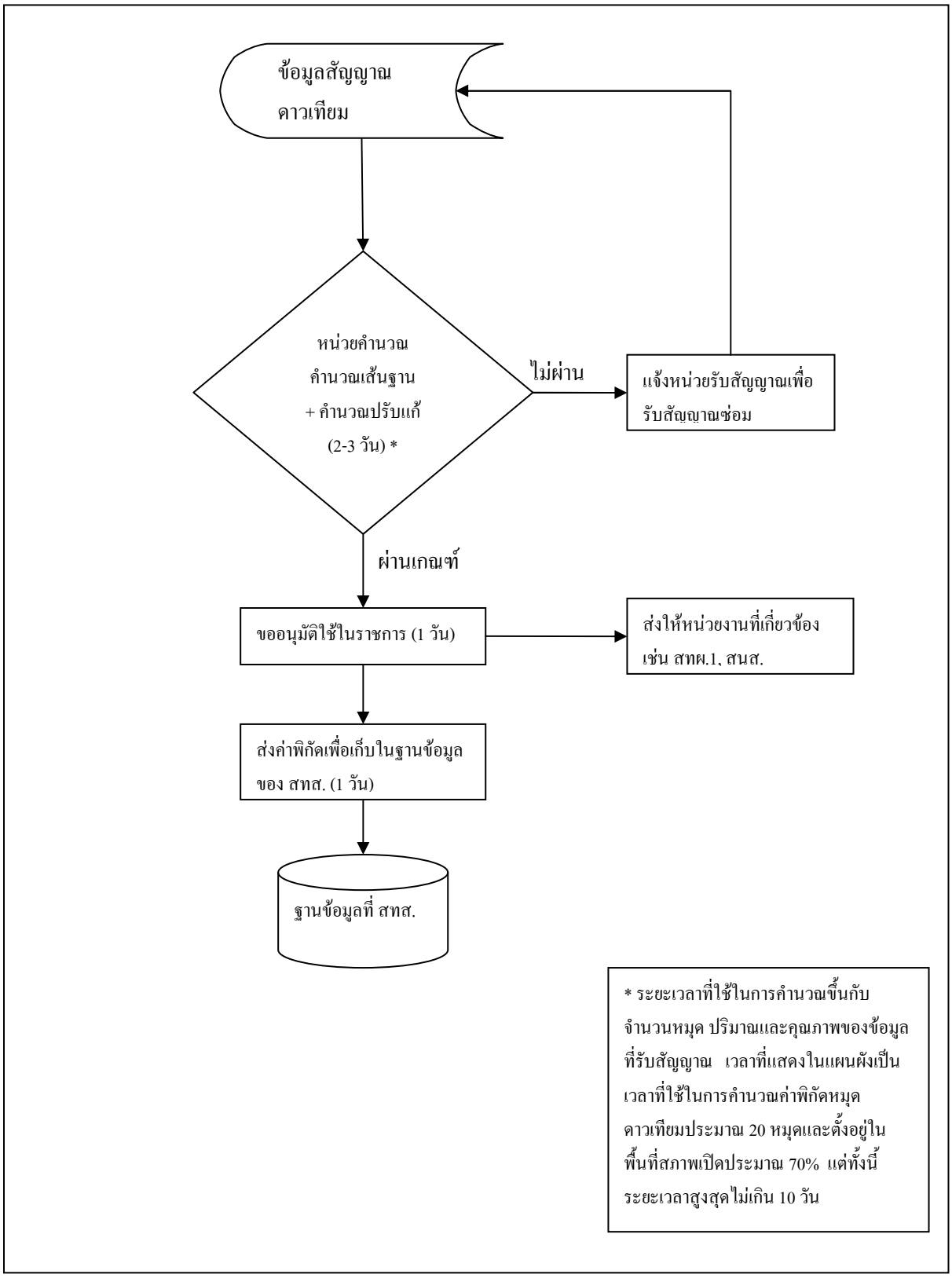
เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนต่างๆให้ผู้ใช้ทำการคลิก OK ที่หน้าจอ Configuration ก็จะสามารถแปลงไฟล์ข้อมูลดิบ ให้อยู่ในรูปแบบของ RINEX ได้

แผนผังการคำนวณค่าพิกัดหมุดหลักฐานแผนที่โดยระบบดาวเทียมแบบ RTK



แผนผังการคำนวณค่าพิกัดหมุดหลักฐานแผนที่โดยระบบดาวเทียม

แบบ Static และ Fast Static



การส่งหลักฐานแผนที่ใช้ในราชการ

รายละเอียดหลักฐานแผนที่มีดังนี้

- การรังวัดแบบ STATIC หลักฐานแผนที่ประกอบด้วย
  - ใบสรุปหน้าหมุดดาวเทียม (ร.ว. ๗๕)
  - แผนที่สังเขปหมุดดาวเทียม (ร.ว. ๗๖)
  - รายการรังวัดหมุดดาวเทียม (ร.ว. ๗๗)
  - รายการรังวัดมุมและระยะ (ร.ว. ๓๑ ค)
  - ผลการรังวัด AZIMUTH ด้วยการรับสัญญาณดาวเทียม GPS (ร.ว. ๗๘ ก)
  - รายละเอียดหมุดดาวเทียม กรมที่ดิน (ร.ว. ๗๖ ก)
- การรังวัดแบบ Rapid Static และ RTK หลักฐานแผนที่ประกอบด้วย
  - ใบสรุปหมุดดาวเทียม (ร.ว. ๗๕ ก)
  - แผนที่สังเขปหมุดดาวเทียม (ร.ว. ๗๖)
  - รายการรังวัดหมุดดาวเทียม (ร.ว. ๗๗)
  - รายการวัดมุมและระยะ (ร.ว.๓๑ ค)

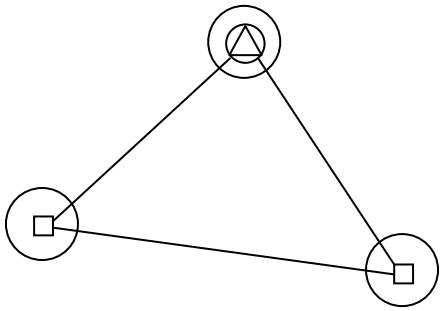
หลักฐานการรังวัดและค่าพิกัดจัดทำจำนวน 2 ชุด โดยชุดหนึ่งส่งให้ สทผ. 2 เก็บรวบรวมไว้ใช้งาน และอีกชุดหนึ่งจัดส่งให้สำนักงานที่ดินจังหวัดที่ได้เข้าดำเนินการไว้ใช้งาน

ภาคผนวก

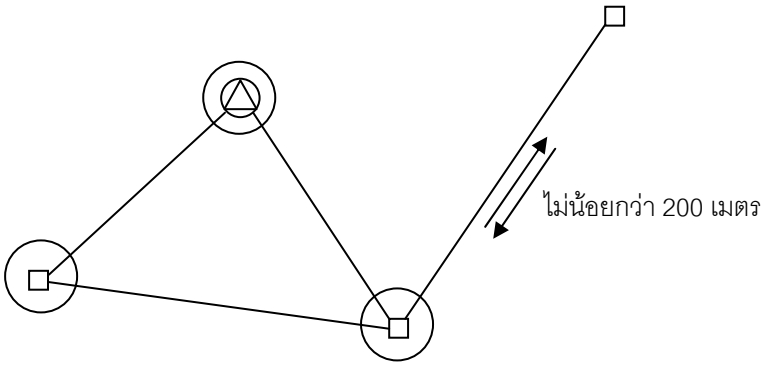
ข้อปฏิบัติในการสร้างหมุดดาวเทียม STATIC

การสร้างหมุดดาวเทียม STATIC

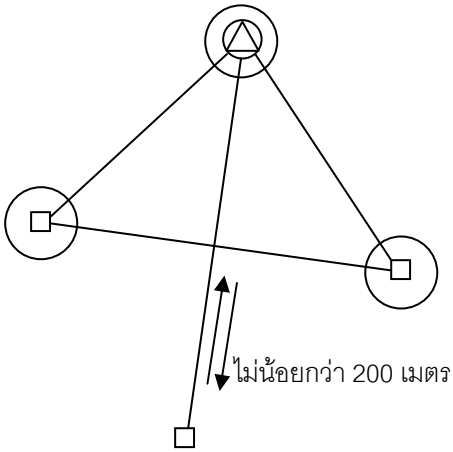
ให้สร้างหมุดพยานดาวเทียมขึ้นอีก 2 หมุด ประกอบกันเป็นรูปสามเหลี่ยม และให้ทำการรังวัดอาซิมุทโดยให้มีระยะระหว่างหมุดไม่น้อยกว่า 200 เมตร



หากไม่สามารถสร้างหมุดให้มีระยะระหว่างหมุดไม่น้อยกว่า 200 เมตรได้ ให้สร้างหมุดพยานดาวเทียมเพิ่มอีกหนึ่งหมุดให้มีระยะไม่น้อยกว่า 200 เมตร สำหรับการรังวัดอาซิมุท



หรือ

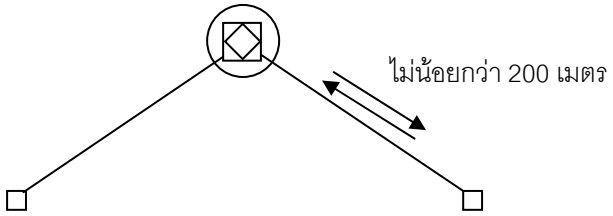


การสร้างหมุดหลักฐานแผนที่ดาวเทียมกรมที่ดินเฉลิมพระเกียรติ

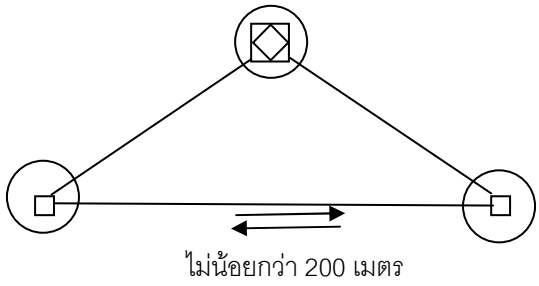
แบ่งเป็น 2 กรณี

<u>กรณีที่ 1</u> หมุดหลักฐานแผนที่ดาวเทียมกรมที่ดินเฉลิมพระเกียรติ สามารถรับสัญญาณดาวเทียมได้

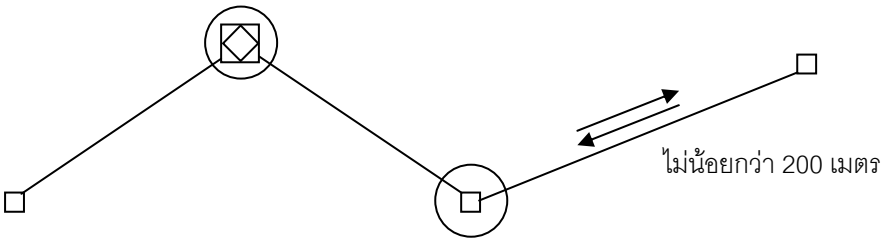
ให้สร้างหมุดพยานดาวเทียม 2 หมุด และทำการรังวัดอาซิมุท โดยให้มีระยะระหว่างหมุดไม่น้อยกว่า 200 เมตร



หรือ

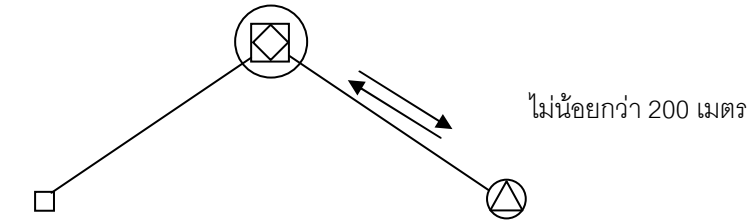


หากไม่สามารถสร้างหมุดให้มีระยะระหว่างหมุดไม่น้อยกว่า 200 เมตร ให้สร้างหมุดพยานดาวเทียมต่อไปอีก 1 หมุด ให้มีระยะระหว่างหมุดไม่น้อยกว่า 200 เมตร สำหรับการรังวัดอาซิมุท

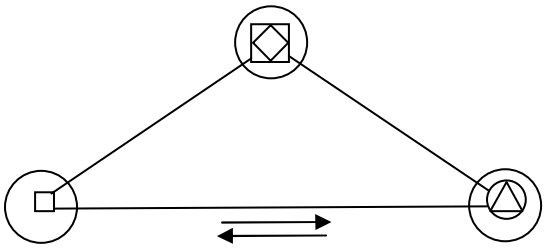


<u>กรณีที่ 2</u> หมุดหลักฐานแผนที่ดาวเทียมกรมที่ดินเฉลิมพระเกียรติ รับสัญญาณดาวเทียมไม่ได้

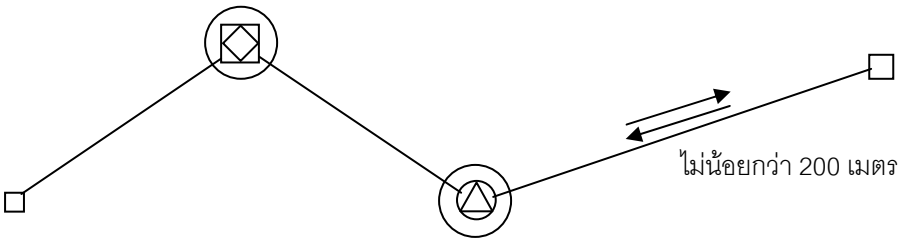
ให้สร้างหมุดดาวเทียม STATIC และหมุดพยานดาวเทียมออกจากหมุดหลักฐานแผนที่ดาวเทียมกรมที่ดินเฉลิมพระเกียรติ และทำการรังวัดอาซิมุทโดยให้ มีระยะระหว่างหมุดไม่น้อยกว่า 200 เมตร



หรือ



หากไม่สามารถสร้างหมุดให้มีระยะระหว่างหมุดไม่น้อยกว่า 200 เมตร ให้สร้างหมุดพยานดาวเทียมต่อจากหมุดดาวเทียม STATIC อีก 1 หมุดให้มีระยะระหว่างหมุดไม่น้อยกว่า 200 เมตร สำหรับการรังวัดอาซิมุท



การสร้างหมุดหลักฐานแผนที่ดาวเทียมชนิดมั่นคงถาวร

ให้สร้างเช่นเดียวกับหมุดหลักฐานแผนที่ดาวเทียมกรมที่ดินเฉลิมพระเกียรติ

(ร่าง)

ระเบียบกรมที่ดิน

ว่าด้วยการรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่โดยระบบดาวเทียม

พ.ศ. ๒๕๕๓

เพื่อให้การปฏิบัติงานรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่โดยระบบดาวเทียม และการนำไปใช้งานด้านการรังวัดและทำแผนที่ของกรมที่ดิน ดำเนินการไปด้วยความเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพ กรมที่ดินจึงกำหนดระเบียบไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ระเบียบนี้เรียกว่า “ระเบียบกรมที่ดินว่าด้วยการรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่โดยระบบดาวเทียม พ.ศ. ๒๕๕๓”

ข้อ ๒ ระเบียบนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันที่ เมษายน ๒๕๕๓ เป็นต้นไป

ข้อ ๓ ให้ยกเลิกระเบียบกรมที่ดิน ว่าด้วยการรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่โดยระบบดาวเทียม พ.ศ. ๒๕๔๓

ข้อ ๔ บรรดาระเบียบ คำสั่ง ประกาศ หรือหนังสือสั่งการอื่นใดซึ่งขัดหรือแย้งกับระเบียบนี้ ให้ใช้ระเบียบนี้แทน

ข้อ ๕ ในระเบียบนี้

“หมุดดาวเทียม” หมายถึง หมุดหลักฐานแผนที่ ที่ได้ค่าพิกัดจากการรับสัญญาณดาวเทียม

“หมุดดาวเทียม Static” หมายถึง หมุดดาวเทียมที่ได้ค่าพิกัดจากการรับสัญญาณดาวเทียมโดยวิธีการรังวัดแบบสถิต (Static)

“หมุดดาวเทียม Rapid Static” หมายถึง หมุดดาวเทียมที่ได้ค่าพิกัดจากการรับสัญญาณดาวเทียม โดยวิธีการรังวัดแบบสถิตอย่างเร็ว (Rapid or Fast Static)

“หมุดดาวเทียม RTK” หมายถึง หมุดหลักฐานแผนที่ที่ได้ค่าพิกัดจากการรับสัญญาณดาวเทียม โดยวิธีการรังวัดแบบจลน์ได้ค่าพิกัดทันที ณ เวลาทำการรังวัด (Real Time Kinematics)

“หมุดหลักฐานแผนที่ดาวเทียมกรมที่ดินเฉลิมพระเกียรติ” หมายถึง หมุดดาวเทียม Static ที่สร้างขึ้นตามแบบของกรมที่ดิน อยู่สูงจากฐานประมาณ ๑.๒๐ เมตร

“หมุดหลักฐานแผนที่ดาวเทียมชนิดมั่นคงถาวร” หมายถึง หมุดดาวเทียม Static สร้างขึ้นตามแบบของกรมที่ดิน อยู่สูงจากพื้นประมาณ ๐.๔๐ เมตร

“หมุดพยานดาวเทียม” หมายถึงหมุดหลักฐานแผนที่ที่สร้างขึ้น เพื่อใช้ตรวจสอบตำแหน่งของหมุดดาวเทียม Static

ลักษณะและแบบของหมุดดาวเทียม หมุดพยานดาวเทียม ให้เป็นไปตามภาคผนวก ก. ท้ายระเบียบนี้

“การรับสัญญาณดาวเทียมแบบสถิต (Static)” หมายถึง การรับสัญญาณดาวเทียมไม่น้อยกว่า ๒ จุดพร้อมๆ กัน ในช่วงเวลาเดียวกัน

“การรับสัญญาณดาวเทียมแบบสถิตอย่างเร็ว (Rapid or Fast Static)” หมายถึง การรับสัญญาณดาวเทียมไม่น้อยกว่า ๒ จุดพร้อมๆ กัน ในช่วงเวลาเดียวกัน ใช้ระยะเวลาในการรับสัญญาณดาวเทียมน้อยกว่าการรับสัญญาณดาวเทียมแบบสถิต (Static)

“การรับสัญญาณดาวเทียมแบบจลน์ได้ค่าพิกัดทันที ณ เวลาทำการรังวัด (Real Time Kinematics, RTK)” หมายถึง การรับสัญญาณดาวเทียมโดยการนำเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมเครื่องหนึ่งหรือหลายเครื่อง ไปรับสัญญาณที่หมุด ซึ่งเป็นสถานีฐาน (Base Station) และให้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมเครื่องอื่น ๆ ไปรับสัญญาณที่สถานีจร (Rover Station) และมีระบบสื่อสารส่งข้อมูลจากสถานีฐาน (Base Station) ไปยังเครื่องรับที่สถานีจร (Rover Station)

“สถานีฐาน (Base Station)” หมายถึง หมุดดาวเทียมที่ทราบค่าพิกัดใช้อ้างอิงเพื่อคำนวณค่าพิกัดในการรับสัญญาณดาวเทียมแบบ RTK

“สถานีจร (Rover Station)” หมายถึง หมุดหรือตำแหน่งที่ต้องการทราบค่าพิกัด โดยการคำนวณอ้างอิงค่าพิกัดมาจาก สถานีฐาน (Base Station) ในการรับสัญญาณดาวเทียมแบบ RTK

ข้อ ๖ ภาคผนวกท้ายระเบียบ ให้ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของระเบียบนี้

ข้อ ๗ ให้ผู้อำนวยการสำนักเทคโนโลยีทำแผนที่รักษาการตามระเบียบนี้

ข้อ ๘ การให้รหัสแทนชื่อหมุดดาวเทียม และหมุดพยานดาวเทียม ให้เป็นไปตามภาคผนวก ข. ท้ายระเบียบนี้

ข้อ ๙ ให้สำนักเทคโนโลยีทำแผนที่ จัดทำบัญชีควบคุมชื่อหมุดดาวเทียม ค่าพิกัดหมุดดาวเทียม และเอกสารที่เกี่ยวข้องไว้เป็นฐานข้อมูลเพื่ออ้างอิง

ข้อ ๑๐ หมุดดาวเทียม ให้สร้างในตำแหน่งที่มั่นคง ยากต่อการถูกทำลาย สามารถค้นหาได้โดยง่าย และสะดวกต่อการใช้งานอยู่ในตำแหน่งที่โล่ง ไม่มีสิ่งกีดขวางที่มุมสูง ๑๕ องศา (15° Elevation cut-off) นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงสิ่งที่อาจรบกวนต่อการรับสัญญาณได้ เช่น ตำแหน่งของหมุดต้องไม่อยู่ใกล้แหล่งน้ำขนาดใหญ่ หรือใกล้อาคารสิ่งก่อสร้างที่มีผิวเรียบทำให้เกิดการสะท้อนกลับของคลื่นหลายทิศทาง (Multipath) มายังเสาอากาศได้ ตำแหน่งของหมุดต้องไม่อยู่ใกล้ เสาอากาศที่รับสัญญาณที่มีความถี่เดียวกันหรือใกล้เคียงกันกับความถี่ของสัญญาณดาวเทียมรวมทั้งหลีกเลี่ยงตั้งใกล้สถานีวิทยุเสาอากาศการสื่อสารแรงสูง (High Power Communication Antenna) สายส่งศักย์สูง (High Voltage Power Line) หรือเสาอากาศเรดาร์ เป็นต้น

ข้อ ๑๑ การสร้างหมุดดาวเทียม Static ให้เป็นตามภาคผนวก ค. ท้ายระเบียบนี้

ข้อ ๑๒ การสร้างหมุดดาวเทียม Rapid Static ให้เป็นไปตามภาคผนวก ค. ท้ายระเบียบนี้ ลักษณะการสร้างหมุดโดยคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้งานในกรณีต่าง ๆ ดังนี้

๑๒.๑ กรณีใช้หมุดดาวเทียม Rapid Static เป็นหมุดออกหรือเข้าบรรจบเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่หลัก ให้สร้างหมุดโดยแต่ละหมุดมีระยะห่างระหว่างหมุดไม่น้อยกว่า ๒๐๐ เมตร

๑๒.๒ กรณีใช้หมุดดาวเทียม Rapid Static เป็นหมุดออกหรือเข้าบรรจบเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ย่อย หรือเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่เพื่อเก็บรายละเอียด หรือเป็นหมุดตั้งกล้องเพื่อโยงยึดเก็บรายละเอียด หรือเป็นหมุดบังคับภาพถ่าย ให้สร้างหมุดโดยแต่ละหมุดมีระยะห่างระหว่างหมุดไม่น้อยกว่า ๑๐๐ เมตร

ข้อ ๑๓ การสร้างหมุดดาวเทียม RTK ให้เป็นไปตามภาคผนวก ค. ท้ายระเบียบนี้ ใช้สำหรับเป็นหมุดออกหรือเข้าบรรจบเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่เพื่อเก็บรายละเอียด หรือเป็นหมุดตั้งกล้องเพื่อโยงยึดเก็บรายละเอียด หรือเป็นหมุดบังคับภาพถ่าย

ข้อ ๑๔ คุณลักษณะของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม วิธีการรับสัญญาณดาวเทียม การคำนวณ และการรับสัญญาณดาวเทียมเพื่อคำนวณหาค่าภาคของทิศ ให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์และข้อกำหนดในภาคผนวก ง. ท้ายระเบียบนี้

ข้อ ๑๕ การเขียนรายการรังวัด การคำนวณ แบบรายงาน และการจัดทำรายละเอียดหมุดดาวเทียมเพื่อใช้ราชการ ให้เป็นไปตามแบบพิมพ์ในภาคผนวก จ. ท้ายระเบียบนี้

ข้อ ๑๖ การรับสัญญาณดาวเทียม ใช้หาค่าพิกัดหมุดหลักเขตที่ดินได้ หลักเกณฑ์และวิธีการปฏิบัติ ให้เป็นไปตามที่กรมที่ดินกำหนด

ข้อ ๑๗ การจัดเก็บข้อมูลการรับสัญญาณดาวเทียม ให้จัดเก็บในรูปแบบดิจิทัลไว้เป็นหลักฐานสำหรับใช้ในการตรวจสอบ

ข้อ ๑๘ ค่าภาคของทิศที่คำนวณได้จากค่าพิกัดหมุดดาวเทียมในการรับสัญญาณดาวเทียมแบบสถิต (Static) และการรับสัญญาณดาวเทียมแบบสถิตอย่างเร็ว (Rapid or Fast Static) ให้นำไปใช้ในการคำนวณเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่หลักหรือย่อย สำหรับค่าภาคของทิศที่คำนวณได้จากค่าพิกัดหมุดดาวเทียมในการรับสัญญาณดาวเทียมแบบ RTK ให้นำไปใช้ในการคำนวณเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่เพื่อเก็บรายละเอียด เท่านั้น

ข้อ ๑๙ เมื่อปรากฏว่าหมุดดาวเทียมหรือหมุดพยานดาวเทียม คลาดเคลื่อน สูญหายหรือถูกทำลาย ให้รายงานสำนักเทคโนโลยีทำแผนที่ เพื่อปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปัจจุบัน และสร้างหมุดดาวเทียมหรือหมุดพยานดาวเทียมขึ้นใหม่

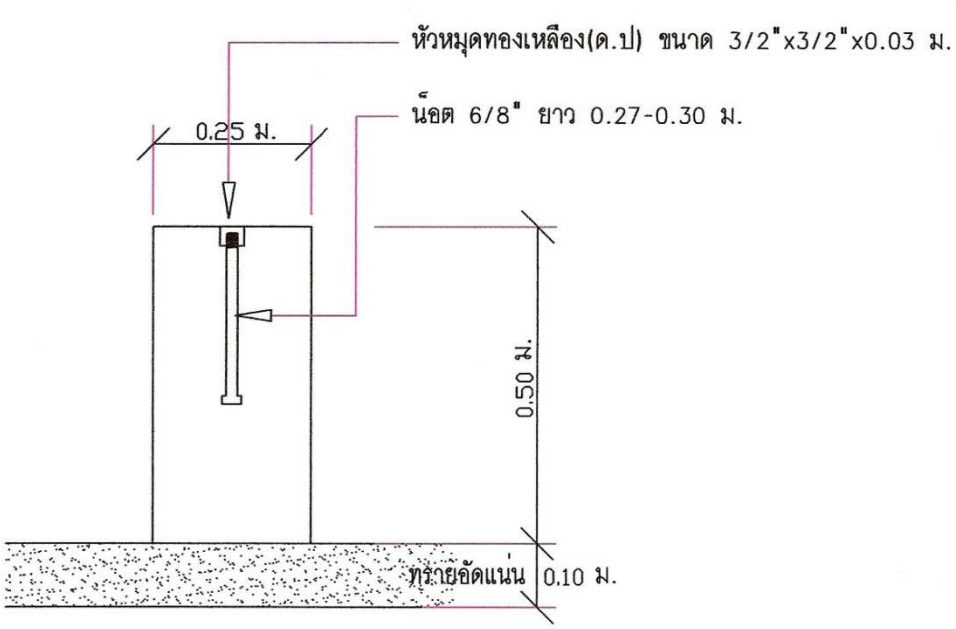
ประกาศ ณ วันที่ เมษายน พ.ศ. ๒๕๕๓

(นายอนุวัฒน์ เมธีวิบูลวุฒิ)
อธิบดีกรมที่ดิน

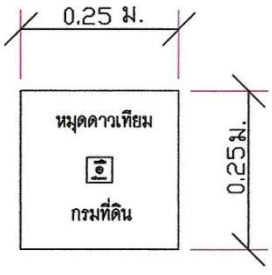
ภาคผนวก ก.

ลักษณะและแบบของหมุดดาวเทียม หมุดพยานดาวเทียม

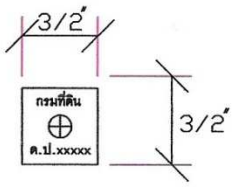
๑. หมุดดาวเทียม Static เป็นหมุดคอนกรีต มีขนาด ๐.๒๕ x ๐.๒๕ x ๐.๕๐ เมตร ฝังหัวหมุดดาวเทียมและมีคำว่า “หมุดดาวเทียม กรมที่ดิน” โดยมีลักษณะและแบบดังนี้



ลักษณะหมุดดาวเทียมคอนกรีต

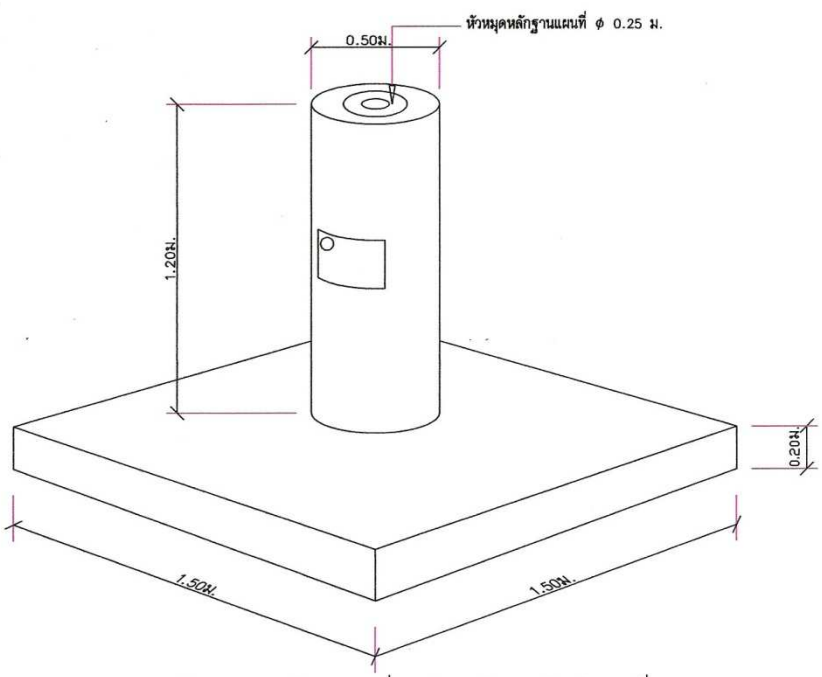


ลักษณะหัวหมุดดาวเทียมชั้นบน

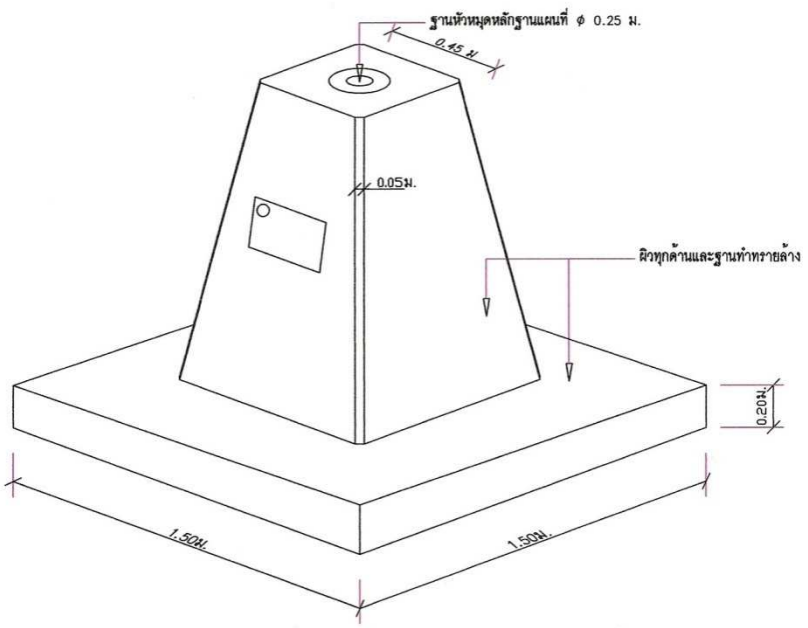


ลักษณะหัวหมุดทองเหลือง(ด.ป)

๒. หมุดหลักฐานแผนที่ดาวเทียมกรมที่ดินเฉลิมพระเกียรติ เป็นหมุดคอนกรีตสูง ๑.๒๐ เมตร วางอยู่บนฐานคอนกรีตขนาด ๑.๕๐ x ๑.๕๐ x ๐.๒๐ เมตร ฐานรากตั้งบนเสาเข็มคอนกรีต ๔ ต้น ส่วนหัวเป็นสแตนเลสฝังอยู่ในเนื้อคอนกรีต แผ่นป้ายสแตนเลสยึดแนบสนิทกับเนื้อคอนกรีต บอกรายละเอียดด้านข้าง มี ๒ แบบคือ

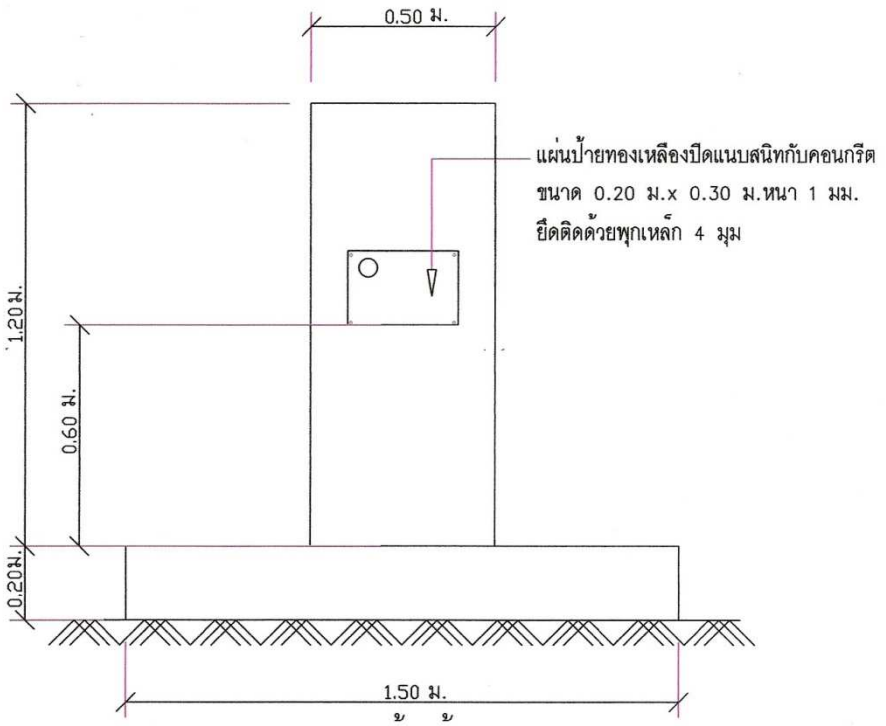


ลักษณะหมุดหลักฐานแผนที่ดาวเทียมเฉลิมพระเกียรติ แบบที่ 1

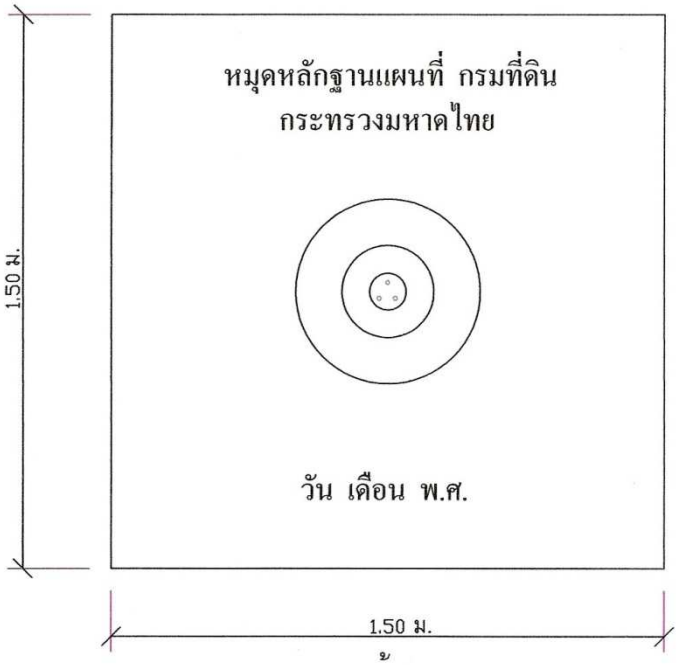


ลักษณะหมุดหลักฐานแผนที่ดาวเทียมเฉลิมพระเกียรติ แบบที่ 2

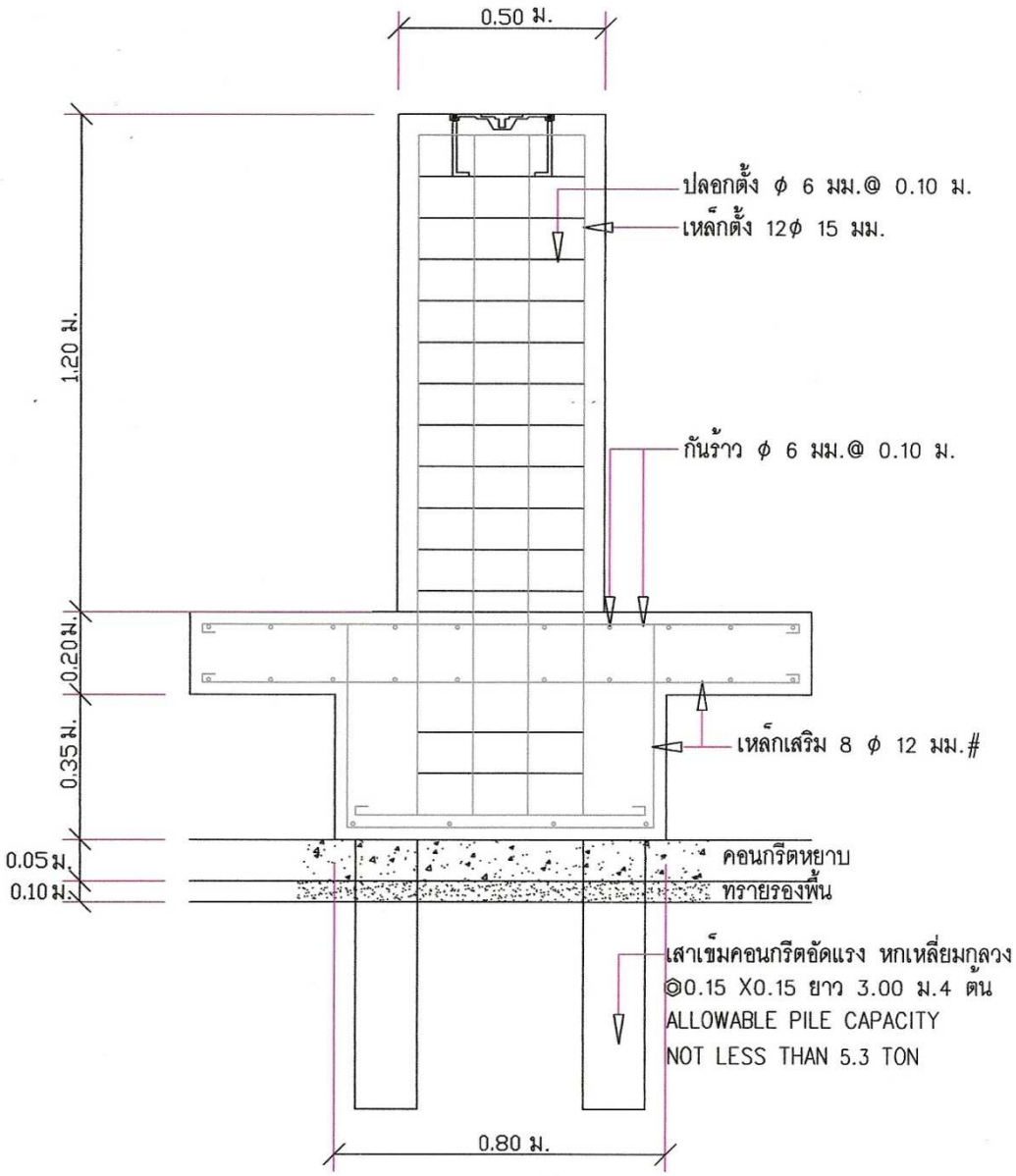
๒.๑ แบบที่ ๑ เป็นหมุดคอนกรีตเสริมเหล็กผิวเรียบรูปทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง ๐.๕๐ เมตร โดยมีลักษณะและแบบดังนี้



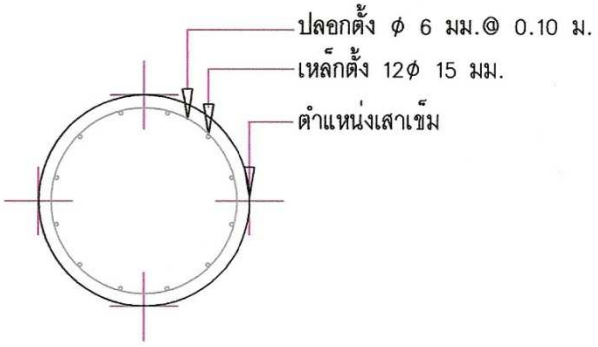
ภาพด้านข้าง



ภาพด้านบน

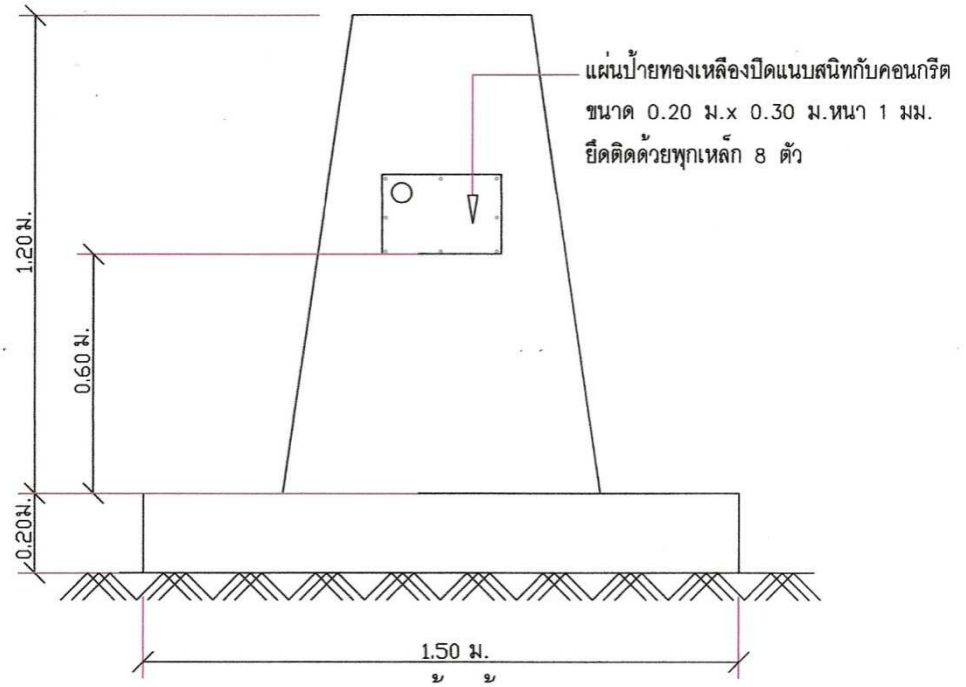


ภาพแสดงการเสริมเหล็กและฐานราก

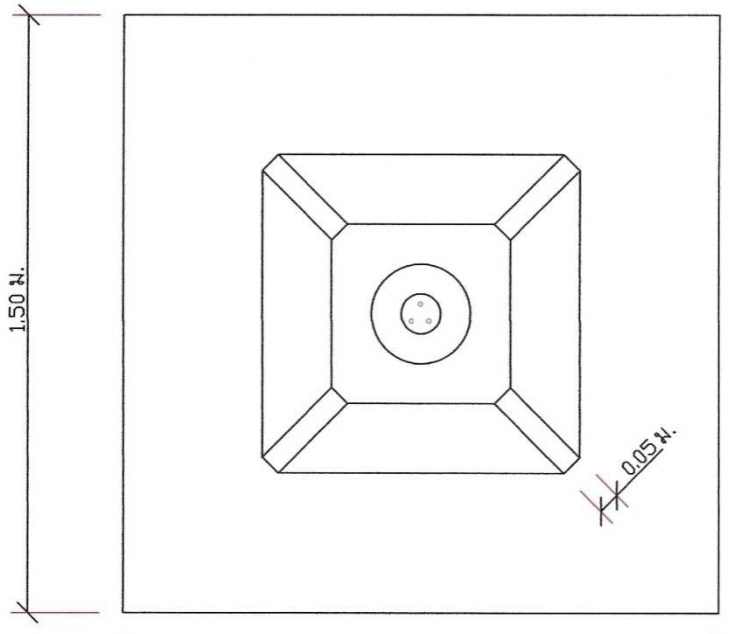


ภาพตัด

๒.๒ แบบที่ ๒ เป็นหมุดคอนกรีตเสริมเหล็กรูปทรงปิรามิดหัวตัด โดยมีลักษณะและแบบดังนี้

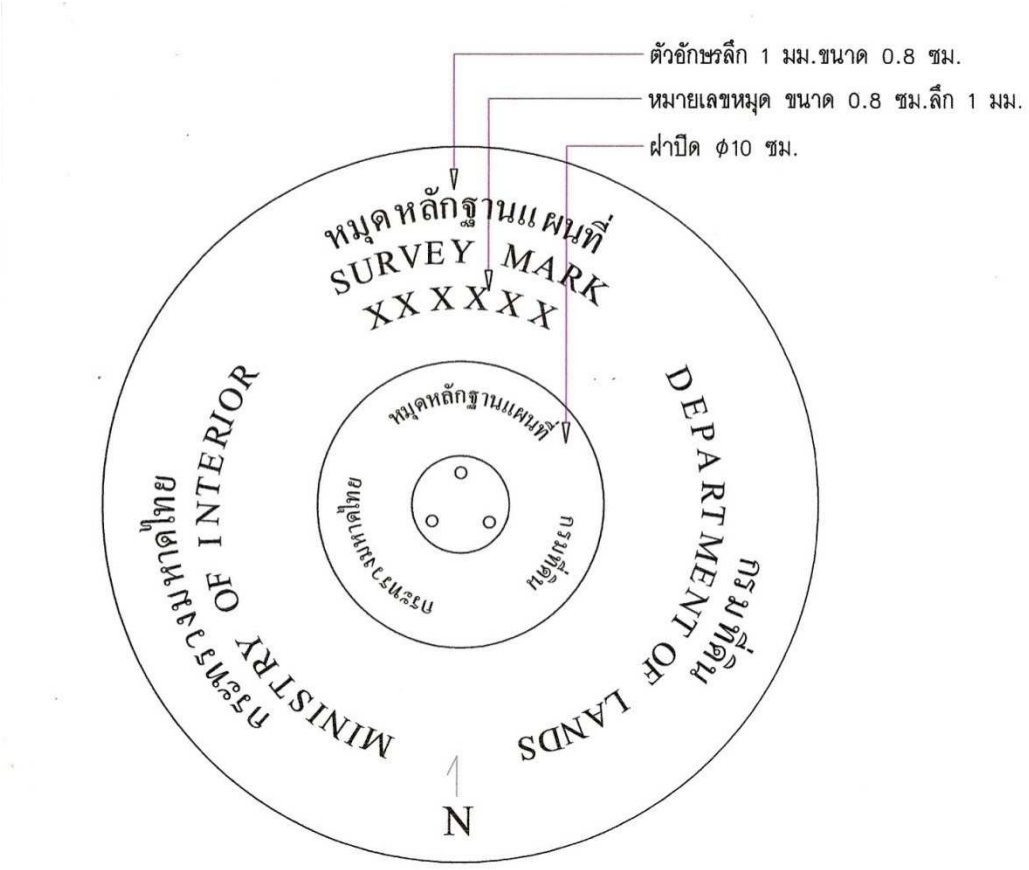


ภาพด้านข้าง

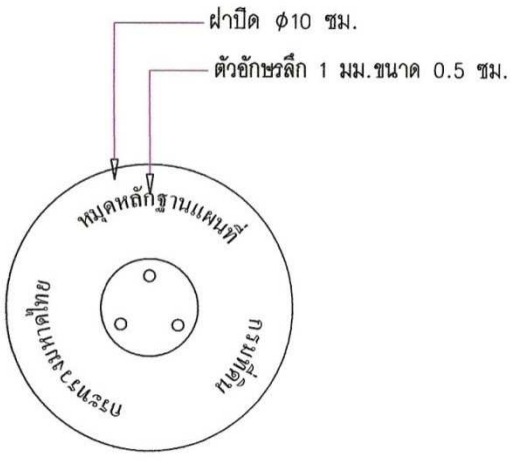


ภาพด้านบน

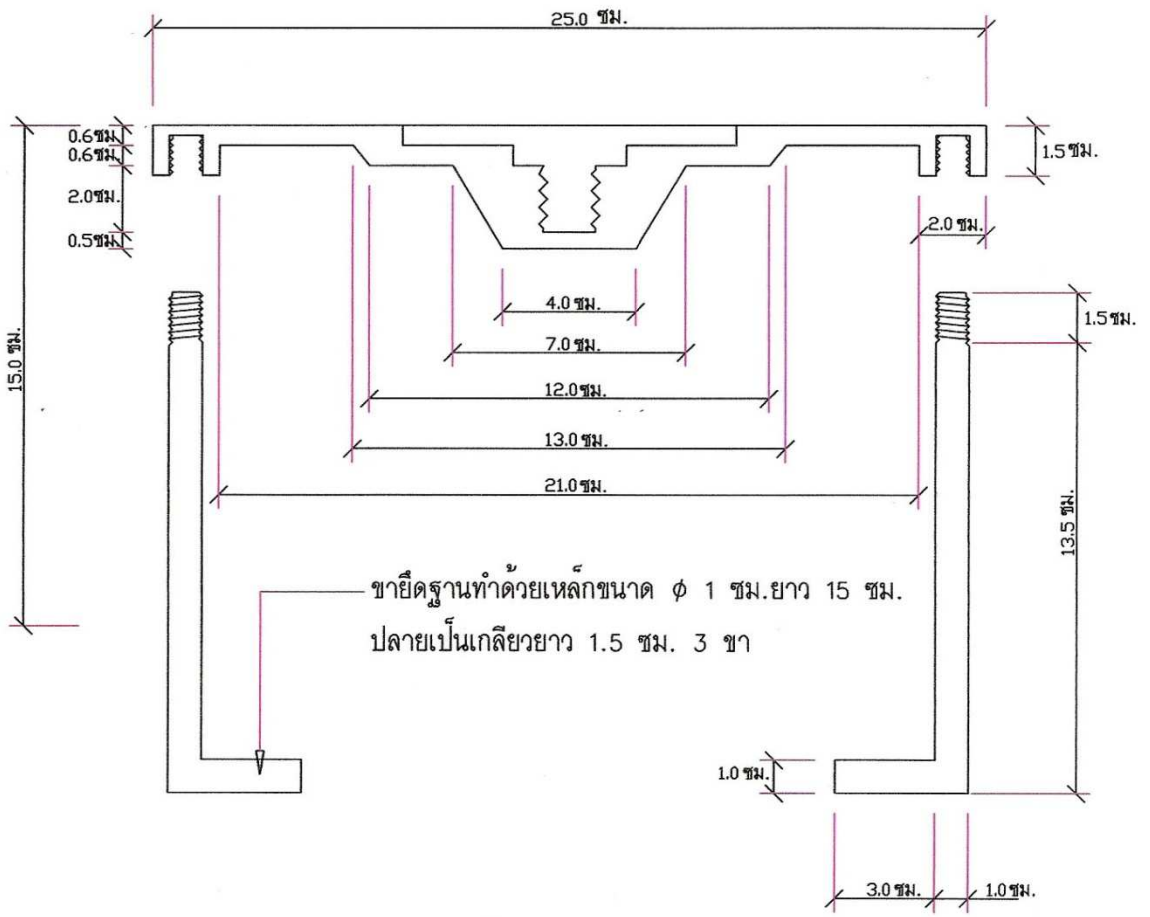
แบบหัวหมุดหลักฐานแผนที่ดาวเทียมกรมที่ดินเฉลิมพระเกียรติ



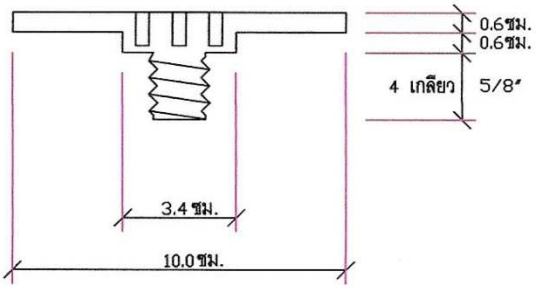
ภาพด้านบนของฐานหมุด



ภาพด้านบนของฝาปิดหัวหมุด



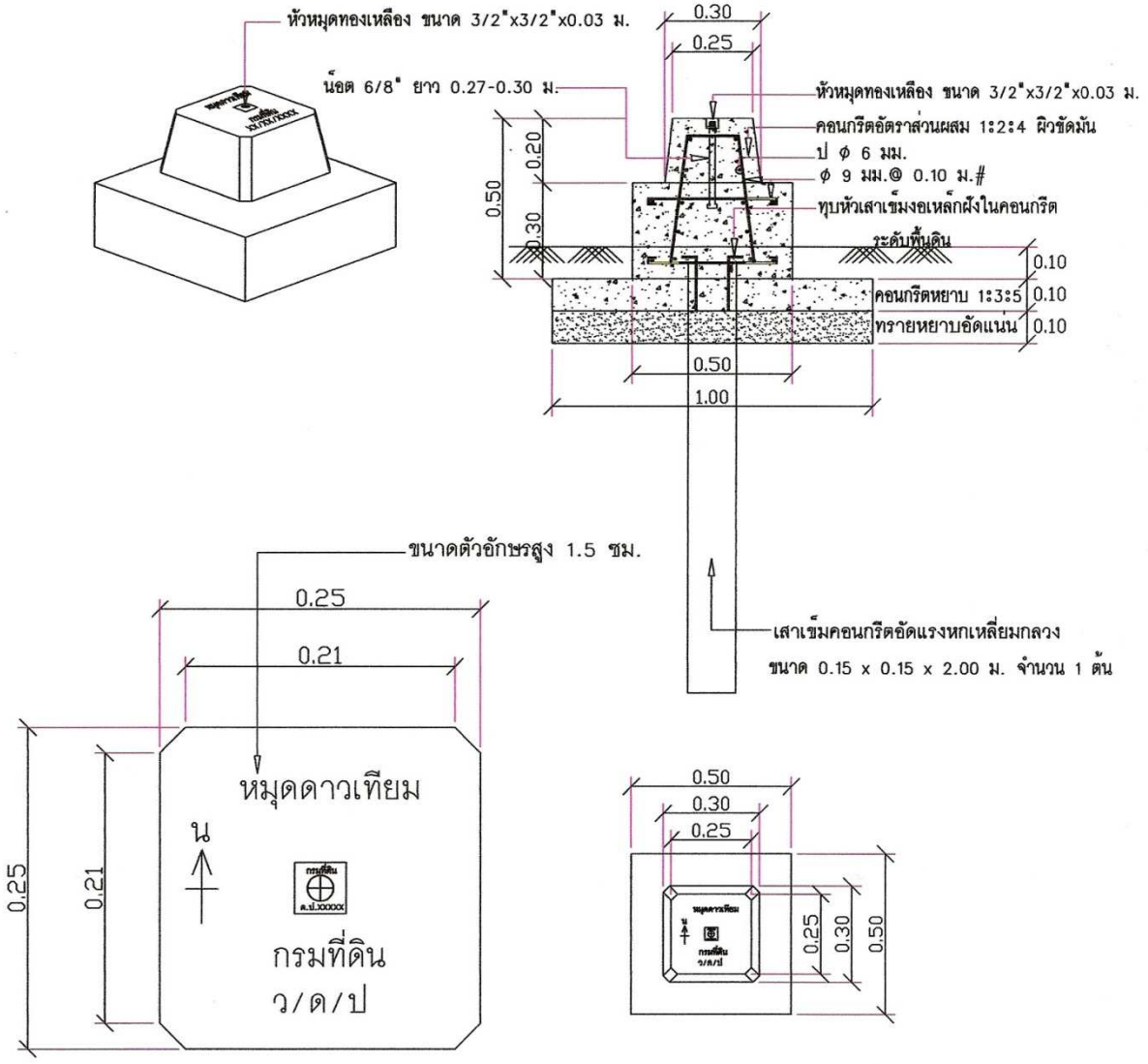
ภาพตัดของฐานหมุด



ภาพด้านข้างของฝาปิดหัวหมุด

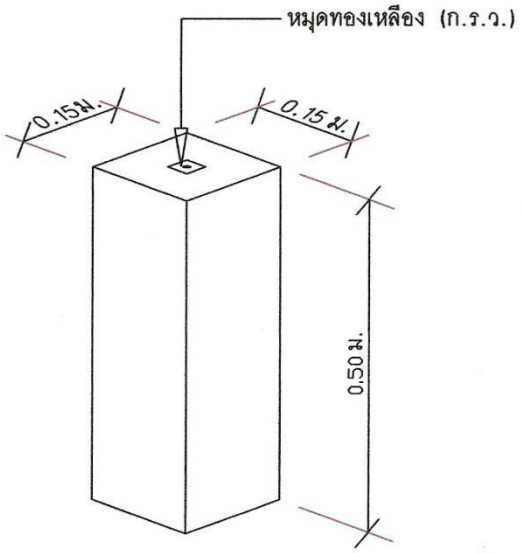
แผ่นป้ายสแตนเลสยึดแนบสนิทกับคอนกรีต

๓. หมุดหลักฐานแผนที่ดาวเทียมชนิดมั่นคงถาวร เป็นหมุดคอนกรีตเสริมเหล็กสูงจากระดับพื้นดิน ๐.๔๐ เมตร สูงจากฐานคอนกรีตใต้ผิวดิน ๐.๕๐ เมตร วางอยู่บนฐานคอนกรีตใต้ผิวดินขนาด ๑.๐๐ x ๑.๐๐ x ๐.๑๐ เมตร ฐานรากตั้งบนเสาเข็มคอนกรีต ๑ ต้น ฝังหัวหมุดทองเหลืองในคอนกรีต โดยมีลักษณะและแบบดังนี้

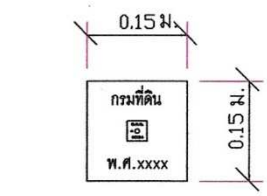


รูปขยาย ลักษณะหัวหมุดดาวเทียม

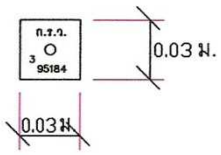
๔. หมุดดาวเทียม Rapid Static และ หมุดดาวเทียม RTK ให้ใช้หมุดคอนกรีตขนาด ๐.๑๕x ๐.๑๕ x ๐.๕๐ เมตร มีคำว่า “กรมที่ดิน” อยู่แถวบน และ “ พ.ศ.XXXX ” อยู่แถวล่าง และใช้หัวหมุดทองเหลืองเขียนรหัสหมุดไว้อย่างชัดเจน โดยมีลักษณะและแบบดังนี้



ลักษณะหมุด

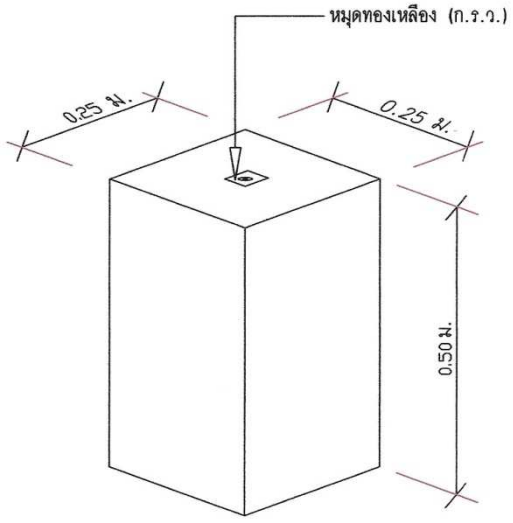


ลักษณะหมุดด้านบน

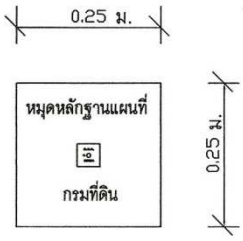


ลักษณะหมุดทองเหลือง (ก.ร.ว)

๕. หมุดพยานดาวเทียม มีขนาด ๐.๒๕ x ๐.๒๕ x ๐.๕๐ เมตร มีคำว่า “หมุดหลักฐานแผนที่” อยู่แถวบน และ “กรมที่ดิน” อยู่แถวล่าง และใช้หัวหมุดทองเหลืองเขียนรหัสหมุดไว้อย่างชัดเจน



ลักษณะหมุดพยานดาวเทียม



ลักษณะหมุดพยานดาวเทียมด้านบน

ภาคผนวก ข.

รหัสของหมุดดาวเทียม

รายการ	ชื่อหมุด
๑. รหัสของหมุดดาวเทียมที่ใช้ร่วมกับหน่วยงานอื่น	
๑.๑ ใช้ร่วมกับหมุดโครงข่ายสามเหลี่ยมของกรมแผนที่ทหาร หมายเลข 91	ใช้รหัส "D00091"
๑.๒ ใช้ร่วมกับหมุดโครงข่ายสามเหลี่ยมของกรมแผนที่ทหาร หมุดอื่น ๆ นอกจากข้อ ๑.๑	ใช้รหัส "D01" ตามด้วยเลขอารบิคอีก 3 หลัก ตาม หมายเลข ของหมุดโครงข่ายสามเหลี่ยมนั้น เช่น "D01324" เป็นต้น
๑.๓ ใช้ร่วมกับหมุดวงรอบชั้นที่หนึ่งของกรมแผนที่ทหาร	ใช้รหัส "D02" ตามด้วยเลขอารบิคอีก 3 หลัก ตาม หมายเลข ของหมุดวงรอบนั้น เช่น "D02293" เป็นต้น
๑.๔ ใช้ร่วมหมุดหลักฐานแผนที่ของหน่วยงานอื่น ๆ เช่น หมุดหลักฐานแผนที่ของกรมชลประทาน เป็นต้น	ใช้รหัส "D03" ถึง "D04" ตามด้วยเลขอารบิคอีก 3 หลัก เช่น "D03324" เป็นต้น
๒. รหัสของหมุดดาวเทียมที่กรมที่ดินสร้างขึ้น	
๒.๑ หมุดดาวเทียมที่เป็นหมุดควบคุมหลัก (Major Control) ที่ได้จากการปรับแก้โครงข่ายหมุดดาวเทียมทั่วประเทศ	ใช้รหัส "D05" ตามด้วยเลขอารบิคอีก 3 หลัก เช่น "D05020" เป็นต้น
๒.๒ หมุดดาวเทียม Static	ใช้รหัส "D1" ถึง "D4" ตามด้วยเลขอารบิคอีก 4 หลัก เช่น "D10053" เป็นต้น
๒.๓ หมุดดาวเทียม Rapid Static ๒.๓.๑ สร้างหมุดจากสถานีโครงข่าย (Network Base Station) เป็นหมุดออกหรือเข้าบรรจบเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่หลักหรือสร้างเป็นสถานีฐาน	ใช้รหัส "D5" ถึง "D9" ตามด้วยเลขอารบิคอีก 4 หลัก เช่น "D50053" เป็นต้น
๒.๓.๒ สร้างหมุดจากสถานีฐานเดี่ยว (Single Base Station) เพื่อการสร้างระวางแผนที่ หรือเพื่อโยงยึดเก็บรายละเอียดหรือเป็นหมุดออกหรือเข้าบรรจบเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ย่อยหรือเป็นหมุดออกหรือเข้าบรรจบเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่เพื่อเก็บรายละเอียด	ใช้รหัส "T" และ "U" ตามด้วยรหัสจังหวัด และตามด้วยเลขอารบิคอีก 5 หลัก แทนชื่อหมุด เช่น จังหวัดสระบุรี "T5900001" เป็นต้น

รหัสของหมุดดาวเทียม (ต่อ)

รายการ	ชื่อหมุด
๒.๔ หมุดดาวเทียม RTK ๒.๔.๑ สร้างหมุดจากสถานีโครงข่าย (Network Base Station) เพื่อการสร้างระวางแผนที่ หรือเพื่อโยงยึดเก็บรายละเอียด หรือเพื่อใช้หาค่าพิกัดหมุดหลักเขตที่ดิน	ใช้รหัส "V","W" และ "X" ตามด้วยรหัสจังหวัด และตามด้วยเลขอารบิคอีก 5 หลัก แทนชื่อหมุด เช่น จังหวัดชลบุรี "V0800001" เป็นต้น
๒.๔.๒ สร้างหมุดจากสถานีฐานเดี่ยว (Single Base Station) เป็นหมุดออกหรือเข้าบรรจบเส้นโครงงานแผนที่เก็บรายละเอียด	ใช้รหัส "A" ถึง "C" , "E" ถึง "H" และ "K" ถึง "Z" ยกเว้น "O","T","U" , "V","W" และ "X" ตามด้วยรหัสจังหวัด และตามด้วยเลขอารบิคอีก 4 หลักแทนชื่อหมุด เช่น จังหวัดกาญจนบุรี "E020001" เป็นต้น
๒.๕ หมุดหลักฐานแผนที่ดาวเทียมชนิดมั่นคงถาวร	ใช้รหัส "2" ตามด้วยเลขอารบิคอีก 5 หลัก เช่น "200447" เป็นต้น
๓. หมุดพยานดาวเทียมที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ตรวจสอบตำแหน่งของหมุดดาวเทียม Static	ใช้รหัสหมุดดาวเทียมนั้น ตามด้วยเครื่องหมาย "/" และเลขอารบิคอีก1 หลัก เช่น "D11145/1" เป็นต้น

รหัสจังหวัดสำหรับชื่อหมุดดาวเทียม

รหัส	จังหวัด	รหัส	จังหวัด	รหัส	จังหวัด	รหัส	จังหวัด
01	กระบี่	21	นครราชสีมา	41	ภูเก็ต	61	สุราษฎร์ธานี
02	กาญจนบุรี	22	นครศรีธรรมราช	42	มหาสารคาม	62	สุรินทร์
03	กาฬสินธุ์	23	นครสวรรค์	43	แม่ฮ่องสอน	63	สุโขทัย
04	กำแพงเพชร	24	นนทบุรี	44	ยะลา	64	สงขลา
05	ขอนแก่น	25	นราธิวาส	45	ระนอง	65	สิงห์บุรี
06	จันทบุรี	26	น่าน	46	ระยอง	66	หนองคาย
07	ฉะเชิงเทรา	27	บุรีรัมย์	47	ราชบุรี	67	อ่างทอง
08	ชลบุรี	28	ปทุมธานี	48	ร้อยเอ็ด	68	อุดรธานี
09	ชัยภูมิ	29	ปัตตานี	49	ลพบุรี	69	อุตรดิตถ์
10	ชัยนาท	30	ประจวบคีรีขันธ์	50	เลย	70	อุบลราชธานี
11	ชุมพร	31	ปราจีนบุรี	51	ลำปาง	71	อุทัยธานี
12	เชียงราย	32	พังงา	52	ลำพูน	72	มีนบุรี
13	เชียงใหม่	33	พัทลุง	53	ศรีษะเกษ	73	ธัญบุรี
14	ตรัง	34	พระนคร	54	สกลนคร	74	ยโสธร
15	ตราด	35	พระนครศรีอยุธยา	55	สตูล	75	พะเยา
16	ตาก	36	พิษณุโลก	56	สมุทรปราการ	77	สระแก้ว
17	ธนบุรี	37	พิจิตร	57	สมุทรสงคราม	78	หนองบัวลำภู
18	นครนายก	38	เพชรบุรี	58	สมุทรสาคร	79	อำนาจเจริญ
19	นครปฐม	39	เพชรบูรณ์	59	สระบุรี		
20	นครพนม	40	แพร่	60	สุพรรณบุรี		

ภาคผนวก ค.

สัญลักษณ์และการสร้างหมุดดาวเทียม

๑. สัญลักษณ์หมุดดาวเทียมและหมุดพยานดาวเทียม

๑.๑ หมุดดาวเทียม Static หมุดดาวเทียม Rapid Static และหมุดดาวเทียม RTK ให้ใช้สัญลักษณ์ ⏢ เป็นรูปวงกลมมีเส้นผ่านศูนย์กลาง ๓ มิลลิเมตร และมีสามเหลี่ยมด้านเท่าอยู่ภายใน

๑.๒. หมุดหลักฐานแผนที่ดาวเทียมกรมที่ดินเฉลิมพระเกียรติ และหมุดหลักฐานแผนที่ดาวเทียมชนิดมั่นคงถาวร ให้ใช้สัญลักษณ์ ⊠ เป็นสี่เหลียมจัตุรัสขนาด ๓ x ๓ มิลลิเมตร และมีสี่เหลี่ยมอยู่ภายใน

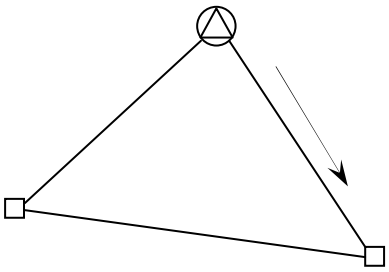
๓. หมุดพยานดาวเทียม ให้ใช้สัญลักษณ์ □ ขนาด ๒ x ๒ มิลลิเมตร

๔. ภาคของทิศ ให้ใช้สัญลักษณ์ ↑

๒. การสร้างหมุดดาวเทียม

๒.๑. การสร้างหมุดดาวเทียม Static

ให้สร้างหมุดพยานดาวเทียมขึ้นอีก ๒ หมุด ประกอบกันเป็นรูปสามเหลี่ยม และให้รังวัดมุมรอบจุดทั้งสาม โดยคู่หมุดที่จะทำการรังวัดอาซิมุททางดาราศาสตร์จากดาวหรือคำนวณอาซิมุทจากการรับสัญญาณดาวเทียม ต้องมีระยะไม่น้อยกว่า ๔๐๐ เมตร



๒.๒ การสร้างหมุดดาวเทียม Rapid Static

การสร้างหมุดดาวเทียม Rapid Static เพื่อเป็นสถานีฐานหรือเพื่อเป็นหมุดออกหรือเข้าบรรจบเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ ให้สร้างจำนวน ๓ หมุด โดยมีระยะห่างระหว่างหมุดไม่น้อยกว่า ๒๐๐ เมตร ในกรณีที่สร้างหมุดดาวเทียม Rapid Static เพื่อสร้างระวางแผนที่ หรือเพื่อโยงยึดเก็บรายละเอียด หรือเป็นหมุดออกหรือเข้าบรรจบเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่เพื่อเก็บรายละเอียด หรือเป็นหมุดออกหรือเข้าบรรจบส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ย่อย ให้มีระยะห่างระหว่างหมุดไม่น้อยกว่า ๑๐๐ เมตร

๒.๓ การสร้างหมุดดาวเทียม RTK

การสร้างหมุดดาวเทียม RTK เพื่อสร้างระวางแผนที่ หรือเป็นหมุดเพื่อโยงยึดเก็บรายละเอียดหรือเป็นหมุดออกหรือเข้าบรรจบเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่เพื่อเก็บรายละเอียด ให้สร้าง จำนวน ๓ หมุด โดยมีระยะห่างระหว่างหมุดไม่น้อยกว่า ๒๐๐ เมตร

ภาคผนวก ง.

คุณลักษณะของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม วิธีการรับสัญญาณดาวเทียม และการคำนวณ

คุณลักษณะของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม วิธีการรับสัญญาณดาวเทียม และการคำนวณ ให้มีหลักเกณฑ์และข้อกำหนดดังต่อไปนี้

๑. การรับสัญญาณดาวเทียม แบบสถิต (Static)

รายการ	ข้อกำหนด
๑. เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ๑.๑ ความถี่และจำนวนช่องของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม	ให้ใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมตั้งแต่ 2 ความถี่ขึ้นไปและไม่น้อยกว่า 12 ช่องรับสัญญาณ
๑.๒ ความคลาดเคลื่อนของการรังวัด	ไม่เกิน ± (5 mm + 1 ppm ของระยะเส้นฐาน)
๑.๓ การรับข้อมูล	ให้รับข้อมูลทั้งที่เป็นแบบรหัสและคลื่นส่ง (Code and Carrier Phase Observation)
๑.๔ อัตราการรับและบันทึกข้อมูลดาวเทียม	ไม่มากกว่า 15 วินาทีต่อครั้ง
๒. วิธีการรับสัญญาณดาวเทียม	
๒.๑ จำนวนดาวเทียมที่รับสัญญาณ	ไม่น้อยกว่า 5 ดวง
๒.๒ มุมกั้นท้องฟ้า (Mask Angle)	ไม่ต่ำกว่า 15 องศา
๒.๓ ระยะเวลาในการรับสัญญาณดาวเทียม	ไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง
๒.๔ จำนวนหมุดควบคุมทางราบในโครงข่าย	ไม่น้อยกว่า 3 หมุด
๒.๕ จำนวนหมุดควบคุมทางดิ่งในโครงข่าย	ไม่น้อยกว่า 4 หมุด
๒.๖ ชนิดของหมุดควบคุมในโครงข่าย	ให้ใช้หมุดดาวเทียม Static
๒.๗ จำนวนครั้งและจำนวนเครื่องในการรับสัญญาณดาวเทียมต่อหนึ่งหมุด	ไม่น้อยกว่า 2 ครั้ง และต่างเครื่องรับสัญญาณ
๒.๘ จำนวนเส้นฐานต่อหนึ่งหมุด	ไม่น้อยกว่า 3 เส้นฐาน
๒.๙ ลักษณะของโครงข่าย ๒.๙.๑ ลักษณะรูปเหลี่ยม (Polygon) ของโครงข่าย	เป็นรูปปิด สามเหลี่ยมหรือสี่เหลี่ยม ต่อเนื่องกัน
๒.๙.๒ ความคลาดบรรจบ (error of closure)	ไม่ต่ำกว่า 1 : 100,000
๒.๙.๓ ความแม่นยำของรูปทรงเรขาคณิตดาวเทียม (Geomatic Dilution of Precision, GDOP)	ไม่มากกว่า 8 (โดยต้องคำนวณ GDOP ล่วงหน้า)
๒.๑๐ การคำนวณเส้นฐาน	เป็นแบบ Iono free fixed
๒.๑๑ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการคำนวณเส้นฐาน	ไม่เกิน 0.03 เมตร
๒.๑๒ ค่า Residual ในการคำนวณปรับแก้โครงข่ายทางราบและทางดิ่ง	ไม่เกิน 0.10 เมตร

๒. การรับสัญญาณดาวเทียม แบบสถิตอย่างเร็ว (Rapid or Fast Static) มี ๒ แบบ คือ

๒.๑ แบบสถานีโครงข่าย (Network Base Station)

รายการ	ข้อกำหนด
๑. เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม	
๑.๑ ความถี่เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม	ให้ใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมตั้งแต่ 1 ความถี่ขึ้นไป
๑.๒ ความคลาดเคลื่อนของการรังวัด	ไม่เกิน ± (5 mm + 1 ppm ของระยะเส้นฐาน)
๑.๓ การรับข้อมูล	ให้รับข้อมูลทั้งที่เป็นแบบรหัสและคลื่นส่ง (Code and Carrier Phase Observation)
๑.๔ อัตราการรับและบันทึกข้อมูลดาวเทียม	ไม่มากกว่า 1 วินาทีต่อครั้ง
๒. วิธีการรับสัญญาณดาวเทียม	
๒.๑ จำนวนดาวเทียมที่รับสัญญาณ	ไม่น้อยกว่า 5 ดวง
๒.๒ มุมกั้นท้องฟ้า (Mask Angle)	ไม่ต่ำกว่า 15 องศา
๒.๓ เวลาในการรับสัญญาณดาวเทียม	
๒.๓.๑ กรณีเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม แบบ 1 ความถี่	
- ระยะเส้นฐานไม่เกิน 5 กิโลเมตร	ให้รับสัญญาณไม่น้อยกว่า 20 นาที
- ระยะเส้นฐาน 5-10 กิโลเมตร	ให้รับสัญญาณไม่น้อยกว่า 30 นาที
๒.๓.๒ กรณีเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม แบบ 2 ความถี่	
- ระยะเส้นฐานไม่เกิน 5 กิโลเมตร	ให้รับสัญญาณไม่น้อยกว่า 10 นาที
- ระยะเส้นฐาน 5-10 กิโลเมตร	ให้รับสัญญาณไม่น้อยกว่า 20 นาที
๒.๔ จำนวนหมุดควบคุมทางราบในโครงข่าย	ไม่น้อยกว่า 3 หมุด
๒.๕ ชนิดของหมุดควบคุมในโครงข่าย	ให้ใช้หมุดดาวเทียม Static
๒.๖ จำนวนเส้นฐานต่อหนึ่งหมุด	ไม่น้อยกว่า 3 เส้น
๒.๗ การคำนวณเส้นฐาน	
๒.๗.๑ กรณีเครื่องรับสัญญาณแบบ 1 ความถี่	ให้คำนวณแบบ L1 fixed
๒.๗.๒ กรณีเครื่องรับสัญญาณแบบ 2 ความถี่ขึ้นไป	ให้คำนวณ แบบ Iono free fixed
๒.๘ ลักษณะของโครงข่าย	
๒.๘.๑ ลักษณะรูปเหลี่ยม (Polygon) ของโครงข่าย	เป็นรูปปิด สามเหลี่ยมหรือสี่เหลี่ยม ต่อเนื่องกัน
๒.๘.๒ ความคลาดบรรจบ (error of closure)	ไม่ต่ำกว่า 1 : 100,000
๒.๘.๓ ความแม่นยำของรูปทรงเรขาคณิตดาวเทียม Geometric Dilution of Precision, GDOP)	ไม่มากกว่า 8 (โดยต้องคำนวณ GDOP ล่วงหน้า)
๒.๙ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการคำนวณเส้นฐาน	ไม่มากกว่า 0.05 เมตร
๒.๑๐ ค่า Residual ในการคำนวณปรับแก้โครงข่าย ทางราบ	ไม่มากกว่า 0.10 เมตร
๒.๑๑ ค่า Residual ในการคำนวณปรับแก้โครงข่าย ทางดิ่ง	ไม่มากกว่า 0.15 เมตร

๒.๒ แบบสถานีฐานเดี่ยว (Single Base Station)

รายการ	ข้อกำหนด
๑. เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม	
๑.๑ ความถี่และจำนวนช่องของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม	ให้ใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมตั้งแต่ 2 ความถี่ขึ้นไป
	และไม่น้อยกว่า 12 ช่องรับสัญญาณ
๑.๒ ความคลาดเคลื่อนของการรังวัด	ไม่เกิน ± (10 mm + 1 ppm ของระยะเส้นฐาน)
๑.๓ การรับข้อมูล	ให้รับข้อมูลทั้งที่เป็นแบบรหัสและคลื่นส่ง (Code and Carrier Phase Observation)
๑.๔ อัตราการรับและบันทึกข้อมูลดาวเทียม	1 วินาทีต่อครั้ง และไม่น้อยกว่า 10 นาที
๒. วิธีการรับสัญญาณดาวเทียมและคำนวณค่าพิกัด	
๒.๑ จำนวนดาวเทียมที่รับสัญญาณ	ไม่น้อยกว่า 5 ดวง
๒.๒ มุมกั้นท้องฟ้า (Mask Angle)	ไม่ต่ำกว่า 15 องศา
๒.๓ เวลาในการรับสัญญาณดาวเทียม ระยะเส้นฐานไม่เกิน 10 กิโลเมตร	ให้รับสัญญาณไม่น้อยกว่า 20 นาที
๒.๔ วิธีการคำนวณค่าพิกัด	ใช้แบบ Ambiguity Fixed Solution
๒.๕ สถานีฐาน	ให้ใช้หมุดดาวเทียม Static หรือหมุดดาวเทียม Rapid Static
๒.๖ การตรวจสอบสถานีฐาน	
๒.๖.๑ ตรวจสอบกับหมุดพยานดาวเทียมของสถานีฐาน	ค่าต่างจากพิกัดเดิมไม่เกิน 0.05 เมตร
๒.๖.๒ ตรวจสอบกับหมุดดาวเทียม Static	ค่าต่างจากพิกัดเดิมไม่เกิน 0.10 เมตร
๒.๖.๓ ตรวจสอบกับหมุดดาวเทียม Rapid Static	ค่าต่างจากพิกัดเดิมไม่เกิน 0.12 เมตร
๒.๖.๔ ตรวจสอบกับหมุดดาวเทียม RTK	ค่าต่างจากพิกัดเดิมไม่เกิน 0.15 เมตร
๒.๗ เปรียบเทียบผลการคำนวณมุมและระยะของหมุดดาวเทียมกับการรังวัดมุมและระยะของหมุดดาวเทียมโดยตรง	
๒.๗.๑ ระยะ	ค่าต่างไม่เกิน 1 : 5,000
๒.๗.๒ มุม	ค่าต่างไม่เกิน 30 ฟิลิปดา

๓. การรับสัญญาณดาวเทียมแบบจลน์ได้ค่าพิกัดทันที ณ เวลาทำการรังวัด (Real Time Kinematics, RTK)

มี ๒ แบบ คือ

๓.๑ แบบสถานีโครงข่าย (Network Base Station)

รายการ	ข้อกำหนด
๑. เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม	
๑.๑ ความถี่และจำนวนช่องของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม	ให้ใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมตั้งแต่ 2 ความถี่ขึ้นไป
	และไม่น้อยกว่า 12 ช่องรับสัญญาณ
๑.๒ ความคลาดเคลื่อนของการรังวัด	ไม่เกิน ± (10 mm + 1 ppm ของระยะเส้นฐาน)
๑.๓ การรับข้อมูล	ให้รับข้อมูลทั้งที่เป็นแบบรหัสและคลื่นส่ง (Code and Carrier Phase Observation)
๑.๔ อัตราการรับและบันทึกข้อมูลดาวเทียม	1 วินาทีต่อครั้ง และไม่น้อยกว่า 180 ข้อมูล (epoch)
๒. วิธีการรับสัญญาณดาวเทียมและคำนวณค่าพิกัด	
๒.๑ จำนวนดาวเทียมที่รับสัญญาณ	ไม่น้อยกว่า 5 ดวง
๒.๒ มุมกั้นท้องฟ้า (Mask Angle)	ไม่ต่ำกว่า 15 องศา
๒.๓ วิธีการคำนวณค่าพิกัด	ใช้แบบ Ambiguity Fixed Solution

๓.๒ แบบสถานีฐานเดี่ยว (Single base Station)

รายการ	ข้อกำหนด
๑. เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม	
๑.๑ ความถี่และจำนวนช่องของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม	ให้ใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมตั้งแต่ 2 ความถี่ขึ้นไป
	และไม่น้อยกว่า 12 ช่องรับสัญญาณ
๑.๒ ความคลาดเคลื่อนของการรังวัด	ไม่เกิน ± (10 mm + 1 ppm ของระยะเส้นฐาน)
๑.๓ การรับข้อมูล	ให้รับข้อมูลทั้งที่เป็นแบบรหัสและคลื่นส่ง (Code and Carrier Phase Observation)
๑.๔ อัตราการรับและบันทึกข้อมูลดาวเทียม	1 วินาทีต่อครั้ง และไม่น้อยกว่า 180 ข้อมูล (epoch)
๒. วิธีการรับสัญญาณดาวเทียมและคำนวณค่าพิกัด	
๒.๑ จำนวนดาวเทียมที่รับสัญญาณ	ไม่น้อยกว่า 5 ดวง
๒.๒ มุมกั้นท้องฟ้า (Mask Angle)	ไม่ต่ำกว่า 15 องศา
๒.๓ วิธีการคำนวณค่าพิกัด	ใช้แบบ Ambiguity Fixed Solution
๒.๔ สถานีฐาน	ให้ใช้หมุดดาวเทียม Static หรือหมุดดาวเทียม Rapid Static

รายการ	ข้อกำหนด
๒.๕ การตรวจสอบสถานีฐาน	
๒.๕.๑ ตรวจสอบกับหมุดพยานดาวเทียมของสถานีฐาน	ค่าต่างจากพิกัดเดิมไม่เกิน 0.05 เมตร
๒.๕.๒ ตรวจสอบกับหมุดดาวเทียม Static	ค่าต่างจากพิกัดเดิมไม่เกิน 0.10 เมตร
๒.๕.๓ ตรวจสอบกับหมุดดาวเทียม Rapid Static	ค่าต่างจากพิกัดเดิมไม่เกิน 0.12 เมตร
๒.๕.๔ ตรวจสอบกับหมุดดาวเทียม RTK	ค่าต่างจากพิกัดเดิมไม่เกิน 0.15 เมตร
๒.๖ เปรียบเทียบผลการคำนวณมุมและระยะของหมุดดาวเทียม RTKกับการรังวัดมุมและระยะของหมุดดาวเทียม RTK โดยตรง	
๒.๖.๑ ระยะ	ค่าต่างไม่เกิน 1 : 5,000
๒.๖.๒ มุม	ค่าต่างไม่เกิน 30 ฟิลิปดา

๔. การรับสัญญาณดาวเทียมเพื่อหาค่าภาคของทิศ

รายการ	ข้อกำหนด
๑. เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ๑.๑ ความถี่และจำนวนช่องของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม	ให้ใช้เครื่องรับสัญญาณดาเทียมตั้งแต่ 2 ความถี่ขึ้นไป และไม่น้อยกว่า 12 ช่องรับสัญญาณ
๑.๒ ความคลาดเคลื่อนของการรังวัด	ไม่เกิน ± (5 mm + 1 ppm ของระยะเส้นฐาน)
๑.๓ การรับข้อมูล	ให้รับข้อมูลทั้งที่เป็นแบบรหัสและคลื่นส่ง (Code and Carrier Phase Observation)
๑.๔ อัตราการรับและบันทึกข้อมูลดาวเทียม	ไม่มากกว่า 15 วินาทีต่อครั้ง
๒. วิธีการรับสัญญาณดาวเทียม ๒.๑ จำนวนดาวเทียมที่รับสัญญาณ	ไม่น้อยกว่า 5 ดวง
๒.๒ มุมกั้นท้องฟ้า (Mask Angle)	ไม่ต่ำกว่า 15 องศา
๒.๓ ระยะเวลาในการรับสัญญาณดาวเทียม	ให้รับสัญญาณดาวเทียม 2 ช่วงเวลา ต่างเครื่องรับสัญญาณ แต่ละช่วงเวลาห่างกันไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง โดยให้รับสัญญาณในแต่ละช่วงเวลาไม่น้อยกว่า 40 นาที
๒.๔ ความแม่นยำของรูปทรงเรขาคณิตดาวเทียม (Geomatic Dilution of Precision, GDOP)	ไม่มากกว่า 8 (โดยต้องคำนวณ GDOP ล่วงหน้า)
๒.๕ การคำนวณเส้นฐาน	เป็นแบบ Iono free fixed
๒.๖ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการคำนวณเส้นฐาน	ไม่มากกว่า 0.03 เมตร
๒.๗ ค่าความแตกต่างของภาคของทิศ	คำนวณค่าภาคของทิศจากผลการรับสัญญาณดาวเทียม 2 ช่วงเวลา แตกต่างไม่มากกว่า 20 ฟิลิปดา

ภาคผนวก จ.

แบบพิมพ์ แบบรายงานแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับหมุดดาวเทียมและการรับสัญญาณดาวเทียม

๑. แบบพิมพ์และแบบรายงานที่จัดทำในภาคสนามขณะปฏิบัติงานรังวัด

๑.๑ ใบสรุปหน้าหมุดดาวเทียม (ร.ว. ๗๕) ใช้เพื่อสรุปมุมและระยะที่ได้จากการรังวัด

๑.๒ แผนที่สังเขปหมุดดาวเทียม (ร.ว. ๗๖) ใช้เขียนแผนที่สังเขปที่ตั้งหมุดดาวเทียม

๑.๓ รายการรังวัดหมุดดาวเทียม (ร.ว. ๗๗) ใช้เขียนรายละเอียดโยงยึดของหมุดดาวเทียม

๑.๔ รายการรังวัดมุมและระยะ (ร.ว. ๓๑ ค) ใช้เขียนรายการรังวัดมุมและระยะ

๑.๕ รายงานการรับสัญญาณดาวเทียม (ร.ว. ๗๘) ใช้เขียนรายงานการสัญญาณดาวเทียม

๒. แบบพิมพ์และแบบรายงานที่จัดทำขึ้นภายหลังการปฏิบัติงานภาคสนาม

๒.๑ ใบสรุปหมุดดาวเทียม (ร.ว. ๗๕ ก) ใช้เพื่อสรุปรายละเอียด ค่าพิกัด มุม ระยะ ค่าภาคของทิศ ของหมุดดาวเทียมจากการรับสัญญาณดาวเทียม

๒.๒ ใบสรุปหมุดดาวเทียม Rapid Static (ร.ว. ๗๕ ข) ใช้เพื่อสรุปรายละเอียด ค่าพิกัด มุม ระยะ ค่าภาคของทิศของหมุดดาวเทียม Rapid Static เพื่อการสร้างระวาง จากการรับสัญญาณดาวเทียม

๒.๓ รายละเอียดหมุดดาวเทียม กรมที่ดิน (ร.ว. ๗๖ ก) ใช้เขียนแผนที่สังเขปที่ตั้งหมุดดาวเทียม รายละเอียดโยงยึดหมุดดาวเทียม ภาพถ่ายแสดงหมุดดาวเทียม และค่าพิกัดของหมุดดาวเทียม Static

๒.๔ ค่าพิกัดหมุดดาวเทียม (ร.ว. ๗๗ ก) ใช้แสดงรายละเอียดค่าพิกัดหมุดดาวเทียมเพื่อส่งประกาศใช้ราชการ

๒.๕ รายละเอียดฐานข้อมูลการรังวัดหมุดดาวเทียม Rapid Static หรือ หมุดดาวเทียม RTK (ร.ว. ๗๗ ข) ใช้แสดงรายละเอียดข้อมูลของหมุดและรายละเอียดจากการรับสัญญาณดาวเทียมของหมุดดาวเทียม Rapid Static หรือหมุดดาวเทียม RTK

๒.๖ ผลการรังวัด AZIMUTH ด้วยการรับสัญญาณดาวเทียม GPS (ร.ว. ๗๘ ก) ใช้แสดงค่าภาคของทิศที่ได้จากการคำนวณด้วยค่าพิกัดจากการรับสัญญาณดาวเทียม

๒.๗ ข้อมูลการคำนวณอาซิมุทจากดาว (ร.ว. ๗๙) ใช้แสดงข้อมูลของดาวเพื่อใช้ในการคำนวณค่าภาคของทิศ

๒.๘ รายการรังวัดอาซิมุทจากดาว (ร.ว. ๗๙ ก) ใช้แสดงรายการรังวัดดาวเพื่อใช้ในการคำนวณค่าภาคของทิศ

(ร.ว. ๗๕)

ใบสรุปหน้าหมุดดาวเทียม

ชื่อหมุด.....ดป.....จังหวัด.....โซน..... ☐ สร้างหมุด

อาซิมุท ☐ จากการรังวัดดาว Az = ...ระวาง..... ☐ เชื่อมเส้น

☐ จากการคำนวณค่าพิกัด ทิศทางจากหมุด.....ไปหมุด..... ☐ ตรวจสอบ

ระยะ.....เมตร ☐ จี้ภาพ

น ↑

มุม	°	′	″

	ชื่อหมุด	มุมเดิม	ระยะเดิม (ม.)	ภาคของทิศเดิม	ภาคของทิศตรวจสอบ
รายการหมุดเชื่อม	.....	.....	.....	.....	.....
	.....	.....	.....	.....	.....
	.....	.....	.....	.....	.....

ลงชื่อ.....ผู้ทำการรังวัด ลงชื่อ.....ผู้ตรวจรายการรังวัด ลงชื่อ.....ผู้กำกับการรังวัด

(.....) (.....) (.....)

...../...../..... ...../...../..... ...../...../.....

(ร.ว. ๗๖)

แผนที่สังเขปหมุดดาวเทียม

ชื่อหมุด.....ดป.....ผู้รังวัด.....

หมู่บ้าน.....ตำบล.....ระวาง.....

อำเภอ.....จังหวัด.....

รายละเอียดทางเข้าหมุด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(ร.ว. ๗๗)

รายการรังวัดหมุดดาวเทียม.....

หมู่บ้าน.....ตำบล.....แผ่นที่.....

อำเภอ.....จังหวัด.....ระวาง.....

วันที่.....ผู้รังวัด.....

(.....)

พิมพ์ที่ กองการพิมพ์ กรมที่ดิน จำนวน ๗,๕๐๐ แผ่น พ.ศ. ๒๕๔๒

แบบรายงานการรับสัญญาณดาวเทียม

SESS/DATE	DATA	GPS1	GPS2	GPS3	GPS4
Session :	File Name :	_____	_____	_____	_____
	Point Name :	_____	_____	_____	_____
	Start Time :	_____	_____	_____	_____
	End Time :	_____	_____	_____	_____
Date :	GPS Type :	☐ Trimble ☐ Leica Sokkia	☐ Trimble ☐ Leica Sokkia	☐ Trimble ☐ Leica Sokkia	☐ Trimble ☐ Leica Sokkia
	Height Method	☐ G.Plan ☐ No G.Pla True Vertical	☐ G.Plan ☐ No G.Pla True Vertical	☐ G.Plan ☐ No G.Pla True Vertical	☐ G.Plan ☐ No G.Pla True Vertical
	Height :	_____ . _____ เมตร	_____ . _____ เมตร	_____ . _____ เมตร	_____ . _____ เมตร
	Offset :	_____ . _____ เมตร	_____ . _____ เมตร	_____ . _____ เมตร	_____ . _____ เมตร
Session :	File Name :	_____	_____	_____	_____
	Point Name :	_____	_____	_____	_____
	Start Time :	_____	_____	_____	_____
	End Time :	_____	_____	_____	_____
Date :	GPS Type :	☐ Trimble ☐ Leica Sokkia	☐ Trimble ☐ Leica Sokkia	☐ Trimble ☐ Leica Sokkia	☐ Trimble ☐ Leica Sokkia
	Height Method :	☐ G.Plan ☐ No G.Pla True Vertical	☐ G.Plan ☐ No G.Pla True Vertical	☐ G.Plan ☐ No G.Pla True Vertical	☐ G.Plan ☐ No G.Pla True Vertical
	Height :	_____ . _____ เมตร	_____ . _____ เมตร	_____ . _____ เมตร	_____ . _____ เมตร
	Offset :	_____ . _____ เมตร	_____ . _____ เมตร	_____ . _____ เมตร	_____ . _____ เมตร
Session :	File Name :	_____	_____	_____	_____
	Point Name :	_____	_____	_____	_____
	Start Time :	_____	_____	_____	_____
	End Time :	_____	_____	_____	_____
Date :	GPS Type :	☐ Trimble ☐ Leica Sokkia	☐ Trimble ☐ Leica Sokkia	☐ Trimble ☐ Leica Sokkia	☐ Trimble ☐ Leica Sokkia
	Height Method :	☐ G.Plan ☐ No G.Pla True Vertical	☐ G.Plan ☐ No G.Pla True Vertical	☐ G.Plan ☐ No G.Pla True Vertical	☐ G.Plan ☐ No G.Pla True Vertical
	Height :	_____ . _____ เมตร	_____ . _____ เมตร	_____ . _____ เมตร	_____ . _____ เมตร
	Offset :	_____ . _____ เมตร	_____ . _____ เมตร	_____ . _____ เมตร	_____ . _____ เมตร
Session :	File Name :	_____	_____	_____	_____
	Point Name :	_____	_____	_____	_____
	Start Time :	_____	_____	_____	_____
	End Time :	_____	_____	_____	_____
Date :	GPS Type :	☐ Trimble ☐ Leica Sokkia	☐ Trimble ☐ Leica Sokkia	☐ Trimble ☐ Leica Sokkia	☐ Trimble ☐ Leica Sokkia
	Height Method :	☐ G.Plan ☐ No G.Pla True Vertical	☐ G.Plan ☐ No G.Pla True Vertical	☐ G.Plan ☐ No G.Pla True Vertical	☐ G.Plan ☐ No G.Pla True Vertical
	Height :	_____ . _____ เมตร	_____ . _____ เมตร	_____ . _____ เมตร	_____ . _____ เมตร
	Offset :	_____ . _____ เมตร	_____ . _____ เมตร	_____ . _____ เมตร	_____ . _____ เมตร
Session :	File Name :	_____	_____	_____	_____
	Point Name :	_____	_____	_____	_____
	Start Time :	_____	_____	_____	_____
	End Time :	_____	_____	_____	_____
Date :	GPS Type :	☐ Trimble ☐ Leica Sokkia	☐ Trimble ☐ Leica Sokkia	☐ Trimble ☐ Leica Sokkia	☐ Trimble ☐ Leica Sokkia
	Height Method :	☐ G.Plan ☐ No G.Pla True Vertical	☐ G.Plan ☐ No G.Pla True Vertical	☐ G.Plan ☐ No G.Pla True Vertical	☐ G.Plan ☐ No G.Pla True Vertical
	Height :	_____ . _____ เมตร	_____ . _____ เมตร	_____ . _____ เมตร	_____ . _____ เมตร
	Offset :	_____ . _____ เมตร	_____ . _____ เมตร	_____ . _____ เมตร	_____ . _____ เมตร

(ร.ว. ๗๕ ก)

ใบสรุปหน้าหมุดดาวเทียม ....

บ้าน - ตำบล อำเภอ จังหวัด
ระวาง C= โซน 47 (Indian 1975 Datum)
สถานีฐาน สถานีฐาน :

ชื่อหมุด	พิกัดเหนือ	พิกัดตะวันออก	มุมที่คำนวณได้ ° ' "	ภาคของทิศ ° ' "	ระยะราบ	ตัวคูณมาตราส่วน (K)	ความสูง (H)
D21941							
D72818							
D72819							
D21941							
D72818							

ลงชื่อ..... ผู้รับสัญญาณฯ
(.....)
รังวัดวันที่...../...../.....

ลงชื่อ..... ผู้กำกับการรังวัด
(.....)
วันที่...../...../.....

สำนักเทคโนโลยีทำแผนที่ กรมที่ดิน
โทร 0-25033367

วันที่พิมพ์

Rapid Static Network

สถานที่ ตำบล อำเภอ จังหวัด

โซน **(Indian 1975 Datum)**

สถานีฐาน 1 **N =** **E =** สถานีฐาน 2 **N** **E =**

ลำดับ	ชื่อหมุด	หมุดอ้างอิง	พิกัดเหนือ	พิกัดตะวันออก	**Ellipsoid height**	มุมที่คำนวณได้ **o ' "**	ภาคของทิศ **o ' "**	ระยะราบ	ตัวคูณทอนสู่ระดับน้ำทะเล **(C)**	ตัวคูณมาตราส่วน **(K)**	ระวางแผนที่

ลงชื่อ ..... ผู้รับสัญญาณฯ

(.....)

รังวัดวันที่ ...../...../.....

ลงชื่อ ..... ผู้กำกับการรังวัด

(.....)

วันที่ ...../...../.....

สำนักเทคโนโลยีทำแผนที่ กรมที่ดิน

โทร 0-25033367

(ว.ว. ๑๕ ๑)

รายละเอียด หมุดดาวเทียม กรมที่ดิน

ชื่อหมุด _____ แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1 : 50,000 ลำดับชุด L7017 หมายเลขแผ่น _____

บ้าน _____ ตำบล_____ อำเภอ_____จังหวัด _____

ค่าพิกัดบนพื้นหลักฐาน INDIAN 1975		ค่าพิกัดบนพื้นหลักฐาน WGS 1984	ความสูงจากระดับ
ค่าพิกัดภูมิศาสตร์	ค่าพิกัดฉาก UTM โซน	ค่าพิกัดภูมิศาสตร์	น้ำทะเลปานกลาง
LAT _____N.	N_____ม.	LAT _____N.	_____ ม.
LONG_____ E.	E _____ม.	LONG_____ E.	

อาซิมุท รังวัดจากหมุด_____ ไปยังหมุด _____ ค่าอาซิมุท _____

แผนที่แสดงที่ตั้งหมุด	ภาพถ่ายแสดงหมุด

แผนที่รายละเอียดหมุด	รายละเอียดทางเข้าหมุด
	สรุปรายละเอียด มุม-ระยะ

(

(ร.ว. ๗๗ ก)

(สทพ. ๔๒)

ค่าพิกัดหมุดดาวเทียม โครงการ____________.

แผ่นที่_______

No	Station	INDIAN 1975							WGS84			Province	Sheet	Net	Remark
		Northing_Z47	Easting_Z47	Northing_Z48	Easting_Z48	Latitude	Longitude	Ell. Height	Latitude	Longitude	Ell. Height				

______________________ ผู้รังวัด
(______________________)
_____/_____/_____

______________________ ผู้คำนวณ
(______________________)
_____/_____/_____

______________________ ผู้ควบคุม
____
_____/_____/_____

(ร.ว. ๗๗ ข)

(สทพ. ๔๑)

รายละเอียดฐานข้อมูลการรังวัดหมุดดาวเทียม RAPID STATIC หรือ หมุดดาวเทียม RTK

แผ่นที่........

ชื่อหมุด	N	E	ความสูง	โซน	สถานีฐาน	Nb	Eb	วัน	เดือน	ปี	หมายเลขหมุด	ชนิดของหมุด	บ้าน	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ระวาง	สถานีตรวจสอบ	Nc	Ec	Nt	Et

.... ผู้รังวัด
(...............)
..../..../....

.... ผู้ควบคุม
(...............)
..../..../....

ผลการรังวัด AZIMUTH ด้วยการรับสัญญาณจากดาวเทียม GPS

รังวัดจากหมุด ไปหมุด **จังหวัด**

ค่าพิกัด N ค่าพิกัด N

E E

ระยะแผนที่ ม. **โซน**

Grid Azimuth

ชื่อหมุด	มุมรังวัด	Grid Azimuth

N

(_____) (_____) (_____)

ผู้รับสัญญาณ ผู้กำกับการรังวัด ผู้คำนวณ

วันที่_____ วันที่_____ วันที่_____

(ร.ว. ๗๕)

ข้อมูลการคำนวณอาซิมุทจากดาว

☐ ดาวเหนือ ☐ ดาวตะวันออก ☐ ดาวตะวันตก

ชื่อเส้น.....จังหวัด.....Zone.....

หมุดตั้งกล้อง.....(.....) Latitude.....N UTM-N.....ม.

Longitude.....E UTM-E.....ม.

☐ วัดจากแผนที่ 1 : 50,000 ☐ จากการแปลงค่าพิกัด UTM

หมุดที่หมายเล็ง.....(.....)

รูปกลุ่มดาว

รังวัดวันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เทียบนาฬิกาเมื่อเวลา.....น. (L.M.T.)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

จากสถานีความถี่.....MHz

ชื่อดาว.....หมายเลข.....

R (.....) ..... R.A. (.....) ..... DEC.....

R (.....) ..... R.A. (.....) ..... DEC.....

R (.....) .....

ค่าเฉลี่ยอาซิมุทจริง (True Azimuth).....

ค่า Prob. Error.....

ค่า Convergency.....

ค่าอาซิมุทกริด (Grid Azimuth).....

หมายเหตุ

.....

.....

.....

.....

...../...../..... **ผู้รังวัด**

...../...../..... **ผู้กำกับการรังวัด**

พิมพ์ที่ กองการพิมพ์ กรมที่ดิน จำนวน ๕,๐๐๐ แผ่น พ.ศ. ๒๕๔๒

(ร.ว. ๗๙ ก)

รายการรังวัดอาซิมุทจากดาว

แผ่น.....

☐ ดาวเหนือ ☐ ดาวตะวันออก ☐ ดาวตะวันตก ชื่อดาว..... Zone.....

กล้องธิโอโดไลท์ ชนิด.....หมายเลข.....นาฬิกาจับเวลาหมายเลข.....

หมุดตั้งกล้อง.....(.....) เวลาคลาดเคลื่อน ☐ ช้า ☐ เร็ว.....

หมุดที่หมายเล็ง.....(.....) ความดันบรรยากาศ.....อุณหภูมิ.....

ค่าพิกัดภูมิศาสตร์ของหมุดตั้งกล้อง LAT.....N LONG.....E

จังหวัด.....อำเภอ.....ตำบล.....

รังวัดวันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....ค่าระดับ 1 ขีดเท่ากับ.....

ผู้รังวัด...../...../.....ผู้จดรายการ...../...../.....

ที่หมายเล็ง	หน้ากล้อง	อ่านจานองศาราบ			มุมราบ			อ่านจานองศาดิ่ง			มุมสูง			STOP WATCH			เศษวินาที	เวลา			อ่านหลอดระดับ		รูปแผนที่สังเขป หมายเหตุ
		°	′	″	°	′	″	°	′	″	°	′	″	ม	น	ว	ว	ม	น	ว	L	R	
	L																						
★	L																						
★	R																						
	R																						
	L																						
★	L																						
★	R																						
	R																						
	L																						
★	L																						
★	R																						
	R																						
	L																						
★	L																						
★	R																						
	R																						
	L																						
★	L																						
★	R																						
	R																						
	L																						
★	L																						
★	R																						
	R																						

ผู้กำกับการรังวัด...../...../.....

พิมพ์ที่ กองการพิมพ์ กรมที่ดิน จำนวน ๕,๐๐๐ แผ่น พ.ศ. ๒๕๔๓

ภาคผนวก ฉ.

สูตรการคำนวณค่าตัวคูณมาตราส่วน (Scale Factor) หรือ ค่า K

สูตรการคำนวณค่าตัวคูณมาตราส่วน (Scale Factor) หรือ ค่า K ในการคำนวณโดยระบบพิกัดฉาก ยู ที เอ็ม ซึ่งใช้ เอเวอร์เรสสเฟียรอยด์ 1830 (Everest Spheroid) เป็นขนาดสัณฐานอ้างอิงในการคำนวณงานรังวัดชั้นสูง (Geodetic Survey) โดยมีสูตรคำนวณและค่าคงที่ต่างๆ เป็นดังนี้

ϕ = Geodetic latitude

λ = Geodetic longitude

ω = Rectifying latitude

= $(N + S_0) / (r K_0)$

N = พิกัดเหนือ

E = พิกัดตะวันออก

λ_0 = เมอริเดียนย่านกลาง (Central Meridian) ใช้ 99°E และ 105°E โซนที่ 47 และ 48 ตามลำดับ

E_0 = พิกัดตะวันออกที่กำหนดขึ้นเอง เป็นค่าคงที่ที่เมอริเดียนย่านกลาง หรือค่าพิกัดเทียมในแนวตะวันออก-ตะวันตก (False Easting) มีค่าเป็น 500,000 เมตร

N_0 = พิกัดเหนือที่กำหนดขึ้นเอง เป็นค่าคงที่ที่เมอริเดียนย่านกลาง หรือค่าพิกัดเทียมในแนวเหนือ-ใต้ (False Northing) ทางซีกโลกเหนือ นับ 0 เมตร ที่ เส้นศูนย์สูตร ซีกโลกใต้เท่ากับ 10,000,000 เมตร

S_0 = ระยะตามเมอริเดียน จากเส้นศูนย์สูตร ไปยัง ϕ_0 คูณด้วยตัวคูณมาตราส่วน (K_0) ของเมอริเดียนย่านกลาง (Central Meridian)

ϕ_0 = latitude ของจุดศูนย์กำเนิด

K_0 = ค่าตัวคูณมาตราส่วนที่เมอริเดียนย่านกลาง (Central Meridian) มีค่าเท่ากับ 0.9996

K = ค่าตัวคูณมาตราส่วนที่จุดใดๆ หรือ Point scale Factor

E' = ผลต่างของพิกัดตะวันออกกับเมอริเดียนย่านกลาง

= $E - E_0$ หรือ $E_0 - E$

a = ระยะกึ่งแกนยาวของ Ellipsoid (Semi-Major Axis) มีค่าเท่ากับ 6,377,276.345 เมตร

b = ระยะกึ่งแกนสั้นของ Ellipsoid (Semi-Minor Axis)

= a(1-f)

f = อัตราการยุบตัวของ Ellipsoid (Flattening) มีค่าเท่ากับ 1 / 300.8017

r = รัศมีเฉลี่ยของโลก เป็นรัศมีของโลกที่แลตติจูด 13 องศา มีค่าเท่ากับ 6,358,211.105 เมตร

e^2 = The First Eccentricity

= $(a^2 - b^2) / a^2$

e^2 = The Second Eccentricity

= $(a^2 - b^2) / b^2$

$n = (a - b) / (a + b)$

$\eta^2 = e'^2 \cos^2 \phi$

$V_1 = 3n/2 - 27n^3/32 = 0.002497484466$

$V_3 = 21n^2/16 - 55n^4/32 = 0.000003638498$

$V_5 = 151n^3/96 = 0.000000007260$

$V_7 = 1097n^4/512 = 0.0000000000164659$

$V_0 = 2(V_1 - 2V_3 + 3V_5 - 4V_7) = 0.004980458368$

$V_2 = 8(V_3 - 4V_5 + 10V_7) = 0.000028876974$

$V_4 = 32(V_5 - 6V_7) = 0.000000229174$

$V_6 = 128V_7 = 0.000000002107$

$\phi' = \omega + \sin\omega \cos\omega (V_0 + V_2 \cos^2\omega + V_4\cos^4\omega + V_6\cos^6\omega)$

$M' = a(1-e^2)/(1-e^2\sin^2\phi')^{3/2}$

$N' = a/(1-e^2\sin\phi')^{1/2}$

$R_m = (K_0^2 M'N')^{1/2}$

$K = K_0\{1+[E-500,000)^2/2R_m^2] + [(E-500,000)^4/24R_m^4]\}$

= ค่าตัวคูณมาตราส่วนที่จุดใดๆ หรือ Point scale Factor