การสำรวจรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่ด้วยระบบดาวเทียม

สำหรับการโยงยึดค่าพิกัดและค่าระดับ เพื่องานสำรวจออกแบบทางวิศวกรรม
ในโครงการพัฒนาพื้นที่เฉพาะ (ทุ่งหมาหิว)

คำนำ

ในโครงการพัฒนาที่ดินในพื้นที่เฉพาะ (ทุ่งหมาหิว) ที่กรมพัฒนาที่ดินให้การสนับสนุนโครงการเพิ่มศักยภาพการผลิตข้าวอินทรีย์และพืชหลังนาเพื่อการส่งออกในพื้นที่ทุ่งหมาหิวของจังหวัดอุบลราชธานีนั้น สำนักเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่เป็นสำนักหนึ่งที่ร่วมดำเนินการในการจัดทำแผนที่การถือครองที่ดินรายแปลง และเมื่อทราบความต้องการข้อมูลหมุดหลักฐานแผนที่ของสำนักวิศวกรรมเพื่อการพัฒนาที่ดิน สำนักฯ จึงเพิ่มการจัดสร้างหมุดหลักฐานภาคพื้นดินเพื่อการโยงยึดเข้ามาในพื้นที่ดำเนินการให้ เพราะเล็งเห็นว่าสำนักเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่ทำหน้าที่ดูแลข้อมูลหมุดหลักฐานภาคพื้นดินของโครงการจัดทำแผนที่เพื่อการบริหารทรัพยากรธรรมชาติและทรัพย์สิน ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์อยู่แล้ว กอปรกับมีเครื่องมือสำรวจตำแหน่งด้วยระบบดาวเทียมจีพีเอสใช้ในกิจกรรมของสำนักฯ อยู่

เอกสารฉบับนี้ เป็นเอกสารของกิจกรรมการสำรวจรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่ในพื้นที่ดำเนินงานที่คณะทำงานโครงการฯ ของกรมพัฒนาที่ดินได้กำหนดขึ้นในปีงบประมาณ 2557 โดยเอกสารจะกล่าวถึงหลักการและทฤษฎีของการสำรวจรังวัดหมุดหลักฐานด้วยระบบดาวเทียมจีพีเอสโดยใช้เครื่องมือการสำรวจตำแหน่ง และสรุปผลสำเร็จของการปฏิบัติงาน คือ การจัดสร้างหมุดหลักฐานถาวรจำนวน 9 คู่ ทั้งสิ้น 18 หมุด และ ณ จุดที่สำรวจรังวัดได้ทำการวางหมุดคอนกรีตลงในพื้นดินพร้อมกับจัดทำแบบหมายพยานหมุดของหมุดหลักฐานแต่ละคู่เพื่อเป็นคู่มือในการเข้าถึงหมุดของผู้ใช้งานต่อไป

นอกจากนั้น เพื่อให้การจัดทำข้อมูลพื้นฐานสำหรับงานการพัฒนาที่ดินมีประโยชน์ในการนำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้นำวิธีการจัดทำข้อมูลแผนที่การถือครองที่ดิน ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญชิ้นหนึ่ง มาประกอบไว้ในเอกสารฉบับนี้ด้วย

จึงหวังเป็นอย่างยิ่งว่า เอกสารฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์แก่ปฏิบัติงานทั้งในส่วนกลางและส่วนภูมิภาค

คณะผู้จัดทำ
กลุ่มสำรวจและผลิตแผนที่และภาพถ่ายที่ 1
สำนักเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข - ค
สารบัญรูป	ง
สารบัญตาราง	จ
บทที่ 1 บทนำ	**1**
หลักการและเหตุผล	1
วัตถุประสงค์	1
ระยะเวลาดำเนินงาน	1
ผู้ร่วมดำเนินงาน	1
พื้นที่ดำเนินงาน	2
ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ข้อมูลทั่วไป	**3**
ความเป็นมา	3
การดำเนินงานของกรมพัฒนาที่ดิน	3
พื้นที่ดำเนินงานของกรมพัฒนาที่ดิน	4
ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ดำเนินงาน	6
ข้อมูลทางเศรษฐกิจ และสังคม	6
สภาพปัญหา	6

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การสำรวจรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่ด้วยระบบดาวเทียม	**7**
หลักการและทฤษฎี	7
การทำงานด้วยระบบดาวเทียม	7
ระบบดาวเทียมจีพีเอส	7
ส่วนประกอบของระบบดาวเทียมจีพีเอส	8
หลักการทำงานของดาวเทียมจีพีเอส	9
วิธีการรังวัดในระบบจีพีเอส	11
การทำงานรังวัดภาคสนาม	12
การทำงานรังวัดจีพีเอสด้วยเครื่องรับแบบรังวัด	14
ค่าความถูกต้องทางตำแหน่งของดาวเทียม	14
การคำนวณและประมวลผลข้อมูลจากการรังวัด	15
การประมวลผลเส้นฐาน	15
การแปลงค่าพิกัด	17
ขั้นตอนการดำเนินงาน	18
การเตรียมข้อมูลเบื้องต้น	18
การวางแผนการปฏิบัติงาน	19
การสำรวจตำแหน่งหมุดหลักฐาน และการประมวลผล	21
การวางหมุดหลักฐานคอนกรีต	22
การจัดทำแบบหมายพยานหมุด	22
ผลการดำเนินงาน	23
การนำไปใช้ประโยชน์	26
บทที่ 4 การสำรวจและจัดทำข้อมูลพื้นฐานสำหรับงานการพัฒนาที่ดิน	**27**
การสำรวจและจัดทำแผนที่ด้วยกล้องประมวลผลรวม (Total Station)	27
การเปรียบเทียบการสำรวจรังวัดด้วยกล้อง กับการสำรวจด้วยระบบจีพีเอส	29
ข้อจำกัดของการปฏิบัติงานการสำรวจ	29
ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนางานการพัฒนาที่ดิน	30
การสำรวจจัดทำแผนที่การถือครองที่ดิน มาตราส่วน 1:4,000	30
ขั้นตอนการดำเนินงาน	31
ผลการดำเนินงาน	35
การนำไปใช้ประโยชน์	39
เอกสารอ้างอิง	**40**
ภาคผนวก	
คำอธิบายศัพท์	

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 1 แสดงขอบเขตพื้นที่ดำเนินงานบนแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000	5
รูปที่ 2 แสดงวงโคจรของดาวเทียมจีพีเอส	8
รูปที่ 3 แสดงการหาตำแหน่งโดยการวัดระยะทางไปยังดาวเทียม 3 ดวงพร้อม ๆ กัน	10
รูปที่ 4 แสดงแบบหมุดหลักฐานคอนกรีต	18
รูปที่ 5 แสดงแบบหมายพยานหมุดหลักฐานภาคพื้นดิน หมายเลข A101457	19
รูปที่ 6 แสดงแผนผังตำแหน่งที่คาดว่าจะตั้งเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส บนแผนที่ภาพถ่ายออร์โธสี	20
รูปที่ 7 แสดงหมุดหลักฐานภาคพื้นดิน ณ จุดที่ได้สำรวจ	22
รูปที่ 8 แสดงแผนผังตำแหน่งหมุดหลักฐานที่ได้สำรวจบนแผนที่ภาพถ่ายออร์โธสี	24
รูปที่ 9 แสดงตัวอย่างของแบบหมายพยานหมุดในโครงการพัฒนาพื้นที่เฉพาะ (ทุ่งหมาหิว) (หมุดหมายเลข Pd 1 และ Pd 2)	25
รูปที่ 10 แสดงแผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน	32
รูปที่ 11 แสดงแผนที่แปลงถือครองที่ดินทางการเกษตรซ้อนทับบนแผนที่ภาพถ่ายออร์โธสี มาตราส่วน 1ซ4,000 สำหรับที่ใช้ในงานสนาม	32
รูปที่ 12 แสดงตัวอย่างแบบสอบถาม	33
รูปที่ 13 แสดงแผนที่แปลงถือครองที่ดินในพื้นที่ดำเนินการ	34
รูปที่ 14 แสดงแผนที่ขอบเขตการปกครองระดับหมู่บ้าน	36
รูปที่ 15 แผนที่แสดงกรรมสิทธิ์การถือครองที่ดินในพื้นที่ดำเนินงาน	37
รูปที่ 16 แผนที่แสดงสัดส่วนของขนาดพื้นที่การถือครองที่ดิน	37
รูปที่ 17 แผนที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินของเกษตรกรในพื้นที่ดำเนินงาน	38
รูปที่ 18 แผนที่แสดงแหล่งของน้ำที่ใช้ในการทำการเกษตรของเกษตรกรในพื้นที่ดำเนินงาน	38

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

ตารางที่ 1 ค่าพิกัดตำแหน่งของหมุดหลักฐานอ้างอิง และหมุดหลักฐานที่ได้สำรวจรังวัด 23

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบการสำรวจรังวัดด้วยกล้อง กับการสำรวจด้วยระบบจีพีเอส 29

บทที่ 1
บทนำ

หลักการและเหตุผล

ในปีงบประมาณ 2557 กรมพัฒนาที่ดินโดยสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4 อุบลราชธานี และสถานีพัฒนาที่ดินอุบลราชธานี ได้ดำเนินงานในโครงการพัฒนาพื้นที่เฉพาะ (ทุ่งหมาหิว) เพื่อเป็นการสนับสนุนโครงการเพิ่มศักยภาพการผลิตข้าวอินทรีย์และพืชหลังนาเพื่อการส่งออกในพื้นที่ทุ่งหมาหิว จังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งการดำเนินงานของกรมพัฒนาที่ดินจะเป็นการจัดระบบการพัฒนาที่ดินเพื่อแก้ปัญหาอุทกภัยและบรรเทาปัญหาการขาดแคลนน้ำในพื้นที่ โดยกรมพัฒนาที่ดินใช้วิธีการด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ[1] มาตรการทางวิธีกลในการดำเนินงาน ด้วยวิธีการนี้สำนักวิศวกรรมเพื่อการพัฒนาที่ดิน ซึ่งเป็นผู้วางแผนในการออกแบบทางโครงสร้าง จึงมีความจำเป็นจะต้องใช้ค่าหมุดหลักฐานแผนที่[2] ให้ครอบคลุมและอยู่ในพื้นที่ดำเนินงาน และโดยที่ในการดำเนินงานสำนักเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่ ได้รับมอบหมายให้เข้าดำเนินการสำรวจและจัดทำแผนที่การถือครองที่ดินรายแปลงของเกษตรกร เมื่อทราบความต้องการของสำนักวิศวกรรมเพื่อการพัฒนาที่ดิน สำนักฯ จึงเพิ่มการสำรวจเพื่อจัดทำหมุดหลักฐานแผนที่ให้พร้อมกันไปด้วย โดยจะใช้หมุดหลักฐานภาคพื้นดิน[3] จากโครงการจัดทำแผนที่เพื่อการบริหารทรัพยากรธรรมชาติและทรัพย์สินของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์เป็นหมุดหลักฐานอ้างอิง และใช้วิธีการสำรวจตำแหน่งด้วยระบบดาวเทียมจีพีเอส เป็นเครื่องมือในการสำรวจตำแหน่ง

วัตถุประสงค์

ทำการสำรวจรังวัดหาค่าพิกัดตำแหน่งและค่าระดับของหมุดหลักฐานที่สร้างขึ้นใหม่ในพื้นที่ดำเนินงาน เพื่อใช้เป็นค่าอ้างอิงสำหรับงานการสำรวจออกแบบทางด้านวิศวกรรมในการจัดทำระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำในโครงการพัฒนาพื้นที่เฉพาะ (ทุ่งหมาหิว) สนับสนุนโครงการเพิ่มศักยภาพการผลิตข้าวอินทรีย์และพืชหลังนาเพื่อการส่งออกในพื้นที่ทุ่งหมาหิว จังหวัดอุบลราชธานี

ระยะเวลาดำเนินงาน

เดือนกรกฎาคม ถึง กันยายน พ.ศ. 2557

ผู้ร่วมดำเนินงาน

1. นางสาวนฤมล ชมแสง นักวิชาการแผนที่ภาพถ่ายชำนาญการพิเศษ ทำหน้าที่ควบคุม ดูแล วางแผนการดำเนินงานและปฏิบัติงาน การกำหนดตำแหน่งจุดที่ตั้งของหมุดหลักฐานที่จะทำการสำรวจ รวบรวมข้อมูล และจัดทำรายงาน มีสัดส่วนการปฏิบัติงาน 65 เปอร์เซ็นต์
2. นายมานพ พลอยระย้า นายช่างสำรวจชำนาญงาน ทำหน้าที่ในการสำรวจรังวัดหมุดหลักฐานด้วยเครื่องมือสำรวจตำแหน่งด้วยระบบดาวเทียมจีพีเอส และประมวลผลข้อมูล มีสัดส่วนของการปฏิบัติงาน 15 เปอร์เซ็นต์

---

[1] ดูคำอธิบายเพิ่มเติมในภาคผนวก : อธิบายศัพท์

[2] ดูคำอธิบายเพิ่มเติมในภาคผนวก : อธิบายศัพท์

[3] ดูคำอธิบายเพิ่มเติมในภาคผนวก : อธิบายศัพท์

3. นายพุทธสรณ์ สวนสมบูรณ์ นายช่างสำรวจชำนาญงาน ทำหน้าที่ในการสำรวจรังวัดหมุดหลักฐานด้วยเครื่องมือสำรวจตำแหน่งด้วยระบบดาวเทียมจีพีเอส และควบคุมการวางหมุดหลักฐานคอนกรีตลงในพื้นที่ตามตำแหน่งที่ได้สำรวจรังวัด มีสัดส่วนของการปฏิบัติงาน 10 เปอร์เซ็นต์

4. นายพิสิษฐ เฟื่องฟู นายช่างสำรวจชำนาญงาน ทำหน้าที่ในการสำรวจรังวัดหมุดหลักฐานด้วยเครื่องมือสำรวจตำแหน่งด้วยระบบดาวเทียมจีพีเอส และจัดทำแบบหมายพยานหมุด (Description) ของหมุดหลักฐาน มีสัดส่วนการปฏิบัติงาน 10 เปอร์เซ็นต์

พื้นที่ดำเนินงาน

อำเภอตาลสุม จังหวัดอุบลราชธานี

ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน

1. เตรียมข้อมูลเบื้องต้น
2. วางแผนการปฏิบัติงาน
3. สำรวจรังวัดหมุดหลักฐานภาคพื้นดิน และประมวลผลข้อมูล
4. วางหมุดหลักฐานคอนกรีตในตำแหน่งที่ได้ทำการสำรวจรังวัด
5. ทำแบบหมายพยานหมุด

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สำนักวิศวกรรมเพื่อการพัฒนาที่ดิน และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง สามารถนำข้อมูลหมุดหลักฐานที่ได้สำรวจรังวัดขึ้นในพื้นที่ดำเนินการ ไปใช้เพื่อการออกแบบ การวางแผนในการจัดทำระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ

บทที่ 2
ข้อมูลทั่วไป

ความเป็นมา

โครงการเพิ่มศักยภาพการผลิตข้าวอินทรีย์และพืชหลังนาเพื่อการส่งออกในพื้นที่ทุ่งหมาหิว จังหวัดอุบลราชธานี เริ่มดำเนินการโดยจังหวัดอุบลราชธานี ร่วมกับสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรเขต 11 อุบลราชธานี สำนักนโยบายและแผนพัฒนาการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร หน่วยงานในสังกัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และหน่วยงานในท้องถิ่นทั้งภาครัฐและเอกชน ได้ร่วมประชุมเมื่อวันที่ 11 กรกฎาคม พ.ศ. 2556 ณ ห้องประชุมสำนักชลประทานที่ 7 อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี โดยที่ประชุมได้ยกร่างแผนการดำเนินโครงการฯ (ระยะที่ 1) เป็นเวลา 5 ปี (ปีงบประมาณ 2558 - 2562) มีวัตถุประสงค์ของโครงการเพื่อให้เกษตรกรอยู่ดี กินดี มุ่งหวังให้เกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการมีรายได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 20 คือ จากเดิมมีรายได้ 35,000 บาท/ราย/ปี เพิ่มเป็น 42,000 บาท/ราย/ปี โดยในโครงการระยะที่ 1 นี้มีขอบเขตการพัฒนาครอบคลุม 4 อำเภอของจังหวัดอุบลราชธานี ได้แก่ อำเภอเมืองอุบลราชธานี อำเภอตาลสุม อำเภอดอนมดแดง และอำเภอเหล่าเสือโก้ก รวมมีพื้นที่การเกษตรโดยประมาณ 572,508 ไร่ คิดเป็นพื้นที่ทำนา 456,968 ไร่
(ที่มา : ฝ่ายประชาสัมพันธ์ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรเขต 11 อุบลราชธานี)

การดำเนินงานของกรมพัฒนาที่ดิน

กรมพัฒนาที่ดิน เป็นหน่วยงานที่ผลิตผลงานทางวิชาการด้านการวิจัยและพัฒนา ให้บริการและถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน พร้อมทั้งกำหนดเขตการใช้ที่ดินที่เหมาะสมเพื่อการผลิตและให้บริการข้อมูลเชิงพื้นที่ด้านต่าง ๆ ที่ถูกต้อง ทันสมัย พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านการพัฒนาที่ดินและน้ำโดยการอนุรักษ์ดินและน้ำ การฟื้นฟูปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรและการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างยั่งยืน ภายใต้กระบวนการที่ชุมชนมีส่วนร่วม (2556, กรมพัฒนาที่ดิน) ดังนั้น เพื่อเป็นการสนับสนุนโครงการเพิ่มศักยภาพการผลิตข้าวอินทรีย์และพืชหลังนา เพื่อการส่งออกในพื้นที่ทุ่งหมาหิว จังหวัดอุบลราชธานี กรมพัฒนาที่ดินจึงดำเนินการสนับสนุนโครงการฯ โดยมีเป้าหมายในการแก้ปัญหาอุทกภัยและการขาดแคลนน้ำในพื้นที่ รวมถึงการพัฒนาที่ดินโดยใช้ระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำ ซึ่งในการดำเนินงานมีหน่วยงานของกรมพัฒนาที่ดิน ได้แก่ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4 (อุบลราชธานี) สถานีพัฒนาที่ดินอุบลราชธานี สำนักวิศวกรรมเพื่อการพัฒนาที่ดิน และสำนักเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่ ร่วมดำเนินการ

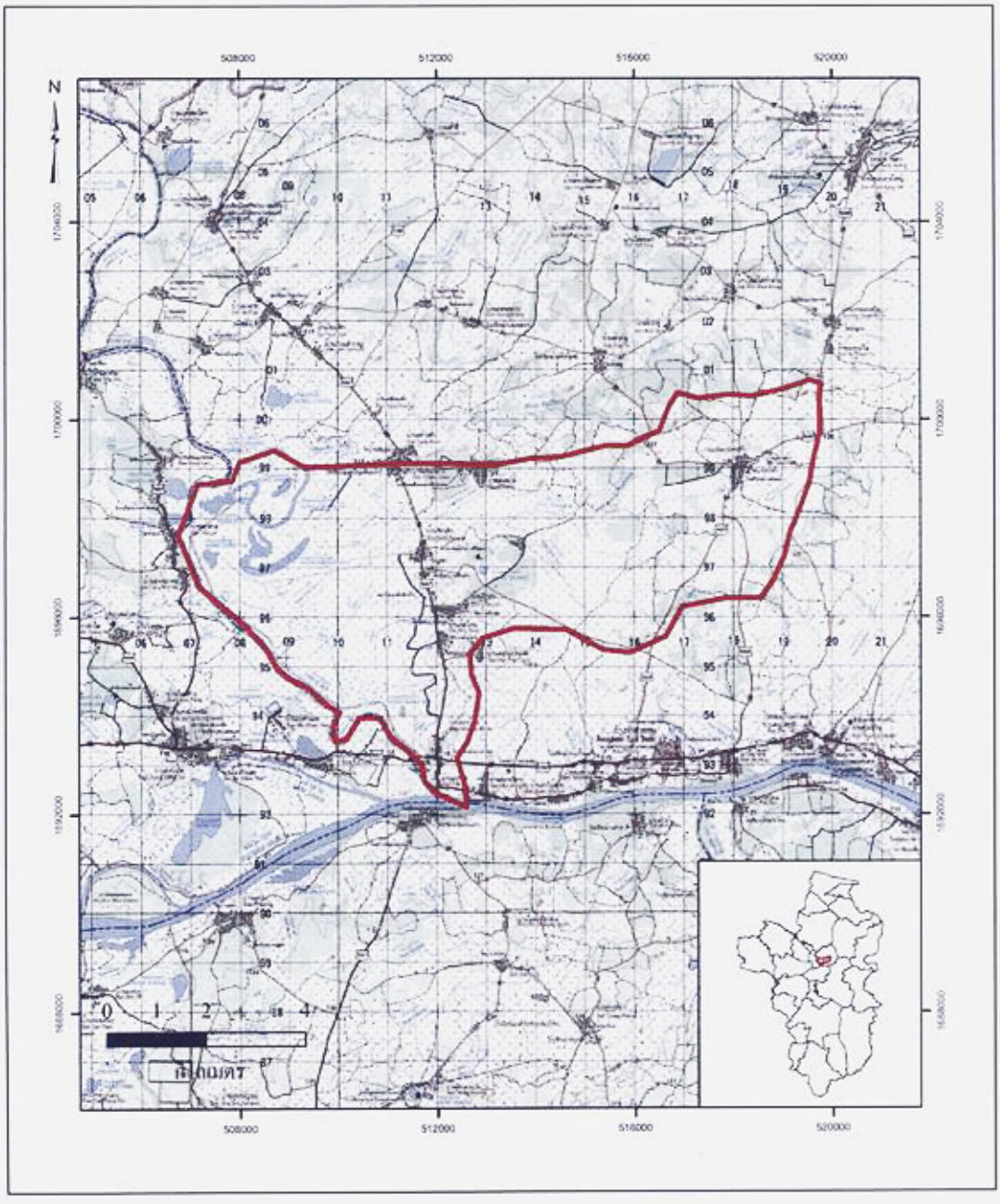
ในการดำเนินงานนั้นกรมพัฒนาที่ดินจะใช้ระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำ มาตรการทางวิธีกลเป็นวิธีหนึ่งในการแก้ปัญหาของพื้นที่ โดยมีสำนักวิศวกรรมเพื่อการพัฒนาที่ดินรับผิดชอบในการสำรวจออกแบบโครงสร้างทางวิศวกรรม ซึ่งมีความต้องการหมุดหลักฐานแผนที่ที่ครอบคลุมและอยู่ภายในพื้นที่ดำเนินงาน สำนักเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่ซึ่งร่วมเป็นคณะทำงานในโครงการฯ ด้วยสำนักหนึ่ง จึงได้จัดสร้างหมุดหลักฐานแผนที่โยงยึดเข้ามาในพื้นที่ดำเนินการให้ เพิ่มจากกิจกรรมการสำรวจและจัดทำแผนที่การถือครองที่ดินทางการเกษตร สืบเนื่องเพราะแต่เดิมนั้นการสำรวจรังวัดสร้างหมุดหลักฐานภาคพื้นดินเพื่อการโยงยึดในการจัดทำแผนที่เฉพาะ (Thematic map) ในพื้นที่โครงการต่าง ๆ ของกรมพัฒนาที่ดินก็เป็นหน้าที่หนึ่งของสำนักฯ มาก่อน แต่ด้วยวิวัฒนาการในการ

จัดทำข้อมูลพื้นฐานที่ครอบคลุมทุกชั้นข้อมูล ดังเช่นผลสำเร็จของโครงการจัดทำแผนที่เพื่อการบริหารทรัพยากรธรรมชาติและทรัพย์สินของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ทำให้เรามีข้อมูลหมุดหลักฐานภาคพื้นดิน ข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายออร์โธสี ข้อมูลเส้นชั้นความสูง และข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขที่สามารถนำมาใช้ในการดำเนินงานต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ยังมีภารกิจบางกิจกรรมที่ยังต้องการคุณลักษณะพิเศษเฉพาะทางที่ต้องนำข้อมูลต่าง ๆ เหล่านั้นมาต่อยอด จึงจะสามารถทำให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสมบูรณ์ได้ เช่น การออกแบบโครงสร้างทางวิศวกรรมของสำนักวิศวกรรมเพื่อการพัฒนาที่ดิน ที่ต้องการหมุดหลักฐานแผนที่ที่ครอบคลุมและอยู่ภายในพื้นที่ดำเนินงาน แต่ข้อมูลหมุดหลักฐานแผนที่ของโครงการจัดทำแผนที่ฯ ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ไม่ได้ตอบสนองความต้องการดังกล่าว (อยู่นอกพื้นที่ดำเนินงาน) จึงจำเป็นจะต้องทำการโยงยึดหมุดหลักฐานจากโครงการจัดทำแผนที่ฯ เข้ามาในพื้นที่ดำเนินงาน

พื้นที่ดำเนินงานของกรมพัฒนาที่ดิน

ในปีงบประมาณ 2557 กรมพัฒนาที่ดินได้กำหนดพื้นที่ดำเนินการบริเวณอำเภอตาลสุม ครอบคลุมพื้นที่ตำบลจิกเทิง ตำบลตาลสุมและตำบลคำหว้าเป็นพื้นที่แรก เนื่องด้วยพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่เร่งด่วน ประสบปัญหาอุทกภัยและภัยแล้งอย่างต่อเนื่อง ได้ทำการขีดขอบเขตพื้นที่ดำเนินการตามลักษณะภูมิประเทศ เช่น แนวลำน้ำ แนวถนน แนวคันดิน และแนวลำรางส่งน้ำเดิม ลงในแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ระวางหมายเลข 6039 IV อำเภอตาลสุม (ดังแสดงในรูปที่ 1) มีพื้นที่ดำเนินการ 33,000 ไร่

แผนที่แสดงขอบเขตการดำเนินงาน ปีงบประมาณ 2557 ของกรมพัฒนาที่ดิน ในพื้นที่อำเภอตาลสุม



รูปที่ 1 แสดงขอบเขตพื้นที่ดำเนินงานบนแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000

ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ดำเนินงาน

สภาพพื้นที่โดยทั่วไปเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำมูล และมีลำเซบก ซึ่งไหลจากทิศเหนือของจังหวัดอำนาจเจริญ ลงสู่ทิศใต้บรรจบกับลำน้ำมูลที่อำเภอตาลสุม จังหวัดอุบลราชธานี ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่โครงการเป็นต้นกำเนิดต้นน้ำห้วยมะยัง ซึ่งไหลมารวมกับลำเซบกทางด้านทิศตะวันตก ตอนกลางของพื้นที่มีลำห้วยเทวดาไหลผ่าน และไหลลงสู่หนองโง้งน้อย หนองโง้งใหญ่ และหนองขอน ซึ่งลำน้ำในพื้นที่เป็นแหล่งน้ำเอื้ออำนวยในการประกอบอาชีพทางการเกษตรและประมงเป็นอย่างมาก เพราะมีแม่น้ำมูลไหลผ่านด้านใต้ และมีลำห้วยหลายสายไหลผ่าน แต่ส่วนใหญ่มีน้ำขังตลอดปี ส่วนพื้นที่ทางทิศตะวันตกจะมีน้ำท่วมขังในฤดูน้ำหลาก ซึ่งเป็นผลทำให้พืชพรรณได้รับความเสียหาย

ข้อมูลทางเศรษฐกิจ และสังคม

พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นนาข้าว คิดเป็นร้อยละ 60 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาเป็นพื้นที่ป่าละเมาะ ทำสวน ปศุสัตว์ นอกนั้นเป็นที่อยู่อาศัย แหล่งน้ำ และพื้นที่สาธารณะประโยชน์

การประกอบอาชีพ ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทำนา รองลงมาคือการค้าขายเบ็ดเตล็ดและรับจ้างทั่วไปทั้งในชุมชนและนอกชุมชน ส่วนการเกษตรในฤดูแล้ง ได้แก่ การทำนาปรัง และการปลูกพืชไร่ เช่น พริก ถั่วลิสง ข้าวโพด เป็นการทำเพื่อการบริโภคในครัวเรือน ไม่ใช่ปลูกในเชิงการค้า

สภาพปัญหา

จากผลการสำรวจเบื้องต้นพบว่า พื้นที่โครงการมีลักษณะเป็นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง สภาพพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบ มีการลาดเอียงของพื้นที่ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ และสภาพน้ำท่วมในพื้นที่สัมพันธ์กับระดับน้ำในแม่น้ำมูล โดยที่เมื่อระดับน้ำในแม่น้ำมูลสูงขึ้น จะมีผลทำให้ระดับน้ำในลำเซบกเอ่อสูงขึ้นด้วย ส่งผลให้การระบายน้ำของพื้นที่ตอนปลายของห้วยมีประสิทธิภาพน้อยลง เกิดน้ำท่วมขังพื้นที่เป็นเวลานาน และสภาพของแหล่งน้ำตามธรรมชาติ ได้แก่ หนองโง้งใหญ่ หนองโง้งน้อย และหนองขอน ซึ่งมีพื้นที่อยู่บริเวณใกล้เคียงกัน และมีสภาพตื้นเขิน ทำให้เกิดน้ำท่วมขังในฤดูน้ำหลากด้วยเช่นกัน

ส่วนบริเวณที่ดอน คือบริเวณทางด้านทิศตะวันออกของพื้นที่ดำเนินการ จะเกิดการชะล้างพังทลายของดิน เนื่องจากพื้นดินเป็นดินทราย ในช่วงฤดูแล้งลำห้วยและหนองต่าง ๆ จึงมีปริมาณน้ำน้อย ในบางปีถึงกับแห้ง เพราะไม่มีแหล่งกักเก็บน้ำที่เพียงพอ

บทที่ 3
การสำรวจรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่ด้วยระบบดาวเทียม

หลักการและทฤษฎี

ในการสำรวจรังวัดเพื่อสร้างหมุดหลักฐานแผนที่ภาคพื้นดิน สำนักเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่ใช้เครื่องมือสำรวจตำแหน่งด้วยระบบดาวเทียมจีพีเอส (Leica GX1230) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการรับสัญญาณดาวเทียมแบบ 2 ความถี่ (Dual frequency) และรับสัญญาณดาวเทียมได้ไม่น้อยกว่า 8 ดวงในขณะเดียวกัน มีการบันทึกข้อมูลทั้งที่เป็นรหัสและคลื่นส่ง โดยจะใช้วิธีการรังวัดแบบสถิต (Static Survey) ในการดำเนินงาน

การทำงานด้วยระบบดาวเทียม

ดาวเทียมเริ่มเข้ามามีบทบาทในการทำงานรังวัดมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1967 และมีพัฒนาการอย่างต่อเนื่องและรวดเร็วควบคู่กับพัฒนาการทางอีเล็คทรอนิกส์ ระบบดาวเทียมเพื่องานรังวัดที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายมี 2 ระบบ คือ ระบบทรานสิต (Transit) และระบบจีพีเอส

ระบบทรานสิต (Transit) เป็นระบบนำวิถีด้วยดาวเทียมของกองทัพเรือสหรัฐ (Navy Navigation Satellite System หรือ NNSS) ได้รับการพัฒนาโดยห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ประยุกต์ (Applied Physics Labolatory) แห่งมหาวิทยาลัยจอห์นฮอปกินส์ ตั้งแต่ตอนเริ่มต้นของยุคอวกาศและยังคงใช้งานได้เรื่อยมาจนถึงปี ค.ศ. 1995 จึงถูกยกเลิกไป เมื่อเปลี่ยนมาเป็นระบบจีพีเอส

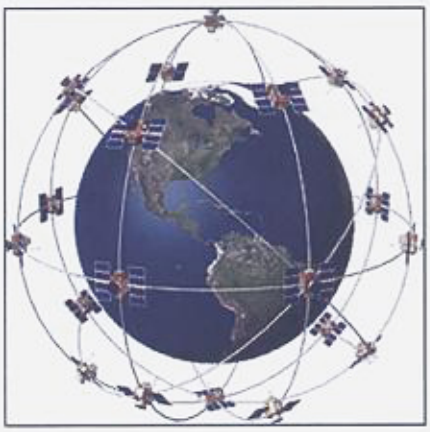
ระบบดาวเทียมจีพีเอส (GPS : Global Positioning System) เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นโดยอาศัยความรู้และประสบการณ์ที่สะสมมาจากระบบทรานสิต ในปี ค.ศ. 1978 ได้มีการส่งดาวเทียมขึ้นไปในวงโคจรเพื่อทดสอบความเป็นไปได้ หาข้อบกพร่องและพัฒนาอุปกรณ์ต่างๆ ให้สมบูรณ์ขึ้น จนกระทั่งได้ข้อสรุปว่าระบบจีพีเอสนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการหาตำแหน่งทั้งบนและเหนือผิวโลกเป็นอย่างมาก ในปี ค.ศ. 1989 จึงเริ่มส่งดาวเทียมสำหรับการใช้งานจริงขึ้นไป และทยอยส่งขึ้นไปเรื่อย ๆ ตั้งแต่ปลายปี ค.ศ. 1991 จนครบ 24 ดวงสมบูรณ์ตามระบบที่ได้ออกแบบไว้ในเดือนมีนาคม ค.ศ. 1994

ระบบดาวเทียมจีพีเอส (GPS : Global Positioning System)

การสำรวจรังวัดด้วยดาวเทียมระบบจีพีเอส เป็นการรังวัดในระบบสามมิติ ด้วยการรับสัญญาณคลื่นวิทยุจากกลุ่มดาวเทียม NAVSTAR (NAVigation Sattellite Time And Ranging) ของกระทรวงกลาโหม ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งประกอบด้วยดาวเทียมจำนวน 24 ดวง โคจรรอบโลกวันละ 2 รอบ ทำให้มีดาวเทียมไม่น้อยกว่า 4 ดวงอยู่บนท้องฟ้าไม่ว่าจะอยู่ที่ใดบนพื้นผิวโลก ดาวเทียมเหล่านี้ส่งสัญญาณที่เป็นคลื่นวิทยุ ทำให้สามารถนำข้อมูลการรับสัญญาณจีพีเอสไปคำนวณหาตำแหน่ง (X, Y, Z) ของเครื่องรับสัญญาณนั้นได้ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง ในทุกสภาพอากาศและทุกหนแห่งบนพื้นผิวโลกหรือที่ระดับเหนือขึ้นไป ระบบจีพีเอสเปิดบริการให้พลเรือนทั่วไปใช้ประโยชน์ในการหาตำแหน่ง โดยเริ่มเปิดดำเนินการอย่างสมบูรณ์ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1993 (พ.ศ. 2536) นอกจากจะใช้ประโยชน์ในเรื่องการนำหนตามวัตถุประสงค์เดิมแล้ว ยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำงานรังวัด (surveying) ที่เป็นการหาตำแหน่งที่มีความถูกต้องสูงได้อีกด้วย ซึ่งการใช้ประโยชน์ในการรังวัดนี้เป็นการประยุกต์ใช้ที่นอกเหนือความคาดหมายจากวัตถุประสงค์เดิมเมื่อตอนเริ่มออกแบบระบบ

ส่วนประกอบของระบบดาวเทียมจีพีเอส ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

1. ส่วนอวกาศ (Space Segment) ประกอบด้วยดาวเทียม 21 ดวง มีดาวเทียมสำรอง 3 ดวง รวมเป็น 24 ดวง โคจรใน 6 ระนาบ ๆ ละ 4 ดวง ระนาบทั้งหกทำมุมเอียงกับระนาบศูนย์สูตร 55 องศา และทำมุมระหว่างกัน 60 องศา (ดังแสดงในรูปที่ 2) ดาวเทียมเหล่านี้อยู่สูงจากผิวโลกขึ้นไป 20,200 กิโลเมตร ซึ่งใช้เวลาในการโคจรรอบโลก 12 ชั่วโมง และมีเวลาอยู่เหนือเส้นขอบฟ้าแต่ละสถานที่ราว 5 ชั่วโมง จากการออกแบบกลุ่มดาวเทียมในลักษณะนี้ ทำให้มีดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวงอยู่บนท้องฟ้าที่ทุก ๆ จุดบนพื้นผิวโลกตลอดเวลา 24 ชั่วโมง



รูปที่ 2 แสดงวงโคจรของดาวเทียมจีพีเอส

บนดาวเทียมแต่ละดวง จะมีชุดของนาฬิกาอะตอมมิคซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดความถี่รวม 4 เรือน คือเป็นรูบิเดียม (Rubidium) 2 เรือน และซีเซียม (Cesium) 2 เรือน ทำให้เวลามาตรฐานของดาวเทียมมีความถูกต้องสูงมาก นอกจากนี้นาฬิกาชุดนี้ยังใช้ในการควบคุมความถี่ของคลื่นส่งและรหัสที่ใช้ในระบบดาวเทียมจีพีเอสทั้งหมดอีกด้วย ความถี่พื้นฐานที่สร้างขึ้นจากแหล่งกำเนิด คือ 10.23 MHz. และความถี่นี้จะถูกนำไปสร้างคลื่นวิทยุของดาวเทียมจีพีเอส โดยคลื่นวิทยุที่ส่งออกมา เรียกว่า L- band ประกอบด้วยคลื่น 2 ความถี่ คือ

คลื่น L_1 ที่ความถี่ 1575.42 MHz. เป็น 154 เท่าของความถี่พื้นฐาน มีความยาวคลื่นเป็น 19 เซนติเมตร

คลื่น L_2 ที่ความถี่ 1227.60 MHz. เป็น 120 เท่าของความถี่พื้นฐาน มีความยาวคลื่นเป็น 24 เซนติเมตร

คลื่นส่งวิทยุนี้จะถูกผสม (Modulate) ด้วยรหัส ข้อมูลดาวเทียม รวมทั้งเวลาที่มีความถูกต้องสูง สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จะถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการหาพิกัดตำแหน่ง รหัสที่ใช้ในจีพีเอส เป็นรหัสเลขฐานสอง (binary) ที่ถูกสร้างขึ้นด้วยสูตรทางคณิตศาสตร์ที่แน่นอน เรียกว่า pseudo-random noise (PRN) ซึ่งดาวเทียมแต่ละดวงจะมี PRN ประจำตัวที่ไม่เหมือนกัน

2. ส่วนควบคุม (Control Segment) รับผิดชอบเกี่ยวกับการปฏิบัติงานของระบบทั้งหมด มีหน้าที่ปรับปรุงให้ข้อมูลดาวเทียมมีความถูกต้องทันสมัยอยู่ตลอดเวลา ส่วนควบคุมนี้จะมีเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อติดตามตรวจสอบดาวเทียมและวงโคจร ควบคุมและบังคับดาวเทียม ประมวลผลและผลิตข้อมูลเกี่ยวกับการนำวิถี และส่งข้อมูลเหล่านี้กลับขึ้นไปที่ดาวเทียมอีกครั้งหนึ่ง โดยมีองค์ประกอบ คือ

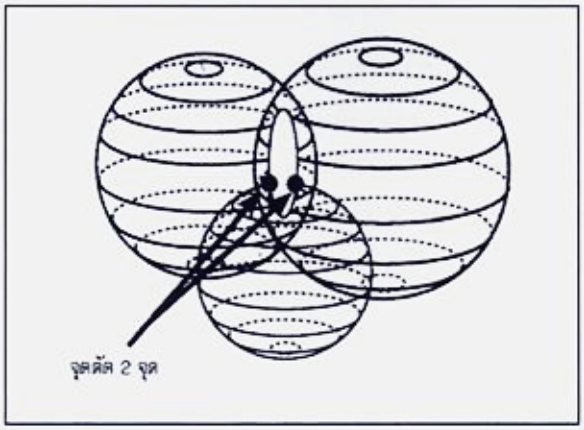
- สถานีควบคุมหลัก (Consoildates Satellite Operation Center : CSOC) ตั้งอยู่ที่ฐานทัพอากาศ Falcon (Falcon Air Force) ใกล้เมืองโคโลราโดสปริงส์ ประเทศสหรัฐอเมริกา
- สถานีติดตาม (Monitoring/Tracking Station) มี 5 แห่ง กระจายอยู่ทั่วโลก ทำการรังวัดติดตามดาวเทียมอยู่ตลอดเวลา ได้แก่ สถานีที่หมู่เกาะควาจาเลียนของฟิลิปปินส์ หมู่เกาะดิเอโกการ์เซียในมหาสมุทรอินเดีย หมู่เกาะแอสแซงชั่นในมหาสมุทรแอตแลนติก หมู่เกาะฮาวายในมหาสมุทรแปซิฟิก รวมทั้งที่โคโลราโดสปริงส์ด้วย
- สถานีรับส่งสัญญาณ (Ground Antenna : เสาอากาศภาคพื้นดิน) มี 3 แห่ง ที่หมู่เกาะควาจาเลียน หมู่เกาะดิเอโกการ์เซีย และหมู่เกาะแอสแซงชั่น

หลักการทำงานอย่างคร่าว ๆ ของระบบควบคุม คือ สถานีติดตามจะทำการตรวจสอบวงโคจรและตำแหน่งของดาวเทียมอยู่ตลอดเวลา โดยสัญญาณที่ส่งออกมาจากดาวเทียม หลังจากนั้นก็จะส่งผ่านข้อมูลเหล่านั้นไปยังสถานีควบคุมหลักซึ่งจะนำข้อมูลนั้น ๆ มาประมวลผลเพื่อความละเอียดถูกต้อง เมื่อได้ผลการคำนวณเป็นที่เรียบร้อย ก็จะทำการปรับปรุงข้อมูลให้ถูกต้องทันต่อเวลา รวมถึงข่าวสารเกี่ยวกับการนำวิถีต่าง ๆ ด้วย แล้วก็จะส่งข้อมูลเหล่านี้ไปยังสถานีรับส่งสัญญาณเพื่อส่งต่อไปยังดาวเทียมอีกครั้งหนึ่ง นอกจากนี้สถานีรับส่งสัญญาณยังใช้สำหรับการรับส่งข้อมูลที่ใช้ในการควบคุมดาวเทียมอีกด้วย

3. ส่วนผู้ใช้ (User Segment) ผู้ที่ใช้ประโยชน์จากระบบดาวเทียมจะต้องมีเครื่องรับสัญญาณและเครื่องคำนวณสำหรับการหาตำแหน่ง ผู้ใช้จะต้องนำเอาเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมระบบจีพีเอสไปตั้ง ณ ตำแหน่งที่ต้องการทราบค่า แล้วนำข้อมูลมาคำนวณหาตำแหน่งนั้น ๆ ต่อไป

หลักการทำงานของดาวเทียมจีพีเอส

การวัดระยะทางไปยังดาวเทียม เรียกว่า ranging การคำนวณตำแหน่งจากการวัดระยะทางเพียงอย่างเดียวต้องการระยะทางที่วัดไปยังดาวเทียมอย่างน้อย 3 ดวงพร้อม ๆ กัน ระยะทางทั้งสามจะต้องไม่ใช่เส้นที่อยู่บนระนาบเดียวกัน ระยะทาง P_i^1 ที่วัดจากจุด i ไปยังดาวเทียมดวงที่หนึ่ง ทำให้เรารู้ตำแหน่งของจุด i ที่ต้องการหา ว่าอยู่บนพื้นผิวทรงกลมที่มีรัศมี P_i^1 เช่นเดียวกัน ระยะทาง P_i^2 ไปยังดาวเทียมดวงที่สอง ทำให้รู้ว่าตำแหน่งของจุด i อยู่บนพื้นผิว ของทรงกลมที่มีรัศมี P_i^2 ทรงกลมที่สองตัดกับพื้นผิวทรงกลมแรกเกิดเป็นรอยตัดรูปวงกลม จึงจำกัดขอบเขตความเป็นไปได้ของตำแหน่งจุด i ให้แคบลงเหลือเพียงตำแหน่งที่เป็นรอยตัดรูปวงกลมเท่านั้น สำหรับระยะทาง P_i^3 ไปยังดาวเทียมดวงที่สาม ก็ให้ข้อมูลเช่นเดียวกับระยะทาง 2 เส้นแรก คือ ทำให้รู้ว่าตำแหน่งของจุด i จะอยู่บนพื้นผิวของทรงกลมที่มีรัศมี P_i^3 ทรงกลมทั้งสามนี้จะตัดกันเป็นรอยตัดรูปวงกลม ซึ่งให้ตำแหน่งที่เป็นไปได้ของจุด i เพียงจุดเดียว ตำแหน่งของจุด i นี้ คือตำแหน่งของจุดที่ต้องการหานั่นเอง (ดังแสดงในรูปที่ 3)



รูปที่ 3 แสดงการหาตำแหน่งโดยการวัดระยะทางไปยังดาวเทียม 3 ดวง พร้อม ๆ กัน

เราสามารถอธิบายการหาตำแหน่งของจุด i ด้วยวิธีการเชิงวิเคราะห์ให้มองเห็นได้ง่าย ๆ ดังนี้

ให้ (X^1, Y^1, Z^1) เป็นตำแหน่งของดาวเทียมดวงที่หนึ่ง

(X^2, Y^2, Z^2) เป็นตำแหน่งของดาวเทียมดวงที่สอง

(X^3, Y^3, Z^3) เป็นตำแหน่งของดาวเทียมดวงที่สาม

และ (X_i, Y_i, Z_i) เป็นตำแหน่งของจุด i

ระยะทางที่วัดไปยังดาวเทียมมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งของดาวเทียมและจุด i ด้วยสมการ

$$P_i^{\,j} = \sqrt{(X^j - X)^2 + (Y^j - Y_i)^2 + (Z^j - Z)^2}$$

โดยที่ $j = 1, 2, 3$

จะเห็นได้ว่า ในสมการ มีตัวไม่รู้ค่า 3 ตัว คือ ค่าพิกัด X_i, Y_i และ Z_i ถ้าเราวัดระยะทางไปยังดาวเทียม 3 ดวง และรู้ตำแหน่งของดาวเทียมที่เราวัดระยะไปนั้น ก็สามารถสร้างสมการได้ 3 สมการ จึงเกิดเป็นระบบสมการที่มีสมการ 3 สมการและตัวไม่รู้ค่า 3 ตัว ดังนั้นเราสามารถแก้สมการหาผลของตัวไม่รู้ค่าได้

ในการวัดระยะไปยังดาวเทียมจีพีเอสโดยใช้รหัส C/A นั้น จะมีความคลาดเคลื่อนที่เป็นค่าต่างของเวลาดาวเทียมกับเวลาของเครื่องรับที่มีขนาดใหญ่มากอยู่ ความคลาดเคลื่อนนี้เป็นความคลาดเคลื่อนจากการที่เราไม่สามารถตั้งเวลาของเครื่องรับให้ตรงกับเวลาของดาวเทียมได้ ทำให้ความคลาดเคลื่อนนี้อยู่ในค่าของระยะ $P_i^{\,j}$ ที่วัดมาได้ ดังนั้น ถ้าคำนึงถึงความคลาดเคลื่อนดังกล่าว ระยะที่ถูกต้อง ก็คือ

$$R_i^{\,j} = P_i^{\,j} - C_B$$

เมื่อ C_B เป็นความคลาดเคลื่อนของการที่เวลาดาวเทียมและเวลาเครื่องรับไม่ตรงกัน เช่นเดียวกับสมการ

$$P_i^{\,j} - C_B = \sqrt{(X^j - X_i)^2 + (Y^j - Y_i)^2 + (Z^j - Z_i)^2}$$

โดยที่ $j = 1, 2, 3$

วิธีการรังวัดในระบบจีพีเอส มี 3 วิธี คือ

1. วิธีวัด Pseudo range วิธีการนี้อาศัยหลักการทางเรขาคณิตอย่างง่าย ๆ ที่เราสามารถจะกำหนดจุดใด ๆ จุดหนึ่งก็ได้จากจุดอ้างอิงอย่างน้อย 3 จุด จากหลักการนี้ถ้าเราต้องการรู้ค่าพิกัด ณ จุดใด ๆ ก็จะทำการวัดระยะจากจุดนั้นไปยังดาวเทียมอย่างน้อย 3 ดวง

ระยะทางจากดาวเทียมมายังจุดที่ทำการรังวัดสามารถคำนวณได้จากเวลาซึ่งใช้ในการเดินทางของสัญญาณมายังเครื่องรับ คูณด้วยความเร็วของคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศ การวัดระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของสัญญาณนี้วัดจากรหัส C/A หรือ P ที่สร้างจากดาวเทียม แล้วนำมาเปรียบเทียบกับรหัสที่สร้างขึ้นมาในเครื่องรับที่ภาคพื้นดิน เราก็จะทราบถึงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของคลื่นส่งจากดาวเทียมมายังเครื่องรับที่ภาคพื้นดิน นำค่านี้มาคูณกับความเร็วของคลื่นก็จะได้ระยะทางซึ่งเรียกว่า Pseudorange หรือ “ระยะปลอม”

ตามทฤษฎีแล้วการหาเวลาที่คลื่นใช้ในการเคลื่อนที่โดยวิธีการเปรียบเทียบรหัสให้ถูกต้องนั้น เวลาของดาวเทียมและเวลาของเครื่องรับจะต้องถูกตั้งให้ตรงกันระดับ 1/1000 ล้านวินาที (nanosecond) ซึ่งเวลาละเอียดในระดับนี้จะต้องใช้นาฬิกาอะตอมมิคเท่านั้น ซึ่งมีราคาแพงมาก วิธีการแก้ปัญหานี้ก็คือ ยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากนาฬิกา (clock error) ได้ เมื่อทราบค่าของความคลาดเคลื่อนนี้ก็สามารถคำนวณหาระยะทางอันเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนของนาฬิกา (clock error rang) ได้เอง

ค่าระยะทางจริง (ture range) ของดาวเทียมมายังเครื่องรับภาคพื้นดิน ก็เกิดจากการรวมค่าซูโดเรนท์ (Pseudorange) และค่าระยะทางอันเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาเข้าด้วยกัน ในทางปฏิบัติจริงนั้นเราต้องการทราบค่าพิกัดที่เครื่องรับภาคพื้นดิน ซึ่งจะมีตัวไม่ทราบค่า (unknown) 3 ตัว คือ X, Y, และ Z นอกจากนี้ยังมีค่าความคลาดเคลื่อนของนาฬิกา (clock error) อีก ทำให้ในการรังวัดต้องทำการวัดระยะทางเพิ่มจาก 3 เส้น เป็น 4 เส้น เป็นอย่างน้อย เพื่อนำมาคำนวณแก้สมการหาค่าที่ไม่ทราบค่าทั้งหลายได้ในเวลาเดียวกัน

2. วิธีการวัดเฟส (Phase) การรังวัดแบบนี้จะให้ค่าความละเอียดถูกต้องมากกว่าวิธีซูโดเรนท์มาก ถ้าเทียบดูจาก คลื่น L_1 ซึ่งมีความยาวคลื่นของสัญญาณเท่ากับ 19 เซนติเมตร จะเห็นว่าความละเอียดถูกต้องของการวัดด้วยเฟสนี้ต้องดีกว่า 19 เซนติเมตร

การวัดจะทำการวัดคลื่นในส่วนที่เป็นเศษของคลื่น (Phase shift) เท่านั้น โดยได้มาจากการเปรียบเทียบกับโครงสร้างของคลื่นซึ่งสร้างขึ้นมาเองภายในเครื่องรับ เศษของคลื่นจะเป็นแค่ส่วนหนึ่งของคลื่นลูกหนึ่งเท่านั้น สำหรับจำนวนลูกคลื่นที่เป็นจำนวนเต็ม เราไม่สามารถทราบค่าในทันทีทันใด แต่จากวิธีการสำรวจซึ่งมีอยู่หลายแบบ และในการประมวลผลข้อมูล จะมีวิธีการคำนวณหาจำนวนลูกคลื่นจำนวนเต็มทั้งหมดได้ เมื่อทราบค่าจำนวนเต็มและเศษของคลื่นเราก็คำนวณหาระยะระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับได้

3. วิธีการวัด Doppler shift วิธีนี้ใช้วิธีการของ Doppler effect ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติของคลื่นที่ส่งออกจากวัตถุที่เคลื่อนที่ คือ ในขณะที่วัตถุหนึ่งซึ่งเคลื่อนที่อยู่ได้ส่งคลื่นสัญญาณออกมาอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ความถี่ที่รับได้จากทางเครื่องรับก็จะเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ในขณะที่วัตถุเคลื่อนที่เข้ามาหาความถี่ก็จะสูงขึ้น และในทางกลับกันความถี่จะลดลงถ้าวัตถุนั้นเคลื่อนที่ห่างออกจากเครื่องรับ ดาวเทียมระบบทรานสิต (Transit) ได้นำเอาหลักการของ Doppler effect มาใช้ประโยชน์ในการนำวิถี ในทำนองเดียวกันดาวเทียมระบบจีพีเอสก็สามารถที่จะใช้

ปรากฏการณ์นี้มาเป็นประโยชน์ในการนำวิถีได้เหมือนกัน แต่ผลที่ได้จะมีค่าความละเอียดถูกต้องน้อยกว่าการปฏิบัติงานด้วยการวัดเฟส

ในขณะที่ทำการรังวัดด้วยวิธีดอปด์เลอร์ เครื่องรับสัญญาณจะสร้างสัญญาณขึ้นมา ซึ่งมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ที่เครื่องรับรับได้ โดยผลต่างของความถี่ทั้งสองจะถูกนำมารวมสะสมกันตลอดเวลา เรียกว่า integrated doppler count ซึ่งค่าผลรวมในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ๆ จะเท่ากับค่าการเปลี่ยนแปลงของระยะทางระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับสัญญาณ จากค่าการเปลี่ยนแปลงของระยะทางนี้ สามารถนำมาคำนวณหาพิกัดของเครื่องรับสัญญาณได้

การทำงานรังวัดภาคสนาม

การปฏิบัติงานรังวัดสัญญาณดาวเทียมในภาคสนาม แบ่งได้ตามประเภทของเครื่องรับที่นำมาใช้ในการหาตำแหน่ง ดังนี้

1. การทำงานด้วยเครื่องรับแบบนำหน (Navigation receiver) รับสัญญาณที่เป็นคลื่นวิทยุจากดาวเทียม ในขณะเดียวกันก็สร้างรหัส C/A ขึ้นมาเปรียบเทียบกับรหัสที่ถอดได้จากสัญญาณ เมื่อเปรียบเทียบได้รหัสตรงกัน จะทำให้รู้เวลาที่คลื่นใช้ในการเดินทางจากดาวเทียมมายังเครื่องรับ ซึ่งเมื่อเอาความเร็วของคลื่นคูณเข้าไปก็จะได้ระยะทางระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับที่เรียกว่า ซูโดเรนจ์ (pseudorang) ในการหาตำแหน่งแบบสามมิติจะต้องวัดระยะทางไปยังดาวเทียมพร้อมกัน 4 ดวง (ปกติเครื่องรับแบบนำหนจะมีช่องรับสัญญาณที่คอยติดตามดาวเทียมได้มากกว่า 4 ดวง) ในกรณีที่มีดาวเทียมอยู่ในท้องฟ้ามากกว่า 4 ดวง เครื่องรับจะเลือกดาวเทียม 4 ดวงที่มีรูปลักษณ์เชิงเรขาคณิตที่ดีที่สุด หรือมีค่า *PDOP* ต่ำที่สุด มาใช้ในการคำนวณตำแหน่งเครื่องรับ

- การหาตำแหน่งสัมบูรณ์ หรือการหาตำแหน่งจุดเดียว (Point/Absolute positioning) วิธีนี้ใช้เครื่องรับแบบนำหนเพียงเครื่องเดียวไปวางที่จุดต้องการหาตำแหน่ง เมื่อเครื่องรับสามารถรับสัญญาณดาวเทียมได้ครบ 4 ดวง ก็แสดงค่าพิกัดได้ในทันที

  ความถูกต้องของการหาตำแหน่งจุดเดี่ยวโดยใช้รหัส C/A อยู่ในเกณฑ์ ±10 ถึง 25 เมตร แต่ด้วยนโยบายของรัฐบาลสหรัฐฯ ที่ต้องการให้ความถูกต้องของการหาตำแหน่งจุดเดี่ยวลดลง จึงเกิดมี "การเลือกปฏิบัติ" (Selective Avialability : SA) ขึ้น เมื่อมีการใช้การเลือกปฏิบัติจะทำให้ความถูกต้องของการหาตำแหน่งของจุดเดี่ยวเป็น ±50 ถึง 100 เมตร วิธีการ SA เป็นวิธีการทำให้จุดเริ่มต้นของสัญญาณกับเวลาเริ่มต้นที่บอกมาในข้อมูลดาวเทียมไม่ตรงกัน ซึ่งมีเทคนิคที่ทำได้ 2 แบบ คือ การเปลี่ยนแปลงตัวเลขในอีฟิเมอริสดาวเทียม และการทำให้นาฬิกาดาวเทียมไม่เสถียร ผลที่เกิดจากการใช้เทคนิคทั้งสองนี้คือความคลาดเคลื่อนของซูโดเรนท์ที่วัดได้ ซึ่งจะทำให้การคำนวณตำแหน่งของเครื่องรับคลาดเคลื่อนตามไปด้วย

แต่เมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2543 (ค.ศ. 2000) ได้มีการยกเลิกการใช้ SA จึงได้มีการทดสอบการหาตำแหน่งในทันที พบว่า ความถูกต้องของตำแหน่งอยู่ในระดับไม่เกิน 10 เมตร

- การหาตำแหน่งสัมพัทธ์ (Relative/Differential Positioning) เป็นวิธีการหาตำแหน่งของจุด ๆ หนึ่งเทียบกับอีกจุดหนึ่ง ถ้ามีจุดหนึ่งเป็นจุดที่เรารู้ค่าพิกัดตำแหน่งสัมบูรณ์อยู่ จุดอื่น ๆ ที่สร้างขึ้นมาใหม่โดยวิธีทำงานแบบสัมพัทธ์จะมีค่าพิกัดตำแหน่งสัมบูรณ์ด้วยเช่นกัน

การหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์นี้ จะต้องมีเครื่องรับสัญญาณอย่างน้อย 2 เครื่องขึ้นไป โดยเครื่องหนึ่งตั้งรับสัญญาณอยู่ในตำแหน่งที่เราทราบค่าพิกัดแน่นอนแล้ว เรียกว่า สถานีฐานหรือสถานีอ้างอิง (Base station or Reference station) เครื่องที่เหลือนำไปตั้งในตำแหน่งที่ต้องการทำการวัดหาค่าพิกัด (unknown station) แล้วทำการรับสัญญาณจากดาวเทียมกลุ่มเดียวกันและในขณะเวลาเดียวกัน เป็นการวัดค่าต่างพิกัดระหว่างจุด 2 จุดของสถานีที่ตั้งเครื่องรับ หรือทำการวัดความยาวเส้นฐาน (baseline) นั้น การวัดนี้จะให้ค่าความถูกต้องสูงมาก เนื่องจากการรังวัดจากจุดหลายจุดสามารถกำจัดค่าความคลาดเคลื่อนที่เหมือนกันบางค่าออกไปได้ ปริมาณที่วัดมาเพื่อประมวลผลนั้นส่วนใหญ่จะวัดผลต่างของเฟสที่ปลายเส้นฐานทั้งสองจุด แต่ปริมาณผลต่างของเวลาก็สามารถนำมาใช้ได้เหมือนกัน ค่าความถูกต้องของการหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์นี้อยู่ในเกณฑ์ ±2 ถึง 5 เมตร

2. การทำงานรังวัดด้วยเครื่องรับแบบรังวัด มีหลักการสำคัญ 3 ประการ คือ

2.1 การใช้คลื่นส่งวัดระยะแทนการใช้รหัส C/A วัดระยะ ทำให้การวัดระยะมีความถูกต้องมากขึ้นเป็นพันเท่า เห็นได้อย่างง่าย ๆ จากความยาวคลื่นส่ง L_1 ที่ยาว 19 เซนติเมตร เทียบกับความยาวหนึ่งตัวอักษรของรหัส C/A ที่ยาว 300 เมตร

2.2 การใช้วิธีการวัดแบบสัมพัทธ์ เป็นวิธีการขจัดความคลาดเคลื่อนแบบมีระบบ (Systematic errors) ที่อยู่ในข้อมูลหรือที่เกิดขึ้นในการวัดระยะทางให้หมดไปหรือลดน้อยลงได้ ด้วยเหตุนี้ความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งจึงลดลง

2.3 การวัดระยะด้วยคลื่นส่ง เครื่องรับสัญญาณวัดระยะระหว่างเครื่องรับกับดาวเทียมได้เพียงบางส่วนเท่านั้น จำเป็นต้องอาศัยการประมวลผลช่วยหาระยะที่ขาดหายไป ข้อเท็จจริงคือ เมื่อแรกรับสัญญาณดาวเทียมได้ การวัดระยะด้วยคลื่นส่งเป็นการสร้างคลื่นที่มีความถี่ใกล้เคียงกับของคลื่นส่งดาวเทียมมาเปรียบเทียบ ดังนั้น สิ่งที่ได้จากการวัดคือ ค่าต่างเฟสของคลื่นทั้งสอง หรืออีกนัยหนึ่ง จะรู้เพียงส่วนย่อยของคลื่นส่งเท่านั้น จำนวนเต็มรอบของคลื่นส่งที่อยู่ระหว่างเครื่องรับกับดาวเทียมไม่สามารถวัดได้ ดังนั้นหลักการที่สำคัญของการหาตำแหน่งด้วยเครื่องรับแบบรังวัดคือ ต้องมี

ข้อมูลเพียงพอที่จะประมวลผลหาว่าจำนวนคลื่นเต็มรอบเป็นเท่าไร จึงจะได้ระยะทางระหว่างเครื่องรับกับดาวเทียมที่ถูกต้อง และเมื่อนำไปคำนวณตำแหน่งเครื่องรับจึงจะได้ตำแหน่งที่มีความถูกต้อง

การทำงานรังวัดจีพีเอสด้วยเครื่องรับแบบรังวัด สามารถทำได้ 5 วิธี คือ

1. การรังวัดแบบสถิต (Static Survey) เป็นวิธีพื้นฐานของการวัดระยะโดยใช้คลื่นส่ง เป็นการทำงานโดยใช้เครื่องรับตั้งแต่ 2 เครื่องขึ้นไป เครื่องหนึ่งไปวางที่จุดที่รู้ตำแหน่งแล้ว ส่วนเครื่องที่เหลือวางไว้ที่จุดที่ต้องการหาตำแหน่งเพิ่มเติม โดยปกติเครื่องรับจะต้องรับสัญญาณไม่น้อยกว่าหนึ่งชั่วโมง เพื่อให้มีข้อมูลของการวัดระยะที่เพียงพอจะประมวลผลหาจำนวนคลื่นเต็มรอบ โดยหลักการแล้ววิธีการนี้ใช้หาตำแหน่งสัมพัทธ์ระหว่างจุดสองจุดที่อยู่ห่างกันเป็นระยะพัน ๆ กิโลเมตรได้ แต่การใช้ซอฟต์แวร์ที่มากับตัวเครื่องนั้น ระยะห่างสูงสุดที่ให้ความถูกต้องได้ตามข้อกำหนดของเครื่องรับจะอยู่ราว 20 – 30 กิโลเมตร เท่านั้น

2. การรังวัดแบบจลน์ (Kinematic Survey) การรังวัดแบบนี้พัฒนาขึ้นเพื่อให้สามารถหาตำแหน่งของจุดที่ต้องการได้เร็วขึ้น คือจะใช้เวลาในการรับข้อมูล ณ จุดที่ต้องการในเวลาไม่ถึงหนึ่งนาที แต่วิธีการนี้มีจุดด้อยคือ เมื่อเริ่มระบบการทำงานแล้ว เครื่องรับจะต้องรับสัญญาณต่อเนื่องจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวงตลอดเวลา แม้กระทั่งในขณะที่กำลังเคลื่อนย้ายจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ถ้าหากรับสัญญาณดาวเทียมได้น้อยกว่า 4 ดวงเมื่อไร จะต้องทำขั้นตอนของวิธีการเริ่มงานใหม่ ในการรังวัดแบบจลน์นี้ เครื่องรับเครื่องหนึ่งจะถูกวางไว้ที่จุดอ้างอิงที่รู้ตำแหน่งแล้วตลอดเวลา เครื่องอื่น ๆ เมื่อทำขั้นตอนวิธีการเริ่มงานแล้ว จึงนำไปวางตามจุดที่ต้องการหาตำแหน่ง

3. การรังวัดแบบกึ่งสถิต (Pseudostatic Survey) การรังวัดแบบกึ่งสถิตเป็นทางเลือกที่อยู่ระหว่างการรังวัดแบบสถิตและการรังวัดแบบจลน์ การรังวัดแบบสถิตต้องใช้เวลาในการรังวัดแต่ละจุดนานเป็นชั่วโมง ส่วนการรังวัดแบบจลน์ก็มีข้อจำกัดที่ต้องรับสัญญาณดาวเทียมให้ได้อย่างน้อย 4 ดวงตลอดเวลา รวมทั้งในขณะที่กำลังเคลื่อนย้ายระหว่างจุดด้วย และต้องเริ่มระบบการทำงานใหม่เมื่อเริ่มต้นทำการรังวัดในแต่ละคาบทำงาน

4. การรังวัดแบบสถิตอย่างเร็ว (Rapid Static Survey) การรังวัดแบบนี้มีวิธีการทำงานเหมือนกับการรังวัดแบบสถิตธรรมดา แต่ต้องการข้อมูลน้อยกว่า เพื่อนำมาประมวลผลหาจำนวนคลื่นเต็มรอบในการหาตำแหน่งของจุดที่อยู่ห่างจากจุดอ้างอิงไม่เกิน 5 กิโลเมตร จะใช้เวลาในการเก็บข้อมูลราว 10 นาที

5. การรังวัดแบบจลน์ในทันที (Real Time Kinematic Survey) วิธีการนี้รู้จักกันในชื่อย่อว่า RTK เป็นวิธีการทำงานรังวัดแบบจลน์ นั่นเอง แต่แสดงผลลัพธ์คือ ค่าพิกัดตำแหน่งได้ทันทีที่ทำการรังวัด โดยเหตุที่การทำงานยังเป็นการหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์ หมายความว่า ข้อมูลจากทั้งสองจุดต้องนำมาประมวลผลร่วมกัน ดังนั้น จึงต้องใช้คลื่นวิทยุในการรับส่งข้อมูลระหว่างกัน เนื่องจากจุดอ้างอิงเป็นจุดรู้ค่าตำแหน่งอยู่แล้ว ในการทำงานแบบ RTK นี้ จึงเป็นการส่งข้อมูลที่รับสัญญาณดาวเทียมได้ไปยังจุดที่ต้องการหาตำแหน่ง เครื่องรับที่จุดต้องการหาตำแหน่งจะรับข้อมูลแล้วนำไปประมวลผล แล้วแสดงค่าพิกัดได้อย่างรวดเร็วในทันที ระยะห่างระหว่างจุดที่ใช้ทำงานได้ไม่เกิน 15 กิโลเมตร นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับกำลังของคลื่นวิทยุที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลระหว่างกัน

ค่าความถูกต้องทางตำแหน่งของดาวเทียม

การรังวัดดาวเทียมเพื่อหาตำแหน่งต้องการดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง และจากอัลมาแนคดาวเทียม (Almanac) ซึ่งเป็นรายการข้อมูลที่บอกถึงสภาพของดาวเทียม และตำแหน่งวงโคจรของดาวเทียมทุกดวงในระบบอย่างคร่าว ๆ ซอฟแวร์ส่วนใหญ่จะสามารถตรวจสอบได้ว่าจะมี

ดาวเทียมอยู่ในท้องฟ้ากี่ดวงที่เวลาต่าง ๆ ซึ่งอัลมาแนคดาวเทียมนี้ได้มาจากการนำเครื่องรับสัญญาณไปตั้งรับสัญญาณ เครื่องรับจะรับข้อมูลอัลมาแนคจากดาวเทียมดวงใด ๆ ที่สามารถรับสัญญาณได้ และใช้ข้อมูลนั้นเพื่อการเลือกรับดาวเทียมที่สามารถจะใช้ได้ในการคำนวณตำแหน่งพิกัด และไม่ควรใช้อัลมาแนคดาวเทียมที่มีอายุเกินกว่า 90 วัน

ดาวเทียมที่นำมาใช้ในการรังวัดจะต้องเป็นดาวเทียมที่ใช้การได้ (healthy) ในบางครั้งดาวเทียมมีการปรับเปลี่ยนวงโคจร ซึ่งจะเป็นช่วงเวลาที่ดาวเทียมใช้งานไม่ได้ (unhealthy) ถ้าเรามีข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องนี้อยู่ ในการวางแผนก็สามารถตัดดาวเทียมที่ใช้การไม่ได้นี้ออกไป

สิ่งที่ต้องคำนึงถึงอีกอย่าง คือ สิ่งกีดขวางในทิศทางต่าง ๆ ตรงจุดที่นำเครื่องรับไปวาง ในกรณีนี้ทำให้ต้องเลือกเวลาในการทำงานรังวัดให้เหมาะสม เพื่อจะได้มีจำนวนดาวเทียมพอกับความต้องการ ตำแหน่งดาวเทียมกับจุดที่วางเครื่องรับมีผลต่อความถูกต้องของตำแหน่งเครื่องรับที่คำนวณ *PDOP* (Position Dilution of Precision) ได้ คือค่าที่ใช้ในการบ่งชี้ว่าความถูกต้องของตำแหน่งจะมีมากน้อยเพียงใด

ในการคำนวณ *DOP* เป็นอัตราส่วนระหว่างความถูกต้องของตำแหน่งกับความถูกต้องของการวัดระยะ นั่นคือ

$$\sigma = DOP\ \sigma_0$$

เมื่อ σ คือความถูกต้องของตำแหน่ง และ σ_0 คือความถูกต้องของการวัดระยะ จะเห็นได้ว่าความถูกต้องของตำแหน่งเครื่องรับที่คำนวณได้ นอกจากจะขึ้นอยู่กับความถูกต้องของการวัดระยะทางไปยังดาวเทียมแล้ว ยังขึ้นอยู่กับเรขาคณิตของดาวเทียมในขณะทำการรังวัดอีกด้วย จึงพอจะบอกได้ว่า ถ้าเราเลือกเครื่องรับเครื่องหนึ่งและวิธีการวัดระยะแบบหนึ่ง ด้วยเครื่องมือและวิธีการวัดอันเดียวกัน จะให้ค่าความถูกต้องของการวัดระยะทางที่เท่ากัน สมมุติเป็น 10 เมตร ถ้าเรขาคณิตดาวเทียมในขณะวัดมีค่า *DOP* เป็น 2 ความถูกต้องของตำแหน่งที่คำนวณได้จะเป็น 20 เมตร แต่ถ้าเรขาคณิตดาวเทียมมีค่า *DOP* เปลี่ยนเป็น 5 ความถูกต้องของตำแหน่งที่คำนวณได้จะเป็น 50 เมตร ดังนั้นค่า *DOP* สูงจึงไม่เหมาะที่จะทำงานรังวัดดาวเทียม ควรเลือกช่วงเวลาทำงานที่มีค่า *DOP* ต่ำ ๆ

DOP มีหลายแบบ ขึ้นอยู่กับค่าที่เราต้องการใช้ ดังนี้

- *HDOP* บ่งชี้ความถูกต้องของตำแหน่งทางราบ
- *VDOP* บ่งชี้ความถูกต้องของตำแหน่งทางดิ่ง (ความสูง)
- *PDOP* บ่งชี้ความถูกต้องของตำแหน่งในสามมิติ
- *TDOP* บ่งชี้ความถูกต้องของเวลาที่ได้จากการรับสัญญาณดาวเทียม
- *GDOP* บ่งชี้ความถูกต้องโดยรวม

DOP แบบต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กัน คือ

$$(PDOP)^2 = (HDOP)^2 + (VDOP)^2$$
$$(GDOP)^2 = (PDOP)^2 + (TDOP)^2$$

การคำนวณและประมวลผลข้อมูลจากการรังวัด

1. การประมวลผลเส้นฐาน (Baseline processing)

เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่า การหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์ด้วยวิธีสถิต (Static relative positioning) นั้นเหมาะสำหรับงานที่ต้องการค่าความถูกต้องสูง ซึ่งวิธีการนี้ต้องใช้เครื่องรับ

สัญญาณดาวเทียมแบบรังวัดอย่างน้อยสองเครื่องในการทำงาน และผลที่ได้จะอยู่ในรูปของค่าระยะทางระหว่างจุดสองจุด หรือที่เรียกว่า เส้นฐาน (Baseline) ค่าความถูกต้องของเส้นฐานจะดีขึ้นเป็นอย่างมากถ้าขบวนการที่เรียกว่า Ambiguity Resolution นั้นประสบความสำเร็จ ซึ่งขบวนการ Ambiguity Resolution นั้นเป็นการเปลี่ยนข้อมูลเฟสของคลื่นส่งให้เป็นระยะทางระหว่างเครื่องรับสัญญาณกับดาวเทียมจีพีเอสที่มีความละเอียดถูกต้องสูงถึงระดับมิลลิเมตร และทำให้สามารถนำเอาระยะทางที่ได้ไปใช้ในการคำนวณหาเส้นฐานที่มีความถูกต้องสูง ทั้งนี้มีปัจจัยหลายประการที่มีผลต่อความสำเร็จของขบวนการ Ambiguity Resolution และค่าความถูกต้องของเส้นฐานที่จะได้รับ เช่น ระยะเวลาในการรับสัญญาณดาวเทียม จำนวนดาวเทียมที่รับได้ เรขาคณิตของดาวเทียมในขณะรับสัญญาณ ขนาดของค่าความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ชนิดของฮาร์ดแวร์ที่ใช้ แบบจำลองค่าคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูล และความยาวเส้นฐาน เป็นต้น

ตัวบ่งชี้คุณภาพที่ได้มาจากการประมวลผลเส้นฐาน ซึ่งสามารถใช้เป็นหลักในการตรวจสอบว่าเส้นฐานที่ได้นั้นน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด พอสรุปเป็นคุณลักษณะได้ดังนี้

1. ขบวนการ Ambiguity Resolution ที่ใช้ควรประสบความสำเร็จ ซึ่งความสำเร็จของขบวนการ Ambiguity Resolution ถือเป็นสิ่งสำคัญในการได้มาซึ่งค่าความถูกต้องในระดับเซนติเมตร โดยทั่วไปซอฟท์แวร์จะบอกว่าขบวนการ Ambiguity Resolution นั้นประสบความสำเร็จที่ค่าความเชื่อมั่นในระดับใด โดยใช้ค่า Ambiguity ratio มาเป็นเกณฑ์ในการประเมินความสำเร็จของขบวนการ Ambiguity Resolution ค่า Ambiguity ratio นี้ ยิ่งมีค่ามากจะยิ่งดี เพราะหมายความว่าโอกาสที่การเปลี่ยนข้อมูลเฟสของคลื่นส่งให้เป็นระยะทางระหว่างเครื่องรับสัญญาณกับดาวเทียมจีพีเอสจะเกิดความผิดพลาดน้อย Euler & Laudau (1992) แนะนำว่าค่าดังกล่าวควรมีค่ามากกว่า 2.0

2. ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเส้นฐานในแต่ละทิศทางเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพอีกอย่างหนึ่ง ถ้าค่าดังกล่าวยิ่งมีค่าน้อย ผลลัพธ์ที่ได้จะมีความแม่นยำสูง แต่ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากซอฟแวร์ทั่วไปนั้นจะดีเกินความเป็นจริงเสมอ ซึ่ง Craymer et al. (1990) ได้แนะนำว่าควรจะคูณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากซอฟแวร์ด้วย 9.0 เพื่อให้ได้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเส้นฐานที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น

3. ค่าเศษเหลือ (Residuals) ที่ได้จากการปรับแก้ด้วยวิธีลีสท์สแควร์ (Least – squares method) ถือว่าเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพที่สำคัญมาก เนื่องจากค่าดังกล่าวนั้นบ่งบอกถึงคุณภาพของข้อมูลจากดาวเทียมแต่ละดวง ภาพรวมของค่าเศษเหลือสามารถดูได้จากค่า RMS float (RMS : root mean square) หรือ RMS fix ที่ได้ก่อนและหลังจากขั้นตอน Ambiguity Resolution ซึ่งค่า RMS ที่น้อยก็บ่งชี้ว่ามีค่าคลาดเคลื่อนอย่างมีระบบโดยรวมน้อย ซึ่งหมายความว่า ข้อมูลชุดนั้นมีคุณภาพดี และผู้ใช้ยังสามารถกำหนดให้ซอฟแวร์ทำการคำนวณค่าเศษเหลือของข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมแต่ละดวงได้ ค่าเศษเหลือที่ได้จะแสดงให้เห็นถึงของค่าความคลาดเคลื่อนที่ยังเหลืออยู่ในข้อมูล ถึงแม้ว่าค่าตัวบ่งชี้สองตัวแรกจะดูดี แต่ก็ควรจะตรวจสอบค่าเศษเหลือด้วย และสามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลดาวเทียมที่ดีควรจะมีค่าเศษเหลือขนาดเล็กกว่า 0.1 cycle หรือประมาณ 2 เซนติเมตร

การตรวจสอบการบรรจบของเส้นฐาน (Loop misclose test)

ก่อนการนำผลที่ได้จากการสำรวจรังวัดด้วยจีพีเอสไปใช้งานในขั้นตอนต่อไป ควรต้องมีการตรวจสอบผลที่ได้จากขั้นตอนแรกก่อน หลังจากการประมวลผลเส้นฐานได้ครบทุกเส้นก็ควรจะมีการตรวจสอบการบรรจบของเส้นฐานเพื่อตรวจหาความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น ก่อนที่จะใช้เส้นฐานที่ได้ไปเป็นข้อมูลในขั้นตอนของการปรับแก้โครงข่าย (Network Adjustment) ต่อไป วิธีการที่สำคัญคือ

การเลือกใช้เฉพาะเส้นฐานที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent baseline) โดยในแต่ละช่วงของการรับสัญญาณจะมีจำนวนเส้นฐานที่เป็นอิสระต่อกันทั้งหมด R-1 เส้นฐาน โดยที่ R คือ จำนวนเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมที่ใช้ในการรับสัญญาณในช่วงนั้น ๆ ซึ่ง Han & Rizos (1995b) ได้กล่าวไว้ว่า ในการที่จะใช้เส้นฐานในการทำการตรวจสอบการบรรจบของเส้นฐานนั้นไม่ควรอย่างยิ่งที่นำเส้นฐานที่เป็นไปได้ทั้งหมด (All possible baseline) ที่อยู่ในช่วงการรับสัญญาณเดียวกันมาทำการคำนวณหาค่าการบรรจบของเส้นฐาน เนื่องจากการกระทำในลักษณะดังกล่าวจะไม่สามารถที่จะตรวจสอบหาค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นที่สถานีใดสถานีหนึ่งได้ นอกจากนี้ยังมีนักวิจัยอีกหลายท่าน เช่น Vincenty, (1987), Craymer & Beck (1992) และ Jivall (1992) ได้กล่าวไว้ว่า การเลือกใช้เส้นฐานที่เป็นไปได้ทั้งหมดในแต่ละช่วงการรับสัญญาณมาใช้ในการปรับแก้โครงข่ายมีผลทำให้ค่าผลลัพธ์ที่ได้ดูดีเกินจริงเป็นอย่างมาก (เฉลิมชนม์, 2545)

2. การแปลงค่าพิกัด

ในทางทฤษฎี ค่าพิกัดที่ได้จากการใช้จีพีเอสเป็นค่าพิกัดฉาก 3 มิติ ที่มีจุดกำเนิดอยู่ที่ศูนย์กลางของโลก โดยระบบพื้นหลักฐานคือ WGS84 (World Geodetic System 1984) โดยทั่วไปแล้วค่าที่นำไปใช้งานจะเป็นค่าพิกัดที่อยู่ในระบบพิกัดของประเทศ สำหรับประเทศไทยใช้ค่าระบบพิกัด UTM (Universal Transverse Mercator) ซึ่งเป็นการฉายตำแหน่งของจุดในระบบสามมิติลงบนระนาบด้วยวิธีการทางเรขาคณิต การแปลงค่าพิกัดฉากจากจีพีเอสเป็นค่าพิกัดของประเทศประกอบด้วยการคำนวณ 2 ขั้นตอน คือ

1. การแปลงจากพื้นหลักฐาน WGS84 ไปเป็นระบบพิกัดภูมิศาสตร์ที่อ้างอิงกับรูปทรงรีที่ประเทศใช้อยู่ คือ ประเทศไทยใช้รูปทรงรี เอเวอร์เรสต์ (Eleverest 1830)
2. การแปลงจากระบบภูมิศาสตร์ เป็นระบบพิกัดกริด

ดังนั้น การคำนวณและประมวลผลข้อมูลจากการรังวัด สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การคำนวณหาพิกัดของสถานีที่ทำการรังวัด เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า ระบบพิกัดที่ใช้อ้างอิงในการสำรวจด้วยจีพีเอสนั้นเป็นระบบพิกัดฉาก 3 มิติ ซึ่งมีแกน X ผ่านเมอริเดียนศูนย์องศา แกน Z คือแกนหมุนของโลก และแกน Y ตั้งได้ฉากกับแกน X และ Z ดังนั้นในขั้นตอนนี้คือการคำนวณหาค่า X, Y, Z ของสถานีที่ทำการรังวัด โดยทั่วไปจะมีซอฟท์แวร์ที่ใช้คำนวณหาค่าพิกัดจากข้อมูลที่ได้มาจากการรังวัดอยู่แล้ว ซึ่งแต่ละแบบก็จะถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้กับชนิดของเครื่องรับและคอมพิวเตอร์ที่แตกต่างกันไป

การรังวัดด้วยจีพีเอสเพื่องานสำรวจส่วนใหญ่จะเป็นการหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์ ในการคำนวณหาค่าพิกัดก็มีเทคนิคการคำนวณอยู่หลายวิธีเพื่อหาค่าตัวแปรที่สำคัญต่าง ๆ หรือกำจัดตัวแปรบางตัวทิ้งไป

2. การแปลงค่า X, Y, Z จากระบบพิกัดฉากไปเป็นละติจูด ลองติจูด และความสูงเทียบกับระบบอ้างอิงที่ใช้แทนสัณฐานของโลก ในที่นี้คือรูปทรงรี (Ellipsoid height) รูปทรงรีนี้มีหลายระบบขึ้นอยู่กับตำแหน่งของประเทศว่าควรเลือกใช้ระบบใด ในประเทศไทยใช้รูปทรงรี เอเวอร์เรสต์ (Everest 1830) เป็นระบบอ้างอิงของประเทศ

ค่าความสูงที่ได้นี้เป็นค่าความสูงเหนือผิวของรูปทรงรี (height above ellipsoid) แต่ตามปกติเราจะใช้ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง (Mean Sea Level : MSL) หรือ

ความสูงเหนือยีออยด์ (height above geoid) ในการเปลี่ยนจากความสูงเหนือรูปทรงรีมาเป็นความสูงเหนือยีออยด์ จึงจะต้องทราบค่าระยะห่างระหว่างพื้นผิวทั้งสอง (Geoid undulation)

3. การแปลงค่าพิกัดจากข้อ 2 คือ ละติจูดและลองติจูด มาเป็นระบบพิกัดบนระนาบ การแปลงนี้ขึ้นอยู่กับการฉายแผนที่ หรือทฤษฎีเส้นโครงแผนที่[4] (Map projection) ที่มีใช้กันอยู่หลายวิธี ในประเทศไทยเราใช้ในระบบยูทีเอ็ม (UTM : Universal Transverse Mercator) เป็นระบบพิกัดบนระนาบเป็นมาตรฐานของประเทศ

ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการสำรวจรังวัดหมุดหลักฐานภาคพื้นดินเพื่อการโยงยึดนั้น มีขั้นตอนในการดำเนินงาน ดังนี้

1. การเตรียมข้อมูลเบื้องต้น

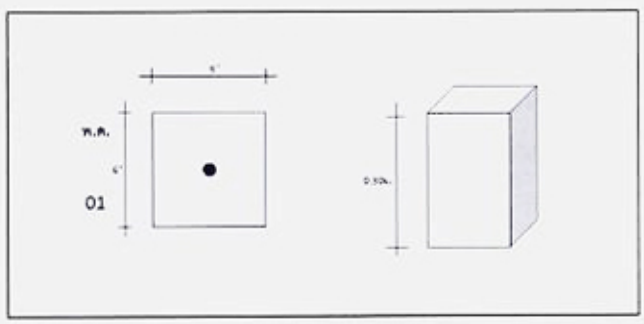
เป็นการเตรียมข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจรังวัดตำแหน่งหมุดหลักฐานที่จะดำเนินงานในพื้นที่ ได้แก่

1.1 แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ลำดับชุด L7018 บริเวณพื้นที่ดำเนินงาน ระวางเลขที่ 6039 IV อำเภอตาลสุม

1.2 แผนที่ภาพถ่ายออร์โธสี [5] มาตราส่วน 1:4,000 บริเวณพื้นที่ดำเนินงาน

1.3 เครื่องมือสำรวจตำแหน่งด้วยดาวเทียมจีพีเอส : Leica GX1230 จำนวน 3 ชุด

1.4 ออกแบบและจัดสร้างหมุดหลักฐานคอนกรีต เพื่อใช้เป็นหมุดหลักฐานแผนที่ โดยหล่อด้วยคอนกรีต ผิวหน้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส กว้าง 6 x 6 นิ้ว สูง 0.30 เมตร (6x6x0.30) หัวหมุดตรงกลางใช้น็อตมีเกลียว ด้านบนมีอักษร พด. และหมายเลขหมุดด้านข้าง (พด. 01) (ดังแสดงในรูปที่ 4)



รูปที่ 4 แสดงแบบหมุดหลักฐานคอนกรีต

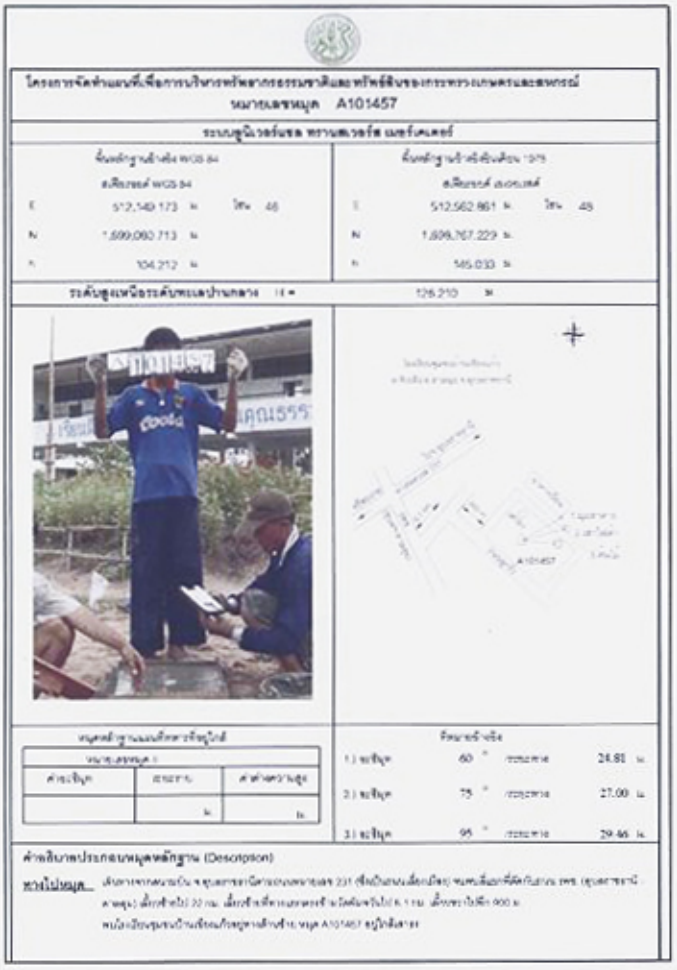
1.5 ข้อมูลหมุดหลักฐานภาคพื้นดินจากโครงการจัดทำแผนที่เพื่อการบริหารทรัพยากรธรรมชาติและทรัพย์สินของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ บริเวณพื้นที่ดำเนินงาน หรือใกล้เคียง ได้แก่ หมุดหมายเลข A101457 พร้อมแบบหมายพยานหมุด (ดังแสดงในรูปที่ 5)

1.6 เตรียมอุปกรณ์อื่น ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการปฏิบัติงาน เช่น เข็มทิศ เทปวัดระยะ แหล่งจ่ายไฟสำรอง แผ่นเก็บข้อมูล สายเคเบิลสำรองที่มีขนาดยาวพิเศษ วิทยุติดต่อระหว่างผู้ปฏิบัติงาน ปูนซีเมนต์ เป็นต้น

---

[4] ดูคำอธิบายเพิ่มเติมในภาคผนวก : อธิบายศัพท์

[5] ดูคำอธิบายเพิ่มเติมในภาคผนวก : อธิบายศัพท์



โครงการจัดทำแผนที่เพื่อการบริหารทรัพยากรธรรมชาติและทรัพย์สินของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์

หมายเลขหมุด A101457

ระบบอ้างอิงพิกัด

E	512,562.861 m.
N	1,609,767.229 m.
h	145.033 m.

ระดับสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง 126.210 m.

ค่าระดับ	ระยะ	ค่าความสูง
	m.	m.

1) ระดับ	60 °	ระยะทาง	24.81 m.
2) ระดับ	75 °	ระยะทาง	27.00 m.
3) ระดับ	95 °	ระยะทาง	29.46 m.

คำอธิบายประกอบหมุดหลักฐาน (Description)

หมายเหตุหมุด

รูปที่ 5 แสดงแบบหมายพยานหมุดหลักฐานภาคพื้นดิน หมายเลข A101457

2. **การวางแผนการปฏิบัติงาน**

ในการปฏิบัติงานสำรวจด้วยเครื่องมือสำรวจจีพีเอสควรมีการวางแผนการปฏิบัติงานอย่างคร่าว ๆ ไว้ล่วงหน้า เพราะมีข้อจำกัดในการทำงานหลายด้าน ถ้าไม่มีการวางแผนอาจทำให้เกิดความล่าช้า ไม่สะดวก และไม่ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ซึ่งการวางแผนเบื้องต้นมีข้อควรคำนึงสำคัญ เช่น

1. ช่วงเวลาการรับสัญญาณ (satellite window) ควรต้องมีการคำนวณล่วงหน้าก่อน เพื่อให้รู้ว่าในแต่ละวันจะมีดาวเทียมลอยอยู่เหนือเส้นขอบฟ้ามากกว่า 15 องศาจำนวนกี่ดวง ซึ่งสามารถดูได้จากอัลมาแนคดาวเทียม

2. การสำรวจพื้นที่โดยทั่วไปของพื้นที่ดำเนินงาน เพื่อนำมาออกแบบ และกำหนดตำแหน่งที่จะตั้งเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส (ดังแสดงในรูปที่ 6) โดยเลือกพื้นที่ตั้งเครื่องรับสัญญาณ ที่โล่ง ไม่มีอะไรบังหรือกีดขวางแนวเล็งระหว่างตำแหน่งหมุดกับดาวเทียม เพื่อการทำงานที่สะดวกรวดเร็วในวันปฏิบัติงาน ซึ่งใช้หลักการในการหาตำแหน่งที่ตั้งหมุดหลักฐาน คือ

- ตำแหน่งหมุดมีความชัดเจน ง่ายและสะดวกต่อการค้นพบของผู้ใช้งาน
- ตำแหน่งที่ตั้งหมุดควรมีความปลอดภัย ไม่เสี่ยงต่อการถูกทำลายได้โดยง่าย
- ตำแหน่งหมุดสามารถเข้าถึงได้ในทุกสภาพอากาศ
- ต้องไม่มีสิ่งกีดขวางใด ๆ
- พื้นที่ง่ายต่อการตั้งขาตั้งเครื่องรับสัญญาณได้

3. ทำการค้นหาตำแหน่งหมุดหลักฐานภาคพื้นที่ที่จะใช้เป็นหมุดอ้างอิง (A101457) ซึ่งอยู่ที่โรงเรียนชุมชนบ้านเชียงแก้ว ตำบลจิกเทิง อำเภอตาลสุม จังหวัดอุบลราชธานี (ตามแบบหมายพยานหมุด)

4. กำหนดแนวหมุดหลักฐานที่จะสร้างไปตามลำน้ำสายหลักในพื้นที่ คือห้วยเทวดา โดยกำหนดระยะห่างระหว่างคู่หมุดเท่ากับ 2 กิโลเมตร และระยะระหว่างหมุดคู่ออกเท่ากับ 100 เมตร

5. กำหนดการฝังหมุดคอนกรีตลงในพื้นดินลึก 0.25 เมตร

6. กำหนดวิธีการสำรวจแบบสถิต (Static Survey) และด้วยระยะห่างระหว่างจุดอ้างอิงกับจุดที่จะทำการสำรวจรังวัด มีระยะห่างไม่เกิน 10 กิโลเมตร จึงกำหนดระยะเวลาในการรับสัญญาณจุดละ 30 นาที

แผนผังแสดงตำแหน่งที่วางแผนว่าจะตั้งเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส

รูปที่ 6 แสดงแผนผังตำแหน่งที่คาดว่าจะตั้งเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส บนแผนที่ภาพถ่ายออร์โธสี

3. การสำรวจรังวัดหมุดหลักฐาน และการประมวลผล

ในการหาค่าพิกัดตำแหน่งหมุดหลักฐานที่สร้างขึ้นใหม่ ใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส โดยเครื่องมือที่นำมาใช้เป็นเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม แบบสองความถี่ (Dual ferquency) ที่รับสัญญาณดาวเทียมได้ไม่น้อยกว่า 8 ดวงในขณะเดียวกัน และมีการบันทึกข้อมูลทั้งที่เป็นรหัสและคลื่นส่ง

ข้อกำหนดในการปฏิบัติงาน

- ใช้วิธีการสำรวจรังวัดตำแหน่งแบบสถิต (Static Survey)
- ใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส ทำงานพร้อมกันครั้งละ 3 เครื่อง
- รับสัญญาณดาวเทียมไม่น้อยกว่า 4 ดวง พร้อมกันในขณะเวลาเดียวกัน
- อัตราการรับข้อมูลดาวเทียมและบันทึกสูงสุด 30 นาที
- มุมกั้นท้องฟ้า (Mark angle) ของเครื่องรับสัญญาณต้องไม่น้อยกว่า 12 องศา
- หมุดหลักฐานที่สร้างขึ้นใหม่ จะต้องมีเส้นฐานที่โยงมาจากหมุดหลักฐานอื่นไม่น้อยกว่า 2 เส้น และจำนวนเส้นฐานในแต่ละวงบรรจบไม่ควรเกิน 6 เส้น

วิธีการในการปฏิบัติงาน

1. นำเครื่องมือสำรวจตำแหน่งด้วยดาวเทียมจีพีเอสไปตั้ง ณ ตำแหน่งหมุดหลักฐานภาคพื้นดินที่รู้ค่า (หมุดอ้างอิง) A101457 โรงเรียนชุมชนบ้านเชียงแก้ว ตำบลจิกเทิง อำเภอตาลสุม จังหวัดอุบลราชธานี เพื่อใช้เป็นสถานีฐาน
2. นำเครื่องมือสำรวจตำแหน่งด้วยดาวเทียมจีพีเอสอีก 2 เครื่องที่เหลือไปตั้ง ณ ตำแหน่งที่จะทำการรังวัดสร้างหมุดหลักฐานใหม่ คู่ที่ 1 โดยใช้ตำแหน่งที่ได้สำรวจวางแผนไว้เป็นเกณฑ์
3. ตรวจสอบคุณสมบัติดาวเทียมแต่ละดวง ที่ปรากฏบนท้องฟ้าขณะปฏิบัติงาน ตรวจสอบมุมกั้นท้องฟ้าของเครื่องรับต้องไม่น้อยกว่า 12 องศา
4. เมื่อตั้งเครื่องรับสัญญาณพร้อมทุกสถานี นัดเวลาเปิดเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมพร้อมกันทั้ง 3 เครื่อง โดยแต่ละสถานีตั้งรับสัญญาณนาน 30 นาที
5. ดำเนินการตั้งเครื่องรับสัญญาณที่ละคู่ จนครอบคลุมพื้นที่ดำเนินการ ซึ่งบางจุดอาจวางหมุดไม่ตรงตามตำแหน่งที่ได้กำหนดไว้ในแผนงาน ทั้งนี้เพื่อความเหมาะสม

การประมวลผลข้อมูล

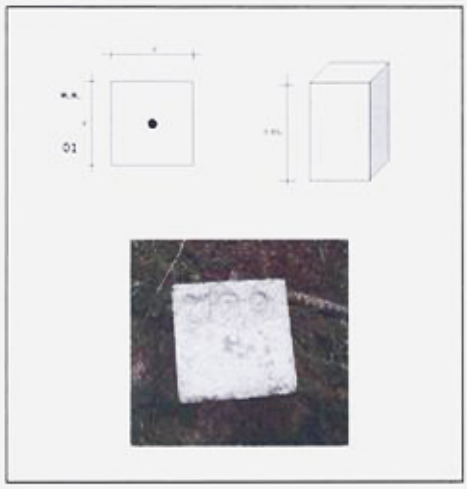
เมื่อทำการตั้งเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส ณ ตำแหน่งที่จะสร้างเป็นหมุดหลักฐานใหม่เสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นต่อไปคือการประมวลผลข้อมูล โดยใช้โปรแกรมประมวลผล Leica Geo Office ในการประมวลผล โดยโปรแกรมประมวลผลมีคุณลักษณะที่สำคัญ ดังนี้

1. ซอฟท์แวร์ประมวลผลสามารถนำข้อมูลการรับสัญญาณทั้งสองความถี่มาประมวลผลให้ได้ความยาวของเส้นฐานที่มีความถูกต้องตามเกณฑ์มาตรฐาน (±2 mm +1ppm ของความยาวเส้นฐาน รวมทั้งให้ค่าสถิติที่ใช้ในการประเมินคุณภาพเส้นฐานที่คำนวณได้ โดยปกติความคลาดเคลื่อนของเส้นฐานไม่มากกว่า 2 เซนติเมตร (1ppm : 1 part per million)
2. เส้นฐานที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับแล้ว เมื่อนำมาประกอบกันเป็นวงบรรจบจะต้องมีความคลาดเคลื่อนบรรจบเฉลี่ยไม่มากกว่า 10 ppm โดยมีความคลาดเคลื่อนสูงสุดในแต่ละวงรอบไม่มากกว่า 15 ppm
3. โครงข่ายที่ได้รับการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนการบรรจบแล้ว ให้นำมาปรับแก้โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least squares) โดยการโยงยึดกับหมุดหลักฐานทางราบและทางดิ่ง

4. ในการคำนวณค่าระดับต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างพื้นผิวรูปทรงรี และระดับทะเลปานกลาง ทั้งในการคำนวณให้ใช้แบบจำลอง EGM96[6] เป็นค่าแก้ระหว่างค่าระดับเหนือทะเลปานกลาง และค่าความสูงเหนือรูปทรงรี (Ellipsoid Height)

การวางหมุดหลักฐานคอนกรีต

หลังจากที่ได้ทำการสำรวจตำแหน่งหมุดหลักฐานเสร็จขบวนการการรังวัดแล้ว ณ ตำแหน่งที่ได้สำรวจรังวัดหมุดหลักฐานใหม่นั้น ทำการฝังหมุดหลักฐานคอนกรีตแบบถาวรลงในพื้นดิน โดยหมุดหลักฐานเป็นหมุดหล่อด้วยคอนกรีต ผิวหน้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส กว้าง 6 x 6 นิ้ว สูง 0.30 เมตร (6 x 6 x 0.30) หัวหมุดตรงกลางใช้น็อตมีเกลียว ด้านบนมีอักษร พด และหมายเลขหมุด (พด. 1) (ดังแสดงในรูปที่ 7) โดยขุดฝังลงในพื้นดิน 0.25 เซนติเมตร ตามแผนผังแสดงตำแหน่งหมุดหลักฐานที่ได้สำรวจรังวัดในพื้นที่ดำเนินงาน (ดังแสดงในรูปที่ 8)



รูปที่ 7 แสดงหมุดหลักฐานภาคพื้นดิน ณ จุดที่ได้สำรวจ

4. การจัดทำแบบหมายพยานหมุด (Description)

เมื่อทำการฝังหมุดหลักฐานลงในพื้นดินเรียบร้อยแล้ว จึงจัดทำหมายพยานหมุดและแบบแสดงรายละเอียดหมุดหลักฐานของหมุดคู่ออกแต่ละคู่ วัตถุประสงค์ เพื่อความสะดวกในการค้นหาหมุดหลักฐาน

[6] EGM96 (Earth Gravity Model96) เป็นโมเดลที่พัฒนาขึ้นจากการร่วมมือของ NASA, NIMA และ OHU เพื่อทำการปรับปรุงข้อมูลจากข้อมูลดาวเทียม ERS-1, GEOSAR, SLR, GPS, DORIS, TOPEX/POSEIDON GEOS-3 ฯลฯ ประมาณ 70 ดวง

ผลการดำเนินงาน

การดำเนินงานสำรวจรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่ ในบริเวณพื้นที่อำเภอตาลสุม มีผลการดำเนินงานดังนี้

ค่าพิกัดหมุดหลักฐานภาคพื้นดิน ประกอบด้วย

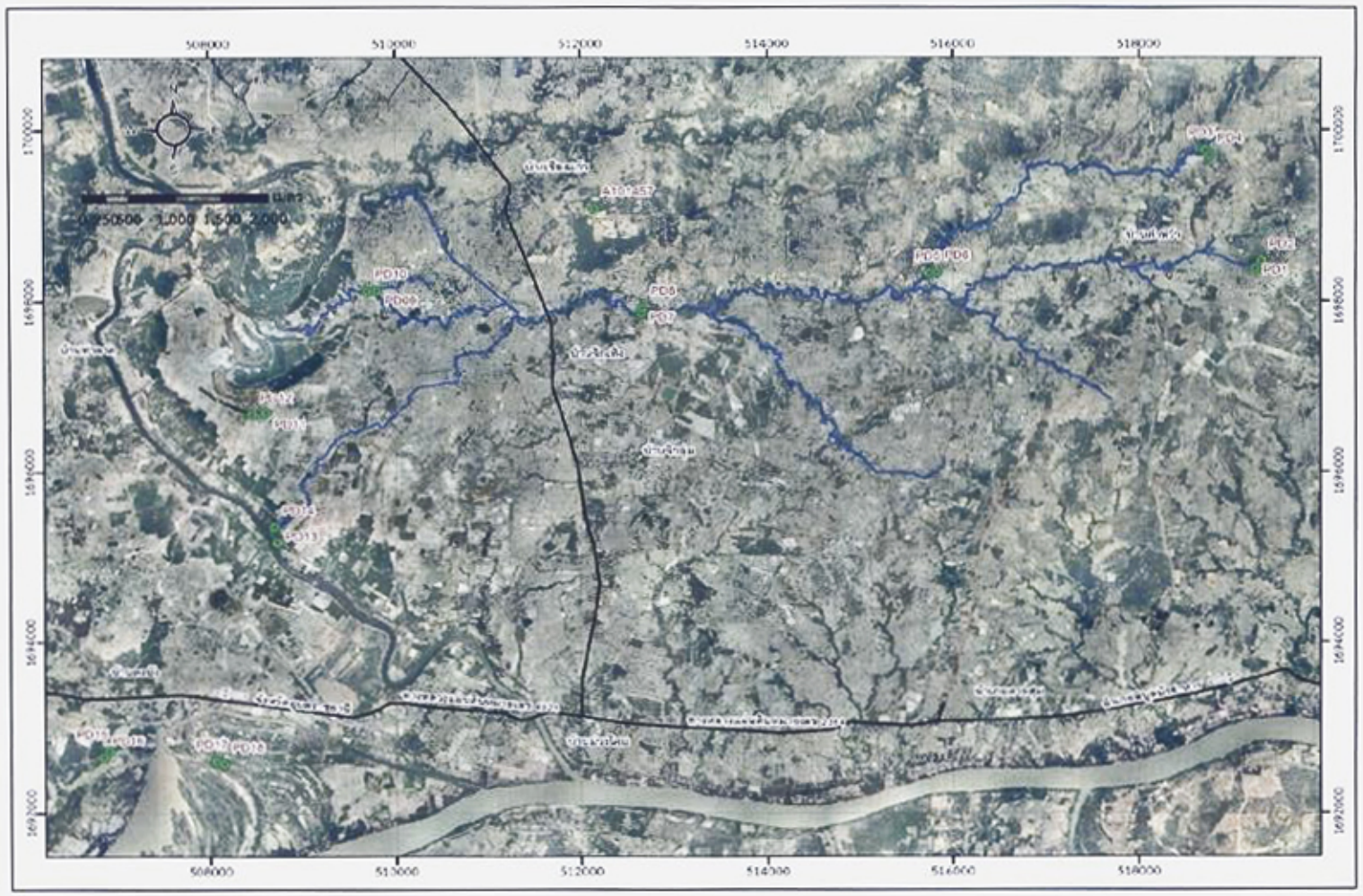
- ค่าพิกัดตำแหน่งหมุดหลักฐานอ้างอิง หมายเลข A101457
- ค่าพิกัดตำแหน่งหมุดหลักฐานที่ได้ทำการสำรวจรังวัดในพื้นที่ดำเนินการ จำนวน 9 คู่ 18 หมุด (ดังแสดงในตารางที่ 1) พร้อมหมายพยานหมุดหลักฐาน

ตารางที่ 1 ค่าพิกัดตำแหน่งหมุดหลักฐานอ้างอิง และหมุดหลักฐานที่ได้จากการสำรวจรังวัด

Point Id	Point Class	Date/Time	Easting	Northing	Ellip. Hgt.	Ortho. Hgt.	Geoid Sep.
☑ A101457	Control	07/19/2014 08:41:14	512149.1730	1699080.7130	104.2118	126.2100	-21.9982
☑ PD09	Adjusted	03/25/2015 11:51:59	509805.1653	1698121.4923	90.9654	113.0264	-22.0610
☑ PD1	Adjusted	03/25/2015 11:51:59	519257.0201	1698382.3264	113.8709	135.5970	-21.7261
☑ PD10	Adjusted	03/25/2015 11:51:59	509699.0363	1698118.8459	90.9990	113.0638	-22.0648
☑ PD11	Adjusted	03/25/2015 11:51:59	508611.0356	1696700.2901	90.1866	112.2565	-22.0699
☑ PD12	Adjusted	03/25/2015 11:51:59	508461.8145	1696669.6844	89.7731	111.8477	-22.0746
☑ PD13	Adjusted	03/25/2015 11:51:59	508728.0563	1695171.9022	89.1930	111.2203	-22.0273
☑ PD14	Adjusted	03/25/2015 11:51:59	508698.3603	1695351.8247	90.4992	112.5322	-22.0330
☑ PD15	Adjusted	03/25/2015 11:51:59	506907.1423	1692722.1665	89.0909	111.1221	-22.0312
☑ PD16	Adjusted	03/25/2015 11:51:59	506848.5261	1692649.7193	88.5391	110.5705	-22.0314
☑ PD17	Adjusted	03/25/2015 11:51:59	508066.0092	1692601.2235	89.6233	111.6089	-21.9856
☑ PD18	Adjusted	03/25/2015 11:51:59	508146.8727	1692569.2688	89.9249	111.9068	-21.9819
☑ PD2	Adjusted	03/25/2015 11:51:59	519324.5483	1698467.3422	114.7364	136.4620	-21.7256
☑ PD3	Adjusted	03/25/2015 11:51:59	518719.8987	1699765.9872	112.0177	133.7972	-21.7795
☑ PD4	Adjusted	03/25/2015 11:51:59	518769.1764	1699707.2522	112.3569	134.1331	-21.7762
☑ PD5	Adjusted	03/25/2015 11:51:59	515751.7965	1698325.0202	100.9921	122.8473	-21.8552
☑ PD6	Adjusted	03/25/2015 11:51:59	515831.1774	1698334.7650	101.6831	123.5356	-21.8525
☑ PD7	Adjusted	03/25/2015 11:51:59	512655.6044	1697858.8833	96.5526	118.5026	-21.9500
☑ PD8	Adjusted	03/25/2015 11:51:59	512668.1260	1697919.1367	97.3257	119.2767	-21.9510

หมุดหลักฐานถาวรในพื้นที่ดำเนินงาน

หมุดหลักฐานถาวรในพื้นที่ดำเนินงาน จำนวน 9 คู่ 18 หมุด (ดังแสดงในรูปที่ 8) และตัวอย่างแบบหมายพยานหมุด (ดังแสดงในรูปที่ 9)



รูปที่ 8 แสดงแผนผังตำแหน่งหมุดหลักฐานที่ได้สำรวจบนแผนที่ภาพถ่ายออร์โธสี

โครงการพิเศษ (ทุ่งหมาหิว) หมายเลขหมุด PD 1 , PD 2 ต.จิกเทิง อ.ตาลสุม จ.อุบลราชธานี	
ระบบยูนิเวอร์แซล ทรานสเวอร์ส เมอร์เคเตอร์ (UTM)	
Pd 1 พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS 84 สเฟียรอยด์Wgs84 โซน 48 E = 519257.020 N = 1698382.326 h =	**Pd 2** พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS 84 สเฟียรอยด์Wgs84 โซน 48 E = 519324.548 N = 1698467.342 h =
ระดับสูงเหนือระดับน้ำทะเลปลานกลาง pd 1 H = 135.597	pd 2 H = 136.462

pd 1

pd 2

Pd 1	ที่หมายอ้างอิง	อะซิมุท	ระยะทาง(ม.)
	1 ต้นหว้า	120*	20.59
	2 เสาไฟฟ้า	220*	0.73
	3 ต้นหว้า	300*	13.60

Pd 2	ที่หมายอ้างอิง	อะซิมุท	ระยะทาง(ม.)
	1 ต้นกรุง	120*	9.89
	2 ต้นยูคา	210*	4.93
	3 เสาไฟฟ้า	320*	11.23

รูปที่ 9 แสดงตัวอย่างของแบบหมายพยานหมุด ในโครงการพัฒนาพื้นที่เฉพาะ (ทุ่งหมาหิว) (หมุดหมายเลข Pd 1 และ Pd 2)

การนำไปใช้ประโยชน์

ในโครงการพัฒนาพื้นที่เฉพาะ (ทุ่งหมาหิว) บริเวณอำเภอตาลสุม จังหวัดอุบลราชธานี เพื่อสนับสนุนโครงการเพิ่มศักยภาพการผลิตข้าวอินทรีย์และพืชหลังนาเพื่อการส่งออกในพื้นที่ทุ่งหมาหิว จังหวัดอุบลราชธานีนั้น ปีงบประมาณ 2557 กรมพัฒนาที่ดินได้เข้าดำเนินการเพื่อสนับสนุนโครงการ โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการจัดหาแหล่งน้ำและจัดทำระบบกระจายน้ำในไร่นา เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำใช้เพื่อการเกษตรในช่วงฤดูแล้ง และบรรเทาปัญหาอุทกภัยในช่วงฤดูน้ำหลาก รวมทั้งให้สามารถใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้อย่างเหมาะสมและยั่งยืน โดยมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด สำนักวิศวกรรมเพื่อการพัฒนาที่ดิน จึงได้เสนอแผนงานโครงการด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำทางวิธีกล ดังนี้

1. การเพิ่มศักยภาพของการอนุรักษ์น้ำในพื้นที่ ได้แก่
   - การพัฒนาสระเก็บน้ำในไร่นา เพื่อบรรเทาการขาดแคลนน้ำ
   - การพัฒนาแหล่งน้ำสาธารณะเดิมให้มีความจุเพิ่มขึ้น
   - การปรับปรุงระบบระบายน้ำให้เอื้อประโยชน์ต่อการจัดการน้ำของพื้นที่โดยการสร้างฝายและขยายลำน้ำ
2. การเพิ่มศักยภาพและความมั่งคงด้านแหล่งน้ำโดยการใช้น้ำเสริมจากลำน้ำนอกพื้นที่ลุ่มน้ำ เช่น
   - การสูบน้ำจากลำเซบก
   - การผันน้ำจากห้วยซึ่งอยู่ทางทิศเหนือของพื้นที่ลุ่มน้ำ
3. การจัดการพื้นที่เพื่อบรรเทาน้ำท่าจากภายนอก ได้แก่
   - การปรับปรุงคันกั้นน้ำเดิมของพื้นที่ตอนล่างให้เป็นทางลำเลียงในไร่นา
   - การสร้างอาคารบังคับน้ำเพื่อควบคุมปริมาณน้ำ

ดังนั้นเพื่อการวางแผนและออกแบบงานโครงการดังกล่าว สำนักวิศวกรรมเพื่อการพัฒนาที่ดิน จึงมีความจำเป็นต้องใช้หมุดหลักฐานทางแผนที่ในพื้นที่ดำเนินงาน ในการวางแนวทางและออกแบบโครงสร้างทางวิศวกรรมอย่างละเอียด ถึงแม้ว่ากรมพัฒนาที่ดินจะมีข้อมูลจากโครงการจัดทำแผนที่เพื่อการบริหารทรัพยากรธรรมชาติและทรัพย์สินของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ใช้ในการดำเนินการแล้วก็ตาม แต่ถ้าพูดถึงโครงสร้างทางวิศวกรรมข้อมูลที่มีอยู่อาจไม่เพียงพอต่อการจัดทำระบบโครงสร้าง เพราะงานระบบโครงสร้างทางวิศวกรรมมีความต้องการความละเอียดของข้อมูลพื้นที่อยู่ในระดับ 0.5 – 1 เมตร ในขณะที่ข้อมูลของโครงการจัดทำแผนที่เพื่อการบริหารทรัพยากรธรรมชาติและทรัพย์สินของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ข้อมูลเส้นชั้นความสูงของพื้นที่อยู่ที่ระดับ 2 เมตร จึงทำให้ความจำเป็นและความต้องการค่าของหมุดหลักฐานแผนที่ในพื้นที่ดำเนินงานยังคงต้องมีอยู่

บทที่ 4
การสำรวจและจัดทำข้อมูลพื้นฐานสำหรับงานการพัฒนาที่ดิน

ในการสำรวจและออกแบบระบบอนุรักษ์ดินและน้ำของกรมพัฒนาที่ดินนั้น ได้มีการกำหนดรูปแบบและแนวทางในการดำเนินงานให้เป็นไปในแนวทางเดียวกัน โดยมีรายละเอียดการดำเนินงานตามลำดับ เริ่มตั้งแต่ การคัดเลือกพื้นที่และการกำหนดเขตพัฒนาที่ดิน การขึ้นทะเบียนเขตพัฒนาที่ดิน การสำรวจและจัดทำข้อมูลพื้นฐาน การวิเคราะห์ปัญหาและยกร่างแผนการดำเนินงานจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ฯลฯ

เครื่องมืออย่างหนึ่งที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในการออกแบบระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ คือ การสำรวจและจัดทำแผนที่ขอบเขต แผนที่ภูมิประเทศ และแผนที่การถือครองที่ดิน มาตราส่วน 1:4,000 ซึ่งโดยปกติการดำเนินงานจะอยู่ในส่วนของฝ่ายสำรวจเพื่อทำแผนที่ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขตเจ้าของพื้นที่ดำเนินการนั้น ๆ โดยในการดำเนินงานทางฝ่ายสำรวจเพื่อทำแผนที่นอกจากจะใช้ข้อมูลจากโครงการจัดทำแผนที่เพื่อการบริหารทรัพยากรธรรมชาติและทรัพย์สินของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์อันได้แก่ แผนที่ภาพถ่ายออร์โธสี ข้อมูลเส้นชั้นความสูง ข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข ข้อมูลหมุดหลักฐานภาคพื้นดิน แล้วก็ตาม แต่ถ้าพบว่าข้อมูลที่มีอยู่ไม่ครบถ้วนตามความต้องการ ก็จะต้องมีการสำรวจเพิ่มเติมโดยการใช้กล้องสำรวจแบบประมวลผลรวม (Total Station) ในการดำเนินงาน

การสำรวจและจัดทำแผนที่ด้วยกล้องประมวลผลรวม (Total Station)

การสำรวจและจัดทำแผนที่ด้วยกล้องสำรวจแบบประมวลผลรวม (Total Station) มีขั้นตอนในการดำเนินงาน ดังนี้

การเตรียมข้อมูล

1. ค้นหาหมุดหลักฐานภาคพื้นดิน ที่อยู่ใกล้พื้นที่ดำเนินการ ของหน่วยงานต่าง ๆ เช่น กรมแผนที่ทหาร กรมที่ดิน กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เพื่อทำการถ่ายค่าหมุดหลักฐานภาคพื้นดินนั้น เข้าสู่พื้นที่ดำเนินการ จำนวน 2 หมุด เพื่อใช้เป็นหมุดคู่ออกในการปฏิบัติงาน

2. วางแผนเส้นโครงงานการสำรวจให้ครอบคลุมพื้นที่ดำเนินงาน

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. นำกล้องสำรวจ (Total Station) ไปตั้งที่หมุดที่รู้ค่าตัวที่ 1 กำหนดเป็นหมุดแรกออก และให้หมุดที่รู้ค่าตัวที่ 2 เป็นธงหลัง โดยนำเป้าสะท้อนแสง (Reflector) ไปตั้ง

2. กำหนดตำแหน่งของธงหน้า ตั้งเป้าสะท้อนแสง (จะเป็นหมุดตั้งกล้องครั้งต่อไป)

3. ที่หมุดตั้งกล้อง จัด (set) กล้องให้เรียบร้อยก่อนเริ่มงาน โดยตั้งชื่องาน ใส่ชื่อหมุดตั้งกล้อง ใส่ค่าพิกัดฉากทางราบ (X, Y) ใส่ค่ากำหนดสูง (รู้ค่า) ใส่ค่าความสูงกล้อง

4. เริ่มทำการสำรวจรังวัดมุมโดยหมุนกล้องหน้าซ้ายไปที่ธงหลัง ใส่ค่าความสูงเป้าสะท้อนแสง แล้วตั้งมุมราบธงหลัง อ่านค่าระยะ

5. จากนั้นหมุนกล้องไปที่ธงหน้า ใส่ความสูงของเป้าสะท้อนแสง กดอ่านมุมราบ และอ่านค่าระยะ

โดยการรังวัดจะอ่านหน้ากล้องทางซ้าย 2 ครั้ง และหน้าขวา 2 ครั้ง เมื่อกดปุ่มตกลง (enter) เรียบร้อย กล้องจะเก็บข้อมูลสนามไว้ในตัวกล้อง เป็นการสิ้นสุดการรังวัดที่หมุดแรก

6. จากนั้นย้ายกล้องไปที่หมุดซึ่งเคยเป็นหมุดธงหน้า โดยเลื่อนธงหน้าต่อไปยังหมุดที่ 3 ตั้งเป้าสะท้อนแสง แล้วย้ายธงหลังมาไว้ที่จุดตั้งกล้องจุดแรก ตั้งเป้าสะท้อนแสง แล้วทำการรังวัดเหมือนครั้งแรก ปฏิบัติไปจนครบทุกหมุดที่วางแผนไว้ จนครบรอบโครงงาน

7. ถ้าต้องมีการเก็บรายละเอียด จะต้องออกเส้นซอยงาน โดยนำกล้องไปตั้งที่หมุดที่ได้กำหนดให้เป็นคู่ออกงานของเส้นซอย (อยู่ในแผนงาน) ในวงรอบนั้น ๆ คู่ใดคู่หนึ่ง แล้วทำการสำรวจผ่านเข้าไปยังพื้นที่ที่ต้องการเก็บรายละเอียด

วิธีการส่องกล้องสำหรับเส้นซอยงาน ทำเช่นเดียวกับการส่องมุมและรังวัดวงรอบ แต่การเก็บรายละเอียดนั้นจะต้องนำ Pole ที่ติดเป้าสะท้อนแสงตั้งไปตามสภาพพื้นที่จนเต็มพื้นที่ และการส่องกล้องจะต้องใส่ค่าความสูงของกล้องที่จุดตั้งกล้องและความสูงของ Pole ที่ส่องทุกตัว

การตั้งกล้องหมุดหนึ่ง ๆ สามารถเก็บรายละเอียดได้หลายหมุดพร้อม ๆ กัน เมื่อไม่สามารถส่องกล้องได้อีก จึงเคลื่อนย้ายกล้องไปยังหมุดต่อไป ซึ่งโดยมากการทำลักษณะนี้เป็นการเก็บสภาพภูมิประเทศ หรือแปลงการถือครองที่ดินของเกษตรกร เป็นการเก็บค่าพิกัดมุมแปลงถือครองที่ดิน แต่นักสำรวจจะต้องไปปักหลักเขตที่มุมแปลงของที่ดินแต่ละแปลงก่อน

8. เมื่อสำรวจได้ข้อมูลครบตามความต้องการแล้ว นำค่าผลการสำรวจรังวัดที่ได้ไปคำนวณหาค่าพิกัด จากนั้นนำค่าพิกัดมาเขียน (Plot) เป็นรูปแผนที่ตามวัตถุประสงค์ที่สำรวจ เช่น แผนที่แปลงถือครองที่ดิน

ข้อจำกัดของวิธีการสำรวจรังวัดด้วยกล้อง

1. ต้องทำการสำรวจพื้นที่ดำเนินงานเบื้องต้นทั้งโครงการ เพื่อวางโครงข่ายการสำรวจ
2. อาจต้องทำการสำรวจระยะราบก่อน แล้วจึงรังวัดค่าระดับสูง ด้วยกล้องระดับในกรณีที่ต้องการข้อมูลแบบ 3 มิติอย่างละเอียด
3. ในการตั้งกล้อง ผู้รังวัดจะต้องมองเห็นทั้งธงหน้า และธงหลัง ทำให้เป็นข้อจำกัดของระยะในการตั้งกล้อง
4. เมื่อรังวัดเสร็จแล้ว จะต้องคำนวณค่าพิกัด แล้วนำมาเขียน (Plot) เป็นแผนที่อีกทีหนึ่ง
5. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานสูง ใช้บุคลากรหลายคนในการปฏิบัติงาน

การเปรียบเทียบการสำรวจรังวัดด้วยกล้อง กับการสำรวจด้วยระบบจีพีเอส

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบการสำรวจรังวัดด้วยกล้อง กับการสำรวจด้วยระบบจีพีเอส

ข้อเปรียบเทียบ	การรังวัดด้วยกล้อง	การรังวัดแบบจีพีเอส
1. การปฏิบัติงาน	1. ต้องมองเห็นกันระหว่างสถานีที่ทำการรังวัด 2. สภาพดินฟ้าอากาศมีผลต่อการปฏิบัติงาน เพราะไม่สามารถปฏิบัติงานในเวลากลางคืนได้ 3. ต้องแยกทำการรังวัดค่าพิกัดราบ และค่าพิกัดสูง	1. จุดรังวัดไม่จำเป็นต้องมองเห็นกัน 2. สามารถปฏิบัติงานได้ตลอด 24 ชั่วโมง 3. ให้ผลการรังวัดได้ใน 3 มิติ
2. ค่าความคลาดเคลื่อน	1. มีการกระจายค่าความคลาดเคลื่อนจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่ง 2. ความละเอียดถูกต้องของงานขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเครื่องมือและผู้ปฏิบัติงาน 3. ทำการปรับแก้ทีละมิติ	1. ค่าความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์เดียวกันทั้งโครงงาน 2. ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในระดับเซนติเมตร 3. ทำการปรับแก้โครงข่ายแบบสามมิติ
3. เวลา	1. ใช้เวลาในการปฏิบัติงานนานกว่าจะครบทั้งพื้นที่โครงการ	1. จำนวนหมุดที่ปฏิบัติงานน้อยกว่า
4. ค่าใช้จ่าย	1. ค่าใช้จ่ายในการซื้อเครื่องมือถูกกว่า 2. ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยของงานสูงกว่า	1. ค่าใช้จ่ายในการซื้อเครื่องมือสูงกว่า 2. ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยของงานน้อยกว่า

ข้อจำกัดของการปฏิบัติงานการสำรวจ

แม้จะพบว่า การสำรวจด้วยเครื่องมือสำรวจแบบระบบจีพีเอส ให้ผลการปฏิบัติงานที่ดีและมีประสิทธิภาพมากกว่าเครื่องมือสำรวจที่มีอยู่เดิม แต่เนื่องจากเครื่องจีพีเอส มีราคาสูงกว่าเมื่อเทียบกับเครื่องมือสำรวจประเภทอื่น ๆ การจัดซื้อจึงเป็นไปด้วยความยากลำบาก

ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนางานการพัฒนาที่ดิน

ระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำของกรมพัฒนาที่ดินเป็นกลไกสำคัญที่จะช่วยเหลือเพื่อช่วยยกระดับรายได้และความเป็นอยู่ของเกษตรกรให้ดีขึ้น และเป็นที่ทราบแล้วว่า แผนที่เป็นอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่สำคัญในการดำเนินงาน ไม่ว่าจะเป็นการวางแผน การออกแบบ การวิเคราะห์/สังเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น ซึ่งในการดำเนินงานเรื่องการจัดทำแผนที่ขอบเขต และแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:4,000 นั้น ชั้นข้อมูลที่กรมพัฒนาที่ดินมีอยู่และใช้ในการดำเนินงานปัจจุบันแล้วนั้นน่าจะเพียงพอต่อการใช้ประโยชน์ นอกจากความต้องการข้อมูลเฉพาะที่ต้องการความละเอียดของข้อมูลที่มากขึ้นของหน่วยงานนั้น ๆ เท่านั้น ที่อาจต้องมีการจัดทำข้อมูลเพิ่มเติมขึ้น แต่ในส่วนของแผนที่การถือครองที่ดิน มาตราส่วน 1:4,000 ที่มีผลกระทบต่อตัวของเกษตรกรโดยตรง ในปัจจุบันอาจจะพบว่า ข้อมูลดังกล่าว มีแต่แผนที่แปลงที่ดิน ยังไม่ได้นำฐานข้อมูลของเกษตรกรรายบุคคลเข้ามาร่วมในการจัดทำฐานข้อมูล

ดังนั้น เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงาน และด้วยในการร่วมงานโครงการพัฒนาที่ดินในพื้นที่เฉพาะ (ทุ่งหมาหิว) เพื่อสนับสนุนโครงการเพิ่มศักยภาพการผลิตข้าวอินทรีย์และพืชหลังนาเพื่อการส่งออกในพื้นที่ทุ่งหมาหิว จังหวัดอุบลราชธานีนั้น สำนักเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่ ได้ดำเนินงานในการสำรวจและจัดทำแผนที่การถือครองที่ดิน ให้กับโครงการฯ ด้วย จึงขอนำมาเสนอเพื่อเป็นตัวอย่างหนึ่งในการดำเนินงานด้านนี้

การสำรวจจัดทำแผนที่การถือครองที่ดิน มาตราส่วน 1:4,000

ในการดำเนินงานสำรวจและจัดทำแผนที่การถือครองที่ดินนั้น สำนักเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่ ได้นำวิธีการด้านการสำรวจและจัดทำแผนที่ร่วมกับการจัดทำฐานข้อมูลโดยวิธีการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถาม แล้วนำข้อมูลเข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อเป็นฐานให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

การสำรวจและจัดทำแผนที่ถือครองที่ดิน มาตรส่วน 1:4,000 เป็นข้อมูลและแผนที่ที่ประกอบไปด้วยรูปแปลงที่ดินของเกษตรกรเป็นรายแปลง พร้อมระบุชื่อเจ้าของแปลงที่ดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน สิทธิการครอบครอง เนื้อที่ (ไร่) และข้อมูลอื่น ๆ ที่ได้จัดทำไว้ในแบบสอบถามตามความต้องการของเจ้าของงาน

อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการ

1. ข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายออร์โธสี (Orthophoto) มาตราส่วน 1:4,000
2. แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ชุด L7018 ของกรมแผนที่ทหาร
3. ข้อมูลพื้นฐานในรูปแบบเชิงเลข ได้แก่ แปลงที่ดิน ขอบเขตการปกครอง ถนน เส้นทางน้ำ แหล่งน้ำ
4. เครื่องคอมพิวเตอร์ พร้อมโปรแกรมปฏิบัติการ
5. เครื่องพิมพ์แผนที่ (Plotter)
6. อุปกรณ์สำนักงานอื่น ๆ เช่น กระดาษ หมึก สื่อบันทึกข้อมูล ฯลฯ

ขั้นตอนการดำเนินงาน มีดังต่อไปนี้

1.กำหนดขอบเขตพื้นที่ดำเนินงานในกิจกรรมสำรวจจัดทำแผนที่การถือครองที่ดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรรายแปลง

2. นำขอบเขตดำเนินงานประสานขอข้อมูลแปลงการถือครองที่ดินจากสำนักงานที่ดินจังหวัดอุบลราชธานี สาขาพิบูลมังสาหาร ดังแสดงในรูปที่ 13

3. นำเข้าข้อมูลสู่ระบบภูมิสารสนเทศ โดยกำหนดพื้นหลักฐานแผนที่เป็น WGS84 โซน 48 ทั้งนี้เพื่อให้ข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาใช้ร่วมกับฐานข้อมูลพื้นฐานอื่น ๆ ที่สำนักเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่ มีอยู่

4. ออกแบบแบบสอบถาม หรือแบบสัมภาษณ์ร่วมกับหน่วยงานเจ้าของพื้นที่ และสำนักวิศวกรรมเพื่อการพัฒนาที่ดิน ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ตามวัตถุประสงค์ของโครงการ ดังแสดงในรูปที่ 12

5. จัดทำแผนที่การถือครองที่ดินเพื่อการสำรวจภาคสนามโดยข้อมูลประกอบด้วยเลขที่ดินของที่ดินแต่ละแปลง (ทั้งนี้เพื่อไว้ใช้เทียบเคียงกับสำเนาโฉนดที่ดินของเกษตรกรที่นำมาให้บันทึกข้อมูลลงบนแบบสัมภาษณ์) ดังแสดงในรูปที่ 11

6. ประสานงานกับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น กำนัน ผู้ใหญ่บ้าน ประชาสัมพันธ์โครงการ นัดหมายเวลาและสถานที่เข้าปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ พร้อมประชาสัมพันธ์เอกสารที่เกษตรกรต้องนำมาในวันนัดหมาย ได้แก่ บัตรประจำตัวประชาชน บัตรการลงทะเบียนเกษตรกร เอกสารการถือครองที่ดิน เป็นต้น

7. เมื่อถึงวันนัดหมาย ปฏิบัติงานดังนี้

- เกษตรกรแสดงหลักฐานเอกสารบัตรประจำตัวประชาชน เอกสารการลงทะเบียนเกษตรกร (ถ้ามี) เอกสารการถือครองที่ดิน
- เจ้าหน้าที่และเกษตรกรร่วมกันตรวจสอบแปลงที่ดินตามเอกสารในแผนที่การถือครองที่ดินที่ได้จัดเตรียมจากข้อมูลฐาน
- สัมภาษณ์เกษตรกรตามแบบสอบถาม

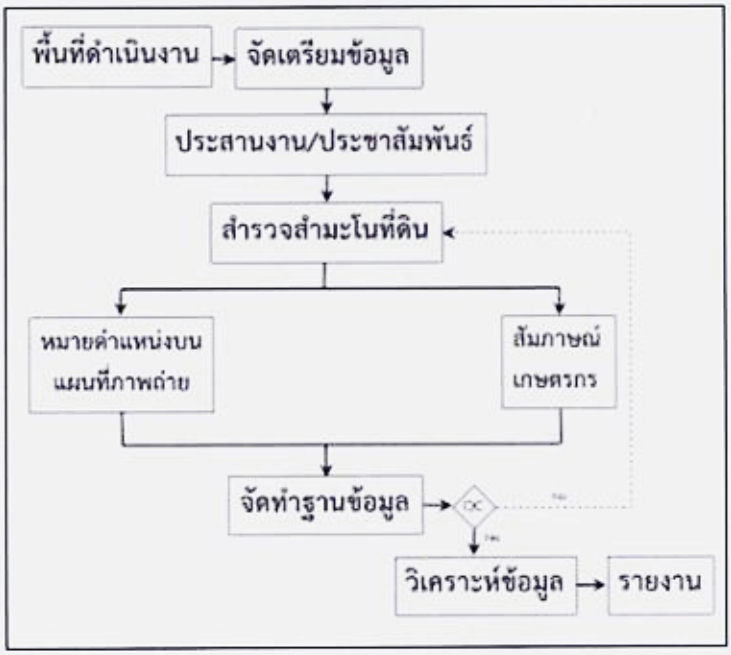
8. ตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลแผนที่ฐานที่จัดเตรียม กับข้อมูลแผนที่ที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม

9. บันทึกข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ ลงในตารางที่ได้ออกแบบไว้ ในโปรแกรม Excel

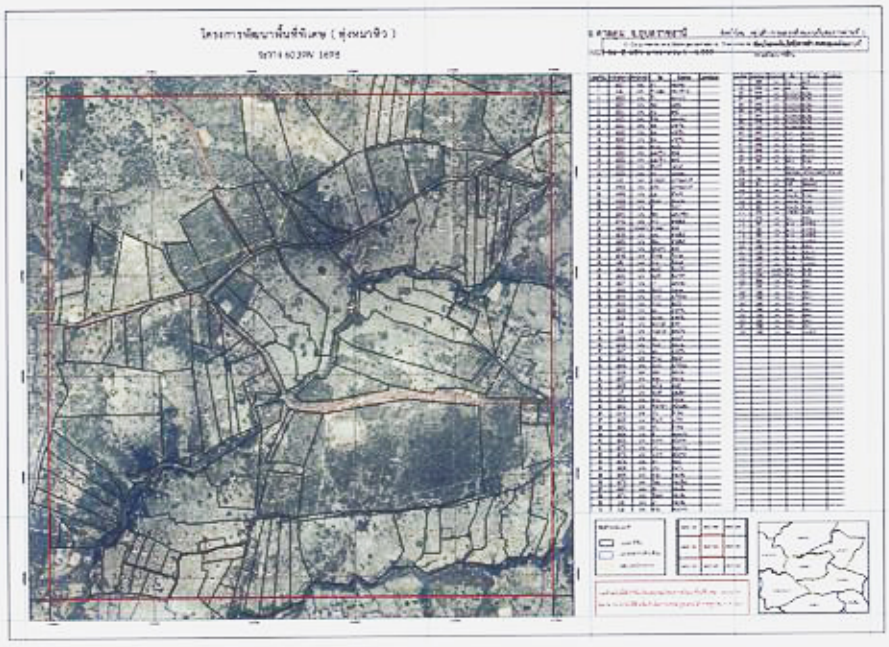
10. วิเคราะห์ข้อมูลด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

11. จัดทำรายงาน แผนที่ และข้อมูลแผนที่ในระบบข้อมูลเชิงเลข

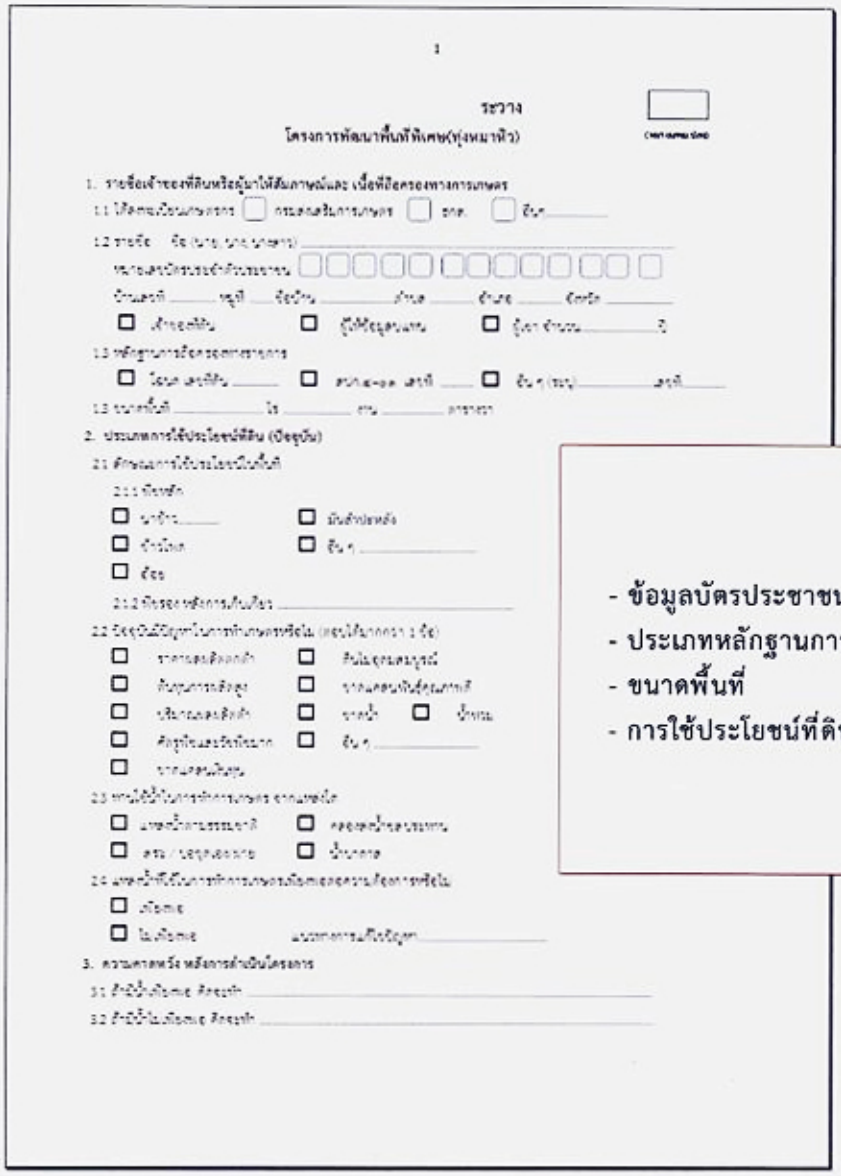
แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน ดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 10 แสดงแผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่ 11 แสดงแผนที่แปลงถือครองที่ดินทางการเกษตรซ้อนทับบนแผนที่ภาพถ่ายออร์โธสี มาตราส่วน 1:4,000 สำหรับที่ใช้ในงานภาคสนาม



ระวาง

โครงการพัฒนาพื้นที่พิเศษ(ทุ่งหมาหิว)

1. รายชื่อเจ้าของที่ดินหรือผู้มาให้สัมภาษณ์และ เนื้อที่ถือครองทางการเกษตร

1.1 ให้สัมภาษณ์ในนามของ ☐ กรมส่งเสริมการเกษตร ☐ อกส. ☐ อื่นๆ _____

1.2 ชื่อ-นามสกุล (นาย/นาง/นางสาว) _____

หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน ☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐

บ้านเลขที่ _____ หมู่ที่ _____ ชื่อบ้าน _____ ตำบล _____ อำเภอ _____ จังหวัด _____

☐ เจ้าของที่ดิน ☐ ผู้ที่ได้รับมอบหมาย ☐ อื่นๆ จำนวน _____ ปี

1.3 หลักฐานการถือครองทางราชการ

☐ โฉนด เลขที่ดิน _____ ☐ ส.ป.ก.-๔-๐๑ เลขที่ _____ ☐ อื่นๆ (ระบุ) _____ เลขที่ _____

1.4 ขนาดพื้นที่ _____ ไร่ _____ งาน _____ ตารางวา

2. ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน (ปัจจุบัน)

2.1 ลักษณะการใช้ประโยชน์ในพื้นที่

2.1.1 พืชไร่

☐ มันสำปะหลัง ☐ ข้าวโพด

☐ อ้อย ☐ อื่นๆ _____

2.1.2 พืชยืนต้น _____

2.2 ปัจจุบันมีปัญหาในการทำเกษตรหรือไม่ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ ขาดแคลนพื้นที่ทำกิน ☐ ที่ดินอุดมสมบูรณ์

☐ ที่ดินมีการลาดชัน ☐ ขาดแคลนที่ดินทำกินเพิ่มเติม

☐ เป็นดินเค็มหรือดินเปรี้ยว ☐ ขาดน้ำ ☐ น้ำท่วม

☐ ดินตื้นและมีหินมาก ☐ อื่นๆ _____

☐ ขาดแคลนแหล่งน้ำ

2.3 ท่านใช้น้ำในการทำการเกษตร จากแหล่งใด

☐ แหล่งน้ำตามธรรมชาติ ☐ คลองส่งน้ำชลประทาน

☐ สระ / บ่อน้ำของเกษตรกร ☐ น้ำบาดาล

2.4 แหล่งน้ำที่ใช้ในการทำการเกษตรเพียงพอต่อความต้องการหรือไม่

☐ เพียงพอ

☐ ไม่เพียงพอ แนวทางการแก้ไขปัญหา _____

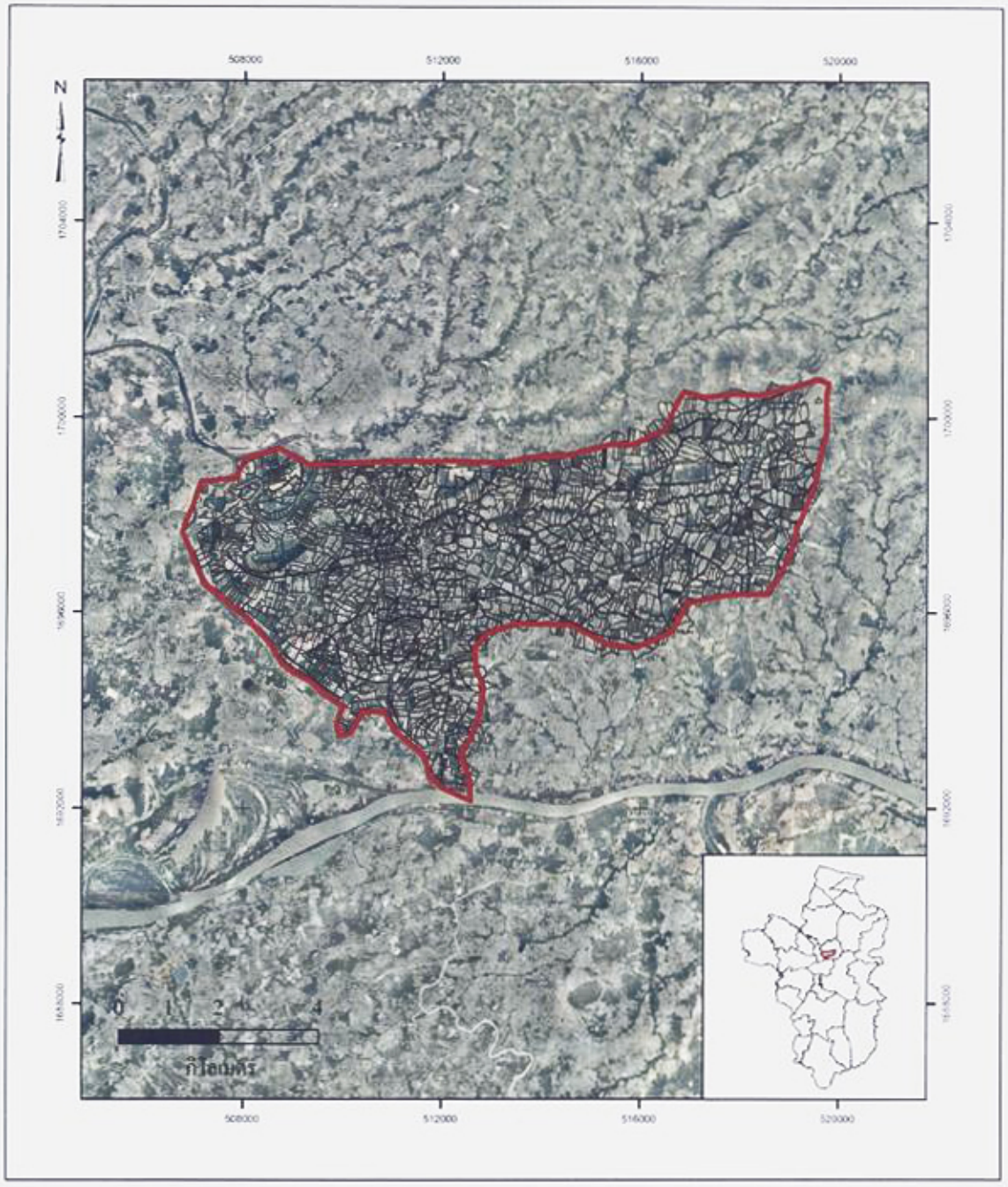
3. ความคาดหวัง หลังการดำเนินโครงการ

3.1 ด้านบวก คือ _____

3.2 ด้านลบ คือ _____

- ข้อมูลบัตรประชาชน
- ประเภทหลักฐานการถือครอง
- ขนาดพื้นที่
- การใช้ประโยชน์ที่ดิน

รูปที่ 12 แสดงตัวอย่างแบบสอบถาม



รูปที่ 13 แสดงแผนที่แปลงถือครองที่ดินในพื้นที่ดำเนินการ

(ที่มา : ข้อมูลแปลงที่ดินจากสำนักงานที่ดินจังหวัดอุบลราชธานี สาขาพิบูลมังสาหาร)

ผลการดำเนินงาน

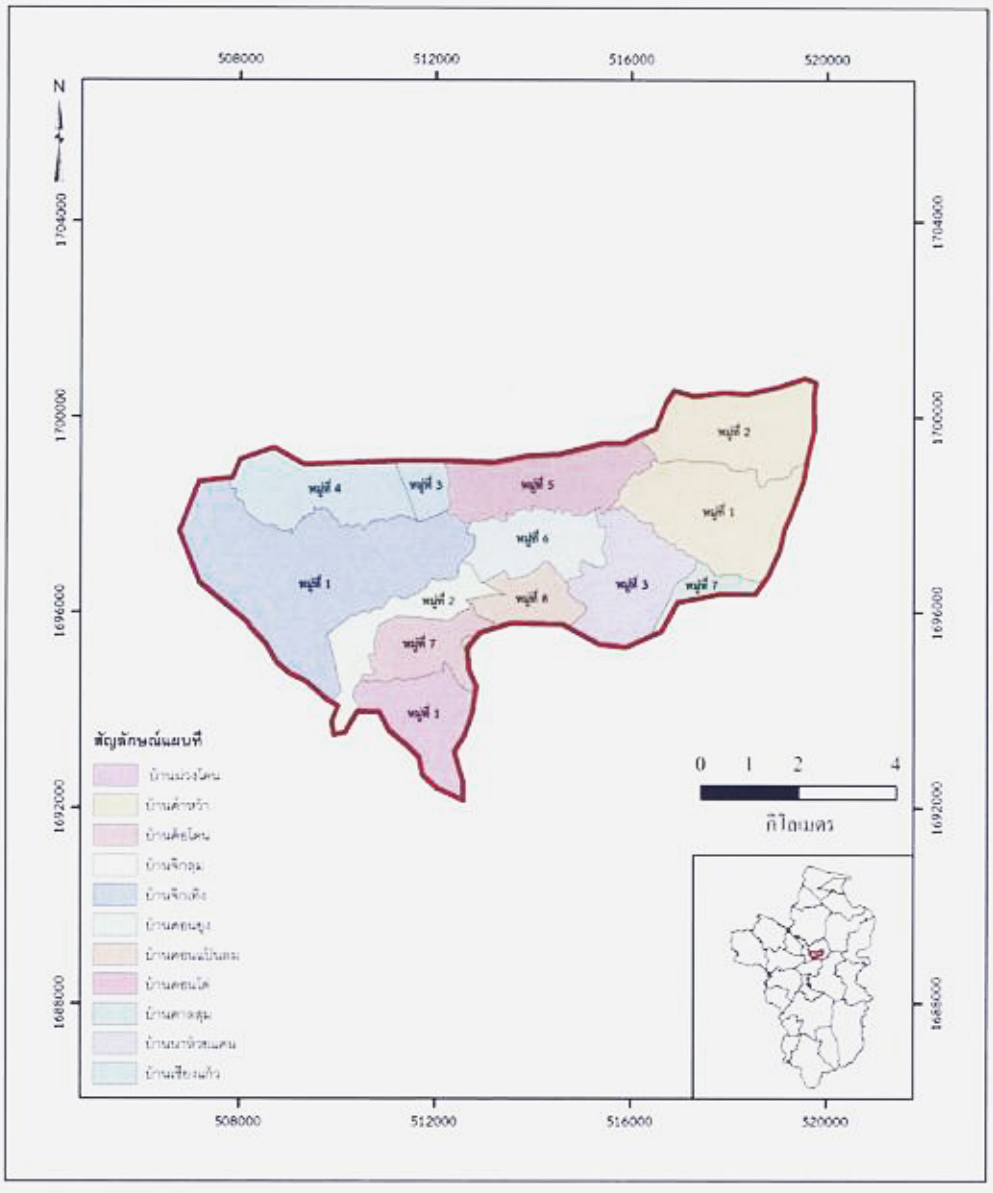
ผลจากการดำเนินงานจะได้ฐานข้อมูลและแผนที่แสดงการถือครองที่ดินทางการเกษตร และการใช้ประโยชน์ที่ดินของเกษตรกรเป็นรายแปลง ประกอบกับข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการทำการเกษตร และตัวของเกษตรกร ได้แก่

1. ชื่อและที่อยู่ของเกษตรกร
2. หลักฐานการถือครองที่ดิน เช่น โฉนดที่ดิน ส.ป.ก.
3. ขอบเขตการถือครองที่ตัน และขนาดเนื้อที่การถือครอง
4. การใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบัน ประเภทการเกษตรหลัก และพืชรอง
5. การเป็นสมาชิกองค์กรด้านการเกษตร เช่น การลงทะเบียนเกษตรกร การเป็นสมาชิก ธ.ก.ส. การเป็นสมาชิกสหกรณ์ เป็นต้น

พร้อมกันนี้ จากข้อมูลที่ได้นำไปสู่การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นในภาพรวมของพื้นที่ดำเนินการทั้งหมด ในรูปของตาราง และแผนที่ ได้แก่

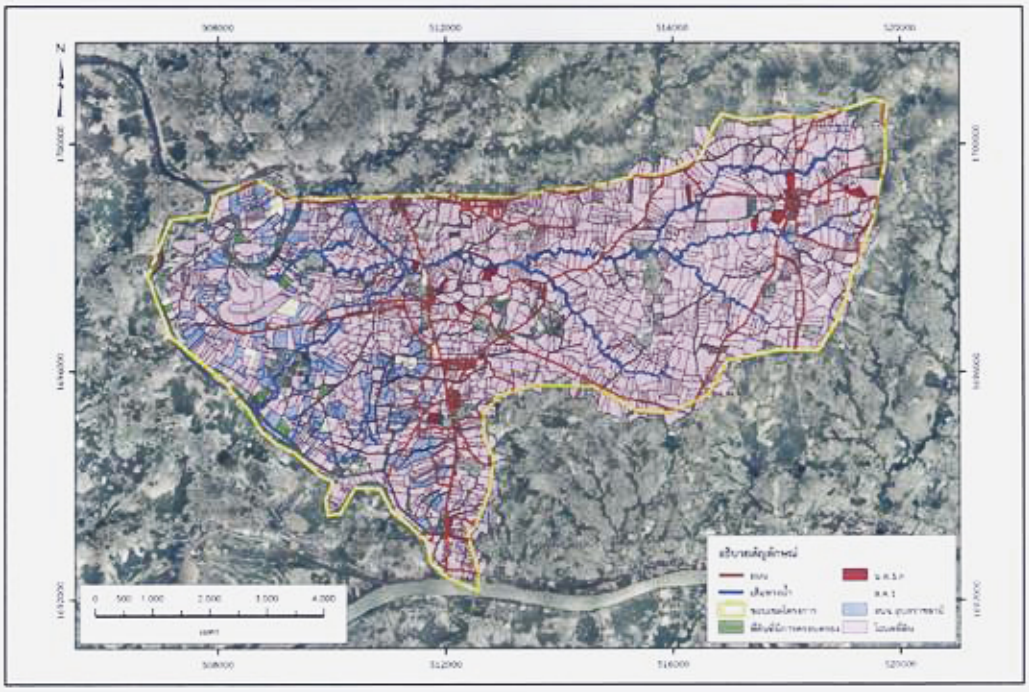
1. แผนที่แสดงขอบเขตการปกครองระดับหมู่บ้าน ดังแสดงในรูปที่ 14
2. ด้านการถือครองที่ดิน แบ่งเป็น ประเภทของการถือเอกสารสิทธิ ดังแสดงในรูปที่ 15 และขนาดและสัดส่วนของแปลงที่ดิน ดังแสดงในรูปที่ 16
3. ด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินของเกษตรกรในปัจจุบัน ดังแสดงในรูปที่ 17
4. ด้านแหล่งน้ำที่ใช้ในการทำการเกษตร เช่น แหล่งน้ำตามธรรมชาติ ได้แก่ น้ำฝน แม่น้ำ ห้วย แหล่งน้ำจากชลประทาน หรือเกษตรกรจัดหาเอง เช่น ขุดบ่อ ดังแสดงในรูปที่ 18
5. ด้านปัญหาในการทำการเกษตร เช่น ต้นทุนในการผลิตสูง มีศัตรูพืช ดินไม่สมบูรณ์ น้ำท่วม ภัยแล้ง ราคาผลผลิตตกต่ำ
6. ด้านความคาดหวังของเกษตรกร เมื่อดำเนินโครงการแล้วเสร็จ เช่นการปลูกพืชหลังนาเพื่อเป็นการเพิ่มรายได้ของเกษตรกรอีกทางหนึ่ง

แผนที่ประกอบการวิเคราะห์ข้อมูล เช่น

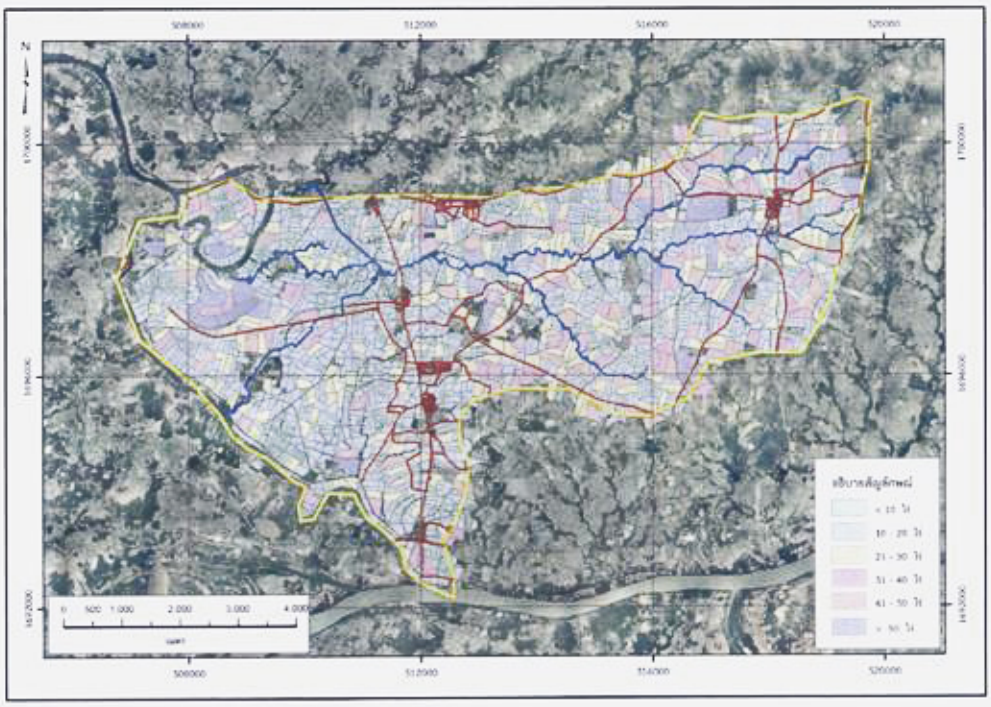


รูปที่ 14 แผนที่แสดงขอบเขตการปกครองระดับหมู่บ้าน

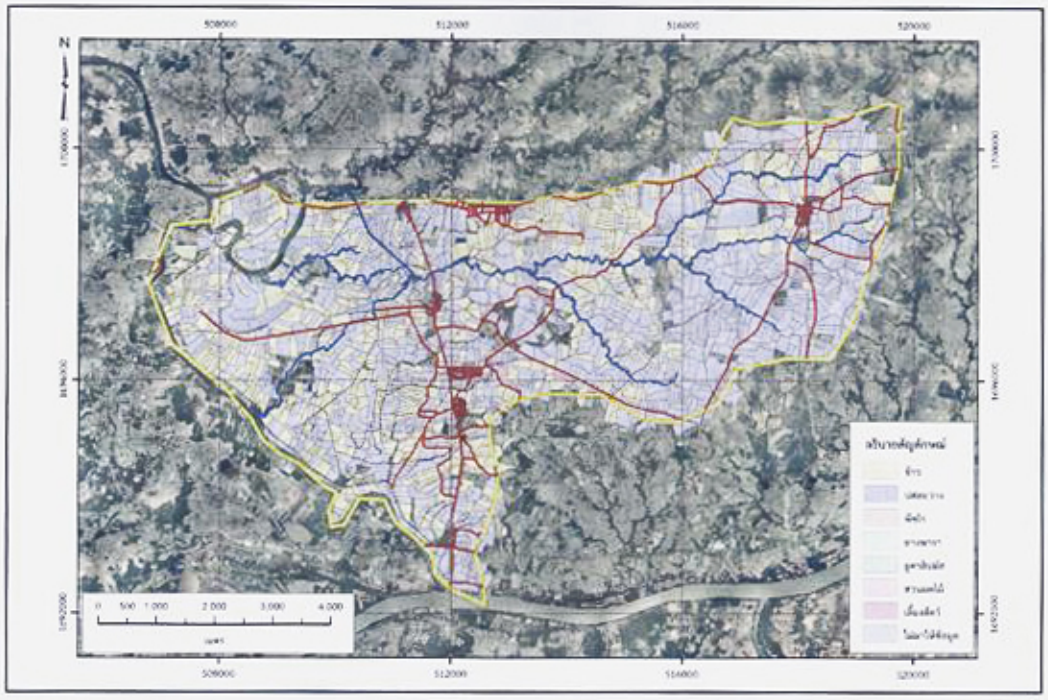
(ที่มา : ขีดขอบเขตตามการแบ่งพื้นที่การปกครองจากส่วนราชการในพื้นที่)



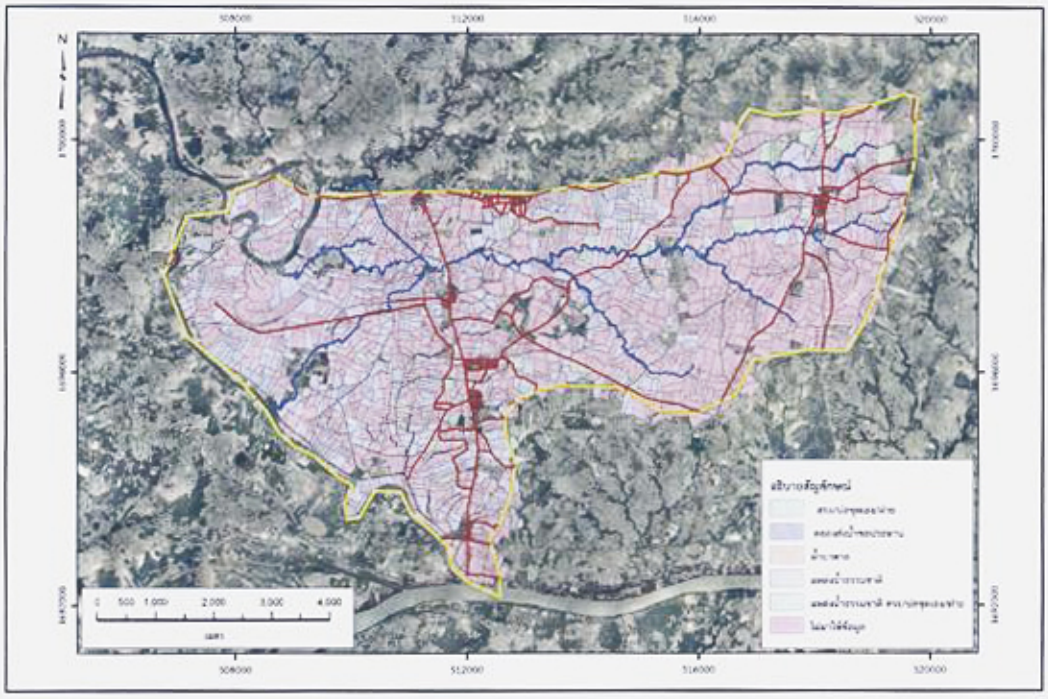
รูปที่ 15 แผนที่แสดงกรรมสิทธิการถือครองที่ดินในพื้นที่ดำเนินงาน



รูปที่ 16 แผนที่แสดงสัดส่วนของขนาดพื้นที่การถือครองที่ดิน



รูปที่ 17 แผนที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินของเกษตรกรในพื้นที่ดำเนินงาน



รูปที่ 18 แผนที่แสดงแหล่งของน้ำที่ใช้ในการทำการเกษตรของเกษตรกรในพื้นที่ดำเนินงาน

การนำไปใช้ประโยชน์

หน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องสามารถนำแผนที่การถือครองที่ดินไปใช้ประโยชน์กับงานการอนุรักษ์ดินและน้ำ ได้ดังนี้ เช่น

1. การวางแผนทำคันดินกั้นน้ำ
2. การปลูกพืชตามแนวระดับ
3. การปรับรูปแปลงนา
4. การวางแนวทางลำเลียงในไร่นา
5. การขุดบ่อดักตะกอน
6. การบ่อน้ำขนาดเล็กในไร่นา
7. การวางแผนการใช้ที่ดินให้ถูกต้องและเหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. กึ่งศตวรรษพัฒนาที่ดิน ธำรงถิ่นเกษตรไทย ก้าวไกลด้วยนวัตกรรม. 2556. กรุงเทพมหานคร

กรมพัฒนาที่ดิน. คู่มือคำอธิบายเรียงมาตรา พระราชบัญญัติพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2551 (ภาคผนวก 13), กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

กรมพัฒนาที่ดิน. คู่มือการสำรวจและออกแบบระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในเขตพัฒนาที่ดิน. 2554.

เฉลิมชนม์ สถิระพจน์, อ.ดร. การควบคุมคุณภาพกับงานสำรวจรังวัดด้วยดาวเทียมจีพีเอส, นำเสนอการประชุมวิชาการ "การแผนที่และภูมิสารสนเทศแห่งชาติ ประจำปี 2545" ระหว่างวันที่ 18 – 20 ธันวาคม 2545 ณ โรงแรมโซฟิเทล เซนทรัลพลาซ่า กทม.

ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ รศ. ดร., เฉลิมชนม์ สถิระพจน์ ดร. การสำรวจรังวัดดาวเทียม GPS. เอกสารประกอบการบรรยายโครงการฝึกอบรมการสำรวจรังวัดดาวเทียม GPS. ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 19 – 23 พฤษภาคม 2546

ทวี ทองสว่าง รศ, และคณะ การอ่านแผนที่และภาพถ่ายทางอากาศ. ภาควิชาภูมิศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กุมภาพันธ์ 2533.

บริษัท อีเอสอาร์ไอ (ประเทศไทย) จำกัด คู่มือ การใช้เครื่องมือสำรวจด้วยดาวเทียม : Leica GX1230., (ฉบับภาษาไทย).

ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย, วิชาการสำรวจ (Survey). คณะวิชาช่างโยธา, วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

ศรายุทธ อยู่สำราญ ร้อยโท. การศึกษาเปรียบเทียบความเหมาะสมของพื้นหลักฐานประเทศไทย : WGS85 กับอินเดียน 1975. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. ขับเคลื่อนโครงการผลิตข้าวหอมมะลิอินทรีย์ฯ ต้นแผน 5 ปี ต้นแบบพัฒนาพื้นที่เฉพาะ., ข่าวที่ 128/2555 วันที่ 25 กรกฎาคม 2555, ฝ่ายประชาสัมพันธ์, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรเขต 11 อุบลราชธานี.

สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. โครงการจัดทำแผนที่เพื่อการบริหารทรัพยากรธรรมชาติและทรัพย์สินของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, พ.ศ. 2550.

สำนักวิจัย พัฒนาและอุทกวิทยา, มาตรฐานการแบ่งลุ่มน้ำหลัก และลุ่มน้ำสาขาของประเทศไทย, กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, พ.ศ. 2553

ภาคผนวก

คำอธิบายศัพท์

[1]ระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำ

การอนุรักษ์ดินและน้ำ หมายถึง การกระทำใด ๆ ต่อดินหรือที่ดินเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพของดินหรือที่ดิน หรือเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรให้สูงขึ้น และให้หมายความรวมถึงการปรับปรุงดินหรือที่ดินที่ขาดความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติ หรือขาดความอุดมสมบูรณ์เพราะการใช้ประโยชน์ และการอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อรักษาดุลธรรมชาติ หรือเพื่อความเหมาะสมในการใช้ที่ดินเพื่อเกษตรกรรม สามารถแบ่งออกตามลักษณะของมาตรการได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

มาตรการทางวิธีกล เป็นวิธีการควบคุมน้ำไหลบ่าหน้าดิน โดยการสร้างสิ่งกีดขวางความลาดเทของพื้นที่และทิศทางการไหลของน้ำ ช่วยลดและชะลอความเร็วของกระแสน้ำ เป็นวิธีการอนุรักษ์ที่ดินและน้ำค่อนข้างถาวรและมีประสิทธิภาพสูง เช่น

- การไถพรวนและปลูกพืชตามแนวระดับ เป็นการไถพรวน หว่าน ปลูกและเก็บเกี่ยวพืชพืชไปตามแนวระดับขวางความลาดเทของพื้นที่
- คันดิน เป็นสิ่งก่อสร้างที่สร้างขวางความลาดเทของพื้นที่ โดยพื้นที่จะถูกแบ่งออกเป็นช่วง ๆ เพื่อเก็บกักน้ำไหลบ่าในแต่ละช่วง
- คันดินเบนน้ำ เป็นคันดินขนาดใหญ่ที่สร้างขึ้นขวางความลาดเทของพื้นที่ โดยมีการลดระดับ เพื่อเบนน้ำที่ไหลบ่าลงมาจากพื้นที่ด้านบนไปยังทางระบายน้ำ
- ขั้นบันไดดิน เป็นการปรับพื้นที่เป็นขั้น ๆ ต่อเนื่องกันคล้ายขั้นบันได
- คูรับน้ำขอบเขา เป็นคูรับน้ำที่สร้างบริเวณขอบเขาตามแนวระดับหรือลดระดับเป็นรูปสามเหลี่ยมหรือรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ระยะห่างของคูขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศและสิ่งแวดล้อม
- ทางระบายน้ำ เป็นสิ่งก่อสร้างที่สร้างขึ้นเพื่อรับน้ำจากพื้นที่ต่าง ๆ ซึ่งถูกเบนมาเพื่อให้ไหลไปยังแหล่งที่ต้องการ เช่น อ่างเก็บน้ำ ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์และแหล่งน้ำธรรมชาติ เป็นต้น ทางระบายน้ำแบ่งออกเป็น
- สิ่งก่อสร้างชะลอความเร็วของน้ำในทางระบายน้ำ เป็นสิ่งก่อสร้างเป็นช่วง ๆ ในทางระบายน้ำที่ก่อสร้างขึ้นใหม่ หรือปรับปรุงจากร่องน้ำธรรมชาติ เพื่อใช้ในการชะลอความเร็วของน้ำไม่ให้กัดเซาะทำความเสียหายแก่ทางระบายน้ำ
- บ่อดักตะกอน เป็นบ่อขนาดเล็กที่สร้างขึ้นเพื่อดักตะกอนที่ไหลมาตามทางระบายน้ำก่อนที่น้ำจะไหลลงสู่บ่อน้ำประจำไร่นา
- บ่อน้ำในไร่นา เป็นพื้นที่ที่สร้างขึ้นโดยการขุดเป็นบ่อหรือทำคันดินล้อมรอบที่ลุ่มต่ำสำหรับเก็บกักน้ำไว้ในพื้นที่การเกษตร หรือคันดินขวางกั้นทางเดินน้ำหรือร่องน้ำ
- ทางน้ำล้น เป็นอาคารระบายน้ำ สำหรับควบคุมระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำไม่ให้สูงจนล้นข้ามสันเขื่อน เมื่อน้ำในอ่างเก็บน้ำถูกเก็บไว้ถึงระดับที่ต้องการแล้ว หากว่ายังมีฝนตก หรือมีน้ำไหลลงมาอีก ก็จะถูกระบายทิ้งไปทางด้านท้ายเขื่อน ผ่านอาคารระบายน้ำล้นนี้

- ทางลำเลียงในไร่นา หมายถึงทางลำเลียงที่สร้างโดยการทำคันดินให้มีขนาดใหญ่ขึ้น สำหรับใช้เป็นทางลำเลียงผลิตผลการเกษตรสู่ตลาด

มาตรการวิธีพืช เป็นวิธีการที่เพิ่มความหนาแน่นของพืช การคลุมดิน การป้องกันเม็ดฝนกระทบผิวดิน ตลอดจนการปรับปรุงบำรุงดิน มีการลงทุนต่ำ ซึ่งเกษตรกรสามารถปฏิบัติได้เอง โดยใช้พืชพวกตระกูลถั่วบำรุงดิน หญ้าเลี้ยงสัตว์ หรือหญ้าธรรมชาติปลูกเป็นแถบขวางความลาดเทของพื้นที่ หรือปลูกพืชคลุมดิน หรือการใช้ระบบการปลูกพืชแบบผสมผสาน เพื่อลดความรุนแรงของเม็ดฝน ดักตะกอนดิน และชะลดความเร็วของน้ำ มาตรการวิธีพืช ได้แก่

- การปลูกพืชคลุมดิน เป็นการปลูกหญ้าหรือพืชตระกูลถั่วคลุมดิน ช่วยควบคุม การชะล้างพังทลายของหน้าดินและปรับปรุงบำรุงดิน
- การปลูกพืชปุ๋ยสด เป็นการปลูกพืชตระกูลถั่วเพื่อไถกลบ คลุกเคล้ากับดิน
- การปลูกพืชสลับเป็นแถบ เป็นการปลูกพืชที่มีระยะปลูกถี่และห่างเป็นแถบสลับกันขวางความลาดเทของพื้นที่ตามแนวระดับ หรือไม่เป็นไปตามแนวระดับก็ได้
- การปลูกพืชระหว่างแถบไม้พุ่มบำรุงดิน เป็นการปลูกพืชระหว่างแถบไม้พุ่มบำรุงดิน ซึ่งปลูกตามแนวระดับ
- คันซากพืช เป็นการนำซากพืชที่เกิดจากการบุกเบิกพื้นที่หรือที่เหลือหลังการเก็บเกี่ยวแล้วมาวางสุมรวมกันให้สูงประมาณ 50 เซนติเมตร เป็นคันตามแนวระดับไว้เป็นระยะ ๆ ห่างกันประมาณ 20 – 40 เมตร หรือตามแนวคันดินกั้นน้ำ
- ไม้บังลม เป็นแถบต้นไม้หรือหญ้าสูงที่ปลูกเป็นระยะ ๆ โดยมีระยะห่างของแถบที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการสูญเสียดิน สูญเสียน้ำ และผลเสียหายที่จะเกิดแก่พืชอันเนื่องมาจากแรงลม

[2] หมุดหลักฐานแผนที่

คือ หมุดแผนที่ที่ได้ทำการรังวัด วางต่อเนื่องกันไปบนพื้นดิน โดยทราบค่าตำแหน่งทางค่าพิกัดภูมิศาสตร์ หรือค่าพิกัดฉากที่นับเนื่องจากศูนย์กำเนิด หมุดหลักฐานแผนที่นี้ใช้สำหรับโยงยึดทำแผนที่เพื่อให้รู้ตำแหน่งของที่ดิน

หมุดหลักฐานแผนที่ เป็นหมุดที่จัดสร้างขึ้นอย่างมั่นคง แข็งแรง และมีการรังวัดค่าพิกัดตำแหน่งที่มีความถูกต้องสูง อาจแบ่งตามประเภทการสำรวจรังวัด ได้ดังนี้

- หมุดหลักฐานทางราบ คือ หมุดหลักฐานแผนที่ที่ให้เฉพาะค่าพิกัดทางราบในรูปพิกัดทางยีออเดซี และ/หรือในรูปพิกัดแผนที่ระบบยูทีเอ็ม (UTM)
- หมุดหลักฐานทางดิ่ง คือ หมุดหลักฐานแผนที่ที่ให้เฉพาะค่าพิกัดทางดิ่งในรูปความสูงเหนือทรงรี (ellipsoidal height) หรือความสูงออร์โธเมตริก (orthometric height) หรือค่าระดับ (elevation) อย่างน้อยอย่างใดอย่างหนึ่ง
- หมุดหลักฐานสามมิติ คือ หมุดหลักฐานที่ให้ค่าพิกัดทั้งทางราบและทางดิ่ง

[3] หมุดหลักฐานภาคพื้นดิน

หมุดหลักฐานภาคพื้นดิน หมายถึงหมุดที่สร้างขึ้นตามโครงการจัดทำแผนที่เพื่อการบริหารทรัพยากรธรรมชาติและทรัพย์สินของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มีวัตถุประสงค์สำคัญ 2 ประการ คือ

ประการแรก ใช้ในการขยายจุดบังคับภาพถ่าย เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในการจัดทำภาพถ่ายออร์โธสีให้มีความถูกต้องในเกณฑ์ของงานที่ดินรายแปลง

ประการที่สอง ใช้เป็นหมุดหลักฐานอ้างอิงสำหรับงานสำรวจรังวัดภาพพื้นดินของหน่วยงานต่าง ๆ ทุก ๆ หน่วยงานในกระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ระบบพื้นหลักฐานอ้างอิงและระบบพิกัด

พื้นหลักฐานแผนที่ของประเทศไทยที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน (พ.ศ. 2547) คือ พื้นหลักฐานอินเดียน พ.ศ. 2518 (Indian 1975) ซึ่งใช้รูปทรงรีเอเวอร์เรสต์ (Everest spheroid) เป็นพื้นผิวสำหรับการคำนวณ แต่เนื่องจากในปัจจุบันกรมแผนที่ทหารได้ดำเนินการผลิตแผนที่ภูมิประเทศของประเทศ มาตราส่วน 1:25,000 ลำดับชุด L7018 แผนที่พื้นฐานของประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ลำดับชุด L7018 จะเปลี่ยนมาใช้พื้นหลักฐานสากล WGS84 ดังนั้นกระทรวงเกษตรและสหกรณ์จึงเห็นควรที่จะกำหนดให้หมุดหลักฐานที่สร้างขึ้นต้องอยู่บนพื้นหลักฐานอ้างอิงทั้งเก่าและใหม่ นั่นคือให้มีค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Geodetic coordinates) และค่าพิกัดกริดในระบบมาตรฐานของประเทศ คือ ระบบพิกัดยูทีเอ็ม (UTM : Universal Transverse Mercator) และต้องอยู่ทั้งบนพื้นหลักฐานอินเดียน พ.ศ. 2518 และพื้นหลักฐานสากล WGS84 และใช้แบบจำลอง EGM96 ในการคำนวณปรับแก้ค่าระดับทะเลปานกลาง และค่าความสูงเหนือรูปทรงรี (Ellipsoid Height)

ในการแปลงค่าพิกัดจากพื้นหลักฐานสากล WGS84 ไปพื้นหลักฐานท้องถิ่น Indain 1975 ใช้ค่าพารามิเตอร์

ΔX = -204.5 เมตร

ΔY = 837.9 เมตร

ΔZ = -294.8 เมตร

ในการจัดสร้างหมุดหลักฐานภาคพื้นดิน ใช้วิธีการรังวัดพิกัดตำแหน่งด้วยดาวเทียมจีพีเอสแบบสถิต (Static Survey) โดยโยงยึดกับหมุดหลักฐานทั้งทางราบและทางดิ่งของกรมแผนที่ทหาร และมีเกณฑ์ความถูกต้องพิกัดหมุดหลักฐานทางราบและทางดิ่ง มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 5 มิลลิเมตร

[4] ทฤษฎีเส้นโครงแผนที่ (Map projection)

โลก (Earth) ของเรามีรูปร่างลักษณะเป็นรูปทรงรี (Oblate Ellipsoid) คือมีลักษณะป่องตรงกลาง ขั้วเหนือและขั้วใต้แบนเล็กน้อย แต่พื้นผิวโลกที่แท้จริงมีลักษณะขรุขระ สูงต่ำไม่ราบเรียบสม่ำเสมอ พื้นผิวโลกจะมีพื้นที่ประมาณ 509,450 ตารางกิโลเมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลางที่ศูนย์สูตรยาว 12,757 กิโลเมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลางจากขั้วโลกเหนือถึงขั้วโลกใต้ 12,714 กิโลเมตร จะเห็นว่าระยะทางระหว่างแนวนอน (เส้นศูนย์สูตร) ยาวกว่าแนวตั้ง (ขั้วโลกเหนือ-ใต้) จากลักษณะดังกล่าวนี้ ทำให้ไม่สามารถใช้รูปทางเรขาคณิตอย่างง่ายแสดงขนาด และรูปร่างของโลกได้อย่าง

ถูกต้อง ดังนั้นเพื่อความสะดวกต่อการพิจารณารูปทรงสัณฐานของโลก และกิจการของแผนที่ จึงมีการใช้รูปทรงสัณฐานของโลกอยู่ 3 แบบ คือ

ทรงกลม (Spheroid) เป็นรูปทรงที่ง่ายที่สุด จึงเหมาะเป็นสัณฐานของโลกโดยประมาณ ใช้กับแผนที่มาตราส่วนเล็กที่มีขอบเขตกว้างขวาง เช่น แผนที่โลก แผนที่ทวีป

ทรงรี (Ellipsoid) โดยทั่วไป คือ รูปที่แตกต่างกับทรงรูปกลมเล็กน้อย ซึ่งจะมีลักษณะใกล้เคียงกับสัณฐานจริงของโลกมาก จึงเหมาะสำหรับใช้เป็นพื้นผิวการรังวัดและการแผนที่ที่ต้องการความละเอียดถูกต้องสูง เช่น แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วนใหญ่ทั่วไป

ยีออยด์ (Geoid) เป็นรูปทรงที่เหมือนกับสัณฐานจริงของโลกมากที่สุด เกิดจากการสมมุติระดับน้ำในมหาสมุทรขณะทรงตัวนิ่ง เชื่อมโยงให้ทะลุไปถึงกันทั่วโลก จะเกิดเป็นพื้นผิวซึ่งไม่ราบเรียบตลอด มีบางส่วนที่ยุบต่ำลง บางส่วนสูงขึ้น ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นและแรงโน้มถ่วงของโลก ทุก ๆ แนวดิ่ง (Plumb line) จะตั้งฉากกับยีออยด์ ยีออยด์จึงมีบทบาทสำคัญในงานรังวัดชั้นสูง (Geodesy)

พื้นผิวยีออยด์ จะไม่ทับกันกับระดับน้ำทะเลจริง ๆ เพราะน้ำทะเลมีขึ้นมีลง และมีการไหลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง เพราะแต่ละจุดจะมีค่าระดับต่างกัน แต่พื้นผิวยีออยด์ (Geoid) และระดับน้ำทะเลปานกลางแตกต่างกันน้อยเมื่อเทียบกับรัศมีของโลก ดังนั้นหากว่าสมมุติให้น้ำในแม่น้ำลำคลอง ทะเล มหาสมุทร ต่อเนื่องถึงกันหมด ให้น้ำไหลได้อย่างอิสระ และไม่มีน้ำขึ้นน้ำลง เมื่อผิวน้ำนิ่งแล้ว ผิวน้ำนั้นจะเป็นผิวของยีออยด์

Geoid Undulation คือความต่างระหว่างยีออยด์ (Geoid) และอีลิปซอยด์ (Ellipsoid) ซึ่งพื้นผิวทั้งคู่ต่างมีศักย์เท่า (Equipotential) โดยที่

Geoid กำหนดโดยค่าสำรวจ Gravity ภาคพื้นและอวกาศ

Ellipsoid กำหนดโดยค่า Gravity ปกติ (Normal gravity)

ระดับทะเลปานกลาง (Mean Sea Level : MSL) คือค่าความสูงเฉลี่ยของพื้นผิวทะเล ใช้เป็นพื้นอ้างอิงในการกำหนดความสูงภูมิประเทศ ค่าที่ได้จากการวัดระดับน้ำทะเลขึ้นสูงสุดและลงต่ำสุดของแต่ละวันในช่วงระยะเวลาที่กำหนด โดยทั่วไปจะต้องวัดเป็นเวลา 19 ปีตามวัฏจักรของน้ำ

สำหรับประเทศไทยใช้ค่าระดับอ้างอิงที่ตำบลเกาะหลัก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อใช้เป็นค่าระดับทะเลปานกลางซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.4477 เมตร

ความสูงและค่าระดับ (Height and Elevation) ความสูงจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. Ellepsoidal Height (h) ของจุดใด ๆ นั้นจะเป็นระยะทางดิ่ง (vertical distance) ของจุดที่อยู่เหนือและนับจากพื้นยีออยด์ และถูกวัดในแนวตั้งฉากกับพื้น Ellipsoid มายังพื้นผิวภูมิประเทศ (Topographic surface)

2. Elevation (H) ของจุดใด ๆ เหนือระดับทะเลปานกลางหรือความสูง Orthometric height ของจุดนั้น ซึ่งจะเป็นระยะดิ่งของจุดที่อยู่เหนือพื้นยีออยด์ และการวัดจะวัดตามแนวเส้นดิ่งหรือแนวแรงดึงดูดของโลก

[5] แผนที่ภาพถ่ายออร์โธสี

ภาพถ่ายออร์โธสีเป็นรูปแบบหนึ่งของแผนที่ที่ทำจากภาพถ่าย (Photo map) โดยผลิตจากภาพถ่ายทางอากาศสี ที่ทำการแก้ไขความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งของจุดภาพอันเนื่องมาจากความสูงต่ำของพื้นผิวภูมิประเทศ (Relief Displacement) การวางตัวของกล้องและเรขาคณิตของการถ่ายภาพ ภาพถ่ายออร์โธสีที่ได้จะต้องมีความคมชัด และความถูกต้องทางตำแหน่งอยู่ในเกณฑ์เดียวกับแผนที่ที่มาตราส่วนที่ต้องการ การจัดทำภาพถ่ายออร์โธสีเชิงเลขได้จากการนำเอาภาพถ่ายทางอากาศที่ทำการกราดภาพ (scan) แล้วมาคำนวณร่วมกับค่าของตัวแปรที่ใช้ในการปรับแก้ภาพถ่ายและแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข

แผนที่ภาพถ่ายออร์โธสีเชิงเลข ได้จากการนำภาพถ่ายเชิงเลขที่ผ่านการดัดแก้ภาพแล้วแต่ละภาพมาประกอบกันเป็นระวาง ซึ่งพื้นที่ของภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขแต่ละภาพ ได้มาจากบริเวณส่วนกลางของภาพถ่าย โดยวัดระยะจากศูนย์กลางภาพออกไปทั้งสองข้างตามทิศทางของแนวบินเป็นระยะทางร้อยละ 20 และระยะห่างจากศูนย์กลางภาพออกไปทั้งสองข้าง ตามแนวตั้งฉากกับแนวบินร้อยละ 35 นำเข้ามาประกอบเป็นรูปต่อเนื่องกันโดยไม่เห็นรอยต่อ (seamless mosaic) เป็นแผนที่มีขนาด 2 x 2 ตารางกิโลเมตร พร้อมกับได้ขยายระวางออกไปด้านละประมาณ 500 เมตร เพื่อให้มีพื้นที่เพียงพอที่จะแสดงเครื่องหมายของมุมพื้นหลักฐาน (Imprinted datum corner) โดยแสดงพื้นหลักฐานหลักเป็น WGS84 (World Geodetic System 1984) และพื้นหลักฐานรองเป็น Indian 1975

ข้อกำหนดทางเทคนิค

1. ค่าความถูกต้องทางราบ ในบริเวณที่ราบที่มีความลาดชันไม่เกิน 35 เปอร์เซ็นต์ มีความถูกต้องของตำแหน่งทางราบที่ 1 เมตรหรือดีกว่า สำหรับพื้นที่มีความลาดชันเกิน 35 เปอร์เซ็นต์ มีความถูกต้องทางราบที่ 2 เมตรหรือดีกว่า ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
2. ค่าความถูกต้องทางดิ่ง ในบริเวณที่ราบที่มีความลาดชันไม่เกิน 35 เปอร์เซ็นต์ มีความถูกต้องของตำแหน่งทางดิ่งที่ 2 เมตรหรือดีกว่า สำหรับพื้นที่มีความลาดชันเกิน 35 เปอร์เซ็นต์ มีความถูกต้องทางดิ่งที่ 4 เมตรหรือดีกว่า ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
3. แผนที่ภาพถ่ายปรับแก้ให้มีความละเอียดจุดภาพเป็น 0.50 เมตร และใช้เส้นโครงแผนที่เป็นระบบพิกัดฉากยูทีเอ็ม บนพื้นหลักฐาน WGS84
4. ความละเอียดของภาพถ่ายออร์โธสีเชิงเลข ประกอบด้วยความละเอียด 0.50 เมตรบนระวางมาตรฐาน มาตราส่วน 1:4,000 และที่ความละเอียด 0.75 เมตร บนระวางมาตรฐาน 1:25,000 และนอกจากนั้นยังมีภาพถ่ายออร์โธสีเชิงเลขที่ความละเอียด 1 เมตร และ 10 เมตร