หน่วยการเรียนรู้ที่ 2
ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับภาพถ่ายทางอากาศ

เนื้อหาประจำหน่วยการเรียนรู้

ประกอบด้วยเนื้อหาเกี่ยวกับความเข้าใจพื้นฐานในหลักเรขาคณิตของภาพถ่าย การคำนวณมาตราส่วนของภาพถ่ายดิ่งและความสัมพันธ์กับระดับสูงบิน และความยาวโฟกัส การจำแนกประเภทมาตราส่วน การวัดระยะทางราบ การกำหนดทิศทางราบและการสร้างทิศเหนือลงบนภาพถ่าย การจำลองเส้นโครงพิกัดกริดบนภาพถ่ายทางอากาศ และการวัดพื้นที่บนภาพถ่ายทางอากาศ

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่คาดหวัง

เมื่อผู้เรียนได้ศึกษาหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 แล้วจะสามารถ

1. อธิบายหลักเรขาคณิตภาพถ่ายทางอากาศทั้งแบบภาพดิ่งและภาพเฉียงได้
2. ใช้สมการมาตราส่วนคำนวณหามาตราส่วนภาพถ่ายได้
3. คำนวณหาระดับสูงบินและความยาวโฟกัส โดยใช้สมการมาตราส่วนได้
4. จำแนกมาตราส่วนประเภทต่างๆ และอธิบายการใช้ประโยชน์ได้
5. วัดระยะทางราบ ทิศทาง และวัดระยะทางโดยใช้ค่าพิกัดภาพถ่ายได้
6. สามารถใช้เครื่องมือวัดระยะทางประเภทต่างๆ ได้
7. เขียนหรือระบุแนวทิศเหนือลงบนภาพถ่ายทางอากาศได้
8. สามารถใช้เครื่องมือวัดและคำนวณหาพื้นที่บนพื้นดินจากภาพถ่ายทางอากาศได้

จำนวนชั่วโมงที่สอน : กำหนดสัดส่วนชั่วโมงบรรยาย 3 ชั่วโมง ปฏิบัติ 12 ชั่วโมง

กิจกรรมการเรียนการสอน

กิจกรรมก่อนเข้าชั้นเรียน

1. กิจกรรมผู้สอน

1.1 แจ้งผู้เรียนให้ศึกษาเนื้อหาจากเอกสารประกอบการบรรยายใน Classroom โดยแจ้งผ่าน Email และผ่านระบบ Line ก่อนเข้าชั้นเรียน

1.2 เตรียมภาพถ่ายทางอากาศ และติดตั้งโปรแกรม google earth ตำแหน่งหมุดควบคุม จัดทำเอกสารประกอบการสอน/ upload ไว้ใน classroom และ เซิร์ฟเวอร์สาขาวิชา

2. กิจกรรมผู้เรียน

2.1 ดาวน์โหลดโปรแกรม Image composite editor ลงในคอมพิวเตอร์ และศึกษาเอกสารและดูวิดีโอตามที่ได้รับมอบหมาย

2.2 จัดหาเครื่องคิดเลข

กิจกรรมในชั้นเรียน

1. กิจกรรมผู้สอน

1.1 หลังจากที่ผู้สอนและผู้เรียน Login เข้าระบบ Google meeting กล่าวทักทายผู้เรียน จากนั้นกล่าวเพื่อถึงภาพรวมในรายละเอียดเนื้อหาในการเรียนรายวิชานี้

1.2 ผู้สอนแจ้งรายละเอียดของรายวิชาตามที่ปรากฏใน มคอ.3 ให้ผู้เรียนทราบพร้อมอธิบายถึงวิธีการเรียนแบบผสมผสาน (Blended Learning) ระหว่างห้องเรียนออนไลน์กับการฝึกปฏิบัติแบบออนไซต์ และถามทบทวนถึงสาระบางประการเพื่อตรวจสอบความพร้อมของ นศ.

1.3 ผู้สอนอธิบาย/บรรยายประกอบเอกสารการบรรยาย (power point) วีดีทัศน์เกี่ยวกับเนื้อหาในหน่วยการเรียนที่ 1 เมื่อจบในแต่ละหัวข้อผู้สอนสรุปสาระ พร้อมเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ซักถามในประเด็นที่สงสัย

1.4 ผู้สอนทบทวนเนื้อหา/ตั้งโจทย์และให้ผู้เรียนตอบคำถาม สังเกตและบันทึกผล

2. กิจกรรมผู้เรียน

2.1 ตอบคำถาม/ฝึกทำแบบฝึกหัดท้ายบท/ร่วมเสวนาในชั้นเรียน

2.2 เขียนสรุปเนื้อหาสาระสำคัญโดยสังเขปเพื่อบอกเล่าประวัติ และประโยชน์

หลังชั้นเรียน

1. ผู้เรียน

1.1 เขียนสรุปเนื้อหาสาระสำคัญในแบบฝึกหัดท้ายบท

1.2 ทวบทวนเอกสารและเรียนรู้เพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้/สื่อที่กำหนดให้

2. ผู้สอน

2.1 ตรวจผลงานผู้เรียนและส่งกลับผลเมื่อพบข้อที่ต้องปรับปรุงแก้ไข/ถ้าสมบูรณ์แจ้งกลับคำชม

2.2 สรุปรายงานผลการดำเนินกิจกรรมใน มคอ.5 เพื่อการพัฒนาและนำไปปรับปรุง

กิจกรรมการเรียนการสอน

1. การบรรยายและการสาธิตการใช้เครื่องมือ
2. การอภิปรายซักถามร่วมกันในชั้นเรียน
3. การศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากตำราและเอกสารที่เกี่ยวข้อง
4. การปฏิบัติการตามคำแนะนำในปฏิบัติการที่ 3,4 และ 5 แล้วตอบคำถาม

อุปกรณ์และสื่อการสอน

1. เอกสารประกอบการบรรยาย/สื่อสไลด์ powerpoint ภาพประกอบ และวีดิทัศน์
2. เอกสาร/เนื้อหารายวิชาหน่วยการเรียนรู้ที่ 1
3. ภาพถ่ายทางอากาศ พ.ศ. 2518 2538

แผนการประเมินผลการเรียนรู้

1. วิธีการประเมินผลการเรียนรู้

1.1 สังเกตพฤติกรรมการเรียนของผู้เรียน

1.2 ประเมินจากการตอบคำถามและการอภิปรายคำถามหรือแบบทดสอบ

1.3 การทำแบบฝึกหัดท้ายบท/แบบทดสอบย่อยรายจุดประสงค์

2. ผลการเรียนรู้ที่ต้องการประเมิน

2.1 สามารถอธิบายหลักเรขาคณิตภาพถ่ายทางอากาศทั้งแบบภาพดิ่งได้ถูกต้อง

2.2 สามารถคำนวณหาผลลัพธ์ในความสัมพันธ์ของมาตราส่วน ระดับความสูงบิน และความยาวโฟกัสกล้องของภาพถ่ายทางอากาศได้อย่างถูกต้อง

2.3 สามารถใช้เครื่องมือวัดระยะทางราบ ทิศทาง และคำนวณระยะทางโดยใช้ค่าพิกัดภาพถ่ายได้ได้อย่างถูกต้อง

2.4 สามารถระบุ/บอกทิศทางของภาพถ่ายทางอากาศและกำหนดเขียนเส้นพีดีกริดได้

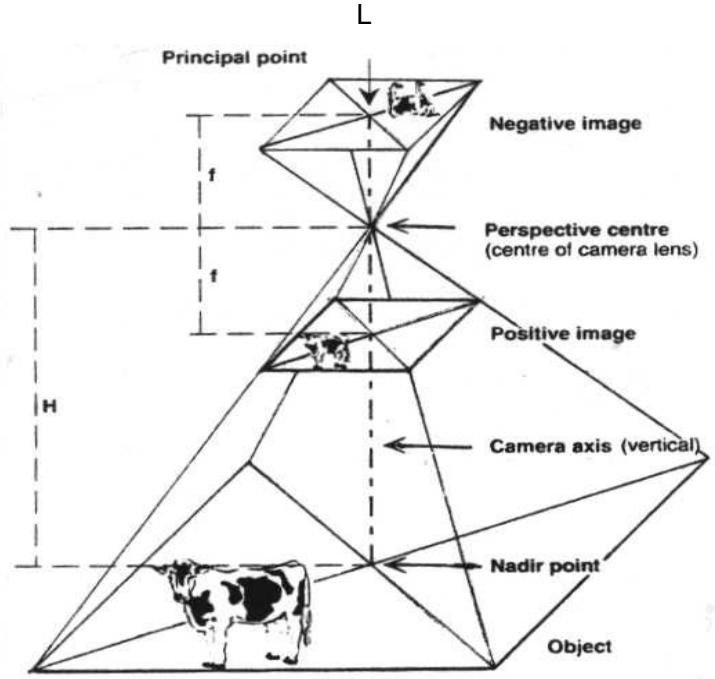
เนื้อหาที่สอน

หลักเรขาคณิตเบื้องต้นของภาพถ่ายดิ่ง (Geometry of a Vertical Photographs)

การถ่ายภาพทางอากาศเพื่อให้ได้ภาพถ่ายดิ่งสมบูรณ์ (Truly vertical) เป็นสิ่งที่ทำได้ค่อนข้างยากมาก เพราะปกติการถ่ายภาพทางอากาศจะได้ภาพเอียงที่เป็นภาพถ่ายดิ่งไม่เกิน 1 องศา จากแนวดิ่ง และโดยมากเอียงไม่เกิน 3 องศา ในงานแผนที่นั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องปรับแก้แกนหลักของกล้องให้เป็นภาพถ่ายดิ่งสมบูรณ์ แต่ในงานแปลความหมายบางวัตถุประสงค์อาจไม่ให้ความสำคัญในเรื่องการเอียงของภาพมากนัก

2.1 คำจำกัดความองค์ประกอบทางเรขาคณิตของภาพถ่ายทางอากาศ

เรขาคณิตพื้นฐานที่ปรากฏบนภาพถ่ายดิ่งนั้น เมื่อเปิดหน้ากล้องถ่ายภาพแสงสะท้อนจากวัตถุที่อยู่บนพื้นดินจะสะท้อนเข้าสู่เลนส์ ตำแหน่ง "L" ลักษณะของวัตถุที่ปรากฏบนพื้นดินจะถูกบันทึกไว้บนแผ่นฟิล์มซึ่งวางอยู่หลังเลนส์กล้อง โดยระยะที่ฟิล์มอยู่ห่างจากเลนส์คือระยะโฟกัส " f " การบันทึกภาพนี้ภาพที่ได้เป็นภาพแบบเนกาตีฟ (Negative) อยู่บนระนาบหลังเลนส์ ซึ่งจะมีค่าระดับความเข้มสีเทา (Tone) และค่าเรขาคณิตของภาพกลับ แต่ภาพถ่ายทางอากาศที่นำมาใช้งานเป็นภาพแบบโพสิตีฟ (Positive) ซึ่งจะเป็นภาพกลับกับภาพเนกาตีฟ (อยู่บนระนาบด้านหน้าเลนส์) ดังรูปที่ 2.1 ภาพโพสิตีฟได้จากกระบวนการอัดล้างภาพจากฟิล์มเนกาตีฟ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ได้ภาพกลับกับภาพเนกาตีฟ ดังนั้นภาพโพสิตีฟจึงมีเรขาคณิตสอดคล้อง/เหมือนกับลักษณะภูมิประเทศหรือวัตถุที่ปรากฏบนพื้นดินทุกประการ ทำให้การรังวัดและแปลภาพทำได้สะดวกไม่สับสน



รูปที่ 2.1 ภาพแบบเนกาตีฟและโพสิตีฟ

องค์ประกอบพื้นฐานทางเรขาคณิตของภาพถ่ายทางอากาศมีดังนี้

1) สถานีเปิดถ่ายภาพ (Exposure station) คือ ตำแหน่งของเลนส์ในขณะที่เปิดถ่ายภาพทางอากาศ จากรูปภาพ คือตำแหน่ง L

2) จุดหลัก (Principal point) คือ จุดที่แสงตั้งฉากผ่านขั้วของเลนส์ไปตั้งฉากบนภาพถ่าย หรือเป็นจุดปลายของเส้นตั้งฉากจากเลนส์สัมผัสกับพื้นรับภาพ ในภาพถ่ายดิ่งถือว่าจุดหลักเป็นจุดศูนย์กำเนิดระบบพิกัดของภาพถ่าย ซึ่งเราสามารถหาได้โดยการลากเส้นจากจุดเครื่องหมายดัชนี (Fiducial mark) ที่อยู่ตรงข้ามกันซึ่งจะอยู่กึ่งกลางของทั้ง 4 ด้าน หรือมุม 4 มุมของภาพ จุดหลักมีประโยชน์ใช้พิจารณาหาแนวบินและจัดภาพเพื่อมองภาพสามมิติ ใช้ในการคำนวณเพื่อปรับแก้ความเพี้ยนของเลนส์ และใช้ในการหาค่าคงตัวไม้วัดระยะเหลื่อม

3) จุดดิ่ง (Nadir point) เป็นจุดบนภาพถ่ายดิ่งที่เกิดจากเส้นดิ่ง (Plumb line) ผ่านจุดขั้วของเลนส์

4) ไอโซเซนเตอร์ (Isocenter) คือ จุดปลายของเส้นแบ่งครึ่งมุมเอียงสัมผัสกับภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ คือจุด i

5) มุมเอียง (Tilt) คือ มุมที่อยู่ระหว่างเส้นแนวแกนกล้องกับเส้นดิ่ง

6) ระยะทางหลัก (Principal distance) คือ ระยะทางจากจุดขั้วหลังของเลนส์ถึงระนาบโฟกัส หรืออาจเรียกว่าความยาวโฟกัส (Focal length)

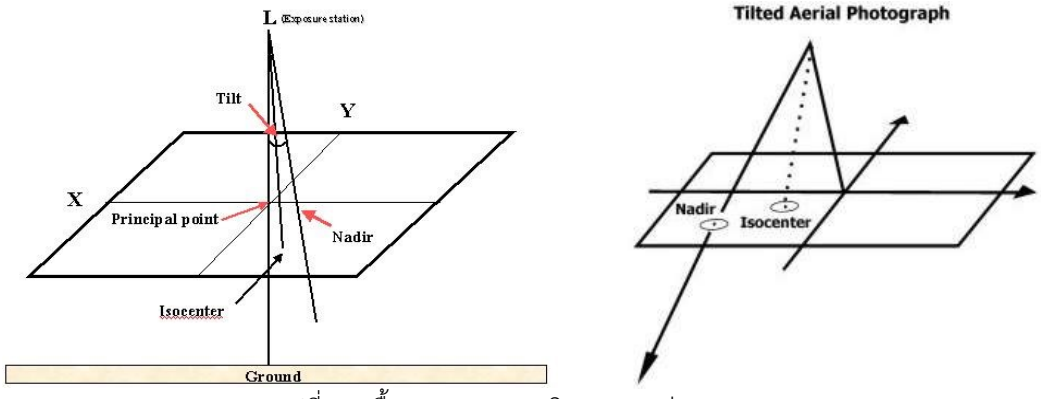
7) แกนหลัก (Principal axis) เป็นแกนที่ตั้งฉากจากขั้วหลังของเลนส์ถึงระนาบโฟกัส

8) เส้นหลัก (Principle line) เป็นเส้นที่เชื่อมระหว่างจุดหลักและจุดดิ่งบนภาพถ่าย

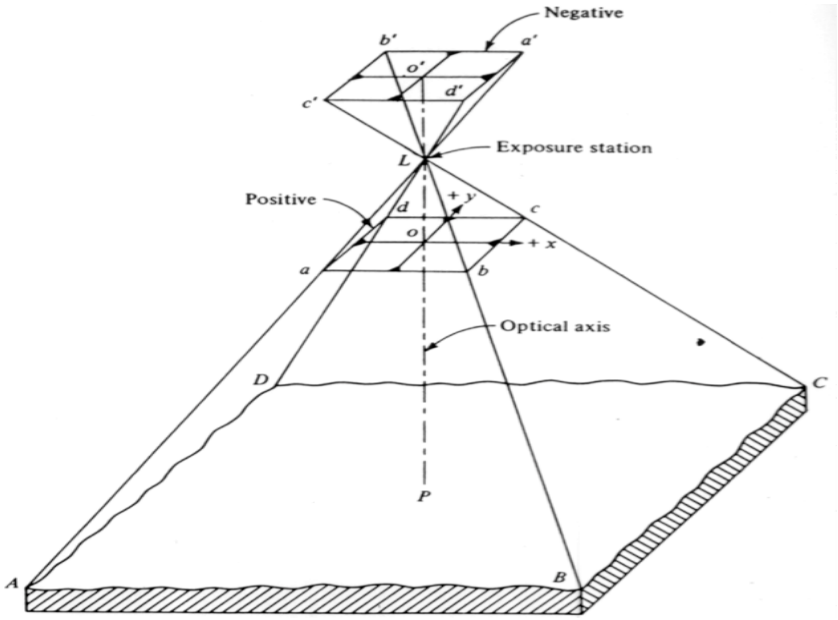
9) ความสูงของการบินถ่าย (Flying height) คือ ความสูงของสถานีเปิดถ่ายภาพจากระดับน้ำทะเลปานกลาง หรือพื้นหลักฐานอื่นที่ใช้อ้างอิง

10) แกน X ของภาพถ่าย (The X-axis of the photograph) คือ เส้นตรงบนภาพถ่ายที่เชื่อมระหว่างเครื่องหมายสำหรับการหาโครงพิกัดจากเครื่องหมายดัชนีที่อยู่ตรงข้าม ซึ่งแนวของเส้นตรงนี้จะมีลักษณะเกือบขนานกับแนวบินถ่ายภาพ (Direction of flight)

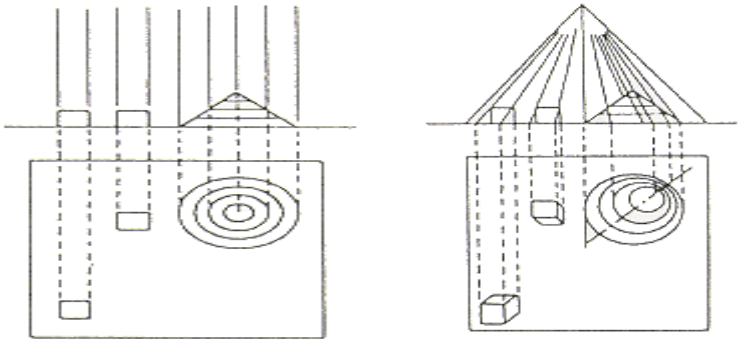
11) แกน Y ของภาพถ่าย (The Y-axis of the photograph) คือ เส้นตรงบนภาพถ่ายที่เชื่อมระหว่างเครื่องหมายสำหรับการหาโครงพิกัดจากเครื่องหมายดัชนีที่อยู่ตรงข้าม ซึ่งแนวของเส้นตรงนี้จะตั้งฉากกับแกน X



รูปที่ 2.2 พื้นฐานทางเรขาคณิตของภาพถ่ายทางอากาศ



รูปที่ 2.3 พื้นฐานทางเรขาคณิตในการกำหนดพิกัดบนภาพถ่ายทางอากาศ



Ortho projection Central projection

รูปที่ 2.4 เปรียบเทียบมุมมองแผนที่กับภาพถ่ายทางอากาศ

แผนการสอนปฏิบัติการที่ 1 การคำนวณมาตราส่วนถ่ายภาพทางอากาศ

อุปกรณ์

1. ภาพถ่ายทางอากาศอย่างน้อย 3 ภาพ ที่มีมาตราส่วนแตกต่างกัน
2. แผนที่ภูมิประเทศ ชุด L7017 มาตราส่วน 1: 50,000
3. ไม้สเกล/ไม้บรรทัดสำหรับวัดระยะทาง จำนวน 1 อัน
4. ชุดเครื่องเขียน และเครื่องคำนวณเลข

กิจกรรมการปฏิบัติการ

กิจกรรมที่ 1 ใช้ความสัมพันธ์หามาตราส่วนโดยใช้ความยาวโฟกัสกล้อง ระดับความสูงบิน

1. หารายละเอียดบนขอบระวางภาพถ่าย ได้แก่ ความยาวโฟกัสกล้อง ระดับความสูงบิน หรือมีข้อมูลความยาวโฟกัสของกล้องและระดับสูงบินของภาพถ่ายทางอากาศ

2. ผู้สอนสาธิตวิธีการคำนวณ แล้วแสดงโจทย์ตัวอย่างให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติ

กิจกรรมที่ 2 ฝึกคำนวณจากรายละเอียดบนภาพถ่าย

1. กำหนดจุดสมมุติ 2 จุด ที่อ้างอิงตรงกันบนภาพถ่ายกับแผนที่ฐาน จากนั้นให้ผู้เรียนวัดระยะทางบนภาพถ่ายและแผนที่

2. ให้ผู้เรียนอ่านค่าพิกัดกริดระบบ UTM ในแผนที่ภูมิประเทศของจุดปลายของเส้นตรงที่ตรงกันกับแต่ละคู่ในข้อ 1 แล้วคำนวณหาระยะทางราบซึ่งเป็นระยะทางบนพื้นดิน (อ้างอิง)

3. นำผลระยะทางที่ได้มาเทียบกับระยะทางบนภาพถ่ายทางอากาศแล้วคำนวณหามาตราส่วนของภาพถ่ายทางอากาศตามสมการ มาตราส่วน=ระยะทางบนภาพ/ระยะทางภูมิประเทศ

4. เพิ่มคู่จุดบนภาพถ่ายทางอากาศอีก 2-3 จุด พร้อมสมมุติข้อมูลระดับความสูงของคู่จุดภาพ จากนั้นทำการคำนวณมาตราส่วนโดยใช้ระยะทางบนภาพถ่ายกับระยะทางบนพื้นดิน (อ้างอิ)

5. คำนวณมาตราส่วนเฉลี่ยของภาพถ่ายทางอากาศ จากมาตราส่วนในข้อ 4

6. การคำนวณมาตราส่วนโดยการหาอัตราส่วนระหว่างความยาวโฟกัสกับระดับสูงบินเหนือพื้นดินหรือเหนือระนาบอ้างอิงของภาพถ่าย

7. เปรียบเทียบความแตกต่างของผลการคำนวณมาตราส่วนตามกิจกรรมที่ 1 กับกิจกรรมที่ 2 ผู้สอนตั้งคำถามและอภิปรายร่วมกันกับผู้เรียน (ดูคำถามท้ายบท)

ข้อแนะนำ

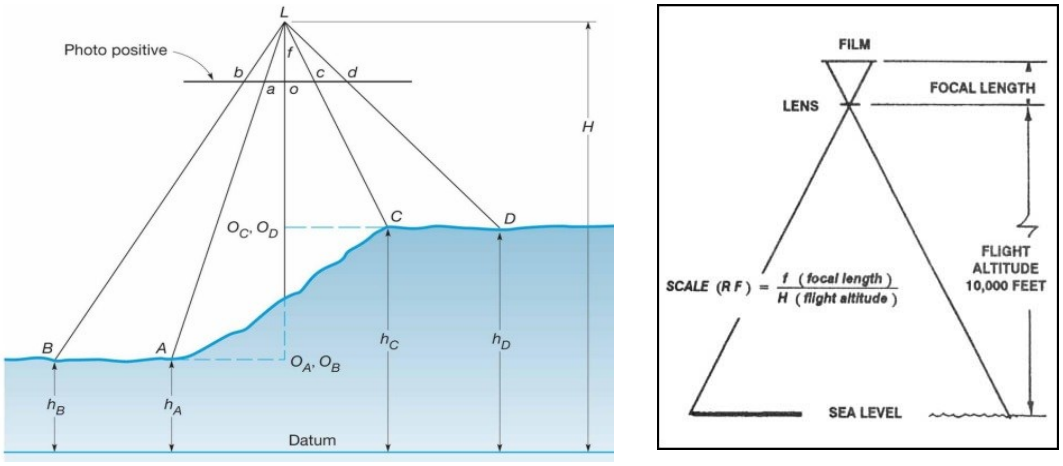
1. ควรเลือกวัดพิกัดภาพถ่ายจากจุดปลายที่มีความสูงใกล้เคียงกันหรือห่างจากจุดกึ่งกลางภาพเท่าๆกัน หรืออาจจะเป็นเส้นที่ผ่านจุดหลักของภาพและห่างจากจุดหลักเท่ากัน

2. การขีดเขียนบนภาพถ่ายให้ใช้ดินไส้แข็ง 4H หรือ 5H ระมัดระวังอย่ากดทับแรงหรือเน้นเขียนเส้นย้ำ

2.2 มาตราส่วนของภาพถ่ายทางอากาศ

มาตราส่วนภาพถ่ายทางอากาศ คือ อัตราส่วนของระยะทางบนภาพถ่ายต่อระยะทางบนพื้นดินของ 2 จุดที่ตรงกัน (Corresponding points) นอกจากนั้นมาตราส่วนของภาพถ่ายสามารถหาได้จาก **อัตราส่วนระหว่างความยาวโฟกัสกับระดับความสูงบินเหนือระนาบอ้างอิง (Datum) หรือเหนือพื้นภูมิประเทศที่กำหนด** มีวิธีการหามาตราส่วนได้หลายวิธี แต่ควรตระหนักว่ามาตราส่วนของภาพถ่ายจะไม่เท่ากันตลอดทั้งภาพ เนื่องจากภาพถ่ายเป็นภาพถ่ายผ่านศูนย์ทิวทัศน์ (Central projection) ไม่ใช่ภาพที่ฉายตั้งฉาก (Orthographic projection) เหมือนระบบของแผนที่ภูมิประเทศ ดังนั้นมาตราส่วนของภาพถ่ายทางอากาศที่ได้จึงเป็นการหามาตราส่วนเฉลี่ย (Average scale)

ภาพถ่ายทางอากาศที่ใช้งานด้านต่าง ๆ นั้นมีหลายมาตราส่วน เช่น กรมที่ดินบินถ่ายภาพในมาตราส่วน 1:24,000 ในเขตพื้นที่ชนบท และบินถ่ายภาพในเขตเมืองด้วยมาตราส่วน 1:22,000 และ 1:6,000 ซึ่งต่อมาได้ใช้ภาพถ่ายมาตราส่วน 1:15,000 มาทำหมุดบังคับภาพถ่ายในงานโครงข่ายสามเหลี่ยม (Aerial Triangulation) และใช้ในงานปรับแก้ความเอียงและขยายมาตราส่วน เพื่อสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ มาตราส่วน 1:4,000 สำหรับใช้สำรวจออกโฉนดที่ดิน และภาพมาตราส่วน 1:6,000 ใช้ทำแผนที่ในเขตอำเภอเมืองต่าง ๆ และในพื้นที่กรุงเทพมหานคร เป็นต้น ภาพถ่ายดิ่งบนสภาพภูมิประเทศที่เป็นพื้นราบ ทำให้เข้าใจความสัมพันธ์ทางเรขาคณิต ซึ่งสร้างเป็นสมการมาตราส่วนภาพถ่ายทางอากาศ ได้ดังนี้



รูปที่ 2.5 เรขาคณิตมาตราส่วนของภาพถ่ายทางอากาศ

$$S = \frac{ao}{AO} = \frac{PD}{GD}$$ สมการ..... 2.1

หรือ

$$S = \frac{f}{H}$$ สมการ..... 2.2

เมื่อกำหนดให้ S = มาตราส่วนภาพถ่าย (Photo scale)

GD = ระยะทางบนภูมิประเทศ PD = ระยะทางบนภาพถ่าย

H = ระดับสูงบินเหนือพื้นดิน f = ความยาวโฟกัส

การคำนวณมาตราส่วนจะต้องทราบระยะทางจริงบนภาพถ่ายและบนพื้นดินของจุด 2 จุดที่ตรงกัน ซึ่งในบางครั้งอาจมีปัญหาในการหาระยะทางบนพื้นดินกับระยะทางบนภาพ แต่อาจสังเกตได้จากสิ่งที่เป็นความยาวมาตรฐาน เช่น หลักกิโลเมตร สนามฟุตบอล หรือความยาวอาคารที่เราทราบระยะทางจริง เป็นต้น เมื่อเราวัดหาระยะทางบนภาพถ่ายก็สามารถคำนวณหามาตราส่วนของภาพถ่ายได้

ตัวอย่าง 2.1 วัดระยะทางของจุด ab บนภาพถ่ายได้ 4 เซ็นติเมตร วัดระยะทาง ab บนพื้นภูมิประเทศจริงได้ 600 เมตร จงหามาตราส่วนของภาพถ่าย

วิธีทำ จากโจทย์ต้องการทราบมาตราส่วน โดยกำหนดระยะทางบนภาพถ่ายเท่ากับ 4 เซนติเมตร และระยะทางบนพื้นดินเท่ากับ 600 เมตร ซึ่งสามารถใช้สมการ 3.1

แทนค่า $S = \frac{4 \text{ ซม.}}{600 \text{ ม.}}$

$= 1/15{,}000$ หรือ 1:15,000

อย่างไรก็ตามเนื่องจากระดับความสูงในภูมิประเทศไม่เท่ากัน จึงได้สมการคำนวณหามาตราส่วนเพิ่มขึ้น คือ

$$S = \frac{f}{H - h}$$ สมการ..... 2.3

เมื่อกำหนดให้

S = มาตราส่วนภาพถ่าย f = ความยาวโฟกัส

H = ระดับสูงบินเหนือพื้นดิน h = ระดับสูงบินเหนือพื้นดิน

ตัวอย่าง 2.2 กล้องถ่ายภาพทางอากาศมีความยาวโฟกัส 152 มิลลิเมตร บันทึกภาพ ณ ระดับสูงบิน 2,780 เมตร เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง ถ้าพื้นที่ราบแห่งนั้นมีความสูง 500 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง จงหามาตราส่วนของภาพถ่ายนี้

วิธีทำ จากโจทย์พิจารณาใช้สมการ 3.2 โดยโจทย์กำหนดให้ค่าความยาวโฟกัสเท่ากับ 152 มม. ระดับสูงบิน 2,780 ม. พื้นผิวภูมิประเทศสูงจากระดับน้ำทะเล 500 ม. แทนค่าดังนี้

S = 0.152 ม. /2,780 - 500 ม.

= 0.152 ม. / 2,280 ม.

= 1 : 15,000

จากตัวอย่าง 2.2 นำมาหามาตราส่วนกลับ (Photo scale reciprocal หรือ PSR) แทนค่าได้ดังนี้

$$PSR = \frac{H - h}{f} = \frac{2{,}780 - 500 \text{ ม.}}{0.152 \text{ ม.}} = 15{,}000$$

สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึง คือ พื้นผิวภูมิประเทศที่ถ่ายภาพมีความสูงที่ไม่เท่ากันตลอดทั้งภาพ ซึ่งจะทำให้ค่า h ที่ได้ในแต่ละจุดภาพไม่คงที่มีและมีความแปรปรวน ดังนั้นในภาพถ่ายจุดที่สูงที่สุดจะมีมาตราส่วนใหญ่ที่สุด และจุดที่มีความสูงต่ำที่สุดจะมีมาตราส่วนเล็กที่สุด ฉะนั้นการพิจารณาใช้มาตราส่วนอาจต้องใช้มาตราส่วนเฉลี่ย ซึ่งมีสมการในการคำนวณดังนี้

$$S_{avg} = \frac{f}{H - h_{avg}}$$ สมการ..... 2.4

เมื่อกำหนดให้

S_{avg} = มาตราส่วนเฉลี่ย H = ระดับสูงบิน

h_{avg} = ค่าเฉลี่ยความสูงของพื้นที่ f = ความยาวโฟกัสของกล้อง

ตัวอย่าง 2.3 บินถ่ายภาพที่ระดับสูงบิน 5,000 ม. เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง ด้วยกล้องที่มีความยาวโฟกัส 152.4 มม. ที่จุด A บนพื้นภูมิประเทศความสูง 1,960 ม. ส่วนที่จุด B มีความสูง 1,200 ม. จงหามาตราส่วนที่ใหญ่ที่สุดและเล็กที่สุด และมาตราส่วนเฉลี่ยของภาพถ่าย

วิธีทำ จากโจทย์พิจารณาใช้สมการ 3.4

ค่าที่โจทย์กำหนดให้มีดังนี้

1) ค่าความยาวโฟกัส (f) = 152.4 มม. หรือ 0.1524 ม.

2) ความสูงเหนือระดับพื้นดินของจุด A และ B = 1,960 และ 1,200 ม. ตามลำดับ

3) ระดับความสูงบินเหนือพื้นภูมิประเทศ 5,000 ม.

จากโจทย์กำหนดให้สามารถหาค่าความสูงเฉลี่ย ได้ดังนี้

$$H_{avg} = \frac{1,960 + 1,200}{2} = 1,580 \text{ ม.}$$

แทนค่าในสมการ 2.3

มาตราส่วน ณ จุด A = 0.1524/5,000-1,960 = 1:25,000

มาตราส่วน ณ จุด B = 0.1524 /5,000-1,200 = 1:20,000

มาตราส่วนเฉลี่ย = 0.1524/5,000-1,580 = 1:22,500

ตัวอย่าง 2.4 ถ้าระยะทางบนพื้นดินของสิ่งเป้าหมายห่างกัน 900 ม. เมื่อบันทึกภาพถ่ายทางอากาศที่มีความยาวโฟกัส 150 มม. แล้ววัดระยะทางของเป้าหมายเดียวกันนั้นได้ 8 ซม. จงคำนวณหาระดับสูงบินของภาพถ่าย

วิธีทำ จากสมการ 3.1 และ 3.2

แทนค่า

$$\frac{0.08 \text{ ม.}}{900 \text{ ม.}} = \frac{0.152 \text{ ม.}}{H}$$

$$H = 1,687.5 \text{ ม.}$$

ตาราง 2.1 มาตรส่วนภาพถ่ายทางอากาศและการประยุกต์ใช้

มาตราส่วน	วัตถุประสงค์
1 : 6,000	เป็นภาพถ่ายทางอากาศมาตราส่วนใหญ่ ปรากฏรายละเอียดที่ชัดเจน เช่น ลักษณะของสิ่งปลูกสร้างและสาธารณูปโภค ลักษณะภูมิทัศน์ของเส้นทางจราจร เหมาะสำหรับงานด้านการรังวัดและผลิตแผนที่ การจัดการที่ดิน และงาด้านวิศวกรรมต่าง ๆ
1 : 15,000 ถึง 1 : 25000	ในภาพถ่ายทางอากาศปรากฏรายละเอียดที่ชัดเจน เห็นอาคารสิ่งปลูกสร้างและเห็นภาพรวมของเมือง เช่น ลักษณะของสิ่งปลูกสร้างและสาธารณูปโภค สามารถนำไปผลิตแผนที่มาตราส่วน 1:4000 นิยมนำไปใช้ในการวางผังเมืองรวม
1 : 25,000	เป็นมาตราส่วนระหว่างขนาดเล็ก มีศักยภาพในการนำไปใช้ผลิตแผนที่มาตราส่วนโครงสร้างใหญ่ได้ เนื่องจากครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ นิยมนำไปใช้ในการวางแผนการรังวัดทำแผนที่และการทำข้อมูลพื้นฐานด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์
1 : 50,000	เป็นภาพถ่ายทางอากาศมาตราส่วนเล็ก ครอบคลุมพื้นที่กว้างแต่ให้รายละเอียดน้อย นิยมนำไปใช้ในการวางแผนเบื้องต้นและผลิตแผนที่ลักษณะภูมิประเทศหรืองานศึกษาด้านธรณีวิทยาและงานชลประทาน เป็นต้น

2.3 การวัดระยะบนภาพถ่ายทางอากาศ

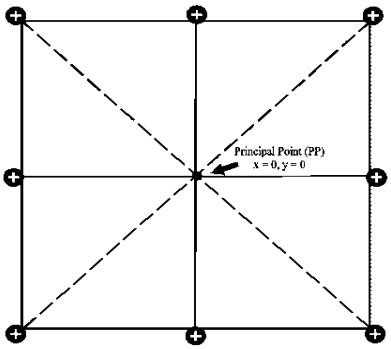
ภาพถ่ายดิ่งสามารถเทียบระยะทางบนภาพถ่ายกับระยะบนพื้นภูมิประเทศได้ โดยใช้การเทียบระยะตามมาตราส่วนของภาพถ่าย และเช่นเดียวกันค่ามุมที่วัดได้บนภาพถ่ายก็สามารถเทียบได้กับค่ามุมที่วัดได้บนพื้นภูมิประเทศด้วย

การกำหนดระบบพิกัดภาพถ่ายต้องทำความเข้าใจระบบพิกัดที่อ้างอิงถึง เป็นการวัดในลักษณะของการหาค่าพิกัดของจุดภาพจากจุดกำเนิด หลักการกำหนดพิกัดในภาพถ่ายมีดังนี้

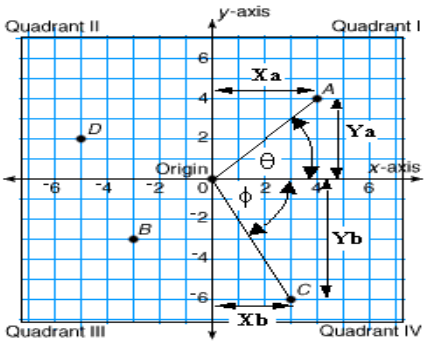
1) มีจุดศูนย์กำเนิดอยู่ที่จุดมุขยะสำคัญ (Principal point) ซึ่งสามารถหาจุดกำเนิดได้โดยการลากแนวเส้นทะแยงระหว่างจุด Fiducial 2 จุดตรงข้าม จำนวน 2 เส้น จุดที่เส้นทะแยงตัดกันคือจุดกึ่งกลางภาพหริอจุดกำเนิดค่าระบบพิกัดภาพถ่าย

2) แกน X ของระบบพิกัดมีทิศทางไปในทิศทางเดียวกับแนวบินและไปในทางขวามือ

3) แกน y ตั้งฉากกับแกน x ขึ้นไปทางด้านบน



รูปที่ 2.6 จุดกำเนิดแกนระบบพิกัดภาพถ่าย



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างเรขาคณิตการกำหนดระบบพิกัด

การวัดระยะบนภาพถ่ายนั้นขึ้นอยู่กับวิธีการและเครื่องมือที่ใช้ ส่วนใหญ่แล้วมักใช้วิธีการค่าพิกัดของภาพถ่ายเดี่ยว (Monoscopic vision) จากระยะบนแกนพิกัดฉากที่ได้จากการลากเส้นเชื่อมโยงจุดดัชนีภาพถ่าย (Fiducial mark) ที่อยู่ด้านตรงข้าม ซึ่งจะได้ค่าพิกัดบนภาพถ่าย (Photo Coordinate) ซึ่งสามารถวัดหาระยะและค่ามุมได้ดังสมการต่อไปนี้

ระยะทาง = $\sqrt{(Xa-Xb)^2+(Ya-Yb)^2}$ สมการ..... 2.5

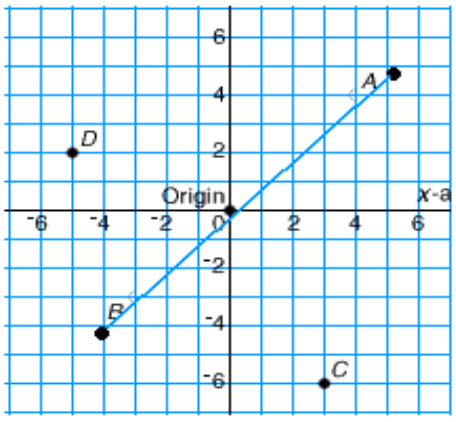
เมื่อ Xa, Ya = พิกัดแกน X,Y จุดที่ 1 Xb, Yb =พิกัดแกน X,Y จุดที่ 2

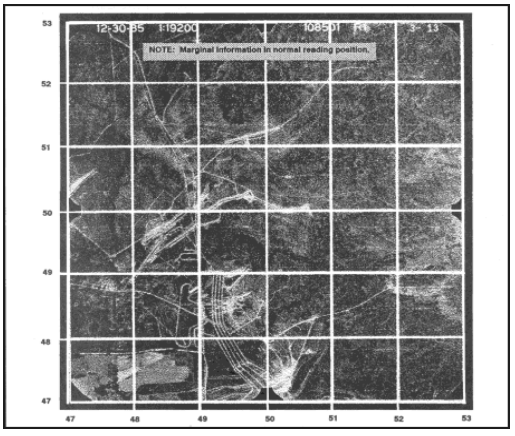
มุม θ = $\tan^{-1}\frac{Ya}{Xa}$ สมการ..... 2.6

มุม ϕ = $\tan^{-1}\frac{Yb}{Xb}$

หาทิศกลับ

มุม α = $\tan^{-1}\frac{Xa - Xb}{Ya - Yb}$ สมการ..... 2.8





รูปที่ 2.8 ตัวอย่างการกำหนดพิกัดให้ภาพถ่าย

ภาพถ่ายทางอากาศเปิดถ่ายด้วยกล้องที่มีความยาวโฟกัส f ม.ม. ระดับสูงบิน H ม. เหนือระนาบอ้างอิง (Datum) จุด A และ B บนพื้นดิน ตั้งอยู่บนพื้นดินที่มีระดับความสูง Ha และ Hb ม. ปรากฏเป็นจุดภาพ a และ b บนภาพถ่าย ตามลำดับ วัดค่าพิกัดภาพถ่ายได้ Xa มม., Ya ม. และ Xb มม., Yb มม. ตามลำดับ สามารถคำนวณหาระยะทางราบของเส้นตรง AB ได้โดยใช้กฎสามเหลี่ยมคล้าย ดังนี้

$$\frac{Xa}{X_A} = \frac{f}{H - Ha} \qquad \text{..... สมการ 2.9}$$

ดังนั้น

$$X_A = \frac{H - Ha}{f} Xa \qquad \text{..... สมการ 2.10}$$

และจากสามเหลี่ยมคล้าย

$$\frac{Ya}{Y_A} = \frac{f}{H - Ha} \qquad \text{..... สมการ 2.11}$$

$$Y_A = \frac{H - Ha}{f} Ya \qquad \text{..... สมการ 2.12}$$

ตัวอย่าง 2.5 ภาพถ่ายทางอากาศ ถ่ายด้วยกล้องที่มีความยาวโฟกัส 152.4 มม. ระดับสูงบิน 1,000 ม. จากระนาบอ้างอิง จุด A และ B ปรากฏเป็นจุดภาพ a และ b ตามลำดับ ตั้งอยู่บนระดับความสูง 213 และ 152 ม. วัดค่าพิกัดภาพถ่ายได้ Xa = 52.35 มม., Ya = 48.27 มม. และ Xb = -40.64 มม., Yb = -43.88 มม. ตามลำดับ

จงหาระยะทางราบของเส้นตรง AB และทิศทางจาก B ถึง A

วิธีทำ จากสมการ 2.10 และ 2.12 คำนวณหาค่าพิกัดดังนั้น

$$X_A = \frac{1{,}000 \text{ ม.} - 213 \text{ ม.}}{152.4 \text{ มม.}} 52.35 \text{ มม.} = 270.34 \text{ ม.}$$

$$Y_A = \frac{1{,}000 \text{ ม.} - 213 \text{ ม.}}{152.4 \text{ มม.}} 48.27 \text{ มม.} = 249.27 \text{ ม.}$$

$$X_B = \frac{1{,}000 \text{ ม.} - 152 \text{ ม.}}{152.4 \text{ มม.}} -40.64 \text{ มม.} = -226.13 \text{ ม.}$$

$$Y_B = \frac{1{,}000 \text{ ม.} - 152 \text{ ม.}}{152.4 \text{ มม.}} \text{ -43.88 มม.} = \text{-244.16 ม.}$$

แทนค่าหาระยะทางราบ AB ในสมการ 2.5 ดังนี้

$$= [(270.34 - (-226.13))^2 + (249.27 - (-244.16))^2]^{1/2}$$

$$= [(270.34 + 226.13)^2 + (249.27 + 244.16)^2]^{1/2}$$

$$= [(496.47)^2 + (493.43)^2]^{1/2}$$

$$= (489955.62)^{1/2}$$

= 699.96 เมตร

แทนค่าหาทิศทางจาก B ไป A ในสมการ 2.8

$$= \tan^{-1} \frac{Xa - Xb}{Ya - Yb}$$

$$= \tan^{-1} \frac{270.34 - (-226.13)}{249.27 - (-244.16)}$$

$$= \tan^{-1} \frac{496.47}{493.43}$$

$$= \tan^{-1} 1.006$$

$= 45.17$ หรือ 45^0 10' 16.9" ตอบ

2.4 การวัดพื้นที่บนภาพถ่ายทางอากาศ

วิธีการวัดพื้นที่ในภาพถ่ายทางอากาศ ใช้วิธีการเหมือนกับการวัดพื้นที่ในงานแผนที่ โดยหลักการคือวัดขนาดพื้นที่ในภาพถ่ายแล้วจึงแปลงเป็นหน่วยพื้นที่บนพื้นดินตามขนาดมาตราส่วนของภาพ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือภาพถ่ายทางอากาศมาตราส่วนไม่เท่ากันตลอดทั้งภาพเหมือนแผนที่ ดังนั้นจึงมีอาจเกิดความคลาดเคลื่อนในการวัด จึงต้องตรวจสอบและปรับแก้ผลการคำนวณที่ได้ให้ถูกต้อง ในกรณีการวัดหาพื้นที่ที่มีรูปร่างไม่แน่นอน เช่น หนองบึง พื้นที่ป่าไม้ แนวหาดทราย หรืออื่นๆ

2.4.1 วิธีการและเทคนิคการวัดพื้นที่ แบ่งเป็น 2 ประเภทดังต่อไปนี้

1) การคำนวณแบบ Field book มีดังนี้

1.1) การแบ่งเนื้อที่ออกเป็นสามเหลี่ยมแล้ววัดด้านทั้ง 3 ด้าน นำมาคำนวณ

1.2) ใช้วิธี stripping method คือ การแบ่งเนื้อที่ออกเป็นสี่เหลี่ยมคางหมูเล็กๆ

1.3) การคำนวณค่าจากระบบพิกัดฉาก

1.4) ใช้วิธี Double meridian Distance หรือ DMD และวิธีละติจูดและดีพาจเจอร์ สามารถใช้ในการตรวจสอบวิธีการคำนวณพื้นที่ด้วยวิธีพิกัดฉากได้ ใช้ค่า latitude และ Departure ของวงรอบปิด เนื้อที่ที่ได้จะเป็น Double area จึงเอา 2 ไปหารออกจะได้ขนาดพื้นที่จริง

1.5) การคำนวณเนื้อที่ของโค้งในกรณีที่ขอบเขตเป็นรูปโค้ง

2) การคำนวณจากแผนที่ซึ่งมีขนาดมาตราส่วนถูกต้อง มีหลายวิธี

2.1) การแบ่งพื้นที่บนแผนที่ออกเป็นสามเหลี่ยมในหลายรูปวัดทั้งสามด้านแล้วนำมาคำนวน

2.2) การนับจุดหรือการใช้ตารางกริด

2.3) การนับตารางสี่เหลี่ยมของกราฟ (Method of Square)

2.4) การใช้เครื่องมือวัดพื้นที่ (Planimeter)

2.4.2 การแปลงหน่วยพื้นที่

เมื่อเทียบมาตราการวัดพื้นที่ระหว่างมาตราเมตริกและมาตราอังกฤษ จะได้

1 ม. = 100 ซม. = 1,000 มม. (millimeters) = 3.28 feet (ฟุต)

1 ฟุต = 12 นิ้ว (inches), 1 หลา (yard) = 3 ฟุต,

1 นิ้ว = 2.54 ซม.

1 ฟุต = 0.3048 ม.

1 ตารางเมตร (square metre) = 10.76 ตารางฟุต (square feet)

1 เอเคอร์ (acre) = 43,560 ตร.ฟุต, 1 ตารางกิโลเมตร = 230.4 เอเคอร์

1 เฮกตาร์ (hectare) = 10,000 ตารางเมตร

4,840 ตารางหลา = 1 เอเคอร์ (acre) 640 เอเคอร์ = 1 ตารางไมล์

1 ตารางเมตร เท่ากับ 1,550 ตารางนิ้ว

1 ตารางนิ้ว เท่ากับ 6.4516 ตารางเซนติเมตร

1 เฮกตาร์ เท่ากับ 2.4771 เอเคอร์

กรณีเทียบมาตราการวัดพื้นที่ของไทยกับระบบอื่นๆ จะได้

1 ตารางวา เท่ากับ 4 ตารางเมตร

1 ไร่ เท่ากับ 1,600 ตารางเมตร หรือ 1 งาน เท่ากับ 400 ตารางเมตร

1 เอเคอร์ เท่ากับ 2.5 ไร่

1 เฮกเตอร์ เท่ากับ 6 ไร่ 1 งาน หรือ 6.25 ไร่ 100 ตารางวา

10,000 ตร.ม. = 2,500 ตารางวา

1 ตารางกิโลเมตร = 625 ไร่

1 เอเคอร์ประมาณ 4050 ตารางเมตร (ถ้าคำตอบที่ถูกต้องมากขึ้นคูณ 4046.9)
คูณตารางหลาด้วย 0.83613 เพื่อให้ได้พื้นที่หน่วยตร.ม.ถูกต้องมากขึ้น
คูณหน่วยตารางฟุตด้วย 0.092903 เพื่อความถูกต้องมากขึ้น

2.4.3 เครื่องมือวัดระยะในภาพถ่ายทางอากาศ

1) ไม้บรรทัด ควรเลือกใช้ไม้บรรทัดที่มีหน่วยแบ่งส่วนทั้งมิลลิเมตร เซนติเมตร และนิ้ว มีหลายแบบ เช่น บรรทัดสามเหลี่ยม บรรทัดตรง และบรรทัดโค้ง **การใช้งาน**ใช้วัดขนาดความยาว ซึ่งอาจจะมีมาตราส่วน 1:20, 1:25, 1:50, 1:100, 1:75, 1:125 กำหนดอยู่

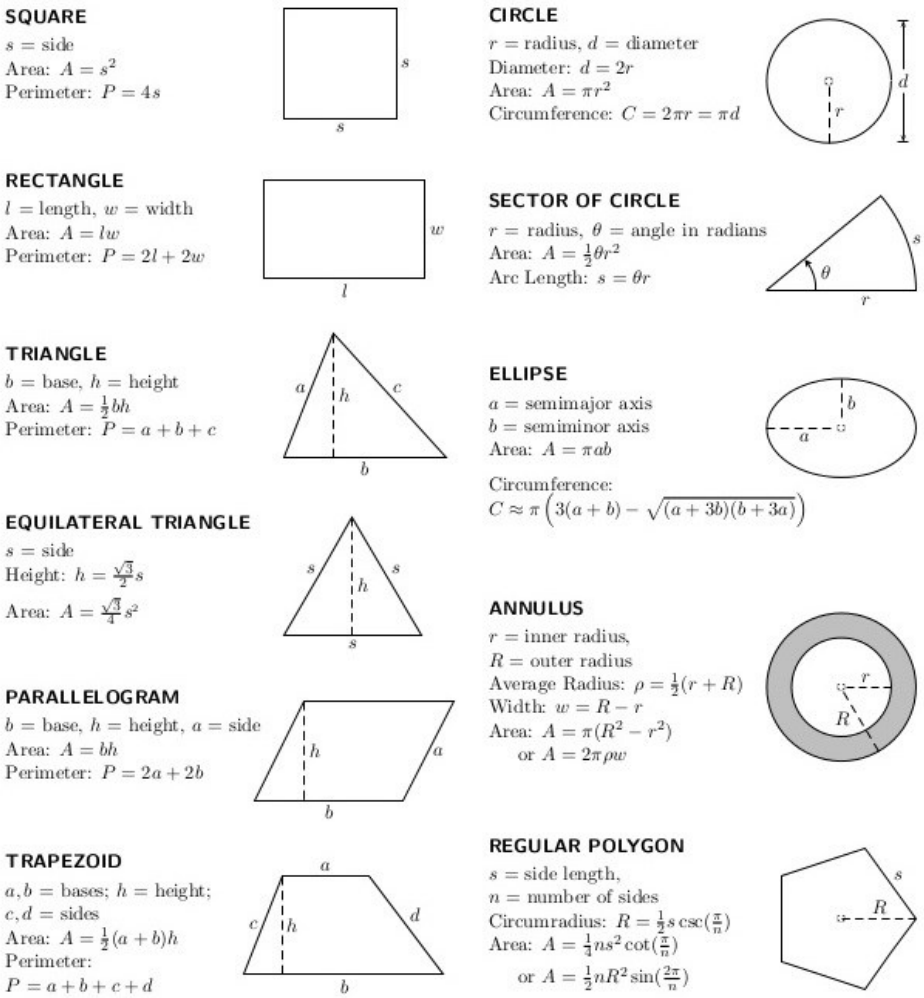
ไม้บรรทัดสามเหลี่ยม ล้อวัดพื้นที่ ไม้บรรทัดคลิปเปอร์แบบ LCD

รูปที่ 2.9 เครื่องมือวัดระยะ

2) Parallax bar เป็นไม้บรรทัดที่มีความละเอียดมาก เป็นเครื่องมือที่ใช้งานคู่กับกล้องมองภาพสามมิติ สามารถวัดความละเอียดในหน่วย 1 มิลลิเมตรแบ่งได้ 10 ส่วน

3) เครื่องมือวัดพื้นที่ (Planimeter) อาจเรียกว่า Digital Planimeter เป็นเครื่องมือช่วยคำนวณพื้นที่ที่สามารถบอกขนาดพื้นที่ได้ทันทีเมื่อทำงานเสร็จ โดยสามารถปรับหน่วยแสดงผลคำนวณได้ตามมาตราส่วนภาพถ่าย ค่าที่ได้มีความละเอียดมากขึ้น สามารถวัดพื้นที่ได้กว้าง ทำให้การทำงานโดยบุคคลมีความรวดเร็วและสะดวกมากขึ้น มีจุดหมุนหรือจุดขั้วซึ่งมีลักษณะเป็นล้อ

รูปที่ 2.10 Parallax bar (ซ้าย) และ Planimeter (ขวา)



รูปที่ 2.11 สมการคำนวณหาพื้นที่รูปทรงต่างๆ

การใช้งานเครื่องมือวัดพื้นที่แบบ Digital Planimeter ยี่ห้อ Placom มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

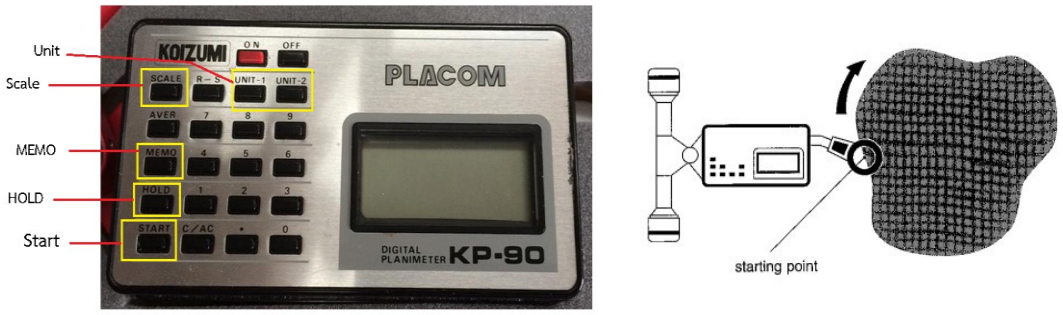
1) กรณีวัดพื้นที่รูปเหลี่ยมแบบปิด 1 รูป

1.1) กำหนดค่ามาตราส่วนของภาพถ่ายทางอากาศ กดปุ่ม **Scale** กดตัวเลขระบุมาตราส่วน กดปุ่ม **Unit** เพื่อเลือกหน่วยการวัด

1.2) วางเครื่องวัดบนรูปพื้นที่ที่ต้องการหาขนาด เมื่อกำหนดจุดเริ่มต้นได้แล้วกดปุ่ม **Start** จะได้ยินเสียง buzzer ที่หน้าจอตัวเลขแสดงผลเป็นเลข 0

1.3) ลาก tracer point/starting point ไปในทิศทาง**ตามเข็มนาฬิกา** (Clockwise) จนวนกลับมายังจุดเริ่มต้น

1.4) เสร็จแล้วกดปุ่ม **MEMO** จะได้ยินเสียง buzzer ที่หน้าจอตัวเลขแสดงผลเป็นตัวเลขขนาดของพื้นที่



รูปที่ 2.12 ตัวอย่างปุ่มรายการคำสั่งของ Planimeter

2) กรณีวัดพื้นที่รูปเหลี่ยมแบบรูปเหลี่ยมซ้อน หรือแบบโดนัท

2.1) กำหนดค่ามาตราส่วนของภาพถ่ายทางอากาศ กดปุ่ม **Scale** กดตัวเลขระบุมาตราส่วน กดปุ่ม **Unit** เพื่อเลือกหน่วยการวัด

2.2) วางเครื่องวัดบนรูปพื้นที่ที่ต้องการหาขนาด เมื่อกำหนดจุดเริ่มต้นได้แล้วกดปุ่ม **Start** จะได้ยินเสียง buzzer ที่หน้าจอตัวเลขแสดงผลเป็นเลข 0

1.3) ลาก tracer point ไปในทิศทางตามเข็มนาฬิการูปพื้นที่ขนาดใหญ่ก่อนจนวนกลับมายังจุดเริ่มต้น เสร็จแล้วกดปุ่ม **HOLD** จะได้ยินเสียง buzzer ที่หน้าจอตัวเลขแสดงผลเป็นเลขขนาดของพื้นที่ เช่น 10.24

1.4) ย้าย tracer point ไปวางบนภาพส่วนด้านใน (รูขอบในรูปโดนัท) กดปุ่ม **HOLD** ลาก tracer point ไปในทิศทาง**ทวนเข็มนาฬิกา** (Anti-clockwise)

1.5) เสร็จแล้วกดปุ่ม **MEMO** จะได้ยินเสียง buzzer ที่หน้าจอตัวเลขแสดงผลเป็น 7.98 เป็นต้น ซึ่งพื้นที่ตรงกลางจะถูกตัดออกไป

3) กรณีวัดพื้นที่รูปเหลี่ยมแบบรูปเหลี่ยมหลายรูปต่อเนื่อง

3.1) กำหนดค่ามาตราส่วนของภาพถ่ายทางอากาศ กดปุ่ม **Scale** กดตัวเลขระบุมาตราส่วน กดปุ่ม **Unit** เพื่อเลือกหน่วยการวัด

3.2) วางเครื่องวัดบนรูปพื้นที่ที่ต้องการหาขนาด เมื่อกำหนดจุดเริ่มต้นได้แล้วกดปุ่ม **Start** จะได้ยินเสียง buzzer ที่หน้าจอตัวเลขแสดงผลเป็นเลข 0

3.3) ลาก tracer point รูปแรกที่ต้องการไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาจนวนรอบกลับมายังจุดเริ่มต้น เสร็จแล้วกดปุ่ม **HOLD** จะได้ยินเสียง buzzer ที่หน้าจอตัวเลขแสดงผลเป็นเลขขนาดของพื้นที่ เช่น 10.24

3.4) ย้าย tracer point ไปวางบนรูปพื้นที่อีกรูปหนึ่ง เมื่อได้จุดเริ่มต้นแล้วกดปุ่ม **HOLD** ลาก tracer point ไปในทิศทาง**ตามเข็มนาฬิกา** จนวนรอบกลับมายังจุดเริ่มต้น ถ้ามีอีกรูปก็ให้ทำตามขั้นตอน 3.3 และ 3.4

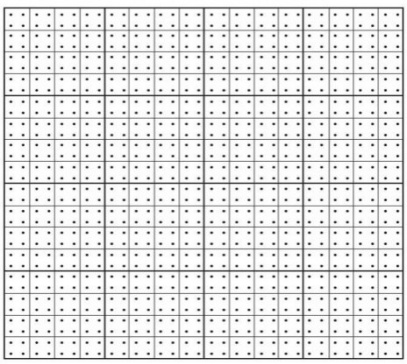
3.5) เมื่อครอบจำนวนรูปตามที่ต้องการแล้วกดปุ่ม **MEMO** จะได้ยินเสียง buzzer ที่หน้าจอตัวเลขแสดงผลเป็น 15.98 เป็นต้น

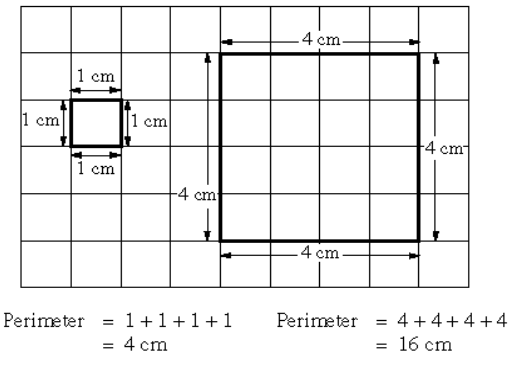
4) การแปลงมาตราส่วน

มาตราส่วน	Multiplier/ Unit (m^2)	ตัวอย่าง ถ้าแสดงค่าออกมาเป็น
1:4,000	1,600	150 cm^2 ที่ภาพมาตราส่วน
1:6,000	3,600	1:4,000 ขนาดพื้นที่ เท่ากับ
1:10,000	10,000	=150x1,600 = 240,000 m^2.
1:15,000	22,500	หรือ
1:20,000	40,000	= 150 ไร่
1:30,000	90,000	
1:50,000	250,000	

2.4.4 การคำนวณด้วยวิธีการใช้แผ่นจุด (Dot Template)

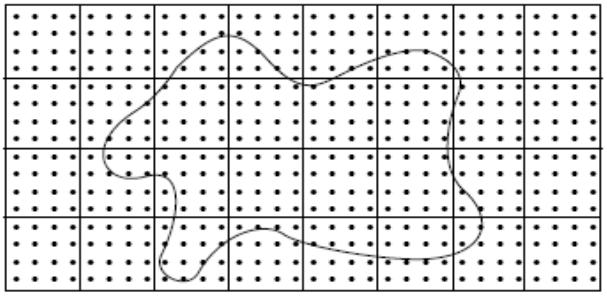
Dot Template เปนอุปกรณชนิดหนึ่งที่ใชหาพื้นที่ในภาพถายทางอากาศและแผนที่ โดยอาศัยหลักการของวิธีกราฟ (Graphic method) มีลักษณะเปน Plate หรือแผนฟลม (Film) โปร่งใส มีเครื่องหมายจุดวางเป็นแนวและแถวในระยะเท่ากันตลอดทั้งแผ่น หรือเปนตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีระยะหางระหวางจุดตอจุดเทากันตลอด ระยะห่างระหว่างจุดทำไว้หลายขนาด ได้แก่ แผ่นที่มีระยะ 0.1 0.5 หรือ 1 ซม. ถาตองการหาพื้นที่ละเอียดก็ใชแผนที่มีระยะระหวางจุดใกลกันมาก ๆ การใช Dot Template สามารถนำไปปฏิบัติไดในสนามได้





รูปที่ 2. ตัวอย่างแผ่นใสแบบจุดและการหาค่าเส้นรอบวงรูปกริด

ขั้นตอนการคำนวณปฏิบัติการดังนี้



รูปที่ 2. ตัวอย่างจุดในตารางกริด

ที่มา : U.S. Geological Survey

1) เลือก Dot Template ขนาด 1 จุดต่อ 2.5 เอเคอร์ วางให้ทับบนพื้นที่ที่ต้องการคำนวณหาขนาด จากนั้นนับจำนวนจุดภายในรูปร่างพื้นที่ นับจุดอื่น ๆ ทั้งหมด ในตัวอย่างนับได้จุดบนเส้นเขตทั้งสิ้น 181 จุด

2) แปลงหน่วยการวัดให้เป็นหน่วยเดียวกับมาตราส่วน คำนวณตามสมการ ดังนี้

$$\textbf{พื้นที่} = \textbf{จำนวนจุดที่นับได้} \times \frac{\textbf{ขนาดพื้นที่}}{\textbf{จุด}} \quad \text{..... สมการ 2.13}$$

แทนค่า จำนวนจุดที่นับได้ = 181 จุด ขนาดพื้นที่ต่อจุด = 2.5 เอเคอร์/1 จุด

ดังนั้น พื้นที่ = (2.5 เอเคอร์/1 จุด) x 181 จุด

= 453 เอเคอร์ **ตอบ**

2) แปลงหน่วยการวัดให้เป็นหน่วยเดียวกับมาตราส่วน คำนวณตามสมการ ดังนี้

$$\textbf{พื้นที่} = PSR^2 \frac{DC}{DI} \quad \text{..... สมการ 2.14}$$

PSR = มาตราส่วนกลับของภาพถ่าย

DC = จำนวนจุดที่นับได้

DI = ความหนาแน่นของจุดในพื้นที่หนึ่งหน่วย

ตัวอย่าง 2. ใช้แผ่นจุดขนาด 16 จุด/ตารางซม. นับจุดในพื้นที่ซึ่งต้องการคำนวณขนาดพื้นที่ ได้ 256 จุด จงคำนวณหาพื้นที่ของรูปร่างดังกล่าวและบอกหน่วยเป็นไร่ เมื่อกำหนดให้ภาพถ่ายทางอากาศมีมาตราส่วนของ 1:15,000

วิธีทำ จากสมการ

กรณีคำนวณหาพื้นที่หน่วยไร่

แทนค่า PSR = $(15,000/4,000)^2$ DC = 256 จุด DI = 16 จุด

$$\text{พื้นที่} = \frac{15,000^2}{4,000^2} \times \frac{256 \text{ จุด}}{16 \text{ จุด}}$$

= 160.52 ไร่

2.4.5 การคำนวณหาเนื้อที่จากคาพิกัดระบบ UTM

นำคาพิกัดระบบที่ไดจากการคำนวณหรือกำหนดด้วยวิธีการใด ๆ ในภาพถ่าย เช่น อานคาจากพิกัดบนภาพถ่ายหรือค่าพิกัดที่ได้จากการใช้เครื่องกำหนดตำแหนงบนโลก(Global Positioning System หรือ GPS) มาใช้คำนวณพื้นที่

1) สูตรคำนวณหาพื้นที่รูปหลายเหลี่ยม (Polygon) ตั้งแตสามเหลี่ยมขึ้นไป

ตาราง 2.2 รูปแบบการระบุข้อมูลพิกัดจุดภาพ

พิกัดตะวันออก	พิกัดเหนือ
X_1	Y_1
X_2	Y_2
X_3	Y_3
...	...
X_1	Y_1

ตาราง 2.3 ตัวอย่างพิกัด

พิกัดตะวันออก	พิกัดเหนือ
747,253.0	759,604.0
750,165.7	758,059.7
753,891.1	759,984.0
749,354.7	761,532.0
747,253.0	759,604.0

2) วิธีคำนวณ

2.1) หาผลรวมของผลคูณไขวลงของคาพิกัดแนวตะวันออก (X), และเหนือ (Y) โดยผลรวมของผลคูณไขวลงให้คำนวณจาก ((X1 คูณ Y2) + (X2 คูณ Y3) + (X3 คูณ Y...) + (X... คูณ Y1)) ดูตาราง 3

2.2) หาผลรวมของผลคูณไขวขึ้นของคาพิกัดแนวตะวันออก (X), และเหนือ (Y) โดยผลรวมของผลรวมของผลคูณไขวขึ้น ((X2 คูณ Y1) + (X3 คูณ Y2) + (X... คูณ Y3) + (X1 คูณ Y...)) ดูตาราง 4

ตาราง 2.4 รูปแบบการคูณไขวลง

พิกัดตะวันออก		พิกัดเหนือ
X_1	↘	Y_1
X_2	↘	Y_2
X_3	↘	Y_3
X_n...	↘	Y_n ...
X_1		Y_1
ΣX		ΣY

คูณไขวลง

ตาราง 2.5 รูปแบบการคูณไขวขึ้น

พิกัดตะวันออก		พิกัดเหนือ
X_1		Y_1
X_2	↗	Y_2
X_3	↗	Y_3
...	↗	...
X_1	↗	Y_1
ΣX		ΣY

คูณไขวขึ้น

2.3) นำผลรวมของผลคูณไขวลงมาลบดวยผลรวมของผลคูณไขวขึ้น แลวหารดวย สอง จะไดคาเนื้อที่ เปนตารางเมตร

ตาราง 2.6 ผลการคำนวณ

พิกัดตะวันออก	พิกัดเหนือ	คูณไขวลง	คูณไขวขึ้น
747,253.0	759,604.0		569,828,896,767.0
750,165.7	758,059.7	566,462,370,059.0	571,494,468,762.6
753,891.1	759,984.0	570,113,922,239.9	569,497,552,456.9
749,354.7	761,532.0	574,112,227,550.1	569,057,079,068.5
747,253.0	759,604.0	569,212,835,134.8	
	ผลรวมคูณไขว้	2,279,901,354,983.8	2,279,877,997,055.0

หาผลต่างผลรวมคูณไขว้ $\frac{2,279,901,354,983.8 - 2,279,877,997,055.0}{2}$

= 11,678,964.4

แปลงหน่วยเป็นไร่ = 11,678,964.4/1,600 (หารด้วย 1,600 หน่วยเมตริก)

= 7,299.35 ไร่

2.4) แปลงหน่วยเป็นไร่งาน และวา โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel มีรูปฟังก์ชัน การคำนวณดังนี้

	A	B	C	D
1	7,299.35	ไร่	งาน	ตารางวา
2		7,299	1.4402	0.4402
3			1	44.02
	สรุป =	**7,299**	**1**	**44.02**

กรณีเป็นไร่ = TRUNC(A1) จะได้ค่าเท่ากับ 7,299.00 ให้ปรับ format โดยกำหนดให้ทศนิยม = 0 จะได้ผลลัพธ์ เท่ากับ 7,299 ปรากฏใน cell =B2

กรณีเป็นงาน = Mod(A1,0.999999) *** 4** จะได้ค่าเท่ากับ 0.35 * 4 ผลลัพธ์ คือ 1.44 งาน ปรากฏใน cell =C2 จากนั้นใช้คำสั่ง =TRUNC(C2) ปรากฏใน cell =C3

กรณีเป็นวา = Mod(C2,0.999999) *** 100** จะได้ค่าเท่ากับ 0.44 * 100 ผลลัพธ์ คือ 44.02 วา ปรากฏใน cell =D3

กรณีแปลงหน่วยเป็นไร่ โดยใช้เครื่องคิดเลขคำนวณด้วยมือ การคำนวณให้ใช้ฟังก์ชัน M^+ ในการคูณไขว้ลง (ดูตาราง 3) และ M^+ ในการคูณไขว้ขึ้น (ดูตาราง 4) เสร็จแล้วใช้ฟังก์ชัน MR (ก่อนการเริ่มคำนวณควรล้างข้อมูลก่อนโดยการกดฟังก์ชัน MC

2.4.6 การคำนวณหาพื้นที่ด้วยวิธีเส้นตั้งฉาก

วิธีการนี้พัฒนาโดย Simson หรือเรียกว่าวิธีการของซิมสัน วิธีนี้อาศัยหลักการโค้งพาราโบลา แต่มีข้อจำกัดคือ ต้องลากเส้นตั้งฉากเป็นเลขคี่เสมอ มีสมการดังนี้

$$\text{พื้นที่} = \frac{d}{3}[X + 2Y + 4Z] \qquad \text{..... สมการ 2.15}$$

เมื่อ d = ระยะห่างของเส้นตั้งฉาก

X = ผลรวมของระยะเส้นตั้งฉาก เส้นแรกและเส้นสุดท้าย

Y = ผลรวมของระยะเส้นตั้งฉากเลขคู่ทั้งหมด

Z = ผลรวมของระยะเส้นตั้งฉากเลขคี่ ที่เหลือ

วิธีการของซิมสัน อาจใช้ร่วมกับการคำนวณรูปทรงเรขาคณิตทั่วไป เช่น รูปสี่เหลี่ยมคางหมู รูปสามเหลี่ยม เป็นต้น ผู้แปลความหมายหรือผู้ปฏิบัติงานต้องใช้การพิจารณาตามความเหมาะสมด้วยตนเอง

คำถามท้ายบท

1. จากค่าพิกัดฉากที่กำหนดให้ในตาราง จงคำนวณหาพื้นที่

หมุดที่	พิกัดตะวันออก (ม.)	พิกัดเหนือ (ม.)
1	100.0000	10.0000
2	100.5101	10.5115
3	100.5057	11.5308
4	98.7978	11.5227
5	98.7912	10.0000

2. เมื่อกำหนดให้ภาพถ่ายทางอากาศมีมาตราส่วน 1:10,000 ใช้แผ่นจุดขนาด 100 จุด/ตาราง ซม. วัดพื้นที่สวนยางพารา นับจุดได้ 86 จุด จงคำนวณหาพื้นที่ของรูปร่างดังกล่าวและบอกหน่วยเป็นไร่

3. เมื่อกำหนดให้ภาพถ่ายทางอากาศมีมาตราส่วน 1:15,000 วัดระยะเส้นตั้งฉากพื้นที่สวนไม้ผลผสมออกไป 7 เส้น ได้ระยะทาง 3.5 2.6 5.4 4.7 2.8 3.4 และ 2.6 ซม. ระยะห่างเส้นตั้งฉากที่เส้นฐานได้ช่วงละ 2 ซม. จงคำนวณหาพื้นที่

4. จงเปรียบเทียบภาพถ่ายทางอากาศขนาด 23x23 ซม. มาตราส่วน 1:15,000 จงคำนวณพื้นที่ครอบคลุมของภาพถ่าย 1 ภาพ

5. จงหามาตราส่วนภาพถ่าย เมื่อกล้องถ่ายภาพทางอากาศมีความยาวโฟกัส 152.56 มม. บันทึกภาพ ณ ระดับสูงบิน 1,780 ม. เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง จุด A อยู่พื้นที่ราบแห่งนั้นมีความสูง 130 ม. จากระดับน้ำทะเลปานกลาง

6. ภาพถ่ายทางอากาศมีส่วนเกย (Sidelap) 25 % ขนาดฟิล์ม 23 ซม. มาตราส่วน 1:20,000 ถ้ามีขนาดพื้นที่ 40 กม. ต้องใช้แนวบินกี่แนว

7. ถ้ามีขนาดพื้นที่ยาว 98 กม. กว้าง 68 กม. ภาพถ่ายมีส่วน Sidelap 30 % และส่วน Overlap 55 % ขนาดฟิล์ม 23 ซม. มาตราส่วน 1:15,000 จะได้ภาพทั้งโครงการเท่าไร

คำถามตอบและวิจารณ์

1. เรื่องมาตราส่วน

1) ท่านคิดว่ามาตราส่วนจุด และมาตราส่วนเฉลี่ย แบบไหนที่มีความน่าเชื่อถือมากกว่ากัน เพราะเหตุใด

2) ทำไมการเลือกจุดควรเลือกบนพื้นราบมากกว่าบนที่สูง ในการวัดระยะทางหรือพิกัดภาพถ่าย

3) หากมีเส้นตรงเส้นหนึ่งอยู่ใกล้มุมแผนที่ กับอีกเส้นหนึ่งอยู่ใกล้จุดดิ่ง (Nadir) ท่านคิดว่าเส้นไหนมีความถูกต้องมากกว่า เพราะเหตุใด

4) ถ้าภาพถ่ายดิ่งจากระดับความสูง 3,000 ฟุต ได้มาตราส่วนที่ระนาบอ้างอิงเท่ากับ 1:6,000 วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของถังเก็บน้ำมันฐานและที่ยอดได้ 6.87 และ 7.01 มม. ตามลำดับ จงคำนวณความสูงของถังหากที่ฐานของถังตั้งอยู่สูงจากระนาบอ้างอิง 590 ฟุต

2. การวัดระยะบนภาพถ่าย

1) ค่าพิกัดบนพื้นดินที่คำนวณได้มีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากสาเหตุใดบ้าง จงอธิบาย

2) พิกัดเป็นพื้นดินที่ได้ กับพิกัดระบบ UTM มีความแตกต่างกันหรือไม่ เพราะเหตุใด

3) ทำไมพิกัดบนพื้นดินจึงเท่ากับส่วนกลับของมาตราส่วนภาพถ่ายคูณกับพิกัดภาพถ่ายของจุดนั้นเอง

เอกสารอ้างอิง

ภิรมย์ อ่อนเส็ง. 2539. **เอกสารประกอบการสอนโฟโตแกรมเมตตรี1**. พิษณุโลก : ภาควิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

วิชา จิวาลัย และปรีชา ถีระวัฒนาสวัสดิ์. 2523. **การสำรวจด้วยภาพถ่าย**. กรุงเทพฯ : ภาควิชาการสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

David P. Paine and Jame D. Kiser. 2003. **Aerial photography and image interpretation.** 2nd ed, USA : John Wiley & Sons,.

Nicholas M. Short. 2010. **Some Elements of Photogrammetry in remote sensing tutorial**. Retrieved january 6, 2011, from http://rst.gsfc.nasa.gov/Sect10/Sect10_3.html