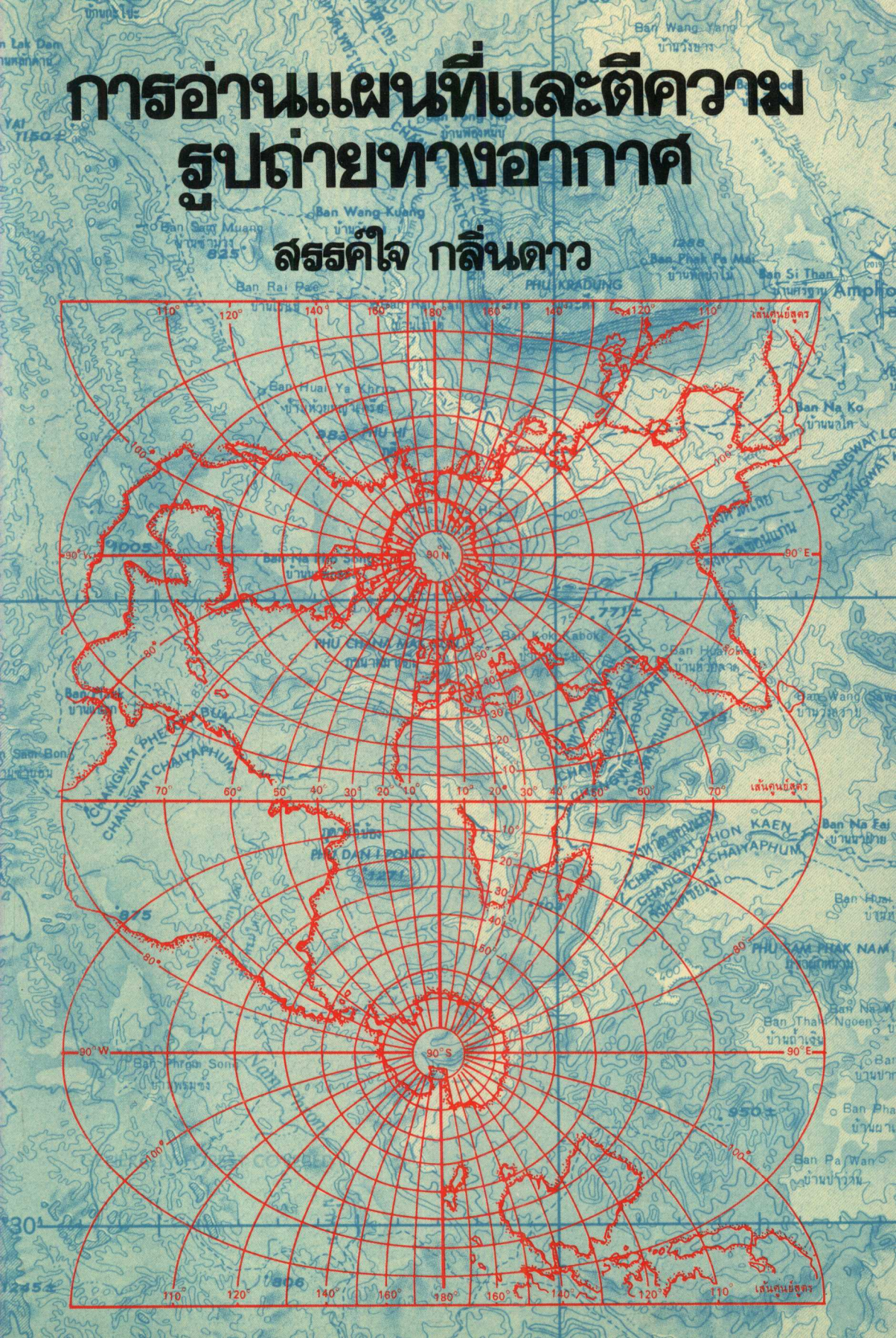
# การอ่านแผนที่และตีความรูปถ่ายทางอากาศ

สรรค์ใจ กลิ่นดาว



# การอ่านแผนที่และตีความรูปถ่ายทางอากาศ

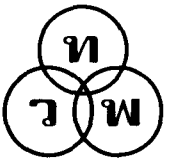
มูลนิธิโครงการตำราสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์
๔๑๓/๓๘ ถนนอรุณอมรินทร์ เขตบางกอกน้อย กทม. ๑๐๗๐๐
โทร. ๔๒๔-๕๗๖๘

โดย

สรรค์ใจ กลิ่นดาว

มูลนิธิโครงการตำราสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์
กรุงเทพมหานคร 2531
(สงวนลิขสิทธิ์)

85.-




**ISBN 974-07-5633-6**

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2531

จำนวน 3,000 ฉบับ

**จัดพิมพ์โดย บริษัทโรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด**

**(สงวนลิขสิทธิ์)**

จัดจำหน่ายโดย

บริษัทสำนักพิมพ์ **ไทยวัฒนาพานิช** จำกัด

599 ถนนไมตรีจิต กรุงเทพมหานคร 10100 โทร 2210111—5

# รายชื่อคณะกรรมการบริหารมูลนิธิโครงการตำราสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์

| | |
|---|---|
| 1. นายเสน่ห์ จามริก | ประธานกรรมการ |
| 2. นางเพ็ชรี สุมิตร | รองประธาน |
| 3. นางสาวกุสุมา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา | กรรมการ |
| 4. นายธวัชชัย ยงกิตติกุล | กรรมการ |
| 5. นายนรนิติ เศรษฐบุตร | กรรมการ |
| 6. นายสุลักษณ์ ศิวรักษ์ | กรรมการ |
| 7. นายวิทยา สุจริตธนารักษ์ | กรรมการ |
| 8. นางอมรา พงศาพิชญ์ | กรรมการ |
| 9. นายเกริกเกียรติ พิพัฒน์เสรีธรรม | กรรมการ |
| 10. นางสาวศุภลักษณ์ เลิศแก้วศรี | กรรมการและเหรัญญิก |
| 11. นายชาญวิทย์ เกษตรศิริ | กรรมการและเลขานุการ |
| 12. นายรังสรรค์ ธนะพรพันธุ์ | กรรมการและผู้จัดการ |
| 13. นายเฉลิม ทองศรีพงศ์ | ที่ปรึกษากฎหมาย |
| 14. นายบดินทร์ อัศวาณิชย์ | ที่ปรึกษากฎหมาย |

# คำแถลงของมูลนิธิโครงการตำราสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์

โครงการตำราสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ ก่อตั้งขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2509 ด้วยความร่วมแรงร่วมใจกันเองเป็นส่วนบุคคล ในหมู่ผู้มีความรักในภารกิจบริหารการศึกษาจากสถาบันต่าง ๆ เมื่อเริ่มดำเนินงาน โครงการตำรา ฯ มีฐานะเป็นหน่วยงานหนึ่งของสมาคมสังคมศาสตร์แห่งประเทศไทย ก่อนที่จะมีฐานะเป็นมูลนิธิเมื่อต้นปี พ.ศ. 2521 ทั้งนี้โดยได้รับความร่วมมือด้านทุนทรัพย์จากมูลนิธิร็อกกี้เฟลเล่อร์ เพื่อใช้จ่ายในการดำเนินงานขั้นต้น เป้าหมายเบื้องแรกของมูลนิธิโครงการตำรา ฯ ก็คือ ส่งเสริมให้มีหนังสือตำราภาษาไทยที่มีคุณภาพดี โดยเฉพาะในทางวิชาสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ ทั้งนี้เพราะต่างก็เห็นพ้องต้องกันในระยะนั้นว่า คุณภาพของหนังสือตำราไทยระดับอุดมศึกษาแขนงวิชาดังกล่าวยังไม่สูงพอ ถ้าส่งเสริมให้มีหนังสือเช่นนี้เพิ่มขึ้น ย่อมมีส่วนช่วยยกระดับมาตรฐานจากการศึกษาในขั้นมหาวิทยาลัยไปโดยปริยาย อีกทั้งยังอาจช่วยการสร้างสรรค์ปัญญา ความคิดริเริ่ม และความเข้าใจอันถูกต้องในเรื่องที่เกี่ยวเนื่องกับสังคม วัฒนธรรม เศรษฐกิจ และการเมืองโดยส่วนรวม

พร้อมกันนี้มูลนิธิโครงการตำรา ฯ ก็มีเจตนารมณ์อันแน่วแน่ที่จะทำหน้าที่เป็นแหล่งชุมนุมผลงานเขียนของนักวิชาการต่าง ๆ ทั้งในและนอกสถาบัน เพื่อให้ผลงานวิชาการที่มีคุณภาพได้เป็นที่รู้จักและเผยแพร่ออกไปโดยทั่วถึงทั้งในหมู่ผู้สอน ผู้เรียน และผู้สนใจงานวิชาการ การดำเนินงานของมูลนิธิโครงการตำรา ฯ มุ่งขยายความเข้าใจและความร่วมมือของบรรดานักวิชาการออกไปในวงกว้างยิ่ง ๆ ขึ้นด้วย ไม่ว่าจะเป็นด้านการกำหนดนโยบายสร้างตำรา การเขียน การแปล และการใช้ตำรานั้น ๆ ซึ่งจะเป็นเครื่องส่งเสริมและกระชับความสัมพันธ์อันพึงปรารถนา ตลอดจนความเข้าใจอันดีต่อกันในวงวิชาชีพที่เกี่ยวข้อง

นโยบายพื้นฐานของมูลนิธิโครงการตำรา ฯ คือ ส่งเสริมและเร่งรัดให้มีการจัดพิมพ์หนังสือตำราทุกประเภททั้งที่เป็นงานแปลโดยตรง งานแปล–เรียบเรียง งานถอดความ งานรวบรวม งานแต่ง และงานวิจัย ในช่วงแรก ๆ เราได้เน้นส่งเสริมงานแปลเป็นหลัก ขณะเดียวกันก็ได้ส่งเสริมให้มีการจัดพิมพ์ตำราประเภทอื่น ๆ ด้วย นับแต่ได้ก่อตั้งโครงการตำรา ฯ มาจนกระทั่งถึงปัจจุบัน โดยความร่วมมืออย่างดียิ่งของนักวิชาการหลายสถาบัน สามารถส่งเสริม–กลั่นกรอง–ตรวจสอบ และจัดพิมพ์หนังสือตำราภาษาไทยระดับอุดมศึกษาที่มีคุณภาพตามเป้าหมาย เจตนารมณ์และนโยบายได้ครบทุกประเภท และมีเนื้อหาครอบคลุมสาขาวิชาต่าง ๆ ถึง 8 สาขาดังต่อไปนี้ คือ 1) สาขาวิชาภูมิศาสตร์ 2) สาขาวิชาประวัติศาสตร์ 3) สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ 4) สาขาวิชารัฐศาสตร์ 5) สาขาวิชาสังคมวิทยาและมานุษยวิทยา 6) สาขาวิชาปรัชญา 7) สาขาวิชาจิตวิทยา 8) สาขาวิชาภาษาและวรรณคดี นอกจากนี้เรายังมีโครงการผลิตตำราสาขาวิชาอื่น ๆ เพิ่มขึ้นด้วย เช่น สาขาวิชาศิลปะ ซึ่งกำลังอยู่ในขั้นดำเนินงาน และยังได้ขยายงานให้มีการแต่งตำราเป็น "ชุด" ต่อ ซึ่งมีเนื้อความคาบเกี่ยวระหว่างหลายสาขาวิชา เช่น "ชุดชีวิตและงาน" ของบุคคลที่น่าสนใจดังที่ได้จัดพิมพ์เผยแพร่ไปแล้วบางเล่ม

ปัจจุบันมูลนิธิโครงการตำรา ฯ ยังคงมีเจตนารมณ์อันแน่วแน่ที่จะขยายงานของเราต่อไปอย่างไม่หยุดยั้ง แม้ว่าจะประสบอุปสรรคนานัปการ โดยเฉพาะอุปสรรคด้านทุนรอน เพราะกิจการของเรามิใช่กิจการแสวงหาผลกำไร หากมุ่งประสงค์ให้นักศึกษาและประชาชนได้มีโอกาสซื้อหาหนังสือตำราในราคาย่อมเยาพอสมควร

คณะกรรมการทุกสาขาวิชาของมูลนิธิโครงการตำรา ฯ ยินดีน้อมรับคำแนะนำและคำวิพากษ์วิจารณ์จากผู้อ่านทุกท่าน และปรารถนาอย่างยิ่งที่จะให้ท่านผู้อ่านทุกท่านได้เข้ามีส่วนร่วมในมูลนิธิโครงการตำรา ฯ ไม่ว่าจะเป็นการสนับสนุนแนะนำอยู่ห่าง ๆ ช่วยแต่ง แปล เรียบเรียง หรือรวบรวมตำราสาขาวิชาต่าง ๆ ให้เรา หรือเข้ามาช่วยบริหารงานร่วมกับเรา

**เสน่ห์ จามริก**

ประธานคณะกรรมการ

มูลนิธิโครงการตำราสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์

# คำนำ

ปัจจุบันแผนที่และรูปถ่ายทางอากาศ มีบทบาทสำคัญอย่างมากต่อการวางแผนในกิจการต่าง ๆ เพราะทั้งแผนที่และรูปถ่ายทางอากาศเป็นข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมาก โดยเฉพาะข้อมูลทางด้านกายภาพ โดยไม่ต้องเข้าไปสำรวจในภูมิประเทศโดยตรง อันเป็นการประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย

ด้วยเหตุนี้ ผู้เขียนจึงได้รวบรวมและเรียบเรียงตำราการอ่านแผนที่และตีความรูปถ่ายทางอากาศ เพื่อให้นักศึกษาและผู้สนใจได้ทราบถึงวิธีการเบื้องต้นในการดึงข้อมูลที่เป็นประโยชน์จากแผนที่และรูปถ่ายทางอากาศ โดยได้แบ่งรายละเอียดออกเป็น 2 ภาค คือ ภาคแรก เป็นภาคที่กล่าวถึงเฉพาะเรื่องของแผนที่ และภาคสอง เป็นภาคที่กล่าวถึงเรื่องรูปถ่ายทางอากาศ

สรรค์ใจ กลิ่นดาว

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| **ภาคแรก แผนที่** | 1 |
| **บทนำ** | 2 |
| **บทที่ 1 รูปทรงของโลกและเส้นโครงแผนที่** | 3 |
| รูปทรงของโลก | 3 |
| เส้นโครงแผนที่ | 4 |
| คุณสมบัติของเส้นโครงแผนที่ | 4 |
| การสร้างเส้นโครงแผนที่ | 5 |
| เส้นโครงแผนที่อาศัยระนาบ | 5 |
| เส้นโครงแผนที่อาศัยกรวย | 12 |
| เส้นโครงแผนที่อาศัยกระบอก | 14 |
| เส้นโครงแผนที่แบบอื่น | 17 |
| การจำแนกแผนที่ | 18 |
| **บทที่ 2 องค์ประกอบของแผนที่** | 20 |
| องค์ประกอบภายนอกขอบระวางแผนที่ | 20 |
| องค์ประกอบภายในขอบระวางแผนที่ | 27 |
| **บทที่ 3 ระบบอ้างอิงในการกำหนดตำแหน่ง** | 29 |
| พิกัดภูมิศาสตร์ | 29 |
| ละติจูด | 29 |
| ลองจิจูด | 31 |
| การอ่านพิกัดภูมิศาสตร์ | 33 |
| พิกัดกริด | 34 |
| พิกัดกริดยูนิเวอร์ซัลทรานสเวอร์สเมอร์เคเตอร์ (ยู ที เอ็ม) | 35 |
| การอ่านพิกัดกริด | 43 |
| **บทที่ 4 มาตราส่วนและระยะทาง** | 45 |
| วิธีการแสดงมาตราส่วนของแผนที่ | 45 |
| การแปลงมาตราส่วน | 45 |

หน้า


การใช้ประโยชน์จากมาตราส่วนในการวัดระยะทาง 47
การวัดระยะทางในแผนที่ 48
การคำนวณหามาตราส่วนของแผนที่ 50
มาตราส่วนเส้นบรรทัด 52
การวัดระยะทางด้วยมาตราส่วนเส้นบรรทัด 52
การสร้างมาตราส่วนเส้นบรรทัด 53

**บทที่ 5 การวัดพื้นที่บนแผนที่** **57**

พื้นฐานโดยทั่วไปของการวัดพื้นที่บนแผนที่ 57
วิธีการวัดพื้นที่บนแผนที่ 57
การแปลงพื้นที่บนแผนที่เป็นพื้นที่บนภูมิประเทศจริง 62

**บทที่ 6 ระดับความสูงและความสูงต่ำของผิวโลก** **63**

การแสดงความสูงต่ำของพื้นผิวโลก 63
ชนิดของเส้นชั้น 66
การพิจารณาความสูงจากเส้นชั้น 67
ลักษณะภูมิประเทศจากการศึกษาลักษณะของเส้นชั้น 70
การลากเส้นชั้น 75
ความลาดเท 79
ภาพตัดด้านข้าง 82

**บทที่ 7 ทิศทาง** **84**

ทิศทางหลัก 85
อะซิมุท 86
การวัดและการเขียนค่ามุมอะซิมุทบนแผนที่ 87
แบริง 89
ความสัมพันธ์ระหว่างอะซิมุทกับแบริง 90
ความเบี่ยงเบน 93
มุม จี เอ็ม 94
การแปลงค่าอะซิมุท 94

**บทที่ 8 การใช้แผนที่ในภูมิประเทศ** **97**

การจัดแผนที่ให้ถูกทิศทาง 97
การหาทิศเหนือจริง 97

หน้า

การกำหนดตำแหน่งของตัวผู้ใช้แผนที่ลงในแผนที่ 100
การกำหนดตำแหน่งของที่หมายในภูมิประเทศลงในแผนที่ 103

**ภาคสอง รูปถ่ายทางอากาศ** **105**

**บทนำ** **106**

**บทที่ 9 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับรูปถ่ายทางอากาศ** **107**

กล้องถ่ายรูปทางอากาศ 108
แหล่งของแสงและการสะท้อนแสง 110
การบินถ่ายรูปทางอากาศ 112
ชนิดของรูปถ่ายทางอากาศ 114

**บทที่ 10 การกำหนดทิศและตำแหน่งบนรูปถ่ายทางอากาศ** **116**

การกำหนดทิศบนรูปถ่ายทางอากาศ 116
การบอกทิศในรูปถ่ายทางอากาศ 119
การกำหนดตำแหน่งบนรูปถ่ายทางอากาศ 121
วิธีการสร้างระบบอ้างอิงแบบ พี ดี กริด 121
การบอกตำแหน่งตามระบบอ้างอิงแบบ พี ดี กริด 123

**บทที่ 11 การมองภาพทรวดทรง** **124**

วิธีการมองรูปถ่ายทางอากาศเพื่อให้เห็นทรวดทรง 124
กล้องมองภาพทรวดทรงและวิธีใช้ 125
คุณสมบัติของรูปถ่ายทางอากาศเพื่อการมองภาพทรวดทรง 129
วิธีการจัดรูปถ่ายทางอากาศเพื่อให้มองเห็นภาพทรวดทรงภายใต้กล้องมองภาพทรวดทรงแบบกระจก 130

**บทที่ 12 เรขาคณิตของรูปถ่ายทางอากาศ** **134**

คำจำกัดความและความสัมพันธ์ในเชิงคณิตศาสตร์ 134
มาตราส่วนของรูปถ่ายดิ่ง 135
การเคลื่อนตำแหน่งเนื่องจากความสูงบนรูปถ่ายดิ่ง 140
ระยะเหลื่อมของภาพคู่ทรวดทรง 143
การวัดระยะเหลื่อมขณะปรากฏเป็นภาพทรวดทรง 146
สูตรระยะเหลื่อม 146

หน้า

การวางแผนการบิน 150
อัตราส่วนระหว่างระยะฐานกับความสูงของการบิน 154

**บทที่ 13 การตีความรูปถ่ายทางอากาศ 156**

ปัจจัยที่ช่วยในการตีความรูปถ่ายทางอากาศ 156
วิธีการตีความรูปถ่ายทางอากาศ 157
ตัวอย่างการตีความรูปถ่ายทางอากาศในแง่ภูมิสัณฐาน 159
ลักษณะบนรูปถ่ายทางอากาศที่ช่วยในการอ่านรูปถ่ายทางอากาศ 162
สรุปองค์ประกอบที่สำคัญในการตีความรูปถ่ายทางอากาศ 171

**บรรณานุกรม 172**

**ภาคผนวก ก. มาตรที่ใช้วัดระยะทางและพื้นที่ 173**

**ภาคผนวก ข. หมุดระดับ เอ. ที่เกาะหลัก 174**

**ภาคผนวก ค. ตัวอย่างคำถาม 175**

ตัวอย่างคำถามเรื่องแผนที่ 175
ตัวอย่างคำถามเรื่องรูปถ่ายทางอากาศ 181

# ภาคแรก

# แผนที่

# บทนำ

ในภาคของแผนที่ ผู้เขียนได้รวบรวมรายละเอียดต่าง ๆ โดยมีจุดประสงค์ให้ผู้อ่านได้ทราบเกี่ยวกับแผนที่ใน 3 ลักษณะ

ลักษณะแรก แผนที่ผลิตขึ้นมาได้อย่างไร

ลักษณะที่สอง องค์ประกอบภายในของแผนที่ เนื่องจากแผนที่ที่นำมาใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่เป็นแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศมาตราส่วน 1 : 50,000 ดังนั้น ผู้เขียนจึงได้นำรายละเอียดองค์ประกอบภายในของแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศมาเสนอ

ลักษณะที่สาม การใช้ประโยชน์จากแผนที่ในลักษณะต่าง ๆ

นอกจากนี้ รายละเอียดที่ได้จำแนกไว้เป็นบทนั้น ถ้ารายละเอียดใดที่ต้องมีการฝึกหัดปฏิบัติจึงจะสามารถเข้าใจได้ ผู้เขียนได้นำเอาแบบฝึกหัดให้ผู้อ่านได้ฝึกปฏิบัติในภาคผนวก ค

# บทที่ 1
# รูปทรงของโลกและเส้นโครงแผนที่

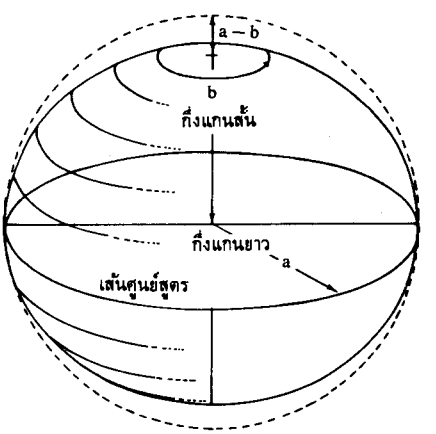
งานผลิตแผนที่ เป็นการจำลองเอาลักษณะของพื้นผิวโลกและสิ่งที่ปรากฏบนพื้นผิวโลก ไม่ว่าจะเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ หรือสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นลงบนแผ่นแบนราบโดยย่อขนาดให้เล็กลงตามอัตราส่วนที่พึงประสงค์ ดังนั้น สิ่งที่เราต้องการทราบประการแรกในการผลิตแผนที่ คือ ขนาดสัณฐานของโลกว่าเป็นอย่างไรเสียก่อน เราจึงจะสามารถจำลองเอาลักษณะของพื้นผิวโลกลงสู่แผ่นราบได้อย่างถูกต้อง

## รูปทรงของโลก

ในสมัยเด็ก ๆ พวกเราคงได้เรียนรู้มาแล้วว่า โลกของเรามีรูปทรงเป็นทรงกลม (sphere) โดยอาศัยเหตุผลจากการสังเกตเรือที่แล่นออกจากฝั่งในระยะไกล ๆ ออกไป เราจะเห็นว่า เรือค่อย ๆ จมลง ๆ ต่ำกว่าระดับน้ำทะเล ต่อมาเห็นแต่ควันจากปล่องไฟของเรือปรากฏอยู่เหนือขอบฟ้า และหายไปในที่สุด สิ่งนี้ก็เป็นการพิสูจน์ว่าโลกของเรามีส่วนโค้ง

นอกจากนี้ยังมีเหตุผลอื่น ๆ เช่น การเกิดจันทรุปราคา เงาของโลกไปบังดวงจันทร์เห็นเป็นส่วนโค้ง เป็นต้น

จนกระทั่งในศตวรรษที่ 17 ความเชื่อที่ว่า โลกมีรูปทรงกลมก็เปลี่ยนแปลงไป โดยการค้นพบโดยบังเอิญของนักดาราศาสตร์ว่าโลกมีลักษณะเป็นรูปทรงรี (Oblate ellipsoid) กล่าวคือ มีลักษณะยุบที่ขั้วโลกและโป่งออกบริเวณเส้นศูนย์สูตร ดังแสดงในรูปที่ 1.1




รูปที่ 1.1 รูปทรงของโลก

เนื่องจากรูปทรงรีเป็นรูปทรงที่เหมาะกับรูปทรงที่แท้จริงของโลกมากที่สุด ดังนั้น จึงใช้รูปทรงนี้เป็นรูปทรงแห่งการคำนวณงานที่เกี่ยวกับการกำหนดตำแหน่งที่แน่นอนบนพื้นโลก ซึ่งใช้เป็นหลักฐานในการสำรวจและทำแผนที่ขั้นต่อไป

รูปทรงรีขนาดใดจะมีขนาดใกล้เคียงกับโลกมากที่สุด นักปราชญ์หลายท่านได้ศึกษาและปฏิบัติการรังวัดได้ค่ากึ่งแกนยาว (semi-major axis) กึ่งแกนสั้น (semi-minor axis) และอัตราส่วนยุบที่ขั้ว (flattening) แตกต่างกัน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1.1

| ลำดับ | รูปทรงรี | กึ่งแกนยาว | กึ่งแกนสั้น | อัตราส่วนยุบที่ขั้ว | ค่าเศษส่วนโดยประมาณ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | แอสโตรยีออเดติค (พีชเชอร์ 1960) | 6,378,160 | 6,356,778 | 0.003,352 | 1/298 |
| 2 | อินเตอร์เนชั่นแนล (เฮฟอร์ด 1909) | 6,378,388 | 6,356,912 | 0.003,367 | 1/297 |
| 3 | คล้าก 1866 | 6,378,206 | 6,356,584 | 0.003,390 | 1/295 |
| 4 | คล้าก 1880 | 6,378,301 | 6,356,584 | 0.003,408 | 1/293 |
| 5 | เบสเซล 1841 | 6,377,397 | 6,356,079 | 0.003,343 | 1/299 |
| 6 | เอเวอเรสต์ 1830 | 6,377,276 | 6,356,075 | 0.003,324 | 1/301 |

**ตารางที่ 1.1** แสดงการเปรียบเทียบรูปทรงรีของนักปราชญ์ต่าง ๆ

ปัจจุบันมีการใช้รูปทรงรีตั้งแต่ลำดับ 2–6 จากตารางที่ 1.1 เป็นรูปทรงในการคำนวณ กล่าวคือ ประเทศในทวีปอเมริกาเหนือใช้รูปทรงรีของ คล้าก 1866 ประเทศในทวีปยุโรปใช้รูปทรงรี อินเตอร์เนชั่นแนล ประเทศในแอฟริกากลางใช้รูปทรงรีของ คล้าก 1880 ประเทศญี่ปุ่นและเกาหลีใช้รูปทรงรีของ เบสเซล ประเทศอินเดียและไทยใช้รูปทรงรีของ เอเวอเรสต์ 1830 เป็นพื้นฐานในการคำนวณ

## เส้นโครงแผนที่ (Map projection)

เส้นโครงแผนที่เป็นการถ่ายทอดเส้นขนาน (parallel) เส้นเมริเดียน (meridian) และรายละเอียดต่าง ๆ บนผิวโลกลงสู่แผ่นราบ

## คุณสมบัติของเส้นโครงแผนที่

ในการถ่ายทอดรายละเอียดต่างๆบนพื้นผิวโลกอันเป็นพื้นโค้งลงสู่แผ่นกระดาษอันเป็นแผ่นราบ โดยมิให้ผิดรูป และให้ระยะทาง ทิศทาง ถูกต้องเหมือนกับที่เป็นจริงบนพื้นผิวโลก ย่อมทำไม่ได้

อย่างไรก็ตาม เราพยายามหาวิธีการแสดงรายละเอียดบนพื้นผิวโลกลงสู่แผ่นกระดาษ โดยยอมสละคุณสมบัติบางประการ ด้วยการสร้างเส้นโครงแผนที่ขึ้นให้มีคุณสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

1. ให้แผนที่รักษาอัตราส่วนระหว่างพื้นที่บนแผนที่กับบนผิวโลกให้อยู่ในลักษณะคงที่เท่าๆกันทั่วทั้งแผ่น หรือเรียกว่ามีคุณสมบัติคงพื้นที่ (equal area หรือ equivalence)

2. ให้แผนที่รักษารูปร่างของพื้นที่บนแผนที่เหมือนกับที่เป็นจริงบนผิวโลก หรือเรียกว่ามีคุณสมบัติคงรูป (conformal)

นอกจากคุณสมบัติสำคัญ 2 ประการนี้แล้ว อาจสร้างเส้นโครงแผนที่ให้มีคุณสมบัติรองเพิ่มเติมเพื่อรักษาระยะตามเส้นเมริเดียนหรือเส้นขนานบางเส้น หรือเรียกว่ามีคุณสมบัติคงระยะ (equidistance) คุณสมบัติรองอีกประการหนึ่ง คือ รักษาทิศทางบนแผนที่ให้ตรงกับความเป็นจริงบนผิวโลก หรือเรียกว่ามีคุณสมบัติคงทิศทาง (azimuthality)

ในการสร้างแผนที่ เราอาจสร้างให้มีคุณสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่งหรืออาจมีคุณสมบัติรองรวมอยู่ด้วย แต่จะให้แผนที่มีคุณสมบัติสำคัญทั้งสองประการในขณะเดียวกันนั้นไม่สามารถทำได้ กล่าวคือ เมื่อแผนที่มีคุณสมบัติคงพื้นที่ คุณสมบัติคงรูปต้องสูญเสียไป ดังนั้น จึงเป็นหน้าที่ของผู้ใช้ที่จะเลือกคุณสมบัติให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ในการใช้แผนที่นั้นๆ เช่น ถ้าต้องการใช้แผนที่แสดงการกระจายของประชากรซึ่งเกี่ยวพันกับขนาดของพื้นที่ ก็ต้องเลือกใช้เส้นโครงแผนที่ที่มีคุณสมบัติคงพื้นที่ เป็นต้น

## การสร้างเส้นโครงแผนที่

การถ่ายทอดเส้นเมริเดียนและเส้นขนานลงบนแผ่นราบให้เป็นเส้นโครงแผนที่นั้น อาจกระทำได้โดยการสร้างรูปเชิงเรขาคณิต หรือการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์ก็ได้ แต่ในบทนี้จะกล่าวเฉพาะเส้นโครงแผนที่จากการสร้างรูปเชิงเรขาคณิตเท่านั้น

การสร้างเส้นโครงแผนที่ อาศัยหลักการการฉายเส้นเมริเดียนและเส้นขนานจากผิวโลกลงบนแผ่นกระดาษ ซึ่งสมมุติให้เป็นพื้นในการรองรับการฉายแสง พื้นรองรับการฉายแสงมีอยู่ 3 ชนิด คือ

1. ระนาบ (plane)

2. กรวย (cone)

3. กระบอก (cylinder)

## เส้นโครงแผนที่อาศัยระนาบ (Zenithal or Azimuthal projection)

เส้นโครงประเภทนี้ได้จากการฉายแสงเส้นขนานและเส้นเมริเดียนลงบนระนาบ ซึ่งกำหนดให้สัมผัสผิวโลก ณ จุดใดจุดหนึ่ง ลักษณะและคุณสมบัติของเส้นโครงประเภทนี้ขึ้นอยู่กับการกำหนดจุดที่ระนาบสัมผัสผิวโลกและแหล่งที่ใช้ในการฉายแสง เส้นโครงแผนที่อาศัยระนาบแบ่งออกตามจุดที่ระนาบสัมผัสผิวโลกและแหล่งที่ใช้ในการฉายแสงได้ดังนี้

1. เส้นโครงแบบออร์โทกราฟิก (Orthographic projection) เส้นโครงแบบนี้มีแหล่งที่ใช้ในการฉายแสงอยู่ที่ระยะอนันต์ (infinity) ส่วนแผ่นระนาบที่ใช้รองรับในการฉายแสงอาจจะสัมผัสลูกโลกตามตำแหน่งต่าง ๆ 3 ตำแหน่ง ดังนี้

**1.1 ระนาบสัมผัสที่ขั้วโลก (Polar position)** เส้นโครงชนิดนี้จะเรียกว่า เส้นโครงแบบโพลาร์ออร์โทกราฟิก (Polar orthographic projection) ลักษณะของเส้นโครงแผนที่ชนิดนี้แสดงในรูปที่ 1.2 ก กล่าวคือ เส้นเมริเดียนเป็นเส้นตรงแยกเป็นรัศมีออกจากจุดสัมผัส (ขั้วโลก) คล้ายกับซี่ล้อรถ ส่วนเส้นขนานเป็นวงกลมที่มีจุดสัมผัสเป็นจุดศูนย์กลางร่วม โดยที่ช่วงระหว่างเส้นขนานในแถบขั้วโลกจะห่างกว่าแถบเส้นศูนย์สูตร

**1.2 ระนาบสัมผัสที่จุดบนเส้นศูนย์สูตร (Equatorial position)** เส้นโครงชนิดนี้จะเรียกว่า เส้นโครงแบบอิเควทอเรียลออร์โทกราฟิก (Equatorial orthographic projection) ลักษณะของเส้นโครงแผนที่ชนิดนี้แสดงในรูปที่ 1.2 ข กล่าวคือ เส้นเมริเดียนของจุดสัมผัสเป็นเส้นตรง นอกนั้นเป็นส่วนโค้งของวงรีและมีช่วงชิดกันมากในแถบที่อยู่ห่างจากจุดสัมผัสออกไป ส่วนเส้นขนานเป็นเส้นตรงทุกเส้นและมีช่วงชิดกันมากในบริเวณขั้วโลก

**1.3 ระนาบสัมผัส ณ จุดซึ่งมิได้อยู่ที่ขั้วโลกและเส้นศูนย์สูตร (Oblique position)** เส้นโครงชนิดนี้จะเรียกว่า เส้นโครงแบบออบลีกออร์โทกราฟิก (Oblique orthographic projection) ลักษณะของเส้นโครงชนิดนี้แสดงในรูปที่ 1.2 ค กล่าวคือ เส้นเมริเดียนของจุดสัมผัสเป็นเส้นตรง นอกนั้นเป็นส่วนโค้งของวงรีและมีช่วงชิดกันมากขึ้นเมื่ออยู่ห่างจากบริเวณจุดที่สัมผัสออกไป ส่วนเส้นขนานเป็นส่วนโค้งของวงกลม

เส้นโครงแผนที่แบบออร์โทกราฟิกนี้สามารถแสดงรายละเอียดได้มากที่สุดเพียงซีกโลกเดียวเท่านั้น คุณสมบัติของเส้นโครงแบบนี้ นอกจากจะไม่มีคุณสมบัติแห่งการคงรูปแล้ว ยังไม่มีคุณสมบัติคงพื้นที่อีกด้วย เมื่อพิจารณาถึงมาตราส่วนของแผนที่แล้ว มาตราส่วนบริเวณศูนย์กลางของแผนที่จะใหญ่กว่าบริเวณขอบของแผนที่ ดังนั้น การใช้ประโยชน์ของเส้นโครงแบบนี้จึงค่อนข้างจะจำกัด เส้นโครงแบบนี้ให้ประโยชน์แต่เพียงแสดงภาพของลูกโลกในลักษณะสามมิติ เหมือนภาพถ่ายของโลกซึ่งถ่ายจากอวกาศ ด้วยเหตุนี้ เส้นโครงนี้จึงปรากฏเป็นแผนที่ภาพประกอบในบทความหรือในหนังสือต่าง ๆ

2. เส้นโครงแบบสเตริโอกราฟิก (Stereographic projection) เส้นโครงแบบนี้มีแหล่งที่ใช้ในการฉายแสงอยู่ ณ ตำแหน่งตรงกันข้ามกับจุดที่แผ่นระนาบมาสัมผัส ส่วนแผ่นระนาบที่ใช้รองรับในการฉายแสง จะสัมผัสลูกโลกตามตำแหน่งต่าง ๆ ดังนี้

**2.1 ระนาบสัมผัสที่ขั้วโลก (Polar position)** เส้นโครงชนิดนี้จะเรียกว่า เส้นโครงแบบโพลาร์สเตริโอกราฟิก (Polar stereographic projection) ลักษณะของเส้นโครงชนิดนี้แสดงในรูปที่ 1.3 ก กล่าวคือ เส้นเมริเดียนเป็นเส้นตรงแยกเป็นรัศมีออกจากจุดสัมผัส (ขั้วโลก) คล้ายกับ

ซีล้อรถ ส่วนเส้นขนานเป็นวงกลมที่มีจุดสัมผัสเป็นจุดศูนย์กลางร่วม โดยที่ช่วงระหว่างเส้นขนานบริเวณเส้นศูนย์สูตรจะห่างกว่าบริเวณขั้วโลก

**2.2 ระนาบสัมผัสที่จุดบนเส้นศูนย์สูตร (Equatorial position)** เส้นโครงชนิดนี้จะเรียกว่า เส้นโครงแบบอิเควทอเรียลสเตริโอกราฟิก (Equatorial stereographic projection) ลักษณะของเส้นโครงชนิดนี้แสดงในรูปที่ 1.3 ข กล่าวคือ เส้นเมริเดียนของจุดสัมผัสเป็นเส้นตรง เส้นเมริเดียนอื่น ๆ เป็นส่วนโค้งของวงกลมที่มีช่วงห่างกันมากเมื่ออยู่ห่างจากบริเวณจุดสัมผัสออกไป ส่วนเส้นขนานเฉพาะเส้นศูนย์สูตรเป็นเส้นตรง เส้นขนานอื่น ๆ เป็นส่วนโค้งของวงกลมที่มีช่วงห่างกันมากในแถบขั้วโลก

**2.3 ระนาบสัมผัส ณ จุดซึ่งมิได้อยู่ที่ขั้วโลกและเส้นศูนย์สูตร (Oblique position)** เส้นโครงชนิดนี้จะเรียกว่า เส้นโครงแบบออบบลีกสเตริโอกราฟิก (Oblique stereographic projection) ลักษณะของเส้นโครงชนิดนี้แสดงในรูปที่ 1.3 ค กล่าวคือ เส้นเมริเดียนของจุดสัมผัสเป็นเส้นตรงนอกนั้นเป็นส่วนโค้งของวงกลม โดยที่ช่วงของเส้นเมริเดียนจะห่างจากกันมากเมื่อไกลจากจุดสัมผัส ส่วนเส้นขนานเป็นส่วนโค้งของวงกลมที่มีช่วงห่างกันมากในบริเวณขั้วโลก

เส้นโครงแผนที่แบบสเตริโอกราฟิก สามารถแสดงรายละเอียดได้เกินกว่าซีกโลก คุณสมบัติที่สำคัญของเส้นโครงนี้ คือ มีภาวะคงรูป (conformal) อย่างแท้จริง เมื่อพิจารณาถึงมาตราส่วนแล้วมาตราส่วนบริเวณขอบของแผนที่ซึ่งอยู่ไกลจากจุดสัมผัส จะมีมาตราส่วนใหญ่ขึ้นทุกที

เส้นโครงแบบนี้มีความสำคัญที่ใช้ในการทำแผนที่บริเวณขั้วโลกเพื่อกิจการต่าง ๆ เช่น แผนที่การบิน การใช้ขีปนาวุธระยะไกล เป็นต้น

3. เส้นโครงแบบโนโมนิก (Gnomonic projection) เส้นโครงแบบนี้มีแหล่งที่ใช้ในการฉายแสงอยู่ที่จุดศูนย์กลางของโลก ส่วนแผ่นระนาบที่ใช้รองรับในการฉายแสงจะสัมผัสลูกโลกตามตำแหน่งต่าง ๆ ดังนี้

**3.1 ระนาบสัมผัสที่ขั้วโลก (Polar position)** เส้นโครงชนิดนี้จะเรียกว่า เส้นโครงแบบโพลาร์โนโมนิก (Polar gnomonic projection) ลักษณะของเส้นโครงชนิดนี้แสดงในรูปที่ 1.4 ก กล่าวคือ เส้นเมริเดียนเป็นเส้นตรงแยกเป็นรัศมีออกจากจุดสัมผัส (ขั้วโลก) ส่วนเส้นขนานเป็นวงกลมที่มีจุดสัมผัสเป็นจุดศูนย์กลางร่วม โดยที่ช่วงระหว่างเส้นขนานบริเวณเหนือเส้นศูนย์สูตรจะห่างกว่าบริเวณขั้วโลก

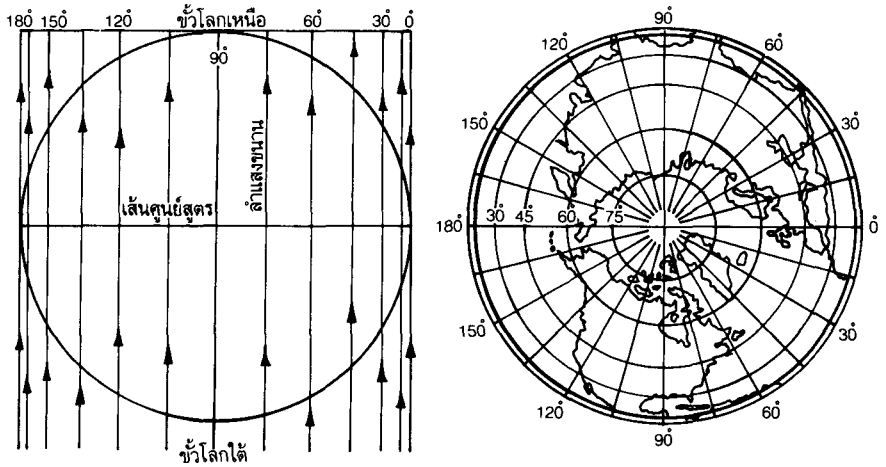
**3.2 ระนาบสัมผัสที่จุดบนเส้นศูนย์สูตร (Equatorial position)** เส้นโครงชนิดนี้จะเรียกว่า เส้นโครงแบบอิเควทอเรียลโนโมนิก (Equatorial gnomonic projection) ลักษณะของเส้นโครงชนิดนี้แสดงในรูปที่ 1.4 ข กล่าวคือ เส้นเมริเดียนเป็นเส้นตรงหมดทุกเส้น โดยที่ช่วงของเส้นเมริเดียนจะห่างกันเป็นลำดับเมื่ออยู่ไกลจากจุดสัมผัสออกไป ส่วนเส้นขนานเฉพาะเส้นศูนย์สูตรเท่านั้นที่เป็นเส้นตรง เส้นขนานอื่นๆ เป็นส่วนของเส้นโค้ง ซึ่งยิ่งห่างจากเส้นศูนย์สูตรออกไปจะมีความโค้งแตกต่างกันมาก และมีช่วงห่างเพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงมากจนสังเกตได้ง่าย

**3.3 ระนาบสัมผัส ณ จุดซึ่งมิได้อยู่ที่ขั้วโลกและเส้นศูนย์สูตร (Oblique position)** เส้นโครงชนิดนี้จะเรียกว่า เส้นโครงแบบออบลีกโนโมนิก (Oblique gnomonic projection) ลักษณะของเส้นโครงชนิดนี้แสดงในรูปที่ 1.4 ค กล่าวคือ เส้นเมริเดียนเป็นเส้นตรงหมดทุกเส้น ส่วนเส้นขนานเฉพาะเส้นศูนย์สูตรเท่านั้นที่เป็นเส้นตรง เส้นขนานอื่น ๆ เป็นส่วนของเส้นโค้งซึ่งมีช่วงห่างกันมากในบริเวณที่อยู่ห่างจากจุดสัมผัสออกไป

เส้นโครงแผนที่แบบโนโมนิก สามารถแสดงรายละเอียดได้ไม่เต็มซีกโลก เส้นโครงแผนที่แบบนี้ไม่มีคุณสมบัติคงรูปอย่างแท้จริง เพราะบริเวณที่อยู่ห่างจากจุดสัมผัสจะมีรูปร่างบิดเบี้ยว มาตราส่วนในบริเวณนั้นก็ใหญ่ขึ้น อย่างไรก็ตาม บริเวณที่มาตราส่วนไม่ขยายใหญ่มากนัก ยังรักษาคุณสมบัติคงรูปไว้ได้

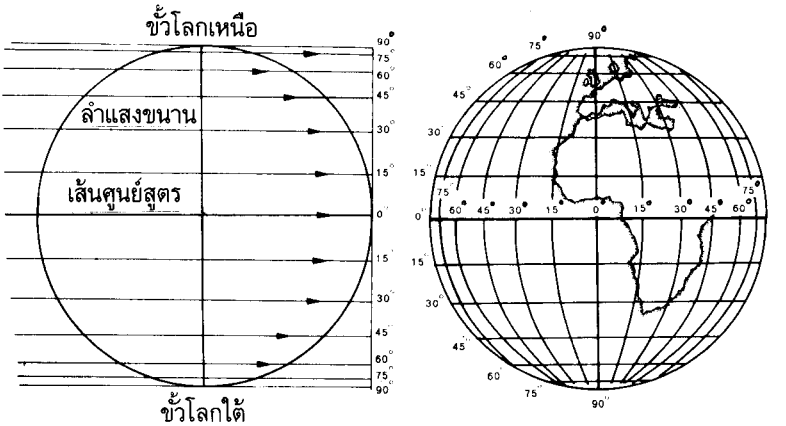
ส่วนดีของเส้นโครงแผนที่แบบโนโมนิกประการหนึ่งที่ควรนำมากล่าว คือ ส่วนโค้งส่วนหนึ่งของวงกลมใหญ่* (great circle) จะปรากฏบนเส้นโครงแผนที่ประเภทนี้เป็นเส้นตรง และเส้นตรงที่ลากเชื่อมระหว่างจุดสองจุดในแผนที่ประเภทนี้จะเป็นระยะทางที่สั้นที่สุด ดังนั้น เส้นโครงแผนที่ประเภทนี้จึงเหมาะที่จะนำไปใช้ในการทำแผนที่เดินเรือ

ก. ระนาบสัมผัสที่ขั้วโลก

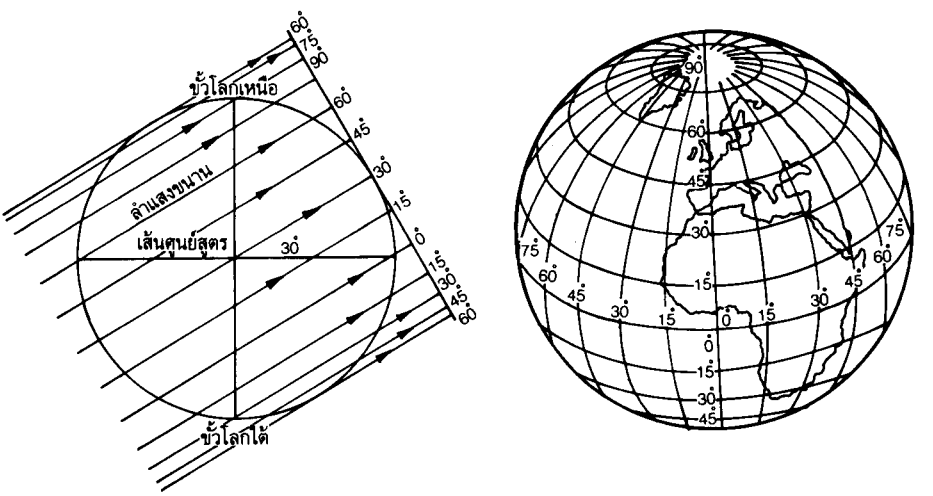



* วงกลมใด ๆ บนผิวโลกที่มีพื้นระนาบผ่านจุดศูนย์กลางของโลก

ข. ระนาบสัมผัสที่จุดบนเส้นศูนย์สูตร

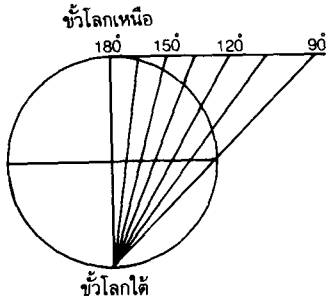


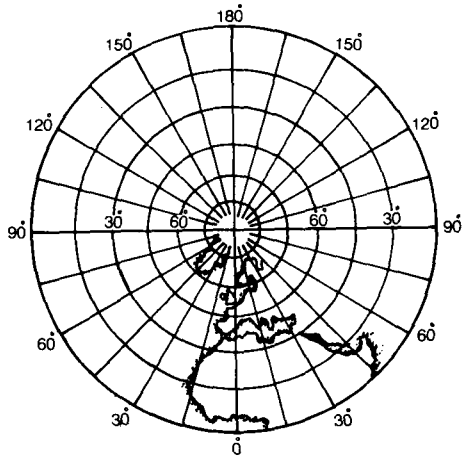

ค. ระนาบสัมผัส ณ จุดซึ่งมิได้อยู่ที่ขั้วโลกและเส้นศูนย์สูตร



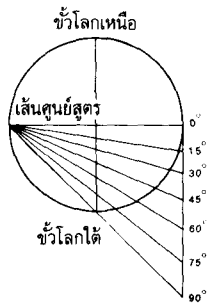

รูปที่ 1.2 เส้นโครงแผนที่แบบออร์โทกราฟิก

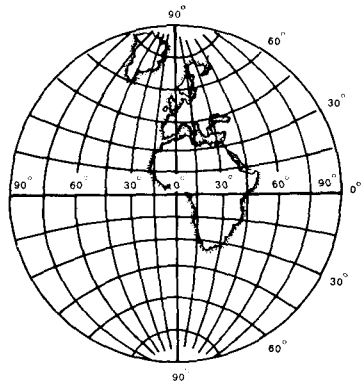
ก. ระนาบสัมผัสที่ขั้วโลก



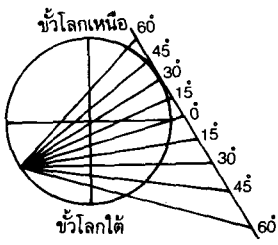



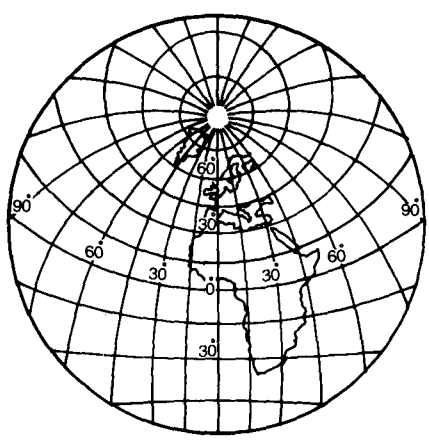

ข. ระนาบสัมผัสที่จุดบนเส้นศูนย์สูตร



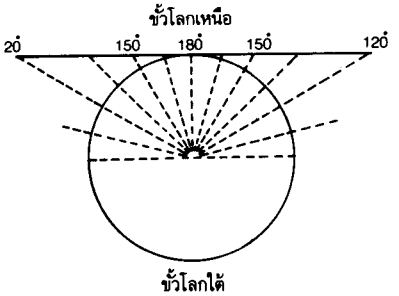

ค. ระนาบสัมผัส ณ จุดซึ่งมิได้อยู่ที่ขั้วโลกและเส้นศูนย์สูตร

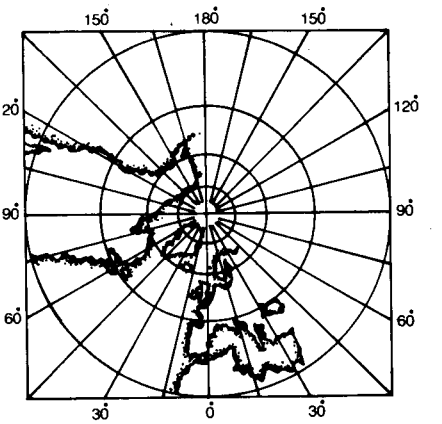


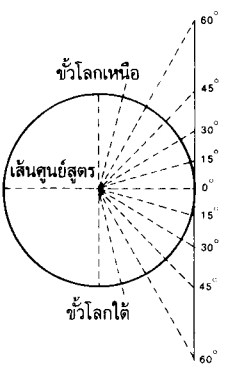

รูปที่ 1.3 เส้นโครงแผนที่แบบสเตริโอกราฟิก

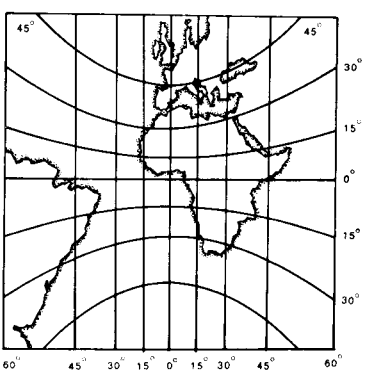
ก. ระนาบสัมผัสที่ขั้วโลก



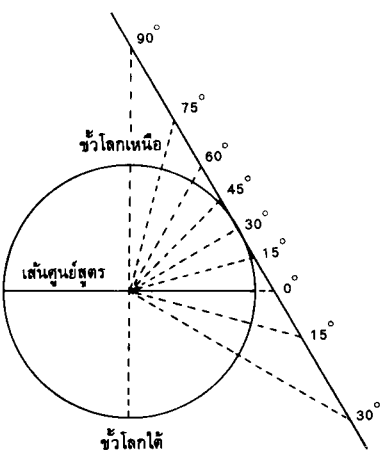



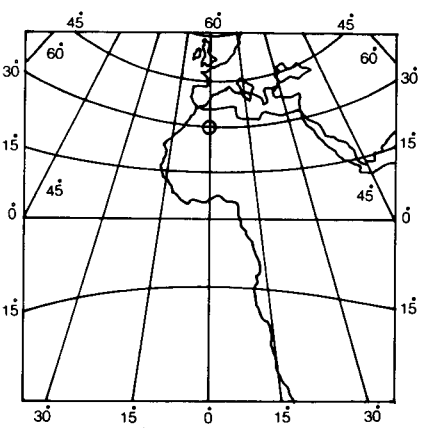

ข. ระนาบสัมผัสที่จุดบนเส้นศูนย์สูตร




ค. ระนาบสัมผัส ณ จุดซึ่งมิได้อยู่ที่ขั้วโลกและเส้นศูนย์สูตร




รูปที่ 1.4 เส้นโครงแผนที่แบบโนโมนิก

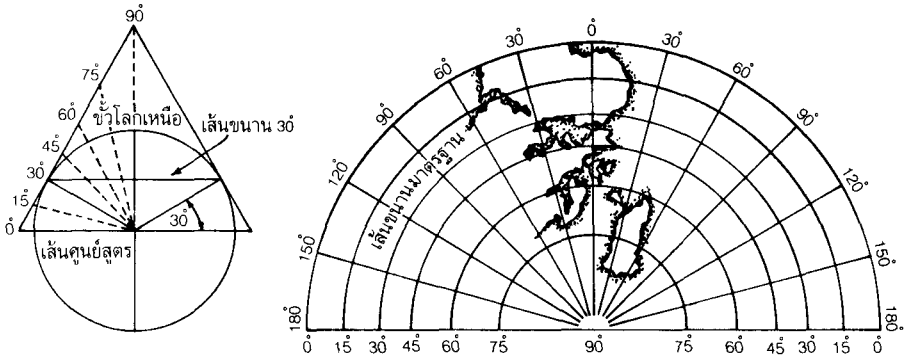
## เส้นโครงแผนที่อาศัยกรวย (Conic projection)

เส้นโครงประเภทนี้สร้างขึ้นโดยสมมุติให้ฉายแสงจากจุดศูนย์กลางของโลก โดยให้เส้นขนานและเส้นเมริเดียนไปปรากฏบนแผ่นรองรับรูปกรวยซึ่งสัมผัสโลก ณ เส้นขนานใด ๆ เส้นหนึ่ง

ข้อที่น่าสังเกตประการหนึ่งของเส้นโครงแผนที่แบบอาศัยกรวย คือ แผนที่จากเส้นโครงประเภทนี้ จะแสดงรายละเอียดอยู่ภายในขอบเขตส่วนหนึ่งของวงกลมเท่านั้น ซึ่งต่างจากแผนที่ที่ได้จากเส้นโครงอาศัยระนาบ

เส้นโครงแผนที่แบบอาศัยกรวยมีหลายชนิด ได้แก่

1. เส้นโครงแบบเปอร์สเปคทีฟโคนิก (Perspective conic projection) เส้นโครงแบบนี้มีหลักการที่ว่า ให้กรวยครอบลงบนลูกโลก ให้จุดยอดของกรวยอยู่ในแนวแกนของโลก โดยที่ผิวของกรวยสัมผัสกับผิวลูกโลก ณ เส้นขนานใด ๆ เส้นหนึ่ง แล้วทำการฉายแสง เมื่อคลี่กรวยออกเป็นแผ่นแบนราบจะได้เส้นโครงแผนที่ ดังแสดงในรูปที่ 1.5




รูปที่ 1.5 เส้นโครงแผนที่แบบเปอร์สเปคทีฟโคนิก

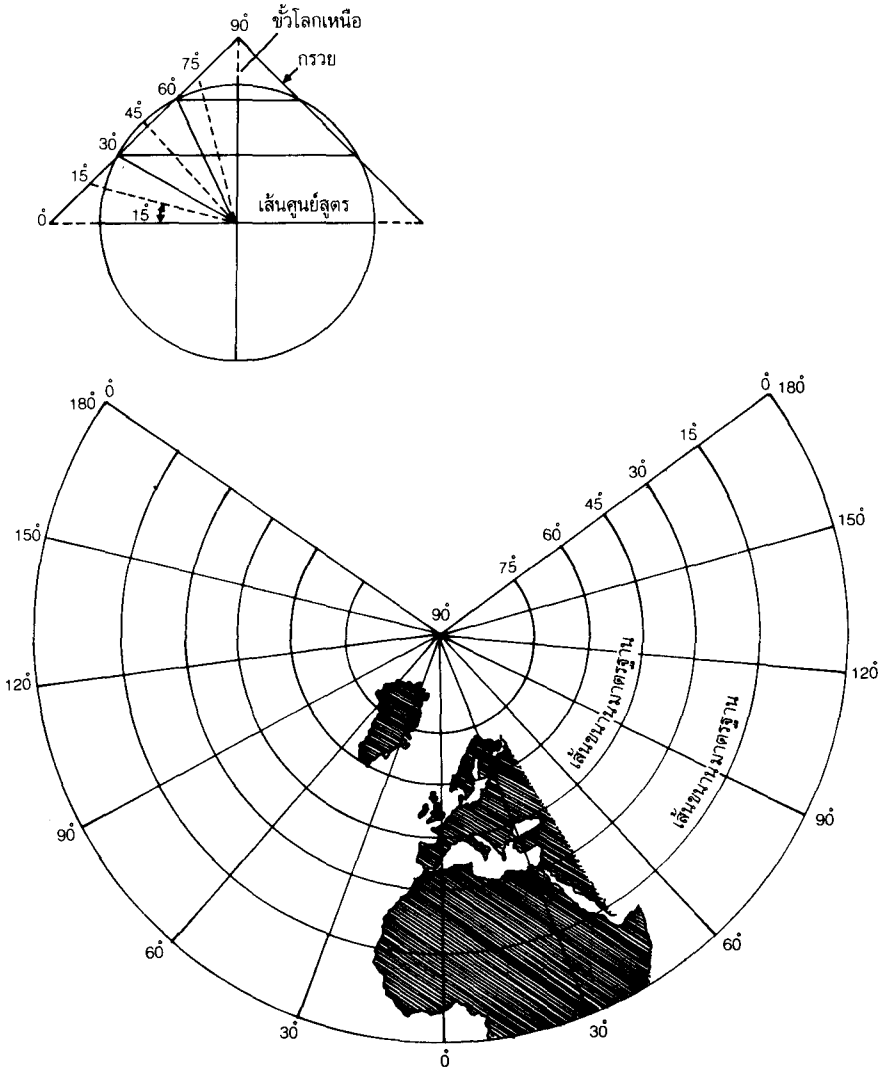
ลักษณะของเส้นโครงแผนที่แบบนี้ คือ เส้นเมริเดียนเป็นเส้นตรงแยกเป็นรัศมีจากขั้วโลก ส่วนเส้นขนานเป็นส่วนโค้งของวงกลมที่มีขั้วโลกเป็นจุดศูนย์กลางร่วม เส้นขนานที่กรวยสัมผัสลูกโลกเรียกว่า เส้นขนานมาตรฐาน (Standard parallel) ช่วงระหว่างเส้นขนานในแถบที่ห่างจากเส้นขนานมาตรฐานออกไปจะเพิ่มมากขึ้นทุกที

คุณสมบัติของเส้นโครงแบบนี้ คือ รักษาภาวะคงระยะตามเส้นขนานมาตรฐาน และมาตราส่วนตามเส้นขนานมาตรฐานจะเหมือนกับมาตราส่วนบนพื้นโลก แต่บริเวณที่ห่างจากเส้นมาตรฐานมากเท่าใด มาตราส่วนยิ่งใหญ่ขึ้น

จากที่กล่าวแล้วจะเห็นว่าคุณสมบัติต่าง ๆ ที่ดีจะปรากฏตามเส้นขนานมาตรฐานทั้งสิ้น จึงได้มีการคิดดัดแปลงให้เส้นขนานมาตรฐานเพิ่มขึ้นเป็น 2 เส้น ด้วยการสมมุติให้กรวยตัดผ่านลูกโลก ณ เส้นขนาน 2 เส้น เส้นขนาน 2 เส้นนี้จะเป็นเส้นขนานมาตรฐาน การเพิ่มเส้นมาตรฐานเป็น 2 เส้น

ทำให้คุณสมบัติของภาวะคงระยะตามเส้นขนานมาตรฐานเพิ่มขึ้น รวมทั้งมาตราส่วนบริเวณที่อยู่ห่างจากเส้นขนานมาตรฐานทั้งสองเส้นออกไปทางด้านนอก จะไม่ใหญ่กว่ามาตราส่วนตามเส้นขนานมาตรฐานมากนัก ส่วนบริเวณที่อยู่ระหว่างเส้นขนานมาตรฐานทั้งสอง จะมีมาตราส่วนเล็กกว่ามาตราส่วนตามเส้นขนานมาตรฐาน

อนึ่ง ในการที่จะใช้เส้นโครงแบบที่มีเส้นขนานมาตรฐาน 2 เส้น ต้องคำนึงถึงรูปร่างและตำแหน่งของพื้นที่ประเทศที่ต้องการทำแผนที่ด้วย คือ เส้นโครงแบบนี้เหมาะสำหรับประเทศที่อยู่เขตเส้นขนานประมาณ 30°—60° และมีรูปร่างของพื้นที่เป็นแถบยาวขนานกับเส้นขนาน



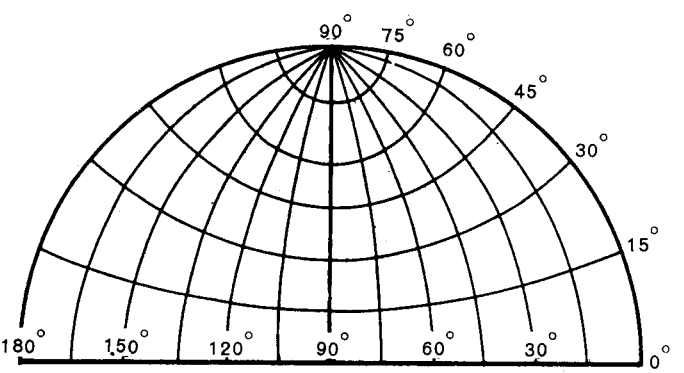

รูปที่ 1.6 เส้นโครงแผนที่แบบอาศัยกรวย ซึ่งมีเส้นขนานมาตรฐาน 2 เส้น

2. เส้นโครงแผนที่คงรูปอาศัยกรวยแบบแลมเบิร์ต (Lambert conformal conic projection) เป็นเส้นโครงอาศัยกรวยซึ่งมีเส้นขนานมาตรฐาน 2 เส้นอีกชนิดหนึ่ง แต่ได้รับการดัดแปลงให้มีคุณสมบัติดีขึ้น ลักษณะของเส้นโครงแผนที่แบบนี้เหมือนกับลักษณะของเส้นโครงแผนที่แบบอาศัยกรวยทั่วๆไป แต่ช่วงห่างระหว่างเส้นขนานจะใกล้เคียงกันทุกช่วงจนไม่สามารถสังเกตความแตกต่างได้

3. เส้นโครงแผนที่แบบโพลิโคนิก (Polyconic projection) จากที่กล่าวมาแล้วจะเห็นได้ว่า เส้นโครงแผนที่ที่มีเส้นขนานมาตรฐาน 2 เส้น ให้คุณสมบัติที่ดีกว่าเส้นโครงแผนที่ที่มีเส้นขนานมาตรฐานเพียงเส้นเดียว ดังนั้น ถ้าเพิ่มเส้นขนานมาตรฐานให้มากขึ้นไปอีก คุณสมบัติของเส้นโครงแผนที่ย่อมจะดียิ่งขึ้น แต่เราไม่สามารถทำให้กรวยตัดผ่านผิวโลกตามเส้นขนานเกินกว่า 2 เส้นได้ จึงได้ดัดแปลงให้กรวยหลายๆ กรวยครอบลงบนลูกโลก และสัมผัสผิวโลกตามเส้นขนานต่างๆ แล้วใช้บริเวณในแถบใกล้ๆ เส้นขนานแต่ละเส้นเท่านั้นเป็นพื้นรองรับการฉายแสง ด้วยวิธีการดังกล่าวทำให้เส้นโครงแผนที่แบบนี้มีเส้นขนานมาตรฐานได้หลายเส้น

ลักษณะของเส้นโครงแผนที่แบบนี้ แสดงไว้ในรูปที่ 1.7 กล่าวคือ เส้นเมริเดียนของจุดสัมผัสจะเป็นเส้นตรง ส่วนเส้นเมริเดียนอื่นๆ จะเป็นเส้นโค้งสอบเข้าหาขั้วโลก และตัดผ่านเส้นขนานแต่ละเส้นด้วยช่วงห่างๆ กัน ส่วนเส้นขนานจะเป็นส่วนโค้งของวงกลม ยกเว้นเส้นศูนย์สูตร

คุณสมบัติของเส้นโครงแบบนี้ คือ ไม่คงรูปและไม่คงพื้นที่ แต่ในบริเวณใกล้ๆ เส้นเมริเดียนของจุดสัมผัสจะมีความบิดเบี้ยวน้อยมาก




รูปที่ 1.7 เส้นโครงแผนที่แบบโพลิโคนิก

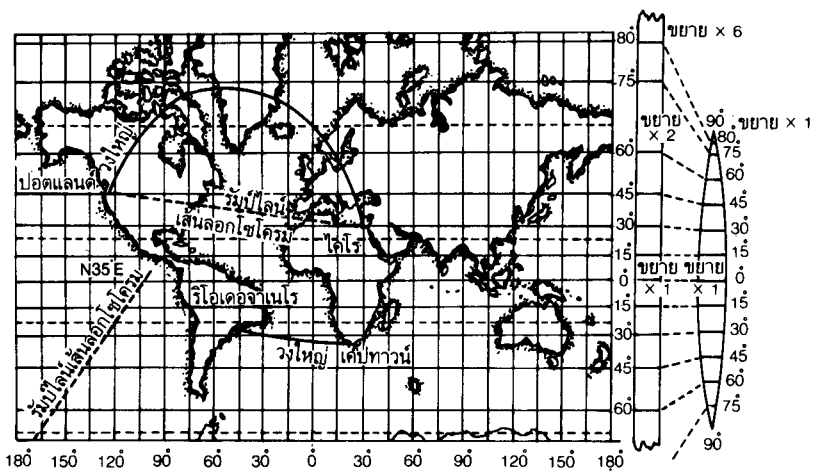
## เส้นโครงแผนที่อาศัยกระบอก (Cylindrical projection)

เส้นโครงประเภทนี้ ได้จากการฉายแสงเส้นขนานและเส้นเมริเดียนลงบนพื้นผิวของกระบอกที่สัมผัสผิวลูกโลก โดยที่แกนของกระบอกอาจจะทับหรือตั้งได้ฉาก หรือเอียงทำมุมกับแกนของโลกก็ได้

เส้นโครงแผนที่อาศัยกระบอกมีหลายชนิด ได้แก่

1. เส้นโครงแบบเมอร์เคเตอร์ (Mercator projection) หลักการของเส้นโครงแบบนี้ คือ การฉายแสงลงบนกระบอกที่จัดให้สัมผัสผิวโลกตามเส้นศูนย์สูตร และมีการปรับเส้นเมริเดียนเส้นขนานต่าง ๆ เสียใหม่ เพื่อให้มีคุณสมบัติแห่งการคงรูป

เส้นเมริเดียนจะถูกขยายให้กว้างขึ้นตามสัดส่วนที่เข้าใกล้ขั้วโลก ณ เส้นละติจูดที่ 60 องศาเหนือและใต้ เส้นเมริเดียนจะถูกขยายให้กว้างเป็น 2 เท่า และ ณ เส้นละติจูดที่ 80 องศาเหนือและใต้ เส้นเมริเดียนถูกขยายให้กว้างเป็น 6 เท่าของความกว้างของเส้นเมริเดียนบนผิวโลก ในขณะที่ช่วงห่างของเส้นขนานจะค่อย ๆ กว้างขึ้นสู่ขั้วโลก โดยมีสัดส่วนของการขยายเช่นเดียวกับของเส้นเมริเดียน ดังแสดงในรูปที่ 1.8



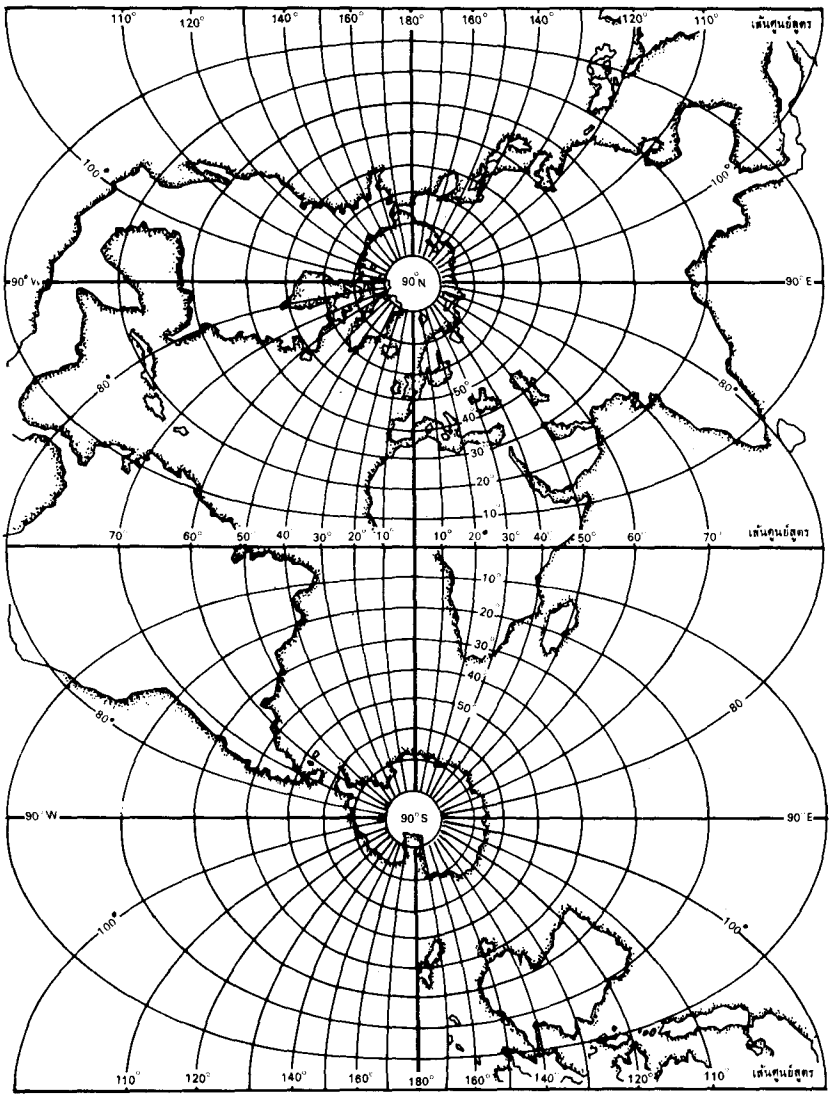

รูปที่ 1.8 เส้นโครงแผนที่แบบเมอร์เคเตอร์

คุณสมบัติที่สำคัญของเส้นโครงแบบนี้ คือ คงรูป บรรดาเกาะหรือประเทศจะมีรูปร่างเหมือนที่เป็นจริงบนผิวโลก อย่างไรก็ตาม มาตราส่วนของแผนที่จะใหญ่ขึ้นมากเมื่อใกล้ขั้วโลก คุณสมบัติที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ เส้นตรงที่ขีดลงบนแผนที่ชนิดนี้จะเป็นแนวบนผิวโลกที่มีทิศทางคงที่ตลอดทั้งเส้น เส้นตรงที่มีลักษณะเช่นนี้ เรียกว่า เส้นเกลียว หรือเส้นลอกโซโดรม (Loxodrome) บางทีเรียกว่า รัมบ์ไลน์ (Rhumb line) ดังนั้น จึงเป็นแผนที่ที่เหมาะสำหรับใช้ในการเดินเรือและอากาศยาน

เมื่อกล่าวถึงการเดินเรือและอากาศยาน ก็ควรทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างระยะตามวงกลมใหญ่ ซึ่งเป็นระยะทางสั้นที่สุดบนผิวโลกกับรัมบ์ไลน์ด้วย ในเส้นโครงแผนที่แบบนี้ รัมบ์ไลน์ทุกเส้นเป็นเส้นตรง แต่วงกลมใหญ่ยกเว้นเส้นศูนย์สูตรและเส้นเมริเดียนจะเป็นเส้นโค้ง ดังนั้น ในการเดินเรือและอากาศยาน ซึ่งต้องการทั้งระยะทางที่สั้นที่สุดและรักษาทิศทางได้ดี จึงต้องอาศัยส่วนดีของวงกลมใหญ่และรัมบ์ไลน์ประกอบกัน กล่าวคือ ในทางปฏิบัติจะกำหนดเส้นทางจากต้นทางถึงปลายทางตามวงกลมใหญ่ จากแผนที่ที่ใช้เส้นโครงแบบโนโมนิกซึ่งวงกลมใหญ่เป็นเส้นตรง แล้วโอนเส้นทาง

ตามวงกลมใหญ่มาลงบนแผนที่แบบเมอร์เคเตอร์เป็นช่วงสั้น ๆ และใช้ทิศทางของเส้นทางช่วงสั้น ๆ ในแผนที่แบบเมอร์เคเตอร์ในการเดินทาง เมื่อหมดช่วงหนึ่งก็เปลี่ยนเป็นทิศทางของช่วงต่อไปเป็นลำดับ

2. เส้นโครงแผนที่ทรานสเวอร์สเมอร์เคเตอร์ (Transverse mercator projection) เส้นโครงแผนที่แบบนี้จัดให้กระบอกสัมผัสผิวโลกตามเส้นเมริเดียนคู่หนึ่งที่อยู่ตรงกันข้ามคนละซีกโลก ดังนั้น แกนของกระบอกจึงตั้งได้ฉากกับแกนของโลก ลักษณะของเส้นโครงแบบนี้แสดงไว้ในรูปที่ 1.9 ซึ่งจัดให้กระบอกสัมผัสลูกโลกที่เส้นเมริเดียน 0° และ 180°



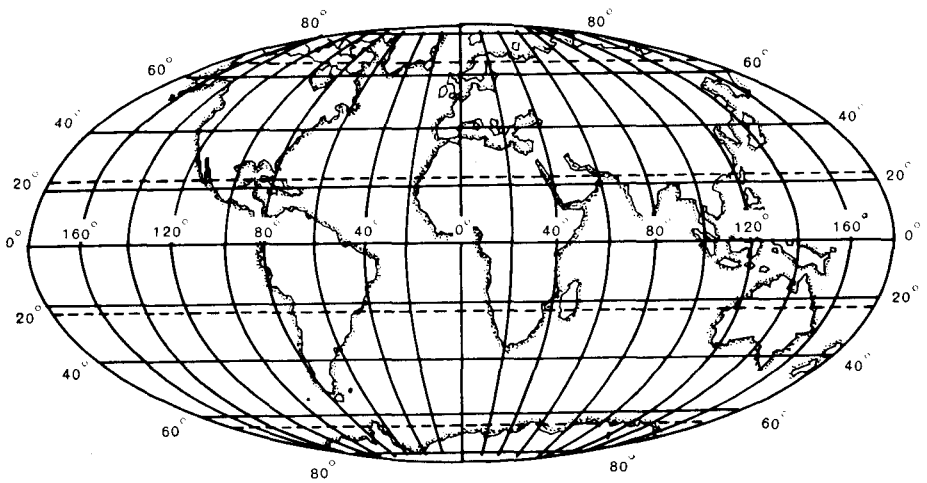

รูปที่ 1.9 เส้นโครงแผนที่แบบทรานสเวอร์สเมอร์เคเตอร์

คุณสมบัติของเส้นโครงแบบนี้คือ มีภาวะคงระยะตามเมริเดียนของจุดสัมผัส หรือที่เรียกว่าเมริเดียนย่านกลาง (*Central meridian*) มาตราส่วนตามเมริเดียนย่านกลางคงที่ตลอดเส้น แต่มาตราส่วนจะใหญ่ขึ้นทุกทีเมื่อห่างจากเมริเดียนย่านกลางออกไป ดังนั้น จึงนิยมใช้เส้นโครงแบบนี้กับพื้นที่ที่แคบยาวไปตามเมริเดียนย่านกลาง

## เส้นโครงแผนที่แบบอื่น

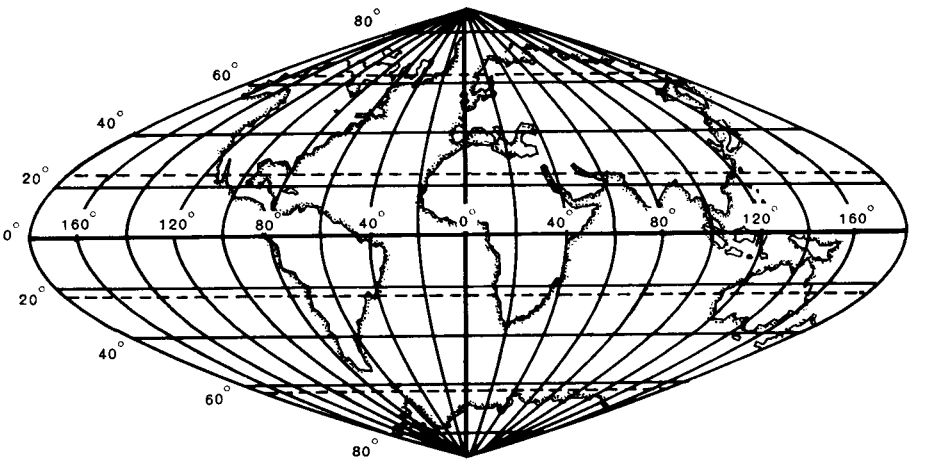
นอกจากเส้นโครงแผนที่ที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังมีเส้นโครงอีกมากมายหลายแบบ ซึ่งจะนำมากล่าวในที่นี้เพียงบางแบบ ได้แก่

1. เส้นโครงแผนที่แบบมอลไวด์โฮโมโลกราฟิก (Mollweide homolographic projection) เส้นโครงแบบนี้อาศัยหลักเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ในการสร้าง โดยให้พื้นที่ผิวของซีกโลกหนึ่งมีขอบเขตเป็นวงกลม พื้นที่ผิวโลกอีกซีกโลกหนึ่งจะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน โดยมีขอบเขตเป็นวงรีผนวกเข้าทั้งสองข้างของวงกลม ลักษณะของเส้นโครงแบบนี้ แสดงไว้ในรูปที่ 1.10 กล่าวคือ เส้นเมริเดียนเป็นส่วนของวงรี ยกเว้นเมริเดียนที่แบ่งซีกโลกซึ่งเป็นครึ่งวงกลม และเมริเดียนย่านกลางซึ่งเป็นเส้นตรง ส่วนเส้นขนานเป็นเส้นตรง คุณสมบัติของเส้นโครงแบบนี้ คือ คงพื้นที่




รูปที่ 1.10 เส้นโครงแผนที่แบบมอลไวด์โฮโมโลกราฟิก

2. เส้นโครงแผนที่แบบซินูซอยดัล (*Sinusoidal projection*) เส้นโครงแบบนี้คล้ายกับแบบมอลไวด์โฮโมโลกราฟิก ต่างกันแต่เพียงชนิดของส่วนโค้งที่ใช้แทนเส้นเมริเดียน ซึ่งเส้นโครงแผนที่แบบนี้ใช้โค้งของไซน์ (sine curve) ลักษณะของเส้นโครงแผนที่ แสดงในรูปที่ 1.11 กล่าวคือ เส้นเมริเดียนทุกเส้นเป็นโค้งของไซน์ นอกจากเมริเดียนย่านกลางซึ่งเป็นเส้นตรง ส่วนเส้นขนานเป็นเส้นตรง คุณสมบัติของเส้นโครงแผนที่แบบนี้ คือ คงพื้นที่




รูปที่ 1.11 เส้นโครงแผนที่แบบซินุซอยดัล

ในขั้นนี้ท่านคงทราบและเข้าใจว่า ในการผลิตแผนที่นั้นต้องอาศัยเส้นโครงแผนที่ เพื่อจำลองเอารายละเอียดต่าง ๆ บนพื้นโลกลงสู่แผ่นราบอย่างถูกต้อง ส่วนจะใช้เส้นโครงชนิดใดนั้น ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของเราว่าจะใช้แผนที่กับงานประเภทใด แล้วเลือกเส้นโครงแผนที่ที่มีคุณสมบัติสอดคล้องกับประเภทของงานนั้น ๆ

ดังนั้น แผนที่ที่ผลิตขึ้นมาจึงมีจำนวนมากมายตามลักษณะของงาน เพื่อให้แผนที่ที่ผลิตขึ้นรวมกันเป็นหมวดเป็นหมู่ จึงได้มีการจำแนกแผนที่ขึ้น

## การจำแนกแผนที่

ปัจจุบันมีแผนที่หลากหลาย ดังนั้น จึงมีความจำเป็นต้องจำแนกแผนที่เป็นหมวดหมู่ การจำแนกแผนที่มีหลักเกณฑ์ที่แตกต่างกัน เช่น การจำแนกแผนที่โดยยึดเอารายละเอียดที่ปรากฏบนแผนที่ มาตราส่วน และลักษณะการใช้งานเป็นเกณฑ์ เป็นต้น

1. การจำแนกแผนที่ตามรายละเอียดที่ปรากฏบนแผนที่ ซึ่งจำแนกแผนที่ออกเป็น

**1.1 แผนที่แบนราบ (Planimetric map)** เป็นแผนที่ซึ่งแสดงลักษณะของพื้นผิวโลกและรายละเอียดต่าง ๆ เฉพาะในทางราบเท่านั้น ไม่ได้แสดงรายละเอียดในด้านความสูงเลย

**1.2 แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ (Topographic map)** เป็นแผนที่ซึ่งแสดงลักษณะของพื้นผิวโลกและรายละเอียดต่าง ๆ ที่ปรากฏอยู่บนพื้นผิวโลกทั้ง 3 มิติ คือ ทั้งทางราบและทางดิ่ง แผนที่ชนิดนี้ให้ประโยชน์มากกว่าแผนที่แบนราบ

1.3 แผนที่ภาพถ่าย (**Photo map**) เป็นผลิตผลของภาพถ่ายทางอากาศ ซึ่งนำมาต่อกันในลักษณะที่เรียกว่า โมเสก (Mosaic) และมีการเขียนเส้นกริด ชื่อสถานที่ ตลอดจนรายละเอียดต่าง ๆ ลงบนภาพถ่ายที่ต่อกันนั้น ข้อดีของแผนที่ชนิดนี้ คือ จัดทำได้ในเวลาอันรวดเร็ว และสามารถมองเห็นภาพภูมิประเทศจริง ๆ ส่วนข้อเสีย คือ แผนที่ชนิดนี้ไม่มีการแสดงลักษณะความสูง

2. การจำแนกโดยใช้มาตราส่วน ซึ่งจำแนกแผนที่ออกเป็น

2.1 แผนที่มาตราส่วนเล็ก (**Small scale map**) เป็นแผนที่ซึ่งมีมาตราส่วน 1 : 600,000 หรือเล็กกว่า

2.2 แผนที่มาตราส่วนปานกลาง (**Medium scale map**) เป็นแผนที่ซึ่งมีมาตราส่วนที่ใหญ่กว่า 1 : 600,000 แต่เล็กกว่า 1 : 75,000

2.3 แผนที่มาตราส่วนใหญ่ (**Large scale map**) เป็นแผนที่ซึ่งมีมาตราส่วนตั้งแต่ 1 : 75,000 หรือใหญ่กว่า

3. การจำแนกตามลักษณะการใช้งาน ซึ่งจำแนกแผนที่โดยสังเขปดังนี้

3.1 แผนที่ยุทธศาสตร์ (**Strategic map**) เป็นแผนที่ซึ่งใช้ในการวางแผนทางยุทธศาสตร์ เช่น ใช้วางแผนในการเคลื่อนที่เข้าโจมตีข้าศึกหรือส่งกำลังสนับสนุน

3.2 แผนที่ยุทธศาสตร์และยุทธวิธี (**Strategic-tactical map**) เป็นแผนที่ซึ่งใช้ในการวางแผนทางยุทธศาสตร์เช่นกัน แต่มีมาตราส่วนที่ใหญ่กว่า

3.3 แผนที่ใช้ในกิจการปืนใหญ่ (**Artillary map**) เป็นแผนที่มาตราส่วนใหญ่ ใช้ในการควบคุมการยิงปืนใหญ่ให้ตรงเป้าหมาย

3.4 แผนที่ถนน (**Road map**) โดยทั่วไปเป็นแผนที่แบนราบ ซึ่งให้ประโยชน์ในการบ่งบอกข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับเส้นทางถนน ว่าเป็นถนนชนิดใด ผิวจราจรเป็นอย่างไร มีช่องทางวิ่งเท่าไร และเป็นเส้นทางหลวงหมายเลขเท่าไร

# บทที่ 2
# องค์ประกอบของแผนที่

ตามปกติแผนที่ที่พบโดยทั่วไปจะมีรูปร่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า ห่างจากด้านทั้งสี่ของแผ่นแผนที่เข้าไปจะมีเส้นกั้นขอบเขตบรรจบเป็นรูปสี่เหลี่ยม โดยเหลือพื้นที่นอกกรอบสี่เหลี่ยมไว้บนด้านล่างของแผ่นแผนที่ เส้นกั้นขอบเขตรูปสี่เหลี่ยมดังกล่าว เรียกว่า เส้นขอบระวางแผนที่ ดังนั้น ในแผนที่แผ่นหนึ่ง ๆ เส้นขอบระวางแผนที่จะแบ่งพื้นที่บนแผ่นแผนที่ออกเป็นสองส่วน คือ พื้นที่ภายในขอบระวาง และพื้นที่ภายนอกขอบระวาง

ในแผนที่แต่ละระวาง (Sheet) จะประกอบด้วยข้อมูลหรือรายละเอียดต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก ซึ่งเราเรียกข้อมูลหรือรายละเอียดนี้ว่า องค์ประกอบของแผนที่ องค์ประกอบของแผนที่นี้มีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับผู้ที่เริ่มต้นใช้แผนที่ ดังนั้น ผู้ที่เริ่มต้นฝึกหัดใช้แผนที่ ควรจะศึกษาและทำความเข้าใจองค์ประกอบของแผนที่เป็นอันดับแรก

องค์ประกอบของแผนที่* แบ่งตามตำแหน่งที่ปรากฏบนแผนที่ออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. องค์ประกอบของแผนที่ที่อยู่ภายนอกขอบระวาง เรียกว่า องค์ประกอบภายนอกขอบระวาง

2. องค์ประกอบของแผนที่ที่อยู่ภายในขอบระวาง เรียกว่า องค์ประกอบภายในขอบระวาง

## 1. องค์ประกอบภายนอกขอบระวางแผนที่ (Marginal information)

บริเวณขอบระวางของแผนที่จะมีรายละเอียดแสดงไว้มากมาย ส่วนจะมีอะไรบ้างนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของแผนที่และความมุ่งหมายในการใช้ สำหรับแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ (Topographic map) ที่ผลิตขึ้นใช้ทุกวันนี้ จะมีรายละเอียดที่แสดงไว้นอกขอบระวางแผนที่ดังนี้

1. มาตราส่วนแผนที่ (Map scale) มาตราส่วนแผนที่เป็นข้อมูลที่จำเป็นที่สุดในการบอกให้ผู้ใช้แผนที่ทราบว่า แผนที่นั้นย่อมาจากภูมิประเทศจริงด้วยอัตราส่วนเท่าใด การแสดงมาตราส่วนแผนที่นั้น นอกจากจะแสดงในรูปตัวเลขเศษส่วน (Representative fraction) แล้ว ยังแสดงในรูปเส้นบรรทัด (Graphic scale) อีกด้วย

2. คำอธิบายสัญลักษณ์ (Legend) ประกอบด้วยตัวอย่างของสัญลักษณ์ที่ใช้แทนรายละเอียดที่ปรากฏภายในขอบระวางของแผนที่นั้น พร้อมทั้งคำอธิบายและความหมายของสัญลักษณ์นั้น ๆ

---

* ในที่นี้หมายถึง แผนที่ลักษณะภูมิประเทศ มาตราส่วน 1 : 50,000 เท่านั้น

3. ศัพทานุกรม (Glossary) เป็นส่วนที่ผู้ผลิตแผนที่แสดงไว้เพื่อให้ผู้ใช้แผนที่ (โดยเฉพาะชาวต่างประเทศ) เข้าใจความหมายของคำที่ใช้ในแผนที่ ตัวอย่างเช่น

Amphoe..... secondary administrative division

Ban..... village

Changwat..... primary administrative division

Doi..... mountain

4. ระบบบ่งบอกระวาง (Sheet identification system) การผลิตแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศในโครงการใหญ่ เช่น การผลิตแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศของประเทศไทย ต้องผลิตแผนที่ให้คลุมพื้นที่บริเวณกว้างใหญ่ จำนวนแผนที่ที่ต้องทำการผลิตจึงมีหลายระวาง ดังนั้น เพื่อความสะดวกในการจัดเก็บแผนที่และเรียกใช้ จึงมีความจำเป็นต้องคิดระบบบ่งบอกระวางขึ้นมา ซึ่งประกอบด้วย

**4.1 ชื่อชุดและมาตราส่วน (Series name and scale)** ในการผลิตแผนที่ซึ่งทำการผลิตครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง เช่น ครอบคลุมทั้งประเทศ ภูมิภาค หรือทวีป แผนที่นั้นอาจมีมาตราส่วนเดียวกัน ใช้ในจุดประสงค์เดียวกัน ดังนั้น การกำหนดชื่อชุดจะช่วยจำกัดบริเวณที่แผนที่ครอบคลุมอยู่ ตัวอย่างเช่น ประเทศไทย 1 : 50,000 ชื่อชุดและมาตราส่วนนี้จะปรากฏอยู่มุมบนด้านซ้ายของระวาง

**4.2 ชื่อระวาง (Sheet name)** ชื่อระวางของแผนที่จะปรากฏอยู่ตรงกลางด้านบนของขอบระวาง ตามปกติแล้วการตั้งชื่อระวาง นิยมตั้งชื่อตามลักษณะที่เด่นของภูมิประเทศ หรือลักษณะเด่นที่มนุษย์สร้างขึ้นที่ปรากฏบนแผนที่แผ่นนั้น เช่น ดอยอ่างขาง อำเภอบ้านโฮ่ง เป็นต้น

**4.3 ลำดับชุด (Series number)** ลำดับชุดจะปรากฏอยู่มุมขวาด้านบนและมุมซ้ายด้านล่างของขอบระวาง การกำหนดลำดับชุด มีสาเหตุในการกำหนด คือ ในพื้นที่บริเวณหนึ่ง ๆ อาจมีการผลิตแผนที่ขึ้นหลายชุด ที่มีขนาดของแผ่นระวางหรือมาตราส่วนที่แตกต่างกัน การกำหนดชื่อชุดจะทำให้ผู้ใช้แผนที่ทราบได้ว่าเป็นแผนที่ชุดใด เช่น

ลำดับชุด L. 708 เป็นลำดับชุดของแผนที่ มาตราส่วน 1 : 50,000 ขนาดระวาง 10 × 15 ลิปดา

ลำดับชุด L. 7017 เป็นลำดับชุดของแผนที่ มาตราส่วน 1 : 50,000 ขนาดระวาง 15 × 15 ลิปดา

ลำดับชุด L. 8019 เป็นลำดับชุดของแผนที่ มาตราส่วน 1 : 25,000

ตัวอย่างลำดับชุด สำหรับแผนที่ซึ่งคลุมพื้นที่ประเทศไทยตามที่ยกมานี้ เป็นการกำหนดลำดับชุดตามมาตรฐานของสหรัฐอเมริกา ซึ่งถือตามข้อตกลงมาตรฐานขององค์การนาโต้ (North Atlantic Treaty Organization)

ลำดับชุดตามมาตรฐานดังกล่าวมี 4 องค์ประกอบ

องค์ประกอบที่ 1 จะเป็นตัวเลขอารบิก หรือตัวอักษรภาษาอังกฤษก็ได้ โดยมีหลักเกณฑ์ในการกำหนดดังนี้

– ถ้าเป็นแผนที่ที่คลุมภาคพื้นทวีป (Continental area) จะใช้ตัวเลขอารบิก

– ถ้าเป็นแผนที่ที่คลุมภูมิภาคใดภูมิภาคหนึ่ง (Regional area) หรือคลุมส่วนย่อยของภูมิภาค (Sub-regional area) จะใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษ

การจะใช้ตัวเลขใด หรือตัวอักษรใดนั้น มีกฎเกณฑ์และขอบเขตแสดงไว้อย่างแน่นอน

องค์ประกอบที่ 2 เป็นตัวเลขอารบิกที่บอกให้ทราบถึงหมู่ของมาตราส่วน (scale group) ของแผนที่ชุดนั้นๆ เช่น เลข 7 ใช้สำหรับแผนที่ที่มีมาตราส่วนใหญ่กว่า 1 : 70,000 ถึง 1 : 35,000 และเลข 8 ใช้สำหรับแผนที่ที่มีมาตราส่วนใหญ่กว่า 1 : 35,000 (ไม่นับแผนที่ผังเมือง) เป็นต้น

องค์ประกอบที่ 3 เป็นตัวเลขอารบิกที่แสดงความแตกต่างของชุดแผนที่ซึ่งปกคลุมส่วนย่อยของภูมิภาค (มีขอบเขตแสดงไว้อย่างแน่นอน) เช่น เลข 0 แสดงบริเวณประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ไทย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว สาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนาม สหพันธรัฐมาเลเซีย และกัมพูชาประชาธิปไตย เลข 7 แสดงบริเวณประเทศญี่ปุ่น เลข 5 แสดงบริเวณประเทศเกาหลี เลข 9 แสดงเกาะไต้หวัน

องค์ประกอบที่ 4 เป็นตัวเลขอารบิกตัวเดียวหรือสองตัว เพื่อแสดงให้ทราบถึงความแตกต่างของชุดแผนที่เมื่อ 3 องค์ประกอบแรกที่กล่าวข้างต้นเหมือนกัน

ตัวอย่าง แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศของประเทศไทย มาตราส่วน 1 : 50,000 มี 2 ชุด คือ ลำดับชุด L. 708 และ L. 7017 การกำหนดลำดับชุดดังกล่าวยึดถือตามข้อตกลงมาตรฐานขององค์การนาโต้ กล่าวคือ

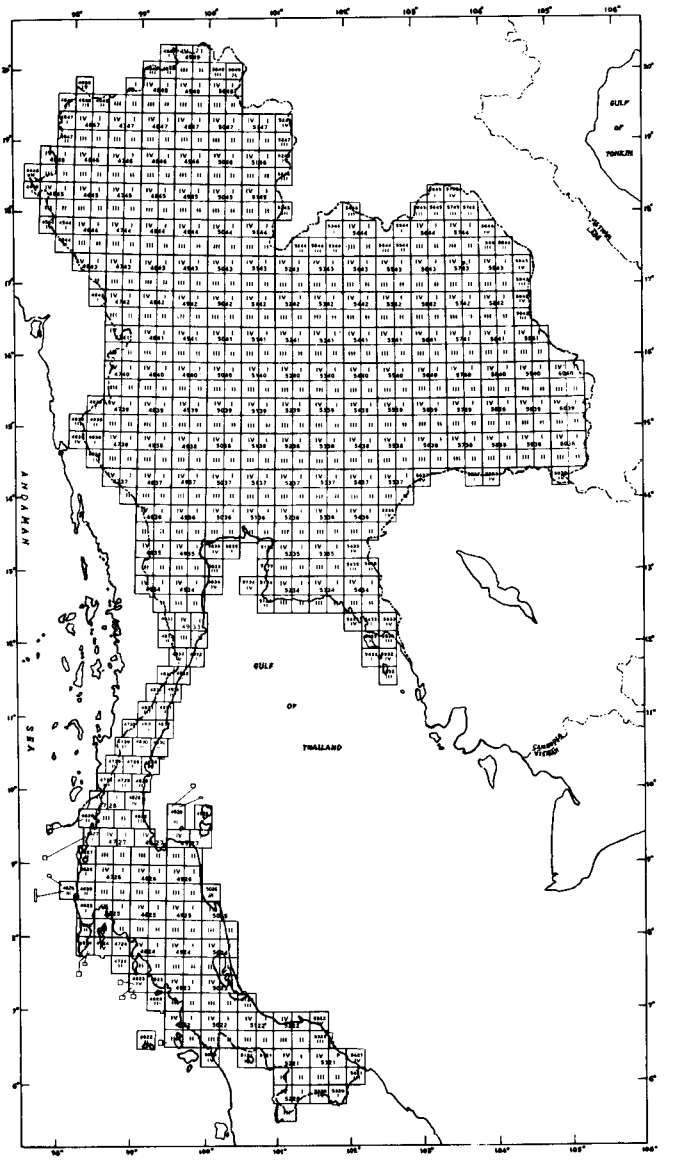
องค์ประกอบที่ 1 คือ L

องค์ประกอบที่ 2 คือ 7

องค์ประกอบที่ 3 คือ 0

จะเห็นได้ว่า 3 องค์ประกอบแรกเหมือนกันเพราะแผนที่ทั้ง 2 ชุด คลุมส่วนย่อยของภูมิภาคเช่นเดียวกัน มีมาตราส่วนเดียวกัน และคลุมพื้นที่บริเวณเดียวกัน ดังนั้นจึงกำหนดองค์ประกอบที่ 4 โดยองค์ประกอบที่ 4 ของชุดแรก คือ 8 และชุดหลัง คือ 17 ซึ่งต่างกัน ทั้งนี้เพราะแผนที่ทั้งสองชุดมีขนาดระวางแตกต่างกัน

4.4 **เลขหมายแผ่นระวาง (Sheet number)** เลขหมายแผ่นระวางเป็นเลขหมายอ้างอิงเพื่อความสะดวกในการเก็บรักษา จัดระเบียบหรือแจกจ่าย สำหรับแผนที่มาตราส่วน 1 : 50,000 ได้กำหนดเลขหมายแผ่นระวางเป็นตัวเลข 4 ตัว และต่อท้ายด้วยเลขโรมัน เช่น sheet 4745 I sheet 5136 IV เป็นต้น เลขโรมันจะมีตั้งแต่ I–IV เท่านั้น เลขหมายแผ่นระวางจะแสดงไว้ตรงมุมขวาด้านบนและมุมซ้ายด้านล่างของขอบระวาง ส่วนแผนที่ตามเลขหมายแผ่นระวางจะคลุมบริเวณใดก็ดูได้จากสารบาญแผนที่ (map index) ดังแสดงในรูปที่ 2.1

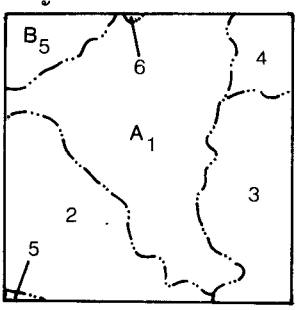



รูปที่ 2.1 สารบาญแผนที่

5. สารบาญต่าง ๆ (Indexes) เป็นแผนภาพซึ่งแสดงไว้ที่ขอบระวาง เพื่อแสดงข้อมูลหรือรายละเอียดซึ่งอาจเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้แผนที่ สารบาญมีหลายชนิดดังนี้

**5.1 สารบาญแสดงแนวแบ่งเขตการปกครอง (Index to boundaries)** เป็นแผนภาพที่แสดงให้ทราบว่า พื้นที่ส่วนต่าง ๆ ในระวางนั้นอยู่ในเขตการปกครองของประเทศ จังหวัด หรืออำเภออะไร ดังแสดงในรูปที่ 2.2

**BOUNDARIES**
สารบาญแสดงแนวแบ่งเขตการปกครอง




| | |
|---|---|
| **A. Changwat Lamphun** | **A.** จังหวัดลำพูน |
| **1. Amphoe Pa Sang** | 1. อำเภอป่าซาง |
| **2. Amphoe Ban Hong** | 2. อำเภอบ้านโฮ่ง |
| **3. Amphoe Mae Tha** | 3. อำเภอแม่ทา |
| **4. Amphoe Muang Lamphun** | 4. อำเภอเมืองลำพูน |
| **B. Changwat Chiang Mai** | **B.** จังหวัดเชียงใหม่ |
| **5. Amphoe Chom Thong** | 5. อำเภอจอมทอง |
| **6. Amphoe San Pa Tong** | 6. อำเภอสันป่าตอง |

รูปที่ 2.2 สารบาญแนวแบ่งเขตการปกครอง

**5.2 สารบาญระวางติดต่อ (Index to adjoining sheets)** เป็นแผนภาพที่แสดงให้ทราบว่า มีแผนที่ระวางหมายเลขใดเรียงรายอยู่โดยรอบแผนที่ระวางนั้นบ้าง ดังแสดงในรูปที่ 2.3

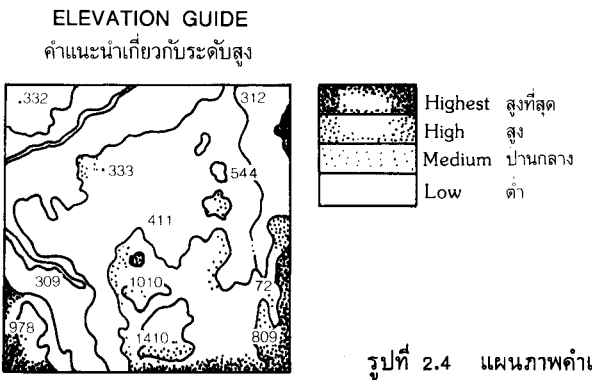
**ADJOINING SHEETS**
สารบาญระวางติดต่อ

| | | |
|---|---|---|
| 4746 III | 4746 II | 4846 III |
| 4745 IV | 4745 I | 4845 IV |
| 4745 III | 4745 II | 4845 III |

Sheet 4745 I Falls within NE 47-6,1501
1:250,000
ระวาง 4745 I อยู่ในบริเวณ NE 47-6,1501
1:250,000

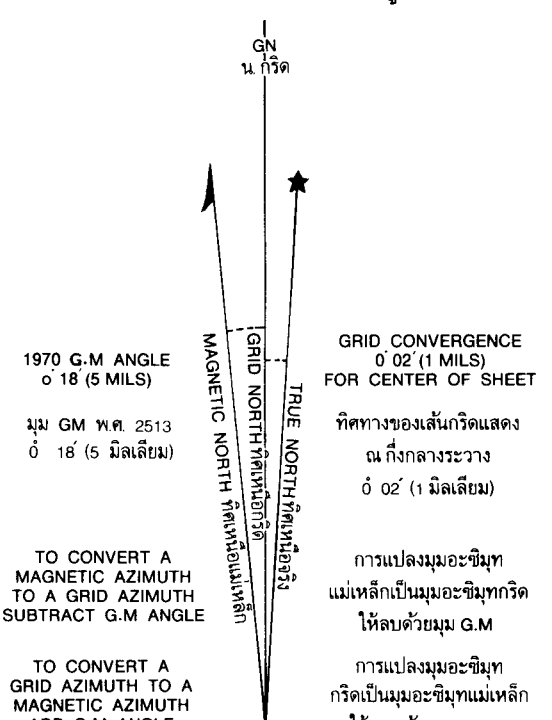
รูปที่ 2.3 สารบาญระวางติดต่อ

6. คำแนะนำเกี่ยวกับระดับสูง (Elevation guide) เป็นแผนภาพที่แสดงให้ทราบถึงระดับความสูง ณ บริเวณต่าง ๆ ที่ปรากฏในแผนที่ระวางนั้น โดยใช้แถบของสี (Layer tints) เป็นเครื่องกำหนด พร้อมทั้งจุดบอกค่าความสูงพอประมาณ ดังแสดงในรูปที่ 2.4




รูปที่ 2.4 แผนภาพคำแนะนำเกี่ยวกับระดับสูง

7. แผนภาพแสดงค่ามุมเบี่ยงเบน (Declination diagram) เป็นแผนภาพที่แสดงให้ทราบถึงค่ามุมเบี่ยงเบนของแนวทิศเหนือจริง แนวทิศเหนือกริด และแนวทิศเหนือแม่เหล็ก ณ บริเวณศูนย์กลางของแผนที่ระวางนั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.5




รูปที่ 2.5 แผนภาพแสดงค่ามุมเบี่ยงเบนของทิศหลัก

8. บันทึกต่าง ๆ (Notes) เป็นข้อความที่บ่งบอกให้ทราบถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแผนที่ระวางนั้น บันทึกต่าง ๆ มีดังนี้

**8.1 บันทึกเกี่ยวกับช่วงต่างเส้นชั้นความสูง (Contour interval note)** เป็นข้อความที่บ่งบอกให้ผู้ใช้แผนที่ทราบว่า เส้นชั้นความสูงที่แสดงไว้บนแผนที่ระวางนั้นมีค่าความสูงต่างกันชั้นละเท่าไร ตัวอย่าง แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศของประเทศไทย มาตราส่วน 1 : 50,000 ลำดับชุด L. 7017 ระบุบันทึกเกี่ยวกับช่วงต่างเส้นชั้นความสูงไว้ดังนี้ "ช่วงต่างเส้นชั้นความสูงชั้นละ 20 เมตร กับเส้นชั้นแทรกชั้นละ 10 เมตร"

**8.2 บันทึกเกี่ยวกับรูปทรงสัณฐานของโลก (Spheriod note)** เป็นข้อความที่บ่งบอกให้ผู้ใช้แผนที่ทราบว่า รูปทรงของโลกที่ใช้เป็นพื้นฐานในการคำนวณเป็นรูปทรงแบบใด ตัวอย่าง แผนที่ประเทศไทย มาตราส่วน 1 : 50,000 ลำดับชุด L. 7017 บันทึกไว้ดังนี้ "Everest" ซึ่งหมายความว่า รูปทรงของโลกที่ใช้เป็นพื้นฐานในการคำนวณ เป็นรูปทรงรีที่มีอัตรายุบที่ขั้ว 1/301

**8.3 บันทึกเกี่ยวกับเส้นกริด (Grid note)** เป็นข้อความที่บ่งบอกให้ผู้ใช้แผนที่ทราบว่า เส้นตารางกริดที่ใช้เป็นระบบอ้างอิงในทางราบบนแผนที่ระวางนั้น เป็นระบบพิกัดแบบใด และมีวิธีการแสดงค่าประจำเส้นกริดอย่างไร ตัวอย่าง แผนที่ประเทศไทย มาตราส่วน 1 : 50,000 ลำดับชุด L. 7017 บันทึกไว้ดังนี้ "1,000 เมตร UTM ; เขต 47"

**8.4 บันทึกเกี่ยวกับเส้นโครงแผนที่ (Projection note)** เป็นข้อความที่บ่งบอกให้ผู้ใช้แผนที่ทราบว่าเส้นโครงแผนที่บนแผนที่ระวางนั้น เป็นเส้นโครงแผนที่ชนิดใด หรือใช้กรรมวิธีใดในการถ่ายทอดระบบอ้างอิงทางราบจากพื้นพิภพลงสู่แผ่นราบ ตัวอย่าง แผนที่ประเทศไทย มาตราส่วน 1 : 50,000 ลำดับชุด L. 7017 บันทึกไว้ดังนี้ "เส้นโครงแผนที่ ทรานสเวอร์สเมอร์เคเตอร์"

**8.5 บันทึกเกี่ยวกับหลักฐาน (Datum note)** เป็นข้อความที่บ่งบอกให้ผู้ใช้แผนที่ทราบว่า ระบบอ้างอิงทั้งทางแนวยืน (ทางดิ่ง) และแนวนอน (ทางราบ) ที่ใช้กับแผนที่ระวางนั้น ใช้อะไรเป็นหลักฐานในการกำหนดค่า ตัวอย่าง แผนที่ประเทศไทย มาตราส่วน 1 : 50,000 ลำดับชุด L. 7017 บันทึกไว้ดังนี้

หลักฐานตามแนวนอน ถือตามหลักฐานของประเทศอินเดีย
หลักฐานตามแนวยืน ถือระดับน้ำทะเลปานกลางที่เกาะหลัก

**8.6 บันทึกเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือ (Credit note)** เป็นข้อความที่บ่งบอกให้ผู้ใช้แผนที่ทราบว่า หน่วยงานใดเป็นผู้สำรวจ จัดทำ และพิมพ์แผนที่ระวางนั้น ตัวอย่าง แผนที่ประเทศไทย มาตราส่วน 1 : 50,000 ลำดับชุด L. 7017 ได้บันทึกไว้ดังนี้

| | |
|---|---|
| กำหนดจุดควบคุมโดย | กรมแผนที่ทหาร |
| สำรวจชื่อโดย | กรมแผนที่ทหาร |
| แผนที่จัดทำโดย | กรมแผนที่ทหาร |
| พิมพ์โดย | กรมแผนที่ทหาร |

8.7 **บันทึกเกี่ยวกับเส้นแบ่งเขต (Boundary note)** เป็นข้อความที่บ่งบอกให้ผู้ใช้แผนที่ทราบถึงความละเอียดถูกต้องของเส้นแบ่งเขตที่อยู่ในแผนที่ระวางนั้น ว่ามีมากน้อยเพียงใด ตัวอย่าง แผนที่ประเทศไทย มาตราส่วน 1 : 50,000 ลำดับชุด L. 7017 บันทึกไว้ดังนี้ "แนวแบ่งเขตการปกครองภายในประเทศ ในแผนที่ระวางนี้แสดงไว้โดยประมาณ"

8.8 **บันทึกเกี่ยวกับการกำหนดตำแหน่งเป็นค่าพิกัดทางทหาร (Military grid reference note)** เป็นรายละเอียดที่แนะนำให้ผู้ใช้แผนที่รู้จักวิธีการกำหนดตำแหน่งใด ๆ ในแผนที่เป็นค่าพิกัดทางทหาร บันทึกนี้ปรากฏ ณ กึ่งกลางของขอบระวางด้านล่าง

8.9 **บันทึกสำหรับผู้ใช้แผนที่ (User's note)** เป็นข้อความที่แจ้งขอความร่วมมือจากผู้ใช้แผนที่ ตัวอย่าง แผนที่ประเทศไทย มาตราส่วน 1 : 50,000 ลำดับชุด L. 7017 บันทึกไว้ดังนี้ "ขอให้ผู้ใช้ได้กรุณาแจ้งข้อแก้ไขและความเห็นในอันที่จะทำให้ประโยชน์ของแผนที่ระวางนี้เพิ่มพูนขึ้นไปยัง กรมแผนที่ทหาร นครหลวง ฯ 2"

8.10 **บันทึกเกี่ยวกับการจัดพิมพ์ (Edition note)** เป็นข้อความที่บ่งบอกให้ผู้ใช้แผนที่ทราบถึง ครั้งที่พิมพ์ และหน่วยงานที่จัดพิมพ์แผนที่ระวางนั้น ตัวอย่าง แผนที่ประเทศไทย มาตราส่วน 1 : 50,000 ลำดับชุด L. 7017 บันทึกไว้ดังนี้ "1–RTSD" ซึ่งหมายความว่า พิมพ์ครั้งที่ 1 โดย Royal Thai Survey Department

## 2. องค์ประกอบภายในขอบระวางแผนที่

องค์ประกอบภายในขอบระวางแผนที่ หมายถึงรายละเอียดต่าง ๆ ที่แสดงไว้ภายในกรอบซึ่งล้อมรอบด้วยเส้นขอบระวางแผนที่ ตามปกติแล้วจะประกอบด้วยรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

1. สัญลักษณ์ (Symbol) ได้แก่ เครื่องหมายซึ่งใช้แทนรายละเอียดที่ปรากฏอยู่บนพื้นภูมิประเทศ การกำหนดรูปแบบของสัญลักษณ์ต้องยึดถือหลักว่า สัญลักษณ์ต้องเป็นแบบเรียบ ๆ ชัดเจน ขนาดพอเหมาะกับมาตราส่วนของแผนที่

สัญลักษณ์มีหลายชนิด แบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

ก. ประเภทใช้แทนแหล่งน้ำ เช่น แม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง

ข. ประเภทใช้แทนสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น อาคาร บ้านเรือน ถนน ทางรถไฟ

ค. ประเภทใช้แทนลักษณะความสูงต่ำของพื้นผิวภูมิประเทศ

ง. ประเภทใช้แทนพืชพันธุ์ไม้ต่าง ๆ เช่น นา สวน และลักษณะของป่าชนิดต่าง ๆ

2. สี (Colour) สีที่ใช้ภายในขอบระวางจะเป็นสีของสัญลักษณ์ที่ใช้แทนรายละเอียดของแผนที่ แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศจะมีสีของสัญลักษณ์อยู่ 4 สี และสีนั้นมักจะสอดคล้องกับรายละเอียดที่ใช้สัญลักษณ์นั้น ๆ แทน ตัวอย่าง

| | | |
|---|---|---|
| สีดำ หรือ สีแดง | ใช้แทน | สิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น |
| สีน้ำเงิน | ใช้แทน | แหล่งน้ำ |
| สีเขียว | ใช้แทน | พืชพันธุ์ |
| สีน้ำตาล | ใช้แทน | ลักษณะสูง—ต่ำ ของภูมิประเทศ |

3. ชื่อภูมิศาสตร์ (Geographical names) เป็นตัวอักษรที่กำกับรายละเอียดต่าง ๆ เพื่อบอกให้ทราบว่า สถานที่นั้นหรือสิ่งนั้น มีชื่อว่าอะไร

4. ระบบอ้างอิงในการกำหนดตำแหน่ง (Position reference system) คือ เส้นหรือตารางที่แสดงไว้ในแผ่นระวาง เพื่อใช้ในการกำหนดค่าพิกัดของตำแหน่งใด ๆ บนแผนที่ระวางนั้น ระบบอ้างอิงในการกำหนดตำแหน่งที่ใช้โดยทั่วไป มีอยู่ 2 ชนิด คือ

**ก. พิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic co-ordinate)** ได้แก่ เส้นละติจูด (latitude) และเส้นลองจิจูด (longitude) ซึ่งจะแสดงให้เห็นเป็นเส้นยาวแทนขอบระวางภายในของแผนที่ โดยมีตัวเลขแสดงค่ากำกับไว้ด้วย (หัวข้อนี้จะอธิบายอย่างละเอียดในบทที่ 3)

**ข. พิกัดกริด (Grid co-ordinate)** เป็นหมู่ของเส้นขนาน 2 ชุดที่มีระยะห่างเท่า ๆ กัน ตัดกันเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก แต่ละเส้นของหมู่เส้นขนานจะมีตัวเลขแสดงค่ากำกับด้วย (หัวข้อนี้จะอธิบายอย่างละเอียดในบทที่ 3)

# บทที่ 3
# ระบบอ้างอิงในการกำหนดตำแหน่ง

"พบกันที่สามแยกเกษตรนะ" หรือ "พบกันที่สี่แยกบางลำภูนะ" คำนัดหมายที่บ่งบอกสถานที่ที่จะพบกันในลักษณะนี้ท่านคงเคยใช้บ่อยครั้ง การใช้คำพูดนัดหมายในลักษณะดังกล่าวจะใช้ได้ผลดีเมื่อสถานที่นัดพบนั้นต้องเป็นที่รู้จักกันอย่างกว้างขวางหรืออยู่ในเมือง ถ้าเป็นชนบทในป่าเขาหรือสถานที่ที่เราไม่คุ้นเคยมาก่อน การนัดพบด้วยคำนัดหมายในลักษณะดังกล่าวไม่สามารถใช้ได้ผล ด้วยเหตุนี้ จึงมีการคิดระบบอ้างอิงในการกำหนดตำแหน่งอย่างแม่นยำและเป็นรูปแบบเดียวกันที่ใช้ได้ทั่วโลก ระบบอ้างอิงในการกำหนดตำแหน่งนี้คือ พิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic co-ordinate) และพิกัดกริด (Grid co-ordinate)

## พิกัดภูมิศาสตร์

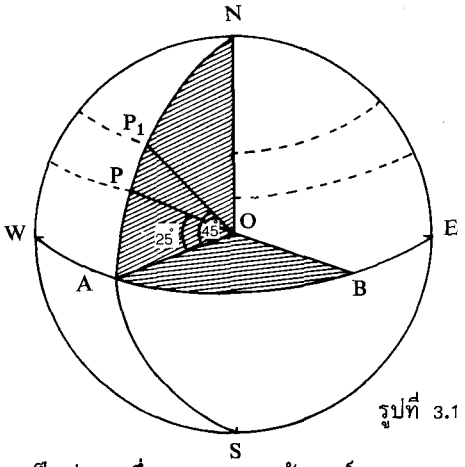
พิกัดภูมิศาสตร์ เป็นระบบอ้างอิงที่ประกอบด้วยหมู่ของวงกลมที่อยู่โดยรอบโลกในแนวเหนือ–ใต้ และในแนวตะวันออก–ตะวันตก โดยที่วงกลมแต่ละวงในแนวเหนือ–ใต้ จะผ่านขั้วโลกทั้งสองด้วย

วงกลมที่อยู่โดยรอบโลกในแนวตะวันออก–ตะวันตก เรียกว่า เส้นละติจูด (latitude) หรือเส้นขนาน (parallel) และวงกลมที่อยู่โดยรอบโลกในแนวเหนือ–ใต้ เรียกว่า เส้นลองจิจูด (longitude) หรือเส้นเมริเดียน (meridian)

## ละติจูด

สมมุติให้วงกลมวงหนึ่งอยู่โดยรอบโลกในแนวตะวันออก–ตะวันตก โดยที่ระนาบของวงกลมนี้ตั้งฉากกับแกนของโลก (polar axis) ณ จุดกึ่งกลางของแกนนั้น วงกลมวงนี้เรียกว่า เส้นศูนย์สูตร (equator) และกำหนดให้เป็นละติจูดที่ 0° วงกลมอื่น ๆ ที่อยู่เหนือขึ้นไปและใต้ลงมาจากเส้นศูนย์สูตรโดยที่ระนาบของวงกลมเหล่านี้ขนานกับเส้นศูนย์สูตร วงกลมเหล่านี้คือ เส้นละติจูด ดังนั้น เส้นละติจูดจะมีลักษณะเป็นวงกลมขนานที่มีขนาดเล็กลง ๆ จนกลายเป็นจุดที่ขั้วโลกทั้งสอง

การบอกค่าของเส้นละติจูด ต้องบอกเป็นค่ามุม ค่ามุมของเส้นละติจูดใด ๆ เป็นค่ามุมที่จุดศูนย์กลางของโลก นับไปตามระนาบดึงที่ตัดผ่านแกนของโลก โดยเริ่มนับจากระนาบของเส้นศูนย์-สูตรไปยังเส้นละติจูดนั้น ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ค่ามุมของเส้นละติจูดจะมีค่ามุมอยู่ระหว่าง 0° ถึง 90° ทั้งซีกโลกเหนือและใต้ ดังนั้น เมื่อเขียนค่ามุมของเส้นละติจูดต้องมีอักษร N (หรือ น.) หรือ S (หรือ ต.) กำกับ เพื่อบ่งบอกว่าเป็นเส้นละติจูดในซีกโลกใด




รูปที่ 3.1 ความหมายของละติจูด

จากรูปที่ 3.1 OAB เป็นส่วนหนึ่งของระนาบเส้นศูนย์สูตร

NAO เป็นระนาบดึงที่ตัดผ่านแกนของโลก

P และ $P_1$ เป็นจุดที่เส้นละติจูด 2 เส้นพาดผ่านในซีกโลกเหนือ

การพิจารณาค่าของเส้นละติจูดที่พาดผ่านจุด P และ $P_1$ พิจารณาจากค่ามุมที่จุดศูนย์กลางของโลกนับไปตามระนาบ NAO โดยเริ่มนับจากพื้นระนาบ OAB ขึ้นไปยังจุด P และ $P_1$ ปรากฏว่า

$A\hat{O}P = 25$ องศา

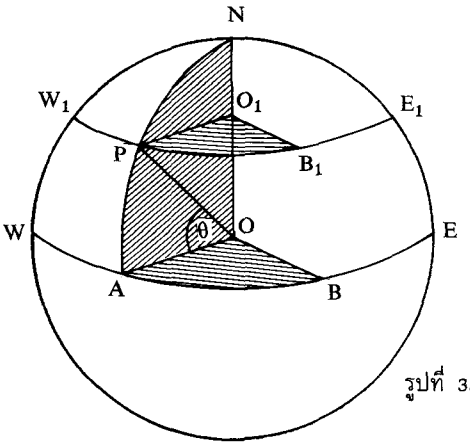
$A\hat{O}P_1 = 45$ องศา

ดังนั้น ค่าของเส้นละติจูดที่พาดผ่านจุด P เท่ากับ 25° N

ค่าของเส้นละติจูดที่พาดผ่านจุด $P_1$ เท่ากับ 45° N

## การพิจารณาความยาวของเส้นละติจูดใด ๆ

ดังได้กล่าวแล้วว่า เส้นละติจูดมีลักษณะเป็นวงกลมขนานที่มีขนาดเล็กลง ๆ จนกลายเป็นจุดที่ขั้วโลกทั้งสอง หรืออีกนัยหนึ่ง ความยาวของเส้นละติจูดจะลดลงเป็นลำดับจากเส้นศูนย์สูตรสู่ขั้วโลก ดังนั้น หัวข้อนี้จะกล่าวถึงการพิจารณาความยาวของเส้นละติจูดใด ๆ ดังรูปที่ 3.2




รูปที่ 3.2 การพิจารณาความยาวของเส้นละติจูดที่ θ องศาเหนือ

จากรูปที่ 3.2 $AOB$ และ $PO_1B_1$ เป็นส่วนหนึ่งของระนาบเส้นศูนย์สูตรและเส้นละติจูดที่ $\theta$ องศาเหนือ (วงกลม $W_1\ P\ B_1\ E_1$) ตามลำดับ

$AO$ และ $PO_1$ เป็นรัศมีของวงกลมดังกล่าวตามลำดับ

$OA = OP =$ รัศมีของโลก

$A\hat{O}P = O\hat{P}O_1 = \theta$

ในสามเหลี่ยม $OO_1P$

$PO_1 = OP \cos \theta$

$PO_1 = R \cos \theta$

$PO_1$ เป็นรัศมีของเส้นละติจูดที่ $\theta$ องศาเหนือ

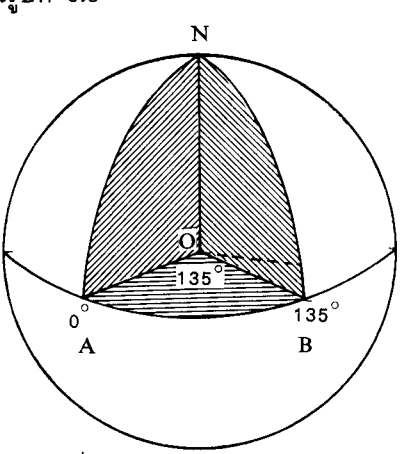
ดังนั้น ความยาวของเส้นละติจูดที่ $\theta$ องศาเหนือ เท่ากับ $2\pi R \cos \theta$ หรืออาจกล่าวได้ว่า ความยาวของเส้นละติจูดใด ๆ จะมีค่าเท่ากับเส้นรอบวงของโลกคูณด้วยโคไซน์ของค่ามุมของเส้นละติจูดนั้น ๆ

## ลองจิจูด

สมมุติให้วงกลมจำนวนหนึ่งอยู่รอบโลกในแนวเหนือ–ใต้ โดยที่ระนาบของวงกลมเหล่านี้ผ่านแกนของโลกและตั้งฉากกับระนาบของเส้นศูนย์สูตร วงกลมเหล่านี้ เรียกว่า เส้นลองจิจูด หรือเส้นเมริเดียน

กำหนดให้เส้นลองจิจูดที่ผ่านเมืองกรีนิช (Greenwich) ในประเทศอังกฤษเป็นเส้นลองจิจูดที่ 0 องศา หรือเรียกว่า เส้นเมริเดียนหลัก (Prime meridian)

การบอกค่าของเส้นลองจิจูดต้องบอกเป็นค่ามุม ค่ามุมของเส้นลองจิจูดใด ๆ เป็นค่ามุมที่จุดศูนย์กลางของโลก นับไปตามระนาบเส้นศูนย์สูตร โดยเริ่มนับจากระนาบของเส้นเมริเดียนหลักไปยังเส้นลองจิจูดนั้น ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.3




รูปที่ 3.3 ความหมายของลองจิจูด

ค่ามุมของเส้นลองจิจูดจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 องศา ถึง 180 องศา ทางตะวันออกหรือตะวันตกของเส้นเมริเดียนหลัก ดังนั้น เมื่อเขียนค่ามุมของเส้นลองจิจูดต้องมีอักษร E (หรือ ตอ.) หรือ W (หรือ ตต.) กำกับ เพื่อบ่งบอกว่าเส้นลองจิจูดนั้นอยู่ทางตะวันออกหรือทางตะวันตกของเส้นเมริเดียนหลัก

จากรูปที่ 3.3 AOB เป็นส่วนหนึ่งของระนาบวงกลมเส้นศูนย์สูตร

NOA เป็นส่วนหนึ่งของระนาบวงกลมลองจิจูดที่ผ่านเมืองกรีนิช ซึ่งกำหนดให้เป็นลองจิจูดที่ 0 องศา

B เป็นจุดใด ๆ ที่มีเส้นลองจิจูดเส้นหนึ่งพาดผ่าน

NOB เป็นส่วนหนึ่งของระนาบวงกลมลองจิจูดที่ผ่านจุด B

การพิจารณาค่าของเส้นลองจิจูดที่พาดผ่านจุด B พิจารณาจากค่ามุมที่จุดศูนย์กลางของโลกนับไปตามระนาบ AOB โดยเริ่มนับจากระนาบ NOA ไปยังระนาบของวงกลมลองจิจูดที่พาดผ่านจุด B

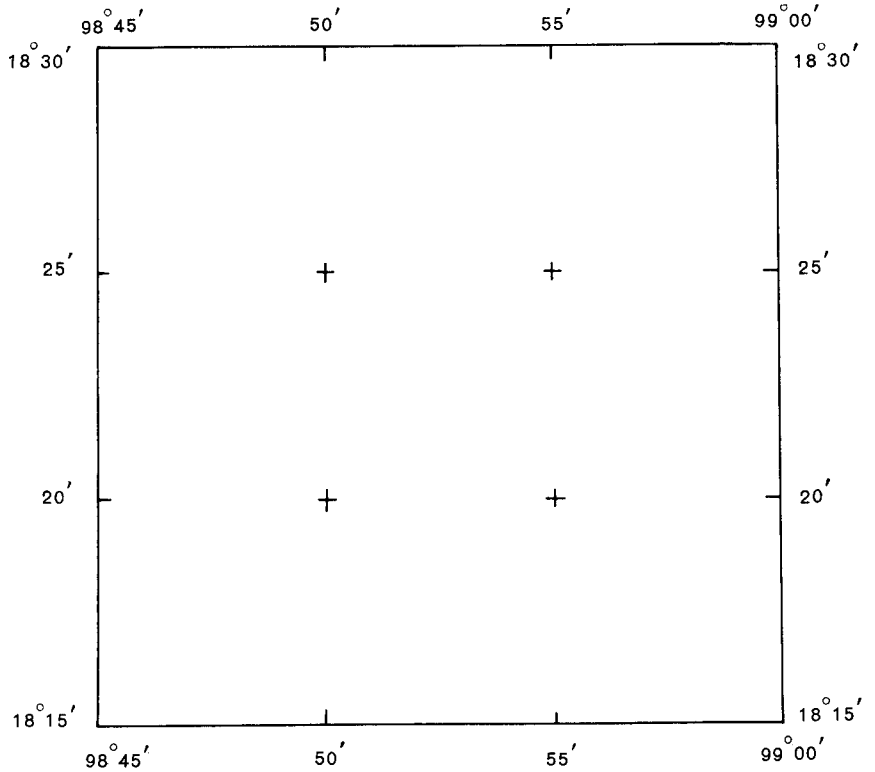
จากรูปที่ 3.3 $A\hat{O}B = 135^\circ$

ค่าของเส้นลองจิจูดที่ผ่านจุด B เท่ากับ 135° และเนื่องจากเส้นลองจิจูดนี้อยู่ทางตะวันออกของเส้นเมริเดียนหลัก ดังนั้น การบอกค่าของเส้นลองจิจูดที่ผ่านจุด B อย่างสมบูรณ์ คือ 135° E

## พิกัดภูมิศาสตร์ที่ปรากฏบนแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ

แผนที่โดยทั่วไปไม่ว่าจะเป็นแผนที่มาตราส่วนเล็กหรือมาตราส่วนใหญ่ จะมีพิกัดภูมิศาสตร์ปรากฏอยู่ ในแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ มาตราส่วน 1 : 50,000 ลำดับชุด L. 7017 ก็เช่นกัน เส้นตรง 4 เส้นที่ประกอบเป็นขอบระวางของแผนที่ คือ เส้นละติจูดและเส้นลองจิจูด ค่าพิกัดที่กำกับที่มุมทั้งสี่จะอยู่ในรูปขององศา ตัวอย่างในแผนที่ระวางอำเภอบ้านโฮ่ง (แผนที่หมายเลข 1) ค่าพิกัดภูมิศาสตร์ 18° 15′ และ 98° 45′ จะปรากฏที่มุมซ้ายล่าง เส้นตรงล่างสุดในแนวราบที่เป็นขอบระวางของแผนที่ คือ เส้นละติจูด 18° 15′ N และเส้นตรงซ้ายสุดในแนวดิ่งที่เป็นขอบระวางแผนที่ คือ เส้นลองจิจูด 98° 45′ E

นอกจากค่าพิกัดภูมิศาสตร์จะปรากฏที่มุมทั้งสี่ของแผนที่แล้ว ยังปรากฏบนด้านทั้งสี่ที่เป็นขอบระวางของแผนที่ด้วย โดยปรากฏเป็นช่วง ๆ ซึ่งแต่ละช่วงห่างเท่า ๆ กัน ตามปกติแล้วพิกัดภูมิศาสตร์จะปรากฏทุก ๆ 5 ลิปดา โดยมีขีดเส้นตรงสั้น ๆ เป็นเครื่องหมาย และมีตัวเลขเป็นค่าลิปดากำกับไว้ นอกจากนี้ภายในขอบระวางแผนที่ยังปรากฏกากบาท 4 จุด อันเป็นจุดตัดของเส้นละจิจูดและลองติจูดที่ปรากฏบนด้านทั้งสี่ของแผนที่ พิจารณาจากรูปที่ 3.4 และแผนที่หมายเลข 1




รูปที่ 3.4 พิกัดภูมิศาสตร์ที่ปรากฏบนแผนที่

## การอ่านพิกัดภูมิศาสตร์

การอ่านค่าพิกัดภูมิศาสตร์ของจุดใดจุดหนึ่งต้องปฏิบัติตามขั้นตอน ดังนี้

1. พิจารณาว่าจุดที่ต้องการทราบพิกัดอยู่ ณ ส่วนใดของแผนที่ (หมายถึงจัตุรัส 5′×5′ ใด)

2. นำกระดาษลอกลาย (tracing paper) วางทาบบนแผนที่ ณ จัตุรัส 5′×5′ ที่จุดนั้นตกอยู่

3. ลากเส้นละติจูดและลองจิจูดขึ้นเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส และกำหนดค่าพิกัดภูมิศาสตร์ประจำเส้นละติจูดและลองจิจูดดังกล่าว

4. พิจารณาค่าละติจูด

4.1 แบ่งด้านที่อยู่ในแนวดิ่งของจัตุรัส 5′×5′ ออกเป็น 5 ช่อง ๆ ละ 1 ลิปดา และกำหนดค่าพิกัดลงไป

4.2 ในแต่ละช่อง 1 ลิปดา แบ่งย่อยออกไปอีก 6 ช่อง ๆ ละ 10 พิลิปดา

4.3 อ่านค่าละติจูด จากรูปที่ 3.5 ค่าละติจูดของจุด ก. คือ 18° 23′ 25″ N (ค่าพิลิปดาสามารถอ่านได้ถึง 1/10 ของพิลิปดา โดยประมาณด้วยสายตา)

5. พิจารณาค่าลองจิจูด

5.1 แบ่งด้านที่อยู่ในแนวราบของจัตุรัส 5′×5′ ออกเป็น 5 ช่อง ๆ ละ 1 ลิปดา และกำหนดค่าพิกัดลงไป

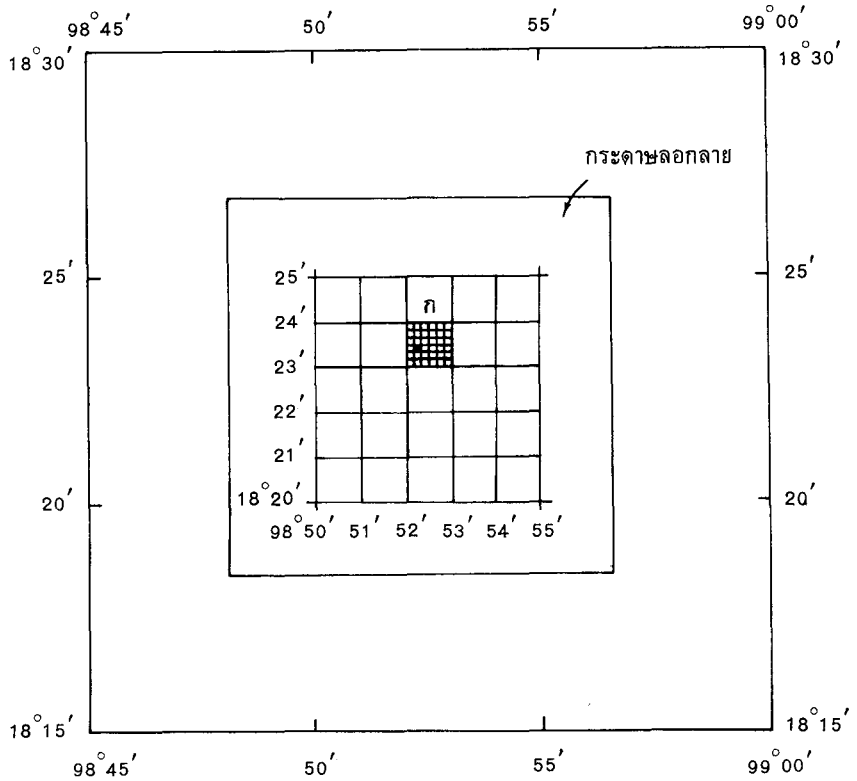
5.2 ในแต่ละ 1 ช่องลิปดา แบ่งย่อยออกไปอีก 6 ช่อง ๆ ละ 10 พิลิปดา

5.3 อ่านค่าลองจิจูดออกมา จากรูปที่ 3.5 ค่าลองจิจูดของจุด ก. คือ 98° 52′ 19″ E (ค่าพิลิปดาสามารถอ่านได้ถึง 1/10 ของพิลิปดา โดยประมาณด้วยสายตา)

6. พิกัดภูมิศาสตร์ของจุด ก. คือ

ละติจูด 18° 23′ 25″ N

ลองจิจูด 98° 52′ 19″ E

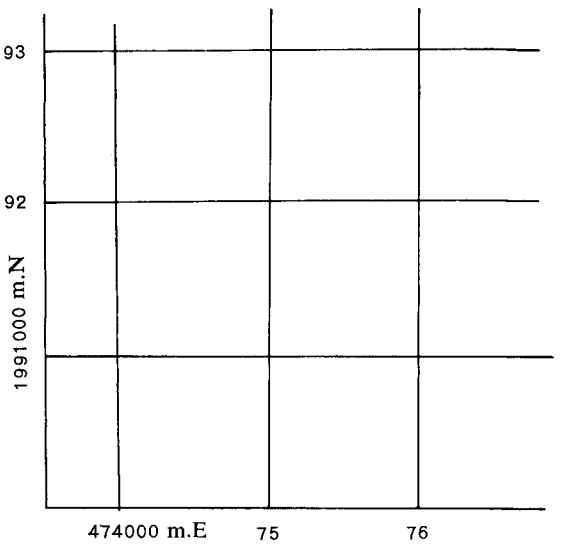



รูปที่ 3.5 การอ่านค่าพิกัดภูมิศาสตร์

## พิกัดกริด

พิกัดกริด ประกอบด้วยหมู่ของเส้นขนาน 2 ชุดในแนวราบและแนวดิ่งตัดกันเป็นมุมฉาก จึงก่อให้เกิดชุดตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสขึ้น เส้นขนานดังกล่าวจะถูกพิมพ์ไว้บนแผ่นแผนที่ที่เรียกว่าเส้นกริด (grid line)

เส้นกริดแต่ละเส้นจะมีตัวเลขกำกับไว้ ตัวเลขดังกล่าวเป็นค่าพิกัดกริดที่นับจากจุดศูนย์กำเนิด (arbitrary origin) ของระบบพิกัดกริดนั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.6




รูปที่ 3.6 เส้นกริด

ระบบพิกัดกริดมีหลายชนิด เช่น

– พิกัดกริดยูนิเวอร์ซัลทรานสเวอร์สเมอร์เคเตอร์ (Universal Transverse Mercator Grid, UTM. Grid)

– พิกัดกริดยูนิเวอร์ซัลโพลาร์สเตริโอกราฟิก (Universal Polar Stereographic Grid, UPS. Grid)

– ระบบอ้างอิงภูมิศาสตร์โลก (The World Geographic Refference System, Georef.)

ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะพิกัดกริดยูทีเอ็ม (UTM. Grid) เท่านั้น เพราะเป็นพิกัดกริดที่ใช้กับแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ มาตราส่วน 1 : 50,000 ลำดับชุด L. 7017 ซึ่งเรากำลังศึกษา

## พิกัดกริดยูนิเวอร์ซัลทรานสเวอร์สเมอร์เคเตอร์ (ยูทีเอ็ม)

แผนที่มาตราส่วนใหญ่และมาตราส่วนปานกลางที่ใช้ในกิจการทหาร ส่วนมากจะมีพิกัดกริดเป็นระบบอ้างอิงในการกำหนดและบอกตำแหน่งนอกเหนือไปจากพิกัดภูมิศาสตร์ อย่างไรก็ตาม เมื่อ

เปรียบเทียบ 2 ระบบดังกล่าวแล้ว พบว่าระบบพิกัดกริดมีข้อดีกว่าระบบพิกัดภูมิศาสตร์อยู่หลายประการ เช่น

— ตารางกริดทุกตารางมีขนาดเท่ากัน

— ในการกำหนดหรือบอกตำแหน่งพิกัดกริดให้ค่าเป็นระยะทาง ซึ่งง่ายกว่าการกำหนดและบอกตำแหน่งเป็นค่าง่ามมุม

พิกัดกริดยูทีเอ็ม มีลักษณะที่สำคัญโดยย่อดังนี้

1. ใช้ร่วมกับเส้นโครงแบบทรานสเวอร์สเมอร์เคเตอร์ โดยครอบคลุมพื้นที่ระหว่างเส้นละติจูดที่ 84 องศาเหนือถึงละติจูดที่ 80 องศาใต้

2. พื้นที่ระหว่างเส้นละติจูดที่ 84 องศาเหนือ ถึงเส้นละติจูดที่ 80 องศาใต้ จะถูกแบ่งออกเป็นเขต (zone) แต่ละเขตจะกว้าง 6 องศา ตามแนวเส้นลองจิจูด โดยเขตที่ 1 จะอยู่ระหว่างเส้นลองจิจูดที่ 180° W กับ 174° W นั้น ต่อเนื่องไปทางตะวันออกรอบพิภพ รวม 60 เขต ซึ่งเขตที่ 60 จะอยู่ระหว่างเส้นลองจิจูดที่ 174° E กับ 180° E

3. ในแต่ละเขตจะมีเส้นเมริเดียนย่านกลาง (central meridian) 1 เส้น ในเขตที่ 1 เส้นเมริเดียนย่านกลางคือ 177 องศาตะวันตก ซึ่งเส้นเมริเดียนย่านกลางของแต่ละเขตจะตัดกับเส้นศูนย์สูตร จุดที่เส้นเมริเดียนย่านกลางตัดกับเส้นศูนย์สูตร เรียกว่า จุดศูนย์กำเนิด

4. พิกัดของจุดศูนย์กำเนิดในแต่ละเขตมีอยู่ 2 ค่า คือ

— ค่าพิกัดทางเหนือ (Northing) ใช้อักษรย่อ N

— ค่าพิกัดทางตะวันออก (Easting) ใช้อักษรย่อ E

5. ค่าพิกัดของจุดศูนย์กำเนิดเป็นค่าสมมุติหรือค่าเท็จ (false value) เพื่อหลีกเลี่ยงค่าพิกัดที่เป็นลบ จึงได้กำหนดค่าพิกัดของจุดศูนย์กำเนิดในแต่ละเขต ดังนี้

ในซีกโลกเหนือ

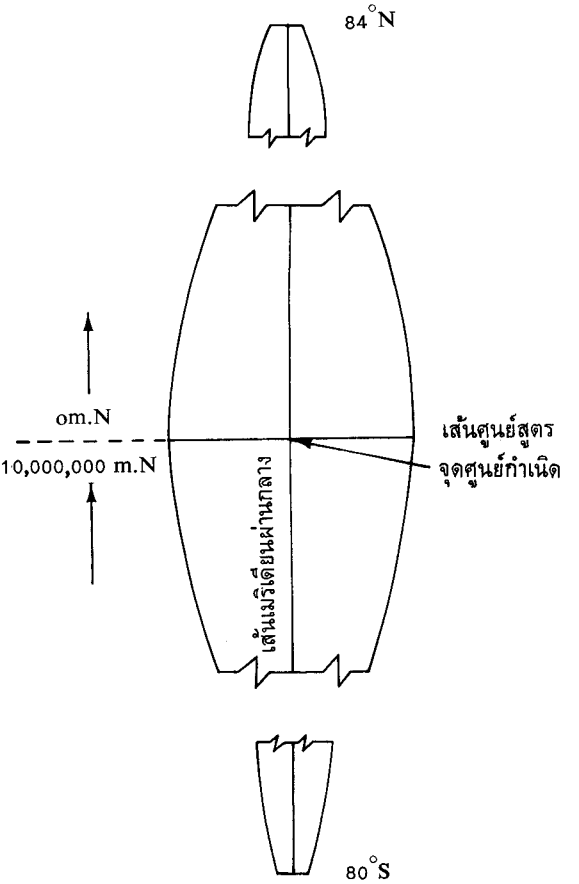
— ค่าพิกัดสมมุติทางเหนือ (false northing) = 0 เมตร

— ค่าพิกัดสมมุติทางตะวันออก (false easting) = 500,000 เมตร

ในซีกโลกใต้

— ค่าพิกัดสมมุติทางเหนือ = 10,000,000 เมตร

— ค่าพิกัดสมมุติทางตะวันออก = 500,000 เมตร

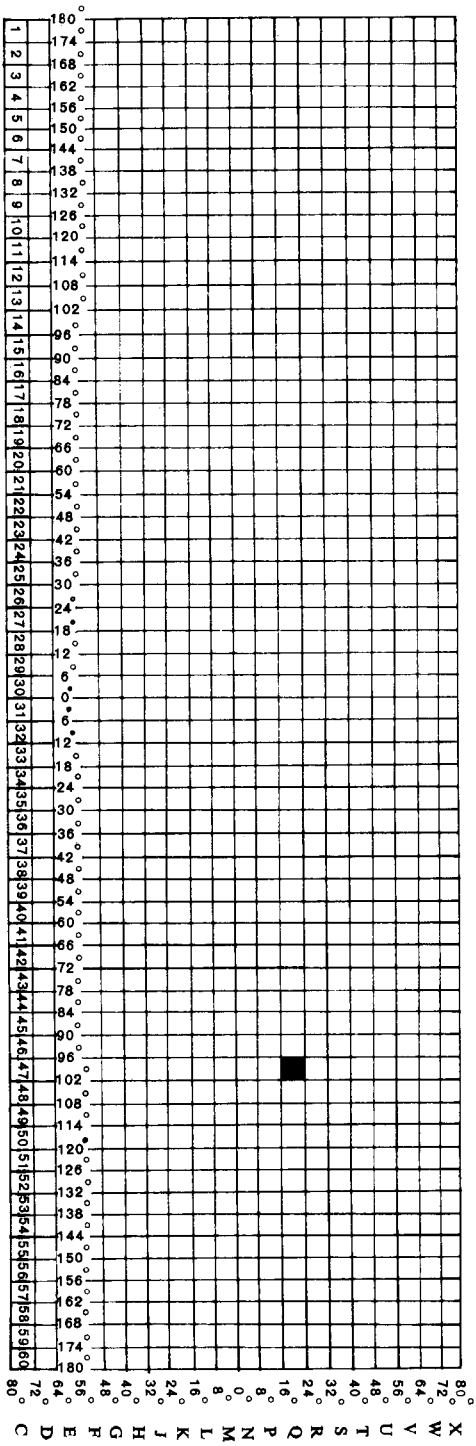



รูปที่ 3.7 ค่าพิกัดของจุดศูนย์กำเนิดในแต่ละเขต

6. เลขอักษรประจำเขตกริด (Grid zone designation) แนวพื้นที่ระหว่างเส้นละติจูด 84 องศาเหนือถึงเส้นละติจูด 80 องศาใต้ออกเป็นแถว (row) แถวละ 8 องศา โดยเริ่มจากเส้นละติจูด 80 องศาใต้ขึ้นไปทางเหนือผ่านเส้นศูนย์สูตร ไปจนถึงเส้นละติจูด 84 องศาเหนือ รวมทั้งหมดจะได้ 20 แถว โดยที่แถวสุดท้ายคือแถวที่ 20 ระหว่างเส้นละติจูด 72 องศาเหนือถึง 84 องศาเหนือจะมีความยาว 12 องศา

หลังจากนั้นจะกำหนดตัวอักษรกำกับประจำแต่ละแถวจากใต้ ... เหนือ โดยเริ่มจากอักษร C ถึง X ยกเว้น I และ O

การแบ่งตามข้อนี้และข้อ 2 จะก่อให้เกิดรูปสี่เหลี่ยม 6° × 8° และ 6° × 12° ดังแสดงในรูปที่ 3.8 การบ่งบอกค่าประจำรูปสี่เหลี่ยมขนาด 6° × 8° หรือ 6° × 12° ถือหลักอ่านไปทางขวาแล้วอ่านขึ้น เช่น 1 N 30 P และ 47 Q เป็นต้น

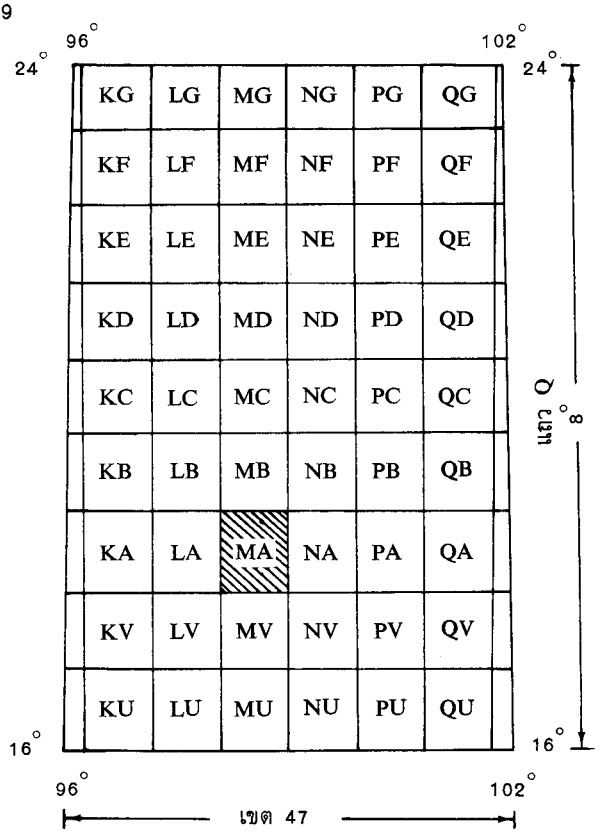


รูปที่ 3.8 เลขอักษรประจำเขตกริด

7. การกำหนดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสแสนเมตร (100,000 meter squares identification) การกำหนดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส 100,000 เมตร จะทำในแต่ละเขตเท่านั้นไม่เกี่ยวข้องกับเขตอื่น การแบ่งจะเริ่มจากเส้นเมริเดียนย่านกลางของแต่ละเขตไปทางตะวันตก (ทางขวา) และทางตะวันออก (ทางซ้าย) ครั้งละ 100,000 เมตร ใน 1 เขต จะแบ่งได้ 6 ช่องเศษ ห่างไปจากเส้นเมริเดียนย่านกลางข้างละ 3 ช่องเศษ หลังจากนั้นจะแบ่งในแนวระดับบ้าง โดยเริ่มจากเส้นศูนย์สูตรขึ้นไปทางเหนือหรือลงมาทางใต้ครั้งละ 100,000 เมตร

การแบ่งด้วยวิธีดังกล่าวก่อให้เกิดสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 100,000×100,000 เมตรมากมาย ดังนั้น จึงได้กำหนดตัวอักษรประจำจัตุรัสเหล่านั้นในแนวคอลัมน์ โดยเริ่มจากเส้นลองจิจูด 180 องศาตะวันตกไปทางตะวันออกทุก ๆ ระยะ 100,000 เมตร กำกับตัวอักษรจาก A ถึง Z ยกเว้น I และ O ซึ่งจะมีชุดตัวอักษรซ้ำกันทุก ๆ 18 หรือ 3 เขต

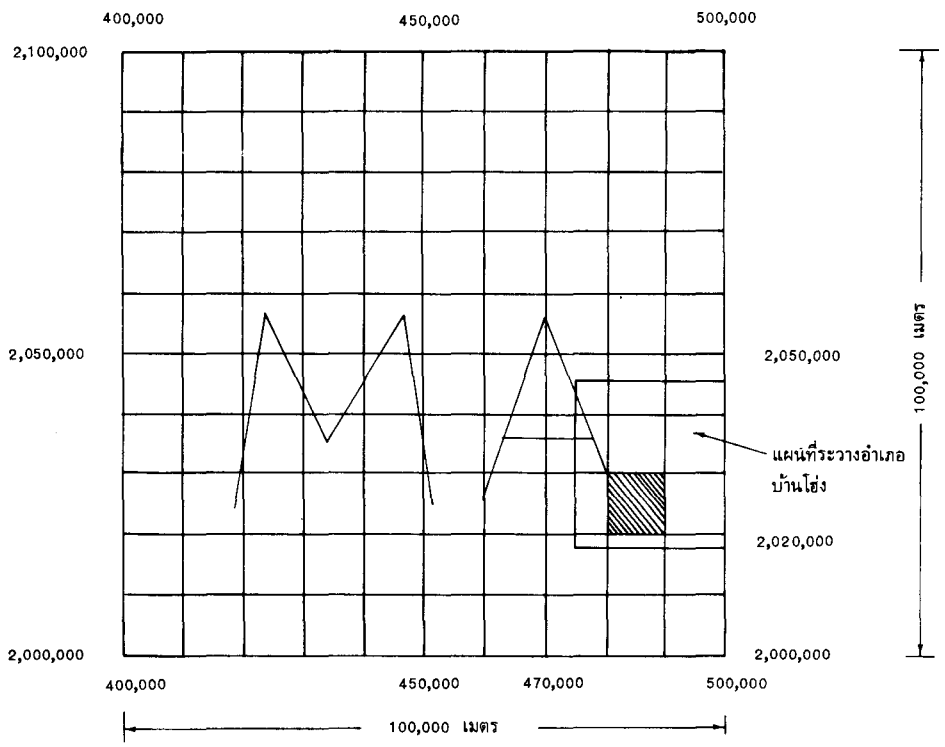
ในแนวแถว (row) เฉพาะเขตหมายเลขคี่จะเริ่มจากเส้นศูนย์สูตรขึ้นไปทุก ๆ ระยะ 100,000 เมตร กำกับตัวอักษรจาก A ถึง V ยกเว้น I และ O จะมีชุดตัวอักษรซ้ำกันทุก ๆ ระยะ 2,000,000 เมตร ส่วนเขตหมายเลขคู่เริ่มกำกับตัวอักษร A จากแถวที่อยู่ใต้เส้นศูนย์สูตรลงไป 500,000 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.9




รูปที่ 3.9 การกำหนดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส 100,000 เมตร

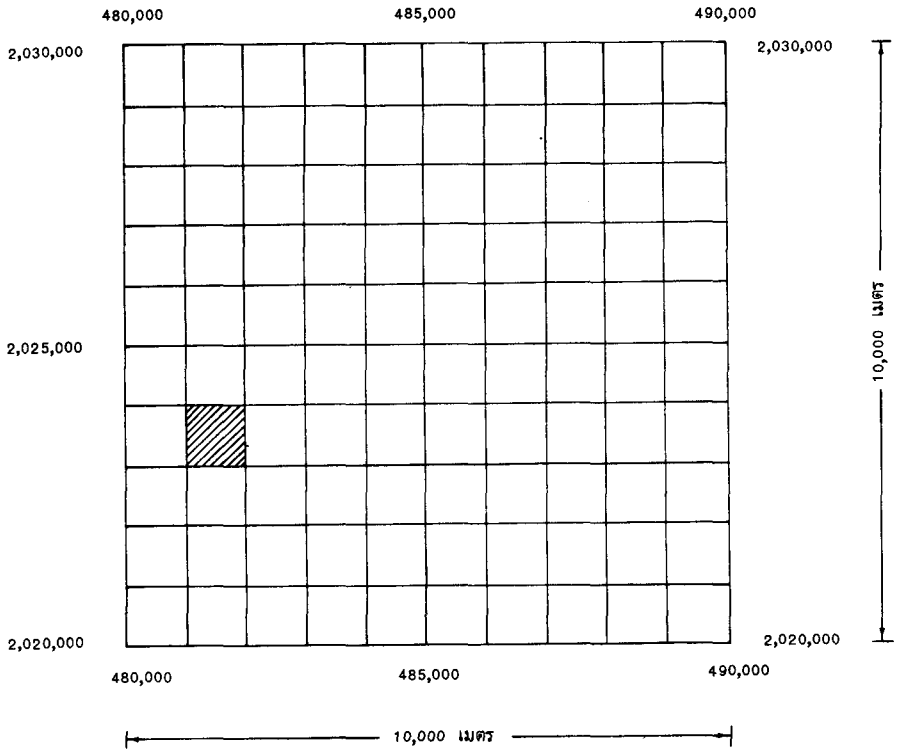
การอ่านค่าประจำจัตุรัส 100,000 เมตร ยังคงยึดถือหลักอ่านไปทางขวาแล้วอ่านขึ้น เช่น AB DH และ EE เป็นต้น แต่การบอกตัวอักษรกำกับจัตุรัส 100,000 เมตรเพียงอย่างเดียวมีโอกาสที่จะซ้ำกันได้ ดังนั้นจึงควรกำกับค่าเขตกริดลงไปด้วย เช่น 1 N DH 47 Q MA เป็นต้น

7.1 จัตุรัสหมื่นเมตร (10,000 – meter square) ในแต่ละจัตุรัส 100,000 เมตร จะถูกแบ่งย่อยออกเป็นจัตุรัสเล็ก ๆ ขนาด 10,000 × 10,000 เมตร นั่นคือ แต่ละด้านของจัตุรัส 100,000 เมตร ถูกแบ่งออกเป็น 10 ส่วนเท่า ๆ กัน และกำหนดตัวเลขประจำเส้นกริด ดังนั้นพิกัด 47 Q MA 82 จะมีตำแหน่งดังแสดงในรูปที่ 3.10




รูปที่ 3.10 จัตุรัส 10,000 เมตร

7.2 จัตุรัสพันเมตร (1,000 – meter square) ในแต่ละจัตุรัส 10,000 เมตร จะถูกแบ่งย่อยออกเป็นจัตุรัสเล็ก ๆ ขนาด 1,000 × 1,000 เมตร นั่นคือ แต่ละด้านของจัตุรัส 10,000 เมตรถูกแบ่งออกเป็น 10 ส่วนเท่า ๆ กัน และกำหนดตัวเลขประจำเส้นกริด ดังนั้นพิกัด 47 Q MA 81 23 จะมีตำแหน่งดังแสดงในรูปที่ 3.11

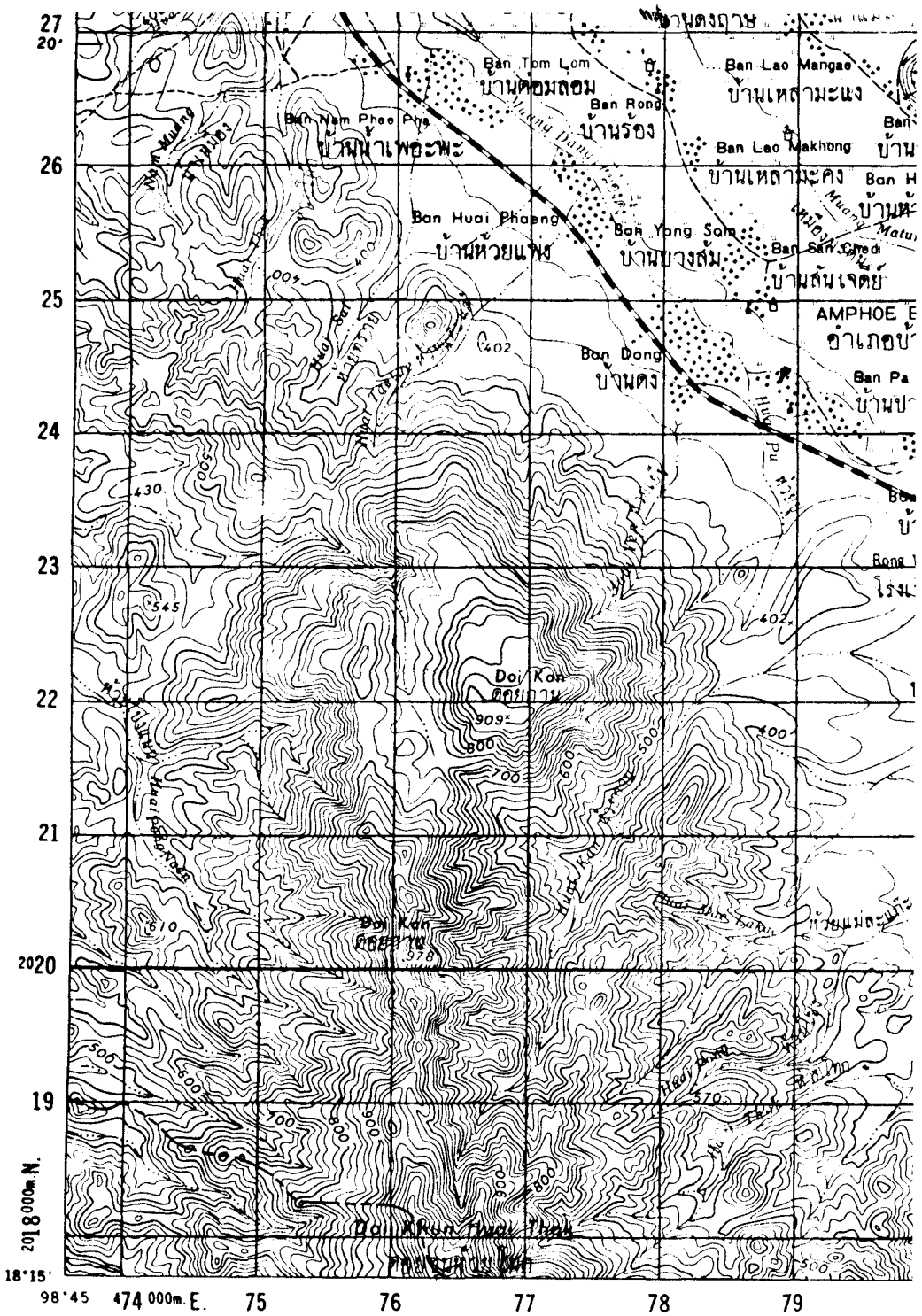



รูปที่ 3.11 จัตุรัส 1,000 เมตร

โปรดพิจารณาตัวอย่างแผนที่ระวางอำเภอบ้านโฮ่ง ซึ่งอยู่ในสี่เหลี่ยม 6°×8° ที่ 47 Q และจัตุรัส 100,000 เมตร MA

เส้นกริดในแนวราบเส้นแรก ณ มุมซ้ายล่างของแผนที่ระวางนี้มีตัวเลขประจำเส้นกริด คือ 2,018,000 m. N ซึ่งหมายความว่า ค่าพิกัดสมมุติทางเหนือหรือระยะทางเหนือขึ้นไปจากเส้นศูนย์-สูตรเท่ากับ 2,018,000 เมตร พิจารณาจากรูปที่ 3.8 3.9 3.10 และแผนที่หมายเลข 1

เส้นกริดในแนวดิ่งเส้นแรก ณ มุมซ้ายล่างของแผนที่ระวางนี้มีค่าพิกัดกำกับ คือ 474,000 m.E ทั้งนี้เพราะเมริเดียนย่านกลางมีค่าพิกัด 500,000 m.E และเส้นกริดนี้อยู่ห่างจากเมริเดียนย่านกลางไปทางตะวันตก 26,000 เมตร ดังนั้น เส้นกริดนี้จึงมีค่าพิกัด 474,000 m.E พิจารณาจากรูปที่ 3.10 และแผนที่หมายเลข 1




แผนที่หมายเลข 1 ส่วนหนึ่งของแผนที่ระวางหมายเลข L. 7017 ชื่อระวาง
อำเภอบ้านโฮ่ง มาตราส่วน 1 : 50,000

ส่วนเส้นกริดในทางดิ่งและทางราบเส้นที่ 2,3,4..... จะอยู่ห่างกันเส้นละ 1,000 เมตร และค่าตัวเลขประจำเส้นกริดแต่ละเส้นจะเป็นตัวเลข 2 ตัว ซึ่งพิมพ์เป็นตัวใหญ่ ส่วนตัวเลข 3 ตัว สุดท้าย (000) ของตัวเลขประจำเส้นกริดจะละไว้ ตัวเลข 2 ตัว ซึ่งพิมพ์กำกับไว้ประจำเส้นกริดแต่ละเส้นเราเรียกว่า ตัวเลขหลัก (principal digits) ตัวเลขดังกล่าวมีความสำคัญสำหรับผู้ใช้แผนที่เป็นอย่างยิ่ง เพราะเป็นตัวเลขที่ใช้ในการกำหนดหรืออ่านตำแหน่ง

## การอ่านพิกัดกริด

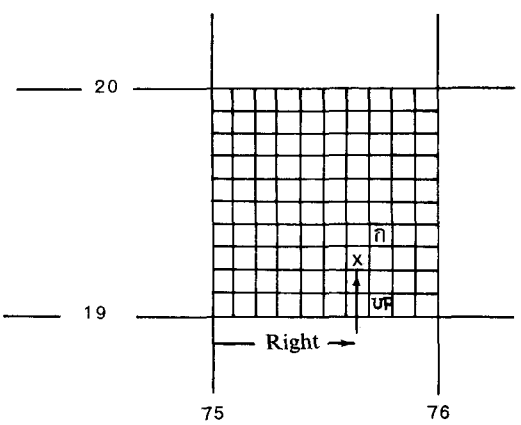
การอ่านพิกัดกริด ควรปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. พิจารณาจุดที่ต้องการทราบพิกัดว่าอยู่ในจัตุรัส 1,000 เมตรใด

2. แบ่งด้านทั้งสี่ของจัตุรัส 1,000 เมตร ออกเป็น 10 ส่วนเท่าๆ กัน และเชื่อมเส้นตรงระหว่างจุดแบ่งที่อยู่ตรงกันข้าม การอ่านค่าพิกัดยังคงยึดถือหลักอ่านไปทางขวาและอ่านขึ้น พิกัดของจุด ก. ดังแสดงในรูปที่ 3.12 คือ 756 192 ซึ่งเป็นค่าละเอียด 100 เมตร

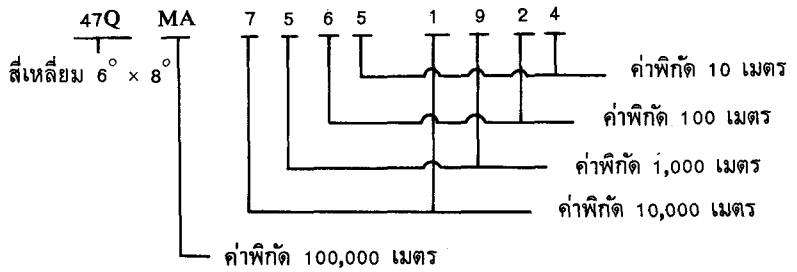
3. ถ้าต้องการอ่านค่าพิกัดให้ละเอียดถึง 10 เมตร ก็กะประมาณด้วยสายตาว่า จุดที่กำลังพิจารณาพิกัดตกอยู่ในส่วนใดของ 1 ส่วนเล็กที่แบ่งในข้อ 2 ตามรูปที่ 3.12 พิกัดของจุด ก. ละเอียดถึง 10 เมตร คือ 7565 1924

**หมายเหตุ** ในการปฏิบัติจริงบนแผนที่ ต้องนำกระดาษลอกลายวางทาบก่อนเสมอ เพื่อป้องกันมิให้เกิดรอยขูดขีดบนแผนที่




รูปที่ 3.12 การอ่านพิกัดกริด

ในการอ่านพิกัดกริด ถ้าจะบอกค่าพิกัดให้สมบูรณ์ ควรบอกด้วยว่าจุดที่กำลังพิจารณาพิกัดอยู่ในสี่เหลี่ยม 6°×8° ใด และจัตุรัส 100,000 เมตรใดด้วย เช่น 47 Q MA 7565 1924



# บทที่ 4
# มาตราส่วนและระยะทาง

จากที่ได้กล่าวมาแล้วในบทก่อนว่า แผนที่ คือ สิ่งที่แสดงลักษณะบนผิวโลกและสิ่งที่ปรากฏบนผิวโลก ทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือมนุษย์สร้างขึ้นบนแผ่นราบ อย่างไรก็ตาม เราไม่สามารถจะสร้างแผนที่ให้มีขนาดเท่ากับสิ่งที่ปรากฏบนผิวโลกได้ ด้วยเหตุนี้ทุกสิ่งทุกอย่างที่ปรากฏบนแผนที่จะต้องถูกลดขนาดลง การลดขนาดดังกล่าวจะเป็นเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับมาตราส่วนของแผนที่ ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่า มาตราส่วนของแผนที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของวัตถุในภูมิประเทศกับขนาดของวัตถุนั้นบนแผนที่ หรืออีกนัยหนึ่ง มาตราส่วนของแผนที่ คือ อัตราส่วนระหว่างระยะทางของจุดสองจุดบนแผนที่ กับระยะทางของจุดสองจุดเดิมบนภูมิประเทศ

$$\text{มาตราส่วน} = \frac{\text{ระยะทางบนแผนที่}}{\text{ระยะทางบนภูมิประเทศ}}$$

## วิธีการแสดงมาตราส่วนของแผนที่

มาตราส่วนของแผนที่อาจจะแสดงออกใน 2 ลักษณะ ดังนี้

1. มาตราส่วนแบบคำพูด (In word) เป็นมาตราส่วนของแผนที่ที่แสดงในรูปคำพูดง่าย ๆ เช่น 1 เซนติเมตรต่อ 1 กิโลเมตร ซึ่งก็หมายความว่า ระยะทาง 1 เซนติเมตรบนแผนที่แทนระยะทาง 1 กิโลเมตรในภูมิประเทศ หรือ 1 นิ้วต่อ 1 ไมล์ ซึ่งหมายความว่าระยะทาง 1 นิ้วบนแผนที่แทนระยะทาง 1 ไมล์ในภูมิประเทศ เป็นต้น

2. มาตราส่วนแบบเศษส่วน (Representative Fraction, R.F.) เป็นมาตราส่วนของแผนที่ที่แสดงในรูปของสัดส่วนของระยะทางในทางราบบนแผนที่ กับระยะทางในทางราบเดียวกันนั้นในภูมิประเทศจริง ซึ่งโดยทั่วไปจะเขียนในรูปของเศษส่วน หรืออัตราส่วน และระยะทางในทางราบบนแผนที่มักจะถูกเขียนให้เป็น 1 (หน่วยระยะทาง) เช่น 1/50,000 หรือ 1 : 50,000 ซึ่งก็หมายความว่า 1 หน่วยระยะทางบนแผนที่เท่ากับ 50,000 หน่วยระยะทางเดียวกันนั้นบนภูมิประเทศจริง กล่าวคือ ระยะทางบนแผนที่ 1 **เซนติเมตร** แทนระยะทางบนภูมิประเทศ 50,000 **เซนติเมตร** หรือระยะทางบนแผนที่ 1 นิ้ว แทนระยะทางบนภูมิประเทศ 50,000 นิ้ว

## การแปลงมาตราส่วน

ถ้าแผนที่ใดแสดงมาตราส่วนในรูปแบบคำพูด หรือแบบเศษส่วน แบบใดแบบหนึ่งเพียงแบบเดียว ย่อมเป็นการลำบากต่อผู้ใช้แผนที่ในการที่จะใช้แผนที่ในส่วนที่เกี่ยวกับมาตราส่วนด้วยความรวดเร็ว ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องแปลงมาตราส่วนจากแบบหนึ่งไปเป็นอีกแบบหนึ่งให้เรียบร้อยก่อนที่จะนำแผนที่ไปใช้

ในการคำนวณเพื่อแปลงมาตราส่วนจากแบบหนึ่งไปเป็นอีกแบบหนึ่ง อาจจะเกิดความสับสน ด้วยเหตุนี้จึงขอนำวิธีการใหม่มาใช้ นั่นคือ องค์ประกอบมาตราส่วน[1] (Scale factor)

องค์ประกอบมาตราส่วน คือตัวส่วนของมาตราส่วนเมื่อเขียนในรูปของเศษส่วน หรือตัวเลขตัวที่สองของมาตราส่วนเมื่อเขียนในรูปอัตราส่วน ตัวอย่างเช่น มาตราส่วนแผนที่ 1/40,000 และ 1 : 75,000 องค์ประกอบมาตราส่วน คือ 40,000 และ 75,000 ตามลำดับ ซึ่งองค์ประกอบมาตราส่วนนี้จะนำไปใช้ในการคำนวณที่เกี่ยวพันกับเรื่องมาตราส่วนทั้งหมด

การแปลงมาตราส่วนแบบคำพูดเป็นมาตราส่วนแบบเศษส่วน

**ตัวอย่าง** จงแปลงมาตราส่วน 2 เซนติเมตร ต่อ 1 กิโลเมตร เป็นมาตราส่วนแบบเศษส่วน

**วิธีการ** 1. เราเห็นแล้วว่ามาตราส่วนแบบคำพูดมีหน่วยระยะทางที่ต่างกัน แม้ว่าจะอยู่ในระบบเมตริกเดียวกันก็ตาม นั่นคือ เซนติเมตรและกิโลเมตร ดังนั้น จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนหน่วยระยะทางให้เป็นหน่วยเดียวกัน ในที่สุดมาตราส่วนแบบคำพูดจะกลายเป็น 2 เซนติเมตร ต่อ 100,000 เซนติเมตร

2. หารจำนวนที่ใหญ่กว่าด้วยจำนวนที่เล็กกว่า ในตัวอย่างนี้เราจะหาร 100,000 ด้วย 2 ซึ่งเท่ากับ 50,000 ดังนั้น มาตราส่วนแบบเศษส่วน คือ 1 : 50,000 หรือ 1/50,000

**ตัวอย่าง** จงแปลงมาตราส่วน 4 นิ้ว ต่อ 1 ไมล์ เป็นมาตราส่วนแบบเศษส่วน

**วิธีการ** 1. เขียนมาตราส่วนแบบคำพูดเสียใหม่ โดยให้อยู่ในหน่วยระยะทางเดียวกัน (โดยเลือกหน่วยระยะทางย่อย) นั่นคือ มาตราส่วนแบบคำพูดจะกลายเป็น 4 นิ้ว ต่อ 63,360 นิ้ว

2. หารจำนวนที่ใหญ่กว่าด้วยจำนวนที่เล็กกว่าในตัวอย่างนี้ 63,360 จะถูกหารด้วย 4 ผลลัพธ์เท่ากับ 15,840 ดังนั้นมาตราส่วนแบบเศษส่วน คือ 1 : 15,840 หรือ 1/15,840

การแปลงมาตราส่วนแบบเศษส่วนเป็นมาตราส่วนแบบคำพูด

เนื่องจากมาตราส่วนแบบเศษส่วนมีหลายชนิด เช่น มาตราส่วนใหญ่ มาตราส่วนปานกลาง และมาตราส่วนเล็ก ดังนั้น การแปลงมาตราส่วนแบบเศษส่วนดังกล่าวเป็นมาตราส่วนแบบคำพูด จึงมีวิธีการแปลงที่แตกต่างกันเล็กน้อย กล่าวคือ ถ้าเป็นมาตราส่วนใหญ่และมาตราส่วนปานกลางจะถูกแปลงเป็นมาตราส่วนแบบคำพูดโดยเขียนส่วนของระยะบนแผนที่ก่อน (โดยใช้หน่วยระยะทางย่อย) และตามด้วยส่วนของระยะทางในภูมิประเทศ (โดยใช้หน่วยระยะทางใหญ่) เช่น 5 เซนติเมตร (บนแผนที่) ต่อ 1 กิโลเมตร (ในภูมิประเทศ)

สำหรับมาตราส่วนเล็กเมื่อแปลงเป็นมาตราส่วนแบบคำพูดแล้ว จะถูกเขียนในลักษณะตรงกันข้ามกับแบบมาตราส่วนใหญ่และมาตราส่วนปานกลาง เช่น 10 กิโลเมตร (หน่วยระยะทางใหญ่ในภูมิประเทศ) ต่อ 1 เซนติเมตร (หน่วยระยะทางย่อยบนแผนที่)

---

[1] Dickinson, G.C., **Map and Air Photographs** (London : Edward Arnold, 1976), p. 100.

วิธีการแปลงมาตราส่วนแต่ละชนิดเป็นมาตราส่วนแบบคำพูด ก็มีวิธีการที่แตกต่างกันออกไป ดังตัวอย่าง

**ตัวอย่าง** จงแปลงมาตราส่วน 1 : 40,000 เป็นมาตราส่วนแบบคำพูด ว่าเท่าไร (X) เซนติเมตร ต่อ 1 กิโลเมตร

**วิธีการ** 1. เขียนมาตราส่วนแบบคำพูดเสียใหม่โดยให้อยู่ในหน่วยระยะทางเดียวกัน (โดยเลือกหน่วยระยะทางย่อย) นั่นคือ X เซนติเมตร ต่อ 100,000 เซนติเมตร

2. หารตัวเลขในมาตราส่วนแบบคำพูดด้วยองค์ประกอบมาตราส่วน และผลลัพธ์คือค่าของ X ในตัวอย่างนี้หาร 100,000 ด้วย 40,000 ผลลัพธ์ = 2.5 ดังนั้น มาตราส่วนแบบคำพูดคือ 2.5 เซนติเมตร ต่อ 1 กิโลเมตร

**ตัวอย่าง** จงแปลงมาตราส่วน 1 : 1,000,000 เป็นมาตราส่วนแบบคำพูดว่าเท่าไร (X) ไมล์ ต่อ 1 นิ้ว

**วิธีการ** 1. เขียนมาตราส่วนแบบคำพูดใหม่ให้อยู่ในหน่วยระยะทางเดียวกัน (โดยเลือกหน่วยระยะทางใหญ่) ในกรณีของตัวอย่างนี้ หน่วยระยะทางจะต้องเป็นไมล์ ดังนั้น มาตราส่วนแบบคำพูดที่เขียนใหม่ คือ X ไมล์ ต่อ $\frac{1}{63,360}$ ไมล์

2. คูณเลขในมาตราส่วนแบบคำพูดด้วยองค์ประกอบมาตราส่วน และผลลัพธ์คือค่าของ X ในตัวอย่างนี้ $\frac{1}{63,360} \times 1,000,000 = 15.8$ ดังนั้น มาตราส่วนแบบคำพูด คือ 15.8 ไมล์ ต่อ 1 นิ้ว

## การใช้ประโยชน์จากมาตราส่วนในการวัดระยะทาง

ในการใช้แผนที่ บางครั้งผู้ใช้แผนที่ต้องการทราบระยะทางในภูมิประเทศจริงว่าเป็นเท่าใด หลังจากที่วัดระยะทางนั้นบนแผนที่แล้ว หรือผู้ใช้แผนที่ต้องการทราบว่า ระยะทางเท่านี้ในภูมิประเทศจริงจะปรากฏบนแผนที่เป็นระยะทางสักเท่าใด การตอบปัญหาข้อข้องใจของผู้ใช้แผนที่สามารถพิจารณาได้จากสูตร ดังนี้

ระยะทางบนภูมิประเทศ = ระยะทางบนแผนที่ × องค์ประกอบมาตราส่วน

สูตรนี้ใช้เมื่อต้องการทราบระยะทางในภูมิประเทศจริง ภายหลังจากที่ทราบระยะทางนั้นบนแผนที่แล้ว

ระยะทางบนแผนที่ = ระยะทางบนภูมิประเทศ ÷ องค์ประกอบมาตราส่วน

สูตรนี้ใช้เมื่อต้องการทราบระยะทางบนแผนที่ ภายหลังจากที่ทราบระยะทางนั้นในภูมิประเทศจริงแล้ว

**ตัวอย่าง** แม่น้ำสายหนึ่งกว้าง 50 เมตร แม่น้ำสายนี้จะกว้างเท่าใดเมื่อปรากฏบนแผนที่มาตราส่วน 2 เซนติเมตร ต่อ 1 กิโลเมตร

**วิธีการ** 1. แสดงมาตราส่วนของแผนที่ให้อยู่ในรูปของมาตราส่วนแบบเศษส่วน ซึ่งจะได้เท่ากับ 1 : 50,000

2. ใช้สูตร ระยะทางบนแผนที่ = ระยะทางบนภูมิประเทศ ÷ องค์ประกอบมาตราส่วน ซึ่งเราจะได้ ระยะทางบนแผนที่ = 50 × 100 ÷ 50,000 = 0.1 เซนติเมตร

**ตัวอย่าง** ระยะทางจากหมู่บ้าน ก ไปยังหมู่บ้าน ข วัดได้ 6 เซนติเมตร จากแผนที่มาตราส่วน 1 : 25,000 ระยะทางในภูมิประเทศจริงจากหมู่บ้าน ก ไปยัง ข จะเป็นเท่าใด

**วิธีการ** ใช้สูตร ระยะทางบนภูมิประเทศ = ระยะทางบนแผนที่ × องค์ประกอบมาตราส่วน

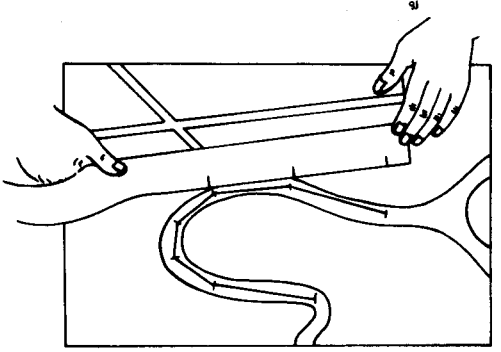
ระยะทางในภูมิประเทศจริงจากหมู่บ้าน ก ไปยัง ข = 6 × 25,000 = 150,000 เซนติเมตร หรือ 1.5 กิโลเมตร

## การวัดระยะทางในแผนที่

การวัดระยะทางในแผนที่ ถ้าเป็นระยะทางที่ค่อนข้างเป็นเส้นตรง เช่นทางรถไฟ ย่อมไม่เป็นปัญหาเพราะสามารถใช้ไม้บรรทัดวัดระยะทางได้โดยตรง และนำค่าไปคำนวณหาระยะทางในภูมิประเทศจากสูตรในหัวข้อก่อนได้ทันที แต่ในกรณีที่ระยะทางที่ต้องการวัดไม่เป็นเส้นตรง มีลักษณะคดโค้ง เช่น แม่น้ำ ถนนที่คดโค้ง ก็ก่อให้เกิดปัญหาในการวัด เพราะไม่สามารถใช้ไม้บรรทัดวัดได้โดยตรง อย่างไรก็ตาม มีวิธีการในการวัดระยะทางที่คดโค้งได้ ดังนี้

1. การใช้แถบกระดาษ (Paper strip method) นำกระดาษแถบยาว ๆ ซึ่งมีขอบกระดาษเรียบตรงมา 1 แผ่น ทำเครื่องหมายขีดสั้น ๆ ที่ปลายข้างหนึ่งของแถบกระดาษ และวางทาบลงไป ณ จุดเริ่มต้นของเส้นที่เราจะวัดระยะทาง โดยให้ขอบของแถบกระดาษทาบไปตามเส้นที่เป็นแนวตรงของเส้นนั้น ทำเครื่องหมายทั้งบนแผนที่และบนแถบกระดาษ ที่ปลายของส่วนที่เป็นแนวตรง

ใช้ปลายดินสอปัก ณ จุดเครื่องหมายของแถบกระดาษ เพื่อยึดให้แถบกระดาษอยู่กับที่ หมุนแถบกระดาษ จนกระทั่งขอบของแถบกระดาษทาบไปตามส่วนที่เป็นแนวตรงอีกส่วนหนึ่งของเส้นนั้น และทำเครื่องหมายทั้งบนแผนที่และบนแถบกระดาษ ดังแสดงในรูปที่ 4.1

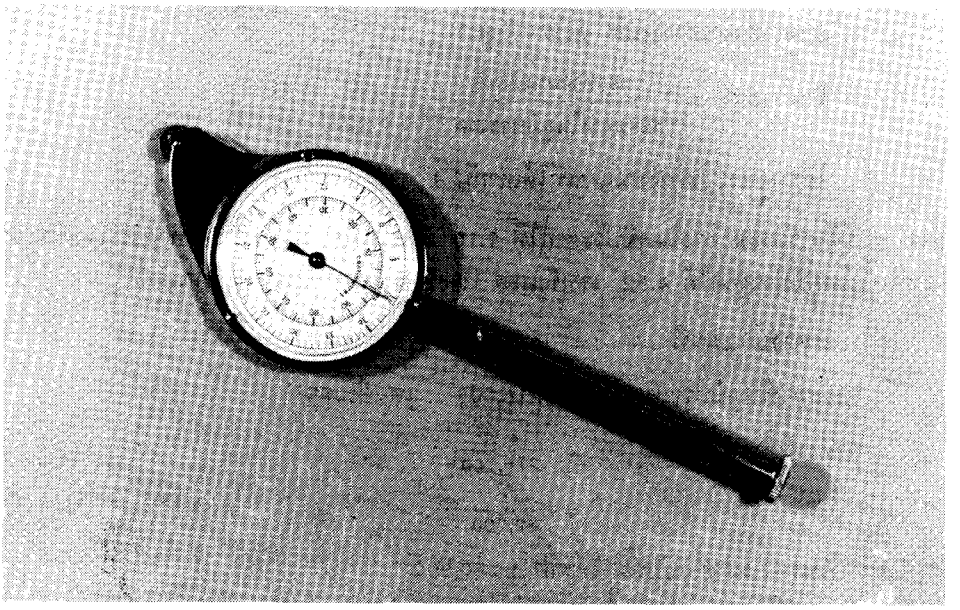


รูปที่ 4.1 การใช้แถบกระดาษวัดระยะทางของเส้นคดโค้ง

ปฏิบัติเช่นนี้จนกระทั่งเส้นคดโค้งเส้นนั้นถูกวัดจนหมด แล้วนำแถบกระดาษไปทาบกับมาตราส่วนเส้นบรรทัด เพื่ออ่านค่าระยะทางในภูมิประเทศต่อไป

2. การใช้ขดลวดอ่อน ๆ ขดลวดอ่อน ๆ เช่นฟิวส์ สามารถดัดไปตามความคดโค้งของแนวถนนหรือแม่น้ำได้ หลังจากดัดไปตามส่วนคดโค้งดังกล่าวแล้ว ก็นำไปทาบกับมาตราส่วนเส้นบรรทัดเพื่ออ่านค่าระยะทางในภูมิประเทศต่อไป

3. การใช้เครื่องมือวัดระยะทางบนแผนที่ (Map measure) เครื่องมือวัดระยะทางบนแผนที่ประกอบด้วยด้ามถือ ซึ่งติดกับกรอบหน้าปัดวงกลม ขอบของหน้าปัดแบ่งออกเป็นช่อง ๆ ซึ่งจะแทนระยะทาง โดยที่ช่อง ณ ขอบนอกจะบอกระยะทางเป็นนิ้ว ส่วนขอบในจะบอกระยะทางเป็นเซนติเมตร ภายในหน้าปัดยังมีเข็มชี้บอกระยะทาง การเคลื่อนที่ของเข็มจะสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของลูกล้อ ซึ่งอยู่ ณ ปลายของหน้าปัด ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 เครื่องมือวัดระยะทางบนแผนที่

วิธีใช้ ประการแรกต้องตั้งเข็มให้อยู่ในตำแหน่งเริ่มต้น กล่าวคือ เข็มต้องอยู่ ณ ตำแหน่ง 99 หรือ 39 นำเอาเครื่องวัดนี้วางโดยให้ด้ามถือตั้งฉากกับพื้นแผนที่ และล้อสัมผัสกับจุดเริ่มต้นที่ต้องการจะวัด แล้วไถไป (โดยที่ล้อจะหมุนตามเข็มนาฬิกา) ตามส่วนที่ต้องการวัด ขณะเดียวกันเข็มก็เริ่มหมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา เมื่อสิ้นสุดระยะที่ต้องการวัดก็อ่านค่าออกมา แล้วนำไปแปลงเป็นระยะทางในภูมิประเทศต่อไป

## การคำนวณหามาตราส่วนของแผนที่

ในบางโอกาสเราอาจพบแผนที่ซึ่งไม่มีมาตราส่วนบ่งบอกไว้ ทำให้เราไม่สามารถใช้ประโยชน์จากแผนที่ได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องหามาตราส่วนของแผนที่ดังกล่าวเสียก่อน ส่วนวิธีการหามาตราส่วน มีดังนี้

1. การหามาตราส่วนด้วยการเปรียบเทียบกับระยะทางในภูมิประเทศ การหามาตราส่วนของแผนที่ด้วยวิธีนี้ ผู้ใช้แผนที่ต้องอยู่ในภูมิประเทศที่แผนที่ฉบับนั้นครอบคลุมอยู่ และปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้

ก. วัดระยะทางระหว่างจุด 2 จุด ในภูมิประเทศ

ข. วัดระยะทางระหว่างจุด 2 จุด ในแผนที่ซึ่งตรงกับจุดที่วัดในภูมิประเทศ

ค. ระยะทางในแผนที่และในภูมิประเทศที่วัดได้จากข้อ ก. และ ข. จะต้องเป็นหน่วยเดียวกัน

ง. มาตราส่วนของแผนที่ หาได้จากสูตร

$$\text{มาตราส่วน} = \frac{\text{ระยะทางบนแผนที่}}{\text{ระยะทางในภูมิประเทศ}}$$

โดยทอนระยะทางบนแผนที่ให้เท่ากับ 1

**ตัวอย่าง** สมมุติว่าวัดระยะทางในภูมิประเทศได้ 2.16 กิโลเมตร และวัดระยะทางบนแผนที่ระหว่างจุดเดียวกันกับในภูมิประเทศได้ 4.32 เซนติเมตร จงหามาตราส่วนของแผนที่ฉบับนี้

**วิธีทำ**

ระยะทางบนแผนที่ = 4.32 เซนติเมตร

ระยะทางในภูมิประเทศ = 216,000 เซนติเมตร

$$\text{มาตราส่วน} = \frac{4.32}{216,000}$$

$$= \frac{1}{50,000}$$

นั่นคือ มาตราส่วนของแผนที่ฉบับนั้น เท่ากับ 1 : 50,000

2. การหามาตราส่วนด้วยการเปรียบเทียบกับแผนที่ฉบับอื่นที่ทราบมาตราส่วนแล้ว ในกรณีนี้จะต้องมีแผนที่ 2 ฉบับที่ครอบคลุมภูมิประเทศบริเวณเดียวกัน โดยที่แผนที่ฉบับหนึ่งทราบมาตราส่วนแล้ว แต่อีกฉบับหนึ่งไม่มีมาตราส่วนบ่งบอกไว้ จึงจำเป็นที่จะต้องหามาตราส่วนโดยมีวิธีการปฏิบัติดังนี้

ก. เลือกจุด 2 จุด บนแผนที่ที่ไม่มีมาตราส่วน และวัดระยะทางระหว่างจุด 2 จุดนั้น

ข. ค้นหาจุดทั้งสองในแผนที่ฉบับที่ทราบมาตราส่วนแล้ว และวัดระยะทางระหว่างจุด 2 จุดนั้นเช่นกัน

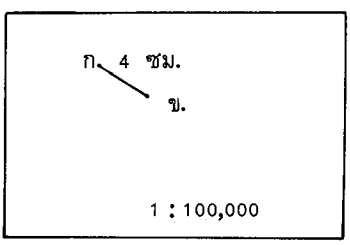
ค. คำนวณหาระยะทางในภูมิประเทศจากแผนที่ฉบับที่ทราบมาตราส่วนแล้ว โดยใช้ระยะทางในแผนที่ซึ่งวัดไว้ไปใช้ในการคำนวณ จากสูตร

$$\text{มาตราส่วน} = \frac{\text{ระยะทางบนแผนที่}}{\text{ระยะทางในภูมิประเทศ}}$$

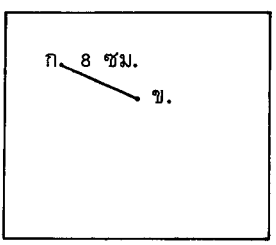
ง. เมื่อได้ค่าระยะทางในภูมิประเทศแล้ว นำไปใช้ในการคำนวณหามาตราส่วนของแผนที่ฉบับที่ไม่ทราบมาตราส่วน โดยที่เราทราบระยะทางในแผนที่แล้ว (จากการวัดตามข้อ ก) ดังนั้น มาตราส่วนของแผนที่ก็จะหาได้จากสูตร

$$\text{มาตราส่วน} = \frac{\text{ระยะทางบนแผนที่}}{\text{ระยะทางในภูมิประเทศ}}$$

**ตัวอย่าง** แผนที่ 2 ฉบับครอบคลุมพื้นที่บริเวณเดียวกัน แผนที่ฉบับที่ 1 มีมาตราส่วน 1 : 100,000 วัดระยะทางระหว่างจุด ก. ถึงจุด ข. ได้ 4 เซนติเมตร แผนที่ฉบับที่ 2 ไม่ทราบมาตราส่วนแต่วัดระยะทางระหว่างจุด ก. ถึงจุด ข. ได้ 8 เซนติเมตร อยากทราบว่าแผนที่ฉบับที่ 2 มีมาตราส่วนเท่าใด




แผนที่ฉบับที่ 1




แผนที่ฉบับที่ 2

**วิธีทำ** แผนที่ฉบับที่ 1 มีมาตราส่วน 1 : 100,000 วัดระยะทางระหว่างจุด ก. และ ข. บนแผนที่ได้ 4 เซนติเมตร คำนวณหาระยะทางในภูมิประเทศจากจุด ก. ถึงจุด ข.

$$\text{มาตราส่วน} = \frac{\text{ระยะทางบนแผนที่}}{\text{ระยะทางในภูมิประเทศ}}$$

$$\frac{1}{100{,}000} = \frac{4}{\text{ระยะทางในภูมิประเทศ}}$$

ระยะทางในภูมิประเทศระหว่างจุด ก. ถึงจุด ข. เท่ากับ 400,000 เซนติเมตร

แผนที่ฉบับที่ 2 ระยะทางบนแผนที่ระหว่างจุด ก. ถึงจุด ข. เท่ากับ 8 เซนติเมตร และระยะทางในภูมิประเทศเท่ากับ 400,000 เซนติเมตร ดังนั้น มาตราส่วนของแผนที่สามารถหาได้จากสูตร

$$\text{มาตราส่วน} = \frac{\text{ระยะทางบนแผนที่}}{\text{ระยะทางในภูมิประเทศ}}$$

$$= \frac{8}{400,000}$$

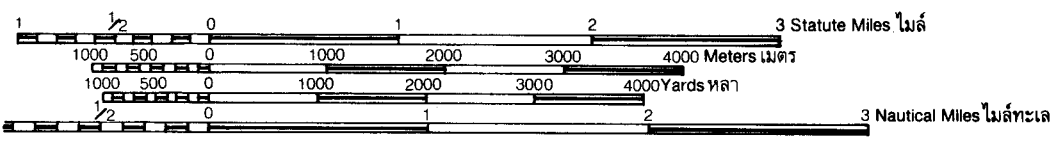
$$= \frac{1}{50,000}$$

มาตราส่วนของแผนที่ฉบับที่ 2 เท่ากับ 1 : 50,000

## มาตราส่วนเส้นบรรทัด

แผนที่ที่ผลิตขึ้นมาในปัจจุบัน ส่วนใหญ่จะมีมาตราส่วนเส้นบรรทัดปรากฏอยู่ด้วย ซึ่งมาตราส่วนเส้นบรรทัดนี้ สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือเพื่อหาค่าระยะทางในภูมิประเทศจริงได้โดยตรง โดยไม่ต้องใช้สูตรคำนวณเพื่อหาระยะทางในภูมิประเทศเลย

หน่วยระยะทางของมาตราส่วนเส้นบรรทัดอาจจะมีมากกว่า 1 หน่วยของระยะทาง เช่น กิโลเมตร หรือไมล์ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 4.3



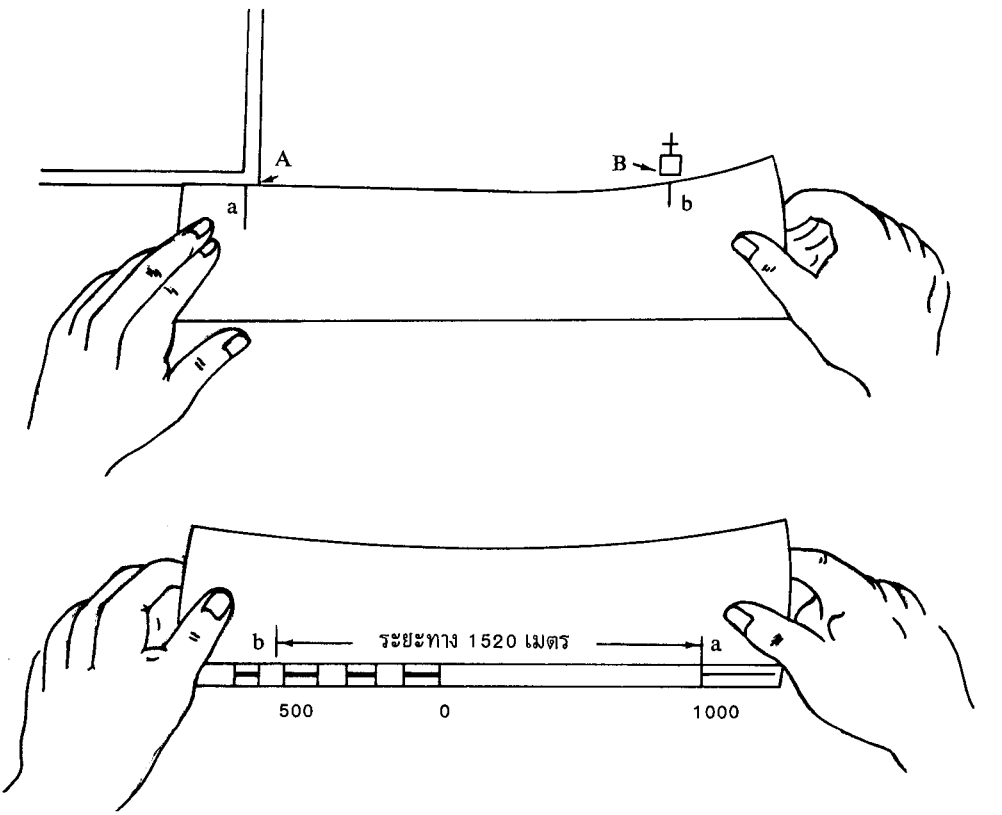

รูปที่ 4.3 มาตราส่วนเส้นบรรทัด ในหน่วยระยะทางต่าง ๆ

มาตราส่วนแบบเส้นบรรทัดจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยมีเลขศูนย์ (0) กำกับ ณ ขีดส่วนแบ่งซึ่งเป็นขีดหลัก (index mark) ส่วนที่อยู่ทางขวามือของขีดหลัก เรียกว่า ขีดส่วนแบ่งเต็ม (primary scale หรือ major division) ซึ่งแบ่งออกเป็นช่องใหญ่ ๆ แต่ละช่องจะแทนระยะทางในภูมิประเทศตามจำนวนตัวเลขที่กำกับ ส่วนทางซ้ายมือของขีดหลัก เรียกว่า ขีดส่วนย่อย (extension scale หรือ minor division) โดยนำเอา 1 ช่องของขีดส่วนแบ่งเต็มมาแบ่งซอยออกเป็นส่วนเล็ก ๆ ตามปกติจะแบ่งออกเป็น 10 ส่วน ขีดส่วนย่อยนี้มีไว้เพื่อใช้ประโยชน์ในการหาระยะทางในภูมิประเทศในกรณีที่ระยะทางที่วัดบนแผนที่ไม่เต็มช่องในขีดส่วนแบ่งเต็ม

## การวัดระยะทางด้วยมาตราส่วนเส้นบรรทัด

การพิจารณาระยะทางในภูมิประเทศที่เป็นเส้นตรงระหว่างจุด 2 จุดจากแผนที่ สามารถกระทำได้โดยวางแผ่นกระดาษแผ่นหนึ่งลงบนแผนที่ และให้ขอบของแผ่นกระดาษสัมผัสกับจุด 2 จุด ที่ต้องการจะวัดระยะทาง และทำขีดเครื่องหมายสั้นๆ ที่ขอบของกระดาษ ณ จุด 2 จุด นั้น หลังจากนั้นนำแผ่นกระดาษแผ่นเดียวกันนี้มาทาบลงบนมาตราส่วนเส้นบรรทัด และอ่านระยะทางในภูมิประเทศระหว่างจุด 2 จุดนั้น ดังแสดงในรูปที่ 4.4

คำแนะนำ : ต้องแน่ใจว่ามาตราส่วนเส้นบรรทัดที่ใช้ในการวัดระยะทางในภูมิประเทศ เป็นมาตราส่วนในหน่วยระยะทางที่เราต้องการ




รูปที่ 4.4 การวัดระยะทางด้วยมาตราส่วนเส้นบรรทัด

## การสร้างมาตราส่วนเส้นบรรทัด

แผนที่บางแผ่นอาจจะไม่มีมาตราส่วนเส้นบรรทัดปรากฏอยู่ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องสร้างมาตราส่วนเส้นบรรทัดขึ้น แต่ก่อนที่จะสร้างมาตราส่วนเส้นบรรทัด ต้องมีการคำนวณเพื่อหาความยาวของมาตราส่วนเส้นบรรทัดที่จะพอเหมาะกับช่องว่างที่เหลือบนแผนที่ กระบวนการในการคำนวณดังกล่าวโปรดพิจารณาจากตัวอย่าง

**ตัวอย่าง** : การคำนวณขั้นต้นเพื่อสร้างมาตราส่วนเส้นบรรทัด ซึ่งมีหน่วยระยะทางเป็นกิโลเมตร สำหรับแผนที่มาตราส่วน 1 : 50,000 และมีที่ว่างเหลือพอสำหรับบรรจุมาตราส่วนเส้นบรรทัดอยู่ 8.5 เซนติเมตร มีกระบวนการดังนี้

1. คำนวณความยาวของ 1 ขีดส่วนแบ่งเต็มอย่างคร่าว ๆ (ในกรณีนี้ได้แก่ 1 กิโลเมตร) โดยใช้สูตร

ระยะทางบนแผนที่ = ระยะทางในภูมิประเทศ ÷ องค์ประกอบมาตราส่วน
= 1 กิโลเมตร (100,000 เซนติเมตร) ÷ 50,000
= 2 เซนติเมตร

จะได้ความยาวของ 1 ขีดส่วนแบ่งเต็มอย่างคร่าว ๆ เท่ากับ 2 เซนติเมตร

2. พิจารณาว่าจำนวนขีดส่วนแบ่งเต็มจะเป็นเท่าใด จึงจะพอเหมาะกับช่องว่างที่มีบนแผนที่

จากข้อ 1 เราทราบแล้วว่า 1 ขีดส่วนแบ่งเต็มยาว 2 เซนติเมตร ดังนั้น ช่องว่างบนแผนที่ยาว 8.5 เซนติเมตร จะเพียงพอสำหรับขีดส่วนแบ่งเต็ม 4 ส่วนเท่านั้น นั่นคือ มาตราส่วนเส้นบรรทัดจะมีขีดส่วนแบ่งเต็ม 4 ส่วน(หรือ 4 กิโลเมตร)

3. คำนวณอย่างละเอียดว่า ความยาวของมาตราส่วนเส้นบรรทัดซึ่งประกอบด้วยขีดส่วนแบ่งเต็ม 4 ส่วน จะยาวเท่าใด สำหรับมาตราส่วนของแผนที่ 1 : 50,000 โดยใช้สูตรเช่นเดียวกับข้อ 1

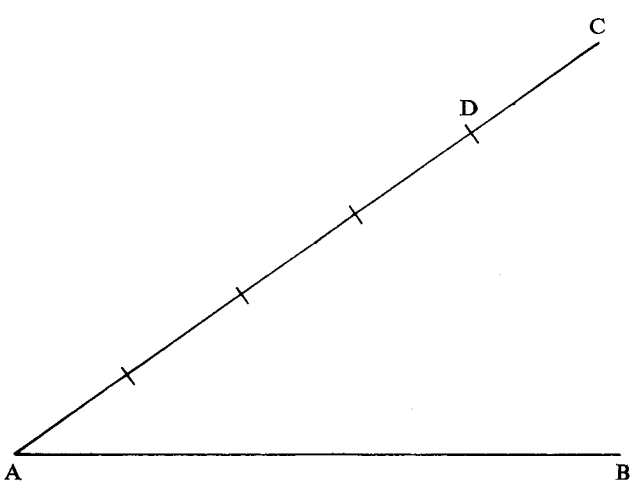
ระยะทางบนแผนที่ = 4 กิโลเมตร (400,000 เซนติเมตร) ÷ 50,000
= 8 เซนติเมตร

ความยาวของมาตราส่วนเส้นบรรทัด เท่ากับ 8 เซนติเมตร

**วิธีการสร้าง**

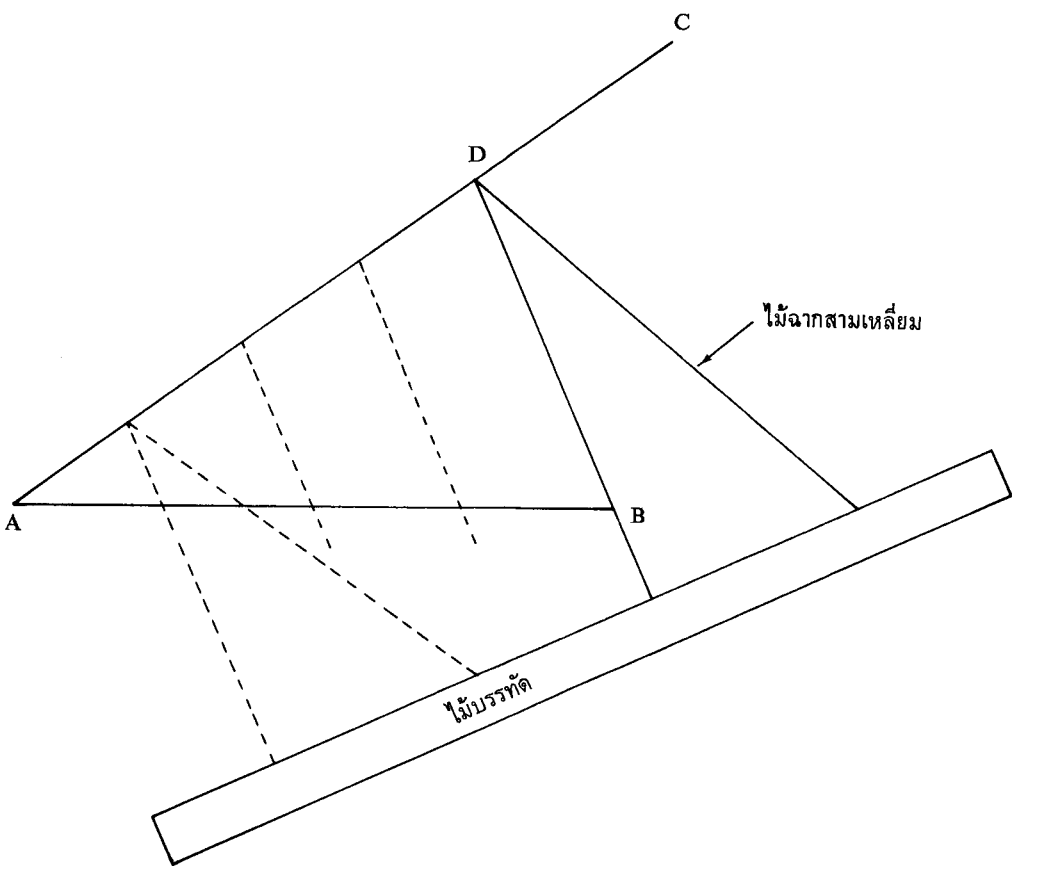
1. ลากเส้นตรง AB ให้ยาวเท่ากับ 8 เซนติเมตร และแบ่งเส้นตรงนี้ออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน หลักการในการแบ่งเส้นตรง AB ออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน มีดังนี้

1.1 ลากเส้นตรง AC ทำมุมใด ๆ กับเส้นตรง AB แบ่งเส้นตรง AC ออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน แต่ละส่วนจะยาวเท่าใดก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.5



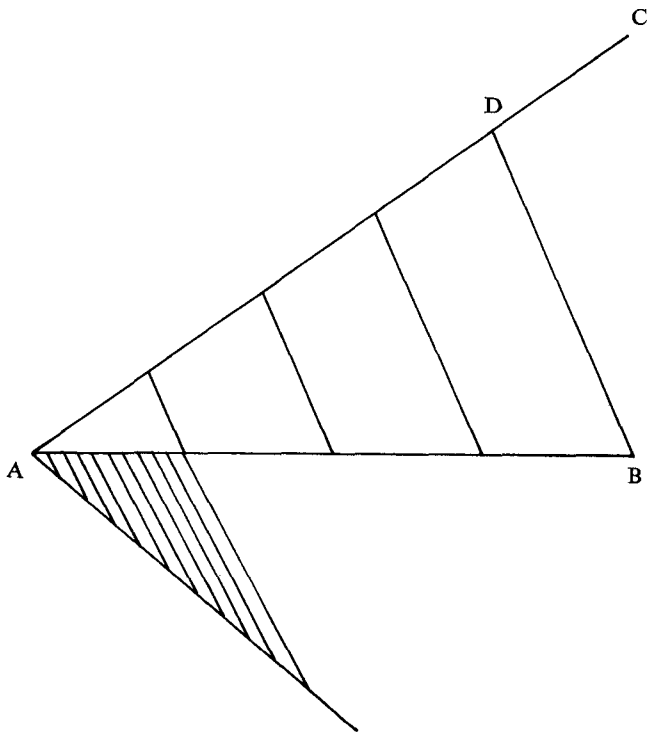

รูปที่ 4.5 วิธีการแบ่งเส้นตรงออกเป็นส่วน ๆ ที่เท่ากัน

1.2 เชื่อมต่อปลายของส่วนแบ่งส่วนสุดท้าย (D) กับปลายของเส้นตรง AB (B) และจากแต่ละจุดของส่วนแบ่ง ลากเส้นตรงให้ขนานกับ DB ในการที่จะลากเส้นตรงให้ขนานกัน ทำได้โดยวางไม้ฉากสามเหลี่ยมให้ขอบของมันทาบกับเส้นตรง DB และยึดไว้ให้แน่น นำไม้บรรทัดมาวางให้ขอบทาบชิดกับขอบอีกด้านหนึ่งของไม้ฉากสามเหลี่ยม ยึดไม้บรรทัดให้แน่นและปล่อยไม้ฉากสามเหลี่ยมนั้นเสีย จากนั้น ถ้าเลื่อนไม้ฉากสามเหลี่ยมไปตามขอบของไม้บรรทัดแล้ว ขอบของไม้ฉากสามเหลี่ยมจะขนานกับเส้นตรง DB เสมอ ด้วยวิธีการนี้ เส้นตรง AB จะถูกแบ่งออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน ดังรูปที่ 4.6



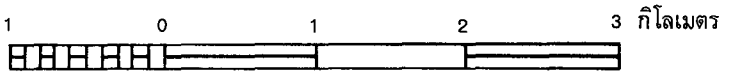

รูปที่ 4.6 วิธีการลากหมู่เส้นขนาน

2. แบ่งขีดส่วนแบ่งเต็มส่วนซ้ายสุดออกเป็นส่วน ๆ ตามต้องการ ในกรณีของตัวอย่างนี้จะแบ่งออกเป็น 10 ส่วนเท่า ๆ กัน ซึ่งจะเรียกว่าส่วนแบ่งย่อย วิธีการในการแบ่ง ปฏิบัติคล้ายกับที่กล่าวมาแล้ว ในข้อ 1.1 และ 1.2 ผลจากการแบ่งแสดงในรูปที่ 4.7




รูปที่ 4.7 การแบ่งขีดส่วนแบ่งย่อย

3. ลบเส้นโครงของการสร้างและเขียนตัวเลขของหน่วยระยะทางกำกับลงไป ในที่สุดจะได้มาตราส่วนเส้นบรรทัดตามต้องการ




รูปที่ 4.8 มาตราส่วนเส้นบรรทัดที่สมบูรณ์

# บทที่ 5
# การวัดพื้นที่บนแผนที่

บ่อยครั้งที่เดียวที่เราจำเป็นต้องวัดพื้นที่บนแผนที่ เพื่อจะนำค่าไปคำนวณหาพื้นที่ในภูมิประเทศ ซึ่งจะได้นำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนต่าง ๆ ดังนั้น ในบทนี้ผู้เขียนได้รวบรวมวิธีการในการวัดพื้นที่บนแผนที่มาแสดงพอสังเขป

## พื้นฐานโดยทั่วไปของการวัดพื้นที่บนแผนที่

ในการวัดพื้นที่บนแผนที่ไม่ว่าจะด้วยวิธีใดก็ตาม มีสิ่งที่ต้องพึงตระหนักอยู่ 2 ประการ[1] คือ

1. เกี่ยวกับเส้นโครงของแผนที่ จากบทที่ 1 ได้แสดงให้ทราบแล้วว่า เส้นโครงแผนที่บางชนิดถูกออกแบบมาเป็นเส้นโครงแผนที่คงพื้นที่ (equal area projection) ในขณะที่เส้นโครงแผนที่ชนิดอื่น ๆ มิได้คงพื้นที่ แต่มีคุณสมบัติอื่น ๆ แทน เช่น คงทิศทาง เป็นต้น

เส้นโครงแผนที่มีอิทธิพลต่อการวัดพื้นที่บนแผนที่เป็นอย่างมาก กล่าวคือ การวัดพื้นที่บนแผนที่ที่ใช้เส้นโครงชนิดคงพื้นที่ จะให้ผลที่ถูกต้องมากกว่าการวัดพื้นที่บนแผนที่ซึ่งมีคุณสมบัติประการอื่น สำหรับแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งใช้เส้นโครงแบบทรานสเวอร์สเมอร์เคเตอร์อันมิได้มีคุณสมบัติคงพื้นที่นั้น การวัดพื้นที่บนแผนที่ดังกล่าวความคลาดเคลื่อนในพื้นที่อาจเกิดขึ้นได้ อย่างไรก็ดี แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศมาตราส่วนปานกลางและมาตราส่วนใหญ่ ความคลาดเคลื่อนในพื้นที่อันเนื่องจากอิทธิพลของเส้นโครงแผนที่ ดูเหมือนว่าจะไม่มากพอที่จะก่อให้เกิดปัญหาแต่อย่างใด

2. สิ่งที่ต้องพึงตระหนักประการที่ 2 นี้ คือ ความแตกต่างระหว่างพื้นที่บนแผนที่และพื้นที่ในภูมิประเทศ ความแตกต่างนี้จะปรากฏให้เห็นชัดเจนในภูมิประเทศที่มีความลาดชันสูง กล่าวคือ ถ้าภูมิประเทศนั้นมีความลาดชัน ระยะทางที่วัดได้ในภูมิประเทศจะยาวกว่าที่ได้จากการคำนวณบนแผนที่ และพื้นที่ที่วัดได้ก็จะได้รับผลกระทบเช่นเดียวกับระยะทาง ตัวอย่างเช่น ภูมิประเทศที่มีความลาดชัน 10° พื้นที่บนแผนที่ 1 ตารางไมล์ แต่จะมีขอบเขตในภูมิประเทศจริงถึง 1.015 ตารางไมล์ ถ้าความลาดชันของภูมิประเทศเป็น 30° พื้นที่ในภูมิประเทศจะเป็น 1.115 ตารางไมล์ อย่างไรก็ดีผลของความแตกต่างในพื้นที่อันนี้เรามักจะไม่คำนึงถึง

## วิธีการวัดพื้นที่บนแผนที่

1. พื้นที่ที่มีด้านประกอบพื้นที่เป็นเส้นตรง (Straight-sided figures) ถ้าพื้นที่ที่ต้องการวัดมีขอบเขตเป็นเส้นตรง การวัดพื้นที่ก็ง่ายขึ้น เพียงแต่ลากเส้นตรงเพิ่มขึ้นเพื่อแบ่งพื้นที่ที่ต้องการวัดออกเป็นรูปสามเหลี่ยมหลายรูป ซึ่งพื้นที่ของสามเหลี่ยมคำนวณได้จากสูตร

---

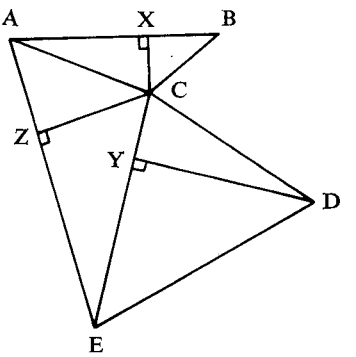
[1] Dickinson, G.C., **Maps Air and Photographs** (London: Edward Arnold, 1976), p. 132.

พื้นที่สามเหลี่ยม $= \frac{1}{2} \times$ ฐาน $\times$ สูง

ผลรวมของพื้นที่ของสามเหลี่ยมทั้งหมดก็จะเป็นพื้นที่ที่ต้องการวัด ดังแสดงในรูปที่ 5.1

$$\text{พื้นที่ ABCDE} = \text{พื้นที่ ABC} + \text{พื้นที่ CDE} + \text{พื้นที่ ACE}$$

$$= \frac{1}{2}\,AB \cdot CX + \frac{1}{2}\,CE \cdot DY + \frac{1}{2}\,AE \cdot CZ$$



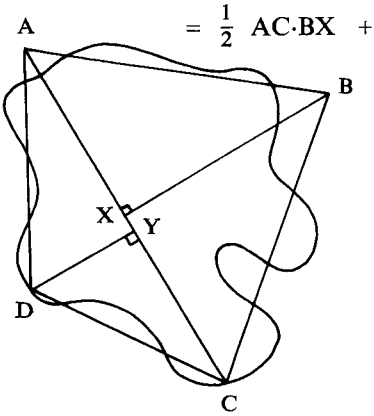

รูปที่ 5.1 การคำนวณพื้นที่ที่มีด้านประกอบพื้นที่เป็นเส้นตรง

2. พื้นที่ที่มีขอบเขตเป็นเส้นโค้งไม่สม่ำเสมอ (Irregular-sided figures) การคำนวณพื้นที่ที่มีขอบเขตเป็นเส้นโค้งไม่สม่ำเสมอ สามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

**2.1 การคำนวณโดยสร้างเส้น "ให้และรับ" (give and take lines)** ในการคำนวณพื้นที่ที่มีขอบเขตเป็นส่วนโค้ง ต้องทำให้พื้นที่นั้นมีด้านประกอบพื้นที่เป็นเส้นตรงก่อน ด้วยการลากเส้นตรงซึ่งเรียกว่า "เส้นให้และรับ" เส้นตรงดังกล่าวนี้จะถูกลากผ่านขอบเขตของพื้นที่ ในลักษณะที่พื้นที่ส่วนที่อยู่นอกเส้น (สูญเสียไป) เท่ากับพื้นที่ส่วนที่อยู่ภายในเส้น (ได้รับมา) ดังแสดงในรูปที่ 5.2 การสร้างเส้นดังกล่าวจะทำให้พื้นที่มีด้านประกอบพื้นที่เป็นเส้นตรง การคำนวณพื้นที่ก็จะกระทำได้เช่นเดียวกับข้อ 1

$$\text{พื้นที่ ABCD} = \text{พื้นที่ ABC} + \text{พื้นที่ ACD}$$

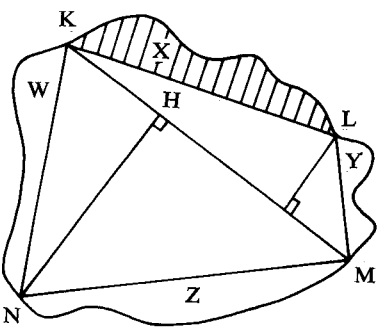
$$= \frac{1}{2}\,AC \cdot BX + \frac{1}{2}\,AC \cdot DY$$




รูปที่ 5.2 การคำนวณพื้นที่ที่มีขอบเขตเป็นเส้นโค้งโดยการสร้างเส้น "ให้และรับ"

**2.2 การคำนวณพื้นที่โดยใช้กฎสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal rule)** การคำนวณพื้นที่ที่มีขอบเขตเป็นส่วนโค้งด้วยวิธีนี้ ต้องสร้างรูปหลายเหลี่ยมขึ้นภายในขอบเขตของพื้นที่นั้น แต่ก็ยังคงมี "แถบ" ซึ่งด้านหนึ่งของแถบเป็นเส้นตรง อีกด้านหนึ่งเป็นส่วนโค้งอยู่โดยรอบรูปหลายเหลี่ยม ดังแสดงในรูปที่ 5.3

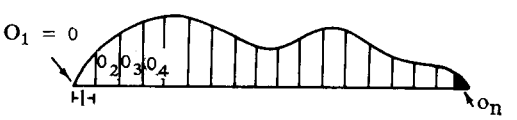
พื้นที่ของรูปที่มีขอบเขตเป็นเส้นโค้ง = พื้นที่ KLMN + พื้นที่ W + พื้นที่ X + พื้นที่ Y + พื้นที่ Z




รูปที่ 5.3 การคำนวณพื้นที่ของรูปที่มีขอบเขตเป็นเส้นโค้ง

จากรูปที่ 5.3 สามารถหาพื้นที่ KLMN ได้ด้วยวิธีการเช่นเดียวกับข้อ 1 ส่วนพื้นที่ W,X,Y และ Z นั้น สามารถหาได้ด้วยกฎที่เรียกว่า กฎสี่เหลี่ยมคางหมู คือ $\frac{1}{2}$ × ผลบวกด้านคู่ขนาน × สูง

ประการแรก ลากเส้นตั้งฉากกับฐานของแถบโดยให้มีระยะห่างเท่า ๆ กัน ดังแสดงในรูปที่ 5.4 $O_1, O_2, O_3 \ldots\ldots O_n$ เป็นเส้นตั้งฉากที่ลากจากฐานของแถบ โดยเส้นตั้งฉากแต่ละเส้นห่างกันเท่ากับ $l$




รูปที่ 5.4 การคำนวณหาพื้นที่โดยใช้กฎสี่เหลี่ยมคางหมู

$$\text{พื้นที่ของแถบ } X = (O_1 + O_2)\frac{l}{2} + (O_2 + O_3)\frac{l}{2} + (O_3 + O_4)\frac{l}{2} \ldots\ldots$$
$$= \frac{l}{2}(O_1 + 2O_2 + 2O_3 + 2O_4 \ldots\ldots 2O_{n-1} + O_n)$$
$$= l\left(\frac{O_1 + O_n}{2} + O_2 + O_3 + O_4 \ldots\ldots O_{n-1}\right)$$

**หมายเหตุ** 1. $O_1$, $O_n$ ค่าใดค่าหนึ่งหรือทั้งสองค่าอาจเท่ากับ 0

2. ในการแบ่งฐานของแถบออกเป็นช่อง ๆ ซึ่งมีระยะเท่ากัน ในบางครั้งอาจจะมีส่วนที่เหลือ (ส่วนที่ระบายสีในรูปที่ 5.4) ซึ่งพื้นที่ของส่วนที่เหลือนี้จะต้องคำนวณหรือกะประมาณต่างหาก

**2.3 การคำนวณพื้นที่โดยใช้แถบ (Strip)**[2] การคำนวณพื้นที่ด้วยวิธีนี้ถ้ากระทำอย่างประณีต ระมัดระวังแล้ว จะให้ผลที่ละเอียดน่าพอใจทีเดียว

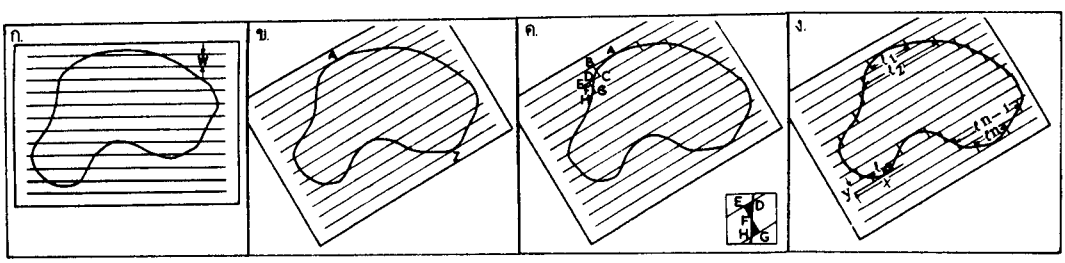
วิธีการปฏิบัติเพื่อการคำนวณ มีดังนี้

1. ลากหมู่เส้นตรงให้ขนานกันลงบนแผ่นใส (transparent material) ระยะห่างของเส้นตรงแต่ละเส้นหรือความกว้างของแถบนั้นจะเป็นเท่าใดก็ได้ แต่แถบยิ่งแคบจะทำให้การคำนวณละเอียดถูกต้องมากยิ่งขึ้น ดังรูปที่ 5.5 ก.

2. นำเอาแผ่นใสจากข้อ 1 ไปวางทาบเหนือพื้นที่ที่จะทำการวัด เลื่อนแผ่นใสจนกระทั่งขอบเขตของพื้นที่อยู่ระหว่างเส้นตรง 2 เส้น ดังรูปที่ 5.5 ข.

3. ลากเส้นตรง "ให้และรับ" โดยให้ตั้งฉากกับแถบแต่ละแถบ เพื่อที่ว่าพื้นที่ภายนอกเท่ากับพื้นที่ภายใน ดังรูปที่ 5.5 ค.

4. วัดความยาวของแถบแต่ละแถบ (ณ ที่ใดก็ตามที่ขอบเขตของพื้นที่มิได้ครอบคลุมเต็มแถบ ในส่วนนี้ต้องคำนวณแยกต่างหาก) ดังรูปที่ 5.5 ง.




รูปที่ 5.5 การคำนวณพื้นที่โดยใช้แถบ

พื้นที่ของรูป = ความกว้างของแถบ × ผลรวมของความยาวของแถบ

$$= W \ (l_1 + l_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots l_{n-1} + l_n) + Y.l_x^*$$

เมื่อ W คือ ความกว้างของแถบ

$l$ คือ ความยาวของแถบ

*ในกรณีที่ขอบเขตของพื้นที่ส่วนหนึ่งมิได้ครอบคลุมเต็มแถบ ส่วนนี้ต้องนำมาแยกคำนวณต่างหาก

---

[2] Ibid., p. 134.

2.4 การคำนวณพื้นที่โดยใช้จตุรัส (Squares)[3] การคำนวณพื้นที่โดยใช้จตุรัสนี้นับเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด วิธีการปฏิบัติเพื่อการคำนวณพื้นที่มีดังนี้

1. สร้างตารางสี่เหลี่ยมจตุรัสเล็กๆคลุมพื้นที่ที่จะทำการวัด ในการสร้างตารางสี่เหลี่ยมจตุรัสนั้นควรสร้างบนแผ่นใส แล้วจึงนำไปวางทาบเหนือพื้นที่ที่จะทำการวัด

ขนาดของตารางสี่เหลี่ยมจตุรัสที่สร้างนั้น ถ้ามีขนาดเล็กมากเท่าใด ก็ยิ่งให้ผลที่ถูกต้องมากขึ้นเท่านั้น

2. พิจารณาตรวจนับว่ามีจตุรัสจำนวนเท่าใดที่ครอบคลุมพื้นที่ จากการตรวจนับจำนวนจตุรัส จะทำให้เราสามารถคำนวณหาพื้นที่นั้นได้ กล่าวคือ

พื้นที่ของรูป = จำนวนจตุรัสทั้งหมดที่คลุมพื้นที่ × พื้นที่ของ 1 จตุรัส

ในทางปฏิบัติอาจมีปัญหาเกี่ยวกับการตรวจนับจำนวนของจตุรัส แต่เพื่อป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้น ใคร่ขอแนะนำดังนี้

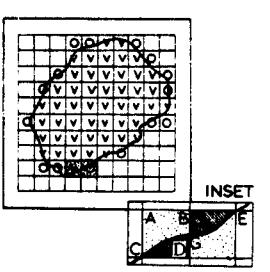
1. ถ้าจตุรัสใดมีพื้นที่ตกอยู่มากกว่าครึ่งจตุรัส ให้นับเป็น 1 จตุรัส

2. พยายามพิจารณาหาจตุรัสคู่หนึ่ง (ไม่จำเป็นต้องอยู่ติดกัน) ซึ่งพื้นที่ที่ตกอยู่รวมกันแล้วได้ 1 จตุรัสพอดี

3. พยายามหากลุ่มของจตุรัสที่ขอบเขตของพื้นที่พาดผ่านเป็นเส้นทแยงมุมอย่างหยาบ ๆ พิจารณาจากรูปที่ 5.6

พื้นที่ BGE = พื้นที่ CDG

พื้นที่ AEGC = พื้นที่ ABCD = 1 จตุรัส




รูปที่ 5.6 การคำนวณพื้นที่โดยใช้จตุรัส

[3] Ibid., p. 134–136.

## การแปลงพื้นที่บนแผนที่เป็นพื้นที่บนภูมิประเทศจริง

หลังจากที่ได้คำนวณพื้นที่บนแผนที่ด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง ซึ่งได้กล่าวมาในตอนต้นแล้ว ต่อไปจะแปลงพื้นที่บนแผนที่ที่คำนวณได้ เป็นพื้นที่บนภูมิประเทศจริง โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{พื้นที่บนภูมิประเทศจริง} = \text{พื้นที่บนแผนที่} \times (\text{องค์ประกอบของมาตราส่วน})^2$$

จากสูตร จะเห็นว่าเราคูณพื้นที่บนแผนที่ด้วยองค์ประกอบของมาตราส่วนถึง 2 ครั้ง ดังนั้น คำตอบที่ได้ออกมาจะเป็นจำนวนล้าน ๆ ตารางนิ้ว หรือตารางเซนติเมตร ถ้าต้องการคำตอบให้อยู่ในรูปของหน่วยที่ใหญ่ขึ้น เช่น ตารางหลา หรือเอเคอร์ ตารางเมตร หรือเฮกตาร์ ดำเนินการดังนี้

1. ถ้าต้องการคำตอบในรูปตารางหลา หรือเอเคอร์ หารพื้นที่บนภูมิประเทศ (ตารางนิ้ว) ด้วย 1296 จะให้คำตอบเป็นตารางหลา และหารอีกครั้งด้วย 4840 จะให้คำตอบเป็นเอเคอร์

2. ถ้าต้องการคำตอบในรูปตารางเมตร หรือเฮกตาร์ หารพื้นที่บนภูมิประเทศ (ตารางเซนติเมตร) ด้วย 10,000 จะให้คำตอบเป็นตารางเมตร และหารอีกครั้งด้วย 10,000 สำหรับคำตอบเป็นเฮกตาร์

# บทที่ 6
# ระดับความสูงและความสูงต่ำของผิวโลก

ลักษณะภูมิประเทศที่ปรากฏอยู่บนผิวโลกทุกวันนี้ เป็นผลจากกระบวนการกัดกร่อน (erosion) และผุพัง (weathering) จนทำให้พื้นผิวโลกมีลักษณะสูง ๆ ต่ำ ๆ

## การแสดงความสูงต่ำของพื้นผิวโลก

การแสดงความสูงต่ำของพื้นผิวโลกลงในแผนที่ซึ่งเป็นแผ่นราบไม่ใช่งานที่ง่ายนัก อย่างไรก็ตาม นักแผนที่ (cartographer) ได้คิดวิธีการที่จะแสดงความสูงต่ำของพื้นผิวโลกในแผนที่ ซึ่งวิธีการดังกล่าวแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1. วิธีการเชิงปริมาณ (Quantitative method) เป็นวิธีการที่แสดงความสูงต่ำของพื้นผิวโลกด้วยระดับความสูง ซึ่งมีดังต่อไปนี้

1.1 จุดระดับความสูง (**Spot–height**) เป็นวิธีการแสดงความสูงต่ำของพื้นผิวโลกอย่างธรรมดาที่สุดในบรรดาการแสดงความสูงด้วยวิธีเชิงปริมาณ โดยการกำหนดตัวเลขแสดงค่าระดับความสูงตามจุดต่าง ๆ กระจายอยู่ทั่วไปบนแผนที่ ซึ่งเราเรียกตัวเลขเหล่านั้นว่า จุดระดับความสูง ส่วนใหญ่แล้วมักจะกำหนดจุดระดับความสูงบริเวณยอดเขา บนถนน เป็นต้น

1.2 เส้นชั้น (**Contour line**) วิธีการแสดงความสูงต่ำของพื้นผิวโลกด้วยการใช้เส้นชั้น ซึ่งมีการใช้ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1730 โดย นายมาร์ซิลยี (Marsigli) นำมาใช้ในแผนที่แสดงภูมิประเทศใต้ทะเลในบริเวณอ่าวลิออง (Lion) และในปัจจุบันได้นำวิธีการของเส้นชั้นมาใช้อย่างกว้างขวาง

เราอาจจะให้คำจำกัดความของเส้นชั้นว่า เป็นเส้นในจินตนาการ (imaginary line) ซึ่งลากเชื่อมต่อระหว่างจุดที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลเท่ากัน หรืออาจจะกล่าวได้ว่า ทุก ๆ จุดบนเส้นชั้นเส้นหนึ่ง ๆ จะมีความสูงจากระดับน้ำทะเลเท่ากัน

บางท่านอาจจะยังนึกภาพไม่ได้ว่าเส้นชั้นหมายถึงอะไร ให้ท่านลองนึกถึงภาพกองดินที่กองสุมอยู่ในถังน้ำ ถ้าท่านเติมน้ำลงไปในถังให้สูงจากก้นถัง 5 เซนติเมตร ระดับน้ำจะทำให้เกิดรอยเปียกรอบ ๆ กองดิน สูงจากก้นถัง 5 เซนติเมตร ถ้าท่านเติมน้ำลงไปอีกให้สูง 10 เซนติเมตร ระดับน้ำจะทำให้เกิดรอยเปียกรอบ ๆ กองดินสูงจากก้นถัง 10 เซนติเมตร รอยเปียกเหล่านี้สามารถเปรียบเทียบได้กับเส้นชั้น

ระดับน้ำทะเลที่ใช้เป็นระดับอ้างอิงสำหรับเส้นชั้นนั้น มิได้กำหนดเป็นมาตรฐานสำหรับใช้ทั่วโลกแต่อย่างใด ในแต่ละประเทศจะกำหนดระดับน้ำทะเลปานกลางขึ้น เช่น ในประเทศเนเธอร์แลนด์

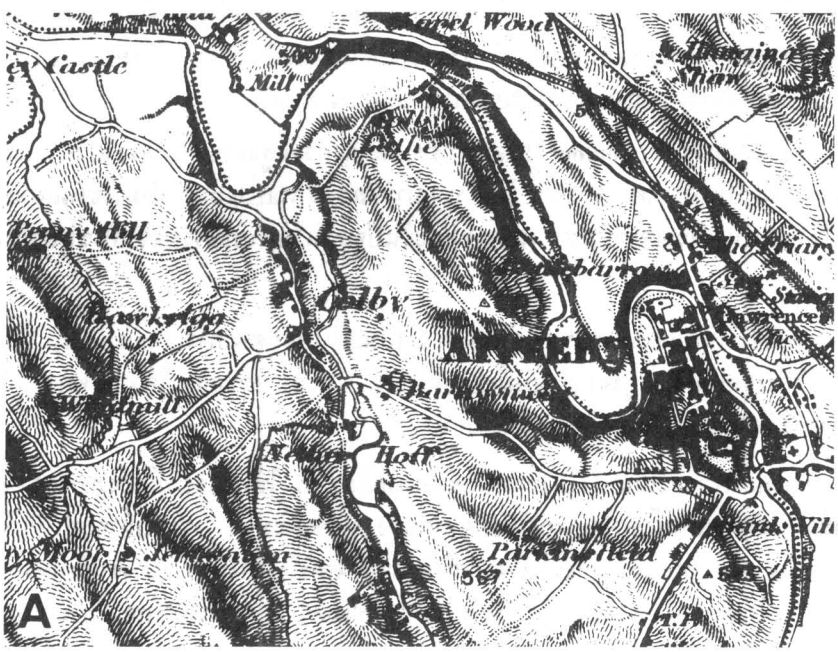
และเยอรมนีใช้ระดับน้ำทะเลระดับเดียวกัน แต่ประเทศเบลเยียมใช้ระดับน้ำทะเลต่ำกว่าระดับที่ประเทศทั้งสองใช้ประมาณ 2.32 เมตร[1] สำหรับประเทศไทยใช้ระดับน้ำทะเลที่เกาะหลัก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์เป็นมาตรฐาน (โปรดดูภาคผนวก ข)

1.3 แถบของสี (**Layer colouring**) เป็นวิธีการที่ใช้สีที่กำหนดไว้ระบายพื้นที่ระหว่างเส้นชั้นตามพิสัยของระดับความสูง ในกรณีที่รูปแบบของเส้นชั้นไม่ก่อให้เกิดภาพภูมิประเทศได้ดี สีที่ใช้จะเรียงลำดับความอ่อนหรือแก่ของสีตามพิสัยของระดับความสูงจากที่ต่ำไปหาที่สูง

ตามปกติแล้ว การใช้แถบของสีแสดงความสูงต่ำของพื้นผิวโลกมักจะใช้ในแผนที่มาตราส่วนเล็ก

2. วิธีการเชิงคุณภาพ (Qualitative method) เป็นวิธีการที่พยายามจะแสดงความสูงต่ำของพื้นผิวโลกปรากฏให้เห็นเป็นภาพสามมิติ ดังนั้น วิธีการนี้จึงมีแนวโน้มที่จะแสดงความสูงต่ำด้วยภาพ ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

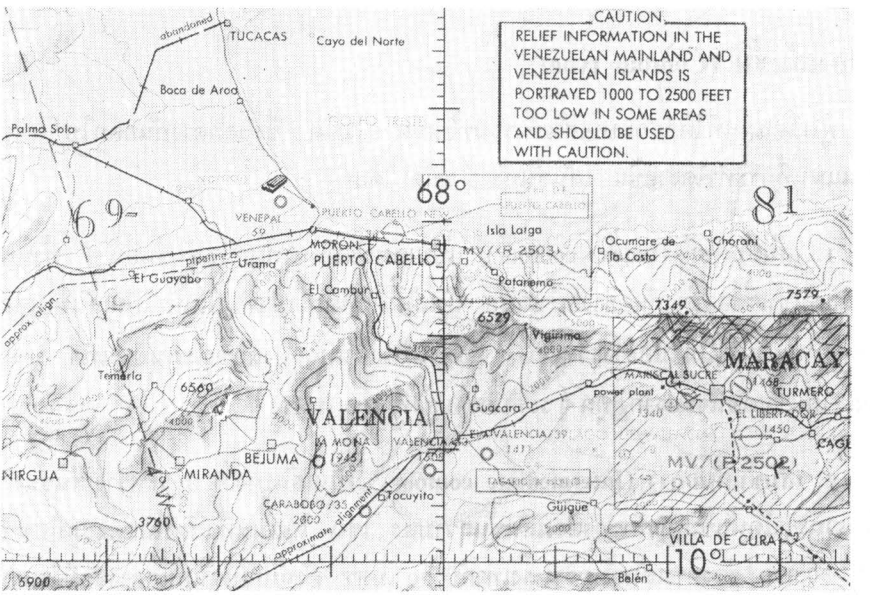
2.1 เส้นลาดเขา (**Hachures**) เส้นลาดเขาเป็นเส้นตรงสั้น ๆ ลากตามความลาดเทของพื้นที่ โดยที่เส้นลาดเขาจะถูกลากชิดกันในบริเวณที่ความลาดเทของพื้นที่ชันมาก ซึ่งถ้ามองโดยส่วนรวมแล้วจะมองเห็นเป็นสีดำ ก่อให้เกิดภาพสามมิติในความรู้สึกของผู้ดู ดังแสดงในรูปที่ 6.1




รูปที่ 6.1 เส้นลาดเขา

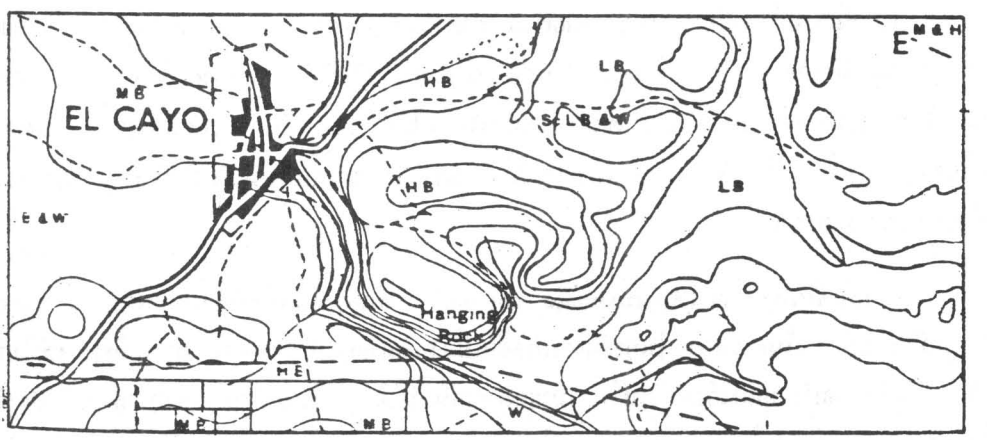
[1] Dickinson, G.C., **Maps and Air Photographs** (London: Edward Arnold, 1976), p. 62.

**2.2 การแลเงา (Shadowing, hill shading)** เป็นวิธีการแสดงความสูงต่ำของยอดเขาหรือภูมิประเทศอื่นใด โดยที่ส่วนหนึ่งของภูมิประเทศดังกล่าวมีเงาบดบังอยู่ เนื่องจากสมมุติให้มีแสงสาดส่องจากด้านบน ดังนั้น พื้นผิวในแนวระดับจึงมีสีขาว แต่บริเวณที่มีความลาดเทจะมีสีเข้ม และเข้มมากขึ้นตามความชันของความลาดเท ดังแสดงในรูปที่ 6.2




รูปที่ 6.2 การแลเงา

**2.3 เส้นทรวดทรง (Form line)** เป็นวิธีการแสดงความสูงต่ำของพื้นผิวโลกคล้ายคลึงกับเส้นชั้น แต่ต่างกันตรงที่เส้นทรวดทรงมิได้มีค่าระดับความสูงกำกับ เส้นทรวดทรงเป็นเพียงเส้นที่แสดงรูปร่างของภูมิประเทศเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 6.3




รูปที่ 6.3 เส้นทรวดทรง

เนื่องจากจุดมุ่งหมายของหนังสือเล่มนี้ มุ่งไปสู่การอ่านแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งใช้เส้นชั้นในการแสดงความสูง–ต่ำของพื้นผิวโลก ดังนั้น จึงขอกล่าวถึงเส้นชั้นในรายละเอียดดังต่อไปนี้

## ชนิดของเส้นชั้น (Contour type)

ผู้ผลิตแผนที่ได้ออกแบบเส้นชั้นรวมทั้งหมด 5 ชนิด ซึ่งแตกต่างกันออกไป เพื่อที่จะทำให้การอ่านแผนที่กระทำได้ง่ายขึ้น เส้นชั้นทั้ง 5 ชนิด ได้แก่

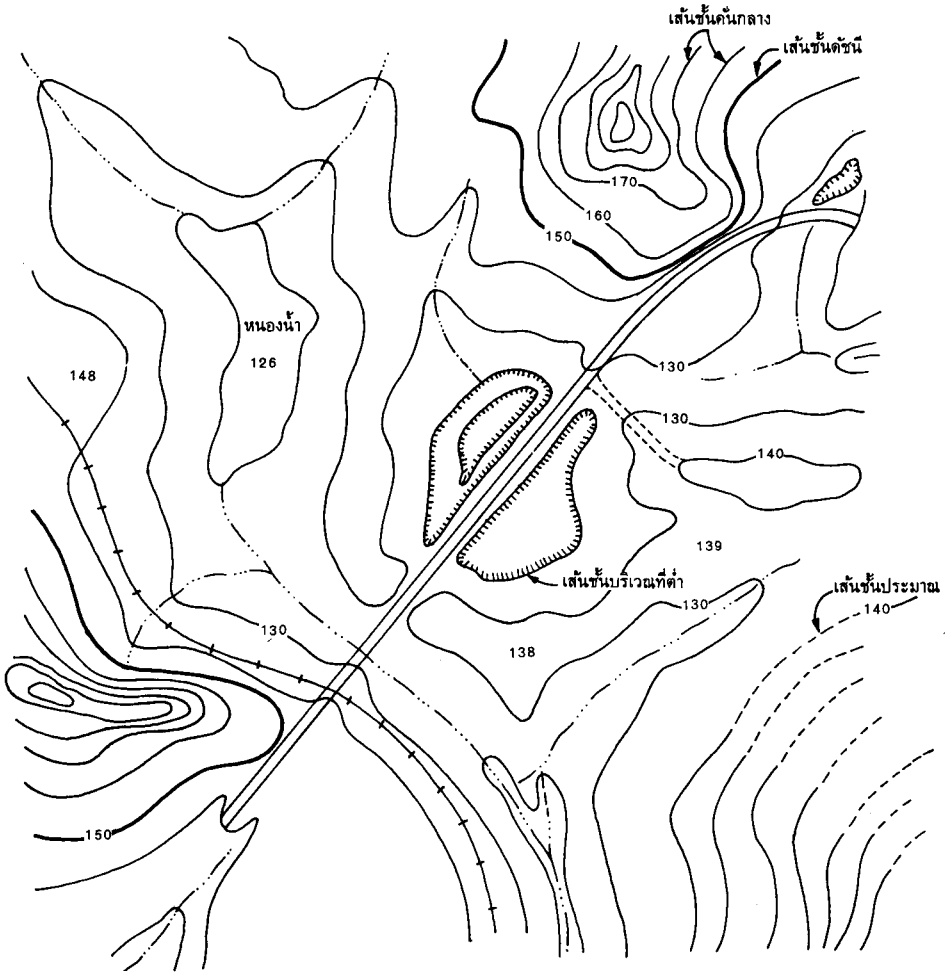
1. **เส้นชั้นดัชนี (Index contour)** เป็นเส้นชั้นที่หนาทึบกว่าเส้นชั้นอื่น ๆ ทั้งนี้เพราะมีการค้นพบว่าเส้นชั้นซึ่งอยู่ห่างกันอย่างสม่ำเสมอ ถ้าเส้นใดเส้นหนึ่งปรากฏให้เห็นเป็นเส้นทึบหนาแล้ว จะทำให้การอ่านแผนที่เป็นไปอย่างรวดเร็ว สำหรับในแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ มาตราส่วน 1 : 50,000 เส้นชั้นดัชนีจะปรากฏทุก ๆ ระดับความสูงที่ 100 เมตร

2. **เส้นชั้นคั่นกลาง (Intermediate contour)** เป็นเส้นบาง ๆ อยู่ระหว่างเส้นชั้นดัชนี ส่วนจะมีจำนวนเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับช่วงต่างเส้นชั้นความสูง เช่น ในแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศมาตราส่วน 1 : 50,000 ช่วงต่างเส้นชั้นความสูงเท่ากับ 20 เมตร ดังนั้นเส้นชั้นคั่นกลางจะมีจำนวน 4 เส้น

3. **เส้นชั้นแทรก (Supplemental contour)** ในภูมิประเทศที่ค่อนข้างราบ หรือเป็นระดับเดียวกัน เส้นชั้นที่ใช้แทนระดับความสูงบริเวณนี้จะอยู่ห่างกันมาก ดังนั้น เพื่อที่จะแสดงความแตกต่างในระดับความสูงของภูมิประเทศ จึงได้กำหนดเส้นชั้นแทรกขึ้นมา

4. **เส้นชั้นบริเวณที่ต่ำ (Depression contour)** เส้นชั้นที่ลากผ่านบริเวณยอดเขา หรือแอ่งลึกจะมีลักษณะคล้ายคลึงกันคือเส้นชั้นจะบรรจบกัน ซึ่งเรียกว่าเส้นชั้นปิด (closed contour) ดังจะได้กล่าวในรายละเอียดต่อไป เมื่อเป็นเช่นนี้ย่อมเป็นไปไม่ได้ที่จะมองเห็นความแตกต่างของภูมิประเทศทั้งสองนี้ ดังนั้น จึงได้กำหนดเส้นชั้นบริเวณที่ต่ำขึ้นมา โดยออกแบบให้มีเส้นสั้น ๆ ลากตั้งฉากกับเส้นชั้นของบริเวณแอ่งลึก

5. **เส้นชั้นประมาณ (Approximate contour)** เป็นเส้นชั้นที่ลากขึ้นโดยประมาณปราศจากข้อมูลที่จะใช้อ้างอิงในการลาก ในกรณีนี้จะเกิดขึ้นเมื่อภาพถ่ายทางอากาศที่ใช้ในการผลิตแผนที่ไม่คมชัด มีเมฆบดบังรายละเอียดทำให้ไม่สามารถลากเส้นชั้นได้ จึงแก้ปัญหาด้วยการลากเส้นประขึ้นโดยประมาณ ถือว่าเป็นเส้นประมาณ หรือแผนที่บางแผ่นอาจจะปล่อยทิ้งว่างไว้ แล้วเขียนคำว่า "เมฆบดบัง" ก็ได้




รูปที่ 6.4 ชนิดของเส้นชั้น

## การพิจารณาความสูงจากเส้นชั้น

ระดับความสูงของจุดใด ๆ บนแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ สามารถพิจารณาได้จากเส้นชั้น ในการพิจารณาระดับความสูงจากเส้นชั้นนี้มีสิ่งที่ต้องพึงปฏิบัติหลายประการ เช่น

1. หาค่าช่วงต่างเส้นชั้นความสูง (contour interval) ของแผนที่จากรายละเอียดประจำขอบระวางพร้อมทั้งหน่วยระยะทาง เช่น แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ มาตราส่วน 1 : 50,000 มีช่วงต่างเส้นชั้นความสูงเท่ากับ 20 เมตร

2. หาค่าประจำเส้นชั้นดัชนีที่อยู่ใกล้เคียงกับจุดที่กำลังพิจารณาความสูง

3. พิจารณาทิศทางของความลาดเทจากเส้นชั้นดัชนีไปยังจุดที่กำลังพิจารณาความสูง เพื่อที่จะทราบว่าจุดที่กำลังพิจารณาอยู่สูงกว่าหรือต่ำกว่าเส้นชั้นดัชนี

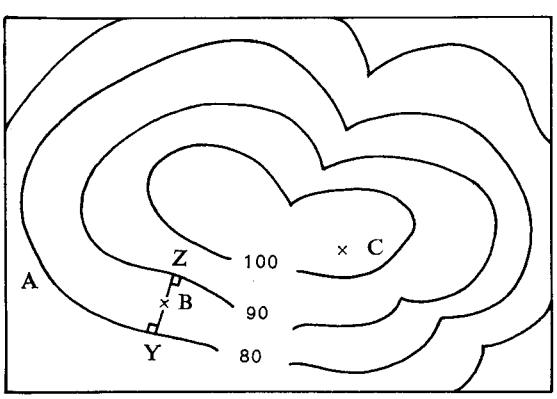
4. นับจำนวนเส้นชั้นจากเส้นชั้นดัชนีไปยังจุดที่กำลังพิจารณาความสูงว่ามีจำนวนเท่าใด แล้วคูณด้วยช่วงต่างเส้นชั้นความสูง จะได้ค่าความสูงต่างระหว่างเส้นชั้นดัชนีกับจุดที่กำลังพิจารณาความสูง

5. นำค่าความสูงต่างที่คำนวณได้จากข้อ 4 ไปบวกกับค่าประจำเส้นชั้นดัชนีที่หาไว้ในข้อ 2 ในกรณีที่ความลาดเทจากเส้นชั้นดัชนีไปยังจุดที่กำลังพิจารณาความสูงเป็นลาดขึ้น หรือนำค่าดังกล่าวไปลบกับค่าประจำเส้นชั้นดัชนีที่หาไว้ในข้อ 2 ในกรณีที่ความลาดเทจากเส้นชั้นดัชนีไปยังจุดที่กำลังพิจารณาความสูงเป็นลาดลง ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นค่าความสูงของจุดนั้นจากระดับน้ำทะเลปานกลาง

ที่กล่าวมาแล้วเป็นหลักการโดยทั่วไป ต่อไปมาพิจารณาตัวอย่างต่อไปนี้

ถ้าเส้นชั้นผ่านจุดที่กำลังพิจารณาความสูง ความสูงของจุดนั้นจะเท่ากับความสูงของเส้นชั้นนั้นจากระดับน้ำทะเล ดังแสดงในรูปที่ 6.5 ความสูงของจุด A เท่ากับ 80 เมตร

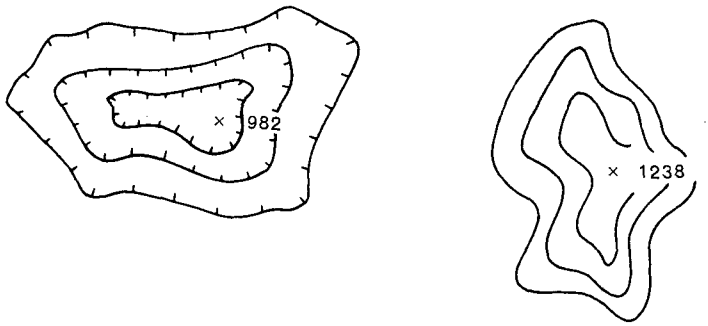
ถ้าจุดที่กำลังพิจารณาความสูงจุดหนึ่ง อยู่ระหว่างเส้นชั้น 2 เส้น ความสูงของจุดนั้นสามารถพิจารณาได้จากการประมาณ ดังแสดงในรูปที่ 6.5 จุด B อยู่ระหว่างเส้นชั้นความสูง 80 เมตร และ 90 เมตร ดังนั้นความสูงของจุด B จะต้องอยู่ระหว่าง 80 และ 90 เมตรนี้ วิธีการพิจารณาความสูงของจุด B โดยการประมาณ กระทำได้โดยลากเส้นผ่านจุด B และให้ตั้งฉากกับเส้นชั้นทั้งสองที่ Y และ Z จุด B จะอยู่สูงจากระดับความสูง 80 เมตร ประมาณ 6 ใน 10 เนื่องจากความแตกต่างในความสูงของเส้นชั้น 2 เส้น (ช่วงต่างเส้นชั้นตามสูง) เท่ากับ 10 เมตร ด้วยเหตุนี้ 6 ใน 10 จะเท่ากับ 6 เมตร ดังนั้นความสูงของจุด B เท่ากับ 86 เมตร




รูปที่ 6.5 การพิจารณาระดับความสูงจากเส้นชั้น

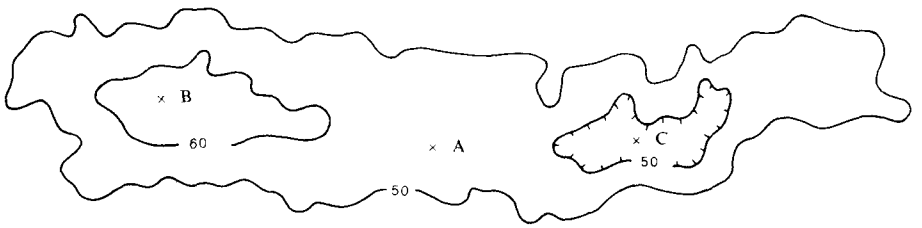
ในกรณีที่มีจุด ๆ หนึ่งอยู่บนยอดเขา เช่นจุด C ในรูปที่ 6.5 การพิจารณาระดับความสูงของจุด C สามารถทำได้โดยการประมาณ กล่าวคือ ความสูงของจุด C จะต้องสูงกว่า 100 เมตร แต่ไม่เกิน 110 เมตร เพราะเส้นชั้นที่ระดับ 110 เมตร ไม่ได้ปรากฏ ดังนั้นจึงประมาณว่า ความสูงของจุดเท่ากับ 105 เมตร (ด้วยการบวกค่าครึ่งหนึ่งของช่วงต่างเส้นชั้นความสูงเข้าไป)

เส้นชั้นในบริเวณยอดเขาหรือแอ่งลึกจะมีลักษณะคล้ายกัน กล่าวคือ เส้นชั้นจะถูกลากให้บรรจบกัน หรือที่เรียกว่าเส้นชั้นปิด แต่ต่างกันที่เส้นชั้นของแอ่งลึกจะมีเครื่องหมายเป็นขีดสั้น ๆ ลากตั้งฉากกับเส้นชั้นด้านใน ซึ่งเรียกว่าเส้นชั้นบริเวณที่ต่ำ ดังแสดงในรูปที่ 6.6




รูปที่ 6.6 เส้นชั้นบริเวณแอ่งลึกและยอดเขา

เส้นชั้นปิดอยู่ถัดจากเส้นชั้นอื่นแต่ไม่ได้ล้อมรอบบริเวณเดียวกัน และเส้นหนึ่งเป็นเส้นชั้นบริเวณที่ต่ำ เส้นเหล่านี้จะมีความสูงที่แตกต่างกันแต่ต่อเนื่องกัน ดังแสดงในรูปที่ 6.7



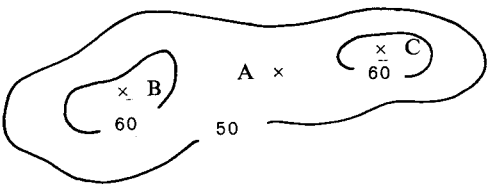

รูปที่ 6.7 การพิจารณาความสูงจากเส้นชั้น

ความสูงของจุด A เท่ากับ 55 เมตร

ความสูงของจุด B สูงกว่า 60 เมตร

ความสูงของจุด C ต่ำกว่า 50 เมตร

เส้นชั้นปิดสองเส้นอยู่ใกล้กัน แต่ไม่ได้ล้อมรอบบริเวณเดียวกัน จะมีความสูงเท่ากัน ดังรูปที่ 6.8

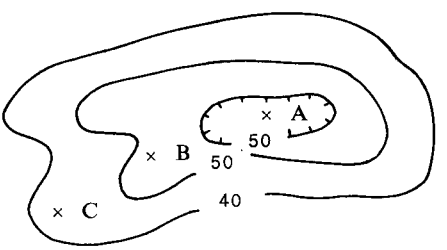



รูปที่ 6.8 การพิจารณาความสูงจากเส้นชั้น

ความสูงของจุด A เท่ากับ 55 เมตร

ความสูงของจุด B และ C สูงกว่า 60 เมตร

เส้นชั้นชุดหนึ่งล้อมรอบเส้นชั้นบริเวณที่ต่ำ ดังรูปที่ 6.9




รูปที่ 6.9 การพิจารณาความสูงจากเส้นชั้น

ความสูงของจุด A ต่ำกว่า 50 เมตร

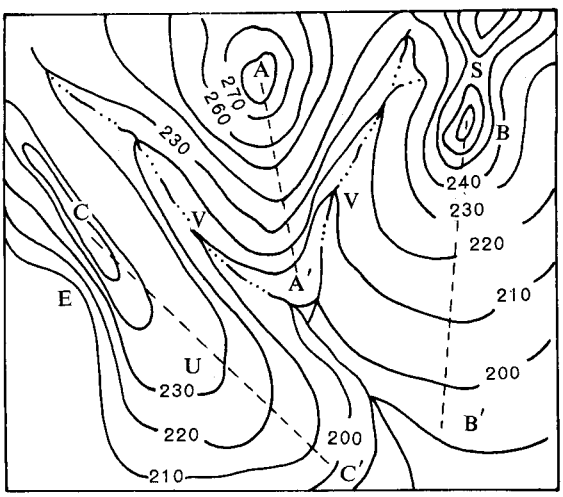
ความสูงของจุด B สูงกว่า 50 เมตร

ความสูงของจุด C ต่ำกว่า 50 เมตร

## ลักษณะภูมิประเทศจากการศึกษาลักษณะของเส้นชั้น

ในการศึกษาลักษณะของเส้นชั้นเพื่อบ่งบอกลักษณะภูมิประเทศนั้น ต้องอาศัยการสังเกตความเข้าใจ และจดจำลักษณะของเส้นชั้นนั้นๆไว้ เพราะลักษณะภูมิประเทศชนิดหนึ่งๆจะมีลักษณะรูปแบบของเส้นชั้นคงที่

โปรดพิจารณารูปที่ 6.10 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ ด้วยการใช้เส้นชั้นแทนระดับความสูง เส้นชั้นจะมีลักษณะคดโค้ง โดยเฉพาะจุด A, B และ C เส้นชั้นจะถูกลากให้มาบรรจบกัน หรือเรียกว่าเส้นชั้นปิด ลักษณะของเส้นชั้นในรูปแบบนี้จะบ่งบอกว่าบริเวณนั้นเป็นยอดเขา




รูปที่ 6.10 ส่วนหนึ่งของแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ

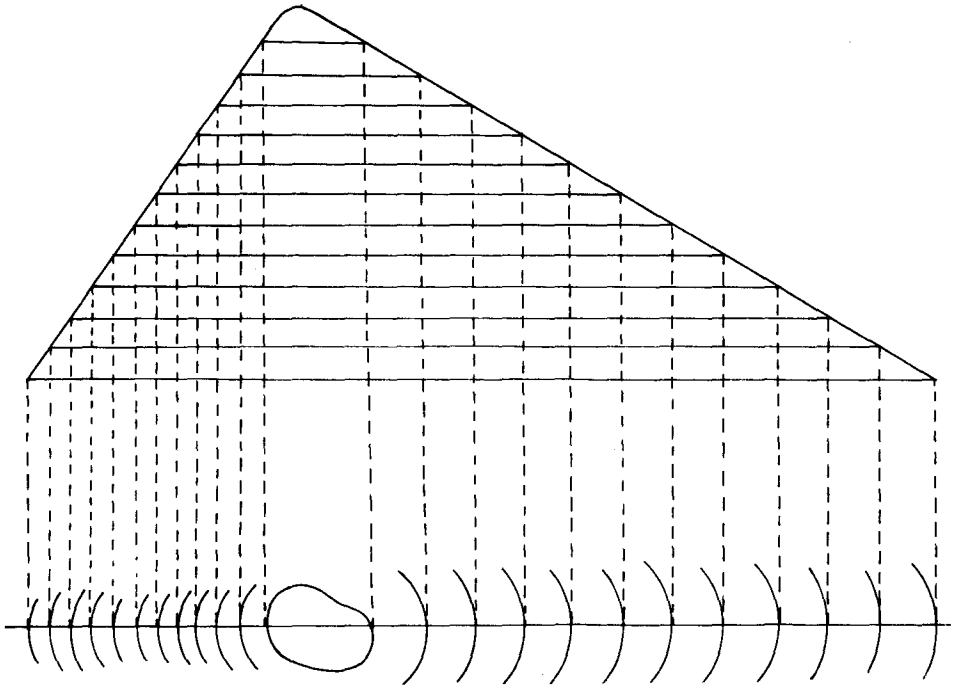
เส้นชั้น ณ จุด A มีลักษณะเกือบจะเป็นวงกลม ซึ่งบ่งบอกให้ทราบว่า ณ จุดนี้เป็นยอดเขากลมมน (peak) ในขณะที่เส้นชั้น ณ จุด C มีลักษณะเป็นแนวยาว ซึ่งจะบ่งบอกให้ทราบว่าเป็นยอดเขาที่ทอดตัวเป็นแนวยาว

บนเส้น A – A′ จะมีช่วงห่างเส้นชั้นเท่า ๆ กัน ซึ่งจะบ่งบอกให้ทราบว่าบริเวณนี้เป็นที่ลาดชัน ซึ่งลาดลงอย่างสม่ำเสมอ (uniform slope) (ดูรูปที่ 6.11 ก.ประกอบ)

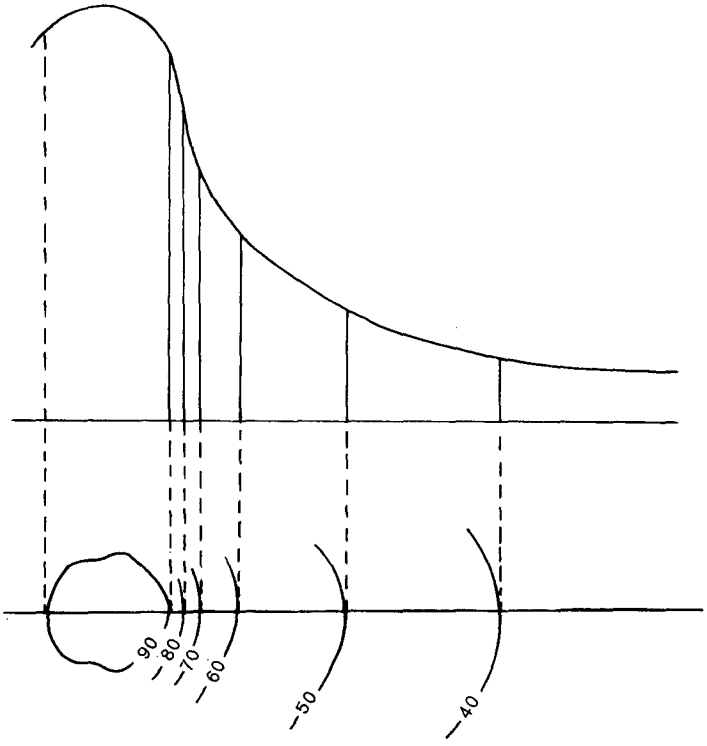
บนเส้น B – B′ เส้นชั้นจะมีลักษณะชิดกันบริเวณจุดยอด และห่างออกบริเวณด้านล่างเป็นลำดับ ลักษณะของเส้นชั้นแบบนี้จะบ่งบอกถึงความลาดเทที่โค้งเข้า (concave slope) (ดูรูปที่ 6.11 ข. ประกอบ)

บนเส้น C – C′ เส้นชั้นจะมีลักษณะห่างออกจากกันบริเวณยอด และชิดกันบริเวณด้านล่างเป็นลำดับ ลักษณะของเส้นชั้นแบบนี้จะบ่งบอกถึงความลาดเทที่โค้งออก (convex slope) (ดูรูปที่ 6.11 ค.ประกอบ)

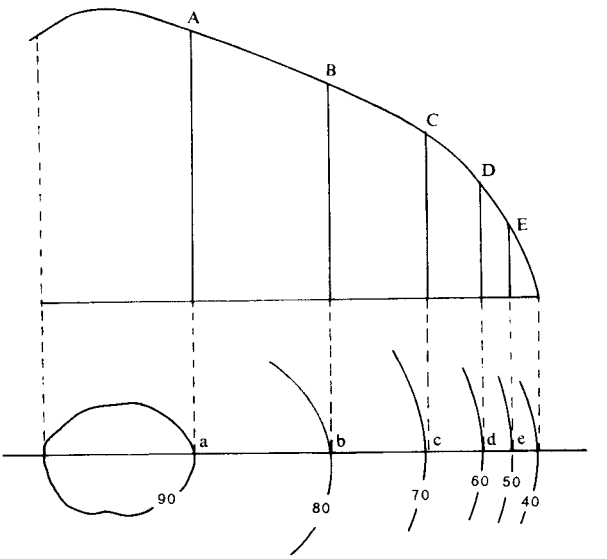
ก. ลักษณะของเส้นชั้นบริเวณที่ลาดสม่ำเสมอ (Uniform slope)



ข. ลักษณะของเส้นบริเวณลาดโค้งเข้า (Concave slope)



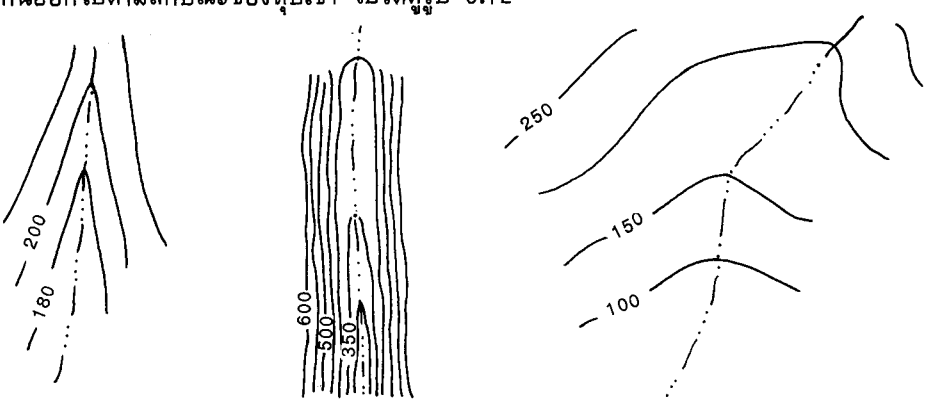
ค. ลักษณะของเส้นชั้นบริเวณที่ลาดโค้งออก (Convex slope)




รูปที่ 6.11 ลักษณะของเส้นชั้นบนความลาดเทต่าง ๆ

ลักษณะของเส้นชั้นอีกประการหนึ่ง คือ เส้นชั้นจะไม่สัมผัสซึ่งกันและกัน ณ จุด E (จากรูปที่ 6.10) จะพบว่าเส้นชั้นอยู่ชิดกันมากจนเกือบจะสัมผัสกัน ลักษณะของเส้นชั้นแบบนี้จะบอกให้ทราบว่าบริเวณนี้เป็นหน้าผาสูงชันเกือบเป็นแนวดิ่ง

ณ จุด V (จากรูปที่ 6.10) เส้นชั้นจะมีลักษณะเป็นรูปตัววี (V−shaped) ซึ่งเกิดจากการที่เส้นชั้นลากผ่านบริเวณที่เป็นหุบเขาที่มีลำน้ำไหลผ่าน นอกจากนี้ ลักษณะของเส้นชั้นที่เป็นตัววีก็จะแตกต่างกันออกไปตามลักษณะของหุบเขา โปรดดูรูป 6.12

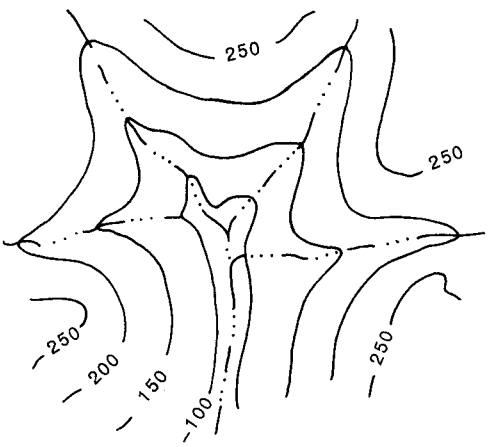



หุบเขาแคบ โกรกธาร : หุบเขาลึกชันและแคบมาก หุบเขากว้าง

รูปที่ 6.12 ลักษณะของเส้นชั้นตามลักษณะของหุบเขา

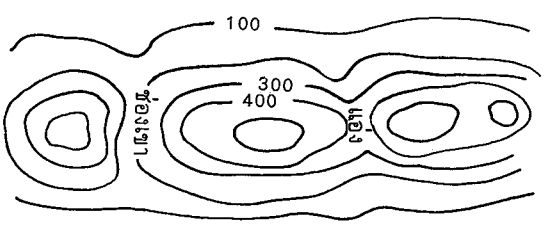
สิ่งที่น่าสังเกตประการหนึ่งของเส้นชั้นรูปตัววี คือ ปลายของตัววีจะชี้ไปยังต้นน้ำ

ณ จุด A′ (จากรูปที่ 6.10) เส้นชั้นแสดงลักษณะรูปตัวเอ็ม (M–shaped) ซึ่งเกิดจากการที่แม่น้ำสองสายไหลมาบรรจบกัน ดังนั้นเส้นชั้นที่ลากผ่านบริเวณนี้จะก่อให้เกิดลักษณะรูปตัวเอ็ม ในกรณีที่แม่น้ำมากกว่าสองสายไหลมาบรรจบกัน เส้นชั้นที่ลากผ่านบริเวณนี้จะไม่ก่อให้เกิดลักษณะรูปตัวเอ็ม ดังแสดงในรูปที่ 6.13




รูปที่ 6.13 ลักษณะของเส้นชั้นบริเวณที่แม่น้ำมากกว่าสองสายไหลมาบรรจบกัน

ณ จุด S (จากรูปที่ 6.10 ) เป็นพื้นที่ที่ต่ำกว่าระดับแนวยอดเขา หรือเป็นแอ่งระหว่างยอดเขาสองลูก (saddle) เส้นชั้นในบริเวณนี้จะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 6.14 ถ้าแอ่งนี้มีระดับต่ำพอที่จะสามารถใช้เป็นช่องทางติดต่อระหว่างที่ราบต่ำทั้งสองด้าน เราจะเรียกแอ่งนี้ว่า ช่องเขา (pass)




รูปที่ 6.14 แอ่งระหว่างยอดเขาและช่องเขา

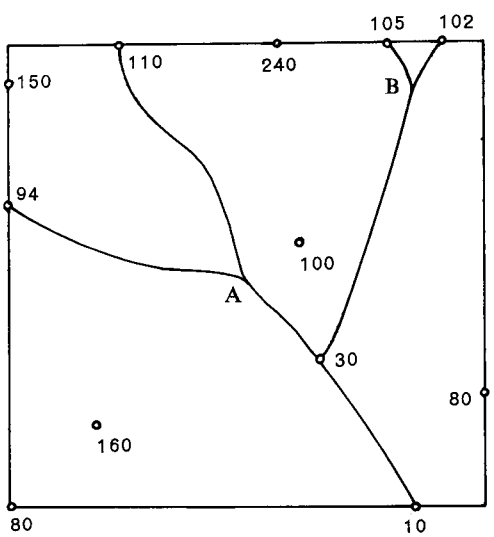
ณ จุด U (จากรูปที่ 6.10 ) เส้นชั้นมีลักษณะเป็นรูปตัวยู (U–shaped) ซึ่งเกิดจากการที่เส้นชั้นลากผ่านบริเวณที่เป็นลูกเขาที่ยื่นออกมา (spur)

นอกจากจะตีความลักษณะภูมิประเทศจากเส้นชั้นแล้ว ยังสามารถจะดึงข้อมูลอื่น ๆ ที่เป็นประโยชน์จากการอ่านเส้นชั้นได้อีก ข้อมูลที่กล่าวนี้ ได้แก่ ความลาดเท และภาพตัดด้านข้าง ดังจะได้กล่าวในตอนต่อไป

## การลากเส้นชั้น

การลากเส้นชั้นเป็นศิลปะประเภทหนึ่งที่ต้องอาศัยประสบการณ์ และความชำนาญ อย่างไรก็ตาม การลากเส้นชั้นไม่ใช่เรื่องยากหากได้รับการฝึกหัด ดังนั้น ในบทนี้ผู้เขียนได้นำตัวอย่างวิธีการลากเส้นชั้นของแผนที่มาแสดงให้ท่านศึกษาพร้อมทั้งแบบฝึกหัดการลากเส้นชั้น ซึ่งวิธีการลากเส้นชั้นมีขั้นตอนในการปฏิบัติดังนี้

1. พิจารณาความสูงของจุดที่แม่น้ำมาบรรจบกัน จากรูปที่ 6.15 จุด A ที่แม่น้ำ 2 สายบรรจบกันอยู่ ณ ตำแหน่งประมาณ 1 ใน 4 ของระยะทางจากจุดที่มีระดับความสูง 30 และ 110 เมตร เนื่องจากความสูงของทั้ง 2 จุด ต่างกัน 80 เมตร 1 ใน 4 ของระยะทางจากจุดดังกล่าวจะมีความสูงเท่ากับ 20 เมตร ดังนั้น จุด A จึงมีระดับสูง 50 เมตร ในทำนองเดียวกัน ความสูงของจุด B จะเท่ากับ 90 เมตร



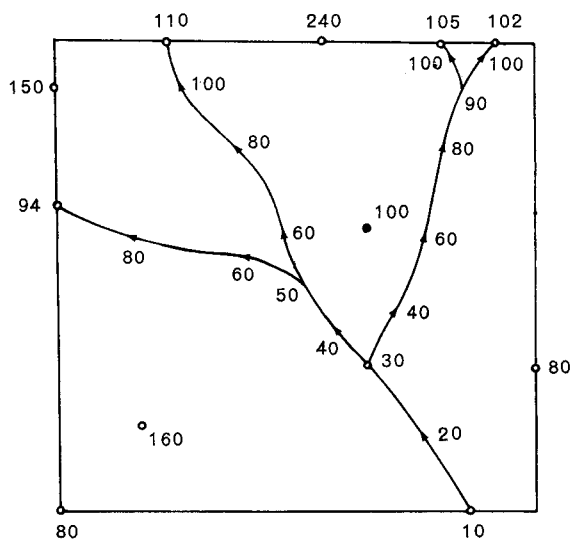

รูปที่ 6.15 ระดับความสูงของจุดต่าง ๆ

2. กำหนดจุดที่เส้นชั้นจะตัดผ่านแม่น้ำ เนื่องจากกำหนดให้ช่วงต่างเส้นชั้นความสูงเท่ากับ 20 เมตร และที่จุดระดับความสูงที่ต่ำที่สุดของแผนที่แผ่นนี้เท่ากับ 10 เมตร ดังนั้น เส้นชั้นที่ต่ำที่สุดต้องเป็นเส้นชั้นความสูงที่ 20 เมตร

ตามความยาวของแม่น้ำสายหลักจากจุดที่มีระดับความสูง 10 เมตร ถึง 30 เมตร ซึ่งเส้นชั้นที่ 20 เมตรจะต้องถูกลากผ่าน เนื่องจากสมมุติให้แม่น้ำมีความลาดอย่างสม่ำเสมอ ดังนั้น จุดระดับความสูง 20 เมตร จะอยู่กึ่งกลางระหว่างจุดระดับความสูง 10 เมตร และ 30 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 6.16

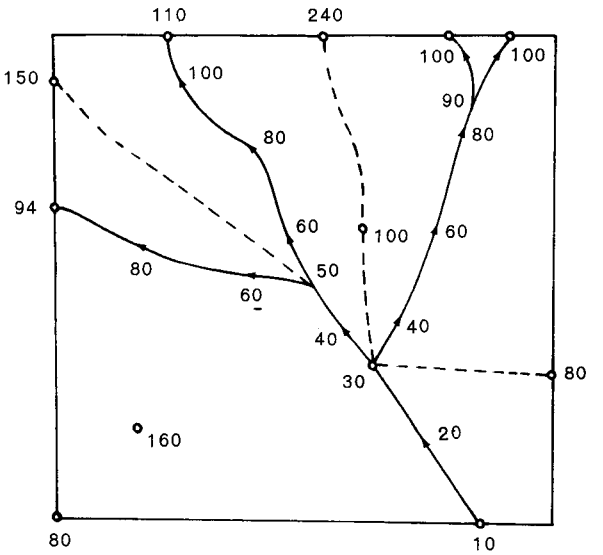
ต่อไป มาพิจารณาจุดที่เส้นชั้นจะถูกลากผ่านแม่น้ำสายหลักเหนือจุดระดับความสูง 30 เมตรขึ้นไป เป็นที่ทราบว่าเส้นชั้นความสูงเหนือจุดระดับความสูง 30 เมตร จะต้องเป็นเส้นชั้นที่ 40 เมตร นั่นคือ เส้นชั้นที่ 40 เมตรจะอยู่สูงจากจุดระดับความสูง 30 เมตรประมาณ 10 เมตร เนื่องจากความสูงต่างระหว่างจุดระดับความสูง 30 เมตร และ 110 เมตร เท่ากับ 80 เมตร เพราะฉะนั้นระยะทางจากจุดระดับความสูง 30 เมตร ถึง 40 เมตร จะเท่ากับ 1 ใน 8 ของระยะทางจากจุดระดับความสูง 30 และ 110 เมตร แบ่งระยะทางระหว่างจุดระดับความสูง 30 เมตรและ 110 เมตร ออกเป็น 8 ส่วนเท่า ๆ กัน แต่ละส่วนจะแทนความสูงต่าง 10 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 6.16

ส่วนการกำหนดจุดที่เส้นชั้นจะถูกลากผ่านแม่น้ำสายอื่น ๆ ก็ปฏิบัติด้วยวิธีเดียวกับที่กล่าวมาแล้ว




รูปที่ 6.16 ตำแหน่งของจุดที่เส้นชั้นจะตัดผ่านแม่น้ำ

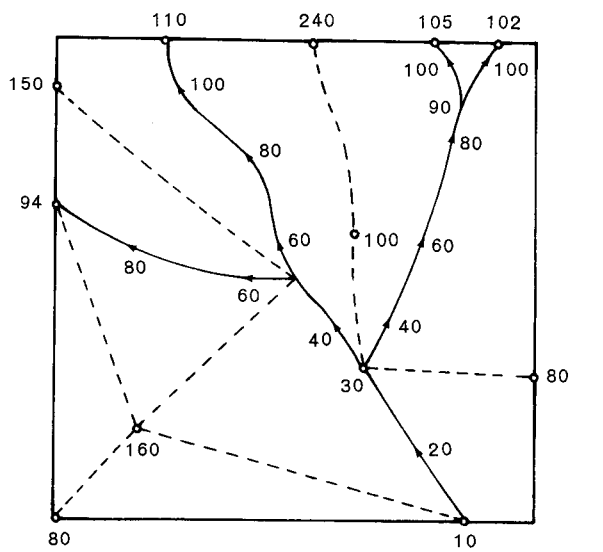
3. ลากแนวสันเขา จากหลักความจริงที่ว่าเมื่อมีภูเขาขวางกั้น แม่น้ำจะแยกไหลออกเป็น 2 สาย หรืออีกนัยหนึ่ง แนวสันเขาต้องอยู่ระหว่างแม่น้ำสองสาย ดังนั้น ในการลากเส้นแสดงแนวสันเขาจึงลากผ่านจุดแสดงความสูงที่อยู่กึ่งกลาง ระหว่าง แม่น้ำทั้งสองลงมายังจุดที่แม่น้ำบรรจบกัน บางครั้งการลากเส้นแนวสันเขาอาจลากเป็นเส้นโค้งเพื่อรักษาแนวให้อยู่กึ่งกลางระหว่างแม่น้ำ ดังแสดงในรูปที่ 6.17




รูปที่ 6.17 การลากแนวสันเขาระหว่างแม่น้ำ

4. ลากเส้นตรงเชื่อมระหว่างจุดระดับความสูงที่อยู่ภายนอกระบบแม่น้ำกับจุดอื่น ๆ จากรูปที่ 6.18 จะเห็นว่า เส้นตรงถูกลากจากจุดระดับความสูง 160 เมตร เป็นรัศมีออกไปยังจุดระดับความสูงอื่น ๆ

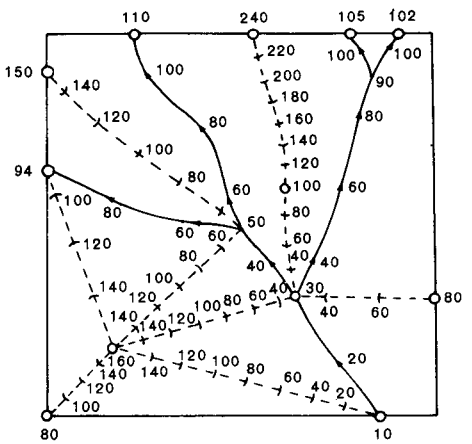
ข้อควรระวัง : ไม่ลากเส้นให้ตัดกัน หรือตัดผ่านแม่น้ำ




รูปที่ 6.18 เส้นที่ลากเชื่อมระหว่างจุดระดับความสูงที่อยู่นอกระบบแม่น้ำ

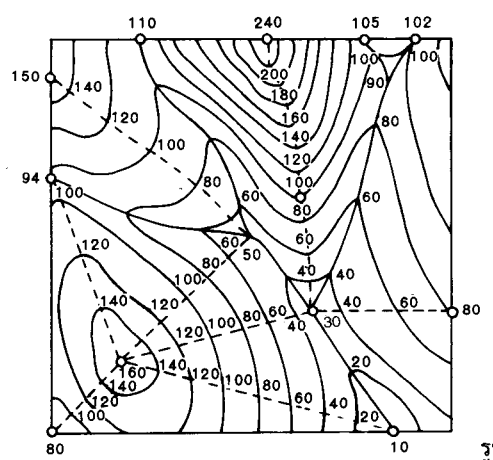
5. การกำหนดจุดบนเส้นแนวสันเขาซึ่งเส้นชั้นจะถูกลากผ่าน กระทำด้วยวิธีเดียวกับการกำหนดจุดบนแม่น้ำ ตัวอย่างเช่น แนวสันเขาจากจุดที่แม่น้ำบรรจบกัน ซึ่งสูง 50 เมตร กับจุดที่มีระดับความสูง 150 เมตร ความสูงต่างระหว่างจุด 2 จุดนี้เท่ากับ 100 เมตร เส้นชั้นที่ 60 เมตร จะอยู่ ณ ตำแหน่งประมาณ 1 ใน 10 ของระยะทางจากจุดระดับสูง 50 เมตรขึ้นไป ส่วนเส้นชั้นที่ 140 เมตร จะอยู่ ณ ตำแหน่งประมาณ 1 ใน 10 ของระยะทางจากจุดระดับสูง 150 เมตรลงไป ความสูงต่าง 80 เมตร ที่เหลือให้แบ่งออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน เพื่อกำหนดจุดที่เส้นชั้นที่ 80 100 และ 120 ผ่าน ดังแสดงในรูปที่ 6.19

**หมายเหตุ : เส้นชั้นที่ลากผ่านแนวสันเขาจะมีลักษณะเป็นรูปตัวยู (U–shaped)**



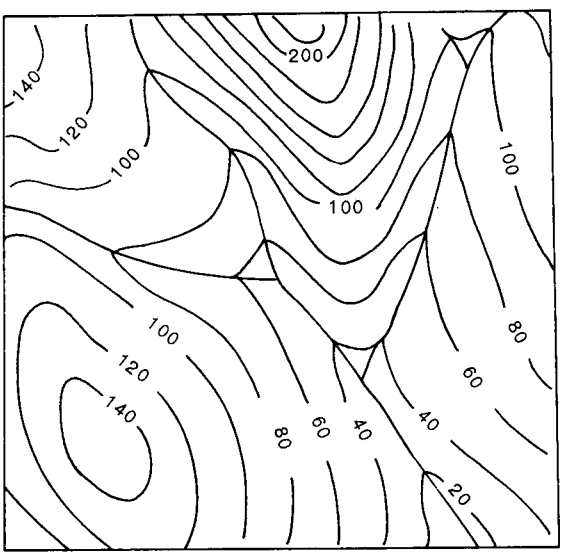

รูปที่ 6.19 ตำแหน่งของจุดที่เส้นชั้นจะตัดผ่านสันเขา

6. จากคำจำกัดความที่ว่า เส้นชั้นเป็นเส้นที่ลากเชื่อมระหว่างจุดที่มีความสูงเท่ากัน ดังนั้นในขั้นตอนนี้ จึงเป็นการลากเส้นชั้นเชื่อมระหว่างจุดที่ได้กำหนดไว้แล้วในข้อ 2–5 ในการลากเส้นชั้นควรลากเส้นให้อ่อนช้อย และเรียบ ดังแสดงในรูปที่ 6.20




รูปที่ 6.20 การลากเส้นเชื่อมระหว่างจุดที่มีความสูงเท่ากัน

7. ลำดับสุดท้ายเป็นการตกแต่งให้การลากเส้นชั้นเรียบร้อย เช่น เส้นชั้นที่เป็นเส้นชั้นดัชนีก็ลากตกแต่งให้หนาขึ้น ลบเส้นต่าง ๆ ที่ใช้ช่วยในการลาก หรือจุดระดับความสูงที่ไม่ต้องการออก และเขียนตัวเลขแสดงความสูงกำกับเส้นชั้น ดังแสดงในรูปที่ 6.21




รูปที่ 6.21 แผนที่ที่สมบูรณ์

## ความลาดเท (Slope)

ความลาดเท เป็นพื้นซึ่งเอียงจากพื้นระดับด้วยมุม ๆ หนึ่ง หรืออาจจะกล่าวได้ว่าความลาดเทเป็นอัตราส่วนระหว่างระยะทางในแนวดิ่งระหว่างจุด 2 จุด กับระยะทางในแนวราบระหว่างจุด 2 จุดนั้น ซึ่งสามารถแสดงออกมาในรูปสูตร ดังนี้

$$\text{ความลาดเท} = \frac{\text{ระยะทางในแนวดิ่ง}}{\text{ระยะทางในแนวราบ}}$$

ระยะทางในแนวดิ่ง (vertical distance) หาได้จากความแตกต่างในความสูงระหว่างจุด 2 จุดนั้น โดยพิจารณาจากเส้นชั้น ส่วนระยะทางในแนวราบ (horizontal distance) ระหว่างจุด 2 จุด สามารถหาได้จากการวัดบนแผนที่ แล้วแปลงเป็นระยะทางในภูมิประเทศ

การคำนวณหาความลาดเท มีอยู่ด้วยกัน 3 รูปแบบ ดังนี้

1. ในรูปร้อยละ (percent)

$$\text{ความลาดเท} = \frac{\text{ระยะทางในแนวดิ่ง}}{\text{ระยะทางในแนวราบ}} \times 100$$

ความลาดเขา 1 % หมายความว่า พื้นที่นั้นลาดขึ้นหรือลง 1 หน่วย ต่อระยะทางในทางราบ 100 หน่วย

2. ในรูปมิลส์ (mils)

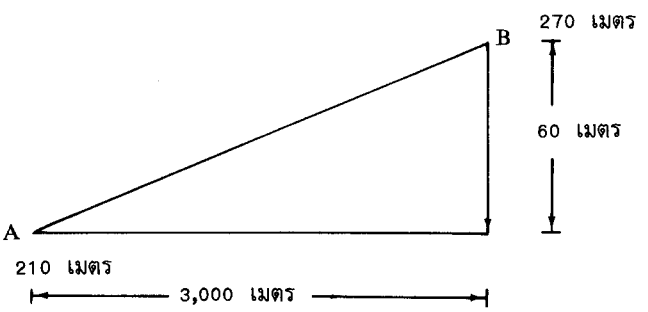
$$\text{ความลาดเท} = \frac{\text{ระยะทางในแนวดิ่ง}}{\text{ระยะทางในแนวราบ}} \times 1{,}000 \text{ มิลส์}$$

3. ในรูปองศา (degree)

$$\text{ความลาดเท} = \frac{\text{ระยะทางในแนวดิ่ง}}{\text{ระยะทางในแนวราบ}} \times 57.3 \text{ องศา}$$

ข้อควรระวังในการคำนวณหาความลาดเท ประการแรก คือ จะคำนวณความลาดเทผ่านหรือตัดข้ามหุบเขาและสันเขาไม่ได้ ประการที่สอง ระยะทางในทางดิ่งและทางราบระหว่างจุด 2 จุด จะต้องเป็นระยะทางที่มีหน่วยเดียวกัน ประการสุดท้าย ในการคำนวณความลาดเทที่ลาดขึ้นต้องใส่เครื่องหมายบวกหน้าตัวเลข และความลาดเทที่ลาดลงต้องใส่เครื่องหมายลบ

**ตัวอย่าง** จงคำนวณความลาดเทจากจุด A ไปยังจุด B ในรูปของร้อยละ มิลส์และองศา




ความสูงของจุด B เหนือระดับน้ำทะเล 270 เมตร และความสูงของจุด A เหนือระดับน้ำทะเล 210 เมตร ดังนั้น ระยะทางในแนวดิ่งระหว่างจุด A และ B เท่ากับ 60 เมตร

ระยะทางในแนวราบเท่ากับ 3,000 เมตร

$$\text{ความลาดเท} = \frac{\text{ระยะทางในแนวดิ่ง}}{\text{ระยะทางในแนวราบ}}$$

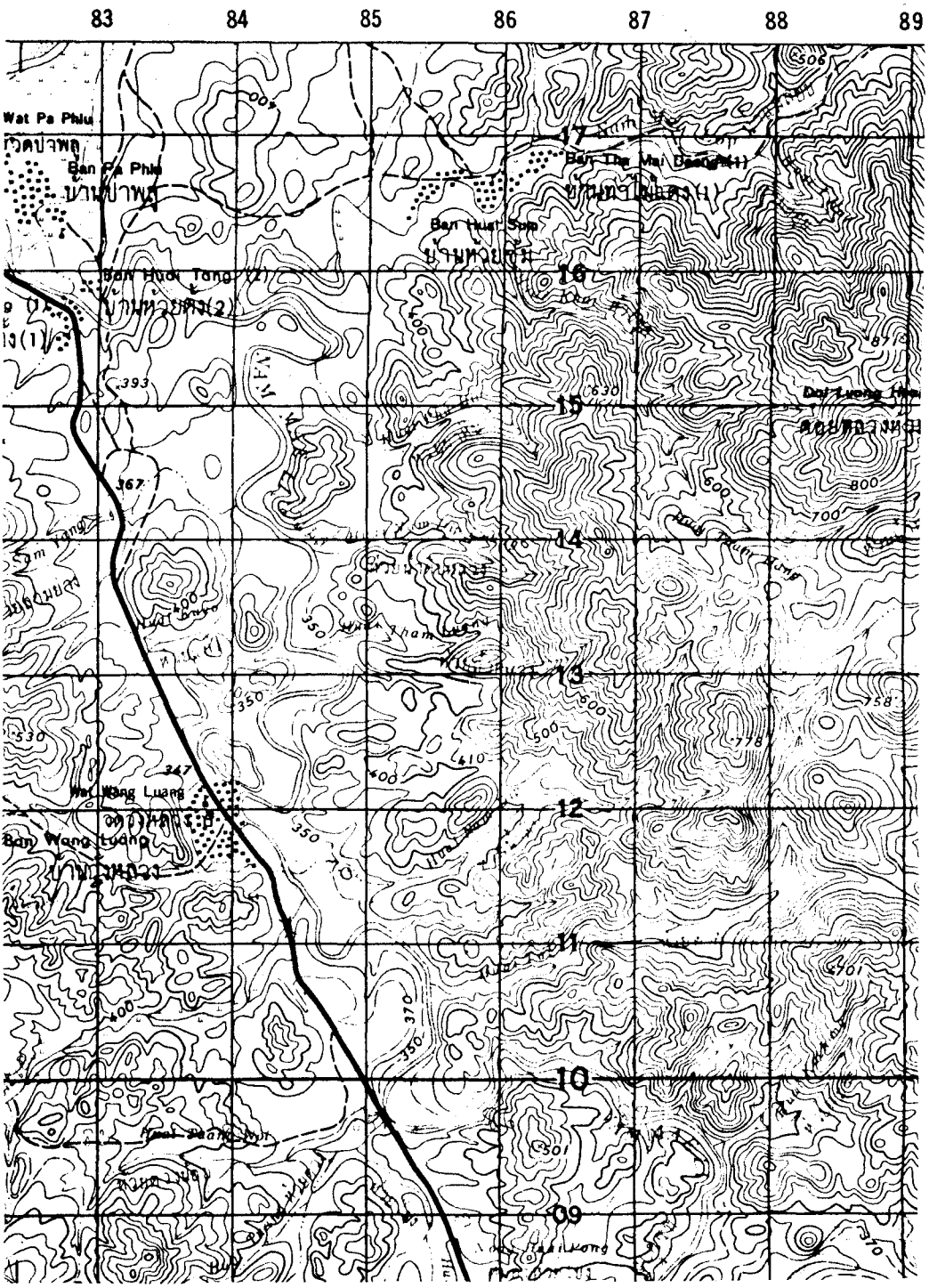
$$= \frac{60}{3{,}000}$$

$$= 0.02$$

ความลาดเทในรูปร้อยละ $= 0.02 \times 100 = +2\ \%$

ความลาดเทในรูปมิลส์ $= 0.02 \times 1{,}000 = +20$ มิลส์

ความลาดเทในรูปองศา $= 0.02 \times 57.3 = +1.15$ องศา




แผนที่หมายเลข 2 ส่วนหนึ่งของแผนที่ระวางหมายเลข L. 7071 ชื่อระวางบ้านปาง มาตราส่วน 1 : 50,000

**ตัวอย่าง** จากแผนที่หมายเลข 2 จงคำนวณหาความลาดเขาจากจุด ซึ่งมีพิกัดทางทหาร 8895 1283 ไปยังจุดที่มีพิกัดทางทหาร 8925 1220 ในรูปของร้อยละ

**วิธีทำ** : พิจารณาระยะทางในแนวดิ่งจากแผนที่หมายเลข 2 จุดซึ่งมีพิกัดทางทหาร 8895 1283 มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 758 เมตร และจุดซึ่งมีพิกัดทางทหาร 8925 1220 อยู่บนเส้นชั้นที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 460 เมตร ดังนั้น ระยะทางในแนวดิ่งระหว่างจุด 2 จุดนั้น เท่ากับ 298 เมตร

พิจารณาระยะทางในแนวราบจากแผนที่หมายเลข 2 ซึ่งเป็นแผนที่มาตราส่วน 1 : 50,000 ระยะทางในแนวราบระหว่างจุด 2 จุดนั้นบนแผนที่เท่ากับ 1.35 เซนติเมตร คิดเป็นระยะทางในแนวราบบนภูมิประเทศจริง เท่ากับ 675 เมตร

$$\text{ความลาดเท (ร้อยละ)} = \frac{\text{ระยะทางในแนวดิ่ง}}{\text{ระยะทางในแนวราบ}} \times 100$$

$$= \frac{298}{675} \times 100$$

$$= 0.44 \times 100$$

$$= 44\ \%$$

ความลาดเทจากจุดพิกัด 8895 1283 ไปยังจุดพิกัด 8925 1220 เท่ากับ $-44\%$

## ภาพตัดด้านข้าง (Profile)

ภาพตัดด้านข้าง เป็นภาพด้านข้างส่วนหนึ่งของพื้นผิวโลกตามแนวเส้นตรงระหว่างจุดสองจุด การสร้างภาพตัดด้านข้างส่วนใหญ่นำไปใช้ในการวางแผนต่าง ๆ เช่น วางแผนการตัดเส้นทางถนน รถไฟ วางแผนการวางท่อส่งน้ำ น้ำมัน เป็นต้น

การสร้างภาพตัดด้านข้างมีวิธีปฏิบัติดังนี้ (ดูรูปที่ 6.22 ประกอบ)

1. ลากเส้นตรงผ่านเส้นชั้นบนแผนที่ในบริเวณที่ต้องการทราบภาพตัดด้านข้าง

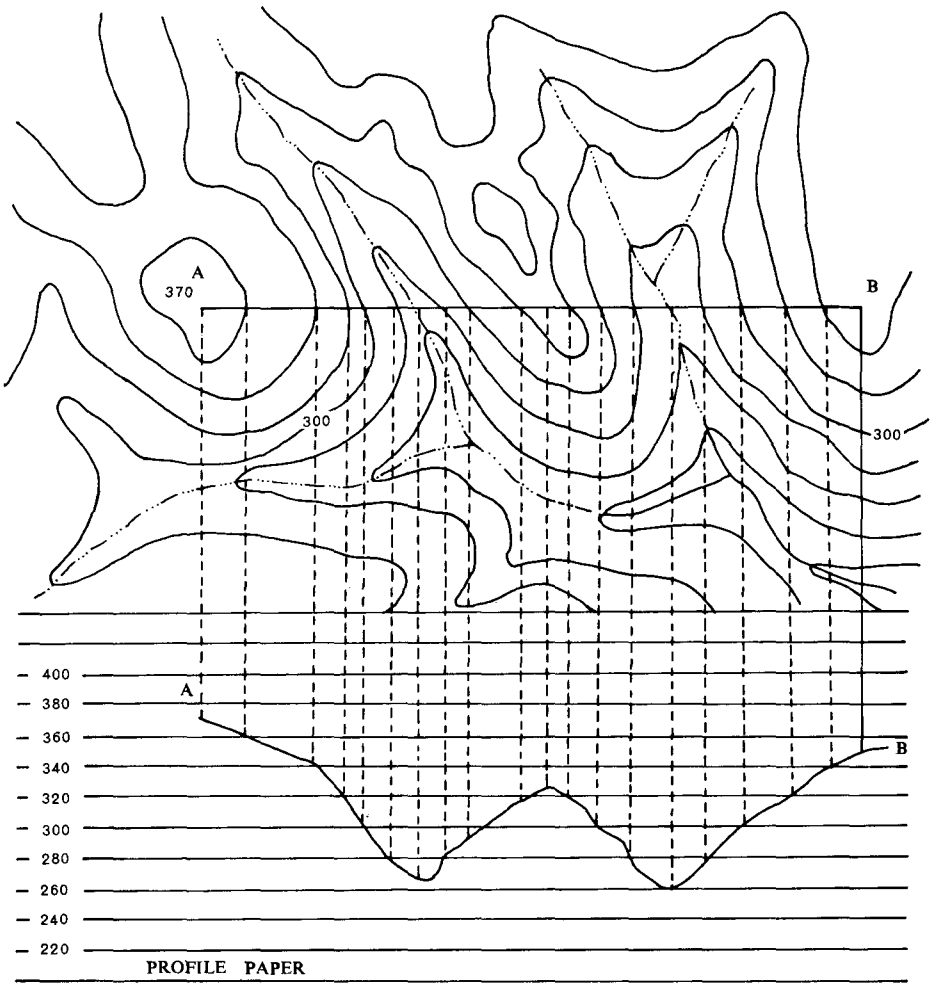
2. หาค่าระดับความสูงของเส้นชั้นที่มีค่าสูงสุด และต่ำสุดในแนวที่เส้นตรงในข้อ 1 ตัดผ่าน

3. นำกระดาษอีกแผ่นหนึ่งมาและลากชุดเส้นขนานโดยให้ช่วงห่างของแต่ละเส้นเท่ากัน (เส้นขนานแต่ละเส้นจะแทนค่าระดับความสูงของเส้นชั้นที่เส้นตรงในข้อ 1 ตัดผ่าน) ส่วนจะลากเส้นขนานจำนวนเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับค่าในข้อ 2

4. นำแผ่นกระดาษที่ได้ลากชุดของเส้นขนานไว้เรียบร้อยแล้วไปทาบบนแผนที่ โดยให้ชุดของเส้นขนาน ขนานกับเส้นตรงที่ลากในข้อ 1

5. ให้ลากเส้นจากทุก ๆ จุดที่เส้นตรงในข้อ 1 ตัดกับเส้นชั้นลงมาตั้งฉากกับเส้นขนานบนแผ่นกระดาษ โดยให้ค่าระดับความสูงของเส้นชั้นตรงกับเส้นขนาน

6. ลากเส้นเชื่อมต่อระหว่างจุดต่าง ๆ ที่เส้นตั้งฉากลากมาพบเส้นขนาน เข้าด้วยกัน จะได้ภาพตัดด้านข้างตามต้องการ

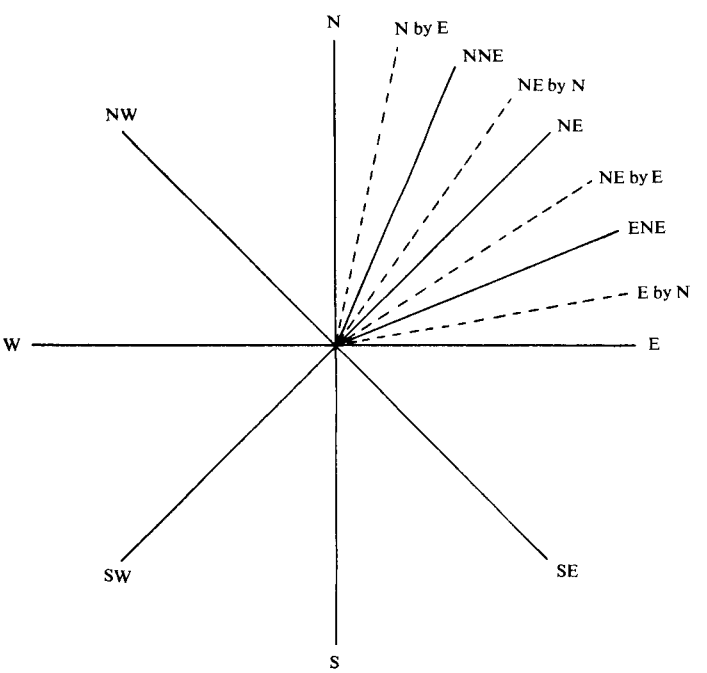



รูปที่ 6.22 การสร้างภาพตัดด้านข้าง (Profile)

# บทที่ 7
# ทิศทาง

เรื่องทิศทาง เป็นหัวข้อสำคัญอีกหัวข้อหนึ่ง ซึ่งผู้ใช้แผนที่ต้องศึกษาและสามารถนำไปปฏิบัติได้ ถ้าขาดความรู้ ความเข้าใจในเรื่องทิศทางเสียแล้วก็เปรียบเสมือนคนหลงทาง

ในเรื่องทิศทางที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เรามักจะบ่งบอกทิศทางโดยใช้คำว่า ซ้าย ขวา หน้า หลัง เป็นต้น การใช้คำดังกล่าวบ่งบอกทิศทางอาจมีปัญหาขึ้นมาว่า ทางซ้ายของอะไร ? ทางขวาของอะไร ? ซึ่งเป็นการบ่งบอกทิศทางแต่เพียงคร่าว ๆ ในการบ่งบอกทิศทางให้ละเอียดขึ้นมา อาจใช้ทิศ (compass term) เช่น ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก ทิศตะวันตก และถ้าต้องการให้ละเอียดยิ่งขึ้นก็สามารถจะกระทำได้โดยการแบ่งทิศย่อยออกไป ดังแสดงในรูปที่ 7.1




รูปที่ 7.1 การกำหนดทิศทาง

การบ่งบอกทิศดังได้กล่าวมาแล้วนั้น ยังถือว่าไม่ละเอียดพอ และไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการปฏิบัติงาน ในการปฏิบัติงานทั่วไปโดยเฉพาะอย่างยิ่งการปฏิบัติงานทางทหารต้องการระบบบ่งบอกทิศทางที่ละเอียดแน่นอน สามารถปรับใช้งานได้ในทุกสถานที่บนพื้นโลก ดังนั้น จึงมีการนำระบบการบ่งบอกทิศทางด้วยหน่วยของการวัดมุมมาใช้ ซึ่งมีหลายระบบ เช่น

1. ระบบที่หน่วยของการวัดมุมเป็นองศา (degree) ลิปดา (minute) และพิลิปดา (second) ระบบนี้เป็นที่นิยมใช้กันมาก

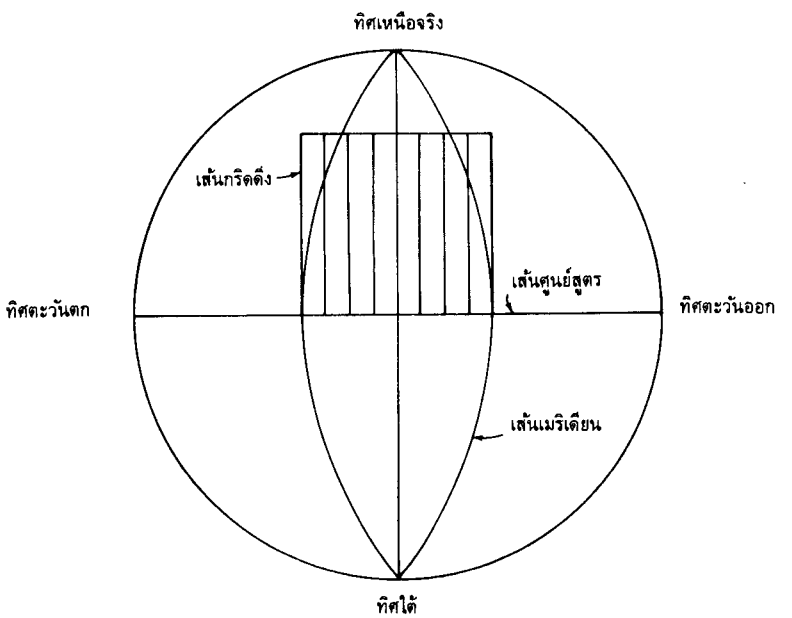
2. ระบบที่หน่วยของการวัดมุมเป็นมิล (mil) ระบบนี้ส่วนใหญ่ใช้ในกิจการทหารปืนใหญ่

## ทิศทางหลัก (Base direction)

การวัดทิศทางของสิ่งใดก็ตามจะต้องมีทิศทางหลัก เพื่อเป็นทิศอ้างอิงว่าค่าของมุมที่วัดได้วัดจากทิศทางหลักใด ทิศทางหลักมี 3 ชนิด คือ

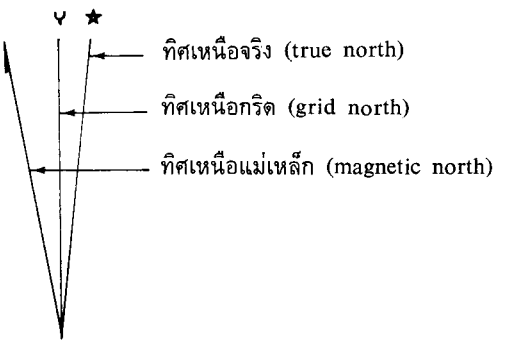
ทิศเหนือจริง (True north) เป็นแนวเส้นตรงที่ชี้ไปยังขั้วโลกเหนือจาก ณ ตำแหน่งใด ๆ บนพื้นโลก หรืออาจจะกล่าวได้ว่า แนวทิศเหนือจริงเป็นแนวจากตำแหน่งใดๆ บนพื้นโลกที่มุ่งไปสู่ขั้วโลกเหนือ ดังนั้น ทิศเหนือจริงจึงได้แก่ทิศทางของเส้นเมริเดียน หรือลองจิจูด นั่นเอง สัญลักษณ์ของทิศเหนือจริงเป็นรูปดาว

ทิศเหนือกริด (Grid north) เป็นแนวทิศเหนือตามเส้นกริดทางดิ่งของระบบเส้นกริดในแผนที่ เป็นที่ทราบแล้วว่าเส้นลองจิจูดมีลักษณะตีบเข้าหากันจนเป็นตำแหน่งเดียวกันที่ขั้วโลก ส่วนเส้นกริดที่นำมาใช้ในกิจการแผนที่ได้ถูกสร้างขึ้นในลักษณะที่ขนานซึ่งกันและกัน ดังนั้น เส้นกริดจะไม่ชี้ไปยังทิศเหนือจริง คือ เบี่ยงเบนออกจากแนวทิศเหนือจริงดังรูปที่ 7.2 สัญลักษณ์ของทิศเหนือกริดเป็นตัวอักษร GN หรือ Y




รูปที่ 7.2 การเบี่ยงเบนของทิศเหนือกริดจากทิศเหนือจริง

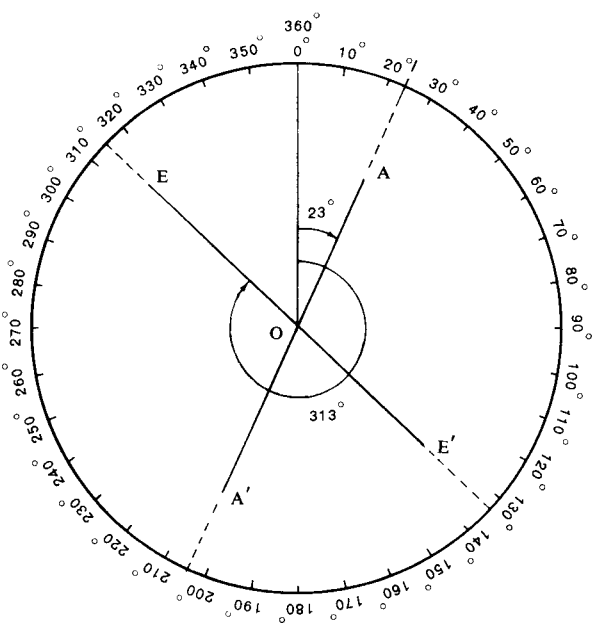
ทิศเหนือแม่เหล็ก (Magnetic north) ได้แก่ แนวที่เข็มของเข็มทิศชี้ไปในขณะที่เข็มทิศอยู่นิ่ง ปราศจากอิทธิพลของสิ่งแวดล้อม เข็มทิศแม่เหล็กจะชี้ไปในแนวทางที่เป็นขั้วเหนือของแม่เหล็กโลกตลอดเวลา ทิศทางนี้เรียกว่า ทิศเหนือแม่เหล็ก สัญลักษณ์ของทิศเหนือแม่เหล็กเป็นรูปศรครึ่งซีก




รูปที่ 7.3 สัญลักษณ์ของทิศทางหลัก

## อะซิมุท (Azimuth)

อะซิมุท เป็นวิธีการที่คิดขึ้นมาเพื่อใช้ในการบอกทิศทาง สำหรับคำจำกัดความของอะซิมุทนั้น คือ ขนาดของมุมทางราบ ซึ่งวัดตามเข็มนาฬิกาจากแนวทิศทางหลัก




รูปที่ 7.4 วงกลมอะซิมุท

จากรูปที่ 7.4 สมมุติว่าจุดที่จะทำการวัดทิศทาง หรือตำแหน่งของผู้สังเกตอยู่ ณ จุดศูนย์กลางของวงกลม ซึ่งวงกลมวงนี้ถูกแบ่งออกเป็น 360 หน่วยของการวัดมุม คือ องศา นั่นเอง โดยที่ตำแหน่ง 0° กำหนดให้เป็นทิศเหนือ ตำแหน่งที่ 90° 180° และ 270° เป็นทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตกตามลำดับ ทิศทางในวิธีการของอะซิมุทนี้แสดงด้วยขนาดของมุมที่วัดจากทิศเหนือหรือ 0° ตามเข็มนาฬิกามายังเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างตำแหน่งของผู้สังเกต (จุดศูนย์กลางของวงกลม) กับตำแหน่งที่ต้องการทราบทิศทาง

อะซิมุท จากจุดผู้สังเกตไปยังตำแหน่งที่ต้องการทราบทิศทาง เรียกว่า อะซิมุทหน้า (Forward azimuth) และทิศทางตรงกันข้ามกับอะซิมุทหน้า เรียกว่า อะซิมุทหลัง (Back azimuth)

พิจารณาจากรูปที่ 7.4 อะซิมุทหน้าของเส้นตรง OA เท่ากับ 23° และอะซิมุทของเส้นตรงเดียวกันนั้น วัดจาก A กลับมายัง O เท่ากับ 203° ซึ่งเป็นอะซิมุทหลังของเส้นตรง O–A

ในการพิจารณาค่าอะซิมุทหลังของเส้นตรงใด ๆ มีหลักในการพิจารณา ดังนี้

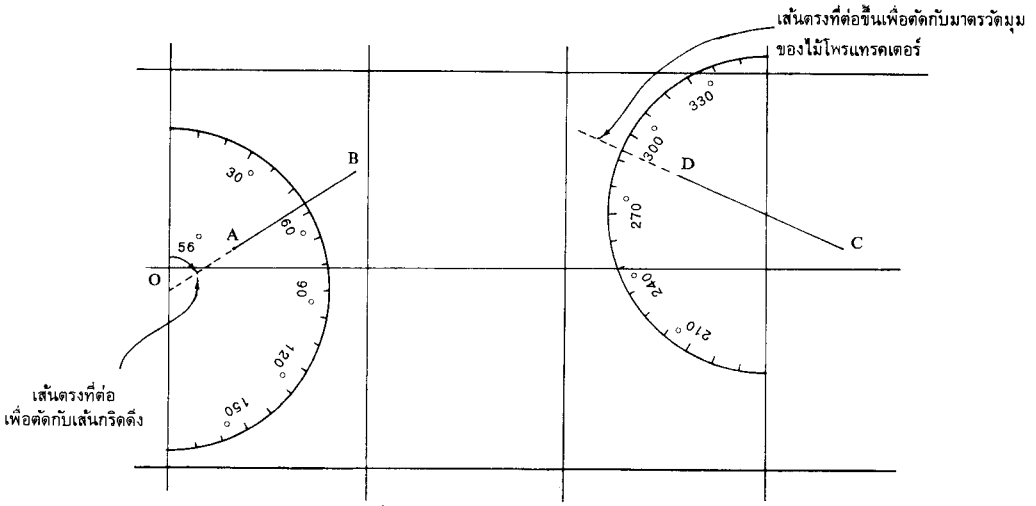
1. ถ้า อะซิมุทหน้า มีค่ามุมน้อยกว่า 180°
   อะซิมุทหลัง = อะซิมุทหน้า + 180°
2. ถ้า อะซิมุทหน้า มีค่ามุมมากกว่า 180°
   อะซิมุทหลัง = อะซิมุทหน้า − 180°

ดังรูปที่ 7.4 อะซิมุทหน้าของเส้นตรง O–E เท่ากับ 313° อะซิมุทหลัง O–E จะเท่ากับ 133° (313° − 180°)

## การวัดและการเขียน (plot) ค่ามุมอะซิมุทบนแผนที่

ในการวัดมุมอะซิมุทของเส้นตรงเส้นหนึ่งซึ่งแทนทิศทางบนแผนที่ บางครั้งอาจจะมีความจำเป็นที่ต้องต่อเส้นตรงเส้นนั้นไปตัดกับเส้นกริดดิ่งเพื่อความสะดวกในการวัด หลังจากนั้นใช้ไม้โพรแทรกเตอร์วัด โดยให้ตำแหน่งศูนย์ (0) หรือ จุดดัชนี (Index point) ทับกับจุดตัดของเส้นตรงเส้นนั้นกับกริดดิ่ง และปรับให้ขอบของไม้โพรแทรกเตอร์ทาบขนานกับเส้นกริดดิ่ง จากนั้นอ่านค่ามุมออกมาในรูปที่ 7.5 ต้องการทราบทิศจากตำแหน่ง A ไปยัง B สามารถทำได้โดยลากเส้นตรง BA ไปตัดกับเส้นกริดดิ่งที่ O และใช้ไม้โพรแทรกเตอร์วัดทิศ โดยให้จุดดัชนีทับกับจุด O ขอบไม้โพรแทรกเตอร์ทาบขนานกับเส้นกริดดิ่ง หลังจากนั้นอ่านค่ามุม ซึ่งมุมอะซิมุทจากตำแหน่ง A ไปยัง B เท่ากับ 56°

ถ้าทิศทางของเส้นตรงซึ่งจะถูกวัดนั้นอยู่ทางตะวันออกของเส้นกริดดิ่ง การอ่านค่ามุมอะซิมุทจะเริ่มอ่านจาก 0° − 180° แต่ถ้าทิศทางของเส้นตรงซึ่งจะถูกวัดนั้นอยู่ทางตะวันตกของเส้นกริดดิ่ง การอ่านค่ามุมอะซิมุทจะเริ่มอ่านจาก 180° − 360° ดังแสดงในรูปที่ 7.5



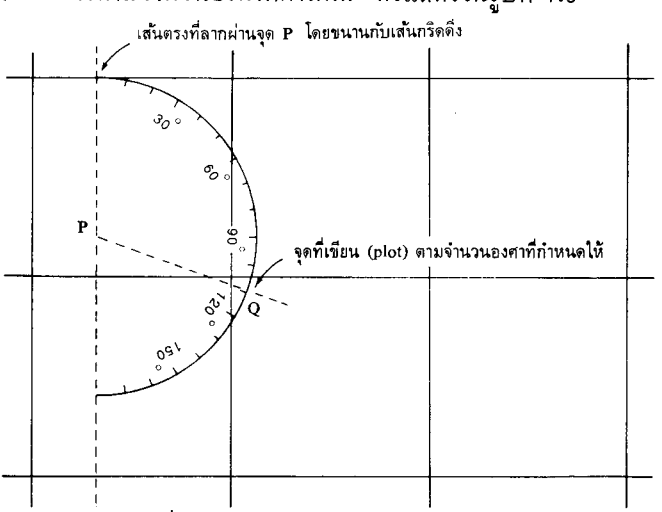

รูปที่ 7.5 การวัดมุมอะซิมุทจากแผนที่

สำหรับการเขียนค่ามุมอะซิมุทลงบนแผนที่ สามารถกระทำได้เป็นขั้นตอน ดังนี้

1. ลากเส้นดิ่งเส้นหนึ่งผ่านจุดซึ่งเป็นตำแหน่งของผู้สังเกต เส้นดิ่งนี้จะขนานกับเส้นกริดดิ่ง ซึ่งถือว่าเส้นดิ่งนี้เป็นเส้นอ้างอิงแทนเส้นกริดดิ่ง

2. วางไม้โพรแทรกเตอร์โดยให้ขอบทาบขนานกับเส้นดิ่ง และให้จุดดัชนีของไม้โพรแทรกเตอร์ทับกับจุดซึ่งเป็นตำแหน่งของผู้สังเกต

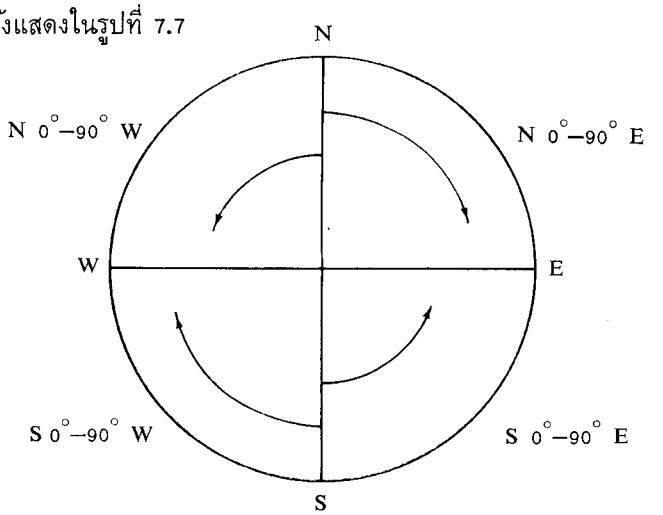
3. ทำขีดเครื่องหมายเล็ก ๆ บนแผนที่ตามจำนวนองศาที่กำหนดไว้จากมาตรบนไม้โพรแทรกเตอร์ หลังจากนั้นลากเส้นตรงเชื่อมต่อระหว่างจุดที่เป็นตำแหน่งของผู้สังเกตกับขีดเครื่องหมาย เส้นตรงดังกล่าวจะแทนทิศทางตามจำนวนองศาที่กำหนด ดังแสดงในรูปที่ 7.6




รูปที่ 7.6 การเขียนค่ามุมอะซิมุทลงบนแผนที่

## แบริง (Bearing)

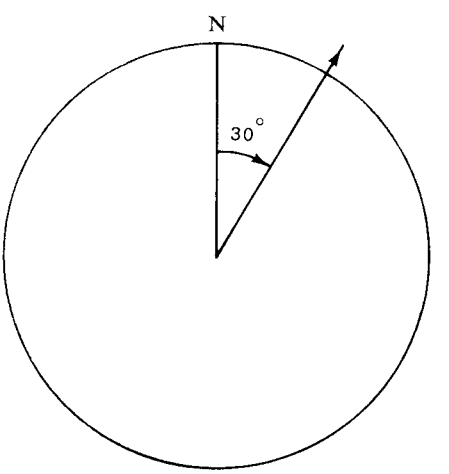
แบริงเป็นวิธีการบอกทิศทางอีกแบบหนึ่ง คำจำกัดความของแบริง คือ ขนาดของมุมทางราบที่อาจจะวัดตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกา จากแนวทิศเหนือหรือทิศใต้ แต่ขนาดของมุมจะต้องมีค่าไม่เกิน 90° ดังแสดงในรูปที่ 7.7




รูปที่ 7.7 แบริง

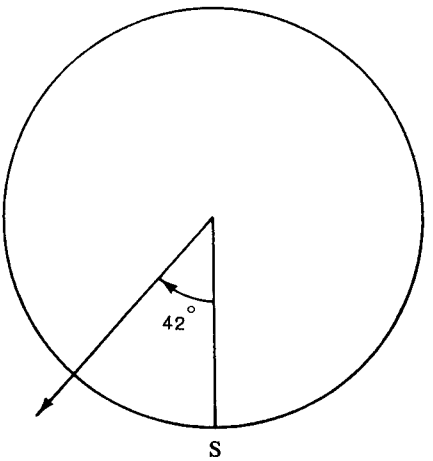
การบอกทิศทางแบบแบริง นอกจากจะบอกขนาดของมุมแล้ว ข้อมูลอื่น ๆ จำเป็นจะต้องบ่งบอกลงไปด้วย เช่น ขนาดของมุมนั้นวัดจากทิศเหนือหรือใต้ และวัดไปทางทิศใด ตะวันออกหรือตะวันตก ตัวอย่าง

แบริง N 30° E หมายความว่า ขนาดของมุม 30° วัดจากแนวทิศเหนือไปทางตะวันออก ดังแสดงในรูปที่ 7.8




รูปที่ 7.8 แบริง N 30° E

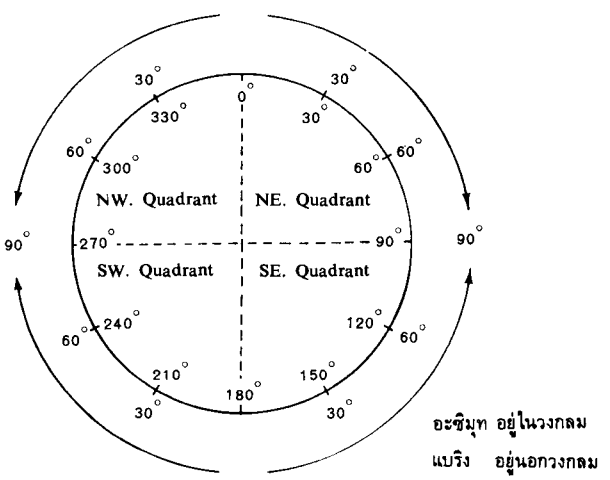
แบริง S 42° W หมายความว่า ขนาดของมุม 42° วัดจากแนวทิศใต้ไปทางตะวันตก ดังแสดงในรูปที่ 7.9




รูปที่ 7.9 แบริง S 42° W

## ความสัมพันธ์ระหว่างอะซิมุทและแบริง

ในการบ่งบอกทิศทางนั้นอาจจะบอกในรูปของอะซิมุทหรือแบริงก็ได้ แต่ในบางครั้งอาจมีความจำเป็นต้องเปลี่ยนรูปแบบของการบอกทิศทางจากรูปแบบหนึ่งไปสู่อีกรูปแบบหนึ่ง กล่าวคือ อาจต้องเปลี่ยน อะซิมุทเป็นแบริง หรือแบริงเป็นอะซิมุท ซึ่งสามารถกระทำได้โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างอะซิมุทและแบริง ดังแสดงในรูปที่ 7.10




รูปที่ 7.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอะซิมุทกับแบริง

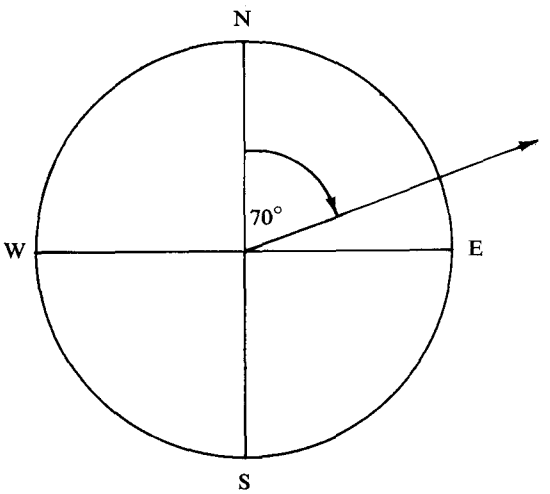
ในการเปลี่ยนการบอกทิศทางจากอะซิมุทเป็นแบริงนั้น มีสิ่งต้องพึงตระหนักอยู่ประการหนึ่ง คือ ทิศ จะต้องกำกับทิศลงไปกับขนาดของมุมด้วย ส่วนทิศจะเป็นทิศทางใดนั้นขึ้นอยู่กับว่า อะซิมุทอยู่ในส่วนใดของวงกลม (Quadrant)

ความสัมพันธ์ระหว่างอะซิมุทและแบริง สามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

1. ในส่วนทางตะวันออกเฉียงเหนือของวงกลม (Northeast quadrant) หรือ Quadrant I ในส่วนนี้

แบริง = อะซิมุท

อะซิมุท = แบริง พร้อมกับเพิ่มอักษรกำกับทิศ N และ E ดังแสดงในรูป 7.11



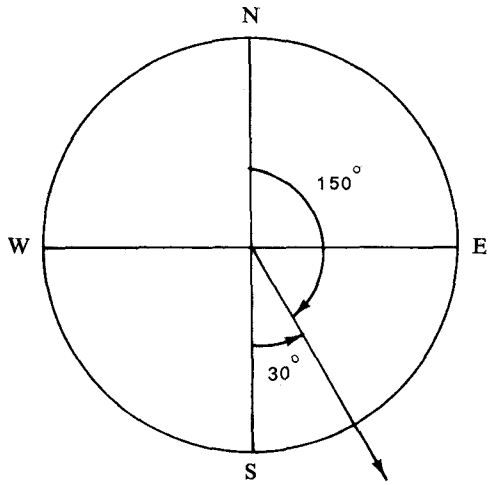

รูปที่ 7.11 แสดงส่วนทางตะวันออกเฉียงเหนือของวงกลม

แบริง N 70° E = อะซิมุท 70°

2. ในส่วนตะวันออกเฉียงใต้ของวงกลม (Southeast quadrant) หรือ Quadrant II ในส่วนนี้

อะซิมุท = 180° — แบริง

แบริง = 180° — อะซิมุท พร้อมกับเพิ่มอักษรกำกับทิศ S และ E ดังแสดงในรูป 7.12



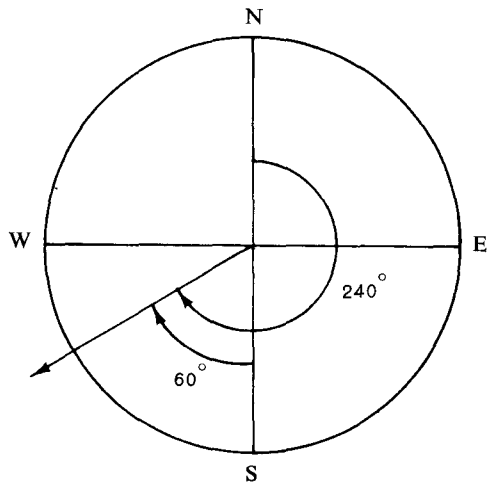

รูปที่ 7.12 แสดงส่วนทางตะวันออกเฉียงใต้ของวงกลม

แบริง S 30° E = อะซิมุท 150°

3. ในส่วนตะวันตกเฉียงใต้ของวงกลม (Southwest quadrant) หรือ Quadrant III ในส่วนนี้

อะซิมุท = 180° + แบริง

แบริง = อะซิมุท — 180° พร้อมกับเพิ่มอักษรกำกับทิศ S และ W ดังแสดงในรูป 7.13



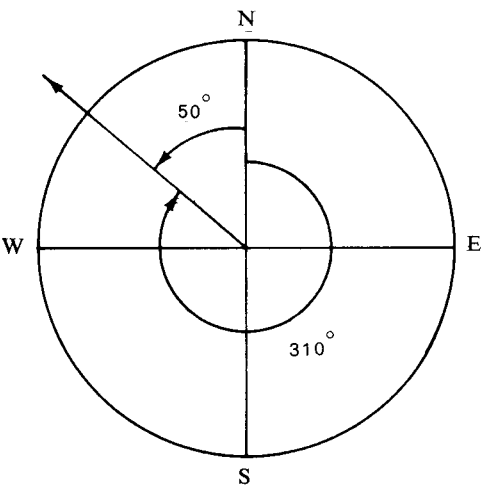

รูปที่ 7.13 แสดงส่วนตะวันตกเฉียงใต้ของวงกลม

แบริง S 60° W = อะซิมุท 240°

4. ในส่วนตะวันตกเฉียงเหนือของวงกลม (Northwest quadrant) หรือ Quadrant IV ในส่วนนี้

อะซิมุท = 360° — แบริง

แบริง = 360° — อะซิมุท พร้อมกับเพิ่มอักษรกำกับทิศ N และ W ดังแสดงในรูป 7.14




รูปที่ 7.14 แสดงส่วนตะวันตกเฉียงเหนือของวงกลม

แบริง N 50° W = อะซิมุท 310°

## ความเบี่ยงเบน (Declination)

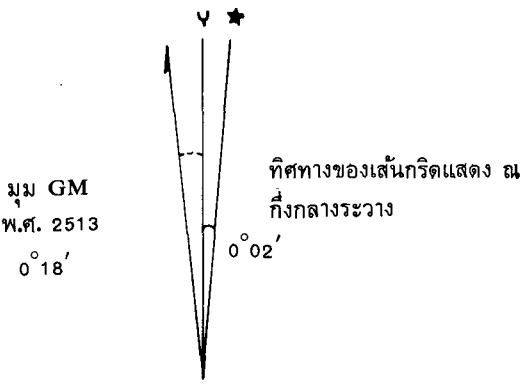
ความเบี่ยงเบน คือ ความแตกต่างเชิงมุมระหว่างทิศเหนือจริง กับทิศเหนือกริด หรือทิศเหนือแม่เหล็ก ดังนั้น ความเบี่ยงเบนจึงมี 2 ชนิด คือ ความเบี่ยงเบนกริด (grid declination) และความเบี่ยงเบนแม่เหล็ก (magnetic declination)

ความเบี่ยงเบนกริด เป็นค่ามุมที่ทิศเหนือกริดเบี่ยงเบนจากทิศเหนือจริง การแสดงค่ามุมนี้จะมีทิศกำกับด้วย เพื่อบ่งบอกว่าทิศเหนือกริดเบี่ยงเบนไปทางตะวันตกหรือตะวันออกของทิศเหนือจริง เช่น ความเบี่ยงเบนกริด 3° E หมายความว่า ทิศเหนือกริดเบี่ยงเบนจากทิศเหนือจริงไปทางตะวันออก 3°

ความเบี่ยงเบนแม่เหล็ก เป็นค่ามุมที่ทิศเหนือแม่เหล็กเบี่ยงเบนไปจากทิศเหนือจริง การแสดงค่ามุมนี้จะมีทิศกำกับด้วย เพื่อบ่งบอกว่าทิศเหนือแม่เหล็กเบี่ยงเบนไปทางตะวันตกหรือตะวันออกของทิศเหนือจริง เช่น ความเบี่ยงเบนแม่เหล็ก 1° W หมายความว่า ทิศเหนือแม่เหล็กเบี่ยงเบนจากทิศเหนือจริงไปทางตะวันตก 1°

เนื่องจากขั้วแม่เหล็กโลกไม่ได้อยู่กับที่แต่จะเคลื่อนที่อย่างช้า ๆ ในขณะที่ขั้วแม่เหล็กโลกเคลื่อนที่ ทิศเหนือแม่เหล็กก็จะเคลื่อนตามด้วย ดังนั้น ความเบี่ยงเบนแม่เหล็กจะมีค่าไม่คงที่แปรเปลี่ยนไปตามกาลเวลา

จากที่กล่าวมาแล้วทั้งในเรื่องทิศทางหลักและความเบี่ยงเบน จะเห็นว่าความเบี่ยงเบนกริดนั้นมีค่าไม่คงที่แปรผันไปตามตำแหน่งเช่นเดียวกับความเบี่ยงเบนแม่เหล็ก นอกจากแปรผันไปตามกาลเวลาแล้ว ยังแปรผันไปตามตำแหน่งอีกด้วย ด้วยเหตุนี้บนแผนที่แต่ละระวางจะมีแผนภาพแสดงความเบี่ยงเบน (Declination diagram) ดังแสดงในรูปที่ 7.15




รูปที่ 7.15 แผนภาพความเบี่ยงเบน

จากรูปที่ 7.15 เป็นแผนภาพแสดงความเบี่ยงเบน ณ จุดกึ่งกลางของแผนที่ที่มีชื่อระวางว่าอำเภอบ้านโฮ่งเท่านั้น

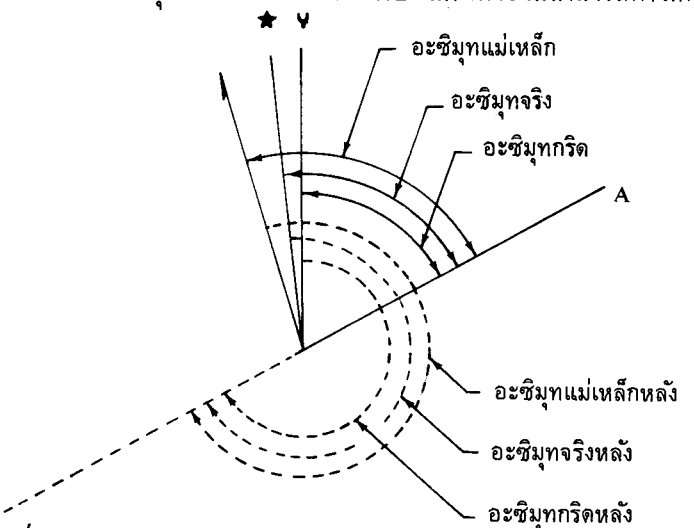
## มุม จี เอ็ม (The Grid Magnetic (GM) angle)

มุม จี เอ็ม เป็นมุมระหว่างทิศเหนือกริด และทิศเหนือแม่เหล็ก มุม จี เอ็ม นี้ นำไปใช้ในการแปลงค่าอะซิมุท ดังจะกล่าวอย่างละเอียดต่อไป

## การแปลงค่าอะซิมุท

การวัดค่ามุมอะซิมุทบนแผนที่ สามารถทำได้โดยใช้ไม้โพรแทรกเตอร์ ซึ่งได้กล่าวอย่างละเอียดแล้ว มุมใดๆ ที่วัดได้โดยมีเส้นกริดดึงเป็นทิศหลัก เรียกว่า มุมอะซิมุทกริด (Grid azimuth) หรืออาจกล่าวได้ว่าอะซิมุทกริดเป็นค่ามุมที่วัดโดยใช้ทิศเหนือ ๆ กริดเป็นทิศหลักดังแสดงในรูปที่ 7.16 ถ้าจะนำค่าอะซิมุทกริดนี้ไปใช้วัดทิศทางในภูมิประเทศ โดยใช้เข็มทิศไม่สามารถทำได้ทันที

การวัดทิศทางในภูมิประเทศตามปกติเราใช้เข็มทิศในการวัด ดังนั้น ค่ามุมอะซิมุทใดๆ ที่วัดได้โดยมีทิศเหนือแม่เหล็กเป็นทิศหลัก เรียกว่ามุมอะซิมุทแม่เหล็ก (Magnetic azimuth) หรืออาจกล่าวได้ว่า มุมอะซิมุทแม่เหล็กเป็นค่ามุมที่วัดโดยใช้ทิศเหนือแม่เหล็กเป็นทิศหลัก ดังแสดงในรูปที่ 7.16 ถ้าจะนำค่าอะซิมุทแม่เหล็กนี้ไปเขียนลงบนแผนที่จะไม่สามารถทำได้ทันทีเช่นเดียวกัน

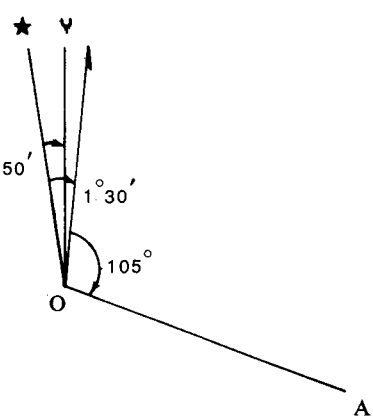



รูปที่ 7.16 อะซิมุทแม่เหล็ก อะซิมุทกริด และอะซิมุทจริง

ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องแปลงค่าอะซิมุท จากอะซิมุทกริดเป็นอะซิมุทแม่เหล็ก ในกรณีที่ต้องการใช้ค่ามุมอะซิมุทที่วัดได้จากแผนที่ไปวัดทิศทางในภูมิประเทศ หรือจะต้องแปลงค่าอะซิมุทจากอะซิมุทแม่เหล็กเป็นอะซิมุทกริด ในกรณีที่ต้องการใช้ค่ามุมอะซิมุทที่วัดได้ในภูมิประเทศไปเขียนบนแผนที่

ในการแปลงค่าอะซิมุทนั้น ต้องพิจารณาจากแผนภาพแสดงความเบี่ยงเบนซึ่งแสดงไว้ที่ขอบระวางและพิจารณาหาค่ามุม จี เอ็ม เพื่อนำไปใช้ในการแปลงค่าอะซิมุท ดังแสดงในตัวอย่าง

**ตัวอย่าง** จากแผนภาพแสดงความเบี่ยงเบนที่แสดงไว้ข้างล่างนี้ จงพิจารณาหาค่าอะซิมุทจริงและอะซิมุทกริดของเส้นตรง OA



จากแผนภาพ ทิศทางของเส้นตรง OA คือ อะซิมุทแม่เหล็กซึ่งมีค่าเท่ากับ 105° เป็นที่ทราบแล้วว่าอะซิมุทกริดเป็นมุมที่วัดตามเข็มนาฬิกาจากทิศเหนือกริด ดังนั้น จากแผนภาพ

อะซิมุทกริด = อะซิมุทแม่เหล็ก + (1° 30′—0° 50′)
= 105° + 40′
= 105° 40′

อะซิมุทกริดของเส้นตรง OA เท่ากับ 105° 40′

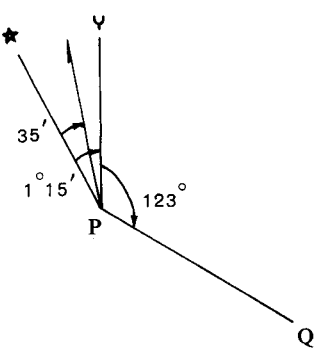
ส่วนอะซิมุทจริง เป็นมุมที่วัดตามเข็มนาฬิกาจากทิศเหนือจริง ดังนั้น จากแผนภาพ

อะซิมุทจริง = อะซิมุทแม่เหล็ก + 1° 30′
= 105° + 1° 30′
= 106° 30′

อะซิมุทจริงของเส้นตรง OA เท่ากับ 106° 30′

**ตัวอย่าง** กำหนดให้ส่วนเบี่ยงเบนแม่เหล็กเท่ากับ 35′ E ส่วนเบี่ยงเบนกริดเท่ากับ 1° 15′ E จงหาอะซิมุทจริง มุม จี เอ็มและอะซิมุทแม่เหล็กของเส้นตรงเส้นหนึ่งซึ่งอะซิมุทกริดเท่ากับ 123°

**วิธีทำ :** วาดแผนภาพตามโจทย์กำหนด




อะซิมุทจริง = อะซิมุทกริด + 1° 15′
= 123° + 1° 15′
= 124° 15′
มุม จี เอ็ม = 1° 15′—0° 35′
= 0° 40′
อะซิมุทแม่เหล็ก = 123° มุม จี เอ็ม
= 123°+0° 40′
= 123° 40′

# บทที่ 8
# การใช้แผนที่ในภูมิประเทศ

การใช้แผนที่ในภูมิประเทศ ไม่ว่าจะใช้เพื่อวัตถุประสงค์ใดก็ตาม สิ่งที่พึงกระทำเป็นอันดับแรก คือ การจัดแผนที่ให้ถูกทิศทาง (orientation)

อย่างไรจึงเรียกว่า จัดแผนที่ถูกทิศทางแล้ว แผนที่จะอยู่ในทิศทางที่ถูกต้องเมื่อทิศเหนือของแผนที่ชี้ไปยังทิศเหนือในภูมิประเทศ แนวที่เป็นเส้นตรงทั้งหลายในแผนที่ ไม่ว่าจะเป็นแนวถนน ทางรถไฟหรือสิ่งปลูกสร้างอื่น ๆ เช่น อาคาร บ้านเรือน จะต้องขนานหรือสัมพันธ์กับรายละเอียดเหล่านั้นที่ปรากฏในภูมิประเทศ

**การจัดแผนที่ให้ถูกทิศทาง** มีหลายวิธีดังนี้

1. การจัดแผนที่โดยการพิจารณาเปรียบเทียบกับลักษณะภูมิประเทศ ประการแรกต้องมองสภาพภูมิประเทศรอบ ๆ ตัวเสียก่อน สังเกตและจดจำรายละเอียดที่เด่น ๆ ไว้ จากนั้นมาพิจารณาแผนที่ หมุนแผนที่ไปมา จนกระทั่งรายละเอียดบนแผนที่สัมพันธ์กับรายละเอียดในภูมิประเทศ เช่น แนวถนนบนแผนที่จะต้องขนานกับถนนในภูมิประเทศ เป็นต้น ดังนี้แล้วถือว่าแผนที่ได้วางอย่างถูกทิศทางแล้ว

2. การจัดแผนที่ให้ถูกทิศโดยใช้เข็มทิศ เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากในกรณีที่มีเข็มทิศติดตัว วางแผนที่บนพื้นราบ นำเข็มทิศมาวางบนแผนที่ใกล้กับแผนภาพแสดงส่วนเบี่ยงเบน ซึ่งเข็มของเข็มทิศจะชี้ในแนวทิศเหนือแม่เหล็ก จากนั้นหมุนแผนที่ในแนวราบโดยอย่าให้กระทบกระเทือนเข็มทิศมากนัก หมุนแผนที่ไปจนกระทั่งแนวทิศเหนือแม่เหล็กที่ปรากฏบนแผนที่ขนานกับเข็มของเข็มทิศ ซึ่งก็แสดงว่าแผนที่ได้วางอยู่ในทิศทางที่ถูกต้องแล้ว

นอกจากนี้แล้ว การจัดแผนที่ให้ถูกทิศทาง อาจจะพิจารณาจากทิศเหนือจริง ดังนั้น หน้าที่ของผู้ใช้แผนที่ในภูมิประเทศจริงอีกประการหนึ่ง คือ หาแนวทิศเหนือจริง

## การหาทิศเหนือจริง

การหาแนวทิศเหนือจริง มีหลายวิธีพอสรุปได้[1] ดังนี้

1. การพิจารณาหาแนวทิศเหนือจริงโดยใช้ "เงา" การหาแนวทิศเหนือด้วย "เงา" นี้เป็นวิธีการที่ทำได้โดยง่าย แต่ผลที่ได้มีความถูกต้องแน่นอน วิธีการในการหาแนวทิศเหนือจริงสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

---

[1] Dept. of the Army, **Map Reading** (Washington D.C.: Government Printing Office), p. 63-67.

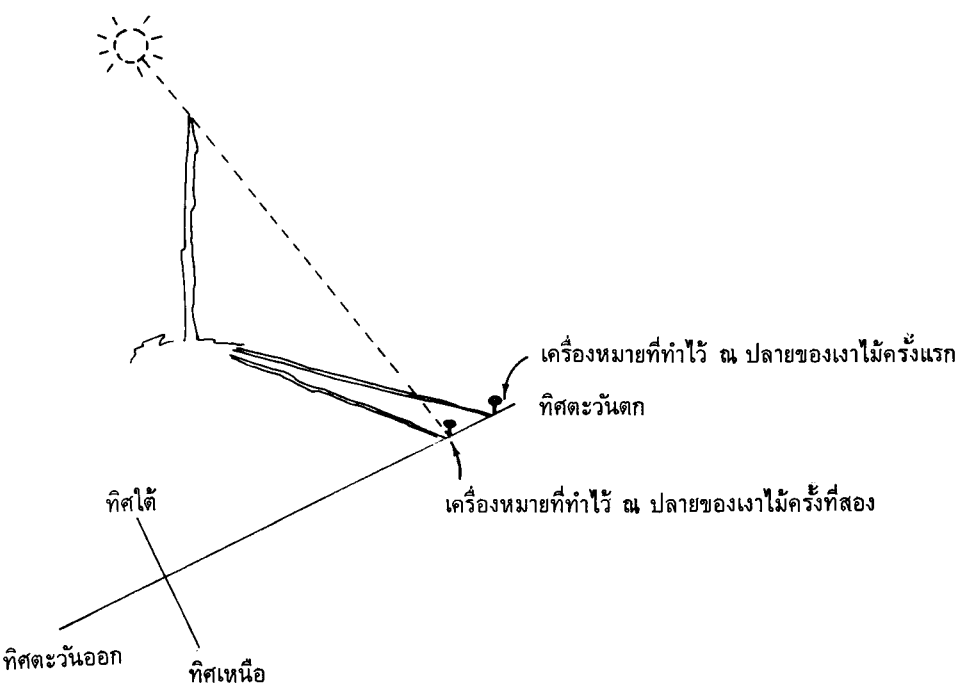
ขั้นแรก หากิ่งไม้เล็ก ๆ มาอันหนึ่ง นำมาปักลงบนพื้นดินที่ค่อนข้างราบและอยู่ในบริเวณที่โล่งไม่มีสิ่งบดบังแสงอาทิตย์ คอยสังเกตเงาของกิ่งไม้เล็ก ๆ อันนี้ แล้วทำเครื่องหมายไว้บนพื้นดิน ณ ที่ปลายของเงาของกิ่งไม้นั้น

ขั้นที่สอง รอสักครู่เพื่อให้ดวงอาทิตย์โคจรห่างจากตำแหน่งเดิม อันจะทำให้ปรากฏเงาของไม้ขึ้น ณ ตำแหน่งใหม่ หลังจากนั้นทำเครื่องหมายไว้บนพื้นดิน ณ ที่ปลายของเงาของกิ่งไม้อันเป็นตำแหน่งใหม่

ขั้นที่สาม ลากเส้นตรงเส้นหนึ่งให้ผ่านเครื่องหมายที่ได้ทำไว้ในขั้นแรกและขั้นที่สอง เส้นตรงเส้นนี้จะแทนแนวทิศตะวันออก–ตะวันตกโดยประมาณ

ถ้าท่านไม่แน่ใจว่าปลายของเส้นตรงด้านไหนจะเป็นทิศตะวันออกหรือด้านไหนจะเป็นทิศตะวันตก ให้พิจารณาหลักง่ายๆ ดังนี้ เนื่องจากดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกและตกทางทิศตะวันตก ส่วนเงาของวัตถุบนพื้นดินจะปรากฏในทิศตรงกันข้าม ดังนั้น ปลายของเงาไม้ ณ ตำแหน่งแรกจะเป็นแนวทิศตะวันตก และปลายของเงาไม้ตำแหน่งที่สองจะเป็นแนวทิศตะวันออกเสมอไม่ว่าจะเป็นที่ใดบนพื้นโลก

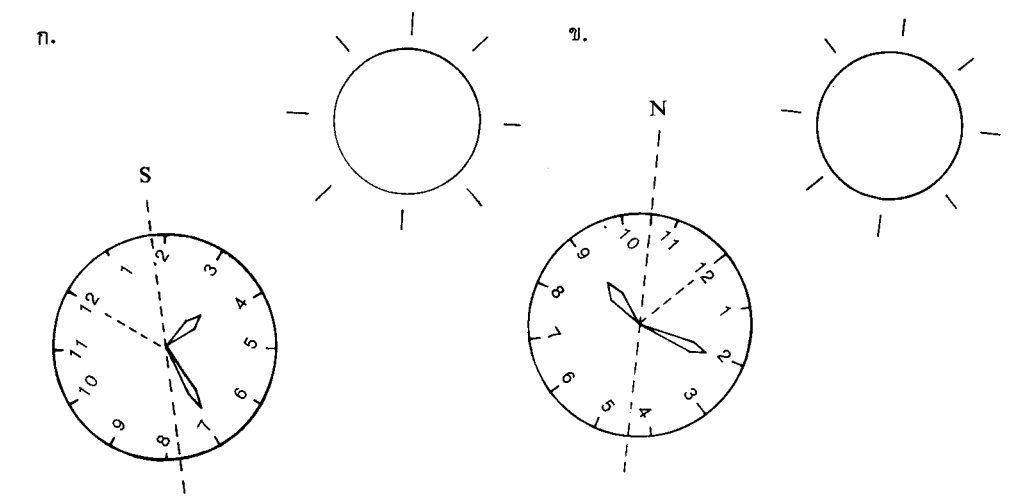
จากนั้นลากเส้นตรงอีกเส้นหนึ่งตัดกับเส้นที่แทนแนวทิศตะวันออก–ตะวันตกเป็นมุมฉาก เส้นตรงเส้นนี้จะเป็นเส้นแทนแนวทิศเหนือ–ใต้ โดยประมาณ ดังแสดงในรูปที่ 8.1




รูปที่ 8.1 การหาทิศเหนือจริงโดยใช้เงา

2. การพิจารณาแนวทิศเหนือจริงโดยใช้นาฬิกา วิธีการนี้เป็นการนำนาฬิกาแบบธรรมดามาใช้ในการหาแนวทิศเหนือจริงได้โดยประมาณ โดยเฉพาะในบริเวณละติจูดกลางของทั้งซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้ แต่ในบริเวณละติจูดต่ำ ๆ การใช้วิธีนี้ในการหาแนวทิศเหนือจริงอาจมีข้อผิดพลาด

การหาแนวทิศเหนือจริงโดยใช้นาฬิกาในบริเวณละติจูดกลางของซีกโลกเหนือ นำนาฬิกามาเรือนหนึ่ง หมุนนาฬิกาไปมาให้เข็มชั่วโมงชี้ไปยังดวงอาทิตย์ เส้นตรงที่แบ่งครึ่งมุมระหว่างเข็มชั่วโมงกับทิศทางของเลข 12 จะชี้ไปยังแนวทิศใต้ ดังแสดงในรูปที่ 8.2 ก




บริเวณละติจูดกลางของซีกโลกภาคเหนือ บริเวณละติจูดกลางของซีกโลกภาคใต้

รูปที่ 8.2 การหาทิศเหนือจริงโดยใช้นาฬิกา

การหาแนวทิศเหนือจริงโดยใช้นาฬิกาในบริเวณละติจูดกลางของซีกโลกใต้ วิธีการคล้ายคลึงกับวิธีแรกแต่มีส่วนที่แตกต่างกัน คือ แทนที่จะใช้เข็มชั่วโมงชี้ไปยังดวงอาทิตย์ กลับใช้เลข 12 ชี้ไปยังดวงอาทิตย์ เส้นตรงที่แบ่งครึ่งมุมระหว่างเลข 12 กับเข็มชั่วโมง จะชี้ไปยังแนวทิศเหนือ ดังแสดงในรูปที่ 8.2 ข

3. การหาแนวทิศเหนือจริง โดยการพิจารณาการขึ้นและตกของดวงอาทิตย์หรือดวงดาวที่สุกสว่าง การหาแนวทิศเหนือจริงด้วยวิธีนี้เป็นการวัดมุมอะซิมุทแม่เหล็กของดวงอาทิตย์ หรือดวงดาวที่สุกสว่างใด ๆ ที่ขึ้นและตกในวันเดียวกัน แล้วนำผลที่ได้มาคำนวณตามขั้นตอนดังนี้

ก. รวมค่ามุมอะซิมุทแม่เหล็กของดวงอาทิตย์ที่วัดขณะที่ดวงอาทิตย์กำลังขึ้นและตก

ข. ลบผลรวมของมุมอะซิมุทแม่เหล็กในข้อ ก. ด้วย 360°

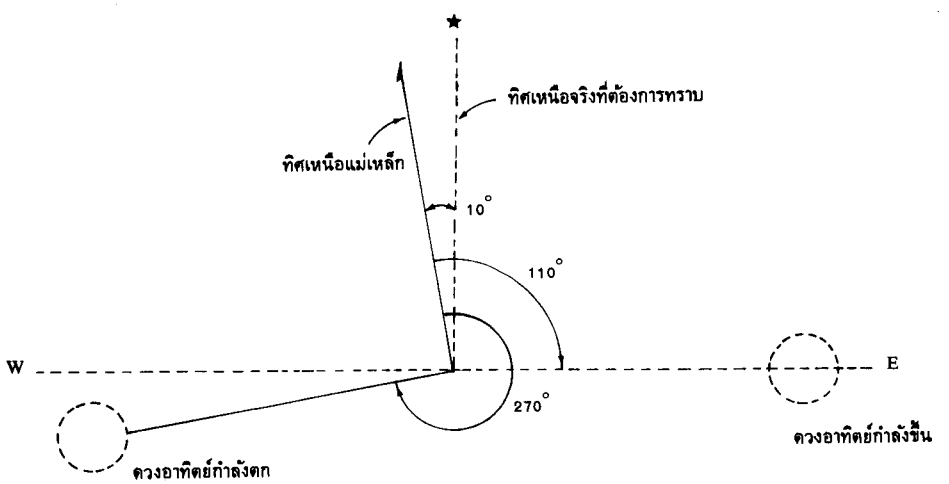
ค. หารผลต่างจากข้อ ข. ด้วย 2 ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นค่าส่วนเบี่ยงเบนแม่เหล็ก

ง. ค่าส่วนเบี่ยงเบนแม่เหล็กจะเป็นตะวันออก หรือตะวันตกขึ้นอยู่กับเกณฑ์ต่อไปนี้

— ถ้าผลรวมมุมอะซิมุทแม่เหล็กน้อยกว่า 360° ค่าส่วนเบี่ยงเบนแม่เหล็กจะเป็นตะวันออก

— ถ้าผลรวมมุมอะซิมุทแม่เหล็กมากกว่า 360° ค่าส่วนเบี่ยงเบนแม่เหล็กจะเป็นตะวันตก

จ. เมื่อทราบค่าส่วนเบี่ยงเบนแม่เหล็กพร้อมทิศทางแล้ว แนวทิศเหนือจริงก็สามารถหาได้ โปรดพิจารณารูปที่ 8.3




รูปที่ 8.3 การหาทิศเหนือจริงโดยพิจารณาการขึ้นและตกของดวงอาทิตย์

จากรูปที่ 8.3 เป็นการวัดค่ามุมอะซิมุทของดวงอาทิตย์ขณะกำลังขึ้นและตก ซึ่งได้ค่าเท่ากับ 110° และ 270° องศา ตามลำดับ

ก. ผลรวมค่ามุมอะซิมุทแม่เหล็ก = 110° + 270° = 380°

ข. ลบผลรวมอะซิมุทแม่เหล็กด้วย 360° = 380° — 360° = 20°

ค. หารผลต่างในข้อ ข. ด้วย 2 = 20° ÷ 2 = 10°

ง. ส่วนเบี่ยงเบนแม่เหล็ก = 10° W

ดังนั้น แนวทิศเหนือจริงอยู่ทางตะวันออกของทิศเหนือแม่เหล็ก 10°

## การกำหนดตำแหน่งของตัวผู้ใช้แผนที่ลงในแผนที่

การนำแผนที่ไปใช้ในภูมิประเทศ ผู้ใช้แผนที่จะต้องทราบตำแหน่งของตนเองว่าอยู่ ณ ที่ใดในแผนที่เสมอ การกำหนดตำแหน่งดังกล่าวสามารถทำได้ด้วยวิธีการที่เรียกว่า การสกัดกลับ (Resection)[2]

[2] Ibid. p. 60.

การสกัดกลับเป็นวิธีการกำหนดตำแหน่งของผู้ใช้แผนที่ลงในแผนที่ โดยต้องมีที่หมายเด่น ๆ ของภูมิประเทศที่ทราบตำแหน่งในแผนที่แล้วอย่างน้อย 2 แห่งหรือมากกว่า การสกัดกลับมีหลายวิธี ดังนี้

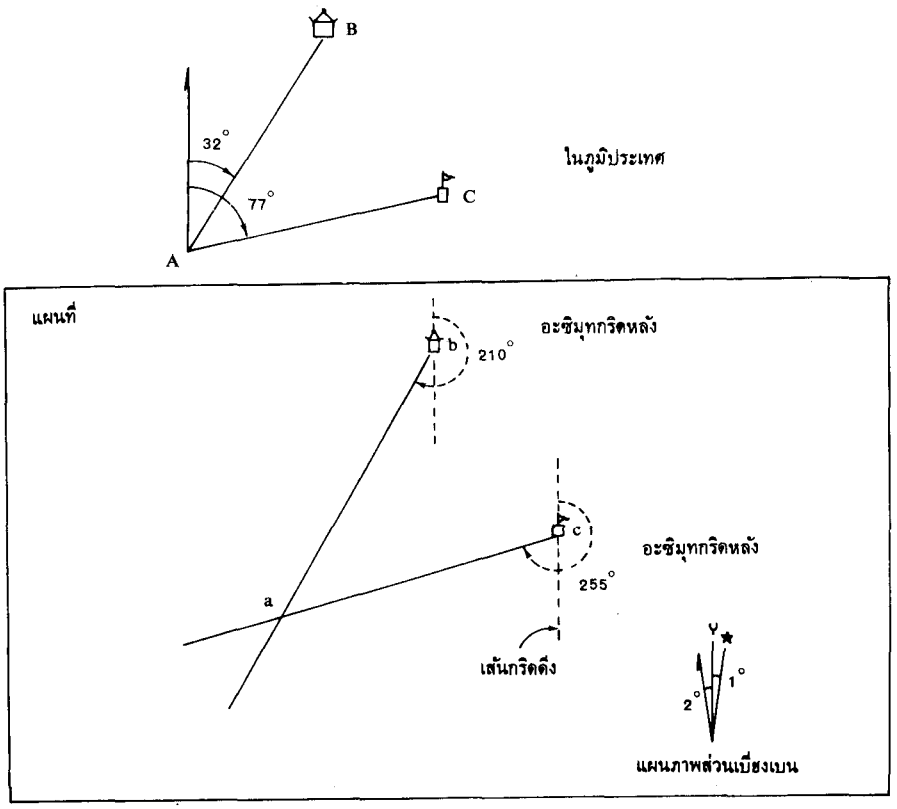
1. การสกัดกลับโดยใช้เข็มทิศและไม้โพรแทรกเตอร์ มีวิธีปฏิบัติดังนี้

ก. เลือกภูมิประเทศเด่น ๆ 2 แห่งที่เห็นได้ชัดเจนและสามารถกำหนดตำแหน่งของภูมิประเทศดังกล่าวในแผนที่ จากรูปที่ 8.4 สมมุติให้ตำบล B และ C อยู่ในประเทศ ซึ่งปรากฏในแผนที่ที่ b และ c ตามลำดับ ตำบลทั้งสองนี้ควรมีง่ามมุมระหว่าง 30—150 องศา จากตำบลผู้ใช้แผนที่

ข. ใช้เข็มทิศวัดมุมอะซิมุทของตำบล B และ C แล้วจดบันทึกไว้ แปลงค่ามุมอะซิมุทดังกล่าวเป็นอะซิมุทกริด

ค. ใช้ไม้โพรแทรกเตอร์วัดค่ามุมอะซิมุทกริดหลัง (grid back azimuth) ณ ตำบล b และ c

ง. ลากแขนของมุมมาตัดกัน จุดที่แขนของมุมมาตัดกัน คือตำแหน่งของผู้ใช้แผนที่




รูปที่ 8.4 การสกัดกลับโดยใช้เข็มทิศและไม้โพรแทรกเตอร์

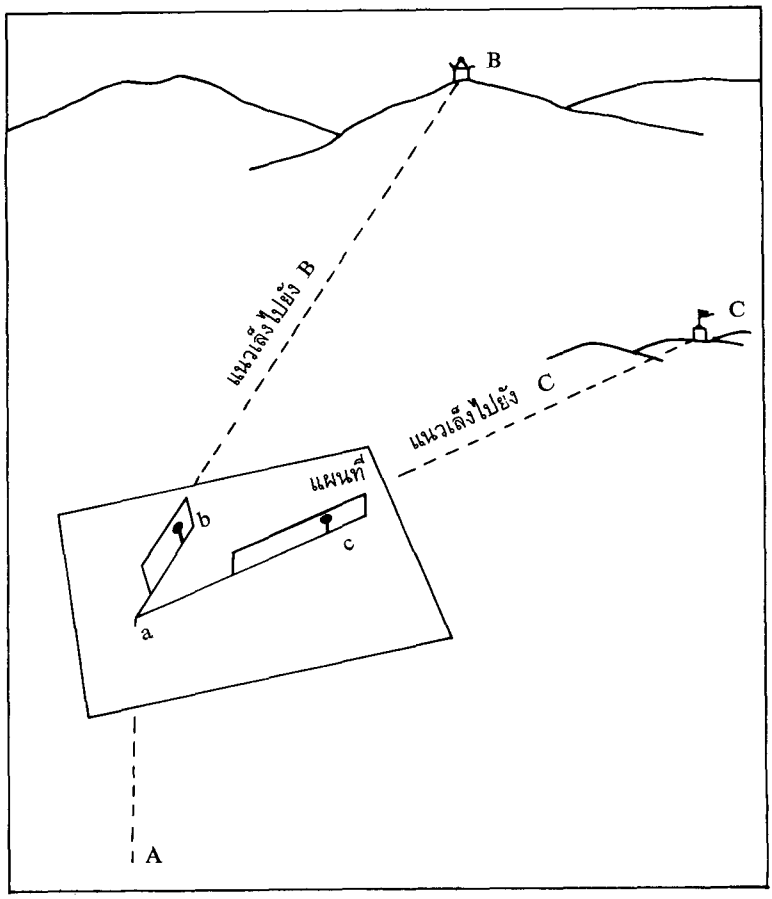
2. การสกัดกลับโดยแสดงด้วยเส้น มีวิธีการปฏิบัติดังนี้

ก. นำแผนที่มาวางบนโต๊ะสนามและจัดให้ถูกทิศทางด้วยวิธีการที่กล่าวมาแล้วในตอนต้น พิจารณาภูมิประเทศรอบๆตัวเพื่อหาภูมิประเทศเด่นๆ ซึ่งสามารถมองเห็นได้ชัดเจนอย่างน้อย 2 แห่ง จากรูปที่ 8.5 สมมุติให้ตำบล B และ C อยู่ในภูมิประเทศซึ่งปรากฏในแผนที่ที่ b และ c ตามลำดับ ตำบลทั้งสองควรมีง่ามมุมไม่เกิน 90 องศา จากตำบลผู้ใช้แผนที่

ข. ณ ตำบล b ปักเข็มหมุดลงไป นำไม้บรรทัดมาวางบนแผนที่โดยให้สันไม้บรรทัดตั้งในแนวดิ่งและทาบติดกับเข็มหมุด เลื่อนไม้บรรทัดไปมา จนกระทั่งแนวของสันไม้บรรทัดเป็นเส้นตรงเดียวกับแนวสายตาจาก b ไปยัง B จากนั้นลากเส้นตรงตามแนวของสันไม้บรรทัด

ค. ณ ตำบล c ปฏิบัติตามขั้นตอนเช่นเดียวกับ ข้อ ข.

ง. ในที่สุดจะได้แนวเส้นตรง 2 เส้นมาตัดกัน จุดตัดของเส้นดังกล่าวคือตำแหน่งของผู้ใช้แผนที่ ดังแสดงในรูปที่ 8.5




รูปที่ 8.5 การสกัดกลับโดยแสดงด้วยเส้น

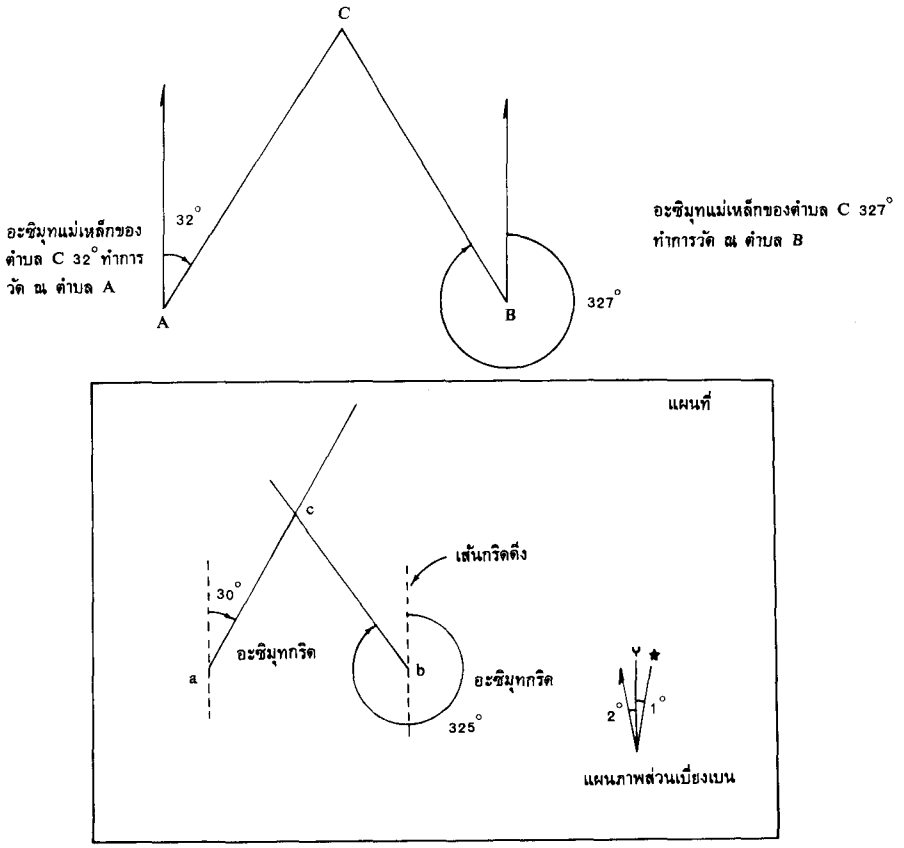
## การกำหนดตำแหน่งของที่หมายในภูมิประเทศลงในแผนที่

การนำแผนที่ไปใช้ในภูมิประเทศ อาจมีความจำเป็นต้องทราบตำแหน่งของสิ่งที่ปรากฏในภูมิประเทศว่าอยู่ ณ ที่ใดในแผนที่ การกำหนดตำแหน่งของที่หมายใด ๆ ในภูมิประเทศลงในแผนที่สามารถทำได้ด้วยวิธีการที่เรียกว่าการสกัดตรง (Intersection)[3]

การสกัดตรงเป็นวิธีการกำหนดตำแหน่งของที่หมายใด ๆ ในภูมิประเทศลงในแผนที่ โดยต้องมีตำบลที่ทราบตำแหน่งแล้วอย่างน้อย 2 แห่ง การสกัดตรงมีหลายวิธีดังนี้

1. การสกัดตรงโดยใช้เข็มทิศและไม้โพรแทรกเตอร์ มีวิธีปฏิบัติดังนี้

ก. เลือกตำบลในภูมิประเทศ 2 แห่ง และควรเป็นตำบลที่มีระยะทางไม่ห่างกันมาก นอกจากนี้ต้องสามารถกำหนดตำแหน่งของตำบลดังกล่าวในแผนที่ได้ จากรูปที่ 8.6 สมมุติให้ A และ B เป็นตำบลในภูมิประเทศ ซึ่งปรากฏในแผนที่ที่ a และ b ตามลำดับ




รูปที่ 8.6 การสกัดตรงโดยใช้เข็มทิศและไม้โพรแทรกเตอร์

[3] Ibid. p. 62-63.

ข. ณ ตำบล A และ B ใช้เข็มทิศวัดค่ามุมอะซิมุทของตำบล C ซึ่งต้องการทราบตำแหน่งในแผนที่ แล้วจดบันทึกไว้

ค. แปลงค่ามุมอะซิมุทในข้อ ข. เป็นค่าอะซิมุทกริด

ง. นำค่ามุมที่แปลงแล้วมาเขียนลงบนแผนที่ ณ ตำบล a และ b ตามลำดับ หลังจากนั้นลากแขนของมุมมาตัดกัน จุดที่แขนของมุมตัดกัน คือตำแหน่งของตำบล c ดังแสดงในรูปที่ 8.6

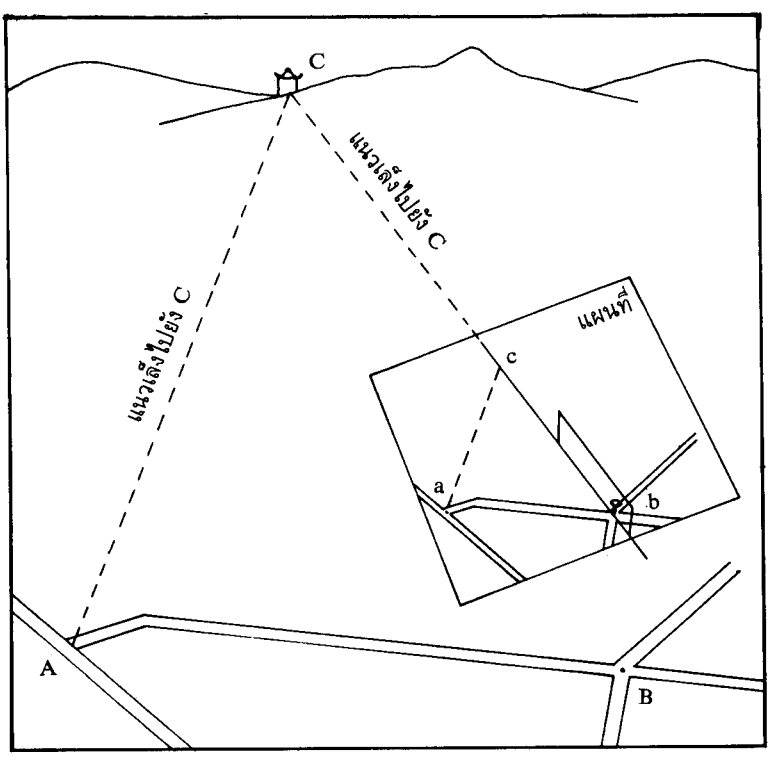
2. การสกัดตรงโดยแสดงด้วยเส้น

ก. พิจารณาเลือกตำบล 2 แห่งที่สามารถกำหนดตำแหน่งลงในแผนที่ได้ จากรูปที่ 8.7 สมมุติให้ A และ B เป็นตำบลในภูมิประเทศ ซึ่งปรากฏในแผนที่ที่ a และ b ตามลำดับ

ข. ณ ตำบล A นำแผนที่มาวางบนโต๊ะสนาม และจัดแผนที่ให้ถูกทิศทางด้วยวิธีการที่กล่าวมาแล้วในตอนต้น หลังจากนั้นใช้เข็มหมุดปักลงที่ตำบล a นำไม้บรรทัดมาวางโดยให้สันไม้บรรทัดตั้งในแนวดิ่งและทาบติดกับเข็มหมุด เลื่อนไม้บรรทัดไปมา จนกระทั่งแนวของสันไม้บรรทัดเป็นเส้นตรงเดียวกับแนวสายตาจาก a ไปยัง C จากนั้นลากเส้นตรงตามแนวของสันไม้บรรทัด

ค. ณ ตำบล B ปฏิบัติตามขั้นตอนเช่นเดียวกับข้อ ข.

ง. ในที่สุดจะได้แนวเส้นตรง 2 เส้นมาตัดกัน จุดตัดของเส้นดังกล่าวคือตำแหน่งของตำบล c ดังแสดงในรูปที่ 8.7




รูปที่ 8.7 การสกัดตรงโดยแสดงด้วยเส้น

# ภาคสอง

# รูปถ่ายทางอากาศ

# บทนำ

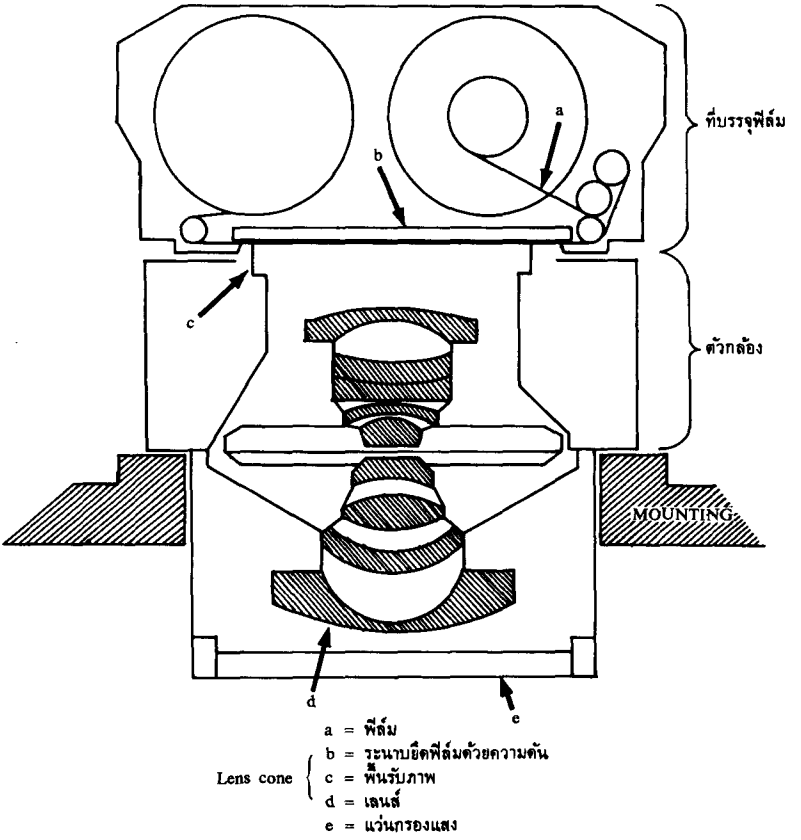
ในภาคของรูปถ่ายทางอากาศ ผู้เขียนได้จำแนกรายละเอียดของเนื้อหาวิชาออกเป็น 5 บท บทแรกเป็นบทที่ว่าด้วยความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับรูปถ่ายทางอากาศ และสี่บทหลังจะกล่าวถึงวิธีการนำเอาข้อมูลจากรูปถ่ายทางอากาศมาใช้ประโยชน์

อาจกล่าวได้ว่ารูปถ่ายทางอากาศบรรจุข้อมูลไว้มากมาย ทั้งข้อมูลเชิงคุณภาพและข้อมูลเชิงปริมาณ ในบทที่ 10, 11 และ 13 จะเสนอรายละเอียดของวิธีการนำข้อมูลเชิงคุณภาพมาใช้ประโยชน์ อันได้แก่ การหาแนวทิศเหนือบนรูปถ่ายทางอากาศ การมองภาพทรวดทรงจากรูปถ่ายทางอากาศคู่ และการตีความจากรูปถ่ายทางอากาศ ส่วนในบทที่ 12 เป็นบทที่เสนอวิธีการนำข้อมูลเชิงปริมาณจากรูปถ่ายทางอากาศมาใช้ประโยชน์ เช่น การคำนวณหาความสูงของวัตถุใด ๆ จากรูปถ่ายทางอากาศ เป็นต้น

# บทที่ 9
# ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับรูปถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายทางอากาศ หมายถึง รูปถ่ายของภาพภูมิประเทศที่ได้จากการถ่ายรูปทางอากาศ ด้วยวิธีนำกล้องถ่ายรูปติดกับอากาศยานบินไปเหนือภูมิประเทศบริเวณที่จะทำการถ่ายรูป แล้วเปิดหน้ากล้องถ่ายรูปโดยปล่อยให้แสงสะท้อนจากสิ่งต่างๆที่ปรากฏอยู่บนภูมิประเทศเบื้องล่างเข้าสู่เลนซ์กล้องถ่ายรูปไปจนถึงแผ่นฟิล์ม จุด ณ ที่เปิดหน้ากล้องต้องเป็นไปตามตำแหน่ง ทิศทางและความสูงของการบินที่ได้วางแผนไว้ก่อนแล้ว หลังจากนั้นนำฟิล์มไปดำเนินกรรมวิธีล้าง (develop) และอัด (printing) ในที่สุดจะได้รูปถ่ายซึ่งมีภาพของรายละเอียดที่อยู่บนพื้นภูมิประเทศในบริเวณที่ทำการถ่ายรูปนั้นปรากฏอยู่

ต่อไปจะกล่าวถึงปัจจัยและกระบวนการที่สำคัญของการถ่ายรูปทางอากาศพอสังเขป ดังนี้




รูปที่ 9.1 ภาพตัดขวางของกล้องถ่ายรูปทางอากาศ

## กล้องถ่ายรูปทางอากาศ

โดยหลักการแล้วกล้องถ่ายรูปทางอากาศเหมือนกับกล้องถ่ายรูปอื่นๆ ทั่วไป กล่าวคือ เป็นกล้องที่มีเลนส์อยู่ปลายด้านหนึ่ง ส่วนปลายด้านตรงกันข้ามมีฟิล์มยึดติดอยู่ แสงสามารถผ่านเข้ากล้องได้โดยผ่านเลนส์เพียงทางเดียว และผ่านเข้าภายในช่วงเวลาที่จำกัดซึ่งสามารถควบคุมได้

ตัวกล้องถ่ายรูปทางอากาศจะทำด้วยโลหะที่แข็งแรง มีน้ำหนักเบา ตัวกล้องประกอบด้วยเลนส์ (d) พื้นรับภาพ (c) รูรับแสง และชัตเตอร์ ซึ่งยึดติดเป็นหน่วยเดียวกัน หน่วยนี้อาจเรียกว่า กรวยเลนส์ (Lens cone)

นอกจากนี้ตัวกล้องถ่ายรูปทางอากาศยังประกอบด้วยที่บรรจุฟิล์ม (film magazine) ซึ่งอาจจะแยกออกจากกรวยเลนส์ต่างหากเพื่อความสะดวกในการเปลี่ยนฟิล์ม ในขณะที่ทำการถ่ายรูปทางอากาศแผ่นฟิล์มจะราบติดกับแผ่นระนาบอันหนึ่ง (b) ด้วยความดัน

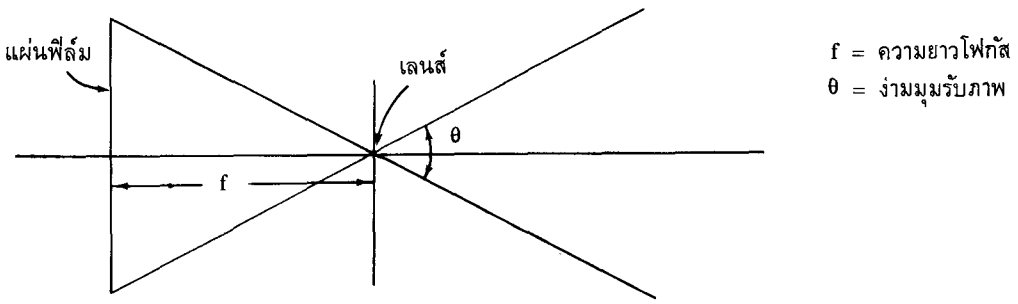
ส่วนประกอบที่สำคัญของกล้องถ่ายรูปทางอากาศ มีดังนี้

### เลนส์กล้องถ่ายรูป

เลนส์ถือว่าเป็นหัวใจของกล้องถ่ายรูปเพราะเลนส์ทำหน้าที่รวมแสง ปรับลำแสงที่สะท้อนจากวัตถุไปยังแผ่นฟิล์ม เลนส์ที่ดีต้องให้ภาพคมชัดทั่วบริเวณเนื้อที่ของภาพ และภาพของวัตถุต้องมีรูปทรงที่ถูกต้องเหมือนกับวัตถุเดิมที่ปรากฏบนพื้นดิน

### ความยาวโฟกัสของเลนส์

ความยาวโฟกัสของเลนส์ คือ ระยะจากเลนส์ถึงแผ่นฟิล์ม ดังแสดงในรูปที่ 9.2 กล้องถ่ายรูปทางอากาศที่ให้ภาพขนาด 23 × 23 เซนติเมตร อาจจะใช้เลนส์ที่มีความยาวโฟกัสที่แตกต่างกันได้ และเลนส์แต่ละอันจะให้ภาพคมชัดทั่วบริเวณเนื้อที่ภาพเช่นเดียวกัน




รูปที่ 9.2 ความยาวโฟกัสของเลนส์ และความสัมพันธ์ระหว่างความยาวโฟกัสกับง่ามมุมรับภาพ

ง่ามมุมที่แสงสามารถผ่านเข้าสู่เลนส์ ดังรูปที่ 9.2 เรียกว่า ง่ามมุมรับภาพ (Angle of view) ง่ามมุมรับภาพนี้จะเป็นปฏิภาคผกผันกับความยาวโฟกัสของเลนส์ กล่าวคือ ถ้าความยาวโฟกัสลดลง ขนาดของง่ามมุมรับภาพจะเพิ่มขึ้น หรือในทางตรงกันข้าม ถ้าขนาดง่ามมุมรับภาพลดลง ความยาวโฟกัสจะเพิ่มขึ้น

ถ้าความยาวโฟกัสของเลนส์เท่ากับ 300 มิลลิเมตร เราเรียกว่า เลนส์มุมปกติ (normal angle lens)

ถ้าความยาวโฟกัสของเลนส์เท่ากับ 150 มิลลิเมตร เรียกว่า เลนส์มุมกว้าง (wide angle lens)

และถ้าความยาวโฟกัสของเลนส์เท่ากับ 90 มิลลิเมตร เราเรียกว่า เลนส์มุมกว้างมาก (super wide angle lens)

## รูรับแสง

รูรับแสง เป็นรูหรือช่องตรงกลางที่เกิดจากการประกอบแผ่นโลหะเคลือบสีดำหลายแผ่นเข้าด้วยกัน รูหรือช่องนี้มีกลไกบังคับให้เปิดกว้างหรือแคบเพื่อควบคุมปริมาณแสงที่จะเข้าไปในกล้องได้ตามต้องการ

การแบ่งขนาดของรูรับแสง เรียกว่า เอฟสต๊อพ (f–stop) ซึ่งมักจะแบ่งเป็นตัวเลข ดังนี้ f/2.8 f/4 f/5.6 f/8 f/11 f/16 และ f/22 ตัวเลขเหล่านี้ใช้เป็นมาตรในการบ่งบอกขนาดของรูรับแสง กล่าวคือ ถ้าเอฟสต๊อพมีค่าน้อย รูรับแสงจะเปิดกว้าง แสงจะเข้าไปในกล้องได้มาก ถ้าเอฟสต๊อพมีค่ามาก รูรับแสงจะเปิดแคบ

## ชัตเตอร์

เป็นกลไกที่ควบคุมเวลาที่แสงผ่านรูรับแสงเข้าไปในกล้อง เวลานับตั้งแต่ชัตเตอร์เริ่มเปิด จนกระทั่งชัตเตอร์ปิด เรียกว่า ความเร็วการเปิดปิดชัตเตอร์ (Shutter speed) กำหนดอัตราความเร็วเป็นตัวเลขเศษส่วนของวินาที ตามปกติแล้วอัตราความเร็วของชัตเตอร์จะอยู่ระหว่าง $\frac{1}{100}$ วินาทีถึง $\frac{1}{1000}$ วินาที

## ขนาดของฟิล์ม

กล้องถ่ายรูปทางอากาศในปัจจุบันจะใช้ฟิล์มที่มีขนาดความกว้าง 24 เซนติเมตร ซึ่งรูปถ่ายทางอากาศแต่ละรูปที่ได้จากการใช้ฟิล์มขนาดนี้ จะมีขนาด 23 × 23 เซนติเมตร สำหรับความยาวของฟิล์มทั้งหมดมีขนาดตั้งแต่ 30—150 เมตร ความยาวสูงสุดของฟิล์มที่จะถูกบรรจุในที่บรรจุฟิล์มไม่ได้ขึ้นอยู่กับขนาดของที่บรรจุฟิล์มเพียงประการเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับความหนาของฟิล์มด้วย

## แหล่งของแสงและการสะท้อนแสง

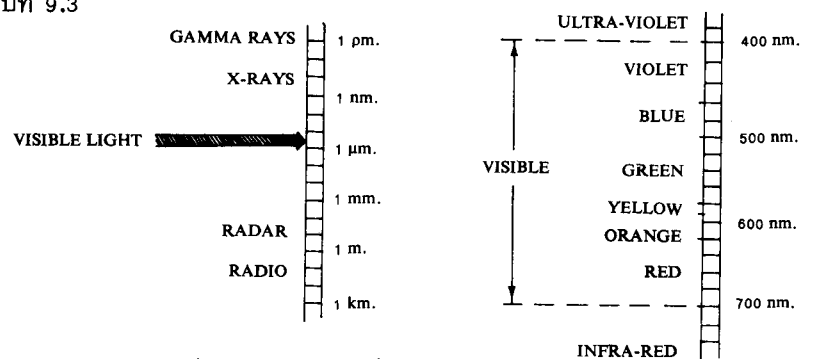
ในหัวข้อก่อนได้ทราบแล้วว่า ภาพของวัตถุจะปรากฏบนแผ่นฟิล์มได้ก็ต่อเมื่อมีการสะท้อนแสงจากวัตถุผ่านเลนส์ไปยังแผ่นฟิล์ม ดังนั้น ในหัวข้อนี้จะขอกล่าวถึงแหล่งของลำแสงและลักษณะการสะท้อนแสงของวัตถุประเภทต่าง ๆ

ลำแสงที่สะท้อนจากวัตถุผ่านเลนส์เข้าไปยังแผ่นฟิล์ม มีกำเนิดจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ซึ่งกระจายเป็นรัศมีออกโดยรอบ รังสีที่ดวงอาทิตย์แผ่ออกมาประกอบด้วย

1. ลำแสงเอกซ์ (X-ray) ลำแสงแกมม่า (Gamma ray) และลำแสงอัลตราไวโอเลต (Ultra-violet ray, uv)
2. ลำแสงที่มองเห็นได้ หรือแสงสว่าง (Visible light ray)
3. ลำแสงอินฟราเรด หรือลำแสงที่มองไม่เห็น (Invisible infrared, IR)

ลำแสงที่กล่าวมานี้ จะมีบางส่วนเท่านั้นที่ส่องมาถึงพื้นผิวโลก นอกนั้นจะถูกดูดโดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำ หรือสะท้อนกลับขึ้นไปในบรรยากาศชั้นบน

ส่วนความยาวคลื่นของลำแสงต่าง ๆ ถือว่าเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic wave) ได้แสดงไว้ในรูปที่ 9.3




รูปที่ 9.3 ความยาวคลื่นของแสงชนิดต่าง ๆ

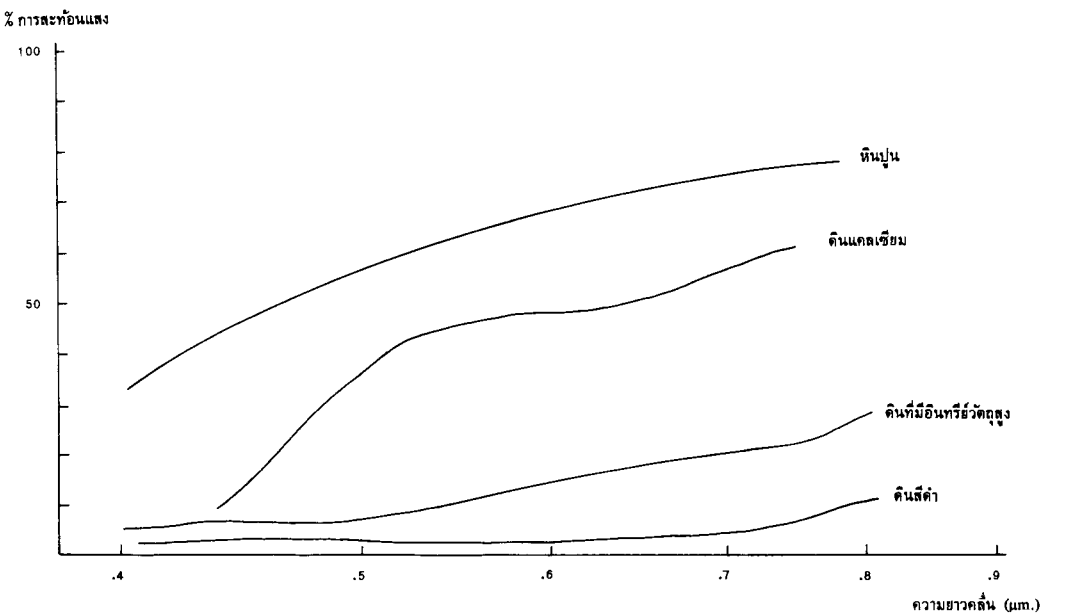
จากรูปที่ 9.3 โดยเฉพาะลำแสงที่มองเห็นได้หรือแสงสว่างจะประกอบด้วยลำแสงสีต่าง ๆ ซึ่งมีความยาวคลื่นต่างกัน ดังนี้

| | ความยาวคลื่น (ไมครอน) |
|---|---|
| ลำแสงสีม่วง | 0.4 — 0.46 |
| ลำแสงสีน้ำเงิน | 0.461 — 0.5 |
| ลำแสงสีเขียว | 0.501 — 0.578 |
| ลำแสงสีเหลือง | 0.579 — 0.592 |
| ลำแสงสีส้ม | 0.593 — 0.620 |
| ลำแสงสีแดง | 0.621 — 0.700 |

เมื่อรังสีของดวงอาทิตย์ผ่านบรรยากาศลงมาถึงพื้นโลก วัตถุต่างๆ บนพื้นโลกจะดูด (absorption) รังสีของดวงอาทิตย์บางส่วน และบางส่วนจะสะท้อนกลับขึ้นไป การดูดและการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ของวัตถุจะเกิดขึ้นในช่วงคลื่นที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุนั้นๆ เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ที่สะท้อนจากวัตถุบนพื้นผิวโลก ผ่านเลนส์เข้าไปยังฟิล์ม ซึ่งเป็นเครื่องรับแสง (sensor) ชนิดหนึ่งจะถูกบันทึกไว้บนแผ่นฟิล์ม ฟิล์มจะมีความไวต่อแสงบางช่วงคลื่น หรือทุกช่วงคลื่นก็ได้ ขึ้นอยู่กับเยื่อไวแสงที่เคลือบไว้บนฟิล์ม

ต่อไปขอยกตัวอย่างการสะท้อนแสงของวัตถุชนิดต่าง ๆ และผลที่เกิดขึ้นบนรูปถ่ายทางอากาศ

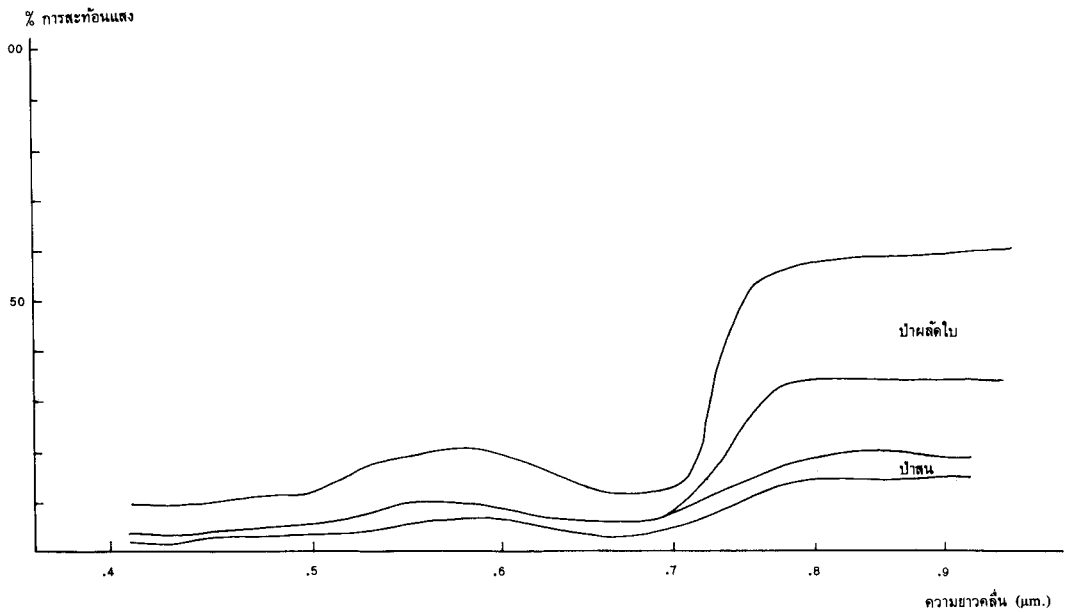
ตัวอย่างแรก ได้แก่ วัตถุประเภท หิน ดิน หินในที่นี้นอกจากจะหมายถึงหินต่าง ๆ เช่น หินปูน หินทราย ฯลฯ แล้ว ยังรวมถึงสิ่งต่างๆ ที่ประกอบขึ้นมาจากหิน เช่น ตึก ถนน เป็นต้น จากรูปที่ 9.4 หินปูนจะสะท้อนแสงประมาณร้อยละ 50 ของลำแสงทุกช่วงคลื่น ดังนั้น จึงปรากฏบนรูปถ่ายเป็นสีค่อนข้างขาว ในขณะที่การสะท้อนแสงของดินที่อุดมสมบูรณ์ซึ่งมีสีดำจะไม่ปรากฏขึ้นเลย ดังนั้น บนรูปถ่ายทางอากาศจึงเป็นสีดำ




รูปที่ 9.4 การสะท้อนแสงของวัตถุประเภทหินและดิน

ตัวอย่างที่สอง ได้แก่ ประเภทพืชพันธุ์ธรรมชาติ การสะท้อนแสงของพืชแสดงไว้ในรูปที่ 9.5 ซึ่งเห็นได้ชัดเจนว่าแสงเกือบทุกช่วงคลื่นของแสงที่มองเห็นได้ สะท้อนกลับไปเพียงร้อยละ 10 เท่านั้น ยกเว้นแสงสีเขียวซึ่งสะท้อนกลับไปร้อยละ 15 ด้วยเหตุนี้ภาพของพืชพันธุ์ธรรมชาติจะปรากฏบนรูปถ่ายเป็นสีค่อนข้างดำ

พืชพันธุ์ธรรมชาติจะสะท้อนแสงอินฟราเรด (IR) ได้ดี ถึงแม้ตาของมนุษย์จะมองไม่เห็น แต่การสะท้อนแสงอินฟราเรดของพืชนี้ สามารถตรวจพบและบันทึกได้บนฟิล์มอินฟราเรด ซึ่งมีความไวต่อแสงอินฟราเรด ด้วยเหตุนี้ภาพของพืชพันธุ์ธรรมชาติที่บันทึกได้บนฟิล์มอินฟราเรดจะกระจ่างชัดกว่าภาพที่บันทึกด้วยฟิล์มขาว—ดำ

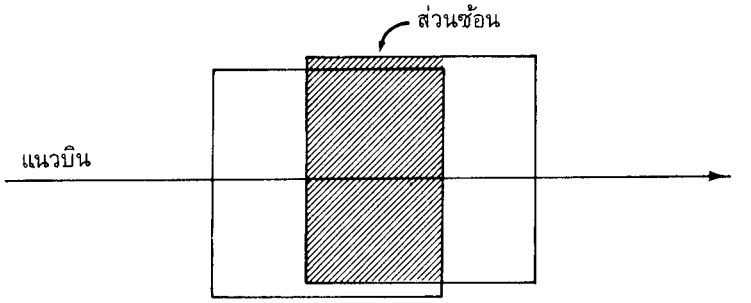



รูปที่ 9.5 การสะท้อนแสงของพืชพันธุ์ธรรมชาติ

## การบินถ่ายรูปทางอากาศ

การบินถ่ายรูปทางอากาศมักจะกระทำในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใสปราศจากเมฆ หมอก แต่ในบางกรณีพื้นที่ที่จะกระทำการถ่ายรูปทางอากาศเป็นหุบเขาลึกหรืออยู่ใจกลางเมืองที่มีตึกสูง ๆ ในกรณีเช่นนี้ การบินถ่ายรูปทางอากาศควรจะกระทำในวันที่มีเมฆปกคลุม ซึ่งจะให้ผลที่ดีกว่า เพราะวันที่เมฆมากจะบดบังแสงแดดทำให้ไม่เกิดเงาของวัตถุสูง ๆ บดบังรายละเอียดที่อยู่บนพื้นเบื้องล่าง ในกรณีเช่นว่านี้เครื่องบินจะต้องบินต่ำกว่าระดับเมฆ

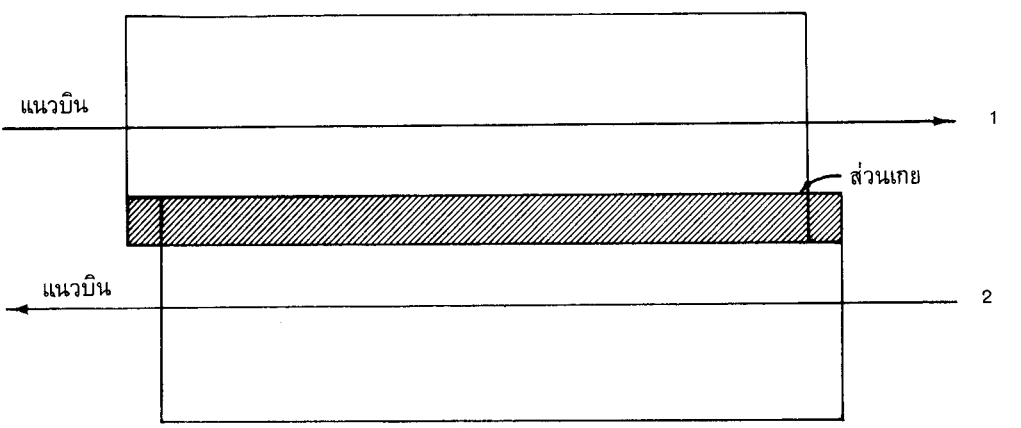
นอกจากนี้การบินถ่ายรูปทางอากาศเพื่อครอบคลุมพื้นที่หนึ่งๆ จะต้องบินถ่ายรูปเป็นแนวขนานกันตามแนวบิน (flight line) และรูปถ่ายทางอากาศที่อยู่ต่อเนื่องกันในแต่ละแนวบินจะคลุมพื้นที่เหลื่อมกันหรือซ้อนกันเป็นบางส่วน ดังแสดงในรูปที่ 9.6 ความเหลื่อมกันตามแนวบินนี้เรียกว่าส่วนซ้อน (overlap) ส่วนซ้อนนี้ตามปกติจะมีขนาดประมาณร้อยละ 55—65




รูปที่ 9.6 ส่วนซ้อน

เนื่องจากขนาดของส่วนซ้อนใหญ่กว่าร้อยละ 50 ดังนั้นรูปถ่ายทางอากาศรูปที่ 1 กับรูปที่ 3 รูปถ่ายรูปที่ 2 กับรูปถ่ายรูปที่ 4 รูปถ่ายรูปที่ 3 กับรูปถ่ายรูปที่ 5.....จะมีส่วนเหลื่อมกันประมาณร้อยละ 10—30

นอกจากจะมีส่วนเหลื่อมในแนวบินแล้ว ยังมีส่วนเหลื่อมระหว่างแนวบินที่เรียกว่าส่วนเกย (sidelap) ขนาดของส่วนเกยจะมีขนาดประมาณร้อยละ 15—35 ดังแสดงในรูปที่ 9.7




รูปที่ 9.7 ส่วนเกย

การบินถ่ายรูปทางอากาศเพื่อให้เกิดส่วนซ้อน และส่วนเกย ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว มีเหตุผลที่สำคัญ ดังนี้

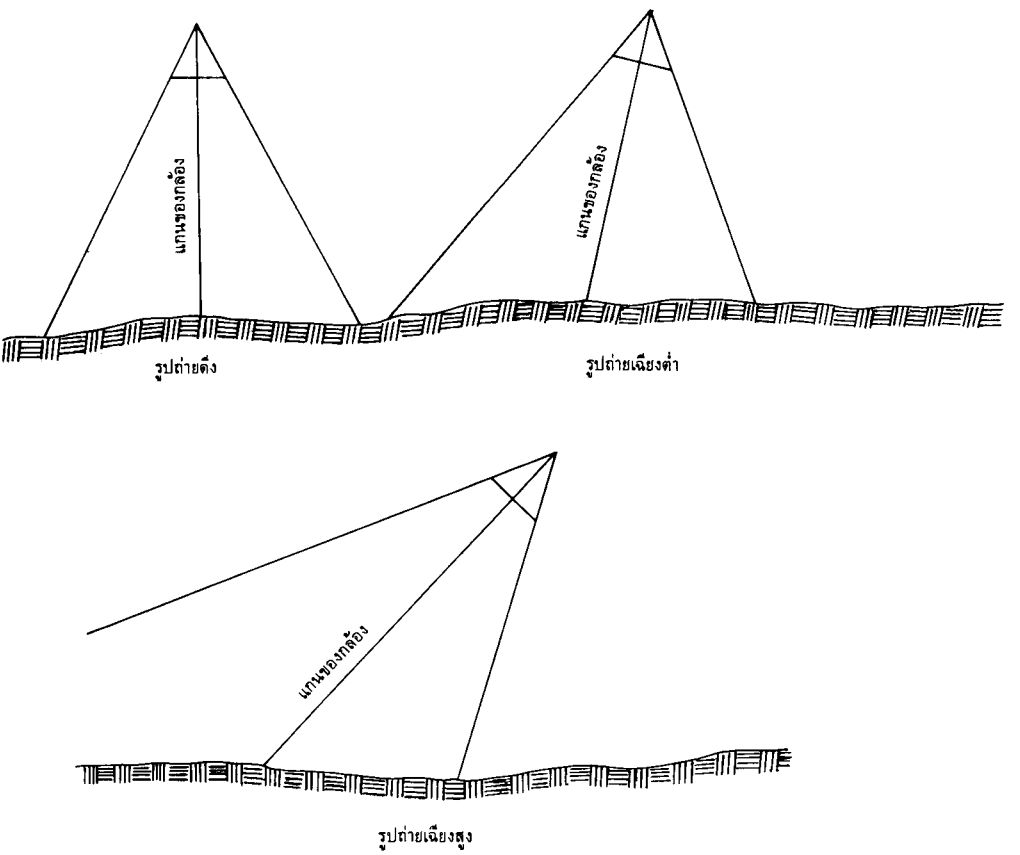
1. ทำให้ภายในบริเวณส่วนซ้อนสามารถมองเห็นเป็นภาพทรวดทรงได้ภายใต้กล้องมองภาพทรวดทรง (stereoscope)

2. เพื่อใช้ในการขยายปริมาณหมุดหลักฐานในงานคำนวณการสำรวจด้วยภาพ (photogrammetry)

สำหรับการวางแผนในการบินถ่ายรูปทางอากาศจะกล่าวอย่างละเอียดในบทที่ 12

## ชนิดของรูปถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายทางอากาศ แบ่งออกเป็นหลายชนิดตามสภาพแกนของกล้องถ่ายรูปและตามการใช้งาน ถ้าพิจารณาจากสภาพแกนของกล้องถ่ายรูป รูปถ่ายทางอากาศแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ




รูปที่ 9.8 การวางตัวของกล้องสำหรับรูปถ่ายแบบต่าง ๆ

1. รูปถ่ายดิ่ง (Vertical photograph) คือ รูปถ่ายที่ถ่ายมาในสภาพที่แกนของกล้องถ่ายรูปอยู่ในแนวดิ่ง หรือใกล้เคียงกับแนวดิ่ง ถ้าแกนของกล้องขณะถ่ายรูปอยู่ในแนวดิ่งจริง ๆ รูปถ่ายที่ได้จะเรียกว่า รูปถ่ายดิ่งจริง (truely vertical photograph) แต่ในการถ่ายรูปทางอากาศ เป็นการยากที่จะให้แกนของกล้องอยู่ในแนวดิ่งจริง ๆ เพราะเครื่องบินเอียงไปในขณะถ่ายรูป ถ้าแกนของกล้องเอียงไปจากแนวดิ่งโดยมิได้ตั้งใจ รูปถ่ายที่ได้เรียกว่า รูปถ่ายเอียง (tilted photograph) ตามปกติการเบนไปของแกนกล้องจากแนวดิ่งไม่ควรเกิน 3°

2. รูปถ่ายเฉียง (Oblique photograph) คือ รูปถ่ายที่ได้จากการถ่ายรูปด้วยกล้องที่ติดตั้งไว้ให้แกนของกล้องเบนไปจากแนวดิ่ง รูปถ่ายเฉียงแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.1 รูปถ่ายเฉียงต่ำ (Low oblique photograph) รูปถ่ายเฉียงต่ำนี้จะไม่ปรากฏแนวขอบฟ้าบนรูปถ่ายทางอากาศเลย

2.2 รูปเฉียงสูง (high oblique photograph) รูปถ่ายเฉียงสูงจะปรากฏเส้นแนวขอบฟ้าบนรูปถ่าย

นอกจากนี้ รูปถ่ายทางอากาศอาจแบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้ดังนี้

1. รูปถ่ายเดี่ยว (Single photograph) เป็นรูปถ่ายที่ครอบคลุมพื้นที่ที่จะทำการสำรวจศึกษาทั้งหมดภายในรูปเดียว ซึ่งกรณีนี้สามารถจะเกิดขึ้นได้ถ้าพื้นที่นั้นมีขนาดเล็ก หรือมาตราส่วนของรูปถ่ายจะต้องมีขนาดเล็ก

2. รูปถ่ายเป็นแถบ (Strip photograph) เป็นรูปถ่ายที่ทำการบินถ่ายเพียงแนวบินเดียวเหนือพื้นที่ที่จะสำรวจ และรูปถ่ายภายในแนวบินนั้นจะต้องมีส่วนซ้อนกันด้วย รูปถ่ายทางอากาศประเภทนี้มักใช้ในการสำรวจเส้นทางถนน หรือรถไฟ

3. รูปถ่ายเป็นกลุ่ม (Block photograph) เป็นรูปถ่ายที่ได้จากการบินถ่ายพื้นที่กว้างใหญ่โดยมีหลายแนวบิน มีส่วนซ้อนในแต่ละแนวบิน และส่วนเกยระหว่างแนวบิน

# บทที่ 10
# การกำหนดทิศและตำแหน่งบนรูปถ่ายทางอากาศ

ก่อนที่จะทราบถึงวิธีการกำหนดทิศและตำแหน่งบนรูปถ่ายทางอากาศ ผู้ใช้รูปถ่ายทางอากาศควรจะทราบถึงข้อมูลที่จำเป็นที่ใช้ในการกำหนดทิศและตำแหน่ง ข้อมูลที่กล่าวนี้จะปรากฏที่ขอบรูปถ่ายทางอากาศซึ่งเรียกว่า รายละเอียดประจำขอบรูปถ่ายทางอากาศ

รายละเอียดประจำขอบรูปถ่ายที่ปรากฏบนรูปถ่ายทางอากาศ ประกอบด้วยข้อมูลที่จำเป็นเท่านั้นมิได้แสดงไว้อย่างละเอียด เช่น รายละเอียดประจำขอบระวางแผนที่

รายละเอียดประจำขอบรูปถ่ายทางอากาศ อาจแบ่งออกเป็น 2 ชนิด

1. ข้อมูลที่ถูกถ่ายภาพให้ติดอยู่บนฟิล์มถ่ายรูปทางอากาศ ขณะเปิดหน้ากล้องถ่ายรูปแต่ละรูป ข้อมูลดังกล่าวได้แก่

   ก. ภาพหน้าปัดนาฬิกาแสดงเวลาขณะเปิดหน้ากล้องถ่ายรูป
   ข. ภาพหน้าปัดเครื่องมือวัดความสูง (altimeter) แสดงความสูงของการบิน
   ค. ภาพตัวเลขแสดงความยาวโฟกัสของเลนส์กล้องถ่ายรูปทางอากาศ
   ง. ภาพฟองระดับ

2. ข้อมูลที่เขียนเพิ่มเติมบนฟิล์ม ก่อนที่จะนำไปพิมพ์บนกระดาษอัดรูป ข้อมูลดังกล่าวได้แก่

   ก. อักษรและเลข แสดงแนวบิน
   ข. หมายเลขรูปถ่าย
   ค. วัน เดือน ปี ที่ทำการถ่ายรูป
   ง. ชื่อโครงการ

## การกำหนดทิศบนรูปถ่ายทางอากาศ

เป็นที่ทราบกันแล้วว่า บนรูปถ่ายทางอากาศไม่มีเครื่องหมายหรือสัญลักษณ์แสดงทิศหลักเหมือนเช่นในแผนที่ ดังนั้น จึงเป็นหน้าที่ของผู้ใช้รูปถ่ายทางอากาศที่จะต้องทราบถึงวิธีการกำหนดทิศบนรูปถ่ายทางอากาศ

วิธีการกำหนดทิศบนรูปถ่ายทางอากาศ สามารถกระทำได้ดังนี้

1. ในกรณีที่มีแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศครอบคลุมบริเวณเดียวกับรูปถ่ายทางอากาศ ผู้ใช้สามารถกำหนดทิศบนรูปถ่ายทางอากาศได้อย่างง่ายดาย โดยการจัดรูปถ่ายทางอากาศให้รายละเอียด

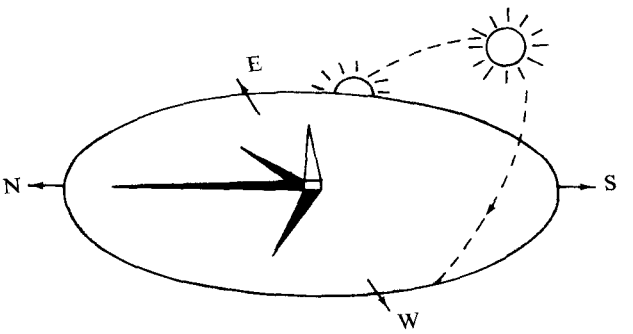
สอดคล้องหรือหันไปในทิศทางเดียวกับรายละเอียดชนิดเดียวกันที่ปรากฏบนแผนที่ หลังจากนั้นลากเส้นตรงสั้น ๆ บนรูปถ่ายทางอากาศให้ขนานกับแนวเส้นตรงที่บ่งบอกทิศเหนือบนแผนที่ เส้นตรงเส้นนี้จะแทนแนวทิศเหนือ

2. ในกรณีที่ไม่มีแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศครอบคลุมบริเวณเดียวกับรูปถ่ายทางอากาศ ผู้ใช้สามารถกำหนดแนวทิศเหนือบนรูปถ่ายทางอากาศได้ โดยประมาณด้วยการสังเกตเงาของรายละเอียดที่ปรากฏบนรูปถ่ายทางอากาศ[1]

วิธีการกำหนดแนวทิศเหนือบนรูปถ่ายทางอากาศด้วยการสังเกตเงาแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ที่รูปถ่ายทางอากาศนั้นครอบคลุม ดังนี้

2.1 ในบริเวณซีกโลกเหนือ ระหว่างปลายเดือนกันยายนถึงต้นเดือนมีนาคม เป็นช่วงเวลาที่เรียกว่า ทักษิณายัน หรือเหมายัน (winter solstice) กล่าวคือ ลำแสงของดวงอาทิตย์จะตั้งฉากกับเส้นละติจูด $23\frac{1}{2}$ องศาใต้ หรืออีกนัยหนึ่งดวงอาทิตย์จะโคจรอ้อมไปทางซีกโลกใต้ ซึ่งนิยมเรียกกันว่าตะวันอ้อมใต้

ดังนั้นในช่วงเวลาดังกล่าว ในตอนเช้าเงาของรายละเอียดจะทอดไปทางตะวันตกเฉียงเหนือแล้วจะเปลี่ยนทิศทางไปทางเหนือเรื่อย ๆ ตามการโคจรของดวงอาทิตย์ จนกระทั่งเงาจะทอดตรงไปในแนวทิศเหนือเมื่อเวลาเที่ยงตรง แล้วเงาของรายละเอียดนั้นจะค่อย ๆ ทอดชี้ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือในตอนบ่าย ดังแสดงในรูปที่ 10.1




รูปที่ 10.1 การเปลี่ยนตำแหน่งของเงาของวัตถุบนพื้นโลกในช่วงเหมายัน

[1] พินิจ ถาวรกุล, **การอ่านรูปถ่ายทางอากาศ** (กรุงเทพ ฯ : โรงเรียนแผนที่, 2517), หน้า 62–63.

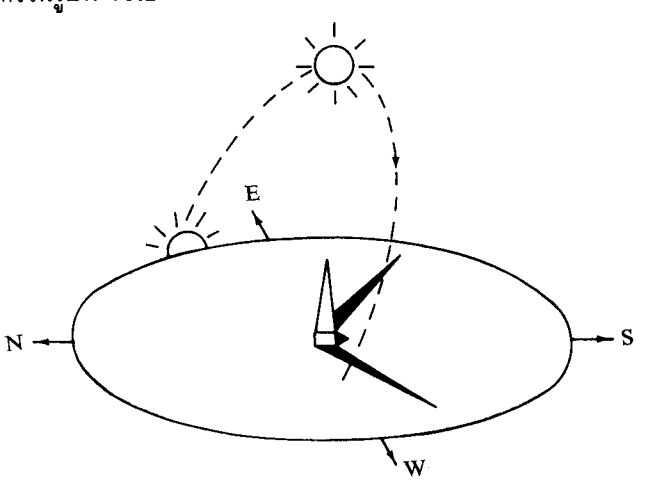
ด้วยเหตุนี้ ถ้ารูปถ่ายทางอากาศนั้นถ่ายในช่วงของเหมายัน และภาพหน้าปัดนาฬิกาซึ่งปรากฏอยู่ที่ขอบรูปถ่ายทางอากาศระบุว่า รูปถ่ายทางอากาศนั้นถ่ายก่อนเวลาเที่ยงวัน ผู้ใช้จะทราบได้ทันทีว่าแนวทิศเหนือจะอยู่ด้านขวาของทิศทางเงาที่ทอดอยู่ แต่จะเป็นมุมเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับเวลาที่ถ่ายรูปทางอากาศนั้น

โดยเฉลี่ยแล้วการเปลี่ยนแปรทิศทางของเงาที่ทอดบนพื้นดินคิดเป็นง่ามมุมชั่วโมงละ 15° ดังนั้นถ้ารูปถ่ายทางอากาศถ่ายก่อนเที่ยงวัน 1 ชั่วโมง (11.00 น.) แนวทิศเหนือจริงจะทำมุมกับทิศทางของเงาประมาณ 15° ไปทางด้านขวาของเงา ถ้ารูปถ่ายทางอากาศถ่ายก่อนเที่ยงวัน 2 ชั่วโมง (10.00 น.) แนวทิศเหนือจริงจะทำมุมกับทิศทางของเงาประมาณ 30° ไปทางด้านขวาของเงา

ถ้ารูปถ่ายทางอากาศถ่ายหลังเที่ยงวัน ผู้ใช้จะทราบได้ทันทีว่าแนวทิศเหนือจะอยู่ทางด้านซ้ายของทิศทางเงาที่ทอดอยู่ แต่จะเป็นมุมเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับเวลาที่ถ่ายรูปถ่ายทางอากาศนั้นเช่นกัน ถ้ารูปถ่ายทางอากาศถ่ายในเวลา 13.00 นาฬิกา แนวทิศเหนือจริงจะทำมุมกับทิศทางของเงาประมาณ 15° ไปทางด้านซ้ายของเงา ถ้าถ่ายรูปถ่ายทางอากาศในเวลา 14.00 นาฬิกา แนวทิศเหนือจริงจะทำมุมกับทิศทางของเงาประมาณ 30° ไปทางด้านซ้ายของเงา เป็นต้น

2.2 ในบริเวณซีกโลกเหนือ ระหว่างปลายเดือนมีนาคมถึงต้นเดือนกันยายน เป็นช่วงที่เรียกว่า อุตรายัน หรือครีษมายัน (summer solstice) กล่าวคือ ลำแสงของดวงอาทิตย์จะตั้งฉากกับเส้นละติจูดที่ 23½ องศาเหนือ ซึ่งคนโดยทั่วไปมักเรียกว่า ตะวันอ้อมเหนือ

ดังนั้นในช่วงเวลาดังกล่าว ในตอนเช้าเงาของรายละเอียดจะทอดไปทางตะวันตกเฉียงใต้ แล้วจะค่อย ๆ เปลี่ยนทิศทางไปทางใต้เรื่อย ๆ ตามการโคจรของดวงอาทิตย์ จนกระทั่งเงาจะทอดตรงไปในแนวทิศใต้เมื่อเวลาเที่ยงตรง ในตอนบ่ายเงาของรายละเอียดนั้นจะค่อย ๆ ทอดชี้ไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ ดังแสดงในรูปที่ 10.2




รูปที่ 10.2 การเปลี่ยนตำแหน่งของเงาของวัตถุบนพื้นโลกในช่วงครีษมายัน

ด้วยเหตุนี้ ถ้ารูปถ่ายทางอากาศถ่ายในช่วงของครีษมายัน และภาพหน้าปัดนาฬิกาซึ่งปรากฏอยู่ที่ขอบรูปถ่ายทางอากาศระบุว่า รูปถ่ายทางอากาศนั้นถ่ายก่อนเวลาเที่ยงวัน ผู้ใช้จะทราบได้ทันทีว่าแนวทิศใต้จะอยู่ด้านซ้ายของทิศทางเงาที่ทอดอยู่ แต่จะเป็นมุมเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับเวลาที่ถ่ายรูปถ่ายทางอากาศนั้น ซึ่งการเปลี่ยนแปรทิศทางของเงาที่ทอดบนพื้นดินเป็นง่ามมุมโดยเฉลี่ย ชั่วโมงละ 15°

ดังนั้น ถ้ารูปถ่ายทางอากาศถ่ายก่อนเที่ยงวัน 1 ชั่วโมง (11.00 น.) แนวทิศใต้จะทำมุมกับทิศทางของเงาประมาณ 15° ไปทางด้านซ้ายของเงา ถ้ารูปถ่ายทางอากาศถ่ายก่อนเที่ยงวัน 2 ชั่วโมง (10.00 นาฬิกา) แนวทิศใต้จะทำมุมกับทิศทางของเงาประมาณ 30° ไปทางด้านซ้ายของเงา

ถ้ารูปถ่ายทางอากาศถ่ายหลังเที่ยงวัน ผู้ใช้จะทราบได้ทันทีว่าแนวทิศใต้จะอยู่ทางด้านขวาของทิศทางเงาที่ทอดอยู่ แต่จะเป็นมุมเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับเวลาที่ถ่ายรูปถ่ายทางอากาศนั้นเช่นกัน ถ้ารูปถ่ายทางอากาศถ่ายในเวลา 13.00 นาฬิกา แนวทิศใต้จะทำมุมกับทิศทางของเงาประมาณ 15° ไปทางด้านขวาของเงา ถ้ารูปถ่ายทางอากาศถ่ายในเวลา 14.00 นาฬิกา แนวทิศใต้จะทำมุมกับทิศทางของเงาประมาณ 30° ไปทางด้านขวาของเงา เป็นต้น

3. ในกรณีที่เข้าไปในภูมิประเทศที่รูปถ่ายทางอากาศถ่ายครอบคลุมอยู่ ผู้ใช้สามารถกำหนดแนวทิศเหนือแม่เหล็กบนรูปถ่ายทางอากาศได้ ด้วยการใช้เข็มทิศซึ่งมีวิธีการดังนี้

3.1 จัดรูปถ่ายทางอากาศให้รายละเอียดสอดคล้องกับรายละเอียดที่ปรากฏบนภูมิประเทศจริง

3.2 วางเข็มทิศบนรูปถ่ายทางอากาศ และหมุนเข็มทิศจนกระทั่งเข็มของเข็มทิศชี้ไปยังทิศเหนือ และชี้ตรงเครื่องหมายแนวทิศเหนือ–ใต้ ในตลับ

3.3 ลากเส้นตรงไปตามขอบของเข็มทิศซึ่งขนานกับเข็มของเข็มทิศ เส้นตรงเส้นนี้จะแทนแนวทิศเหนือแม่เหล็ก

## การบอกทิศในรูปถ่ายทางอากาศ

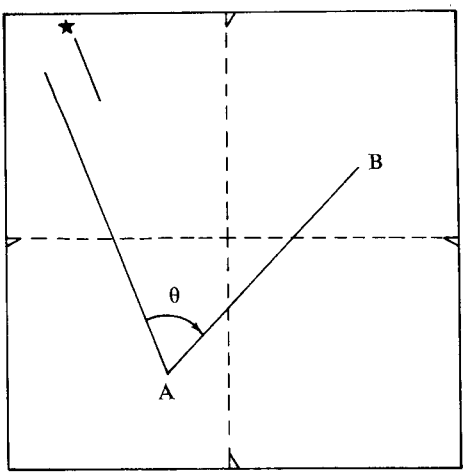
ภายหลังจากที่กำหนดแนวทิศเหนือบนรูปถ่ายทางอากาศแล้ว ก็ใช้แนวทิศเหนือนั้นเป็นเส้นอ้างอิง (Reference line) ในการบอกทิศทาง การบอกทิศทางบนรูปถ่ายทางอากาศมีวิธีคล้ายคลึงกับการบอกทิศทางบนแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ กล่าวคือ สามารถบอกทิศทางเป็นค่าของอะซิมุท หรือแบริงก็ได้ ซึ่งวิธีในการบอกทิศทางมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ในกรณีที่บอกทิศทางบนรูปถ่ายทางอากาศเป็นค่าของอะซิมุท ในกรณีเช่นนี้ ต้องมีตำแหน่งที่ต้องการพิจารณา 2 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งของผู้สังเกต และตำแหน่งที่หมาย ส่วนขั้นตอนในการบอกทิศบนรูปถ่ายทางอากาศ มีดังนี้

1.1 ลากเส้นตรงเชื่อมต่อระหว่างตำแหน่งของผู้สังเกต และตำแหน่งที่หมาย

1.2 ลากเส้นตรงผ่านตำแหน่งของผู้สังเกต โดยให้ขนานกับเส้นอ้างอิง ซึ่งแทนแนวทิศเหนือ

1.3 วัดค่ามุมระหว่างเส้นตรงที่ผ่านตำแหน่งของผู้สังเกต (ซึ่งขนานกับเส้นอ้างอิง) กับเส้นตรงที่เชื่อมต่อระหว่างตำแหน่งของผู้สังเกตและตำแหน่งที่หมาย โดยวัดเวียนตามเข็มนาฬิกา ค่ามุมที่ได้จะเป็นค่าอะซิมุท ซึ่งจะเป็นอะซิมุทจริง อะซิมุทแม่เหล็ก หรืออะซิมุทกริด ก็ขึ้นอยู่กับชนิดของแนวทิศเหนือที่ใช้เป็นเส้นอ้างอิงว่าเป็นแนวทิศเหนือชนิดใด ดังแสดงในรูปที่ 10.3




A เป็นตำแหน่งของผู้สังเกต
B เป็นตำแหน่งที่หมาย
θ เป็นค่ามุมอะซิมุท

รูปที่ 10.3 การบอกทิศบนรูปถ่ายทางอากาศเป็นค่ามุมอะซิมุท

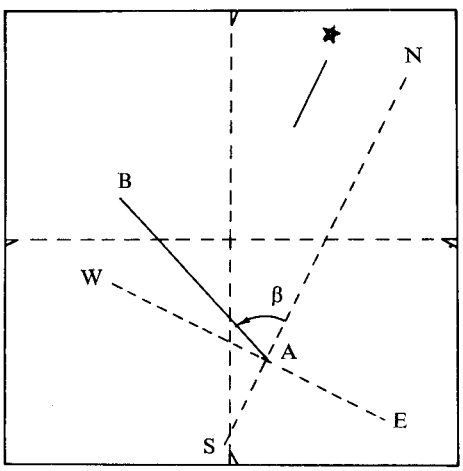
2. ในกรณีที่บอกทิศทางบนรูปถ่ายทางอากาศเป็นค่าแบริง กรณีนี้ก็เช่นเดียวกับกรณีแรก คือต้องมีตำแหน่งที่ต้องพิจารณา 2 ตำแหน่ง ได้แก่ ตำแหน่งของผู้สังเกต และตำแหน่งที่หมาย ส่วนขั้นตอนในการบอกทิศบนรูปถ่ายทางอากาศ มีดังนี้

2.1 ลากเส้นตรงเชื่อมต่อระหว่างตำแหน่งของผู้สังเกตและตำแหน่งที่หมาย

2.2 ลากเส้นตรงผ่านตำแหน่งของผู้สังเกต โดยให้ขนานกับเส้นอ้างอิงซึ่งแทนแนวทิศเหนือ และลากเส้นตรงอีกเส้นหนึ่งผ่านตำแหน่งของผู้สังเกต โดยให้ตั้งฉากกับเส้นตรงเส้นแรก กำกับอักษรแสดงทิศ ดังแสดงในรูปที่ 10.4

2.3 วัดค่ามุมระหว่างเส้นตรงที่ผ่านตำแหน่งของผู้สังเกต (ซึ่งขนานกับเส้นอ้างอิง) กับเส้นตรงที่เชื่อมต่อระหว่างตำแหน่งของผู้สังเกตและตำแหน่งที่หมาย ส่วนจะวัดตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกานั้นขึ้นอยู่กับว่าเส้นตรงที่ลากในข้อ 2.1 อยู่ในส่วนใดของวงกลม (quadrant)

2.4 เมื่อวัดค่ามุมแบริงได้แล้วก็กำหนดทิศกำกับลงไปด้วย ดังแสดงในรูปที่ 10.4




A เป็นตำแหน่งของผู้สังเกต
B เป็นตำแหน่งของที่หมาย
β เป็นค่ามุมแบริง

รูปที่ 10.4 การบอกทิศบนรูปถ่ายทางอากาศเป็นค่าแบริง

## การกำหนดตำแหน่งบนรูปถ่ายทางอากาศ

เนื่องจากรูปถ่ายทางอากาศมีมาตราส่วนไม่แน่นอน แม้บนรูปถ่ายเดียวกันก็ตาม ซึ่งขึ้นอยู่กับความสูง—ต่ำ ของลักษณะภูมิประเทศและปัจจัยอื่น ๆ ซึ่งจะกล่าวในบทที่ 12 ด้วยเหตุนี้จึงไม่สามารถสร้างระบบอ้างอิงที่มาตรฐานเพื่อใช้ในการกำหนดตำแหน่งได้เช่นแผนที่ อย่างไรก็ตาม เพื่อให้มีระบบอ้างอิงสำหรับใช้เป็นเครื่องมือในการกำหนดตำแหน่งที่ตั้งของวัตถุ รายละเอียดที่ปรากฏบนรูปถ่ายทางอากาศอย่างคร่าว ๆ จึงมีผู้คิดระบบอ้างอิงเพื่อใช้กับรูปถ่ายทางอากาศ ซึ่งเรียกว่า Point Designation Grid[2] หรือ เรียกย่อ ๆ ว่า พี ดี กริด ระบบเส้นกริดนี้ไม่มีความสัมพันธ์กับมาตราส่วนหรือทิศทางใด ๆ บนรูปถ่ายทางอากาศ รวมทั้งไม่มีความสัมพันธ์กับระบบเส้นกริดของรูปถ่ายทางอากาศอื่น ๆ ด้วย พี ดี กริด นี้ใช้เพื่อความมุ่งหมายในการกำหนดตำแหน่งของจุดใด ๆ บนรูปถ่ายทางอากาศเฉพาะรูปใดรูปหนึ่งเท่านั้น ไม่มีความสัมพันธ์ไปสู่รูปถ่ายข้างเคียง

## วิธีการสร้างระบบอ้างอิงแบบ พี ดี กริด

เนื่องจากระบบอ้างอิง พี ดี กริด นี้ ไม่ได้ถูกถ่ายทอดลงบนรูปถ่ายทางอากาศใด ๆ ดังนั้นจึงเป็นหน้าที่ของผู้ใช้รูปถ่ายทางอากาศจะต้องสร้างระบบอ้างอิง พี ดี กริด ขึ้นบนรูปถ่ายทางอากาศเอง วิธีการสร้างระบบอ้างอิงแบบ พี ดี กริด มีดังนี้

---

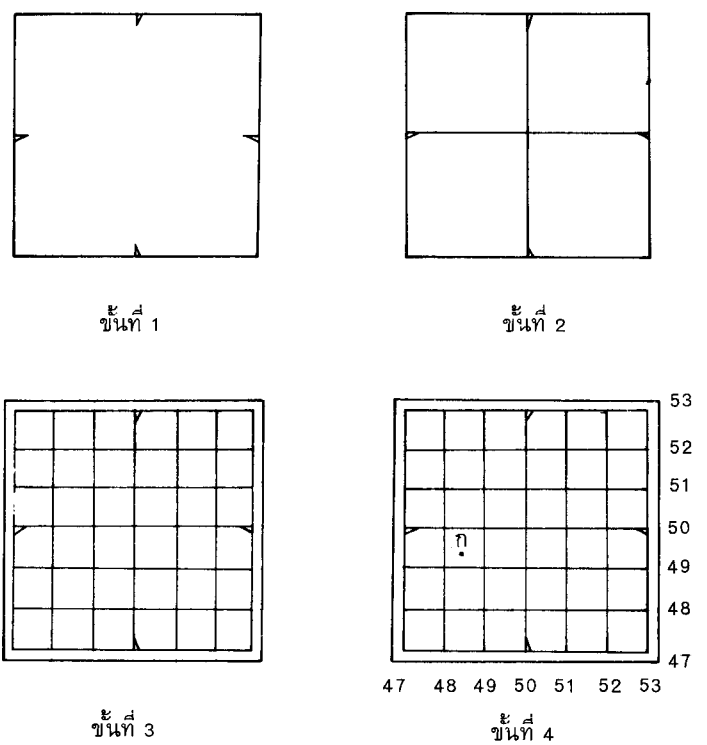
[2] Dept. of the Army, **Map Reading** (Washington D.C. : Government Printing Office 1965), p. 110-111.

1. วางรูปถ่ายทางอากาศ โดยให้รายละเอียดประจำขอบรูปถ่ายทางอากาศอยู่ในตำแหน่งที่เราสามารถอ่านได้ โดยไม่คำนึงว่ารายละเอียดนั้นอยู่ส่วนใดของรูปถ่ายทางอากาศ

2. ลากเส้นตรงเชื่อมต่อระหว่างเครื่องหมายสำหรับหาโครงพิกัด (fiducial mark) ซึ่งอยู่กึ่งกลางขอบรูปถ่ายด้านตรงข้าม 2 คู่ เส้นตรงสองเส้นนี้จะตัดกันเป็นมุมฉาก และแบ่งรูปถ่ายออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน

3. ลากหมู่ของเส้นตรงให้ขนานกับเส้นหลักทั้งสองที่ได้ลากไว้ในข้อ 2 โดยให้เส้นตรงแต่ละเส้นห่างกัน 4 เซนติเมตร (1.575 นิ้ว) เส้นที่สามของหมู่เส้นตรงที่นับจากเส้นหลักที่ลากไว้ในข้อ 2 ออกไปทางด้านข้าง จะอยู่นอกกรอบรูปถ่ายเล็กน้อย

4. กำหนดหมายเลขประจำเส้นกริดแต่ละเส้น โดยกำหนดให้หมายเลข 50 เป็นหมายเลขประจำเส้นตรงที่ลากเชื่อมระหว่างเครื่องหมายสำหรับหาโครงพิกัด ส่วนหมายเลขประจำเส้นกริดอื่น ๆ ให้มีค่าเพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา และจากล่างขึ้นไปทางด้านบนของรูปถ่ายทางอากาศ เส้นละ 1 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 10.5




รูปที่ 10.5 การสร้างระบบอ้างอิงแบบ พี ดี กริด

## การบอกตำแหน่งตามระบบอ้างอิงแบบ พี ดี กริด

การบอกตำแหน่งของวัตถุใดหรือรายละเอียดใดบนรูปถ่ายทางอากาศ ควรใช้หลักเกณฑ์เดียวกันกับการบอกตำแหน่งของวัตถุ รายละเอียดบนแผนที่ กล่าวคือ การอ่านคำพิกัดให้อ่านไปทางขวาแล้วขึ้นข้างบน (READ RIGHT UP)

การอ่านพิกัด พี ดี กริด จะประกอบด้วยตัวเลข 6 ตำแหน่ง 3 ตำแหน่งแรกเป็นค่ากริดจากซ้ายไปขวา และ 3 ตำแหน่งหลังเป็นค่าจากล่างขึ้นบน ตามปกติหมายเลขประจำเส้นกริดมี 2 ตำแหน่งอยู่แล้ว ตำแหน่งที่ 3 ประมาณเอาจากระยะระหว่างกริดหนึ่ง กับอีกกริดหนึ่งซึ่งแบ่งออกเป็น 10 ส่วนเท่า ๆ กัน ดังนั้น การอ่านเลขตำแหน่งที่ 3 จึงสามารถประมาณได้ละเอียดถึง 1 ใน 10 ของความยาว 1 ช่องกริด ตัวอย่าง พิกัด พี ดี กริด ของจุด ก. ในรูปที่ 10.5 คือ 485 493

ดังได้กล่าวแล้วว่าระบบ พี ดี กริด นี้ เป็นระบบที่ใช้เฉพาะรูปไม่สัมพันธ์กับรูปถ่ายทางอากาศอื่น ๆ ดังนั้น การบอกตำแหน่งตามระบบ พี ดี กริด นี้ จำเป็นอย่างยิ่งต้องบอกข้อมูลอื่น ๆ ประกอบเพื่อให้ทราบว่ากำลังพิจารณาบอกตำแหน่งของรูปถ่ายทางอากาศรูปใด

ข้อมูลที่จำเป็นเพื่อบอกให้ทราบว่าเป็นรูปถ่ายทางอากาศรูปใดนั้น ได้แก่ ชื่อโครงการ หรือหมายเลขโครงการ หมายเลขประจำแนวบิน หมายเลขรูปถ่าย เช่น N.S.3 N.55 080 พิกัด 485 493

N.S. 3 คือ ชื่อโครงการ น.ส. 3

N. 55 คือ หมายเลขประจำแนวบิน

080 คือ หมายเลขรูปถ่าย

# บทที่ 11
# การมองภาพทรวดทรง

ก่อนที่จะกล่าวถึงวิธีการมองรูปถ่ายทางอากาศเพื่อให้เห็นภาพทรวดทรง ผู้เขียนใคร่ขอกล่าวถึงหลักการในการมองภาพทรวดทรงโดยทั่วไป

การมองภาพทรวดทรงของวัตถุใด ๆ ของมนุษย์ เลนส์ตาของมนุษย์จะปรับระยะชัด (accommodation) ที่วัตถุนั้น ซึ่งการปรับระยะชัดของเลนส์ตามนุษย์สามารถกระทำได้ในระยะตั้งแต่ 150 มิลลิเมตร ถึงระยะอนันต์ (infinity) ในขณะเดียวกัน แนวสายตาทั้งสองข้างของมนุษย์จะไปรวมกันที่วัตถุนั้น (convergence) การรวมสายตาทั้งสองข้างดังกล่าวสามารถทำได้ในระยะตั้งแต่ 150 มิลลิเมตรถึงระยะอนันต์เช่นเดียวกัน

ดังนั้นอาจสรุปได้ว่า การปรับระยะชัดและการรวมแนวสายตาจะมีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ถ้าเลนส์ตาของมนุษย์ถูกปรับระยะชัดในระยะเท่าใด จุดรวมของสายตาทั้งสองข้างก็จะเกิดในระยะเท่านั้นโดยอัตโนมัติ นอกจากนี้การปรับระยะชัดและการรวมแนวสายตายังมีความสำคัญต่อการมองภาพทรวดทรงอีกด้วย กล่าวคือ ถ้าเลนส์ตาของมนุษย์ไม่ปรับระยะชัดและแนวสายตาไม่รวมที่วัตถุใดๆ แล้ว ภาพทรวดทรงของวัตถุนั้น ๆ ก็ยากที่จะเกิดขึ้นในความรู้สึก เราอาจทดสอบความจริงข้อนี้ได้โดยการถือดินสอในมือแล้วเหยียดแขนไปเบื้องหน้า สายตามองผ่านดินสอไปยังฝาผนังหน้าห้อง เราจะมีความรู้สึกเห็นภาพดินสอเป็น 2 ภาพ นั่นแสดงว่า เลนส์ตาของเราไม่ได้ปรับระยะชัดและไม่ได้รวมที่ดินสอภาพทรวดทรงของดินสอจึงไม่ปรากฏขึ้น

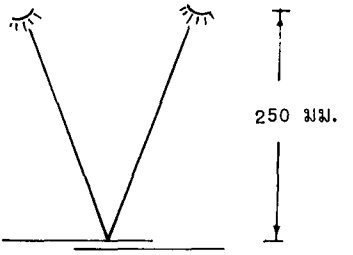
## วิธีการมองรูปถ่ายทางอากาศเพื่อให้เห็นทรวดทรง

วิธีการมองภาพเพื่อให้เห็นทรวดทรง สามารถกระทำได้ 2 วิธี[1]

1. การมองภาพด้วยสายตารวม วิธีนี้เป็นการมองภาพที่ปกติธรรมดาที่สุดและสายตาไม่ล้า นั่นคือ ระยะชัดและจุดรวมสายตาอยู่ในระยะเดียวกัน อย่างไรก็ตาม ในการที่จะมองภาพถ่ายทางอากาศเพื่อให้เห็นทรวดทรง รูปถ่ายทางอากาศคู่นั้นจะต้องถูกฉายหรือพิมพ์ให้ซ้อนทับกันโดยใช้เลนส์กรองสี (colour filter) และภาพที่ถูกฉายออกมาจะสามารถเห็นได้ด้วยสายตาแต่ละข้าง โดยใช้แว่นตาซึ่งสร้างไว้เพื่อการนี้โดยเฉพาะ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 11.1

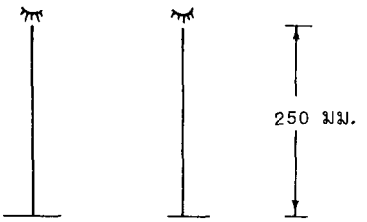
---

[1] Ligterink, G.H, **Elementary Photogrammetry for the Interpretation Course.** (Delf: ITC, 1968), p. 24-26.




รูปที่ 11.1 การมองภาพด้วยสายตารวม

2. การมองภาพด้วยสายตาขนานกัน วิธีนี้เป็นการมองภาพโดยไม่ต้องอาศัยเครื่องมือสำหรับมอง แต่สายตาจะเมื่อยล้ามาก กล่าวคือ ต้องบังคับให้สายตาทั้งสองข้างไปรวมกันที่ระยะอนันต์ และปรับเลนส์ตาให้เห็นภาพชัดในระยะ 250 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 11.2




รูปที่ 11.2 การมองภาพด้วยสายตาขนาน

ดังได้กล่าวแล้วว่าวิธีการนี้ค่อนข้างยากและฝืนสายตา แต่จะลดการฝืนสายตาก็สามารถทำได้ โดยนำเลนส์มาวางกั้นระหว่างเลนส์ตาของมนุษย์กับรูปถ่าย ซึ่งจะทำให้ระยะชัดและจุดรวมสายตาสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ระยะชัดของเลนส์ตาและจุดรวมสายตาจะอยู่ในระยะเท่ากัน การกระทำดังกล่าวได้พัฒนาไปสู่การสร้างกล้องมองภาพทรวดทรง

## กล้องมองภาพทรวดทรงและวิธีใช้

กล้องที่ใช้ในการมองภาพทรวดทรง มีอยู่ 2 ชนิด คือ

1. กล้องมองภาพทรวดทรงขนาดเล็ก (Pocket stereoscope) กล้องชนิดนี้ประกอบด้วยเลนส์โพซิทิฟ (positive lens) 2 ตัว ที่มีความยาวโฟกัสน้อยกว่า 250 มิลลิเมตร โดยทั่วไปเลนส์ของกล้องมองภาพทรวดทรงจะเป็นแบบ plane–convex กล่าวคือ เลนส์ด้านบนผิวจะราบเรียบ มี

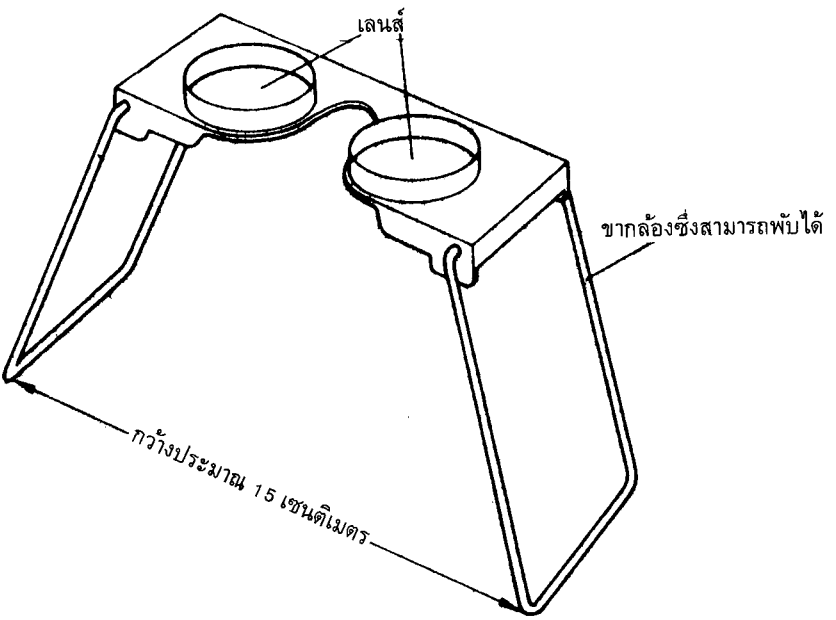
ความยาวโฟกัส 100 มิลลิเมตร ส่วนเลนส์ที่ประกบด้านล่างจะโค้งออก ดังนั้นกำลังขยายของกล้องแบบนี้จะเท่ากับ :

$$\frac{250}{100} \times = 2.5 \times \text{(2.5 เท่า)}$$

ถึงแม้กล้องมองภาพทรวดทรงขนาดเล็กจะมีราคาถูก พกติดตัวได้ และครอบคลุมพื้นที่ในการมอง (field of view) กว้าง ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีของกล้องมองภาพทรวดทรงชนิดนี้ อย่างไรก็ดีก็มีข้อเสียที่สำคัญอยู่หลายประการ เช่น

ก. จำกัดในเรื่องกำลังขยาย กล่าวคือ จะสร้างกล้องมองภาพทรวดทรงขนาดเล็กให้มีกำลังขยายเกิน 3 เท่า โดยใช้เลนส์แบบ plane–convex ธรรมดาไม่ได้ ทั้งนี้เนื่องจากกำลังขยายที่สูงเกินไปจะเพิ่มความคลาดเคลื่อนของเลนส์ อีกทั้งจะก่อให้เกิดปัญหาเรื่องระยะจากตาที่มองถึงรูปถ่ายซึ่งต้องใช้ระยะใกล้มากทำให้ศีรษะบังแสงสว่างในขณะใช้กล้องดูรูปถ่ายทางอากาศ

ข. ระยะห่างระหว่างจุดที่เหมือนกันในรูปถ่ายสองรูปถูกจำกัด โดยต้องมีระยะห่างน้อยกว่าหรือเท่ากับระยะฐานตาของผู้มอง (eye base) ดังนั้น รูปถ่ายทางอากาศแบบธรรมดาที่นำมาใช้สำหรับภาพทรวดทรงจึงวางค่อนข้างลำบาก และขณะมองต้องงอรูปถ่ายเล็กน้อยเพื่อไม่ให้บังรายละเอียดของอีกรูปหนึ่ง




รูปที่ 11.3 กล้องมองภาพทรวดทรงขนาดเล็ก

## วิธีใช้กล้องมองภาพทรวดทรงขนาดเล็ก

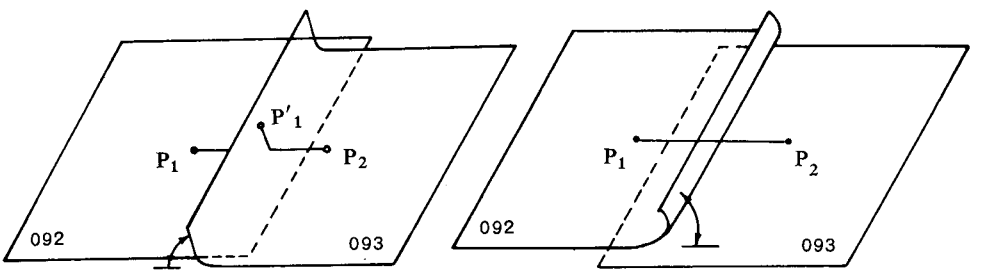
การมองภาพทรวดทรงจากรูปถ่ายทางอากาศคู่หนึ่ง โดยใช้กล้องมองภาพทรวดทรงขนาดเล็กสามารถทำได้ โดยต้องปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้

1. ตรวจสอบให้ถูกต้องว่า รูปถ่ายทางอากาศที่ใช้นั้นเป็นรูปถ่ายที่ต่อเนื่องกันและอยู่ในแนวบินเดียวกัน

2. วางรูปถ่ายทางอากาศคู่นี้ลงบนพื้นราบ ให้เงาของรายละเอียดพุ่งเข้าหาตัวผู้มอง และให้ส่วนซ้อนนั้นทับกัน โดยยึดเอารายละเอียดที่เหมือนกันบนส่วนซ้อนอยู่ห่างกันประมาณ 5.6 เซนติเมตร

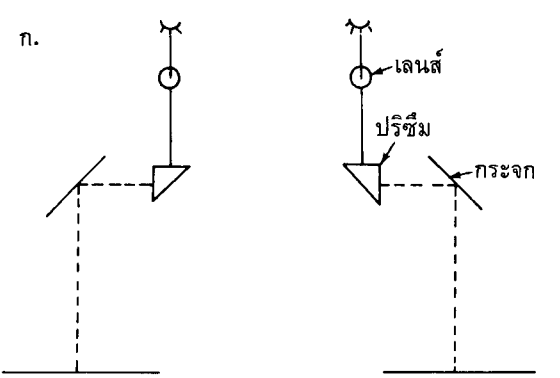
3. วางกล้องมองภาพทรวดทรงขนาดเล็กลงบนรูปถ่ายทางอากาศ โดยให้เลนส์ทางซ้ายอยู่บนรูปซ้าย และเลนส์ทางขวาอยู่บนรูปขวา

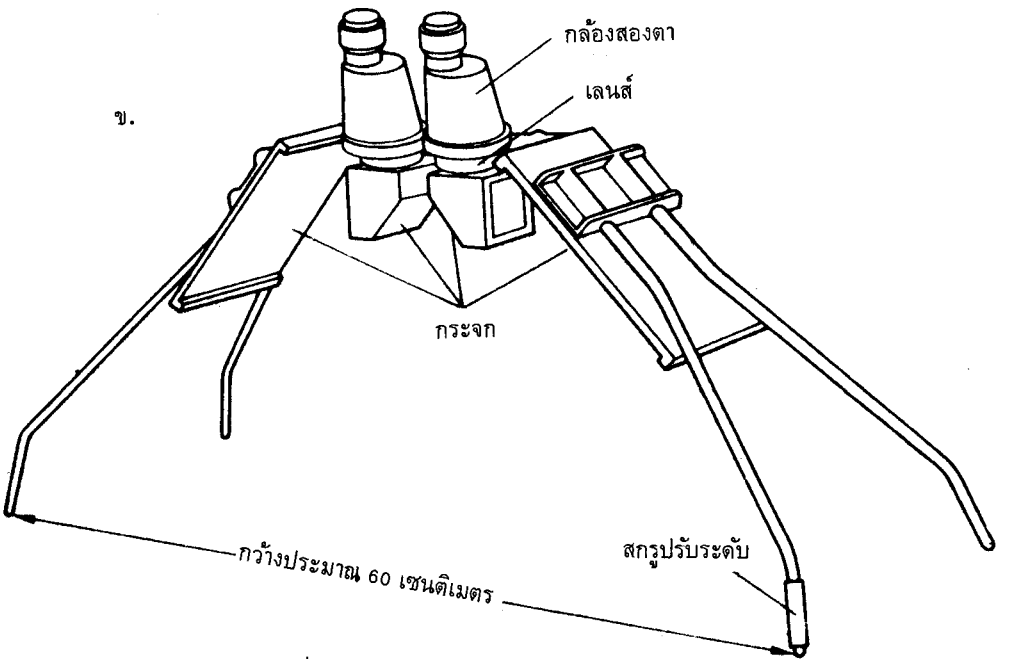
4. มองรูปถ่ายโดยให้สายตาผ่านเลนส์ของกล้อง ในที่สุดภาพทรวดทรงจะเกิดขึ้นในความรู้สึกของผู้มอง ในกรณีที่จำเป็นอาจงอรูปถ่ายทางอากาศเพื่อให้สามารถมองเห็นภาพทรวดทรงในส่วนซ้อนได้ทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 11.4




รูปที่ 11.4 การจัดรูปถ่ายทางอากาศเพื่อให้เห็นภาพทรวดทรงภายใต้กล้องมองภาพทรวดทรงขนาดเล็ก

2. กล้องมองภาพทรวดทรงแบบกระจก (Mirror stereoscope) กล้องชนิดนี้ประกอบด้วยกระจก 1 คู่ สำหรับรับภาพแล้วสะท้อนผ่านปริซึมเข้าสู่สายตา แต่การใช้เฉพาะกระจกดังกล่าวจะเห็นภาพสามมิติหรือภาพทรวดทรงเท่ากับที่ปรากฏในภาพถ่าย จึงได้มีการสร้างเลนส์ไว้บนปริซึมหรือกระจก เลนส์ดังกล่าวจะมีความยาวโฟกัสเท่ากับระยะจากเลนส์ไปตามทิศทางเดินของแสงผ่านกระจกถึงรูปถ่าย ดังแสดงในรูปที่ 11.5 ก. ตามปกติแล้วความยาวโฟกัสของเลนส์นี้จะเท่ากับ 300 มิลลิเมตร ซึ่งจะให้กำลังขยาย 0.8 เท่า หรือน้อยกว่านี้ แต่อย่างไรก็ตามผู้สร้างได้สร้างกล้องแบบสองตา (binocular) ที่มีกำลังขยายติดทับเลนส์ดังกล่าวอีกทีหนึ่งซึ่งช่วยขยายภาพให้ใหญ่ขึ้นกว่าเดิม 4 ถึง 8 เท่า ดังแสดงในรูปที่ 11.5 ข.






รูปที่ 11.5 กล้องมองภาพทรวดทรงแบบกระจก

ได้มีโรงงานสร้างกล้องสามมิติของหลายประเทศ เช่น ญี่ปุ่น เยอรมนีตะวันตก สร้างกล้องมองภาพทรวดทรงแบบต่างๆขึ้นมา ดังนั้น ก่อนที่จะตัดสินใจซื้อกล้องมองภาพทรวดทรงแบบใด ควรจะศึกษารายละเอียดของกล้องแบบนั้นๆ อย่างละเอียดเสียก่อน รายละเอียดที่ควรพิจารณา คือ

ก. คุณสมบัติของระบบเลนส์[2]

1. กำลังขยาย กล้องสามมิติส่วนใหญ่จะมีกำลังขยายสองขนาด คือ กำลังขยายน้อยกว่า 1 เท่าและกำลังขยายระหว่าง 3—8 เท่า กล้องที่มีกำลังขยายมากๆ เหมาะสำหรับใช้ศึกษา พิสูจน์ทราบรายละเอียดที่มีขนาดเล็กมาก อีกทั้งเหมาะสำหรับใช้ปฏิบัติการในการรังวัดอีกด้วย แต่สำหรับในงานตีความภาพถ่ายทางอากาศโดยทั่วๆไป กล้องมองภาพทรวดทรวงที่มีกำลังขยาย 4 เท่า ก็นับว่าเพียงพอแล้ว

ดังนั้น ในการเลือกซื้อกล้องมองภาพทรวดทรงก็ควรเลือกซื้อกล้องที่มีกำลังขยายให้เหมาะสมกับงาน

2. ความกว้างของพื้นที่ที่ถูกมองผ่านกล้องมองภาพทรวดทรงจะต้องกว้าง กล่าวคือ ในการมองภาพเพียงครั้งเดียวผ่านกล้องมองภาพทรวดทรง สามารถมองครอบคลุมพื้นที่ในบริเวณกว้างได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการตีความรูปถ่ายทางอากาศอย่างยิ่ง เพราะไม่จำเป็นต้องเลื่อนกล้องมองภาพทรวดทรงเพื่อให้คลุมพื้นที่ที่ต้องการดูอยู่เสมอๆ

---

[2] Ibid., p. 27.

โดยปกติแล้ว ความกว้างของพื้นที่ที่ถูกมอง มีความสัมพันธ์กับกำลังขยาย ดังได้แสดงไว้ในตารางที่ 11.1

| กำลังขยาย | ความกว้างของพื้นที่ที่ถูกมอง |
|---|---|
| 0.75 | 200 มม. |
| 1.00 | 150 มม. |
| 1.5 | 100 มม. |
| 2.0 | 75 มม. |
| 3.0 | 50 มม. |
| 4.0 | 37 มม. |
| 6.0 | 25 มม. |
| 8.0 | 18 มม. |

ตารางที่ 11.1 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังขยาย และความกว้างของพื้นที่ที่ถูกมอง

จากตารางที่ 11.1 จะแสดงให้เห็นว่า เมื่อกำลังขยายของกล้องสูงขึ้น ความกว้างของพื้นที่ที่ถูกมองก็แคบลง นั่นคือ สามารถมองเห็นภาพในพื้นที่แคบ ๆ

ข. คุณสมบัติเกี่ยวกับตัวกล้อง ตัวกล้องจะต้องมีโครงสร้างที่มั่นคง ระยะฐานของตัวกล้องควรจะมีระยะประมาณ 240 มิลลิเมตร และระยะระหว่างกล้องสองตาควรจะปรับให้เข้ากับระยะฐานตาของผู้มองได้ คือ ควรอยู่ระหว่าง 55—75 มิลลิเมตร นอกจากนี้ กล้องสองตาควรอยู่ในตำแหน่งที่เอียงทำมุม 20°—50° กับแนวระดับ เพื่อที่ว่าผู้มองจะมองผ่านกล้องโดยวางศีรษะในตำแหน่งที่สบายได้

## คุณสมบัติของรูปถ่ายทางอากาศเพื่อการมองภาพทรวดทรง

รูปถ่ายทางอากาศที่จะใช้เพื่อการมองภาพทรวดทรงต้องประกอบด้วยคุณสมบัติดังนี้

1. รูปถ่ายทางอากาศคู่นั้นจะต้องมีส่วนซ้อนกัน

2. แกนของกล้องควรจะอยู่ในระนาบเดียวกัน

3. อัตราส่วนระหว่างระยะของสถานีเปิดถ่าย 2 แห่งที่ติดกันกับความสูงของการบิน $\left(\frac{B}{H}\right)$ จะต้องมีค่าที่เหมาะสม กล่าวคือ ควรมีค่าประมาณ 0.25[3] ในวิชาการสำรวจด้วยภาพ (Photogrammetry) เรียกอัตราส่วนนี้ว่า base-height ratio ถ้าอัตราส่วนนี้มีค่าน้อยมาก เช่น น้อยกว่า 0.02 ผู้มองสามารถจะรับความรู้สึกในการรวมภาพทั้งสองได้ แต่การรับรู้ความลึกไม่แจ่มชัดนักอาจกล่าวได้

[3] Ibid., p. 18.

ว่า การมองรูปถ่ายทางอากาศคู่หนึ่งซึ่งมี base-height ratio น้อยกว่า 0.02 จะมีความรู้สึกเหมือนกับการมองรูปถ่ายทางอากาศเพียงรูปเดียว (สองมิติ) การคำนวณหาค่า base-height ratio จะกล่าวอย่างละเอียดในบทที่ 12

4. มาตรส่วนของรูปถ่ายทางอากาศคู่นั้นควรจะเท่ากันโดยประมาณ

## วิธีการจัดรูปถ่ายทางอากาศเพื่อให้มองเห็นภาพทรวดทรง ภายใต้กล้องมองภาพทรวดทรงแบบกระจก

การจัดรูปถ่ายทางอากาศเพื่อมองภาพทรวดทรงต้องปฏิบัติตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ตรวจสอบรูปถ่ายทางอากาศที่ใช้เพื่อการมองภาพทรวดทรงว่า เป็นรูปถ่ายที่ถ่ายต่อเนื่องกันและมีส่วนเหลื่อมล้ำกันหรือไม่

2. นำรูปถ่ายทางอากาศที่ได้รับการตรวจสอบว่าถูกต้องแล้วมาวางบนโต๊ะ โดยให้รูปถ่ายทางอากาศคู่นี้อยู่ในแนวบินเดียวกัน (ดูบันทึก 1)

3. แยกรูปถ่ายทางอากาศโดยให้จุดภาพที่เหมือนกันของรูปถ่ายทางอากาศคู่นี้ ห่างกันเท่ากับระยะฐานของกล้องมองภาพทรวดทรง (instrument base) (ดูบันทึก 2)

4. ตรึงรูปถ่ายทางอากาศที่จัดไว้แล้วให้อยู่กับที่

5. นำกล้องมองภาพทรวดทรงวางเหนือรูปถ่ายทางอากาศ มองดูรูปถ่ายโดยให้สายตาผ่านเลนส์ของกล้อง ในที่สุดภาพทรวดทรงจะเกิดขึ้นในความรู้สึกของผู้มอง

บันทึก 1 การหาแนวบิน[4] (flight line)

การหาแนวบิน จะต้องประกอบด้วยกระบวนการหลายขั้นตอน ได้แก่ การหาจุดหลัก (principal point) และการย้ายจุดหลักไปยังรูปถ่ายทางอากาศอีกรูปหนึ่ง ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีวิธีปฏิบัติต่างกันออกไป

การหาจุดหลัก มีขั้นตอนที่ต้องปฏิบัติดังนี้

ก. นำรูปถ่ายทางอากาศคู่ที่ต้องการมองภาพทรวดทรงมาวางลงบนโต๊ะ เชื่อมเครื่องหมายสำหรับหาโครงพิกัด (fiducial mark) ที่อยู่ตรงกันข้ามด้วยไม้บรรทัด และขีดเส้นสั้น ๆ ตามแนวไม้บรรทัด ณ บริเวณกลางรูปถ่าย เครื่องหมายสำหรับหาโครงพิกัด มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด ชนิดแรกอยู่ที่มุมทั้งสี่ของรูปถ่าย อีกชนิดหนึ่งอยู่ที่กึ่งกลางด้านทั้งสี่ของรูปถ่าย ดังแสดงในรูปที่ 11.6

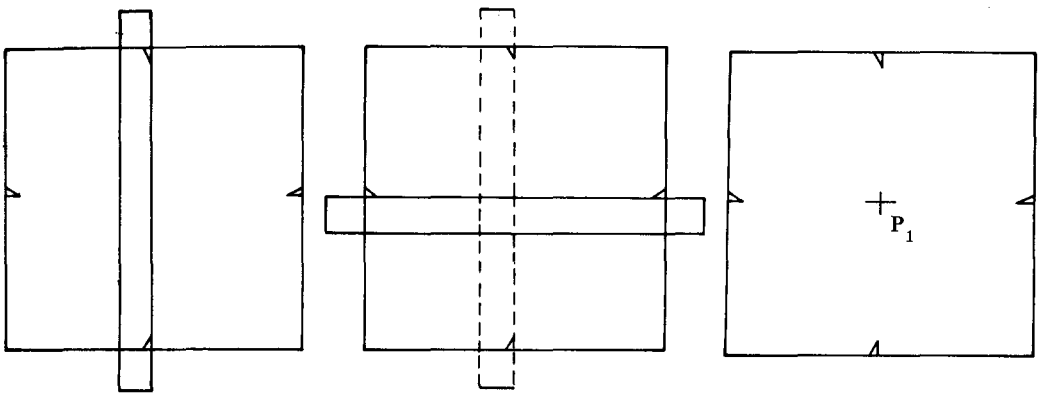
---

[4] Various ITC. Staffmember "Instruction for Handling and Measuring Aerial Photograph," in **Terrain analysis and classification using aerial photograph,** ed, Zuidam Van (Enschede: ITC, 1979), p. 3.

ข. กระทำกับเครื่องหมายสำหรับหาโครงพิกัดอีกคู่หนึ่งด้วยวิธีการในข้อ ก ในที่สุดจะได้ขีดเส้นตรงสั้นๆ ตัดกัน ณ จุดกึ่งกลางภาพ ซึ่งจุดตัดกันนี้เรียกว่า จุดหลัก

ค. ใช้เข็มปรุ จุดหลักบนรูปถ่ายทางอากาศรูปแรกนี้ให้ทะลุ และกำหนดชื่อจุดหลักนี้ว่า $P_1$

ง. หาจุดหลักของรูปถ่ายทางอากาศรูปที่สองด้วยวิธีการเดียวกันกับข้อ ก–ค และกำหนดชื่อจุดหลักของการถ่ายรูปที่ 2 นี้ว่า $P_2$




รูปที่ 11.6 การหาจุดหลัก

การย้ายจุดหลักจากรูปถ่ายทางอากาศรูปหนึ่งไปยังอีกรูปหนึ่ง มีขั้นตอนที่ต้องปฏิบัติดังนี้

ก. วางรูปถ่ายทางอากาศบนโต๊ะแสง และจัดรูปถ่ายให้สามารถมองเห็นภาพทรวดทรงได้ภายใต้กล้องมองภาพทรวดทรง ตรึงรูปถ่ายคู่นี้อยู่กับที่

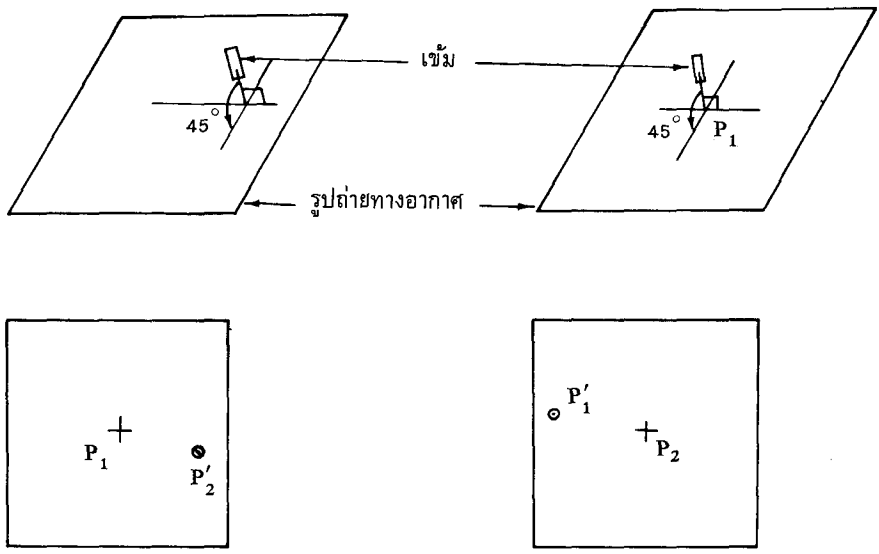
ข. ใช้มือซ้ายถือเข็ม วางปลายเข็ม ณ จุดหลักของรูปที่ 1 ที่ถูกปรุ ($P_1$) โดยให้เข็มทำมุมประมาณ 45 องศากับโต๊ะ และอยู่ในระนาบที่ตั้งฉากกับแกน X

ค. ใช้มือขวาถือเข็มอีกเล่มหนึ่ง โดยให้เข็มอยู่ในตำแหน่งและลักษณะเดียวกันกับเข็มที่อยู่ในมือซ้าย ของรูปที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 11.7 สายตามองผ่านกล้องมองภาพทรวดทรงพยายามรวมภาพปลายเข็มทั้งสองเข้าด้วยกัน

ง. เลื่อนปลายเข็มในมือขวาไปในทิศที่ขนานกับแกน X เล็กน้อย ภาพทรวดทรงของปลายเข็มที่รวมกันจะปรากฏให้เห็นคล้ายกับเป็นจุดลอย (floating mark) ที่ลอยเหนือพื้นที่ภูมิประเทศ

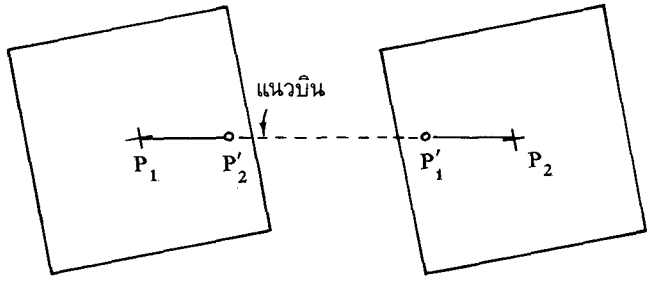
จ. พยายามให้จุดลอยนั้นเคลื่อนลงสู่พื้นผิวภูมิประเทศ ด้วยการเลื่อนปลายเข็มในมือขวาไปมา เมื่อจุดลอยนั้นสัมผัสกับพื้นภูมิประเทศแล้ว ก็ปรุจุดนั้นให้เป็นรู กำหนดชื่อเป็น $P_1'$ ซึ่งเป็นจุดหลักของรูปที่ 1 ที่ถูกย้ายมายังรูปถ่ายรูปที่ 2

สำหรับการย้ายจุดหลักของรูปถ่ายรูปที่ 2 ($P_2$) ไปยังรูปถ่ายรูปที่ 1 ก็ปฏิบัติตามขั้นตอนเหมือนกับข้อ ข–จ ทุกประการ




รูปที่ 11.7 การย้ายจุดหลัก

ภายหลังจากที่กระบวนการหาจุดหลักและการย้ายจุดหลักสิ้นสุดลงแล้ว เราก็สามารถหาแนวบินได้ โดยการลากเส้นตรงเชื่อมต่อระหว่างจุดหลักกับจุดหลักที่ถูกย้ายมาของแต่ละภาพ นั่นคือ ลากเส้นตรงเชื่อมต่อระหว่างจุด $P_1$ กับ $P'_2$ และ $P_2$ กับ $P'_1$ ดังแสดงในรูปที่ 11.8




รูปที่ 11.8 การหาแนวบิน

**บันทึก 2** การวัดระยะฐานของกล้องสามมิติ[5]

การวัดระยะฐานของกล้องสามมิติ สามารถทำเป็นลำดับขั้น ดังนี้

ก. ปรับระยะชัดของกล้องสองตา โดยหมุนวงแหวนของกล้องสองตา (adjusting ring) ไปตามเข็มนาฬิกา จนกระทั่งเห็นภาพคมชัด จากนั้นปรับกล้องสองตาให้เหมาะกับระยะฐานตาของผู้มอง

ข. ลากเส้นตรงเส้นหนึ่งยาวประมาณ 30 เซนติเมตร ลงบนกระดาษแข็ง

ค. นำเอากล้องสามมิติมาวางเหนือเส้นตรงที่ลากบนกระดาษแข็งในข้อ ข และมองเส้นตรงเส้นนั้นด้วยตาทั้งสองข้างผ่านกล้องสองตา ซึ่งผู้มองจะเห็นเส้นตรงเส้นนั้นปรากฏเป็น 2 ภาพ

เลื่อนกล้องสามมิติไปมา จนกระทั่งภาพ 2 ภาพของเส้นตรงนั้นรวมกันปรากฏเป็นภาพเดียว พาดผ่านกลางกล้องสองตา

หลับตาขวา มองด้วยตาซ้ายเพียงข้างเดียว กำหนดจุด A ลงบนเส้นตรง โดยให้จุด A นี้อยู่กึ่งกลางกล้องสองตาทางด้านซ้ายมือ จากนั้นหลับตาซ้ายมองด้วยตาขวา ผ่านกล้องสองตาด้านขวา และกำหนดจุด B ลงบนเส้นตรง โดยให้จุด B นี้อยู่กึ่งกลางกล้องสองตาทางด้านขวามือ

ง. ระยะ AB นี้คือ ระยะฐานของเครื่องมือ หรือระยะฐานของกล้องมองภาพทรวดทรงซึ่งปรับให้เข้ากับระยะฐานตาของผู้มอง

---

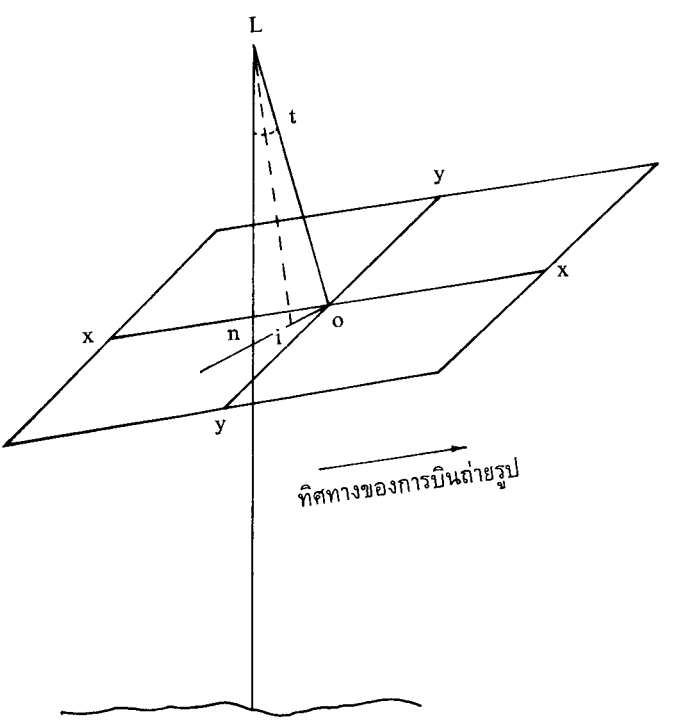
[5] Ibid., p. 4.

# บทที่ 12
# เรขาคณิตของรูปถ่ายทางอากาศ

ดังที่ได้ทราบแล้วว่า รูปถ่ายทางอากาศนั้นได้บันทึกภาพวัตถุต่าง ๆ ที่ปรากฏอยู่บนพื้นภูมิประเทศที่ทำการถ่ายภาพอย่างครบถ้วน ข้อมูลต่าง ๆ จากรูปถ่ายทางอากาศเหล่านี้สามารถรวบรวมได้ด้วยวิธีการตีความรูปถ่ายทางอากาศ ซึ่งจะกล่าวอย่างละเอียดในบทที่ 13 และด้วยวิธีการรังวัดจากรูปถ่ายทางอากาศ ดังนั้น ในบทนี้จะได้กล่าวถึงหลักการเบื้องต้นของเรขาคณิตของรูปถ่ายทางอากาศ เพื่อให้ผู้อ่านได้นำไปใช้ประโยชน์ในการรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการรังวัดจากรูปถ่ายทางอากาศ

## คำจำกัดความและความสัมพันธ์ในเชิงคณิตศาสตร์

ก่อนที่จะกล่าวถึงเรขาคณิตของรูปถ่ายทางอากาศ ขอให้ท่านทำความเข้าใจเกี่ยวกับคำจำกัดความและความสัมพันธ์ในเชิงคณิตศาสตร์ของรูปถ่ายทางอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 12.1




รูปที่ 12.1 องค์ประกอบของรูปถ่ายทางอากาศ

จากรูปที่ 12.1 แสดงองค์ประกอบของรูปถ่ายทางอากาศ ซึ่งสามารถให้คำจำกัดความได้ดังต่อไปนี้

สถานีเปิดถ่าย (Exposure station) คือ ตำแหน่งของเลนส์ในขณะที่ถ่ายรูปทางอากาศ จากรูปที่ 12.1 สถานีเปิดถ่าย คือ L.

จุดหลัก (Principal point) คือ จุดปลายของเส้นตั้งฉากจากเลนส์สัมผัสกับพื้นรับภาพ (รูปถ่ายทางอากาศ) จากรูปที่ 12.1 จุดหลักคือจุด o จุดหลักนี้พิจารณาได้ว่าเป็นจุดที่ทับกันกับจุดตัดของแกน X และแกน Y

ความยาวโฟกัส (Focal length) คือ ระยะจากเลนส์ไปยังพื้นรับภาพ (รูปถ่ายทางอากาศ) จากรูปที่ 12.1 ความยาวโฟกัส คือ ระยะ Lo

ความสูงของการบิน (Flying height) คือ ความสูงของสถานีเปิดถ่ายจากระดับน้ำทะเล หรือพื้นหลักฐานอื่นที่ระบุไว้

แกน X ของรูปถ่าย (The X–axis of the photograph) คือ เส้นตรงบนรูปถ่ายที่เชื่อมระหว่างเครื่องหมายสำหรับหาโครงพิกัด (fiducial mark) ที่อยู่ตรงกันข้าม ซึ่งแนวของเส้นตรงนี้จะมีลักษณะเกือบขนานกับแนวบินถ่ายรูป (direction of flight)

แกน Y ของรูปถ่าย (The Y–axis of the photograph) คือ เส้นตรงบนรูปถ่ายที่เชื่อมระหว่างเครื่องหมายสำหรับหาโครงพิกัดที่อยู่ตรงกันข้าม ซึ่งแนวของเส้นตรงนี้จะมีลักษณะตั้งฉากกับแกน X

จุดเนเดอร์ (Nadir point) คือ จุดปลายของเส้นดิ่งจากเลนส์สัมผัสกับรูปถ่ายทางอากาศ จากรูปที่ 12.1 จุดเนเดอร์ คือจุด n

ในกรณีที่รูปถ่ายทางอากาศเป็นภาพดิ่งจริง (Truely vertical photograph) จุดหลักและจุดเนเดอร์จะทับกันสนิท

มุมเอียง (Tilt) คือ มุมที่อยู่ระหว่างเส้นแนวแกนกล้องกับเส้นดิ่ง จากรูปที่ 12.1 มุมเอียง คือ oLn หรือ t

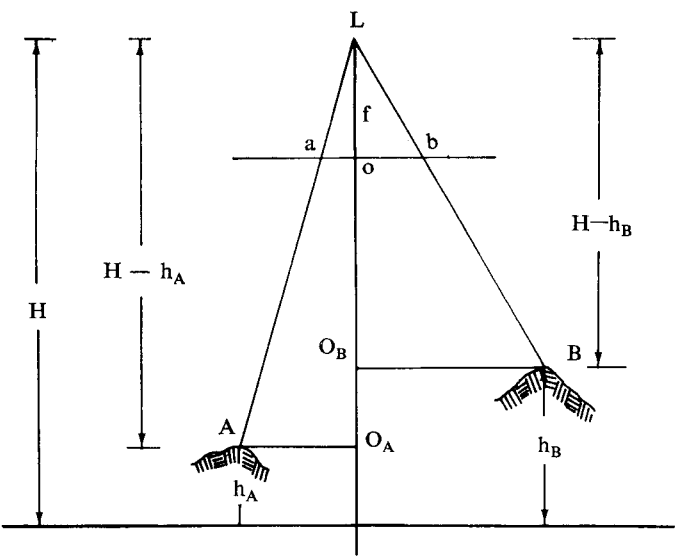
ไอโซเซนเตอร์ (Isocenter) คือ จุดปลายของเส้นแบ่งครึ่งมุมเอียงสัมผัสกับรูปถ่ายทางอากาศ จากรูปที่ 12.1 ไอโซเซนเตอร์ คือจุด i

## มาตราส่วนของรูปถ่ายดิ่ง

ในภาคแรกได้กล่าวถึงเรื่องมาตราส่วนของแผนที่แล้ว ซึ่งได้ให้คำจำกัดความว่า เป็นอัตราส่วนระหว่างระยะทางในแผนที่กับระยะทางเดียวกันนั้นในภูมิประเทศ มาตราส่วนของรูปถ่ายดิ่งก็เช่นเดียวกับมาตราส่วนของแผนที่ กล่าวคือ เป็นอัตราส่วนระหว่างระยะทางบนรูปถ่ายกับระยะทางเดียวกันนั้น

ในภูมิประเทศ แต่มาตราส่วนของรูปถ่ายเป็นมาตราส่วนโดยประมาณ ไม่ถูกต้องแน่นอนเหมือนมาตราส่วนของแผนที่ ทั้งนี้เนื่องจากรูปถ่ายทางอากาศเป็น Perspective projection ทำให้วัตถุต่าง ๆ หรือสภาพภูมิประเทศที่ใกล้กล้องถ่ายรูปขณะที่เปิดถ่ายจะปรากฏขนาดใหญ่กว่าวัตถุ หรือสภาพภูมิประเทศอันเดียวกันนั้นเมื่ออยู่ห่างจากกล้องถ่ายรูปออกไป

อีกประการหนึ่ง มาตราส่วนของรูปถ่ายดิ่งจะมีขนาดแปรเปลี่ยนไป ณ ทุก ๆ จุดบนรูปถ่ายทางอากาศ ซึ่งขึ้นอยู่กับความสูงของภูมิประเทศของจุดเหล่านั้น กล่าวคือ ถ้าความสูงของภูมิประเทศสูงมาก มาตราส่วนของรูปถ่าย ณ จุดที่ภูมิประเทศนั้นตั้งอยู่จะมีขนาดใหญ่




รูปที่ 12.2 มาตราส่วนของรูปถ่ายทางอากาศ

จากรูปที่ 12.2 รูปถ่ายดิ่งรูปหนึ่งได้จากการบินถ่ายโดยมีความสูงของการบินที่วัดจากระดับน้ำทะเลเท่ากับ H ความยาวโฟกัสของกล้องถ่ายรูปเท่ากับ f และจุดหลักของรูปถ่ายอยู่ที่จุด o ความสูงของจุด A ซึ่งอยู่ในภูมิประเทศเท่ากับ $h_A$ และความสูงของจุด B ซึ่งอยู่ในภูมิประเทศเท่ากับ $h_B$ จุด A และ B ปรากฏในรูปถ่ายที่ a และ b ตามลำดับ

ณ จุด A มาตราส่วนของรูปถ่าย คืออัตราส่วน $ao/AO_A$ โดยอาศัยคุณสมบัติของสามเหลี่ยมคล้าย จะได้

$$\frac{ao}{AO_A} = \frac{f}{(H - h_A)}$$

ณ จุด B มาตราส่วนของรูปถ่าย คืออัตราส่วน $bo/BO_B$ โดยอาศัยคุณสมบัติของสามเหลี่ยมคล้าย จะได้

$$\frac{bo}{BO_B} = \frac{f}{(H - h_B)}$$

ดังนั้น มาตราส่วนของรูปถ่าย ณ จุดใด ๆ อาจหาได้จากความสัมพันธ์ ดังนี้

$$S_h = \frac{f}{H - h} \qquad \text{..... (12–1)}$$

โดยที่ $S_h$ คือ มาตราส่วนของจุดในรูปถ่ายที่มีความสูง h

f คือ ความยาวโฟกัส

H คือ ความสูงของการบินถ่ายที่วัดจากพื้นหลักฐานทางราบ

ในการแสดงมาตราส่วนของรูปถ่ายทางอากาศ อาจจะแสดงออกมาในรูปของมาตราส่วนแบบคำพูด หรือมาตราส่วนแบบเศษส่วน ก็ได้

**ตัวอย่าง** จากรูปที่ 12.2 สมมุติว่าสถานีที่ทำการเปิดถ่ายอยู่เหนือระดับน้ำทะเลเท่ากับ 2,300 เมตร ความสูงของตำบล A เท่ากับ 50 เมตร และความสูงของตำบล B เท่ากับ 350 เมตร กล้องถ่ายรูปมีความยาวโฟกัสเท่ากับ 15 เซนติเมตร จงหามาตราส่วนของรูปถ่าย ณ ตำบล A และ B ในรูปมาตราส่วนแบบคำพูด และแบบเศษส่วน

มาตราส่วน ณ ตำบล A ที่มีความสูง 50 เมตร แสดงออกมาในรูปของมาตราส่วนแบบคำพูด

$$S_{50} = \frac{15 \text{ เซนติเมตร}}{(2{,}300 - 50) \text{ เมตร}}$$

$$= \frac{15 \text{ เซนติเมตร}}{2{,}250 \text{ เมตร}}$$

$$= \frac{1 \text{ เซนติเมตร}}{150 \text{ เมตร}}$$

มาตราส่วน ณ ตำบล A เท่ากับ 1 เซนติเมตร ต่อ 150 เมตร

สำหรับมาตราส่วนแบบเศษส่วน

$$S_{50} = \frac{(15/100) \text{ เมตร}}{(2{,}300 - 50) \text{ เมตร}}$$

$$= \frac{1}{15{,}000}$$

มาตราส่วน ณ ตำบล A เท่ากับ 1 : 15,000

ในทำนองเดียวกัน มาตราส่วน ณ ตำบล B ที่มีความสูง 350 เมตร แสดงออกมาในรูปมาตราส่วนแบบคำพูด และแบบเศษส่วน จะได้

$$S_{350} = \frac{15 \text{ เซนติเมตร}}{(2,300 - 350) \text{ เมตร}}$$

$$= \frac{1 \text{ เซนติเมตร}}{130 \text{ เมตร}}$$

มาตราส่วน ณ ตำบล B เท่ากับ 1 เซนติเมตร ต่อ 130 เมตร

$$S_{350} = \frac{(15/100) \text{ เมตร}}{(2,300 - 350) \text{ เมตร}}$$

$$= \frac{1}{13,000}$$

มาตราส่วน ณ ตำบล B เท่ากับ 1 : 13,000

เนื่องจากมาตราส่วนของรูปถ่ายแปรผันไปตามจุดต่าง ๆ ที่มีความสูงต่างกัน ดังนั้น จึงได้มีการกำหนดมาตราส่วนเฉลี่ยขึ้น เพื่อเป็นตัวแทนของมาตราส่วนของทั้งรูป ซึ่งจะหาได้จาก ความสัมพันธ์ดังนี้

$$S_{avg} = \frac{f}{H - h_{avg}} \quad \text{..... (12–2)}$$

โดยที่ $S_{avg}$ คือ มาตราส่วนเฉลี่ย

$f$ คือ ความยาวโฟกัส

$h_{avg}$ คือ ความสูงเฉลี่ย

$H$ คือ ความสูงของการบินถ่ายที่วัดจากพื้นหลักฐานทางราบ

มาตราส่วนเฉลี่ยของรูปถ่ายที่คำนวณได้จากสมการ (12–2) เป็นค่าโดยประมาณเท่านั้น ขนาดของมาตราส่วนนี้จะมีขนาดเล็กเกินไป สำหรับบริเวณที่มีความสูงที่สูงกว่าความสูงของ $h_{avg}$ และมาตราส่วนนี้จะมีขนาดใหญ่เกินไป สำหรับบริเวณที่มีความสูงต่ำกว่าความสูงของ $h_{avg}$

**ตัวอย่าง** จงคำนวณหาความสูงของการบินถ่ายที่วัดจากระดับน้ำทะเล ซึ่งเครื่องบินจำเป็นต้องใช้เพื่อให้รูปถ่ายมีมาตราส่วนเฉลี่ย 1 : 15,000 โดยที่ความสูงเฉลี่ยของบริเวณที่จะบินถ่ายเท่ากับ 850 เมตร และเลนส์ของกล้องถ่ายรูป มีความยาวโฟกัสเท่ากับ 15 เซนติเมตร

จากสมการ (12 – 2)

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

$$\frac{1}{15,000} = \frac{15/100 \text{ เมตร}}{H - 850 \text{ เมตร}}$$

$$H = \frac{15 \times 15,000}{100} + 850 \text{ เมตร}$$

$$= 3,100 \text{ เมตร}$$

ความสูงของการบินถ่ายรูปวัดจากระดับน้ำทะเล เท่ากับ 3,100 เมตร

การหามาตราส่วนของรูปถ่าย อาจสามารถหาได้จากการเปรียบเทียบกับแผนที่ที่ทราบมาตราส่วนแล้ว ซึ่งแสดงรายละเอียดบริเวณเดียวกับที่ปรากฏในรูปถ่ายทางอากาศ โดยวัดระยะในรูปถ่ายระหว่างจุด 2 จุดที่สามารถกำหนดได้แน่นอนบนแผนที่ และให้วัดระยะบนแผนที่ระหว่างจุด 2 จุดนั้น มาตราส่วนของรูปถ่ายจะคำนวณได้จากความสัมพันธ์ดังนี้

$$\frac{\text{มาตราส่วนของรูปถ่าย}}{\text{มาตราส่วนของแผนที่}} = \frac{\text{ระยะในรูปถ่าย}}{\text{ระยะในแผนที่}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (12-3)$$

**ตัวอย่าง** มาตราส่วนของแผนที่ 1 นิ้ว ต่อ 800 ฟุต วัดระยะระหว่างสี่แยกถนนตัดกันได้เท่ากับ 1.55 นิ้ว และมีรูปถ่ายรูปหนึ่งปกคลุมส่วนหนึ่งของบริเวณในแผนที่ ระยะระหว่างสี่แยกถนนเดียวกันนั้นบนรูปถ่ายวัดได้ 4.34 นิ้ว จงหามาตราส่วนของรูปถ่าย

จากสมการ (12–3) จะได้

$$\frac{1 \text{ ฟุต} / x \text{ ฟุต}}{1 \text{ นิ้ว} / 800 \text{ ฟุต}} = \frac{4.34 \text{ นิ้ว}}{1.55 \text{ นิ้ว}}$$

$$\frac{800 \text{ ฟุต}}{x \text{ ฟุต}} = \frac{4.34 \text{ นิ้ว}}{1.55 \text{ นิ้ว}}$$

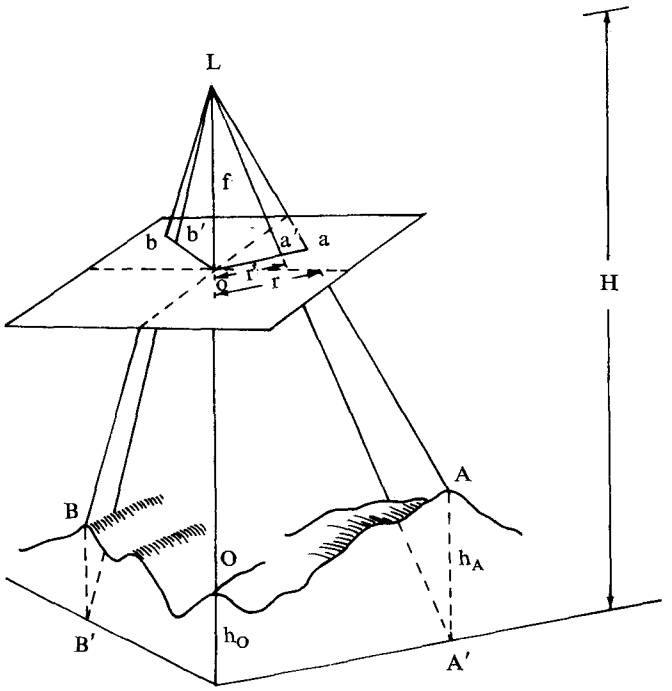
$$x = 285 \text{ ฟุต}$$

มาตราส่วนของรูปถ่าย 1 นิ้ว ต่อ 285 ฟุต

## การเคลื่อนตำแหน่งเนื่องจากความสูงบนรูปถ่ายดิ่ง

การเคลื่อนตำแหน่งเนื่องจากความสูง (Relief displacement) เป็นการเคลื่อนที่ของตำแหน่งจุดภาพบนรูปถ่ายอันเนื่องมาจากความสูงของวัตถุ

การเคลื่อนตำแหน่งเนื่องจากความสูง จะมีทิศทางเป็นรัศมีออกจากจุดเนเดอร์

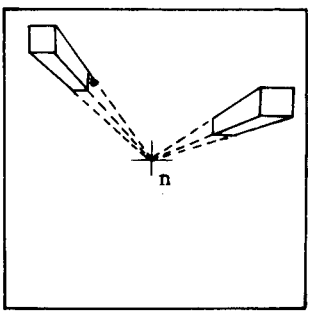



รูปที่ 12.3 การเคลื่อนตำแหน่งเนื่องจากความสูงบนรูปถ่ายทางดิ่ง

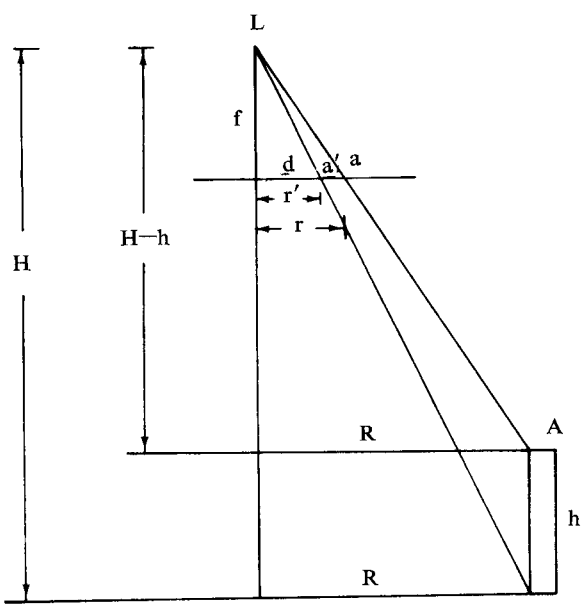
จากรูปที่ 12.3 แสดงรูปถ่ายทางอากาศที่ถ่ายด้วยกล้อง ซึ่งมีความยาวโฟกัส f ณ สถานีเปิดถ่าย L ซึ่งอยู่สูงจากระดับน้ำทะเล H จุด A , O และ B เป็นจุดที่อยู่ในพื้นภูมิประเทศซึ่งมีความสูง $h_A$ , $h_O$ และ $h_B$ ตามลำดับ และภาพของจุดทั้งสามนี้ ปรากฏอยู่บนรูปถ่าย ณ จุด a, o และ b ตามลำดับ ตำแหน่งของจุดทั้งสามบนพื้นหลักฐานในขณะที่ทำการถ่าย คือ A′, O′ และ B′ ซึ่งจะไปปรากฏบนรูปถ่ายที่ a′, o′ และ b′ ตามลำดับ

จากรูปที่ 12.3 แสดงให้เห็นว่า จุด a ได้เคลื่อนตำแหน่งไปจากตำแหน่งของพื้นหลักฐานออกไปตามแนวรัศมี oa เป็นระยะ a′a จุด b ได้เคลื่อนตำแหน่งออกไปตามแนวรัศมี ob เป็นระยะ bb′ ระยะทั้งสองนี้คือการเคลื่อนตำแหน่งเนื่องจากความสูงของจุด 2 จุด

จากรูปที่ 12.3 อาจจะสรุปได้ว่า บนรูปถ่ายดิ่ง การเคลื่อนตำแหน่งเนื่องจากความสูงจะมีทิศทางเป็นรัศมีออกจากจุดเนเดอร์ ดังแสดงในรูปที่ 12.4




รูปที่ 12.4 การเคลื่อนตำแหน่งเนื่องจากความสูง




รูปที่ 12.5 ภาพตัดด้านข้างแสดงการเคลื่อนตำแหน่งเนื่องจากความสูง

จากรูปที่ 12.5 แสดงภาพตัดด้านข้างในแนวดิ่งของภาพที่ปรากฏในรูปที่ 12.3 ตามแนวเส้นตรง oa ให้ A แทนจุดใด ๆ ที่มีความสูง h ระยะตามแนวรัศมีจากจุดเนเดอร์ไปยังจุดภาพ a มีขนาดเท่ากับ r และระยะตามแนวรัศมีจากจุดเนเดอร์ไปยังตำแหน่งที่ปรากฏอยู่ในรูปถ่ายของพื้นหลักฐาน คือ r′

จากคุณสมบัติของสามเหลี่ยมคล้าย จะได้

$$\frac{f}{H-h} = \frac{r}{R} \quad \text{และ} \quad \frac{f}{H} = \frac{r'}{R}$$

$$r = \frac{R \times f}{H-h} \quad \text{และ} \quad r' = \frac{R \times f}{H}$$

$$R = \frac{r\,(H-h)}{f} \quad \text{และ} \quad R = \frac{r'\,H}{f}$$

ถ้ากำหนดให้ d คือ การเคลื่อนตำแหน่งเนื่องจากความสูง ซึ่งเท่ากับ $r - r'$

ดังนั้น

$$d = \frac{R \times f}{H-h} - \frac{R \times f}{H}$$

$$= \frac{R \cdot f \cdot h}{H\,(H-h)}$$

โดยการแทนค่า $\frac{r\,(H-h)}{f}$ สำหรับ R จะได้

$$d = \frac{r \cdot h}{H} \qquad \text{..... } (12-4)$$

โดยการแทนค่า $\frac{r'\,H}{f}$ สำหรับ R จะได้

$$d = \frac{r' \cdot h}{H-h} \qquad \text{..... } (12-5)$$

โดยที่

d คือ การเคลื่อนตำแหน่งเนื่องจากความสูง

r คือ ระยะตามแนวรัศมีจากจุดเนเดอร์ไปยังภาพของจุดบนพื้นดิน

r′ คือ ระยะตามแนวรัศมีจากจุดเนเดอร์ไปยังตำแหน่งของจุดบนพื้นหลักฐาน

h คือ ความสูงของจุดที่พิจารณาที่อยู่เหนือพื้นหลักฐาน

H คือ ความสูงของการบินถ่ายรูปเหนือพื้นหลักฐาน

**ตัวอย่าง** รูปถ่ายดิ่งครอบคลุมบริเวณพื้นที่ราบแห่งหนึ่ง ซึ่งได้จากการบินถ่าย โดยมีความสูงของการบิน 4,100 เมตร เหนือพื้นที่ราบนั้นมีหอคอยแห่งหนึ่งปรากฏอยู่ในรูปถ่าย ระยะจากจุดหลักไปยังจุดภาพยอดหอคอยและฐานหอคอยเท่ากับ 12.3 เซนติเมตร และ 12.0 เซนติเมตร ตามลำดับ จงพิจารณาความสูงของหอคอยแห่งนั้น

**วิธีทำ**

การเคลื่อนตำแหน่งเนื่องจากความสูง (d) $= 12.3 - 12.0$

$= 0.3$ เซนติเมตร

จากสูตร $$d = \frac{r \cdot h}{H}$$

$$0.3 = \frac{12.3 \times h}{4100}$$

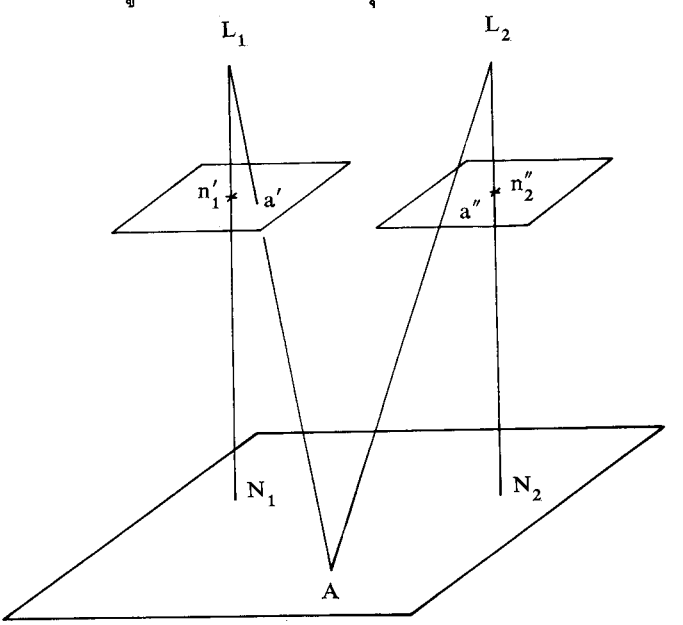
$$h = \frac{4100 \times 0.3}{12.3}$$

$$= 100$$

ความสูงของหอคอย เท่ากับ 100 เมตร

## ระยะเหลื่อมของภาพคู่ทรวดทรง

ระยะเหลื่อมของภาพคู่ทรวดทรง (Stereoscopic parallax) เป็นการเปลี่ยนตำแหน่งของจุดภาพบนรูปถ่ายทางอากาศที่อยู่ต่อเนื่องกัน อันมีสาเหตุเนื่องจากการเปลี่ยนตำแหน่งของกล้องถ่ายรูป

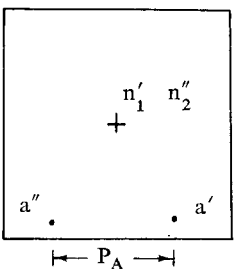



รูปที่ 12.6 การเปลี่ยนตำแหน่งของจุดภาพ

จากรูปที่ 12.6 แสดงภาพของวัตถุ A ปรากฏบนรูปถ่ายทางอากาศด้านซ้าย และรูปถ่ายทางอากาศด้านขวาที่ a′ และ a″ ตามลำดับ

ถ้าให้รูปถ่ายทางอากาศคู่นี้วางซ้อนทับกันโดยที่จุดเนเดอร์ $n_1'$ ทับกับ $n_2''$ ระยะเหลื่อมของภาพคู่ทรวดทรงของจุด A คือ a′a″ ดังรูป 12.7

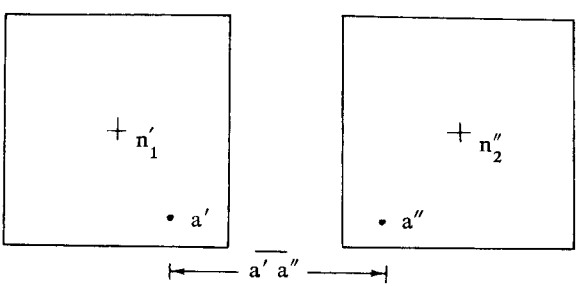
$$P_A = a'a''$$




รูปที่ 12.7 ระยะเหลื่อมของภาพคู่ทรวดทรงของจุด A

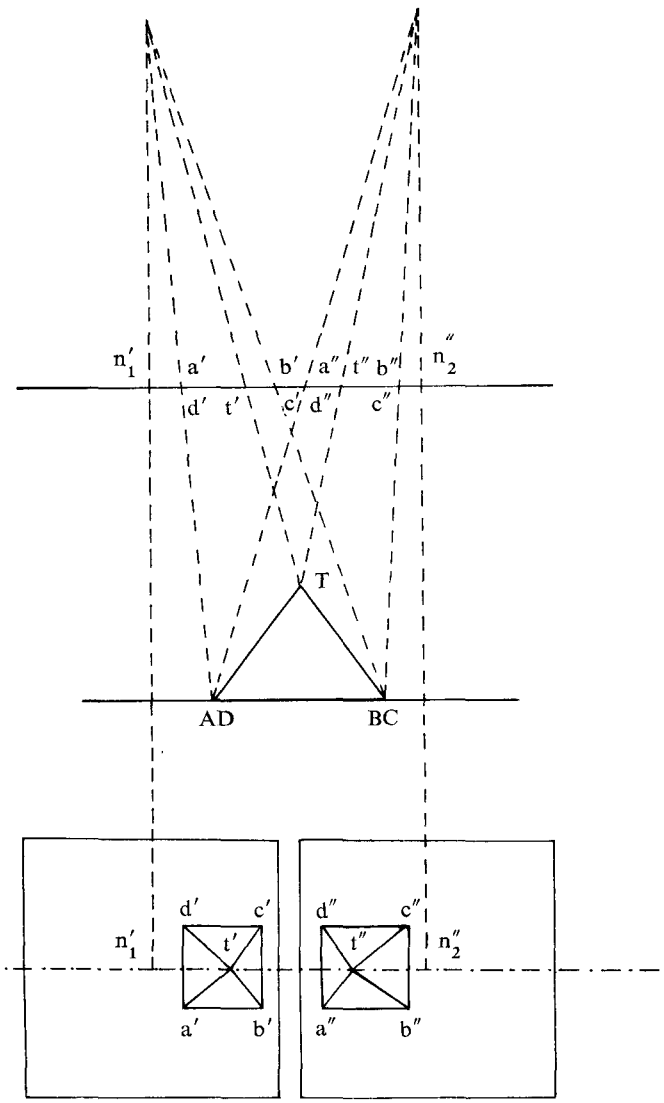
ภายใต้กล้องมองภาพทรวดทรง ระยะเหลื่อมของภาพคู่ทรวดทรงของจุด A คือ

$$A = n'n'' - \overline{a_1' a_2''}$$
$$= a'a''$$




รูปที่ 12.8 ระยะเหลื่อมของภาพคู่ทรวดทรง

ถ้าพิจารณาจากรูปที่ 12.9 จุดภาพ t′ และ t″ บิดเบี้ยวไปจากจุดยอดของพีระมิดอันมีสาเหตุจากการเคลื่อนตำแหน่งเนื่องจากความสูง จุด A,B,C และ D อยู่บนพื้นหลักฐานเดียวกัน จึงไม่มีการเคลื่อนตำแหน่งเนื่องจากความสูง




รูปที่ 12.9 ระยะเหลื่อมและการเคลื่อนตำแหน่ง
เนื่องจากความสูงของยอดพีระมิด

ระยะเหลื่อมของคู่ภาพทรวดทรงของจุดภาพนั้น วัดขึ้นเพื่อคำนวณหาความสูงของจุดภาพนั้น โดยทำการวัดความต่างระยะเหลื่อม (parallax difference) เช่น ความต่างระยะเหลื่อมของจุด A และ T ซึ่งเราเรียกว่า $\Delta P_{AT}$

$$\Delta P_{AT} = P_A - P_T$$

$$= (n_1' n_2'' - \overline{a_1' a_2''}) - (n_1' n_2'' - \overline{t' t''})$$

$$= \overline{t' t''} - \overline{a' a''}$$

ซึ่งก็หมายความว่า ความแตกต่างในระยะทางระหว่างจุดภาพ 2 คู่ เท่ากับความต่างระยะเหลื่อม จากความต่างของระยะเหลื่อมนี้ สามารถนำไปคำนวณหาความสูงของจุดภาพได้จากสูตรระยะเหลื่อม

## การวัดระยะเหลื่อมขณะปรากฏเป็นภาพทรวดทรง

การวัดระยะเหลื่อมในกรณีเช่นนี้ ต้องประกอบด้วยกล้องมองภาพทรวดทรงและไม้วัดระยะเหลื่อม (parallax bar) ผู้เขียนใคร่ขออธิบายส่วนประกอบของไม้วัดระยะเหลื่อมพอสังเขปดังนี้

ไม้วัดระยะเหลื่อมประกอบด้วย แท่งโลหะยาวซึ่งมีแผ่นวัตถุโปร่งใส (อาจเป็นแผ่นพลาสติกหรือแผ่นแก้ว) พร้อมเครื่องหมายกึ่ง (half mark) ยึดติดอยู่ที่ปลายทั้งสอง โดยที่แผ่นวัตถุโปร่งใสทางปลายด้านซ้ายยึดติดประจำที่กับแท่งโลหะยาว ส่วนแผ่นวัตถุโปร่งใสทางด้านขวาเลื่อนไปมาได้โดยการหมุนไมโครมิเตอร์ (micrometer) ซึ่งอยู่ปลายขวาสุดของแท่งโลหะยาว

การวัดระยะเหลื่อม ก่อนอื่นต้องจัดรูปถ่ายทางอากาศให้มองเห็นเป็นภาพทรวดทรง (ดังได้กล่าวแล้วในบทที่ 11) หลังจากนั้นตรึงรูปถ่ายทางอากาศคู่นั้นให้อยู่กับที่ วางไม้วัดระยะเหลื่อมลงไปบนรูปถ่าย โดยให้เครื่องหมายกึ่งของแผ่นวัตถุโปร่งใสจุดหนึ่งอยู่บนรูปถ่ายซ้าย และอีกจุดหนึ่งอยู่บนรูปถ่ายขวา เครื่องหมายกึ่งทั้งสองจะถูกเคลื่อนให้มารวมเป็นจุดเดียวกัน ณ ตำแหน่งของจุดภาพที่กำลังพิจารณาความสูง เมื่อเครื่องหมายกึ่งรวมเป็นจุดเดียวกันแล้ว จุดรวมนั้นจะปรากฏให้เห็นลอยขึ้นมา พยายามปรับจนกระทั่งจุดลอย (floating mark) แตะบนพื้นภูมิประเทศพอดี จากนั้นก็อ่านค่าระยะเหลื่อม

ถ้าใช้ไม้วัดระยะเหลื่อม วัดระยะเหลื่อมของพีระมิดที่ปรากฏในรูปที่ 12.9 เราจะกำหนดให้ระยะเหลื่อมของจุด A และ T เป็น $M_A$ และ $M_T$ ตามลำดับ

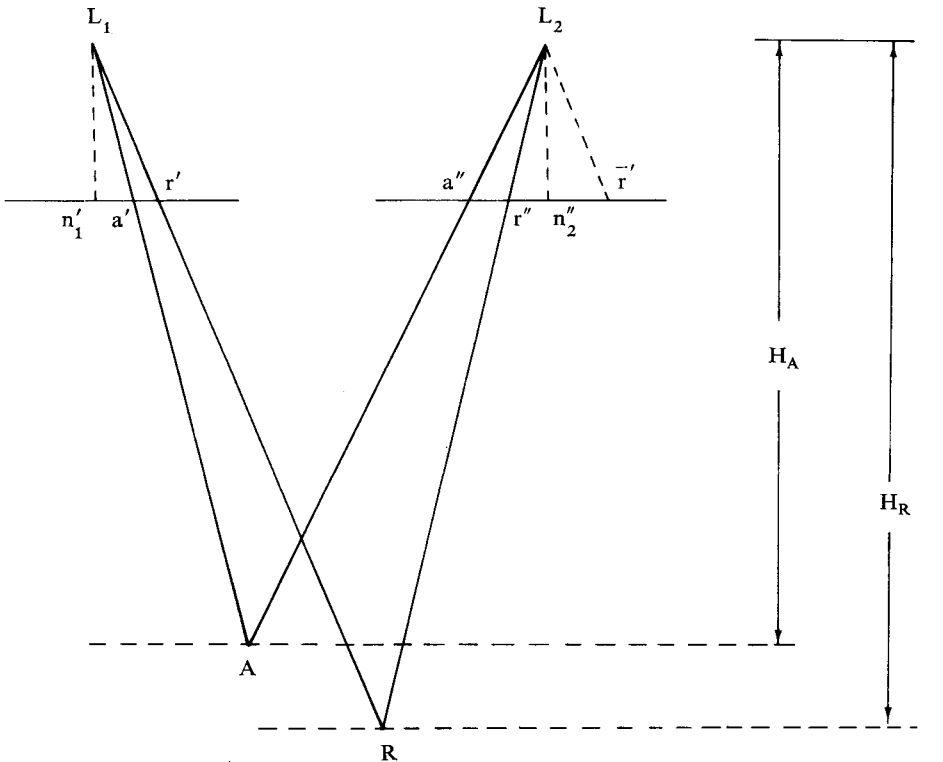
จากสมการ

$$\begin{aligned} \Delta P_{AT} &= P_A - P_T \\ &= \overline{t' t''} - \overline{a' a''} \\ &= M_T - M_A \end{aligned} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (12-6)$$

## สูตรระยะเหลื่อม (The parallax formula)

จากรูปที่ 12.10 $L_2 \bar{r}' \,//\, L_1 r'$ ดังนั้นระยะเหลื่อมของภาพคู่ทรวดทรง (Stereoscopic parallax) ของจุดอ้างอิง R คือ

$$P_R = n_1' n_2'' - r' r'' = r'' \bar{r}'$$

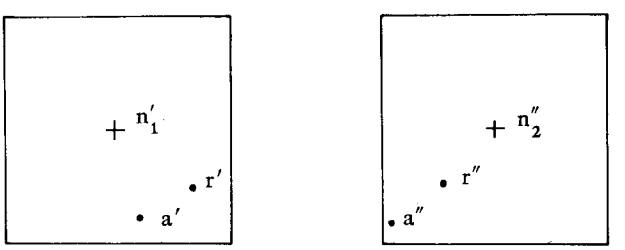



รูปที่ 12.10 รูปถ่ายทางอากาศดึงคู่ทรวดทรงในลักษณะภาพโพซิทิฟ

จากรูปที่ 12.10 แสดงรูปถ่ายดึง 2 รูป ซึ่งทุก ๆ จุดบนพื้นภูมิประเทศถูกถ่ายทอดลงบนรูปถ่ายทั้งสอง และตำแหน่งของจุดดังกล่าวบนรูปถ่ายทั้งสองได้แสดงไว้ในรูปที่ 12.11 โดยที่

$$L_1 L_2 = B$$

$$L_1 n_1' = L_2 n_2'' = f$$




รูปที่ 12.11 ภาพการเคลื่อนตำแหน่งของจุด

สามเหลี่ยม $r''\ L_2\ \bar{r}'$ คล้ายกับสามเหลี่ยม $L_2\ R\ L_1$

$$\frac{r''\ \bar{r}'}{B} = \frac{f}{H_R}$$

$$\frac{P_R}{B} = \frac{f}{H_R}$$

$$H_R = \frac{B \cdot f}{P_R} \qquad \text{..... (12 – 7)}$$

ในทำนองเดียวกัน จะได้

$$H_A = \frac{B \cdot f}{P_A} \qquad \text{..... (12 – 8)}$$

ความต่างของความสูงระหว่าง A และ B จะหาได้จากสมการ

$$H_A - H_R = B \cdot f \left(\frac{1}{P_A} - \frac{1}{P_R}\right)$$

$$= B \cdot f \left(\frac{P_R - P_A}{P_A \times P_R}\right) \qquad \text{..... (12 – 9)}$$

เนื่องจาก $\Delta H_A = H_A - H_R$ ..... (12 – 10)

$\Delta P_A = P_A - P_R$ ..... (12 – 11)

และ $\Delta P_A = M_A - M_R$ ..... (12 – 12)

จากสมการ (12 – 7), (12 – 10) และ (12 – 11) แทนค่าลงในสมการ (12 – 9)

$$\Delta H_A = \frac{-H_R}{P_R + \Delta P_A} \cdot \Delta P_A \qquad \text{..... (12 – 13)}$$

ในการคำนวณความต่างระยะเหลื่อมสำหรับความต่างของความสูงที่ทราบแล้ว จะได้จากสูตร

$$\Delta P_A = \frac{-P_R}{H_R + \Delta H_A} \cdot \Delta H_A \qquad \text{..... (12 – 14)}$$

เพื่อที่จะเข้าใจเครื่องหมายลบในสมการ 12–13 และ 12–14 ขอให้พิจารณาสมการ 12–19 ร่วมกับสมการ 12–10 และ 12–11

เนื่องจาก $\Delta h_A = h_A - h_R$ ..... (12 – 15)

และ $H_A + h_A = H_R + h_R$

$H_A - H_R = h_R - h_A$

$\Delta H_A = - \Delta h_A$ ..... (12 – 16)

ดังนั้น จากสมการ 12 – 13 และ 12 – 14 จะได้ว่า

$$\Delta h_A = \frac{H_R}{P_R + \Delta P_A} \cdot \Delta P_A \quad \text{..... (12 – 17)}$$

$$\Delta P_A = \frac{P_R}{H_R - \Delta h_A} \cdot \Delta h_A \quad \text{..... (12 – 18)}$$

ความสูงของจุด A สามารถจะคำนวณได้จากการวัดระยะเหลื่อม $M_A$ และ $M_R$ และการใช้สูตรจากสมการ (12 – 17), (12 – 18) และ (12 – 12)

$$h_A = h_R + \frac{H_R}{P_R + (M_A - M_R)} \cdot (M_A - M_R) \quad \text{.....(12 – 19)}$$

ในทำนองเดียวกันอาจจะเขียนได้ว่า

$$\Delta P_A = \frac{P_R}{H_R - (h_A - h_R)} \cdot (h_A - h_R) \quad \text{..... (12 – 20)}$$

**ตัวอย่าง** ค่าที่อ่านได้จากไม้วัดระยะเหลื่อม (Parallax bar Reading) ของจุด 3 จุด มีดังนี้

ณ จุด B = 14.65 มิลลิเมตร

ณ จุด S = 16.95 มิลลิเมตร

ณ จุด Q = 12.15 มิลลิเมตร

ความสูงของจุด B เหนือระดับน้ำทะเล เท่ากับ 420 เมตร ระยะเหลื่อมของคู่ภาพทรวดทรงของจุด B เท่ากับ 72.5 มิลลิเมตร ความยาวโฟกัสของกล้อง 210 มิลลิเมตร มาตราส่วนของรูปถ่าย ณ จุด B เท่ากับ 1 : 16,000 จงคำนวณ

ก. ความสูงของการบินเหนือระดับน้ำทะเล

ข. ความสูงของจุด S เหนือระดับน้ำทะเล

ค. ความสูงของจุด Q เหนือระดับน้ำทะเล

**วิธีทำ** $S_B = \frac{f}{H_B}$

$$H_B = \frac{210}{10 \times 100} \times 1{,}600 \text{ เมตร}$$

ความสูงของการบินเหนือจุด B = 3360 เมตร

ความสูงของการบินเหนือระดับน้ำทะเล = 3360 + 420

= 3780 เมตร

ความสูงของจุด S เหนือระดับน้ำทะเล

$$h_S = h_B + \frac{H_B}{P_B + \Delta P_S} \cdot \Delta P_S$$

$$\Delta P_S = M_S - M_B$$

$$= 16.95 - 14.65$$

$$= 2.30$$

$$h = 420 + \frac{3,360}{72.5 + 2.30} \cdot 2.30$$

$$= 420 + 103.31$$

$$= 523.31 \text{ เมตร}$$

ความสูงของจุด Q เหนือระดับน้ำทะเล

$$h_Q = h_B + \frac{H_B}{P_B + \Delta P_Q} \cdot \Delta P_Q$$

$$\Delta P_Q = M_Q - M_B$$

$$= 12.15 - 14.65$$

$$= 2.50$$

$$h_Q = 420 + \frac{3360}{(72.5 - 2.50)} \times (-2.50)$$

$$= 420 - 120$$

$$= 300 \text{ เมตร}$$

## การวางแผนการบิน

ในการบินถ่ายรูปทางอากาศให้รูปถ่ายมีส่วนซ้อน ส่วนเกย และอื่น ๆ ตามที่ต้องการ จำเป็นต้องมีการวางแผนการบิน เพื่อคำนวณกำหนดแนวบิน ช่วงเวลาในการเปิดหน้ากล้องถ่ายรูป และจำนวนฟิล์มที่จะใช้ในการถ่ายรูปทั้งหมด

การคำนวณวางแผนการบิน ต้องอาศัยข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

1. ความยาวโฟกัสของเลนส์กล้องถ่ายรูป
2. ความสูงของการบิน หรือมาตราส่วน
3. ขนาดของรูปถ่าย
4. ขนาดของพื้นที่ที่จะทำการถ่ายรูป
5. ขนาดของส่วนซ้อน
6. ขนาดของส่วนเกย
7. ความเร็วของเครื่องบิน

**ตัวอย่างการวางแผนการบิน** ได้ถ่ายรูปพื้นที่แห่งหนึ่งซึ่งมีความยาวในแนวเหนือ – ใต้ เท่ากับ 40 กิโลเมตร และกว้างในแนวตะวันออก–ตะวันตก เท่ากับ 30 กิโลเมตร ด้วยกล้องที่มีความยาวโฟกัส 15 เซนติเมตร รูปถ่ายมีขนาด 23 × 23 เซนติเมตร มาตราส่วนเฉลี่ย ณ จุดที่มีความสูงเฉลี่ย 210 เมตร จากระดับน้ำทะเล มีขนาดเท่ากับ 1 : 12,000 ส่วนซ้อนมีขนาดร้อยละ 60 ส่วนเกย มีขนาดร้อยละ 35 การบินถ่ายใช้เครื่องมือสำหรับควบคุมช่วงเวลาในการเปิดหน้ากล้องถ่ายรูป เครื่องบินมีความเร็ว 240 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แนวบินถ่ายรูปจะกำหนดลงบนแผนที่ มาตราส่วน 1 : 62,500 จงคำนวณ

ก. ระยะระหว่างแนวบิน
ข. ช่วงเวลาในการเปิดหน้ากล้องถ่ายรูป
ค. จำนวนฟิล์มที่ต้องใช้

**วิธีทำ** ความสูงของการบินถ่ายรูป

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

$$\frac{1}{12,000} = \frac{15}{H - 210}$$

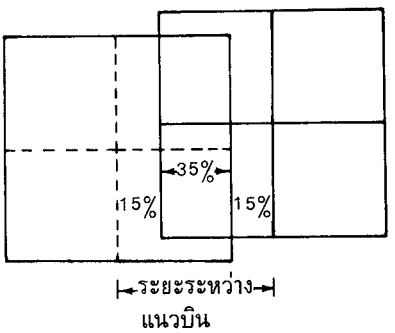
$$H = \frac{15}{100} \times 12,000 + 210$$

$$= 2,010$$

ความสูงของการบินถ่ายรูปจากระดับน้ำทะเล เท่ากับ 2,010 เมตร

ระยะระหว่างแนวบินถ่ายรูปบนพื้นดิน

เนื่องจากส่วนเกย มีขนาดร้อยละ 35 ดังนั้น ระยะบนรูปถ่ายทางอากาศระหว่างแนวบินจะเท่ากับร้อยละ 65 ของความยาวของรูปถ่าย คือ 23 เซนติเมตร ซึ่งจะเท่ากับ 14.95 เซนติเมตร




ระยะระหว่างแนวบินบนพื้นดิน สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{มาตราส่วน} = \frac{\text{ระยะบนรูปถ่าย}}{\text{ระยะบนพื้นดิน}}$$

$$\frac{1}{12{,}000} = \frac{14.95}{\text{ระยะบนพื้นดิน}}$$

$$\text{ระยะระหว่างแนวบินบนพื้นดิน} = \frac{14.95}{100} \times 12{,}000 \text{ เมตร}$$

$$= 1{,}794 \text{ เมตร}$$

จำนวนแนวบินของการถ่ายรูป

ความกว้างของพื้นที่ที่จะทำการถ่ายรูปทางอากาศ เท่ากับ 30 กิโลเมตร หรือ 30,000 เมตร ดังนั้น จำนวนแนวบินของการถ่ายรูป คือ

$$\frac{30{,}000}{1794} + 1 = 16.7 + 1 = 18$$

แนวบินที่บวกเพิ่มไป 1 แนวบิน เพื่อป้องกันความผิดพลาด

จากจำนวนเต็มของแนวบินถ่ายรูป ระยะระหว่างแนวบินถ่ายรูปที่คำนวณได้ในตอนแรกจะมีขนาดใหญ่เกินไปเล็กน้อย ระยะระหว่างแนวบินที่แท้จริง คือ

$$\frac{30{,}000}{18-1} = 1{,}764.70 = 1{,}765 \text{ เมตร}$$

ระยะระหว่างแนวบินบนพื้นดิน 1,765 เมตร จะทำให้ส่วนเกยมีขนาดใหญ่กว่าร้อยละ 35 เล็กน้อย

ระยะระหว่างแนวบินบนแผนที่ประกอบการบิน

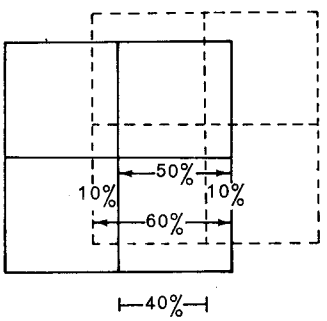
ระยะระหว่างแนวบินบนแผนที่ประกอบการบิน สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$\text{มาตราส่วน} = \frac{\text{ระยะบนแผนที่}}{\text{ระยะในภูมิประเทศ}}$$

$$\frac{1}{62,500} = \frac{\text{ระยะบนแผนที่}}{1,765}$$

ระยะระหว่างแนวบินบนแผนที่ประกอบการบิน เท่ากับ 2.8 เซนติเมตร

ระยะบนพื้นดิน ระหว่างสถานีเปิดถ่าย




เนื่องจากส่วนซ้อน มีขนาดร้อยละ 60 ระยะระหว่างสถานีเปิดถ่ายจะเท่ากับร้อยละ 40 ของความกว้างของรูปถ่าย คือ 23 เซนติเมตร ซึ่งจะเท่ากับ 9.2 เซนติเมตร

ระยะระหว่างสถานีเปิดถ่ายบนพื้นดิน สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$\text{มาตราส่วนของรูปถ่าย} = \frac{\text{ระยะบนภาพถ่าย}}{\text{ระยะบนพื้นดิน}}$$

$$\frac{1}{12,000} = \frac{9.2}{\text{ระยะบนพื้นดิน}}$$

$$\text{ระยะระหว่างสถานีเปิดถ่ายบนพื้นดิน} = \frac{9.2}{100} \times 12,000 \text{ เมตร}$$

$$= 1,104 \text{ เมตร}$$

ช่วงเวลาระหว่างการเปิดถ่าย

โดยปกติช่วงเวลาระหว่างการเปิดถ่าย จะแสดงเป็นจำนวนเต็มของวินาที เนื่องจากความเร็วของเครื่องบิน เท่ากับ 240 กิโลเมตรต่อชั่วโมง นั่นคือ 67 เมตรต่อวินาที

ดังนั้น ช่วงเวลาระหว่างการเปิดถ่าย $= \frac{1{,}104 \text{ เมตร}}{67 \text{ เมตร/วินาที}}$

$= 16.4$

$16$ วินาที

ระยะระหว่างสถานีเปิดถ่ายบนพื้นดินซึ่งได้เฉลี่ยแล้วสำหรับช่วงเวลาระหว่างการเปิดถ่าย คือ 67 เมตรต่อวินาที × 16 วินาที

นั่นคือ ระยะระหว่างสถานีเปิดถ่ายบนพื้นดิน เท่ากับ 1,072 เมตร

จำนวนของรูปถ่ายต่อ 1 แนวบิน

ความยาวของแนวบินทั้งหมด เท่ากับ 40 กิโลเมตร หรือ 40,000 เมตร และถ้าเปิดถ่าย ณ ปลายแต่ละข้างของแนวบินขึ้น 2 รูป เป็นพิเศษ

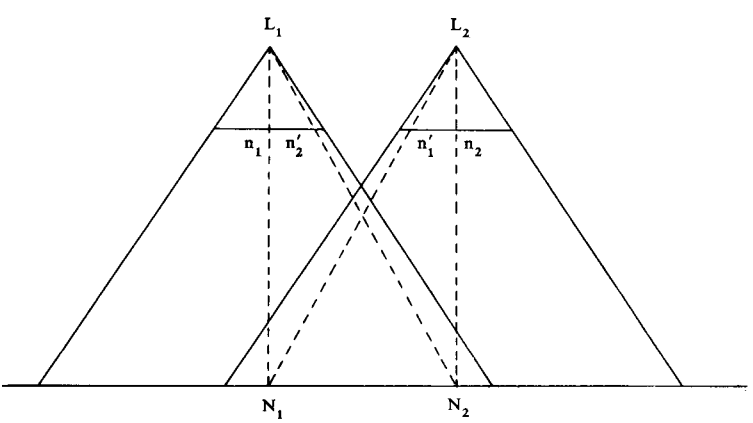
จำนวนของรูปถ่ายต่อ 1 แนวบิน $= \frac{40{,}000}{1{,}072} + 4 = 37.31 + 4 = 41$

ดังนั้น จำนวนรูปถ่ายที่ทำการบินถ่ายทั้งพื้นที่ คือ 41 × 18 = 738 รูป

## อัตราส่วนระหว่างระยะฐานกับความสูงของการบิน

โดยทั่วไปรูปถ่ายทางอากาศที่ใช้ในงานตีความรูปถ่าย ควรเป็นรูปถ่ายที่มีคุณสมบัติเชิงภาพสูง คือ ให้ความชัดลึก ให้ความรู้สึกในการรวมภาพได้ง่าย เป็นต้น การที่รูปถ่ายจะมีคุณสมบัติเชิงภาพสูงนั้นต้องมีอัตราส่วนระหว่างระยะฐานกับความสูงของการบินที่เหมาะสม กล่าวคือ ควรมีค่าประมาณ 0.25

การพิจารณาอัตราส่วนระหว่างระยะฐานกับความสูงของการบินสามารถทำได้ ดังนี้




รูปที่ 12.12 รูปถ่ายทางอากาศดิ่งคู่ทรวดทรงในลักษณะโพซิทิฟ

จากรูป $L_1 L_2 = N_1 N_2 = B$ = ระยะห่างของสถานีเปิดถ่าย หรือ air base

$L_1 N_1 = L_2 N_2 = H$ = ความสูงของการบินถ่ายรูป

$L_1 n_1 = L_2 n_2 = f$ = ความยาวโฟกัส

ระยะฐานของรูปถ่าย (photo base) หรือ b คือ $n_1 n_2'$ และ $n_1' n_2$ ของรูปถ่ายรูปซ้ายและรูปขวาตามลำดับ

โดยทั่วไป $n_1 n_2' = n_1' n_2$

พิจารณาจากรูป 12.12 สามเหลี่ยม $n_1 L_1 n_2'$ และ $N_1 L_1 N_2$ คล้ายกัน

ดังนั้น
$$\frac{N_1 N_2}{n_1 n_2'} = \frac{L_1 N_1}{L_1 n_1}$$

$$\frac{N_1 N_2}{L_1 N_1} = \frac{n_1 n_2'}{L_1 n_1}$$

$$\frac{B}{H} = \frac{b}{f}$$

อาจกล่าวได้ว่า อัตราส่วนระหว่างระยะฐานกับความสูงของการบิน คืออัตราส่วนระหว่างระยะฐานรูปถ่ายกับความยาวโฟกัส

# บทที่ 13
# การตีความรูปถ่ายทางอากาศ

ทุก ๆ ท่านที่เคยดูรูปถ่ายไม่ว่าจะเป็นรูปถ่ายครอบครัวของท่านหรือรูปถ่ายเพื่อน ๆ ร่วมสถาบันศึกษา นั่นหมายถึง ท่านได้ใช้การตีความรูปถ่ายแล้ว กล่าวคือ ถ้าท่านดูรูปถ่ายครอบครัวของท่าน ท่านก็สามารถจำทุก ๆ คนในรูปถ่ายได้ว่าใครเป็นใคร และบางทีสามารถจะจำแม้กระทั่งชุดของคุณพ่อ–คุณแม่ของท่านว่าตัดมาจากร้านใดหรือสามารถจะจำได้ว่ารูปถ่ายนี้ไปถ่ายจากสถานที่ใด ตลอดจนจำบรรยากาศในขณะที่ถ่ายรูปได้ แต่ถ้าท่านไปดูรูปถ่ายครอบครัวของเพื่อนผู้หนึ่ง ท่านอาจจะจำคนในรูปนั้นได้เพียง 1 คน หรือ 2 คนเท่านั้น แต่สิ่งที่แน่นอนคือ ท่านไม่สามารถจะจำแนกรายละเอียดในรูปถ่ายนั้นได้เลย

จากที่กล่าวมาแล้วจะเห็นได้ว่าในการดูรูปถ่ายนั้น ผู้ดูสามารถจะจำรายละเอียดต่าง ๆ และจำแนกรายละเอียดเหล่านั้นได้ ก็ต่อเมื่อผู้ดูนั้นมีความรู้เกี่ยวพันกับสิ่งเหล่านั้นมาก่อน

## ปัจจัยที่ช่วยในการตีความรูปถ่ายทางอากาศ

ในการตีความรูปถ่ายทางอากาศก็เช่นเดียวกับการดูรูปถ่ายครอบครัวของท่าน หรือรูปถ่ายครอบครัวของเพื่อนของท่าน ความสามารถในการตีความรูปถ่ายทางอากาศของบุคคลใด ๆ จะดีมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น

1. ความคมชัดของภาพ
2. ความรู้และประสบการณ์ของนักตีความ
3. ความรู้ ความคุ้นเคยในสภาพท้องถิ่นที่ปรากฏในภาพ

### ความคมชัดของภาพ

ความคมชัดของภาพ เป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ช่วยให้การตีความรูปถ่ายทางอากาศง่ายขึ้น สิ่งที่ควบคุมความคมชัดของภาพ คือ ชนิดของฟิล์มที่ใช้ มาตราส่วนของรูปถ่ายทางอากาศ เลนส์ของกล้องถ่ายรูปทางอากาศและฤดูกาลที่ถ่ายรูปทางอากาศ

ฟิล์ม ฟิล์มชนิดหนึ่ง ๆ จะมีความไวต่อแสงในช่วงคลื่นหนึ่ง ๆ เท่านั้น ซึ่งในช่วงคลื่นหนึ่งจะประกอบด้วยแสงสีต่าง ๆ กัน อันจะมีอิทธิพลต่อความเข้มของสีบนรูปถ่ายทางอากาศและย่อมส่งผลถึงการตีความรูปถ่ายทางอากาศ เพราะความเข้มของสีเป็นลักษณะประการหนึ่งที่ใช้ประกอบการตีความรูปถ่ายทางอากาศ

มาตราส่วน เป็นที่ทราบแล้วว่ารูปถ่ายมาตราส่วนใหญ่จะครอบคลุมพื้นที่แคบให้รายละเอียดไม่มากนัก แต่รายละเอียดเหล่านั้นเด่นชัด ดังนั้นรูปถ่ายทางอากาศมาตราส่วนใหญ่จะให้ภาพที่เด่นชัดกว่ารูปถ่ายมาตราส่วนเล็ก

เลนส์ รูปถ่ายทางอากาศที่ถ่ายด้วยกล้องเลนส์มุมกว้างมากย่อมจะมีความสูงของการบินต่ำกว่ารูปถ่ายที่มีมาตราส่วนเท่ากันแต่ถ่ายด้วยกล้องเลนส์ชนิดอื่น การบินในระยะต่ำก็ทำให้ภาพของรายละเอียดคมชัดขึ้น

ฤดูกาล การเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสมในการบินถ่ายรูปทางอากาศขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการนำรูปถ่ายทางอากาศไปใช้ประโยชน์ เช่น ถ้านำรูปถ่ายทางอากาศไปใช้เพื่อการวางผังเมือง จำแนกลักษณะภูมิประเทศ ในกรณีนี้จะต้องบินถ่ายรูปในช่วงต้นฤดูร้อน ขณะที่ต้นไม้สลัดใบและท้องฟ้าปราศจากเมฆ ถ้านำรูปถ่ายไปใช้เพื่อศึกษาเกี่ยวกับพืชพันธุ์ธรรมชาติ เวลาที่เหมาะในการบินถ่ายรูปคือต้นฤดูหนาว ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวพืชเจริญเติบโตเต็มที่ภายหลังได้รับน้ำอย่างอุดมสมบูรณ์ และยังเป็นช่วงที่ท้องฟ้าปราศจากเมฆ

### ความรู้และประสบการณ์ของนักตีความ

ในรูปถ่ายทางอากาศใด ๆ จะประกอบไปด้วยข้อมูลอย่างมากมาย อาจเป็นข้อมูลทางธรณีวิทยา ภูมิสัณฐาน ป่าไม้ ดินและอื่น ๆ การตีความเพื่อที่จะนำข้อมูลออกมาใช้ประโยชน์นั้นต้องอาศัยความรู้เฉพาะด้านของนักตีความ ตัวอย่างเช่น บนรูปถ่ายทางอากาศคู่หนึ่ง นักธรณีวิทยาสามารถตรวจพบโครงสร้างทางธรณีได้ หรือจำแนกชนิดของหินได้แต่ไม่สามารถตีความหาข้อมูลทางด้านป่าไม้ ดินเช่นเดียวกัน นักป่าไม้สามารถจำแนกชนิดของป่าได้จากรูปถ่ายทางอากาศ แต่ไม่สามารถจำแนกชนิดของหินได้ เป็นต้น

### ความรู้ ความคุ้นเคยในสภาพท้องถิ่นที่ปรากฏในภาพถ่ายของนักตีความ

ปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งที่ช่วยให้นักตีความรูปถ่ายทางอากาศตีความได้ดีและถูกต้องขึ้นนั่นคือ ความรู้ ความคุ้นเคยในสภาพท้องถิ่นที่ปรากฏในรูปถ่าย ตัวอย่างเช่น นักตีความรูปถ่ายทางอากาศจากหมู่เกาะชวาหรือชิลีจะมีความสามารถในการตีความลักษณะและความแตกต่างของภูเขาไฟได้ดีกว่านักตีความจากประเทศอื่น ๆ ที่ไม่เคยพบเห็นภูเขาไฟเลย หรือนักตีความรูปถ่ายทางอากาศจากประเทศอิรัก จะมีความสามารถในการตีความสภาพเมืองเก่าได้ดีกว่านักตีความรูปถ่ายจากประเทศอื่น ๆ เป็นต้น

## วิธีการตีความรูปถ่ายทางอากาศ

ดังได้กล่าวมาแล้วว่า การพิสูจน์ทราบบนรูปถ่ายทางอากาศจะสามารถทำได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความกระจ่างชัดของวัตถุหรือรายละเอียดบนรูปถ่าย หรืออีกนัยหนึ่งขึ้นอยู่กับคุณภาพของรูปถ่ายวัตถุบางอย่าง เช่น บ้านเรือน ต้นไม้ ถนน เป็นวัตถุหรือรายละเอียดที่สามารถมองเห็น หรือ

พิสูจน์ทราบได้ง่ายบนรูปถ่าย ถึงแม้คุณภาพของรูปถ่ายจะไม่ดีนัก แต่รายละเอียด หรือวัตถุอื่นๆ เช่น ดิน หิน น้ำใต้ดิน เป็นรายละเอียดที่ไม่สามารถมองเห็นได้โดยตรง ดังนั้น การตีความรูปถ่ายทางอากาศเป็นสิ่งจำเป็นที่พึงกระทำเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูล

กระบวนการที่ยุ่งยาก ซับซ้อน ที่เรียกว่าการตีความรูปถ่ายทางอากาศ สามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอน[1] ดังนี้

1. การอ่านรูปถ่ายทางอากาศ (Photo-reading) ซึ่งประกอบด้วย
   1.1 การตรวจพบ (Detection)
   1.2 การจำได้ (Recognition)
   1.3 การพิสูจน์ทราบ (Identification)
2. การวิเคราะห์ (Analysis)
3. การจำแนก (Classification)
4. การสืบสาวเหตุผล (Deduction)

## การอ่านรูปถ่ายทางอากาศ

การตรวจพบ การจำได้ การพิสูจน์ทราบ เป็นระยะแรกของการศึกษา (ตีความ) รูปถ่ายทางอากาศ ซึ่งเกี่ยวพันกับการสังเกตภาพของวัตถุ และลักษณะรูปร่างอื่นๆ ที่สามารถมองเห็นได้บนรูปถ่ายทางอากาศ

การตรวจพบ เป็นเพียงการพบว่า มีวัตถุหรือรายละเอียดใดอยู่บนรูปถ่ายทางอากาศบ้าง

การจำได้ ด้วยขนาดรูปร่างและคุณสมบัติอื่นๆ ของวัตถุ หรือรายละเอียดที่สามารถมองเห็นได้ นักตีความรูปถ่ายทางอากาศก็จะอนุมานได้ว่า วัตถุหรือรายละเอียดนั้นเหมือนอะไร

การพิสูจน์ทราบ เป็นขั้นสุดท้ายของการอ่านรูปถ่ายทางอากาศโดยที่นักตีความรูปถ่ายสามารถพิสูจน์ทราบรายละเอียด หรือวัตถุบนรูปถ่ายและกำหนดชื่อเฉพาะของรายละเอียดหรือวัตถุนั้นได้

## การวิเคราะห์

เมื่อมาถึงการวิเคราะห์ ประการแรกที่นักตีความรูปถ่ายทางอากาศจะต้องกระทำ คือเลือกรายละเอียดที่จะทำการวิเคราะห์ การเลือกรายละเอียดนี้ขึ้นอยู่กับความสนใจของนักตีความ และกำหนดสัญลักษณ์โดยสัมพันธ์กับจุดมุ่งหมายของการวิเคราะห์ หลังจากนั้นนักตีความรูปถ่ายทางอากาศ จะลากเส้นขอบเขตบนรูปถ่ายทางอากาศตามสัญลักษณ์ที่ได้กำหนดไว้ การลากเส้นแสดงขอบเขตนั้นจะต้องกระทำอย่างมีระบบเพื่อที่ว่าการจำแนกกลุ่มของรายละเอียดเป็นไปอย่างมีเหตุมีผล

---

[1] Vink, A.P.A., **Some thoughts on photo-interpretation** (Delf : ITC., 1964), p. 8–13.
Vink, A.P.A. et. al., **Some methodological problems in photo-interpretation** (Delf: ITC., 1965), p. 4–8.

ขอย้ำ ณ ที่นี้อีกครั้งว่า การวิเคราะห์จะต้องกระทำอย่างมีระบบ กล่าวคือ นักตีความรูปถ่ายทางอากาศจะต้องไม่จำแนกรายละเอียดในลักษณะสุ่มเป็นจุด ๆ ควรจะวิเคราะห์ทั้งรูปถ่ายในส่วนซ้อนยิ่งไปกว่านั้นในกรณีที่จำเป็น ควรจะมีการศึกษารูปถ่ายทุกรูปที่ต่อเนื่องกันอย่างกว้าง ๆ เสียก่อน

### การจำแนก

หลังจากที่นักตีความรูปถ่ายทางอากาศได้ทำการวิเคราะห์โดยแบ่งแยกกลุ่มของรายละเอียดออกเป็นกลุ่ม ๆ ซึ่งต่อไปนี้เราจะเรียกกลุ่มของรายละเอียดนั้นว่า หน่วย (unit) นักตีความรูปถ่ายทางอากาศจะทำการเปรียบเทียบ "หน่วย" ต่าง ๆ โดยอยู่บนพื้นฐานของความแปรผันในลักษณะทางกายภาพและวัฒนธรรม จากการเปรียบเทียบนักตีความรูปถ่ายสามารถจะให้นิยาม "หน่วย" ต่าง ๆ ได้

การเปรียบเทียบลักษณะของหน่วยอันเป็นผลจากการวิเคราะห์และให้นิยาม เราเรียกว่า การจำแนก

### การสืบสาวการพิจารณาเหตุผล

การสืบสาวหาเหตุผล อาจจะถือว่าเป็นระยะที่สี่ของการตีความรูปถ่ายทางอากาศ ซึ่งเป็นระยะที่เกี่ยวพันทั้งการสังเกตในรูปถ่ายทางอากาศและความรู้จากแหล่งอื่น เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ไม่สามารถสังเกตได้จากรูปถ่ายทางอากาศ แต่ในความเป็นจริงแล้ว การสืบสาวหาเหตุผลไม่ได้เป็นระยะสุดท้ายของการตีความรูปถ่ายทางอากาศ แต่เป็นกระบวนการที่แฝงอยู่ในทุก ๆ ระยะของการตีความรูปถ่าย ยกเว้นระยะการตรวจพบ

## ตัวอย่างการตีความรูปถ่ายทางอากาศในแง่ภูมิสัณฐาน

รูปถ่ายทางอากาศภาพทรวดทรงสามส่วน (Stereotriplet) ที่ใช้เป็นตัวอย่างการตีความรูปถ่ายทางอากาศในแง่ภูมิสัณฐานนี้ เป็นรูปถ่ายบริเวณจังหวัดลำปาง มาตราส่วน 1 : 75,000

การตีความรูปถ่ายทางอากาศบริเวณจังหวัดลำปางนี้ จะยึดถือวิธีการตามที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้นดังนี้

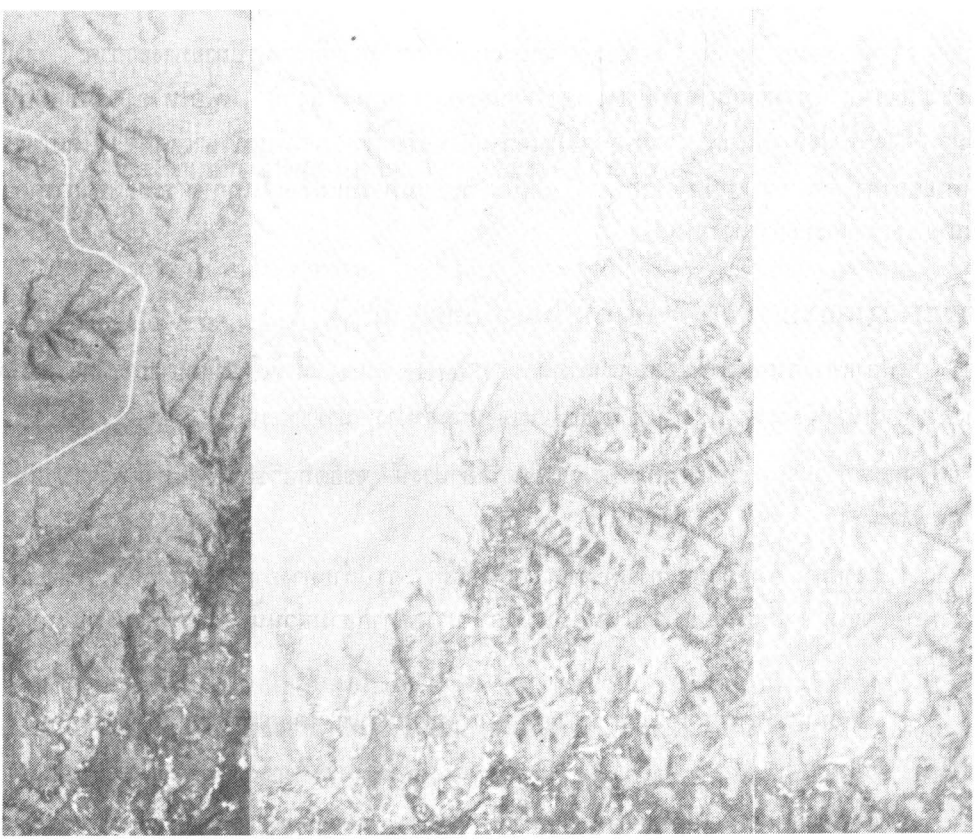
1. จากการใช้กล้องมองภาพทรวดทรงขนาดเล็ก ดูรูปถ่ายทางอากาศสามส่วนนี้ เราสามารถตรวจพบ จำได้ และพิสูจน์ทราบได้ว่าบนรูปถ่ายทางอากาศสามส่วนนี้ มีเส้นทางถนนและลำน้ำปรากฏอยู่

2. จากนั้นเราทำการวิเคราะห์รูปถ่ายทางอากาศสามส่วนนี้ โดยการใช้ข้อมูลอื่นประกอบ และพิจารณาเหตุผล

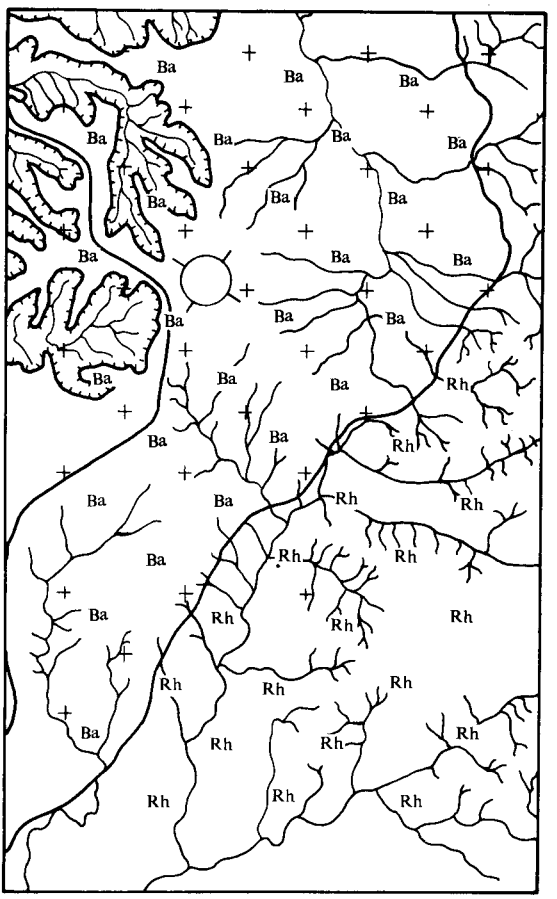
ถ้าพิจารณาลำน้ำบนรูปถ่ายทางอากาศทั้งรูป จะพบว่าความหนาแน่นของลำน้ำใน 2 บริเวณต่างกัน กล่าวคือ บริเวณหนึ่งความหนาแน่นของลำน้ำจะเบาบาง (coarse drainage density) ส่วนอีกบริเวณหนึ่งความหนาแน่นของลำน้ำจะสูงกว่า (fine drainage density) การที่ความหนาแน่นของ

ลำน้ำใน 2 บริเวณต่างกันเป็นเพราะบริเวณทั้งสองประกอบด้วยหินที่ต่างชนิดต่างคุณสมบัติในการยอมให้น้ำซึมผ่าน (permeability) หินที่น้ำสามารถซึมผ่านได้ย่อมไม่เกิดการไหลบ่า (run off) บนพื้นผิวมาก การกัดเซาะจึงมีน้อย ทำให้ความหนาแน่นของลำน้ำเบาบาง ส่วนหินที่น้ำซึมผ่านได้น้อยย่อมก่อให้เกิดการไหลบ่าบนพื้นผิว ทำให้มีการกัดเซาะสูง ดังนั้นความหนาแน่นของลำน้ำจึงสูงด้วย

รูปแบบของลำน้ำที่เด่นชัดบนรูปถ่ายทางอากาศนี้ คือลำน้ำที่มีรูปแบบเป็นรัศมี (radial drainage pattern) ซึ่งรูปแบบของลำน้ำชนิดนี้มักพบบริเวณภูเขารูปโดม หรือภูเขาไฟ ดังนั้น เราวิเคราะห์ว่าบริเวณนี้อาจจะเป็นบริเวณของภูเขาไฟ ซึ่งประกอบด้วยหินที่ต่างชนิดกัน



รูปที่ 13.1 รูปถ่ายทางอากาศสามส่วน (Stereotriplet)




สัญลักษณ์

ปากปล่องภูเขาไฟ

หน้าผาชัน

ลำน้ำ

ถนน

ขอบเขตชนิดหิน

ชนิดหิน

Ba บะซอลต์

Rh ไรโอไลท์

หน่วยภูมิสัณฐาน

การพังทลายของภูเขาไฟและธารลาวา

รูปที่ 13.2 แผนที่ภูมิสัณฐานที่ได้จากการตีความรูปถ่ายทางอากาศ

จากการใช้ข้อมูลอื่นประกอบ อันได้แก่ แผนที่ธรณีวิทยา ระวางจังหวัดลำปาง มาตราส่วน 1 : 250,000 ประกอบการวิเคราะห์ เราพบว่าบริเวณดังกล่าวเป็นบริเวณของภูเขาไฟ กล่าวคือ มีธารลาวา (Lava flow) ซึ่งประกอบด้วยหินบะซอลต์ (Basalt) ไหลขึ้นมาในยุคไพลสโตซีน (Pleistocene) แผ่เป็นบริเวณกว้าง การไหลของหินเหล่านี้ปรากฏในช่วงเวลาที่ต่างกัน จึงพบว่าการทับถมของหินบะซอลต์เป็นชั้น ๆ และบริเวณปากปล่องมีลักษณะเป็นรูปโดม นอกจากนี้บริเวณใกล้เคียงกันประกอบด้วยหินไรโอไลท์ (Rhyorite)

3. ต่อไปจะทำการจำแนกว่าปรากฏการณ์ทางกายภาพที่ปรากฏในรูปถ่ายทางอากาศมีอะไรบ้าง จากการวิเคราะห์พบว่าปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในบริเวณดังกล่าวมีเพียงปรากฏการณ์เดียว คือ การพังทลายของภูเขาไฟและธารลาวา ซึ่งเกิดจากการกัดเซาะของลำน้ำ (fluvial activity) ดังนั้น จึงจำแนกบริเวณนี้เป็นการพังทลายของภูเขาไฟ และธารลาวา (Denudation Unit)

## ลักษณะบนรูปถ่ายทางอากาศที่ช่วยในการอ่านรูปถ่ายทางอากาศ[2]

ลักษณะที่สำคัญที่สุดบนรูปถ่ายทางอากาศ ที่นักตีความรูปถ่ายทางอากาศสามารถศึกษาได้ คือ ความเข้มของสี (tone) รูปแบบ (pattern) ความหยาบ ละเอียด (texture) การเป็นดวง เป็นจุด (mottling) รูปร่าง (shape) ขนาด (size) เงา (shadow) ที่ตั้งในเชิงภูมิประเทศ (topographical site)

การศึกษาลักษณะดังกล่าวอย่างมีระบบ อาจช่วยให้นักตีความรูปถ่ายทางอากาศตีความรูปถ่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในขั้นตอนของการอ่านรูปถ่าย

ผู้เขียนใคร่ขอยกตัวอย่างการศึกษาลักษณะดังกล่าวพอสังเขปดังนี้

1. ความเข้มของสี หมายถึง ช่วงของความเข้มจากดำ–ขาว ของรูปถ่ายทางอากาศขาว–ดำ (panchromatic)

เกี่ยวกับความเข้มของสี นักตีความรูปถ่ายทางอากาศควรระลึกอยู่เสมอว่า

ก. การอัดภาพถ่ายทางอากาศภาพหนึ่งในแต่ละครั้ง ความเข้มของสีอาจจะไม่เท่ากัน โปรดดูตัวอย่างในรูปที่ 13.3

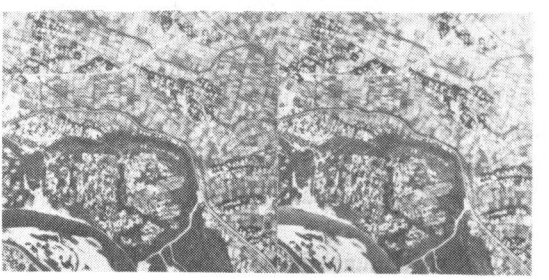
ข. ความเข้มของสีที่ปรากฏบนรูปถ่ายทางอากาศ จะเปลี่ยนแปลงไปตามการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล โปรดดูตัวอย่างในรูปที่ 13.4 ก. และ 13.4 ข.

---

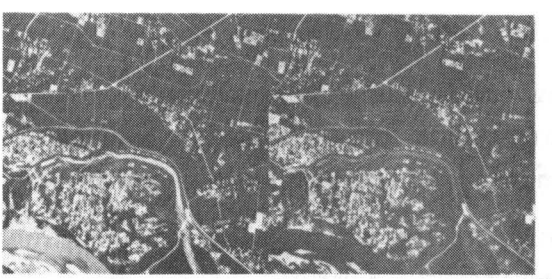
[2] Zuidam, R.A. van and Zuidam-Cancelado, F.I. van, **Terrain Analysis and Classification Using Aerial Photographs** (Enschede : ITC, 1979), p. 32–59.

รูปที่ 13.3 รูปถ่ายทางอากาศทรวดทรงสามส่วนแสดงความเข้มของสิ่งที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจจะเป็นผลจากกระบวนการอัดภาพ
ความเข้มของสิ่งที่แตกต่างกันในรูปถ่ายทางอากาศรูปหนึ่ง ๆ จะเป็นตัวบ่งบอกถึงความแตกต่างของพืชพันธุ์ธรรมชาติ (1. พืชใบกว้าง 2. ต้นสน 3. ทุ่งหญ้า) และความชื้นในดิน (4. ต่ำ 5. ปานกลาง 6. สูง)

ก.

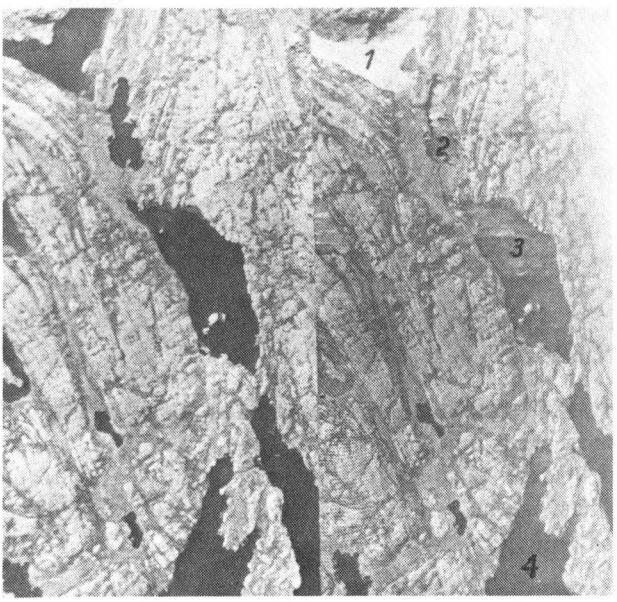


ข.



รูปที่ 13.4 รูปถ่ายทางอากาศทรวดทรงสองส่วนแสดงความเข้มของสิ่งที่เปลี่ยนไปตามฤดูกาล รูป ก. เป็นรูปถ่ายทางอากาศที่ถ่ายในช่วงฤดูแล้ง รูป ข. เป็นรูปถ่ายทางอากาศที่ถ่ายในช่วงฤดูฝน ซึ่งพื้นที่นาได้รับน้ำฝนและน้ำจากการชลประทาน ดังนั้น ความเข้มของสีจึงเข้มกว่า รูป ก.

ค. ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ซึ่งสัมพันธ์กับตำแหน่งของกล้องถ่ายรูปทางอากาศ มีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อความเข้มของสีบนรูปถ่ายทางอากาศ เช่น การสะท้อนแสงอาทิตย์ของแหล่งน้ำจะทำให้แหล่งน้ำไปปรากฏเป็นสีขาว บนรูปถ่ายทางอากาศ ในขณะที่รูปถ่ายทางอากาศรูปอื่นแหล่งน้ำจะเป็นสีดำ เมื่อไม่มีการสะท้อนแสงอาทิตย์ของแหล่งน้ำ โปรดดูตัวอย่างในรูปที่ 13.5

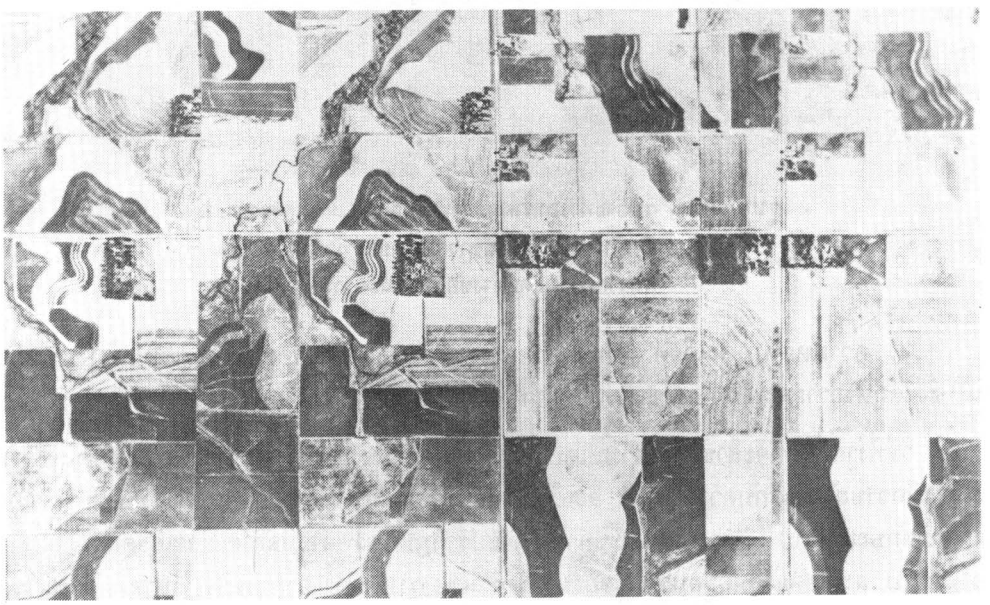



รูปที่ 13.5 รูปถ่ายทางอากาศทรวดทรงสองส่วนแสดงแหล่งน้ำที่ปรากฏให้เห็นถึงความเข้มของสีที่แตกต่างกัน อันเนื่องจากความแตกต่างของการสะท้อนแสงอาทิตย์
1. มีการสะท้อนแสงอาทิตย์เต็มที่
2. มีการสะท้อนแสงอาทิตย์บ้าง เป็นผลทำให้แหล่งน้ำไม่มีความแตกต่างจากพื้นดินเลย
3. มีการสะท้อนแสงอาทิตย์บ้าง แต่คลื่นในแหล่งน้ำทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างพื้นดินและแหล่งน้ำ
4. เกือบจะไม่มีการสะท้อนแสงอาทิตย์

อย่างไรก็ตามนักตีความรูปถ่ายทางอากาศ สามารถจำแนกปรากฏการณ์หรือรายละเอียดนานาชนิดได้ โดยอาศัยความเข้มของสีที่เป็นแบบฉบับเฉพาะตัวของปรากฏการณ์ หรือรายละเอียดนั้น เช่น ป่าสน จะปรากฏบนรูปถ่ายทางอากาศ (ขาว–ดำ) เป็นสีดำ พื้นที่ที่เป็นดินทรายแห้งแล้งปราศจากพืชปกคลุมจะปรากฏเป็นสีขาว ทุ่งหญ้าจะปรากฏเป็นสีเทา เป็นต้น โปรดดูตัวอย่างในรูปที่ 13.3

2. รูปแบบ หมายถึง การเรียงตัวของรายละเอียดต่าง ๆ ในลักษณะเป็นลำดับ เป็นที่ประจักษ์แล้วว่า สิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นมักจะมีรูปแบบมีระเบียบแบบแผน นักตีความรูปถ่ายทางอากาศสามารถใช้ "รูปแบบ" เป็นเครื่องมือในการตีความได้ เช่น การเรียงตัวของพืชพันธุ์อย่างมีระเบียบ คือ ต้นไม้เป็นแถว มีระยะระหว่างต้นและแปลงเท่ากัน นักตีความภาพถ่ายทางอากาศย่อมอนุมานได้ว่า บริเวณนั้นมนุษย์ได้เข้าไปดำเนินกิจกรรมทางการเกษตร

ในบางครั้งรูปแบบทางวัฒนธรรมถูกปรับให้เข้ากับสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ ซึ่งสามารถสังเกตได้ในพื้นที่ที่มีโครงการป้องกันการพังทลายของดิน โดยการไถพรวนตามแนวระดับ (contour ploughing) และการปลูกพืชสลับเป็นแถบ (strip cropping) โปรดดูตัวอย่างในรูปที่ 13.6



รูปที่ 13.6 รูปถ่ายทางอากาศทรวดทรงสามส่วนแสดง "รูปแบบ" ซึ่งมนุษย์เป็นผู้กระทำการไถพรวนตามแนวระดับ การปลูกพืชสลับเป็นแถบ จะทำในพื้นที่ที่มีความลาดเทปานกลาง และการปลูกป่า จะทำในพื้นที่ที่มีความลาดเทสูง เพื่อป้องกันดินพังทลาย (ถนนที่ตัดกันเป็นสี่เหลี่ยม หรือรูปแบบของพื้นที่เพาะปลูก เป็นแบบฉบับของพื้นที่ที่ได้รับการพัฒนาแล้ว)

3. การเป็นดวง เป็นจุด หมายถึง จุด หรือดวง ที่ปรากฏบนรูปถ่ายทางอากาศ ซึ่งอาจเป็นสีเข้มหรือจางกว่าพื้นผิวบริเวณอื่น ดวงหรือจุดที่ปรากฏจะมีรูปร่าง ขนาด และรูปแบบไม่สม่ำเสมอ

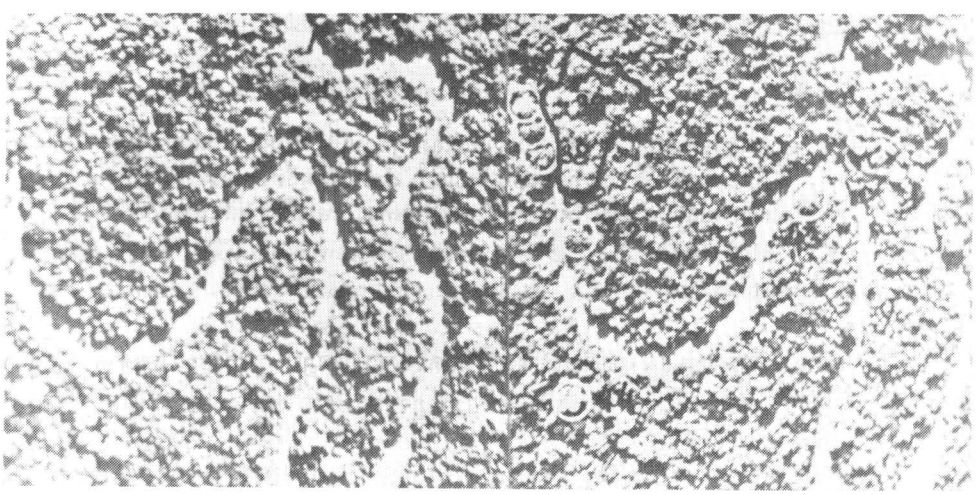
จากตัวอย่างในรูปที่ 13.7 จุด ดวง ที่ปรากฏบนรูปถ่าย ซึ่งอาจเป็นผลจากความแตกต่างของดิน ความจุของความชื้นในดิน และความแตกต่างในการสะท้อนแสงจากพื้นผิวที่ไม่สม่ำเสมอ

รูปที่ 13.7 รูปถ่ายทางอากาศทรวดทรงสองส่วน แสดงจุดสีประ ซึ่งเป็นจุดสีดำและสีขาวกระจายอยู่ทั่วพื้นที่อันเป็นผลจากความแตกต่างของดินและความชื้นในดิน

4. ความหยาบ ละเอียด เป็นผลจากการรวมกันของวัตถุหรือรายละเอียดที่มีลักษณะเหมือนกัน ซึ่งวัตถุหรือรายละเอียดนั้นมีขนาดเล็กเกินกว่าที่จะมองเห็นได้ถ้ามันอยู่โดยลำพัง

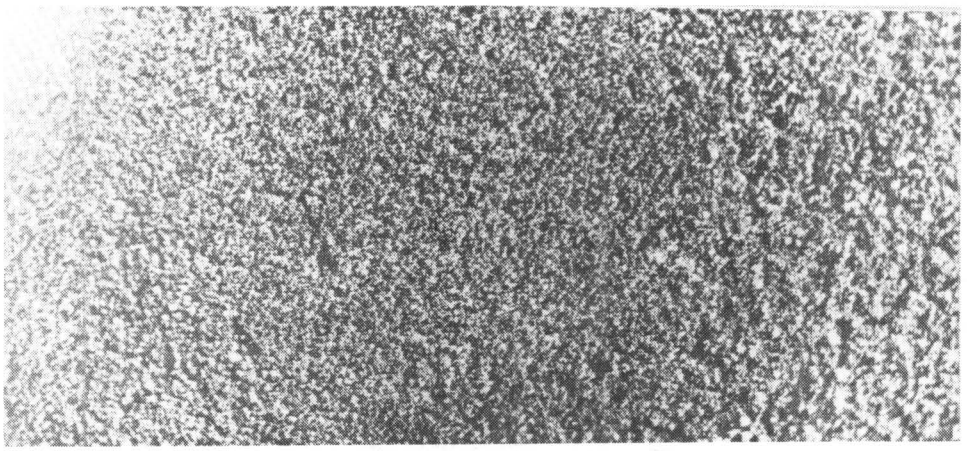
วิธีที่ง่ายที่สุดที่จะสาธิตถึงความหยาบ ละเอียด คือ การพิจารณาจากพื้นที่ป่าไม้ ชนิดของพืชพันธุ์จะมีความสัมพันธ์กับความหยาบ ละเอียด กล่าวคือ ต้นไม้ขนาดใหญ่จะปรากฏบนภาพถ่ายทางอากาศมีลักษณะหยาบ ส่วนพืชพันธุ์ขนาดเล็กจะปรากฏบนภาพถ่ายมีลักษณะละเอียด นอกจากนี้ความหยาบ ละเอียดยังขึ้นอยู่กับขนาดของมาตราส่วนของรูปถ่ายทางอากาศด้วย โปรดดูตัวอย่างในรูปที่ 13.8 ก—ค

ก.



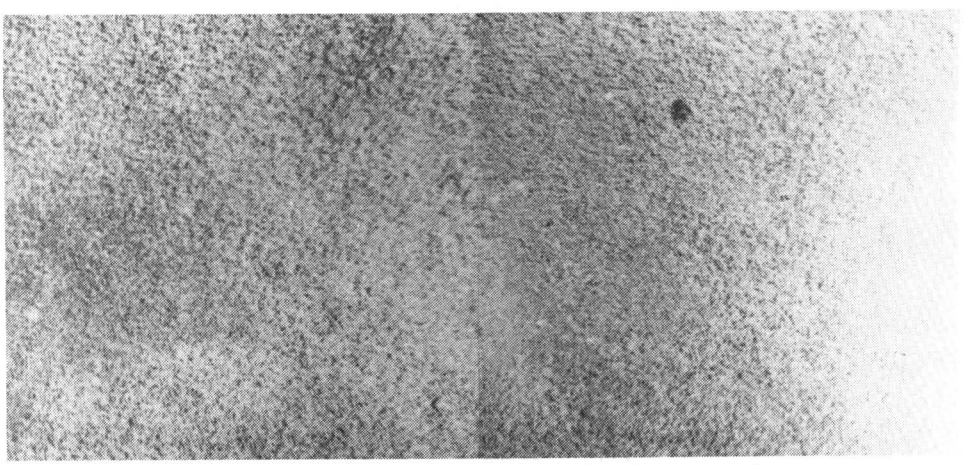
มาตราส่วน 1 : 10,000 โดยประมาณ

ข.



มาตราส่วน 1 : 10,000 โดยประมาณ

ค.



มาตราส่วน 1 : 40,000 โดยประมาณ

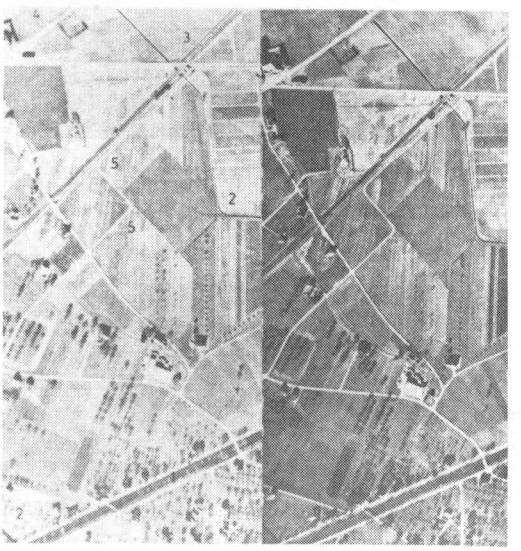
รูปที่ 13.8 รูปถ่ายทางอากาศครอบคลุมบริเวณป่าดงดิบชื้น แสดงความหยาบ ละเอียด อันเป็นผลจากความแตกต่างของพันธุ์ไม้

5. รูปร่าง หมายถึง การแสดงลักษณะภูมิประเทศหรือรายละเอียดในลักษณะสองมิติ

นักตีความรูปถ่ายทางอากาศจะต้องมีความคุ้นเคยในการพิสูจน์ทราบโดยอาศัย "รูปร่าง" กับปรากฏการณ์ หรือรายละเอียดบนรูปถ่ายทางอากาศโดยที่นักตีความผู้นั้นได้สัมผัส คุ้นเคยกับปรากฏการณ์หรือรายละเอียดนั้นในภูมิประเทศมาบ้างแล้ว

ในการอาศัย "รูปร่าง" เป็นเครื่องมือในการตีความรูปถ่ายทางอากาศมีสิ่งต้องพึงตระหนักประการหนึ่ง คือ การใช้ "รูปร่าง" เพียงอย่างเดียวจะไม่ให้ข้อมูลเพียงพอเพื่อการพิสูจน์ทราบ รายละเอียดหรือวัตถุทุกชนิด

อย่างไรก็ตาม นักตีความรูปถ่ายทางอากาศก็ได้อาศัย "รูปร่าง" เป็นเครื่องมือประการหนึ่งในการตีความรูปถ่ายทางอากาศ โปรดดูตัวอย่างในรูปที่ 13.9




รูปที่ 13.9 รูปถ่ายทางอากาศทรวดทรงสองส่วน แสดงรายละเอียดที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง ซึ่งสามารถจำแนกได้โดยอาศัยรูปร่าง
1. เป็นคลองใหญ่ที่สำคัญ ขุดเป็นแนวตรงที่มีสะพานข้ามคลองหลายแห่ง
2. เป็นคลองซอยแคบ ๆ
3. เป็นทางรถไฟและสถานี มีเสาไฟอยู่ข้างทาง
4. เป็นถนนสายสำคัญมีช่องทางวิ่งกว้าง
5. เป็นถนนซอยแคบ ๆ คดโค้ง

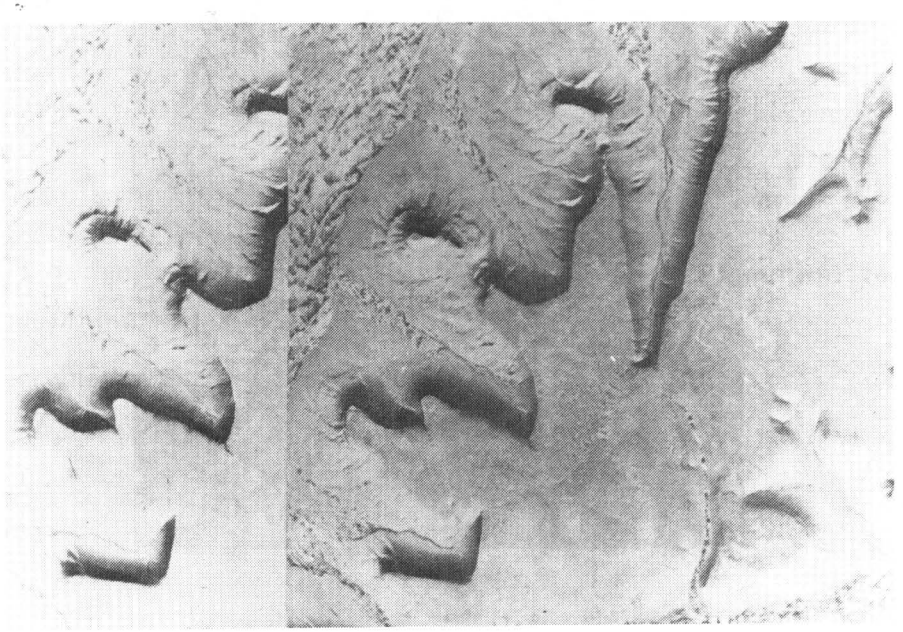
6. ขนาด หมายถึง ปริมาตรของวัตถุซึ่งสามารถมองเห็นในลักษณะสามมิติบนรูปถ่าย

การเปรียบเทียบขนาดของวัตถุชนิดหนึ่งกับวัตถุที่ทราบขนาดแล้ว จะช่วยให้นักตีความรูปถ่ายทางอากาศอนุมานเพื่อทราบขนาดของวัตถุชนิดนั้นได้

7. เงา หมายถึง ความมืด มัว บนพื้นที่ อันเนื่องจากมีวัตถุทึบแสงมาบดบังลำแสงจากดวงอาทิตย์

เงาอาจจะบดบังปรากฏการณ์ หรือรายละเอียดที่สำคัญทำให้นักตีความไม่สามารถตีความได้ อย่างไรก็ตาม "เงา" อาจจะช่วยให้นักตีความสามารถวิเคราะห์ความสูงของวัตถุได้ โดยต้องคำนึงถึงมุมที่แสงอาทิตย์ตกกระทบวัตถุ และตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่นั้น

นอกเหนือไปจากนี้ เงายังมีประโยชน์ต่อการตีความรูปถ่ายทางอากาศเป็นอย่างมาก กล่าวคือ ก่อให้เกิดภาพทรวดทรงได้ดีขึ้น โปรดดูรูปที่ 13.10 เมื่อจัดภาพโดยที่เงาไม่ได้หันไปทางผู้ดู การมองครั้งแรกจะไม่เห็นภาพทรวดทรงของภูมิประเทศที่ถูกต้อง จะเป็นในลักษณะตรงกันข้ามกับความเป็นจริง คือ ที่สูงจะเห็นเป็นที่ต่ำ ที่ต่ำจะเห็นเป็นที่สูง เป็นต้น



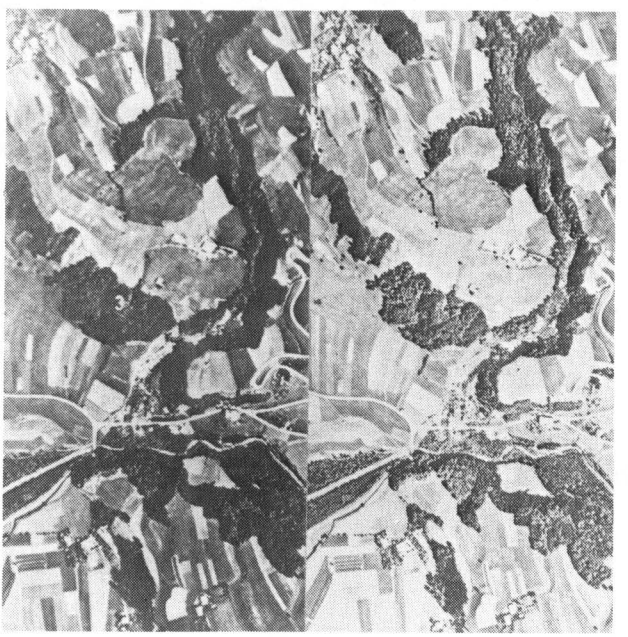
รูปที่ 13.10 รูปถ่ายทางอากาศทรวดทรงสองส่วน แสดงภาพทรวดทรงของภูมิประเทศในลักษณะตรงข้ามกับความเป็นจริง เมื่อไม่ได้จัดรูปถ่ายทางอากาศให้เงาของภาพภูมิประเทศหันไปทางผู้ดู

8. ที่ตั้งในเชิงภูมิประเทศ หมายถึง ตำแหน่งของสถานที่ที่เกี่ยวพันกับพื้นที่โดยรอบ

โดยทั่วไป รูปร่างลักษณะของพื้นที่หรือภูมิภาคใดจะเป็นเช่นใดนั้นขึ้นอยู่กับที่ตั้งในเชิงภูมิประเทศของพื้นที่หรือภูมิภาคนั้น ตัวอย่างเช่น

ก. ความแตกต่างในความสูง เป็นที่ประจักษ์แล้วว่า จุดที่สูงที่สุดของภูมิประเทศจะได้รับปริมาณหยาดน้ำฟ้า (precipitation) มาก และจะหนาวเย็นกว่าภูมิประเทศที่อยู่เบื้องล่างโดยรอบ ซึ่งปัจจัยทั้งสองนี้เอื้ออำนวยให้กระบวนการผุพัง (weathering) ดำเนินไปอย่างรวดเร็ว ดังนั้น ความแตกต่างในความสูง จึงมีผลต่อความแตกต่างในรูปร่างลักษณะของภูมิประเทศ

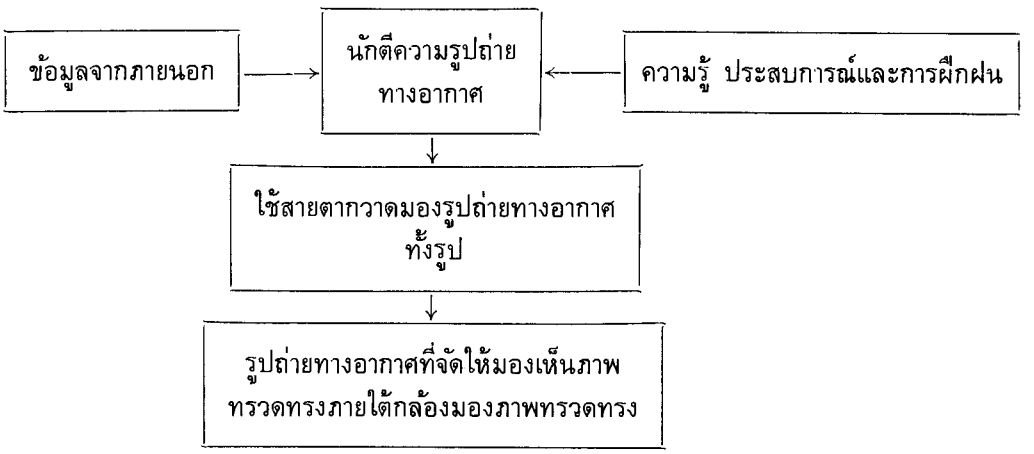
ข. ความชันของความลาดเท ความแตกต่างในความชันของความลาดเทจะมีอิทธิพลต่อระดับของความรุนแรงของกระบวนการพังทลาย ซึ่งจะส่งผลถึงความแตกต่างในการใช้ที่ดิน ดังแสดงในรูปที่ 13.11



รูปที่ 13.11 รูปถ่ายทางอากาศทรวดทรงสองส่วนแสดงความลาดเทในระดับต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการใช้ที่ดิน

1. เป็นพื้นที่ที่มีความลาดเทต่ำ ไม่ปรากฏการพังทลายของดิน เป็นพื้นที่ที่เหมาะสำหรับการเพาะปลูก
2. เป็นพื้นที่ที่มีความลาดเทปานกลาง ปรากฏพบการพังทลายของดิน จึงเหมาะใช้สำหรับเป็นทุ่งหญ้า
3. เป็นพื้นที่ที่มีความลาดเทสูง ปรากฏการพังทลายของดินที่รุนแรง จึงต้องมีการอนุรักษ์ด้วยการปลูกป่า

## สรุปองค์ประกอบที่สำคัญในการตีความรูปถ่ายทางอากาศ




แผนผัง 1 การตีความรูปถ่ายทางอากาศ

จากแผนผัง 1 สามารถสรุปองค์ประกอบที่สำคัญในการตีความรูปถ่ายทางอากาศได้ดังนี้

1. รูปถ่ายทางอากาศซึ่งมีส่วนซ้อนและส่วนเกยที่ได้จัดให้สามารถมองเห็นภาพทรวดทรงภายใต้กล้องมองภาพทรวดทรง

2. นักตีความรูปถ่ายทางอากาศที่มีความรู้และประสบการณ์

# บรรณานุกรม


ชุมพร กุลเกษม. โฟโตแกรมเมตรี่ เล่ม 1, กรุงเทพฯ : โรงเรียนแผนที่ กรมแผนที่ทหาร, 2513.

พินิจ ถาวรกุล. การอ่านรูปถ่ายทางอากาศ, กรุงเทพฯ : โรงเรียนแผนที่ กรมแผนที่ทหาร, 2517.

วิชาการ, กรม. แผนที่, กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภา, 2517.

Avery, T.E. **Interpretation of Aerial Photographs** 2nd ed. Minneapolis: Burgress Publishing Company, 1969.

Backhouse, D.G. **Fundamental of Aerial Photograph (in black and white).** Enschede : ITC. Lecture notes, 1974.

Bygott, J. **An Introduction to Map Work and Practical Geography.** London : University tutorial press Ltd. 1964.

Cave, R.P. **Elementary Map Reading.** London : Methuen & Co.Ltd. 1968.

Department of the Army. **Map Reading. FM. 21-26.** Washington D.C. : Government Printing Office 1965.

Dickenson, G.C. **Map and Air Photographs.** London : Edward Arnold Ltd. 1976.

Jennings, J.H. **Elementary Map Interpretation.** Cambridge : Cambridge University Press. 1960.

Ligterink, G.H. **Elementary Photogrammetry for the Interpretation Course.** Delf : ITC. Lecture notes. 1968.

McCULLOUGH, E.J.Jr. **Laboratory Manual for Physical Geology.** Dubuque : WM.C. Brown Company Publishers. 1970.

Vink, A.P.A. **Some thoughts on photo-interpretation.** Delf : ITC. Publication Series B. Number 25. 1964.

Vink, A.P.A.; Verstappen, H.Th. and Boon, D.A. **Some methodological Problems in Photo-Interpretation.** Delf : ITC. Publication Series B Number 32. 1965.

Zuidam, R.A. Van et. al **Terrain Analysis and Classification Using Aerial Photographs.** Enschede : ITC. Textbook VII-6. 1979.

# ผนวก ก.

# มาตรที่ใช้วัดระยะทางและพื้นที่

ในการศึกษาเกี่ยวกับแผนที่และรูปถ่ายทางอากาศ ย่อมหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะต้องกล่าวถึง ระยะทาง พื้นที่ และหน่วยที่ใช้ในการวัด เนื่องจากหน่วยที่ใช้ในการวัดมีอยู่ 2 ระบบ คือ ระบบเมตริก และระบบอังกฤษ ดังนั้น จึงควรที่จะทราบการเปรียบเทียบระหว่างระบบทั้งสองดังต่อไปนี้

## ความยาว

ระบบอังกฤษเป็นระบบเมตริก

| | | | |
|---|---|---|---|
| ไมล์ | = | 1.61 | กิโลเมตร |
| หลา | = | 0.92 | เมตร |
| ฟุต | = | 30.5 | เซนติเมตร |
| นิ้ว | = | 2.54 | เซนติเมตร |

ระบบเมตริกเป็นระบบอังกฤษ

| | | | |
|---|---|---|---|
| กิโลเมตร | = | 0.621 | ไมล์ = 3280 ฟุต |
| เมตร | = | 39.37 | นิ้ว = 3.28 ฟุต = 1.094 หลา |
| เซนติเมตร | = | 0.3937 | นิ้ว |

## พื้นที่

ระบบอังกฤษเป็นระบบเมตริก

| | | | |
|---|---|---|---|
| ตารางไมล์ | = | 2.59 | ตารางกิโลเมตร |
| เอเคอร์ | = | 4,047 | ตารางเมตร |
| ตารางฟุต | = | 929.03 | ตารางเซนติเมตร |
| ตารางนิ้ว | = | 6.45 | ตารางเซนติเมตร |

ระบบเมตริกเป็นระบบอังกฤษ

| | | | |
|---|---|---|---|
| ตารางกิโลเมตร | = | 0.386 | ตารางไมล์ |
| ตารางเมตร | = | 10.75 | ตารางฟุต |
| ตารางเซนติเมตร | = | 0.1549 | ตารางนิ้ว |

# ภาคผนวก ข.

## Bench Mark A. ที่เกาะหลัก*

B.M.A. ที่เกาะหลัก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ คือหมุดระดับหมุดแรกของประเทศไทยที่ได้ทำการโยงค่าระดับมาจากค่าระดับน้ำทะเลปานกลาง การวัดระดับน้ำทะเลขึ้นลงในสมัยแรกใช้วัดโดยอาศัยบรรทัดน้ำ (Tidal staff) ปักไว้บริเวณชายฝั่งโดยที่ยังมิได้เทียบเข้าหาเส้นหลักอะไร เพียงแต่อ่านค่าน้ำขึ้น น้ำลงไว้ตลอดเวลาเท่านั้นเอง ต่อมาในสมัยรัชกาลที่ 6 คือ พระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว จึงได้สร้างสถานีวัดระดับน้ำ (Tidal Station) ที่ถาวรขึ้นเป็นครั้งแรก ณ บริเวณเกาะหลัก อำเภอเมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เมื่อเดือนกันยายน พ.ศ. 2453 ผู้ควบคุมการก่อสร้างเป็นชาวยุโรป ชื่อ นายมาสเตอร์ (Mr. Master) สถานีวัดระดับน้ำนี้สร้างเสร็จเรียบร้อยในเดือนตุลาคมปีเดียวกัน พิกัดภูมิศาสตร์ของสถานีวัดระดับน้ำ คือ ละติจูด 11° 49′ เหนือ และลองจิจูด 99° 46′ ตะวันออก เริ่มเปิดให้เครื่องวัดระดับน้ำทำงานเมื่อวันที่ 12 ตุลาคม พ.ศ. 2453 จนถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2454 จึงได้นำผลการตรวจวัดระดับน้ำที่ได้ทั้งหมดตลอดปีมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อหาค่าระดับทะเลปานกลาง (mean sea level) เสร็จแล้วจึงทำการโยงค่าระดับไปยังหมุดระดับที่สร้างไว้บนฝั่งของเกาะหลัก ได้ความสูงของหมุดระดับจากค่าน้ำทะเลปานกลาง เท่ากับ 1.4441 เมตร เรียกหมุดระดับนี้ว่า B.M.A. คือ Bench Mark A. หรือหมุดระดับเอ

ถึงแม้ว่าจะได้ค่า B.M.A. หมุดแรกของประเทศไทยแล้ว สถานีวัดระดับน้ำก็ยังคงทำการตรวจวัดระดับน้ำต่อเนื่องไปอีกทุก ๆ ปี จนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2458 รวมเวลาที่ทำการตรวจวัดระดับน้ำประมาณ 5 ปี แต่ละปีก็หาค่าระดับน้ำทะเลปานกลางเอาไว้เพื่อนำไปแก้ค่าความสูงของ B.M.A. เดิมที่สูง + 1.4441 เมตร ปีที่สองได้ค่า B.M.A. สูง + 1.4376 เมตร ปีที่สาม B.M.A. สูง + 1.4499 เมตร ปีที่สี่ B.M.A. สูง + 1.4453 เมตร และปีที่ห้า B.M.A. สูง + 1.4617 เมตร เมื่อนำความสูงของ B.M.A. ทั้ง 5 ปีมาเฉลี่ย จะได้ค่าความสูงของ B.M.A. จากระดับน้ำทะเลปานกลางเท่ากับ + 1.4477 เมตร ดังนั้น จึงถือเอาค่าเฉลี่ยระดับน้ำทะเล 5 ปี ที่เกาะหลักนั้นเป็นค่าระดับน้ำทะเลปานกลางมาตราฐาน (Standard mean sea level) ของประเทศไทยและหมุดระดับหมุดแรกที่โยงค่าออกมาจากค่าระดับน้ำทะเลปานกลางมาตราฐานเท่ากับ + 1.4477 เมตร

เพื่อเป็นการป้องกันการชำรุดสูญหายของหมุด B.M.A. และเพื่อประโยชน์ในการตรวจสอบค่าความสูง สำหรับนักสำรวจงานระดับที่จะมาเริ่มงานระดับ หรือนำมาเข้าบรรจบหมุด B.M.A. นี้จึงได้สร้างหมุด B.M.B. และ B.M.C. ขึ้นบนเกาะหลักอีก 2 หมุด อยู่ใกล้ ๆ กับ B.M.A. โดยที่ B.M.B. อยู่ห่างจาก B.M.A. เท่ากับ 37.5 เมตร มุมอะซิมุท 151° 10′ สูง + 1.3846 เมตร และ B.M.C. อยู่ห่างจาก B.M.B. เท่ากับ 14.0 เมตร มุมอะซิมุท 348° 00′ สูง + 1.6765 เมตร

---

* (คัดลอกจาก วารสารแผนที่ ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2518)

# ภาคผนวก ค.

# ตัวอย่างคำถาม

## ตัวอย่างคำถามเรื่องแผนที่

1. จากแผนที่หมายเลข 1 จงพิจารณาพิกัดภูมิศาสตร์ ของดอยกาน ( 909 เมตร )
2. จากแผนที่หมายเลข 1 จงพิจารณาพิกัดทางทหาร ของดอยกาน ( 978 เมตร )
3. จากรูปที่ 0.1 เป็นแผนที่บริเวณหนึ่ง โดยกำหนดให้จุดระดับความสูงที่ X เท่ากับ 982 เมตร จากระดับน้ำทะเล จงศึกษารูปนี้อย่างรอบคอบ หลังจากนั้นให้เขียนตัวเลขแสดงความสูงกำกับเส้นชั้นแต่ละเส้น และพิจารณาความสูงของจุด a, b, c และ d
4. จากรูปที่ 0.2 เป็นแผนที่บริเวณหนึ่ง ซึ่งแสดงจุดระดับความสูงและเส้นทางน้ำ จงลากเส้นชั้นเพื่อสร้างแผนที่นี้ เป็นแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศที่สมบูรณ์ กำหนดให้ช่วงต่างเส้นชั้นความสูงเท่ากับ 5 เมตร
5. จงสร้างภาพด้านข้างตามแนวเส้นตรง AB ของแผนที่ ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 0.1
6. จากแผนที่หมายเลข 1 จงสร้างภาพด้านข้างจากจุดที่มีพิกัดทางทหาร 7608 2006 ถึงจุดที่มีพิกัดทางทหาร 7475 1958
7. จากแผนที่หมายเลข 1 จงหาความลาดเทของภูมิประเทศต่อไปนี้ในรูปของร้อยละ
   ก. จากจุดที่มีพิกัดทางทหาร 7685 2189 ถึงจุดที่มีพิกัดทางทหาร 7636 2325
   ข. จากจุดที่มีพิกัดทางทหาร 7685 2189 ถึงจุดที่มีพิกัดทางทหาร 7850 2315
8. จงเปลี่ยนค่ามุมอะซิมุท (Azimuth) ต่อไปนี้ ให้อยู่ในรูปมุมแบริง
   ก. Azimuth 302° Bearing = .....
   ข. Azimuth 89° Bearing = .....
   ค. Azimuth 98° Bearing = .....
   ง. Azimuth 79° Bearing = .....
   จ. Azimuth 138° Bearing = .....
9. จงเปลี่ยนค่ามุมแบริง (Bearing) ต่อไปนี้ ให้อยู่ในรูปมุมอะซิมุท (Azimuth)
   ก. Bearing N 76° W Azimuth = .....
   ข. Bearing S 21° E Azimuth = .....

ค. Bearing N 49° E Azimuth = .....

ง. Bearing S 89° W Azimuth = .....

จ. Bearing S 89° E Azimuth = .....

10. ถ้าท่านยืนบนดาดฟ้าตึกคณะศิลปศาสตร์ ใช้เข็มทิศวัดยอดเสาธงกระทรวงการต่างประเทศ ได้ค่า Azimuth เท่ากับ 127° จงพิจารณาค่า Back Azimuth.....

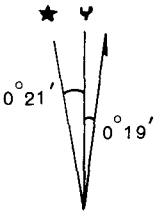
ข้อ 11, 12, 16, 17, 18, 19 และ 20 ใช้แผนที่หมายเลข 2

11. ถ้าท่านอยู่ ณ พิกัด 8376 1214 มองเห็นดอยหลวงห้วยขูดอยู่ลิบ ๆ ท่านทราบหรือไม่ว่าดอยหลวงห้วยขูดอยู่ทิศใด จากตำแหน่งที่ท่านอยู่

12. ท่านอยู่ ณ พิกัด 8520 0970 ต้องการเดินทางไปยังตำบล ก. ซึ่งอยู่ไกลออกไป 3.2 กิโลเมตร ทางทิศซึ่งมีค่ามุมอะซิมุท 125° จงหาตำบล ก. อยู่ ณ พิกัดใดบนแผนที่

13. จงสร้าง Declination diagram จากข้อมูลต่อไปนี้ ส่วนเบี่ยงเบนแม่เหล็กเท่ากับ 3° E มุม G M เท่ากับ 1°

14. จาก Declination diagram ต่อไปนี้




จงพิจารณาค่าและทิศทางของ

ก. Grid declination .....

ข. Magnetic declination .....

ค. G M Angle .....

15. จาก Declination diagram ในข้อ 14 จงแปลงค่ามุมอะซิมุท ต่อไปนี้

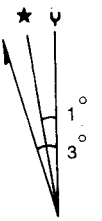
ก. Magnetic azimuth 120° 30′, Grid azimuth.....

ข. Grid azimuth 195° 20′, Magnetic azimuth.....

ค. Magnetic azimuth 21° 20′, True azimuth .....

16. ให้ท่านอยู่ ณ พิกัด 8380 1204 ต้องการเดินทางไปยังบ้านห้วยตั้ง (1) ณ พิกัด 8271 1541 เมื่อท่านออกเดินทางในภูมิประเทศจริง ท่านใช้ทิศทางใด

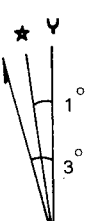
17. ท่านได้รับคำสั่งให้ออกเดินทางจากบ้านวังหลวง ณ พิกัด 8398 1201 ไปยังตำบล ก. ซึ่งอยู่ห่างออกไป 2.7 กิโลเมตร ด้วยค่าอะซิมุทแม่เหล็ก 77° จงหาตำแหน่งของตำบล ก. บนแผนที่กำหนดให้ Declination diagram ของข้อ 16 และ 17 ดังนี้




18. ท่านเดินทางไปศึกษาวิจัยในเขตอำเภอบ้านโฮ่ง และอำเภอลี้ จังหวัดลำพูน ท่านได้นำเอาแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ มาตราส่วน 1 : 50,000 ระวางบ้านปางติดตัวไปด้วย ครั้งหนึ่งท่านขับรถไปตามเส้นทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 106 ปรากฏว่ารถท่านประสบอุบัติเหตุตกจากไหล่ทาง ท่านได้ตรวจสอบตำแหน่งที่รถประสบอุบัติเหตุ พบว่าอยู่ ณ พิกัด 8475 1035 ท่านตัดสินใจที่จะเดินทางไปหาคนช่วย โดยเข้าใจว่าโอกาสที่จะพบชาวบ้านตั้งบ้านเรือนอยู่ริมฝั่งแม่น้ำลี้คงมีอยู่บ้าง แต่เมื่อเวลาล่วงไปนานขึ้น ก็ไม่พบบ้านคน ในที่สุดท่านพบว่าตัวเองหลงทางเสียแล้ว แต่ด้วยกำลังใจอันดีเยี่ยมท่านพยายามหาทางออกปัญหานี้ด้วยการสังเกตภูมิประเทศที่เด่น ๆ 2 แห่ง คือ ภูเขาลูกย่อม ๆ อยู่ไม่ไกลจากแม่น้ำลี้เท่าใดนัก และยอดเขากลมมนที่สูงที่สุดในบริเวณใกล้เคียงนั้น ท่านตรวจสอบในแผนที่พบว่ามันอยู่ ณ พิกัด 8354 1368 และ 8866 1468 ตามลำดับ ท่านจึงใช้เข็มทิศที่พกติดตัวตลอดเวลาทำการวัดมุมภูเขา 2 ลูกดังกล่าว ได้ค่ามุม 330° และ 51° ตามลำดับ ท่านมีวิธีการหาตำแหน่งของตนเองได้อย่างไร

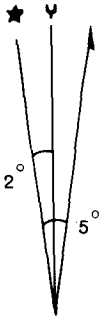
19. จากการที่ท่านศึกษา วิจัย สภาพเศรษฐกิจและสังคมของบ้านป่าพลู และบ้านห้วยซุ้มซึ่งอยู่ ณ พิกัด 8270 1625 และ 8590 1665 ตามลำดับ ท่านต้องเดินทางไปมาระหว่าง 2 หมู่บ้านนี้เป็นประจำ ท่านได้สังเกตพบว่า ห้วยที่ไหลลงสู่แม่น้ำลี้หลายสาย ส่วนใหญ่แล้วน้ำจะแห้งขอดในฤดูแล้ง มีอยู่เพียงห้วยเดียวที่น้ำไหลตลอดปี ท่านใช้เข็มทิศวัดมุมห้วยดังกล่าว เมื่ออยู่ ณ บ้านป่าพลู และบ้านห้วยซุ้ม ได้ค่ามุม 118° และ 173° ตามลำดับ ท่านทราบหรือไม่ว่าห้วยที่มีน้ำไหลตลอดปี คือห้วยใด

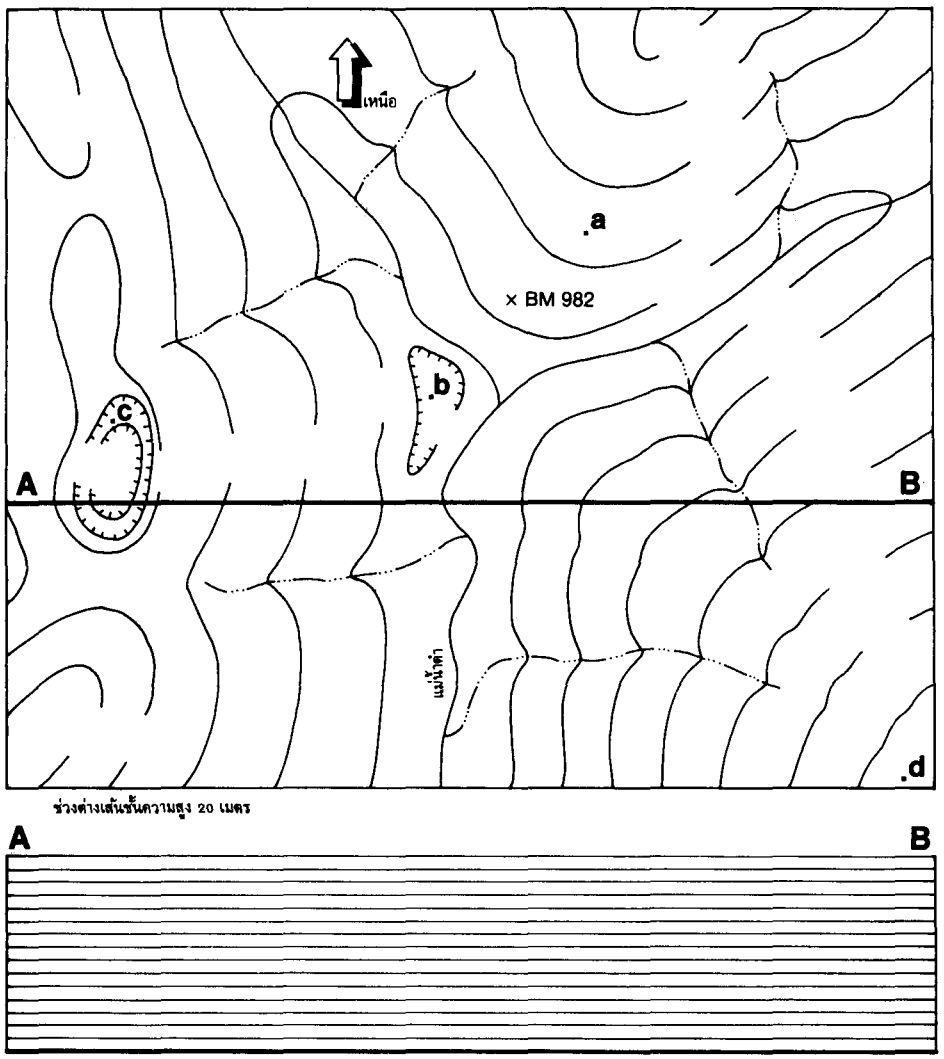
กำหนด Declination diagram ข้อ 18 และ 19 ดังนี้



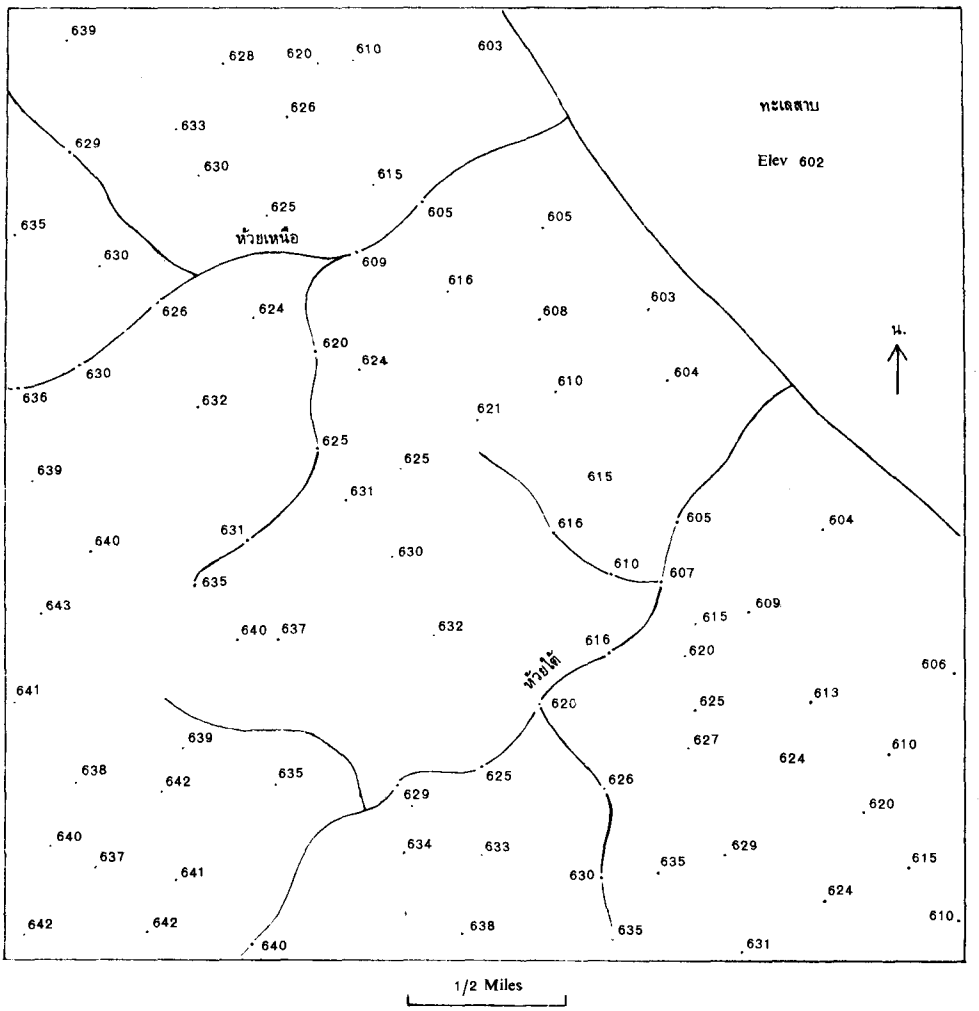
20. ท่านกำลังถูกทดสอบการเดินทางในป่าและการใช้เข็มทิศ กำหนดให้ท่านออกเดินทางจากบ้านห้วยตั้ง (2) ณ พิกัด 8287 1586 ท่านจะต้องออกเดินทางในช่วงแรกด้วยค่าอะซิมุทแม่เหล็ก (magnetic azimuth) 161° เป็นระยะทาง 6.7 กิโลเมตร จงบอกตำแหน่งเมื่อท่านเดินทางถึงหลังจากนั้นท่านต้องเดินทางไปยังจุดหมายซึ่งอยู่ ณ พิกัด 8866 1468 ในการเดินทางเพื่อให้ถึงจุดหมายนี้ ในขณะที่ท่านกำลังเดินทาง ท่านใช้ทิศทางใด (บอกเป็นแบริง) และขณะที่ท่านกำลังเดินอยู่นั้น ด้วยเหตุใดไม่ปรากฏ ท่านหลงทาง แต่ด้วยสติอันมั่นคงของท่านพิจารณาเห็นภูมิประเทศ 2 แห่ง ซึ่งปรากฏบนแผนที่ ณ ตำแหน่ง 8895 1282 และ 8460 1320 ท่านใช้เข็มทิศวัดมุมของภูมิประเทศทั้ง 2 แห่ง ได้ค่ามุมเท่ากับ 44° และ 307° ตามลำดับ ท่านมีวิธีการอย่างไรที่จะเดินทางสู่จุดหมายเดิม และบอกทิศทางเดินในช่วงสุดท้ายนี้ด้วย

กำหนด Declination diagram ดังนี้






รูปที่ 0.1 ส่วนหนึ่งของแผนที่ลักษณะภูมิประเทศ




รูปที่ 0.2 แผนที่แสดงจุดระดับความสูงและเส้นทางน้ำ

## ตัวอย่างคำถามเรื่องรูปถ่ายทางอากาศ

1. เส้นดึงซึ่งลากผ่านเลนส์ไปตัดกับพื้นรับภาพที่จุดซึ่งเรียกว่า .....
2. รูปถ่ายทางอากาศเป็นเส้นโครงประเภท Central projection หรือ Orthogonal projection
3. ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากความสูง จะมีทิศทางเป็นรัศมีจาก .....
4. Base-height ratio ของรูปถ่ายทางอากาศคู่หนึ่งซึ่งถ่ายด้วยกล้องที่มีความยาวโฟกัส 8 เซนติเมตร และส่วนซ้อน (forward overlap) 75 % จะมีค่าเท่ากับ.....
5. การเปลี่ยนตำแหน่งของจุดภาพบนรูปถ่ายที่อยู่ต่อเนื่องกัน อันเนื่องจากการเปลี่ยนตำแหน่งของกล้องเรียกว่า.....
6. เลนส์ตาจะต้องปรับระยะชัดที่ระยะ 250 มิลลิเมตร และรวมสายตาที่ระยะอนันต์ ข้อความนี้เป็นหลักการของ.....
7. จงบอกรายละเอียดประจำขอบรูปถ่ายทางอากาศที่สำคัญ ๆ มา 3 อย่าง
   1. .....
   2. .....
   3. .....
8. จงอธิบายถึงเงื่อนไขที่รูปถ่ายทางอากาศคู่หนึ่ง ควรจะมีเพื่อที่จะสามารถมองเห็นภาพสามมิติได้ดี
9. จงเปรียบเทียบข้อดี และข้อเสียของกล้องมองภาพทรวดทรงขนาดเล็ก (pocket stereoscope) และแบบกระจก (mirror stereoscope)
10. รูปถ่ายทางอากาศรูปหนึ่งถ่ายด้วยกล้องซึ่งมีความยาวโฟกัส 15 เซนติเมตร มาตราส่วนเฉลี่ยของรูปถ่ายทางอากาศ ซึ่งพิจารณาจากความสูงของการบินเหนือระดับน้ำทะเล มีค่าเท่ากับ 1 : 25,000 จงหามาตราส่วนของรูปถ่าย ณ จุดยอดของภูเขาลูกหนึ่งซึ่งสูงจากระดับน้ำทะเล 500 เมตร
11. กำหนดให้รูปถ่ายทางอากาศดิ่งรูปหนึ่ง ได้จากการบินถ่ายภาพภูมิประเทศ ซึ่งมีความสูงเฉลี่ยจากระดับน้ำทะเล 450 เมตร ด้วยกล้องที่มีความยาวโฟกัส 150 มิลลิเมตร โดยมีความสูงของการบินเหนือระดับน้ำทะเล 4,500 เมตร จงคำนวณหา
    1. มาตราส่วนเฉลี่ยของรูปถ่ายทางอากาศนี้
    2. มาตราส่วนของรูปถ่าย ณ จุด ก ซึ่งมีความสูงจากระดับน้ำทะเล 325 เมตร
    3. ระยะทางในภูมิประเทศระหว่างจุด ข และ ค ถ้าระยะทางของจุดดังกล่าวบนรูปถ่ายทางอากาศเท่ากับ 180 มิลลิเมตร

12. ความสูงของการบินเหนือยอดหอคอยแห่งหนึ่ง เท่ากับ 3,829 เมตร ความสูงของหอคอยเท่ากับ 66.5 เมตร ระยะทางบนรูปถ่ายทางอากาศ จากจุดหลักไปยังจุดภาพของยอดหอคอย และฐานหอคอยเท่ากับ 12.3 เซนติเมตร และ 12.09 เซนติเมตร ตามลำดับ จงคำนวณหา

    1. การเคลื่อนตำแหน่งเนื่องจากความสูงของหอคอย
    2. มาตราส่วนของรูปถ่ายทางอากาศ ณ ระดับฐานหอคอย ถ้าระยะทางจากหอคอยไปยังจุดหลักบนพื้นดิน มีค่าเท่ากับ 4,410 เมตร
    3. ความยาวโฟกัสของกล้องถ่ายรูปทางอากาศ

13. กำหนดให้ค่าที่อ่านได้จากไม้วัดระยะเหลื่อม (Parallax-bar reading) ของจุด 2 จุดบนรูปถ่ายทางอากาศคู่ทรวดทรง มีดังนี้

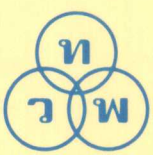
    ณ จุด ก 17.55 มิลลิเมตร

    ณ จุด ข 16.25 มิลลิเมตร

ระยะเหลื่อมของคู่ภาพทรวดทรง (Stereoscopic parallax) ของจุด ข เท่ากับ 71.7 มิลลิเมตร ความสูงของการบินเหนือจุด ข เท่ากับ 2,190 เมตร จงคำนวณ

    1. ความสูงต่างของจุด ก และ ข
    2. ความสูงของจุด ก ถ้าความสูงของจุด ข เท่ากับ 157 เมตร

ISBN 974-07-5633-6




พิมพ์ที่ บริษัทโรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด 891 ถนนพระรามที่ 1 กรุงเทพมหานคร
นายธีระ ต. สุวรรณ ผู้พิมพ์ผู้โฆษณา พ.ศ. 2531