# กิจการอวกาศ

# ด้านภาพถ่ายดาวเทียม



## กรมเทคโนโลยีสารสนเทศและอวกาศกลาโหม

# คำนำ

ปัจจุบัน เทคโนโลยีภาพถ่ายดาวเทียม เป็นส่วนสำคัญต่อการสำรวจระยะไกลที่ใช้สำรวจภูมิอากาศ ภูมิประเทศ ทางน้ำไหล พืชพันธุ์ธัญญาหาร ลักษณะพื้นผิวภูมิประเทศ และสภาพแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้น เพื่อใช้ในการประเมินพื้นที่กายภาพที่มีผลต่อการปฏิบัติการทางทหาร ซึ่งสามารถนำมาใช้กำหนดเป้าหมายทางยุทธศาสตร์และยุทธวิธีทางการทหาร อีกทั้ง กรมเทคโนโลยีสารสนเทศและอวกาศกลาโหม ได้พัฒนาห้องปฏิบัติการกรรมวิธีข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อรองรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและนำมาวิเคราะห์แปลตีความภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อใช้ประโยชน์ทางการทหาร ซึ่งบุคลากรที่ปฏิบัติงานจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับภาพถ่ายดาวเทียม

กรมเทคโนโลยีสารสนเทศและอวกาศกลาโหม เห็นความสำคัญของความรู้เกี่ยวกับภาพถ่ายดาวเทียมดังกล่าว จึงได้รวบรวมความรู้เกี่ยวกับภาพถ่ายดาวเทียม ตลอดจนการผลิตภาพถ่ายดาวเทียมและการแปลตีความภาพถ่ายดาวเทียมไว้เป็นรูปเล่ม โดยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะเกิดประโยชน์และสามารถถ่ายทอดความรู้ดังกล่าวให้กับผู้ปฏิบัติงานทุกระดับได้มีความรู้ต่อไป

คณะทำงานจัดทำองค์ความรู้
กรมเทคโนโลยีสารสนเทศและอวกาศกลาโหม

# สารบัญ


| | เนื้อหา | หน้า |
|---|---|---|
| บทที่ 1 | ความรู้เบื้องต้นของการสำรวจระยะไกล | 1 |
| | หลักการสำรวจข้อมูลระยะไกล | 2 |
| | ดาวเทียม | 4 |
| บทที่ 2 | ประเภทของภาพถ่ายดาวเทียม | 6 |
| บทที่ 3 | หลักการผลิตภาพถ่ายดาวเทียม | 8 |
| | คุณลักษณะข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม | 8 |
| | ลักษณะเฉพาะตัวของภาพถ่ายดาวเทียม | 11 |
| | ระบบบันทึกข้อมูลดาวเทียม | 14 |
| บทที่ 4 | หลักการในการแปลตีความภาพถ่ายดาวเทียม | 20 |
| | หลักปฏิบัติในการแปลภาพตีความภาพถ่ายดาวเทียม | 20 |
| | องค์ประกอบในการแปลตีความ | 21 |

# สารบัญภาพ


| | ชื่อภาพ | หน้า |
|---|---|---|
| ภาพที่ 1 | องค์ประกอบของการสำรวจระยะไกล | 2 |
| ภาพที่ 2 | การสำรวจระยะไกล แบบ Passive และ Active Remote Sensing | 3 |
| ภาพที่ 3 | ดาวเทียม | 5 |
| ภาพที่ 4 | ส่วนประกอบของดาวเทียม | 5 |
| ภาพที่ 5 | ภาพถ่ายดาวเทียมประเภท Visible Satellite Imagery | 6 |
| ภาพที่ 6 | ภาพถ่ายดาวเทียมประเภท Infrared Satellite Imagery | 7 |
| ภาพที่ 7 | ภาพถ่ายดาวเทียมประเภท Water Vapor Satellite Imagery | 7 |
| ภาพที่ 8 | การเกิดภาพสีผสมของข้อมูลดาวเทียม | 9 |
| ภาพที่ 9 | เครื่องบันทึกข้อมูลระบบ TM | 16 |
| ภาพที่ 10 | ระบบ RBV ของ LANDSAT-3 | 18 |
| ภาพที่ 11 | แสดงความแตกต่างระหว่างขนาดของวัตถุ ในมาตราส่วนที่แตกต่างกัน | 21 |
| ภาพที่ 12 | แสดงลักษณะรูปร่างของแม่น้ำ | 22 |
| ภาพที่ 13 | แสดงให้เห็นถึง ลวดลาย (Texture) | 22 |
| ภาพที่ 14 | แสดงการเกิดเงา | 23 |
| ภาพที่ 15 | แสดงลักษณะของสี/ความเข้มของสี และ ภาพสีผสมแบนด์ 4 3 2 (RGB) | 23 |
| ภาพที่ 16 | แสดงรูปแบบการจัดวางเรียงตัวของวัตถุ | 24 |
| ภาพที่ 17 | แสดงพื้นที่สนามบิน และภาพแสดงตัวอย่างป่าชายเลน | 24 |
| ภาพที่ 18 | แสดงข้อมูลแวดล้อมของพื้นที่การทำนากุ้งบริเวณชายฝั่ง | 25 |
| ภาพที่ 19 | การจำแนกองค์ประกอบพื้นฐานการแปลภาพทั้ง 8 องค์ประกอบ | 25 |
| ภาพที่ 20 | แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา | 26 |
| ภาพที่ 21 | แสดงระดับการแปลตีความ | 27 |
| ภาพที่ 22 | แสดงตัวอย่างคู่มือการแปลตีความ | 27 |

# สารบัญตาราง


| | ชื่อตาราง | หน้า |
|---|---|---|
| ตารางที่ 1 | ความยาวช่วงคลื่นที่ใช้กับระบบ MSS | 15 |
| ตารางที่ 2 | คุณสมบัติของระบบ Thematic Mapper (TM) | 17 |

# บทที่ 1
# ความรู้เบื้องต้นของการสำรวจระยะไกล

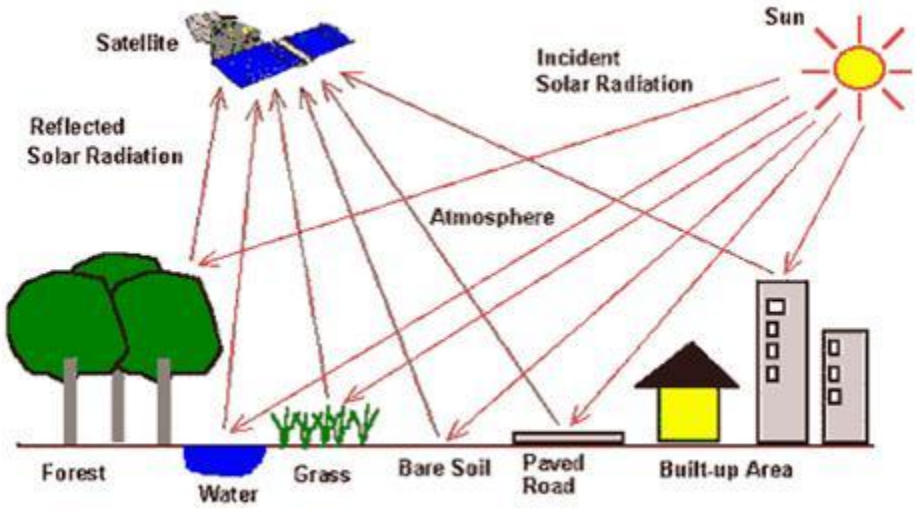
ในอดีตที่ผ่านมา เทคโนโลยีภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial Photograph) และภาพถ่ายดาวเทียม (Satellite Imagery) เป็นคำที่มีความหมายแยกจากกัน โดยภาพถ่ายทางอากาศจะเป็นภาพถ่ายที่ได้จาการการบินสำรวจลาดตระเวณทางอากาศด้วยเครื่องบินหรืออากาศยานต่าง ๆ ส่วนภาพถ่ายดาวเทียมเป็นการถ่ายภาพจากดาวเทียม ต่อมาได้มีการกำหนดศัพท์ให้รวมใช้เรียกคำทั้งสองรวมกัน และนำเทคโนโลยีต่างๆ ที่เกี่ยวกับข้อมูลซึ่งได้จากตัวรับสัญญาณระยะไกลเรียกใหม่ว่า Remote Sensing หรือการรับรู้จากระยะไกล

คำว่า รีโมทเซนซิ่ง (Remote Sensing) เป็นประโยคที่ประกอบขึ้นมาจากการรวม 2 คำ ซึ่งแยกออกได้ดังนี้ คือ Remote = ระยะไกล และ Sensing = การรับรู้ จากการรวมคำ 2 คำเข้าด้วยกัน คำว่า "Remote Sensing" จึงหมายถึง "การรับรู้จากระยะไกล" โดยนิยามความหมายนี้ได้กล่าวไว้ว่า “เป็นการสำรวจตรวจสอบคุณสมบัติสิ่งใดๆ ก็ตาม โดยที่มิได้สัมผัสกับสิ่งเหล่านั้นเลย” หรืออีกนัยหนึ่งคือ การสำรวจระยะไกล นั่นเอง

ดังนั้นคำว่า "Remote Sensing" จึงมีความหมายที่นิยมเรียกอย่างหนึ่งว่า การสำรวจจากระยะไกล โดยความหมายรวม รีโมทเซนซิ่ง จึงจัดเป็นวิทยาศาสตร์ และศิลปะการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่ หรือปรากฏการณ์จากเครื่องมือบันทึกข้อมูล โดยปราศจากการเข้าไปสัมผัสวัตถุเป้าหมาย ทั้งนี้ อาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อในการได้มาของข้อมูลใน 3 ลักษณะ คือ

- คลื่นรังสี (Spectral)
- รูปทรงสัณฐานของวัตถุบนพื้นผิวโลก (Spatial)
- การเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (Temporal)

ปัจจุบันข้อมูลด้านนี้ได้นำมาใช้ในการศึกษาและวิจัยอย่างแพร่หลาย เพราะให้ผลประโยชน์หลายประการ อาทิเช่น ประหยัดเวลา ค่าใช้จ่ายในการสำรวจและเก็บข้อมูลมีความถูกต้อง และรวดเร็วทันต่อเหตุการณ์ อย่างไรก็ตาม การรับรู้จากระยะไกลก็ได้รับการพัฒนาให้ก้าวหน้าโดยมีการประดิษฐ์ คิดค้นเครื่องมือรับสัญญาณที่มีประสิทธิภาพสูง เทคนิคที่นำมาใช้ในการแปลตีความ ก็ได้รับการพัฒนาควบคู่กันไปให้มีความถูกต้อง แม่นยำ และรวดเร็วยิ่งขึ้น จึงปรากฏว่ามีการนำข้อมูลทั้งภาพถ่ายทางอากาศ และ ภาพถ่ายดาวเทียม มาใช้ประโยชน์เพื่อสำรวจหาข้อมูลและทำแผนที่เกี่ยวกับทรัพยากรธรรมชาติกันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน




**ภาพที่ 1 องค์ประกอบของการสำรวจระยะไกล**

องค์ประกอบของการสำรวจระยะไกล ประกอบด้วย

- แหล่งกำเนิดพลังงาน (Source of Energy) พระอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานที่สำคัญ
- วัตถุและปรากฏการณ์ต่างๆ บนพื้นผิวโลก (Earth Surface Features) เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้น
- เครื่องมือหรืออุปกรณ์ในการบันทึกข้อมูล (Sensor) เป็นเครื่องที่ใช้บันทึกข้อมูลคลื่นต่าง ๆ

**หลักการสำรวจข้อมูลระยะไกล**

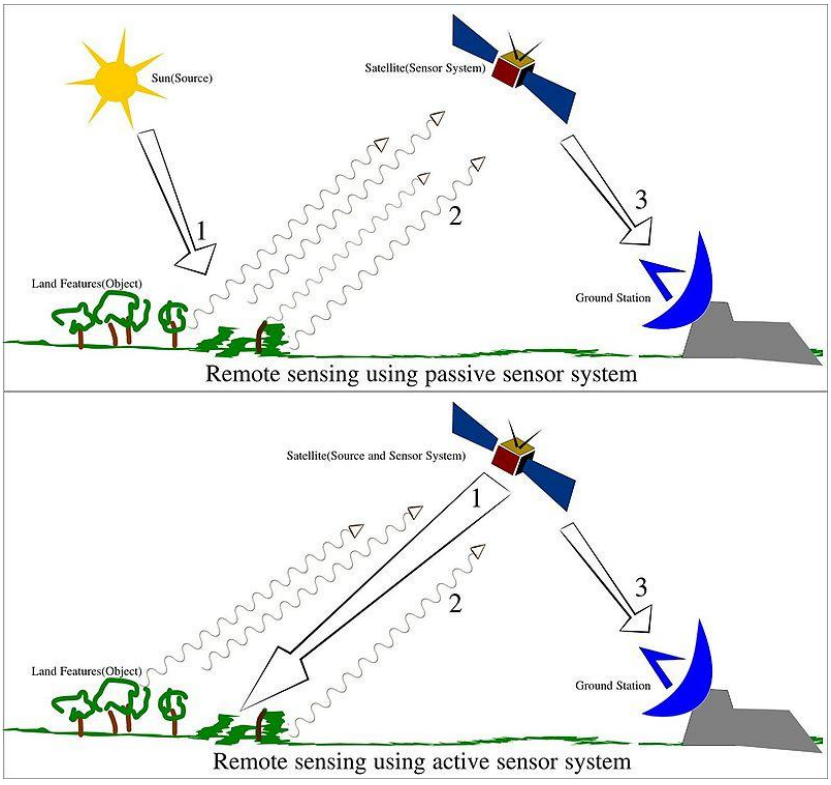
การสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) เป็นวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแขนงหนึ่ง ที่ใช้ในการบ่งบอก จำแนก หรือ วิเคราะห์คุณลักษณะของวัตถุต่าง ๆ โดยปราศจากการสัมผัสโดยตรง Remote Sensing เป็นศัพท์เทคนิค ที่ใช้เป็นครั้งแรกในประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี พ.ศ. 2503 ซึ่งมีความหมายรวมถึง การทำแผนที่ การแปลภาพถ่าย ธรณีวิทยาเชิงภาพถ่าย ฯลฯ การใช้คำรีโมตเซนซิ่งเริ่มแพร่หลายนับตั้งแต่ได้มีการส่งดาวเทียม LANDSAT-1 ซึ่งเป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติดวงแรกขึ้นในปี พ.ศ.2515

เราสามารถหาคุณลักษณะของวัตถุได้จากลักษณะการสะท้อนหรือการแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า จากวัตถุนั้นๆ โดยวัตถุแต่ละชนิดจะมีลักษณะการสะท้อนแสงหรือการแผ่รังสีที่เป็นเฉพาะตัวและแตกต่างกันไป ดังนั้น การสำรวจจากระยะไกลจึงเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการจำแนกวัตถุหรือสภาพแวดล้อมต่างๆ จากลักษณะเฉพาะตัวในการสะท้อนแสงหรือแผ่รังสี

เครื่องมือที่ใช้วัดค่าพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนหรือแผ่ออกจากวัตถุ เรียกว่า เครื่องวัดจากระยะไกล (Remote Sensor) หรือ เครื่องวัด (sensor) ตัวอย่าง เช่น กล้องถ่ายรูป หรือ เครื่องกวาดภาพ (Scanner) เป็นต้น สำหรับยานพาหนะที่ใช้ติดตั้งเครื่องวัด เรียกว่า ยานสำรวจ (platform) ได้แก่ เครื่องบิน หรือ ดาวเทียม เป็นต้น

สำหรับข้อมูลที่สำรวจจากระยะไกลนั้นจะผ่านกระบวนการวิเคราะห์แบบอัตโนมัติด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือ การแปลด้วยสายตา แล้วจึงนำไปประยุกต์ใช้ในด้านเกษตร การใช้ที่ดิน ป่าไม้ ธรณีวิทยา อุทกวิทยา สมุทรศาสตร์ อุตุนิยมวิทยา สภาวะแวดล้อมและทางการทหาร

การรับรู้จากระยะไกลที่อาศัยพลังงานแสงธรรมชาติ เรียกว่า “Passive Remote Sensing” ในระบบนี้จะอาศัยพลังงานจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่มาตกกระทบกับวัตถุแล้วสะท้อนกลับไปยังเครื่องบันทึกภาพซึ่งส่วนใหญ่ก็จะอยู่บนดาวเทียม นอกจากนี้ยังมีพลังงานอีกส่วนหนึ่งเป็นการเปล่งรังสีของวัตถุเอง ตามหลักทางฟิสิกส์ที่ว่า “ที่อุณหภูมิสูงกว่า 0 องศาเคลวิน (0 $^{\circ}$K หรือ -273 $^{\circ}$C) สสารสามารถเปล่งรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาได้อย่างต่อเนื่อง ส่วนระบบบันทึกที่มีแหล่งพลังงานที่สร้างขึ้นและส่งไปยังวัตถุเป้าหมาย เช่น ระบบเรดาร์เรียกว่า “Active Remote Sensing” ในระบบนี้ดาวเทียมหรือเครื่องบันทึกภาพจะต้องส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไปกระทบกับวัตถุแล้ววัดค่าที่สะท้อนกลับมา ดังนั้นระบบนี้ตัวดาวเทียมจะต้องมีแหล่งผลิตพลังงานที่มากกว่าในระบบแรก




**ภาพที่ 2 การสำรวจระยะไกล แบบ Passive Remote Sensing และ Active Remote Sensing**

(ที่มา : http://en.wikipedia.org/wiki/Remote_sensing)

**ดาวเทียม**

ดาวเทียมเป็นเครื่องยนต์กลไกที่ซับซ้อนมาก ส่วนประกอบแต่ละส่วนถูกออกแบบอย่างประณีต และมีราคาแพง ดาวเทียมดวงหนึ่ง ๆ จะต้องทำงาน โดยไม่มีคนควบคุม โคจรด้วยความเร็วที่สูงพอที่จะหนีจากแรงดึงดูดของโลกได้ ผู้สร้างดาวเทียมจะพยายามออกแบบให้ชิ้นส่วนต่าง ๆ ทำงานได้อย่างประสิทธิภาพที่สุด และราคาไม่แพงมาก ดาวเทียมมีส่วนประกอบมากมาย แต่ละส่วนจะมีระบบควบคุมการทำงานแยกย่อยกันไป ดาวเทียมจะมีอุปกรณ์เพื่อควบคุมให้ระบบต่าง ๆ ทำงานร่วมกัน ระบบย่อย ๆ แต่ละอย่างต่างก็มีหน้าที่การทำงานเฉพาะ เช่น

1. โครงสร้างดาวเทียม เป็นส่วนประกอบที่สำคัญมาก โครงจะมีน้ำหนักประมาณ 15 - 25% ของน้ำหนักรวม ดังนั้น จึงจำเป็นต้องเลือกวัสดุที่มีน้ำหนักเบา และต้องไม่เกิดการสั่นมากเกินที่กำหนด หากได้รับสัญญาณที่มีความถี่ หรือความสูงของคลื่นมาก ๆ (Amplitude)

2. ระบบเครื่องยนต์ ซึ่งเรียกว่า "Aero Spike" อาศัยหลักการทำงานคล้ายกับเครื่องอัดอากาศ และปล่อยออกทางปลายท่อ ซึ่งระบบดังกล่าวจะทำงานได้ดีในสภาพสูญญากาศ ซึ่งต้องพิจารณาถึงน้ำหนักบรรทุกของดาวเทียมด้วย

3. ระบบพลังงาน ทำหน้าที่ผลิตพลังงาน และกักเก็บไว้เพื่อแจกจ่ายไปยังระบบไฟฟ้าของดาวเทียม โดยมีแผงรับพลังงาน (Solar Cell) ไว้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์เพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าให้ดาวเทียม แต่ในบางกรณีอาจใช้พลังงานนิวเคลียร์แทน

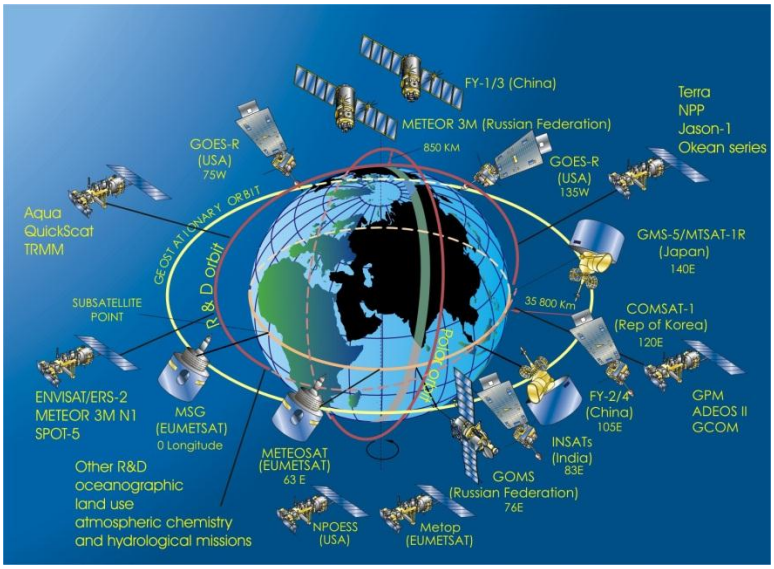
4. ระบบควบคุมและบังคับ ประกอบด้วย คอมพิวเตอร์ที่เก็บรวมรวมข้อมูล และประมวลผลคำสั่งต่างๆ ที่ได้รับจากส่วนควบคุมบนโลก โดยมีอุปกรณ์รับส่งสัญญาณ (Radar System) เพื่อใช้ในการติดต่อสื่อสาร

5. ระบบสื่อสารและนำทาง มีอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน ซึ่งจะทำงาน โดยแผงวงจรควบคุมอัตโนมัติ

6. อุปกรณ์ควบคุมระดับความสูง เพื่อรักษาระดับความสูงให้สัมพันธ์กันระหว่างพื้นโลก และดวงอาทิตย์ หรือเพื่อรักษาระดับให้ดาวเทียมสามารถโคจรอยู่ได้

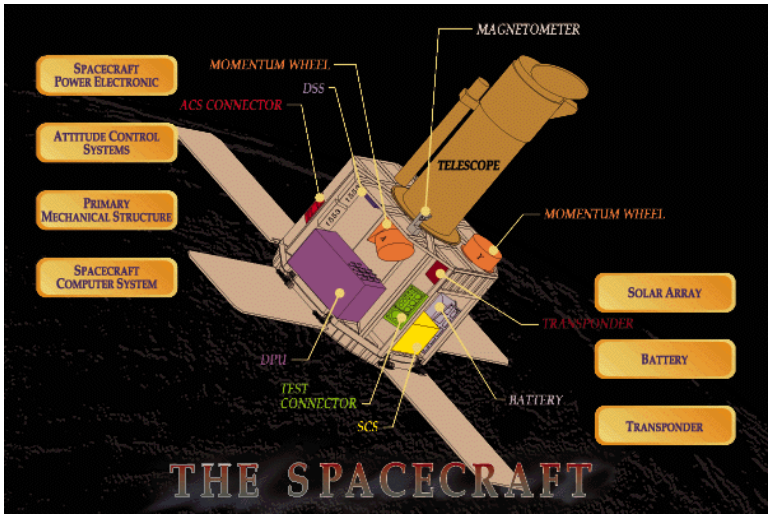
7. เครื่องมือบอกตำแหน่ง เพื่อกำหนดการเคลื่อนที่ นอกจากนี้ยังมีส่วนย่อยๆ อีกบางส่วนที่จะทำงานหลังจากได้รับการกระตุ้นบางอย่าง เช่น ทำงานเมื่อได้รับสัญญาณสะท้อนจากวัตถุบางชนิด หรือทำงานเมื่อได้รับลำแสง รังสี ฯลฯ

ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของดาวเทียมได้ถูกทดสอบอย่างละเอียด ส่วนประกอบต่าง ๆ ถูกออกแบบสร้างและทดสอบใช้งานอย่างอิสระ ส่วนต่าง ๆ ได้ถูกนำมาประกอบเข้าด้วยกันและทดสอบอย่างละเอียดทุกครั้งภายใต้สภาวะที่เสมือนอยู่ในอวกาศก่อนที่มันจะถูกปล่อยขึ้นไปโคจร ดาวเทียมจำนวนไม่น้อยที่ต้องนำมาปรับปรุงอีกเล็กน้อย ก่อนที่พวกมันจะสามารถทำงานได้ เพราะว่าหากปล่อยดาวเทียมขึ้นสู่วงโคจรแล้ว เราจะไม่สามารถปรับปรุงอะไรได้ และดาวเทียมต้องทำงานอีกเป็นระยะเวลานาน ดาวเทียมส่วนมากจะถูกนำขึ้นไปพร้อมกันกับจรวด ซึ่งตัวจรวดจะตกลงสู่มหาสมุทรหลังจากที่เชื้อเพลิงหมด (ที่มา : สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์กรมหาชน) : อาคม โสวณา)




**ภาพที่ 3 ดาวเทียม**

(ที่มา : http://www.tpa.or.th/)




**ภาพที่ 4 ส่วนประกอบดาวเทียม**

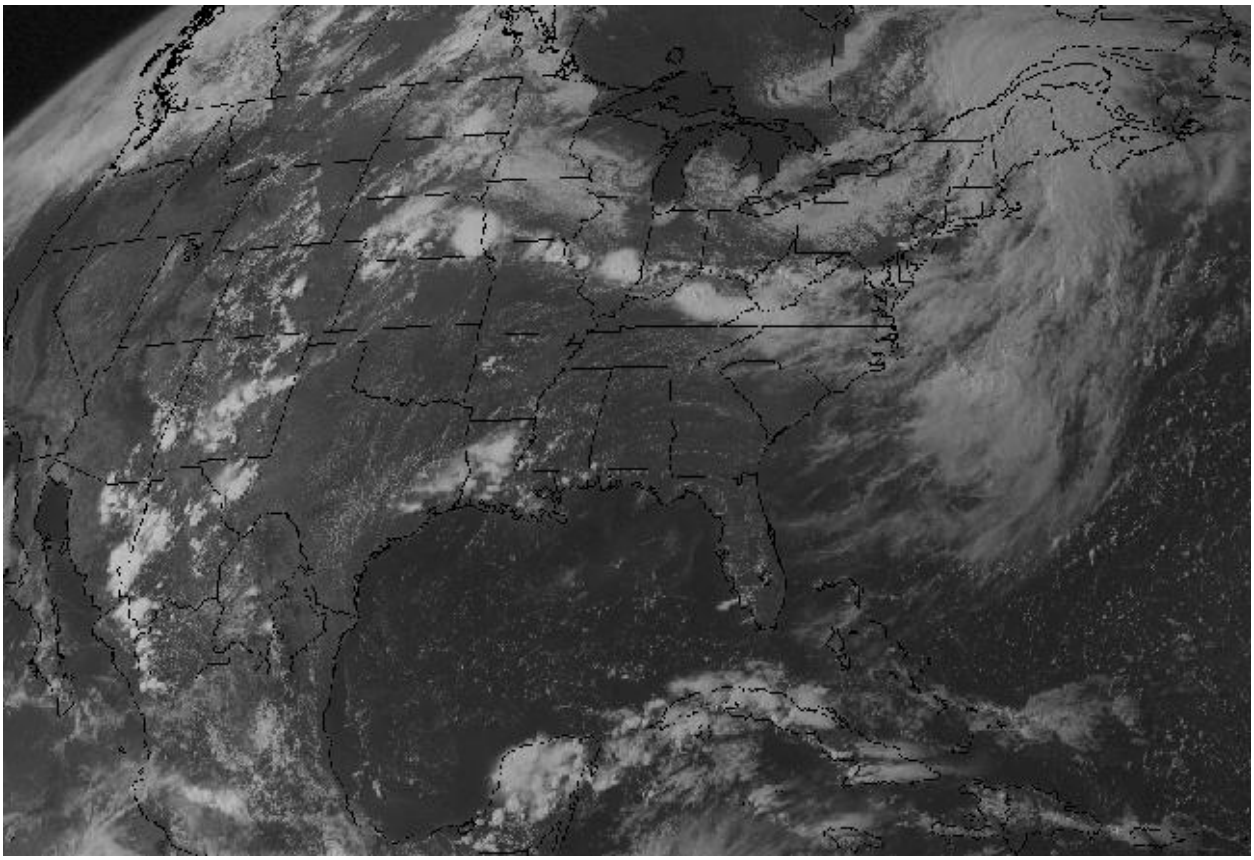
(ที่มา : http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/sci3/space1/tracediagram.gif)

# บทที่ 2

## ประเภทของภาพถ่ายดาวเทียม

ตามอุตุนิยมวิทยาเพื่อการวิจัยและองค์การนาซ่า ได้จำแนกประเภทของภาพถ่ายดาวเทียมไว้ 3 ประเภท ได้แก่

1. Visible Satellite Imagery เป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้จากการสะท้อนของแสงพระอาทิตย์ในช่วงคลื่น visible light ที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 0.4 – 1.1 ไมโครเมตร ซึ่งภาพถ่ายดาวเทียมประเภทนี้จะแสดงผลกับวัตถุที่มีคุณสมบัติการสะท้อนแสงสูง เช่น เมฆ หรือ หิมะ เป็นต้น และจะสะท้อนเป็นสีขาว ส่วนวัตถุที่มีคุณสมบัติการสะท้อนแสงต่ำ เช่น พื้นผิวของโลก เป็นต้น จะสะท้อนเป็นสีดำ หรือ เทา และความเข้มของสี จะแสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติการสะท้อนแสง ที่สำคัญภาพถ่ายดาวเทียมประเภทนี้จะไม่สามารถใช้ได้ในเวลากลางคืนที่ไม่มีอสงพระอาทิตย์ เป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่ให้รายละเอียดสูง



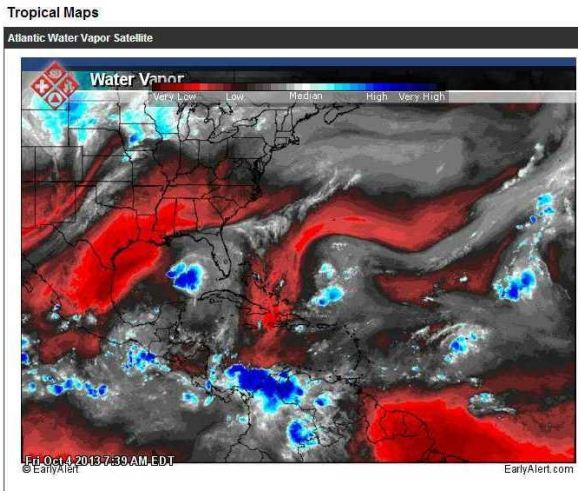
**ภาพที่ 5 ภาพถ่ายดาวเทียมประเภท Visible Satellite Imagery**

2. Infrared Satellite Imagery เป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้จากการรับรู้ความเข้มของการแผ่ความร้อนของโลก และส่วนประกอบของชั้นบรรยากาศ โดยส่วนใหญ่ก๊าซในชั้นบรรยากาศจะดูดกลืนคลื่นต่าง ๆ ไว้ ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องเลือกคลื่นที่มีความยาว 10-12 ไมโครเมตร ซึ่งอยู่ในช่วงคลื่น Infrared ส่วนการแสดงผลจะแสดงผลสีดำ หรือ เทา ในพื้นที่ที่มีอากาศอบอุ่น หรือ ร้อน จะแสดงสีขาวในพื้นที่ที่มีอากาศเย็น แต่ก็สามารถที่จะเปลี่ยนสีตามต้องการได้ เพราะความต้องการเพียงแค่ดูความแตกต่างของพื้นที่



**ภาพที่ 6 ภาพถ่ายดาวเทียมประเภท Infrared Satellite Imagery**

3. Water Vapor Satellite Imagery เป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้รับข้อมูลจากการแผ่รังสีของชั้นบรรยากาศ ที่ความยาวคลื่น 6.7 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นช่วงคลื่นที่มีการสะท้อนและดูดกลืนในชั้นบรรยากาศได้ดี จึงสามารถบ่งบอกถึงระดับไอน้ำในอากาศได้ โดยจะแสดงผลสีขาวเมื่ออยู่ในชั้นบรรยากาศที่มีความชื้นต่ำ และจะแสดงผลสีเข้มในชั้นบรรยากาศที่มีความชื้นสูง
(TN Weather Forecast Office , http://www.srh.noaa.gov/mrx/sattype.php)




**ภาพที่ 7 ภาพถ่ายดาวเทียมประเภท Water Vapor Satellite Imagery**

# บทที่ 3
# หลักการผลิตภาพถ่ายดาวเทียม

## คุณลักษณะข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

ภาพจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรที่บันทึกด้วยระบบกล้องหลายช่วงคลื่น มีคุณสมบัติพิเศษแตกต่างจากกล้องถ่ายภาพธรรมดา คือ

1. เป็นข้อมูลเชิงเลข ที่มีความละเอียดของค่าการสะท้อนช่วงคลื่นแสง เป็นระดับความเข้มสีเทา จำนวน 256 ระดับ ซึ่งสามารถนำข้อมูลที่มีปริมาณมากเหล่านี้ไปผลิตเป็นภาพขาวดำและสีผสม ตลอดจนนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำให้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น และยังสามารถนำไปบูรณาการในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้สะดวกและมีประสิทธิภาพ

2. ข้อมูลที่บันทึกสามารถส่งมายังสถานีรับภาคพื้นดินได้ทันที (Real time) ทำให้ได้ข้อมูลที่ทันสมัย

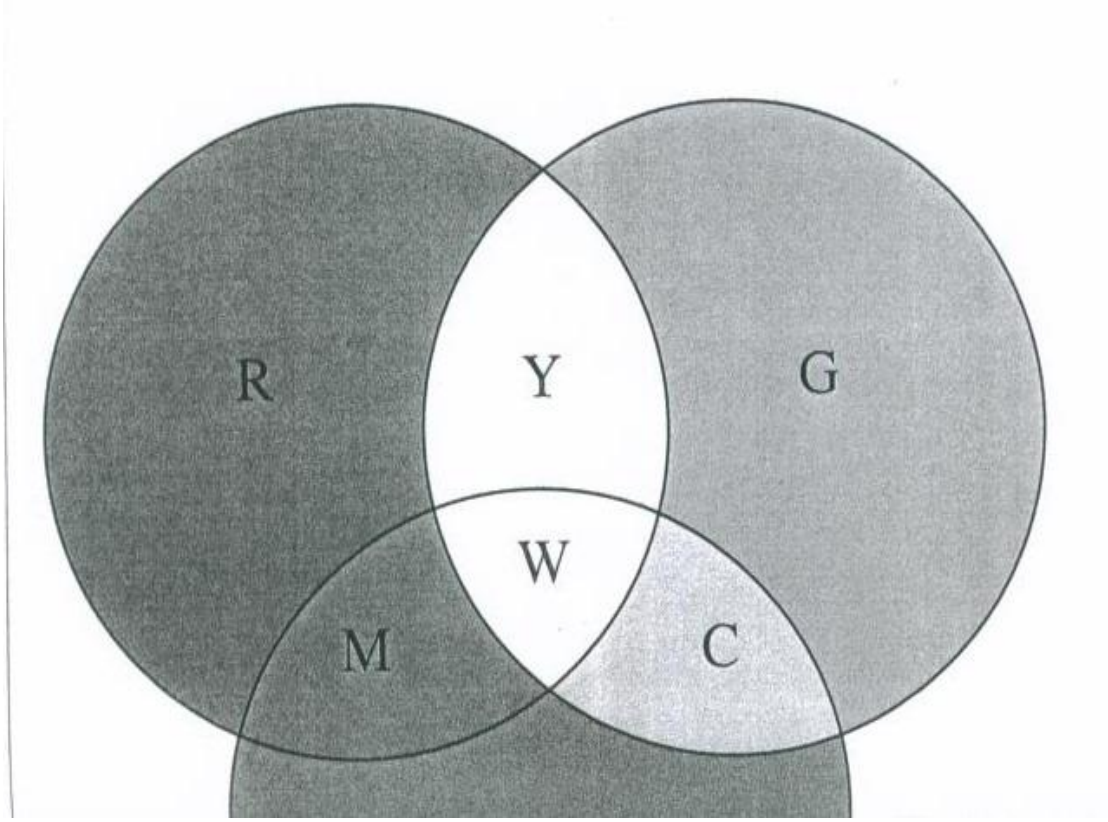
3. การบันทึกข้อมูลเป็นบริเวณกว้าง (Synoptic View) ภาพจากดาวเทียมภาพหนึ่งครอบคลุมพื้นที่กว้าง ทำให้ได้ข้อมูลในลักษณะต่อเนื่องในระยะเวลาบันทึกภาพสั้นๆซึ่งจะช่วยให้สามารถศึกษาสภาพแวดล้อม ต่างๆ ในบริเวณกว้างต่อเนื่องในเวลาเดียวกันทั้งภาพ

4. การบันทึกภาพได้หลายช่วงคลื่น ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรมีระบบกล้องที่บันทึกภาพได้หลายช่วงคลื่นในบริเวณเดียวกัน ทำให้แยกวัตถุต่างบนพื้นโลกได้อย่างชัดเจน ดาวเทียม LANDSAT 1,2,3 ระบบ MMS (Multispectral Electron Self-Scanning Radiometer) มี 4 ช่วงคลื่น ดาวเทียม LANDSAT 4,5 ระบบ TM (Thematic Mapper) มี 7 ช่วงคลื่น เป็นต้น

5. การบันทึกภาพซ้ำบริเวณเดิม (Repetitive coverage) ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรมีวงโคจรจากเหนือลงใต้ (Polar orbit) และกลับมายังจุดเดิมในเวลาท้องถิ่นอย่างสม่ำเสมอ และในช่วงเวลาที่แน่นอน อาทิ ดาวเทียม LANDSAT จะถ่ายภาพซ้ำทุกๆ 16 วัน MOS ทุกๆ 17 วัน และ SPOT ทุกๆ 26 วัน ทำให้ได้ข้อมูลบริเวณเดียวกันหลายๆช่วงเวลา สามารถเปรียบเทียบและติดตามการเปลี่ยนแปลงต่างๆบนพื้นผิวโลกได้เป็นอย่างดี

6. ภาพจากดาวเทียมให้ความละเอียดหลายระดับ มีผลดีในการเลือกนำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาด้านต่างๆตามวัตถุประสงค์ เช่น ภาพในระบบ Panchromatic ของดาวเทียม IRS ความละเอียดภาพ 5.8 เมตร สามารถศึกษาตัวเมือง เส้นทางคมนาคมระดับหมู่บ้าน ภาพในระบบกวาดภาพหลายช่วงคลื่นของดาวเทียม SPOT ให้ความละเอียดภาพ 20 เมตร ใช้ศึกษาการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้เฉพาะจุดเล็กๆและแหล่งน้ำขนาดเล็ก ภาพจากดาวเทียม LANDSAT 5 และ 7 ความละเอียดภาพ 30 เมตร ศึกษาสภาพการใช้ดินระดับจังหวัด เป็นต้น

การทำภาพสีผสมด้วยภาพจากดาวเทียมที่บันทึกในหลายช่วงคลื่นสามารถนำมาซ้อนทับกันได้ โดยใช้ 3 สีหลักคือ สีน้ำเงิน (Blue) สีเขียว (Green) และสีแดง(RED) ซึ่งเป็นช่วงคลื่นตามองเห็น เมื่อนำมาซ้อนทับกันทำให้เกิดสีผสมปรากฏสีต่างๆ ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีสี คือการซ้อนทับของแม่สีบวกแต่ละคู่จะให้แม่สีลบ (Subtractive primary color) คือ สีเหลือง (Yellow) สีม่วงแดง (Magenta) และสีฟ้า(Cyan) ดังนี้ (ภาพที่ 8)




**ภาพที่ 8 การเกิดภาพสีผสมของข้อมูลดาวเทียม**

สีแดง(R) + สีเขียว(G) = สีเหลือง(Y)
สีแดง(R) + สีน้ำเงิน(B) = สีม่วงแดง(R)
สีน้ำเงิน(B) + สีเขียว(G) = สีฟ้า(C)
สีน้ำเงิน(B) + สีเขียว(G)+สีแดง(R) = สีขาว(W)
สีเหลือง(Y) + สีม่วงแดง(M) + สีฟ้า (C)= สีดำ

ในกรณีที่ต้องการให้ได้ภาพสีผสมธรรมชาติ (Natural color composite) เราต้องใช้ข้อมูลช่วงคลื่น สีน้ำเงิน สีเขียว และแดงตามลำดับ ในกรณีที่ใช้การผสมภาพจากข้อมูลช่วงคลื่นที่แตกต่างไปจากนี้ภาพที่ได้จะเรียกว่าภาพสีผสมเท็จ (False color composite) เช่น ข้อมูลช่วงคลื่นสีเขียว สีแดง และอินฟราเรดใกล้ ตามลำดับจะให้ข้อมูลพืชพรรณเป็นสีแดง เนื่องจากพืชสามารถสะท้อนช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ได้ดี เป็นต้น จากหลักการดังกล่าวนี้ ทำให้เราสามารถตีความแบ่งแยกชนิดวัตถุตามสีที่ปรากฏได้

คำว่า “Image” ให้ความหมายได้หลายทาง คำนี้ไม่ใช่หมายถึงรูปภาพธรรมดา แต่เป็นข้อมูลตัวเลข 2 มิติ แต่ละตัวแทนค่าความสว่าง (Brightness Value) หรือค่าสะท้อนพลังงานของพื้นที่ขนาดเล็กในภาพ ตัวเลขที่เป็นตัวแทนของภาพทำให้สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ โดยใช้คอมพิวเตอร์และเทคนิคการวิเคราะห์ ทำให้ได้ตัวเลขชุดใหม่ที่เป็นตัวแทนในการปรับปรุงภาพหรือผ่านการจำแนกข้อมูลแล้ว

ภาพดาวเทียมหรือภาพดิจิทัล ประกอบด้วย องค์ประกอบเล็กๆ ที่แยกออกจากกัน (Discrete Picture Elements) เรียกว่า จุดภาพ (Pixel) สิ่งที่มีอยู่ร่วมกับจุดภาพก็คือ ตัวเลขค่าสะท้อนพลังงานเฉลี่ย (Average Radiance) หรือค่าความสว่างของพื้นที่ขนาดเล็กในภาพ

ขนาดของพื้นที่มีผลต่อความละเอียดของภาพ เมื่อขนาดของจุดภาพเล็กลงทำให้ภาพมีรายละเอียดมากขึ้น คล้ายกับภาพถ่ายทางอากาศที่สามารรถลดขนาดหรือขยายขนาดได้ ภาพดิจิทัลก็สามารถลดและขยายขนาดภาพได้เช่นเดียวกัน โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสม ขนาดของจุดภาพสามารถควบคุมมาตราส่วนของภาพดิจิทัลได้

สำหรับภาพที่มีคุณภาพสูง ขนาดของจุดภาพปกติมีขนาดน้อยกว่า 0.1 มิลลิเมตร ดังนั้น แต่ละจุดภาพไม่สามารถแยกแยะออกมาให้เห็นเป็นแบบปกติได้ สำหรับการนำข้อมูลภาพมาทำแผนที่การจำแนกนั้น มักจะใช้จุดภาพที่มีขนาดใหญ่กว่า เพื่อให้ตรวจสอบข้อมูลในระดับจุดภาพได้

ระบบสัมผัสระยะไกลที่ใช้ดาวเทียมเป็นยานสำรวจนั้น การเก็บข้อมูลภาพต้องผ่านบรรยากาศของโลก ตัวอุปกรณ์ตรวจวัดไม่เพียงแต่จะวัดการแผ่รังสีสะท้อนจากพื้นโลกและส่งผ่านบรรยากาศ แต่การแผ่รังสีนั้นยังมีการกระจายโดยบรรยากาศด้วย ค่าของจุดภาพแต่ละจุดภาพเป็นตัวแทนของการสะท้อนพลังงานเข้าสู่อุปกรณ์ตรวจวัด (Sensor)

พื้นที่ซึ่งเป็นพื้นดินมีจุดภาพเป็นตัวแทน และมีองค์ประกอบอื่นๆ ได้แก่ ความสูงของอุปกรณ์ตรวจวัด มุมมองของการถ่ายภาพแต่ละครั้ง (Instantaneous Field of View , IFOV) ซึ่งไอเอฟโอวี(IFOV) นี้เป็นมุมขนาดเล็กในเรขาคณิตของภาพความสัมพันธ์ระหว่างพื้นผิวโลก และอุปกรณ์ตรวจวัด เป็นค่ามุมที่เกิดจากอุปกรณ์เก็บข้อมูลตัวเดียวที่กระทำกับพื้นผิวโลก มีวิธีการกวาดภาพหลายวิธีในการเคลื่อนที่ของไอเอฟโอวีของอุปกรณ์ให้ผ่านพื้นผิวโลก ผลจากการวาดภาพได้ภาพหรือแผนที่ของภาพที่มีค่าสะท้อน 2 มิติ ได้จุดภาพที่มีข้อมูล 2 มิติจำนวนมาก ทำให้ได้ภาพดิจิทัลขนาดใหญ่

ระยะทางระหว่างจุดภาพ คือ ขนาดของจุดภาพ ข้อมูลดิจิทัลใช้ตัวเลขของบิตเป็นตัวแทนข้อมูลการสะท้อนพลังงานที่ต่อเนื่องของภาพได้นำมาทำให้เป็นปริมาณ (Quantized) ให้เป็นหน่วยที่ไม่ต่อเนื่อง (Discrete) เรียกว่า ค่าระดับสีเทา (Gray Levels) จุดภาพที่มีจำนวนบิต 5 – 6 บิต ต่อจุดภาพ (32 ถึง 64 ระดับ) ก็สามารถแสดงภาพดิจิทัลได้ จำนวนบิตต่อจุดภาพยิ่งมากยิ่งทำให้ได้ข้อมูลละเอียดขึ้น ถ้ามีจำนวนของค่าระดับสีเทาลดลง ภาพจะสูญเสียรายละเอียดของพื้นที่

จุดภาพ (Pixel) มีลักษณะเชิงปริมาณ 3 ประการคือ

1. เป็นมิติเชิงเส้น (Linear Dimension) ของอุปกรณ์ตรวจวัดที่เก็บข้อมูลตรงลงมายังพื้นผิวโลกในรูปของไอเอฟโอวี
2. เป็นระยะทางระหว่างไอเอฟโอวีที่เรียงต่อกันบนพื้นผิวโลก
3. จำนวนบิต (Bits) ที่เป็นตัวแทนของการวัดค่าสะท้อนพลังงาน

จำนวนจุดภาพต่อภาพ (Scene) มีจำนวนมาก เช่น ข้อมูลจากดาวเทียมระบบ MSS มี 28 ล้านจุดภาพต่อภาพ , ข้อมูลระบบ TM มี 231 ล้านต่อจุดภาพ ข้อมูลจากดาวเทียมสปอตขาวดำและสี มีข้อมูล 27 และ 36 ล้านจุดภาพต่อภาพ ตามลำดับ

ข้อมูลจำนวนมากเช่นนี้ มีผลต่อเนื่องต่อการจัดกระทำในทุกเรื่อง เช่น การเก็บข้อมูล (Acquisition) การประมวลผล (Processing) การแสดงภาพและการจัดเก็บข้อมูล ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์และดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เท่านั้นที่จะสามารถทำการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมหาศาลนี้ได้

ข้อมูลภาพดาวเทียม สามารถอธิบายได้ในรูปของคุณสมบัติพื้นฐานในเรื่องมาตราส่วน (Scale) ความส่องสว่าง (Brightness) ความคมชัด (Contrast) และรายละเอียดภาพ (Resolution) รวมทั้งเรื่องสีและโทนสี

**ลักษณะเฉพาะตัวของภาพถ่ายดาวเทียม**

ข้อมูลของจากภาพดาวเทียมมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. มาตราส่วน (Scale)

มาตราส่วนเป็นอัตราส่วนระยะทางระหว่างจุด 2 จุดในภาพ ซึ่งสอดคล้องกับระยะทางบนภาคพื้นดิน แผนที่มาตราส่วน 1 : 50,000 หมายความว่า 1 หน่วยบนแผนที่เท่ากับ 50,000 หน่วยบนพื้นดิน ดังนั้น 1 เซนติเมตรบนแผนที่จึงเท่ากับเป็นตัวแทนของระยะทาง 50,000 เซนติเมตรบนพื้นดิน (500 เมตร) หรือ 1 นิ้วบนแผนที่เท่ากับเป็นตัวแทนของระยะทาง 50,000 นิ้ว บนพื้นดิน

มาตราส่วนเล็ก (Small Scale) หมายถึงมาตราส่วนที่มีขนาดมากกว่า 1 : 500,000 โดยที่ 1 เซนติเมตรในแผนที่มีระยะทางเท่ากับ 5 กิโลเมตรหรือมากกว่าบนพื้นดิน (1 นิ้ว = 8 ไมล์ หรือมากกว่า)

มาตราส่วนขนาดกลาง (Intermediate Scale) หมายถึง มาตราส่วนที่มีขนาดอยู่ระหว่าง 1 : 50,000 ถึง 1 : 500,000 โดยที่ 1 เซนติเมตรในแผนที่เท่ากับ 0.5 ถึง 5 กิโลเมตร หรือมากกว่าบนพื้นดิน (1 นิ้ว = 0.8 ถึง 8 ไมล์)

มาตราส่วนขนาดใหญ่ (Large Scale) หมายถึง มาตราส่วนเล็กกว่า
1 : 50,000 โดยที่ 1 เซนติเมตรในแผนที่เท่ากับ 0.5 หรือน้อยกว่าบนพื้นดิน (1 นิ้ว = 8 ไมล์ หรือน้อยกว่า)

ขนาดของมาตราส่วนนี้มีความแตกต่างจากภาพถ่ายทางอากาศ เดิมภาพถ่ายทางอากาศที่มีมาตราส่วน 1 : 62,500 จัดว่าเป็นภาพถ่ายที่มีมาตราส่วนขนาดเล็ก แต่ปัจจุบันการเก็บข้อมูลสัมผัสระยะไกลที่ถ่ายภาพบนเครื่องบินและดาวเทียมสามารถผลิตภาพที่มีคุณภาพดีเยี่ยมโดยที่มีมาตราส่วนใหญ่ได้ มาตราส่วนของภาพที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับการนำไปใช้แปลความหมายอย่างไร ด้วยเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าการนำข้อมูลภาพดาวเทียมมาใช้สามารถตรวจสอบและค้นหาข้อมูลสารสนเทศ (Information) ได้มากมายหลายชนิด ซึ่งสามารถแปลความหมายได้จากภาพดาวเทียมที่มีมาตราส่วนขนาดเล็กมากได้

2. ความสว่างและโทนสี (Brightness & Tone)

ระบบตรวจวัดข้อมูลสัมผัสระยะไกล ตรวจจับความเข้มของพลังงานรังสีแม่เหล็กฟ้า ที่วัตถุสะท้อน เปล่งพลังงานหรือกระจายพลังงาน ที่แถบความยาวคลื่นเฉพาะ ความผันแปรของความเข้มของพลังงานรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าของพื้นผิวโลก สังเกตได้จากความเปลี่ยนแปลงในเรื่องความสว่างของภาพ

ความสว่าง (Brightness) เป็นปริมาณ (Magnitude) ของการสะท้อนของแสงที่เกิดขึ้นกับดวงตา เป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับความรู้สึกทีสามารถตรวจสอบได้

ความผันแปรของความสว่างวัดได้จากสเกลวัดค่าระดับสีเทา (Gray Level) ซึ่งมีการเปลี่ยนสีจาก สีดำสนิทค่อยๆ จางมากขึ้นจนถึงสีขาว ลักษณะการเปลี่ยนระดับสี เรียกว่า โทนสี ในทางปฏิบัติเมื่อมีการแปลภาพถ่ายดาวเทียม มักใช้การแบ่งโทนสี เช่น สีจาง สีที่มีความเข้มปานกลางจนถึงโทนสีดำโดยใช้แนวความคิดในเรื่องสเกลวัดค่าระดับสีเทานั่นเอง ในกรณีรูปถ่ายทางอากาศ โทนสีของวัตถุอยู่ที่ความสามารถในการสะท้อนรังสี ตกกระทบของดวงอาทิตย์ได้ดีหรือไม่ โดยที่มีปัจจัยเกี่ยวข้องก็คือ ผลกระทบจากบรรยากาศและความไวแสงของฟิล์ม ส่วนภาพถ่ายดาวเทียม ถ้าเป็นข้อมูลภาพในแถบความยาวคลื่นอื่น การพิจารณาโทนสีดูจากคุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุนั้น ส่วนในแถบความยาวคลื่นอินฟราเรดความร้อน (Thermal IR) โทนสีของวัตถุเป็นสัดส่วนกับการแผ่รังสีความร้อนจากวัตถุนั้น ในภาพเรดาร์ โทนสีของวัตถุพิจารณาจากความเข้ม (Intensity) ที่พลังงานเรดาร์ (Radar Energy) ถูกทำให้กระจาย และส่งกลับไปยังเสารับสัญญาณข้อมูล (Receiving Antenna)

3. สัดส่วนความคมชัด (Contrast Ratio)

สัดส่วนความคมชัด เป็นอัตราส่วนระหว่างความสว่างสูงสุดและความมืดที่สุดของจุดภาพดังสมการ

$$CR = \frac{Bmax}{Bmin}$$

เมื่อ Bmax = ส่วนที่สว่างมากที่สุดของภาพ

Bmin = ส่วนที่สว่างน้อยที่สุดของภาพ

ภาพที่มีสัดส่วนความคมชัดภาพที่มีสัดส่วนความคมชัดต่ำ แสดงว่าภาพค่อนข้างมีโทนสีในระดับใกล้เคียงกัน การที่มีลักษณะเช่นนี้อาจเกิดจาก

1. วัตถุในภาพและพื้นที่ใกล้เคียง (Background) ของวัตถุนั้นมีการสะท้อนรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าในแถบความยาวคลื่นเฉพาะ มีรูปแบบใกล้เคียงกัน เมื่อนำมาหาค่าสัดส่วนความเข้ม ทำให้ภาพนั้นมีสัดส่วนความเข้มต่ำ

2. การกระจายของพลังงานรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าโดยบรรยากาศ สามารถลดสัดส่วนความเข้มของภาพลงได้ ผลกระทบนี้เกิดขึ้นมากในแถบช่วงคลื่นสั้นของช่วงคลื่นที่ใช้ในการถ่ายภาพในระบบสัมผัสระยะไกล

3. ระบบสัมผัสระยะไกล อาจไม่มีเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะตรวจวัดและบันทึกสัดส่วนความเข้มของภูมิประเทศบนพื้นผิวโลก เทคนิคการเก็บข้อมูลที่ไม่ถูกต้อง อาจทำให้ข้อมูลภาพมีสัดส่วนความเข้มต่ำ แม้ว่าภาพนั้นเป็นภาพที่มีสัดส่วนความเข้มสูงเมื่อบันทึกด้วยวิธีการอื่น

อย่างไรก็ตาม ข้อมูลภาพดาวเทียมที่มีสัดส่วนความเข้มต่ำ สามารถปรับปรุงให้มีคุณภาพดีขึ้นด้วยวิธีการเน้นข้อมูลภาพ (Digital Enhancement)

4. รายละเอียดพื้นที่และกำลังขยาย

รายละเอียดพื้นที่ (Spatial Resolution) หมายถึง ความสามารถที่จะจำแนกหรือแยกวัตถุที่อยู่ใกล้ในภาพออกจากกันได้ รวมทั้งหมายถึงระยะทางน้อยที่สุด (Minimum Distance) ที่สามารถมองเห็นและแยกวัตถุทั้งสองออกจากกันได้ วัตถุที่อยู่ใกล้กันมากจะมองเห็นเป็นวัตถุเพียงอันเดียวเท่านั้นในการถ่ายภาพ

กำลังขยาย (Resolving Power) หมายถึง ความสามารถของระบบทัศนศาสตร์ เช่น กล้องจุลทรรศน์ กล้องโทรทรรศน์ ดวงตา ที่จะขยายแยกให้เห็นรายละเอียดหรือภาพของวัตถุที่อยู่ใกล้ชิดกันมาก

กำลังขยายและรายละเอียดพื้นที่ มีความหมายที่ค่อนข้างใกล้เคียงกันมาก คำว่า กำลังขยายมักใช้กับระบบของอุปกรณ์ เช่น เลนส์และฟิล์มของระบบกล้องถ่ายภาพ แต่ละชิ้นมีกำลังขยาย เมื่อนำมาใช้กับอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อทำการถ่ายภาพ อุปกรณ์เหล่านั้นมีส่วนในการให้รายละเอียดของภาพ

รายละเอียดพื้นที่ของระบบถ่ายภาพ ขึ้นอยู่กับการถ่ายภาพวัตถุเป้าหมายที่มีความคมชัดมาตรฐาน เช่น ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดในเรื่องแสงและกำลังขยาย มีเป้าหมายเป็นเส้นสีดำและสีขาวทีความกว้างเท่ากัน 0.1 เซนติเมตร และมีเส้นสีขาวที่มีความกว้างเท่ากัน รายละเอียดพื้นที่ในที่นี้จึงกำหนดด้วยจำนวนของเส้นคู่ต่อมิลลิเมตร

รายละเอียดของพื้นที่ของวัตถุมีความแตกต่างกันทั้งในเรื่องของรูปร่าง ขนาด การจัดวางและสัดส่วนความคมชัด (Contrast Ratio) สิ่งสำคัญเกี่ยวกับรายละเอียดภาพและกำลังขยาย ก็คือ

1. รายละเอียดภาพ (Resolution) อย่างเดียวไม่เพียงพอในการพิจารณาว่า ข้อมูลภาพ (Image) นั้นเหมาะแก่การใช้งานแต่ละประเภท

2. รายละเอียดภาพ เป็นการแบ่งแยกขั้นต่ำที่สุดระหว่างวัตถุ 2 ชนิดหรือ 2 อันที่อยู่ใกล้กันที่แสดงในภาพให้เห็นความแตกต่างและแบ่งแยกได้ ไม่ใช่ขนาดที่เล็กที่สุด (Smallest Size) ที่สามารถมองเห็นได้ ถ้ารู้รายละเอียดภาพและมาตราส่วนของข้อมูลภาพก็สามารถประมาณขนาดของวัตถุที่เล็กที่สุดที่สามารถตรวจวัดได้

**ระบบบันทึกข้อมูลดาวเทียม**

ในบทนี้จะกล่าวถึงระบบบันทึกข้อมูลรีโมทเซนซิงตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ศึกษาได้มีความเข้าใจเกี่ยวกับรูปแบบและคุณสมบัติของระบบบันทึกข้อมูลแต่ละชนิด และสามารถนำไปวิเคราะห์ใช้งานในด้านต่างๆ อย่างเหมาะสม นอกจากนี้แล้วยังได้รวบรวมชนิดของอุปกรณ์บันทึกที่ออกแบบใช้กับกลุ่มของ

ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรโลก ดาวเทียมสมุทรศาสตร์ และดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา เพื่อให้สามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น และสามารถช่วยในการตัดสินใจคัดเลือกระบบบันทึกข้อมูล เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในความเป็นจริงแล้ว อาจจะกล่าวได้ว่าไม่มีระบบบันทึกข้อมูลชนิดใดที่สามารถวัดความยาวของช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ทั้งหมด ระบบบันทึกข้อมูลที่มีอยู่ปัจจุบันก็มีข้อจำกัดในการวัดช่วงคลื่นแตกต่างกันออกไป ระบบบันทึกข้อมูลรีโมทเซนซิง (Sensing systems) สามารถแบ่งออกได้ 2 ระบบคือ

1. ระบบถ่ายภาพ (Photographic system)

ระบบนี้จะประกอบไปด้วย กล้อง เลนส์ ชัตเตอร์ (Shutter) และฟิล์มที่ไวต่อแสง ภาพจะถูกบันทึกเมื่อคลื่นรังสีแม่เหล็ก ซึ่งมักจะเป็นคลื่นแสงที่สามารถมองเห็นได้ ผ่านเข้าไปในเลนส์ไปสัมผัสกับพื้นผิวของฟิล์มทำให้เกิดภาพขึ้น ระบบการบันทึกภาพแบบนี้จะแตกต่างกับระบบการบันทึกภาพชนิดอื่นๆ ซึ่งใช้ส่วนอื่นของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (ที่ตามนุษย์ไม่สามารถมองเห็นได้) ระบบภาพถ่าย จะใช้มากในยุคเริ่มต้นของการพัฒนาการด้านรีโมทเซนซิง เช่น ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรโลก Mercury (พ.ศ. 2504 - 2505) ดาวเทียม Gemini (พ.ศ. 2508 - 2509) ดาวเทียม Apollo (พ.ศ. 2511 - 2512) ดาวเทียม SKYLAB (พ.ศ. 2516 – 2522) และกระสวยอากาศ (Space Shuttle) (พ.ศ. 2514 – 2529) ภาพที่ได้จากดาวเทียมเหล่านี้จะถูกบันทึกด้วยระบบถ่ายภาพทั้งหมด

2. ระบบเชิงเลข (Non-photographic system หรือ Digital)

ภาพข้อมูลที่ได้จากระบบนี้ จะถูกบันทึกโดยใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เป็นต้นกำเนิดของรังสีต่าง ๆ คือ ที่ตามนุษย์สามารถมองเห็น รังสีอินฟราเรด รังสีอุลตราไวโอเล็ต และคลื่นวิทยุ ซึ่งสะท้อนหรือส่งมาจากเครื่องบันทึกข้อมูลหรือ สายอากาศ (Antenna) แล้วแปลงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า และระบบก็จะทำการบันทึกเอาไว้ ภาพที่ได้นี้ถือว่าเป็น “Image” ระบบเลขนับได้ว่าเป็นระบบที่นิยมใช้มากในปัจจุบันนี้ เพราะมีความได้เปรียบมากกว่าระบบภาพถ่ายหลายประการ เช่น สามารถปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งให้ถูกต้องได้ สามารถนำวิธีการทางสถิติและคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้กับข้อมูลได้ และสามารถนำมาวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ได้ทันที

ในปัจจุบันนี้ระบบบันทึกข้อมูลเชิงเลขมีหลายชนิด ซึ่งได้ถูกพัฒนาหรือปรับปรุงขึ้นมาตามประเภทของดาวเทียม ในที่นี้จะขอกล่าวเน้นเฉพาะระบบบันทึกข้อมูลที่นิยมใช้กันมาก และควรทราบเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปสู่การศึกษาเพิ่มเติมระบบบันทึกข้อมูลชนิดอื่นๆ ต่อไป ดังนี้

2.1 ระบบบันทึกข้อมูลหลายช่วงคลื่น (Multispectral Scanning System หรือ MSS)

ดาวเทียม LANDSAT จะทำการบันทึกข้อมูลภพโดยใช้ระบบ MSS โดยจะบันทึกภาพจำนวน 4 ภาพต่อ 1 scene และแต่ละภาพจะครอบคลุมพื้นที่ 185 x 185 กม2 และมีความแยกต่างจากพื้นที่ 79 เมตร ซึ่งภาพทั้ง 4 ภาพนี้จะประกอบด้วย 4 ช่วงคลื่น คือ สีเขียว แดง และอินฟราเรดใกล้ 2 ช่วงคลื่น เป็นช่วงคลื่นดังแสดงในตารางที่ 1

| ชื่อคลื่น | ความยาวคลื่น | ระบบที่ดาวเทียมบันทึก | |
|---|---|---|---|
| | | LANDSAT 1,2,3 | LANDSAT 4,5 |
| เขียว (Visible Green) | 0.5-0.6 μm | Band 4 | Band 1 |
| แดง (Visible Red) | 0.6-0.7 μm | Band 5 | Band 2 |
| อินฟราเรดใกล้ [Near Infrared (NI)] | 0.7-0.8 μm | Band 6 | Band 3 |
| อินฟราเรดใกล้ [Near Infrared (NI)] | 0.8-1.0 μm | Band 7 | Band 4 |

**ตารางที่ 1 ความยาวช่วงคลื่นที่ใช้กับระบบ MSS**

เครื่องบันทึกข้อมูลระบบ MSS (ตารางที่ 1) ที่ติดตั้งบน LANDSAT 1,2 และ 3 จะทำการบันทึกภาพโดยการสะท้อนของพลังงานความร้อนจากพื้นที่ ที่มีความกว้าง 79 เมตร ภายใต้สนามมุมมอง (Instantaneous Field Of View - IFOV) ของเครื่องบันทึก แล้วทำการบันทึกข้อมูลบนพื้นผิวโลกสู่เครื่องรับสัญญาณ (Detector) ที่อยู่บนดาวเทียม ในขณะที่ดาวเทียมเคลื่อนที่ไปข้างหน้านั้น จะทำการกวาดพื้นที่แต่ละครั้ง จำนวน 6 เส้นต่อ 1 แบนด์ ดังนั้นจึงต้องใช้ เครื่องรับสัญญาณถึง 24 ตัว สำหรับ 4 แบนด์ เครื่องรับสัญญาณแต่ละตัวก็จะเปลี่ยนค่าพลังงานความร้อนไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าฟ้าที่ต่อเนื่อง แล้วเปลี่ยนไปเป็นค่าตัวเลขชนิด 6 bit (0 – 64 ระดับ) ซึ่งอาจจะบันทึกภาพลงบนเทปแม่เหล็กหรือส่งผ่านกลับมายังโลก ข้อมูลจะถูกเปลี่ยนเป็น 7 bit (0 – 128ระดับ) สำหรับแบนด์ 4,5,6

นับตั้งแต่มีการนำเอาข้อมูลจาก LANDSAT- 1 มาใช้ประโยชน์ อาจกล่าวได้ว่าระบบ MSS มีความเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นน้อยมาก ความเปลี่ยนแปลง ที่เห็นเด่นชัด อาจแบ่งออกได้เป็น 3 ประการ ได้แก่

1) การเพิ่มแบนด์ 8 เข้าไป ของ LANDSAT-3 ซึ่งจะทำการบันทึกช่วงคลื่น อินฟราเรดความร้อน (10.4-12.6 μm) แต่ภาพเหล่านี้ถูกนำมาใช้น้อยมากทางด้านสิ่งแวดล้อม เนื่องจาก LANDSAT-3 ประสบความล้มเหลวหลังจากการถูกส่งออกไปไม่นาน

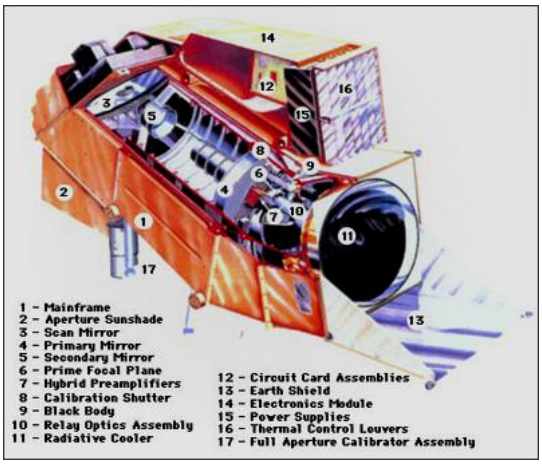
2) เป็นการทดแทนความสูงของวงโคจร LANDSAT-4 ความแยกต่างทางพื้นที่ของภาพข้อมูลระบบ MSS เปลี่ยนจาก 79 เมตร เป็น 82 เมตร และสนามมุมมอง เพิ่มขึ้นจาก 3.41 ฟิลิปดา เป็น 14.93 ฟิลิปดา

3) การนับตัวเลขของช่วงคลื่นเปลี่ยนไปสำหรับ LANDSAT 4 และ 5

ในระยะต้นๆ ข้อมูลที่ได้จากระบบ MSS จะถูกนำมาใช้ในการศึกษาระดับภาคเพื่อการแปลความหมายของสิ่งปกคลุมดิน โดยใช้เทคนิคการแปลภาพถ่ายทางอากาศเข้าช่วย ปัจจุบันเนื่องจากมีการเพิ่มขึ้นของเครื่องมือในการวิเคราะห์ภาพดาวเทียมในระบบเชิงเลข ระบบ MSS นี้ยังสามารถจำแนกประเภทการใช้ที่ดิน การประเมินคุณลักษณะของพื้นผิวโลก และติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม การนำเอาระบบ MSS มาประยุกต์ในระยะแรกจะเน้นหนักไปทางด้านธรณีวิทยา นอกจากนี้ก็มีการประยุกต์ใช้ทางด้าน การทำแผนที่ภูมิสัณฐาน (Geomorphological mapping) ด้านอุทกวิทยา (Hydrology) การสำรวจดิน (Soil surveys) และด้านการสำรวจป่าไม้ (Forest inventory) เป็นต้น ในอดีต ระบบ MSS ได้ถูกนำมามาประยุกต์ทางด้าน การติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินมาก เช่นผลงานของ Stove and Hulme (1980); Sweet et al (1980); Welch et al 1979 ; Bauer et al 1979; และ Hixon et al 1981 เป็นต้น

2.2 ระบบ Thematic Mapper (TM)

ระบบ TM บรรจุไปพร้อมกับ LANDSAT 4 – 5 ออกแบบให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น โดยได้รับการปรับปรุงให้มีความไวเชิงคลื่นดีขึ้นในทุกแบนด์ จึงสามารถบันทึกค่าสีเทาได้ 256 ระดับใน 7 ช่วงคลื่น นอกจากนี้แล้ว optics ของกล้องเทเลสโคปและของกระจกที่ใช้กวาดจะช่วยลดการกระจายของแสงและความพร่ามัวลงได้คุณสมบัติที่ดีอีกข้อหนึ่งของระบ TM คือได้รับการปรับปรุงความแยกต่างทางพื้นที่ 30 เมตร ในทุกช่วงคลื่น ยกเว้นช่วงคลื่นความร้อน ซึ่งมีความแยกต่างทางพื้นที่ 120 เมตร การปรับปรุงรายละเอียดของภาพให้ดีขึ้นนี้ ทำให้ผู้ใช้สามารถแยกรายละเอียดภาพพื้นดินได้ 900 ตารางเมตร (0.56 ไร่ ) ส่วนจำนวนช่วงคลื่นที่มีมากกว่าระบบ MSS ทำให้ผู้ใช้สามารถเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมมาวิเคราะห์ได้ดียิ่งขึ้น ข้อมูล TM ที่มีอยู่ในขณะนี้ได้รับความสนใจจากผู้ใช้มาก อย่างไรก็ตามการประเมินข้อมูล TM ในทางเรขาคณิต และด้านรังสี ยังทำกันไม่มากจนกระทั่งมีการนำข้อมูลออกมาจำหน่ายในเดือนมกราคม พ.ศ. 2528 แต่ก็นับได้ว่าระบบ TM มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการศึกษาทรัพยากรโลกจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรโลก ภาพที่ 5.2 แสดงส่วนประกอบภายในของระบบ TM และตารางที่ 5.2 แสดงคุณสมบัติของระบบ TM และการนำไปใช้ประโยชน์




**ภาพที่ 9 เครื่องบันทึกข้อมูลระบบ TM**

คุณลักษณะของระบบบันทึกภาพดาวเทียมด้วยระบบ TM (Thematic Mapper) สามารถแสดงได้ดังตารางดังต่อไปนี้

| ช่วงคลื่น | ความยาวช่วงคลื่น (μm) | การนำมาใช้ประโยชน์ (Applications) |
|---|---|---|
| 1. B/G | 0.45-0.52 | ผ่านทะลุน้ำ ดูความแตกต่างของพืชพันธุ์สีเขียว แสดงความแตกต่างระหว่างป่าผลัดใบกับป่าสนซึ่งไม่ผลัดใบ |
| 2. G | 0.52-0.60 | แยกประเภทพืชพันธุ์สีเขียว เพราะมี การสะท้อนสูง มีประโยชน์ในการประเมินความแข็งแรงของพืช |
| 3. R | 0.63-0.69 | มีการดูดกลืนคลอโรฟีลด์สูงมาก ใช้แยกชนิดของพืช |
| 4. NI | 0.76-0.90 | แยกความแตกต่างระหว่างพื้นดินและพื้นน้ำมีการสะท้อนจากพืชสูงมาก |
| 5. NI | 1.55-1.75 | รายละเอียดเกี่ยวกับปริมาณความชื้นของดิน ความแตกต่างระหว่างหิมะกับเมฆ |
| 6.Thermal Infrared | 10.4-12.5 | วิเคราะห์ความเครียดของพืชพรรณ (Plant stress) เช่นการขาดน้ำ ถูกแมลงทำลาย การหาแหล่งความร้อน การจำแนกความชื้นในดิน |
| 7.Middle Infrared | 2.08-2.35 | จำแนกชนิดของหิน การทำแผนที่แสดง แหล่งความร้อนใต้พื้นพิภาพ |

**ตารางที่ 2 คุณสมบัติของระบบ Thematic Mapper (TM)**

2.3. ระบบ Return Beam Videocon (RBV)

RBV เป็นระบบการบันทึกข้อมูลแบบโทรทัศน์ RBV ที่ใช้กับ LANDSAT 1-2 ประกอบด้วยกล้องถ่ายภาพที่รายละเอียดปานกลาง (Medium Resolution) จำนวน 3 กล้อง ถ่ายภาพครอบคลุมพื้นที่ 185 x 185 กม2 พร้อมกัน แต่ละกล้องจะติดฟิล์มกรองแสง (Filter) สำหรับเก็บข้อมูล ในแต่ละช่วงคลื่นดังนี้

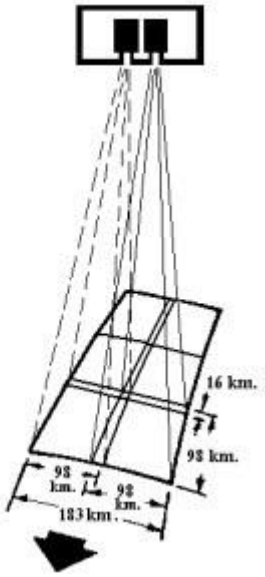
กล้องที่ 1 : เก็บข้อมูลช่วงคลื่น 0.475-0.575 μm (น้ำเงิน-เขียว) ให้ข้อมูลด้านความลึกของทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ บึง ปากน้ำ และการศึกษาเขตฝั่งทะเล

กล้องที่ 2 : ช่วงคลื่น 0.580-0.680 μm (เขียว-เหลือง) สามารถลดอิทธิพลจากบรรยากาศให้

ข้อมูลเกี่ยวกับการกระจายตัวของพื้นที่เพาะปลูกทั่วไป เหมาะสมในการใช้จำแนกประเภทที่ดิน

กล้องที่ 3 : ช่วงคลื่น อินฟราเรด (0.69-0.83 μm ) ให้ข้อมูลเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างบริเวณแหล่งน้ำ กับบริเวณอื่นๆที่ไม่ใช้น้ำอย่างชัดเจน

สำหรับ RBV ที่ใช้กับ LANDSAT 3 ประกอบด้วยกล้องถ่ายภาพ 2 กล้องติดกัน ภาพที่ได้แต่ละภาพมีขนาดหนึ่งในสี่ส่วนของภาพเดิม ปรากฏเป็นสองภาพชิดกัน (ภาพที่ 5.3) ระบบ RBV ทำการบันทึกในช่วงคลื่น 0.505- 0.750 μm เพียงช่วงคลื่นเดียว การออกแบบคล้ายคลึงกับ RBV ที่บรรจุบน LANDSAT 1-2 ยกเว้นความยาวโฟกัสจะเพิ่มขึ้นซึ่งมีผลทำให้ความละเอียดของภาพมีขนาดเป็น 40 เมตร มีพื้นที่ครอบคลุม 98 x 98 กม$^2$




**ภาพที่ 10 ระบบ RBV ของ LANDSAT-3**

ภาพที่บันทึกจากภาพที่บันทึกจากระบบ RBV ในยุคนั้นจัดได้ว่ามีคุณภาพดี เพราะมี ความแตกต่างทางพื้นที่สูงจึงมีความเหมาะสมในการศึกษาด้านธรณีวิทยา การใช้ประโยชน์ที่ดินและด้านผังเมือง จากภาพ RBV สามารถใช้วิเคราะห์เดี่ยวๆ หรือวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลระบบ MSS ก็ได้ ข้อเสียเปรียบของระบบ RBV คือ มีความถูกต้องทางด้านรังสีต่ำ และมีความครอบคลุมพื้นที่แคบ จึงทำให้ความนิยมในการใช้ RBV ลดต่ำลงตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 1981 เป็นต้นมา

2.4. ระบบ High Resolution Visible (HRV)

HRV เป็นเครื่องบันทึกข้อมูลของดาวเทียม SPOT (ภาพที่ 5.3, 5.4) ประกอบด้วยกล้องบันทึกภาพ 2 ระบบ ดังนี้

1) กล้องบันทึกภาพ ระบบขาวดำ (Panchromatic model) บันทึกช่วงคลื่นที่มองเห็นได้ (0.51-0.73 μm ) 1 ช่วงคลื่น มีความแยกต่างทางพื้นที่ 10 เมตร ใช้ในการจัดทำแผนที่ มาตราส่วน 1: 250,000 และใช้ในการปรับปรุงรายละเอียดข้อมูลแผนที่ใน มาตราส่วน 1 : 50 ,000-1 : 100,000

2) ระบบกล้องหลายช่วงคลื่น (Multispectral model) บันทึกข้อมูลใน 3 ช่วงคลื่น คือ สีเขียว สีแดง และอินฟราเรดใกล้ (0.5-0.59 μm, 0.61-0.69 μm, และ 0.79-0.89 μm, ) มีความแยกต่างทางพื้นที่ 20 เมตร มักจะใช้ในการศึกษาทางด้านสิ่งแวดล้อม เช่น การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เมตร ทางด้านสิ่งแวดล้อม เช่น การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินมักจะใช้ในการศึกษา

(ที่มา : www.human.ubru.ac.th)

# บทที่ 4
# หลักการในการแปลตีความภาพถ่ายดาวเทียม

## หลักปฏิบัติในการแปลภาพตีความภาพถ่ายดาวเทียม

1. เริ่มแปลจากสิ่งที่เห็นชัดเจนและวินิจฉัยง่ายที่สุดก่อนเป็นลำดับแรก แล้วจึงค่อยขยับไปศึกษาสิ่งที่ยากยิ่งขึ้นไป (easy to difficult identification)

2. ศึกษาสิ่งที่เราคุ้นเคยดีก่อนในช่วงต้นก่อนจะศึกษาสิ่งที่เรายัง ไม่คุ้นเคยดีมากนักต่อไป (around to far)

3. จำแนกองค์ประกอบของภาพเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ก่อน เช่น เขตพื้นที่เกษตร เขตเมือง เขตป่าไม้ จากนั้นจึงค่อยขยับไปศึกษารายละเอียดที่ปลูกย่อยลงไป เช่น เขตพื้นที่เกษตร อาจแบ่งออกเป็น (จากหยาบไปละเอียด) นาข้าว พืชไร่หรือ พืชสวน เป็นต้น

4. ควรศึกษาแยกเรียงเป็นกลุ่ม ๆ ไปตามลำดับ เช่น เขตพื้นที่เกษตร แล้วไปเขตป่าไม้ แล้วเป็นเขตเมือง เป็นต้น อย่าทำสลับกันไปมาเพราะอาจทำให้ข้อมูลที่แปลได้ขาดความต่อเนื่อง และการทำงานช้าลงโดยไม่จำเป็น

5. พยายามแปลโดยนำข้อมูลแวดล้อม (data association) มาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด เช่น นาข้าวมักอยู่ในที่ลุ่มใกล้แหล่งน้ำหรือคลองชลประทาน หรือพืชสวนต่าง ๆ อาจอยู่ในที่เนินหรือใกล้เขตเมืองได้

## คุณสมบัติของผู้แปลตีความที่ดี

ในการแปลตีความด้วยสายตาต้องอาศัยความรู้หลายสาขาวิชาเข้ามาเกี่ยวข้อง เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ตีความและวินิจฉัย อาทิเช่น ภูมิศาสตร์ เกษตร ธรณีวิทยา เป็นต้น ซึ่งผู้แปลตีความที่ดีควรมีคุณสมบัติดังนี้

1. ความรู้ภูมิหลัง (Background) ถ้าผู้แปลตีความมีความรู้และประสบการณ์ในด้านนั้นอยู่แล้วย่อมจะได้เปรียบผู้อื่นที่มาจากสาขาอื่น

2. ความสามารถทางสายตา (Visual Acuity) เป็นคุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของผู้แปล ต้องไม่เป็นผู้พิการทางสายตา เช่น ตาบอด ตาบอดสี เนื่องจากการแปลตีความจำเป็นต้องอาศัยความสามารถทางด้านสายตาเป็นองค์ประกอบ เพราะต้องพิจารณารายละเอียดที่ปรากฏในภาพ ลักษณะของเนื้อภาพ (Texture) ความเข้ม (Tone) สี (Color) ผู้ที่มีสายตาดีย่อมสามารถจำแนกพื้นที่ได้ดีกว่า

3. ความสามารถของจิตใจ (Mental Acuity) มีความสัมพันธ์กับภูมิหลังและประสบการณ์ การเป็นคนใจเย็น รอบคอบ ชอบสังเกต จะทำให้สามารถแปลตีความได้ดี

4. ประสบการณ์ ( Experience) ผู้แปลตีความที่มีประสบการณ์เกี่ยวกับลักษณะสภาพแวดล้อมหรือลักษณะภูมิประเทศ ในพื้นที่หรือบริเวณที่ทำการแปลตีความจะช่วยให้สามารถแปลตีความและวินิจฉัยสิ่งที่ปรากฏในภาพได้ดีกว่าผู้ที่ไม่มีประสบการณ์

**องค์ประกอบในการแปลตีความ (Interpretation Elements)**

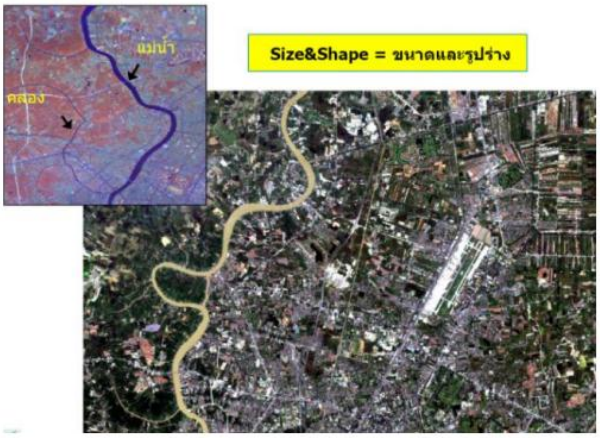
การแปลตีความข้อมูลภาพจากดาวเทียมค่อนข้างจะแตกต่างจากการแปลภาพถ่ายทางอากาศซึ่งบินถ่ายภาพในระดับต่ำทำให้มองเห็นสิ่งต่างๆ ตามลักษณะรูปร่างของสิ่งนั้นๆ เช่น การมองเห็นเรือนยอดของต้นไม้ รูปทรงของตัวบ้าน ตลอดจนถนนและเส้นทางน้ำได้อย่างชัดเจน ในขณะที่ภาพถ่ายจากดาวเทียมได้จากการโคจรบันทึกข้อมูลในระดับที่สูงมาก ซึ่งสิ่งที่ปรากฏในภาพคือค่าการสะท้อนพลังงานหรือการแผ่รังสีของสิ่งนั้นๆ ที่แตกต่างไปจากสิ่งที่อยู่ข้างเคียง เมื่อนำค่าการสะท้อนพลังงานที่ช่วงคลื่นต่าง ๆ มาประกอบกันเพื่อดูค่าการสะท้อนแสงเชิงคลื่น (Spectral reflectance) ก็จะสามารถบอกได้ว่าสิ่งนั้นคืออะไร องค์ประกอบที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่จะช่วยให้การแยกแยะทำได้ดีขึ้น นอกจากนี้การแปลตีความยังขึ้นอยู่กับความละเอียดและความคุ้นเคยกับปรากฏการณ์ในภาพ ซึ่งต้องอาศัยองค์ประกอบต่างๆในการวิเคราะห์และวินิจฉัย เพื่อจะบอกถึงรายละเอียดของสิ่งนั้นๆ ที่ปรากฏบนภาพ ซึ่งองค์ประกอบที่ใช้ในการพิจารณามีอยู่ 8 ประการด้วยกัน ได้แก่

1. ขนาด (Size) ในการแปลตีความจากภาพถ่ายดาวเทียมจำเป็นต้องทราบถึงมาตราส่วนของภาพดาวเทียม ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญมากเนื่องจากวัตถุที่ปรากฏในภาพจะปรากฏในลักษณะทางด้านความยาว ความกว้าง ความสูง และเนื้อที่ซึ่งจะเป็นสัดส่วนที่สัมพันธ์กับระดับความสูงในการโคจรของดาวเทียมและ การผลิตภาพในมาตราส่วนขนาดต่างๆ อีกทั้งการแปลตีความยังต้องพิจารณาถึงรูปร่างของวัตถุประกอบกัน



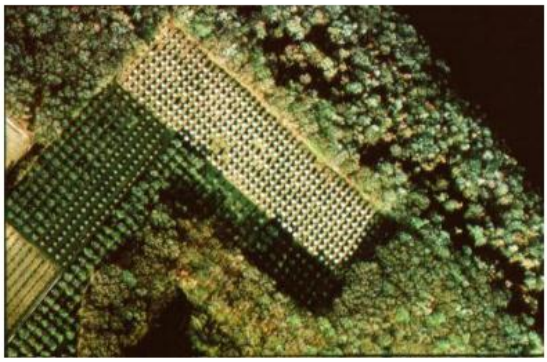

**ภาพที่ 11 แสดงความแตกต่างระหว่างขนาดของวัตถุ ในมาตราส่วนที่แตกต่างกัน**

2. รูปร่าง (Shape) รูปร่างของวัตถุและสิ่งต่างๆ ที่ปรากฏในภาพถ่ายจะมีเอกลักษณ์เฉพาะของมันเองโดยเฉพาะที่เราสามารถจะแปลตีความได้




**ภาพที่ 12 แสดงลักษณะรูปร่างของแม่น้ำ**

3. เนื้อภาพหรือความหยาบละเอียดของถาพ (Texture) ความแตกต่างตามสภาพของพื้นผิว ซึ่งมีทั้งลักษณะราบเรียบ (Smooth) ขรุขระ (Rough) ตลอดจนความสม่ำเสมอที่ปรากฏในความราบเรียบและขรุขระนั้นๆ ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้ช่วยในการแยกพื้นผิวหรือวัตถุที่มีระดับความเข้มหรือสีเหมือนกัน แต่มีความหยาบละเอียดต่างกัน



**ภาพที่ 13 แสดงให้เห็นถึง ลวดลาย (texture) ที่แตกต่างกันระหว่างพื้นที่สวนผลไม้กับพื้นที่ป่าใกล้เคียง**

4. เงาและความสูง (Shadow and Height) การเกิดเงาเป็นปรากฏการณ์ที่สัมพันธ์กับมุมของดวงอาทิตย์ทำให้พื้นผิวบางส่วนได้รับแสงสว่างจากดวงอาทิตย์น้อยมาก หรือถูกบดบังจนไม่ได้รับแสงเลย ตามความแตกต่างของลักษณะภูมิประเทศก่อให้เกิดเป็นเงาส่วนมืด เน้นให้เห็นความสูงต่ำของภูมิประเทศ

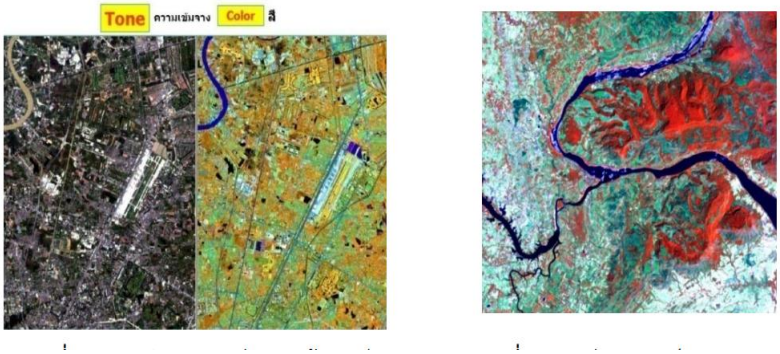
มีประโยชน์สำหรับการศึกษาด้านธรณีสัณฐาน เงานับว่ามีประโยชน์ในการแปลตีความ เพราะจะเป็นปัจจัยเสริมให้เราได้ทราบถึงวัตถุนั้นๆ ได้ เช่น เงาของตึก ถังน้ำประปา หรือปล่องไฟ และเงาของวัตถุยังมีความสำคัญ ในการคำนวณหาความสูงและมุมสูงของดวงอาทิตย์ แต่ในขณะเดียวกันการเกิดเงาก็จะทำให้เกิดการสูญเสียรายละเอียดของภาพในส่วนที่ถูกบดบัง



**ภาพที่ 14 แสดงการเกิดเงา**

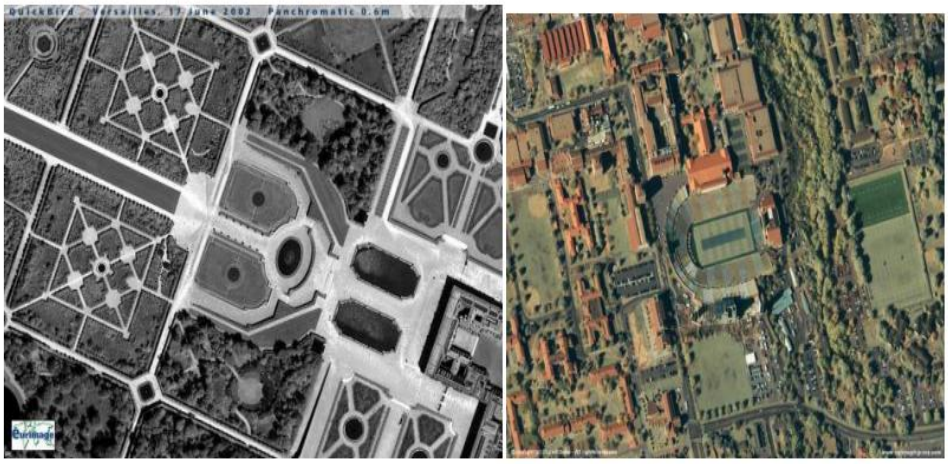
5. สี/ความเข้มของสี (Color/Tone/Shade) ในกรณีของภาพขาว-ดำ (Black & White photo)

เป็นความแตกต่างในระดับความเข้มสีเทา (Radiometric grey scale) จากสีขาวซึ่งมีการสะท้อนสูงจนถึงสีดำ ซึ่งการสะท้อนต่ำมากจนเข้าใกล้ศูนย์ โดยทั่วไปข้อมูลดาวเทียมเชิงตัวเลขจะแสดงความแตกต่างในความเข้ม 256 ระดับ จากค่า 255 ลงมาถึง 0 แต่ถ้านำข้อมูลภาพขาวดำในแต่ละแบนด์จำนวน 3 แบนด์ (3 ช่วงคลื่น) มาแทนด้วยแม่สีหลัก 3 สี (น้ำเงิน, เขียว และแดง/ BGR) จะได้ภาพสีผสมซึ่งทำให้เกิดเป็นความแตกต่างของสีต่างๆ (Shade or Color) ซึ่งจะทำให้จำแนกสิ่งต่างๆ ได้เด่นชัดกว่าข้อมูลภาพขาว-ดำ



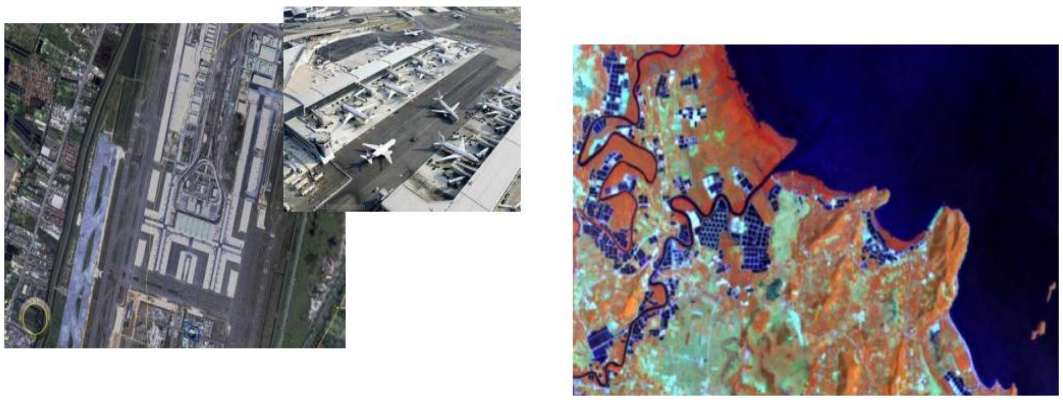

**ภาพที่ 15 แสดงลักษณะของสี ความเข้มของสี/และ ภาพสีผสมแบนด์ 4 3 2 (RGB)**

6. รูปแบบการจัดเรียงตัว (Pattern) เนื่องจากวัตถุหรือสถานที่บางแห่งอาจมีรูปแบบการจัดเรียงตัวขององค์ประกอบในลักษณะเฉพาะตัว ทำให้ลักษณะการจัดเรียงตัวของวัตถุที่ปรากฏเด่นชัดระหว่างความแตกต่างตามธรรมชาติและสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น แม่น้ำคลอง กับคลองชลประทาน บ่อและสระน้ำกับเขื่อน



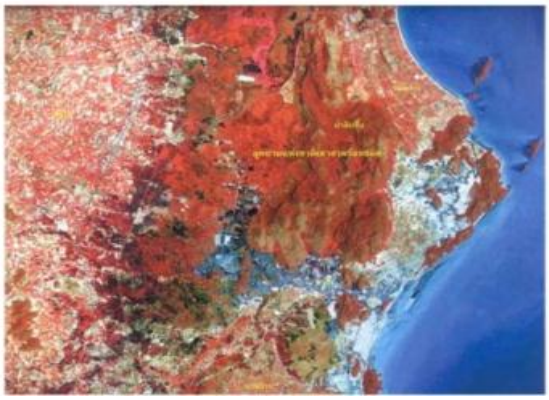
**ภาพที่ 16 แสดงรูปแบบการจัดวางเรียงตัวของวัตถุ**

7. ตำแหน่งที่ตั้ง (Site) วัตถุหรือสถานที่จะมีตำแหน่งที่ตั้งจำเพาะหรือตำแหน่งที่ควรจะเป็นที่แตกต่างกัน ดังนั้นการทราบตำแหน่งที่ตั้งของวัตถุหรือสถานที่จะช่วยให้สามารถจำแนกชนิดของวัตถุได้ง่ายขึ้น เช่น พื้นที่ป่าชายเลนจะพบที่บริเวณชายฝั่งทะเลน้ำท่วมถึง สนามบินอยู่ใกล้แหล่งชุมชน เป็นต้น



**ภาพที่ 17 แสดงพื้นที่สนามบิน และภาพแสดงตัวอย่างป่าชายเลน**

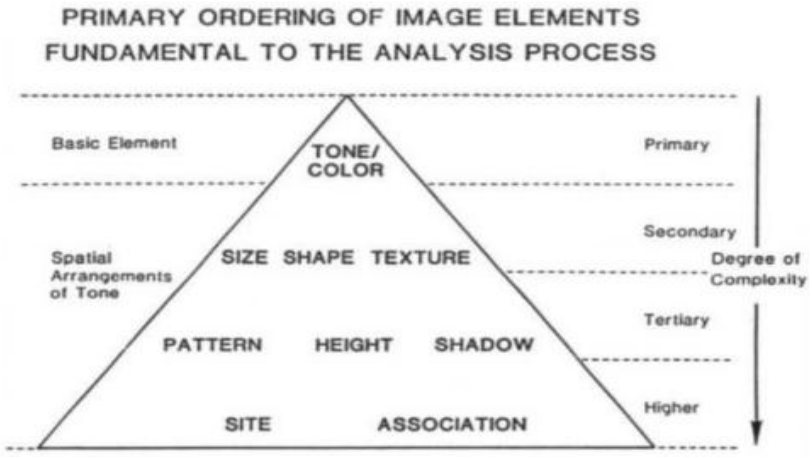
8. ข้อมูลแวดล้อม (Association) คุณลักษณะของพื้นที่หรือวัตถุใกล้เคียงที่อาจช่วยในการระบุชนิดของวัตถุหรือพื้นที่ที่เราต้องการศึกษาได้ง่ายขึ้น เช่น บริเวณที่มีต้นไม้เป็นกลุ่มๆ มักเป็นที่ตั้งของหมู่บ้าน นากุ้งอยู่บริเวณชายฝั่งรวมกับป่าชายเลน เป็นต้น



**ภาพที่ 18 แสดงข้อมูลแวดล้อมของพื้นที่การทำนากุ้งบริเวณชายฝั่ง**

)ที่มา : http://www.oknation.net/blog/home/blog_data/6/6/images/elvis/1.jpg)

การแปลตีความภาพเพื่อจำแนกวัตถุได้ดีและถูกต้อง ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างพร้อมๆกันไป ตามความยากง่ายและมาตราส่วนที่แตกต่างกัน หากเราแยกองค์ประกอบทั้ง 8 องค์ประกอบ ตามความซับซ้อนของการแปลจะเห็นดังภาพ



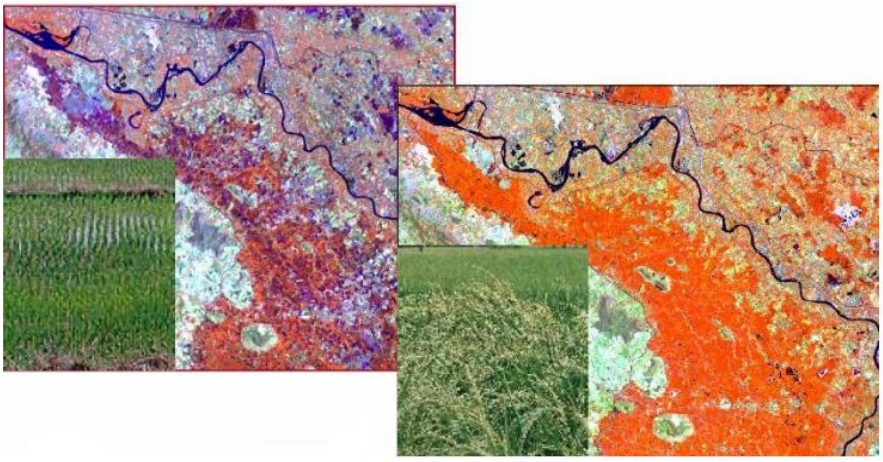

**ภาพที่ 19 การจำแนกองค์ประกอบพื้นฐานการแปลภาพทั้ง 8 องค์ประกอบ ตามความซับซ้อนของการแปล**

นอกจากองค์ประกอบพื้นฐานทั้ง 8 ประการนี้แล้ว จ าเป็นต้องน าข้อมูลดาวเทียมอีก 3 ลักษณะมาประกอบการพิจารณา คือ

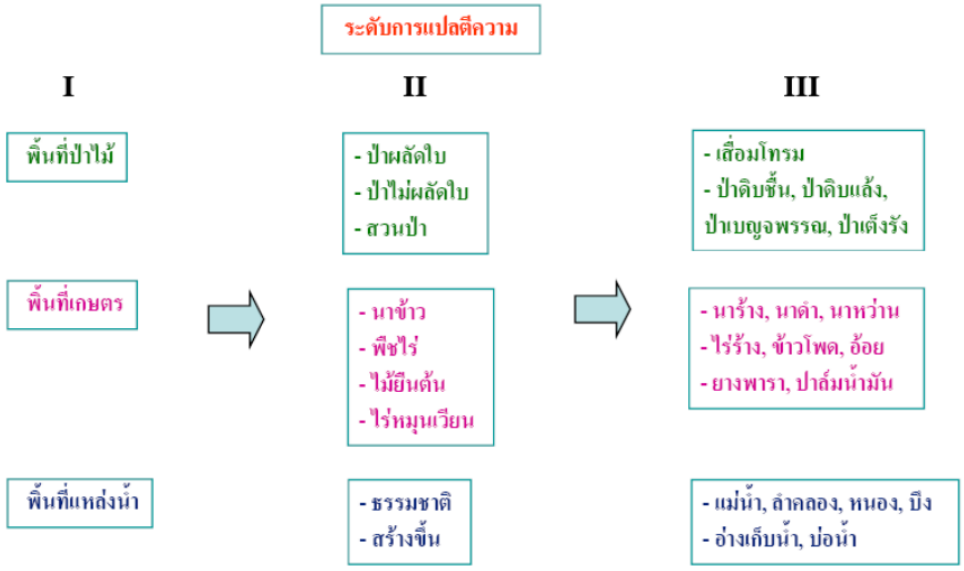
1. ลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุ (Spectral characteristic) ซึ่งสัมพันธ์กับความยาวช่วงคลื่นแสงในแต่ละแบนด์ โดยวัตถุต่างๆ สะท้อนแสงในแต่ละช่วงคลื่นไม่เท่ากัน ทำให้สีของวัตถุในภาพแต่ละแบนด์แตกต่างกันในระดับสีขาว-ดำ ซึ่งทำให้สีแตกต่างในภาพสีผสมด้วย

2. ลักษณะรูปร่างของวัตถุที่ปรากฏในภาพ (Spatial characteristic) แตกต่างตามมาตราส่วนและรายละเอียดภาพจากดาวเทียม เช่น MSS วัตถุหรือพื้นที่ขนาด 80x80 เมตร จึงจะปรากฏในภาพและระบบ PLA มีขนาด 10x10 เมตร เมื่อคุ้นเคยกับลักษณะรูปร่างวัตถุทำให้ทราบลักษณะที่จำลองในภาพจากดาวเทียม

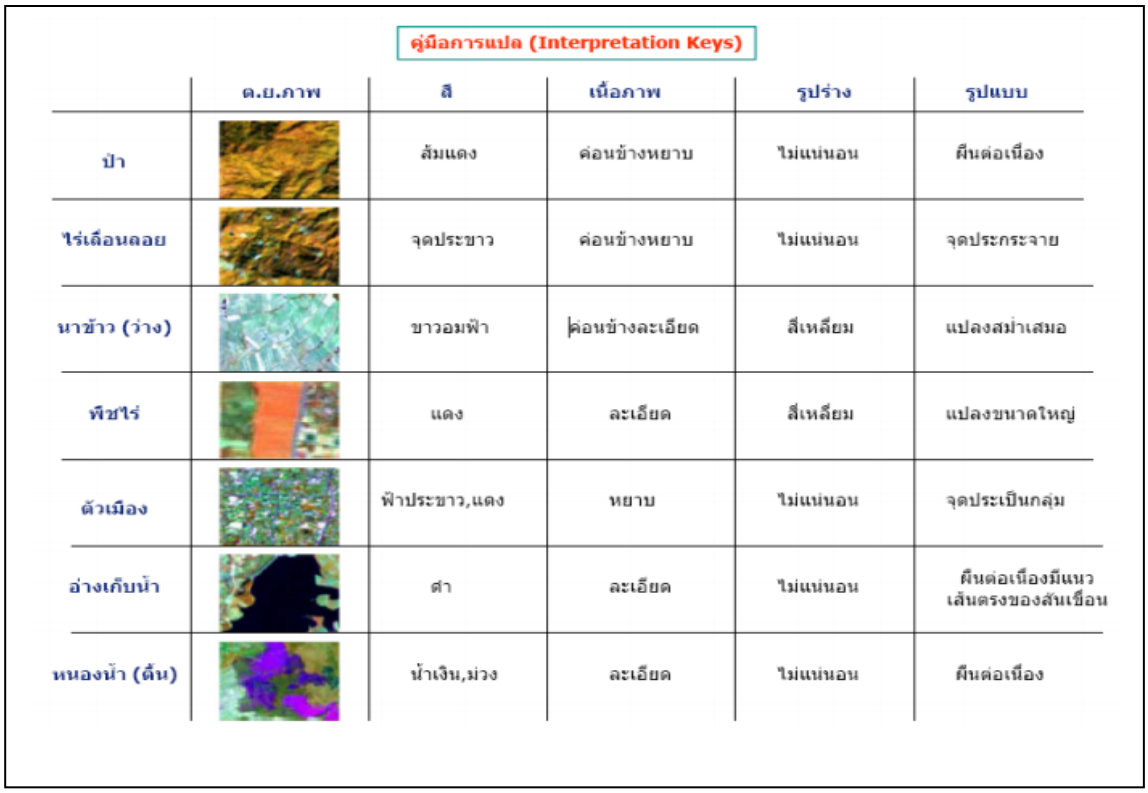
3. ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของวัตถุตามช่วงเวลา (Temporal characteristic) ซึ่งทำให้สถานะของวัตถุต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลง เช่น การเปลี่ยนแปลงตามช่วงฤดูกาล การเปลี่ยนแปลงรายปี หรือรายคาบ เป็นต้น ลักษณะการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทำให้มีความแตกต่างของระดับสีในภาพขาวดำและภาพสีผสม ทำให้เราสามารถใช้ข้อมูลดาวเทียมที่ถ่ายซ้ำที่เดิมในช่วงเวลาต่างๆ มาติดตามการเปลี่ยนแปลงได้ เช่น สามารถติดตามการบุกรุกทำลายป่า การเติบโตของพืชตั้งแต่ปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยว เป็นต้น



**ภาพที่ 20 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา**




ภาพที่ 21 แสดงระดับการแปลตีความ




ภาพที่ 22 แสดงตัวอย่างคู่มือการแปลตีความ

**บรรณานุกรม**


กรมพัฒนาที่ดิน. 2546. เอกสารการจำแนกการใชประโยชนที่ดิน. สวนวิเคราะหสภาพการใชที่ดิน. สำนักสำรวจดินและวางแผนการใชที่ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ.

ธงชัย ลิมกิ่ง. 2536. เทคนิคการวิเคราะหภาพถายดาวเทียมดวยสายตาในการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติดวยดาวเทียม.

กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติดวยดาวเทียม, สำนักคณะกรรมการวิจัยแหงชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร เทคโนโลยีและสิ่งแวดลอม. โรงพิมพชุมนุมสหกรณการเกษตรแหงประเทศไทย. กรุงเทพฯ. หนา 132

บุญชนะ กลั่นคำสอน และ ธงชัย จารุพพัฒน. 2536. การวิเคราะหขอมูลจากดาวเทียมดานปาไมในการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติดวยดาวเทียม. กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติดวยดาวเทียม, สำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร เทคโนโลยีและสิ่งแวดลอม. โรงพิมพชุมนุมสหกรณการเกษตรแหงประเทศไทย. กรุงเทพฯ

รำพึง สิมกิ่ง. 2545. แผนที่ภาพถายดาวเทียม ใน วารสาร เทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ ปที่ 1 เลมที่ 1. สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องคการมหาชน). กระทรวงวิทยาศาสตรและเทคโนโลยี. กรุงเทพ. หนา35.

ศุทธินี ดนตรี. 2542. ความรูพื้นฐานดานการสำรวจจากระยะไกล Remote Sensing. ภาควิชาภูมิศาสตร คณะสังคมศาสตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม.

สำนักงานคณะกรรมการสภาวิจัยแหงชาติ. 2538. จากหวงอวกาศสูพื้นแผนดินไทย. องคการคาของคุรุสภาพ. กรุงเทพฯ. หนา 57

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. 2546. ขอมลภาพพิมพจากดาวเทียม IKONOS ฝายบริการข้อมูล สำนักพัฒนาธุรกิจ.

อาคม โสวณา. สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์กรมหาชน)

http://en.wikipedia.org/wiki/Remote_sensing

http://www.gistda.or.th/Gistda/HtmlGistda/Html/PriceSatellite/Html_IKONOS/THIndex.html

www.human.ubru.ac.th

http://www.oknation.net/

http://www.rmutphysics.com

http://www.srh.noaa.gov/mrx/sattype.php

http://www.tpa.or.th/)