

องค์ความรู้ที่ ๒

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๑

สำนักป้องกัน ปราบปราม และควบคุมไฟป่า

การเตรียมความพร้อมใช้ดาวเทียม SUOMI NPP เพื่อการติดตามการเกิดไฟป่า



โดย ส่วนควบคุมไฟป่า

สำนักป้องกัน ปราบปราม และควบคุมไฟป่า

๒๕๖๑

คำนำ

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ได้นำข้อมูล Hotspots มาใช้ในงานควบคุมไฟป่าอย่างจริงจังในปี ๒๕๔๙ โดยความร่วมมือของภาควิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัย Maryland ซึ่งส่งข้อมูล Hotspots แบบรายวันที่ได้จากการตรวจวัดด้วย MODIS บนดาวเทียม Terra และ Aqua ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่า AVHRR บนดาวเทียม ของ NOAA โดยที่ดาวเทียม Terra จะโคจรผ่านประเทศไทยในช่วงเช้า และดาวเทียม Aqua จะโคจรผ่านประเทศไทยในช่วงบ่าย และสามารถรับข้อมูล Hotspots แจ้งเตือนผ่านทางจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ โดยเมื่อรับข้อมูล Hotspots มาแล้ว ก็จะประมวลผลข้อมูลทำการวิเคราะห์ว่า Hotspots ดังกล่าวอยู่ในพื้นที่ป่าอนุรักษ์จำนวนกี่จุด และอยู่นอกพื้นที่ป่าอนุรักษ์จำนวนกี่จุด และหากอยู่ในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ อยู่ในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ใด ตำบล อำเภอ จังหวัด และพิกัดใด โดยทราบวันที่ เวลาที่แน่นอนของข้อมูลดังกล่าว และเป็นข้อมูลของการผ่านของดาวเทียมเพียงรอบเดียว ไม่ใช่ข้อมูลสะสม จากนั้นส่วนควบคุมไฟป่า สำนักป้องกัน ปราบปราม และควบคุมไฟป่า จะส่งข้อมูลให้สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ และสำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์สาขาทุกสาขา ใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนงานประเมินสถานการณ์ในภาพรวมใช้ประกอบกับข้อมูลการตรวจหาไฟภาคพื้นดิน และเพื่อให้ระบบดังกล่าวมีความถูกต้อง เหมาะสมกับการใช้งานด้านการตรวจติดตาม Hotspot มากยิ่งขึ้น จึงมีการพัฒนาเทคโนโลยีการตรวจติดตาม Hotspot เพื่อทดแทนระบบเดิม โดยใช้ “ดาวเทียม SUOMI NPP ระบบ VIIR” ซึ่งพัฒนาโดย Forest Information for Resources Management System (FIRMS)

สารบัญ

เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (Geo-Informatic)	๑
การรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing)	๒
๑. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Radiation).....	๒
๒. เครื่องมือตรวจวัด (Sensor).....	๕
๓. ยานสำรวจ (Platform).....	๖
๔. การแปลความหมายของภาพดาวเทียม (Image Processing)	๘
ดาวเทียม Suomi NPP	๑๖
ข้อเด่นของ ดาวเทียม Suomi NPP	๑๗
ข้อด้อยของ ดาวเทียม Suomi NPP	๑๘
เอกสารอ้างอิง	๑๙

สารบัญภาพ

ภาพที่ ๑	การทำงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า.....	๓
ภาพที่ ๒	ช่วงความยาวคลื่นของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า.....	๓
ภาพที่ ๓	ลักษณะการสะท้อนแสงระหว่างวัตถุต่างชนิดกัน.....	๔
ภาพที่ ๔	วงโคจรแบบค้างฟ้า.....	๗
ภาพที่ ๕	วงโคจรแบบใกล้แกนมุมของโลก.....	๗

เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (Geo-Informatic)

ภูมิสารสนเทศ หมายถึง ข้อมูลเชิงตำแหน่งทุกชนิดไม่ว่าจะอยู่ในลักษณะที่เป็นเอกสารหรือเชิงเลข (Digital) หรือจะได้มาจากกระบวนการหรือกรรมวิธีใด ดังนั้น ด้วยความหมายนี้ ทำให้ภูมิสารสนเทศหมายรวมถึง แผนที่ ภาพถ่ายทางอากาศ ภาพดาวเทียม ข้อมูลเวกเตอร์แบบจำลองภูมิประเทศเชิงลบ ตลอดจนข้อมูลจากการสำรวจรังวัดทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นการรังวัดแบบดั้งเดิม (Conventional Survey) หรือจากการรังวัดสมัยใหม่ด้วยสัญญาณดาวเทียม GPS (สปีพงษ์, ๒๕๕๐)

เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ เกี่ยวข้องกับข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีตำแหน่งอ้างอิงบนพื้นผิวโลก (Geospatial Data) ซึ่งมีเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องคือ การรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing) ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Positioning Systems) เพื่อการจัดการข้อมูล การจัดเก็บข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล การแสดงผลข้อมูล เพื่อให้ได้ข้อมูลสารสนเทศเชิงพื้นที่ (Geospatial Information) ที่จะสามารถนำไปวางแผนการบริหารจัดการทรัพยากรได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ

องค์ประกอบเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ

เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (Geo-informatics หรือ Geomatics) ได้นำมาใช้ในการบริหาร การจัดการทรัพยากร สิ่งแวดล้อม และภัยพิบัติในชุมชนหรือท้องถิ่น เป็นการนำเทคโนโลยีต่างๆ มาผสมผสานร่วมกันเพื่อช่วยเสริมประสิทธิภาพของการนำข้อมูลที่ได้รับมาวิเคราะห์ในเชิงซับซ้อนมากขึ้น เพื่อจำลองปัจจัยหรือเหตุการณ์ต่างๆ ให้ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงบนพื้นผิวโลก

เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศประกอบด้วยเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง ๓ ส่วน ได้แก่ การรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing) ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Positioning System) ระบบสารสนเทศ ภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems) หรือบางครั้งทั้งสามเทคโนโลยีดังกล่าวนิยมเรียกว่า “เทคโนโลยีสามเอส” (๓S Technology) โดยอาศัยอักษร “S” ที่สอดคล้องกันในคำหลังของแต่ละเทคโนโลยี

๑. การรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing: RS) Swain and Davis (๑๙๗๘) ได้ให้ความหมาย การรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing) ว่าเป็นการวัดหรือตรวจสอบคุณสมบัติของวัตถุบนโลกโดยปราศจากการสัมผัสกับวัตถุนั้นโดยอาศัยอุปกรณ์รับสัญญาณ (Sensor) ที่สะท้อนหรือปล่อยออกมาจากทรัพยากรบนโลก โดยอาศัยคุณสมบัติพิเศษของแต่ละทรัพยากรที่สะท้อนออกมาหรือปล่อยออกมาเพื่อที่จะทราบว่าทรัพยากรนั้นคืออะไร มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร ในทำนองเดียวกัน Lillesand and Kiefer (๑๙๙๔) ได้กล่าวไว้ว่า การรับรู้ระยะไกล เป็นวิทยาศาสตร์และศิลปะของการได้มาซึ่งข้อมูลสารสนเทศเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่องมือบันทึกข้อมูล โดยปราศจากการเข้าไปสัมผัสวัตถุเป้าหมาย ซึ่งสอดคล้องกับสุรชัย (๒๕๓๖) กล่าวว่า การรับรู้ระยะไกล เป็นวิทยาศาสตร์และศิลปะของการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่หรือปรากฏการณ์ต่างๆ จากเครื่องบันทึกข้อมูลโดยปราศจากการเข้าไปสัมผัสวัตถุเป้าหมาย ทั้งนี้ อาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อในการได้มาของข้อมูลใน ๓ ลักษณะ คือ ช่วงคลื่น (Spectral) รูปทรงสัญญาณของวัตถุบนพื้นผิวโลก (Spatial) และการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (Tempol)

๒. ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Positioning System: GPS) เป็นระบบนำร่องโดยอาศัยคลื่นวิทยุและรหัสที่ส่งมาจากดาวเทียมนาฬาทาร์ NAVSTAR (NAVigation Satellite Timing and

Ranging) จำนวน ๒๔ ดวงที่โคจรรอบเหนือพื้นโลก สามารถใช้ในการหาตำแหน่งบนพื้นโลกได้ตลอด ๒๔ ชั่วโมง ที่ทุกๆ จุดบนพื้นโลก ประกอบด้วย ๓ ส่วนหลัก คือ ส่วนอวกาศ (Space Segment) ส่วนสถานีควบคุม (Control Segment) และส่วนผู้ใช้ (User Segment)

ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (จีพีเอส) เป็นระบบดาวเทียมที่ออกแบบและจัดสร้างโดยประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อใช้ในการนำทาง ซึ่งมีประโยชน์ ได้แก่

- ๑) หาตำแหน่งใดๆ บนพื้นโลกได้ตลอด ๒๔ ชั่วโมง
- ๒) การนำทางจากที่หนึ่งไปยังที่อื่นๆ ตามต้องการ
- ๓) การติดตามการเคลื่อนที่ของคน สัตว์ สิ่งของ
- ๔) การทำแผนที่ต่างๆ
- ๕) การวัดเวลาที่เที่ยงตรงที่สุดในโลก

๓. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems: GIS) หมายถึง ระบบฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ทำหน้าที่จัดการข้อมูลของสรรพสิ่งต่างๆ บนโลก ให้อยู่ในระบบดิจิทัลเชิงพื้นที่ โดยข้อมูลแต่ละชนิดมีการอ้างอิงพิกัดตำแหน่งและอยู่ในรูปแบบดิจิทัล ซึ่งเป็นการผสมผสานกระบวนการวิเคราะห์ร่วมกันระหว่างเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์กับระบบข้อมูลแผนที่ (Geographic Information) และระบบฐานข้อมูล (Database System) ดังนั้นระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จึงเป็นข้อมูลที่อ้างอิงพิกัดตำแหน่งบนพื้นที่แบบดิจิทัล (Digital Map) (อุทัย, ๒๕๔๘)

การรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing)

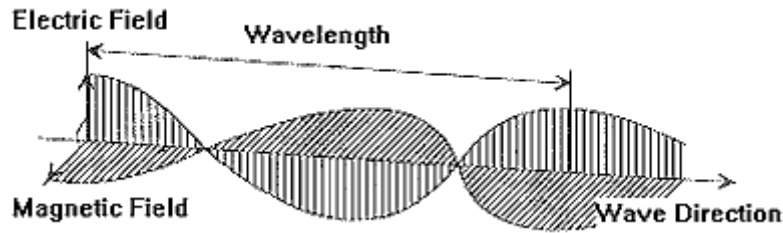
การรับรู้จากระยะไกลเป็นการสำรวจจากระยะไกล โดยเครื่องมือวัดไม่มีการสัมผัสกับสิ่งที่ต้องการตรวจวัดโดยตรง กระทำการสำรวจโดยให้เครื่องมืออยู่ห่างจากสิ่งที่ต้องการตรวจวัด โดยอาจติดตั้งเครื่องมือ เช่น กล้องถ่ายภาพ วิทยุที่สูง บนบอลลูน บนเครื่องบิน ยาวอวกาศ หรือดาวเทียม แล้วอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ หรือสะท้อนมาจากสิ่งที่ต้องการสำรวจเป็นสื่อในการวัด การสำรวจโดยใช้วิธีนี้เป็นการเก็บข้อมูลที่ได้ข้อมูลจำนวนมาก ในบริเวณกว้างกว่าการสำรวจภาพสนาม จากการใช้เครื่องมือรับรู้ระยะไกล โดยเครื่องมือสำรวจไม่จำเป็นต้องสัมผัสกับวัตถุตัวอย่าง เช่น เครื่องบินสำรวจเพื่อถ่ายภาพในระยะไกล การใช้ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรทำการเก็บข้อมูลพื้นผิวโลกในระยะไกล

ข้อมูลจากการรับรู้จากระยะไกล จะให้รายละเอียดของข้อมูลน้อยกว่าการสำรวจภาคสนาม แต่จะให้ขอบเขตของการสำรวจที่กว้างกว่า และข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลที่ได้จากการเก็บตัวอย่างเพียงครั้งเดียว เมื่อกล่าวถึงเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกล มีองค์ประกอบที่จะต้องพิจารณา คือ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เครื่องมือตรวจวัด ยานสำรวจ การแปลความหมายของภาพดาวเทียม

๑. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Radiation)

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นรูปแบบหนึ่งการถ่ายเทพลังงาน จากแหล่งที่มีพลังงานสูงแผ่รังสีออกไปรอบๆ โดยมีคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คือ ความยาวคลื่น (l) โดยอาจวัดเป็น Nanometer (nm) หรือ Micrometer (mm) และ ความถี่คลื่น (f) ซึ่งจะวัดเป็น hertz (Hz) โดยคุณสมบัติทั้งสองมีความสัมพันธ์

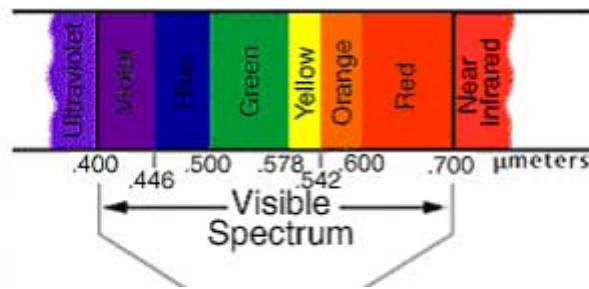
ผ่านค่าความเร็วแสง ในรูป $c = fl$ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อที่ใช้เชื่อมระหว่างเครื่องวัด กับวัตถุที่ต้องการสำรวจ



ภาพที่ ๑ การทำงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

(ที่มา : <http://www.gisthai.org/about-gis/electromagnetic.html>)

พลังงานของคลื่น พิจารณาเป็นความเข้มของกำลังงาน หรือฟลักซ์ของการแผ่รังสี (มีหน่วยเป็นพลังงานต่อหน่วยเวลาต่อหน่วยพื้นที่ = $\text{Joule s}^{-1} \text{m}^{-2} = \text{watt m}^{-2}$) ซึ่งอาจวัดจากความเข้มที่เปล่งออกมา (Radiance) หรือความเข้มที่ตกกระทบ (Irradiance)



ภาพที่ ๒ ช่วงความยาวคลื่นของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

(ที่มา : <http://www.gisthai.org/about-gis/electromagnetic.html>)

จากภาพที่ ๒ เป็นการแสดงช่วงความยาวคลื่นของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเครื่องมือวัด (Sensor) ของดาวเทียมหรืออุปกรณ์ตรวจวัดจะออกแบบมาให้เหมาะสมกับช่วงความยาวของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่นต่างกัน เช่น

- ๑) ช่วงรังสีแกมมา (gamma ray : $\lambda < 0.1 \text{ nm}$) และช่วงรังสีเอ็กซ์ (x-ray : $0.1 \text{ nm} < \lambda < 300 \text{ nm}$) เป็นช่วงที่มีพลังงานสูง แผ่รังสีจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ หรือจากสารกัมมันตรังสี
- ๒) ช่วงอัลตราไวโอเล็ต เป็นช่วงที่มีพลังงานสูง เป็นอันตรายต่อเซลล์สิ่งมีชีวิต
- ๓) ช่วงคลื่นแสง เป็นช่วงคลื่นที่ตามนุษย์รับรู้ได้ ประกอบด้วยแสงสีม่วง ไล่ลงมาจนถึงแสงสีแดง
- ๔) ช่วงอินฟราเรด เป็นช่วงคลื่นที่มีพลังงานต่ำ ตามนุษย์มองไม่เห็น จำแนกออกเป็น อินฟราเรดคลื่นสั้น และอินฟราเรดคลื่นความร้อน

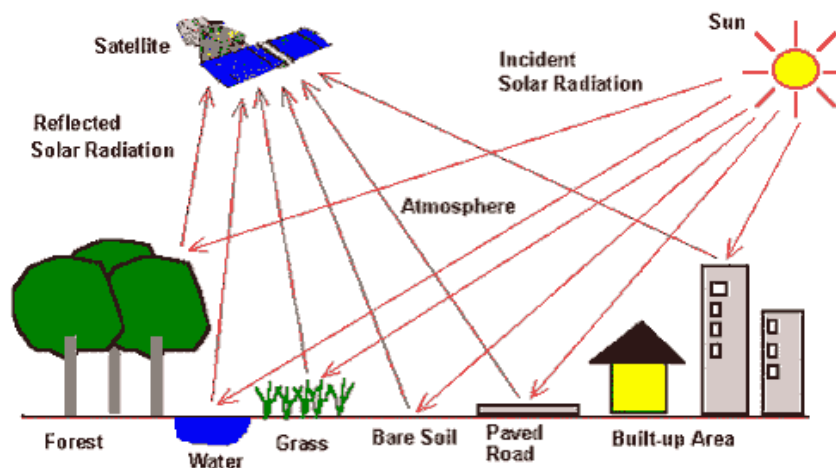
- Near Infrared (NIR) ความยาวคลื่นจะอยู่ในช่วงระหว่าง ๐.๗ ถึง ๑.๕ μm .
- Short Wavelength Infrared (SWIR) ความยาวคลื่นจะอยู่ในช่วงระหว่าง ๑.๕ ถึง ๓ μm .

- Mid Wavelength Infrared (MWIR) ความยาวคลื่นจะอยู่ในช่วงระหว่าง 3 ถึง 8 μm .
- Long Wavelength Infrared (LWIR) ความยาวคลื่นจะอยู่ในช่วงระหว่าง 8 ถึง 15 μm .
- Far Infrared (FIR) ความยาวคลื่นจะมากกว่า 15 μm .

๕) ช่วงคลื่นวิทยุ (Radio Wave) เป็นช่วงคลื่นที่เกิดจากการสั่นของผลึกเนื่องจากได้รับสนามไฟฟ้าหรือเกิดจากการสลับขั้วไฟฟ้า สำหรับในช่วงไมโครเวฟ มีการให้ชื่อเฉพาะ เช่น

- P band_ความถี่อยู่ในช่วง 0.3 - 1 GHz (30 - 100 cm)
- L band_ความถี่อยู่ในช่วง 1 - 2 GHz (15 - 30 cm)
- S band_ความถี่อยู่ในช่วง 2 - 4 GHz (7.5 - 15 cm)
- C band_ความถี่อยู่ในช่วง 4 - 8 GHz (3.8 - 7.5 cm)
- X band_ความถี่อยู่ในช่วง 8 - 12.5 GHz (2.4 - 3.8 cm)
- Ku band_ความถี่อยู่ในช่วง 12.5 - 18 GHz (1.7 - 2.4 cm)
- K band_ความถี่อยู่ในช่วง 18 - 26.5 GHz (1.1 - 1.7 cm)
- Ka band_ความถี่อยู่ในช่วง 26.5 - 40 GHz (0.75 - 1.1 cm)

ความยาวช่วงคลื่นและความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของแหล่งกำเนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น ดวงอาทิตย์ มีอุณหภูมิ 6,000 เคลวิน จะแผ่พลังงานในช่วงคลื่นแสงมากที่สุด วัตถุต่างๆ บนพื้นโลกส่วนมากจะมีอุณหภูมิประมาณ 300 เคลวิน จะแผ่พลังงานในช่วงอินฟราเรดความร้อนมากที่สุด คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเมื่อเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศ จะถูกโมเลกุลอากาศ และฝุ่นละอองในอากาศดูดกลืนและขวางไว้ทำให้คลื่นกระเจิงคลื่นออกไป คลื่นส่วนที่กระทบถูกวัตถุจะสะท้อนกลับ และเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศมาตกสู่อุปกรณ์วัดคลื่น



ภาพที่ ๓ ลักษณะการสะท้อนแสงระหว่างวัตถุต่างชนิดกัน
(ที่มา : <http://www.gisthai.org/about-gis/electromagnetic.html>)

เนื่องจากวัตถุต่างๆ มีคุณสมบัติการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ช่วงคลื่นต่างๆ ไม่เหมือนกัน ดังนั้น เราจึงสามารถใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการสำรวจจากระยะไกลได้ รูปต่อไปนี้แสดงลักษณะการสะท้อนแสง

เปรียบเทียบระหว่างวัตถุต่างชนิดกันในช่วงคลื่นต่างๆ กัน ความสามารถในการสะท้อนแสงของวัตถุต่างๆ บนพื้นโลกสามารถสรุปได้ดังนี้

- น้ำสะท้อนแสงในช่วงแสงสีน้ำเงินได้ดี และดูดกลืนคลื่นในช่วงอื่นๆ และให้สังเกตว่าน้ำจะดูดกลืนคลื่น IR ช่วง 0.๙๑ mm ในช่วงนี้ได้ดีมาก
- ดินสะท้อนแสงในช่วงคลื่นแสงได้ดีทุกสี
- พืชสะท้อนแสงช่วงสีเขียวได้ดี และสะท้อนช่วงอินฟราเรดได้ดีกว่าน้ำและดินมา

๒. เครื่องมือตรวจวัด (Sensor)

เครื่องมือวัดในเทคโนโลยีรีโมทเซนซิง คือ เครื่องมือที่วัดพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เครื่องมือซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีคือกล้องถ่ายภาพ กล้องถ่ายภาพวิดีโอ และเรดาร์ โดยเครื่องมือวัดจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ ๓ ส่วน คือ

๒.๑ ส่วนรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Receiver) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่รับ และขยายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ให้มีความเข้มเพียงพอที่จะทำให้อุปกรณ์วัดสามารถรับรู้ได้ ตัวอย่างของส่วนเครื่องมือนี้คือ เเลนส์ของกล้อง และส่วนรับคลื่นวิทยุ (Antenna) ซึ่งอาจเป็นเส้นเหมือนเสาวิทยุ หรือเป็นจานกลม (แบบจานรับสัญญาณดาวเทียม) ทั้งนี้รูปแบบ ขนาด และวัสดุที่ใช้ของอุปกรณ์ส่วนนี้จะขึ้นอยู่กับช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ต้องการตรวจวัด และรายละเอียดของข้อมูลของสิ่งที่ต้องการสำรวจ เช่น ในช่วงคลื่นแสง ส่วนที่รับมักจะเป็นเลนส์ที่ทำจากผลึก Quartz โดยมีขนาดและรูปทรงขึ้นอยู่กับว่าต้องการกำลังขยายภาพเท่าใด ในช่วงคลื่นวิทยุ ส่วนที่รับมักจะเป็นจานวิทยุ หรือเสาวิทยุ โดยมีขนาดใหญ่หรือเล็กขึ้นอยู่กับว่าสิ่งที่เล็กที่สุดที่ต้องการให้มองเห็นมีขนาดเท่าใด

๒.๒ ส่วนที่ทำการวัดพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Detector) เป็นส่วนที่แปลงพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ต้องการวัด ให้อยู่ในรูปแบบที่เครื่องมือวัดจะเปรียบเทียบค่าได้ ซึ่งการวัดพลังงานอาจใช้

- ปฏิกริยาเคมี โดยการเคลือบสารที่ทำปฏิกริยากับแสง (เช่น Silver Nitrate) ลงบนแผ่นฟิล์ม ซึ่งขนาดของปฏิกริยาเคมีที่เกิดกับสารที่เคลือบจะแปรผันตามความเข้มของแสงที่ตกกระทบ
- การเปลี่ยนพลังงานเป็นสัญญาณไฟฟ้า โดยใช้อุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) ซึ่งจะให้ความเข้มของสัญญาณไฟฟ้าแปรผันตามความเข้มแสงที่ตกกระทบ
- นอกจากนั้นส่วน Detector อาจเป็นแผ่นมีมิติกว้าง-ยาว เช่น แผ่นฟิล์ม ซึ่งสามารถบันทึกภาพได้ทั้งภาพในครั้งเดียว หรืออาจเป็น Scanner ซึ่งมักจะประกอบขึ้นจากแถวของอุปกรณ์รับแสงที่จะบันทึกภาพด้วยการกวาดอุปกรณ์รับแสงนี้ไปที่ละส่วนของภาพ (คล้ายกับการทำงานของเครื่องถ่ายภาพเอกซเรย์ที่จะค่อยๆ กวาดภาพจากหัวกระดาดไปยังท้ายกระดาดจึงจะได้ภาพทั้งภาพ)

๒.๓ ส่วนที่ทำการบันทึกค่าพลังงานที่วัดได้ (Recorder) อาจเป็นตัวแผ่นฟิล์มเองในกรณีการใช้แผ่นฟิล์มเป็นส่วนทำการวัดพลังงาน แต่ถ้าเป็นการวัดโดยแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าส่วนนี้อาจจะเป็นแถบแม่เหล็ก (เช่นเดียวกับที่ใช้ในกล้องถ่ายภาพวิดีโอ) หรืออาจใช้หน่วยเก็บความจำอื่น เช่น ฮาร์ดดิสก์ หรือ RAM เช่นเดียวกับที่ใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ ในส่วนของเครื่องมือวัดยังมีส่วนที่จะต้องพิจารณาอีกส่วนหนึ่งคือ แหล่งกำเนิดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในการสำรวจ โดยจำแนกได้เป็น ๒ กลุ่ม คือ

๑) **Active sensor** เป็นระบบที่เครื่องมือวัดเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเองด้วย ในระบบรีโมทเซนซิงที่วัดจากระยะไกลมาก คลื่นกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้จะจำกัดอยู่ในช่วงคลื่นวิทยุเท่านั้น เนื่องจากปัญหาของแหล่งพลังงาน

๒) **Passive sensor** เป็นระบบที่อาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดอื่น เช่น ใช้แสงจากดวงอาทิตย์ หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สิ่งที่ต้องการสำรวจแผ่รังสีออกมาเอง (มักจะเป็นช่วงอินฟราเรด ความร้อน) ในกรณีที่ใช้แสงจากดวงอาทิตย์ เครื่องมือวัดจะทำงานได้เฉพาะในเวลากลางวันเท่านั้น นอกจากนี้ การศึกษารูปแบบของเมฆในทางอุตุนิยมวิทยา การตรวจวัดยังต้องการท้องฟ้าที่ปลอดโปร่ง ไม่มีเมฆ หรือฝนในช่วง ที่ทำการตรวจวัดด้วย

๓. ยานสำรวจ (Platform)

เป็นตัวกำหนดระยะระหว่างเครื่องมือวัด กับสิ่งที่ต้องการวัด ขอบเขตพื้นที่ที่เครื่องมือวัดสามารถ ครอบคลุมได้ และช่วงเวลาในการตรวจวัด เพื่อให้เครื่องมือวัดอยู่ห่างจากสิ่งที่ต้องการสำรวจ จึงมักติดตั้ง เครื่องมือวัดไว้ในที่สูง ซึ่งอาจเป็นการติดตั้งเครื่องมือไว้บนเสาสูง ยอดตึก หรือบนภูเขา ซึ่งการติดตั้งในลักษณะนี้จะมีข้อดีคือสามารถตรวจวัดแผ่รังสีที่สนใจได้อย่างต่อเนื่อง แต่มีข้อจำกัดที่การ ตรวจวัดจะมีขอบเขตพื้นที่คงที่ตามตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องมือวัดเท่านั้น การติดตั้งเครื่องมือสำรวจด้วย เทคโนโลยีรีโมทเซนซิ่งมักติดตั้งบนพาหนะที่ลอยได้ ซึ่งอาจเป็นบอลลูน เครื่องบินบังคับ เครื่องบินขนาดเล็ก เครื่องบินที่มีพิสัยการบินสูง ยานอวกาศ หรือดาวเทียม

นอกจากดาวเทียมแล้ว ยานสำรวจที่เหลือนจะเป็นการบินสำรวจตามภารกิจที่ต้องมีการกำหนดเส้นทางบิน และระดับความสูงการบินเฉพาะ ช่วงเวลาในการสำรวจจะจำกัดตามความจุเชื้อเพลิง ของยานพาหนะที่เลือกใช้ ดังนั้นช่วงเวลา และพื้นที่สำรวจมักครอบคลุมบริเวณใดบริเวณหนึ่งตามที่กำหนด โดยภารกิจการสำรวจเท่านั้น

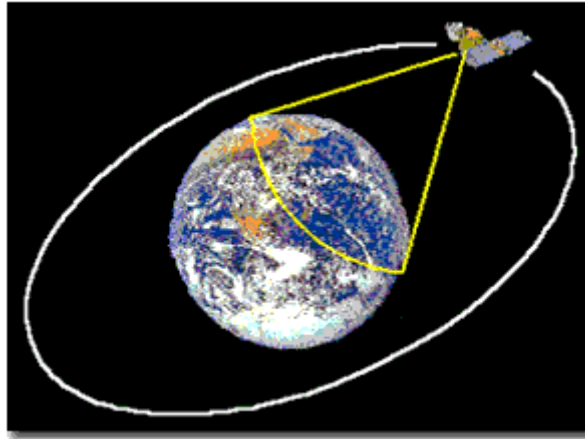
ส่วนการใช้ดาวเทียมเป็นยานสำรวจ จะมีข้อดีคือดาวเทียมอาศัยหลักการสมดุลระหว่างแรงหนีศูนย์กลางและแรงดึงดูดของโลกมาเป็นตัวรักษาวงโคจรของดาวเทียม (แทนที่จะใช้เชื้อเพลิง มาขับเคลื่อนไม่ให้ยานตกลงสู่พื้นโลก) ดาวเทียมจึงไม่มีข้อจำกัดในด้านความจุเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ ของดาวเทียม และทำให้ดาวเทียมสามารถโคจรรอบโลกอยู่ได้นานทำให้การสำรวจสามารถครอบคลุมเวลาได้ นานเป็นปีๆ และสามารถเลือกพื้นที่ที่จะให้ดาวเทียมบินสำรวจได้ครอบคลุมพื้นที่กว้าง โดยขึ้นอยู่กับวงโคจร ที่จะให้ดาวเทียมเคลื่อนที่

๓.๑ การโคจรของดาวเทียม มี ๒ ลักษณะสำคัญ คือ

๓.๑.๑. วงโคจรแบบค้างฟ้า (Geostationary Orbit)

ดาวเทียมจะปรากฏเหมือนอยู่นิ่งเมื่อสัมพันธ์กับตำแหน่งบนพื้นโลก ดาวเทียมโคจรใน ทิศเดียวกับการหมุนรอบตัวเองของโลก มีระนาบการโคจรอยู่ในแนวเส้นศูนย์สูตร และมีความสูงประมาณ ๓๖,๐๐๐ กิโลเมตร ตำแหน่งของดาวเทียมสัมพันธ์กับตำแหน่งบนพื้นโลกจะเสมือนว่าดาวเทียมอยู่นิ่งค้างอยู่ บนฟ้าตลอดเวลา จึงเรียกดาวเทียมที่มีลักษณะวงโคจรเช่นนี้ว่า ดาวเทียมค้างฟ้า (Geostationary Satellite)

ดาวเทียมด้านอุตุนิยมวิทยาที่ใช้ศึกษา และสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศโดยดู จากรูปทรงและการเคลื่อนตัวของเมฆ จะใช้วงโคจรลักษณะนี้ ตัวอย่างเช่น ดาวเทียม GMS ของประเทศ ญี่ปุ่น นอกจากนั้นดาวเทียมสื่อสารจำนวนมาก เช่น ดาวเทียมปลาป่า ดาวเทียมของ StarTV รวมทั้ง ดาวเทียม ไทยคม ของบริษัทชินวัตร ก็ใช้วงโคจรแบบ Geostationary เช่นกัน



ภาพที่ ๔ วงโคจรแบบค้างฟ้า

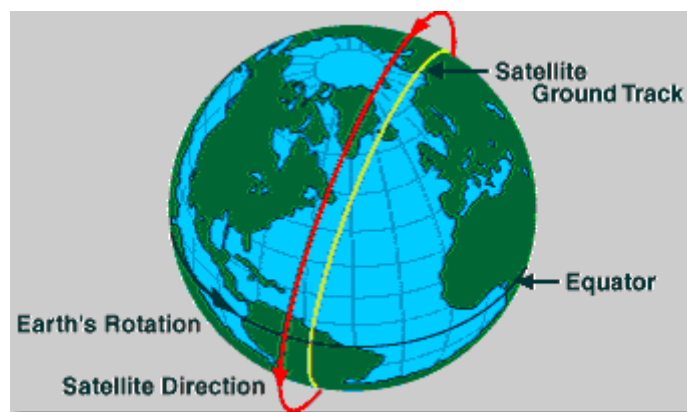
(ที่มา : <http://www.gisthai.org/about-gis/platform.html>)

๓.๑.๒. วงโคจรแบบใกล้แกนหมุนของโลก (Near Polar Orbit)

ระนาบของวงโคจรของดาวเทียมจะอยู่ในทิศใกล้เคียงกับแนวแกนหมุนของโลก โดยดาวเทียมอาจอยู่ที่ระดับความสูงใดก็ได้ที่ความเสียดทานของบรรยากาศมีน้อยจนไม่สามารถทำให้ความเร็วของดาวเทียมลดลง

ดาวเทียมสำรวจส่วนมากจะมีวงโคจรในลักษณะนี้ โดยจะมีการกำหนดระดับความสูงและมุมของระนาบวงโคจรเทียบกับแนวเส้นศูนย์สูตร ที่เหมาะสม (โดยมากจะมีความสูงประมาณ ๗๐๐-๑,๐๐๐ กิโลเมตร และมีมุมเอียงประมาณ ๙๕ - ๑๐๐ องศา จากระนาบศูนย์สูตร) ตัวอย่างเช่น ดาวเทียม Landsat (สหรัฐอเมริกา) SPOT (ฝรั่งเศส) ADEOS (ญี่ปุ่น) INSAT (อินเดีย) RADARSAT (แคนาดา)

ดาวเทียมเพื่อการสื่อสาร เช่น ดาวเทียมอริเดียม ใช้วงโคจรในลักษณะนี้ แต่จะมีระนาบวงโคจรที่เอียงออกจากแนวแกนหมุนของโลกมากกว่านี้



ภาพที่ ๕ วงโคจรแบบใกล้แกนหมุนของโลก

(ที่มา : <http://www.gisthai.org/about-gis/platform.html>)

๓.๒ ความละเอียด (Resolution)

ผู้ใช้งานที่จะต้องเลือกข้อมูลจากดาวเทียมให้เหมาะสมกับการใช้งาน เนื่องจากดาวเทียมที่รายละเอียดมาก มีราคาสูง และพื้นที่ในการตรวจวัดแต่ละครั้งมีขอบเขตค่อนข้างแคบ ถ้าผู้ใช้เลือกชนิดของข้อมูลดาวเทียมไม่เหมาะสม เช่น ผู้ใช้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสิ่งปกคลุมดิน เพื่อเป็นตัวแปรในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อทำนายการเกิดน้ำท่วมในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง แต่ผู้ใช้เลือกใช้ข้อมูลจากดาวเทียม IKONOS ที่ขนาดรายละเอียด ๑ เมตร ทำให้เสียเวลา และงบประมาณในการแปลความหมายข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินมากเกินไปจนเกิดความจำเป็น

๔. การแปลความหมายของภาพดาวเทียม (Image Processing)

๔.๑ การแปลภาพดาวเทียมด้วยสายตา (Visual Interpretation) ใช้อองค์ประกอบหลักที่สำคัญ (Elements of Interpretation) ได้แก่

๔.๑.๑ ความเข้มของสีและสี (Tone/Color) ระดับความแตกต่างของความเข้มของสีหนึ่งๆ มีความสัมพันธ์กับค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นและการผสมสีของช่วงคลื่นต่างๆ เช่น น้ำในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ถูกดูดกลืนทำให้ปรากฏเป็นสีดำ ในภาพสีผสมพีชพรรณปรากฏเป็นสีแดงเมื่อกำหนดให้ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้เป็นสีแดง ช่วงคลื่นสีแดงกำหนดให้เป็นสีเขียว และช่วงคลื่นสีเขียวกำหนดให้เป็นสีน้ำเงิน

๔.๑.๒ ขนาด (Size) ขนาดของภาพวัตถุที่ปรากฏในข้อมูลจากดาวเทียมขึ้นอยู่กับขนาดของวัตถุ และมาตราส่วนของข้อมูลจากดาวเทียม เช่น ความยาว ความกว้าง หรือพื้นที่ แสดงให้เห็นความแตกต่างของขนาดระหว่างแม่น้ำและลำคลอง

๔.๑.๓ รูปร่าง (Shape) รูปร่างของวัตถุที่เป็นเฉพาะตัวอาจสม่ำเสมอ (Regular) หรือไม่สม่ำเสมอ (Irregular) วัตถุที่มนุษย์สร้างขึ้นมีรูปร่างส่วนใหญ่เป็นรูปทรงเรขาคณิต เช่น สนามบิน พื้นที่นาข้าว ถนนคลองชลประทาน และเขื่อนเก็บกักน้ำ เป็นต้น

๔.๑.๔ เนื้อภาพ (Texture) หรือความหยาบละเอียดของผิววัตถุเป็นผลมาจากความแปรปรวน หรือความสม่ำเสมอของวัตถุ เช่น น้ำมีลักษณะเรียบ และป่าไม้มีลักษณะขรุขระ เป็นต้น

๔.๑.๕ รูปแบบ (Pattern) ลักษณะการจัดเรียงตัวของวัตถุปรากฏเด่นชัดระหว่างความแตกต่างตามธรรมชาติและสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น แม่น้ำ คลอง กับคลองชลประทาน บ่อ และสระน้ำกับเขื่อน เป็นต้น

๔.๑.๖ ความสูงและเงา (Height and Shadow) เงาของวัตถุมีความสำคัญในการคำนวณหาความสูงและมุมสูงของดวงอาทิตย์ เช่น เงาบริเวณเขาหรือหน้าผา เงาของเมฆ เป็นต้น

๔.๑.๗ ที่ตั้ง (Site) หรือตำแหน่งของวัตถุที่พบตามธรรมชาติ เช่น พื้นที่ป่าชายเลนพบบริเวณชายฝั่งทะเลน้ำท่วมถึง สนามบินอยู่ใกล้แหล่งชุมชน เป็นต้น

๔.๑.๘ ความเกี่ยวพัน (Association) หมายถึงความเกี่ยวพันขององค์ประกอบทั้ง ๗ ที่กล่าวมา เช่นบริเวณที่มีต้นไม้เป็นกลุ่มๆ มักเป็นที่ตั้งของหมู่บ้าน ไร่เลื่อนลอยอยู่ในพื้นที่ป่าไม้บนเขา นาทุ่งอยู่บริเวณชายฝั่งรวมกับป่าชายเลน เป็นต้น

การแปลตีความภาพเพื่อจำแนกวัตถุได้ดีและถูกต้อง ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างพร้อมๆ กันไป ตามความยากง่ายและมาตราส่วนที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจไม่แน่นอนเสมอไปรูปร่าง สี และขนาด อาจใช้เป็นองค์ประกอบในการแปลตีความภาพพื้นที่หนึ่งหรือลักษณะหนึ่ง ส่วนอีกบริเวณอื่นของพื้นที่เดียวกันอาจต้องใช้องค์ประกอบอีกอย่างก็ได้ นอกจากนี้จำเป็นต้องนำข้อมูลจากดาวเทียมอีก ๓ ลักษณะ มาประกอบการพิจารณา คือ

๑) ลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุ (Spectral Characteristic) ซึ่งสัมพันธ์กับความยาวช่วงคลื่นแสงในแต่ละแถบความถี่โดยวัตถุต่างๆ สะท้อนแสงในแต่ละช่วงคลื่นไม่เท่ากัน ทำให้สีของวัตถุในภาพแต่ละแถบความถี่แตกต่างกันในระดับสีขาว-ดำ ซึ่งทำให้สีแตกต่างในภาพสีผสมด้วย

๒) ลักษณะรูปร่างของวัตถุที่ปรากฏในภาพ (Spatial Characteristic) แตกต่างตามมาตราส่วนและรายละเอียดภาพจากดาวเทียม เช่น MSS วัตถุหรือพื้นที่ขนาด ๘๐x๘๐ เมตร จึงจะปรากฏในภาพ และระบบ PLA มีขนาด ๑๐x๑๐ เมตร เมื่อคุ้นเคยกับลักษณะรูปร่างวัตถุทำให้ทราบลักษณะที่จำลองในภาพจากดาวเทียม

๓) ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของวัตถุตามช่วงเวลา (Temporal Characteristic) ซึ่งทำให้สถานะของวัตถุต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลง เช่น การเปลี่ยนแปลงตามช่วงฤดูกาล การเปลี่ยนแปลงรายปี หรือรายคาบ เป็นต้นลักษณะการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ทำให้มีความแตกต่างของระดับสีในภาพขาวดำ และภาพสีผสม ทำให้เราสามารถใช้อัตราดาวเทียมที่ถ่ายซ้ำที่เดิมในช่วงเวลาต่างๆ มาติดตามการเปลี่ยนแปลงได้ เช่น สามารถติดตามการบุกรุกทำลายป่าการเติบโตของพืชตั้งแต่ปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยว เป็นต้น

๔.๒ การประมวลผลภาพด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์

อุปกรณ์ต่างๆ ที่ประกอบกันขึ้นเป็นระบบรับสัญญาณระยะไกล (Remote Sensing System) จะมี คุณสมบัติที่สำคัญ ได้แก่ ความละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial Resolution) ความละเอียดเชิงคลื่น (Spectral Resolution) และ ความละเอียดของระดับแสง (Radiometric Resolution) นอกจากนี้ คุณสมบัติที่สำคัญของตัวระบบเองก็คือ ความละเอียดในด้านเวลา (Temporal Resolution) ซึ่งหมายถึง ช่วงเวลาที่มีการกลับมารับสัญญาณ ณ บริเวณเดิม กล่าวโดยสังเขป ความละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial Resolution) โดยทั่วไปจะหมายถึงพื้นที่ภูมิประเทศซึ่งอุปกรณ์รับสัญญาณสามารถบันทึกได้จากระยะความสูงที่กำหนด ณ จุด ของเวลาหนึ่ง (Instantaneous Field of View : IFOV) ความละเอียดเชิงคลื่น (Spectral Resolution) โดยส่วนมากเครื่องรับสัญญาณ (Sensor) ของดาวเทียมจะบันทึกสัญญาณโดยแบ่งออกเป็นหลายช่วงคลื่น (Multiband or Multispectral) ซึ่งมีจำนวนและความกว้างของช่วงคลื่นต่างกัน ข้อมูลจากดาวเทียมที่มีการแบ่งช่วงคลื่นที่แคบและมีหลายช่วงคลื่นจะสามารถแยก (Discriminate) รายละเอียดต่างๆ ได้ดี ความละเอียดของระดับแสง (Radiometric Resolution) คือจำนวนของค่าระดับตัวเลข (Digital Level) ที่ใช้ในการบันทึกและแสดงข้อมูลภาพซึ่งถ้าแบ่งออกเป็นหลายระดับ ก็จะสามารถบันทึกและแสดงรายละเอียดต่างๆ ได้มากขึ้น โดยจำนวนระดับจะถูกกำหนดในลักษณะเป็นกลุ่มของเลขฐานสอง (Bit) สำหรับค่าระดับตัวเลขจากศูนย์ (ดำ) จนถึงค่าที่มากที่สุด (ขาว)

ข้อมูลภาพจากดาวเทียมเป็น ข้อมูลเชิงตัวเลข (Digital Image Data) เก็บในรูปแบบของเทปแม่เหล็กไฟฟ้าเรียกว่า CCT (Computer Compatible Tape) สามารถนำมาสร้างเป็นภาพและประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ซึ่งแต่ละภาพจะครอบคลุมพื้นที่แตกต่างกัน ตามชนิดดาวเทียมเช่น ดาวเทียม Landsat ระบบ TM มีขนาดภาพ ๑๘๕ x ๑๘๕ ตร.กม. บันทึกภาพใน ๗ ช่วงคลื่น (แถบความถี่ : Band) ตั้งแต่

ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (Visible Blue) จนถึงอินฟราเรดความร้อน (Thermal Infrared) แต่ละแถบความถี่ ประกอบด้วยจุดภาพ (Pixel or Picture Element) สีเหลี่ยมจัตุรัสขนาดเท่าๆ กัน เรียงตัวอย่างมีระบบเป็นแถวลำดับ ๒ มิติ (Two - dimensional Array) และมีขนาดแตกต่างกันตามความละเอียดของจุดภาพ สำหรับระบบ TM มีขนาดจุดภาพ ๓๐ ม. x ๓๐ ม. มีจำนวน ๓๕ ล้านจุดภาพ/แถบความถี่ ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณมากจำเป็นต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ โดยถ้าเป็นการจัดเก็บข้อมูลชนิด ๘ bit (๑ byte) แต่ละจุดภาพจะมีค่าระดับ ความสว่าง (Brightness Value : BV) ระหว่าง ๐ (ดำ) - ๒๕๕ (ขาว) หรือ ๒๘= ๒๕๖ ระดับ หรือถ้าเป็นภาพสี ผสมระหว่าง ๓ แถบความถี่ ก็จะสามารถให้ระดับสีได้ถึง ๒๕๖ x ๓ สี (๑๖,๗๗๗,๒๑๖ สี) และสามารถประมวลผลได้ k-dimensions อีกด้วย (k คือจำนวนแถบความถี่ที่ใช้ในการวิเคราะห์) ซึ่งสามารถใช้คอมพิวเตอร์และข้อมูลเชิงสถิติจากกลุ่มตัวอย่างช่วยในการจำแนกข้อมูลแต่ละจุดภาพออกเป็นชั้นข้อมูล แสดงการใช้ที่ดินในบริเวณนั้นๆ ได้

สัญญาณที่ถูกส่งจากดาวเทียมมายังสถานีรับฯ ภาคพื้นดินจะถูกบันทึกไว้ในเทปซึ่งมีความถี่สูง (หรือ High Density Tape - HDT) เพื่อนำไปสร้างเป็นเทปคอมพิวเตอร์ (Computer Compatible Tape - CCT) หรือฟิล์มขนาดต่างๆ ต่อไป ประเภทของข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์แปลตีความด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ คือข้อมูลภาพเชิงตัวเลข (Digital Image Data) ที่บันทึกบนสื่อต่าง ๆ ที่คอมพิวเตอร์สามารถอ่านได้ การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีนี้ถึงแม้ต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูงแต่มีข้อดีเด่นชัดบางประการคือสามารถนำมาจัดการได้หลายอย่าง (Versatility) นำมาทำซ้ำได้ (Repeatability) และยังสามารถรักษาสภาพของความละเอียดถูกต้องของข้อมูลเดิมไว้ได้ (Preservation of the Original Precision) การวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียมด้วยคอมพิวเตอร์หรือการวิเคราะห์ข้อมูลภาพเชิงตัวเลข (Digital Image Processing) ครอบคลุมกรรมวิธีต่างๆ แบ่งแยกตามภารกิจได้ ๓ ประเภทใหญ่ๆ ด้วยกันคือ

๔.๒.๑ การสร้างภาพกลับคืน (Image Restoration)

การสร้างภาพกลับคืน คือการหาและชดเชยหรือแก้ไขความคลาดเคลื่อนของข้อมูล (Data Errors) คลื่นรบกวน (Noise) และความเพี้ยนเชิงเรขาคณิต (Geometric Distortion) สัญญาณที่บันทึกได้และถูกส่งมายังสถานีรับฯ นั้น อาจเกิดความคลาดเคลื่อนในลักษณะต่างๆ กันได้ ความคลาดเคลื่อนนี้หมายถึงการที่ข้อมูลที่ได้รับมีลักษณะคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงคือ ความคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงที่ปรากฏบนพื้นโลก

ความคลาดเคลื่อนหลัก ได้แก่ ความคลาดเคลื่อนทางด้านแสง (Radiometric Distortion) และความคลาดเคลื่อนทางด้านเรขาคณิต (Geometric Distortion) ความคลาดเคลื่อนทั้งสองประการนี้ เกิดขึ้นจากสาเหตุหลายประการ เช่น

- ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นระหว่างพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้ากับพื้นผิวโลกและกับชั้นบรรยากาศห่อหุ้มโลกก่อนที่พลังงานนั้นจะถูกบันทึกโดยดาวเทียม (ปฏิกริยานี้ก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนทางด้านแสง)
- การเคลื่อนที่ของดาวเทียมและการหมุนรอบตัวเองของโลกรวมทั้งการแกว่งของกระจกกวาดภาพ ซึ่งเกิดขึ้นพร้อมกัน และทำการบันทึกสัญญาณ (การเคลื่อนไหวต่างๆ นี้ ก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิต)
- ความบกพร่องของอุปกรณ์ที่ใช้บันทึกสัญญาณด้วยความคลาดเคลื่อนต่างๆ เหล่านี้เกิดขึ้นกับข้อมูลที่ส่งมายังสถานีรับฯ ดังนั้นก่อนที่จะนำข้อมูลหรือสัญญาณที่ได้รับนี้ไปใช้ประโยชน์หรือไปแปล

วิเคราะห์ตีความภาพต่อไปจึงจำเป็นต้องมีการแก้ไขความคลาดเคลื่อนเหล่านี้เสียก่อนเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีลักษณะใกล้เคียงกับความเป็นจริงและถูกต้องมากที่สุดขบวนการปรับแก้ที่สำคัญคือการปรับแก้ระดับสีเทาหรือระดับแสง (Radiometric Correction) และการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนหรือความเพี้ยนทางเรขาคณิต (Geometric Correction) การสร้างภาพกลับคืนนี้ มักเป็นหน้าที่ของเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญประจำสถานีรับฯ แต่การที่ผู้ใช้ข้อมูลทราบ ขบวนการที่เกี่ยวข้องจะช่วยให้สามารถวินิจฉัยและใช้ข้อมูลได้ดีขึ้น

๑) การปรับแก้ระดับสีเทา (Radiometric Correction) ความคลาดเคลื่อนทางด้านแสงมีสาเหตุการเกิดมาจากปฏิกิริยาในชั้นบรรยากาศและความบกพร่องของอุปกรณ์การกวาดรับภาพ ทั้งนี้แล้วแต่กรณีไป วิธีการปรับแก้ระดับสีเทาหรือแสงที่จะกล่าวถึงในนี้ ได้แก่

- Atmospheric Correction คือการปรับแก้ระดับสีเทาที่คลาดเคลื่อน โดยมีสาเหตุมาจาก ปฏิกิริยาในชั้นบรรยากาศ ปฏิกิริยาดังกล่าวที่มีอิทธิพลต่อลักษณะของข้อมูล ได้แก่ การกระจัดกระจายในชั้นบรรยากาศ (Atmospheric Scattering) และการดูดซับในบรรยากาศ (Atmospheric Absorption) การกระจัดกระจายในชั้นบรรยากาศมีผลทำให้ค่าความสว่าง (Brightness Value - BV) ของข้อมูลเพิ่มมากขึ้นมักเกิดขึ้นกับช่วงคลื่นที่สั้น เช่น ช่วงคลื่นสีเขียวหรือ ๐.๕ - ๐.๖ ไมครอน การดูดซับในบรรยากาศ มีผลทำให้ค่าความสว่าง (BV) ของข้อมูลลดลงมักเกิดขึ้นในช่วงคลื่นที่ยาว เช่น อินฟราเรด ๐.๘-๑.๑ ไมครอน

ปฏิกิริยาต่างๆ เหล่านี้ ทำให้ข้อมูลในแถบความถี่อินฟราเรดมักมีสีค่อนข้างคล้ำและข้อมูลในแถบความถี่สีเขียว มักมีสีค่อนข้างจาง ความสว่างนี้ลดความคมชัดของภาพลงซึ่งขบวนการที่ใช้แก้ไขปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้เรียกว่า การกำจัดหมอกแดด (Haze Removal) โดยการนำค่า BV ที่ต่ำที่สุดในแต่ละแถบความถี่ไปหักออกจากค่า BV ทั้งหมดของแถบความถี่นั้น นั่นคือไปหักออกจากทุกจุดภาพโดยถือหลักการที่ว่าค่า BV เหล่านี้เพิ่มขึ้นมีผลจากการกระจัดกระจาย ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากการดูดซับในบรรยากาศยากต่อการแก้ไขเพราะการดูดซับดังกล่าวนี้ เกิดจากการดูดซับของไอน้ำในบรรยากาศ การแก้ไขจึงต้องอาศัยข้อมูลทางภูมิอากาศของบริเวณภาพนั้น และวันที่ที่บันทึกสัญญาณภาพนั้นแต่การดูดซับน้ำไม่ทำให้คุณภาพของภาพ (ความคมชัด) ต้อยลงมาก เท่าสาเหตุจากการกระจัดกระจาย การแก้ไขปรากฏการณ์นี้จึงมักถูกมองข้ามไป

Sixth-Line Striping Correction เช่น การที่ระบบ MSS ทำการกวาดภาพโดยดีเทคเตอร์ (Detector) ๖ ตัวนั้นและถึงแม้อุปกรณ์ดังกล่าวจะได้รับการปรับแก้ (Calibrated) ขณะติดตั้งแล้ว แต่ความบกพร่องยังเกิดขึ้นได้ในบางโอกาสมีผลทำให้ scan line ที่ ๖ มีค่าความสว่าง (BV) หรือมีค่าเป็นตัวเลข (Digital Number-DN) ที่สูงกว่าหรือต่ำกว่า (สว่างกว่าหรือคล้ำกว่า Scan Line อื่นๆ ภาพที่ได้มีลักษณะเป็นเส้นขาวเล็กๆ หรือดำเล็กๆ คาดทุกๆ แถวที่ ๖ ตลอดทั้งภาพ (Scene) วิธีการแก้ไขที่ง่ายที่สุดคือการใช้ Normalizing Factors เป็นตัวคูณค่า BV ของ Pixels ต่างๆ ในเส้นที่ข้อมูลเสียคือเส้นที่หกเหล่านั้น เพื่อให้ได้ค่า Mean และ Standard Deviation เท่ากันทั้งภาพค่า Normalizing Factor หรือ Correction Factor คือค่า Standard Deviation นั้นเอง การปรับแก้ระดับสีเทานี้มักทำก่อนการนำข้อมูลมาวิเคราะห์หรือแปลตีความมักทำที่สถานีรับฯ หลายคนจึงจัดการปรับแก้ระดับสีเทานี้ไว้ในขบวนการ Data Preprocessing คือการปรับแก้ก่อนนำไปวิเคราะห์ไม่ว่าจะด้วยสายตาหรือเครื่องคอมพิวเตอร์

๒) การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิต (Geometric Correction) การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตที่เป็นพื้นฐานมักกระทำที่สถานีรับฯ ก่อนนำข้อมูลนั้นมาผลิตเป็นเทป CCT หรือฟิล์ม การปรับแก้ดังกล่าวเป็นการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตทั้งที่เป็นระบบ (Systematic Distortions) และที่ไม่เป็นระบบ (Non Systematic Distortions) การปรับแก้ความคลาดเคลื่อน

ทางเรขาคณิตมีวัตถุประสงค์ ๒ ประการ คือ เพื่อขจัดความคลาดเคลื่อนๆ ออกจากภาพ และเพื่อจัดปรับตำแหน่งของสิ่งต่างๆ ที่ปรากฏบนภาพให้สอดคล้องกับโปรเจกชันของแผนที่ (Cartographic Projection)

- ความเพี้ยนเชิงเรขาคณิตที่เป็นระบบ (Systematic Distortions) ได้แก่ ความเพี้ยนที่เกิดขึ้นเหมือนกันบนทุกๆ ภาพและเป็นความเพี้ยนที่ทราบอยู่แล้วหรือคำนวณได้ ความเพี้ยนเหล่านี้ ได้แก่ Scan Skew, Scanner Distortion และ Variation in Scanner Mirror Velocity

- ๑) Scan Skew เกิดจากการเคลื่อนไปข้างหน้าของยานดาวเทียม ขณะที่กระจกทำการกวาดภาพ ทำให้เกิดความเพี้ยนตามเส้น

- ๒) Scan line แก้ไขได้โดยการเพิ่มอัตราความเร็วในการ sampling ตามแนว Scan line ให้เร็วกว่าตามแนววงโคจร

- ๓) Scanner Distortion เกิดจากการที่ระยะทางของช่วง Sampling (๕๗ เมตร) มักจะเพิ่มขึ้นที่บริเวณขอบภาพ คือเป็นสัดส่วนกับค่า Tangent ของมุมที่กวาดภาพ (๕.๘ องศา) ซึ่งจัดว่าเล็ก ความผิดเพี้ยนจึงเกิดขึ้นน้อย

- ๔) Variation in Scanner Mirror Velocity คือ การที่กระจกกวาดภาพในความเร็วไม่เท่ากัน ถึงแม้จะมีการ Calibrate หรือการปรับตั้งก่อนขึ้นโคจรแล้วก็ตาม กระจกมักหยุดนิ่งที่ปลายสุดของการกวาดแต่ละเส้นก่อนที่จะหันกลับมาเริ่มการกวาด Scan Line ต่อไป แก้ไขได้โดยการหาค่าความเร็วของการกวาดของกระจก

- ความเพี้ยนเชิงเรขาคณิตที่ไม่เป็นระบบ (Non Systematic Distortions) ได้แก่ ความผิดเพี้ยนซึ่งไม่เท่ากันบนทุกภาพ แต่ละภาพมีความผิดเพี้ยนที่ไม่เหมือนกัน และไม่สามารถจะทำนายได้ ต้องทำการแก้ไขแต่ละภาพไป ความผิดเพี้ยนดังกล่าวเกิดขึ้นจากความไม่แน่นอนในด้านระดับความสูงของการโคจรของดาวเทียม และความไม่แน่นอนในด้านความเร็วในการเคลื่อนที่ของดาวเทียม แก้ไขได้โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการติดตามดาวเทียม (Tracking Data) และจากข้อมูลจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Information)

ในการบันทึกสัญญาณแต่ละภาพ ดาวเทียมใช้เวลา ๒๘ วินาที เป็นขณะเดียวกันกับที่โลกมีการ หมุนรอบตัวเองด้วย ดังนั้น จึงมีการผิดเพี้ยนเกิดขึ้นในทิศทางของการกวาดภาพ แต่จะเล็กน้อยเพียงใดจะเป็นฟังก์ชัน (Function) ของแนวการโคจรและการมุ่งหน้าของยานดาวเทียม การแก้ไขจะทำทีละกลุ่ม ๖ Scan Line โดยทำการเลื่อนออกไป (Offset) ทีละ ๖ เส้น เพื่อชดเชยให้ตรงกับความเป็นจริงในการที่โลกมีการ หมุนรอบตัวเองทำให้ภาพแต่ละ Frame มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน ความแตกต่างในอาการทรงตัวหรือความมั่นคงของดาวเทียมขณะเคลื่อนที่ (เช่น Roll, Pitch และ Yaw) ซึ่งเป็นอาการเอียงรอบแกนหมุนทั้งสาม คือ XYZ ทำให้เกิดความผิดเพี้ยนทางเรขาคณิตซึ่งต้องทำการแก้ไขแต่ละภาพไป วิธีการคือ เลือกสิ่งที่เห็นชัดเจนบนภาพ และทราบตำแหน่งพิกัดอย่างแน่นอน เป็นจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Points - GCP'S) ตำแหน่ง (ค่าพิกัด) ของ GCP'S ที่ปรากฏบนภาพกับค่าพิกัด GCP'S จริงซึ่งอ้างอิงกับระบบพิกัดภาคพื้นดินจะใช้เพื่อหาความสัมพันธ์ของการแปลง (Geometric Transformations) ระหว่างระบบพิกัดทั้งสองจากระบบพิกัดของภาพไปสู่ระบบพิกัดภาคพื้นดินและนำไปใช้ปรับแก้ภาพต่อไป

- ๕) Digital Geometric Registration or Rectification คือ การขจัดความผิดเพี้ยนทางเรขาคณิตเพื่อทำการปรับซ้อน (Register) ข้อมูลภาพที่แก้ไขแล้วนี้สู่โปรเจกชันของแผนที่หรือสู่ภาพอีกภาพหนึ่ง (ซึ่งได้ปรับแก้โปรเจกชันแผนที่แล้ว) กระทำได้ ๒ ขั้นตอน คือ

โปรเจกชันแผนที่

- การ Transformation เป็นการปรับแก้ทางตำแหน่งของแต่ละจุดภาพสู่

- การ Resampling โดยหลังจากการปรับแก้ทางตำแหน่งของจุดภาพสู่โปรเจกชันแผนที่แล้วจะต้องมีการคำนวณค่าความสว่าง (Brightness Value) หรือค่า DN (Digital Number) ของแต่ละจุดภาพใหม่โดยอาศัยค่าความสว่างของจุดภาพเดิม

ขั้นตอนแรกเป็นการกำหนดตำแหน่งของจุดภาพในภาพใหม่ (Output Image) และขั้นตอนที่สองคือการกำหนดค่า DN ให้แก่จุดภาพในภาพใหม่ การกำหนดตำแหน่งของจุดภาพในภาพใหม่มักใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการแปลงพิกัดในระบบสองมิติแบบต่างๆ โดยก่อนอื่นจะต้องหาองค์ประกอบที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระบบพิกัดสองมิติของภาพกับระบบพิกัดสองมิติภาคพื้นดินก่อนโดยอาศัยจุดที่เห็นเด่นชัดบนภาพ เช่น จุดตัดกันของถนน มุมบ่อน้ำ ขอบชายฝั่ง ซึ่งทราบค่าพิกัดในระบบสองมิติของภาพ เช่น Row – Column และทราบค่าพิกัดในระบบสองมิติภาคพื้นดิน เช่น Easting – Northing ซึ่งอาจได้จากการสำรวจภาคพื้นดินหรือ ได้จากแผนที่ที่มีความละเอียดถูกต้องสูงเป็นจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point: GCP) อย่างน้อย ๒ จุด เพื่อหาพารามิเตอร์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระบบพิกัดทั้งสองอย่างน้อย ๔ ตัว ได้แก่ การหมุน (Rotation) มาตรการส่วน (Scale Factor) การเลื่อนทางแกน X (X – Translation) และการเลื่อนทางแกน Y (Y – Translation) ซึ่งโดยปกติจะใช้มากกว่า ๒ จุด ซึ่งกระจายอยู่ทั่วทั้งภาพ เพื่อให้ได้ความถูกต้องสูงขึ้นและ/หรือใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนขึ้นตามสมมุติฐานขององค์ประกอบความคลาดเคลื่อนความคลาดเคลื่อนที่มากขึ้นซึ่งจะมีพารามิเตอร์มากกว่า ๔ ตัว โดยหลังจากทราบพารามิเตอร์ในการแปลงค่าพิกัดจากระบบพิกัดภาคพื้นดินสู่ระบบพิกัดภาพแล้ว ตำแหน่งของจุดภาพในระบบพิกัดภาพจะสามารถคำนวณได้จากค่าพิกัดภาคพื้นดิน โดยเขียนความสัมพันธ์ได้เป็น

$$x = f_1(X, Y)$$

$$y = f_2(X, Y)$$

โดย

$$(x, y) = \text{พิกัดของจุดภาพ (row, column)}$$

$$(X, Y) = \text{พิกัดพื้นภาคพื้นดิน (easting, northing)}$$

$$f_1, f_2 = \text{ฟังก์ชันการแปลงพิกัด}$$

ในขั้นตอนแรกการ Transformation จะเป็นการกำหนดตำแหน่งที่อ้างอิงกับระบบพิกัดภาคพื้นดินที่ถูกต้องให้กับจุดภาพ (Pixel) ที่ว่างเปล่า (ไม่มีค่าความสว่างของจุดภาพนั้น) ซึ่งอาจจะกำหนดให้ขนาดของจุดภาพใหม่ มีความละเอียดเท่ากับจุดภาพเดิมหรือใหญ่กว่าเดิมก็ได้แต่ไม่นิยมให้มีขนาดเล็กกว่าเดิม เนื่องจากไม่ช่วยให้เห็นภาพได้ละเอียดขึ้น นอกจากเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะบางอย่างแล้วคำนวณกลับไปหาตำแหน่งของจุดภาพที่อ้างอิงกับระบบพิกัดภาพ (Row, Column) ซึ่งแต่ละจุดจะมีค่าความสว่างโดยใช้ฟังก์ชันการแปลงพิกัดที่ได้ซึ่งเมื่อแปลงแล้วจะเกิดการซ้อนทับกันของจุดภาพใหม่ (ว่าง) กับจุดภาพเดิม (มีค่าความเข้ม) โดยปกติการซ้อนทับกันของจุดภาพทั้งสองจะไม่ทับกันสนิทแต่จะมีการเหลื่อมกันเล็กน้อยต่อจากนั้นต้องมีการหาค่าความสว่างให้แก่จุดภาพ (ว่าง) ขึ้นใหม่ด้วย โดยการประมาณค่าในช่วง

(Interpolate) จากค่าของจุดภาพใกล้เคียงในภาพเดิม แล้วจึงนำค่าความสว่างที่ได้ใส่ให้กับจุดภาพใหม่ ขบวนการนี้เรียกว่า Resampling มีเทคนิคที่ใช้โดยทั่วไป ได้แก่

๑) Nearest Neighbor Interpolation การ Resampling โดยพิจารณาจากการซ้อนทับกันของจุดภาพ ใหม่บนจุดภาพเดิม ถ้าใกล้เคียงกับจุดภาพเดิมจุดใดมากที่สุดก็ใช้ค่าความสว่างของจุดภาพเดิมนั้นเป็นค่าความสว่าง (Brightness Value : BV) หรือ Digital Number: DN ของจุดภาพใหม่ (ซึ่งอ้างอิงบนระบบพิกัดภาคพื้นดิน)

๒) Bilinear Interpolation การ Resampling หาค่า DN ของจุดภาพใหม่ ซึ่งคำนวณได้จากจุดภาพเก่า ๔ จุดรอบจุดภาพใหม่ที่ต้องการ

๓) Cubic Interpolation หรือ Cubic Convolution คือการ Resampling หาค่า DN ของจุดภาพใหม่ซึ่งคำนวณได้จากจุดภาพเก่า ๑๖ จุดรอบจุดภาพใหม่ที่ต้องการเป็นวิธีที่ให้ภาพมีคุณภาพดีที่สุดในขณะที่ใช้เวลาในการคำนวณมากที่สุด

๔.๒.๒. การปรับปรุงคุณภาพของภาพ (Image Enhancement)

การปรับปรุงคุณภาพของภาพเป็นการแก้ไขภาพให้เหมาะแก่การใช้หรือการวิเคราะห์มากขึ้น กรรมวิธีทั้งหลายที่นำมาใช้เป็นการเปลี่ยนค่าตัวเลขเดิมของภาพ กระทำหลังขั้นตอนของกระบวนการสร้าง ภาพกลับคืน และทำในแต่ละแถบความถี่แยกจากกัน เช่นเดียวกับการสร้างภาพการปรับปรุงคุณภาพของภาพ เป็นการใช้เทคนิคต่างๆ โดยเฉพาะเทคนิคทางสถิติ ประยุกต์ใช้เข้ากับข้อมูลเดิมเปลี่ยนแปลงค่าของข้อมูล ทำให้ได้ข้อมูลใหม่ที่มีความคมชัดและง่ายต่อการแปลวิเคราะห์ตีความมากขึ้น ไม่ว่าจะนำข้อมูลนั้นไปสร้างเป็นภาพและแปลตีความด้วยสายตาหรือนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ เทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพให้ดีขึ้น ให้ผลแตกต่างกันและเน้นหรือขยายความชัดเจนของข้อมูลที่แตกต่างกัน เช่น ในการแปลด้านธรณีวิทยาหรือลักษณะทางกายภาพอื่นๆ มักต้องการขยายความชัดเจน (Enhance) ของการวางตัวต่างๆ (Lineament) เทคนิคที่ช่วยด้านนี้ ได้แก่ Edge Enhancement และ Filtering เป็นต้น หรือในการแปลด้านการหาเนื้อที่ป่าไม้ หรือหามวลชีวะ (Biomass) ที่ปลูกคลุมพื้นผิวโลก เทคนิคที่เหมาะสมอาจได้แก่ Ratioing หรือ Density Slicing เป็นต้น การจะใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งเป็นการเลือกตามความประสงค์ของแต่ละบุคคล ขอยกตัวอย่างวิธีต่างๆ พอสังเขป

๑) Contrast Enhancement เนื่องจากอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการบันทึกและแสดงผลภาพ โดยทั่วไปจะสามารถแสดงความแตกต่างของระดับสีเทาได้ ๒๕๖ ระดับ ตั้งแต่ ๐ (ดำ) - ๒๕๕ (ขาว) เป็นอย่างต่ำ แต่ข้อมูลภาพดาวเทียมแต่ละแถบความถี่ที่ได้จากเครื่องรับสัญญาณ (Sensor) จะไม่ค่อยมีการบันทึกค่าได้เต็มช่วงดังกล่าว (๐ - ๒๕๕) แต่จะอยู่ในช่วงแคบๆ เช่น ๕๙ - ๑๕๙ ดังนั้นถ้าสามารถที่จะขยายค่าระดับความเข้ม เช่น จาก ๕๙ - ๑๕๙ ออกไปแสดงผล จนเต็มช่วง ที่ตั้งแต่ ๐ - ๒๕๕ ได้ ก็จะได้ภาพที่เห็นความแตกต่าง (Contrast) ของรายละเอียดได้ดีขึ้น ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น

- Linear Contrast Stretch เป็นการขยายช่วงของค่าความเข้มสีเทาเดิม (ที่แคบ) ออกไปจนเต็มช่วง ๐ - ๒๕๕ เช่น ค่าน้อยที่สุด กำหนดให้เท่ากับ ๐ ค่ามากที่สุด เท่ากับ ๒๕๕ ค่าอื่นๆ ก็ถูกคำนวณขึ้นใหม่ตามสมการเส้นตรง รายละเอียดในภาพ ถ้าเป็นสีอ่อนอยู่แล้วก็จะอ่อนขึ้น ถ้าเข้มก็จะเข้มขึ้นทำให้เห็นความแตกต่าง (contrast) ของรายละเอียดชัดเจนขึ้น

- Histogram Equalization ข้อดีประการหนึ่งของการเน้นภาพด้วยวิธี Linear Contrast Stretch ก็คือ ช่วงระดับการแสดงผล (๐ - ๒๕๕) จะใช้เพื่อแสดงระดับสีเทา

ของข้อมูลที่มีจำนวน (จุดภาพ) น้อย เท่าๆ กับที่ใช้แสดงข้อมูล (จุดภาพ) ที่จำนวนมาก ด้วยวิธีการ Histogram Equalization ซึ่งเป็นแบบ Non – linear Contrast Stretch จะเป็นการกำหนดช่วงของการแสดงผลบนพื้นฐานของปริมาณจุดภาพ ช่วงที่มีปริมาณจุดภาพมากจะครอบคลุมช่วงการแสดงผล (๐-๒๕๕) มากกว่าช่วงที่มีจำนวนจุดภาพน้อย

๒) Density Slicing เทคนิคการปรับปรุงภาพ โดยค่าระดับสีเทา (๐ –๒๕๕) ตามแนวแกน X ของฮิสโตแกรมจะถูกแบ่ง (Slice) โดยกำหนดเป็นช่วงๆ ทุกค่าที่มีค่าอยู่ในช่วงที่จะถูกกำหนดให้มีสัญลักษณ์ (สี) เดียวกัน เช่น ถ้ากำหนดให้มี ๕ ช่วง ค่าระดับสีเทา ๐ – ๒๕๕ ก็จะถูกแบ่งออกเป็น ๕ ส่วน ค่าระดับสีเทาที่อยู่ในช่วงใดก็จะถูกกำหนดให้มีสัญลักษณ์เดียวกันในภาพที่เป็นผลลัพธ์

๓) Color Composite Image การทำภาพสีผสมจากภาพดาวเทียมสามารถทำได้โดยการนำภาพจากดาวเทียมขาวดำ ๓ ช่วงคลื่นใดๆ มาผสมเป็นภาพสีผสม ให้รายละเอียดข้อมูลต่างๆ ชัดเจนกว่าภาพขาวดำโดยสามารถทำได้ทั้งภาพวันที่เดียวกัน (Single-Date Image) และภาพจากดาวเทียมหลายวัน (Multidate Image) รวมทั้งภาพจากดาวเทียมต่างกัน (Multi-Sensor Image) เช่น การผสมภาพสีของ Landsat ระบบ TM แถบความถี่ที่ ๕, แถบความถี่ที่ ๔ กับ ของ SPOT ระบบ PLA / RGB

๔.๒.๓ การจำแนกประเภทข้อมูลจากภาพ (Image Classification)

การจำแนกประเภทรายละเอียดจากข้อมูลภาพแบบตัวเลข (Digital Image Classification) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลภาพดาวเทียมในเชิงปริมาณ (Quantitative Approach) เพื่อที่จะจำแนกข้อมูลแต่ละจุดภาพออกเป็นหมวดหมู่ตามชนิดของสิ่งที่ปกคลุมพื้นโลก โดยแยกออกเป็นประเภท (Class) ของสิ่งที่ต้องการจะศึกษา ตามปกติจะใช้ข้อมูลจากหลายช่วงคลื่น (Multispectral) มาทำการวิเคราะห์ โดยอาศัยรูปแบบเชิงคลื่น (Spectral Pattern) ของข้อมูลในแต่ละจุดภาพเป็นหลักเกณฑ์ในการจัดหมวดหมู่ (Categorization) ทั้งนี้ อาศัยหลักที่ว่ารายละเอียดต่างชนิดกันจะประกอบไปด้วยค่าที่บันทึกการสะท้อนและการแผ่พลังงานในแต่ละช่วงคลื่น (แถบความถี่) ที่ต่างกัน โดยเรียกการจำแนกในลักษณะนี้ว่าการจำแนกประเภทแบบ Spectral Pattern Recognition ซึ่งมี ๒ แนวทางในการปฏิบัติ คือ การจำแนกประเภทแบบกำกับ (Supervised) และ แบบไม่กำกับ (Unsupervised)

๑) การจำแนกประเภทแบบกำกับ (Supervised Classification) วิธีการนี้ ผู้วิเคราะห์จะเป็นผู้กำหนดจำนวนประเภท (Class) ของการใช้ที่ดินที่ต้องการจำแนกในกระบวนการแบ่งประเภทชั้นข้อมูลของแต่ละจุดภาพ โดยกำหนดข้อมูลเชิงสถิติที่จะใช้อธิบายประเภทของรายละเอียดการใช้ที่ดินแต่ละชนิดภายในภาพนั้น โดยการใช้บริเวณตัวอย่างในภาพ ซึ่งเป็นตัวแทนของประเภทการใช้ที่ดินแต่ละชนิด เพื่อใช้เป็นตัวแทนทางสถิติที่จะอธิบายลักษณะเชิงคลื่น (Spectral Attributes) ของการใช้ที่ดินแต่ละประเภทที่กำหนดขึ้น จากนั้นข้อมูลแต่ละจุดภาพ (Pixel) ก็จะถูกเปรียบเทียบเชิงสถิติกับข้อมูลตัวอย่างของแต่ละประเภทการใช้ที่ดินที่กำหนดแล้วจึงใช้ทฤษฎีและหลักการตัดสินใจทางสถิติ กำหนดว่าจุดภาพนั้นควรจะถูกจำแนก ประเภทเข้าไปอยู่ในกลุ่มของการใช้ที่ดินประเภทใดซึ่งการปฏิบัติประกอบด้วย

- การเลือกข้อมูลพื้นที่ตัวอย่าง (Training Stage) การกำหนดจำนวนประเภท (Class) ของการใช้ที่ดินเพื่อกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง ให้พิจารณารายละเอียดที่ปรากฏอยู่ในภาพ และประเภทของการใช้ที่ดินที่ต้องการจำแนกประกอบกันประกอบกัน พื้นที่ตัวอย่างจะต้องเป็นตัวแทนที่ดี และมีความสมบูรณ์ในตัว สำหรับแต่ละประเภทการใช้ที่ดินที่กำหนด นั่นคือในลักษณะพื้นที่ของการใช้ที่ดินหนึ่งๆ จุดภาพที่เลือกเป็นพื้นที่ตัวอย่างจะต้องไม่ปะปนกับชนิดอื่นและพื้นที่ตัวอย่างจะต้องมีความเพียงพอกับความหลากหลายของลักษณะ

การสะท้อนพลังงานของการใช้ที่ดินประเภทนั้นๆ เพื่อคำนวณค่าสถิติเฉพาะของรายละเอียดประเภทนั้น เช่น ถ้าต้องการเลือกพื้นที่ตัวอย่างในการจำแนกพื้นที่น้ำ แต่ในข้อมูลมีลักษณะการสะท้อนแสงของน้ำและน้ำที่มีตะกอน จะต้องเลือกจุดภาพที่เป็นพื้นที่ตัวอย่างจากบริเวณทั้งสอง นอกจากนี้ เพื่อความน่าเชื่อถือทางสถิติ จำนวน จุดภาพของพื้นที่ตัวอย่าง ที่ใช้เป็นตัวแทนของประเภทการใช้ที่ดินหนึ่งๆ ควรจะมีจำนวนตั้งแต่ ๑๐ - ๑๐๐ จุดภาพ ต่อ ๑ ช่วงคลื่น (แถบความถี่) ที่ใช้ในการจำแนก ทั้งนี้ยังจำนวนจุดภาพมากขึ้นก็จะเป็นตัวแทนทางสถิติที่ดีของพื้นที่ตัวอย่างในแต่ละประเภท และควรที่จะเลือกบริเวณที่เป็นพื้นที่ตัวอย่างให้กระจายทั่วทั้งบริเวณ การเลือกบริเวณตัวอย่าง ๒๐ แห่ง แต่ละแห่งมีจำนวน ๔๐ จุดภาพ จะได้ตัวแทนที่ดีกว่าที่จะเลือกเพียง ๑ แห่ง แต่มี ๘๐๐ จุดภาพ

• การจำแนกประเภท (Classification Stage) วิธีการจำแนกประเภทข้อมูล (Classifier) แบบ Supervised ที่นิยมใช้คือ

- Minimum Distance to Means Classifier การจำแนกประเภทข้อมูล โดยพิจารณาค่าสะท้อนช่วงคลื่นของแต่ละจุดภาพว่ามีความห่างน้อยที่สุดจากค่าจุดศูนย์กลาง (ค่าเฉลี่ย) ของข้อมูลตัวอย่าง ในแต่ละประเภทข้อมูล ในการจำแนกประเภทแบบ Minimum Distance to Means ในขั้นแรก ค่าเฉลี่ย (mean) ของ แต่ละประเภทข้อมูลตัวอย่างในแต่ละแถบความถี่จะถูกคำนวณเพื่อที่จะกำหนด Mean Vector ของข้อมูลตัวอย่างแต่ละประเภท

- Maximum Likelihood Classification การจำแนกประเภทข้อมูลโดยพิจารณาค่า Mean Vector ของข้อมูลแต่ละประเภท รวมทั้ง Covariance Matrix โดยตั้งสมมุติฐานว่าแต่ละประเภทข้อมูลที่มีการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) แล้วคำนวณค่าความน่าจะเป็น (Probability) ของแต่ละจุดภาพว่าถูกจำแนกในประเภทข้อมูลใด โดยทั่วไปวิธีนี้ให้ความถูกต้องมากที่สุดและใช้เวลาคอมพิวเตอร์มากด้วย รายละเอียดสามารถค้นคว้าได้จากเอกสารอ้างอิง

๒) การจำแนกประเภทแบบไม่กำกับ (Unsupervised Classification) คอมพิวเตอร์ จะทำการวิเคราะห์และจำแนกข้อมูลออกเป็นกลุ่ม (Cluster) ตามลักษณะการรวมกลุ่มเชิงคลื่น (Spectral Grouping) ของข้อมูล จากหลักที่ว่าลักษณะเชิงคลื่นของชั้นข้อมูลประเภทเดียวกันจะต้องมีการรวมกลุ่มที่ใกล้เคียงกันในระยะที่ใช้อ้างอิงและแยกจากกัน สำหรับชั้นข้อมูลที่ต่างกัน จำนวนกลุ่ม (Cluster) ที่แยกออกมาเป็นเพียงชั้นข้อมูลเชิงคลื่น (Spectral Class) ที่แบ่งออกตามกลุ่มค่าการสะท้อนแสงที่บันทึกไว้ของแต่ละช่วงคลื่น (จำนวนแถบความถี่) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ หลังจากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบชั้นข้อมูลที่จำแนกได้กับ ลักษณะพื้นที่จริงในภูมิประเทศจากข้อมูลอ้างอิง เพื่อจำแนกออกเป็นรายละเอียดทางพื้นที่จริงแต่ละประเภท

ดาวเทียม Suomi NPP

เป็นระยะเวลากว่า ๑๖ ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. ๒๐๑๒ มีการใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม Terra และ Aqua ขององค์การนาซ่า ในระบบเซ็นเซอร์ Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer หรือที่รู้จักกันในชื่อ MODIS ซึ่งเป็นการติดตามการเกิดจุดความร้อนบนพื้นผิวโลกแบบรายวัน แต่ตั้งแต่ปี ๒๐๑๒ เป็นต้นมา ได้มีเครื่องมือชื่อว่า Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) เป็นระบบเซ็นเซอร์บนดาวเทียมชื่อ Suomi National Polar orbiting Partnership (NPP) ถูกส่งขึ้นไปเมื่อวันที่ ๒๘ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๕๔ (๒๐๑๑) ซึ่งพัฒนามาจาก (Predecessor Instrument are) Moderate resolution

Imaging Spectroradiometer (MODIS), Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR), the Defense Meteorological Satellite Program (DMSP)-Operational Line Scan (OLS), European Organization for the Exploitation of Meteorological Satellites (EUMETSAT) และ SeaStar OrbView-๒ Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS) ทำให้การติดตามสถานการณ์บนพื้นผิวโลกได้ดีมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะการติดตามการเกิดจุดความร้อน (Hotspot/fire) ข้อมูลจุดความร้อน (Hotspots) เป็นข้อมูลที่ได้จากการสำรวจด้วยดาวเทียม ที่ให้ค่าพิกัดตำแหน่งของจุดที่พบว่ามีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณโดยรอบและคาดว่าน่าจะมีการเผาไหม้เกิดขึ้น มีข้อดีที่สามารถให้ข้อมูลการเผาไหม้ในช่วงเวลาใกล้เคียงสภาพจริง (near-real-time) โดยการรายงานในแต่ละวันอาจมีเวลาลากเคลื่อนแตกต่างกัน แหล่งข้อมูลที่สำคัญ คือ ดาวเทียม Terra/Aqua MODIS (ขนาดจุดภาพ ๑,๐๐๐ เมตร), ดาวเทียม SUOMI NPP (ขนาดจุดภาพ ๓๗๕ เมตร) และ NOAA๑๙(ขนาดจุดภาพ ๑,๐๐๐ เมตร) ขนาดจุดภาพที่แตกต่างกันทำให้ดาวเทียมตรวจจับจุดความร้อนได้จำนวนแตกต่างกัน โดยดาวเทียม SUOMI NPP สามารถตรวจจับจำนวนจุดความร้อนได้มากที่สุด ข้อมูลจุดความร้อนจากทั้งสามแหล่งให้รายละเอียดเพียงตำแหน่งพิกัดของจุดที่ตรวจพบ เมื่อนำมาสร้างเป็นแผนที่ที่สามารถแสดงการกระจายตัวของจุดที่มีการเผาไหม้ และเมื่อนำไปซ้อนทับกับแผนที่การใช้ที่ดิน เขตปกครอง เขตป่าสงวนแห่งชาติ เขตพื้นที่อนุรักษ์ (อุทยานแห่งชาติและเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า) สามารถวิเคราะห์พื้นที่ที่เผาไหม้ตามสภาพการใช้ที่ดิน เขตปกครอง ชนิดป่าไม้ และพื้นที่ป่าไม้ตามกฎหมาย จึงมีประโยชน์อย่างมากในการติดตามการเผาไหม้ในพื้นที่ต่างๆ การชี้เป้าหมายจุดที่เกิดไฟไหม้เพื่อให้สามารถดับไฟก่อนจะลุกลามเป็นไฟขนาดใหญ่ที่สร้างปัญหาหมอกควัน

Resolution (เรโซลูชัน) คือความละเอียดของภาพ ทาง remote sensing หมายถึงขนาดของ pixel (พิกเซล) ของเซ็นเซอร์ Pixel (พิกเซล) คือขนาดกายภาพที่เล็กที่สุดที่ sensor (เครื่องวัด) จะจับภาพได้ ทั้งนี้หมายถึง spatial resolution (ความละเอียดทางกายภาพ) ไม่ใช่ Spectral (Radiation) resolution (ความละเอียดและคุณสมบัติของค่าสะท้อนของแสง) ที่รายละเอียดมากกว่าและสามารถจับคุณสมบัติต่างๆที่เล็กกว่าขนาดของพิกเซลมาก เช่น Thermal band ของ MODIS ตรวจจับค่าความร้อนที่ผิดปกติได้ที่ ๕๐ x ๕๐ ตารางเมตร (Giglio, L., et al., ๒๐๐๓) ๑๐ x ๑๐ ตารางเมตร (จาก field validation ส่วนควบคุมไฟป่า ๒๐๐๘) ส่วนของ VIIRS จับได้ที่ ๒ x ๒ ตารางเมตร

ข้อเด่นของ ดาวเทียม Suomi NPP

- ผ่านเส้นศูนย์สูตร ราวๆ บ่ายโมงครึ่ง และ ตีหนึ่งครึ่ง ผ่านประเทศไทย บ่าย ๒ รอบ หลังเที่ยงคืน ๒ รอบ
- ถ่ายภาพกว้าง ๓,๐๕๐ กิโลเมตร ถ่ายทั้งโลกภายใน ๑๒ ชม.
- มี ๓๗๕ เมตร ๕ แบน high resolution Imagery channels (I bands), และ ๗๕๐ เมตร ๑๖ moderate resolution channels (M-bands) and a Day/Night Band (DNB).
- ไม่มีช่องว่างของข้อมูลอีกต่อไป
- ลบข้อมูลส่วนเกิดเวลาบันทึกเป็นผลให้ข้อมูลซ้ำซ้อนน้อยลง
- ออกแบบให้ทำงานได้นานกว่าปกติ ๒ เท่า
- มี band ที่ได้ออกแบบมาเพื่อตรวจจับไฟโดยเฉพาะ

- ขนาด pixels จะเท่ากันทั่วภาพ ไม่บานออกเหมือน MODIS ๑๐.มี Bowtie effect น้อยลง ลบก่อน downlink

- มี Bands ที่จับความร้อน อยู่ที่ ๓๗๕ เมตร และ ๗๕๐ เมตร ทำให้ตรวจหาไฟ ได้ดีกว่า อย่างน้อย ๓ เท่าตามรายละเอียดทางกายภาพ spatial resolution <https://earthdata.nasa.gov/earth-observation-data/near-real-time/firms/viirs-i-band-active-fire-data>

ข้อดีของ ดาวเทียม Suomi NPP

- ข้อมูลพิกัด hotspot ยังไม่มีการสรุปความถูกต้องจากการตรวจสอบภาพพื้นดิน

- VIIRS ตรวจวัดไฟได้ดีกว่า MODIS อย่างน้อย ๓-๔ เท่า ฉะนั้น จำนวน active fire hotspots (มีใช้ใช้แค่คำว่า hotspot เท่านั้นต้อง เปลี่ยนเป็น fire hotspot active fire product active หรือ fire hotspot) ที่เจอจะมากกว่า MODIS เป็นเงาตามตัว กำนับจำนวนมาเปรียบเทียบจึงไม่สามารถทำได้ โดยจะต้องทำการศึกษาและความ เข้าใจ

- VIIRS จะเจอไฟเป็นแบบ fire front มีหลายๆจุดเรียงกันเป็นแนวไฟ ซึ่ง อาจจะนับเป็นไฟ เพียงหนึ่งจุดของ MODIS ก็ได้ ซึ่งสามารถให้รายละเอียด ในการปฏิบัติงานได้มากกว่า การทำแผนที่ไฟจะ ถูกต้องและมีรายละเอียดมากกว่า อีกทั้งสามารถดูอัตราและลักษณะการขยายตัวของไฟได้

- การใช้ข้อมูลจากดาวเทียมพึงให้คิดอยู่ในใจเสมอว่า ดาวเทียมที่เราใช้นั้น เป็นชนิดที่บิน ผ่านบริเวณต่างๆเพียงแค่เสี้ยววินาทีมีได้อยู่กับที่ (ตัวที่อยู่กับที่มี ความละเอียดไม่ถึง ต้องเป็นไฟที่ใหญ่ พอสมควร) จึงไม่สามารถที่จะตรวจจับ ไฟที่เกิดขึ้นทั้งหมดได้ สามารถตรวจจับได้แค่ ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง เท่านั้น อีกทั้งข้อมูลจากดาวเทียมมีใช้ค่าตอบสุดท้าย เพียงแต่เป็นข้อมูลประกอบการ ตัดสินใจเท่านั้น

- มีปัญหาเดิม คือถ้ามีเมฆบัง คว้นหนามาก หรือใต้เรือนยอดที่มีใบไม้มาก จะไม่สามารถ ตรวจจับไฟได้

เอกสารอ้างอิง

- ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย. ๒๕๖๑. ภาพที่ ๑ การทำงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่มา : <http://www.gisthai.org/about-gis/electromagnetic.html>. ๒๕๖๑
- ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย. ๒๕๖๑. ภาพที่ ๒ ช่วงความยาวคลื่นของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (ที่มา : <http://www.gisthai.org/about-gis/electromagnetic.html>)
- ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย. ๒๕๖๑. ภาพที่ ๓ ลักษณะการสะท้อนแสงระหว่างวัตถุต่างชนิดกัน (ที่มา : <http://www.gisthai.org/about-gis/electromagnetic.html>)
- ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย. ๒๕๖๑. ภาพที่ ๔ วงโคจรแบบค้างฟ้า (ที่มา : <http://www.gisthai.org/about-gis/platform.html>)
- ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย. ๒๕๖๑. ภาพที่ ๕ วงโคจรแบบใกล้แกนหมุนของโลก (ที่มา : <http://www.gisthai.org/about-gis/platform.html>)
- สืบพงษ์ พงษ์สวัสดิ์. ๒๕๕๐. เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศคืออะไร. ภาควิชาเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น.
- อุทัย สุขสิงห์. ๒๕๔๘. การจัดการระบบฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ด้วยโปรแกรม Arcview ๓.๒a - ๓.๓. หน้า ๒๓
- Giglio, L., et al., ๒๐๐๓. An Enhanced Contextual Fire Detection Algorithm for MODIS. University of Maryland Department of Geography, College Park, MD, USA