

บทที่ 1 ความหมาย คำจำกัดความ และแนวคิดพื้นฐานของการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล

1.1 บทนำ

วิชาภูมิศาสตร์เป็นวิชาที่เกี่ยวข้องทั้งวิทยาศาสตร์กายภาพ และวิทยาศาสตร์มนุษย์และสังคม ข้อมูลที่นำมาใช้ในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ของทั้งสองด้านนั้นได้มาจากวิธีการหลายรูปแบบ และเนื่องจากวิชาภูมิศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับพื้นที่ ดังนั้นแผนที่จึงเป็นเครื่องมือและข้อมูลหลักในการอธิบายความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ในพื้นที่ เมื่อวิทยาการและเทคโนโลยีก้าวหน้ามากขึ้นได้มีการนำภาพถ่ายทางอากาศมาใช้ในการผลิตแผนที่ ทำให้ได้ข้อมูลและรายละเอียดในพื้นที่รวดเร็วขึ้นกว่าการเดินทางสำรวจแบบดั้งเดิม ดังนั้นในระยะเริ่มต้นภาพถ่ายทางอากาศจึงถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สำคัญทางด้านภูมิศาสตร์ จนกระทั่งปัจจุบันวิวัฒนาการในการสำรวจพื้นที่โลกได้ก้าวหน้าไปมาก มีการพัฒนาเพื่อใช้ดาวเทียมสำรวจพื้นที่โลกซึ่งครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้างและให้รายละเอียดในระดับสูง อีกทั้งประสิทธิภาพในการบันทึกข้อมูลในแถบช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สายตามนุษย์มองไม่เห็นหรือใช้ฟิล์มธรรมดาบันทึกภาพไม่ได้ เช่น ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near infrared) อินฟราเรดความร้อน (Thermal infrared) หรือ ไมโครเวฟ (Microwave) เป็นต้น จึงทำให้ได้ข้อมูลที่ยังไม่เคยทราบมาก่อนและมีประโยชน์ในการนำมาใช้วางแผนและแก้ปัญหาต่างๆ ได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง และทันเหตุการณ์มากยิ่งขึ้น ด้วยเหตุนี้ข้อมูลที่เป็นภาพจากดาวเทียมจึงถูกนำมาใช้ในด้านภูมิศาสตร์อย่างแพร่หลาย ทั้งในด้านภูมิศาสตร์กายภาพและภูมิศาสตร์มนุษย์ ความได้เปรียบของภาพถ่ายจากดาวเทียมทำให้เกิดประโยชน์ต่อวิชาภูมิศาสตร์เป็นอย่างยิ่ง คือ การที่ภาพคลุมพื้นที่บริเวณกว้างทำให้เห็นและเข้าใจภูมิสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ในพื้นที่ได้เป็นบริเวณกว้างยิ่งขึ้น ซึ่งก่อนหน้านี้ทำได้ยากต้องอาศัยจินตนาการของนักภูมิศาสตร์เป็นอย่างมาก (ประเสริฐ, มปป.) ในปัจจุบันรีโมทเซนซิงหรือการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล จึงเป็นวิชาหนึ่งที่สอนกันอย่างแพร่หลายในหลายหลักสูตร รวมทั้งเป็นรายวิชาบังคับในหลักสูตรภูมิศาสตร์ของหลายมหาวิทยาลัย

1.2 คำจำกัดความและความหมายของรีโมทเซนซิง

“รีโมทเซนซิง” (Remote Sensing) เป็นศัพท์วิชาการ ที่ใช้ครั้งแรกในประเทศสหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ. 1960 ซึ่งมีความหมายรวมถึงการทำแผนที่ การแปลภาพถ่าย ธรณีวิทยาเชิงภาพถ่าย และศาสตร์สาขาอื่นๆ อีกมากมาย ดังนั้นคำจำกัดความของรีโมทเซนซิงในช่วงปี ค.ศ. 1960 คือ “การใช้พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า” (Electromagnetic radiation) ในการบันทึกภาพสิ่งที่อยู่โดยรอบ ซึ่งสามารถนำภาพมาทำการแปลตีความ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์” (สมพร, 2543) และหลังจากปี ค.ศ. 1960 เป็นต้นมา การใช้คำรีโมทเซนซิงเริ่มแพร่หลายมากขึ้นตามความแตกต่างของลักษณะวิชาที่เกี่ยวข้อง นับตั้งแต่ได้มีการส่งดาวเทียม LANDSAT-1 ซึ่งเป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติดวงแรกขึ้นในปี ค.ศ. 1972 ทำให้เทคโนโลยีภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial Photograph) และภาพถ่ายดาวเทียม (Satellite imagery) ตลอดจนถึงเทคโนโลยีต่างๆ ที่เกี่ยวกับการได้มาซึ่งข้อมูลจากตัวรับสัญญาณระยะไกลถูกเรียกรวมกัน ว่าเป็นเทคโนโลยีรีโมทเซนซิง สำหรับคำจำกัดความของรีโมทเซนซิงมีผู้บัญญัติศัพท์ไว้ในระยะต่อมาหลากหลายมากขึ้น อย่างไรก็ตามคำจำกัดความเหล่านั้นได้แสดงถึงแนวคิดพื้นฐานของรีโมทเซนซิง ดังนี้

การสำรวจข้อมูลจากระยะไกล หรือ รีโมทเซนซิง (Remote sensing) เป็นวิทยาศาสตร์ ศิลปะ และเทคโนโลยีแขนงหนึ่งของการได้รับข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่ หรือปรากฏการณ์จากอุปกรณ์บันทึกข้อมูล (Remote sensor) โดยมิได้สัมผัสกับวัตถุหรือพื้นที่เป้าหมาย ทั้งนี้อาศัยคลื่นแสงที่เป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อในการได้มาซึ่งข้อมูลที่แสดงคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าใน 3 ลักษณะ คือ ช่วงคลื่น (Spectral) รูปทรงพื้นฐานของวัตถุบนพื้นผิวโลก (Spatial) และการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (Temporal) โดยข้อมูลที่ได้รับถูกนำมาจัดการ ทำการวิเคราะห์ และแปลตีความหมายของข้อมูล เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่สามารถนำมาใช้ตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้

คุณลักษณะของวัตถุทั้ง 3 ลักษณะ คือ ช่วงคลื่น (Spectral) รูปทรงสัณฐานของวัตถุบนพื้นผิวโลก (Spatial) และการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (Temporal) สามารถหาได้จากลักษณะของการสะท้อนหรือการแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าจากวัตถุหรือพื้นที่เป้าหมายนั้นๆ โดย “วัตถุแต่ละชนิดจะมีลักษณะการสะท้อนแสงหรือการแผ่รังสีที่เฉพาะตัวและแตกต่างกันไปในแต่ละช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกัน”

อนึ่งคำว่า รีโมทเซนซิง อาจจำกัดความให้กระชับขึ้น ซึ่งหมายถึง วิธีการใช้พลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (คลื่นแสง คลื่นความร้อน และคลื่นวิทยุ) สำหรับตรวจวัดคุณลักษณะเฉพาะของเป้าหมายที่ต้องการ โดยไม่มีการสัมผัสโดยตรงระหว่างอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัดกับเป้าหมายที่ถูกตรวจวัด แล้วทำการบันทึกข้อมูลเก็บไว้หรือส่งผ่านไปยังเครื่องประมวลผล ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของภาพถ่ายทางอากาศ หรือภาพถ่ายดาวเทียม (วิรัตน์, 2546)

ดังนั้นการสำรวจจากระยะไกลจึงเป็นทั้งวิทยาศาสตร์ ศิลปะ และ เทคโนโลยี ที่เกี่ยวข้องกับการบันทึกข้อมูลด้วยเครื่องมือที่ใช้วัดค่าพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนหรือแผ่ออกจากวัตถุ (Sensor) เช่น กล้องถ่ายรูป (Camera) หรือ เครื่องกวาดภาพหลายช่วงคลื่น (Multispectral scanner) ที่ถูกติดตั้งบนยานพาหนะหรือยานสำรวจ (Platform) เช่น เครื่องบิน หรือ ดาวเทียม หลังจากนั้นข้อมูลที่บันทึกจะถูกนำมาแปลตีความ จำแนก และวิเคราะห์ เพื่อให้เข้าใจถึงวัตถุและสภาพแวดล้อมต่างๆ จากลักษณะเฉพาะตัวของการสะท้อนแสงหรือแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า อย่างไรก็ตามตัวกลางอื่นๆ เช่น ความโน้มถ่วง คลื่นเสียง หรือสนามแม่เหล็ก ก็อาจนำมาใช้ในศาสตร์ของการสำรวจจากระยะไกลได้เช่นกัน

1.3 ข้อมูลด้านภูมิศาสตร์จากรีโมทเซนซิง

ภูมิศาสตร์สนใจเรื่องพื้นที่และการกระจายของสิ่งต่างๆ บนพื้นที่ รูปแบบของการจัดระเบียบบนพื้นที่ ความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ บนพื้นที่ที่สัมพันธ์กับเวลา ซึ่งการที่จะเข้าใจมองเห็นสภาพสิ่งเหล่านั้นทำได้หลายระดับ ตั้งแต่ระดับพื้นที่แคบๆ ไปจนถึงมุมพื้นที่กว้างขวาง แต่ในการมองหาข้อสรุปที่อาจนำมาเป็นสมมติฐานหรือทฤษฎีได้นั้น จำเป็นต้องมองจากพื้นที่กว้าง ดังนั้นภาพจากดาวเทียมสามารถให้คำตอบในข้อนี้ได้ดี (ประเสริฐ, มปป) เพราะแต่ละภาพคลุมพื้นที่ได้กว้างขวาง เช่น ภาพจากดาวเทียม LANDSAT ครอบคลุมพื้นที่ 184 x 175 ตารางกิโลเมตร หรือภาพจากดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา สามารถบันทึกภาพได้ทั้งภูมิภาคเป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถนำภาพบริเวณข้างเคียงมาต่อเข้าด้วยกันให้ครอบคลุมบริเวณกว้างมากขึ้น หรือเรียกว่าการทำ “โมเสค” (Mosaic) เพื่อให้คลุมบริเวณกว้างได้ยิ่งขึ้นและยังให้รายละเอียดได้ดีกว่าแผนที่

ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ที่ได้จากการแปลตีความภาพถ่ายดาวเทียม สามารถจำแนกได้เป็นสองประเภทหลัก คือ (1) ข้อมูลด้านกายภาพ และ (2) ข้อมูลด้านมนุษย์ (ประเสริฐ, มปป)

- 1) **ข้อมูลด้านกายภาพ** ได้แก่ ลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งประกอบด้วยที่ราบในลักษณะต่างๆ เช่น ลันหา ทิวเขา หน้าผา รอยหัก รอยเลื่อน, ลักษณะโครงสร้างของหิน รูปทรงของหินทราย หินปูน หินอัคนี, หรือการจำแนกระบบการระบายน้ำ เช่น ระบบการระบายน้ำแบบเกลียวเชือก รูปร่างโค้งตัวต กุด รอยกุด, การจำแนกประเภทของแหล่งน้ำ เช่น หนองบึง อ่างเก็บน้ำ, การจำแนกลักษณะดิน เช่น บริเวณดินตะกอน ดินพังทลาย, การจำแนกลักษณะชายฝั่ง เช่น ชายฝั่งยุบจม ชายฝั่งงอกยื่น ลันทรายที่เกิดขึ้นชายฝั่ง ลันดอนชายฝั่ง ชายหาด เกาะแก่งต่างๆ, การจำแนกประเภทของป่าไม้ เช่น ป่าไม่ผลัดใบ ป่าผลัดใบ ป่าดงดิบ ป่าดงดิบแล้ง เป็นต้น
- 2) **ข้อมูลด้านมนุษย์** เนื่องจากดาวเทียมที่ใช้ในการสำรวจทรัพยากรพื้นโลกสามารถโคจรกลับมาบันทึกข้อมูลในที่เดิม เช่น ดาวเทียม LANDSAT จะกลับมาบันทึกข้อมูลบริเวณพื้นที่เดิมทุก 16 วัน หรือดาวเทียม TERRA มีความถี่

ในการกลับมาบันทึกข้อมูลบริเวณเดิมเกือบทุกวัน (Near daily frequency of pass) ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงบนพื้นโลกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์สามารถถูกตรวจพบได้อย่างทันเหตุการณ์จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ตัวอย่าง เช่น การเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจตามฤดูกาล ซึ่งข้อมูลจากดาวเทียมสามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อประเมินผลผลิตของพื้นที่เพาะปลูกได้ หรือ การบันทึกข้อมูลจากดาวเทียมในหลายช่วงระยะเวลาสามารถนำมาติดตามตรวจสอบการขยายตัวของชุมชนเมือง เพื่อศึกษาถึงแนวโน้มการขยายตัวของชุมชนเมืองได้ โดยลักษณะการเปลี่ยนแปลงจากกิจกรรมประเภทต่างๆ ของมนุษย์ สามารถเห็นได้ชัดเจนในภาพถ่ายจากดาวเทียม

ในปัจจุบันเทคโนโลยีรีโมทเซนซิงได้รับการพัฒนาให้ก้าวหน้าโดยมีการประดิษฐ์คิดค้นอุปกรณ์รับสัญญาณที่มีประสิทธิภาพสูง เทคนิคที่นำมาใช้ในการแปลตีความก็ได้รับการพัฒนาควบคู่กันไปให้มีความถูกต้อง แม่นยำ และรวดเร็วยิ่งขึ้น จึงพบว่ามี การนำข้อมูลทั้งภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial photograph) ภาพถ่ายจากดาวเทียม (Satellite image) และสารสนเทศเชิงพื้นที่ (Spatial information) มาใช้ประโยชน์ในทางภูมิศาสตร์อย่างกว้างขวางในปัจจุบัน

1.4 พื้นฐานของการสำรวจจากระยะไกล

พื้นฐานความรู้เกี่ยวกับ “การสำรวจจากระยะไกล (Remote sensing) โดยไม่ใช้การมองเห็นจากสายตามนุษย์นั้นสามารถจำแนกได้ 4 วิธีด้วยกัน คือ

- 1) ระบบวิทยุ (Radiometer) เป็นความถี่ที่ต่างกันของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเป็นพลังงานจากดวงอาทิตย์ โดยระบบนี้เป็นระบบที่ตรวจวัดค่าพลังงานตั้งแต่ช่วงคลื่นแสงสว่างที่ตามนุษย์มองเห็นจนถึงคลื่นไมโครเวฟ สำหรับระบบนี้เป็นระบบรีโมทเซนซิงที่นำมาใช้ทางด้านภูมิศาสตร์
- 2) ระบบเสียง (Audiometer) เป็นความถี่ที่ต่างกันของคลื่นเสียง ใช้ในการหึงความลึกของพื้นมหาสมุทร หรือรู้จักกันในระบบโซนาร์ (Zonar) และอัลตราซาวด์ (Ultra sound)
- 3) ระบบแม่เหล็ก (Magnetometer) เป็นความเข้มของสนามแม่เหล็กที่ต่างกัน เช่น การวัดความเข้มของทิศทางเหนือใต้ของสนามแม่เหล็กในชั้นหินของเปลือกโลก เป็นต้น
- 4) ระบบโน้มถ่วง (Gravimeter) เป็นการเปลี่ยนแปลงอัตราความเร่งของแรงโน้มถ่วงเกิดขึ้นในชั้นหินที่แตกต่างกัน ใช้ในการค้นหา ปิโตรเลียม และแหล่งแร่ สำหรับดาวเทียมใช้ระบบนี้เพื่อวัดความกลมแป้นของโลก เป็นต้น

1.4.1 พื้นฐานของรีโมทเซนซิงด้านภูมิศาสตร์

รีโมทเซนซิงที่นำมาใช้ด้านภูมิศาสตร์เป็นระบบวิทยุหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อสร้างเป็นข้อมูลภาพ (Image data) โดยอาศัยการเคลื่อนที่ของพลังงานจากดวงอาทิตย์ (Solar energy) มาถึงโลกในลักษณะคลื่นแสงหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความเร็วเท่าความเร็วของแสง คือ 299,792.458 กิโลเมตร/วินาที หรือประมาณ 3×10^8 เมตร /วินาที และมีขนาดช่วงคลื่นที่แตกต่างกัน โดยที่ช่วงคลื่นที่กว้างเรียกว่า “ความถี่ต่ำ” (Low frequency) หรือ “คลื่นยาว” (Long waves) ช่วงคลื่นที่แคบเรียกว่า “ความถี่สูง” (High frequency) หรือ “คลื่นสั้น” (Short waves) รอบของแต่ละช่วงคลื่น เรียกว่า ไซเคิล (Cycle) จำนวนไซเคิลต่อวินาทีเรียกว่าเฮิร์ต (Hertz) 1 ล้านไซเคิลต่อวินาที เรียกว่า เมกะเฮิร์ตซ์ (Megahertz: MHz) สำหรับความยาวช่วงคลื่นมีหน่วยวัดเป็นอังสตรอม (Angstroms) ไมโครมิเตอร์ (Micrometer) หรือไมครอน (Micron; μm) เซนติเมตร (Centimeter) และเมตร (Meter)

นอกจากดวงอาทิตย์ที่เป็นแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล สมพร สง่าวงศ์ (2543) กล่าวว่า พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทหลัก คือ

1) พลังงานธรรมชาติ (Natural electromagnetic energy)

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าตามธรรมชาติที่สำคัญในด้านการสำรวจจากระยะไกล โดยพลังงานจากแสงอาทิตย์มีลักษณะเป็นคลื่นที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกันออกไป เรียกว่า “แถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า” (Electromagnetic spectrum) ประกอบด้วยช่วงคลื่นที่สั้นที่สุด คือ รังสีคอสมิก (Cosmic rays) ซึ่งมีความยาว 10^{-12} เมตร ไปจนถึงช่วงคลื่นยาวที่สุด คือ คลื่นวิทยุและโทรทัศน์ (Radio and television wave) ซึ่งมีความยาวมากกว่า 1 กิโลเมตรขึ้นไป ช่วงคลื่นที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการสำรวจจากระยะไกลเป็นช่วงคลื่นที่ไม่ถูกดูดกลืนทั้งหมดโดยบรรยากาศชั้นบนและสามารถทะลุผ่านชั้นบรรยากาศของโลกมาตกกระทบกับวัตถุบนพื้นโลก ได้แก่ ช่วงคลื่น Photographic Ultraviolet ช่วงคลื่นแสงสีขาวย หรือช่วงคลื่นที่มองเห็นได้ (Visible rays) ช่วงคลื่นอินฟราเรด (Infrared rays) โดยระบบการสำรวจจากระยะไกลในช่วงคลื่นดังกล่าวเรียกว่า “Passive remote sensing”

2) พลังงานที่มนุษย์สร้างขึ้น (Man-made electromagnetic energy)

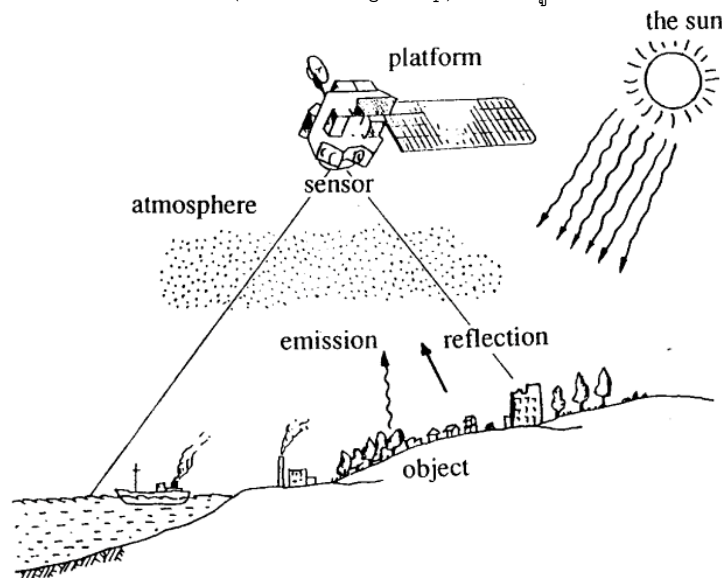
พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่มนุษย์สร้างขึ้นอยู่ในย่านช่วงคลื่นไมโครเวฟ (Microwave) ที่ถูกใช้ในระบบ RADAR (Radio Detector and Ranging) ซึ่งเป็นระบบที่สร้างพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าและส่งผ่านไปยังวัตถุบนพื้นผิวโลกที่ต้องการสำรวจ โดยเกี่ยวข้องกับเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากอุปกรณ์สร้างพลังงานไปสัมผัสกับวัตถุเป้าหมายและกระจายกลับมายังอุปกรณ์บันทึกข้อมูล ระบบการสำรวจจากระยะไกลลักษณะนี้เรียกว่า “Active remote sensing”

1.4.2 กระบวนการของการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล

กระบวนการของการสำรวจจากระยะไกลประกอบด้วย 2 กระบวนการหลัก (ภาพที่ 1.1 และ ภาพที่ 1.2) คือ การศึกษาเกี่ยวกับระบบการรับหรือการเก็บข้อมูล (Data Acquisition) และการศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ (Data Analysis) หรือ การใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่บันทึกไว้ โดยทั้งสองกระบวนการมีองค์ประกอบ ดังนี้

- 1) ระบบการรับข้อมูล (Data Acquisition) เป็นกระบวนการที่ได้มาซึ่งข้อมูลจากระยะไกล โดยเกิดจากองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้
 - (1) แหล่งพลังงานและการแผ่รังสี (Energy Sources and Radiation) ที่ทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งมีทั้งแหล่งพลังงานตามธรรมชาติ (ดวงอาทิตย์) และ แหล่งพลังงานที่มนุษย์สร้างขึ้นมา (ระบบ RADAR หรือ ระบบ SONAR)
 - (2) การถ่ายทอดพลังงานในชั้นบรรยากาศ (Propagation of Energy through the Atmosphere) เป็นปฏิสัมพันธ์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับชั้นบรรยากาศที่เป็นข้อจำกัดในบางช่วงคลื่นที่ไม่สามารถส่งผ่านมาจนถึงพื้นผิวโลกได้ทั้งหมด เพราะถูกดูดกลืนในชั้นบรรยากาศได้ทั้งหมด เช่น รังสีในย่านอุตราไวโอเลต (Ultraviolet) ถูกดูดกลืนโดยโอโซน (Ozone: O_3) ในบรรยากาศชั้นโอโซนสเฟียร์

- (3) ปฏิสัมพันธ์ของพลังงานกับพื้นผิวโลก (Energy Interaction with Earth Surface Features) เป็นลักษณะของวัตถุต่างชนิดที่มีการสะท้อน การดูดซับ การส่งผ่าน การแผ่รังสี และการกระจายกลับ ของพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงคลื่นและช่วงเวลา ซึ่งลักษณะดังกล่าวเป็นประโยชน์ต่อการนำมาแยกแยะวัตถุบนพื้นผิวโลกที่แสดงคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แตกต่างกัน
- (4) อุปกรณ์บันทึกข้อมูล (Airborne and/or Spaceborne Sensor) เป็นเครื่องมือที่รับและบันทึกสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อน (Reflection) แผ่รังสีความร้อน (Emission) หรือการกระจายกลับ (Backscatter) จากวัตถุเป้าหมาย แล้วส่งกลับมายังสถานีรับบนพื้นโลก และแปลงสัญญาณนั้นเป็นข้อมูลเชิงเลข (Digital data) หรือ ข้อมูลภาพ (Image data) ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำมาปรับแก้ขั้นต้นเพื่อลดหรือขจัดความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิต และความบกพร่องของสัญญาณที่ได้รับ ณ สถานีรับสัญญาณก่อนที่จะนำข้อมูลภาพไปเผยแพร่สู่ผู้ใช้งานต่อไป
- (5) ผลลัพธ์ข้อมูลในรูปแบบข้อมูลภาพหรือข้อมูลเชิงเลข (Sensor Data in Pictorial and/or Digital Form) เป็นผลผลิตของข้อมูลที่จะเผยแพร่หรือจำหน่าย ซึ่งมีทั้งอยู่ในรูปข้อมูลเชิงเลข (Soft copy) ซึ่งนำมาใช้ร่วมกับระบบคอมพิวเตอร์ และข้อมูลภาพกระดาษ (Hard copy) ที่อาจอยู่ในรูปแบบแผนที่ภาพถ่ายจากดาวเทียม (Satellite image map) หรือ ข้อมูลแผ่นภาพพิมพ์ในมาตราส่วนต่าง ๆ

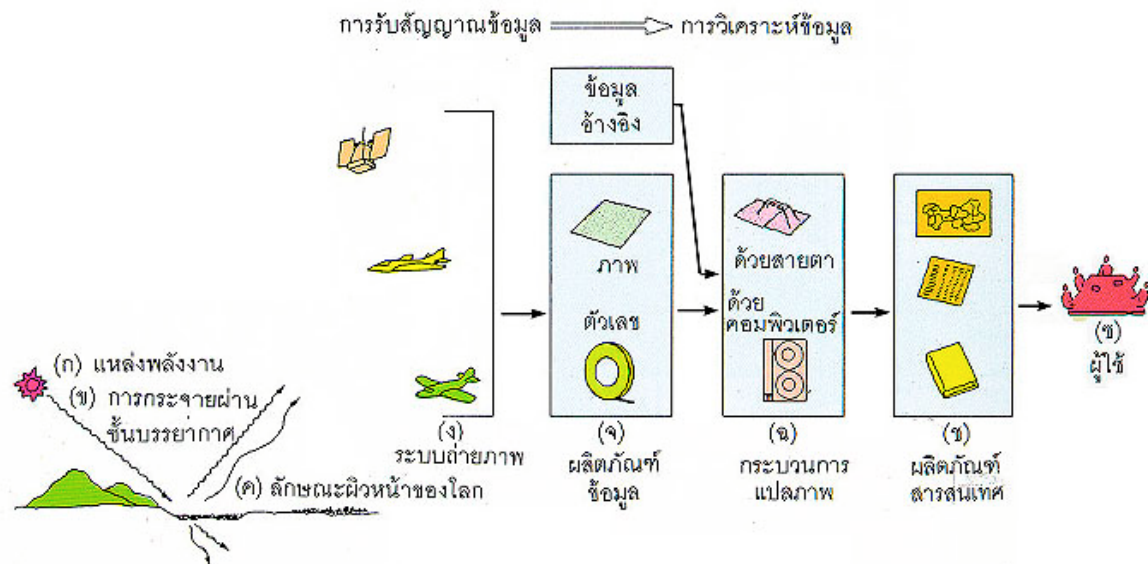


ภาพที่ 1.1 การเก็บข้อมูลโดยการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล (JARS, 1993)

2) ระบบการวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

- (1) การแปลตีความภาพด้วยสายตาหรือการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ (Visual Interpretation and Data Computer Analysis) เป็นการแปลตีความหรือใช้คอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพจากดาวเทียม เพื่อสกัดข้อมูลหรือสิ่งที่ต้องการตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน
- (2) ผลลัพธ์สารสนเทศ (Information Product) เป็นผลผลิตที่ได้จากการแปลตีความหรือการวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของผลผลิตที่ได้นั้น ก่อนนำไปใช้งาน โดยทำการเปรียบเทียบกับสภาพจริงหรือข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้ โดยวิธีทางสถิติ

- (3) ผู้ใช้ (User) เป็นผู้ที่นำผลิตภัณฑ์สารสนเทศที่อยู่ในรูปข้อมูลภาพหรือข้อมูลเชิงเลข ไปประยุกต์ใช้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ อาทิ เช่น ผลการแปลตีความการใช้ประโยชน์ที่ดินจากภาพถ่ายดาวเทียมในหลายช่วงเวลา ผู้ใช้สามารถนำมาใช้เพื่อติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์ต่างๆ เช่น การขยายตัวของพื้นที่อุตสาหกรรม หรือ การบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ เป็นต้น



ภาพที่ 1.2 กระบวนการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2534)

1.5 ประเภทของระบบการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล

ระบบรีโมทเซนซิงสามารถจำแนกตามแหล่งกำเนิดพลังงาน ออกได้เป็น 2 ประเภทหลัก (ภาพที่ 1.3) คือ

(1) Passive remote sensing

Passive remote sensing เป็นระบบรีโมทเซนซิงที่ใช้ตั้งแต่เริ่มแรกจนถึงปัจจุบัน โดยมีดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานตามธรรมชาติ ระบบนี้จึงรับสัญญาณและบันทึกข้อมูลได้ในช่วงเวลากลางวันเป็นส่วนใหญ่ ด้วยการอาศัยการสะท้อนพลังงานของวัตถุบนพื้นโลกด้วยแสงอาทิตย์ ดังนั้นระบบนี้จึงมีข้อจำกัดด้านสภาวะอากาศ ทำให้ไม่สามารถบันทึกข้อมูลได้ดีในช่วงฤดูฝน หรือในช่วงเวลาที่มีเมฆ หมอกปกคลุมอย่างหนาแน่น อย่างไรก็ตามระบบนี้สามารถบันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน (Thermal Infrared) ซึ่งเป็นการแผ่พลังงานความร้อน (Emission) จากวัตถุบนพื้นผิวโลกในช่วงกลางคืนได้

(2) Active remote sensing

Active remote sensing เป็นระบบรีโมทเซนซิงที่มีแหล่งกำเนิดพลังงานจากการสร้างขึ้นของอุปกรณ์สำรวจในช่วงคลื่นไมโครเวฟ ที่นำมาใช้ในระบบเรดาร์ (Radio Detector and Ranging) โดยส่งผ่านพลังงานนั้นไปยังพื้นที่เป้าหมายและบันทึกสัญญาณการกระจัดกระจายกลับ (Backscatter) จากพื้นที่เป้าหมาย ระบบนี้สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องมีข้อจำกัดด้านเวลาและสภาพภูมิอากาศ ทั้งยังสามารถส่งสัญญาณทะลุผ่านกลุ่มเมฆ หมอก ฝน ทำให้สามารถบันทึกสัญญาณได้ทั้งเวลากลางวันและกลางคืนในทุกฤดูกาล

	การสำรวจจากระยะไกล ย่านแสงที่ตามองเห็น และอินฟราเรดสะท้อน				การสำรวจจากระยะไกล ย่านอินฟราเรดความร้อน				การสำรวจจากระยะไกล ย่านไมโครเวฟ			
แหล่งกำเนิดพลังงาน	ดวงอาทิตย์				วัตถุ				วัตถุ			
วัตถุ	ค่าการสะท้อนพลังงาน				การแผ่รังสีความร้อน (อุณหภูมิ, สภาพการแผ่รังสี)				การแผ่รังสีไมโครเวฟ			
คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	อัลตราไวโอเล็ต				อินฟราเรดสะท้อน				อินฟราเรดความร้อน			
	0.4 μm				0.7 μm				3 μm			
									8 μm			
									14 μm			
									1 mm			
									30 cm			

ภาพที่ 1.3 ประเภทของระบบการสำรวจข้อมูลจากระยะไกลที่สัมพันธ์กับย่านความยาวคลื่นทั้ง 3 ประเภท (ดัดแปลงมาจาก: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2540)

1.6 คุณสมบัติของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

ภาพถ่ายจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากร เป็นภาพที่มีลักษณะพิเศษตามคุณสมบัติของดาวเทียมที่ใช้ในการสำรวจข้อมูลระยะไกล พอสรุปได้ดังนี้

- 1) **การบันทึกข้อมูลเป็นบริเวณกว้าง (Synoptic view)** ภาพจากดาวเทียมภาพหนึ่งๆ ครอบคลุมพื้นที่กว้าง ทำให้ได้ข้อมูลในลักษณะต่อเนื่องในระยะเวลาการบันทึกภาพสั้นๆ สามารถศึกษาสภาพแวดล้อมต่างๆ ในบริเวณกว้างต่อเนื่องในเวลาเดียวกันทั้งภาพ เช่น ดาวเทียม LANDSAT-MSS และ TM หนึ่งภาพครอบคลุมพื้นที่ 175 x 184 ตารางกิโลเมตร หรือ 32,220 ตารางกิโลเมตร ภาพจากดาวเทียม SPOT ครอบคลุมพื้นที่ 3,600 ตารางกิโลเมตร หรือ ภาพจากดาวเทียม MOS-MESSR ครอบคลุมพื้นที่ 10,000 ตารางกิโลเมตร เป็นต้น
- 2) **การบันทึกภาพได้หลายช่วงคลื่น (Multispectral)** ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรมีระบบกล้องที่บันทึกภาพได้หลายช่วงคลื่นในบริเวณเดียวกัน ทั้งในช่วงคลื่นที่สายตามองเห็น และช่วงคลื่นนอกเหนือการมองเห็นของสายตามนุษย์ ทำให้สามารถแยกวัตถุต่าง ๆ บนพื้นโลกตามวัตถุประสงค์ที่เฉพาะเจาะจงได้อย่างชัดเจน เช่น ระบบ MSS และ MESSR มี 4 ช่วงคลื่น, ระบบ ETM+ มี 8 ช่วงคลื่น, ระบบ HRG ภาพขาวดำและสีมี 1 และ 4 ช่วงคลื่นตามลำดับ
- 3) **การบันทึกภาพในบริเวณเดิม (Repetitive Coverage)** ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรส่วนใหญ่ มีวงโคจรแบบสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ โดยโคจรรอบโลกในแนวจากเหนือลงใต้ และกลับมายังบริเวณเดิมในเวลาท้องถิ่นอย่างสม่ำเสมอ ในช่วงเวลาที่แน่นอน เช่น ดาวเทียม LANDSAT กลับมาบันทึกข้อมูลบริเวณเดิมทุก 16 วัน, ดาวเทียม MOS ทุก 17 วัน, ดาวเทียม SPOT ทุก 26 วัน ทำให้ได้ข้อมูลบริเวณเดียวกันหลายๆ ช่วงเวลาที่ทันสมัย สามารถเปรียบเทียบและติดตามการเปลี่ยนแปลงต่างๆ บนพื้นโลกได้เป็นอย่างดี และช่วยให้มีโอกาสได้ข้อมูลที่ไม่ได้มีเมฆปกคลุม

- 4) **การให้รายละเอียดหลายระดับ** ข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมจะให้รายละเอียดเชิงพื้นที่ที่หลากหลายระดับ มีผลดีในการเลือกนำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาด้านต่างๆ ตามวัตถุประสงค์ เช่น ภาพจากดาวเทียม SPOT-5 ช่วงคลื่น Panchromatic (ภาพขาวดำ) มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ 5 และ 2.5 เมตร สามารถนำไปศึกษาตัวเมือง เส้นทางคมนาคมระดับหมู่บ้าน หรือปรับปรุงแก้ไขแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ขณะเดียวกันภาพหลายช่วงคลื่น (Multispectral) ที่มีรายละเอียด 10 เมตร สามารถศึกษาถึงการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้เฉพาะจุดเล็กๆ ได้ หรือหาพื้นที่แหล่งน้ำขนาดเล็ก สำหรับภาพจากดาวเทียม LANDSAT-7 ระบบ ETM+ รายละเอียด 30 เมตร เหมาะสมในศึกษาสภาพการใช้ที่ดินระดับจังหวัด
- 5) **การให้ภาพสีผสม (Color Composite)** ข้อมูลจากดาวเทียมแต่ละแบนด์ที่เป็นข้อมูลภาพขาวดำ (Gray scale image) สามารถนำมาซ้อนทับกันได้ครั้งละ 3 แบนด์ โดยแทนที่แต่ละแบนด์ด้วยแม่สีแสงบวก (Additive Primary Color) 3 สีหลัก คือ สีน้ำเงิน (Blue) สีเขียว (Green) และสีแดง (Red) เมื่อนำมาซ้อนทับกัน ทำให้ได้ภาพสีผสม มีสีต่าง ๆ ปรากฏขึ้นตามทฤษฎีสี คือ การซ้อนทับของแม่สีบวกแต่ละคู่ จะให้แม่สีลบ (Subtractive Primary Color) คือ สีเหลือง (Yellow) สีบานเย็น (Magenta) และสีฟ้า (Cyan) ดังนี้
- | | | | | | | |
|---------------|---|---------------|----|---------------------|----|---------------|
| สีแดง (R) | + | สีเขียว (G) | => | สีเหลือง (Yellow) | | |
| สีแดง (R) | + | สีน้ำเงิน (B) | => | สีบานเย็น (Magenta) | | |
| สีน้ำเงิน (B) | + | สีเขียว (G) | => | สีฟ้า (Cyan) | | |
| สีน้ำเงิน (B) | + | สีเขียว (G) | + | สีแดง (R) | => | สีขาว (White) |
| สีเหลือง (Y) | + | สีบานเย็น (M) | + | สีฟ้า (C) | => | สีดำ (Black) |
- 6) **การเน้นคุณภาพของภาพ (Image Enhancement)** ข้อมูลจากดาวเทียมต้นฉบับที่อยู่ในลักษณะข้อมูลเชิงเลข (Digital Data) สามารถนำมาปรับปรุงคุณภาพให้มีความชัดเจนเพิ่มขึ้น โดยพิจารณาจากค่าระดับสีเทาของกราฟแท่งแสดงการกระจายของข้อมูล หรือ Histogram ของข้อมูลดาวเทียม โดยทั่วไปนิยมใช้ 2 วิธี คือ 1) การขยายพิสัย (range) ความเข้มระดับสีเทาให้กระจายจนเต็ม เรียกว่า “Linear Contrast Stretch” และ 2) Non-Linear Contrast Stretch โดยให้มีการกระจายของข้อมูลในแต่ละค่าความเข้มระดับสีเทาให้มีจำนวนประชากรใกล้เคียงกัน ซึ่งเรียกเทคนิคนี้ว่า “Histogram Equalization Stretch”

1.7 การพัฒนาของเทคโนโลยีรีโมทเซนซิง

ในปัจจุบันความต้องการในการใช้ทรัพยากรต่างๆ เพื่อการดำรงชีพเป็นไปอย่างเข้มข้นและต่อเนื่อง อีกทั้งควบคู่ไปกับการเพิ่มขึ้นของประชากรโลกเป็นเหตุให้เกิดการขาดความสมดุลและความขัดแย้งในการใช้ทรัพยากรขึ้น การที่จะคงไว้ซึ่งความสมดุลของทรัพยากรเหล่านี้ ต้องมีการวางแผนการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสิ่งเหล่านี้จำเป็นต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องตั้งแต่ในอดีตอย่างต่อเนื่อง เพื่อนำมาจัดทำสารบบของสารสนเทศด้านการจัดการทรัพยากรในช่วงระยะเวลาต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง

การนำเอาเทคโนโลยีรีโมทเซนซิงมาใช้ควบคู่ไปกับวิชาการทางด้านการผลิตแผนที่ (Cartography) ระบบกำหนดพิกัดพื้นโลก (Global Positioning System: GPS) และระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic Information System: GIS) พบว่าเป็นการบูรณาการเพื่อเชื่อมโยงเทคโนโลยีด้านภูมิสารสนเทศศาสตร์ (Geo-informatics technology) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่อง

จากในปัจจุบันเทคโนโลยีด้านรีโมทเซนซิงสามารถตรวจจับและบันทึกข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ที่ได้ข่าวสารเกี่ยวกับวัตถุสิ่งของหรือพื้นที่เป้าหมาย เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในการวางแผนการแก้ไขปัญหาและการจัดการทรัพยากรต่างๆ ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และทันเหตุการณ์

สำหรับคำว่า **รีโมทเซนซิง** หรือ การสำรวจจากระยะไกล ได้เริ่มเกิดขึ้นเป็นครั้งแรกในหมู่นักวิทยาศาสตร์ที่ทำงานอยู่ ณ สถานีวิจัยของกองทัพเรือสหรัฐ ในตอนนั้นคำจำกัดความอย่างกว้างๆ ของรีโมทเซนซิง คือ "เป็นวิชาการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติของวัตถุทางธรรมชาติ หรือวัตถุที่มนุษย์ได้สร้างขึ้น โดยอุปกรณ์เครื่องมือในการบันทึกข้อมูลนั้นมิได้สัมผัสโดยตรงกับวัตถุที่กำลังถูกตรวจวัดเพื่อรวบรวมข้อมูลแต่อย่างใด" ดังที่กล่าวมาแล้วว่า รีโมทเซนซิง (Remote Sensing) เป็นการหาข้อมูลหรือข่าวสารเกี่ยวกับวัตถุสิ่งของ หรือพื้นที่เป้าหมายซึ่งอยู่ไกลจากเครื่องมือที่ใช้วัดหรือใช้บันทึก โดยที่เครื่องมือเหล่านั้นมิได้สัมผัสกับวัตถุสิ่งของหรือเป้าหมายเหล่านั้นเลย เครื่องมือที่ใช้ตรวจบันทึกได้รับการนำขึ้นไปบนอากาศยานหรือยานอวกาศ ทำให้มองลงมายังพื้นที่ศึกษาได้บริเวณกว้าง เพื่อรับและบันทึกสัญญาณในลักษณะพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่ในรูปของการสะท้อนพลังงาน (Reflection) หรือการแผ่พลังงานความร้อนออกจากตัวเองของวัตถุ (Emission)

การพัฒนาเทคโนโลยีรีโมทเซนซิงเกิดขึ้นในทางปฏิบัติมาเป็นเวลานานแล้ว โดยการพัฒนาเทคโนโลยีนี้จำแนกได้เป็นสองยุค คือ ก่อนยุคอวกาศ (ก่อนปี 2503) และ ยุคอวกาศ (หลังปี 2503) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.7.1 ก่อนยุคอวกาศ

วิชาการรีโมทเซนซิง หรือ การสำรวจข้อมูลจากระยะไกล ได้พัฒนามาจากการใช้ภาพถ่ายทางอากาศ ซึ่งถูกนำมาใช้เพื่อการสำรวจทรัพยากรและสภาพภูมิประเทศ โดยในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 2 ได้ใช้เครื่องบินถ่ายภาพทางอากาศเพื่อการพัฒนาการถ่ายภาพทางอากาศในกิจการทหารและความปลอดภัยของประเทศเป็นส่วนใหญ่ ทำให้การพัฒนารีโมทเซนซิงเป็นไปอย่างรวดเร็วและเป็นประโยชน์สำหรับการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติอื่นๆ โดยการใช้ภาพถ่ายทางอากาศและการวิเคราะห์ภาพในยุคนั้นใช้การแปลด้วยสายตา และใช้กุญแจ (Key) การแปลภาพช่วย ในยุคนั้นยังไม่มีหรือนำเอาวิธีการทำงานในรูปแบบสหวิทยาการมาประยุกต์ใช้ เพราะต่างคนต่างทำในสาขาที่ตนถนัดแต่ก็ได้ผลดี นอกจากนี้ยังไม่มีความคิดในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและปกป้องกันภัยพิบัติต่างๆ ที่ทำให้สภาพแวดล้อมเสียหาย เนื่องจากยังไม่มีข้อมูลทางด้านทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมในระดับโลก อีกทั้งการพัฒนาเทคโนโลยีรีโมทเซนซิงยังไม่ก้าวหน้าเท่าที่ควร (ดาราศรี, 2536)

1.7.2 ยุคอวกาศ

ดาวเทียมดวงแรกถูกส่งขึ้นไปโคจรรอบโลกครั้งแรกในปี พ.ศ.2500 มีชื่อว่า Sputnik ของประเทศรัสเซีย ทำหน้าที่ตรวจสอบการแผ่รังสีของชั้นบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟีย และปี พ.ศ. 2501 สหรัฐอเมริกาได้ส่งดาวเทียมขึ้นโคจรมีชื่อว่า Explorer ซึ่งในขณะนั้นประเทศรัสเซียและสหรัฐอเมริกาได้ชื่อว่าเป็นผู้นำทางด้านเทคโนโลยีอวกาศของโลก หลังจากนั้นก็มีการพัฒนาด้านอวกาศขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีการส่งดาวเทียมออกไปโคจรรอบโลกอีกหลายดวง มีการปรับปรุงอุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล จึงทำให้ได้ข้อมูลหลายชนิดและหลายช่วงระยะเวลา มีการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ช่วยในการประมวลผลวิเคราะห์ข้อมูล ทำให้อุปกรณ์และเทคโนโลยีทางด้านรีโมทเซนซิงมีความสลับซับซ้อนมากขึ้น มีการนำเอาหลักการทำงานแบบสหวิทยาการมาใช้ในสาขาวิชารีโมทเซนซิงมากขึ้น ทำให้เกิดแนวคิดในการแก้ไขปัญหาและบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถึงแม้ว่าความต้องการข้อมูลในระดับภูมิภาคหรือระดับโลกมีมากขึ้น แต่เทคโนโลยีด้านภาพถ่ายทางอากาศ โดยการใช้กล้องถ่ายภาพและใช้เครื่องบินก็ยังคงมีต่อไปในลักษณะของการใช้งานที่เฉพาะเจาะจงและงานที่ต้องการข้อมูลที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ในระดับสูง (ดาราศรี, 2536)

1.8 วิวัฒนาการของการสำรวจทรัพยากรโลกด้วยดาวเทียม

การสำรวจทรัพยากรโลกด้วยดาวเทียมได้วิวัฒนาการอย่างรวดเร็วต่อเนื่องมาเป็นลำดับ โดยสามารถจำแนกได้ 2 ระดับ คือ **ระดับวิจัย** และ **ระดับพัฒนา** (Research and Development) ในระยะเริ่มแรก และ **ระดับปฏิบัติงาน** (Operational) โดยเริ่มจากดาวเทียมที่สร้างขึ้นปฏิบัติงานในช่วงแรกมีอายุปฏิบัติงานช่วงสั้น ต่อมาเป็นระบบอัตโนมัติเพื่อใช้ในระดับปฏิบัติงาน และระบบที่มีมนุษย์อวกาศควบคุม (ดาราครี, 2536) ในปัจจุบันมีดาวเทียมจำนวนมากกว่า 2,000 ดวง ได้ถูกส่งเข้าสู่วงโคจรเพื่อปฏิบัติงานด้านต่างๆ ซึ่งสามารถจำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ออกเป็น 3 ประเภท คือ

- (1) ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Satellites) เช่น ดาวเทียม TIROS, NOAA, SMS/GOES, GMS, METEOSAT, INSAT, FENGYUN
- (2) ดาวเทียมสมุทรศาสตร์ (Ocean Satellites) เช่น ดาวเทียม SEASAT, MOS, RADASAT
- (3) ดาวเทียมสำรวจแผ่นดิน (Land Satellites) เช่น ดาวเทียม LANDSAT, SPOT, IRS, IKONOS, QuickBird, THEOS, ERS, JERS, RADASAT

การสำรวจทรัพยากรโลกด้วยดาวเทียมสำรวจทรัพยากร ได้วิวัฒนาการจากการรับภาพถ่ายโลกภาพแรกจากการส่งสัญญาณภาพของดาวเทียม Explorer 6 ในเดือนสิงหาคม 2502 ในปีถัดมาการสำรวจโลกด้วยภาพถ่ายได้พัฒนาระบบและอุปกรณ์ที่สามารถใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ เพิ่มขึ้น ซึ่งพอสรุปวิวัฒนาการของดาวเทียมสำรวจทรัพยากรโลก ดังนี้ (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2534)

1.8.1 การสำรวจทรัพยากรโลกด้วยดาวเทียมระดับวิจัยและพัฒนา (ดาราครี, 2536)

1.8.1.1 เมอร์คิวรี (Mercury) (ปี พ.ศ. 2504-2505)

ดาวเทียมดวงแรกๆ ในชุดนี้ โคจรรอบโลกในระยะเวลาสั้นประมาณ 5 นาที โดยไม่มีมนุษย์อวกาศ ภายหลังได้พัฒนาการโคจรรอบโลกในระดับสูงที่ระดับสูง 161-266 กิโลเมตร พร้อมมีมนุษย์อวกาศขึ้นสูงโคจรด้วยซึ่งได้รับผลสำเร็จเป็นอย่างดี มีอุปกรณ์ถ่ายภาพที่ใช้เป็นกล้องถ่ายรูปสำหรับ ฟิล์มสี 70 มิลลิเมตร หรือ 35 มิลลิเมตร ดาวเทียมชุดนี้มีทั้งสิ้นรวม 9 กระบวนการบิน

1.8.1.2 เจมินี (Gemini) (ปี พ.ศ. 2508 - 2509)

พัฒนามาจากโครงการเมอร์คิวรี มีมนุษย์อวกาศควบคุม โคจรระหว่างละติจูดที่ 32 องศาเหนือ-ใต้ ที่ระดับสูงประมาณ 160-320 กิโลเมตร มีอุปกรณ์กล้องถ่ายรูปขนาด 70 มม. ถ่ายภาพสีและสีอินฟราเรด (คุณภาพไม่ดีนัก) ครอบคลุมพื้นที่กว้าง 140 กิโลเมตร มาตราส่วนประมาณ 1: 2,400,000 แม้ว่าวัตถุประสงค์หลักของโครงการนี้จะเพื่อทดสอบมนุษย์อวกาศเครื่องมือ และวิธีการต่างๆ มากกว่าการถ่ายภาพผิวโลก ยกเว้นกระบวนการบินเจมินี-4 ซึ่งใช้ศึกษาทางธรณีวิทยาโดยเฉพาะ แต่ก็พบว่าภาพถ่ายรวม 1,100 ภาพสามารถนำมาใช้ศึกษาด้านธรณีวิทยา สมุทรศาสตร์ และภูมิศาสตร์ได้เป็นอย่างดี

1.8.1.3 อพอลโล (Apollo) (ปี พ.ศ. 2511 - 2512)

เป็นโครงการต่อเนื่องจากโครงการเจมินี โคจรระหว่างละติจูดที่ 33 องศาเหนือ-ใต้ อพอลโล 6 ติดตั้งระบบกล้องอัตโนมัติ 70 มิลลิเมตร สำหรับ อพอลโล 7 และ 9 เป็นระบบใช้มนุษย์อวกาศควบคุม ถ่ายภาพด้วยกล้อง 70 มิลลิเมตร เช่นเดียว

กัน แต่ใช้ฟิล์มหลายประเภท รวมทั้งฟิล์มขาว-ดำด้วย โดยเฉพาะ อพอลโล 9 นั้น เป็นก้าวแรกของการเริ่มระบบถ่ายภาพหลายช่วงคลื่นโดยกล้อง 4 กล้อง ถ่ายพร้อมกันด้วยระบบควบคุมไฟฟ้า 3 กล้อง แล้วบันทึกลงบนฟิล์มขาวดำ โดยมีฟิลเตอร์แสงสีเขียวลีแดง และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ส่วนกล้องที่บันทึกภาพสปีอินฟราเรดเป็นระบบที่ใกล้เคียงกับกล้องที่ใช้ในดาวเทียมสำรวจทรัพยากร LANDSAT 1 อพอลโลดวงแรกๆ มุ่งใช้ประโยชน์ด้านการสำรวจดวงจันทร์ และดาวเทียมชุดนี้ได้สิ้นสุดลงที่โครงการทดลองอพอลโล-โซยุส (Apollo-Soyuz Test Project - ASTP) ในปี 2518 ซึ่งเป็นโครงการร่วมระหว่างประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศรัสเซีย

1.8.1.4 สกายแล็บ (Skylab) (ปี พ.ศ. 2516 - 2522)

เป็นสถานีอวกาศซึ่งมุ่งศึกษาบทบาทของมนุษย์ในอวกาศ และเป็นกระบวนกรแรกที่แสดงถึงการผสมผสานระหว่างภาพถ่ายธรรมชาติและภาพถ่ายจากระบบอิเล็กทรอนิกส์ด้วยอุปกรณ์ Earth Resources Experiment Package (EREP) ซึ่งมีกล้องถ่ายภาพหลายช่วงคลื่นที่บันทึกภาพลงบนฟิล์ม ขาว-ดำ (S190A) กล้องถ่ายภาพสเปกตรัมอินฟราเรดสูง (S190B) Infrared Spectrometer บันทึกข้อมูลในช่วงคลื่น 0.4-2.4 μm และ 6.20-12.5 μm ระบบ (S191) Multispectral Scanner (S192) ถ่ายภาพในลักษณะการกวาดเป็นเส้น (Line-Scan) ใน 13 ช่วงคลื่นตั้งแต่ 0.4-12.5 μm ระบบ Microwave Radiometer/Scatterometer และ Altimeter (S193) ใช้วัดค่าการสะท้อนและแผ่รังสีของแผ่นดินและมหาสมุทร ตลอดจนระดับความสูงเพื่อดูสภาวะของทะเล และระบบสุดท้าย Band Radiometer (S194) เพื่อวัดค่าอุณหภูมิความกระจ่าง (Brightness Temperature) ที่ความถี่ 1.43 GHz

สกายแล็บโคจรรอบกลุ่มพื้นที่ระหว่างละติจูด 50 องศาเหนือ-ใต้ ที่ระดับสูง 435 กิโลเมตร และย้อนกลับสู่แนวโคจรเดิมทุก 5 วัน กระบวนกรบินที่สำคัญและมีมนุษย์อวกาศควบคุม คือ กระบวนกร SL-2, 3 และ 4 ซึ่งมีระยะการปฏิบัติงานระหว่าง 25 พฤษภาคม ถึง 11 มิถุนายน 2516, 28 กรกฎาคม ถึง 25 กันยายน 2516, 16 พฤศจิกายน 2516 ถึง 8 กุมภาพันธ์ 2517 ตามลำดับ รวมภาพที่ได้จาก 3 กระบวนกรบินนี้ เป็นจำนวนมากกว่า 35,000 ภาพ และสกายแล็บได้ตกลงสู่โลกเหนือประเทศออสเตรเลียเมื่อปี พ.ศ. 2522

1.8.2 การสำรวจทรัพยากรโลกด้วยดาวเทียมระดับปฏิบัติงาน (ดาราครี, 2536)

1.8.2.1 กระสวยอวกาศ (Space Shuttle) (ปี พ.ศ. 2514 - 2529)

นับเป็นวิวัฒนาการสูงสุดด้านอวกาศจนถึงปัจจุบัน ด้วยแนวความคิดในการนำยานอวกาศกลับมาใช้งานในครั้งต่อไป นอกจากนี้ ยังอาจใช้เป็นยานสำหรับส่งและซ่อมแซมดาวเทียมดวงอื่นได้อีกด้วย กระสวยอวกาศสามารถนำยานอวกาศขึ้นสู่วงโคจรและกลับเข้าสู่โลกด้วยการบังคับของนักบินอวกาศ สำหรับตัวยานสามารถแยกออกเป็น 3 ส่วนประกอบ คือ

- 1) จรวด บรรจุสารขับเคลื่อนชนิดแข็ง 2 ลำส่วนนี้จะถูกปล่อยลงทะเลหลังจากดาวเทียมขึ้นสู่ระดับสูงประมาณ 40 กิโลเมตร เพื่อนำมาใช้ในการได้อีกต่อไป
- 2) แท็งก์ขนาดใหญ่บรรจุขับเคลื่อนชนิดเหลว ซึ่งจะได้รับการปล่อยทิ้งเมื่อดาวเทียมเข้าสู่วงโคจร
- 3) ยานโคจร ซึ่งมีขนาดประมาณเท่าเครื่องบิน DC-9 ประกอบด้วยที่ว่างสำหรับบรรจุและวางอุปกรณ์ เช่น Spacelab ซึ่งสามารถบรรจุมนุษย์อวกาศและเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษา นอกจากเครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่สำคัญต่างๆ แล้ว ยังมีระบบบันทึกภาพระบบ Shuttle Imaging Radar (SIR) Shuttle

Multispectral Infrared Radiometer (SMIRR) และ ระบบ Large Format Camera (LFC) เพื่อใช้ในการศึกษาการทำแผนที่ธรณีวิทยาที่ได้พัฒนาจาก SEASAT -L Band Radar

1.8.2.2 ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา

วัตถุประสงค์ของดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา ที่กำหนดโดย National Operational Meteorological Satellite (NOMSS) มีดังต่อไปนี้

- 1) เพื่อถ่ายภาพชั้นบรรยากาศของโลกเป็นระดับรายวัน
- 2) เพื่อได้ภาพต่อเนื่องของชั้นบรรยากาศโลก และเพื่อเก็บและถ่ายทอดข้อมูลจากสถานีภาคพื้นดิน
- 3) เพื่อทำการหยั่งตรวจอากาศของโลกเป็นประจำวัน

ภาพถ่ายจากดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา ยังสามารถนำมาใช้ในการศึกษาทางด้านปฐพีวิทยาและสมุทรศาสตร์ได้เป็นอย่างดี ทำให้การใช้ประโยชน์เป็นไปอย่างแพร่หลายกว่าที่ผ่านมา ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาที่เป็นที่รู้จักกันโดยทั่วไป ได้แก่ ดาวเทียม TIROS (Television and Infrared Radiometer Observation Satellite) ชุดดาวเทียม NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) ดาวเทียม SMS/GOES (Synchronous Meteorological Satellite/ Geostationary Operational Environmental Satellite) ดาวเทียม NIMBUS, และดาวเทียม GMS

(1) ดาวเทียม NOAA/TIROS

ดาวเทียม NOAA และดาวเทียม TIROS เป็นดาวเทียมที่มีวงโคจรแบบสัมผัสกับดวงอาทิตย์ที่ระดับสูงประมาณ 1,450 กิโลเมตร ดาวเทียมชุดแรก คือ TIROS-1 ซึ่งดวงแรก คือ TIROS-1 ได้ขึ้นสู่วงโคจร เมื่อปี พ.ศ. 2503 ดาวเทียมชุดต่อมา คือ ITOS ซึ่งเริ่มปฏิบัติการในปี 2513 ประกอบด้วย ITOS-1 และ NOAA 1- 5 ทำการถ่ายภาพด้วยระบบ VHRR (Very High Resolution Radiometer) ในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นคือ 0.6-0.7 μm และช่วงคลื่นความร้อน 10.5-12.5 μm ถ่ายภาพวันละ 2 ครั้ง ขนาดภาพกว้าง 3,400 กิโลเมตร ให้รายละเอียดภาพ 1 กิโลเมตร นอกจากนี้มีระบบ VTPR (Vertical Temperature Profile Radiometer) ที่ใช้วัดอุณหภูมิในชั้นบรรยากาศและระบบ SR (Scanning Radiometer) ซึ่งคล้ายกับระบบ VHRR แต่มีรายละเอียดภาพหยาบกว่า คือ 4 และ 8 กิโลเมตร

ดาวเทียม TIROS-N เป็นดาวเทียมชุดที่ 3 ที่ส่งขึ้นเมื่อปี 2521 จนถึงปัจจุบัน คือ NOAA-17 ดาวเทียมชุดนี้โคจรที่ระดับสูงประมาณ 830 กิโลเมตร ประกอบด้วยระบบ AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) ถ่ายภาพในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น 2 ช่วงคลื่นและช่วงคลื่นความร้อน 2 ช่วงคลื่น ได้แก่ 0.55-0.90 μm 0.725-1.0 μm 10.5-11.5 μm และ 3.55-3.93 μm นอกจากนี้ยังได้มีการเพิ่มช่วงคลื่นความร้อนช่วงที่ 3 เพื่อใช้ในการหาค่าอุณหภูมิผิวน้ำทะเล

(2) ดาวเทียม NIMBUS

ดาวเทียมชุดนี้จัดว่าเป็นดาวเทียมเพื่อการวิจัยและพัฒนามากกว่าที่จะเป็นดาวเทียมปฏิบัติการเหมือนดาวเทียม TIROS โดยดาวเทียม NIMBUS-1 เริ่มปฏิบัติการเมื่อปี พ.ศ.2507 และดวงสุดท้าย คือ NIMBUS-7 ส่งขึ้นในปี พ.ศ. 2521 แม้ว่า จะเป็นดาวเทียมที่ใช้ประโยชน์หลักทางด้านอุตุนิยมวิทยา แต่สำหรับ NIMBUS ดวงสุดท้ายได้บรรจุเครื่องมือที่ใช้สำรวจ

สภาพแวดล้อมในชั้นบรรยากาศและสมุทรศาสตร์ด้วย เช่น อุปกรณ์ Coastal Zone Color Scanner (CZCS) ถ่ายภาพใน 7 ช่วงคลื่น สำหรับใช้ในการศึกษาตะกอน สารคลอโรฟิลล์ และสารสีเหลือง ตลอดจนอุณหภูมิผิวน้ำทะเล

(3) ดาวเทียม Defense Meteorological Satellite Program (DMSP)

เป็นดาวเทียมทางการทหาร ซึ่งดวงแรกขึ้นสู่อวกาศตั้งแต่ พ.ศ. 2509 แต่ได้มีการเผยแพร่ข้อมูลสาธารณะชนในราวปลายปี พ.ศ.2515 DMSP มีวงโคจรแบบสัมผัสกับดวงอาทิตย์ ถ่ายภาพด้วยระบบกล้องวีดิคอน (Vidicon) ในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น มีรายละเอียดของภาพประมาณ 3 กิโลเมตร นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ที่ถ่ายภาพใน 2 ช่วงคลื่น คือ ช่วงคลื่น 0.4-4.0 μm และ ช่วงคลื่น 8.0-12.0 μm มีรายละเอียดภาพประมาณ 200 เมตร การถ่ายภาพในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นสามารถกระทำได้แม้ในเวลากลางคืน เช่น ภาพแสดงแสงสียามค่ำคืน การใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ รวมถึงการติดตามดูไฟฟ้า ภูเขาไฟระเบิด แหล่งน้ำมัน และแก๊สธรรมชาติ

(4) ดาวเทียม SMS / GOES

SMS / GOES (Synchronous Meteorological Satellite / Geostationary Operational Environmental Satellite) เป็นดาวเทียมประจำถิ่นอยู่ที่ระดับความสูง 35,00 กิโลเมตร ดาวเทียม SMS-1 SMS-2, GOES-1, GOES-2, และ GOES-3 เข้าสู่วงโคจรเมื่อเดือนพฤษภาคม 2517, กุมภาพันธ์ 2518, ตุลาคม 2518, มิถุนายน 2520 และมิถุนายน 2521 โดยมีตำแหน่งเหนือแนวศูนย์สูตรที่ลองจิจูด 45 องศาตะวันตก, 13 องศาตะวันตก 126 องศาตะวันตก, 107 องศาตะวันตก และ 90 องศาตะวันตก ตามลำดับ ระบบบันทึกข้อมูลหลัก คือ VISSR (Visible and Infrared Spin-Scan Radiometer) เป็นระบบที่ถ่ายภาพของซีกโลกในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นทั้งหมด 8 ช่วงคลื่น ได้ในทุกๆ 30 นาที และช่วงคลื่นความร้อน 2 ช่วงคลื่น ทั้งกลางวันและกลางคืนโดยมีรายละเอียดภาพ 800 เมตร และ 8 กิโลเมตร ตามลำดับ การบันทึกภาพจะครอบคลุมพื้นที่ในรัศมีจากละติจูด 60 องศาใต้ ดาวเทียม GOES-4 ถึง GOES-7 เป็นดาวเทียมที่ได้รับการพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น คือ มีระบบ VISSR (Visible Infrared Spin-Scan Radiometer Atmospheric Sounder) ที่ทำงานในลักษณะถ่ายภาพสลับในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นและความร้อน และให้ข้อมูลโครงสร้างการกระจายตัวของอุณหภูมิและไอน้ำในลักษณะ 3 มิติด้วย ดาวเทียมทั้ง 4 ดวง อยู่ที่ตำแหน่ง 43 องศาตะวันตก, 108 องศาตะวันตก, 134 องศาตะวันตก และ 74.3 องศาตะวันตก ตามลำดับ สำหรับในบริเวณพื้นที่มหาสมุทรแปซิฟิก ดาวเทียมที่ทำหน้าที่เหมือน GOES คือ ดาวเทียม GMS ของญี่ปุ่น ซึ่งประเทศไทยสามารถใช้ประโยชน์ในด้านการพยากรณ์อากาศ

1.8.2.3 ดาวเทียมสำรวจสมุทรศาสตร์

แม้ว่าดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา และดาวเทียมประเภทอื่นๆ จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ให้ข้อมูลซึ่งสามารถนำมาใช้ในการศึกษาด้านสมุทรศาสตร์ได้ดีพอสมควร ส่วนใหญ่จะเป็นอุปกรณ์บันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นอินฟราเรด (IR Radiometer) แต่โดยทั่วไปดาวเทียมที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการงานสมุทรศาสตร์จะติดตั้งระบบบันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นไมโครเวฟ ที่สามารถให้ข้อมูลทางด้านสมุทรศาสตร์ในลักษณะต่างๆ ที่หลากหลายกว่า โดยดาวเทียมทางด้านสมุทรศาสตร์ดวงแรก คือ ดาวเทียม SEASAT

(1) ดาวเทียม SEASAT (ปี พ.ศ. 2521)

ดาวเทียม SEASAT เป็นดาวเทียมที่มีวงโคจรในระดับความสูง 800 กิโลเมตร ในลักษณะวงโคจรใกล้ขั้วโลก ได้รับการออกแบบให้สามารถถ่ายภาพสลับกันระหว่างกลางวันและกลางคืนทุกๆ 36 ชั่วโมง บริเวณถ่ายภาพครอบคลุมมหาสมุทร

ต่างๆ ถึงร้อยละ 95 แต่หลังจากปฏิบัติงานได้เพียง 99 วัน ก็เกิดการขัดข้องของเครื่องมือ ทำให้ดาวเทียมไม่สามารถปฏิบัติงานได้ตามปกติ อย่างไรก็ตามจากการศึกษาข้อมูลที่ได้ทำให้บรรดานักสมุทรศาสตร์เริ่มเห็นถึงทิศทางการใหม่ในการสำรวจทางสมุทรศาสตร์ด้วยข้อมูลจากดาวเทียม โดยใช้เครื่องมือบันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นไมโครเวฟที่มีขีดความสามารถในการประยุกต์ใช้ด้านต่างๆ เช่น ระบบ SAR (Synthetic Aperture Radar) ซึ่งใช้ช่วงคลื่น L-band (25 เซนติเมตร) ถ่ายภาพในแนวกว้าง 100 กิโลเมตร ในแนวเฉียงจาก 230 ถึง 330 กิโลเมตร จากแนวโคจร มีรายละเอียดภาพ 25 เมตร ภาพถ่ายเรดาร์ดังกล่าวให้รายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับคลื่นผิวน้ำ (Surface wave) และคลื่นใต้ผิวน้ำ (Internal wave) ซึ่งมีประโยชน์ทางด้านสมุทรศาสตร์เป็นอย่างมาก อีกระบบคือ อุปกรณ์ Altimeter ซึ่งใช้วัดระดับสูงของดาวเทียม, สามารถนำมาศึกษาหาความสูงของคลื่น (Wave height) และรูปร่างของจีโออยด์ (Geoid) มีความละเอียดที่เชิงพื้นที่ตั้งแต่ 0.5 ถึง 1 เมตร เพื่อใช้ในการศึกษาความสูงของคลื่น และความละเอียดเชิงพื้นที่ 10 เซนติเมตร ที่ใช้ในการศึกษาจีโออยด์ นอกจากนี้ยังมีระบบ Radiometer ที่ถ่ายภาพทั้งช่วงคลื่นที่ตามองเห็นและช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน ให้รายละเอียดของภาพ 7 กิโลเมตร ส่วนระบบบันทึกข้อมูลแบบ Microwave Radiometer ใช้สำหรับศึกษา น้ำแข็งทะเล ไอ้ในชั้นบรรยากาศ อุณหภูมิผิวน้ำทะเล และความเร็วลมในระดับปานกลางถึงระดับสูง โดยบันทึกข้อมูลในแนวกว้าง 1,000 กิโลเมตร ทุกๆ 36 ชั่วโมง ให้รายละเอียดภาพ 25 กิโลเมตรสำหรับน้ำแข็ง และ 125 กิโลเมตรสำหรับอุณหภูมิระบบสุดท้าย คือ Scatterometer สำหรับวัดความเร็วลมผิวน้ำทะเลที่มีขนาดต่ำถึงปานกลาง ถ่ายภาพในแนวกว้าง 1,200 กิโลเมตร คลุมทั่วโลกทุกๆ 36 ชั่วโมง

(2) ดาวเทียม MOS-1

ดาวเทียม MOS หรือ Marine Observation Satellite เป็นดาวเทียมของญี่ปุ่นที่ได้รับการออกแบบเพื่อศึกษาเทคโนโลยีพื้นฐานทางการสำรวจทรัพยากร โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับสภาพทางทะเลและชั้นบรรยากาศ ด้วยอุปกรณ์ไมโครเวฟ และอุปกรณ์ถ่ายภาพในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น MOS-1 ส่งขึ้นโคจรเมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2530 อยู่ที่ระดับความสูง 900 กิโลเมตร โคจรแบบสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ และกลับมาถ่ายภาพที่เดิมทุก 17 วัน ประกอบด้วยระบบ MESSR (Multispectral Electronic Self-Scanning Radiometer) ซึ่งถ่ายภาพในช่วงคลื่นที่เหมือนระบบ MSS ของดาวเทียม LANDSAT ทุกประการ ยกเว้นการถ่ายภาพเป็นแบบ Pushbroom มีแนวถ่ายภาพกว้าง 100 กิโลเมตร และมีรายละเอียดของภาพ 50 เมตร ระบบ VTIR (Visible and Thermal Infrared Radiometer) เป็นระบบถ่ายภาพ 4 ช่วงคลื่น เป็นช่วงคลื่นที่ตามองเห็น 1 ช่วงคลื่น และช่วงคลื่นความร้อน 3 ช่วงคลื่น ($0.5\text{-}0.7\ \mu\text{m}$, $6.0\text{-}7.0\ \mu\text{m}$, $10.5\text{-}11.5\ \mu\text{m}$ และ $11.5\text{-}12.5\ \mu\text{m}$) โดยมีรายละเอียดภาพ 0.9 กิโลเมตรในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น และ 2.7 กิโลเมตร ในช่วงคลื่นความร้อน ภาพมีขนาด $1,500 \times 1,500$ ตารางกิโลเมตร ระบบนี้จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับผิวน้ำทะเล การปกคลุมของเมฆและไอ้ใน ระบบที่ 3 คือ MSR (Microwave Scanning Radiometer) บันทึกข้อมูลที่ความถี่ 23 GHz รายละเอียดภาพ 30 กิโลเมตร และที่ความถี่ 31 GHz รายละเอียดภาพ 10 กิโลเมตร กวาดภาพในแนวกว้าง 317 กิโลเมตร ใช้สำรวจปริมาณไอ้ในและน้ำในบรรยากาศ ลมทะเล หิน และน้ำแข็งทะเล นอกจากนี้ยังมีระบบเก็บรวบรวมข้อมูล DCS (Data Collection System) สำหรับถ่ายทอดข้อมูลจากจุดสำรวจต่างๆ บนพื้นดินตลอดจนเรือและทุ่น

1.8.2.4 ดาวเทียมสำรวจแผ่นดิน

(1) ดาวเทียม LANDSAT (ปี พ.ศ. 2515 - ปัจจุบัน)

เป็นดาวเทียมที่ได้รับการออกแบบเพื่อสำรวจทรัพยากรธรรมชาติโดยเฉพาะเป็นชุดแรก โดยมีจุดมุ่งหมายดังต่อไปนี้

- เพื่อถ่ายภาพหลายช่วงคลื่น (Multispectral) ของผิวโลก
- เพื่อเก็บและถ่ายทอดข้อมูลจากสถานีวัดระบบอัตโนมัติ ณ จุดต่างๆ บนภาคพื้นดิน (Data Collection System)
- เพื่อวัดค่าการสะท้อนแสงช่วงคลื่นต่าง ๆ สำหรับนำไปใช้ในการรวมวิธีจำแนกประเภทข้อมูลแบบอัตโนมัติ
- เพื่อพัฒนารวมวิธีผลิตข้อมูลสำหรับเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลให้อยู่ในลักษณะภาพถ่ายที่ใช้งานได้

ในชุดนี้มีดาวเทียมทั้งหมด 7 ดวง ขึ้นสู่วงโคจรเมื่อ พ.ศ. 2515, 2518, 2521, 2525, 2535 และ 2542 ตามลำดับ (ดาวเทียม LANDSAT-6 ไม่สามารถขึ้นสู่วงโคจรได้สำเร็จ) โดย 3 ดวงแรก ได้รับการดัดแปลงมาจากดาวเทียม NIMBUS โคจรเป็นวงกลมในลักษณะสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์และใกล้ขั้วโลกที่ระดับสูงประมาณ 920 กิโลเมตร ประกอบด้วยกล้อง Return Beam Vidicon (RBV) ถ่ายภาพใน 3 ช่วงคลื่น (0.47-0.575 μm , 0.58-0.68 μm และ 0.69-0.83 μm) ยกเว้นใน LANDSAT-3 ซึ่งเหลือเพียงช่วงคลื่นเดียว คือ 0.51-0.75 μm และ Multispectral Scanner (MSS) ถ่ายภาพในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น 2 ช่วงคลื่น คือ 0.5-0.6 μm และ 0.6-0.7 μm และช่วงคลื่นอินฟราเรด 2 ช่วงคลื่น คือ 0.7-0.8 μm และ 0.8-1.1 μm สำหรับ LANDSAT-3 ได้เพิ่มช่วงคลื่นความร้อน คือ 10.4-12.6 μm แต่เกิดขัดข้องและไม่ทำงานตั้งแต่ดาวเทียมเริ่มปฏิบัติการ ภาพ MSS ภาพหนึ่งๆ คลุมเนื้อที่ 185 x 185 ตารางกิโลเมตร รายละเอียดภาพ 80 เมตร และกลับมาถ่ายซ้ำที่เดิมทุกๆ 18 วัน สำหรับ LANDSAT-4 และ LANDSAT-5 เป็นวิวัฒนาการอีกขั้นหนึ่งโดยมีระดับโคจรลดลงเป็น 705 กิโลเมตร และความสามารถในการกลับมาถ่ายภาพซ้ำเพิ่มขึ้นเป็นทุกๆ 16 วัน และมีระบบ Thematic Mapper (TM) ซึ่งถ่ายภาพใน 7 ช่วงคลื่นที่มีความละเอียดเชิงแสง (Spectral resolution) แคบลง และรวมช่วงคลื่นความร้อนไว้ด้วย (0.45-0.52 μm 1.55-1.75 μm 10.40-12.50 μm และ 2.08-2.35 μm) ทำให้สามารถจำแนกประเภทข้อมูลได้ดีขึ้น และรายละเอียดของภาพก็สูงขึ้น คือ 30 เมตร ในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น และ 120 เมตร สำหรับช่วงคลื่นความร้อน นอกจากระบบ TM แล้ว ระบบ MSS ยังคงอยู่ ส่วนระบบ RBV นั้นได้เลิกใช้ไปแล้ว

ดาวเทียม LANDSAT-7 เป็นดาวเทียมดวงล่าสุดที่ส่งขึ้นโคจร วันที่ 15 เมษายน 2542 ได้พัฒนาระบบบันทึกข้อมูลแบบ ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) ซึ่งแต่ละแบนด์สามารถเลือก Gain ได้ 2 แบบ คือ Low Gain และ High Gain และมีระบบบันทึกข้อมูลแบบ Panchromatic Band ให้รายละเอียดภาพ 15 เมตร

(2) ดาวเทียม HCMM

HCMM (Heat Capacity Mapping Mission) เป็นดาวเทียมอีกชุดหนึ่งภายใต้โครงการ Application Explorer Missions (AEM) เป็นดาวเทียมขนาดเล็ก ขึ้นสู่วงโคจรเมื่อเดือนเมษายน 2521 เพื่อทดลองศึกษาความร้อนที่ผิวโลก ซึ่งแยกประเภทพื้นผิวที่ต่างกัน ตลอดจนสภาวะที่ต่างกัน เช่น ระดับความชื้น โดยใช้เครื่อง Heat Capacity Mapping Radiometer (HCRM) ถ่ายภาพในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (0.8-1.1 μm) และช่วงคลื่นความร้อน (10.5-12.5 μm) ถ่ายภาพในแนวกว้าง 720 กิโลเมตร มีรายละเอียดภาพ 600 เมตร ดาวเทียม AEM-1 เป็นดาวเทียมโคจรสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ที่ระดับสูง 620 กิโลเมตร และหมดอายุการใช้งานเมื่อเดือนกันยายนปี พ.ศ.2523 การใช้ประโยชน์ข้อมูล HCMM ส่วนใหญ่ คือ การแยกชนิดหินเพื่อสำรวจแหล่งแร่ การวัดอุณหภูมิของพืชพรรณ เพื่อหาอัตราการระเหย และระดับความเครียด การวัดตัวแปรด้านความชื้นของดิน ศึกษาแหล่งระบายน้ำร้อน ดูสิ่งแปลกปลอมที่ผิวหน้าทะเล เช่น คราบน้ำมัน และทำนายการละลายของหิมะ

(3) ดาวเทียม SPOT (ปี พ.ศ. 2529 - ปัจจุบัน)

SPOT (Système Probatoire d'Observation de la Terre) เป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรที่มีรายละเอียดสูงของสถาบันอวกาศแห่งฝรั่งเศส ส่งขึ้นสู่อวกาศโดยยาน ARIANE เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2529 โคจรในระบบสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ที่ระดับสูง 830 กิโลเมตร ประกอบด้วย High Resolution Visible (HRV) Scanners 2 ตัว แต่ละตัวสามารถเลือกใช้ระบบ 3-band Multispectral ได้แก่ ช่วงคลื่น 0.39-0.59 μm , 0.61-0.71 μm และ 0.80-0.91 μm ซึ่งให้รายละเอียดภาพ 20 เมตร หรือเป็นระบบ Panchromatic (ขาว-ดำ) รายละเอียดภาพ 10 เมตร การกวาดภาพเป็นในลักษณะ Push-broom และสามารถจัดให้ถ่ายภาพในแนวเฉียงได้ถึง ± 27 องศา ทำให้ได้ภาพ Stereo Pair ระหว่างแนวโคจรได้ แนวกวาดภาพมีขนาด 60 กิโลเมตร นอกจากนี้ยังสามารถปรับมุมกล้องถ่ายภาพคู่สามมิติได้ด้วย ปัจจุบันดาวเทียม SPOT ดวงล่าสุด คือ SPOT-5 ส่งขึ้นโคจรเมื่อปี พ.ศ. 2544 ติดตั้งระบบบันทึกข้อมูล High Resolution Geometric (HRG) ที่ให้รายละเอียดเชิงพื้นที่ 10 เมตรสำหรับภาพ Multispectral ขณะที่ภาพระบบ Panchromatic มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ 5 เมตร และ 2.5 เมตร สำหรับ Supermode panchromatic

(4) ดาวเทียม ERS-1 และ ERS-2

เป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรชุดแรก ที่องค์การอวกาศยุโรปได้พัฒนาและส่งขึ้นโคจรในปี พ.ศ. 2534 ใช้ศึกษาทางด้านสมุทรศาสตร์ ทั้งชายฝั่งและทะเลลึกได้ดีเช่นเดียวกับ SEASAT ดาวเทียมนี้อยู่ในลักษณะ MMS โคจรในลักษณะสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ที่ระดับสูง 780 กิโลเมตร และย้อนกลับที่เดิมทุก 3 วัน ระบบที่ใช้ คือ SAR ซึ่งเป็นระบบเรดาร์ถ่ายภาพมีแนวกว้าง 100 กิโลเมตร รายละเอียดภาพ 30 เมตร OCM (Ocean Color Monitor) ถ่ายภาพ 10 ช่วงคลื่นจาก 0.4-11.5 μm รายละเอียดภาพ 400 เมตร นอกจากนี้จะเป็นระบบ IMRS (Imaging Microwave Radiometer Scatterometer) ที่ 2 ความถี่ ใช้วัดทิศทางความเร็วลม และ Altimeter สำหรับศึกษาสภาวะท้องทะเล สำหรับ ERS-2 จะได้พัฒนาให้มีระบบ MSS 5 ช่วงคลื่น ถ่ายภาพมีแนวกว้าง 200 กิโลเมตร รายละเอียดภาพ 30 เมตร

(5) ดาวเทียม JERS-1 และ JERS-2

เป็นดาวเทียมที่ส่งขึ้นสู่อวกาศโดยประเทศญี่ปุ่นในปี 2535 โคจรที่ระดับสูง 568 กิโลเมตร มีอุปกรณ์คล้ายคลึงกับของดาวเทียม ERS-1 ของยุโรป คือ SAR ถ่ายภาพเป็นแนวกว้าง 75 กิโลเมตร และให้รายละเอียดภาพถึง 18 เมตร นอกจากนี้ยังเป็นแบบถ่ายภาพในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นและอินฟราเรดใกล้ พร้อมทั้งความสามารถถ่ายภาพสามมิติ ภาพมีรายละเอียดประมาณ 18 เมตร x 24 เมตร ปัจจุบัน ดาวเทียม JERS-1 ได้ยุติภารกิจแล้ว เมื่อวันที่ 12 ตุลาคม 2541 ที่ผ่านมา

(6) ดาวเทียม IRS

เป็นดาวเทียมองค์การวิจัยอวกาศแห่งอินเดีย (India Space Research Organization : ISRO) ประสบความสำเร็จในการส่งดาวเทียมสำรวจโลก (Earth Observation Satellite) ขึ้นสู่อวกาศแล้วหลายดวง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ข้อมูลมาประยุกต์ใช้ด้านการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ ได้แก่ ดาวเทียม Bhaskara-1 และ 2 ดาวเทียม IRS-1A/1B ดาวเทียม IRS-P2/P3 และดาวเทียม IRS-1C/1C โดยดาวเทียม Bhaskara-1 และ 2 เป็นดาวเทียมเพื่อการทดลอง ได้รับการส่งขึ้นสู่อวกาศเมื่อเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2514 และ พฤศจิกายน พ.ศ. 2516 ตามลำดับ อุปกรณ์บันทึกข้อมูลประกอบด้วยกล้องโทรทรรศน์และกล้องวัดค่ารังสี (Radiometer) ดาวเทียม IRS-1A และ IRS-1B ถูกส่งขึ้นสู่อวกาศเมื่อวันที่ 17 มีนาคม 2531 และ 29 สิงหาคม 2534 ตามลำดับ นับเป็นดาวเทียมชุดแรกที่ออกแบบเพื่อการสำรวจโลกเชิงปฏิบัติการ อุปกรณ์บันทึกข้อมูลที่ติดตั้งบนดาวเทียมชุดนี้ประกอบด้วย Linear Imaging and Self Scanning (LISS) 2 ระบบ คือ LISS-I และ LISS-II บันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นตามองเห็นและอินฟราเรดใกล้ ให้ค่าความคมชัดของข้อมูล (Resolution) 72.5 เมตร และ 36.25 เมตร ตามลำดับ

ดาวเทียม IRS-P2 ถูกส่งขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 15 ตุลาคม 2537 โดยจรวด PSLV-D2 ที่พัฒนาโดยองค์การวิจัยอวกาศแห่งอินเดีย ดาวเทียมดวงนี้ติดตั้งอุปกรณ์บันทึกข้อมูล LISS-III ซึ่งให้ข้อมูลที่คล้ายคลึงกับระบบ LISS-II ที่ติดตั้งบนดาวเทียม IRS-1A/1B ต่อมาองค์การวิจัยอวกาศแห่งอินเดียได้ส่งดาวเทียม IRS-1C และ IRS-P3 ขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2535 และ 22 มีนาคม 2539 ตามลำดับ ดาวเทียม IRS-P3 ติดตั้งอุปกรณ์บันทึกข้อมูล 3 ระบบ ได้แก่ Wide Field Sensor (WiFS), Modular Opto-Electronic Scanner (MOS) อุปกรณ์ x-ray สำหรับสำรวจข้อมูลด้านดาราศาสตร์

(7) ดาวเทียมขนาดเล็กของประเทศไทย

ประเทศไทยเองก็มีโครงการสร้างดาวเทียมขนาดเล็กเป็นของตัวเอง ภายใต้ความร่วมมือกับประเทศแคนาดา แต่โครงการนี้ต้องยกเลิกไปในขณะนั้นเนื่องจากปัญหาเศรษฐกิจ แต่ในขณะเดียวกันประเทศไทยก็มีดาวเทียมขนาดเล็กเป็นดวงแรกด้วยฝีมือคนไทย โดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ร่วมกับบริษัท ไทแซทเทลท์ เทเลคอมมูนิเคชั่นจำกัด (ทีเอสซี) ในเครือยูคอม ได้ดำเนินโครงการรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตดาวเทียมขนาดเล็กจากมหาวิทยาลัยเซอร์เรย์ ประเทศอังกฤษ โดยส่งอาจารย์ของมหาวิทยาลัยฯ และวิศวกรของบริษัททีเอสซีฯ ไปเรียนรู้พื้นฐานการออกแบบดาวเทียม การสร้างและการทดสอบดาวเทียม โดยสร้างดาวเทียมเพื่อใช้งานจริงชื่อ TMSAT (Thai Micro-Satellite) เสร็จสิ้นเมื่อเดือนเมษายน 2540 นับเป็นดาวเทียมดวงแรกที่ออกแบบและสร้างด้วยฝีมือคนไทยอย่างแท้จริง ต่อมาดาวเทียม TMSAT ได้รับพระราชทานชื่อใหม่เป็น “ไทพ์ฒ” เมื่อเดือนตุลาคม 2541 ดาวเทียมไทพ์ฒประสบความสำเร็จในการส่งเข้าสู่วงโคจรโดยจรวด Zenith-II จากฐานยิง ณ เมือง Baikanour ประเทศ Kazakhstan เมื่อวันที่ 10 กรกฎาคม 2541 สำหรับดาวเทียม ไทพ์ฒ-2 กำลังอยู่ในระหว่างการดำเนินการสร้างและทดสอบ ตามแผนดาวเทียมไทพ์ฒ-๒ จะถูกส่งขึ้นสู่อวกาศในประมาณปี พ.ศ. 2546

ดาวเทียมไทพ์ฒ เป็นดาวเทียมขนาดเล็ก คือ ขนาด 364x364x630 มม.³ มีน้ำหนัก 50 กิโลกรัม และเป็นดาวเทียมประเภทวิถีโคจรต่ำ (Low Earth Orbit) มีความสูงเฉลี่ยจากพื้นผิวโลก 815 กิโลเมตร วิถีโคจรของดาวเทียมไทพ์ฒเป็นแบบสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ (Sun-synchronous Orbit) โดยมีวิถีโคจรในแนวเกือบตั้งฉากกับระนาบของเส้นศูนย์สูตร คือ ระนาบของวงโคจร ทำมุมประมาณ 98 องศากับระนาบของเส้นศูนย์สูตร และโคจรผ่านบริเวณต่างๆ บนโลกในช่วงเวลาเดิมทุกครั้ง ดาวเทียมไทพ์ฒใช้เวลาโคจรรอบโลกรอบละ 101.2 นาทีและโคจรรอบโลกวันละ 14.2 รอบ โดยที่แต่ละรอบวิถีโคจรจะเลื่อนไปทางทิศตะวันตกในแนวประมาณ 25 องศา ทำให้ดาวเทียมไทพ์ฒโคจรผ่านทุกพื้นที่ในโลกและโคจรผ่านประเทศไทยทุกวัน วันละ 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาแรกประมาณ 8.30-12.30 น. วันละ 2 ถึง 3 ครั้ง และช่วงเวลาที่สองประมาณ 20.30-00.30 น. วันละ 2 ถึง 3 ครั้ง แต่ละครั้งที่โคจรผ่านประเทศไทย สถานีรับสัญญาณดาวเทียมภาคพื้นดินซึ่งตั้งอยู่ ณ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีมหานคร เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร จะสามารถรับสัญญาณดาวเทียมไทพ์ฒได้ประมาณ 17 นาที ดาวเทียมไทพ์ฒเน้นคุณสมบัติหลักด้านการสื่อสารแบบดิจิทัล ด้านการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติและภูมิอากาศโดยด้านการสื่อสารแบบดิจิทัลซึ่งเรียกกันว่า Packet Radio นั้น ใช้ยานความถี่วิทยุสมัครเล่น ซึ่งนักวิทยุสมัครเล่นทั่วโลกที่อยู่ในรัศมี 3,000 ไมล์จากตำแหน่งศูนย์กลางที่ดาวเทียมไทพ์ฒโคจรอยู่สามารถติดต่อสื่อสารกับดาวเทียมได้โดยตรงโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย นับว่าเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อ การศึกษาค้นคว้าโดยตรงของประชาชนที่สนใจทั่วไป สำหรับด้านการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติและการสำรวจภูมิอากาศนั้น ดาวเทียมไทพ์ฒติดตั้งกล้องถ่ายภาพมุมกว้าง ซึ่งสามารถถ่ายภาพในย่านความถี่แสงอินฟราเรดใกล้ ขนาด 578 จุดภาพ x 576 จุดภาพ โดยสามารถถ่ายภาพได้ภายในครั้งเดียวซึ่งแตกต่างจากดาวเทียมอื่นที่ถ่ายภาพทีละเส้น ทำให้ภาพที่ได้จากดาวเทียมไทพ์ฒไม่ต้องไปผ่านกระบวนการแก้ไขการเอียงของภาพ ซึ่งภาพถ่ายดาวเทียมดังกล่าวนี้สามารถนำไปใช้ในการดูสภาพภูมิอากาศ การเกิดของเมฆและพายุรวมทั้งการตรวจสอบพื้นที่ในมุมกว้าง นอกจากนี้ดาวเทียมไทพ์ฒยังติดตั้งกล้องถ่ายภาพมุมแคบอีก 3 กล้อง เพื่อถ่ายภาพในช่วงคลื่นแสงอินฟราเรดใกล้ สีแดง และ สีเขียว (0.8-0.89 μm , 0.61-0.69 μm , 0.50-0.59 μm) แต่ละภาพที่ได้มีขนาด 1020 จุดภาพ x 1020 จุดภาพ แต่ละจุดภาพมีขนาดพื้นที่บนภาคพื้นดิน 65 เมตร ทำให้ถ่ายภาพได้พื้นที่ประมาณ 65 x 65 ตารางกิโลเมตร ภาพถ่ายดาวเทียมนี้สามารถนำไปใช้ในการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ เช่น ป่าไม้ แหล่งน้ำ เขตเมือง เป็นต้น เมื่อต้องการให้ดาวเทียมบันทึก

ภาพบริเวณใดบนพื้นโลกก็กำหนดทิศทางที่ต้องการให้กับดาวเทียม เมื่อดาวเทียมโคจรผ่านไปก็จะทำการบันทึกภาพแล้วเก็บภาพไว้ในหน่วยความจำของดาวเทียมซึ่งมีขนาดความจุ 128 เมกะไบต์ (128 ล้านไบต์) ทำให้สามารถเก็บภาพได้สูงสุดถึง 128 ภาพ ในอนาคตอันใกล้มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานครมีโครงการที่จะสร้างดาวเทียมซึ่งมีรายละเอียดสูงยิ่งขึ้น โดยคาดว่าจะส่งเข้าสู่วงโคจรในปีพ.ศ. 2543-2544 สำหรับลักษณะทั่วไปของดาวเทียมไทยพัฒน์ มีดังนี้ (วรารักษ์, 2541)

(1) น้ำหนัก	: 50 กิโลกรัม
(2) โคจรสูงจากผิวโลก	: 815 กิโลเมตร
(3) ระนาบของวงโคจร	: 9 องศา (Sun-synchronous Orbit) โดยถ่ายภาพได้ทุกตำแหน่งบนโลก
(4) กล้องมุมแคบ	: 3 กล้อง ถ่ายภาพใน 3 ช่วงคลื่นแสง
(5) ขนาดภาพมุมแคบ	: 1020 จุดภาพ x 1020 จุดภาพ
(6) ความละเอียดของภาพสีมุมแคบ	: 65 เมตร
(7) ขนาดภาพมุมกว้าง	: 578 จุดภาพ x 576 จุดภาพ
(8) ความละเอียดของภาพมุมกว้าง	: 1.5 กิโลเมตร
(9) ย่านความถี่ใช้งาน	: Uplink - VHF (145 MHz) และ Downlink - UHF (436 MHz)
(10) อัตราเร็วการสื่อสารข้อมูล	: 76.8 กิโลบิตต่อวินาที
(11) อายุการใช้งาน	: มากกว่า 10 ปี

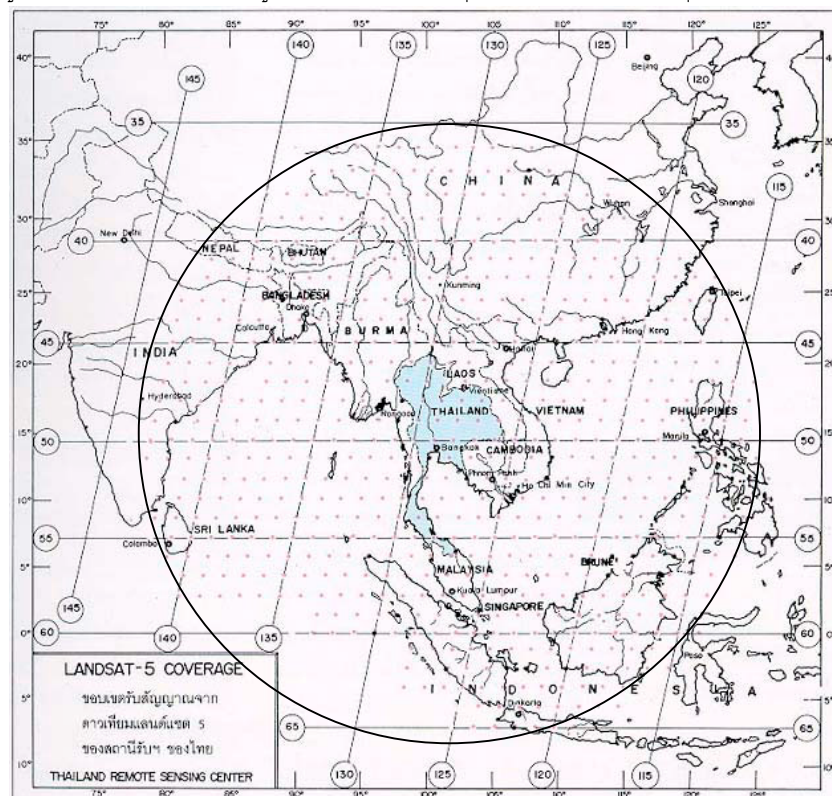
1.9 ความเป็นมาของการสำรวจทรัพยากรด้วยดาวเทียมในประเทศไทย

ประเทศไทยได้เข้าร่วมโครงการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียมขององค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NASA) ตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อเดือนกันยายน พ.ศ. 2514 และในปี พ.ศ. 2515 ได้จัดตั้ง “โครงการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียมแห่งประเทศไทย” (Thailand National Remote Sensing Programme : TNRSP) โดยเริ่มให้บริการข้อมูลจากดาวเทียม ERTS-1 หรือ LANDSAT-1 ในปี พ.ศ. 2515 ซึ่งโครงการฯ ดังกล่าวมีการแต่งตั้งคณะกรรมการแห่งชาติว่าด้วย การประสานงานการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียมและหอปฏิบัติการลอยฟ้า ซึ่งประกอบด้วยกรรมการจากหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง มีหน้าที่ในการกำหนดนโยบาย วางแผน ประสานงาน เกี่ยวกับการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียมของประเทศไทยตลอดจนส่งเสริมสนับสนุนอุปกรณ์และการฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างบุคลากรในด้านการจัดการทรัพยากรต่างๆ โดยได้แต่งตั้งคณะอนุกรรมการต่างๆ อาทิ คณะอนุกรรมการวางแผนและติดตามผล คณะอนุกรรมการการเกษตร ป่าไม้ และการใช้ที่ดิน คณะอนุกรรมการธรณีวิทยา อุทกวิทยา สมุทรศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม คณะอนุกรรมการประสานงานการจัดตั้งสถานีรับสัญญาณจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากร และคณะอนุกรรมการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อปฏิบัติงานและประสานงานการนำข้อมูลจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรไปประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาประเทศอย่างกว้างขวางและเป็นผลดียิ่ง เช่น ป่าไม้ การใช้ที่ดิน การแผนที่ การเกษตร ธรณีวิทยา การตรวจตราฉุกเฉิน อุทกวิทยา สมุทรศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม (รัตน, 2545 และ สุวิทย์, 2536)

หลังจากนั้นในปี พ.ศ. 2522 โครงการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียมแห่งประเทศไทย ถูกยกฐานะเป็น “กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม” เพิ่มบทบาทหน้าที่ประสานงานแลกเปลี่ยนข้อมูลดาวเทียมกับองค์การอวกาศของประเทศต่างๆ และหน่วยงานในประเทศ และในปีพ.ศ. 2524 ประเทศไทยได้จัดตั้ง สถานีรับสัญญาณดาวเทียมสำรวจภาคพื้นดินเป็นแห่งแรกในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ตั้งอยู่ในเขตลาดกระบัง มีรัศมีขอบข่ายการรับสัญญาณประมาณ 2,800 กิโลเมตร ซึ่งครอบคลุม 17 ประเทศ ดังนี้ ไทย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ สิงคโปร์ มาเลเซีย พม่า กัมพูชา เวียดนาม ลาว บังกลาเทศ ภูฏาน เนปาล อินเดีย บรูไน ศรีลังกา ไต้หวัน สาธารณรัฐประชาชนจีน และฮ่องกง สถานีรับฯ นี้ สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียม LANDSAT-3 และดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา GMS และ NOAA

ในปลายปี พ.ศ. 2530 สถานีรับสัญญาณดาวเทียมภาคพื้นดินได้รับการพัฒนาปรับปรุงให้สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมรายละเอียดสูง คือ ระบบ Thematic Mapper ของดาวเทียม LANDSAT-5 (ภาพที่ 1.4) ซึ่งมีรายละเอียดเชิงพื้นที่ 30 เมตร และระบบ HRV ของดาวเทียม SPOT มีรายละเอียดภาพ 20 เมตร ในภาพหลายช่วงคลื่น (Multispectral Linear Array; MLA) และ 10 เมตร ในภาพขาวดำ (Panchromatic Linear Array; PLA) รวมทั้งยังได้ปรับปรุงให้สามารถรับสัญญาณดาวเทียม MOS-1 ของญี่ปุ่นที่มีรายละเอียด 50 เมตร ในปี พ.ศ. 2535 สถานีรับสัญญาณฯ ได้พัฒนาระบบให้สามารถรับสัญญาณข้อมูลดาวเทียม NOAA ขององค์การสมุทรศาสตร์และบรรยากาศแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NOAA) ปี พ.ศ. 2536 ได้พัฒนาปรับปรุงเพื่อรับสัญญาณและผลิตข้อมูลไมโครเวฟระบบ SAR ของดาวเทียม ERS ขององค์การอวกาศยุโรป (ESA), ดาวเทียม RADARSAT ของแคนาดา และดาวเทียม IRS ของอินเดีย ดาวเทียม LANDSAT-7 ระบบ EnhanceThematic Mapper Plus (ETM+) ของสหรัฐอเมริกา

ปัจจุบันกองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม ได้เปลี่ยนโครงสร้างของหน่วยงานไปเป็น “สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน): สทอภ.” หรือ GISTDA ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2543 เป็นหน่วยงานให้บริการข้อมูลจากดาวเทียมแบบครบวงจร โดยเริ่มตั้งแต่รับสัญญาณโดยตรงจากดาวเทียม บันทึกไว้ในคลังข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การบริการภาพและคำแนะนำปรึกษา การถ่ายทอดเทคโนโลยี และให้ทุนเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ รวมทั้งเป็นเครือข่ายในการรับสัญญาณของดาวเทียม LANDSAT, IRS และ RADARSAT บริการข้อมูล MODIS จากดาวเทียม TERRA และให้บริการข้อมูลดาวเทียม LANDSAT-5, SPOT, JERS, NOAA ซึ่งถูกเก็บอยู่ในคลังข้อมูล สำหรับสถานภาพในปัจจุบันของสถานีรับสัญญาณดาวเทียมภาคพื้นดิน สามารถรับสัญญาณข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-7, IRS-1C และ RADARSAT-1 นอกจากนี้สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชียได้จัดตั้งระบบรับสัญญาณข้อมูลจากดาวเทียม TERRA/MODIS และองค์กร SI SEA สามารถรับข้อมูลจากดาวเทียมรายละเอียดสูง IKONOS ได้ในปัจจุบัน (รัตน, 2545 และ สุวิทย์, 2536)



ภาพที่ 1.4 ขอบเขตรับสัญญาณจากดาวเทียม LANDSAT-5 ของสถานีรับสัญญาณภาคพื้นดินของประเทศไทย (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2534)

1.10 การประยุกต์ข้อมูลรีโมทเซนซิงในประเทศไทย

การสำรวจข้อมูลจากระยะไกลมีประโยชน์ในการนำมาใช้เพื่อแปลตีความและวิเคราะห์หาข้อมูลเกี่ยวกับทรัพยากรธรรมชาติต่างๆ ที่มีอยู่ในโลกนี้ รวมตลอดถึงสามารถใช้ในการสำรวจสภาพความเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลาด้วย โดยจะได้ผลการสำรวจในรูปของแผนที่ ซึ่งสามารถนำมาศึกษา ค้นคว้า วิจัย วิเคราะห์ และประเมินผล เพื่อหาข้อมูลสำหรับการพิจารณา กำหนดนโยบาย หรือวางแผนการดำเนินงานให้ได้รับผลสำเร็จตรงตามสภาพความเป็นจริงในภูมิประเทศต่อไปได้ในปัจจุบันวิทยาการสาขาต่างๆ ที่ได้มีการนำข้อมูลการสำรวจระยะไกลมาใช้ประโยชน์ในการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

(1) ป่าไม้

การติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ทั่วประเทศพบว่า ในปี พ.ศ. 2516 มีพื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 43.20 ของพื้นที่ประเทศ ส่วนปี พ.ศ. 2543 เหลือเพียงร้อยละ 33.33 โดยเฉพาะในเขตพื้นที่ป่าต้นน้ำลำธาร นอกจากนี้ยังนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมาประยุกต์ใช้ในการด้านการจำแนกชนิดของป่า สำรวจหาพื้นที่ป่าอุดมสมบูรณ์และป่าเสื่อมโทรมทั่วประเทศ การศึกษาด้านไฟป่า การหาพื้นที่เหมาะสำหรับการปลูกสร้างสวนป่าทดแทนบริเวณพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกบุกรุก

(2) การเกษตร

การใช้ภาพถ่ายดาวเทียมทางด้านการเกษตรส่วนใหญ่จะใช้ศึกษาหาพื้นที่เพาะปลูกของพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ เช่น ข้าวนาปี ข้าวนาปรัง สวนยางพารา สับปะรด อ้อย และ ข้าวโพด การสำรวจตรวจสอบสภาพของพืชที่ปลูก การเปลี่ยนแปลงบริเวณเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ ตลอดจนการกำหนดพื้นที่ที่มีศักยภาพทางการเกษตร

(3) การใช้ที่ดิน

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบต่างๆ เช่น การทำเกษตรกรรม เขื่อนแก่ง การก่อสร้างอาคารที่อยู่อาศัย สำรวจและวางแผนการใช้ที่ดิน การจำแนกความเหมาะสมดิน (Land Suitability) ตลอดจนการจัดทำแผนที่แสดงขอบเขตการใช้ที่ดินแต่ละประเภทซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงรวดเร็วตาม ฤดูกาลและสภาพเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ

(4) ธรณีวิทยาและธรณีสิ่งแวดล้อม

การจัดทำแผนที่ภูมิฐานวิทยาและแผนที่ภูมิพฤษศาสตร์ (Mapping geomorphology and geobotany) แผนที่ธรณีวิทยา (Geology map) ตรวจสอบภาวะธรรมชาติของดิน หินและบริเวณเกิดแผ่นดินไหว การวิเคราะห์ธรณีสิ่งแวดล้อมและการระบายน้ำ (Landform and drainage analysis) ธรณีโครงสร้างของประเทศไทยซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานสนับสนุนในการพัฒนาประเทศด้านอื่น เช่น การหาแหล่งแร่ แหล่งเชื้อเพลิงธรรมชาติ แหล่งน้ำบาดาล การสร้างเขื่อน เป็นต้น

(5) อุทกวิทยา

การศึกษาในด้านอุทกวิทยา อาจรวมถึงการศึกษากับเกี่ยวกับ อุทกภาพ ซึ่งหมายถึงแหล่งน้ำทั้งบนบก ในทะเล น้ำบนดินและน้ำใต้ผิวดิน ซึ่งรวมไปถึงแหล่งน้ำ ปริมาณ คุณภาพ ทิศทางการไหล การหมุนเวียน ตลอดจนองค์ประกอบอื่นๆ ที่สัมพันธ์กับทรัพยากรน้ำ ภาพถ่ายดาวเทียมจะให้ข้อมูลแหล่งที่ตั้ง รูปร่าง และขนาดของแหล่งน้ำผิวดินเป็นอย่างดี (สุวิทย์, 2536)

นอกจากนี้ยังสามารถใช้ข้อมูลดาวเทียมสำหรับติดตามประเมินผลการบำรุงรักษาระบบและการจัดสรรน้ำของโครงการชลประทานต่างๆ การศึกษาด้านการใช้น้ำและการบำรุงรักษาเขื่อน รวมทั้งการสำรวจบริเวณที่ราบที่จะเกิดน้ำท่วมและสถานะน้ำท่วม

(6) สมุทรศาสตร์

ศึกษาเกี่ยวกับการไหลเวียนของน้ำทะเล ตะกอนในทะเลและคุณภาพของน้ำบริเวณชายฝั่ง เช่น การแพร่กระจายของตะกอนแขวนลอยที่เกิดจากกิจกรรมเหมืองแร่ในทะเล นอกจากนี้ยังได้ศึกษาการแพร่กระจายของตะกอนบริเวณปากแม่น้ำต่างๆ ของอ่าวไทย รวมทั้งการติดตามการพังทลายของชายฝั่งทะเล

(7) ภัยพิบัติธรรมชาติ

ประเทศไทยมักประสบปัญหาเกี่ยวกับอุบัติภัยทางธรรมชาติ เช่น อุทกภัย วาตภัย และแผ่นดินถล่ม เป็นต้น ซึ่งภาพจากดาวเทียมช่วยทำให้ทราบขอบเขตบริเวณที่เกิดอุบัติภัยได้อย่างรวดเร็ว รวมทั้งช่วยในการติดตามและประเมินผลเสียหายเบื้องต้นเกี่ยวกับอุบัติภัยต่างๆ เพื่อนำมาใช้ในการวางแผนการช่วยเหลือและฟื้นฟูต่อไปได้ ตัวอย่างเช่น อุทกภัยที่จังหวัดนครศรีธรรมราช เมื่อปี พ.ศ. 2531 วาตภัยที่จังหวัดชุมพร เมื่อปี พ.ศ. 2532 และแผ่นดินถล่มบริเวณ ตำบลน้ำก้อและน้ำซุน จังหวัดเพชรบูรณ์ เมื่อปี พ.ศ. 2543

(8) วางผังเมือง

ปัจจุบันภาพถ่ายดาวเทียมมีความละเอียดเชิงพื้นที่เทียบเท่ากับภาพถ่ายทางอากาศ เช่น ภาพจากดาวเทียม IKONOS ที่มีความละเอียด 1 เมตร ซึ่งเหมาะสมในการประยุกต์ใช้ในการวางผังเมืองของชุมชนที่อยู่ในเมืองขนาดใหญ่ การวางแผนผังหมู่บ้านที่อยู่ใกล้พื้นที่ป่าไม้ การวางแผนสร้างสะพาน แหล่งชุมชนแออัด การพัฒนาเมืองเก่า การก่อสร้างเมืองใหม่ และการเคลื่อนย้ายเมืองที่มีความแออัดไปอยู่ในที่แห่งใหม่ ตลอดจนการออกแบบถนนหนทาง ไฟฟ้า ประปา และระบบสาธารณูปโภคต่างๆ ให้เหมาะสม

(9) การประมง

ใช้ในการสำรวจหาพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำประเภทต่าง ๆ รวมถึงการหาแหล่งที่อยู่อาศัยของปะการังใต้ทะเลและการกระจายตัวของแพลงตอนพืชและสัตว์

(10) สิ่งแวดล้อม

ใช้ในการตรวจสอบน้ำเสียที่ไหลลงสู่แม่น้ำ ลำคลอง ตรวจสอบบริเวณที่ครอบคลุมด้วยควันพิษ ตรวจสอบผลเสียที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ หรือตรวจสอบสภาวะความเข้มข้นของแก๊สต่างๆ ในชั้นบรรยากาศ

(11) การทำแผนที่

ภาพถ่ายดาวเทียมเป็นภาพที่ทันสมัยที่สุดสามารถนำไปแก้ไขแผนที่ภูมิประเทศได้อย่างรวดเร็วมีความถูกต้องเป็นที่ยอมรับ เช่น ภาพจากดาวเทียม QuickBird ที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ เท่ากับ 61 เซนติเมตร ทำให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องทางตำแหน่งและรูปร่างเรขาคณิตในระดับสูง นอกจากนี้ภาพถ่ายดาวเทียมสามารถแสดงลักษณะภูมิประเทศที่เปลี่ยนแปลงไป ตลอดจนเส้นทางคมนาคม หรือสิ่งก่อสร้างที่เกิดขึ้นใหม่ ทำให้ได้แผนที่ที่ทันสมัยเพื่อการวางแผนที่รวดเร็วและถูกต้องยิ่งขึ้น

จากตัวอย่างการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลในด้านต่างๆ ดังที่กล่าวมา พบว่าปัจจุบันประเทศไทยได้นำข้อมูลดาวเทียมสำรวจทรัพยากรมาใช้ในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมเป็นเวลานานแล้ว และได้สร้างองค์กรและบุคลากรมากพอสมควรในการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการมีสถานี่รับสัญญาณจากดาวเทียมภาคพื้นดินย่อมเป็นข้อได้เปรียบอย่างยิ่งสำหรับประเทศไทยในการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากต่างประเทศ ซึ่งในการใช้ประโยชน์จากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรแต่ละดวงล้วนมีสมรรถนะการถ่ายภาพที่มีรายละเอียดสูงเทียบเท่ารูปถ่ายทางอากาศ ย่อมเป็นตัวสำคัญที่ก่อให้เกิดการใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในด้านการวางแผนการใช้ที่ดิน การจัดการป่าไม้ การประเมินพื้นที่ เพาะปลูก และการพยากรณ์ผลผลิตทางเกษตร เป็นต้น (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2534) อย่างไรก็ตามข้อมูลจากดาวเทียมสามารถนำมาบูรณาการเชื่อมต่อกับข้อมูลจากเทคโนโลยีอื่น เช่น ภาพถ่ายทางอากาศ แผนที่ภูมิประเทศ ข้อมูลจากการสำรวจภาคพื้นดินด้วย GPS ในลักษณะการทำงานภายใต้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อให้ได้ประโยชน์เต็มประสิทธิภาพ ซึ่งขณะนั้ระบบดังกล่าวได้มีขึ้นใช้ในประเทศที่พัฒนาแล้ว แต่การพัฒนาเช่นนี้ในประเทศไทยเป็นเพียงแค่ระยะเริ่มต้น ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาระบบนี้ให้เหมาะสมกับประเทศไทยต้องยังมีการสนับสนุน รวมทั้งการร่วมมือจากหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อมุ่งไปสู่การใช้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมให้เกิดประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

บรรณานุกรม

- ดาราศรี ดาวเรือง. 2536. วิวัฒนาการของการสำรวจทรัพยากรโลกด้วยดาวเทียม ใน การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม. กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพมหานคร.
- ประเสริฐ วิหารัฐ. มปป. การใช้ข้อมูลดาวเทียมด้านภูมิศาสตร์. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. กรุงเทพมหานคร.
- รัตนา ปุณณหรรษา. 2545. แนะนำ สทอภ. ใน วารสาร เทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ ปีที่ 1 เล่มที่ 1. สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ. หน้า 9-23.
- วราภรณ์ สุขยชิต. 2541. ดาวเทียมไทยพัฒนาดาวเทียมขนาดเล็กดวงแรกฝีมือคนไทย. วารสารภูมิศาสตร์ (กรกฎาคม - ธันวาคม) หน้า 18-20.
- วิรัตน์. 2546. การส่งผ่านข้อมูลจากระยะไกล. นิตยสารนาวิกศาสตร์ ปีที่ ๘๖ เล่มที่ ๓ มีนาคม พ.ศ.๒๕๔๖. กองสารสนเทศกรมอิเล็กทรอนิกส์ทหารเรือ. กองทัพเรือ. <http://www.navy.mi.th/newwww/document/navic/8603.html>
- ศุทธิณี ดนตรี. 2542. ความรู้พื้นฐานด้านการสำรวจจากระยะไกล. ภาควิชาภูมิศาสตร์. คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2534. จากห้วงอวกาศสู่พื้นแผ่นดินไทย : กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2540. คำบรรยายเรื่องการสำรวจระยะไกล. กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพมหานคร.
- สุรัช รัตนเสริมพงศ์. 2536. หลักการเบื้องต้นของเทคโนโลยีการสำรวจข้อมูลระยะไกล ใน การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม. กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพมหานคร.
- สุวิทย์ วิบูลย์เศรษฐ์. 2536. การสำรวจทรัพยากรโลกด้วยดาวเทียม ใน การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม. กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพมหานคร.
- สมพร สง่าวงศ์. 2543. รีโมทเซนซิงเบื้องต้น และกรณีศึกษา รีโมทเซนซิง. นพบุรีการพิมพ์ เชียงใหม่. 243 หน้า.
- JARS. 1993. Remote Sensing Note Murai S. (ed.), Japan Association on Remote Sensing,
- Lillesand T.M. and Kiefer R.W. 1994. Remote sensing and image interpretation 3rd ed., John Wiley & Sons, Inc.