

บทที่ 21

ภาพถ่ายดาวเทียม

ผศ.วินิตา ผ่านาค

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้ นักศึกษาทราบถึงประเภทของดาวเทียมชนิดต่าง ๆ ได้
2. เพื่อให้ นักศึกษาอธิบายรายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับดาวเทียมแลนด์แซทและดาวเทียมสปอทได้
3. เพื่อให้ นักศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างดาวเทียมทั้งสองได้
4. เพื่อให้ นักศึกษาอธิบายการผลิตข้อมูลจากดาวเทียมทั้งสองได้
5. เพื่อให้ นักศึกษาวิเคราะห์การแปลตีความข้อมูลด้วยสายตาและอธิบายขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ได้
6. เพื่อให้ นักศึกษาเข้าใจเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ของข้อมูลดาวเทียมในประเทศไทยได้

2.1 บทนำ

การใช้ข้อมูลจากดาวเทียมเพื่อช่วยในการสำรวจเริ่มขึ้น เมื่อสหรัฐอเมริกาส่งดาวเทียม TIROS และ NIMBUS ขึ้นไปเพื่อสำรวจทางด้านอุตุนิยมในช่วงคริสต์ทศวรรษที่ 1960 ต่อมาได้มีการส่งดาวเทียมประเภทอื่น ๆ ตามขึ้นไปอีก เช่น ดาวเทียม LANDSAT ดาวเทียม NOAA และดาวเทียม GEMINI เป็นต้น

ดาวเทียมแต่ละดวงที่ถูกส่งขึ้นไปโคจรล้วนมีวัตถุประสงค์ในการใช้งานที่แตกต่างกันไปทั้งนั้น เช่น ดาวเทียมเพื่อการสื่อสาร ดาวเทียมเพื่อการสำรวจทางด้านอุตุนิยมหรือทางด้านอากาศ ดาวเทียมเพื่อการสำรวจทางด้านสมุทรศาสตร์ และดาวเทียมเพื่อการสำรวจเกี่ยวกับทรัพยากรของโลก เป็นต้น

ปัจจุบันประเทศไทยรับสัญญาณจากดาวเทียมดวงต่าง ๆ เช่น ดาวเทียม LANDSAT ดาวเทียม SPOT ดาวเทียม MOS-1 ดาวเทียม NOAA และดาวเทียม GMS เป็นต้น แต่สำหรับกระบวนวิชานี้จะขอกล่าวถึงแต่ดาวเทียม 2 ดวงแรกเท่านั้น เพราะเป็นดาวเทียมที่ใช้สำรวจแผ่นดินซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับนักภูมิศาสตร์ ส่วนดาวเทียมดวงอื่น ๆ ใช้ในการสำรวจด้านสมุทรศาสตร์ และพยากรณ์อากาศ เป็นต้น

ประเทศไทยมีสถานีรับสัญญาณภาคพื้นดินเพื่อรับสัญญาณจากดาวเทียมทั้งสองอยู่ที่บริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร สถานีฯ นี้เริ่มเปิดทำการรับสัญญาณมาตั้งแต่ปลายปี 2524 โดยที่ในขณะนั้นรับสัญญาณจากระบบ เอ็ม.เอส.เอส. ของดาวเทียมแลนดส์แซทรุ่นเก่าเท่านั้น ต่อมา ได้มีการปรับปรุงสถานีรับฯ ให้สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมแลนดส์แซทรุ่นใหม่ (แลนดส์แซท-4 และ -5 ได้) และในกลางปี 2531 ได้มีการปรับปรุงอีกครั้งให้สามารถรับสัญญาณจากระบบ ซี.เอ็ม. ในดาวเทียมแลนดส์แซทจากดาวเทียมสปอท และจากดาวเทียม มอส-1 ได้ด้วย

ในบทนี้ จะกล่าวถึงรายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับดาวเทียมแลนดส์แซทและดาวเทียมสปอท เพื่อเป็นพื้นฐานให้นักศึกษาได้เข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติของข้อมูลประเภทต่าง ๆ จากดาวเทียมทั้งสอง และเพื่อเป็นพื้นฐานให้นักศึกษาสามารถอ่านความหมายหรือแปลภาพจากดาวเทียมดังกล่าวได้

21.2 ดาวเทียมแลนดส์แซท (LANDSAT)

ดาวเทียมแลนดส์แซท เป็นดาวเทียมที่ใช้ในการสำรวจพื้นดินหรือสำรวจทรัพยากรโลก ชื่อ LANDSAT มาจากคำว่า **LAND** (พื้นดิน) และ **SATELLITE** (ดาวเทียม) ถูกส่งขึ้นไปโคจรในครั้งแรก เมื่อวันที่ 23 กรกฎาคม 2515 จนถึงปัจจุบันส่งขึ้นไปแล้วทั้งหมด 5 ดวงด้วย

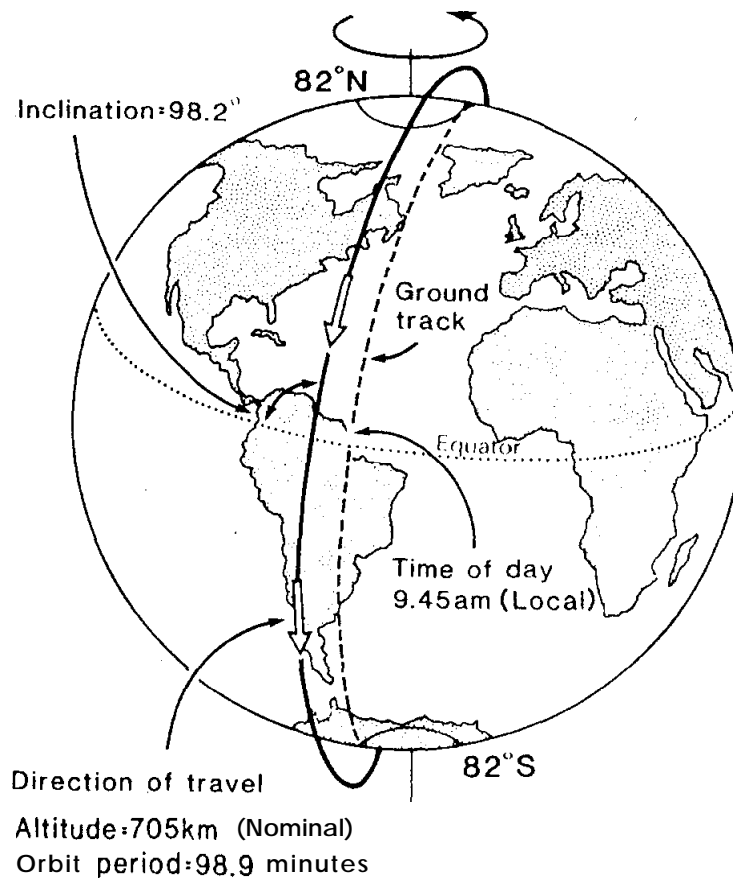
กันคือ LANDSAT-1, LANDSAT-2, LANDSAT-3, LANDSAT-4 และ LANDSAT-5 แต่ละดวงถูกส่งขึ้นไปโคจรในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน และแต่ละดวงมีอายุการใช้งาน 2-3 ปี บางดวงก็ใช้งานได้นานกว่านั้น ปัจจุบันใช้ปฏิบัติการอยู่เพียง 2 ดวง คือ LANDSAT-4 และ LANDSAT-5 ดังตารางข้างล่างนี้

ตาราง 21.1 ระยะการโคจรของดาวเทียมแลนดแซท

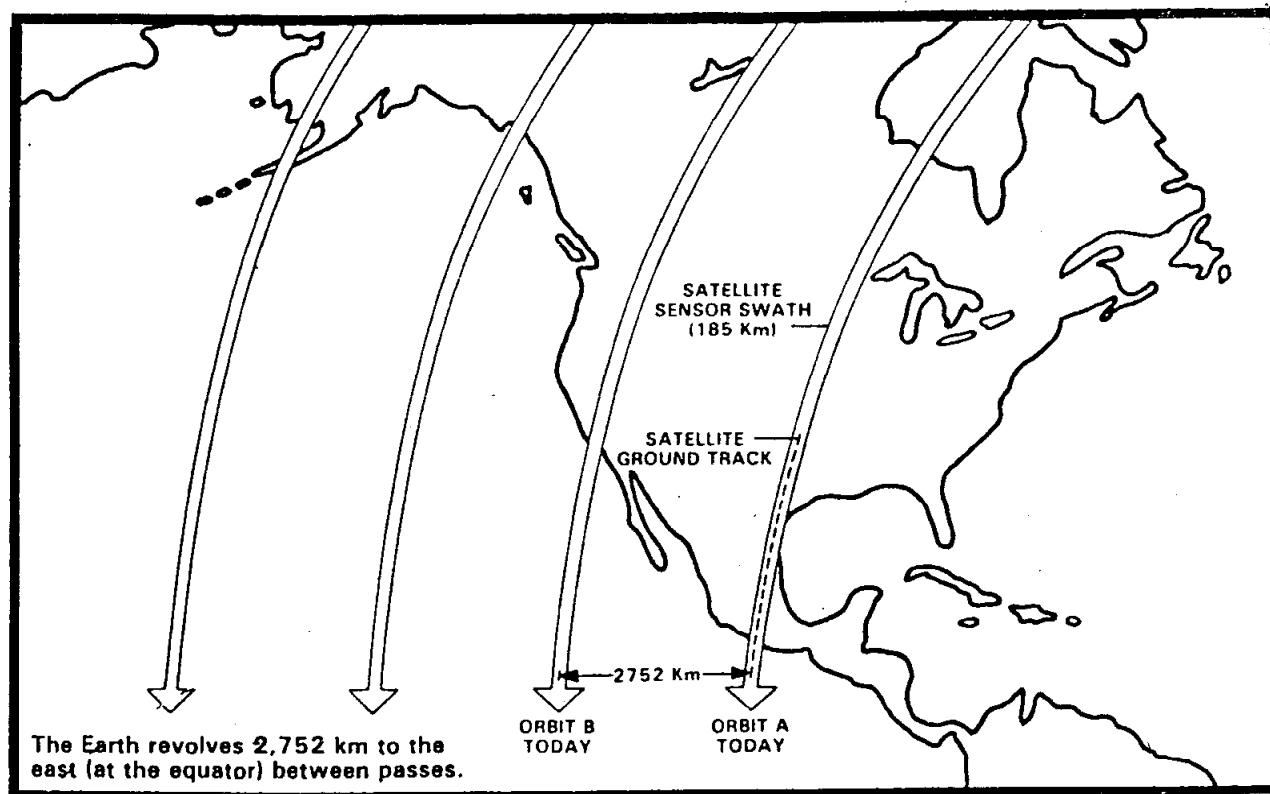
ดาวเทียม	ขึ้นโคจรเมื่อ	หยุดการใช้งานเมื่อ
LANDSAT-1	23 กรกฎาคม 2515	6 มกราคม 2521
LANDSAT-2	22 มกราคม 2518	27 กรกฎาคม 2526
LANDSAT-3	5 มีนาคม 2521	7 กันยายน 2526
LANDSAT-4	16 กรกฎาคม 2525	ยังปฏิบัติการ
LANDSAT-5	1 มีนาคม 2527	ยังปฏิบัติการ

เนื่องจากดาวเทียมแลนดแซทที่ใช้อยู่ปัจจุบัน คือ แลนดแซท-4 และ -5 รายละเอียดที่จะกล่าวถึงจึงเป็นของ 2 ดวงนี้ เท่านั้น

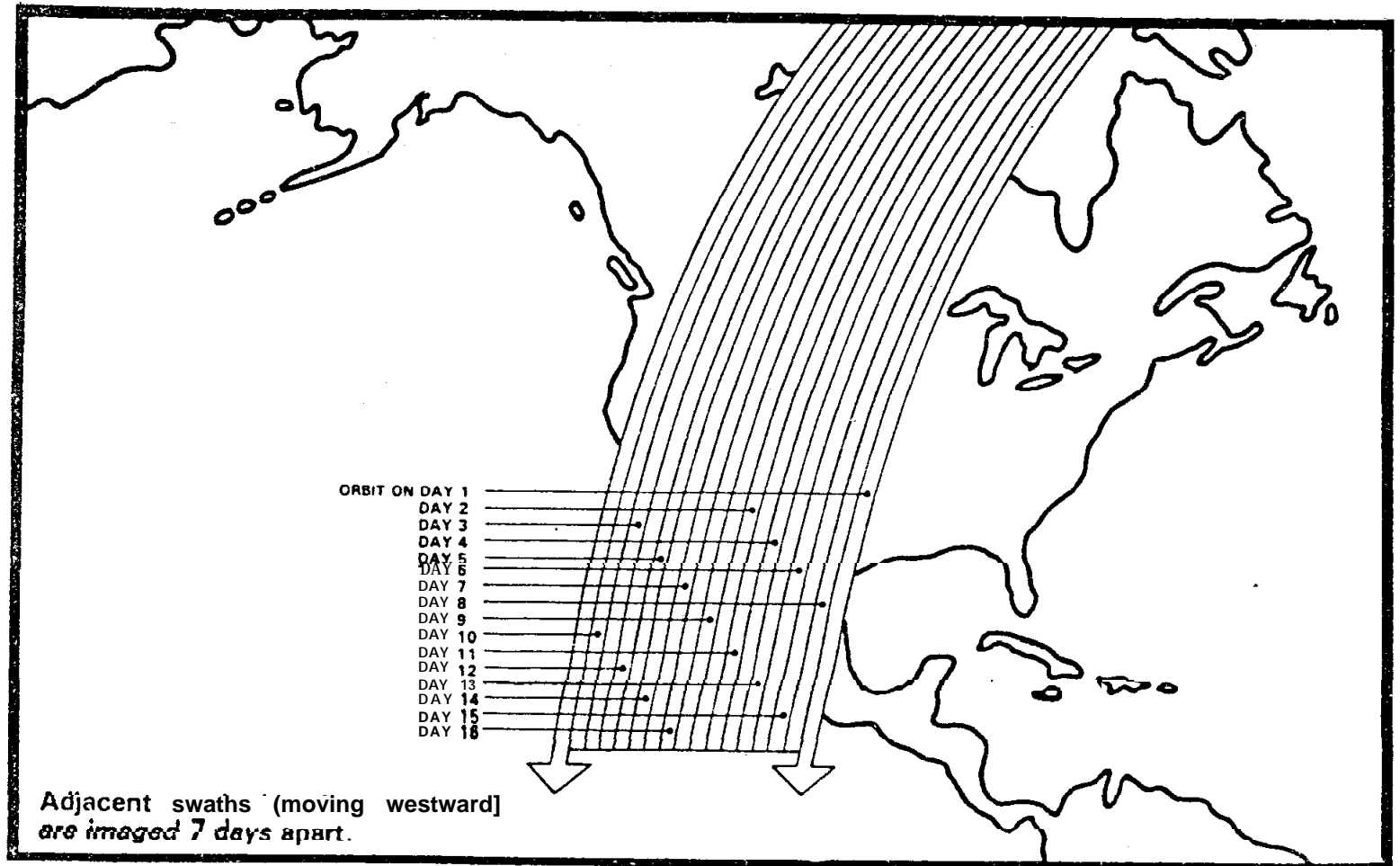
ดาวเทียมแลนดแซท-4 และ -5 มีลักษณะการโคจรที่เรียกว่า sun-synchronous เป็นการโคจรที่สอดคล้องกับดวงอาทิตย์ โดยจะโคจรผ่านแนวศูนย์สูตร ณ เวลาท้องถิ่นเดียวกันเสมอ เช่น เวลาประมาณ 09.45 น. ในแต่ละรอบ การมีลักษณะการโคจรเป็นแบบนี้มีประโยชน์คือทำให้ได้ภาพของบริเวณเดียวกันในแต่ละวันมีมุมของแสงอาทิตย์ที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกันสามารถนำมาศึกษาเปรียบเทียบได้ดีขึ้น ดาวเทียมแลนดแซท-4 และ -5 มีวงโคจรสูงจากพื้นผิวโลก (ณ บริเวณใกล้ขั้วโลก) เป็นระยะ 705 กิโลเมตร และสูงกว่านั้นในบริเวณเส้นศูนย์สูตร การโคจรรอบโลกแต่ละรอบใช้เวลาเกือบ 99 นาที หรือวันละ 14½ รอบ และบันทึกข้อมูลครอบคลุมทั่วโลก (ยกเว้นบริเวณใกล้ขั้วโลก) ภายใน 16 วัน เส้นวงโคจรของดาวเทียมแลนดแซทเป็นลักษณะวงกลมผ่านใกล้ขั้วโลก (circular, near-polar orbit) ทำมุมเอียงจากแนวเส้นศูนย์สูตร 98.2 องศา (ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา) ดังรูปที่ 21.1 ระยะทางระหว่างวงโคจรที่ 1 และที่ 2 ของวันเดียวกันห่างจากกัน 2,752 กิโลเมตร (ณ เส้นศูนย์สูตร) ดังรูปที่ 21.2 และพื้นที่ในระยะห่างนี้จะถูกบันทึกข้อมูลหมดภายใน 16 วัน และจะกลับมาบันทึก ณ จุดเดิมซ้ำอีกในวันที่ 17 การบันทึกข้อมูลในแนวแรกกับแนวที่สองนั้นห่างกันถึง 7 วัน ดังรูปที่ 21.3



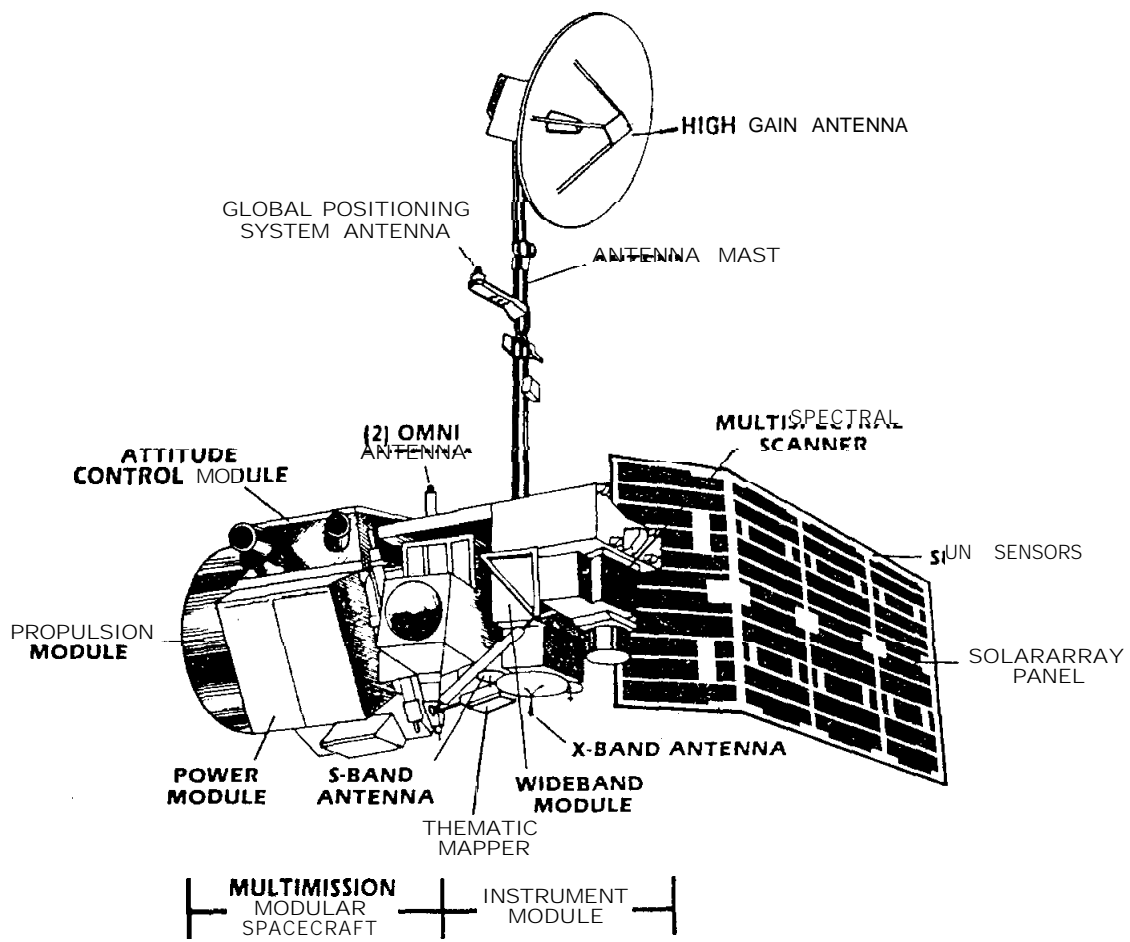
รูปที่ 21.1 การโคจรของดาวเทียมแลนด์แซท 4-5



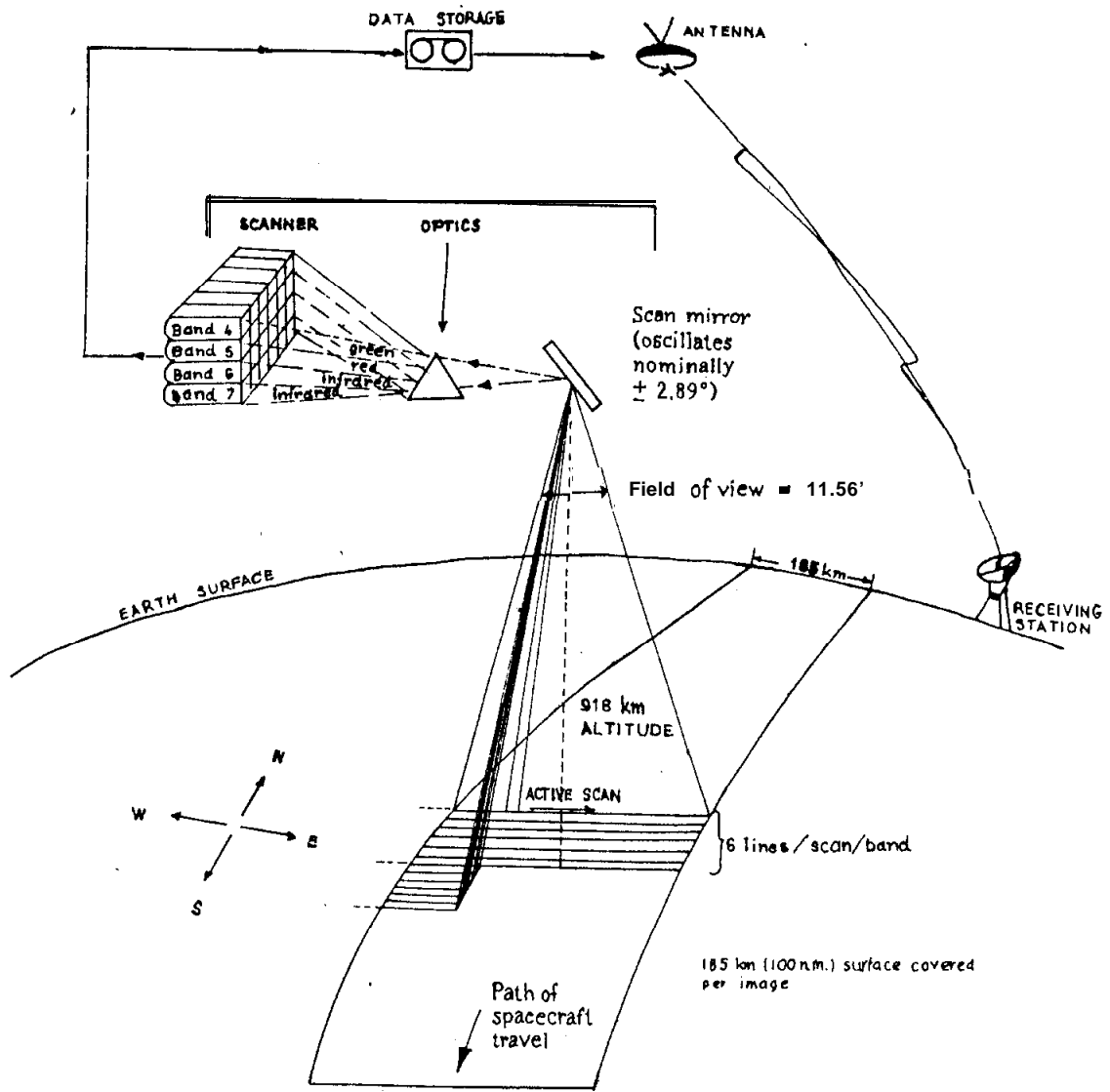
รูปที่ 21.2 ลักษณะแนวโคจรในหนึ่งวันของดาวเทียมแลนด์แซท-4 และ -5
(ที่มา : สัตววรรณ, 2526; หน้า 6)



รูปที่ 21.3 ลักษณะการบันทึกข้อมูลของดาวเทียมแลนด์แซท-4 และ -5 แสดงตำแหน่งการบันทึก
 ในวันต่าง ๆ
 (ที่มา : ลีลาวรรณ, 2526; หน้า 7)



รูปที่ 21.4 รูปร่างลักษณะและส่วนประกอบหลักของดาวเทียมแลนด์แซท-4 และ -5
 (ที่มา : Richason, 1983; หน้า 145)



รูปที่ 21.5 ลักษณะการกวาดภาพของระบบ เอ็ม.เอส.เอส.
 (ที่มา : ดัดแปลงจาก Sabins, 1979; หน้า 67 และ Swain, 1978; หน้า 127)

ดาวเทียมแลนดแซท-4 และ -5 นี้ มีอุปกรณ์การบันทึกภาพอยู่ 2 ระบบด้วยกัน คือ

1. ระบบเครื่องกวาดภาพหลายช่วงคลื่น (Multispectral Scanner - MSS) และ
2. ระบบเครื่องรีแมติกแมปเปอร์ (Thematic Mapper - TM)

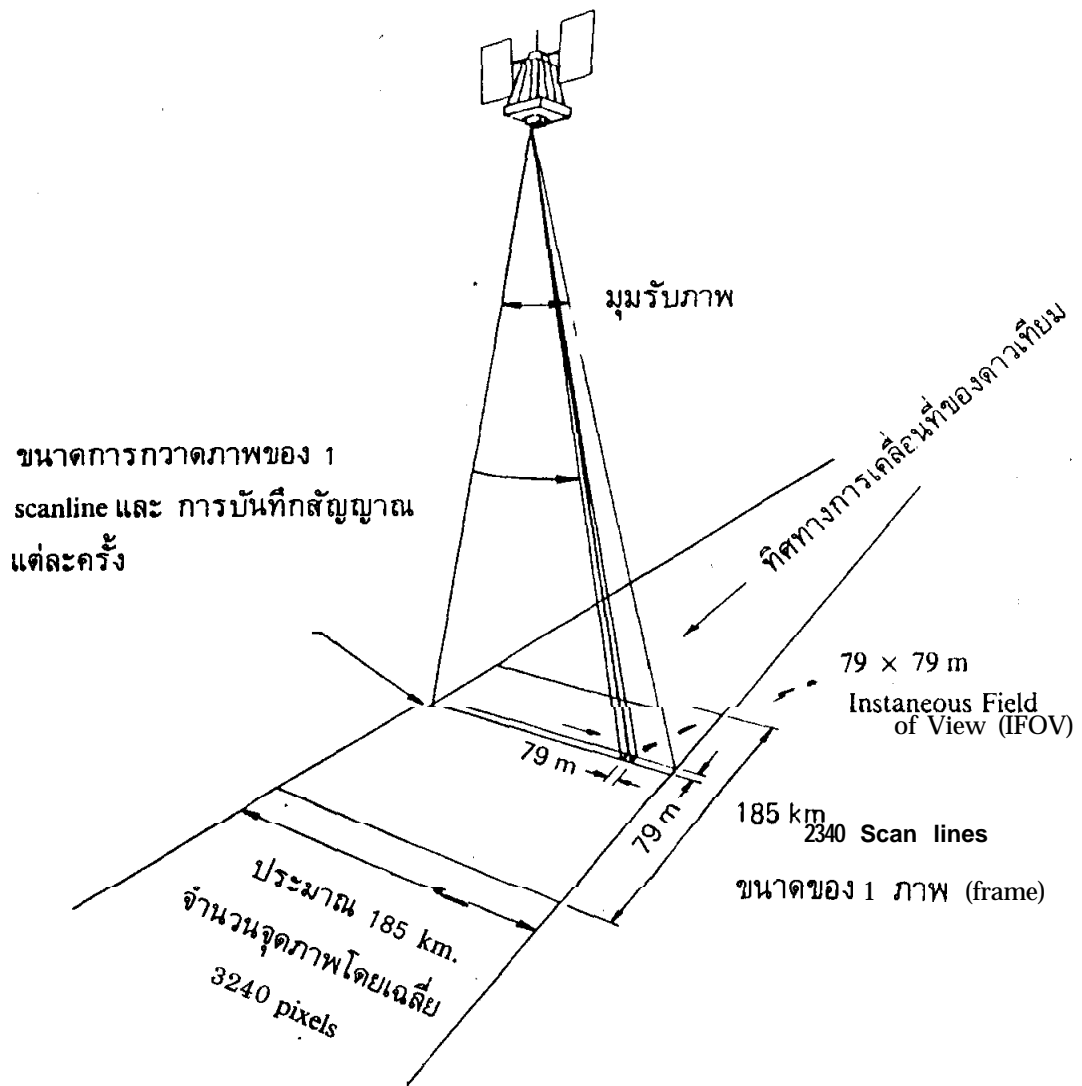
21.2.1 ระบบเครื่องกวาดหลายช่วงคลื่น (Multispectral Scanner - MSS)

ระบบการกวาดภาพหลายช่วงคลื่น เป็นระบบบันทึกข้อมูลภาพเกี่ยวกับพื้นโลก โดยใช้เครื่องมือบันทึกภาพแบบ scanning หรือกวาดภาพ ประกอบด้วยกระจกแกว่งหรือกระจกหมุนซึ่งติดตั้งอยู่ทางตอนล่างของยาน (ดังรูปที่ 21.4) กระจกนี้ทำมุม 45 องศากับโลก แกว่งประมาณ 2.9 องศา มีมุมรับภาพประมาณ 11.56 องศา (รูปที่ 21.5) ทำการบันทึกข้อมูลภาพขณะกวาดภาพจากทิศตะวันตกไปทางทิศตะวันออกเท่านั้น กวาดภาพเป็นเส้นตรงต่อเนื่อง ตัดกับแนวการเคลื่อนที่หรือทิศทางการโคจรของดาวเทียม แต่ละเส้นตรงของการกวาดภาพนี้ เรียกว่า scanline หรือเส้นการกวาดในการที่กระจกแกว่งแต่ละครั้งจะทำการกวาดภาพได้พร้อมกัน 6 เส้นการกวาด (scanlines) แต่ละเส้นจะเท่ากับพื้นที่จริงบนโลก ซึ่งยาวประมาณ 185 กิโลเมตร กว้างประมาณ 83 เมตร ดังรูปที่ 21.6

ในการกวาดภาพ กระจกจะรับพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งสะท้อนจากสิ่งต่าง ๆ บนพื้นผิวโลก พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้ จะถูกส่งจากกระจกดังกล่าวไปสู่ระบบต่าง ๆ ซึ่งจะแปลงพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นข้อมูลตัวเลข (Digital Number DN) มีค่าทั้งหมด 64 ค่าด้วยกัน (0-63) ค่าตัวเลขนี้เป็นค่าความสว่าง (Brightness Value - BV) หรือค่าการสะท้อนแสง ซึ่งได้แก่ พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากพื้นผิวโลกนั้น ตัวเลข 0 หมายถึง ค่าการสะท้อนน้อยที่สุด ค่าตัวเลขสูงหมายถึงค่าการสะท้อนสูงขึ้นไปตามลำดับ จนถึงสว่างสุด คือ 63

รายละเอียดของภาพ หรือ ground resolution ของภาพที่บันทึกโดยระบบ เอ็ม.เอส.เอส. ในดาวเทียมแลนดแซท-4 และ -5 นี้ มีขนาด 83 เมตร × 83 เมตร รายละเอียดของภาพนี้มีชื่อเรียกอีกอย่างว่า Instantaneous Field of View (IFOV) หรือจุดภาพ (pixel- มาจากคำว่า picture element นั่นเอง)

ระบบ เอ็ม.เอส.เอส. นี้ บันทึกสัญญาณในช่วงคลื่นต่าง ๆ กัน ดังนี้ (แต่ละกลุ่มช่วงคลื่นเรียกว่า แบนด์ (band))



รูปที่ 21.6 การกวาดภาพของดาวเทียมแลนซ์แซท (ระบบ เอ็ม.เอส.เอส.)

ครอบคลุมพื้นที่ 185 กม. x 185 กม.

(ที่มา : Lillesand และ Kiefer, 1979; หน้า 537)

ตาราง 21.2 คุณประโยชน์ของช่วงคลื่นต่าง ๆ ในระบบ เอ็ม.เอส.เอส.

แบนด์	ช่วงคลื่นของพลังงาน (ไมโครเมตร)	คุณประโยชน์
1	0.5–0.6 (เขียว)	แสดงความแตกต่างระหว่างน้ำใสสะอาด กับน้ำที่มีสิ่งเจือปนหรือขุ่นสกปรก จึงเหมาะในการนำมาศึกษาเกี่ยวกับสถานะของแหล่งน้ำ เช่น ความตื้นลึกของน้ำ และการกระจายของตะกอน
2	06–07 (แดง)	แสดงความแตกต่างของพื้นที่ต่าง ๆ ได้ดี เหมาะแก่การศึกษาเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน ให้รายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะภูมิประเทศทางน้ำ ถนน แหล่งชุมชนตลอดจนการเปลี่ยนแปลงและความแตกต่างของพืชพรรณป่าไม้ และพื้นที่เพาะปลูก
3	0.7–0.8 (อินฟราเรดใกล้)	เน้นป่าไม้ และลักษณะธรณีสัณฐานโดยทั่วไป
4	0.8–1.1 (อินฟราเรดใกล้)	พลังงานในช่วงคลื่นนี้สามารถผ่านทะลุ haze ในชั้นบรรยากาศได้ดี สามารถเห็นพืชพรรณขอบเขตระหว่างพื้นดินและพื้นน้ำ และลักษณะธรณีสัณฐานได้ชัดเจน คุณสมบัติทั่วไปใกล้เคียงกับแบนด์ 3

21.2.2 ระบบเครื่องธีแมติกแมปเปอร์ (Thematic Mapper - TM)

ระบบ ที.เอ็ม. นี้ พัฒนาขึ้นมาหลังระบบ เอ็ม.เอส.เอส. มีความถูกต้องมากกว่าทั้งทางด้านเรขาคณิต (geometric) และด้านคลื่นแสง (radiometric)

ความแตกต่างพื้นฐานระหว่างระบบ เอ็ม.เอส.เอส. และระบบ ที.เอ็ม. ได้แก่

1. ระบบ TM มีการกวาดรับข้อมูลเป็นไปในแนว 2 ทิศทางในขณะที่ MSS ทำการบันทึกข้อมูลในขณะที่กวาดภาพจากทางทิศตะวันตกสู่ตะวันออกเท่านั้น การกวาด 2 ทิศทางนี้จะช่วยลดอัตราการกวาด (scan rate) และมีเวลาพอที่จะให้ความถูกต้องทางด้านเรขาคณิตดีขึ้น คือ สามารถกวาดรับภาพได้เร็วและทันกับการเคลื่อนที่ของดาวเทียมและทันการหมุนของโลก

2. แผง TM Detectors ที่ติดตั้งอยู่บนระนาบโฟกัสปฐมภูมิ (primary focal plane) ยอมให้แสงที่เข้ามาได้กระทบตัว detectors โดยตรง โดยไม่ต้องผ่าน fiber optics ดังเช่นที่มีในระบบเอ็ม.เอส.เอส. อันจะช่วยลดการสูญเสียของความเข้มของรังสีที่เข้ามา

การบันทึกภาพของระบบ TM แบ่งเป็นช่วงคลื่นต่าง ๆ 7 ช่วงหรือแบนด์ด้วยกัน แต่ละแบนด์มีรายละเอียดของภาพ (ground resolution) ขนาด 30 ม. × 30 ม. ยกเว้นแบนด์ 6 ซึ่งเป็นช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน มีขนาดของรายละเอียดของภาพเป็น 120 ม. × 120 ม. ขนาดของภาพครอบคลุมพื้นที่จริง 185 กม. × 185 กม. เช่นกัน

ตาราง 21.3 แสดงคุณสมบัติประโยชน์ของช่วงคลื่นต่าง ๆ ในระบบ TM

แบนด์	ความยาวช่วงคลื่น (ไมโครเมตร)	รายละเอียดภาพ (resolution)	คุณสมบัติประโยชน์
1	0.45–0.52 (น้ำเงิน)	30 เมตร	สามารถทะลุน้ำได้ โดยเฉพาะบริเวณที่ขุ่นน้อย เป็นประโยชน์ในการทำแผนที่บริเวณชายฝั่ง แสดงความแตกต่างระหว่างดินและพืชพรรณ ความแตกต่างระหว่างป่าผลัดใบ และป่าไม่ผลัดใบ เช่น ป่าสน (การดูดกลืนแสงของคลอโรฟิลล์) และแสดงดินประเภทต่าง ๆ
2	0.58–0.60 (เขียว)	30 เมตร	ให้รายละเอียดค่าการสะท้อนแสงสีเขียวเป็นประโยชน์ในการหาอัตราการเจริญเติบโตของพืช การประเมินความแข็งแรงของพืช (สูงสุดที่ 0.55 ไมโครเมตร) ประเมินการตกตะกอนและสามารถทะลุน้ำที่ค่อนข้างขุ่นได้
3	0.63–0.69 (แดง)	30 เมตร	ให้รายละเอียดเกี่ยวกับการดูดกลืนแสงของคลอโรฟิลล์ของพืช ช่วยในการแยกชนิดของพืชพรรณ ประเมินการปกคลุมและความหนาแน่นของพืช รวมทั้งการประยุกต์ใช้ทางด้านธรณีวิทยา

แบนด์	ความยาวช่วงคลื่น (ไมโครเมตร)	รายละเอียดภาพ (resolution)	คุณประโยชน์
4	0.76–0.90 (อินฟราเรดใกล้)	30 เมตร	ช่วยในการกำหนดปริมาณมวลชีวะ (Biomass) และศึกษาความเครียดของพืชพรรณ (เช่น การขาดน้ำ การถูกทำลายโดยแมลง) รวมทั้งการจำแนกแหล่งน้ำ
5	1.55–1.75 (อินฟราเรดใกล้)	30 เมตร	ให้รายละเอียดปริมาณความชื้นของพืชพรรณและความชื้นของดิน พืชที่มีความเครียด (stress) และแร่ธาตุ ตลอดจนเป็นประโยชน์ในการแยกความแตกต่างระหว่างหิมะและเมฆ
6	10.40–12.50 (อินฟราเรดความร้อน)	120 เมตร	ใช้หาอุณหภูมิของพื้นผิว จำแนกแหล่งชุมชน จำแนกบริเวณที่ถูกเผาไหม้จากแหล่งน้ำ และการหาแหล่งความร้อน
7	2.08–2.35 (อินฟราเรดกลาง)	30 เมตร	มีศักยภาพในการจำแนกชนิดของหินในการหาแหล่งแร่ธาตุ จำแนกชนิดของดิน และจำแนกบริเวณหรือแหล่งน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิจาก (hydrothermally altered zones)

21.3 ดาวเทียมสปอท (SPOT)

ดาวเทียมสปอท (SPOT มาจากคำว่า Les Systeme Probatoire d' Observation de la Terre) เป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรโลกของสถาบันอวกาศแห่งชาติฝรั่งเศส (CNES - Centre National d' Etudes Spatiales) เป็นโครงการร่วมกับประเทศเพื่อนบ้านในทวีปยุโรป คือ ประเทศเบลเยียม และสวีเดน

ดาวเทียม SPOT ถูกส่งขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2529 มีลักษณะการโคจรเป็นแบบสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ (sun - synchronous) และเป็นแบบวงกลมใกล้ขั้วโลก (circular, near-polar) โดยโคจรผ่านเส้นศูนย์สูตร เวลาประมาณ 10.30 น. และโคจรกลับมา

บริเวณเดิมทุก ๆ 26 วัน แนวโคจรทำมุมเอียงจากเส้นศูนย์สูตร (ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา) 98.7 องศา ดาวเทียมนี้โคจรสูงจากพื้นโลกประมาณ 832 กิโลเมตร

อุปกรณ์หรือระบบกล้องที่ใช้ในการบันทึกสัญญาณภาพของดาวเทียมสเปกตรัมประกอบด้วยกล้อง HRV (High Resolution Visible) 2 ตัว คือ ในระบบหลายช่วงคลื่น (Multispectral) และในระบบช่วงคลื่นเดียว (Panchromatic)

21.3.1 กล้องระบบหลายช่วงคลื่น (Multispectral Mode)

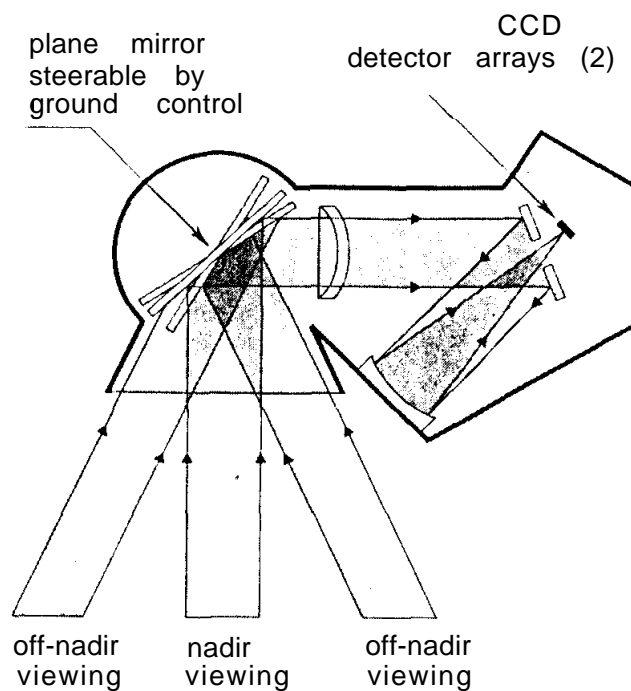
สามารถบันทึกสัญญาณได้ในช่วงคลื่นที่เห็นได้ด้วยตาเปล่า และช่วงคลื่นอินฟราเรดรวม แบ่งกลุ่มเป็น 3 ช่วงคลื่น ได้แก่

0.50 – 0.59 ไมโครเมตร

0.61 – 0.68 ไมโครเมตร

0.79 – 0.89 ไมโครเมตร

ระบบนี้มีรายละเอียดภาพบนพื้นดิน (ground resolution) เป็น 20 x 20 ตารางเมตร ภาพที่ได้จากระบบนี้สามารถนำมาประกอบเป็นภาพสีผสมธรรมชาติ หรือภาพสีเท็จ (False Color Composite - FCC) ได้



รูปที่ 21.7 กระจกในดาวเทียมสเปกตรัมสามารถบังคับได้

21.3.2 กล้องระบบช่วงคลื่นเดี่ยว (Panchromatic Mode)

สามารถบันทึกสัญญาณได้ในช่วงคลื่นที่เห็นได้ด้วยตาเปล่า คือ

0.51 – 0.73 ไมโครเมตร

ระบบนี้มีรายละเอียดภาพบนพื้นดินเป็น 10×10 ตารางเมตร

ดาวเทียม SPOT ประกอบด้วยกระจกที่สามารถทำการบังคับได้ (รูปที่ 21.7) ซึ่งทำให้ดาวเทียมนี้สามารถบันทึกสัญญาณภาพได้ใน 2 ลักษณะ คือ ในแนวตั้งและในแนวเฉียง

ก. แนวตั้ง (nadir viewing) กระจกทำได้โดยการที่อุปกรณ์ HRV ทั้ง 2 ชุด บันทึกสัญญาณของบริเวณที่อยู่ใต้ดาวเทียมโดยตรง แต่ละภาพครอบคลุมพื้นที่ 60×60 ตารางกิโลเมตร ภาพจากกล้องทั้งสองจะอยู่ชิดกันและพื้นที่ซ้อนกันด้านข้าง 3 กิโลเมตร มีความกว้างตลอดแนวรวมกันเป็น 117 กิโลเมตร (ดังรูปที่ 21.8)

ข. แนวเฉียง (off - nadir viewing) กระจกทำได้โดยการปรับกระจกที่ใช้ในการปฏิบัติการให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมโดยการควบคุมจากภาคพื้นดิน ดาวเทียม SPOT สามารถบันทึกสัญญาณภาพในแนวเฉียงได้หลายแนวในรัศมีตามแนวกว้าง 950 กิโลเมตร (ดังรูปที่ 21.9) ขนาดของภาพจะเป็น 60×60 ตารางกิโลเมตร สำหรับภาพในแนวตั้ง และจะเป็น 80×60 ตารางกิโลเมตร สำหรับที่อยู่ในแนวเฉียงสุด (รูปที่ 21.9 เช่นกัน)

การที่ดาวเทียม SPOT สามารถบันทึกได้ใน 2 ลักษณะเช่นนี้ ก่อให้เกิดประโยชน์ต่าง ๆ คือ

1. การที่สามารถบันทึกสัญญาณในแนวเฉียงได้ ทำให้ได้ข้อมูลซ้ำบริเวณเดิมในช่วงเวลาที่สั้นขึ้น หรือบ่อยขึ้น คือ 1-5 วัน แทนที่จะต้องรอถึง 26 วัน

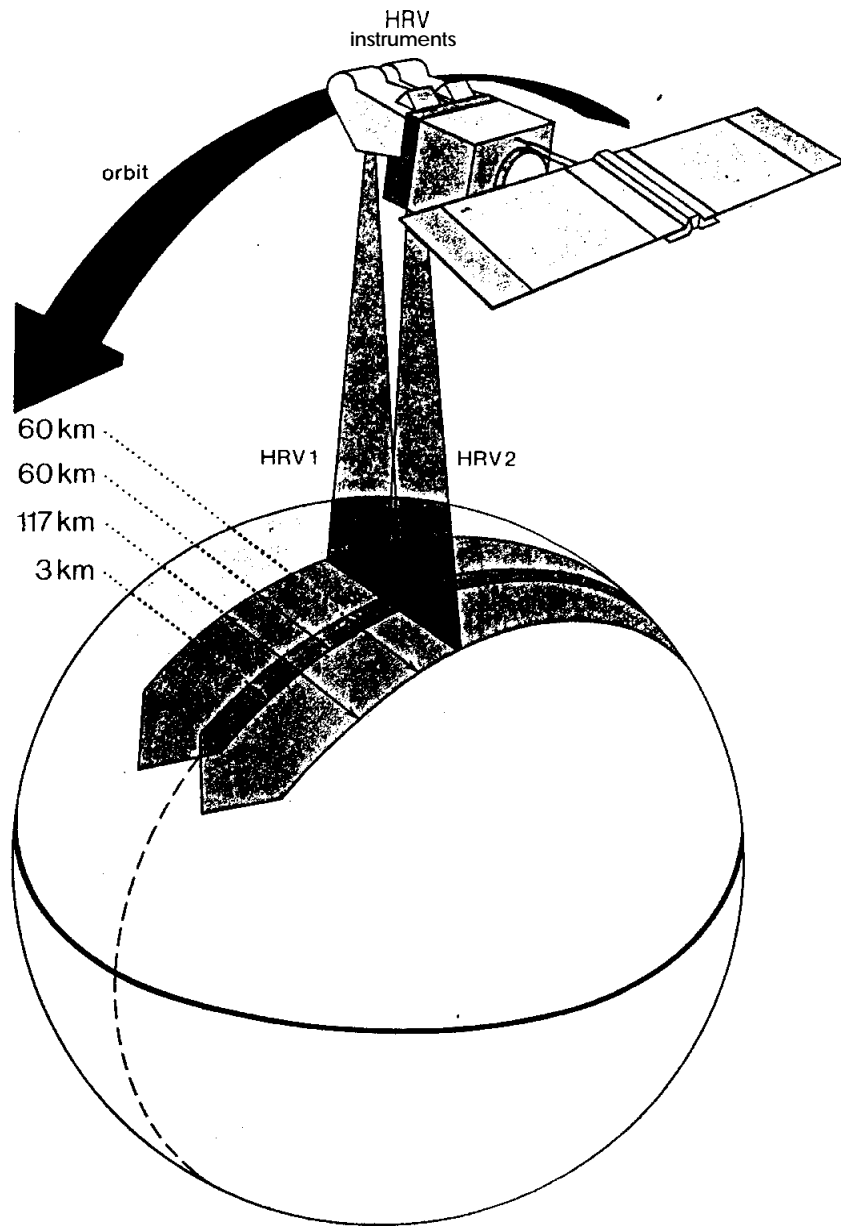
2. การบันทึกสัญญาณในแนวเฉียงนี้ ทำให้สามารถนำภาพที่ครอบคลุมบริเวณเดียวกันและบันทึกจากต่างแนวกันมาประกอบเป็นภาพสามมิติได้ (รูปที่ 21.10) ซึ่งจะให้รายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะภูมิประเทศได้ดีพอควร เช่น รายละเอียดเกี่ยวกับความสูงต่ำของภูมิประเทศ

ดาวเทียม SPOT นี้ บันทึกสัญญาณในลักษณะตัวเลข เช่นเดียวกับดาวเทียมแลนด์-แซท จึงสามารถนำมาแปลวิเคราะห์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ และปรับแต่งตามกระบวนการต่าง ๆ ได้เช่นกัน

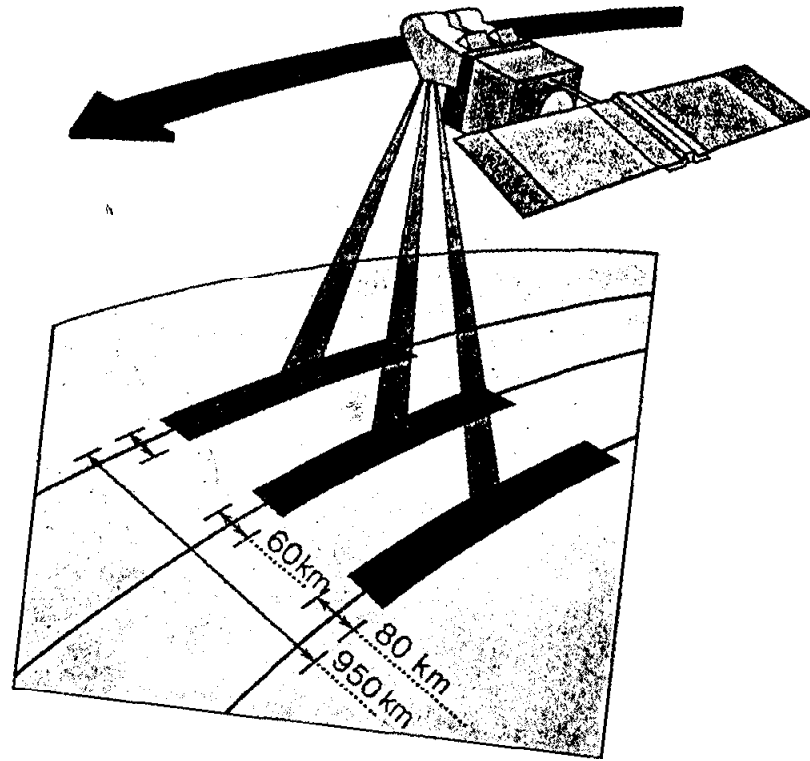
อีกข้อที่ดาวเทียมทั้งสองเหมือนกัน คือ ดาวเทียมทั้งสองยังไม่สามารถบันทึกสัญญาณผ่านทะเลเมฆได้ สืบเนื่องมาจากช่วงคลื่นที่ใช้ในการบันทึกสัญญาณ

เมื่อเปรียบเทียบกับดาวเทียมแลนด์แซท ดาวเทียม SPOT มีข้อดี คือ

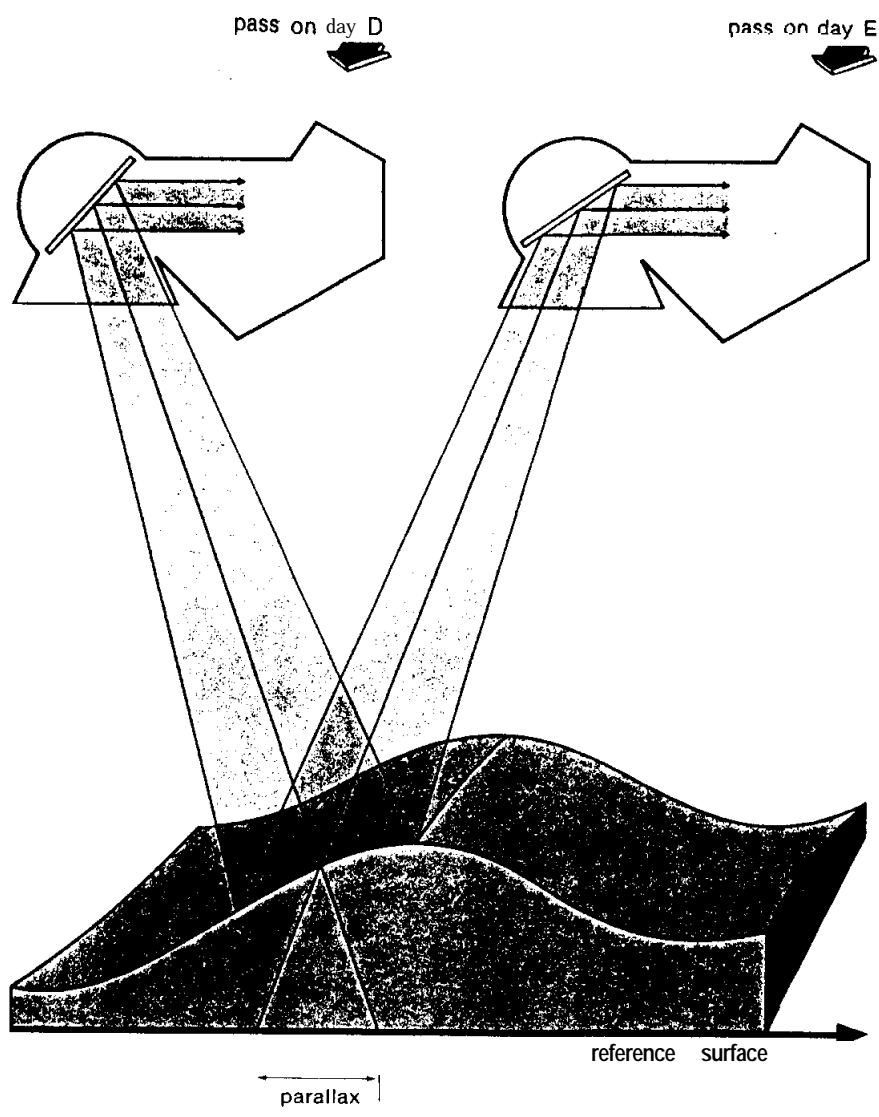
1. ดาวเทียม SPOT มีรายละเอียดของภาพ (resolution) ที่ชัดเจนกว่า
2. ภาพที่ได้จากดาวเทียม SPOT สามารถนำมาประกอบเป็นภาพสามมิติได้



รูปที่ 21.8 การบันทึกภาพของดาวเทียมสเปท



รูปที่ 21.9 การบันทึกในแนวเฉียง



รูปที่ 21.10 ภาพจากดาวเทียมสปอทสามารถนำมาประกอบเป็นภาพ 3 มิติได้

21.4 การบันทึกและการผลิตข้อมูล

การทำงานของดาวเทียมแลนดซ์แซทและดาวเทียมสปอท จัดเป็นการสำรวจทางรีโมทเซนซิงแบบ passive กล่าวคือ เป็นระบบที่จำเป็นต้องอาศัยพลังงานจากภายนอก (ภายนอกดาวเทียม) เพราะดาวเทียมทั้งสองประเภทไม่มีพลังงานในตัวของมันเอง จำต้องอาศัยพลังงานจากภายนอกในการทำงานต่าง ๆ ทั้งการโคจรและการบันทึกสัญญาณ แหล่งพลังงานที่สำคัญ คือ ดวงอาทิตย์ โดยมีขั้นตอนการบันทึกและส่งสัญญาณจนถึงผลิตเป็นข้อมูล ดังนี้

พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะเดินทางจากดวงอาทิตย์ผ่านชั้นบรรยากาศ มาตกกระทบพื้นผิวโลกทำปฏิกิริยาต่าง ๆ ก่อนที่จะสะท้อนสู่ดาวเทียมโดยผ่านชั้นบรรยากาศอีกครั้ง ดาวเทียมจะทำการบันทึกสัญญาณที่ได้จากการสะท้อนนั้นแล้วส่งสัญญาณที่บันทึกได้มายังสถานีรับสัญญาณภาคพื้นดิน สถานีรับฯ จะทำการบันทึกสัญญาณไว้ในเทปคอมพิวเตอร์ที่มีความถี่สูง (High Density Digital Tape - H.D.D.T.) จากนั้น จะนำเทป H.D.D.T. นี้ไปผลิตเป็นเทป C.C.T. (Computer Compatible Tape) และแผ่นฟิล์มต่อไป ก่อนที่จะนำไปผลิตเป็นแผ่นภาพสีหรือภาพขาว-ดำในมาตราส่วนต่าง ๆ ต่อไป

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ เทปคอมพิวเตอร์ แผ่นฟิล์ม และแผ่นภาพพิมพ์

1. เทปคอมพิวเตอร์ มี 2 ประเภท คือ เทปความถี่สูง (H.D.D.T.) และเทป ซี.ซี.ที. (Computer Compatible Tape C.C.T.) ทั้งสองอย่างใช้ในกรณีที่ต้องการแปลวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์

เทปความถี่สูง (H.D.D.T. หรือ H.D.T.) มี 2 ประเภท คือ ประเภทที่ผ่านกระบวนการแก้ไขทางด้านเรขาคณิตและทางด้านคลื่นแสงแล้ว และประเภทที่ผ่านกระบวนการแก้ไขแต่ทางด้านคลื่นแสงเท่านั้น เทป H.D.T. เหมาะสำหรับผู้ใช้ที่มีเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพการทำงานสูง สามารถดำเนินการปรับแก้ต่าง ๆ ได้

เทปคอมพิวเตอร์อีกประเภท คือ เทป ซี.ซี.ที. เป็นเทปที่ผ่านกระบวนการแก้ไขต่าง ๆ แล้ว และได้มีการจัดแบ่งข้อมูลออกเป็นแฟ้มข้อมูลส่วนต่าง ๆ ผู้ใช้ที่ต้องการแปลวิเคราะห์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์มักใช้เทป ซี.ซี.ที. นี้

2. แผ่นฟิล์ม ได้จากการนำเทป H.D.T. หรือเทป C.C.T. มาผ่านอุปกรณ์ในการผลิตฟิล์ม (film writer) ฟิล์มที่ได้เป็นทั้งประเภท ขาว-ดำ และประเภทสี ฟิล์มที่แสดงข้อมูลของแต่ละแบนด์มักปรากฏในลักษณะภาพขาว-ดำ ส่วนฟิล์มสีได้จากการที่ได้ผ่านกระบวนการให้สีแล้ว โดยการประมวลทางคอมพิวเตอร์ก่อน

3. แผ่นภาพพิมพ์ ได้จากการนำแผ่นฟิล์มข้างต้นมาล้าง-อัด-ขยาย ตามมาตราส่วนต่าง ๆ มาตรฐานได้แก่ 1 : 1,000,000 1 : 500,000 และ 1 : 250,000 มีทั้ง

ภาพขาวดำ ภาพสีผิดธรรมชาติหรือสีเท้าง และสีตามการจำแนกด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์
ผลิตภัณฑ์แต่ละประเภทมีหลักในการแปลตีความหมายที่แตกต่างกัน เทปคอม-
พิวเตอร์ใช้ในการแปลวิเคราะห์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ส่วนภาพพิมพ์ทั้งภาพขาว-ดำและ
ภาพสีใช้ในการแปลฯ ด้วยสายตาและมีหลักในการแปล ดังนี้

21.5 การแปลตีความด้วยสายตา

ในการแปลตีความหมายของภาพด้วยสายตา ผู้แปลจำเป็นต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับ
เรื่องต่าง ๆ ต่อไปนี้

21.5.1 ลักษณะการสะท้อนพลังงานของสิ่งต่าง ๆ

21.5.2 คุณสมบัติของภาพ

21.5.3 รายละเอียดของภาพ

21.5.1 ลักษณะการสะท้อนพลังงาน

รูปที่ 17.4 แสดงลักษณะการสะท้อนพลังงานของดิน พืชและน้ำในช่วงคลื่นต่าง ๆ
รูป 21.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการสะท้อนของสิ่งต่าง ๆ กับช่วงคลื่นของดาว-
เทียมระบบต่าง ๆ

ในช่วงคลื่นที่เห็นได้ด้วยตาเปล่า ($0.4-0.7\mu\text{m}$) ดินจะทำการสะท้อนแสงมากกว่า
พืชและน้ำ ตามลำดับ ส่วนในช่วงคลื่นอินฟราเรด ($0.7-3\mu\text{m}$) นั้น พืชมีการสะท้อนมากที่สุด
มากกว่าดิน ส่วนน้ำไม่มีการสะท้อนเลย บนภาพขาว-ดำ สิ่งใดก็ตามที่มีการสะท้อนมากจะ
ปรากฏเป็นสีเทาจางหรือค่อนข้างขาวบนภาพ และสิ่งใดที่มีการสะท้อนปานกลางจะสะท้อน
เป็นสีเทา ส่วนสิ่งที่สะท้อนแสงน้อยหรือไม่สะท้อนเลยจะปรากฏเป็นสีเทาเข้มหรือดำ ตาม
ลำดับ ดังนั้นในการแปลภาพจากดาวเทียม ผู้แปลจะต้องมีความรู้ ว่า สิ่งใดมีคุณสมบัติหรือ
ลักษณะในการสะท้อนพลังงานอย่างไรในช่วงคลื่นใดหรือแบนด์ใด

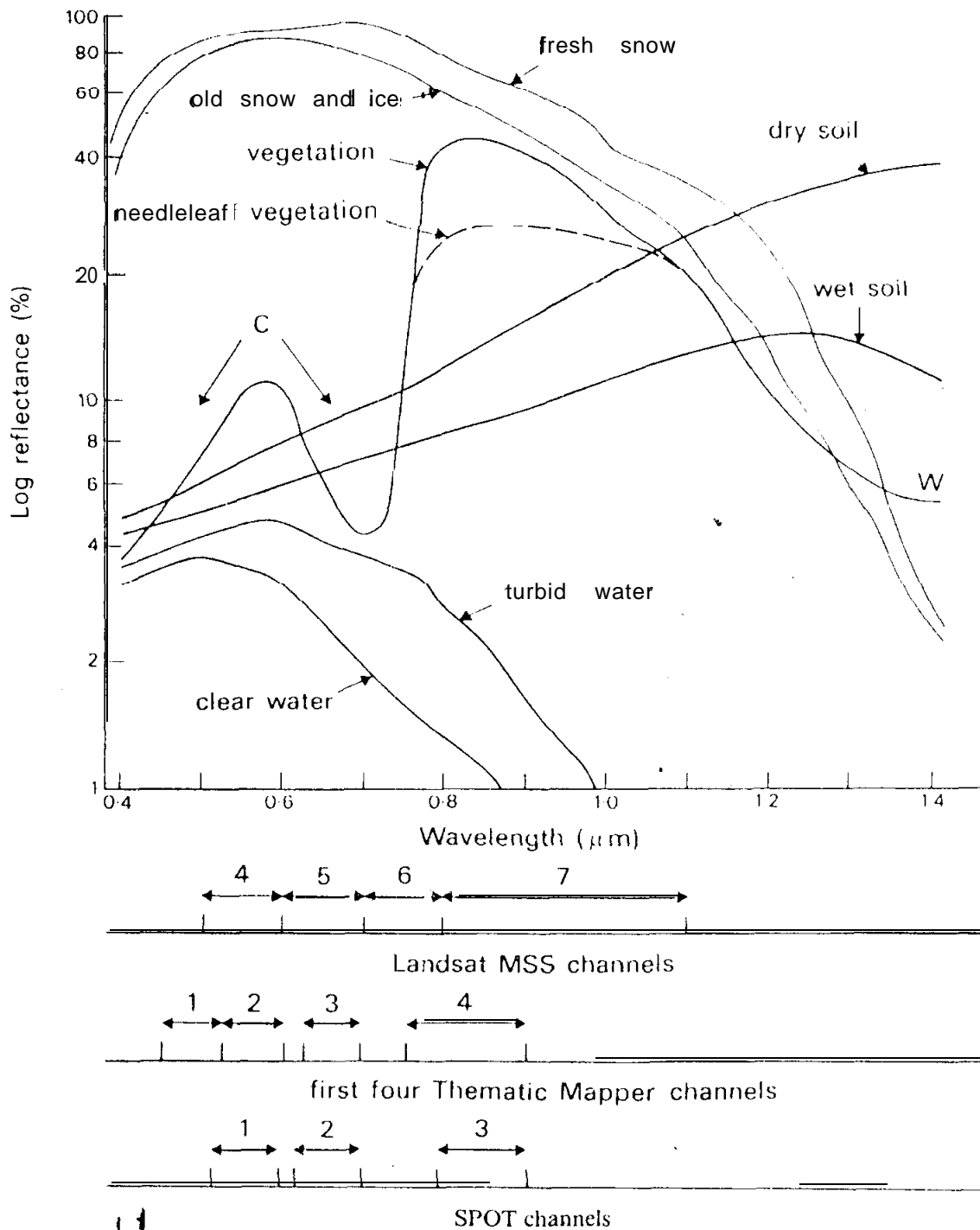
21.5.2 คุณสมบัติของภาพ

คุณสมบัติของภาพที่ใช้ในการแปลตีความภาพจากดาวเทียมเหมือนกันกับคุณ-
สมบัติของภาพที่ใช้ในการแปลตีความภาพถ่ายทางอากาศเช่นกัน สิ่งต่าง ๆ เหล่านั้น ได้แก่
ระดับสีและสี (tone and color) ขนาด (size) รูปร่าง (shape) ความหยาบละเอียด (texture) รูป
แบบ (pattern) เงา (shadow) ที่ตั้งและการเชื่อมโยง (site and association)

21.5.3 รายละเอียดของภาพ

คือข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับภาพนั้น ๆ ปรากฏอยู่ตามขอบภาพข้อมูลที่สำคัญ ได้แก่

1. วัน-เดือน-ปี ที่ทำการบันทึกสัญญาณภาพ มีประโยชน์ในการทำให้ทราบอายุ
ความเก่าใหม่ของภาพ และทำให้ทราบฤดูกาลขณะที่ทำการบันทึกสัญญาณนั้น ใช้ประกอบการ



รูปที่ 21.11 ลักษณะการสะท้อนแสงของสิ่งต่างๆ ได้แก่ หิมะที่เพิ่งตก หิมะที่ตกนานแล้วและน้ำแข็ง พืช พืชประเภทสน (needle leaf) ดินที่แห้ง ดินที่มีความชื้น น้ำที่มีตะกอน และน้ำใส ตามลำดับ และความสัมพันธ์กับประเภทของอุปกรณ์บันทึกสัญญาณในช่วงคลื่นต่างๆ (ที่มา : Hardy, 1981; หน้า 32)

แปลฯ ทางด้านการใช้ที่ดิน

2. ตำแหน่งที่ตั้งของภาพ คือ ค่าพิกัดของบริเวณที่ภาพนั้นครอบคลุม ส่วนมากให้เป็นค่าลักษณะดัชนีที่เรียกว่า path-row path คือ แนวโคจร row คือ แถวของภาพนั้น ๆ ในแต่ละแนวโคจร เช่น 137 - 51 ที่ปรากฏอยู่บนภาพที่บันทึกจากดาวเทียมแลนด์แซท หมายถึง path ที่ 137 และ row ที่ 51 ซึ่งผู้แปลจำเป็นต้องใช้แผนที่ดัชนีประกอบเพื่อหาตำแหน่งของภาพนั้น ๆ ความรู้เกี่ยวกับตำแหน่งที่ตั้งใช้ประกอบการแปลภาพ

3. ระบบและช่วงคลื่นที่ใช้บันทึกภาพ เช่น Mss 4 หมายถึงว่า ภาพนั้นบันทึกโดยระบบ เอ็ม.เอส.เอส. ในช่วงคลื่นแบนด์ 4 เป็นต้น การทราบระบบและช่วงคลื่นหรือแบนด์ที่ใช้ในการบันทึกสัญญาณภาพนั้น ทำให้ผู้แปลพิจารณาได้ว่า สิ่งที่ปรากฏบนภาพนั้น ๆ ควรเป็นอะไรได้บ้าง เช่น ป่าไม่มีการสะท้อนแสงน้อยในช่วงคลื่นแรก ($0.50 - 0.59 \mu m$) ของดาวเทียมสปอท ย่อมปรากฏเป็นสีเทาเข้ม ในขณะที่ป่าไม่สะท้อนแสงมากในช่วงคลื่นอินฟราเรด ($0.79 - 0.89 \mu m$) ย่อมปรากฏเป็นสีอ่อนข้างขาว

4. ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ Sun Elevation และ Sun Azimuth ทำให้ผู้แปลเข้าใจทิศทางของแสงอาทิตย์และลักษณะการทอดของเงา โดยเฉพาะเมื่อพิจารณาควบคู่กับวัน-เดือน-ปี มีประโยชน์มากสำหรับการแปลในด้านธรณีวิทยา

ในการแปลตีความหมายของภาพด้วยสายตา ผู้แปลจะใช้คุณสมบัติต่างๆ ดังได้กล่าวข้างต้น พิจารณาร่วมกัน แล้วลากขอบเขตเพื่อทำการจำแนกรวมสิ่งที่เหมือนกันเข้าด้วยกัน และแบ่งแยกสิ่งที่ต่างกันออกจากกัน ผลผลิตที่ได้จากการแปลภาพ คือ แผนที่ จะเป็นแผนที่ประเภทใดขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการแปลนั้น

21.6 การแปลวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์

ในการแปลวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียมด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ มักกระทำโดยใช้ข้อมูลจากเทป ซี.ซี.ที. ซึ่งปัจจุบันมักกระทำกันโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กหรือที่เรียกว่า พี.ซี. (Personal Computer - P.C.) หากเป็นเช่นนั้นก็จะถ่ายทอด (Transfer) ข้อมูลจากเทป ซี.ซี.ที. สู่ม้วน disk เสียก่อน

การแปลวิเคราะห์ข้อมูลฯ ด้วยคอมพิวเตอร์ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก คือ

21.6.1 การสร้างภาพกลับคืน (Image Restoration)

21.6.2 การปรับปรุงคุณภาพของภาพ (Image Enhancement)

21.6.3 การดึงเอาข้อมูลมาใช้ (Information Extraction)

21.6.1 การสร้างภาพกลับคืน (Image Restoration)

สัญญาณที่บันทึกได้และถูกส่งมายังสถานีรับสัญญาณภาคพื้นดินนั้น อาจเกิดความ

คลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงที่ปรากฏบนพื้นโลกได้ ความคลาดเคลื่อนหลัก ได้แก่

ก. ความคลาดเคลื่อนทางด้านแสง คือ ค่าแสงสว่างที่ถูกบันทึกและส่งมายังสถานีรับฯ นั้น อาจคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง

ข. ความคลาดเคลื่อนทางด้านเรขาคณิต คือ ค่าพิกัดของสิ่งต่าง ๆ ที่ถูกบันทึกไว้ นั้น อาจคลาดเคลื่อนไปจากตำแหน่งที่ถูกต้องบนพื้นโลก

สืบเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนทั้งสองประการนี้ ทำให้ต้องมีการปรับแก้ที่ 2 ประการ ในการสร้างภาพกลับคืน เพื่อให้ข้อมูลภาพนั้นมีความถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริง การปรับแก้ต่าง ๆ ได้แก่

1. การปรับแก้ทางด้านสีเทา (Radiometric Correction)
2. การปรับแก้ทางด้านเรขาคณิต (Geometric Correction)

21.6.2 การปรับปรุงคุณภาพของภาพ (Image Enhancement)

เป็นการใช้วิธีการต่าง ๆ ทางสถิติในการแก้ไขภาพให้เหมาะแก่การดูด้วยสายตามากขึ้น และบางครั้งเป็นการเน้นข้อมูลที่ต้องการบางประการให้เด่นชัดขึ้นมา เช่น การใช้วิธี Edge Enhancement ในการปรับปรุงภาพให้เน้นข้อมูลทางด้านธรณีวิทยามากขึ้น หรือการใช้วิธี Ratioing ที่เรียกว่า การทำ Leaf Area Index (L.A.I.) ในการเน้นพื้นที่ที่มีพืชพรรณให้เด่นชัดขึ้น เป็นต้น ผลผลิตที่ได้จากขั้นตอนนี้อาจนำไปสร้างเป็นฟิล์มและแผ่นภาพพิมพ์ เพื่อการแปลฯ ด้วยสายตาต่อไปก็ได้ หรือนำข้อมูลไปจำแนก (คือ การวิเคราะห์แปลตีความ) ด้วยคอมพิวเตอร์ก็ได้เช่นกัน

21.6.3 การดึงเอาข้อมูลมาใช้ (Information Extraction)

เป็นการวิเคราะห์แปลตีความโดยใช้คอมพิวเตอร์ บางครั้งเรียกขั้นตอนนี้ว่า การจำแนกข้อมูลหรือ Image Classification แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. Supervised Classification คือ การจำแนกโดยอาศัยข้อมูลภาคสนามประกอบ ข้อมูลเชิงสถิติ

2. Unsupervised Classification คือ การจำแนกโดยอาศัยข้อมูลทางสถิติล้วน

ประโยชน์ที่สำคัญของการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ คือ การช่วยทุ่นเวลาในการจำแนก หากมีพื้นที่ที่กว้างขวางและมีข้อมูลมาก และการที่สามารถกำหนดหาพื้นที่ของสิ่งต่าง ๆ ที่จำแนกออกมาได้ทันที

21.7 การใช้ประโยชน์ของข้อมูลดาวเทียมในประเทศไทย

ประเทศไทยได้ร่วมโครงการเกี่ยวกับดาวเทียมเพื่อการสำรวจทรัพยากรโลกเป็นครั้งแรก เมื่อวันที่ 14 กันยายน 2514 โดยร่วมกับองค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติของ

สหรัฐอเมริกา (NASA) ในโครงการดาวเทียมสำรวจทรัพยากรโลกหรือโครงการแลนด์แซทนั่นเอง ปัจจุบันประเทศไทยมีสถานีรับสัญญาณภาคพื้นดินอยู่ที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าวิทยาเขตเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กรุงเทพฯ โดยมีหน่วยงานที่รับผิดชอบโดยตรงเกี่ยวกับด้านข้อมูลดาวเทียม คือ กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

นอกเหนือจากโครงการดาวเทียมแลนด์แซทที่ประเทศไทยเข้าร่วมมาแต่แรกแล้ว ต่อมาประเทศไทยได้เข้าร่วมกับโครงการดาวเทียมสโปทกับประเทศฝรั่งเศส และกับโครงการดาวเทียมมอส-1 (Mos-1) กับประเทศญี่ปุ่น โดยได้เริ่มรับสัญญาณจากดาวเทียมทั้งในเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม พ.ศ. 2530 ตามลำดับ

ปัจจุบันมีหลายหน่วยงานที่ใช้ข้อมูลจากดาวเทียมต่าง ๆ นี้ เช่น

1. กรมป่าไม้ ใช้ข้อมูลดาวเทียมในการคำนวณหาพื้นที่ป่าไม้
2. กรมทรัพยากรธรณี ใช้ในการสำรวจทางด้านโครงสร้างทางธรณีวิทยา และในการสำรวจหาแหล่งแร่ต่าง ๆ
3. สำนักงานสถิติการเกษตร ใช้ในการสำรวจพื้นที่ทางด้านเกษตรกรรม

สรุป

ภาพจากดาวเทียม เป็นอีกรูปแบบหนึ่งของข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการสำรวจและการทำงานแผนที่ แต่ย่อมนับกับวัตถุประสงค์และระดับความละเอียดในการสำรวจนั้น ๆ เช่น หากต้องการสำรวจด้านเกษตรกรรมเพื่อการวางแผนในระดับอำเภอ ระดับจังหวัด ซึ่งมีเนื้อที่แคบ ประเภทของข้อมูลที่เหมาะสม คือ ภาพถ่ายทางอากาศ แต่หากต้องการจะสำรวจด้านเกษตรกรรมเช่นกัน แต่เพื่อการวางแผนในระดับภาคหรือระดับประเทศ ข้อมูลที่เหมาะสมย่อมได้แก่ภาพจากดาวเทียม เพราะสามารถบรรลุตามวัตถุประสงค์ได้เร็วกว่า ถึงแม้จะไม่ได้รายละเอียดมากนัก แต่รายละเอียดขนาดนั้นก็เพียงพอเหมาะสมแล้วสำหรับระดับภาคและประเทศ

ปัจจุบัน ข้อมูลจากดาวเทียมที่ประเทศไทยใช้กันมากในการสำรวจทรัพยากร คือ ข้อมูลจากดาวเทียมแลนด์แซท และจากดาวเทียมสปอท

ภาพจากดาวเทียมและภาพถ่ายทางอากาศมีหลักการเดียวกันในด้านการสะท้อนพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แต่ดาวเทียมสามารถบันทึกข้อมูลได้มากช่วงคลื่นกว่าแต่ละช่วงคลื่นเรียกว่า แบนด์ (band) แต่ละแบนด์มีประโยชน์แตกต่างกัน นักศึกษาจึงควรทำความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของดาวเทียมแลนด์แซทและดาวเทียมสปอทก่อน โดยเฉพาะในด้านการบันทึกสัญญาณและการผลิตข้อมูลเพื่อเป็นพื้นฐานในการแปลตีความหมายของภาพจากดาวเทียมต่อไปในอนาคต

การแปลตีความหมายข้อมูลจากดาวเทียม แบ่งเป็นการแปลด้วยสายตา ซึ่งใช้ภาพพิมพ์ที่มีทั้งประเภทสีและขาว-ดำ และการแปลวิเคราะห์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งใช้เทป ซี.ซี.ที. เป็นหลัก

คำถามท้ายบท

- 1) ดาวเทียมที่ส่งขึ้นไปโคจรถ่ายภาพเพื่อสำรวจผิวพิภพมีชื่อว่า
 - 1) APOLLO 2) GEMINI 3) LANDSAT 4) NOAA
- 2) ข้อใดต่อไปนี้เป็นคุณประโยชน์สำคัญของภาพในระบบหลายช่วงคลื่น?
 1. แต่ละช่วงคลื่นสำหรับถ่ายภาพในแต่ละฤดูกาล
 2. หลายช่วงคลื่นครอบคลุมพื้นที่ได้มากกว่าช่วงคลื่นเดียว
 3. ให้รายละเอียดของภาพด้านพื้นที่ (ground resolution) มากกว่า
 4. ทำให้เลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมกับการศึกษาแต่ละด้านได้
- 3) 83×83 เมตร คือ คุณสมบัติข้อใดของแลนดแซท 5
 1. ground resolution - instaneous field of view
 2. ground resolution - pixel
 3. instaneous field of view - pixel
 4. picture element - pixel
- 4) ข้อมูลของภาพข้อใดต่อไปนี้เป็นที่สุดในการแปลภาพ?
 1. วันที่ - จำนวนรอบโคจร - สถานีรับ
 2. สถานีรับ - ม้วนเทป - วันที่
 3. แบนด์ - ที่ตั้ง - วันที่
 4. ที่ตั้ง - วันที่ - จำนวนรอบโคจร
- 5) Supervised Classification แตกต่างจาก Unsupervised classification อย่างไร?
 1. Unsupervised classification ใช้ข้อมูลภาคสนามประกอบ
 2. Supervised Classification ใช้ข้อมูลภาคสนามประกอบ
 3. การมีหัวหน้าทีมควบคุมการแปลภาพ
 4. การมีเทปความถี่สูง

เลข 1. 3) 2. 4) 3. 1) 4. 3) 5. 2)