

ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ

Natural resources Satellite

ธีระ ลีลิตวรางกูร

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

91 ถ.ประชาธิปไตย บางมด พุ่ครุ กทม.๙ 10140

1. บทนำ

ในการหาตำแหน่งของวัตถุหรือรายละเอียดต่าง ๆ บนพื้นโลกเป็นศาสตร์อย่างหนึ่งด้านการสำรวจ ที่บุคคลซึ่งมีหน้าที่เป็นผู้สำรวจจะต้องเดินทางเข้าไปยังที่หมายที่ต้องการในบริเวณนั้น จากนั้นจึงทำการเก็บรายละเอียดของสิ่งต่าง ๆ บนพื้นที่นั้นว่า จะเป็นสิ่งที่มีมนุษย์สร้างขึ้นหรือเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ นำมาจำแนกออกจากกันแต่ละประเภทแล้วสร้างขึ้นมาเป็นแผนที่แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนในแต่ละส่วนต่างๆ ของพื้นที่นั้นว่ามีอะไรบ้าง จากการสำรวจดังกล่าวอาจจะต้องใช้เวลาในการทำงานนานเนื่องจาก การเข้าถึงพื้นที่เป้าหมายที่ต้องการและทำการเก็บข้อมูลให้ครอบคลุมพื้นที่ดังกล่าว แต่ในปัจจุบันเมื่อเทคโนโลยีก้าวหน้าขึ้นทำให้การทำงานที่ความสะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการสำรวจที่เครื่องมือที่ใช้ในการทำงานจากพื้นราบสามารถวัดระยะได้โดยไม่ต้องดึงเทป หรือการหาตำแหน่งค่าพิกัดบนพื้นโลกก็สามารถหาได้อย่างรวดเร็วโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า GPS (Global Positioning System) ส่วนการถ่ายภาพจากกล้องถ่ายรูปทั่วไปก็พัฒนามาเป็นกล้องสำหรับถ่ายภาพพื้นผิวภูมิประเทศบนเครื่องบิน ซึ่งจะเรียกว่าการสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial Photogrammetry) โดยภาพถ่ายจากเครื่องบินจะครอบคลุมพื้นผิวภูมิประเทศไม่กว้างมากนัก ดังนั้นเมื่อได้มีการส่งดาวเทียมขึ้นไปยังนอกโลกแล้วจึงได้มีการนำระบบการตรวจจับภาพไปถ่ายภาพดาวเทียม โดยใช้หลักการของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจึงทำให้เราสามารถเห็นพื้นที่ได้กว้างขวางแล้วยังสามารถนำมาจำแนกออกเป็นประเภทต่างๆ ได้ชัดเจนจากความแตกต่างกันของสีที่เกิดขึ้นบนภาพเนื่องมาจากการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ดังนั้นการสำรวจด้วยดาวเทียมจึงมีความสำคัญและแพร่หลายมากในปัจจุบันเพราะสามารถนำมาทำแผนที่ได้และสร้างเป็นแบบจำลอง 3 มิติได้อีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามในการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมจึงควร

เลือกให้เหมาะสมกับงานเพื่อทำให้งานสามารถดำเนินการได้รวดเร็วขึ้น

2. แหล่งพลังงานและหลักการแผ่รังสี (Energy

Sources and radiation principles)

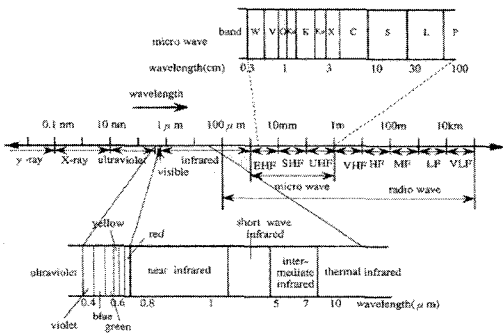
วัตถุแต่ละชนิดบนพื้นโลกมีทั้งที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติและจากมนุษย์สร้างขึ้น โดยมีดวงอาทิตย์และแสงที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นเป็นแหล่งพลังงานแผ่พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าขนาดคลื่นต่างๆ กันออกมา เมื่อพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตกกระทบกับวัตถุจะเกิดปฏิกิริยา 5 รูปแบบคือ[1] การสะท้อน (reflected) , การส่งผ่าน (transmitted) , การดูดซับ (absorbed) , การเปล่งออก (emitted) และการกระจัดกระจาย (scattered) ลักษณะของปฏิกิริยา ดังกล่าวจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดและมวลสารของวัตถุ ที่สามารถสะท้อนพลังงานออกมาได้มากน้อยเพียงใด โดยที่ถ้าความยาวคลื่นมากพลังงานในการส่งผ่านกลับไปยังระบบตรวจจับก็จะน้อยเป็นไปตามสูตร[1]

$$\lambda = c/f \quad \text{และ} \quad E = h \times f$$

โดยที่

- λ = ความยาวคลื่น
- c = ความเร็วของคลื่นมีค่าคงที่เท่ากับ 3×10^8
- m/sec = ความถี่คลื่น จำนวนรอบต่อวินาที (cycle/sec) หรือ hertz
- E = พลังงานของ 1 ควอนตัมหรือจูล (quantum, Joules)
- h = ค่าคงที่ของพลังค์ (Planck's Constant) มีค่าเท่ากับ $6.626 \times 10^{-34} \cdot sec$ ดังนั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ละชนิดจึงมีผลกับวัตถุแต่ละชนิดแตกต่างกันไปโดยช่วงคลื่นที่ใช้ใน

การสำรวจระยะไกล (Remote sensing) สามารถแบ่งออกเป็นช่วงๆเป็นไปตามลักษณะของความยาวคลื่นดังนี้



รูปที่ 1 ช่วงคลื่นที่ใช้ในการสำรวจระยะไกล

class		wavelength	frequency	
ultraviolet		100Å ~ 0.4 μm	750 ~ 3,000 THz	
visible		0.4 ~ 0.7 μm	430 ~ 750 THz	
infrared	near infrared	0.7 ~ 1.3 μm	230 ~ 430 THz	
	short wave infrared	1.3 ~ 3 μm	100 ~ 230 THz	
	intermediate infrared	3 ~ 8 μm	38 ~ 100 THz	
	thermal infrared	8 ~ 14 μm	22 ~ 38 THz	
	far infrared	14 μm ~ 1 mm	0.3 ~ 22 THz	
submillimeter		0.1 ~ 1 mm	3 ~ 3 THz	
radio waves	micro wave	millimeter (EHF) centimeter (SHF)	1 ~ 10 mm 1 ~ 10 cm	30 ~ 300 GHz 3 ~ 30 GHz
		decimeter (UHF)	0.1 ~ 1 m	0.3 ~ 3 GHz
	very short wave	(VHF)	1 ~ 10 m	30 ~ 300 MHz
	short wave	(HF)	10 ~ 100 m	3 ~ 30 MHz
	medium wave	(MF)	0.1 ~ 1 km	0.3 ~ 3 MHz
	long wave	(LF)	1 ~ 10 km	30 ~ 300 KHz
	very long wave	(VLF)	10 ~ 100 km	3 ~ 30 KHz

รูปที่ 2 เป็นการแบ่งประเภทของช่วงคลื่น

จากตารางจะมีช่วงคลื่นที่แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆด้วยกันคือช่วงคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ต (ultraviolet), ช่วงคลื่นแสงสว่าง (visible), ช่วงคลื่นอินฟราเรด (infrared) และช่วงคลื่นวิทยุ (radio wave) โดยช่วงคลื่นที่มีความยาวต่ำกว่า 15 μm คือตั้งแต่ช่วงอินฟราเรดลงมา มักเรียกเป็นความยาวคลื่น ส่วนตั้งแต่ช่วงอินฟราเรดลงไปมักจะเรียกเป็นความถี่ ส่วนใหญ่ช่วงคลื่นที่มีความยาวคลื่น 0.3 -14 μm สามารถถ่ายภาพด้วยฟิล์มถ่ายรูปและอุปกรณ์บันทึกภาพ (Scanner) ได้ อีกทั้งช่วงคลื่นแสงสว่าง (visible) จะเป็นช่วงคลื่นที่มีผลตอบสนองต่อตามนุษย์มากที่สุดซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 สี คือ สีน้ำเงิน เขียว และแดงตามลำดับ

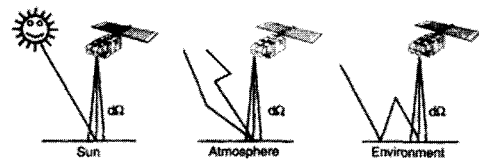
3. ระบบตรวจจับ (Sensors)

ระบบตรวจจับ (Sensors) บนดาวเทียมที่โคจรอยู่นอกโลกจะทำการรับการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของพื้นผิวภูมิ

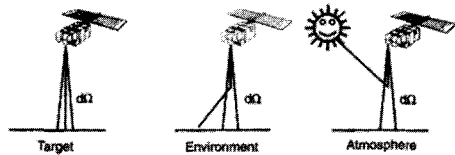
ประเทศโดยการส่งรับและส่งผ่านพลังงานมายังดาวเทียมโดยจะแบ่งการตรวจวัดพลังงานเป็น 2 ประเภทคือ

3.1 Passive Sensing System เป็นระบบการตรวจจับที่ได้รับพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาจากธรรมชาติเช่น ดวงอาทิตย์ ความร้อนในพื้นผิวโลกแล้วสะท้อนกลับมายังระบบตรวจจับของดาวเทียม

3.2 Active Sensing System เป็นระบบการตรวจจับที่ดาวเทียมจะทำการส่งพลังงานลงไปกระทบกับวัตถุแล้วสะท้อนกลับมายังระบบตรวจจับของดาวเทียมโดยส่วนใหญ่จะใช้คลื่นไมโครเวฟ



a) Passive Sensing System.



b) Active Sensing System.

รูปที่ 3 a) Passive and b) Active Sensing System.[2]

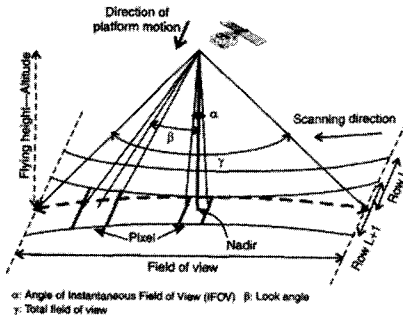
4. ระบบกวาดภาพ (Scanners)

ระบบการกวาดภาพ (scanners) ที่ใช้บนดาวเทียมเป็นการตรวจจับสัญญาณของพลังงานที่ได้รับการสะท้อนกลับมาเพื่อนำไปวิเคราะห์สัญญาณแล้วแปลออกมาเป็นภาพพื้นผิวของภูมิประเทศตามที่ต้องการ[2] ซึ่งระบบนี้จะทำงานพร้อมๆกับระบบตรวจจับ (Sensors) ไปด้วยพร้อมกัน โดยระบบกวาดภาพในดาวเทียมมีด้วยกัน 2 ประเภทคือ

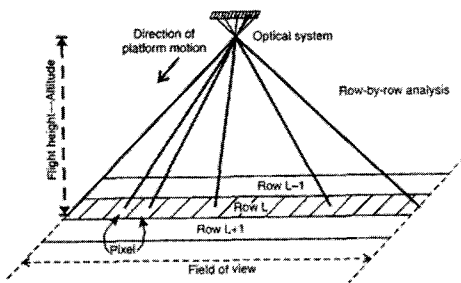
4.1 Whiskbroom scanners เป็นระบบการกวาดภาพที่ใช้เป็นครั้งแรกในดาวเทียม Landsat - 1 เมื่อปีค.ศ. 1972 โดยระบบการกวาดภาพจะเอียง 45 องศาจากแนวตั้งฉากแล้วทำการกวาดภาพไปมาจากซ้ายไปขวาโดยที่ดาวเทียมมีโคจรไปเรื่อยๆ

4.2 Pushbroom scanners เป็นระบบการกวาดภาพที่สแกนภาพตามแนวทิศทางการที่ดาวเทียมโคจรเลยไม่มีการกวาดจากซ้ายไปขวาแต่อย่างไร ซึ่งตัวตรวจจับบนดาวเทียมจึงประกอบด้วย

CCD (charge-coupled device) ที่เป็นแนวยาวจำนวน 1,728 - 12,000 CCD เพื่อให้ได้ระบบค่าที่สะท้อนกลับมาได้ทั้งหมดในช่วงของการโคจร



รูปที่ 4 หลักการของ Whiskbroom scanning.



รูปที่ 5 หลักการของ Pushbroom scanning.

5. การโคจร (Orbit)

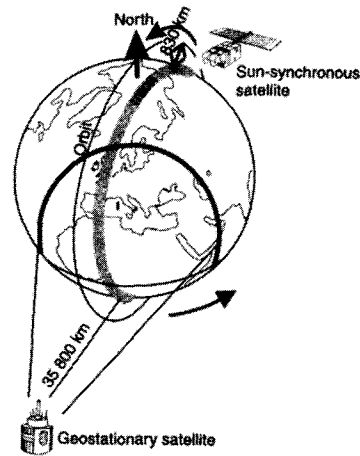
การโคจรของดาวเทียมที่ลอยอยู่เหนือพื้นดินนอกโลกนั้น อาจโคจรแบบรอบเส้นศูนย์สูตรของโลก (equator line) หรือ ขึ้นลงในแนวเหนือใต้ของขั้วโลกก็ได้ขึ้นอยู่กับการใช้ประโยชน์ของดาวเทียมนั้น ดังนั้นจึงสามารถแบ่งลักษณะการโคจรออกได้เป็น 2 แบบ(3)ด้วยกันคือ

5.1 แบบสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ (Sun Synchronous Orbit)

ดาวเทียมจะโคจรในแนวเหนือและใต้ของขั้วโลกโดยอยู่สูงจากพื้นโลกประมาณ 830 กม. ส่วนใหญ่เป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ

5.2 แบบสัมพันธ์กับพื้นดิน (Geostationary Orbit)

ดาวเทียมจะโคจรรอบเส้นศูนย์สูตรและหมุนรอบโลกเท่ากับโลกหมุนรอบตัวเอง ดังนั้นดาวเทียมจึงดูเหมือนดาวเทียมอยู่คงที่ โดยอยู่สูงจากพื้นโลกประมาณ 35,800 กม.



รูปที่ 6 วิธีการโคจรของดาวเทียมแบบ Sun Synchronous and Geostationary Orbit.

6.ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติในปัจจุบัน

ดาวเทียม Landsat-7 เป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติของสหรัฐอเมริกา โดยมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง 3 หน่วยงานคือ NASA (National Aeronautic and Space Administration) , USGS (United States of Geological Survey) และNOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) ถูกส่งขึ้นสู่อวกาศเมื่อวันที่ 15 เมษายน 2542 ดาวเทียมมีขนาดความยาว 159 นิ้วและเส้นผ่าศูนย์กลาง 108 นิ้ว , แผงรับแสงอาทิตย์มีขนาดความยาว 89 x 126 นิ้วและมีน้ำหนัก 2,150 กิโลกรัม มีอุปกรณ์บันทึกข้อมูลแบบ ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) ซึ่งประกอบด้วยระบบบันทึกข้อมูลหลายช่วงคลื่น (Multispectral) และระบบบันทึกข้อมูลแบบช่วงคลื่นเดียว (Panchromatic) [4]

คุณลักษณะของดาวเทียม

คุณลักษณะ	รายละเอียด
การโคจร	สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ โดยผ่านขั้วโลก
ความสูงของการโคจร	705.3 กิโลเมตร
เวลาโคจรรอบโลก 1 รอบ	98.9 นาที
จำนวนรอบการโคจรใน 1 วัน	14.56 รอบ
โคจรซ้ำบริเวณเดิม	ทุกๆ 16 วัน

คุณลักษณะ	รายละเอียด
ความแม่นยำของแนวโคจร	± 5 กิโลเมตร (ที่เส้นศูนย์สูตร)
เวลาที่โคจรผ่านเส้นศูนย์สูตร	10.00
ความกว้างของการบันทึกข้อมูล	185 กิโลเมตร
ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งภาคพื้นดิน	250 เมตร

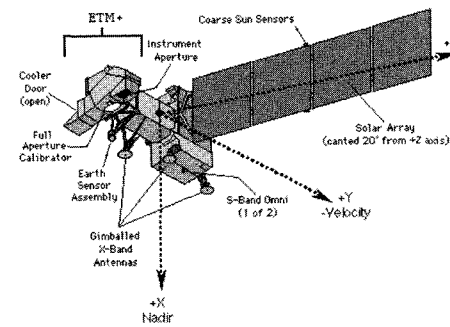
ระบบช่วงคลื่นของอุปกรณ์บันทึกข้อมูล ETM+

Table 1 Multispectral sensors.

แถบ band	ช่วงคลื่น class	ความยาวคลื่น wavelength (m m.)	ความละเอียด resolution (m.)
1	สีน้ำเงิน - เขียว	0.450 - 0.515	30
2	สีเขียว	0.525 - 0.605	30
3	สีแดง	0.630 - 0.690	30
4	อินฟราเรดใกล้	0.775 - 0.900	30
5	อินฟราเรดคลื่นสั้น	1.550 - 1.750	30
6	อินฟราเรดคลื่นยาว	10.40 - 12.50	30
7	อินฟราเรดคลื่นสั้น	2.090 - 2.350	30

Table 2 Panchromatic sensors.

แถบ band	ช่วงคลื่น class	ความยาวคลื่น wavelength (mm.)	ความละเอียด resolution (m.)
pan	ขาว - ดำ	0.520 - 0.900	15



รูปที่ 7 ลักษณะของดาวเทียม Landsat 7.

ดาวเทียม Radarsat-1 เป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติดวงแรกของประเทศแคนาดา ที่องค์การอวกาศแคนาดา (Canadian Space Agency - CSA) ส่งขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 4 พฤศจิกายน 2538 โดยโคจรรอบโลกในแนวเหนือใต้และบันทึกข้อมูลทางด้ายขาวของดาวเทียม โดยในเวลากลางวันจะบันทึกข้อมูลด้านทิศตะวันตกซึ่งโคจรจากเหนือลงใต้ ส่วนเวลากลางคืนจะบันทึกข้อมูลด้านทิศตะวันออกซึ่งโคจรจากใต้สู่เหนือ อุปกรณ์บันทึกข้อมูลเป็นแบบเรดาร์เรียกว่า Synthetic Aperture Radar (SAR) ซึ่งบันทึกข้อมูลในช่วงคลื่น C Band ที่มีความยาวคลื่น 5.6 ซม. หรือความถี่ 5.3 GHz สามารถบันทึกข้อมูลผ่านก้อนเมฆได้ทั้งเวลากลางวันและกลางคืน (ยกเว้นเวลาฝนตกหนัก)[5]

คุณลักษณะของดาวเทียม

คุณลักษณะ	รายละเอียด
การโคจร	แนวเหนือใต้สัมผัสกับดวงอาทิตย์
ความสูงของการโคจร	798 กิโลเมตร
มุมเอียง	98.6 องศา
เวลาโคจรรอบโลก 1 รอบ	100.7 นาที
จำนวนรอบการโคจร 1 วัน	14 รอบ
โคจรซ้ำบริเวณเดิม	ทุกๆ 24 วัน

Table 3 Sensors of IRS - 1C , 1D satellite system.

ระบบตรวจจับ sensors		ความละเอียด resolution (m.)		ช่วงกว้างของแถบ Wide of view(m.)		จำนวนการตรวจซ้ำ Repetitions of sensors (m.)	
ระบบ system	ความยาวคลื่น wavelength (mm.)	ดาวเทียม IRS - 1C	ดาวเทียม IRS - 1D	ดาวเทียม IRS - 1C	ดาวเทียม IRS - 1D	ดาวเทียม IRS - 1C	ดาวเทียม IRS - 1D
PAN	0.5 - 0.75	5.8	5.2 - 5.8	70	63 - 70	5 วัน	3 วัน
LISS - II	band 2 0.52 - 0.59 (เขียว)	23.5	21.2 - 23.5	142	127 - 141	24 วัน	25 วัน
	band 3 0.62 - 0.68 (แดง)	23.5	21.2 - 23.5	142	127 - 141	24 วัน	25 วัน
	band 4 0.77 - 0.86 (Near Infrared)	23.5	21.2 - 23.5	142	127 - 141	24 วัน	25 วัน
	band 5 1.55 - 1.70 (Short Wave Infrared - SWIR)	70.5	63.6 - 70.5	148	133 - 148	24 วัน	25 วัน
WiFS	band 2 0.52 - 0.59 (เขียว)	188	169 - 188	810	728 - 812	5 วัน	3 วัน
	band 3 0.62 - 0.68 (แดง)	188	169 - 188	810	728 - 812	5 วัน	3 วัน

ดาวเทียม IRS - 1C , 1D เป็นดาวเทียมในชุด Indian Remote Sensing Satellite (IRS) ที่องค์การวิจัยอวกาศแห่งอินเดีย (Indian Space Research Organization, ISRO) ส่งขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2538 และ 29 กันยายน 2540 ตามลำดับ มีอุปกรณ์บันทึกข้อมูล 3 ระบบคือ Panchromatic (PAN) , Linear Imaging and Self Scanning Sensor (LISS-II) และ Wide Field Sensor (WiFS) ดังตารางที่ 3

คุณลักษณะของดาวเทียม[5]

คุณลักษณะ	IRS - 1C	IRS - 1D
การโคจร	แนวเหนือใต้สัมพัทธ์กับดวงอาทิตย์	แนวเหนือใต้สัมพัทธ์กับดวงอาทิตย์
ความสูงของการโคจร	798 กิโลเมตร	780 กิโลเมตร

คุณลักษณะ	IRS - 1C	IRS - 1D
การบันทึกข้อมูลซ้ำ	ทุกๆ 24 วัน (สำหรับ LISS - II) ทุกๆ 5 วัน (สำหรับ WiFS and PAN)	ทุกๆ 25 วัน (สำหรับ LISS - II) ทุกๆ 3 วัน (สำหรับ WiFS and PAN)
จำนวนรอบที่กลับมาโคจรซ้ำบริเวณเดิม	341 รอบในการโคจร 24 วัน	358 รอบในการโคจร 24 วัน

ดาวเทียม Spot เป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติของฝรั่งเศสขึ้นสู่วงโคจรเมื่อปี พ.ศ. 2529 โดยเริ่มตั้งแต่ Spot 1 ขึ้นสู่วงโคจรเมื่อเดือนกุมภาพันธ์ ปี 2529 Spot 2 ขึ้นสู่วงโคจรเมื่อเดือนมกราคม ปี 2533 Spot 3 ขึ้นสู่วงโคจรเมื่อเดือนกันยายน ปี 2536 Spot 4 ขึ้นสู่วงโคจรเมื่อเดือนมีนาคม ปี 2541

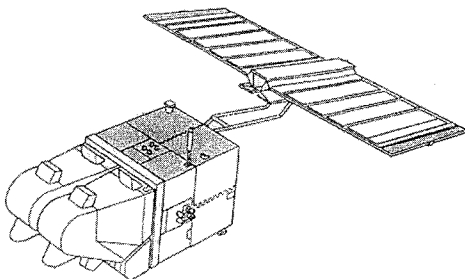
ปัจจุบันคือ Spot 5 ขึ้นสู่อวกาศเมื่อเดือนพฤษภาคม ปี 2545 ซึ่งการโคจรของดาวเทียมนี้มีลักษณะเป็นแบบแนวเหนือใต้ สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ โดยที่ดาวเทียม Spot 1-4 จะมีระบบการบันทึกแบบ HRV (High Resolution Visible imaging system) ส่วนในดาวเทียม Spot 5 จะมีระบบการบันทึกแบบ HRG (High resolution geometric) ในอุปกรณ์บันทึกข้อมูล 2 แบบ[5] คือ Panchromatic (PAN) และ Multispectral (MSS)

คุณลักษณะของดาวเทียม

คุณลักษณะ	รายละเอียด
การโคจร	แนวเหนือใต้สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์
ความสูงของการโคจร	830 กิโลเมตร
มุมเอียง	98.7 องศา
เวลาโคจรรอบโลก 1 รอบ	26 วัน
จำนวนรอบการโคจร 1 วันโคจรซ้ำบริเวณเดิม	4 - 5 วัน

Table 4 Sensors of Spot satellite system.

ระบบตรวจจับ(sensors)		ความละเอียด resolution (m.)
ระบบ system	ความยาวคลื่น wavelength (mm.)	
MSS	0.50 - 0.59 (เขียว)	20
	0.61 - 0.68 (แดง)	20
	0.79 - 0.89 (Near Infrared)	20
PAN	1.58 - 1.75 (Mid Infrared)	10



รูปที่ 8 ลักษณะของดาวเทียม SPOT.

7. บทสรุป

จากที่กล่าวมาจะพบว่าในปัจจุบันการถ่ายภาพด้วยดาวเทียมมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว จึงทำให้การทำงานด้านการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติหรือสภาพภูมิอากาศ ก็สามารถรู้ลักษณะและขนาดเพื่อนำไปศึกษา วางแผนในการคาดการณ์ในอนาคตได้ ดังนั้นการใช้งานภาพถ่ายดาวเทียมไม่ว่าจะเป็นการทำงานในด้านควรเลือกใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมที่มีคุณสมบัติที่เราต้องการเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ออกมาตามที่เรากำลังต้องการมากที่สุด

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] Thomas M. LILIESAND AND Ralph W. KIEFER, (2000). Remote sensing and image interpretation. 4th ed. John Wiley & Sons, Inc. USA. pp. 1-10
- [2] Michel-Claude GIRARD and Colette M. GIRARD, (2003). Processing of Remote Sensing Data. A.A. BALKEMA PUBLISHERS. Paris. pp. 33-54
- [3] Paul M. Mather, (1989). Computer Processing of Remotely-Sensed Images. 3rd ed. John Wiley & Sons, Inc. USA. pp. 35-76
- [4] Japan Association of Remote Sensing [JARS], (1999). Remote Sensing Notes. Asian Center for Research on Remote Sensing (ACRoRS). Thailand.
- [5] Geo-Informatics and Space Technology Development Agency [Public Organization], (2001). Satellite. GISTDA. Thailand. Available from : www.gistda.or.th