



โครงการเผยแพร่ผลงานวิชาการ
คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ลำดับที่ 208

การรับรู้จากระยะไกล

หลักการและการประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียมเชิงเลขเบื้องต้น



REMOTE SENSING

PRINCIPLES AND BASIC
DIGITAL IMAGE PROCESSING
OF SATELLITE IMAGES



รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริวิไล ธีระโรจนารัตน์

โครงการเผยแพร่ผลงานวิชาการ

คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลำดับที่ 208

การรับรู้จากระยะไกล

หลักการและการประมวลผลภาพถ่ายเทียมเชิงเลขเบื้องต้น

โครงการเผยแพร่ผลงานวิชาการ

คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

ศิริวิไล ชีระโรจนารัตน์

การรับรู้จากระยะไกล: หลักการและการประมวลผลภาพดาวเทียมเชิงเลขเบื้องต้น

Remote sensing: Principle and basic digital image processing of satellite images.

กรุงเทพฯ : โครงการเผยแพร่ผลงานวิชาการ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2567.
378 หน้า.

1. การรับรู้จากระยะไกล. 2. ดาวเทียม. 3. ชื่อเรื่อง.

621.3678

ISBN (e-book) 978-616-621-068-2

คำนำ

ภูมิศาสตร์เป็นศาสตร์ที่ว่าด้วยการศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ บนพื้นผิวโลก ทั้งที่จับต้องได้และจับต้องไม่ได้ เช่น พืชพรรณ สิ่งปลูกสร้าง ภูมิอากาศ แผ่นดินไหว อนึ่ง ‘การรับรู้จากระยะไกล’ หรือ ที่นิยมเรียกทับศัพท์ว่า ‘รีโมทเซนซิง’ (Remote sensing) เป็นเทคนิคทางภูมิศาสตร์อย่างหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ในการตรวจดูหรือ ‘ส่อง’ ปรากฏการณ์ต่าง ๆ บนพื้นผิวโลก ทำให้ได้ข้อมูลและข้อสนเทศที่เป็นประโยชน์ และสามารถนำไปใช้งานหรือต่อยอดงานในแวดวงต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่โลก

Remote sensing มีความก้าวหน้ามาโดยตลอด ทั้งในเรื่องของเทคโนโลยีการผลิตภาพจากดาวเทียมและเครื่องบินที่ใช้บินถ่ายภาพ รวมทั้งเทคนิคและกระบวนการประมวลผลภาพ (Digital Image Processing [DIP]) อนึ่ง ผู้เขียนได้ทบทวนและรวบรวมเอกสารวิชาการด้าน Remote sensing จากหนังสือ ตำรา บทความวิชาการ และบทความวิจัยที่มีการจัดพิมพ์ทั้งไทยและต่างประเทศ แล้วนำมาเรียบเรียงใหม่เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจและติดตามเนื้อหาได้ง่ายขึ้น หนังสือเล่มนี้จึงเหมาะที่จะใช้นำมาใช้เพื่อประกอบการสอนรายวิชาในระดับปริญญาตรีและปริญญาโทของนิสิตนักศึกษาในภาควิชาและ/หรือหลักสูตรภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ รวมถึงเพื่อใช้เป็นหนังสืออ่านประกอบให้แก่ครู นักเรียน และนักวิชาการในศาสตร์ต่าง ๆ ที่ต้องเกี่ยวข้องกับพื้นที่หรือใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม

ในภาพรวม เนื้อหาภายในหนังสือเป็นการให้หลักการเบื้องต้นและความรู้ขั้นพื้นฐานเกี่ยวกับภาพถ่ายดาวเทียม โดยมีตัวอย่างการประมวลผลภาพและผลลัพธ์การใช้ฟังก์ชันต่าง ๆ โดยใช้ซอฟต์แวร์ด้านการรับรู้จากระยะไกลประกอบไปด้วย รวมถึงตัวอย่างการประยุกต์ใช้ Remote sensing ในงานวิจัยด้านเมือง ทั้งนี้โครงสร้างของเนื้อหาแบ่งออกเป็น 11 บท ดังนี้

ในบทที่ 1 – 6 ผู้เขียนได้ให้ความหมาย ประวัติความเป็นมา และหลักการพื้นฐานของเทคโนโลยีด้าน Remote sensing เนื้อหาประกอบไปด้วย แหล่งพลังงานหลักที่ใช้ในงาน Remote sensing คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ปฏิสัมพันธ์ของพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในชั้นบรรยากาศและปฏิสัมพันธ์ที่มีต่อพื้นผิวโลก ดาวเทียมและเครื่องตรวจวัดสัญญาณ รวมถึง ลักษณะของข้อมูลภาพจากดาวเทียมที่ใช้ในงาน Remote sensing ในบทที่ 7 เป็นการแปลและวิเคราะห์ภาพด้วยสายตา (Visual analysis and interpretation) ซึ่งรวมถึงความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสี และ ขั้นตอนการแปลและตีความข้อมูลภาพโดยไม่ใช้คอมพิวเตอร์ ส่วนในบทที่ 8 – 10 เป็นการแปลและวิเคราะห์ภาพด้วยการนำเอาคอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์เฉพาะทาง Remote sensing มาช่วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้การวิเคราะห์และแปลภาพดียิ่งขึ้น ที่เรียกว่า การประมวลผลภาพจากดาวเทียมด้วยคอมพิวเตอร์ (Digital Image Processing [DIP]) โดยเน้นการประมวลผลภาพดาวเทียมที่มี

ความละเอียดเชิงพื้นที่ระดับปานกลางและมีหลายช่วงคลื่น (Multispectral image) เนื้อหาประกอบด้วยการปรับแก้และฟื้นฟูภาพก่อนการแปลและวิเคราะห์ การปรับปรุงคุณภาพของภาพ การจำแนกประเภทข้อมูล การประเมินความถูกต้องหลังการจำแนกประเภทข้อมูล และการผลิตข้อมูลผลลัพธ์ด้วยคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ในบทที่ 11 ซึ่งเป็นบทสุดท้ายของหนังสือ ผู้เขียนยังได้ให้ตัวอย่างวิธีการทำวิจัยในงานด้านเมือง เพื่อให้ผู้อ่านได้เห็นภาพการนำเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลมาประยุกต์ใช้

หนังสือเล่มนี้เรียบเรียงสำเร็จลงได้ ด้วยทุนสนับสนุนผลิตต้นฉบับหนังสือและทุนการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการของกองทุนเพื่อการวิจัยคณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้เขียนจึงขอขอบคุณคณะอักษรศาสตร์มา ณ ที่นี้ และขอขอบคุณครอบครัวโดยเฉพาะสามีของผู้เขียนซึ่งให้กำลังใจและช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ จนทำให้สามารถเขียนหนังสือเล่มนี้สำเร็จลุล่วงลงได้สมความตั้งใจ

ประโยชน์อันใดที่เกิดจากหนังสือเล่มนี้ ผู้เขียนขออุทิศแก่บุพการี ครูบาอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ส่วนข้อบกพร่องซึ่งอาจปรากฏในหนังสือ ผู้เขียนขออภัยไว้ ณ ที่นี้ และยินดีรับข้อเสนอแนะจากผู้อ่านเพื่อนำมาปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นในโอกาสต่อไป

รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริวิไล อีระโรจนารัตน์

ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรกฎาคม 2566

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ท
สารบัญเกร็ดความรู้	ผ
บทที่ 1 บทนำ : รู้จัก Remote sensing	1
1.1 Remote sensing คืออะไร	1
1.2 ดาวเทียมประเภทไหนใช้ในงาน Remote sensing	2
1.3 ทำไมต้องใช้ Satellite Remote sensing	7
1.4 ประวัติความเป็นมาของเทคโนโลยี Remote sensing สำหรับการสำรวจทรัพยากร ของโลกและประเทศไทย	8
1.5 กระบวนการ Satellite Remote sensing	11
บทที่ 2 ดวงอาทิตย์และพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	13
2.1 ดวงอาทิตย์ : แหล่งกำเนิดพลังงานหลักในงาน Remote sensing	13
2.2 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	14
2.3 กฎและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการแผ่พลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	19
2.3.1 กฎการแผ่รังสีของแพลงก์ (Planck's law)	19
2.3.2 กฎของสเตฟาน-โบลทซ์มานน์ (Stefan-Boltzmann's Law)	21
2.3.3 กฎการแทนที่ของวีน (Wien's displacement law)	21
2.3.4 กฎของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's law)	23
บทที่ 3 ปฏิสัมพันธ์ของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าในชั้นบรรยากาศ	27
3.1 การกระเจิง	27
3.1.1 การกระเจิงหรือการกระจัดกระจายแบบเรย์ลี	29

	หน้า
3.1.2 การกระเจิงหรือการกระจายแบบมี	30
3.1.3 การกระเจิงหรือการกระจายแบบไร้ระบบ	30
3.2 การดูดกลืน	33
3.3 การหักเห	35
บทที่ 4 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับพื้นผิวโลก	39
4.1 ปฏิสัมพันธ์ของพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ตกกระทบวัตถุและค่าการสะท้อน	39
4.2 ค่าการสะท้อนเชิงคลื่นและลายเซ็นเชิงคลื่นของวัตถุบนพื้นผิวโลก	43
4.2.1 ค่าการสะท้อนและลายเซ็นเชิงคลื่นของพืชพรรณ	45
4.2.2 ค่าการสะท้อนเชิงคลื่นและลายเซ็นเชิงคลื่นของดิน	50
4.2.3 ค่าการสะท้อนเชิงคลื่นและลายเซ็นเชิงคลื่นของน้ำ	55
4.2.4 ค่าการสะท้อนเชิงคลื่นและลายเซ็นเชิงคลื่นของหินและแร่	57
4.2.5 ค่าการสะท้อนเชิงคลื่นและลายเซ็นเชิงคลื่นของสิ่งปลูกสร้างที่มนุษย์สร้าง	58
4.2.6 ค่าการสะท้อนเชิงคลื่นและลายเซ็นเชิงคลื่นของเมฆ หิมะ และ น้ำแข็ง	60
4.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าการสะท้อนเชิงคลื่นของวัตถุต่างๆ บนพื้นผิวโลก	61
บทที่ 5 ดาวเทียมและเครื่องตรวจวัดสัญญาณ	65
5.1 ยานสำรวจ	65
5.2 วงโคจรของดาวเทียม	65
5.2.1 ประเภทของวงโคจร	67
5.2.2 การคำนวณคาบเวลาในการโคจรรอบโลก จำนวนรอบวงโคจร และระยะห่าง ณ เส้นศูนย์สูตรบนพื้นโลกของวงโคจรแต่ละวง	70
5.3 ลักษณะอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับการโคจรของดาวเทียม: ความกว้างของแนวถ่ายภาพ มุมของการมองภาพ และ IFOV	75
5.4 เครื่องตรวจวัดสัญญาณและระบบบันทึกข้อมูลที่ติดตั้งบนดาวเทียม	79
5.4.1 คำจำกัดความการวัดรังสี	79
5.4.2 เครื่องตรวจวัดสัญญาณ	79
5.5 ภาพถ่ายที่ได้จากยานสำรวจนอกช่วงคลื่นเชิงแสง	85
5.5.1 ภาพถ่ายอินฟราเรดความร้อน	85
5.5.2 ภาพถ่ายระบบเรดาร์	87

	หน้า
5.5.3 ภาพถ่ายระบบโลดาร์	92
5.5.4 ภาพถ่ายแสงไฟในเวลากลางคืน	94
5.6 ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรที่ใช้งานในปัจจุบัน	95
5.6.1 ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติที่มีความละเอียดของจุดภาพสูง	96
5.6.2 ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติที่มีความละเอียดของจุดภาพปานกลาง	96
5.6.3 ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติที่มีความละเอียดของจุดภาพต่ำ	96
ภาคผนวกท้ายบทที่ 5	97
ภาคผนวกที่ 5.1 : ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติที่มีความละเอียดของจุดภาพสูง (IKONOS, QuickBird-2, WorldView-2, WorldView-3)	97
ภาคผนวกที่ 5.2 : ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติที่มีความละเอียดของจุดภาพสูง (ต่อ) (SPOT-6/7, Pleiades(1A/1B), Ziyuan3-02 (ZY-3 02),KOMPSAT-3A)	99
ภาคผนวกที่ 5.3 : ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติที่มีความละเอียดของจุดภาพปานกลาง (Landsat1-5/7-9, SPOT1-5, Sentinel-2 (MSI), PRISMA)	100
ภาคผนวกที่ 5.4 : ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติที่มีความละเอียดของจุดภาพปานกลาง (ต่อ) (IRS,Resourcesat-3, Kanopus-V6, THEOS)	103
ภาคผนวกที่ 5.5 : ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติที่มีความละเอียดของจุดภาพปานกลางต่ำ (Suomi NPP, GOSAT, Terra/Aqua (ระบบ MODIS), NOAA-19)	105
บทที่ 6 ลักษณะของข้อมูลที่ใช้ในงาน Remote sensing	107
6.1 ลักษณะสำคัญของภาพจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากร	107
6.1.1 ข้อมูลเชิงเลขและจุดภาพ	107
6.1.2 ความละเอียดเชิงพื้นที่	111
6.1.2.1 ความละเอียดเชิงพื้นที่กับขนาดจุดภาพ	111
6.1.2.2 ความละเอียดเชิงพื้นที่กับมาตราส่วนของภาพ	114
6.1.3 ความละเอียดเชิงคลื่น	120
6.1.4 ความละเอียดเชิงรังสี	121
6.1.5 ความละเอียดเชิงเวลา	122
6.1.6 ความละเอียดเชิงมุม	125
6.1.7 ข้อมูลและความละเอียดเชิงโพลาไรเซชัน	126

	หน้า
6.2 สื่อบันทึกและรูปแบบการจัดเรียงข้อมูล	127
6.2.1 สื่อบันทึกข้อมูล	127
6.2.2 รูปแบบการจัดเรียงข้อมูล	129
6.3 การแสดงข้อมูลภาพดาวเทียมบนจอภาพ	131
ภาคผนวกท้ายบทที่ 6	133
ภาคผนวก 6.1 : ระบบเลขฐาน	133
ภาคผนวก 6.2 : การแปลงระหว่างระบบเลขฐานสองและเลขฐานสิบ	136
ภาคผนวก 6.3 : บิต ไบต์ และ รหัสมาตรฐาน ASCII	139
บทที่ 7 การแปลและวิเคราะห์ภาพดาวเทียมโดยไม่ใช้คอมพิวเตอร์	142
7.1 ผู้แปลภาพ	143
7.2 แผ่นภาพดาวเทียม	143
7.3 พื้นความรู้เกี่ยวกับสี	144
7.3.1 ทฤษฎีสี	144
7.3.2 สีของภาพดาวเทียม	146
7.3.2.1 ภาพสีผสมแบบธรรมชาติ	146
7.3.2.2 ภาพสีผสมเท็จ	147
7.4 ขั้นตอนการแปลและตีความข้อมูลภาพดาวเทียมโดยไม่ใช้คอมพิวเตอร์	147
7.4.1 การเตรียมการก่อนการแปลภาพ	147
7.4.1.1 การจัดหาหรือซื้อภาพดาวเทียม	149
7.4.1.2 การหาข้อมูลเสริมประกอบ	150
7.4.1.3 การตรวจสอบภาคสนาม	152
7.4.2 หลักการแปลและวิเคราะห์ภาพดาวเทียมด้วยสายตา	153
7.4.2.1 หลักการการแปลภาพ	153
7.4.2.2 การกำหนดประเภทข้อมูล	154
7.4.2.3 การตีความองค์ประกอบภาพ	159
7.4.3 การผลิตแผนที่การจำแนกประเภทข้อมูล	163
7.4.4 การประเมินความถูกต้องหลังการแปลภาพ	164

	หน้า
บทที่ 8 การแปลและวิเคราะห์ภาพดาวเทียมด้วยคอมพิวเตอร์ : หัวข้อ	165
‘การปรับแก้และฟื้นฟูภาพก่อนการแปลและวิเคราะห์ภาพ’	
8.1 การแก้ไขความคลาดเคลื่อนหรือความเพี้ยนเชิงรังสี	166
8.1.1 ความเพี้ยนเชิงรังสีอันเกิดจากความบกพร่องของอุปกรณ์ที่ใช้บันทึกสัญญาณและ การแก้ไข	168
8.1.2 ความเพี้ยนเชิงรังสีอันเกิดจากอิทธิพลของชั้นบรรยากาศและการแก้ไข	173
8.2 การแก้ไขความคลาดเคลื่อนหรือความเพี้ยนเชิงเรขาคณิต	184
8.2.1 ความคลาดเคลื่อนหรือความเพี้ยนเชิงเรขาคณิต	184
8.2.2 การแก้ไขความคลาดเคลื่อนหรือความเพี้ยนเชิงเรขาคณิตของภาพดาวเทียม	187
8.3 ข้อมูลภาพดาวเทียมหลังจากการบูรณะหรือปรับแก้ความเพี้ยนเชิงรังสีและเชิงเรขาคณิต	199
8.4 การตัดและ/หรือต่อข้อมูลภาพดาวเทียมหลังการปรับแก้เชิงเรขาคณิต	201
บทที่ 9 การแปลและวิเคราะห์ภาพดาวเทียมด้วยคอมพิวเตอร์ : หัวข้อ	203
‘การปรับปรุงคุณภาพของภาพดาวเทียม’	
9.1 แนวคิดเกี่ยวกับการแยกระดับความแตกต่างภายในภาพ	203
9.2 เทคนิคที่นิยมนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพดาวเทียม	204
9.2.1 การขยายระดับความแตกต่างหรือการขยายความเปรียบต่างของค่าความสว่างในภาพ	205
9.2.2 การกรองภาพเชิงพื้นที่	211
9.2.3 การแปลงภาพ	217
9.2.3.1 การทำอัตราส่วนระหว่างแบนด์ (Band ratioing)	218
9.2.3.2 การทำดัชนี	221
9.2.3.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก	235
9.2.3.4 การหลอมภาพ	240
บทที่ 10 การแปลและวิเคราะห์ภาพดาวเทียมด้วยคอมพิวเตอร์ หัวข้อ	244
‘การจำแนกประเภทข้อมูลจากภาพดาวเทียม และการประเมินความถูกต้องของการจำแนก’	
10.1 การจำแนกประเภทข้อมูลภาพดาวเทียม	244
10.1.1 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล	247
10.1.2 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล	253
10.1.2.1 การกำหนดประเภทสิ่งปกคลุมดินและพื้นที่ตัวอย่าง	253

	หน้า
10.1.2.2 การคัดเลือกแบนด์เพื่อช่วยจำแนกประเภทข้อมูล	255
10.1.2.3 การใช้ตัวจำแนกเพื่อจำแนกประเภทข้อมูล	261
10.2 การประเมินความถูกต้องหลังการจำแนกประเภทข้อมูล	269
10.2.1 ขนาดหรือจำนวนจุดภาพที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการประเมินความถูกต้องหลังการจำแนกประเภทข้อมูล	270
10.2.2 การออกแบบวิธีสุ่มตัวอย่าง	274
10.2.3 วิธีประเมินความถูกต้องของการจำแนกประเภทข้อมูล	276
10.2.4 ข้อสรุปและสิ่งที่พึงระวังในการแปลความหมายและใช้ค่าการประเมินความถูกต้องชนิดต่าง ๆ	287
10.3 การผลิตข้อมูลผลลัพธ์ด้วยคอมพิวเตอร์	289
10.4 บทสรุปการประมวลผลภาพ	291
บทที่ 11 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ภาพจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรในงานวิจัยด้านเมืองและบทสรุป	293
11.1 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ภาพจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรในงานวิจัยด้านเมือง	293
11.1.1 เมือง : นิยามและความสำคัญของเมือง	293
11.1.2 วิธีการศึกษาเมือง	294
11.1.3 เทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลเพื่อการสำรวจสิ่งปลูกสร้างและเมือง	295
11.1.4 การประยุกต์ใช้ภาพจากดาวเทียมเพื่อการสำรวจสิ่งปลูกสร้าง	297
11.1.5 ตัวอย่างการแปลภาพพื้นที่สิ่งปลูกสร้างจากภาพดาวเทียม	299
11.1.5.1 ชื่อเรื่อง	299
11.1.5.2 วัตถุประสงค์	299
11.1.5.3 กรอบและขอบเขตการวิจัย	299
11.1.5.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	299
11.1.5.5 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย	299
11.1.5.6 วิธีดำเนินการวิจัย	300
11.1.5.7 ผลลัพธ์การวิจัย	309
11.2 บทสรุป	318

	หน้า
บรรณานุกรม	321
ดัชนี	341
INDEX	346

สารบัญตาราง

หน้า

บทที่ 1

ตารางที่ 1.1 : จำนวนดาวเทียมสำรวจโดย United Nations Office for Outer Space Affairs [UNOOSA])	3
ตารางที่ 1.2 : จำนวนดาวเทียมสำรวจโดย The Union of Concerned Scientists (UCS Satellite Database)	4
ตารางที่ 1.3 : จำนวนดาวเทียมที่ใช้งานได้ในอวกาศแยกตามประเภท สำรวจโดย The Union of Concerned Scientists (UCS Satellite Database)	6
ตารางที่ 1.4 : จำนวนดาวเทียมที่ใช้งานได้ในอวกาศแยกตามระดับความสูงห่างจากพื้นโลกของวงโคจร สำรวจโดย The Union of Concerned Scientists (2022) เมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม ค.ศ. 2022	7

บทที่ 2

ตารางที่ 2.1 : คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบ่งตามความยาวช่วงคลื่นและคุณสมบัติเฉพาะ	17
ตารางที่ 2.2 : ความถี่และความยาวคลื่นของช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็น (Visible light)	18

บทที่ 3

ตารางที่ 3.1 : ช่วงคลื่นใน Atmospheric windows ที่นำมาใช้งานทาง Remote sensing	35
ตารางที่ 3.2 : ตัวอย่างดัชนีหักเหของวัสดุบางชนิด	37
ตารางที่ 3.3 : ตัวอย่างดัชนีหักเหของวัสดุหรือตัวกลางโปร่งใสบางชนิดที่ต่างช่วงคลื่น	38

บทที่ 4

ตารางที่ 4.1 : ปฏิสัมพันธ์ของพืชต่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่นต่าง ๆ โดยประมาณซึ่งเป็นผลมาจากการดูดกลืนของคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll absorption) ในใบพืช	45
ตารางที่ 4.2 : ลักษณะเนื้อดินและกลุ่มดิน	54
ตารางที่ 4.3 : ตัวอย่างอัลบีดอของสิ่งปกคลุมพื้นผิวโลกประเภทต่าง ๆ	64

บทที่ 5

ตารางที่ 5.1 : การแบ่งวงโคจรของดาวเทียม	73
ตารางที่ 5.2 : ความสัมพันธ์ระหว่างระดับสูงของดาวเทียมกับคาบวงโคจรรอบโลก	74
ตารางที่ 5.3 : ช่วงคลื่นไมโครเวฟที่ใช้ในงาน Remote sensing	88

บทที่ 6

ตารางที่ 6.1 : ความสัมพันธ์ระหว่างมาตราส่วนของภาพถ่ายกับระยะทางบนพื้นดิน	116
ตารางที่ 6.2 : ความสัมพันธ์ระหว่างมาตราส่วนของแผนที่กับความละเอียดเชิงพื้นที่/ขนาดของจุดภาพที่ ณ ละติจูดที่ต่างกัน	119
ตารางที่ 6.3 : ความสัมพันธ์ระหว่างมาตราส่วนของแผนที่/ภาพ ขนาดของวัตถุที่สามารถแยกได้ และความละเอียดเชิงพื้นที่ของภาพถ่าย	119

บทที่ 7

ตารางที่ 7.1 : หลักการการผสมสีแม่สีบวกและแม่สีลบ	145
ตารางที่ 7.2: ตัวอย่างการผสมสีของดาวเทียม LANDSAT ระบบ TM และ ETM+	148
ตารางที่ 7.3: ขั้นตอนของการแปลและวิเคราะห์ภาพดาวเทียมด้วยสายตา	148
ตารางที่ 7.4: ระดับของการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินซึ่งได้จากดาวเทียมที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ในระดับต่าง ๆ 4 ระดับ (I – IV)	155
ตารางที่ 7.5 : ระบบประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของสหรัฐอเมริกา เพื่อใช้กับข้อมูลที่ได้จาก Remote sensing (Anderson et al., 1976) ซึ่งกำหนดโดย U.S. Geological Survey	157
ตารางที่ 7.6 : ระบบประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของสหรัฐอเมริกาเพื่อใช้กับข้อมูลที่ได้จาก Remote sensing ซึ่งกำหนดโดย U.S. Geological Survey ซึ่งพัฒนาต่อมาจาก “The Anderson Land Use/Land Cover Classification system”	158
ตารางที่ 7.7 : ระบบประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของทั้งโลก เพื่อใช้กับข้อมูลที่ได้จาก Remote sensing ซึ่งใช้สำหรับชุดข้อมูล Geocover LC ที่พัฒนาขึ้น	159

บทที่ 8

ตารางที่ 8.1 : ขั้นตอนของการแปลและวิเคราะห์ภาพดาวเทียมเลขด้วยคอมพิวเตอร์	167
ตารางที่ 8.2 : รูปแบบสมการหรือแบบจำลองโพลีโนเมียลในการแปลงค่าพิกัดที่นิยมใช้กัน	192

บทที่ 9

ตารางที่ 9.1 : แสดงตัวอย่างค่าความสว่างของจุดภาพของวัตถุ 3 ประเภทในบริเวณหน้าและ หลังเขา	220
ตารางที่ 9.2 : ค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient) ของ Tasseled Cap Transformation (TCT) สำหรับ ดาวเทียม Landsat 7 ETM+ at-satellite reflectance (Top of atmosphere reflectance) ซึ่งพัฒนาโดย Huang et al (2002)	225
ตารางที่ 9.3 : ค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient) ของ Tasseled Cap Transformation (TCT) สำหรับ ดาวเทียม Landsat 8 reflectance (Top of atmosphere reflectance) ซึ่งพัฒนา โดย Baig et al. (2014)	226

บทที่ 10

ตารางที่ 10.1 : ตารางแสดงค่าเฉลี่ยการแบ่งแยก (Average Divergence)	260
ตารางที่ 10.2 : ตัวอย่างเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อนการจำแนกประเภทข้อมูล (Classification error matrix)	278
ตารางที่ 10.3 : ตารางแสดงการแปลความหมายของค่า Kappa coefficient	281
ตารางที่ 10.4 : ตัวอย่างตารางแสดง Omission error และ Commission error ของกลุ่ม สิ่งปกคลุมดินประเภทต่าง ๆ	282
ตารางที่ 10.5 : ตัวอย่างตารางแสดง Producer's Accuracy และ User's Accuracy ของกลุ่ม สิ่งปกคลุมดินประเภทต่าง ๆ	284
ตารางที่ 10.6 : Classification error matrix สำหรับการประเมินความถูกต้องการจำแนก สิ่งปกคลุมดิน/วัตถุประเภทเดียว	286
ตารางที่ 10.7 : Function พื้นฐานต่าง ๆ ที่ใช้ในการประมวลผลภาพที่ปรากฏในซอฟต์แวร์ เฉพาะทางด้าน Remote sensing	292

บทที่ 11

ตารางที่ 11.1 : การกำหนดประเภทข้อมูลก่อนการแปลภาพสำหรับงานวิจัย	302
ตารางที่ 11.2 : ร้อยละความถูกต้องของการจำแนกรวม (Overall classification accuracy) จากพื้นที่ตัวอย่าง (ROI) ของสิ่งปกคลุมดิน 5 ประเภท ได้แก่ พืชพรรณ (Vegetation) สิ่งปลูกสร้าง (Built-up) พื้นที่โล่ง (Bareland) เมฆ (Cloud) และ น้ำ (Water) ในระวางภาพถ่ายดาวเทียม Path 129 และ Row 51	308

ตารางที่ 11.3 : ความคลาดเคลื่อนที่รวมไว้ (Commission error) และ ความคลาดเคลื่อนที่ละไว้ (Omission error) ของการจำแนกสิ่งปกคลุมดิน 5 ประเภท ได้แก่ พืชพรรณ (Vegetation) สิ่งปลูกสร้าง (Built-up) ที่โล่ง (Bareland) เมฆ (Cloud) และ น้ำ (Water) ในระวางภาพ Path 129 และ Row 51	309
ตารางที่ 11.4: พื้นที่สิ่งปกคลุมดินประเภทสิ่งปลูกสร้าง (Built-up area) ในประเทศไทย พ.ศ. 2562 จากการแปลภาพด้วยดาวเทียม Landsat 8 เรียงตามร้อยละพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง	311
ตารางที่ 11.5 : ความถูกต้องการจำแนกสิ่งปกคลุมดิน (38 ระวางภาพ)	317

สารบัญภาพ

หน้า

บทที่ 1

ภาพที่ 1.1 : กระบวนการ Satellite remote sensing	12
---	----

บทที่ 2

ภาพที่ 2.1 : คุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	14
ภาพที่ 2.2 : ความสัมพันธ์ระหว่างคลื่นแม่เหล็กและคลื่นไฟฟ้า	14
ภาพที่ 2.3 : แผนภาพเปรียบเทียบความยาวคลื่นกับสิ่งต่าง ๆ	17
ภาพที่ 2.4 : ตาของมนุษย์กับความรู้สึกไวต่อแสงในช่วงคลื่น Visible light	18
ภาพที่ 2.5 : แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและการแผ่รังสีของแก๊สของแท่งโลหะ	22
ภาพที่ 2.6 : แผนภาพแสดงรังสีจากดวงอาทิตย์และโลก	26

บทที่ 3

ภาพที่ 3.1 : กระบวนการ Scattering ในอากาศหรือบรรยากาศโลก	27
ภาพที่ 3.2 : ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดความยาวคลื่น (λ) และ ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาค (d)	28
ภาพที่ 3.3 : การกระเจิงในบรรยากาศ 3 รูปแบบ	29
ภาพที่ 3.4 : ท้องฟ้าเวลากลางวัน และ ยามรุ่งเช้าและพลบค่ำ	31
ภาพที่ 3.5 : การแบ่งชั้นบรรยากาศ ตามการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ	32
ภาพที่ 3.6 : การดูดกลืนพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในชั้นบรรยากาศ	34
ภาพที่ 3.7 : ช่วงคลื่นที่ถูกดูดกลืนพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในชั้นบรรยากาศและหน้าต่างบรรยากาศ	34
ภาพที่ 3.8 : การหักเหของแสงผ่านตัวกลางต่างชนิด	36
ภาพที่ 3.9 : ตัวอย่างผลลัพธ์จากการหักเหของแสงที่ผ่านตัวกลางต่างชนิด	37

บทที่ 4

ภาพที่ 4.1 : ปฏิสัมพันธ์ของพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับวัตถุต่าง ๆ บนพื้นผิวโลก	40
---	----

	หน้า
ภาพที่ 4.2 : การสะท้อนพลังงานจากวัตถุที่มีพื้นผิวแบบต่าง ๆ	42
ภาพที่ 4.3 : Spectral signature ของวัตถุหรือสิ่งปกคลุมดิน 3 ประเภทหลัก ได้แก่ พืชพรรณ ดิน และน้ำ	44
ภาพที่ 4.4 : Spectral signature ของพืชพรรณ	46
ภาพที่ 4.5 : โครงสร้างภายในของใบพืชเมื่อตัดตามขวาง	47
ภาพที่ 4.6 : ตัวอย่าง Spectral signature ของ (a) พืชต่างชนิดกัน และ (b) ไม้แบบผลัดใบ และไม้ผลัดใบ	48
ภาพที่ 4.7 : ตัวอย่าง Spectral signature ของพืชที่มีความกว้างของใบต่างกัน ได้แก่ พืชใบกว้าง (Broad leaf) และพืชใบเข็ม (Needle leaf)	48
ภาพที่ 4.8 : ตัวอย่าง Spectral signature ของพืชที่มีความชื้นต่างกัน ได้แก่ ต้นฝ้าย (Cotton) และต้นฝ้ายเปียก (Wet cotton)	48
ภาพที่ 4.9 : ตัวอย่าง Spectral signature ของพืชต่างวัย ได้แก่ (a) กล้วยต่างวัย และ (b) ไวท์เปปเปอร์มินท์ หรือ สะระแหน่ (White peppermint) ต่างวัย	49
ภาพที่ 4.10 : ตัวอย่าง Spectral signature ของไม้พุ่มจิงจูฉ่าย (Big sagebrush) ต่างฤดู	49
ภาพที่ 4.11 : การเกิดดิน	50
ภาพที่ 4.12 : Spectral signature ของดินต่างชนิด ได้แก่ [A] ดินร่วนปนทรายแป้ง (Silty loam) [B] ดินร่วน (Loam) [C] ดินร่วนปนทราย (Sandy loam) และ [D] ดินทรายหยาบมาก ปนหินสีน้ำตาลเข้ม (Gray/dark brown extremely stoney coarse sandy)	51
ภาพที่ 4.13 : ชั้นดินหลัก	53
ภาพที่ 4.14 : ภาพสามเหลี่ยมแสดงเนื้อดิน (Texture Triangle)	55
ภาพที่ 4.15 : ตัวอย่าง Spectral signature ของน้ำทะเลแบบ [A] มีคลื่นหรือฟองทะเล (Sea foam) และ [B] ไม่มีคลื่น (Sea water)	56
ภาพที่ 4.16 : Spectral signature ของดินและหินประเภทต่าง ๆ เปรียบเทียบกับหญ้า (Grass) ได้แก่ [A] หินทราย (Sandstone), [B] ดินหญ้า (Grassland soil), [C] กรวด (Gravel), และ [D] เซอร์เพนทีน (Serpentine)	57
ภาพที่ 4.17 : Spectral signature ของ บะซอลต์ (Basalt) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของลาวา (Lava) เปรียบเทียบกับแอสฟัลต์ (Asphalt)	58
ภาพที่ 4.18 : Spectral signature ของแร่ประเภทต่าง ๆ ได้แก่ [A] Calcite [B] Talc [C] Gypsum [D] Chlorite และ [E] Buddingtonite	58

ภาพที่ 4.19 : Spectral signature ของสิ่งปลูกสร้างที่มนุษย์สร้างเปรียบเทียบกับดินร่วนปนทรายแป้ง (Silty loam) ได้แก่ [A] โลหะอะลูมิเนียม (Aluminum metal), [B] อิฐหน้าเรียบสีแดง (Red smooth-faced brick), [C] โลหะทองแดง (Copper metal), และ [D] แอสฟัลต์เพื่อปูพื้น (Paving asphalts)	59
ภาพที่ 4.20 : Spectral signature ของสิ่งปลูกสร้างที่มนุษย์สร้างเปรียบเทียบกับหญ้า (Grass) ได้แก่ [A] อิฐแดงเปลือย (Bare red brick), [B] อิฐหน้าเรียบสีแดง (Red smooth-faced brick), [C] กระเบื้องดินเผาสิอิฐ (Terra cotta tiles), [D] โลหะทองแดง (Copper metal), และ [E] แอสฟัลต์เพื่อปูพื้นถนน (Paving asphalts)	60
ภาพที่ 4.21 : Spectral signature ของ [A] เมฆ (Cloud) เปรียบเทียบกับ [B] พืชพรรณ (Vegetation) [C] พื้นที่โล่ง (Bareland) และ [D] พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง (Built-up area)	61
ภาพที่ 4.22 : Spectral signature ของ หิมะ (snow) ในสภาวะต่าง ๆ ได้แก่ [A] น้ำค้างแข็ง (Frost) [B] หิมะละเอียด (Fine snow) และ [C] หิมะเม็ดหยาบ (Coarse granular snow)	62

บทที่ 5

ภาพที่ 5.1 : ส่วนประกอบของดาวเทียมธีออส (Theos) หรือดาวเทียมไทยโชต (Thaichote)	66
ภาพที่ 5.2 : การโคจรของดาวเทียม Landsat 1, 2, และ 3	68
ภาพที่ 5.3 : วงโคจรของดาวเทียมแบบวงโคจรสัมพันธ์กับโลก	69
ภาพที่ 5.4 : วงโคจรของดาวเทียม	69
ภาพที่ 5.5 : วงโคจรของดาวเทียมประเภทต่าง ๆ	72
ภาพที่ 5.6 : ลักษณะอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับการโคจรของดาวเทียม (a) ความกว้างของแนวถ่ายภาพ (Swath width) และ (b) มุมของการถ่ายภาพ (Viewing angle หรือ Angle of view)	77
ภาพที่ 5.7 : การรับและบันทึกภาพของดาวเทียมที่สามารถปรับกระจกให้เอียงได้ ทำให้รับภาพในบริเวณเดียวกันได้แม้อยู่ต่างแนวโคจร	77
ภาพที่ 5.8 : การรับและบันทึกภาพของดาวเทียมโดยพิจารณา a) ความสัมพันธ์ระหว่าง FOV, IFOV และ รายละเอียดภาคพื้นดิน (Ground resolution) และ b) รายละเอียดภาคพื้นดินจาก IFOV ที่บันทึกภาพในมุมตั้งและมุมเอียง	78
ภาพที่ 5.9 : คำนิยามศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการวัดรังสี	80
ภาพที่ 5.10 : เครื่องกวาดภาพแบบกลเชิงแสง (Optical mechanical scanner)	82
ภาพที่ 5.11 : เครื่องตรวจวัดคลื่นความร้อน (Thermal IR sensor)	86

ภาพที่ 5.12 : ภาพถ่ายความร้อน (Thermal Infrared image) จากดาวเทียม Landsat 8 OLI (Band 10)	87
ภาพที่ 5.13 : หลักการระบบถ่ายภาพเรดาร์ (Imaging Radar)	89
ภาพที่ 5.14 : ตัวอย่างภาพถ่ายระบบเรดาร์	89
ภาพที่ 5.15 : การกระจัดกระจายเชิงปริมาตร (volume scattering) ของ RADAR ในการผ่านทะเล ต้นไม้	91
ภาพที่ 5.16 : Side-looking viewing geometry of imaging RADAR system	92
ภาพที่ 5.17 : ตัวอย่างความสูงพื้นผิวภูมิประเทศแบบ DSM และ DEM จากระบบไลดาร์	93
ภาพที่ 5.18 : ตัวอย่างภาพถ่ายดาวเทียมที่ถ่ายภาพแสงไฟในเวลากลางคืนในบริเวณกรุงเดลี (Delhi) ประเทศอินเดีย โดยเปรียบเทียบระหว่างดาวเทียม 2 ดวง ซึ่งมีรายละเอียดและความชัดเจนของภาพแตกต่างกัน	95

บทที่ 6

ภาพที่ 6.1 : ข้อมูลเชิงเลขของดาวเทียมสำรวจทรัพยากร (a) อ้างอิงแต่ละจุดภาพด้วยสัญลักษณ์ I, J และ Z และ (b) อ้างอิงจำนวนแบนด์ของภาพหนึ่ง ๆ ด้วยสัญลักษณ์ K	108
ภาพที่ 6.2 : การอ้างอิงค่าพิกัดเริ่มต้นในภาพดาวเทียม	109
ภาพที่ 6.3 : ตัวอย่างภาพที่ปรากฏในพื้นที่เดียวกัน ซึ่งมีขนาดของจุดภาพแตกต่างกัน	112
ภาพที่ 6.4 : ภาพถ่ายพื้นที่เดียวกันซึ่งมีความละเอียดเชิงพื้นที่แตกต่างกัน คือ (a) งามมม IFOV แคบ ทำให้พื้นที่ของ Ground resolution มีขนาดเล็ก เก็บรายละเอียดในพื้นที่ได้มาก และ (b) งามมม IFOV กว้าง ทำให้พื้นที่ของ Ground resolution มีขนาดใหญ่เก็บรายละเอียดในพื้นที่ได้น้อย	113
ภาพที่ 6.5 : IFOV และ จุดภาพที่มีขนาดแตกต่างกัน เช่น 5 x 5 ม., 40 x 40 ม., 80 x 80 ม.	113
ภาพที่ 6.6 : ความแตกต่างของความละเอียดเชิงพื้นที่หรือขนาดจุดภาพ ณ ละติจูดที่ต่างกัน	118
ภาพที่ 6.7 : ตัวอย่างค่าการสะท้อนของวัตถุ ณ ตำแหน่งจุดภาพเดียวกัน ของช่วงคลื่นที่ต่างกัน	121
ภาพที่ 6.8 : ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนบิต (bit) จำนวนค่าความสว่าง และ ระดับสีเทา	122
ภาพที่ 6.9 : แนวโคจรและการโคจรกลับมาถ่ายภาพซ้ำที่เดิมของดาวเทียม LANDSAT 7 ETM+	124
ภาพที่ 6.10: ปฏิทินการโคจรของดาวเทียม LANDSAT 5 ในบริเวณประเทศไทยและภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้	125
ภาพที่ 6.11: ตัวอย่างการจัดเรียงข้อมูลตามแบบ BSQ BIL และ BIP	131

บทที่ 7

ภาพที่ 7.1 : ระบบสี (a) RGB COLOR : สีปฐมภูมิบวก และ (b) CMYK COLOR : สีปฐมภูมิลบ	144
ภาพที่ 7.2 : HSV model	146
ภาพที่ 7.3: (a) Color saturation และ (b) Color intensity ของสีแดง (Red hue)	146
ภาพที่ 7.4 : ตัวอย่างการค้นหาและเรียกดูภาพถ่ายดาวเทียมในพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ประเทศไทย จาก Application ใน Website (a) LandsatLook Viewer (https://landsatlook.usgs.gov/) และ (b) Website EarthExplorer (https://earthexplorer.usgs.gov/)	149
ภาพที่ 7.5 : ตัวอย่างของภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงในบริเวณพื้นที่หนึ่งในจังหวัด พระนครศรีอยุธยา ซึ่งสามารถสืบค้นได้จากโปรแกรม Google Earth Pro ในวันที่ 12 มกราคม พ.ศ. 2566	151
ภาพที่ 7.6 : ตัวอย่างปฏิทินการเพาะปลูกพืชของจังหวัดหนองบัวลำภู	152
ภาพที่ 7.7 : ขั้นตอนการแปลและวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตา	154
ภาพที่ 7.8 : องค์ประกอบในการแปลภาพ	160
ภาพที่ 7.9 : ตัวอย่างระดับสี ขนาด รูปร่างของวัตถุหรือสิ่งปกคลุมดินประเภทต่าง ๆ ในภาพถ่ายดาวเทียม	160
ภาพที่ 7.10 : ตัวอย่างภาพถ่ายดาวเทียมแสดงความหนาแน่นและแบบรูปของวัตถุในพื้นที่หนึ่ง	161
ภาพที่ 7.11 : ตัวอย่างภาพถ่ายดาวเทียมแสดงลำน้ำแบบ Dendric pattern	161
ภาพที่ 7.12 : ตัวอย่างความสูงของวัตถุและการทอดตัวของเงาจากอาคาร (ซ้าย) และ เงาจาก เทือกเขา (ขวา) ที่ปรากฏบนภาพถ่ายดาวเทียม	162
ภาพที่ 7.13 : ตัวอย่างสัดส่วนของสิ่งปกคลุมดินที่ปรากฏบนภาพถ่ายดาวเทียม	163

บทที่ 8

ภาพที่ 8.1 : การเกิดแถบหรือแนวคาด (Striping) ซึ่งปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียมซึ่งมีสาเหตุ จากความบกพร่องของอุปกรณ์ที่ใช้บันทึกสัญญาณ	169
ภาพที่ 8.2 : Function ‘Replace bad line’ ในซอฟต์แวร์ ENVI	170
ภาพที่ 8.3 : Banding ซึ่งปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งมีสาเหตุจากความบกพร่องของอุปกรณ์ที่ใช้ บันทึกสัญญาณ	171
ภาพที่ 8.4 : ตัวอย่างการกรองภาพเพื่อขจัด Spike noise ซึ่งปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียม	172
ภาพที่ 8.5 : อิทธิพลของบรรยากาศซึ่งส่งผลกระทบต่อค่าการแผ่รังสีรวมที่เซ็นเซอร์ของดาวเทียม ทำการบันทึกไว้	174

ภาพที่ 8.6 : ระยะห่างระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ (Earth-sun distance) ซึ่งผันแปรไปตามฤดูกาล	180
ภาพที่ 8.7 : Solar Zenith Angle (SZA) และ Viewing Zenith Angle	183
ภาพที่ 8.8 : กราฟแสดงความแตกต่างของ Solar Zenith Angle (SZA) ของสถานที่ต่าง ๆ ใน ค.ศ. 2007 ในช่วงเวลาที่ดาวเทียม ENVISAT ระบบ SCIAMACHY โคจรผ่านเหนือ ศีรษะโดยตรง	183
ภาพที่ 8.9 : วิธีการวัด Elevation angle (มุมยกหรือมุมเงย)	185
ภาพที่ 8.10 : Elevation angle ในฤดูกาลที่แตกต่างกัน	185
ภาพที่ 8.11 : ความเพี้ยนเชิงเรขาคณิตแบบไม่เป็นระบบ	186
ภาพที่ 8.12 : ความเพี้ยนเชิงเรขาคณิตของภาพดาวเทียมจากการหมุนรอบตัวเองของโลก	186
ภาพที่ 8.13 : ความเพี้ยนเชิงเรขาคณิตแบบเป็นระบบ	187
ภาพที่ 8.14 : หลักการ Registration ซึ่งจุดภาพที่อยู่ในตำแหน่งเดียวกันในพื้นที่จริงจะซ้อนทับกัน	188
ภาพที่ 8.15 : เมนูการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตในซอฟต์แวร์ ENVI	190
ภาพที่ 8.16 : ตัวอย่างการทำ Image-to-image registration โดยการกำหนดภาพฐาน (Base image) ซึ่งในที่นี้คือ ภาพจากดาวเทียม SPOT ชื่อ bldr_sp.img และ ภาพดาวเทียมที่ต้องการ การปรับแก้ (Warp image) ให้มีค่าพิกัด ซึ่งในที่นี้คือ ภาพจากดาวเทียม Landsat TM ชื่อ bldr_tm.img	191
ภาพที่ 8.17 : ผลลัพธ์ภาพหลังการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตโดยใช้แบบจำลอง โพลีโนเมียลที่มีลำดับแตกต่างกัน	191
ภาพที่ 8.18 : การคำนวณค่า RMSE ระหว่างการทำ Image-to-image registration จาก ซอฟต์แวร์ ENVI	195
ภาพที่ 8.19 : เทคนิคการทำ Resampling 3 วิธี ในระหว่างกระบวนการแปลงค่าพิกัด	197
ภาพที่ 8.20 : ตัวอย่างการเลือกแบบจำลองโพลีโนเมียลอันดับ 1st (First) order polynomial และ การเลือก Resampling แบบ Nearest-neighbor ในระหว่างกระบวนการแปลง ค่าพิกัดให้แก่ภาพที่กำลังถูกปรับแก้	198
ภาพที่ 8.21 : ตัวอย่างผลลัพธ์ภาพที่ถูกปรับแก้แล้ว	198
ภาพที่ 8.22 : Function การตัดภาพด้วยซอฟต์แวร์ ENVI และ ตัวอย่างภาพดาวเทียมก่อนและ หลังการตัด	201
ภาพที่ 8.23 : ตัวอย่างภาพดาวเทียมในกระบวนการต่อภาพ (Mosaicking) ด้วยซอฟต์แวร์ ENVI	202

บทที่ 9

ภาพที่ 9.1 : ความแตกต่างของความสว่างภายในภาพ (บน) ซึ่งสัมพันธ์กับ Profile ระดับ ความสว่าง (ล่าง)	205
ภาพที่ 9.2: ภาพดาวเทียมแสดงค่าระดับสีเทาของแบนด์หนึ่ง ๆ ในภาพดาวเทียม (ซ้าย) และ Histogram ของภาพดาวเทียมซึ่งมีหลายยอด (ขวา)	206
ภาพที่ 9.3 : หลักการ contrast stretch วิธีต่าง ๆ	207
ภาพที่ 9.4 : Menu และ Function การทำ Contrast stretching ด้วยวิธีต่าง ๆ ในซอฟต์แวร์ ENVI	209
ภาพที่ 9.5 : ตัวอย่าง Function การทำ Contrast stretching ด้วยวิธี 'Piece-wise stretch' (Multiple linear stretch) ในซอฟต์แวร์ ENVI	210
ภาพที่ 9.6 : ตัวอย่างการทำ Contrast stretching ด้วย Function 'Density slice' ในซอฟต์แวร์ ENVI	210
ภาพที่ 9.7 : หลักการการแปลงภาพฟูริเยร์ (Fourier transformation) จากมิติของเวลา เป็นมิติของความถี่	211
ภาพที่ 9.8 : หลักการการกรองภาพ	212
ภาพที่ 9.9 : ตัวอย่างผลลัพธ์การกรองภาพเชิงพื้นที่ด้วย Low-pass filter และ High-pass filter	213
ภาพที่ 9.10 : ตัวอย่างวิธีการกรองภาพเชิงพื้นที่ด้วย Mean filter	214
ภาพที่ 9.11 : ตัวกรองภาพเชิงพื้นที่แบบ Low pass filter (LPF)	214
ภาพที่ 9.12 : ตัวอย่างภาพก่อน (ซ้าย) และหลัง (ขวา) การเน้นขอบภาพด้วยการทำ High-pass filtering	215
ภาพที่ 9.13 : ตัวกรองภาพเชิงพื้นที่แบบ High-pass filter (HPF)	215
ภาพที่ 9.14 : ตัวกรองภาพเชิงพื้นที่แบบ Laplacian (Non-directional filter) ซึ่งเน้นขอบเขต ของวัตถุทุกทิศทาง	216
ภาพที่ 9.15 : ตัวกรองภาพเชิงพื้นที่แบบ Prewit (Directional filter) ซึ่งเน้นขอบเขตของวัตถุ เฉพาะทิศทาง	216
ภาพที่ 9.16 : Function การกรองภาพแบบต่าง ๆ ในซอฟต์แวร์ ENVI	217
ภาพที่ 9.17 : ตัวอย่างวิธีการแปลงภาพด้วย Function 'Band Math' ในซอฟต์แวร์ ENVI ซึ่งผู้ใช้งาน สามารถสร้างสมการได้เอง	218
ภาพที่ 9.18 : เงาม (สีดำเข้มในภาพ) ที่ทับทับหลังเขา	219
ภาพที่ 9.19 : ตัวอย่าง Function การแปลงภาพ (Transform) ในซอฟต์แวร์ ENVI	219

ภาพที่ 9.20 : ตัวอย่างค่าดัชนี SR และ ดัชนี NDVI ของจุดภาพของสิ่งปกคลุมดิน 3 ประเภท ได้แก่ สิ่งปลูกสร้าง (B) น้ำ (W) และ พืชพรรณ (V) ซึ่งดัชนีทั้งสองสามารถแยกพืชพรรณออกจากสิ่งปกคลุมดินอื่น ๆ ได้ชัดเจน	222
ภาพที่ 9.21 : ตัวอย่างผลลัพธ์ค่าดัชนี Brightness, Greenness และ Wetness ที่ได้จาก การประมวลผลภาพด้วย Tasseled Cap Transformation (TCT) ของดาวเทียม Landsat 7 ETM+ (at-satellite reflectance) จากจุดภาพของสิ่งปกคลุมดิน 4 ประเภท ได้แก่ สิ่งปลูกสร้าง ดิน น้ำ และพืชพรรณ	227
ภาพที่ 9.22 : ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างแบนด์ 2 แบนด์ ของภาพดาวเทียม Landsat TM ในพื้นที่ศึกษาแห่งหนึ่ง สร้างด้วย Function ‘Scatter Plot’ ในซอฟต์แวร์ ENVI	236
ภาพที่ 9.23 : ภาพจำลองกระบวนการในการทำ PCA อย่างง่าย โดยที่ (a) ความแปรปรวนร่วม (Covariance) ระหว่าง 2 แบนด์ (b) เส้นตรง PQ และ เส้นตรง RS แสดงความแปรปรวนร่วมในแนวนอนและความแปรปรวนร่วมในแนวตั้งตามลำดับ (c) ค่าเฉลี่ย (Mean) ระหว่าง 2 แบนด์ (2 มิติ) (d) การใช้ Mean เป็นจุดกำเนิดใหม่ที่ใช้ในการหมุนแกน และ (e) ผลลัพธ์จากการหมุนแกน ได้แก่ PC1 และ PC2 ตามลำดับ	238
ภาพที่ 9.24 : ภาพจำลองผลลัพธ์ PCA แบบ 3 แกน	239
ภาพที่ 9.25 : ตัวอย่างความสัมพันธ์เชิงสถิติของข้อมูลเชิงรังสีของแบนด์ต่าง ๆ ของภาพดาวเทียม Landsat TM ประมวลผลด้วย Function ‘Compute Statistics’ ใน ซอฟต์แวร์ ENVI	239
ภาพที่ 9.26 : ตัวอย่างผลลัพธ์การทำ PCA ด้วย Function ‘Principal Components’ ใน ซอฟต์แวร์ ENVI โดยเปรียบเทียบภาพเริ่มต้น (ORIGINAL IMAGE) แบบสีผสม 4-3-2 (R-G-B) กับภาพผลลัพธ์จาก PCA (ภาพ PC1, PC2, PC3 และ ภาพสีผสม PC1-PC2-PC3 (R-G-B))	240
ภาพที่ 9.27: Function ‘HSV’ Image sharpening ในซอฟต์แวร์ ENVI	242
ภาพที่ 9.28 : ตัวอย่างผลลัพธ์การหลอมภาพ โดยนำภาพสีผสมจากดาวเทียมแบบหลายช่วงคลื่น (Multispectral image) และภาพดาวเทียมแบบแพนโครมาติก (Panchromatic image) ที่มีรายละเอียดสูงกว่ามาหลอมรวมกันด้วย Function ‘HSV’ Image sharpening ใน ซอฟต์แวร์ ENVI	242

บทที่ 10

ภาพที่ 10.1 : แบนด์ต่าง ๆ ของภาพดาวเทียมก่อนการจำแนกประเภทข้อมูล	245
ภาพที่ 10.2 : หลักการการจำแนกประเภทข้อมูลของภาพดาวเทียม	246

ภาพที่ 10.3 : Euclidean distance	248
ภาพที่ 10.4 : ตัวอย่างการพล็อตข้อมูล 3 จุดภาพ ในปริภูมิเชิงรังสีซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแบนด์ที่ 1 และ แบนด์ที่ 5	248
ภาพที่ 10.5 : ตัวอย่างกรรมวิธีการจำแนกประเภทข้อมูลแบบ K-Means	251
ภาพที่ 10.6 : Function การจำแนกประเภทข้อมูล (Unsupervised classification) ด้วย Classifier แบบ IsoData และ K-Means ในซอฟต์แวร์ ENVI	252
ภาพที่ 10.7 : ตัวอย่างผลลัพธ์การจำแนกประเภทข้อมูล (Unsupervised Classification) ตาม Classifier แบบ K-means ซึ่งผู้แปลภาพกำหนดให้แบ่งภาพเป็นสิ่งปกคลุมดิน 3 ประเภทโดยอัตโนมัติ	252
ภาพที่ 10.8 : ตัวอย่างผลลัพธ์การทำพื้นที่ตัวอย่าง (Region of interest [ROI]) ของสิ่งปกคลุมดินประเภทน้ำ (WATER) ในซอฟต์แวร์ ENVI	255
ภาพที่ 10.9 : ตัวอย่างผลลัพธ์การทำ scatter plot ระหว่างแบนด์ 2 และแบนด์ 4 (ซ้าย) และระหว่างแบนด์ 2 และแบนด์ 1 (ขวา) ของ Landsat 7 โดยนำพื้นที่ตัวอย่าง (Region of interest [ROI]) ของสิ่งปกคลุมดินประเภทพื้นที่น้ำ (WATER) พื้นที่พืชพรรณ (VEGETATION) และพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง (BUILT-UP AREA) ลงมาหาบในซอฟต์แวร์ ENVI	256
ภาพที่ 10.10 : ตัวอย่างผลลัพธ์การวาดกราฟแสดงข้อมูลเชิงรังสีของพื้นที่ตัวอย่าง (ROI) ของสิ่งปกคลุมดิน 5 ประเภท ได้แก่ พื้นที่น้ำ (WATER) พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง (BUILT-UP AREA) พื้นที่ดินโล่ง (BARELAND) พื้นที่พืชพรรณ (VEGETATION) และ เมฆ (CLOUD) จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8	257
ภาพที่ 10.11 : Function ‘Spectral Information Divergence’ ในซอฟต์แวร์ ENVI ซึ่งใช้หลักการ Divergence ในการจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล	261
ภาพที่ 10.12 : ตัวอย่างการสร้างกรอบสี่เหลี่ยมคู่ขนานของกลุ่มสิ่งปกคลุมดินประเภท A ในปริภูมิเชิงรังสี 2 มิติ	262
ภาพที่ 10.13 : ตัวอย่างการสร้างกรอบสี่เหลี่ยมคู่ขนานของกลุ่มสิ่งปกคลุมดิน 3 ประเภท ในปริภูมิเชิงรังสี 2 มิติ	263
ภาพที่ 10.14 : ตัวอย่างการคำนวณตามตัวจำแนกแบบระยะทางที่สั้นที่สุดจากตัวกลาง	264
ภาพที่ 10.15 : ตัวอย่างการคำนวณตามตัวจำแนกแบบ K-nearest neighbors (KNN)	266

ภาพที่ 10.16 : ตัวอย่างฮิสโตแกรม (Histogram) ซึ่งแสดงการกระจายความถี่ของข้อมูล (Data frequency distribution) ของตัวแทนสิ่งปกคลุมดินประเภทพืชพรรณ (Vegetation training data [ROI]) ของแบนด์ 6 ซึ่งข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ (Normal distribution)	267
ภาพที่ 10.17 : การจำแนกประเภทข้อมูลประเภท Supervised classification แบบ Maximum likelihood classifier	268
ภาพที่ 10.18 : การจำแนกประเภทข้อมูลประเภท Supervised classification แบบ Maximum likelihood classifier แสดงผลแบบภาพ 3 มิติ	269
ภาพที่ 10.19 : หลักการการสุ่มตัวอย่างแบบต่าง ๆ ได้แก่ a) แบบมีระบบ b) แบบสุ่มอย่างง่าย c) แบบสุ่มแบบแบ่งประเภท และ d) แบบกลุ่ม	275
ภาพที่ 10.20 : ตัวอย่างการเปรียบเทียบ ‘ข้อมูลที่ผู้แปลภาพจำแนก’ และ ‘ข้อมูลอ้างอิง’ ในตำแหน่งต่าง ๆ บนพื้นที่สุ่มตัวอย่างซึ่งมีพิกัดตรงกันบนพื้นที่ที่จะจุดภาพ	277
ภาพที่ 10.21 : Function การสร้าง Confusion matrix ในซอฟต์แวร์ ENVI	279
ภาพที่ 10.22 : การจัดกลุ่มข้อมูลใหม่ให้กับ a) ภาพที่ผ่านการแปล b) ภาพที่ผ่านกระบวนการกำจัดจุดภาพที่แยกตัวโดดเดี่ยว และ c) ภาพที่ผ่านกระบวนการรวมเป็นกลุ่ม	290
ภาพที่ 10.23 : Function “Save File As” เพื่อแปลงเป็นไฟล์ในรูปแบบต่าง ๆ ในซอฟต์แวร์ ENVI	291
ภาพที่ 10.24 : การแสดงผลภาพดาวเทียมซ้อนทับกับสิ่งปกคลุมดิน 2 กลุ่มที่ได้มาจากการแปลภาพ	291

บทที่ 11

ภาพที่ 11.1 : ระวังภาพของดาวเทียม Landsat 8 OLI ครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทย	300
ภาพที่ 11.2 : ภาพรวมขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	301
ภาพที่ 11.3 : ตัวอย่างภาพจากดาวเทียม Landsat 8 สีส้มเขียว (RGB : 432) ในระวางภาพ Path 129 และ Row 51	302
ภาพที่ 11.4 : กราฟแสดงค่าเฉลี่ยค่าการสะท้อน (Reflectance) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของสิ่งปกคลุมดิน 5 ประเภท ได้แก่ พืชพรรณ (Vegetation) สิ่งปลูกสร้าง (Built-up) พื้นที่โล่ง (Barren) เมฆ (Cloud) และ น้ำ (Water) จากพื้นที่ตัวอย่าง (ROI) ของภาพดาวเทียม Landsat 8 OLI ในระวางภาพ Path 129 และ Row 51 ซึ่งครอบคลุมพื้นที่กรุงเทพมหานครตอนล่างและจังหวัดอื่น ๆ โดยรอบ เช่น ชลบุรี และสมุทรปราการบางส่วน	305

ภาพที่ 11.5 :	ค่าเฉลี่ยค่าการสะท้อน (Reflectance) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของ สิ่งปกคลุมดินประเภทสิ่งปลูกสร้าง (Built-up) เปรียบเทียบกัน ใน 8 จังหวัด ได้แก่ เชียงใหม่ ขอนแก่น พระนครศรีอยุธยา นครราชสีมา กรุงเทพฯ-ชลบุรี ภูเก็ต สุราษฎร์ธานี และสงขลา ตามลำดับ	306
ภาพที่ 11.6 :	ค่าเฉลี่ยดัชนีข้อมูลภาพดาวเทียม (NDVI, NDBI และ MNDWI) และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง (Built-up area) เปรียบเทียบกัน ใน 8 จังหวัด ได้แก่ เชียงใหม่ ขอนแก่น พระนครศรีอยุธยา นครราชสีมา กรุงเทพฯ- ชลบุรี ภูเก็ต สุราษฎร์ธานี และสงขลา ตามลำดับ	306
ภาพที่ 11.7 :	การใช้ Decision Tree เพื่อใช้ในการแยกแยะประเภทสิ่งปกคลุมดินที่กำหนดไว้ ทั้ง 9 ประเภท ได้แก่ เมฆ (Cloud) เมฆบนสิ่งปกคลุมดินประเภทอื่น (MixCloud) น้ำนิ่ง (Water) น้ำไม่นิ่ง/น้ำที่มีสิ่งอื่นปะปน (Mixwater) เงา/เงาเมฆ (Shadow) พืชพรรณหนาแน่น (DenseVeg) พืชพรรณเบาบาง (SparseVeg) พื้นที่โล่ง (Bareland) และ พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง (BuiltUp)	307
ภาพที่ 11.8 :	พื้นที่สิ่งปลูกสร้างที่ได้จากการแปลภาพจากดาวเทียม Landsat 8 ใน ค.ศ. 2019 (พ.ศ. 2562)	314
ภาพที่ 11.9 :	พื้นที่สิ่งปลูกสร้างของกรุงเทพฯ ที่ได้จากการแปลภาพดาวเทียม Landsat 8 ใน ค.ศ. 2019	315
ภาพที่ 11.10:	พื้นที่สิ่งปลูกสร้างบางจังหวัดที่ได้จากการแปลภาพดาวเทียม Landsat 8 ใน ค.ศ. 2019	315
ภาพที่ 11.11:	ร้อยละพื้นที่สิ่งปลูกสร้างแยกเป็นรายจังหวัดตามข้อมูลใน ค.ศ. 2019 (พ.ศ. 2562)	316

AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA

สารบัญเกร็ดความรู้

หน้า

บทที่ 1

เกร็ดความรู้ 1.1 : การถ่ายภาพทางอากาศครั้งแรก	9
เกร็ดความรู้ 1.2 : The Blue Marble	10

บทที่ 2

เกร็ดความรู้ 2.1 : ทฤษฎีคลื่น (Wave Theory)	14
เกร็ดความรู้ 2.2 : คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและโฟตอนสัมพันธ์กันอย่างไร	19

บทที่ 3

เกร็ดความรู้ 3.1 : เหตุใดเราจึงเห็นดวงอาทิตย์เป็นสีแดง เห็นท้องฟ้าเป็นสีฟ้าช่วงกลางวัน และเป็นสีแดงส้มในช่วงเย็น	31
เกร็ดความรู้ 3.2 : ชั้นบรรยากาศโลก	32
เกร็ดความรู้ 3.3 : การคำนวณดัชนีหักเห (Index of refraction) หรือ “ดัชนีการหักเหของแสง” (Refractive index)	37

บทที่ 4

เกร็ดความรู้ 4.1 : มีอะไรในพืช	47
เกร็ดความรู้ 4.2 : U.S. Geological Survey (USGS) Spectral Library	52
เกร็ดความรู้ 4.3 : มีอะไรในดิน	53
เกร็ดความรู้ 4.4 : เกี่ยวกับเนื้อดิน (Soil texture)	54
เกร็ดความรู้ 4.5 : <i>in situ</i> spectral reflectance measurement คืออะไร	63
เกร็ดความรู้ 4.6 : Albedo (อัตราส่วนรังสีสะท้อน)	64

บทที่ 5

เกร็ดความรู้ 5.1 : ส่วนประกอบหลักของดาวเทียม	66
เกร็ดความรู้ 5.2 : วงโคจร	69

บทที่ 1

บทนำ : รู้จัก Remote sensing

1.1 Remote sensing คืออะไร

Remote sensing เรียกโดยย่อว่า “RS” และนิยมเรียกทับศัพท์ว่า “รีโมตเซนซิง” ในวงวิชาการไทย แปลศัพท์กันหลากหลาย เช่น การรับรู้จากระยะไกล โทรสัมผัส การสำรวจจากระยะไกล คำว่า "Remote sensing" ใช้ครั้งแรกในสหรัฐอเมริกาช่วงกลางทศวรรษ 1950 (ราว ค.ศ. 1955) โดยนักภูมิศาสตร์และสมุทรศาสตร์ชื่อ Ms. Evelyn Pruitt จากสำนักงาน Naval Research แห่งสหรัฐอเมริกา (The U.S. Office of Naval Research) (Dickson, 2009)

Remote sensing มีหลักการมาจากแนวคิดที่ว่าดวงตาของมนุษย์ทำหน้าที่รับสัญญาณภาพ ส่งผ่านปรากฏการณ์ (Phenomenon) หรือวัตถุที่พบเห็น (Object) ไปยังสมอง วัตถุที่เห็นมีหลากหลายรูปร่างสีสันทัดเป็นข้อมูล (Data) เมื่อข้อมูลนี้ผ่านการวิเคราะห์ แปล และตีความจากสมอง เรียกว่า ข้อเสนอเทศ (Information) มนุษย์จึงนำแนวคิดการรับภาพตามธรรมชาติมาใช้ในการสำรวจสิ่งที่มีมนุษย์ไม่สามารถเข้าไปสำรวจหรือสัมผัสได้อย่างใกล้ชิด ส่วนนิยามหรือความหมายของ Remote sensing นั้น มีผู้ให้แตกต่างกันบ้าง แต่ในภาพรวมมีความคล้ายคลึงกัน ตัวอย่างนิยาม เช่น

Remote sensing is defined as

“the science of acquiring, processing, and interpreting images and related data obtained from aircraft and spacecraft that record the interaction between matter and electromagnetic energy” (Sabins, 1997, p. 29)

“the art, science, and technology of observing an object, scene, or phenomenon by instrument-based techniques.” (Tempfli et al., 2009, p. 41)

“the science and art of obtaining information about an object, area, or phenomenon through the analysis of data acquired by a device that is not in contact with the object, area, or phenomenon under investigation.” (Lillesand et al., 2015, p. 1)

“detecting an object/feature/phenomenon with an observation device that is not in intimate physical contact with the object/feature/phenomenon in question” (Dwivedi, 2017, p. 1)

ในงานด้าน Remote sensing เราดูข้อมูลวัตถุ พื้นที่ หรือปรากฏการณ์บนพื้นผิวโลกจากภาพที่ถ่ายมาจากเครื่องมือหรืออุปกรณ์บันทึกภาพ (Instrument) ซึ่งอยู่ห่างจากพื้นโลกในความสูงระดับต่าง ๆ เช่น ภาพถ่ายจากบอลลูน เครื่องบิน ดาวเทียม สามารถบันทึกภาพในช่วงคลื่นที่ต่างกัน เช่น ช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็น ช่วงคลื่นอินฟราเรด ทำให้เราเห็นวัตถุหรือข้อมูลในภาพแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น เราดูภาพบ้านซึ่งประกอบด้วย ฝาคอนกรีต หน้าต่าง ประตู หลังคา ส่วนประกอบของบ้านเหล่านี้หากดูจากภาพถ่ายที่ถ่ายด้วยระดับความสูงต่างกัน ถ่ายภาพด้วยกล้องที่มีความหยาดละเอียดแตกต่างกัน ถ่ายวัตถุที่เห็นจากคนละมุม มุมตรง มุมเฉียง หรือถ่ายวัตถุที่เห็นในเวลากลางวันและกลางคืน จะเห็นสี รูปร่าง ทรวดทรง พื้นผิว แตกต่างกัน งานของ Remote sensing จึงเป็นกระบวนการอ่านและตีความวัตถุ พื้นที่ หรือปรากฏการณ์ที่ปรากฏในภาพ ดังนั้น เนื้อหาวิชาจึงเน้นการเรียนรู้เกี่ยวกับเทคนิคและเทคโนโลยีในการรับและบันทึกข้อมูลภาพที่ปรากฏบนพื้นผิวโลก จากอุปกรณ์บันทึกภาพในระยะไกล และนำข้อมูลภาพที่ได้มาผ่านกระบวนการวิเคราะห์และแปลให้เป็นข้อสนเทศในรูปแบบที่เฉพาะเรื่องตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้งาน

ในงานทางภูมิศาสตร์ มักเป็นที่ยอมรับกันว่าภาพที่ใช้เพื่อการแปลและประมวลผลในงาน Remote sensing มาจากภาพที่ได้จากอุปกรณ์บันทึกภาพด้วยดาวเทียม (Satellite หรือ Spacecraft platform) ซึ่งโคจรอยู่ห่างจากโลกมาก มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ต่ำ ข้อมูลหยาด หากเป็นภาพถ่ายทางอากาศจากอุปกรณ์บันทึกภาพบนเครื่องบิน (Aircraft หรือ Airborne platform) ซึ่งบินอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าดาวเทียมมาก จะเป็นภาพที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่สูง ข้อมูลให้รายละเอียดมาก การแปลและประมวลผลภาพจะอยู่ในเนื้อหา รายวิชาการแปลภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial photo interpretation) หรือ โฟโตแกรมเมตรี (Photogrammetry) อย่างไรก็ดี ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีใหม่ ๆ เช่น ระบบไลดาร์ (LIDAR) หรือ ภาพจากดาวเทียมรายละเอียดสูง เช่น IKONOS, WorldView-3 ทำให้การวิเคราะห์ ประมวลผลภาพ อาจอยู่คาบเกี่ยวกันมากขึ้นระหว่าง รายวิชา Remote sensing และ Photogrammetry สำหรับเอกสารเล่มนี้ เนื้อหาจะเน้นการแปลและประมวลผลภาพจากภาพถ่ายที่ได้จากดาวเทียมรายละเอียดเชิงพื้นที่ต่ำซึ่งใช้ช่วงคลื่นตามองเห็นและช่วงคลื่นอินฟราเรดเป็นหลัก

1.2 ดาวเทียมประเภทไหนใช้ในงาน Remote sensing

ยุคอวกาศ (Space age) เริ่มขึ้นเมื่อ ค.ศ. 1957 (พ.ศ. 2500) จากการปล่อยดาวเทียมดวงแรกของโลกโดยประเทศรัสเซีย ชื่อ สปุตนิก 1 (Sputnik 1) ในวันที่ 4 ตุลาคม (Khorram et al., 2012) จวบจนปัจจุบันมีดาวเทียมโคจรอยู่ในอวกาศเพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก ในที่นี้ ขอให้ข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนดาวเทียมในปัจจุบันที่หน่วยงาน 2 แห่งรวบรวมไว้ ได้แก่ สำนักงานกิจการอวกาศแห่งสหประชาชาติ (United Nations Office for Outer Space Affairs [UNOOSA])¹ และ The Union of Concerned

¹ หน่วยงาน UNOOSA รวบรวมและสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับดัชนีของวัตถุที่ปล่อยสู่อวกาศ (Objects launched into outer space)

Scientists [UCS]² ดังแสดงในตารางที่ 1.1 และ ตารางที่ 1.2 ทั้งนี้ เนื่องจากข้อมูลดาวเทียมของ 2 หน่วยงานนี้รวบรวมคนละช่วงเวลาและมีวิธีนับรวมข้อมูลแตกต่างกัน จึงทำให้ข้อมูลจำนวนดาวเทียมจาก 2 แหล่งไม่ตรงกัน อย่างไรก็ตาม ข้อมูลทั้งสองแหล่งนี้ก็แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของอุตสาหกรรมดาวเทียมประเภทต่าง ๆ ของโลก ทั้งนี้ ประเทศ 10 อันดับแรกที่ครองอุตสาหกรรมดาวเทียม ได้แก่ สหรัฐอเมริกา จีน รัสเซีย สหราชอาณาจักร ญี่ปุ่น อินเดีย ฝรั่งเศส (องค์การอวกาศยุโรป (European Space Agency [ESA])) แคนาดา เยอรมนี และลักเซมเบิร์ก (Mohanta, 2021, 2023) ทั้งนี้ ประมาณร้อยละ 50 ของดาวเทียมที่อยู่ในอวกาศในขณะนี้ เป็นดาวเทียมของสหรัฐอเมริกา (The Union of Concerned Scientists [UCS], 2022) อนึ่ง จากข้อมูลล่าสุดที่รวบรวมไว้ในปัจจุบัน Mohanta (2023) ประมาณการว่า มีดาวเทียมที่ใช้การได้ใน ค.ศ. 2022 (พ.ศ. 2565) กว่าร้อยละ 58 จากดาวเทียมที่โคจรอยู่ทั้งหมด

ตารางที่ 1.1 : จำนวนดาวเทียมสำรวจโดย United Nations Office for Outer Space Affairs [UNOOSA]) (Mohanta, 2021, 2023)

วันที่รวบรวมข้อมูล	จำนวนดาวเทียมทั้งหมดที่ปล่อยจากพื้นโลก (Launch) ³	จำนวนดาวเทียมที่โคจร (In orbit)	จำนวนดาวเทียมที่ใช้การได้ (Active operational system)	จำนวนดาวเทียมที่ใช้การไม่ได้ (Inactive operational system)
ข้อมูล ณ เดือนเมษายน ค.ศ. 2021 (พ.ศ. 2564)	11,139	7,389	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล
ข้อมูล ณ เดือนมกราคม ค.ศ. 2022 (พ.ศ. 2565)	12,293	8,261	4,852 ⁴	3,409 ⁵

² ฐานข้อมูล (Database) ของ UCS มีการปรับปรุงปีละ 3 ครั้ง ฐานข้อมูลสำหรับดาวเทียมแต่ละดวง ประกอบด้วยข้อมูล 28 เรื่อง ซึ่งรวมถึงข้อมูลทางเทคนิคเกี่ยวกับดาวเทียมแต่ละดวง (เช่น มวล วันที่ปล่อยดาวเทียมสู่อวกาศ (Launch date) อายุการใช้งานที่คาดหวัง (Expected lifetime) และ วงโคจร) ตลอดจนข้อมูลอื่น ๆ เช่น วัตถุประสงค์การใช้งานข้อมูลดาวเทียม หน่วยงานผู้เป็นเจ้าของ ดำเนินการ และสร้างดาวเทียม (The Union of Concerned Scientists [UCS], 2022)

³ ดาวเทียมที่ปล่อยจากพื้นโลกทั้งหมด มีส่วนหนึ่งที่เข้าสู่วงโคจรทั้งที่ใช้การได้และใช้การไม่ได้ และมีส่วนที่เหลือถูกเผาไหม้ในชั้นบรรยากาศหรือร่วงหล่นกลับมายังโลกในรูปแบบของซากเศษเล็กเศษน้อย (Debris)

⁴ ข้อมูล ณ เดือนธันวาคม ค.ศ. 2021 (พ.ศ. 2564)

⁵ ข้อมูล ณ เดือนธันวาคม ค.ศ. 2021 (พ.ศ. 2564)

ตารางที่ 1.2 : จำนวนดาวเทียมสำรวจโดย The Union of Concerned Scientists (UCS Satellite Database) (Mohanta, 2021, 2023)

วันที่รวบรวมข้อมูล	จำนวนดาวเทียม ทั้งหมด ที่ปล่อยสู่ท้องฟ้า (Launch)	จำนวนดาวเทียม ที่โคจร (In orbit)	จำนวนดาวเทียม ที่ใช้การได้ (Active operational system)	จำนวนดาวเทียม ที่ใช้การไม่ได้ (Inactive operational system)
ข้อมูล ณ 1 มกราคม ค.ศ. 2021 (พ.ศ. 2564)	12,293	6,542	3,372	3,170

“ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์” (LESA: Learning Center for Earth Science and Astronomy) ประเทศไทย ซึ่งจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)⁶ แบ่งประเภทดาวเทียมตามหน้าที่การใช้งานไว้ 6 ประเภท (ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์ [LESA], ม.ป.ป.-ฉ) ดังนี้

- ดาวเทียมเพื่อการทำแผนที่ เป็นดาวเทียมที่มีวงโคจรระยะต่ำ (Low Earth Orbit [LEO]) โคจรอยู่ระดับความสูงไม่เกิน 800 กิโลเมตร เพื่อให้ได้ภาพที่มีรายละเอียดสูง เป็นดาวเทียมที่มีวงโคจรใกล้ขั้วโลก (Near-polar orbit) ภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ได้สามารถนำไปใช้ในการทำแผนที่ ผังเมือง และการทำจรรยาบรรณสอดแนมทางการทหาร ดาวเทียมในประเภทนี้ เช่น IKONOS, GeoEye-1, QuickBird
- ดาวเทียมเพื่อการสำรวจทรัพยากร นิยมเรียกว่า ดาวเทียมสำรวจทรัพยากร (Earth observation satellite) เป็นดาวเทียมวงโคจรระยะต่ำ มีวงโคจรแบบใกล้ขั้วโลก (Near-polar orbit) ที่ระยะสูงประมาณ 800 กิโลเมตร จึงไม่มีรายละเอียดสูงเท่าภาพถ่ายที่ได้จากดาวเทียมเพื่อการทำแผนที่ เพราะเน้นการครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง และทำการบันทึกภาพได้ทั้งในช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็น (Visible light) และรังสีอินฟราเรด (Infrared) สามารถบันทึกภาพได้ทั้งกลางวันและกลางคืน ดาวเทียมสำรวจทรัพยากร เช่น THEOS, Landsat, Sentinel, Terra และ Aqua (ระบบ MODIS)
- ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา ใช้เพื่อการพยากรณ์อากาศและติดตามการเคลื่อนที่ของพายุ สามารถถ่ายภาพมุมกว้างครอบคลุมทวีปและมหาสมุทร มีวงโคจรหลายระดับขึ้นอยู่กับการออกแบบในการใช้งาน เช่น NOAA, GOES, MTSAT

⁶ เมื่อเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2562 ได้มีการยุบสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ลง และตั้ง “สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)” ขึ้นมาแทน

- ดาวเทียมเพื่อบอกตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System [GPS])⁷ เป็นระบบบอกตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์บนพื้นโลก ประกอบด้วยเครือข่ายดาวเทียมจำนวน 32 ดวง โคจรรอบโลกในทิศทางต่าง ๆ ที่ระยะความสูงประมาณ 20,000 กิโลเมตร GPS พัฒนาขึ้นครั้งแรกเพื่อกิจการทางทหารในสหรัฐอเมริกา แต่ในปัจจุบันได้เปิดกว้างให้ใช้ GPS ในกิจการพลเรือน เครื่องรับ GPS จึงเป็นที่นิยมใช้กันในกลุ่มนักเดินทางมีทั้งแบบมือถือ ติดตั้งบนรถ เรือ และเครื่องบิน
- ดาวเทียมเพื่อการโทรคมนาคมหรือดาวเทียมสื่อสาร ใช้เพื่อถ่ายทอดสัญญาณจากทวีปหนึ่งไปยังอีกทวีปหนึ่ง ข้ามส่วนโค้งของโลก เป็นดาวเทียมที่ต้องทำงานอยู่ตลอดเวลา เพื่อที่จะเชื่อมโยงเครือข่ายการสื่อสารของโลก เช่น การถ่ายทอดสัญญาณโทรทัศน์ การติดต่อสื่อสารทางโทรศัพท์มือถือ และอินเทอร์เน็ต ดาวเทียม 1 ดวง สามารถส่งสัญญาณครอบคลุมพื้นที่การติดต่อประมาณ 1/3 ส่วนของผิวโลก โดยปกติจะใช้ดาวเทียมในวงโคจรนี้อย่างน้อย 3 ดวง เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ทั่วโลก ดาวเทียมประเภทนี้มักถูกออกแบบให้ลอยอยู่ในแนวเส้นศูนย์สูตร ดังนั้น สัญญาณจะไม่สามารถครอบคลุมบริเวณขั้วโลกได้เลย ตัวอย่างดาวเทียม เช่น Intelsat, Thaicom (ไทยคม)
- ดาวเทียมเพื่อกิจการพิเศษ ถูกออกแบบเพื่อปฏิบัติภารกิจพิเศษเฉพาะทาง เช่น ดาวเทียมเพื่อการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ กล้องโทรทรรศน์อวกาศ ดาวเทียมจารกรรม ดาวเทียมทางทหาร ดาวเทียมประเภทนี้จะโคจรระยะสูงและรูปแบบของวงโคจรต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน เช่น ดาวเทียม CORONA ซึ่งใช้สำหรับการลาดตระเวนทางทหาร

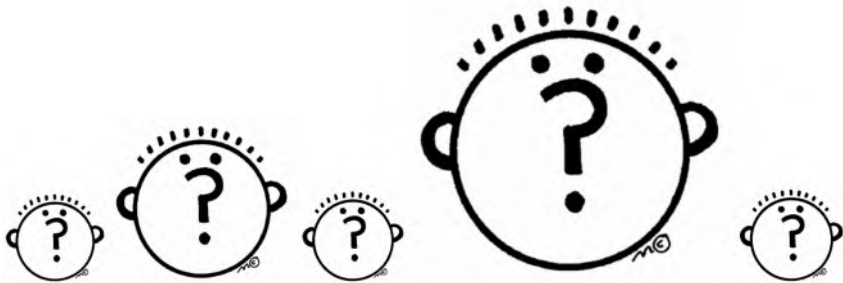
จากที่กล่าวไป จะเห็นได้ว่าดาวเทียมที่โคจรรอบโลกมีหลายประเภท อนึ่ง ผลการสำรวจเพิ่มเติมของ The Union of Concerned Scientists (2022) ณ วันที่ 31 ธันวาคม ค.ศ. 2020 (พ.ศ. 2563) และรายงานผลการสำรวจใหม่อีกครั้ง ณ วันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 2021 (พ.ศ. 2564) ตามลำดับ รายงานว่า มีจำนวนดาวเทียมที่ใช้งานได้ในอวกาศแยกตามประเภทต่าง ๆ รวม 3,372 ดวง และ 4,744 ดวง ดังแสดงในตารางที่ 1.3 (Mohanta, 2021, 2023) จากข้อมูลดังกล่าว หากพิจารณาเฉพาะงานทาง Remote sensing ซึ่งใช้ข้อมูลจากดาวเทียมเพื่อการสำรวจทรัพยากร (Earth observation) เพื่อศึกษา ติดตาม และตรวจดูทรัพยากรและปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบนพื้นโลกเป็นหลัก ตามข้อมูลในตารางที่ 1.3 จะพบว่ามีดาวเทียมในประเภทนี้รวมทั้งสิ้น 906 ดวง ณ ข้อมูลเมื่อวันที่ 31 ธันวาคม ค.ศ. 2020 (พ.ศ. 2563) และเพิ่มเป็น 1,030 ดวง ณ ข้อมูลเมื่อวันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 2021 (พ.ศ. 2564) หรือ คิดเป็นร้อยละ 26.87 และ 21.71 ของดาวเทียมประเภทต่าง ๆ ทั้งหมด ตามลำดับ

⁷ หรือหากต้องการใช้ชื่อทั่ว ๆ ไป อาจใช้ว่า Global navigation satellite system (GNSS)

ตารางที่ 1.3 : จำนวนดาวเทียมที่ใช้งานได้ในอวกาศแยกตามประเภท สํารวจโดย The Union of Concerned Scientists (UCS Satellite Database) (Mohanta, 2021, 2023)

วัตถุประสงค์หลัก	จำนวนดาวเทียม (ดวง)	
	31 ธันวาคม ค.ศ. 2020	1 มกราคม ค.ศ. 2021
Communications	1,832	3,135
Earth observation	906	1,030
Technology development and demonstration	350	385
Navigation and positioning	150	154
Space science and observation	104	ไม่มีข้อมูล
Earth science ⁸	20	22
Other purposes	10	18

นอกจากนี้ การสำรวจเพิ่มเติมของ The Union of Concerned Scientists (2022) เมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม ค.ศ. 2022 (พ.ศ. 2565) ยังรายงานว่ามีจำนวนดาวเทียมที่ใช้งานได้ในอวกาศ (Operating satellites) รวม 5,465 ดวง มีรายละเอียดแยกตามระดับความสูงห่างจากพื้นโลกของวงโคจรดังแสดงในตารางที่ 1.4 ทั้งนี้ จากชุดข้อมูลดังกล่าว หากแยกตามประเทศเจ้าของดาวเทียม พบว่าดาวเทียมของสหรัฐอเมริกา มีจำนวน 3,433 ดวง รัสเซียจำนวน 172 ดวง จีนจำนวน 541 ดวง ส่วนที่เหลือเป็นของประเทศอื่น ๆ จำนวน 1,319 ดวง



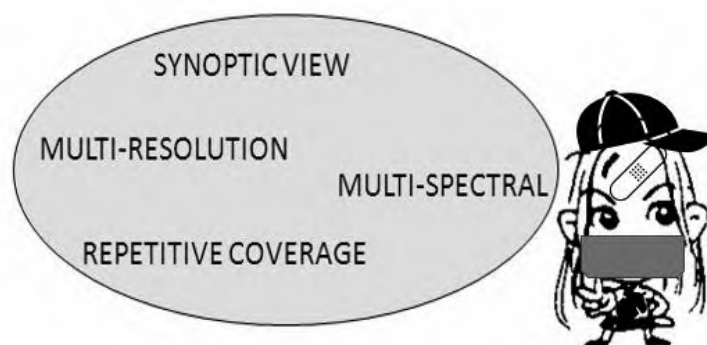
⁸ ดาวเทียมที่วัดด้วยโลกศาสตร์ เช่น งานด้านสมุทรศาสตร์ โลกและชั้นบรรยากาศ เมฆ ละอองแขวนลอยในอากาศ (Aerosol) ตัวอย่างอุปกรณ์ในการตรวจวัดสัญญาณ (Sensor) เช่น Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS), Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS), Atmospheric Infrared Sounder (AIRS), and Advanced Microwave Sounding Unit (AMSU) (Qu, 2006)

ตารางที่ 1.4 : จำนวนดาวเทียมที่ใช้งานได้ในอวกาศแยกตามระดับความสูงห่างจากพื้นโลกของวงโคจร
 สํารวจโดย The Union of Concerned Scientists (2022) เมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม ค.ศ. 2022

ระดับความสูงของวงโคจร	จำนวนดาวเทียม (ดวง)
LEO (Low Earth Orbit)	4,700
MEO (Medium Earth Orbit)	140
Elliptical ⁹ (Orbit)	60
GEO (Geostationary Orbit)	565

1.3 ทำไมต้องใช้ Satellite remote sensing

ภาพที่ได้จากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรมีข้อได้เปรียบกว่าการสำรวจข้อมูลด้วยงานสำรวจ (Survey) หรือ ภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial photograph) หลายประการ (Lein, 2006; Richards, 2013) ดังนี้



- ภาพที่ได้จากดาวเทียมเป็นการบันทึกข้อมูลบริเวณกว้าง (Synoptic view) ทำให้ได้ข้อมูลครอบคลุมพื้นที่กว้าง จึงทำให้บันทึกข้อมูลพื้นที่ได้ต่อเนื่องในระยะเวลาบันทึกภาพที่สั้น เช่น ภาพจากดาวเทียม LANDSAT 1 ภาพครอบคลุมพื้นที่ 185 X 185 ตร.กม. ภาพจากดาวเทียม SPOT จำนวน 1 ภาพครอบคลุมพื้นที่ 3,600 ตร.กม. และ ดาวเทียม MOS 1 ภาพครอบคลุมพื้นที่ 10,000 ตร.กม.
- ดาวเทียมได้รับการออกแบบให้บันทึกภาพได้หลายช่วงคลื่น (Multi-spectral) ทั้งที่สายตามนุษย์มองเห็นและมองไม่เห็น ทำให้แยกวัตถุต่าง ๆ บนโลกได้มากกว่าสายตามนุษย์โดยปกติ
- ภาพที่ได้จากดาวเทียมมีรายละเอียดเชิงพื้นที่หลายระดับ (Multi-spatial resolution) ทำให้ได้ข้อมูลที่มีรายละเอียดแตกต่างกัน สามารถเลือกเพื่อใช้ศึกษาในงานด้านต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์ เช่น ภาพที่

⁹ ดาวเทียมประเภทหนึ่งที่โคจรเป็นรูปวงรี มีความเร็วในวงโคจรไม่คงที่ เมื่ออยู่ใกล้โลกดาวเทียมจะเคลื่อนที่ใกล้โลกเร็วมาก และเคลื่อนที่ช้าลงเมื่อออกห่างจากโลก วงโคจรออกแบบสำหรับดาวเทียมที่ปฏิบัติการกิจพิเศษ ส่วนใหญ่เป็นดาวเทียมที่ปฏิบัติงานด้านวิทยาศาสตร์ (ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์ [LESA], ม.ป.ป.-ช)

มีรายละเอียดเชิงพื้นที่สูงใช้ศึกษาตัวเมือง เส้นทางคมนาคม ภาพที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ต่ำใช้ดูภาพรวมการเคลื่อนตัวของมวลน้ำก่อนการเกิดน้ำท่วม

- ภาพที่ได้จากดาวเทียมสามารถบันทึกภาพบริเวณเดิม (Repetitive coverage) ดาวเทียมแต่ละดวงจะมีวงโคจรที่แน่นอน ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรมักโคจรจากแนวขั้วโลกเหนือมายังขั้วโลกใต้ และโคจรกลับมายังตำแหน่งหรือพื้นที่เดิมในเวลาท้องถิ่นในช่วงเวลาที่แน่นอน สม่ำเสมอ
- ภาพที่ได้จากดาวเทียมมีการรวบรวมข้อมูลที่ได้มาอย่างต่อเนื่องยาวนาน (Availability of historical archives) โดยเฉพาะดาวเทียม Landsat มีการรวบรวมข้อมูลที่ได้มาอย่างต่อเนื่องยาวนานที่สุดนับตั้งแต่ พ.ศ. 2515 ซึ่งหมายความว่าสามารถสังเกตและตรวจจับการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินและการใช้ที่ดินเป็นระยะเวลาต่อเนื่องกว่าสี่ทศวรรษ จึงถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่าง ๆ เช่น ติดตามการใช้ที่ดินในพื้นที่หนึ่ง ๆ ทุก 5 ปี หรือ ทุก 10 ปี เพื่อดูการเปลี่ยนแปลง ประเมินศักยภาพของพื้นที่และลักษณะทางธรณีวิทยา เช่น ติดตามการรุกล้ำของพื้นที่เมืองไปยังพื้นที่ชนบท ติดตามการเกิดน้ำท่วม
- ภาพที่ได้จากดาวเทียมหลายดวงสามารถดาวนโหลดมาใช้งานได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย ทำให้เทคนิควิธีการแปลภาพมีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง

กล่าวโดยสรุปคือ ภาพจากดาวเทียมสามารถครอบคลุมพื้นที่กว้าง ท้นต่อเหตุการณ์ มีความทันสมัย สามารถวางแผนเกี่ยวกับวันและช่วงเวลาในการรับภาพได้ สามารถใช้ตรวจดูพื้นที่ที่ยากในการเดินทางเข้าถึง (Inaccessible area) เช่น พื้นที่ขณะเกิดไฟป่าหรือน้ำท่วม พื้นที่บนภูเขาเดินทางไปสำรวจไม่สะดวก สามารถใช้ภาพจากดาวเทียมเพื่อสำรวจปรากฏการณ์หรือสิ่งปกคลุมดิน หรือใช้ในการตรวจดู (Monitor) การตรวจจับการเปลี่ยนแปลง (Detecting) รวมทั้งการเฝ้าระวัง (Warning) สิ่งที่เกิดขึ้นในพื้นที่ใดในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ

1.4 ประวัติความเป็นมาของเทคโนโลยี Remote sensing สำหรับการสำรวจทรัพยากรของโลกและประเทศไทย

Remote sensing มีพัฒนาการอย่างยาวนาน เริ่มตั้งแต่มีผู้คิดค้นวิธีการบันทึกภาพด้วยการถ่ายรูปขึ้น ในระยะแรกเป็นการถ่ายภาพจากบนพื้นดิน (Terrestrial photograph) จนกระทั่งเมื่อ ค.ศ. 1858 จึงมีการบันทึกภาพพื้นผิวโลกจากทางอากาศเป็นครั้งแรกโดยติดตั้งกล้องไวบนบอลลูน ถือว่าเป็นการกำเนิดของรูปถ่ายทางอากาศ (Aerial photograph) ใน ค.ศ. 1910 จึงมีการใช้เครื่องบินเพื่อบินถ่ายรูปทางอากาศเป็นครั้งแรก ซึ่งถ่ายโดย Wilber Wright จากนั้น ภาพถ่ายทางอากาศมีบทบาทสำคัญอย่างมากในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 เพื่อภารกิจทางการทหาร โดยเฉพาะในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 เริ่มมีการรับและพัฒนการใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่เหนือช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็น เช่น ช่วงคลื่นอินฟราเรดและไมโครเวฟ หลังจากนั้นมีการศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีการรับและบันทึกพลังงานเหนือช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็นอย่างต่อเนื่อง เช่น