

ชื่อตำรา การสำรวจข้อมูลระยะไกล 2  
ชื่อผู้แต่ง อาจารย์อรุณี วรชัยรุ่งเรือง  
พิมพ์ครั้งที่ 1 จำนวน 500 เล่ม  
จัดพิมพ์โดย มหาวิทยาลัยรามคำแหง  
คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา  
โทร 086 - 522 -0010  
พิมพ์ที่ หจก. มীন เซอร์วิส ซัพพลาย  
661 ซอยฉลองกรุง1 ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง  
เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520  
โทร 0-2326-4124, 0-2326-4125

## การสำรวจข้อมูลระยะไกล 2

มรกต วรชัยรุ่งเรือง

ผศ.ดร.มรกต วรชัยรุ่งเรือง

คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

2560

## คำนำ

ตำรา “การสำรวจข้อมูลระยะไกล 2” จัดทำขึ้นสำหรับการเรียนการสอนในระดับอุดมศึกษา ปัจจุบันการเรียนการสอนในระดับอุดมศึกษา ทำได้ง่ายมากยิ่งขึ้น เนื่องจากเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตที่จัดเป็นสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐานรูปแบบหนึ่งได้แพร่หลายมากยิ่งขึ้น ประกอบกับมีเว็บไซต์สำหรับสืบค้นความรู้มากมาย แต่แหล่งสืบค้นข้อมูลดังกล่าวยังขาดการรวบรวมเนื้อหาสำคัญ สำหรับการรับรู้ระยะไกลอย่างเป็นระบบ อีกทั้งยังไม่มีกรกล่าวถึงที่มีที่ไปของทฤษฎีแต่ละส่วนอย่างลึกซึ้ง วัตถุประสงค์ของตำราเล่มนี้จึงต้องการจัดการกับปัญหาดังกล่าวทั้ง 2 ประเด็นคือ ต้องการรวบรวมเนื้อหาสำคัญอย่างเป็นระบบ และอธิบายที่มีของทฤษฎีด้านการรับรู้ระยะไกลให้นักศึกษามีความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง พร้อมกันนี้ยังมีการทวนสอบความรู้แต่ละเนื้อหาผ่านคำถามท้ายบทเพื่อมุ่งหวังให้นักศึกษาเกิดความรู้ความเข้าใจที่แท้จริงในแต่ละบทได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังมีการสร้างแบบฝึกปฏิบัติเพื่อให้นักศึกษารู้จักประยุกต์ใช้งานการสำรวจข้อมูลระยะไกลได้ต่อไปในอนาคต ทั้งนี้เนื้อหาในแต่ละส่วน ได้ออกแบบมาให้สอดคล้องกับคำอธิบาย ырรายวิชา “การสำรวจข้อมูลระยะไกล 2” อีกทั้งเนื้อหาส่วนต่าง ๆ ได้ออกแบบมาให้สอดคล้องกับจำนวนชั่วโมง ตามหน่วยกิตการศึกษาเป็นอย่างดี โดยตำราเล่มนี้จะประกอบด้วยเนื้อหาทั้งสิ้น 10 บทเรียน ประกอบด้วย

บทที่ 1 แนะนำโปรแกรม R และแหล่งข้อมูลภาพดาวเทียม เป็นการอธิบายถึงโปรแกรม R ที่ใช้สำหรับเรียนรู้ ทวนสอบ ตลอดจนฝึกปฏิบัติ ทฤษฎีด้านการรับรู้ระยะไกลในตำราเล่มนี้ อีกทั้งยังแนะนำการดาวน์โหลดภาพดาวเทียม ตลอดจนการดูข้อมูลเบื้องต้น จากดาวเทียม เพื่อให้การใช้งานภาพดาวเทียมต่าง ๆ มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

บทที่ 2 กล่าวถึง ความหมายของการสำรวจระยะไกล กระบวนการของการสำรวจระยะไกล แหล่งพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ปฏิสัมพันธ์พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ทำปฏิกิริยากับวัตถุ ชั้นบรรยากาศ และพื้นผิวโลก ตลอดจนการฝึกปฏิบัติการอ่านค่าพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ปฏิสัมพันธ์กับสิ่งปกคลุมดินโดยโปรแกรม R อีกด้วย

บทที่ 3 กล่าวถึง หลักการยานสำรวจข้อมูลระยะไกล อันประกอบด้วย ประเภทยานสำรวจ วงโคจรดาวเทียม ประเภทวงโคจรดาวเทียม ประเภทดาวเทียม ตลอดจนการฝึกปฏิบัติการอ่านและเปิดภาพดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติทั้งสองรูปแบบ

บทที่ 4 กล่าวถึง การจัดเก็บข้อมูลและภาพเชิงเลข ที่ได้มาจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากร ความหมายของข้อมูลเชิงเลข รูปแบบการจัดเรียงข้อมูลเชิงเลขในภาพดาวเทียม การแสดงผลภาพดาวเทียม คุณสมบัติภาพดาวเทียมในมิติต่าง ๆ

บทที่ 5 กล่าวถึง การจัดเตรียมข้อมูลภาพเชิงเลขรูปแบบต่าง ๆ อาทิเช่น การปรับแก้เชิงคลื่น การฝึกปฏิบัติการปรับแก้เชิงคลื่นโดยโปรแกรม R การปรับแก้เรขาคณิต วิธีการคำนวณการปรับแก้เรขาคณิตโดยโปรแกรม R และการคำนวณค่าสะท้อนของจุดใหม่

บทที่ 6 กล่าวถึง การปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลเชิงเลข อาทิเช่น แนวคิดด้านระดับความแตกต่างของความคมชัด การขยายการสะท้อนของข้อมูลภาพ การฝึกปฏิบัติการขยายการสะท้อนของข้อมูลภาพโดยโปรแกรม R ตลอดจนการปรับแก้ภาพเชิงช่วงคลื่นด้วยดัชนีรูปแบบต่าง ๆ

บทที่ 7 กล่าวถึง ตัวกรองข้อมูลภาพรูปแบบต่าง ๆ อาทิเช่น ตัวกรองผ่านความถี่ต่ำ ตัวกรองเน้นรายละเอียดของวัตถุ ตัวกรองเน้นความคมชัดของวัตถุ ตัวกรองแบบอื่น ๆ รวมถึงการฝึกปฏิบัติใช้งานตัวกรองที่กล่าวมาเบื้องต้น ผ่านโปรแกรม R

บทที่ 8 กล่าวถึง การจำแนกข้อมูล ทั้งประเภทการจำแนกแบบควบคุม และไม่ควบคุม และการจำแนกแบบไม่ควบคุม รวมถึงฝึกปฏิบัติการจำแนกแบบควบคุมและไม่ควบคุมด้วยโปรแกรม P

บทที่ 9 กล่าวถึง การวิเคราะห์ผลลัพธ์หลังการจำแนกประเภทข้อมูล ทั้งการตรวจสอบการปะปนกันระหว่างข้อมูล การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของผลการจำแนก ตลอดจนการตกแต่งข้อมูลภาพภายหลังการจำแนก การคำนวณพื้นที่ และการฝึกปฏิบัติการวิเคราะห์ผลลัพธ์หลังการจำแนกประเภทข้อมูลในโปรแกรม R

บทที่ 10 กล่าวถึง การประยุกต์ใช้ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล ในบทเรียนนี้จะเป็นการฝึกปฏิบัติการประยุกต์ใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกลเพื่อการหาอุณหภูมิพื้นผิว และ พื้นที่ว่าง ก่อนจะเปิดโอกาสให้นักศึกษา ใช้ความรู้และทักษะทั้งหมด ที่เรียนมาสร้างโครงการการประยุกต์ใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกลด้วยตนเอง จึงเป็นการสำเร็จรายวิชา การสำรวจข้อมูลระยะไกล 2 โดยสมบูรณ์

อาจารย์มรกต วรชัยรุ่งเรือง  
สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ  
คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา  
กันยายน 2561

# สารบัญ

หน้า

คำนำ.....	1
บทที่ 1.....	1
แนะนำโปรแกรม R และแหล่งข้อมูลสำหรับดาวโหลดภาพดาวเทียม .....	1
1.1 แนะนำโปรแกรม R.....	1
1.1.1 การติดตั้งโปรแกรม R.....	1
1.1.2 การติดตั้งโปรแกรม R Studio .....	2
1.2 แนะนำโปรแกรม R กับข้อมูลเชิงพื้นที่.....	3
1.2.1 ทำไมเราจึงใช้โปรแกรม R เบื้องต้นในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่.....	3
1.2.2 Package.....	4
1.2.3 การติดตั้ง Spatial Package .....	5
1.3 การเข้าถึงข้อมูลการรับรู้ระยะไกล.....	7
1.3.1 วิธีการเข้าถึงข้อมูลการรับรู้ระยะไกลโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย.....	7
1.3.2 วิธีการอ่านค่าข้อมูลของซีกมูล (Metadata) ของภาพดาวเทียม .....	10
1.4 การแสดงผลภาพดาวเทียมโดยใช้โปรแกรม R.....	13
1.4.1 การอ่านภาพถ่ายดาวเทียมและการแสดงผลภาพดาวเทียม.....	13
1.4.2 การอ่านเวกเตอร์และการแสดงผลเวกเตอร์ .....	15
1.5 สรุป .....	16
บทที่ 2.....	19
การสำรวจข้อมูลด้วยการสำรวจระยะไกล .....	19
2.1 ความหมายของการสำรวจระยะไกล .....	19
2.2 กระบวนการของการสำรวจระยะไกล .....	20
2.2.1 พลังงานที่สะท้อนหรือแผ่ออกจากวัตถุ .....	21
2.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจจับและบันทึกพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนหรือแผ่ออกจากวัตถุ .....	22

2.3 แหล่งพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า .....	23
2.3.1 ทฤษฎีคลื่น .....	23
2.3.2 ลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า .....	24
2.3.3 ประเภทของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า .....	24
2.4 ปฏิสัมพันธ์ (Reaction) ระหว่างพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าทำปฏิสัมพันธ์กับวัตถุ ชั้นบรรยากาศ และพื้นผิวโลก .....	28
2.4.1 พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าทำปฏิสัมพันธ์กับวัตถุ .....	28
2.4.2 พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าทำปฏิสัมพันธ์กับชั้นบรรยากาศ .....	29
2.4.3 พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าทำปฏิสัมพันธ์กับสิ่งปกคลุมดิน .....	31
2.5 การอ่านค่าพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ปฏิสัมพันธ์กับสิ่งปกคลุมดิน โดยโปรแกรม R .....	31
2.6 สรุป .....	36
บทที่ 3 .....	39
หลักการยานสำรวจข้อมูลระยะไกล .....	39
3.1 ประเภทของยานสำรวจ .....	39
3.2 วงโคจรดาวเทียม .....	40
3.2.1 องค์ประกอบวงโคจรดาวเทียม .....	40
3.3 ประเภทวงโคจรดาวเทียม .....	43
3.3.1 วงโคจรตามรูปทรงของระนาบวงโคจร .....	46
3.3.2 วงโคจรตามมุมเอียงของวงโคจร .....	46
3.3.3 การแบ่งวงโคจรตามระยะเวลา .....	47
3.4 ประเภทของดาวเทียม .....	47
3.4.1 ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา .....	47
3.4.2 ดาวเทียมสำรวจสมุทรศาสตร์ .....	48
3.4.3 ดาวเทียมสำรวจทรัพยากร .....	48

3.4.4 ดาวเทียมแสดงพิกัดตำแหน่ง .....	52
3.5 การอ่านเปิดภาพดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติโปรแกรม R.....	53
3.5.1 การอ่านเปิดภาพดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ Landsat โปรแกรม R.....	53
3.5.2 การอ่านเปิดภาพดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ Modis โปรแกรม R .....	56
3.6 สรุป .....	58
บทที่ 4 .....	61
การจัดเก็บข้อมูลและแสดงผลภาพเชิงเลข .....	61
4.1 ข้อมูลเชิงเลข .....	61
4.2 รูปแบบการจัดเรียงข้อมูลเชิงเลขของภาพดาวเทียม.....	63
4.2.1 การจัดเรียงข้อมูลแบบเรียงสลับบรรทัด .....	63
4.2.2 การจัดเรียงข้อมูลแบบเรียงสลับจุดภาพ .....	64
4.2.3 การจัดเรียงข้อมูลแบบเรียงตามแบนด์.....	64
4.3 การแสดงผลภาพดาวเทียม .....	65
4.3.1 การสะท้อนสิ่งปกคลุมดินทางดาวเทียมหลายช่วงคลื่น .....	66
4.3.2 การสะท้อนสิ่งปกคลุมดินของดาวเทียมหลายช่วงคลื่นด้วยโปรแกรม R.....	67
4.4 คุณสมบัติของภาพดาวเทียม.....	72
4.4.1 รายละเอียดเชิงคลื่น (Spectral Resolution) .....	73
4.4.2 รายละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial Resolution) .....	74
4.4.3 รายละเอียดเชิงรังสี (Temporal Resolution) .....	74
4.4.4 รายละเอียดเชิงเวลา (Temporal Resolution).....	75
4.5 สรุป .....	75
บทที่ 5 .....	77
การจัดเตรียมข้อมูลภาพเชิงเลข .....	77
5.1 การปรับแก้เชิงคลื่น.....	77

5.2 การปรับแก้เชิงคลื่นโดยโปรแกรม R.....	79
5.2.1 การเปลี่ยนค่าการสะท้อนจุดภาพเป็นค่าการแผ่รังสีสัมบูรณ์ (Absolute Radiance Value).....	79
5.2.2 การชดเชยค่าการสะท้อนที่บิดเบือนไปเพราะสภาวะอากาศ (Haze Compensation).....	82
5.3 การปรับแก้เชิงเรขาคณิต .....	84
5.3.1 สาเหตุของความบิดเบือนทางเรขาคณิต .....	84
5.3.2 การหาจุดควบคุมภาคพื้นดิน.....	85
5.3.3 วิธีการคำนวณการปรับแก้เชิงเรขาคณิต .....	86
5.4 วิธีการคำนวณการปรับแก้เชิงเรขาคณิตโดยโปรแกรม R .....	87
5.4.1 การปรับแก้แบบมีระบบ (Systematic Correction).....	87
5.4.2 การปรับแก้แบบไม่มีระบบ (Non Systematic Correction).....	88
5.5 การคำนวณค่าสะท้อนของจุดใหม่.....	91
5.5.1 การประมาณค่าจากตำแหน่งใกล้เคียงที่สุด.....	91
5.5.2 การประมาณค่าจากเส้นคู่.....	93
5.5.3 การประมาณค่าด้วยฟังก์ชันเชิงเส้น.....	95
5.6 สรุป .....	96
บทที่ 6 .....	99
การปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลเชิงเลข.....	99
6.1 แนวคิดในด้านระดับความแตกต่างของความชัด .....	99
6.2 การขยายค่าการสะท้อนของข้อมูลภาพ .....	100
6.2.1 การขยายระดับสีเทาเชิงเส้น (Linear Stretching).....	101
6.2.2 การขยายระดับสีเทาเฉพาะบางส่วน ((Special Stretching).....	101
6.2.3 การขยายระดับสีเทาตามความถี่ของข้อมูล (Histogram Equalization Stretching).....	102
6.3 การขยายค่าการสะท้อนของข้อมูลภาพด้วยโปรแกรม R.....	104
6.4 การปรับภาพเชิงช่วงคลื่นด้วยดัชนี (Indices).....	105

6.5 สรุป .....	112
บทที่ 7 .....	115
การตรวจจับข้อมูลภาพ .....	115
7.1 ตัวกรองผ่านความถี่ต่ำหรือตัวกรองทำให้เรียบ .....	115
7.1.1 ตัวกรองภาพแบบเฉลี่ย (Average Filter) .....	115
7.1.2 ตัวกรองภาพแบบมัธยฐาน (Median Filter) .....	116
7.2 การเน้นรายละเอียดของวัตถุ .....	117
7.3 การเน้นความคมชัดของวัตถุ .....	119
7.4 ตัวกรองแบบอื่น ๆ .....	119
7.5 การใช้งานตัวกรองแบบต่าง ๆ ผ่านโปรแกรม R .....	121
7.6 สรุป .....	125
บทที่ 8 .....	127
การจำแนกข้อมูล .....	127
8.1 การจำแนกประเภทข้อมูลภาพ .....	127
8.2 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุม .....	127
8.2.1 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุมโดยใช้ค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด .....	134
8.2.2 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุมแบบเป็นไปได้อย่างสูงสุด .....	136
8.2.3 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุมแบบสี่เหลี่ยมคางหมู .....	139
8.3 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่ควบคุม .....	141
8.3.1 การสุ่มตัวอย่างเพื่อเก็บข้อมูลจุดภาพ .....	142
8.3.2 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่ควบคุมโดยใช้หลักการรวมกลุ่ม (Cluster) .....	143
8.4 การวิเคราะห์สถิติที่สำคัญของภาพดาวเทียม ด้วยโปรแกรม R .....	146
8.5 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุมด้วยโปรแกรม R .....	149
8.7 สรุป .....	153

บทที่ 9 .....	155
การวิเคราะห์ผลลัพธ์หลังการจำแนกประเภทข้อมูล .....	155
9.1 การตรวจสอบการปะปนกันระหว่างประเภทข้อมูล .....	155
9.2 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของผลการจำแนก .....	156
9.2.1 การคำนวณความน่าเชื่อถือ .....	156
9.2.2 การคำนวณ Kappa Index Agreement.....	158
9.3 การตกแต่งข้อมูลภาพ .....	159
9.4 การคำนวณพื้นที่ .....	159
9.5 การวิเคราะห์ผลลัพธ์หลังการจำแนกประเภทข้อมูลในโปรแกรม P .....	160
9.6 สรุป .....	161
บทที่ 10.....	163
การประยุกต์ใช้ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล.....	163
10.1 การประยุกต์ใช้ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกลเพื่อหาอุณหภูมิพื้นผิว .....	163
10.1.1 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	163
10.1.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา.....	163
10.1.3 วิธีการดำเนินงาน .....	164
10.1.4 ผลลัพธ์การศึกษา .....	168
10.2 การประยุกต์ใช้ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกลเพื่อหาพื้นที่ว่าง.....	177
10.2.1 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	177
10.2.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา.....	177
10.2.3 วิธีการดำเนินงาน .....	177
10.2.4 ผลลัพธ์การศึกษา .....	181
10.3 สรุป .....	183
บรรณานุกรม .....	185

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 1.1 ตัวอย่างแพ็คเกจที่ให้บริการ.....	5
รูปที่ 1.2 การเลือกฟังก์ชันติดตั้ง Package.....	6
รูปที่ 1.3 การติดต่อ Package ที่ต้องการ .....	6
รูปที่ 1.4 การให้บริการการค้นหาภาพดาวเทียม ผ่าน โปรแกรม EarthExplorer.....	8
รูปที่ 1.5 Path และ Rows ในรูปแบบ Shape file.....	8
รูปที่ 1.6 Landsat Archive.....	9
รูปที่ 1.7 ตัวอย่างผลลัพธ์ภายหลังการสืบค้น .....	9
รูปที่ 1.8 ตัวเลือกผลิตภัณฑ์ที่พร้อมสำหรับการดาวโหลด .....	10
รูปที่ 1.9 ตัวอย่าง metadata ของภาพดาวเทียมระบบวัน Julian.....	10
รูปที่ 1.10 ตัวอย่าง metadata ของภาพดาวเทียมระบบเมฆปกคลุม.....	11
รูปที่ 1.11 ตัวอย่างไฟล์ภาพที่แตกจากข้อมูลที่ดาวโหลด เป็นเทียบกับรายละเอียดคู่มือช่วงคลื่น.....	11
รูปที่ 1.12 ตัวอย่างไฟล์ GCP .....	12
รูปที่ 1.13 ตัวอย่างไฟล์จุดควบคุมภาคพื้นดิน .....	13
รูปที่ 1.14 ตัวอย่างข้อมูลรายละเอียดอื่น .....	13
รูปที่ 1.15 ตัวอย่างการแสดงผลภาพดาวเทียมโดยอาศัยคำสั่ง plot.....	14
รูปที่ 1.16 ตัวอย่างการนำผลลัพธ์แสดงในโปรแกรมเฉพาะทาง QGIS.....	15
รูปที่ 1.17 ตัวอย่างแสดงผลพิกัดในรูปแบบเวกเตอร์.....	16
รูปที่ 2.1 กระบวนการสำรวจระยะไกล .....	20
รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่สะท้อนหรือแผ่ออกจากวัตถุ และ อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจจับและบันทึกพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนหรือแผ่ออกจากวัตถุ.....	21
รูปที่ 2.3 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า .....	24
รูปที่ 2.4 ค่าจากดาวเทียมหลายช่วงคลื่นที่ถูกบรรจุใน จุด ที่ได้ทำการสุ่มไว้ .....	33
รูปที่ 2.5 ตารางค่าเฉลี่ยของจุดแต่ละประเภทสิ่งปกคลุมดินหลายช่วงคลื่น .....	34
รูปที่ 2.6 พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าจากจุดที่สุ่มไว้ บนภาพดาวเทียม Landsat.....	35

รูปที่	หน้า
รูปที่ 3. 1 ยานสำรวจ (Platform) ประเภทต่าง ๆ .....	39
รูปที่ 3. 2 องค์ประกอบวงโคจรดาวเทียม .....	40
รูปที่ 3. 3 ผลลัพธ์การหาความเร็วดาวเทียม .....	45
รูปที่ 3. 4 ผลลัพธ์การหาคาบเวลาดาวเทียม .....	45
รูปที่ 3. 5 การแสดงผลพัลส์ LANDSAT แต่ละช่วงคลื่นโดยอาศัยคำสั่ง Plot กับวัตถุที่ชื่อ Rgb_Image_7Bands.....	54
รูปที่ 3. 6 การสร้าง Histogram LANDSAT จากคำสั่ง Hist .....	55
รูปที่ 3. 7 การแสดงผลพัลส์ MODIS แต่ละช่วงคลื่นโดยอาศัยคำสั่ง Plot กับวัตถุที่ชื่อ Rgb_Image_7Bands .....	56
รูปที่ 3. 8 การสร้าง Histogram MODIS จากคำสั่ง Hist.....	57
รูปที่ 4. 1 การแสดงผลภาพดาวเทียม .....	66
รูปที่ 4. 2 ตัวอย่างการสะท้อนสิ่งปกคลุมดินแต่ละชนิดกับความยาวช่วงคลื่นในหน่วยไมครอน .....	67
รูปที่ 4. 3 ผลลัพธ์การใช้คำสั่ง plotrgb ให้พืชพรรณเป็นสีเหลือง .....	70
รูปที่ 4. 4 ผลลัพธ์การใช้คำสั่ง plotrgb ตามดัชนีต่าง ๆ .....	71
รูปที่ 4. 5 ตัวอย่างรายละเอียดเชิงพื้นที่ในระดับต่าง ๆ .....	74
รูปที่ 4. 6 ตัวอย่างรายละเอียดเชิงรังสีในระดับต่าง .....	75
รูปที่ 5. 1 การแสดงผลการหาความสลับของแสง (Haze) ในรูปแบบกราฟแสดงความถี่.....	82
รูปที่ 5. 2 ภาพดาวเทียมก่อนปรับความสลับของแสง (Haze).....	83
รูปที่ 5. 3 ภาพดาวเทียมหลังปรับความสลับของแสง (Haze).....	83
รูปที่ 5. 4 ลักษณะข้อมูลที่ปิดเปิดภายใน .....	84
รูปที่ 5. 5 ลักษณะข้อมูลที่ปิดเปิดภายนอก .....	85
รูปที่ 5. 6 ตัวอย่างภาพที่ได้ย้ายพิกัดแกน X ออกไป 30 เมตร และย้ายพิกัดแกน Y ขึ้นไป 60 เมตร.....	88
รูปที่ 5. 7 การประมาณค่าจากตำแหน่งที่ใกล้ที่สุด .....	92
รูปที่ 5. 8 ค่าการสะท้อนก่อนการปรับแก้.....	92
รูปที่ 5. 9 ค่าการสะท้อนหลังการปรับแก้ด้วยการประมาณค่าจากตำแหน่งที่ใกล้ที่สุด .....	93
รูปที่ 5. 10 การประมาณค่าจากเส้นคู่.....	94
รูปที่ 5. 11 ค่าการสะท้อนก่อนการปรับแก้.....	94
รูปที่ 5. 12 ค่าการสะท้อนหลังการปรับแก้การประมาณค่าเส้นคู่ .....	95
รูปที่ 5. 13 การประมาณค่าด้วยฟังก์ชันลูกบาศก์.....	95

รูปที่	หน้า
รูปที่ 5. 14 ค่าการสะท้อนก่อนการปรับแก้.....	96
รูปที่ 5. 15 ค่าการสะท้อนหลังการปรับแก้ด้วยฟังก์ชันลูกบาศก์ .....	96
รูปที่ 6. 1 ระดับความแตกต่างของความคมชัดแบบต่างๆ ของข้อมูลภาพ .....	100
รูปที่ 6. 2 หลักการขยายค่าระดับสีเทาเพื่อนำมาฉายเอียงภาพ.....	102
รูปที่ 6. 3 ผลลัพธ์ปรับภาพเชิงช่วงคลื่นด้วยดัชนี (Indices) ชื่อ The Global Environmental Monitoring Index (Gemi) .....	107
รูปที่ 6. 4 ผลลัพธ์ปรับภาพเชิงช่วงคลื่นด้วยดัชนี (Indices) ชื่อ The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI).....	108
รูปที่ 6. 5 ผลลัพธ์ปรับภาพเชิงช่วงคลื่นด้วยดัชนี (Indices) ชื่อ The Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI).....	109
รูปที่ 6. 6 ผลลัพธ์ปรับภาพเชิงช่วงคลื่นด้วยดัชนี (Indices) ชื่อ The Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI) .....	110
รูปที่ 6. 7 ผลลัพธ์ปรับภาพเชิงช่วงคลื่นด้วยดัชนี (Indices) ชื่อ The Simple Ratio (SR).....	111
รูปที่ 7. 1 กรองภาพแบบเฉลี่ย (Average Filter) .....	115
รูปที่ 7. 2 กรองภาพแบบมัธยฐาน (Median Filter) .....	116
รูปที่ 7. 3 กรองภาพแบบ Gradient East .....	117
รูปที่ 7. 4 กรองภาพแบบ Gradient North .....	117
รูปที่ 7. 5 กรองภาพแบบ Laplacian 3x3 .....	118
รูปที่ 7. 6 กรองภาพแบบ Sobel Horizontal .....	118
รูปที่ 7. 7 กรองภาพแบบ Sharpening 3x3 .....	119
รูปที่ 7. 8 กรองภาพแบบผลรวม (Sum Filter).....	119
รูปที่ 7. 9 กรองภาพแบบแบบค่ามากที่สุด (Maximun Filter) .....	120
รูปที่ 7. 10 กรองภาพแบบค่าน้อยที่สุด (Minimun Filter) .....	120
รูปที่ 7. 11 กรองภาพแบบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation Filter) .....	121
รูปที่ 7. 11 กรองภาพแบบเฉลี่ย (Average Filter) ขนาด 3*3 โดยโปรแกรม R.....	122
รูปที่ 7. 11 กรองภาพแบบสร้างฟิลเตอร์ที่กำหนดได้เองของวัตถุ ขนาด 3*3 โดยโปรแกรม R.....	123
รูปที่ 7. 14 ผลลัพธ์การกรองแบบสร้างฟิลเตอร์ที่กำหนดได้เองของวัตถุ ขนาด 3*3 โดยโปรแกรม R ด้วยตัวกรองรูปแบบต่าง ๆ .....	124

รูปที่	หน้า
รูปที่ 8. 1 การเลือกกลุ่มตัวอย่าง .....	128
รูปที่ 8. 2 ตัวอย่างการสุ่มรูปแบบต่าง ๆ .....	143
รูปที่ 8. 3 การคำนวณหาสมาชิกข้อมูลจากศูนย์กลางโดยวิธีการระยะห่างค่าเฉลี่ยต่ำสุด .....	144
รูปที่ 8. 4 การเปลี่ยนแปลงศูนย์กลางโดยวิธีการระยะห่างค่าเฉลี่ยต่ำสุด .....	145
รูปที่ 8. 5 การแสดงผลผังแผนที่การจำแนกข้อมูลแบบควบคุม .....	151
รูปที่ 8. 6 การแสดงผลผังแผนที่การจำแนกข้อมูลแบบไม่ควบคุม .....	152
รูปที่ 10. 1 เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล (Infrared Thermometer) 164	
รูปที่ 10. 2 ตัวอย่างการหาค่าการสะท้อนของ Band X จากข้อมูลดาวเทียม .....	165
รูปที่ 10. 3 ตัวอย่างค่าการสะท้อนจำเพาะของ Band X จากข้อมูลดาวเทียม.....	165
รูปที่ 10. 4 ตัวอย่างค่าการสะท้อนจำเพาะของ Band X จากข้อมูลดาวเทียม.....	166
รูปที่ 10. 5 ตัวอย่างผลลัพธ์ดัชนีพื้นที่ผิวดำด้วยดัชนี The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI).....	167
รูปที่ 10. 6 การลงภาคสนามเก็บพิกัดภูมิในพื้นที่เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานครจำนวน 35 จุด ผ่านกระบวนการสุ่ม โดยลงภาคสนามวันที่ 9 พฤศจิกายน พ.ศ.2559 .....	168
รูปที่ 10. 7 ผลลัพธ์การหาภูมิพื้นที่ผิวดำจากดาวเทียม LANDSAT 7 ETM ด้วยดัชนีต่าง ๆ.....	169
รูปที่ 10. 8 ผลลัพธ์การหาภูมิพื้นที่ผิวดำจากดาวเทียม LANDSAT 8 OLI ด้วยดัชนีต่าง ๆ .....	170
รูปที่ 10. 9 จุดสำรวจภาคสนามเก็บพิกัดภูมิในพื้นที่เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานครจำนวน 35 จุด ผ่านกระบวนการสุ่มวันที่ 9 พฤศจิกายน พ.ศ.2559 .....	171
รูปที่ 10. 10 ตัวอย่างการหาค่าการสะท้อนของ Band X จากข้อมูลดาวเทียม.....	178
รูปที่ 10. 11 ตัวอย่างค่าการสะท้อนจำเพาะของ Band X จากข้อมูลดาวเทียม .....	178
รูปที่ 10. 12 การลงภาคสนามเก็บพิกัดพื้นที่ว่างเปล่าในพื้นที่อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 50 จุด ผ่านกระบวนการสุ่ม โดยลงภาคสนามวันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ.2559 .....	179
รูปที่ 10. 13 ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลภาคสนามหาพื้นที่ว่างเปล่าในพื้นที่ศึกษา .....	180
รูปที่ 10. 14 ผลลัพธ์การหาพื้นที่ว่างจากดาวเทียม LANDSAT 8 OLI ด้วยดัชนีต่าง ๆ.....	181

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2. 1 ประเภทคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า.....	25
ตารางที่ 3. 1 คุณลักษณะต่าง ๆ ของดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ.....	51
ตารางที่ 4. 1 จำนวนบิต ระดับสีเทา ช่วงค่าระดับสีเทา .....	61
ตารางที่ 4. 2 ตัวอย่างตารางการแปลงค่าที่สนใจ 11111111 เป็น 8 บิต.....	62
ตารางที่ 4. 3 ตัวอย่างตารางการแปลงค่าที่สนใจ 00000000 เป็น 8 บิต .....	62
ตารางที่ 4. 4 ตัวอย่างตารางการแปลงค่าที่สนใจ 10101010 เป็น 8 บิต .....	63
ตารางที่ 4. 5 การจัดเรียงข้อมูลแบบเรียงสลับบรรทัด .....	63
ตารางที่ 4. 6 การจัดเรียงข้อมูลแบบเรียงสลับจุดภาพ .....	64
ตารางที่ 4. 7 การจัดเรียงข้อมูลแบบเรียงตามแบนด์.....	65
ตารางที่ 4. 8 การแสดงผลภาพดาวเทียม.....	66
ตารางที่ 4. 9 ค่าการสะท้อนแสงของสิ่งปกคลุมดินบนดาวเทียม Landsat 8 เซนเซอร์ Operational Land Imager (OLI) และ Thermal Infrared Sensor (Tirs) .....	67
ตารางที่ 4. 10 คุณสมบัติของภาพดาวเทียม .....	72
ตารางที่ 6. 1 แสดงการคำนวณระดับสีใหม่ตาม ความยาวของค่าการสะท้อน .....	103
ตารางที่ 8. 1 ข้อมูลสถิติของจุดภาพประเภทพื้นที่โล่งว่าง .....	129
ตารางที่ 8. 2 ข้อมูลสถิติของจุดภาพประเภทพื้นที่ป่าไม้ .....	130
ตารางที่ 8. 3 ข้อมูลสถิติของจุดภาพประเภททราย .....	131
ตารางที่ 8. 4 ข้อมูลสถิติของจุดภาพประเภทดิน .....	132
ตารางที่ 8. 5 ข้อมูลสถิติของจุดภาพประเภทน้ำ.....	133
ตารางที่ 8. 6 ตัวอย่างการคำนวณระยะห่างต่ำสุดในการจำแนกประเภทแบบระยะห่างจากค่าเฉลี่ยต่ำสุด ที่โล่งว่าง ป่าไม้ ทราย ดิน และน้ำ.....	135
ตารางที่ 8. 7 โอกาสความน่าจะเป็นตามกฎของ Bayes .....	138
ตารางที่ 8. 8 ตัวอย่างการคำนวณในการจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบสี่เหลี่ยมคู่ขนาน .....	140
ตารางที่ 8. 9 ค่าสหสัมพันธ์ของข้อมูลดาวเทียม Landsat ประเภทสิ่งปกคลุมประเภทดิน.....	146
ตารางที่ 9. 1 ตารางการปะปนกันระหว่างประเภทข้อมูลภายหลังการจำแนกข้อมูลภาพ .....	155
ตารางที่ 9. 2 ลักษณะความผิดพลาดที่เกิดจากการจำแนกข้อมูล .....	157
ตารางที่ 9. 3 การคำนวณ Kappa Index Agreement .....	158

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 10. 1 ข้อมูลอุณหภูมิระหว่างเครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด (Infrared Thermometer) และ ด้วยดัชนีต่าง ๆ โดยผลลัพธ์การหาอุณหภูมิพื้นผิวจากดาวเทียม LANDSAT 7 ETM ด้วยดัชนีต่าง ๆ.....	171
ตารางที่ 10. 2 ข้อมูลอุณหภูมิระหว่างเครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด (Infrared Thermometer) และ ด้วยดัชนีต่าง ๆ โดยผลลัพธ์การหาอุณหภูมิพื้นผิวจากดาวเทียม LANDSAT 8 OLI ด้วยดัชนีต่าง ๆ.....	173
ตารางที่ 10. 3 สรุปผลความถูกต้องของข้อมูลอุณหภูมิระหว่างเครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด (Infrared Thermometer) และ ด้วยดัชนีต่าง ๆ จากภาพดาวเทียม LANDSAT 7 ETM .....	175
ตารางที่ 10. 4 สรุปผลความถูกต้องของข้อมูลอุณหภูมิระหว่างเครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด (Infrared Thermometer) และ ด้วยดัชนีต่าง ๆ จากภาพดาวเทียม LANDSAT 8 OLI .....	176
ตารางที่ 10. 5 สรุปผลค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ย โดยหมายถึงค่าเฉลี่ยของความเบี่ยงเบนของข้อมูลแต่ละตัวที่เบี่ยงเบนไปจากตัวกลางเลขคณิตของข้อมูลชุดนั้น .....	176
ตารางที่ 10. 6 ผลลัพธ์ตรวจสอบความถูกต้องจากดัชนีการแยกพื้นที่ว่างเปล่า.....	182

ผศ.ดร.มรกต วรชัยรุ่งเรือง

# บทที่ 1

## แนะนำโปรแกรม R และแหล่งข้อมูลสำหรับดาวโหลดภาพดาวเทียม

บทเรียนนี้จะแนะนำโปรแกรม R และแหล่งข้อมูลภาพดาวเทียม เป็นการอธิบายถึงโปรแกรม R ที่ใช้สำหรับเรียนรู้ ทวนสอบ ตลอดจนฝึกปฏิบัติ ทฤษฎีด้านการรับรู้ระยะไกลในตำราเล่มนี้ อีกทั้งยังแนะนำการดาวโหลดภาพดาวเทียม ตลอดจนการดูข้อมูลเมตาเดต้าของภาพดาวเทียม เพื่อให้การใช้งานภาพดาวเทียมต่าง ๆ มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

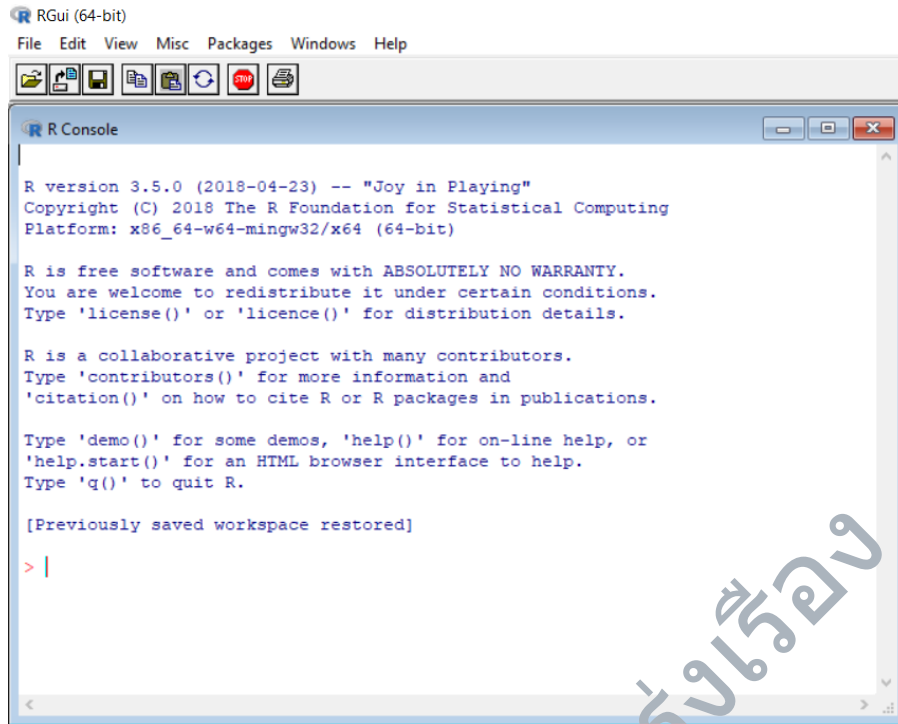
### 1.1 แนะนำโปรแกรม R

R เป็นโปรแกรมทางสถิติที่นิยมใช้งานอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นโปรแกรม Freeware ที่สามารถรันบนระบบปฏิบัติการแบบต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น Windows, Mac Os X หรือ Linux โดยโปรแกรม R พัฒนาขึ้นเพื่อทดแทนภาษา S โดยตัวภาษา R เป็นแบบ Fpl (Functional Programming Language) แต่ซอฟต์แวร์ดังกล่าวมีราคาสูง ภายหลังจากนักสถิติสองคน คือ Ross Ihaka And Robert Gentleman จากภาควิชาสถิติ มหาวิทยาลัยโอ๊คแลนด์ ประเทศนิวซีแลนด์ (Ihaka & Gentleman, 1996) โดยมีนัยยะว่ามาก่อน S

โปรแกรม R รูปลักษณะดูใช้งานได้ยาก ใกล้เคียง interface เหมือนโปรแกรมอื่น ๆ โดยต้องสั่งงานผ่าน Command Line เช่นเดียวกับ Python หากสั่งใช้งานจริงจะพบว่าโปรแกรม R ใช้งานง่ายและประมวลผลรวดเร็ว ที่สำคัญเป็นซอฟต์แวร์ฟรีจึงเป็นที่นิยมสำหรับนักพัฒนา

#### 1.1.1 การติดตั้งโปรแกรม R

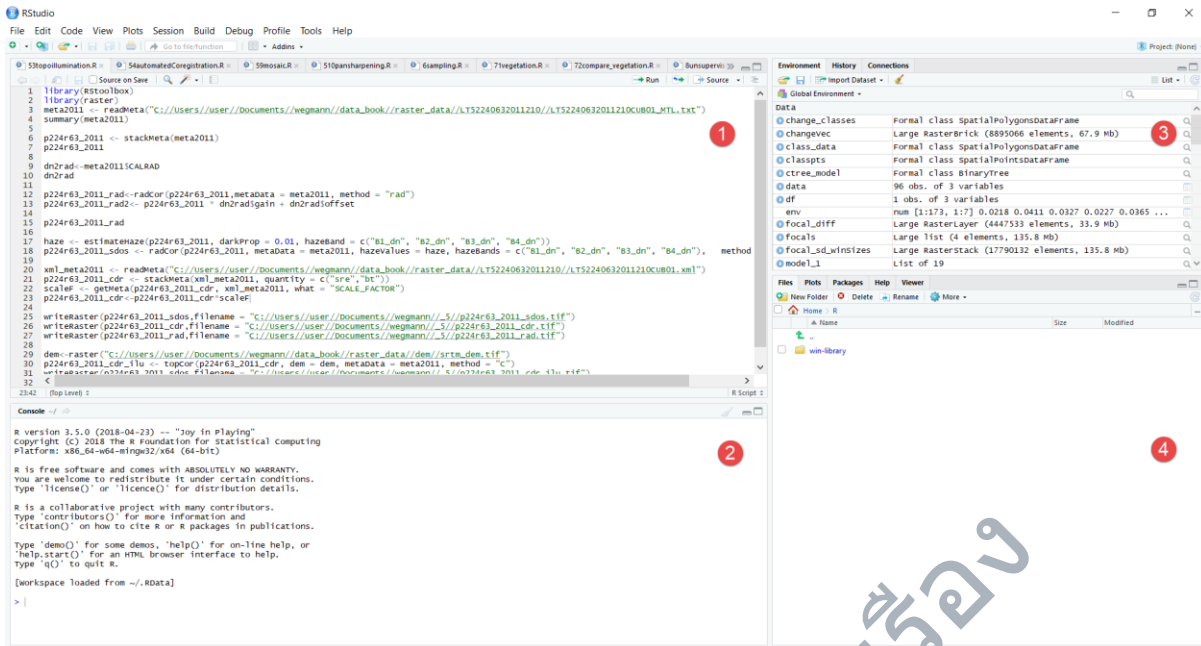
โดยโปรแกรม R สามารถติดตั้งได้จาก <http://cran.r-project.org> จากนั้นทำการเลือกระบบปฏิบัติการที่รองรับการติดตั้ง เช่น Windows, Mac Os หรือ Linux โดยหน้าต่างการใช้งานมีหน้าต่างดังต่อไปนี้ เมื่อติดตั้งสำเร็จจะมี Console > พร้อมรับคำสั่ง



รูปที่ 1.1 หน้าต่างโปรแกรม R

### 1.1.2 การติดตั้งโปรแกรม R Studio

จากที่กล่าวไว้เบื้องต้น การใช้งานโปรแกรม R เป็นการสั่งงานผ่าน Command Line หากผู้ใช้งานท่านใดต้องการเห็นไฟล์ Object ตลอดจนการแสดงผลที่รวดเร็ว สามารถดาวโหลดโปรแกรม Rstudio ใช้งานเพิ่มเติมจาก <https://www.rstudio.com/products/rstudio/download/#download> จากนั้นเลือกระบบปฏิบัติการที่ต้องการ โดยจุดเด่นของ Rstudio คือ เราสามารถนำชุดคำสั่งทั้งหมดบันทึกเก็บไว้ใช้งานในสภาพหน้าจอ โดยไม่ต้องเสียเวลาพิมพ์หรือเรียกคำสั่งขึ้นมาใหม่



รูปที่ 1. 2 หน้าต่างโปรแกรม Rstudio

จุดที่ 1 คือ Command Line ที่รับคำสั่งการสร้างโปรแกรม ซึ่งวัตถุ จุดที่ 2 คือการแสดงผลการรันข้อมูล จาก Command Line จุดที่ 3 คือ บริเวณที่เก็บวัตถุ และจุดที่ 4 ส่วนของการแสดงผลการวิเคราะห์และพาทที่เก็บไฟล์งาน

## 1.2 แนะนำโปรแกรม R กับข้อมูลเชิงพื้นที่

ในปี ค.ศ.2005 นักพัฒนาโปรแกรม R ได้เขียนโปรแกรม R ที่เชื่อมโยงเข้ากับข้อมูลเชิงพื้นที่ ที่ชื่อว่า แพ็คเกจ Sp โดยแพ็คเกจ Sp ทำให้โปรแกรม R สามารถนำเข้าข้อมูลจุด, เส้น และรูปปิด นอกจากนี้โปรแกรม R ยังสามารถนำเข้าและส่งออกข้อมูลผ่านซอฟต์แวร์ Gis สำเร็จรูปได้อีกด้วย นอกจากนี้ไฟล์ที่ส่งออกยังมีพิคัดสามารถอ้างอิงได้จริงบนพื้นโลก ยิ่งไปกว่านั้นผู้ใช้งานยังสามารถแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ผ่านโปรแกรม R ได้อีกด้วย โดยการแสดงผลดังกล่าวมีองค์ประกอบของแผนที่อย่างครบครัน ข้อมูลเชิงพื้นที่ และช่วงเวลา มีอยู่ทั่วไปทุกหนแห่ง ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีความเกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน อาทิเช่น เชื้อโรคต่างๆ แพร่กระจายในรูปแบบไหน แล้วมีอะไรเป็นสาเหตุของการเกิดการกระจายตัวของเชื้อโรคในลักษณะดังกล่าว อาทิเช่น อายุ ความยากจน หรือ แหล่งกำเนิดมลพิษ เป็นต้น ข้อมูลเชิงพื้นที่แบ่งออกเป็นหลายรูปแบบ ข้อมูลประเภทจุด(Point) เส้น(Line) รูปปิด(Polygon) และกริด(Grid) โดยข้อมูลทุกรูปแบบจะต้องอ้างอิงเชิงพื้นที่ได้จริงบนพื้นโลก โดยอาศัยเส้นโครงแผนที่ และหมุดหลักฐานทางราบในการอ้างอิง ในบทเรียนดังกล่าวเราจะพูดถึง

### 1.2.1 ทำไมเราจึงใช้โปรแกรม R เบื้องต้นในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่

โปรแกรม R คือ โปรแกรมฟรีสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ และ กราฟ ที่พัฒนามาจากโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ S โดยโปรแกรม R มีข้อดีหลายประการดังนี้

- 1) โปรแกรม R เป็น Freeware ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย และเป็นโปรแกรม Open-Source สามารถนำมาศึกษาและปรับปรุงแก้ไขได้ง่ายดาย และยืดหยุ่นสูง โดยการไม่เสียค่าใช้จ่ายจะทำให้สาขาวิชาไม่มี ความจำเป็นต้องซื้อครุภัณฑ์ที่มีราคาสูง
- 2) โปรแกรม R ง่ายต่อการเรียนรู้ เนื่องจาก R พัฒนามาตามหลักการของ Lexical Scoping การที่ชื่อ Function ในโปรแกรม R พยายามผูกโยงกับความหมายของคำ ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเรียนรู้ได้ง่าย
- 3) โปรแกรม R เป็นโปรแกรมที่สะดวกในการเขียนโปรแกรม เนื่องจาก R พิจารณาทุกสิ่งไม่ว่าเป็น เมทริก เวกเตอร์ ดาต้าเฟรมฟังก์ชัน อ็อบเจกต์ ลักษณะดังกล่าวเป็นโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object – Oriented Programing) โดยวัตถุดังกล่าวสามารถเรียกใช้งานได้ทันที หากมีการสร้างวัตถุดังกล่าวล่วงหน้า
- 4) โปรแกรม R มีนักสถิติ นักคณิตศาสตร์ และนักคอมพิวเตอร์ เข้ามาช่วยพัฒนา แพคเกจสำหรับการวิเคราะห์รูปแบบต่าง ๆ มากมาย ขณะนี้โปรแกรม R มีมากกว่า 7,000 แพคเกจ
- 5) โปรแกรม R ในปัจจุบันสามารถเชื่อมโยงกับโปรแกรมสำเร็จรูปมากมาย โดยเฉพาะโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ Qgis ที่เป็น Freeware เช่นเดียวกัน
- 6) โปรแกรม R มีชื่อเสียงมากสำหรับความสามารถทางด้านกราฟฟิก มีนักวิเคราะห์ที่ได้ใช้ R ในการพัฒนาข้อมูล จนได้รับรางวัลมากมาย
- 7) โปรแกรม R มีการจัดทำเอกสารประกอบ การสอนต่าง ๆ ในภาษาอังกฤษ และ ภาษาอื่น ๆ เพื่อใช้โปรแกรม R สามารถเรียนรู้ได้ง่าย นอกจากนี้ข้อมูลส่วนใหญ่สามารถดาวน์โหลดได้โดยง่ายโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย
- 8) นอกจากนี้โปรแกรม R ยังมีชุมชนนักพัฒนาที่ดี เช่น <https://Github.Com> ที่มีผู้มีน้ำใจแะเวเวียนแบ่งปัน Code และ แนวทางการแก้ปัญหาตลอดเวลา
- 9) โปรแกรม R สามารถติดตั้งได้แทบทุกระบบปฏิบัติการ ไม่ว่าจะเป็น Linux, Windows, Macintosh นอกจากนี้ โปรแกรม R ยังมีขนาดเล็กมากเมื่อติดตั้งสำเร็จ แต่จะมีแพคเกจมากมายมาสำหรับติดตั้งเพิ่มเติมตามความต้องการของผู้ใช้งาน นอกจากนี้หากไม่มีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต โปรแกรม R สามารถอัปเดตแพคเกจต่าง ๆ ที่ได้ดาวน์โหลดมาก่อนหน้านี้ในรูปแบบของไฟล์บีบอัด

### 1.2.2 Package

โดยในโปรแกรม R ได้จัดกลุ่มของ Packages ไว้เป็นหมวดหมู่อย่างเป็นระเบียบ โดยผู้ใช้งานสามารถเข้าดูหมวดหมู่/กลุ่มของ Package ใน R ด้วยการพิมพ์และ Run โค้ดด้านล่างนี้ หรือจะก๊อปปี้ Url ไปเปิดบนเว็บเบราว์เซอร์ทั่วไปได้ `Browserurl("Http://Cran.R-Project.Org/Web/Views/")`

## Available CRAN Packages By Name

[A](#) [B](#) [C](#) [D](#) [E](#) [F](#) [G](#) [H](#) [I](#) [J](#) [K](#) [L](#) [M](#) [N](#) [O](#) [P](#) [Q](#) [R](#) [S](#) [T](#) [U](#) [V](#) [W](#) [X](#) [Y](#) [Z](#)

<a href="#">A3</a>	Accurate, Adaptable, and Accessible Error Metrics for Predictive Models
<a href="#">abbyyR</a>	Access to Abbyy Optical Character Recognition (OCR) API
<a href="#">abc</a>	Tools for Approximate Bayesian Computation (ABC)
<a href="#">abc.data</a>	Data Only: Tools for Approximate Bayesian Computation (ABC)
<a href="#">ABC.RAP</a>	Array Based CpG Region Analysis Pipeline
<a href="#">ABCanalysis</a>	Computed ABC Analysis
<a href="#">abcdeFBA</a>	ABCDE_FBA: A-Biologist-Can-Do-Everything of Flux Balance Analysis with this package
<a href="#">ABCOptim</a>	Implementation of Artificial Bee Colony (ABC) Optimization
<a href="#">ABCp2</a>	Approximate Bayesian Computational Model for Estimating P2
<a href="#">abcrf</a>	Approximate Bayesian Computation via Random Forests
<a href="#">abctools</a>	Tools for ABC Analyses
<a href="#">abd</a>	The Analysis of Biological Data
<a href="#">abe</a>	Augmented Backward Elimination
<a href="#">abf2</a>	Load Gap-Free Axon ABF2 Files
<a href="#">ABHgenotypeR</a>	Easy Visualization of ABH Genotypes
<a href="#">abind</a>	Combine Multidimensional Arrays
<a href="#">abjutils</a>	Useful Tools for Jurimetrical Analysis Used by the Brazilian Jurimetrics Association
<a href="#">abn</a>	Modelling Multivariate Data with Additive Bayesian Networks
<a href="#">abnormality</a>	Measure a Subject's Abnormality with Respect to a Reference Population
<a href="#">abodOutlier</a>	Angle-Based Outlier Detection
<a href="#">ABPS</a>	The Abnormal Blood Profile Score to Detect Blood Doping
<a href="#">AbsFilterGSEA</a>	Improved False Positive Control on Gene-Permuting GSEA with Absolute Filtering
<a href="#">AbSim</a>	Time Resolved Simulations of Antibody Repertoires
<a href="#">abundant</a>	High-Dimensional Principal Fitted Components and Abundant Regression
<a href="#">Ac3net</a>	Inferring Directional Conservative Causal Core Gene Networks
<a href="#">ACA</a>	Abrupt Change Point or Aberration Detection in Point Series
<a href="#">acc</a>	Exploring Accelerometer Data
<a href="#">accelerometry</a>	Functions for Processing Accelerometer Data

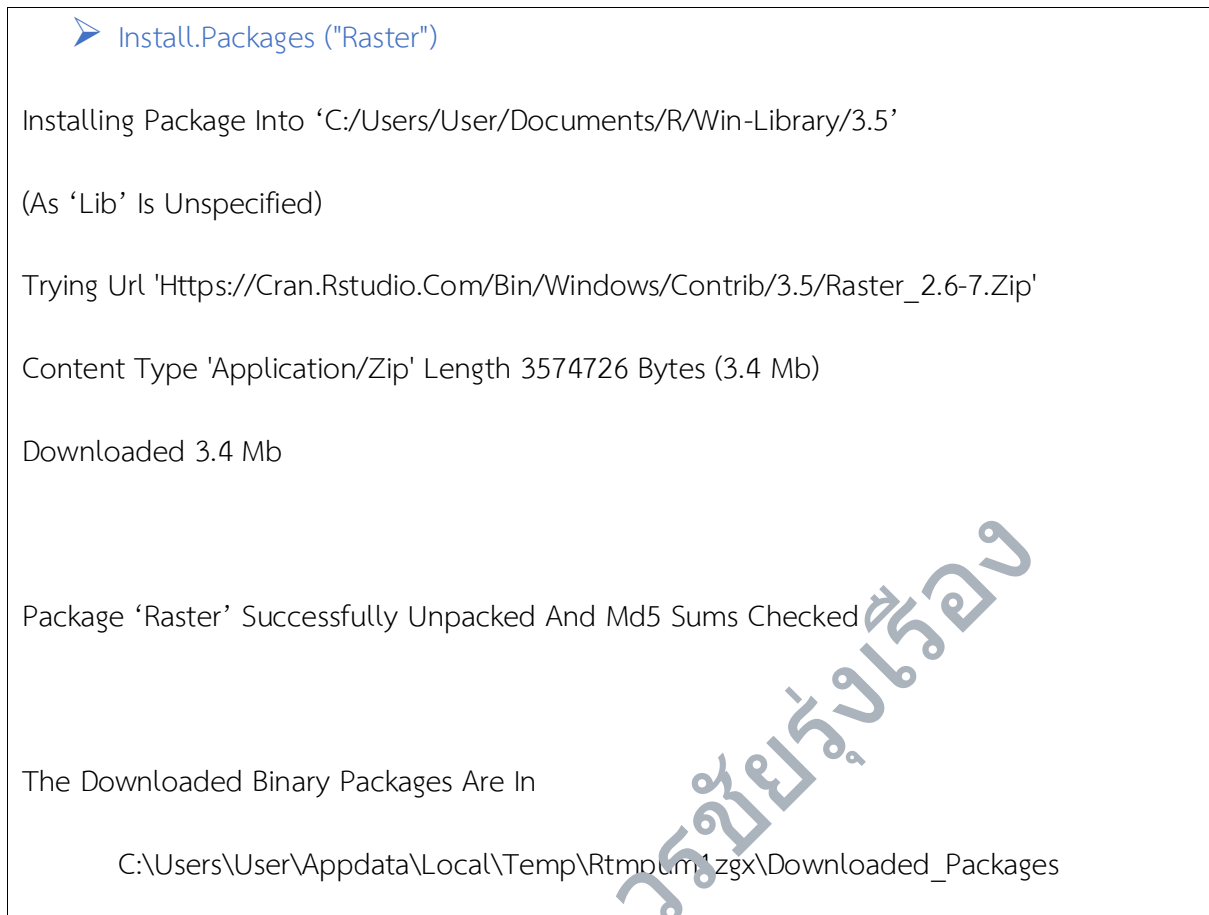
รูปที่ 1.3 ตัวอย่างแพ็คเกจที่ให้บริการ

ที่มา CRAN, 2017

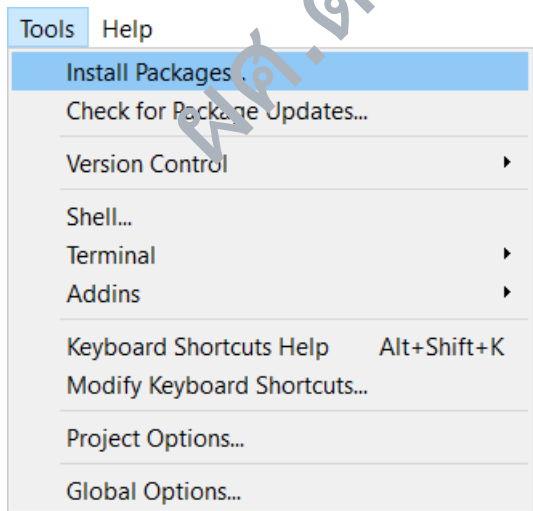
### 1.2.3 การติดตั้ง Spatial Package

โดยผู้ใช้งานสามารถเข้าดูหมวดหมู่/กลุ่มของ Package ใน R ด้วยการพิมพ์และ Run โค้ดด้านล่างนี้ หรือจะก็อปปี้ Url ไปเปิดบนเว็บเบราว์เซอร์ทั่วไปก็ได้ `Browseurl("https://Cran.R-Project.Org/Web/Views/Spatial.html")` อาทิเช่น Raster Package, Rgdal Package, Rpostgis Package เป็นต้น

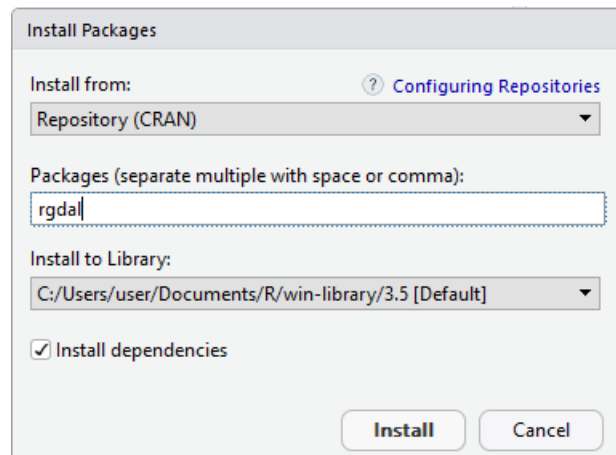
สำหรับการติดตั้ง Package ให้ทำการพิมพ์โค้ดด้านล่างนี้ โดยโปรแกรมจะเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตเข้าสู่ `'https://Cran.Rstudio.Com/Bin/Windows/Contrib/3.5/Raster_2.6-7.Zip'` จากนั้นโปรแกรมจะทำการแตกไฟล์ติดตั้งแพ็คเกจไว้ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อพร้อมสำหรับการใช้งานต่อไป



อีกวิธีที่นิยมกัน คือ เข้าไปชุดคำสั่ง Tools เลือก Installs Packages จากนั้นทำการพิมพ์ชื่อแพ็คเกจที่ต้องการเพื่อทำการติดตั้ง โปรแกรมจะทำการแตกไฟล์ติดตั้งแพ็คเกจไว้ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อพร้อมสำหรับการใช้งานต่อไปเช่นกัน



รูปที่ 1.4 การเลือกฟังก์ชันติดตั้ง Package



รูปที่ 1.5 การติดตั้ง Package ที่ต้องการ

### 1.3 การเข้าถึงข้อมูลการรับรู้ระยะไกล

การเข้าถึงข้อมูลการรับรู้ระยะไกล ทำได้หลายช่องทางปัจจุบัน มีข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจำนวนมาก อาทิ เช่น ดาวเทียม Sentinel, Landsat 8 และ Modis ที่สามารถเข้าถึงได้อีกทั้งไม่คิดค่าบริการ

1. <http://earthexplorer.usgs.gov/>
2. <https://lpdaacsvc.cr.usgs.gov/appears/>
3. <https://search.earthdata.nasa.gov/search>
4. [https://lpdaac.usgs.gov/data\\_access/data\\_pool](https://lpdaac.usgs.gov/data_access/data_pool)
5. <https://scihub.copernicus.eu/>
6. <https://aws.amazon.com/public-data-sets/landsat/>

นอกจากนี้ยังมีผลิตภัณฑ์ Google Earth Engine และ Modistool ที่เป็นช่องทางในการเข้าถึงข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

#### 1.3.1 วิธีการเข้าถึงข้อมูลการรับรู้ระยะไกลโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

ในปัจจุบันภาพถ่ายดาวเทียม landsat ให้บริการภาพถ่ายดาวเทียมหลายรูปแบบ กรมสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกาได้รวบรวมข้อมูล ภาพถ่ายดาวเทียม landsat ตั้งแต่ดาวเทียม landsat1 ในปี ค.ศ.1972 จนถึง landsat จนถึงปัจจุบัน โดยทุกคนสามารถเข้าถึงผ่าน <https://earthexplorer.usgs.gov> โดยไม่คิดค่าบริการ โดยผลิตภัณฑ์ภาพถ่ายดาวเทียม landsat

1. สีสีธรรมชาติ หรือ Natural Color ขนาดประมาณ 4.5 เมกะไบต์
2. สีความร้อน หรือ Thermal โดยใช้ช่วงคลื่น Band 10 ขนาดประมาณ 2.5 เมกะไบต์
3. ภาพปรับแก้คุณภาพ หรือ Quality Assessment ขนาดประมาณ 2.5 เมกะไบต์
4. ภาพปรับแก้เชิงคณิต หรือ Images With Geographic Reference ที่มีภาพสีธรรมชาติ สีความร้อน และ ภาพปรับแก้คุณภาพ ขนาดประมาณ 9 เมกะไบต์
5. และท้ายที่สุด Level-1 Data Product ผลิตภัณฑ์ที่รวบรวม แบนด์ทุกช่วงคลื่น รวมถึง แบนด์รังสีความร้อน และพจนานุกรมข้อมูล (Metadata Files)

ข้อมูลทั้ง 5 รูปแบบที่กล่าวมาข้างต้น สามารถเข้าถึงผ่าน <https://earthexplorer.usgs.gov> โดยก่อนการเข้าใช้งานผ่านระบบดังกล่าว ผู้ใช้งานทุกท่านจำเป็นต้องลงทะเบียนยืนยันตัวตนผ่านระบบ <https://ers.cr.usgs.gov/register/>



รูปที่ 1. 6 การให้บริการการค้นหาภาพดาวเทียม ผ่าน โปรแกรม EarthExplorer

ที่มา USGS, 2016

การค้นหาภาพดาวเทียมที่ต้องการ ผู้ใช้งานสามารถพิมพ์ชื่อสถานที่ เมือง หรือประเทศ นอกจากนี้ยังสามารถพิมพ์ละติจูด และลองจิจูด หรือ Path และ Rows ที่ต้องการในรูปแบบ Shape File หรือ Kml โดยข้อมูลดังกล่าวสามารถดูได้จาก <https://landsat.usgs.gov/pathrow-shapefiles>



รูปที่ 1. 7 Path และ Rows ในรูปแบบ Shape file

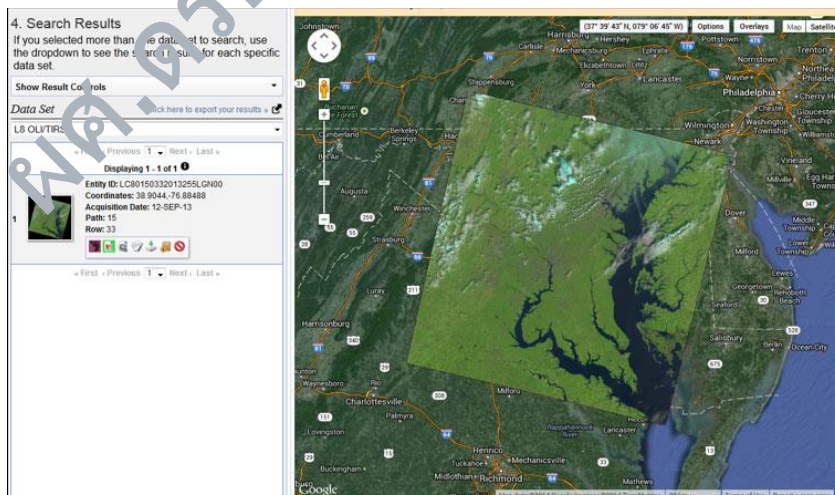
ในส่วนของการใช้งาน Dataset สามารถค้นหาภาพดาวเทียม Landsat ในคลังข้อมูล (Landsat Archive) โดยมีผลิตภัณฑ์ให้เลือกใช้งานตั้งแต่ Landsat 1 จนถึง Landsat 8 ในปัจจุบันดังภาพ



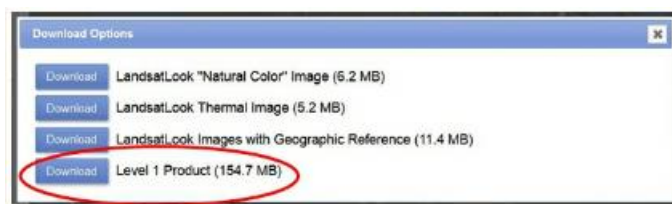
รูปที่ 1. 8 Landsat Archive

นอกจาก Dataset ที่เป็นคลังข้อมูลภาพดาวเทียมเราสามารถเจาะจงผลลัพธ์ที่ใช้งานต้องการผ่านแท็บ Additional Criteria โดยแท็บการใช้งานดังกล่าวผู้ใช้งานสามารถเลือกเงื่อนไขของเมทริกซ์ที่ปกคลุมภายในภาพ สถานีรับสัญญาณภาพดาวเทียม ตลอดจนช่วงเวลาที่ยื่นที่ภาพ

ภายหลังจากตั้งค่าการสืบค้นสำเร็จ จะปรากฏภาพดาวเทียมที่เข้าเงื่อนไขที่ทำการสืบค้น โดยภาพตัวอย่างจะปรากฏอยู่บริเวณด้านขวามือของจอภาพ โดยภาพตัวอย่างซ้อนทับอยู่กับภาพพื้นหลังที่เชื่อมต่อกับ Google Earth โดยผลิตภัณฑ์ภาพดาวเทียมภาพสีธรรมชาติ ภาพสีความร้อน ตลอดจน Level-1 Data Product และ Metadata ต่าง ๆ จะปรากฏในรูปแบบไอคอนประเภทต่างๆ ดังภาพ นอกจากนี้หากต้องการปรับค่าความโปร่งแสงของภาพตัวอย่างที่ซ้อนทับภาพพื้นหลังที่เชื่อมต่อกับ Google Earth หรือการปรับการซ้อนทับในรูปแบบอื่น ๆ สามารถเลือกปรับได้จาก The Show Result Controls ดังภาพตัวอย่าง



รูปที่ 1. 9 ตัวอย่างผลลัพธ์ภายหลังจากการสืบค้น



รูปที่ 1. 10 ตัวเลือกผลิตภัณฑ์ที่พร้อมสำหรับการดาวน์โหลด

### 1.3.2 วิธีการอ่านค่าข้อมูลของข้อมูล (Metadata) ของภาพดาวเทียม

ภาพดาวเทียม Landsat มีขึ้นเพื่อสำรวจทรัพยากรธรรมชาติโดยภาพดาวเทียม Landsat เริ่มสำรวจทรัพยากรธรรมชาติครั้งแรกตั้งแต่ปี ค.ศ. 1972 จนกระทั่งปัจจุบัน โดยดาวเทียมดวงล่าสุด ดาวเทียม Landsat8 เริ่มเข้าสู่วงโคจรสำรวจทรัพยากรธรรมชาติเมื่อ เดือนกุมภาพันธ์ ค.ศ.2013

ภาพดาวเทียม Landsat ใช้ระบบวัน Julian ในการจัดเก็บข้อมูล จากภาพ 2011072 หมายถึงวันที่ภาพถูกถ่ายขึ้นคือวัน Julian 072 ในปี ค.ศ. 2011 ในที่นี้หมายถึง วันที่ 13 มีนาคม ค.ศ. 2011 นอกจากนี้ในส่วนของ Metadata ยังบอกผู้ใช้งานอีกว่าภาพดังกล่าวถูกถ่ายขึ้นในเวลา กลางวัน หรือกลางคืน และ Path และ Row ของภาพอยู่ที่เท่าไรในระบบเก็บภาพดาวเทียม

Data Set Attribute	Attribute Value
Landsat Scene Identifier	LT5010342011072010001
Spacecraft Identifier	LANDSAT_5
Sensor Mode	BUMPER
Station Identifier	GNC
Day/Night	DAY
WRS Path	017
WRS Row	034
WRS Zone	2
Acq. Date	2011/03/13
Start Time	2011 072:15 48:53.19331
Stop Time	2011 072:15 49:19.80625
Sensor Anomalies	N
Acquisition Quality	9
Quality Band 1	9
Quality Band 2	9
Quality Band 3	9
Quality Band 4	9
Quality Band 5	9
Quality Band 6	9
Quality Band 7	9

รูปที่ 1. 11 ตัวอย่าง metadata ของภาพดาวเทียมระบบวัน Julian

นอกจากนี้ Metadata ยังบอกคุณลักษณะ ว่าภาพที่เราต้องการใช้งานมีเมฆปกคลุมอยู่ร้อยละเท่าไร จากตัวอย่างภาพดังกล่าวมีเมฆปกคลุมอยู่ที่ร้อยละ 6 นอกจากนี้ Metadata ยังบอกให้เราทราบถึงความสูงจากดวงอาทิตย์ และ มุมเอียงมุมท

Data Set Attribute	Attribute Value
Cloud Cover	06
Cloud Cover Guard Upper Left	04
Cloud Cover Guard Upper Right	0
Cloud Cover Guard Lower Left	01
Cloud Cover Guard Lower Right	17
Sun Elevation	43.19207936
Sun Azimuth	143.81480711
Browse Status	Yes
Data Category	NOMINAL
Map Projection Code	
Data Type ID	PR
Data Type Level 1	PROCESSING REQUIRED
Corner UL Latitude Product	38.44254 (38°26'33.147"N)
Corner UL Longitude Product	-81.77224 (81°48'20.427"W)
Corner UR Latitude Product	38.42840 (38°25'42.247"N)
Corner UR Longitude Product	-79.02264 (79°01'21.675"W)
Corner LR Latitude Product	-79.07263 (79°04'21.475"W)
Corner LL Latitude Product	38.52009 (38°31'12.327"N)
Corner LL Longitude Product	-81.75280 (81°45'10.007"W)
Corner LR Longitude Product	38.50989 (38°30'24.807"N)
Center Latitude	37°20'01.887"N
Center Longitude	80°24'21.607"W
Min Corner Lat	36°25'09.097"N
Min Corner Long	81°12'34.707"W
Max Corner Lat	38°08'59.387"N
Max Corner Long	79°07'51.127"W
Min Corner Lat Dec	36°32'32.087"N
Min Corner Long Dec	79°52'24.507"W
Max Corner Lat Dec	38°04'19.677"N
Max Corner Long Dec	81°30'36.277"W
Center Latitude Dec	37.48385
Center Longitude Dec	-80.405
Min Corner Lat Dec	36.41919
Min Corner Long Dec	-81.20964
Max Corner Lat Dec	38.14649
Max Corner Long Dec	-79.12687
Min Corner Lat Dec Dec	36.54224
Min Corner Long Dec Dec	-79.62349
Max Corner Lat Dec Dec	38.52878
Max Corner Long Dec Dec	-81.66062

รูปที่ 1. 12 ตัวอย่าง metadata ของภาพถ่ายดาวเทียมระบบเมฆปกคลุม

หลังจากแตกไฟล์มาสิ่งที่ผู้ใช้งานพบคือ ไฟล์ 12 ไฟล์ดังภาพ โดยไฟล์ภาพเจ็ดภาพแรก หมายถึง ชื่อจำเพาะวันเวลาของวันที่ถ่ายภาพจากนั้นตามด้วยชื่อแบนด์ของภาพของภาพถ่ายดาวเทียม โดยแบนด์แต่ละแบนด์จะอ้างอิงจากช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ภาพถ่ายดาวเทียม นำมาใช้งาน เช่น \_B1 หมายถึง Band1 ของดาวเทียม Landsat ที่อยู่ในช่วงคลื่น 0.45 – 0.5 นาโนเมตร เป็นต้น

File Name	Date	Time	File Type
LT50170342011072GNC01.tar	5/26/2013	9:13 AM	TAR File
LT50170342011072GNC01_B1	5/26/2013	9:13 AM	TIFF image
LT50170342011072GNC01_B2	5/26/2013	9:13 AM	TIFF image
LT50170342011072GNC01_B3	5/26/2013	9:13 AM	TIFF image
LT50170342011072GNC01_B4	5/26/2013	9:13 AM	TIFF image
LT50170342011072GNC01_B5	5/26/2013	9:13 AM	TIFF image
LT50170342011072GNC01_B6	5/26/2013	9:13 AM	TIFF image
LT50170342011072GNC01_B7	5/26/2013	9:13 AM	TIFF image
LT50170342011072GNC01_COPY	5/26/2013	9:13 AM	Text Document
LT50170342011072GNC01_MTL	5/26/2013	9:13 AM	Text Document
LT50170342011072GNC01_VER	5/26/2013	9:14 AM	JPEG image
LT50170342011072GNC01_VER	5/26/2013	9:14 AM	Text Document
README.GTF	5/26/2013	9:14 AM	GTF File

- Seven spectral bands, including a thermal band:
  - Band 1 Visible (0.45 - 0.52  $\mu\text{m}$ ) 30 m
  - Band 2 Visible (0.52 - 0.60  $\mu\text{m}$ ) 30 m
  - Band 3 Visible (0.63 - 0.69  $\mu\text{m}$ ) 30 m
  - Band 4 Near-Infrared (0.76 - 0.90  $\mu\text{m}$ ) 30 m
  - Band 5 Near-Infrared (1.55 - 1.75  $\mu\text{m}$ ) 30 m
  - Band 6 Thermal (10.40 - 12.50  $\mu\text{m}$ ) 120 m
  - Band 7 Mid-Infrared (2.08 - 2.35  $\mu\text{m}$ ) 30 m

รูปที่ 1. 13 ตัวอย่างไฟล์ภาพที่แตกจากข้อมูลที่ดาวโหลด เมื่อเทียบกับรายละเอียดคู่มือช่วงคลื่น

โดยภาพถ่ายดาวเทียมที่อยู่ในช่วงคลื่นความร้อน หรือ Thermal ที่มีความยาวช่วงคลื่นอยู่ที่ 10.4 – 12.5 นาโนเมตร จะมีขนาดของจุดภาพขนาดใหญ่กว่า แบนด์อื่น ๆ ของภาพถ่ายดาวเทียม



LT52240631988227C

ในส่วนของ \*\*\_GCP

UB02\_GCP.txt

คือไฟล์ที่ให้ข้อมูลให้ข้อมูลว่าการปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อน

ทางเรขาคณิตของแต่ละจุดภาพมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่เท่าใด โดยปกติแล้ว กรมสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา จะทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตของภาพถ่ายดาวเทียมมาแล้ว

Point_ID	Latitude	Longitude	Height	Across Scan Residual (meters)	Along Scan Residual (meters)	Residual dir	Residual in x dir
0170340001	37.053855	-79.608401	211.144	-5.799	6.398	-6.27	6.291
0170340002	37.905230	-79.799023	411.786	-3.481	-0.707		-1.297
0170340003	37.045772	-79.683833	213.894	-5.322	6.204	-6.314	5.182
0170340004	37.248738	-80.143385	314.374	-4.904		1.408	8.222
0170340005	36.887566	-79.947798	410.883	-3.46	3.3	-3.8	2.499
0170340006	37.134858	-80.138591	779.854	-1.46	1.332	1.666	1.057
0170340007	37.931282	-79.706092	414.710	5.22	-5.7	6.102	-4.598

รูปที่ 1.14 ตัวอย่างไฟล์ GCP



LT52240631988227C

ส่วนของ \*\*\_MTL

UB02\_MTL.txt

คือไฟล์ที่บรรจุข้อมูล Metadata โดยไฟล์ Metadata จะให้

ข้อมูลทุกอย่างเกี่ยวกับภาพถ่ายดาวเทียมที่เรากำลังใช้งาน ไว้ว่าจะเป็น ชื่อของเซนเซอร์ที่ดาวเทียมใช้งาน หมุดหลักฐานทางราบของภาพดาวเทียม จำนวนของจุดควบคุมภาพพื้นดิน ตลอดค่าความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตของภาพ ผู้ใช้งานควรสำรวจข้อมูล Metadata ก่อนการใช้งานภาพถ่ายดาวเทียมทุกครั้ง



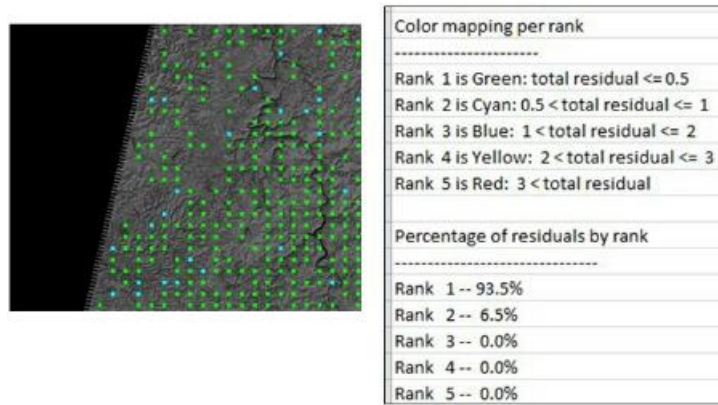
LT52240631988227C

ส่วนของ \*\*\_VER

UB02\_VER.txt

คือไฟล์ที่อ้างอิงถึงจุดควบคุมภาคพื้นดินในแต่ละจุด โดยจะแสดง

ตำแหน่งที่ตั้งของจุดควบคุมภาคพื้นดินจะแสดงให้เห็นบนภาพถ่ายดาวเทียม นอกจากนี้จะใช้สัญลักษณ์แต่ละสี แสดงให้เห็นถึง ค่าความคลาดเคลื่อนของแต่ละจุด ตัวอย่างเช่น สีเขียวค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 0.5 ฟุต ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 นิ้วเงินค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 โดยแต่ละจุดภาพจะถูกรวบรวมเพื่อสรุปจำนวนจุดแต่ละประเภทผ่านการแสดงผลรูปแบบร้อยละ



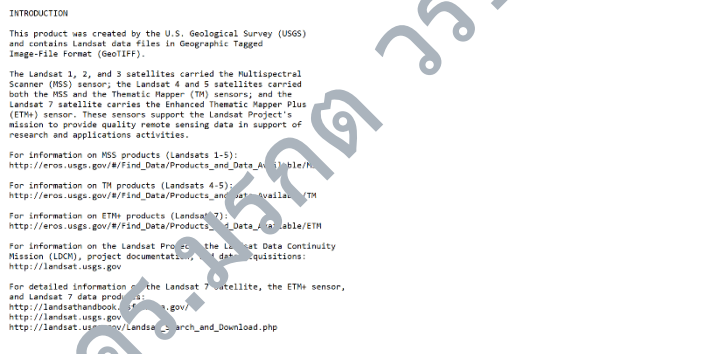
รูปที่ 1.15 ตัวอย่างไฟล์จุดควบคุมภาคพื้นดิน



README.GTF

ส่วนสุดท้าย

คือส่วนสำหรับผู้ใช้งานที่ต้องการข้ามกรายละเอียดอื่น ที่ต้องการจากภาพดาวเทียม โดยภายในไฟล์จะทำการบรรจุลิงก์สำหรับเรียนรู้เพิ่มเติมไว้มากมาย



รูปที่ 1.16 ตัวอย่างข้อมูลรายละเอียดอื่น

## 1.4 การแสดงผลภาพถ่ายดาวเทียมโดยโปรแกรม R

ในส่วนดังกล่าวเราจะทำการเรียนรู้การอ่านข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมใน โปรแกรม R ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจัดเก็บในรูปแบบ Grid หรือ Raster Format โดยโปรแกรม R ถูกออกแบบเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและการทำแบบจำลอง ดังนั้นโปรแกรม R จึงมีความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมได้เป็นอย่างดี

### 1.4.1 การอ่านภาพถ่ายดาวเทียมและการแสดงผลภาพถ่ายดาวเทียม

การอ่านภาพถ่ายดาวเทียมสามารถกระทำได้โดยใช้คำสั่ง Rasterstack หรือ Rasterbrick โปรแกรม R โดยคำสั่งมีดังต่อไปนี้

การเรียก Library สำหรับเพื่อใช้งานฟังก์ชันภาพดาวเทียม

➤ `library(Raster)`

การสร้างโฟลเดอร์เชื่อมต่อข้อมูล

➤ `Setwd("C:\\Users\\User\\Documents\\Rstoolbox\\Section3\\Lc81320492017078lgn0_0_Converted\\Multi\\")`

การเปิดภาพดาวเทียมโดยใช้คำสั่ง Brick

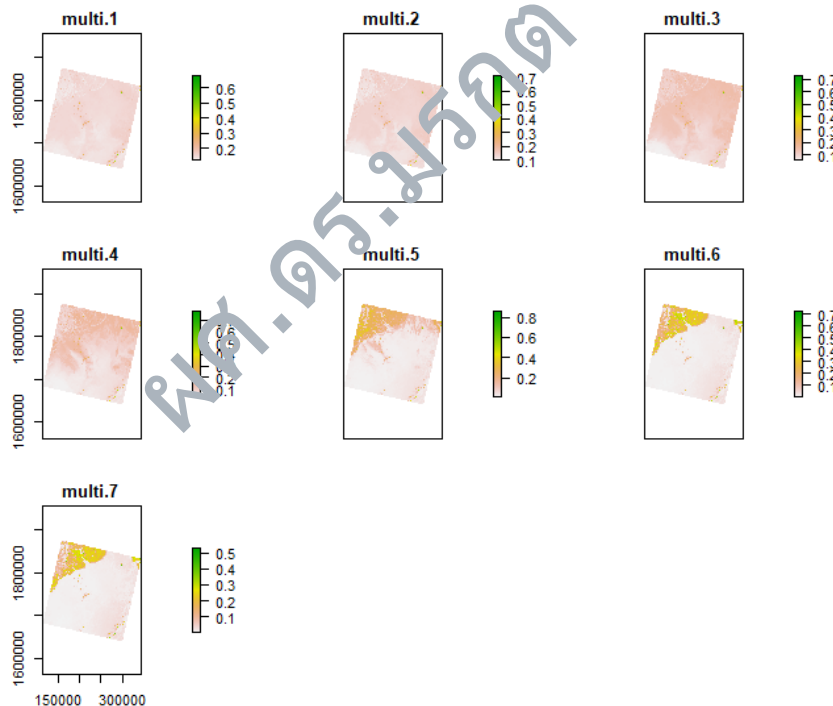
➤ `Landsat8<-Brick("Multi.Tif")`

การเปิดภาพดาวเทียมโดยใช้คำสั่ง Stack

➤ `Landsat8<-Stack("Multi.Tif")`

การแสดงผลคำสั่ง “Brick” และ “Stack” ในโปรแกรม R

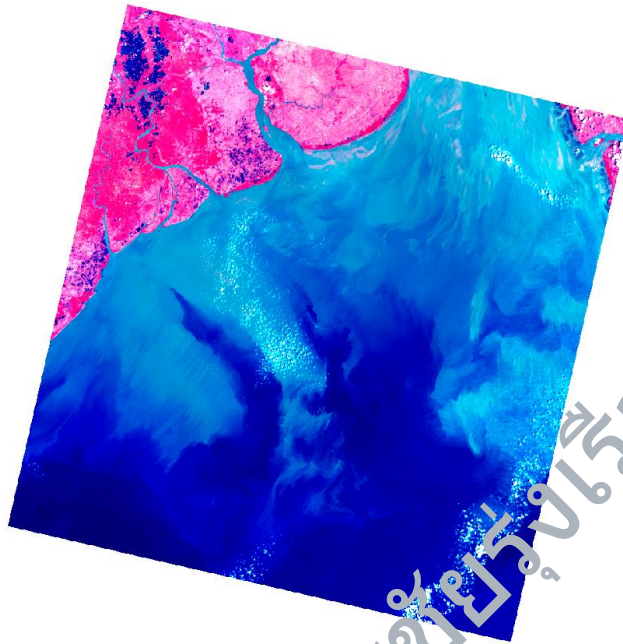
➤ `Plot(Landsat8)`



รูปที่ 1. 17 ตัวอย่างการแสดงผลภาพดาวเทียมโดยอาศัยคำสั่ง plot

ผลลัพธ์การแสดงผลผ่านโปรแกรมเฉพาะทาง QGIS

โดยแสดงผลในรูปแบบภาพสีผสมเท็จ (R=4, G=3, B=2)



รูปที่ 1.18 ตัวอย่างการนำผลลัพธ์แสดงในโปรแกรมเฉพาะทาง QGIS

#### 1.4.2 การอ่านเวกเตอร์และการแสดงผลเวกเตอร์

การอ่านเวกเตอร์สามารถกระทำโดยใช้คำสั่ง Readogr ในโปรแกรม R โดยคำสั่งมีดังต่อไปนี้

การเรียก Library สำหรับเพื่อใช้งานฟังก์ชันเวกเตอร์

➤ Library(Readogr)

การเปิดไฟล์เวกเตอร์โดยใช้คำสั่ง Readogr

➤ Study\_Area<-

```
Readogr("C:\\Users\\User\\Documents\\Mw_Elearning\\Cartography\\Dusit_Fire",
"Admin")
```

การแสดงผลคำสั่ง “Readogr” ในโปรแกรม R

➤ Plot(Study\_Area)



### 1.5 สรุป

บทเรียนนี้นักศึกษาได้ทราบถึงการติดตั้งโปรแกรม R และ R Studio นอกจากนี้ยังทราบถึงสาเหตุที่ทำให้เราจำเป็นต้องใช้โปรแกรม R กับข้อมูลเชิงพื้นที่ ตลอดจนการติดตั้ง Package และ Package ที่เกี่ยวข้องกับ Spatial Package รวมถึงการเข้าถึงข้อมูลการสำรวจระยะไกลโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย มีวิธีการอย่างไร ตลอดจนการการค่าข้อมูลของข้อมูล (Metadata) ของภาพถ่ายดาวเทียม รวมถึงการอ่านภาพถ่ายดาวเทียมและการแสดงผลภาพถ่ายดาวเทียมเบื้องต้น ตลอดจนการอ่านเวกเตอร์ในรูปแบบ shapefile ตลอดจนการแสดงผลเวกเตอร์ในรูปแบบ shapefile ทักษะเบื้องต้นทั้งหมดทั้งหมดมีขึ้นเพื่อประโยชน์ต่อการศึกษาบทเรียนต่อไปหลังจากนี้

---

## คำถามท้ายบทที่ 1

---

- 1) โปรแกรม R คืออะไร
- 2) ข้อดีของโปรแกรม R คืออะไร จงยกตัวอย่าง
- 3) Package ที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์เชิงพื้นที่มีอะไรบ้าง จงยกตัวอย่าง
- 4) จงบอกวิธีการเข้าถึงข้อมูลการรับรู้ระยะไกล
- 5) จงดาวโหลด Level 1- Data Product ของภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 8 OLI บริเวณที่ครอบคลุมที่  
พักนักศึกษา พร้อมระบุวิธีการโดยละเอียด
- 6) จงแสดงผล Level 1- Data Product ของภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 8 OLI บริเวณที่ครอบคลุมที่พัก  
นักศึกษา โดยโปรแกรม R

ผศ.ดร.มรกต วรชัยรุ่งเรือง

ผศ.ดร.มรกต ราชย์รุ่งเรือง

## บทที่ 2

### การสำรวจข้อมูลด้วยการสำรวจระยะไกล

บทเรียนนี้ กล่าวถึง ความหมายของการสำรวจระยะไกล กระบวนการของการสำรวจระยะไกล แหล่งพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ปฏิสัมพันธ์พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ทำปฏิกิริยากับวัตถุ ชั้นบรรยากาศ และพื้นผิวโลก ตลอดจนการฝึกปฏิบัติการอ่านค่าพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ปฏิสัมพันธ์กับสิ่งปกคลุมดินโดยโปรแกรม R อีกด้วย

#### 2.1 ความหมายของการสำรวจระยะไกล

การสำรวจระยะไกล ประกอบด้วยคำ 2 คำ “Remote” หมายถึง “ระยะไกล” และ “Sensing” หมายถึง “การสัมผัสหรือการรับรู้” ถ้าตีความตามคำศัพท์ หมายถึง การรับรู้ข้อมูลในระยะไกลโดยผ่านเครื่องมือซึ่งผู้รับรู้ไม่ได้สัมผัสกับวัตถุนั้นๆ โดยตรง จากความหมายดังกล่าว การถ่ายภาพจากกล้องโทรทัศน์มือถือ การอัดเสียงโดยเครื่องอัดเสียง การฉายภาพรังสี X เพื่อตรวจสอบสุขภาพ ล้วนเป็นการสำรวจระยะไกลทั้งสิ้น

คำว่า “รีโมทเซนซิง” เริ่มใช้ครั้งแรกในประเทศสหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ. 1960 (Murai, 2014) ในแขนงวิชา ภูมิศาสตร์ (Geography) การถ่ายภาพทางอากาศ (Aerial Photo) และ โฟโตแกรมเมตรี (Photogrametry) โดยการบันทึกข้อมูลในช่วงระยะเวลาดังกล่าวมีการบันทึกข้อมูลโดยใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนจากดวงอาทิตย์ ดังนั้น คำจำกัดความการรับรู้ระยะไกลในช่วง ค.ศ. 1960 คือ “การใช้พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Energy) ในการบันทึกภาพสิ่งที่อยู่โดยรอบซึ่งสามารถนำภาพมาทำการแปลความเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์”

ส่วนนักวิชาการอื่น เช่น Campbell, 2011 ได้ให้นิยามการสำรวจระยะไกล ว่า

การสำรวจข้อมูลระยะไกล คือ วิทยาศาสตร์และศิลปะ ในการได้มาของ สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้องกับแผ่นดิน และ น้ำ บนพื้นโลก จากการถ่ายภาพระยะไกล โดยการสำรวจข้อมูลระยะไกลเกี่ยวข้องกับการวัดพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนจากวัตถุที่สนใจ

ส่วน Lillesand, Kiefer, และ Chipman, 2015

การสำรวจข้อมูลระยะไกล เป็นทั้งวิทยาศาสตร์และศิลปะในการได้มาซึ่งสารสนเทศ ด้านวัตถุ พื้นที่ และปรากฏการณ์ต่าง ๆ ผ่านการวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยเครื่องมือที่ไม่ได้สัมผัสกับวัตถุ พื้นที่ และปรากฏการณ์ที่ถูกตรวจจับ

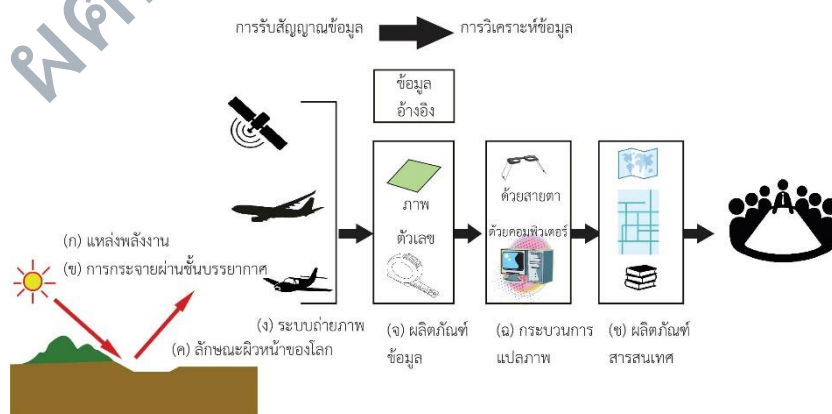
ดังนั้น การสำรวจข้อมูลระยะไกลคือการรวบรวมข้อมูล วัตถุ พื้นที่ ในรูปแบบสารสนเทศโดยไม่ได้สัมผัสกับวัตถุ แต่อาศัยคุณลักษณะของพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนจากวัตถุ โดยการสำรวจข้อมูลระยะไกลมีองค์ประกอบ 3 ประการ ได้แก่

- 1) พลังงานที่สะท้อนหรือแผ่ออกจากวัตถุ
- 2) อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจจับและบันทึกพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนหรือแผ่ออกจากวัตถุ
- 3) การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกล

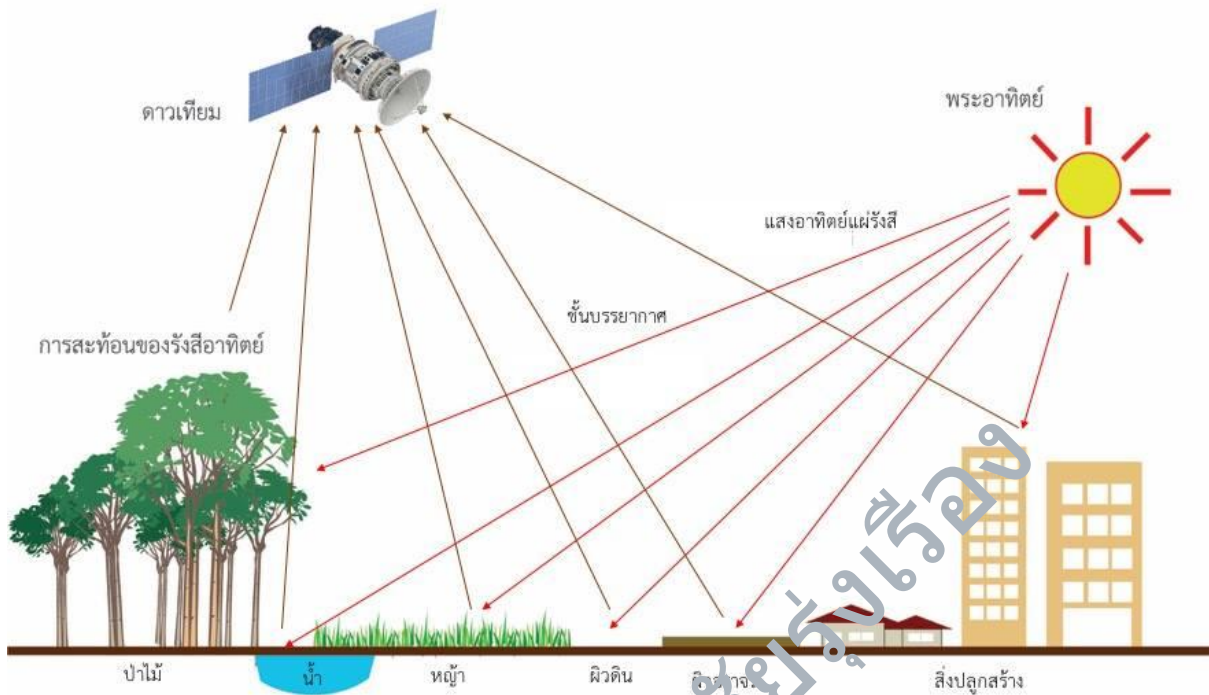
โดยองค์ประกอบที่ 1 และ 2 เป็นการศึกษาการตรวจจับและการบันทึกสัญญาณข้อมูล (Data Acquisition) โดยองค์ประกอบดังกล่าวเกี่ยวข้องกับความรู้เรื่องคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า อุปกรณ์บันทึก รวมถึงการปฏิสัมพันธ์พลังงานกับพื้นโลก จะอธิบายเพิ่มในส่วนต่อไป ส่วนองค์ประกอบที่ 3 คือ การที่ผู้ใช้งานอาศัยวิทยาการด้านคอมพิวเตอร์เป็นส่วนประกอบ จะอธิบายเพิ่มเติมในส่วนต่อไป

## 2.2 กระบวนการของการสำรวจระยะไกล

กระบวนการของการสำรวจระยะไกลเป็นการศึกษาพลังงานที่สะท้อนหรือแผ่ออกจากวัตถุ การตรวจจับและการบันทึกสัญญาณข้อมูล (Data Acquisition) โดยองค์ประกอบดังกล่าวเกี่ยวข้องกับความรู้เรื่องคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า อุปกรณ์บันทึก รวมถึง การปฏิสัมพันธ์พลังงานกับพื้นโลก จะอธิบายเพิ่มในส่วนต่อไป และการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกลคือ การที่ผู้ใช้งานอาศัยวิทยาการด้านคอมพิวเตอร์เป็นส่วนประกอบ โดยมีรายละเอียดดังภาพ



รูปที่ 2.1 กระบวนการของการสำรวจระยะไกล



รูปที่ 2. 2 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่สะท้อนหรือแผ่ออกจากวัตถุ และ อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจจับและบันทึกพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนหรือแผ่ออกจากวัตถุ

### 2.2.1. พลังงานที่สะท้อนหรือแผ่ออกจากวัตถุ

พลังงานที่สะท้อนหรือแผ่ออกจากวัตถุ เป็นกระบวนการที่ได้มาซึ่งข้อมูลจากระยะไกล ซึ่งเกิดจากองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

- 1) แหล่งพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดจากแหล่งกำเนิดพลังงานทั้งที่เป็นแหล่งพลังงานธรรมชาติที่สำคัญ คือ จวกรอาทิตย์และแหล่งกำเนิดพลังงานที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น ระบบเรดาร์ ระบบโซนาร์ เป็นต้น
- 2) การเคลื่อนที่ของพลังงาน คือ การที่พลังงานในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave) ที่เกิดจากการแผ่รังสีจากแหล่งกำเนิดของแหล่งพลังงาน เช่น ดวงอาทิตย์มายังพื้นผิวโลก และสะท้อนพลังงานนั้นกลับไปสู่เครื่องรับสัญญาณบนดาวเทียม หรือเครื่องบิน
- 3) ปฏิสัมพันธ์ (Reaction) เป็นการที่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าทำปฏิสัมพันธ์กับชั้นบรรยากาศ และพื้นผิวโลก ปฏิสัมพันธ์กับชั้นบรรยากาศเกี่ยวข้องกับข้อจำกัด ที่พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบางช่วงคลื่นไม่สามารถส่งผ่านมาจนถึงพื้นผิวโลกได้ทั้งหมด เพราะถูกดูดกลืนในชั้นบรรยากาศจึงเป็นอุปสรรคต่อพลังงานในบางช่วงคลื่น สำหรับปฏิสัมพันธ์กับวัตถุต่างๆ บนพื้นผิวโลก เป็นลักษณะที่วัตถุต่างๆ

สะท้อนพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าในลักษณะที่แตกต่างกัน ในช่วงคลื่นที่ต่างกัน อันประโยชน์ต่อการนำมา แยกแยะวัตถุต่างๆ ตามคุณสมบัติที่แตกต่างกันภายหลัง

### 2.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจจับและบันทึกพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนหรือแผ่ออกจากวัตถุ

อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจจับและบันทึกพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนหรือแผ่ออกจากวัตถุ เป็นการศึกษา ถึงวิธีการที่เครื่องรับสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ติดตั้งบนดาวเทียมส่งสัญญาณข้อมูลมายังสถานีรับบนพื้น โลก และแปลงสัญญาณนั้นเป็นข้อมูลเชิงตัวเลข (Digital Data) หรือข้อมูลภาพ โดยข้อมูลเหล่านี้มีการปรับแก้ ด้านความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตและความบกพร่องของสัญญาณที่ได้รับ ณ สถานีรับสัญญาณก่อนที่จะ เผยแพร่ไปสู่ผู้ใช้งาน

### 2.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกล

การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) ประกอบด้วยวิธีการหลัก 2 วิธี ดังต่อไปนี้

- 1) การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสายตาหรือการแปลข้อมูลด้วยสายตา (Visual Interpretation) เป็นการแปล ตีความจากลักษณะองค์ประกอบของข้อมูลภาพ โดยอาศัยการพิจารณาปัจจัยด้านต่างๆ ได้แก่ สี (Color, Shade, Tone) เงา (Shadow) รูปทรง (Form) ขนาดของวัตถุ (Size) รูปแบบ (Pattern) ความหยาบละเอียด (Texture) และองค์ประกอบทางพื้นที่ (Spatial Components) ซึ่งจัดเป็น หลักการตีภาพเช่นเดียวกันกับการแปลภาพทางอากาศ
- 2) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลขและการประมวลผลข้อมูลภาพ (Digital Analysis And Image Processing) เป็นการวิเคราะห์และจำแนกประเภทข้อมูลจากระยะไกลมีการจัดเก็บข้อมูลในรูปของ ข้อมูลเชิงเลขจำนวนมาก จึงไม่สะดวกที่จะทำการคำนวณด้วยมือได้ ดังนั้นจึงมีการนำคอมพิวเตอร์มา ใช้ช่วยให้รวดเร็วในการประมวลผล มีวิธีการแปลหรือการจำแนกประเภทข้อมูลได้ 2 วิธี คือ
  - (1). การจำแนกประเภทแบบควบคุม (Supervised Classification) หมายถึง การจำแนกข้อมูลที่ถูก แปลเป็นผู้กำหนดตัวอย่างของประเภทข้อมูลให้แก่คอมพิวเตอร์ โดยใช้การเลือกพื้นที่ตัวอย่าง (Training Areas) จากความรู้ด้านต่างๆ เกี่ยวกับพื้นที่ศึกษา อาทิเช่น แผนที่ภูมิประเทศ แผนที่ การใช้ที่ดิน แผนที่เฉพาะเรื่องการศึกษา ปฏิทินการเกษตร ฯลฯ รวมทั้งจากการสำรวจตัวอย่าง ประเภทการใช้ที่ดินจากภาคสนาม
  - (2). การจำแนกประเภทแบบไม่ควบคุม (Unsupervised Classification) เป็นวิธีการจำแนกข้อมูลที่ถูก แปลกำหนดให้คอมพิวเตอร์ประมวลผลข้อมูลเอง โดยผู้แปลกำหนดจำนวนประเภทข้อมูล (Class) ให้แก่เครื่องแล้วคอมพิวเตอร์จะทำการสุ่มตัวอย่างและการจำแนกข้อมูลเองโดยใช้ หลักการทางสถิติที่เกี่ยวข้อง

## 2.3 แหล่งพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในธรรมชาติมีกำเนิดจากแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ เป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งที่เกิดในรูปสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งแผ่พลังงานในรูปแบบของคลื่น มีการแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Radiation) ในลักษณะพลังงานต่อเนื่องที่มีค่าความยาวช่วงคลื่นตั้งแต่ เศษส่วนของพันล้านเมตร (Nanometer) ไปจนถึงขนาดหลายเมตร พลังงานนี้มีการเคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศในลักษณะของคลื่น ในอัตราความเร็วเท่ากับความเร็วของแสง คือ 299,893 กิโลเมตร/วินาที หรือ  $3 \times [10]^{18}$  เมตร/วินาที การเคลื่อนที่ของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถอธิบายด้วยทฤษฎีและกฎเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

### 2.3.1 ทฤษฎีคลื่น

ทฤษฎีคลื่น (Wave Theory) เป็นแนวคิดที่อธิบายการแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า โดยคลื่นมีการเคลื่อนที่แบบสม่ำเสมอ (Harmonic) ทำให้ระยะห่างระหว่างยอดคลื่นแต่ละยอดมีระยะห่างเท่ากัน มีช่วงซ้ำและจังหวะการเคลื่อนตัวเท่ากัน

ระยะทางจากยอดคลื่นหนึ่งถึงยอดคลื่นถัดไป เรียกว่าความยาวคลื่น (Wavelength) มีสัญลักษณ์แสดงด้วยอักษรแลมด้า ( $\lambda$ ) ระยะจากจุดกึ่งกลางของคลื่นไปยังยอดคลื่น เรียกว่าเป็นความสูงยอดคลื่น (Amplitude) โดยวัดจากค่ารังสีตกกระทบเชิงคลื่น (Spectral Radiance) มีหน่วยวัดเป็นวัตต์ต่อตารางเมตรต่อไมโครเมตร และคลื่นมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง (Propagation) ทั้งความยาวคลื่นและความสูงยอดคลื่น มีลักษณะแตกต่างกันไปในคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ละประเภท

จำนวนยอดคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านจุดคงที่จุดหนึ่งต่อหน่วยเวลา เรียกว่า ความถี่คลื่น (Wave Frequency) มีลักษณะแสดงด้วยอักษร  $\nu$

ทั้งความยาวคลื่น ( $\lambda$ ) ความเร็วในการเคลื่อนที่ (C) และความถี่คลื่น ( $\nu$ ) มีความสัมพันธ์ซึ่งกัน อธิบายในรูปสูตรทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$C = \nu \lambda$$

$$\lambda = \frac{C}{\nu}$$

(Lillesand, Kiefer, และ Chipman, 2015)

โดยความเร็วของคลื่น (C) เท่ากับความเร็วของแสง มีค่าคงที่  $= 3 \times 10^8$  เมตร/วินาที

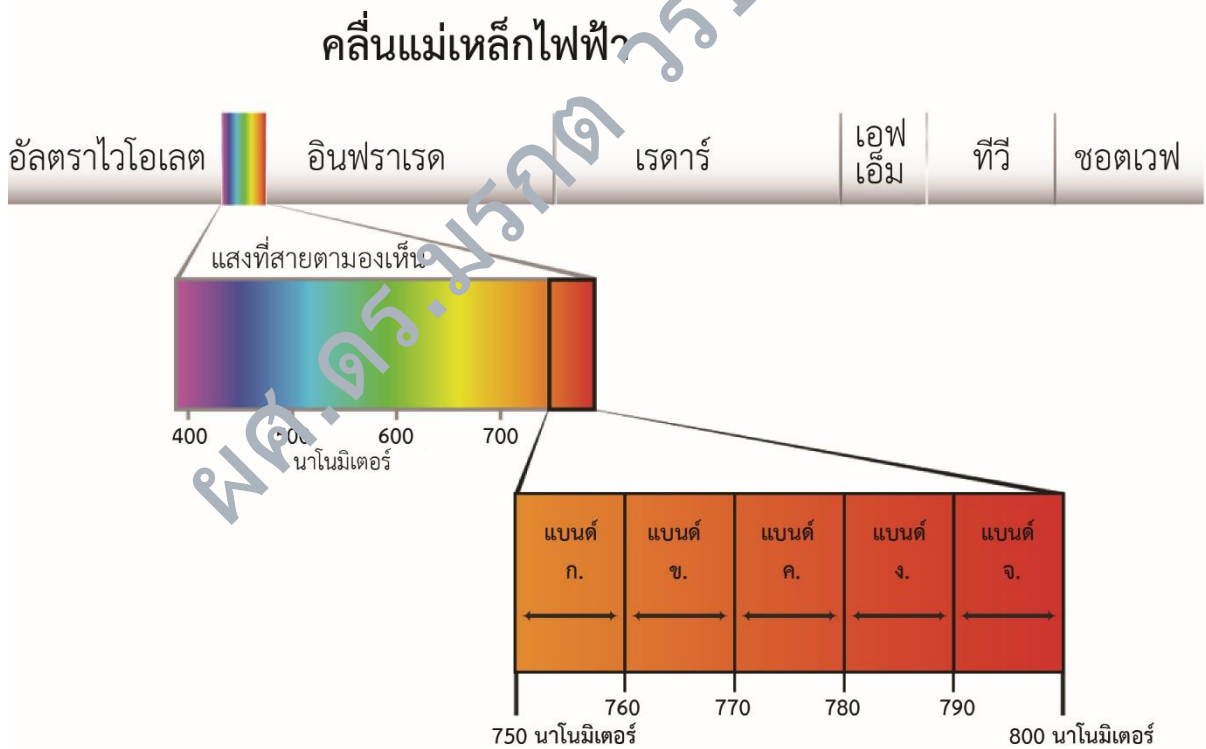
### 2.3.2 ลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave) ประกอบด้วยสนามแม่เหล็ก (Magnetic Field) และสนามไฟฟ้า (Electric Field) ซึ่งตั้งฉากซึ่งกันและกันและตั้งฉากกับแนวเคลื่อนที่ของคลื่น

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีหน่วยวัดหลายขนาด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดความยาวของคลื่นแต่ละประเภท ที่นิยมใช้กันมากในการสำรวจจากระยะไกล คือ

นาโนเมตร(Nanometer , Nm.)	= 0.000000001 เมตร หรือ $10^{-9}$ เมตร
ไมโครเมตร(Micrometer , $\mu\text{m}$ .)	= 0.000001 เมตร หรือ $10^{-4}$ เมตร
มิลลิเมตร(Millimeter , Mm.)	= 0.001 เมตร หรือ $10^{-3}$ เมตร
เซนติเมตร(Centimeter , Cm.)	= 0.01 เมตร หรือ $10^{-2}$ เมตร
เมตร(Meter , M.)	= 1 เมตร

### 2.3.3 ประเภทของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า



รูปที่ 2. 3 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ที่มา ดัดแปลงจาก EarthLab, 2017

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Spectrum) มีการแบ่งประเภทตามลักษณะของความยาวช่วงคลื่นและคุณสมบัติเฉพาะ โดยแบ่งออกเป็นช่วงๆ เรียกว่า คลื่น (Band หรือ Channel) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทั้งหมดประกอบด้วยคลื่นหลายประเภทตั้งแต่คลื่นที่สั้นที่สุดไปจนถึงคลื่นที่ยาวที่สุดดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ประเภทคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ประเภทคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	ความยาวช่วงคลื่น	ความถี่	คุณสมบัติ
1. รังสีแกมมา (Gamma Ray)	< 0.03 Nm.	>3,000 Thz	ถูกดูดกลืนทั้งหมดโดยชั้นบรรยากาศชั้นบนจึงไม่นำมาใช้ประโยชน์ในการสำรวจจากระยะไกล
2. รังสีเอกซ์ (X-Ray)	0.03 - 3.0 Nm.	>3,000 Thz	ถูกดูดกลืนทั้งหมดโดยชั้นบรรยากาศชั้นบนเช่นกัน จึงไม่นำมาใช้ประโยชน์ในการสำรวจจากระยะไกล
3. รังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet)	0.03 - 0.4 $\mu$ m.	750 - 3,000 Thz	ช่วงคลื่นสั้นกว่า 0.3 $\mu$ m ถูกดูดซับทั้งหมดโดยโอโซน (O <sub>3</sub> ) ในบรรยากาศชั้นบน
4. คลื่นอัลตราไวโอเล็ตที่ใช้ในการถ่ายภาพ (Photographic Ultraviolet Band)	0.03 - 0.4 $\mu$ m.	750 - 3,000 Thz	ช่วงคลื่นนี้สามารถผ่านชั้นบรรยากาศได้สามารถถ่ายภาพด้วยฟิล์มถ่ายรูป แต่มีการกระจายในชั้นบรรยากาศเป็นอุปสรรค
5. คลื่นตามองเห็น (Visible)	0.4 - 0.7 $\mu$ m.	430 - 750 Thz	เป็นช่วงคลื่นที่บันทึกด้วยฟิล์มถ่ายภาพและอุปกรณ์บันทึกภาพได้ดีโดยเป็นช่วงคลื่นที่ดวงอาทิตย์มีการสะท้อนพลังงานสูงสุด

ประเภทคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	ความยาวช่วงคลื่น	ความถี่	คุณสมบัติ
			(Reflected Energy Peak ที่ 0.5 $\mu\text{m}$ ) ช่วงคลื่นนี้ แบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ที่ตอบสนองต่อสายตามนุษย์ คือ 0.4 – 0.5 $\mu\text{m}$ . ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน 0.5 - 0.6 $\mu\text{m}$ . ช่วงคลื่นสีเขียว 0.6 - 0.7 $\mu\text{m}$ . ช่วงคลื่นสีแดง ซึ่งเป็นแม่สีแสงที่ก่อให้เกิดสีต่างๆ ที่เรามองเห็นในธรรมชาติ
<b>6. คลื่นอินฟราเรด (Infrared) แบ่งออกเป็นช่วงคลื่นย่อยดังนี้</b>			ช่วงคลื่นระหว่าง 0.7 – 0.9 $\mu\text{m}$ สามารถถ่ายภาพด้วยฟิล์มพิเศษเรียกว่า Photographic Infrared Film และเป็นช่วงที่โลกสะท้อนพลังงานสูงสุดที่ 9.7 $\mu\text{m}$
<b>6.1 อินฟราเรดใกล้ (Near Infrared)</b>	0.7 – 1.3 $\mu\text{m}$ .	230 – 430 Thz	มีประโยชน์ต่อการศึกษาด้านพืชพรรณ การแยกแยะดินกับน้ำ
<b>6.2 อินฟราเรดคลื่นสั้น (Short Wave Infrared)</b>	1.3 – 3.0 $\mu\text{m}$ .	100 – 230 Thz	มีประโยชน์ต่อด้านการศึกษา ด้านการใช้ที่ดินแร่ธาตุ
<b>6.3 อินฟราเรดคลื่นกลาง (Middle Infrared)</b>	3.0 – 8.0 $\mu\text{m}$ .	38 – 100 Thz	

ประเภทคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	ความยาวช่วงคลื่น	ความถี่	คุณสมบัติ
6.4 อินฟราเรดความร้อน (Thermal Infrared)	8.0 – 14.0 $\mu\text{m}$ .	22 – 38 Thz	มีประโยชน์ด้านการ แยกแยะแร่ธาตุวัตถุ สะท้อนแสงสูง ใช้ศึกษาโรคพืช เนื่องจากความร้อน
6.5 คลื่นอินฟราเรดไกล (Far Infrared)	14.0 $\mu\text{m}$ . – 1 Mm.	0.3 – 22 Thz	ความแตกต่างของความ ร้อนในพื้นที่ศึกษา ไม่ปรากฏการ ประยุกต์ใช้ เพราะคลื่น นี้จะถูกชั้นบรรยากาศ ดูดกลืนจนเกือบทั้งหมด
7. คลื่นไมโครเวฟ (Microwave) แบ่งตามขนาดความยาวคลื่นได้ 3 กลุ่มย่อย	0.1 – 30.0 Cm.		เป็นช่วงคลื่นยาวที่ สามารถทะลุผ่านหมอก เมฆ และฝนได้สามารถ บันทึกข้อมูลได้ทั้งระบบ พาสซีฟและแอกทีฟ
7.1 ช่วงคลื่นขนาดมิลลิเมตร	1.0 – 10.0 Mm.	30 – 300 Ghz	
7.2 ช่วงคลื่นขนาดเซนติเมตร	1.0 – 10.0 Cm.	3 – 30 Ghz	
7.3 ช่วงคลื่นขนาดเดซิเมตร	0.1 – 1.0 Dm.	0.3 – 3 Ghz	
8. คลื่นเรดาร์ (Radar) มีแบ่งย่อยเป็นช่วงคลื่นที่สำคัญ ดังนี้	0.1 – 30.0 Cm.	30 300 Mhz	เป็นระบบแอกทีฟ ที่ สามารถทะลุผ่านหมอก เมฆ และฝนได้
8.1 Ka Band	10 Mm.		
8.2 X Band	30 Mm.		
8.3 L Band	25 Cm.		
9. คลื่นวิทยุ (Radio)	1 M. – 100 Km.	3 Khz – 300 Mhz	เป็นช่วงคลื่นที่ยาวที่สุด บางครั้งมีเรดาร์อยู่ ในช่วงนี้ด้วย

ที่มา ดัดแปลงจาก Murai, 2014

## 2.4 ปฏิสัมพันธ์ (Reaction) ระหว่างพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าทำปฏิสัมพันธ์กับวัตถุ ชั้นบรรยากาศ และพื้นผิวโลก

ปฏิสัมพันธ์ (Reaction) เป็นการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าทำปฏิสัมพันธ์กับวัตถุ ชั้นบรรยากาศ และ พื้นผิวโลก

### 2.4.1 พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าทำปฏิสัมพันธ์กับวัตถุ

วัตถุต่างๆ ที่มีความสามารถในการสะท้อน ดูดกลืน ส่งผ่าน และแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าได้ในลักษณะเฉพาะตัว ลักษณะปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุและพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าเราเรียกว่าเป็นคุณลักษณะเชิงคลื่น (Spectral Characteristics) ลักษณะเชิงคลื่นของวัตถุต่างชนิดมีลักษณะการสะท้อน (Reflection) การดูดกลืน (Absorption) การส่งผ่าน (Transmission) หรือการเปล่งรังสี (Emission) ที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากมีความสัมพันธ์ระหว่างโมเลกุลและอะตอมของวัตถุ กับพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ ความยาวคลื่นเฉพาะคลื่นใดคลื่นหนึ่งที่แตกต่างกัน ตัวอย่าง เช่น ใบไม้ เนื่องจากคลอโรฟิลล์ที่อยู่ในโครงสร้างของใบ ทำให้มีการดูดกลืนคลื่นแสงสีน้ำเงินและแดงมาก ในขณะที่เดียวกันได้สะท้อนคลื่นแสงสีเขียวออกมามากกว่าคลื่นแม่สีแสงอื่นที่อยู่ในกลุ่มคลื่นตามองเห็น จึงทำให้เรามองเห็นใบไม้มีสีเขียว ปรากฏเป็นสีเขียว ดังนั้นพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ณ ช่วงคลื่นหนึ่งที่ตกกระทบกับวัตถุใดๆ จะมีความเท่ากับผลรวมของพลังงานที่สะท้อน พลังงานที่ถูกดูดกลืนและพลังงานที่ส่งผ่าน

$$E_i(\lambda) = E_r(\lambda) + E_a(\lambda) + E_t(\lambda)$$

โดยที่  $E_i(\lambda)$  = พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ตกกระทบผิววัตถุที่คลื่นหนึ่ง

$E_r(\lambda)$  = พลังงานที่วัตถุสะท้อนกลับที่คลื่นหนึ่ง

$E_a(\lambda)$  = พลังงานที่วัตถุถูกดูดกลืนที่คลื่นหนึ่ง

$E_t(\lambda)$  = พลังงานที่วัตถุถูกส่งผ่านที่คลื่นหนึ่ง

(Lillesand, Kiefer, & Chipman, 2015)

ในกลุ่มพลังงานทั้ง 3 รูปแบบ พลังงานที่วัตถุสะท้อนกลับ (Reflection) มีความสำคัญต่อการสำรวจจากระยะไกลมากที่สุด เรียกว่า ค่าการสะท้อน (Reflectance) หมายถึง อัตราส่วนพลังงานที่ตกกระทบบนพื้นผิวใดๆ กับพลังงานที่สะท้อนกลับพื้นผิวนั้น ค่าการสะท้อนของวัตถุชนิดเดียวกันนั้นจะมีความแตกต่างกันไปตามความยาวคลื่นที่แตกต่าง เรียกว่า ค่าการสะท้อนเชิงคลื่น (Spectral Reflectance) ค่าการสะท้อนเชิงคลื่นนี้มีลักษณะเฉพาะตัวสำหรับวัตถุแต่ละประเภท มีลักษณะแตกต่างกันจากวัตถุอย่างหนึ่งกับวัตถุอื่นๆ

เป็นคุณสมบัติที่ช่วยในการตีความ แยกแยะวัตถุต่างๆ ออกจากกัน ซึ่งจะอธิบายต่อไปในหัวข้อเรื่องปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งปกคลุมดินและค่าการสะท้อนของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า (Jansen, 2007)

## 2.4.2 พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าทำปฏิสัมพันธ์กับชั้นบรรยากาศ

ทั้งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดวงอาทิตย์ส่งมายังพื้นผิวโลก และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนกลับจากพื้นผิวโลกไปสู่เครื่องรับสัญญาณ จะต้องเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศของโลกทั้งสิ้น ในขณะที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านชั้นบรรยากาศ จะเกิดปฏิสัมพันธ์กับบรรยากาศโลก มีผลให้จำนวนพลังงานที่ส่งมาหรือสะท้อนกลับถูกเปลี่ยนแปลงไป โดยลดลง กระจาย หรือถูกดูดกลืนจนไม่อาจผ่านชั้นบรรยากาศมายังผิวโลกได้ ปฏิสัมพันธ์ของบรรยากาศกับพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้ามีดังนี้ (ดนตรี, 2549)

### 1) การดูดกลืน

ชั้นบรรยากาศของโลกมีองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้เกิดการดูดกลืนพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าบางส่วน ได้แก่ โอโซน ( $O_3$ ) ในชั้นโอโซนสเฟียร์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $CO_2$ ) ในชั้นบรรยากาศสตราโตสเฟียร์ชั้นล่าง และไอน้ำ ( $H_2O$ ) ทำให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าถูกดูดกลืนขาดหายไปเป็นบางส่วน

ปรากฏการณ์ที่กลุ่มคลื่นบางส่วนสามารถผ่านชั้นบรรยากาศมาถึงพื้นโลก และสะท้อนกลับออกไปสู่เครื่องรับสัญญาณบนดาวเทียมได้ เรียกว่า หน้าต่างบรรยากาศ (Atmospheric Windows) คลื่นที่สามารถผ่านชั้นบรรยากาศได้ คือ คลื่นอัลตราไวโอเล็ตบางส่วน คลื่นตามองเห็น คลื่นอินฟราเรดไกล คลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้นบางส่วน คลื่นอินฟราเรดกลางบางช่วง คลื่นไมโครเวฟ และคลื่นวิทยุ ลักษณะของหน้าต่างบรรยากาศดังกล่าว เป็นข้อจำกัดต่อการใช้ประโยชน์จากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในทางรีโมตเซนซิง กล่าวคือ เราไม่สามารถนำทุกคลื่นมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด แต่ต้องเลือกใช้เฉพาะที่สามารถผ่านหน้าต่างบรรยากาศได้เท่านั้นซึ่งมีประมาณร้อยละ 50 ของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าทั้งหมด

### 2) การหักเห

พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ผ่านชั้นบรรยากาศทั้งในขณะที่เดินทางจากแหล่งพลังงาน คือ ดวงอาทิตย์มายังพื้นผิวโลกหรือในขณะที่ถูกสะท้อนจากผิวโลกกลับไปยังเครื่องรับสัญญาณบนดาวเทียมจะถูกองค์ประกอบของบรรยากาศ (ก๊าซต่างๆ ไอน้ำ ฝุ่นละอองขนาดต่างๆ เป็นต้น) ทำให้พลังงานเกิดการหักเหแทนที่เดินทางเป็นเส้นตรงจากแหล่งพลังงานมายังพื้นโลก หรือจากพื้นโลกสะท้อนกลับไปยังเครื่องรับสัญญาณบนดาวเทียม มีผลทำให้พลังงานที่ได้รับหรือสะท้อนกลับไม่สมบูรณ์ แสดงรูปแบบของการหักเหและการกระจายประเภทต่างๆ ระหว่างที่พลังงานผ่านชั้นบรรยากาศมาสู่ผิวโลก และระหว่างการสะท้อนกลับออกไป

### 3) การกระจัดกระจาย

ผลการจากปฏิสัมพันธ์ของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าอีกด้านหนึ่ง คือ เกิดการกระจัดกระจาย (Scattering) ของพลังงานในชั้นบรรยากาศและมีผลต่อคุณภาพของข้อมูลดาวเทียมที่จะได้รับ การกระจัดกระจายมีอยู่ 3 รูปแบบได้แก่

- (1). การกระจัดกระจายแบบ Rayleigh (Rayleigh Scattering) ผู้ค้นพบการกระจัดกระจายแบบนี้ คือ Lord Rayleigh เป็นการกระจัดกระจายที่เกิดขึ้นกับคลื่นที่มีขนาดความยาวมากกว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคต่างๆในบรรยากาศ หรือน้อยกว่า  $0.1 \mu\text{m}$  เช่น โมเลกุลของก๊าซ ออกซิเจนและไนโตรเจน อัตราการกระจัดกระจายจะเป็นสัดส่วนกลับกันกับขนาดช่วงคลื่นยกกำลัง 4 ( $\lambda^{-4}$ ) มีผลทำให้คลื่นขนาดสั้น (Short Wavelengths) ถูกกระจัดกระจายในบรรยากาศ สำหรับในกลุ่มของคลื่นตามองเห็น คลื่นสีน้ำเงินซึ่งมีขนาดสั้นที่สุด ก็จะถูกกระจัดกระจายมากที่สุด ทำให้เรามองเห็นท้องฟ้า ภูเขาจากระยะไกลเป็นสีฟ้าหรือน้ำเงิน และมีการดูดกลืนค่าการสะท้อนจริงของวัตถุไปบางส่วน มีผลให้ได้ข้อมูลภาพที่ไม่ชัดเจน (Haze) หรือลดความคมชัดลง (Contrast) ในด้านการถ่ายภาพจึงต้องใช้ฟิลเตอร์ที่ลดผลกระทบจากการกระจัดกระจายแบบนี้ เช่น การใช้ยูวีฟิลเตอร์ (Ultraviolet Filter)
- (2). การกระจัดกระจายแบบ Mie (Mie Scattering) เป็นการกระจัดกระจายที่เกิดขึ้นเมื่อขนาดคลื่นมีขนาดใกล้เคียงกับเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคต่างๆ ในบรรยากาศ ประมาณ  $0.1 - 10.0 \mu\text{m}$  เช่น ไอน้ำ หมอก ฝุ่นละอองขนาดเล็กและ ควันไฟต่างๆ อัตราการกระจัดกระจายจะเป็นสัดส่วนกลับกันกับขนาดคลื่นระหว่าง  $(\lambda^0) - (\lambda^4)$  การกระจัดกระจายแบบนี้มีผลทำให้คลื่นยาวขึ้นมีการกระจัดกระจายมากขึ้น เมื่อเทียบกับการกระจัดกระจายแบบ Rayleigh Scattering จึงทำให้เกิดข้อมูลภาพไม่ชัดเจน และทำให้คลื่นตามองเห็นสีแดงมีการกระจัดกระจายมากขึ้น จึงมองเห็นท้องฟ้าขณะที่ดวงอาทิตย์ขึ้นและตกเป็นสีแดง
- (3). การกระจัดกระจายแบบผสม (Nonselective Scattering) เป็นการกระจัดกระจายที่เกิดจากขนาดของอนุภาคในบรรยากาศมีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดใหญ่กว่าขนาดของคลื่นหรือมากกว่า  $10.0 \mu\text{m}$  เช่น ฝุ่นละออง ไอน้ำ หมอก และฝน อัตราการกระจัดกระจายจะเท่ากันในทุกคลื่น คือ เท่ากันกับขนาดคลื่นยกกำลัง 0 ( $\lambda^0$ ) โดยเกิดเป็นกลุ่มไอน้ำที่เห็นอยู่ในรูปของเมฆ หมอก ควัน และปิดทับข้อมูลภาพในส่วนที่มีเมฆ หมอกเกิดขึ้น เช่น ข้อมูลดาวเทียมที่บันทึกในฤดูฝน ฤดูหนาว หรือตามหุบเขาต่างๆ ในกรณีที่การกระจัดกระจายของกลุ่มคลื่นตามองเห็นสะท้อนสูงเท่าเทียมกันทุกคลื่น เราจะเห็นเมฆเป็นสีขาว

### 2.4.3 พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าทำปฏิสัมพันธ์กับสิ่งปกคลุมดิน

วัตถุต่างๆ ที่ประกอบเป็นสิ่งปกคลุมพื้นผิวโลก จะมีลักษณะปฏิสัมพันธ์กับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแตกต่างกันในด้านการสะท้อน การดูดกลืน และการส่งผ่านพลังงาน จากคุณสมบัติเหล่านี้ช่วยให้เราสามารถจำแนกวัตถุชนิดต่างๆ ออกจากกันได้ สิ่งปกคลุมพื้นผิวโลกแบ่งออกได้เป็นกลุ่มใหญ่ 3 ประเภท คือ กลุ่มน้ำ (Water) กลุ่มพืช (Vegetation) และกลุ่มดิน-แร่ธาตุ (Soil-Minerals) คุณสมบัติในการทำปฏิสัมพันธ์ของวัตถุต่างๆ กับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถสรุปเป็นเกณฑ์ทั่วไปได้ ดังนี้

- 1) วัตถุต่างชนิดกันจะมีปฏิสัมพันธ์กับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแตกต่างกัน สิ่งปกคลุมดินกลุ่มน้ำ กลุ่มพืชและกลุ่มดิน-แร่ธาตุ จะทำปฏิสัมพันธ์กับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดเดียวกันแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติโครงสร้างทางกายภาพของวัตถุแต่ละชนิด
- 2) วัตถุชนิดเดียวกันจะมีปฏิสัมพันธ์กับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่างชนิดกันได้แตกต่างกัน กล่าวคือ ในบางคลื่นอาจมีการดูดกลืนมาก ในขณะที่อีกคลื่นหนึ่งกลับมีการสะท้อนพลังงานสูงแล้วกลับมีการดูดกลืนได้อีกในคลื่นอีกชนิดหนึ่ง
- 3) ลักษณะปฏิสัมพันธ์ของวัตถุชนิดเดียวกันกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แต่ในช่วงเวลาที่ต่างกันหรือในเงื่อนไขของสภาพแวดล้อมที่ต่างกันจะมีลักษณะแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น พืชชนิดหนึ่งในวัยอ่อน วัยเติบโตเต็มที่และในวัยชรา จะมีปฏิสัมพันธ์กับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแตกต่างกัน หรือดินประเภทเดียวกันมีระดับความชื้นแตกต่างกันจะแสดงปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบต่างกัน

4) ลักษณะปฏิสัมพันธ์ของวัตถุชนิดเดียวกันกับช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่างๆ สามารถแสดงในรูปแบบของเส้นกราฟ ถือเป็นเอกลักษณ์หรือลักษณะเฉพาะตัว เช่นเดียวกับที่บุคคลมีลายเซ็นชื่อเฉพาะของตัวเอง เส้นกราฟดังกล่าว เรียกว่าเป็นลายเซ็นเชิงคลื่น (Spectral Signature) ซึ่งสามารถนำมาตีความและจำแนกวัตถุต่างๆ ออกจากกัน เป็นตัวอย่างค่าเฉลี่ยของลายเซ็นเชิงคลื่นของสิ่งปกคลุมผิวโลกกลุ่มหลักๆ คือ น้ำใส (Clear Water) พืชใบสีเขียวในสภาวะปกติ (Green Vegetation) และกลุ่มดิน-แร่ธาตุ ซึ่งยกตัวอย่างของหน้าดินแห้งที่มีสีเทา-น้ำตาล (Dry Gray-Brown Bare Soil) และแร่ (Limonite)

### 2.5 การอ่านค่าพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ปฏิสัมพันธ์กับสิ่งปกคลุมดินโดยโปรแกรม R

การอ่านค่าพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ปฏิสัมพันธ์กับสิ่งปกคลุมดิน โดยอาศัยโปรแกรม R มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ คือ เปิดภาพดาวเทียมโดยใช้คำสั่ง “Brick” หรือ “Stack” จากนั้นทำการเปิดไฟล์ จุด ที่ทำการสุ่มตัวอย่างขึ้นมา จากนั้นออกสั่งให้จุดที่เปิดขึ้นดึงค่าจากภาพดาวเทียมที่ได้เตรียมไว้โดยอาศัยคำสั่ง “Extractvtop” ผลลัพธ์ที่ปรากฏ คือ จุดที่บรรจุค่าของดาวเทียมแต่ละช่วงคลื่น โดยจำนวนของช่วงคลื่นที่ผู้ใช้งานสามารถอ่านค่าได้แปรผันตามจำนวนช่วงคลื่นที่เรานำมาซ้อนทับกับภาพดาวเทียม

การสร้างวัตถุในโปรแกรม R เพื่อทำการอ่าน จุด ที่ได้ทำการสุ่มไว้โดยใช้คำสั่ง **Readogr**

➤ `Sampling<-`

`Readogr("C:\\Users\\User\\Documents\\Rstoolbox\\Section3\\Lc81320492017078lg  
n00_Converted\\Multi\\Randompoi.Shp")`

การดึงค่าจากภาพดาวเทียมหลายช่วงคลื่นให้บรรจุใน จุด ที่ได้ทำการสุ่มไว้โดยใช้คำสั่ง **Extract**

➤ `Extractvtop<-Extract(Landsat8,Sampling)`

การแสดงผลตัวอย่างค่าจากดาวเทียมหลายช่วงคลื่นที่ถูกบรรจุใน จุด ที่ได้ทำการสุ่มไว้ โดยใช้คำสั่ง **Head**

➤ `Head(Extractvtop)`

	Aerosol	Blue	Green	Red	Nir0
[1,]	0.1374038	0.1147597	0.08689184	0.07677078	0.09241877
[2,]	0.1567131	0.1409952	0.12984802	0.13663428	0.17777148
[3,]	0.1536348	0.1391995	0.13845326	0.13747379	0.10638770
[4,]	0.1547775	0.1412284	0.13703072	0.106550431	0.03040980
[5,]	0.1575527	0.1442367	0.14220755	0.12303846	0.03777905
[6,]	0.1546843	0.1412051	0.14106614	0.13460538	0.04486845
	Swir1	Swir2			
[1,]	0.112241112	0.00090088			
[2,]	0.239383996	0.202910870			
[3,]	0.061449263	0.033324867			
[4,]	0.010237654	0.006436425			
[5,]	0.009771246	0.005760136			
[6,]	0.008908392	0.005387006			

	Aerosol	Blue	Green	Red	NIR0	SWIR1	SWIR2
1	0.1374038	0.1147597	0.08689184	0.07677078	0.09241877	0.112241112	0.108090088
2	0.1567131	0.1409952	0.12984802	0.13663428	0.17777148	0.239383996	0.202910870
3	0.1536348	0.1391995	0.13845326	0.13747379	0.10638770	0.061449263	0.033324867
4	0.1547775	0.1412284	0.13703072	0.10650431	0.03040980	0.010237654	0.006436425
5	0.1575527	0.1442367	0.14220785	0.12303846	0.03777905	0.009771246	0.005760136
6	0.1546843	0.1412051	0.14106514	0.13460538	0.04486845	0.008908392	0.005387006
7	0.1569930	0.1451229	0.13845326	0.09988130	0.03129598	0.010564140	0.006063304
8	0.1561534	0.1416482	0.14351378	0.14915733	0.11165811	0.010260971	0.006553029
9	0.1578558	0.1447031	0.14642882	0.15433444	0.14894745	0.011963362	0.006739594
10	0.1565499	0.1429774	0.13926947	0.11452653	0.03400116	0.009351483	0.005620215
11	0.1612839	0.1481312	0.14561263	0.15988469	0.20890422	0.270983160	0.235209644
12	0.1550807	0.1408319	0.13950269	0.13940939	0.09237213	0.011870083	0.007835656
13	0.1551040	0.1411351	0.14311734	0.14981028	0.13467535	0.009094957	0.005456957
14	0.1578558	0.1443767	0.13665758	0.09887853	0.03040980	0.009841206	0.005590175
15	0.1592084	0.1464521	0.14437665	0.12119615	0.03598339	0.010250171	0.005993344
16	0.1508830	0.1379402	0.13819674	0.13598129	0.06879520	0.017117178	0.009677968
17	0.1582989	0.1449596	0.14269757	0.12084635	0.03596007	0.010317615	0.006109939
18	0.1578792	0.1445399	0.14006236	0.10622446	0.03092281	0.010610783	0.006459751
19	0.1454960	0.1261168	0.11051540	0.09990463	0.06822672	0.158415526	0.110258877
20	0.1544744	0.1415782	0.14251100	0.14549603	0.08103433	0.008675184	0.005060520
21	0.1577392	0.1452162	0.13609791	0.15988469	0.20663164	0.394907802	0.266249090
22	0.1609108	0.1475482	0.14491302	0.13077452	0.04510166	0.011916727	0.007602448
23	0.1504633	0.1377070	0.13863982	0.14484104	0.11534274	0.013199345	0.007602448
24	0.1591385	0.1465688	0.14733855	0.14575255	0.07101063	0.010983904	0.006786237
25	0.1553372	0.1416715	0.14053150	0.13197018	0.04321272	0.009514721	0.006343147
26	0.1558270	0.1416948	0.14130113	0.13563149	0.05219107	0.009328156	0.005573571
27	0.1604677	0.1483178	0.14694187	0.12544048	0.03733597	0.010354257	0.005830097
28	0.1707754	0.1593188	0.15498742	0.13245991	0.05307725	0.021268209	0.013689078
29	0.1614705	0.1477581	0.14946049	0.15109292	0.08131825	0.011963362	0.007579131
30	0.1556104	0.1425110	0.13961928	0.11650876	0.03442092	0.009024996	0.005573571

รูปที่ 14 ค่าจากดาวเทียมหลายช่วงคลื่นที่ถูกบรรจุใน จุด ที่ได้ทำการสุ่มไว้

หลังจากที่ได้ค่าจากดาวเทียมหลายช่วงคลื่นที่ถูกบรรจุใน จุด ที่ได้ทำการสุ่มไว้ จากนั้นทำการหาค่าเฉลี่ยของจุดแต่ละประเภทสิ่งปกคลุมดินหลายช่วงคลื่นที่ได้ทำการสุ่มไว้ เพื่อเตรียมนำเสนอในรูปแบบกราฟ

ทำการสรุปข้อมูล จุด ที่ได้ทำการสุ่มไว้ โดยใช้คำสั่ง **Aggregate** จากนั้นกำหนดให้จุดดังกล่าวสรุปผลโดยใช้ชื่อประเภทของจุดเป็นคอลัมน์แรกในการแสดงผล และใช้คำสั่งค่าเฉลี่ย (Mean) ในการสรุปผล

➤ `Ms <- Aggregate(Extractvtop, List(Sampling$Name), Mean)`

จากนั้นทำการเพิ่มคอลัมน์ที่ 1 ของข้อมูลโดยอาศัยชื่อประเภทของจุด

➤ `Rownames(Ms) <- Ms[,1]`

จากนั้นทำการลบข้อมูลคอลัมน์ที่เกินมา

➤ `Ms <- Ms[,-1]`

	Aerosol	Blue	Green	Red	MIR	SWIR1	SWIR2
bareland	0.1512562	0.1345743	0.1240024	0.12535496	0.11123171	0.13169812	0.117045129
forest	0.1454960	0.1261168	0.1105154	0.09990163	0.10432672	0.15841553	0.110258877
sand	0.1567073	0.1430357	0.1441405	0.11209360	0.09927789	0.01671489	0.009634240
unknown	0.1638842	0.1518508	0.1467203	0.11617030	0.04218662	0.01591617	0.009876191
vegetation	0.1572262	0.1431057	0.1329730	0.14825948	0.21970156	0.31714590	0.234579980
water	0.1564649	0.1432623	0.1109457	0.12219560	0.04461027	0.01074404	0.006434762

รูปที่ 2. 5 ตารางค่าเฉลี่ยของจุดแต่ละประเภทสิ่งปกคลุมดินหลายช่วงคลื่น

หลังจากได้ข้อตารางค่าเฉลี่ยของจุดแต่ละประเภทสิ่งปกคลุมดินหลายช่วงคลื่นที่ได้ทำการสุ่มไว้ เพื่อให้การสื่อสารมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เนื้อหาส่วนดังกล่าวจะนำเสนอวิธีการนำเสนอในรูปแบบกราฟ

กำหนดวัตถุที่เป็นชุด

➤ `Mycolor <- C('Darkred','Yellow','Burlywood', 'Black', 'Cyan','Blue')`

กำหนดวัตถุที่เป็นตาราง

➤ `Ms <- As.Matrix(Ms)`

สร้างแกนข้อมูล X และ แกนข้อมูล Y ตลอดจนคำอธิบาย แกน X และ แกน Y

➤ `Plot(0, Ylim=C(0,0.6), Xlim = C(1,7), Type='N', Xlab="Bands", Ylab = "Reflectance")`

นำวัตถุที่เป็นตารางแสดงผลในแกนข้อมูลที่ได้เตรียมไว้

```

➤ For (I In 1:Nrow(Ms)){
    Lines(Ms[I,], Type = "L", Lwd = 3, Lty = 1, Col = Mycolor[I])
}

```

สร้างคำอธิบายกราฟ

```

➤ Title(Main="พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าจากภาพดาวเทียมแลนด์แซต", Font.Main = 2)

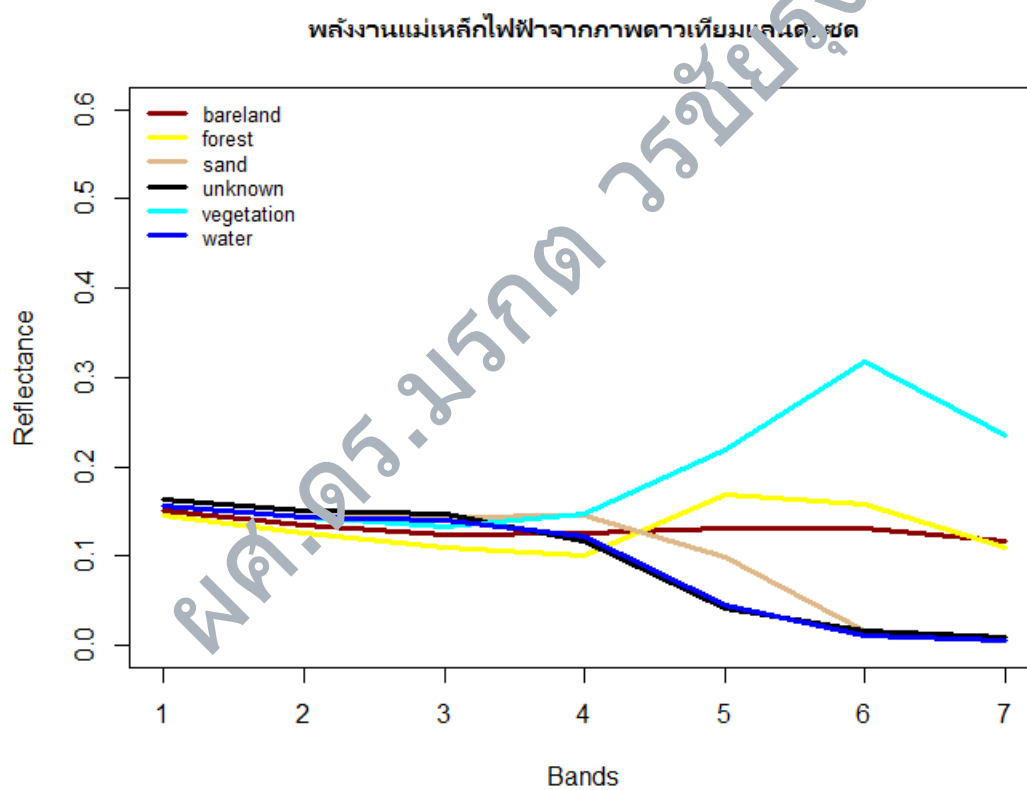
```

สร้างคำอธิบายสัญลักษณ์

```

➤ Legend("Topleft", Rownames(Ms),
    Cex=0.8, Col=Mycolor, Lty = 1, Lwd =3, Bty = "N")

```



รูปที่ 2. 6 พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าจากจุดที่สุ่มไว้ บนภาพดาวเทียม Landsat

## 2.6 สรุป

บทเรียนนี้นักศึกษาได้ทราบถึงความหมายของการสำรวจระยะไกล ตลอดจนกระบวนการของการสำรวจระยะไกล ที่พูดถึงเรื่องพลังงานที่สะท้อนหรือแผ่ออกจากวัตถุ อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจจับและพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนหรือแผ่ออกจากวัตถุ ตลอดจนเรื่องแหล่งพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่กล่าวถึง ทฤษฎีคลื่น ลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ประเภทของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า นอกจากนี้ยังได้รู้ถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ทำปฏิกิริยากับวัตถุ ชั้นบรรยากาศ และพื้นผิวโลก และนักศึกษายังได้ฝึกปฏิบัติการอ่านค่าพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ปฏิสัมพันธ์กับสิ่งปกคลุมดินจากภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่ศึกษาที่นักศึกษาได้รับมอบหมายด้วยโปรแกรม R อันจะส่งผลให้นักศึกษาเกิดความรู้ความเข้าใจที่ตีมากยิ่งขึ้น

ผศ.ดร.มรกต วรชัยรุ่งเรือง

---

## คำถามท้ายบทที่ 2

---

- 1) การสำรวจระยะไกลคืออะไร
- 2) กระบวนการของการสำรวจระยะไกลมีขั้นตอนอย่างไรบ้าง จงอธิบาย
- 3) ช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในงานการสำรวจระยะไกลมีช่วงคลื่นใดบ้าง จงอธิบาย
- 4) พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าทำปฏิกิริสัมพันธ์กับวัตถุอย่างไรบ้าง
- 5) พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าทำปฏิกิริสัมพันธ์กับชั้นบรรยากาศอย่างไรบ้าง
- 6) Rayleigh Scattering และ Mie Scattering มีความแตกต่างกันอย่างไร จงอธิบาย
- 7) จงอ่านค่าพลังงานไฟฟ้าที่ปฏิสัมพันธ์กับสิ่งปกคลุมดินโดยโปรแกรม R โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Level 1- Data Product ของภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 8 OLI ที่ดาวที่แสดงจากบทที่ 1

ผศ.ดร.มรกต วรชัยรุ่งเรือง

ผศ.ดร.มรกต ราชย์รุ่งเรือง

## บทที่ 3

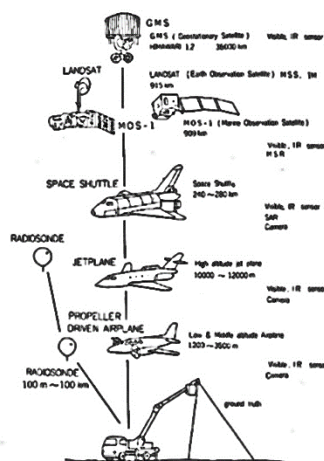
### หลักการยานสำรวจข้อมูลระยะไกล

บทเรียนนี้กล่าวถึง หลักการยานสำรวจข้อมูลระยะไกล อันประกอบด้วย ประเภทยานสำรวจ วงโคจร ดาวเทียม ประเภทวงโคจรดาวเทียม ประเภทดาวเทียม ตลอดจนการฝึกปฏิบัติการอ่านและเปิดภาพดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติทั้งสองรูปแบบ

#### 3.1 ประเภทของยานสำรวจ

ยานสำรวจ (Platform) หมายถึง ยานพาหนะที่อยู่ในระดับสูงจากพื้นดินพอสำรวจสิ่งต่างๆ บนพื้นผิวโลกได้ในมุมกว้าง ยานสำรวจสามารถติดตั้งเครื่องวัด(Sensor) ขึ้นไปด้วย ยานสำรวจที่มีการใช้ประโยชน์เพื่อการสำรวจจากระยะไกลได้แก่ อากาศยานไร้คนขับ เครื่องบินความสูงระดับต่างๆ อากาศยาน (Aircraft หรือ Spacecraft) กระสวยอวกาศ (Space Shuttle) และดาวเทียม (Satellite)

การเลือกประเภทยานสำรวจสำหรับงานสำรวจจากระยะไกล ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ต้องการจะศึกษา ซึ่งแตกต่างกันในระดับความสูงเนื่องจากภาพดาวเทียมที่อยู่ในระดับสูงจะได้ภาพมุมกว้าง และประเภทของวัตถุที่ต้องการศึกษา หากเป็นวัตถุที่แผ่รังสีความร้อน อาจใช้ดาวเทียมที่สามารถรับช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน (Thermal Infrared) นอกจากนี้ผู้ใช้งานจำเป็นต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ในการปฏิบัติงานหากผู้ใช้งานต้องการภาพที่มีความถี่ในการบินถ่ายสูง และมีงบประมาณในการจัดซื้อภาพต่ำ อาจต้องใช้ภาพที่ได้จากอากาศไร้คนขับ



รูปที่ 3.1 ยานสำรวจ (Platform) ประเภทต่าง ๆ

ที่มา Murai, 2014

### 3.2 วงโคจรดาวเทียม

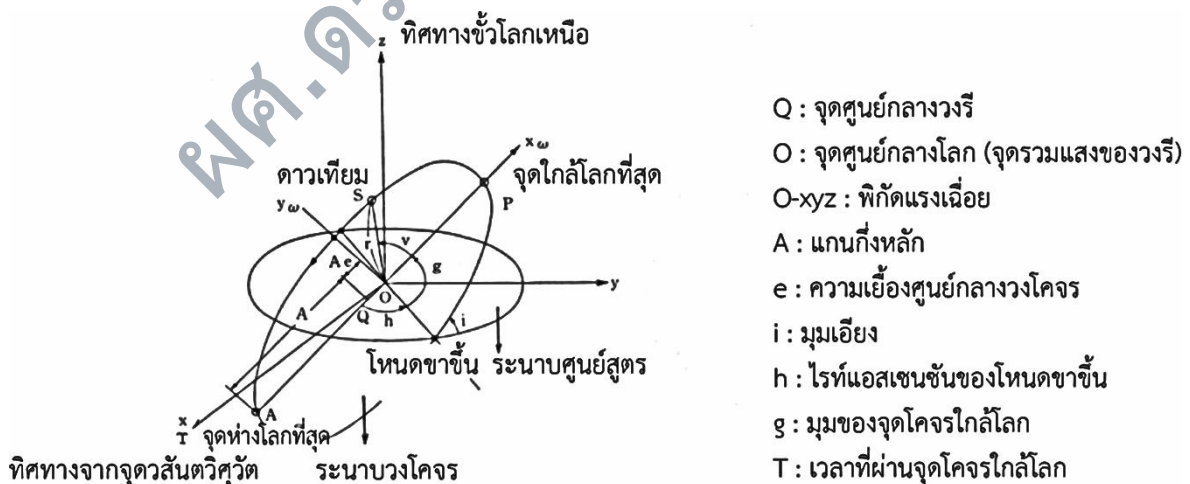
การส่งดาวเทียมขึ้นไปโคจรบนพื้นผิวโลก เพื่อเก็บบันทึกข้อมูล มีวงโคจรของดาวเทียมหลายรูปแบบ ซึ่งมีลักษณะสัมพันธ์กับลักษณะการสำรวจข้อมูลและความถี่ในการรับข้อมูล การเรียกประเภทวงโคจรของดาวเทียมในลักษณะต่างๆ นั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะองค์ประกอบของวงโคจรเป็นหลัก

#### 3.2.1 องค์ประกอบวงโคจรดาวเทียม

ดาวเทียมหมุนรอบโลกในแนวระนาบซึ่งเรียกว่า ระนาบวงโคจร ตำแหน่งของดาวเทียมตามระนาบวงโคจรสามารถแสดงได้จากการอ้างอิงระบบพิกัดระนาบศูนย์สูตร องค์ประกอบวงโคจรดาวเทียม (Orbital Element) โดยทั่วไป ประกอบด้วย

- 1) ระนาบศูนย์สูตร
- 2) เส้นละติจูดดาราศาสตร์ (Astronomical Longitude หรือ Right Ascension) เป็นเส้นที่นับจากจุดวสันตวิษุวัต หรือจุดแบ่งฤดูใบไม้ผลิ (Vernal Equinox) ซึ่งเป็นจุดกำเนิดของเส้นละติจูดดาราศาสตร์ มีค่า 0-24 ชั่วโมง จากจุดวสันตวิษุวัตไปทางตะวันออก
- 3) เส้นลองจิจูดดาราศาสตร์ (Astronomical Latitude) เป็นเส้นที่ทำมุมจากระนาบศูนย์สูตรไปหาขั้วโลกเหนือ (0 ถึง +90 องศา) ไปหาขั้วโลกใต้ (0 ถึง -90 องศา)

องค์ประกอบของวงโคจรอิสระของดาวเทียมสำรวจโลกประกอบด้วยชุดค่าของตัวเลขที่กำหนดวงโคจรของดาวเทียม เรียกว่า 6 องค์ประกอบหลักของวงโคจรเคปเลอร์ (Six Element Of The Keplerian Orbit) มีองค์ประกอบหลักดังนี้



รูปที่ 3. 2 องค์ประกอบวงโคจรดาวเทียม

ที่มา ดัดแปลงจาก Murai, 2014

- 1) แกนกึ่งหลัก (Semi-Major Axis - A) หมายถึง ระยะกึ่งกลางของแกนวงโคจรดาวเทียม บนเส้นตรงระหว่างจุดศูนย์กลางของโลก (O) และดวงอาทิตย์ ในด้านที่ดาวเทียมโคจรอยู่ห่างจากโลกมากที่สุดคือจุด A เป็นจุดที่ดาวเทียมโคจรห่างจากโลกมากที่สุด (Apogee) และจุด P เป็นจุดที่ดาวเทียมโคจรมาอยู่ใกล้โลกมากที่สุด (Perigee) และจุด Q เป็นจุดกึ่งกลางของแกนวงโคจรของดาวเทียมที่เป็นแกนวงรี)
- 2) ความเยื้องศูนย์กลางของวงโคจร (Eccentricity - E)
- 3) ไรต์แอสเซนชันของโหนดขาขึ้น (Right Ascension Of Ascending Node - H) หมายถึง มุมที่อยู่ระหว่างแกนกึ่งหลักด้านที่ดาวเทียมอยู่ห่างจากโลกมากที่สุดกับเส้นที่ลากระหว่างจุดโหนดขาขึ้น (Ascending Node) และจุดโหนดขาลง (Descending Node - จุดตัดระหว่างระนาบศูนย์สูตรและระนาบดาวเทียม)
- 4) มุมของจุดโคจรใกล้โลก (Argument Of Perigee-G) เป็นมุมที่อยู่ระหว่างเส้นอยู่ระหว่างจุดศูนย์กลางของระนาบศูนย์สูตร กับจุดตัดของระนาบศูนย์สูตรกับระนาบดาวเทียมกับแกนกึ่งหลักด้านที่ดาวเทียมอยู่ใกล้โลกมากที่สุด
- 5) มุมเอียง(Inclination Angle-I) เป็นมุมที่ระนาบวงโคจรของดาวเทียมทำกับระนาบของศูนย์สูตร ถ้ามุมเอียงมีค่าระหว่าง 0-90 องศา จะเป็นวงโคจรแนวตั้งตะแคงเข้าขั้วโลกเหนือ ถ้ามุมเอียงอยู่ระหว่าง 90-180 องศา จะเป็นวงโคจรแนวตั้งตะแคงเข้าขั้วโลกใต้ สำหรับมุมเอียงขนาด 90 องศา จะสามารถสำรวจโลกได้ทั้งหมด (จากขั้วโลกถึงขั้วโลกใต้) แต่ถ้าดาวเทียมทำมุมเอียงเพียง 50 องศา จะมีพื้นที่สำรวจเพียงระหว่าง 50 องศาเหนือ ถึง องศาใต้
- 6) เวลาผ่านจุดโคจรใกล้โลก (Time Of Passage Of The Perigee-T)

จากลักษณะขององค์ประกอบวงโคจรดาวเทียม สรุปได้ว่า

- 1) รูปร่างและขนาดของวงโคจร ถูกกำหนดโดยขนาดแกนกึ่งหลัก (A) และความเยื้องศูนย์กลางของวงโคจร (E)
- 2) ระนาบวงโคจรถูกกำหนดโดยมุมเอียง (I) และมุมไรต์แอสเซนชันของโหนดขาขึ้น (H)
- 3) แกนยาวของวงโคจรที่เป็นวงรี ถูกกำหนดโดยมุมของจุดโคจรใกล้โลก (G)
- 4) ตำแหน่งของดาวเทียม ถูกกำหนดโดยเวลาผ่านจุดใกล้โลก (T)

ตัวอย่างการคำนวณ วงโคจรของดาวเทียมของดาวเทียมดวงหนึ่งโดยกำหนดให้ รัศมีของจุดใกล้โลกที่สุดของดาวเทียมเท่ากับ 7000 กิโลเมตร รัศมีจากของจุดห่างโลกที่สุดเท่ากับ 70000 กิโลเมตร กำหนดให้แรงโน้มถ่วงของโลกเท่า 398,600 M<sup>3</sup> / S<sup>2</sup> อยากทราบข้อมูลดังต่อไปนี้ คือ ความเยื้องศูนย์กลางของวงโคจร แกนกึ่งหลัก เวลาที่ใช้ในการบินรอบวัตถุ และอัตราการสิ้นเปลืองพลัง เท่ากับเท่าใด

กำหนดรัศมีของจุดใกล้โลกเท่ากับ (กิโลเมตร)

$$\text{Rp} = 7000$$

กำหนดรัศมีของจุดห่างโลกที่สุดเท่ากับ (กิโลเมตร)

$$\text{Ra} = 70000$$

กำหนดให้แรงโน้มถ่วงของโลกเท่ากับ (นิวตัน)

$$\text{Mu} = 398600$$

ความเยื้องศูนย์กลางของวงโคจร

$$\text{Ecc} = (\text{Ra} - \text{Rp}) / (\text{Ra} + \text{Rp})$$

$$\text{Print}(\text{Ecc})$$

$$= 0.8181818$$

แกนกึ่งหลัก

$$\text{A} = (\text{Ra} + \text{Rp}) / 2$$

$$\text{Print}(\text{A})$$

$$= 38500 \text{ กิโลเมตร}$$

เวลาที่ใช้ในการบินรอบวัตถุ

$$\text{T} = 2 * \text{Pi} / \text{Mu}^{0.5} * \text{A}^{1.5} / 3600$$

$$\text{Print}(\text{T})$$

$$= 20.8833 \text{ ชั่วโมง}$$

อัตราการสิ้นเปลืองพลัง

$$\text{E\_Spec} = -\text{Mu} / (2 * \text{A})$$

$$\text{Print}(\text{E\_Spec})$$

$$= -5.1766 \text{ จูล}$$

หากกำหนดให้รัศมีของโลกเท่า 6378 กิโลเมตร ต้องใช้เวลาเท่าใดดาวเทียมจะบินจากจุดใกล้โลกที่สุดสู่จุดที่ห่างโลกที่สุด

กำหนดให้รัศมีของโลกเท่า 6378 กิโลเมตร

$$R_{\text{Earth}} = 6378$$

ต้องใช้เวลาเท่าใดดาวเทียมจะบินจากจุดใกล้โลกที่สุดสู่จุดที่ห่างโลกที่สุด

$$\text{➤ } A = R_{\text{Earth}} + (7000+70000)/2$$

$$\text{➤ } T_h = \pi/\mu^{0.5} \cdot A^{1.5}/60$$

$$\text{➤ } T_h = T_h/60$$

$$\text{➤ } \text{Print}(T_h)$$

$$= 13.14631 \text{ ชั่วโมง}$$

### 3.3 ประเภทวงโคจรของดาวเทียม

ขนาดของวงโคจรคำนวณได้จากการยกตัวอย่างของวงโคจรทรงกลม (Circularorbit) ซึ่งถือว่าเป็นวงโคจรพื้นฐานที่นำมาใช้มากที่สุดขนาดวงโคจรหาได้จากพิกัดขั้วโลก (R,  $\Theta$ ) ดังนี้

$$R = R_e + H_s \quad \Theta = \Theta_0 t$$

โดย  $R_e$  = รัศมีของโลก = 6,378 กิโลเมตร

$H_s$  = รัศบีความสูงของดาวเทียม

$T$  = เวลา

$$\Theta_0 = \text{ความเร็วเชิงมุม} = \sqrt{\mu/r^3} \quad (\mu \text{ เป็นค่าคงที่แรงโน้มถ่วง} = 398,600 \text{ M}^3/\text{S}^2)$$

( $A^3$  เป็นแกนกึ่งหลัก)

$$T = \text{เวลา} = 2\pi/\Theta_0 = 2\pi\sqrt{(r_e + h_s)^3/\mu}$$

(DeCross, Gaba, & Khim , 2017)

ตัวอย่างการคำนวณความเร็ว และ การหาคาบเวลา จากขนาดวงโคจรของดาวเทียมในโปรแกรม R

กำหนดให้รัศมีของโลกเท่ากับ 6,378 กิโลเมตร

➤  $R\_Earth = 6378$

กำหนดให้แรงโน้มถ่วงของโลกเท่า  $398,600 \text{ M}^3 / \text{S}^2$

➤  $\text{Mu} = 398600$

กำหนดให้ค่าพายเท่า 3.14

➤  $\text{Pi} = 3.14$

กำหนดให้ความสูงของดาวเทียมเท่า 160 – 2000 กิโลเมตร โดยเพิ่มขึ้นทีละ 100 เมตร

➤  $H = 160:1:2000$

การหาความเร็วของดาวเทียม

➤  $V = (\text{Mu}/(R\_Earth + H))^{0.5}$

การหาคาบเวลาของดาวเทียม

➤  $T = 2 * \text{Pi} * (R\_Earth + H)^{1.5} / \text{Mu}^{0.5}$

➤  $T = T1/60t = T/60$  ทำการแปลงหน่วยเป็นนาที

สร้างแกนข้อมูล X และ แกนข้อมูล Y ตลอดจนคำอธิบาย แกน X และ แกน Y

➤  $\text{Plot}(H, V, \text{Xlab} = \text{"ความสูง[กิโลเมตร]"}, \text{Ylab} = \text{"ความเร็ว[กิโลเมตรต่อวินาที]"});$

สร้างชื่อกราฟการหาความเร็วเชิงมุมของดาวเทียม

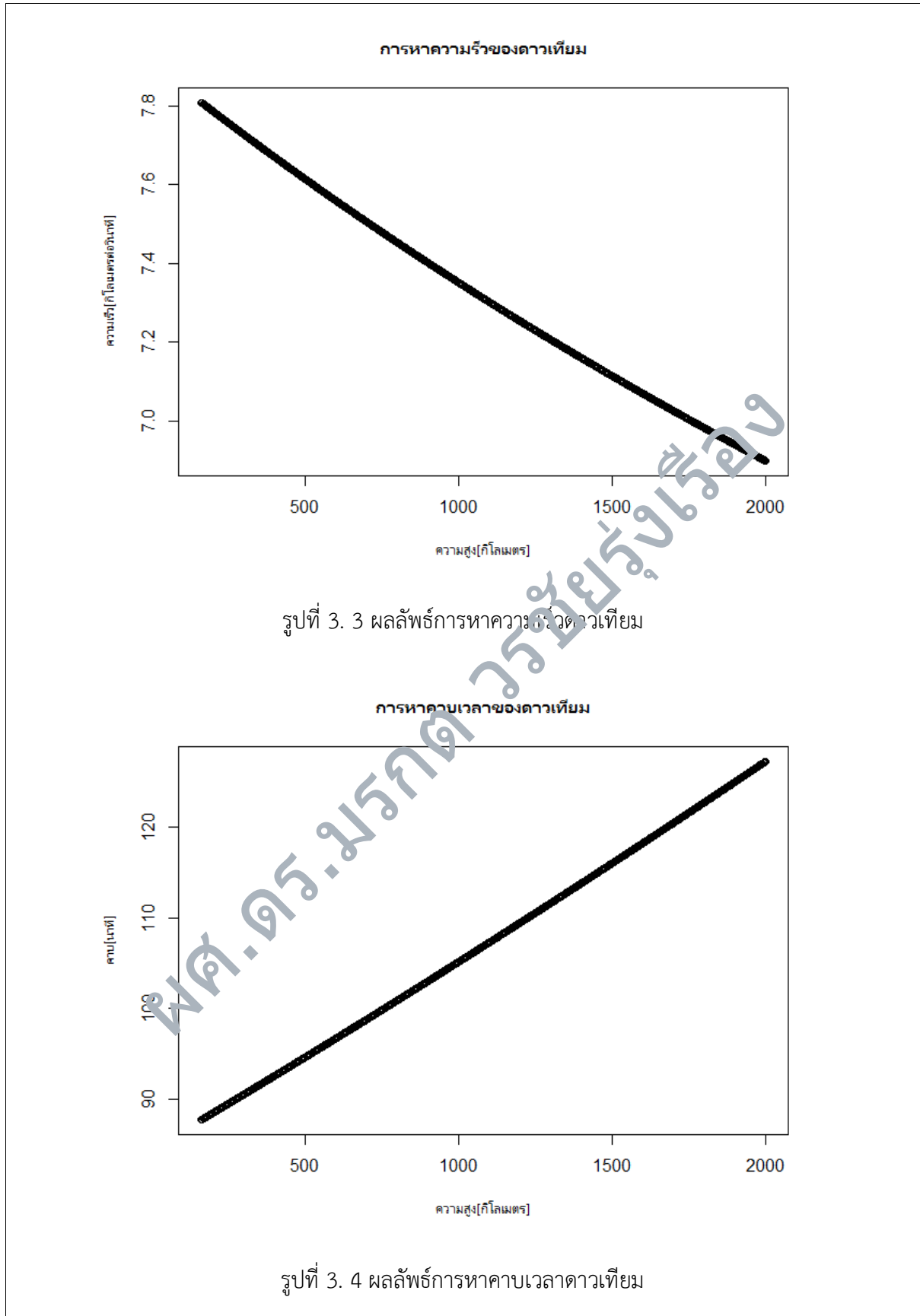
➤  $\text{Title}(\text{Main} = \text{"การหาความเร็วของดาวเทียม"})$

สร้างแกนข้อมูล X และ แกนข้อมูล Y ตลอดจนคำอธิบาย แกน X และ แกน Y

➤  $\text{Plot}(H, T, \text{Xlab} = \text{"ความสูง[กิโลเมตร]"}, \text{Ylab} = \text{"คาบ[นาที]"});$

สร้างชื่อกราฟการหาคาบเวลาของดาวเทียม

➤  $\text{Title}(\text{Main} = \text{"การหาคาบเวลาของดาวเทียม"})$



จากตัวอย่างการคำนวณความเร็วของดาวเทียมมีความสัมพันธ์กับระดับความสูงของดาวเทียมมาก โดยจำเป็นต้องรักษาระดับความเร็วให้คงที่มากที่สุดและจะต้องไม่น้อยหรือมากกว่าความเร็วที่กำหนดโดยปกติ ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรที่ระดับความสูง 1,000 กิโลเมตร ต้องมีความเร็วในการเคลื่อนที่ประมาณ 7.3 กิโลเมตร/วินาที เพื่อที่จะสามารถรักษาระดับวงโคจรปกติเอาไว้ หากความเร็วลดลงจะมีผลทำให้ดาวเทียมตกลงสู่โลกได้ ถ้าความเร็วมากเกินไปจะเกิดการโคจรไปนอกวงโคจรที่กำหนด ซึ่งทำให้การสำรวจต่างๆ ที่ต้องการคลาดเคลื่อน

วงโคจรของดาวเทียมสามารถแบ่งออกเป็นหลายประเภทตามลักษณะเด่นของวงโคจร โดยนิยมแบ่งกันได้หลายประเภท ได้แก่ รูปทรงของระนาบวงโคจร มุมเอียงของระนาบวงโคจร และระยะเวลาของวงโคจร

### 3.3.1 วงโคจรตามรูปทรงของระนาบวงโคจร

เป็นการแบ่งวงโคจรตามรูปทรงของระนาบวงโคจร โดยการเปรียบเทียบ ค่าความเยื้องศูนย์กลางของวงโคจร (Eccentricity-E) ดังนี้

- |                          |   |
|--------------------------|---|
| 1) วงโคจรทรงกลม          | ค่า E เท่ากับ 0                           |
| 2) วงโคจรทรงรี           | ค่า E อยู่ระหว่าง 0 และ 1 ( $0 < E < 1$ ) |
| 3) วงโคจร                | ค่า E เท่ากับ 1                           |
| 4) วงโคจรแบบไฮเปอร์โบล่า | ค่า E เท่ากับ 1                           |

(ดนตรี, 2549)

### 3.3.2 วงโคจรตามมุมเอียงของวงโคจร

เป็นการแบ่งตามลักษณะมุมเอียงของระนาบวงโคจร (Inclination Angle - I) ดังนี้

วงโคจรเส้นศูนย์สูตร  $I \cong 0$

วงโคจรเอียงลาด  $I$  อยู่ระหว่าง 0-50 องศา ระนาบวงโคจรจะเอียงทางด้านขวา

$I$  อยู่ระหว่าง 90-180 องศา ระนาบวงโคจรจะเอียงทางด้านซ้าย

ระนาบวงโคจรขั้วโลก  $I \cong 90$  องศา ดาวเทียมจะโคจรผ่านขั้วโลกเหนือไปยังขั้วโลกใต้

### 3.3.3 การแบ่งวงโคจรตามระยะเวลา

เป็นการแบ่งประเภทวงโคจรตามลักษณะของระยะเวลาที่ดาวเทียมเคลื่อนที่ จัดเป็นประเภทวงโคจรที่มีการอ้างอิงมากที่สุด ประกอบด้วยวงโคจร 2 ประเภท คือ

- 1) วงโคจรสัมพันธ์กับโลก (Geo-Synchronous Orbit) เป็นวงโคจรที่ดาวเทียมมีอัตราการโคจรเท่ากับอัตราการหมุนรอบตัวเองของโลก ( $T_{24} = 86164.1$  วินาที) ทำให้ ณ จุดๆ หนึ่งบนผิวโลกมองเห็นเหมือนดาวเทียมไม่ได้เคลื่อนที่ไป แต่ลอยนิ่งอยู่เหมือนเส้นศูนย์สูตร ( $i \cong 0$ ) หรือมีวงโคจรเป็นทรงกลม ดาวเทียมที่มีวงโคจรแบบนี้จะมีระดับความสูงเหนือผิวโลกประมาณ 36,000 กิโลเมตร บริเวณเหนือเส้นศูนย์สูตรเป็นประโยชน์ในการปฏิบัติงานที่ครอบคลุมพื้นที่กว้างและการสังเกตการณ์ ณ ตำแหน่งเดียวกันตลอดเวลาส่วนใหญ่เป็นดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา หรือดาวเทียมโทรคมนาคม
- 2) วงโคจรสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ (Sun Synchronous Orbit) เป็นวงโคจรที่จุดโหนดขาขึ้น (Ascending Node) ของระนาบดาวเทียมจะกลับมาครบรอบ ณ ตำแหน่งเดิมในเวลา 1 ปี เพราะระนาบของวงโคจรทำมุมคงที่กับทิศทางระหว่างดวงอาทิตย์และโลก ดังนั้นเมื่อโลก หมุนรอบดวงอาทิตย์ใช้เวลา 1 ปี จุดโหนดขาขึ้นจะย้อนกลับมาที่ตำแหน่งเดิมในเวลา 1 ปีเช่นกัน วงโคจรลักษณะนี้มีประโยชน์ในการกำหนดให้ดาวเทียมผ่านตามแนวละติจูดที่ตั้งไว้ในเวลาเดียวกันเสมอ ตัวอย่างเช่น ดาวเทียมไทยโชติ ซึ่งมีลักษณะโคจรแบบสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ จะผ่านประเทศไทยประมาณ 11 น. ตามเวลาท้องถิ่น (Local Time) จะผ่านเส้นศูนย์สูตรประมาณ 10.30 น. ตามเวลาท้องถิ่น

### 3.4 ประเภทของดาวเทียม

ปัจจุบันมีการส่งดาวเทียมขึ้นไปจรรอบโลกจำนวนมากมาย โดยดาวเทียมที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ แบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่มใหญ่ ตามวัตถุประสงค์ในการใช้งาน คือ

- 1) ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Satellite)
- 2) ดาวเทียมสำรวจทางสมุทรศาสตร์ (Marine Observation Satellite)
- 3) ดาวเทียมสำรวจทรัพยากร (Earth Resource Satellite)
- 4) ดาวเทียมแสดงพิกัดตำแหน่ง (Global Positioning System Satellite)

#### 3.4.1 ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา

เป็นดาวเทียมที่ใช้ในงานด้านการสำรวจทางอุตุนิยมวิทยา มีวงโคจรเป็นทั้งแบบสัมพันธ์กับโลกและสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ มีระดับความสูงเหนือพื้นโลกมากกว่า 35,000 กิโลเมตร มีความถี่ในการสำรวจบ่อยมาก เช่น ในทุกวันทุก 6 ชั่วโมง เป็นต้น เพื่อวัตถุประสงค์ในการถ่ายภาพชั้นบรรยากาศของโลกเป็นประจำวัน เพื่อการได้ภาพต่อเนื่องของบรรยากาศโลกและทิศทางการเคลื่อนที่ของปรากฏการณ์ด้านอุตุนิยมวิทยา ที่

สามารถเก็บและถ่ายทอดข้อมูลให้แก่สถานีภาคพื้นดิน และเพื่อคาดการณ์สภาวะอากาศของโลกประจำวัน รวมทั้งการพยากรณ์อากาศในอนาคต ข้อมูลจากดาวเทียมทางอุตุนิยมวิทยายังสามารถนำไปศึกษาด้าน ปฐพีวิทยาและสมุทรศาสตร์ได้เป็นอย่างดีด้วย

ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาที่มีการใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง ได้แก่ ดาวเทียม Noaa (National Oceanic And Atmospheric Administration), Sms/Goes (Synchronous Meteorological Satellite/Geostationary Operational Environment Satellite), Nibus, Meteosat, Gms, Mt-Sat และ Kalpana-1 เป็นต้น

### 3.4.2 ดาวเทียมสำรวจสมุทรศาสตร์

แม้ว่าจะสามารถใช้ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยามาศึกษาด้านสมุทรศาสตร์ได้ด้วย แต่ยังมีข้อมูลไม่เพียงพอ จึงมีการสร้างดาวเทียมเพื่อสำรวจสมุทรศาสตร์ (Marine Observation Satellite) โดยเฉพาะเป็นดาวเทียมที่ติดตั้งอุปกรณ์เพื่อการศึกษาทางด้านสมุทรศาสตร์ส่วนใหญ่เป็นเครื่องมือเกี่ยวกับระบบไมโครเวฟ เช่น เรดาร์ แบบช่องเปิดสังเคราะห์ (Synthetic Aperturg Radar – Sar) ดาวเทียมประเภทนี้มีระดับความสูงเหนือพื้นโลกไม่เกิน 1,000 กิโลเมตร ได้แก่ ดาวเทียม Seawifs และดาวเทียม Mos

### 3.4.3 ดาวเทียมสำรวจทรัพยากร

ดาวเทียมสำรวจทรัพยากร (Earth Resource Satellite) เป็นกลุ่มดาวเทียมชุดแรกของโลกที่ได้รับการออกแบบเพื่อการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ โดยเฉพาะ มีจำนวนการพัฒนามากที่สุด โดยมีจุดประสงค์ในการถ่ายภาพหลายช่วงคลื่นพร้อมกัน แล้วเก็บและถ่ายทอดข้อมูลจากเครื่องวัดบนดาวเทียมมาสู่สถานีภาคพื้นดิน ข้อมูลที่ได้ส่วนใหญ่ใช้ในการวัดค่าการสะท้อนของวัตถุบนพื้นผิวโลก ในช่วงคลื่นต่างๆในย่านคลื่นตามองเห็น อินฟราเรด และไมโครเวฟ ซึ่งสามารถแปลงสัญญาณมาเป็นข้อมูลเชิงตัวเลขและข้อมูลภาพถ่ายได้ และนำมาวิเคราะห์และตีความในภายหลัง ดาวเทียมส่วนใหญ่มีวงโคจรสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ มีระดับความสูงเหนือผิวโลกไม่เกิน 1,200 กิโลเมตร และมีรายละเอียดจุดภาพ ทั้งที่เป็นมาตราส่วนขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ โดยคุณลักษณะต่าง ๆ ของดาวเทียมสำรวจทรัพยากร แต่ละดวง สามารถศึกษาได้จาก ตารางที่

ตารางที่ 3. 1 คุณสมบัติต่าง ๆ ของดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ

เซนเซอร์	องค์กร รับผิดชอบ	เวลาที่ ปฏิบัติการ	ฉากภาพ	รายละเอียด เชิงพื้นที่	รายละเอียด เชิงเวลา	รายละเอียด รังสี	รายละเอียด เชิงคลื่น	จำนวนแบนด์
Landsat 1-5 Multispectral Scanner (Mss)	Nasa, Us	1972 – 1992	185	80 (Ms), 240 (Tir)	16 -18 วัน	8 บิต	0.5 - 1.1, 10.4 – 12.6	4 - 5
Landsat 4-5 Thematic Mapper (Tm)	Nasa, Us	1982 – 2011	185	30 (Ms), 120 (Tir)	16 วัน	8 บิต	0.45 – 2.35 , 10.4 – 12.5	7
Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (Etm+)	Nasa, Us	1999	185	15 (Pan) 30 (Ms), 60 (Tir)	16 วัน	8 บิต	0.52 – 0.9 (Pan) 0.45 – 2.35 , 10.4 – 12.5	7 + Pan
Landsat 8 Operational Land Imager (Oli)	Nasa, Us	2013	185	15 (Pan) 30 (Ms)	16 วัน	12 บิต	0.503 – 0.676 (Pan) 0.453 -0.451 (Coastal/Aerosol)	8 + Pan

ตารางที่ 3. 1 คุณสมบัติต่าง ๆ ของดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ

เซนเซอร์	องค์กร รับผิดชอบ	เวลาที่ ปฏิบัติการ	ฉากภาพ	รายละเอียด เชิงพื้นที่	รายละเอียด เชิงเวลา	รายละเอียด รังสี	รายละเอียด เชิงคลื่น	จำนวนแบนด์
							0.452 – 2.294 , 1.36 – 1.39 (Cirrus)	
Landsat 8 Thermal Infrared Sensor (Tirs)	Nasa, Us	2013	185	100	16 วัน	12 ปีท	10.6 – 11.2, 11.5 - 12.5	2
Modis (Eos Terra And Aqua)	Nasa, Us	1999	2300	250 (Pan), 500 (Vnir), 1000 (Swir)	1 – 2 วัน	12 ปีท	0.620 – 2.155, 3.66 – 14.385	36
Aster (Eos Terra)	Nasa, Us	1999	60	15 (Vnir), 30 (Swir), 90 (Tir)	4 – 16 วัน	8 ปีท (Vnir / Swir) 12 ปีท (Tir)	0.52 – 0.86, 1.6 – 2.43, 8.125 – 11.65	14
Hyperion (Eo-1)	Nasa, Us	2000	7.5	30	16 วัน	12 ปีท	0.353 – 2.577	220
Ikonos	Digitalglobe, Us	1999	11.3	1 (Pan) 4 (Ms)	3 – 5 วัน	11 ปีท	0.526 – 0.929 (Pan)	4+ Pan

ตารางที่ 3. 1 คุณสมบัติต่าง ๆ ของดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ

เซนเซอร์	องค์กร รับผิดชอบ	เวลาที่ ปฏิบัติการ	ฉากภาพ	รายละเอียด เชิงพื้นที่	รายละเอียด เชิงเวลา	รายละเอียด รังสี	รายละเอียด เชิงคลื่น	จำนวนแบนด์
							0.445 – 0.853	
Quickbird	Digitalglobe, Us	2001	18	0.65 (Pan), 2.62 (Ms)	2.5 – 5.6 วัน	11 บิท	0.405 -1.053 (Pan), 0.43 -0.918	4+ Pan
Geoeye -1	Digitalglobe, Us	2008	15.2	0.41 (Pan), 1.65 (Ms)	< 3 วัน	11 บิท	0.45 – 0.8 (Pan), 0.45 – 0.92	4+ Pan
Worldview – 2	Digitalglobe, Us	2009	16.4	0.46 (Pan), 1.85 (Ms)	1. – 3.7 วัน	11 บิท (Pan และ Ms), 14 บิท (Swir)	0.45 – 0.8 (Pan), 0.45 – 1.04	8+ Pan
Worldview – 3	Digitalglobe, Us	2014	13.1	0.31 (Pan), 1.24 (Ms) 3.7 (Swir), 3. (Cavis)	< 1 วัน	11 บิท (Pan และ Ms), 14 บิท (Swir)	0.45 – 0.8 (Pan), 0.45 – 1.04, 1.195 -2.365, 0.405 – 2.245 (Cavis)	28+ Pan

### 3.4.4 ดาวเทียมแสดงพิกัดตำแหน่ง

ดาวเทียมแสดงพิกัดตำแหน่ง (Global Positioning System - GPS) เป็นดาวเทียมที่เกิดขึ้นในช่วงทศวรรษที่ 1960 ในช่วงสงครามเย็น โดยประเทศสหรัฐอเมริกาประดิษฐ์ขึ้นมาใช้งานเพียงประเทศเดียว มีวัตถุประสงค์ครั้งแรกเพื่อกิจการทหาร ต่อมาหลังยุคสงครามเย็น หรือตั้งแต่ปี 1967 จึงอนุญาตให้นำมาใช้ในกิจการพลเรือนในด้านการนำร่อง (Navy Navigation Satellite System - Transit) เช่น การสำรวจ การเดินเรือ การจราจรทางอากาศ เป็นต้น เป็นดาวเทียมที่มีวงโคจรขั้วโลก (Polar Orbit) มีความสูงจากผิวโลก 1,000 กิโลเมตร โดยส่งคลื่นขนาดความถี่ 150 และ 400 Mhz ต่อมามีการพัฒนาระบบการนำร่องแบบ Navstar (Navigation Satellite Timing And Ranging) ระบบเหล่านี้เป็นระบบที่พัฒนาเพื่อกิจการทหาร ระบบที่นำมาประยุกต์ใช้เพื่องานด้านพลเรือน หรือดาวเทียมแสดงพิกัดตำแหน่งเริ่มใน พ.ศ. 2521 โดยองค์ประกอบของระบบดาวเทียมแสดงพิกัดตำแหน่ง มีองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ

- 1) องค์ประกอบด้านอวกาศ (Space Segment) เป็นเรื่องเกี่ยวกับวงโคจรของดาวเทียม โดยบริเวณเหนือท้องฟ้าจะมีดาวเทียมโคจรรอบโลกจำนวน 27 ดวง และปีเสณวงโคจรทั้งหมด 6 ระนาบวงโคจร โดยในแต่ละระนาบวงโคจรจะมีดาวเทียมแสดงพิกัดตำแหน่งอย่างน้อย 4 ดวง ระยะทางจากดาวเทียมแต่ละดวงถึงผิวโลกประมาณ 22,100 กิโลเมตร ระนาบวงโคจรของดาวเทียมจะทำมุมเอียงกับระนาบเส้นศูนย์สูตรระหว่าง 55-63 องศา ดาวเทียมแต่ละดวงจะโคจร 1 รอบใช้เวลา 12 ชั่วโมง ดังนั้นหากสังเกตบนท้องฟ้าจะพบดาวเทียมอย่างน้อย 12 ดวงในซีกโลกด้านที่เราอยู่ และดาวเทียมอีกประมาณ 12 ดวงจะโคจรด้านซีกโลกตรงข้าม พื้นที่ทำงานของดาวเทียมจะไม่คลุมโลกทั้งหมด แต่จะอยู่เพียงระหว่างละติจูด 55-63<sup>o</sup> N และ 55-63<sup>o</sup> S ตามมุมเอียงที่ระนาบดาวเทียมทำกับระนาบเส้นศูนย์สูตร
- 2) องค์ประกอบด้านการควบคุม (Control Segment) เป็นส่วนที่ผู้ใช้งานทั่วไปไม่ได้เข้าไปเกี่ยวข้องกับระบบควบคุม การทำงานทุกอย่างอยู่ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีศูนย์ควบคุมการเคลื่อนที่ของดาวเทียม 3 แห่ง คือ ศูนย์ควบคุมใหญ่อยู่ที่ฐานทัพอากาศฟอนคอลล (Falcon Air Forec Base) ตั้งอยู่ที่เมือง Colorado Springs มลรัฐโคโลราโด และมีศูนย์ย่อย 2 แห่ง ที่มลรัฐฮาวาย และ ฟลอริดา ศูนย์ทั้ง 3 แห่ง ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของดาวเทียมให้อยู่ในสภาวะปกติ มีทิศทางและตำแหน่งอยู่ในระนาบวงโคจรที่ตั้งไว้ตลอดเวลา
- 3) องค์ประกอบด้านผู้ใช้งาน

ดาวเทียมบอกระบบพิกัดโลกใช้ช่วงคลื่นความถี่ 4 ระดับ โดยทำการส่งคลื่นทั้งหมดออกไปพร้อมกันคือ

- (1). คลื่น L1 มีความถี่ 1,572.42 Mhz ใช้ในงานรังวัดด้วยเครื่องรังวัดมีความละเอียดถูกต้องมากกว่า

- (2). คลื่น L2 มีความถี่ 1,227.60 Mhz ใช้ในงานรังวัดด้วยเครื่องรังวัดมีความละเอียดถูกต้องมากกว่า
- (3). คลื่น P(Y)-Code มีความถี่ 10.23 Mhz เป็นช่วงคลื่นที่ให้ความถูกต้องมากใช้ในการนำร่องทางทหาร
- (4). คลื่น C/A-Code (Coarse/Acquisition Code) มีความถี่ 1.023 Mhz ใช้มากในเครื่องแสดงพิกัดตำแหน่งแบบมือถือ ความถูกต้องน้อยกว่าคลื่น L1 และ L2

### 3.5 การอ่านเปิดภาพดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติโปรแกรม R

บทเรียนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเปิดภาพดาวเทียมที่ตนเอง ดาวโหลดจากแหล่งข้อมูลจากบทที่ 1 ด้วยตนเอง และแสดงผลภาพแต่ละช่วงคลื่นโดยอาศัยเครื่องมือคือ โปรแกรม R โดยข้อมูลที่ทำ การทดลองเป็นภาพดาวเทียม Landsat และ Modis เพื่อตรวจสอบหาความเหมือนและความแตกต่าง

#### 3.5.1 การอ่านเปิดภาพดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ Landsat โปรแกรม R

เรียก Library Raster โดยก่อนเรียก Library จำเป็นต้องทำการติดตั้ง Package ชื่อ Raster (เพิ่มเติมบทที่ 1)

➤ `Library(Raster)`

สร้างวัตถุชื่อ `Rgb_Image_7Bands` จากนั้นใช้คำสั่ง `Stack` ที่ติดตั้งมาใน Library Raster เพื่อเรียงภาพให้เป็นภาพเดียว

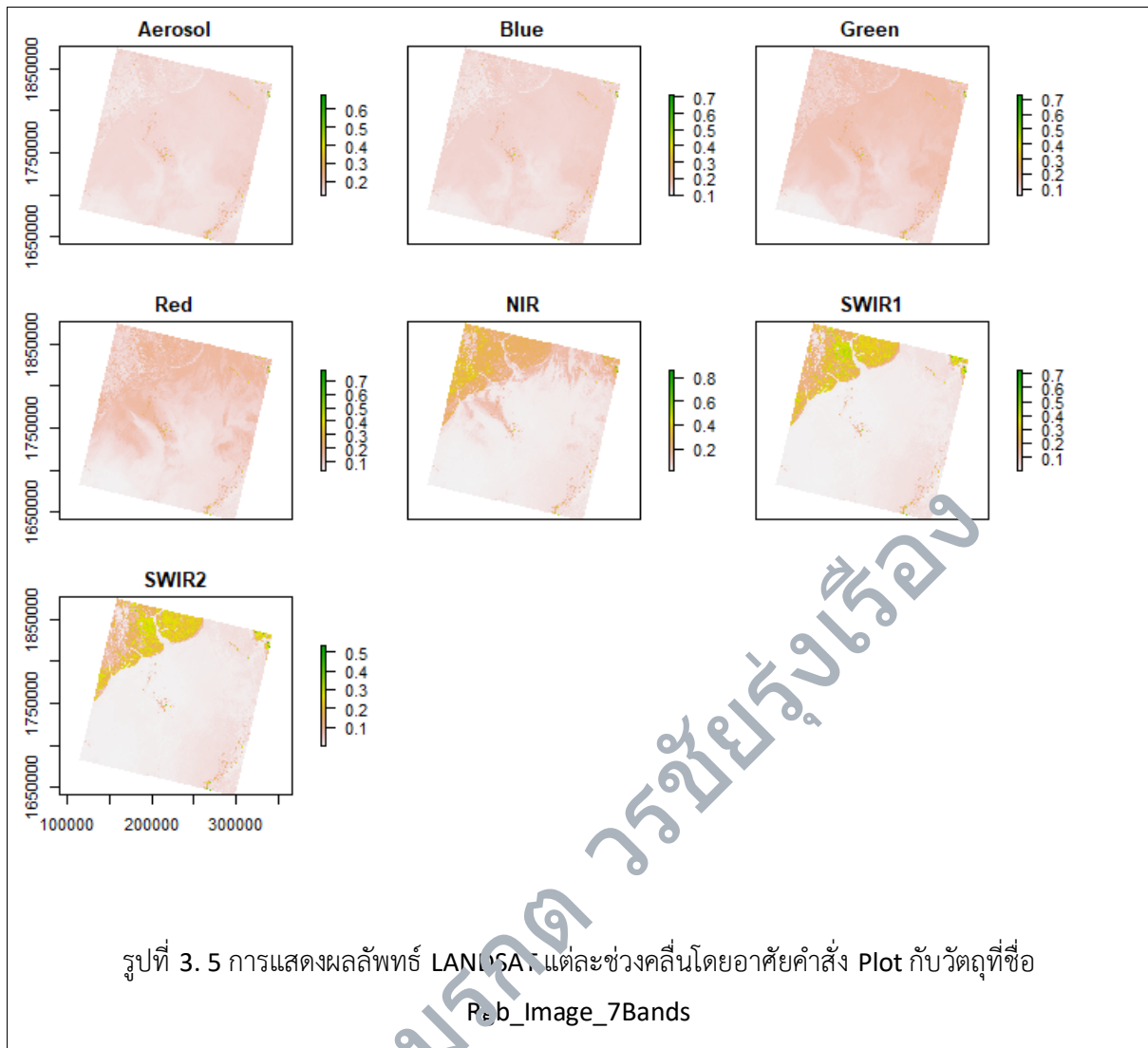
➤ `Rgb_Image_7Bands <- Stack("โฟลเดอร์ที่เก็บงานของผู้ใช้งาน\ชื่อภาพดาวเทียม.Tif")`

ใช้คำสั่ง `Name` เพื่อตั้งชื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ละช่วงคลื่นขึ้นมาใหม่

➤ `Names(Rgb_Image_7Bands) <- C("Aerosol", "Blue", "Green", "Red", "Nir", "Swir1", "Swir2")`

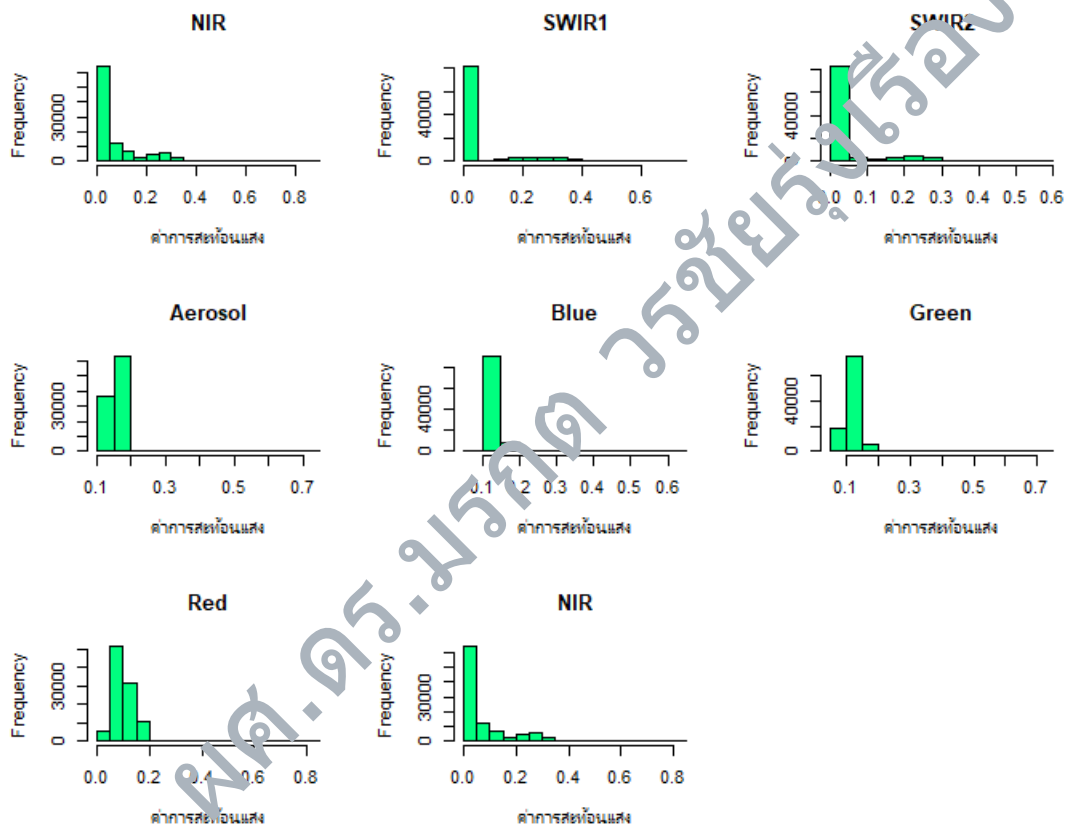
แสดงผลลัพธ์แต่ละช่วงคลื่นโดยอาศัยคำสั่ง `Plot` กับวัตถุที่ชื่อ `Rgb_Image_7Bands` ที่ได้ทำการสร้างไว้

➤ `Plot(Rgb_Image_7Bands)`



จากนั้นทำการสร้าง Histogram จากคำสั่ง Hist โดยอาศัยคำสั่ง Hist กับวัตถุที่ชื่อ Rgb\_Image\_7Bands จากนั้นทำการกำหนดสีโดยใช้คำสั่ง Col โดยสามารถเลือกที่สีที่ต้องการได้ตามความต้องการ (เพิ่มเติม <https://www.stat.auckland.ac.nz/~ihaka/downloads/r-colours-a4.pdf> ทำการสร้างคำอธิบายได้กราฟใช้คำสั่ง Xlab)

```
➤ Hist(Rgb_Image_7bands,
      Col = "Springgreen",
      Xlab = "ค่าการสะท้อนแสง")
```



รูปที่ 3.6 การสร้าง Histogram LANDSAT จากคำสั่ง Hist

### 3.5.2 การอ่านเปิดภาพดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ Modis โปรแกรม R

เรียก Library Raster โดยก่อนเรียก Library จำเป็นต้องทำการติดตั้ง Package ชื่อ Raster (เพิ่มเติมบทที่ 1)

#### ➤ Library(Raster)

สร้างวัตถุชื่อ Rgb\_Modis\_7Bands จากนั้นใช้คำสั่ง Stack ที่ติดตั้งมาใน Library Raster เพื่อเรียงภาพให้เป็นภาพเดียว

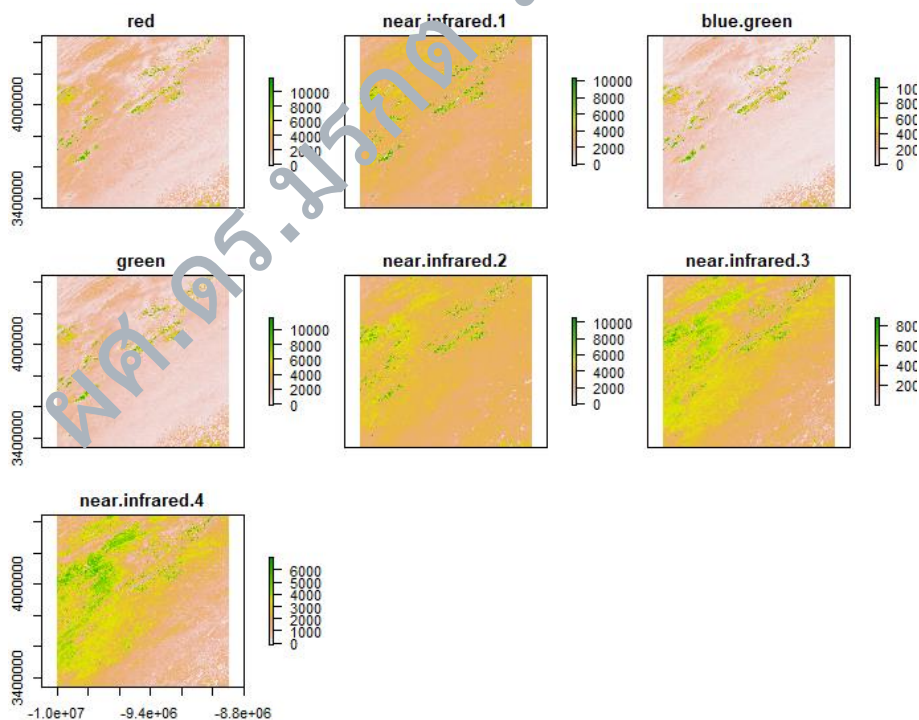
#### ➤ Rgb\_Modis\_7bands<- Stack("โฟลเดอร์ที่เก็บงานของผู้ใช้งาน\ชื่อภาพดาวเทียม.Tif")

ใช้คำสั่ง Name เพื่อตั้งชื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ละช่วงคลื่นขึ้นมาใหม่

#### ➤ Names(Rgb\_Modis\_7bands) <- C("Red", "Near Infrared", "Blue/Green", "Green", "Near Infrared", "Near Infrared", "Near Infrared")

แสดงผลพัทธ์แต่ละช่วงคลื่นโดยอาศัยคำสั่ง Plot กับวัตถุที่ชื่อ Rgb\_Image\_7Bands ที่ได้ทำการสร้างไว้

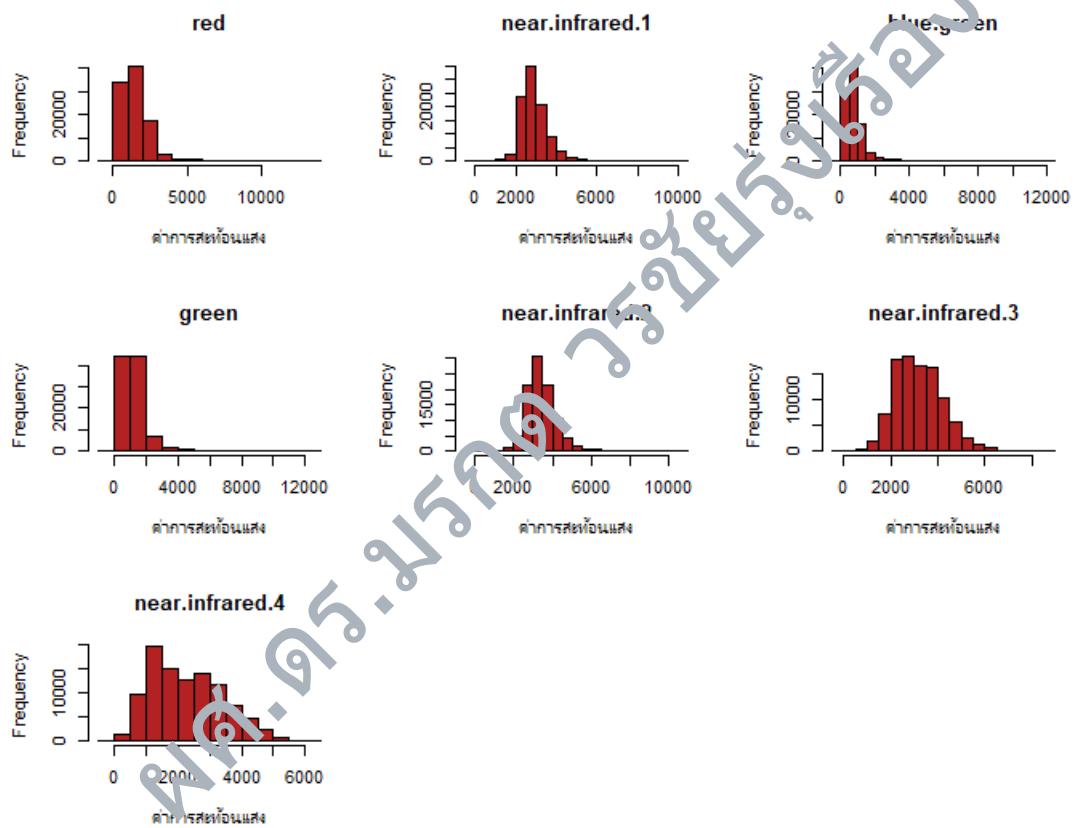
#### ➤ Plot(Rgb\_Modis\_7bands)



รูปที่ 3.7 การแสดงผลพัทธ์ MODIS แต่ละช่วงคลื่นโดยอาศัยคำสั่ง Plot กับวัตถุที่ชื่อ Rgb\_Image\_7Bands

จากนั้นทำการสร้าง Histogram จากคำสั่ง Hist โดยอาศัยคำสั่ง Hist กับวัตถุที่ชื่อ Rgb\_Modis\_7Bands จากนั้นทำการกำหนดสีโดยใช้คำสั่ง Col โดยสามารถเลือกที่สีที่ต้องการได้ตามความต้องการ (เพิ่มเติม <https://www.stat.auckland.ac.nz/~lhaka/Downloads/R-Colours-A4.pdf> ทำการสร้างคำอธิบายใต้กราฟใช้คำสั่ง Xlab)

```
Hist(Rgb_Modis_7bands,
     Col = "firebrick",
     Xlab = "ค่าการสะท้อนแสง")
```



รูปที่ 3. 8 การสร้าง Histogram MODIS จากคำสั่ง Hist

### 3.6 สรุป

ในบทเรียนนี้นักศึกษาได้ทราบถึงประเภทยานสำรวจ วงโคจรของดาวเทียมมีองค์ประกอบอะไรบ้าง ประเภทวงโคจรดาวเทียม เช่น วงโคจรตามรูปทรงของระนาบวงโคจร วงโคจรตามมุมเอียงของวงโคจร การแบ่งวงโคจรตามระยะเวลา ตลอดจนทราบถึงประเภทของดาวเทียม เช่น ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา ดาวเทียมสำรวจสมุทรศาสตร์ ดาวเทียมสำรวจทรัพยากร และดาวเทียมแสดงพิกัดตำแหน่ง รวมไปถึงการอ่านเปิดภาพดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติโดยโปรแกรม R ทั้งภาพดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ Landsat และ MODIS

ผศ.ดร.มรกต วรชัยรุ่งเรือง

### คำถามท้ายบทที่ 3

- 1) องค์ประกอบของวงโคจรดาวเทียมมีอะไรบ้าง จงอธิบาย
- 2) จงคำนวณวงโคจรของดาวเทียมของดาวเทียมดวงหนึ่งโดยกำหนดให้ รัศมีของจุดใกล้โลก ที่สุดของดาวเทียมเท่ากับ 1400 กิโลเมตร รัศมีจากของจุดห่างโลกที่สุดเท่ากับ 140000 กิโลเมตร กำหนดให้แรงโน้มถ่วงของโลกเท่า  $398,600 \text{ M}^3 / \text{S}^2$  อยากทราบข้อมูลดังต่อไปนี้ คือ ความเยื้องศูนย์กลางของวงโคจร แกนกึ่งหลัก เวลาที่ใช้ในการบินรอบวัตถุ และอัตราการสิ้นเปลืองพลัง เท่ากับเท่าใด
- 3) จงคำนวณวงโคจรของดาวเทียมของดาวเทียมดวงหนึ่งโดยกำหนดให้ รัศมีของโลกเท่ากับ 6378 กิโลเมตรกำหนดให้แรงโน้มถ่วงของโลกเท่า  $398,600 \text{ M}^3 / \text{S}^2$  อยากทราบข้อมูลดังต่อไปนี้ หากดาวเทียมมีระดับความสูง 823, 678, 843, 777, 35,692 กิโลเมตร ดาวเทียมจะมีเวลาหมุนครบ 1 รอบโดยใช้เวลากี่นาที

ระดับความสูง (กิโลเมตร)	ดาวเทียมจะมีเวลาหมุนครบ 1 รอบโดยใช้เวลา(นาที)
823	
678	
843	
777	
35,692	

- 4) ดาวเทียมสำหรับการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติแบ่งตามวัตถุประสงค์การใช้งานมีอะไรบ้าง จงอธิบาย
- 5) จงเปิดดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ ภาพดาวเทียม Level 1- Data Product ของภาพดาวเทียม LANDSAT 8 OLI ที่ดาวโหลดจากบทที่ 1 โปรแกรม R

ผศ.ดร.มรกต ราชย์รุ่งเรือง

## บทที่ 4

### การจัดเก็บข้อมูลและแสดงผลภาพเชิงเลข

บทเรียนนี้ กล่าวถึง การจัดเก็บข้อมูลและภาพเชิงเลข ที่ได้มาจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากร ความหมายของข้อมูลเชิงเลข รูปแบบการจัดเรียงข้อมูลเชิงเลขในภาพดาวเทียม การแสดงผลภาพดาวเทียม คุณสมบัติภาพดาวเทียมในมิติต่าง ๆ

#### 4.1 ข้อมูลเชิงเลข

ข้อมูลที่ได้จากการสะท้อนพลังงานของวัตถุต่างๆ ในรูปแบบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อผ่านเครื่องกวาดภาพ (Scanner) หรือเครื่องรับสัญญาณ จะถูกแปลงเป็นข้อมูลเชิงตัวเลข (Digital Data) ในรูปแบบข้อมูลราสเตอร์ (Raster Format) กล่าวคือ เป็นข้อมูลในรูปตารางกริด ที่มีการอ้างอิงพิกัดเชิงพื้นที่ตามตำแหน่งของ แถว (Row หรือ Line) และสดมภ์ (Column หรือ Pixel) โดยหนึ่งตารางกริดหรือหนึ่งจุดภาพ (Pixel – Picture Element) จะมีค่าเฉลี่ยการสะท้อนของวัตถุต่างๆ ที่ตกอยู่ในขอบเขตของตารางกริดนั้น เมื่อแปลงค่าการสะท้อนออกเป็นค่าระดับสีเทา (Gray Scale) หรือระดับค่าความสว่าง (Brightness Value) จากสีดำซึ่งแสดงถึงค่าการสะท้อนต่ำที่สุดหรือดูดกลืนมากที่สุดไปหาสีขาว ซึ่งแสดงค่าการสะท้อนมากที่สุดหรือดูดกลืนน้อยที่สุดตามขีดความสามารถของคอมพิวเตอร์ที่จะสามารถสร้างเป็นข้อมูลภาพ (Image) ได้

ขีดความสามารถของคอมพิวเตอร์ในการแสดงผลเป็นข้อมูลภาพ จะช่วยเพิ่มจำนวนระดับค่าสีเทายิ่งมีระดับค่าสีเทามากขึ้น ยังมีรายละเอียดของข้อมูลภาพมากขึ้น

ตารางที่ 4. 1 จำนวนบิต ระดับสีเทา ช่วงค่าระดับสีเทา

จำนวนบิต	รหัสตามเลขฐานสอง	ระดับสีเทา	ช่วงค่าระดับสีเทา
6	$2^6$	64	0 - 63
7	$2^7$	128	0 - 127
8	$2^8$	256	0 - 255
9	$2^9$	512	0 - 511
10	$2^{10}$	1024	0 - 1,023

กล่าวโดยสรุป 1 บิต จะเก็บข้อมูลได้เพียง 2 ค่าคือ 0 และ 1 ในขณะที่ 8 บิตจะเก็บข้อมูลได้ถึง 256 ค่า (0 – 255) ในปัจจุบันขีดความสามารถส่วนใหญ่ของภาพดาวเทียมเป็นแบบ 16 บิต ภาพที่ได้ส่วนใหญ่จะเก็บข้อมูลได้สูงถึง 65535 ค่า (0 – 65535)

ตัวอย่างเลขฐานสองจัดเก็บในรูปแบบ 8 บิต

หากจุดภาพที่สนใจมีค่าเท่า 11111111 แปลงเป็น 8 บิต จะมีค่า = 255

ตารางที่ 4.2 ตัวอย่างตารางการแปลงค่าที่สนใจ 11111111 เป็น 8 บิต

1	1	1	1	1	1	1	1	
$1*2^7$ = 128	$1*2^6$ = 64	$1*2^5$ = 32	$1*2^4$ = 16	$1*2^3$ = 8	$1*2^2$ = 4	$1*2^1$ = 2	$1*2^0$ = 1	
128	64	32	16	8	4	2	1	255

หากจุดภาพที่สนใจมีค่าเท่า 00000000 แปลงเป็น 8 บิต จะมีค่า = 0

ตารางที่ 4.3 ตัวอย่างตารางการแปลงค่าที่สนใจ 00000000 เป็น 8 บิต

0	0	0	0	0	0	0	0	
$0*2^7$ = 0	$0*2^6$ = 0	$0*2^5$ = 0	$0*2^4$ = 0	$0*2^3$ = 0	$0*2^2$ = 0	$0*2^1$ = 0	$0*2^0$ = 0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0

สมมติจุดภาพที่ 1 ของแบนด์ที่ 1 มีพลังงานโฟตอนที่สะท้อนค่าขึ้นมาแล้วถูกแปลงเป็นเลขฐานสองจัดเก็บในรูปแบบ 8 บิต เป็นดังนี้ 10101010 มีค่าเท่ากับ 170 นั่นคือค่าเชิงเลข (Digital Number) หรือค่าความสว่าง (Brightness Value) ของจุดภาพที่ 1 แบนด์ 1

ตารางที่ 4. 4 ตัวอย่างตารางการแปลงค่าที่สนใจ 10101010 เป็น 8 บิต

1	0	1	0	1	0	1	0	
$1*2^7$ = 128	$0*2^6$ = 0	$1*2^5$ = 32	$0*2^4$ = 0	$1*2^3$ = 8	$0*2^2$ = 0	$1*2^1$ = 2	$0*2^0$ = 0	
128	0	32	0	8	0	2	0	170

#### 4.2 รูปแบบการจัดเรียงข้อมูลเชิงเลขของภาพดาวเทียม

ข้อมูลจากระยะไกลมีการบันทึกพร้อมกันเป็นข้อมูลหลายช่วงคลื่น มีรูปแบบการจัดเรียงข้อมูล

(Data Format) ที่นิยมใช้กัน 3 รูปแบบได้แก่

##### 4.2.1 การจัดเรียงข้อมูลแบบเรียงสลับบรรทัด

การจัดเรียงข้อมูลแบบสลับบรรทัด (Band Interleaved By Line Format - Bil) เป็นการจัดเรียงข้อมูล โดยนำข้อมูลบรรทัดหรือแถวที่มีหมายเลขเดียวกันในแต่ละ ช่วงคลื่นมาเรียงต่อกันจนครบตามจำนวนช่วงคลื่น แล้วค่อยนำข้อมูลของแถวหมายเลขถัดไปมาเรียงต่อกันจนครบจำนวนช่วงคลื่น ทำการเรียงข้อมูลเช่นนี้ไปจนกระทั่งครบทุกแถว

R,R,R,G,G,G,B,B,B

R,R,R,G,G,G,B,B,B

R,R,R,G,G,G,B,B,B

ตารางที่ 4. 5 การจัดเรียงข้อมูลแบบเรียงสลับบรรทัด

	Col1	Col2	Col3							Col100	
Row1	1,1	12	13	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1,100	Band1
Row1	1,1	21	13	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1,100	Band2
Row1	1,1	21	13	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1,100	Band3
Row2	21	22	23	.....	.....	.....	.....	.....	.....	2,100	Band1
Row2	21	22	23	.....	.....	.....	.....	.....	.....	2,100	Band2
Row2	21	22	23	.....	.....	.....	.....	.....	.....	2,100	Band3
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Row50	50,1	502	503	.....	.....	.....	.....	.....	.....	50,100	Band1
Row50	50,1	502	503	.....	.....	.....	.....	.....	.....	50,100	Band2
Row50	50,1	502	503	.....	.....	.....	.....	.....	.....	50,100	Band3

#### 4.2.2 การจัดเรียงข้อมูลแบบเรียงสลับจุดภาพ

การจัดเรียงข้อมูลแบบเรียงสลับจุดภาพ (Band Interleaved By Pixel Format - **Bip**) เป็นการ จัดเรียงข้อมูล โดยนำข้อมูลด้านสตมภ์ที่มีหมายเลขเดียวกันของแต่ละช่วงคลื่นมาเรียงต่อกันจนครบตาม จำนวนช่วงคลื่น แล้วค่อยนำข้อมูลของสตมภ์หมายเลขถัดไปมาเรียงต่อกันจนครบจำนวนช่วงคลื่น ทำการเรียง ข้อมูลเช่นนี้ไปจนกระทั่งครบทุกสตมภ์

R,G,B,R,G,B,R,G,B

R,G,B,R,G,B,R,G,B

R,G,B,R,G,B,R,G,B

ตารางที่ 4. 6 การจัดเรียงข้อมูลแบบเรียงสลับจุดภาพ

	Band1	Band2	Band3	Band1	Band2	Band3		Band1	Band2	Band3
	Col.1	Col.1	Col.1	Col.2	Col.2	Col.2		Col.100	Col.100	Col.100
Row1	1,1	1,1	1,1	12	12	12	.....	1,100	1,100	1,100
Row2	2,1	2,1	2,1	22	22	22	.....	2,100	2,100	2,100
Row3	3,1	3,1	3,1	32	32	32	.....	3,100	3,100	3,100
Row4	4,1	4,1	4,1	42	42	42	.....	4,100	4,100	4,100
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Row48	48,1	48,1	48,1	482	482	482	.....	48,100	48,100	48,100
Row49	49,1	49,1	49,1	492	492	492	.....	49,100	49,100	49,100
Row50	50,1	50,1	50,1	502	502	502	.....	50,100	50,100	50,100

#### 4.2.3 การจัดเรียงข้อมูลแบบเรียงตามแบนด์

การจัดเรียงข้อมูลแบบเรียงตามแบนด์ (Band Sequential Format - **Bsq**) เป็นการ จัดเรียงข้อมูล โดยนำทุกแถวและทุกสตมภ์ของแต่ละแบนด์ มาเรียงต่อกันจนครบในแบนด์นั้น แล้วจึงเรียงข้อมูลทุกแถวและ ทุกสตมภ์ของแบนด์ต่อไป ทำการเรียงเช่นนี้ไปจนกระทั่งครบทุกแบนด์

R,R,R,R,R,R,R,R,R

G,G,G,G,G,G,G,G,G

B,B,B,B,B,B,B,B,B

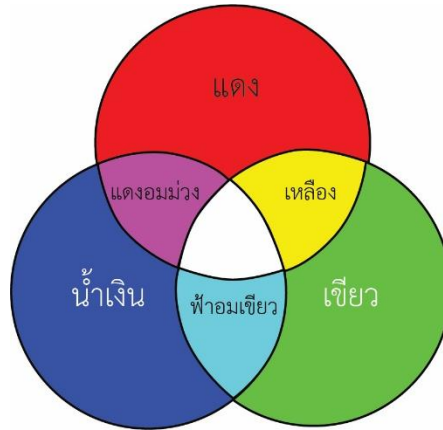
ตารางที่ 4. 7 การจัดเรียงข้อมูลแบบเรียงตามแบนด์

		Col1	Col2	Col3	Col4	Col5	.	.	.	Col100
Band1	Row1	1,1	12	13	14	15	.....	.....	.....	1,100
Band1	Row2	2,1	22	23	24	25	.....	.....	.....	2,100
Band1	Row3	3,1	32	33	34	35	.....	.....	.....	3,100
Band1	Row...	.	.	.	.	.	.....	.....	.....	.....
Band1	Row50	50,1	502	503	504	505	.....	.....	.....	50,100
Band2	Row1	1,1	12	13	14	15	.....	.....	.....	1,100
Band2	Row2	2,1	22	23	24	25	.....	.....	.....	2,100
Band2	Row3	3,1	32	33	34	35	.....	.....	.....	3,100
Band2	Row...	.	.	.	.	.	.....	.....	.....	.....
Band2	Row50	50,1	502	503	504	505	.....	.....	.....	50,100
Band3	Row1	1,1	12	13	14	15	.....	.....	.....	1,100
Band3	Row2	2,1	22	23	24	25	.....	.....	.....	2,100
Band3	Row3	3,1	32	33	34	35	.....	.....	.....	3,100
Band3	Row...	.	.	.	.	.	.....	.....	.....	.....
Band3	Row...	.	.	.	.	.	.....	.....	.....	.....
Band3	Row50	50,1	502	503	504	505	.....	.....	.....	50,100

#### 4.3 การแสดงผลภาพดาวเทียม

ปกติจอภาพบนหน้าจอจะสร้างจุดสว่าง สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน เกิดเป็นจุดภาพสีต่าง ๆ บนจอภาพ ส่วนจอภาพจะแสดงสีใดขึ้นอยู่กับสัดส่วนความเข้มของจุดสีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน ยกตัวอย่างเช่น หากผู้ใช้งานเห็นจุดสีขาวบนจอภาพ หมายความว่าจุดดังกล่าวบนจอภาพมีค่าความเข้มของแสงสูงสุดทั้งสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ในทางกลับกันหากผู้ใช้งานเห็นจุดดำบนจอภาพ หมายความว่าจุดดังกล่าวบนจอภาพมีค่าความเข้มของแสงต่ำสุดทั้งสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน โดยสีเพิ่มเติมสามารถดูได้จาก

[https://www.w3schools.com/colors/colors\\_rgb.asp](https://www.w3schools.com/colors/colors_rgb.asp)



รูปที่ 4. 1 การแสดงผลภาพดาวเทียม

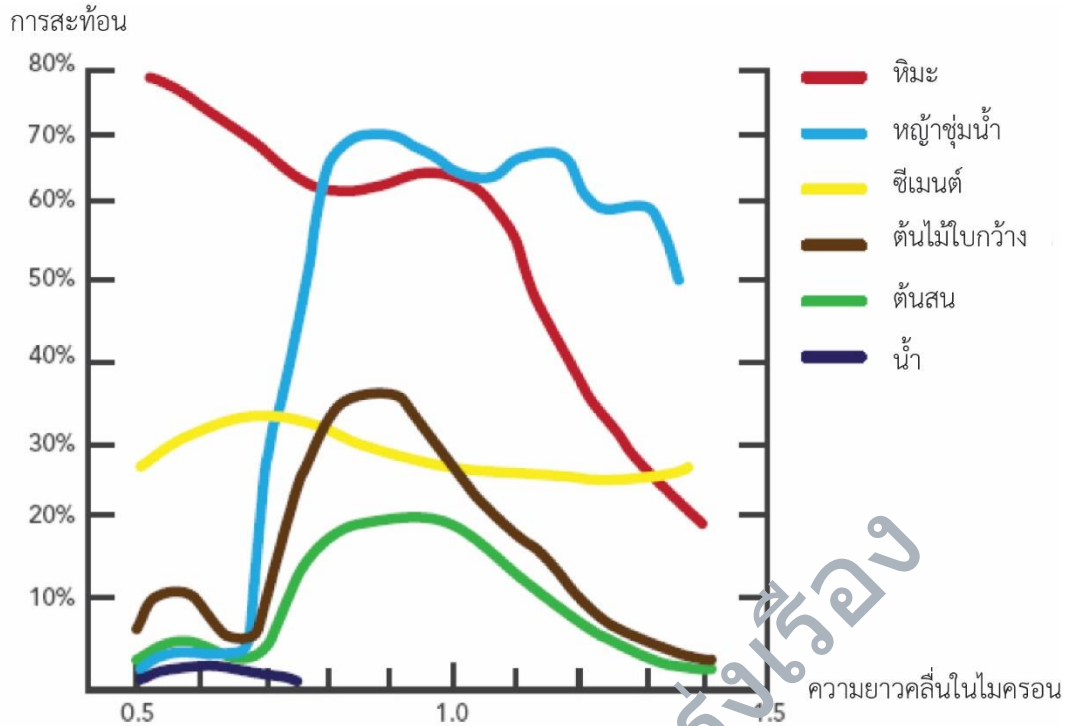
ตารางที่ 4. 8 การแสดงผลภาพดาวเทียม

ค่าความสว่าง			สีที่ปรากฏบนจอภาพ
Red	Green	Blue	
255	255	0	เหลือง
255	0	255	ม่วงแดง
000	255	255	ฟ้าคราม
0	0	0	ดำ
255	255	255	ขาว

ในส่วนของการแสดงผลภาพดาวเทียม เราจำเป็นต้องมีองค์ความรู้ 2 ประการ ประการแรกคือองค์ความรู้ด้านการแสดงผลของจุดบนจอภาพบนหน้าจอ ประการที่ต่อมาเราจำเป็นต้องรู้รายละเอียดเชิงคลื่นของภาพดาวเทียมแต่ละดวงว่า สิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภทสะท้อนได้ดีภายใต้แบนด์อะไร

#### 4.3.1 การสะท้อนสีปกคลุมดินของดาวเทียมหลายช่วงคลื่น

สิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภทสามารถสะท้อนได้ดีในรูปแบบของแบนด์หรือช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แตกต่างกันออกไป จากตัวอย่างเป็นตัวอย่งการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของสิ่งปกคลุมดินของภาพดาวเทียม Landsat 8 เซนเซอร์ Operational Land Imager (OLI) หากต้องการเน้นการแสดงผลสนามหญ้า ให้เป็นสีที่ผู้ใช้งานต้องการสามารถเลือกใช้แบนด์ 5 (NIR, 0.851 - 0.879 ไมโครเมตร) ที่สามารถแยกแยะความแตกต่างของพันธุ์พืชและความแข็งแรงของพืชได้ดี ดังนั้นเมื่อนำเอาองค์ความรู้ด้านการผสมสีของจุดภาพเข้ามาใช้งานเราจะสามารถเลือกแสดงผลสีของสิ่งปกคลุมดินตามที่ผู้ใช้งานต้องการ



รูปที่ 4. 2 ตัวอย่างการสะท้อนสิ่งปกคลุมดินแต่ละชนิดกับความยาวช่วงคลื่นในหน่วยไมครอน

ที่มา ดัดแปลงจาก Green, Congalton, และ Tukman, 2017

#### 4.3.2 การสะท้อนสิ่งปกคลุมดินของดาวเทียมช่วงคลื่นด้วยโปรแกรม R

สำหรับบทเรียนนี้เราต้องการสะท้อนรังสีปกคลุมดินโดยอาศัยโปรแกรม R เป็นเครื่องมือ จากบทเรียนข้างต้นเราทราบแล้วว่า จุดภาพบนจอภาพเกิดขึ้นจากสัดส่วนของจุดภาพสีแดง สีแดง และสีน้ำเงิน อีกทั้งเรายังทราบอีกว่า สิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภทสะท้อนแสงได้ดีในแบนด์ที่แตกต่างกัน ในบทเรียนนี้เราจะทำการทดลองนำองค์ความรู้ทั้งของบทเรียนมาผสมสีภาพดาวเทียมให้กลายเป็นสีต่าง ๆ ตามที่ผู้ใช้งานต้องการ

ค่าการสะท้อนแสงของสิ่งปกคลุมดินบนดาวเทียม Landsat 8 เซนเซอร์ operational land imager (OLI) และ thermal infrared sensor (TIRS) พบว่าแต่ละแบนด์มีความเชี่ยวชาญในการสะท้อนสิ่งปกคลุมดินที่แตกต่างกันดังนี้

ตารางที่ 4. 9 ค่าการสะท้อนแสงของสิ่งปกคลุมดินบนดาวเทียม Landsat 8 เซนเซอร์ Operational Land Imager (Oli) และ Thermal Infrared Sensor (Tirs)

แบนด์	ความยาวช่วงคลื่น	ความละเอียดเชิงพื้นที่	ประโยชน์
Band 1 - Ultra Blue (Coastal/Aerosol)	0.435 - 0.451	30	ความยาวคลื่นสั้นที่สุด ที่มีความไวต่อ

แบนด์	ความยาวช่วงคลื่น	ความละเอียดเชิงพื้นที่	ประโยชน์
			บรรยากาศ เพราะฉะนั้นภาพอาจ ขาดความชัดเจน เหมาะสำหรับการ จำแนกพืชในน้ำ มลพิษ ความขุ่นของน้ำ และตะกอน
Band 2 - Blue	0.452 - 0.512	30	จำแนกสิ่งปกคลุมดิน
Band 3 - Green	0.533 - 0.590	30	โดยทั่วไป
Band 4 - Red	0.636 - 0.673	30	
Band 5 - Near Infrared (Nir)	0.851 - 0.879	30	จำแนกความแตกต่าง ของพันธุ์พืชและความ แข็งแรงของพืช
Band 6 - Shortwave Infrared (Swir) 1	1.566 - 1.651	30	จำแนกการดูดซับน้ำ การทำแผนที่ทาง
Band 7 - Shortwave Infrared (Swir) 2	2.107 - 2.294	30	ธรณีวิทยา และมีความ ไวต่อการเปลี่ยนแปลง ของความชื้นในพืชและ ดิน
Band 8 - Panchromatic	0.503 - 0.676	15	สำหรับเน้นความคมชัด ของภาพดาวเทียม
Band 9 - Cirrus	1.363 - 1.384	30	ใช้ตรวจสอบเมฆ
Band 10 - Thermal Infrared (Tirs) 1	10.60 - 11.19	100 * (30)	เซนเซอร์ดังกล่าว ออกแบบมาเพื่อวัด
Band 11 - Thermal Infrared (Tirs) 2	11.50 - 12.51	100 * (30)	อุณหภูมิ การใช้งาน การทำแผนที่ความร้อน

ที่มา ดัดแปลงจาก USGS, What are the band designations for the Landsat satellites?, 2017

หลังจากที่ได้ทราบค่าการสะท้อนแสงของสิ่งปกคลุมดินบนดาวเทียม Landsat 8 เซนเซอร์ Operational Land Imager (OLI) และ Thermal Infrared Sensor (TIRS) พบว่าแต่ละแบนด์มีความเชี่ยวชาญในการสะท้อนสิ่งปกคลุมดินที่แตกต่างกันดังตารางข้างต้น ในลำดับต่อไปจะเป็นการแนะนำการผสมสีจุดภาพดาวเทียมโดยใช้โปรแกรม R

เรียก Library Raster โดยก่อนเรียก Library จำเป็นต้องทำการติดตั้ง Package ชื่อ Raster (เพิ่มเติมบทที่ 1)

➤ Library(Raster)

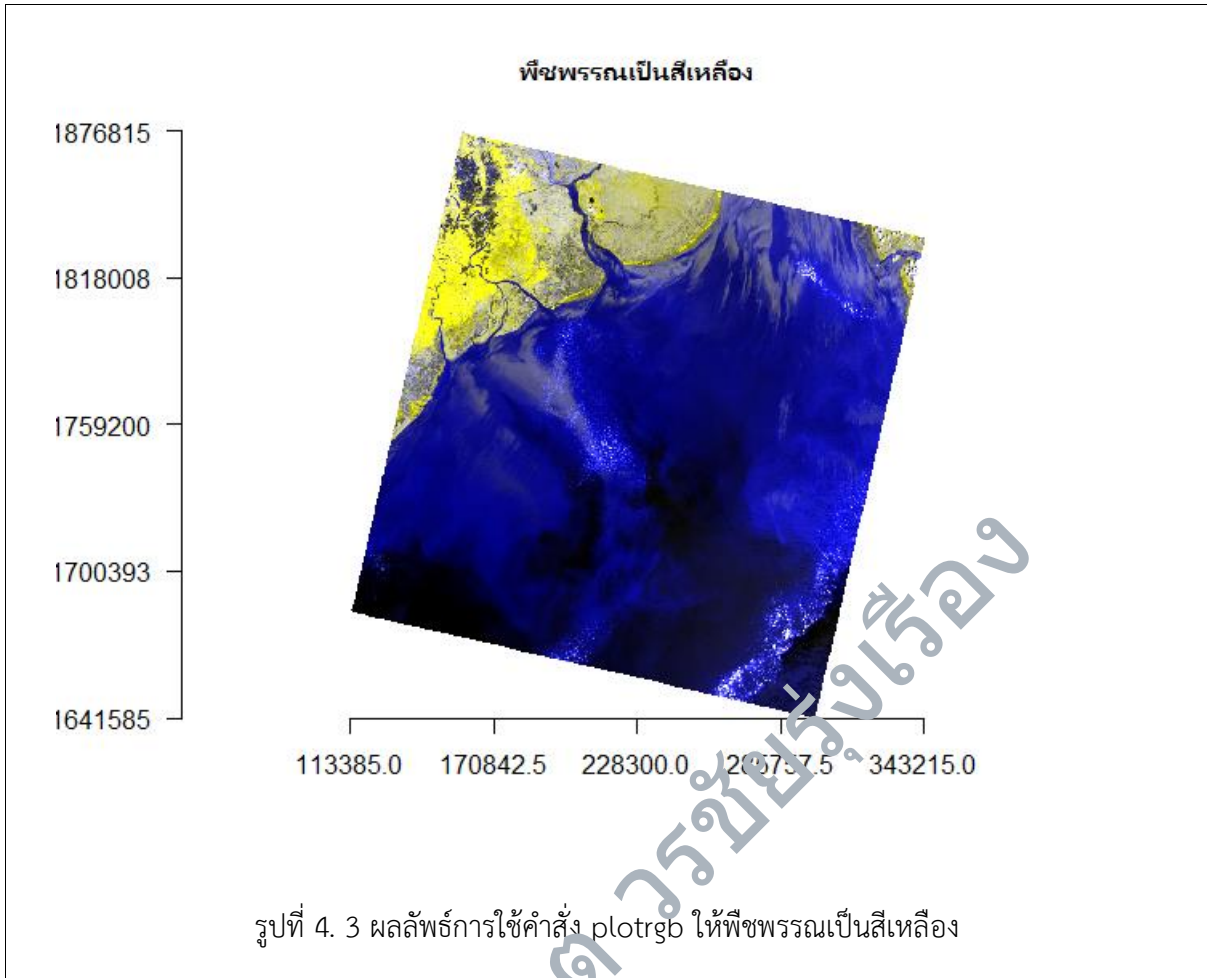
สร้างวัตถุชื่อ Rgb\_Image\_7Bands จากนั้นใช้คำสั่ง Stack ที่ติดตั้งมาใน Library Raster เพื่อเรียงภาพให้เป็นภาพเดียว

➤ Rgb\_Image\_7Bands <- Stack("โฟลเดอร์ที่เก็บงานของผู้ใช้งาน ชื่อ ภาพดาวเทียม.Tif")

แสดงผลภาพโดยอาศัยคำสั่ง Plot กับวัตถุที่ชื่อ Rgb\_Image\_7Bands ที่ได้ทำการสร้างไว้ พร้อมทั้งเลือกการสร้างแกนโดยใช้คำสั่ง Axes และการเน้นภาพโดยใช้คำสั่ง stretch จากนั้นสร้างช่องผสมสีแดง เขียว เหลือง แล้วเลือกแบนด์ที่ต้องการลงไปผสมตามช่องสีที่จัดเตรียมไว้

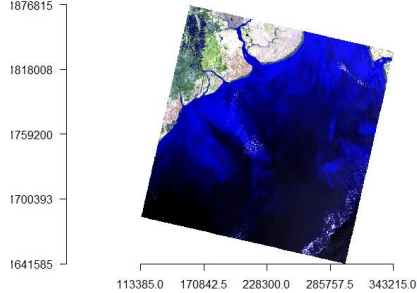
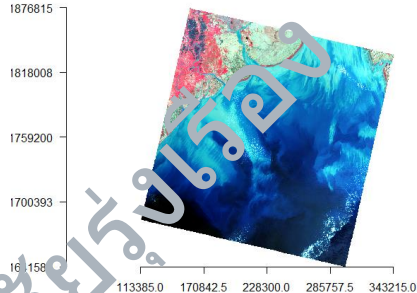
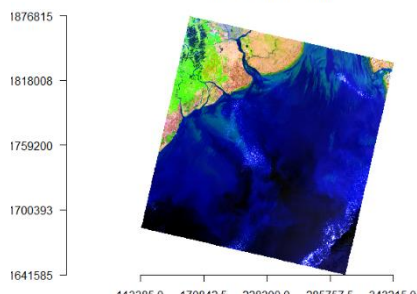
➤ Plotrgb(Rgb\_Image\_7bands, R = 5, G = 5, B = 1, Axes = True, Stretch = "Lin", Main = "พืชพรรณเป็นสีเหลือง")

จากคำสั่งด้านบนจะเห็นว่าจุดภาพที่เป็นสีแดงและสีเขียว เราเลือกใช้แบนด์ 5 (Nir, 0.851 - 0.879 ไมโครเมตร) ที่สามารถแยกแยะความแตกต่างของพันธุ์พืชและความแข็งแรงของพืชได้ดี ในการแสดงผลภาพดังนั้นพันธุ์พืชจะถูกสะท้อนออกมาในรูปแบบสีเหลือง



สำหรับภาพดาวเทียม Landsat 3 เซนเซอร์ OLI มีรูปแบบการผสมสีจุดภาพที่หลากหลาย ตัวอย่างด้านล่างคือตัวอย่างการผสมสีจุดภาพที่นิยมกัน เช่น ภาพสีผสมจริง ภาพสีผสมเท็จเน้นเมือง สุขภาพพีชพรรณ และเน้นช่วงคลื่นอินฟราเรดสั้น

ชื่อภาพ	สีแดง/เขียว/น้ำเงิน	ตัวอย่างผลลัพธ์
ภาพสีผสมจริง	4 3 2	<p style="text-align: center;"><b>ภาพสีผสมจริง</b></p>

ชื่อภาพ	สีแดง/เขียว/น้ำเงิน	ตัวอย่างผลลัพธ์
ภาพสีผสมเท็จเน้นเมือง	7 6 4	<p>ภาพสีผสมเท็จเน้นเมือง</p> 
ภาพสีผสมเท็จเน้นพืชพรรณ	5 4 3	<p>ภาพสีผสมเท็จเน้นพืชพรรณ</p> 
สุขภาพพืชพรรณ	5 6 2	<p>สุขภาพพืชพรรณ</p> 
เน้นช่วงคลื่นอินฟราเรดสั้น	7 5 1	<p>เน้นช่วงคลื่นอินฟราเรดสั้น</p> 

รูปที่ 4. 4 ผลลัพธ์การใช้คำสั่ง plotrgb ตามดัชนีต่าง ๆ

#### 4.4 คุณสมบัติของภาพดาวเทียม

คุณภาพเริ่มต้นของภาพดาวเทียมขึ้นอยู่กับเซนเซอร์ ซึ่งดาวเทียมดวงต่าง ๆ มีรายละเอียดหลายด้าน ทั้งรายละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial Resolution) รายละเอียดเชิงเวลา (Temporal Resolution) รายละเอียดเชิงรังสี (Radiometric Resolution) และ รายละเอียดเชิงคลื่น (Spectral Resolution)

ตารางที่ 4. 10 คุณสมบัติของภาพดาวเทียม

เซนเซอร์	ฉากภาพ	รายละเอียดเชิงพื้นที่	รายละเอียดเชิงเวลา	รายละเอียดรังสี	รายละเอียดเชิงคลื่น
Landsat 1-5 Multispectral Scanner (Mss)	185	60 (Ms), 240 (Tir)	16 -18 วัน	8 บิต	0.5 - 1.1, 10.4 – 12.6
Landsat 4-5 Thematic Mapper (Tm)	185	30 (Ms), 120 (Tir)	16 วัน	5 บิต	0.45 – 2.35 , 10.4 – 12.5
Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (Etm+)	185	15 (Pan) 30 (Ms), 60 (Tir)	16 วัน	8 บิต	0.52 – 0.9 (Pan) 0.45 – 2.35 , 10.4 – 12.5
Landsat 8 Operational Land Imager (Oli)	185	15 (Pan) 30 (Ms)	16 วัน	12 บิต	0.503 – 0.676 (Pan) 0.453 -0.451 (Coastal/Aerosol) 0.452 – 2.294 , 1.36 – 1.39 (Cirrus)
Landsat 8 Thermal Infrared Sensor (Tirs)	185	100	16 วัน	12 บิต	10.6 – 11.2, 11.5 - 12.5

เซนเซอร์	ฉาก ภาพ	รายละเอียด เชิงพื้นที่	รายละเอียด เชิงเวลา	รายละเอียด รังสี	รายละเอียด เชิงคลื่น
Modis (Eos Terra And Aqua)	2300	250 (Pan), 500 (Vnir), 1000 (Swir)	1 – 2 วัน	12 บิท	0.620 – 2.155, 3.66 – 14.385
Aster (Eos Terra)	60	15 (Vnir), 30 (Swir), 90 (Tir)	4 – 16 วัน	8 บิท (Vnir / Swir) 12 บิท (Tir)	0.52 – 0.86, 1.6 – 2.43, 8.125 – 11.65
Hyperion (Eo-1)	7.5	30	16 วัน	12 บิท	0.353 – 2.577
Ikonos	11.3	1 (Pan) 4 (Ms)	3 – 5 วัน	11 บิท	0.526 – 0.929 (Pan) 0.445 – 0.853
Quickbird	18	0.65 (Pan), 2.62 (Ms)	2.5 – 5.6 วัน	11 บิท	0.405 -1.053 (Pan), 0.43 -0.918
Geoeye -1	15.2	0.41 (Pan), 1.65 (Ms)	< 3 วัน	11 บิท	0.45 – 0.8 (Pan), 0.45 – 0.92
Worldview – 2	16.4	0.46 (Pan), 1.85 (Ms)	1 – 3.7 วัน	11 บิท (Pan และ Ms), 14 บิท (Swir)	0.45 – 0.8 (Pan), 0.45 – 1.04
Worldview – 3	13.1	0.31 (Pan), 1.24 (Ms) 3.7 (Swir), 3. (Cavis)	< 1 วัน	11 บิท (Pan และ Ms), 14 บิท (Swir)	0.45 – 0.8 (Pan), 0.45 – 1.04, 1.195 -2.365, 0.405 – 2.245 (Cavis)

#### 4.4.1 รายละเอียดเชิงคลื่น (Spectral Resolution)

รายละเอียดเชิงคลื่น หมายถึง ช่วงห่างของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ละแถบที่ เซนเซอร์ของภาพดาวเทียมสามารถบันทึกค่าได้ ตัวอย่างเช่น ภาพดาวเทียม Landsat 5 Multispectral Scanner (Mss) มีรายละเอียดเชิงคลื่น อยู่ที่ 0.5 – 1.1 ไมโครเมตร ในขณะที่ที่ ภาพดาวเทียม Landsat 8 Operational Land Imager (Oli) มีรายละเอียดเชิงคลื่น อยู่ที่ 0.453 – 2.294 ไมโครเมตร ภาพดาวเทียม Landsat 8 -

Operational Land Imager (OLI) มีรายละเอียดเชิงคลื่นกว้างกว่า ภาพดาวเทียม Landsat 5 Multispectral Scanner (Mss)

#### 4.4.2 รายละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial Resolution)

รายละเอียดเชิงพื้นที่ หมายถึง ขนาดพื้นที่ของวัตถุ ที่เซนเซอร์ของภาพดาวเทียมสามารถแยกแยะได้ โดยตัวเลขยิ่งน้อย ยิ่งแยกรายละเอียดเชิงพื้นที่ได้ดี ตัวอย่างเช่น ภาพดาวเทียม Ikonos เซนเซอร์ Multispectral 1 จุดภาพสามารถแยกวัตถุที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ที่อยู่ห่างกัน 4 เมตรได้ ในขณะที่ Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) จุดภาพสามารถแยกวัตถุที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ที่อยู่ห่างกัน 30 เมตร กล่าวคือ ภาพดาวเทียม Ikonos สามารถ แยกอาคารที่อยู่ห่างกัน 4 เมตรออกจากกันได้ใน 1 จุดภาพ ในขณะที่ ภาพดาวเทียม Landsat 8 ไม่สามารถแยกอาคารลักษณะดังกล่าวออกจากกันได้ใน 1 จุดภาพ



รูปที่ 4.5 ตัวอย่างรายละเอียดเชิงพื้นที่ในระดับต่าง ๆ

ที่มา Green, Congalton, & Tukman, 2017

#### 4.4.3 รายละเอียดเชิงรังสี (Temporal Resolution)

รายละเอียดเชิงรังสี หมายถึง ตัวเลขที่จะมีได้ในการเพิ่มข้อมูลแต่ละแบนด์ หรือ บิต ยกตัวอย่าง การบันทึกพลังงานในรูปแบบ 8 บิต หมายถึง 1 จุดภาพสามารถบันทึกพลังงานโฟตอนที่สะท้อนค่าขึ้นมาแล้วถูกแปลงเป็นเลขฐานสองจัดเก็บในรูปแบบ 8 บิตได้จำนวน 256 ค่า (0 – 255) ในขณะที่การบันทึกพลังงานในรูปแบบ 2 บิต หมายถึง 1 จุดภาพสามารถบันทึกพลังงานโฟตอนที่สะท้อนค่าขึ้นมาแล้วถูกแปลงเป็นเลขฐานสองจัดเก็บในรูปแบบ 2 บิตได้จำนวน 2 ค่า (0 – 1)



รายละเอียดเชิงรังสี รูปแบบ 2 บิต



รายละเอียดเชิงรังสี รูปแบบ 8 บิต

รูปที่ 4.6 ตัวอย่างรายละเอียดเชิงรังสีในระดับต่าง

ที่มา GISGeography, 2017

#### 4.4.4 รายละเอียดเชิงเวลา (Temporal Resolution)

รายละเอียดเชิงเวลา หมายถึง ความถี่ของช่วงเวลา ที่ดาวเทียมแต่ละดวงจะบินกลับมาถ่ายภาพซ้ำในพื้นที่เดียวกัน ยกตัวอย่างเช่น ดาวเทียม Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) จะบินถ่ายภาพซ้ำในพื้นที่เดิมทุก 16 วัน ขณะที่ดาวเทียม Ikonos จะบินถ่ายภาพซ้ำในพื้นที่เดิมทุก 3-5 วัน

#### 4.5 สรุป

ในบทเรียนนี้นักศึกษาได้ทราบถึงข้อมูลเชิงเลข รวมถึงรูปแบบการจัดเรียงข้อมูลเชิงเลขของภาพดาวเทียมที่พบว่ามี 3 รูปแบบ ได้แก่ เรียงสลับบรรทัด สลับจุดภาพ เรียงตามแบนด์ รวมถึงการแสดงผลภาพดาวเทียม สิ่งปกคลุมดินของดาวเทียมหลายช่วงคลื่นผ่านโปรแกรม R ตลอดจนทราบถึงคุณสมบัติภาพดาวเทียม ในส่วนของรายละเอียดเชิงคลื่น รายละเอียดเชิงพื้นที่ และรายละเอียดเชิงเวลา โดยนักศึกษาสามารถยกตัวอย่าง การใช้งานดาวเทียมให้เหมาะสมกับสถานการณ์ได้อย่างถูกต้อง ยกตัวอย่างเช่น หากต้องการตรวจสอบภัยพิบัติจำเป็นต้องใช้ภาพดาวเทียมรายละเอียดเชิงพื้นที่สูงและรายละเอียดเชิงเวลาสูง ในทางกลับกันหากต้องการตรวจสอบสภาพอากาศไม่มีความจำเป็นต้องใช้ภาพดาวเทียมรายละเอียดเชิงพื้นที่สูงและรายละเอียดเชิงเวลาสูง แต่ใช้ภาพดาวเทียมรายละเอียดเชิงพื้นที่ต่ำและรายละเอียดเชิงเวลาต่ำ เป็นต้น

### คำถามท้ายบทที่ 4

- 1) จงแปลงค่าจุดภาพที่สนใจ ให้อยู่ในรูปแบบ 8 บิต

ค่าจุดภาพ	รูปแบบ 8 บิต
11111111	
00000000	
10101010	
01010101	
11110000	
00001111	

- 2) ภาพดาวเทียม Landsat 8 OLI บันทึกค่าความสว่างในรูป 16 บิต อยากทราบว่าช่วงค่าความสว่างที่สามารถบันทึกได้เท่ากับเท่าใด
- 3) หากค่าความสว่างของจุดภาพมีค่าตามตารางด้านล่าง. อยากทราบว่าสีที่ปรากฏบนจอภาพจะเป็นสีอะไร

ค่าความสว่าง			สีที่ปรากฏบนจอภาพ
Red	Green	Blue	
125	125	0	
125	0	125	
000	125	125	
125	125	125	
0	0	0	

- 4) จงผสมสีจุดภาพ Landsat 8 เซนเซอร์ Operational Land Imager (OLI) และ Thermal Infrared Sensor (TIRS) โดยโปรแกรม R โดยกำหนดให้พีชพรรณคือสีม่วง และเหลือง ตามลำดับ
- 5) หากต้องการติดตามสถานการณ์ต่อไปนี้ได้แก่ ไฟป่า การเพาะปลูกข้าว และพายุมั่งคุด ควรใช้ดาวเทียมดวงใดในการติดตาม พร้อมยกตัวอย่างเหตุผลประกอบ
- 6) จงหาคุณสมบัติของภาพดาวเทียม THEOS และ SENTINEL

## บทที่ 5

### การจัดเตรียมข้อมูลภาพเชิงเลข

บทเรียนนี้ กล่าวถึง การจัดเตรียมข้อมูลภาพเชิงเลขรูปแบบต่าง ๆ อาทิเช่น การปรับแก้เชิงคลิ่น การฝึกปฏิบัติการปรับแก้เชิงคลิ่นโดยโปรแกรม R การปรับแก้เรขาคณิต วิธีการคำนวณการปรับแก้เรขาคณิตโดยโปรแกรม R และการคำนวณค่าสะท้อนของจุดใหม่

#### 5.1 การปรับแก้เชิงคลิ่น

ก่อนที่ข้อมูลจากระยะไกลจะถูกส่งให้กับผู้ใช้งาน ข้อมูลเชิงตัวเลขเหล่านี้ได้ผ่านการปรับแก้เชิงคลิ่น (Radiometric Correction) จากสถานีรับสัญญาณมาแล้วระดับหนึ่ง อย่างไรก็ดีตาม บางครั้งก็ยังมีปรากฏข้อบกพร่องทางเชิงคลิ่นเกิดขึ้น หรือเนื่องจากความบกพร่องของเครื่องรับสัญญาณ ทำให้เกิดความไม่ชัดเจน พร่ามัว มีลายเส้นปะปน (Strip หรือ Noise) ปรากฏจากข้อมูลระยะไกล ปัญหาอีกด้านหนึ่งที่ต้องมีการปรับแก้เชิงคลิ่น คือ เมื่อต้องการใช้ข้อมูลหลายช่วงเวลา เพื่อการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์ใดปรากฏการณ์หนึ่งต้องทำการปรับแก้ค่ามุมยกของดวงอาทิตย์ (Sun Elevation Correction) ที่เปลี่ยนแปลงไปตามแต่ละช่วงเวลา และแต่ละฤดูกาล การแก้ไขปัญหาดังกล่าว ทำได้โดยการปรับแก้เชิงคลิ่น แต่ต้องมีรายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับการรับสัญญาณ ได้แก่ มุมที่ทำดาวเทียมทำกับแสงดวงอาทิตย์ (Solar Illumination Angles) ค่ารังสีตกกระทบ (Irradiance) การกระจายแสงในเส้นทางผ่าน (Path Radiance) ค่าการสะท้อนของวัตถุเป้าหมาย (Reflectance Of Target) ค่าการส่งผ่านของบรรยากาศ (Transmission) เป็นต้น รวมทั้งข้อมูลสถานะอากาศในขณะทำการบันทึกข้อมูล การปรับแก้เชิงคลิ่นมีวิธีในการคำนวณที่ซับซ้อนมากโดยต้องใช้ซอฟต์แวร์เฉพาะสำหรับการปรับแก้เชิงคลิ่น อย่างไรก็ตามการปรับแก้เชิงคลิ่นโดยทั่วไปนิยมแก้ไขข้อบกพร่องเชิงคลิ่น ดังนี้

1) การเปลี่ยนค่าการสะท้อนจุดภาพเป็นค่าการแผ่รังสีสัมบูรณ์ (Absolute Radiance Value) เป็นการปรับแก้เชิงคลิ่นอีกวิธีหนึ่งโดยการแปลค่าการสะท้อนจุดภาพ หรือ Digital Number เป็นค่าการแผ่รังสี หรือ Spectral Radiance ที่จะแนะนำมีรายละเอียดดังนี้ โดยคำนวณจากข้อมูลค่าการแผ่รังสีสูงสุดและการแผ่รังสีต่ำสุดในแต่ละช่วงคลิ่น Lillesand, Kiefer, และ Chipman, 2015 ตามสูตรต่อไปนี้

$$L = G * DN + B$$

โดย	L	= ค่าการแผ่รังสีตามช่วงคลื่น (Spectral Radiance)
	G	= ค่าสัญญาณรบกวนภาพ (Gain)
	DN	= ค่าการสะท้อนของจุดภาพ (Digital Number)
	B	= ค่าชดเชยภาพ (Offset)

หรือ

$$L = \left( \frac{L_{MAX} - L_{MIN}}{DN_{MAX} - DN_{MIN}} \right) (DN - DN_{MIN}) + L_{MIN}$$

โดย	L	= ค่าการแผ่รังสีตามช่วงคลื่น (Spectral Radiance)
	$L_{MAX}$	= ค่าการแผ่รังสีสูงสุด ซึ่งแปลงจากค่าการสะท้อนสูงสุดในช่วงคลื่นนั้น
	$L_{MIN}$	= ค่าการแผ่รังสีต่ำสุด ซึ่งแปลงจากค่าการสะท้อนต่ำสุดในช่วงคลื่นนั้น
	DN	= ค่าการสะท้อนของจุดภาพ (Digital Number)
	$DN_{MAX}$	= ค่าการสะท้อนของจุดภาพสูงสุด
	$DN_{MIN}$	= ค่าการสะท้อนของจุดภาพต่ำสุด

2) การชดเชยค่าการสะท้อนที่บิดเบือนไปเพราะสภาวะอากาศ (Haze Compensation) เกิดขึ้นจากการกระจายแสงในเส้นทางผ่าน (Path Radiance) ในบรรยากาศจึงทำให้เกิดการสลัวของแสง (Haze) ทำให้ภาพมีลักษณะไม่ชัดเจน ไม่คมชัด การแก้ไขทำได้โดยการลดผลการกระจายแสงตามเส้นทางในบรรยากาศให้น้อยที่สุด โดยการเปรียบเทียบค่าความสว่างทั่วไปกับค่าความสว่างต่ำสุด (Zero Reflectance) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นวัตถุที่ดูดกลืนพลังงานมาก เช่น น้ำใสมีการดูดกลืนสูงมากในคลื่นอินฟราเรด

3) การลบสัญญาณรบกวน (Destriping, Noise Removal) เป็นผลจากความบกพร่องของเครื่องรับสัญญาณมีผลให้เกิดสัญญาณรบกวนในข้อมูลภาพ หรือข้อมูลส่วนนั้นสัญญาณขาดหายไปปรากฏเป็นลายเส้นแทรกอยู่ในเนื้อภาพ (Strip) หรือเป็นจุดๆ กระจายไปทั่วภาพ (Salt And Pepper Effect) การแก้ไขทำได้โดยใช้ตัวกรองภาพแบบเฉลี่ยหรือมัธยฐาน (Mean Or Median Filters) มาคำนวณค่าเฉลี่ยจากจุดภาพอื่นที่อยู่โดยรอบบริเวณที่สัญญาณหายไป (จะกล่าวเพิ่มเติมในบทตัวกรองภาพต่อไป)

## 5.2 การปรับแก้เชิงคลื่นโดยโปรแกรม R

### 5.2.1 การเปลี่ยนค่าการสะท้อนจุดภาพเป็นค่าการแผ่รังสีสัมบูรณ์ (Absolute Radiance Value)

การเปลี่ยนค่าความสว่างเป็นค่าการแผ่รังสีสัมบูรณ์ (Absolute Radiance Value) เป็นการปรับแก้เชิงคลื่นอีกวิธีหนึ่งโดยการแปลค่าการสะท้อนจุดภาพ หรือ Digital Number เป็นค่าการแผ่รังสี หรือ Spectral Radiance ที่จะแนะนำมีรายละเอียดดังนี้

เรียก Library Rstoolbox โดยก่อนเรียก Library จำเป็นต้องทำการติดตั้ง Package ชื่อ Rstoolbox (เพิ่มเติมบทที่ 1)

➤ Library(Rstoolbox)

สร้างวัตถุชื่อ Meta2011 จากนั้นใช้คำสั่ง Readmeta ที่ติดตั้งมาใน Library Rstoolbox เพื่ออ่านข้อมูลเสริมของภาพ

➤ Meta2011 <- Readmeta("โฟลเดอร์ที่เก็บงานของผู้ใช้งาน \ชื่อไฟล์เมตาตาต้า.Txt")

สั่งพิมพ์ข้อมูลสรุปของวัตถุ Meta2011

➤ Summary(Meta2011)

Scene: Lt52240632011210cub01

Satellite: Landsat5

Sensor: Tm

Date: 2011-07-29

Path/Row: 224/63

Projection: +Proj=Utm +Zone=22 +Units=M +Datum=Wgs84 +Ellps=Wgs84 +Towgs84=0,0,0

Data:

Files Quantity Category

B1\_Dn Lt52240632011210cub01\_B1.Tif Dn Image

B2\_Dn Lt52240632011210cub01\_B2.Tif Dn Image

B3_Dn Lt52240632011210cub01_B3.Tif	Dn	Image
B4_Dn Lt52240632011210cub01_B4.Tif	Dn	Image
B5_Dn Lt52240632011210cub01_B5.Tif	Dn	Image
B6_Dn Lt52240632011210cub01_B6.Tif	Dn	Image
B7_Dn Lt52240632011210cub01_B7.Tif	Dn	Image

Available Calibration Parameters (Gain And Offset):

Dn -> Radiance (Toa)

Dn -> Brightness Temperature (Toa)

สร้างวัตถุชื่อ Dn2rad เพื่อคำนวณหาค่า Gain และ Offset เพื่อนำมาเข้าสมการ  
โดยวิธีการคือเรียกวัตถุชื่อ Meta2011 ที่สร้างไว้ก่อนใช้คำสั่ง \$Calrad

➤  $Dn2rad <- Meta2011 \$Calrad$

สั่งพิมพ์ข้อมูลสรุปของวัตถุ Dn2Rad

➤ Dn2rad

Offset Gain

B1\_Dn -2.28583 0.766

B2\_Dn -4.28819 1.448

B3\_Dn -2.21398 1.044

B4\_Dn -2.38602 0.876

B5\_Dn -0.49035 0.120

B6\_Dn 1.18243 0.055

B7\_Dn -0.21555 0.066

นำเข้าสมการโดยสร้างวัตถุชื่อ ภาพดาวเทียม\_Rad คู่กับค่าวัตถุ Dn2rad คอэффици Gain และ Offset

➤ ภาพดาวเทียม\_Rad<- ภาพดาวเทียม \* Dn2rad\$Gain + Dn2rad\$Offset

ค่าภายหลังการปรับแก้

Class : Rasterbrick

Dimensions : 1499, 2967, 4447533, 7 (Nrow, Ncol, Ncell, Nlayers)

Resolution : 30, 30 (X, Y)

Extent : 579765, 668775, -522705, -477735 (Xmin, Xmax, Ymin, Ymax)

Coord. Ref. : +Proj=Utm +Zone=22 +Datum=Wgs84 +Units=M +No\_Defs +Ellps=Wgs84 +To  
wgs84=0,0,0

Data Source : In Memory

Names : B1\_Dn, B2\_Dn, B3\_Dn, B4\_Dn, B5\_Dn, B6\_Dn, B7\_Dn

Min Values : -1.51983, 11.63981, 1.96202, -1.51062, -0.37035, 8.60743, -0.14955

Max Values : 193.04417, 107.20781, 95.92202, 126.38598, 21.22965, 9.92743, 6.25245

ค่าก่อนการปรับแก้

Class : Rasterstack

Dimensions : 1499, 2967, 4447533, 7 (Nrow, Ncol, Ncell, Nlayers)

Resolution : 30, 30 (X, Y)

Extent : 579765, 668775, -522705, -477735 (Xmin, Xmax, Ymin, Ymax)

Coord. Ref. : +Proj=Utm +Zone=22 +Datum=Wgs84 +Units=M +No\_Defs +Ellps=Wgs84 +To  
wgs84=0,0,0

Names : B1\_Dn, B2\_Dn, B3\_Dn, B4\_Dn, B5\_Dn, B6\_Dn, B7\_Dn

Min Values : 1, 11, 4, 1, 1, 135, 1

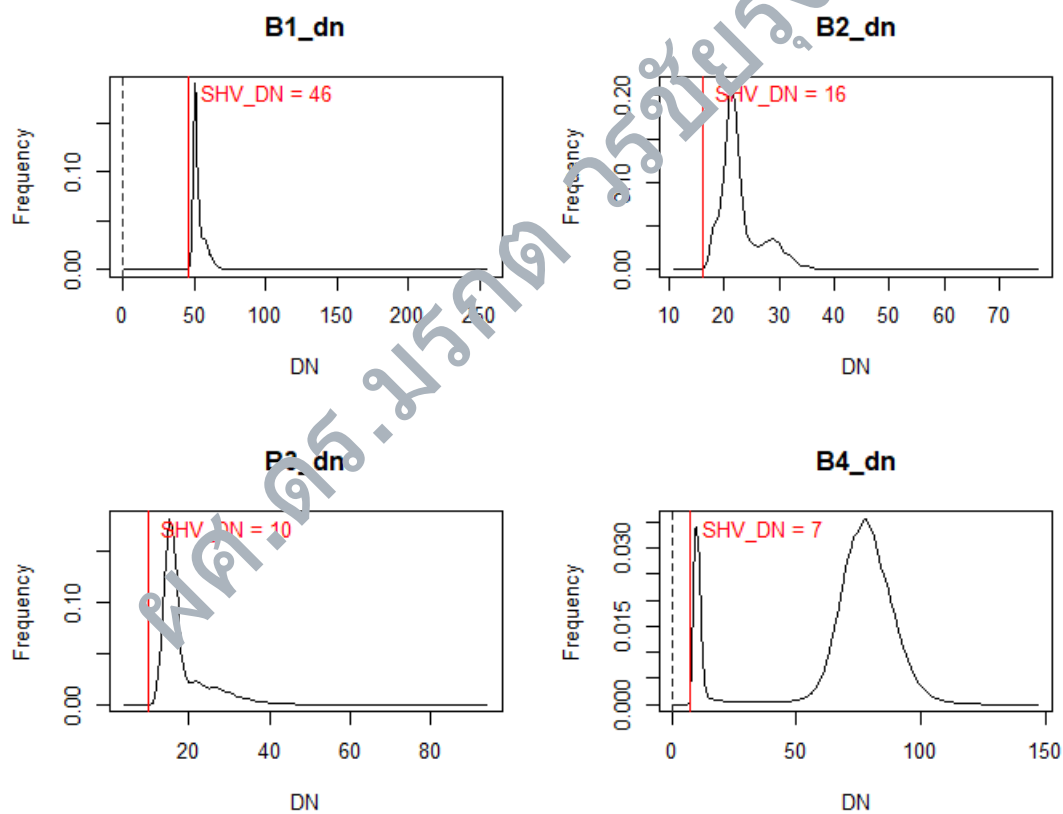
Max Values : 255, 77, 94, 147, 181, 159, 98

## 5.2.2 การชดเชยค่าการสะท้อนที่บิดเบือนไปเพราะสถานะอากาศ (Haze Compensation)

การชดเชยค่าการสะท้อนที่บิดเบือนไปเพราะสถานะอากาศ (Haze Compensation) เกิดขึ้นจากการกระจายแสงในเส้นทางผ่าน (Path Radiance) ในบรรยากาศจึงทำให้เกิดการสลัวของแสง (Haze) ทำให้ภาพมีลักษณะไม่ชัดเจน ไม่คมชัด การแก้ไขทำได้โดยการลดผลการกระจายแสงตามเส้นทางในบรรยากาศให้น้อยที่สุด ที่จะแนะนำมีรายละเอียดดังนี้

สร้างวัตถุชื่อ Haze เพื่อคำนวณหาค่าจุดภาพที่มีความสลัวของแสง (Haze) โดยใช้คำสั่ง Estimatehaze โดยปัจจัย ภาพดาวเทียม แบนด์ของภาพดาวเทียม สัดส่วนของจุดภาพที่มีความสลัวของแสงในที่นี่กำหนดไว้ที่ 1% และสั่งให้พิมพ์กราฟออกมา

- `Haze <- Estimatehaze(ภาพดาวเทียม, Hazeband = C("B1_Dn", "B2_Dn", "B3_Dn", "B4_Dn"), Darkprop=0.01, Plot = True)`



รูปที่ 5.1 การแสดงผลการหาความสลัวของแสง (Haze) ในรูปแบบกราฟแสดงความถี่

สร้างวัตถุชื่อ ภาพดาวเทียม\_Apref เพื่อจัดความสว่างของแสง (Haze) โดยใช้คำสั่ง Radcor มีปัจจัยดังต่อไปนี้ ภาพดาวเทียม วัตถุ Metadata วัตถุ Hazevalues เลือกแบนด์ และเลือกวิธีการ “Apref”

➤ ภาพดาวเทียม\_Apref <- Radcor(ภาพดาวเทียม, Metadata = Meta2011, Method = "Apref", Hazevalues = Haze, Hazebands = C("B1\_Dn", "B2\_Dn", "B3\_Dn", "B4\_Dn"))



รูปที่ 5.2 ภาพดาวเทียมก่อนปรับความสว่างของแสง (Haze)



รูปที่ 5.3 ภาพดาวเทียมหลังปรับความสว่างของแสง (Haze)

### 5.3 การปรับแก้เชิงเรขาคณิต

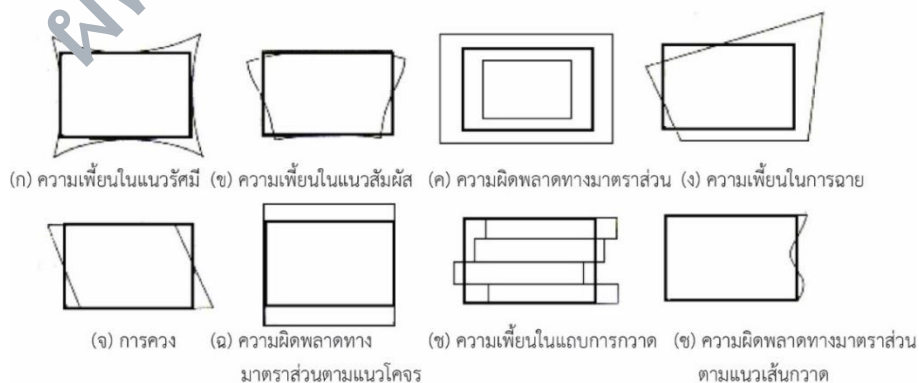
การนำข้อมูลจากระยะไกลไปใช้ประโยชน์ มีความจำเป็นในการปรับแก้เชิงเรขาคณิต (Geometric Correction) ก่อน เพราะพิกัดของข้อมูลและตำแหน่งของวัตถุต่างๆ มีความคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง เนื่องจากข้อบกพร่องทางเครื่องรับสัญญาณและรูปลักษณะของวัตถุ การปรับแก้เชิงเรขาคณิตมีความจำเป็นมากยิ่งขึ้น เมื่อต้องการนำข้อมูลจากระยะไกลไปใช้งานในการศึกษาร่วมกับข้อมูลเชิงแผนที่อื่นๆ เพื่อที่จะสามารถซ้อนทับข้อมูลกันได้ (Overlay) หรือหากว่าต้องการศึกษาประสบการณ์อย่างหนึ่งในหลายช่วงเวลา การเปรียบเทียบข้อมูลภาพในแต่ละช่วงเวลาจำเป็นต้องมีระบบพิกัดเดียวกัน จึงจะสามารถซ้อนข้อมูลแต่ละเวลาลงกันได้สนิท จึงจำเป็นต้องทำการปรับแก้เชิงเรขาคณิตเช่นกัน ขั้นตอนการปรับแก้ทางเรขาคณิต ประกอบด้วย การศึกษา สาเหตุของความบิดเบือนทางเรขาคณิต หลักการปรับแก้เชิงเรขาคณิต การประมวลค่าใหม่ให้แก่จุดภาพหลังการปรับพิกัด และการประเมินความน่าเชื่อถือในการปรับแก้พิกัด

#### 5.3.1 สาเหตุของความบิดเบือนทางเรขาคณิต

การบิดเบือนทางเรขาคณิต (Geometric Distortion) หมายถึง ความผิดพลาดทางพื้นที่ของข้อมูลภาพ ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อพิกัดของภาพที่ได้รับจากสัญญาณไม่เป็นไปตามพิกัดตามสภาพจริง หรือ ตามระบบพิกัดแผนที่ ความบิดเบือนเชิงเรขาคณิต มี 2 ลักษณะ คือ

##### 1) ความบิดเบือนภายใน (Internal Distortion)

มีสาเหตุมาจากความบกพร่องของอุปกรณ์ในเครื่องวัดสัญญาณ เช่น ความบิดเบือนตามรัศมีของเลนส์ ทำให้บริเวณที่ห่างจุดศูนย์กลางภาพมีความบิดเบือนมากขึ้น ความบิดเบือนในแนวสัมผัสของเลนส์ ความผิดพลาดของความยาวโฟกัส การเอียงของระนาบภาพ ความไม่คงที่ของระนาบภาพ ความผิดพลาดในการจัดแนวแผงรับสำหรับเครื่องวัดแบบแผงเชิงเส้น (Linear Array Sensor) ความไม่คงที่ของอัตราสุ่มตัวอย่าง ความผิดพลาดของเวลาสุ่มตัวอย่าง ความไม่คงที่ของความเร็วของกระจกกวาด เป็นต้น

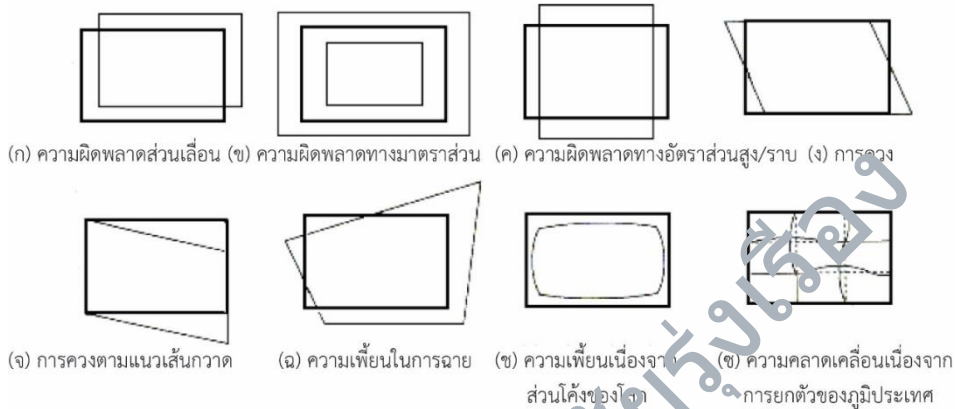


รูปที่ 5.4 ลักษณะข้อมูลที่บิดเบือนภายใน

ที่มา ดัดแปลงจาก Murai, 2014

## 2) ความบิดเบือนภายนอก (External Distortion)

ความบิดเบือนภายนอกมีสาเหตุทั่วไปเกิดจากความผิดพลาดเชิงระนาบของยาน ความผิดพลาดเชิงระนาบของยาน ความผิดพลาดทางระดับความสูงของยาน การเคลื่อนที่ทางตำแหน่งวงโคจร ความไม่คงที่ของการทรงตัว การหมุนของโลก ความโค้งของผิวโลก ความสูง ของพื้นผิวและการหักเหของชั้นบรรยากาศ



รูปที่ 5.5 ลักษณะข้อมูลที่เกิดบิดเบือน ภายนอก

ที่มา ดัดแปลงจาก Murai, 2014

### 5.3.2 การหาจุดควบคุมภาคพื้นดิน

การปรับแก้เชิงเรขาคณิตจะได้ผลลัพธ์มากเพียงไรขึ้นอยู่กับวิธีการเลือกจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point - GPS) และจำนวนจุดที่ใช้ จุดควบคุมภาคพื้นดินที่เป็นจุดตำแหน่งใดก็ได้ในข้อมูลภาพที่เห็นปรากฏได้ชัดเจนและเป็นจุดเดียวกันบนข้อมูลอ้างอิง จุดควบคุมภาคพื้นดินที่ตีส่วนใหญ่อต้องเป็นจุดที่มีความคงที่ของรูปทรง โดยเฉพาะในระหว่างที่มีข้อมูลอ้างอิงต้องเป็นจุดที่สังเกตได้ง่าย ตัวอย่างเช่น จุดตัดของวัตถุต่างๆ เช่น สีแยกถนนตัดกัน สะพานข้าม แม่น้ำ หรือสะพานข้ามทางรถไฟ ฯลฯ เป็นต้น

จุดควบคุมภาคพื้นดินควรมีจำนวนมากพอและกระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วพื้นที่ศึกษามากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อควบคุมการแปลงพิกัดให้เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอทั่วพื้นที่ จุดควบคุมภาคพื้นดินไปรวมกลุ่มอยู่เฉพาะบางบริเวณ ความถูกต้องบริเวณนั้นจะมีมากกว่าบริเวณที่มีจุดควบคุมภาคพื้นดินน้อยกว่า การกระจายจุดควบคุมภาคพื้นดินได้มีการกระจายออกไปนอกเขตพื้นที่ศึกษาด้วย (ภาพที่นำมาปรับแก้พิกัดได้ตัดให้มีขนาดใหญ่กว่าพื้นที่ศึกษา เพื่อให้มีพื้นที่มากพอสำหรับการหมุนเอียงของภาพหลังการปรับแก้เชิงเรขาคณิต โดยบริเวณที่ต้องการศึกษาหลังจากที่ปรับแก้แล้วจะปรากฏเป็นเส้นประ) เพื่อให้พื้นที่ศึกษาจริงมีการปรับแก้เชิงเรขาคณิตอย่างกระจายทั่วทั้งหมด

### 5.3.3 วิธีการคำนวณการปรับแก้เชิงเรขาคณิต

ประกอบด้วยการคำนวณ 2 ขั้นตอน คือ

1) การคำนวณความสัมพันธ์ของพิกัด (Geometric Coordinate Transformation) ระหว่างข้อมูลภาพเริ่มต้น ( $x',y'$ ) และพิกัดภูมิศาสตร์ ( $x,y$ ) มีการปรับแก้เชิงเรขาคณิตโดยใช้สูตรของสมการเชิงเส้นเพื่อหาตำแหน่งพิกัดใหม่ กระบวนการนี้ เรียกว่าการประเมินค่าเชิงพื้นที่ (Spatial Interpolation) มีสูตรดังนี้

$$x' = a_0 + a_1x + a_2y$$

$$y' = b_0 + b_1x + b_2y$$

(Jansen, 2007)

โดย  $x'$  = พิกัดของด้านสมมติของข้อมูลภาพหลังการปรับแก้

$y'$  = พิกัดของด้านแนวของข้อมูลภาพหลังการปรับแก้

$x$  = พิกัดของด้านสมมติของข้อมูลภาพก่อนการปรับแก้

$y$  = พิกัดของด้านแนวของข้อมูลภาพก่อนการปรับแก้

2) การตรวจสอบความถูกต้องของการปรับแก้ คำนวณโดยใช้หลักการถดถอยกำลังสองที่น้อยที่สุด (Least Square Regression Method) เพื่อหาค่าความถูกต้องโดยคำนวณจากรากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนจากแต่ละจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Root Mean Square Error –  $RMS_{Error}$ ) มีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$RMS_{Error} = \sqrt{(x' - X_{orig})^2 + (y' - y_{orig})^2}$$

(Jansen, 2007)

โดย  $RMS_{Error}$  = ค่าความถูกต้องของจุดควบคุมภาคพื้นดิน

$X_{orig}, y_{orig}$  = ค่าพิกัดของจุดควบคุมภาคพื้นดินในภาพก่อนการปรับแก้

$x', y'$  = ค่าพิกัดของจุดควบคุมภาคพื้นดินในภาพหลังการปรับแก้

ค่า  $RMS_{error}$  แสดงถึงความถูกต้องของพิกัดจุดควบคุมภาคพื้นดินเมื่อเปรียบเทียบกับค่าพิกัดที่อ้างอิง (เช่น แผนที่ภูมิประเทศ มีหน่วยเป็นจุดภาพ) โดยมากจะยอมรับค่าความถูกต้องที่มีค่าบวกหรือลบไม่เกิน 1 จุดภาพ ถ้าค่า  $RMS_{error}$  มีค่าสูงหมายความว่า ความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งยังมีมาก สามารถคำนวณเป็นหน่วยพื้นที่โดยนำค่า  $RMS_{error}$  คูณกับขนาดจุดภาพ (ตัวอย่าง เช่น ภาพดาวเทียม Ladsat OLI 8 มีขนาดจุดภาพ 30 เมตร ถ้ามีค่า  $RMS_{error} = 1.5$  ดังนั้นความคลาดเคลื่อนในภาคพื้นดิน =  $1.5 \times 30 = 45$  เมตร)

#### 5.4 วิธีการคำนวณการปรับแก้เชิงเรขาคณิตโดยโปรแกรม R

การปรับแก้เชิงเรขาคณิตโดยโปรแกรม R พบ 2 รูปแบบ รูปแบบที่ 1 คือการปรับแก้แบบมีระบบ (Systematic Correction) เป็นการปรับแก้ตามค่าอ้างอิงเชิงเรขาคณิตต่าง ๆ ที่กำหนดไว้แล้ว และ การปรับแก้แบบไม่มีระบบ ( Non Systematic Correction) เป็นการปรับแก้จากพิกัดระบบภาพสู่พิกัดระบบภูมิศาสตร์โดยอาศัยสมการ วิธีการนี้จำเป็นต้องค่าพิกัดจากจุดควบคุมภาคพื้นดิน

##### 5.4.1 การปรับแก้แบบมีระบบ (Systematic Correction)

การปรับแก้แบบมีระบบ (Systematic Correction) เป็นการปรับแก้ตามค่าอ้างอิงเชิงเรขาคณิตต่าง ๆ ที่กำหนดไว้แล้วด้วยโปรแกรม R

เรียก Library Raster โดยก่อนเรียก Library จำเป็นต้องทำการติดตั้ง Package ชื่อ Raster

###### ➤ Library(Raster)

สร้างวัตถุชื่อ Shifted จากนั้นใช้คำสั่ง Shift ำติดตั้งมาใน Library Raster เพื่อปรับแก้ภาพดาวเทียมอย่างเป็นระบบ จากตัวอย่างต้องการ ย้ายพิกัดแกน X ออกไป 30 เมตร ย้ายพิกัดแกน Y ขึ้นไป 60 เมตร

###### ➤ Shifted <- Shift(ภาพดาวเทียม, 30, 60)

เรียก Library Raster โดยก่อนเรียก Library จำเป็นต้องทำการติดตั้ง Package ชื่อ Raster

###### ➤ Library(Rstoolbox)

สร้างวัตถุชื่อ Correg จากนั้นใช้คำสั่ง Coregisterimages ที่ติดตั้งมาใน Library Raster เพื่อย้ายภาพดาวเทียมอย่างเป็นระบบ โดยอ้างอิงพิกัดใหม่จากวัตถุที่ชื่อ Shifted ที่ได้สร้างไว้ข้างต้น

###### ➤ Correg <- Coregisterimages(ภาพดาวเทียม, Shifted, Verbose = True)

ทำการสร้าง Raster ขึ้นใหม่โดยใช้คำสั่ง Writeraster ที่ติดตั้งมาใน Library Raster ระบุตัวแปรคือภาพต้นทางที่จะเป็นแบบสำหรับการสร้าง Raster ในที่นี้คือ Correg จากนั้นเลือกที่เก็บไฟล์

➤ Writeraster(Correg,Filename = "โฟลเดอร์ที่เก็บงานของผู้ใช้งาน/ชื่อไฟล์ภาพใหม่.Tif ")



รูปที่ 5. 6 ตัวอย่างภาพที่ได้ย้ายพิกัดแกน X ออกไป 30 เมตร และย้ายพิกัดแกน Y ขึ้นไป 60 เมตร

#### 5.4.2 การปรับแก้แบบไม่มีระบบ (Non Systematic Correction)

ในบทเรียนนี้ต้องการคำนวณความสัมพันธ์ของพิกัด (Geometric Coordinate Transformation) ระหว่างข้อมูลภาพเรขาคณิต  $(x',y')$  และพิกัดภูมิศาสตร์  $(x,y)$  มีการปรับแก้เชิงเรขาคณิตโดยใช้สูตรของสมการเชิงเส้นเพื่อหาดำแหน่งพิกัดใหม่ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องของการปรับแก้ คำนวณโดยใช้หลักการถดถอยกำลังสองที่น้อยที่สุด (Least Square Regression Method) เพื่อหาค่าความถูกต้องโดยคำนวณจากรากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนจากแต่ละจุดควบคุมภาคพื้นดินด้วยโปรแกรม R

เรียก Library Dplyr โดยก่อนเรียก Library จำเป็นต้องทำการติดตั้ง Package ชื่อ Dplyr

➤ Library(Dplyr)

สร้างวัตถุชื่อ Sample จากนั้นใช้คำสั่ง Read.Csv ที่ติดตั้งมาใน Library Dplyr เพื่ออ่านค่าจุดควบคุมบนภาพดาวเทียม (X\_Source, Y\_Source) และจุดควบคุมบนแผนที่ภูมิประเทศ (X\_Map, Y\_Map)

➤ Sample <- Read.Csv(File="โฟลเดอร์ที่เก็บงานของผู้ใช้งาน/ชื่อไฟล์ที่เก็บจุดควบคุมบนภาพดาวเทียมและจุดควบคุมภูมิประเทศ.Csv")

พิมพ์ตัวอย่างไฟล์

➤ Print(Sample)

	X_Source	Y_Source	X_Map	Y_Map
1	706524.1005	1597029.664	704799.436	1597896.909
2	686250.7423	1540228.829	684584.031	1541058.695
3	660075.3101	1537330.134	658404.614	1538140.691
4	672252.5706	1586379.802	670530.929	1587237.500
5	657474.7480	1584103.600	655750.075	1584950.109
6	700679.1110	1542356.801	699006.372	1543447.552

เรียก Library Vec2Dtransf โดยก่อนเรียก Library จำเป็นต้องทำการติดตั้ง Package ชื่อ Vec2Dtransf

➤ Library(Vec2Dtransf)

สร้างวัตถุชื่อ Aff จากนั้นใช้คำสั่ง Affinetransformation ที่ติดตั้งมาใน Library Vec2dtransf เพื่ออ่านค่าวัตถุชื่อ Sample

➤ Aft = Affinetransformation(Sample)

จากนั้นใช้คำสั่ง Calculateparameters ที่ติดตั้งมาใน Library Vec2dtransf เพื่อคำนวณหาค่าตัวแปรความสัมพันธ์ของพิกัดของวัตถุชื่อ Aft

➤ Calculateparameters(Aft)

จากนั้นใช้คำสั่ง Getparameters ที่ติดตั้งมาใน Library Vec2dtransf เพื่อได้มาค่าตัวแปรความสัมพันธ์ของพิกัดของวัตถุชื่อ Aft

➤ Getparameters(Aft)

A	B	C	D	E	F
1.000207840e+00	-1.071667810e-03	-1.615972200e+02	2.899454049e-03	9.990222881e-0	
1	4.402687107e+02				

โดยรายละเอียดตัวแปรมีดังต่อไปนี้

A = ค่าสัมประสิทธิ์การบิดในมาตราส่วนแกน X

E = ค่าสัมประสิทธิ์ความต่างในมาตราส่วนแกน Y

D = ค่าสัมประสิทธิ์การหมุนแกน X

B = ค่าสัมประสิทธิ์การหมุนแกน Y

C = ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนจุดกำเนิดแกน X

F = ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนจุดกำเนิดแกน Y

<https://gis.stackexchange.com/questions/30559/how-to-compute-parameters-for-ogis-affine-transformation>

จากนั้นใช้คำสั่ง Getresiduals ที่ติดตั้งมาใน Library Vec2dtransf เพื่อได้มาค่าความคลาดเคลื่อนตกค้างแต่ละจุดของวัตถุชื่อ Aft

➤ `Getresiduals(Aft)`

X\_Target    Y\_Target

1 1.5741948015 -60.12293039

2 2.8693784918 -94.25511350

3 1.2184362112 -40.50373928

4 0.3069674523 19.28629869

5 -2.0923456908 48.71944644

6 -3.8766312660 126.87603804

จากนั้นใช้คำสั่ง Getmse ที่ติดตั้งมาใน Library Vec2dtransf เพื่อได้มาค่าความคลาดเคลื่อนตกค้างเฉลี่ยของแบบจำลองเรียกว่า Root Mean Squared Error ของวัตถุชื่อ Aft

➤ `Getmse(Aft)`

[1] 74.17784631

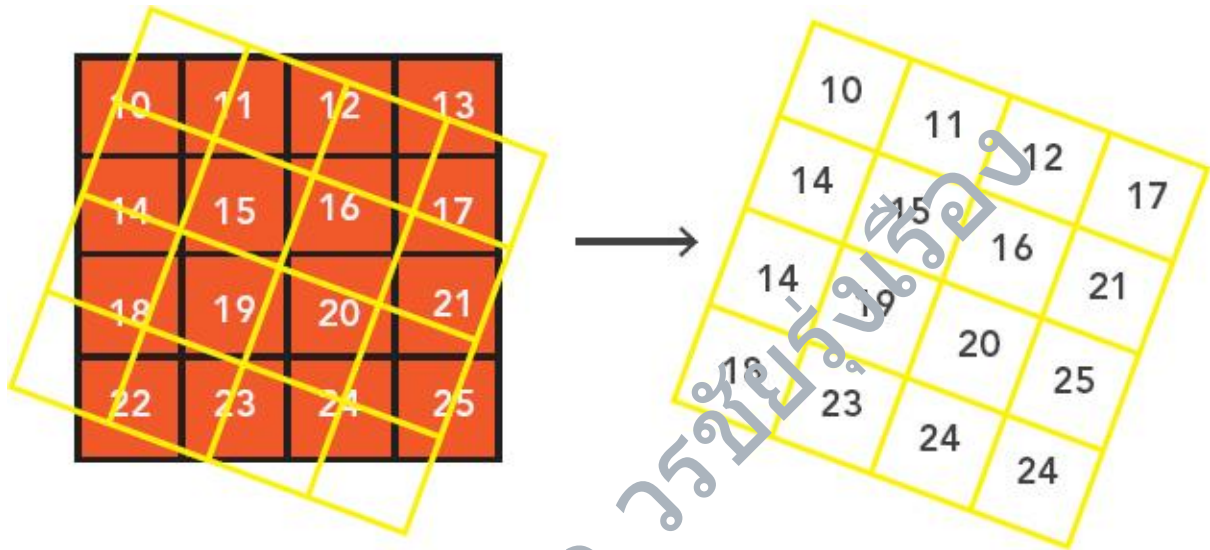
## 5.5 การคำนวณค่าสะท้อนของจุดใหม่

สิ่งที่ต้องทำควบคู่ไปกับการแปลงค่าตำแหน่งของแต่ละจุด เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งพิกัด ค่าการสะท้อนของจุดภาพ (Brightness Value) ต้องมีการคำนวณใหม่ตามไปด้วย โดยมีการประมาณค่าการสะท้อนใหม่ (Intensity Interpolation) ซึ่งมีวิธีการคำนวณได้ทั้งหมด 3 วิธี ได้แก่

### 5.5.1 การประมาณค่าจากตำแหน่งใกล้ที่สุด

ค่าการสะท้อนใหม่จะคำนวณจากค่าการสะท้อนของจุดภาพก่อนปรับแก้ โดยเลือกหาตำแหน่งที่อยู่ใกล้ที่สุด (Nearest Neighbor Interpolation -NN) วิธีการนี้มีข้อดีตรงที่สามารถรักษาค่าการสะท้อนของข้อมูลภาพได้ใกล้เคียงกับค่าการสะท้อนก่อนการปรับแก้พิกัดได้มากที่สุด หรือมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

วิธีการนี้จึงเหมาะสมที่สุดในการปรับแก้พิกัดข้อมูลภาพก่อนการจำแนกประเภทข้อมูล (Image Classification) นอกจากนี้ยังสามารถคำนวณในเวลารวดเร็ว ในการคำนวณประมาณค่าที่ไม่เป็นแบบเชิงเส้น (Non – Linear Transformation) ระดับความแม่นยำของลำดับการยกกำลังของสมการพหุนามเทียบกับลำดับ ศูนย์ ( $N^{\text{th}}$  Order Polynomial = Zero Order) การประมาณค่าการสะท้อนใหม่วิธีนี้มีข้อบกพร่องอยู่บ้าง กล่าวคือ จะให้ผลลัพธ์เป็นข้อมูลภาพที่มีขอบภาพเป็นขั้นบันได (Stair – Stepped Effect) นอกจากนี้ยังทำให้ค่าการสะท้อนเดิมบางค่าหายไป



รูปที่ 5. 7 การประมาณค่าจากตำแหน่งที่ใกล้ที่สุด

ที่มา Green, Congalton, และ Tukman, 2017

Row	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	55	59	63	69	73	69	61	60	58	58	75	62	54	57
1	56	54	60	67	65	62	59	60	57	59	73	61	68	66
2	81	64	61	64	62	66	64	61	56	57	67	65	79	76
3	85	60	56	60	63	72	69	61	58	61	66	67	66	67
4	61	51	57	63	66	69	70	66	65	65	63	64	62	66
5	62	62	70	71	68	70	69	83	76	61	63	58	56	61
6	66	69	74	75	72	71	71	95	85	64	61	52	51	52
7	60	63	69	75	75	72	74	81	81	71	58	51	53	52
8	58	58	61	71	71	68	74	79	81	676	66	59	58	53
9	58	59	61	62	61	63	70	80	80	84	83	59	59	58
10	58	58	57	59	63	63	65	80	77	86	88	71	63	67

รูปที่ 5. 8 ค่าการสะท้อนก่อนการปรับแก้

Row	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0				55	59	63											
1			56	54	60	69	73	73	69								
2			81	64	61	67	65	62	59	60	58	58	75				
3			85	60	56	64	62	66	64	60	57	59	73	62	54	57	
4			61	51	57	60	63	72	69	61	56	57	67	61	69	68	
5		62	62	70	71	66	69	70	70	61	58	61	66	65	79	76	
6		66	69	74	75	68	70	69	83	65	65	63	67	68	67		
7		60	63	69	75	72	71	71	95	76	61	63	64	62	66		
8	58	58	58	61	71	75	72	74	95	85	64	61	58	56	61		
9	58	59	61	62	61	68	74	79	81	71	71	58	52	51	52		
10		58	57	59	61	63	70	80	81	76	66	59	53	52			
11					63	63	65	80	80	84	83	69	58	53			
12									77	86	88	71	59	58			
13													63	67			

รูปที่ 5.9 ค่าการสะท้อนหลังการปรับแก้ด้วยการประมาณค่าจากตำแหน่งใกล้เคียงที่สุด

### 5.5.2 การประมาณค่าจากเส้นคู่

การประมาณค่าแบบเส้นคู่ (Bi linear Interpolation -BL) เป็นการประมาณค่าความสว่างใหม่ โดยคำนวณจากฟังก์ชันเชิงเส้นคู่ ที่ประยุกต์ใช้กับ 4 จุดที่อยู่รอบจุดนั้น สามารถคำนวณค่าความสว่างใหม่จากสูตรฟังก์ชันเชิงเส้นคู่ ดังนี้

$$BV_{wt} = \frac{\sum_{k=1}^4 (Z_k/D_k^2)}{\sum_{k=1}^4 (L/D_k^2)}$$

(Jansen, 2007)

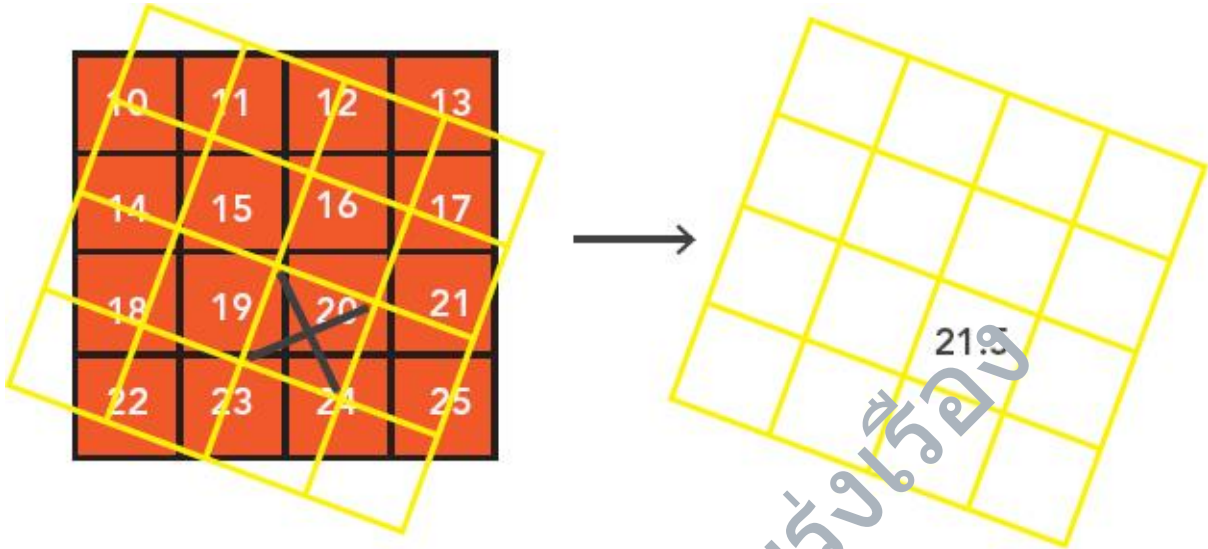
โดย  $BV_{wt}$  = ค่าการสะท้อนใหม่

$Z_k$  = ค่าการสะท้อนของจุดภาพที่อยู่โดยรอบจุดนั้น

$D_k^2$  = ระยะห่างของจุดนั้นกับจุดอื่นที่อยู่โดยรอบ

การประมาณค่าการสะท้อนใหม่จากลำดับการยกกำลัง () ของสมการโพลิโนเมียลด้วยวิธีลำดับการยกกำลังเท่ากับลำดับที่หนึ่ง () ข้อดีการประมาณค่าแบบเส้นคู่ คือ ภาพผลลัพธ์ไม่มีขอบภาพที่มีค่าการสะท้อนแบบขั้นบันไดแบบเดียวกันที่พบเมื่อใช้วิธีการประมาณค่าจากตำแหน่งใกล้เคียงที่สุด แต่จะมีข้อบกพร่องที่ขอบภาพจะมีค่าการสะท้อนต่ำปรากฏเป็นสีดำ เพราะมีค่าเฉลี่ยการสะท้อนของจุดภาพภายใน ข้อมูลภาพกับจุดภาพภายนอกข้อมูลภาพ (ซึ่งไม่มีค่าสะท้อนจึงมีค่าเท่ากับศูนย์) นอกจากนี้ข้อมูลภาพยังมีความเรียบมากยิ่งขึ้น ทำให้รายละเอียดของภาพลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพเริ่มต้น เนื่องจากการคำนวณค่าการสะท้อน โดย

เฉลี่ยจากจุดภาพที่อยู่โดยรอบ 4 จุด จึงไม่เป็นผลดีกับการจำแนกข้อมูล ทำให้การแยกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยเฉพาะกลุ่มพืชพรรณทำได้ยากขึ้น และยังใช้เวลาในการคำนวณมากกว่าวิธีการประมาณค่าจากตำแหน่งใกล้เคียงที่สุด



รูปที่ 5. 10 การประมาณค่าจากเส้นคู่

ที่มา Green, Congalton, และ Turkman, 2017

Row	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	55	59	63	69	73	69	61	60	58	58	75	62	54	57
1	56	54	60	67	65	62	59	60	57	59	73	61	68	66
2	81	61	64	62	66	66	64	61	56	57	67	65	79	76
3	85	60	56	60	63	72	69	61	58	61	66	67	66	67
4	61	51	57	63	66	69	70	66	65	65	63	64	62	66
5	62	62	70	71	68	70	69	83	76	61	63	58	56	61
6	66	69	74	75	72	71	71	95	85	64	61	52	51	52
7	60	63	69	75	75	72	74	81	81	71	58	51	53	52
8	58	58	61	71	71	68	74	79	81	676	66	59	58	53
9	58	59	61	62	61	63	70	80	80	84	83	59	59	58
10	58	58	57	59	63	63	65	80	77	86	88	71	63	67

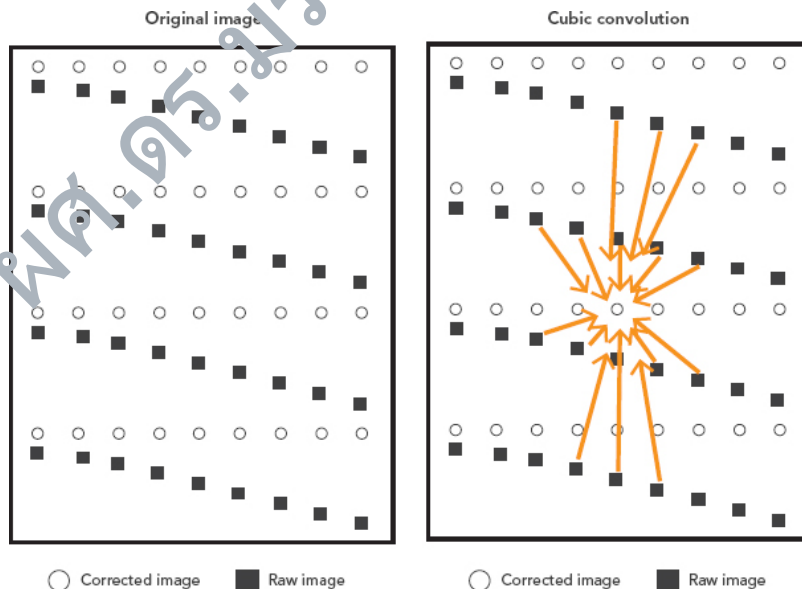
รูปที่ 5. 11 ค่าการสะท้อนก่อนการปรับแก้

Row	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0			21	56	47	33	17										
1			40	55	58	65	70	68	45	9							
2			74	66	61	65	65	63	61	59	50	58	41	23	4		
3			76	60	58	62	62	66	62	57	59	59	71	64	56	44	8
4			58	54	59	62	66	70	66	56	59	57	69	61\3	69	65	2
5		62	63	66	67	66	68	70	67	60	63	61	66	69	78	54	
6	1	66	68	73	73	70	70	69	74	65	64	63	65	67	68	33	
7	16	60	64	71	75	73	71	72	89	62	63	63	61	61	65	14	
8	31	58	59	66	73	73	73	77	87	63	60	61	55	57	56		
9	46	59	60	63	66	67	72	77	81	65	56	58	52	52	35		
10	25	58	16	60	62	63	69	78	80	68	58	59	53	53	20		
11				16	63	50	67	80	79	81	66	69	54	54	7		
12							6	28	49	83	68	71	49	49			
13										14	30		37	37			

รูปที่ 5. 12 ค่าการสะท้อนหลังการปรับแก้การประมาณค่าเส้นคู่

### 5.5.3 การประมาณค่าด้วยฟังก์ชันลูกบาศก์

ค่าการสะท้อนใหม่จะถูกประมาณด้วยฟังก์ชันลูกบาศก์ (Cubic Convolution Interpolation - CC) โดยใช้ 16 จุดภาพที่ล้อมรอบตำแหน่งนั้น วิธีการคำนวณแบบนี้จะให้ผลลัพธ์คล้ายกับวิธีแบบเส้นคู่ คือ ภาพผลลัพธ์มีขอบภาพที่มีค่าการสะท้อนแบบขั้นบันไดแบบเดียวกับข้อบกพร่องที่ขอบภาพจะมีค่าการสะท้อนต่ำปรากฏเป็นสีดำ เพราะมีค่าเฉลี่ยการสะท้อนกับจุดภาพนอกข้อมูลภาพ และทำให้ ข้อมูลภาพยังมีความเรียบมากขึ้นอีก อีกทั้งต้องใช้เวลาคำนวณนานที่สุด ถ้าเทียบการยกกำลังของการประมาณค่าแบบการประสานเชิงลูกบาศก์เท่ากับลำดับที่สอง (Second Order)



รูปที่ 5. 13 การประมาณค่าด้วยฟังก์ชันลูกบาศก์

ที่มา Green, Congalton, และ Tukman, 2017

Row	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	55	59	63	69	73	69	61	60	58	58	75	62	54	57
1	56	54	60	67	65	62	59	60	57	59	73	61	68	66
2	81	64	61	64	62	66	64	61	56	57	67	65	79	76
3	85	60	56	60	63	72	69	61	58	61	66	67	66	67
4	61	51	57	63	66	69	70	66	65	65	63	64	62	66
5	62	62	70	71	68	70	69	83	76	61	63	58	56	61
6	66	69	74	75	72	71	71	95	85	64	61	52	51	52
7	60	63	69	75	75	72	74	81	81	71	58	51	53	52
8	58	58	61	71	71	68	74	79	81	676	66	59	58	53
9	58	59	61	62	61	63	70	80	80	84	83	59	59	58
10	58	58	57	59	63	63	65	80	77	86	88	71	63	67

รูปที่ 5. 14 ค่าการสะท้อนก่อนการปรับแก้

Row	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0			23	66	47	33	17										
1			42	60	60	74	81	69	45	25	9						
2			79	68	61	65	65	64	65	68	64	48	41	24	4		
3		14	86	58	57	62	62	65	81	61	57	59	82	75	57	47	8
4		26	63	51	57	62	67	72	66	59	55	5	70	62	70	67	2
5		45	67	65	67	67	68	71	66	59	5	6	67	70	85	55	
6		62	69	74	75	70	70	68	73	76	6	64	66	66	78	33	
7	16	67	63	72	76	73	71	71	93	81	2	63	62	60	74	14	
8	30	65	58	67	76	73	72	77	7	79	61	62	54	57	57		
9	52	65	60	64	66	66	71	77	81	80	64	53	49	55	35		
10	27	41	55	67	66	64	6	79	81	60	67	55	54	60	20		
11				16	34	50	71	3	87	87	81	66	59	58	7		
12						6	29	79	79	93	76	66	49				
13										15	29	52	38				

รูปที่ 5. 15 ค่าการสะท้อนหลังการปรับแก้ด้วยฟังก์ชันลูกบาศก์

## 5.6 สรุป

ในบทเรียนนี้ นักศึกษา ได้ทราบว่า การปรับแก้เชิงคลื่นมีวิธีการอย่างไร ทั้งการเปลี่ยนค่าสะท้อนจุดภาพ เป็นค่าการแผ่รังสีด้วยวิธีรณ การชดเชยค่าการสะท้อนที่บิดเบือนไปสภาวะอากาศ และได้ฝึกปฏิบัติการปรับแก้เชิงคลื่นทั้ง 2 รูปแบบผ่านโปรแกรม R รวมถึงทราบถึงการปรับแก้เรขาคณิต ที่สาเหตุการบิดเบือนทางเรขาคณิต การหาจุดควบคุมภาคพื้นดิน วิธีการปรับแก้เชิงเรขาคณิต ตลอดจนวิธีการคำนวณปรับแก้เชิงเรขาคณิตโดยโปรแกรม R ทั้งการปรับแก้แบบมีระบบและการปรับแก้แบบไม่มีระบบ นอกจากนี้ นักศึกษายังทราบถึงการคำนวณค่าสะท้อนของจุดใหม่ ทั้งรูปแบบการประมาณค่าจากตำแหน่งที่ใกล้ที่สุด การประมาณค่าแบบเส้นคู่ การประมาณค่าด้วยฟังก์ชันลูกบาศก์

## คำถามท้ายบทที่ 5

- 1) จงอธิบายสาเหตุของการเปลี่ยนค่าสะท้อนจุดภาพเป็นการแผ่รังสีสัมบูรณ์ และ ชดเชยค่าการสะท้อนที่บิดเบือนไปเพราะสภาวะอากาศ
- 2) จงเปลี่ยนค่าการสะท้อนจุดภาพเป็นค่าการแผ่รังสีสัมบูรณ์ ของภาพดาวเทียม Level 1- Data Product ของภาพดาวเทียม LANDSAT 8 OLI ที่ดาวโหลดจากบทที่ 1 โดยโปรแกรม R
- 3) จงชดเชยค่าการสะท้อนที่บิดเบือนไปเพราะสภาวะอากาศ ของภาพดาวเทียม Level 1- Data Product ของภาพดาวเทียม LANDSAT 8 OLI ที่ดาวโหลดจากบทที่ 1 โดยโปรแกรม R
- 4) จงอธิบายสาเหตุการปรับแก้เรขาคณิต
- 5) จงอธิบายลักษณะการเลือกจุดควบคุมภาคพื้นดิน
- 6) จงคำนวณการปรับแก้เรขาคณิตแบบมีระบบโดยโปรแกรม R โดยกำหนดให้ย้ายพิกัดแกน X ไป 120 เมตร และ พิกัดแกน Y ไป 120 เมตร
- 7) จงคำนวณการปรับแก้แบบไม่มีระบบโดยโปรแกรม R โดยกำหนดให้

X_source	Y_source	X_map	Y_map
1	1	31	64
1	5	10	30
3	4	32	28
5	5	44	9

ผศ.ดร.มรกต ราชย์รุ่งเรือง

## บทที่ 6

### การปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลเชิงเลข

บทเรียนนี้ กล่าวถึง การปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลเชิงเลข อาทิเช่น แนวคิดด้านระดับความแตกต่างของความคมชัด การขยายการสะท้อนของข้อมูลภาพ การฝึกปฏิบัติการขยายการสะท้อนของข้อมูลภาพโดยโปรแกรม R ตลอดจนการปรับแก้ภาพเชิงช่วงคลื่นด้วยดัชนีรูปแบบต่าง ๆ

#### 6.1 แนวคิดในด้านระดับความแตกต่างของความชัด

ระดับความชัดเจนความแตกต่างระหว่างวัตถุในข้อมูลภาพวัดได้จากสัดส่วนของระดับความแตกต่างของความชัดเจน (Contrast Ratio) โดยนำค่าความสว่างหรือค่าสะท้อนสูงสุดที่สุ่มหาหาค่าสะท้อนต่ำที่สุด ดังสูตรต่อไปนี้

$$CR = \frac{B_{\max}}{B_{\min}}$$

(Sabins, 2007)

โดย  $CR$  = สัดส่วนความแตกต่างของความคมชัด

$B_{\max}$  = ค่าการสว่างสูงสุดในข้อมูลภาพ

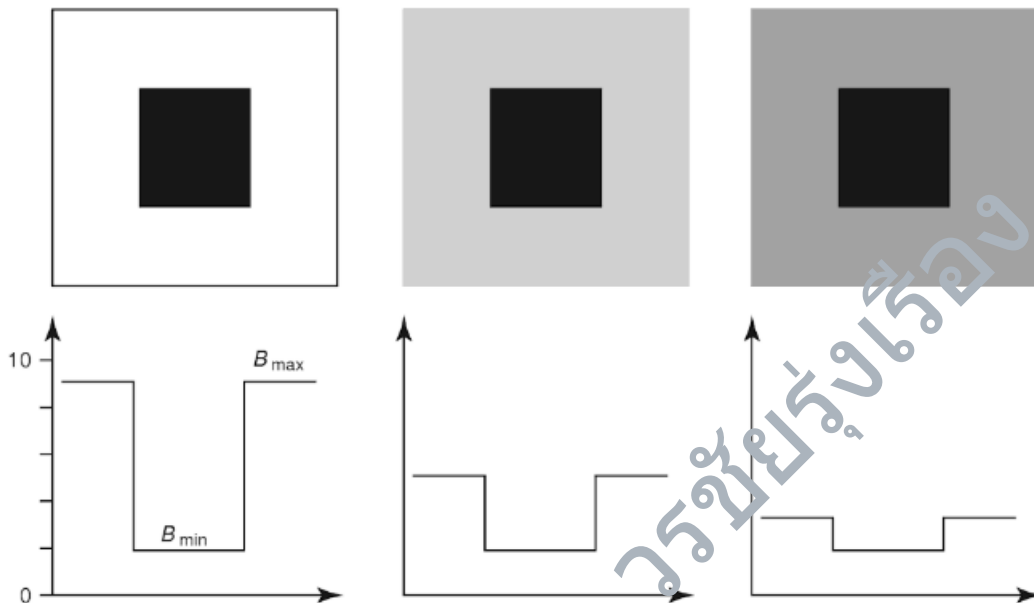
$B_{\min}$  = ค่าการสว่างต่ำสุดในข้อมูลภาพ

ถ้ามีสัดส่วนความแตกต่างของความคมชัดสูง หมายถึงว่า ภาพมีความคมชัดหรือความชัดเจนมาก มองเห็นขอบเขตของวัตถุต่าง ๆ ได้ดีจนสามารถแยกแยะได้ และถ้ามีสัดส่วนของความแตกต่างของความคมชัดต่ำ หมายความว่า ภาพลดความคมชัดลง ดูไม่ค่อยมีรายละเอียด ไม่ค่อยชัดเจน ตัวอย่างจากรูปที่ 7.1 เป็นการแสดงระดับความคมชัด 3 ระดับ สามารถวัดเป็นตัวเลขโดยการคำนวณ สัดส่วนความแตกต่างของความคมชัด จากค่าความสว่าง 10 ระดับ แต่ละภาพมีค่าความสว่างสูงสุดและต่ำที่สุดแตกต่างกัน โดยภาพ A มีค่าความสว่างต่ำสุด - สูงสุด เป็น 2 - 9 ภาพ B มีค่าความสว่างต่ำสุด - สูงสุด เป็น 2 - 5 และภาพ C มีค่าความสว่างต่ำสุด - สูงสุด เป็น 2 - 3 ภาพทั้งสามจึงมีสัดส่วนความแตกต่างของความชัดเจนไม่เหมือนกัน ดังนี้

1) ภาพ A มีสัดส่วนความแตกต่างของความชัดเจนมากที่สุด คือ  $CR = \frac{9}{2} = 4.5$  สามารถแยกขอบเขตของวัตถุได้ชัดเจนที่สุด ภาพมีความคมชัดมากที่สุด

2) ภาพ B มีสัดส่วนความแตกต่างของความชัดเจนรองลงมา คือ  $CR = \frac{5}{2} = 2.5$  ภาพลดความคมชัดลงแต่ยังพอแยกขอบเขตของวัตถุได้

3) ภาพ C มีสัดส่วนความแตกต่างของความชัดเจนน้อยที่สุด คือ  $CR = \frac{3}{2} = 1.5$  จึงไม่มีรายละเอียดมากนัก การแปลตีความทำได้ลำบากและอาจตีความผิดพลาดได้



รูปที่ 6.1 ระดับความแตกต่างของความคมชัดแบบต่างๆ ของข้อมูลภาพ

ที่มา ดัดแปลงจาก Sabins, 2007

ค่าการสะท้อนหรือความสว่างหรือค่าระดับสีเทาในแต่ละช่วงคลื่น สามารถนำมาปรับปรุงให้ระดับสีเทามีความแตกต่างมากขึ้น แล้วทำให้ได้รับรายละเอียดของข้อมูลภาพมากขึ้นและช่วยให้การวิเคราะห์การตีความข้อมูลสะดวกยิ่งขึ้น มีความถูกต้องมากขึ้น เทคนิคการเน้นรายละเอียดภาพมีหลายวิธีที่สามารถเน้นภาพให้มีลักษณะรายละเอียดได้แตกต่างกัน ดังนั้นผู้ใช้งานจึงต้องมีความรู้ในเรื่องวิธีการเน้นรายละเอียดภาพอย่างเพียงพอ เพื่อที่จะสามารถเลือกมาใช้ประโยชน์ให้ตรงกับงานที่ต้องการทำ

## 6.2 การขยายค่าการสะท้อนของข้อมูลภาพ

การขยายค่าการสะท้อนของข้อมูลภาพ (Image Stretching) เป็นเทคนิคการเน้นรายละเอียดข้อมูลวิธีหนึ่ง โยทำการขยายค่าการสะท้อนของข้อมูลจากระยะไกลในช่วงคลื่นหนึ่งๆ ให้ช่วงค่าต่ำสุดถึงค่าสูงสุดมีช่วงกว้างขึ้นจนเต็มระดับที่คอมพิวเตอร์สามารถแสดงผลได้ คือ จนถึง 256 ระดับ (กรณีข้อมูล 8 บิต) หรือขยายให้ค่าต่ำที่สุดเดิมกลายเป็นค่า 0 และค่าสูงที่สุดเดิมขยายจนถึงค่า 255 วิธีนี้เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การขยายระดับสีเทา (Gray Scale Stretching) หรือการขยายระดับสีเทาเพื่อเน้นความชัดเจน (Contrast

Stretching) มีผลทำให้ภาพเกิดการคมชัดมากขึ้นในส่วนที่ไม่มีรายละเอียดมาก่อน การขยายระดับสีเทาทำได้หลายวิธีการดังนี้

### 6.2.1 การขยายระดับสีเทาเชิงเส้น (Linear Stretching)

การขยายระดับสีเทาเชิงเส้น เป็นวิธีการง่ายที่สุดที่ใช้ปรับระดับค่าสีเทาหรือค่า การสะท้อนให้มีระดับค่าสีเทามากขึ้น โดยใช้การเทียบสัดส่วนระหว่างช่วงค่าการสะท้อนเดิมกับช่วงค่าการสะท้อนจาก 0 ถึง 255 หรือค่าการสะท้อน 256 ระดับ (ตามขีดจำกัดของคอมพิวเตอร์ที่เป็น 8 บิต) ตัวอย่างเช่น ข้อมูลภาพเดิมของคลื่นหนึ่งมีค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด เป็น 60 และ 158 หรือมีระดับความแตกต่างของค่าการสะท้อนเท่ากับ 99 ระดับ (เอาค่าสูงสุดลบด้วยค่าต่ำสุดบวก 1) ค่าความสว่างนี้สามารถขยายให้ค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดเป็น 0 - 255 หรือมีระดับความแตกต่างของค่าการสะท้อนเท่ากับ 256 ระดับ โดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$DN' = \frac{DN - MIN}{MAX - MIN} * 255$$

(Lillesand, Kiefer, & Chipman, 2015)

โดย  $DN'$  = ค่าการสะท้อนใหม่ของจุดภาพ ตามการขยายให้ค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุด 0 - 255

$DN$  = ค่าการสะท้อนเดิมของแต่ละจุดภาพ

$MIN$  = ค่าการสะท้อนเดิมที่เป็นค่าต่ำที่สุด

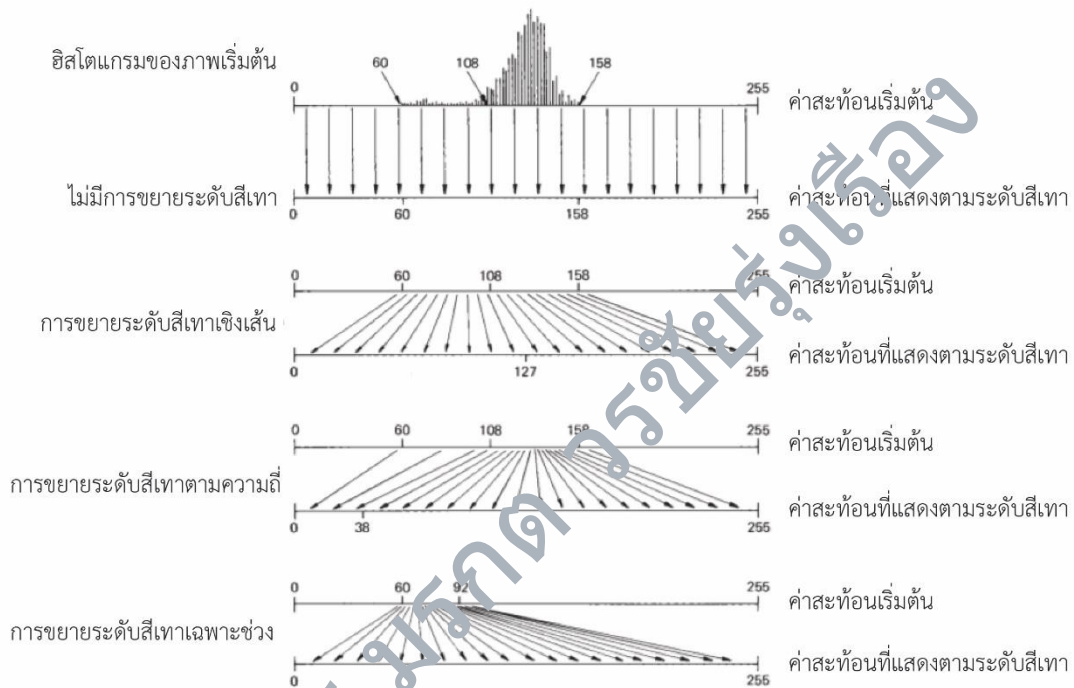
$MAX$  = ค่าการสะท้อนเดิมที่เป็นค่าสูงที่สุด

### 6.2.2 การขยายระดับสีเทาเฉพาะบางส่วน ((Special Stretching)

การขยายระดับสีเทาเฉพาะบางส่วน (Special Stretching) เป็นการเลือกเน้นรายละเอียดเฉพาะค่าการสะท้อนบางส่วนที่สนใจจะเพิ่มรายละเอียด และละทิ้งค่าการสะท้อนส่วนที่ไม่สนใจ เช่น การเลือกบางช่วงค่าการสะท้อนที่คาดว่าเป็นกลุ่มประชากรส่วนใหญ่ของข้อมูลภาพ หากนำเข้าข้อมูลภาพมาคำนวณความถี่จะพบว่าข้อมูลมีการกระจายมากในช่วงที่อยู่ใกล้ค่าเฉลี่ยและน้อยมากเมื่อเข้าใกล้ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด ดังนั้นหากต้องการศึกษาข้อมูลส่วนใหญ่ให้นำค่าการสะท้อนเฉพาะช่วงนั้นมาขยายระดับสีเทา ค่าการสะท้อนของข้อมูลภาพอยู่ระหว่าง 23 -127 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 41.5504 ความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.6904 และมีจำนวนจุดภาพทั้งหมด 349,300 จุดภาพ พบว่าข้อมูลส่วนใหญ่ในระหว่างค่า 30 - 50 มีจำนวน 330,563

จุดภาพหรือละ 94.64 ของจำนวนจุดภาพทั้งหมด จำนวนจุดภาพที่เหลือ 18,737 จุดภาพ อยู่ที่ด้านปลายฮิสโตแกรมทั้งสองข้างจะถูกตัดทิ้งไป เมื่อขยายระดับสีเทาของข้อมูลเฉพาะช่วงที่เลือกไว้จะทำให้

รายละเอียดของข้อมูลภาพส่วนใหญ่ได้รับการเน้นขึ้นมามีความชัดเจนมากขึ้น โดยค่าการสะท้อนด้านปลายฮิสโตแกรมที่มีค่าต่ำ คือ 23 – 30 (3,737 จุดภาพ) จะถูกยุบรวมเป็นค่า 0 และค่าการสะท้อนด้านปลายฮิสโตแกรมที่มีค่าสูง คือ 55 – 127 (15,000 จุดภาพ) จะถูกยุบรวมค่าเป็น 255 ส่วนค่าการสะท้อนด้านปลาย 30 – 55 (330,563 จุดภาพ) จะถูกขยายช่วงระดับสีเทาให้กว้างขึ้นระหว่างค่า 0 – 255 แทน



รูปที่ 6.2 หลักการขยายค่าระดับสีเทาเพื่อเน้นรายละเอียดภาพ

ที่มา ดัดแปลงจาก Lillesand, Kiefer, & Chipman, 2015

### 6.2.3 การขยายระดับสีเทาตามความถี่ของข้อมูล (Histogram Equalization Stretching)

การขยายระดับสีเทาตามการความถี่ของค่าสะท้อน (Histogram Equalization Stretching) คำนวณจากการนำค่าการสะท้อนของจุดภาพมาหารระดับความเข้มของสีในการสร้างเป็นภาพ โดยเริ่มจากการคำนวณระดับสีเทาของข้อมูลภาพใหม่เช่นเดียวกับวิธีการขยายระดับสีเทาเชิงเส้น ด้วยสูตรทางคณิตศาสตร์แบบเดียวกัน คือ

$$\text{ระดับความเข้มของภาพวิดีโอ (Video Intensity)} = \frac{\text{ค่าการสะท้อนของจุดภาพ} - \text{ค่าการสะท้อนต่ำสุด}}{\text{ค่าการสะท้อนสูงสุด} - \text{ค่าการสะท้อนต่ำสุด}} \times 255$$

(Verbyla, 1995)

จากนั้นนำจำนวนจุดภาพทั้งหมดมาหารด้วยจำนวนค่าการสะท้อนทั้งหมด เพื่อนำค่าผลลัพธ์มาเป็นค่าเป้าหมายสะสม (Cumulative Target) แล้วนำค่าความถี่สะสมของแต่ละค่าการสะท้อนมาเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมายสะสม ถ้าความถี่สะสมใกล้กับค่าเป้าหมายสะสมใดก็จะให้ค่าระดับสีใหม่ตามค่าระดับสีเดิมที่ได้คำนวณจากวิธีการขยายระดับสีเทาเชิงเส้น แล้วนำค่าระดับสีใหม่ไปสร้างเป็นข้อมูลภาพต่อไป

ตัวอย่างต่อไปนี้ เป็นการแสดงวิธีคำนวณการขยายระดับสีเทาตามการความถี่ของค่าการสะท้อนโดยสมมุติให้มีข้อมูลภาพที่มีค่าการสะท้อนอยู่ระหว่าง 50-70 มีความถี่หรือจำนวนจุดภาพ และระดับสีที่แสดงตามการขยายระดับสีเทาเชิงเส้นที่คำนวณจากสูตรที่กล่าวมาแล้ว (คอลัมภ์ระดับสีที่แสดงเดิม) โดยให้ระดับสีมีเพียง 8 ระดับ (0-7) ในตารางที่ 6.1 แสดงการคำนวณระดับสีใหม่ตามความถี่ของค่าการสะท้อน โดยเริ่มจากการคำนวณค่าเป้าหมายเหมาะสม ซึ่งได้จากการนำจำนวนจุดภาพทั้งหมด (64 จุดภาพ) โดยดูจากความถี่สะสมหารด้วยจำนวนค่าการสะท้อน (50 ถึง 71 มีค่าเท่ากับ 21 ค่า)  $= 64/21 = 3.05$  แล้วนำค่านี้นมาบวกสะสมกันตามแต่ละค่าการสะท้อนจนถึงค่าการสะท้อน 70 จะได้ค่าเป้าหมายสะสมเท่ากับ 64.05 จากนั้นนำค่าความถี่สะสมของแต่ละค่าการสะท้อนมาเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมายสะสม เช่น ค่าสะท้อน 57 มีความถี่สะสมเท่ากับ 27 ซึ่งใกล้กับค่าเป้าหมายสะสม คือ 27.45 ดังนั้นค่าระดับสีใหม่จึงมีค่าตามค่าระดับสีเดิมที่ตรงกับค่า 27.45 คือ ค่า 4

ตารางที่ 6. 1 แสดงการคำนวณระดับสีใหม่ตามความถี่ของค่าการสะท้อน

ค่าสะท้อน	ความถี่	ความถี่สะสม	ค่าเป้าหมายสะสม	ระดับสีที่แสดงเดิม	ระดับสีที่แสดงใหม่
50	1	1	3.05	1	1
51	2	3	6.10	1	1
52	1	4	9.15	2	1
53	2	6	12.20	2	1
54	2	8	15.25	2	2
55	6	14	18.30	3	2
56	8	22	21.35	3	3
57	5	27	24.40	3	4
58	4	31	27.45	4	4
59	2	33	30.50	4	4
60	1	34	33.55	4	4
61	1	35	36.60	5	4

ค่าสะท้อน	ความถี่	ความถี่สะสม	ค่าเป้าหมายสะสม	ระดับสีที่แสดงเดิม	ระดับสีที่แสดงใหม่
62	0	35	39.65	5	4
63	1	36	42.70	6	5
64	2	38	45.75	6	5
65	1	39	48.80	6	5
66	2	41	51.85	7	6
67	4	45	54.90	7	6
68	7	52	57.95	7	7
69	8	60	61.00	8	8
70	4	64	64.05	8	8

การขยายระดับสีเทาตามการความถี่ของค่าสะท้อนที่มีความแตกต่างกัน การขยายระดับสีเทาเชิงเส้นตรงที่มีการเกลี่ยขยายระดับเทาตามค่าสะท้อนมากขึ้น จึงทำให้ข้อมูลภาพมีระดับค่าสีเทากระจายในทุกค่าสะท้อนมากขึ้น มีผลทำให้สามารถเพิ่มรายละเอียดและความชัดเจนของข้อมูลภาพได้มากขึ้น

### 6.3 การขยายค่าการสะท้อนของข้อมูลภาพด้วยโปรแกรม R

เรียก Library Raster โดยก่อนเรียก Library จำเป็นต้องทำการติดตั้ง Package ชื่อ Raster

➤ `Library(Raster)`

สร้างวัตถุภาพดาวเทียม Landsat โดยใช้คำสั่ง Brick

➤ `Landsat<- Brick("โฟลเดอร์ที่เก็บงานของผู้ใช้งาน//ชื่อไฟล์ภาพใหม่.Tif ")`

สร้างวัตถุภาพดาวเทียม Landsat\_Basic จากนั้นทำการแสดงผลลัพท์ ภาพสีผสมผ่านคำสั่ง Plot ผ่านวัตถุที่ชื่อ Landsat\_Basic

➤ `Landsat_Basic<- Plotrgb(Landsat, 3, 2, 1)`

สร้างวัตถุภาพดาวเทียม Landsat\_Basic จากนั้นทำการแสดงผลลัพท์การขยายระดับสีเทาตามความถี่ของข้อมูล (Histogram Equalization Stretching) ผ่านคำสั่ง Plot ผ่านวัตถุที่ชื่อ Landsat\_Hist

➤ `Landsat_Hist<-Plotrgb(Landsat, 3, 2, 1, Stretch='Hist')`

สร้างวัตถุภาพดาวเทียม Landsat\_Basic จากนั้นทำการแสดงผลฟังก์ชันการขยายระดับสีเทาเชิงเส้น (Linear Stretching) ผ่านคำสั่ง Plot ผ่านวัตถุที่ชื่อ Landsat\_Lin

➤ `Landsat_Lin<-Plotrgb(Landsat, 3, 2, 1, Stretch='Lin')`



ไม่มีการขยายระดับสีเทา



การขยายระดับสีเทาตามความถี่  
ของข้อมูล



การขยายระดับสีเทาเชิงเส้น

รูปที่ 6.3 ผลลัพธ์การขยายค่าการสะท้อนของข้อมูลภาพรูปแบบต่าง ๆ

#### 6.4 การปรับภาพเชิงช่วงคลื่นด้วยดัชนี (Indices)

ความละเอียดเชิงช่วงคลื่นเป็นการวัดจำนวนและขนาดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถบันทึกได้ด้วยเครื่องจับภาพ โดยวัตถุประสงค์ของเทคนิคการปรับเชิงช่วงคลื่น เป็นการนำข้อมูลหลายช่วงคลื่น แล้วแปลงเป็นแบนด์ใหม่ที่เราน่าสนใจ ตัวอย่างการสังเคราะห์แบบใหม่ ได้แก่ การใช้ดัชนีต่าง ๆ (Indices) ในขณะทำการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก และ Tasseled Cap เป็นการจัดข้อมูลใหม่ แบนด์ใหม่ที่เกิดขึ้นใช้เป็นข้อมูลเพิ่มเติมในการจำแนกภาพ

โดยทั่วไปใช้เพียง 2 แบนด์จากข้อมูลภาพดาวเทียมดั้งเดิม ฟังก์ชันที่ใช้ทำงานมีตั้งแต่ฟังก์ชันคณิตศาสตร์ทั่วไปจนถึงสมการพหุนาม ในการประมวลผลภาพดาวเทียม ดัชนีเหล่านี้เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของพื้นดิน อาทิเช่น ดัชนีพืช (Vegetation Index) เน้นการตอบสนองของพืชสีเขียว โดยใช้การสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดและในช่วงคลื่นสีแดง ดัชนีดิน (Soil Index) เน้นการตอบสนองของดิน โดยใช้การสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดสั้นเป็นหลัก

เรียก Library Raster โดยก่อนเรียก Library จำเป็นต้องทำการติดตั้ง Package ชื่อ Raster

➤ `Library(Raster)`

สร้างวัตถุชื่อ Rgb\_Image\_7bands จากนั้นใช้คำสั่ง Stack ที่ติดตั้งมาใน Library Raster เพื่อเรียงภาพให้เป็นภาพเดียว

➤ `Rgb_Image_7bands <- Stack("โฟลเดอร์ที่เก็บงานของผู้ใช้งาน\ชื่อภาพดาวเทียม.Tif")`

จากนั้นทำการเปลี่ยนชื่อแบนด์ทั้งหมดให้ง่ายต่อการใช้งาน

```
➤ Names(Rgb_Image_7bands ) <- C("Aerosol","Blue", "Green", "Red", "Nir", "Swir1",
  "Swir2")
```

จากนั้นตรวจสอบวัตถุ Rgb\_Image\_7bands ว่าชื่อแบนด์มีการเปลี่ยนแปลงถูกต้องหรือไม่

```
➤ Rgb_Image_7bands
```

สร้างวัตถุที่เป็นผลลัพธ์ปรับภาพเชิงช่วงคลื่นด้วยดัชนี (Indices) ชื่อ The Global Environmental Monitoring Index (Gemi)

ขั้นที่ 1 สร้างวัตถุที่ชื่อ Eta จากฟังก์ชันคณิตศาสตร์ด้านล่าง

```
➤ Eta=(2*(Nir^2-Red^2)+1.5*Nir+0.5*Red)/(Nir+Red+0.5)
```

ขั้นที่ 2 สร้างวัตถุดัชนี Gemi โดยการนำวัตถุ Eta มาเป็นส่วนหนึ่งของสมการด้านล่าง

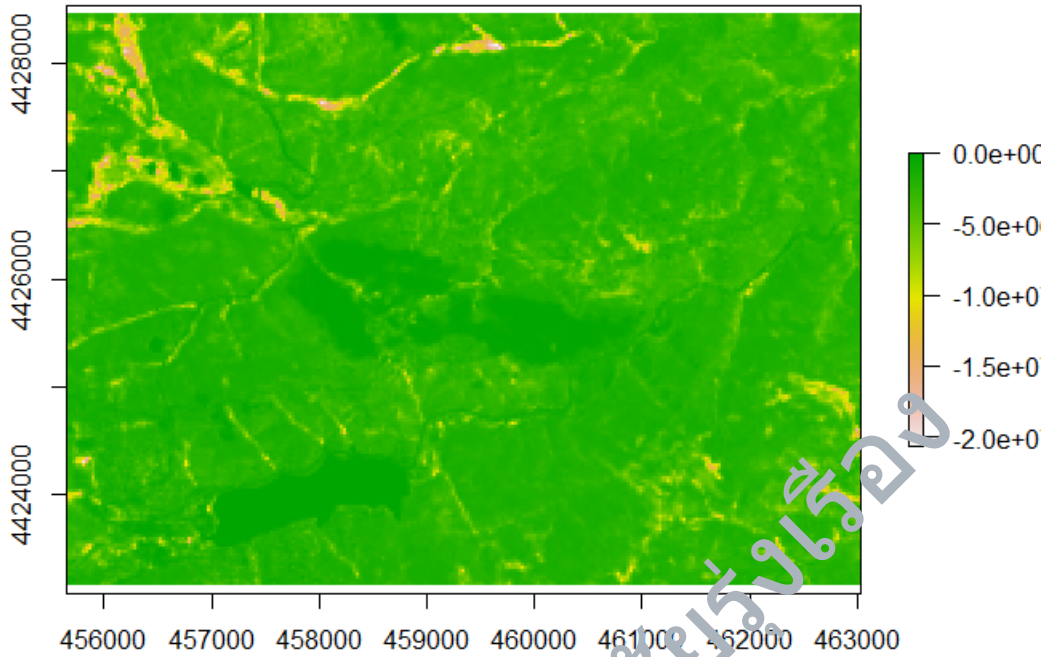
```
➤ Gemi=Eta*(1-0.25*Eta)-((Red-0.125)/(1-Red))
```

ขั้นที่ 3 สร้างภาพผลลัพธ์จากวัตถุ Gemi โดยใช้คำสั่ง Plot โดยผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ระหว่าง 0 - 1

```
➤ Plot(Gemi)
```

ผศ.ดร.มรกต อารักษ์รุ่งเรือง

he Global Environmental Monitoring Index (GEMI) โดย อาจารย์มรกต วรชัยรุ่งเรือง



รูปที่ 6.3 ผลลัพธ์ปรับภาพเชิงช่วงคลื่นด้วยดัชนี (Indices) ชื่อ The Global Environmental Monitoring Index (Gemi)

ผศ.ดร.มรกต วรชัยรุ่งเรือง

สร้างวัตถุที่เป็นผลลัพธ์ปรับภาพเชิงช่วงคลื่นด้วยดัชนี (Indices) ชื่อ The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

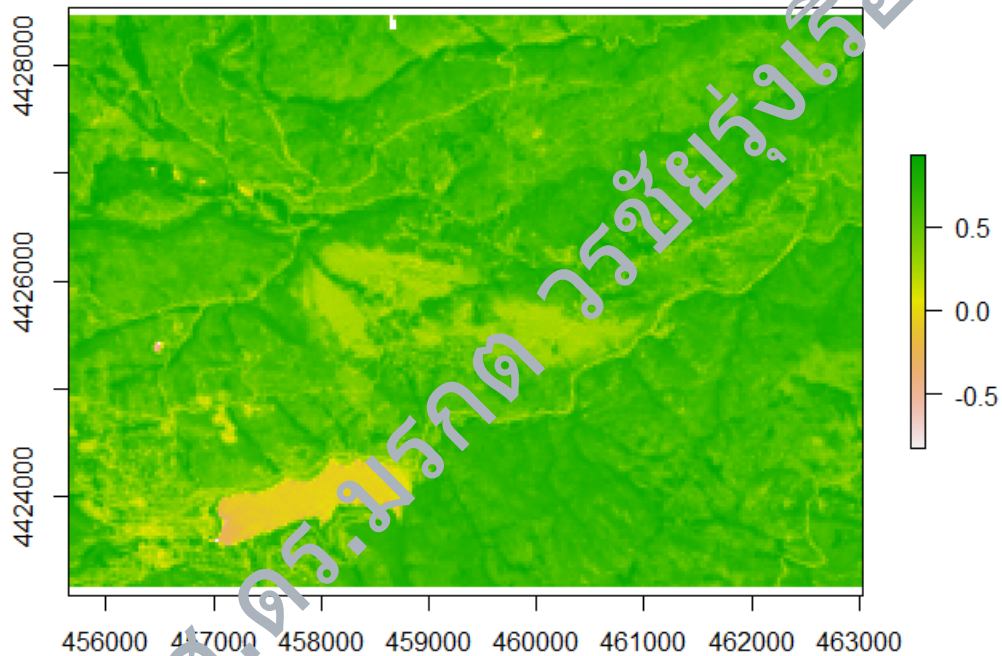
ขั้นที่ 1 สร้างวัตถุที่ชื่อ Ndvi จากฟังก์ชันคณิตศาสตร์ด้านล่าง

➤  $Ndvi = (Nir - Red) / (Nir + Red)$

ขั้นที่ 2 สร้างภาพผลลัพธ์จากวัตถุ Ndvi โดยใช้คำสั่ง Plot โดยผลลัพธ์ที่ได้อยู่ระหว่าง -1.0 ถึง 1.0

➤  $Plot(Ndvi)$

**he normalized difference vegetation index (NDVI)** โดย อาจารย์มรกต วรชัยรุ่งเรือง



รูปที่ 6. 4 ผลลัพธ์ปรับภาพเชิงช่วงคลื่นด้วยดัชนี (Indices) ชื่อ The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

สร้างวัตถุที่เป็นผลลัพธ์ปรับภาพเชิงช่วงคลื่นด้วยดัชนี (Indices) ชื่อ The Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI)

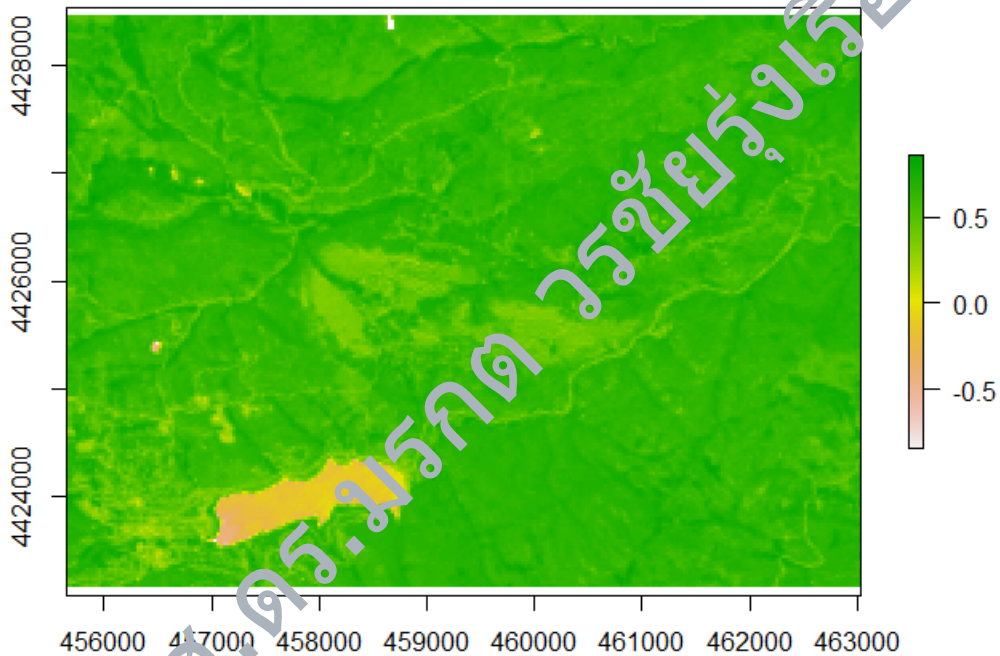
ขั้นที่ 1 สร้างวัตถุที่ชื่อ Gndvi จากฟังก์ชันคณิตศาสตร์ด้านล่าง

➤  $Gndvi = (Nir - Green) / (Nir + Green)$

ขั้นที่ 2 สร้างภาพผลลัพธ์จากวัตถุ Gndvi โดยใช้คำสั่ง Plot โดยผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ระหว่าง -1.0 ถึง 1.0

➤  $Plot(Gndvi)$

**reen Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI)** โดย อาจารย์มรกต วรชัยรุ่งเรือง



รูปที่ 6.5 ผลลัพธ์ปรับภาพเชิงช่วงคลื่นด้วยดัชนี (Indices) ชื่อ The Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI)

สร้างวัตถุที่เป็นผลลัพธ์ปรับภาพเชิงช่วงคลื่นด้วยดัชนี (Indices) ชื่อ The Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI)

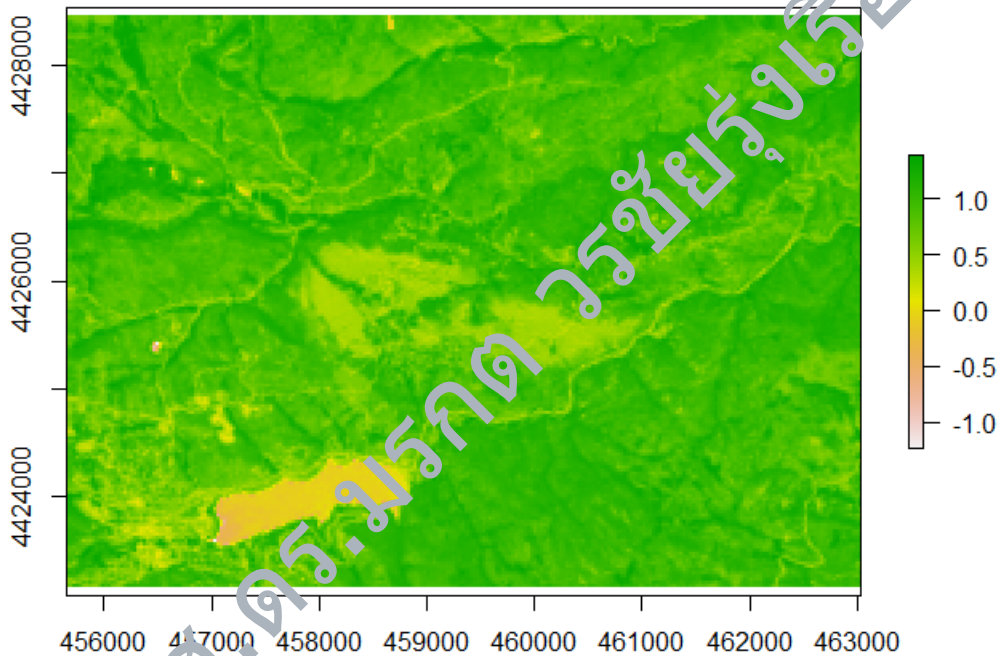
ขั้นที่ 1 สร้างวัตถุที่ชื่อ Gndvi จากฟังก์ชันคณิตศาสตร์ด้านล่าง

$$\text{Savi} = ((\text{Nir} - \text{Red}) / (\text{Nir} + \text{Red} + L)) * (1 + L)$$

ขั้นที่ 2 สร้างภาพผลลัพธ์จากวัตถุ Gndvi โดยใช้คำสั่ง Plot โดยผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ระหว่าง -1.0 ถึง 1.0

$$\text{Plot}(\text{Savi})$$

**The Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI)** โดย อาจารย์มรกต วรชัยรุ่งเรือง



รูปที่ 6. 6 ผลลัพธ์ปรับภาพเชิงช่วงคลื่นด้วยดัชนี (Indices) ชื่อ The Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI)

สร้างวัตถุที่เป็นผลลัพธ์ปรับภาพเชิงช่วงคลื่นด้วยดัชนี (Indices) ชื่อ The Simple Ratio (SR)

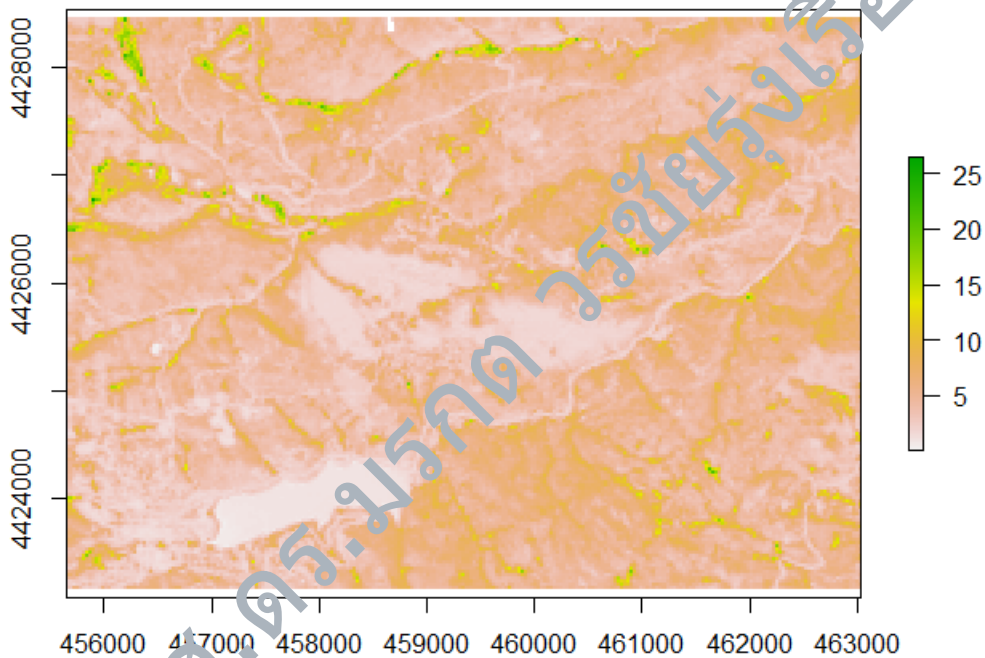
ขั้นที่ 1 สร้างวัตถุที่ชื่อ Gndvi จากฟังก์ชันคณิตศาสตร์ด้านล่าง

$$\text{Sr} = \text{Nir} / \text{Red}$$

ขั้นที่ 2 สร้างภาพผลลัพธ์จากวัตถุ Gndvi โดยใช้คำสั่ง Plot โดยผลลัพธ์ที่ได้อยู่ระหว่าง 0 ถึง 30 โดยพีชพรรณจะอยู่ระหว่าง 2 ถึง 8

$$\text{Plot}(\text{Sr})$$

**The Simple Ratio (SR)** โดย อาจารย์มรกต วรชัยรุ่งเรือง



ที่ 6.7 ผลลัพธ์ปรับภาพเชิงช่วงคลื่นด้วยดัชนี (Indices) ชื่อ The Simple Ratio (SR)

## 6.5 สรุป

ในบทเรียนนี้นักศึกษาทราบถึงแนวคิดด้านระดับความแตกต่างของความชัด การขยายค่าการสะท้อนของข้อมูลภาพทั้ง 3 รูปแบบ ทั้งการขยายระดับสีเทาเชิงเส้น การขยายระดับสีเทาเฉพาะบางส่วน และการขยายระดับสีเทาตามความถี่ของข้อมูล ตลอดจนนักศึกษายังได้ฝึกปฏิบัติขยายค่าการสะท้อนของข้อมูลภาพด้วยโปรแกรม R รวมถึงการปรับแก้เชิงช่วงคลื่นด้วยดัชนี ทั้งในส่วนของหลักการและการปฏิบัติด้วยโปรแกรม R

ผศ.ดร.มรกต วรชัยรุ่งเรือง

## คำถามท้ายบทที่ 6

- 1) การขยายค่าการสะท้อนของข้อมูลภาพที่มีรูปแบบ จงอธิบาย
- 2) จงอธิบายสาเหตุการขยายค่าการสะท้อนของข้อมูลภาพ
- 3) จงขยายค่าการสะท้อนของภาพดาวเทียม Level 1- Data Product ของภาพดาวเทียม LANDSAT 8 OLI ที่ปรับแก้เรขาคณิตจากบทที่ 5
- 4) การปรับภาพเชิงช่วงช่วงคลื่นด้วยดัชนีคืออะไร จงยกตัวอย่าง
- 5) จงปรับภาพเชิงช่วงคลื่นด้วยดัชนีของภาพดาวเทียม Level 1- Data Product ของภาพดาวเทียม LANDSAT 8 OLI ที่ปรับแก้เรขาคณิตจากบทที่ 5 ด้วยดัชนีดังต่อไปนี้ด้วยโปรแกรม R
  - Normalized Difference Built-Up Index =  $(Swir1 - Nir)/(Swir1 + Nir)$
  - Normalized Difference Bare Land Index =  $(Red - Tir)/(Red + Nir)$
  - Enhanced Built-Up And Bare Land Index =  $-(Swir1 - Nir)/(10\sqrt{Swir1+Tir})$
  - Normalized Difference Bareness Index =  $(Swir1 - Tir)/(Swir1 + Tir)$
  - Index-Based Built-Up Index =  $2swir1^2/(Swir1+ Nir) - [Nir / (Nir + Red) + Green / (Green + Swir1)] / 2swir1 / (Swir1 + Nir) + [Nir / (Nir + Red) + Green / (Green + Swir1)$
  - Urban Index =  $(Swir2 - Nir)/(Swir2 + Nir)$
  - New Built-Up Index =  $(Red*Swir2)/(Nir)$
  - Normalized Built-Up Area Index =  $(Swir2 - Swir1) / Green / (Swir2 - Swir1) / Green$

ผศ.ดร.มรกต ราชย์รุ่งเรือง

## บทที่ 7

### การตัวกรองข้อมูลภาพ

บทเรียนนี้กล่าวถึง ตัวกรองข้อมูลภาพรูปแบบต่าง ๆ อาทิเช่น ตัวกรองผ่านความถี่ต่ำ ตัวกรองเน้นรายละเอียดของวัตถุ ตัวกรองเน้นความคมชัดของวัตถุ ตัวกรองแบบอื่น ๆ รวมถึงการฝึกปฏิบัติใช้งานตัวกรองที่กล่าวมาเบื้องต้น ผ่านโปรแกรม R

#### 7.1 ตัวกรองผ่านความถี่ต่ำหรือตัวกรองทำให้เรียบ

ตัวกรองผ่านความถี่ต่ำหรือตัวกรองทำให้เรียบ มีคุณสมบัติเด่นในการปรับปรุงข้อมูลภาพให้มีความเรียบหรือลดความแตกต่างของขอบเขตของวัตถุลง มีให้เลือกใช้หลายชนิด ดังนี้

##### 7.1.1 ตัวกรองภาพแบบเฉลี่ย (Average Filter )

ตัวกรองในลักษณะนี้จะทำให้ภาพดูเรียบขึ้น (Smooth) มักจะนิยมใช้กับภาพที่มีจุดภาพเดี่ยวๆ (Isolated Pixel) ที่มีค่าต่างจากจุดภาพโดยรอบอื่นๆ และปรากฏแทรกอยู่ระหว่างจุดภาพจำนวนมากที่มีค่าใกล้เคียงกัน หรือบางครั้งเรียกว่าการรบกวนในข้อมูลภาพ (Image Noise) เมื่อใช้ตัวกรองผ่านความถี่ต่ำ (Low Pass Filter) จะทำให้ภาพดูเรียบมากขึ้น อีกกรณีหนึ่งเป็นตัวกรองผ่านความถี่ต่ำ (Low Pass Filter) จะช่วยขยายขอบเขตของวัตถุที่เป็นลายเส้น (Linear Feature) เช่น ถนน แม่น้ำ ฯลฯ ให้มีขนาดใหญ่มากขึ้นมองเห็นได้ชัดขึ้น

	A	B	C	D		A	B	C	D
1	0.41	0.43	0.44	0.48	1	-9999	-9999	-9999	-9999
2	0.38	0.41	0.42	0.46	2	-9999	<b>0.40</b>	<b>0.43</b>	-9999
3	0.37	0.39	0.40	0.45	3	-9999	<b>0.42</b>	<b>0.45</b>	-9999
4	0.46	0.46	0.48	0.54	4	-9999	-9999	-999	-9999
ค่าก่อนกรองภาพแบบเฉลี่ย					ค่าหลังกรองภาพแบบเฉลี่ย				

รูปที่ 7.1 กรองภาพแบบเฉลี่ย (Average Filter )

โดยจุดภาพ

ตำแหน่ง B2 ของค่าหลังกรองภาพแบบเฉลี่ย เกิดจาก ค่าคำนวณตำแหน่ง

$$A1+B1+C1+A2+B2+C2+A3+B3+C3 / \text{จำนวนจุดภาพของภาพก่อนการกรองภาพแบบเฉลี่ย หรือ} \\ (0.41+0.43+0.44+0.38+0.41+0.42+0.37+0.39+0.40)/9 = \mathbf{0.40}$$

ตำแหน่ง C2 ของค่าหลังกรองภาพแบบเฉลี่ย เกิดจาก ค่าคำนวณตำแหน่ง

$$B1+C1+D1+B2+C2+D2+B3+C3+D3 / \text{จำนวนจุดภาพของภาพก่อนการกรองภาพแบบเฉลี่ยหรือ} \\ (0.43+0.44+0.48+0.41+0.42+0.46+0.39+0.40+0.45)/9 = \mathbf{0.43}$$

### 7.1.2 ตัวกรองภาพแบบมัธยฐาน (Median Filter)

ตัวกรองแบบมัธยฐาน (Median Filter) เป็นการหาจุดภาพกึ่งกลางอีกวิธีหนึ่งโดยคำนวณค่า มัธยฐานของจุดภาพที่อยู่ในรอบของตัวกรอง วิธีการทางสถิตินี้ช่วยลดจำนวนจุดภาพที่มีค่าโดดเด่นหรือแตกต่างอย่างมาก (Anomalous) จากจุดภาพที่อยู่ใกล้เคียง ดังตัวอย่างต่อไปนี้

<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0.41</td> <td>0.43</td> <td>0.44</td> <td>0.48</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.38</td> <td>0.41</td> <td>0.42</td> <td>0.46</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.37</td> <td>0.39</td> <td>0.40</td> <td>0.45</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0.46</td> <td>0.46</td> <td>0.48</td> <td>0.54</td> </tr> </tbody> </table>		A	B	C	D	1	0.41	0.43	0.44	0.48	2	0.38	0.41	0.42	0.46	3	0.37	0.39	0.40	0.45	4	0.46	0.46	0.48	0.54	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>-9999</td> <td>-9999</td> <td>-9999</td> <td>-9999</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>-9999</td> <td><b>0.41</b></td> <td><b>0.43</b></td> <td>-9999</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>-9999</td> <td><b>0.41</b></td> <td><b>0.45</b></td> <td>-9999</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>-9999</td> <td>-9999</td> <td>-999</td> <td>-9999</td> </tr> </tbody> </table>		A	B	C	D	1	-9999	-9999	-9999	-9999	2	-9999	<b>0.41</b>	<b>0.43</b>	-9999	3	-9999	<b>0.41</b>	<b>0.45</b>	-9999	4	-9999	-9999	-999	-9999
	A	B	C	D																																															
1	0.41	0.43	0.44	0.48																																															
2	0.38	0.41	0.42	0.46																																															
3	0.37	0.39	0.40	0.45																																															
4	0.46	0.46	0.48	0.54																																															
	A	B	C	D																																															
1	-9999	-9999	-9999	-9999																																															
2	-9999	<b>0.41</b>	<b>0.43</b>	-9999																																															
3	-9999	<b>0.41</b>	<b>0.45</b>	-9999																																															
4	-9999	-9999	-999	-9999																																															
ค่าก่อนกรองภาพแบบมัธยฐาน	ค่าหลังกรองภาพแบบมัธยฐาน																																																		

รูปที่ 7. 2 กรองภาพแบบมัธยฐาน (Median Filter)

โดยจุดภาพ

ตำแหน่ง B2 ของค่าหลังกรองภาพแบบมัธยฐาน เกิดจากการเรียงกัน 0.37 0.38 0.39 0.4 **0.41** 0.41 0.42 0.43 0.44 โดยแบบมัธยฐานของจุดภาพ **0.41**

ตำแหน่ง C2 ของค่าหลังกรองภาพแบบมัธยฐาน เกิดจากการเรียงกัน 0.39 0.4 0.41 0.42 **0.43** 0.44 0.45 0.46 0.48 โดยแบบมัธยฐานของจุดภาพ **0.43**

## 7.2 การเน้นรายละเอียดของวัตถุ

การเน้นคุณภาพของภาพที่มีองค์ประกอบเป็นลายเส้น (Linear Features) สามารถทำได้โดยผ่านตัวกรองภาพที่เน้นขอบวัตถุ (Edge Detection) จะให้ผลลัพธ์ คือ ช่วยเน้นขอบเขตต่างๆ ขององค์ประกอบภาพทั้งหมด มีการคิดค้นตัวกรองภาพชนิดนี้เอาไว้หลายประเภท โดยศึกษาเพิ่มเติมจาก

<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/convolution-function.htm>

ต้องการเน้นขอบเขตเฉพาะทิศทางใดทิศหนึ่งสามารถเลือกใช้ตัวกรองภาพเฉพาะทิศทางนั้นๆ ได้ (Directional Filter) โดยสังเกตว่าในข้อมูลภาพมีองค์ประกอบภาพที่เป็นลายเส้นเอนเอียงมากไปทางใดส่วนใหญ่ เช่น แนวตั้ง แนวนอน ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ เป็นต้น

ภาพต้นฉบับ					ชื่อ	ตัวกรอง			ผลลัพธ์				
	A	B	C	D	Gradient East	1.00	0	-1.00		A	B	C	D
1	0.41	0.43	0.44	0.48		2.00	0	-2.00	1	-9999	-9999	-9999	-9999
2	0.38	<b>0.41</b>	0.42	0.46		1.00	0	-1.00	2	-9999	<b>-0.148</b>	<b>-0.211</b>	-9999
3	0.37	0.39	0.40	0.45					3	-9999	<b>-0.143</b>	<b>-0.263</b>	-9999
4	0.46	0.46	0.48	0.54					4	-9999	-9999	-999	-9999

รูปที่ 7.3 กรองภาพแบบ Gradient East

ตัวอย่างการคำนวณจุดกึ่งกลางจุด B2 ของภาพต้นฉบับ

$$(0.41*1)+(0.43*0)+(0.44*-1)+(0.38*2)+(0.41*0)+(0.42*-2)+(0.37*1)+(0.39*0)+(0.40*-1) = -0.148$$

ตัวอย่างการคำนวณจุดกึ่งกลางจุด C2 ของภาพต้นฉบับ

$$(0.43*1)+(0.44*0)+(0.41*-1)+(0.41*2)+(0.42*0)+(0.46*-2)+(0.39*1)+(0.40*0)+(0.45*-1) = -0.211$$

ภาพต้นฉบับ					ชื่อ	ตัวกรอง			ผลลัพธ์				
	A	B	C	D	Gradient North	-1.00	-2	-1.00		A	B	C	D
1	0.41	0.43	0.44	0.48		0.00	0	0.00	1	-9999	-9999	-9999	-9999
2	0.38	<b>0.41</b>	0.42	0.46		1.00	2	1.00	2	-9999	<b>-0.162</b>	<b>-0.131</b>	-9999
3	0.37	0.39	0.40	0.45					3	-9999	<b>0.240</b>	<b>0.255</b>	-9999
4	0.46	0.46	0.48	0.54					4	-9999	-9999	-999	-9999

รูปที่ 7.4 กรองภาพแบบ Gradient North

ตัวอย่างการคำนวณจุดกึ่งกลางจุด B2 ของภาพต้นฉบับ

$$(0.41*-1)+(0.43*-2)+(0.44*-1)+(0.38*0)+(0.41*0)+(0.42*-0)+(0.37*1)+(0.39*2)+(0.40*-1) = -0.162$$

ตัวอย่างการคำนวณจุดกึ่งกลางจุด C2 ของภาพต้นฉบับ

$$(0.43*-1)+(0.44*-2)+(0.48*-1)+(0.41*0)+(0.42*0)+(0.46*-0)+(0.39*1)+(0.40*2)+(0.45*1) = -0.131$$

ภาพต้นฉบับ					ชื่อ	ตัวกรอง			ผลลัพธ์				
	A	B	C	D	Laplacian 3x3	0.00	1	0.00		A	B	C	D
1	0.41	0.43	0.44	0.48		1.00	-4	1.00	1	-9999	-9999	-9999	-9999
2	0.38	<b>0.41</b>	0.42	0.46		0.00	1	0.00	2	-9999	<b>-0.005</b>	<b>0.020</b>	-9999
3	0.37	0.39	0.40	0.45					3	-9999	<b>0.089</b>	<b>0.123</b>	-9999
4	0.46	0.46	0.48	0.54					4	-9999	-9999	-9999	-9999

รูปที่ 7.5 กรองภาพแบบ Laplacian 3x3

ตัวอย่างการคำนวณจุดกึ่งกลางจุด B2 ของภาพต้นฉบับ

$$(0.41*0)+(0.43*1)+(0.44*-0)+(0.38*1)+(0.41*-4)+(0.42*1)+(0.37*0)+(0.39*1)+(0.40*0) = -0.005$$

ตัวอย่างการคำนวณจุดกึ่งกลางจุด C2 ของภาพต้นฉบับ

$$(0.43*0)+(0.44*1)+(0.48*-0)+(0.41*1)+(0.42*-4)+(0.46*-1)+(0.39*0)+(0.40*1)+(0.45*0) = 0.020$$

ภาพต้นฉบับ					ชื่อ	ตัวกรอง			ผลลัพธ์				
	A	B	C	D	Sobel Horizontal	-1.00	-2	-1.00		A	B	C	D
1	0.41	0.43	0.44	0.48		0.00	0	0.00	1	-9999	-9999	-9999	-9999
2	0.38	<b>0.41</b>	0.42	0.46		1.00	2	1.00	2	-9999	<b>-0.162</b>	<b>-0.131</b>	-9999
3	0.37	0.39	0.40	0.45					3	-9999	<b>0.240</b>	<b>0.255</b>	-9999
4	0.46	0.46	0.48	0.54					4	-9999	-9999	-9999	-9999

รูปที่ 7.6 กรองภาพแบบ Sobel Horizontal

ตัวอย่างการคำนวณจุดกึ่งกลางจุด B2 ของภาพต้นฉบับ

$$(0.41*-1)+(0.43*-2)+(0.44*-1)+(0.38*0)+(0.41*0)+(0.42*-0)+(0.37*1)+(0.39*2)+(0.40*-1) = -0.162$$

ตัวอย่างการคำนวณจุดกึ่งกลางจุด C2 ของภาพต้นฉบับ

$$(0.43*-1)+(0.44*-2)+(0.48*-1)+(0.41*0)+(0.42*0)+(0.46*-0)+(0.39*1)+(0.40*2)+(0.45*1) = -0.131$$

### 7.3 การเน้นความคมชัดของวัตถุ

ต้องการความคมชัดของวัตถุ จำเป็นต้องใช้ตัวกรองที่มีความละเอียดสูง (A High Pass Filters)

ภาพต้นฉบับ					ชื่อ	ตัวกรอง			ผลลัพธ์				
	A	B	C	D	Sharpening 3x3	-1.00	-1	-1.00		A	B	C	D
1	0.41	0.43	0.44	0.48		-1.00	9	-1.00	1	-9999	-9999	-9999	-9999
2	0.38	<b>0.41</b>	0.42	0.46		-1.00	-1	-1.00	2	-9999	<b>0.426</b>	<b>0.339</b>	-9999
3	0.37	0.39	0.40	0.45					3	-9999	<b>0.101</b>	<b>0.040</b>	-9999
4	0.46	0.46	0.48	0.54					4	-9999	-9999	-999	-9999

รูปที่ 7. 7 กรองภาพแบบ Sharpening 3x3

ตัวอย่างการคำนวณจุดกึ่งกลางจุด B2 ของภาพต้นฉบับ

$$(0.41 * -1) + (0.43 * -1) + (0.44 * -1) + (0.38 * -1) + (0.41 * 9) + (0.42 * -1) + (0.37 * -1) + (0.39 * -1) + (0.40 * -1) = \mathbf{0.426}$$

ตัวอย่างการคำนวณจุดกึ่งกลางจุด C2 ของภาพต้นฉบับ

$$(0.43 * -1) + (0.44 * -1) + (0.48 * -1) + (0.41 * -1) + (0.42 * 9) + (0.46 * -1) + (0.39 * -1) + (0.40 * -) + (0.45 * -1) = \mathbf{-0.211}$$

### 7.4 ตัวกรองแบบอื่น ๆ

- 1) ตัวกรองแบบผลรวม (Sum Filter) เป็นการหาผลรวมกรอบของตัวกรอง ดังตัวอย่าง

	A	B	C	D		A	B	C	D
1	0.41	0.43	0.44	0.48	1	-9999	-9999	-9999	-9999
2	0.38	<b>0.41</b>	0.42	0.46	2	-9999	<b>3.64</b>	<b>3.87</b>	-9999
3	0.37	0.39	0.40	0.45	3	-9999	<b>3.76</b>	<b>4.01</b>	-9999
4	0.46	0.46	0.48	0.54	4	-9999	-9999	-999	-9999
ค่าก่อนกรองภาพแบบผลรวม					ค่าหลังกรองภาพแบบผลรวม				

รูปที่ 7. 8 กรองภาพแบบผลรวม (Sum Filter)

- 2) ตัวกรองแบบค่ามากที่สุด (Maximun Filter) เป็นการหาค่ามากที่สุดในกรอบของตัวกรอง ดังตัวอย่าง

	A	B	C	D		A	B	C	D
1	0.41	0.43	0.44	0.48	1	-9999	-9999	-9999	-9999
2	0.38	0.41	0.42	0.46	2	-9999	<b>0.44</b>	<b>0.48</b>	-9999
3	0.37	0.39	0.40	0.45	3	-9999	<b>0.48</b>	<b>0.54</b>	-9999
4	0.46	0.46	0.48	0.54	4	-9999	-9999	-999	-9999
ค่าก่อนกรองค่ามากที่สุด					ค่าหลังกรองค่ามากที่สุด				

รูปที่ 7. 9 กรองภาพแบบแบบค่ามากที่สุด (Maximun Filter)

- 3) ตัวกรองแบบค่าน้อยที่สุด (Minimun Filter) เป็นการหาค่าน้อยที่สุดในกรอบของตัวกรอง ดังตัวอย่าง

	A	B	C	D		A	B	C	D
1	0.41	0.43	0.44	0.48	1	-9999	-9999	-9999	-9999
2	0.38	0.41	0.42	0.46	2	-9999	<b>0.37</b>	<b>0.39</b>	-9999
3	0.37	0.39	0.40	0.45	3	-9999	<b>0.37</b>	<b>0.39</b>	-9999
4	0.46	0.46	0.48	0.54	4	-9999	-9999	-999	-9999
ค่าก่อนกรองภาพค่าน้อยที่สุด					ค่าหลังกรองภาพค่าน้อยที่สุด				

รูปที่ 7. 10 กรองภาพแบบค่าน้อยที่สุด (Minimun Filter)

- 4) ตัวกรองแบบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation Filter) เป็นการหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สุดในกรอบของตัวกรอง ดังตัวอย่าง

	A	B	C	D		A	B	C	D
1	0.41	0.43	0.44	0.48	1	-9999	-9999	-9999	-9999
2	0.38	0.41	0.42	0.46	2	-9999	<b>0.02</b>	<b>0.03</b>	-9999
3	0.37	0.39	0.40	0.45	3	-9999	<b>0.04</b>	<b>0.05</b>	-9999
4	0.46	0.46	0.48	0.54	4	-9999	-9999	-999	-9999
ค่าก่อนกรองภาพโดยใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน					ค่าหลังกรองภาพโดยใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				

รูปที่ 7. 11 กรองภาพแบบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation Filter)

## 7.5 การใช้งานตัวกรองแบบต่าง ๆ ผ่านโปรแกรม R

เรียก Library Raster โดยก่อนเรียก Library จำเป็นต้องทำการติดตั้ง Package ชื่อ Raster

➤ `Library(Raster)`

สร้างวัตถุที่ตัวกรองภาพแบบเฉลี่ย (Average/ Mean Filter )

ขั้นที่ 1 เรียกภาพดาวเทียมที่ต้องการขึ้นมา

➤ `Y<-Raster("โฟลเดอร์ที่เก็บงานของผู้ใช้งาน\\ชื่อภาพดาวเทียม")`

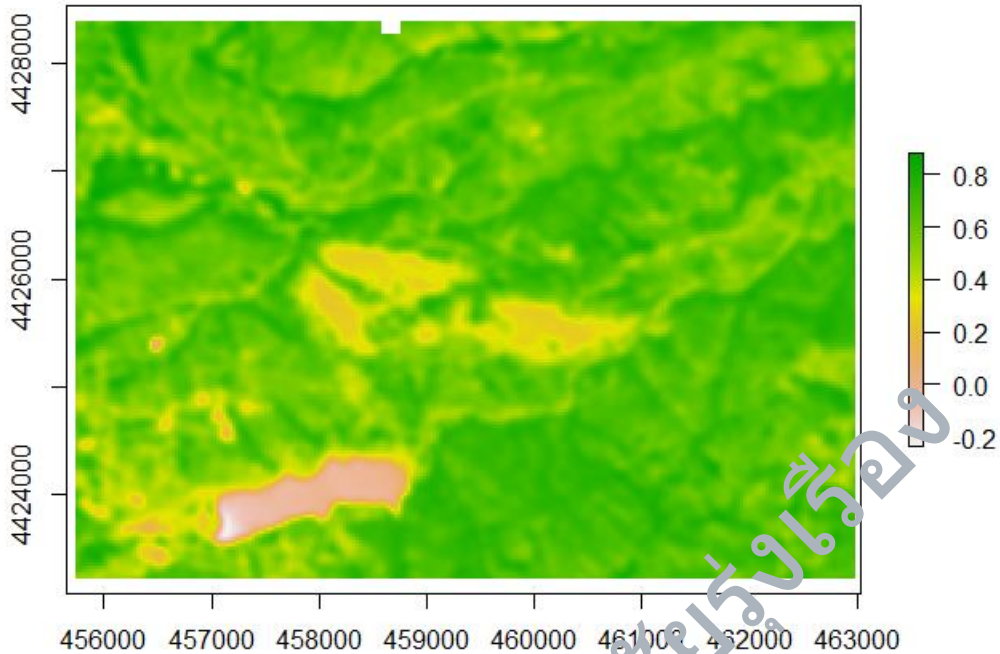
ขั้นที่ 2 คำนวณตัวกรองภาพดาวเทียม โดยใช้ฟังก์ชัน Focal โดยเรียกตัวแปร ภาพดาวเทียม เมทริกซ์ของตัวกรอง และสูตรตัวกรองตามที่ต้องการ เช่น Mean, Median, Maximum, Minimum, Standard Deviation

➤ `Y <- Focal(Y, W=Matrix(1, 3, 3), Mean)`

จากตัวอย่างกำหนดให้ เมทริกซ์ของตัวกรองมีขนาด 1 มิติ กรอบขนาด 3 \* 3 ช่อง และแต่ละช่องมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของกรอบภาพ

ขั้นที่ 3 แสดงผลลัพธ์ตัวกรอง

➤ `Plot(Y)`



รูปที่ 7. 12 กรองภาพแบบเฉลี่ย (Average Filter) ขนาด 3\*3 โดยโปรแกรม R

เรียก Library Raster โดยก่อนเรียก Library จำเป็นต้องทำการติดตั้ง Package ชื่อ Raster

➤ `Library(Raster)`

สร้างวัตถุที่ตัวกรองภาพแบบเฉลี่ย (Average/Mean Filter)

ขั้นที่ 1 เรียกภาพดาวเทียมที่ต้องการขึ้นมา

➤ `Y<-Raster("ไฟล์เตอร์ที่เก็บงานของผู้ใช้งาน\\ชื่อภาพดาวเทียม")`

ขั้นที่ 2 สร้างฟิลเตอร์ภาพดาวเทียม ในที่นี้จะสร้างฟิลเตอร์ชนิดเน้นความคมชัดของวัตถุ โดยใช้ฟังก์ชัน Matrix และกำหนดในเมทริกซ์มี 3 แถว โดยแถวแรกมีค่า -1, -1, -1 แถวสองมีค่า -1, 9, -1, และแถวสาม -1, -1, -1

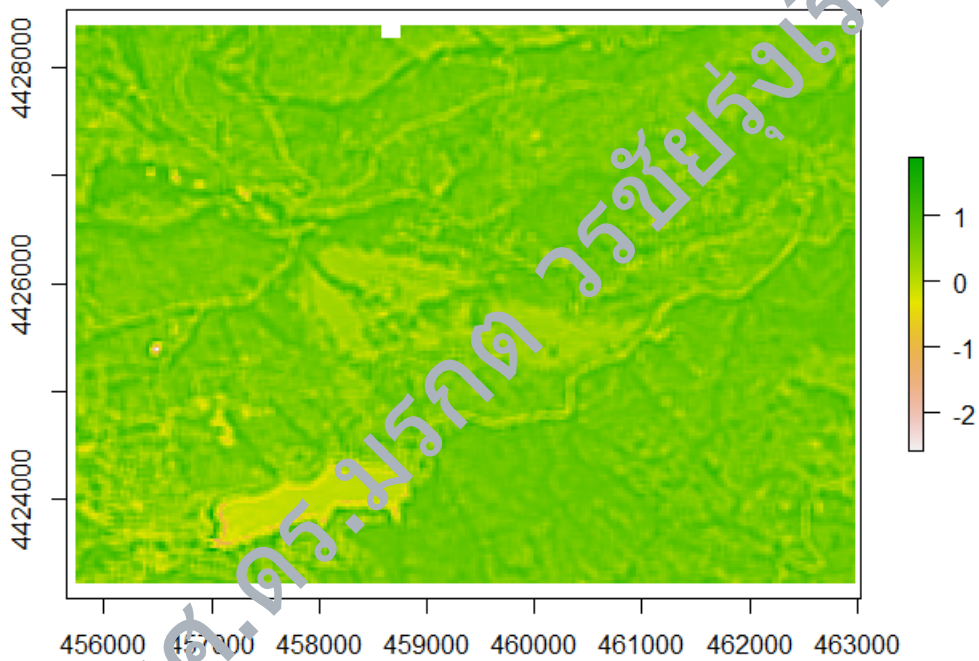
➤ `Filter=Matrix(C(-1, -1, -1, -1, 9, -1, -1, -1, -1), Nrow=3)`

ขั้นที่ 3 คำนวณตัวกรองภาพดาวเทียม โดยใช้ฟังก์ชัน Focal โดยเรียกตัวแปร ภาพดาวเทียม เมทริกซ์ของตัวกรองโดยใช้ฟิลเตอร์ที่สร้างไว้ในขั้นตอนที่สอง

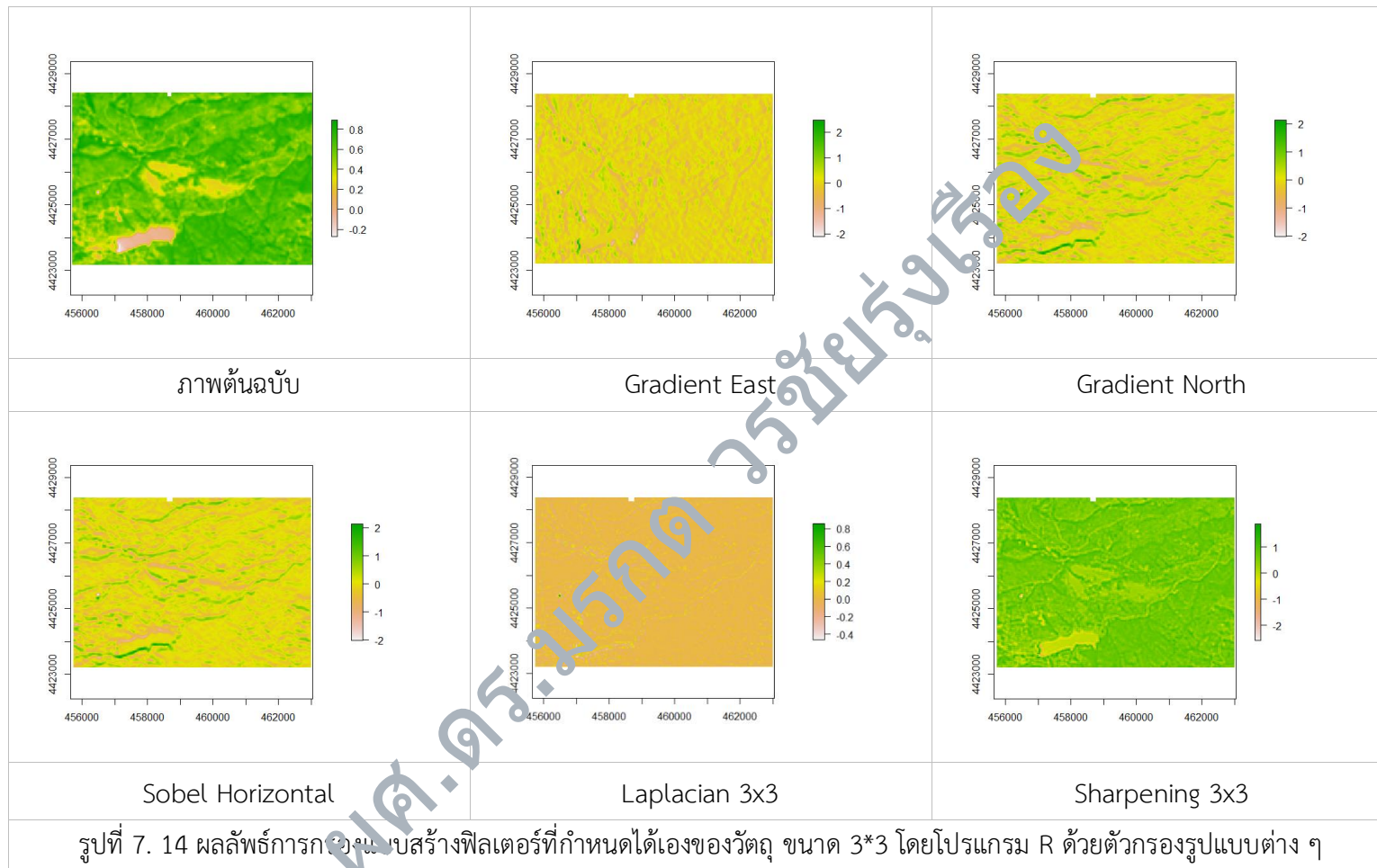
➤ `Y <- Focal(Y, W=Filter)`

ขั้นที่ 3 แสดงผลลัพธ์ตัวกรอง

➤ `Plot(Y)`



รูปที่ 7. 13 กรองภาพแบบสร้างฟิลเตอร์ที่กำหนดได้เองของวัตถุ ขนาด 3\*3 โดยโปรแกรม R



## 7.6 สรุป

บทเรียนนี้นักศึกษาทราบถึงการใช้ตัวกรองภาพกับภาพดาวเทียม ทั้งตัวกรองผ่านความถี่ต่ำหรือตัวกรองทำให้เรียบ ตัวกรองที่เน้นรายละเอียดของวัตถุ ตัวกรองที่เน้นความคมชัดของวัตถุ และตัวกรองแบบอื่น ๆ รวมถึงการใช้งานตัวกรองแบบต่าง ๆ ผ่านโปรแกรม R

ผศ.ดร.มรกต วรชัยรุ่งเรือง

---

### คำถามท้ายบทที่ 7

---

- 1) ตัวกรองที่รูปแบบ จงอธิบาย
- 2) สถานการณ์ใดควรใช้ตัวกรองเรียบ
- 3) สถานการณ์ใดควรใช้ตัวกรองเน้นรายละเอียดของวัตถุ
- 4) จงกรองภาพดาวเทียม Level 1- Data Product ของภาพดาวเทียม LANDSAT 8 OLI ที่ได้จากบทที่ 5 ด้วยตัวกรองแบบเรียบ
- 5) จงกรองภาพดาวเทียม Level 1- Data Product ของภาพดาวเทียม LANDSAT 8 OLI ที่ได้จากบทที่ 5 ด้วยตัวกรองแบบเน้นรายละเอียดของวัตถุ

ผศ.ดร.มรกต วรชัยรุ่งเรือง

## บทที่ 8

### การจำแนกข้อมูล

บทเรียนนี้กล่าวถึง การจำแนกข้อมูล ทั้งประเภทการจำแนกแบบควบคุม และ การจำแนกแบบไม่ควบคุม รวมถึงฝึกปฏิบัติการจำแนกแบบควบคุมและไม่ควบคุมด้วยโปรแกรม R

#### 8.1 การจำแนกประเภทข้อมูลภาพ

การจำแนกประเภทข้อมูลภาพ (Image Classification) เป็นการประมวลผลในทางสถิติ เพื่อแยกกลุ่มของจุดภาพภาพทั้งหมดที่ประกอบเป็นพื้นที่ศึกษา ตามลักษณะร่วมทางสถิติ ที่มีลักษณะเฉพาะของแต่ละกลุ่มร่วมกัน (Class) และมีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม มีความสัมพันธ์แสดงถึงสิ่งปกคลุมพื้นดินประเภทใดประเภทหนึ่งในทางสถิติ หากมีจำนวนประชากรหรือจำนวนจุดภาพทั้งหมด ที่ประกอบเป็นพื้นที่ศึกษาเป็นจำนวนน้อย ผู้ศึกษาสามารถคำนวณได้เอง โดยใช้เครื่องคิดเลขง่ายๆ แต่เมื่อจำนวนของจุดภาพมีปริมาณมากเป็นหลายแสนหลายล้านจุดภาพ การคำนวณเองจะไม่สะดวก ให้ความยาก และอาจเกิดข้อผิดพลาดได้ จึงมีการนำเอาคอมพิวเตอร์มาช่วยในการประมวลผล ทำให้ได้ผลลัพธ์เป็นเวลารวดเร็วสามารถตรวจสอบได้ง่าย การจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ การจำแนกแบบ ควบคุม (Supervised Classification) และการจำแนกแบบไม่ควบคุม (Unsupervised Classification)

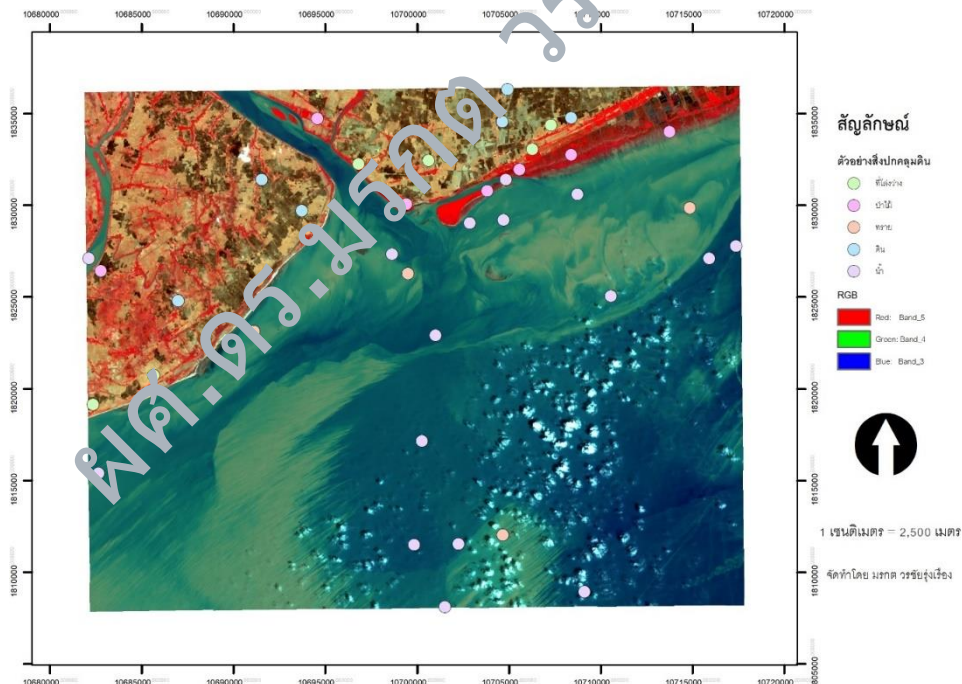
#### 8.2 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุม

การจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุม เป็นการจำแนกประเภทข้อมูล ที่ผู้ใช้งานเป็นคนกำหนดลักษณะของประเภทข้อมูลเอง โดยเป็นผู้เลือกตัวอย่างประเภทข้อมูลให้แก่ซอฟต์แวร์ จึงเรียกรการจำแนกประเภทข้อมูลนี้ว่าเป็นวิธีแบบควบคุม ตัวอย่างที่เลือกจะเป็นข้อมูลทางสถิติที่กำหนดคุณลักษณะของข้อมูล ซึ่งซอฟต์แวร์จะนำไปประมวลผลแล้วจำแนกแต่ละจุดภาพของข้อมูลดาวเทียม ให้เป็นประเภทข้อมูลตามที่ผู้ใช้งานกำหนดไว้ตามพื้นที่ตัวอย่าง ความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของการจำแนกแบบนี้ ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของพื้นที่ตัวอย่างว่า มีความหลากหลายครอบคลุมทุกประเภทข้อมูลหรือไม่ และเป็นตัวแทนของประชากรข้อมูลทุกประเภทหรือไม่ วิธีการนี้ผู้ใช้งานจะต้องมีความรู้ในพื้นที่ศึกษาเป็นอย่างดี โดยการศึกษาข้อมูลเสริมประกอบการสำรวจภาคสนามดังที่ได้อธิบายมาแล้วตลอดจนการสังเกตลักษณะเชิงกายภาพของแต่ละประเภทข้อมูล

- 1) การเลือกตัวอย่างประเภทข้อมูล

การเลือกตัวอย่างประเภทข้อมูล เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการจำแนกข้อมูลแบบ ควบคุม การเลือกตัวอย่างประเภทข้อมูลต้องอาศัยความสังเกตการใช้ที่ดินลักษณะต่างๆ เป็นอย่างดี และพยายามแยกประเภทตัวอย่างให้ละเอียดครบทุกลักษณะทางกายภาพของการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน มีหลักการในการเลือกพื้นที่ตัวอย่าง ดังนี้

- ควรเลือกตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินทุกประเภทในพื้นที่ศึกษา ตามเกณฑ์การกำหนดประเภทข้อมูลที่ทำได้
- ควรเลือกแปลงพื้นที่ตัวอย่างของการใช้ที่ดินชนิดเดียวกันให้กระจายทั่วพื้นที่ศึกษาเพื่อให้เป็นตัวแทนทุกลักษณะของประเภทการใช้ที่ดิน
- จำนวนจุดภาพต่อตัวอย่างการใช้ที่ดินแต่ละประเภทควรมีมากกว่า 30 จุดภาพขึ้นไปเพื่อให้มีตัวแทนทางสถิติที่มีลักษณะเป็นการกระจายปกติ
- การเลือกพื้นที่ตัวอย่างทำได้โดยการวางขอบพื้นที่ตัวอย่างที่ต้องการเลือกจากข้อมูลภาพ ควรพยายามเลือกเฉพาะวัตถุที่มีสีกลุ่มเดียวกันเพื่อจะได้ตัวอย่างที่เป็นเอกภาพ และเมื่อนำไปประมวลผลจะมีการปะปนกับตัวอย่างประเภทอื่นน้อย



รูปที่ 8.1 การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

เมื่อได้ขอบเขตของพื้นที่ตัวอย่างของการใช้ที่ดินทุกประเภทแล้ว จากนั้นนำมาแยกตัวอย่างจากแต่ละคลื่นที่จะใช้ในการประมวลผล ข้อมูลสถิติของจุดภาพในพื้นที่ตัวอย่างจากแต่ละคลื่นสามารถนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อประเมินว่าตัวอย่างที่เลือกได้ตามช่วงคลื่นต่างๆ มีความน่าเชื่อถือและเป็นตัวแทนที่ดีหรือไม่ สถิติ

ที่สำคัญ คือ ค่าการสะท้อนต่ำสุด-สูงสุดของประเภทการใช้ที่ดินนั้น ค่าสะท้อนเฉลี่ย ความแปรปรวน ความแปรปรวนร่วม และสหสัมพันธ์ จากภาพกลุ่มตัวอย่างสิ่งปกคลุมดิน ได้แก่ ที่โล่งว่าง ป่าไม้ ทราย ดิน และน้ำ

1) การวิเคราะห์สถิติสิ่งปกคลุมดินประเภทพื้นที่โล่งว่าง

ตารางที่ 8. 1 ข้อมูลสถิติของจุดภาพประเภทพื้นที่โล่งว่าง

	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band6	Band7
<b>การวิเคราะห์ตัวแปรเดียว</b>							
ค่าเฉลี่ย	0.157	0.145	0.139	0.163	0.268	0.371	0.260
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.004	0.005	0.006	0.008	0.017	0.014	0.008
ค่าความแปรปรวน	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ค่าน้อยสุดของจุดภาพ	0.152	0.139	0.132	0.155	0.271	0.351	0.252
ค่ามากที่สุดของจุดภาพ	0.163	0.153	0.151	0.179	0.289	0.395	0.274
<b>ค่าความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วม</b>							
Band1	0.000018	0.000020	0.000022	0.000024	0.000001	0.000035	0.000017
Band2	0.000020	0.000022	0.000025	0.000030	0.000007	0.000042	0.000023
Band3	0.000022	0.000026	0.000035	0.000046	0.000026	0.000061	0.000039
Band4	0.000024	0.000030	0.000046	0.000066	0.000067	0.000094	0.000060
Band5	0.000001	0.000007	0.000026	0.000067	0.000291	0.000180	0.000059
Band6	0.000035	0.000042	0.000061	0.000094	0.000180	0.000210	0.000090
Band7	0.000017	0.000023	0.000039	0.000060	0.000059	0.000090	0.000062
<b>ค่าสหสัมพันธ์</b>							
Band1	1.00	0.99	0.87	0.70	0.01	0.56	0.52
Band2	0.99	1.00	0.94	0.79	0.09	0.62	0.63
Band3	0.87	0.94	1.00	0.95	0.26	0.71	0.84
Band4	0.70	0.79	0.95	1.00	0.48	0.80	0.94
Band5	0.01	0.09	0.26	0.48	1.00	0.73	0.44
Band6	0.56	0.62	0.71	0.80	0.73	1.00	0.78
Band7	0.52	0.63	0.84	0.94	0.44	0.78	1.00

## 2) การวิเคราะห์สถิติสิ่งปกคลุมดินประเภทป่าไม้

ตารางที่ 8. 2 ข้อมูลสถิติของจุดภาพประเภทพื้นที่ป่าไม้

	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band6	Band7
<b>การวิเคราะห์ตัวแปรเดียว</b>							
ค่าเฉลี่ย	0.1361	0.1154	0.1047	0.0836	0.3085	0.1539	0.0746
ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	0.0083	0.0114	0.0153	0.0268	0.0989	0.0363	0.0387
ค่าความแปรปรวน	0.0001	0.0001	0.0002	0.0007	0.0098	0.0013	0.0015
ค่าน้อยสุดของ จุดภาพ	0.1287	0.1053	0.0915	0.0603	0.1854	0.1053	0.0457
ค่ามากที่สุดของ จุดภาพ	0.1472	0.1311	0.1316	0.1225	0.4513	0.2016	0.1515
<b>ค่าความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วม</b>							
Band1	0.000069	0.000095	0.000122	0.000221	0.000734	0.000092	0.000183
Band2	0.000095	0.000131	0.000170	0.000305	0.001017	0.000114	0.000240
Band3	0.000122	0.000170	0.000236	0.000401	-	0.000019	0.000191
Band4	0.000221	0.000305	0.000401	0.000718	-	0.000228	0.000528
Band5	-	-	-	-	-	-	-
	0.000734	0.001017	0.001317	0.002409	0.009774	0.000824	0.001890
Band6	0.000092	0.000114	0.000019	0.000228	-	0.000824	0.001320
Band7	0.000183	0.000240	0.000191	0.000528	-	0.001342	0.001497
<b>ค่าสหสัมพันธ์</b>							
Band1	1.00	1.00	0.96	0.99	-0.89	0.30	0.57
Band2	1.00	1.00	0.97	1.00	-0.90	0.27	0.54
Band3	0.96	0.97	1.00	0.97	-0.87	0.03	0.32
Band4	0.99	1.00	0.97	1.00	-0.91	0.23	0.51
Band5	-0.89	-0.90	-0.87	-0.91	1.00	-0.23	-0.49
Band6	0.30	0.27	0.03	0.23	-0.23	1.00	0.95
Band7	0.57	0.54	0.32	0.51	-0.49	0.95	1.00

## 3) การวิเคราะห์สถิติสิ่งปกคลุมดินประเภททราย

ตารางที่ 8.3 ข้อมูลสถิติของจุดภาพประเภททราย

	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band6	Band7
<b>การวิเคราะห์ตัวแปรเดียว</b>							
ค่าเฉลี่ย	0.1569	0.1439	0.1454	0.1487	0.0957	0.0120	0.0075
ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	0.0007	0.0004	0.0008	0.0026	0.0205	0.0016	0.0016
ค่าความแปรปรวน	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000
ค่าน้อยสุดของ จุดภาพ	0.1561	0.1435	0.1443	0.1465	0.0771	0.0097	0.0054
ค่ามากที่สุดของ จุดภาพ	0.1579	0.1444	0.1460	0.1523	0.1205	0.0136	0.0092
<b>ค่าความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วม</b>							
Band1	0.000001	0.000000	-	-	-	-	-
Band2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000002	0.000008	0.000001	0.000001
Band3	- 0.000000	0.000000	0.000001	0.000001	0.000005	0.000001	0.000001
Band4	- 0.000002	0.000000	0.000001	0.000007	0.000044	0.000001	0.000001
Band5	- 0.000008	0.000004	0.000005	0.000044	0.000419	0.000008	0.000009
Band6	- 0.000001	0.000000	0.000001	0.000001	0.000008	0.000003	0.000003
Band7	0.000001	0.000000	0.000001	0.000001	0.000009	0.000003	0.000003
<b>ค่าสหสัมพันธ์</b>							
Band1	1.00	0.27	-0.63	-0.89	-0.55	-0.59	-0.52
Band2	0.27	1.00	0.30	-0.24	-0.47	0.51	0.58
Band3	-0.63	0.30	1.00	0.29	-0.28	0.96	0.94
Band4	-0.89	-0.24	0.29	1.00	0.84	0.33	0.28
Band5	-0.55	-0.47	-0.28	0.84	1.00	-0.24	-0.28
Band6	-0.59	0.51	0.96	0.33	-0.24	1.00	1.00
Band7	-0.52	0.58	0.94	0.28	-0.28	1.00	1.00

## 4) การวิเคราะห์สถิติสิ่งปกคลุมดินประเภทดิน

ตารางที่ 8. 4 ข้อมูลสถิติของจุดภาพประเภทดิน

	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band6	Band7
<b>การวิเคราะห์ตัวแปรเดียว</b>							
ค่าเฉลี่ย	0.147	0.129	0.110	0.112	0.150	0.203	0.178
ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	0.005	0.007	0.011	0.016	0.035	0.040	0.023
ค่าความแปรปรวน	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001
ค่าน้อยสุดของ จุดภาพ	0.140	0.120	0.095	0.089	0.106	0.15	0.147
ค่ามากที่สุดของ จุดภาพ	0.154	0.137	0.125	0.134	0.204	0.252	0.214
<b>ค่าความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วม</b>							
Band1	0.000028	0.000036	0.000059	0.000065	0.000170	0.000208	0.000109
Band2	0.000036	0.000046	0.000076	0.000110	0.000214	0.000267	0.000144
Band3	0.000059	0.000076	0.000124	0.000180	0.000354	0.000435	0.000234
Band4	0.000085	0.000110	0.000180	0.000263	0.000509	0.000627	0.000341
Band5	0.000170	0.000214	0.000354	0.000509	0.001203	0.001337	0.000579
Band6	0.000208	0.000267	0.000435	0.000627	0.001337	0.001589	0.000791
Band7	0.000109	0.000144	0.000234	0.000341	0.000579	0.000791	0.000520
<b>ค่าสหสัมพันธ์</b>							
Band1	1.00	1.00	1.00	0.99	0.93	0.99	0.90
Band2	1.00	1.00	1.00	0.99	0.91	0.98	0.93
Band3	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92	0.98	0.92
Band4	0.99	0.99	1.00	1.00	0.90	0.97	0.92
Band5	0.93	0.91	0.92	0.90	1.00	0.97	0.73
Band6	0.99	0.98	0.98	0.97	0.97	1.00	0.87
Band7	0.90	0.93	0.92	0.92	0.73	0.87	1.00

## 5) การวิเคราะห์สถิติสิ่งปกคลุมดินประเภทน้ำ

ตารางที่ 8. 5 ข้อมูลสถิติของจุดภาพประเภทน้ำ

	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band6	Band7
<b>การวิเคราะห์ตัวแปรเดียว</b>							
ค่าเฉลี่ย	0.156	0.143	0.142	0.126	0.051	0.011	0.007
ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	0.003	0.003	0.003	0.015	0.024	0.002	0.001
ค่าความแปรปรวน	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
ค่าน้อยสุดของ จุดภาพ	0.152	0.138	0.135	0.099	0.029	0.000	0.005
ค่ามากที่สุดของ จุดภาพ	0.162	0.149	0.148	0.148	0.126	0.015	0.009
<b>ค่าความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วม</b>							
Band1	0.00001	0.00001	0.00001	-0.00001	0.00003	-0.00000	-0.00000
Band2	0.00001	0.00001	0.00001	-0.00001	0.00003	-0.00000	-0.00000
Band3	0.00001	0.00001	0.00001	0.00003	0.00001	0.00000	0.00000
Band4	-0.00001	-0.00001	0.00003	0.00022	0.00028	0.00001	0.00001
Band5	-0.00003	-0.00003	0.00001	0.00028	0.00057	0.00003	0.00001
Band6	-0.00000	0.00000	0.00000	0.00001	0.00003	0.00000	0.00000
Band7	-0.00000	-0.00000	0.00000	0.00001	0.00001	0.00000	0.00000
<b>ค่าสหสัมพันธ์</b>							
Band1	1.00	0.98	0.64	-0.25	-0.47	-0.33	-0.25
Band2	0.98	1.00	0.67	-0.24	-0.45	-0.31	-0.20
Band3	0.64	0.67	1.00	0.55	0.17	0.04	0.13
Band4	-0.25	-0.24	0.55	1.00	0.80	0.51	0.48
Band5	-0.47	-0.45	0.17	0.80	1.00	0.64	0.55
Band6	-0.33	-0.31	0.04	0.51	0.64	1.00	0.95
Band7	-0.25	-0.20	0.13	0.48	0.55	0.95	1.00

## 6) การวิเคราะห์สถิติพื้นที่ตัวอย่าง

- ค่าสะท้อนเฉลี่ยจากจุดภาพของแต่ละพื้นที่ตัวอย่าง นำมาวิเคราะห์ลักษณะลายเซ็นเชิงคลื่น (Spectral Signature)
- ความแปรปรวน เป็นการวัดความแตกต่างของข้อมูล โดยทั่วไปวัตถุกลุ่มน้ำมีลักษณะเป็นเอกภาพมากจึงมีความแปรปรวนต่ำที่สุด ความแปรปรวนของพืชมีมากขึ้น และกลุ่มย่านการค้าและที่พักอาศัย (ดินและแร่ธาตุ) มีความแปรปรวนมากที่สุด เพราะมีการปะปนของวัตถุต่างประเภทกันมากที่สุด
- สหสัมพันธ์ มีประโยชน์ในการเลือกช่วงคลื่นที่จะใช้ในการคำนวณโดยคลื่นที่มีความสัมพันธ์สูงจะให้ข้อมูลเช่นเดียวกัน เช่น คลื่นในกลุ่มคลื่นตามองเห็น หรือกลุ่มคลื่นอินฟราเรดกลางจึงไม่จำเป็นที่จะต้องใช้ทั้งหมด สามารถเลือกใช้คลื่นที่มีความสัมพันธ์ต่ำเพื่อลดจำนวนข้อมูลในการคำนวณและทำให้การคำนวณเร็วมากขึ้น

## 8.2.1 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุมโดยใช้ค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด

การจำแนกประเภทข้อมูลแบบระยะห่างจากค่าเฉลี่ยต่ำสุด (Minimum Distance To Mean Classification) เป็นการจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล โดยใช้เกณฑ์ระยะห่างต่ำที่สุด (Minimum Distance) จากค่าเฉลี่ย เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติของค่าความสว่างแต่ละจุดภาพ กับค่าความสว่างศูนย์กลางของแต่ละกลุ่มประเภทข้อมูล (ค่าเฉลี่ย) ของทุกคลื่น การวัดระยะห่างทำได้ 2 วิธี คือ การวัดระยะห่างแบบยูคลิด (Euclidean Distance) และการวัดระยะห่างแบบ Round The Block Distance โดยทั่วไปการวัดระยะห่างแบบยูคลิดเป็นที่ยอมรับมากกว่า จากนั้นนำระยะห่างของแต่ละจุดภาพที่คำนวณได้ของแต่ละประเภทข้อมูลในแต่ละคลื่นมาเปรียบเทียบระยะห่างกัน จุดภาพที่อยู่ใกล้กับศูนย์กลางของกลุ่มประเภทข้อมูลใดมากที่สุดในทุกคลื่น ภาพภาพนั้นจะถูกจำแนกเข้าเป็นประเภทข้อมูลนั้น การคำนวณแบบระยะห่างต่ำสุดมีดังนี้

$$\text{Dist} = \sqrt{(BV_{ijk} - \mu_{ck})^2 + (BV_{ijl} - \mu_{cl})^2}$$

(Jansen, 2007)

โดย Dist = เป็นเกณฑ์ระยะห่างต่ำสุด

$BV_{ijk}$  = เป็นค่าความสว่างของจุดภาพที่ตำแหน่ง I และ J ของแบนด์ K

$BV_{ijl}$  = เป็นค่าความสว่างของจุดภาพที่ตำแหน่ง I และ J ของแบนด์ L

$\mu_{ck}$  = เป็นค่าเฉลี่ย (Mean Vector) ของประเภทข้อมูล C ของแบนด์ K

$\mu_{cl}$  = เป็นค่าเฉลี่ย (Mean Vector) ของประเภทข้อมูล C ของแบนด์ L

ตัวอย่างต่อไปนี้ แสดงการนำเกณฑ์ระยะห่างต่ำสุดมาใช้เปรียบเทียบ ระยะห่างจากค่าความสว่างของแต่ละจุดภาพกับค่าความสว่างเฉลี่ย (Mean Vector) ของแต่ละประเภทข้อมูล (ประเภทที่ 1-5) โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 Oli จำนวน 2 คลื่น (คลื่นที่ 4 และ 5) มีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$\text{Dist}_a \text{ ไปหา class ที่ } 1 = \sqrt{(BV_{ij4} - \mu_{1,4})^2 + (BV_{ij5} - \mu_{1,5})^2}$$

(Jansen, 2007)

หรือ

$$\text{Dist}_a \text{ ไปหา class ที่ } 2 = \sqrt{(BV_{ij4} - \mu_{2,4})^2 + (BV_{ij5} - \mu_{2,5})^2}$$

(Jansen, 2007)

ตารางที่ 8. 6 ตัวอย่างการคำนวณระยะห่างต่ำสุดในการจำแนกประเภทแบบระยะห่างจากค่าเฉลี่ยต่ำสุด ที่โล่งว่าง ป่าไม้ ทราบ ดิน และน้ำ

ประเภทข้อมูล	ระยะห่างจากค่าความสว่างของจุดภาพ A (40,40) ถึงค่าเฉลี่ยความสว่างของแต่ละประเภทข้อมูล (Class) ในแต่ละแบนด์	ระยะห่างจากค่าความสว่างของจุดภาพ B (10,40) ถึงค่าเฉลี่ยความสว่างของแต่ละประเภทข้อมูล (Class) ในแต่ละแบนด์
ที่โล่งว่าง	$\sqrt{(40-36.7)^2 + (40-55.7)^2} = 16.04$	$\sqrt{(10-36.7)^2 + (40-55.7)^2} = 30.97$
ป่าไม้	$\sqrt{(40-54.8)^2 + (40-77.4)^2} = 40.22$	$\sqrt{(10-54.8)^2 + (40-77.4)^2} = 58.35$
ทราบ	$\sqrt{(40-20.2)^2 + (40-28.2)^2} = 23.04$	$\sqrt{(10-20.2)^2 + (40-28.2)^2} = 15.75$ เป็นระยะห่างต่ำสุด ดังนั้นจุด B จึงเป็นที่ทราบ
ดิน	$\sqrt{(40-39.1)^2 + (40-35.5)^2} = 4.59$ เป็นระยะห่างต่ำสุด ดังนั้นจุด A จึงเป็นดิน	$\sqrt{(10-39.1)^2 + (40-35.5)^2} = 29.45$
น้ำ	$\sqrt{(40-9.3)^2 + (40-5.2)^2} = 46.40$	$\sqrt{(10-9.3)^2 + (40-5.2)^2} = 34.80$

ที่มา ดัดแปลงจาก Jansen, 2007

การจำแนกประเภทข้อมูลแบบระยะห่างจากค่าเฉลี่ยต่ำสุด ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการจำแนกประเภทข้อมูลแบบสี่เหลี่ยมคอกหมู และจะไม่มีจุดภาพใดที่ไม่รับการจำแนก แต่ใช้เวลาในการคำนวณนานมากขึ้น และมีข้อเสียที่หากระยะห่างต่ำสุดของจุดภาพใกล้เคียงกันกับกลุ่มประเภทข้อมูลมากกว่า 1 กลุ่ม การจำแนกให้จุดภาพนั้นเข้าไปอยู่ในประเภทข้อมูลหนึ่งอาจมีความผิดพลาดได้

### 8.2.2 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุมแบบเป็นไปได้สูงสุด

การจำแนกประเภทข้อมูลแบบความเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classification) เป็นวิธีการจำแนกข้อมูลภาพกำกับดูแลที่ได้รับความนิยมมาก มีวิธีการคำนวณซับซ้อนใช้เวลานานและมีความถูกต้องมากที่สุดวิธีหนึ่ง โดยมีหลักการว่าค่าสะท้อนของจุดภาพใดก็ตามจะถูกจัดอยู่ในกลุ่มประเภทการใช้ที่ดินหรือสิ่งปกคลุมดินใดตามระดับมีความน่าจะเป็น (Likelihood) ซึ่งเป็นหลักการของ Bayes Maximum Likelihood Classification มีสูตรดังนี้

$$p(i|f) = \frac{p(f|i) p(i)}{p(f)}$$

เมื่อ

$$p(f) = \sum_i p(f|i)p(i)$$

(Schowengerdt, 2006)

โดย  $f|i$  เป็นฟังก์ชันของโอกาสความน่าจะเป็นก่อนการจำแนกข้อมูลที่เป็น Class I

$p(i)$  โอกาสความน่าจะเป็นก่อนการจำแนก Class

$p(i|f)$  โอกาสความน่าจะเป็นหลังการจำแนก Class

$p(f)$  โอกาสความน่าจะเป็นรวมก่อนการจำแนก Class ของแต่ละจุดภาพ (Index)

แสดงแนวคิดของการคำนวณความหนาแน่นของความน่าจะเป็น โดย Verbyla, 1995 ยกตัวอย่างวิธีการคำนวณความน่าจะเป็นของค่าสะท้อน จากสูตรดังนี้

$$L(Sv) = [1/Sd * \text{Sqrt}(2 * \pi)] \text{Exp} - [(Sv - \text{Mean})^2 / 2 * Sd^2]$$

ตัวอย่างต่อไปนี้เป็นวิธีการหาการคำนวณแบบความเป็นไปได้สูงสุดโดยใช้วิธีการของ Bayes Maximum Likelihood โดยมีการคำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิต และค่าความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม เพื่อจำแนกข้อมูล โดยมีข้อสมมติว่าค่าการสะท้อนของแต่ละประเภทการใช้ที่ดินมีลักษณะการกระจายแบบโค้งปกติ ดังนั้นว่าของจุดภาพที่มีความคล้ายคลึงกับการใช้ที่ดินใดมากที่สุด ก็จะถูกจำแนกเป็นการใช้ที่ดินประเภทนั้นตามสูตรที่อธิบายมาแล้วครั้งหนึ่ง

$$p(i|f) = \frac{p(f|i) p(i)}{p(f)}$$

เมื่อ 
$$p(f) = \sum_i p(f|i)p(i)$$

(Schovengerdt, 2006)

โดย	$f i$	เป็นฟังก์ชันของโอกาสความน่าจะเป็นก่อนการจำแนกข้อมูล ที่เป็น Class I
	$p(i)$	โอกาสความน่าจะเป็นก่อนการจำแนก Class
	$p(i f)$	โอกาสความน่าจะเป็นหลังการจำแนก Class
	$p(f)$	โอกาสความน่าจะเป็นรวมก่อนการจำแนก Class ของแต่ละจุดภาพ (Index)

เกณฑ์ในการตัดสินใจคือ ถ้า  $p(i|f) > p(j|f)$  เมื่อทุก  $j \neq i$  จุดภาพนั้นจะถูกจำแนกเป็น Class I ตัวอย่างเช่น กรณีที่มี 1 คลื่น มีการใช้ที่ดิน 2 ประเภท ( 1 = ป่าไม้และ 2 = พื้นที่เกษตร) พบว่ามีเงื่อนไขความน่าจะเป็นดังนี้

ค่าการสะท้อนของจุดภาพจะถูกจำแนกเป็น Class 1 ถ้า  $P(F/1) P(1) > P(F/2) P(2)$

ค่าการสะท้อนของจุดภาพจะถูกจำแนกเป็น Class 2 ถ้า  $P(F/2) P(2) > P(F/1) P(1)$

โดยกำหนดให้โอกาสความน่าจะเป็นก่อนการจำแนก  $P(1) = P(\text{ป่าไม้}) = 0.6$

$P(2) = P(\text{เกษตร}) = 0.4$

ฟังก์ชันความน่าจะเป็น Class I  $p(f1|\text{ป่าไม้}) = 0.3$

$p(f2|\text{ป่าไม้}) = 0.7$

$p(f1|\text{เกษตร}) = 0.9$

$p(f2|\text{เกษตร}) = 0.1$

ดังนั้นโอกาสความน่าจะเป็นตามกฎของ Bayes มีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 8. 7 โอกาสความน่าจะเป็นตามกฎของ Bayes

ประเภทการใช้ที่ดิน	ป่าไม้		เกษตร	
P(i) : โอกาสความน่าจะเป็นก่อนการจำแนก Class I	0.6		0.4	
$p(f i_1)$ : ฟังก์ชันความน่าจะเป็นก่อนการจำแนกเป็น Class I ของแต่ละจุดภาพ	0.3	0.7	0.9	0.1
ประเภทการใช้ที่ดิน				
จุดภาพ (X1,X2)	X1	X2	X1	X2
$p(f i_2)$ = ฟังก์ชันความน่าจะเป็นหลังการจำแนกเป็น Class I ของแต่ละจุดภาพ $= p(f_1 ป่าไม้) (p(ป่าไม้) = 0.3 \times 0.6 = 0.18$	0.18	0.42	0.36	0.04
จุดภาพ (X1,X2)	X1		X2	
$p(f)$ : โอกาสความน่าจะเป็นหลังการจำแนกของแต่ละจุดภาพ $= \sqrt{p(f i_2)p(i)} = 0.18 + 0.36 = 0.54$	0.54		0.46	
$p(i f) = p(f i_2) / p(f) = p(x_1   ป่าไม้) \left( \frac{p(ป่าไม้)}{p(x_1)} = \frac{0.18}{0.54} = 0.33$	0.33	<b>0.67</b>	<b>0.91</b>	0.09

ที่มา ดัดแปลงจาก Schowengerdt, 2006

สรุปว่า ดังนั้นจุดภาพ  $X_1$  จึงถูกจำแนกเป็นเกษตร และจุดภาพ  $X_2$  ถูกจำแนกเป็นป่าไม้ โดยวิธีการจำแนกข้อมูลแบบความน่าจะเป็นได้สูงสุด มีข้อดีที่สามารถแยกประเภทข้อมูลหลากหลายออกจากกันได้ดี เมื่อมองจากทฤษฎีความน่าจะเป็น แต่อย่างไรก็ตามเพื่อความคุ้มครองการจำแนกประเภทให้ได้ผลดี มีความถูกต้องแม่นยำ ควรระมัดระวังในหลายด้าน ได้แก่

1) ต้องทำการสำรวจภาคพื้นดินอย่างละเอียดมาก เพื่อจะสามารถเลือกข้อมูลเพียงพอ ครอบคลุมทุกประเภทข้อมูล ในการประมาณค่าเวกเตอร์เฉลี่ย (Mean Vector) และเมทริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมของประชากร

2) เมทริกซ์ผัณกลับของเมทริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมจะไม่เสถียร ถ้าหากมีสหสัมพันธ์ระหว่าง 2 คลื่นที่ใช้สูงมาก หรือข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคพื้นดินมีลักษณะเป็นเอกภาพมาก ในกรณีนี้ต้องลดจำนวนคลื่นลง โดยใช้วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis)

3) ถ้าหากการแจกแจงของประชากรที่มีไม่เป็นการแจกแจงปกติ ไม่ควรใช้วิธีการจำแนกประเภทวิธีนี้

### 8.2.3 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุมแบบสี่เหลี่ยมคู่ขนาน

การจำแนกประเภทข้อมูลแบบสี่เหลี่ยมคู่ขนาน (Parallelepiped Classification) เป็นการจำแนกข้อมูลภาพแบบกำกับดูแล โดยใช้สถิติอย่างง่ายมาเป็นเกณฑ์ในการจำแนก ได้แก่ ค่าสะท้อนสูงสุด ค่าสะท้อนต่ำที่สุด ค่าเฉลี่ยของค่าสะท้อน และความเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีหลักการในการคำนวณดังนี้

- 1) การแยกประเภทข้อมูลโดยใช้ค่าสูงสุดและต่ำสุดของพื้นที่ตัวอย่างมาเป็นเกณฑ์
- 2) การคำนวณค่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละประเภทข้อมูล

$$\mu_c = (\mu_{c1}, \mu_{c2}, \mu_{c3}, \dots, \mu_{cn})$$

(Jansen, 2007)

โดย  $\mu_{ck}$  = คือ ค่าเฉลี่ยพื้นที่ตัวอย่างของ class c ในคลื่น k ของจำนวน m classes

$S_{CK}$  = คือ ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของพื้นที่ตัวอย่างของ class s ในคลื่น k

C = รหัสประเภทมีค่าตั้งแต่ 1,2,3.....  $\rightarrow$  .....m

K = หมายเลขช่วงคลื่นมีค่าตั้งแต่ 1,2,3.....  $\rightarrow$  .....n

$BV_{ijk}$  = ค่าความสว่างของจุดภาพ ณ ตำแหน่งสตรัมที่ i และแถวที่ j ในช่วงคลื่น k

มีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$\mu_{ck} - S_{ck} \leq BV_{ijk} \leq \mu_{ck} + S_{ck}$$

(Jansen, 2007)

ตัวอย่างของการจำแนกประเภทข้อมูลแบบสี่เหลี่ยมคู่ขนานคำนวณโดยใช้ตัวอย่างค่าสถิติภาพจากพื้นที่ตัวอย่างของการใช้ที่ดิน 5 ประเภท โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 Oli จำนวน 2 คลื่น (คลื่นที่ 4 และ 5)

ตารางที่ 8. 8 ตัวอย่างการคำนวณในการจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบสี่เหลี่ยมคี่ขนาน

ประเภทข้อมูล	พิสัยต่ำของประเภทข้อมูล $L_{ck}$	พิสัยสูงของประเภทข้อมูล $U_{ck}$	จุดภาพ a (40,40) ตกอยู่ในประเภทข้อมูลใดจากเกณฑ์ $L_{ck} \leq a \leq U_{ck}$	จุดภาพ a(10,40) ตกอยู่ในประเภทข้อมูลใดจากเกณฑ์ $L_{ck} \leq b \leq U_{ck}$
ที่โล่งว่าง	36.70-4.53 = 31.27 55.70-10.72= 44.98	36.7+4.53 = 41.23 55.7+10.72 = 67.42	ตกอยู่ในเกณฑ์ ไม่ตกอยู่ในเกณฑ์	ไม่ตกอยู่ในเกณฑ์ ไม่ตกอยู่ในเกณฑ์
ป่าไม้	54.80-3.88 = 50.92 77.40-11.16= 75.40	54.8+3.88 = 58.68 77.40+11.60 = 88.56	ไม่ตกอยู่ในเกณฑ์ ไม่ตกอยู่ในเกณฑ์	ไม่ตกอยู่ในเกณฑ์ ไม่ตกอยู่ในเกณฑ์
ทราย	20.20-1.88 = 18.32 28.20-4.31 = 23.89	20.20+1.88 = 22.08 28.20+4.31 = 32.51	ไม่ตกอยู่ในเกณฑ์ ไม่ตกอยู่ในเกณฑ์	ไม่ตกอยู่ในเกณฑ์ ไม่ตกอยู่ในเกณฑ์
ดิน	39.10-5.11 = 33.99 35.50-6.41 = 29.09	39.10+5.11 = 44.21 35.50+6.41 = 41.91	ตกอยู่ในเกณฑ์ ตกอยู่ในเกณฑ์ จุดภาพ a จึงถูกแปลเป็นประเภทดินเนื่องจาก $L_{ck} \leq a \leq U_{ck}$	ไม่ตกอยู่ในเกณฑ์ ตกอยู่ในเกณฑ์
น้ำ	9.30-0.56 = 8.74 5.20-0.71 = 4.49	9.30+0.56 = 9.86 5.20+0.71 = 5.91	ไม่ตกอยู่ในเกณฑ์ ไม่ตกอยู่ในเกณฑ์	ไม่ตกอยู่ในเกณฑ์ ไม่ตกอยู่ในเกณฑ์เมื่อค่าสะท้อนของจุดภาพ b ไม่อยู่ในเกณฑ์ของประเภทใดแบบเอกฉันท์คือจุดภาพที่จำแนกไม่ได้ (Unclassified)

ที่มา ดัดแปลงจาก Jansen, 2007

การจำแนกประเภทข้อมูลแบบสี่เหลี่ยมคูนาน มีข้อดีที่สามารถคำนวณได้ผลลัพธ์รวดเร็ว เนื่องจากวิธีการคำนวณไม่ซับซ้อน แต่มีข้อบกพร่องที่จะเกิดการปะปนของประเภทข้อมูลสูง เพราะค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดบางส่วนของแต่ละประเภทข้อมูลอาจจะตกอยู่ในช่วงค่าเดียวกันได้ จนคอมพิวเตอร์ไม่สามารถจัดเข้ากลุ่มใดได้ เกิดเป็นข้อมูลที่จำแนกประเภทไม่ได้ (Unclassified Pixels) จำนวนมาก

ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา เทคนิค Machine Learning เป็นที่นิยม เทคนิคดังกล่าวประกอบด้วยเทคนิค Support Vector Machine, Neural Networks และ Random Forest เทคนิคดังกล่าวเหมาะสำหรับข้อมูลขนาดใหญ่ ข้อได้เปรียบอีกอย่างของ Machine Learning คือ สามารถประยุกต์ใช้กับข้อมูลได้หลากหลายประเภท ยกตัวอย่างเช่น ข้อมูลประเภทชนิด สามารถทำงานร่วมกับข้อมูลประเภท Continuous Data จำพวกข้อมูลภาพถ่ายเทียมเพื่อเพิ่มความถูกต้องในการจำแนกสิ่งปกคลุมดิน แต่วิธีการดังกล่าวยังต้องใช้มนุษย์เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการแปลสิ่งปกคลุมดิน ในการเลือกพื้นที่ตัวอย่างในการแปลสิ่งปกคลุมดิน การตรวจสอบความถูกต้องของการแปลสิ่งปกคลุมดิน รวมถึงการตั้งค่าการให้อัลกอริทึมทำการประมวลผล

### 8.3 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่ควบคุม

การจำแนกแบบไม่ควบคุม ผู้ศึกษาจำเป็นจะต้องเลือกจุดภาพ ตัวอย่างสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภท เพื่อให้คอมพิวเตอร์นำไปประมวลผลแผนที่การจำแนกการใช้ที่ดิน ในขณะที่การจำแนกแบบไม่ควบคุมเป็นการอนุญาตให้คอมพิวเตอร์จำแนกจัดกลุ่มของจุดภาพ ที่มีความคล้ายคลึงกันเพื่อจัดทำแผนที่การจำแนกสิ่งปกคลุมดินแบบอัตโนมัติ

การจำแนกแบบควบคุม โดยหลักการคือการเลือกกลุ่มตัวอย่างสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภท จากนั้นคอมพิวเตอร์จะเรียนรู้สิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภทที่ทำการคัดเลือกไว้ คอมพิวเตอร์จะทำการประมวลผลจากเทคนิคการจำแนกสิ่งปกคลุมดินที่เราได้ทำการเลือกจากกลุ่มตัวอย่างจุดภาพ สิ่งปกคลุมดินที่เราได้ทำการเลือกไว้ก่อนจะแสดงผลแผนที่สิ่งปกคลุมดิน

การจำแนกแบบไม่ควบคุม โดยหลักการคือไม่ต้องเลือกจุดภาพ ตัวอย่างสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภท แต่คอมพิวเตอร์จะจำแนกสิ่งปกคลุมดินโดยอาศัยอัลกอริทึม Kmeans, ISODATA และ Hierarchical Clustering โดยก่อนการทำงานผู้ศึกษาจะทำการกำหนดจำนวนชั้นข้อมูลที่อยากได้หลังจากเสร็จสิ้นการทำงาน จากนั้นจึงใส่ชื่อสิ่งปกคลุมดินที่น่าจะเป็นในแต่ละกลุ่มที่อัลกอริทึมจำแนก โดยวิธีการดังกล่าวเหมาะสำหรับผู้ศึกษาที่ไม่มีภูมิความรู้สำหรับพื้นที่ศึกษา

ในทางปฏิบัติเราจำเป็นต้องใช้วิธีการจำแนกสิ่งปกคลุมดินทั้งสองวิธีการ โดยก่อนลงสำรวจภาคสนามควรทำการจำแนกแบบไม่ควบคุมเพื่อสร้างภูมิความรู้สำหรับพื้นที่ศึกษา จากนั้นลงสำรวจภาคสนามเพื่อเก็บตัวอย่างจุดสิ่งปกคลุมดินแต่ละชนิดเพื่อทำการจำแนกและทดสอบความถูกต้องของการจำแนกสิ่งปกคลุมดิน

โดยชั้นที่สำคัญสำหรับการจำแนกแบบไม่ควบคุม มีอยู่ 2 ชั้นตอนหลัก ๆ คือ การสุ่มตัวอย่างเพื่อเก็บข้อมูล จุดภาพ และ การจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่ควบคุมโดยใช้หลักการรวมกลุ่ม

### 8.3.1 การสุ่มตัวอย่างเพื่อเก็บข้อมูลจุดภาพ

จากบทก่อนหน้าเราได้ทำความเข้าใจเกี่ยวกับการประมวลผลข้อมูลเชิงพื้นที่ที่เรียวย่อย บทเรียนนี้จะเป็นการนำท่านเข้าสู่กระบวนการเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่อย่างถูกต้อง ในการรับรู้ระยะไกลเราจำเป็นต้องมีวิธีการสำรวจข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยการสำรวจข้อมูลเชิงพื้นที่ มีวัตถุประสงค์สำคัญอยู่ 2 ประการคือ การเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อเป็นกลุ่มตัวอย่างการประมวลผลเชิงคลื่น ลำดับต่อมาคือการเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของภาพที่ผ่านการประมวลผลจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การเรียนการสอนการรับรู้ระยะไกลไม่ควรมุ่งเน้นไปที่กระบวนการประมวลผลภาพดาวเทียมเท่านั้น ควรมีการคำนึงถึงการสำรวจข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วย เนื่องจากกระบวนการดังกล่าวมีความสำคัญไม่แพ้กัน การสำรวจข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ไม่เป็นระบบย่อมส่งผลเสียต่อกระบวนการประมวลผลภาพดาวเทียม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีกระบวนการสำรวจข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยกระบวนการดังกล่าวต้องประกอบด้วย ความแม่นยำในการทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ ความน่าเชื่อถือ และความสำเร็จในระยะยาวอันสั้น

เหตุผลที่ทำให้การสำรวจข้อมูลภาคสนามมีความสำคัญเนื่องจากในการสำรวจข้อมูลภาคสนามเราไม่สามารถสำรวจข้อมูลภาคสนามทั่วทั้งพื้นที่เนื่องจากการกระทำดังกล่าวทำให้เราสิ้นเปลืองเงิน เวลา และแรงงาน จึงจำเป็นต้องเลือกตัวแทนของพื้นที่เพื่อเป็นกลุ่มตัวอย่างสำหรับการประมวลผลข้อมูลภาพดาวเทียม นอกจากนี้เราจำเป็นต้องวัดและประเมินผลความถูกต้องของผลลัพธ์การแปลภาพดาวเทียม ดังนั้นกระบวนการสำรวจข้อมูลภาคสนามจึงเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญอย่างมากในวิชาการการรับรู้ระยะไกล

การพัฒนาความถูกต้องสำหรับการเก็บข้อมูลภาคสนามมีขึ้นเพื่อต้องการพัฒนากระบวนการเก็บข้อมูลให้กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กสามารถเป็นตัวแทนของข้อมูลพื้นที่ศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ การสำรวจข้อมูลภาคสนามอย่างมีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับความเข้าใจในคำถามงานวิจัย ความรู้พื้นฐาน ตลอดจนทักษะการใช้งานเครื่องมือด้วยเช่นกัน สำหรับความสำคัญที่ต้องคำนึงก่อนเก็บข้อมูลจุดภาพคือ จำนวนของกลุ่มตัวอย่าง ไม่มีกฎตายตัวสำหรับวิธีการสำรวจข้อมูลภาคสนาม ทั้งหมดนั้นขึ้นอยู่กับ คำถามของงานวิจัย สถิติที่ใช้ในงานวิจัย และจำนวนสิ่งปกคลุมดินที่ปรากฏในพื้นที่ภาคสนาม มีนักวิชาการบางท่านเสนอแนะว่าควรมีการเก็บข้อมูล 50 จุดต่อชั้นข้อมูล แต่ในทางปฏิบัติพบว่าสิ่งปกคลุมดินที่มีความซับซ้อนน้อย เช่น น้ำ อาจเก็บสำรวจข้อมูลในปริมาณน้อย ในขณะที่สิ่งปกคลุมดินที่มีความซับซ้อนมาก เช่น พืชพรรณ อาจเก็บสำรวจข้อมูลในปริมาณมากเพื่อจำแนกพืชพรรณแต่ละชนิดออกจากกัน โดยการสุ่มตัวอย่างมีเทคนิควิธีการดังต่อไปนี้

1) การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) เป็นเทคนิคที่มีความเอนเอียงน้อยที่สุด เนื่องจากทุกชั้นข้อมูลมีโอกาสถูกเลือกในโอกาสที่เท่ากัน แต่บางครั้งการสุ่มด้วยเทคนิคและวิธีการดังกล่าวในสภาพพื้นที่จริง อาจไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่ดังกล่าวได้เนื่องจากอุปสรรคของภูมิประเทศที่ไม่สามารถเข้าถึงได้หลายรูปแบบ เช่น ที่รกร้าง ที่ส่วนบุคคล เป็นต้น

2) การสุ่มตัวอย่างเชิงลำดับชั้นแบบเลือกระบบ (Stratified Random Sampling) สามารถประยุกต์ตามพื้นเพความรู้ ทุกชั้นข้อมูลจะถูกแบ่งจุดการสำรวจออกตามขนาดของพื้นที่หรือสัดส่วนความเหมาะสม ความยากของการสุ่มข้อมูลรูปแบบดังกล่าว คือ บางชั้นข้อมูลอาจหาจุดที่มีความเหมาะสมได้ยาก

3) การสุ่มตัวอย่างแบบเป็นระบบ (Regular Sampling) การสุ่มรูปแบบดังกล่าวเป็นการสุ่มแบบเป็นระบบทุกจุดของการสำรวจมีขนาดความใกล้เคียงเท่ากัน ข้อเสียของการสุ่มจุดสำรวจดังกล่าว สัดส่วนของจุดแต่ละชั้นข้อมูลอาจมีขนาดไม่ตรงตามความต้องการของผู้ศึกษา



การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย



การสุ่มตัวอย่างแบบเป็นระบบ



การสุ่มตัวอย่างเชิงลำดับชั้นแบบเลือกระบบ

รูปที่ 8.2 ตัวอย่างการสุ่มรูปแบบต่าง ๆ

### 8.3.2 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่ควบคุมโดยใช้หลักการรวมกลุ่ม (Cluster)

เป็นการจำแนกประเภทข้อมูลโดยใช้หลักการรวมกลุ่ม (Cluster) สำหรับการจำแนกข้อมูลจากรยะไกล โดยทั่วไป มีขั้นตอนหลักอยู่ 2 ส่วน คือ ขั้นแรกการสร้างกลุ่มประเภทข้อมูลจากข้อมูลจุดภาพที่มีอยู่ทั้งหมด โดยการสุ่มตัวอย่างหาศูนย์กลาง (Mean Vector) ของกลุ่มประเภทข้อมูล (Class) จากข้อมูลจุดภาพ โดยใช้ตามคุณสมบัติเชิงแสงของจุดภาพ สำหรับขั้นที่สอง เป็นการกระจายข้อมูลจุดภาพทุกจุดเข้าหาศูนย์กลางของแต่ละประเภทข้อมูล โดยใช้หลักการระยะห่างต่ำสุดจากค่าเฉลี่ยซึ่งถือเป็นศูนย์กลางข้อมูล (Minimum Distance To Mean)

ตัวอย่างต่อไป นี้ แสดงขั้นตอนการจำแนกข้อมูลแบบการรวมกลุ่ม โดยสมมุติให้โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 Oli จำนวน 2 คลื่น (คลื่นที่ 4 และ 5) และมีการคำนวณตามตัวแปรที่กำหนดให้ ดังนี้

R เป็นรัศมีของแต่ละกลุ่มข้อมูลใหม่ (spectral space of a new cluster) ที่จะเกิดขึ้น เช่น กำหนดให้มีขนาด 15 หน่วยค่าสะท้อน

C เป็นค่าระยะห่างของข้อมูลเชิงคลื่น (spectral distance) ที่จะรวมกลุ่มข้อมูลที่ตกอยู่ในระยะห่างที่กำหนดเข้าหากัน เช่น กำหนดให้มีระยะห่าง 30 หน่วยค่าความสว่าง

N เป็นจำนวนจุดภาพที่จะจำแนกเข้าหากกลุ่มต่างๆ เช่น มีจุดภาพอยู่ 2,000 จุดภาพ

$C_{max}$  เป็นจำนวนกลุ่มประเภทข้อมูล (class) ที่ต้องการให้มีการจำแนกประเภท เช่น กำหนดให้มี 20 ประเภท

มีขั้นตอนในการคำนวณ ดังนี้

1) จากรูปที่สมมติว่ามีจุดภาพ อยู่ 3 จุด

จุดภาพที่ 1 (มีค่าสะท้อน 10 ในคลื่นที่ 4 และ 10 ในคลื่นที่ 5)

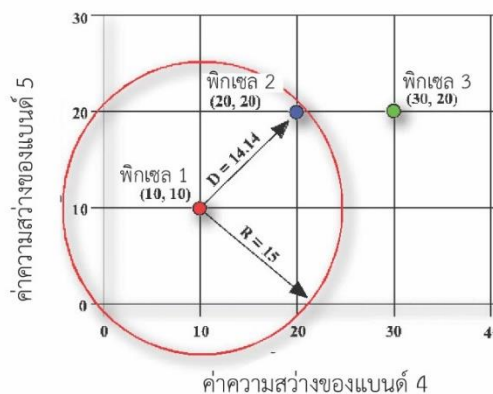
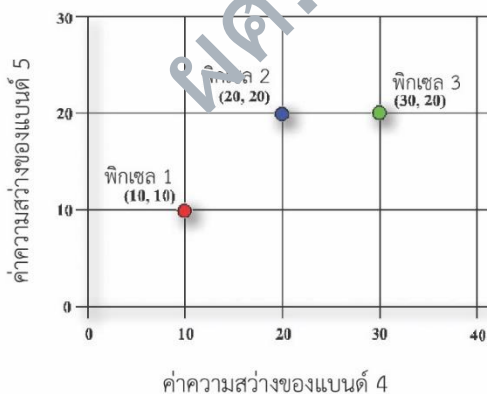
จุดภาพที่ 2 (มีค่าสะท้อน 20 ในคลื่นที่ 4 และ 20 ในคลื่นที่ 5)

จุดภาพที่ 3 (มีค่าสะท้อน 30 ในคลื่นที่ 4 และ 20 ในคลื่นที่ 5)

เมื่อเลือกโดยการสุ่มตัวอย่างให้จุดภาพที่ 1 เป็นศูนย์กลางของประเภทข้อมูล กล่าวคือ ค่าเฉลี่ยของศูนย์กลางประเภทข้อมูลจากข้อมูล 2 มิติ (ช่วงคลื่นที่ 4 และ 5) ที่ค่าเท่ากับ 10,10

2) การคำนวณหาสมาชิกของประเภทข้อมูลกลุ่มที่ 1 (cluster 1) จากศูนย์กลางโดยเปรียบเทียบ ระยะห่างต่ำสุด ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ ถ้าจุดภาพใด มีระยะห่างจากศูนย์กลางของกลุ่มประเภทข้อมูลน้อยกว่า 15 หน่วยค่าความสว่าง จุดภาพนั้นจะถูกกำหนดให้เข้ามาเป็นสมาชิกของประเภทข้อมูลนี้ และถ้ามีระยะทางมากกว่า 15 หน่วยค่าความสว่างก็จะถูกจัดให้อยู่นอกกลุ่ม

จุดภาพที่ 2 มีค่าระยะห่างจากศูนย์กลางของประเภทข้อมูลน้อยกว่า 15 คือ 14.14 หน่วย และจุดภาพที่ 3 มีระยะห่างจากศูนย์กลางของประเภทข้อมูลมากกว่า 15 ดังนั้น จุดภาพที่ 2 จึงกลายเป็นสมาชิกของกลุ่มที่ 1 ส่วนจุดภาพที่ 3 ไม่เข้าเกณฑ์ระยะห่าง จึงไม่ถูกจัดให้เข้าประเภทข้อมูลกลุ่มนี้

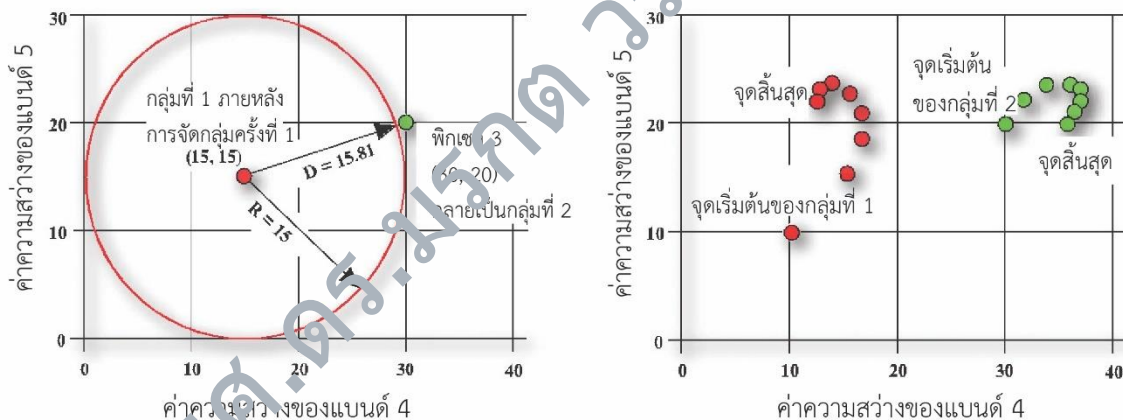


รูปที่ 8.3 การคำนวณหาสมาชิกข้อมูลจากศูนย์กลางโดยวิธีการระยะห่างค่าเฉลี่ยต่ำสุด

3) การคำนวณค่าศูนย์กลางของประเภทข้อมูลใหม่ ข้อมูลชุดที่ 1 (cluster 1) มีสมาชิกเข้ามาอยู่ในกลุ่ม คือ จุดที่ 1 และจุดที่ 2 จากเดิมศูนย์กลางตั้งอยู่ที่จุดที่ 1 โดยมีค่าตำแหน่งศูนย์กลาง ที่ 10, 10 เมื่อมีจำนวนสมาชิกกลุ่มเพิ่มขึ้น จึงต้องคำนวณค่าศูนย์กลางใหม่ โดยการเฉลี่ยค่าความสว่างของทั้งจุดที่ 1 และจุดที่ 2 ศูนย์กลางใหม่ มีค่าเป็น 15, 15 ดังนั้น ตำแหน่ง ศูนย์กลางใหม่ของประเภทข้อมูลที่ 1 จึงย้ายจากตำแหน่งที่ 10, 10 ไป เป็นตำแหน่งที่ 15, 15 แทน

สำหรับจุดภาพที่ 3 เมื่อไม่ได้เข้าเกณฑ์ระยะห่างแม้ว่าจะมีการเปรียบเทียบระยะห่าง กับศูนย์กลางข้อมูลใหม่ คือ มี ระยะห่าง 15.81 แต่ระยะดังกล่าวยังมากกว่าเกณฑ์ระยะห่าง 15 ที่กำหนดไว้ (R) จุดที่ 3 จึงกลายเป็นศูนย์กลางของประเภท ข้อมูลชุดที่ 2 (Cluster 2)

4) ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงสมาชิกในกลุ่มประเภทข้อมูลแต่ละกลุ่ม จะเกิดการคำนวณศูนย์กลางของประเภทข้อมูลใหม่เช่นกัน ทำให้ศูนย์กลางข้อมูลเปลี่ยนไปเรื่อยๆ จนกระทั่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงสมาชิกในประเภทข้อมูล ตำแหน่งของศูนย์กลางของแต่ละประเภทข้อมูลจะหยุดนิ่งเป็นจุดคงที่ ถือว่าได้รับกลุ่มประเภทข้อมูลที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอีกต่อไป



รูปที่ 8. 4 การเปลี่ยนแปลงศูนย์กลางโดยวิธีการระยะห่างค่าเฉลี่ยต่ำสุด

ที่มา ดัดแปลง Jansen, 2007

ผลลัพธ์จากการจำแนกแบบรวมกลุ่มขึ้นอยู่กับทางเลือกช่วงคลื่นด้วย หากเลือกช่วงคลื่นมาจำแนกข้อมูลโดยเป็น ช่วงคลื่นที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน (วัดได้จากค่าสหสัมพันธ์) จะไม่สามารถแยกข้อมูลได้ดี เหมือนกับการใช้ช่วงคลื่น ที่มีลักษณะแตกต่างกัน

ตารางที่ 8. 9 ค่าสหสัมพันธ์ของข้อมูลดาวเทียม Landsat ประเภทสิ่งปกคลุมประเภทดิน

	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band6	Band7
Band1	1.00	0.98	0.64	-0.25	-0.47	-0.33	-0.25
Band2	0.98	1.00	0.67	-0.24	-0.45	-0.31	-0.20
Band3	0.64	0.67	1.00	0.55	0.17	0.04	0.13
Band4	-0.25	-0.24	0.55	1.00	0.80	0.51	0.48
Band5	-0.47	-0.45	0.17	0.80	1.00	0.64	0.55
Band6	-0.33	-0.31	0.04	0.51	0.64	1.00	0.95
Band7	-0.25	-0.20	0.13	0.48	0.55	0.95	1.00

จากตัวอย่างหากผู้ใช้งานต้องการจำแนกสิ่งปกคลุมประเภทดิน ไม่ควรเลือกใช้ แบนด์ 1 และ 2 เนื่องจากมีค่าสหสัมพันธ์ใกล้เคียงกัน

#### 8.4 การวิเคราะห์สถิติที่สำคัญของภาพดาวเทียม ด้วยโปรแกรม R

เรียก Library Raster โดยก่อนเรียก Library จำเป็นต้องทำการติดตั้ง Package ชื่อ Raster

➤ `library(raster)`

สร้างวัตถุภาพดาวเทียมขึ้นมา

➤ `landsat<-brick("ภาพดาวเทียม.tif")`

เรียก Library rgdal โดยก่อนเรียก Library จำเป็นต้องทำการติดตั้ง Package ชื่อ rgdal

➤ `library(rgdal)`

สร้างวัตถุจุดสำรวจข้อมูลที่ได้ทำการสุ่มไว้

➤ `sampling<-readOGR("random_pnt_bareland.shp")`

สร้างวัตถุชื่อ `extractVtoP` สำหรับเก็บค่าจุดภาพในแต่ละแบนด์ โดยใช้ฟังก์ชัน `extract` ใน Raster

เพื่อดึงค่าแต่ละแบนด์เข้าสู่จุดสำรวจที่ได้ทำการสุ่มไว้

➤ `extractVtoP<-extract(landsat8,sampling)`

แสดงผลลัพท์วัตถุ `extractVtoP`

➤ `extractVtoP`

Band1 Band2 Band3 Band4 Band5 Band6 Band7

[1,]	0.1633361	0.1527253	0.1508364	0.1793806	0.2888466	0.3953742	0.2743879
[2,]	0.1523289	0.1402956	0.1356548	0.1587653	0.2624012	0.3507156	0.2553118
[3,]	0.1519324	0.1391062	0.1319702	0.1553139	0.2891031	0.3741293	0.2538893
[4,]	0.1595116	0.1464521	0.1375671	0.1556870	0.2407366	0.3569655	0.2520703
[5,]	0.1572029	0.1454960	0.1405288	0.1634994	0.2602791	0.3724269	0.2634040
[6,]	0.1538447	0.1418814	0.1377070	0.1625899	0.2639404	0.3726135	0.2657127
[7,]	0.1590918	0.1469885	0.1407620	0.1628930	0.2722658	0.3777440	0.2582968

สร้างค่าความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วม โดยอาศัยฟังก์ชัน cov กับวัตถุ extractVtoP

➤ cov(extractVtoP)

	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band6	Band7
Band1	1.798135e-05	1.967066e-05	2.187173e-05	2.410101e-05	5.639096e-07	3.468843e-05	1.733078e-05
Band2	1.967066e-05	2.199677e-05	2.590297e-05	3.026985e-05	6.865576e-06	4.247663e-05	2.318244e-05
Band3	2.187173e-05	2.590297e-05	3.488151e-05	4.574994e-05	2.611646e-05	6.093137e-05	3.903847e-05
Band4	2.410101e-05	3.026985e-05	4.574994e-05	6.634379e-05	6.672695e-05	9.404834e-05	6.021534e-05
Band5	5.639096e-07	6.865576e-06	2.611646e-05	6.672695e-05	2.914166e-04	1.801473e-04	5.933235e-05
Band6	3.468843e-05	4.247663e-05	6.093137e-05	9.404834e-05	1.801473e-04	1.19666e-04	8.987398e-05
Band7	1.733078e-05	2.318244e-05	3.903847e-05	6.021534e-05	5.933235e-05	8.987398e-05	6.249786e-05

สร้างค่าสหสัมพันธ์ โดยอาศัยฟังก์ชัน cor กับวัตถุ extractVtoP

➤ cor(extractVtoP)

	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band6	Band7
Band1	1.000000000	0.98907280	0.8733220	0.6977888	0.007790068	0.5642358	0.5169808
Band2	0.989072802	1.000000000	0.9351311	0.7923747	0.085751232	0.6246803	0.6252404
Band3	0.873322002	0.935131108	1.000000000	0.9510267	0.259035693	0.7115910	0.8361083
Band4	0.697788770	0.79237473	0.9510267	1.000000000	0.479892571	0.7964127	0.9351353
Band5	0.007790068	0.08575123	0.2590357	0.4798926	1.000000000	0.7278788	0.4396448
Band6	0.564235812	0.62468026	0.7115910	0.7964127	0.727878795	1.0000000	0.7841309
Band7	0.516980832	0.62524037	0.8361083	0.9351353	0.439644760	0.7841309	1.0000000

สร้างค่าเฉลี่ย โดยอาศัยฟังก์ชัน aggregate กับวัตถุ extractVtoP และระบุคำสั่ง mean ลงไปในปัจจัย

➤ mean <- aggregate(extractVtoP, list(sampling\$name), mean)

➤ mean

Group.1	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band6	Band7
1 bareland	0.1567498	0.1447065	0.1392895	0.1625899	0.2682247	0.3714241	0.260439

สร้างส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยอาศัยฟังก์ชัน aggregate กับวัตถุ extractVtoP และระบุคำสั่ง sd ลงไปในปัจจัย

```
> sd <- aggregate(extractVtoP, list(sampling$name), sd)
```

```
> sd
```

```
Group.1 Band1 Band2 Band3 Band4 Band5 Band6 Band7
1 bareland 0.004240442 0.004690072 0.005906057 0.008145169 0.01707093 0.01449816 0.007905
559
```

สร้างค่าความแปรปรวน โดยอาศัยฟังก์ชัน aggregate กับวัตถุ extractVtoP และระบุคำสั่ง var ลงไปในปัจจัย

```
> var <- aggregate(extractVtoP, list(sampling$name), var)
```

```
> var
```

```
Group.1 Band1 Band2 Band3 Band4 Band5 Band6 Band7
1 bareland 1.798135e-05 2.199677e-05 3.488151e-05 6.634379e-05 0.0002914166 0.0002 0.1966 6.24978
6e-05
```

สร้างค่าน้อยสุดของภาพ โดยอาศัยฟังก์ชัน aggregate กับวัตถุ extractVtoP และระบุคำสั่ง min ลงไปในปัจจัย

```
> min <- aggregate(extractVtoP, list(sampling$name), min)
```

```
> min
```

```
Group.1 Band1 Band2 Band3 Band4 Band5 Band6 Band7
1 bareland 0.1519324 0.1391062 0.1319702 0.1553139 0.2407366 0.3507156 0.2520703
```

สร้างค่ามากที่สุดของภาพ โดยอาศัยฟังก์ชัน aggregate กับวัตถุ extractVtoP และระบุคำสั่ง max ลงไปในปัจจัย

```
> max <- aggregate(extractVtoP, list(sampling$name), max)
```

```
> max
```

```
Group.1 Band1 Band2 Band3 Band4 Band5 Band6 Band7
1 bareland 0.1633311 0.1527253 0.1508364 0.1793806 0.2891031 0.3953742 0.2743879
```

## 8.5 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุมด้วยโปรแกรม R

เรียก Library rgdal โดยก่อนเรียก Library จำเป็นต้องทำการติดตั้ง Package ชื่อ rgdal

➤ `library(rgdal)`

สร้างวัตถุสำหรับเรียกจุดสำรวจการจำแนกข้อมูลแบบกำกับ

➤ `sampling<-readOGR("โฟลเดอร์ที่เก็บงานของผู้ใช้งาน\ชื่อไฟล์")`

เรียก Library raster โดยก่อนเรียก Library จำเป็นต้องทำการติดตั้ง Package ชื่อ raster

➤ `library(raster)`

สร้างวัตถุภาพดาวเทียมขึ้นมา

➤ `landsat<-brick("ภาพดาวเทียม.tif")`

เรียก Library RStoolbox โดยก่อนเรียก Library จำเป็นต้องทำการติดตั้ง Package ชื่อ RStoolbox

➤ `library(RStoolbox)`

สร้างวัตถุสำหรับกำกับการจำแนกข้อมูลแบบกำกับ โดยใช้คำสั่ง `superClass`

โดยเรียกตัวแปรวัตถุภาพดาวเทียม ตัวแปรจุดสำรวจ โมเดลสำหรับกำกับการจำแนก

และแบ่งข้อมูลออกเป็นร้อยละ 70

➤ `ภาพดาวเทียม_sc <-superClass(ภาพดาวเทียม, trainData = sampling, responseCol = "name", model = "rf", tuneLength = 1, trainPartition = 0.7)`

แสดงผลลัพธ์การจำแนกข้อมูล

➤ `landsat8_sc`

superClass results

\*\*\*\*\* Validation \*\*\*\*\*

\$validation

Confusion Matrix and Statistics

Reference

Prediction bareland forest sand soil water

bareland	2	0	0	0	0
forest	0	1	0	0	0
sand	0	0	1	0	1
soil	0	1	0	1	0
water	0	0	0	0	3

## Overall Statistics

Accuracy : 0.8

95% CI : (0.4439, 0.9748)

No Information Rate : 0.4

P-Value [Acc &gt; NIR] : 0.01229

Kappa : 0.7436

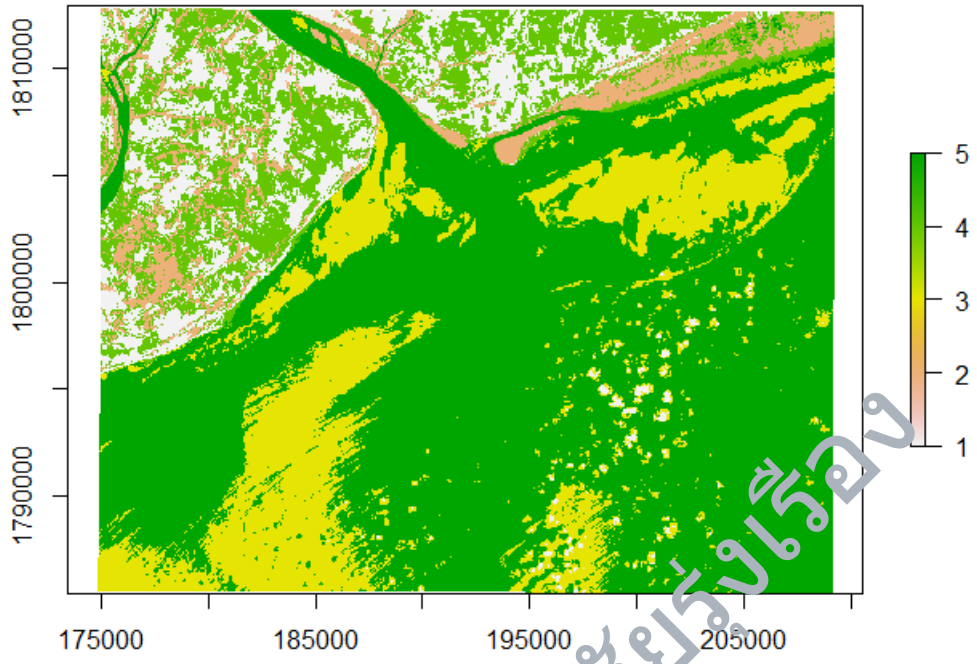
McNemar's Test P-Value : NA

## Statistics by Class:

	Class: bareland	Class: forest	Class: sand	Class: soil	Class: water
Sensitivity	1.0	0.5000	1.0000	1.0000	0.7500
Specificity	1.0	1.0000	0.8889	0.8889	1.0000
Pos Pred Value	1.0	1.0000	0.5000	0.5000	1.0000
Neg Pred Value	1.0	0.8889	1.0000	1.0000	0.8571
Prevalence	0.2	0.2000	0.1000	0.0000	0.4000
Detection Rate	0.2	0.1000	0.1000	0.1000	0.3000
Detection Prevalence	0.2	0.1000	0.2000	0.2000	0.3000
Balanced Accuracy	1.0	0.7500	0.9444	0.9444	0.8750

แสดงผลลัพธ์แผนผังที่การจำแนกข้อมูลแบบความคลุม

➤ `plot(landsat8_scmmap)`



รูปที่ 8. 5 การแสดงผลลัพธ์แผนที่การจำแนกข้อมูลแบบควบคุม

ผศ.ดร.มรกตารัชชพรเรือง

## 8.6 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่ควบคุมด้วยโปรแกรม R

เรียก Library raster โดยก่อนเรียก Library จำเป็นต้องทำการติดตั้ง Package ชื่อ raster

➤ `library(raster)`

สร้างวัตถุภาพดาวเทียมขึ้นมา

➤ `landsat<-brick("ภาพดาวเทียม.tif")`

เรียก Library RStoolbox โดยก่อนเรียก Library จำเป็นต้องทำการติดตั้ง Package ชื่อ RStoolbox

➤ `library(RStoolbox)`

สร้างวัตถุสำหรับกำกับการจำแนกข้อมูลแบบไม่กำกับ โดยใช้คำสั่ง `unsuperClass`

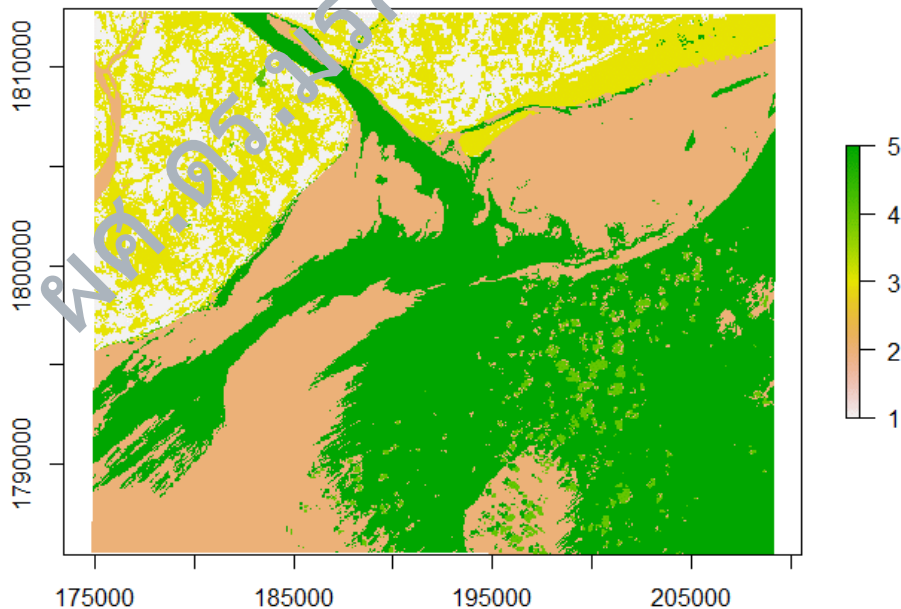
โดยเรียกตัวแปรวัตถุภาพดาวเทียม จำนวนชั้นข้อมูลที่ต้องการกำกับ จำนวนตัวเลขเริ่มการจัดกลุ่ม

จำนวนกลุ่มตัวอย่าง และคำสั่ง `normalize` ภาพ

➤ `landsat8_uc <- unsuperClass(landsat8, nClasses = 5, nStarts = 50, nSamples = 100, norm = TRUE)`

แสดงผลลัพธ์แผนที่การจำแนกข้อมูลแบบไม่ควบคุม

➤ `plot(landsat8_uc$map)`



รูปที่ 8. 6 การแสดงผลลัพธ์แผนที่การจำแนกข้อมูลแบบไม่ควบคุม

## 8.7 สรุป

บทเรียนนี้นักศึกษาทราบว่า การจำแนกประเภทข้อมูลภาพมี 2 ประเภท การจำแนกแบบควบคุม การจำแนกแบบไม่ควบคุม นอกจากนี้ศึกษายังทราบถึงการจำแนกแบบควบคุมโดยใช้เฉลี่ยต่ำสุด การจำแนกแบบควบคุมแบบเป็นไปได้อันดับ การจำแนกแบบควบคุมแบบสี่เหลี่ยมคู่ขนาน นอกจากนี้ยังทราบถึงการจำแนกแบบไม่ควบคุม ตั้งแต่การสุ่มตัวอย่างเพื่อเก็บข้อมูลจุดภาพ หลักการการจำแนกข้อมูลแบบไม่ควบคุมโดยการใช้หลักการรวมกลุ่ม (Cluster) นอกจากนี้ศึกษายังสามารถฝึกปฏิบัติการวิเคราะห์สถิติของภาพดาวเทียม การจำแนกแบบควบคุม และการจำแนกแบบไม่ควบคุมโดยโปรแกรม R ได้อย่างถูกต้อง

ผศ.ดร.มรกต วรชัยรุ่งเรือง

---

### คำถามท้ายบทที่ 8

---

- 1) การจำแนกข้อมูลภาพที่รูปแบบ จงอธิบาย
- 2) สถานการณ์ใดควรใช้การจำแนกแบบควบคุม (Supervised Classification)
- 3) สถานการณ์ใดควรใช้การจำแนกแบบไม่ควบคุม (Unsupervised Classification)
- 4) การเลือกตัวอย่างประเภทข้อมูลมีหลักการอย่างไร จงอธิบาย
- 5) จงวิเคราะห์สถิติที่สำคัญของภาพดาวเทียม Level 1- Data Product ของภาพดาวเทียม LANDSAT 8 OLI ที่ได้จากบทที่ 5 โดยโปรแกรม R
- 6) จงจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุมของภาพดาวเทียม Level 1- Data Product ของภาพดาวเทียม LANDSAT 8 OLI ที่ได้จากบทที่ 5 โดยโปรแกรม R
- 7) จงจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่ควบคุมของภาพดาวเทียม Level 1- Data Product ของภาพดาวเทียม LANDSAT 8 OLI ที่ได้จากบทที่ 5 โดยโปรแกรม R

ผศ.ดร.มรกต วรชัยรุ่งเรือง

## บทที่ 9

## การวิเคราะห์ผลลัพธ์หลังการจำแนกประเภทข้อมูล

บทเรียนนี้จะกล่าวถึง การวิเคราะห์ผลลัพธ์หลังการจำแนกประเภทข้อมูล ทั้งการตรวจสอบการปะปนกันระหว่างข้อมูล การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของผลการจำแนก ตลอดจนการตกแต่งข้อมูลภาพภายหลังการจำแนก การคำนวณพื้นที่ และการฝึกปฏิบัติการวิเคราะห์ผลลัพธ์หลังการจำแนกประเภทข้อมูลในโปรแกรม R

## 9.1 การตรวจสอบการปะปนกันระหว่างประเภทข้อมูล

การตรวจสอบการปะปนกันระหว่างประเภทข้อมูลสามารถวิเคราะห์ได้จากตารางการปะปนระหว่างประเภทข้อมูล (confusion matrix) ซึ่งเป็นตารางที่นำผลลัพธ์ของการจำแนกประเภทข้อมูลโดยวิธีการใดก็ได้ ทั้งแบบควบคุมและควบคุม มาซ้อนทับบริเวณพื้นที่ที่มีข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ที่ดินตามสภาพจริง เช่น แผนที่การใช้ที่ดินหรือตัวอย่างจากการสำรวจในสนาม แล้วเปรียบเทียบกับบริเวณที่ถูกจำแนกเป็นข้อมูลในสภาพจริงมีความถูกต้องตรงกับสภาพความเป็นจริงอยู่เท่าไร โดยนับจากจำนวนจุดภาพที่ตกอยู่ในการใช้ที่ดินที่เป็นพื้นที่ตามสภาพจริงแต่ละประเภท และจำนวนจุดภาพที่ถูกจำแนกเป็นการใช้ที่ดินประเภทอื่นไม่ตรงกับสภาพเป็นจริง จำนวนจุดภาพเหล่านี้สามารถนำมาสร้างเป็นตารางไขว้ เพื่อเปรียบเทียบการปะปนระหว่างประเภทข้อมูล ตารางที่ 9.1 ตารางการปะปนกันระหว่างประเภทข้อมูลภายหลังการจำแนกข้อมูลภาพ

ประเภทการใช้ที่ดินสภาพจริง	ที่โล่ง	ป่าไม้	ทราย	ดิน	น้ำ	รวมผลสภาพจริง
ที่โล่ง	20	3	6	1	0	30
ป่าไม้	2	20	4	6	8	40
ทราย	1	3	20	5	0	29
ดิน	5	6	0	20	0	31
น้ำ	0	0	10	0	40	50
รวมผลการจำแนก	28	32	40	32	48	180

การจำแนกประเภทข้อมูลที่สมควรมีการปะปนกันระหว่างประเภทข้อมูลน้อยที่สุด สามารถตรวจสอบได้จากตารางการปะปนระหว่างประเภทข้อมูลตรงช่องข้อมูลที่เป็นประเภทเดียวกันตรงทั้ง 2 แกนจะต้องมีจำนวนจุดภาพอยู่มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนจุดภาพทั้งหมด หรือมีลักษณะ ข้อมูลที่จำแนกถูกต้องมากเป็นแนวทแยง (Diagonal) เช่น ประเภทข้อมูลที่ที่โล่ง ป่าไม้ ทราย ดิน มีจำนวน 20 จุดภาพที่ตรงกัน ทั้งกับการใช้ที่ดินตามสภาพจริง และกับประเภทการใช้ที่ดินจากผลการจำแนกตามพื้นที่ตัวอย่าง ในกรณีที่มีการ

ปะปนกับประเภทการใช้ที่ดินอื่นพบว่า ที่โล่ง มีการปะปนของการใช้ที่ดินประเภทป่าไม้ ทราย และดิน 10 จุดภาพการปะปนของข้อมูลเช่นนี้ เรียกว่า ความผิดพลาดที่เกิดจากการจำแนกที่ขาดหายไป หรือ การตกหล่น (Omission Error) ในขณะเดียวกันเกิดการปะปนกัน 8 จุดภาพ ที่ถูกตีความว่าเป็นที่โล่ง ความผิดพลาดนี้ เรียกว่าความผิดพลาดที่จำแนกเกินมา หรือ ปลอมปน (Commission Error)

## 9.2 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของผลการจำแนก

### 9.2.1 การคำนวณความน่าเชื่อถือ

หากต้องการให้ผลลัพธ์มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมากขึ้น สำหรับวิธีการจำแนกประเภททั้งสอง จะต้องทำการตรวจสอบภาคสนาม (Ground Truth) อีกครั้งหนึ่ง จากนั้นนำมาสร้างตารางความน่าเชื่อถือ (Contingency Table) ตารางนี้จะเปรียบเทียบผลการจำแนกทั้งที่มีความถูกต้องและที่มีความผิดพลาด โดยวัดผลการจำแนกทั้งสองประเภทจากสถิติความน่าจะเป็น และอัตราส่วนความที่ีความผิดพลาด การตรวจสอบความถูกต้องที่นิยมทำกัน คือ การวิเคราะห์ความผิดพลาดที่เกิดจากการจำแนกขาดหายไป ความผิดพลาดที่เกิดจากการจำแนกเกินมา ความถูกต้องของผลการจำแนกรายประเภท และความถูกต้องรวมของการจำแนก ดังที่แสดงคำนวณดังต่อไปนี้

- 1) ความผิดพลาดที่เกิดการจำแนกขาดหายไปหรือตกหล่น (Omission Error)

$$\frac{A}{B} * 100$$

(GEOSPATIAL, 2017)

A=จำนวนจุดภาพที่ถูกจำแนกประเภทอื่น

B=จำนวนจุดภาพประเภทนั้นสภาพจริงทั้งหมด

- 2) ความผิดพลาดที่เกิดการจำแนกเกินมา หรือ ปลอมปน (Commission Error)

$$\frac{A}{B} * 100$$

(GEOSPATIAL, 2017)

A=จำนวนจุดภาพที่ความจริงเป็นประเภทอื่น

B=จำนวนจุดภาพประเภทนั้นสภาพจริงทั้งหมด

## 3) ความถูกต้องของการจำแนกแต่ละประเภท

$$\frac{A}{B} * 100$$

(GEOSPATIAL, 2017)

A=จำนวนจุดภาพที่ตรงทั้งการจำแนกและการตรวจสอบสภาพจริง

B=จำนวนจุดภาพประเภทนั้นสภาพจริงทั้งหมด

## 4) ความถูกต้องรวมทั้งหมด

$$\frac{A}{B} * 100$$

(GEOSPATIAL, 2017)

A=จำนวนจุดภาพทุกชนิดที่ตรงกันทั้งในความจริงและตามการจำแนก

B=จำนวนจุดภาพทั้งหมดที่ใช้เป็นหัวข้อย่างในการตรวจสอบ

ตารางที่ 9. 2 ลักษณะความผิดพลาดที่เกิดจากการจำแนกข้อมูล

ประเภทการใช้ที่ดิน	ความผิดพลาดที่เกิดจากการจำแนกขาดหายไป หรือตกหล่น (Omission Error)		ความผิดพลาดที่เกิดการจำแนกเกินมา หรือปลอมปน (Commission Error)		ความถูกต้องของการจำแนกแต่ละประเภท	
	รวมทั้งหมด	%	รวมทั้งหมด	%	รวมทั้งหมด	%
ที่โล่ง	10/30	33	8/30	27	20/30	67
ป่าไม้	12/40	30	12/40	30	20/40	50
ทราย	9/29	31	20/29	69	20/29	69
ดิน	11/31	35	12/31	39	20/31	65
น้ำ	10/50	20	8/50	16	40/50	80
รวม						66

ความถูกต้องรวมทั้งหมด =  $(20+20+20+20+40)/180 = 66\%$

## 9.2.2 การคำนวณ Kappa Index Agreement

ในการคำนวณความน่าเชื่อถือของผลการจำแนกข้อมูลยังมีวิธีการทางสถิติอีกวิธีหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ ประเมินร่วมกับทั้งความผิดพลาดจากการจำแนกที่เกินมา (Commission Error) และความผิดพลาดจากการจำแนกที่ขาดหายไป (Omission Error) และบางครั้งนำมาประเมินการเปลี่ยนแปลงข้อมูลบริเวณพื้นที่เดียวกันในระหว่าง 2 ช่วงเวลาก็ได้ วิธีทางสถิตินี้ เรียกว่า Kappa Index Agreement (KIA) มีหลักการในการวัดความสัมพันธ์กันระหว่างข้อมูล 2 ชุด (Association) โดย Rosenfield And Fitzpatrick-Lins, 1986 เสนอวิธีการคำนวณ มีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$K = \frac{\text{observed accuracy-chance accuracy}}{\text{l-chance accuracy}}$$

(GEO SPATIAL, 2017)

โดยสัดส่วนของความถูกต้องที่ตรงกัน (observed accuracy) หมายถึง สัดส่วนที่ได้จากผลรวมจำนวนภาพที่ตรงกันในแถว  $i$  และสดมภ์  $i$  หรือตรงกันตามแนวทแยงของตารางใช้หารด้วยจำนวนจุดภาพทั้งหมด (proportion of agreeing units - $P_0$ )

สัดส่วนของความถูกต้องที่คาดว่าจะตรงกัน (chance agreement) หมายถึง ผลรวมของการคูณจำนวนจุดภาพทั้งหมดในแถว  $i$  กับจำนวนจุดภาพทั้งหมดในสดมภ์  $i$  แล้วหารด้วยจำนวนผลคูณของจำนวนแถวทั้งหมดคูณกับจำนวนสดมภ์ทั้งหมด (proportion of units for expected chance agreeing units - $P_c$ )

ตารางที่ 9.3 การคำนวณ Kappa Index Agreement

ประเภทการใช้ที่ดินสภาพจริง	ที่โล่ง	ป่าไม้	ทราย	ดิน	น้ำ	รวมผลสภาพจริง
ที่โล่ง	20	3	6	1	0	30
ป่าไม้	2	20	4	6	8	40
ทราย	1	3	20	5	0	29
ดิน	5	6	0	20	0	31
น้ำ	0	0	10	0	40	50
รวมผลการจำแนก	28	32	40	32	48	180

สัดส่วนของความถูกต้องที่ตรงกัน (observed accuracy)

$$= (20+20+20+20+40)/180$$

$$P_0 = 0.66$$

สัดส่วนความถูกต้องที่คาดว่าตรงกัน (chance agreement)

$$= (28*30/180*180) + (32*40/180*180) + (40*29/180*180) + (32*31/180*180) + (48*50/180*180)$$

$$P_c = 0.21$$

Kappa Index Agreement (KIA)

$$= (P_0 - P_c) / (1 - P_c)$$

$$= (0.66 - 0.21) / (1 - 0.21)$$

$$= 0.57$$

### 9.3 การตกแต่งข้อมูลภาพ

หลังจากตรวจสอบความถูกต้องหลังการจำแนก ซึ่งสามารถปรับปรุงคุณภาพของผลการจำแนกประเภทได้อีก โดยนำวิธีการกรองภาพ (image filtering) แบบที่ 7 มาปรับปรุงคุณภาพ เทคนิคที่นิยมใช้กันคือ การทำให้ภาพเรียบขึ้น (smoothing) โดยการลบจุดภาพเดี่ยว (isolated pixel) ออกไป ทำให้กลุ่มข้อมูลต่างๆกระจายตัวในลักษณะเป็นเอกภาพมากขึ้น มีความต่อเนื่องเป็นผืนเดียวกันมากขึ้น ยกตัวอย่าง เช่น หากเราพบสิ่งปลูกสร้างในทะเล ในข้อเท็จจริงคือเรือที่ลอยในทะเล หากเราต้องการลบเรือที่อยู่ในทะเลเพื่อให้ภาพมีเอกภาพมากยิ่งขึ้นเราจำเป็นต้องใช้ตัวกรองภาพให้ภาพเรียบเพื่อขจัดเรือออกจากทะเล วิธีการทางสถิติในด้านเทคนิคการทำให้ภาพเรียบขึ้น ได้แก่ เฉลี่ยเลขคณิต มัชยฐาน และฐานนิยม

ตัวกรองภาพมีให้เลือกได้หลายขนาด เช่น ขนาด 3x3, 5x5, 7x7 ยิ่งตัวกรองภาพมีขนาดใหญ่มากขึ้น จะให้ทำให้ภาพมีความเรียบมากขึ้น และหากใช้ตัวกรองภาพต่อเนื่องกันหลายครั้ง (iteration) ผลลัพธ์จะยิ่งลดรายละเอียดมากขึ้น จึงเป็นวิจรรย์ญาณของผู้ใช้งานที่จะเลือกว่าจะใช้ตัวกรองภาพขนาดใดและจะใช้กี่ครั้ง โดยมากแล้วตัวกรองภาพขนาดเล็กที่สุดจะรักษารายละเอียด และรูปทรงของวัตถุได้ดีกว่าตัวกรองภาพขนาดใหญ่ ประโยชน์อีกประการของการใช้ตัวกรองภาพคือการลดขนาดไฟล์ภาพให้เล็กเนื่องจากรายละเอียดถูกลดลง ทำให้ง่ายต่อการแปลงข้อมูลภาพเป็นข้อมูลรูปแบบอื่น เพื่อการประยุกต์ใช้ต่อไป

### 9.4 การคำนวณพื้นที่

ภายหลังจากจัดกลุ่มข้อมูลใหม่ และการตกแต่งภาพ เราสามารถคำนวณพื้นที่ของข้อมูลแต่ละประเภทได้ เนื่องจากข้อมูลจากระยะไกลได้มีการปรับแก้เชิงเรขาคณิตมาแล้ว ตัวอย่างเช่น ภาพดาวเทียม landsat 8 OLI ขนาด 1 จุดภาพมีรายละเอียดเชิงพื้นที่เท่ากับ 30\*30 เมตร หากเราจำแนกป่าไม้ได้ 3,000 จุดภาพ จะได้เนื้อที่ 2,700,000 ตารางเมตร หากอยากราบว่ามีพื้นที่กี่ตารางกิโลเมตรให้นำ 1,000,000 ตารางเมตร หรือ

1 ตารางกิโลเมตรมหาศาลส่วนจะเท่ากับ 2.7 ตารางกิโลเมตร หากอยากทราบเนื้อที่เป็นไร่ให้นำ 625 ไร่มาคูณ เนื่องจาก 1 ตารางกิโลเมตรเท่ากับ 625 ไร่ โดยป่าไม้ดังกล่าวมีเนื้อที่ 1,688 ไร่

### 9.5 การวิเคราะห์ผลลัพธ์หลังการจำแนกประเภทข้อมูลในโปรแกรม R

เรียก Library rgdal โดยก่อนเรียก Library จำเป็นต้องทำการติดตั้ง Package ชื่อ rgdal

➤ `library(rgdal)`

สร้างวัตถุสำหรับเรียกจุดสำรวจการจำแนกข้อมูลแบบกำกับ

➤ `sampling<-readOGR("โฟลเดอร์ที่เก็บงานของผู้ใช้งาน\ชื่อไฟล์")`

เรียก Library raster โดยก่อนเรียก Library จำเป็นต้องทำการติดตั้ง Package ชื่อ raster

➤ `library(raster)`

สร้างวัตถุภาพดาวเทียมขึ้นมา

➤ `landsat<-brick("ภาพดาวเทียม.tif")`

เรียก Library RStoolbox โดยก่อนเรียก Library จำเป็นต้องทำการติดตั้ง Package ชื่อ RStoolbox

➤ `library(RStoolbox)`

สร้างวัตถุสำหรับกำกับการจำแนกข้อมูลแบบควบคุม โดยใช้คำสั่ง `superClass`

โดยเรียกตัวแปรวัตถุภาพดาวเทียม ตัวแปรจุดสำรวจ โมเดล สำหรับการจำแนก

และแบ่งข้อมูลออกเป็นร้อยละ 70

➤ `ภาพดาวเทียม_sc <-superClass(ภาพดาวเทียม, trainData = sampling, responseCol = "name", model = "mlc", tuneLength = 1, trainPartition = 0.7)`

จากนั้นใช้คำสั่ง `$validation$performance` ต่อท้ายวัตถุภาพดาวเทียม\_sc

➤ `ภาพดาวเทียม_sc$validation$performance`

## Confusion Matrix and Statistics

## Reference

Prediction bareland forest sand soil water

bareland	2	0	0	0	0
forest	0	2	0	0	0
sand	0	0	0	0	0
soil	0	0	0	1	0
water	0	0	1	0	4

## Overall Statistics

Accuracy : 0.9

95% CI : (0.555, 0.9975)

No Information Rate : 0.4

P-Value [Acc &gt; NIR] : 0.001678

Kappa : 0.8592

Mcnemar's Test P-Value : NA

## Statistics by Class:

	Class: bareland	Class: forest	Class: sand	Class: soil	Class: water
Sensitivity	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0000
Specificity	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8333
Pos Pred Value	1.0	1.0	NaN	1.0	0.8000
Neg Pred Value	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0000
Prevalence	0.2	0.2	0.1	0.1	0.4000
Detection Rate	0.2	0.2	0.0	0.1	0.4000
Detection Prevalence	0.2	0.2	0.0	0.1	0.5000
Balanced Accuracy	1.0	1.0	0.5	1.0	0.9167

## 9.6 สรุป

ในบทเรียนนี้นักศึกษา ทราบถึงการวิเคราะห์ผลลัพธ์หลังการจำแนกประเภทข้อมูล ทั้งในส่วนของ การปะปนกันระหว่างประเภทข้อมูล การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของผลการจำแนก ทั้งการคำนวณความน่าเชื่อถือ การคำนวณ **Kappa Index Agreement** รวมไปถึงการตกแต่งข้อมูลภาพ การคำนวณพื้นที่ และการวิเคราะห์หลังการจำแนกประเภทข้อมูลในโปรแกรม R

---

### คำถามท้ายบทที่ 9

---

- 1) การตรวจสอบการปะปนกันระหว่างข้อมูลมีกี่รูปแบบ จงอธิบาย
- 2) จงคำนวณค่าความน่าเชื่อถือของผลจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุมของภาพดาวเทียม Level 1-Data Product ของภาพดาวเทียม LANDSAT 8 OLI ที่ได้จากบทที่ 8 โดยโปรแกรม R
- 3) จงคำนวณค่า Kappa Index Agreement ของผลจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุมของภาพดาวเทียม Level 1-Data Product ของภาพดาวเทียม LANDSAT 8 OLI ที่ได้จากบทที่ 8 โดยโปรแกรม R
- 4) จงตกแต่งข้อมูลภาพด้วยการใช้ตัวกรองทำให้เรียบขนาด  $3 \times 3$ ,  $5 \times 5$ ,  $7 \times 7$  โดยใช้ข้อมูลภาพดาวเทียม Level 1-Data Product ของภาพดาวเทียม LANDSAT 8 OLI ที่ผ่านการจำแนกแบบควบคุม จากบทที่ 8
- 5) จงคำนวณเนื้อที่สิ่งปกคลุมดิน ในรูปแบบตารางเมตร ตารางกิโลเมตร และไร่ โดยใช้ข้อมูลภาพดาวเทียม Level 1-Data Product ของภาพดาวเทียม LANDSAT 8 OLI ที่ผ่านการจำแนกแบบควบคุม จากบทที่ 8

ผศ.ดร.มรกต วรชัยรุ่งเรือง

## บทที่ 10

### การประยุกต์ใช้ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล

บทเรียนนี้ กล่าวถึง การประยุกต์ใช้ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล ในบทเรียนนี้จะเป็นการฝึกปฏิบัติการประยุกต์ใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกลเพื่อหาอุณหภูมิพื้นผิว และ พื้นที่ว่าง ก่อนจะเปิดโอกาสให้นักศึกษา ใช้ความรู้และทักษะทั้งหมด ที่เรียนมาสร้างโครงการการประยุกต์ใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกลด้วยตนเอง จึงเป็นการสำเร็จวิชา การสำรวจข้อมูลระยะไกล 2 โดยสมบูรณ์

#### 10.1 การประยุกต์ใช้ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกลเพื่อหาอุณหภูมิพื้นผิว

พื้นที่ในเขตลาดกระบังมีนิคมอุตสาหกรรมและโรงงานอุตสาหกรรมจำนวนมากที่สุดที่ตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานคร มีพื้นที่จำนวน 2,559 ไร่ และโรงงานอุตสาหกรรม 297 โรงงาน ซึ่งในการลงตรวจสอบพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรมจำเป็นต้องเสียทุนทรัพย์ในการจ้างบุคคลากรและเสียเวลาในการเข้าไปตรวจสอบพื้นที่ จึงได้ นำเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลมาประยุกต์ใช้แทนการลงตรวจสอบพื้นที่ โดยใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลตรวจสอบอุณหภูมิจากคลื่นความร้อนในช่วงคลื่น Thermal Infrared Sensor แบนด์ 10 และ 11 ของดาวเทียมLandsat 8 เพื่อตรวจสอบหาจุดอุณหภูมิแล้วนำมาเปรียบเทียบกับพื้นที่ที่มีโรงงานอุตสาหกรรมตั้งอยู่เพื่อให้ง่ายต่อการตรวจสอบและไม่เสียเวลาในการลงตรวจสอบพื้นที่รวมถึงประหยัดต้นทุนในการลงตรวจสอบพื้นที่ได้ด้วย

##### 10.1.1 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อหาค่าอุณหภูมิที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมกับพื้นผิวที่สะท้อนคลื่นความร้อนจากโรงงานอุตสาหกรรม
2. เพื่อตรวจสอบ ความถูกต้องของค่าอุณหภูมิจากการวิเคราะห์กับพื้นผิวที่สะท้อนคลื่นความร้อนจากโรงงานอุตสาหกรรม

##### 10.1.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา



รูปที่ 10. 1 เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล (Infrared Thermometer)

- เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล (Infrared Thermometer) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิแบบดิจิตอลที่วัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสด้วยรังสี คุณสมบัติของเครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรดคือสามารถวัดอุณหภูมิวัตถุในระยะไกลได้ โดยเป็นการวัดอุณหภูมิพื้นผิวของวัตถุที่เราต้องการวัด โดย จะดูดซับรังสีอินฟราเรดแล้วแปลงเป็นความร้อน
- ภาพดาวเทียมLANDSAT 7 ETM และ LANDSAT 8 OLI ของพื้นที่เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร บันทึกภาพในวันที่ 9 พฤศจิกายน พ.ศ.2559

### 10.1.3 วิธีการดำเนินงาน

วัตถุประสงค์ที่ 1. เพื่อหาค่าอุณหภูมิที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมกับพื้นผิว สะท้อนคลื่นความร้อนจากโรงงานอุตสาหกรรม

- 1) ดาวน์โหลดภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 7 ETM และ LANDSAT 8 OLI จาก <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- 2) ปรับแก้ค่าการสะท้อนของจุดภาพเป็นการแผ่รังสีสัมบูรณ์

$$TOA(L) = M_L * Q_{cal} + A_L$$

(USGS, Using the USGS Landsat Level-1 Data Product, 2017)

โดยกำหนดให้

$M_L$  = ค่าการสะท้อนของ Band X จากข้อมูลดาวเทียม

Line	Parameter	Value
165	GROUP =	RADIOMETRIC_RESCALING
166	RADIANCE_MULT_BAND_1 =	1.2865E-02
167	RADIANCE_MULT_BAND_2 =	1.3174E-02
168	RADIANCE_MULT_BAND_3 =	1.2139E-02
169	RADIANCE_MULT_BAND_4 =	1.0237E-02
170	RADIANCE_MULT_BAND_5 =	6.2643E-03
171	RADIANCE_MULT_BAND_6 =	1.5579E-03
172	RADIANCE_MULT_BAND_7 =	5.2509E-04
173	RADIANCE_MULT_BAND_8 =	1.1585E-02
174	RADIANCE_MULT_BAND_9 =	2.4482E-03
175	RADIANCE_MULT_BAND_10 =	3.3420E-04
176	RADIANCE_MULT_BAND_11 =	3.3420E-04
177	RADIANCE_ADD_BAND_1 =	-64.32359

รูปที่ 10. 2 ตัวอย่างการหาค่าการสะท้อนของ Band X จากข้อมูลดาวเทียม

$Q_{cal}$  = การปรับมาตรฐานค่าข้อมูลเชิงตัวเลข (DN : Digital Number)  
ในจุดภาพ (Pixel)

$A_L$  = ค่าการสะท้อนจำเพาะของ Band X จากข้อมูลดาวเทียม

Line	Parameter	Value
177	RADIANCE_ADD_BAND_1 =	-64.32359
178	RADIANCE_ADD_BAND_2 =	-65.86811
179	RADIANCE_ADD_BAND_3 =	-60.69699
180	RADIANCE_ADD_BAND_4 =	-51.19337
181	RADIANCE_ADD_BAND_5 =	-71.57149
182	RADIANCE_ADD_BAND_6 =	-77.78937
183	RADIANCE_ADD_BAND_7 =	-2.67543
184	RADIANCE_ADD_BAND_8 =	17.92515
185	RADIANCE_ADD_BAND_9 =	-12.24115
186	RADIANCE_ADD_BAND_10 =	0.10000
187	RADIANCE_ADD_BAND_11 =	0.10000
188	REFLECTANCE_MULT_BAND_1 =	2.0000E-05
189	REFLECTANCE_MULT_BAND_2 =	2.0000E-05

รูปที่ 10. 3 ตัวอย่างค่าการสะท้อนจำเพาะของ Band X จากข้อมูลดาวเทียม

ดังนั้นจึงเท่ากับ

$$TOA = 0.0003342 * \text{“Band 10”} + 0.1$$

3) จากนั้นทำการคำนวณหาอุณหภูมิอากาศ

$$BT = (K_2 / (\ln (K_1 / L) + 1)) - 273.15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

(USGS, Using the USGS Landsat Level-1 Data Product, 2017)

โดยกำหนดให้

$K_1$  และ  $K_2$  = ค่าการสะท้อนจำเพาะของ Band X จากข้อมูลดาวเทียม

```

204 REFLECTANCE_ADD_BAND_8 = -0.100000
205 REFLECTANCE_ADD_BAND_9 = -0.100000
206 END_GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
207 GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS
208 K1_CONSTANT_BAND_10 = 774.8853
209 K2_CONSTANT_BAND_10 = 1321.0789
210 K1_CONSTANT_BAND_11 = 480.8883
211 K2_CONSTANT_BAND_11 = 1201.1442
212 END_GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS
213 GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
214 MAP_PROJECTION = "UTM"
215 DATUM = "WGS84"
216 ELLIPSOID = "WGS84"
  
```

รูปที่ 10. 4 ตัวอย่างค่าการสะท้อนจำเพาะของ Band X จากข้อมูลดาวเทียม

$$L = TOA$$

โดยหน่วยที่ได้เป็น °K เพื่อแปลงหน่วยเป็นองศาเซลเซียส °C จึงจำเป็นต้องลบด้วย 273.15

4) ปรับแก้ภาพเชิงช่วงคลื่นด้วยดัชนีต่าง ๆ จากภาพดาวเทียม LANDSAT 7 ETM และ LANDSAT 8 OLI ดังนี้คือ

- THE NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX =  $((NIR - RED)/(NIR + RED))$
- THE SOIL-ADJUSTED VEGETATION INDEX =  $((NIR - RED) / (NIR + RED + L)) \times (1 + L)$
- URBAN INDEX =  $(SWIR2 - NIR) / SWIR2 - NIR$
- NORMALIZED DIFFERENCE BUILT-UP INDEX =  $(SWIR1 - NIR)/(SWIR1 + NIR)$

(GRASS, 2017)

5) คำนวณหาสัดส่วนของ  $P_v$  ในที่นี้ขอยกตัวอย่าง The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ก่อน

$$P_v = \sqrt{((NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min}))}$$

(GRASS, 2017)

โดยกำหนดให้

$NDVI_{min}$  = ค่าต่ำสุดของดัชนี NDVI ในภาพนั้น

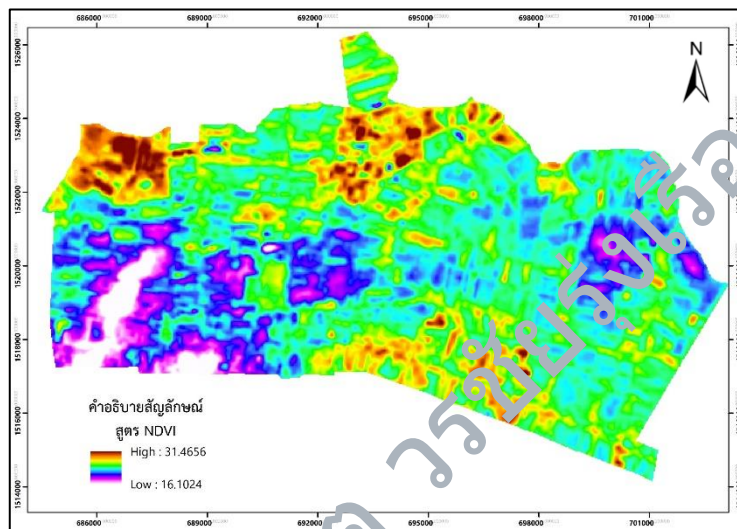
$NDVImax = \text{ค่าสูงสุดของดัชนี NDVI ในภาพนั้น}$

6) คำนวณหาการแผ่รังสี  $\epsilon$

$$\epsilon = 0.004 * P_v + 0.986$$

7) คำนวณหาอุณหภูมิพื้นผิว

$$LST = (BT / (1 + (0.00115 * BT / 1.4388) * \ln(\epsilon)))$$



รูปที่ 10. 5 ตัวอย่างผลลัพธ์อุณหภูมิพื้นผิวโดยดัชนี The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

วัตถุประสงค์ที่ 2. เพื่อตรวจสอบ ความถูกต้องของค่าอุณหภูมิจากการวิเคราะห์กับพื้นผิวสะท้อนคลื่นความร้อนจากโรงงานอุตสาหกรรม

- 1) การลงภาคสนามเก็บพิกัดอุณหภูมิในพื้นที่เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานครจำนวน 35 จุด ผ่านกระบวนการสุ่ม โดยลงภาคสนามวันที่ 9 พฤศจิกายน พ.ศ.2559
- 2) ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลอุณหภูมিরะหว่างเครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด (Infrared Thermometer) และ ด้วยดัชนีต่าง ๆ จากภาพถ่ายดาวเทียมLANDSAT 7 ETM และ LANDSAT 8 OLI ที่ผ่านการหาค่าอุณหภูมิผ่านการคำนวณสูตรอุณหภูมิพื้นผิว



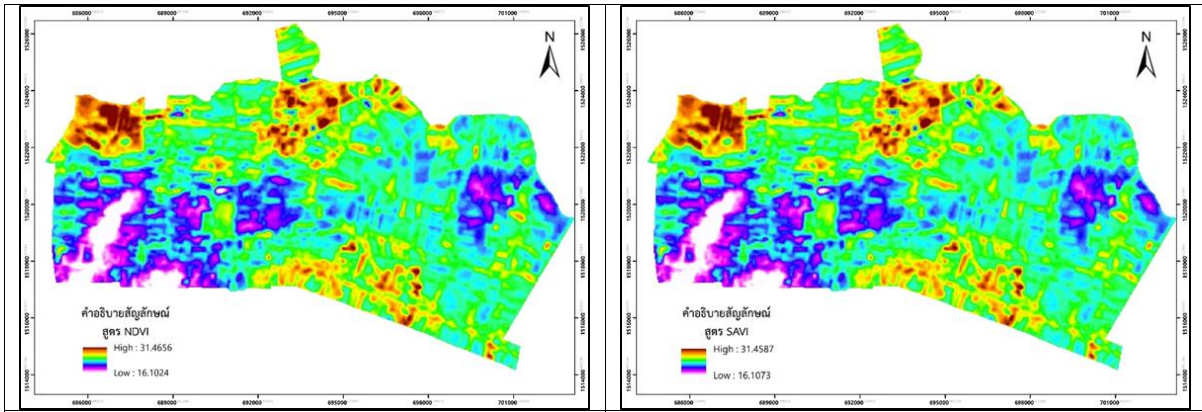
รูปที่ 10. 6 การลงภาคสนามเก็บพิกัดอุณหภูมิในพื้นที่เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานครจำนวน 35 จุด ผ่านกระบวนการสุ่ม โดยลงภาคสนามวันที่ 9 พฤศจิกายน พ.ศ.2559

- 3) สรุปผลความถูกต้องของข้อมูลอุณหภูมิระหว่งเครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด (Infrared Thermometer) และ ด้วยดัชนีต่าง ๆ จากภาพถ่ายดาวเทียมLANDSAT 7 ETM และ LANDSAT 8 OLI ที่ผ่านการหาค่าอุณหภูมิผ่านค่าความสูงตรอุณหภูมipื้นผิว

#### 10.1.4 ผลลัพธ์การศึกษา

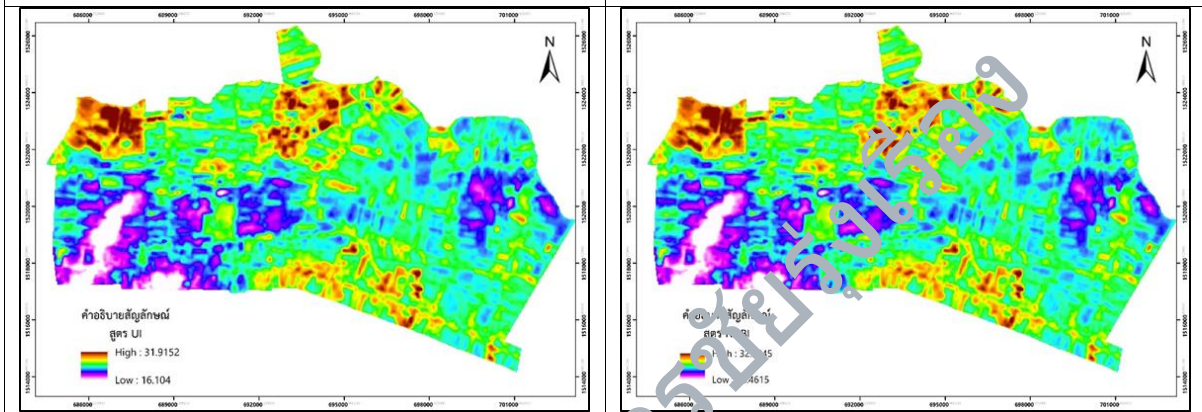
วัตถุประสงค์ที่ 1. เพื่อหาค่าอุณหภูมิที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมกับพื้นผิว สะท้อนคลื่นความร้อนจากโรงงานอุตสาหกรรม ได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

- 1) ผลลัพธ์การหาอุณหภูมิพื้นผิวจากดาวเทียม LANDSAT 7 ETM ด้วยดัชนีต่าง ๆ



The Normalized Difference Vegetation Index

The Soil-Adjusted Vegetation Index



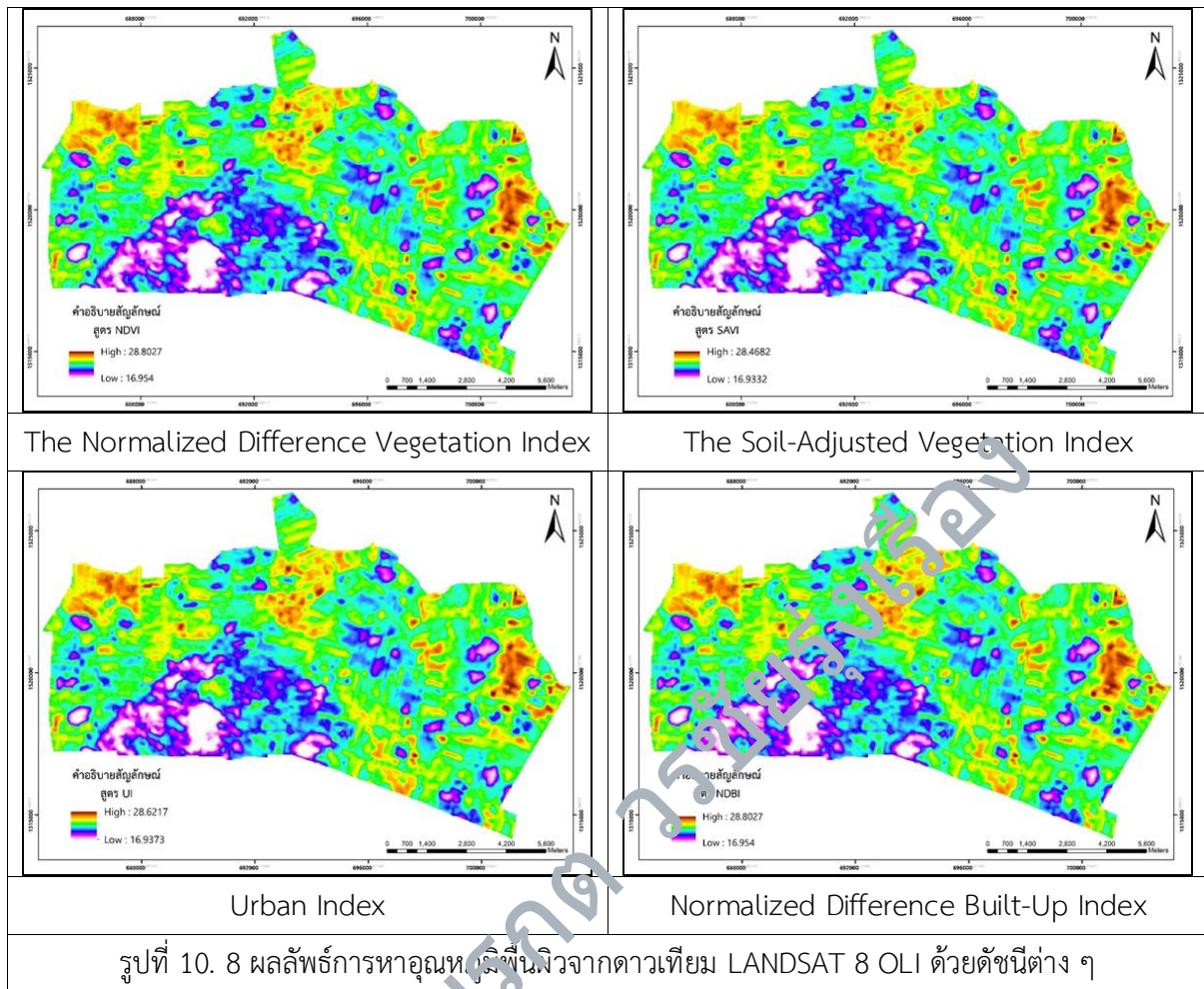
Urban Index

Normalized Difference Built-Up Index

รูปที่ 10. 7 ผลลัพธ์การหาอุณหภูมิพื้นผิวจากดาวเทียม LANDSAT 7 ETM ด้วยดัชนีต่าง ๆ

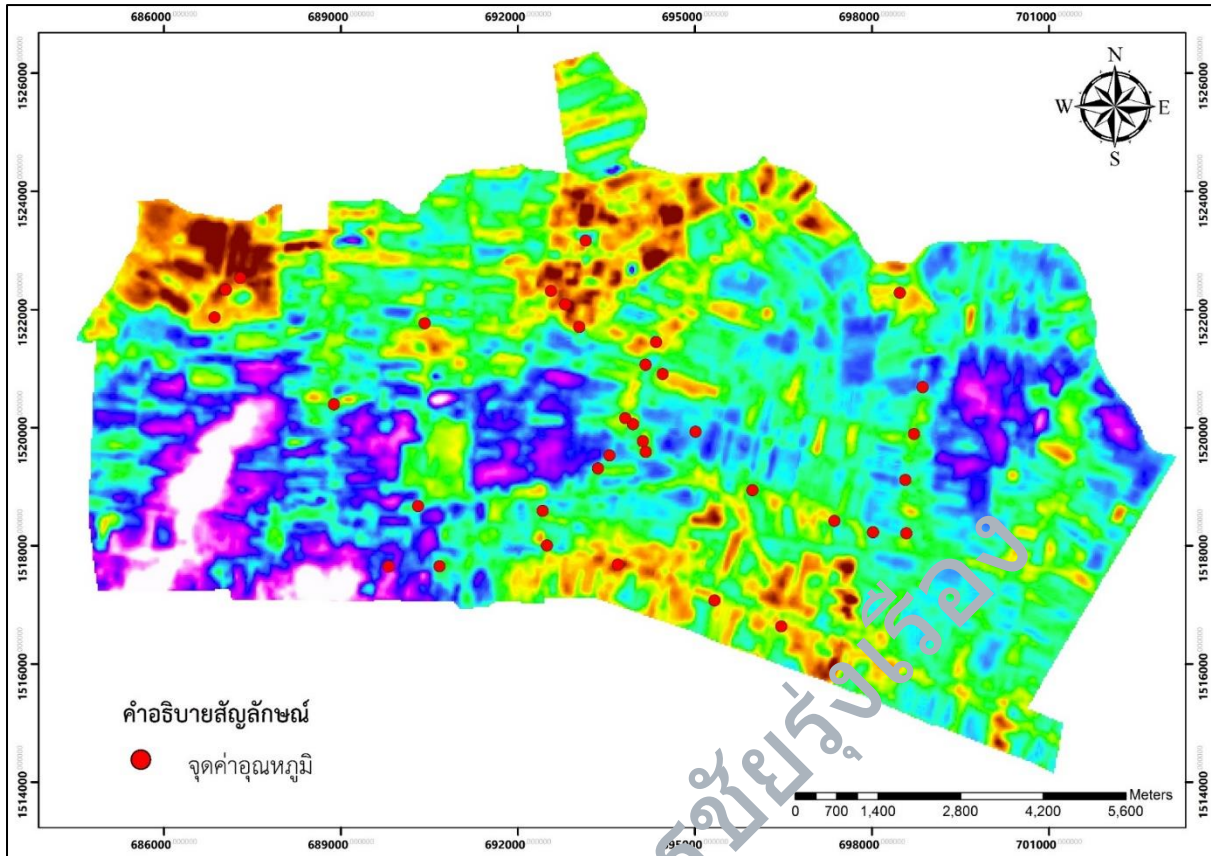
ผศ.ดร.มรกต

2) ผลลัพธ์การหาอุณหภูมิพื้นผิวจากดาวเทียม LANDSAT 8 OLI ด้วยดัชนีต่าง ๆ



วัตถุประสงค์ที่ 2. เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของค่าอุณหภูมิจากการวิเคราะห์กับพื้นผิวสะท้อนคลื่นความร้อนจากโรงงานอุตสาหกรรม

- 1) การลงภาคสนามเก็บพิกัดอุณหภูมิในพื้นที่เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานครจำนวน 35 จุด ผ่านกระบวนการสุ่มวันที่ 9 พฤศจิกายน พ.ศ.2559



รูปที่ 10. 9 จุดสำรวจภาคสนามเก็บพิกัดอุณหภูมิในพื้นที่เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานครจำนวน 35 จุด  
ผ่านกระบวนการสำรวจที่ 9 พฤศจิกายน พ.ศ.2559

- 1) ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลอุณหภูมิระหว่างเครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด (Infrared Thermometer) และ ด้วยดัชนีต่าง ๆ โดยผลลัพธ์การหาอุณหภูมิพื้นผิวจากดาวเทียม LANDSAT 7 ETM ด้วยดัชนีต่าง ๆ มีค่าดังต่อไปนี้

ตารางที่ 10. 1 ข้อมูล อุณหภูมิระหว่างเครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด (Infrared Thermometer) และ ด้วยดัชนีต่าง ๆ โดยผลลัพธ์การหาอุณหภูมิพื้นผิวจากดาวเทียม LANDSAT 7 ETM ด้วยดัชนีต่าง ๆ

จุด	ค่าอุณหภูมิ	NDVI	SAVI	UI	NDBI
1	24.6	21.54	21.52	21.68	22.24
2	25.4	24.51	24.45	24.76	25.43
3	27.0	25.15	25.13	25.38	26.09

จุด	ค่าอุณหภูมิ	NDVI	SAVI	UI	NDBI
4	25.6	23.66	23.65	23.81	24.45
5	26.5	26.14	26.13	26.42	27.15
6	28.7	27.27	27.25	27.57	28.35
7	28.4	28.17	28.15	28.42	29.24
8	27.9	26.63	26.62	26.88	27.65
9	25.7	24.81	24.80	25.00	25.66
10	26.8	24.88	24.87	25.04	25.70
11	26.7	25.81	25.79	25.98	26.76
12	26.2	25.58	25.55	25.69	26.36
13	26.5	25.50	25.48	25.74	26.46
14	26.1	25.91	25.90	26.02	26.71
15	25.2	23.75	23.78	23.72	24.35
16	25.9	25.66	25.65	25.77	26.48
17	25.2	25.17	25.18	25.19	25.84
18	25.3	24.62	24.62	24.67	25.32
19	25.8	24.77	24.78	24.75	25.37
20	25.6	24.85	24.85	24.94	25.63
21	26.9	25.65	25.64	25.78	26.52
22	26.5	23.77	23.78	23.78	24.39
23	27.3	26.59	26.58	26.71	27.51
24	27.9	26.23	26.21	26.52	27.21

จุด	ค่าอุณหภูมิ	NDVI	SAVI	UI	NDBI
25	25.2	24.39	24.38	24.56	25.22
26	25.1	24.60	24.59	24.68	25.35
27	30.4	28.38	28.37	28.73	29.58
28	26.9	26.43	26.42	26.60	27.34
29	27.1	26.57	26.56	26.68	27.40
30	29.4	28.17	28.15	28.41	29.22
31	28.7	26.61	26.60	26.89	27.66
32	30.3	28.28	28.26	28.68	29.55
33	28.3	25.78	25.77	26.02	26.79
34	25.9	24.17	24.16	24.36	25.01
35	25.9	24.82	24.81	25.13	25.80

- 2) ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลอุณหภูมิระหว่างเครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด (Infrared Thermometer) และ ด้วยดัชนีต่าง ๆ โดยผลลัพธ์การหาอุณหภูมิพื้นผิวจากดาวเทียม LANDSAT 8 OLI ด้วยดัชนีต่าง ๆ มีค่าดังต่อไปนี้

ตารางที่ 10. 2 ข้อมูลอุณหภูมิระหว่างเครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด (Infrared Thermometer) และ ด้วยดัชนีต่าง ๆ โดยผลลัพธ์การหาอุณหภูมิพื้นผิวจากดาวเทียม LANDSAT 8 OLI ด้วยดัชนีต่าง ๆ

จุด	ค่าอุณหภูมิ	NDVI	SAVI	UI	NDBI
1	24.6	20.45	20.41	20.43	20.43
2	25.4	19.67	19.64	19.66	19.87
3	27.0	24.18	24.08	24.14	24.18

จุด	ค่าอุณหภูมิ	NDVI	SAVI	UI	NDBI
4	25.6	21.98	21.90	21.95	21.98
5	26.5	26.20	26.08	26.17	26.20
6	28.7	26.60	26.48	26.57	26.60
7	28.4	26.64	26.50	26.60	25.64
8	27.9	25.98	25.88	25.95	25.98
9	25.7	24.27	24.21	24.24	24.27
10	26.8	25.11	25.05	25.07	25.11
11	26.7	25.19	25.08	25.13	25.19
12	26.2	24.44	24.41	24.41	24.44
13	26.5	24.37	24.30	24.34	24.37
14	26.1	24.16	24.14	24.13	24.16
15	25.2	25.92	25.81	25.81	25.92
16	25.9	25.09	25.05	25.05	25.09
17	25.2	25.82	25.78	25.77	25.82
18	25.3	23.85	23.79	23.80	23.85
19	25.8	22.70	22.69	22.68	22.70
20	25.6	25.40	25.38	25.36	25.40
21	26.9	25.63	25.59	25.52	25.63
22	26.5	24.89	24.87	24.84	24.89
23	27.3	25.23	25.16	25.16	25.23
24	27.9	25.28	25.20	25.27	25.28

จุด	ค่าอุณหภูมิ	NDVI	SAVI	UI	NDBI
25	25.2	23.01	23.07	23.08	23.10
26	25.1	23.78	23.75	23.74	23.78
27	30.4	22.71	22.61	22.68	22.71
28	26.9	25.27	25.21	25.23	25.27
29	27.1	25.72	25.68	25.68	25.72
30	29.4	26.73	26.65	26.69	26.73
31	28.7	25.45	25.25	25.41	25.45
32	30.3	26.08	25.83	26.04	26.08
33	28.3	22.97	22.89	22.94	22.97
34	25.9	18.93	18.92	18.91	18.92
35	25.9	24.97	24.85	24.80	24.97

- 4) สรุปผลความถูกต้องของข้อมูลอุณหภูมิระหว่างเครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด (Infrared Thermometer) และ ด้วยดัชนีต่าง ๆ จากภาพถ่ายเทียม LANDSAT 7 ETM

ตารางที่ 10.3 สรุปผลความถูกต้องของข้อมูลอุณหภูมิระหว่างเครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด (Infrared Thermometer) และ ด้วยดัชนีต่าง ๆ จากภาพถ่ายเทียม LANDSAT 7 ETM

ค่าเฉลี่ยดัชนี	NDVI	SAVI	UI	NDBI
	25.56	25.67	25.74	26.45
<b>ค่าเฉลี่ยเครื่องวัด 26.76</b>				

- 5) สรุปผลความถูกต้องของข้อมูลอุณหภูมิระหว่างเครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด (Infrared Thermometer) และ ด้วยดัชนีต่าง ๆ จากภาพถ่ายเทียม LANDSAT 8 OLI

ตารางที่ 10. 4 สรุปผลความถูกต้องของข้อมูลอุณหภูมิระหว่างเครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด (Infrared Thermometer) และ ดัชนีดัชนีต่าง ๆ จากภาพดาวเทียม LANDSAT 8 OLI

ค่าเฉลี่ยดัชนี	NDVI	SAVI	UI	NDBI
	24.41	24.34	24.37	24.39
ค่าเฉลี่ยเครื่องวัด 26.76				

- 6) สรุปผลค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ย โดยหมายถึงค่าเฉลี่ยของความเบี่ยงเบนของข้อมูลแต่ละตัวที่เบี่ยงเบนไปจากตัวกลางเลขคณิตของข้อมูลชุดนั้น หรือการหาค่าความเบี่ยงเบนจากตัวกลางเมื่อเทียบกับข้อมูลแต่ละตัว แล้วนำค่าที่ได้ทั้งหมดมารวมกันแล้วหาค่าเฉลี่ยอีกทอดหนึ่ง

ตารางที่ 10. 5 สรุปผลค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ย โดยหมายถึงค่าเฉลี่ยของความเบี่ยงเบนของข้อมูลแต่ละตัวที่เบี่ยงเบนไปจากตัวกลางเลขคณิตของข้อมูลชุดนั้น

ดาวเทียม	ค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ย (A.D.)
Landsat 7 ETM+	0.91
Landsat 8 OLI	2.38

สรุปผลค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ย กล่าวได้ว่าค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของค่าอุณหภูมิ Landsat 7 ETM+ มีค่า 0.91 และค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของค่าอุณหภูมิ Landsat 8 OLI มีค่า 2.38 พิจารณาจากค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ยพบว่าค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของค่าอุณหภูมิ Landsat 7 ETM+ มีความเบี่ยงเบนจากตัวกลางน้อยกว่า จึงมีความถูกต้องที่มากกว่าค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของค่าอุณหภูมิ Landsat 8 OLI

## 10.2 การประยุกต์ใช้ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกลเพื่อหาพื้นที่ว่าง

พื้นที่ว่างเปล่า (Idle Land) เป็นพื้นที่ซึ่งไม่มีสิ่งปลูกสร้าง ปราศจากสิ่งปกคลุม ไม่มีการเพาะปลูก และเป็นพื้นที่ซึ่งไม่ได้ใช้ประโยชน์

ซึ่งปัญหาที่พบการวิเคราะห์หาพื้นที่ว่างเปล่าที่ผ่านมา ในช่วงคลื่นค่าสีการสะท้อนของพื้นที่ว่างเปล่ามีการสะท้อนปะปนกับช่วงค่าสีการสะท้อนของพื้นที่สิ่งปลูกสร้างมาด้วย ซึ่งทำให้ยากต่อการแปลและนำไปใช้งาน เนื่องจากต้องการความถูกต้อง ความแม่นยำ และต้องการลดปัญหาด้านการดำเนินงานการวิเคราะห์ที่ซับซ้อน ความผิดพลาด อีกทั้งยังทำให้เสียเวลาในการปรับแก้ข้อมูล

ดังนั้นคณะผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาหาดัชนีที่มีความเหมาะสมและถูกต้องที่สุดในการหาพื้นที่ว่างเปล่า โดยใช้อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรีเป็นพื้นที่ตัวอย่างในการวิเคราะห์ ซึ่งได้นำดัชนีมาวิเคราะห์ทั้ง 8 ดัชนี โดยจะทำการเปรียบเทียบสูตรดัชนีแต่ละสูตรดัชนี เพื่อหาดัชนีที่มีสามารถแยกพื้นที่ว่างเปล่าออกจากพื้นที่อื่น ๆ

### 10.2.1 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1) เพื่อจำแนกหาดัชนีที่เหมาะสมในการแยกพื้นที่ว่างเปล่าออกจากพื้นที่อื่น
- 2) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องจากดัชนีในการแยกพื้นที่ว่างเปล่า

### 10.2.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ภาพถ่ายเทียม LANDSAT 8 OLI ของพื้นที่อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี บันทึกภาพเมื่อวันที่ 31 ตุลาคม 2559

### 10.2.3 วิธีการดำเนินงาน

วัตถุประสงค์ที่ 1. เพื่อจำแนกหาดัชนีที่เหมาะสมในการแยกพื้นที่ว่างเปล่าออกจากพื้นที่อื่น

- 1) ดาวน์โหลดภาพถ่ายเทียม LANDSAT 7 ETM และ LANDSAT 8 OLI จาก <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- 2) ปรับแก้ค่าการสะท้อนของจุดภาพเป็นการแผ่รังสีสัมบูรณ์

$$TOA(L) = M_L * Q_{cal} + A_L$$

(USGS, Using the USGS Landsat Level-1 Data Product, 2017)

โดยกำหนดให้

$M_L$  = ค่าการสะท้อนของ Band X จากข้อมูลดาวเทียม

Line	Parameter	Value
165	GROUP =	RADIOMETRIC_RESCALING
166	RADIANCE_MULT_BAND_1 =	1.2865E-02
167	RADIANCE_MULT_BAND_2 =	1.3174E-02
168	RADIANCE_MULT_BAND_3 =	1.2139E-02
169	RADIANCE_MULT_BAND_4 =	1.0237E-02
170	RADIANCE_MULT_BAND_5 =	6.2643E-03
171	RADIANCE_MULT_BAND_6 =	1.5579E-03
172	RADIANCE_MULT_BAND_7 =	5.2509E-04
173	RADIANCE_MULT_BAND_8 =	1.1585E-02
174	RADIANCE_MULT_BAND_9 =	2.4482E-03
175	RADIANCE_MULT_BAND_10 =	3.3420E-04
176	RADIANCE_MULT_BAND_11 =	3.3420E-04
177	RADIANCE_ADD_BAND_1 =	-64.32359
178	RADIANCE_ADD_BAND_2 =	-65.86814
179	RADIANCE_ADD_BAND_3 =	-60.69693
180	RADIANCE_ADD_BAND_4 =	-51.18307
181	RADIANCE_ADD_BAND_5 =	-31.32149
182	RADIANCE_ADD_BAND_6 =	-7.78937
183	RADIANCE_ADD_BAND_7 =	-2.62543
184	RADIANCE_ADD_BAND_8 =	-57.92515
185	RADIANCE_ADD_BAND_9 =	-12.24115
186	RADIANCE_ADD_BAND_10 =	0.10000
187	RADIANCE_ADD_BAND_11 =	0.10000
188	REFLECTANCE_MULT_BAND_1 =	1.0000E-05
189	REFLECTANCE_MULT_BAND_2 =	1.0000E-05

รูปที่ 10. 10 ตัวอย่างการหาค่าการสะท้อนของ Band X จากข้อมูลดาวเทียม

$Q_{cal}$  = การปรับมาตรฐานค่าข้อมูลเชิงตัวเลข (DN : Digital Number)  
ในจุดภาพ (Pixel)

$A_L$  = ค่าการสะท้อนจำเพาะของ Band X จากข้อมูลดาวเทียม

Line	Parameter	Value
177	RADIANCE_ADD_BAND_1 =	-64.32359
178	RADIANCE_ADD_BAND_2 =	-65.86814
179	RADIANCE_ADD_BAND_3 =	-60.69693
180	RADIANCE_ADD_BAND_4 =	-51.18307
181	RADIANCE_ADD_BAND_5 =	-31.32149
182	RADIANCE_ADD_BAND_6 =	-7.78937
183	RADIANCE_ADD_BAND_7 =	-2.62543
184	RADIANCE_ADD_BAND_8 =	-57.92515
185	RADIANCE_ADD_BAND_9 =	-12.24115
186	RADIANCE_ADD_BAND_10 =	0.10000
187	RADIANCE_ADD_BAND_11 =	0.10000
188	REFLECTANCE_MULT_BAND_1 =	1.0000E-05
189	REFLECTANCE_MULT_BAND_2 =	1.0000E-05

รูปที่ 10. 11 ตัวอย่างการหาค่าการสะท้อนจำเพาะของ Band X จากข้อมูลดาวเทียม

ดังนั้นจึงเท่ากับ

$$TOA = 0.0003342 * \text{"Band 10"} + 0.1$$

(USGS, Using the USGS Landsat Level-1 Data Product, 2017)

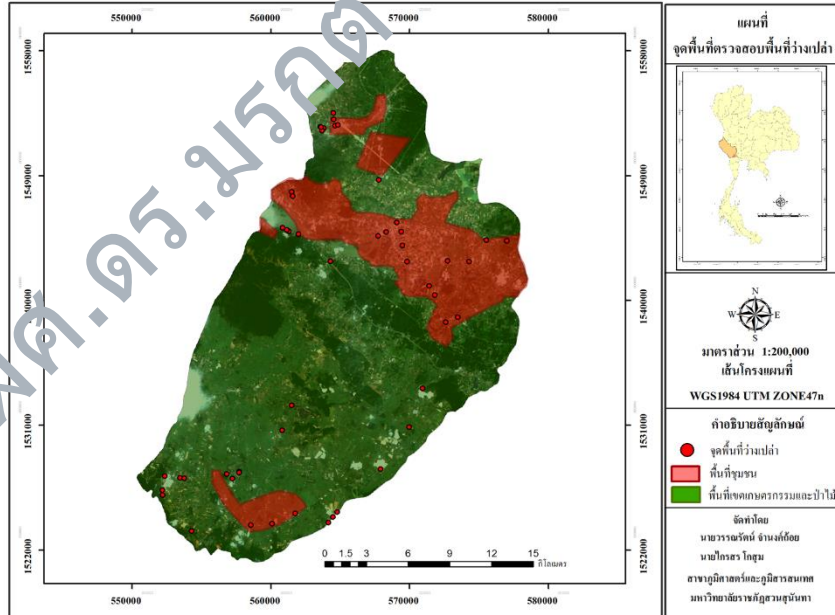
- 3) ปรับแก้ภาพเชิงช่วงคลื่นด้วยดัชนีต่าง ๆ จากภาพดาวเทียม LANDSAT 8 OLI ดังนี้คือ
- NORMALIZED DIFFERENCE BUILT-UP INDEX =  $(SWIR1 - NIR)/(SWIR1 + NIR)$
  - NORMALIZED DIFFERENCE BARE LAND INDEX =  $(RED - TIR)/(RED + NIR)$
  - ENHANCED BUILT-UP AND BARE LAND INDEX =  $(SWIR1 - NIR)/(10\sqrt{SWIR1+TIR})$
  - NORMALIZED DIFFERENCE BARENESS INDEX =  $(SWIR1 - TIR)/(SWIR1 + TIR)$

- INDEX-BASED BUILT-UP INDEX =  $2SWIR1 / (SWIR1 + NIR) - [NIR / (NIR + RED) + GREEN / (GREEN + SWIR1)] / 2SWIR1 / (SWIR1 + NIR) + [NIR / (NIR + RED) + GREEN / (GREEN + SWIR1)$
- URBAN INDEX =  $(SWIR2 - NIR) / (SWIR2 + NIR)$
- NEW BUILT-UP INDEX =  $(RED * SWIR2) / (NIR)$
- NORMALIZED BUILT-UP AREA INDEX =  $(SWIR2 - SWIR1) / GREEN / (SWIR2 - SWIR1) / GREEN$

(GRASS, 2017)

วัตถุประสงค์ที่ 2. เพื่อตรวจสอบความถูกต้องจากดัชนีในการแยกพื้นที่ว่างเปล่า

- 1) การลงภาคสนามเก็บพิกัดพื้นที่ว่างเปล่าในพื้นที่อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 50 จุด ผ่านกระบวนการสุ่ม โดยลงภาคสนามวันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ.2559 โดย Landsat 8 OLI ของการศึกษา บันทึกภาพเมื่อวันที่ 31 ตุลาคม 2559 การลงสนามหลังเดือนพฤษภาคม 3-5 วันพื้นที่ยังไม่มี การเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 10. 12 การลงภาคสนามเก็บพิกัดพื้นที่ว่างเปล่าในพื้นที่อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 50 จุด ผ่านกระบวนการสุ่ม โดยลงภาคสนามวันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ.2559

- 2) ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลภาคสนามหาพื้นที่ว่างเปล่าในพื้นที่อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี และ ด้วยดัชนีต่าง ๆ จากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 8 OLI ที่ผ่านการหาพื้นที่ว่างเปล่า



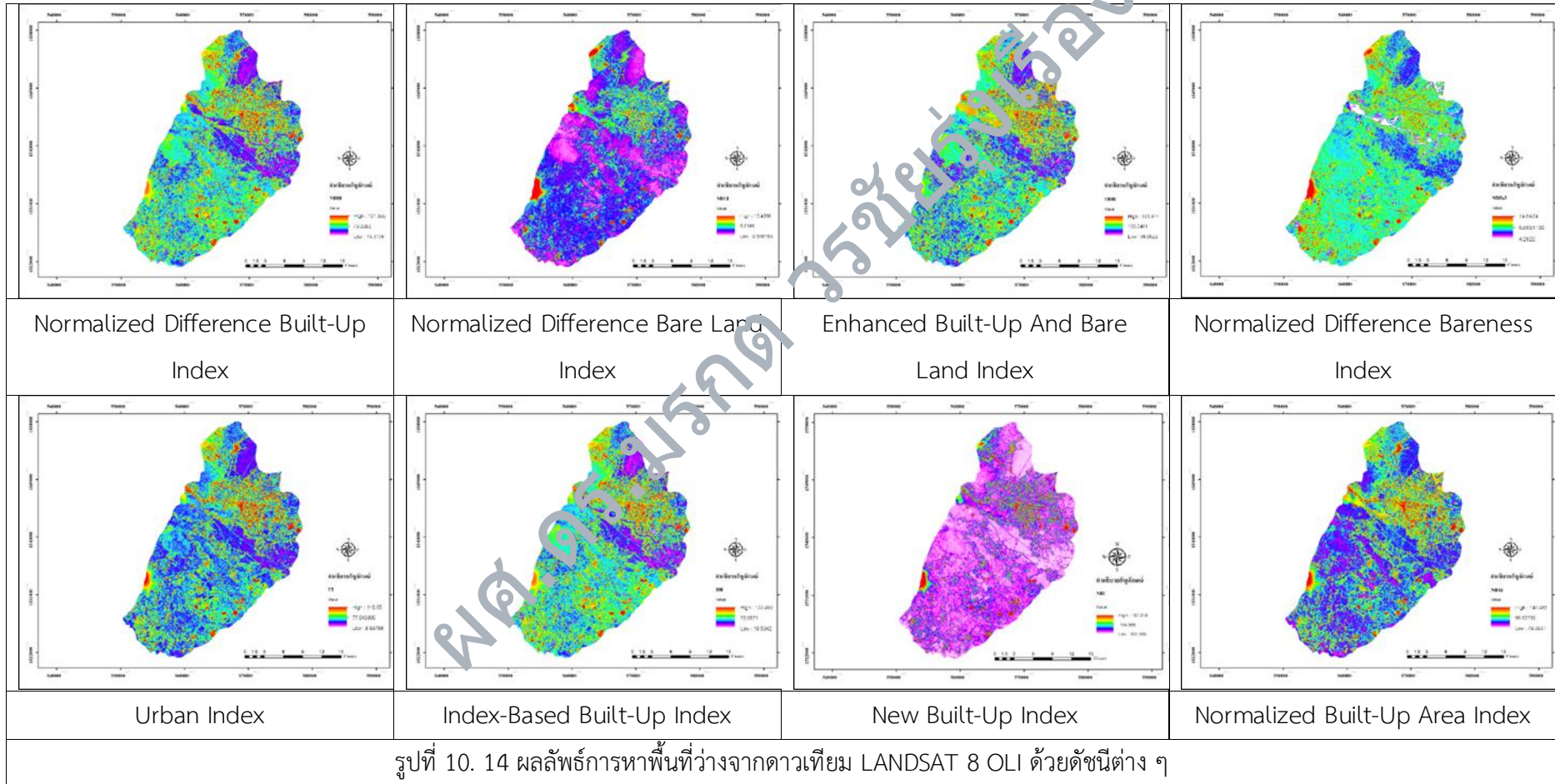
รูปที่ 10. 13 ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลภาคสนามหาพื้นที่ว่างเปล่าในพื้นที่ศึกษา

ผศ.ดร.มรกต วรชัยรุ่งเรือง

10.2.4 ผลลัพธ์การศึกษา

วัตถุประสงค์ที่ 1. เพื่อจำแนกหาดัชนีที่เหมาะสมในการแยกพื้นที่ว่างเปล่าออกจากพื้นที่อื่น

1) ผลลัพธ์การหาพื้นที่ว่างเปล่าจากดาวเทียม LANDSAT 8 OLI ด้วยดัชนีต่าง ๆ



วัตถุประสงค์ที่ 2. เพื่อตรวจสอบความถูกต้องจากดัชนีในการแยกพื้นที่ว่างเปล่า

เพื่อตรวจสอบความถูกต้องจากดัชนีการแยกพื้นที่ว่างเปล่า การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้เครื่องมือจำแนกความผิดพลาดที่เกิดการจำแนกขาดหายไปหรือตกหล่น (Omission Error) มาช่วยในการแปลผลลัพธ์การแยกพื้นที่ว่างเปล่า

$$\frac{A}{B} * 100$$

(GEOSPATIAL, 2017)

A=จำนวนจุดภาพที่ถูกจำแนกประเภทอื่น

B=จำนวนจุดภาพประเภทนั้นสภาพจริงทั้งหมด

ตารางที่ 10. 6 ผลลัพธ์ตรวจสอบความถูกต้องจากดัชนีการแยกพื้นที่ว่างเปล่า

ดัชนี	การจำแนก (%)				
	ที่ว่างเปล่า	สิ่งปลูกสร้าง	น้ำ	ป่า	เกษตรกรรม
NDBI	74%	12%	12%	2%	-
UI	70%	26%	2%	-	2%
IBI	66%	20%	-	14%	-
EBBI	62%	18%	-	18%	2%
NBAI	60%	30%	8%	-	2%
NBI	52%	24%	10%	4%	10%
NDBal	48%	20%	-	24%	8%
NBLI	44%	20%	26%	4%	4%

จากตารางแสดงให้เห็นถึงค่าความถูกต้องที่ได้จากการนำข้อมูลจุดพื้นที่ว่างเปล่าจากการลงภาคสนาม จะเห็นว่าสูตรดัชนีที่ทำได้คะแนนในการตรวจสอบความถูกต้องมากที่สุดคือ สูตรดัชนี NDBI โดยจำนวนจุดที่ลงพื้นที่ที่เป็นพื้นที่ว่างเปล่า จำนวน 50 จุด พบว่าดัชนีดังกล่าวสามารถแยกที่ดินออกออกจากสิ่งปกคลุมดินประเภทอื่นได้ดีที่สุด

### 10.3 สรุป

ในบทเรียนนี้นักศึกษาทราบถึงการประยุกต์ใช้การสำรวจระยะไกลเพื่อค้นหาอุณหภูมิพื้นผิว และพื้นที่ว่าง นักศึกษาจะได้เรียนรู้ถึงวิธีการหาประเด็นการวิจัยด้านการสำรวจระยะไกล การตั้งวัตถุประสงค์ของโครงการ การทำงานตามวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์ ตลอดจนการนำเสนอผลลัพธ์ในรูปแบบต่าง ๆ รวมถึงการสรุปผล จนท้ายที่สุดนักศึกษาสามารถคิดโครงการวิจัย จากความรู้และทักษะที่ได้ฝึกฝนจากวิชาการรับรู้ระยะไกล จนสามารถนำเสนอผลการศึกษากลุ่มที่ตนเองรับผิดชอบในสัปดาห์ต่อไปของการเรียนการสอนได้อย่างถูกต้อง และแม่นยำ

ผศ.ดร.มรกต วรชัยรุ่งเรือง

---

### คำถามท้ายบทที่ 10

---

- 1) จงจัดทำโครงการการสำรวจข้อมูลระยะไกลโดยใช้ความรู้และทักษะทั้งหมด จากรายวิชาการสำรวจข้อมูลระยะไกล 2 พร้อมรูปเล่ม และ ไฟล์การนำเสนอ (20 คะแนน)

ผศ.ดร.มรกต วรชัยรุ่งเรือง

## บรรณานุกรม

- CRAN. (6 10 2017). *Available CRAN Packages By Name*. เข้าถึงได้จาก CRAN: [https://cran.r-project.org/web/packages/available\\_packages\\_by\\_name.html](https://cran.r-project.org/web/packages/available_packages_by_name.html)
- David Verbyla. (1995). *Satellite Remote Sensing of Natural Resources*. London: CRC Press Inc.
- EarthLab. (6 10 2017). *Earth Lab*. เข้าถึงได้จาก Earth Lab University of Colorado: <https://www.earthdatascience.org/courses/earth-analytics/multispectral-remote-sensing-data/introduction-multispectral-imagery-r/>
- Floyd S. Sabins. (2007). *Remote Sensing: Principles and Applications 3rd Edition, Kindle Edition*. Mississippi: Waveland Pr Inc; 3 edition (April 5, 2007).
- GEOSPATIAL. (7 10 2017). *Accuracy Metrics*. เข้าถึงได้จาก GSP 2016 introduction to Remote sensing.: [http://gsp.humboldt.edu/olm\\_2015/Courses/GSP\\_216\\_Online/lesson6-2/metrics.html](http://gsp.humboldt.edu/olm_2015/Courses/GSP_216_Online/lesson6-2/metrics.html)
- GISGeography. (7 10 2017). *What is Bit Depth for Satellite Data (and Images)*. เข้าถึงได้จาก GISGeography: <https://gisgeography.com/bit-depth/>
- GRASS. (7 10 2017). *Calculates different types of vegetation indices*. เข้าถึงได้จาก GRASS GIS 7.4.2svn Reference Manual: <https://grass.osgeo.org/grass74/manuals/i.vi.html>
- James B. Campbell. (2011). *Introduction to remote sensing*. New York: The Guilford Press.
- John Jansen. (2007). *Remote sensing of the environment: an earth resource perspective*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Kass Green, Russell Congalton, และ Mark Tukman. (2017). *Imagery and GIS*. California: ESRI press.
- Matt DeCross, Pranshu Gaba, และ Jimin Khim . (6 10 2017). *Characteristics of Circular Orbits*. เข้าถึงได้จาก Brilliant: <https://brilliant.org/wiki/characteristics-of-circular-orbits/>
- Robert Schowengerdt. (2006). *Remote Sensing Models and Methods for Image Processing*. Cambridge, Massachusetts: United States.

Ross Ihaka, และ Robert Gentleman. (1996). R: A language for data analysis and graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics* 5, no. 3, 229-314.

Shunji Murai. (1 August 2014). *Japan Association on Remote Sensing*. เข้าถึงได้จาก Japan Association on Remote Sensing: [http://www.jars1974.net/organization\\_e.html](http://www.jars1974.net/organization_e.html):  
[http://www.jars1974.net/pdf/01\\_Preface.pdf](http://www.jars1974.net/pdf/01_Preface.pdf)

Thomas M. Lillesand, W. Ralph Kiefer, และ W. Jonathan Chipman. (2015). *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons Inc.

USGS. (6 10 2017). *EarthExplorer*. เข้าถึงได้จาก USGS: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

USGS. (7 10 2017). *Using the USGS Landsat Level-1 Data Product*. เข้าถึงได้จาก Landsat Missions: <https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product>

USGS. (7 10 2017). *What are the band designations for the Landsat satellites?* เข้าถึงได้จาก Landsat Missions: <https://landsat.usgs.gov/what-are-band-designations-landsat-satellites>

ศุทธิณี ดนตรี. (2549). *ความรู้พื้นฐานด้านการสำรวจระยะไกล*. เชียงใหม่: ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ผศ.ดร.มรกต วรชัยรุ่งเรือง