



## บทที่ 2

### แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาศักยภาพของข้อมูลภาพดาวเทียมทั้งคุณสมบัติความละเอียดเชิงพื้นที่และเชิงคลื่น ในการจำแนกประเภทข้อมูล โดยศึกษาถึงค่าสะท้อนพลังงานของชนิดข้อมูลที่ได้จากภาพดาวเทียม สำหรับในบทนี้จะกล่าวถึงคุณสมบัติของข้อมูลภาพดาวเทียมสำรวจทรัพยากร, ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง พืชกับการสะท้อนของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า, การกำหนดประเภทของการจำแนก, การวิเคราะห์ และประมวลผลข้อมูลจากภาพดาวเทียม รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 คุณสมบัติของข้อมูลภาพดาวเทียมสำรวจทรัพยากร

การสำรวจข้อมูลระยะไกล ทำให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่มีความหลากหลาย การจะเลือกใช้ข้อมูล ได้อย่างเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ในการประยุกต์ใช้ ต้องศึกษาถึงคุณสมบัติของข้อมูลทั้งด้านความ ละเอียดของพื้นที่และความละเอียดของช่วงคลื่น

##### 2.1.1 ความละเอียดเชิงพื้นที่ของข้อมูลภาพดาวเทียม

ความละเอียดเชิงพื้นที่ของข้อมูลภาพดาวเทียม เป็นการกำหนดความละเอียดจุดภาพที่ มองเห็นในภาพสัมพันธ์กับขนาดพื้นที่การตรวจรับข้อมูล เช่น ในหนึ่งจุดภาพของภาพดาวเทียม ASTER ในช่วงคลื่น VNIR ขนาดจุดภาพจะมีขนาดเท่ากับ 15x15 เมตรในพื้นที่จริง และภาพ ดาวเทียม Landsat ระบบ TM หรือ Landsat ระบบ ETM+ ในช่วงคลื่น VNIR มีขนาดเท่ากับ 30x30 เมตรในพื้นที่จริง สำหรับจุดภาพที่มีข้อมูลลักษณะเหมือน ๆ กัน (Homogeneous) จะมีค่าสะท้อน แบบ Pure pixel แต่ถ้าจุดภาพหนึ่งมีข้อมูลที่เป็นลักษณะผสม (Heterogeneous) ค่าสะท้อนจะเป็น แบบ mixed pixel ซึ่งจุดภาพแบบนี้เป็นปัญหาสำหรับการจำแนกข้อมูล ดังนั้นหากจุดภาพมีขนาด เล็กกลงจะยิ่งเพิ่มความละเอียดของจุดภาพได้มากขึ้น

จากการสำรวจข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรในระยะแรก ได้ใช้ภาพดาวเทียม Landsat ระบบ MSS ด้วยการแปลภาพด้วยสายตา โดยพิจารณาความแตกต่างของระดับสี ขนาด รูปร่าง รูปแบบ ความละเอียดของเนื้อภาพ ตำแหน่ง และความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม หรือด้วยการ วิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ โดยอาศัยลักษณะการสะท้อนพลังงานของวัตถุเป็นหลัก แต่ก็มักประสบ ปัญหาในการจำแนกเพราะภาพดาวเทียม ระบบ MSS ให้ความละเอียดที่ค่อนข้างหยาบ คือ 80 เมตร เมื่อมีการปรับปรุงระบบอุปกรณ์รับสัญญาณของดาวเทียม คือ Landsat ระบบ TM ที่มีความ ละเอียดเชิงพื้นที่ 30 เมตร (Tennakorn et al.,1992) ตลอดจน Landsat ระบบ ETM+ ที่มีความ

ละเอียดเชิงพื้นที่ในช่วงคลื่นระบบ Panchromatic ถึง 15 เมตร แม้ว่าจะเป็นช่วงคลื่นที่มีข้อด้อยในด้านความละเอียดเชิงช่วงคลื่นเพราะมีค่าช่วงคลื่นกว้างมาก แต่ก็สามารถให้มีความละเอียดของข้อมูลสูงขึ้นเมื่อพิจารณาร่วมกับช่วงคลื่นอื่น ๆ เช่นเดียวกับภาพดาวเทียม ASTER ในช่วงคลื่น VNIR ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ เท่ากับ 15 เมตร ก็สามารถให้มีความละเอียดของข้อมูลเพิ่มขึ้น คุณสมบัติทางด้านความละเอียดของภาพดาวเทียมนี้ช่วยในการจำแนกพืชพรรณชนิดต่าง ๆ ได้ดีขึ้น ด้วยเหตุนี้ทำให้การใช้ประโยชน์จากภาพดาวเทียมเพื่อการทำแผนที่แสดงพื้นที่ปลูกพืช ตลอดจนประมาณพื้นที่ปลูกพืชแต่ละชนิดเป็นไปอย่างกว้างขวางมากขึ้น และมีความถูกต้องสูงขึ้น

## 2.1.2 ความละเอียดเชิงช่วงคลื่นของข้อมูลภาพดาวเทียม

ความละเอียดเชิงช่วงคลื่นของข้อมูลภาพดาวเทียม เป็นการกำหนดความละเอียดของประเภทช่วงคลื่นในการตรวจรับสัญญาณข้อมูล เช่น ภาพดาวเทียม Landsat ระบบ TM หรือ Landsat ระบบ ETM+ มีความยาวช่วงคลื่นตั้งแต่ 0.450-2.350  $\mu\text{m}$ . แบ่งเป็นช่วงคลื่นVNIR จำนวน 4 ช่วงคลื่น ได้แก่ ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน(Blue) สีเขียว(Green) สีแดง(Red) และ NIR ช่วงคลื่นSWIR จำนวน 2 ช่วงคลื่น ช่วงคลื่นTIR จำนวน 1 ช่วงคลื่น และภาพดาวเทียม ASTER มีความยาวช่วงคลื่นตั้งแต่ 0.520-2.430  $\mu\text{m}$ . แบ่งเป็นช่วงคลื่นVNIR จำนวน 3 ช่วงคลื่น ได้แก่ สีเขียว(Green) สีแดง(Red) และ NIR ช่วงคลื่นSWIR จำนวน 6 ช่วงคลื่น ช่วงคลื่นTIR จำนวน 5 ช่วงคลื่น ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบช่วงคลื่นของพลังงานระหว่างภาพดาวเทียมASTERและLANDSAT-7 ETM+

ช่วงคลื่น	ASTER				LANDSAT-7 ETM+			
	จำนวนช่วงคลื่น		ความยาวช่วงคลื่น ( $\mu\text{m}$ )	ความละเอียดเชิงพื้นที่ (m.)	จำนวนช่วงคลื่น		ความยาวช่วงคลื่น ( $\mu\text{m}$ )	ความละเอียดเชิงพื้นที่ (m.)
Visible	2	1G	0.52 - 0.60	15	3	1B	0.450-0.515	30
		2R				2G		
						3R		
NIR	1	3N, 3B	0.78 - 0.86	15	1	4	0.775-0.900	30
SWIR	6	4	1.600 - 1.700	30	2	5	1.550-1.750	30
		5	2.145 - 2.185			7		
		6	2.185 - 2.225					
		7	2.235 - 2.285					
		8	2.295 - 2.365					
		9	2.360 - 2.430					
TIR	5	10	8.125-8.475	90	1	6	10.40-12.50	60
		11	8.475-8.825					
		12	8.925-9.275					
		13	10.250-10.950					
		14	10.950-11.65					

การกำหนดความละเอียดเชิงช่วงคลื่นที่ใช้ในการจำแนกมีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณภาพของข้อมูล จากภาพดาวเทียม Landsat ระบบ MSS ที่มีความละเอียดของช่วงคลื่นเพียง 4 ช่วงคลื่น เมื่อมีการพัฒนาเป็น Landsat ระบบ TM ได้เพิ่มความละเอียดของช่วงคลื่นให้มีความถี่มากขึ้นเป็น 7 ช่วงคลื่น (Tennakorn et al.,1992) หรือ Landsat ระบบ ETM+ ที่มีความละเอียดเชิงช่วงคลื่นเท่ากับ 8 ช่วงคลื่น สำหรับภาพดาวเทียม ASTER ในช่วงคลื่น SWIR และ TIR มีความละเอียดเชิงคลื่นแคบกว่าและมีจำนวนมากกว่า Landsat ระบบ TM หรือ Landsat ระบบ ETM+ เนื่องจากมีช่วงคลื่นของพลังงานที่แคบลง ทำให้มีความไวต่อการบันทึกค่าสะท้อนพลังงาน ทำให้ได้ข้อมูลซึ่งจะนำมาใช้ในการจำแนกชนิดพืชได้ ให้มีความถูกต้องเพิ่มมากขึ้นได้

ข้อมูลภาพดาวเทียมแต่ละช่วงคลื่นมีขนาดของช่วงคลื่น ไม่เท่ากัน ขนาดของช่วงคลื่น คือค่าสูงสุดของช่วงคลื่นลบด้วยค่าต่ำสุด ช่วงคลื่นที่มีขนาดแคบ จะยิ่งช่วยให้สามารถศึกษาถึงค่าสะท้อนพลังงานของชนิดข้อมูลได้มากยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงต้องเลือกช่วงคลื่นที่ให้ข้อมูลเหมาะสมกับเรื่องที่ต้องการศึกษา โดยพิจารณาคุณสมบัติเด่นของแต่ละช่วงคลื่นและจากการประยุกต์ใช้ที่มีการศึกษามาก่อน พอสรุปดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติเด่นของช่วงคลื่นที่ได้ศึกษาจากภาพดาวเทียม Landsat 7 ETM+

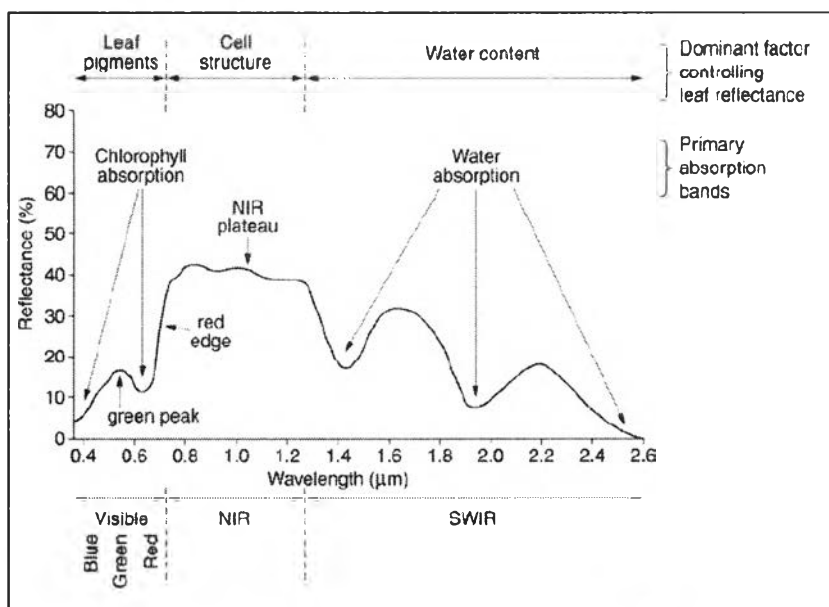
ช่วงคลื่น	คุณสมบัติเด่นของช่วงคลื่น
1 - Visible (Blue)	สามารถทะลุลงไปใต้ผิวน้ำได้ เหมาะสำหรับตรวจสอบลักษณะน้ำตามชายฝั่ง และสะท้อนพลังงานบนพื้นผิวได้ดี จึงใช้แยกดินจากพืช ใช้จำแนกพื้นที่เพาะปลูก ใช้จำแนกความแตกต่างของชนิดป่าไม้
2 - Visible (Green)	สามารถทะลุลงไปใต้ผิวน้ำได้ ใช้จำแนกชนิดพืช (Plant species) และ พื้นที่เพาะปลูก เนื่องจากเป็นช่วงคลื่นที่วัดค่าสะท้อนพลังงานสูงสุดของพืชพรรณ รวมทั้งพื้นผิวใต้ผิวน้ำ
3 - Visible (Red)	ใช้จำแนกชนิดพืช พื้นที่เพาะปลูก เนื่องจากเป็นช่วงคลื่นที่วัดค่าที่สะท้อนออกจากส่วนที่มีการดูดกลืนพลังงานในใบพืช (ส่วนที่มีคลอโรฟิลล์)
4 - NIR	ใช้ตรวจหาปริมาณความชื้นในดิน ติดตามการเพาะปลูกของพืช และแยกส่วนที่เป็นน้ำออกจากส่วนอื่น
5 - SWIR	ใช้วัดปริมาณน้ำในใบพืชหรือปริมาณความชื้นในพืช
6 - TIR	ใช้ศึกษาเกี่ยวกับความร้อนของพื้นผิว ความผิดปกติของพืช ความแตกต่างของความชื้นในดิน โดยใช้หลักการของคลื่นความร้อน
7 - SWIR	ใช้จำแนกชนิดแร่ธาตุและชนิดของหิน รวมทั้งปริมาณความชื้นในพืช
8 - Panchromatic	ใช้ในการรวมกับช่วงคลื่นอื่นๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความละเอียดของสูงขึ้น เพราะมีขนาดจุดภาพ 15 เมตร

จากคุณสมบัติของข้อมูลทั้งด้านความละเอียดของพื้นที่และความละเอียดของช่วงคลื่น ทำให้ได้แนวความคิดที่จะใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติเฉพาะของภาพดาวเทียม ASTER เพื่อศึกษาศักยภาพในการจำแนกชนิดไม้ผล 6 ชนิด ซึ่งได้แก่ ทุเรียน เงาะ มังคุด มะม่วง มะพร้าว และขนุน ในพื้นที่บางส่วนของจังหวัดระยอง และจังหวัดจันทบุรี โดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 กรณี คือ ศึกษาศักยภาพของภาพดาวเทียม ASTER ทางด้านความละเอียดเชิงพื้นที่ โดยศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าสะท้อนพลังงานของไม้ผลแต่ละชนิดโดยใช้ภาพดาวเทียม ASTER ในช่วงคลื่น VNIR ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 15 เมตร และภาพดาวเทียม LANDSAT-7 ETM+ ในช่วงคลื่น VNIR ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 30 เมตร และศึกษาศักยภาพของภาพดาวเทียม ASTER ทางด้านความละเอียดเชิงคลื่น โดยศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าสะท้อนพลังงานของไม้ผลแต่ละชนิดโดยใช้ภาพดาวเทียม ASTER ในช่วงคลื่น SWIR ที่มีความละเอียดเชิงคลื่น 6 ช่วงคลื่น และภาพดาวเทียม LANDSAT-7 ETM+ ในช่วงคลื่น SWIR ที่มีความละเอียดเชิงคลื่น 2 ช่วงคลื่น จากคุณสมบัติเฉพาะของภาพดาวเทียม ASTER อาจทำให้สามารถจำแนกชนิดไม้ผลได้ถูกต้องยิ่งขึ้น

## 2.2 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพืชกับการสะท้อนของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า

การสะท้อนพลังงานของพืชในช่วงคลื่น Visible พืชมีการสะท้อนพลังงานมากในช่วงคลื่นสีเขียว (0.52-0.60  $\mu\text{m}$ .) แต่มีการสะท้อนพลังงานน้อยในช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (0.45-0.52  $\mu\text{m}$ .) และช่วงคลื่นสีแดง (0.63-0.69  $\mu\text{m}$ .) เนื่องจากคลอโรฟิลล์และรงควัตถุในพืชดูดกลืนพลังงานในช่วงคลื่นสีน้ำเงินและช่วงคลื่นสีแดงไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) ของพืช จึงทำให้มองเห็นพืชเป็นสีเขียว พืชจะมีค่าสะท้อนพลังงานสูงขึ้นอย่างชัดเจนใกล้ ๆ ช่วงคลื่น 0.7  $\mu\text{m}$ . ที่เรียกว่าช่วง Red edge และสูงขึ้นไปจนถึงช่วงคลื่น NIR (0.75-1.35  $\mu\text{m}$ .) ในช่วงคลื่น NIR การสะท้อนพลังงานของใบพืชจะสูง คือจะสะท้อนพลังงานประมาณ 50% ของพลังงานที่ตกกระทบ ซึ่งลักษณะการสะท้อนพลังงานนี้เป็นผลมาจากโครงสร้างภายในของพืช (Cell Structure) เนื่องจากพืชสามารถแยกชนิดได้จากลักษณะโครงสร้างภายในที่แตกต่างกัน ดังนั้นการวัดค่าสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นนี้ก็จะสามารถแยกชนิดของพืชได้

เมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่และเริ่มลดความสมบูรณ์ลง ระดับของการสะท้อนพลังงานเริ่มลดลง การสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นสีเขียวลดลงตาม การสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่น MIR และช่วงคลื่น SWIR ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำ และโครงสร้างทางกายภาพของพืช ปริมาณน้ำในพืชมากจะมีการดูดกลืนพลังงานในช่วงคลื่นที่เรียกว่า ช่วงคลื่นการดูดซับน้ำ (Water absorption bands) ประมาณ 1.40 และ 1.90  $\mu\text{m}$ . ทำให้ค่าสะท้อนต่ำ หากปริมาณน้ำในพืชน้อยจะสะท้อนพลังงานมากในช่วงคลื่น 0.97, 1.20 และ 1.77  $\mu\text{m}$ . (Elvidge, 1990) ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดง Typical spectral reflectance ของพืชพรรณ

ที่มา : Elvidge. *International Journal of Remote Sensing*. 1990

โดยสรุปเป็นสัดส่วนของพลังงานที่มีปฏิสัมพันธ์กับพืช (คูทรีนี ดนตรี ,2543) เป็นดังนี้

ตารางที่ 2.3 ลักษณะปฏิสัมพันธ์ของพืชต่อพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า

ลักษณะปฏิสัมพันธ์	ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน	ช่วงคลื่นสีเขียว	ช่วงคลื่นสีแดง	ช่วงคลื่น NIR
การสะท้อน	5%	15%	10%	50%
การดูดกลืน	90%	65%	80%	0%
การส่งผ่าน	5%	20%	10%	50%

ลักษณะปฏิสัมพันธ์ระหว่างพืชกับการสะท้อนพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า แสดงเป็นลักษณะลายเส้นเชิงคลื่น (Spectral Signature) ให้นำมาตีความและจำแนกพืชต่างชนิดออกจากกันได้ ในด้านการเกษตร สามารถทำประมาณเนื้อที่เพาะปลูก ปริมาณผลผลิตของพืชได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์มากในการวางแผนทางการเกษตร

จากแนวคิดเกี่ยวกับลักษณะปฏิสัมพันธ์ระหว่างพืชกับการสะท้อนพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถนำมาใช้ในการพิจารณาการสะท้อนพลังงานของพืชชนิดต่าง ๆ ในช่วงคลื่นต่าง ๆ ได้ในขั้นตอนการวิเคราะห์หรือประมวลผลข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม

### 2.3 การกำหนดประเภทของการจำแนก

โดยทั่วไปการศึกษาเกี่ยวกับการจำแนกประเภทสิ่งปกคลุมดินและการใช้ที่ดิน จะทำการจำแนกประเภทข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของการใช้ประโยชน์ ระดับของพื้นที่ศึกษา และระดับความละเอียดของข้อมูลดาวเทียม ซึ่งจะทำให้ผลการศึกษามีความแตกต่างกัน สำหรับข้อมูลดาวเทียมที่มีความละเอียดสูงกว่าจะสามารถจำแนกประเภทข้อมูลได้มากกว่าข้อมูลดาวเทียมที่มีความละเอียดต่ำกว่า

สำหรับการจำแนกประเภทข้อมูลในประเทศไทยมีหลักการในการจำแนกเป็นสองหลักการ คือ 1.) แบ่งการจำแนกประเภทข้อมูลตามวัตถุประสงค์และพื้นที่งาน 2.) แบ่งการจำแนกประเภทข้อมูลตามระดับความละเอียดของประเภทสิ่งปกคลุมดินและการใช้ที่ดิน โดยกรมพัฒนาที่ดินได้สร้างมาตรฐานการจำแนกประเภทข้อมูลตามระดับความละเอียดของประเภทสิ่งปกคลุมดินและการใช้ที่ดิน ซึ่งสามารถให้รายละเอียดได้ถึง 3 ระดับ ดังแสดงตัวอย่างดังนี้ ระดับที่ 1 แบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ พื้นที่ชุมชน พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่น ๆ ที่ไม่สามารถจำแนกตามกลุ่มต่าง ๆ ที่กล่าวมา ส่วนระดับที่ 2 ให้รายละเอียดของแต่ละกลุ่มจากระดับที่ 1 เช่นในกลุ่มของการจำแนกประเภทพื้นที่เกษตรกรรมในระดับที่ 1 แบ่งออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ ได้แก่ นาข้าว พืชไร่ พืชสวน ไม้ยืนต้น ไร่นา ไร่นา ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ สถานที่เลี้ยงสัตว์น้ำ พื้นที่ปลูกพืชน้ำ และอื่น ๆ และระดับที่ 3 ให้รายละเอียดของแต่ละกลุ่มจากระดับที่ 2 ลงไปอีก ได้แก่ มันสำปะหลัง สับปะรด อ้อย ข้าวโพด และพืชไร่ผสม หรือ ไม้ผล ได้แก่ ทูเรียน เงาะ มังคุด มะพร้าว มะม่วง ขนุน อื่น ๆ

เมื่อพิจารณาระดับการจำแนกประเภทสิ่งปกคลุมดินและการใช้ที่ดินทั้ง 3 ระดับร่วมกับข้อมูลดาวเทียมที่นำมาใช้ประโยชน์ในด้านการจำแนกประเภทสิ่งปกคลุมดินและการใช้ที่ดิน จะเห็นว่าระดับการจำแนกประเภทสิ่งปกคลุมดินและการใช้ที่ดินมีความสอดคล้องกับคุณสมบัติทางด้านความละเอียดเชิงพื้นที่ของข้อมูลดาวเทียม โดยกรมพัฒนาที่ดินได้กำหนดระดับการจำแนกในระดับที่ 1 มีความเหมาะสมสำหรับข้อมูลดาวเทียมที่มีคุณสมบัติทางด้านความละเอียดเชิงพื้นที่ต่ำ เช่นดาวเทียม NOAA (1.1 กิโลเมตร) ส่วนระดับที่ 2 มีความเหมาะสมสำหรับข้อมูลดาวเทียมที่มีคุณสมบัติทางด้านความละเอียดเชิงพื้นที่ปานกลาง (ขนาดความละเอียดของจุดภาพระหว่าง 18-30 เมตร) เช่นดาวเทียม LANDSAT-TM (30 เมตร) และระดับที่ 3 มีความเหมาะสมสำหรับข้อมูลดาวเทียมที่มีคุณสมบัติทางด้านความละเอียดเชิงพื้นที่สูง เช่น ข้อมูลจากเซนเซอร์ ASTER (VNIR 15 เมตร)

จากแนวความคิดเกี่ยวกับการจำแนกประเภทสิ่งปกคลุมดินและการใช้ที่ดินที่กล่าวมา สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการกำหนดประเภทข้อมูลตามความเหมาะสมกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษา คือ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ASTER ซึ่งสามารถให้รายละเอียดดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 การกำหนดประเภทข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ระดับที่ 1	ระดับที่ 2	ระดับที่ 3
พื้นที่เกษตรกรรม	พืชสวน	ทุเรียน เงาะ มังคุด มะม่วง มะพร้าว ขนุน อื่น ๆ
	นาข้าว	
	พืชไร่	
	ไม้ยืนต้น	
	อื่น ๆ	
พื้นที่ป่าไม้		
พื้นที่ชุมชน		
พื้นที่แหล่งน้ำ		
พื้นที่อื่น ๆ		

## 2.4 การวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

การวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลมีวิธีการที่สำคัญอย่างหนึ่งคือการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียม (Image Classification) ด้วยวิธีการต่าง ๆ ซึ่งแบ่งเป็นการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตาโดยพิจารณาหลาย ๆ ปัจจัยประกอบกัน ได้แก่ ขนาด รูปร่างเงา วรรณะสี สี ความหยาบละเอียด รูปแบบ และความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกันของวัตถุ (Thomas M. Lillesand et al, 2000) สำหรับการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียมด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้คุณสมบัติเชิงคลื่นในการพิจารณาจุดภาพและการคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อจัดกลุ่มข้อมูลที่มีลักษณะคล้ายกันออกเป็นกลุ่ม โดยแบ่งการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียมเป็นสองวิธีการใหญ่ ๆ ดังนี้ การจำแนกภาพถ่ายดาวเทียมแบบ Unsupervised ซึ่งเป็นวิธีการที่ไม่ต้องกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง แต่กำหนดจำนวนชั้นข้อมูล (Number of class) ให้กับคอมพิวเตอร์เพื่อคำนวณแบ่งกลุ่มข้อมูลโดยอัตโนมัติ ส่วนอีกวิธีคือ การจำแนกภาพแบบ

Supervised ซึ่งเป็นวิธีการที่ต้องกำหนดพื้นที่ตัวอย่างของข้อมูลแต่ละประเภทให้กับคอมพิวเตอร์ เพื่อคำนวณค่าสถิติต่าง ๆ ที่จะใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลแต่ละประเภท เพื่อช่วยให้สามารถจำแนกประเภทข้อมูลออกจากกันได้อย่างชัดเจน

#### 2.4.1 การกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง (Training areas)

การเลือกพื้นที่ตัวอย่างเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการจำแนกภาพแบบ Supervised ซึ่งต้องการพิจารณาค่าสะท้อนพลังงานของชนิดข้อมูลเดียวกันควรมีความเป็นเนื้อเดียวกันและพิจารณาข้อมูลการสำรวจภาคสนามประกอบ สำหรับการเลือกจำนวนจุดภาพพื้นที่ตัวอย่างของแต่ละประเภทข้อมูล Van Genderen et al. (1977) ได้คำนวณหาจำนวนจุดภาพพื้นที่ตัวอย่างที่ใช้ในการจำแนกด้วยหลักการของ Binomial probability theory ด้วยสมการที่ 2.1

$$N = \frac{1}{E} \cdot [Z^2 (p)(q)] \quad (2.1)$$

โดย N คือ จำนวนจุดภาพพื้นที่ตัวอย่างจำนวนน้อยที่สุดที่ต้องการสำหรับการจำแนก

Z คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับช่วงความเชื่อมั่นที่ต้องการ

p คือ โอกาสความน่าจะเป็นที่จุดภาพนั้นน่าจะถูกต้อง

q คือ ค่าความแตกต่างระหว่าง 100-p

E คือ เปอร์เซนต์ความผิดพลาดที่ยอมรับได้

จากสมการทำให้ได้จำนวนจุดภาพของพื้นที่ตัวอย่างของแต่ละประเภทข้อมูล ที่ใช้เป็นข้อมูลในการประมวลผลทางสถิติ เพื่อแยกกลุ่มของจุดภาพทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา ตามลักษณะร่วมทางสถิติที่มีลักษณะเฉพาะของแต่ละกลุ่มร่วมกันและต่างกันระหว่างกลุ่ม ดังนั้นก่อนทำการจำแนกข้อมูลภาพ ต้องทำการศึกษาหลักการทางสถิติ (Stien, A. et al., 1999) ดังนี้

#### 2.4.2 การวิเคราะห์ค่าสถิติของข้อมูลภาพ

เป็นการวิเคราะห์ค่าสถิติของข้อมูลภาพในแต่ละช่วงคลื่น เพื่อความสะดวกในการเลือก ช่วงคลื่น ที่จะใช้จำแนกข้อมูล ค่าสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพ ได้แก่

1.) ค่าสะท้อนต่ำสุด-สูงสุด (Minimum-Maximum value) ของจุดภาพทั้งหมดของแต่ละช่วงคลื่น เป็นค่าที่แสดงถึงกลุ่มข้อมูลในแต่ละช่วงคลื่น หากค่าที่อยู่ใกล้ค่า 0 มาก หมายถึง ช่วงคลื่นนั้นจะให้ข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุที่มีการดูดกลืนพลังงานมาก หากค่าที่อยู่ใกล้ค่า 255 มาก หมายถึง ช่วงคลื่นนั้นมีข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุที่มีการสะท้อนพลังงานสูง และถ้าหากมีช่วงค่ากว้าง คือค่าต่ำสุดอยู่ใกล้ค่า 0 และค่าสูงสุดอยู่ใกล้ค่า 255 หมายถึง ช่วงคลื่นนั้นมีความหลากหลายของข้อมูลมาก



2.) ค่าสะท้อนเฉลี่ย (Mean :  $m_Y$ ) ของค่าคุณภาพทั้งหมดที่มีอยู่ เป็นค่าที่ใช้ในการวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางของคุณภาพทั้งหมด และใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลคุณภาพทั้งหมด คำนวณโดยนำผลบวกของค่าสะท้อนทั้งหมดมาหารด้วยจำนวนคุณภาพทั้งหมด ดังแสดงด้วยสมการ 2.2 ดังนี้

$$m_Y = \bar{y} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n y_i \quad (2.2)$$

โดย  $m_Y$  หรือ  $\bar{y}$  คือ ค่าเฉลี่ย

$y_i$  คือ ค่าสะท้อนของคุณภาพ มีค่าตั้งแต่ 1-  $n$

$n$  คือ จำนวนคุณภาพทั้งหมด

3.) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation :  $S_Y$ ) เป็นค่าที่ใช้วัดการกระจายของข้อมูลแต่ละช่วงคลื่น คำนวณโดยยกกำลังสองของผลต่างระหว่างค่าสะท้อนของคุณภาพในแต่ละช่วงคลื่น กับค่า Mean ของช่วงคลื่นนั้น ดังแสดงด้วยสมการ 2.3 ดังนี้

$$S_Y = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (2.3)$$

โดย  $S_Y$  คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$y_i$  คือ ค่าสะท้อนของคุณภาพ มีค่าตั้งแต่ 1-  $n$

$\bar{y}$  คือ ค่าเฉลี่ย

$n$  คือ จำนวนคุณภาพทั้งหมด

4.) ค่าความแปรปรวน (Variance :  $S_Y^2$ ) เป็นค่าที่ใช้วัดใช้พิจารณาความคล้ายคลึงและความแตกต่างของข้อมูล คำนวณได้จากค่าเฉลี่ยของกำลังสองของผลต่างของส่วนเบี่ยงเบนที่ค่าสะท้อนแต่ละคุณภาพแตกต่างจากค่าเฉลี่ย ดังแสดงด้วยสมการ 2.4 ดังนี้

$$S_Y^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad (2.4)$$

โดย  $S_Y^2$  คือ ค่าความแปรปรวน

$y_i$  คือ ค่าสะท้อนของคุณภาพ มีค่าตั้งแต่ 1-  $n$

$\bar{y}$  คือ ค่าเฉลี่ย  
 $n$  คือ จำนวนจุดภาพทั้งหมด

หากค่า Variance มีค่าน้อยแสดงว่าค่าสะท้อนของข้อมูลมีความคล้ายคลึงหรือมีความเป็นประเภทเดียวกัน (Homogeneous) สูง หากค่า Variance มีค่ามากแสดงว่าค่าสะท้อนแตกต่างกันหรือมีการปะปนของค่าสะท้อนของข้อมูลต่างประเภทมาก เช่น ค่า Variance ของวัตถุกลุ่มน้ำจะมีค่าต่ำที่สุด วัตถุกลุ่มพืชจะมีค่า Variance ของมากขึ้น และวัตถุกลุ่มดิน สิ่งปลูกสร้าง มีค่า Variance มากที่สุด เพราะมีการปะปนของวัตถุต่างชนิดมากที่สุด

5.) ค่าความแปรปรวนร่วม (Covariance :  $COV_{ij}$ ) เป็นค่าที่ใช้วัดความสัมพันธ์ระหว่างค่าสะท้อนของข้อมูล 2 ช่วงคลื่นว่ามีความสัมพันธ์ตามกันมากน้อยอย่างไร โดยคำนวณค่าความแปรปรวนร่วมของค่าสะท้อนของข้อมูล 2 ช่วงคลื่น ดังสมการ 2.5

$$COV_{ij} = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i,j=1}^n (y_i - \bar{y}_i)(y_j - \bar{y}_j) \quad (2.5)$$

โดย  $COV_{ij}$  คือ ค่าความแปรปรวนร่วมระหว่างข้อมูล 2 ช่วงคลื่น

$y_i$  และ  $y_j$  คือ ค่าสะท้อนของจุดภาพ 2 ช่วงคลื่น (ช่วงคลื่น  $i$  และ ช่วงคลื่น  $j$ ) มีค่าตั้งแต่ 1- $n$

$\bar{y}_i$  และ  $\bar{y}_j$  คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจุดภาพ 2 ช่วงคลื่น (ช่วงคลื่น  $i$  และ ช่วงคลื่น  $j$ )

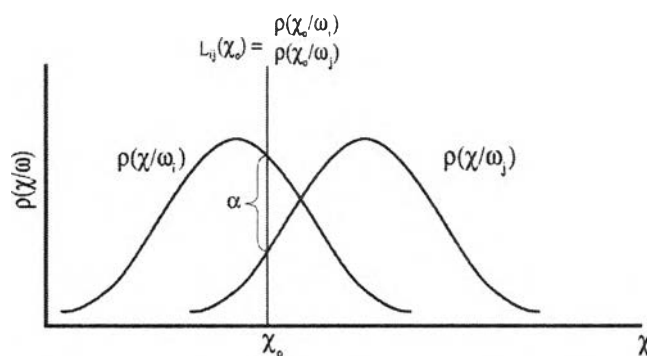
$n$  คือ จำนวนจุดภาพทั้งหมด

สำหรับค่า Covariance มาก หมายถึง ข้อมูล 2 ชุดนั้นมีความสัมพันธ์กันค่อนข้างมาก หรือมีลักษณะร่วมคล้ายคลึงกัน หากค่า Covariance น้อย หมายถึง ข้อมูล 2 ชุดนั้นมีความสัมพันธ์กันค่อนข้างต่ำ

ค่าสถิติ ซึ่งได้แก่ ค่า Min-Max, Mean, Standard Deviation, Variance และ Covariance ที่ได้นำมาสร้าง Spectral signature ของประเภทข้อมูล เพื่อดูความแตกต่างหรือความคล้ายคลึงของค่าสะท้อนพลังงานระหว่างชนิดข้อมูลต่าง ๆ ในแต่ละช่วงคลื่น โดยแสดงในรูปแบบ Histograms และ Line graphs และแสดงการจัดกลุ่มค่าสะท้อนพลังงานในรูปแบบ Scatter plots เพื่อช่วยให้สามารถจำแนกชนิดข้อมูลแต่ละชนิดออกจากกันได้อย่างชัดเจน โดยในกรณีที่ค่าสะท้อนพลังงานไม่สามารถแยกกลุ่มได้อย่างชัดเจนใน Scatter plots แสดงว่า พื้นที่ตัวอย่างที่กำหนดไม่สามารถเป็น

ตัวแทนในการจำแนกภาพดาวเทียมได้อย่างถูกต้อง จำเป็นต้องมีการกำหนดพื้นที่ตัวอย่างที่เหมาะสมต่อไป

นอกจากนี้ค่า Separability ซึ่งเป็นค่าที่ใช้วิเคราะห์ความสามารถในการจำแนกจากกันระหว่างข้อมูลแต่ละประเภท การคำนวณค่า Separability ด้วยวิธี Divergence (Swain and Davis, 1978) เป็นการคำนวณสัดส่วนความคล้ายคลึง ( $L_{ij}$ ) คือ เป็นสัดส่วนความน่าจะเป็นระหว่างประเภทการจำแนกประเภทข้อมูล  $i$  กับชนิดข้อมูล  $j$  บนสมมุติฐานของลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลที่เป็นเส้นโค้งปกติ ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงการกำหนดค่า Separability ของการจำแนก

ที่มา : Swain P. H. and Davis S. M. Remote Sensing : The Quantitative Approach. 1978

จากรูปที่ 2.2 เส้นโค้งการกระจายตัวระหว่างข้อมูล 2 ชุดที่ใช้ในการจำแนก สามารถบอกความสามารถในการจำแนกข้อมูลที่ตำแหน่ง  $x_0$  ได้จากค่า  $\alpha$  ซึ่งเป็นค่าผลต่างระหว่างความน่าจะเป็นในการจำแนกข้อมูล หมายถึง ที่ตำแหน่ง  $x_0$  ความน่าจะเป็นที่ข้อมูลถูกจำแนกเป็นชนิดข้อมูล  $i$  มากกว่าชนิดข้อมูล  $j$  โดยที่ค่า  $\alpha$  ยิ่งมีค่ามากแสดงว่าความสามารถในการจำแนกข้อมูลทั้ง 2 ชนิดออกจากกันยิ่งทำได้ดี และที่ตำแหน่งจุดตัดของเส้นโค้งสองเส้น ค่า  $\alpha$  มีค่าเท่ากับ 0 หมายถึงความน่าจะเป็นของการจำแนกข้อมูล 2 ชนิดมีค่าเท่ากัน ทำให้มีความสามารถในการจำแนกข้อมูลต่ำ จากผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณค่า Separability ด้วยวิธี Divergence (ดังสมการ 2.7) อยู่ในรูปเลขทศนิยมจำนวนน้อย ดังนั้น Jensen (1996) ได้ทำการแปลงค่าผลลัพธ์ของการคำนวณโดยวิธี Divergence ให้อยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง 2000 เพื่อเป็นการง่ายในการตีความหมาย ซึ่งเรียกว่าวิธี Transformed Divergence (ดังสมการ 2.8) โดยที่ค่า Transformed Divergence มีค่ามากกว่า 1900 ข้อมูลจะสามารถจำแนกจากกันได้ดี หากค่าอยู่ระหว่าง 1700-1900 ข้อมูลสามารถจำแนกออกจากกันได้พอใช้ และมีค่าน้อยกว่า 1700 ข้อมูลสามารถจำแนกออกจากกันได้ค่อนข้างต่ำ จนถึงค่าเท่ากับ 0 หมายถึง ข้อมูลไม่สามารถจำแนกจากกันได้

$$D_{ij} = \frac{1}{2} \text{tr}((C_i - C_j)(C_i^{-1} - C_j^{-1})) + \frac{1}{2} \text{tr}((C_i^{-1} - C_j^{-1})(\mu_i - \mu_j)(\mu_i - \mu_j)^T) \quad (2.7)$$

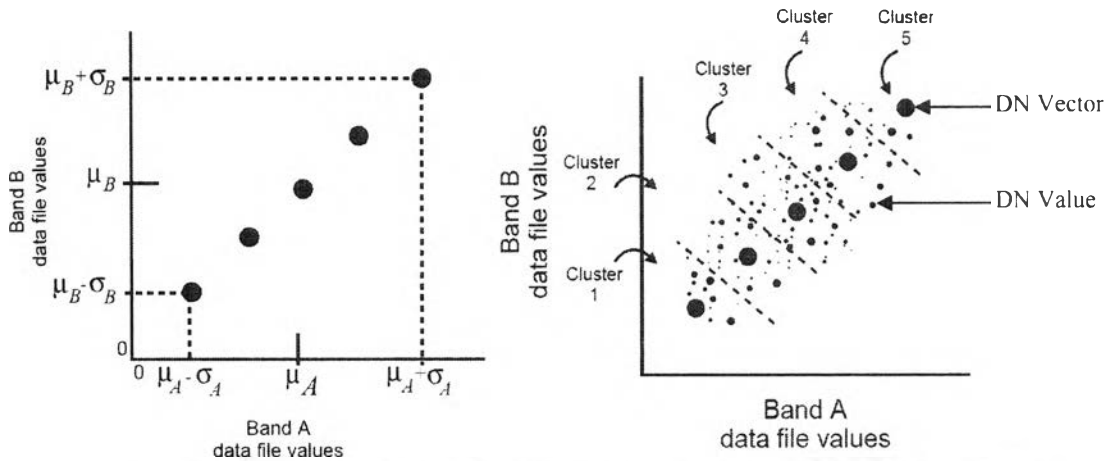
โดย $D_{ij}$	คือ	ค่า Separability ด้วยวิธี Divergence
Tr	คือ	ฟังก์ชันการหาผลรวมของสมาชิกที่อยู่ในแนวเส้นทแยงมุมของเมตริกซ์
$C_i$ และ $C_j$	คือ	เมตริกซ์ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของค่าสะท้อนในช่วงคลื่น $i$ และ ช่วงคลื่น $j$
$\mu_i$ และ $\mu_j$	คือ	เวกเตอร์ค่าเฉลี่ยของ signature ช่วงคลื่น $i$ และ ช่วงคลื่น $j$
T	คือ	ฟังก์ชันการหา Transpose matrix

$$TD_{ij} = 2000 \left( 1 - \exp \left( \frac{-D_{ij}}{8} \right) \right) \quad (2.8)$$

โดย $TD_{ij}$	คือ	ค่า Separability ด้วยวิธี Transformed Divergence
---------------	-----	--

### 2.4.3 การจำแนกข้อมูลภาพดาวเทียม

2.4.3.1 การจำแนกภาพดาวเทียมแบบ Unsupervised เป็นวิธีจำแนกประเภทที่ต้องการเพียงจำนวนประเภทข้อมูลผลลัพธ์ เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นของการประมวลผล ซึ่งเป็นวิธีการที่กำหนดจำนวนกลุ่มข้อมูล(Cluster)ให้กับคอมพิวเตอร์เพื่อคำนวณค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนร่วม แล้วแยกประเภทกลุ่มข้อมูลโดยอัตโนมัติ ตามลักษณะของคุณสมบัติค่าสะท้อนของแต่ละกลุ่มข้อมูล โดยไม่ต้องกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง (Training areas) หลังจากได้ผลลัพธ์แล้ว ต้องอาศัยข้อมูลหรือความรู้เกี่ยวกับพื้นที่ศึกษา มาตีความว่าแต่ละประเภทข้อมูลที่ได้หมายถึงสิ่งใด วิธีการจำแนกภาพดาวเทียมแบบ Unsupervised ที่นิยมใช้กันทั่วไป คือเทคนิค ISODATA (The Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique) เป็นวิธีการคำนวณค่า DN Vector ของแต่ละ Cluster และเปรียบเทียบระยะทางเชิงคลื่นที่สั้นที่สุด (Minimum spectral distance) ระหว่างจุดภาพที่กำลังพิจารณา กับ DN Vector ของแต่ละ Cluster เพื่อจัดกลุ่มให้กับจุดภาพนั้น โดยต้องกำหนดกลุ่มชั้นข้อมูล (number of class) ค่าเปอร์เซ็นต์ความคงที่ของผลการจำแนก (percent unchanged) จำนวนครั้งในการทำซ้ำ (iteration) เพื่อใช้เป็นเงื่อนไขในการคำนวณ โดยใช้เทคนิคในการคำนวณซ้ำจนกว่าจะมีค่าตามที่ตั้งเงื่อนไขไว้ เพื่อให้ทุกจุดภาพถูกจำแนกได้หมด

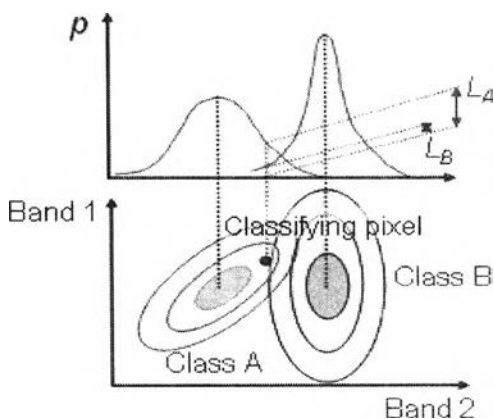


รูปที่ 2.3 แสดงหลักการจำแนกภาพแบบ Unsupervised ด้วยวิธี ISODATA

ที่มา : Leica Geosystems. ISODATA Clustering : ERDAS Field Guide. 2002

2.4.3.2 การจำแนกภาพดาวเทียมแบบ Supervised มีหลายวิธี แต่ละวิธีแตกต่างกันที่ Spectral Signature ที่สร้างขึ้น สำหรับวิธี Maximum Likelihood Classification เป็นการอาศัยหลักเกณฑ์ทางสถิติที่ได้จากการข้อมูลสนามได้มาเป็นดัชนีในการพิจารณาจำแนกชนิดข้อมูลทุกจุดภาพ ดังนั้นจุดภาพจึงถูกกำหนดให้อยู่ในชนิดข้อมูลที่มีความน่าจะเป็นสูงสุดเสมอ คือ ระยะทางยิ่งห่าง ความน่าจะเป็นยิ่งลดน้อยลง (ดังรูปที่ 2.4) และขอบเขตการตัดสินใจ(Decision Boundary) ในการจำแนกของวิธี Maximum Likelihood นี้ไม่แน่ชัด คือ บริเวณที่ค่าความน่าจะเป็นเท่ากับศูนย์ในทางหลักสถิติอยู่ที่ระยะอนันต์จากค่าเฉลี่ย ดังนั้นจึงไม่มีปัญหาเกี่ยวกับ Unclassified Pixel ทุกจุดภาพถูกจำแนกได้หมด และเกณฑ์ในการตัดสินใจ (Decision Rule) ทำตามขั้นตอนดังนี้

- คำนวณค่าความน่าจะเป็นที่จุดภาพ X หรือ  $p(X)$  จะอยู่ใน Class ต่างๆ ตั้งแต่ Class 1- n
- เปรียบเทียบ  $p(X_1) p(X_2) p(X_3)..... p(X_n)$  ที่คำนวณได้ของทุก Class
- กำหนดให้จุดภาพที่พิจารณาอยู่ใน Class ที่ A ถ้าหาก  $p(X_A)$  มีค่าสูงสุด



$L_A$  คือ  $p(X_A)$  ความน่าจะเป็นได้ที่ข้อมูลจะถูกจัดอยู่ใน Class A  
 $L_B$  คือ  $p(X_B)$  ความน่าจะเป็นได้ที่ข้อมูลจะถูกจัดอยู่ใน Class B

รูปที่ 2.4 แสดงหลักการจำแนกภาพแบบ Supervised ด้วยวิธี Maximum Likelihood Classification

ที่มา : Shunji Murai. Maximum Likelihood Method : Basin of Remote Sensing. 2004

#### 2.4.4 การตรวจสอบผลการจำแนก

การตรวจสอบผลการจำแนกด้วยวิธี Classification Error Matrix (Congalton and Green, 1999) โดยการสร้างตาราง Error Matrix แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลเชิงปริมาณของผลลัพธ์ที่ได้จากการจำแนกและข้อมูลได้จากการสำรวจจากพื้นที่จริง ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ตาราง Error Matrix

		j = columns (reference)			
		row total			
		1	2	k	$n_{i+}$
i = rows (classification)	1	$n_{11}$	$n_{12}$	$n_{1k}$	$n_{1+}$
	2	$n_{21}$	$n_{22}$	$n_{2k}$	$n_{2+}$
	k	$n_{k1}$	$n_{k2}$	$n_{kk}$	$n_{k+}$
column total	$n_{+j}$	$n_{+1}$	$n_{+2}$	$n_{+k}$	$n$

โดย  $n_{ij}$  คือ จำนวนจุดภาพที่จำแนกได้ถูกต้อง

$n_{i+}$  คือ จำนวนจุดภาพที่จำแนกทั้งหมดของชั้นข้อมูลชนิดหนึ่ง ๆ ที่มาจากการจำแนก

$n_{+j}$  คือ จำนวนจุดภาพที่จำแนกทั้งหมดของชั้นข้อมูลชนิดหนึ่ง ๆ ที่มาจากการสำรวจจากพื้นที่จริง

k คือ จำนวนชั้นข้อมูลทั้งหมด

n คือ จำนวนจุดภาพทั้งหมด

การประเมินค่าความถูกต้องของผลการจำแนก แบ่งออกได้เป็น 3 วิธี ดังนี้

1.) ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) เป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงความถูกต้องทั้งหมด คำนวณได้โดยผลรวมของจำนวนจุดภาพที่จำแนกได้ถูกต้องหารด้วยจำนวนจุดภาพทั้งหมดและคำนวณออกมาเป็น% ดังสมการ 2.9

$$\text{Overall accuracy} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^k n_{ii} \quad (2.9)$$

2.) ค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (Product's accuracy หรือ Omission error) เป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงความผิดพลาดของข้อมูลที่สนใจที่ถูกจำแนกไปเป็นข้อมูลประเภทอื่น ๆ คำนวณได้

โดยใช้จำนวนจุดภาพที่จำแนกได้ถูกต้องทั้งหมดของชั้นข้อมูลชนิดหนึ่ง ๆ หารด้วยจำนวนจุดภาพทั้งหมดของชั้นข้อมูลนั้น ซึ่งได้จากการสำรวจจากพื้นที่จริง และคำนวณออกมาเป็น % ดังสมการ 2.10

$$\text{Product's accuracy}_j = \frac{n_{jj}}{n_{+j}} \quad (2.10)$$

3.) ค่าความถูกต้องของผู้ใช้ (User's accuracy หรือ Commission error) เป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงความผิดพลาดของข้อมูลประเภทอื่นที่ถูกจำแนกมาเป็นข้อมูลที่สนใจ คำนวณได้โดยใช้จำนวนจุดภาพที่จำแนกได้ถูกต้องทั้งหมดของชั้นข้อมูลชนิดหนึ่ง ๆ หารด้วยจำนวนจุดภาพทั้งหมดของชั้นข้อมูลนั้น ที่มาจากการจำแนก และคำนวณออกมาเป็น % ดังสมการ 2.11

$$\text{User's accuracy}_i = \frac{n_{ii}}{n_{i+}} \quad (2.10)$$

การตรวจสอบผลการจำแนก มีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะการจะนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการทำงานให้มีประสิทธิภาพต่อไป จะต้องทราบว่าผลลัพธ์มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด

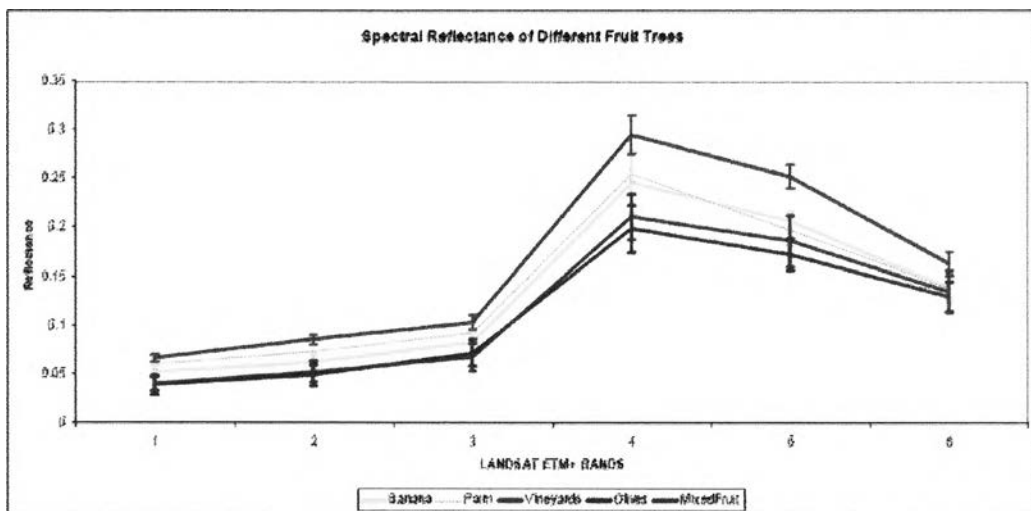
## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธัญวรรณ์ อนันต์ และ สุภาพิศ ผลงาม (2546) ได้ทำการศึกษาประเมินความเป็นไปได้ของการประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียม ASTER ในประเทศไทย ด้วยกระบวนการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลดาวเทียม โดยใช้เทคนิคต่าง ๆ เพื่อแสดงความแตกต่างของประเภทข้อมูลสิ่งปกคลุมดินที่ชัดเจนง่ายต่อการจำแนกข้อมูล เช่น การหาดัชนีพืชพรรณ การใช้ระบบสี การหาอัตราส่วนระหว่างแบนด์ และการหาค่าประกอบหลัก นอกจากนี้ยังได้นำข้อมูลภาพ ASTER มาผสมผสานกับข้อมูลดาวเทียมอื่น ๆ เช่น IRS ระบบ PAN เพื่อเพิ่มรายละเอียดและความคมชัดของข้อมูลเช่น ผลการศึกษาพบว่า ข้อมูลในช่วงคลื่น VNIR สามารถให้ความแตกต่างของประเภทข้อมูลสิ่งปกคลุมดินได้ดี และแยกแยะชนิดป่าไม้ได้ชัดเจน ข้อมูลในช่วงคลื่น SWIR สามารถจำแนกชนิดพื้นที่เกษตรกรรมประเภทนาและสวนผลไม้ผสม และข้อมูลในช่วงคลื่น TIR สามารถแยกแยะพื้นที่แหล่งชุมชนที่มีความหนาแน่นแตกต่างกันได้ดี

Sheffield (1985) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับพืชจากภาพดาวเทียมหลายช่วงคลื่น Landsat TM โดยสรุปการเลือกใช้ช่วงคลื่นไว้คือ ใช้ช่วงคลื่น Visible(B3 : Red) วัดค่าที่สะท้อนออกจากส่วนที่มีการดูดกลืนพลังงานในใบพืช ใช้จำแนกชนิดพืช พื้นที่เพาะปลูก ใช้ช่วงคลื่น NIR(B4) ติดตามการ

เพาะปลูกพืช และแยกส่วนที่เป็นน้ำออกจากส่วนอื่น และใช้ช่วงคลื่น SWIR(B5) ใช้วัดปริมาณน้ำในใบพืชหรือปริมาณความชื้นในพืช รวมทั้งใช้จำแนกชนิดแร่ธาตุและชนิดของหิน

Khaldoun, Neil, Nader and Jad (2002) ได้ทำการจำแนกประเภทข้อมูลสิ่งปกคลุมดินทั่วไป และประเภทข้อมูลในระดับความละเอียดเป็นชนิดพืช ได้แก่ พื้นที่ชุมชน, เส้นทางคมนาคม, ป่าไม้, ทุ่งหญ้า, พื้นที่ว่าง, ข้าวสาลี, พืชผักต่าง ๆ , พื้นที่ปลูกปาล์ม, กัญชง, มะกอกน้ำ, ไร่องุ่น, ไม้ตระกูลมะนาว มะกรูด, สวนผลไม้ผสม และแหล่งน้ำ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพของข้อมูลภาพ LANDSAT-7 ETM+



รูปที่ 2.5 แสดง Spectral profile ของประเภทข้อมูลชนิดไม้ผลที่แตกต่างกัน

ที่มา : Using medium-high spatial resolution satellite data to monitor biomass changes in the Dead Sea Basin. <http://www.cstars.ucdavis.edu/~driano/Riano2002b.pdf>

Khaldoun al et. สรุปผลการศึกษา คือ ในช่วงคลื่นกลุ่ม Visible ไม่สามารถแยกแยะสวนผลไม้ผสม มะกอกน้ำ และกัญชง ออกจากกันได้ โดยทั้งสามประเภทข้อมูลมีค่าสะท้อนต่ำและซ้อนทับกันอยู่ในช่วง Visible สำหรับช่วงคลื่น NIR และ MIR สามารถแยกข้อมูลของพื้นที่ไร่องุ่น ไม้ผลอื่น ๆ และสวนผลไม้ผสม ออกจากกันได้ดี โดยข้อมูลไร่องุ่นและปาล์มจะมีค่าสะท้อนสูงในช่วงคลื่น NIR โดยสรุปแล้วข้อมูลภาพ LANDSAT ETM+ ยังมีศักยภาพไม่พอเพียงที่จะแยกประเภทข้อมูลในระดับความละเอียดเป็นชนิดพืช ได้ยกเว้น ไร่องุ่น

จากการศึกษาของ Armando A.A. and Andries B.P.,2002. โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-7 ETM+ มาทำแผนที่พื้นที่เพาะปลูกพืชเพื่อใช้ในการคาดคะเนผลิตผล ด้วยการจำแนก Detailed-level crop type ได้แก่ ข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ และถั่วเขียว พบว่า ข้าวสาลีและข้าวบาร์เลย์ มีค่าสะท้อนพลังงานที่ใกล้เคียงกันทำให้ไม่สามารถแยกออกจากกันได้ ส่วนถั่วเขียว



สามารถแยกออกจากข้าวสาลีและข้าวบาร์เลย์ได้อย่างชัดเจน และเมื่อทำการจำแนก Broad-level crop type ได้แก่ พื้นที่เพาะปลูก พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่นาข้าวหลังการเก็บเกี่ยว พื้นที่ว่าง ทุ่งหญ้า และแหล่งน้ำ ผลการจำแนกสามารถแยกแต่ละชนิดออกจากกันได้อย่างเป็นดี มีความถูกต้องของการจำแนกเป็น 86% จากการศึกษานี้ได้ขอเสนอแนะในการจำแนก Detailed-level crop type ไว้ว่า หากใช้ข้อมูลจากภาพดาวเทียมที่มีศักยภาพพอเพียงทั้งทางคุณสมบัติเชิงพื้นที่และเชิงคลื่นจะทำให้สามารถแยกชนิดพืชพรรณที่มีค่าสะท้อนพลังงานที่ใกล้เคียงกันได้ดียิ่งขึ้น

Mendoza al et. (2004) ได้ศึกษาการทำแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจากข้อมูลในช่วงคลื่น VNIR และ SWIR ของภาพดาวเทียม ASTER/TERRA โดยผสมข้อมูลหลายช่วงคลื่นออกเป็น 10 ชุด ได้แก่ [2,3,4] [2,3,4,5], [2,3,4,6], [2,3,4,7], [2,3,4,8], [2,3,4,9], [1,2,3], [1,3,8], [3,4,6] และ [1,2,3,4,5,6,7,8,9] เพื่อทำการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธีการ Neural Network ผลจากการจำแนกประเภทข้อมูลพบว่า ช่วงคลื่นสีแดง B2 (630-690 nm) และช่วงคลื่น NIR B3 (760-860 nm) สามารถให้ข้อมูลที่แตกต่างกันได้ดี มีประโยชน์ต่อการจำแนกประเภทข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยเฉพาะช่วงคลื่น SWIR B4 (1600-1700 nm) ที่สามารถแยกข้อมูลต่างประเภทได้ดีที่สุด จากการศึกษาได้ขอเสนอแนะว่า หากใช้ข้อมูลช่วงคลื่น SWIR B8 (2295-2365 nm) ผสมกับช่วงคลื่น SWIR B6 (2185-2225 nm) จะสามารถแยกแยะประเภทข้อมูลต่างๆ ได้ดียิ่งขึ้น

Vani and Sanjeevi (1999) ได้สรุปว่า การรวมข้อมูลภาพ VNIR และ SWIR ของข้อมูลดาวเทียม ASTER จะช่วยให้ได้ข้อมูลใหม่ที่รวมคุณสมบัติที่เด่นทั้งความละเอียดเชิงพื้นที่และเชิงช่วงคลื่นของแต่ละข้อมูลไว้ด้วยกัน ซึ่งจะช่วยให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้นและเป็นประโยชน์ในการตีความข้อมูลภาพดาวเทียม ผลจากการศึกษาได้พบว่าการรวมข้อมูล VNIR และ SWIR สามารถจำแนกแหล่งชุมชน ชนิดหิน และดิน ออกจากกันได้ชัดเจน และกันขอบเขตของพื้นที่ที่เป็นพืชพรรณและป่าไม้ รวมทั้งแยกเส้นทางถนนได้ชัดเจนมากกว่าจากการใช้ข้อมูลภาพ VNIR หรือ SWIR เพียงอย่างเดียว