

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

1. ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเชิงตัวเลข SPOT-4 ระบบหลายช่วงคลื่น ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 20 เมตร Path 260 Row 322 ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของจังหวัดกาญจนบุรี (อำเภอเมืองกาญจนบุรี อำเภอบ่อพลอย อำเภอพนมทวน อำเภอท่าม่วง และอำเภอด่านมะขามเตี้ย) ซึ่งบันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 9 มกราคม พ.ศ. 2549 และวันที่ 21 ธันวาคม พ.ศ. 2551 ดังแสดงในภาพที่ 3.1 ก. และ ข.

2. โปรแกรมประมวลผลข้อมูลด้านรีโมทเซนซิง ERDAS IMAGINE Version 9.2

3. โปรแกรมประมวลผลข้อมูลด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGIS Version 9.2

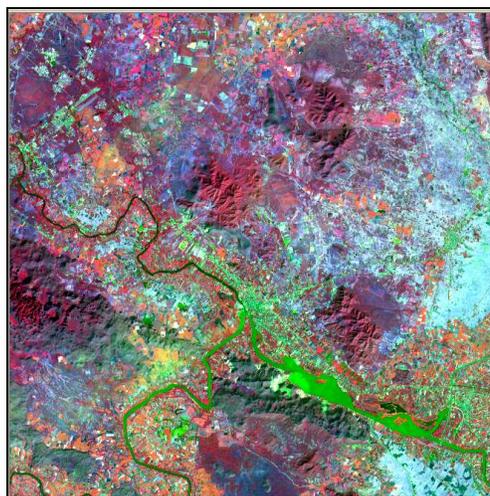
4. โปรแกรมประมวลผลข้อมูลทางสถิติ MINITAB Version 14

5. เครื่องบอกพิกัดทางภูมิศาสตร์ด้วยดาวเทียม (Global Positioning System: GPS) ยี่ห้อ GARMIN™ รุ่น GPS

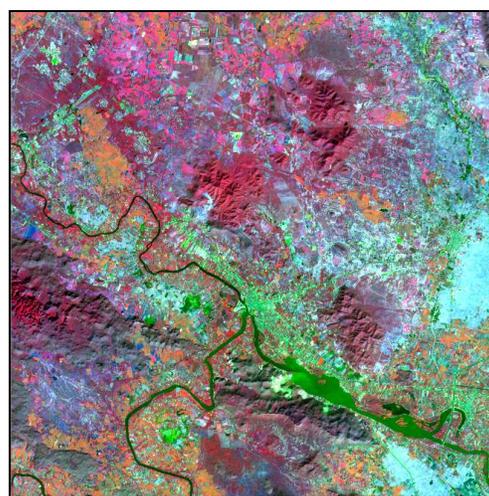
ภาพที่ 3.1

ภาพดาวเทียมเชิงตัวเลข SPOT-4 (RGB: 134)

ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของจังหวัดกาญจนบุรี



ก. บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 9 มกราคม พ.ศ. 2549



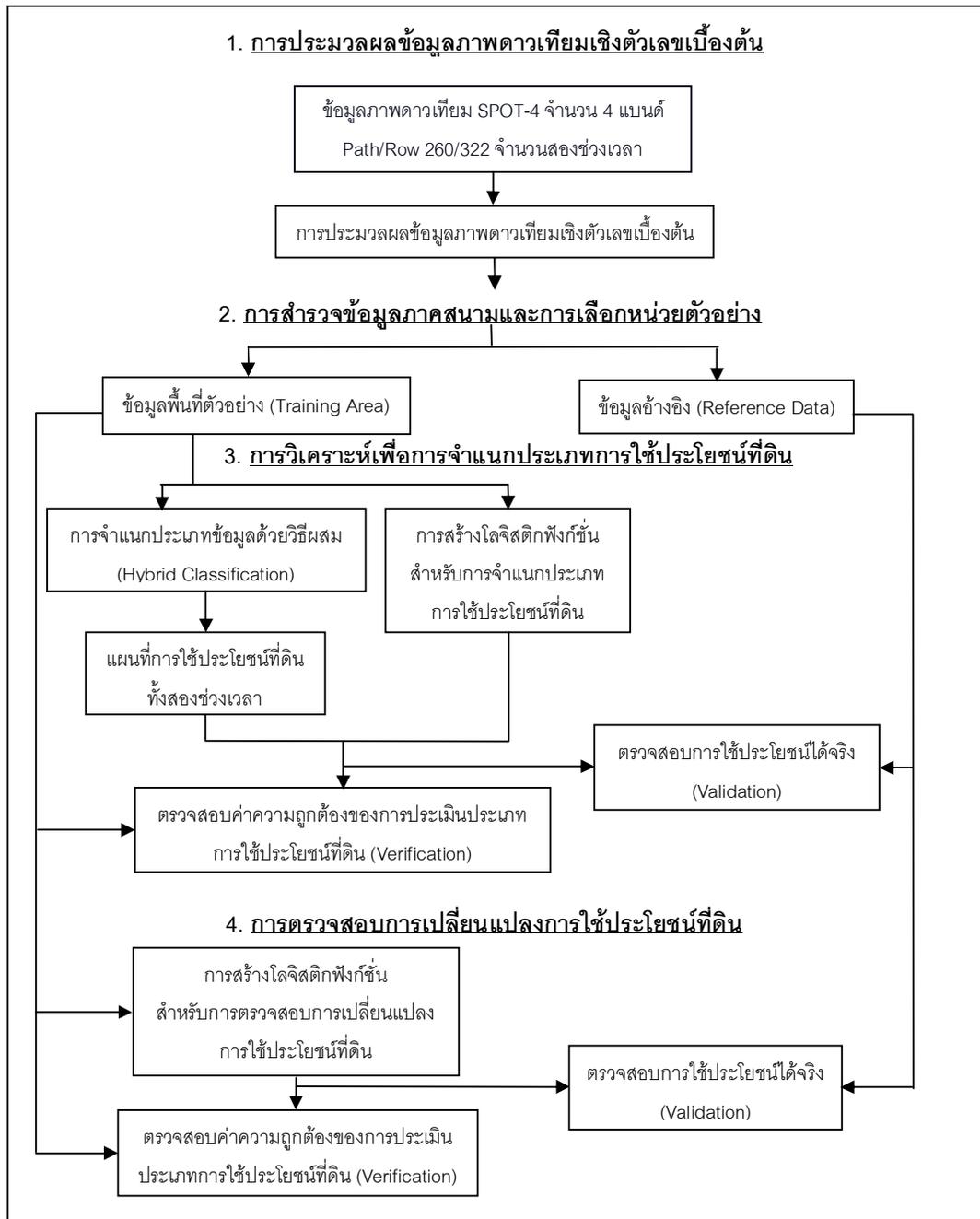
ข. บันทึกข้อมูลวันที่ 21 ธันวาคม พ.ศ. 2551

วิธีการ

การศึกษาคือความเป็นไปได้ของการประยุกต์ใช้โดจินติกรีเกรสชันในการจำแนกและตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลภาพดาวเทียมเชิงตัวเลข ประกอบด้วยขั้นตอนการศึกษาออกเป็น 4 ขั้นตอน (ภาพที่ 3.2) ดังนี้

1. การประมวลผลข้อมูลภาพดาวเทียมเชิงตัวเลขเบื้องต้น
2. การสำรวจข้อมูลภาคสนามและการเลือกหน่วยตัวอย่าง
3. การวิเคราะห์เพื่อการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน
4. การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ภาพที่ 3.2
 ขั้นตอนการศึกษาการประยุกต์ใช้โลจิสติกส์เกรสชันในการจำแนก
 และตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน
 จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเชิงตัวเลข



โดยในแต่ละขั้นตอนนั้น มีวิธีการและรายละเอียดตามลำดับดังต่อไปนี้

1. การประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายเทียมเชิงตัวเลขเบื้องต้น

สำหรับการจัดเตรียมข้อมูลเบื้องต้นก่อนการวิเคราะห์ตามกระบวนการการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายเทียมเชิงตัวเลขในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ มีลำดับขั้นตอนและกระบวนการเบื้องต้นดังต่อไปนี้

1. การจัดหาข้อมูลภาพถ่ายเทียมเชิงตัวเลข (Digital Image Acquisition) ในการศึกษาครั้งนี้มีการนำข้อมูลภาพถ่ายเทียมเชิงตัวเลข SPOT-4 ระบบหลายช่วงคลื่นจำนวน 4 แบนด์ ซึ่งบันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 9 มกราคม พ.ศ. 2549 และวันที่ 21 ธันวาคม พ.ศ. 2551 จำนวนสองช่วงเวลา ซึ่งบันทึกข้อมูลอยู่ในรูปแบบไฟล์ Geotiff ที่มีรายละเอียดข้อมูลภาพ (Resolution) 20 เมตร ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีเมฆปกคลุมน้อยและได้มีการปรับแก้ค่าความผิดพลาดเชิงรังสีมาแล้ว โดยทำการจัดซื้อมาจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) หรือ สทอภ. (GISTDA)

2. การนำเข้าข้อมูลเชิงตัวเลข (Digital Image Import) สำหรับใช้ในการวิเคราะห์เป็นการนำข้อมูลภาพถ่ายเทียมเชิงตัวเลข SPOT-4 ทั้งสองช่วงเวลาดังกล่าวข้างต้น ซึ่งบันทึกข้อมูลอยู่ในแผ่นซีดีรอมนำเข้าลงในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ โดยทำการรวมชั้นข้อมูล (Stack Layer) ของ Band 1 2 3 และ 4 ของข้อมูลภาพถ่ายเทียมเชิงตัวเลข SPOT-4

3. การจัดเตรียมข้อมูลภาพสำหรับใช้ในการออกภาคสนาม โดยการนำข้อมูลภาพถ่ายเทียมเชิงตัวเลขทั้งสองช่วงเวลาทำการตัดข้อมูลภาพตามที่ต้องการแล้ว มาจัดพิมพ์ภาพทั้งสองช่วงเวลาและภาพการเปลี่ยนแปลงเบื้องต้นโดยใช้ชุดโปรแกรมประมวลผลข้อมูลด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGIS Version 9.2 เพื่อนำไปใช้ประกอบในการสำรวจภาคสนามต่อไป

2. การสำรวจข้อมูลภาคสนามและการเลือกหน่วยตัวอย่าง

2.1 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม

ในการสำรวจข้อมูลภาคสนามเพื่อกำหนดหน่วยตัวอย่างนั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เป็นจริงของหน่วยตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ซึ่งในเบื้องต้นนั้น ได้แบ่งตามแนวทางของกรมพัฒนาที่ดิน (2546) โดยจัดแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 5 ประเภทหลัก ๆ คือ ป่าไม้ แหล่งน้ำ เกษตรกรรม เมืองและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่เบ็ดเตล็ด ซึ่งแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินนั้นได้แสดงคุณลักษณะไว้ในตารางที่ 3.1 และแสดงตัวอย่างลักษณะของการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทไว้ในภาพที่ 3.3 ในการเลือกตัวอย่างเพื่อใช้ในการตรวจสอบข้อมูลภาคสนามนั้นได้มีการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่ม (Verbyla & Hammond, 2007) คือ

- กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็น Training Area นั้น เป็นกลุ่มของหน่วยตัวอย่างเพื่อนำมาใช้เป็นฐานในการประมาณประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยการนำมาใช้ในการจัดสร้างค่าทางสถิติเพื่อใช้ในการประมาณประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธี Supervised Classification เทคนิค Maximum Likelihood รวมทั้งใช้เป็นหน่วยตัวอย่างในการจัดสร้างฟังก์ชันโลจิสติกจากการวิเคราะห์โลจิสติกรีเกรสชันทั้งฟังก์ชันที่ใช้ในการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน และฟังก์ชันที่ใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

- กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็น Reference Data นั้น เป็นกลุ่มของหน่วยตัวอย่างที่ใช้สำหรับตรวจสอบค่าความถูกต้องในการประมาณประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยทั่วไปแล้วไม่นิยมใช้ข้อมูลหน่วยตัวอย่างที่เป็น Training Area มาทำการตรวจสอบค่าความถูกต้อง เนื่องจากจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการตีความ

ตารางที่ 3.1
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ใช้ในการศึกษา
พื้นที่บางส่วนของจังหวัดกาญจนบุรี

ลำดับที่	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	คำอธิบาย
1	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด รวมทั้งป่าผลัดใบ ป่าไม่ผลัดใบ และสวนป่า
2	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่นาข้าว พืชไร่ ไม้ผล สวนผสม พื้นที่ที่มีการไถเพื่อเตรียมการปลูก พื้นที่ที่ทิ้งไว้ภายหลังจากที่มีการเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว รวมทั้งพื้นที่ทิ้งร้างที่มีไม้ยืนต้นขึ้นกระจัดกระจาย
3	พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง	พื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้างทุกประเภท รวมทั้งที่อยู่อาศัย สนามบิน สถานีรถไฟ โรงไฟฟ้า สถานที่ราชการ นิคมอุตสาหกรรม โรงงานอุตสาหกรรม ลานตากพืชผลทางการเกษตร สุสาน สิ่งปลูกสร้างที่เกี่ยวกับการบริการท่องเที่ยว เชื้อน
4	พื้นที่แหล่งน้ำ	แหล่งน้ำธรรมชาติ อันหมายถึง แม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง และแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น อันได้แก่ อ่างเก็บน้ำ คลองชลประทาน บ่อน้ำในไร่นา
5	พื้นที่เบ็ดเตล็ด	พื้นที่ทุ่งหญ้า ไม้พุ่ม พื้นที่ที่มีทุ่งหญ้าสลับไม้พุ่ม พื้นที่ชุ่มน้ำ ที่หินไหล ที่ทิ้งขยะ

ที่มา: “การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน,” โดย กรมพัฒนาที่ดิน, ตุลาคม 2546.

ภาพที่ 3.3
ตัวอย่างลักษณะของการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท
พื้นที่บางส่วนของจังหวัดกาญจนบุรี



การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าไม้



การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเกษตรกรรม



การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเมืองและสิ่งปลูกสร้าง



การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทแหล่งน้ำ



การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเหมืองแร่

ทั้งนี้ ได้ทำการกำหนดจุดสำรวจจากข้อมูลภาพที่ได้จัดเตรียมไว้ข้างต้น โดยพิจารณาจากสีและคุณลักษณะของสีที่ปรากฏในภาพ ประกอบกับการเปลี่ยนแปลงของสีและลักษณะของสีระหว่างข้อมูลภาพทั้งสองเวลา ทั้งนี้เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์หนึ่งของการศึกษาครั้งนี้ โดยพื้นที่ที่กำหนดให้เป็นพื้นที่ตัวอย่างนั้น จะต้องมีความกว้างของพื้นที่ไม่น้อยกว่า 3x3 จุดภาพ (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2540) ทั้งนี้จำนวนหน่วยตัวอย่างของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในกรณีของกลุ่มหน่วยตัวอย่าง Training Area ควรจะต้องมีไม่น้อยกว่าประเภทละ 50 หน่วยตัวอย่าง และสำหรับในกลุ่มหน่วยตัวอย่าง Reference Data นั้น ควรจะต้องมีไม่น้อยกว่าประเภทละ 100 หน่วยตัวอย่าง (Congalton & Green, 1999) โดยในการศึกษาครั้งนี้ กำหนดไว้ที่ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างน้อยประเภทละ 1,000 หน่วยตัวอย่าง ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับข้อกำหนดดังกล่าว

โดยในการดำเนินการ ณ จุดสำรวจเมื่อได้เข้าไปถึงพื้นที่ที่กำหนดแล้วแต่ละจุดนั้น ได้ทำการบันทึกตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์บนพื้นโลกของจุดสำรวจนั้น เครื่องบอกพิกัดทางภูมิศาสตร์ด้วยดาวเทียมยี่ห้อ GARMIN™ รุ่น GPS แล้วพิจารณาจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เป็นจริง ณ จุดสำรวจนั้น ตามข้อกำหนดในตารางที่ 3.1 ทั้งนี้การพิจารณาเกี่ยวกับประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2549 นั้น ได้ทำการสอบถามจากบุคคลในพื้นที่ เพื่อให้การกำหนดประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินมีความถูกต้อง รวมถึงมีการสอบถามจากบุคคลในพื้นที่ในกรณีที่มีข้อสงสัยเกี่ยวกับลักษณะของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ปรากฏกับลักษณะของสีที่แสดงในแผนที่ที่ใช้ประกอบนั้น

2.2 การจัดแบ่งกลุ่มหน่วยตัวอย่าง

สำหรับการจัดแบ่งกลุ่มหน่วยตัวอย่างจากข้อมูลของพื้นที่ตัวอย่างที่ได้จากการสำรวจข้างต้นนั้น นำไปจัดสร้างชั้นข้อมูลของหน่วยตัวอย่างหรือที่เรียกว่า Area of Interest (AOI) ซึ่งใช้เป็นกรอบหลักของพื้นที่ตัวอย่างของข้อมูลจากทั้งสองช่วงเวลา จากนั้นกำหนดประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เป็นจริงในปี พ.ศ. 2549 และปี พ.ศ. 2551 ให้กับจุดภาพตัวอย่างทั้งหมดในกรอบพื้นที่ AOI

จากนั้นทำการสร้างเมทริกซ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2549 และปี พ.ศ. 2551 ของหน่วยตัวอย่างในกรอบของ AOI ที่ได้กำหนดไว้ (ตารางที่ 3.2) แล้วนำเมทริกซ์ที่ได้นี้ไปใช้ในการกำหนดจำนวนหน่วยตัวอย่างให้กับแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินของข้อมูลภาพทั้งสองช่วงเวลา โดยให้พิจารณาจากหน่วยตัวอย่างของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2549 เป็นหลัก ทั้งนี้จำนวนหน่วยตัวอย่างของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละปีนั้นจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดข้างต้นที่ได้กล่าวถึงก่อนหน้านี้ ทั้งนี้จำนวนหน่วยตัวอย่างรวมในแต่ละสมาชิกของเมทริกซ์การเปลี่ยนแปลงนั้น เป็นจำนวนหน่วยตัวอย่างรวมของทั้งกลุ่มหน่วยตัวอย่าง Training Area และ Reference Data

สำหรับการจัดแบ่งกลุ่มของหน่วยตัวอย่างที่เป็นกลุ่มหน่วยตัวอย่าง Training Area และ Reference Data นั้น ให้ใช้เทคนิคการเลือกหน่วยตัวอย่างอย่างสุ่ม (Random Sampling) ตามจำนวนหน่วยตัวอย่างที่ได้กำหนดข้างต้น

ตารางที่ 3.2

จำนวนหน่วยตัวอย่างที่มีการเปลี่ยนแปลงในกรอบพื้นที่ตัวอย่าง
(Area of Interest: AOI)

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในปีที่หนึ่ง	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในปีที่สอง				
	1	2	3	k	Row Total
1	n_{11}	c_{12}	c_{13}	c_{1k}	n_{1+}
2	c_{21}	n_{22}	c_{23}	c_{2k}	n_{2+}
3	c_{31}	c_{32}	n_{33}	c_{3k}	n_{3+}
k	c_{k1}	c_{k2}	c_{k3}	c_{+k}	n_{k+}
Column Total	n_{+1}	n_{+2}	n_{+3}	n_{+k}	n

เมื่อ i, j คือ ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน 1, 2, 3, ..., k

c_{+k} คือ จำนวนหน่วยตัวอย่างที่มีการเปลี่ยนแปลงจากเดิม

3. การวิเคราะห์เพื่อการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

สำหรับในขั้นตอนนี้ เป็นการวิเคราะห์เพื่อการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ด้วยวิธี Hybrid Classification และการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้ฟังก์ชันโลจิสติก ซึ่งมีขั้นตอนและวิธีการดังต่อไปนี้

3.1 การวิเคราะห์เพื่อการจำแนกข้อมูลด้วยวิธีผสม (Hybrid Classification) โดยในขั้นแรกทำการจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล (Unsupervised Classification) ด้วยเทคนิคแบบ ISODATA (Iterative Self-Organizing Data Analysis) เพื่อจัดแบ่งข้อมูลภาพดาวเทียมเชิงตัวเลขในพื้นที่ศึกษาออกเป็นกลุ่ม ๆ ตามความคล้ายคลึงของค่าการสะท้อนแสง หรือค่า Digital Number (DN Value) โดยในเบื้องต้นนี้กำหนดให้มีจำนวนกลุ่มของการประมวลผลข้อมูลเบื้องต้น จำนวน 80 กลุ่ม (Classes) และการจำแนกด้วยวิธีกำกับดูแล (Supervised Classification) ด้วยเทคนิค Maximum Likelihood เพื่อจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ออกเป็น 5 ประเภทหลักตามที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยใช้ชุดโปรแกรมประมวลผลข้อมูล ERDAS IMAGINE Version 9.2

เมื่อทำการวิเคราะห์การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธีการดังกล่าวเสร็จแล้ว จึงนำข้อมูลประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากการวิเคราะห์มาทำการตรวจสอบความถูกต้อง (Verification) โดยการนำมาเปรียบเทียบกับประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เป็นจริงกับกลุ่มหน่วยตัวอย่าง Training Area และจัดสร้างตารางคำนวณค่าความผิดพลาดจากการจำแนก (Error Matrix) (ตารางที่ 3.3) เพื่อทำการวิเคราะห์ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) ค่าความถูกต้องในระดับผู้ผลิต (Producer's Accuracy) ค่าความถูกต้องในระดับผู้ใช้ (User's Accuracy) และค่าสัมประสิทธิ์ Kappa (Kappa Coefficient) และทำการตรวจสอบการใช้ประโยชน์ได้จริง (Validation) โดยการนำมาเปรียบเทียบกับกลุ่มหน่วยตัวอย่าง Reference Data ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบผลการจำแนกประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากการวิเคราะห์กับประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เป็นจริงที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม โดยใช้ขั้นตอนเดียวกันกับการตรวจสอบความถูกต้องดังที่ได้กล่าวไปแล้ว

ตารางที่ 3.3

ตารางคำนวณค่าความผิดพลาด (Error Matrix)

Classified Data	Actual Land Use Type				
	1	2	3	k	Row Total
1	n_{11}	n_{12}	n_{13}	n_{1k}	n_{1+}
2	n_{21}	n_{22}	n_{23}	n_{2k}	n_{2+}
3	n_{31}	n_{32}	n_{33}	n_{3k}	n_{3+}
k	n_{k1}	n_{k2}	n_{k3}	n_{kk}	n_{k+}
Column Total	n_{+1}	n_{+2}	n_{+3}	n_{+k}	n

ที่มา: “Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Praces,” by Congalton and Green, 1999.

เมื่อ n_{ij} คือ จำนวนหน่วยตัวอย่างประเภทที่ j ที่ถูกประมาณเป็นประเภทที่ i
 i, j คือ ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน 1, 2, 3, ..., k

ในการคำนวณค่าความถูกต้องโดยรวมนั้น สามารถคำนวณได้จากการนำผลรวมของจำนวนจุดภาพที่ประมาณได้ถูกต้องในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน (จำนวนตามแนวทแยงมุม) หารด้วยจำนวนจุดภาพของหน่วยตัวอย่างทั้งหมด ส่วนการคำนวณค่าความถูกต้องในระดับผู้ผลิตของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินสามารถคำนวณได้จากจำนวนจุดภาพที่ประมาณได้ถูกต้องในการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทนั้น ๆ หารด้วยจำนวนจุดภาพตัวอย่างทั้งหมดของการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเดียวกัน และการคำนวณค่าความถูกต้องในระดับผู้ใช้นั้นทำการคำนวณได้จากจำนวนจุดภาพที่ประมาณได้ถูกต้องในการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทนั้น ๆ หารด้วยจำนวนจุดภาพที่ถูกประมาณเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทนั้น รวมทั้งการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ Kappa ดังแสดงสูตรการคำนวณค่าความถูกต้องทั้งหมดที่ได้กล่าวไปแล้วในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4
 สูตรที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าความถูกต้องประเภทต่าง ๆ
 (Accuracy Assessment)

ประเภทค่าความถูกต้อง	สูตรในการคำนวณค่าความถูกต้องต่าง ๆ
ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy)	$\frac{\sum_{i=1}^k n_{ii}}{n}$
ค่าความถูกต้องในระดับผู้ผลิต (Producer's Accuracy)	$\frac{n_{ij}}{n_{+j}}$
ค่าความถูกต้องในระดับผู้ใช้ (User's Accuracy)	$\frac{n_{ii}}{n_{i+}}$
ค่าสัมประสิทธิ์ Kappa (Kappa Coefficient)	$K = \frac{n \sum_{i=1}^k n_{ii} - \sum_{i=1}^k n_{i+} n_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^k n_{i+} n_{+i}}$

ที่มา: "Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Praces," by Congalton and Green, 1999.

- เมื่อ i คือ แถว (Row) และ j คือ คอลัมน์ (Column)
- n_{+j} คือ ผลรวมของคอลัมน์ที่ j
- n_{i+} คือ ผลรวมของแถวที่ i
- n คือ จำนวนหน่วยตัวอย่าง

3.2 การจำแนกประเภทด้วยวิธีการจัดสร้างฟังก์ชันโลจิสติก ซึ่งการจำแนกด้วยวิธีการนี้นั้นจะใช้ข้อมูลหน่วยตัวอย่างในกลุ่มของ Training Area วิเคราะห์เพื่อจัดสร้างโลจิสติกฟังก์ชัน แบบ Binary Logistic Regression โดยใช้ชุดโปรแกรมประมวลผลข้อมูลทางสถิติ MINITAB Version 14 จากนั้นจึงทำการตรวจสอบความถูกต้องของฟังก์ชันกลุ่มหน่วยตัวอย่าง Training Area (Verification) และนำฟังก์ชันโลจิสติกที่ได้จากการจัดสร้างนั้นไปประมาณประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินกลุ่มหน่วยตัวอย่าง Reference Data (Validation) แล้วจัดสร้างตารางคำนวณค่าความผิดพลาดจากการประมาณโดยเปรียบเทียบประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ประมาณได้กับประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เป็นจริง และวิเคราะห์ความถูกต้องประเภทต่าง ๆ ที่ได้กล่าวถึงข้างต้น ทั้งนี้การกำหนดกลุ่มหรือประเภทนั้นให้พิจารณาจากค่าความน่าจะเป็นที่สูงสุดเป็นหลัก

4. การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้โลจิสติกรีเกรสชันนี้ ได้ใช้เทคนิคการวิเคราะห์โลจิสติกรีเกรสชัน แบบ Binary Logistic Regression โดยมีค่า DN ของแบนด์ 1 2 3 และ 4 ของทั้งสองช่วงเวลาเป็นตัวแปรอิสระ (B106, B206, ..., B308, B408 เป็นค่า DN ของแบนด์ 1 2 3 และ 4 ของข้อมูลภาพถ่ายเทียมเชิงตัวเลขในปี พ.ศ. 2549 หรือปี ค.ศ. 2006 และปี พ.ศ. 2551 หรือปี ค.ศ. 2008 ตามลำดับ) และการเปลี่ยนแปลง/ไม่เปลี่ยนแปลงของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินตามความเป็นจริงที่ปรากฏเป็นตัวแปรตาม โดยที่หน่วยตัวอย่างสำหรับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินนี้เป็นหน่วยตัวอย่างชุดเดียวกับที่ใช้จัดสร้างฟังก์ชันเพื่อจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยในลำดับแรกนั้นใช้ข้อมูลของกลุ่มหน่วยตัวอย่างที่เป็น Training Area มาทำการวิเคราะห์จัดสร้างฟังก์ชันโลจิสติกโดยใช้ชุดโปรแกรมประมวลผลข้อมูลทางสถิติ MINITAB Version 14 แล้วจึงนำฟังก์ชันโลจิสติกที่ได้จากการจัดสร้างนั้นไปประมาณการเปลี่ยนแปลง/ไม่เปลี่ยนแปลงของหน่วยตัวอย่างที่ใช้ในการจัดสร้างฟังก์ชันนั่นเอง (Verification) และจัดสร้างตารางคำนวณค่าความผิดพลาดและวิเคราะห์ค่าความถูกต้องวิธีการต่าง ๆ ตามวิธีการที่ได้กล่าวถึงก่อนหน้านี้ ทั้งนี้ประเภทของการจำแนกนั้นได้แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ที่มีการเปลี่ยนแปลงและไม่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน แต่ยังคงหลักการวิเคราะห์คำนวณต่าง ๆ เช่นเดียวกับในตารางที่ 3.3 และ 3.4

เมื่อได้ฟังก์ชันโลจิสติกสำหรับการประมาณการเปลี่ยนแปลง/ไม่เปลี่ยนแปลง
ของกลุ่มหน่วยตัวอย่าง แล้วนำไปตรวจสอบการใช้ประโยชน์ได้จริง (Validation) ของฟังก์ชัน
กับกลุ่มหน่วยตัวอย่าง Reference Data พร้อมทั้งวิเคราะห์ค่าความถูกต้องต่าง ๆ ตามที่ได้กล่าวถึง
ข้างต้น