

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย



3.1 จัดเตรียมเครื่องมือ และอุปกรณ์

- 3.1.1. เครื่องคอมพิวเตอร์ Notebook Intel Pentium M Processor 725 Ram 512 Mb HDD 40 GB 1 เครื่อง
- 3.1.2. เครื่องจีพีเอส ยี่ห้อ Leica รุ่น GSS+ พร้อมเครื่องคอมพิวเตอร์พกพา (Pocket PC) พร้อมโปรแกรมประมวลผลการรับสัญญาณจีพีเอส ArcPad 1 ชุด
- 3.1.3. โปรแกรมประมวลผลข้อมูลดาวเทียมและภาพถ่ายทางอากาศ ERDAS IMAGINE เวอร์ชัน 8.5 1 ชุด
- 3.1.4. โปรแกรมจัดการข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ Arcview เวอร์ชัน 3.2a และ Extension 3D Analyst และ Spatial Analyst

3.2 จัดเตรียม และรวบรวมข้อมูล

- 3.2.1. แผนที่ภูมิประเทศ (Topographic Map) มาตรฐาน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ในรูปแบบ Raster Format (*.jpg) จำนวน 6 ระวัง คือระวางหมายเลข 5234I, 5234II, 5334I, 5334II, 5334III และ 5334IV ลำดับชุด L7017 จัดทำจากภาพถ่ายทางอากาศปี พ.ศ.2533 ข้อมูลแผนที่รวบรวมถึง พ.ศ.2534
- 3.2.2. ข้อมูลขอบเขตประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2542 ของกรมส่งเสริมและพัฒนาสิ่งแวดลอม ในรูปแบบ Vector Format (*.shp)
- 3.2.3. ข้อมูลชนิดดิน ของกรมพัฒนาที่ดินในรูปแบบ Vector Format (*.shp)
- 3.2.4. ข้อมูลธรณีวิทยาจากการสำรวจภาคสนาม พื้นที่ระยอง ของกรมทรัพยากรธรณี ปี พ.ศ. 2545 ในรูปแบบของบันทึกการออกสนาม และข้อมูลหน่วยหินที่ได้จากการแปลความหมายจากข้อมูลภาคสนามในรูปแบบของ Vector Format (*.shp)
- 3.2.5. ข้อมูล ASTER จำนวน 3 ตำแหน่งภาพ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดของข้อมูลภาพแอสเตอร์ที่ใช้ในการศึกษา

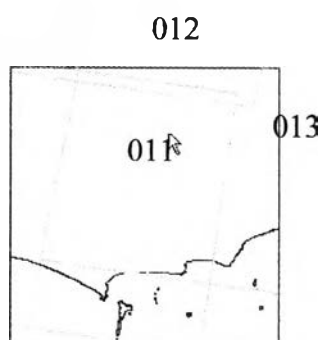
ตำแหน่ง บันทึกภาพ	ระบบ บันทึกภาพ	Band No.	ความยาวคลื่น (μm)	รายละเอียดการบันทึก (เมตร)	วันที่บันทึกภาพ
011	VNIR	1	0.52 – 0.60	15 m	5 ธันวาคม 2544
012		2	0.63 – 0.69		9 กุมภาพันธ์ 2545
013		3	0.78 – 0.86		20 มกราคม 2546
011	SWIR	4	1.600 – 1.700	30 m	5 ธันวาคม 2544
012		5	2.145 – 2.185		9 กุมภาพันธ์ 2545
013		6	2.185 – 2.225		20 มกราคม 2546
		7	2.235 – 2.285		
		8	2.295 – 2.365		
		9	2.360 – 2.430		

3.3 การนำเข้าข้อมูล

3.3.1. การนำเข้าข้อมูลภาพดาวเทียมแอสเตอร์

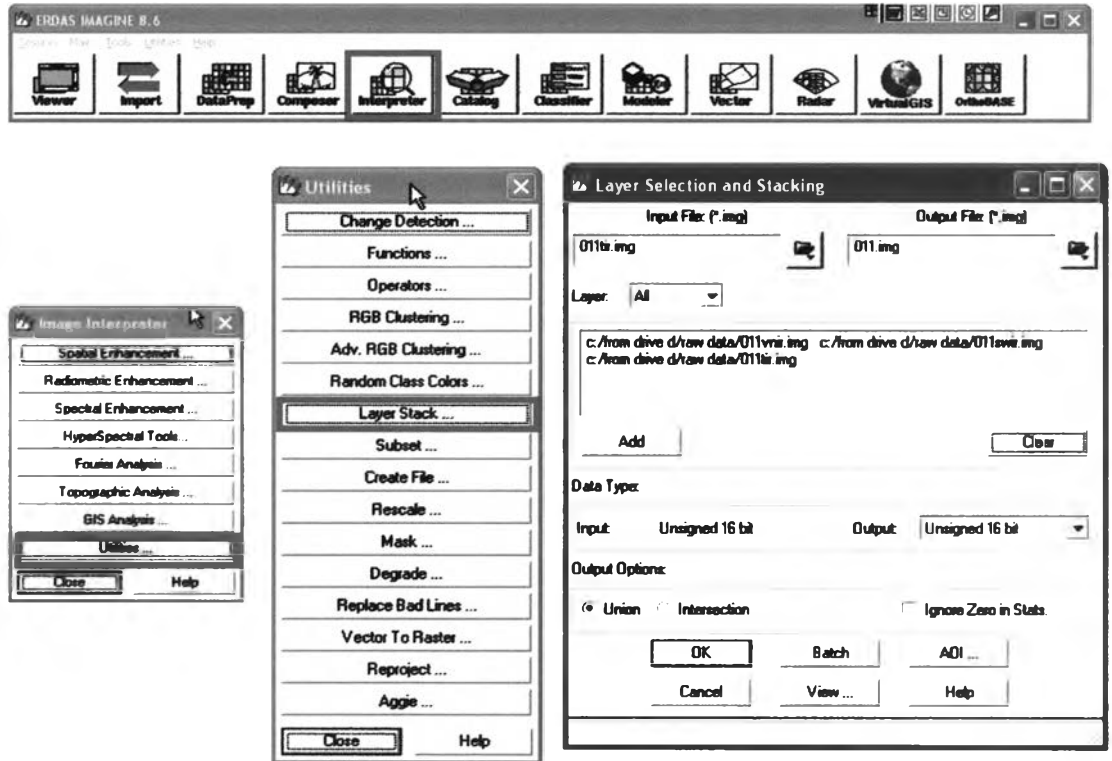
พื้นที่ศึกษานี้ครอบคลุมด้วยข้อมูลภาพดาวเทียมแอสเตอร์ 3 ตำแหน่งภาพ ซึ่งมีการวางตัวของภาพดังแสดงในรูปที่ 3.1 และในแต่ละตำแหน่งภาพมีระบบการบันทึกภาพแยกเป็น 3 ระบบย่อย คือ VNIR, SWIR และ TIR ดังนั้นการนำเข้าข้อมูลภาพดาวเทียมแอสเตอร์มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

- ก. การรวมภาพ
- ข. การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction)
- ค. การเชื่อมต่อข้อมูลภาพ (Image Mosaic)
- ง. การตัดภาพ (Image subsetting)



รูปที่ 3.1 แสดงการวางตัวของข้อมูลภาพดาวเทียมแอสเตอร์ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา

ก. การรวมภาพ คือการรวมภาพทั้ง 3 ระบบย่อยในตำแหน่งบันทึกภาพเดียวกัน ให้เป็นข้อมูลภาพใหม่ที่มีข้อมูลการบันทึกทั้ง 14 ช่วงคลื่น ด้วยโปรแกรม ERDAS Imagine โมดูล Layer Selection and Stacking จัดเก็บในเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงการรวมข้อมูลภาพดาวเทียมแต่ละระบบย่อยในตำแหน่งการบันทึกภาพเดียวกัน

ข. การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction)

การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction) คือการปรับแก้ข้อมูลภาพให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง สอดคล้องกับตำแหน่งบนผิวโลก โดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดภาพ (ในรูปของ row และ column) และพิกัดบนผิวโลก

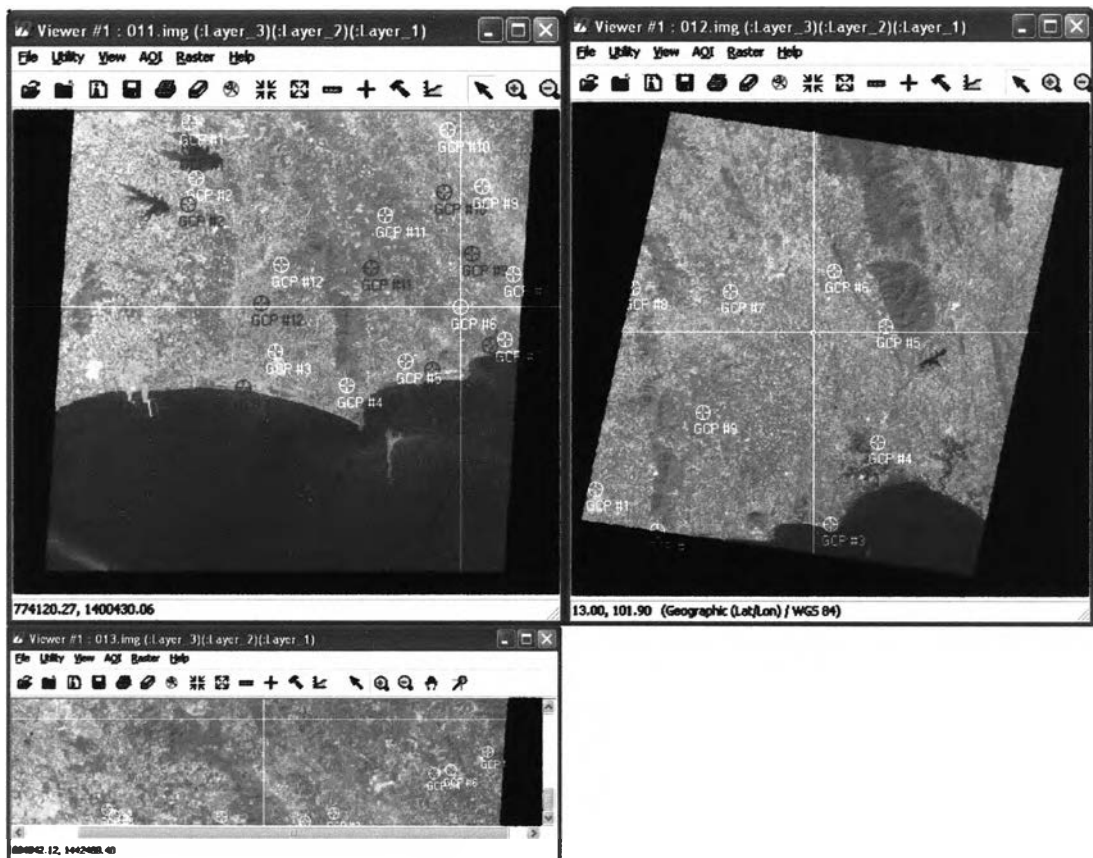
ข้อมูลภาพแอสเตอร์ที่ได้รับเป็นภาพที่ผ่านกระบวนการตัดแก้ภาพ (Rectification) ให้มีระบบพิกัดอ้างอิงอย่างคร่าวๆ ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งสูง และแต่ละภาพมีระบบพิกัดอ้างอิงที่แตกต่างกัน ดังนี้

- ตำแหน่งบันทึกภาพ 011 และ 013 มีระบบพิกัด UTM
- ตำแหน่งบันทึกภาพ 012 มีระบบพิกัด Latitude/Longitude

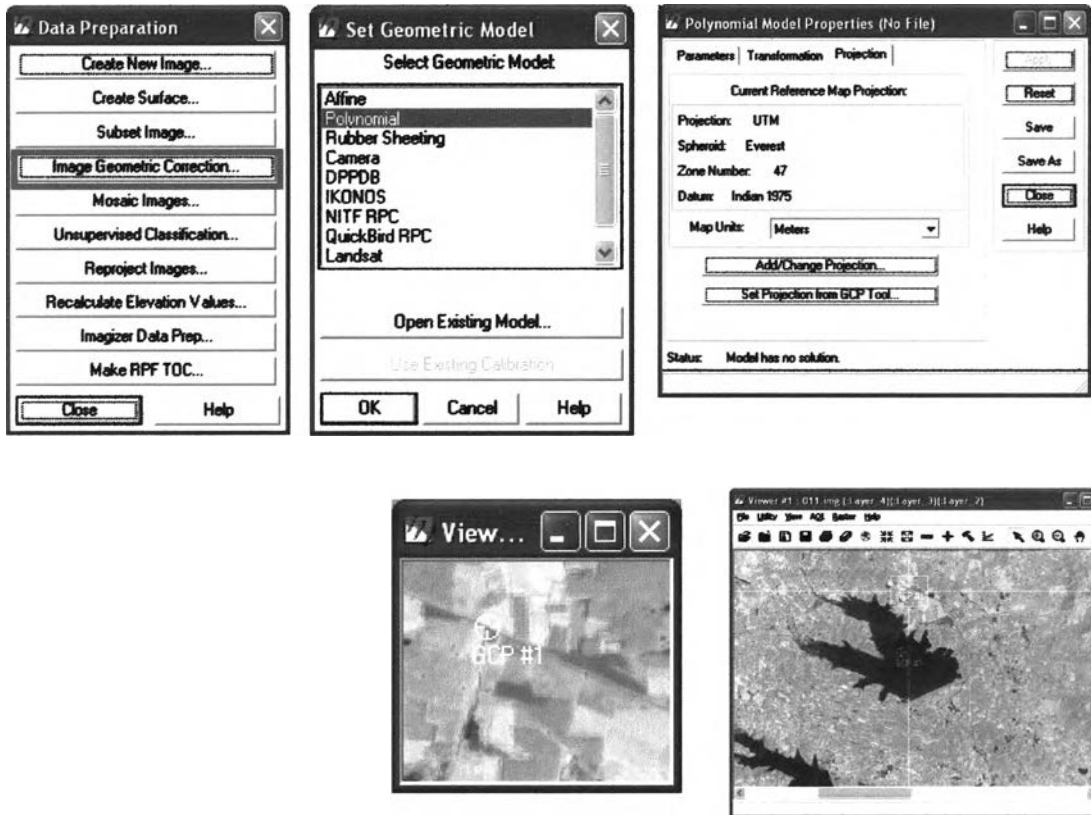
จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จึงมีความจำเป็นต้องทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction) ให้ข้อมูลภาพทั้งหมดอยู่ในระบบพิกัดเดียวกัน (ระบบพิกัด UTM อ้างอิงบนพื้นหลักฐานทางราบ Everest Indian Datum 1975) โดยการกำหนดบังคับภาพ ซึ่ง

เงื่อนไขการทำหมุดบังคับภาพควรมีความถูกต้องทางตำแหน่งไม่น้อยกว่า 0.3 เท่าของขนาดจุดภาพ (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543) หรือประมาณ 5 เมตร ในกรณีของข้อมูลภาพแอสเตอร์ เนื่องจากข้อมูลภาพแอสเตอร์มีขนาดจุดภาพ 15 เมตร

ในการวิจัยนี้เลือกทำหมุดบังคับภาพด้วยการรังวัดแบบ GPS วิธี Point Positioning โดยใช้เครื่องมือของ Leica รุ่น GS5+ ซึ่งให้ค่าความถูกต้องของการรังวัดแบบ Point Positioning เท่ากับ ± 3 เมตร (ข้อมูลจากคุณสมบัติของอุปกรณ์) ทำการรังวัดระหว่างวันที่ 25 – 28 พฤษภาคม 2547 มีตำแหน่งหมุดบังคับภาพดังรูปที่ 3.3 มาดำเนินการปรับแก้เชิงเรขาคณิตด้วยโปรแกรม ERDAS Imagine โมดูล Geometric Correction ดังแสดงในรูปที่ 3.4 ทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตโดยใช้สมการพหุนามกำลังสอง (Polynomial Equation) ด้วยวิธี Nearest Neighbor Method เพื่อให้ค่าการสะท้อนพลังงานของแต่ละจุดภาพหลังการปรับแก้มีค่าใกล้เคียงกับภาพก่อนการปรับแก้มากที่สุด



รูปที่ 3.3 แสดงตำแหน่งจุดบังคับภาพของข้อมูลภาพ 011, 012 และ 013 ตามลำดับ



รูปที่ 3.4 แสดงการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction)

ตารางที่ 3.2 แสดงผลค่า RMS (Root Mean Square Error) ที่ได้จากการดำเนินการตัดแก้ภาพ

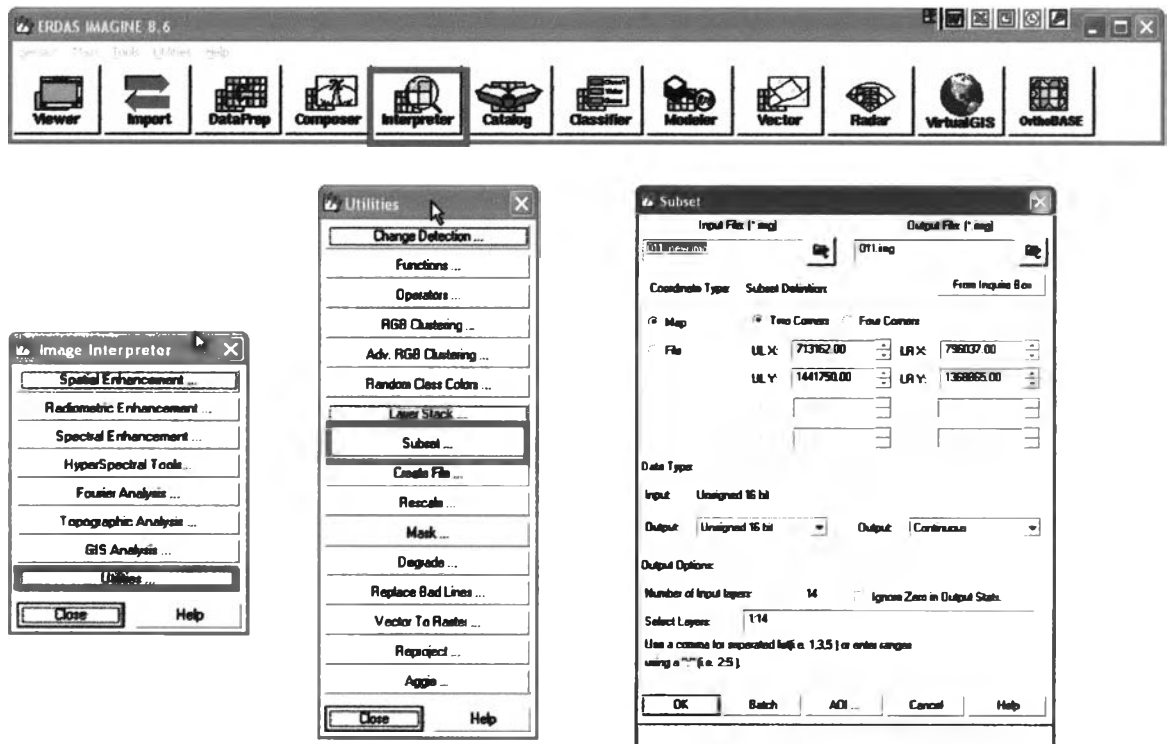
ตำแหน่งภาพ	จำนวนหมุดบังคับ ภาพ	RMS (X)	RMS (Y)	RMS
011	12	3.4945 m	2.4854 m	4.2882 m
012	9	0.0002	0.0001	0.0002
013	9	4.5436 m	1.4182 m	4.7598 m

ค. การเชื่อมต่อข้อมูลภาพ (Image Mosaic)

หลังจากได้ดำเนินการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction) แล้ว ได้ทำการตรวจสอบภาพ พบว่า บริเวณขอบของภาพมีแถบสีที่เกิดจากการรวมภาพหลายช่วงคลื่นที่มีรายละเอียดจุดภาพที่แตกต่างกัน จึงต้องทำการตัดภาพ (Image subsetting) บริเวณแถบสีนั้นออกก่อนที่จะดำเนินการเชื่อมต่อข้อมูลภาพ เพื่อไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อนเมื่อทำการเชื่อมต่อข้อมูลภาพ โดยทำการตัดภาพด้วยโปรแกรม ERDAS Imagine โมดูล Subset Image โดยเริ่มจากการสร้างกรอบของพื้นที่ที่ต้องการเลือก (AOI : Area of Interest) ดังแสดงในรูปที่ 3.5 และรูปที่ 3.6

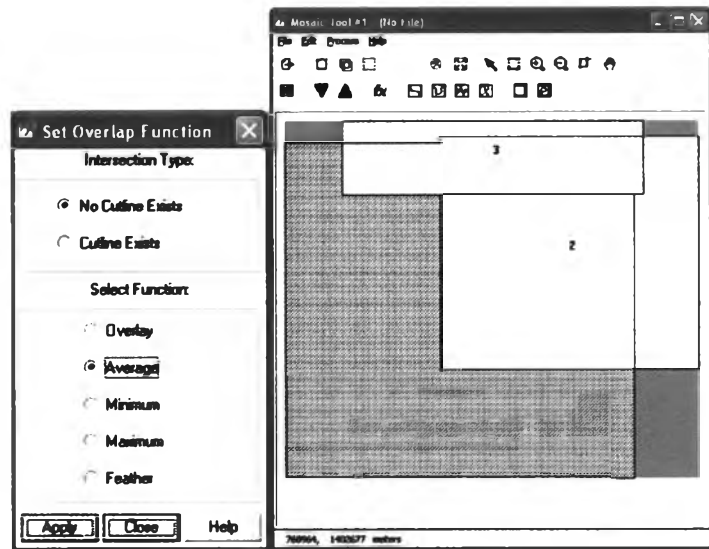


รูปที่ 3.5 แสดงแถบสีจากการรวมภาพ และการสร้างกรอบของพื้นที่ที่ต้องการเลือก (AOI: Area of Interest)



รูปที่ 3.6 แสดงขั้นตอนการตัดข้อมูลภาพด้วยโมดูล Subset Image

หลังจากตัดบริเวณแถบสีออกแล้วจึงทำการเชื่อมต่อข้อมูลภาพ ให้ข้อมูลภาพดาวเทียมทั้ง 3 ภาพรวมกันเป็นภาพเดียวกันที่มีความต่อเนื่อง โดยใช้โปรแกรม ERDAS IMAGINE โมดูล Mosaic Images ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แสดงขั้นตอนการเชื่อมต่อข้อมูลภาพ (Image Mosaic)

ง. การตัดภาพ (Image subsetting)

การตัดข้อมูลภาพเฉพาะส่วนที่เป็นพื้นที่ศึกษา (Image subsetting) ทำไปเพื่อทำให้ขนาดความจุของภาพลดลง การประมวลผลของโปรแกรมจะทำงานได้เร็วขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.8

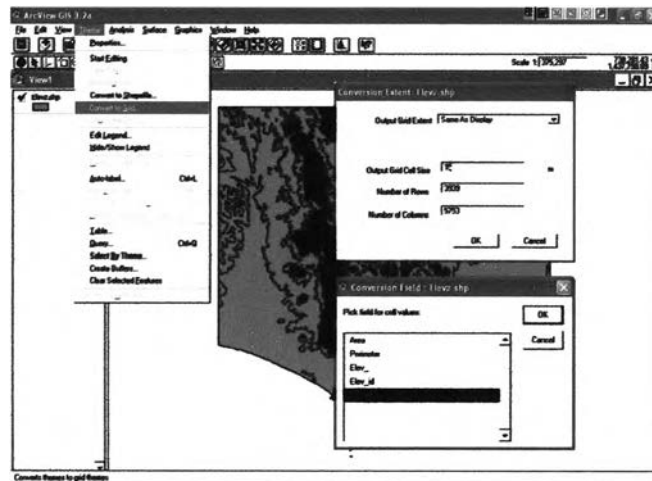


รูปที่ 3.8 แสดงการตัดข้อมูลภาพเฉพาะส่วนพื้นที่ศึกษา

3.3.2. การนำเข้าข้อมูลระดับความสูง

ข้อมูลระดับความสูงเป็นข้อมูล Vector Format ต้องทำการแปลงข้อมูลให้เป็น Raster Format ด้วยโปรแกรม Arcview , Extention Spatial Analyst แปลงข้อมูล Vector Format ให้เป็น Raster Format Type GRID file ที่มีความละเอียดของจุดภาพ 15 เมตร ดังรูปที่ 3.9 แล้วยนำมาแปลงให้เป็น Raster Format Type image file ด้วยโปรแกรม ERDAS IMAGINE ดังรูปที่ 3.10 และตั้งค่าระบบพิกัด (Projection) ให้เป็นระบบพิกัด UTM อังอิงบน Spheroid Everest 1975 ด้วยโปรแกรม

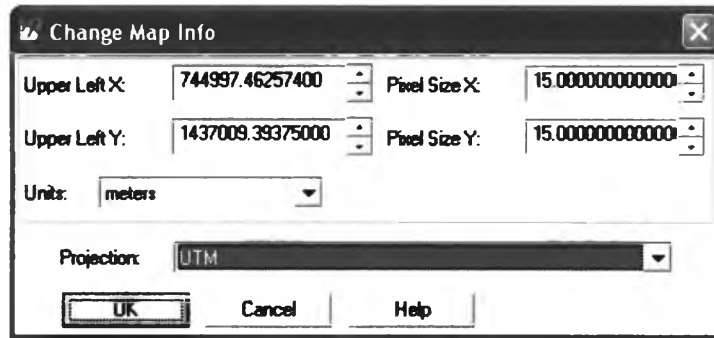
ERDAS IMAGINE โดย Change Map Model ให้มีหน่วย (unit) เป็น เมตร (meter) และ ระบบพิกัด (projection) เป็น UTMก่อนทำการ Change Projection ดังรูปที่ 3.11 และรูปที่ 3.12 ตามลำดับ



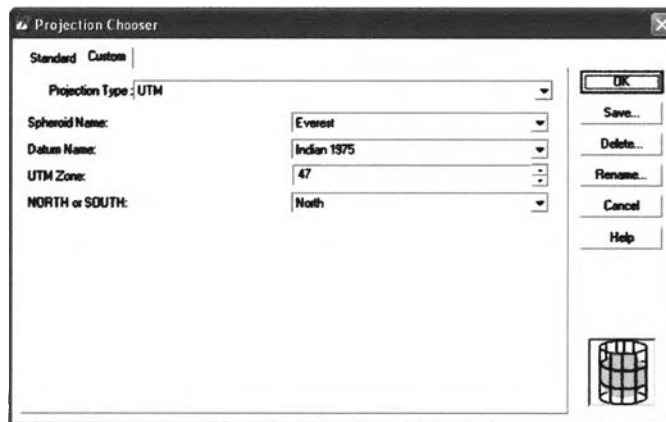
รูปที่ 3.9 แสดงขั้นตอนการแปลงข้อมูลระดับความสูงเป็น Raster Format Type GRID file



รูปที่ 3.10 แสดงการแปลง Raster Format Type GRID file ให้เป็น Raster Format Type image file



รูปที่ 3.11 แสดงการ Change Map Model



รูปที่ 3.12 แสดงการ Change Projection

3.3.3. การนำเข้าข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน

นำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินมาจำแนกประเภทใหม่ โดยในการศึกษานี้จะทำการแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 18 ประเภท คือ

- พื้นที่นา พื้นที่ลุ่ม (แทนด้วยค่าจุดภาพ 11)
- พื้นที่เพาะปลูกพืชล้มลุก พืชไร่ ทุ่งหญ้า (แทนด้วยค่าจุดภาพ 12)
- พื้นที่เพาะปลูกพืชล้มลุกผสมพืชยืนต้น (แทนด้วยค่าจุดภาพ 13)
- พื้นที่เพาะปลูกพืชยืนต้นผสมพืชล้มลุก (แทนด้วยค่าจุดภาพ 14)
- พื้นที่เพาะปลูกพืชยืนต้น ไม้ผล (แทนด้วยค่าจุดภาพ 15)
- ป่าเบญจพรรณ ป่าพรุ (แทนด้วยค่าจุดภาพ 21)
- ป่าชายเลน ป่าชายหาด (แทนด้วยค่าจุดภาพ 22)
- ป่าผลัดใบ ป่าไม่ผลัดใบ ป่าเบญจพรรณ ป่าเสื่อมโทรม สวนป่า (แทนด้วยค่าจุดภาพ 23)
- ป่าดิบชื้น (แทนด้วยค่าจุดภาพ 24)
- หมู่บ้านพื้นราบ ตัวเมือง ย่านการค้า (แทนด้วยค่าจุดภาพ 31)

- โรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม (แทนด้วยค่าจุดภาพ 32)
- สถานที่ราชการ สถาบันต่างๆ (แทนด้วยค่าจุดภาพ 33)
- สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ (แทนด้วยค่าจุดภาพ 34)
- สุสาน ป่าช้า (แทนด้วยค่าจุดภาพ 35)
- แม่น้ำ อ่างเก็บน้ำ ทะเลสาบ บึง (แทนด้วยค่าจุดภาพ 41)
- บ่อกึ่ง บ่อน้ำในนา (แทนด้วยค่าจุดภาพ 42)
- บ่อทราย บ่อลูกรัง (แทนด้วยค่าจุดภาพ 43)
- หาดทราย (แทนด้วยค่าจุดภาพ 44)

หลังจากนั้นทำการแปลงข้อมูล Vector Format ให้เป็น Raster Format ด้วยวิธีการเดียวกับข้อมูลระดับความสูง โดยกำหนดค่าจุดภาพตามสภาพของสิ่งปกคลุม

3.3.4. การนำเข้าข้อมูลความลึกของดิน และข้อมูลการระบายน้ำของดิน

ข้อมูลความลึกของดิน และข้อมูลการระบายน้ำของดินได้มาจากข้อมูลชุดดิน ซึ่งในข้อมูลชุดดินมีการแบ่งระดับความลึกของดินดังนี้

- ระดับค่อนข้างลึก ระหว่าง 50-100 เซนติเมตร
- ระดับลึก ระหว่าง 100-150 เซนติเมตร
- ระดับลึกมาก มากกว่า 150 เซนติเมตร
- ไม่ทราบระดับความลึกเนื่องจากเป็น Slope complex
- ไม่ทราบระดับความลึก เนื่องจากไม่ทราบชื่อชุดดิน

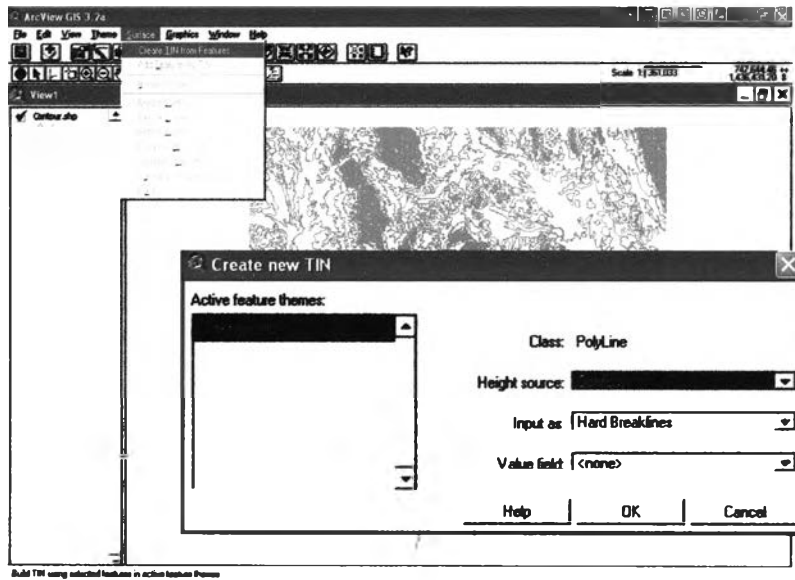
ข้อมูลการระบายน้ำของดิน มีการเก็บรายละเอียด ดังนี้

- การระบายน้ำเร็ว
- การระบายน้ำค่อนข้างเร็ว
- การระบายน้ำค่อนข้างดี
- การระบายน้ำดี
- การระบายน้ำมากเกินไป
- ไม่ทราบการระบายน้ำ เนื่องจากเป็นพื้นที่ Slope complex
- ไม่ทราบการระบายน้ำ เนื่องจากไม่ทราบชื่อชุดดิน

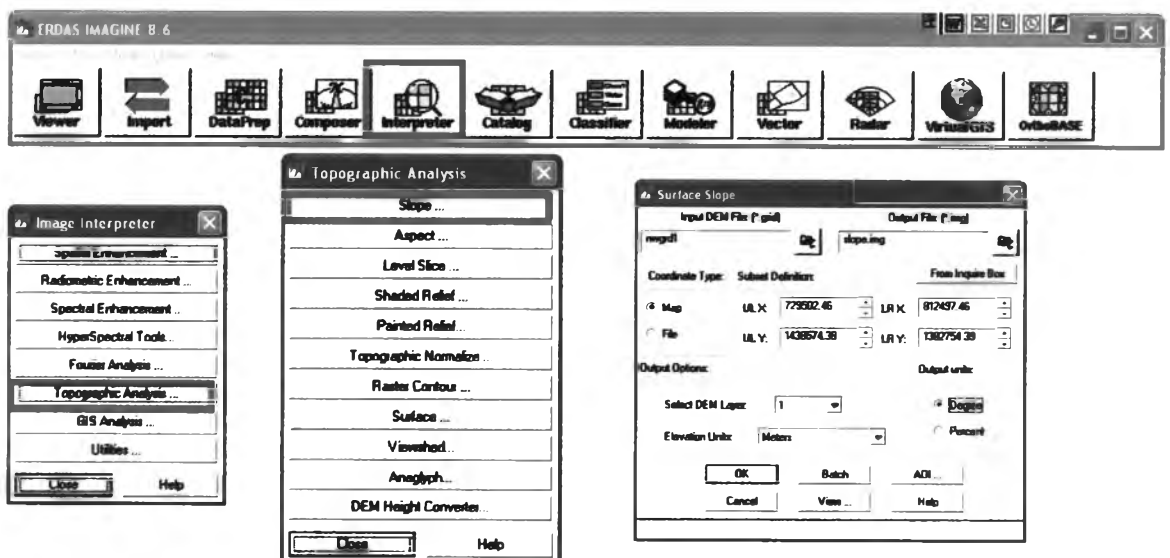
โดยทำการแปลงข้อมูลชุดดินจากข้อมูล Vector Format ให้เป็น Raster Format เช่นเดียวกับข้อมูลระดับความสูง โดยเลือกค่าของจุดภาพ (Pixel Value) เป็นความลึกของชุดดิน และความสามารถการระบายน้ำของชุดดิน ตามลำดับ

3.3.5 การนำเข้าข้อมูลความชัน

ข้อมูลความชันเป็นข้อมูลที่เกิดจากการสังเคราะห์ข้อมูลเส้นชั้นความสูง ด้วยโปรแกรม Arcview , Extention 3D Analyst โดยเริ่มจากการสร้างแบบจำลองระดับ ดังรูปที่ 3.13 และแปลงข้อมูลแบบจำลองระดับเป็น Raster Format Type GRID file แล้วจึงทำการสร้างข้อมูลภาพความชัน (หน่วยเป็นองศา) ด้วยโปรแกรม ERDAS IMAGINE โมดูล Topographic Analysis ดังรูปที่ 3.14



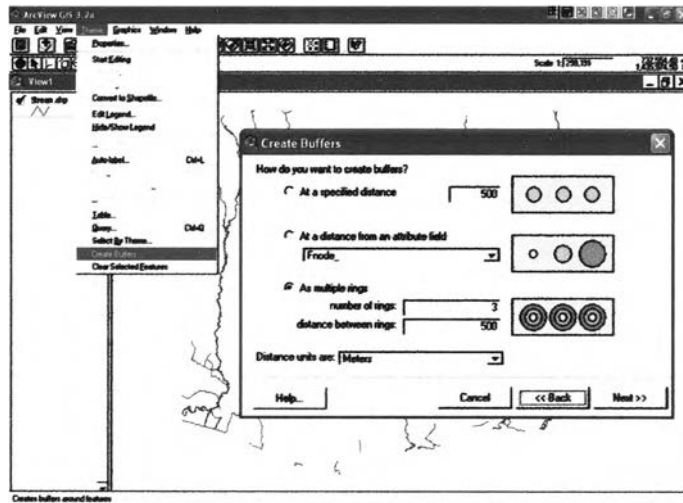
รูปที่ 3.13 แสดงขั้นตอนการสร้างแบบจำลองระดับด้วยโปรแกรม Arcview , Extention 3D Analyst



รูปที่ 3.14 แสดงขั้นตอนการสร้างข้อมูลภาพความชัน ด้วยโปรแกรม ERDAS IMAGINE โมดูล Topographic Analysis

3.3.6. การนำเข้าข้อมูลระยะห่างจากทางน้ำ

ข้อมูลระยะห่างจากทางน้ำเป็นข้อมูลทุติยภูมิที่เกิดจากข้อมูลเส้นทางน้ำ โดยจะเฉพาะไปที่เส้นทางน้ำหลัก หรือเส้นทางน้ำตลอดปี ซึ่งจะทำการแบ่งพื้นที่ออกเป็นช่วงระยะห่างจากทางน้ำเป็น 4 ช่วง คือ น้อยกว่า 500, 500-1000, 1000-1500 และมากกว่า 1500 เมตร ตามลำดับ ด้วยการสร้าง Buffer จากโปรแกรม Arcview แล้วจึงแปลงข้อมูล Vector Format ให้เป็นข้อมูล Raster Format เช่นเดียวกับการนำเข้าข้อมูลระดับความสูง



รูปที่ 3.15 แสดงขั้นตอนการสร้าง Buffer ด้วยโปรแกรม Arcview

3.4 การจำแนกภาพแบบกำกับ

ทำการจำแนกประเภทข้อมูลภาพดาวเทียมแบบกำกับ (Supervised classification) ซึ่งเป็นการจำแนกจุดภาพ โดยการเปรียบเทียบค่าการสะท้อนพลังงานแต่ละจุดภาพเทียบกับ Spectral Signature ของบริเวณพื้นที่ตัวอย่าง (Training Area) ของหินและตะกอนแต่ละชนิดมาทำการประมาณค่าด้วยวิธีการประมาณค่าแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier) ของแต่ละจุดภาพ ด้วยโปรแกรม ERDAS IMAGINE โมดูล Supervised Classification

โดยทั่วไปจะทำการเลือกช่วงคลื่น (Band) ที่มีคุณสมบัติการสะท้อนพลังงานที่เหมาะสมกับประเภทข้อมูลที่ต้องการจำแนกก่อนการศึกษา Spectral Signature แต่พื้นที่ศึกษามีความหลากหลายทั้งลักษณะทางกายภาพของหินที่มีความปะปนของเนื้อ และแร่ รวมถึงความหลากหลายของสิ่งปกคลุม ทำให้ค่าการสะท้อนพลังงานที่เครื่องรับได้รับไม่ใช่ค่าการสะท้อนพลังงานของหิน หรือตะกอนนั้น ในงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาค่าการสะท้อนพลังงานของหินและตะกอนแต่ละประเภทก่อนการเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสม

การจำแนกภาพแบบกำกับในงานวิจัยนี้ แบ่งรูปแบบภาพสีผสมที่ใช้ในการจำแนกออกเป็น 6 รูปแบบ คือ

- 3.4.1. ทดสอบการจำแนกด้วยภาพสีผสมตามงานวิจัยของ Abdeen and others (2003) โดยเลือกภาพสีผสม 7-3-1 และงานวิจัยของ Ren และ Abdelsalam (2003) โดยเลือกภาพสีผสม 3- 6-13 และภาพสีผสม 3-6-8-11-13 นอกจากนี้มีการทดสอบการจำแนกภาพสีผสมจากช่วงคลื่น แบนด์ 1 (0.52-0.6 μm) และแบนด์ 9 (2.36-2.43 μm) เพื่อช่วยในการจำแนกหินและตะกอนที่มีองค์ประกอบของแร่เหล็ก และแมกนีไทต์ แบนด์ 5 (2.145-2.185 μm) เพื่อช่วยในการจำแนก carbonate
- 3.4.2. ทดสอบการจำแนกด้วยภาพสีผสมอัตราส่วนช่วงคลื่น ตามงานวิจัยของ Abdeen and others (2003) ได้แก่ภาพสีผสม 4/7-4/1-2/3*4/3, 4/7-3/4-2/1 และ4/1-3/1-12/14
- 3.4.3. ทดสอบการจำแนกด้วยภาพสีผสมจากช่วงคลื่นที่แสดงความเด่นชัดของทุกประเภทข้อมูล หรือช่วงคลื่นนั้นมีค่าการสะท้อนพลังงานเกาะกลุ่ม ซึ่งจะมีค่าส่วนเบี่ยงเบนการสะท้อนพลังงานต่ำ โดยจะเลือก 4 ช่วงคลื่น
- 3.4.4. ทดสอบการจำแนกด้วยภาพสีผสมจากอัตราส่วนช่วงคลื่นที่แสดงความเด่นชัดของทุกประเภทข้อมูล หรือมีค่าเกาะกลุ่ม โดยจะเลือก อัตราส่วนช่วงคลื่น 5 อัตราส่วนช่วงคลื่น
- 3.4.5. ทดสอบการจำแนกด้วยภาพสีผสมจากช่วงคลื่น แบนด์ 1 (0.52-0.6 μm) และแบนด์ 9 (2.36-2.43 μm) เพื่อช่วยในการจำแนกหินและตะกอนที่มีองค์ประกอบของแร่เหล็ก และแมกนีไทต์ แบนด์ 5 (2.145-2.185 μm) เพื่อช่วยในการจำแนก carbonate และภาพอัตราส่วนช่วงคลื่น 3/4 โดยเทียบได้กับข้อมูลภาพ Landsat 4/5 TM เพื่อลดอิทธิพลของค่าการสะท้อนพลังงานของพืช ตามงานวิจัยของ Berry and Goetz (1977)
- 3.4.6. ทดสอบการจำแนกด้วยภาพสีผสมจากช่วงคลื่น และอัตราส่วนช่วงคลื่นจากข้อ 3.4.1-3.4.4 ที่ให้ผลการจำแนกมีความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) มากที่สุด

3.5 การวิเคราะห์เชิงสถิติของค่าการสะท้อนพลังงาน

การศึกษาสถิติของค่าการสะท้อนพลังงานของข้อมูลภาพในแต่ละช่วงคลื่น เพื่อความสะดวกในการเลือกช่วงคลื่น เพื่อการจำแนกประเภทข้อมูลภายหลัง ค่าสถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลภาพในการวิจัยนี้ คือ ค่ามัชฌิมเลขคณิต (Arithmetic mean) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation – SD)

ค่ามัชฌิมเลขคณิต (Arithmetic mean) หรือค่าเฉลี่ยของค่าทั้งหมดที่มีอยู่ มีประโยชน์ในการวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางของจุดภาพทั้งหมด และสามารถใช้เป็นตัวแทนภาพรวมของข้อมูลจุดภาพทั้งหมด คำนวณโดยนำผลบวกของค่าการสะท้อนทั้งหมดมาหารด้วยจำนวนจุดภาพทั้งหมด ดังนี้

$$\bar{X} = \Sigma X / N$$

โดย	\bar{X}	=	ค่ามัชฌิมเลขคณิต
	X	=	ค่าการสะท้อนของแต่ละจุดภาพ
	N	=	จำนวนจุดภาพทั้งหมด

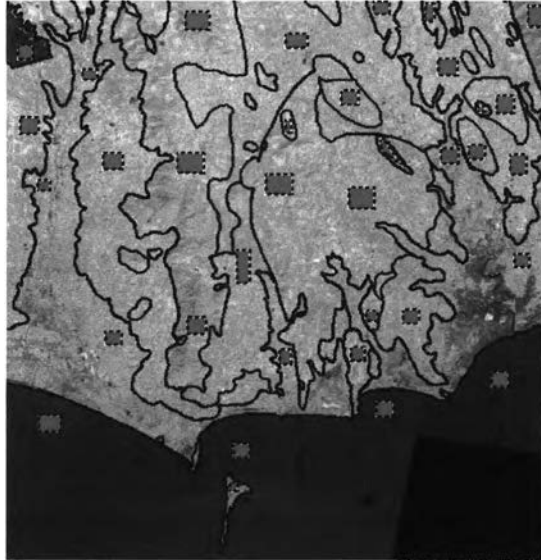
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation – S.D.) เป็นการวัดการกระจาย ที่นิยม ใช้มากที่สุด ในการคำนวณใช้วิธียกกำลังสองของผลต่าง ระหว่างค่าการสะท้อนของทุกจุดภาพ ในแต่ละช่วงคลื่น กับค่ามัชฌิมเลขคณิตของช่วงคลื่นนั้น มีสูตรในการคำนวณ ดังนี้

$$S.D. = \sqrt{\Sigma(X - \bar{X})^2 / N}$$

โดย	S.D.	=	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	X	=	ค่าการสะท้อนของแต่ละจุดภาพ
	\bar{X}	=	มัชฌิมเลขคณิต
	N	=	จำนวนจุดภาพทั้งหมด (ศุทธิณี คนตรี, 2543)

การวิเคราะห์ค่าการสะท้อนพลังงาน จะทำการวิเคราะห์ในบริเวณพื้นที่ตัวอย่าง (Training Area) ของหินและตะกอนแต่ละชนิด ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ทราบแน่ชัดว่าเป็นหินหรือตะกอนประเภทใด โดยทั่วไปพื้นที่ตัวอย่างจะ ได้จากการสำรวจข้อเท็จจริงในสนาม (Ground Truth) แต่ในการศึกษานี้ กำหนดพื้นที่ตัวอย่างจากข้อมูลผลการสำรวจธรณีวิทยา โครงการเร่งรัดศึกษา และประเมินศักยภาพทรัพยากรแร่ ปี 2545 พื้นที่ระยอง ของกรมทรัพยากรธรณี

การกำหนดจำนวนจุดภาพ (n) ที่จะเป็นตัวแทนในการสร้าง Spectral Signature ของทรัพยากรแต่ละประเภท (k) จะต้องมีจำนวนไม่น้อยเกินไป โดยหลักสถิติ n ควรจะมีอย่างน้อย 20-30 จุดภาพต่อทรัพยากรแต่ละประเภท (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543) ในการศึกษานี้กำหนดว่า n ควรจะมีอย่างน้อย 30 จุดภาพ และมีจำนวนพื้นที่ตัวอย่าง (Training Area) อย่างน้อย 3 บริเวณต่อหินและตะกอนแต่ละชนิด ดังแสดงในรูปที่ 3.16 โดยทำการเลือกพื้นที่ตัวอย่างด้วยโปรแกรม ERDAS IMAGINE จัดเก็บในรูปแบบของ AOI ก่อนนำเข้าเป็น Signature โดยมีรายละเอียด ดังแสดงในรูปที่ 3.17 แล้วจึงคำนวณค่าทางสถิติของทุกจุดภาพในแต่ละประเภทข้อมูล



รูปที่ 3.16 แสดงตำแหน่งพื้นที่ตัวอย่าง (Training Area)

Signature Editor (rock_new.sig)

File Edit View Evaluate Feature Classify Help

Class #	Signature Name	Color	Red	Green	Blue	Value	Order	Count	Prob.	P	I	H	A	FS
1	Water		0.498	1.000	0.827	7	7	55270	1.000	X	X	X		
2	Qa		1.000	1.000	0.694	8	14	44678	1.000	X	X	X		
3	Qt		1.000	0.843	0.000	9	21	72252	1.000	X	X	X		
4	Met		0.310	0.690	0.510	10	28	53150	1.000	X	X	X		
5	Sed		0.525	0.125	0.941	11	35	79517	1.000	X	X	X		
6	Ig		1.000	0.000	1.000	12	42	69618	1.000	X	X	X		

รูปที่ 3.17 แสดง Spectral Signature ของ Class ของ Training Area

การวิเคราะห์ค่าการสะท้อนพลังงาน จะทำการวิเคราะห์ 2 ประเด็น ได้แก่

- 3.5.1. วิเคราะห์ค่าการสะท้อนพลังงานของหิน และตะกอนในแต่ละช่วงคลื่น โดยทำการศึกษาทุกช่วงคลื่น ได้ค่าทางสถิติของแต่ละประเภทข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 3.18, 34, 35, 36, 37, 38 และ 39

Layer	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.
1	60.000	83.000	67.762	4.234
2	22.000	41.000	30.342	3.833
3	15.000	30.000	19.392	3.027
4	5.000	18.000	9.452	2.751
5	4.000	21.000	9.505	4.018
6	3.000	19.000	8.658	3.465
7	6.000	18.000	11.942	2.601
8	5.000	17.000	10.844	2.424
9	6.000	20.000	11.892	3.144

รูปที่ 3.18 แสดง Signature ของ Class พื้นที่แหล่งน้ำ
Qa

Layer	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.
1	54.000	157.000	71.655	9.715
2	29.000	135.000	47.104	11.891
3	27.000	128.000	82.814	8.763
4	22.000	106.000	60.758	9.111
5	23.000	73.000	40.140	6.935
6	18.000	83.000	42.079	8.338
7	18.000	87.000	38.071	7.924
8	15.000	79.000	32.933	7.975
9	19.000	54.000	29.285	4.842

รูปที่ 3.20 แสดง Signature ของ Class Qt

Layer	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.
1	54.000	168.000	68.935	9.570
2	28.000	157.000	43.905	12.135
3	24.000	120.000	82.841	8.601
4	21.000	112.000	57.938	9.315
5	22.000	83.000	37.245	7.055
6	18.000	111.000	38.877	8.574
7	18.000	100.000	34.974	8.109
8	15.000	134.000	30.052	8.178
9	18.000	140.000	27.661	4.868

รูปที่ 3.22 แสดง Signature ของ Class หินตะกอน

Layer	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.
1	53.000	152.000	71.538	9.189
2	28.000	136.000	45.302	10.943
3	28.000	134.000	81.732	9.424
4	30.000	108.000	56.904	7.337
5	25.000	73.000	37.072	5.198
6	22.000	78.000	38.659	6.400
7	21.000	76.000	35.676	6.273
8	17.000	72.000	30.893	6.279
9	20.000	50.000	27.458	3.787

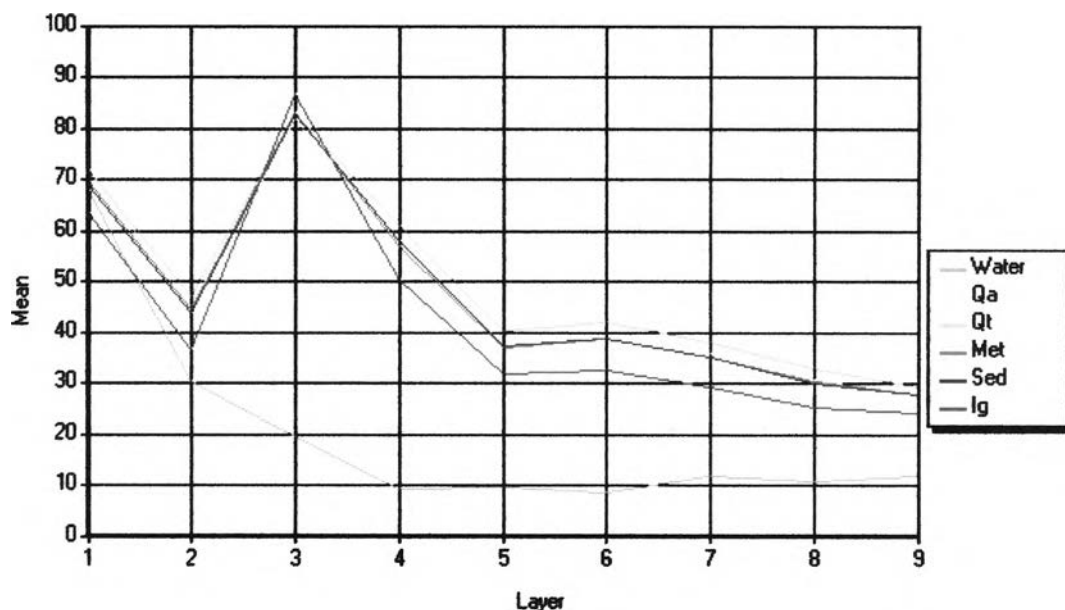
รูปที่ 3.19 แสดง Signature ของ Class

Layer	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.
1	56.000	133.000	69.760	8.819
2	28.000	111.000	44.474	10.914
3	27.000	114.000	83.000	7.362
4	27.000	97.000	57.091	9.202
5	15.000	84.000	37.018	7.544
6	16.000	96.000	38.875	8.549
7	17.000	94.000	35.099	7.900
8	12.000	110.000	30.328	8.031
9	10.000	95.000	27.664	5.750

รูปที่ 3.21 แสดง Signature ของ Class หินแปร

Layer	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.
1	44.000	148.000	63.358	7.433
2	22.000	145.000	36.654	8.956
3	36.000	125.000	86.744	10.921
4	22.000	105.000	50.295	11.710
5	18.000	76.000	31.761	7.583
6	16.000	84.000	32.581	8.831
7	14.000	81.000	29.317	8.034
8	13.000	78.000	25.175	7.029
9	15.000	56.000	24.093	4.942

รูปที่ 3.23 แสดง Signature ของ Class หินอัคนี



รูปที่ 3.24 แสดงค่าเฉลี่ย (Mean) ของค่าการสะท้อนพลังงานแต่ละประเภทข้อมูลทุกช่วงคลื่น

จากกราฟแสดงค่าเฉลี่ย (Mean) ในรูปที่ 3.11 สามารถสรุปได้ดังนี้

- พื้นที่น้ำจืดได้คี่ด้วยแบนด์ 3
- ตะกอน Qa มีค่าการสะท้อนพลังงานที่มีค่าส่วนเบี่ยงเบนต่ำได้แก่แบนด์ 5, 7, 8, 9 แต่ไม่มีแบนด์ใดที่มีค่าการสะท้อนพลังงานเฉลี่ยแตกต่างจากหินหรือตะกอนประเภทอื่นอย่างเด่นชัด
- ตะกอน Qt มีค่าการสะท้อนพลังงานที่มีค่าส่วนเบี่ยงเบนต่ำ ได้แก่แบนด์ 5, 7, 8, 9 แบนด์ที่มีค่าการสะท้อนพลังงานแตกต่างจากหินและตะกอนอื่นได้แก่ แบนด์ 5, 6, 7, 8, 9
- หินแปร มีค่าการสะท้อนพลังงานที่มีค่าส่วนเบี่ยงเบนต่ำได้แก่แบนด์ 3, 5, 7, 9 แต่ไม่มีแบนด์ใดที่มีค่าการสะท้อนพลังงานเฉลี่ยแตกต่างจากหินหรือตะกอนประเภทอื่นอย่างเด่นชัด
- หินตะกอน มีค่าการสะท้อนพลังงานที่มีค่าส่วนเบี่ยงเบนต่ำได้แก่แบนด์ 5, 7, 8, 9 แต่ไม่มีแบนด์ใดที่มีค่าการสะท้อนพลังงานเฉลี่ยแตกต่างจากหินหรือตะกอนประเภทอื่นอย่างเด่นชัด
- หินอัคนี มีค่าการสะท้อนพลังงานที่มีค่าส่วนเบี่ยงเบนต่ำได้แก่แบนด์ 1, 5, 8, 9 แบนด์ที่มีค่าการสะท้อนพลังงานเฉลี่ยแตกต่างจากหินและตะกอนอื่นได้แก่ แบนด์ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

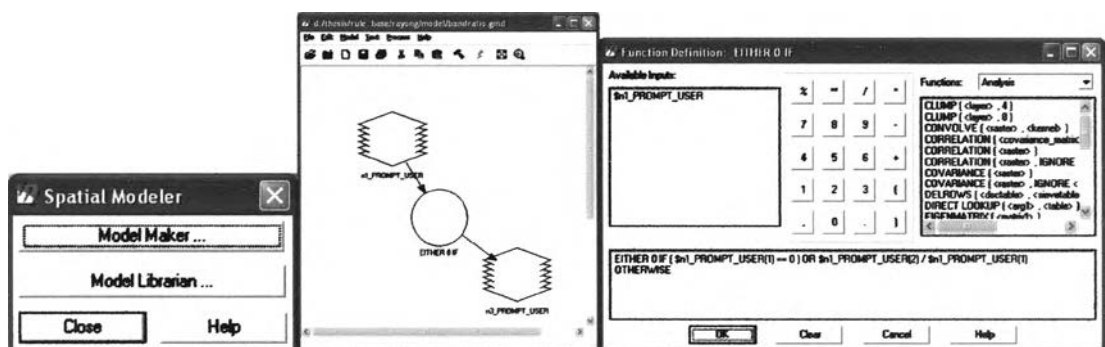
ดังนั้นสรุปได้ว่า แบนด์ 5, 7, 8, 9 เป็นช่วงคลื่นที่หินแต่ละชนิดมีการสะท้อนเด่นชัด หรือมีค่าการสะท้อนพลังงานที่เกาะกลุ่มกันมากที่สุด จึงจะเลือกแบนด์ดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์การจำแนก

ข้อมูลธรณีวิทยาต่อไป โดยหินและตะกอนแต่ละประเภทมีค่าการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่น ดังกล่าว ดังนี้

- ตะกอน Qa มีค่าการสะท้อนพลังงาน ดังนี้ $25 \leq DN5B \leq 73$, $21 \leq DN7B \leq 76$, $17 \leq DN8B \leq 72$, $20 \leq DN9B \leq 50$
- ตะกอน Qt มีค่าการสะท้อนพลังงาน ดังนี้ $23 \leq DN5B \leq 73$, $18 \leq DN7B \leq 87$, $15 \leq DN8B \leq 79$, $19 \leq DN9B \leq 54$
- หินแปร มีค่าการสะท้อนพลังงาน ดังนี้ $15 \leq DN5B \leq 84$, $17 \leq DN7B \leq 94$, $12 \leq DN8B \leq 110$, $10 \leq DN9B \leq 95$
- หินตะกอน มีค่าการสะท้อนพลังงาน ดังนี้ $22 \leq DN5B \leq 83$, $18 \leq DN7B \leq 100$, $15 \leq DN8B \leq 134$, $18 \leq DN9B \leq 140$
- หินอัคนี มีค่าการสะท้อนพลังงาน ดังนี้ $18 \leq DN5B \leq 76$, $14 \leq DN7B \leq 81$, $13 \leq DN8B \leq 78$, $15 \leq DN9B \leq 56$

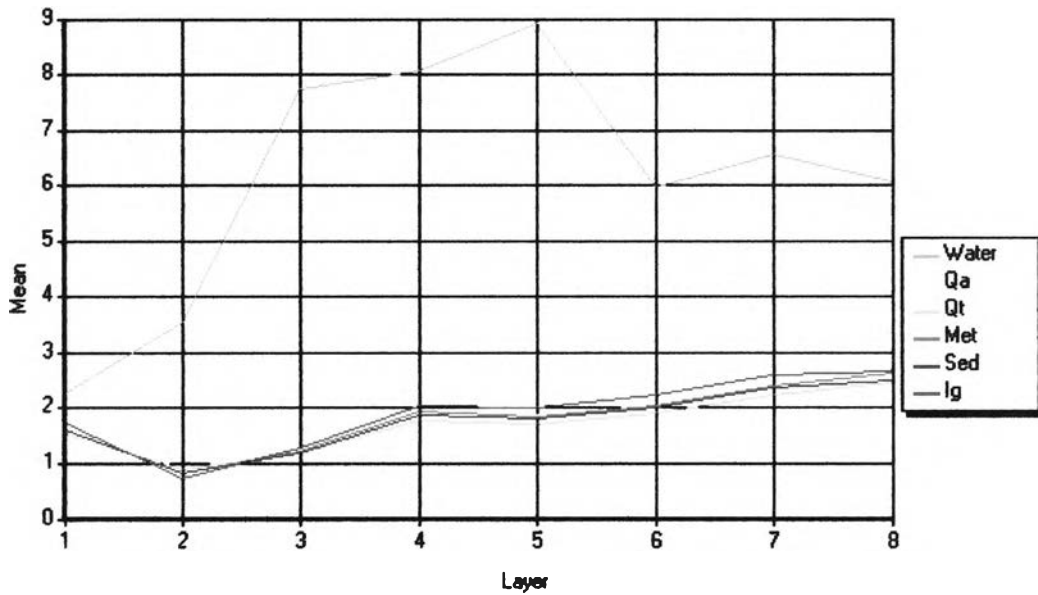
เนื่องจากในพื้นที่ศึกษามีพืช และสิ่งปลูกสร้าง ค่าการสะท้อนพลังงานที่เครื่องรับได้รับจึงมีค่าการสะท้อนของสิ่งปกคลุม จากงานวิจัยของ Berry and Goetz (1977) โดยใช้ทฤษฎีอัตราส่วนระหว่างแบนด์ (Band ratio) เข้ามาช่วยการแปลความหมายเพื่อลดผลกระทบของพืชที่ปกคลุม จากแนวความคิดนี้ในการศึกษานี้จึงทำการวิเคราะห์ภาพอัตราส่วนช่วงคลื่นทุกช่วงคลื่น เนื่องจากสภาพธรณีวิทยา และพืชปกคลุมที่แตกต่างจากงานวิจัยที่ผ่านมา

3.5.2. วิเคราะห์ค่าการสะท้อนพลังงานของหิน และตะกอนในแต่ละอัตราส่วนช่วงคลื่น (Band Ratio) เพื่อเปรียบเทียบความเด่นชัดของข้อมูล โดยการนำความเข้มของแบนด์หนึ่งมาหารกับความเข้มของอีกแบนด์หนึ่งในแต่ละจุดภาพที่ตรงกัน ทำให้ค่าความเข้มในจุดภาพเด่นชัดขึ้น ด้วยการสร้าง Model ในโปรแกรม ERDAS IMAGINE โมดูล Model Maker ดังแสดงในรูปที่ 3.25 โดยศึกษาอัตราส่วนช่วงคลื่นทุกช่วงคลื่น ซึ่งจะได้ข้อมูลภาพอัตราส่วนช่วงคลื่น จำนวน 104 ภาพ

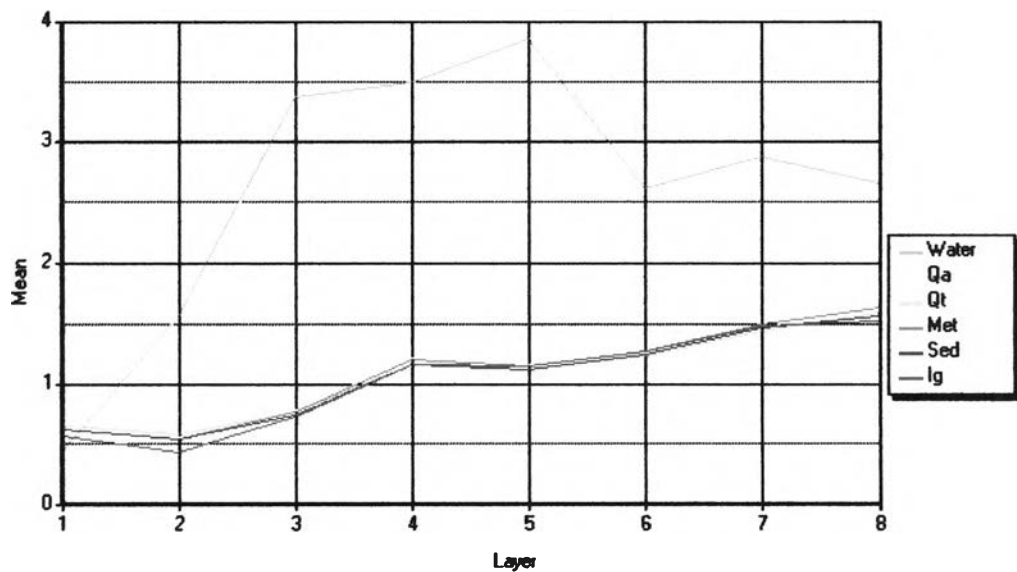


รูปที่ 3.25 แสดง โมเดลที่ใช้ในการสร้างข้อมูลภาพอัตราส่วนช่วงคลื่น

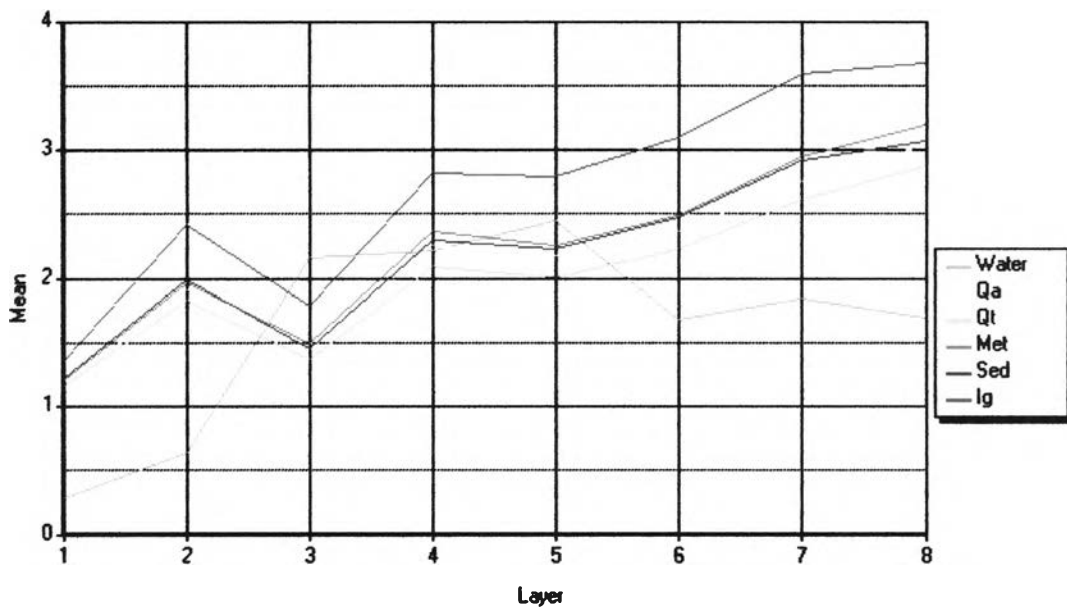
นำภาพอัตราส่วนช่วงคลื่นต่างๆ มาวิเคราะห์ค่าสถิติ โดยทำการรวมภาพที่เป็นภาพอัตราช่วงคลื่นของแบนด์หลักหารด้วยแบนด์ต่างๆ แยกแต่ละชั้น (Layer) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่าง ยกตัวอย่างเช่น รูปที่ 3.26 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าการสะท้อนพลังงานแต่ละประเภทข้อมูลของแบนด์ 1 หารแบนด์ต่างตามลำดับชั้นดังนี้ ชั้นที่ 1 คือชั้นข้อมูลแบนด์ 1 หารด้วยแบนด์ 2, ชั้นที่ 2 คือชั้นข้อมูลแบนด์ 1 หารด้วยแบนด์ 3, ชั้นที่ 3 คือชั้นข้อมูลแบนด์ 1 หารด้วยแบนด์ 4 ตามลำดับจนถึงชั้นที่ 8 คือชั้นข้อมูลแบนด์ 1 หารด้วยแบนด์ 9



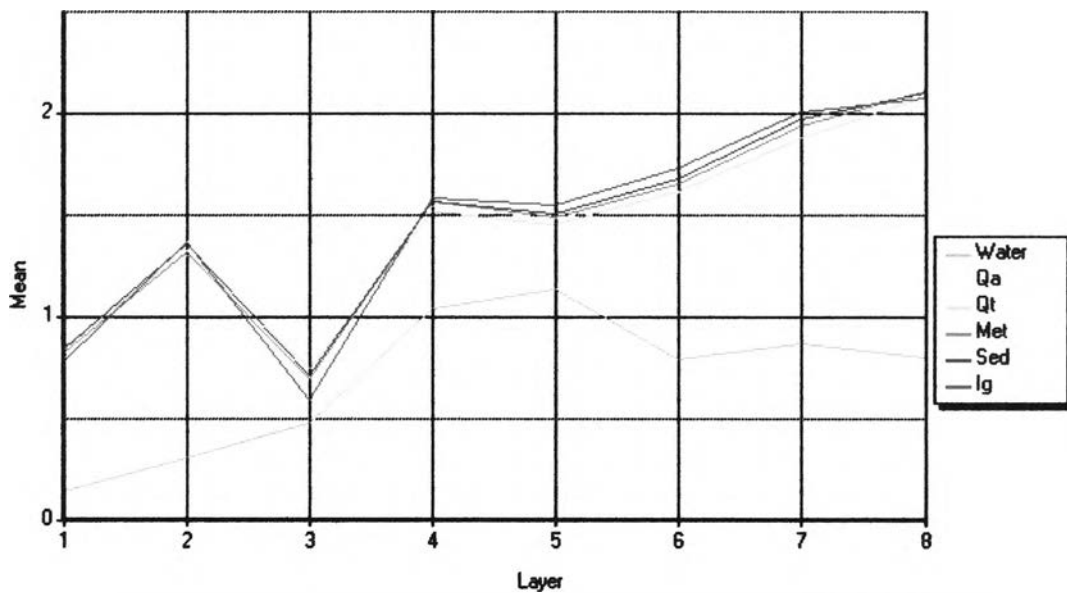
รูปที่ 3.26 แสดงค่าเฉลี่ย (Mean) ของค่าการสะท้อนพลังงานแต่ละประเภทข้อมูลของแบนด์ 1 หารแบนด์ต่างๆ



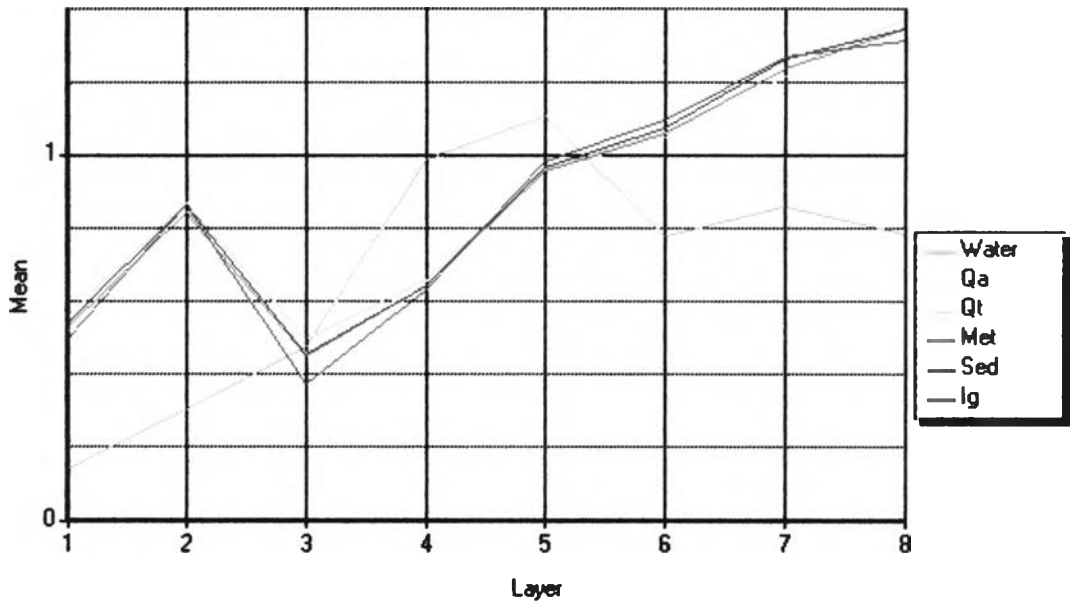
รูปที่ 3.27 แสดงค่าเฉลี่ย (Mean) ของค่าการสะท้อนพลังงานแต่ละประเภทข้อมูลของแบนด์ 2 หารแบนด์ต่างๆ



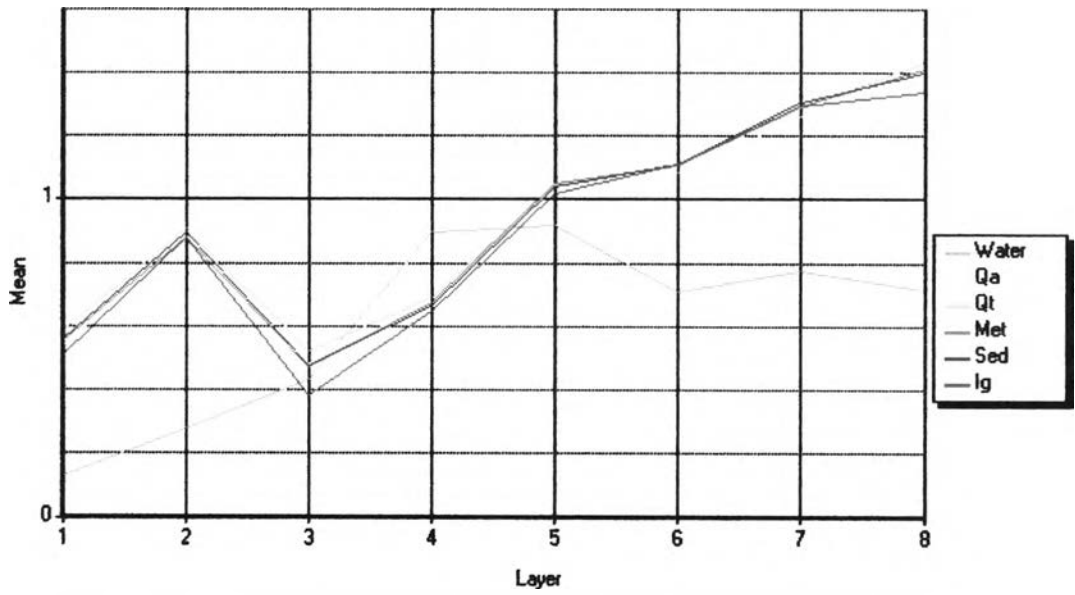
รูปที่ 3.28 แสดงค่าเฉลี่ย (Mean) ของค่าการสะท้อนพลังงานแต่ละประเภทข้อมูลของแบนด์ 3 หาร
แบนด์ต่างๆ



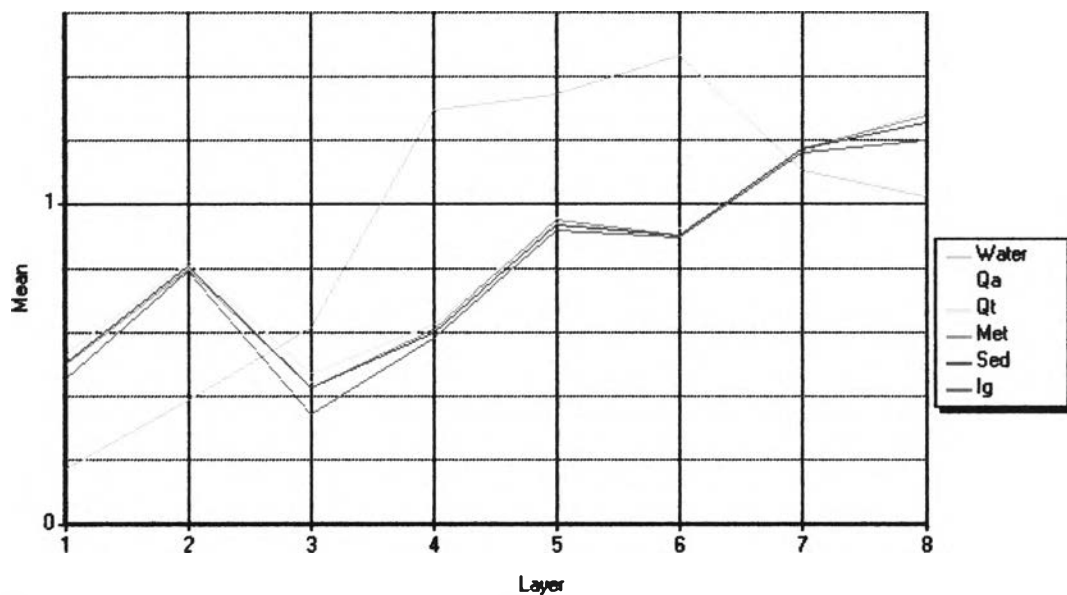
รูปที่ 3.29 แสดงค่าเฉลี่ย (Mean) ของค่าการสะท้อนพลังงานแต่ละประเภทข้อมูลของแบนด์ 4 หาร
แบนด์ต่างๆ



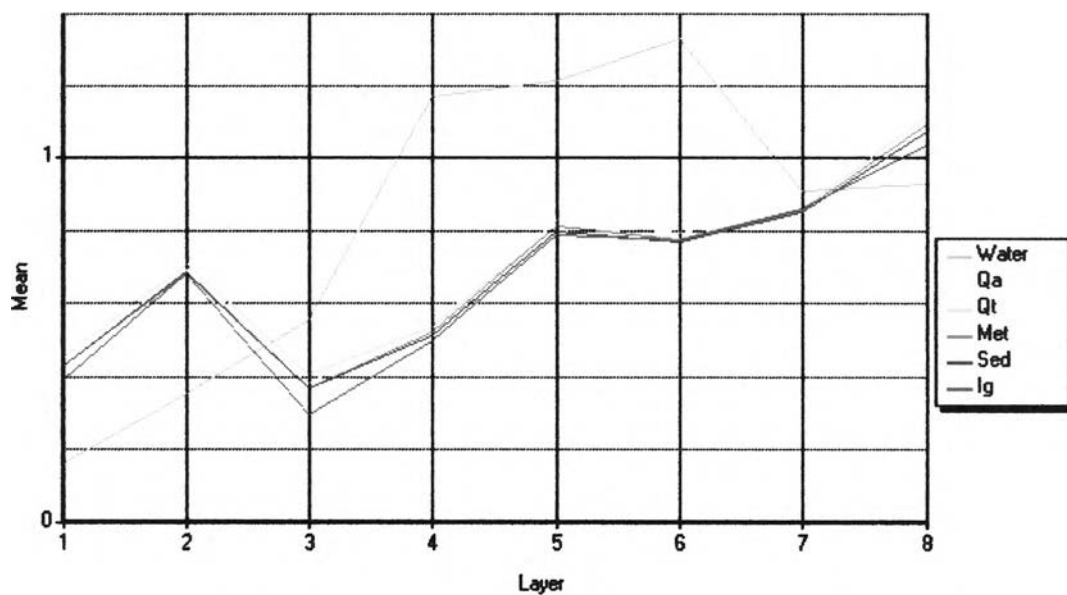
รูปที่ 3.30 แสดงค่าเฉลี่ย (Mean) ของค่าการสะท้อนพลังงานแต่ละประเภทข้อมูลของแบนด์ 5 ทาร
แบนด์ต่างๆ



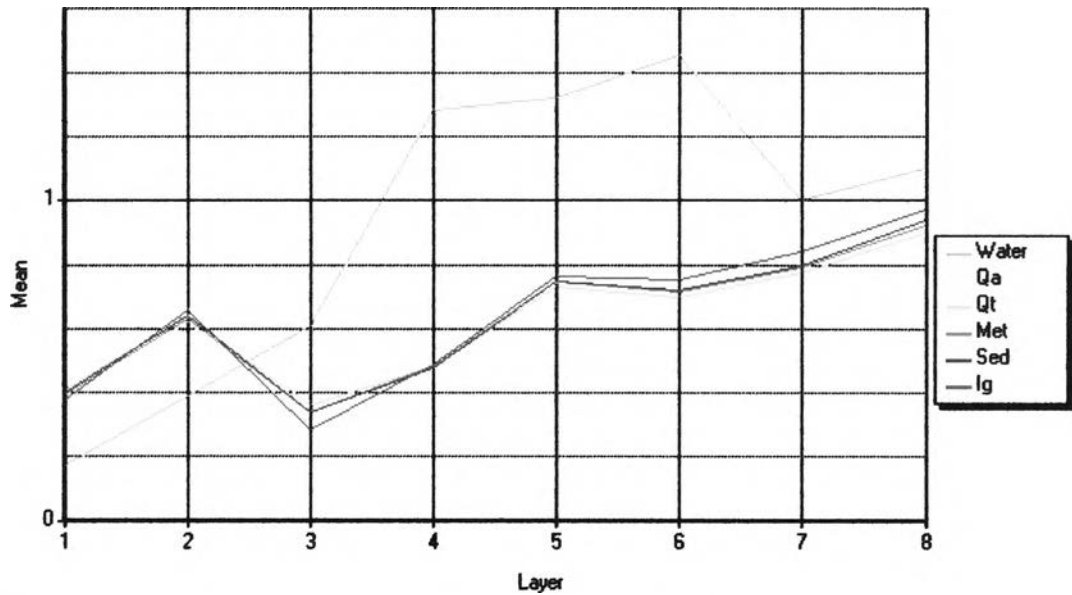
รูปที่ 3.31 แสดงค่าเฉลี่ย (Mean) ของค่าการสะท้อนพลังงานแต่ละประเภทข้อมูลของแบนด์ 6 ทาร
แบนด์ต่างๆ



รูปที่ 3.32 แสดงค่าเฉลี่ย (Mean) ของค่าการสะท้อนพลังงานแต่ละประเภทข้อมูลของแบนด์ 7 ทาร
แบนด์ต่างๆ



รูปที่ 3.33 แสดงค่าเฉลี่ย (Mean) ของค่าการสะท้อนพลังงานแต่ละประเภทข้อมูลของแบนด์ 8 ทาร
แบนด์ต่างๆ



รูปที่ 3.34 แสดงค่าเฉลี่ย (Mean) ของค่าการสะท้อนพลังงานแต่ละประเภทข้อมูลของเบนด์ 9 ทหาร
เบนด์ต่างๆ

จากผลการวิเคราะห์ค่าสถิติข้างต้น สรุปได้ว่า

- ตะกอน Qa มีอัตราส่วนช่วงคลื่นเฉลี่ยที่แตกต่างจากหินและตะกอนอื่นคือ 3/6, 3/7, 3/8, 3/9, 6/7, 6/8, 8/5, 8/6 แต่ที่มีค่าส่วนเบี่ยงเบนต่ำคือ 6/7, 6/8, 8/5, 8/6
- ตะกอน Qt มีอัตราส่วนช่วงคลื่นเฉลี่ยที่แตกต่างจากหินและตะกอนอื่น คือ 1/5, 1/6, 1/7, 1/8, 1/9, 3/4, 3/5, 3/6, 3/7, 3/8, 3/9, 6/3, 6/9, 7/3, 9/6 แต่ที่มีค่าส่วนเบี่ยงเบนต่ำ คือ 1/5, 1/9, 6/9, 9/6
- หินแปร มีอัตราส่วนช่วงคลื่นเฉลี่ยที่แตกต่างจากหินและตะกอนอื่น คือ 3/5, 3/9, 4/8, 9/8
- หินตะกอน มีอัตราส่วนช่วงคลื่นเฉลี่ยที่แตกต่างจากหินและตะกอนอื่น คือ 1/5, 1/6, 1/9, 3/2, 3/5, 3/6, 3/9, 4/8, 7/9, 9/8 แต่ที่มีค่าส่วนเบี่ยงเบนต่ำ คือ 1/9, 4/8, 7/9, 9/8
- หินอัคนี มีอัตราส่วนช่วงคลื่นเฉลี่ยที่แตกต่างจากหินและตะกอนอื่น คือ 1/2, 1/3, 1/5, 1/6, 1/7, 1/8, 1/9, 2/1, 2/3, 3/1, 3/2, 3/4, 3/5, 3/6, 3/7, 3/8, 3/9, 4/3, 4/6, 4/7, 4/8, 5/3, 6/3, 7/3, 7/9, 8/3, 8/9, 9/3, 9/5, 9/6, 9/7, 9/8 แต่ที่มีค่าส่วนเบี่ยงเบนต่ำ คือ 4/6, 4/7, 4/8, 9/5

ผู้วิจัยจะเลือกอัตราส่วนช่วงคลื่น 1/5, 1/9, 3/5, 3/9, 4/8 ซึ่งเป็นอัตราส่วนช่วงคลื่น ที่แสดงลักษณะเด่นครอบคลุมทุกประเภทข้อมูล และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนต่ำมาจัดทำภาพสีผสม เพื่อใช้ใน

การจำแนกแบบกำกับ (Supervised classification) โดยหินและตะกอนแต่ละประเภทที่สัดส่วนช่วงคลื่นของอัตราส่วนช่วงคลื่น 1/5, 1/9, 3/5, 3/9, 4/8 ดังนี้

- ตะกอน Qa มีค่าสัดส่วนช่วงคลื่น ดังนี้ $1.208 \leq 1/5 \leq 4.028$,
 $1.475 \leq 1/9 \leq 5.577$, $0.778 \leq 3/5 \leq 4.214$, $0.966 \leq 3/9 \leq 5.864$,
 $1.188 \leq 4/8 \leq 2.524$
- ตะกอน Qt มีค่าสัดส่วนช่วงคลื่น ดังนี้ $1.1 \leq 1/5 \leq 4.125$, $1.548 \leq 1/9 \leq 4.81$,
 $0.723 \leq 3/5 \leq 3.767$, $0.943 \leq 3/9 \leq 5.217$, $1.196 \leq 4/8 \leq 2.55$
- หินแปร มีค่าสัดส่วนช่วงคลื่น ดังนี้ $0.929 \leq 1/5 \leq 4.375$, $0.821 \leq 1/9 \leq 6.5$,
 $0.844 \leq 3/5 \leq 6.75$, $0.811 \leq 3/9 \leq 9.818$, $0.755 \leq 4/8 \leq 2.857$
- หินตะกอนมีค่าสัดส่วนช่วงคลื่น ดังนี้ $0.867 \leq 1/5 \leq 3.581$,
 $0.514 \leq 1/9 \leq 4.625$, $0.676 \leq 3/5 \leq 4$, $0.507 \leq 3/9 \leq 5.2$, $0.474 \leq 4/8 \leq 2.667$
- หินอัคนี มีค่าสัดส่วนช่วงคลื่น ดังนี้ $1.236 \leq 1/5 \leq 3.267$,
 $1.605 \leq 1/9 \leq 4.594$, $1.197 \leq 3/5 \leq 5.048$, $1.5 \leq 3/9 \leq 6.438$,
 $1.338 \leq 4/8 \leq 2.476$

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลสภาพภูมิประเทศเพื่อค้นหาเงื่อนไ้

การค้นหาเงื่อนไ้การจำแนกสามารถค้นหาได้จากการนำข้อมูลประกอบการพิจารณา ได้แก่ ข้อมูลระดับความสูง ข้อมูลความชัน ข้อมูลการระบายน้ำของดิน ข้อมูลความลึกดิน ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน และข้อมูลระยะห่างทางน้ำหลัก มาซ้อนทับ (Intersect) กับข้อมูลธรณีวิทยา ด้วยโปรแกรม Arcview และคำนวณหาค่าร้อยละของพื้นที่หินและตะกอนในสภาพภูมิประเทศ ระดับความสูงแต่ละระดับ แต่ละช่วงระดับความชัน มีการระบายน้ำของดิน และความลึกของดินที่ปกคลุม รวมถึงสิ่งปกคลุมอื่นๆ จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน และระยะห่างจากทางน้ำหลักในแต่ละช่วงระยะห่าง แล้วนำมาวิเคราะห์ความแตกต่างของภูมิประเทศในแต่ละประเภทข้อมูล

3.6.1. การศึกษาความสัมพันธ์ของหินและตะกอนกับระดับความสูง

ตารางที่ 3.3 แสดงร้อยละของพื้นที่หินและตะกอนในระดับความสูงต่างๆ

Elevation	Qa	Qt	Met	Sed	Ig
≤10 m	87.27	25.36	18.41	10.98	0.26
11-30 m	11.06	40.82	48.68	38.58	1.74
31-60 m	1.66	30.96	24.95	35.29	22.47
61-90 m		0.44	3.12	6.22	1.65
91-150 m		2.40	4.32	6.75	37.30
150-300 m			0.52	2.19	25.09
>300 m					11.49

3.6.2. การศึกษาความสัมพันธ์ของหินและตะกอนกับความชันของพื้นที่

ตารางที่ 3.4 แสดงร้อยละของพื้นที่หินและตะกอนในระดับความชันต่างๆ

Slope	Qa	Qt	Met	Sed	Ig
0 องศา	93.55	74.86	52.91	46.44	25.04
1-3 องศา	5.91	22.95	27.26	27.15	13.51
4-5 องศา	0.29	1.67	8.14	8.39	6.50
6-10 องศา	0.18	0.35	4.29	4.92	7.21
11-30 องศา	0.06	0.15	7.01	12.02	41.57
31-60 องศา	0.00	0.01	0.38	1.06	6.10
>60 องศา			0.01	0.03	0.07

3.6.3. การศึกษาความสัมพันธ์ของหินและตะกอนกับชนิดของสิ่งปกคลุม

ตารางที่ 3.5 แสดงร้อยละของพื้นที่หินและตะกอนในชนิดของสิ่งปกคลุมต่างๆ

Landuse	Qa	Qt	Met	Sed	Ig
พื้นที่นา พื้นที่ลุ่ม	25.79	4.38	0.33	0.04	0.03
พื้นที่เพาะปลูกพืชล้มลุก พืชไร่ ทุ่งหญ้า	6.96	9.50	3.95	1.14	6.83
พื้นที่เพาะปลูกพืชล้มลุกผสมพืชยืนต้น	3.93	5.16	0.48		3.46
พื้นที่เพาะปลูกพืชยืนต้นผสมพืชล้มลุก	13.36	24.43	23.80	6.01	10.62
พื้นที่เพาะปลูกพืชยืนต้น	29.34	54.04	65.89	88.41	31.53
ป่าเบญจ ป่าพรุ	3.76	0.03	0.06	0.01	
ป่าชายเลน ป่าชายหาด	1.30				
ป่าผลัดใบ ป่าไม่ผลัดใบ ป่าเบญจพรรณ ป่าเสื่อมโทรม สวนป่า	0.02	0.90	5.00	3.52	39.64
ป่าดิบชื้น					7.69
หมู่บ้านพื้นราบ ตัวเมือง ย่านการค้า	6.14	0.90	0.17	0.20	0.04
โรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม	0.65	0.11	0.04	0.07	0.01
สถานที่ราชการ สถาบันต่างๆ	0.96	0.32	0.18	0.33	0.10
สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ	0.80	0.02	0.03	0.21	
สุสาน ป่าช้า	0.03	0.00			
แม่น้ำ อ่างเก็บน้ำ ทะเลสาบ บึง	1.65	0.13	0.06	0.00	0.01
บ่อกึ่ง บ่อน้ำในนา	4.86	0.08		0.01	0.05
บ่อทราย บ่อลูกรัง	0.24			0.04	
หาดทราย	0.24		0.01		

3.6.4. การศึกษาความสัมพันธ์ของหินและตะกอนกับการระบายของชุดดิน

การผุพังทั้งทางเคมี และกายภาพของหินนับได้ว่าเป็นก้าวแรกของการเกิดดิน และเมื่อการผุพังดำเนินไปเรื่อยๆ ในที่สุดเราจะได้ดิน ปัจจัยในการเกิดดินจึงขึ้นอยู่กับหินต้นกำเนิด น้ำฝน อุณหภูมิ ความลาดชัน ชนิดและปริมาณพืช รวมทั้งระยะเวลา (ปัญญา จารุศิริและคณะ, 2545) ดังนั้นชนิดและคุณลักษณะของดินในบริเวณนั้นจึงมีความสัมพันธ์กับหินในบริเวณนั้น ผู้วิจัยจึงแบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 ส่วน คือ วิเคราะห์ความสามารถในการระบายน้ำของชุดดิน และความลึกของชุดดิน ได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 3.6

Drainage	Qa	Qt	Met	Sed	Ig
การระบายน้ำเร็ว	23.24	7.16	1.69	0.86	0.02
การระบายน้ำค่อนข้างเร็ว		0.22	0.41	0.70	
การระบายน้ำค่อนข้างดี	15.80	10.73	7.17	5.68	2.56
การระบายน้ำดี	20.60	66.24	75.19	67.78	28.10
การระบายน้ำมากเกินไป	9.64	1.05	2.25	0.51	1.18
Slope Complex	0.38	0.46	7.01	21.49	66.63
ไม่ทราบชื่อชุดดิน	30.32	14.14	6.29	2.99	1.52

ตารางที่ 3.6 แสดงร้อยละของพื้นที่หินและตะกอนในความสามารถการระบายน้ำต่างๆของดิน

3.6.5. การศึกษาความสัมพันธ์ของหินและตะกอนกับความลึกของชุดดิน

ตารางที่ 3.7 แสดงร้อยละของพื้นที่หินและตะกอนในระดับความลึกของชุดดิน

Depth	Qa	Qt	Met	Sed	Ig
ค่อนข้างลึก, ระหว่าง 50-100 ซม.	1.20	0.44	0.96	0.31	
ลึก, ระหว่าง 100-150 ซม.	41.05	48.03	20.36	18.18	9.00
ลึกมาก, มากกว่า 150 cm.	21.18	39.60	46.57	31.01	23.60
Slope Complex	0.38	0.46	7.01	21.49	66.63
ไม่ทราบชื่อชุดดิน	36.17	11.46	25.11	29.02	0.77

3.6.6. การศึกษาความสัมพันธ์ของหินและตะกอนกับระยะห่างจากทางน้ำ

ตารางที่ 3.8 แสดงร้อยละของพื้นที่หินและตะกอนในระยะห่างจากทางน้ำต่างๆ

St_buffer	Qa	Qt	Met	Sed	Ig
<500 m	53.88	10.55	5.67	3.82	0.42
500-1000 m	18.64	13.46	10.07	9.57	0.68
1000-1500 m	10.33	12.06	13.95	10.55	0.90
>1500 m	17.15	63.93	70.31	76.06	98.00

3.7 การกำหนดเงื่อนไขในการจำแนก

การกำหนดเงื่อนไขการจำแนก แบ่งเป็นเงื่อนไขหลัก 2 เงื่อนไข คือ เงื่อนไขค่าการสะท้อนพลังงาน และเงื่อนไขสภาพแวดล้อม ซึ่งเงื่อนไขค่าการสะท้อนพลังงานกำหนดจากค่าสถิติของค่าการสะท้อนพลังงาน โดยเลือกช่วงคลื่น และอัตราส่วนช่วงคลื่น ออกเป็น 3 ลักษณะได้แก่

- เลือกช่วงคลื่นที่ให้ผลการจำแนกแบบกำกับมีความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) มากที่สุด มากำหนดเป็นเงื่อนไขค่าการสะท้อนพลังงาน
- เลือกอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ให้ผลการจำแนกแบบกำกับมีความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) มากที่สุด มากำหนดเป็นเงื่อนไขค่าการสะท้อนพลังงาน
- เลือกช่วงคลื่น และอัตราส่วนช่วงคลื่น ที่ให้ผลการจำแนกแบบกำกับมีความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) มากที่สุด มากำหนดเป็นเงื่อนไขค่าการสะท้อนพลังงาน

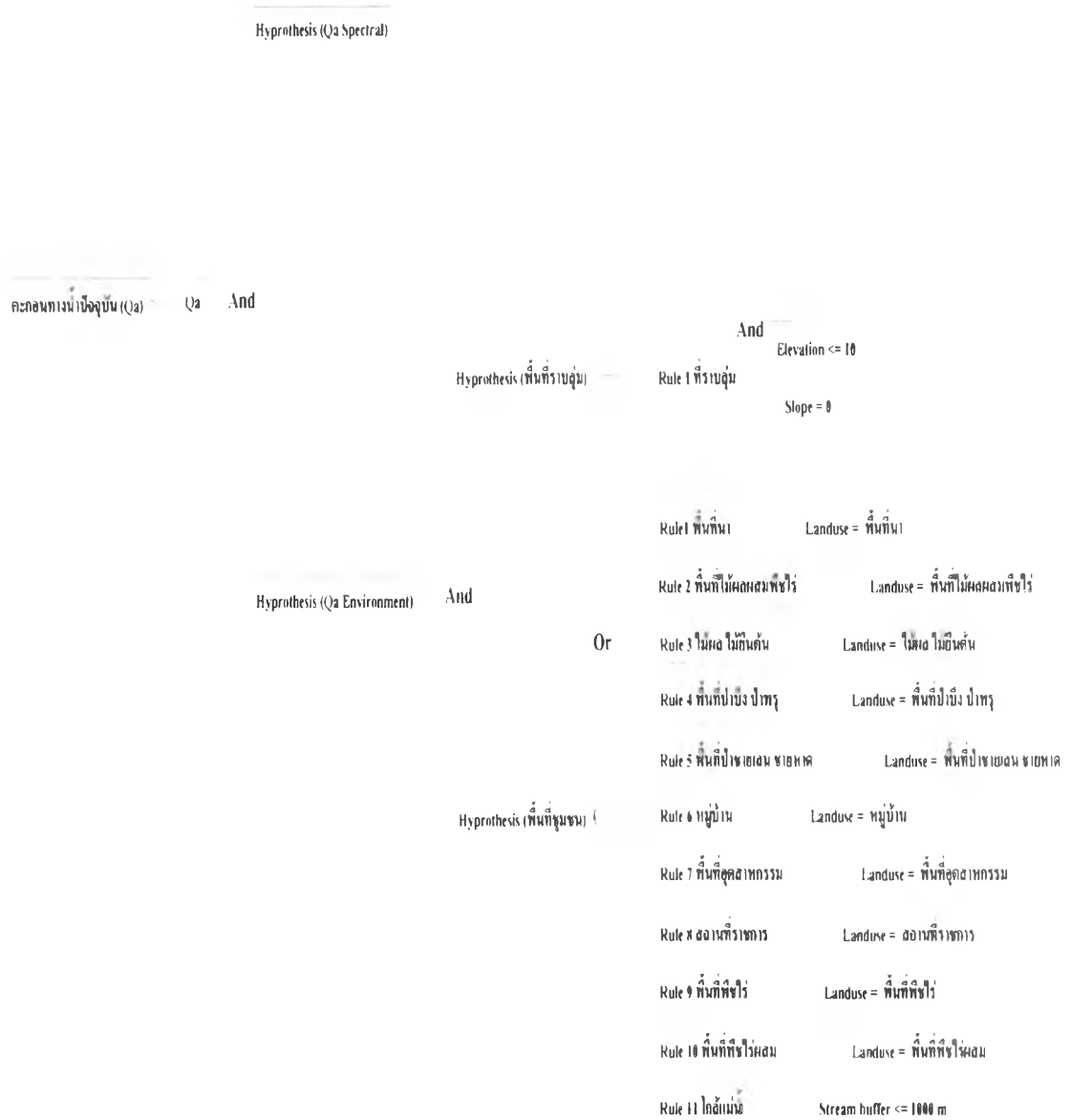
แต่เนื่องจากคุณสมบัติการสะท้อนพลังงานหินและตะกอนแต่ละชนิด ไม่มีความเด่นชัดมากนัก ซึ่งเกิดจากในพื้นที่ศึกษามีความหลากหลายของลักษณะทางกายภาพ และมีความปะปนของสิ่งปกคลุมทั้งจากพืช และสิ่งปลูกสร้าง ทำให้ค่าการสะท้อนพลังงานมีค่าที่กระจายตัว จึงจำเป็นต้องใช้ค่าสถิติความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อม ร่วมกับคุณสมบัติทางธรณีวิทยาของหินและตะกอนแต่ละชนิด มากำหนดเป็นเงื่อนไขทางสภาพแวดล้อม

3.7.1. การกำหนดเงื่อนไขในการจำแนกตะกอนทางน้ำปัจจุบัน (Qa)

ตะกอนทางน้ำปัจจุบัน (Qa) หมายถึง ตะกอนซึ่งประกอบด้วย ตะกอนกรวด หิน ดิน ทราย และสิ่งอื่นๆ ที่น้ำพาไปสะสมตัว ณ บริเวณใดบริเวณหนึ่ง เช่น ตามร่องน้ำ (คณะอนุกรรมการจัดทำพจนานุกรมธรณีวิทยา, 2530) การสะสมตัวของตะกอนจะอยู่ในบริเวณที่อยู่ต่ำกว่า ซึ่งเป็นตะกอนที่เกิดจากการทำงานของทางน้ำ

จากรายงานผลการสำรวจธรณีวิทยาโครงการเร่งรัดศึกษา และประเมินศักยภาพทรัพยากรแร่ พื้นที่ระยองปี 2545 กล่าวไว้ว่า ตะกอนทางน้ำปัจจุบัน (Qa) ในพื้นที่ศึกษานี้ ประกอบด้วย ตะกอนกรวด ทราย ทรายแป้งและดินเหนียว พบตามที่ราบริมฝั่ง และบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงของแม่น้ำสายหลัก และทางน้ำสาขาทั่วไป ด้วยคุณสมบัติดังนี้ สอดคล้องกับค่าสถิติในตารางข้างต้น ที่จะพบได้ในพื้นที่ระดับความสูงต่ำกว่า 10 เมตร 87.27% และพบในพื้นที่ราบความลาดชัน 0 องศา 93.55% นอกจากนี้ยังพบในบริเวณใกล้กับแม่น้ำหลัก หรือทางน้ำที่มีน้ำไหลตลอดปี ในระยะไม่เกิน 500 เมตร 53.88% จึงมีทั้งพื้นที่ของป่าชายเลน ชายหาด และพื้นที่ป่าบึง ป่าพรุ ด้วยคุณสมบัติของพื้นที่ราบอยู่ใกล้แหล่งน้ำ ตะกอนเกิดการสะสมตัวจึงมีความอุดมสมบูรณ์สูง ทำให้มีสภาพเป็นชุมชน ทั้งส่วนของสิ่งปลูกสร้าง หมู่บ้าน และการเกษตรกรรม โดยเฉพาะการทำนา

หลังจากนั้นนำข้อมูลเหล่านี้มาสร้างเป็นเงื่อนไขการจำแนกร่วมกับค่าการสะท้อนพลังงานดังแสดงในรูปที่ 3.35

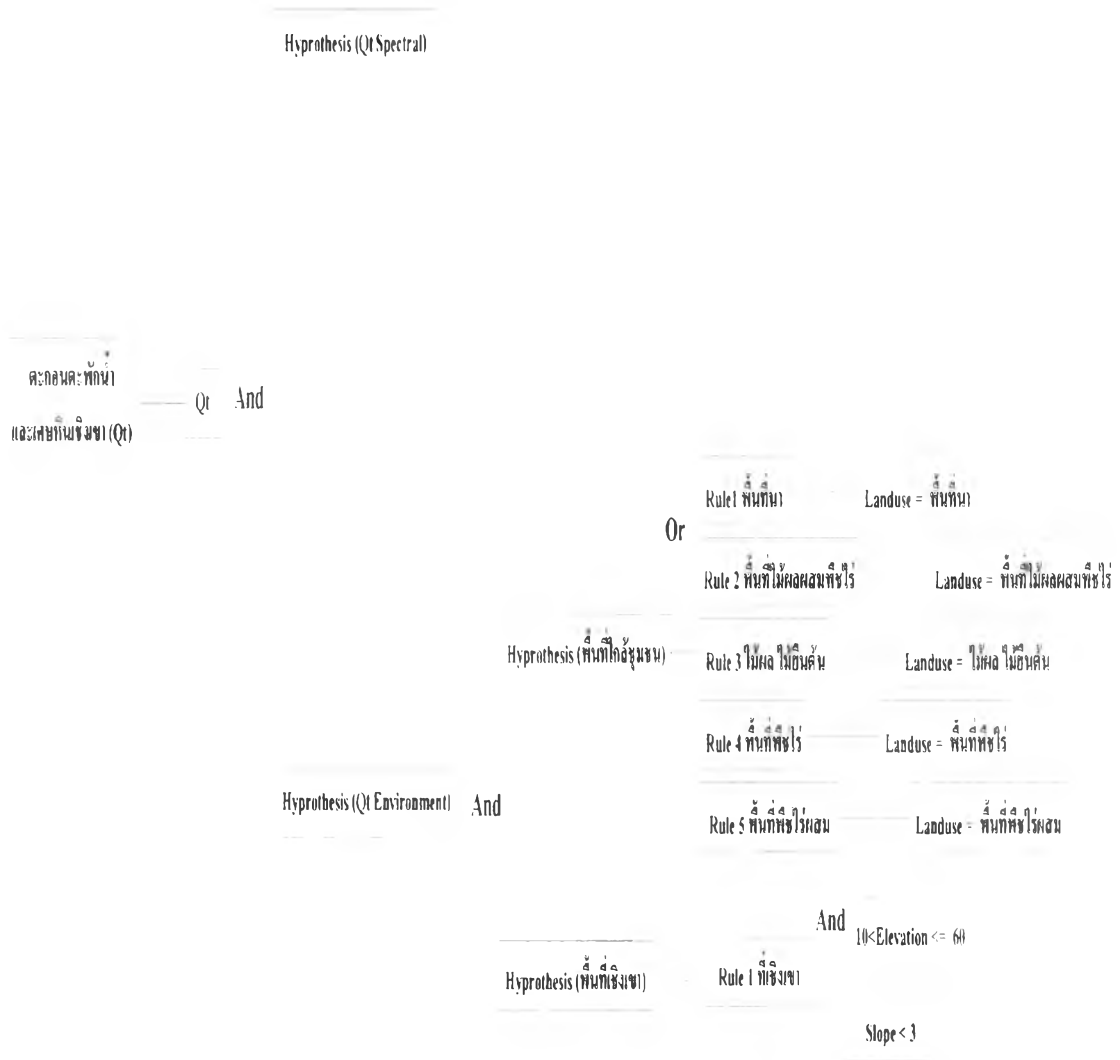


รูปที่ 3.35 แสดงแผนภูมิการจำแนกกลุ่มข้อมูลตะกอนทางน้ำปัจจุบัน (Qa)

3.7.2. การกำหนดเงื่อนไขในการจำแนกตะกอนตะก้นน้ำ และเศษหินเชิงเขา (Qt)

สำหรับตะกอนตะก้นน้ำและเศษหินเชิงเขา (Qt) ในรายงานการสำรวจธรณีโครงการเร่งรัดศึกษา และประเมินศักยภาพทรัพยากรแร่ กล่าวว่า พบบริเวณเชิงเขาทั่วไปในพื้นที่สำรวจประกอบด้วยตะกอนเศษหินที่ผุพังมาจากหินต่างๆ ในบริเวณเขาสูงประกอบด้วยเศษหินจำพวกหินเชิร์ต หินทราย หินทรายแป้ง หินโคลน หินทรายเถาภูเขาไฟ หินแอนดีไซต์ หินไนส์ หินแกรนิต และหินชีสต์ พบอยู่บริเวณเชิงเขา และเนินเขาลูกเล็กๆ ทั่วไปในพื้นที่ ซึ่งสอดคล้องกับค่าสถิติความสัมพันธ์กับระดับความสูงมากกว่า 10 เมตร แต่ไม่เกิน 60 เมตร และความชันไม่เกิน 3 องศา คือ 71.78% และ 97.84% ของพื้นที่ตะกอนตะก้นน้ำทั้งหมดที่พบในพื้นที่ ด้วยสภาพของพื้นที่ที่มีความชันเล็กน้อย ทำให้มีสิ่งปลูกสร้างน้อยกว่าพื้นที่ราบ สภาพความเป็นชุมชนน้อยลง แต่ด้วยคุณสมบัติของตะกอนตะก้นน้ำที่จะพบติดกับตะกอนทางน้ำปัจจุบัน ทำให้ได้รับอิทธิพลของความ

เป็นชุมชน พื้นที่ส่วนใหญ่จึงเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ทั้งพื้นที่นา พื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ และพืชยืนต้น ผสมรวมถึง 97.50% ของพื้นที่พบตะกอนตะกอนน้ำทั้งหมดของพื้นที่ศึกษา หลังจากนั้นนำข้อมูลเหล่านี้มาสร้างเป็นเงื่อนไขการจำแนกร่วมกับค่าการสะท้อนพลังงานดังแสดงในรูปที่ 3.36



รูปที่ 3.36 แสดงแผนภูมิการจำแนกกลุ่มข้อมูลตะกอนตะกอนน้ำและเศษหินเชิงเขา (Qt)

3.7.3. การกำหนดเงื่อนไขในการจำแนกหินแปร (Metamorphic Rocks)

หินแปร (Metamorphic Rocks) หมายถึง หินแปรสภาพไปจากหินเดิม โดยการกระทำของความร้อน ความดัน และปฏิกิริยาเคมี หินแปรบางชนิดยังแสดงเค้าเดิม บางชนิดผิดไปจากเดิมมาก จนต้องอาศัยดูรายละเอียดของเนื้อใน หรือสภาพสิ่งแวดล้อมจึงจะทราบที่มา เช่น หินดินดานแปรเป็นหินชนวน หินปูนแปรเป็นหินอ่อน (คณะอนุกรรมการจัดทำพจนานุกรมธรณีวิทยา, 2530)

หินแปรในพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วยหินไบโอไทต์ไนส์ หินควอตซ์ไมกาชีสต์ หินไมกาชีสต์ และหินฟิลไลต์ สลับด้วยหินควอร์ตไซต์ชั้นบางๆ ซึ่งเป็นหินที่แปรมาจากหินอัคนี ผสม

หินตะกอน คำนึงสภาพแวดล้อมต่างๆ ในบริเวณหินแปรจึงใกล้เคียงกับหินตะกอน และตะกอนแข็ง เขา แต่จะพบในพื้นที่ต่ำกว่า และความชันน้อยกว่าหินตะกอนเล็กน้อย จึงกำหนดเงื่อนไขสภาพแวดล้อมเช่นเดียวกับหินตะกอน ดังแสดงในรูปที่ 3.37



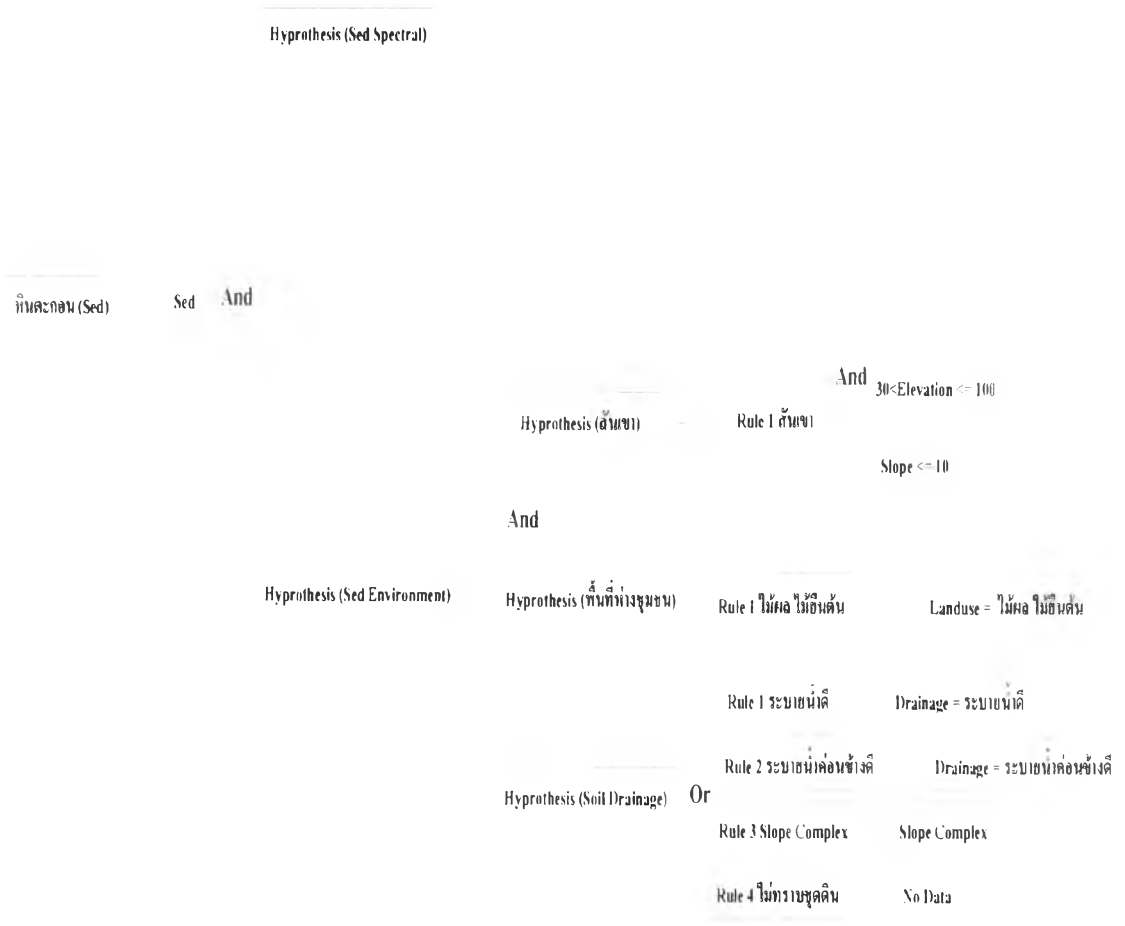
รูปที่ 3.37 แสดงแผนภูมิการจำแนกกลุ่มข้อมูลตะกอนหินแปร (Metamorphic Rocks)

3.7.4. การกำหนดเงื่อนไขในการจำแนกหินตะกอน (Sedimentary Rocks)

หินตะกอน (Sedimentary Rocks) หมายถึง หินที่เกิดจากการทับถมของตะกอน ตะกอนเหล่านี้เกิดจากการผุพังแตกสลายของหินอัคนี หินแปร หรือหินชั้นอายุแก่กว่า ถูกพัดพามา ตกจนสะสม โดยน้ำ ลม ธารน้ำแข็ง หรือการตกตะกอนทางเคมี และหมายรวมถึงหินที่เกิด

จากการสะสมของซากดึกดำบรรพ์ด้วย ตะกอนต่างๆ เหล่านี้ จะมีการสะสมตัวเป็นชั้นๆ และเมื่อมีการแข็งตัวกลายเป็นหิน ลักษณะการเรียงตัวเป็นชั้นๆ ตามลำดับอายุ ยังปรากฏให้เห็นอยู่ (คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมธรณีวิทยา, 2530)

หินตะกอนในพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วยหินเชิร์ต หินโคลน หินทราย หินดินดานเนื้อปูนถ่าน หินถ้ำภูเขาไฟ หินทราย และหินโคลนเนื้อถ้ำภูเขาไฟ กระจายตัวตามเนินเขาลูกเล็กๆ หินถ้ำภูเขาไฟ หินดิน-ดานเนื้อถ้ำภูเขาไฟ หินทรายเนื้อถ้ำภูเขาไฟ และหินปูนที่มีซากดึกดำบรรพ์หลายชนิด เช่น ฟอรัม-มินิเฟอรา (foramminifera) หินทราย และหินโคลนสีแดง แสดงแนวชั้นเฉียงระดับ (cross bedding) และรอยร้าวแนวโคลน (mud crack) (กรมทรัพยากรธรณี, 2545) โดยส่วนใหญ่จะพบได้บริเวณเนินเขาเตี้ยๆ ความสูงไม่เกิน 100 เมตร และความชันไม่เกิน 10 องศา เนื่องจากเป็นที่เนินทำให้มีการระบายน้ำของดินค่อนข้างดีถึงดี การเพาะปลูกจึงเป็นการปลูกพืชยืนต้น ที่มีรากยึดเกาะมาก และไม่ต้องการการดูแลมากนัก ดังเงื่อนไขการจำแนกแสดงในรูปที่ 3.38

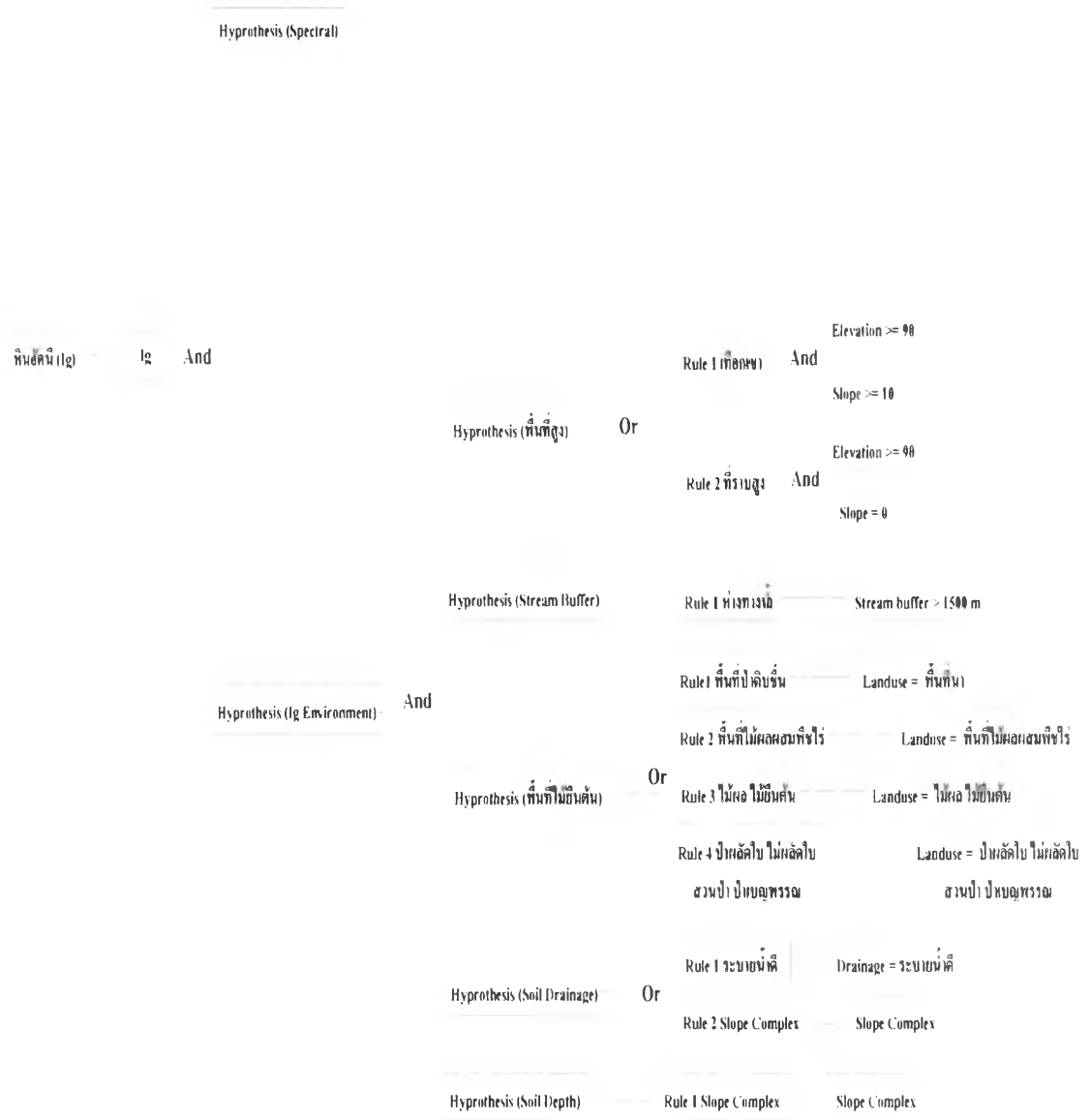


รูปที่ 3.38 แสดงแผนภูมิการจำแนกกลุ่มข้อมูลหินตะกอน (Sedimentary Rocks)

3.7.5. การกำหนดเงื่อนไขในการจำแนกหินอัคนี (Igneous Rocks)

หินอัคนี (Igneous Rocks) หมายถึง หินที่เกิดจากการแข็งตัวของหินหนืด (Magma) ได้ เปลือกโลก ไม่ว่าจะแข็งตัวอยู่ภายในเปลือกโลก หรือพวยพื้นเปลือกโลกออกมาแข็งตัวอยู่บนผิวโลกก็ตาม (คณะอนุกรรมการจัดทำพจนานุกรมธรณีวิทยา, 2530) การจำแนกประเภทของหินอัคนีตาม ลักษณะ หรือแนวทางในการเกิด (Mode of Occurrence) ออกเป็น 2 ประเภท คือ หินอัคนีบาดาล (Plutonic หรือ Intrusive rocks) และหินภูเขาไฟ (Volcanic หรือ Extrusive rocks) เนื่องจากสภาพ การเย็นตัวทำให้ได้เนื้อหินอัคนี (Igneous texture) ที่แตกต่างกัน และเนื้อหินคือการจัดสภาพ ความสัมพันธ์ของเม็ดแร่ในหินทั้งในด้านรูปร่าง ขนาด และลักษณะการวางจัดตัวระหว่างเม็ดแร่ โดยหินอัคนีบาดาล เกิดจากหินหนืดที่ผลัดกันตัวจากระดับลึกชั้นสูงอีกระดับหนึ่งใต้ผิวโลก และ เกิดการเย็นตัวอย่างช้าๆ ผลึกแร่มีเวลายาวนานในการจับตัวกันโตขึ้นเรื่อยๆ จึงทำให้ได้ผลึกแร่ที่มี ขนาดใหญ่มองเห็นได้ชัดเจน และมีสีจาง ส่วนหินภูเขาไฟเกิดจากหินหนืดถูกผลักให้ขึ้นมาสู่ผิว โลกโดยการระเบิดของภูเขาไฟ (Volcanic explosion) หรือปะทุออกมาเป็นธารหินละลาย (Lava flow) อัตราการเย็นตัวจะรวดเร็ว ระยะเวลาในการเกิดผลึกมีน้อย และแข็งตัวเร็วทำให้หินอัคนี ประเภทนี้มีผลึกแร่เล็กมากมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น และแร่มีสีเข้มกว่าหินอัคนีบาดาล (ปัญหา จารุศิริและคณะ, 2545)

ในรายงานของกรมทรัพยากรธรณี กล่าวว่า พบหินอัคนีแทรกซอน หรือหินอัคนี บาดาลเป็นแนวยาวทางด้านตะวันตก และทางด้านตะวันออกของพื้นที่ ตามแนวเทือกเขาที่ทอดตัว ยาวในแนวเหนือ-ใต้ และพบหินอัคนีพุ หรือหินอัคนีภูเขาไฟได้ทั่วไปทั้งพื้นที่ จากข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่าหินอัคนีส่วนใหญ่จะพบในพื้นที่มีระดับความสูงมาก ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลสถิติ ความสัมพันธ์ ของหินอัคนีในพื้นที่นี้ที่จะพบมากถึง 73.88% ที่ระดับความสูง 90 เมตรขึ้นไป และ ที่ระดับความสูงนี้พื้นที่ส่วนใหญ่จึงมีสภาพเป็น Slope Complex มีการระบายน้ำได้ดี ที่ปกคลุมด้วย ไม้ยืนต้น ทั้งไม้ผล และสภาพของป่าไม้ทั้งป่าผลัดใบ ไม้ผลัดใบ ป่าเบญจพรรณ และป่าดิบชื้น นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาระยะห่างจากทางน้ำจะพบว่าหินอัคนีเกือบทั้งพื้นที่อยู่ในระยะเกิน 1500 เมตร หลังจากนั้นนำข้อมูลเหล่านี้มาสร้างเป็นเงื่อนไขการจำแนกร่วมกับค่าการสะท้อนพลังงานดัง แสดงในรูปที่ 3.39



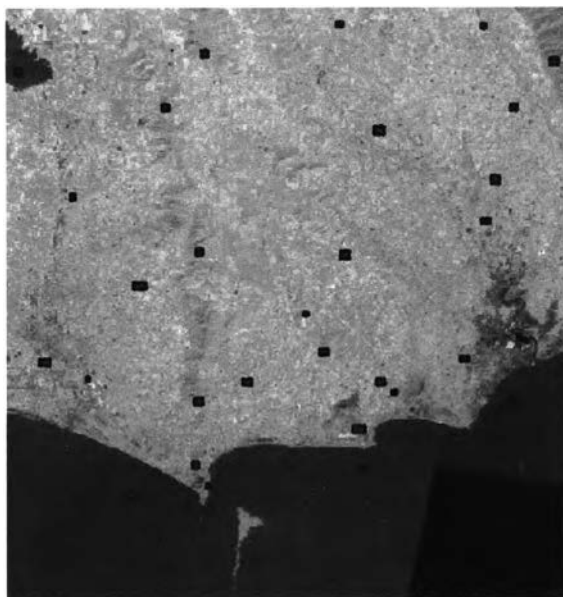
รูปที่ 3.39 แสดงแผนภูมิการจำแนกกลุ่มข้อมูลหินอัคนี (Igneous Rocks)

3.8 การจำแนกด้วยเทคนิคการจำแนกเชิงหลักเกณฑ์

หลังจากที่ได้เงื่อนไขการจำแนกหินและตะกอนแต่ละชนิดแล้ว จะนำเงื่อนไขที่ได้ไปกำหนดเป็นหลักเกณฑ์ ในระบบผู้เชี่ยวชาญ ด้วยโปรแกรม ERDAS Imagine โมดูล Knowledge Engineer

3.9 การตรวจสอบผลการจำแนกประเภท

ดำเนินการตรวจสอบผลการจำแนกประเภท (Classification Accuracy Assesment) โดยวิธี Evaluation Classification Error Matrix ด้วยการสร้างตาราง Confusion Matrix เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการจำแนก กับข้อมูลอ้างอิงจากพื้นที่ตรวจสอบแบบประเภทต่อประเภท โดยมีพื้นที่ตรวจสอบดังแสดงในรูปที่ 3.40



รูปที่ 3.40 แสดงพื้นที่ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลการจำแนก

3.10 สรุปผลการศึกษา

ในขั้นตอนสุดท้ายของงานวิจัย เปรียบเทียบสรุปผลการดำเนินงานของการจำแนกโดยใช้ข้อมูลภาพแอสเตอร์ โดยประเมินความถูกต้องจากค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) จากตาราง Confusion Matrix ซึ่งจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงความถูกต้องว่า ค่าความถูกต้องของการจำแนกมีความถูกต้องน่าเชื่อถือ คิดเป็นร้อยละเท่าไร และอธิบายสาเหตุของผลการจำแนกที่ไม่พึงประสงค์เสนอแนะแนวทางแก้ไข การปรับใช้วิธีการจำแนกสำหรับการใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกลในด้านธรณีวิทยาต่อไป