

ศึกษาทดลองการใช้ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียมแลนด์แซท 7
เพื่อจำแนกหินปูนกับหินโดโลไมต์

ปริญญานิพนธ์
ของ
ธีรเวทย์ ลิ้มโกมลวิลาส

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์
กุมภาพันธ์ 2548
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

553 511

66517

๑๓

ศึกษาทดลองการใช้ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียมแลนด์แซท 7
เพื่อจำแนกหินปูนกับหินโดโลไมต์

บทคัดย่อ

ของ

ธีรเวทย์ ลิ้มโกมลวิลาศ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์
กุมภาพันธ์ 2548

h 265173

ธีรเวทย์ ลิ้มโกมลวิลาศ. (2548). *ศึกษาทดลองการใช้ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียมแลนด์แซท 7 เพื่อจำแนกหินปูนกับหินโดโลไมต์*. ปรินซ์นิพนธ์ วท.ม. (ภูมิศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
คณะกรรมการควบคุม : ดร. สันญา สราภิรมย์, รองศาสตราจารย์ สุรภี อิงคากุล.

การศึกษาดังกล่าวในงานวิจัยนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อนำข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียมแลนด์แซท 7 มาประยุกต์ใช้เพื่อจำแนกหินปูนกับหินโดโลไมต์ในพื้นที่จริง เป็นการพัฒนาเทคนิคและวิธีการในการนำข้อมูลอินฟราเรดความร้อนจากดาวเทียมมาใช้จำแนกหินที่มีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ที่แตกต่างกันได้ งานวิจัยนี้จึงเน้นหาความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มหินปูนและหินโดโลไมต์กับค่าการแผ่พลังงานที่ได้จากข้อมูลอินฟราเรดความร้อน

ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนของหินปูนและหินโดโลไมต์มีความแตกต่างกัน โดยค่าการแผ่พลังงานของหินโดโลไมต์สูงกว่าค่าการแผ่พลังงานของหินปูน และผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนเพื่อจำแนกหินปูนและหินโดโลไมต์ ในพื้นที่ศึกษาที่ 1 (จังหวัดกาญจนบุรี) และพื้นที่ศึกษาที่ 2 (จังหวัดสุราษฎร์ธานี) มีความถูกต้องมากกว่าร้อยละ 60 โดยการใช้การเปรียบเทียบกับแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ แต่ความสัมพันธ์ที่ยังไม่สามารถนำไปใช้กับพื้นที่อื่นได้ เนื่องจากข้อจำกัดของข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่มีช่วงค่าความแตกต่างของหินทั้งสองชนิดที่แคบ ไม่สามารถจำแนกความแตกต่างหรือหาค่าการแผ่พลังงานที่แยกหินปูนออกจากหินโดโลไมต์ได้อย่างชัดเจน ประกอบกับช่วงค่าของข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่เป็นตัวแทนของหินปูนหรือหินโดโลไมต์ในแต่ละพื้นที่ไม่เท่ากัน จึงเป็นการยากที่จะนำความสัมพันธ์ที่ได้จากพื้นที่หนึ่งไปใช้ยังอีกพื้นที่หนึ่งได้ โดยสาเหตุที่ช่วงค่าของข้อมูลอินฟราเรดความร้อนในแต่ละพื้นที่มีไม่เท่ากันเนื่องจากอุณหภูมิในช่วงเวลาที่เก็บข้อมูลของทั้ง 2 พื้นที่ต่างกัน

AN EXPERIMENTAL STUDY OF THERMAL INFRARED BAND OF LANDSAT 7
SATTELITE TO DISCRIMINATE LIMESTONE AND DOLOMITE.

AN ABSTRACT
BY
TERAVET LIMGOMONVILAT

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Science degree in Geography
at Srinakharinwirot University
February 2005

Teravet Limgomonvilat. (2005). ***An Experimental Study of Thermal Infrared Band of Landsat 7 Satellite to Discriminate Limestone and Dolomite***. M.Sc. (Geography). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Dr. Sanya Sarapirom, Assoc. Prof. Surapee Engkagul

The objective of the experimental study in this research is to apply thermal infrared band of Landsat 7 Satellite to the identification of limestone and dolomite in actual areas. It is a development of techniques and methods of application of thermal infrared band to identify rocks with different chemical and physical properties, this research focuses on determining relations between limestone and dolomite and emissivity value acquired from thermal infrared band.

From the study it can be concluded that emissivity values in thermal infrared bands of limestone and dolomite are different: The emissivity value of dolomite is higher than that of limestone. The result from the thermal infrared band analysis to identify limestone and dolomite in 1st study area (Kanchanaburi province) and 2nd study area (Surattani) is correct 60% when compare with limestone and dolomite resource maps. However, the acquired results are still inapplicable in other areas, since the capacity of thermal infrared band is limited by its narrow range and inability to identify differences or calculate emissivity value, which clearly differentiate limestone from dolomite. Moreover, since the range of emissivity value in thermal infrared band representing both types of rocks in each area are not stable, it is difficult to apply the relations acquired from one area to other areas. This could be because of the acquired period of thermal in each study area are different.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

ศึกษาทดลองการใช้ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียมแลนด์แซท 7
เพื่อจำแนกหินปูนกับหินโดโลไมต์

ของ
ธีรเวทย์ ลิ้มโกมลวิลาส

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

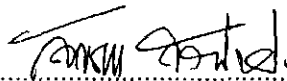


คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)

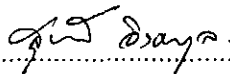
วันที่ 16 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2548

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์



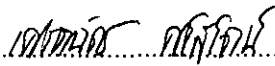
ประธาน

(อาจารย์ ดร.สัญญา สราภิรมย์)



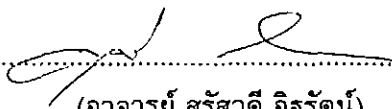
กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ สุรภี อิงคากุล)



กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(อาจารย์ เศวตฉัตร ศรีสุรัตน์)



กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(อาจารย์ สุรัสวดี อิฐรัตน์)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีอาจสมบูรณ์ได้ถ้าไม่ได้กล่าวถึงบุคคลเหล่านี้ ซึ่งเป็นบุคคลที่มีพระคุณอย่างยิ่งที่คอยช่วยเหลือให้คำปรึกษา แนะนำ ดำเนินคดีและให้กำลังใจ สิ่งต่างๆที่ข้าพเจ้าได้รับระหว่างการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นพลังที่คอยผลักดันให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.สัญญา สราภิรมย์ ประธานควบคุมปริญญานิพนธ์และรองศาสตราจารย์ สุรภี อิงคากุล กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่เป็นที่ปรึกษาคอยช่วยเหลือให้คำแนะนำและอดทนต่อความไม่ประสาของข้าพเจ้าในบางครั้ง ขอขอบคุณอาจารย์สุรัสวดี อิฐรัตน์และอาจารย์เสวตฉัตร ศรีสุรัตน์ กรรมการแต่งตั้งเพิ่มเติมที่ให้คำแนะนำดีๆ แก่ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์กวี วรกวิน อาจารย์พิพัฒน์ นวลอนันต์ และอาจารย์สุชาติพิย ฆวนะเวสสกุล ผู้อยู่เบื้องหลังคอยผลักดันและคอยเตือนสติข้าพเจ้าตลอดมา ขอขอบคุณสำนักงานเทคโนโลยีอากาศและภูมิสารสนเทศที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย ขอขอบคุณกรมทรัพยากรธรณี (เดิม) ที่อนุเคราะห์ข้อมูลแผนที่

ขอขอบคุณ คุณอมรรัตน์ วิถีสวัสดิ์ เด็กชายภูมิพัฒน์ ลิ้มโกมลวิลาศ ภรรยาและลูกที่เข้ามาในช่วงเวลาที่สำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีกำลังใจและพร้อมจะฝ่าฟันอุปสรรคต่างๆ ที่พบในขณะทำปริญญานิพนธ์นี้ ขอขอบคุณครอบครัวคุณอมรรัตน์ทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจอยู่ห่างๆ รวมถึงเพื่อนๆ ของข้าพเจ้าและบุคคลอีกหลายท่านที่มีอาจจะกล่าวถึงในที่นี้ได้หมด

ท้ายที่สุดขอขอบพระคุณครอบครัวของข้าพเจ้าโดยเฉพาะอย่างยิ่ง นายเลิศชาย ลิ้มโกมลวิลาศ และนางทิพย์สุตา ลิ้มโกมลวิลาศ บิดาและมารดาของข้าพเจ้าที่เปิดโอกาสแรกสุดในชีวิตให้กับข้าพเจ้า เลี้ยงดูและดูแลข้าพเจ้าจนเติบโตใหญ่จนมีทุกวันนี้และพร้อมจะปลอบโยนหรือแสดงความยินดีกับข้าพเจ้าเสมอมา

พระคุณของทุกท่านที่ได้กล่าวมานี้เป็นสิ่งที่ทำให้ข้าพเจ้าระลึกอยู่เสมอว่า คำแนะนำ ตักเตือน ความช่วยเหลือต่างๆ กำลังใจและความห่วงใยที่ได้รับ เป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดที่จะทำให้ข้าพเจ้าดำเนินชีวิตต่อไปอย่างไม่ประมาท ไม่ทำให้คนที่ให้สิ่งดีๆ แก่ข้าพเจ้าต้องผิดหวังและพร้อมจะส่งต่อความรู้สึกดีๆ เหล่านี้ต่อไปยังผู้อื่นที่ต้องการ เพื่อสืบสานความรู้สึกดีๆ มิให้เลือนหายไป

ธีรเวทย์ ลิ้มโกมลวิลาศ

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	4
	ความสำคัญของการวิจัย	4
	ขอบเขตของการวิจัย	5
	นิยามศัพท์เฉพาะ	5
	กรอบแนวคิดในการวิจัย	7
	สมมติฐานในการวิจัย	7
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
	เอกสารที่เกี่ยวข้อง	8
	ทฤษฎีเบื้องต้นของข้อมูลอินฟราเรดความร้อน	8
	วิธีการในการวิเคราะห์ข้อมูลอินฟราเรดความร้อน.....	20
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	20
3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	26
	แหล่งข้อมูล	26
	อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้	26
	การจัดทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล	26
	แผนภูมิแสดงขั้นตอนการวิจัย	28
4	การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	29
	พื้นที่ศึกษาที่ 1 บริเวณจังหวัดกาญจนบุรี	
	ข้อมูลพื้นที่ศึกษาที่ 1	30
	ข้อมูลหมวดหินที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์.....	32
	ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียม.....	34
	วิเคราะห์ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียม.....	49
	วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis).....	51
	วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีจำแนกกลุ่มช่วงข้อมูล (Cluster Analysis).....	54
	วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี (Density Sliced).....	60
	จัดกลุ่มพื้นที่หินปูน.....	60
	ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อหาความถูกต้องของข้อมูล	
	ที่ได้จากการวิเคราะห์.....	63

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 (ต่อ)	
การสำรวจและเก็บตัวอย่างภาคสนาม.....	65
ความสัมพันธ์ของข้อมูลอินฟราเรดความร้อน	
ที่ได้จากดาวเทียมกับพื้นที่ศึกษาที่ 1.....	76
พื้นที่ศึกษาที่ 2 บริเวณจังหวัดสุราษฎร์ธานี	
ข้อมูลพื้นที่ศึกษาที่ 2	76
ข้อมูลหมวดหินที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์.....	76
ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียมในพื้นที่ศึกษาที่ 2	79
วิเคราะห์ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียม.....	94
วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis).....	96
วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีจำแนกกลุ่มช่วงข้อมูล (Cluster Analysis).....	99
วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี Density Sliced.....	104
จัดกลุ่มพื้นที่หินปูน.....	104
ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อหาความถูกต้องของข้อมูล	
ที่ได้จากการวิเคราะห์.....	106
การสำรวจและเก็บตัวอย่างภาคสนาม.....	109
เปรียบเทียบความสัมพันธ์ที่ได้จากพื้นที่ทดลอง	
กับความสัมพันธ์ที่ได้จากพื้นที่ศึกษา.....	120
5 สรุป อภิปรายผลการศึกษาค้นคว้าและข้อเสนอแนะ.....	121
สรุปผลการศึกษา.....	121
อภิปรายผลการศึกษา.....	124
สรุปผลการอภิปราย.....	130
ข้อเสนอแนะในการศึกษา.....	131
ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อไป.....	133
บรรณานุกรม ..	135
ภาคผนวก	139
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	148

บัญชีตาราง

ตาราง

หน้า

1	แสดงปริมาณร้อยละของแร่ Dolomite และค่าของ MgO ในการเรียกชื่อหินคาร์บอเนต (Limestone & Dolomite).....	6
2	ค่าการแผ่พลังงานของวัตถุในช่วงคลื่น 8-12 ไมโครเมตร.....	12
3	คุณสมบัติความร้อนของหินทางธรณีวิทยา และน้ำ ณ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส	13
4	หมวดหินต่าง ๆ ที่พบรวมทั้งกลุ่มหินย่อยที่พบในพื้นที่ศึกษา.....	32
5	ค่าจุดภาพและจำนวนจุดภาพเฉพาะพื้นที่กลุ่มหินคาร์บอเนตในพื้นที่ศึกษา.....	37
6	ค่าจุดภาพและจำนวนจุดภาพของหินโดโลไมต์.....	39
7	ค่าจุดภาพและจำนวนจุดภาพของหมวดหินถ้ำขุนไกร.....	41
8	ค่าจุดภาพและจำนวนจุดภาพของหมวดหินแก้วน้อย.....	43
9	ค่าจุดภาพและจำนวนจุดภาพของหมวดหินถ้ำมังกรทอง.....	45
10	ค่าจุดภาพและจำนวนจุดภาพของหมวดหินพุเลียบ.....	47
11	จำนวนจุดภาพในช่วงค่าการแผ่พลังงานความร้อนของกลุ่มหิน 5 กลุ่ม.....	49
12	เมตริกซ์แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson.....	51
13	แสดงค่าทดสอบความสัมพันธ์ของข้อมูลที่จะทำการวิเคราะห์ปัจจัยด้วยวิธี Kaiser-Meyer-Olkin และการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธี Bartlett's Test.....	51
14	แสดงค่าอัตราการเข้าร่วมของหมวดหินที่สามารถอธิบายได้หลังจากการสกัดปัจจัย.....	52
15	แสดงค่าสถิติสำหรับแต่ละหมวดหิน ทั้งก่อนและหลังการสกัดปัจจัย.....	53
16	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหมวดหินกับค่าน้ำหนักของปัจจัย.....	53
17	ค่าแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหมวดหินกับปัจจัย ทั้ง 2 ปัจจัย เมื่อมีการหมุนแกนปัจจัย.....	54
18	สรุปการประมวลผลค่าการแผ่พลังงานความร้อน แสดงจำนวนช่วงค่าการแผ่พลังงาน ความร้อนที่นำมาใช้ในการคำนวณ รวมทั้งหมด 22 ค่า จากช่วงค่าทั้งหมด 30 ค่า...55	
19	ตารางเมตริกซ์ประมาณระยะห่างของค่าการแผ่พลังงานแต่ละค่า (Proximity Matrix)...	56
20	ตารางการจัดกลุ่มค่าการแผ่พลังงาน เป็นแบบ 3 กลุ่ม และแบบ 2 กลุ่ม.....	59
21	หมวดหินต่าง ๆ ที่พบในพื้นที่ศึกษาที่ 2.....	77
22	ค่าจุดภาพและจำนวนจุดภาพเฉพาะกลุ่มหินคาร์บอเนตในพื้นที่ศึกษาที่ 2.....	81
23	ค่าจุดภาพและจำนวนจุดภาพของหินโดโลไมต์.....	83
24	ค่าจุดภาพและจำนวนจุดภาพของหมวดหินอัมลูก.....	85
25	ค่าจุดภาพและจำนวนจุดภาพของหมวดหินพับผ้า.....	87

บัญชีตาราง(ต่อ)

ตาราง		หน้า
26	ค่าจุดภาพและจำนวนจุดภาพของหมวดหินพนมวัง.....	89
27	ค่าจุดภาพและจำนวนจุดภาพของหมวดหินทุ่งนางลิง.....	90
28	ค่าจุดภาพและจำนวนจุดภาพของหมวดหินช่องลาด.....	92
29	จำนวนจุดภาพในช่วงค่าการแผ่พลังงานความร้อนของหมวดหิน 6 หมวด.....	94
30	เมตริกซ์แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson.....	96
31	แสดงค่าทดสอบความสัมพันธ์ของข้อมูลที่จะทำการวิเคราะห์ปัจจัยด้วยวิธี Kaiser-Meyer-Olkin และการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธี Bartlett's Test.....	96
32	แสดงค่าอัตราการเข้าร่วมของหมวดหินที่สามารถอธิบายได้หลังจากการสกัดปัจจัย.....	97
33	แสดงค่าสถิติสำหรับแต่ละหมวดหิน ทั้งก่อนและหลังการสกัดปัจจัย.....	98
34	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหมวดหินกับค่าน้ำหนักของปัจจัย.....	98
35	ค่าแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหมวดหินกับปัจจัย ทั้ง 2 ปัจจัย เมื่อมีการหมุนแกนปัจจัย.....	99
36	สรุปการประมวลผลค่าการแผ่พลังงานความร้อน แสดงจำนวนช่วงค่าการแผ่พลังงาน ความร้อนที่นำมาใช้ในการคำนวณ รวมทั้งหมด 19 ค่า จากช่วงค่าทั้งหมด 30 ค่า	100
37	ตารางเมตริกซ์ประมาณระยะห่างของค่าการแผ่พลังงานแต่ละค่า (Proximity Matrix)	101
38	ตารางการจัดกลุ่มค่าการแผ่พลังงาน เป็นแบบ 3 กลุ่ม และแบบ 2 กลุ่ม.....	103
39	ข้อมูลอุณหภูมิราย 3 ชั่วโมงจากสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา บริเวณพื้นที่ศึกษาและพื้นที่ทดลอง ในวันและช่วงเวลาที่บันทึก ข้อมูลอินฟราเรดความร้อน.....	129

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ

หน้า

1 ตัวอย่างค่า Reflectance ของหินโดโลไมต์ใน Spectral Library.....	2
2 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความเฉื่อยความร้อนและความหนาแน่นของหินและน้ำ.....	14
3 ผลของความแตกต่างของแรงเฉื่อยความร้อนบนพื้นผิวในวัฏจักรแต่ละวัน และแสดง ความแตกต่างของ ΔT เนื่องจากความแตกต่างของแรงเฉื่อยความร้อน..	15
4 หน้าต่างบรรยากาศ ในช่วงคลื่น 3-5 และ 8-14 μm	16
5 ค่าการสะท้อนแบบ Biconical ในช่วงคลื่น 2 -25 μm ของแร่แคลไซต์และแร่โดโลไมต์..	17
6 ค่าการสะท้อนแบบ Hemispherical ปรับเป็นค่าแผ่พลังงานโดยกฎของ Kirchoff ของแร่กลุ่มคาร์บอเนต.....	18
7 แสดงค่าร้อยละการสะท้อนของหินปูน 2 ชนิดที่มีความแตกต่างกัน U.S. Geological Survey ในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนเดียวกับช่วงคลื่นของ ดาวเทียมแลนด์แซท 7 แบนด์ที่ 6.....	19
8 แสดงค่าการสะท้อนของหินปูน 7 ชนิดที่มีความแตกต่างกันจาก Johns Hopkins University ในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนเดียวกับช่วงคลื่นของ ดาวเทียมแลนด์แซท 7 แบนด์ที่ 6.....	19
9 ภาพตัวอย่างที่ได้จาก AHI ในการบินสำรวจจากเทือกเขา Mustang ใกล้ Siera Vista, AZ.....	23
10 ภาพสีผสมเท็จสร้างขึ้นจากข้อมูลดาวเทียม Landsat TM ในช่วงสีเขียว แดง และอินฟราเรดใกล้.....	24
11 แสดงข้อมูลอินฟราเรดความร้อนในการผสมสีน้ำเงิน เขียว แดง ในช่วงคลื่นกลาง ประมาณ 8.3 9.1 และ 10.1 ไมโครเมตร.....	24
12 พื้นที่ศึกษาที่ 1.....	31
13 กลุ่มหินคาร์บอเนตแยกตามหมวดชั้นหิน.....	33
14 ข้อมูลดาวเทียม Landsat 7 แบนด์ที่ 6 ในพื้นที่ศึกษาที่ 1.....	34
15 กราฟ Histogram แสดงจำนวนจุดภาพและค่าระดับสีเทาในพื้นที่ศึกษาที่ 1.....	35
16 ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนความร้อนในส่วนที่เป็นพื้นที่หินปูนและหินโดโลไมต์.....	36
17 กราฟแท่งแสดงจำนวนจุดภาพ ณ ช่วงค่าจุดภาพต่างๆ ของกลุ่มหินคาร์บอเนต.....	38
18 กราฟแท่งแสดงจำนวนจุดภาพ ณ ช่วงค่าจุดภาพต่างๆ ของหินโดโลไมต์.....	40
19 กราฟแท่งแสดงจำนวนจุดภาพ ณ ช่วงค่าจุดภาพต่างๆ ของหมวดหินถ้ำขุนไกร.....	42
20 กราฟแท่งแสดงจำนวนจุดภาพ ณ ช่วงค่าจุดภาพของหมวดหินถ้ำมังกรทอง.....	44

บัญชีภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ

หน้า

21	กราฟแท่งแสดงจำนวนจุดภาพ ณ ช่วงค่าจุดภาพต่างๆ ของหมวดหินถ้ำมังกรทอง.....	46
22	กราฟแท่งแสดงจำนวนจุดภาพ ณ ช่วงค่าจุดภาพต่างๆ ของหมวดหินพุเลียบ.....	48
23	กราฟเส้นแสดงค่าจุดภาพของหมวดหินทั้ง 5 หมวดหินในพื้นที่ศึกษา.....	50
24	การแบ่งช่วงข้อมูลด้วยวิธีการ Density Sliced.....	61
25	แสดงพื้นที่กลุ่มหินที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์.....	62
26	พื้นที่หินปูนและหินโดโลไมต์ที่ได้จากการวิเคราะห์พื้นที่ที่ซ้อนทับกับ ข้อมูลแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์.....	64
27	จุดสำรวจบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ 1.....	66
28	แร็คเคลไซด์บริเวณจุดสำรวจที่ 1.....	67
29	พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 1.....	67
30	ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 2.....	68
31	พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 2.....	68
32	ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 3.....	69
33	พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 3.....	69
34	ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 4.....	70
35	พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 4.....	70
36	ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 5.....	71
37	พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 5.....	71
38	ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 6.....	72
39	พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 6.....	72
40	ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 7.....	73
41	พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 7.....	73
42	ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 8.....	74
43	พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 8.....	74
44	ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 9.....	75
45	พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 9.....	75
46	กลุ่มหินคาร์บอเนตในพื้นที่ศึกษาที่ 2.....	78
47	ข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 7 แบนด์ที่ 6 บริเวณพื้นที่ศึกษาที่ 2	80

บัญชีภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ

หน้า

48	กราฟ Histogram แสดงจำนวนจุดภาพและค่าระดับสีเทา เฉพาะกลุ่มหินคาร์บอนेटในพื้นที่ศึกษาที่ 2	82
49	กราฟแท่งแสดงจำนวนจุดภาพ ณ ช่วงค่าจุดภาพต่าง ๆ ของหินโดโลไมต์.....	84
50	กราฟแท่งแสดงจำนวนจุดภาพ ณ ช่วงค่าจุดภาพต่าง ๆ ของหมวดหินอัมลูก.....	86
51	กราฟแท่งแสดงจำนวนจุดภาพ ณ ช่วงค่าจุดภาพต่าง ๆ ของหมวดหินพับผ้า.....	88
52	กราฟแท่งแสดงจำนวนจุดภาพ ณ ช่วงค่าจุดภาพต่าง ๆ ของหมวดหินพนมวัง.....	89
53	กราฟแท่งแสดงจำนวนจุดภาพ ณ ช่วงค่าจุดภาพต่าง ๆ ของหมวดหินทุ่งนางลิง.....	91
54	กราฟแท่งแสดงจำนวนจุดภาพ ณ ช่วงค่าจุดภาพต่าง ๆ ของหมวดหินช่องลาด.....	93
55	กราฟเส้นแสดงค่าจุดภาพของหมวดหินทั้ง 6 หมวดหินในพื้นที่ทดลอง	95
56	ภาพข้อมูลที่ได้จากการกรองจุดภาพให้ข้อมูลมีความชัดเจนขึ้น.....	105
57	แผนที่หินปูนและหินโดโลไมต์ที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์.....	107
58	พื้นที่หินปูนและหินโดโลไมต์ที่ได้จากการวิเคราะห์พื้นที่ที่ซ้อนทับกับ ข้อมูลแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ในพื้นที่ศึกษาที่ 2	108
59	จุดสำรวจพื้นที่ศึกษาที่ 2.....	110
60	ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 1.....	111
61	พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 1.....	111
62	ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 2.....	112
63	พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 2.....	112
64	ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 3.....	113
65	พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 3.....	113
66	ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 4.....	114
67	พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 4.....	114
78	ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 5.....	115
79	พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 5.....	115
70	ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 6.....	116
71	พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 6.....	116
72	ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 7.....	117
73	พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 7.....	117

บัญชีภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ

หน้า

74	ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 8.....	118
75	พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 8.....	118
76	ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 9.....	119
77	พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 9.....	119

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

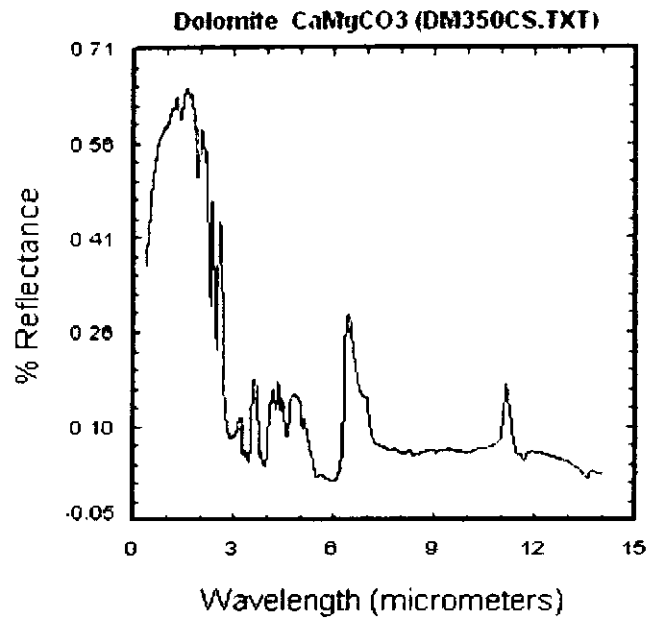
เทคโนโลยีการสำรวจจากระยะไกล (Remote sensing) เป็นเทคโนโลยีที่ทั่วโลกรู้จักและนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย มีการพัฒนาเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่องทั้งระบบการบันทึกข้อมูล ระบบประมวลผลข้อมูล การประยุกต์ใช้ข้อมูลในด้านต่างๆ รวมถึงการพัฒนาบุคลากรที่นำข้อมูล Remote sensing มาใช้

ประเทศไทยนำเทคโนโลยีการสำรวจจากระยะไกลมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย เช่น ด้านการเกษตร ป่าไม้ การใช้ประโยชน์ที่ดิน สภาพดิน ธรณีวิทยา อุทกวิทยาและแหล่งน้ำ เป็นต้น (ดาราศรี ดาวเรือง, 2533: 92-116) ในด้านธรณีวิทยาได้มีการนำการสำรวจจากระยะไกลมาใช้ในการจำแนกหน่วยหินทางธรณี การสังเกตลักษณะทางธรณีสัณฐาน หรือการศึกษารอยเลื่อนในรูปแบบต่างๆ เป็นต้น การสำรวจจากระยะไกลกับการศึกษาด้านธรณีในยุคแรกนั้น เป็นการนำภาพจากข้อมูลการสำรวจจากระยะไกลมาใช้ในการแปลโดยอาศัยทักษะและรูปแบบในการแปลข้อมูล เช่นเดียวกับการแปลภาพถ่ายทางอากาศ แต่ด้วยคุณลักษณะที่พิเศษของข้อมูลดาวเทียมที่สามารถบันทึกข้อมูลพื้นที่ขนาดใหญ่ ทำให้สามารถศึกษาโดยใช้ข้อมูลชุดเดียวซึ่งสามารถศึกษาพื้นที่ได้ในบริเวณกว้าง ลดความผิดพลาดและเวลาในการต่อภาพถ่ายทางอากาศที่มีจำนวนมากได้ มีข้อมูลในช่วงเวลาต่างๆ ให้เลือกมากกว่าข้อมูลที่ได้จากการบินถ่ายภาพทางอากาศ และค่าใช้จ่ายต่อหน่วยพื้นที่ที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ ข้อมูลจากดาวเทียมจึงได้เข้ามามีบทบาทในการศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยาเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ

จากการพัฒนาของเทคโนโลยีทั้งทางด้านการบันทึกข้อมูล และเทคโนโลยีการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ การศึกษาธรณีวิทยาด้วย การสำรวจจากระยะไกลจึงมีการพัฒนาขึ้นตามลำดับ เริ่มต้นด้วยการแปลภาพด้วยสายตาจากข้อมูลดาวเทียม จากภาพขาวดำเป็นภาพสี มีการพัฒนารูปแบบในการเน้นคุณภาพของข้อมูลในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้เห็นความแตกต่างในข้อมูลที่ต้องการศึกษามากขึ้น มีการนำเทคโนโลยีในการสำรวจอื่นๆ เข้ามาร่วมในการแปลข้อมูล เช่น การนำวิธีการทางธรณีฟิสิกส์ทางอากาศเข้ามาช่วยในการแปลภาพ (ปัญญา จารุศิริ, 2542: 1) เป็นต้น ช่วงคลื่นที่นำมาใช้ในการแปลข้อมูลมีการพัฒนาจากช่วงคลื่นที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้ (Visible wavelength) มาใช้ช่วงคลื่นอื่นๆ ที่มีศักยภาพในการจำแนกข้อมูลเพิ่มขึ้น เช่น การนำช่วงคลื่นอินฟราเรด (Infrared Wavelength) ในช่วงต่างๆ มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านธรณีวิทยา

การศึกษาและพัฒนาช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน (Thermal Infrared) มาใช้เพื่อจำแนกร่องหรือหน่วยหินทางธรณีวิทยา มีการทดลองข้อมูลการสำรวจจากระยะไกลในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนได้ผลว่า ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนสามารถพัฒนาเป็นเครื่องมือที่มีคุณภาพในการจำแนกหน่วยหินในเขตแห้งแล้งได้ (M S Ramsey :,online) มีการนำข้อมูลการแพร่ของคลื่น

(Emission) จากห้องทดลองมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากดาวเทียม มีการกำหนดรูปแบบที่แน่ชัดของค่าการแผ่รังสีในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนกันหินชนิดต่างๆ เก็บไว้ในรูปแบบระเบียบค่าการสะท้อน (Spectral Library) เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริงในพื้นที่เพื่อใช้อ้างอิงในการแปลข้อมูล มีการอ้างอิงข้อมูลของหินกว่า 244 ชนิดหินใน Spectral Library (Spectral Library ;online) ดังตัวอย่างภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1. ตัวอย่างค่า Reflectance ของหินโดโลไมต์ใน

ที่มา: Spectral Library ;online

จากศักยภาพและลักษณะพิเศษของข้อมูลอินฟราเรดความร้อน ดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำข้อมูลดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการจำแนกหินเพื่อหาความแตกต่าง โดยมุ่งความสนใจของการศึกษาไปยังหินสองชนิดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจได้แก่หินปูนและหินโดโลไมต์ โดยจะขอล่าวถึงลักษณะและประโยชน์ของหินทั้งสองดังนี้

หินปูนเป็นหินตะกอนชนิดหนึ่ง หินปูนบริสุทธิ์จะประกอบด้วยสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนตร้อยละ 100 แต่ส่วนใหญ่จะมีตั้งแต่ร้อยละ 95 ขึ้นไป ก็จัดว่าค่อนข้างบริสุทธิ์ โดยมีธาตุหรือสารประกอบอื่นๆ ปน เช่น ธาตุแมงกานีส ฟอสฟอรัส กำมะถันและถ่าน หรือมีสารประกอบพวกซิลิกา อะลูมินา เหล็กออกไซด์ และแมกนีเซียม หินปูนเป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตปูนซีเมนต์ และมีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทย ฉะนั้นหินปูนจึงเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีค่าต่อประเทศชาติและประชาชนด้วย นับเป็นโอกาสของประเทศไทยที่มีแหล่งหินปูนมากมายทั่วประเทศ แหล่งที่มีการผลิตในปริมาณมากคือ แหล่งหินปูนในจังหวัดสระบุรี นครศรีธรรมราช เพชรบุรี นครสวรรค์ และกาญจนบุรี เป็นต้น (ประมาณ เทพสงเคราะห์. 2541

หินปูนเป็นทรัพยากรธรรมชาติอันมีค่า และมีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศทั้งทางด้านอุตสาหกรรม การก่อสร้าง การเกษตร การรักษาสภาพแวดล้อม เช่น ในด้านอุตสาหกรรม หินปูนเป็นวัตถุดิบในการทำอุตสาหกรรมโรงงานต่างๆ อาทิ โรงงานทำปูนขาวจนถึงโรงงานปูนซีเมนต์ที่ต้องใช้ปริมาณหินปูนจำนวนมากมหาศาล หรือใช้ในอุตสาหกรรมเคมี ยา สี กระดาษ พลาสติก รวมถึงการใช้หินปูนในอุตสาหกรรมหินประดับ เป็นต้น (สมชาย เลี้ยงพรพรรณ. 2541: 6)

หินปูนเพื่ออุตสาหกรรมโดยทั่วไป จะมีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตมากกว่าร้อยละ 50 ขึ้นไป หินปูนที่จะใช้ในอุตสาหกรรมเคมีต้องเป็นหินปูนที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตสูง แบ่งตามการใช้งานได้ดังนี้

- หินปูนที่มีแคลเซียมคาร์บอเนต มากกว่าร้อยละ 97 เหมาะสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมผลิตแคลเซียมคาร์ไบด์ และแคลเซียมไฮไดรด์ อุตสาหกรรมผลิตอลูมิเนียมออกไซด์ เซรามิกส์ แก้ว และอุตสาหกรรมที่ใช้ในเตาถลุง

- หินปูนที่มีแคลเซียมคาร์บอเนต ระหว่างร้อยละ 97-95 ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตถ่านโค้ก และทำให้ก๊าซบริสุทธิ์ อุตสาหกรรมผลิตอาหารสัตว์ น้ำตาล น้ำสมสายชู

- หินปูนที่มีแคลเซียมคาร์บอเนต ระหว่างร้อยละ 95-90 ใช้ในอุตสาหกรรมปูนไลม์

- หินปูนที่มีแคลเซียมคาร์บอเนต น้อยกว่าร้อยละ 90 ใช้ในการผลิตพอร์ตแลนด์ซีเมนต์ ซึ่งต้องการหินปูนที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตมากกว่าร้อยละ 75

สำหรับหินปูนที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตน้อยกว่าร้อยละ 90 ที่มีปริมาณของธาตุซิลิกาเพิ่มขึ้นแทนที่แคลเซียมคาร์บอเนต ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมผลิตพอร์ตแลนด์ซีเมนต์ได้ แต่ก็มีคุณสมบัติที่จะนำไปเป็นแหล่งระเบิดย่อยหิน เพื่อใช้ในการก่อสร้าง หรืออุตสาหกรรมปูนขาว จัดเป็นหินปูนไม่บริสุทธิ์ ซึ่งก็มีใช้ว่าจะใช้ถมถนนหรือก่อสร้างได้ดีที่สุดเพียงอย่างเดียวเสมอไป แต่อาจมีส่วนประกอบทางเคมีหรือคุณสมบัติอื่นที่เหมาะสมกับงานอื่นมากกว่างานก่อสร้าง เช่น

- หินปูนที่มีฟอสฟอรัสสูง เช่น มีฟอสฟอรัสออกไซด์ถึงร้อยละ 15 ขึ้นไป จะเหมาะสำหรับทำปุ๋ยฟอสเฟตเพื่อการเกษตร

นอกจากนี้หินปูนที่เกิดภายในสวองามด้วยหินงอก หินย้อย และเกิดเป็นน้ำตกสวองาม ควรสงวนรักษาไว้เป็นแหล่งท่องเที่ยวพักผ่อนหย่อนใจ

หินอีกชนิดหนึ่งที่เกิดร่วมกับหินปูนและเป็นหินที่มีแร่โลหะที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจประกอบอยู่ซึ่งได้แก่ หินโดโลไมต์ แร่โดโลไมต์ในหินโดโลไมต์มีสูตรเคมีคือ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ลักษณะคล้ายหินปูนบางครั้งอาจพบเป็นผลึกเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนหรือพบเป็นเม็ด หรือมีลักษณะเป็นเนื้อแน่นไม่แสดงรูปผลึก มีหลายสี

หินโดโลไมต์สามารถพบได้หลายจังหวัดในประเทศไทย ทั้งในรูปของแหล่งโดโลไมต์ที่เป็นมวลขนาดใหญ่ ซึ่งเกิดจากธาตุแมกนีเซียมเข้าไปแทนที่ในแร่แคลไซต์เดิม เช่น ที่จังหวัดกาญจนบุรี ชลบุรี สุพรรณบุรี นครศรีธรรมราช กระบี่ ตรัง สตูล พัทลุง และสงขลา เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบเป็น

เพื่อนแร่ในสายแร่ตะกั่วหรือสังกะสี ซึ่งตัดผ่านหินปูน เช่น ที่จังหวัดกาญจนบุรี และจังหวัดตาก เป็นต้น ประโยชน์ของแร่โดโลไมต์ที่พบได้แก่

- ใช้เป็นหินก่อสร้างหรือประดับ
- ทำปูนซีเมนต์บางชนิด
- ทำแมกนีเซียม ซึ่งเป็นวัตถุดิบไฟใช้สำหรับการบุเตาถลุงเหล็ก ในโรงงานอุตสาหกรรมถลุงเหล็ก
- ใช้ในอุตสาหกรรมแก้วแผ่น
- ใช้เป็นสารปรับสภาพดินที่เป็นกรด
- ใช้เป็นสารปรับสภาพน้ำที่เป็นกรด
- ใช้ทำปุ๋ยที่ให้อาตุแมกนีเซียมแก่พืช

จากลักษณะของหินปูนและหินโดโลไมต์ที่สังเกตหาความแตกต่างได้ยาก และประโยชน์ที่ได้จากการจำแนกหินทั้งสองชนิดเพื่อนำไปใช้ให้ถูกต้องตามความเหมาะสมหรือตามคุณสมบัติเฉพาะที่สำคัญของหินทั้งสองชนิด ผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลอินฟราเรดความร้อนจากดาวเทียมที่สามารถเลือกใช้ข้อมูลตามช่วงเวลาที่ต้องการ และสามารถใช้อคอมพิวเตอร์ร่วมในการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล มาใช้ร่วมในการวิเคราะห์หรือจำแนกลักษณะความแตกต่างระหว่างหินปูนกับหินโดโลไมต์ เพื่อเป็นการพัฒนาการศึกษาหาความแตกต่างของหินทางด้านธรณีวิทยาที่ถูกต้องแม่นยำ และรวดเร็วขึ้น สามารถศึกษาพื้นที่ได้ในบริเวณกว้าง ลดเวลาและค่าใช้จ่าย ในการปฏิบัติการภาคสนามและห้องปฏิบัติการ สามารถรองรับการเติบโตของสังคมที่ต้องการนำทรัพยากรหินและแร่มาใช้ในการพัฒนาสังคมต่อไป และยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในหลายวิธีการที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาความรู้ทางธรณีวิทยา ตลอดจนสามารถนำงานวิจัยชิ้นนี้ไปประยุกต์ใช้กับศาสตร์แขนงอื่นๆ ได้ต่อไปในอนาคต

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. หาความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มหินปูนและหินโดโลไมต์กับค่าการแผ่พลังงานที่ได้จากข้อมูลอินฟราเรดความร้อน
2. ศึกษาทดลองการใช้ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียมแลนด์แซท 7 เพื่อจำแนกหินปูนกับหินโดโลไมต์ ในพื้นที่จริง

ความสำคัญของการวิจัย

1. สามารถนำผลที่ได้จากการวิจัยไปใช้เพื่อจำแนกหินปูนกับหินโดโลไมต์ด้วยข้อมูลอินฟราเรดความร้อนอย่างมีประสิทธิภาพได้

2. สามารถนำหลักการและแนวคิดในการวิจัยไปประยุกต์ หรือพัฒนาการนำข้อมูลอินฟราเรดความร้อนไปใช้ในการจำแนกวัตถุบนผิวโลกชนิดอื่นๆ ได้

ขอบเขตการวิจัย

1. ข้อมูลที่ใช้ได้แก่
 - ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนจากดาวเทียม Landsat 7 แบนด์ที่ 6 ความยาวช่วงคลื่น 10.4-12.5 ไมโครเมตร รายละเอียดของภาพ 60 เมตร
 - ข้อมูลธรณีวิทยาที่มีการจำแนกชนิดหินปูนตามระวางแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร (L7017) มาตราส่วน 1: 50,000
2. แผนที่ที่เป็นผลของการศึกษา อยู่ในรูปแผนที่แสดงขอบเขตพื้นที่หินปูนและหินโดโลไมต์ มาตราส่วน 1: 100,000
3. การศึกษางานวิจัยนี้มีขั้นตอนในการศึกษา โดยยึดแผนที่ธรณีวิทยาที่มีการจำแนกชนิดหิน มาตราส่วน 1: 50,000 มาใช้ในการอ้างอิงหาความสัมพันธ์กับข้อมูลอินฟราเรดความร้อนจากดาวเทียม และนำความสัมพันธ์นั้นไปใช้ในการจำแนกชนิดหินในพื้นที่อื่นได้ (ในลักษณะพิสูจน์ความสัมพันธ์)
4. ผลที่ได้จากการศึกษาคือ พื้นที่ที่จำแนกชนิดของหินปูนและหินโดโลไมต์จากข้อมูลอินฟราเรดความร้อน (Thermal Infrared)
5. ประเมินผลของการศึกษา
6. พื้นที่ศึกษาได้แก่พื้นที่ตามแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1: 50,000 ระวาง 4837II-บ้านลาดหญ้า 4936IV-ท่าม่วง 4937III-จังหวัดกาญจนบุรี ครอบคลุมพื้นที่อำเภอเมือง ท่ามะกา ท่าม่วง ไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี และ บางส่วนของอำเภอจอมบึง บ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี และระวาง 4927III-ปากน้ำท่าทอง จังหวัดสุราษฎร์ธานี

นิยามศัพท์เฉพาะ

หินปูน หมายถึง หินตะกอนซึ่งมีสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนตมากกว่าร้อยละ 50 ของน้ำหนัก ได้แก่ แคลไซต์ อาจมีหรือไม่มีโดโลไมต์ก็ได้ โดยทั่วไปหินตะกอนชนิดคาร์บอเนตประกอบด้วยแคลไซต์ร้อยละ 95 และโดโลไมต์ร้อยละ 5 หินปูนอาจเกิดจากการตกตะกอนจมทับถมของซากเปลือกหอย หรือสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่อาศัยอยู่ในทะเล รวมทั้งการแปรสภาพของแคลไซต์และโดโลไมต์ที่เกิดผลึกใหม่ เป็นหินอ่อนในทางอุตสาหกรรมหินอ่อน เป็นหินปูนชนิดที่ขัดมันได้ดี แคลไซต์ หมายถึง แร่ประกอบหินปูนที่สำคัญชนิดหนึ่งมีสูตรว่า CaCO_3 ($\text{CaO} = 56.0\%$ $\text{CO}_2 = 42\%$) บางทีเรียกว่า แร่ฟันหมา มีค่าความแข็ง 3 ความถ่วงจำเพาะ 2.72 ละลายได้ในกรด รูปผลึกแบบขนมเปียกปูน

โดโลไมต์ หมายถึงลักษณะดังนี้

1. การเรียกชื่อหินคาร์บอเนต (Limestone & Dolomite) โดยดูจากเปอร์เซ็นต์ของแร่ dolomite และ MgO แสดงในตาราง 1

2. แร่ประกอบหินปูน มีสูตรว่า $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (CaO = 30.45 % Mg = 21.7% และ CO_2 = 47.9 %) มีความแข็ง 3.5-4 ไม่ค่อยทำปฏิกิริยากับกรด

ตาราง 1 แสดงปริมาณร้อยละของแร่ Dolomite และค่าของ MgO ในการเรียกชื่อหินคาร์บอเนต (Limestone & Dolomite)

ชนิดหิน	ร้อยละของแร่ Dolomite	ร้อยละของ MgO
High calcium Limestone	0 to 10	0 to 1.1
Magnesian		1.1 to 2.1
Dolomitic Limestone	10 to 50	2.1 to 10.8
Calcitic dolomite	50 to 90	10.8 to 19.5
Dolomite (หินโดโลไมต์)	90 to 100	19.5 to 21.6

ที่มา: สัญญา สราภิรมย์. (2522, มกราคม). "หินปูนและหินโดโลไมต์," หนังสือข่าวสารการธรณี. 31

ข้อมูลอินฟราเรดความร้อน หมายถึง ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนจากดาวเทียมแลนด์แซต 7 แบนด์ที่ 6 ความยาวช่วงคลื่น 10.4-12.5 ไมโครเมตร รายละเอียดภาพ 60 เมตร

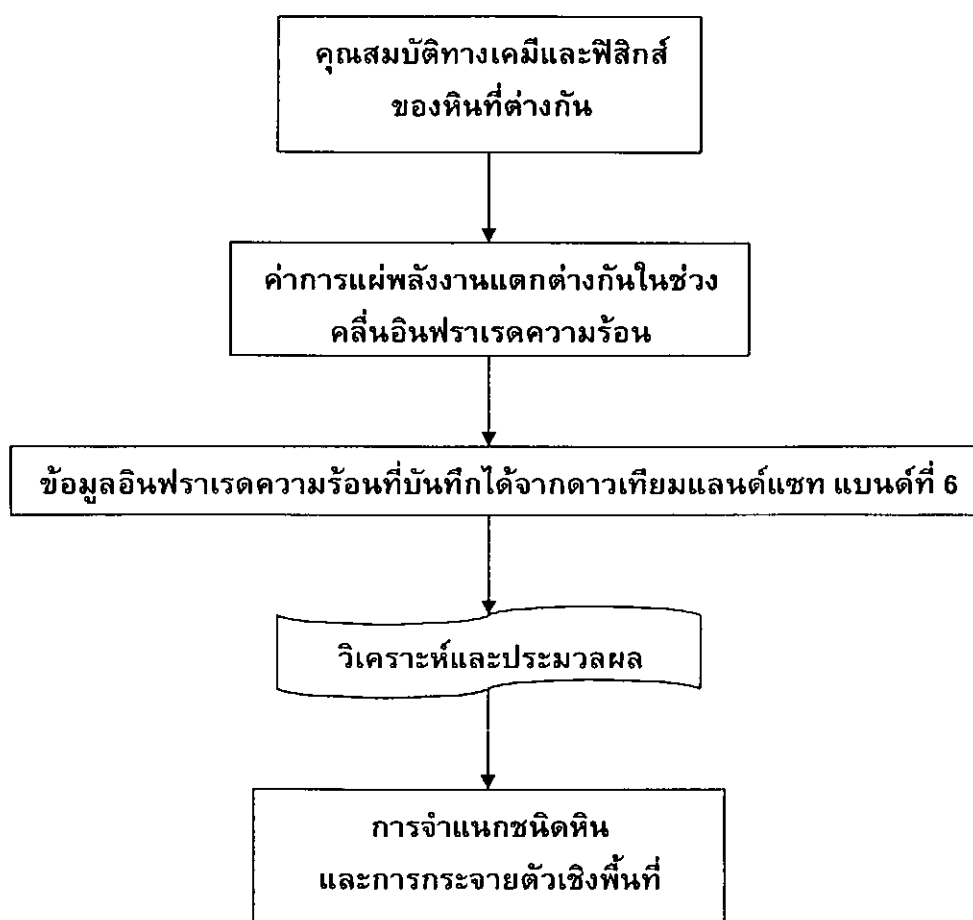
ค่าการแผ่พลังงาน หมายถึง ค่าที่ได้จากข้อมูลอินฟราเรดความร้อน แสดงอยู่ในรูปแบบระดับค่าสีเทาซึ่งเป็นข้อมูลเชิงตัวเลข (Digital Number) ที่ได้จากดาวเทียมแลนด์แซต 7 แบนด์ที่ 6 มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 255 หรืออาจจะเรียกค่าการแผ่พลังงานว่าค่าจุดภาพได้

ความสัมพันธ์ หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลค่าการแผ่พลังงาน กับชนิดของกลุ่มหินปูนที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูน กรมทรัพยากรธรณี มาตราส่วน 1:50,000 ในตำแหน่งเดียวกันของข้อมูลทั้ง 2 ชนิด

แผนที่หินปูน หมายถึง แผนที่หินปูนมาตราส่วน 1:50,000 ของกรมทรัพยากรธรณี ซึ่งเป็นแผนที่ที่ถูกต้องและเชื่อถือได้มากที่สุดใช้เป็นหลักในการการทำงานวิจัยนี้

Spectral library หมายถึง ระเบียบข้อมูลการสะท้อนพลังงานของวัตถุชนิดต่างที่ได้จากห้องทดลอง

กรอบแนวคิดในการวิจัย



สมมติฐานในการวิจัย

1. ความแตกต่างระหว่างหินปูนและหินโดโลไมต์น่าจะส่งผลให้ค่าการแผ่พลังงานที่ได้จากข้อมูลอินฟราเรดความร้อนของหินสองชนิดต่างกัน
2. ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของหินปูนและหินโดโลไมต์กับค่าการแผ่พลังงานอยู่ในระดับที่น่าจะสืบทราบได้ด้วยข้อมูลอินฟราเรดความร้อนจากดาวเทียม แลนด์แซท 7

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาทดลองการนำข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียมเพื่อจำแนกหินปูนกับหินโดโลไมต์นั้น จำเป็นต้องศึกษาถึงลักษณะเด่นที่สำคัญ ได้แก่ ศึกษาศาสตร์เบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลอินฟราเรดความร้อนจากดาวเทียมหรือจากเครื่องมืออื่นๆ ที่สามารถตรวจวัดช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน และวิธีการในการวิเคราะห์ข้อมูลอินฟราเรดความร้อน

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้จัดทำเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามหัวข้อดังกล่าวข้างต้น โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ เอกสารที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. ภูมิเบื้องต้นของข้อมูลอินฟราเรดความร้อน

ซาบินส์ กล่าวว่า พลังงานอินฟราเรดความร้อน 3-15 ไมโครเมตร สามารถแผ่ออกจากวัตถุชนิดต่าง ๆ ได้ตลอดเวลา จากความสามารถในการถ่ายภาพในเวลากลางคืน ในปี ค.ศ. 1950 ได้มีการพัฒนาระบบอินฟราเรดความร้อนเพื่อใช้ในการสำรวจ ตรวจสอบทางด้านการทหารเกี่ยวกับการแปลความหมายของพื้นที่ ในกลางปี ค.ศ. 1960 ได้มีการนำอินฟราเรดความร้อนมาใช้ในการสำรวจทางธรณีวิทยา และพัฒนาต่อมาจนปัจจุบันข้อมูลอินฟราเรดความร้อนสามารถนำมาใช้อย่างไม่มีข้อจำกัด

ในปี ค.ศ. 1960 ดาวเทียมที่รับข้อมูลอินฟราเรดความร้อนดวงแรกที่ส่งขึ้นสู่อวกาศได้แก่ U.S. meteorologic Television IR Operational Satellites (TIROS) ดาวเทียมดวงนี้มีความละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในการสังเกต ลักษณะเมฆและอุณหภูมิของน้ำทะเล ซึ่งมีความละเอียดน้อยเพื่อให้ได้พื้นที่ที่ต้องการขนาดใหญ่ ในปี ค.ศ. 1978 NASA Heat Capacity Mapping Mission (HCMM) สำรวจข้อมูลอินฟราเรดความร้อนทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน ด้วยรายละเอียดภาพ 600 เมตร เพื่อการประยุกต์ใช้ทางด้านธรณีวิทยา ต่อมาดาวเทียม Landsat 4, 5 ในระบบ thematic map ได้มีการบันทึกข้อมูลอินฟราเรดความร้อนในแบนด์ที่ 6

โดยทั่วไปข้อมูลอินฟราเรดความร้อนจะเก็บข้อมูลในช่วงคลื่น 8-14 ไมโครเมตร ในเครื่องบินและช่วงคลื่น 10.5-12.5 ไมโครเมตรจากข้อมูลที่ได้จากดาวเทียม ในปี ค.ศ. 1980 NASA และ JPL ได้ร่วมกันพัฒนาระบบ thermal infrared multispectral scanner (TIMS) มีการบันทึกข้อมูล 10 ช่วงคลื่น โดยมีระยะห่างระหว่างช่วงคลื่น 1 ไมโครเมตร หรือน้อยกว่านั้น การบันทึกแบบหลายช่วงคลื่นนี้มีประโยชน์ในการสำรวจหรือจำแนกชนิดหินทางธรณีวิทยาเนื่องจากองค์ประกอบที่แตกต่างกันของแร่ซิลิกา (Floyd F. Sabins. 1996: 135)

ดัมบลิวจี ลีส์ กล่าวว่า ทั่วทั้งพื้นโลกที่ได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์ในทุกช่วงเวลา ทั้งกลางวันกลางคืน ตามฤดูกาลต่าง ๆ ตลอดทั้งปี ทำให้ผิวโลกมีอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงขึ้น-ลง

ช่วงกว้างของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงนั้นได้มาจากองค์ประกอบทางกายภาพของวัตถุที่ประกอบขึ้นเป็นพื้นผิวโลก หรือที่เรียกว่า thermal inertia ดังนั้นการตรวจวัดช่วงค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปจึงสามารถบ่งบอกถึงข้อมูลหรือจำแนกองค์ประกอบที่ประกอบกันเป็นพื้นผิวโลก (W.G. Rees. 2001:153)

ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนมีพื้นฐานมาจาก การบิด หมุนและการสั่น ในการเคลื่อนไหว ไอออนขององค์ประกอบที่ได้จากการดูดซับพลังงานหรือการแผ่พลังงานของโปรตอน ดังนั้นค่าโปรตอนของอินฟราเรดความร้อนจึงแสดงข้อมูลเกี่ยวกับโมเลกุล (ลักษณะการยืดเกาะระหว่างอะตอม) ซึ่งแตกต่างจากช่วงคลื่นอื่นที่สั้นกว่าช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนที่แสดงข้อมูลที่เกิดภายในอะตอม ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนจึงมีความสำคัญเป็นพิเศษในการศึกษาด้านธรณีวิทยาเนื่องจาก ความหลากหลาย และช่วงคลื่นที่กว้างที่แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของแร่ที่ประกอบเป็นหินหรือแร่ที่ประกอบอยู่ในดิน (Robert K. Vincent. 1998:10-11) โดยมีทฤษฎีและเครื่องมือที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1.1 คุณสมบัติและขบวนการของอุณหภูมิ

ในการแปลข้อมูลอินฟราเรดความร้อนเราควรเข้าใจถึงพื้นฐานทางฟิสิกส์ที่ควบคุมความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและวัตถุ หรือคุณสมบัติของความร้อนของวัตถุเป็นตัวกำหนดอัตราและความเข้มข้นของความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและวัตถุ

1.1.1 ความร้อน อุณหภูมิและค่าการส่องสว่าง พลังงานจลน์ของความร้อน คือ พลังงานของอนุภาคของวัตถุที่มีการเคลื่อนไหวในรูปแบบต่างๆ หรือเกิดจากการชนกันของอนุภาคทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของช่วงคลื่น และแสดงออกมาในรูปแบบการแผ่พลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จากพื้นผิวของวัตถุ พลังงานจลน์ของความร้อนจะเปลี่ยนไปเป็นค่าแผ่พลังงาน (radiant energy) พลังงานที่ได้อยู่ในรูปแบบแคลลอรี (แคลลอรี คือพลังงานที่ทำให้ น้ำ 1 กรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส) พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าแสดงในค่าการส่องสว่าง มีหน่วยวัดเป็นวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ($W.cm^{-2}$)

1.1.2 การถ่ายเทความร้อน พลังงานความร้อนเคลื่อนที่จากจุดๆหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้ 3 วิธี ดังต่อไปนี้

- การนำความร้อน ความร้อนส่งผ่านโมเลกุลของวัตถุ
- การพาความร้อน คุณสมบัติการเคลื่อนที่ของความร้อนทางฟิสิกส์ เช่น การเคลื่อนที่ของอากาศ เป็นต้น
- การแผ่ความร้อน การถ่ายเทความร้อนในรูปแบบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งสามารถเคลื่อนผ่านสุญญากาศได้ (Floyd F. Sabins. 1996: 135-136)

1.1.3 การแผ่พลังงานความร้อน (Thermal Emission)

พลังงานความร้อนเป็นพลังงานจลน์ที่เกิดจากการเคลื่อนไหวในลักษณะต่างๆของอนุภาคของวัตถุ การเคลื่อนไหวในลักษณะที่แตกต่างกันเกิดจากการชนกันของอนุภาคทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของลักษณะการหมุนของอิเล็กตรอนหรือการสั่นและการหมุนของโมเลกุลหรือ

อนุภาคของอะตอม ค่าที่เกิดขึ้นจากปรากฏการณ์ข้างต้นจะแสดงออกมาในรูปของ ค่าการแผ่พลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Emission of electromagnetic radiation: EMR) โดยพลังงานความร้อนจะแสดงเป็นค่าการแผ่พลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

วัตถุที่เปลี่ยนความร้อนเป็นค่าการแผ่พลังงานที่ดีที่สุดในรูปของ เทอร์โมไดนามิกส์ Planck แสดงสมการของช่วงคลื่นที่ส่งออกจากเทอร์โมไดนามิกส์ M ดังนี้

$$M_\lambda = \frac{C_1}{\lambda^5 [\exp(C_2/\lambda T) - 1]} \dots\dots\dots (1)$$

โดย	M_λ	=	ค่าการส่งผ่านพลังงานของเทอร์โมไดนามิกส์ (Wm^{-3})
	λ	=	ความยาวช่วงคลื่น (m)
	T	=	อุณหภูมิ (K)
	C_1	=	ค่าคงที่ของรังสีครั้งที่ 1 = 3.74151×10^{-16}
			(Wm^{-2})
	C_2	=	ค่าคงที่ของรังสีครั้งที่ 2 = 0.0143879 (mK)

ค่าการส่งพลังงานของเทอร์โมไดนามิกส์สูงสุดในแต่ละช่วงคลื่นที่อุณหภูมิใด ๆ สามารถอธิบายได้โดยกฎของ Wien ดังนี้

$$\lambda_m = C/T \dots\dots\dots (2)$$

โดย	C	=	2.898 (mK)
-----	---	---	------------

1.2 คุณสมบัติอุณหภูมิของวัตถุ

วัตถุจริงที่ปรากฏบนพื้นโลกไม่สามารถแผ่พลังงานได้เท่ากับเทอร์โมไดนามิกส์ แต่จะแผ่พลังงานออกมาตามองค์ประกอบของแต่ละวัตถุ อัตราส่วนระหว่างความสามารถในการแผ่พลังงานของวัตถุจริงเทียบกับการแผ่พลังงานของเทอร์โมไดนามิกส์แสดงอยู่ในรูป ค่าการแผ่พลังงาน (E) ค่าที่ได้ดังกล่าวจะแสดงถึงประสิทธิภาพการแผ่พลังงานของวัตถุจริงเทียบกับเทอร์โมไดนามิกส์ ดังต่อไปนี้

$$\epsilon(\lambda) = \frac{\text{ค่าการแผ่พลังงานของวัตถุจริง ณ อุณหภูมิหนึ่ง}}{\text{ค่าการแผ่พลังงานของเทอร์โมไดนามิกส์ ณ อุณหภูมิเดียวกัน}} \dots\dots\dots (3)$$

ϵ มีค่าการแผ่พลังงานอยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง 1 ขึ้นอยู่กับค่าการสะท้อน ค่าการแผ่พลังงานสัมพันธ์กับการแตกต่างของความยาวคลื่นมุมมองในการตรวจวัด ถ้าวัตถุจริงอยู่ในสถานะของสมดุลอุณหภูมิกับสิ่งแวดล้อม และตามกฎของ Kirchhoff ที่กล่าวว่า ค่าของการดูดซับพลังงานของวัตถุจริงเท่ากับค่าการแผ่พลังงานของวัตถุนั้น เราจึงสามารถกำหนดค่าการแผ่พลังงานได้จากค่าการสะท้อนของวัตถุ (R) ดังต่อไปนี้ $\epsilon(\lambda) = 1 - R$

ซาบินส์กล่าวว่าพลังงานกระทบพื้นผิววัตถุ โดยส่วนหนึ่งสะท้อน ส่วนหนึ่งถูกดูดซับ และอีกส่วนหนึ่งส่งผ่านวัตถุไป การสะท้อน ดูดซับและการส่งผ่านพลังงานถูกกำหนดโดยคุณสมบัติของวัตถุ มีความแตกต่างกันในช่วงคลื่นต่างๆ ดังสมการ

$$\text{สะท้อน} + \text{ดูดซับ} + \text{ส่งผ่านพลังงาน} = 1 \quad \dots\dots\dots (4)$$

สำหรับวัตถุจริงทั่วไปเราสามารถยกเว้นการส่งผ่านของพลังงานได้ ดังต่อไปนี้

$$\text{สะท้อน} + \text{ดูดซับ} = 1 \quad \dots\dots\dots (5)$$

1.2.1 เทห์วัตถุสีดำ ค่าการแผ่พลังงานและค่าการแผ่อุณหภูมิ

แนวคิดเกี่ยวกับเทห์วัตถุสีดำที่เกี่ยวกับทฤษฎีการแผ่อุณหภูมิ เทห์วัตถุสีดำเป็นวัตถุในอุดมคติ (ทางทฤษฎี) ที่ดูดซับพลังงานทั้งหมดหมายความว่า

$$\text{ดูดซับ} = 1 \quad \dots\dots\dots (6)$$

เทห์วัตถุสีดำแผ่พลังงานทั้งหมดออกมาในช่วงคลื่นตามพลังงานจลน์ของอนุภาคนิวเคลียสตามกฎของ Stefan-boltzmann ค่าส่องสว่างอุณหภูมิของเทห์วัตถุสีดำ F_b ที่อุณหภูมิจลน์ T_{kin} คือ

$$F_b = \sigma T_{kin}^4 \quad \dots\dots\dots (7)$$

เมื่อ σ = ค่าคงที่ $5.67 \times 10^{-12} \text{ W.cm}^{-2}.\text{K}^{-4}$

F_b = ค่าส่องสว่างอุณหภูมิของเทห์วัตถุสีดำ

ดังที่กล่าวว่าเทห์วัตถุสีดำเป็นวัตถุที่สมมติขึ้น เนื่องจากไม่มีวัตถุใดในโลกที่มีคุณสมบัติ เหมือนเทห์วัตถุสีดำ กับวัตถุจริงจึงแสดงออกมาในค่าการแผ่พลังงาน (Emissivity)

$$\epsilon = F_r / F_b \quad \dots\dots\dots (8)$$

เมื่อ F_r คือ ค่าแผ่การส่องสว่างของวัตถุจริง

ตาราง 2 ค่าการแผ่พลังงานของวัตถุจริงชนิดต่างๆ บนโลก ในช่วงคลื่น 8-12 μm มีค่าการแผ่พลังงานของวัตถุอยู่ในช่วง 0.81-0.96 โดยน้ำมีค่าสูงสุด

Material	Emissivity (ϵ)
Granite, typical	0.815
Dunite	0.856
Obsidian	0.862
Feldspar	0.870
Granite, rough	0.898
Silicon sandstone, polished	0.909
Sand, quartz, large-grain	0.914
Dolomite, polished	0.929
Basalt, rough	0.934
Dolomite, rough	0.958
Asphalt paving	0.959
Concrete walkway	0.966
Water, with a thin film of petroleum	0.972
Water, pure	0.993

ที่มา: Floyd F. Sabins. (1996). *Remote Sensing : principles and interpretation*.

P.139.

เมื่อรวมสมการ 7 กับ 8 จะได้ค่าแผ่การส่องสว่างของวัตถุจริง ดังสมการต่อไปนี้

$$F_r = \epsilon \cdot \sigma \cdot T_{\text{kin}}^4 \quad \dots\dots\dots (9)$$

เมื่อ ϵ = ค่าการแผ่พลังงานของวัตถุ โดยค่าการแผ่พลังงานของวัตถุ วัดจากความสามารถของวัตถุในการแผ่และดูดซับพลังงาน

โดยทั่วไประบบอินฟราเรดความร้อนบันทึกค่าแผ่รังสีความร้อน (radiant temperature) T_{rad} จากพื้นผิวมากกว่าค่าแผ่รังสีส่องสว่าง

1.2.2 การนำความร้อน Thermal Conductivity (K)

การนำความร้อน คือ อัตราส่วนของความร้อนในการเคลื่อนที่ผ่านวัตถุ แสดงอยู่ในค่าแคลลอรี่ต่อเซนติเมตรต่อวินาทีต่อองศาเซลเซียส ($\text{cal.cm}^{-1}.\text{sec}^{-1}.\text{°C}$) กล่าวคือความร้อนที่เคลื่อนที่ผ่านลูกบาศก์ขนาด 1 เซนติเมตร ใน 1 วินาที ค่าการนำความร้อนแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 คุณสมบัติความร้อนของหินทางธรณีวิทยา และน้ำ ณ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

<i>Material</i>	<i>Thermal Conductivity (K), $\text{cal.cm}^{-1}.\text{sec}^{-1}.\text{°C}^{-1}$</i>	<i>Density (ρ), g. cm^{-3}</i>	<i>Thermal Capacity (C), $\text{cal.g}^{-1}.\text{°C}^{-1}$</i>	<i>Thermal Inertia (P), $\text{cal.cm}^{-2}.\text{sec}^{1/2}.\text{°C}^{-1}$</i>
1. Basalt	0.0050	2.8	0.20	0.053
2. Clay soil, moist	0.0030	1.7	0.35	0.042
3. Dolomite	0.0120	2.6	0.18	0.075
4. Gabbro	0.0060	3.0	0.17	0.055
5. Granite	0.0075	2.6	0.16	0.056
6. Gravel	0.0030	2.0	0.18	0.033
7. Limestone	0.0048	2.5	0.17	0.045
8. Marble	0.0055	2.7	0.21	0.056
9. Obsidian	0.0030	2.4	0.17	0.035
10. Peridotite	0.0110	3.2	0.20	0.084
11. Pumice, loose, dry	0.0006	1.0	0.16	0.009
12. Quartzite	0.0120	2.7	0.17	0.074
13. Rhyolite	0.0055	2.5	0.16	0.047
14. Sandy gravel	0.0060	2.1	0.20	0.050
15. Sandy soil	0.0014	1.8	0.24	0.024
16. Sandstone, quartz	0.0120	2.5	0.19	0.075
17. Serpentine	0.0063	2.4	0.23	0.059
18. Shale	0.0042	2.3	0.17	0.041
19. Slate	0.0050	2.8	0.17	0.049
20. Syenite	0.0077	2.2	0.23	0.062
21. Tuff, welded	0.0028	1.8	0.20	0.032
22. Water	0.0013	1.0	1.01	0.036

ที่มา: Floyd F. Sabins. (1996). *Remote Sensing : principles and interpretation*.

1.2.3 การเก็บความร้อน Thermal Capacity (C)

การเก็บความร้อน คือ ความสามารถของวัสดุธรรมชาติในการเก็บความร้อน การเก็บความร้อนได้แก่ จำนวนแคลลอรีที่ต้องการในการเพิ่มอุณหภูมิ 1°C ของวัตถุ 1 กรัม ในหน่วย $\text{cal.g}^{-1}.\text{}^{\circ}\text{C}^{-1}$

1.2.4 แรงเฉื่อยความร้อน Thermal Inertia (P)

แรงเฉื่อยความร้อน คือ การวัดค่าการตอบสนองของอุณหภูมิของวัตถุที่อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลง $(\text{cal.cm}^{-2}.\text{sec}^{-1/2}.\text{}^{\circ}\text{C}^{-1})$ แสดงสมการได้ดังนี้

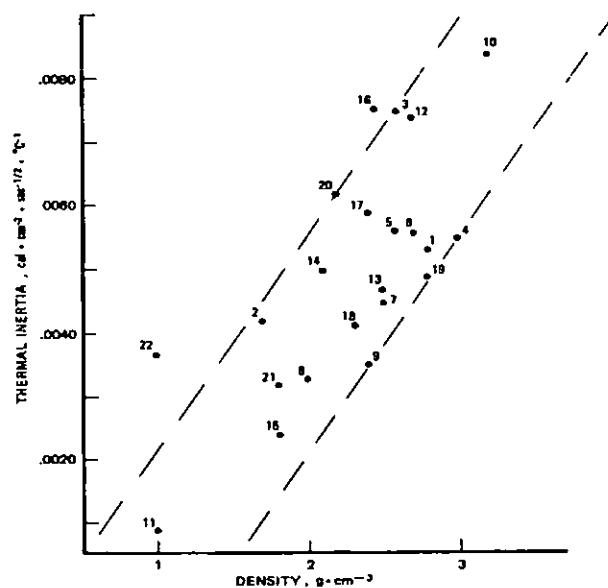
$$P = (K.\rho.C)^{1/2} \quad \dots\dots\dots (10)$$

เมื่อ K = คำนนำความร้อน

ρ = ค่าความหนาแน่น

C = ค่าเก็บความร้อน

โดยทั่วไปเมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้นทำให้แรงเฉื่อยอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ภาพประกอบ 2

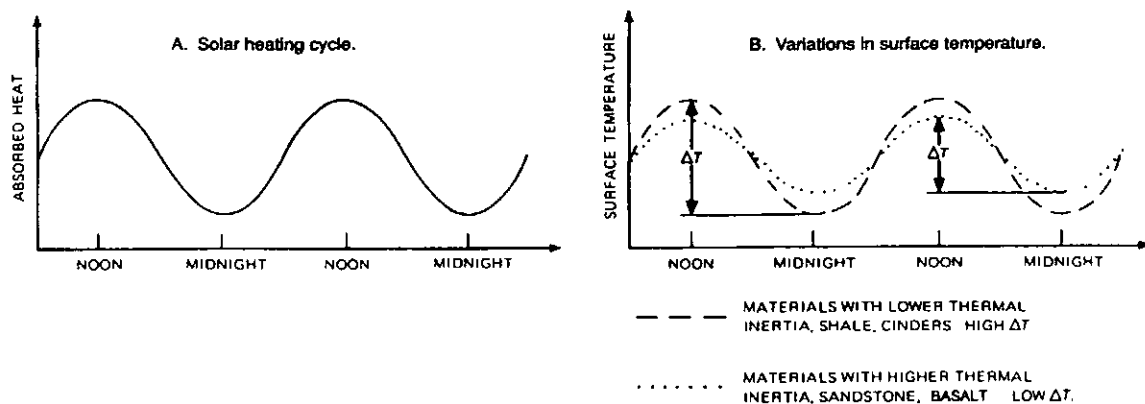


ภาพประกอบ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเฉื่อยความร้อนและความหนาแน่นของหินและน้ำ
ตัวเลขอ้างอิงจากตารางที่ 3

ที่มา: Floyd F. Sabins. (1996). *Remote Sensing : principles and interpretation*.

P.141.

ภาพประกอบ 3 แสดงค่าอุณหภูมิที่แตกต่างกันของค่ามากที่สุดและน้อยที่สุดในช่วงวัฏจักรเวลา 1 วัน ได้แก่ค่า ΔT วัตถุใดที่มีค่าแรงเฉื่อยความร้อนต่ำเช่น หินดินดาน และหินภูเขาไฟ ซึ่งทำให้ค่า ΔT สูง เป็นต้น



ภาพประกอบ 3 ผลของความแตกต่างของแรงเฉื่อยความร้อนบนพื้นผิวในวัฏจักรแต่ละวัน และแสดง ความแตกต่างของ ΔT เนื่องจากความแตกต่างของแรงเฉื่อยความร้อน

ที่มา: Floyd F. Sabins. (1996). *Remote Sensing : principles and interpretation*.

P.142.

1.2.5 การกระจายของความร้อน Thermal Diffusivity

ค่าที่ใช้ในการคำนวณเป็นค่าเดียวกับค่าที่ใช้ในการหาแรงเฉื่อยความร้อน ดัง

สมการ

$$k = K/C.p$$

..... (11)

การกระจายของอุณหภูมิครอบคลุมอัตรา เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงภายในวัตถุ หรือการแสดงความสามารถของวัตถุในช่วงกลางวันอุณหภูมิจะถ่ายเทจากผิวสู่ภายในวัตถุ และในตอนกลางคืนที่อุณหภูมิถ่ายเทจากภายในวัตถุสู่พื้นผิว (Floyd F. Sabins.1996: 135-143)

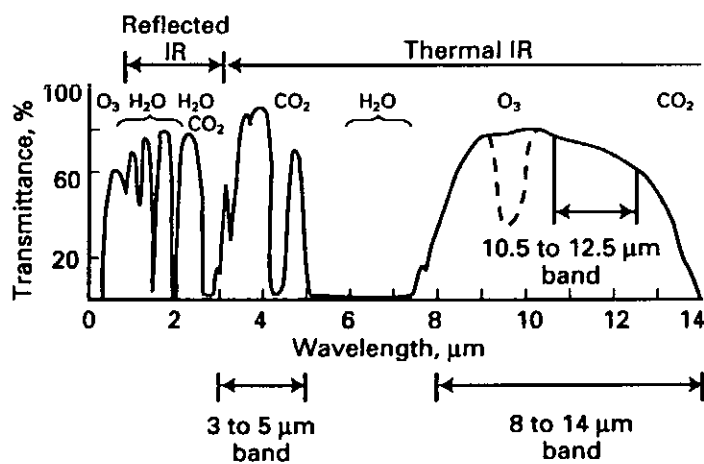
1.3 ปฏิสัมพันธ์กับบรรยากาศ

ลีเลอแซนด์ กล่าวไว้ว่าบรรยากาศมีผลต่อความเข้มและองค์ประกอบของค่าที่ตรวจวัด ได้จากระบบบันทึกข้อมูลความร้อน หน้าต่างบรรยากาศ (Atmospheric Windows) ภาพประกอบ 4 เป็นช่วงของบรรยากาศที่ใช้เลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมที่สุดในการวัดพลังงานความร้อน ในช่วง

หน้าต่างบรรยากาศชั้นบรรยากาศที่กั้นระหว่างอุปกรณ์ตรวจวัดและพื้นที่ที่ต้องการวัดสามารถทำให้ค่าที่ตรวจวัดได้มีการเปลี่ยนแปลงทั้งเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ ค่าที่เปลี่ยนแปลงนั้นเกิดขึ้นเนื่องจากชั้นบรรยากาศมีการดูดซับ กระจาย และแผ่พลังงานในเวลาเดียวกันโดยส่งผ่านไปยังเครื่องมือตรวจวัด

ก๊าซและฝุ่นละอองที่ลอยลอยอยู่ในบรรยากาศอาจจะดูดซับค่าแผ่พลังงานจากวัตถุ ทำให้ค่าที่วัดได้จากเครื่องมือตรวจวัดลดลง ฝุ่นละอองในบรรยากาศยังมีผลในการกระจายของพลังงาน ทำให้ค่าที่วัดได้จากเครื่องมือตรวจวัดลดลงเช่นกัน ในอีกด้านหนึ่งก๊าซและฝุ่นละอองในบรรยากาศจะแผ่พลังงานของตัวเองออกมารวมกับค่าการแผ่พลังงานจากพื้นดินทำให้ค่าที่ตรวจวัดได้มีค่าเพิ่มขึ้น

เครื่องตรวจวัดความร้อนทำให้ค่ามีความผิดเพี้ยนประมาณ 2 องศาเซลเซียส หรือมากกว่านั้นเมื่อเครื่องมือตรวจวัดอยู่ที่ประมาณ 300 เมตร เมฆและหมอกเป็นตัวกั้นการแผ่พลังงานความร้อนเช่นกัน ในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใสฝุ่น คิววัน ฝุ่นคาร์บอนและฝนก็มีผลต่อการตรวจวัด ดังนั้นบรรยากาศจึงส่งผลต่อการตรวจวัดช่วงคลื่นความร้อนเนื่องจากองค์ประกอบของบรรยากาศที่มีความหลากหลายทั้งขนาด ระดับความสูง เวลาและสภาพอากาศประจำวัน (Lillesand, Thomas M. 1994:375-377)



ภาพประกอบ 4 หน้าต่างบรรยากาศ ในช่วงคลื่น 3-5 และ 8-14 μm

ที่มา: Floyd F. Sabins. (1996). *Remote Sensing : principles and interpretation*.

P.136.

แต่ โรเบิร์ต เค วินเซนต์ กล่าวว่า บรรยากาศในช่วงการส่งผ่านพลังงานมีผลน้อยมากจนสามารถยกเว้นได้ เมื่อการสังเกตอยู่ในช่วง 3.0-5.0, 8-14 และ 16.0-23.0 μm ในช่วงหน้าต่างบรรยากาศเนื่องจากเหตุผล 3 ประการ คือ อยู่ในช่วงชั้นบรรยากาศแคบ กระจ่างเป้าหมายและ

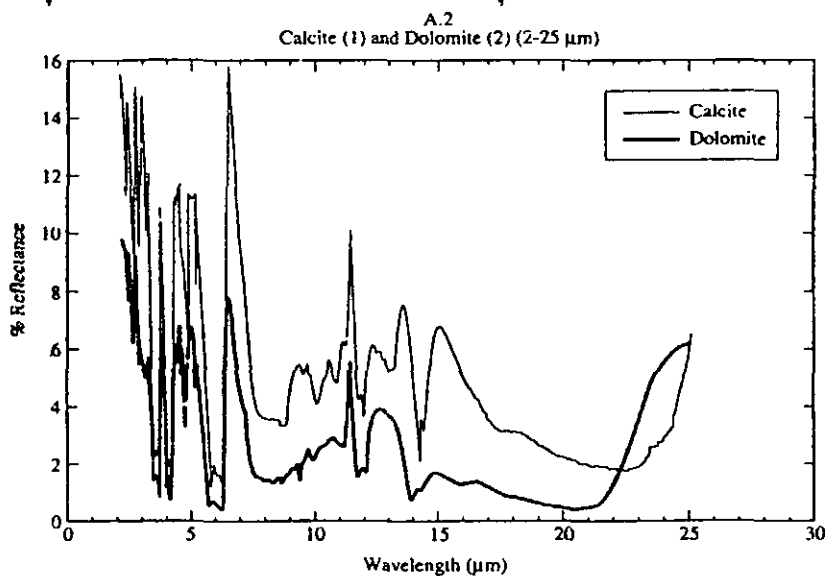
อุปกรณ์ตรวจวัด บรรยากาศทั้งหมดระหว่างเครื่องตรวจวัดระดับสูงและเป้าหมายมีความเย็นมากกว่าพื้นดินและการแผ่พลังงานของบรรยากาศในช่วงหน้าต่างบรรยากาศมีค่าต่ำมาก

1.4 ค่าการแผ่พลังงานของหินและแร่

ดังที่กล่าวข้างต้นค่าของการแผ่พลังงานที่เกิดขึ้นนั้นเกิดขึ้นจากคุณสมบัติหรือองค์ประกอบของวัตถุที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าการแผ่พลังงานของหิน เนื่องจากคุณสมบัติหรือองค์ประกอบของหินแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะแร่ที่ประกอบกันเป็นหินและการยึดติดหรือการเชื่อมเกาะของแร่เหล่านั้น มีการทดลองนำหินหรือแร่แต่ละชนิดมาทำการตรวจวัดการแผ่รังสีความร้อนในห้องทดลอง รวมทั้งการเก็บข้อมูลภาคสนาม เพื่อนำมาใช้ในการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้มาจากเครื่องตรวจวัดที่ได้จากดาวเทียมหรือเครื่องบิน ข้อมูลพื้นฐานจากห้องทดลองและจากภาคสนามจึงเป็นข้อมูลอ้างอิงเบื้องต้นในการแปลความหมายของข้อมูลจากดาวเทียม โดยเฉพาะอย่างยิ่งหินชนิดต่างๆ

1.4.1 ค่าการแผ่พลังงานของกลุ่มแร่คาร์บอเนต

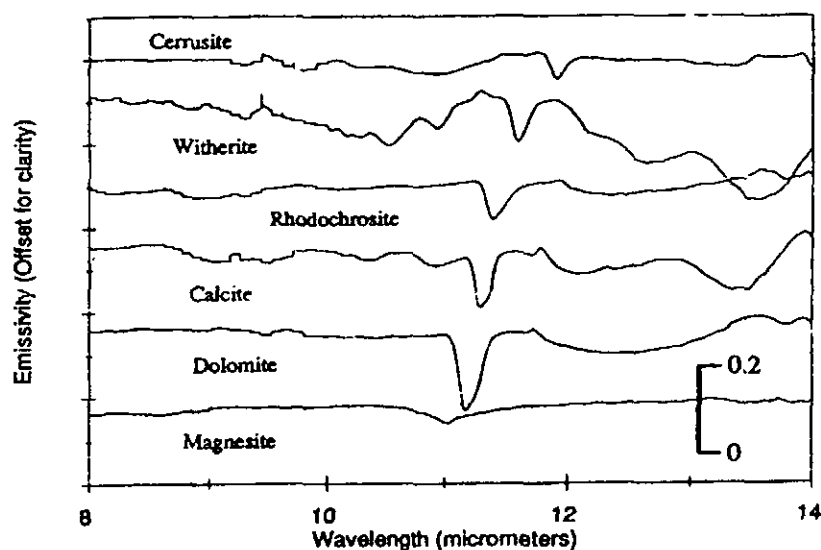
แร่คาร์บอเนตมีลักษณะที่สำคัญที่แสดงลักษณะของคาร์บอเนตได้แก่ (CO_3) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของสูตรทางเคมี และสามารถพบได้ทั่วไปในหินตะกอน ในช่วงคลื่น 2 – 25 μm ค่าการสะท้อนของแร่แคลไซต์และแร่โดโลไมต์นั้นจะมีลักษณะเด่นในช่วงคลื่นประมาณ 6.6(6.5) μm 11.4(11.3) μm และ 14(13.8) μm ในสองช่วงคลื่นแรกนั้นจะแสดงลักษณะของค่าสะท้อนสูงสุดในช่วงคลื่นสุดท้ายแสดงลักษณะค่าการสะท้อนที่ต่ำสุดดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 ค่าการสะท้อนแบบ Biconical ในช่วงคลื่น 2 -25 μm ของแร่แคลไซต์และแร่โดโลไมต์

ที่มา: Robert K. Vincent. (1998). *Fundamentals of Geological and Environmental Remote Sensing*. P.50.

แร่ที่ไม่ใช่กลุ่มซิลิเกต ได้แก่ คาร์บอเนต ซัลเฟต ฟอสเฟต ออกไซด์ และไฮดรอกไซด์ ที่ส่วนใหญ่เราจะพบในหินตะกอนหรือหินแปร ภาพประกอบ 6 แสดงค่าของการสะท้อนที่หลากหลายของแร่กลุ่มคาร์บอเนต แสดงลักษณะเด่นในช่วงคลื่น 11.2 μm ลักษณะที่เกิดขึ้นมีการลดลงเมื่อความยาวคลื่นเพิ่มขึ้นเนื่องจากจำนวนอะตอมที่จะดึงดูดประจุบวกเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นถึงลักษณะเด่นในการนำอินฟราเรดความร้อนเข้ามาใช้ในการจำแนก (Andrew N. Rency.1999:63)

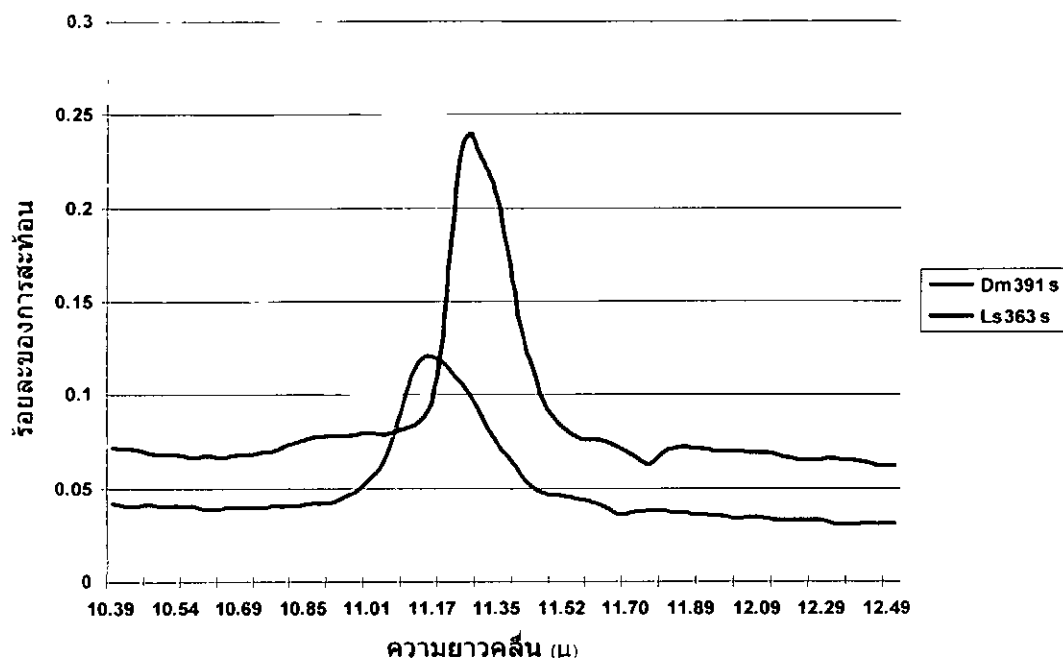


ภาพประกอบ 6 ค่าการสะท้อนแบบ Hemispherical ปรับเป็นค่าแผ่พลังงานโดยกฎของ Kirchhoff ของแร่กลุ่มคาร์บอเนต

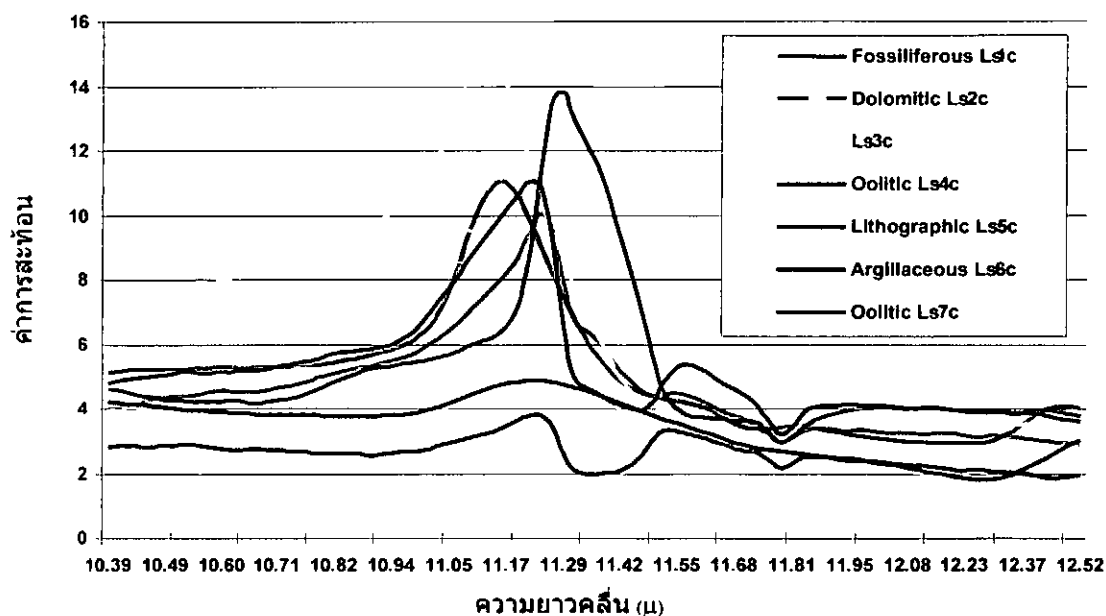
ที่มา: Andrew N. Rency. (1999). *Remote sensing for the earth sciences*. P.64.

1.4.2 ค่าการแผ่พลังงานของหินและแร่จากห้องทดลอง

ค่าการแผ่พลังงานของหินและแร่ที่ได้จากห้องทดลองเป็นการวัดค่าการสะท้อนหรือการแผ่พลังงานความร้อนในช่วงความยาวคลื่นต่างๆ จากตัวอย่างของหินหรือแร่ที่ผ่านกรรมวิธีในการคัดเลือกและทำความสะอาด แล้วทำการบันทึกเก็บไว้ในรูปแบบระเบียบค่าการสะท้อนหรือการแผ่ของพลังงาน (Spectral Library) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นค่าตัวเลขซึ่งสามารถนำมาแสดงในรูปแบบของกราฟเส้นแสดงลักษณะความสัมพันธ์ของค่าการสะท้อนหรือค่าการแผ่พลังงานความร้อนเปรียบเทียบกับความยาวคลื่นในช่วงต่างๆ ดังแสดงในภาพประกอบ 7 และ 8



ภาพประกอบ 7 แสดงค่าร้อยละการสะท้อนของหินปูน 2 ชนิดที่มีความแตกต่างกัน U.S. Geological Survey ในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนเดียวกับช่วงคลื่นของดาวเทียมแลนด์แซท 7 แบนด์ที่ 6 โดยค่าการสะท้อนที่ได้เปรียบเทียบกับค่าการแผ่พลังงาน ดังสมการ $1-R = \text{ค่าการแผ่พลังงาน}$



ภาพประกอบ 8 แสดงค่าการสะท้อนของหินปูน 7 ชนิดที่มีความแตกต่างกันจาก Johns Hopkins University ในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนเดียวกับช่วงคลื่นของดาวเทียมแลนด์แซท 7 แบนด์ที่ 6

ที่มา: Spectral Library ;online

1.5 คุณสมบัติที่สำคัญของดาวเทียม Landsat 7 แบนด์ที่ 6

ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนจากดาวเทียม Landsat 7 TM นั้นสามารถตรวจวัดได้ในช่วงคลื่น 10.4-12.5 ไมโครเมตร ในแบนด์ที่ 6 ซึ่งมีรายละเอียดของภาพ 60 เมตร ซึ่งมีคุณสมบัติในการวัดค่าแผ่พลังงานงานจากพื้นผิวโลก ที่มีค่าอยู่ในรูปแบบสมการค่าการแผ่พลังงานและค่าพลังงานความร้อนจริงจากพื้นผิว โดยมีประโยชน์ในการนำมาค้นหากิจกรรมที่ทำให้เกิดความร้อนบนโลก การสร้างแผนที่ธรณีจากในรูปแบบการเก็บค่าความร้อนที่แผ่อยู่ การแยกชนิดพืช และการศึกษาความชื้นของดิน เป็นต้น (G. E. Peckham : ,online)

จากเอกสารที่เกี่ยวข้องแสดงให้เห็นว่า ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนมีคุณสมบัติในการจำแนกหินชนิดต่าง ๆ ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลในช่วงคลื่น 10.4-12.5 ไมโครเมตร จากดาวเทียม Landsat 7 แบนด์ที่ 6 ที่แสดงลักษณะที่เด่นของการแผ่พลังงานของหินปูนชนิดต่าง ๆ ประกอบกับลักษณะทางกายภาพของหินปูนแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน เช่น การยืดเกาะของแร่ การนำความร้อนของหิน การส่งผ่านความร้อนในหิน หรือลักษณะทางเคมีของหิน มีความสัมพันธ์กับข้อมูลอินฟราเรดความร้อนโดยตรง ซึ่งเมื่อนำคุณสมบัติต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นมาอธิบายประกอบกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการนำข้อมูลอินฟราเรดความร้อนมาใช้ในการจำแนกหินปูนและหินโดโลไมต์

2. วิธีการในการวิเคราะห์ข้อมูลอินฟราเรดความร้อน

โดยปกติการวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียมนั้นสามารถกระทำได้ใน 2 รูปแบบหลักคือ การแปลงจากข้อมูลภาพ และการแปลงข้อมูลจากข้อมูลเชิงตัวเลข ในส่วนของข้อมูลอินฟราเรดความร้อนทักษะที่ใช้ในการแปลงข้อมูลส่วนใหญ่ต้องอาศัยการแปลงจากข้อมูลเชิงตัวเลข โดยมีปัจจัยหลักที่ใช้ในการแปลงข้อมูลคือค่าการแผ่พลังงานที่อ่านได้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แอล.อี. เกร็กแลนด์ และคณะได้ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะที่สำคัญของพื้นผิวในการแปลงข้อมูลอินฟราเรด จากการสัมผัสระยะไกล (remote sensing) ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนจากการสำรวจระยะไกล สามารถใช้ในการจำแนกแร่ที่ปรากฏบนพื้นผิวโดยอาศัยความแตกต่างในช่วงคลื่น กล่าวคือความแตกต่างในช่วงคลื่นแสดงปริมาณแร่ที่เพิ่มขึ้นซึ่งง่ายต่อการตรวจพบ ในการกำหนดลักษณะความแตกต่างของช่วงคลื่น ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนสามารถตรวจวัดได้ในห้องทดลองจากแร่โดยทั่วไปที่พบ ยกตัวอย่างเช่น แร่แคลไซต์ที่แสดงสายแร่ที่ชัดเจนในหินปูนซึ่งง่ายต่อการนำมาศึกษา เป็นต้น อย่างไรก็ตามแร่คาร์บอนเนตนั้นปรากฏอยู่ในหลายรูปแบบ เช่น อยู่ในลักษณะเคลือบผิว ลักษณะเป็นมวลขนาดใหญ่และลักษณะที่เกิดจากการทับถมจากน้ำพุร้อน ความแตกต่างในรูปแบบแสดงความแตกต่างในอนุสัณฐานและลักษณะของพื้นผิว จึงเป็นประเด็นสำคัญในการศึกษาลักษณะพื้นผิวที่มีการพอง

พื้นผิวที่มีความต่างกันย่อมปรากฏความแตกต่างในช่วงคลื่นที่วัดได้ ในพื้นผิวที่มีความขรุขระเนื่องจากโพรงหรือช่องว่าง และขนาดของวัตถุในมาตราส่วนที่มีผลต่อการกระจายของแสง ค่าที่วัดได้จึงถูกจำกัดให้มีความแตกต่างกันภายในช่วงคลื่น ซึ่งมีความสำคัญในการศึกษาแร่หรือจำแนกแร่ชนิดต่างๆ

ผู้ศึกษาได้ทดลองหินปูนและมวลคาร์บอเนตในเทือกเขา Mormon, Nevada ที่ปรากฏรูปแบบที่แตกต่างกัน 2 ลักษณะในระดับอนุฐานและพื้นผิวของวัตถุ หินปูนที่ศึกษาได้มีลักษณะของอนุภาคที่มีขนาดใหญ่และเรียงกันเป็นระนาบ พื้นผิวราบเรียบในขนาด 10-50 ไมครอน จากภาพตัดขวางของตัวอย่างข้อมูล ส่วนมวลคาร์บอเนตที่พบมีขนาดอนุภาคที่เล็กกว่าหินปูน มีการวางตัวในหลายรูปแบบของแร่แคลไซต์ที่แสดงลักษณะที่เกือบจะไม่ราบเรียบ มากกว่า 5 ไมครอน จากการสังเกตภาพตัดขวางด้วยเช่นกัน จากการสังเกตข้างต้นเราจะพบว่ามีความสอดคล้องกันกับลักษณะที่พบจากลายเซ็นเชิงคลื่นจากข้อมูลอินฟราเรดความร้อน ผลของงานวิจัยนี้ทำให้ทราบถึงลักษณะสำคัญในการเข้าใจลักษณะอนุฐานของแร่ ในการแปลความหมายข้อมูลอินฟราเรดความร้อนให้มีความแม่นยำมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการศึกษาจากพื้นที่จริง (L. E. Kirkland :, online)

แอล.อี. เคริกแลนด์ ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการศึกษาข้อมูลอินฟราเรดความร้อนกับวัตถุภาคสนาม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากการเก็บข้อมูลด้วยรถเครื่องบินและจากดาวเทียม เพื่อหาคุณสมบัติเฉพาะในการจำแนกวัตถุ โดยวัตถุที่ต้องการจำแนกได้กำหนดโดยคุณสมบัติของค่าความแตกต่างของช่วงคลื่น ขึ้นอยู่กับความละเอียดของภาพในแต่ละเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล การผูกพันและพื้นผิวของวัตถุมีผลต่อความแตกต่างของค่าความแตกต่างในช่วงคลื่น ซึ่งสามารถอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นได้ด้วยลายเซ็นเชิงคลื่นของวัตถุ ทั้งจากห้องทดลองและการศึกษาจากภาคสนาม โดยการศึกษามุ่งเน้นที่จะศึกษาแร่กลุ่มคาร์บอเนตเนื่องจากแร่กลุ่มนี้แสดงความหลากหลายของช่วงบนพื้นผิวที่มีสัดส่วนที่แตกต่างกัน เป้าหมายของการศึกษาจึงเกี่ยวกับ แร่คาร์บอเนตทั้งที่ยังคงสภาพและที่ผูกพันของหินปูน รวมทั้งดินที่มีส่วนประกอบของคาร์บอเนตที่สูง เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาได้แก่

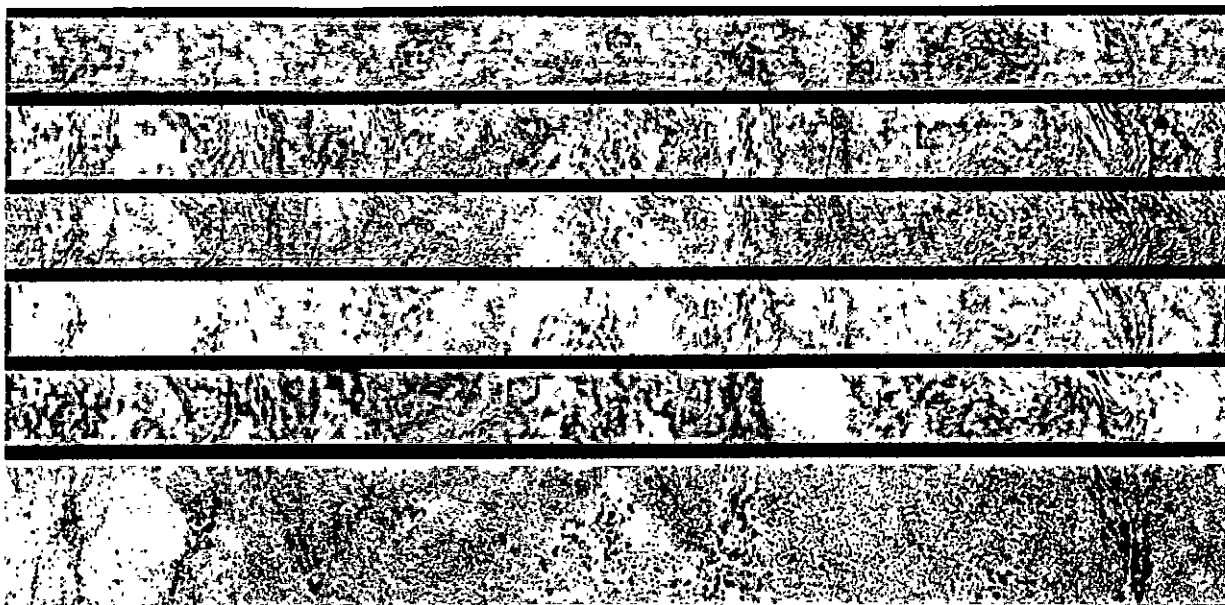
- ค่าการสะท้อนที่ได้จากห้องทดลอง (ช่วงคลื่น 2.5-200 ไมโครเมตร)
- เครื่องมือตรวจวัดภาคสนามที่ติดตั้งบนรถตู้ (ช่วงคลื่น 3-5 และ 7-13 ไมโครเมตร)
- อุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพสูงที่ติดตั้งบนเครื่องบินสำรวจ (Spatially Enhanced Broadband Array Spectrography System, SEBASS ในช่วงคลื่น 3-5 และ 7-13 ไมโครเมตร)

ในการศึกษาอธิบายว่าเหตุใดแร่กลุ่มคาร์บอเนตที่คาดว่าจะพบบนดาวอังคารไม่สามารถตรวจวัดได้ด้วยเครื่องมือ Mars Global Surveyor Thermal Emission Spectrometer (TES) โดยงานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับ การหลอมข้อมูล ระยะห่างของข้อมูลกับเครื่องมือตรวจวัด มุมในการเก็บข้อมูล ลักษณะที่ใกล้เคียงกันและค่าการสะท้อนจากดิน โดยอาศัยอุปกรณ์ตรวจวัดจากรถ เครื่องบิน และดาวเทียมในการวัดค่าจากเป้าหมาย (L. E. Kirkland :, online)

พี.จี. ลูซี่ และคณะได้ศึกษาเกี่ยวกับภาพถ่ายข้อมูลคุณภาพสูงจากเครื่องบินในการตรวจหาแร่ Airborne Hyperspectral Imager (AHI) เป็นระบบที่ใช้สำหรับตรวจหาแร่จากอากาศ ระบบถูกออกแบบมาเพื่อใช้อินฟราเรดช่วงยาว (long wave IR) ในโครงการ DARPA's Hyperspectral Mine Detection (HMD)

โครงการ HMD จัดตั้งขึ้นเพื่อค้นหา พัฒนาและสร้างแบบจำลองศักยภาพของข้อมูลอินฟราเรดสำหรับการสัมผัสระยะไกลในการตรวจหาแร่ แร่เหล่านี้ส่วนใหญ่อยู่ในดินชั้นบาง ๆ โครงการเริ่มต้นโดยการศึกษาข้อมูลอินฟราเรดในการแบ่งแยกหน่วยดินหลักและหน่วยดินย่อย และศึกษาต่อเนื่องถึงการค้นหาแร่ที่ฝังอยู่ในดินเหล่านั้น ในด้านอื่นๆ ปัจจุบันศึกษาถึงลายเซ็นเชิงคลื่นของความร้อนในการจำแนกวัตถุ

ตั้งแต่ปี ค.ศ.1994 โครงการได้รวบรวมข้อมูลที่เป็นรูปภาพและข้อมูลในรูปแบบอื่นๆที่ไม่ใช่ข้อมูลรูปภาพในการตรวจสอบค้นหาแร่ ในช่วงคลื่น 0.4-14 ไมครอน ซึ่งช่วงคลื่นที่ได้ผลได้แก่ช่วงคลื่น 8-12 ไมครอน ข้อมูลเหล่านั้นได้ถูกนำมาใช้ในการค้นหาแร่ทั้งที่ถูกปกคลุมและไม่ถูกปกคลุมโดยดิน มีการนำข้อมูลมาใช้ในการค้นหาเขตดินและพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการนำวิธีดังกล่าวมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ผลของการทดลองแสดงพื้นที่ที่มีการบกรวนหรือปกคลุมสามารถตรวจวัดหาแร่ได้ สามารถอธิบายช่วงคลื่นที่แตกต่างได้และส่วนขยายต่อจากนี้ยังสามารถนำวิธีการดังกล่าวนี้ไปใช้ร่วมกับการศึกษาพื้นที่ทางภูมิศาสตร์อื่นๆ ได้ ตัวอย่างภาพที่ได้จากการศึกษาภาพประกอบ 9 (P.G. Lucey. : ,online)



ภาพประกอบ 9 ภาพตัวอย่างที่ได้จาก AHI ในการบินสำรวจจากเทือกเขา Mustang ใกล้ Siera Vista, AZ. ภาพล่างสุดแสดงภาพจากกล้อง CCD ภาพที่สองจากด้านล่างแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในแนวนอน ภาพถ่ายอยู่ในช่วงข้อมูล 11.0-11.5 ไมโครเมตร แสดงช่วงคลื่นของแร่คาร์บอนเนต โดยมีหินปูนที่มีลักษณะโดดเด่นออกมา รูปที่สองจากด้านบนอยู่ในช่วงคลื่น 9 ไมโครเมตร แสดงค่าแผ่พลังงานของแร่กลุ่มซิลิเกต ภาพที่สามจากด้านบนแสดงความสัมพันธ์ของแร่ซิลิเกตในช่วงคลื่น 9 และ 10 ไมโครเมตร ซึ่งแสดงความแตกต่างในกลุ่มแร่ซิลิเกตด้วยกัน และที่ภาพที่สี่จากด้านบนแสดงองค์ประกอบของหินปูน (สีแดง) ซิลิเกตที่มีความแข็ง (สีเขียว) และกลุ่มแร่ซิลิเกต (สีน้ำเงิน) (P.G. Lucey. : ,online)

ที่มา: Andrew N. Rency. *An Airborne Hyperspectral Imager for Hyperspectral Mine Detection*. (online)

เจ.อาร์ จอร์นสัน ได้ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะทางธรณีวิทยาของการศึกษาภาคสนาม โดยใช้ข้อมูลช่วงคลื่นมองเห็นและช่วงคลื่นอินฟราเรด ในปี ค.ศ.1999 Marsokhod Field Experiment (MFE) เริ่มทดลองหาความเหมาะสมของการนำอุปกรณ์สำรวจในช่วงคลื่นมองเห็นและช่วงคลื่นอินฟราเรดและอุปกรณ์สำรวจภาคสนามในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน เพื่อสนับสนุนการสำรวจด้านธรณีวิทยานดาวอังคาร โดยพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ทะเลทราย Mojave ใกล้ ทะเลสาบ Silver, CA.

วิธีการที่ใช้ในการทดลอง เริ่มต้นด้วยการศึกษาภาพสีจากอุปกรณ์ที่ติดตั้งไปกับเครื่องตรวจสอบ เพื่อจำแนกชนิดหินเบื้องต้น และเน้นจุดที่ต้องการศึกษาโดยใช้เครื่องตรวจวัดช่วงคลื่นมองเห็นและคลื่นอินฟราเรด (400-2500 นาโนเมตร) และอินฟราเรดความร้อน (~8-14

ไมโครเมตร, $1250-715\text{ cm}^{-1}$) ซึ่งช่วงคลื่นเหล่านี้ครอบคลุมลักษณะเฉพาะของข้อมูลที่ต้องการ หรือครอบคลุมประเภทของคาร์บอเนต ดินเหนียว แร่สีจางและวัสดุที่เคลือบหิน ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปใช้ในการแปลข้อมูลภาคสนาม

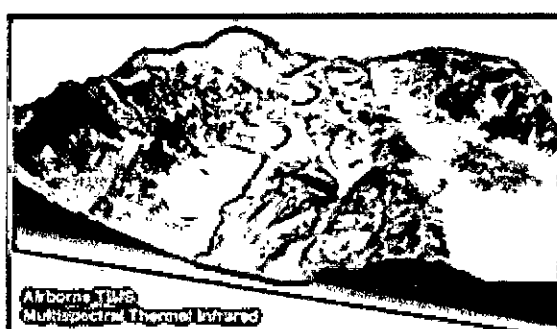
ดาวเทียมและเครื่องบินที่ตรวจวัดหลายช่วงคลื่นของพื้นที่ สามารถนำมาใช้ได้จากดาวเทียม LANDSAT TM ภาพขาว-ดำจากดาวเทียม SPOT และเครื่องบินสำรวจข้อมูลอินฟราเรดความร้อนแบบหลายช่วงคลื่น TIRS โดยเฉพาะอย่างยิ่ง 17 ช่วงคลื่นของข้อมูลอินฟราเรดความร้อนแสดงความสัมพันธ์ของหินต่างๆ ดังนี้ ประมาณ 11.3 ไมโครเมตร (886 cm^{-1}) แสดงลักษณะเด่นของแคลไซต์และ 11.2 ไมโครเมตร (896 cm^{-1}) แสดงลักษณะเด่นของโดโลไมต์ สามารถใช้เพื่อกำหนดลักษณะที่ชัดเจนของหินในกลุ่มคาร์บอเนต คือหินโดโลไมต์ ในช่วงคลื่นอื่นๆ แสดงหินบะซอลต์ในช่วงคลื่นประมาณ 9.48 ไมโครเมตร (1055 cm^{-1}) เป็นต้น

สรุป การจำแนกแร่โดยการสำรวจสนาม (MFE) ส่วนใหญ่ประสบความสำเร็จในการจำแนกหินคาร์บอเนตแร่กลุ่มซิลิเกตประสบความสำเร็จในระดับปานกลาง ซึ่งส่วนหนึ่งถูกรบกวนโดยลักษณะชุ่มน้ำที่เคลือบอยู่บนหิน (J.R. Johnson : ,online)

อลัน กิลเลสปี นำเทคโนโลยีสัมผัสระยะไกลมาศึกษาหุบเขา Death, California ใน Western Great Basin โดยนำข้อมูลจากดาวเทียม Landsat TM และเครื่องบินสำรวจแบบหลายช่วงคลื่นมาแสดงมุมมองแบบสามมิติ ปรากฏลักษณะของหุบเขาที่มีรอยเลื่อนในแนวเหนือ-ใต้ เทือกเขา Panamints (ซ้าย) สูงประมาณ 11,000 ฟุต เทือกเขานี้มีหน่วยหินที่สลับซับซ้อน โดยมีหินที่พบเด่นชัดที่สุดได้แก่ หินโดโลไมต์ ในหุบเขาพบแร่ที่ละลายอยู่ มีเนินตะกอนรูปพัดขนาดใหญ่บริเวณเชิงเขาทางด้านซ้าย และภูเขาทางขวามือพบหินแกรนิต ภาพประกอบ 10 และ 11



ภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 11

ภาพประกอบ 10 ภาพสีผสมเท็จสร้างขึ้นจากข้อมูลดาวเทียม Landsat TM ในช่วงสีเขียว แดง และอินฟราเรดใกล้

ภาพประกอบ 11 แสดงข้อมูลอินฟราเรดความร้อนในการผสมสีน้ำเงิน เขียว แดง ในช่วงคลื่นกลางประมาณ 8.3 ไมโครเมตร 9.1 ไมโครเมตร และ 10.1 ไมโครเมตร ในช่วงคลื่นนี้มีคุณสมบัติพิเศษในการทำแผนที่ธรณีวิทยา ยกตัวอย่างในภาพแสดงสีแดงและคาร์บอเนตแสดงสีเขียว

ที่มา: Alan Gillespie. *Studying the Western Great Basin using Remote Sensing Technology*. (online)

เอ็มดี และ พีอาร์ คริสเตนเซน ได้กล่าวถึงงานวิจัยเรื่อง การแผ่รังสีของคลื่นอินฟราเรด ความร้อนของแร่คาร์บอเนต วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้างนี้เพื่อแสดงค่าการแผ่รังสีที่แตกต่างกันของ แคลไซต์ แอนไฮดริส และโดโลไมต์ แร่คาร์บอเนตมีผลต่อโครงสร้างทางอะตอม (Ca, Mg, Fe, Mn, Zn) ทำให้เกิดความแตกต่างในการดูดซับรังสีของแร่คาร์บอเนตทั้งหมด จากการศึกษาได้แสดงคุณสมบัติในการดูดซับที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะเฉพาะในการสั่นของขั้วคาร์บอเนต (CO_3) ในการสั่นนี้รวมลักษณะโครงสร้างที่ไม่เป็นระนาบ โครงสร้างอสมมาตร และโครงสร้างระนาบโค้ง ในตำแหน่งของช่วงคลื่นในการดูดซับต่างๆ ยกตัวอย่างการดูดซับหรือการแผ่พลังงานที่แตกต่างกันในแต่ละคุณสมบัติทางเคมีของแร่แต่ละชนิด เช่น แคลไซต์ (CaCO_3) ค่าการดูดซับเท่ากับ 883, 1523, และ 712 cm^{-1} แมกนีไซต์ (MgCO_3) มีค่าเท่ากับ 877, 1525, และ 726 cm^{-1} สมิทโซไนต์ (ZnCO_3) มีค่าเท่ากับ 882, 1509, และ 742 cm^{-1} และโดโลไมต์ [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$] มีค่าเท่ากับ 894, 1547, และ 728 cm^{-1} เป็นต้น แร่คาร์บอเนตโดยทั่วไปเป็นแร่ประกอบหินโดยทั่วไป อย่างไรก็ตามเฉพาะแร่คาร์บอเนตทั่วไปถูกจำกัดอยู่ในช่วงแคบของการกำเนิดหินในลักษณะโครงสร้าง คลื่นอินฟราเรด ความร้อนตรวจวัดได้จากดาวอังคารโดยเครื่องมือที่มีชื่อว่า TES (Thermal Emission Spectrometer) แสดงข้อมูลลายเซ็นเชิงคลื่นของคาร์บอเนต ในการศึกษาครั้งนี้ค่าที่แสดงเป็นค่าที่มีความจำเป็นในการจำแนกข้อมูลของแร่คาร์บอเนต ผลของการศึกษาแร่แคลไซต์เพียวมีลักษณะเฉพาะที่สามารถกำหนดจากข้อมูลอินฟราเรดความร้อนได้ดี อย่างไรก็ตามองค์ประกอบของแร่ที่ไม่บริสุทธิ์อาจจำแนกโดยอาศัยความใกล้เคียงจากข้อมูลได้ (M.D. and P.R. Christensen :,online)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

แหล่งข้อมูล

แหล่งข้อมูลที่ใช้ได้แก่ ข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 7 แบนด์ 6 ในช่วงคลื่น 10.4-12.5 ไมโครเมตร รายละเอียดของภาพ 60 เมตร และข้อมูล Spectral Library จากห้องทดลอง 3 แห่ง ได้แก่ Johns Hopkins University (JHU), Jet Propulsion Laboratory (JPL) และ United States Geological Survey Reston Office (USGS) รวมทั้งแผนที่แหล่งหินปูนอย่างละเอียดในมาตราส่วน 1:50,000 จากกรมทรัพยากรธรณี

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้มีดังต่อไปนี้

1. แผนที่ภูมิประเทศ L7017 มาตราส่วน 1:50,000 ระวัง 4837II 4936IV 4937III ครอบคลุมพื้นที่อำเภอเมือง ท่ามะกา ท่าม่วง ไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี และบางส่วนของอำเภอบ้านโป่ง จอมบึง จังหวัดราชบุรี และแผนที่ระวัง 4927III ปากน้ำท่าทอง จังหวัดสุราษฎร์ธานี
2. แผนที่ธรณีวิทยา โดยเฉพาะแผนที่เฉพาะของการกระจายของหินปูนโดยละเอียด ตามระวังแผนที่ภูมิประเทศ L7017 มาตราส่วน 1:50,000 ในข้อที่ 1
3. ข้อมูลดาวเทียม Landsat 7 แบนด์ที่ 6
4. คอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์ Remote Sensing
5. เครื่องบอกพิกัดภูมิศาสตร์ (GPS)
6. กล้องถ่ายรูป

การจัดทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาพื้นที่ที่เป็นแหล่งของหินปูนทั้งหมดจากแผนที่ธรณีวิทยาในมาตราส่วน 1:50,000 เพื่อนำมาเป็นต้นแบบในการเปรียบเทียบข้อมูล
2. เตรียมข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียมแลนด์แซท 7 แบนด์ที่ 6
3. เปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ระหว่างแผนที่แหล่งหินปูนกับข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียมแลนด์แซท 7 แบนด์ที่ 6
4. ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างแผนที่แหล่งหินปูนกับข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียมแลนด์แซท 7 แบนด์ที่ 6 ด้วยการวิเคราะห์หาความเป็นไปได้ในการจำแนกหินปูนกับหินโดโลไมต์ หรือเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ในพื้นที่ที่ 2 เมื่อไม่สามารถนำความสัมพันธ์มาทดสอบได้

5. สร้างแผนที่แสดงหินปูนกับหินโดโลไมต์ที่แยกได้

6. ประเมินผลของการศึกษาการนำข้อมูลอินฟราเรดความร้อนมาใช้ในการจำแนกหินปูนกับหินโดโลไมต์ โดย

6.1 หาพื้นที่หินปูนและหินโดโลไมต์จากแผนที่ที่ได้จากความสัมพันธ์กับข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ตรงกับพื้นที่ที่ได้จากแผนที่หินปูนของกรมทรัพยากรธรณี โดยพื้นที่ที่ตรงกันต้องมีความถูกต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 ของพื้นที่หินปูนและหินโดโลไมต์

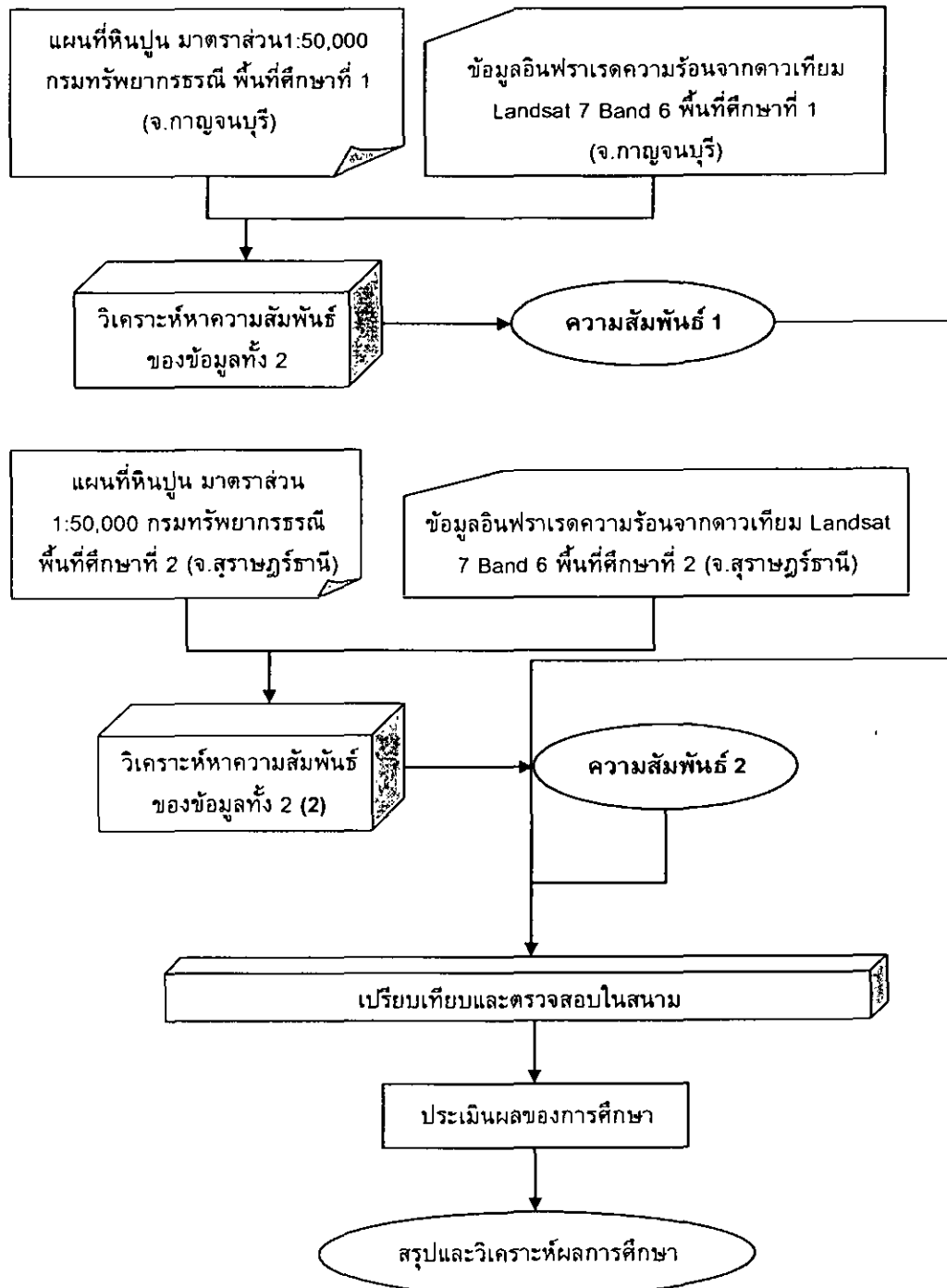
6.2 พื้นที่ของหินปูนและหินโดโลไมต์ที่ได้จากการหาความสัมพันธ์กับข้อมูลอินฟราเรดความร้อนต้องมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน

7. ตรวจสอบภาคสนาม

8. ประเมินผลการศึกษา

9. สรุปผลการศึกษา

แผนภูมิแสดงขั้นตอนการวิจัย



บทที่ 4

การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการวิเคราะห์ข้อมูล มีขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับที่แสดงไว้ในบทที่ 3 โดยในพื้นที่ศึกษาที่ 1 (จังหวัดกาญจนบุรี) โดยเลือกข้อมูลกลุ่มหินคาร์บอนเนต (หินปูนและหินโดโลไมต์) จากข้อมูลอินฟราเรดความร้อนในพื้นที่เดียวกันกับพื้นที่หินปูนและหินโดโลไมต์ที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิติด้วยเทคนิควิเคราะห์ปัจจัย และเทคนิคการวิเคราะห์จัดกลุ่ม เพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูลอินฟราเรดความร้อนกับแผนที่ที่ได้จากกรมทรัพยากรธรณี และหาความถูกต้องของพื้นที่ซ้อนทับของข้อมูลทั้งสองด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ รวมถึงสำรวจและเก็บตัวอย่างในพื้นที่จริงเพื่อนำมาใช้ประกอบในการวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติม และสรุปการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดเพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งสองในพื้นที่ศึกษา

แต่เนื่องจากความสัมพันธ์ในพื้นที่ศึกษาที่ 1 ไม่ชัดเจนและข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียมในพื้นที่ศึกษาที่ 1 กับพื้นที่ศึกษาที่ 2 มีช่วงของข้อมูลในพื้นที่กลุ่มหินคาร์บอนเนตที่ต่างกัน ผู้วิจัยจึงไม่สามารถนำความสัมพันธ์ที่ได้จากพื้นที่ศึกษาที่ 1 มาใช้ในการศึกษาที่ 2 หากพื้นที่หินปูนและหินโดโลไมต์ในพื้นที่ศึกษาที่ 2 ได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้ขั้นตอนการวิจัยในแบบที่ 2 โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลในลักษณะเดียวกับพื้นที่ศึกษาที่ 1 เพื่อยืนยันความสัมพันธ์ที่ได้จากพื้นที่ศึกษาที่ 1 ว่ามีแนวทางเดียวกับความสัมพันธ์ของพื้นที่ที่ 2 โดยในการวิเคราะห์ข้อมูลมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. พื้นที่ศึกษาที่ 1 (จังหวัดกาญจนบุรี)
 - 1.1 ข้อมูลพื้นที่ศึกษาที่ 1
 - 1.2 วิเคราะห์ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียม
 - 1.3 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อหาความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์
 - 1.4 การสำรวจและเก็บตัวอย่างภาคสนาม
 - 1.5 สรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียมกับพื้นที่ศึกษาที่ 1
2. พื้นที่ศึกษาที่ 2 (จังหวัดสุราษฎร์ธานี)
 - 2.1 ข้อมูลพื้นที่ศึกษาที่ 2
 - 2.2 วิเคราะห์ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียม
 - 2.3 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อหาความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์
 - 2.4 การสำรวจและเก็บตัวอย่างภาคสนาม
 - 2.5 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ที่ได้จากพื้นที่ศึกษาที่ 2 กับความสัมพันธ์ที่ได้จากพื้นที่ศึกษาที่ 1

ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของหินปูนและหินโดโลไมต์ที่มีต่อค่าการแผ่พลังงานความร้อน ได้ใช้วิธีการทางสถิติเข้ามาศึกษาเปรียบเทียบ โดยมีวิธีการต่าง ๆ ดังนี้

1. กราฟเส้นสรุปค่าจุดภาพและจำนวนจุดภาพของแต่ละหมวดหิน (Histogram)
2. การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis)
3. การวิเคราะห์จัดกลุ่ม (Cluster Analysis)

โดยการวิเคราะห์ปัจจัยและการวิเคราะห์จัดกลุ่มดูรายละเอียดในภาคผนวก

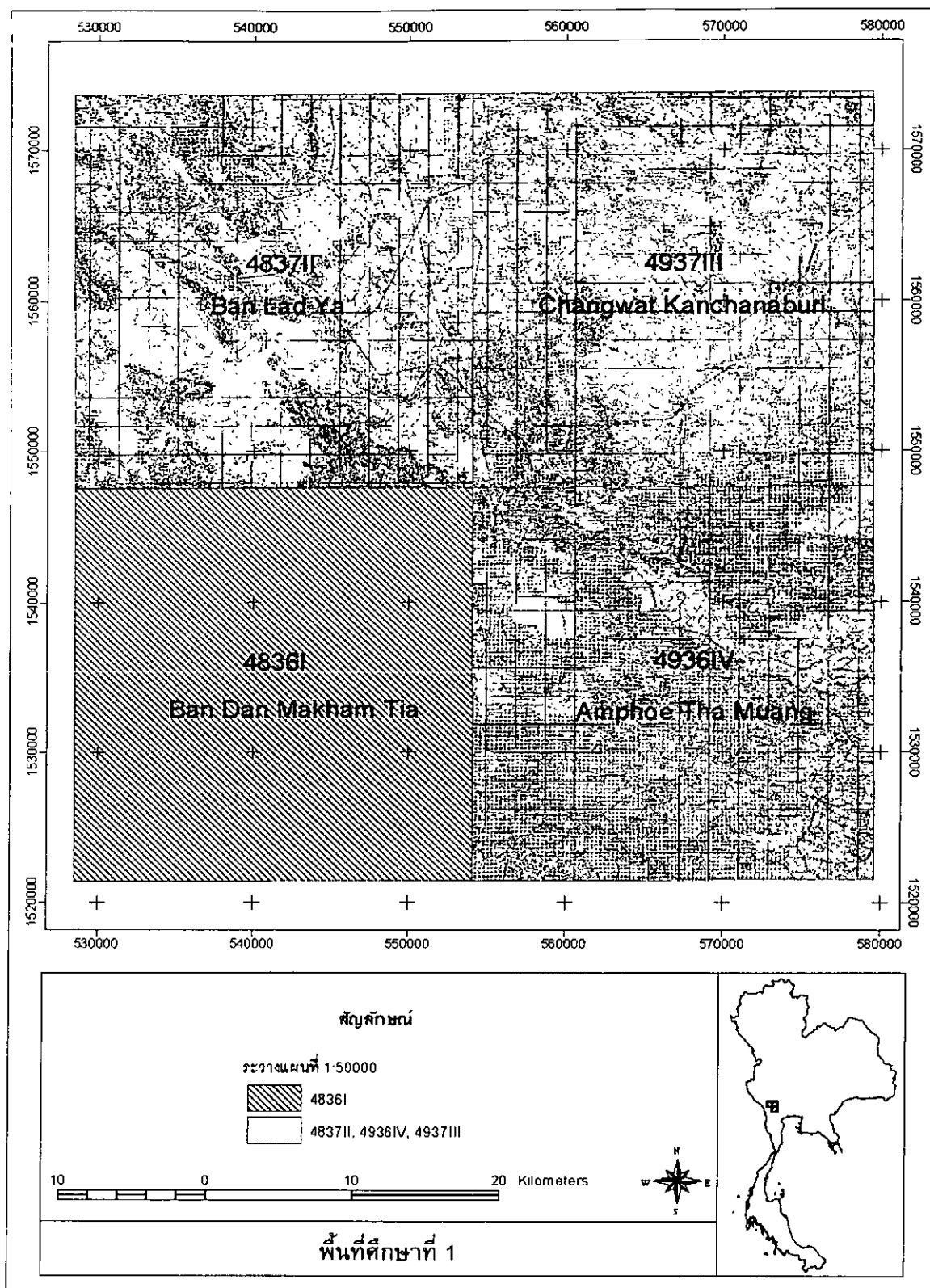
1. พื้นที่ศึกษาที่ 1 (จังหวัดกาญจนบุรี)

1.1 ข้อมูลพื้นที่ศึกษาที่ 1

พื้นที่ศึกษาที่ 1 ได้แก่ พื้นที่ตามระวางแผนที่ภูมิประเทศ ระวาง 4937III ,4837II และระวาง 4936IV จ.กาญจนบุรี ภาพประกอบ 12 ในพื้นที่ศึกษาที่ 1 ประกอบด้วยข้อมูล 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลหมวดหินที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ กรมทรัพยากรธรณี และข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียม

1.1.1 ข้อมูลหมวดหินที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์

ข้อมูลหมวดหินที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ มาตราส่วน 1:500000 นำเข้าข้อมูลด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยการจำแนกหน่วยลำดับชั้นหินตามกลุ่มหินคาร์บอเนต มีพื้นที่ 222.71 ตารางกิโลเมตร จากพื้นที่ศึกษาที่ 1 ทั้งหมด 2985.90 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 7.46 ของพื้นที่ศึกษาที่ 1 กลุ่มหินคาร์บอเนตที่พบมีการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ มีการกระจุกตัวของกลุ่มหินคาร์บอเนตบริเวณแผนที่ระวาง 4837II อย่างหนาแน่นโดยคิดเป็นร้อยละ 81.97 ของกลุ่มหินปูนทั้งหมดในพื้นที่ศึกษาที่ 1



ภาพประกอบ 12 พื้นที่ศึกษาที่ 1

ข้อมูลหมวดหินที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ 5 หมวด ได้แก่

1) หินโดโลไมต์ มีพื้นที่ 30.79 ตารางกิโลเมตร มีพื้นที่เป็นอันดับ 3 ของหมวดหินทั้ง 5 หมวด หรือคิดเป็นร้อยละ 13.82 ของพื้นที่กลุ่มหินคาร์บอเนตทั้งหมด มีการกระจายตัวทั่วบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ 1

2) หมวดหินถ้ำขุนไกร (Okk) หมวดหินถ้ำขุนไกรประกอบด้วยหินปูน สีเทา เป็นชั้นบางถึงชั้นหนา มีร้าวของหินดินดานแทรกสลับ บางส่วนกลายเป็นหินโดโลไมต์ สีเทา สีขาว และหินอ่อน สีเทา สีขาว พบซากดึกดำบรรพ์ พวกฟอสซิลินิด ขณะที่ส่วนบนหินปูนมักเป็นชั้นหนามากจนถึงมองไม่เห็นลักษณะชั้นหิน มีพื้นที่ 97.05 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 43.58 ของพื้นที่กลุ่มหินคาร์บอเนต เป็นหมวดหินที่พบมากที่สุดของกลุ่มหินคาร์บอเนตทั้งหมด พบมากทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษาที่ 1

3) หมวดหินแก้วน้อย (Pkn) หินปูน สีเทาถึงสีเทาอ่อน ในส่วนล่างมักเป็นชั้นหนาและมีหินเชิร์ตที่เป็นเส้นสัแทรกสลับ และมักพบซากดึกดำบรรพ์ พวกฟอสซิลินิด ขณะที่ส่วนบนหินปูนมักเป็นชั้นหนามากจนถึงมองไม่เห็นลักษณะชั้นหิน มีพื้นที่ 29.44 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 13.22 ของพื้นที่กลุ่มหินคาร์บอเนตพบบริเวณกว้างตอนกลางของพื้นที่ศึกษาที่ 1

4) หมวดหินถ้ำมังกรทอง (Pmt) หินปูน สีเทาเข้มถึงเทาอ่อน เป็นชั้นหนาถึงหนามาก บางส่วนกลายเป็นหินโดโลไมต์สีเทาขาว เทาเข้ม สีเทาอมเหลือง และหินอ่อนสีขาว สีเทา มีพื้นที่ 25.89 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 11.62 ของพื้นที่กลุ่มหินคาร์บอเนต

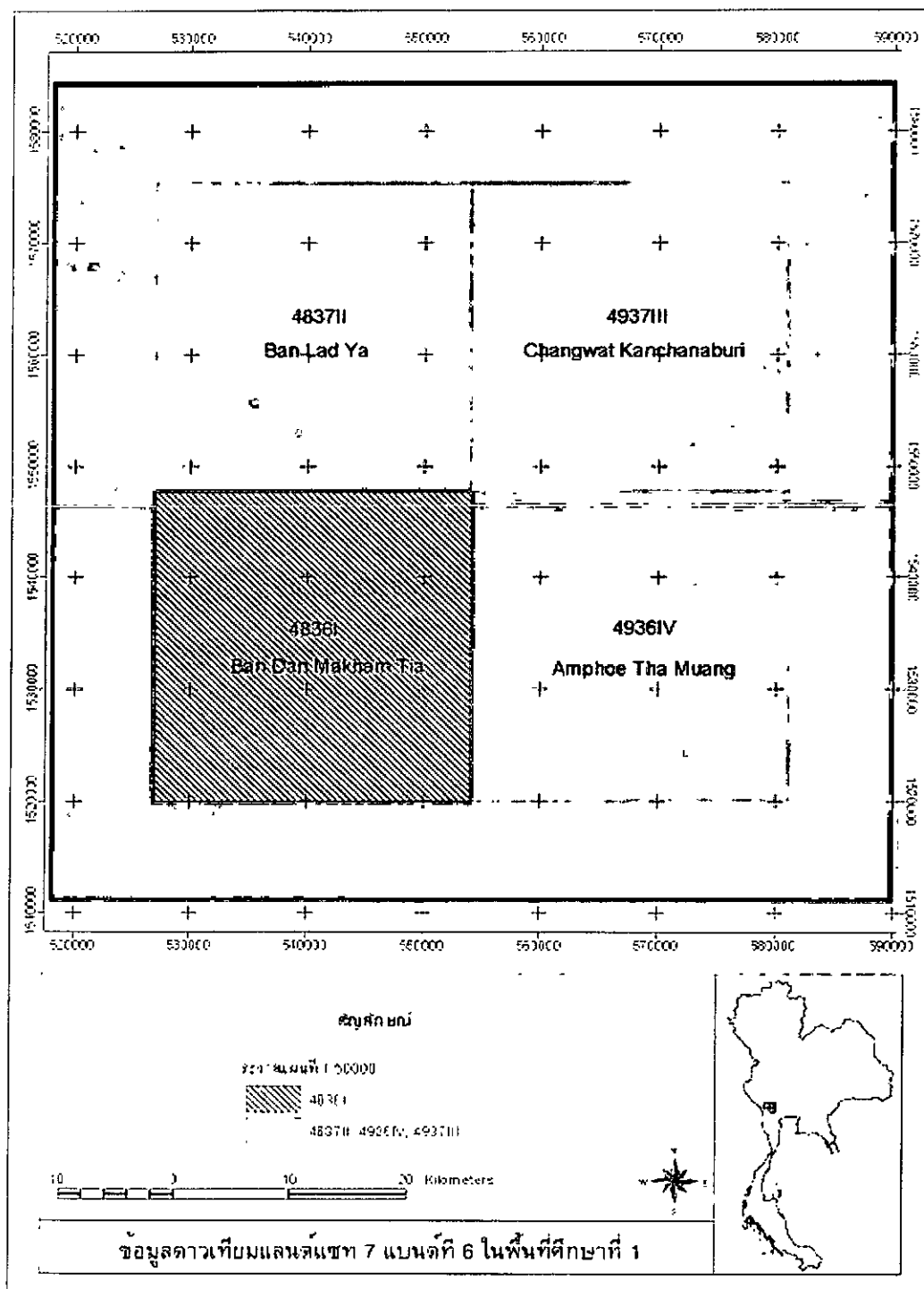
5) หมวดหินพูเลียบ (Ppl) หินปูน สีเทาถึงเทาดำ บางส่วนกลายเป็นหินโดโลไมต์ สีเทาอ่อน เทาอมน้ำตาล ลักษณะเป็นชั้นบางถึงชั้นหนา ส่วนใหญ่ความหนาของชั้นหินแต่ละชั้นประมาณ 10-30 เซนติเมตร ชั้นหินแทรกสลับด้วยชั้นบางๆ ของหินดินดานสีเทา สีน้ำตาล และมักมีหินเชิร์ตเป็นเส้นสัแทรกสลับเรียงตัวขนานตามแนวชั้นหิน มีพื้นที่ 39.55 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 17.76 ของพื้นที่กลุ่มหินคาร์บอเนต วางตัวกระจายทั่วไปในบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ 1 ยกเว้นทางทิศตะวันตกเฉียงหรือและทิศตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษาที่ 1 หมวดหินต่างๆ ที่พบรวมทั้งกลุ่มย่อย ที่พบในพื้นที่ศึกษาที่ 1 แสดงในตาราง 4 ภาพประกอบ 13

ตาราง 4 หมวดหินต่างๆ ที่พบรวมทั้งกลุ่มหินย่อยที่พบในพื้นที่ศึกษาที่ 1

กลุ่มหินคาร์บอเนตแยกตามหมวดชั้นหิน	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละของพื้นที่
1. หินโดโลไมต์	30.79	13.82
2. หมวดหินถ้ำขุนไกร	97.05	43.58
3.หมวดหินแก้วน้อย	29.44	13.22
4. หมวดหินถ้ำมังกรทอง	25.89	11.62
5.หมวดหินพูเลียบ	39.55	17.76
รวม	222.72	100.00

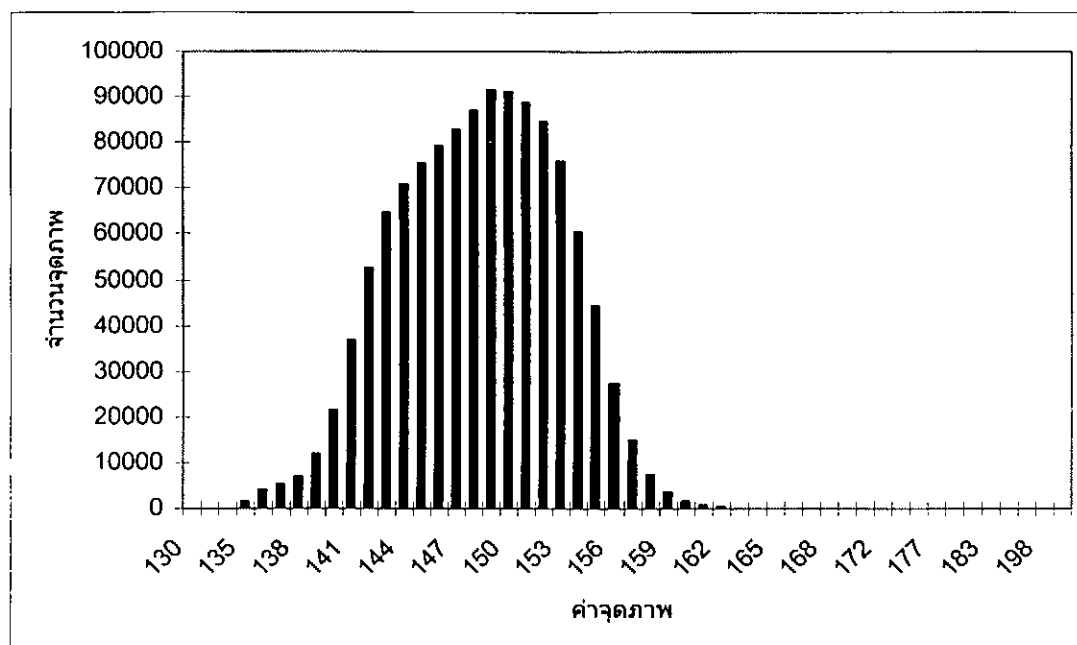
1.1.2 ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียม

ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียมในบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ 1 ได้แก่ ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนของดาวเทียมแลนด์แซท 7 แบนด์ที่ 6 มีรายละเอียดจุดภาพ 60 เมตร บันทึกข้อมูลวันที่ 7 เดือนมีนาคม พ.ศ. 2546 เวลา 03:32:30 พื้นที่ศึกษาที่ 1 อยู่ในบางส่วนของข้อมูลดาวเทียม Path 130 Row 050 ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของพื้นที่ศึกษาที่ 1 ภาพประกอบ 14



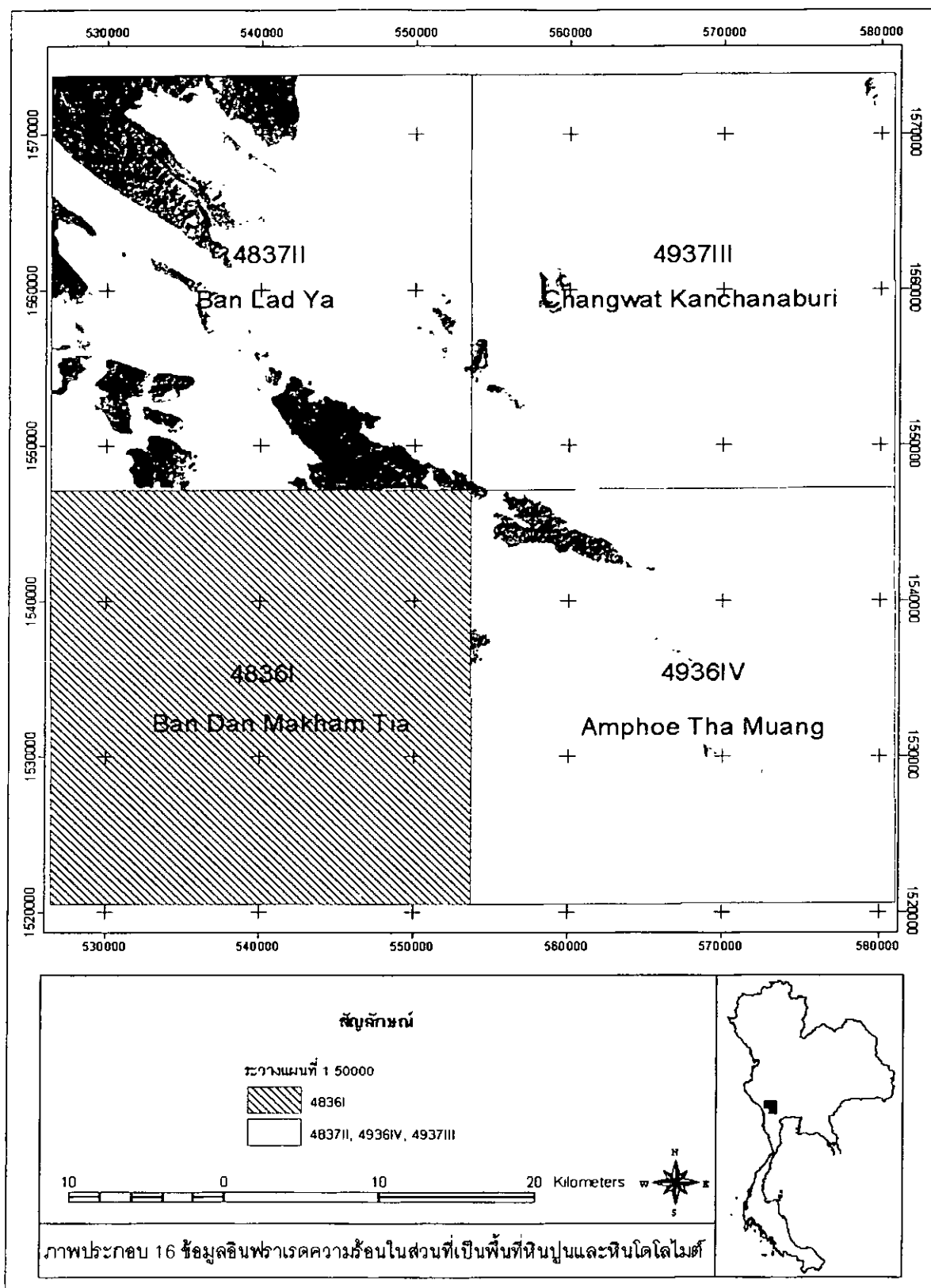
ภาพประกอบ 14 ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียมในบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ 1

1) ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนจากดาวเทียมแลนด์แซท 7 Path 130 Row 50 เลือกเฉพาะพื้นที่ศึกษาที่ 1 จากข้อมูลทั้งหมดโดยกำหนดพิกัดบนซ้าย และพิกัดล่างขวา โดยจุดที่ใช้ในการเลือกอ้างอิงจากแผนที่ภูมิประเทศ 1: 50000 ของกรมแผนที่ทหาร ดังนี้ พิกัดบนซ้าย $X = 526983$, $Y = 1575293$ พิกัดล่างขวา $X = 581083$, $Y = 1520093$ ข้อมูลดาวเทียมที่ได้อยู่ในช่วง 130 ถึง 207 ของค่าระดับสีเทา ค่าเฉลี่ยเลขคณิต 148.56 ฐานนิยม 149 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.63 มีรายละเอียดข้อมูลดังต่อไปนี้ ภาพประกอบ 15



ภาพประกอบ 15 กราฟ Histogram แสดงจำนวนจุดภาพและค่าระดับสีเทาในพื้นที่ศึกษาที่ 1

2) เลือกเฉพาะพื้นที่ที่พบกลุ่มหินคาร์บอเนตที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ จากข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียม ด้วยการซ้อนทับข้อมูลพื้นที่หินปูนและหินโดโลไมต์ที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ เพื่อให้ได้ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนในส่วนที่เป็นพื้นที่หินปูนและหินโดโลไมต์เท่านั้น ภาพประกอบ 16

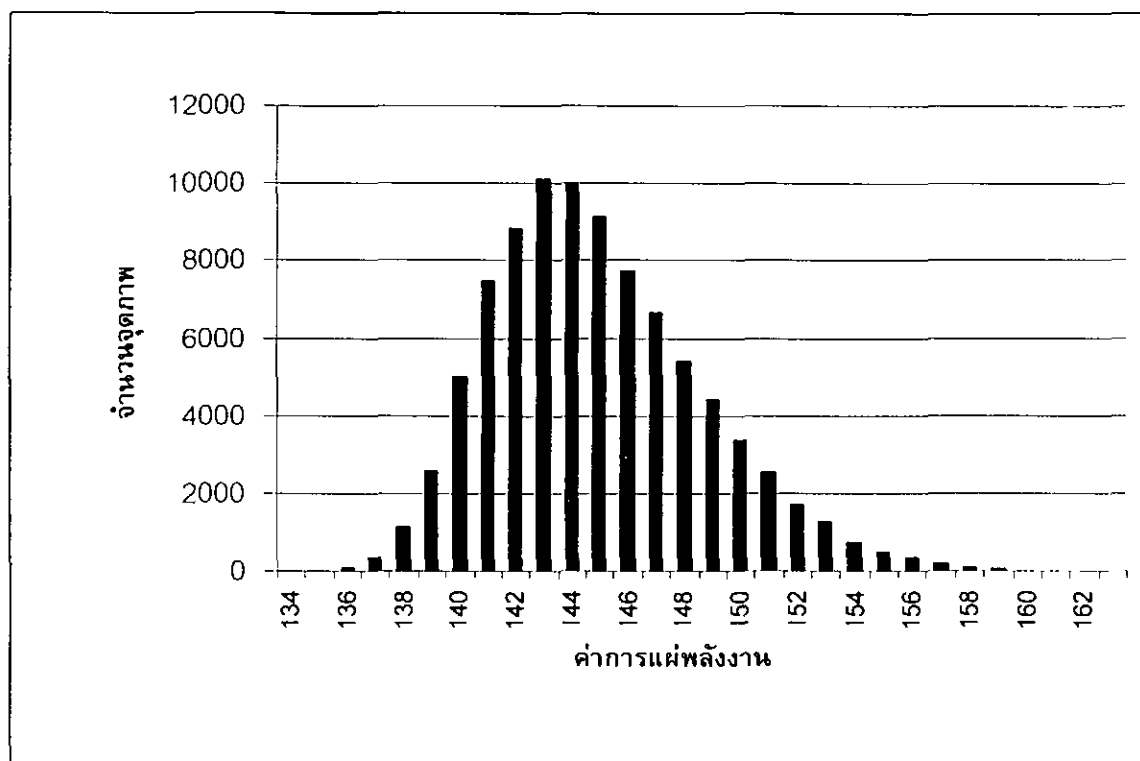


ภาพประกอบ 16 ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนในส่วนที่เป็นพื้นที่หินปูนและหินโดโลไมต์

3) ค่าจุดภาพและจำนวนจุดภาพเฉพาะพื้นที่กลุ่มหินคาร์บอนेटในพื้นที่ศึกษาที่ 1 แสดงในตาราง 5 ภาพประกอบ 17

ตาราง 5 ค่าจุดภาพและจำนวนจุดภาพเฉพาะพื้นที่กลุ่มหินคาร์บอนेटในพื้นที่ศึกษาที่ 1

ค่า จุดภาพ	จำนวน จุดภาพ	จำนวน จุดภาพ(สะสม)	ร้อยละ จำนวนจุดภาพ	ร้อยละจำนวน จุดภาพ(สะสม)
134	2	2	0.00%	0.00%
135	19	21	0.02%	0.02%
136	100	121	0.11%	0.13%
137	341	462	0.38%	0.52%
138	1137	1599	1.27%	1.78%
139	2579	4178	2.87%	4.66%
140	5011	9189	5.59%	10.24%
141	7465	16654	8.32%	18.56%
142	8858	25512	9.87%	28.44%
143	10083	35595	11.24%	39.68%
144	9996	45591	11.14%	50.82%
145	9152	54743	10.20%	61.02%
146	7736	62479	8.62%	69.64%
147	6645	69124	7.41%	77.05%
148	5384	74508	6.00%	83.05%
149	4444	78952	4.95%	88.01%
150	3339	82291	3.72%	91.73%
151	2533	84824	2.82%	94.55%
152	1711	86535	1.91%	96.46%
153	1251	87786	1.39%	97.85%
154	724	88510	0.81%	98.66%
155	496	89006	0.55%	99.21%
156	325	89331	0.36%	99.57%
157	188	89519	0.21%	99.78%
158	118	89637	0.13%	99.92%
159	39	89676	0.04%	99.96%
160	24	89700	0.03%	99.99%
161	10	89710	0.01%	100.00%
162	2	89712	0.00%	100.00%
163	1	89713	0.00%	100.00%



ภาพประกอบ 17 กราฟแท่งแสดงจำนวนจุดภาพ ณ ช่วงค่าจุดภาพต่างๆ ของกลุ่มหินคาร์บอน

4) หมวดหินต่าง ๆ ที่พบในพื้นที่ศึกษาที่ 1 มีค่าจุดภาพและจำนวนจุดภาพดังต่อไปนี้

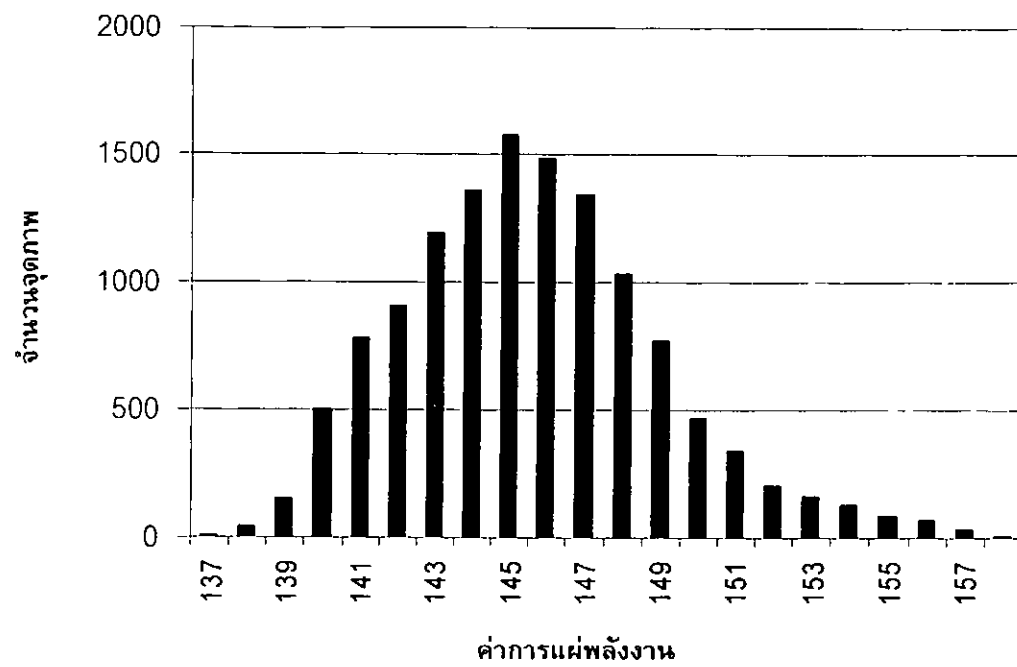
4.1) หินโดโลไมต์ มีค่าจุดภาพทั้งหมด 22 ค่า ตาราง 6 ภาพประกอบ 18

ค่าต่ำสุด = 137 ค่าสูงสุด = 158 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต = 145.59

ฐานนิยม = 145 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 3.4306

ตาราง 6 ค่าจุดภาพและจำนวนจุดภาพของหินโดโลไมต์

ค่าจุดภาพ	จำนวนจุดภาพ	จำนวนจุดภาพ(สะสม)	ร้อยละจำนวนจุดภาพ
137	5	5	0.04%
138	38	43	0.30%
139	150	193	1.19%
140	496	689	3.93%
141	774	1463	6.14%
142	904	2367	7.17%
143	1189	3556	9.43%
144	1357	4913	10.76%
145	1582	6495	12.54%
146	1487	7982	11.79%
147	1339	9321	10.62%
148	1032	10353	8.18%
149	767	11120	6.08%
150	467	11587	3.70%
151	336	11923	2.66%
152	200	12123	1.59%
153	163	12286	1.29%
154	129	12415	1.02%
155	84	12499	0.67%
156	69	12568	0.55%
157	33	12601	0.26%
158	11	12612	0.09%

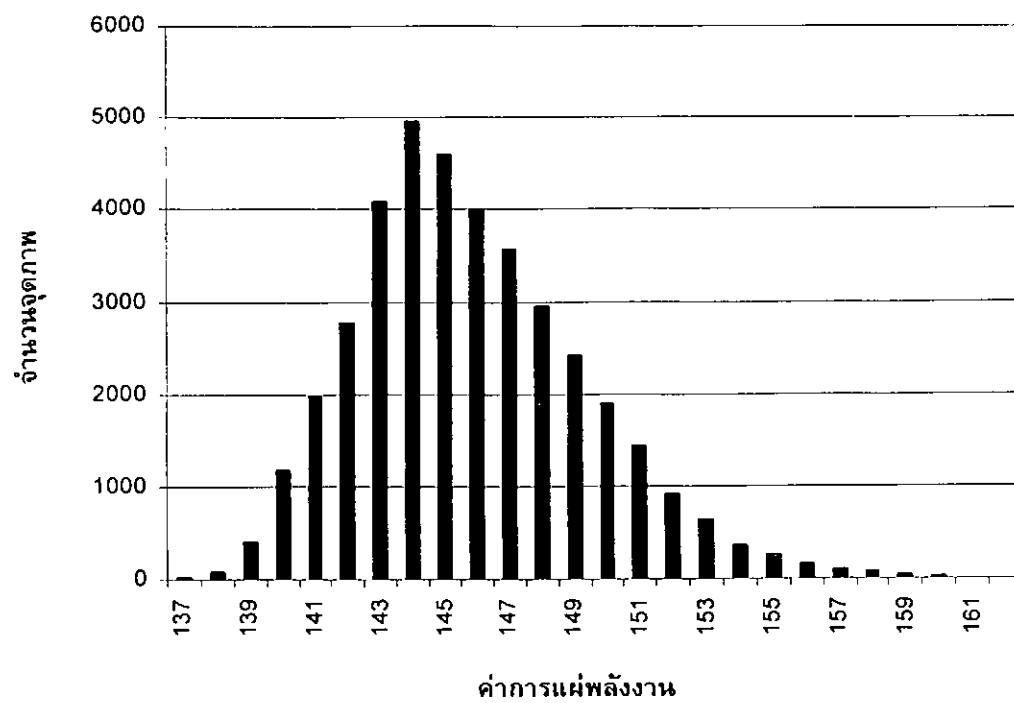


ภาพประกอบ 18 กราฟแท่งแสดงจำนวนจุดภาพ ณ ช่วงค่าจุดภาพต่างๆ ของหินโดโลไมต์

4.2) หมวดหินถ้ำขุนไกร มีค่าจุดภาพทั้งหมด 26 ค่า ตาราง 7 ภาพประกอบ 19
 ค่าต่ำสุด = 137 ค่าสูงสุด = 162 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต = 145.8141
 ฐานนิยม = 144 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 3.5226

ตาราง 7 ค่าจุดภาพและจำนวนจุดภาพของหมวดหินถ้ำขุนไกร

ค่าจุดภาพ	จำนวนจุดภาพ	จำนวนจุดภาพ(สะสม)	ร้อยละจำนวนจุดภาพ
137	10	10	0.03%
138	79	89	0.20%
139	398	487	1.02%
140	1167	1654	3.00%
141	1980	3634	5.09%
142	2777	6411	7.14%
143	4086	10497	10.50%
144	4958	15455	12.75%
145	4601	20056	11.83%
146	4004	24060	10.29%
147	3576	27636	9.19%
148	2945	30581	7.57%
149	2414	32995	6.21%
150	1902	34897	4.89%
151	1437	36334	3.69%
152	912	37246	2.34%
153	635	37881	1.63%
154	360	38241	0.93%
155	252	38493	0.65%
156	168	38661	0.43%
157	100	38761	0.26%
158	83	38844	0.21%
159	31	38875	0.08%
160	15	38890	0.04%
161	6	38896	0.02%
162	1	38897	0.00%

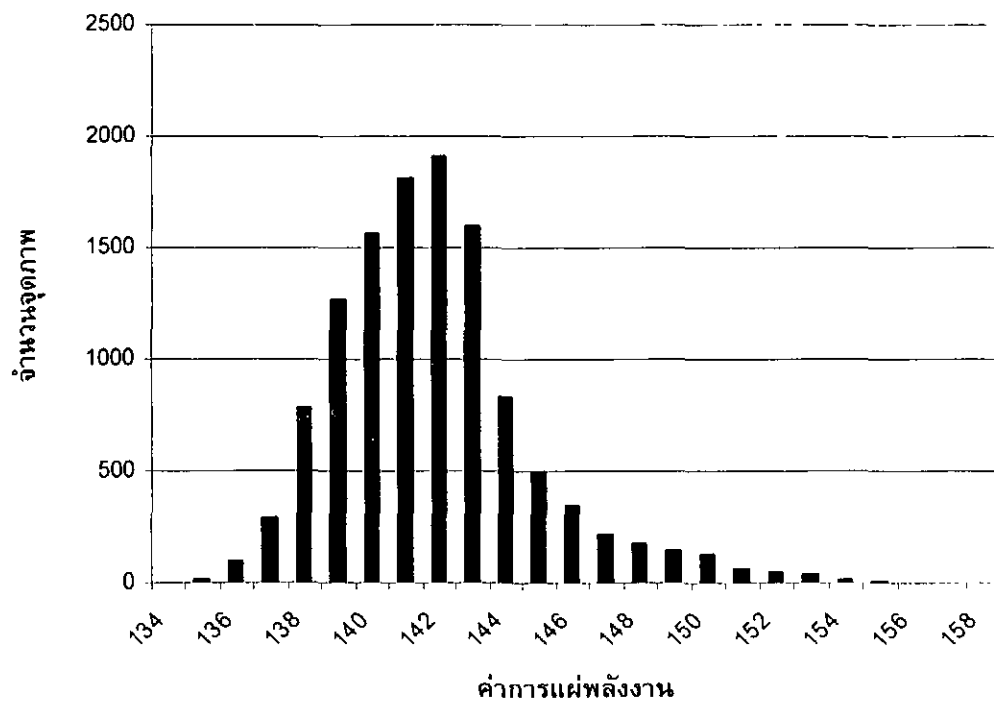


ภาพประกอบ 19 กราฟแท่งแสดงจำนวนจุดภาพ ณ ช่วงค่าจุดภาพต่างๆ ของหมวดหินถ้ำขุนไกร

4.3) หมวดหินแก้วน้อย มีค่าจุดภาพทั้งหมด 25 ค่า ตาราง 8 ภาพประกอบ 20
 ค่าต่ำสุด = 134 ค่าสูงสุด = 158 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต = 141.8579
 ฐานนิยม = 142 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 3.0028

ตาราง 8 ค่าจุดภาพและจำนวนจุดภาพของหมวดหินแก้วน้อย

ค่าจุดภาพ	จำนวนจุดภาพ	จำนวนจุดภาพ(สะสม)	ร้อยละจำนวนจุดภาพ
134	2	2	0.02%
135	18	20	0.15%
136	97	117	0.82%
137	294	411	2.47%
138	782	1193	6.58%
139	1266	2459	10.65%
140	1565	4024	13.16%
141	1815	5839	15.26%
142	1914	7753	16.09%
143	1594	9347	13.40%
144	833	10180	7.00%
145	499	10679	4.20%
146	350	11029	2.94%
147	217	11246	1.82%
148	176	11422	1.48%
149	146	11568	1.23%
150	132	11700	1.11%
151	68	11768	0.57%
152	45	11813	0.38%
153	43	11856	0.36%
154	20	11876	0.17%
155	8	11884	0.07%
156	3	11887	0.03%
157	2	11889	0.02%
158	3	11892	0.03%



ภาพประกอบ 20 กราฟแท่งแสดงจำนวนจุดภาพ ณ ช่วงค่าจุดภาพต่างๆ ของหมวดหินแก้วน้อย

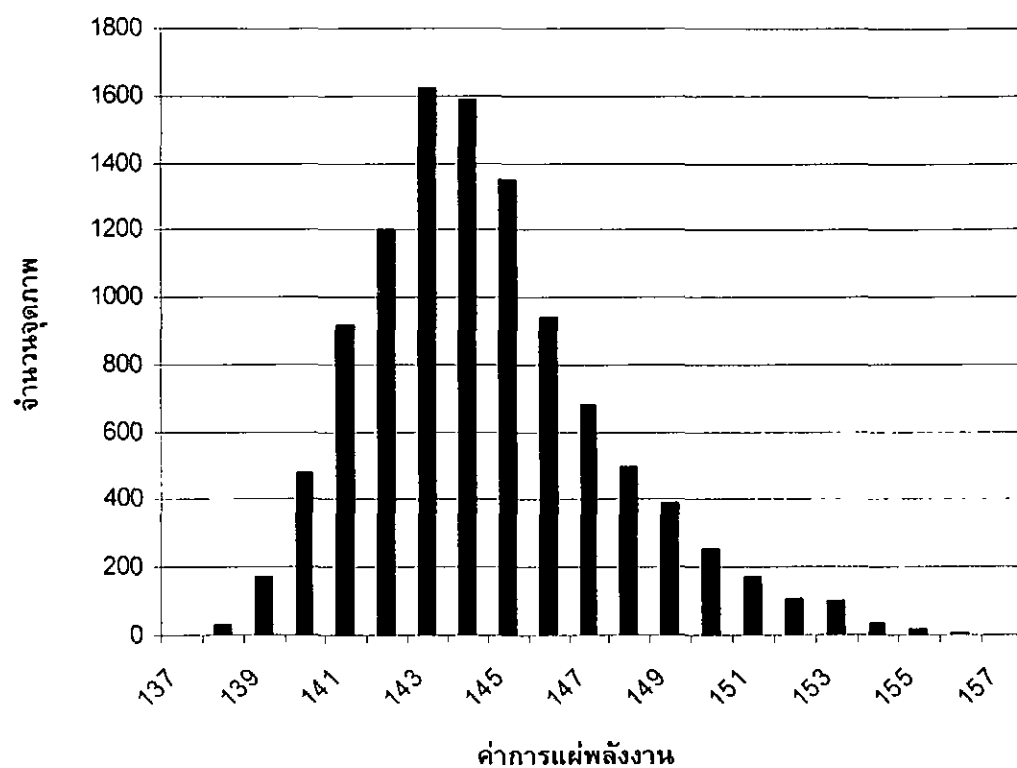
4.4) หมวดหินถ้ำมังกรทอง มีค่าจุดภาพทั้งหมด 21 ค่า ตาราง 9 ภาพประกอบ

21

ค่าต่ำสุด = 137 ค่าสูงสุด = 157 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต = 144.4411
 ฐานนิยม = 143 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 2.99482

ตาราง 9 ค่าจุดภาพและจำนวนจุดภาพของหมวดหินถ้ำมังกรทอง

ค่าจุดภาพ	จำนวนจุดภาพ	จำนวนจุดภาพ(สะสม)	ร้อยละจำนวนจุดภาพ
137	1	1	0.01%
138	32	33	0.30%
139	171	204	1.62%
140	481	685	4.55%
141	917	1602	8.67%
142	1203	2805	11.37%
143	1622	4427	15.34%
144	1586	6013	14.99%
145	1352	7365	12.78%
146	941	8306	8.90%
147	679	8985	6.42%
148	499	9484	4.72%
149	393	9877	3.72%
150	254	10131	2.40%
151	170	10301	1.61%
152	109	10410	1.03%
153	103	10513	0.97%
154	38	10551	0.36%
155	16	10567	0.15%
156	8	10575	0.08%
157	2	10577	0.02%

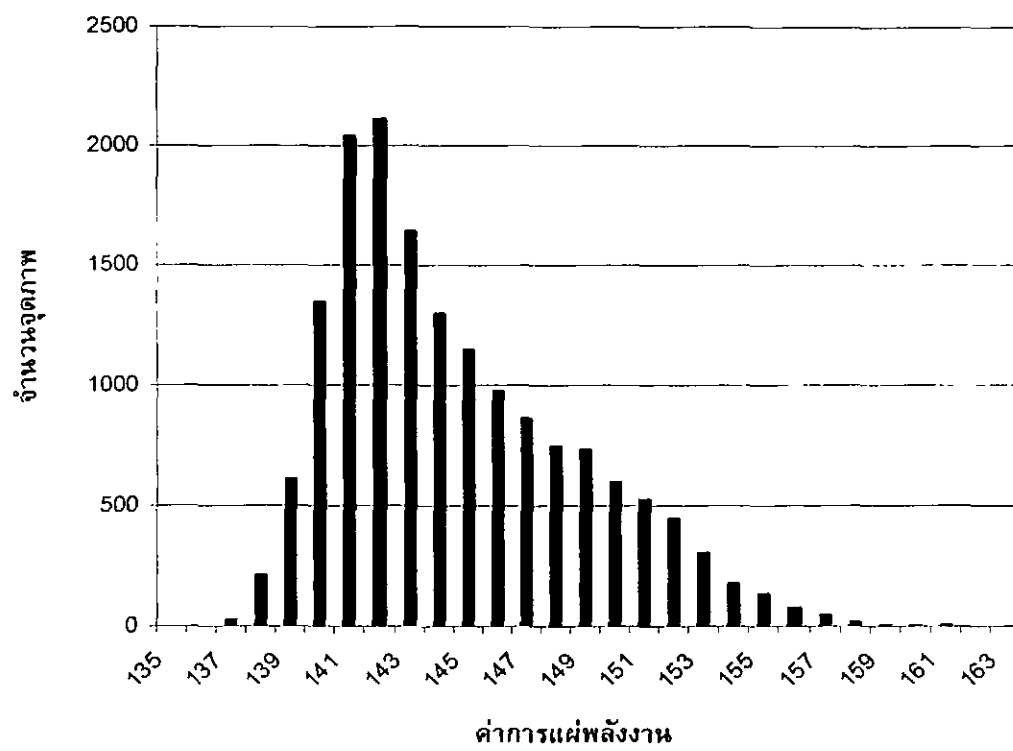


ภาพประกอบ 21 กราฟแท่งแสดงจำนวนจุดภาพ ณ ช่วงค่าจุดภาพของหมวดหินถ้ำมังกรทอง

4.5) หมวดหินพูเลียบ มีค่าจุดภาพทั้งหมด 29 ค่า ตาราง 10 ภาพประกอบ 22
 ค่าต่ำสุด = 135 ค่าสูงสุด = 163 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต = 144.5957
 ฐานนิยม = 142 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 4.144882

ตาราง 10 ค่าจุดภาพและจำนวนจุดภาพของหมวดหินพูเลียบ

ค่าจุดภาพ	จำนวนจุดภาพ	จำนวนจุดภาพ(สะสม)	ร้อยละจำนวนจุดภาพ
135	1	1	0.01%
136	3	4	0.02%
137	31	35	0.19%
138	211	246	1.31%
139	612	858	3.79%
140	1347	2205	8.33%
141	2043	4248	12.64%
142	2117	6365	13.09%
143	1644	8009	10.17%
144	1303	9312	8.06%
145	1153	10465	7.13%
146	978	11443	6.05%
147	863	12306	5.34%
148	753	13059	4.66%
149	734	13793	4.54%
150	598	14391	3.70%
151	530	14921	3.28%
152	452	15373	2.80%
153	308	15681	1.91%
154	178	15859	1.10%
155	137	15996	0.85%
156	77	16073	0.48%
157	51	16124	0.32%
158	21	16145	0.13%
159	8	16153	0.05%
160	9	16162	0.06%
161	4	16166	0.02%
162	1	16167	0.01%
163	1	16168	0.01%



ภาพประกอบ 22 กราฟแท่งแสดงจำนวนจุดภาพ ณ ช่วงค่าจุดภาพต่างๆ ของหมวดหินพุเลียบ

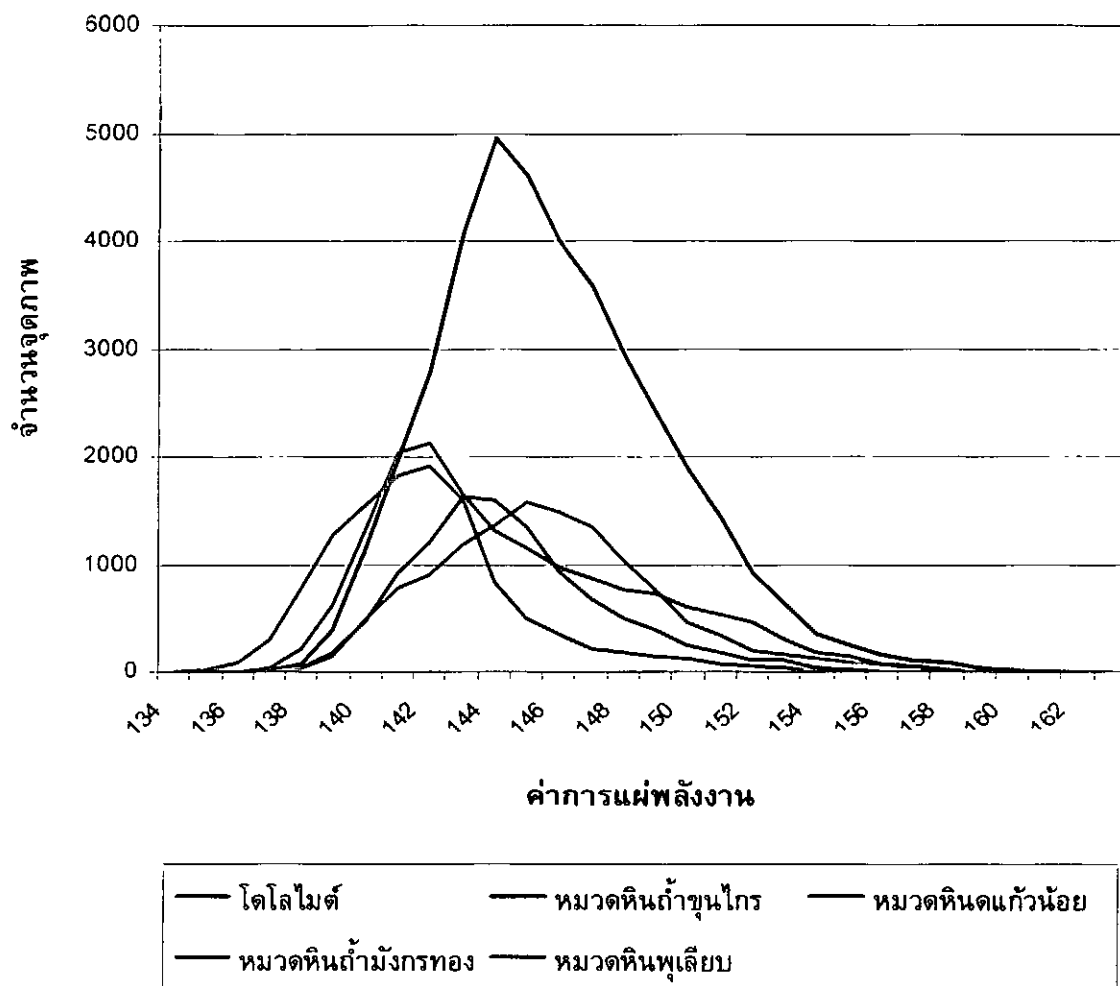
1.2 วิเคราะห์ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียม

1.2.1 นำข้อมูลจำนวนจุดภาพและค่าการแผ่พลังงานของหมวดหินทั้ง 5 หมวดหิน มาแสดงในรูปแบบตาราง และกราฟเส้น เปรียบเทียบข้อมูลทั้ง 5 หมวดหิน ตาราง 11 ภาพประกอบ

23

ตาราง 11 จำนวนจุดภาพในช่วงค่าการแผ่พลังงานความร้อนของกลุ่มหิน 5 กลุ่ม

ค่าการแผ่พลังงาน	โดโลไมต์	หมวดหิน ถ้ำขุนไกร	หมวดหิน แก้วน้อย	หมวดหิน ถ้ำมังกรทอง	หมวดหิน พุเลียบ
134			2		
135			18		1
136			97		3
137	5	10	294		31
138	38	79	782	32	211
139	150	398	1266	171	612
140	496	1167	1565	481	1347
141	774	1980	1815	917	2043
142	904	2777	1914	1203	2117
143	1191	4086	1594	1622	1644
144	1357	4958	833	1586	1303
145	1582	4601	499	1352	1153
146	1487	4004	350	941	978
147	1339	3576	217	679	863
148	1032	2945	176	499	753
149	767	2414	146	393	734
150	467	1902	132	254	598
151	336	1437	68	170	530
152	200	912	45	109	452
153	163	635	43	103	308
154	129	360	20	38	178
155	84	252	8	16	137
156	69	168	3	8	77
157	33	100	2	2	51
158	11	83	3		21
159		31			8
160		15			9
161		6			4
162		1			1
163					1



ภาพประกอบ 23 กราฟเส้นแสดงค่าจุดภาพของหมวดหินทั้ง 5 หมวดหินในพื้นที่ศึกษาที่ 1

จากภาพประกอบ 23 หมวดหินพุเลียบและหมวดหินแก้วน้อยมีฐานนิยมเดียวกันที่ 142 เป็นฐานนิยมที่น้อยที่สุดของหมวดหินทั้ง 5 หมวด ซึ่งน่าจะจัดให้หมวดหินทั้ง 2 หมวดอยู่ในกลุ่มเดียวกันได้ ในหินโดโลไมต์และหมวดหินถ้ำขุนไกรมีฐานนิยมที่ใกล้เคียงกันคือ 145 และ 144 ตามลำดับ จึงน่าจะจัดให้หินโดโลไมต์และหมวดหินถ้ำขุนไกรอยู่ในกลุ่มเดียวกันได้ ซึ่งกลุ่มหินโดโลไมต์และหมวดหินถ้ำขุนไกรเป็นกลุ่มที่มีค่าฐานนิยมที่สูงกว่ากลุ่มหมวดหินพุเลียบและหมวดหินแก้วน้อย ในส่วนของหมวดหินถ้ำมังกรทองจะพบว่ามีลักษณะการจำแนกกลุ่มที่ไม่ชัดเจนโดยมีค่าฐานนิยมที่ 143 จึงไม่สามารถระบุได้ว่าควรจะจัดให้อยู่ในกลุ่มใด

1.2.2 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) นำข้อมูลหมวดหินทั้ง 5 หมวดหินมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติเพื่อหาค่าความสัมพันธ์และจำแนกกลุ่มหินให้สอดคล้องกับการศึกษาด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย ด้วยโปรแกรม SPSS ได้ผลการศึกษาดังนี้

1) เมตริกซ์ซึ่งแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Matrix) ตาราง 12

ตาราง 12 เมตริกซ์แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson

		โดโลไมต์	หมวดหินถ้ำขุนไกร	หมวดหินแก้วน้อย	หมวดหินถ้ำมังกรทอง	หมวดหินพุเลียบ
Correlation	โดโลไมต์	1	0.979	0.288	0.878	0.682
	หมวดหินถ้ำขุนไกร	0.979	1	0.273	0.907	0.673
	หมวดหินแก้วน้อย	0.288	0.273	1	0.586	0.828
	หมวดหินถ้ำมังกรทอง	0.878	0.907	0.586	1	0.838
	หมวดหินพุเลียบ	0.682	0.673	0.828	0.838	1

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson (Pearson Correlation) จะพบว่าหมวดหินโดโลไมต์ และหมวดหินถ้ำขุนไกรมีความสัมพันธ์กันมากที่สุด (มากกว่าตัวแปรคู่อื่นๆ) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.979 ดังนั้นหมวดหินโดโลไมต์และหมวดหินถ้ำขุนไกรควรอยู่ในกลุ่มเดียวกัน

2) การทดสอบความเหมาะสมของข้อมูลที่จะทำการวิเคราะห์ปัจจัยด้วยวิธี KMO and Bartlett's Test ตาราง 13

ตาราง 13 แสดงค่าทดสอบความสัมพันธ์ของข้อมูลที่จะทำการวิเคราะห์ปัจจัยด้วยวิธี Kaiser-Meyer-Olkin และการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธี Bartlett's Test

การวัดความเหมาะสมของข้อมูลด้วยวิธี Kaiser-Meyer-Olkin		.66
การทดสอบสมมติฐานด้วยวิธี Bartlett's Test	การแจกแจงโดยประมาณแบบ Chi-Square	152.80
	df	10
	Sig	.000

Kaiser-Meyer-Olkin ใช้วัดความเหมาะสมของข้อมูล ในการใช้เทคนิควิเคราะห์ ปัจจัยในที่นี้ได้ค่าเป็น 0.66 ซึ่งมากกว่า 0.5 จึงพอสรุปได้ว่า ข้อมูลที่มีอยู่เหมาะสมที่จะใช้เทคนิค การวิเคราะห์ปัจจัย

การทดสอบสมมติฐานด้วยวิธี Bartlett's Test ค่า Significance = .000 ซึ่งน้อยกว่า .05 จึงปฏิเสธ H_0 เมื่อ H_0 : หมวดหินต่างๆไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : หมวดหินต่างๆมีความสัมพันธ์กัน

3) ค่าอัตราการใช้ร่วม (Communalities) ของหมวดหินที่สามารถอธิบายได้ หลังจากการสกัดปัจจัย ตาราง 14

ตาราง 14 แสดงค่าอัตราการใช้ร่วมของหมวดหินที่สามารถอธิบายได้หลังจากการสกัดปัจจัย

หมวดหิน	ค่าอัตราการใช้ร่วมรวม ก่อนการสกัดปัจจัย	ค่าอัตราการใช้ร่วม หลังจากการสกัดปัจจัย
โดโลไมต์	1.000	0.975
หมวดหินถ้ำขุนไกร	1.000	0.994
หมวดหินแก้วน้อย	1.000	0.983
หมวดหินถ้ำมังกรทอง	1.000	0.953
หมวดหินบุเลียบ	1.000	0.953

หมายเหตุ สกัดปัจจัยด้วยวิธีการวิเคราะห์ปัจจัยหลัก (Principal Component Analysis.)

ค่าอัตราการใช้ร่วมปัจจัยที่สกัดได้ (Extraction Communality) เป็นค่าอัตราการใช้ร่วม Communalities ของหมวดหินหลังจากที่ได้สกัดปัจจัยแล้ว โดยที่ $0 \leq \text{Communality} \leq 1$ ข้อมูลทั้งหมดมีค่าใกล้เคียง 1 แสดงว่าสามารถอธิบายความแปรผันได้

4) ค่าสถิติสำหรับแต่ละกลุ่มหิน ทั้งก่อนและหลังการสกัดปัจจัย ด้วยการวิเคราะห์ ปัจจัยหลัก (Total Variance Explained) ตาราง 15

ตาราง 15 แสดงค่าสถิติสำหรับแต่ละกลุ่มหิน ทั้งก่อนและหลังการสกัดปัจจัย

ปัจจัย	ค่าความผันแปร (Initial Eigenvalues)			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	3.828	76.553	76.553	3.828	76.553	76.553	2.907	58.149	58.149
2	1.029	20.587	97.140	1.029	20.587	97.140	1.950	38.990	97.140
3	0.085	1.708	98.848						
4	0.047	0.950	99.798						
5	0.010	0.202	100.000						

หมายเหตุ สกัดปัจจัยด้วยวิธีการวิเคราะห์ปัจจัยหลัก (Principal Component Analysis.)

พบว่าควรมีปัจจัยหรือกลุ่มหินเพียง 2 กลุ่ม พิจารณาจากค่า Eigenvalues ที่มากกว่า 1 โดยปัจจัยที่ 1 สามารถอธิบายหรือตีความแปรปรวนของข้อมูลได้มากที่สุดถึงร้อยละ 76.55 รองลงมาในปัจจัยที่ 2 ร้อยละ 20.59 ของการสกัดปัจจัยที่ยังไม่หมุนแกนปัจจัย หรือปัจจัยที่ 1 สามารถอธิบายหรือตีความแปรปรวนของข้อมูลได้ร้อยละ 58.15 รองลงมาในปัจจัยที่ 2 ร้อยละ 38.99 ของการสกัดปัจจัยหลังจากหมุนแกนปัจจัยหลักแล้ว

5) ค่าแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหมวดหินกับปัจจัย ทั้ง 2 กลุ่ม (Component Matrix) แสดงในรูปแบบค่าน้ำหนักของปัจจัย (Factor loading) ตาราง 16

ตาราง 16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหมวดหินกับค่าน้ำหนักของปัจจัย

หมวดหิน	ค่าน้ำหนักของปัจจัย	
	1	2
โดโลไมต์	0.901	-0.404
หมวดหินถ้ำขุนไกร	0.904	-0.420
หมวดหินแก้วน้อย	0.648	0.751
หมวดหินถ้ำมังกรทอง	0.974	-0.064
หมวดหินพุเลียบ	0.911	0.350

ค่าน้ำหนักของปัจจัย หรือที่เรียกกันว่า Factor loading เป็นค่าที่แสดงความสัมพันธ์ของหมวดหินกับปัจจัย ทั้ง 2 ปัจจัย โดยที่ยังไม่มีการหมุนแกนปัจจัย ในการศึกษาที่ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยหลักซึ่งทำให้ปัจจัยตั้งฉากกัน หรือเป็นอิสระกัน ซึ่งทำให้ค่า Factor loading เป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของหมวดหินกับปัจจัย

6) ค่าแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหมวดหินกับปัจจัย ทั้ง 2 ปัจจัย เมื่อมีการหมุนแกนปัจจัย (Rotated Component Matrix) ตาราง 17

ตาราง 17 ค่าแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหมวดหินกับปัจจัย ทั้ง 2 ปัจจัย เมื่อมีการหมุนแกนปัจจัย

หมวดหิน	ค่าน้ำหนักของปัจจัย	
	1	2
โดโลไมต์	0.970	0.186
หมวดหินถ้ำขุนไกร	0.981	0.174
หมวดหินแก้วน้อย	0.100	0.986
หมวดหินถ้ำมังกรทอง	0.835	0.506
หมวดหินพุเลียบ	0.545	0.809

แสดงค่า Factor loading เมื่อมีการหมุนแกนปัจจัยโดยวิธี Varimax จะพบว่าค่า Factor loading เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเทียบกับค่า Factor loading เมื่อยังไม่มีการหมุนแกนและยังสามารถจัดกลุ่มหินตาม Factor ได้ดังนี้

1. Factor ที่ 1 ประกอบด้วยหินโดโลไมต์ หมวดหินถ้ำขุนไกร และหมวดหินถ้ำมังกรทอง
2. Factor ที่ 2 ประกอบด้วยหมวดหินแก้วน้อย และหมวดหินพุเลียบ

7) จากการวิเคราะห์ค่าการแผ่พลังงานความร้อนของหมวดหินต่างๆ ด้วยวิธีการทางสถิติ สามารถจัดกลุ่มหินที่สอดคล้องกับการศึกษาได้ดังนี้

1. กลุ่มหินปูน ได้แก่ หมวดหินแก้วน้อย และหมวดหินพุเลียบ
2. กลุ่มหินโดโลไมต์และหมวดหินอื่นๆ ที่ไม่ใช่หินปูน ได้แก่ ประกอบด้วยหินโดโลไมต์ หมวดหินถ้ำขุนไกร และหมวดหินถ้ำมังกรทอง

1.2.3 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีจำแนกกลุ่มช่วงข้อมูล (Cluster Analysis) นำช่วงค่าการแผ่พลังงานความร้อนที่ได้จากข้อมูลดาวเทียมมาวิเคราะห์หาช่วงของข้อมูลที่มีสัมพันธ์กับกลุ่มหินที่ได้จากการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) โดยการจำแนกกลุ่มช่วงข้อมูลด้วยเทคนิคที่ใช้จำแนกหรือแบ่ง Case (ในการศึกษานี้ Case ได้แก่ ค่าการแผ่พลังงานความร้อนหรือค่าจุดภาพ) หรือแบ่งตัวแปรออกเป็นกลุ่มย่อยๆ ตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไป (Cluster Analysis) ด้วยโปรแกรม SPSS ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

- 1) สรุปการประมวลผลค่าการแผ่พลังงานความร้อนหรือค่าจุดภาพ (Case Processing Summary) ตาราง 18

ตาราง 18 สรุปการประมวลผลค่าการแผ่พลังงานความร้อนหรือค่าจุดภาพ แสดงจำนวนช่วงค่าการแผ่พลังงานความร้อนหรือค่าจุดภาพที่นำมาใช้ในการคำนวณ รวมทั้งหมด 22 ค่า จากช่วงค่าทั้งหมด 30 ค่า

ค่าการแผ่พลังงานความร้อน (จำนวน Cases)							
ค่าที่นำมาใช้		ค่าที่ตัดออก				รวม	
		ข้อมูลไม่ครบ		ข้อมูลติดลบ			
จำนวน Case	ร้อยละ	จำนวน Case	ร้อยละ	จำนวน Case	ร้อยละ	จำนวน Case	ร้อยละ
22	73.33	8	26.67	0	0	30	100

2) ตารางเมตริกซ์ประมาณระยะห่างของค่าการแผ่พลังงานแต่ละค่า (Proximity Matrix) ตาราง Proximity Matrix เป็นตารางแสดงระยะห่างของ Case (ช่วงค่าการแผ่พลังงานหรือค่าจุดภาพ) แต่ละคู่ โดยระยะห่างที่ใช้คือ ค่า Chi-square between Sets of Frequencies โดยเป็นการเปรียบเทียบระหว่างหมวดหินถ้าขุนไกรที่เป็นตัวแทนกลุ่มหินโดโลไมต์กับหมวดหินแก้วน้อยซึ่งเป็นตัวแทนกลุ่มหินปูนที่ได้จากการวิเคราะห์ปัจจัย เช่น ช่วงค่าการแผ่พลังงานที่ 137 และช่วงค่าการแผ่พลังงานที่ 138 ห่างกัน 2.28 ซึ่งเป็นระยะทางที่น้อยที่สุดในกลุ่มนี้ดังนั้นควรจัดค่าการแผ่พลังงานที่ 137 และค่าการแผ่พลังงานที่ 138 ไว้ในกลุ่มเดียวกัน ตาราง 19

ตาราง 19 ตารางเมตริกซ์ประมาณระยะห่างของค่าการแผ่พลังงานแต่ละค่า (Proximity Matrix)

CASE	4: 137.00	5: 138.00	6: 139.00	7: 140.00	8: 141.00	9: 142.00	10: 143.00	11: 144.00	12: 145.00
4: 137.00	0.00	2.28	4.89	8.85	10.41	11.00	13.85	19.65	25.50
5: 138.00	2.28	0.00	4.89	12.11	14.80	15.79	20.23	28.08	34.87
6: 139.00	4.89	4.89	0.00	10.04	13.86	15.25	21.12	30.54	37.99
7: 140.00	8.85	12.11	10.04	0.00	4.43	6.11	13.48	24.90	33.44
8: 141.00	10.41	14.80	13.86	4.43	0.00	1.73	9.76	22.22	31.34
9: 142.00	11.00	15.79	15.25	6.11	1.73	0.00	8.23	21.08	30.41
10: 143.00	13.85	20.23	21.12	13.48	9.76	8.23	0.00	13.47	23.21
11: 144.00	19.65	28.08	30.54	24.90	22.22	21.08	13.47	0.00	9.91
12: 145.00	25.50	34.87	37.99	33.44	31.34	30.41	23.21	9.91	0.00
13: 146.00	27.70	36.74	39.79	35.46	33.48	32.60	25.76	13.17	3.73
14: 147.00	29.91	38.22	41.09	36.92	35.02	34.19	27.76	16.18	7.53
15: 148.00	27.99	35.77	38.40	33.94	31.91	31.05	24.95	14.33	6.44
16: 149.00	25.70	33.08	35.40	30.50	28.32	27.42	21.69	12.04	4.89
17: 150.00	21.58	28.50	29.99	24.16	21.74	20.81	15.65	7.29	0.99
18: 151.00	21.38	28.05	29.08	22.97	20.62	19.74	15.21	8.23	3.13
19: 152.00	19.15	25.39	25.17	18.56	16.30	15.50	11.72	6.08	1.96
20: 153.00	18.15	24.08	23.29	16.59	14.41	13.64	10.13	4.89	1.00
21: 154.00	18.49	24.36	23.05	16.36	14.31	13.61	10.48	6.04	2.95
22: 155.00	17.93	23.16	20.72	14.22	12.41	11.80	9.23	5.72	3.39
23: 156.00	17.95	22.84	19.92	13.57	11.86	11.30	8.96	5.86	3.91
24: 157.00	16.33	18.82	14.73	9.48	8.20	7.79	6.12	3.92	2.52
25: 158.00	12.77	11.66	8.01	4.73	3.96	3.71	2.70	1.28	0.22

Chi-square between Sets of Frequencies

ตาราง 19 (ต่อ)

CASE	13: 146.00	14: 147.00	15: 148.00	16: 149.00	17: 150.00	18: 151.00	19: 152.00	20: 153.00	21: 154.00
4 137.00	27.70	29.91	27.99	25.70	21.58	21.38	19.15	18.15	18.49
5 138.00	36.74	38.22	35.77	33.08	28.50	28.05	25.39	24.08	24.36
6 139.00	39.79	41.09	38.40	35.40	29.99	29.08	25.17	23.29	23.05
7 140.00	35.46	36.92	33.94	30.50	24.16	22.97	18.56	16.59	16.36
8 141.00	33.48	35.02	31.91	28.32	21.74	20.62	16.30	14.41	14.31
9 142.00	32.60	34.19	31.05	27.42	20.81	19.74	15.50	13.64	13.61
10: 143.00	25.76	27.76	24.95	21.69	15.65	15.21	11.72	10.13	10.48
11: 144.00	13.17	16.18	14.33	12.04	7.29	8.23	6.08	4.89	6.04
12: 145.00	3.73	7.53	6.44	4.89	0.99	3.13	1.96	1.00	2.95
13: 146.00	0.00	3.97	3.20	1.97	1.59	1.04	0.26	0.63	1.70
14: 147.00	3.97	0.00	0.47	1.39	4.57	1.47	1.82	2.63	0.18
15: 148.00	3.20	0.47	0.00	0.90	3.97	1.10	1.51	2.31	0.38
16: 149.00	1.97	1.39	0.90	0.00	2.97	0.38	0.89	1.69	0.80
17: 150.00	1.59	4.57	3.97	2.97	0.00	2.02	1.19	0.35	2.34
18: 151.00	1.04	1.47	1.10	0.38	2.02	0.00	0.50	1.22	0.97
19: 152.00	0.26	1.82	1.51	0.89	1.19	0.50	0.00	0.67	1.28
20: 153.00	0.63	2.63	2.31	1.69	0.35	1.22	0.67	0.00	1.81
21: 154.00	1.70	0.18	0.38	0.80	2.34	0.97	1.28	1.81	0.00
22: 155.00	2.49	1.43	1.56	1.85	2.96	1.96	2.17	2.58	1.11
23: 156.00	3.19	2.37	2.47	2.70	3.57	2.78	2.96	3.28	2.11
24: 157.00	2.00	1.40	1.47	1.64	2.30	1.72	1.87	2.13	1.26
25: 158.00	0.23	0.80	0.72	0.55	0.05	0.45	0.29	0.05	0.82

Chi-square between Sets of Frequencies

ตาราง 19 (ต่อ)

CASE	22: 155.00	23: 156.00	24: 157.00	25: 158.00
4: 137.00	17.93	17.95	16.33	12.77
5: 138.00	23.16	22.84	18.82	11.66
6: 139.00	20.72	19.92	14.73	8.01
7: 140.00	14.22	13.57	9.48	4.73
8: 141.00	12.41	11.86	8.20	3.96
9: 142.00	11.80	11.30	7.79	3.71
10: 143.00	9.23	8.96	6.12	2.70
11: 144.00	5.72	5.86	3.92	1.28
12: 145.00	3.39	3.91	2.52	0.22
13: 146.00	2.49	3.19	2.00	0.23
14: 147.00	1.43	2.37	1.40	0.80
15: 148.00	1.56	2.47	1.47	0.72
16: 149.00	1.85	2.70	1.64	0.55
17: 150.00	2.96	3.57	2.30	0.05
18: 151.00	1.96	2.78	1.72	0.45
19: 152.00	2.17	2.96	1.87	0.29
20: 153.00	2.58	3.28	2.13	0.05
21: 154.00	1.11	2.11	1.26	0.82
22: 155.00	0.00	1.15	0.56	1.46
23: 156.00	1.15	0.00	0.36	2.32
24: 157.00	0.56	0.36	0.00	1.64
25: 158.00	1.46	2.32	1.64	0.00

Chi-square between Sets of Frequencie

3) การจัดกลุ่มค่าการแผ่พลังงาน (Cluster Membership) โดยในการศึกษานี้ทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นแบบ 2 กลุ่มและแบบ 3 กลุ่ม ตาราง 20

ตาราง 20 ตารางการจัดกลุ่มค่าการแผ่พลังงาน เป็นแบบ 3 กลุ่ม และแบบ 2 กลุ่ม

ค่าการแผ่พลังงานความร้อน	3 Clusters	2 Clusters
4: 137.00	1	1
5: 138.00	1	1
6: 139.00	1	1
7: 140.00	2	1
8: 141.00	2	1
9: 142.00	2	1
10: 143.00	2	1
11: 144.00	3	2
12: 145.00	3	2
13: 146.00	3	2
14: 147.00	3	2
15: 148.00	3	2
16: 149.00	3	2
17: 150.00	3	2
18: 151.00	3	2
19: 152.00	3	2
20: 153.00	3	2
21: 154.00	3	2
22: 155.00	3	2
23: 156.00	3	2
24: 157.00	3	2
25: 158.00	3	2

4) สรุปการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแบ่งตัวแปรออกเป็นกลุ่มย่อยๆ ตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไป (Cluster Analysis) สามารถจำแนกช่วงค่าการแผ่พลังงานที่สอดคล้องกับการวิเคราะห์กลุ่มหินด้วยเทคนิค Factor Analysis นำช่วงที่แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่ม Cluster ที่ 1 แทนกลุ่มหินปูน กลุ่ม Cluster ที่ 2 แทนกลุ่มหินโดโลไมต์และหินอื่นที่ไม่ใช่หินปูน

ดังนั้นช่วงค่าของข้อมูลการแผ่พลังงานที่สอดคล้องกับกลุ่มหินปูนและหินโดโลไมต์จึงสามารถจัดกลุ่มได้ดังนี้

1. กลุ่มหินปูน มีค่าการแผ่พลังงานอยู่ในช่วง 137 ถึง 143 ของช่วงค่าระดับสีเทามีความสัมพันธ์กับหมวดหินแก้วน้อย และหมวดหินพูเลียบ

2. กลุ่มหินโดโลไมต์และหินอื่นที่ไม่ใช่หินปูน มีค่าการแผ่พลังงานอยู่ในช่วง 144-158 ของช่วงค่าระดับสีเทามีความสัมพันธ์กับหินโดโลไมต์ หมวดหินถ้ำขุนไกร และหมวดหินถ้ำมังกรทอง

1.2.4 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี Density Sliced นำช่วงค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิค Cluster Analysis มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมในพื้นที่ศึกษาด้วยวิธีการ Density Sliced โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ช่วงค่าการแผ่พลังงานดังนี้ ภาพประกอบ 24

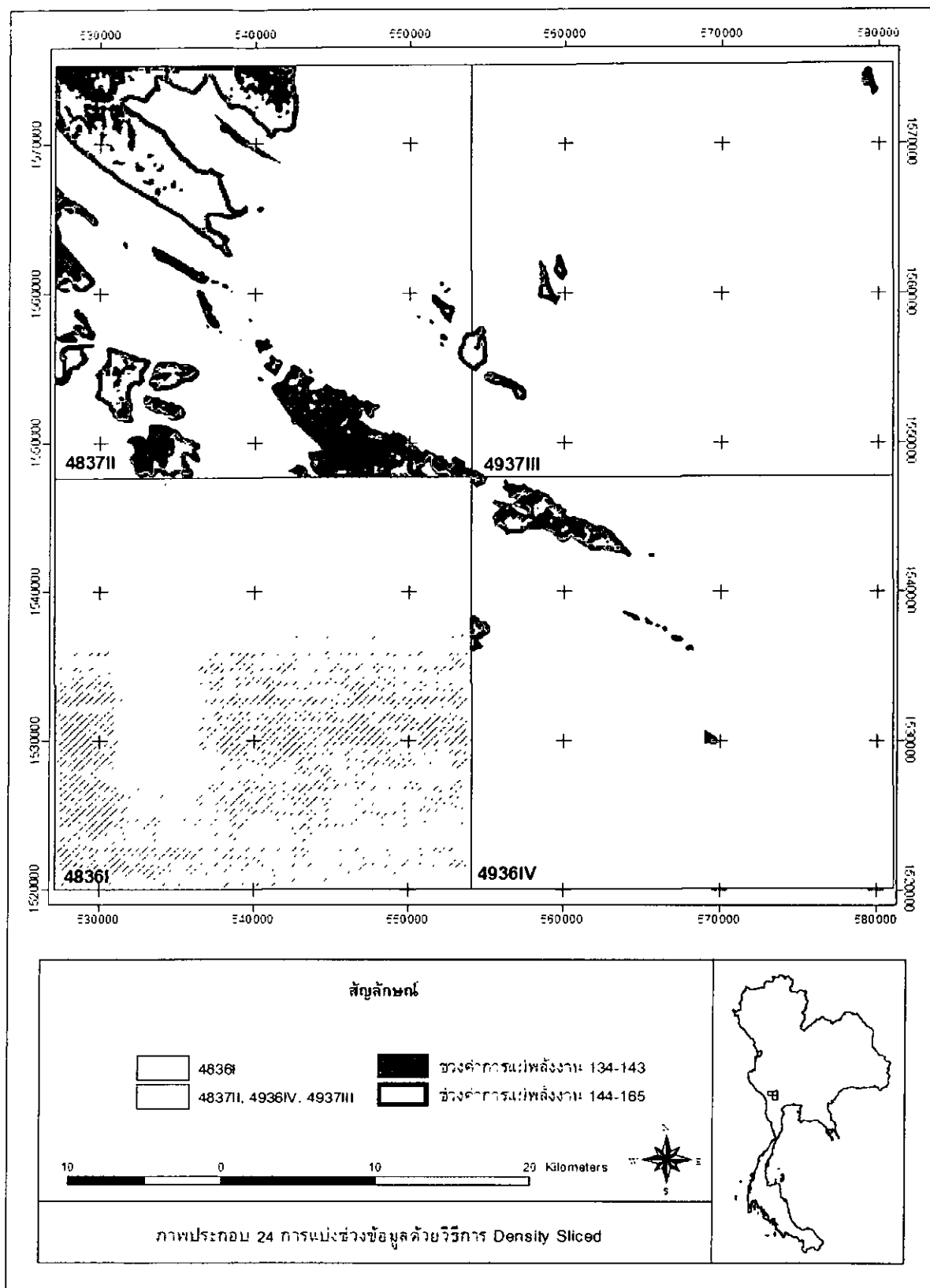
1. ช่วงที่ 1 ค่าการแผ่พลังงานในช่วง 134 ถึง 143 (เริ่มที่ค่าต่ำสุดของข้อมูลดาวเทียมในพื้นที่ศึกษา) มีพื้นที่ 80.91 ตารางกิโลเมตร

2. ช่วงที่ 2 ค่าการแผ่พลังงานในช่วง 144 ถึง 165 (สิ้นสุดที่ค่าสูงสุดของข้อมูลดาวเทียมในพื้นที่ศึกษา) มีพื้นที่ 123.77 ตารางกิโลเมตร

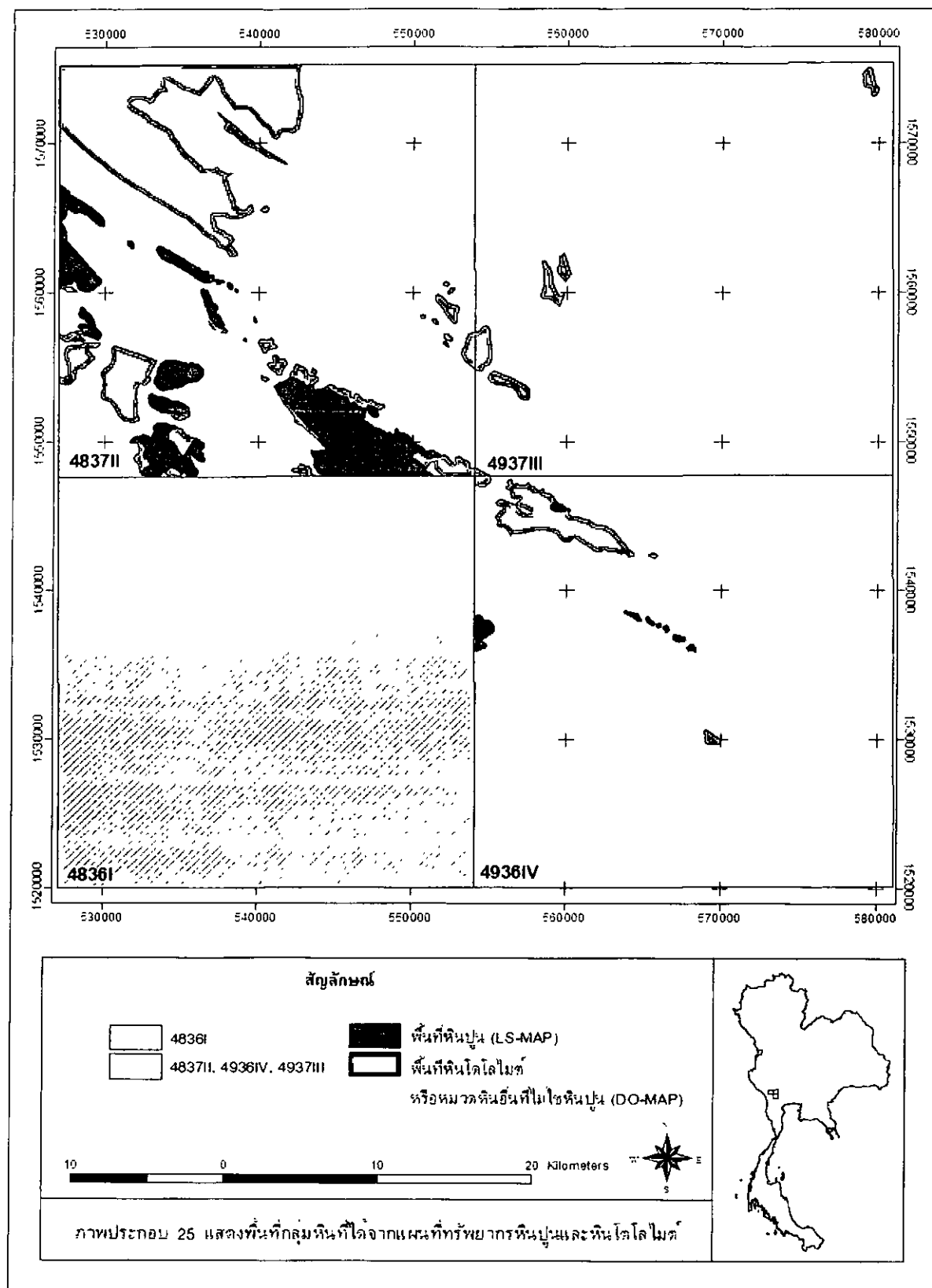
1.2.5 จัดกลุ่มพื้นที่หินปูนที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ใหม่เพื่อให้สอดคล้องกับการวิเคราะห์กลุ่มหินที่ได้จากเทคนิค Factor Analysis โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มดังนี้ ภาพประกอบ 25

1. กลุ่มหินปูน (LS-MAP) ได้แก่ หมวดหินแก้วน้อย และหมวดหินพูเลียบ มีพื้นที่ 68.99 ตารางกิโลเมตร

2. กลุ่มหินโดโลไมต์และหมวดหินอื่นที่มีหินอื่นปะปนในปริมาณที่เด่นชัด (DO-MAP) ได้แก่ หินโดโลไมต์ หมวดหินถ้ำขุนไกรและหมวดหินถ้ำมังกรทอง มีพื้นที่ 153.72 ตารางกิโลเมตร



ภาพประกอบ 24 การแบ่งช่วงข้อมูลด้วยวิธีการ Density Sliced



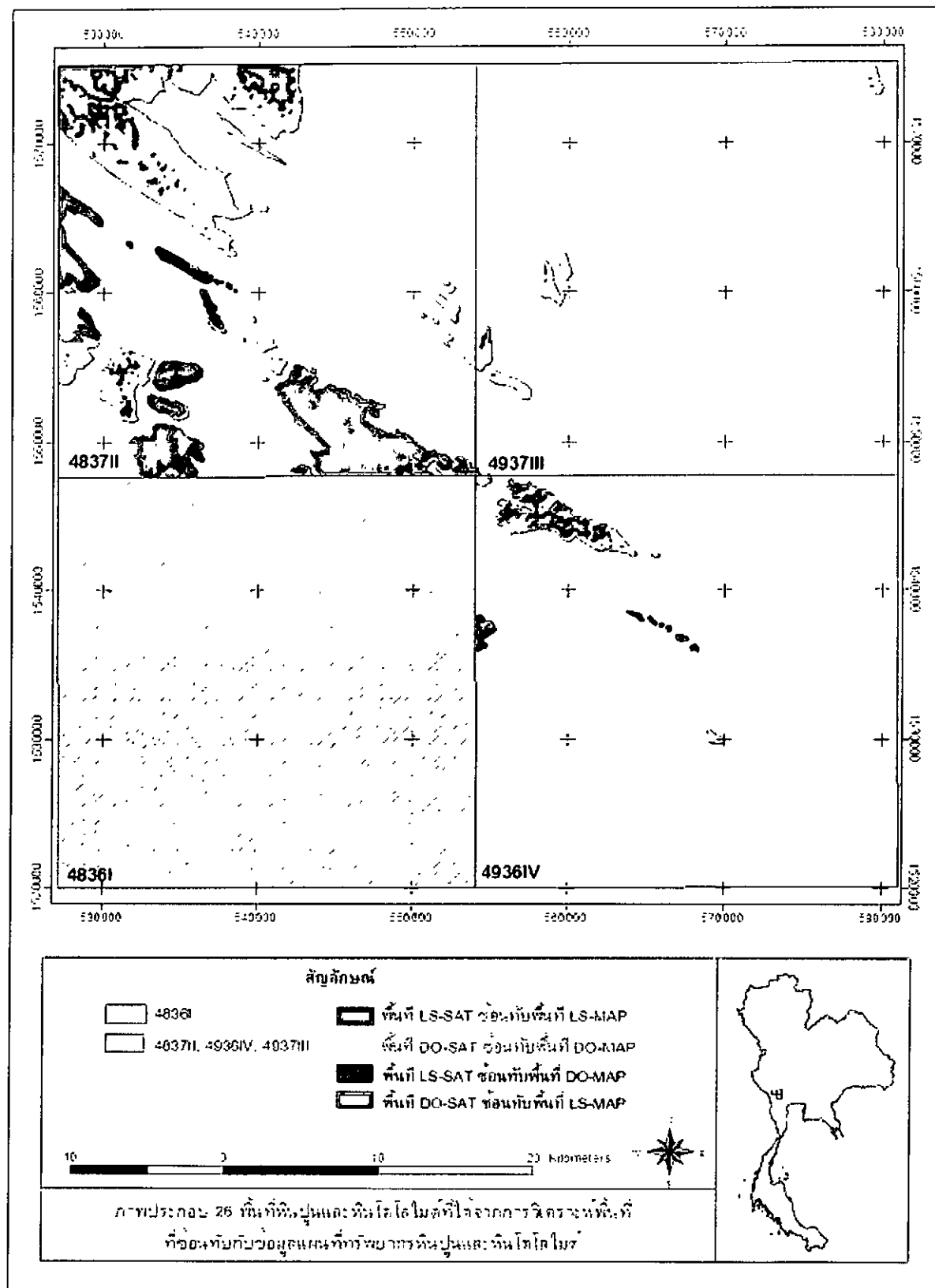
ภาพประกอบ 25 แสดงพื้นที่กลุ่มหินที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรดินป่านและดินโลโลไม้

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อหาความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์

1. ซ้อนทับพื้นที่ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมกับพื้นที่ที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรธรณีด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อหาความถูกต้องในการจำแนกหินปูนและหินโดโลไมต์ในพื้นที่ศึกษาที่ 1 โดยมีผลการศึกษาดังนี้ ภาพประกอบ 26

1. พื้นที่หินปูน (LS-MAP) มีพื้นที่ซ้อนทับกับข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมในพื้นที่หินปูน ช่วงค่า 134 ถึง 143 (LS-SAT) 43.70 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 63.343 ของพื้นที่หินปูน (LS-MAP)

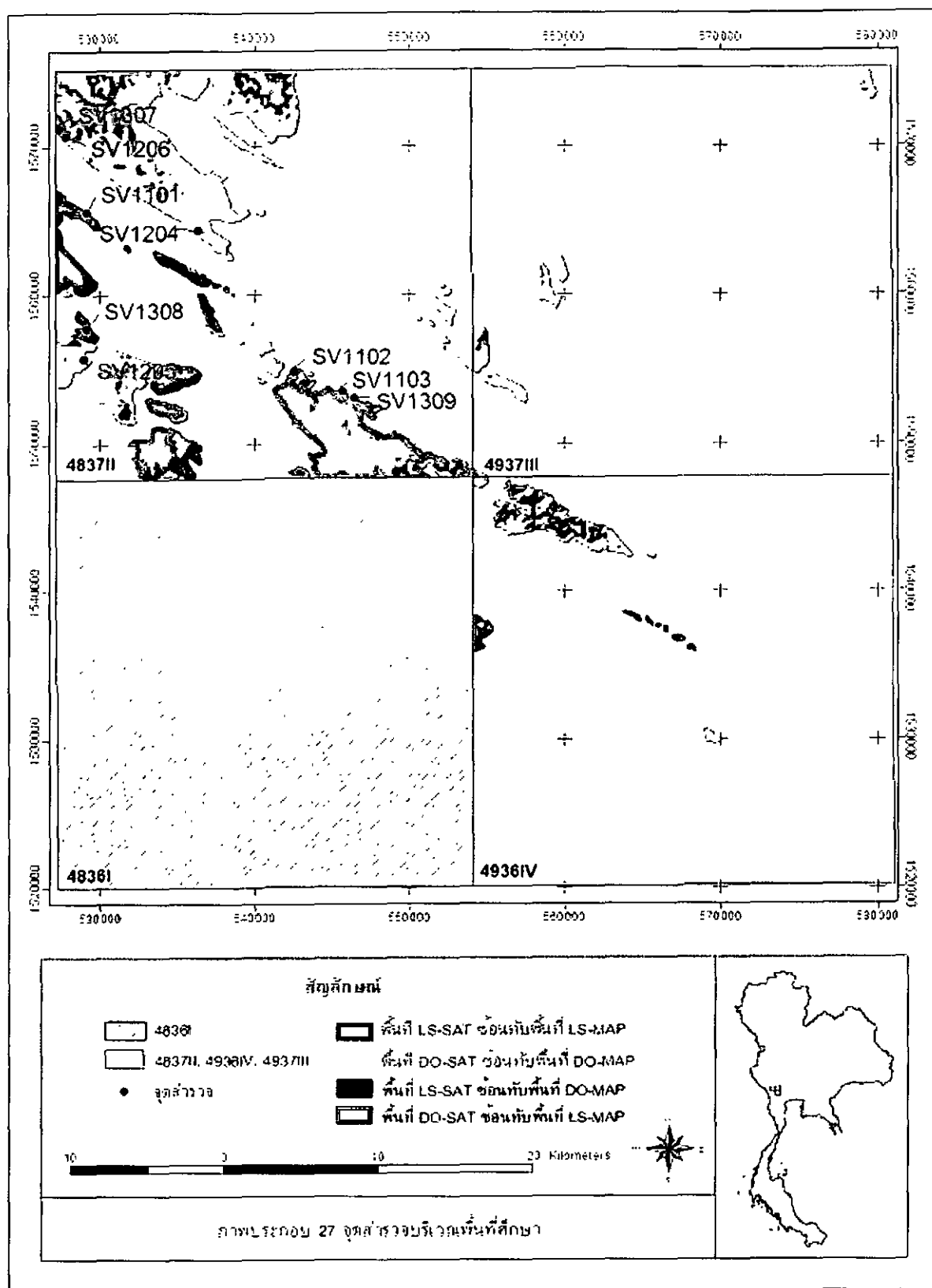
2. พื้นที่หินโดโลไมต์หรือหมวดหินอื่นที่มีหินอื่นปะปนในปริมาณที่เด่นชัด (DO-MAP) มีพื้นที่ซ้อนทับกับข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมในพื้นที่หินโดโลไมต์หรือหมวดหินอื่นที่มีหินอื่นปะปนในปริมาณที่เด่นชัดช่วงค่า 144 ถึง 165 (DO-SAT) 108.39 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 70.51 ของพื้นที่หินโดโลไมต์หรือหมวดหินอื่นที่มีหินอื่นปะปนในปริมาณที่เด่นชัด (DO-MAP)



ภาพประกอบ 26 พื้นที่หินปูนและหินโดโลไมต์ที่ได้จากการวิเคราะห์พื้นที่ที่ซ้อนทับกับข้อมูลแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์

การสำรวจและเก็บตัวอย่างภาคสนาม

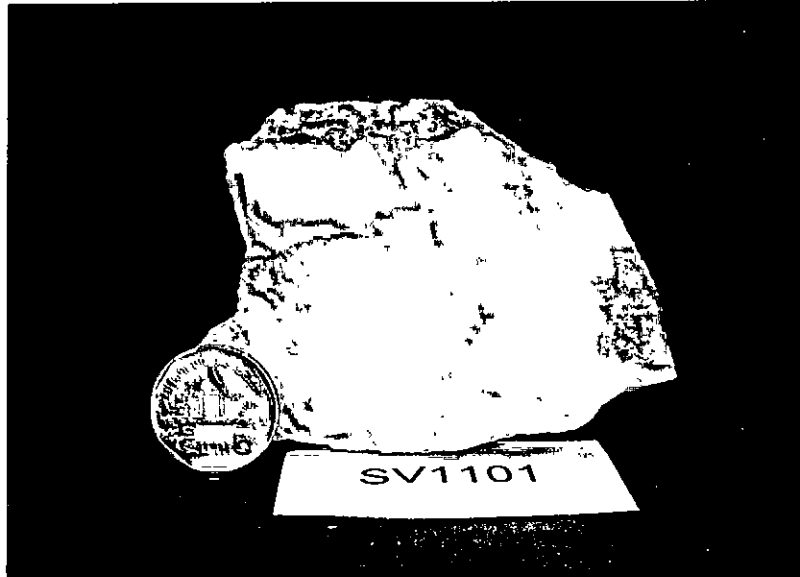
นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่มมาทำการกำหนดพื้นที่ที่จะใช้ในการสำรวจภาคสนาม โดยกำหนดจุดในการเก็บข้อมูลจากกลุ่มข้อมูลในพื้นที่ซ้อนทับกลุ่มละ 3 จุด และจุดที่ไม่อยู่ในพื้นที่ซ้อนทับแต่อยู่ในพื้นที่หินคาร์บอเนต 3 จุด รวม 9 จุด กระจายทั่วพื้นที่ศึกษาที่ 1 ภาพประกอบ 27 ได้ผลการสำรวจดังนี้



ภาพประกอบ 27 จุดสำรวจบริเวณพื้นที่ศึกษา

1. พื้นที่สำรวจกลุ่มข้อมูลที่แสดงกลุ่มหินปูน ได้แก่

- จุดสำรวจที่ 1 SV1101 พิกัด 528936 ตะวันออก 1565656 เหนือ ภาพประกอบ 28 และ 29



ภาพประกอบ 28 แร่แคลไซต์บริเวณจุดสำรวจที่ 1 ที่อยู่ในเขตพื้นที่ LS-SAT ช้อนกับพื้นที่ LS-MAP

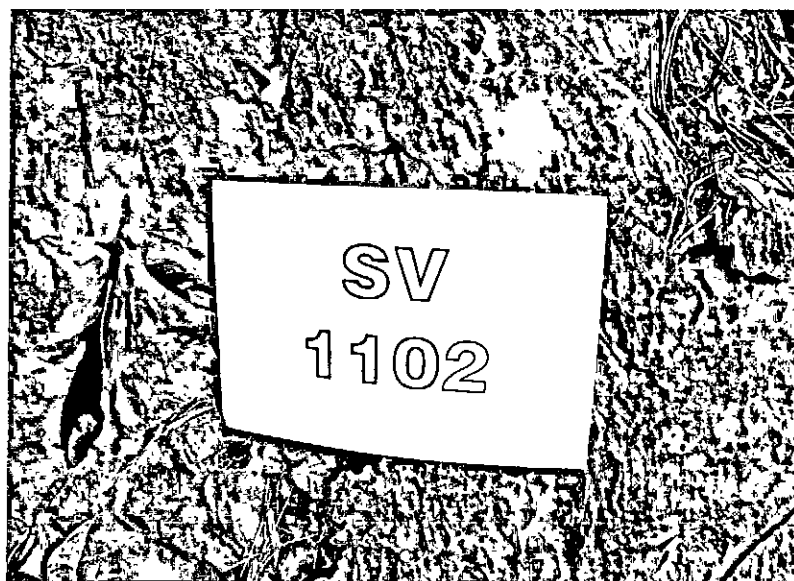


ภาพประกอบ 29 พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 1

- จุดสำรวจที่ 2 SV1102 พิกัด 542440 ตะวันออก 1554837 เหนือ ภาพประกอบ 30 และ 31

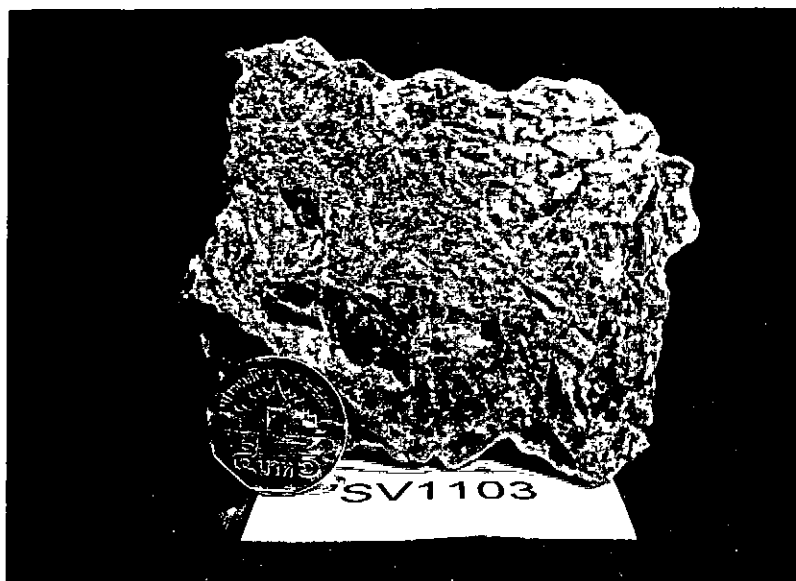


ภาพประกอบ 30 ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 2 ที่อยู่ในเขตพื้นที่ LS-SAT ซ้อนทับพื้นที่ LS-MAP



ภาพประกอบ 31 พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 2

- จุดสำรวจที่ 3 SV1103 พิกัด 545608 ตะวันออก 1553503 เหนือ ภาพประกอบ 32 และ 33



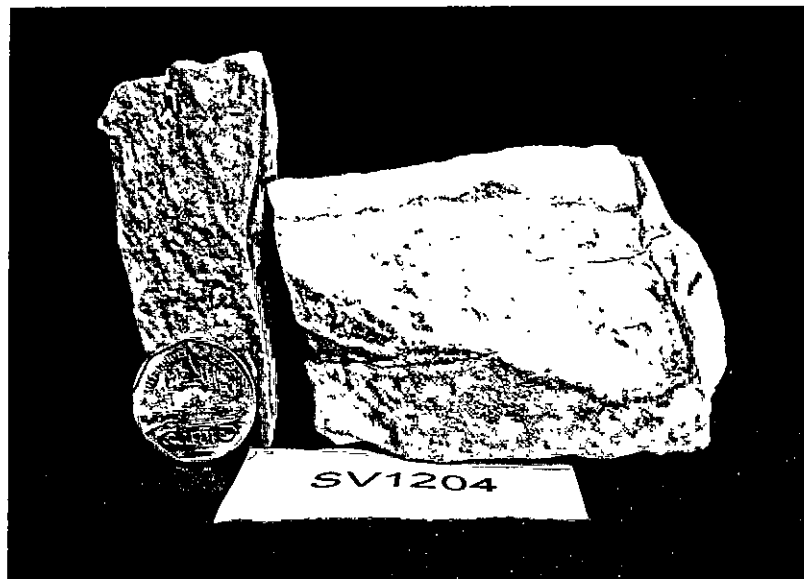
ภาพประกอบ 32 ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 3 ที่อยู่ในเขตพื้นที่ LS-SAT ซ้อนทับพื้นที่ LS-MAP



ภาพประกอบ 33 พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 3

2. พื้นที่สำรวจกลุ่มข้อมูลที่แสดงกลุ่มหินโดโลไมต์หรือกลุ่มหินคาร์บอเนตอื่นๆ ที่ไม่ใช่หินปูน

- จุดสำรวจที่ 4 SV1204 พิกัด 536187 ตะวันออก 1564385 เหนือ ภาพประกอบ 34 และ 35

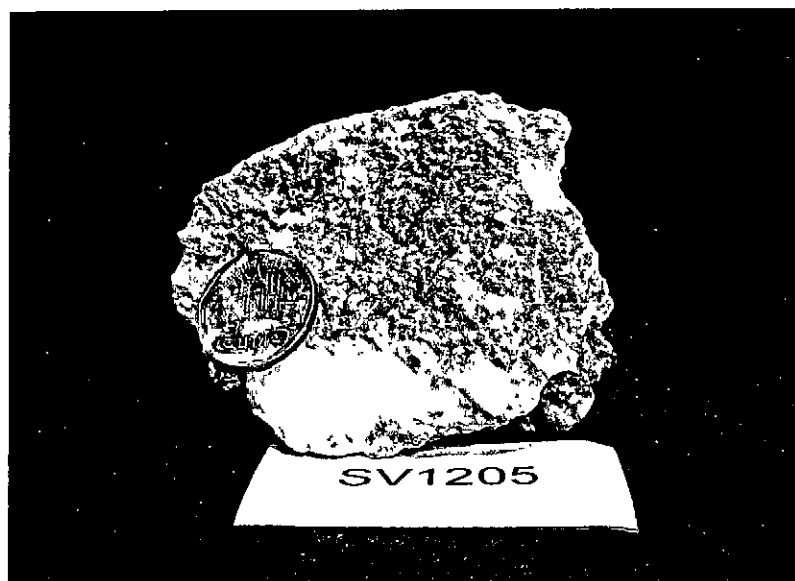


ภาพประกอบ 34 ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 4 ที่อยู่ในเขตพื้นที่ DO-SAT ซ้อนทับพื้นที่ DO-MAP

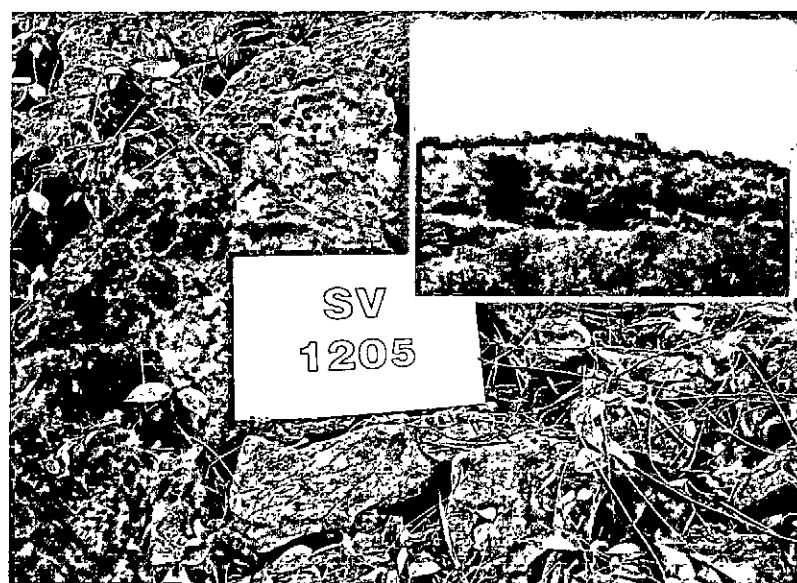


ภาพประกอบ 35 พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 4

- จุดสำรวจที่ 5 SV1205 พิกัด 528743 ตะวันออก 1555746 เหนือ ภาพประกอบ 36 และ 37

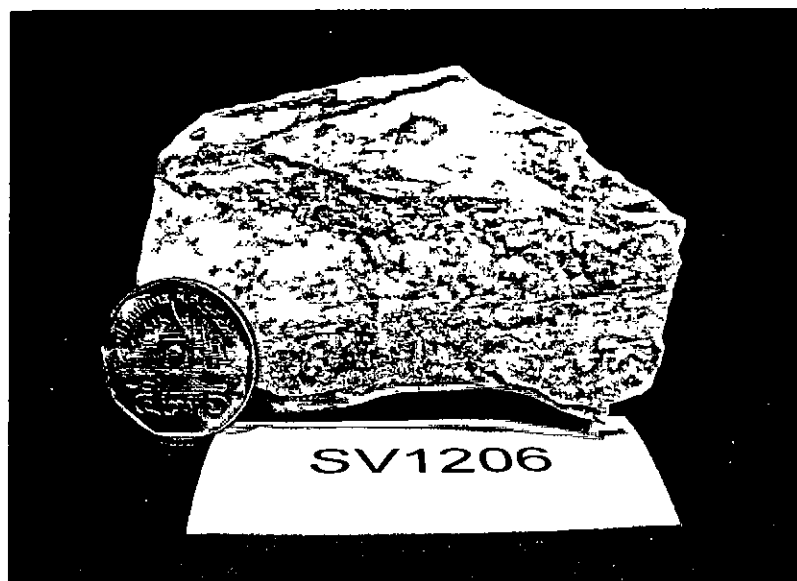


ภาพประกอบ 36 ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 5 ที่อยู่ในเขตพื้นที่ DO-SAT ช้อนทับพื้นที่ DO-MAP



ภาพประกอบ 37 พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 5

- จุดสำรวจที่ 6 SV1206 พิกัด 527650 ตะวันออก 1570802 เหนือ ภาพประกอบ 38 และ 39



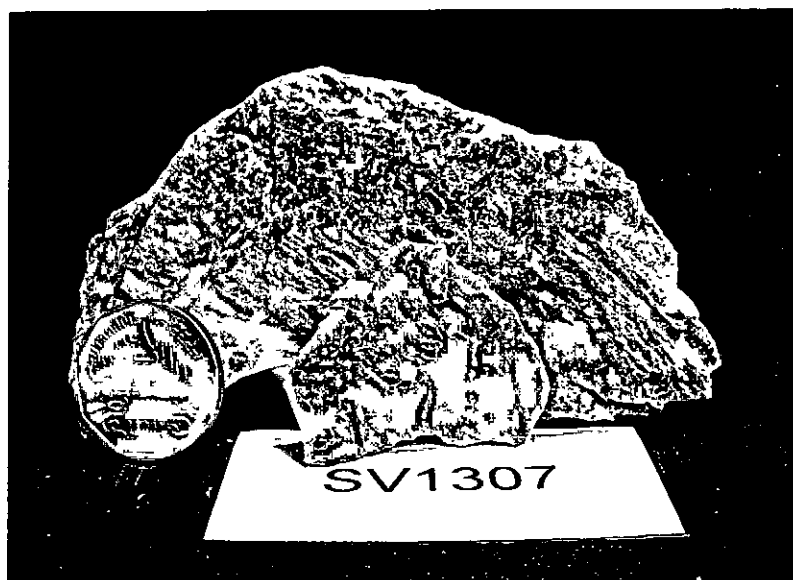
ภาพประกอบ 38 ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 6 ที่อยู่ในเขตพื้น DO-SAT ช้อนทับพื้นที่ DO-MAP



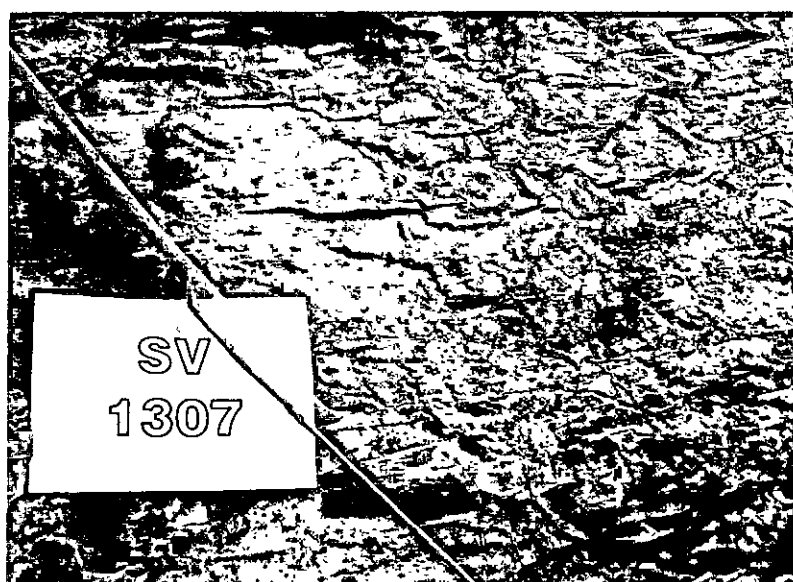
ภาพประกอบ 39 พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 6

3. พื้นที่สำรวจที่ไม่อยู่ในพื้นที่ซ้อนทับแต่อยู่ในกลุ่มหินคาร์บอเนต

- จุดสำรวจที่ 7 SV1307 พิกัด 527157 ตะวันออก 1571296 เหนือ ภาพประกอบ 40 และ 41

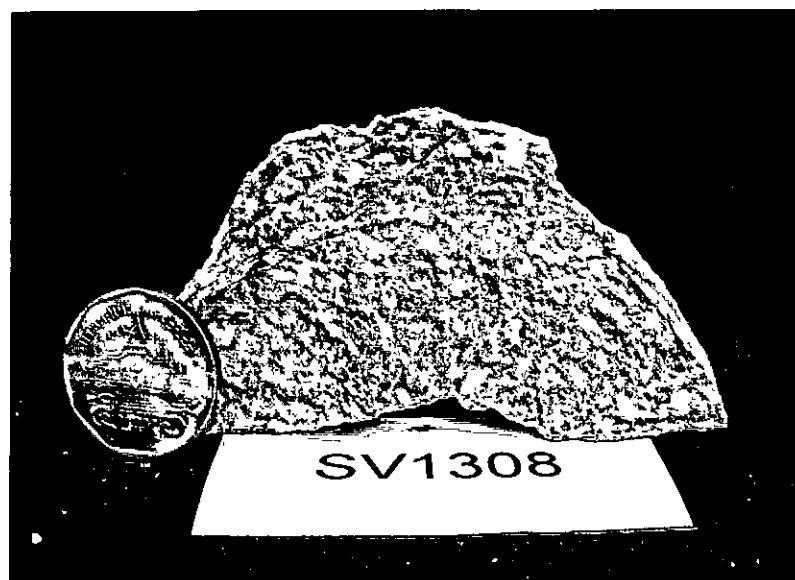


ภาพประกอบ 40 ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 7 ที่อยู่ในเขตพื้น DO-SAT ซ้อนทับพื้นที่ LS-MAP



ภาพประกอบ 41 พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 7

- จุดสำรวจที่ 8 SV1308 พิกัด 528970 ตะวันออก 1557782 เหนือ ภาพประกอบ 42 และ 43

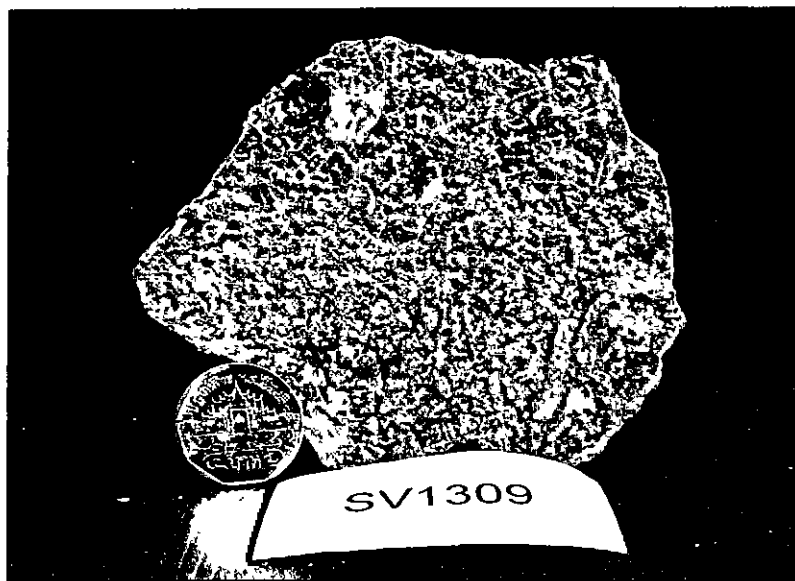


ภาพประกอบ 42 ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 8 ที่อยู่ในเขตพื้น LS-SAT ซ้อนทับพื้นที่ DO-MAP

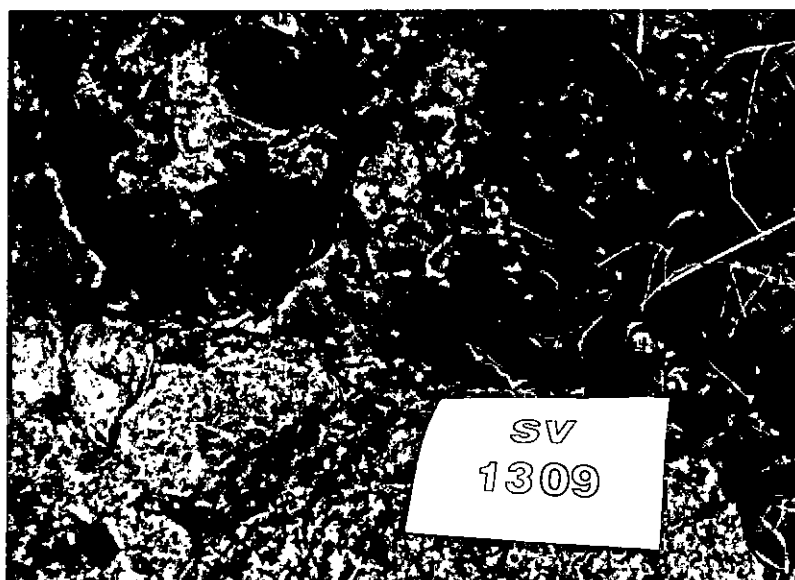


ภาพประกอบ 43 พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 8

- จุดสำรวจที่ 9 SV1309 พิกัด 546414 ตะวันออก 1553051 เหนือ ภาพประกอบ 45 และ 46



ภาพประกอบ 44 ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 9 ที่อยู่ในเขตพื้น DO-SAT ช้อนทับพื้นที่ LS-MAP



ภาพประกอบ 45 พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 9

ความสัมพันธ์ของข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียมกับพื้นที่ศึกษาที่ 1

ความสัมพันธ์ของข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียมกับหมวดหินที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ในพื้นที่ศึกษาที่ 1 ได้แก่ ค่าการแผ่พลังงานความร้อนของหินปูนและหินโดโลไมต์หรือหมวดหินอื่นที่มีหินอื่นปะปนในปริมาณที่เด่นชัดมีความแตกต่างกัน โดยหินปูนมีค่าการแผ่พลังงานที่ต่ำกว่าหินโดโลไมต์หรือหินอื่นที่ไม่ใช่หินปูนซึ่งมีค่าการแผ่พลังงานสูงกว่า

2. พื้นที่ศึกษาที่ 2 บริเวณจังหวัดสุราษฎร์ธานี

ความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จากช่วงของข้อมูลดาวเทียมกับข้อมูลจากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ในพื้นที่ศึกษาที่ 1 จังหวัดกาญจนบุรี เป็นความสัมพันธ์เบื้องต้น (ไม่ชัดเจน) ไม่สามารถกำหนดจุดในการจำแนกพื้นที่หินปูนและหินโดโลไมต์ ในพื้นที่ศึกษาที่ 2 จังหวัดสุราษฎร์ธานีได้ ดังนั้นในพื้นที่ศึกษาที่ 2 จึงได้ปรับวิธีการวิจัยเป็นการพิสูจน์ความสัมพันธ์เบื้องต้นว่าเป็นไปในแนวทางเดียวกับความสัมพันธ์ที่ได้จากพื้นที่ศึกษาที่ 1 หรือไม่ ดังนั้นขั้นตอนและวิธีการวิจัยในพื้นที่ศึกษาที่ 2 จึงมีลักษณะเดียวกับพื้นที่ศึกษาที่ 1 ทุกประการ พื้นที่ศึกษาที่ 2 ได้แก่ พื้นที่ตามแผนที่ภูมิประเทศ ราว 4927III ปากน้ำท่าทอง

2.1 ข้อมูลพื้นที่ศึกษาที่ 2

พื้นที่ศึกษาที่ 2 ได้แก่ พื้นที่ตามระวางแผนที่ภูมิประเทศ ราว 4927III จ.สุราษฎร์ธานี ในพื้นที่ศึกษาที่ 2 ประกอบด้วยข้อมูล 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลหมวดหินที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ กรมทรัพยากรธรณี และข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียม

2.1.1 ข้อมูลหมวดหินที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์

ข้อมูลหมวดหินที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ มาตราส่วน 1:50000 นำเข้าข้อมูลด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มีพื้นที่กลุ่มหินคาร์บอเนตทั้งหมด 106.43 ตารางกิโลเมตร จำแนกหน่วยลำดับชั้นหินตามกลุ่มหินคาร์บอเนตในพื้นที่ศึกษาที่ 2 ทั้งหมด 6 หมวดหิน ได้แก่

1) หมวดหินอัมลูก พบหินปูน สีเทา-เทาอ่อน เนื้อละเอียด แสดงชั้นหนา มีพื้นที่ 30.68 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 29.17 ของพื้นที่กลุ่มหินคาร์บอเนตทั้งหมด

2) หมวดหินพนมวัง พบหินปูนสีเทาแสดงชั้นหนา ส่วนใหญ่หนาน้อยกว่า 100 เซนติเมตร แทรกด้วยหินเชิร์ตโนกุลล์และเลนซ์ แทรกตัวตามแนวชั้นหิน สีเทา โดโลไมต์พบทั่วไป มีพื้นที่ 8.25 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 7.85 ของพื้นที่กลุ่มหินคาร์บอเนตทั้งหมด

3) หมวดหินพับผ้า พบหินปูน สีเทาดำแสดงชั้นขนาดบาง ส่วนใหญ่หนาน้อยกว่า 30 เซนติเมตร และแทรกสลับด้วยหินดินดานตามชั้นบาง ๆ มีพื้นที่ 21.57 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 20.51 ของพื้นที่กลุ่มหินคาร์บอเนตทั้งหมด

4) หมวดหินทุ่งนางสิง พบหินปูน สีเทา มีซากดึกดำบรรพ์มาก แสดงชั้นขนาดหนา (30-100 เซนติเมตร) มีพื้นที่ 6.28 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 5.97 ของพื้นที่กลุ่มหินคาร์บอเนตทั้งหมด

5) หมวดหินช่องลาด หินปูนเนื้อดิน สีเทาดำแสดงชั้นขนาดบางถึงหนามาก และแทรกสลับด้วยชั้นบางของหินดินดาน มีพื้นที่ 27.10 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 25.77 ของพื้นที่กลุ่มหินคาร์บอเนตทั้งหมด

6) หินโดโลไมต์ แทรกตัวอยู่ในหมวดหินปูนทุกหมวดหิน มีพื้นที่ 11.28 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 10.73 ของพื้นที่กลุ่มหินคาร์บอเนตทั้งหมด

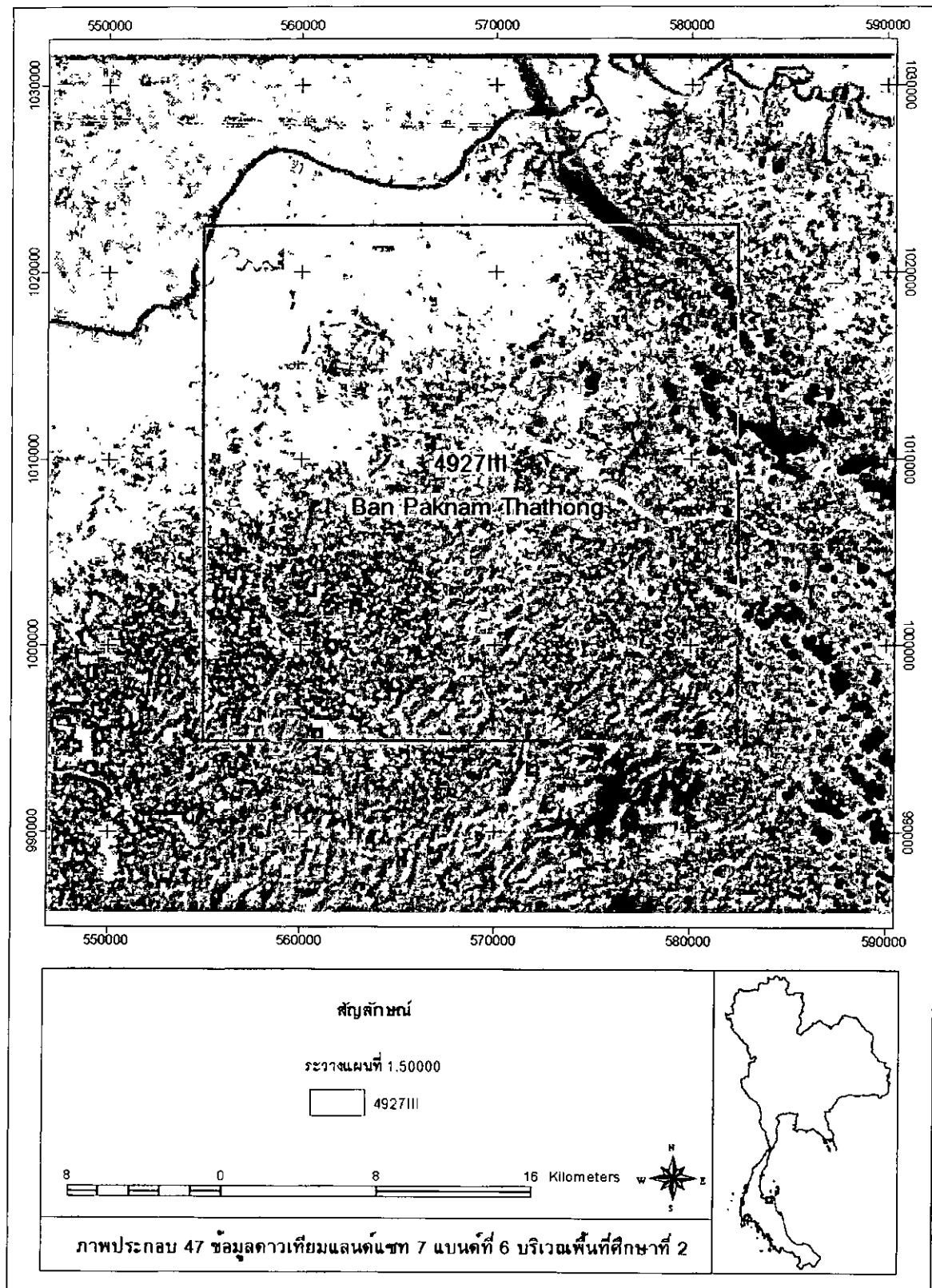
หมวดหินต่าง ๆ ที่พบในพื้นที่ศึกษาแสดงในตารางที่ 21 ภาพประกอบ 46

ตาราง 21 หมวดหินต่าง ๆ ที่พบในพื้นที่ศึกษาที่ 2

กลุ่มหินคาร์บอเนตแยกตามหมวดชั้นหิน	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละของพื้นที่
1. หมวดหินอัมลูก	30.68	29.17
2. หมวดหินพนมวัง	8.25	7.85
3. หมวดหินพับผ้า	21.57	20.51
4. หมวดหินทุ่งนางสิง	6.28	5.97
5. หมวดหินช่องลาด	27.10	25.77
6. โดโลไมต์	11.28	10.73
รวม	105.16	100.0

2.1.2 ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียมในพื้นที่ศึกษาที่ 2

ข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 7 ข้อมูลดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษาที่ 2 ได้แก่ ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนของดาวเทียมแลนด์แซท 7 แบนด์ที่ 6 มีรายละเอียดจุดภาพ 60 เมตร บันทึกข้อมูลวันที่ 27 เดือนมกราคม พ.ศ. 2546 เวลา 03:27:44 พื้นที่ศึกษาที่ 2 อยู่ในบางส่วนของข้อมูลดาวเทียม Path 129 Row 054 ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของพื้นที่ศึกษาที่ 2 ภาพประกอบ 47 ข้อมูลดาวเทียมที่ได้อยู่ในช่วง 114 ถึง 195 ของค่าระดับสีเทา



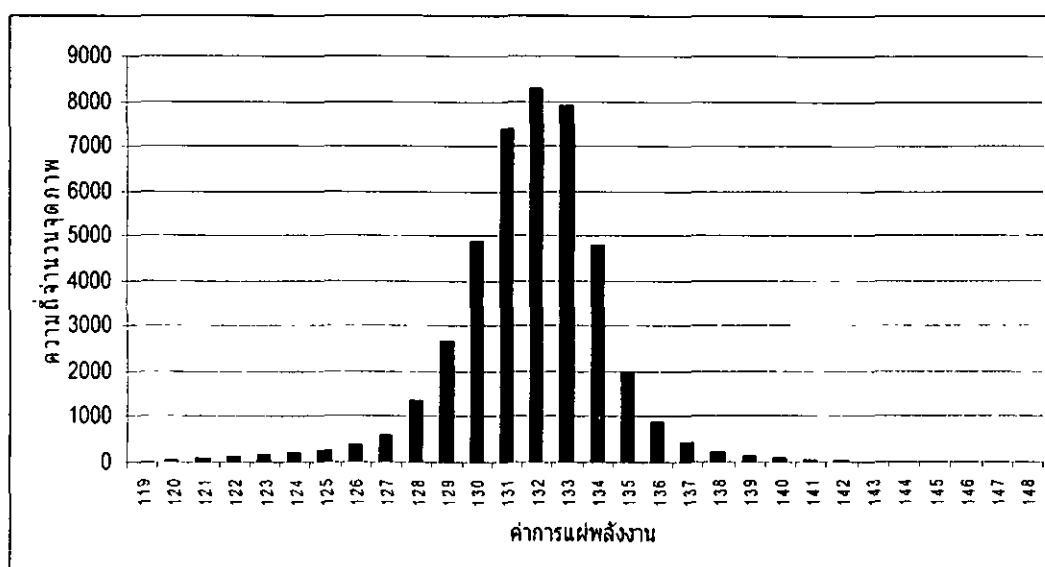
ภาพประกอบ 47 ข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 7 แบนด์ที่ 6 บริเวณพื้นที่ศึกษาที่ 2

1) ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนจากดาวเทียมแลนด์แซท 7 Path 129 Row 054 เลือกเฉพาะพื้นที่ศึกษาจากข้อมูลทั้งหมด โดยกำหนดพื้นที่ตามแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ ข้อมูลดาวเทียมที่ได้อยู่ในช่วง 115 ถึง 148 ของค่าระดับสีเทา ค่าเฉลี่ยเลขคณิต 133.62 ฐานนิยม 133 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.4972

2) เลือกเฉพาะพื้นที่ที่พบกลุ่มหินคาร์บอเนตที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ จากข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียม ด้วยการซ้อนทับข้อมูลพื้นที่หินปูนและหินโดโลไมต์ที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ โดยพื้นที่กลุ่มหินคาร์บอเนตมีค่าจุดภาพและจำนวนจุดภาพดังตาราง 22 ภาพประกอบ 48

ตาราง 22 ค่าจุดภาพและจำนวนจุดภาพเฉพาะกลุ่มหินคาร์บอเนตในพื้นที่ศึกษาที่ 2

ค่า จุดภาพ	จำนวน จุดภาพ	จำนวน จุดภาพ(สะสม)	ร้อยละ จำนวนจุดภาพ	ร้อยละ จำนวนจุดภาพ(สะสม)
119	10	10	0.02	0.02
120	29	39	0.07	0.09
121	67	106	0.15	0.24
122	144	250	0.33	0.57
123	179	429	0.41	0.98
124	220	649	0.50	1.49
125	265	914	0.61	2.09
126	365	1279	0.84	2.93
127	610	1889	1.40	4.33
128	1375	3264	3.15	7.47
129	2689	5953	6.16	13.63
130	4889	10842	11.20	24.83
131	7410	18252	16.97	41.80
132	8360	26612	19.14	60.94
133	8140	34752	18.64	79.58
134	5024	39776	11.50	91.09
135	2043	41819	4.68	95.77
136	903	42722	2.07	97.83
137	408	43130	0.93	98.77
138	209	43339	0.48	99.25
139	117	43456	0.27	99.51
140	82	43538	0.19	99.70
141	49	43587	0.11	99.81
142	37	43624	0.08	99.90
143	15	43639	0.03	99.93
144	11	43650	0.03	99.96
145	8	43658	0.02	99.98
146	5	43663	0.01	99.99
147	4	43667	0.01	100.00
148	1	43668	0.00	100.00



ภาพประกอบ 48 กราฟ Histogram แสดงจำนวนจุดภาพและค่าระดับสีเทาเฉพาะกลุ่มหินคาร์บอนเนตในพื้นที่ศึกษาที่ 2

3) หมวดหินต่าง ๆ ที่พบในพื้นที่ศึกษาที่ 2 มีค่าจุดภาพและจำนวนจุดภาพ

ดังต่อไปนี้

3.1) หินโดโลไมต์ มีค่าจุดภาพทั้งหมด 24 ค่า ตาราง 23 ภาพประกอบ 49 มี

ค่า

ต่ำสุด = 121

ค่าสูงสุด = 144

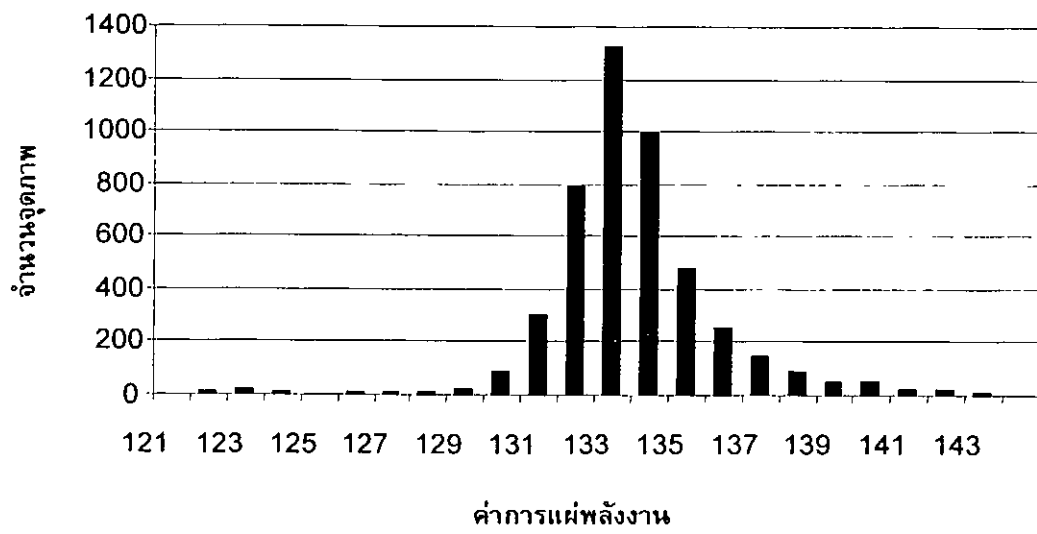
ค่าเฉลี่ยเลขคณิต =

133.51

ฐานนิยม = 133 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 2.3266

ตาราง 23 ค่าจุดภาพและจำนวนจุดภาพของหินโดโลไมต์

ค่าจุดภาพ	จำนวนจุดภาพ	จำนวนจุดภาพ(สะสม)	ร้อยละจำนวนจุดภาพ
121	4	4	0.09%
122	9	13	0.19%
123	18	31	0.38%
124	8	39	0.17%
125	4	43	0.09%
126	12	55	0.26%
127	10	65	0.21%
128	12	77	0.26%
129	22	99	0.47%
130	85	184	1.81%
131	306	490	6.51%
132	789	1279	16.79%
133	1327	2606	28.23%
134	991	3597	21.09%
135	472	4069	10.04%
136	249	4318	5.30%
137	144	4462	3.06%
138	88	4550	1.87%
139	50	4600	1.06%
140	46	4646	0.98%
141	23	4669	0.49%
142	20	4689	0.43%
143	8	4697	0.17%
144	3	4700	0.06%



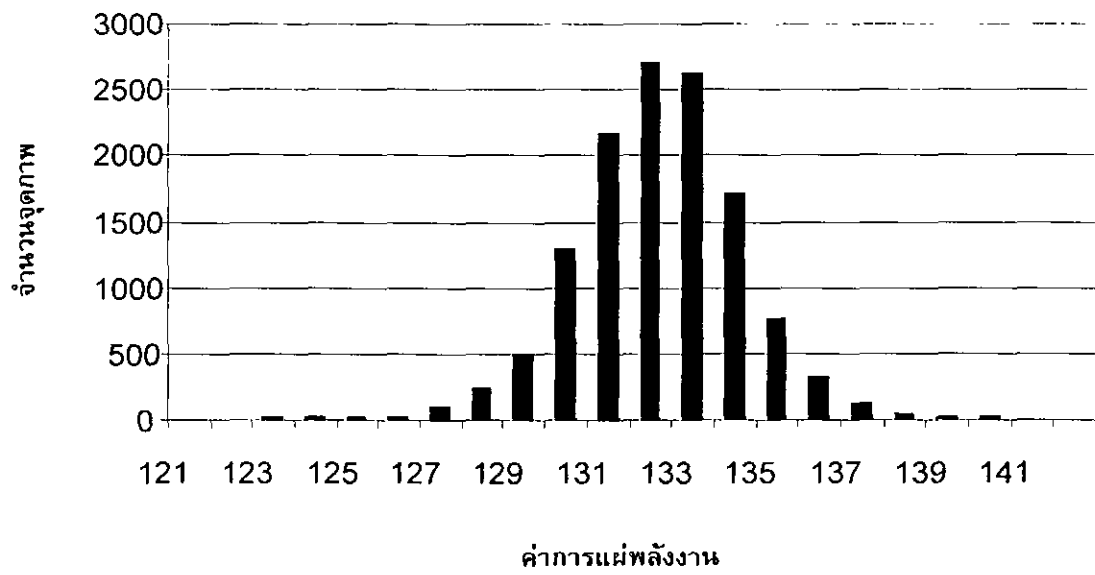
ภาพประกอบ 49 กราฟแท่งแสดงจำนวนจุดภาพ ณ ช่วงค่าจุดภาพต่างๆ ของหินโดโลไมต์

3.2) หมวดหินอัมลูก มีค่าจุดภาพทั้งหมด 22 ค่า ตาราง 24 ภาพประกอบ 50
มีค่า

ต่ำสุด = 121 ค่าสูงสุด = 142 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต = 132.18
ฐานนิยม = 132 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 2.0058

ตาราง 24 ค่าจุดภาพและจำนวนจุดภาพของหมวดหินอัมลูก

ค่าจุดภาพ	จำนวนจุดภาพ	จำนวนจุดภาพ(สะสม)	ร้อยละจำนวนจุดภาพ
121	2	2	0.02%
122	9	11	0.07%
123	15	26	0.12%
124	18	44	0.14%
125	24	68	0.19%
126	28	96	0.22%
127	92	188	0.73%
128	229	417	1.81%
129	498	915	3.94%
130	1284	2199	10.16%
131	2167	4366	17.14%
132	2695	7061	21.32%
133	2615	9676	20.69%
134	1705	11381	13.49%
135	747	12128	5.91%
136	320	12448	2.53%
137	124	12572	0.98%
138	35	12607	0.28%
139	15	12622	0.12%
140	11	12633	0.09%
141	7	12640	0.06%
142	2	12642	0.02%



ภาพประกอบ 50 กราฟแท่งแสดงจำนวนจุดภาพ ณ ช่วงค่าจุดภาพต่างๆ ของหมวดหินอุ้มลูก

3.3) หมวดหินพับผ้า มีค่าจุดภาพทั้งหมด 29 ค่า ตาราง 25 ภาพประกอบ 51

มีค่า

ต่ำสุด = 120

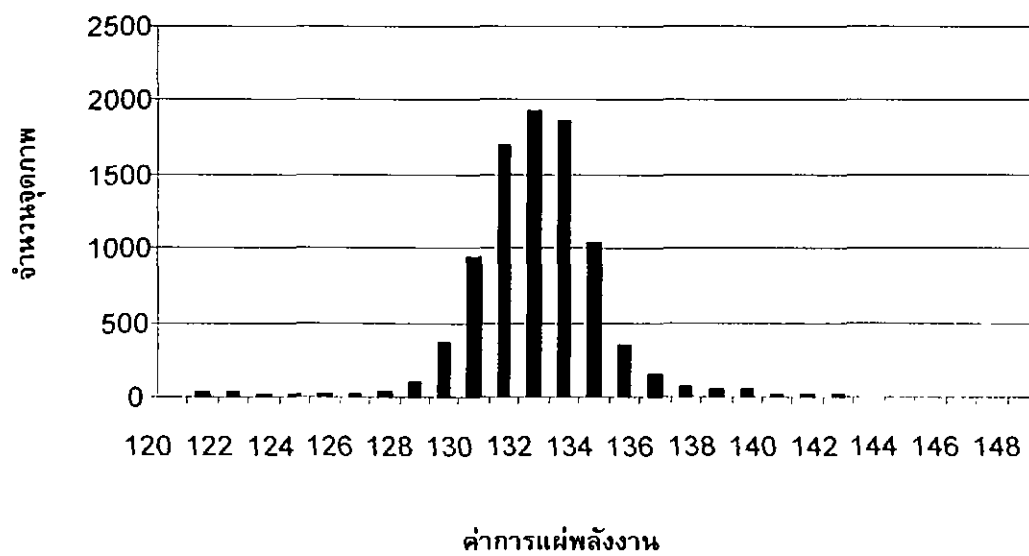
ค่าสูงสุด = 148

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต = 132.10

ฐานนิยม = 132 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 2.3741

ตาราง 25 ค่าจุดภาพและจำนวนจุดภาพของหมวดหินพับผ้า

ค่าจุดภาพ	จำนวนจุดภาพ	จำนวนจุดภาพ(สะสม)	ร้อยละจำนวนจุดภาพ
120	6	6	0.07%
121	28	34	0.32%
122	36	70	0.41%
123	19	89	0.22%
124	21	110	0.24%
125	12	122	0.14%
126	21	143	0.24%
127	30	173	0.34%
128	100	273	1.13%
129	361	634	4.09%
130	933	1567	10.58%
131	1691	3258	19.17%
132	1932	5190	21.91%
133	1853	7043	21.01%
134	1038	8081	11.77%
135	343	8424	3.89%
136	153	8577	1.73%
137	69	8646	0.78%
138	43	8689	0.49%
139	43	8732	0.49%
140	22	8754	0.25%
141	17	8771	0.19%
142	15	8786	0.17%
143	7	8793	0.08%
144	8	8801	0.09%
145	8	8809	0.09%
146	5	8814	0.06%
147	4	8818	0.05%
148	1	8819	0.01%



ภาพประกอบ 51 กราฟแท่งแสดงจำนวนจุดภาพ ณ ช่วงค่าจุดภาพต่างๆ ของหมวดหินพีบผ้า

3.4) หมวดหินพนมวัง มีค่าจุดภาพทั้งหมด 14 ค่า ตาราง 26 ภาพประกอบ

52 มีค่า

ต่ำสุด = 128

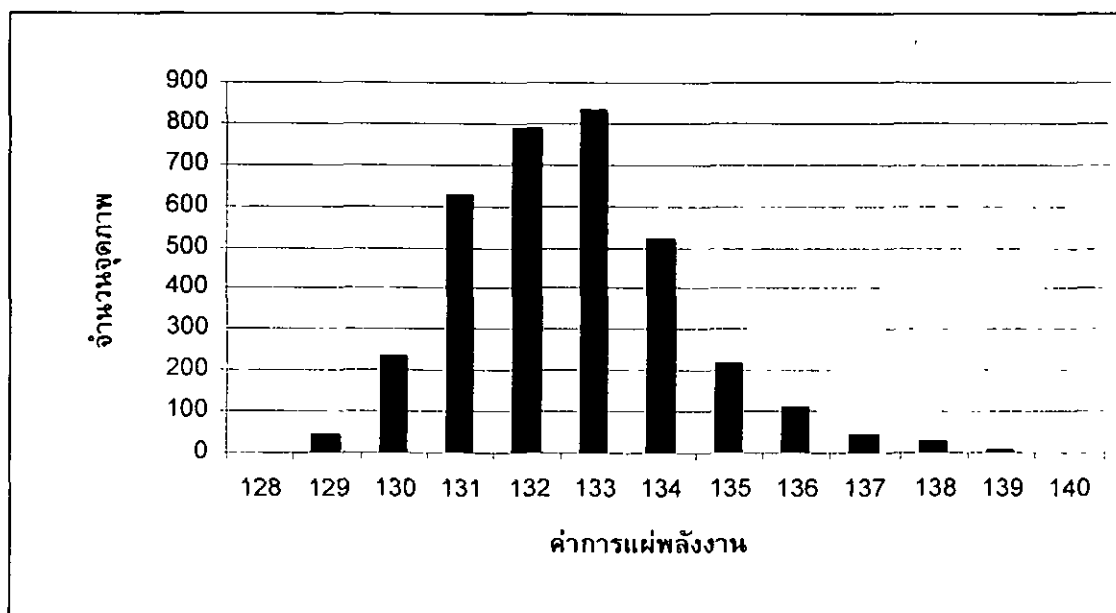
ค่าสูงสุด = 141

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต = 132.63

ฐานนิยม = 133 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 1.6989

ตาราง 26 ค่าจุดภาพและจำนวนจุดภาพของหมวดหินพนมวัง

ค่าจุดภาพ	จำนวนจุดภาพ	จำนวนจุดภาพ(สะสม)	ร้อยละจำนวนจุดภาพ
128	2	2	0.06%
129	46	48	1.33%
130	237	285	6.84%
131	626	911	18.06%
132	787	1698	22.70%
133	834	2532	24.06%
134	519	3051	14.97%
135	219	3270	6.32%
136	114	3384	3.29%
137	44	3428	1.27%
138	30	3458	0.87%
139	6	3464	0.17%
140	2	3466	0.06%
141	1	3467	0.03%



ภาพประกอบ 52 กราฟแท่งแสดงจำนวนจุดภาพ ณ ช่วงค่าจุดภาพต่างๆ ของหมวดหินพนมวัง

3.5) หมวดหินทุ่งนางลิง มีค่าจุดภาพทั้งหมด 20 ค่า ตาราง 27 ภาพประกอบ

53 มีค่า

ต่ำสุด = 122

ค่าสูงสุด = 141

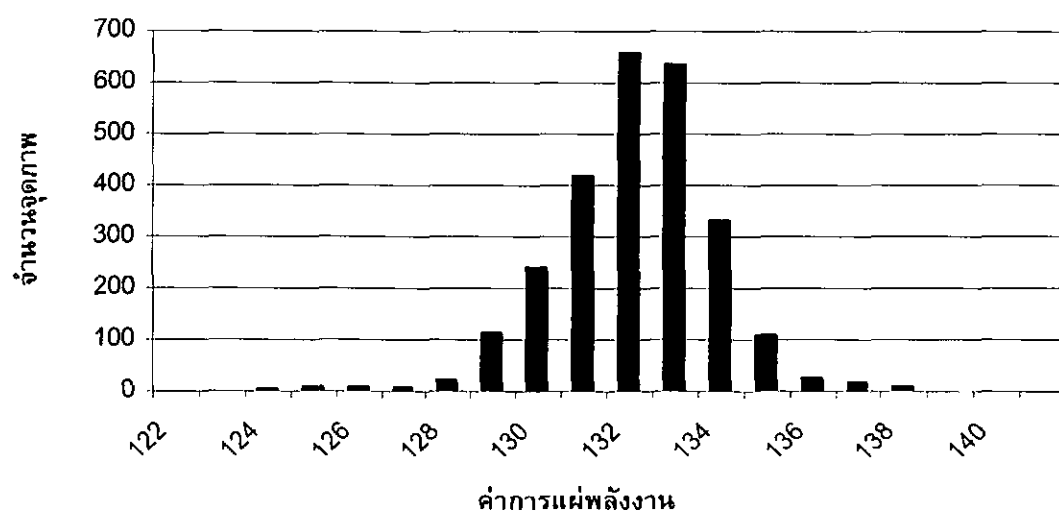
ค่าเฉลี่ยเลขคณิต = 132.12

ฐานนิยม = 132

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 1.8001

ตาราง 27 ค่าจุดภาพและจำนวนจุดภาพของหมวดหินทุ่งนางลิง

ค่าจุดภาพ	จำนวนจุดภาพ	จำนวนจุดภาพ(สะสม)	ร้อยละจำนวนจุดภาพ
122	1	1	0.04%
123	1	2	0.04%
124	5	7	0.19%
125	7	14	0.27%
126	11	25	0.42%
127	9	34	0.34%
128	25	59	0.95%
129	115	174	4.39%
130	240	414	9.16%
131	417	831	15.92%
132	657	1488	25.08%
133	636	2124	24.27%
134	334	2458	12.75%
135	109	2567	4.16%
136	26	2593	0.99%
137	16	2609	0.61%
138	8	2617	0.31%
139	1	2618	0.04%
140	1	2619	0.04%
141	1	2620	0.04%



ภาพประกอบ 53 กราฟแท่งแสดงจำนวนจุดภาพ ณ ช่วงค่าจุดภาพต่างๆ ของหมวดหินทุ่งนางลิง

3.6) หมวดหินช่องลด มีค่าจุดภาพทั้งหมด 21 ค่า ตาราง 28 ภาพประกอบ

54 มีค่า

ต่ำสุด = 119

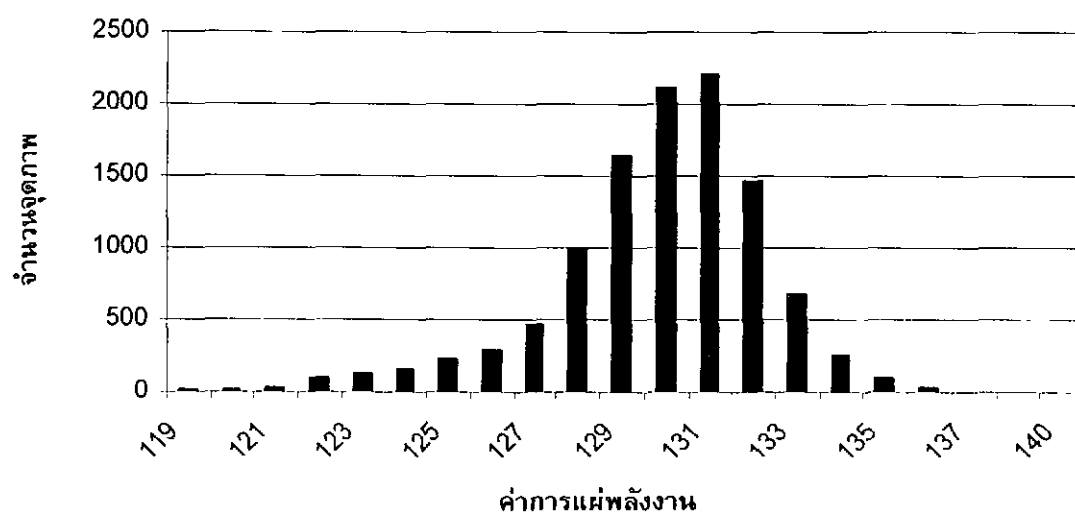
ค่าสูงสุด = 140

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต = 129.85

ฐานนิยม = 131 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 2.463

ตาราง 28 ค่าจุดภาพและจำนวนจุดภาพของหมวดหินช่องลด

ค่าจุดภาพ	จำนวนจุดภาพ	จำนวนจุดภาพ(สะสม)	ร้อยละจำนวนจุดภาพ
119	10	10	0.09%
120	23	33	0.21%
121	33	66	0.30%
122	89	155	0.81%
123	126	281	1.15%
124	168	449	1.54%
125	218	667	1.99%
126	293	960	2.68%
127	469	1429	4.29%
128	1007	2436	9.21%
129	1647	4083	15.07%
130	2110	6193	19.31%
131	2202	8395	20.15%
132	1460	9855	13.36%
133	682	10537	6.24%
134	255	10792	2.33%
135	99	10891	0.91%
136	25	10916	0.23%
137	8	10924	0.07%
138	3	10927	0.03%
140	2	10929	0.02%



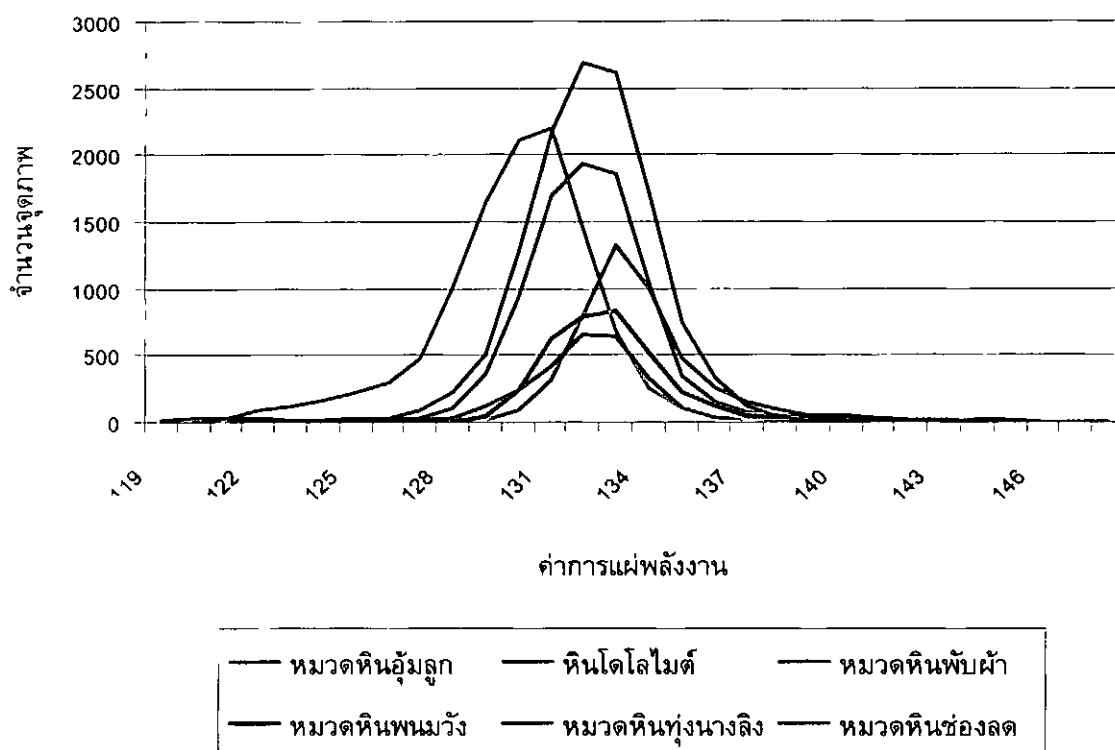
ภาพประกอบ 54 กราฟแท่งแสดงจำนวนจุดภาพ ณ ช่วงค่าจุดภาพต่างๆ ของหมวดหินช่องลด

2.2 วิเคราะห์ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียม

2.2.1 นำข้อมูลจำนวนจุดภาพและค่าการแผ่พลังงานของหมวดหินทั้ง 7 หมวดหิน มาแสดงในรูปแบบตาราง และกราฟเส้น เปรียบเทียบข้อมูลทั้ง 6 หมวดหิน ตาราง 29 ภาพประกอบ 55

ตาราง 29 จำนวนจุดภาพในช่วงค่าการแผ่พลังงานความร้อนของหมวดหิน 6 หมวด

ค่าการแผ่พลังงาน	หมวดหินอุลुक	หินโดโลไมต์	หมวดหินทับผ้า	หมวดหินพนมวัง	หมวดหินทุ่งนางลิ่ง	หมวดหินช่องลัด
119						10
120			6			23
121	2	4	28			33
122	9	9	36		1	89
123	15	18	19		1	126
124	18	8	21		5	168
125	24	4	12		7	218
126	28	12	21		11	293
127	92	10	30		9	469
128	229	12	100	2	25	1007
129	498	22	361	46	115	1647
130	1284	85	933	237	240	2110
131	2167	306	1691	626	417	2202
132	2695	789	1932	787	657	1460
133	2615	1327	1853	834	636	682
134	1705	991	1038	519	334	255
135	747	472	343	219	109	99
136	320	249	153	114	26	25
137	124	144	69	44	16	8
138	35	88	43	30	8	3
139	15	50	43	6	1	
140	11	46	22	2	1	2
141	7	23	17	1	1	
142	2	20	15			
143		8	7			
144		3	8			
145			8			
146			5			
147			4			
148			1			



ภาพประกอบ 55 กราฟเส้นแสดงค่าจุดภาพของหุมดหินทั้ง 6 หุมดหินในพื้นที่ศึกษาที่ 2

จากภาพประกอบ 55 หุมดหินอุ้มลูก หินโดโลไมต์ หุมดหินพับผ้า หุมดหินพนมวัง และหุมดหินทุ่งนางลิง มีลักษณะการกระจายตัวของค่าจุดภาพที่ใกล้เคียงกันมาก โดยมีหุมดหินช่องลดมีช่วงค่าจุดภาพต่ำกว่าหุมดหินอื่นอย่างชัดเจน แต่ในกลุ่มช่วงค่าแรก 5 หุมดหิน เราจะพบว่าในหินโดโลไมต์มีช่วงค่าจุดภาพสูงที่สุด ซึ่งจากภาพรวมทั้งหมดสามารถอธิบายได้ว่ากลุ่มหินปูนและหินโดโลไมต์มีช่วงค่าจุดภาพที่แตกต่างกัน

2.2.2 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) นำข้อมูลที่ได้ของหุมดหินทั้ง 7 หุมด มาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ เพื่อหาค่าความสัมพันธ์และจำแนกกลุ่มหินให้สอดคล้องกับการศึกษาด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย โดยโปรแกรม SPSS ได้ผลการศึกษาดังนี้

1) เมตริกซ์ซึ่งแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Matrix) ตาราง 30

ตาราง 30 เมตริกซ์แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson

Correlation	หมวดหินอุ้มลูก	โดโลไมต์	หมวดหินพับผ้า	หมวดหินพนมวัง	หมวดหินทุ่งนางลิง	หมวดหินช่องลาด
หมวดหินอุ้มลูก	1	0.787	0.993	0.984	0.987	0.509
โดโลไมต์	0.787	1	0.729	0.854	0.801	-0.078
หมวดหินพับผ้า	0.993	0.729	1	0.972	0.984	0.565
หมวดหินพนมวัง	0.984	0.854	0.972	1	0.978	0.364
หมวดหินทุ่งนางลิง	0.987	0.801	0.984	0.978	1	0.470
หมวดหินช่องลาด	0.509	-0.078	0.565	0.364	0.470	1

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson (Pearson Correlation) จะพบว่าหมวดหินอุ้มลูก และหมวดหินพับผ้ามีความสัมพันธ์กันมากที่สุด (มากกว่าตัวแปรคู่อื่นๆ) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.993 ดังนั้นหมวดหินอุ้มลูกและหมวดหินพับผ้าควรอยู่ในกลุ่มเดียวกัน

2) การทดสอบความเหมาะสมของข้อมูลที่จะทำการวิเคราะห์ปัจจัยด้วยวิธี KMO and Bartlett's Test ตาราง 31

ตาราง 31 แสดงค่าทดสอบความสัมพันธ์ของข้อมูลที่จะทำการวิเคราะห์ปัจจัยด้วยวิธี Kaiser-Meyer-Olkin และการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธี Bartlett's Test

การวัดความเหมาะสมของข้อมูลด้วยวิธี Kaiser-Meyer-Olkin		.548
การทดสอบสมมติฐานด้วยวิธี Bartlett's Test	การแจกแจงโดยประมาณแบบ Chi-Square	115.248
	df	21
	Sig.	.000

Kaiser-Meyer-Olkin ใช้วัดความเหมาะสมของข้อมูล ในการใช้เทคนิควิเคราะห์ปัจจัยในที่นี้ได้ค่าเป็น 0.548 ซึ่งมากกว่า 0.5 จึงพอสรุปได้ว่า ข้อมูลที่มีอยู่เหมาะสมที่จะใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย

การทดสอบสมมติฐานด้วยวิธี Bartlett's Test ค่า Significance = .000 ซึ่งน้อยกว่า .05 จึงปฏิเสธ H_0 เมื่อ H_0 : หมวดหินต่าง ๆ ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : หมวดหินต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กัน

3) ค่าอัตราค่าการเข้าร่วม (Communalities) ของหมวดหินที่สามารถอธิบายได้หลังจากการสกัดปัจจัย ตาราง 32

ตาราง 32 แสดงค่าอัตราค่าการเข้าร่วมของหมวดหินที่สามารถอธิบายได้หลังจากการสกัดปัจจัย

หมวดหิน	ค่าอัตราค่าการเข้าร่วมรวม ก่อนการสกัดปัจจัย	ค่าอัตราค่าการเข้าร่วม หลังจากการสกัดปัจจัย
หมวดหินอุ้มลูก	1.000	0.998
โดโลไมต์	1.000	0.995
หมวดหินพับผ้า	1.000	0.999
หมวดหินพนมวัง	1.000	0.999
หมวดหินทุ่งนางลิง	1.000	0.978
หมวดหินช่องลด	1.000	0.972

หมายเหตุ สกัดปัจจัยด้วยวิธีการวิเคราะห์ปัจจัยหลัก (Principal Component Analysis.)

ค่าอัตราค่าการเข้าร่วมปัจจัยที่สกัดได้ (Extraction Communality) เป็นค่าอัตราค่าการเข้าร่วม Communalities ของหมวดหินหลังจากที่ได้สกัดปัจจัยแล้ว โดยที่ $0 \leq \text{Communality} \leq 1$ ข้อมูลทั้งหมดมีค่าใกล้เคียง 1 แสดงว่าสามารถอธิบายความแปรผันได้

4) ค่าสถิติสำหรับแต่ละหมวดหิน ทั้งก่อนและหลังการสกัดปัจจัย ด้วยการวิเคราะห์ปัจจัยหลัก (Total Variance Explained) ตาราง 33

ตาราง 33 แสดงค่าสถิติสำหรับแต่ละหมวดหิน ทั้งก่อนและหลังการสกัดปัจจัย

ปัจจัย	ค่าความผันแปร (Initial Eigenvalues)			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	5.459	77.982	77.982	5.459	77.982	77.982	4.182	59.739	59.739
2	1.452	20.740	98.722	1.452	20.740	98.722	2.729	38.983	98.722
3	0.081	1.156	99.878						
4	0.007	0.095	99.973						
5	0.002	0.022	99.995						
6	4.1E-05	0.00059	100						

หมายเหตุ สกัดปัจจัยด้วยวิธีการวิเคราะห์ปัจจัยหลัก (Principal Component Analysis)

พบว่าควรมีปัจจัยหรือกลุ่มหินเพียง 2 กลุ่ม พิจารณาจากค่า Eigenvalues ที่มากกว่า 1 โดยปัจจัยที่ 1 สามารถอธิบายหรือดึงความแปรปรวนของข้อมูลได้มากที่สุดถึงร้อยละ 77.982 รองลงมาในปัจจัยที่ 2 ร้อยละ 20.740 ของการสกัดปัจจัยที่ยังไม่หมุนแกนปัจจัย หรือปัจจัยที่ 1 สามารถอธิบายหรือดึงความแปรปรวนของข้อมูลได้ร้อยละ 59.739 รองลงมาในปัจจัยที่ 2 ร้อยละ 38.983 ของการสกัดปัจจัยหลังจากหมุนแกนปัจจัยหลักแล้ว

5) ค่าแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหมวดหินกับปัจจัย ทั้ง 2 ปัจจัย (Component Matrix) แสดงในรูปแบบค่าน้ำหนักของปัจจัย (Factor loading) ตาราง 34

ตาราง 34 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหมวดหินกับค่าน้ำหนักของปัจจัย

หมวดหิน	ค่าน้ำหนักของปัจจัย	
	1	2
หมวดหินอุ้มลูก	0.993	-0.109
โดโลไมต์	0.840	0.539
หมวดหินพับผ้า	0.978	-0.205
หมวดหินพนมวัง	0.998	-0.058
หมวดหินทุ่งนางลิง	0.986	-0.075
หมวดหินช่องลด	0.679	-0.715

ค่าน้ำหนักของปัจจัย หรือที่เรียกกันว่า Factor loading เป็นค่าที่แสดงความสัมพันธ์ของหมวดหินกับปัจจัย ทั้ง 2 ปัจจัย โดยที่ยังไม่มีการหมุนแกนปัจจัย ในการศึกษาใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยหลักซึ่งทำให้ปัจจัยตั้งฉากกัน หรือเป็นอิสระกัน ซึ่งทำให้ค่า Factor loading เป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของหมวดหินกับปัจจัย

6) ค่าแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหมวดหินกับปัจจัย ทั้ง 2 ปัจจัย เมื่อมีการหมุนแกนปัจจัย (Rotated Component Matrix) ตาราง 35

ตาราง 35 ค่าแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหมวดหินกับปัจจัย ทั้ง 2 ปัจจัย เมื่อมีการหมุนแกนปัจจัย

หมวดหิน	ค่าน้ำหนักของปัจจัย	
	1	2
หมวดหินอัสมุก	0.881	0.470
โดโลไมต์	0.389	0.919
หมวดหินพิบผ้า	0.923	0.383
หมวดหินพนมวัง	0.856	0.516
หมวดหินทุ่งนางลิง	0.856	0.495
หมวดหินช่องลด	0.964	-0.206

แสดงค่า Factor loading เมื่อมีการหมุนแกนปัจจัยโดยวิธี Varimax จะพบว่าค่า Factor loading เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเทียบกับค่า Factor loading เมื่อยังไม่มีการหมุนแกนและยังสามารถจัดกลุ่มหินตาม Factor ได้ดังนี้

1. Factor ที่ 1 ประกอบด้วยหมวดหินอัสมุก หมวดหินพิบผ้า หมวดหินพนมวัง หมวดหินทุ่งนางลิง และหมวดหินช่องลด

2. Factor ที่ 2 ประกอบด้วยหินโดโลไมต์

7) จากการวิเคราะห์ค่าการแผ่พลังงานความร้อนของหมวดหินต่างๆ ด้วยวิธีการทางสถิติ สามารถจัดกลุ่มหินที่สอดคล้องกับกับศึกษาได้ดังนี้

1. กลุ่มหินปูน ได้แก่ หมวดหินอัสมุก หมวดหินพิบผ้า หมวดหินพนมวัง หมวดหินทุ่งนางลิง และหมวดหินช่องลด

2. กลุ่มหินโดโลไมต์และหมวดหินอื่นๆ ที่ไม่ใช่หินปูน ได้แก่ หินโดโลไมต์

2.2.3 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีจำแนกกลุ่มช่วงข้อมูล (Cluster Analysis) นำช่วงค่าการแผ่พลังงานความร้อนที่ได้จากข้อมูลดาวเทียมมาวิเคราะห์หาช่วงของข้อมูลที่สัมพันธ์กับกลุ่มหินที่ได้จากการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) โดยการจำแนกกลุ่มช่วงข้อมูลด้วยเทคนิคที่ใช้จำแนกหรือแบ่ง Case (ในการศึกษานี้ Case ได้แก่ ค่าการแผ่พลังงานความร้อน) หรือแบ่งตัวแปรออกเป็นกลุ่มย่อยๆ ตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไป (Cluster Analysis) ด้วยโปรแกรม SPSS ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

1) สรุปการประมวลผลค่าการแผ่พลังงานความร้อนหรือค่าจุลภาพ (Case Processing Summary) ตาราง 36

ตาราง 36 สรุปการประมวลผลค่าการแผ่พลังงานความร้อน แสดงจำนวนช่วงค่าการแผ่พลังงานความร้อนหรือค่าจุลภาพที่นำมาใช้ในการคำนวณ รวมทั้งหมด 19 ค่า จากช่วงค่าทั้งหมด 30 ค่า

ค่าการแผ่พลังงานความร้อน (จำนวน Cases)							
ค่าที่นำมาใช้		ค่าที่ตัดออก				รวม	
		ข้อมูลไม่ครบ		ข้อมูลติดลบ			
จำนวน Case	ร้อยละ	จำนวน Case	ร้อยละ	จำนวน Case	ร้อยละ	จำนวน Case	ร้อยละ
19	63.3%	11	36.7%	0	.0%	30	100.0%

2) ตารางเมตริกซ์ประมาณระยะห่างของค่าการแผ่พลังงานแต่ละค่า (Proximity Matrix) ตาราง Proximity Matrix เป็นตารางแสดงระยะห่างของ Case (ช่วงค่าการแผ่พลังงานหรือค่าจุลภาพ) แต่ละคู่ โดยระยะห่างที่ใช้คือ ค่า Chi-square between Sets of Frequencies ของหมวดหินช่องลตที่เป็นตัวแทนหินปูนและหินโดโลไมต์ เช่น ช่วงค่าการแผ่พลังงานที่ 125 และช่วงค่าการแผ่พลังงานที่ 127 ห่างกัน 0.252 ซึ่งเป็นระยะทางที่น้อยที่สุดในกลุ่มนี้ดังนั้นควรจัดค่าการแผ่พลังงานที่ 125 และค่าการแผ่พลังงานที่ 127 ไว้ในกลุ่มเดียวกัน ตาราง 37

ตาราง 37 ตารางเมตริกซ์ประมาณระยะห่างของค่าการแผ่พลังงานแต่ละค่า (Proximity Matrix)

CASE	3: 121	4: 122	5: 123	6: 124	7: 125	8: 126	9: 127	10: 128	11: 129	12: 130
3: 121	0.000	0.286	0.280	1.502	2.932	1.870	3.147	4.712	4.662	2.139
4: 122	0.286	0.000	0.804	1.525	3.083	2.034	3.587	5.574	5.764	2.594
5: 123	0.280	0.804	0.000	2.591	4.206	3.393	5.288	8.023	8.765	4.888
6: 124	1.502	1.525	2.591	0.000	1.590	0.323	1.706	3.216	3.220	0.443
7: 125	2.932	3.083	4.206	1.590	0.000	1.409	0.252	0.747	0.581	1.561
8: 126	1.870	2.034	3.393	0.323	1.409	0.000	1.526	3.166	3.229	0.053
9: 127	3.147	3.587	5.288	1.706	0.252	1.526	0.000	1.366	1.225	1.912
10: 128	4.712	5.574	8.023	3.216	0.747	3.166	1.366	0.000	0.316	4.155
11: 129	4.662	5.764	8.765	3.220	0.581	3.229	1.225	0.316	0.000	4.793
12: 130	2.139	2.594	4.888	0.443	1.561	0.053	1.912	4.155	4.793	0.000
13: 131	0.257	0.899	0.107	3.055	4.681	4.305	6.594	10.360	12.807	10.321
14: 132	3.077	5.298	5.557	8.306	10.134	11.002	14.407	20.873	25.795	26.170
15: 133	6.983	11.413	12.821	16.049	18.518	20.471	25.230	33.965	40.557	42.640
16: 134	9.874	15.366	17.074	20.371	22.833	24.757	29.190	37.349	43.873	46.012
17: 135	10.273	14.950	16.202	18.906	20.870	22.324	26.096	33.875	40.468	41.822
18: 136	11.736	15.055	15.852	18.057	19.732	20.992	24.676	32.839	39.659	39.702
19: 137	11.108	13.552	14.207	16.334	18.052	19.288	23.170	31.665	38.308	36.510
20: 138	9.798	12.028	12.636	14.874	16.736	17.876	21.928	30.495	36.606	32.809
22: 140	7.897	10.150	10.607	13.107	15.207	15.971	20.093	28.267	33.103	26.877

Chi-square between Sets of Frequencies

ตาราง 37 (ต่อ)

CASE	13: 131	14: 132	15: 133	16: 134	17: 135	18: 136	19: 137	20: 138	22: 140
3: 121	0.257	3.077	6.983	9.874	10.273	11.736	11.108	9.798	7.897
4: 122	0.899	5.298	11.413	15.366	14.950	15.055	13.552	12.028	10.150
5: 123	0.107	5.557	12.821	17.074	16.202	15.852	14.207	12.636	10.607
6: 124	3.055	8.306	16.049	20.371	18.906	18.057	16.334	14.874	13.107
7: 125	4.681	10.134	18.518	22.833	20.870	19.732	18.052	16.736	15.207
8: 126	4.305	11.002	20.471	24.757	22.324	20.992	19.288	17.876	15.971
9: 127	6.594	14.407	25.230	29.190	26.096	24.676	23.170	21.928	20.093
10: 128	10.360	20.873	33.965	37.349	33.875	32.839	31.665	30.495	28.267
11: 129	12.807	25.795	40.557	43.873	40.468	39.659	38.308	36.606	33.103
12: 130	10.321	26.170	42.640	46.012	41.822	39.702	36.510	32.809	26.877
13: 131	0.000	18.717	37.436	40.853	34.969	30.942	26.355	22.080	16.656
14: 132	18.717	0.000	20.178	25.178	20.421	17.720	14.603	11.905	8.658
15: 133	37.436	20.178	0.000	8.257	7.623	8.337	7.314	6.100	4.328
16: 134	40.853	25.178	8.257	0.000	1.563	4.385	4.528	4.006	2.777
17: 135	34.969	20.421	7.623	1.563	0.000	3.159	3.726	3.446	2.372
18: 136	30.942	17.720	8.337	4.385	3.159	0.000	1.428	1.810	1.143
19: 137	26.355	14.603	7.314	4.528	3.726	1.428	0.000	0.714	0.304
20: 138	22.080	11.905	6.100	4.006	3.446	1.810	0.714	0.000	0.262
22: 140	16.656	8.658	4.328	2.777	2.372	1.143	0.304	0.262	0.000

Chi-square between Sets of Frequencies

3) การจัดกลุ่มค่าการแผ่พลังงาน (Cluster Membership) โดยในการศึกษานี้ทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นแบบ 2 กลุ่ม 3 กลุ่มและแบบ 4 กลุ่ม ตาราง 38

ตาราง 38 ตารางการจัดกลุ่มค่าการแผ่พลังงาน เป็นแบบ 3 กลุ่ม และแบบ 2 กลุ่ม

ค่าการแผ่พลังงานความร้อน	4 Clusters	3 Clusters	2 Clusters
3: 121	1	1	1
4: 122	1	1	1
5: 123	1	1	1
6: 124	1	1	1
7: 125	1	1	1
8: 126	1	1	1
9: 127	1	1	1
10: 128	1	1	1
11: 129	1	1	1
12: 130	1	1	1
13: 131	1	1	1
14: 132	2	2	1
15: 133	3	3	2
16: 134	4	3	2
17: 135	4	3	2
18: 136	4	3	2
19: 137	4	3	2
20: 138	4	3	2
22: 140	4	3	2

4) สรุปการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแบ่งตัวแปรออกเป็นกลุ่มย่อยๆ ตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไป (Cluster Analysis) สามารถจำแนกช่วงค่าการแผ่พลังงานที่สอดคล้องกับการวิเคราะห์กลุ่มหินด้วยเทคนิค Factor Analysis ดังนั้นช่วงค่าของข้อมูลการแผ่พลังงานที่สอดคล้องกับกลุ่มหินปูนและหินโดโลไมต์จึงสามารถจัดกลุ่มได้ดังนี้

1. กลุ่มหินปูน มีค่าการแผ่พลังงานอยู่ในช่วง 121 ถึง 132 ของช่วงค่าระดับสีเทา มีความสัมพันธ์กับหมวดหินอัมลูก หมวดหินทับผ้า หมวดหินพนมวัง หมวดหินทุ่งนางลิง และหมวดหินช่องลด

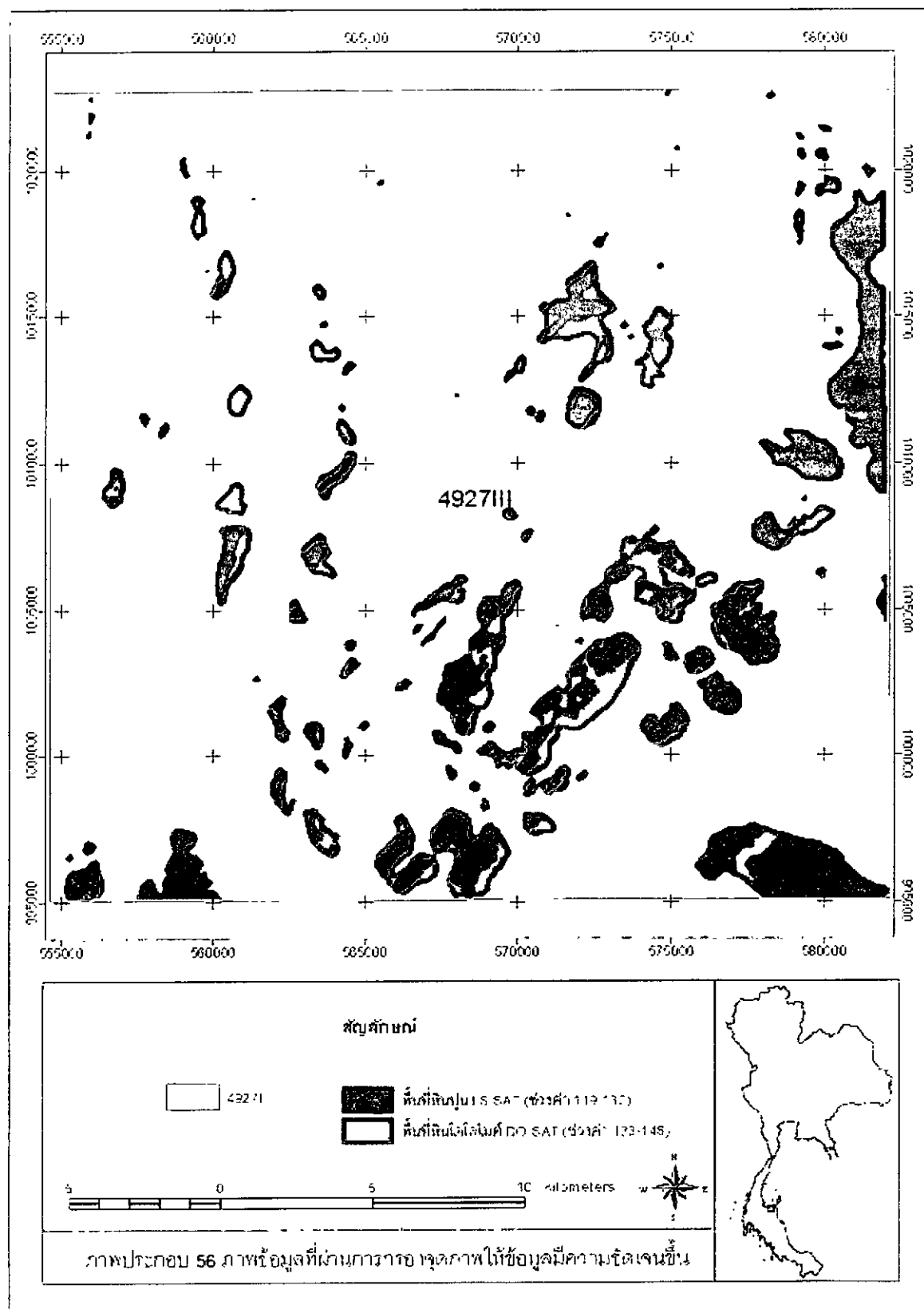
2. กลุ่มหินโดโลไมต์และหินอื่นที่ไม่ใช่หินปูน มีค่าการแผ่พลังงานอยู่ในช่วง 133-140 ของช่วงค่าระดับสีเทา มีความสัมพันธ์กับหินโดโลไมต์

2.2.4 นำช่วงค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิค Cluster Analysis มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมในพื้นที่ศึกษาด้วยวิธีการ Density Sliced โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ช่วงค่าการแผ่พลังงานดังนี้

1. ช่วงที่ 1 ค่าการแผ่พลังงานในช่วง 119 ถึง 132 (เริ่มที่ค่าต่ำสุดของข้อมูลดาวเทียมในพื้นที่ศึกษาที่ 2
2. ช่วงที่ 2 ค่าการแผ่พลังงานในช่วง 133 ถึง 148 (สิ้นสุดที่ค่าสูงสุดของข้อมูลดาวเทียมในพื้นที่ศึกษาที่ 2)

2.2.5 นำข้อมูลที่ได้จากการแบ่งช่วงมาทำการจัดกลุ่มข้อมูล ได้ข้อมูล 2 กลุ่ม แล้วทำการรวมข้อมูลหลักในแต่ละกลุ่มใหม่เพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น ด้วยวิธีการ Majority Analysis โดยการใช้หน้าตาจุดภาพขนาด 5x5 มากรองข้อมูลตามข้อมูลหลักเพื่อให้ขอบเขตของข้อมูลแต่ละกลุ่มมีความชัดเจนมากขึ้น ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์แบ่งเป็น 2 กลุ่มดังนี้ ภาพประกอบ 56

1. พื้นที่หินปูน (LS-SAT) เป็นข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมจากค่าการแผ่พลังงาน ซึ่งพื้นที่หินปูน (LS-SAT) เป็นตัวแทนค่าการแผ่พลังงานในช่วงค่า 119 ถึง 132
2. พื้นที่หินโดโลไมต์หรือหมวดหินอื่นที่มีหินอื่นปะปนในปริมาณที่เด่นชัด(DO-SAT) เป็นข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมจากค่าการแผ่พลังงาน ซึ่งพื้นที่หินโดโลไมต์หรือหมวดหินอื่นที่มีหินอื่นปะปนในปริมาณที่เด่นชัด (DO-SAT) เป็นตัวแทนค่าการแผ่พลังงานในช่วงค่า 133 ถึง 148



ภาพประกอบ 56 ภาพข้อมูลที่ได้จากการกรองจุดภาพให้ข้อมูลมีความชัดเจนขึ้น

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อหาความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์

1. แปลงข้อมูลที่ได้จากข้อมูลจุดภาพ (Raster) ให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Vector) เพื่อหาพื้นที่ของข้อมูลแต่ละกลุ่มและนำข้อมูลที่อยู่ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ไปเปรียบเทียบกับแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ โดยข้อมูลที่ได้มีรายละเอียดดังนี้

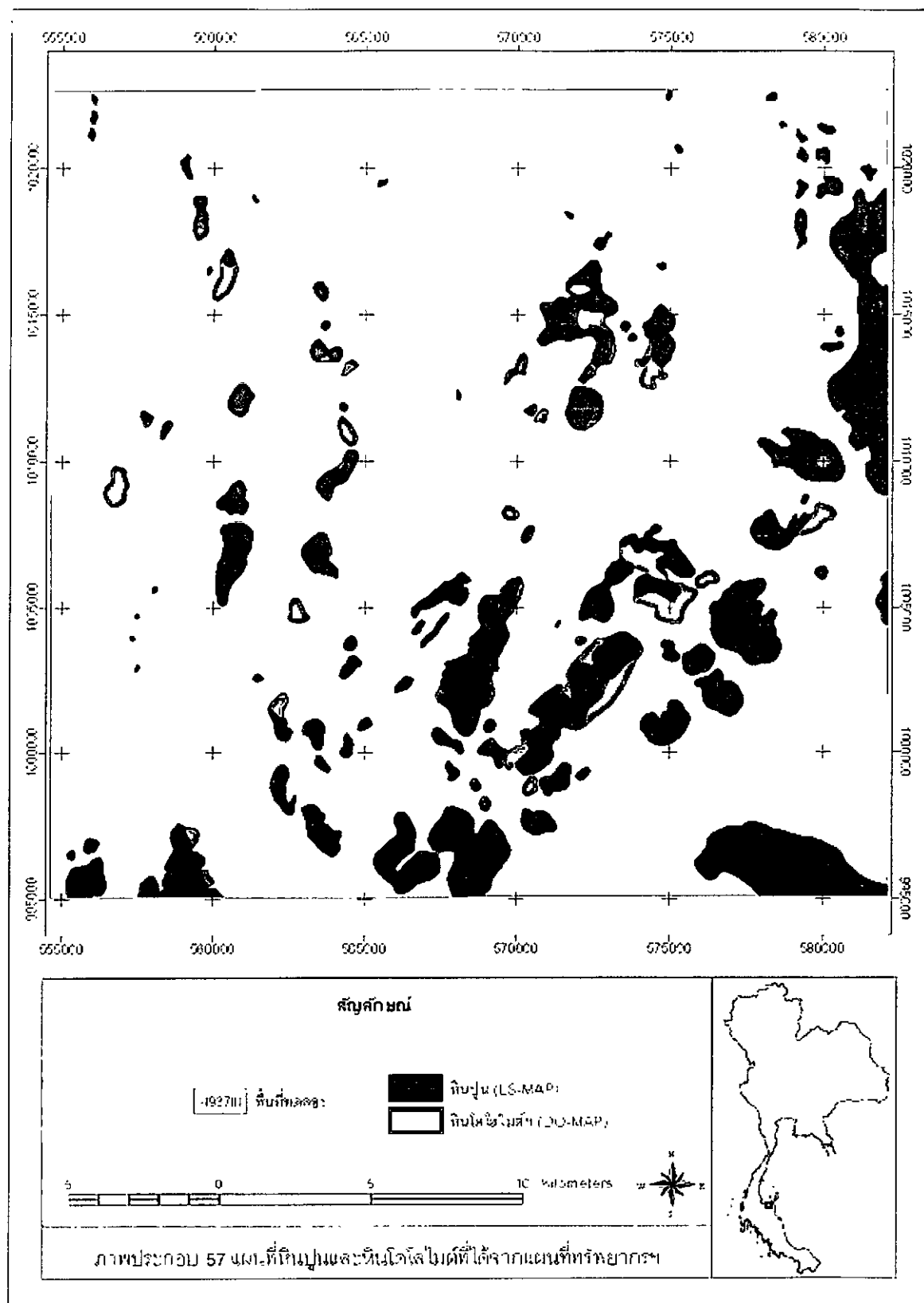
1.1 ข้อมูลค่าจุดภาพในช่วง 119 ถึง 132 (LS-SAT) มีพื้นที่ทั้งหมด 65.85 ตารางกิโลเมตร แสดงข้อมูลหินปูนจากข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่พบในพื้นที่ศึกษาที่ 2

1.2 ข้อมูลค่าจุดภาพในช่วง 133 ถึง 148 (DO-SAT) มีพื้นที่ทั้งหมด 35.73 ตารางกิโลเมตร แสดงข้อมูลหินโดโลไมต์หรือหมวดหินอื่นที่มีหินอื่นปะปนในปริมาณที่เด่นชัดจากข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่พบในพื้นที่ศึกษาที่ 2

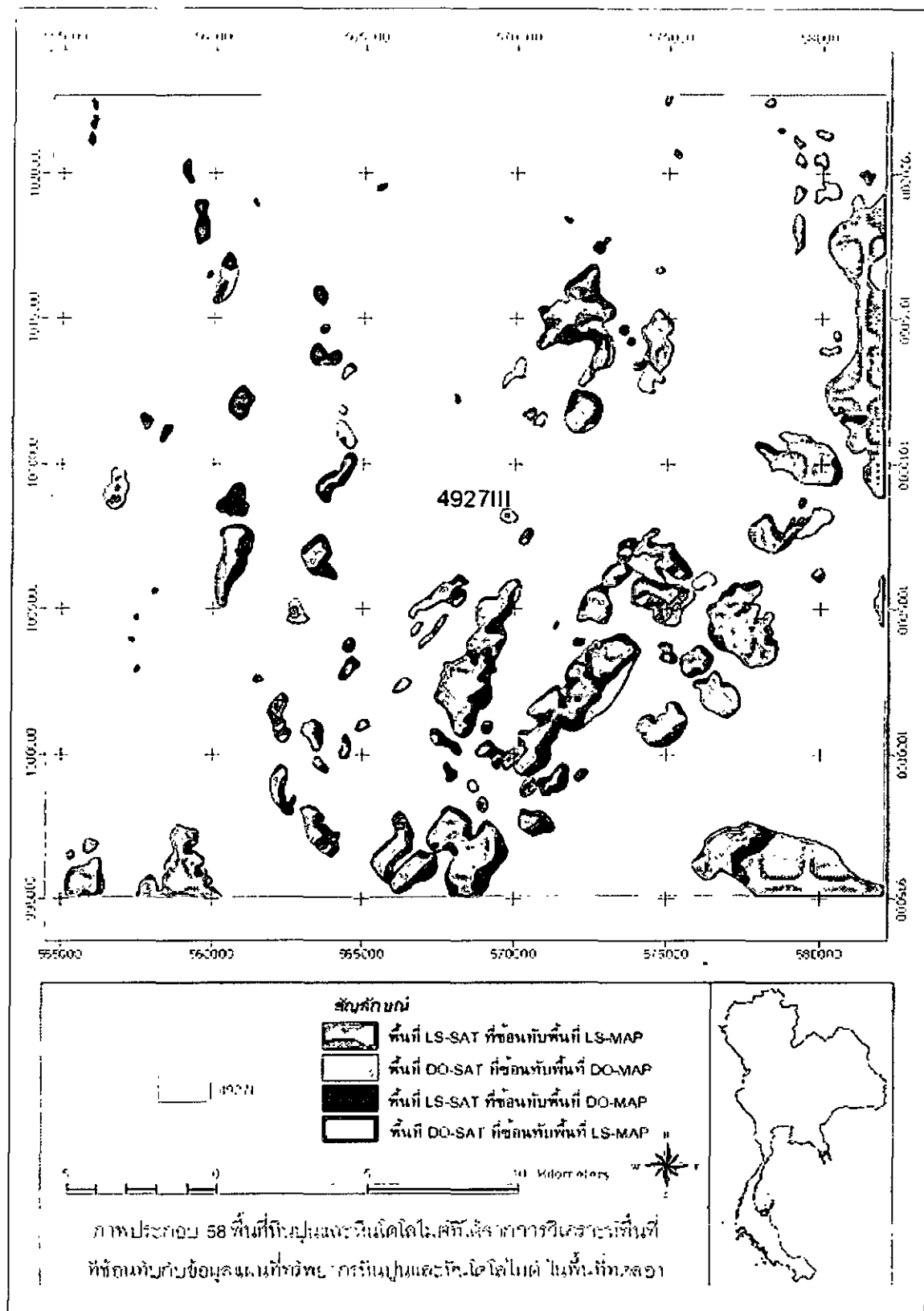
2. นำผลจากการวิเคราะห์หาพื้นที่หินปูนและหินโดโลไมต์ที่ได้จากข้อมูลอินฟราเรดความร้อนมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ ภาพประกอบ 57 เพื่อหาพื้นที่และร้อยละของพื้นที่ที่ซ้อนทับกันระหว่างข้อมูลทั้ง 2 ภาพประกอบ 58 ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

2.1 ข้อมูลค่าจุดภาพในช่วง 119 ถึง 132 (LS-SAT) มีพื้นที่ซ้อนทับกับข้อมูลหินปูน (LS-MAP) ที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ 61.99 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 66.19 ของพื้นที่หินปูน (LS-MAP) (93.66 ตารางกิโลเมตร)

2.2 ข้อมูลค่าจุดภาพในช่วง 133 ถึง 148 (DO-SAT) มีพื้นที่ซ้อนทับกับข้อมูลหินโดโลไมต์หรือหมวดหินอื่นที่มีหินอื่นปะปนในปริมาณที่เด่นชัด ที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ 7.75 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 68.16 ของพื้นที่หินโดโลไมต์กลุ่มที่ 2 (11.37 ตารางกิโลเมตร)



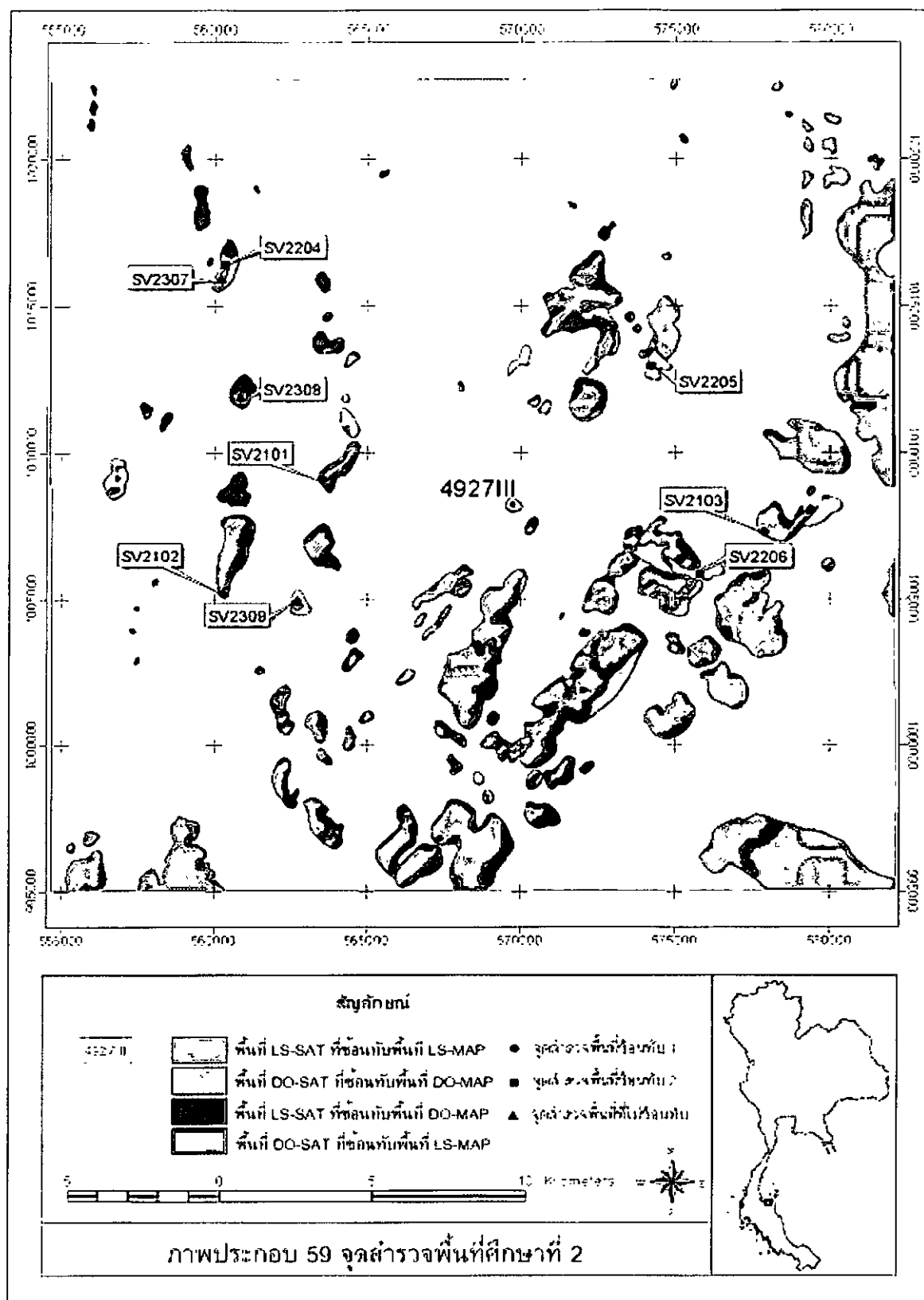
ภาพประกอบ 57 แผนที่หินปูนและหินโดโลไมต์ที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์



ภาพประกอบ 58 พื้นที่หินปูนและหินโดโลไมต์ที่ได้จากการวิเคราะห์พื้นที่ที่ซ้อนทับกับข้อมูลแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ในพื้นที่ศึกษาที่ 2

การสำรวจและเก็บตัวอย่างภาคสนาม

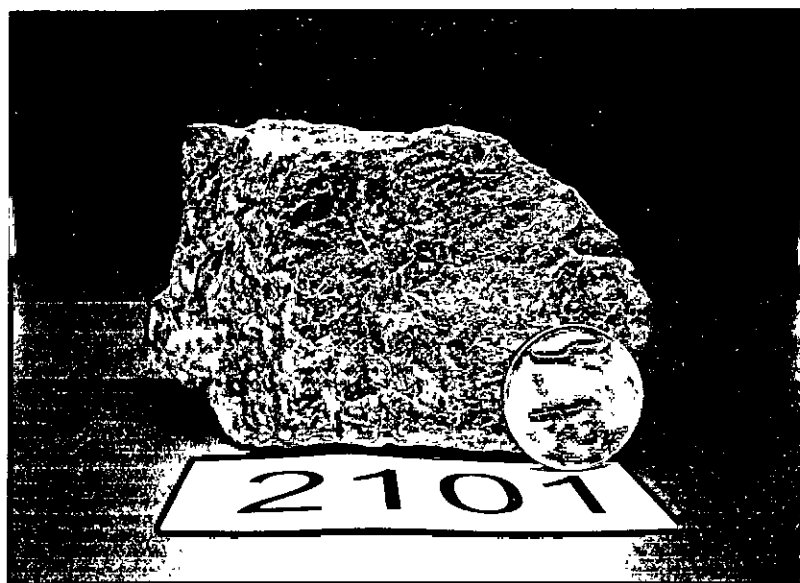
นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่มมาทำการกำหนดพื้นที่ที่จะใช้ในการสำรวจภาคสนาม โดยกำหนดจุดในการเก็บข้อมูลจากกลุ่มข้อมูลในพื้นที่ซ้อนทับกลุ่มละ 3 จุด และจุดที่ไม่อยู่ในพื้นที่ซ้อนทับแต่อยู่ในพื้นที่หินคาร์บอเนต 3 จุด รวม 9 จุด กระจายทั่วพื้นที่ศึกษาภาพประกอบ 59 ได้ผลการสำรวจดังนี้



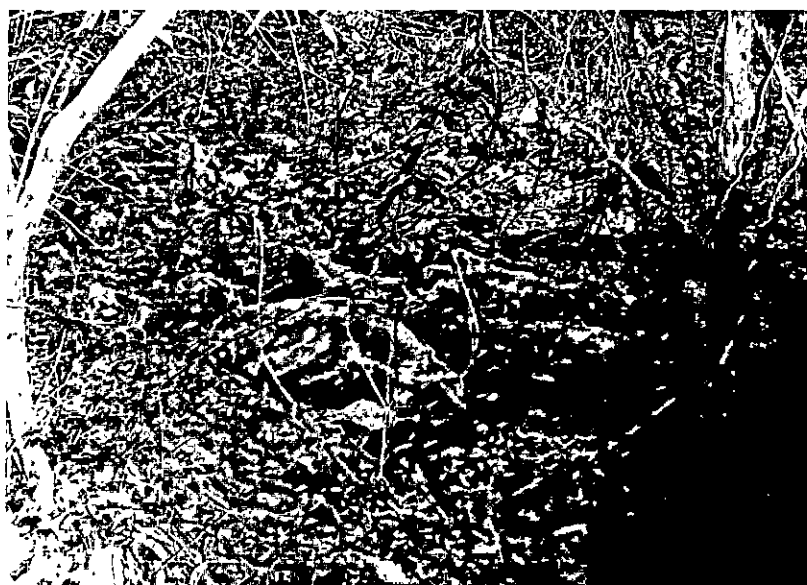
ภาพประกอบ 59 จุดสำรวจพื้นที่ศึกษาที่ 2

1. พื้นที่สำรวจกลุ่มข้อมูลที่แสดงกลุ่มหินปูน ได้แก่

- จุดสำรวจที่ 1 SV2101 พิกัด 563530 ตะวันออก 1009072 เหนือ ภาพประกอบ 60 และ 61

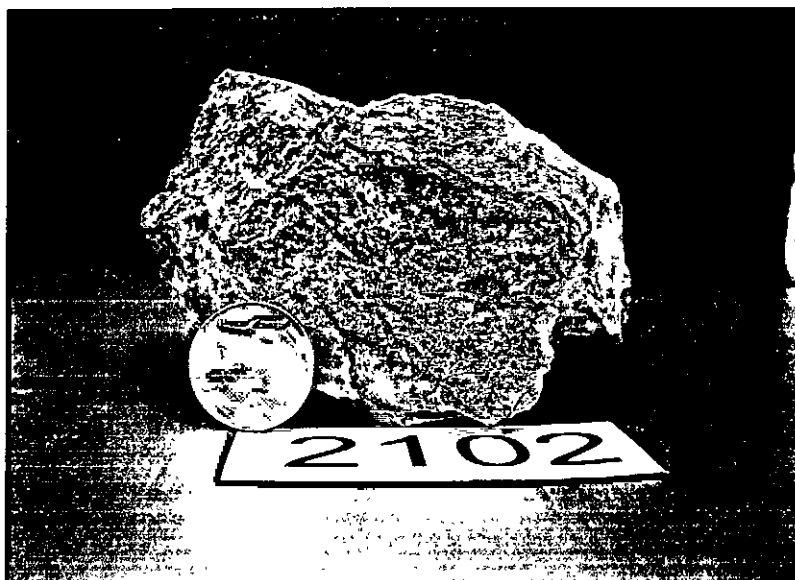


ภาพประกอบ 60 ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 1 ที่อยู่ในเขตพื้นที่ LS-SAT ซ้อนทับพื้นที่ LS-MAP



ภาพประกอบ 61 พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 1

- จุดสำรวจที่ 2 SV2102 พิกัด 560286 ตะวันออก 1005196 เหนือ ภาพประกอบ 62 และ 63

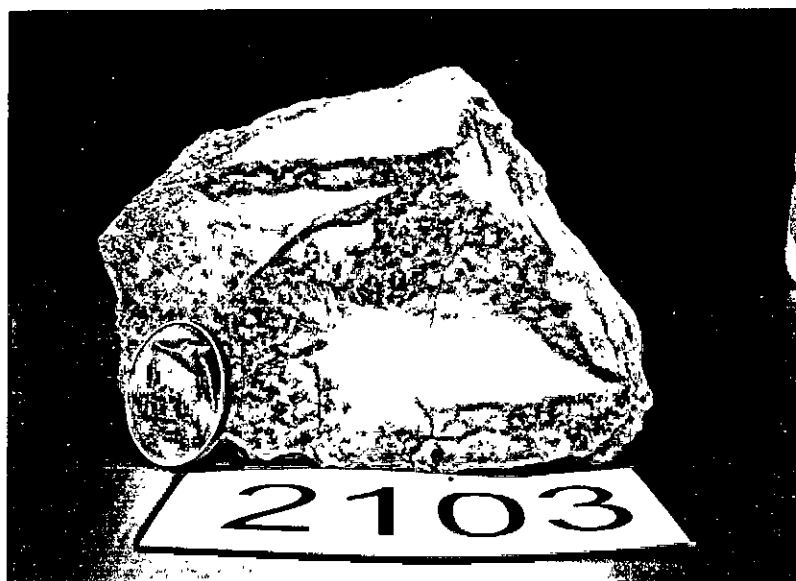


ภาพประกอบ 62 ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 2 ที่อยู่ในเขตพื้นที่ LS-SAT ช้อนทับพื้นที่ LS-MAP



ภาพประกอบ 63 พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 2

- จุดสำรวจที่ 3 SV2103 พิกัด 577860 ตะวันออก 1007258 เหนือ ภาพประกอบ 64 และ 65



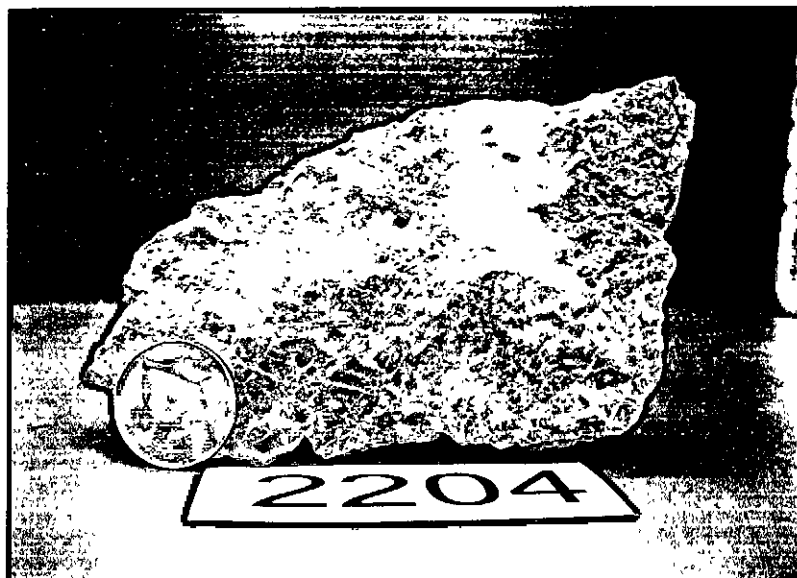
ภาพประกอบ 64 ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 3 ที่อยู่ในเขตพื้นที่ LS-SAT ซ้อนทับพื้นที่ LS-MAP



ภาพประกอบ 65 พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 3

2. พื้นที่สำรวจกลุ่มข้อมูลที่แสดงกลุ่มหินโดโลไมต์

- จุดสำรวจที่ 4 SV2204 พิกัด 560332 ตะวันออก 1016372 เหนือ ภาพประกอบ 66 และ 67

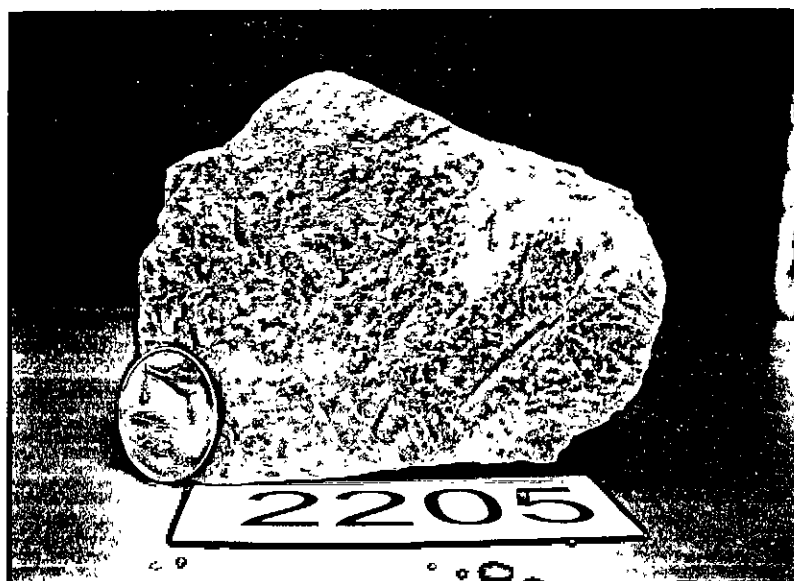


ภาพประกอบ 66 ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 4 ที่อยู่ในเขตพื้นที่ DO-SAT ซ้อนทับพื้นที่ DO-MAP



ภาพประกอบ 67 พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 4

- จุดสำรวจที่ 5 SV2205 พิกัด 574228 ตะวันออก 1012936 เหนือ ภาพประกอบ 68 และ 69

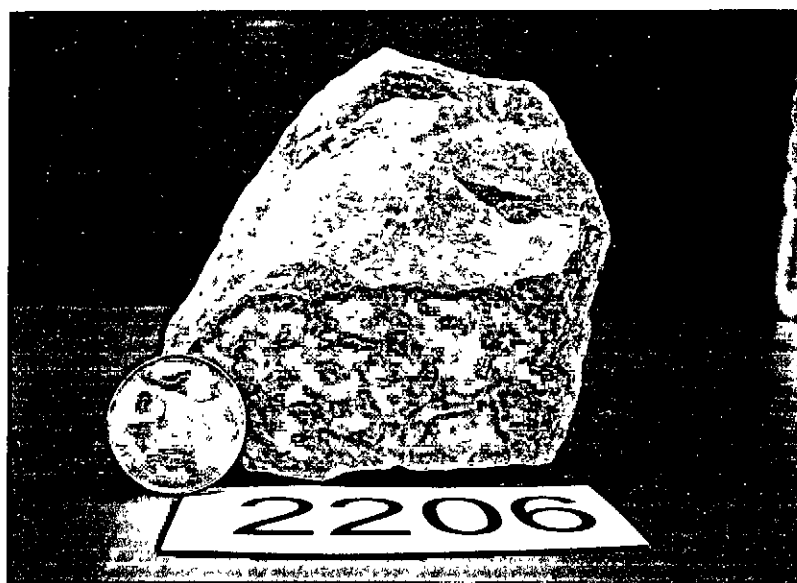


ภาพประกอบ 68 ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 5 ที่อยู่ในเขตพื้นที่ DO-SAT ช้อนทับพื้นที่ DO-MAP

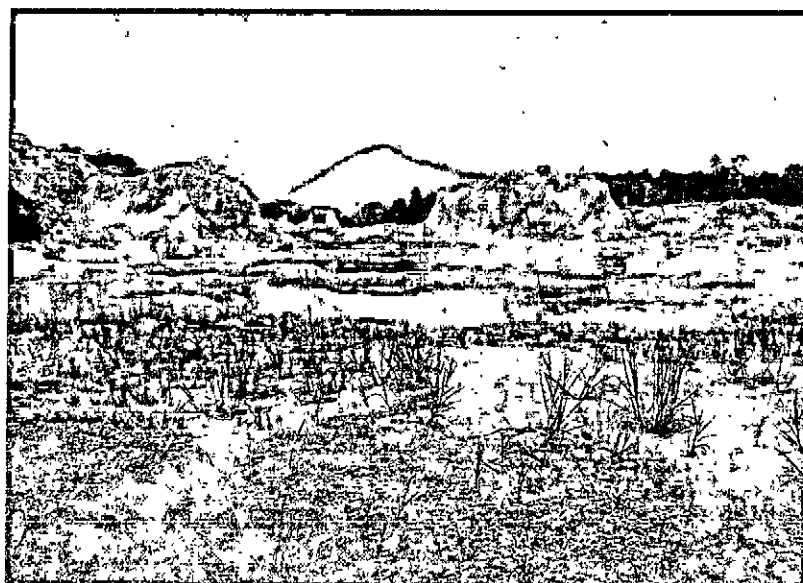


ภาพประกอบ 69 พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 5

- จุดสำรวจที่ 6 SV2206 พิกัด 575811 ตะวันออก 1005835 เหนือ ภาพประกอบ 70 และ 71



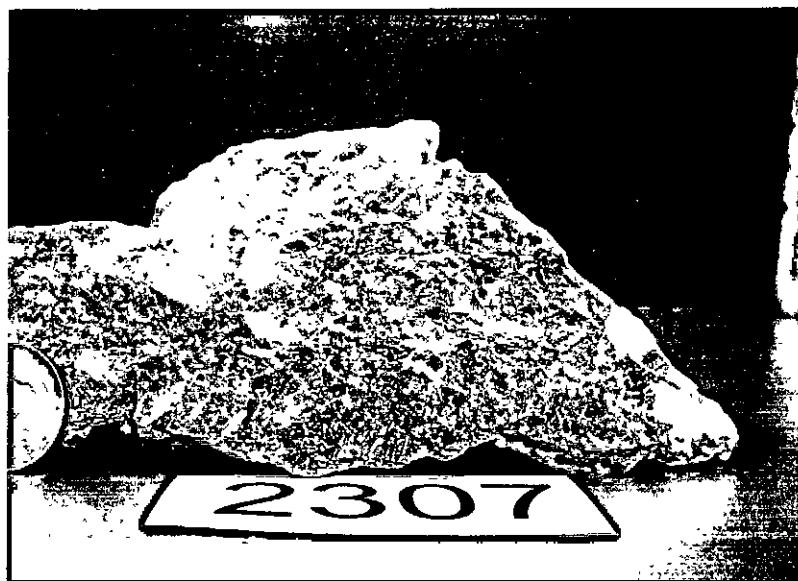
ภาพประกอบ 70 ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 6 ที่อยู่ในเขตพื้นที่ DO-SAT ซ้อนทับพื้นที่ DO-MAP



ภาพประกอบ 71 พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 6

3. พื้นที่สำรวจที่ไม่อยู่ในพื้นที่ซ้อนทับแต่อยู่ในกลุ่มหินคาร์บอเนต

- จุดสำรวจที่ 7 SV2307 พิกัด 560193 ตะวันออก 1015934 เหนือ ภาพประกอบ 72 และ 73

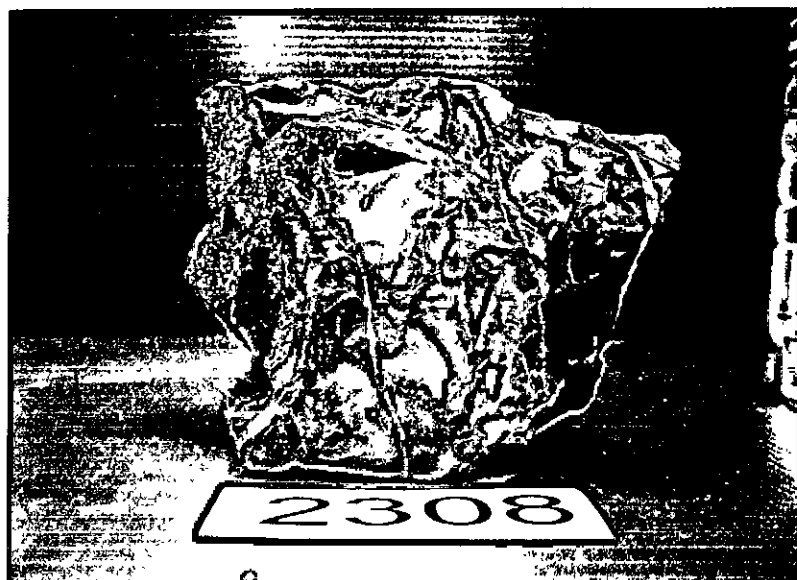


ภาพประกอบ 72 ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 7 ที่อยู่ในเขตพื้นที่ DO-SAT ซ้อนทับพื้นที่ LS-MAP



ภาพประกอบ 73 พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 7

- จุดสำรวจที่ 8 SV2308 พิกัด 560821 ตะวันออก 1011911 เหนือ ภาพประกอบ 74 และ 75

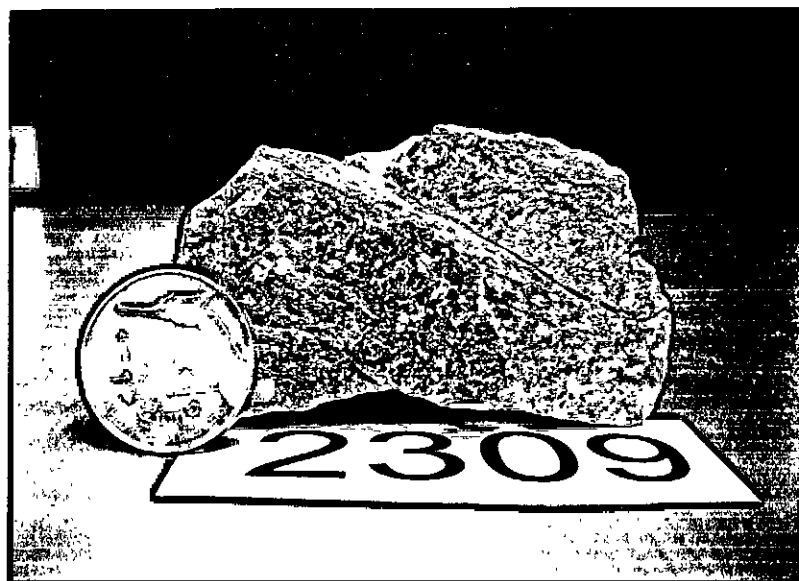


ภาพประกอบ 74 ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 8 ที่อยู่ในเขตพื้นที่ LS-SAT ซ้อนทับพื้นที่ DO-MAP



ภาพประกอบ 75 พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 8

- จุดสำรวจที่ 9 SV2309 พิกัด 562712 ตะวันออก 1004490 เหนือ ภาพประกอบ 76 และ 77



ภาพประกอบ 76 ตัวอย่างหินที่พบบริเวณจุดสำรวจที่ 9 ที่อยู่ในเขตพื้นที่ DO-SAT ช้อนทับพื้นที่ LS-MAP



ภาพประกอบ 77 พื้นที่บริเวณจุดสำรวจที่ 9

เปรียบเทียบความสัมพันธ์ที่ได้จากพื้นที่ศึกษาที่ 2 กับความสัมพันธ์ที่ได้จากพื้นที่ศึกษาที่ 1

ความสัมพันธ์ของข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียมกับกลุ่มหินปูนและกลุ่มหินโดโลไมต์ ทั้งจากพื้นที่ศึกษาที่ 1 (จ.กาญจนบุรี) กับพื้นที่ศึกษาที่ 2 (จ.สุราษฎร์ธานี) สามารถสรุปได้ดังนี้

1. กลุ่มหินปูน

ในพื้นที่ศึกษาที่ 1 ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนปรากฏค่าจุดภาพในช่วง 134 – 143

ในพื้นที่ศึกษาที่ 2 ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนปรากฏค่าจุดภาพในช่วง 119 - 132

2. กลุ่มหินโดโลไมต์

ในพื้นที่ศึกษาที่ 1 ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนปรากฏค่าจุดภาพในช่วง 144 – 165

ในพื้นที่ศึกษาที่ 2 ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนปรากฏค่าจุดภาพในช่วง 133 – 148

ช่วงค่าจุดภาพในแต่ละกลุ่มหินในพื้นที่ศึกษาที่ 1 และพื้นที่ศึกษาที่ 2 เป็นช่วงค่าที่ได้จากการเตรียมข้อมูลด้วยวิธีจำแนกกลุ่มช่วงข้อมูล (Cluster Analysis) เพื่อมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมในพื้นที่ศึกษาด้วยวิธีการ Density Sliced

ความสัมพันธ์ที่ได้จากพื้นที่ศึกษาที่ 1 มีความสอดคล้องกับความสัมพันธ์ที่ได้จากพื้นที่ศึกษาที่ 2 เนื่องจากช่วงค่าของกลุ่มหินปูนทั้ง 2 พื้นที่มีค่าต่ำกว่าช่วงค่าของกลุ่มหินโดโลไมต์ ดังนั้นสรุปได้ว่าค่าการแผ่พลังงานความร้อนของกลุ่มหินปูนจะมีค่าต่ำกว่าค่าการแผ่พลังงานความร้อนของกลุ่มหินโดโลไมต์

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผลการศึกษาค้นคว้าและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

สรุปผลการศึกษาในพื้นที่ศึกษาที่ 1 (จังหวัดกาญจนบุรี)

ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียมในส่วนที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มหินคาร์บอเนตสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วง จากค่าจุดภาพทั้งหมด 32 ค่า มีความสัมพันธ์กับกลุ่มหินคาร์บอเนตที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ ซึ่งมีการจัดกลุ่มหินออกเป็น 2 กลุ่มที่สอดคล้องกับช่วงค่าจุดภาพที่ได้จากข้อมูลอินฟราเรดความร้อน ดังนี้

1. ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียม โดยการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยเทคนิคการจำแนกหรือแบ่งกลุ่มตัวแปร (Cluster Analysis) เพื่อแบ่งข้อมูลออกเป็นช่วง ๆ ที่เป็นตัวแทนของกลุ่มข้อมูลหรืออธิบายความแปรผันของชุดข้อมูลได้สูงสุด แบ่งออกเป็น 2 ช่วงค่า ดังนี้

1.1 ข้อมูลค่าจุดภาพในช่วง 134 ถึง 143 เป็นค่าที่เป็นตัวแทนกลุ่มหินปูน (LS-SAT) มีค่าจุดภาพ 10 ค่า

1.2 ข้อมูลค่าจุดภาพในช่วง 144 ถึง 165 เป็นค่าที่เป็นตัวแทนกลุ่มหินโดโลไมต์หรือหมวดหินอื่นที่มีหินอื่นปะปนในปริมาณที่เด่นชัด (DO-SAT) มีค่าจุดภาพ 22 ค่า

2. ข้อมูลที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยใช้วิธีการทางสถิติด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) มาวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมของหมวดหินแต่ละหมวด ซึ่งสอดคล้องกับหมวดหินที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ ดังนี้

2.1 กลุ่มที่ 1 ได้แก่ กลุ่มหินปูน (LS-MAP) ได้แก่ หมวดหินพุเลียบ และหมวดหินแก้วน้อย มีพื้นที่ 68.99 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 30.98 ของพื้นที่หินคาร์บอเนตทั้งหมด

2.2 กลุ่มที่ 2 ได้แก่ กลุ่มหินโดโลไมต์หรือหมวดหินอื่นที่มีหินอื่นปะปนในปริมาณที่เด่นชัด (DO-MAP) หมวดหินที่พบในกลุ่มนี้ได้แก่ หินโดโลไมต์ หมวดหินถ้ำขุนไกร และหมวดหินถ้ำมังกรทอง มีพื้นที่ 153.72 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 69.02 ของพื้นที่หินคาร์บอเนตทั้งหมด

3. ผลของการจำแนกหินปูนและหินโดโลไมต์ในพื้นที่ศึกษาที่ 1 จากการแบ่งช่วงข้อมูลออกเป็น 2 ช่วงที่สอดคล้องกับหินปูนและหินโดโลไมต์ เมื่อมาซ้อนทับกับข้อมูลที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ ได้ผลการศึกษา ดังนี้

3.1 ข้อมูลหินปูนที่ได้จากดาวเทียม (LS-SAT) มีพื้นที่ซ้อนทับกับข้อมูลหินปูนที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ (LS-MAP) ร้อยละ 63.34 ของพื้นที่ LS-MAP

3.2 ข้อมูลหินโดโลไมต์และหมวดหินอื่นที่มีหินอื่นปะปนในปริมาณที่เด่นชัด (DO-SAT) มีพื้นที่ซ้อนทับกับข้อมูลหินโดโลไมต์และหมวดหินอื่นที่มีหินอื่นปะปนในปริมาณที่เด่นชัด (DO-MAP) ร้อยละ 70.51 ของพื้นที่ DO-MAP

3.3 ข้อมูลหินปูนที่ได้จากดาวเทียม (LS-SAT) มีพื้นที่ซ้อนทับกับข้อมูลหินโดโลไมต์และหมวดหินอื่นที่มีหินอื่นปะปนในปริมาณที่เด่นชัด (DO-MAP) ร้อยละ 36.66 ของพื้นที่ LS-MAP

3.4 ข้อมูลหินโดโลไมต์และหมวดหินอื่นที่มีหินอื่นปะปนในปริมาณที่เด่นชัด (DO-SAT) มีพื้นที่ซ้อนทับกับข้อมูลหินปูนที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ (LS-MAP) ร้อยละ 29.49 ของพื้นที่ DO-MAP

4. ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียมสามารถนำมาใช้ในการจำแนกหินปูนและหินโดโลไมต์ได้ โดยมีความถูกต้องของข้อมูลมากกว่าร้อยละ 63 ของข้อมูลทั้งหมด แต่ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนในช่วงของหินโดโลไมต์นั้นไม่สามารถจำแนกออกจากหมวดหินอื่นที่มีหินอื่นปะปนในปริมาณที่เด่นชัดใดๆ ในพื้นที่ศึกษาได้อย่างชัดเจน เนื่องจากค่าการแผ่พลังงานความร้อนของหินบางชนิดซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญเช่นกันนอกเหนือจากหินปูนในหมวดหินนั้นๆ มีค่าใกล้เคียงกับค่าการแผ่พลังงานความร้อนของหินโดโลไมต์ เช่น หินดินดานที่พบในหมวดหินถ้ำขุนไกร หรือหินชนิดอื่นๆ ที่พบในหมวดหินถ้ำมังกรทอง ซึ่งการจำแนกที่ไม่ชัดเจนนี้สอดคล้องกับกราฟ Histogram ของหมวดหินคาร์บอเนตในพื้นที่ศึกษาที่ 1 (ภาพประกอบ 23 หน้า 50) และผลจากการวิเคราะห์ปัจจัย (ตารางที่ 17 หน้า 54) เป็นต้น

สรุปผลการศึกษาในพื้นที่ศึกษาที่ 2 (จังหวัดสุราษฎร์ธานี)

ในพื้นที่ศึกษาที่ 2 ผู้วิจัยไม่สามารถนำช่วงค่าจุดภาพของหินปูนและโดโลไมต์มาใช้ได้โดยตรงเนื่องจากความสัมพันธ์ที่ได้จากพื้นที่ศึกษาที่ 1 เป็นลักษณะความสัมพันธ์เบื้องต้น กล่าวคือสามารถอธิบายได้เพียงว่าหินปูนจะปรากฏอยู่ในช่วงจุดภาพที่มีค่าต่ำกว่าช่วงจุดภาพของหินโดโลไมต์เท่านั้น ไม่สามารถกำหนดจุดแบ่งค่าจุดภาพระหว่างหินปูนและหินโดโลไมต์ได้โดยตรง ประกอบกับพื้นที่ศึกษาที่ 2 มีช่วงค่าที่เป็นตัวแทนของกลุ่มหินคาร์บอเนตที่แตกต่างจากพื้นที่ศึกษาที่ 1 ดังนี้

1. ช่วงค่ากลุ่มหินคาร์บอเนตในพื้นที่ศึกษาที่ 1 อยู่ในช่วงค่าจุดภาพ 134 - 165
2. ช่วงค่ากลุ่มหินคาร์บอเนตในพื้นที่ศึกษาที่ 2 อยู่ในช่วงค่าจุดภาพ 119 - 148

ดังนั้นขั้นตอนการวิจัยจึงไม่นำความสัมพันธ์ที่ได้จากพื้นที่ศึกษาที่ 1 ไปใช้กับพื้นที่ศึกษาที่ 2 โดยตรง แต่ทำการศึกษาด้วยวิธีการเดียวกับพื้นที่ศึกษาที่ 1 เพื่อยืนยันความสัมพันธ์ที่ได้จากการศึกษาว่าข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียมสามารถจำแนกหินปูนและหินโดโลไมต์ได้ในรูปแบบเดียวกันทุกพื้นที่ ถึงแม้ว่าในแต่ละพื้นที่จะมีช่วงค่าจุดภาพที่เป็นตัวแทนของกลุ่มหินคาร์บอเนตไม่เท่ากันก็ตาม สามารถสรุปรายละเอียดการทดลองได้ดังนี้

1. ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียม โดยการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยเทคนิคการจำแนกหรือแบ่งกลุ่มตัวแปร (Cluster Analysis) เพื่อแบ่งข้อมูลออกเป็นช่วงๆ ที่เป็นตัวแทนของกลุ่มข้อมูลหรืออธิบายความแปรผันของชุดข้อมูลได้สูงสุด แบ่งออกเป็น 2 ช่วงค่า ดังนี้

1.1 ข้อมูลค่าจุดภาพในช่วง 119 ถึง 132 เป็นค่าที่เป็นตัวแทนกลุ่มหินปูน (LS-SAT) มีค่าจุดภาพ 14 ค่า

1.2 ข้อมูลค่าจุดภาพในช่วง 133 ถึง 148 เป็นค่าที่เป็นตัวแทนกลุ่มหินโดโลไมต์หรือหมวดหินอื่นที่มีหินอื่นปะปนในปริมาณที่เด่นชัด (DO-SAT) มีค่าจุดภาพ 16 ค่า

2. ข้อมูลที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยใช้วิธีการทางสถิติด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) มาวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมของหมวดหินแต่ละหมวด ซึ่งสอดคล้องกับหมวดหินที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ ดังนี้

2.1 กลุ่มที่ 1 ได้แก่ กลุ่มหินปูน (LS-MAP) ได้แก่หมวดหินอัมลูก หมวดหินพับผ้า หมวดหินพนมวัง หมวดหินทุ่งนางลิง และหมวดหินช่องลด มีพื้นที่ 93.88 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 89.27 ของพื้นที่หินคาร์บอเนตทั้งหมด

2.2 กลุ่มที่ 2 ได้แก่ กลุ่มหินโดโลไมต์ (DO-MAP) หมวดหินที่พบในกลุ่มนี้ได้แก่ หินโดโลไมต์ มีพื้นที่ 11.28 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 10.73 ของพื้นที่หินคาร์บอเนตทั้งหมด

3. ผลของการจำแนกหินปูนและหินโดโลไมต์ในพื้นที่ศึกษาที่ 2 จากผลที่ได้จากการแบ่งช่วงข้อมูลออกเป็น 2 ช่วงที่สอดคล้องกับหินปูนและหินโดโลไมต์ เมื่อมาซ้อนทับกับข้อมูลที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ ได้ผลการศึกษา ดังนี้

3.1 ข้อมูลหินปูนที่ได้จากดาวเทียม (LS-SAT) มีพื้นที่ซ้อนทับกับข้อมูลหินปูนที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ (LS-MAP) ร้อยละ 66.19 ของพื้นที่ LS-MAP

3.2 ข้อมูลหินโดโลไมต์และหมวดหินอื่นที่มีหินอื่นปะปนในปริมาณที่เด่นชัด (DO-SAT) มีพื้นที่ซ้อนทับกับข้อมูลหินโดโลไมต์และหมวดหินอื่นที่มีหินอื่นปะปนในปริมาณที่เด่นชัด (DO-MAP) ร้อยละ 68.16 ของพื้นที่ DO-MAP

3.3 ข้อมูลหินปูนที่ได้จากดาวเทียม (LS-SAT) มีพื้นที่ซ้อนทับกับข้อมูลหินโดโลไมต์และหมวดหินอื่นที่มีหินอื่นปะปนในปริมาณที่เด่นชัดที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ (DO-MAP) ร้อยละ 33.81 ของพื้นที่ LS-MAP

3.4 ข้อมูลหินโดโลไมต์และหมวดหินอื่นที่มีหินอื่นปะปนในปริมาณที่เด่นชัด (DO-SAT) มีพื้นที่ซ้อนทับกับข้อมูลหินปูนที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ (LS-MAP) ร้อยละ 31.84 ของพื้นที่ DO-MAP

4. ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียมสามารถนำมาใช้ในการจำแนกหินปูนและหินโดโลไมต์ได้ โดยมีความถูกต้องของข้อมูลมากกว่าร้อยละ 66 ของข้อมูลกลุ่มหินคาร์บอเนตทั้งหมด

อภิปรายผลการศึกษา

1. ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียม แลนด์แซท 7 แบนด์ที่ 6

ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียม แลนด์แซท 7 แบนด์ที่ 6 เป็นข้อมูลที่แสดงถึงช่วงค่าของข้อมูลการแผ่รังสีความร้อนของวัตถุที่แสดงออกมาในรูปแบบค่าระดับสีเทา (0-255) จากการศึกษาข้อมูลอินฟราเรดความร้อนนี้ผู้วิจัยพบว่าช่วงของค่าระดับสีเทาในกลุ่มหินคาร์บอเนตทั้งในพื้นที่ศึกษาที่ 1 และในพื้นที่ศึกษาที่ 2 ที่ได้จากดาวเทียมมีลักษณะเป็นช่วงแคบๆ คือค่าระดับสีเทาอยู่ในช่วง 119-165 ของค่าระดับสีเทา ซึ่งมีค่าระดับสีเทาเพียง 47 ค่าจากค่าระดับสีเทา 256 ค่า โดยค่าที่พบในการศึกษาทดลองมีดังนี้

1.1 ข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 7 แบนด์ที่ 6 บันทึกข้อมูลวันที่ 7 มีนาคม 2546 เวลา 03:32:30 Path 130 Row 050 มีค่าระดับสีเทาอยู่ในช่วง 134-165 รวม 32 ค่าระดับสีเทา (เฉพาะในส่วนของกลุ่มหินคาร์บอเนต)

1.2 ข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 7 แบนด์ที่ 6 บันทึกข้อมูลวันที่ 27 มกราคม 2546 เวลา 03:27:44 Path 129 Row 054 มีค่าระดับสีเทาอยู่ในช่วง 119-148 รวม 30 ค่าระดับสีเทา (เฉพาะในส่วนของกลุ่มหินคาร์บอเนต)

2. การวิเคราะห์หมวดหินเพื่อแบ่งกลุ่มหินและการวิเคราะห์ช่วงคลื่นที่เป็นตัวแทนของกลุ่มหิน

2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนของแต่ละหมวดหินให้เป็นกลุ่มหิน 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มหินปูนและกลุ่มหินโดโลไมต์หรือหินอื่นที่ไม่ใช่หินปูน โดยการนำวิธีการทางสถิติด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยมาใช้ในการวิเคราะห์สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

พื้นที่ศึกษาที่ 1

หมวดหินที่พบในพื้นที่ทั้งหมดอ้างอิงตามแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ มีทั้งหมด 5 หมวด ได้แก่ หินโดโลไมต์ หมวดหินแก้วน้อย หมวดหินถ้ำมังกรทอง หมวดหินพุเลียบ และหมวดหินถ้ำขุนไกร โดยทั้ง 5 หมวดมีค่าการแผ่พลังงานที่แตกต่างกัน เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติโดยเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) โดยแต่ละปัจจัยแทนหมวดหินทั้ง 5 สามารถจัดกลุ่มหินออกได้เป็น 2 กลุ่มหลักดังนี้

1) กลุ่มหินปูน ได้แก่ หมวดหินพุเลียบ และหมวดหินแก้วน้อย

2) กลุ่มหินโดโลไมต์หรือหมวดหินอื่นที่มีหินอื่นปะปนในปริมาณที่เด่นชัด ได้แก่ หินโดโลไมต์ หมวดหินถ้ำมังกรทอง และหมวดหินถ้ำขุนไกร

จากการจัดกลุ่มหัตถ์บอเนตทั้ง 2 กลุ่มที่ได้ พบหมวดหินบางหมวดที่ควรจัดอยู่ในกลุ่มหินปูน ซึ่งได้แก่ หมวดหินถ้ำมังกรทอง และหมวดหินถ้ำขุนไกร แต่ผลจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทางสถิติ (Factor Analysis) ได้จัดให้หมวดหินทั้ง 2 อยู่ในหมวดหินโดโลไมต์หรือหมวดหินอื่นที่มีหินอื่นปะปนในปริมาณที่เด่นชัดซึ่งสอดคล้องกับกราฟ Histogram ของหมวดหินคาร์บอเนตในพื้นที่ศึกษาที่ 1 (ภาพประกอบ 23 หน้า 50) และผลจากการวิเคราะห์ปัจจัย (ตารางที่ 17 หน้า 54) สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1) หมวดหินถ้ำขุนไกร เราจะพบหินปูนและหินดินดานในปริมาณที่เท่าๆกัน ดังนั้นเมื่อนำค่าการแผ่พลังงานที่เป็นตัวแทนของหมวดหินมาวิเคราะห์จัดกลุ่มจึงทำให้ไม่สามารถจัดกลุ่มได้ เนื่องจากหินปูนในหมวดหินถ้ำขุนไกรมีค่าการแผ่พลังงานอยู่ในกลุ่มหินปูน แต่หินดินดานในหมวดหินถ้ำขุนไกรมีค่าการแผ่พลังงานในกลุ่มหินโดโลไมต์

2) หมวดหินถ้ำมังกรทอง มีลักษณะการจำแนกในลักษณะเดียวกับหมวดหินถ้ำขุนไกร เนื่องจากในหมวดหินถ้ำมังกรทองมีหมวดหินชนิดอื่นแทรกด้วยอยู่ เช่น หินโดโลไมต์ หรือหินอ่อน หรือหินชนิดอื่นๆ ที่ไม่ใช่หินปูน เป็นต้น ซึ่งส่งผลให้ค่าการแผ่พลังงานของหินหมวดถ้ำมังกรทองอยู่ระหว่างกลุ่มหินปูนและกลุ่มหินโดโลไมต์หรือหมวดหินอื่นที่ไม่ใช่หินปูนโดยมีแนวโน้มของชนิดหินที่พบก่อนไปทางกลุ่มหินโดโลไมต์หรือหมวดหินอื่นที่มีหินอื่นปะปนในปริมาณที่เด่นชัด ผลการวิเคราะห์ที่ได้จึงจัดให้หมวดหินถ้ำมังกรทองอยู่ในกลุ่มหินโดโลไมต์หรือหมวดหินอื่นที่มีหินอื่นปะปนในปริมาณที่เด่นชัด

ด้วยสาเหตุนี้ทำให้ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการซ้อนทับพื้นที่ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนกับพื้นที่ที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์มีความถูกต้องลดลง แต่สามารถอธิบายได้ดังกล่าวแล้ว ดังนั้นถ้าเราจัดกลุ่มหินเป็น 3 กลุ่มได้แก่ กลุ่มหินปูน กลุ่มหินโดโลไมต์ และกลุ่มหินผสมที่มีทั้งหินปูนและหินคาร์บอเนตชนิดอื่นๆ หรือหินดินดานปะปน จะทำให้การแปลข้อมูลดาวเทียมแม่นยำขึ้น

พื้นที่ศึกษาที่ 2

ในพื้นที่ทดลองการนำวิธีการทางสถิติโดยเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย เข้ามาใช้ในการจำแนกกลุ่มหินปูนและกลุ่มหินโดโลไมต์ สามารถทำได้อย่างชัดเจนกล่าวคือผลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติสามารถจำแนกเป็นกลุ่มหินปูนและกลุ่มหินโดโลไมต์ได้โดยตรง ไม่จำเป็นต้องนำมาวิเคราะห์เพิ่มเติมดังเช่นผลที่ได้จากพื้นที่ศึกษาที่ 1 ค่าที่ได้จากการคำนวณทางสถิติเป็นค่าที่ชัดเจนสอดคล้องกับกลุ่มหินคาร์บอเนตจริงที่ปรากฏในพื้นที่

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนในแต่ละช่วงคลื่นที่เป็นตัวแทนของกลุ่มหินด้วยวิธีการทางสถิติโดยเทคนิคการวิเคราะห์ช่วงคลื่นที่เป็นตัวแทนของกลุ่มหิน (Cluster Analysis) สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

พื้นที่ศึกษาที่ 1

ค่าการแผ่พลังงานความร้อนในแต่ละช่วงเมื่อนำมาจัดกลุ่มใหม่ที่สัมพันธ์กับกลุ่มที่ได้จากการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) จะพบว่าสามารถแบ่งช่วงค่าการแผ่พลังงานออกได้เป็น 2 ช่วง (2 clusters) ดังนี้

- ช่วง 139 ถึง 143 (Cluster ที่ 1) เป็นช่วงค่าที่สัมพันธ์กับหมวดหินแก้วน้อย หมวดหินพุเลียบ หรือเรียกรวมว่ากลุ่มหินปูน
- ช่วง 144 ถึง 165 (Cluster ที่ 2) เป็นช่วงค่าที่สัมพันธ์กับหินโดโลไมต์ หมวดหินถ้ำมังกรทอง และหมวดหินถ้ำขุนไกร หรือเรียกรวมว่ากลุ่มหินโดโลไมต์หรือหมวดหินอื่นที่มีหินอื่นปะปนในปริมาณที่เด่นชัด

โดยเทคนิคทางสถิติ (Cluster Analysis) นี้ทำให้ผู้วิจัยสามารถกำหนดจุดในการแบ่งข้อมูลทั้ง 2 ออกเป็นสองช่วงซึ่งสัมพันธ์กับการจำแนกหินปูนและหินโดโลไมต์ที่ผู้วิจัยต้องการ

พื้นที่ศึกษาที่ 2

การวิเคราะห์ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนในแต่ละช่วงคลื่นที่เป็นตัวแทนของกลุ่มหินคาร์บอเนตด้วยวิธีการทางสถิติโดยเทคนิคการวิเคราะห์ช่วงคลื่นที่เป็นตัวแทนของกลุ่มหิน (Cluster Analysis) ในพื้นที่ศึกษาที่ 2 ได้ผลการวิเคราะห์ที่ชัดเจนเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ปัจจัยเพื่อจำแนกกลุ่มหินคาร์บอเนต โดยสามารถแบ่งช่วงค่าจุดภาพในกลุ่มหินปูนและกลุ่มหินโดโลไมต์ได้อย่างสอดคล้องกับการวิเคราะห์ปัจจัย

ปัจจัยที่ส่งผลให้การวิเคราะห์ทางสถิติออกมาชัดเจนและสอดคล้องกับหมวดหินต่าง ๆ ที่พบในพื้นที่ทดลองเนื่องจาก ในพื้นที่ศึกษาที่ 2 มีการจำแนกหมวดหินที่เป็นหินปูนและหินโดโลไมต์ไว้อย่างชัดเจน มีหินชนิดอื่นๆ เข้ามาแทรกตัวเหมือนกับหมวดหินที่พบในพื้นที่ศึกษาที่ 1 มีจำนวนน้อยหรือไม่มีผลต่อการวิเคราะห์ เช่น ในพื้นที่ศึกษาที่ 1 เราจะพบหินดินดานกระจายอยู่ในหมวดหินถ้ำขุนไกร หรือพบหินโดโลไมต์บางส่วนในหมวดหินปูน เป็นต้น เมื่อลักษณะหมวดหินที่พบในพื้นที่ศึกษาที่ 2 มีลักษณะเฉพาะของหินที่สามารถจำแนกชนิดหินได้อย่างชัดเจน ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่เป็นตัวแทนของหินปูนและหินโดโลไมต์ในพื้นที่ศึกษาที่ 2 จึงมีความชัดเจนด้วย

3. การวิเคราะห์ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนเพื่อใช้จำแนกหินปูนและหินโดโลไมต์

เมื่อนำค่าข้อมูลอินฟราเรดความร้อนมาใช้เพื่อจำแนกหินปูนและหินโดโลไมต์ จะไม่สามารถแยกออกเป็นหมวดหินตามแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ได้ เนื่องจากการตอบสนองของข้อมูลดาวเทียมสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของหินคาร์บอเนตเท่านั้น แต่ในการทำแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์นำเอาความรู้ด้านการลำดับชั้นหินมาเป็นเกณฑ์ด้วย ประกอบกับแต่ละหมวดหินมีความบริสุทธิ์ของหินปูนและหินโดโลไมต์แตกต่างกัน ซึ่งหมวดหินในกลุ่มหินคาร์บอเนตมีความหลากหลายและมีความใกล้เคียงกันในด้านคุณสมบัติทางเคมี ช่วงค่าข้อมูลอินฟราเรดความร้อนจึงไม่สามารถจำแนกกลุ่มหินคาร์บอเนตออกมาเป็นหมวดหินต่างๆ ได้ เนื่องจากค่าการแผ่พลังงานความร้อนของหินบางชนิดมีความเหลื่อมล้ำใกล้เคียงกัน ดังนี้

พื้นที่ศึกษาที่ 1

ในพื้นที่ศึกษาที่ 1 เมื่อนำข้อมูลอินฟราเรดความร้อนมาผ่านการวิเคราะห์ข้อมูลแล้วสามารถจำแนกกลุ่มหินคาร์บอเนตเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มหินปูนและกลุ่มหินโดโลไมต์หรือกลุ่มหินคาร์บอเนตอื่นๆ ที่ไม่ใช่หินปูน อภิปรายผลได้ดังนี้

1. กลุ่มหินปูนมีค่าอยู่ในช่วง 134 ถึง 143 มีค่าระดับสีเทาทั้งหมด 10 ค่า มีหมวดหินที่สัมพันธ์กับช่วงค่าอินฟราเรดความร้อนนี้ 2 หมวด ได้แก่ หมวดหินแก้วน้อย และหมวดหินพูเลียบ ซึ่งเป็นหมวดหินในกลุ่มหินปูน มีความถูกต้องของข้อมูลอินฟราเรดความร้อนเมื่อผ่านการวิเคราะห์ข้อมูลและนำมาซ้อนทับกับแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ในกลุ่มหินเดียวกันร้อยละ 63.34 ของพื้นที่หินปูนที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์

ในส่วนพื้นที่ที่เหลือเป็นหมวดหินที่มีเนื้อผสมมากกว่าทำให้ไม่สามารถระบุชัดเจนว่าเป็นหินปูนหรือหินโดโลไมต์ใดๆ ยกตัวอย่างในจุดสำรวจที่ 1308 ในแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ระบุว่าหินในหมวดหินพูเลียบ แต่จากการสำรวจพบว่าตัวอย่างหินที่พบเป็นหินชนิดอื่นที่ไม่ใช่หินปูน พื้นที่ในส่วนนี้เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยข้อมูลอินฟราเรดความร้อนจึงปรากฏอยู่ในกลุ่มหินโดโลไมต์หรือหมวดหินอื่นที่มีหินอื่นปะปนในปริมาณที่เด่นชัด เป็นต้น ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าหมวดหินแก้วน้อย และหมวดหินพูเลียบ ซึ่งเป็นหินปูนที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์มีหินชนิดอื่นที่ไม่ใช่หินปูนแทรกตัวอยู่ด้วยในบางส่วน ซึ่งเป็นผลให้ผลการวิเคราะห์กลุ่มหินปูนในพื้นที่ศึกษาที่ 1 มีความถูกต้องลดลง

2. กลุ่มหินโดโลไมต์หรือกลุ่มหินคาร์บอเนตอื่นที่ไม่ใช่หินปูน มีค่าอยู่ในช่วง 144 ถึง 165 มีค่าระดับสีเทาทั้งหมด 22 ค่า หมวดหินที่สัมพันธ์กับช่วงค่าอินฟราเรดความร้อนมี 3 หมวด ได้แก่ หินโดโลไมต์ หมวดหินถ้ำขุนไกร และหมวดหินถ้ำมังกรทอง รวมพื้นที่หินทั้งหมด 153.72 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ซ้อนทับของข้อมูลทั้ง 2 ในช่วงนี้เท่ากับ 108.39 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 70.51 ของพื้นที่หินกลุ่มนี้ที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ สาเหตุที่ในกลุ่มหินนี้ไม่สามารถจำแนกหินโดโลไมต์ได้โดยตรงเนื่องจากหมวดหินอื่นๆ ที่ไม่ใช่หินโดโลไมต์ที่พบในพื้นที่มีการแผ่พลังงานใกล้เคียงกับหินโดโลไมต์ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

2.1 หมวดหินถ้ำขุนไกรซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มหินปูน (จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์) แต่มีหินชนิดอื่นแทรกสลับอยู่มาก ซึ่งหินอื่นๆ ที่แทรกสลับอยู่มีผลทำให้ค่าการแผ่พลังงานความร้อนของหมวดหินนี้บางส่วนมีความใกล้เคียงกับหินโดโลไมต์ ผู้ศึกษาไม่สามารถจำแนกหินดินดานออกจากหินปูนในหมวดหินถ้ำขุนไกรได้ เนื่องจากข้อมูลอินฟราเรดความร้อนมีช่วงที่แคบซึ่งไม่สามารถจำแนกชนิดหินได้ละเอียดเท่าที่ควร หรือขนาดของพื้นที่ที่เป็นส่วนของหินดินดานที่ปรากฏบนพื้นผิวมีน้อยเกินไปจนไม่สามารถมีผลต่อข้อมูลอินฟราเรดความร้อนให้ชัดเจนได้

ยกตัวอย่างในจุดสำรวจที่ 1206 จากการวิเคราะห์ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนพื้นที่บริเวณนี้จัดอยู่ในกลุ่มหินโดโลไมต์หรือหินอื่นที่ไม่ใช่หินปูน ซึ่งจากตัวอย่างหินที่ได้จากการสำรวจจะพบว่าพื้นที่บริเวณดังกล่าวเป็นหินดินดานที่แทรกตัวอยู่ในหมวดหินถ้ำขุนไกร ซึ่งสนับสนุนผลการศึกษาที่ไม่สามารถจำแนกหินบางชนิดออกจากหินโดโลไมต์ได้

แต่จากการเก็บตัวอย่างหินในจุดสำรวจที่ 1307 ซึ่งจากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ได้จัดพื้นที่บริเวณที่สำรวจให้อยู่ในหมวดหินถ้ำขุนไกร อย่างที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นว่า ในหมวดหินนี้พบหินหลายชนิดรวมกันอยู่ ในจุดที่ทำการสำรวจนี้จะพบว่าตัวอย่างหินที่เก็บได้เป็นหินปูนดังนั้นจึงเป็นการยืนยันการศึกษาว่าหมวดหินถ้ำขุนไกรประกอบด้วยหินปูนและหินโดโลไมต์หรือหินอื่นที่ไม่ใช่หินปูน แต่เมื่อผู้วิจัยจัดกลุ่มให้หมวดหินถ้ำขุนไกรอยู่ในหมวดหินโดโลไมต์หรือหินอื่นที่ไม่ใช่หินปูนจึงทำให้ความถูกต้องของผลการศึกษาในส่วนของกลุ่มหินทั้ง 2 กลุ่ม (กลุ่มหินปูนและกลุ่มหินโดโลไมต์หรือหินอื่นที่ไม่ใช่หินปูน) มีความถูกต้องลดลง เนื่องจากหมวดหินถ้ำขุนไกรเป็นหมวดหินในกลุ่มหินคาร์บอเนตที่มีพื้นที่มากที่สุด (ร้อยละ 43.58 ของกลุ่มหินคาร์บอเนตทั้งหมดในพื้นที่ศึกษาที่ 1) ไม่ว่าจะจัดให้อยู่ในกลุ่มหินใดย่อมส่งผลให้ความถูกต้องของข้อมูลทั้ง 2 กลุ่มลดลงเสมอ

2.2 หมวดหินถ้ำมังกรทอง ในลักษณะเดียวกับหมวดหินถ้ำขุนไกร หมวดหินนี้ควรจะจัดให้อยู่ในกลุ่มหินปูนโดยการจำแนกจากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ แต่จากการวิเคราะห์ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนด้วยเทคนิคทางสถิติ (Factor Analysis) ทำให้หมวดหินนี้จัดอยู่ในกลุ่มหินโดโลไมต์หรือหมวดหินอื่นที่มีหินอื่นปะปนในปริมาณที่เด่นชัด โดยจากการสำรวจภาคสนามเราจะพบหินชนิดอื่นๆ ปะปนในหมวดหินนี้ เช่น พบหินโดโลไมต์ หรือหินอ่อนในหมวดหินนี้ แต่อีกส่วนหนึ่งเรายังพบหินปูนปรากฏอยู่ ดังตัวอย่างในจุดสำรวจ 1102 ดังนั้นความถูกต้องในการจำแนกหมวดหินถ้ำมังกรทองจึงมีความถูกต้องลดลง เมื่อนำผลที่ได้ไปเทียบกับแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์

พื้นที่ศึกษาที่ 2

ในพื้นที่ศึกษาที่ 2 จากข้อมูลอินฟราเรดความร้อนบริเวณพื้นที่ทดลองนำมาผ่านกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อจำแนกหินปูนและหินโดโลไมต์ สามารถจำแนกช่วงค่าของข้อมูลอินฟราเรดความร้อนออกมาเป็น 2 ช่วงค่าระดับสีเทาจากข้อมูลอินฟราเรดความร้อน ที่บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 27 มกราคม 2546 เวลา 03:27:44 โดยค่าของข้อมูลทั้งหมดอยู่ในช่วงค่า 114-195 รวม 82 ค่าระดับสีเทา แต่ช่วงค่าที่ใช้ในการจำแนกพื้นที่หินปูนและหินโดโลไมต์อยู่ในช่วงค่า 119-148 รวม 30 ค่าระดับสีเทา ซึ่งช่วงของค่าในพื้นที่ศึกษาที่ 2 มีค่าต่ำกว่าช่วงค่าช่วงค่าระดับสีเทาในพื้นที่ศึกษาที่ 1 ในส่วนของกลุ่มหินคาร์บอเนต เนื่องมาจากอุณหภูมิในวันที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลทั้งสองต่างกัน กล่าวคือข้อมูลในพื้นที่ศึกษาที่ 1 บันทึกในเดือนมีนาคม ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูร้อนแต่ข้อมูลในพื้นที่ศึกษาที่ 2 บันทึกในเดือนมกราคมซึ่งอยู่ในช่วงฤดูหนาว ทำให้อุณหภูมิในวันที่บันทึกข้อมูลต่างกัน เป็นสาเหตุให้ค่าการแผ่พลังงานความร้อนในพื้นที่ศึกษาที่ 1 มีค่าสูงกว่าพื้นที่ศึกษาที่ 2

ข้อมูลอุณหภูมิในวันและช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกับการบันทึกข้อมูลดาวเทียมที่บันทึกโดยสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาแสดงในตาราง 39

ตาราง 39 ข้อมูลอุณหภูมิตาย 3 ชั่วโมงจากสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ 1 และพื้นที่ศึกษาที่ 2 ในวันและช่วงเวลาที่บันทึกข้อมูลอินฟราเรดความร้อน

วัน/เดือน/ปี	เวลา	อุณหภูมิพ.ท.ศึกษาที่ 1 (°C) สถานีตรวจวัด กาญจนบุรี	อุณหภูมิพ.ท.ศึกษาที่ 2 (°C) สถานีตรวจวัด สุราษฎร์ธานี (สนามบิน)
27/01/46	01.00 น.	-	22.4
	04.00 น.	-	21.2
07/03/46	01.00 น.	27.2	-
	04.00 น.	26.1	-

ที่มา : กองบริการข้อมูล กรมอุตุนิยมวิทยา

ดังนั้นข้อมูลช่วงค่าระดับสีเทาที่ได้จากการบันทึกค่าการแผ่พลังงานความร้อนในพื้นที่ศึกษาที่ 1 ที่สัมพันธ์กับพื้นที่หินคาร์บอนेटจึงมีค่าสูงกว่าค่าการแผ่พลังงานความร้อนในพื้นที่ศึกษาที่ 2 ที่นำมาใช้ในการจำแนกหินปูนและหินโดโลไมต์ สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. กลุ่มหินปูนมีค่าอยู่ในช่วง 119 ถึง 132 มีค่าระดับสีเทาทั้งหมด 15 ค่า เป็นช่วงค่าที่แสดงกลุ่มหินปูนโดยมีความถูกต้องของข้อมูลอินฟราเรดความร้อนเมื่อผ่านการวิเคราะห์ข้อมูลและนำมาซ้อนทับกับแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ในกลุ่มหินชนิดเดียวกันร้อยละ 66.19 ของพื้นที่หินปูนที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์

จากการสำรวจเก็บตัวอย่างหินในกลุ่มพื้นที่ซ้อนทับหินปูน ได้แก่จุดสำรวจที่ 1 ถึง 3 พบว่าหินที่พบจากการเก็บตัวอย่างได้แก่หินปูน เป็นการยืนยันว่าข้อมูลอินฟราเรดความร้อนสามารถจำแนกหินปูนได้ความถูกต้องส่วนหนึ่งหรือประมาณร้อยละ 66.19 ในส่วนข้อมูลที่ไม่ซ้อนทับเกิดจากความเปลี่ยนแปลงของพื้นที่และสิ่งแวดล้อมบริเวณตำแหน่งที่เป็นหินปูนในพื้นที่จริงสามารถแบ่งปัจจัยที่ทำให้ไม่สามารถจำแนกหินปูนด้วยข้อมูลอินฟราเรดความร้อนได้ดังนี้

1.1 ปัจจัยที่เกิดจากความเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ในปัจจุบัน ได้แก่ในส่วนของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เกษตรกรรม และในส่วนของพื้นที่เหมืองในปัจจุบัน

การเปลี่ยนแปลงซึ่งเกิดจากการปรับพื้นที่ที่ใช้ในการเกษตรกรรม ประกอบด้วยพื้นที่ที่เป็นสวนยาง และสวนปาล์ม เป็นต้น ซึ่งมีผลทำให้ค่าการแผ่พลังงานความร้อนที่ได้มีความเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่ที่มีความเปลี่ยนแปลง

ในส่วนของการทำเหมืองหินมีการระเบิดและนำหินปูนที่ได้จากการระเบิดไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ทำให้พื้นที่หินปูนเดิมมีการเปลี่ยนแปลง ยกตัวอย่างในจุดสำรวจที่ 8 (SV2308) ภาพประกอบ 82 ซึ่งเป็นจุดสำรวจในเหมืองหินปูนที่มีการระเบิดหินออกไปใช้ในบริเวณกว้าง โดยในส่วนที่คงเหลืออยู่เป็นหินชนิดอื่นหรือเศษหินปูน ซึ่งมีผลทำให้ค่าการแผ่พลังงานความร้อนในส่วนในพื้นที่นี้ในปัจจุบันมีความเปลี่ยนแปลง กล่าวคือมีค่าการแผ่พลังงานอยู่ในช่วงค่าอื่นที่ไม่ใช่หินปูน

1.2 ปัจจัยที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมบริเวณพื้นที่หินปูน ในส่วนนี้ปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงสุดที่ทำให้ข้อมูลที่ใช้จำแนกหินปูนมีความผิดพลาดได้แก่ พืชพรรณและดินที่ปกคลุมบริเวณหินปูน เนื่องจากในพื้นที่ทดลองเป็นพื้นที่ที่อยู่ในภาคใต้ของประเทศ ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนสูงทำให้พืชพรรณในบริเวณพื้นที่ทดลองขึ้นปกคลุมอย่างหนาแน่น ประกอบกับความชื้นและอุณหภูมิที่สูงมีผลทำให้การผุสลายของหินเป็นดินในพื้นที่มีสูง ทำให้ค่าการแผ่พลังงานที่พบในบริเวณพื้นที่ดังกล่าวมีความผิดพลาดเนื่องจากสิ่งปกคลุมหรือสิ่งแวดล้อมบริเวณพื้นที่หินปูนนั้นๆ

2. กลุ่มหินโดโลไมต์มีค่าอยู่ในช่วง 133 ถึง 148 มีค่าระดับสีเทาทั้งหมด 15 ค่า เป็นช่วงค่าที่แสดงกลุ่มหินโดโลไมต์โดยมีความถูกต้องของข้อมูลอินฟราเรดความร้อนเมื่อผ่านการวิเคราะห์ข้อมูลและนำมาซ้อนทับกับแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ในกลุ่มหินชนิดเดียวกันร้อยละ 68.16 ของพื้นที่หินโดโลไมต์ที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์

จากการสำรวจเก็บตัวอย่างหินในกลุ่มพื้นที่ซ้อนทับหินโดโลไมต์ ได้แก่จุดสำรวจที่ 4 ถึง 6 พบว่าหินที่พบจากการเก็บตัวอย่างได้แก่หินโดโลไมต์ เป็นการยืนยันว่าข้อมูลอินฟราเรดความร้อนสามารถจำแนกหินโดโลไมต์ได้ความถูกต้องส่วนหนึ่งหรือประมาณร้อยละ 68.16 ในส่วนข้อมูลที่ไม่ซ้อนทับเกิดจากสภาพสิ่งแวดล้อมบริเวณตำแหน่งที่เป็นหินโดโลไมต์และหินชนิดอื่นที่แทรกตัวในพื้นที่หินโดโลไมต์ ยกตัวอย่างในจุดสำรวจที่ 7 (SV2307) จากตัวอย่างหินที่เก็บได้จากพื้นที่พบว่าเป็นหินปูนซึ่งแสดงว่าพื้นที่หินโดโลไมต์บางส่วนที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์มีหินปูนแทรกตัวอยู่ ทำให้ค่าการแผ่พลังงานบางส่วนที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนมีความคลาดเคลื่อน ซึ่งเป็นผลให้ความถูกต้องเมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนมาซ้อนทับกับข้อมูลที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ลดลง

ปัจจัยอีกส่วนหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อความถูกต้องในการจำแนกพื้นที่หินโดโลไมต์ได้แก่ พืชพรรณและดินที่ปกคลุมบริเวณพื้นที่หินโดโลไมต์ ซึ่งปัจจัยในส่วนนี้เกิดจากอุณหภูมิและความชื้นที่พื้นที่ทดลองที่สูงที่มีผลทำให้พืชพรรณที่ปกคลุมหนาแน่นและมีผลทำให้การผุพังของหินที่เป็นวัตถุต้นกำเนิดดินในพื้นที่สูงตามไปด้วย

สรุปผลการอภิปราย

ผลที่ได้จากการศึกษาและทดลองของทั้ง 2 พื้นที่ที่ได้ สามารถตอบสนองสมมติฐานของงานวิจัยได้ในระดับหนึ่ง กล่าวคือผลของงานวิจัยทำให้เราทราบว่าค่าการแผ่พลังงานของหินปูนน้อยกว่าค่าการแผ่พลังงานของหินโดโลไมต์ แต่จากความสัมพันธ์ดังกล่าวไม่สามารถจะสรุปได้ว่าค่าการแผ่

พลังงานที่เท่าใดที่จะเป็นจุดแบ่งความแตกต่างระหว่างหินปูนและหินโดโลไมต์ เนื่องจากรูปแบบของหินปูนและหินโดโลไมต์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนของทั้งสองพื้นที่มีความแตกต่างกัน กล่าวคือมีช่วงค่าการแผ่พลังงานที่เป็นตัวแทนของกลุ่มหินปูนและหินโดโลไมต์ต่างกัน

ในด้านความถูกต้องที่ได้จากการจำแนกหินทั้ง 2 ชนิด ซึ่งมีความถูกต้องมากกว่าร้อยละ 60 เมื่อเปรียบเทียบกับแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ ความถูกต้องที่ได้อยู่ในระดับพอใช้ เนื่องจากปัจจัยหลายด้าน ได้แก่

1. ปัจจัยด้านการจัดทำแผนที่ การจัดทำแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ที่มีกระบวนการผลิตด้วยการแปลภาพถ่ายทางอากาศและสำรวจในภาคสนามเป็นหลัก วิธีการดังกล่าวใช้ทักษะและความชำนาญของมนุษย์ในการจำแนกประกอบกับการสำรวจทำแผนที่ปรากฏในมาตราส่วน 1:50000 ทำให้การกำหนดขอบเขตของหมวดหินต่าง ๆ ไม่สามารถจำแนกรายละเอียดของชนิดหินต่าง ๆ ที่ปรากฏในหมวดหินแต่ละหมวดได้อย่างชัดเจนครบถ้วน จึงทำให้ในบางหมวดหินเราจะพบหินชนิดอื่น ๆ ที่ส่งผลให้เกิดความแตกต่างเมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยข้อมูลอินฟราเรดความร้อน

2. ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมเป็นปัจจัยที่มีผลต่อผลการวิเคราะห์ข้อมูลเช่น พืชพรรณธรรมชาติ ดิน สภาพอากาศ รวมถึงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้การตรวจวัดค่าการแผ่พลังงานมีความผิดเพี้ยนไปจากพื้นที่จริง ๆ ที่ควรจะเป็น

ข้อเสนอแนะในการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้ความสัมพันธ์ที่ได้จากพื้นที่ศึกษาที่ 1 นั้นไม่สามารถนำไปใช้กับพื้นที่ศึกษาที่ 2 ได้โดยตรง เนื่องจากข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่ศึกษาที่ 1 และพื้นที่ศึกษาที่ 2 มีความแตกต่างกัน เช่น ช่วงค่าจุดภาพของพื้นที่ทั้งสองมีความแตกต่างกัน หรือหมวดหินที่พบในพื้นที่ทั้งสองเป็นหมวดหินคนละหมวดกัน เป็นต้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงไม่สามารถนำความสัมพันธ์ที่ได้จากพื้นที่ศึกษาที่ 1 ไปใช้กับพื้นที่ศึกษาที่ 2 ได้เนื่องจากอาจทำให้เกิดความผิดพลาดในงานวิจัยได้ ผู้วิจัยทำได้เพียงพิสูจน์ความสัมพันธ์ในเบื้องต้นของพื้นที่ศึกษาที่ 1 และในพื้นที่ศึกษาที่ 2 ว่าเป็นไปในทำนองเดียวกันหรือสอดคล้องกัน ดังผลการวิจัยที่ได้เสนอข้างต้น

แต่น่าจะทดลองศึกษาข้อมูลคนละช่วงเวลาของพื้นที่เดียวกันนำมาเปรียบเทียบ จะทำให้ทราบถึงความแม่นยำถูกต้องในการแปลความหมายมากขึ้น ทำให้ทราบว่าผลการศึกษาดังแบบเพื่อนำไปใช้กับข้อมูลในพื้นที่ที่มีปัจจัยพื้นฐานต่าง ๆ ในแบบเดียวกัน (พื้นที่ติดกันหรืออยู่ในย่านเดียวกัน)

การศึกษากการทดลองในการวิจัยครั้งนี้มีรูปแบบการศึกษาเดียวกัน กล่าวคือเป็นการศึกษาด้วยวิธีเดียวกันทุกประการในการวิเคราะห์ข้อมูลและการจำแนกข้อมูล แตกต่างกันเพียงพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษาทดลอง โดยผลที่ได้จากการศึกษาทดลองมีลักษณะที่สอดคล้องกัน เป็นเหตุผลสนับสนุนกันในเรื่องของคุณสมบัติที่มีระหว่างข้อมูลอินฟราเรดความร้อนและกลุ่มหินคาร์บอเนต ดังนั้น

ปัจจัยหลักที่ใช้ในการศึกษาทดลองจึงเป็นปัจจัยชนิดเดียวกันหรือเป็นปัจจัยที่ใกล้เคียงกัน ปัจจัยที่นำมาใช้ในการศึกษาทดลองหลักๆ ได้แก่ ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียม และแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ ดังนั้นข้อเสนอแนะในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จึงเน้นที่ข้อมูลทั้ง 2 ส่วนดังนี้

1. ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียมแลนด์แซท 7 ซึ่งเป็นข้อมูลในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน สามารถนำมาจำแนกหินปูนและหินโดโลไมต์ได้ในระดับหนึ่ง เนื่องจากช่วงค่าข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมแลนด์แซท 7 ในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนมีเพียงช่วงเดียว ซึ่งไม่สามารถนำไปวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลในช่วงคลื่นอื่นได้ ประกอบกับช่วงค่าระดับสีเทาที่ได้จากข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียมแลนด์แซท 7 มีช่วงค่าที่แคบ ดังนั้นข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาทดลองจึงมีจำกัดและไม่สามารถบ่งชี้ชนิดหินต่างๆ ได้ละเอียดในระดับชนิดหิน ประกอบกับความละเอียดของ จุดภาพที่ใช้ในการศึกษาทดลองมีเพียง 60 เมตร เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้จึงไม่สามารถจำแนกขอบเขตที่ชัดเจนของพื้นที่หินปูนและหินโดโลไมต์ได้

2. ข้อมูลที่ได้จากแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ เป็นแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์มาตราส่วน 1:50000 ซึ่งเป็นมาตราส่วนที่นิยมใช้กันแพร่หลาย แสดงรายละเอียดที่ชัดเจนของแผนที่ได้ในระดับหนึ่ง นอกจากนั้นในส่วนของหมวดหินที่จำแนกในแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์มีการจำแนกตามช่วงอายุที่พบหินเหล่านั้น โดยจำแนกเป็นหมวดหินต่างๆ ซึ่งในทางวิเคราะห์หาพื้นที่หินปูนและหินโดโลไมต์สามารถจำแนกหินเป็นกลุ่มหินใหญ่เพียง 2 กลุ่มคือ หินปูนและหินโดโลไมต์ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับแผนที่ทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ที่บางหมวดหินมีหินชนิดอื่นๆ ที่ไม่จัดอยู่ในกลุ่มหินปูนหรือหินโดโลไมต์เช่น ในหมวดหินถ้าขุนไกรเราจะพบหินดินดานแทรกสลับอยู่ในหินปูนด้วย ผลของการเปรียบเทียบจึงมีความถูกต้องลดลง

ในการศึกษาทดลองผู้วิจัยยังพบว่าในการวิเคราะห์หากกลุ่มหินปูนและหินโดโลไมต์ในประเทศไทยมีอุปสรรคบางประการที่มีผลต่อผลของการจำแนกกลุ่มหินดังกล่าว สรุปได้ดังนี้

1. พืชพรรณธรรมชาติ เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้นเป็นผลให้พบพืชพรรณธรรมชาติปกคลุมหินในบริเวณพื้นที่ศึกษาทดลอง ซึ่งพืชพรรณธรรมชาติเหล่านี้มีอิทธิพลต่อค่าการแผ่พลังงานความร้อนที่ตรวจวัดได้จากดาวเทียม อาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการแปลผลได้ ดังนั้นถ้าต้องการให้การจำแนกกลุ่มหินปูนและหินโดโลไมต์ด้วยข้อมูลอินฟราเรดความร้อนให้มีความถูกต้องมากขึ้น จึงต้องหาวิธีที่จะกำจัดปัจจัยด้านพืชพรรณธรรมชาติออกจากพื้นที่ศึกษาทดลอง หรือทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของพืชพรรณแต่ละชนิดกับข้อมูลอินฟราเรดความร้อนว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร เพื่อนำมาใช้ในการเพิ่มหรือลดความสัมพันธ์ของหินปูนและหินโดโลไมต์ที่ถูกปกคลุมด้วยพืชพรรณชนิดต่างๆ

2. ดิน เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการศึกษาทดลองครั้งนี้ เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้นการพัฒนาผุพังจนเกิดดินมีขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ดินปกคลุมหินพื้นที่ศึกษาทดลองบางส่วนมีอิทธิพลต่อค่าการแผ่พลังงานความร้อนของหินเช่นเดียวกับพืชพรรณธรรมชาติ ดังนั้นเรา

จึงควรศึกษาหาความสัมพันธ์ของชนิดดิน หรือความหนาของดินว่ามีอิทธิพลต่อค่าการแผ่พลังงาน ความร้อนของหินหรือไม่อย่างไร ถ้ามีอิทธิพลเราจะสามารถนำค่าเหล่านั้นมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อ จำแนกหินปูนและหินโดโลไมต์อย่างไร

3. ปัจจัยด้านช่วงเวลาในการเก็บข้อมูล เป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลดาวเทียมที่ใช้ เก็บข้อมูลอินฟราเรดความร้อน คือ อุปสรรคในการบันทึกข้อมูลดาวเทียมที่สำคัญคือเมฆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ทดลอง ได้แก่บริเวณจังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งตั้งอยู่ทางภาคใต้ของ ประเทศไทย มีอิทธิพลของมรสุมเกือบตลอดทั้งปี ทำให้เมฆเข้ามามีอิทธิพลในการกำหนดช่วงเวลา ในการเก็บข้อมูล ซึ่งโดยพื้นฐานของข้อมูลที่ดีเราต้องการข้อมูลที่มีปริมาณเมฆน้อยที่สุด ดังนั้นใน การศึกษาครั้งนี้จึงไม่สามารถเลือกวันและเวลาเดียวกับพื้นที่ศึกษาได้ จึงอาจทำให้ค่าความสัมพันธ์ ที่ได้จากพื้นที่ศึกษาอาจมีความคลาดเคลื่อนหรือผิดพลาดได้เมื่อนำมาใช้ในพื้นที่ทดลอง

ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อไป

1. ควรเพิ่มพื้นที่ในการศึกษาให้มีจำนวนมากขึ้น เพื่อยืนยันความสัมพันธ์ที่พบในพื้นที่ทั้ง สอง และนำไปสู่การวิเคราะห์หาจุดความสัมพันธ์ที่สามารถจำแนกหินปูนและหินโดโลไมต์จากพื้นที่ ได้โดยตรง

2. หาวิธีลดปัจจัยทางธรรมชาติทั้ง ด้านพืชพรรณธรรมชาติ ดิน และเมฆ เป็นต้น เพื่อให้ ได้ความถูกต้องของข้อมูลที่สูงขึ้น

3. แผนที่ทำทรัพยากรหินปูนและหินโดโลไมต์ที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบข้อมูลความมีการ จำแนกชนิดหินที่ชัดเจนโดยลงรายละเอียดในส่วนของหินชนิดต่างๆ มากกว่าการแบ่งหมวดหินตาม อายุหินเท่านั้น

4. เลือกข้อมูลอินฟราเรดความร้อนจากดาวเทียมหรือเครื่องมือตรวจวัดอื่นๆ ที่มีช่วงค่า ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนแบบหลายช่วงค่า หรือข้อมูลที่มีรายละเอียดสูงชันมากกว่า 60 เมตร เพื่อ ทำให้นำมาวิเคราะห์ได้หลายรูปแบบและได้ความถูกต้องสมบูรณ์กว่าการวิเคราะห์ด้วยช่วงคลื่น เพียงช่วงเดียว โดยลักษณะรายละเอียดของข้อมูลแต่ละประเภทแบ่งได้ดังนี้

- 4.1 รายละเอียดพื้นที่ (Spatial Resolution)
- 4.2 รายละเอียดการสะท้อนรังสี (Radio matrix Resolution)
- 4.3 รายละเอียดช่วงคลื่น (Spectral Resolution)
- 4.4 รายละเอียดระยะเวลา (Temporal Resolution)

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กัลยา วานิชย์บัญชา, (2546). *การวิเคราะห์สถิติขั้นสูงด้วย SPSS for Windows*, พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ: ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ดาราศรี ดาวเรือง, (2533). *รีโมทเซนซิงพื้นฐาน*, พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) และสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- ปัญญา จารุศิริ, (2542). *แนวภูเขาไฟและลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาของหินภูเขาไฟ บริเวณลำน้ำรายณ์ จังหวัดลพบุรี โดยใช้ข้อมูลภาพจากดาวเทียมและธรณีฟิสิกส์ทางอากาศ*, พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
- ประมาณ เทพสงเคราะห์, (2541). *การศึกษาลักษณะธรณีสัณฐานของภูมิประเทศคาร์สต์ เพื่อจำแนกหินปูนโดโลไมต์และแคลไซต์ โดยใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม อำเภอเมือง จังหวัดกระบี่*, พิมพ์ครั้งที่ 1 สงขลา: ภาควิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
- ศิริชัย พงษ์วิชัย, (2547). *การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์*, พิมพ์ครั้งที่ 14 กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สมชาย เลี้ยงพรพรรณ, (2541). *การศึกษาแหล่งทรัพยากรหินปูนในภาคใต้ของประเทศไทย*, พิมพ์ครั้งที่ 1 สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ
- สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์, (2533). *เทคนิคทางสถิติขั้นสูงสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยไมโครคอมพิวเตอร์และโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS PC+ เล่ม 1*, พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
- สุวิทย์ วิบุลย์เศรษฐ์, (2524). *การสำรวจทรัพยากรโลกจากอวกาศ*, พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: บัณฑิตยสภาวิทยาศาสตร์สหรัฐอเมริกา
- สุรภี อิงคากุล, (2538). *สัมผัสระยะไกลจากภาพ*, พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน

สัญญา สราภิรมย์. (2522, มกราคม). "หินปูนและหินโดโลไมต์," หนังสือข่าวสารการธรณี. 31

Christensen M.D. and P.R. (1997). *Thermal Infrared Emission Spectroscopy of Anhydrous Carbonate*, (online)

Gillespie Alan. *Studying the Western Great Basin using Remote Sensing Technology*, University of Washington, (online)

Johnson J.R. *Geological Characterization of Remote Field Sites Using Visible and Infrared Spectroscopy*, Marsokhod Field Test Mineralogy, (online)

Kirkland L.E. (2001). *Importance of Surface Texture to Infrared Remote Sensing Interpretations*, Lunar and Planetary Institute, (online)

----- (2001). *Thermal Infrared Hyperspectral Studies of Materials in the Field*, Lunar and Planetary Institute, (online)

Lillesand, Thomas M. (1979). *Remote sensing and image interpretation*, John Wiley & Sons, Inc.

Lucey P.G. *An Airborne Hyperspectral Imager for Hyperspectral Mine Detection*, University of Hawaii at Manoa, (online)

Peckham G.E. *Analysis of data from Remote Sensing Instruments*, (online)

Ramsey. M S. (1996). *Processing and Integration, exploitation tools and techniques* , Arizona State University, (online)

Rees. W.G. (2001). *Physical Principles of Remote Sensing*, Scott Polar Research Institute University of Cambridge

Rency. Andrew N. (1999). *Remote sensing for the earth sciences*, Third Edition, American Society for Photogrammetry and Remote sensing

Sabins. Floyd F. (1996). *Remote Sensing : principles and interpretation*, Third Edition, Remote Sensing Enterprises, Incorporated and University of California, Los Angeles

Spectral library, The JPL spectral library, (online)

Vincent. Robert K. *Fundamentals of Geological and Environmental Remote Sensing*, Prentice Hall, Upper saddle River, New Jersey

ภาคผนวก :
การวิเคราะห์ปัจจัยและการวิเคราะห์จัดกลุ่ม

การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis)

การวิเคราะห์ปัจจัย หรือบางครั้งเรียกว่าการวิเคราะห์ตัวประกอบเป็นเทคนิคที่จะจับกลุ่มหรือรวมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันไว้ในกลุ่มหรือ Factor เดียวกัน ตัวแปรที่อยู่ใน Factor เดียวกันจะมีความสัมพันธ์กันมาก โดยความสัมพันธ์นั้นอาจจะเป็นไปในทิศทางบวก หรือทิศทางลบก็ได้ ส่วนตัวแปรที่อยู่คนละ Factor จะไม่มีความสัมพันธ์กันหรือมีความสัมพันธ์น้อยมาก (กลยา วาณิชย์ บัญชา. 2546: 6) ในการจัดกลุ่มตัวแปรที่มีลักษณะเหมือนๆ กันไว้ด้วยกันโดยวิธีการวิเคราะห์ปัจจัยนั้นจะใช้วิธีพิจารณาจากค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยวิธีการวิเคราะห์ปัจจัยนี้จะเป็นการรวมกลุ่มหรือผสมตัวแปรเข้าด้วยกันแบบเชิงเส้นตรง (Linear Combination) และจะสร้างเป็นตัวแปรใหม่ที่เรียกว่า Factor หรือถือว่าเป็นตัวแปรแทนกลุ่มนั่นเอง (ศิริชัย พงษ์วิชัย. 2547: 396)

ตัวแบบของการวิเคราะห์ปัจจัย

เนื่องจากการวิเคราะห์ปัจจัย เป็นวิธีการจัดกลุ่มตัวแปรโดยนำตัวแปรมารวมตัวกันแบบเส้นตรง ดังนั้นตัวแบบ (Model) ของการวิเคราะห์ปัจจัยจึงกำหนดตัวแบบรูปเส้นตรงดังนี้

$$F_i = W_{i1}X_1 + W_{i2}X_2 + W_{i3}X_3 + \dots + W_{ik}X_k$$

F_i ค่าประมาณของปัจจัยที่ i ที่ได้จากการผสมค่าของตัวแปรแบบเส้นตรง ซึ่งจะเรียกค่าของปัจจัยนี้ว่า คะแนนปัจจัย (Factor Score)

W_{ik} ค่าคงที่ที่ใช้คูณหรือถ่วงน้ำหนักให้แก่ตัวแปรตัวที่ k ที่เป็นสมาชิกของปัจจัยที่ i ค่านี้จะเรียกว่า ค่าสัมประสิทธิ์ของคะแนนปัจจัย (Factor Score Coefficient)

X_k ค่าของตัวแปรตัวที่ k ที่ถูกเป็นสมาชิกของปัจจัยที่ i (การคำนวณจะใช้ค่าในรูปของคะแนนมาตรฐาน Z Score)

นอกจากตัวแบบดังกล่าวแล้วยังมีตัวแบบที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ปัจจัยอีกลักษณะหนึ่งที่แสดงถึงการจำแนกค่าตัวแปรในรูปของความสัมพันธ์กับปัจจัยต่างๆ แบบเส้นตรงดังนี้

$$X_i = L_{i1}F_1 + L_{i2}F_2 + L_{i3}F_3 + \dots + L_{ik}F_k$$

X_i ค่าประมาณของตัวแปรที่ i ที่ได้จากการรวมค่าแบบเส้นตรงของคะแนนปัจจัยทั้งหมดที่มีอยู่ ซึ่งโดยปกติจะคำนวณในรูปแบบคะแนนมาตรฐาน

- L_{ik} ค่าคงที่ที่ใช้เป็นตัวถ่วงน้ำหนักให้แก่ปัจจัยตัวที่ k ที่ได้จากตัวแบบแรกซึ่งจะเรียกค่านี้ว่า ค่าน้ำหนักของปัจจัย (Factor Loading) ค่านี้จะแสดงถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรหนึ่งๆ กับแต่ละปัจจัย (หรือกลุ่ม) ใด ถ้าค่าน้ำหนักปัจจัยของปัจจัยใดมีค่าสูง แสดงว่าปัจจัยนั้นมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับตัวแปรมากกว่าปัจจัยอื่น เมื่อจัดกลุ่มตัวแปรนั้นควรจะเข้าปอยู่ในปัจจัยที่มีค่าสูงกว่า
- F_i ค่าของปัจจัยที่ i ที่ได้จากการผสมค่าของตัวแปรแบบเส้นตรง ซึ่งจะเรียกค่าของปัจจัยนี้ว่า คะแนนปัจจัย (Factor Score)

ขั้นตอนของการวิเคราะห์ปัจจัย

1. หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งหมด (Correlation Matrix)
2. หาปัจจัยขั้นต้นที่แทนกลุ่มตัวแปร (Initial Factor Extraction)
3. เลือกปัจจัย (Selecting Factors)
4. หมุนแกนปัจจัย (Factor Rotation)
5. ให้ความหมายของปัจจัยที่ได้ (Factor Meaning)
6. หาคะแนนของปัจจัยที่ได้ (Factor Score)

1. การหาความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมด

เป็นขั้นตอนแรกของการวิเคราะห์ปัจจัยที่จะดำเนินการหาความสัมพันธ์ในรูปแบบเส้นตรง โดยวิธีของ Pearson Correlation ระหว่างตัวแปรทุกตัวที่ต้องการนำมาจัดกลุ่ม ซึ่งจะอยู่ในรูปของ Correlation Matrix ดังนี้

	X_1	X_2	X_3	X_4
X_1	r_{11}	r_{12}	r_{13}	r_{14}
X_2	r_{21}	r_{22}	r_{23}	r_{24}
X_3	r_{31}	r_{32}	r_{33}	r_{34}
X_4	r_{41}	r_{42}	r_{43}	r_{44}

X_i ตัวแปรที่ i ที่นำมาใช้ในการจัดกลุ่มด้วยวิธีการวิเคราะห์ปัจจัย จากตัวอย่าง แสดงว่ามีตัวแปรทั้งหมด 4 ตัวแปร

r_{ij} ค่าระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรลำดับที่ i กับตัวแปรลำดับที่ j การหาความสัมพันธ์จะมีประโยชน์ต่อผู้วิจัยในการนำตัวแปรไปใช้ในการจัดกลุ่มด้วยวิธีการวิเคราะห์ปัจจัย เพราะจะเป็นขั้นตอนที่ให้ผู้วิจัยพิจารณาเลือกตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันสูงเท่ากันที่จะนำไปจัดไว้ในกลุ่มเดียวกัน

2. การหาปัจจัยขั้นต้นที่แทนกลุ่มตัวแปร (Initial Factor Extraction)

เป็นขั้นตอนที่จะทำการหาปัจจัยที่เป็นตัวแทนของกลุ่มตัวแปรทั้งหมดที่ใช้ ซึ่งเรียกว่า เป็นการสกัดปัจจัย (Factor Extraction) มีวิธีการสกัดปัจจัยหลายวิธีแต่วิธีที่นิยมใช้ที่สุดในการสกัดปัจจัยได้แก่ การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component)

Principal Component เป็นวิธีการหาปัจจัยโดยอาศัยหลักการสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรโดยนำสิ่งที่ตัวแปรแต่ละตัวมีเหมือนกันมาสร้างเป็นสมการแบบเส้นตรง การผสมเชิงเส้นตรงอาจมีได้หลายแบบ แบบหนึ่งๆ เรียกว่า Component หรือปัจจัย (Factor) ทั้งนี้เพราะการผสมเชิงเส้นเพียงชุดเดียวอาจจะไม่สามารถอธิบายลักษณะของข้อมูลได้ดีพอ ดังนั้น การนำตัวแปรมาผสมกันแบบเส้นตรงตามแนวทางของ Principal Component จึงมีจำนวน Component หรือ Factor มากกว่าหนึ่ง แต่ในการนำไปใช้บางครั้งอาจจะใช้เพียง 1 หรือ 2 Factor ก็สามารถอธิบายหรือแทนกลุ่มตัวแปรได้อย่างพอเพียง โดยไม่จำเป็นต้องใช้ทุกปัจจัยที่หามาได้ ผลของการสกัดปัจจัยจะได้ค่าน้ำหนักของปัจจัย (Factor Loading) ซึ่งจะเป็นค่าที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรหนึ่งๆ กับแต่ละปัจจัยที่หามาได้จากการสกัดปัจจัย

ค่า Communalities คำนวณได้จากการนำค่าน้ำหนักปัจจัย (Factor Loading) แต่ละตัวมายกกำลังสอง เป็นค่าที่แสดงถึงอิทธิพลของแต่ละปัจจัยหรือแต่ละ Factor ที่มีผลต่อตัวแปรหนึ่งๆ

ค่า Eigen Value หมายถึง ค่าความผันแปร หรือความแปรปรวนทั้งหมดในตัวแปรเดิมที่สามารถอธิบายได้โดย Factor หรือ Eigenvalues คือ ผลบวกค่าของ Communalities ของแต่ละ Factor

3. การเลือกปัจจัย (Selecting Factors)

ในการสกัดปัจจัยนั้นจะได้ปัจจัยหลายปัจจัย ถ้าใช้ทุกปัจจัยก็สามารถอธิบายตัวแปรได้ 100% แต่ในทางปฏิบัติอาจจะไม่จำเป็นต้องใช้ทุกปัจจัยที่ได้มา เพราะอาจจะใช้เพียงบางปัจจัยที่สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรได้สูง โดยเลือกปัจจัยที่มีค่า Eigenvalues มากกว่า 1 มาใช้

4. การหมุนแกนปัจจัย (Factor Rotation)

เป็นขั้นตอนที่จะดำเนินการแยกตัวแปรให้เห็นเด่นชัดว่าตัวแปรหนึ่งๆ ควรจะจัดอยู่ในกลุ่มหรือใน Factor ใด เนื่องจากในการสกัดปัจจัยจะได้ปัจจัยหรือ Factor หลาย Factor ซึ่งแต่ละ Factor จะเกิดจากการรวมของตัวแปรแบบเชิงเส้นตรง แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นคือตัวแปรหนึ่งๆ อาจจะเป็นสมาชิกในหลาย Factor ซึ่งจะยากต่อการให้ความหมายของ Factor และการกำหนดชื่อ Factor หรืออาจได้ความหมายของแต่ละ Factor ไม่ชัดเจน การหมุนแกนจะเป็นวิธีการที่จะทำให้การเป็นสมาชิกของแต่ละตัวแปรใน Factor หนึ่งๆ ชัดเจนขึ้น การหมุนแกนจะเป็นการหมุนแกนของกราฟที่ได้จากการนำน้ำหนักหรือค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร (W_i) ในสมการของแต่ละ Factor มาเขียนกราฟโดยมีจำนวนแกนเท่ากับจำนวน Factor ที่มีอยู่

5. การให้ความหมายแก่ปัจจัยที่ได้ (Factor Meaning)

เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยจะต้องกำหนดชื่อหรือให้ความหมายแก่ปัจจัยหรือ Factor ที่ได้ โดยพิจารณาว่าใน Factor นั้นๆ ประกอบด้วยตัวแปรอะไรบ้างที่เป็นสมาชิกอยู่ แต่เนื่องจากใน Factor หนึ่งๆ ประกอบไปด้วยตัวแปรทุกตัวที่เป็นสมาชิก โดยมีน้ำหนักของการเป็นสมาชิกแตกต่างกัน ดังนั้นก่อนจะให้ความหมายแก่ Factor ใดๆ ควรจะต้องพิจารณาเลือกตัวแปรที่น่าจะเป็นสมาชิกของ Factor นั้นๆ มากที่สุด หลังจากนั้นจึงให้ความหมายแก่ปัจจัยที่ได้แต่ละปัจจัย โดยพิจารณาจากค่า Factor Loading เป็นหลัก

6. การหาคะแนนของปัจจัย (Factor Score) เป็นขั้นตอนที่จะคำนวณหาค่าของ Factor หรือเรียกกันว่า คะแนนของปัจจัย (Factor Score) ซึ่งเปรียบเสมือนคะแนนผลรวมของกลุ่มตัวแปรในแต่ละปัจจัย โดยใช้สัมประสิทธิ์ของตัวแปรแต่ละตัวมาเป็นน้ำหนักในการผสมตัวแปร คะแนนปัจจัยที่ได้ผู้วิจัยสามารถนำไปใช้ต่อในฐานะคะแนนตัวแทนของกลุ่มตัวแปรทำให้ลดจำนวนตัวแปรที่จะนำไปวิเคราะห์ได้ทางหนึ่ง วิธีการคำนวณหาคะแนนปัจจัยมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น วิธีของการถดถอย (Regression) วิธีของบาร์ทเลตต์ (Bartlett) และวิธีของแอนเดอร์และรูบินส์ (Ander_Rubin) ในงานวิจัยครั้งนี้มิได้นำการหาคะแนนของปัจจัยไปใช้ เนื่องจากต้องการงานวิจัยมีจุดประสงค์เพียงจัดกลุ่มปัจจัยที่มีลักษณะเหมือนกัน หรือมีลักษณะเดียวกันเข้าไว้ด้วยกัน

การวิเคราะห์จัดกลุ่ม (Cluster Analysis)

Cluster Analysis เป็นเทคนิคที่ใช้จำแนกหรือแบ่ง Case (หมายถึง คน สัตว์ สิ่งของ หรือองค์กร ฯลฯ) หรือแบ่งตัวแปรออกเป็นกลุ่มย่อยๆ ตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไป

Case ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน จะมีลักษณะที่เหมือนกันหรือคล้ายกัน ส่วน Case ที่อยู่ต่างกลุ่มกันจะมีลักษณะที่แตกต่างกัน ดังนั้น การพิจารณาเลือกลักษณะหรือตัวแปรที่จะนำมาใช้ในการแบ่งกลุ่ม Case จึงมีความสำคัญ นอกจากนั้น Case ใด Case หนึ่งจะต้องอยู่ในกลุ่มหนึ่งเพียงกลุ่มเดียว

ถ้าหากเทคนิค Cluster Analysis มาใช้ในการแบ่งกลุ่มตัวแปร จะให้ตัวแปรอยู่ในกลุ่มเดียวกันมีความสัมพันธ์กันมากกว่าตัวแปรที่อยู่ต่างกลุ่มกัน ตัวแปรที่อยู่ต่างกลุ่มกันมีความสัมพันธ์กันน้อยหรือไม่มีความสัมพันธ์กันเลย ส่วนใหญ่การแบ่งกลุ่มตัวแปรจะให้เทคนิค Factor Analysis

การแบ่งกลุ่มตัวแปรโดยวิธี Hierarchical Cluster Analysis

เป็นเทคนิคที่นิยมใช้กันมากในการแบ่งกลุ่ม Case หรือแบ่งกลุ่มตัวแปร โดยมีเงื่อนไขดังนี้

1. ในกรณีที่ใช้ในการแบ่ง Case นั้น จำนวน Case ต้องไม่มากนัก (จำนวน Case ควรต่ำกว่า 200 ถ้าตั้งแต่ 200 ขึ้นไปใช้ K-mean Cluster) และจำนวนตัวแปรต้องไม่มากเกินไป
2. ไม่จำเป็นต้องทราบจำนวนกลุ่มมาก่อน
3. ไม่จำเป็นต้องทราบว่าตัวแปรใดหรือ Case ใดอยู่กลุ่มใดก่อน

ขั้นตอนของเทคนิค Hierarchical Cluster Analysis สำหรับแบ่งกลุ่ม Case

1. เลือกตัวแปรหรือปัจจัยที่คาดว่าจะมีอิทธิพลที่ทำให้ Case ต่างกัน นั่นคือ ตัวแปรนั้นจะทำให้สามารถแบ่งกลุ่ม Case ได้ชัดเจน ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญ
2. เลือกวิธีการวัดระยะห่างระหว่าง Case แต่ละคู่ หรือเลือกวิธีการคำนวณเพื่อวัดค่าความคล้ายของ Case แต่ละคู่ สำหรับวิธีการคำนวณระยะห่าง หรือค่าความคล้ายของ Case แต่ละคู่ จะแตกต่างกันเมื่อชนิดของข้อมูลต่างกัน ซึ่งชนิดหรือตัวแปรที่สามารถใช้เทคนิค Hierarchical Cluster Analysis ได้มี 3 ประเภทคือ

1) ข้อมูลเป็นสเกลอันดับ (Interval scale) หรือสเกลอัตราส่วน (Ratio scale) มีวิธีการคำนวณดังนี้

- Eucliden Distance
- Square eucliden Distance
- Cosine
- Peason Correlation
- Chebychev
- Block หรือ City-block หรือ Manhattan Distance
- Minkowski
- Customized

2) ข้อมูลที่อยู่ในรูปความถี่ (Count Data) โดยวัดความแตกต่าง หรือระยะห่าง โดยเลือกวิธีการทางสถิติดังนี้

- Chi-square measure : ใช้หลักเกณฑ์ในการทดสอบไคสแควร์ ในการทดสอบความเท่ากันของความถี่ของ 2 set (ในงานวิจัยนี้ใช้การทดสอบไคสแควร์ในการทดสอบ)
- Phi-square measure

3) ข้อมูลอยู่ในรูป Binary นั่นคือ มีได้ 2 ค่า คือ 0 กับ 1 มีวิธีคำนวณระยะห่างหลายวิธีดังนี้

- Square Euclidean distance
- Euclidean distance
- Size Difference
- Pattern Difference
- Variance
- Simple matching
- Phi 4 – point correlation
- Lambda
- Anderberg's D (Similarity)
- Dice
- Hamann
- Jaccard
- Kulczynski1
- Kulczynski2
- Lance and Williams
- Ochiai
- Rogers and Tanomoto
- Russel and Rao
- Sokal and Sneath1
- Sokal and Sneath2
- Sokal and Sneath3
- Sokal and Sneath4
- Sokal and Sneath5
- Yule's Q
- Yule's Q

3. เลือกหลักเกณฑ์ในการรวมกลุ่ม หรือรวม Cluster สำหรับหลักการในการรวมกลุ่มของเทคนิค Hierarchical Cluster นั้นมีหลายวิธี วิธีที่นิยมกันมาก คือ Agglomerative Hierarchical Cluster Analysis หรือในโปรแกรม SPSS เรียกว่า Agglomerative Schedule

Agglomerative Schedule หลักเกณฑ์ของ Agglomerative Schedule จะทำการรวมกลุ่ม Cluster อย่างเป็นขั้นตอนดังนี้

ก่อนทำการวิเคราะห์จะกำหนดให้ 1 กลุ่ม หรือ 1 Cluster มี Case 1 Case นั่นคือ ถือว่าแต่ละ Case เป็น 1 Cluster จึงมีจำนวน Cluster เท่ากับจำนวนข้อมูลหรือจำนวน Case กรณีที่มีจำนวนข้อมูล n Case จะมี n Cluster หรือ n กลุ่ม มีขั้นตอนดังนี้

1. รวม Case 2 Case ให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน หรือ Cluster เดียวกัน โดยพิจารณาจากค่าระยะห่างหรือค่าความคล้าย

2. พิจารณาว่าควรรวม Case ที่ 3 เข้าอยู่ในกลุ่มเดียวกับ 2 Case แรก หรือ ควรรวม 2 Case ใหม่เข้าอยู่ในกลุ่มใหม่อีกกลุ่มหนึ่ง โดยพิจารณาจากค่าระยะห่าง หรือค่าความคล้าย

3. ทำขั้นที่ 3, 4... โดยใช้เกณฑ์เดียวกับขั้นที่ 2 นั่นคือ ในแต่ละขั้นอาจจะรวม Case ใหม่เข้าไปในกลุ่มที่มีอยู่แล้ว หรือรวม Case ใหม่ 2 Case เป็นกลุ่มใหม่ ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้ทุก Case อยู่ในกลุ่มเดียวกัน นั่นคือ สุดท้ายมีเพียง 1 กลุ่มหรือ 1 Cluster และ Case ใดที่ถูกจัดกลุ่มแล้วจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง

หลักเกณฑ์ในการรวมกลุ่ม

ในแต่ละขั้นตอนข้างต้นมีหลายวิธีที่จะนำมาใช้ในการรวมกลุ่ม โดยจะกล่าวถึงวิธีการในโปรแกรม SPSS ซึ่งปรากฏในคำสั่ง Method ดังนี้

1. Between-groups Linkage หรือเรียกว่า Average Linkage Between Groups หรือเรียกว่า UPGMA (Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Average) วิธีนี้จะคำนวณหาระยะห่างเฉลี่ยของทุกคู่ของ Case โดยที่ Case หนึ่งอยู่ใน Cluster ที่ i ส่วนอีก Case หนึ่งอยู่ใน Cluster ที่ j , $i \neq j$ ถ้า Cluster ที่ i มีระยะห่างเฉลี่ยจาก Cluster ที่ j สั้นกว่าระยะห่างจาก Cluster อื่นจะนำ Cluster ที่ i และ j รวมกันเป็น Cluster เดียวกัน

2. Within-group Linkage Technique หรือเรียกว่า Average Linkage Within Groups Method วิธีนี้จะรวม Cluster เข้าด้วยกันถ้าระยะห่างเฉลี่ยระหว่างทุก Case ใน Cluster นั้นๆ มีค่าน้อยที่สุด

3. Nearest Neighbor หรือเรียกว่า Single Linkage วิธีนี้จะรวม Cluster 2 Cluster เข้าด้วยกันโดยพิจารณาจากระยะห่างที่สั้นที่สุด โดยที่ d_{jk} เป็นระยะห่างที่สั้นที่สุดของ Cluster i และ k ส่วน d_{ij} เป็นระยะห่างที่สั้นที่สุดระหว่าง Cluster i และ j

4. Furthest Neighbor Technique หรือเรียกว่า Complete Linkage วิธีนี้จะรวม Cluster 2 Cluster เข้าด้วยกันโดยพิจารณาจากระยะห่างที่ยาวที่สุด

5. Centroid Cluster วิธีนี้จะรวม Cluster 2 Cluster เข้าด้วยกันโดยพิจารณาจากระยะห่างของจุดกลางของ Cluster (กลุ่ม) วิธีนี้จะคำนวณหาระยะห่างระหว่าง Centroid ของ Cluster ที่ละคู่ ในที่นี้จะเรียกค่าเฉลี่ย หรือค่ากลางของแต่ละ Cluster ว่า Centroid Clustering ของ Cluster เนื่องจากการแบ่งกลุ่ม Case จะพิจารณาจากตัวแปรหลายๆ ตัวพร้อมๆ กัน จึงเรียกค่า

กลางหรือค่าเฉลี่ยว่า Centroid ถ้าระยะห่างระหว่าง Centroid ของ Cluster คู่ใดต่ำกว่ารวม Cluster คู่ นั้นเข้าเป็น Cluster เดียวกัน

6. Median Cluster วิธีนี้จะรวม Cluster 2 Cluster เข้าด้วยกัน โดยให้แต่ละ Cluster สำคัญเท่ากัน (ให้น้ำหนักเท่ากัน) ในขณะที่วิธีของ Centroid Cluster จะให้ความสำคัญแก่ Cluster มีขนาดใหญ่มากกว่า Cluster ที่มีขนาดเล็ก (ให้น้ำหนักไม่เท่ากัน) Median Clustering จะให้ค่า Median เป็นค่ากลางของ Centroid ถ้าระยะห่างระหว่างค่า Median ของ Cluster คู่ใดต่ำกว่ารวม Cluster คู่ นั้นเข้าด้วยกัน

7. Ward's Method หลักการของวิธีนี้จะพิจารณาจากค่า Sum of the squared within-cluster distance โดยจะรวม Cluster ที่ทำให้ค่า Sum of the squared within-cluster distance เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด โดยค่า Square within-cluster distance คือค่า square Euclidean distance ของแต่ละ Case กับ Cluster Mean

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นายธีรเวทย์ ลิ้มโกลลวิลาส
วันเดือนปีเกิด	4 สิงหาคม 2519
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	259/5 ถนนสวนผัก เขตคลองสาน กรุงเทพมหานคร 10170
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2537	มัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย
พ.ศ. 2541	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) สาขาภูมิศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2547	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาภูมิศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ