

การจำแนกชนิดหินโดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM

กรณีศึกษา : 7 อำเภอของจังหวัดเลย

ณัฐพล วงษ์รัมย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีภูมิศาสตร์


คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ตุลาคม 2556

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ของ ญัฐพล วงษ์รัมย์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีภูมิศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์


.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ดร.สุพรรณ กาญจนสุธรรม)


.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร.แก้ว นวลฉวี)


.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ดร.ณรงค์ พลธิ์รักษ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธาน

(ดร.เชาวลิต ศิลปทอง)


.....กรรมการ

(ดร.สุพรรณ กาญจนสุธรรม)


.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.แก้ว นวลฉวี)


.....กรรมการ

(ดร.ณรงค์ พลธิ์รักษ์)


.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์)

คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีภูมิศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา


.....คณบดีคณะภูมิสารสนเทศศาสตร์

(ดร.สุพรรณ กาญจนสุธรรม)

วันที่ ๑๑ เดือน ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๕๖

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ซึ่งผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณ ดร.สุพรรณ กาญจนสุธรรม อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก รศ.ดร.แก้ว นวลฉวี และ ดร.ณรงค์ พลธิราช ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำ รวมทั้งองค์กรหน่วยงานที่สนับสนุนข้อมูล ตลอดจนผู้ที่ได้มีส่วนช่วยให้งานวิจัยดังกล่าวนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ คุณนัฐติยา วงษ์รัมย์ ที่ช่วยในการออกสำรวจข้อมูลภาคสนาม และขอมอบความดีของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เพื่อเป็นกตเวทิตาคุณ แด่บิดา มารดา และคณาจารย์ทุกท่าน ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อประเทศชาติต่อไป

ณัฐพล วงษ์รัมย์

52920417: สาขาวิชา: เทคโนโลยีภูมิศาสตร์; วท.ม. (เทคโนโลยีภูมิศาสตร์)

คำสำคัญ: ภาพถ่ายจากดาวเทียม/ การจำแนกชนิดหิน/ ระบบผู้เชี่ยวชาญ

นายณัฐพล วงษ์รัมย์: การจำแนกชนิดหิน โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM

กรณีศึกษา : 7 อำเภอของจังหวัดเลย (LITHOLOGICAL CLASSIFICATION USING LANDSAT-5 TM DATA CASE STUDY OF 7 DISTRICTS, LOEI PROVINCE, THAILAND) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: สุพรรณ กาญจนสุธรรม, D.Tech.Sci., แก้ว นวลฉวี, Ph.D., ณรงค์ พลธิรักษ์, Ph.D., 98 หน้า, ปี พ.ศ. 2556.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพภูมิประเทศ ค่าสะท้อนจากภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM กับชนิดหิน และจำแนกชนิดของหินด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญ และจำแนกแบบควบคุมด้วยวิธี Maximum Likelihood ซึ่งระบบผู้เชี่ยวชาญต้องใช้ข้อมูลประกอบอื่นมาช่วยในการจำแนก ได้แก่ ระดับความสูง ความลาดชัน ความลึกของดิน การระบายของดิน สิ่งปกคลุมดิน และระยะห่างจากเส้นทางน้ำ เนื่องจากค่าการสะท้อนพลังงานที่ได้จากข้อมูลดาวเทียมของหินแต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่ไม่ได้มาจากหินเท่านั้น แต่มีการสะท้อนของพืชพรรณและสิ่งปกคลุมดินรวมอยู่ด้วย

ผลการศึกษาพบว่า สามารถจำแนกหินออกได้เป็น 5 ประเภท ได้แก่ หินแปร หินอัคนี หินตะกอน ตะกอนทางน้ำปัจจุบัน และตะกอนตะกั่มน้ำ การจำแนกชนิดของหินโดยระบบผู้เชี่ยวชาญในพื้นที่ศึกษาให้ผลการจำแนกที่มีความถูกต้องสูงถึงร้อยละ 79.69 ในขณะที่การจำแนกแบบควบคุมให้ความถูกต้องเพียงร้อยละ 75.92 โดยหินที่จำแนกได้เด่นชัดที่สุดด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญคือ หินแปร ซึ่งเงื่อนไขระดับความสูงและสิ่งปกคลุมดินเป็นเงื่อนไขสำคัญในการจำแนกชนิดหินด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญ

52920417: MAJOR: GEOGRAPHICAL TECHNOLOGY; M.Sc. (GEOGRAPHICAL TECHNOLOGY)

KEYWORDS: SATELLITE IMAGE/ LITHOLOGICAL CLASSIFICATION/ EXPERT SYSTEM

MR. NATTAPON WONGRAM: LITHOLOGICAL CLASSIFICATION USING LANDSAT-5 TM DATA CASE STUDY OF 7 DISTRICTS, LOEI PROVINCE, THAILAND. ADVISORY COMMITTEE: SUPAN KARNCHANASUTHAM, D.Tech.Sci., KAEW NUALCHAWEE, Ph.D., NARONG PLEERUX, Ph.D., 98 P. 2013.

The purposes of this research were: 1) to study the relationship among topography, reflection from LANSAT-5 TM data and rock type, and 2) to classify the rock type by expert system and supervised classification by using Maximum Likelihood method. Elevation, slope, depth of soil, drainage of soil, land cover and distance from stream were necessary in the expert system, because the reflection of the whole area was not just only from the rock, but it was also the reflection from plants and land cover.

The results of this study indicated that 5 rock types were found. There were Metamorphic rock, Igneous rock, Sedimentary rock, Alluvial deposit and Terrace deposit. The overall accuracy of the lithological classification by expert system was 79.69 percents, while the supervised classification by using Maximum Likelihood method was 75.92 percents. However, Metamorphic rock was clearly shown in expert system. The important conditions in expert system were elevation and land cover.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	7
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
บริบทพื้นที่ศึกษา.....	8
ลักษณะทางธรณีวิทยาจังหวัดเลย.....	11
หินและคุณสมบัติการสะท้อนพลังงาน.....	19
ภาพถ่ายดาวเทียมกับการแปลความหมายทางธรณีวิทยา.....	25
การจำแนกด้วยวิธีระบบผู้เชี่ยวชาญ.....	30
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	32
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	35
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	35
จัดเตรียมข้อมูลและเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง.....	35
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	43

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิจัย.....	47
ผลการวิเคราะห์ค่าการสะท้อนพลังงาน.....	47
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ.....	55
กำหนดเงื่อนไขในการจำแนก.....	60
ผลการจำแนกชนิดหิน.....	61
ผลการจำแนกในพื้นที่ทดสอบ.....	77
5 อภิปรายและสรุปผล.....	86
อภิปรายผล.....	86
สรุปผล.....	87
ข้อเสนอแนะ.....	87
บรรณานุกรม.....	89
ภาคผนวก.....	91
ภาคผนวก ก	92
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	98

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3-1 แสดงรายละเอียดภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM ที่ใช้ในการศึกษา.....	36
4-1 ค่าการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นที่ได้เลือกมาใช้ในการจำแนก.....	50
4-2 ค่าที่ได้จากอัตราส่วนช่วงคลื่นของหินและตะกอนในแต่ละอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ได้เลือกมาใช้ในการจำแนก.....	55
4-3 แสดงร้อยละของพื้นที่หินและตะกอนแต่ละชนิดในความลึกของดินระดับต่างๆ.....	56
4-4 แสดงร้อยละของพื้นที่หินและตะกอนแต่ละชนิดในความสามารถการระบายน้ำของดินระดับต่างๆ.....	56
4-5 แสดงร้อยละของพื้นที่หินและตะกอนแต่ละชนิดในความสูงระดับต่างๆ.....	57
4-6 แสดงร้อยละของพื้นที่หินและตะกอนแต่ละชนิดในความชันระดับต่างๆ.....	58
4-7 แสดงร้อยละของพื้นที่หินและตะกอนแต่ละชนิดในสิ่งปกคลุมดินชนิดต่างๆ.....	59
4-8 แสดงร้อยละของพื้นที่หินและตะกอนแต่ละชนิดในระยะห่างจากเส้นทางน้ำ.....	60
4-9 คำนวณดัชนีหินในพื้นที่ศึกษา.....	61
4-10 ข้อมูลชนิดหิน จากแผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดเลย.....	62
4-11 ผลการจำแนกชนิดหินแบบควบคุมด้วยวิธี Maximum Likelihood ใช้ช่วงคลื่นที่ดีที่สุด.....	64
4-12 แสดงตาราง Confusion Matrix ของการจำแนกชนิดหินแบบควบคุม ด้วยวิธี Maximum Likelihood ใช้ช่วงคลื่นที่ดีที่สุด.....	66
4-13 ผลการประเมินความถูกต้องจากตาราง Confusion Matrix ของการจำแนกชนิดหินแบบควบคุม ด้วยวิธี Maximum Likelihood ใช้ช่วงคลื่นที่ดีที่สุด.....	66
4-14 ผลการจำแนกชนิดหินแบบควบคุมด้วยวิธี Maximum Likelihood ใช้อัตราส่วนช่วงคลื่นที่ดีที่สุด.....	67
4-15 แสดงตาราง Confusion Matrix ของการจำแนกชนิดหินแบบควบคุม ด้วยวิธี Maximum Likelihood ใช้อัตราส่วนช่วงคลื่นที่ดีที่สุด.....	69
4-16 ผลการประเมินความถูกต้องจากตาราง Confusion Matrix ของการจำแนกชนิดหินแบบควบคุม ด้วยวิธี Maximum Likelihood ใช้อัตราส่วนช่วงคลื่นที่ดีที่สุด.....	69
4-17 ผลการจำแนกชนิดหินแบบควบคุมด้วยวิธี Maximum Likelihood ใช้ช่วงคลื่นที่ดีที่สุดร่วมกับอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ดีที่สุด.....	70

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-18 แสดงตาราง Confusion Matrix ของการจำแนกชนิดหินแบบควบคุม ด้วยวิธี Maximum Likelihood ใช้ช่วงคลื่นที่ดีที่สุดร่วมกับอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ดีที่สุด.....	72
4-19 ผลการประเมินความถูกต้องจากตาราง Confusion Matrix ของการจำแนกชนิดหิน ด้วยวิธี Maximum Likelihood ใช้ช่วงคลื่นที่ดีที่สุดร่วมกับอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ดีที่สุด.....	72
4-20 ผลการจำแนกชนิดหินด้วยวิธีระบบผู้เชี่ยวชาญ.....	73
4-21 แสดงตาราง Confusion Matrix ของการจำแนกชนิดหินด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญ.....	75
4-22 ผลการประเมินความถูกต้องจากตาราง Confusion Matrix ของการจำแนกชนิดหิน ด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญ.....	75
4-23 แสดงค่าร้อยละความถูกต้องของการจำแนกชนิดหินในแต่ละประเภท.....	76
4-24 ผลการจำแนกชนิดหินด้วยวิธีระบบผู้เชี่ยวชาญในพื้นที่ทดสอบแห่งที่ 1.....	80
4-25 แสดงตาราง Confusion Matrix ของการจำแนกชนิดหินด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญในพื้นที่ทดสอบแห่งที่ 1.....	82
4-26 ผลการประเมินความถูกต้องจากตาราง Confusion Matrix ของการจำแนกชนิดหิน ด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญในพื้นที่ทดสอบแห่งที่ 1.....	82
4-27 ผลการจำแนกชนิดหินด้วยวิธีระบบผู้เชี่ยวชาญในพื้นที่ทดสอบแห่งที่ 2.....	83
4-28 แสดงตาราง Confusion Matrix ของการจำแนกชนิดหินด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญในพื้นที่ทดสอบแห่งที่ 2.....	85
4-29 ผลการประเมินความถูกต้องจากตาราง Confusion Matrix ของการจำแนกชนิดหิน ด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญในพื้นที่ทดสอบแห่งที่ 2.....	85

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1-1 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	4
1-2 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา.....	6
2-1 แสดงแนวรอยต่อจากการเคลื่อนที่เข้าหากันของแผ่นเปลือกโลกงาน – ไทย และ อินโดจีน.....	12
2-2 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดเลย.....	13
2-3 แสดงหินฟิลไลต์ หินนาโม และหินเชิร์ตสลับภูเขาไฟ หินปากชม.....	14
2-4 แสดงหินดินดานห่มหินหนองคอกบัว และหินกรวดมน ห่มหินหนองคอกบัว.....	14
2-5 หินปูนผานกเค้า หินน้ำมโหฬาร และหินปูนเลนส์ภูเขาไฟ หินอีเล็ค.....	15
2-6 หินกรวดภูเขาไฟ และหินทรายแป้งสีน้ำตาลแดง หินภูเขาไฟ.....	16
2-7 หินทรายเนื้อกรวดที่หินเต่า ภูเขาไฟ หินภูเขาไฟ และหินทรายเนื้อควอตซ์ภูเขาไฟ หินพระวิหาร.....	17
2-8 หินบะซอลต์อายุดีโวเนียนถึงคาร์บอนิเฟอรัส (ซ้าย) และหินกรวดมนภูเขาไฟ.....	18
2-9 หินแกรนิตสีชมพู (ซ้าย) และหินแกรนิตสีชมพูระยะใกล้.....	19
2-10 หินแกรนิตไดออไรต์ ภูเขาไฟ.....	19
2-11 หินอัคนีแทรกซอนชนิดไดออไรต์ และหินอัคนีแทรกซอนชนิดแกรนิต.....	20
2-12 หินอัคนีพุนชนิดบะซอลต์ และหินอัคนีพุนชนิดไรโอไรต์.....	21
2-13 หินชั้นเนื้อประสม หินดินดาน หินทราย และหินกรวดมน.....	22
2-14 หินชั้นประสาน หินปูน หินเชิร์ต เกลือหิน และถ่านหิน.....	23
2-15 ลักษณะของแปรสภาพบริเวณไพศาลชนิดหินไนส์ หินชีส และหินชนวน.....	24
2-16 ลักษณะของแปรสภาพบริเวณไพศาลชนิดหินอ่อน และหินควอตไซต์.....	25
2-17 แผนภาพลักษณะการจำแนกโดยวิธีระบบผู้เชี่ยวชาญ.....	32
3-1 ภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT -5 TM ในจังหวัดเลย.....	35
3-2 แผนที่แสดงความสูงบริเวณพื้นที่ศึกษา.....	37
3-3 แผนที่แสดงความลาดชันบริเวณพื้นที่ศึกษา.....	38
3-4 แผนที่แสดงความลึกของดินบริเวณพื้นที่ศึกษา.....	39
3-5 แผนที่แสดงการระบายน้ำของดินบริเวณพื้นที่ศึกษา.....	40
3-6 แผนที่แสดงสิ่งปกคลุมดินบริเวณพื้นที่ศึกษา.....	41

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3-7 แผนที่แสดงระยะห่างจากเส้นทางน้ำบริเวณพื้นที่ศึกษา.....	42
3-8 การนำเข้าข้อมูลธรณีวิทยาในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์.....	43
3-9 การกำหนดพื้นที่ตัวอย่างของหินแต่ละชนิด.....	44
3-10 ขั้นตอนและวิธีการทำวิจัย.....	46
4-1 ค่าสถิติการสะท้อนพลังงานของหินแต่ละชนิด.....	48
4-2 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของค่าสะท้อนพลังงานในทุกช่วงคลื่น.....	49
4-3 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยการสะท้อนพลังของหินแต่ละชนิดของอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ 1 กับช่วงคลื่นอื่นๆ.....	51
4-4 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยการสะท้อนพลังของหินแต่ละชนิดของอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ 2 กับช่วงคลื่นอื่นๆ.....	51
4-5 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยการสะท้อนพลังของหินแต่ละชนิดของอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ 3 กับช่วงคลื่นอื่นๆ.....	52
4-6 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยการสะท้อนพลังของหินแต่ละชนิดของอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ 4 กับช่วงคลื่นอื่นๆ.....	52
4-7 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยการสะท้อนพลังของหินแต่ละชนิดของอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ 5 กับช่วงคลื่นอื่นๆ.....	53
4-8 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยการสะท้อนพลังของหินแต่ละชนิดของอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ 6 กับช่วงคลื่นอื่นๆ.....	53
4-9 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยการสะท้อนพลังของหินแต่ละชนิดของอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ 7 กับช่วงคลื่นอื่นๆ.....	54
4-10 ข้อมูลชนิดหิน นำเข้าจากแผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดเลย.....	63
4-11 ผลการจำแนกชนิดหินแบบควบคุม ด้วยวิธี Maximum Likelihood ใช้ช่วงคลื่นที่ดีที่สุด.....	65
4-12 ผลการจำแนกชนิดหินแบบควบคุม ด้วยวิธี Maximum Likelihood ใช้อัตราส่วนช่วงคลื่นที่ดีที่สุด.....	68
4-13 ผลการจำแนกชนิดหินแบบควบคุม ด้วยวิธี Maximum Likelihood ใช้ช่วงคลื่นที่ดีที่สุดร่วมกับอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ดีที่สุด.....	71

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-14 ผลการจำแนกชนิดหิน โดยใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญ.....	74
4-15 พื้นที่ทดสอบการจำแนกชนิดหินด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญแห่งที่ 1.....	78
4-16 พื้นที่ทดสอบการจำแนกชนิดหินด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญแห่งที่ 2.....	79
4-17 ผลการจำแนกชนิดหิน โดยใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญในพื้นที่ทดสอบแห่งที่ 1.....	81
4-18 ผลการจำแนกชนิดหิน โดยใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญในพื้นที่ทดสอบแห่งที่ 2.....	84
ก-1 สภาพแวดล้อมที่พบหินแปร สภาพภูมิประเทศที่พบหินแปร และลักษณะของ หินแปร.....	93
ก-2 สภาพแวดล้อมที่พบหินอัคนี สภาพภูมิประเทศที่พบหินอัคนี และลักษณะของ หินอัคนี.....	94
ก-3 สภาพแวดล้อมที่พบหินตะกอน และลักษณะของหินตะกอน.....	95
ก-4 สภาพแวดล้อมที่พบหินตะกอน.....	95
ก-5 สภาพภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมในบริเวณที่พบตะกอนทางน้ำปัจจุบัน.....	96
ก-6 สภาพแวดล้อมในบริเวณที่พบตะกอนทางน้ำปัจจุบัน.....	96
ก-7 สภาพภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมในบริเวณที่พบตะกอนตะพักลุ่มน้ำ.....	97
ก-8 สภาพแวดล้อมในบริเวณที่พบตะกอนตะพักลุ่มน้ำ.....	97

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันมนุษย์ได้นำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ประโยชน์เพื่อการดำรงชีวิตทั้งทางตรงและทางอ้อม และมีแนวโน้มที่จะมีความต้องการเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากประชากรเพิ่มขึ้นและทรัพยากรบางอย่างหมดไปอย่างรวดเร็วทั้งที่ใช้แล้วสามารถผลิตหรือออกงยขึ้นใหม่ได้ เช่น ป่าไม้ สัตว์ป่า และที่ใช้แล้วหมดไป เช่น แร่ธาตุต่างๆ ซึ่งจำเป็นต้องมีการสำรวจหาทรัพยากรแหล่งใหม่ ด้วยวิธีการที่เหมาะสม เทคโนโลยีที่ทันสมัย เพื่อให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด ทรัพยากรแร่และหินก็เป็นทรัพยากรประเภทหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น ก่อสร้างที่อยู่อาศัย ทำยารักษาโรค และสร้างสิ่งสาธารณูปโภคพื้นฐาน ได้แก่ วัด โรงเรียน โรงพยาบาล เป็นต้น ทั้งในด้านพลังงานเชื้อเพลิงจากธรรมชาติ เช่น ถ่านหิน ปิโตรเลียม ด้านอื่นๆ เช่น ใช้ทำเครื่องประดับ เครื่องตกแต่ง เป็นต้น

ในประเทศไทยทรัพยากรแร่และหิน มีความสำคัญในด้านเศรษฐกิจมากอยู่ไม่น้อย เช่น ใช้ในด้านอุตสาหกรรม ใช้ในสิ่งก่อสร้าง เป็นต้น การสำรวจเพื่อให้ได้มาซึ่งแร่และหินดังกล่าวก็มีความสำคัญเช่นเดียวกัน ซึ่งต้องอาศัยกระบวนการ วิธีการและเครื่องมือที่ทันสมัย รวดเร็ว และประหยัดทั้งค่าใช้จ่ายและกำลังคน และได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องสูง

หินแต่ละประเภทจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ทั้งในเรื่องขององค์ประกอบซึ่งจะให้แร่ที่แตกต่างกัน ลักษณะธรณีสัณฐานที่เป็นหินคนละชนิดกันก็จะมีความแตกต่างกันด้วย คุณสมบัติการสะท้อนรังสีหรือช่วงคลื่นที่ต่างแตกต่างกัน พีชปกคลุมที่มีหินรองรับคนละชนิดก็มีลักษณะที่ต่างกันไป (เฉลิมชัย อุดมรัตน์, 2529) สิ่งเหล่านี้ทำให้เราสามารถจำแนกชนิดของหินออกจากกันได้โดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจเบื้องต้นมาประกอบ โดยเฉพาะในบริเวณมีความหลากหลายทางด้านธรณีวิทยา เช่น บริเวณที่มีการชนกันของแผ่นเปลือกโลกในอดีต มีการระเบิดหรือปะทุของภูเขาไฟ ทำให้หินบริเวณดังกล่าวมีความหลากหลายด้วย จังหวัดเลย ตั้งอยู่ในบริเวณที่มีการเคลื่อนที่เข้าหากันระหว่างแผ่นฐานธรณีฐาน - ไทย กับแผ่นฐานธรณีอินโดไชนา (กรมทรัพยากรธรณี, 2551) เป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายของชนิดหิน อาทิ หินตะกอน เช่น กลุ่มหินสระบุรี ซึ่งเป็นหินดินดาน หินทรายและหินปูน เป็นต้น หินแปร เช่น หินนาโมพวกฟิลไลต์ ควอร์ตไซต์ และหินอัคนี เช่น หินบะซอลต์ที่โผล่ให้เห็นด้านตะวันออกของอำเภอปากชม (กรมทรัพยากรธรณี, 2550) เนื่องจากบริเวณนี้อยู่ในเขตที่มีการชนกันของแผ่นเปลือกโลก ทำให้มีแนวรอยเลื่อนรอยแยก

และรอยคดโค้งพาดผ่านและส่งผลให้เกิดมีหินจำนวนมากหนึ่งมีการแปรสภาพไปจากการถูกแรงดันและความร้อนใต้พื้นพิภพ และหินชนิดบางส่วนก็ปะทะและแข็งตัวบนเปลือกโลก บางส่วนที่แข็งตัวอยู่ใต้เปลือกโลกก็ถูกดันให้โผล่ขึ้นมาบนผิวโลก ซึ่งในบริเวณนี้ได้มีเหตุการณ์ทางธรณีเช่นเดียวกันนี้เกิดขึ้นค่อนข้างต่อเนื่อง ในการสำรวจเพื่อจำแนกชนิดหินในประเทศไทยนั้นหน่วยงานที่รับผิดชอบคือ กรมทรัพยากรธรณี เพื่อหาแหล่งแร่ใหม่ๆ มาใช้ รวมถึงหาเทคนิคและวิธีการใหม่ๆ มาใช้ในการสำรวจเพื่อความทันสมัยและความถูกต้องของข้อมูล

เทคโนโลยีรีโมทเซนซิงหรือการรับรู้จากระยะไกลในปัจจุบันกำลังเป็นที่นิยมและแพร่หลายอย่างกว้างขวางในประเทศไทย เนื่องจากสามารถสำรวจและติดตามสถานการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนโลกได้อย่างทันสมัยและรวดเร็ว เช่น ภัยพิบัติสึนามิ การเกิดไฟป่า น้ำท่วม เป็นต้น รวมถึงสำรวจทรัพยากรต่างๆ ที่มีอยู่ในประเทศได้อย่างรวดเร็วและทันสมัย เช่น ทรัพยากรป่าไม้ ทรัพยากรน้ำ ทรัพยากรแร่ธาตุ ทั้งนี้ข้อมูลที่น่ามาใช้ในการสำรวจจากระยะไกล ได้แก่ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ภาพถ่ายทางอากาศ มีทั้งที่ถ่ายในช่วงคลื่นที่มนุษย์มองเห็น และในช่วงคลื่นที่มนุษย์ไม่สามารถมองเห็น ทำให้การสำรวจ การแปลตีความทำได้หลากหลายและนำไปประยุกต์ได้มากยิ่งขึ้น

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า หินและแร่ประกอบหินมีการสะท้อนพลังงานที่เป็นลักษณะเฉพาะตัว (สเปกตรัม กลิ่นดาว, 2550) การสะท้อนพลังงานของหินแกรนิตและหินบะซอลต์ซึ่งเป็นหินอัคนีเหมือนกันแต่ลักษณะการเกิดแตกต่างกัน ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลมาใช้ในการจำแนกชนิดของหินในพื้นที่จังหวัดเลย ซึ่งใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM ซึ่งเป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่มีข้อมูลหลายช่วงคลื่น สามารถตรวจวัดการสะท้อนพลังงานของวัตถุบนผิวโลกในช่วงคลื่นที่มีความยาวระหว่าง ช่วงคลื่นแสง (ความยาวคลื่นประมาณ 0.4 – 0.7 ไมโครเมตร รายละเอียดเชิงพื้นที่ 30 เมตร) จนถึงช่วงคลื่นอินฟราเรด (0.75 – 2.34 ไมโครเมตร รายละเอียดเชิงพื้นที่ 30 เมตร) และอินฟราเรดความร้อน (ช่วงคลื่นมีความยาวประมาณ 10.4 – 12.5 ไมโครเมตร รายละเอียดเชิงพื้นที่ 120 เมตร) และจำแนกโดยใช้วิธีระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) ในการตัดสินใจ ซึ่งจะวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลอื่น เช่น ข้อมูลแบบจำลองความสูง ข้อมูลความลาดชัน ข้อมูลเส้นทางน้ำ ข้อมูลชุดดิน และข้อมูลสิ่งปกคลุมดิน เป็นต้น ทำให้สามารถจำแนกลักษณะเฉพาะของหินแต่ละชนิดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (ปณิตา กุโณปถัมภ์, 2548) เนื่องจากค่าสะท้อนพลังงานที่ได้มาจากข้อมูลจากดาวเทียมนั้นไม่ใช่ค่าสะท้อนที่มาจากหินเพียงอย่างเดียว แต่มีค่าสะท้อนของพืชพรรณและสิ่งปกคลุมดินอื่นๆ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์หาค่าการสะท้อนพลังงานของหินจากทุกช่วงคลื่นและหาอัตราส่วนช่วงคลื่นที่สามารถใช้จำแนกชนิดหินได้ดีที่สุดของข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 เพื่อลดผลกระทบจากการสะท้อนของ

พีชพรรณ และใช้ข้อมูลประกอบอื่นดังกล่าวมาแล้วมาช่วยในการตัดสินใจโดยใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญ ในการจำแนกชนิดหินในพื้นที่ศึกษา และนำผลที่ได้ไปทดสอบจำแนกพื้นที่อื่นๆ ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

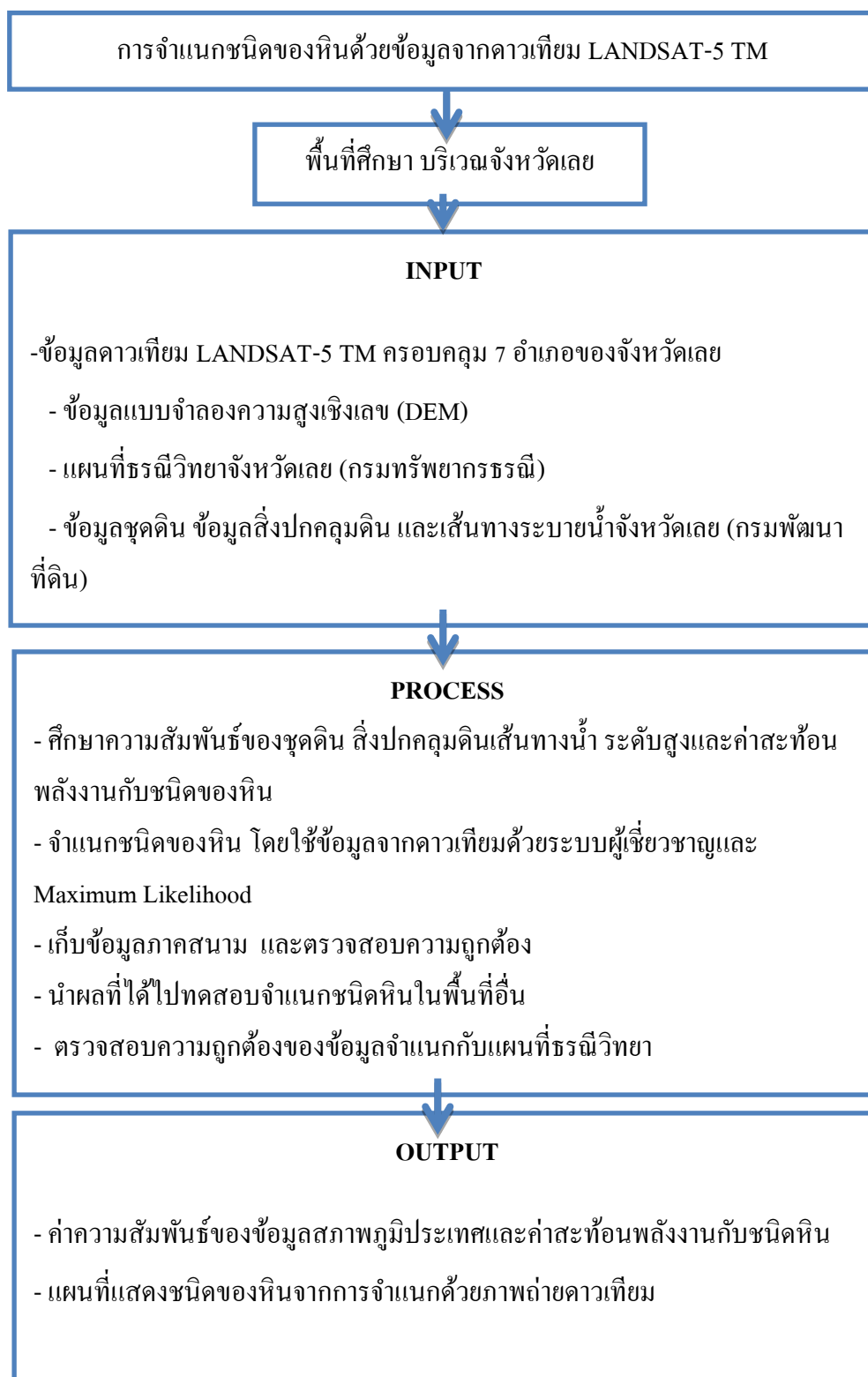
1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพภูมิประเทศ ค่าสะท้อนจากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM กับชนิดหินในพื้นที่จังหวัดเลย
2. เพื่อจำแนกชนิดของหิน โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM บริเวณจังหวัดเลย โดยใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญและจำแนกแบบควบคุมด้วยวิธี Maximum Likelihood

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยนี้ได้มีกรอบแนวคิดในการวิจัยโดยประกอบด้วย ข้อมูลนำเข้า ได้แก่ ข้อมูลภาพดาวเทียม ข้อมูลความสูงเชิงเลข ข้อมูลธรณีวิทยา ข้อมูลชุดดิน ข้อมูลสิ่งปกคลุมดิน และเส้นทางระบายน้ำ นำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของข้อมูลต่างๆ กับชนิดหินในพื้นที่ศึกษา และจำแนกชนิดหินด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญและจำแนกแบบควบคุมด้วยวิธี Maximum Likelihood ดังภาพที่ 1-1

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ทราบความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสะท้อนพลังงาน สิ่งปกคลุมดิน รูปแบบการระบายน้ำ และชุดดิน กับชนิดของหินในจังหวัดเลย
2. ทราบศักยภาพในการจำแนกชนิดหินของภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 TM
3. ทราบวิธีการที่เหมาะสมในการจำแนกชนิดของหินจากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 TM เพื่อนำไปใช้จำแนกพื้นที่อื่นๆ ต่อไป



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

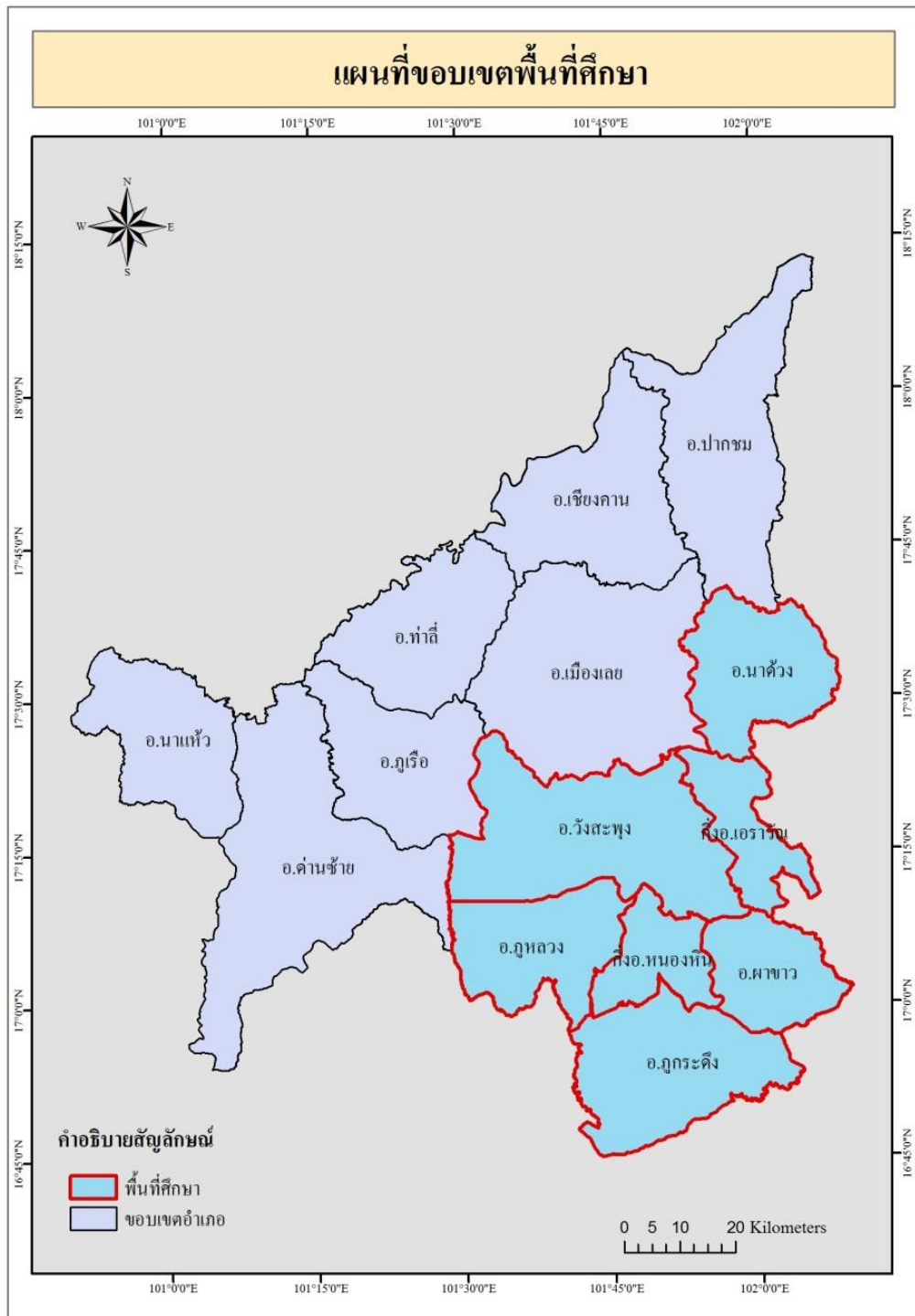
ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM มาจำแนกชนิดของหินในบริเวณจังหวัดเลย ศึกษาการจำแนกแบบควบคุมด้วยวิธี Maximum Likelihood และวิธีระบบผู้เชี่ยวชาญ โดยเทคนิคเชิงหลักเกณฑ์ใช้ข้อมูลประกอบอื่นๆ ได้แก่ แบบจำลองความสูง ข้อมูลสิ่งปกคลุมดิน เส้นทางน้ำในพื้นที่ และข้อมูลชุดดิน โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพภูมิประเทศ ค่าสะท้อนจากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM กับชนิดหินในพื้นที่ โดยจำแนกชนิดของหินเป็น ตะกอนทางน้ำปัจจุบัน ตะกอนเศษหินเชิงเขา หินแปร หินตะกอน และหินอัคนี และนำผลที่ได้ไปจำแนกชนิดในพื้นที่อื่นๆ ต่อไป

2. ขอบเขตด้านพื้นที่

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้เลือกศึกษาครอบคลุมพื้นที่ 7 อำเภอของจังหวัดเลย ได้แก่ อำเภอวังสะพุง กิ่งอำเภอเอราวัณ อำเภอภูหลวง อำเภอหนองหิน อำเภอผาขาว อำเภอภูกระดึง และอำเภอนาด้วง พื้นที่ศึกษามีพิกัดภูมิศาสตร์ตั้งอยู่ที่ ระหว่างละติจูดที่ 16 องศา 45 ลิปดา 51.76 พิลิปดาเหนือ ถึง 17 องศา 40 ลิปดา 33.42 พิลิปดาเหนือ และลองจิจูดที่ 101 องศา 27 ลิปดา 55.2 พิลิปดาตะวันออก ถึง 102 องศา 9 ลิปดา 39.7 พิลิปดา ตะวันออก ดังภาพที่ 1-2 ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวเป็นบริเวณที่มีลักษณะทางธรณีวิทยาและชนิดของหินที่หลากหลาย อาทิ หินตะกอน พวกหินทรายและหินปูน หินอัคนี พวกไรโอไลต์ แอนดีไซต์และหินแกรนิต รวมถึงหินแปรและตะกอนน้ำพา (กรมทรัพยากรธรณี, 2550)



ภาพที่ 1-2 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

นิยามศัพท์เฉพาะ

หิน (Rock) หมายถึง ของแข็งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติที่ประกอบด้วยแร่ชนิดเดียวกันหรือหลายชนิดรวมตัวกันอยู่ หรืออาจประกอบด้วยแร่กับซากสิ่งมีชีวิต แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ หินตะกอนหรือหินชั้น หินอัคนี และหินแปร การศึกษาเกี่ยวกับหินจะใช้ว่า Lithology หรือ Lithological ในการศึกษาครั้งนี้ จะศึกษาและจำแนกชนิดของหินในพื้นที่ศึกษาจากข้อมูลจากดาวเทียม

ระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) หมายถึง ระบบคอมพิวเตอร์ที่ถูกสร้างขึ้นให้มีความสามารถในการหาคำตอบและแก้ปัญหาโดยอาศัยความรู้ ความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ของมนุษย์มาใช้ในการตัดสินใจ และตัดสินใจเพื่อให้ได้คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ถูกต้องและดีที่สุด

การจำแนกเชิงหลักเกณฑ์ (Rule-base Classification) หมายถึง การจำแนกที่ใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญในการตัดสินใจ โดยผู้ใช้สามารถสร้างเงื่อนไขหรือหลักเกณฑ์การจำแนกแต่ละประเภทข้อมูล จากข้อมูลการสะท้อนพลังงานหรือข้อมูลประกอบอื่น

การจำแนกแบบควบคุม (Supervised Classification) หมายถึง การจำแนกประเภทข้อมูลจากดาวเทียมที่ผู้จำแนกกำหนดลักษณะของประเภทข้อมูลเอง โดยการเลือกพื้นที่ตัวอย่าง (Training Area) ให้แก่เครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์นำคุณลักษณะทางสถิติของพื้นที่ตัวอย่างแต่ละประเภทไปทำการจำแนกจุดภาพอื่นๆ ตามประเภทที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งผู้จำแนกจะต้องมีความรู้และความคุ้นเคยในพื้นที่ศึกษาเป็นอย่างดีเนื่องจากต้องเป็นผู้เลือกตัวอย่างประเภทข้อมูล

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รายงานการวิจัยครั้งนี้มีแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องหลายเรื่องด้วยกันซึ่งผู้วิจัยได้ค้นคว้าและรวบรวมจากเอกสารตำราและผลงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง สรุปแนวคิดทฤษฎีที่สำคัญและเกี่ยวข้องในการวิจัยได้ดังนี้

1. บริบทพื้นที่ศึกษา
2. ลักษณะทางธรณีวิทยาจังหวัดเลย
3. หินและคุณสมบัติการสะท้อนพลังงาน
4. ภาพถ่ายดาวเทียมกับการแปลความหมายทางธรณีวิทยา
5. การจำแนกด้วยวิธีระบบผู้เชี่ยวชาญ
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บริบทพื้นที่ศึกษา

1. ที่ตั้งและขนาด

ตั้งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนห่างจากกรุงเทพมหานครประมาณ 520 กิโลเมตร มีเนื้อที่ประมาณ 11,424 ตารางกิโลเมตร หรือ ประมาณ 7,140,382 ไร่ (สำนักงานจังหวัดเลย, 2555)

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ	ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับ	เทือกเขาเพชรบูรณ์ อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ อำเภอนครไทย อำเภอชาติตระการ จังหวัดพิษณุโลก
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ	อำเภอสังขม จังหวัดหนองคาย อำเภอน้ำโสม อำเภอศรีบุญเรือง จังหวัดอุดรธานี อำเภอสวรรคภูหา อำเภอนากลาง และ อำเภอนาวัง จังหวัดหนองบัวลำภู
ทิศใต้	ติดต่อกับ	อำเภอน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์ อำเภอกุฉินารายณ์ อำเภอสีชมภู จังหวัดขอนแก่น

2. สภาพภูมิประเทศ

โดยทั่วไปของจังหวัดเลย มีภูเขาล้อมรอบตัวเมือง ลักษณะเป็นแอ่งกระทะสูงจากระดับทะเลปานกลาง เฉลี่ยประมาณ 250 เมตร ณ สถานีอุตุนิยมวิทยา ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะภูมิประเทศออกเป็น 3 เขต ดังนี้คือ

2.1 เขตภูเขาสูง ทางด้านทิศตะวันตกทั้งหมด เริ่มตั้งแต่อำเภอภูกระดึงขึ้นไป อำเภอภูหลวง อำเภอภูเรือ อำเภอท่าลี่ และเขตอำเภอด่านซ้ายและอำเภอนาแห้วทั้งหมด มีความสูงตั้งแต่เฉลี่ย 600 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง

2.2 ที่ราบเชิงเขา ได้แก่ บริเวณตอนใต้และตะวันออกของจังหวัด ได้แก่ อำเภอนาคู อำเภอปากชม และพื้นที่บางส่วนของเขตอำเภอภูกระดึงและกิ่งอำเภอภูหลวงเป็นเขตที่ไม่ค่อยมีภูเขาสูงนัก มีที่ราบเชิงเขาพอที่จะทำการเพาะปลูกได้ มีประชาชนหนาแน่นปานกลาง

2.3 เขตที่ราบลุ่ม มีพื้นที่น้อยมากในตอนกลางของจังหวัดคือ ลุ่มน้ำเลย ลุ่มน้ำโขง ได้แก่ บริเวณอำเภอวังสะพุง อำเภอเมือง อำเภอเชียงคาน เป็นเขตที่ทำการเกษตรได้ดี มีประชากรหนาแน่นมากกว่าเขตอื่น

ภูมิประเทศส่วนใหญ่ เป็นเทือกเขาในแนวทิศเหนือใต้ โดยมีที่ราบลุ่มระหว่างหุบเขาขนาดไม่ใหญ่มากนักสลับอยู่แนวเทือกเขาเหล่านั้น หินที่พบในบริเวณนี้ส่วนใหญ่มีอายุมาก และพบหินยุคโคราช บริเวณเขาขจรอยู่บนหินเหล่านี้ เช่น ภูผาจิตภูกระดึง ภูหลวง ภูหอ ภูซัด ภูเมียง (อำเภอนาแห้ว) เนื่องจากชั้นหินเกือบทั้งหมดวางอยู่แนวเหนือ - ใต้ จึงควบคุมให้เกิดที่ราบลุ่มระหว่างหุบเขาและทิศทางแนวเหนือใต้ด้วย แม่น้ำเลยจึงไหลจากใต้ขึ้นเหนือ (สำนักงานจังหวัดเลย, 2555)

3. สภาพอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำ

มีการกระจายแหล่งน้ำตามธรรมชาติไม่มาก มีแม่น้ำโขง เหือง เลย น้ำหามาน น้ำพอง น้ำสาน ห้วย ลำธาร คลอง จำนวน 922 สาย หนองบึง 148 แห่ง น้ำพุ น้ำซับ 72 แห่ง ในฤดูแล้ง แหล่งน้ำเล็กๆ ขอดลงเหลือแต่แม่น้ำสายใหญ่ๆ สำหรับกลุ่มน้ำในจังหวัดเลยที่สำคัญ ได้แก่ กลุ่มน้ำ 5 ลุ่ม ดังนี้ (สำนักงานจังหวัดเลย, 2555)

3.1 กลุ่มน้ำเลย พื้นที่ 3,891 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 34 ของพื้นที่ บนเทือกเขาภูหลวง ไหลผ่านอำเภอภูหลวง วังสะพุง เมืองเลย และไหลลงสู่แม่น้ำโขง ที่อำเภอเชียงคาน มีห้วยสาขารวม 147 สาย อยู่ในเขตอำเภอภูหลวง วังสะพุง เมืองเลย อำเภอเอราวัณและพื้นที่บางส่วนของอำเภอ นาคู เชียงคาน และ อำเภอหนองหิน

3.2 กลุ่มน้ำเหือง พื้นที่ 3,127 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 27.4 ของพื้นที่จังหวัด ต้นน้ำอยู่ในเขตอำเภอนาแห้วไหลไปอำเภอท่าลี่ลงแม่น้ำโขงที่บ้านท่าดีหมี อำเภอเชียงคาน มีลำห้วย

สาขา รวม 163 สาย อยู่ในเขตอำเภอนาแห้ว อำเภอภูเรือ และบางส่วนของอำเภอด่านซ้าย อำเภอ
เชียงคาน

3.3 กลุ่มน้ำโขง พื้นที่ 2,354 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 20.6 ของพื้นที่จังหวัด เป็น
ช่วงที่แม่น้ำโขงไหลผ่านจังหวัดเลยไปจังหวัดหนองคาย มีลำห้วยสาขา 59 สาย อยู่ในเขตอำเภอ
เชียงคาน และปากชม

3.4 กลุ่มน้ำพอง พื้นที่ 1,476 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 13.0 ของพื้นที่จังหวัด มี
ลำห้วยสาขา 67 สาย อยู่ในเขตอำเภอภูกระดึง อำเภอผาขาว และบางส่วนของ อำเภอหนองหิน
อำเภอนาดูน

3.5 กลุ่มน้ำป่าสัก พื้นที่ 576 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 5.0 ของพื้นที่จังหวัด มีลำ
ห้วยสาขา 48 สาย อยู่ในเขตบางส่วนของอำเภอด่านซ้าย

4. สภาพภูมิอากาศ

จังหวัดเลยอยู่ใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุม
ตะวันออกเฉียงเหนือ ช่วงเดือนมิถุนายน – ตุลาคม จะมีลมมรสุมหรือแนวปะทะ โซนร้อน (Inter
Tropical Vonvergence Zone : ITCZ) พาดผ่านทำให้มีฝนตกติดต่อกันหลายวัน และบางครั้งจะมี
พายุหมุนเขตร้อน (Tropical Cyclone) เคลื่อนพาดผ่านเป็นครั้งคราว ซึ่งจะมีฝนตกหนัก ปริมาณ
น้ำฝน 5 ปี ย้อนหลังเฉลี่ย 1,228 มิลลิเมตร จำนวนวันฝนตกเฉลี่ย 125 วัน/ปี ในปี 2548 ฝนตกน้อย
สุดวัดได้ 1,098.5 มิลลิเมตร และ ในปี 2552 ฝนตกมากที่สุดวัดได้ 1,347 มิลลิเมตร อำเภอเมืองเลย
ปี 2551 มีจำนวนวันที่ฝนตกมากที่สุด 135 วัน อุณหภูมิสูงสุด วัดได้ 43.5 องศาเซลเซียส (25
เมษายน 2517) และ อุณหภูมิต่ำสุดวัดได้ – 1.3 องศาเซลเซียส (2 มกราคม 2517) ช่วง 5 ปี
ย้อนหลัง (2548-2553) อุณหภูมิสูงสุดวัดได้ 42.4 องศาเซลเซียส (6 เมษายน 2553) อุณหภูมิต่ำสุด
วัดได้ 12.1 องศาเซลเซียส (19 ม.ค. 2553) (สำนักงานจังหวัดเลย, 2555)

5. ลักษณะการปกครอง

แบ่งการปกครองออกเป็น 14 อำเภอ 89 ตำบล (ไม่รวมตำบลกุดป่องซึ่งอยู่ในเขต
เทศบาล) 916 หมู่บ้าน 20 ชุมชน 1 เทศบาลเมือง 23 เทศบาลตำบล 76 องค์การบริหารส่วน
ตำบล 1 องค์การบริหารส่วนจังหวัด (สำนักงานจังหวัดเลย, 2555)

จังหวัดเลยแบ่งการปกครองเป็น 14 อำเภอ คือ

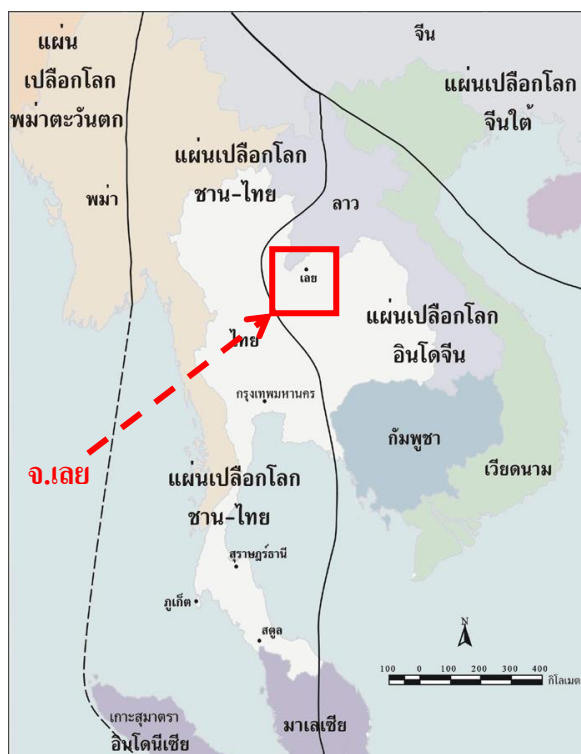
- 5.1 อำเภอเมืองเลย ห่างจากตัวจังหวัดเลย 100 เมตร
- 5.2 อำเภอวังสะพุง ห่างจากตัวจังหวัดเลย 22 กิโลเมตร
- 5.3 อำเภอท่าลี่ ห่างจากตัวจังหวัดเลย 46 กิโลเมตร
- 5.4 อำเภอเชียงคาน ห่างจากตัวจังหวัดเลย 48 กิโลเมตร
- 5.5 อำเภอด่านซ้าย ห่างจากตัวจังหวัดเลย 82 กิโลเมตร
- 5.6 อำเภอภูกระดึง ห่างจากตัวจังหวัดเลย 74 กิโลเมตร
- 5.7 อำเภอปากชม ห่างจากตัวจังหวัดเลย 92 กิโลเมตร
- 5.8 อำเภอภูเรือ ห่างจากตัวจังหวัดเลย 49 กิโลเมตร
- 5.9 อำเภอนาแห้ว ห่างจากตัวจังหวัดเลย 117 กิโลเมตร
- 5.10 อำเภอนาด้วง ห่างจากตัวจังหวัดเลย 37 กิโลเมตร
- 5.11 อำเภอภูหลวง ห่างจากตัวจังหวัดเลย 50 กิโลเมตร
- 5.12 อำเภอผาขาว ห่างจากตัวจังหวัดเลย 63 กิโลเมตร
- 5.13 อำเภอเอราวัณ ห่างจากตัวจังหวัดเลย 42 กิโลเมตร
- 5.14 อำเภอหนองหิน ห่างจากตัวจังหวัดเลย 47 กิโลเมตร

6. ประชากร

จังหวัดเลยมีประชากรจำนวน 624,920 คน เป็นชาย 315,516 คน เป็นหญิง 309,404 คน จำนวนครัวเรือน 191,811 ครัวเรือน (สำนักงานจังหวัดเลย, 2555)

ลักษณะทางธรณีวิทยาจังหวัดเลย

จังหวัดเลยตั้งอยู่บริเวณเทือกเขาเพชรบูรณ์ตะวันออกในแนวรอยต่อของการเคลื่อนที่เข้าหากันของแผ่นเปลือกโลกขนาดเล็ก 2 แผ่น คือ แผ่นฐานธรณีหรืออนุทวีปฉาน – ไทย และแผ่นอินโดไชนาหรืออินโดจีน ดังภาพที่ 2-1 ทำให้บริเวณจังหวัดเลยมีแนวของกลุ่มหินคดโค้งซึ่งเกิดจากการบีบอัด (กรมทรัพยากรธรณี, 2551) เป็นผลให้หินบางส่วนที่อยู่ใต้พื้นดินเช่น หินอัคนีแทรกซอนไหลขึ้นมา และการปะทะลากของลาวาภูเขาไฟ เกิดเป็นหินอัคนีพุ และหินตะกอนบางส่วนก็เกิดการแปรสภาพเป็นหินแปร ทำให้จังหวัดเลยกลายเป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางธรณีวิทยา

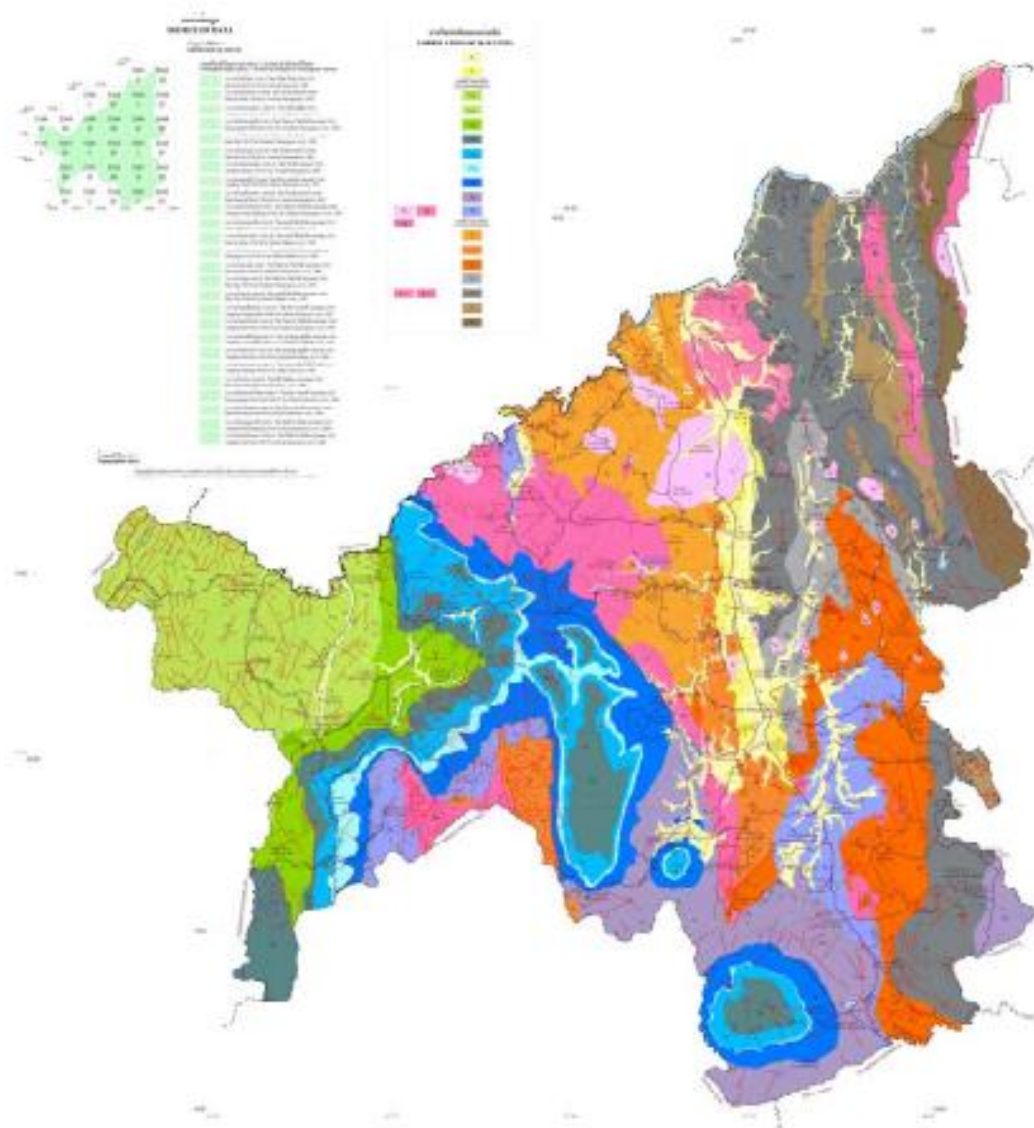


ภาพที่ 2-1 แสดงแนวรอยต่อจากการเคลื่อนที่เข้าหากันของแผ่นเปลือกโลกชาน – ไทย และอินโดจีน (กรมทรัพยากรธรณี, 2555)

กรมทรัพยากรธรณี (2551) ได้ทำการศึกษาสำรวจทรัพยากรธรณีของจังหวัดเลย ซึ่งผู้วิจัยจะได้สรุปลักษณะทางธรณีวิทยาของจังหวัดเลยและจัดทำแผนที่ธรณีวิทยา ดังภาพที่ 2-2 โดยแบ่งตามชนิดของหิน ชนิดแรกคือ หินตะกอนและหินแปร ส่วนชนิดที่สองคือ หินอัคนี ซึ่งจะแยกเป็นหินอัคนีแทรกซอนและหินอัคนีพุ ดังนี้

1. หินตะกอนและหินแปร

ตะกอนในจังหวัดเลยที่มีการสะสมในทะเลบรรพกาล ตั้งแต่ยุคไซลูเลียน – ดีโวเนียน กระจายตัวอยู่ทางตอนกลาง ตะวันออก และทางใต้ของพื้นที่ มีบางส่วนแปรสภาพไปเป็นหินแปร ตะกอนน้ำจืดมีการสะสมตัวตั้งแต่มหายุคมีโซโซอิก – มหายุคซีโนโซอิก ส่วนตะกอนบกเริ่มสะสมตั้งแต่ยุคไทรแอสสิกขึ้นมา กระจายตัวอยู่บริเวณภูเขาสูงด้านทิศใต้และตะวันตกเฉียงใต้



ภาพที่ 2-2 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดเลย (กรมทรัพยากรธรณี, 2552)

หินในมหายุคพาลีโอโซอิกตอนกลางตะกอนจะสะสมในทะเลลึก ได้แก่ หินนาโมวางตัวเป็นแนวขาด้านตะวันออกของอำเภอปากชม ดังภาพ 2-3 (ซ้าย) เป็นหินแปรเกรดต่ำ เช่น ฟิลไลต์ คลอไรต์ชีสต์ควอร์ตไซต์ เป็นต้น หินปากชม ซึ่งพบซากดึกดำบรรพ์ แบ่งเป็น 2 หมู่ คือ หมู่หินดินดานบ้านหนองดอกบัว ดังภาพ 2-4 เป็นหินดินดานยุคดีโวเนียน พบด้านตะวันออกของอำเภอปากชม และหมู่หินชีสต์ปากชม เป็นหินชีสต์สลับกับถ้ำภูเขาไฟ ดังภาพ 2-3 (ขวา) และมีหินปูนเลนส์ มีซากดึกดำบรรพ์ในยุคดีโวเนียนตอนกลาง พบทางด้านตะวันตกของอำเภอปากชม



ภาพที่ 2-3 แสดงหินฟิลไลต์ หมวดหินนาโม (ซ้าย) และหินเชิร์ตสลับภูเขาไฟ หมวดหินปากชม (ขวา) (กรมทรัพยากรธรณี, 2551)



ภาพที่ 2-4 แสดงหินดินดานหมู่หินหนองดอกบัว (ซ้าย) และหินกรวดมน หมู่หินหนองดอกบัว (ขวา) (กรมทรัพยากรธรณี, 2551)

หินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนบน เป็นตะกอนสะสมตัวในทะเลพบซากดึกดำบรรพ์จำนวนมาก กระจายทางด้านตะวันออกของจังหวัด ได้แก่ หมวดหินวังสะพุง แบ่งเป็น 2 หมู่ คือ หมู่หินหนองดอกบัว เป็นหินทราย และหินดินดานส่วนใหญ่ มีหินปูนเส้นสีและกรวดมนแทรกสลับ พบซากดึกดำบรรพ์พวกไบไม้ ไทร โลไบต์ ยุคคาร์บอนิเฟอรัส

กลุ่มหินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนบนสุด เป็นการสะสมตัวในน้ำตื้นในช่วงยุคเพอร์เมียน มีซากดึกดำบรรพ์จำนวนมาก ได้แก่

กลุ่มหินสระบุรี ประกอบด้วยหินทรายแทรกสลับกับหินดินดาน และหินปูน กระจายตัวทางตะวันตกของอำเภอปากชม และตะวันตกของตัวจังหวัดเลย แบ่งออกเป็น 3 หมวดหินได้แก่ หมวดหินน้ำมโหฬาร ส่วนใหญ่เป็นหินปูน ดังภาพ 2-5 (ซ้าย) มีซากดึกดำบรรพ์ของยุคเพอร์เมียนตอนล่าง พบที่บ้านหนองหิน อำเภอวังสะพุง ทางด้านตะวันออกของตัวอำเภอเมืองเลย หมวดหินอีเลิศ ประกอบด้วยหินดินดาน สลับหินปูน ดังภาพ 2-5 (ขวา) พบกระจายตัวทางตะวันตกเฉียงใต้ของจังหวัด ทางฝั่งตะวันตกของแม่น้ำเลย ผ่านอำเภอเชียงคาน อำเภอวังสะพุง และหมวดหินผาเตื่อ ประกอบด้วยหินดินดาน หินทรายและหินทรายแป้ง และเศษหินภูเขาไฟ กระจายตัวอยู่ด้านตะวันตกของแม่น้ำเลย ตามเส้นทางเลย – ภูเรือ ตามแนวแม่น้ำเหืองพบหินแปรสัมผัส มีแร่ไดออปไซด์ เฟลสปาร์ ไคลโนโซยไซด์ แปรสภาพจากการสัมผัสกับหินแกรนิต (กรมทรัพยากรธรณี, 2551)



ภาพที่ 2-5 หินปูนผานกเค้า หมวดหินน้ำมโหฬาร (ซ้าย) และหินปูนเลนส์ภูเขาไฟ หมวดหินอีเลิศ (ขวา) (กรมทรัพยากรธรณี, 2551)

กลุ่มหินโคราช กระจายอยู่บริเวณภูเขาสูงด้านตะวันตกเฉียงใต้และด้านตะวันออก แบ่งเป็นหมวด ได้แก่ หมวดหินห้วยหินลาด ประกอบด้วยหินกรวดมน หินกรวดมนปูน หินทรายสีเทา หินทรายแป้งและหินดินดาน พบอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของอำเภอวังพุง และทางตะวันออกและใต้ของอำเภอวังสะพุง หมวดหินน้ำพอง ประกอบด้วยหินทรายสลับกับหินทรายแป้งขนาดชั้นหนา พบทางด้านทิศใต้ของอำเภอวังสะพุง บริเวณอำเภอภูกระดึง ตะวันออกเฉียงใต้ของอำเภอด่านซ้าย และหมวดหินภูกระดึง ประกอบด้วยหินทราย หินทรายแป้งสีแดง สีม่วงแดง พบกระจายตัวด้านทิศใต้และทิศตะวันตกของอำเภอวังสะพุง ทิศใต้ของอำเภอด่านซ้าย หมวด

พระ-วิหาร เป็นหินทรายสีขาวยุคภาพ 2-7 (ขวา) คงทนต่อการกัดกร่อนสูง ส่วนใหญ่พบตามขอบที่ราบสูงโคราช พบตามแนวขอบภูเขาสูง บริเวณภูกระดึง ภูโหล และภูหลวง หมวดหินเสาขัว ประกอบด้วยหินทรายแป้ง พบบริเวณภูกระดึง ภูโหล และภูหลวง ทิศใต้ของอำเภอด่านซ้าย หมวดหินภูพาน เป็นหินทรายปนกรวด และหินกรวดมน ยุคภาพ 2-7 (ซ้าย) พบแทรกเป็นชั้นบางๆ บริเวณภูกระดึง บริเวณฝั่งตะวันตกของอำเภอวังสะพุงและตะวันตกเฉียงใต้ของตัวจังหวัดเลย หมวดหินโลกกรวด ประกอบด้วย หินทราย หินทรายแป้ง หินดินดาน มักพบซากบรรพชีวิน ประเภทมีกระดูกสันหลัง พบตามแนวพื้นที่ด้านตะวันตกของจังหวัดเลย ตอนเหนือของอำเภอด่านซ้าย และอำเภอนาแห้ว หมวดหินเขาป่าก่ ประกอบด้วยหินทรายสีแดงอิฐมอญ หมวดหินภูซัด ประกอบด้วยหินทรายแดง สีน้ำตาลแดง มักพบหินกรวดมนที่มีเม็ดกรวดหินภูเขาไฟแทรก ยุคภาพ 2-6



ภาพที่ 2-6 หินกรวดภูเขาไฟ (ซ้าย) และหินทรายแป้งสีน้ำตาลแดง หมวดภูกระดึง (ขวา)
(กรมทรัพยากรธรณี, 2551)



ภาพที่ 2-7 หินทรายเนื้อกรวดที่หินเต่า ภูเรือ หมวกภูพาน (ซ้าย) และหินทรายเลื้อยควอตซ์ภูผาสาด หมวกหินพระวิหาร (ขวา) (กรมทรัพยากรธรณี, 2551)

การเคลื่อนตัวของแผ่นอินเดียขึ้นไปทางทิศเหนือจนเชื่อมต่อกับทวีปเอเชีย ในช่วงปลายของมหายุคมีโซโซอิก มีผลต่อการเกิดโครงสร้างในทิศทางเหนือ – ใต้ ซึ่งก่อให้เกิดโครงสร้างรอยเลื่อนต่างๆ ขนานไปในแนวทิศทางเหนือ – ใต้ของพื้นที่จังหวัดเลย กลายเป็นแอ่งรอยเลื่อนรองรับตะกอนยุคต่อมา

ตะกอนของมหายุคซีโนโซอิก พบเพียงตะกอนของยุคควอเทอร์นารีในพื้นที่จังหวัดเลย ตะกอนทั้งหมดเกิดจากการลดระดับของแผ่นดินเนื่องจากการผุพังทำลายมากกว่าการเพิ่มระดับของพื้นที่ ซึ่งตัวควบคุมที่สำคัญ คือ การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ โดยเฉพาะในช่วงต่อระหว่างอนุยุคไพลสโตซีน และอนุยุคโฮโลซีน ซึ่งมีฝนตกน้อย และฤดูแล้งที่ยาวนานรวมทั้งขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศเดิมก่อนมีการสะสมตัวด้วย (กรมทรัพยากรธรณี, 2551)

2. หินอัคนี

หินอัคนีพบกระจายทั่วไปในจังหวัดเลย ประกอบด้วยหินบะซอลต์เก่า และหินเซอร์เพนทีไนต์ หินอัคนีแทรกซอน เช่น หินแกรนิต หินแกรโนไดโอไรต์ และหินฮอร์นเบลนไต์ หินที่พบมีทั้งแบบการไหลของลาวาและการสะสมตะกอนของเถ้าภูเขาไฟ เช่น หินบะซอลต์ หินแอนดีไซต์ หินเดไซต์ และหินไรโอไลต์ เป็นต้น โดยหินอัคนีส่วนใหญ่ที่พบเป็นหินอัคนีพุ หรือหินภูเขาไฟ

หินภูเขาไฟ ในจังหวัดเลยแบ่งออกเป็น 3 แนว คือ ด้านตะวันออกของอำเภอปากชม ส่วนใหญ่เป็นหินบะซอลต์ ดังภาพที่ 2-8 (ซ้าย) พบว่ามีอายุประมาณช่วงดีโวเนียนตอนกลางถึง

คาร์บอนิเฟอรัสตอนล่าง มีลักษณะวางตัวในแนวเหนือ – ใต้ ตอนกลาง – ตะวันตกของจังหวัดเลย ประกอบด้วยหินแอนดีไซต์เนื้อละเอียดสีเทาดำ มีแร่เพลจีโอเคลส พบว่ามีอายุช่วง เพอร์ไมไทรแอสติก ด้านตะวันออกเฉียงเหนือของจังหวัดเลย ส่วนใหญ่เป็นประเภทโรโอไรต์ผลึก 2 ขนาด คือเนื้อดอก และทัฟฟ์ พบในบริเวณเทือกเขาสูง ดังภาพที่ 2-8 (ขวา)



ภาพที่ 2-8 หินบะซอลต์อายุดีโวเนียนถึงคาร์บอนิเฟอรัส (ซ้าย) และหินกรวดมนภูเขาไฟ (ขวา) (กรมทรัพยากรธรณี, 2551)

หินอัคนีแทรกซอน ในจังหวัดเลยมีอายุอยู่ในช่วงไทรแอสติก แบ่งตามชนิดของหิน ได้แก่ หินแกรนิต เป็นเนื้อละเอียด สีเทาอ่อนและสีชมพู ดังภาพที่ 2-9 พบบริเวณบ้านธาตุ ทางตอนเหนือของจังหวัดเลย หินแกรนิตไดโอไรต์ เป็นเนื้อหยาบ มีสีเทา ถึงเทาดำ ประกอบไปด้วยแร่ฮอร์นเบลน แร่ไบโอไทต์ แร่ควอตซ์ และแร่เฟลสปาร์ พบในเขตบริเวณบ้านธาตุ อำเภอวังสะพุง บ้านสูบและบ้านห้วยขอบ ดังภาพที่ 2-10 หินไดโอไรต์ มีเนื้อละเอียด ถึงหยาบปานกลาง สีเทาอมเขียว พบทางด้านตะวันออกเฉียงเหนือของจังหวัดเลย หินเซอร์เพนทิไนต์มีสีเขียวเข้มเป็นมัน พบทางด้านตะวันออกของอำเภอปากชม (กรมทรัพยากรธรณี, 2551)



ภาพที่ 2-9 หินแกรนิตสีชมพู (ซ้าย) และหินแกรนิตสีชมพูระยະไกล (ขวา) (กรมทรัพยากรธรณี, 2551)



ภาพที่ 2-10 หินแกรนิตไดโอรไรต์ ภูหมอน (กรมทรัพยากรธรณี, 2551)

หินและคุณสมบัติการสะท้อนพลังงาน

หิน ความหมายตาม ราชบัณฑิตยสถาน (2549) ในพจนานุกรมศัพท์ภูมิศาสตร์คือ มวลของแข็งที่ประกอบขึ้นด้วยแร่ชนิดเดียวกันหรือหลายชนิดรวมตัวกันอยู่ตามธรรมชาติ

ลลนา ปริญญาปรีวัฒน์ (2541) ได้ให้ความหมายของหินไว้ คือ สารผสมของแร่ดั้งเดิมหนึ่งชนิดขึ้นไปเป็นของแข็ง และเป็นส่วนที่สำคัญของเปลือกโลก บนเปลือกโลกนี้จะมีหินอยู่ด้วยกันมากมายลักษณะแตกต่างกันออกไป

สรุปได้ว่า หิน คือ สสารที่เป็นของแข็ง เกิดจากการรวมตัวกันของแร่ดั้งเดิมอาจเป็นชนิดเดียวกันหรือคนละชนิด เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ

เราสามารถแบ่งหินตามลักษณะการเกิดได้ 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ หินอัคนี (Igneous Rock) หินชั้นหรือหินตะกอน (Sedimentary Rock) และหินแปร (Metamorphic Rock)

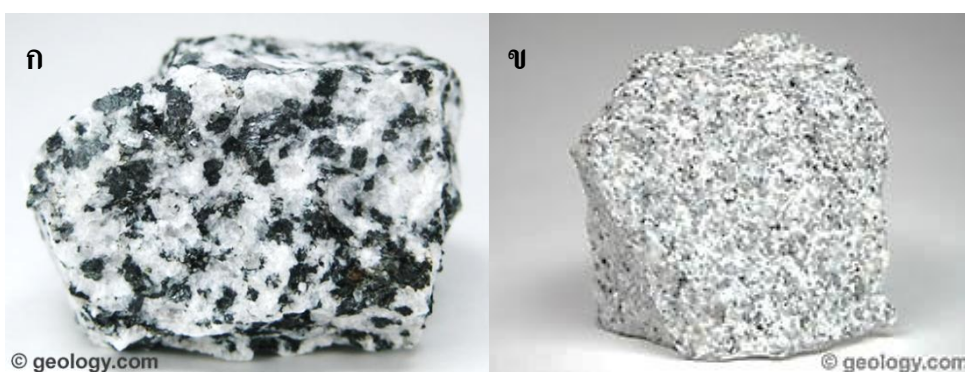
เนื่องจากองค์ประกอบหลักที่สำคัญของหิน คือ แร่ ดังนั้นสเปกตรัม (Spectrum) ของหิน จะสัมพันธ์กับสเปกตรัมของแร่ที่เป็นส่วนประกอบของหินแต่ละชนิดนั้น ซึ่งหินแต่ละชนิดมีคุณสมบัติการสะท้อนพลังงานของหน่วยหินที่แตกต่างกัน (ปณิตา คุโณปถัมภ์, 2548) ดังนี้

1. หินอัคนี

หินอัคนี (Igneous Rock) เป็นหินที่เกิดจากการแข็งตัวของหินหนืด (Magma) ได้เปลือกโลก ไม่ว่าจะแข็งตัวอยู่ภายในเปลือกโลก หรือพุดพื้นเปลือกโลกออกมาแข็งตัวอยู่บนผิวโลกก็ตาม (ราชบัณฑิตยสถาน, 2523)

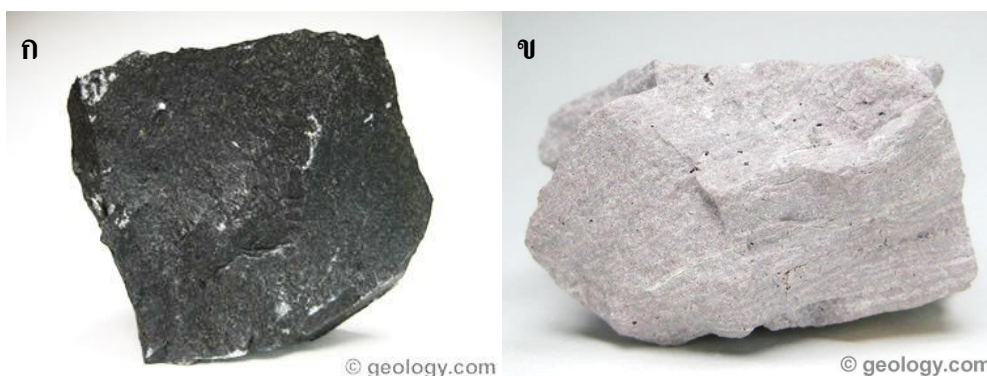
หินอัคนีแบ่งตามลักษณะการเกิดได้ 2 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่ (กรมทรัพยากรธรณี, 2554)

1.1 หินอัคนีแทรกซอน (Intrusive Igneous Rock) เกิดจากการเย็นตัวลงอย่างช้า ๆ ของหินหนืดใต้เปลือกโลกมีผลึกแร่ขนาดใหญ่ (>1 มิลลิเมตร) เช่น หินแกรนิต (Granite) ดังภาพที่ 2-11 (ข) หินไดออไรต์ (Diorite) ดังภาพที่ 2-11 (ก) หินแกบโบร (Gabbro) เป็นต้น



ภาพที่ 2-11 หินอัคนีแทรกซอนชนิดไดออไรต์ (ก) และหินอัคนีแทรกซอนชนิดแกรนิต (ข)
(Hobart, 2012)

1.2 หินอัคนีพุ (Extrusive Igneous Rock) หรือหินภูเขาไฟ (Volcanic Rock) เกิดจากการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็วของหินหนืดที่ดันตัวพุดอกมานอกผิวโลกเป็นลาวา (Lava) ผลึกแร่มีขนาดเล็กหรือไม่เกิดผลึกเลย เช่น หินบะซอลต์ (Basalt) ดังภาพที่ 2-12 (ก) หินแอนดีไซต์ (Andesite) หินไรโอไลต์ (Rhyolite) ดังภาพที่ 2-11 (ข) เป็นต้น



ภาพที่ 2-12 หินอัคนีพุชนิดบะซอลต์ (ก) และหินอัคนีพุชนิดไรโอไรต์ (ข) (Hobart, 2012)

Salisbury and Hunt (1974, อ้างถึงใน ปณิตา คุโณปถัมภ์, 2548) ทำการศึกษาการสะท้อนพลังงานของหินแต่ละชนิด พบว่าหินอัคนีที่มีความเป็นกรดสูง (High Acidic Composition) ดูดซับคลื่นช่วง 1.4, 1.9 และ 2.2 μm ได้ดี หินสีเข้มปานกลาง (Intermediate Rock) และหินสีเข้ม (Mafic Rock) มีส่วนประกอบของแร่แมกนีไทต์ (Magnetite) และเหล็กเพิ่มมากขึ้นทำให้เกิดการดูดกลืนมากในคลื่นช่วงใกล้ 0.7 และ 1.0 μm ส่วนหินอัคนีสีเข้มจัด (Ultramafic Rock) มีส่วนประกอบหลักคือ Fe^{2+} และแร่ประกอบ ไพรอกซีน (Pyroxens) และ โอลิวีน (Olivine) ดังนั้น คุณสมบัติในการสะท้อนพลังงานของหินประเภทนี้จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของ Ferrous Iron ที่จะดูดกลืนคลื่นช่วง 1.0 μm และคลื่นช่วงใกล้ 2.0 μm เช่น หินไพรอกซีนิต์ (Pyroxenite) เป็นต้น

2. หินชั้นหรือหินตะกอน (Sedimentary rock)

หินชั้นหรือหินตะกอน คือ หินที่เกิดจากการทับถมตัวจนเป็นของแข็ง ของสิ่งๆที่ตกลงมาจาก หินชนิดอื่นๆ เช่น หินอัคนี หินแปร หรือแม้แต่หินชั้นอายุเก่ากว่า และหมายรวมถึงหินที่ สะสมตัวจากการตกตะกอนทางเคมี ตลอดจนการตกสะสมของซากชีวนทั้งหมดด้วย หินชนิดนี้ส่วนใหญ่ มักแสดงสภาพการเรียงตัวเป็นชั้นๆ ตามลำดับอายุ จึงจัดประเภทให้เป็นชั้นหิน (ราชบัณฑิตยสถาน, 2523)

แบ่งตามลักษณะเนื้อหินได้ 2 ชนิดใหญ่ ๆ (กรมทรัพยากรธรณี, 2554) คือ

2.1 หินชั้นเนื้อประสม (Clastic Sedimentary Rock) เป็นหินชั้นที่เนื้อเดิมของตะกอน พวกกรวด ทรายเศษหินและดิน ยังคงสภาพอยู่ให้พิสูจน์ได้ เช่น หินทราย (Sandstone) ดังภาพที่ 2-13 (ข) หินดินดาน (Shale) ดังภาพที่ 2-13 (ก) หินกรวดมน (Conglomerate) ดังภาพที่ 2-11 (ค) เป็นต้น



ภาพที่ 2-13 หินชั้นเนื้อประสม หินดินดาน (ก) หินทราย (ข) และหินกรวดมน (ค) (Hobart, 2012)

2.2 หินชั้นเนื้อประสาน (Nonclastic Sedimentary Rock) เป็นหินที่เกิดจากการตกผลึกทางเคมีหรือจากสิ่งมีชีวิต มีเนื้อประสานกันแน่นไม่สามารถพิสูจน์สภาพเดิมได้ เช่น หินปูน

(Limestone) ดังภาพที่ 2-14 (ก) หินเชิร์ต (Chert) ดังภาพที่ 2-14 (ข) เกลือหิน (Rock Salte) ดังภาพที่ 2-14 (ค) ถ่านหิน (Coal) ดังภาพที่ 2-14 (ง) เป็นต้น



ภาพที่ 2-14 หินชั้นประสาน หินปูน (ก) หินเชิร์ต (ข) เกลือหิน (ค) และถ่านหิน (ง) (Hobart, 2012)

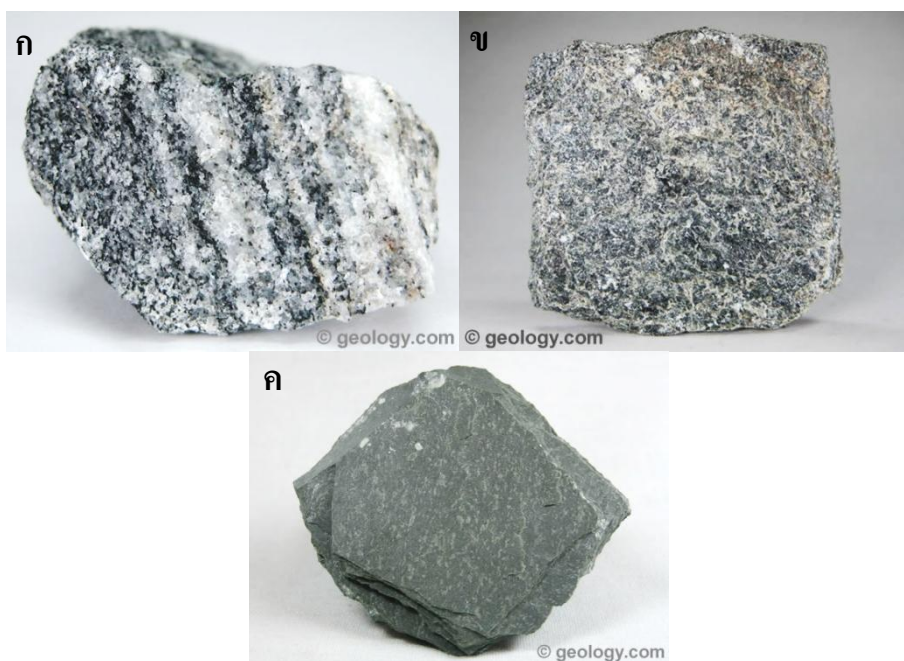
หินตะกอนโดยทั่วไปจะมีองค์ประกอบของ Carbonate ซึ่งดูดกลืนคลื่นระหว่าง 1.9 – 2.3 μm โดยเฉพาะคลื่นช่วง 2.3 μm เป็นคลื่นช่วงที่ Fossiliferous Limestone มีคุณสมบัติการดูดกลืนเด่นชัดที่สุดในขณะที่หินทราย (Sandstone) ที่มีเหล็กออกไซด์สีแดง (Ferric Oxide) แทรกอยู่ในเนื้อหิน จะมีการดูดกลืนในคลื่นประมาณ 0.85 μm แต่หินทรายที่น้ำอยู่ในเนื้อหิน และมีหินปูนประสาน (Calcareous Cement) จะมีคุณสมบัติการดูดกลืนที่เด่นชัดในช่วงคลื่น 1.4, 1.9, 2.2 และ 2.3 μm ส่วนหินดินดาน (Shale) มีส่วนประกอบของแร่ Carbonaceous น้ำ และแร่ดินเหนียว (Clay Mineral) ซึ่งมีคุณสมบัติการสะท้อนพลังงานเหมือนกับเหล็ก หินดินดานที่แสดงคุณสมบัตินี้เด่นคือ Illite-Bearing Shale (ปณิตา คูโณปถัมภ์, 2548)

3. หินแปร (Metamorphic rock)

หินแปร คือ หินที่แปรสภาพจากหินเดิมโดยการทำของความร้อนความกดและปฏิกิริยาเคมี หินแปรบางชนิดยังแสดงเค้าเดิม บางชนิดก็ผิดเดิมไปมากมาย จนต้องอาศัยดูรายละเอียดของเนื้อในหรือสภาพสิ่งแวดล้อมจึงจะทราบที่มา (ราชบัณฑิตยสถาน, 2523)

หินแปรสามารถจัดแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ (กรมทรัพยากรธรณี, 2554)

3.1 การแปรสภาพบริเวณไพศาล (Regional Metamorphism) เกิดเป็นบริเวณกว้างโดยมีความร้อนและความดันทำให้เกิดแร่ใหม่หรือผลึกใหม่เกิดขึ้นมีการจัดเรียงตัวของแร่ใหม่ และแสดงริ้วขนาน (Foliation) อันเนื่องมาจากแร่เดิมถูกบีบอัดจนเรียงตัวเป็นแนวหรือแถบขนานกัน เช่น หินไนส์ (Gneiss) ดังภาพที่ 2-15 (ก) หินชีสต์ (Schist) ดังภาพที่ 2-15 (ข) และหินชนวน (Slate) ดังภาพที่ 2-15 (ค) เป็นต้น



ภาพที่ 2-15 ลักษณะของแปรสภาพบริเวณไพศาลชนิดหินไนส์ (ก) หินชีสต์ (ข) และหินชนวน (ค)

(Hobart, 2012)

3.2 การแปรสภาพสัมผัส (Contact Metamorphism) เกิดจากการแปรสภาพโดยความร้อนและปฏิกิริยาทางเคมีของสารละลายที่ขึ้นมากับหินหนืดมาสัมผัสกับหินท้องที่ไม่มีอิทธิพลของความดันมากนักปฏิกิริยาทางเคมีอาจทำให้ได้แร่ใหม่บางส่วนหรือเกิดแร่ใหม่แทนที่แร่ในหินเดิม

หินแปรที่เกิดขึ้นจะมีการจัดเรียงตัวของแร่ใหม่ ไม่แสดงริ้วขนาน (Nonfoliation) เช่น หินอ่อน (Marble) ดังภาพที่ 2-16 (ก) หินควอตไซต์ (Quartzite) ดังภาพที่ 2-16 (ข) เป็นต้น



ภาพที่ 2-16 ลักษณะของแปรสภาพบริเวณไพศาลชนิดหินอ่อน (ก) และหินควอตไซต์ (ข)
(Hobart, 2012)

การสะท้อนพลังงานของหินแปรพวกหินอ่อน (Marble) ซึ่งมีส่วนประกอบหลักเป็นคาร์บอเนต (Carbonate) ที่จะมีการสะท้อนพลังงานสูงในคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared) และถ้าหินแปรมี Hydroxyl หรือน้ำอยู่มากก็จะมีการดูดกลืนมากในคลื่นช่วง $1.4 \mu\text{m}$ ส่วนหินแปรที่มี Ferrous Iron จะดูดซับคลื่นช่วง $1.0 \mu\text{m}$ เช่น Hornblende Schist และ Tremolite Schist (ปณิตา คูโณปถัมภ์, 2548)

ภาพถ่ายดาวเทียมกับการแปลความหมายทางธรณีวิทยา

การแปลความหมายทางธรณีวิทยาแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ การแปลความหมายด้วยสายตา และการวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์

การแปลความหมายด้วยสายตาเป็นการใช้ทักษะเฉพาะตัวของผู้แปล ซึ่งสามารถกระทำได้สะดวกรวดเร็วทั้งภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์นั้น จะวิเคราะห์เฉพาะภาพจากดาวเทียมระบบมัลติสเปกตรัล (Multispectral) โดยอาศัยข้อมูลจากการแปลความหมายหรือจุดตรวจสอบในสนาม พร้อมโปรแกรมสั่งให้คอมพิวเตอร์วิเคราะห์ออกมา การแปลความหมายจะกระทำได้อย่างถูกต้องเพียงใดนั้น จะขึ้นอยู่กับตัวบุคคล ภาพถ่าย อุปกรณ์ และเครื่องมือ

1. การแปลความหมายด้วยสายตา

การแปลความหมายด้วยสายตา (Visual Interpretation) เป็นการใช้ทักษะเฉพาะตัวของผู้แปลซึ่งสามารถกระทำได้สะดวก รวดเร็ว อาศัยรายละเอียดของข้อมูลต่างๆ ในภาพเป็นหลัก (เฉลิมชัย อุดมรัตน์, 2529)

1.1 การแปลความหมายทางธรณีวิทยา

การแปลความหมายจะอาศัยข้อมูลดังต่อไปนี้มาช่วยในการแปลความหมาย คือ

1.1.1 Tone หมายถึง ระดับความเข้มของสีที่มองเห็นจากภาพถ่ายขาว – ดำ ซึ่งระดับความแตกต่างของสีจากภาพถ่ายจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการสะท้อนและการดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่นต่างๆ ของวัตถุ เช่น ในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น แร่สี สีขาว พวกควอร์ต เฟลด์สปาร์ จะให้สีสว่างกว่า แร่สีเข้ม พวก Pyroxene, Amphibole เพราะฉะนั้น หินดินดานสีเหลืองจะให้สีสว่างกว่าหินดินดานสีเทาอมเขียว ในช่วงคลื่นตามองเห็น เป็นต้น

1.1.2 Texture หมายถึง ความหยาบละเอียดของภาพถ่าย ซึ่งเป็นผลมาจากลักษณะภูมิประเทศ ชนิดของหิน ดิน ทราย ตลอดจนสิ่งปกคลุมต่างๆ เช่น ต้นไม้ ซึ่งจะบ่งบอกถึงลักษณะที่ราบเรียบ ละเอียด หยาบขรุขระ เป็นริ้ว เป็นคลื่น เป็นลอน เป็นเส้น เป็นจุด สานเป็นตาข่ายและลักษณะอื่นๆ เช่น หินดินดานจะมี Texture ละเอียด หินทรายจะมี Texture หยาบ และหินปูนจะมี Texture ขรุขระ เป็นต้น

1.1.3 Drainage หมายถึง ทางน้ำที่มองเห็นในภาพถ่าย โดยจะมีรูปแบบและความหนาแน่นของทางน้ำแตกต่างกัน ซึ่งจะบ่งบอกถึงความแตกต่างของหินที่รองรับอยู่ข้างล่างได้ โดยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของหิน คือ หินที่ละลายน้ำได้ ได้แก่ หินปูนซึ่งจะแสดงลักษณะของภูมิประเทศแบบคาร์สต์ โดยมี Sinkhole และ Doline อยู่ทั่วไปและหินที่ละลายน้ำไม่ได้ ได้แก่ หินทราย ซึ่งยอมให้น้ำซึมผ่านได้ ทางน้ำจะมีความหนาแน่นน้อยและเกิดอยู่ห่างๆ กัน หินดินดาน หินโคลน และหินฝุ่น ซึ่งน้ำซึมผ่านไม่ได้ทางน้ำจะมีความหนาแน่นมาก หินแกรนิตซึ่งน้ำซึมผ่านไม่ได้ ทางน้ำมักจะเกิดตามรอยแยก เป็นต้น

รูปแบบของทางน้ำ (Drainage Pattern) ชนิดต่างๆ นั้นเป็นมาจากลักษณะภูมิประเทศ ชนิดหินรองรับ และ โครงสร้างทางธรณีวิทยา ตลอดจนการกำเนิดของทางน้ำ ซึ่งเป็นแบบ

Insequent, Consequent, Subsequent, Resequent หรือ Obsequent จะมีส่วนช่วยในการแปลความหมายทางด้านธรณีวิทยาได้เป็นอย่างดี รูปแบบของทางน้ำที่พบเห็นเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่

1.1.3.1 Dendritic Drainage Pattern เป็นรูปแบบของทางน้ำที่พบบ่อยๆ และพบมากที่สุด มีลักษณะคล้ายรูปร่างของต้นไม้ โดยน้ำจะไหลจากทางน้ำเล็กๆ ไปรวมกันแล้วไหลลงสู่ทางน้ำใหญ่ โดยมีมุมของทางน้ำที่ไหลไปบรรจบกันเป็นมุมแหลม มักเกิดในหินอย่างเดียวกันที่มีความคงทนต่อการกัดกร่อนเท่ากัน ชั้นหินวางตัวอยู่ในแนวระดับหรือเอียงเทเล็กน้อย ความหนาแน่นของทางน้ำจะเป็นตัวบ่งบอกให้รู้ว่าหินที่รองรับอยู่ข้างใต้เป็นหินคนละชนิด แม้รูปร่างของทางน้ำจะเป็นแบบเดียวกันก็ตาม

1.1.3.2 Angular Drainage Pattern เป็นรูปแบบของทางน้ำที่ถูกโครงสร้างของหินบังคับ ทำให้ทางน้ำเกิดตามรอยเลื่อน รอยแยก และรอยแตกในหิน มักพบในหินแข็งที่เนื้อเป็นเม็ด เช่น หินอัคนี หินทราย เป็นต้น ทางน้ำแบบนี้อาจเรียกว่า Trillis Pattern หรือ Rectangular Pattern ก็ได้

1.1.3.3 Parallel Drainage Pattern เป็นรูปแบบของทางน้ำที่ขนานหรือเกือบขนานกัน มักเกิดในหินที่มีเนื้อละเอียด เช่น หินดินดาน ดินเหนียว และชั้นวางตัวเอียงเทมาก มักพบตามที่ราบเชิงเขาที่มีความชันมาก ที่ราบชายฝั่งทะเล เป็นต้น

1.1.3.4 Annular Drainage Pattern เป็นรูปแบบของทางน้ำที่ถูกโครงสร้างของหินบังคับให้เกิด เช่น โครงสร้างแบบโดมหรือแอ่ง ทำให้ทางน้ำไหลเวียนเป็นรูปวงแหวนหรือวงกลม โดยทางน้ำที่ยาวและโค้งเพียงสองสามสาย หรือประกอบด้วยทางน้ำที่โค้งสายสั้นๆ หลายสายก็ได้ ทางน้ำรูปแบบนี้ส่วนใหญ่จะเกิดร่วมกับทางน้ำที่เป็นแนวรัศมี

1.1.3.5 Radial Drainage Pattern เป็นรูปแบบของทางน้ำที่ไหลเป็นแนวรัศมีซึ่งทางน้ำแต่ละสายเกือบจะขนานกัน มักพบบริเวณภูเขาไฟ ถ้าทางน้ำไหลเป็นแนวรัศมีออกจากภูเขาไฟ จะเรียกว่า Centrifugal และทางน้ำที่ไหลเป็นแนวรัศมีลงไปแอ่งหรือปากปล่องภูเขาไฟ เป็นแนวรัศมีจะเรียกว่า Centripetal นอกจากนี้ยังพบรูปแบบทางน้ำบริเวณที่มีโครงสร้างของหินเป็นรูปโดมได้ด้วย

1.1.3.6 Compositied Drainage Pattern เป็นรูปแบบทางน้ำแบบผสมรวมกันในบริเวณหนึ่งๆ (เฉลิมชัย อุดมรัตน์, 2529)

1.1.4 Rock Properties หมายถึง คุณสมบัติของหินต่อการผุพังทำลายโดยกระบวนการ Weathering และ Erosion ตลอดจนการเรียงลำดับชั้นหิน โครงสร้างทางธรณีวิทยา รอยเลื่อน รอยแยก รอยแตกต่างๆ ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด ในการแปลความหมายทางธรณีวิทยาเพื่อแบ่งแยกหมวดหิน หมู่หิน โดยอาศัยหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้ (เฉลิมชัย อุสมรัตน์, 2529)

1.1.4.1 Resistance คือ ความคงทนต่อการผุพังทำลาย ซึ่งหินแต่ละชนิดจะมี Resistance ต่างกัน หินอัคนี หินควอร์ตไซต์ จะมี Resistance สูง จะทำให้ยังคงสภาพภูมิประเทศเอาไว้ได้ ไม่ถูกกัดกร่อนมากนัก ในขณะที่หินดินดานซึ่งมี Resistance ต่ำ จะถูกกัดกร่อนได้ง่าย ทำให้สภาพภูมิประเทศเปลี่ยนแปลงไปเป็นที่ราบได้ง่ายกว่า

1.1.4.2 การเรียงลำดับชั้นหิน มีส่วนสัมพันธ์กับการผุพังทำลายอย่างใกล้ชิด หินที่เป็นเนื้อเดียวกันจะมี Resistance เท่ากันหรือใกล้เคียงกัน สำหรับหินคนละชนิดที่วางตัวต่อเนื่องกัน เช่น หินทรายกับหินดินดาน ในกรณีนี้หินทรายซึ่งมีความคงทนมากกว่าจะคงสภาพอยู่ได้ ในขณะที่หินดินดานจะถูกกัดกร่อนไป ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนในภาพถ่าย ทำให้สามารถลากขอบเขต (Boundary) แบ่งแยกหน่วยหินออกได้

1.1.4.3 แนวเอียงเทของชั้นหิน จะทำให้ทราบว่าโครงสร้างทางธรณีวิทยาของบริเวณนั้นเป็นอย่างไร แนวเอียงเทที่ไม่เท่ากัน นอกจากจะทำให้รูปแบบของทางน้ำแตกต่างกันแล้ว ยังทำให้มี Resistance แตกต่างกันอีกด้วย

1.1.4.4 รอยแยกและรอยแตกต่างๆ ในเนื้อหิน จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของหินนั้นๆ หินที่แกร่ง เปราะ แตกหักง่าย จะพบเห็นรอยแยก รอยแตก มากกว่าหินที่มีความเหนียว ทำให้สามารถลากขอบเขต (Boundary) แบ่งแยกหน่วยหินออกได้ นอกจากนี้รอยแยก รอยแตก ยังเป็นตัวเร่งการผุกร่อนของหินให้เร็วขึ้น ตลอดจนเป็นส่วนที่ทางน้ำมักจะเกิดขึ้นเสมอๆ ซึ่งสามารถเห็นได้ชัดเจนในภาพถ่าย

1.1.5 Cover หมายถึง สิ่งปกคลุมที่ปิดทับอยู่ ทำให้แปลความหมายได้ยากขึ้น ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1.1.5.1 Surficial Material ได้แก่ วัตถุบนพื้นผิวซึ่งเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ หรือมนุษย์สร้างขึ้นก็ตาม เช่น กรวด หิน ดิน ทราย ทางรถไฟ ทางรถยนต์ สนามบิน

อาคารบ้านเรือน อ่างเก็บน้ำ ลานตากมันสำปะหลัง เป็นต้น ซึ่งจะปิดบังข้อมูลทางด้านธรณีวิทยา ดังนั้นจึงต้องอาศัยข้อมูลธรณีวิทยาบริเวณใกล้เคียงมาช่วยในการตัดสินใจ

1.1.5.2 Vegetation ได้แก่ ต้นไม้ที่ขึ้นปกคลุมอยู่บนผิวดิน ความสูงต่ำ ความหนาแน่น การสะท้อนแสง เงาม ตลอดจนชนิดของต้นไม้ จะทำให้ Tone และ Texture ในภาพถ่ายแตกต่างกัน ต้นไม้จะมีส่วนสัมพันธ์กับคุณสมบัติของดินและหินอย่างใกล้ชิด เช่น มีต้นไม้ขึ้นในดินหรือหินบริเวณหนึ่ง กับอีกบริเวณหนึ่ง ไม่มีต้นไม้ขึ้นเลย ทำให้แปลความหมายได้ว่าบริเวณทั้งสองนั้นมีหินที่รองรับอยู่ข้างล่างคนละชนิดกัน หรือการที่มีต้นไม้ขึ้นเป็นแนว อาจมีสาเหตุมาจากชั้นหินคนละชนิดวางตัวสลับกันและต้นไม้จะขึ้นในหินชนิดเดียวกันทำให้เป็นแนว

1.1.5.3 Cultivation ได้แก่ การถากถางพื้นที่เพื่อการเกษตรกรรม ทำให้ Outcrop ต่างๆ ถูกทำลายไป พื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่จะต้องอาศัยน้ำเป็นปัจจัยสำคัญ ดังนั้นมักจะอยู่บริเวณรอบเชิงเขา ที่ราบหุบเขา และบริเวณ Flood Plain จึงเป็นสิ่งที่บอกลถึงบริเวณที่เป็น Alluvium ได้เป็นอย่างดี (เฉลิมชัย อุดมรัตน์, 2529)

2. การแปลความหมายชนิดของหิน

หินแบ่งออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ ดังที่กล่าวมาข้างต้น คือ หินอัคนี หินชั้น และหินแปร

2.1 หินอัคนี แบ่งออกเป็น หินอัคนีแทรกซอน และหินอัคนีพุ โดยมีลักษณะสำคัญในภาพถ่ายดังนี้ (เฉลิมชัย อุดมรัตน์, 2529)

2.1.1 หินอัคนีแทรกซอนชนิดกรด (Intrusive Acid Rocks) เช่น Granite, Granodiorite จะมีลักษณะ Light to Medium Gray Tone, Texture ขรุขระ ทางน้ำเป็นแบบ Dendritic และแบบ Joint Controlled, Massive เป็นเนื้อเดียวกัน Resistance สูง และมี Joint มาก

2.1.2 หินอัคนีแทรกซอนชนิดด่าง (Intrusive Basic Rocks) เช่น หิน Gabbro, Peridotite จะมีลักษณะ Dark Gray Tone, Texture ขรุขระ ทางน้ำเป็นแบบ Dendritic และ Joint – Controlled, Massive เป็นเนื้อเดียวกัน Moderate to High Resistance มี Joint ไม่มากนัก

2.1.3 หินอัคนีพุชนิดกรด (Extrusive Acid Rocks) เช่น หิน Rhyolite, Dactite จะมีลักษณะ Light to Medium Gray Tone ทางน้ำเป็นแบบ Radial แสดงลักษณะภูเขาไฟรูปกรวย ปากปล่องภูเขาไฟและลาวาไหลเป็นกลุ่มก้อน

2.1.4 หินอัคนีพูนชนิดต่าง (Extrusive Basic Rocks) หิน Basalt, Tachylite จะมีลักษณะ Medium to Dark Gray Tone และลาวาจะไหลขึ้นมาตามรอยแยก รอยแตก Joint จะมีลักษณะเป็น Columnar

2.2 หินชั้น แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ เนื้อละเอียด เนื้อหยาบและพวกคาร์บอเนต

2.2.1 หินชั้นเนื้อละเอียด (Fine Grained Clastics) เช่น หินดินดานจะมีลักษณะ Medium Gray to Dark Tone, ทางน้ำอยู่ใกล้ๆ กันทำให้มีความหนาแน่นของทางน้ำสูง, Low Resistance มี Joint บ้าง

2.2.2 หินชั้นเนื้อละเอียด (Coarse Grained Clastics) เช่น หินทรายจะมีลักษณะ Light to Medium Gray Tone ทางน้ำอยู่ห่างๆ กันทำให้มีความหนาแน่นของทางน้ำต่ำ High Resistance มี Joint มาก

2.2.3 พวกคาร์บอเนต (Carbonates) เช่น หินปูน จะมีลักษณะ Light to Medium Gray Tone ละลายน้ำได้ดี มักแสดงภูมิประเทศแบบคาร์สต์ ในสภาพอากาศที่มีความชื้นสูง Low and High Resistance มี Joint บ้าง

2.3 หินแปร เป็นหินที่เปลี่ยนแปลงมาจากหินอัคนีและหินชั้น ลักษณะที่เป็นในภาพถ่ายจะคล้ายคลึงกับหินดั้งเดิม (เฉลิมชัย อุดมรัตน์, 2529)

การจำแนกโดยวิธีระบบผู้เชี่ยวชาญ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (2540) ได้กล่าวว่า ผู้เชี่ยวชาญที่แปลภาพจากข้อมูลดาวเทียมมักใช้ความรู้ที่ได้สั่งสมมาจากประสบการณ์ แต่การจำแนกประเภทข้อมูลโดยคอมพิวเตอร์นั้นใช้ความรู้ความชำนาญน้อยมาก ซึ่งปัญหานี้ได้รับการแก้ไขโดยการพัฒนาาระบบที่เรียกว่า ระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) โดยเป็นระบบที่ใช้วิธีการสะสมความรู้ และประสบการณ์เข้าไปในคอมพิวเตอร์

ความรู้ที่ใช้ในระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการจำแนกประเภทข้อมูลดาวเทียมมี 2 ประเภท คือ (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2540)

1. ความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์ภาพ

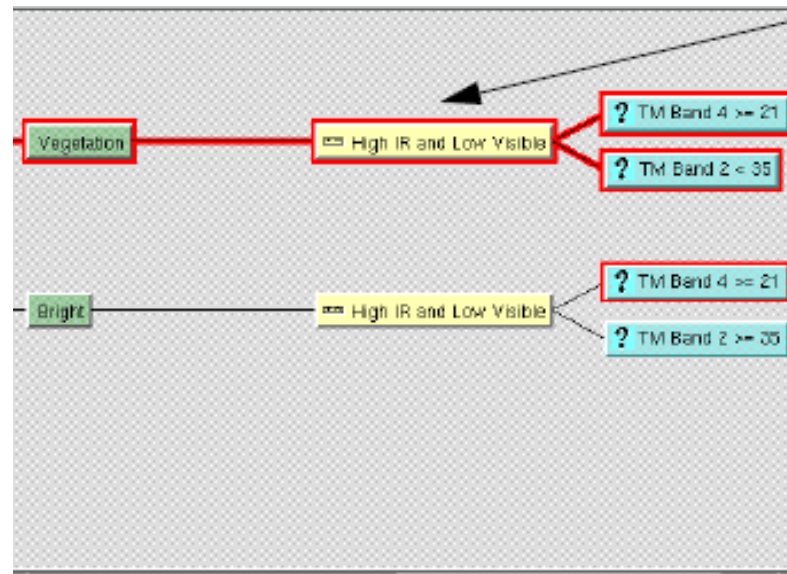
ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดี ต้องอาศัยความรู้เกี่ยวกับการประมวลผลและการวิเคราะห์ภาพจึงควรใช้ระบบป้อนกลับเพื่อตรวจสอบและประเมินจุดมุ่งหมายและผลของการวิเคราะห์

2. ความรู้เกี่ยวกับวัตถุที่จะวิเคราะห์

นอกจากวิธีจำแนกประเภทปกติแล้ว ความรู้สามัญเกี่ยวกับวัตถุที่จะจำแนกประเภทก็เป็นสิ่งสำคัญ ตัวอย่างเช่น ความรู้ที่ว่าไม่มีป่าไม้อยู่ในที่ที่สูงเกินกว่า 3,000 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง เป็นต้น

โดยทั่วไปความรู้จะถูกแสดงในรูป “ถ้า A เป็น..., แล้ว B จะเป็น...” ซึ่งมีชื่อเรียกว่า กฎ IF/THEN

ระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) มีระบบการทำงานด้วยการใช้กฎเกณฑ์การจำแนก ให้ผู้จำแนกสามารถสร้างเงื่อนไข หรือหลักเกณฑ์ของการจำแนกแต่ละประเภทข้อมูล จากข้อมูลประกอบอื่นๆ ร่วมกับข้อมูลภาพดาวเทียมได้ ซึ่งมีการทำงาน โดยเริ่มจากกำหนดหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนก นำมากำหนดเป็นเงื่อนไข (Condition) ในระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) ยกตัวอย่างโปรแกรม ERDAS IMAGINE 9.0 มีลำดับการทำงาน คือ ตั้งสมมติฐาน เพื่อสร้างกฎการจำแนกรวบรวมเงื่อนไข นำเข้าข้อมูลประเภท Raster Format เพื่อนำค่าจุดภาพเป็นตัวแปร แทนค่าสมมติฐานที่ตั้งไว้ จุดภาพนั้นเป็นไปตามสมมติฐาน เมื่อเป็นจริงตาม Rule A หรือ Rule B ซึ่ง Rule A จะเป็นจริง เมื่อเป็นไปตาม Condition 1 และ Condition 2 และ Rule B จะเป็นจริง เมื่อเป็นไปตาม Condition 3 และ Condition 4 ดังภาพที่ 2-17 (ปณิตา คุโณปถัมภ์, 2548)



ภาพที่ 2-17 แผนภาพลักษณะการจำแนกโดยวิธีระบบผู้เชี่ยวชาญ (ERDAS Inc, 1999)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจำแนกลักษณะทางกายภาพของหินด้วยข้อมูลภาพดาวเทียมแอสเตอร์ ด้วยเทคนิคการจำแนกเชิงหลักเกณฑ์ บริเวณจังหวัดระยอง (ปณิตา คูโณปถัมภ์, 2548) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจำแนกลักษณะทางกายภาพของหินจากข้อมูลภาพดาวเทียมแอสเตอร์ ผู้วิจัยกล่าวว่า การใช้ค่าสะท้อนเพียงอย่างเดียวมาจำแนกนั้น ให้ผลการจำแนกไม่ดีเพียงพอ เนื่องจากการสะท้อนพลังงานออกมานั้นไม่ใช้การสะท้อนของหินเพียงอย่างเดียว แต่มีการสะท้อนของพืชพรรณรวมอยู่ด้วย จึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลอื่นมาประกอบและใช้เทคนิควิธีที่เหมาะสมประกอบด้วย จึงใช้เทคนิคการจำแนกเชิงหลักเกณฑ์ ในการกำหนดหลักเกณฑ์การจำแนก โดยใช้เงื่อนไขจากคุณสมบัติที่แตกต่างและเฉพาะเจาะจง ทั้งจากข้อมูลค่าการสะท้อนพลังงาน และข้อมูลประกอบอื่น ได้แก่ ข้อมูลเส้นชั้นความสูง ข้อมูลความลาดชัน ระยะห่างจากทางน้ำ ชนิดดิน สิ่งปกคลุมดิน ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะของชนิดหินแต่ละชนิด จากการจำแนกพบว่า เทคนิคดังกล่าวให้ผลการจำแนกมีความถูกต้องสูงถึงร้อยละ 75 ในขณะที่การจำแนกด้วยวิธี Maximum Likelihood ให้ผลเพียงร้อยละ 50 โดยเงื่อนไขระดับความสูงของภูมิประเทศ และความลาดชันของพื้นที่เป็นเงื่อนไขที่สำคัญในการจำแนก โดยภาพสีผสมที่ใช้จำแนกแล้วให้ผลการจำแนกมีความถูกต้องมากที่สุดคือ

ช่วงคลื่น 7-3-1 (Abdeen, Thurmond, Abdelsalam and Stern, 2003 อ้างถึงใน ปณิตา คูโณปถัมภ์, 2548) ของภาพดาวเทียมแอสเตอร์ ซึ่งเทียบได้กับภาพสีผสม LANASAT-5 TM คือ 7-4-2 และ อัตราส่วนช่วงคลื่นได้จากการทดลอง คือ 1/5-3/9-4/8

มีการศึกษาการจำแนกหินปูนโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-7 ผู้วิจัยได้ใช้ช่วงคลื่นอินฟราเรดเพื่อจำแนกหินปูนโดโลไมต์ (ซีรเวทซ์ ลิม โทมลิวลาศ, 2548) ซึ่งเป็นหินตะกอน ผู้วิจัยเน้นการหาความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มหินปูนและหินปูนโดโลไมต์กับค่าการแผ่พลังงานที่ได้จากข้อมูลอินฟราเรดความร้อน ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ค่าการแผ่พลังงานของหินโดโลไมต์สูงกว่าหินปูน ผลการจำแนกมีความถูกต้องมากกว่าร้อยละ 60 แต่ยังไม่สามารถนำค่าความสัมพันธ์ไปใช้กับพื้นที่อื่นได้ เนื่องจากค่าของข้อมูลอินฟราเรดความร้อนในแต่ละพื้นที่ไม่เท่ากัน

อีกทั้งยังมีการศึกษาการใช้ข้อมูลดาวเทียมแอสเตอร์ในการทำแผนที่ชนิดหินในบริเวณตอนกลางทางตะวันออกเฉียงของอียิปต์ (Reda, Kusky and Ghulam, 2010) ผลการศึกษาพบว่า หินแกรนิตสีเทาและชมพูจะมีการดูดกลืนในช่วงคลื่น 3 6 และ 8 (LANDSAT คือ 4 และ 7) และภาพผสมสีอัตราส่วนช่วงคลื่น $(2+4)/3$, $(5+7)/6$, $(7+9)/8$ (RGB) สามารถบ่งชี้หินชนิดโอไฟโอไลต์ (Ophiolitic Rock) การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) ช่วงคลื่น 5 4 2 (RGB) สามารถแยกแยะระหว่าง หินชนิดโอไฟโอไลต์ (หินแกรบโบ และบะซอลต์) และแยกแยะระหว่างหินแกรนิตสีชมพูกับสีเทาได้ดี

มีการศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงการจำแนกชนิดหินด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT โดยใช้ระบบเชิงหลักเกณฑ์ (Na, Michaela, and Wladyslaw, 2009) พื้นที่ศึกษา คือ แอฟริกาใต้ ผู้วิจัยกล่าวว่า ข้อมูลระบบ TM ถูกนำมาใช้ในด้านธรณีวิทยาอย่างแพร่หลายและประสบความสำเร็จในการจำแนกชนิดหินและแร่ แต่ความถูกต้องจะถูกจำกัดโดยปัจจัยหลายประการ เนื่องจากมีความละเอียดเชิงพื้นที่และสเปกตรัมหยาบ ค่าการสะท้อนที่คล้ายคลึงกันของหินต่างชนิดกันไม่สามารถจำแนกได้ และมีค่าสะท้อนของหินกรวดและพืชพรรณทำให้จำแนกได้ไม่ดี คุณลักษณะของเนื้อหินจะได้รับอิทธิพลจากองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น รูปแบบการระบายน้ำ การกัดเซาะหรือการผุกร่อน ซึ่งจะให้ข้อมูลที่ประโยชน์ในการจำแนกประเภทของหินที่มีลักษณะการสะท้อนพลังงานที่คล้ายกัน ลักษณะธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษาอยู่ในยุค Archean มี Carbonates แสดงเป็นเนื้อหยาบ จากทิศตะวันตกเฉียงเหนือไปทิศตะวันออกเฉียงใต้ แต่ Iron Formation (BIF)

จะแสดงพื้นผิวก่อนข้างเรียบไม่มีทิศทางแน่นอน อีกทั้งข้อมูล DEM ก็ช่วยแยกความแตกต่างของลักษณะของหินที่คล้ายคลึงกันได้ เช่น ทราายลมหอบ และ Proterozoic BIF ก็จะอยู่ในตำแหน่งที่มีความสูงต่างกัน วิธีการศึกษาได้ใช้ภาพ LANDSAT- TM มาทำ PCA และ ใช้ช่วงคลื่นร่วมด้วย จำแนกโดยวิธี Maximum-Likelihood Supervised Classification (MLC) และใช้ระบบเชิงหลักเกณฑ์ แล้วทั้งสองวิธีมาเปรียบเทียบ และหา Pixel ที่เป็นได้มากที่สุดของการจำแนกโดยใช้วิธีการเปรียบเทียบและข้อมูล DEM นำ Pixels ที่ได้มาจัดกลุ่มอีกโดยแผนที่ธรณีวิทยาเชิงเลข (1 : 250,000) วิธีนี้ให้ความถูกต้องร้อยละ 83.24 จากเดิมที่จำแนกโดยใช้ภาพ LANDSAT อย่างเดียวด้วยวิธี MLC ที่ให้ความถูกต้องเพียงร้อยละ 54.3

Sabreen and Timothy (2006) ได้ศึกษาเรื่อง การทำแผนที่ชนิดหินในทะเลทรายทางตะวันออกเฉียงใต้ของอียิปต์ พื้นที่ Barramiya โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT ระบบ TM ซึ่งพื้นที่ประกอบด้วยความหลากหลายของหินยุค Proterozoic ตอนปลาย รวมทั้ง Serpentinites ที่เป็นแนวโค้ง ประปนด้วย หินชั้นกึ่งหินแปร และหินแปรจากหินภูเขาไฟ และหินแกรนิต ใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-TM เทคนิคการเน้นภาพ โดยอัตราส่วนช่วงคลื่น และจำแนกแบบควบคุม การศึกษานี้ได้ใช้อัตราส่วนช่วงคลื่น (5/3, 5/1, 7/5), และ (7/5, 5/4, 3/1) ร่วมกับการจำแนกแบบควบคุม

อีกทั้งยังมีการศึกษา เกี่ยวกับการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมหลายช่วงคลื่นและข้อมูลเสริมเพื่อจำแนกลักษณะทางธรณีวิทยา ศึกษาบริเวณตะวันตกเฉียงใต้ของ Calabria (ตอนใต้ของประเทศอิตาลี) ผู้วิจัยกล่าวว่า การจำแนกภาพ LANDSAT เพื่อวัตถุประสงค์ทางธรณีวิทยามักจะให้ผลลัพธ์ที่ไม่น่าพึงพอใจ เพื่อปรับปรุงการจำแนกให้มีความถูกต้องจำเป็นจะต้องจำแนกร่วมกับข้อมูลเสริม ข้อมูลเหล่านี้ได้ถูกนำมาใช้ในการประมวลผลก่อนการจำแนกเพื่อเพิ่มคุณภาพของภาพและข้อมูล คุณลักษณะเพิ่มเติมในระหว่างกระบวนการจำแนก ดำเนินการโดยใช้ระดับต่างๆของข้อมูล สเปกตรัมและภูมิประเทศแบบบูรณาการ และแผนที่ความลาดชันถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะธรณีฐานวิทยาของหน่วยธรณีวิทยาที่แตกต่างกัน ผลการจำแนกปรากฏว่า การจำแนกโดยใช้สเปกตรัมของภาพดาวเทียมเพียงอย่างเดียวให้ค่าความถูกต้องรวมร้อยละ 32 ในขณะที่การจำแนกโดยใช้ข้อมูลเสริมให้ความถูกต้องรวมร้อยละ 62 แต่การจำแนกภาพในลักษณะเช่นนี้ต้องอาศัยความรู้ในเชิงลึกของเป้าหมายเพื่อเลือกคุณลักษณะที่ดีที่สุดที่จะแสดงคุณสมบัติของลักษณะทางธรณีวิทยาแต่ละชนิดได้ (Evaristo, 2000)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ พร้อมระบบปฏิบัติการสำหรับประมวลผล 1 เครื่อง
2. โปรแกรมประยุกต์ด้านประมวลภาพถ่ายจากดาวเทียม ใช้เตรียมข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม วิเคราะห์ค่าสถิติการสะท้อนพลังงาน และใช้จำแนกชนิดดิน
3. โปรแกรมประยุกต์ด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ใช้ในการนำเข้าข้อมูล จัดทำแผนที่ และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลสภาพภูมิประเทศกับข้อมูลชนิดดิน
4. เครื่องกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS) ชนิดพกพา ใช้ในการสำรวจข้อมูลภาคสนาม

จัดเตรียมข้อมูลและเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

1. ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT -5 TM ความละเอียดเชิงพื้นที่ 30 เมตร จำนวน 7 ช่วงคลื่น (Band) บันทึกเมื่อวันที่ 3 มกราคม พ.ศ.2552 Path 129 Row 48 ในจังหวัดเลย ดังภาพที่ 3-1 และรายละเอียดแสดงในตารางที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 ภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT -5 TM ในจังหวัดเลย

ตารางที่ 3-1 แสดงรายละเอียดภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM ที่ใช้ในการศึกษา

ลำดับช่วงคลื่น	ความยาวคลื่น (ไมโครเมตร)	ช่วงคลื่น	ความละเอียดจุดภาพ (เมตร)
1	0.45 – 0.52	น้ำเงิน	30
2	0.52 – 0.60	เขียว	30
3	0.60 – 0.69	แดง	30
4	0.77 – 0.90	อินฟราเรดใกล้	30
5	1.55 - 1.75	อินฟราเรดคลื่นสั้น	30
6	10.40 – 12.50	อินฟราเรดความร้อน	120
7	2.08 – 2.35	อินฟราเรดสะท้อน	30

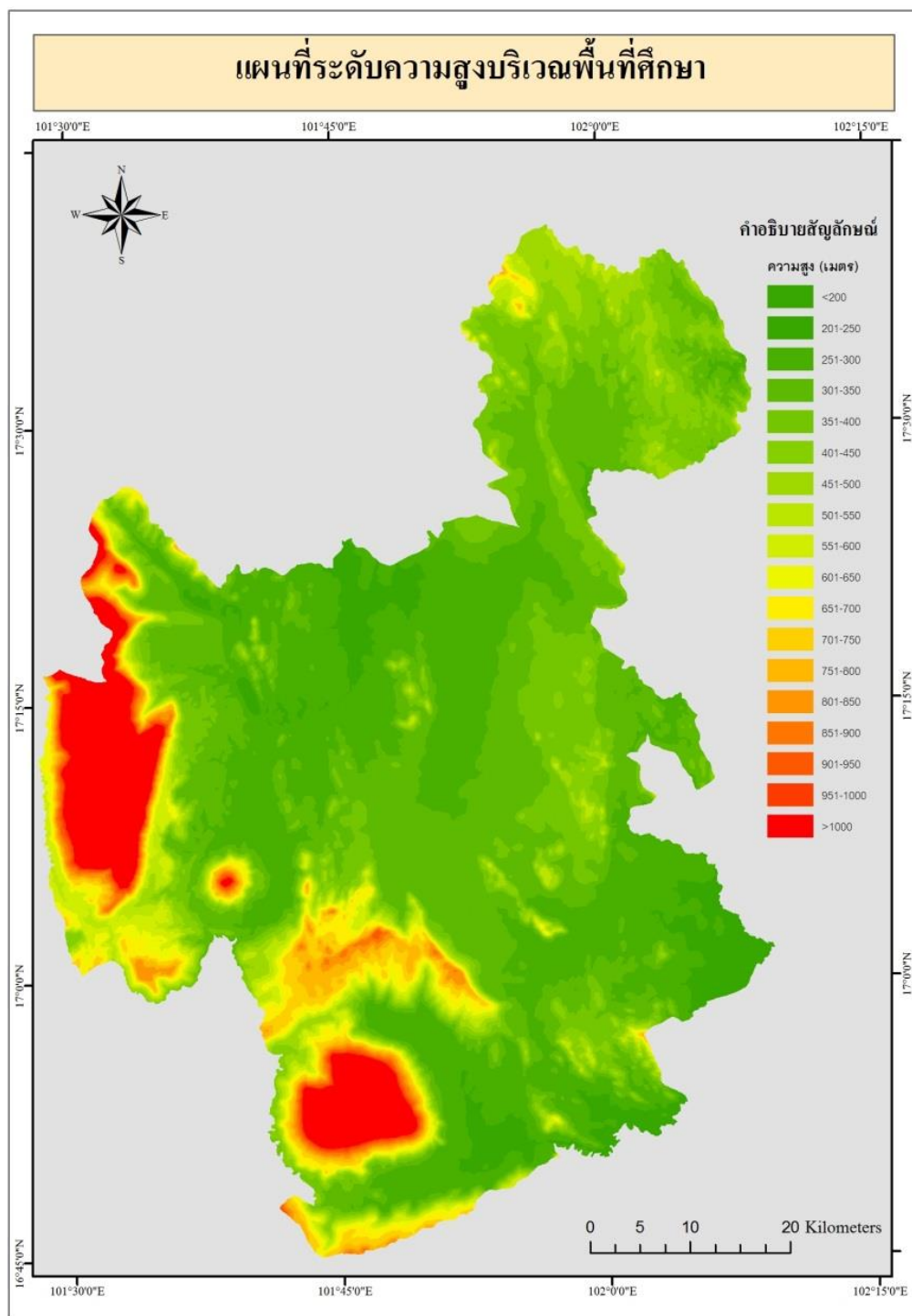
2. แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ลำดับชุด L 7018 ของกรมแผนที่ทหาร ในจังหวัดเลย

3. ข้อมูลแบบระดับสูงเชิงเลข (DEM) จาก SRTM DEM โดย NASA อยู่ในรูปแบบราสเตอร์ (Raster) วิเคราะห์หาค่าระดับสูงเพื่อให้ได้ข้อมูลความสูงในพื้นที่ ดังภาพที่ 3-2 และวิเคราะห์ความลาดชัน ดังภาพที่ 3-3

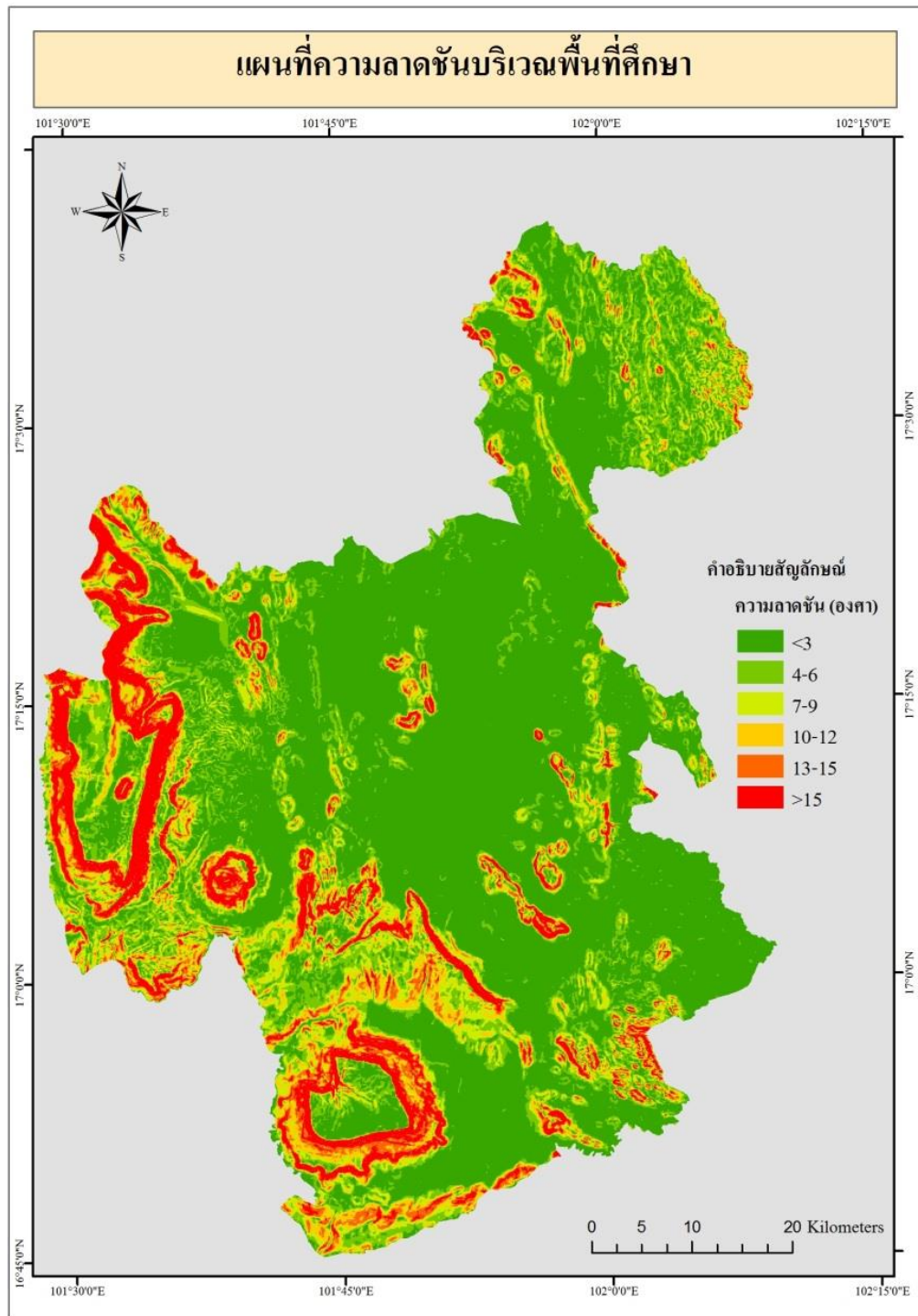
4. แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดเลย ของกรมทรัพยากรธรณี

5. ข้อมูลชุดดินในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ รูปแบบ Vector Format (.shp) จัดทำโดยกรมพัฒนาที่ดิน ได้แก่ ข้อมูลความลึกของดิน ดังภาพที่ 3-4 และข้อมูลการระบายน้ำของดิน ดังภาพที่ 3-5

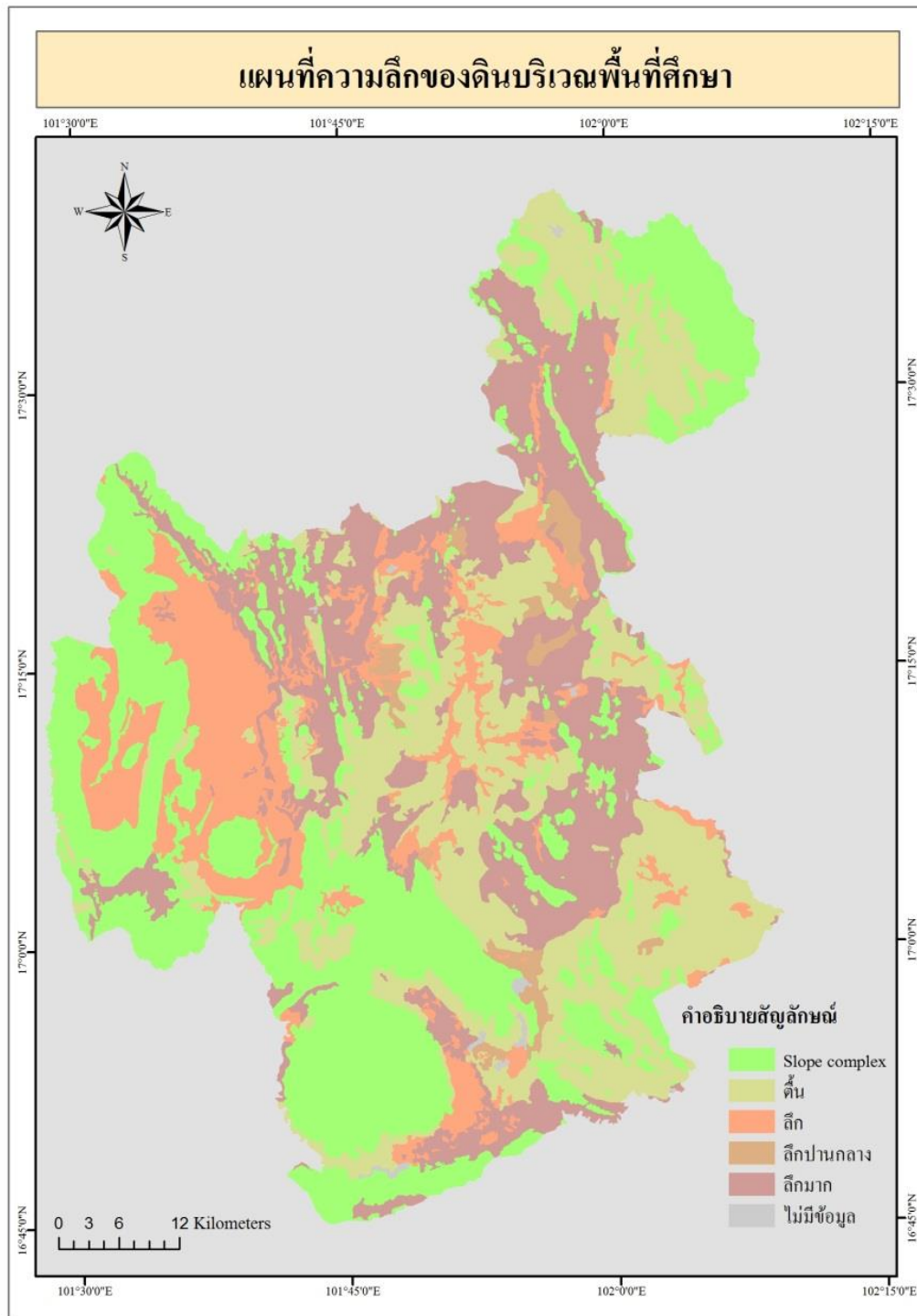
6. ข้อมูลสิ่งปกคลุมดิน ดังภาพที่ 3-6 โดยกรมพัฒนาที่ดิน และข้อมูลระยะห่างจากเส้นทางน้ำ โดยสร้างแนวกันชนจากข้อมูลเส้นทางน้ำในพื้นที่ศึกษา 4 แนว คือ 500 1,000 1,500 และมากกว่า 1,500 เมตร ดังภาพที่ 3-7



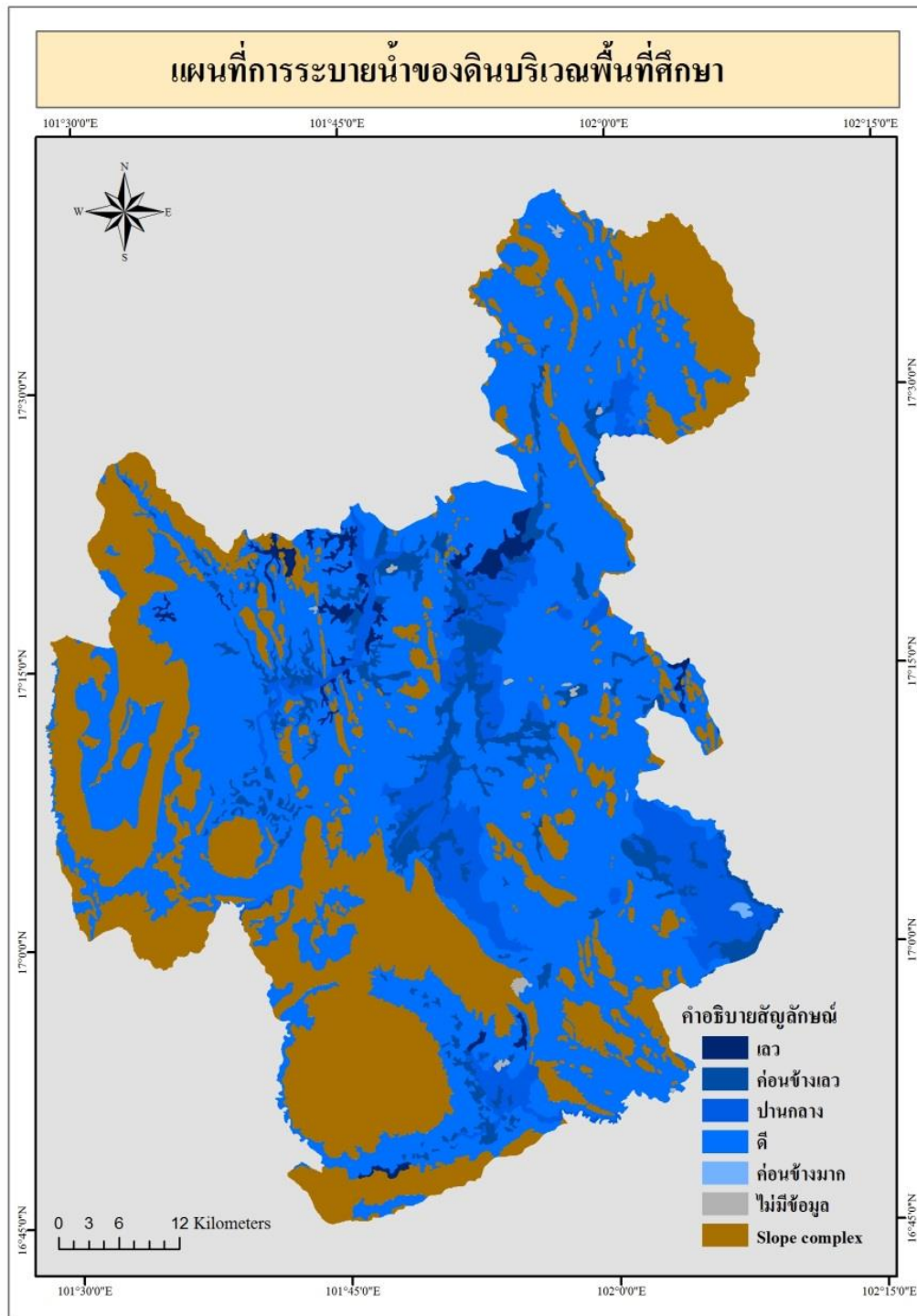
ภาพที่ 3-2 แผนที่แสดงความสูงบริเวณพื้นที่ศึกษา (NASA, 2012)



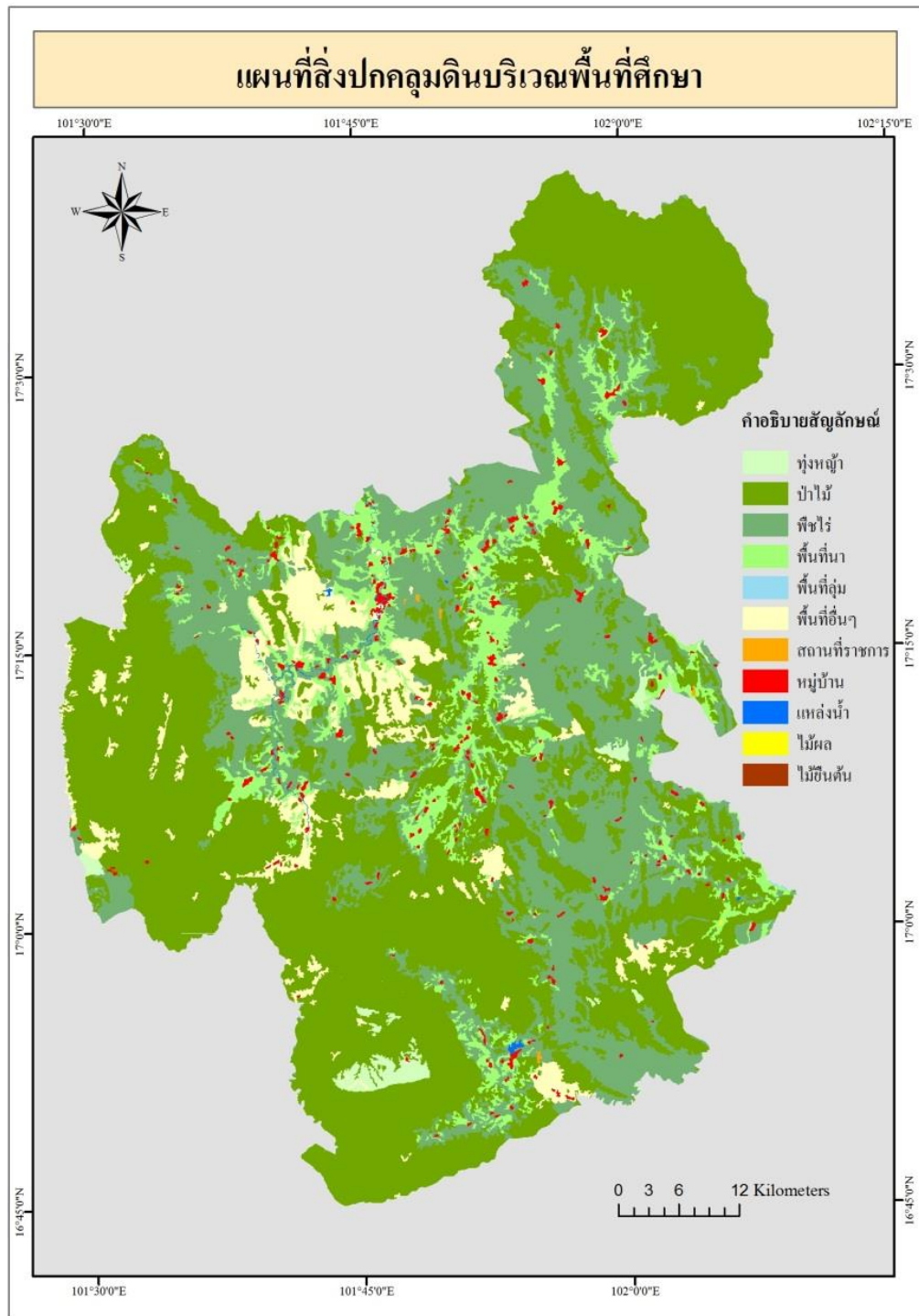
ภาพที่ 3-3 แผนที่แสดงความลาดชันบริเวณพื้นที่ศึกษา (NASA, 2012)



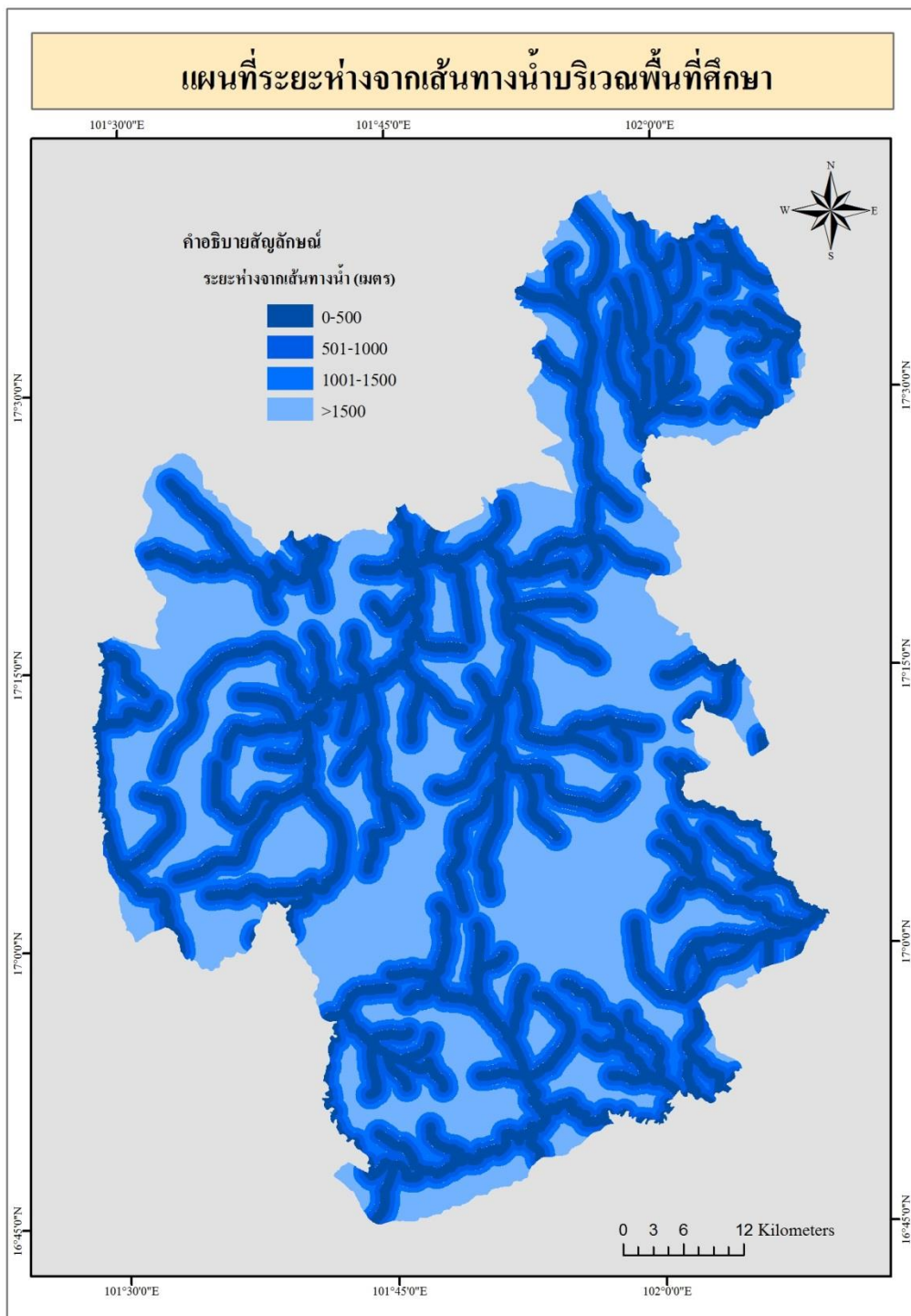
ภาพที่ 3-4 แผนที่แสดงความลึกของดินบริเวณพื้นที่ศึกษา (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545)



ภาพที่ 3-5 แผนที่แสดงการระบายน้ำของดินบริเวณพื้นที่ศึกษา (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545)



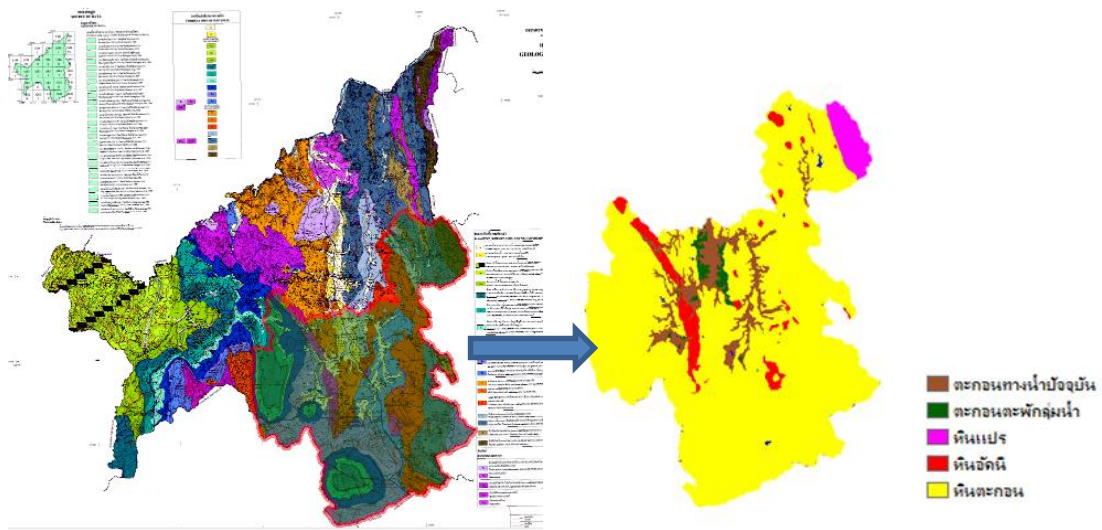
ภาพที่ 3-6 แผนที่แสดงสิ่งปกคลุมดินบริเวณพื้นที่ศึกษา (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545)



ภาพที่ 3-7 แผนที่แสดงระยะห่างจากเส้นทางน้ำบริเวณพื้นที่ศึกษา (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545)

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตของภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 TM ให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องบนผิวโลก
2. นำเข้าแผนที่ธรณีวิทยา ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และทำการปรับแก้เชิงเรขาคณิตของข้อมูลภาพแผนที่ ดังภาพที่ 3-8 เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นที่ตัวอย่างต่อไป

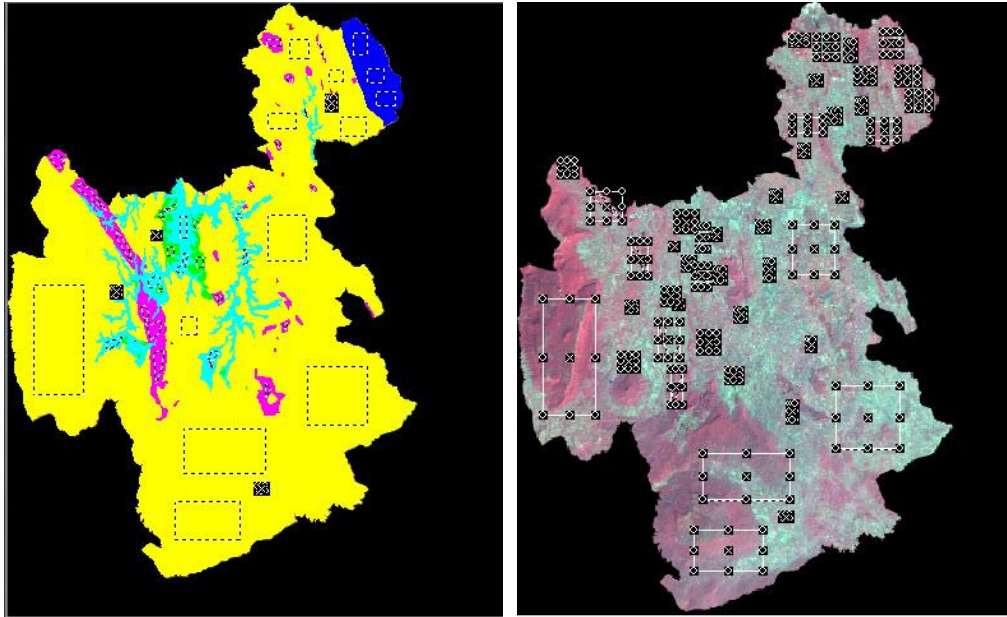


ภาพที่ 3-8 การนำเข้าข้อมูลธรณีวิทยาในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (กรมทรัพยากรธรณี, 2552)

3. กำหนดพื้นที่ตัวอย่าง (Training Area) ของแต่ละชนิดหินและตะกอน โดยกำหนดจากแผนที่ธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษา โดยแบ่งพื้นที่ตัวอย่างเป็นชนิดหินและตะกอน ได้แก่ หินตะกอน หินอัคนี หินแปร ตะกอนทางน้ำปัจจุบัน และตะกอนตะพักน้ำ เพื่อใช้ในการจำแนกชนิดของหินจากภาพถ่ายดาวเทียม ดังภาพที่ 3-9

4. วิเคราะห์ค่าการสะท้อนพลังงานของข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 TM

4.1 เลือกช่วงคลื่นของข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 TM ที่จะนำมาใช้ในการจำแนก โดยการวิเคราะห์ค่าสถิติของค่าสะท้อนพลังงานของพื้นที่ตัวอย่างหินและตะกอนทุกช่วงคลื่น ค่าสถิติที่ใช้วิเคราะห์ คือ ค่ามัชฌิมเลขคณิตหรือค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน



ภาพที่ 3-9 การกำหนดพื้นที่ตัวอย่างของหินแต่ละชนิด

4.2 นำทุกช่วงคลื่นของข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT- 5 TM มาทำอัตราส่วนช่วงคลื่นซึ่งกันและกัน เพื่อช่วยลดผลกระทบของพืชที่ปกคลุม โดยการนำค่าการสะท้อนพลังงานของช่วงคลื่นหนึ่งมาหารกับค่าการสะท้อนพลังงานของอีกช่วงคลื่นหนึ่งในแต่ละจุดภาพที่ตรงกัน จะได้ภาพอัตราส่วนช่วงคลื่นจำนวน 42 ภาพ

4.3 วิเคราะห์ค่าสถิติการสะท้อนพลังงานของหินแต่ละชนิดทุกอัตราส่วนช่วงคลื่น เพื่อใช้ในการเลือกอัตราส่วนช่วงคลื่นที่แสดงลักษณะเด่นครอบคลุมทุกชนิดหิน มาใช้ในการจำแนกต่อไป

5. วิเคราะห์ข้อมูลภาพภูมิประเทศเพื่อหาเงื่อนไขในการจำแนก โดยใช้ข้อมูลธรณีวิทยา ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์พื้นที่ศึกษา มาซ้อนทับกับข้อมูล ระดับสูง ความลาดชัน การระบายน้ำของดิน ความลึกของดิน สิ่งปกคลุมดิน และระยะห่างจากเส้นทางน้ำ แล้วคำนวณหาร้อยละของพื้นที่หินชนิดต่างๆ ในแต่ละข้อมูล เพื่อหาความสัมพันธ์ของชนิดหินกับข้อมูลสภาพภูมิประเทศ และสิ่งปกคลุมดิน

6. จำแนกชนิดหินโดยใช้วิธีการจำแนกแบบควบคุม ด้วยวิธี Maximum Likelihood และวิธีระบบผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้เทคนิคเชิงหลักเกณฑ์ (Rule-Base Classification) ซึ่งจะใช้เงื่อนไขจากข้อมูลสภาพภูมิประเทศและสิ่งปกคลุมดิน ที่ได้ทำการวิเคราะห์ไว้ในข้อ 5 กำหนดเป็นหลักเกณฑ์

ในระบบผู้เชี่ยวชาญ ด้วยโปรแกรมประยุกต์ด้านการประมวลผลภาพ จะทำการทดสอบหลักเกณฑ์
4 ลักษณะ ดังนี้

6.1 จำแนกชนิดหิน โดยใช้วิธีการจำแนกแบบควบคุม ด้วยวิธี Maximum Likelihood โดยใช้ช่วงคลื่นที่มีค่าการสะท้อนพลังงานที่ดีที่สุด

6.2 จำแนกชนิดหิน โดยใช้วิธีการจำแนกแบบควบคุม ด้วยวิธี Maximum Likelihood โดยใช้อัตราส่วนช่วงคลื่นที่มีค่าสถิติที่ดีที่สุด

6.3 จำแนกชนิดหิน โดยใช้วิธีการจำแนกแบบควบคุม ด้วยวิธี Maximum Likelihood โดยใช้ช่วงคลื่นที่มีค่าการสะท้อนพลังงานที่ดีที่สุดร่วมกับอัตราส่วนช่วงคลื่นที่มีค่าสถิติที่ดีที่สุด

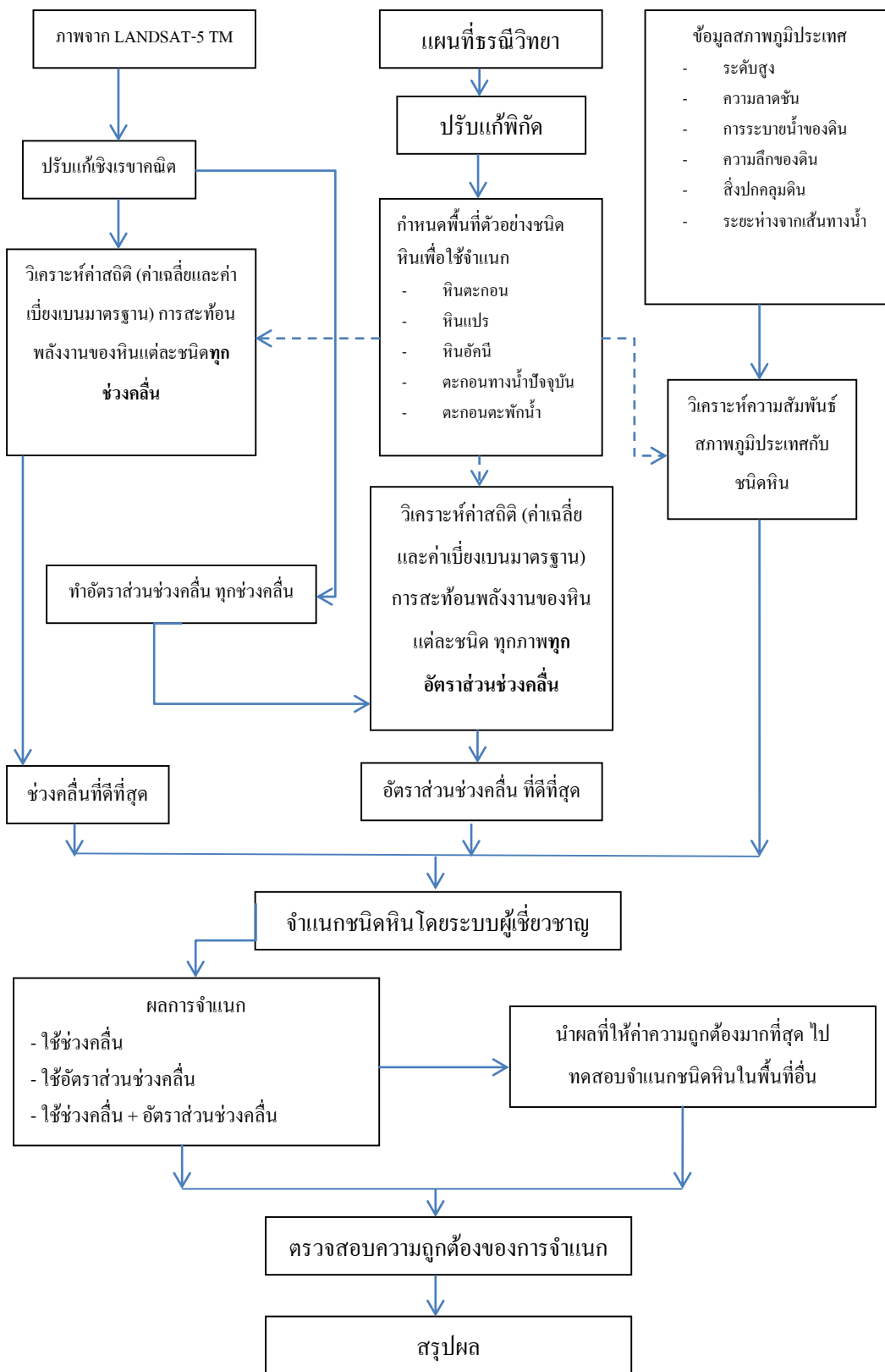
6.4 จำแนกชนิดหินด้วยวิธีระบบผู้เชี่ยวชาญ โดยกำหนดเงื่อนไขค่าการสะท้อนพลังงานจากช่วงคลื่นและอัตราส่วนช่วงคลื่นของข้อมูล LANDSAT-5 TM ที่มีค่าสถิติที่ดีที่สุด

7. ตรวจสอบผลการจำแนกชนิดหินในพื้นที่ศึกษา โดยวิธี Evaluation Classification Error Matrix ด้วยการสร้างตาราง Confusion Matrix เพื่อเปรียบเทียบผลการจำแนกกับข้อมูลธรณีวิทยา

8. นำวิธีการจำแนกที่ให้ค่าความถูกต้องมากที่สุด ไปทดสอบจำแนกพื้นที่อื่นที่มีลักษณะทางกายภาพของหินและสภาพภูมิประเทศใกล้เคียงกัน และตรวจสอบผลการจำแนกเช่นเดียวกัน

9. สรุปผลการศึกษา โดยประเมินผลความถูกต้องโดยรวมที่ได้จากตาราง Confusion Matrix ของแต่ละการจำแนกโดยคิดเป็นร้อยละ

10. การเก็บข้อมูลภาคสนาม เพื่อสำรวจสภาพพื้นที่จริงของพื้นที่ศึกษาสำรวจสิ่งปกคลุมดิน ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ และชนิดของหินในพื้นที่ศึกษา นำมาใช้ในการอภิปรายผล



ภาพที่ 3-10 ขั้นตอนและวิธีการทำวิจัย

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในการวิจัยนี้ศึกษาการจำแนกชนิดหิน โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM ในพื้นที่จังหวัดเลย ซึ่งมีผลการศึกษาที่สำคัญคือ

1. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสะท้อนพลังงานและค่าจากอัตราส่วนช่วงคลื่นของข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM กับชนิดหินในพื้นที่จังหวัดเลย

2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพภูมิประเทศ ได้แก่ ความสูง ความลาดชัน ความลึกของดิน การระบายของดิน สิ่งปกคลุมดิน และระยะห่างจากเส้นทางน้ำ กับชนิดของหินในพื้นที่จังหวัดเลย

3. ศึกษาจำแนกชนิดของหิน โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM บริเวณจังหวัดเลย โดยใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญและจำแนกแบบควบคุมด้วยวิธี Maximum Likelihood

การจำแนกด้วยวิธีระบบผู้เชี่ยวชาญจะกำหนดเงื่อนไขจากคุณสมบัติการสะท้อนพลังงานและสภาพภูมิประเทศ ซึ่งการวิจัยนี้จะนำเสนอเงื่อนไขต่างๆ ที่ได้จากวิเคราะห์ไปทดสอบจำแนกในบริเวณใกล้เคียงที่มีลักษณะสภาพภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมที่คล้ายคลึงกัน โดยผลการวิจัยมีดังต่อไปนี้

ผลการวิเคราะห์ค่าการสะท้อนพลังงาน

1. ค่าสถิติการสะท้อนพลังงานในแต่ละช่วงคลื่น

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของค่าการสะท้อนพลังงานที่ได้จากข้อมูลจากดาวเทียม โดยใช้พื้นที่ตัวอย่างจากข้อมูลธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษามาวิเคราะห์ ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4-1

Layer	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.
1	47.000	132.000	55.986	5.272
2	18.000	65.000	25.258	3.503
3	13.000	73.000	22.354	5.211
4	22.000	109.000	63.700	12.787
5	12.000	156.000	62.853	17.835
6	118.000	140.000	124.065	2.666
7	4.000	73.000	22.397	8.271

ก

Layer	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.
1	44.000	108.000	56.742	4.323
2	15.000	57.000	25.957	3.126
3	11.000	68.000	24.731	6.196
4	13.000	123.000	59.927	11.480
5	6.000	146.000	68.260	17.926
6	116.000	140.000	127.272	3.596
7	3.000	71.000	26.239	9.230

ข

Layer	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.
1	38.000	122.000	56.288	6.915
2	13.000	70.000	25.655	4.195
3	10.000	102.000	24.696	7.129
4	12.000	113.000	56.831	9.238
5	5.000	164.000	65.763	18.848
6	101.000	144.000	122.575	5.563
7	3.000	142.000	26.851	10.287

ค

Layer	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.
1	52.000	169.000	63.635	5.568
2	20.000	93.000	29.861	3.912
3	17.000	106.000	31.972	7.201
4	13.000	95.000	52.511	9.158
5	7.000	174.000	74.869	19.999
6	123.000	143.000	131.607	2.565
7	3.000	124.000	35.192	11.348

ง

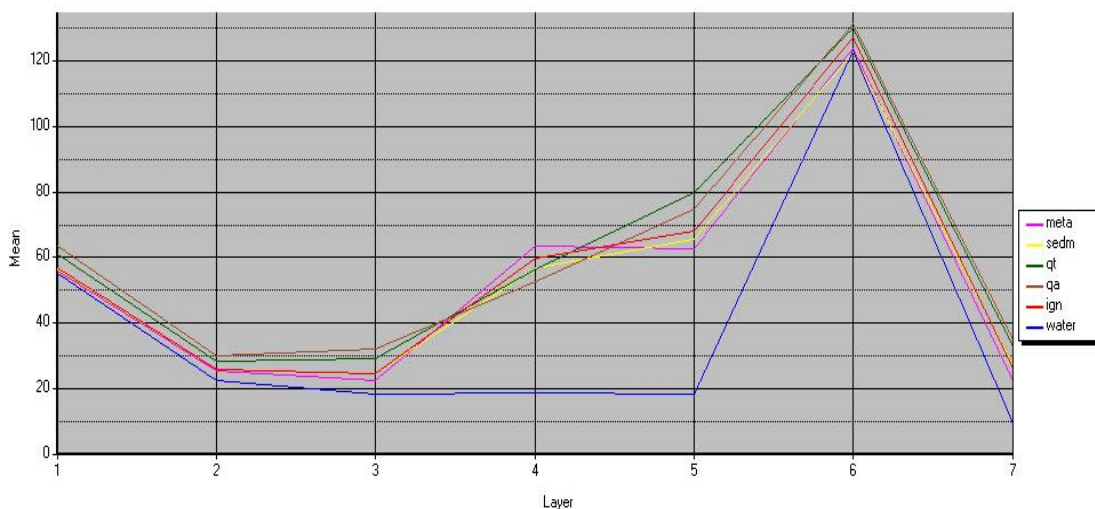
Layer	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.
1	52.000	73.000	60.984	3.303
2	21.000	40.000	28.187	2.575
3	17.000	49.000	28.985	4.974
4	22.000	85.000	56.597	5.801
5	19.000	131.000	79.688	15.604
6	123.000	137.000	130.301	2.139
7	9.000	67.000	33.014	8.364

จ

Layer	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.
1	48.000	67.000	55.256	4.868
2	18.000	30.000	22.447	3.394
3	13.000	30.000	18.314	4.507
4	10.000	75.000	18.789	10.718
5	4.000	90.000	18.133	15.162
6	110.000	130.000	122.852	5.455
7	2.000	37.000	9.597	7.107

ฉ

ภาพที่ 4-1 ค่าสถิติการสะท้อนพลังงานของหินแต่ละชนิด ได้แก่ หินแปร (ก), หินอัคนี (ข), หินตะกอน (ค), ตะกอนทางน้ำปัจจุบัน (ง), ตะกอนตะพักกลุ่มน้ำ (จ) และแหล่งน้ำ (ฉ)



ภาพที่ 4-2 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของค่าสะท้อนพลังงานในทุกช่วงคลื่น

จากกราฟในภาพที่ 4-2 และค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์ดังภาพที่ 4-1 สามารถอธิบายได้ดังนี้

- 1.1 แหล่งน้ำ (Water) จำแนกได้ดีด้วยช่วงคลื่นที่ 5
- 1.2 หินแปร (Meta) ค่าสะท้อนมีส่วนเบี่ยงเบนต่ำ ได้แก่ ช่วงคลื่นที่ 2 และ 6 ช่วงคลื่นที่มีการสะท้อนแตกต่างจากหินชนิดอื่นอย่างเด่นชัด ได้แก่ ช่วงคลื่นที่ 4 และ 5
- 1.3 หินอัคนี (Ign) ค่าสะท้อนมีส่วนเบี่ยงเบนต่ำ ได้แก่ ช่วงคลื่นที่ 2 และ 6 ช่วงคลื่นที่มีการสะท้อนแตกต่างจากหินชนิดอื่นอย่างเด่นชัด ได้แก่ ช่วงคลื่นที่ 4 และ 5
- 1.4 หินตะกอน (Sedm) ค่าสะท้อนมีส่วนเบี่ยงเบนต่ำ ได้แก่ ช่วงคลื่นที่ 2 และ 6 แต่ไม่มีช่วงคลื่นใดที่มีการสะท้อนแตกต่างจากหินชนิดอื่นอย่างเด่นชัด
- 1.5 ตะกอนทางน้ำปัจจุบัน (Qa) ค่าสะท้อนมีส่วนเบี่ยงเบนต่ำ ได้แก่ ช่วงคลื่นที่ 2 และ 6 ช่วงคลื่นที่มีการสะท้อนแตกต่างจากหินชนิดอื่นอย่างเด่นชัด ได้แก่ ช่วงคลื่นที่ 3 และ 5
- 1.6 ตะกอนตะกักรุ่นน้ำ (Qt) ค่าสะท้อนมีส่วนเบี่ยงเบนต่ำ ได้แก่ ช่วงคลื่นที่ 1, 2, และ 6 ช่วงคลื่นที่มีการสะท้อนแตกต่างจากหินชนิดอื่นอย่างเด่นชัด ได้แก่ ช่วงคลื่นที่ 5

ดังนั้น สรุปได้ว่า ช่วงคลื่นที่ 2, 4, 5 และ 6 เป็นช่วงคลื่นที่บ่งชี้หินแต่ละชนิดมีค่าสถิติการสะท้อนที่ดีที่สุด จึงเลือกช่วงคลื่นดังกล่าวมาใช้ในการจำแนกชนิดหินและตะกอนต่อไป ซึ่งหินและตะกอนแต่ละชนิดมีค่าการสะท้อน ดังตารางที่ 4-1

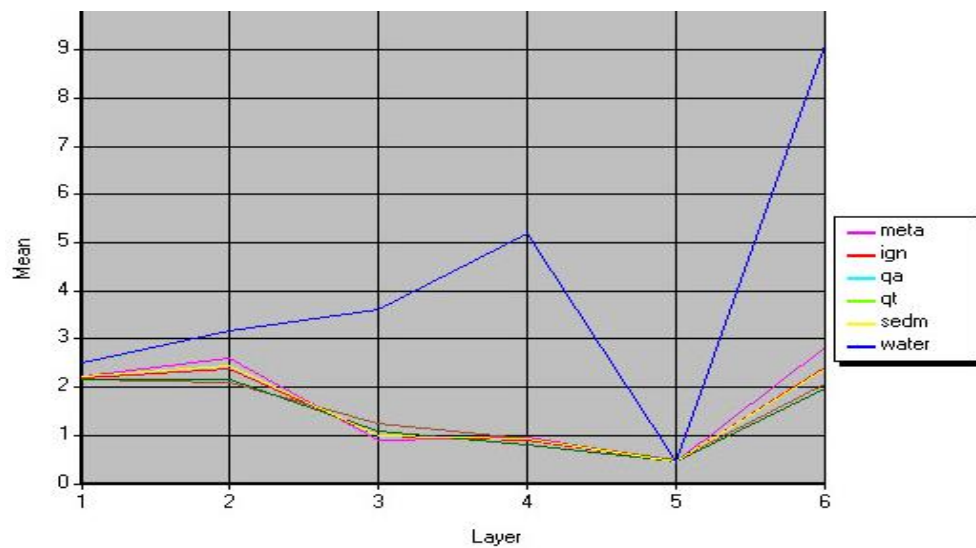
ตาราง 4-1 ค่าการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นที่ได้เลือกมาใช้ในการจำแนก

ชนิดหินและตะกอน	ช่วงคลื่นที่ 2	ช่วงคลื่นที่ 4	ช่วงคลื่นที่ 5	ช่วงคลื่นที่ 6
หินแปร (Meta)	18-65	22-109	12-156	118-140
หินอัคนี (Ign)	15-57	13-123	6-146	116-140
หินตะกอน (Sedm)	13-70	12-113	5-164	101-144
ตะกอนทางน้ำปัจจุบัน (Qa)	20-93	13-95	7-174	123-143
ตะกอนตะกั่วกลุ่มน้ำ (Qt)	21-40	22-85	19-131	123-137

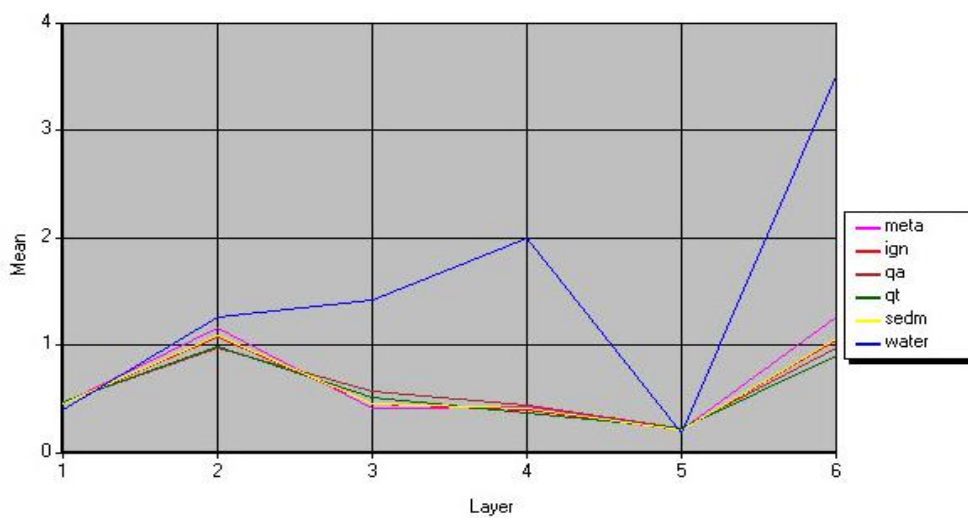
เนื่องจากในพื้นที่ศึกษา มีพีชพรรณ และสิ่งปกคลุมอื่นๆ ทำให้ค่าการสะท้อนพลังงานที่ได้มีค่าการสะท้อนของพีชพรรณและสิ่งปกคลุมอื่น ที่ไม่ใช่ค่าการสะท้อนจากหินและตะกอนเพียงอย่างเดียว การทำอัตราส่วนช่วงคลื่น (Band Ratio) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยให้การจำแนกชนิดของหินมีผลที่ดีมากขึ้น ซึ่งจะช่วยลดผลกระทบของพีชพรรณที่ปกคลุม เนื่องจากพื้นที่ศึกษาในครั้งนี้มีพีชพรรณปกคลุมจำนวนมาก ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์ภาพอัตราส่วนช่วงคลื่นทุกช่วงคลื่น เพื่อให้ได้ภาพอัตราส่วนช่วงคลื่นที่มีค่าสถิติที่ดีที่สุดมาใช้ในการจำแนกชนิดหินต่อไป

2. ค่าการสะท้อนพลังงานของหินในแต่ละอัตราส่วนช่วงคลื่น

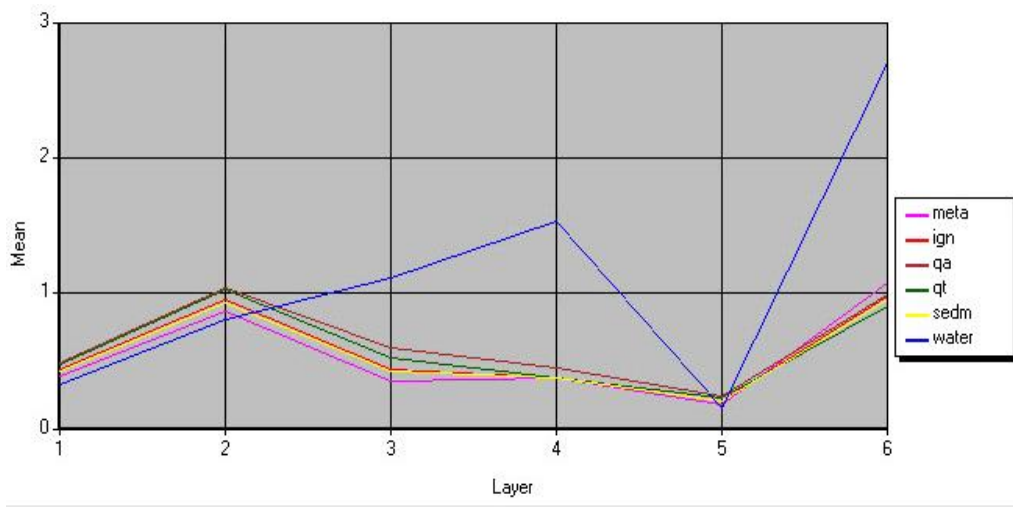
โดยการนำค่าความเข้มของช่วงคลื่นหนึ่งมาหารกับความเข้มอีกช่วงคลื่นหนึ่ง ทุกช่วงคลื่นจะได้ภาพทั้งหมด 42 ภาพ จากนั้นนำมาวิเคราะห์ค่าสถิติของหินแต่ละชนิด ซึ่งจะได้กราฟแสดงค่าเฉลี่ยการสะท้อนพลังงานของหินแต่ละชนิดจากอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ 1 หารช่วงคลื่นอื่นๆ ดังภาพที่ 4-3 ช่วงคลื่นที่ 2 หารช่วงคลื่นอื่นๆ ดังภาพที่ 4-4 ช่วงคลื่นที่ 3 หารช่วงคลื่นอื่นๆ ดังภาพที่ 4-5 ช่วงคลื่นที่ 4 หารช่วงคลื่นอื่นๆ ดังภาพที่ 4-6 ช่วงคลื่นที่ 5 หารช่วงคลื่นอื่นๆ ดังภาพที่ 4-7 ช่วงคลื่นที่ 6 หารช่วงคลื่นอื่นๆ ดังภาพที่ 4-8 และช่วงคลื่นที่ 7 หารช่วงคลื่นอื่นๆ ดังภาพที่ 4-9



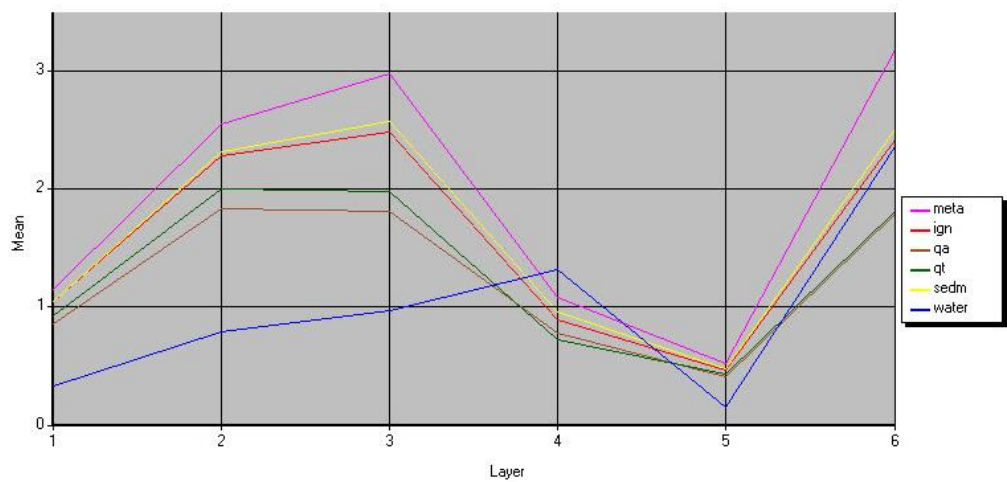
ภาพที่ 4-3 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยการสะท้อนพลังของหินแต่ละชนิดของอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ 1 กับช่วงคลื่นอื่นๆ



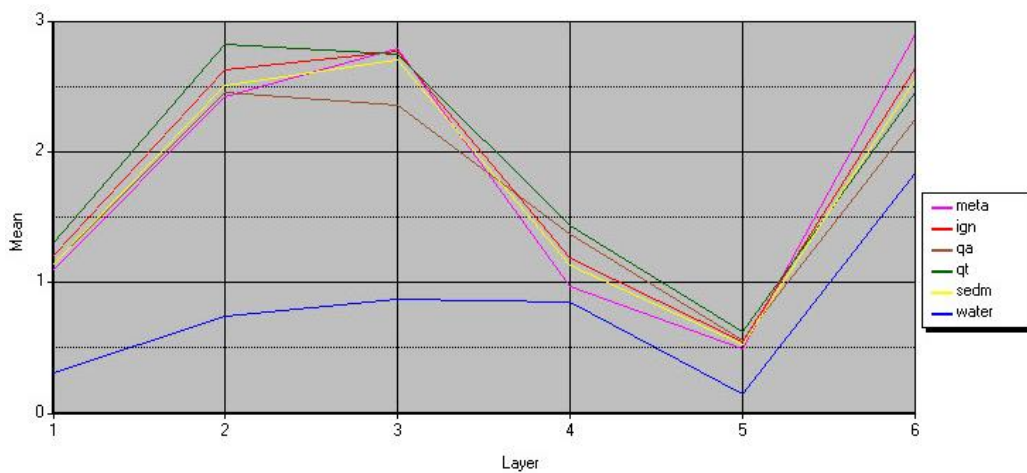
ภาพที่ 4-4 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยการสะท้อนพลังของหินแต่ละชนิดของอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ 2 กับช่วงคลื่นอื่นๆ



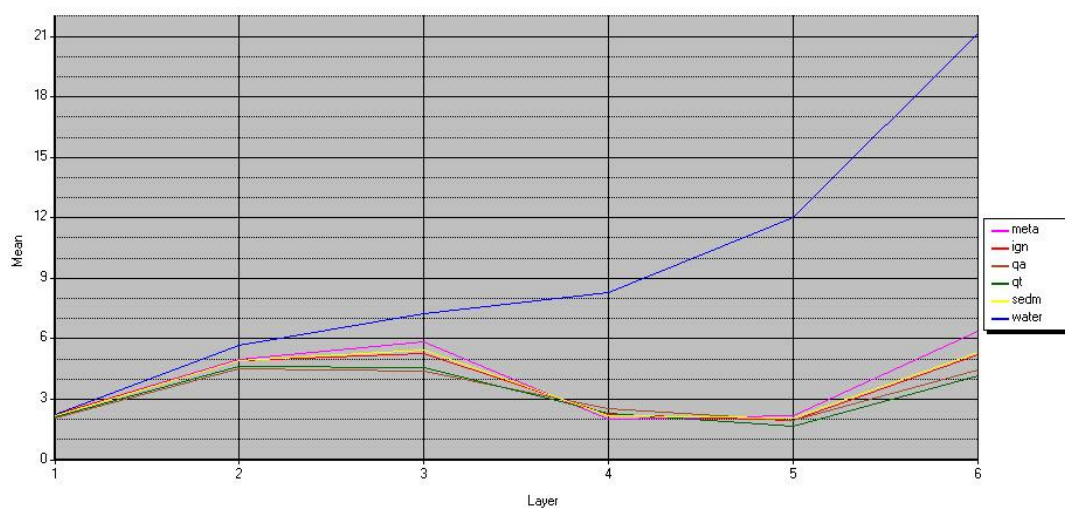
ภาพที่ 4-5 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยการสะท้อนพลังของหินแต่ละชนิดของอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ 3 กับ ช่วงคลื่นอื่นๆ



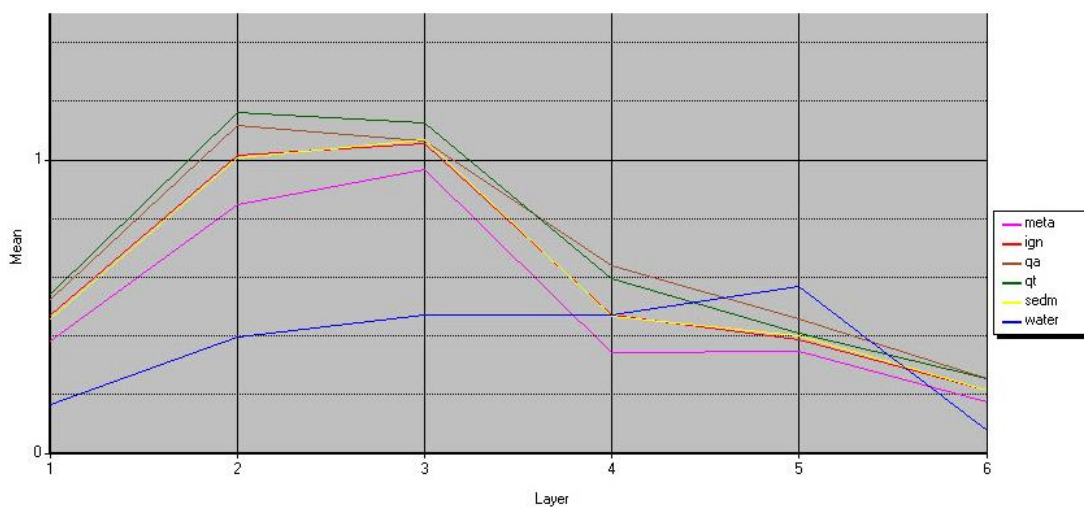
ภาพที่ 4-6 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยการสะท้อนพลังของหินแต่ละชนิดของอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ 4 กับ ช่วงคลื่นอื่นๆ



ภาพที่ 4-7 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยการสะท้อนพลังของหินแต่ละชนิดของอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ 5 กับช่วงคลื่นอื่นๆ



ภาพที่ 4-8 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยการสะท้อนพลังของหินแต่ละชนิดของอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ 6 กับช่วงคลื่นอื่นๆ



ภาพที่ 4-9 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยการสะท้อนพลังของหินแต่ละชนิดของอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ 7 กับ ช่วงคลื่นอื่นๆ

จากกราฟค่าเฉลี่ยการสะท้อนพลังงานของหินแต่ละชนิดจากอัตราส่วนช่วงคลื่นทั้ง 7 ช่วงคลื่น ดังภาพที่ 4-3, 4-4, 4-5, 4-6, 4-7, 4-8 และ 4-9 อธิบายได้ดังนี้

2.1 หินแปร (Meta) มีอัตราส่วนช่วงคลื่นที่มีส่วนเบี่ยงเบนต่ำได้แก่ 1/6, 2/1, 2/6, 3/6 และ 7/5 มีอัตราส่วนช่วงคลื่นเฉลี่ยที่แตกต่างจากหินชนิดอื่นอย่างเด่นชัด ได้แก่ 1/7, 2/7, 3/4, 4/3, 4/7, 5/4, 6/7, 7/1, 7/2, 7/3 และ 7/4

2.2 หินอัคนี (Ign) มีอัตราส่วนช่วงคลื่นที่มีส่วนเบี่ยงเบนต่ำได้แก่ 1/6, 2/1, 2/6 และ 3/6 มีอัตราส่วนช่วงคลื่นเฉลี่ยที่แตกต่างจากหินชนิดอื่นอย่างเด่นชัด ได้แก่ 5/2

2.3 หินตะกอน (Sedm) มีอัตราส่วนช่วงคลื่นที่มีส่วนเบี่ยงเบนต่ำได้แก่ 2/1 และ 2/6 มีอัตราส่วนช่วงคลื่นเฉลี่ยที่แตกต่างจากหินชนิดอื่นอย่างเด่นชัด ได้แก่ 4/3

2.4 ตะกอนทางน้ำปัจจุบัน (Qa) มีอัตราส่วนช่วงคลื่นที่มีส่วนเบี่ยงเบนต่ำได้แก่ 1/6, 2/1 และ 2/6 มีอัตราส่วนช่วงคลื่นเฉลี่ยที่แตกต่างจากหินชนิดอื่นอย่างเด่นชัด ได้แก่ 4/2, 4/3, 5/3, 5/7, 7/2 และ 7/4

2.5 ตะกอนตะพักกลุ่มน้ำ (Qt) มีอัตราส่วนช่วงคลื่นที่มีส่วนเบี่ยงเบนต่ำได้แก่ 1/6, 2/1, 2/6, 3/6 และ 7/5 มีอัตราส่วนช่วงคลื่นเฉลี่ยที่แตกต่างจากหินชนิดอื่นอย่างเด่นชัด ได้แก่ 4/2, 4/3, 5/2, 7/2, 7/3 และ 7/4

ดังนั้น สรุปได้ว่า อัตราส่วนช่วงคลื่น 1/6, 2/1, 2/6, 3/6, 4/3, 7/2 และ 7/4 เป็นอัตราส่วนช่วงคลื่นที่หินแต่ละชนิดมีค่าสถิติที่ดีที่สุด จึงเลือกอัตราส่วนช่วงคลื่นดังกล่าวมาใช้ใน

การจำแนกชนิดหินและตะกอนต่อไป ซึ่งหินและตะกอนแต่ละชนิดมีค่าที่ได้จากอัตราส่วนช่วงคลื่นดังกล่าว ดังตารางที่ 4-2

ตาราง 4-2 ค่าที่ได้จากอัตราส่วนช่วงคลื่นของหินและตะกอนในแต่ละอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ได้เลือกมาใช้ในการจำแนก

ชนิดหิน	อัตราส่วนช่วงคลื่น						
	1/6	2/1	2/6	3/6	4/3	7/2	7/4
Meta	0.385-1.100	0.327-0.561	0.142-0.542	0.107-0.608	1.194-5.350	0.211-1.971	0.143-1.190
Ign	0.373-0.705	0.313-0.653	0.128-0.427	0.094-0.585	0.541-6.100	0.143-2.067	0.176-1.220
Sedm	0.331-0.947	0.310-0.702	0.111-0.535	0.086-0.779	0.389-7.067	0.150-3.100	0.135-1.722
Qa	0.403-1.363	0.373-0.656	0.162-0.750	0.135-0.855	0.512-4.900	0.148-2.842	0.184-1.908
Qt	0.409-0.629	0.379-0.582	0.169-0.323	0.135-0.388	0.692-3.947	0.290-1.181	0.176-1.277

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ

วิเคราะห์ข้อมูลสภาพภูมิประเทศเพื่อหาเงื่อนไขในการจำแนก โดยใช้ข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา มาซ้อนทับกับข้อมูล ระดับสูง ความลาดชัน การระบายน้ำของดิน ความลึกของดิน สิ่งปกคลุมดิน และระยะห่างจากเส้นทางน้ำ แล้วคำนวณหาร้อยละของพื้นที่หินชนิดต่างๆ ในแต่ละข้อมูล เพื่อหาความสัมพันธ์ของชนิดหินกับข้อมูลสภาพภูมิประเทศและสิ่งปกคลุมดิน

1. ความสัมพันธ์ของชนิดหินกับความลึกของดิน

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลความลึกของดินกับชนิดของหินในพื้นที่ศึกษาพบว่า หินแปรพบมากร้อยละ 91.33 ในพื้นที่ลาดเชิงชัน หินอัคนีพบมากในพื้นที่ลาดเชิงชันและดินที่ลึกมาก ร้อยละ 36.87 และ 31.92 ตามลำดับ หินตะกอนพบมากในพื้นที่ลาดเชิงชันและดินตื้น ร้อยละ 34.20 และ 27.73 ตามลำดับ ตะกอนทางน้ำปัจจุบันพบมากในดินที่มีความลึกระดับลึกถึงลึกมาก ร้อยละ 40.56 และ 43.23 ตามลำดับ และตะกอนตะพักลุ่มน้ำพบมากในดินที่มีความลึกระดับลึกมากและระดับตื้น ร้อยละ 39.22 และ 26.62 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4-3

ตาราง 4-3 แสดงร้อยละของพื้นที่หินและตะกอนแต่ละชนิดในความลึกของดินระดับต่างๆ

ความลึกของดิน	หินแปร	หินอัคนี	หินตะกอน	ตะกอนทางน้ำ	ตะกอนตะพัก
ผิวดิน	8.59	27.53	27.73	13.30	26.62
ลึกปานกลาง	0.00	0.25	2.03	1.47	16.64
ลึก	0.00	3.43	13.45	40.56	16.29
ลึกมาก	0.08	31.92	22.25	43.23	39.22
พื้นที่ลาดเชิงชัน	91.33	36.87	34.20	1.29	0.53
ไม่มีข้อมูล	0.00	0.00	0.34	0.15	0.70
รวม	100	100	100	100	100

2. ความสัมพันธ์ของชนิดหินกับการระบายน้ำของดิน

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลการระบายน้ำของดินกับชนิดของหินในพื้นที่ศึกษา พบว่า หินแปรพบมากร้อยละ 91.33 ในพื้นที่ลาดเชิงชัน หินอัคนีพบมากในพื้นที่ที่มีการระบายน้ำดีและพื้นที่ลาดเชิงชัน ร้อยละ 59.34 และ 36.87 ตามลำดับ หินตะกอนพบมากในพื้นที่ที่มีการระบายน้ำดีและพื้นที่ลาดเชิงชัน ร้อยละ 53.79 และ 34.02 ตามลำดับ ตะกอนทางน้ำปัจจุบันพบมากในพื้นที่ที่มีการระบายน้ำดีและระบายน้ำค่อนข้างเร็ว ร้อยละ 40.11 และ 32.91 ตามลำดับ และตะกอนตะพักลุ่มน้ำพบมากในพื้นที่ที่มีการระบายน้ำดี ร้อยละ 79.51 ดังตารางที่ 4-4

ตาราง 4-4 แสดงร้อยละของพื้นที่หินและตะกอนแต่ละชนิดในความสามารถการระบายน้ำของดินระดับต่างๆ

การระบายน้ำ	หินแปร	หินอัคนี	หินตะกอน	ตะกอนทางน้ำ	ตะกอนตะพัก
เร็ว	0.00	0.30	0.87	8.63	5.08
ค่อนข้างเร็ว	0.00	2.98	3.73	32.91	12.61
ปานกลาง	0.00	0.51	7.38	16.91	1.57
ดี	8.67	59.34	53.79	40.11	79.51
ค่อนข้างมาก	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00
พื้นที่ลาดเชิงชัน	91.33	36.87	34.02	1.29	0.53
ไม่มีข้อมูล	0.00	0.00	0.14	0.15	0.70
รวม	100	100	100	100	100

3. ความสัมพันธ์ของชนิดหินกับระดับความสูง

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลระดับความสูงกับชนิดของหินในพื้นที่ศึกษาพบว่า หินแปรพบมากที่สุดที่ความสูง 351-400 เมตร ร้อยละ 44.22 หินอัคนีพบมากที่สุดที่ความสูง 301-350 เมตร ร้อยละ 33.48 หินตะกอนจะพบทุกระดับความสูง พบมากที่สุดที่ความสูงระดับ 301-350 ร้อยละ 24.71 ตะกอนทางน้ำปัจจุบันพบมากที่สุดที่ระดับความสูง 251-300 เมตร ร้อยละ 62.41 และตะกอนตะกั่มน้ำพบมากที่สุดที่ระดับความสูง 251-300 เมตร ร้อยละ 91.24 ดังตารางที่ 4-5

ตาราง 4-5 แสดงร้อยละของพื้นที่หินและตะกอนแต่ละชนิดในความสูงระดับต่างๆ

ความสูง (เมตร)	หินแปร	หินอัคนี	หินตะกอน	ตะกอนทางน้ำ	ตะกอนตะกั่ม
≤ 200	0.00	0.00	0.02	0.33	0.00
201-250	0.08	0.72	3.93	18.52	4.38
251-300	4.06	26.46	20.45	62.41	91.24
301-350	24.14	33.48	24.71	18.47	4.38
351-400	44.22	13.08	13.42	0.21	0.00
401-450	24.14	6.32	6.76	0.06	0.00
451-500	2.97	3.33	5.07	0.00	0.00
501-550	0.39	4.19	2.96	0.00	0.00
551-600	0.00	4.14	2.93	0.00	0.00
601-650	0.00	3.08	2.43	0.00	0.00
651-700	0.00	2.12	2.55	0.00	0.00
701-750	0.00	1.52	2.40	0.00	0.00
751-800	0.00	1.36	1.86	0.00	0.00
801-850	0.00	0.20	1.29	0.00	0.00
851-900	0.00	0.00	0.77	0.00	0.00
901-950	0.00	0.00	0.65	0.00	0.00
951-1,000	0.00	0.00	0.56	0.00	0.00
> 1,000	0.00	0.00	7.24	0.00	0.00
รวม	100	100	100	100	100

4. ความสัมพันธ์ของชนิดหินกับระดับความลาดชัน

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลระดับความลาดชันต่างๆกับชนิดของหินในพื้นที่ศึกษา พบว่า หินแปรพบมากในพื้นที่ที่มีความลาดชัน 4-6 องศา และน้อยกว่า 4 องศา ร้อยละ 36.02 และ 32.18 ตามลำดับ หินอัคนีพบมากในพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยกว่า 4 องศา ร้อยละ 47.23 หินตะกอนมากในพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยกว่า 4 องศา ร้อยละ 53.22 ตะกอนทางน้ำ-ปัจจุบันพบมากในพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยกว่า 4 องศา ร้อยละ 92.60 และตะกอนตะพักลุ่มน้ำพบมากในพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยกว่า 4 องศา ร้อยละ 96.50 ดังตารางที่ 4-6

ตาราง 4-6 แสดงร้อยละของพื้นที่หินและตะกอนแต่ละชนิดในความชันระดับต่างๆ

ความชัน (องศา)	หินแปร	หินอัคนี	หินตะกอน	ตะกอนทางน้ำ	ตะกอนตะพัก
≤ 3	32.18	47.23	53.22	92.60	96.50
4 - 6	36.02	18.18	16.58	5.64	3.50
7 - 9	18.52	11.36	9.48	1.02	0.00
10 - 12	7.73	7.37	6.87	0.47	0.00
13 - 15	4.22	6.31	4.95	0.18	0.00
> 15	1.33	9.55	8.90	0.09	0.00
รวม	100	100	100	100	100

5. ความสัมพันธ์ของชนิดหินกับสิ่งปกคลุมดิน

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลสิ่งปกคลุมดินกับชนิดของหินในพื้นที่ศึกษา พบว่า หินแปรพบมากในพื้นที่ที่เป็นป่าผลัดใบ ป่าเบญจพรรณและสวนป่า ร้อยละ 98.75 หินอัคนีพบมากในพื้นที่ที่เป็นป่าและพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ ร้อยละ 51.26 และ 35.61 ตามลำดับ หินตะกอนพบมากในพื้นที่ที่เป็นป่าและพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ ร้อยละ 56.47 และ 30.42 ตามลำดับ ตะกอนทางน้ำปัจจุบันพบมากในพื้นที่นาและเพาะปลูกพืชไร่ ร้อยละ 44.39 และ 32.62 ตามลำดับ และตะกอนตะพักลุ่มน้ำพบมากในพื้นที่ที่เพาะปลูกพืชไร่และพื้นที่อื่นๆ ร้อยละ 49.56 และ 26.64 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4-7

ตาราง 4-7 แสดงร้อยละของพื้นที่หินและตะกอนแต่ละชนิดในสิ่งปกคลุมดินชนิดต่างๆ

สิ่งปกคลุมดิน	หินแปร	หินอัคนี	หิน ตะกอน	ตะกอน ทางน้ำ	ตะกอน ตะพัก
พื้นที่นา	0.00	4.14	5.78	44.39	15.76
พื้นที่เพาะปลูกพืชไร่	1.25	35.61	30.42	32.62	49.56
พื้นที่เพาะปลูกพืชยืนต้น	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00
พื้นที่ปลูกพืชไม้ผล	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
ป่าผลัดใบ ป่าเบญจพรรณ สวนป่า	98.75	51.26	56.47	7.49	4.38
หมู่บ้าน ตัวเมือง ย่านการค้า	0.00	0.76	0.75	5.49	3.15
ทุ่งหญ้า	0.00	0.00	1.12	0.00	0.00
สถานที่ราชการ สถาบันต่างๆ	0.00	0.00	0.04	0.00	0.36
แหล่งน้ำ	0.00	0.00	0.04	1.14	0.35
พื้นที่อื่นๆ เช่น พื้นที่ลุ่ม พื้นที่ถูกทิ้งร้าง	0.00	8.23	5.37	8.78	26.44
รวม	100	100	100	100	100

6. ความสัมพันธ์ของชนิดหินกับระยะห่างจากเส้นทางน้ำ

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลระยะห่างจากเส้นทางน้ำกับชนิดของหินในพื้นที่ศึกษา พบว่า หินแปรพบมากในระยะที่ห่างจากเส้นทางน้ำน้อยกว่า 500 เมตร และ 501-1,000 เมตร ร้อยละ 41.80 และ 34.92 ตามลำดับ หินอัคนีพบมากที่สุดในระยะที่ห่างจากเส้นทางน้ำมากกว่า 1,500 เมตร ร้อยละ 37.92 หินตะกอนพบมากที่สุดในระยะที่ห่างจากเส้นทางน้ำมากกว่า 1,500 เมตร ร้อยละ 36.18 ตะกอนทางน้ำปัจจุบันพบมากในระยะที่ห่างจากเส้นทางน้ำน้อยกว่า 500 เมตร ร้อยละ 63.55 และตะกอนตะพักลุ่มน้ำพบมากที่สุดในระยะที่ห่างจากเส้นทางน้ำ 501-1,000 เมตร ร้อยละ 33.10 ดังตารางที่ 4-8

ตาราง 4-8 แสดงร้อยละของพื้นที่หินและตะกอนแต่ละชนิดในระยะห่างจากเส้นทางน้ำ

ระยะห่าง (เมตร)	หินแปร	หินอัคนี	หินตะกอน	ตะกอนทางน้ำ	ตะกอนตะพัก
≤ 500	41.80	17.83	22.57	63.55	21.72
501-1,000	34.92	23.74	22.69	21.16	33.10
1,001-1,500	18.83	20.51	18.56	10.67	23.82
> 1,500	4.45	37.92	36.18	4.62	21.36
รวม	100	100	100	100	100

กำหนดเงื่อนไขในการจำแนก

จากผลการศึกษาความสัมพันธ์ของข้อมูลสภาพภูมิประเทศและสิ่งปกคลุมดินสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. หินแปร ในพื้นที่ศึกษาจะเป็นหินที่แปรมาจากหินตะกอน ประกอบด้วยหินฟิลไลต์ หินควอร์ตไซต์ หินชีสต์ และหินชนวน จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ที่พบมากจะอยู่ในระดับความสูงประมาณ 300 – 450 เมตร และไม่เกิน 550 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง พบมากในพื้นที่ที่มีความลาดชัน 0-6 องศา ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ลาดเชิงชัน ปกคลุมด้วยป่าไม้เป็นส่วนใหญ่ถึงร้อยละ 98.75 และส่วนใหญ่พบอยู่ห่างจากเส้นทางน้ำ 500 – 1,000 เมตร
2. หินอัคนี ในพื้นที่ศึกษาจะพบมากที่ระดับความสูงประมาณ 250 – 350 เมตร และ ความสูงในระดับอื่นๆ แต่ไม่เกิน 850 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง พื้นที่ที่มีการระบายน้ำของดินในระดับดี พบมากในพื้นที่ที่มีความลาดชันไม่เกิน 3 องศา ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ลาดเชิงชัน เช่นเดียวกับหินแปร ส่วนใหญ่ปกคลุมด้วยป่าไม้ และพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่รองลงมา หินอัคนีจะพบค่อนข้างมากในพื้นที่ที่มีระยะห่างจากเส้นทางน้ำมากกว่า 1,500 เมตร
3. หินตะกอน ในพื้นที่ศึกษาพบได้ในทุกระดับความสูงแต่จะพบมากที่ระดับความสูงประมาณ 250 -350 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง จนถึงส่วนยอดภูเขาสูงในเขตนี้ เช่น ภูกระดึง ภูหลวง เป็นต้น พบมากที่มีความลาดชันไม่เกิน 3 องศา รวมถึงยอดภูเขาสูงที่มีลักษณะแบนราบที่เรียกว่า ภูเขารูปโต๊ะ (Table Land) พื้นที่หินตะกอนส่วนใหญ่จะปกคลุมด้วยป่าไม้และมีการเพาะปลูกพืชไร่ มีการระบายของดินในระดับดี หินตะกอนจะพบค่อนข้างมากในพื้นที่ที่มีระยะห่างจากเส้นทางน้ำมากกว่า 1,500 เมตร
4. ตะกอนทางน้ำปัจจุบัน พบมากในระดับความสูง 251 -300 เมตร และจะพบได้ที่ความสูงไม่เกิน 450 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง ดินที่พบมีความลึกที่ระดับลึกถึงลึกมาก ดินระบาย

น้ำดี พบมากที่ความลาดชันไม่เกิน 3 องศา ถึงร้อยละ 92.60 ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นา และปลูกพืชไร่ รองลงมา ตะกอนทางน้ำปัจจุบันจะพบมากในพื้นที่ที่อยู่ใกล้เส้นทางน้ำประมาณ 500 เมตร

5. ตะกอนตะกอนน้ำ ในพื้นที่ศึกษาจะพบได้ที่ระดับความสูงช่วงสั้นๆ คือ ตั้งแต่ 200 - 350 เมตร และพบมากที่ความสูง 251 -300 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง พบดินที่มีความลึกในระดับตื้นและลึกมาก การระบายของดินอยู่ในระดับดี ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ราบที่มีความลาดชันไม่เกิน 3 องศา พบมากถึงร้อยละ 96.50 ปกคลุมด้วยพืชไร่เป็นส่วนใหญ่ และพบมากมากในพื้นที่ที่มีระยะห่างจากเส้นทางน้ำประมาณ 501 – 1,000 เมตร

จากผลการวิเคราะห์สามารถสรุปเป็นดัชนีบ่งชี้ชนิดดินในพื้นที่ศึกษาดังตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 ดัชนีบ่งชี้ชนิดดินในพื้นที่ศึกษา

ดัชนีบ่งชี้ ชนิดดิน	ชนิดดิน				
	หินแปร	หินอัคนี	หินตะกอน	ตะกอนทาง น้ำ	ตะกอนตะพัก
ความลึกของดิน	Slope complex	-	-	ลึก-ลึกมาก	ลึกมาก
การระบายน้ำของดิน	Slope complex	ดี	ค่อนข้าง เร็ว-ดี, Slope complex	ดี	ดี
ระดับความสูง (เมตร)	300-450	300-350	>250	0-350	250-300
ความลาดชัน (องศา)	0-6	0-3	0-3	0-3	0-3
สิ่งปกคลุมดิน	ป่าไม้	พืชไร่, ป่าไม้	พื้นที่นา, พืชไร่	พื้นที่นา	พื้นที่นา, พืช ไร่, อื่นๆ
ระยะห่างจากทางน้ำ (เมตร)	0 - 1,000	-	-	0-500	-

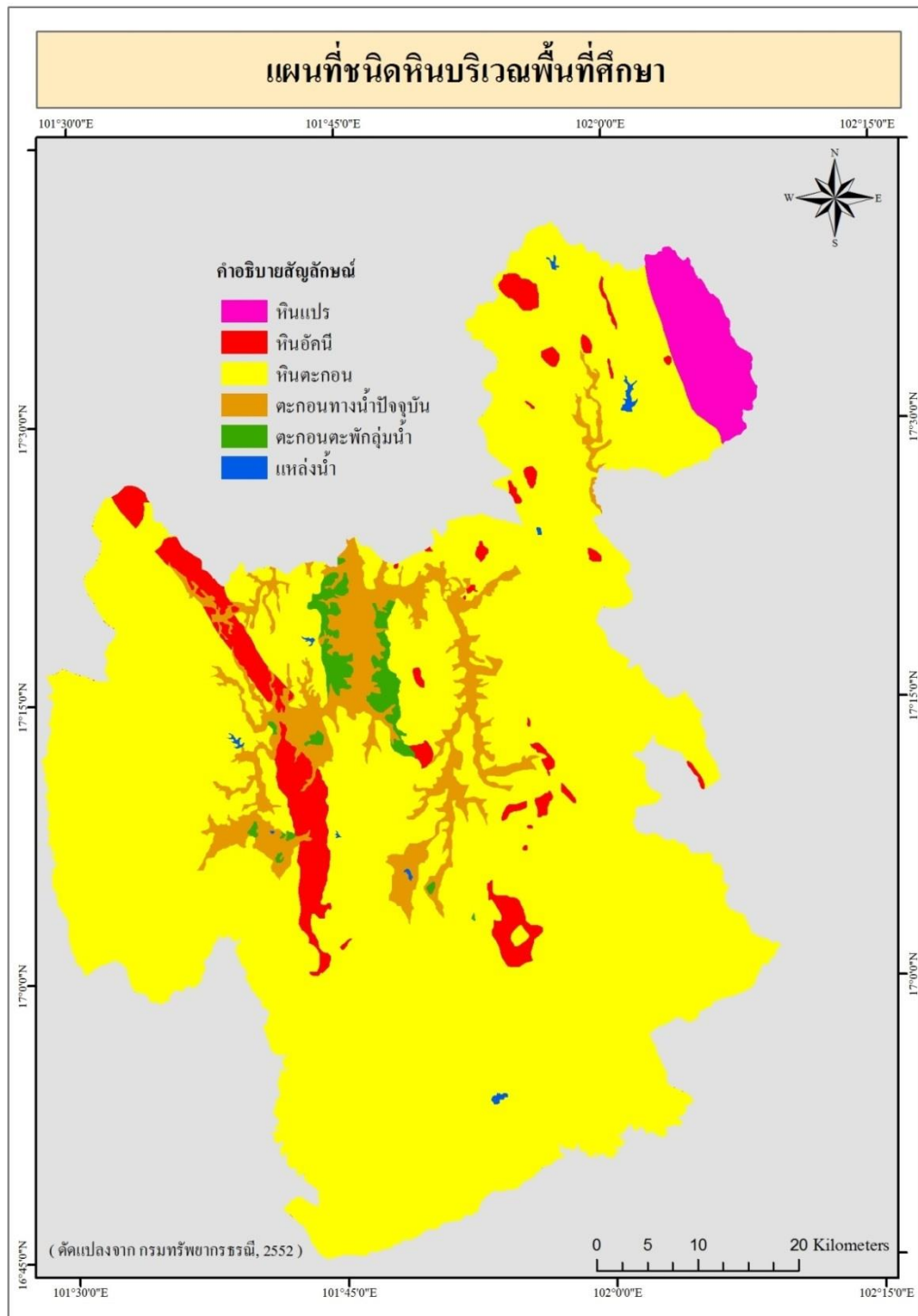
ผลการจำแนกชนิดดิน

การวิจัยนี้ได้ศึกษาข้อมูลทางธรณีวิทยา เอกสารที่เกี่ยวข้อง และสำรวจข้อมูลภาคสนาม สามารถจำแนกชนิดดินในพื้นที่ศึกษา 7 อำเภอของจังหวัดเลย พื้นที่ทั้งหมด 604.16 ตารางกิโลเมตร

หรือ 377,597.81 ไร่ พบหิน 5 ชนิด แบ่งได้เป็น หินแปรพบทางด้านตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษา ในเขตอำเภอนาดัว โดยมีพื้นที่ทั้งหมด 62.66 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 39,161.25 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 10.37 ของพื้นที่ทั้งหมด หินอัคนีพบทางด้านทิศตะวันตก วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ในเขตอำเภอวังสะพุงและอำเภอภูหลวง มีพื้นที่ทั้งหมด 30.53 ตารางกิโลเมตร หรือ 19,078.31 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 5.05 ของพื้นที่ทั้งหมด หินตะกอนพบได้ทั่วไปในพื้นที่ศึกษาทุกอำเภอ มีพื้นที่ทั้งหมด 475.62 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 297,261 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 78.72 ของพื้นที่ทั้งหมด ตะกอนทางน้ำปัจจุบันพบมากในตอนกลางของพื้นที่ศึกษา มีพื้นที่ทั้งหมด 26.41 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 16,504.31 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 4.37 ของพื้นที่ทั้งหมด ตะกอนตะพักกลุ่มน้ำพบบริเวณตอนกลางของพื้นที่ในเขตอำเภอวังสะพุง มีพื้นที่ทั้งหมด 7.87 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 4,918.50 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.30 ของพื้นที่ทั้งหมด และแหล่งน้ำที่พบในพื้นที่ศึกษา มีพื้นที่ 1.08 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 674.44 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.18 ของพื้นที่ทั้งหมด ดังตารางที่ 4-10 และดังภาพที่ 4-10

ตารางที่ 4-10 ข้อมูลชนิดหิน จากแผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดเลย

ชนิดหิน	จำนวนจุดภาพ (Pixel)	พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
Meta	69,620	62.66	39,161.25	10.37
Ign	33,917	30.53	19,078.31	5.05
Sedm	528,464	475.62	297,261.00	78.72
Qa	29,341	26.41	16,504.31	4.37
Qt	8,744	7.87	4,918.50	1.30
Water	1,199	1.08	674.44	0.18
รวม	671,285	604.16	377,597.81	100.00

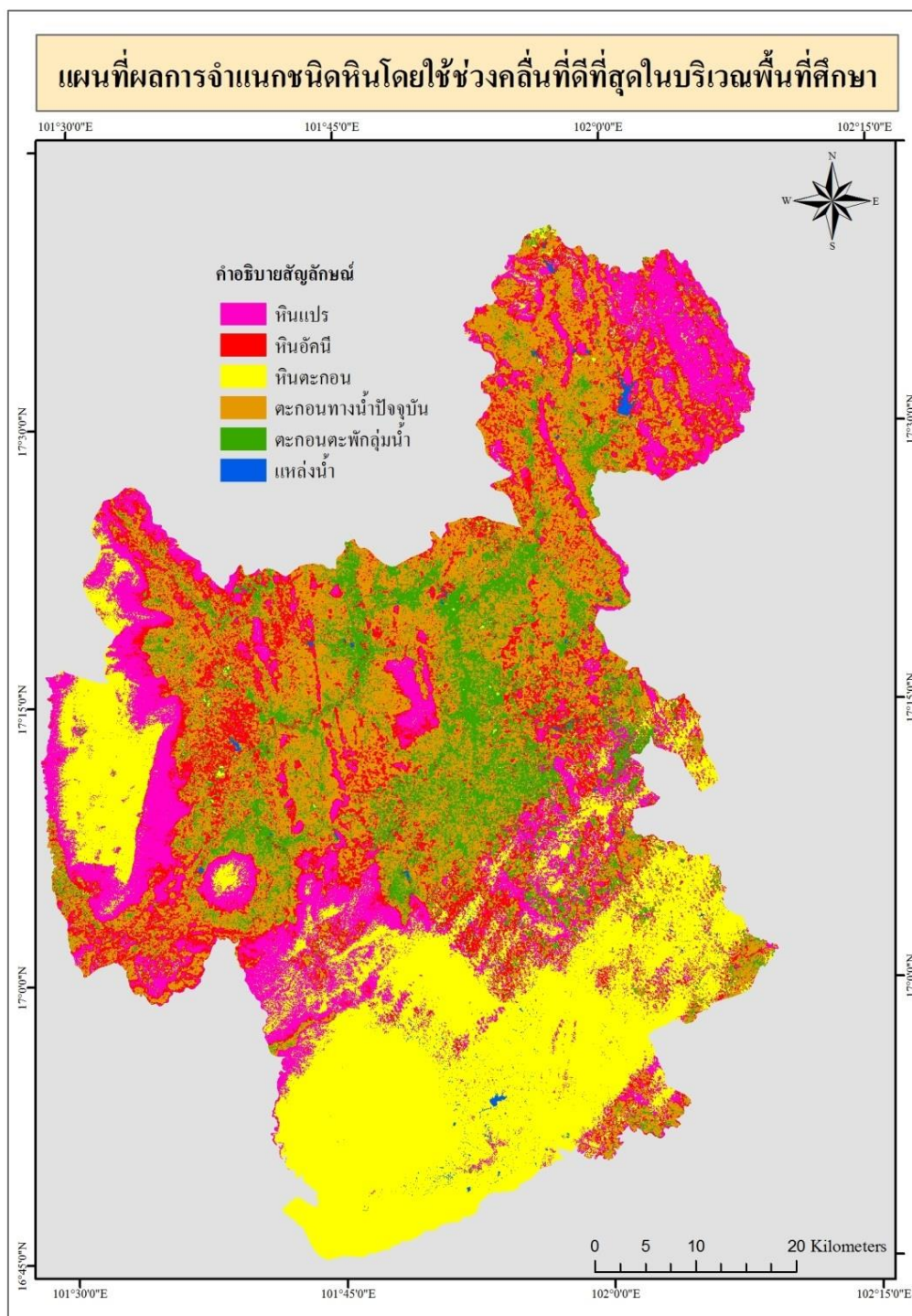


ภาพที่ 4-10 ข้อมูลชนิดหิน นำเข้าจากแผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดเลย (กรมทรัพยากรธรณี, 2552)

1. ผลการจำแนกชนิดหินแบบควบคุม ด้วยวิธี Maximum Likelihood ใช้ช่วงคลื่นที่ดีที่สุด คือ ช่วงคลื่นที่ 2, 4, 5 และ 6 พบว่า หินแปรมีพื้นที่ทั้งหมด 101.86 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 63,663.19 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 16.86 ของพื้นที่ทั้งหมด หินอัคนีมีพื้นที่ทั้งหมด 49.66 ตารางกิโลเมตร หรือ 31,037.63 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 8.22 ของพื้นที่ทั้งหมด หินตะกอนมีพื้นที่ทั้งหมด 342.80 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 214,248.38 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 56.74 ของพื้นที่ทั้งหมด ตะกอนทางน้ำปัจจุบันมีพื้นที่ทั้งหมด 34.89 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 21,806.44 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 5.78 ของพื้นที่ทั้งหมด ตะกอนตะพังกุ่มน้ำมีพื้นที่ทั้งหมด 71.79 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 44,871.75 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 11.88 ของพื้นที่ทั้งหมด และแหล่งน้ำมีพื้นที่ 3.15 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 1,970.44 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.52 ของพื้นที่ทั้งหมด ดังตารางที่ 4-11 และผังภาพที่ 4-11

ตารางที่ 4-11 ผลการจำแนกชนิดหินแบบควบคุมด้วยวิธี Maximum Likelihood ใช้ช่วงคลื่นที่ดีที่สุด

ชนิดหิน	จำนวนจุดภาพ (Pixel)	พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
Meta	113,179	101.86	63,663.19	16.86
Ign	55,178	49.66	31,037.63	8.22
Sedm	380,886	342.80	214,248.38	56.74
Qa	38,767	34.89	21,806.44	5.78
Qt	79,772	71.79	44,871.75	11.88
Water	3,503	3.15	1,970.44	0.52
รวม	671,285.00	604.16	377,597.81	100.00



ภาพที่ 4-11 ผลการจำแนกชนิดดินแบบควมคุม ด้วยวิธี Maximum Likelihood ใช้ช่วงคลื่นที่ดีที่สุด

นำผลการจำแนกชนิดหินแบบควบคุมด้วยวิธี Maximum Likelihood ใช้ช่วงคลื่นที่ดีที่สุด ที่สุด ประเมินความถูกต้องของการจัดกลุ่ม โดยใช้ข้อมูลธรณีวิทยาเป็นข้อมูลอ้างอิง และสร้าง ตาราง Confusion Matrix ดังตารางที่ 4-12 พบว่า หินแปร หินอัคนี หินตะกอน ตะกอนทางน้ำ- ปัจจุบัน ตะกอนตะพักลุ่มน้ำ และแหล่งน้ำ ให้ความถูกต้องร้อยละ 39.53, 19.28, 98.92, 43.34, 8.24 และ 31.23 ตามลำดับ ซึ่งการจำแนกด้วยวิธีนี้มีความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 68.02 ดังตารางที่ 4-13

ตารางที่ 4-12 แสดงตาราง Confusion Matrix ของการจำแนกชนิดหินแบบควบคุม ด้วยวิธี Maximum Likelihood ใช้ช่วงคลื่นที่ดีที่สุด

ข้อมูลชนิดหินจากข้อมูลธรณีวิทยาที่ใช้อ้างอิง (จุดภาพ)								
	ชนิดหิน	Meta	Ign	Sedm	Qa	Qt	water	รวม
ข้อมูลชนิดหินจากการ จำแนก (จุดภาพ)	Meta	44,744	8,568	59,410	78	362	17	113,179
	Ign	13,758	10,637	27,142	2,726	871	44	55,178
	Sedm	2,141	1,859	376,785	89	6	6	380,886
	Qa	1,263	2,324	17,422	16,801	928	29	38,767
	Qt	7,490	10,504	45,587	9,607	6,575	9	79,772
	Water	224	25	2,118	40	2	1,094	3,503
	รวม	69,620	33,917	528,464	29,341	8,744	1,199	671,285

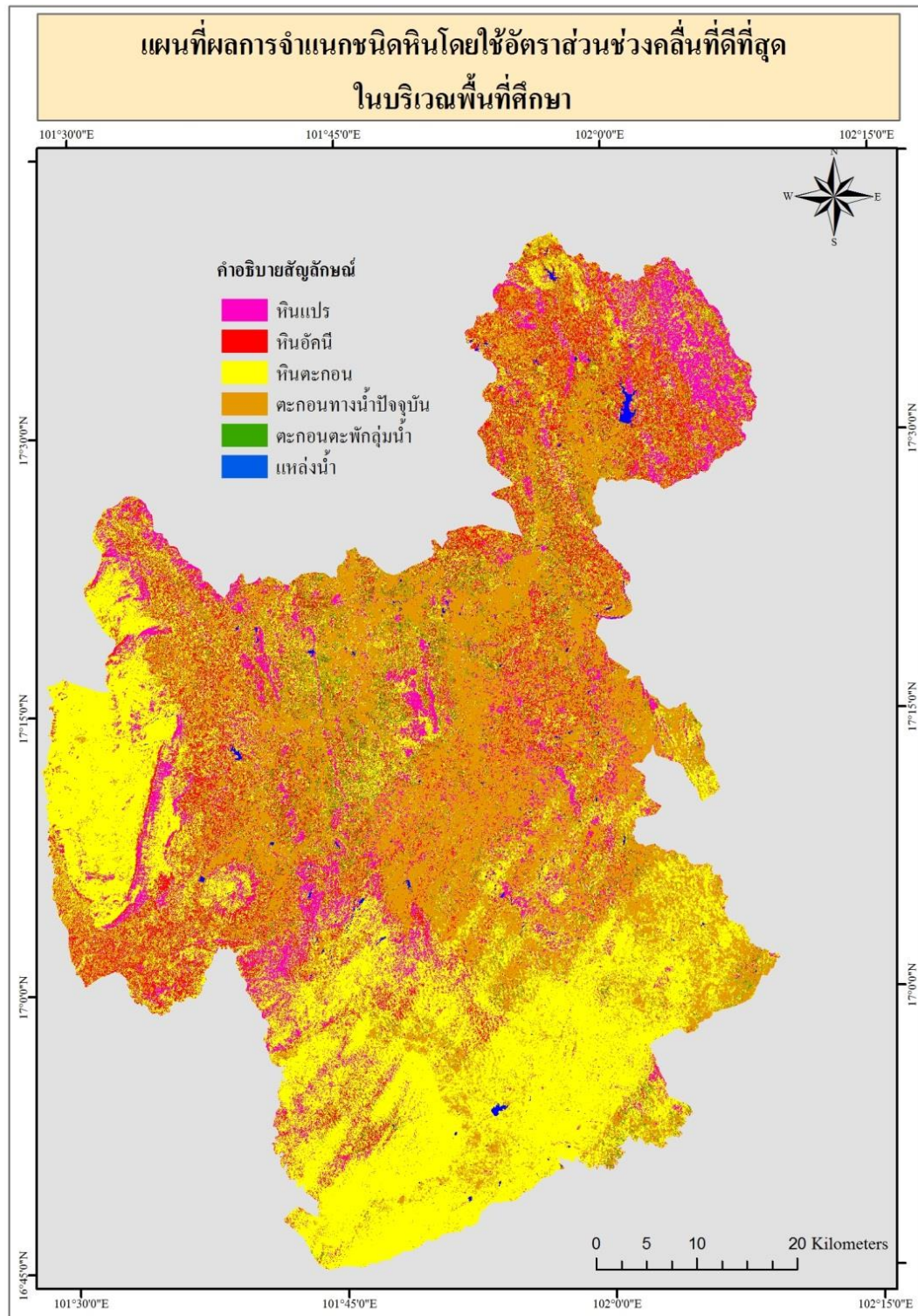
ตารางที่ 4-13 ผลการประเมินความถูกต้องจากตาราง Confusion Matrix ของการจำแนกชนิดหินแบบควบคุม ด้วยวิธี Maximum Likelihood ใช้ช่วงคลื่นที่ดีที่สุด

ชนิดหิน	ความถูกต้องของ ผู้ผลิต (ร้อยละ)	ความถูกต้องของผู้ใช้ (ร้อยละ)	ความถูกต้องโดยรวม (ร้อยละ)
หินแปร	64.27	39.53	68.02
หินอัคนี	31.36	19.28	
หินตะกอน	71.3	98.92	
ตะกอนทางน้ำ	57.26	43.34	
ตะกอนตะพัก	75.19	8.24	
แหล่งน้ำ	91.24	31.23	

2. ผลการจำแนกชนิดหินแบบควบคุม ด้วยวิธี Maximum Likelihood ใช้อัตราส่วนช่วงคลื่นที่ดีที่สุด คือ อัตราส่วนช่วงคลื่น 1/6, 2/1, 2/6, 3/6, 4/3, 7/2 และ 7/4 พบว่า หินแปรมีพื้นที่ทั้งหมด 70.40 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 43,999.88 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 11.65 ของพื้นที่ทั้งหมด หินอัคนีมีพื้นที่ทั้งหมด 49.26 ตารางกิโลเมตร หรือ 30,789.56 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 8.15 ของพื้นที่ทั้งหมด หินตะกอนมีพื้นที่ทั้งหมด 359.85 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 224,904.38 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 59.56 ของพื้นที่ทั้งหมด ตะกอนทางน้ำปัจจุบันมีพื้นที่ทั้งหมด 108.82 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 68,014.69 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 18.01 ของพื้นที่ทั้งหมด ตะกอนตะพักกลุ่มน้ำมีพื้นที่ทั้งหมด 13.75 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 8,593.88 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.28 ของพื้นที่ทั้งหมด และแหล่งน้ำมีพื้นที่ 2.07 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 1,295.44 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.34 ของพื้นที่ทั้งหมด ดังตารางที่ 4-14 และดังภาพที่ 4-12

ตารางที่ 4-14 ผลการจำแนกชนิดหินแบบควบคุมด้วยวิธี Maximum Likelihood ใช้อัตราส่วนช่วงคลื่นที่ดีที่สุด

ชนิดหิน	จำนวนจุดภาพ (Pixel)	พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
Meta	78,222	70.40	43,999.88	11.65
Ign	54,737	49.26	30,789.56	8.15
Sedm	399,830	359.85	224,904.38	59.56
Qa	120,915	108.82	68,014.69	18.01
Qt	15,278	13.75	8,593.88	2.28
Water	2,303	2.07	1,295.44	0.34
รวม	671,285	604.16	377,597.81	100.00



ภาพที่ 4-12 ผลการจำแนกชนิดหินแบบควบคุม ด้วยวิธี Maximum Likelihood ใช้อัตราส่วนช่วงคลื่นที่ดีที่สุด

นำผลการจำแนกชนิดหินแบบควบคุมด้วยวิธี Maximum Likelihood ใช้อัตราส่วนช่วงคลื่นที่ดีที่สุด ประเมินความถูกต้องของการจัดกลุ่ม โดยใช้ข้อมูลธรณีวิทยาเป็นข้อมูลอ้างอิง และสร้างตาราง Confusion Matrix ดังตารางที่ 4-15 พบว่า หินแปร หินอัคนี หินตะกอน ตะกอนทางน้ำปัจจุบัน ตะกอนตะพังกุ่มน้ำ และแหล่งน้ำ ให้ความถูกต้องร้อยละ 43.08, 13.48, 92.28, 16.96, 9.08 และ 47.59 ตามลำดับ มีความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 64.50 ดังตารางที่ 4-16

ตารางที่ 4-15 แสดงตาราง Confusion Matrix ของการจำแนกชนิดหินแบบควบคุม ด้วยวิธี Maximum Likelihood ใช้อัตราส่วนช่วงคลื่นที่ดีที่สุด

ข้อมูลชนิดหินจากข้อมูลธรณีวิทยาที่ใช้อ้างอิง (จุดภาพ)								
	ชนิดหิน	Meta	Ign	Sedm	Qa	Qt	water	รวม
ข้อมูลชนิดหินจากการ จำแนก (จุดภาพ)	Meta	33,697	7,389	34,718	1,764	642	12	78,222
	Ign	8,012	7,379	36,532	1,652	1,137	25	54,737
	Sedm	16,066	8,643	368,945	4,101	2,051	24	399,830
	Qa	10,050	9,075	77,723	20,504	3,525	38	120,915
	Qt	1,701	1,399	9,649	1,138	1,387	4	15,278
	Water	94	32	897	182	2	1,096	2,303
	รวม	69,620	33,917	528,464	29,341	8,744	1,199	671,285

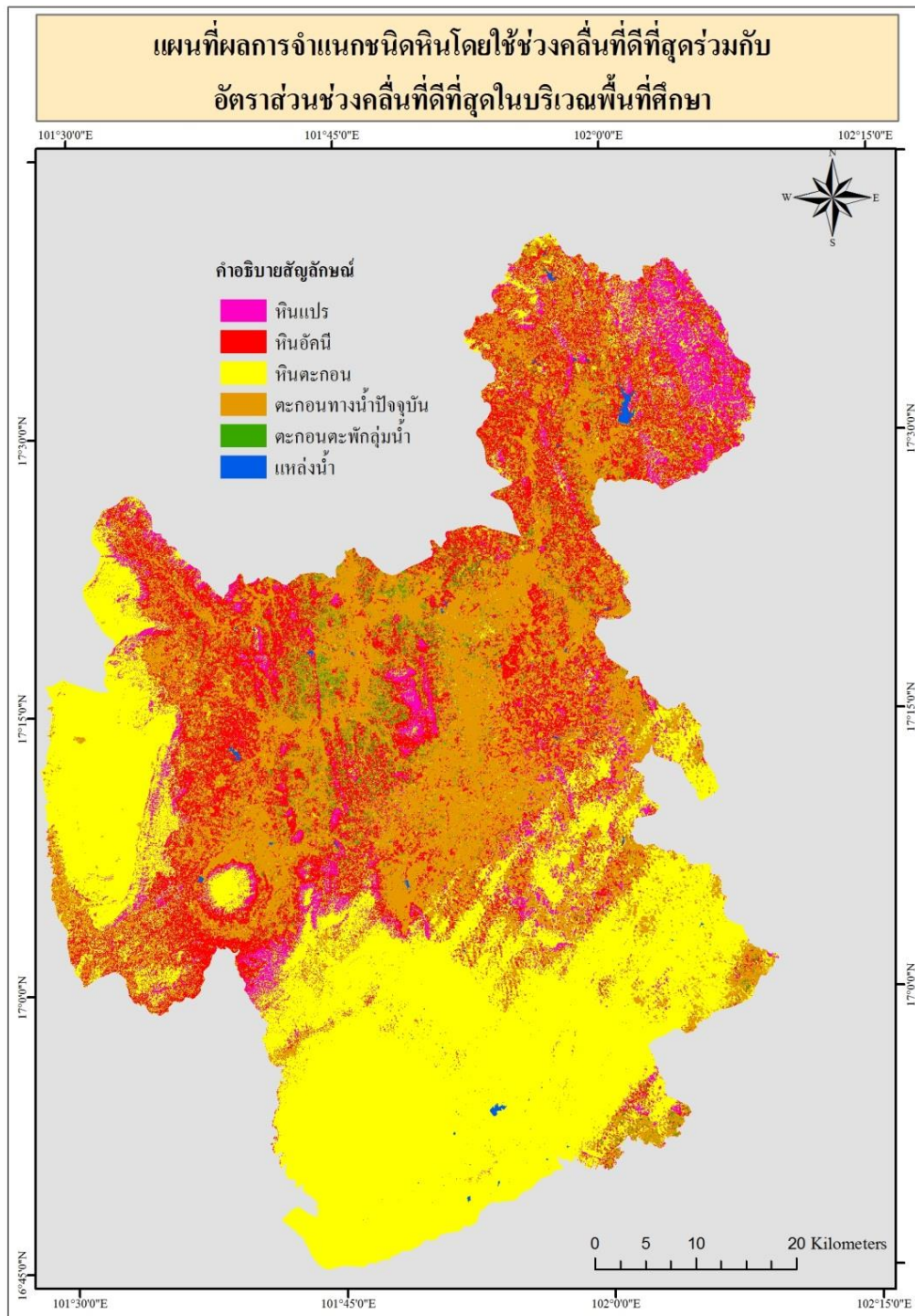
ตารางที่ 4-16 ผลการประเมินความถูกต้องจากตาราง Confusion Matrix ของการจำแนกชนิดหินแบบควบคุม ด้วยวิธี Maximum Likelihood ใช้อัตราส่วนช่วงคลื่นที่ดีที่สุด

ชนิดหิน	ความถูกต้องของผู้ผลิต (ร้อยละ)	ความถูกต้องของผู้ใช้ (ร้อยละ)	ความถูกต้อง โดยรวม (ร้อยละ)
หินแปร	48.4	43.08	64.50
หินอัคนี	21.76	13.48	
หินตะกอน	69.81	92.28	
ตะกอนทางน้ำ	69.88	16.96	
ตะกอนตะพังก	15.86	9.08	
แหล่งน้ำ	91.41	47.59	

3. ผลการจำแนกชนิดหินแบบควบคุม ด้วยวิธี Maximum Likelihood ใช้ช่วงคลื่นที่ดีที่สุดร่วมกับอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ดีที่สุด พบว่า หินแปรมีพื้นที่ทั้งหมด 47.52 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 29,700.56 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 7.87 ของพื้นที่ทั้งหมด หินอัคนีมีพื้นที่ทั้งหมด 62.85 ตารางกิโลเมตร หรือ 39,278.81 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 10.40 ของพื้นที่ทั้งหมด หินตะกอนมีพื้นที่ทั้งหมด 409.94 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 256,209.75 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 67.85 ของพื้นที่ทั้งหมด ตะกอนทางน้ำปัจจุบันมีพื้นที่ทั้งหมด 75.71 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 47,318.63 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 12.53 ของพื้นที่ทั้งหมด ตะกอนตะพักลุ่มน้ำมีพื้นที่ทั้งหมด 6.60 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 4,123.69 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.09 ของพื้นที่ทั้งหมด และแหล่งน้ำมีพื้นที่ 1.55 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 966.38 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.26 ของพื้นที่ทั้งหมด ดังตารางที่ 4-17 และรูปภาพที่ 4-13

ตารางที่ 4-17 ผลการจำแนกชนิดหินแบบควบคุมด้วยวิธี Maximum Likelihood ใช้ช่วงคลื่นที่ดีที่สุดร่วมกับอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ดีที่สุด

ชนิดหิน	จำนวนจุดภาพ (Pixel)	พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
Meta	52,801	47.52	29,700.56	7.87
Ign	69,829	62.85	39,278.81	10.40
Sedm	455,484	409.94	256,209.75	67.85
Qa	84,122	75.71	47,318.63	12.53
Qt	7,331	6.60	4,123.69	1.09
Water	1,718	1.55	966.38	0.26
รวม	671,285	604.16	377,597.81	100.00



ภาพที่ 4-13 ผลการจำแนกชนิดหินแบบควบคุม ด้วยวิธี Maximum Likelihood ใช้ช่วงคลื่นที่ดีที่สุด
ร่วมกับอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ดีที่สุด

นำผลการจำแนกชนิดหินแบบควบคุมด้วยวิธี Maximum Likelihood ในช่วงคลื่นที่ดีที่สุดร่วมกับอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ดีที่สุด ประเมินความถูกต้องของการจัดกลุ่ม โดยใช้ข้อมูลธรณีวิทยาเป็นข้อมูลอ้างอิงและสร้างตาราง Confusion Matrix ดังตารางที่ 4-18 พบว่า หินแปร หินอัคนี หินตะกอน ตะกอนทางน้ำปัจจุบัน ตะกอนตะพังกุ่มน้ำ และแหล่งน้ำให้ความถูกต้องร้อยละ 66.08, 19.07, 95.10, 29.97, 26.89 และ 63.04 ตามลำดับ มีความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 75.92 ดังตารางที่ 4-19

ตารางที่ 4-18 แสดงตาราง Confusion Matrix ของการจำแนกชนิดหินแบบควบคุมด้วยวิธี Maximum Likelihood ในช่วงคลื่นที่ดีที่สุดร่วมกับอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ดีที่สุด

ข้อมูลชนิดหินจากข้อมูลธรณีวิทยาที่ใช้อ้างอิง (จุดภาพ)								
	ชนิดหิน	Meta	Ign	Sedm	Qa	Qt	water	รวม
ข้อมูลชนิดหินจากการ จำแนก (จุดภาพ)	Meta	34,890	4,129	13,382	90	309	1	52,801
	Ign	15,017	13,317	36,479	2,996	1,968	52	69,829
	Sedm	13,856	7,806	433,159	452	180	31	455,484
	Qa	4,970	7,781	41,813	25,210	4,316	32	84,122
	Qt	803	877	3,105	575	1,971	0	7,331
	Water	84	7	526	18	0	1,083	1,718
	รวม	69,620	33,917	528,464	29,341	8,744	1,199	671,285

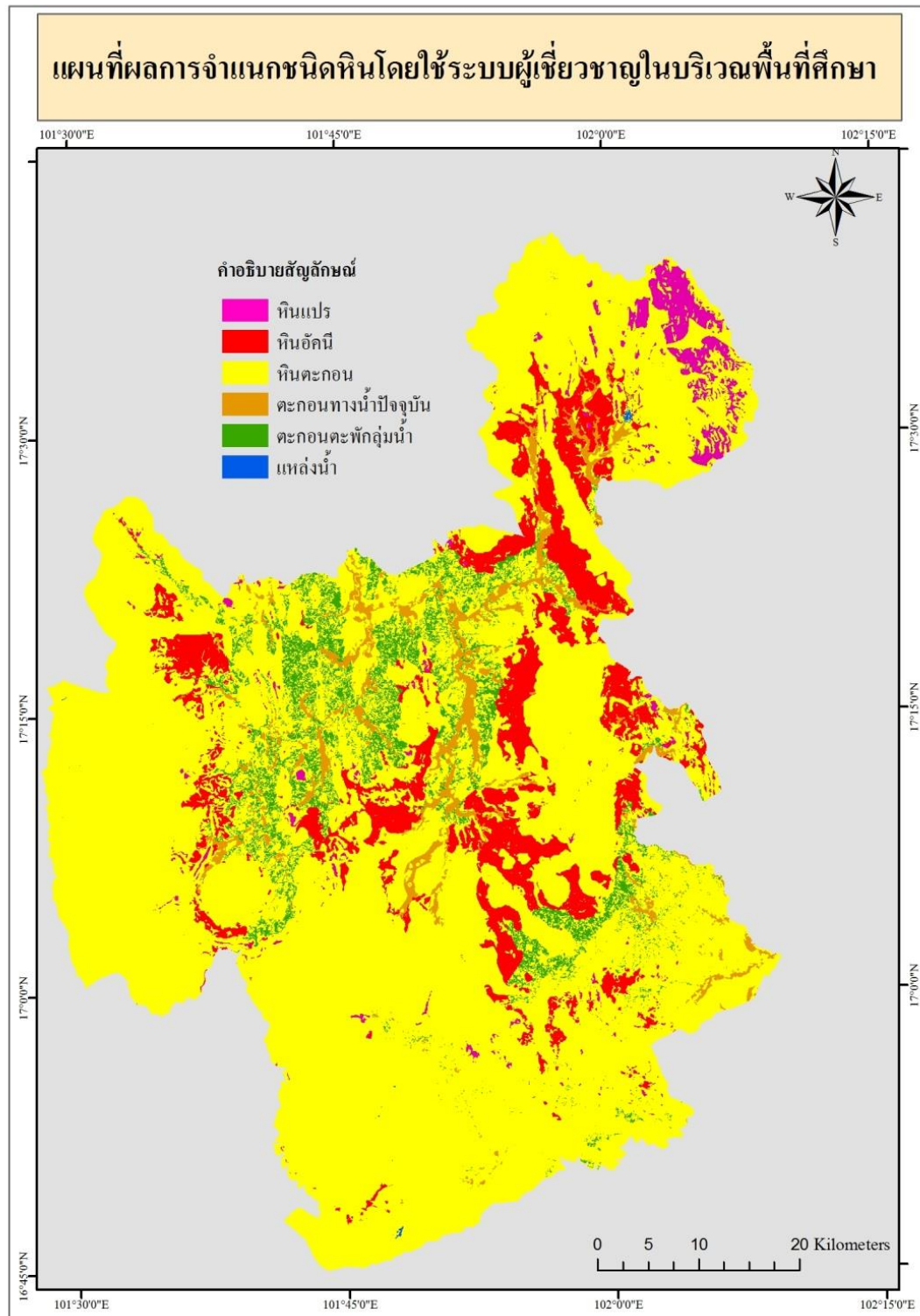
ตารางที่ 4-19 ผลการประเมินความถูกต้องจากตาราง Confusion Matrix ของการจำแนกชนิดหินด้วยวิธี Maximum Likelihood ในช่วงคลื่นที่ดีที่สุดร่วมกับอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ดีที่สุด

ชนิดหิน	ความถูกต้องของผู้ผลิต (ร้อยละ)	ความถูกต้องของผู้ใช้ (ร้อยละ)	ความถูกต้อง โดยรวม (ร้อยละ)
หินแปร	50.11	66.08	75.92
หินอัคนี	39.26	19.07	
หินตะกอน	81.97	95.10	
ตะกอนทางน้ำ	85.92	29.97	
ตะกอนตะพังก	22.54	26.89	
แหล่งน้ำ	90.33	63.04	

4. ผลการจำแนกชนิดหินด้วยวิธีระบบผู้เชี่ยวชาญ โดยกำหนดเงื่อนไขภูมิประเทศและสิ่งปกคลุมดินที่ได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับชนิดของหินในพื้นที่ศึกษา โดยจำแนกร่วมกับค่าสะท้อนพลังงานจากช่วงคลื่นที่ดีที่สุดและอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ดีที่สุด พบว่า หินแปรมีพื้นที่ทั้งหมด 35.09 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 21,930.75 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 5.81 ของพื้นที่ทั้งหมด หินอัคนีมีพื้นที่ทั้งหมด 39.56 ตารางกิโลเมตร หรือ 24,726.94 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 6.55 ของพื้นที่ทั้งหมด หินตะกอนมีพื้นที่ทั้งหมด 502.67 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 314,169.75 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 83.20 ของพื้นที่ทั้งหมด ตะกอนทางน้ำปัจจุบันมีพื้นที่ทั้งหมด 13.78 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 8,614.13 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.28 ของพื้นที่ทั้งหมด ตะกอนตะพักลุ่มน้ำมีพื้นที่ทั้งหมด 12.62 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 7,886.81 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.09 ของพื้นที่ทั้งหมด และแหล่งน้ำมีพื้นที่ 0.41 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 255.94 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.07 ของพื้นที่ทั้งหมด ดังตารางที่ 4-20 และดังภาพที่ 4-14

ตารางที่ 4-20 ผลการจำแนกชนิดหินด้วยวิธีระบบผู้เชี่ยวชาญ

ชนิดหิน	จำนวนจุดภาพ (Pixel)	พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
Meta	38,988	35.09	21,930.75	5.81
Ign	43,959	39.56	24,726.94	6.55
Sedm	558,524	502.67	314,169.75	83.20
Qa	15,314	13.78	8,614.13	2.28
Qt	14,021	12.62	7,886.81	2.09
Water	455	0.41	255.94	0.07
รวม	671,261	604.13	377,584.31	100.00



ภาพที่ 4-14 ผลการจำแนกชนิดหินโดยใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญ

นำผลการจำแนกชนิดหินแบบควบคุมด้วยวิธี Maximum Likelihood ในช่วงคลื่นที่ดีที่สุดร่วมกับอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ดีที่สุด ประเมินความความถูกต้องของการจัดกลุ่ม โดยใช้ข้อมูลธรณีวิทยาเป็นข้อมูลอ้างอิงและสร้างตาราง Confusion Matrix ดังตารางที่ 4-21 พบว่า หินแปร หินอัคนี หินตะกอน ตะกอนทางน้ำปัจจุบัน ตะกอนตะพังกุ่มน้ำ และแหล่งน้ำให้ความถูกต้องร้อยละ 94.03, 14.49, 85.63, 60.30, 28.95 และ 80.66 ตามลำดับ มีความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 79.69 ดังตารางที่ 4-22

ตารางที่ 4-21 แสดงตาราง Confusion Matrix ของการจำแนกชนิดหินด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญ

ข้อมูลชนิดหินจากข้อมูลธรณีวิทยาที่ใช้อ้างอิง (จุดภาพ)								
	ชนิดหิน	Meta	Ign	Sedm	Qa	Qt	water	รวม
ข้อมูลชนิดหินจากการ จำแนก (จุดภาพ)	Meta	36,661	266	2,061	0	0	0	38,988
	Ign	49	6,326	36,776	808	0	0	43,959
	Sedm	32,908	25,634	478,247	16,465	4,446	824	558,524
	Qa	0	0	5,840	9,235	239	0	15,314
	Qt	0	1,690	5,451	2,813	4,059	8	14,021
	Water	0	1	86	1	0	367	455
	รวม	69,618	33,917	528,461	29,322	8,744	1,199	671,261

ตารางที่ 4-22 ผลการประเมินความถูกต้องจากตาราง Confusion Matrix ของการจำแนกชนิดหินด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญ

ชนิดหิน	ความถูกต้องของผู้ผลิต (ร้อยละ)	ความถูกต้องของผู้ใช้ (ร้อยละ)	ความถูกต้อง โดยรวม (ร้อยละ)
หินแปร	52.66	94.03	79.69
หินอัคนี	18.65	14.39	
หินตะกอน	90.5	85.63	
ตะกอนทางน้ำ	31.5	60.30	
ตะกอนตะพังก	46.42	28.95	
แหล่งน้ำ	30.61	80.66	

5. สรุปผลจากการคำนวณค่าความถูกต้องของการจำแนก

จากผลการศึกษาพบว่า การจำแนกชนิดหินโดยใช้อัตราส่วนช่วงคลื่นเพียงอย่างเดียวให้ค่าความถูกต้องรวมร้อยละ 64.50 ใช้ช่วงคลื่นที่ดีที่สุดในการจำแนกเพียงอย่างเดียวให้ค่าความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 68.02 ใช้ช่วงคลื่นร่วมกับอัตราส่วนช่วงคลื่นให้ค่าความถูกต้องรวมร้อยละ 75.92 และจำแนกโดยใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญให้ค่าความถูกต้องมากที่สุด คือ ร้อยละ 79.69 ทั้งนี้ส่วนใหญ่หินที่จำแนกได้ดีคือ หินแปร และหินตะกอน จำแนกได้ร้อยละ 94.03 และ 85.63 ตามลำดับ และชนิดหินที่จำแนกได้ค่อนข้างน้อย คือ หินอัคนี และตะกอนตะพักกลุ่มน้ำ จำแนกได้ร้อยละ 14.39 และ 28.95 ตามลำดับ ในการจำแนกโดยใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญนั้น หินที่จำแนกเด่นชัดที่สุดคือ หินแปร และหินตะกอน ตามลำดับ เนื่องจากมีสภาพภูมิประเทศที่แตกต่างจากหินชนิดอื่นๆ อย่างชัดเจน ส่วนหินที่ระบบจำแนกได้ไม่เด่นชัด คือ หินอัคนี เนื่องจากหินชนิดนี้ในพื้นที่ศึกษาไม่มีลักษณะเฉพาะทางภูมิประเทศและสิ่งแวดล้อมที่จะบ่งชี้ว่าเป็นหินอัคนีได้ ดังตารางที่ 4-23

ตารางที่ 4-23 แสดงค่าร้อยละความถูกต้องของการจำแนกชนิดหินในแต่ละประเภท

การจำแนก	หินแปร (%)	หินอัคนี (%)	หินตะกอน (%)	ตะกอนทางน้ำ (%)	ตะกอนตะพักกลุ่มน้ำ (%)	ความถูกต้องรวม (%)
ช่วงคลื่นดีที่สุด	39.53	19.28	98.92	43.34	8.24	68.02
อัตราส่วนช่วงคลื่นดีที่สุด	43.08	13.48	92.28	16.96	9.08	64.50
ช่วงคลื่นดีที่สุดร่วมกับอัตราส่วน	66.08	19.07	95.1	29.97	26.89	75.92
ช่วงคลื่นดีที่สุดระบบผู้เชี่ยวชาญ	94.03	14.39	85.63	60.30	28.95	79.69

ผลการจำแนกในพื้นที่ทดสอบ

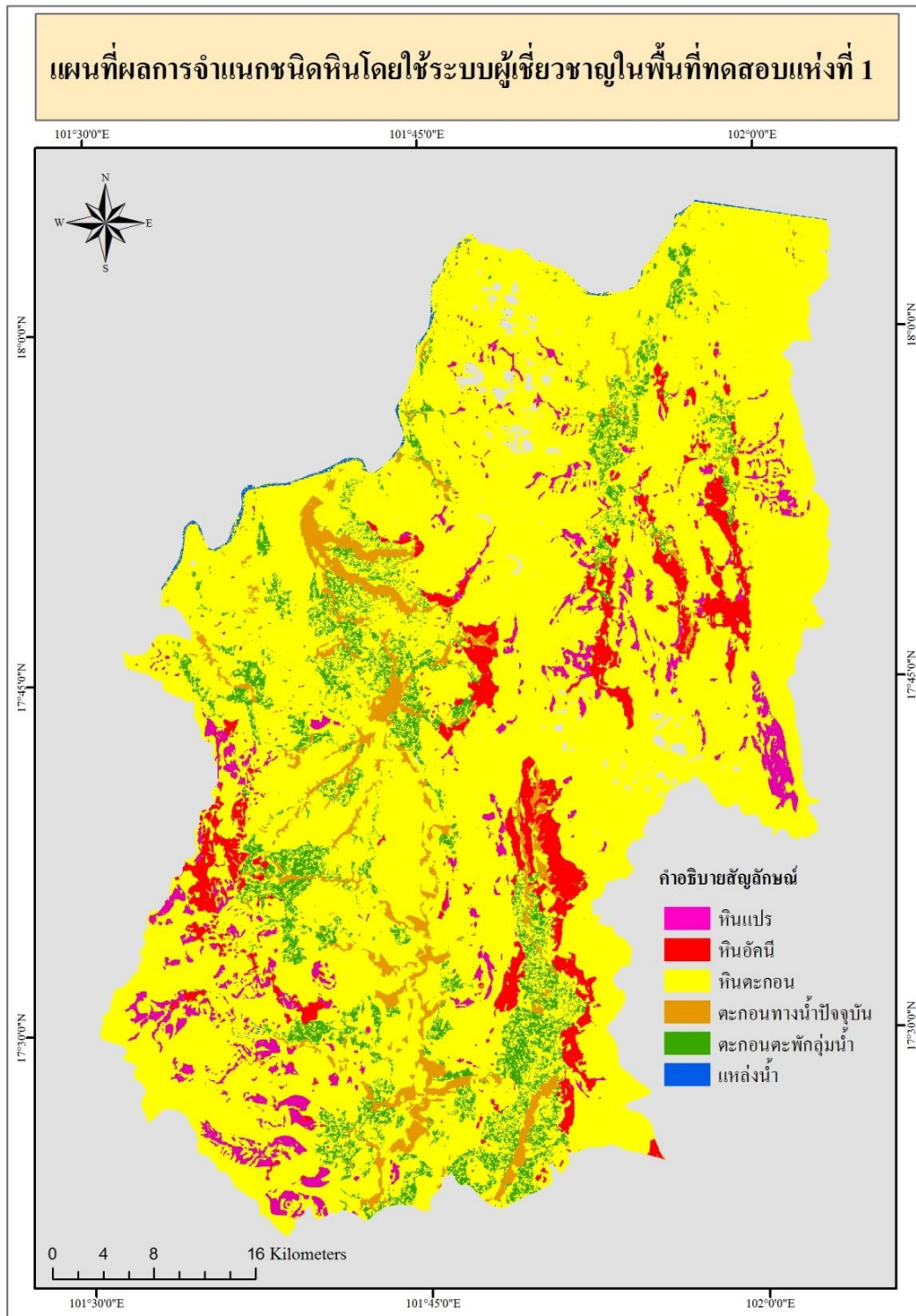
พื้นที่ที่ใช้ในการทดสอบเงื่อนไขการจำแนกโดยระบบผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยเลือกพื้นที่ที่พบหินชนิดเดียวกันกับพื้นที่ศึกษา แบ่งออกเป็น 2 แห่ง คือ แห่งที่ 1 เป็นพื้นที่ต่อเนื่องทางด้านบนของพื้นที่ศึกษาครอบคลุม 3 อำเภอของจังหวัดเลย คือ อำเภอเมือง อำเภอเชียงคาน และอำเภอปากชม ดังภาพที่ 4-15 และแห่งที่ 2 เป็นพื้นที่ต่อเนื่องบริเวณรอบๆ พื้นที่ศึกษา ครอบคลุมบางส่วนของอำเภอเมือง อำเภอท่าลี่ อำเภอภูเรือ และอำเภอด่านซ้าย จังหวัดเลย บางส่วนของอำเภอหล่มเก่า อำเภอหล่มสัก อำเภอน้ำหนาว และอำเภอเมืองเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ บางส่วนของอำเภอกอนสาร จังหวัดชัยภูมิ บางส่วนของอำเภอภูผาม่าน อำเภอชุมแพ และอำเภอสีชมพู จังหวัดขอนแก่น บางส่วนของอำเภอศรีบุญเรือง อำเภอเมือง อำเภอนากลาง อำเภอनावัง และอำเภอสุวรรณคูหา จังหวัดหนองบัวลำภู และบางส่วนของอำเภอบ้านฝาง จังหวัดอุดรธานี ดังภาพที่ 4-16

พื้นที่ที่ใช้ในการทดสอบการจำแนกชนิดประกอบด้วยหินชนิดเดียวกันกับพื้นที่ศึกษา คือ หินแปร หินอัคนี หินตะกอน ตะกอนทางน้ำปัจจุบัน และตะกอนตะพักลุ่มน้ำ ซึ่งเงื่อนไขที่ใช้ในการจำแนกด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย เงื่อนไขค่าการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นที่ดีที่สุดและอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ดีที่สุดจากการวิเคราะห์ในพื้นที่ศึกษา และเงื่อนไขความสัมพันธ์ของหินแต่ละชนิดกับสภาพภูมิประเทศและสภาพแวดล้อม ได้แก่ ความสูงภูมิประเทศ ความลาดชัน ความลึกของดิน การระบายของดิน ระยะห่างจากเส้นทางน้ำ และสิ่งปกคลุมดิน

1. ผลการจำแนกชนิดหินด้วยวิธีระบบผู้เชี่ยวชาญในพื้นที่ทดสอบแห่งที่ 1 พบว่า หินแปรมีพื้นที่ทั้งหมด 124.77 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 77,983.88 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 4.23 ของพื้นที่ทั้งหมด หินอัคนีมีพื้นที่ทั้งหมด 158.46 ตารางกิโลเมตร หรือ 99,037.13 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 5.37 ของพื้นที่ทั้งหมด หินตะกอนมีพื้นที่ทั้งหมด 2,366.78 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 1,479,239.44 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 80.24 ของพื้นที่ทั้งหมด ตะกอนทางน้ำปัจจุบันมีพื้นที่ทั้งหมด 116.90 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 73,061.44 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 3.96 ของพื้นที่ทั้งหมด ตะกอนตะกักรุ่นน้ำมีพื้นที่ทั้งหมด 175.71 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 109,818.00 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 5.96 ของพื้นที่ทั้งหมด และแหล่งน้ำมีพื้นที่ 7.00 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 4,372.31 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.24 ของพื้นที่ทั้งหมด ดังตารางที่ 4-24 และผังภาพที่ 4-17

ตารางที่ 4-24 ผลการจำแนกชนิดหินด้วยวิธีระบบผู้เชี่ยวชาญในพื้นที่ทดสอบแห่งที่ 1

ชนิดหิน	จำนวนจุดภาพ (Pixel)	พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
Meta	138,638	124.77	77,983.88	4.23
Ign	176,066	158.46	99,037.13	5.37
Sedm	2,629,759	2,366.78	1,479,239.44	80.24
Qa	129,887	116.90	73,061.44	3.96
Qt	195,232	175.71	109,818.00	5.96
water	7,773	7.00	4,372.31	0.24
รวม	3,277,355	2,949.62	1,843,512.19	100.00



ภาพที่ 4-17 ผลการจำแนกชนิดดินโดยใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญในพื้นที่ทดสอบแห่งที่ 1

นำผลการจำแนกชนิดหินด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญในพื้นที่ทดสอบแห่งที่ 1 ประเมินความถูกต้องของการจัดกลุ่ม โดยใช้ข้อมูลธรณีวิทยาเป็นข้อมูลอ้างอิงและสร้างตาราง Confusion Matrix ดังตารางที่ 4-25 พบว่า หินแปร หินอัคนี หินตะกอน ตะกอนทางน้ำปัจจุบัน ตะกอนตะพัก-กลุ่มน้ำ และแหล่งน้ำให้ความถูกต้องร้อยละ 2.05, 24.88, 62.24, 68.45, 6.21 และ 67.91 ตามลำดับ มีความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 54.61 ดังตารางที่ 4-26

ตารางที่ 4-25 แสดงตาราง Confusion Matrix ของการจำแนกชนิดหินด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญในพื้นที่ทดสอบแห่งที่ 1

ข้อมูลชนิดหินจากข้อมูลธรณีวิทยาที่ใช้อ้างอิง (จุดภาพ)								
	ชนิดหิน	Meta	Ign	Sedm	Qa	Qt	water	รวม
ข้อมูลชนิดหินจากการ จำแนก (จุดภาพ)	Meta	2,840	20,468	110,535	2,030	10	61	138,638
	Ign	3	43,804	113,900	18,239	55	65	176,066
	Sedm	119,025	546,940	1,636,801	254,717	54,427	17,849	2,629,759
	Qa	49	20,468	15,330	88,903	5,109	28	129,887
	Qt	39	54,177	97,006	31,777	12,133	100	195,232
	water	435	131	606	1,317	5	5,279	7,773
	รวม	122,391	688,682	1,974,178	396,983	71,739	23,382	3,277,355

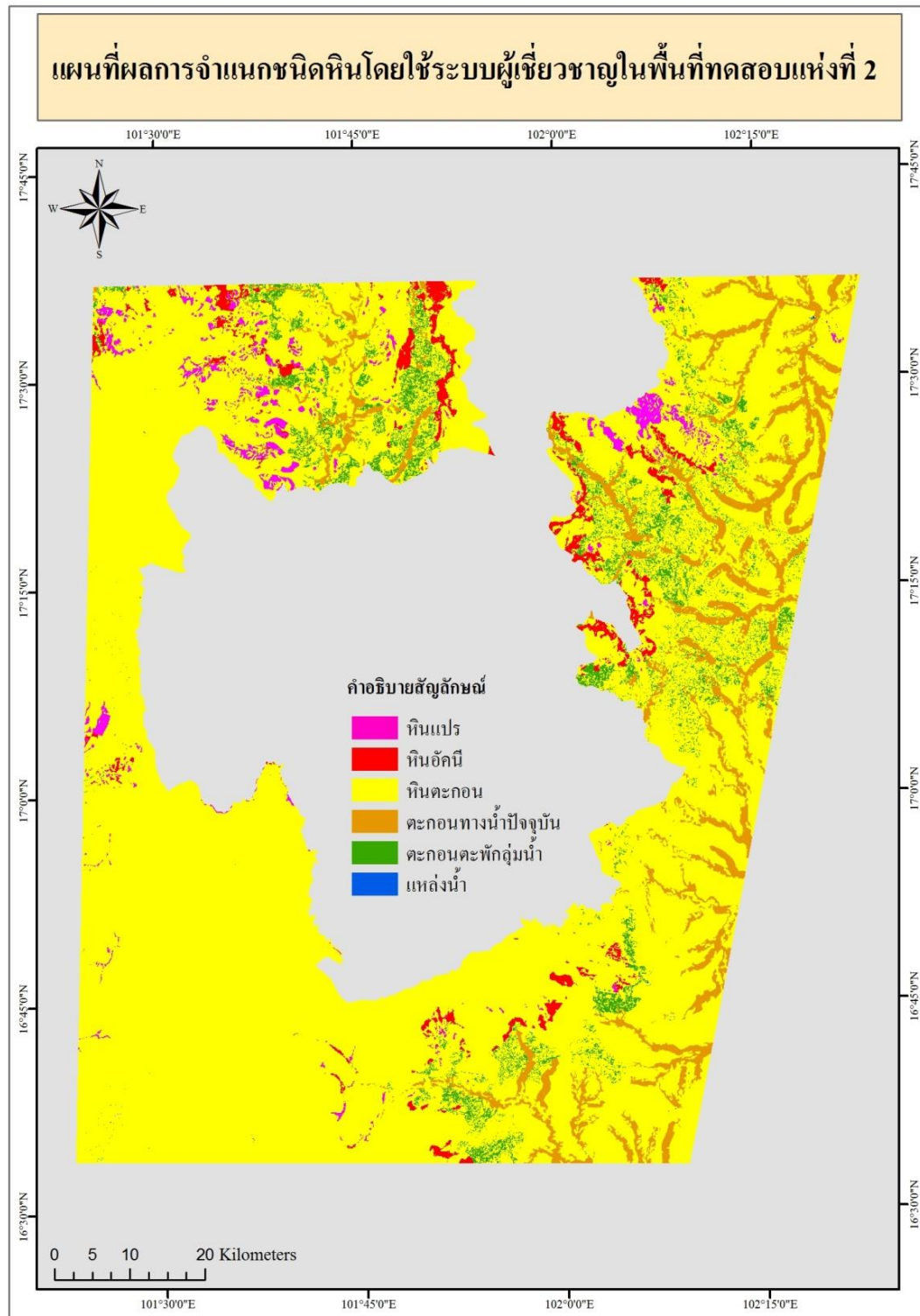
ตารางที่ 4-26 ผลการประเมินความถูกต้องจากตาราง Confusion Matrix ของการจำแนกชนิดหินด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญในพื้นที่ทดสอบแห่งที่ 1

ชนิดหิน	ความถูกต้องของผู้ผลิต (ร้อยละ)	ความถูกต้องของผู้ใช้ (ร้อยละ)	ความถูกต้อง โดยรวม (ร้อยละ)
หินแปร	2.32	2.05	54.61
หินอัคนี	6.36	24.88	
หินตะกอน	82.91	62.24	
ตะกอนทางน้ำ	22.39	68.45	
ตะกอนตะพัก	16.91	6.21	
แหล่งน้ำ	22.58	67.91	

2. ผลการจำแนกชนิดหินด้วยวิธีระบบผู้เชี่ยวชาญในพื้นที่ทดสอบแห่งที่ 2 พบว่า หินแปรมีพื้นที่ทั้งหมด 114.92 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 71,826.75 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.69 ของพื้นที่ทั้งหมด หินอัคนีมีพื้นที่ทั้งหมด 158.98 ตารางกิโลเมตร หรือ 99,363.38 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.34 ของพื้นที่ทั้งหมด หินตะกอนมีพื้นที่ทั้งหมด 5,730.66 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 3,581,659.69 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 84.36 ของพื้นที่ทั้งหมด ตะกอนทางน้ำปัจจุบันมีพื้นที่ทั้งหมด 509.73 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 318,578.63 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 7.50 ของพื้นที่ทั้งหมด ตะกอนตะกั่มน้ำมีพื้นที่ทั้งหมด 277.57 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 173,482.31 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 4.09 ของพื้นที่ทั้งหมด และแหล่งน้ำมีพื้นที่ 1.54 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 960.19 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.02 ของพื้นที่ทั้งหมด ดังตารางที่ 4-27 และผังภาพที่ 4-18

ตารางที่ 4-27 ผลการจำแนกชนิดหินด้วยวิธีระบบผู้เชี่ยวชาญในพื้นที่ทดสอบแห่งที่ 2

ชนิดหิน	จำนวนจุดภาพ (Pixel)	พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
Meta	127,692	114.92	71,826.75	1.69
Ign	176,646	158.98	99,363.38	2.34
Sedm	6,367,395	5,730.66	3,581,659.69	84.36
Qa	566,362	509.73	318,578.63	7.50
Qt	308,413	277.57	173,482.31	4.09
water	1,707	1.54	960.19	0.02
รวม	7,548,215	6,793.39	4,245,870.94	100.00



ภาพที่ 4-18 ผลการจำแนกชนิดดินโดยใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญในพื้นที่ทดสอบแห่งที่ 2

นำผลการจำแนกชนิดหินด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญในพื้นที่ทดสอบแห่งที่ 2 ประเมินความถูกต้องของการจัดกลุ่ม โดยใช้ข้อมูลธรณีวิทยาเป็นข้อมูลอ้างอิงและสร้างตาราง Confusion Matrix ดังตารางที่ 4-25 พบว่า หินแปร หินอัคนี หินตะกอน ตะกอนทางน้ำปัจจุบัน ตะกอนตะพัก ลุ่มน้ำ และแหล่งน้ำให้ความถูกต้องร้อยละ 12.38, 10.66, 85.24, 18.94, 3.70 และ 23.28 ตามลำดับ มีความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 73.94 ดังตารางที่ 4-26

ตารางที่ 4-28 แสดงตาราง Confusion Matrix ของการจำแนกชนิดหินด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญในพื้นที่ทดสอบแห่งที่ 2

ข้อมูลชนิดหินจากข้อมูลธรณีวิทยาที่ใช้อ้างอิง (จุดภาพ)								
	ชนิดหิน	Meta	Ign	Sedm	Qa	Qt	Water	รวม
ข้อมูลชนิดหินจากการ จำแนก (จุดภาพ)	Meta	15,814	26,574	85,041	228	0	35	127,692
	Ign	5,890	18,823	148,079	3,711	0	143	176,646
	Sedm	107,523	569,390	5,427,778	210,035	39,579	13,090	6,367,395
	Qa	2,268	37,269	414,356	107,255	4,698	516	566,362
	Qt	3,725	27,746	235,907	29,460	11,407	168	308,413
	Water	3	37	1,253	14	6	394	1,707
	รวม	135,223	679,839	6,312,414	350,703	55,690	14,346	7,548,215

ตารางที่ 4-29 ผลการประเมินความถูกต้องจากตาราง Confusion Matrix ของการจำแนกชนิดหินด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญพื้นที่ทดสอบแห่งที่ 2

ชนิดหิน	ความถูกต้องของผู้ผลิต (ร้อยละ)	ความถูกต้องของผู้ใช้ (ร้อยละ)	ความถูกต้องโดยรวม (ร้อยละ)
หินแปร	11.69	12.38	73.94
หินอัคนี	2.77	10.66	
หินตะกอน	85.99	85.24	
ตะกอนทางน้ำ	30.58	18.94	
ตะกอนตะพัก	20.48	3.70	
แหล่งน้ำ	2.75	23.08	

บทที่ 5

อภิปรายและสรุปผล

อภิปรายผล

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพภูมิประเทศ ค่าสะท้อนจากภาพถ่ายจากดาวเทียมกับชนิดหินในพื้นที่ พบหิน 5 ประเภท คือ หินแปร หินอัคนี หินตะกอน ตะกอนทางน้ำ ปัจจุบัน และตะกอนตะพักลุ่มน้ำ ซึ่งวิเคราะห์ค่าการสะท้อนพบว่าช่วงคลื่นที่ให้ค่าสถิติดีที่สุด คือ 2, 4, 5 และ 6 และเมื่อนำภาพมาทำอัตราส่วนช่วงคลื่นเพื่อลดผลกระทบจากพืชพรรณ พบว่าอัตราส่วนช่วงคลื่นที่ให้ค่าสถิติดีที่สุด คือ $1/6$, $2/1$, $2/6$, $3/6$, $4/3$, $7/2$ และ $7/4$ ซึ่งเมื่อนำข้อมูลธรณีวิทยามาวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่า หินชนิดต่างๆ จะพบมากที่ระดับความสูง 250 -400 เมตร หินตะกอนพบได้ในทุกระดับความสูง หินอัคนี หินแปร หินตะกอน จะปกคลุมด้วยป่าไม้เป็นส่วนใหญ่ และเป็นพื้นที่ลาดเชิงชัน ในขณะที่ตะกอนทางน้ำปัจจุบัน และตะกอนตะพักลุ่มน้ำ พบในบริเวณที่มีความลาดชันไม่เกิน 3 องศา และอยู่ใกล้ลำน้ำ

การจำแนกชนิดของหิน โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 TM ด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญ ผลการจำแนกโดยระบบผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับดี คือมีความถูกต้องรวมร้อยละ 79.69 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปณิตา คุโณปถัมภ์ (2548) ที่ได้ศึกษาการจำแนกชนิดหินในพื้นที่จังหวัดระยอง ซึ่งให้ผลการจำแนกอยู่ในระดับดีเช่นกัน เมื่อเทียบกับการจำแนกโดยใช้ช่วงคลื่นและอัตราส่วนช่วงคลื่นเพียงอย่างเดียว โดยชนิดหินที่จำแนกได้ชัดเจนที่สุดคือ หินแปร และหินตะกอน เนื่องจากมีลักษณะภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมที่เด่นชัดกว่าหินชนิดอื่น ส่วนหินที่จำแนกได้ไม่ค่อยดีคือ หินอัคนี เนื่องจากไม่มีลักษณะเฉพาะของสภาพภูมิประเทศ และการสะท้อนพลังงานจากข้อมูลจากดาวเทียม

จากผลการศึกษา ผู้วิจัยได้นำวิธีการและเงื่อนไขไปทดสอบจำแนกชนิดหินในพื้นที่ใกล้เคียงที่มีลักษณะทางกายภาพของหินและสภาพภูมิประเทศคล้ายคลึงกันจำนวน 2 แห่ง พบว่าแห่งที่ 1 จำแนกได้ไม่ค่อยดีเท่าที่ควร คือ มีความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 54.61 หินที่จำแนกได้ดีที่สุดในพื้นที่ทดสอบ คือ ตะกอนทางน้ำปัจจุบัน และแห่งที่ 2 จำแนกได้ค่อนข้างสูง มีความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 73.94 หินที่จำแนกได้ดีที่สุดคือ หินตะกอน จำแนกได้ร้อยละ 85.24

สรุปผล

การจำแนกชนิดโดยใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญนั้น ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมที่มากกว่าการจำแนกแบบควบคุม เงื่อนไขในการจำแนกด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญจะจำแนกได้ผลดีในชนิดหินที่มีความแตกต่างด้านสภาพภูมิประเทศ และสิ่งปกคลุมดิน เช่น ตะกอนทางน้ำ ปัจจุบันจะอยู่ใกล้เส้นทางน้ำมากกว่าตะกอนตะพักกลุ่มน้ำ และมีความลาดชันที่น้อยกว่า เมื่อลงตรวจสอบพื้นที่พบว่า ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นา พืชไร่ เช่น ข้าว โปด มันสำปะหลัง เป็นต้น และยังพบว่า เป็นเขตชุมชนที่มีประชาชนอาศัยอยู่อย่างหนาแน่นในบางพื้นที่ หินแปรส่วนใหญ่จะปกคลุมด้วยป่าไม้ สวนป่า ซึ่งจากที่ผู้วิจัยได้ลงเก็บสำรวจข้อมูลภาคสนามพบว่า ส่วนใหญ่เป็นสวนยางพารา ในเขตทางด้านทิศตะวันออก อำเภอหาดฉาง

การใช้ค่าสะท้อนพลังงานและอัตราส่วนช่วงคลื่นมาใช้ในการจำแนกยังให้ผลการจำแนกได้ไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากในพื้นที่ศึกษาปกคลุมด้วยพืชเป็นจำนวนมาก และหินต่างชนิดกันอาจจะปกคลุมด้วยพืชชนิดเดียวกันเกือบทั้งหมดเช่น ตะกอนทางน้ำปัจจุบันและตะกอนตะพักกลุ่มน้ำ เมื่อลงสำรวจพื้นที่ภาคสนามพบว่า ปกคลุมด้วยพืชไร่และพื้นที่นา ซึ่งมีการสะท้อนพลังงานที่ใกล้เคียงกัน ทำให้จำแนกชนิดหินออกจากกันได้ค่อนข้างยาก แต่จากการศึกษาความสัมพันธ์กับสภาพภูมิประเทศพบว่าอยู่ในสภาพภูมิประเทศที่ต่างกัน การใช้ข้อมูลภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมมาเป็นเงื่อนไขในการจำแนกจะช่วยให้การจำแนกได้ผลดียิ่งขึ้น

หินแปรและหินอัคนี ก็มีการสะท้อนพลังงานที่คล้ายคลึงกับหินตะกอนเช่นเดียวกัน ซึ่งจากการลงสำรวจข้อมูลภาคสนามพบว่า หินทั้งสามชนิดส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าและพืชไร่ ทำให้การสะท้อนพลังงานเป็นการสะท้อนพลังงานของพืชพรรณที่มีลักษณะคล้ายกัน การใช้อัตราส่วนช่วงคลื่นมาช่วยในการจำแนกทำให้สามารถจำแนกหินแปรได้ผลดียิ่งขึ้น

การใช้เงื่อนไขที่ได้จากการวิเคราะห์ในพื้นที่ศึกษาไปจำแนกในพื้นที่ทดสอบให้ผลได้ไม่ดีเท่าที่ควรในพื้นที่ทดสอบแห่งที่ 1 เนื่องจากมีสภาพภูมิประเทศที่แตกต่างกัน แต่สภาพแวดล้อมและสิ่งปกคลุมดินมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน และแห่งที่ 2 จำแนกได้ผลค่อนข้างดี เนื่องจากมีสภาพภูมิประเทศและสภาพแวดล้อม สิ่งปกคลุมมีลักษณะเหมือนกัน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ต่อเนื่องบริเวณรอบๆ พื้นที่ศึกษา

ข้อเสนอแนะ

1. งานวิจัยนี้มีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการนำไปใช้ในการจำแนกและสำรวจลักษณะทางธรณีวิทยาและธรณีสังฐาน และเป็นแนวทางในการนำไปจำแนกชนิดหินในพื้นที่อื่นๆ ต่อไป เนื่องจากสามารถให้ผลการจำแนกชนิดหินในพื้นที่ศึกษาค่อนข้างสูง ประกอบกับปัจจุบัน

ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีการใช้งานอย่างกว้างขวาง และสามารถสืบค้นได้ง่ายกว่าในอดีตมาก

2. การใช้เทคโนโลยีรีโมทเซนซิงและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาจำแนกข้อมูลทางธรณีวิทยาจำเป็นอย่างอย่างยิ่งที่ต้องใช้ข้อมูลที่มีความละเอียดและถูกต้อง ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลจากหลายหน่วยงาน ซึ่งแต่ละหน่วยงาน เจ้าของข้อมูลมีการกระบวนการผลิตและจัดเก็บที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดปัญหาต่างๆ เมื่อนำข้อมูลมาใช้งานร่วมกัน เช่น ความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่ง การซ้อนทับกันไม่พอดีของข้อมูล เป็นต้น ดังนั้น หากทุกหน่วยงานมีการร่วมมือหรือประสานงานด้านการผลิตและจัดเก็บข้อมูลให้เป็นระบบ มีมาตรฐานเดียวกัน จะทำให้ผลการจำแนกมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

3. งานวิจัยนี้จะเป็นแนวทางในการจำแนกชนิดหินต่อไปในอนาคตได้ หากต้องการนำเงื่อนไขในงานวิจัยไปใช้จำแนกในพื้นที่ศึกษาอื่น ควรมีการพิจารณาสภาพภูมิประเทศอื่นและสภาพแวดล้อมอื่นๆ มาเป็นเงื่อนไขเพิ่มเติม เช่น ค่าดัชนีพืชพรรณ ซึ่งจะช่วยให้สามารถจำแนกชนิดหินที่มีพืชพรรณประเภทป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่างกันปกคลุมได้ รูปแบบการระบายน้ำของพื้นที่ ซึ่งหินแต่ละชนิดก็จะมีรูปแบบการระบายน้ำที่แตกต่างกันไป เป็นต้น และทดสอบการจำแนกชนิดด้วยเทคนิควิธีอื่นเพิ่มเติม เช่น วิธีการจำแนกเชิงวัตถุ (Object-based Classification) ที่ให้ผลการจำแนกที่ดีกว่าการจำแนกด้วยจุดภาพเพียงอย่างเดียว เป็นต้น

บรรณานุกรม

- กรมทรัพยากรธรณี. (2527). *ศัพท์บัญญัติชื่อทางธรณีวิทยา*. กองธรณีวิทยา, กรมทรัพยากรธรณี.
- _____. (2550). *การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณีจังหวัดสระบุรี*. กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี.
- _____. (2551). *การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณีจังหวัดเลย*. กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี.
- _____. (2552). *แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดเลย*. วันที่ค้นข้อมูล 16 กันยายน 2555, เข้าถึงได้จาก http://library.dmr.go.th/library/DMR_Technical_Reports/2552/24032_1.pdf
- _____. (2554). *หินและวัฏจักรของหิน*. วันที่ค้นข้อมูล 12 ธันวาคม 2554, เข้าถึงได้จาก http://www.dmr.go.th/ewtadmin/ewt/dmr_web/main.php?filename=rocks
- _____. (2555). *ธรณีวิทยาประเทศไทย*. วันที่ค้นข้อมูล 22 มีนาคม 2555, เข้าถึงได้จาก http://www.dmr.go.th/ewtadmin/ewt/dmr_web/main.php?filename=index_geo
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2545). *ข้อมูลรายจังหวัดสำหรับใช้กับโปรแกรม DLDSYSTEM เวอร์ชัน 2.0*. วันที่ค้นข้อมูล 20 กุมภาพันธ์ 2556, เข้าถึงได้จาก http://www.ldd.go.th/Web_DLD_System/lddsystem/downloadddl.html
- เฉลิมชัย อุดมรัตน์. (2529). *การแปลความหมายทางธรณีวิทยาจากภาพถ่ายทางอากาศและภาพจากดาวเทียม*. กรุงเทพฯ : กรมทรัพยากรธรณี.
- ธีรเวทย์ ลิ้มโกมลวิลาศ. (2548). *ศึกษาทดลองการใช้ข้อมูลอินฟราเรดความร้อนที่ได้จากดาวเทียมแลนแซท7 เพื่อจำแนกหินปูนกับหินปูนโดโลไมต์*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาภูมิศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ปณิตา คุโณปถัมภ์. (2548). *การจำแนกลักษณะทางกายภาพของหินด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแอสเตอร์ด้วยเทคนิคการจำแนกเชิงหลักเกณฑ์*. พื้นที่ศึกษา : พื้นที่ระยอง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2554). *สถานีรับสัญญาณดาวเทียมจุฬารณณ์*. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- ราชบัณฑิตยสถาน. (2523). *พจนานุกรมศัพท์ภูมิศาสตร์ อังกฤษ - ไทย*. กรุงเทพฯ: ราชบัณฑิตยสถาน.
- _____. (2549). *พจนานุกรมศัพท์ภูมิศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ราชบัณฑิตยสถาน.
- ลลิตา ปริญญาปวิวัฒน์. (2541). *ธรณีวิทยาเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- สรรรค์ใจ กลิ่นดาว. (2550). *การสำรวจจากระยะไกล : การประมวลผลภาพเชิงเลขเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ: โอ.เอส. พรีนติ้งเฮ้าส์.
- สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. (2540). *คำบรรยายเรื่องการสำรวจจากระยะไกล*. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.
- สำนักงานจังหวัดเลย. (2555). *สภาพทั่วไปและการวิเคราะห์สภาพแวดล้อม*. วันที่ค้นข้อมูล 8 กันยายน 2555, เข้าถึงได้จาก [http:// www.loej.go.th/data/POP40.doc](http://www.loej.go.th/data/POP40.doc)
- Cherncoft, C. J., and Nash, C. R. (2001). Geological interpretation of Landsat TM imagery and aeromagnetic survey data, northern Precordillera region, Argetina. *Journal of African Earth Sciences*14 , 813-820.
- ERDAS Inc. (1999). *ERDAS IMAGINE Tour Guides*. Atlanta, Georgia, USA.
- _____. (2001). *ERDAS IMAGINE Expert Classifier Overview*. Atlanta, Georgia, USA.
- Evaristo, R. (2000). *Multispectral Satellite Image and Ancillary Data Integration for Geological Classification*. Department of Geology and Geophysics, University of Bari, Via Orabona, 4, 70125 Bari, Italy.
- Hobart, M. K. (2012). *Geology*. Retrieved July 16, 2012, from <http://geology.com>
- Na, L., Michaela, F., and Wladyslaw, A. (2009). Improvement on LANDSAT Lithologic Classification Using Rule-based Systems. 20th Annual Meeting of the Geological Remote Sensing Group (GRSG). *Geological Society of London*. Abstracts, p. 18.
- NASA. (2012). *Shuttle Radar Topography Mission: SRTM*. Retrieved June 4, 2012, from <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/cbanddataproducts.html>
- Randall, B. S. (2012). *Analyzing Hyperspectral Images*. MicroImages, Inc. USA.
- Reda, A., Timothy, K. and Abduwasit, G. (2010). Lithological mapping in the Central Eastern Desert of Egypt using ASTER data. *Journal of African Earth Sciences* 56, 75–82.
- Sabreen, G., Timothy, K. (2006). Lithological mapping in the Eastern Desert of Egypt, the Barramiya area, using Landsat thematic mapper (TM). *Journal of African Earth Sciences* 44, 196–202.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ภาพการสำรวจข้อมูลภาคสนาม

1. หินแปร สภาพภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมในบริเวณที่พบหินแปร พิกัด 48Q
E0189813 N1950862 ดังภาพที่ ก-1



ภาพที่ ก-1 สภาพแวดล้อมที่พบหินแปร (ล่าง) สภาพภูมิประเทศที่พบหินแปร (บนซ้าย) และ
ลักษณะของหินแปร (บนขวา)

2. หินอัคนี สภาพภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมในบริเวณที่พบหินอัคนี พิกัด 47Q
E0810441 N1949954 ดังภาพที่ ก-2



ภาพที่ ก-2 สภาพแวดล้อมที่พบหินอัคนี (บนขวา) สภาพภูมิประเทศที่พบหินอัคนี (ล่าง) และ
ลักษณะของหินอัคนี (บนซ้าย)

3. หินตะกอน สภาพแวดล้อมและลักษณะของหินในบริเวณที่พบหินตะกอน พิกัด 47Q E0803130 N1867487 อุทยานแห่งชาติภูกระดึง ดังภาพที่ ก-3



ภาพที่ ก-3 สภาพแวดล้อมที่พบหินตะกอน (ซ้าย) และลักษณะของหินตะกอน (ขวา)

สภาพภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมในบริเวณที่พบหินตะกอน พิกัด 47Q E0772465 N1888565



ภาพที่ ก-4 สภาพแวดล้อมที่พบหินตะกอน

4. ตะกอนทางน้ำปัจจุบัน สภาพภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมในบริเวณที่พบตะกอน
ทางน้ำปัจจุบัน พิกัด 47Q E0785438 N1920876



ภาพที่ ก-5 สภาพภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมในบริเวณที่พบตะกอนทางน้ำปัจจุบัน

สภาพภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมในบริเวณที่พบตะกอนทางน้ำปัจจุบัน พิกัด 47Q
E0802894 N1901606



ภาพที่ ก-6 สภาพแวดล้อมในบริเวณที่พบตะกอนทางน้ำปัจจุบัน

4. ตะกอนตะพังกุ่มน้ำ สภาพภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมในบริเวณที่พบตะกอน
ตะพังกุ่มน้ำ พิกัด 47Q E0798499 N1906292



ภาพที่ ก-7 สภาพภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมในบริเวณที่พบตะกอนตะพังกุ่มน้ำ

สภาพภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมในบริเวณที่พบตะกอนทางน้ำปัจจุบัน พิกัด 47Q
E0790327 N1905721



ภาพที่ ก-8 สภาพแวดล้อมในบริเวณที่พบตะกอนตะพังกุ่มน้ำ