

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง



2.1. แนวคิด และทฤษฎี

2.1.1. การประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในงานธรณีวิทยา

การประยุกต์ใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมสามารถทำได้เพิ่มมากขึ้น ตามการพัฒนาทางด้านรายละเอียดเชิงพื้นที่ ตลอดจนรายละเอียดเชิงคลื่น ยกตัวอย่างเช่น การพัฒนาจากข้อมูล LANDSAT MSS ไปเป็น LANDSAT TM และ SPOT HRV ขอบได้เปรียบของการประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทางธรณีวิทยาก็คือ การครอบคลุมพื้นที่กว้างของบริเวณที่สนใจ ทำให้สามารถสกัดข้อมูลที่เป็นประโยชน์จากภาพได้มาก เช่น รูปแบบเชิงโครงสร้างแบบต่าง และรูปลักษณะเชิงคลื่น มีสองแนวทางสำหรับสกัดข้อมูลข่าวสาร คือ การสกัดรูปลักษณะเชิงเรขาคณิต โดยใช้รูปแบบทางธรณีสัณฐานวิทยา และการสกัดรูปลักษณะเชิงคลื่น โดยใช้คุณลักษณะเฉพาะตัวของการคูกคลื่นเชิงคลื่น ซึ่งมีความสัมพันธ์กับชนิดหิน โดยทั่วไปมักใช้วิธีการแปลภาพด้วยสายตา ในการสกัดข้อมูลทางธรณีวิทยาจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2540)

หลักการสำคัญในการแปล และวิเคราะห์ข้อมูลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม มีหลักการสำคัญดังต่อไปนี้

1. ระดับสี และชนิดของสี (Tone and Color) หมายถึง ความแตกต่างของสี และระดับความเข้มของสี ทั้งนี้เนื่องจากค่าสะท้อนช่วงคลื่นที่ไม่เหมือนกันของวัตถุต่างๆบนพื้นผิวโลก คุณสมบัติข้อนี้จึงมีความสำคัญในการจำแนกประเภทข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม
2. รูปร่าง (Shape) หมายถึง รูปร่างของวัตถุที่ปรากฏบนภาพ เป็นรูปร่างที่มองจากด้านบน (Top view) ของวัตถุนั้นๆ ซึ่งวัตถุบางอย่างมีรูปร่างเฉพาะตัว ที่ทำให้สามารถจำแนกออกจากพื้นที่อื่นๆ ได้โดยง่ายจากภาพถ่ายดาวเทียม เช่น ลักษณะภูมิประเทศแบบคาร์สต์ของหินปูน (Karst topography) แม่น้ำมีลักษณะเป็นเส้นยาวโค้งไปโค้งมา เป็นต้น
3. ขนาด (Size) หมายถึง ขนาดของวัตถุที่มีความสัมพันธ์กับมาตราส่วนที่ใช้แปล ขนาดช่วยให้ผู้แปลสามารถแยกวัตถุแต่ละประเภทได้ เช่น ภูเขาที่มีความสูงใหญ่กว่าเนินเขา
4. ความหยาบละเอียด (Texture) หมายถึง สภาพพื้นผิวที่มีความสม่ำเสมอต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ สิ่งปกคลุมบนพื้นที่ที่ไม่เหมือนกัน เช่น พื้นที่ที่เป็นภูเขา

จะมีความสม่ำเสมอน้อยกว่าพื้นที่ราบ ทำให้เนื้อภาพบริเวณภูเขาหยาบกว่าพื้นที่ราบ เป็นต้น

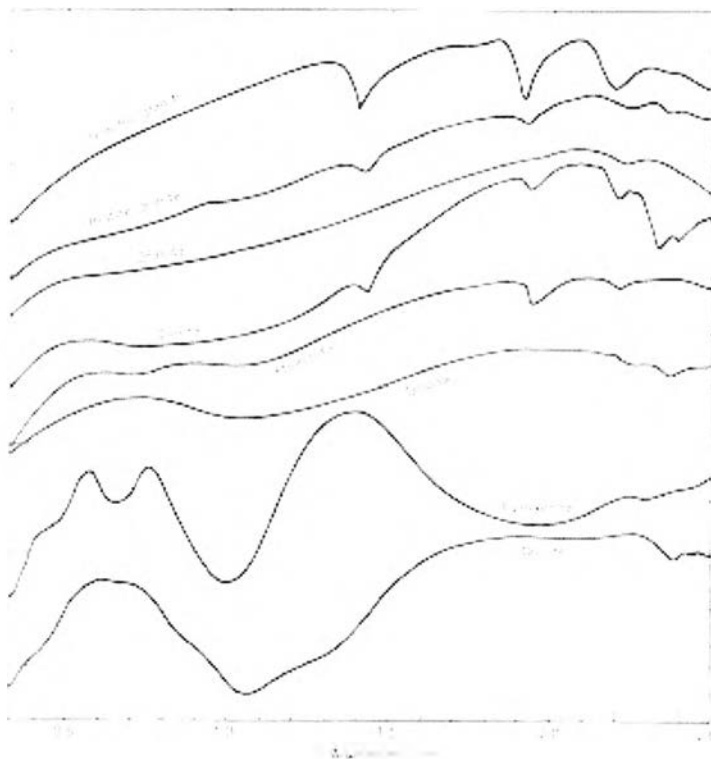
5. รูปแบบ (Pattern) หมายถึง ลักษณะการจัดตัว หรือเรียงตัวของพื้นผิวประเภทต่างๆ อันเป็นลักษณะเฉพาะตัว ทำให้เห็นเด่นชัดแตกต่างจากพื้นที่อื่นๆ เช่น พื้นที่ดินตะกอนรูปพัด รูปแบบทางน้ำ เป็นต้น
6. เงา (Shadow) หมายถึง การทอดเงา จะมีความสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ ทำให้เห็นรูปร่างลักษณะวัตถุอื่นๆ เช่น ภูเขา
7. ตำแหน่งและความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อม (Location and Contextual) หมายถึง ตำแหน่งที่อยู่เฉพาะ และสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างสายแร่กับโครงสร้างทางธรณีวิทยา เป็นต้น

2.1.2. คุณสมบัติการสะท้อนพลังงานของหินแต่ละชนิด

เนื่องจากองค์ประกอบหลักที่สำคัญของหิน คือ แร่ ดังนั้นสเปกตรัม (Spectrum) ของหินจะสัมพันธ์กับสเปกตรัมของแร่ที่ประกอบกันเป็นหินชนิดนั้น (Berry and Alan, 1980) หินแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ คือ หินอัคนี (Igneous rocks) หินชั้นหรือหินตะกอน (Sedimentary rocks) และหินแปร (Metamorphic rocks) ซึ่งหินแต่ละประเภทมีคุณสมบัติการสะท้อนพลังงานของหน่วยหินที่แตกต่างกัน

2.1.2.1 หินอัคนี (Igneous rocks) หมายถึง หินที่เกิดจากการแข็งตัวของหินหนืด (Magma) ได้เปลือกโลก ไม่ว่าจะแข็งตัวอยู่ภายในเปลือกโลก หรือพวยพื้นเปลือกโลกออกมาแข็งตัวอยู่บนผิวโลกก็ตาม (คณะอนุกรรมการจัดทำพจนานุกรมธรณีวิทยา, 2530)

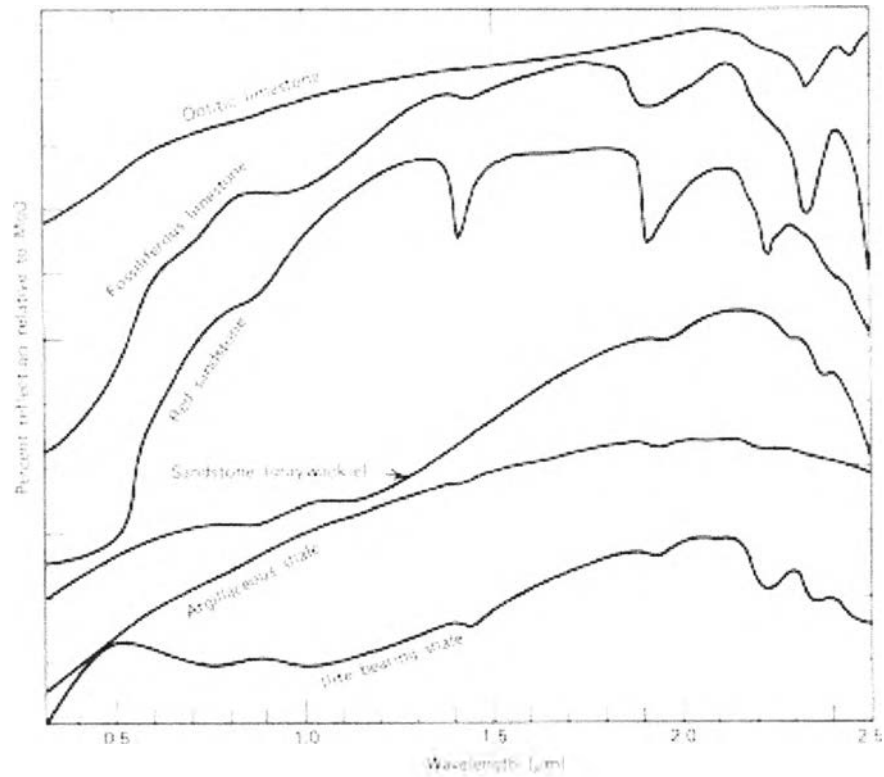
Salisbury and Hunt (1974) ทำการศึกษาการสะท้อนพลังงานของหินแต่ละประเภท พบว่าหินอัคนีที่มีความเป็นกรดสูง (High acidic composition) ซึ่งแสดงในด้านบนของรูปที่ 3 ดูดซับคลื่นช่วง 1.4, 1.9 และ 2.2 μm ได้ดี หินสีเข้มปานกลาง (Intermediate rocks) และหินสีเข้ม (Mafic rocks) มีส่วนประกอบของแร่แมกนีไทต์ (Magnetite) และเหล็กเพิ่มมากขึ้นทำให้เกิดการดูดกลืนมากในคลื่นช่วงที่ใกล้ 0.7 และ 1.0 μm ส่วนหินอัคนีสีเข้มจัด (Ultramafic rocks) มีส่วนประกอบหลักคือ Fe^{2+} และแร่ประกอบ ไพรอกซีน (Pyroxens) และโอลิวีน (Olivine) ดังนั้นคุณสมบัติในการสะท้อนพลังงานของหินประเภทนี้จะเป็นไปตามคุณสมบัติของ Ferrous iron ที่จะดูดกลืนคลื่นช่วง 1.0 μm และคลื่นช่วงใกล้ 2.0 μm เช่น หินไพรอกซีนไนต์ (Pyroxenite) ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติการสะท้อนพลังงานของหินอัคนี (Igneous rocks) (Salisbury and Hunt, 1974)

2.1.2.2 หินตะกอน (Sedimentary Rocks) หมายถึงหินที่เกิดจากการทับถมของตะกอน ตะกอนเหล่านี้เกิดจากการผุพังแตกสลายของหินอัคนี หินแปร หรือหินชั้นอายุแก่กว่า ถูกพัดพามาตกจนสะสม โดยน้ำ ลม ธารน้ำแข็ง หรือการตกตะกอนทางเคมี และหมายรวมถึงหินที่เกิดจากการสะสมของซากดึกดำบรรพ์ด้วย ตะกอนต่างๆ เหล่านี้ จะมีการสะสมตัวเป็นชั้นๆ และเมื่อมีการแข็งตัวกลายเป็นหิน ลักษณะการเรียงตัวเป็นชั้นๆ ตามลำดับอายุ ยังปรากฏให้เห็นอยู่ (คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมธรณีวิทยา, 2530)

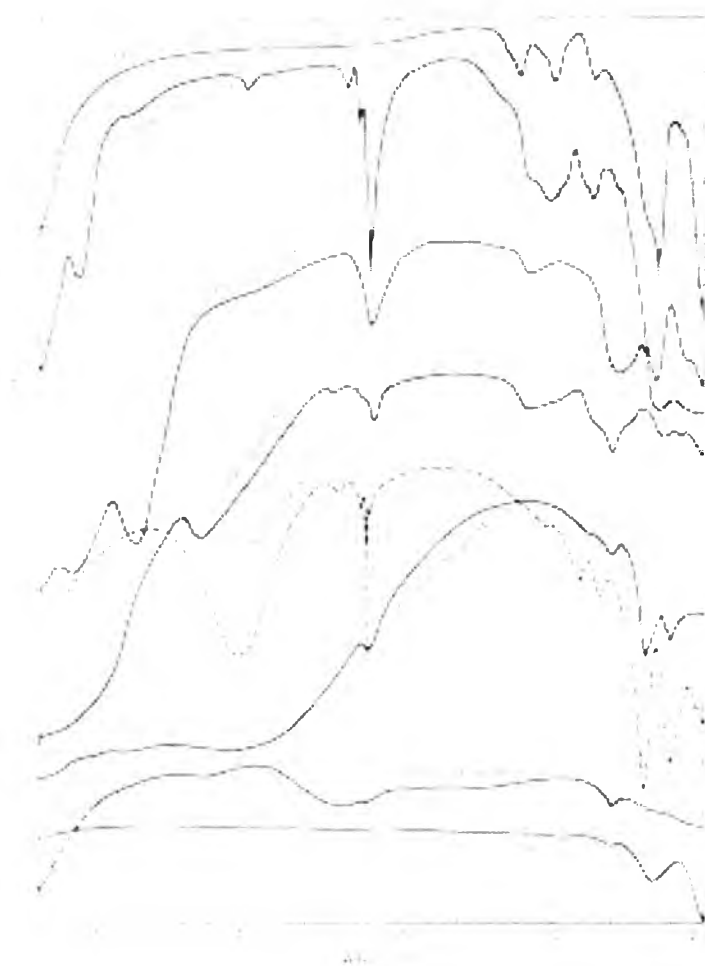
จากงานวิจัยของ Salisbury and Hunt (1974) ในการศึกษาการสะท้อนพลังงานของหินตะกอนในห้องปฏิบัติการ พบว่า หินตะกอนโดยทั่วไปจะมีองค์ประกอบของ Carbonate ซึ่งดูดกลืนคลื่นระหว่าง 1.9 – 2.3 μm โดยเฉพาะคลื่นช่วง 2.3 μm เป็นคลื่นช่วงที่ Fossiliferous limestone มีคุณสมบัติการดูดกลืนเด่นชัดที่สุด ในขณะที่หินทราย (Sandstone) ที่มีเหล็กออกไซด์สีแดง (Ferric oxide) แทรกอยู่ในเนื้อหิน (Grains) จะมีการดูดกลืนในช่วงคลื่นประมาณ 0.85 μm แต่หินทรายที่น้ำอยู่ในเนื้อหิน และมีหินปูนเป็นตัวประสาน (Calcareous cement) จะมีคุณสมบัติการดูดกลืนที่เด่นชัดในช่วงคลื่น 1.4, 1.9, 2.2 และ 2.3 μm ส่วนหินดินดาน (Shale) มีส่วนประกอบของแร่ Carbonaceous น้ำ และแร่ดิน (Clay mineral) ซึ่งมีคุณสมบัติการสะท้อนพลังงานเหมือนกับเหล็ก หินดินดานที่แสดงคุณสมบัติเด่นชัดก็คือ Illite-bearing shale



รูปที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติการสะท้อนพลังงานของหินชั้น หรือหินตะกอน (Sedimentary rocks) (Salisbury and Hunt, 1974)

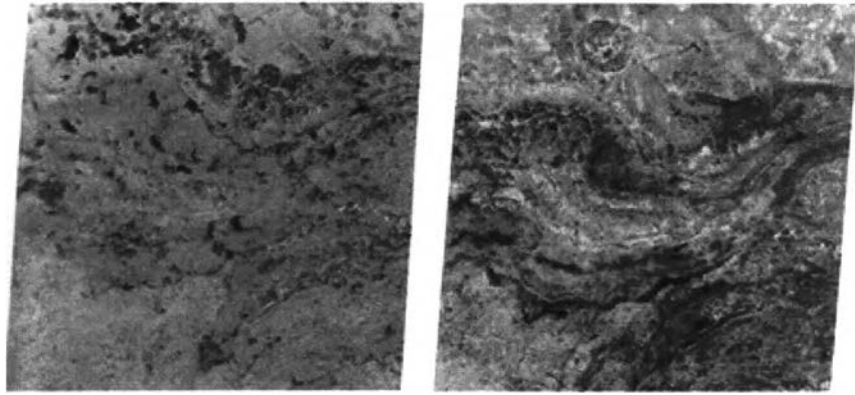
2.1.2.3 หินแปร (Metamorphic Rock) หมายถึง หินแปรสภาพไปจากหินเดิม โดยการกระทำของความร้อน ความดัน และปฏิกิริยาเคมี หินแปรบางชนิดยังแสดงเค้าเดิม บางชนิดผิดไปจากเดิมมาก จนต้องอาศัยดูรายละเอียดของเนื้อใน หรือสภาพสิ่งแวดล้อมจึงจะทราบที่มา เช่น หินดินดานแปรเป็นหินชนวน หินปูนแปรเป็นหินอ่อน (คณะอนุกรรมการจัดทำพจนานุกรมธรณีวิทยา,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

การสะท้อนพลังงานของหินแปรพวกหินอ่อน (Marble) ซึ่งมีส่วนประกอบหลักคือคาร์บอเนต (Carbonate) ที่จะมีการสะท้อนพลังงานสูงในคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near infrared) และถ้าหินแปรที่มี hydroxyl หรือน้ำอยู่มากก็จะมีการดูดกลืนมากในคลื่นช่วง 1.4 μm ส่วนหินแปรที่มี Ferrous iron จะดูดซับคลื่นช่วง 1.0 μm เช่น Hornblende schist และ Tremolite schist



รูปที่ 2.3 แสดงคุณสมบัติการสะท้อนพลังงานของหินแปร (Metamorphic rocks) (Salisbury and Hunt, 1974)

งานวิจัยนี้เป็นการจำแนกหินและตะกอน จึงเป็นการการสกัดข้อมูลโดยใช้รูปลักษณะเชิงคลื่น ซึ่งเป็นข้อมูลในรูปแบบข้อมูลเชิงตัวเลข ของค่าการสะท้อนพลังงานของวัตถุที่เครื่องรับได้รับ เนื่องจากพื้นที่ที่มีทรัพยากรธรณีส่วนใหญ่ มักจะเป็นพื้นที่ซึ่งมีพืชปกคลุมหนาแน่น ดังนั้น ข้อมูลภาพดาวเทียมที่ได้ก็จะมาจากการสะท้อนพลังงานของพืชด้วย จึงส่งผลกระทบต่อ การแปลความหมายข้อมูลภาพดาวเทียม ดังรูปที่ 2.4 ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของ ข้อมูลภาพดาวเทียมที่ถ่ายพื้นที่เดียวกัน แต่ต่างช่วงเวลา

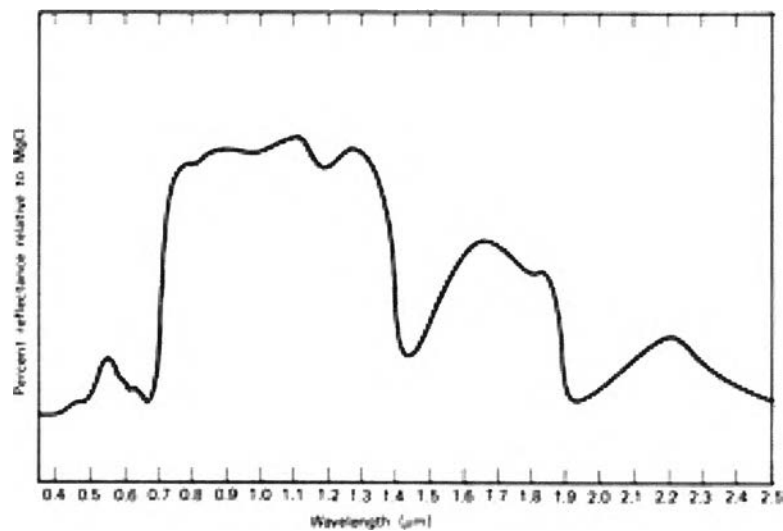


a) Dry season

b) Wet season

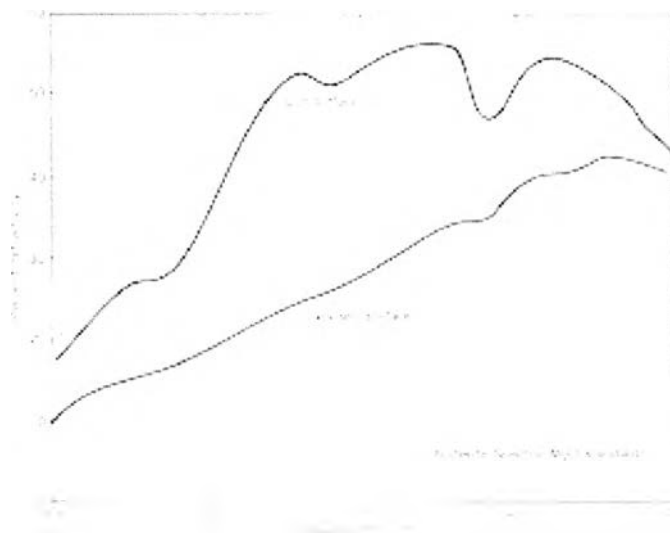
รูปที่ 2.4 แสดงข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแลนดแซท พื้นที่หิโนตงคอนบริเวม South Africa ใน 2 ช่วงเวลา คือ Dry season และ Wet season (Barry and Alan, 1980)

โดยพืชจะมีคุณสมบัติการสะท้อนพลังงาน ดังรูปที่ 2.5 จะเห็นได้ว่า ช่วงความยาวคลื่น 0.45 – 0.68 μm คลื่นจะถูกดูดกลืนโดยคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) และจะมีการสะท้อนมากในช่วงความยาวคลื่น 0.7 – 1.3 μm (Knipling, 1970)



รูปที่ 2.5 แสดงคุณสมบัติการสะท้อนพลังงานของพืชในแต่ละช่วงคลื่น (Knipling, 1970)

Longshaw (1974) ศึกษาทดลองเกี่ยวกับการแยกแ่งสี (Spectroscopy) ในแต่ละช่วงคลื่นของงานสำรวจระยะไกล พบว่าค่าการสะท้อนพลังงานของ Andesite ในพื้นที่โล่ง กับพื้นที่ปกคลุมด้วยพืช มีความแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงคุณสมบัติการสะท้อนพลังงานของ Andesite ในพื้นที่โล่ง และพื้นที่ที่มีพืชปกคลุม (Longshaw, 1974)

2.1.3. การทำสัดส่วนระหว่างข้อมูลภาพ

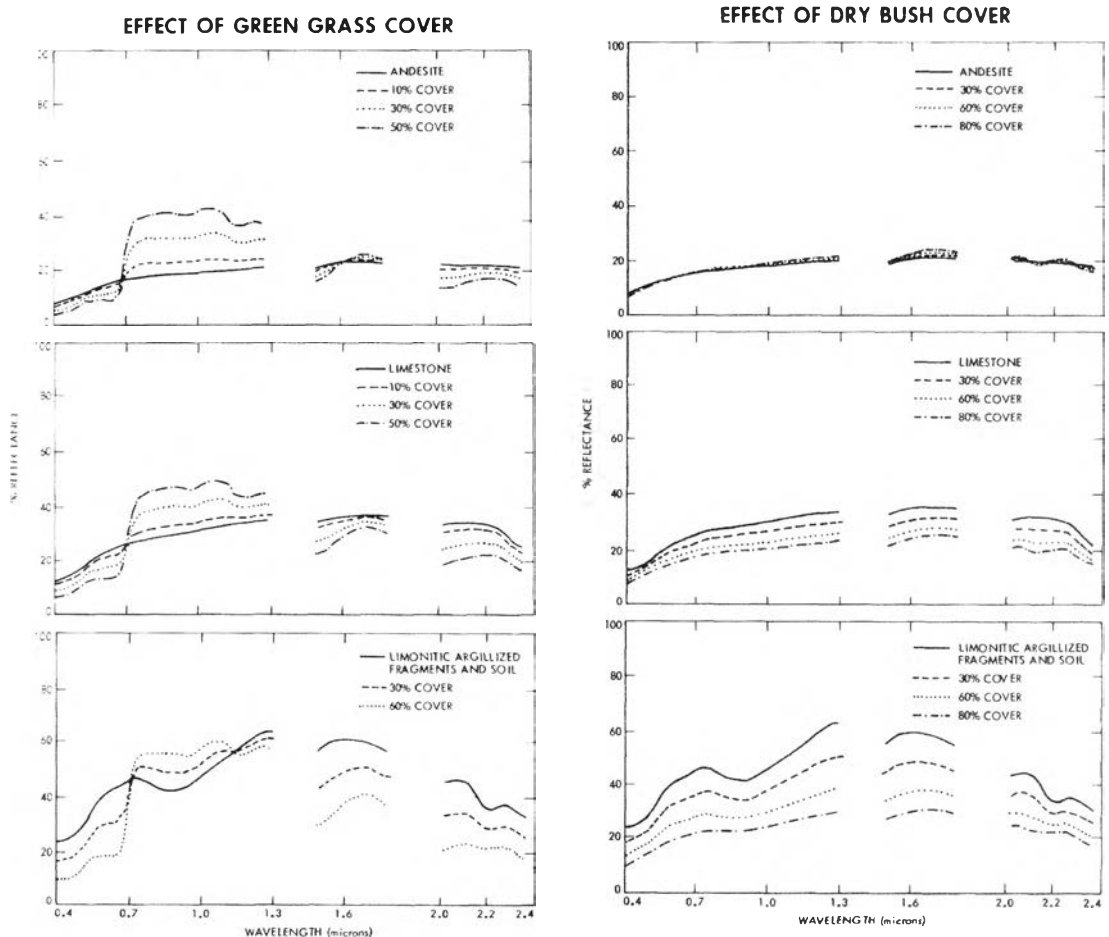
จากปัญหาของพืชปกคลุม จึงมีแนวความคิดในการแก้ปัญหาด้วยการทำสัดส่วนระหว่างข้อมูลภาพ (Image ratio) ซึ่งเป็นการคำนวณที่นำเอาช่วงคลื่น 2 ช่วงคลื่นมาทำสัดส่วนหรือหารกัน แล้วให้ผลลัพธ์เฉพาะเรื่องที่น่าสนใจศึกษา ถ้านำช่วงคลื่นเกี่ยวกับพืชพรรณมาทำสัดส่วนกัน ดังเช่น ดัชนีพืชพรรณวิธี Ratio Vegetation Index (RVI) ก็จะได้ข้อมูลเกี่ยวกับพืชพรรณ ถ้านำช่วงคลื่นตามองเห็นมาทำสัดส่วนกัน จะได้ข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุที่ดูดกลืนพลังงาน เช่น น้ำ เงามากขึ้น ถ้านำช่วงคลื่นอินฟราเรดไกลมาทำสัดส่วนกับช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น จะได้รับข้อมูลเกี่ยวกับสภาพดิน และลักษณะทางธรณีวิทยา ตัวอย่างในกรณีของดาวเทียม Landsat TM

คลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (แบนด์ 5) / คลื่นอินฟราเรดใกล้ (แบนด์ 4) ได้ข้อมูลเพิ่มเกี่ยวกับพืชพรรณและวัตถุที่สะท้อนพลังงาน (ดิน, แร่ธาตุ)

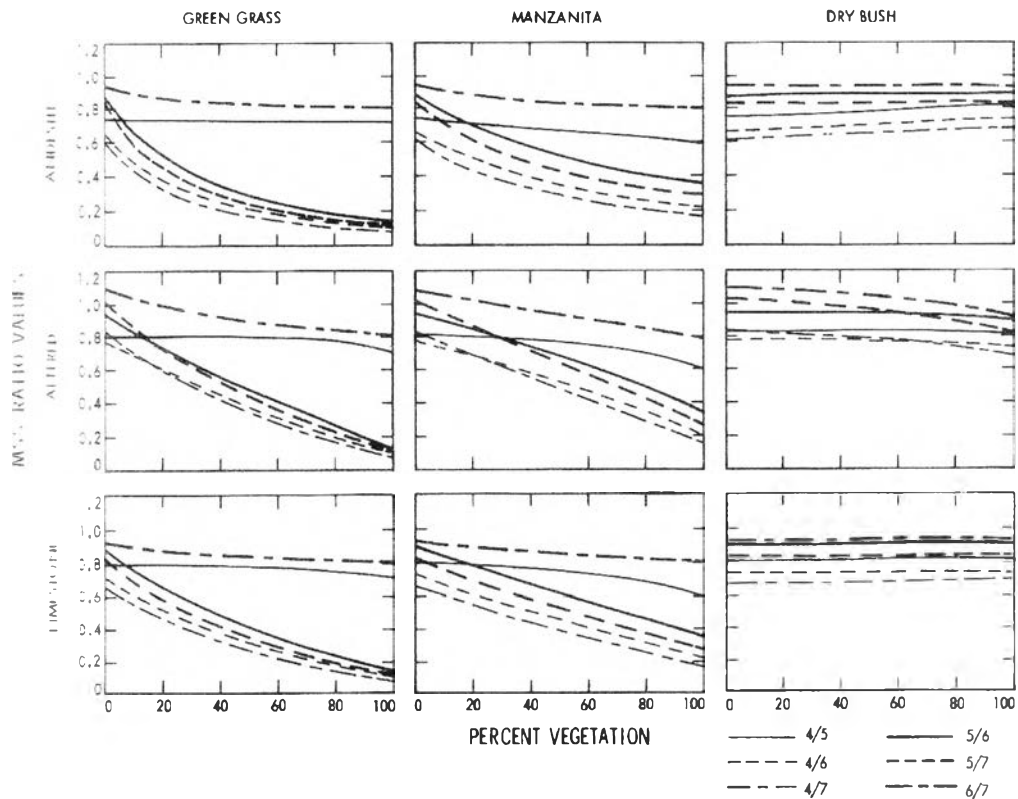
คลื่นอินฟราเรดไกล (แบนด์ 7) / คลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (แบนด์ 5) ได้ข้อมูลเพิ่มเกี่ยวกับวัตถุที่สะท้อนพลังงาน (ดิน, แร่ธาตุ) (ศุทธิณี คนตรี, 2543)

โดย Berry and Goetz (1977) ทำการศึกษาวิจัยความหนาแน่นของพืชต่อคุณสมบัติการสะท้อนพลังงานของหิน โดยทำการทดลองกับหิน 3 ชนิด คือ Andesite, Limestone และ Limestone Argillized fragments and soil ที่มีพืชปกคลุม 2 ชนิด คือ Grass และ Dry bush พบว่า บริเวณที่มีพืชปกคลุมต่างชนิด หรือความหนาแน่นของพืชที่ปกคลุมต่างกัน ย่อมส่งผลกระทบต่อค่าการสะท้อนพลังงาน ดังแสดงในรูปที่ 2.7 จะเห็นได้ว่า กรณีของพื้นที่ที่มี Green grass ปกคลุม เมื่อความหนาแน่นของพืชที่ปกคลุมเพิ่มมากขึ้น ค่าการสะท้อนพลังงานที่เครื่องรับได้รับจะใกล้เคียงกับค่าการสะท้อนพลังงานของพืช ในรูปที่ 2.5 ในขณะที่พื้นที่ที่ปกคลุมด้วย Dry brush เมื่อมีพืชปก

คลุมเพิ่มมากขึ้น ค่าการสะท้อนพลังงานที่เครื่องรับได้รับยังคงรูปลักษณะของการสะท้อนพลังงานของหินในบริเวณดังกล่าว เพียงแต่มีค่าน้อยกว่ากรณีที่ไม่มีพืชปกคลุม จากการทดลองนี้ทำให้มีทดสอบด้วยวิธีการหาอัตราส่วนช่วงคลื่นเข้ามาช่วยการแปลความหมายเพื่อลดผลกระทบของพืชที่ปกคลุม โดยทำการทดลองหาอัตราส่วนระหว่างช่วงคลื่นต่างๆ ของข้อมูลภาพแลนด์แซท พบว่าแบนด์ที่เหมาะสมคือ แบนด์ 4 / แบนด์ 5 เนื่องจากค่าอัตราส่วนระหว่างช่วงคลื่นไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แม้ว่าปริมาณ Green grass Manzanita และ Dry bush ที่ปกคลุมจะมีความหนาแน่นมากขึ้นก็ตาม ดังแสดงในรูปที่ 2.8 แต่สัดส่วนช่วงคลื่นของ Limestone และ Limestone Argillized fragments and soil มีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้ไม่สามารถแยกหินทั้งสองชนิดนี้ออกจากกันได้ และในกรณีของ Dry bush สัดส่วนช่วงคลื่นของหินทั้ง 3 ชนิด มีค่าใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่า สัดส่วนช่วงคลื่น ไม่สามารถแก้ปัญหาของพืชปกคลุมได้ทุกกรณี ทำให้เกิดแนวคิดที่จะใช้เทคนิคการจำแนกเชิงหลักเกณฑ์ (Rule-base classification) มาช่วยในการจำแนก ด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System)



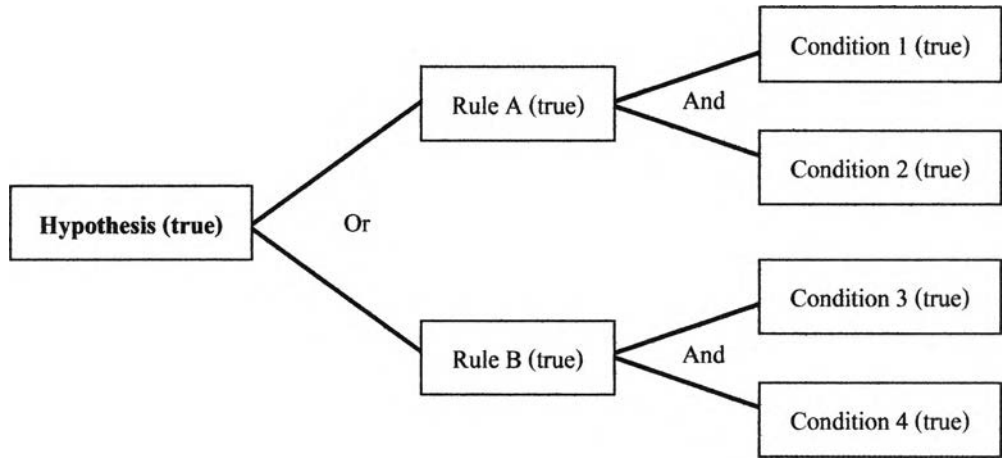
รูปที่ 2.7 แสดงคุณสมบัติการสะท้อนพลังงานของหินที่มีความหนาแน่นของพืชปกคลุม (Berry and Goetz, 1977)



รูปที่ 2.8 แสดงผลกระทบของพืชต่อการสะท้อนพลังงานในอัตราส่วนระหว่างแบนด์ต่างๆ (Berry and Goetz, 1977)

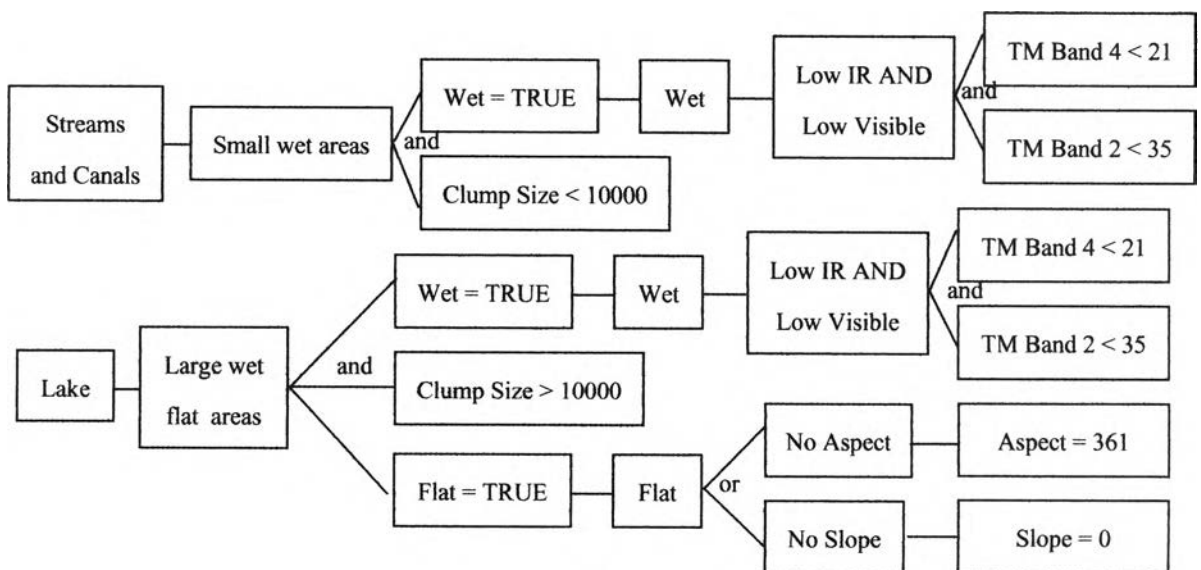
2.1.4. หลักการของเทคนิคการจำแนกเชิงหลักเกณฑ์

ระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) มีระบบการทำงานด้วยการใช้กฎเกณฑ์การจำแนก ให้ผู้ใช้สามารถสร้างเงื่อนไข หรือหลักเกณฑ์ของการจำแนกแต่ละประเภทข้อมูล จากข้อมูลประกอบอื่นๆ ร่วมกับข้อมูลภาพดาวเทียมได้ ซึ่งมีการทำงาน โดยเริ่มจากกำหนดหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนก นำมากำหนดเป็นเงื่อนไข (Condition) ในระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) ยกตัวอย่างการทำงานของระบบผู้เชี่ยวชาญ ในซอฟต์แวร์ ERDAS Imagine โมดูล Knowledge Engineer มีลำดับขั้นตอนการตัดสินใจ ดังรูปที่ 2.9 โดยมีหลักการการทำงาน คือ ตั้งสมมติฐาน (Hypothesis) เพื่อสร้างกฎการจำแนก (Rule) โดยการรวบรวมเงื่อนไข (Condition) นำเข้าข้อมูลประเภท Raster Format เพื่อนำค่าจุดภาพ เป็นตัวแปร แทนค่าในสมมติฐานที่ตั้งไว้ จุดภาพนั้นจะเป็นไปตามสมมติฐาน เมื่อจุดภาพนั้นมีค่าเป็นจริงตาม 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 (Erdas Inc., 2001)



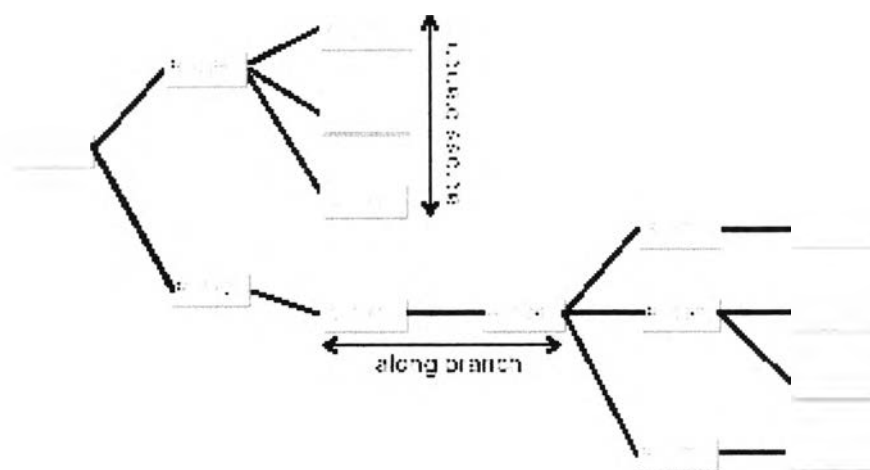
รูปที่ 2.9 แสดงขั้นตอนการทำงานของ Module Expert Engineering

ตัวอย่างกระบวนการจำแนก แม่น้ำ และทะเลสาบ ด้วยข้อมูลภาพดาวเทียมแลนดแซท ในรูปที่ 2.10 เมื่อดูจากค่าการสะท้อนพลังงานจะพบว่าข้อมูลทั้งสองประเภทมีค่าการสะท้อนที่เหมือนกัน แต่มีการใช้เงื่อนไขของจำนวนจุดภาพ และสภาพภูมิประเทศมาช่วยในการจำแนกข้อมูลทั้งสองประเภทออกจากกัน โดยแม่น้ำจะมีจำนวนจุดภาพน้อยกว่า 10000 จุดภาพ แต่ทะเลสาบจะมีความต่อเนื่องของข้อมูลมากกว่า และจะต้องมีสภาพภูมิประเทศที่เป็นพื้นราบ จุดภาพใดจะถูกจำแนกเป็นแม่น้ำ ก็ต่อเมื่อจุดภาพนั้นต้องเป็นไปตามเงื่อนไขที่ว่าพื้นที่เปียก คือค่าการสะท้อนพลังงานแบนด์ 4 น้อยกว่า 21 และแบนด์ 2 น้อยกว่า 35 และมีความต่อเนื่องของจุดภาพน้อยกว่า 10000 จุดภาพ ส่วนทะเลสาบจะมีความต่อเนื่องของจุดภาพมากกว่า และมีลักษณะเป็นพื้นราบ คือไม่มีการเอียงเท (Aspect) หรือไม่มีความชัน (Slope)



รูปที่ 2.10 ตัวอย่างการจำแนกโดยให้กฎการจำแนก (ERDAS Inc, 2001)

ลักษณะการเชื่อมโยงการทำงานของกฎการจำแนกแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะการเชื่อมโยง ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะการเชื่อมโยง ของ Module Expert Engineering (ERDAS Inc, 2001)

- Along branch เป็นการเชื่อมโยงสมมติฐาน เพื่อใช้ทดสอบคุณภาพตามหลักเกณฑ์ หรือเงื่อนไขที่กำหนด
- Across branch เป็นการเชื่อมโยงหลักเกณฑ์ หรือเงื่อนไข โดยคุณภาพที่จะผ่านตามสมมติฐานนี้จะต้องมีคุณสมบัติตามทุกเงื่อนไขที่เชื่อมโยงกันในลักษณะนี้

2.2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพดาวเทียมในงานธรณีวิทยา

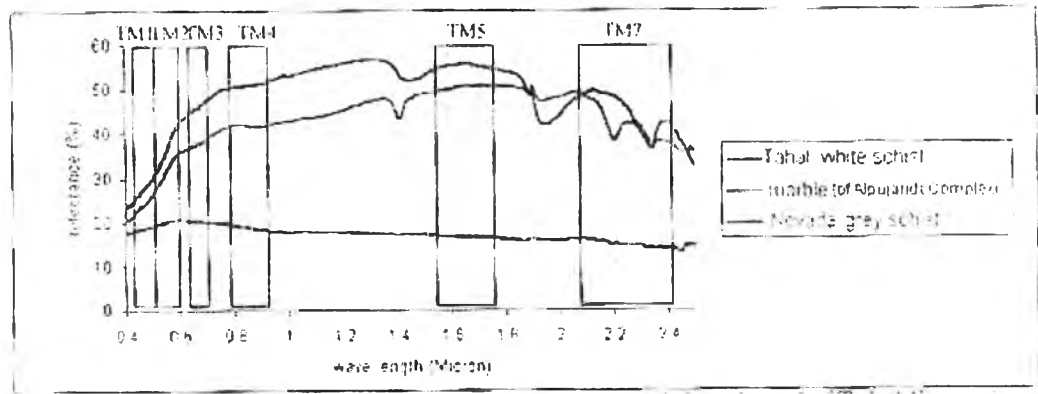
Abdeen, Thurmond, Abdelsalam and Stern (2003) ทำการศึกษาหาแนวรอยต่อ Neoproterozoic Allaqi suture พื้นที่ตอนใต้ของประเทศอียิปต์ ซึ่งแนวรอยต่อของหินในยุคนี้จะประกอบด้วย ophiolites, shelf sediments, arc volcanics และ granitoids เป็นแนว S-verging fold และ thrust belt จากการทดลองพบว่า ภาพสีผสมของข้อมูลภาพดาวเทียมแอสเตอร์ แบนด์ 7, 3 และ 1 ทำให้เห็นขอบเขตลักษณะทางกายภาพ (lithological) ได้เพียงคร่าวๆ และแสดงโครงสร้างและธรณีสัณฐาน (structural and morphological feature) ได้ดี จึงได้ทดลองทำภาพสีผสมจากภาพอัตราส่วนช่วงคลื่น เพื่อให้การจำแนกชัดเจนขึ้น และพบว่าภาพสีผสมแอสเตอร์ 4/7-4/1-2/3*4/3 และภาพสีผสม 4/7-3/4-2/1 ทั้งสองภาพจำแนก sepiintines, granites และ marble ได้ดี โดยทั้งสองภาพเทียบได้กับภาพสีผสมแลนค์เซท 5/7-5/1-3/4*5/4 ETM+ (Sultan's combination) และ 5/7-4/5-3/1 ETM+ (Abram's combination) และได้ปรับปรุงจนได้ภาพสีผสม 4/1-3/1-12/14 ซึ่งจำแนกภาพได้ดีที่สุด และเป็นภาพสีผสมครบทั้ง 3 ระบบ คือ VNIR, SWIR และ TIR

นอกจากนี้ Ren และ Abdelsalam (2003) ยังได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อหา Optimum Index Factor (OIF) ในพื้นที่เดียวกัน โดยทำการศึกษาภาพสีผสมจากทั้ง 14 ช่วงคลื่นของข้อมูลภาพแอสเตอร์ ได้ภาพสีผสมทั้งหมด 364 ภาพ พบว่าภาพสีผสม 3- 6-13 เป็นภาพสีผสมที่ค่าทางสถิติ Total Variance สูงสุด และค่า Correlation coefficient ต่ำสุด จึงเป็นภาพที่เป็น OIF และแบนด์ 3 จำแนก Serpentine, gabbro และ marble ได้ดี แบนด์ 6 และแบนด์ 8 จำแนก rhyolite, biotite, schist และ graphite ได้ดี แบนด์ 11 และแบนด์ 13 จำแนก granite ได้ดี

2.2.2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกหินด้วยข้อมูลภาพดาวเทียมในพื้นที่ที่มีพืชปกคลุม

Institute of Geology (2002) ทดลองจำแนกธรณีวิทยาในพื้นที่ Tabernas basin ซึ่งอยู่ทางตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศสเปน ในพื้นที่ศึกษามีพืชปกคลุมเล็กน้อย มีลักษณะทางธรณีประกอบด้วยหินแปร พวก Carbonate, Phyllite และ Micaschist และหินตะกอนพวก หินทรายถึง หินโคลน โดยใช้ข้อมูลหลายประเภท เวลาในการจัดทำข้อมูลและความละเอียดที่แตกต่างกัน ได้แก่ ข้อมูลภาพดาวเทียม Landsat ETM7 ทั้งแบบ Panchromatic และ Multispectral บันทึกวันที่ 29th, January 2000, ภาพถ่ายทางอากาศ มาตรฐาน 1:20,000 บันทึก January 1992 ความละเอียดจุดภาพ 2 เมตร, ข้อมูล Digital elevation model (DEM) มาตรฐาน 1:25,000 และข้อมูลภูมิประเทศ มาตรฐาน 1:1,000

การวิจัยนี้เริ่มจากการหลอมข้อมูลภาพดาวเทียม และข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ ด้วยเทคนิค IHS (Intensity Hue Saturation) เพื่อให้ได้ข้อมูลภาพหลายช่วงคลื่นที่มีความละเอียดเชิงพื้นดินสูง และนำข้อมูลภาพมาศึกษาคุณสมบัติการสะท้อนพลังงานของหินแปร ทั้ง 3 ชนิด พบว่า marble และ white micaschist ซึ่งมี CaCO_3 และ OH^- เป็นส่วนประกอบเหมือนกัน จะมีการดูดกลืนคลื่นช่วง 2.1-2.3 μm หรือแบนด์ 7 ทำให้การแบ่งแยกหินสองชนิดด้วยอัตราส่วนช่วงคลื่น TM_5/TM_7 ทำได้ยาก และช่วง TM_1 to TM_3 ได้รับอิทธิพลของ iron-oxides ทำให้ช่วงนี้กราฟมีความชันมาก ส่วน grey micaschists ซึ่งมีส่วนประกอบของ graphite สูงจึงมีการดูดซับพลังงานได้ทุกช่วงคลื่นค่าการสะท้อนพลังงานจึงต่ำทุกช่วงคลื่น ดังแสดงในรูปที่ 2.12 ดังนั้นจึงเลือกทำภาพสีผสม 7-3-1 เนื่องจากช่วงคลื่นดังกล่าว carbonates, micas and iron-oxide ซึ่งเป็นแร่องค์ประกอบของหินทั้งสามชนิด แสดงคุณสมบัติการสะท้อนพลังงานได้เด่นชัดที่สุด ทำให้ในช่วงคลื่นนี้ได้รับอิทธิพลของพืช (effects of vegetation) น้อยที่สุด

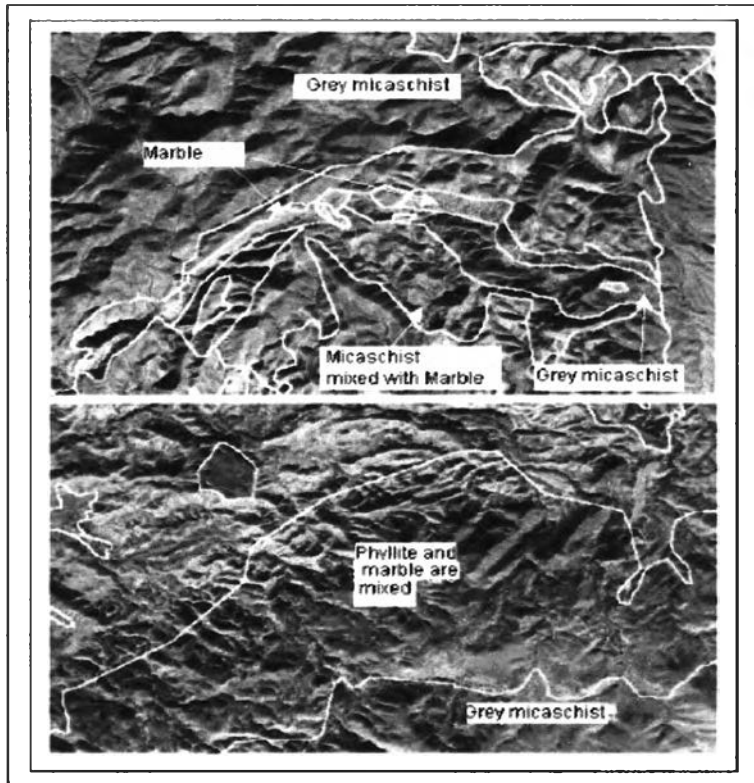


รูปที่ 2.12 แสดงคุณสมบัติการสะท้อนพลังงานของหินแปรในพื้นที่ Tabernas basin (Institute of Geology, 2002)

โดยทั่วไปการแปลความหมายข้อมูลภาพดาวเทียมจะดูจากระดับสี (Tone), ความหยาบละเอียด (Texture), รูปร่าง (Shape), รูปแบบ (Pattern), และความสัมพันธ์กันของรายละเอียดของหิน ลักษณะทางกายภาพของกายเกิด ซึ่งมีความสัมพันธ์กับสิ่งที่ปรากฏบนพื้นผิวและข้อมูลภาพ เช่น ดิน พืช การระบายน้ำ เป็นต้น ทำให้เกิดการตีความสัมพันธ์ของหินแต่ละชนิดกับข้อมูลภูมิประเทศได้ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 2.1 และนำคุณสมบัติดังกล่าวมาจำแนกหินแปร โดยการแปลความข้อมูลภาพดาวเทียมด้วยสายตา ได้ผลการจำแนกดังแสดงในรูปที่ 2.13

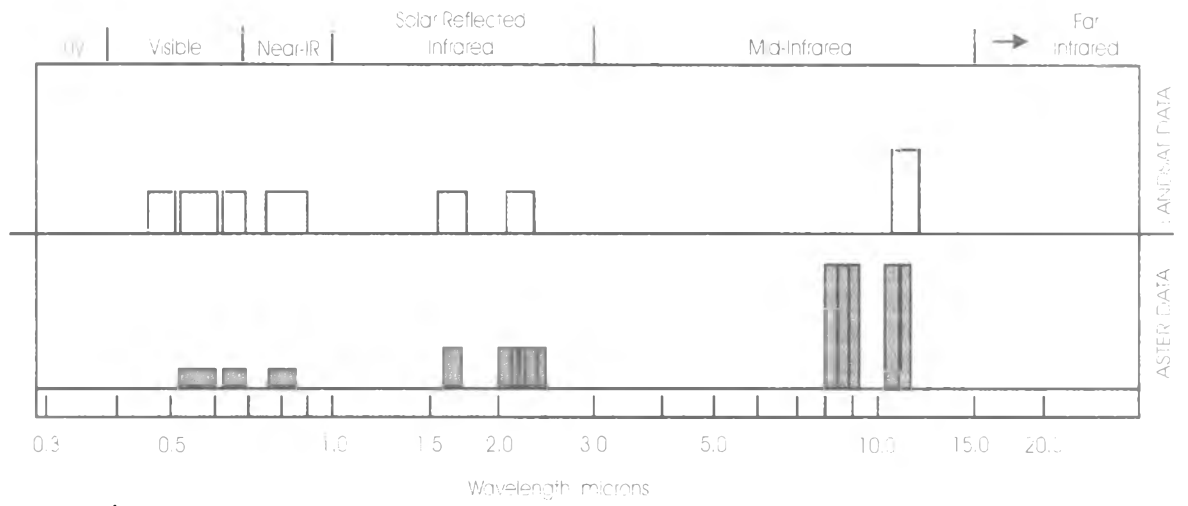
ตารางที่ 2.1 แสดงผลการศึกษาคูณสมบัติต่างๆ ของหินแปรในพื้นที่ Tabernas basin (Institute of Geology, 2002)

Rock type	Weathering	Landform	Drainage	Foliation	Vegetation	Spectral character
Grey schist	Incompetent	Constitutive valleys, low hill, or steep slopes	Dendritic	Strongly developed	Sparse. Soil cover often thick	Low albedo
White schist	Incompetent	Moderate slope	Low density dendritic patterns	Strongly developed	Not developed. Soil cover thin	Prominent absorption bands in 2.1-2.3mm
Phyllite	Incompetent	Steep slope	Parallel	Strongly developed	Sparse. Soil cover thick	Low albedo
Marble	Resistant	Banding or rounded surface scarps	Coarse	Not seen.	No vegetation Soil cover thin	Absorption band at 2.35m m (CaCO ₃).



รูปที่ 2.13 แสดงการจำแนกหินแปร ในพื้นที่ Tabernas basin (Institute of Geology, 2002)

จากทฤษฎีค่าการสะท้อนพลังงานจะเห็นได้ว่า ค่าการสะท้อนพลังงานไม่สามารถนำมาใช้ในการจำแนกหินในพื้นที่ที่มีพืชปกคลุมได้โดยตรง จึงเกิดแนวคิดการหาอัตราส่วนช่วงคลื่น (Band Ratio) เพื่อลดปัญหาอิทธิพลของพืชปกคลุม (Vegetable effect) ซึ่งเป็นการทดสอบกับพื้นที่ที่มีสิ่งปกคลุมเพียงชนิดเดียว แต่ในสภาพความเป็นจริง ในพื้นที่หินประเภทเดียวกัน จะมีสิ่งปกคลุมมากกว่าหนึ่งชนิด ทำให้อัตราส่วนช่วงคลื่นของหินแต่ละประเภทไม่มีเอกลักษณ์เฉพาะ การจำแนกหินแต่ละประเภทจึงทำได้ยาก จำเป็นต้องใช้ข้อมูลภูมิประเทศ และคุณสมบัติทางธรณีวิทยาของหินแต่ละประเภทมาช่วยในการจำแนกด้วยเทคนิคการจำแนกเชิงหลักเกณฑ์ (Rule-Base Classification Technique) โดยจะทำการทดสอบการจำแนกหิน และตะกอน 5 ชนิด ได้แก่ ตะกอนทางน้ำปัจจุบัน ตะกอนตะพักน้ำ หินแปร หินตะกอน และหินอัคนีในพื้นที่ระยอง กับข้อมูลภาพดาวเทียมแอสเตอร์ เนื่องจากระบบการบันทึกข้อมูลของแอสเตอร์มีความละเอียดมากกว่าระบบการบันทึกข้อมูลของแลนดแซท (Landsat) โดยเฉพาะคลื่นช่วง 2 - 2.5 μm ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมในการบ่งชี้องค์ประกอบแร่ของหินแต่ละชนิดได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะหินที่มีองค์ประกอบของแร่เหล็ก การบันทึกข้อมูลของแอสเตอร์ มีการแบ่งช่วงคลื่นการบันทึกออกเป็น 5 ช่วงคลื่น ดังแสดงในรูปที่ 2.14 แต่การบันทึกข้อมูลของแลนดแซทมีเพียงช่วงคลื่นเดียว ระบบการบันทึกข้อมูลที่มีหลายช่วงคลื่นจะทำให้การจำแนกมีความถูกต้องแม่นยำมากกว่า ในงานวิจัยนี้จึงเลือกข้อมูลภาพแอสเตอร์มาทำการจำแนก



รูปที่ 2.14 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของการบันทึกข้อมูลแลนด์แซท และแอสเตอร์