

การศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับการกระจายตัวของคราบเกลือ
ด้วยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ ในอำเภอขามทะเลสอ จังหวัดนครราชสีมา
The Study of Interaction between Electromagnetic Waves and
Distribution of Soil Salt Crust using Geo-informatics Technology in Kham
Thale So District, Nakhon Ratchasima Province.

วีระยุทธ คชวรรณ (Weerayut Kochawan)¹

ภัทธพร สร้อยทอง (Phattraporn Soyton)²

นฤมล อินทรวีเชียร (Narumon Intarawichain)³

ปริญ หล่อพิทยากร (Parin Lopittayakorn)⁴

อีเมล weerayut.kochawan@gmail.com โทรศัพท์ 0955179072

(Received: July 11, 2022; Revised: October 20, 2022; Accepted: November 22, 2022)

บทคัดย่อ

การศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับการกระจายตัวของคราบเกลือด้วยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ อำเภอขามทะเลสอ จังหวัดนครราชสีมา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะปฏิสัมพันธ์และลักษณะการกระจายตัวของคราบเกลือกับพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Spectral Signature) จากข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซต 8 (LANDSAT-8) โดยในการวิจัยครั้งนี้ ศึกษาจาก 4 ช่วงคลื่น ได้แก่ ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน สีเขียว สีแดง และอินฟราเรดใกล้ ที่ผ่านกระบวนการปรับแก้เชิงเรขาคณิต กระบวนการปรับแก้เชิงคลื่น (Radiometric Correction) และการแปลงค่าหลักเลข (Digital Number: DN) เป็นค่าสะท้อนพลังงานพื้นผิวโลกที่แท้จริง (Reflectance) และจัดทำแผนที่การกระจายของคราบเกลือผิวดินจากข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซต 8 ด้วยการจำแนกแบบ spectral angle mapper

ผลการศึกษาพบว่า ลักษณะปฏิสัมพันธ์ที่มีลักษณะเฉพาะตัวของคราบเกลือกับพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ค่าสถิติการสะท้อนพลังงานที่แท้จริงของคราบเกลือ มีค่าการสะท้อนต่ำที่สุดเท่ากับ 0.1710 ในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.3281 ในแถบช่วงคลื่นสีแดง ส่วนการกระจายของคราบเกลือผิวดิน ด้วยการจำแนกแบบ Spectral Angle Mapper พบว่า ตำบลที่พบมากที่สุดคือ ตำบลหนองสรวงมีพื้นที่ 407,231 ตร.ม. คิดเป็นร้อยละ 56.52 ของพื้นที่ที่พบทั้งหมด รองลงมาได้แก่ตำบลโป่งแดง มีพื้นที่ตรวจพบคราบเกลือ 171,511 ตร.ม. คิดเป็นร้อยละ 23.81 ของพื้นที่ที่พบทั้งหมด ตำบลบึงอ้อมมีพื้นที่ตรวจพบคราบเกลือ 55,269 ตร.ม. คิดเป็นร้อยละ 7.67 ของพื้นที่ที่พบทั้งหมด ตำบลขามทะเลสอพื้นที่ตรวจพบคราบเกลือ 52,904 ตร.ม. คิดเป็นร้อยละ 7.34 ของพื้นที่ที่พบทั้งหมด และตำบลพันดุง เป็นพื้นที่ที่ตรวจพบคราบเกลือน้อยที่สุดโดยมีพื้นที่ตรวจพบคราบเกลือ 33,550 ตร.ม. คิดเป็นร้อยละ 4.66 ของพื้นที่ที่พบทั้งหมด

คำสำคัญ : การสะท้อนพลังงาน, คราบเกลือ, Spectral Angle Mapper

¹ นักศึกษาระดับมหาบัณฑิต คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

² อาจารย์ประจำคณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

³ อาจารย์ประจำคณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

⁴ อาจารย์ประจำคณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Abstract

A study of the interaction between electromagnetic waves and the distribution of soil salt crust with geospatial technology in Kham Thale So District, Nakhon Ratchasima province. The objective of this research was to study the unique interaction characteristics of soil salt crust with electromagnetic wave energy (spectral signature) from landsat-8 satellite image. In this research study from 4 band, the blue, green, red and near-infrared band with the geometric correction process. A process of radiometric correction and conversion of a digital number (DN) to the reflected true earth surface energy, and map the distribution of surface salt deposits, based on landsat-8 satellite image data using spectral angle mapper with spectral comparison classification.

The results of the study were as follows: The characteristic interaction characteristics of soil salt crust with electromagnetic wave energy statistical value of the true energy reflection of the soil salt crust. It has the lowest reflectivity of 0.1710 in the near infrared band, and the highest value was 0.3281 in the red band. The distribution of surface salt deposits by spectral angle mapper classification. It was found that the most common sub-districts were Nong Suang sub-district has an area of 407,231 square meters, representing 56.52% of the total area found, followed by Pong Dang sub-district. There was a soil salt crust area of 171,511 square meters, representing 23.81% of the total area found. Bung Or sub-district has a soil salt crust area of 55,269 square meters, representing 7.67% of the total area found. Kham Thale So sub-district, salt deposits were detected at 52,904 square meters, accounting for 7.34 percent of the total area found and Pan Dung sub-district was the area with the least soil salt crust detected, with a soil salt crust area of 33,550 square meters, accounting for 4.66 percent of the total area found.

Keywords: The Spectral Reflectance, Soil Salt Crust, Spectral Angle Mapper

บทนำ

ดินเค็ม (saline soil) คือดินที่มีเกลือละลายง่ายอยู่มากจนเป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของพืช สาเหตุที่สำคัญของการเกิดดินเค็ม คือการที่ดินได้รับเกลือที่ละลายง่ายเข้ามามากกว่าอัตราการชะละลายออกไป จึงมีการสะสมของเกลือเหล่านั้นมากขึ้นเรื่อย ๆ จนเป็นอันตรายต่อพืช (อรุณี ยูวณิคม, 2551)

การกระจายพื้นที่ดินเค็มแบ่งเป็น 1. ดินเค็มชายทะเล เกิดจากอิทธิพลของน้ำทะเลท่วมถึงหรือเคียวท่วมมาก่อน บริเวณที่มีสภาพพื้นที่เป็นที่ลุ่ม น้ำทะเลท่วมถึง วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนน้ำทะเลและน้ำกร่อย ดินบริเวณนี้จะมีค่าความชื้นของดินสูงและมีความเค็มสูง พืชพรรณที่ขึ้นในบริเวณนี้เป็นไม้ชายเลน ซึ่งทนเค็มได้ดี 2. ดินเค็มภาคกลาง เป็นพื้นที่ที่เคยมีน้ำทะเลท่วมถึงมาก่อน และเกิดจากการทับถมของตะกอนน้ำทะเลและตะกอนน้ำกร่อยอยู่ใต้ตะกอนน้ำจืด 3. ดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เกิดขึ้นจากปัจจัยจากธรรมชาติ เนื่องจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตั้งอยู่บนที่ราบสูงโคราช โดยที่ราบสูงโคราชแบ่งออกเป็น 2 แอ่งชั้นด้วยเทือกเขาภูพาน แอ่งเหนือ เรียกว่า แอ่งอุดร-สกลนคร และแอ่งใต้ เรียกว่าแอ่งโคราช-อุบล สภาพธรณีวิทยาของแอ่งส่วนใหญ่จะรองรับด้วยหมวดหินมหาสารคาม (MAHASARAKHAM FORMATION) ซึ่งมีชั้นหินเกลือแทรกสลับกับหินทราย หินทรายแป้ง และหินโคลน โครงสร้างการโค้งงอของชั้นหิน เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้ชั้นเกลือหินถูกบีบอัดและแทรกดันขึ้นมาอยู่ระดับใกล้ผิวดินเป็นอย่างมาก ชั้นเกลือหินที่ถูกตัวมาอยู่ระดับดังกล่าวได้เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการกระจายของดินเค็ม นอกจากนี้สาเหตุอีกประการที่สำคัญคือระบบการไหลของน้ำบาดาลซึ่งถูกควบคุมโดยโครงสร้างของรอยแตกและสภาพทางธรณีวิทยา โดยน้ำบาดาลจะรับน้ำเพิ่มเติมจากที่เนิน เข้าสู่ชั้นเกลือหินและละลายเกลือหิน แล้วไหลออกสู่ผิวดินโดยการควบคุมของรอยแตกรอบบริเวณโดมเกลือ (รุ่งเรือง เลิศศิริวรกุล, 2548) ส่วนสาเหตุที่สองเป็นสาเหตุที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การใช้พื้นที่เพื่อทำนาเกลือแบบตาก การทำลายพื้นที่ป่าไม้บนพื้นที่รับน้ำ (Recharge Area) การขุดคราบเกลือจากผิวดินมาต้ม มักทิ้งเศษเกลือและน้ำเกลือที่เหลือลงสู่แปลงนาและแหล่งน้ำในพื้นที่ ทำให้เกลือแพร่กระจายออกไปสร้างความเสียหายแก่พื้นที่ข้างเคียง (พรรณพิศ บ่วงนาวา, 2559) เกษตรกรที่ทำการเกษตรบนพื้นที่ดินเค็ม มักมีปัญหาในการปลูกพืช ผลผลิตลดลง หรือผลผลิตที่ได้มีคุณภาพต่ำ อันเป็นผลมาจากมีปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้อยู่ในดินในปริมาณที่สูง จนเป็นอันตรายต่อพืช ทำให้พืชเกิดอาการขาดน้ำและใบไหม้ นอกจากนี้พืชจะได้รับพิษจากธาตุที่เป็นส่วนประกอบของเกลือที่ละลายออกมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งโซเดียมและคลอไรด์ นอกจากนี้ยังมีผลทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและการสูญเสียอินทรีย์วัตถุสูงเนื่องจากมีพืชน้อยชนิดที่สามารถขึ้นได้ ทำให้ไม่มีเศษซากพืชที่จะสลายตัวให้อินทรีย์วัตถุ จึงส่งผลให้โครงสร้างดินเลว ดินแน่น รากพืชชอนไชไปได้ยาก (พิชิต ราชแบน, 2557)

การบริหารจัดการพื้นที่ดินเค็มนั้นจำเป็นต้องมีข้อมูล ที่เป็นปัจจุบัน สามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปประกอบการปฏิบัติงานและใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่เหมาะสมโดยเฉพาะเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกล ในการนำมาใช้เพื่อการศึกษาในเรื่องของดินเค็ม และเป็นวิธีที่รวดเร็วมีความถูกต้องสูงและทันต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมปัจจุบัน ดังนั้นในการศึกษาวิจัยนี้จึงนำเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลมาใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษา โดยอาศัยภูมิสัมพันธ์ที่มีลักษณะเฉพาะตัวของวัตถุบนพื้นผิวโลกและพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซต 8

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาลักษณะภูมิสัมพันธ์ที่มีลักษณะเฉพาะตัวของคราบเกลือกับพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซต 8
2. เพื่อวิเคราะห์การกระจายและจัดทำแผนที่การกระจายของคราบเกลือผิวดิน จากข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซต 8 ด้วยการจำแนกแบบ Spectral Angle Mapper กับสเปกตรัมอ้างอิง

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. ดาวเทียม Landsat 8

ดาวเทียม Landsat 8 เริ่มปฏิบัติการวันที่ 30 พฤษภาคม 2556 ภายใต้การบริหารจัดการของสำนักงานสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (United States Geological Survey) จะโคจรรอบโลกหนึ่งรอบในเวลา 99 นาทีในแนวขั้วโลกเหนือใต้ ที่ระดับความสูงจากพื้นโลกประมาณ 705 กิโลเมตร ด้วยมีการพัฒนาเทคโนโลยีที่ใหม่กว่าชุดดาวเทียมที่ผ่านมา ทำให้สามารถเก็บข้อมูลภาพได้มากขึ้นในแต่ละวันและเสถียรมากขึ้น โดยดาวเทียม Landsat 8 มาพร้อมกับสองช่วงคลื่นใหม่ที่สามารถตรวจจับเมฆและน้ำในน้ำใกล้เคียงได้ดีขึ้น ซึ่งเป็นรูปที่ถ่ายด้วยเซนเซอร์ Operational Land Imager (OLI) และ Thermal Infrared Sensor (TIRS) มีการบันทึกข้อมูล 11 ช่วงคลื่น (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2552)

ตารางที่ 1 อุปกรณ์รับรู้ของดาวเทียมแลนด์แซต 8

Band	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
Band 1 - (Coastal Aerosol)	0.43 - 0.45	30
Band 2 - (Blue)	0.45 - 0.51	30
Band 3 - (Green)	0.53 - 0.59	30
Band 4 - (Red)	0.64 - 0.67	30
Band 5 - (Near Infrared NIR)	0.85 - 0.88	30
Band 6 - (SWIR 1)	1.57 - 1.65	30
Band 7 - (SWIR 2)	2.11 - 2.29	30
Band 8 - (Panchromatic)	0.50 - 0.68	15
Band 9 - (Cirrus)	1.36 - 1.38	30
Band 10 - (Thermal Infrared - TIRS 1)	10.60 - 11.19	100
Band 11 - (Thermal Infrared - TIRS 2)	11.50 - 12.51	100

ที่มา : (UnitedStates Geological Survey, 2015)

ดาวเทียม LANDSAT 8 เป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรดวงล่าสุดในการกิจ LANDSAT Data Continuity Mission (LDCM) การกิจ LDCM ได้ออกแบบดาวเทียม LANDSAT 8 ให้มีวงโคจรแบบวงโคจรผ่านขั้วโลก (Polar Orbit) หลังจากขึ้นสู่วงโคจรแล้ว USGS เริ่มปฏิบัติการ ควบคุมดาวเทียมและ

เปลี่ยนชื่อดาวเทียมเป็น LANDSAT 8 ข้อมูลจากดาวเทียมนั้นจะถูกดาวน์โหลดไปยังสถานีรับสัญญาณภาคพื้นดินจำนวน 3 สถานี ได้แก่ เมือง Gilmore Creek รัฐอะแลสกา สหรัฐอเมริกา เมือง Svalbard ประเทศนอร์เวย์ และเมือง Sioux Falls รัฐ South Dakota สหรัฐอเมริกา (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2552)

2. ความสะท้อนเชิงสเปกตรัมของพืชพรรณ ดิน และน้ำ

พืชพรรณ ดิน และน้ำ เป็นวัตถุปกคลุมผิวโลกเป็นส่วนใหญ่ การสะท้อนพลังงานที่ความยาวช่วงคลื่นต่างกันของพืชพรรณ ดิน และน้ำ ทำให้สามารถแยกประเภทของวัตถุชนิดต่างๆ ได้ โดยวัตถุทั้งสามชนิดหลักนี้มีรูปแบบการตอบสนองต่อช่วงคลื่นต่างๆ เฉพาะตัว เรียกว่า ลักษณะบ่งชี้เชิงสเปกตรัม โดยที่ช่วงคลื่นเดียวกัน วัตถุต่างชนิดจะให้ค่าการสะท้อนพลังงานต่างกัน ขณะที่ความยาวช่วงคลื่นต่างกัน วัตถุชนิดเดียวกันจะมีความสะท้อนเชิงสเปกตรัมต่างกัน ความยาวช่วงคลื่นต่างกัน วัตถุต่างกันจะมีความสะท้อนเชิงสเปกตรัมต่างกันทำให้สามารถแยกชนิดของวัตถุได้ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน), 2552

2.1 พืชพรรณ

ในช่วงคลื่นสายตามองเห็น คลอโรฟิลล์ของใบพืชดูดกลืนพลังงานสีน้ำเงิน (0.4-0.5 ไมโครเมตร) และ สีแดง (0.6-0.7 ไมโครเมตร) แต่สะท้อนพลังงานสีเขียว (0.5-0.6 ไมโครเมตร) ดังนั้นดวงตามนุษย์จึงมองเห็นใบพืชเป็น สีเขียว ถ้าใบพืชมีอาการผิดปกติ เช่น แห้ง หรือเหี่ยว ทำให้คลอโรฟิลล์ลดลงก็จะทำให้การสะท้อนที่คลื่นสีแดงสูงขึ้นในช่วงคลื่นอินฟราเรดสะท้อน (0.7-1.3 ไมโครเมตร) การสะท้อนพลังงานของใบพืชสูงมาก คือ สะท้อนพลังงานประมาณร้อยละ 50 ของพลังงานที่ตกกระทบ ซึ่งลักษณะของการสะท้อนพลังงานนี้เป็นผลเนื่องมาจากโครงสร้างภายในใบของพืช (Cell structure) เนื่องจากพืชจะสามารถแยกชนิดจะมีลักษณะโครงสร้างภายในที่แตกต่างกัน ดังนั้นการสะท้อนพลังงานในช่วงนี้ก็จะสามารถแยกชนิดของพืชได้ แม้ว่าการสะท้อนพลังงานของพืชในช่วงคลื่นสายตามองเห็นได้จะใกล้เคียงกัน ในทำนองเดียวกันการสะท้อนพลังงานที่ความยาวคลื่นอินฟราเรดสะท้อนของพืชที่มีอาการผิดปกติทางใบ จะมีความแตกต่างไปจากการสะท้อนที่มีความยาวคลื่นเดียวกันของพืชที่สมบูรณ์กว่า ดังนั้นระบบการรับรู้จากระยะไกลสามารถบันทึกค่าสะท้อนของช่วงคลื่นนี้ได้ สามารถใช้สำรวจอาการผิดปกติของพืชได้ในช่วงคลื่นที่มีความยาวสูงกว่า 1.3 ไมโครเมตร พลังงานส่วนใหญ่จะถูกดูดกลืนหรือสะท้อนมีการส่งผ่านพลังงานน้อยมาก มักพบค่าต่ำลงที่ช่วงคลื่น 1.4 1.9 และ 2.7 ไมโครเมตร เพราะว่าในช่วงเหล่านี้ในใบพืชจะดูดกลืนพลังงาน จึงเรียกว่า ช่วงคลื่นดูดกลืนน้ำ (Water absorption bands) ดังนั้นค่าการสะท้อนพลังงานของใบพืชจึงแปรผกผันกับปริมาณน้ำในใบพืชด้วย สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน), 2552

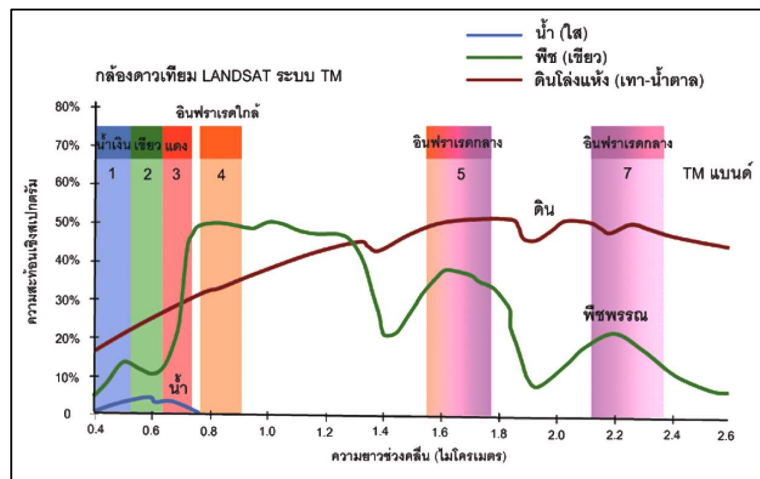
2.2 ดิน

ความสัมพันธ์ระหว่างการสะท้อนพลังงานของดินกับความยาวคลื่นมีความแปรปรวนน้อย ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการสะท้อนพลังงานของดิน คือ ความชื้นในดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ เนื้อดิน ปริมาณเหล็กออกไซด์ และความขรุขระของผิวดิน ปัจจัยดังกล่าวมีความซับซ้อน และสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน เช่น ลักษณะเนื้อดิน มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำในดิน ดินทรายหยาบมีการระบายน้ำดีจะสะท้อนพลังงานสูง ดินละเอียดมีการระบายน้ำเลวจะสะท้อนพลังงานต่ำ ดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูงจะมีสีคล้ำ ดูดกลืนพลังงานสูง ในช่วงคลื่นสายตามองเห็น เช่นเดียวกับดินที่มีเหล็กออกไซด์ในปริมาณสูง จะปรากฏเป็นสีเข้ม เนื่องจากการสะท้อนพลังงานลดลง ความขรุขระของผิวดินมากก็จะทำให้การสะท้อนของพลังงานลดลงเช่นเดียวกัน

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน), 2552

2.3 น้ำ

โดยทั่วไปน้ำมีคุณสมบัติดูดกลืนพลังงาน อย่างไรก็ตามน้ำมีหลายประเภทซึ่งจะทำให้การดูดกลืนพลังงานแตกต่างกันไป การสะท้อนพลังงานของน้ำมีลักษณะต่างจากวัตถุอื่นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในช่วงคลื่นอินฟราเรด น้ำจะดูดกลืนพลังงานอย่างสมบูรณ์ทำให้สามารถเขียนขอบเขตของน้ำได้ เนื่องจากน้ำที่ปรากฏอยู่บนผิวโลกมีหลายสภาพด้วยกัน เช่น น้ำขุ่น น้ำใส หรือน้ำที่มีสารแขวนลอยต่างๆ เจือปน ดังนั้นการสะท้อนพลังงานจึงแตกต่างกันออกไป บางครั้งพื้นที่ที่รองรับน้ำอาจมีผลต่อการสะท้อนพลังงานของน้ำ น้ำใสจะดูดกลืนพลังงานเล็กน้อยในช่วงคลื่นต่ำกว่า 0.6 ไมโครเมตร การส่งผ่านพลังงานเกิดขึ้นสูงในช่วงคลื่นแสงสีน้ำเงิน เขียว แต่น้ำที่มีตะกอนหรือมีสิ่งเจือปนการสะท้อนและการส่งผ่านพลังงานจะเปลี่ยนไป เช่น น้ำที่มีตะกอนดินแขวนลอยอยู่มาก จะสะท้อนพลังงานได้มากกว่าน้ำใส ถ้ามีสารคลอโรฟิลล์ในน้ำมากขึ้น การสะท้อนช่วงคลื่นสีน้ำเงินจะลดลงและจะเพิ่มขึ้นในช่วงคลื่นสีเขียว ซึ่งอาจใช้เป็นประโยชน์ในการติดตามและคาดคะเนปริมาณสาหร่าย นอกจากนี้ข้อมูลการสะท้อนพลังงานยังเป็นประโยชน์ในการสำรวจคราบน้ำมัน และมลพิษจากโรงงานได้ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน), 2552



ภาพที่ 1 ลายเซ็นเชิงคลื่นของน้ำ ดิน และพืชพรรณ

ที่มา : สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน), 2552

3. การจำแนกข้อมูลด้วยวิธีการจำแนกแบบ Spectral Angle Mapper

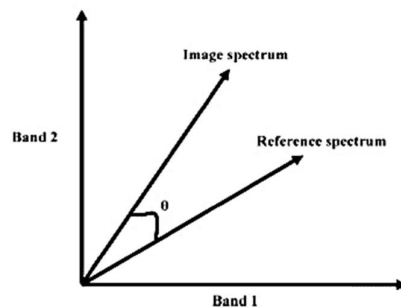
Mohajane et al. (2017) กล่าวว่า อัลกอริทึมการจำแนกประเภท Spectral Angle Mapper เป็นเทคนิคการจำแนกประเภทภายใต้การกำกับดูแล ขึ้นอยู่กับการกำหนดพื้นที่ศึกษา สเปกโตรมิเตอร์ (spectrometer) ภาพจากการสำรวจระยะไกลที่มีข้อมูลภาคสนามเพียงพอ หรือจากห้องสมุดสเปกตรัม (spectral libraries)

Spectral Angle Mapper เป็นวิธีการที่ง่ายและรวดเร็ว โดยการกำหนดความคล้ายคลึงกันของสเปกตรัมระหว่างสเปกตรัมของภาพกับสเปกตรัมการสะท้อนอ้างอิงและขึ้นอยู่กับจำนวนแบนด์ที่ใช้ใน

ภาพที่ประมวลผล ค่ามุมเล็กจะบ่งชี้ความคล้ายคลึงกันมากระหว่างพิกเซลและสเปกตรัมอ้างอิง Spectral Angle Mapper สามารถแสดงได้ด้วยสมการดังนี้

$$\alpha = \cos^{-1} \frac{\sum XY}{\sqrt{\sum(X)^2 \sum(Y)^2}} \quad (1)$$

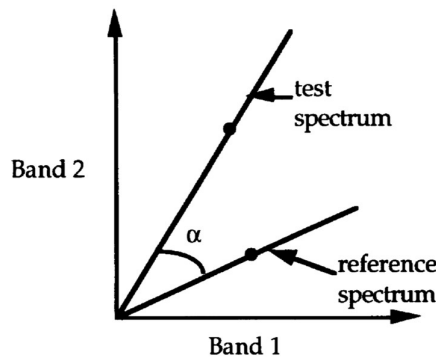
โดยที่ α คือมุมที่เกิดขึ้นระหว่างสเปกตรัมอ้างอิงและสเปกตรัมของภาพ X คือสเปกตรัมของภาพ และ Y คือสเปกตรัมอ้างอิง พิกเซลจะถูกกำหนดคลาสตามค่ามุมสเปกตรัมที่ต่ำที่สุด พิกเซลที่มีการวัดค่ามากกว่าเกณฑ์ มีความแตกต่างสูง จะไม่ถูกจัดประเภท



ภาพที่ 2 มุมสเปกตรัมที่เกิดขึ้นระหว่างสเปกตรัมอ้างอิงและสเปกตรัมของภาพ
ที่มา : Mohajane et al., 2017

Kruse et al. (1993) กล่าวว่า Spectral Angle Mapper เป็นเครื่องมือที่สามารถทำแผนที่ได้อย่างรวดเร็วด้วยความคล้ายคลึงกันของสเปกตรัมภาพกับสเปกตรัมอ้างอิง สเปกตรัมอ้างอิงสามารถหาได้ทั้งจากห้องปฏิบัติการโดยการแยกจากภาพ หรือการเก็บสเปกตรัมจากสนาม

วิธีนี้อันุมานว่าข้อมูลถูกลดขนาดเป็น "การสะท้อนพลังงานที่แท้จริง" อัลกอริธึมกำหนดความคล้ายคลึงของสเปกตรัมระหว่างสองสเปกตรัมโดยการคำนวณ "มุม" ระหว่างสเปกตรัมทั้งสอง ถือว่าเป็นเวกเตอร์ในช่องว่างที่มีมิติเท่ากับจำนวนแถบ (nb) ซึ่งสามารถอธิบายสิ่งนี้ได้โดยการพิจารณา สเปกตรัมอ้างอิงและสเปกตรัมทดสอบจากข้อมูลสองแถบที่แสดงบนพล็อตสองมิติเป็นสองจุดพล็อต สเปกตรัมอ้างอิงและสเปกตรัมทดสอบภาพสองแบนด์ วัสดุชนิดเดียวกันที่มีความสว่างต่างกันแสดงโดยเวกเตอร์ที่เชื่อมกับแหล่งกำเนิด(ไม่มีแสงสว่าง) และฉายผ่านจุดที่แสดงสเปกตรัมที่แท้จริง



ภาพที่ 3 พล็อตสเปกตรัมอ้างอิงและสเปกตรัมทดสอบ
ที่มา : Kruse et al., 1993

เส้นที่เชื่อมต่อแต่ละจุดสเปกตรัมและแหล่งกำเนิดมีตำแหน่งที่เป็นไปได้ทั้งหมดสำหรับวัสดุแต่ละชนิด ซึ่งสอดคล้องกับช่วงของการส่องสว่างที่เป็นไปได้ พิกเซลที่สว่างน้อยจะอยู่ใกล้กับจุดกำเนิด (จุดมืด) มากกว่าพิกเซลที่มีลายเส้นสเปกตรัมเดียวกัน แต่มีแสงสว่างมากกว่า อย่างไรก็ตาม จะสังเกตได้ว่ามุมระหว่างเวกเตอร์จะเท่ากันโดยไม่คำนึงถึงความยาวอัลกอร์ิทึม Spectral Angle Mapper

การคำนวณประกอบด้วยการหาอาร์คโคไซน์ของดอทโปรดักของสเปกตรัม Spectral Angle Mapper กำหนดความคล้ายคลึงของการทดสอบสเปกตรัม t ถึงสเปกตรัมอ้างอิง r โดยใช้สมการต่อไปนี้

$$\cos^{-1} \left(\frac{\vec{t} \cdot \vec{r}}{\|\vec{t}\| \cdot \|\vec{r}\|} \right), \quad (2)$$

ซึ่งสามารถเขียนได้เป็น

$$\cos^{-1} \left(\frac{\sum_{i=1}^{nb} t_i r_i}{\left(\sum_{i=1}^{nb} t_i^2 \right)^{1/2} \left(\sum_{i=1}^{nb} r_i^2 \right)^{1/2}} \right), \quad (3)$$

โดยที่ nb = จำนวนแบนด์

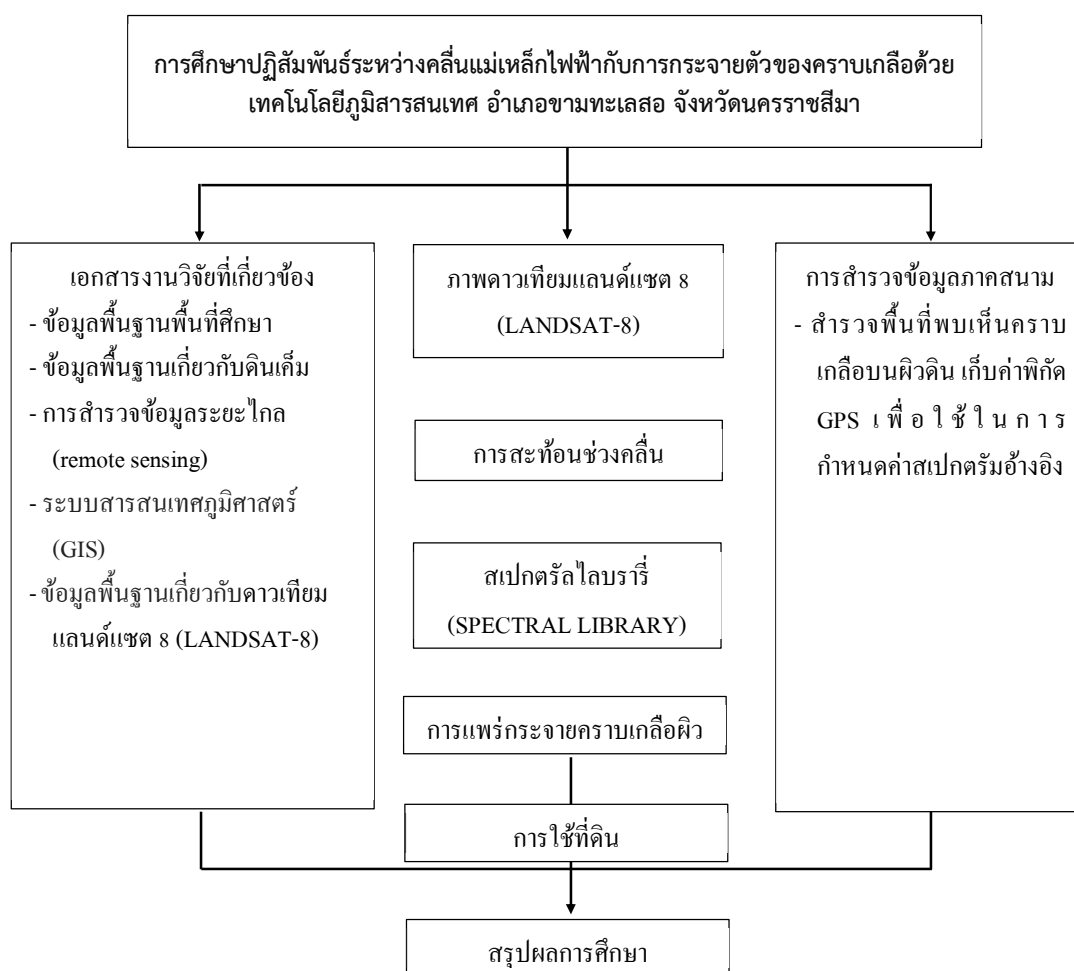
ที่มา : Kruse et al., 1993

การวัดความคล้ายคลึงกันนี้ไม่คำนึงถึงปัจจัยที่ได้รับ เนื่องจากมุมระหว่างเวกเตอร์สองตัวไม่แปรผันตามความยาวของเวกเตอร์ ผลที่ได้คือ สเปกตรัมในห้องปฏิบัติการสามารถเปรียบเทียบได้โดยตรงกับสเปกตรัมการสะท้อนแสงที่ปรากฏที่ข้อมูลการสำรวจระยะไกล (Kruse et al., 1993)

Cambell and Wynne. (2011) กล่าวว่า Spectral Angle Mapper เป็นวิธีการจำแนกที่สามารถใช้ได้กับการจำแนกข้อมูลดาวเทียม ทั้งในระบบบันทึกภาพแบบมัลติสเปกตรัลและไฮเปอร์สเปกตรัล โดยการหาความสัมพันธ์ ระหว่างค่าของจุดภาพในพื้นที่กับตำแหน่งของจุดภาพ ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วย

เวกเตอร์ที่มีมุมสัมพันธ์กับแกนวัด หรือตำแหน่งของจุดภาพเทียบกับจุดภาพอ้างอิง เช่น ข้อมูลตัวแทน (Training Data) สามารถประเมินได้โดยการประเมินความแตกต่างระหว่างมุมของสองเวกเตอร์ มุมที่มีขนาดเล็ก แสดงถึงความคล้ายคลึงกันของจุดภาพและมุมที่มีขนาดใหญ่แสดงถึงความคล้ายคลึงกันที่น้อยลง Spectral Angle Mapper แตกต่างจากวิธีการจำแนกตามปกติเพราะเปรียบเทียบแต่ละจุดภาพในภาพกับแต่ละชั้นของสเปกตรัมอ้างอิง จากนั้นกำหนดค่าระหว่าง 0 (ความคล้ายคลึงกันน้อย) และ 1 (ความคล้ายคลึงกันมาก) กับแต่ละพิกเซล ประสิทธิภาพในการจำแนกจะยึดตามสมมติฐานที่ว่าแต่ละจุดภาพกำลังถูกเปรียบเทียบกับสเปกตรัมที่แท้จริง

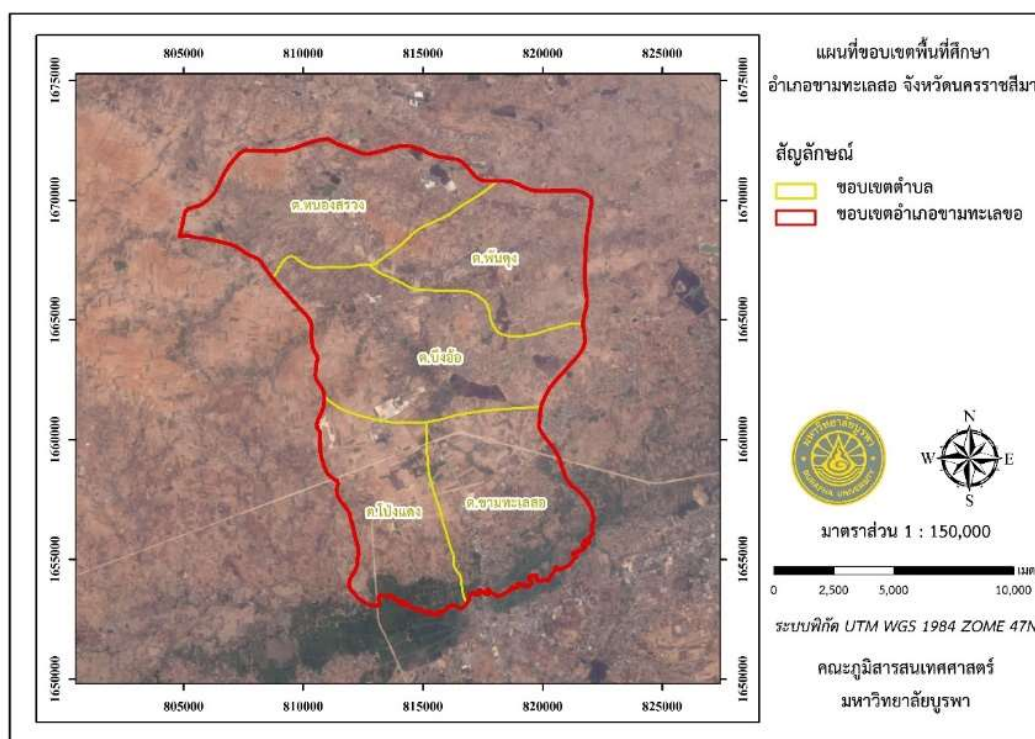
กรอบแนวคิดการวิจัย



วิธีการศึกษา

1. การจัดเตรียมข้อมูล (Pre-processing)

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้กำหนดพื้นที่ศึกษาในพื้นที่ทั้ง 5 ตำบลของอำเภอขามทะเลสอ จังหวัดนครราชสีมา ประกอบด้วย ตำบลขามทะเลสอ ตำบลโป่งแดง ตำบลพินดุง ตำบลหนองสรวง และตำบลบึง โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-8 ระบบ Operational Land Imagery (OLI) รายละเอียดภาพ 30x30 เมตร บันทึกภาพเมื่อวันที่ 25 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562 Path-128 Row-050 ที่ผ่านโดยผ่านการปรับแก้เชิงเรขาคณิตแล้ว มาใช้ในการศึกษาวิจัย ซึ่งจะประกอบด้วย 11 ช่วงคลื่น แต่จะนำมาใช้ในการศึกษารั้งนี้เพียง 4 ช่วงคลื่น ได้แก่ ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน มีความยาวคลื่น 0.45 – 0.51 ไมโครเมตร ช่วงคลื่นสีเขียว มีความยาวคลื่น 0.53 – 0.59 ไมโครเมตร ช่วงคลื่นสีแดง มีความยาวคลื่น 0.64 – 0.67 ไมโครเมตร ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ มีความยาวคลื่น 0.85 – 0.88 ไมโครเมตร ภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-8 แสดงขอบเขตพื้นที่ศึกษา

เมื่อได้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านกระบวนการปรับแก้เชิงเรขาคณิตแล้ว จึงนำข้อมูลที่ได้ไปทำการปรับแก้เชิงคลื่น (Radiometric Correction) ซึ่งเป็นกระบวนการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของค่าระดับสีเทาซึ่งเกิดจากความแตกต่างระหว่างพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่เปล่งออกจากวัตถุหรือสะท้อนกลับจากวัตถุ กับพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่วัดได้โดยอุปกรณ์บันทึกบนดาวเทียมจากวัตถุชนิดเดียวกัน และการแปลงค่าหลักเลข (Digital Number: DN) เป็นค่าสะท้อนพลังงานพื้นผิวโลกที่แท้จริง (Reflectance) โดยนำค่าหลักเลข (Digital Number) มาแปลงเป็นค่าการสะท้อนพลังงาน ที่ผ่านการปรับแก้ด้วยมุมของความสูงดวงอาทิตย์ (Sun Elevation) ด้วยสูตรการคำนวณ ดังสมการที่ 4 และ 5 ตามลำดับ (UnitedStates Geological Survey, 2015) ดังนี้

$$\rho\lambda = Mp*Qcal + A\rho \quad (4)$$

เมื่อ	$\rho\lambda$	คือ ค่าการสะท้อน
	Mp	คือ ค่า Reflectance Multi Band
	$A\rho$	คือ ค่า Reflectance Add Band
	$Qcal$	คือ ค่าดิจิทัลของเลขของแต่ละจุดภาพ

$$\rho\lambda = \frac{\rho\lambda'}{\cos(\theta_{SE})} = \frac{\rho\lambda'}{\cos(\theta_{SZ})} \quad (5)$$

เมื่อ	$\rho\lambda$	คือ ค่าการสะท้อนรังสี (TOA Planetary Reflectance)
	θ_{SE}	คือ ค่ามุมของความสูงดวงอาทิตย์
	θ_{SZ}	คือ $90^\circ - \theta_{SE}$

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม

การเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม เป็นศึกษาสภาพแวดล้อมของการเกิดคราบเกลือ และบันทึกค่าพิกัดในตำแหน่งที่พบการเกิดคราบเกลือด้วยเครื่องกำหนดตำแหน่งบนโลก (GPS) เพื่อนำใช้ในการกำหนดพื้นที่ตัวแทน และนำมาใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะการสะท้อนพลังงานของคราบเกลือต่อไป

ผลการวิจัย

1. ลักษณะภูมิสัมพันธ์ที่มีลักษณะเฉพาะตัวของคราบเกลือกับพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จากข้อดาวเทียมแลนด์แซต 8 พบว่าเมื่อพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านชั้นบรรยากาศมาตกกระทบกับคราบเกลือหรือผลึกเกลือที่กระจายอยู่ในพื้นที่ศึกษา จะเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับคราบเกลือหรือผลึกเกลือ กล่าวคือ พลังงานบางส่วนจะถูกคราบเกลือหรือผลึกเกลือในพื้นที่ศึกษาดูดซับไว้ และส่งผ่านพลังงานไปยังพื้นดิน พลังงานส่วนจะมีการสะท้อนกลับไปยังเซนเซอร์ (Sensors) บันทึกข้อมูลที่อยู่บนดาวเทียม ระบบบันทึกพลังงานจะทำการบันทึกค่าพลังงานสะท้อนกลับนั้น

ค่าการสะท้อนช่วงคลื่นของคราบเกลือที่ถูกบันทึกข้อมูลไว้เมื่อแปลงค่าหลักเลข (Digital Number) เป็นค่าการสะท้อนพลังงานจากผิวโลกที่แท้จริง พบว่า ในช่วงความยาวคลื่นที่ 0.45 - 0.51 ไมโครเมตร (Band 2 - (Blue)) มีค่าเฉลี่ยการสะท้อนพลังงานที่สูงสุดเท่ากับ 0.2770 มีค่าเฉลี่ยที่ต่ำสุดเท่ากับ 0.2132 ในช่วงความยาวคลื่นที่ 0.53 - 0.5 ไมโครเมตร (Band 3 - (Green)) มีค่าเฉลี่ยสะท้อนพลังงานที่สูงสุดเท่ากับ 0.3044 มีค่าเฉลี่ยที่ต่ำสุดเท่ากับ 0.2193 ในช่วงความยาวคลื่นที่ 0.64 - 0.67 ไมโครเมตร (Band 4 - (Red)) มีค่าเฉลี่ยสะท้อนพลังงานที่สูงสุดเท่ากับ 0.3485 ค่าเฉลี่ย ที่ต่ำสุดเท่ากับ 0.2392 และ ในช่วงความยาวคลื่นที่ 0.85 - 0.88 ไมโครเมตร (Band 5 - (NIR)) มีค่าเฉลี่ยการสะท้อนพลังงานที่สูงสุดเท่ากับ 0.3281 ค่าเฉลี่ยที่ต่ำสุดเท่ากับ 0.1710 รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2

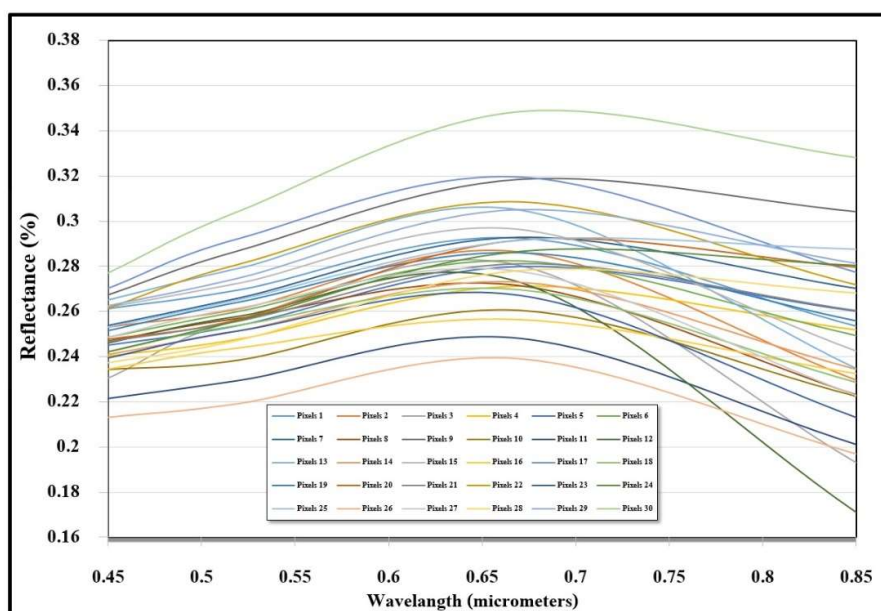
ตารางที่ 2 สถิติค่าการสะท้อนพลังงานที่แท้จริงของคราบเกลือผิวดิน

BAND	Min	Max	Mean	Std Dev.
Band 2 - (Blue)	0.2132	0.2770	0.2481	0.0142
Band 3 - (Green)	0.2193	0.3044	0.2605	0.0176
Band 4 - (Red)	0.2392	0.3485	0.2846	0.0222
Band 5 - (NIR)	0.1710	0.3281	0.2475	0.0349

*n=30

การสร้างลายเซ็นเชิงคลื่นจากพื้นที่ตัวแทนซึ่งเป็นบริเวณที่พบคราบเกลือปรากฏอยู่ เมื่อพิจารณาจากเส้นกราฟแต่ละเส้นนั้นจะเห็นได้ว่า ช่วงคลื่น 0.85 - 0.88 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นความยาวช่วงคลื่นในแถบอินฟราเรดใกล้ (BAND 5) มีค่าการสะท้อนพลังงานต่ำที่สุดอยู่ที่ 0.1710 ค่าการสะท้อนพลังงานจะแตกต่างกันไปตามปริมาณน้ำในดินหรือความชื้นของดินในพื้นที่พบคราบเกลือ ซึ่งโดยทั่วไปน้ำมีคุณสมบัติดูดกลืนพลังงาน โดยเฉพาะในช่วงคลื่นอินฟราเรด น้ำจะดูดกลืนพลังงานอย่างสมบูรณ์

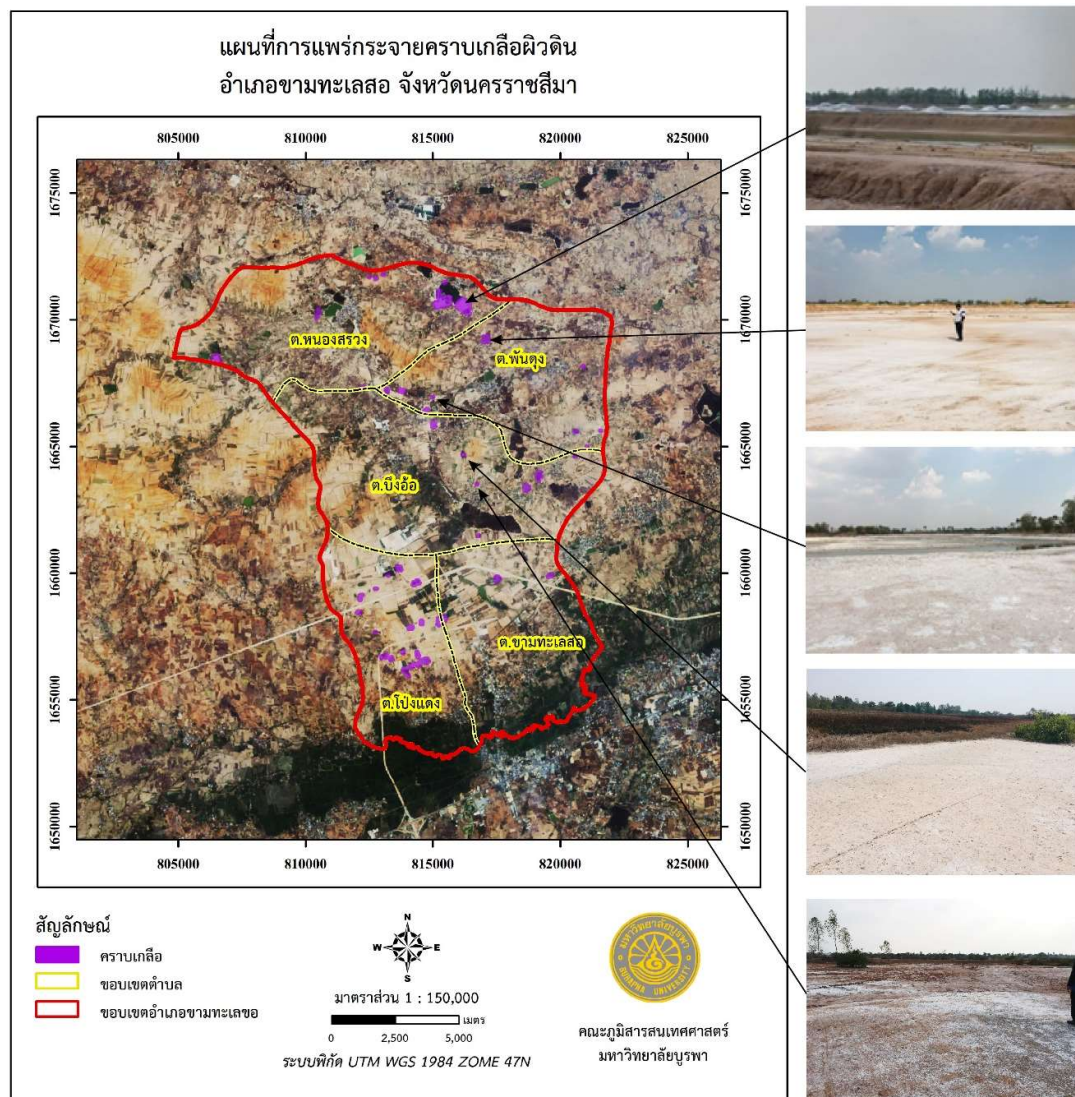
เมื่อพิจารณาในช่วงคลื่น 0.65 – 0.70 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นความยาวช่วงคลื่นในแถบสีแดง (BAND 4) จะมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 0.3485 เนื่องจากคราบเกลือสามารถตอบสนองพลังงานที่มากกระทบในช่วงคลื่นนี้ได้ดี ค่าการสะท้อนพลังงานจะแตกต่างกันไปตามความชื้นในดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ เนื้อดิน ปริมาณเหล็กออกไซด์ ลักษณะเนื้อดินมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำในดิน ดินทรายหยาบมีการระบายน้ำดีจะสะท้อนพลังงานสูง ดินละเอียดมีการระบายน้ำเลวจะสะท้อนพลังงานต่ำ ดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูงจะมีสีคล้ำ ดูดกลืนพลังงานสูงในช่วงคลื่นสายตามองเห็น เช่นเดียวกับดินที่มีเหล็กออกไซด์ในปริมาณสูง (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน), 2552) โดยการสร้างลายเซ็นเชิงคลื่นของคราบเกลือในช่วงคลื่นต่างๆ สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 สร้างลายเซ็นเชิงคลื่น (Spectral Signature) ของคราบเกลือ

2. การจัดทำแผนที่การกระจายของคราบเกลือ จากข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซต 8 ด้วยการจำแนกแบบ Spectral Angle Mapper เป็นวิธีการจำแนกที่ทำการเปรียบเทียบค่ามุมสเปกตรัม เมื่อเวกเตอร์ของจุดภาพไม่ทราบชนิดสิ่งปกคลุมดินเปรียบเทียบกับแต่ละเวกเตอร์อ้างอิง ค่ามุมของสเปกตรัมที่เทียบกับเวกเตอร์อ้างอิงใดที่มีค่าน้อยที่สุด จุดภาพนั้นจะเป็นสมาชิกของกลุ่มชนิดเวกเตอร์อ้างอิงนั้น

จากการศึกษาพบว่า ผลการจำแนกคราบเกลือแบบ Spectral Angle Mapper มีพื้นที่ที่มีคราบเกลือทั้งสิ้น 720,465 ตร.ม กระจายอยู่ในพื้นที่ทั้ง 5 ตำบล ของอำเภอลำทะลุสอ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3 และเมื่อนำผลการจำแนกแบบ Spectral Angle Mapper ที่ได้ซึ่งเป็นค่าพิกัดเดียวกันกับพื้นที่จริง ไปตรวจสอบสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินจะเห็นได้ว่าสภาพพื้นที่เป็นพื้นที่ที่เปิดโล่งในบริเวณนั้นๆสามารถพบเห็นคราบเกลือสีขาวกระจายอยู่ในพื้นที่ ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แผนที่การแพร่กระจายคราบเกลือผิวดิน อำเภอลำทะลุสอ จังหวัดนครราชสีมา

ตารางที่ 3 การแพร่กระจายของคราบเกลือการจำแนกคราบเกลือแบบ Spectral Angle Mapper

พื้นที่	เนื้อที่	
	ตร.ม.	ร้อยละ
ต.หนองสรวง	407,231	56.52
ต.โป่งแดง	171,511	23.81
ต.บึงอ้อ	55,269	7.67
ต.ขามทะเลสอ	52,904	7.34
ต.พินดุง	33,550	4.66
รวม	720,465	100.00

สรุปผล

ในการศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาลักษณะภูมิสัมพันธ์ที่มีลักษณะเฉพาะตัวของคราบเกลือกับพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซต 8 ซึ่งความเฉพาะตัวของวัตถุนี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เป็นอย่างดีสำหรับการจำแนกพื้นที่จากข้อมูลดาวเทียมและเพื่อจัดทำแผนที่การกระจายของคราบเกลือผิวดิน จากข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซต 8 ด้วยการจำแนกแบบ Spectral Angle Mapper ซึ่งสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. การลักษณะภูมิสัมพันธ์ที่มีลักษณะเฉพาะตัวของคราบเกลือกับพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จากข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซต 8 โดยการกำหนดพิกเซล (Pixel) อ้างอิงในภาพถ่ายดาวเทียมให้ตรงกับบริเวณที่มีคราบเกลือเกิดขึ้นอยู่ในพื้นที่ศึกษา โดยใช้ค่าพิกัด GPS ที่ได้จากการสำรวจในพื้นที่ศึกษา เป็นตัวอ้างอิงพิกเซล ซึ่งจากค่าสถิติพบว่า ลักษณะภูมิสัมพันธ์ที่มีลักษณะเฉพาะตัวของคราบเกลือกับพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จากพิกเซลอ้างอิงนั้น เมื่อแสดงในรูปเส้นกราฟ ค่าการสะท้อนพลังงานที่แท้จริงของคราบเกลือ จะแตกต่างกันออกไปตามช่วงความยาวคลื่นซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่มีผลต่อการสะท้อนพลังงาน เช่น ลักษณะของดิน ความชื้นในดิน หรือความหนาแน่นของพืชที่บริเวณที่บนคราบเกลือ ซึ่งวัตถุเกือบบนเหล่านี้ทำให้เกิดความแปรปรวนของค่าการสะท้อนพลังงานได้ โดยความสัมพันธ์ของช่วงคลื่นและลักษณะการสะท้อนพลังงานที่แท้จริงของคราบเกลือจะมีค่าการสะท้อนพลังงานต่ำที่สุดเท่ากับ 0.1710 ในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.3281 ในแถบช่วงคลื่นสีแดง ซึ่งจากการศึกษานี้จะสอดคล้องกับ จริฎา เกิดโภคและคณะ (2562) ที่ได้ทำการศึกษา การประยุกต์ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล ในการประเมินระดับค่าความเค็มของดิน ในจังหวัดนครราชสีมา โดยใช้ค่าดัชนี Brightness Index (BI) และการคำนวณค่าการสะท้อนแสงพื้นผิว (Surface reflectance) จากนั้นวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับค่าความเค็มของดินที่ระดับพื้นผิวซึ่งตรวจวัดทางอ้อมด้วยการนำไฟฟ้าของดิน (Electrical Conductivity: EC) ที่สุ่มตรวจวัดจากพื้นที่ศึกษาซึ่งมีผลการศึกษาพบว่า ค่าดัชนี BI ที่ได้จากการคำนวณจากค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นแสงสีแดง (650 - 680 นาโนเมตร) และอินฟราเรดใกล้ (785 - 899 นาโนเมตร) สามารถนำมาใช้ในการอธิบายค่าความแปรปรวนความเค็มที่ระดับผิวดินได้

2. วิเคราะห์การกระจายและจัดทำแผนที่การกระจายของคราบเกลือผิวดิน จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซต 8 ด้วยการจำแนกแบบ Spectral Angle Mapper กับสเปกตรัมอ้างอิง พบว่า ตำบลที่พบมาก

ที่สุดคือ ตำบลที่พบคราบเกลือมากที่สุดคือ ตำบลหนองสรวง มีพื้นที่ 407,231 ตร.ม. คิดเป็นร้อยละ 56.52 ของพื้นที่ที่พบทั้งหมด โดยในพื้นที่ตำบลหนองสรวงจะพบคราบเกลือในพื้นที่ที่ทำนาเกลือมากที่สุด รองลงมาจะพบในพื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำ นาข้าว และพื้นที่เหมืองแร่/บ่อขุด

ตำบลโป่งเป็นตำบลที่พบคราบเกลือรองจากตำบลหนองสรวง มีพื้นที่ตรวจพบคราบเกลือ 171,511 ตร.ม. คิดเป็นร้อยละ 23.81 ของพื้นที่ที่พบทั้งหมด โดยพบคราบเกลือมากที่สุดในพื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำ และพื้นที่เหมืองแร่/บ่อขุด

ตำบลบึงอ้อมมีพื้นที่ตรวจพบคราบเกลือ 55,269 ตร.ม. คิดเป็นร้อยละ 7.67 ของพื้นที่ที่พบทั้งหมด พบมากที่สุดในพื้นที่แหล่งน้ำ รองลงมาได้แก่พื้นที่นาเกลือ พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เหมืองแร่/บ่อขุด และนาข้าว

ตำบลขามทะเลสอพื้นที่ตรวจพบคราบเกลือ 52,904 ตร.ม. คิดเป็นร้อยละ 7.34 ของพื้นที่ที่พบทั้งหมด พบมากที่สุดในพื้นที่แหล่งน้ำ รองลงมาพบในพื้นที่ลุ่มและนาข้าว

ตำบลพันดุงเป็นพื้นที่ที่ตรวจพบคราบเกลือน้อยที่สุดโดยมีพื้นที่ตรวจพบคราบเกลือ 33,550 ตร.ม. คิดเป็นร้อยละ 4.66 ของพื้นที่ที่พบทั้งหมด พบมากที่สุดในพื้นที่แหล่งน้ำ รองลงมาพบในพื้นที่ลุ่มนาเกลือ และนาข้าว

เอกสารอ้างอิง

- Arunee Yuwaniyom. (2008). **Management of saline soil problems**. Bureau of Land Management Research and Development Department of Land Development.
- Cambell, B. J., & Wynne, R. H. (2011). *Introduction to Remote Sensing*. The Guilford Press: New York.
- Kruse, F. A., Lefkoff, A., Boardman, J., Heidebrecht, K., Shapiro, A., Barloon, P., & Goetz, A. (1993). *The spectral image processing system (SIPS)—interactive visualization and analysis of imaging spectrometer data*. *Remote sensing of environment*, 44(2-3), 145-163.
- Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization). (2009). **Space Technology and Geo-Informatics textbook**. Bangkok: Amarin Printing and Publishing Public Company Limited.
- Geo-Informatics and Space Technology Development Agency. (2009). **Basic principles of geospatial technology**. Bangkok: Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization), Ministry of Science and Technology.
- Jariya Kerdpoka, Natcha Sribua-ngam, Patchara Phanthong, and Sarchana Puchakan. (2019). **Application of remote sensing data. To assess soil salinity level in Nakhon Ratchasima Province**. (Bachelor of Science degree), Kasetsart University, Bangkok.
- Mohajane, M., Essahlaoui, A., Oudija, F., El Hafyani, M., & Cláudia Teodoro, A. (2017). Mapping Forest Species in the Central Middle Atlas of Morocco (Azrou Forest) through Remote Sensing Techniques. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(9), 275.
- Phanphit Buangnawa. (2016). **Strategies for developing saline soil areas in the Northeast Region**. Bangkok: Department of Land Development.
- Pichit Ratchaban. (2014). **Soil problems in Thailand**. Bangkok: Bureau of Soil Survey and Land Use Planning. Department of Land Development.
- Rungruang Lertsiriworakul (2005). **Managing the effects of rock salt production**. Khon Kaen: Department of Geotechnology, Faculty of Technology, Khon Kaen University.
- UnitedStates Geological Survey. (2015). *Using the USGS Landsat 8 Product*. Retrieved from <https://www.usgs.gov/landsat-missions/using-usgs-landsat-level-1-data-product>