



การตรวจจับและการจำลองความแปรผันของความเค็มของดินในพื้นที่เกษตรกรรมโดยใช้ข้อมูลจากชุด

ดาวเทียมแลนดแซท 8

Detection and Modeling of Soil Salinity Variations in Agricultural Areas

Using Landsat 8 Data

เนติ ศรีหามู<sup>1</sup> จุฬาวลัย นนตะพันธ์<sup>2</sup> และศิวา แก้วปลั่ง<sup>3</sup>

Neti Srihanu<sup>1</sup>, Jurawan Nontapon<sup>2</sup>, and Siwa Kaewplang<sup>3</sup>

<sup>1</sup> คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

<sup>2,3</sup> คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

อีเมล: neti.sri@neu.ac.th

#### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าดัชนีดินเค็มและดัชนีพืชพรรณจากข้อมูลภาพถ่ายชุดดาวเทียมแลนดแซท 8 ทำการประเมินดัชนีทั้ง 2 ชนิด ในพื้นที่เกษตรกรรมที่มีปัญหาเรื่องดินเค็ม ร่วมกับข้อมูลวัดค่าการนำไฟฟ้าของดินในจากภาคสนาม ผลการศึกษาพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้าของดินกับดัชนีพืชพรรณ มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าเท่ากับ 0.509 และค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองมีค่าเท่ากับ 0.017 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณกับค่าดัชนีดินเค็ม มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าเท่ากับ 0.705 และค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองมีค่าเท่ากับ 0.013 โดยการวิเคราะห์ทางสถิติของข้อมูลแบบบูรณาการพบว่าดัชนีความแตกต่างของพืชพันธุ์และดัชนีความเค็มของดินสามารถนำไปสู่การพัฒนาแบบจำลองการทำนายความเค็มของดิน เราสามารถใช้วิธีนี้เพื่อติดตามการแพร่กระจายของพื้นที่เค็มและการทำแผนที่การกระจายความเค็มของดิน

**คำหลัก:** ดัชนีความเค็ม, ดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ, ดินเค็ม, ดาวเทียมแลนดแซท 8

#### Abstract

This study aimed to study the relationship between Soil salinity index (SI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) from the Landsat 8 data. The relationship was evaluate both types of indices in agricultural areas with saline soil problems with in situ Soil electrical conductivity (EC). The results found that relationship between EC and NDVI had  $R^2$  of 0.017 and RMSE of 0.045 while NDVI and SI had ( $R^2$ ) of 0.705 and RMSE of 0.013. the statistical analysis of the integrated data showed that NDVI and SI of soil could be used to the development of the soil salinity prediction model. this method could also used to track the spread of saline areas, as well as to map the salinity distribution of the soil.

**Keywords:** Salinity Index, Normalized difference vegetation index, saline soil, Landsat 8



## บทนำ

ความเค็มของดินเป็นปัญหาสำคัญระดับโลก (Butcher et al., 2016) ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติและก่อให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจอย่างมหาศาล เนื่องผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตร พื้นที่เกษตรกรรมเกิดแห้งแล้ง พืชผลชะงักการเจริญเติบโต ผลผลิตลดลง และยังมีแนวโน้มกระจายตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Alqasemi et al., 2021) ทั่วโลกมีพื้นที่ดินเค็มจำนวน 7% ของพื้นที่ภาคพื้นทวีป (วงษ์ & ชิต, 2020) และบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม มีปัญหาดินเค็มครอบคลุมพื้นที่มากกว่า 11.5 ล้านไร่ หรือร้อยละ 18 ของพื้นที่ ดังนั้นการพิจารณาว่าพื้นที่ใดได้รับผลกระทบจากความเค็มดินจึงเป็นสิ่งสำคัญ

หลายรายงานการศึกษาได้ทำการประเมินและจัดทำแผนที่ความเค็มของดินในระดับภูมิภาค (Hardie & Doyle, 2012) (Rhoades et al., 1990) จากการรวบรวมข้อมูลโดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างดินและ (Srihanu & Kaewplang, 2022) ทำการเก็บพิกัดโดย RTK GNSS NETWORK เพื่อวิเคราะห์ตำแหน่งพื้นที่ดินเค็มและความเค็มของดินจากห้องปฏิบัติการ โดยปกติความเค็มของดินจะอนุมานได้จากค่าการนำไฟฟ้าที่ปรากฏ (EC) โดยใช้อุปกรณ์ต่างๆ อย่างไรก็ตามวิธีการเหล่านี้ใช้เวลานานและมีค่าใช้จ่ายสูงจึงจำกัดการสำรวจให้อยู่ในพื้นที่ขนาดเล็ก ดังนั้นจึงมีการพัฒนาเทคนิคต่างๆ ประเมินและจัดทำแผนที่ความเค็มของดิน

หลายรายงานการศึกษาพบว่ามี การนำข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) มาประเมินความเค็มของดิน (Sahbeni, 2021) วิเคราะห์ความเค็มของดินในลุ่มน้ำ โดยใช้ดัชนีสเปกตรัมจากข้อมูล Landsat-8 OLI และ Sentinel-2A และการวัดค่าการนำไฟฟ้า (Brunner et al., 2007; Hassan et al., 2021; Morshed et al., 2016; Zhang et al., 2011) ได้ศึกษาความเค็มของดินโดยใช้ดัชนีอินฟราเรด เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มของดินและอุณหภูมิผิวดิน จากข้อมูลดาวเทียม MODIS (Hassan et al., 2021; Sahbeni, 2021) วิเคราะห์ทางสถิติระหว่างความเค็มของดิน ค่าการนำไฟฟ้า (EC, dS/m) และดัชนีความเค็มจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (Guo et al., 2019) (Alqasemi et al., 2021) พิจารณาปริมาณเกลือในดินที่ส่งผลกระทบต่อพืชพรรณและปัจจัยอื่น ๆ

ความเค็มของดินส่งผลกระทบต่อผลผลิตและความมั่นคงทางอาหาร การทำแผนที่การกระจายเชิงพื้นที่และความรุนแรงของความเค็มเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการจัดการและพัฒนาการเกษตร การศึกษานี้จึงได้นำข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) ร่วมกับภาคสนามการวัดความเค็มเพื่อให้ได้การประเมินความเค็มของดิน เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ของความเค็มของดินในพื้นที่ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ดัชนีดินเค็ม (Salinity Index: SI) และดัชนีพืชพรรณ (Normalized difference vegetation index: NDVI) จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 และจัดทำแผนที่การแพร่กระจายความเค็มของดิน

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้า (EC) ดัชนีพืชพรรณ (Normalized difference vegetation index: NDVI) และดัชนีดินเค็ม (Salinity Index: SI) จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8
2. จัดทำแผนที่การแพร่กระจายความเค็มของดิน



## วิธีดำเนินการวิจัย

### 2.1 พื้นที่ศึกษา

กาฬสินธุ์เป็นจังหวัดหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย (ดังแสดงในภาพที่ 1) มีเนื้อที่ประมาณ 4,341,716 ไร่ หรือร้อยละ 4.5 ของพื้นที่ มีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสูงจนถึงที่ราบลุ่มมีน้ำแข็งสูงกวาระดับน้ำทะเล 100 – 300 เมตร สภาพภูมิอากาศโดยทั่วไป อุณหภูมิสูงสุด 42.3 องศาเซลเซียส ในเดือนพฤษภาคม และต่ำสุดในเดือนมกราคม ซึ่งมีอุณหภูมิ 14.3 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝน 1297.8 มิลลิเมตร ประชากรในพื้นที่ร้อยละ 90 ประกอบอาชีพเกษตรกรรม สินค้าทางการเกษตรในจังหวัดกาฬสินธุ์ คือ ข้าว มันสำปะหลัง อ้อย กุ้งก้ามกราม ยางพารา โรงงานผลิตแป้งมัน, แป้งข้าวโพด โรงงานน้ำตาล ซึ่งในจังหวัดกาฬสินธุ์มีพื้นที่ดินเค็มประมาณ 158,582 ไร่ ส่งผลให้เกษตรกรในบริเวณพื้นที่ดินเค็ม ปลูกพืชไม่ได้ หรือปลูกได้แต่เจริญเติบโตช้า เนื่องจากความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ



ภาพที่ 1 แสดงจุดเก็บข้อมูลพื้นที่ศึกษา

### 2.2 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 จากการสำรวจทางธรณีวิทยาของสหรัฐอเมริกา Earth Explorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) ในวันที่ตรงกับการเก็บข้อมูลสนาม ประกอบด้วย วันที่ 13 มีนาคม 2019 และวันที่ 23 ตุลาคม 2019 จำนวน 2 ภาพ

### 2.3. การประมวลผลทางห้องปฏิบัติการ (Laboratory Processing)

การเก็บตัวอย่างแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงฤดูร้อนและฤดูฝนจำนวน 85 จุด วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่าง เก็บตัวอย่างบริเวณจุดเก็บ ตัวอย่างแต่ละจุดที่ความลึก 0-30 เซนติเมตร โดยมีระยะห่างอย่างน้อย 100 ม. ระหว่างตำแหน่งตัวอย่าง บันทึกพิกัดจุดที่ทำการเก็บตัวอย่างดิน โดยการใช้ GNSS RTK KQ M8pro และจัดทำข้อมูลภูมิสารสนเทศ จากการเก็บจุดพิกัดที่ทำการเก็บตัวอย่างในภาคสนาม



การสกัดตัวอย่างดินเค็มที่อิมตัวด้วยน้ำในอัตราส่วน ดิน : น้ำ = 1: 5 คนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้วเป็นระยะ ๆ นาน 1/2 ชั่วโมง หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ 1/2 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปอ่านค่า EC โดยเครื่อง Electrical Conductivity meter โดยความสัมพันธ์ของค่าความนำไฟฟ้า (EC) กับปริมาณเกลือในดิน ระดับความเค็มของดินและ อิทธิพลของเกลือต่อพืช ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ของค่าความนำไฟฟ้า (EC) กับปริมาณเกลือในดิน ระดับความเค็มของดินและอิทธิพลของเกลือต่อพืช

ECe (ds/m)	เกลือในดิน (%)	ระดับความเค็มของดิน	อิทธิพลต่อพืช
< 2	< 0.1	ไม่เค็ม	ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช
2-4	0.1-0.2	เค็มเล็กน้อย	มีผลต่อพืชที่ไม่ทนเค็ม
4-8	0.2-0.4	เค็มปานกลาง	มีผลต่อพืชหลายชนิด
8-16	0.4-0.8	เค็มมาก	พืชทนเค็มเท่านั้นที่ยังเจริญเติบโตได้ดี
> 16	> 0.8	เค็มจัด	พืชทนเค็มน้อยชนิดมากที่จะเจริญเติบโตได้ดี

ที่มา : (Laboratory, 1954)

#### 2.4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลจากดาวเทียม Landsat-8 บันทึกในช่วงระหว่างเดือนวันที่ 6 ตุลาคม 2562 วันที่ 10 สิงหาคม 2562 โดยข้อมูลดาวเทียมทั้งหมดมี Spatial Resolution 30x30 เมตร ทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตของภาพ (Geometrically Corrected) ด้วยวิธี Image to Map ให้มีค่าพิกัดในระบบอ้างอิง WGS 1984 UTM Zone 48p โดยใช้โปรแกรม Qgis 3.47 นำข้อมูลการสะท้อนแสงจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 สร้างดัชนีดินเค็ม (Salinity Index: SI) และดัชนีพืชพรรณ (Normalized difference vegetation index: NDVI) (ดังแสดงรายละเอียดใน ตารางที่ 2) และทำการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง โดยทำการแบ่งข้อมูลสนามออกเป็น 2 ชุด คือ Training Data และ Testing Data แบบ Split Half และทำ Data Rotation 30 ครั้ง จากนั้นคำนวณค่า สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ ) และ ค่า RMSE (ดูสมการที่ 1-2) ของแต่ละครั้ง และทำการตรวจสอบความแตกต่างทางสถิติในระดับนัยสำคัญที่ 0.05 โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังภาพที่ 2

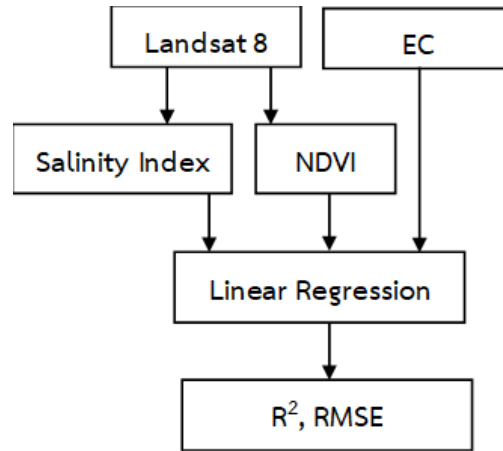
ตารางที่ 2 Formula used to analyze soil salinity and vegetation indices

No	Index name	Formula	Reference
1	Salinity index (SI)	$\text{Sqrt}(\text{Green} \times \text{Red})$	<a href="#">Dehni and Lounis (2012)</a>
2	Normalized differential vegetation index (NDVI)	$[(\text{Nir} - \text{Red}) / (\text{Red} + \text{Nir})]$	<a href="#">Khan et al. (2005)</a>

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (1)$$



$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (2)$$



ภาพ 2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

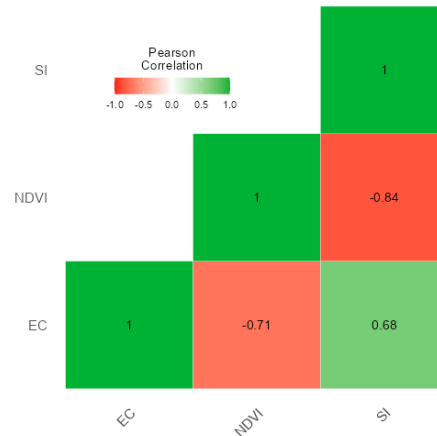
### ผลการวิจัย

ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่าง ดัชนีดินเค็ม (Salinity Index: SI) ดัชนีพืชพรรณ (Normalized difference vegetation index: NDVI) จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 และค่าการนำไฟฟ้าของดินในพื้นที่ศึกษา ด้วยค่าวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน แล้วคัดเลือกพารามิเตอร์มาสร้างแบบจำลองดังแสดงในตารางที่ 3 และภาพที่ 3

### ตารางที่ 3 ค่าวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่าง ดัชนีดินเค็ม (SI) ดัชนีพืชพรรณ (NDVI)

จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8

Model	R	R <sup>2</sup>	Adjusted R <sup>2</sup>	RMSE
Linear Regression	0.729	0.531	0.504	4.70

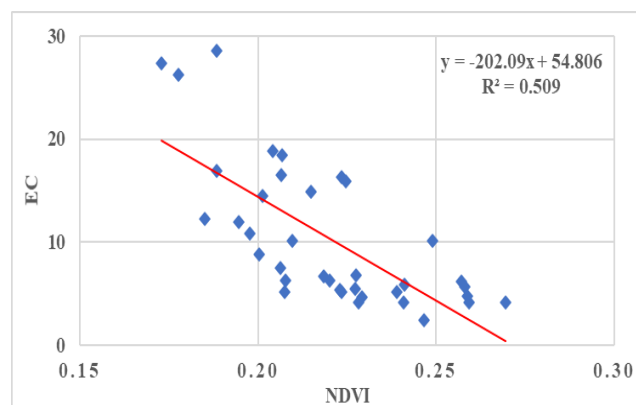


ภาพที่ 3 Correlation heatmap of soil salinity indices and vegetation indices from Landsat-8 data

1. ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เปรียบเทียบระหว่างค่าการนำไฟฟ้าของดินในพื้นที่ศึกษาและดัชนีพืชพรรณ (Normalized difference vegetation index: NDVI) พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) มีค่าเท่ากับ 0.713 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ ) มีค่าเท่ากับ 0.509 และค่า RMSE มีค่าเท่ากับ 0.017 การวิเคราะห์แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น (Linear regression model) ดังแสดงในตารางที่ 4 และภาพที่ 4

ตารางที่ 4 ผลความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้าของดินกับ NDVI จากแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น (Linear regression model)

Model	R	$R^2$	Adjusted $R^2$	RMSE
Linear Regression	0.713	0.509	0.495	0.017



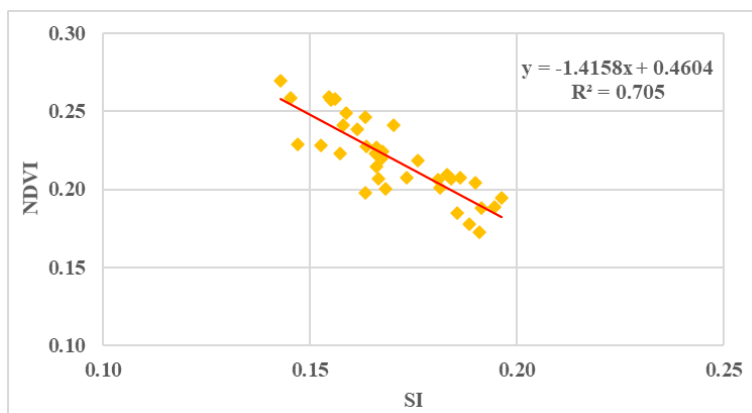
ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้าของดินกับ NDVI



2. ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เปรียบเทียบระหว่างดัชนีพืชพรรณ (NDVI) กับดัชนีดินเค็ม (SI) พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) มีค่าเท่ากับ 0.840 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ ) มีค่าเท่ากับ 0.705 และค่า RMSE มีค่าเท่ากับ 0.013 การวิเคราะห์แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น (Linear regression model) ดังแสดงในตารางที่ 5 และภาพที่ 5

ตารางที่ 5 ผลความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ (NDVI) กับดัชนีดินเค็ม (SI) จากแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น (Linear regression model)

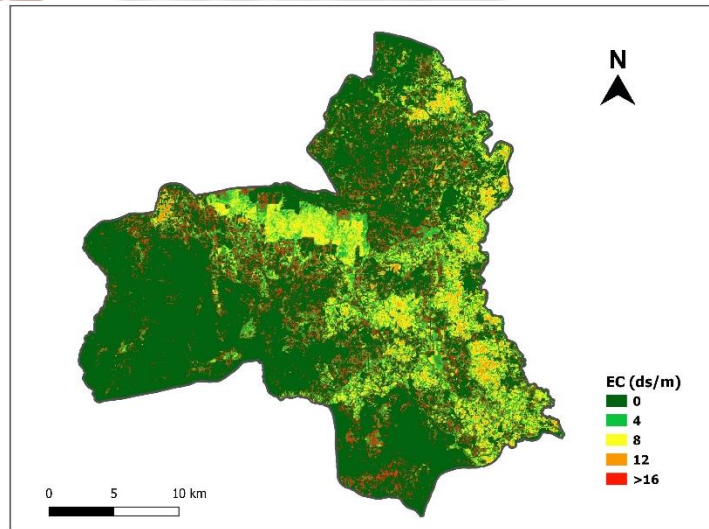
Model	R	$R^2$	Adjusted $R^2$	RMSE
Linear Regression	0.840	0.705	0.697	0.013



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ (NDVI) กับดัชนีดินเค็ม (SI)

3. การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้า (EC) ดัชนีพืชพรรณ (NDVI) และดัชนีดินเค็ม (SI) จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 และจัดทำแผนที่ระดับความเค็มของดิน รวมทั้งแนวโน้มการกระจายเชิงพื้นที่ของความเค็มของดินภายในพื้นที่ศึกษาด้วยแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น (Linear regression model) (สมการ 3 และภาพที่ 6) ซึ่งสามารถแสดงได้ดังนี้

$$EC = 131.5(SI) - 136.2(NDVI) + 18 \quad (3)$$



ภาพที่ 6 แผนที่แสดงการกระจายเชิงพื้นที่ของความเค็มของดิน

### สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 สามารถสร้างสมการความเค็มของดินในพื้นที่ที่ศึกษาด้วยแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น (Linear regression model) ซึ่งสะท้อนความแปรผันของการกระจายความเค็มของดินกับค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) จากผลการวิจัยพบว่าพื้นที่ที่มีปัญหาเรื่องดินเค็มดัชนีค่า SI เพิ่มขึ้นจะส่งผลเสียต่อพืชการเจริญเติบโตของพืชโดยพืชจะมีค่า NDVI ลดลง โดยความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่าง NDVI และความเค็มของดิน (SI) ที่มีความสัมพันธ์สูง ( $R^2 = 0.705$  RMSE = 0.013,  $p < 0.05$ ) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย (Alqasemi et al., 2021) ที่มีการหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีดินเค็มกับค่าดัชนีพืชพรรณ ดังนั้นการศึกษานี้พบว่า แบบจำลองการทำนายความเค็มของดินนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการติดตามการแพร่กระจายของพื้นที่เค็ม และการทำแผนที่การกระจายความเค็มของดิน

### ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษานี้เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลในการติดตามการแพร่กระจายของพื้นที่ดินเค็มเบื้องต้นเท่านั้น หากต้องการพัฒนาคุณภาพแบบจำลองให้มีความแม่นยำมากขึ้น อาจใช้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลด้วยวิธีการอื่นๆ เช่น Machine Learning เพิ่มจำนวนการเก็บข้อมูลตัวอย่างค่า EC ในสนาม หรือเลือกใช้ (Srihanu, 2017) ข้อมูลดาวเทียมแบบ hyperspectral ที่มีจำนวนช่วงคลื่นหลายช่วงคลื่นในการวิเคราะห์ข้อมูล

### เอกสารอ้างอิง

Alqasemi, A. S., Ibrahim, M., Al-Quraishi, A. M. F., Saibi, H., & Kaplan, G. (2021). Detection and modeling of soil salinity variations in arid lands using remote sensing data. *Open Geosciences*, 13(1), 443-453.





- Brunner, P., Li, H., Kinzelbach, W., & Li, W. (2007). Generating soil electrical conductivity maps at regional level by integrating measurements on the ground and remote sensing data. *International Journal of Remote Sensing*, 28(15), 3341-3361.
- Butcher, K., Wick, A. F., DeSutter, T., Chatterjee, A., & Harmon, J. (2016). Soil salinity: A threat to global food security. *Agronomy Journal*, 108(6), 2189-2200.
- Guo, B., Yang, F., Han, B., Fan, Y., Chen, S., Yang, W., & Jiang, L. (2019). A model for the rapid monitoring of soil salinization in the Yellow River Delta using Landsat 8 OLI imagery based on VI-SI feature space. *Remote Sensing Letters*, 10(8), 796-805.
- Hardie, M., & Doyle, R. (2012). Measuring soil salinity. In *Plant salt tolerance* (pp. 415-425). Springer.
- Hassan, R., Ahmed, Z., Islam, M., Alam, R., & Xie, Z. (2021). Soil Salinity Detection Using Salinity Indices from Landsat 8 Satellite Image at Rampal, Bangladesh. *Remote Sensing in Earth Systems Sciences*, 4(1), 1-12.
- Laboratory, R. S. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. US Department of Agriculture.
- Morshed, M., Islam, M., & Jamil, R. (2016). Soil salinity detection from satellite image analysis: an integrated approach of salinity indices and field data. *Environmental monitoring and assessment*, 188(2), 1-10.
- Rhoades, J., Shouse, P., Alves, W., Manteghi, N. A., & Lesch, S. (1990). Determining soil salinity from soil electrical conductivity using different models and estimates. *Soil Science Society of America Journal*, 54(1), 46-54.
- Sahbeni, G. (2021). Soil salinity mapping using Landsat 8 OLI data and regression modeling in the Great Hungarian Plain. *SN Applied Sciences*, 3(5), 1-13.
- Srihanu, N. (2017). An Evaluation of EO-1 Hyperion Data for Estimating Age of Rubber Plantation. *Engineering Access*, 3(2), 5-9.
- Srihanu, N., & Kaewplang, S. (2022). การประเมินความแม่นยำของตำแหน่งจาก Google Earth ในจังหวัด มหาสารคาม. *Journal of Applied Informatics and Technology*, 4(1).
- Zhang, T.-T., Zeng, S.-L., Gao, Y., Ouyang, Z.-T., Li, B., Fang, C.-M., & Zhao, B. (2011). Using hyperspectral vegetation indices as a proxy to monitor soil salinity. *Ecological Indicators*, 11(6), 1552-1562.
- วงศ์, ว. ล., & ชิต, ส. ย. ล. (2020). การใช้กันชนคาพิวลาไรส์สำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของน้ำใต้ดินเค็มในดิน. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธา แห่งชาติ ครั้งที่ 25, 25, GTE49-GTE49.