

อุณหภูมิพื้นผิว ดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดิน และความสัมพันธ์ บริเวณเทศบาลเมือง น่านและตำบลข้างเคียง จังหวัดน่าน

จิราพร กุลสุนทรรัตน์^{1*}, พัชรพร สายะหมี¹, วิภพ แพงวังทอง¹ และ นัฐพงษ์ พวงแก้ว²

Land Surface Temperature, Land Cover Spectral Indices, and Their Correlations, Nan Town Municipality and Adjacent Sub-Districts, Nan Province

Jiraporn Kulsoontornrat^{1*}, Phatcharaporn Sayamee¹, Wipop Pangewangtong¹, and Nattapong Puangkaew²

¹ Major of Geographic Information Science, School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao, 56000

² Department of Geography, Faculty of Humanities and Social Sciences, Prince of Songkla University, Pattani Campus, Pattani, 94000

* Corresponding author: j.kulsoontornrat@gmail.com

Received: December 4, 2023; Revised: February 3, 2024; Accepted: February 6, 2024

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิพื้นผิว (LST) และส่งผลกระทบต่อการศึกษาการเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศในภูมิภาค ในการศึกษาครั้งนี้ ได้นำข้อมูลภาพ Landsat 8 (L2SP) มาใช้ในการสกัดดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดิน และคำนวณอุณหภูมิพื้นผิวสำหรับวิเคราะห์ความสัมพันธ์และอธิบายความผันแปรของอุณหภูมิพื้นผิว ตั้งแต่ปี 2557 ถึงปี 2565 บริเวณเทศบาลเมืองน่านและตำบลข้างเคียง ผลการวิจัยพบว่า อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยทั้ง 9 ปี ในพื้นที่ที่มีความผันผวน โดยในปี 2557 2559 2560 2562 และ 2564 มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย ในขณะที่ปี 2558 2561 2563 และ 2565 มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวและดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดินทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (NDVI) ดัชนีผลต่างของน้ำ (NDWI) ดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (NDBI) และดัชนีความเป็นดินดัดแปลง (MBI) แสดงให้เห็นความสัมพันธ์กันปานกลางถึงสูงมาก โดยเฉพาะ LST-NDVI ที่มีความสัมพันธ์กันเชิงลบ ในขณะที่ LST กับดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดินประเภทอื่นมีความสัมพันธ์กันเชิงบวก นอกจากนี้ สมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายเปิดเผยให้เห็นว่า NDVI สามารถอธิบายการลดลงของอุณหภูมิพื้นผิว ในขณะที่ NDWI NDBI และ MBI สามารถอธิบายการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิพื้นผิว ผลที่ได้จากการวิเคราะห์นี้บ่งชี้ให้เห็นถึงผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินที่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นและลดลงของอุณหภูมิพื้นผิว

คำสำคัญ: อุณหภูมิพื้นผิว, ดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดิน, ความสัมพันธ์, ความผันแปรอุณหภูมิพื้นผิว, ข้อมูลภาพ Landsat 8 (L2SP)

¹ สาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

² ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี จังหวัดปัตตานี 94000

Abstract

Land use and land cover changes exert a direct impact on land surface temperatures, significantly contributing to environmental and climate shifts in the region. In this study, Landsat 8 (L2SP) imagery was utilized for extracting land cover spectral indices and computing land surface temperature (LST) to analyze the relationships and explain the variation in land surface temperatures from 2014 to 2022 in the Nan municipality area and adjacent sub-districts. The results revealed a fluctuation in average land surface temperatures over 9 years. In the year of 2014, 2016, 2017, 2019, and 2021, land surface temperatures were lower than the average, whereas in 2015, 2018, 2020, and 2022, land surface temperatures were higher than the average. Correlation coefficients between land surface temperature and four land cover spectral indices, namely Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Water Index (NDWI), Normalized Difference Built-Up Index (NDBI), and Modified Bare Soil Index (MBI), demonstrated moderate to very high relationships. Specifically, LST-NDVI exhibited a negative correlation, while LST and the other three land cover indices showed a positive correlation. Additionally, a simple linear regression equation reveals that NDVI can explain the decrease in land surface temperature, while NDWI, NDBI, and MBI can explain the increase in land surface temperature. The results obtained from this analysis indicate the impact of changes in land cover, influencing both the increase and decrease in land surface temperatures.

Keywords: Land Surface Temperature, Land Cover Spectral Indices, Correlations, LST Variations, Landsat 8 (L2SP) imagery

บทนำ

อุณหภูมิพื้นผิว (LST) เป็นตัวแปรที่มีบทบาทสำคัญในการกำหนดสมดุลพลังงานจากการแผ่รังสีของโลก โดยการแผ่รังสีคลื่นยาวและกระแสความร้อนแปรปรวนกลับไปยังชั้นบรรยากาศบริเวณรอยต่อระหว่างพื้นดินกับบรรยากาศ ความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างพื้นผิวโลกกับชั้นบรรยากาศมีอิทธิพลต่อกระบวนการทางกายภาพระดับโลก ซึ่งเกี่ยวข้องกับสมดุลของน้ำ (Hulley et al., 2019) อีกทั้งยังมีความสำคัญทางภูมิอากาศในฐานะตัวควบคุมการถ่ายเทความร้อนของอากาศและความร้อนแฝงภายในชั้นบรรยากาศ (Sun and Pinker, 2003) ในหลายปีที่ผ่านมาอุณหภูมิพื้นผิวในเมืองบางแห่งทั่วโลกกำลังเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Polydoros, Mavroukou, & Cartalis, 2018; Jain et al., 2020; Ayanlade, Aigbiremolen, & Oladosu, 2021) จากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยการเพิ่มขึ้นของพื้นผิวที่น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้ เช่น พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง ซึ่งส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิพื้นผิว และส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศ ทั้งในระดับท้องถิ่น ภูมิภาค และระดับโลก (Singh, Ali, & Piyooosh, 2022)

การศึกษาเกี่ยวกับอุณหภูมิพื้นผิว โดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกลเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากมีการวัดที่หลากหลายและให้ความสม่ำเสมอเชิงเวลา งานวิจัยจำนวนมากจึงได้นำข้อมูลการสำรวจระยะไกล มาใช้เพื่อประเมินอุณหภูมิพื้นผิวจากการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินและการใช้ที่ดิน (Fathian, Prasad, Dehghan, & Eslamian, 2015; Carrasco et al., 2020) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง LST และ LULC (Falahatkar, Hosseini, & Soffianian, 2011; Tran et al., 2017; Ullah et al., 2019) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวมวลและ LST (Guechi, Gherraz, & Alkama, 2021); รวมทั้งศึกษาอิทธิพลของดัชนีสิ่งปกคลุมดิน/การใช้ที่ดินประเภทต่างๆ ที่ส่งผลต่อลักษณะ

และการกระจายตัวของ LST (Anbazhagan & Paramasivam, 2016; Hua & Ping, 2018; Akomolafe & Rosazlina, 2022) ดัชนีสิ่งปกคลุมดินที่แตกต่างกัน เช่น ดัชนีสำหรับพื้นที่สีเขียว แหล่งน้ำ พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่ว่างเปล่า จึงถูกนำไปใช้เพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง LST และ LULC ประเภทต่างๆ (Malik, Shukla, & Mishra, 2019; Guha, Govil, & Besoya, 2020; Abir & Saha, 2021; Guha & Govil, 2021)

พื้นที่บริเวณใจเมืองน่าน หรือเขตเทศบาลเมืองน่าน เป็นชุมชนศูนย์กลางลำดับที่ 1 ตามผังโครงสร้าง มีบทบาทเป็นเมืองศูนย์กลางทางเศรษฐกิจ สังคม การปกครอง และการศึกษาของจังหวัดน่าน ตลอดจนเป็นแหล่งรวบรวมและซื้อขายผลผลิตทางการเกษตร การท่องเที่ยวภายในจังหวัดน่านและจังหวัดข้างเคียง พื้นที่ดังกล่าวมีสถานที่ท่องเที่ยวที่ประกอบไปด้วยสถานที่ที่มีคุณค่าทางประวัติศาสตร์ เช่น คุ่มเจ้า วัด ยานการดำ ชุมชนที่พักอาศัยเก่าแก่ และคุณค่าทางเศรษฐกิจ บริเวณใจเมืองน่านและพื้นที่โดยรอบเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงในการส่งเสริมคุณค่าเศรษฐกิจให้กับชุมชน (หอศิลปวัฒนธรรม เมืองน่าน, 2562) นอกจากนี้ ตำบลที่อยู่โดยรอบยังเป็นที่ตั้งของศูนย์ราชการ สถานศึกษา และแหล่งท่องเที่ยวสำคัญ จากบริบททางเศรษฐกิจ สังคม ส่งผลให้เมืองน่านมีการขยายตัวของเมืองเพิ่มขึ้น เพื่อรองรับการขยายตัวจากการท่องเที่ยว เช่น การเพิ่มขึ้นของโรงแรม (สำนักงานประชาสัมพันธ์ จังหวัดน่าน, 2561) เป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่ดังกล่าว

ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นตรวจสอบความสัมพันธ์และอธิบายความผันแปรของอุณหภูมิพื้นผิวระหว่างดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดินและอุณหภูมิพื้นผิว บริเวณเทศบาลเมืองน่านและตำบลข้างเคียง ในช่วงเก้าปีที่ผ่านมา โดยใช้ข้อมูลภาพจากดาวเทียม Landsat 8 collection 2 level 2 Science product (L2SP) ตั้งแต่ปี 2557 ถึง 2565 ดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดินทั้ง 4 ดัชนี ได้แก่ ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) ดัชนีผลต่างของน้ำ (Normalized Difference Water Index: NDWI) ดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (Normalized Difference Built - Up Index : NDBI) และดัชนีความเป็นดินดัดแปลง (Modified Bare Soil Index: MBI) ผลจากการศึกษาครั้งนี้จะมีประโยชน์ในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดินและอุณหภูมิพื้นผิว อีกทั้งยังสามารถอธิบายความผันแปรของอุณหภูมิพื้นผิวระหว่างดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดินและอุณหภูมิพื้นผิวได้ นอกจากนี้ ยังเป็นแนวทางที่สำคัญสำหรับการวางแผนเมือง การจัดการการใช้ที่ดิน และการจัดการสิ่งแวดล้อมในอนาคต เพื่อป้องกันผลกระทบจากปัญหาต่างๆ เช่น การก่อให้เกิดเกาะความร้อนในเมือง การเปลี่ยนแปลงของรูปแบบพืชพรรณ หรือการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน ที่สามารถส่งผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิพื้นผิวในพื้นที่ได้

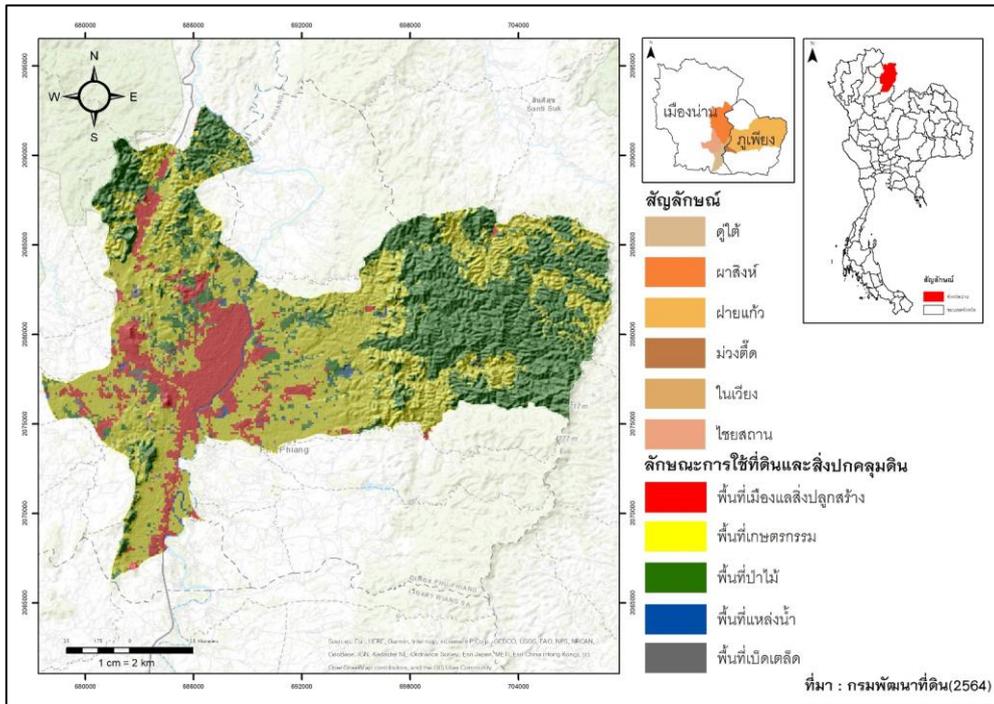
วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดินและอุณหภูมิพื้นผิว
2. เพื่ออธิบายความผันแปรของอุณหภูมิพื้นผิวระหว่างดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดินและอุณหภูมิพื้นผิว

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา (รูปที่ 1) มีพื้นที่ทั้งหมด 349.46 ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วย เทศบาลเมืองน่าน (ครอบคลุมตำบลในเวียงทั้งหมด และบางส่วนของตำบลผาสิงห์) และตำบลข้างเคียง คือ ตำบลผาสิงห์ ตำบลไชยสถาน ตำบลคูใต้ อำเภอเมืองน่าน และ ตำบลม่วงดี ตำบลผายแก้ว อำเภอภูเพียง ลักษณะภูมิประเทศในบริเวณพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่มีพื้นที่ราบอยู่ทางด้านตะวันตกตามแนวแม่น้ำน่าน และมีการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบที่อยู่อาศัย สิ่งปลูกสร้าง และเกษตรกรรม ในขณะที่พื้นที่ป่าไม้และภูเขาจะปรากฏให้เห็นทางด้านทิศตะวันออก นอกจากนี้ลักษณะภูมิอากาศในพื้นที่ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ส่งผลให้มีฝนตกชุกในฤดูฝน

มีอากาศร้อนอบอ้าวในฤดูร้อน และหนาวเย็นในฤดูหนาว อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในเดือนกุมภาพันธ์คาบ 30 ปี อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 16.5 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 33.0 องศาเซลเซียส (ศูนย์ภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา, 2566)



รูปที่ 1 ขอบเขตพื้นที่การศึกษา เขตอำเภอเมืองน่านและอำเภอภูเพียง

ระเบียบวิธีวิจัย

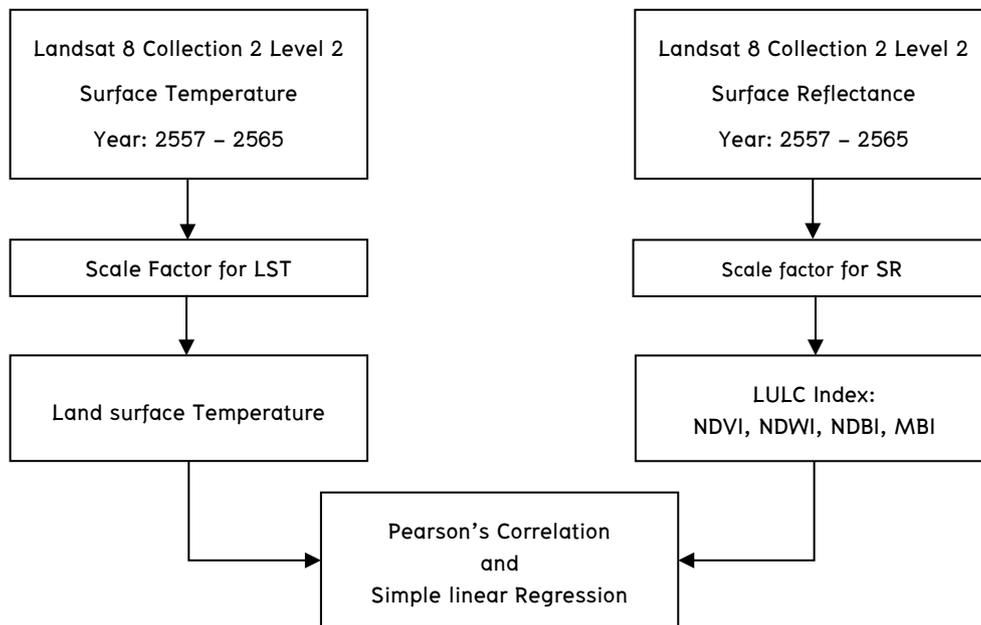
วิธีการวิจัยประกอบด้วยขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูลภาพ การสกัดดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดิน การได้มาของอุณหภูมิพื้นผิว การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวและดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดินต่างๆ และการวิเคราะห์ความสามารถของดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดินในการอธิบายความผันแปรของ LST ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยมีรายละเอียดดังนี้

การจัดเตรียมข้อมูลภาพ

ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 collection 2 level 2 Science product (L2SP) ปี 2557 ถึง 2565 ดาวน์โหลดได้จาก <https://earthexplorer.usgs.gov/path/row> ที่ 130/047 ดังแสดงในตารางที่ 1 ภาพส่วนใหญ่อยู่ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นเดือนที่เป็นช่วงเปลี่ยนจากฤดูหนาวเป็นฤดูร้อน ตามลักษณะอากาศประจำถิ่นของประเทศไทย คาบ 70 ปี (พ.ศ. 2494–2563) (ศูนย์ภูมิอากาศ กองพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา, 2564) นอกจากนี้ข้อมูลภาพการสะท้อนของพื้นผิว (Surface reflectance) ต้องผ่านกระบวนการแปลงค่า โดยใช้ค่าสเกลแฟคเตอร์และค่าออฟเซตเพื่อให้ได้ข้อมูลภาพที่ปรับค่ากลับไปเป็นหน่วยต้นฉบับของฟิกเซล เช่น การสะท้อนหรือความสว่าง (reflectance หรือ radiance) ดังสมการที่ 1 (U.S. Geological Survey, 2023) ก่อนนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการสกัดดัชนี

$$\text{Surface reflectance} = (0.000275 * \text{SR_B*}) - 0.2 \quad (\text{สมการที่ 1})$$

เมื่อ 0.0000275 คือ ค่าสเกลแฟคเตอร์ (Scale factor) ของข้อมูลภาพการสะท้อนของพื้นผิว, 0.2 คือ ค่าออฟเซต (offset) ของข้อมูลภาพการสะท้อนของพื้นผิว, และ SR_B* คือ แบนด์ใดๆ ของภาพ



รูปที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 collection 2 level 2 Science product (L2SP) ปี 2557 ถึง 2565

ภาพที่	วัน-เดือน-ปี	แบนด์	ความละเอียดเชิงพื้นที่
1	09/02/2557		
2	28/02/2558		
3	15/02/2559	ใช้แบนด์ "SR_B2, SR_B3,	
4	01/02/2560	SR_B4, SR_B5, SR_B6,	
5	20/02/2561	SR_B7	30 เมตร
6	07/02/2562	และ	
7	10/02/2563	ST_B10" ของทุกภาพและทุกปี	
8	28/02/2564		
9	03/03/2565		

การสกัดดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดิน

ดัชนีผลต่างพืชพรรณ (Normalize Difference Vegetation : NDVI) เป็นค่าดัชนีบ่งชี้สัดส่วนและสุขภาพของพืชพรรณที่ปกคลุมพื้นผิว ซึ่งคำนวณจากค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้(NIR) กับช่วงคลื่นที่ตามองเห็นสีแดง (Red) มาทำสัดส่วนกับค่าผลบวกของทั้งสองช่วงคลื่นเพื่อปรับให้เป็นลักษณะการกระจายแบบปกติ (Rouse et al., 1974) ดังสมการที่ 2

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$$

(สมการที่ 2)

เมื่อ NIR คือ ค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared Band) และ Red คือ ค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง (Red Band) โดยค่าจะอยู่ในช่วง -1 ถึง 1 ค่าเข้าใกล้ 1 แสดงถึงการมีพืชใบเขียวปกคลุมจำนวนมาก

ดัชนีผลต่างของน้ำ (Normalized Difference Water Index: NDWI) เป็นค่าดัชนีที่ใช้ในการตรวจจับและติดตามการมีอยู่ของแหล่งน้ำผิวดิน ซึ่งคำนวณจากค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) กับช่วงคลื่นที่ตามองเห็นสีเขียว (Green) (McFeeters, 1996) ดังสมการที่ 3

$$NDWI = (Green - NIR) / (Green + NIR) \quad (\text{สมการที่ 3})$$

เมื่อ NIR คือ ค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared Band) และ Green คือ ค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นตามองเห็นสีเขียว (Green Band) โดยค่าจะอยู่ในช่วง -1 ถึง 1 ค่าเข้าใกล้ 1 แสดงถึงการมีอยู่ของน้ำ

ดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (Normalized Difference Built - Up Index : NDBI) เป็นค่าดัชนีที่ใช้บ่งชี้พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง ซึ่งคำนวณจากค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) กับช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (SWIR) (Zha et al., 2003) ดังสมการที่ 4

$$NDBI = (SWIR - NIR) / (SWIR + NIR) \quad (\text{สมการที่ 4})$$

เมื่อ NIR คือ ค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared Band) และ SWIR คือ ค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (Shortwave Infrared Band) โดยค่าจะอยู่ในช่วง -1 ถึง 1 ค่าเข้าใกล้ 1 แสดงถึงการมีสิ่งปลูกสร้าง

ดัชนีความเป็นดินดัดแปลง (Modified Bare Soil Index : MBI) เป็นค่าดัชนีที่ใช้ตรวจจับพื้นที่ดินเปล่าในระหว่างช่วงพื้นที่รกร้างทางการเกษตรในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยใช้ความสามารถในการดูดกลืนน้ำของพืชพรรณในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น และการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ เพื่อแยกความแตกต่างระหว่างดินเปลือย เมือง และพืชพรรณ ดัชนีนี้ถูกพัฒนาโดย Nguyen et al. (2021) ซึ่งคำนวณจากค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (SWIR1 และ SWIR2) ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) และค่าสัมประสิทธิ์ (f) ดังสมการที่ 5

$$MBI = ((SWIR1 - SWIR2 - NIR) / (SWIR1 + SWIR2 + NIR)) + f \quad (\text{สมการที่ 5})$$

เมื่อ NIR คือ ค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared Band), SWIR คือ ค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (Shortwave Infrared1 Band และ Shortwave Infrared2 Band), และ f คือ ค่าสัมประสิทธิ์ (factor) มีค่าเท่ากับ 0.5 ดัชนี MBI มีช่วงค่าอยู่ระหว่าง -0.5 ถึง 1.5 โดยที่ค่าเพิ่มขึ้นไปทางบวกถึง 1.5 แสดงถึงการมีพื้นที่หน้าดินเปิดโล่ง ในขณะที่ค่าลดลงไปทางลบถึง -0.5 คือแหล่งน้ำและพืชพรรณ

การได้มาของข้อมูลภูมิพื้นผิว

ข้อมูลภูมิพื้นผิว (ST_B10) เป็นข้อมูลที่ถูกจัดทำโดยสำนักงานสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (USGS) สร้างขึ้นจากอัลกอริทึมแบบ single-channel โดยใช้ข้อมูลแบนด์อินฟราเรดความร้อน (TIRS) แบนด์ 10 จากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat Collection 2 level 1 ข้อมูลการสะท้อนของบรรยากาศ (TOA) ข้อมูลภูมิความสว่างของ TOA ข้อมูลการแผ่รังสีความร้อน (Emissivity) จากฐานข้อมูลทั่วโลกโดย ASTER (GED), ข้อมูลดัชนีความต่างพืชพรรณ (NDVI), และข้อมูลโปรไฟล์บรรยากาศ ซึ่งข้อมูลที่ได้ให้ผลลัพธ์ข้อมูลภูมิพื้นผิวดินในหน่วยของอุณหภูมิสัมบูรณ์ (เคลวิน, K) (U.S. Geological Survey, 2021) ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ ภาพ ST_B10 ที่ได้รับจาก Landsat 8 L2SP จึงถูกนำมาคำนวณ

กับค่าสเกลแฟคเตอร์และค่าออฟเซต และทำการแปลงหน่วยข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวเป็นองศาเซลเซียส (°C) ดังสมการที่ 6 (U.S. Geological Survey, 2023)

$$LST(^{\circ}C) = ((0.00341802 * ST_B10) + 149) - 273.15 \quad (\text{สมการที่ 6})$$

เมื่อ 0.00341802 คือ ค่าสเกลแฟคเตอร์ (Scale factor) ของข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิว, 149 คือ ค่าออฟเซต (offset) ของอุณหภูมิพื้นผิว, และ ST_B10 คือ อุณหภูมิพื้นผิวจากแบนด์ 10 (TIR)

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดิน และอุณหภูมิพื้นผิว

ข้อมูลภาพจากดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดิน ทั้ง 4 คือ NDVI NDWI NDBI และ MBI และอุณหภูมิพื้นผิว ถูกนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient) ดังสมการที่ 7 โดยมีการสร้างจุดสุ่มโดยใช้ขนาดแถวและคอลัมน์ 50*55 ด้วยเครื่องมือ Fishnet ด้วย ArcGIS ซึ่งจุดสุ่มที่อยู่ในขอบเขตพื้นที่ศึกษาให้เป็นจุดประจำเซลล์และนำไปใช้ในการดึงค่าจากข้อมูลภาพทั้ง 9 ปี เพื่อหาความสัมพันธ์ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (r) ที่ได้ จะถูกนำมาแปลความหมายค่าสัมประสิทธิ์ตามรูปแบบของ Davies (1971) ดังตารางที่ 2

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (\text{สมการที่ 7})$$

เมื่อ r คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน, n คือ จำนวนจุดประจำเซลล์ทั้งหมด 1,141 จุด, x คือ ดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดิน, y คือ อุณหภูมิพื้นผิว

ตารางที่ 2 การแปลความหมายค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Davies (1971)

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	ระดับความสัมพันธ์
0.70 – 1.00	มีความสัมพันธ์กันสูงมาก
0.50 – 0.69	มีความสัมพันธ์กันสูง
0.30 – 0.49	มีความสัมพันธ์กันปานกลาง
0.10 – 0.29	มีความสัมพันธ์กันต่ำ
0.01 – 0.09	แทบจะไม่มีความสัมพันธ์กัน

การวิเคราะห์ความสามารถของดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดินในการอธิบายความผันแปรของ LST

ความสามารถของดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดินในการอธิบายความแปรผันของ LST วิเคราะห์จากการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression) ดังสมการที่ 8 โดยมีตัวแปรอิสระ คือ ดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดิน และตัวแปรตาม คือ LST สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (regression coefficient) แสดงให้เห็นถึงความสามารถของดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดินต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของ LST

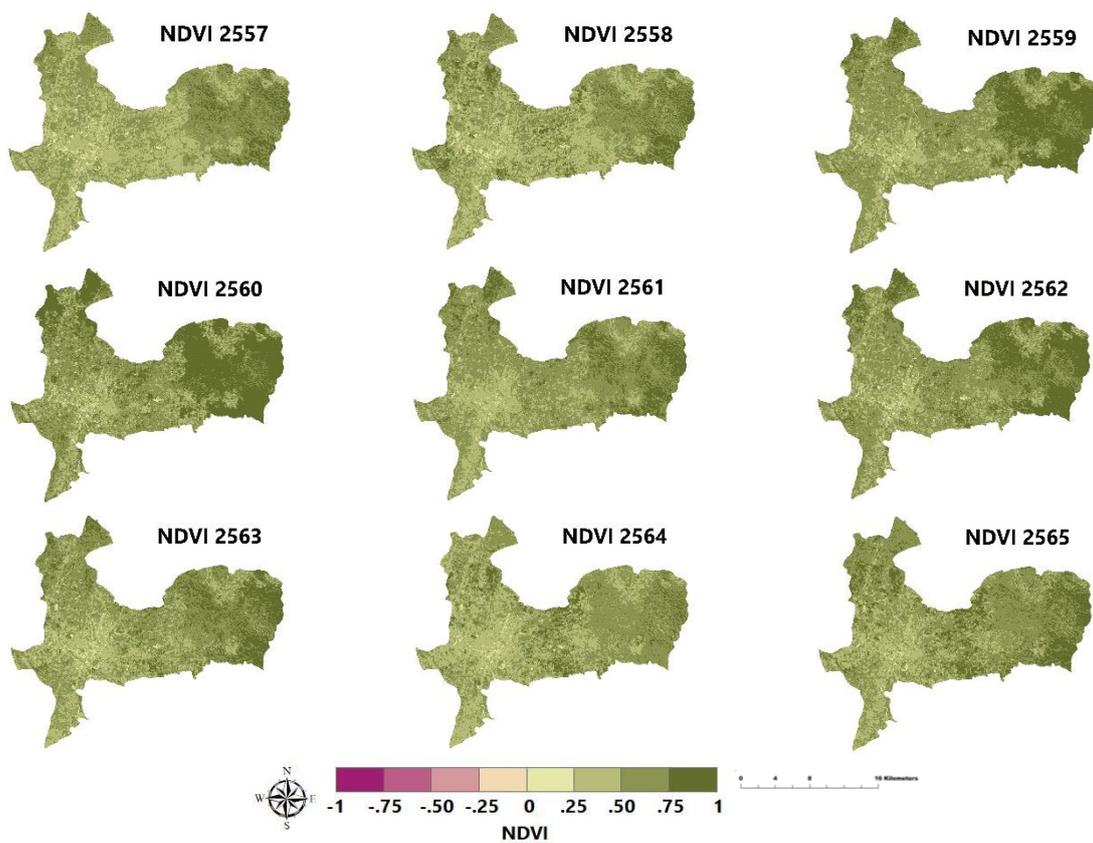
$$y = a + b(x) \quad (\text{สมการที่ 8})$$

เมื่อ y คือ อุณหภูมิพื้นผิว, x คือ ดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดิน, a คือ จุดตัดของแกน y , b คือ ความลาดชัน (Slope) ของสมการ

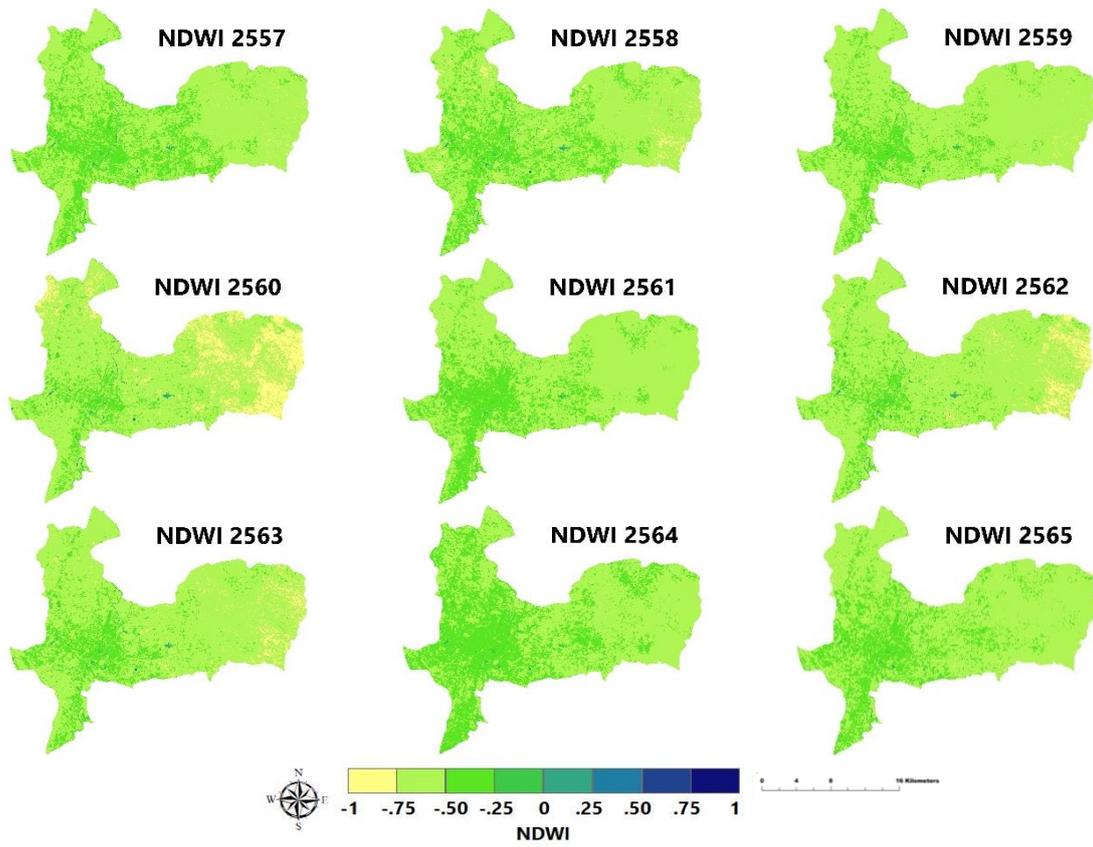
ผลการศึกษา

ดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดิน ปี 2557 ถึง 2565

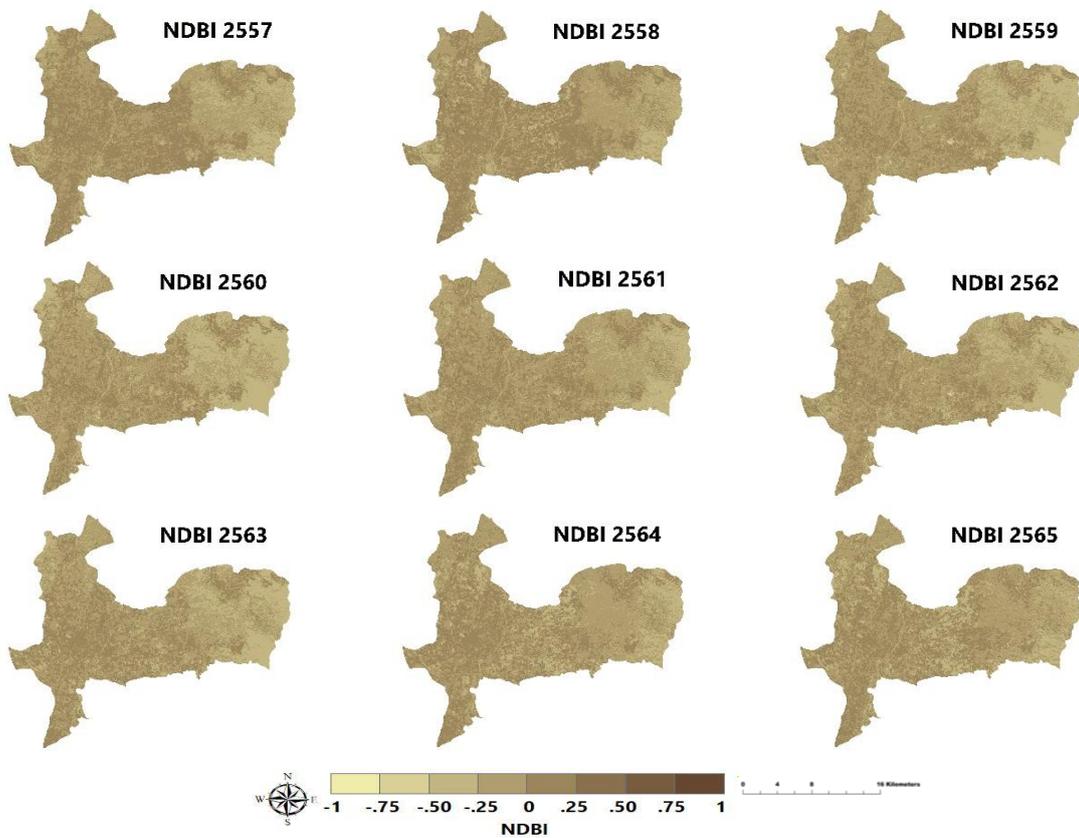
ผลจากการสกัดดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดิน ทั้ง 4 ดัชนี ได้แก่ NDVI, NDWI, NDBI และ MBI ตั้งแต่ปี 2557 ถึง 2565 (รูปที่ 3 - 6) พบว่า ดัชนี NDVI มีค่าอยู่ระหว่าง -0.88 ถึง 0.94 โดยค่าที่มากกว่า 0.5 อยู่บริเวณด้านทิศตะวันออกซึ่งเป็นพื้นที่ป่าไม้หนาแน่น ในขณะที่ค่าต่ำกว่าศูนย์ส่วนใหญ่พบทางด้านทิศตะวันตกซึ่งเป็นพื้นที่เมือง แหล่งน้ำ และพื้นที่ว่างเปล่า ในทางกลับกัน ค่าดัชนี NDWI ส่วนใหญ่ในพื้นที่ศึกษามีค่าต่ำซึ่งอยู่ระหว่าง -0.94 ถึง 0 ยกเว้นบริเวณแหล่งน้ำผิวดินที่มีค่าดัชนี NDWI สูงถึง 0.9 ในขณะที่ดัชนี NDBI บริเวณพื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้างมีค่าระหว่าง 0.25 ถึง 0.63 ยกเว้นบริเวณแหล่งน้ำที่มีค่าดัชนี NDBI ต่ำถึง -1 สำหรับดัชนี MBI บริเวณพื้นที่เปิดโล่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.25 ถึง 0.46 ในขณะที่บริเวณแหล่งน้ำ ค่าดัชนี MBI ต่ำ ถึง -0.5



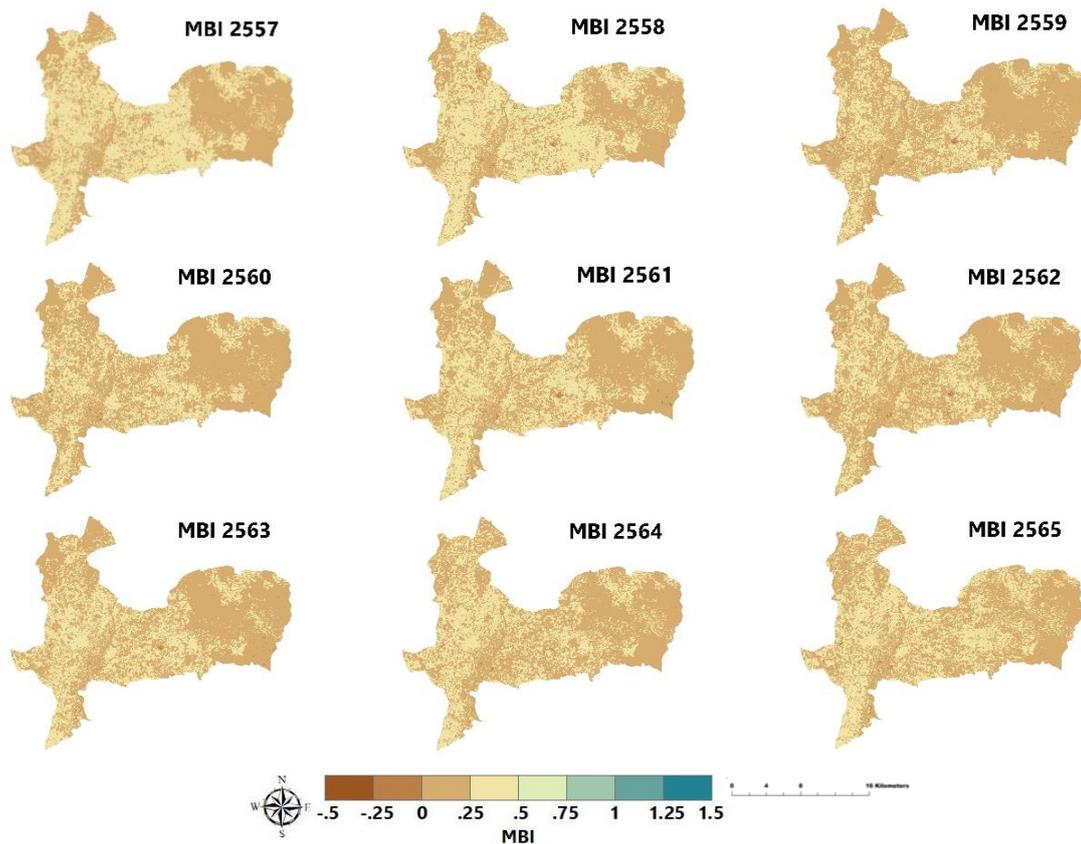
รูปที่ 3 ดัชนีผลต่างพืชพรรณ ปี 2557 ถึง 2565



รูปที่ 4 ดัชนีผลต่างของน้ำ ปี 2557 ถึง 2565



รูปที่ 5 ดัชนีสิ่งปลูกสร้าง ปี 2557 ถึง 2565

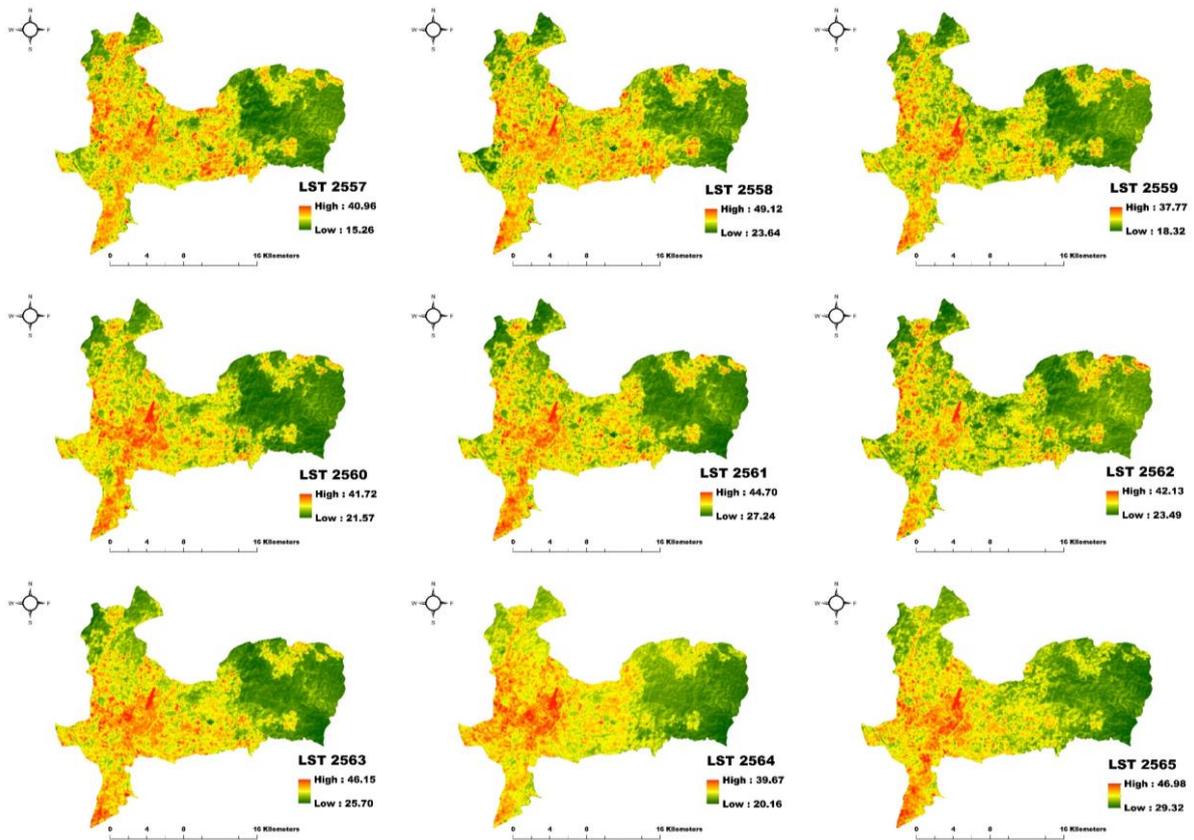


รูปที่ 6 ดัชนีความเป็นดินดัดแปลง ปี 2557 ถึง 2565

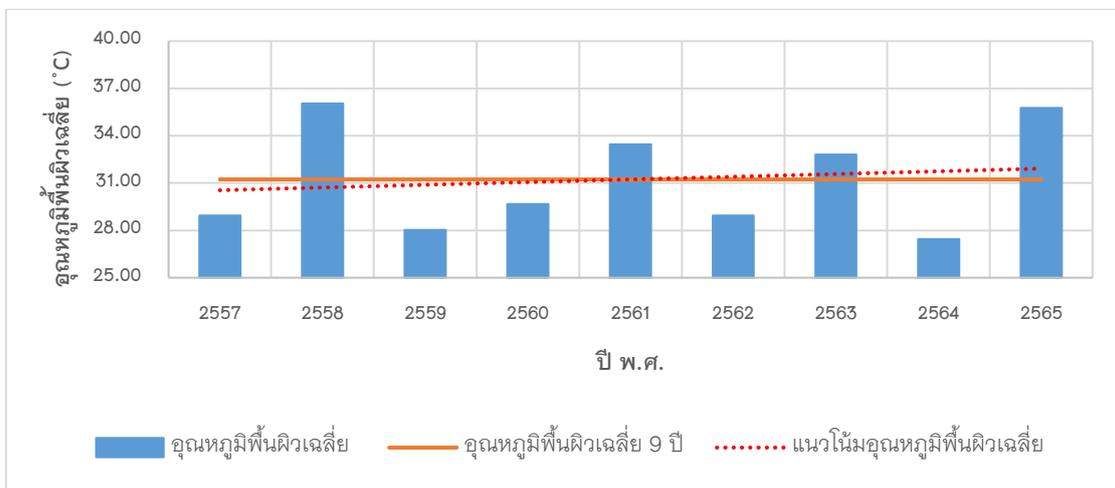
อุณหภูมิพื้นผิว ปี 2557 ถึง 2565

จากการคำนวณอุณหภูมิพื้นผิว (LST) โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 L2SP ในช่วงเปลี่ยนจากฤดูหนาวเป็นฤดูร้อน (กุมภาพันธ์) ปี 2557 ถึง 2565 แสดงให้เห็นว่า ในปี 2557 อุณหภูมิพื้นผิวต่ำสุดมีค่า 15.26 องศาเซลเซียส และในปี 2558 มีค่าอุณหภูมิพื้นผิวสูงสุดถึง 49.12 องศาเซลเซียส (รูปที่ 7) นอกจากนี้ รูปที่ 8 แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยตั้งแต่ ปี 2557 ถึง 2565 มีความความผันผวน โดยมีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 28.95°C (SD=2.82), 36.04°C (SD=2.99), 28.03°C (SD=2.14), 29.66°C (SD=3.13), 33.45°C (SD=2.70), 28.94°C (SD=2.33), 32.81°C (SD=3.38), 27.44°C (SD=3.11) และ 35.76°C (SD=2.95) ตามลำดับ

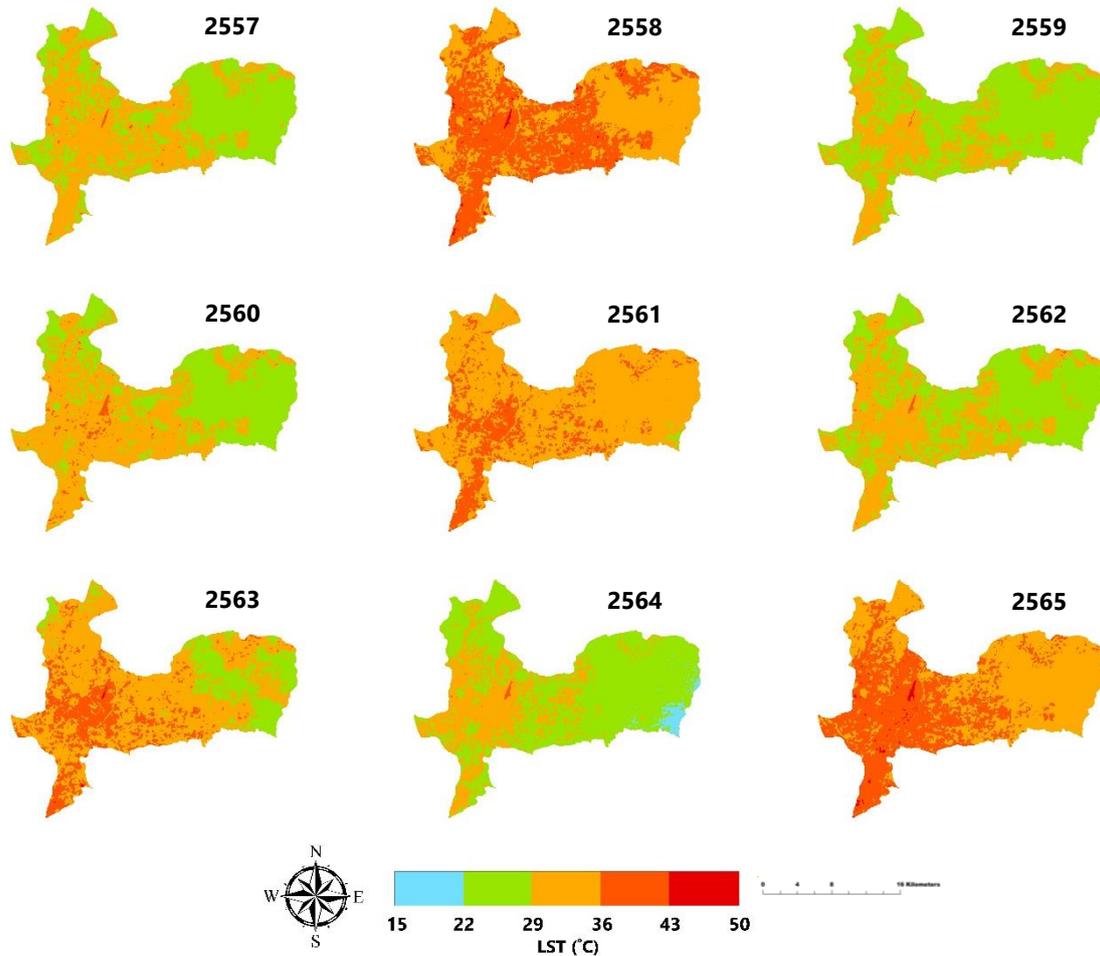
เพื่อแสดงให้เห็นการกระจายของ LST ได้ชัดเจนขึ้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงแบ่ง LST ออกเป็น 5 โซน ดังแสดงในรูปที่ 9 พบว่า ทางด้านทิศตะวันตกของพื้นที่ (อำเภอเมืองน่าน) เป็นบริเวณที่มีโซนอุณหภูมิพื้นผิวสูง (36 ถึง 50 องศาเซลเซียส) ในขณะที่ด้านทิศตะวันออกของพื้นที่ (อำเภอภูเพียง) อยู่ในโซนอุณหภูมิพื้นผิวต่ำกว่า 36 องศาเซลเซียส ถึง 15 องศาเซลเซียส และจากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าในปี 2557 2559 และ 2564 มีอุณหภูมิพื้นผิวต่ำสุดระหว่าง 15 ถึง 22 องศาเซลเซียส ครอบคลุมพื้นที่ 0.03, 0.03, และ 8.20 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.01, 0.01, และ 2.35 ของพื้นที่ ตามลำดับ ซึ่งพื้นที่ดังกล่าว คือ แหล่งน้ำ และป่าไม้ ในขณะที่ปี 2558 2561 2563 และ 2565 มีอุณหภูมิพื้นผิวสูงสุดระหว่าง 43.01 ถึง 50 องศาเซลเซียส ครอบคลุมพื้นที่ 2.38, 0.03, 0.39, และ 2.48 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.68, 0.01, 0.11, และ 0.71 ของพื้นที่ ตามลำดับ ซึ่งพื้นที่ดังกล่าว คือ พื้นที่เปิดโล่งจากการเกษตร เมืองและสิ่งปลูกสร้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณสนามบิน อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิพื้นผิวของทุกปีส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 29.01 ถึง 36 องศาเซลเซียส ครอบคลุมพื้นที่ 111.20 ถึง 279.29 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 31.82 ถึง 79.92 ของพื้นที่



รูปที่ 7 อุณหภูมิพื้นผิว ปี 2557 ถึง 2565



รูปที่ 8 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย ปี 2557 ถึง 2565



รูปที่ 9 การกระจายเชิงพื้นที่ของอุณหภูมิพื้นผิว ปี 2557 ถึง 2565

ตารางที่ 3 พื้นที่และเปอร์เซ็นต์การกระจายเชิงพื้นที่อุณหภูมิพื้นผิว ตั้งแต่ปี 2557 ถึง 2565

ปี		อุณหภูมิ (°C)					รวม
		15.00-22.00	22.01-29.00	29.01-36.00	36.01-43.00	43.01-50.00	
2557	พื้นที่ (sq.km.)	0.03	173.59	174.54	1.30	-	349.46
	%	0.01	49.67	49.95	0.37	-	100.00
2558	พื้นที่ (sq.km.)	-	0.04	170.65	176.39	2.38	349.46
	%	-	0.01	48.83	50.48	0.68	100.00
2559	พื้นที่ (sq.km.)	0.03	232.80	116.38	0.24	-	349.46
	%	0.01	66.62	33.30	0.07	-	100.00
2560	พื้นที่ (sq.km.)	-	152.44	190.28	6.74	-	349.46
	%	-	43.62	54.45	1.93	-	100.00
2561	พื้นที่ (sq.km.)	-	2.30	279.29	67.85	0.03	349.46
	%	-	0.66	79.92	19.42	0.01	100.00
2562	พื้นที่ (sq.km.)	-	195.77	152.36	1.33	-	349.46
	%	-	56.02	43.60	0.38	-	100.00
2563	พื้นที่ (sq.km.)	-	61.96	218.84	68.27	0.39	349.46
	%	-	17.73	62.62	19.54	0.11	100.00
2564	พื้นที่ (sq.km.)	8.20	229.27	111.20	0.79	-	349.46
	%	2.35	65.61	31.82	0.23	-	100.00
2565	พื้นที่ (sq.km.)	-	-	192.44	154.54	2.48	349.46
	%	-	-	55.07	44.22	0.71	100.00

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวและดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดิน

การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ระหว่าง LST และดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดิน ได้แก่ NDVI NDWI NDBI และ MBI ตั้งแต่ปี 2557 ถึง 2565 โดยใช้จุดประจำเซลล์ที่มีตำแหน่งตรงกัน 1,141 จุด จากเครื่องมือ Fishnet ด้วย ArcGIS ในการดึงค่าจากข้อมูลภาพ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ NDVI มีความสัมพันธ์กันเชิงลบกับ LST โดยมีความสัมพันธ์เชิงลบ ต่ำสุด สูงสุด และเฉลี่ย คือ -0.55 -0.77 และ -0.71 ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ NDWI NDBI และ MBI มีความสัมพันธ์กันเชิงบวก โดย NDWI มีความสัมพันธ์ต่ำสุด สูงสุด และเฉลี่ย คือ 0.53 0.69 และ 0.62 ส่วน NDBI มีความสัมพันธ์ต่ำสุด สูงสุด และเฉลี่ย คือ 0.57 0.81 และ 0.73 และ MBI มีความสัมพันธ์ต่ำสุด สูงสุด และเฉลี่ย คือ 0.46 0.74 และ 0.64 นอกจากนี้ ตารางที่ 4 ยังแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิพื้นผิวและดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดินมีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลางถึงสูงมาก

ตารางที่ 4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง LST และดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดิน

ปี	LST-NDVI	LST-NDWI	LST-NDBI	LST-MBI
2557	-0.76	0.64	0.81	0.74
2558	-0.68	0.58	0.75	0.66
2559	-0.73	0.62	0.75	0.68
2560	-0.74	0.64	0.76	0.68
2561	-0.77	0.69	0.77	0.69
2562	-0.65	0.53	0.70	0.60
2563	-0.72	0.63	0.77	0.69
2564	-0.55	0.55	0.57	0.46
2565	-0.74	0.65	0.63	0.52
ค่าเฉลี่ย	-0.71	0.62	0.73	0.64

ความผันแปรของอุณหภูมิพื้นผิวระหว่างดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดินและอุณหภูมิพื้นผิว

จากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression) เพื่ออธิบายความผันแปรของ LST ระหว่างดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดิน (ตัวแปรอิสระ) และอุณหภูมิพื้นผิว (ตัวแปรตาม) ดังแสดงในตารางที่ 5 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (regression coefficient) ทั้งค่าบวกและค่าลบของแต่ละดัชนีสิ่งปกคลุมดินส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอุณหภูมิพื้นผิว นอกจากนี้ สัมประสิทธิ์การทำนาย (Coefficient of Determination, R^2) แสดงให้เห็นว่า ที่ระดับความเชื่อมั่นน้อยกว่า 0.01 สมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายทั้งหมดสามารถอธิบายความผันแปรของ LST ได้ โดย NDVI สามารถอธิบายการลดลงของ LST ได้ระหว่าง 30% ถึง 59% ในขณะที่ NDWI สามารถอธิบายการเพิ่มขึ้นของ LST ได้ระหว่าง 29% ถึง 48% ส่วน NDBI สามารถอธิบายการเพิ่มขึ้นของ LST ได้ระหว่าง 33% ถึง 66% และ MBI สามารถอธิบายการเพิ่มขึ้นของ LST ได้ระหว่าง 20% ถึง 55%

ตารางที่ 5 การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายระหว่างดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดินและอุณหภูมิพื้นผิว ปี 2557 ถึง 2565

ปี	สมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย	R^2	P Value
2557	$y = 36.567 - 14.065NDVI$	0.58	<0.01
	$y = 37.814 + 15.736NDWI$	0.41	<0.01
	$y = 29.732 + 14.804NDBI$	0.66	<0.01
	$y = 22.653 + 26.621MBI$	0.55	<0.01
2558	$y = 43.18 - 12.874NDVI$	0.47	<0.01

ปี	สมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย	R ²	P Value
	$y = 44.187 + 14.332NDWI$	0.34	<0.01
	$y = 36.689 + 14.354NDBI$	0.57	<0.01
	$y = 30.045 + 25.093MBI$	0.44	<0.01
2559	$y = 34.876 - 10.944NDVI$	0.54	<0.01
	$y = 35.462 + 12.727NDWI$	0.39	<0.01
	$y = 29.372 + 11.17NDBI$	0.57	<0.01
	$y = 24.193 + 18.999MBI$	0.46	<0.01
2560	$y = 38.778 - 14.013NDVI$	0.55	<0.01
	$y = 39.428 + 15.258NDWI$	0.40	<0.01
	$y = 31.542 + 15.318NDBI$	0.58	<0.01
	$y = 24.314 + 26.131MBI$	0.47	<0.01
2561	$y = 42.63 - 15.342NDVI$	0.59	<0.01
	$y = 44.235 + 19.160NDWI$	0.48	<0.01
	$y = 34.836 + 14.543NDBI$	0.60	<0.01
	$y = 27.905 + 25.112MBI$	0.47	<0.01
2562	$y = 35.031 - 9.7099NDVI$	0.42	<0.01
	$y = 35.086 + 10.017NDWI$	0.29	<0.01
	$y = 30.199 + 10.715NDBI$	0.49	<0.01
	$y = 25.36 + 17.539MBI$	0.37	<0.01
2563	$y = 41.578 - 14.8NDVI$	0.52	<0.01
	$y = 42.945 + 16.922NDWI$	0.40	<0.01
	$y = 34.405 + 16.084NDBI$	0.60	<0.01
	$y = 26.932 + 27.327MBI$	0.48	<0.01
2564	$y = 33.931 - 11.93NDVI$	0.30	<0.01
	$y = 36.013 + 16.466NDWI$	0.30	<0.01
	$y = 28.33 + 11.344NDBI$	0.33	<0.01
	$y = 23.519 + 17.94MBI$	0.20	<0.01
2565	$y = 44.789 - 14.831NDVI$	0.55	<0.01
	$y = 46.067 + 18.406NDWI$	0.43	<0.01
	$y = 36.734 + 12.023NDBI$	0.40	<0.01
	$y = 31.544 + 18.721MBI$	0.27	<0.01

สรุปและอภิปรายผล

ในการศึกษาครั้งนี้ การสกัดดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดิน ได้แก่ NDVI NDWI NDBI และ MBI และอุณหภูมิพื้นผิว ด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 collection 2 level 2 Science product (L2SP) ในเดือนกุมภาพันธ์ ตั้งแต่ปี 2557 ถึง 2565 เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์และอธิบายความผันแปรของอุณหภูมิพื้นผิวระหว่างดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดินและอุณหภูมิพื้นผิว พบว่า ดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดินแต่ละชนิดสามารถบ่งชี้สิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภทในพื้นที่ศึกษา โดยดัชนี NDVI (รูปที่ 3) แสดงให้เห็นการมีพืชพรรณหนาแน่นบริเวณด้านทิศตะวันออกซึ่งส่วนใหญ่คือพื้นที่ป่าไม้และภูเขา ดัชนี NDWI ส่วนใหญ่แสดงค่าลบ (รูปที่ 4) เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรและป่าไม้ มีพื้นที่แหล่งน้ำเพียงเล็กน้อย ในขณะที่ดัชนี NDBI (รูปที่ 5) ที่มีค่าสูงส่วนใหญ่อยู่ด้านทิศตะวันตกของพื้นที่ซึ่งเป็น

พื้นที่ตั้งของเทศบาลเมืองน่าน และชุมชนต่างๆ สำหรับดัชนี MBI แสดงให้เห็นพื้นที่เปิดโล่งซึ่งส่วนใหญ่กระจายทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา (รูปที่ 6) เนื่องจากพื้นที่เกษตรกรรมได้เปลี่ยนเป็นพื้นที่เปิดโล่งจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต เช่น ข้าวนาปี ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นที่เรียบร้อยแล้วในเดือนกุมภาพันธ์ (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมส่งเสริมการเกษตร, 2559; สมศรี บุญเรือง และ อำนาจ จันทร์ครุฑ, 2551) ผลจากการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิว (Land Surface temperature) โดยใช้แบนด์ ST_B10 ทั้ง 9 ปี พบว่า ในปี 2557 อุณหภูมิพื้นผิวต่ำสุดมีค่า 15.26 องศาเซลเซียส และในปี 2558 มีค่าอุณหภูมิพื้นผิวสูงสุดถึง 49.12 องศาเซลเซียส (รูปที่ 7) เนื่องจากในปี 2558 เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญระดับรุนแรงมากในประเทศไทย ทำให้สภาพอากาศโดยรวมร้อนขึ้น มีปริมาณฝนน้อยกว่าปกติ และเกิดความแห้งแล้ง (ศูนย์ประสานงานและพัฒนางานวิจัยด้านโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, 2564) นอกจากนี้ อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยในพื้นที่ที่มีความผันผวนทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงของอุณหภูมิพื้นผิว (รูปที่ 8) โดยในปี 2557 (28.95°C), 2559 (28.03°C), 2560 (29.66°C), 2562 (28.94°C) และ 2564 (27.44°C) มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยทั้ง 9 ปี (31.23 °C) ในขณะที่ปี 2558 (36.04°C), 2561 (33.45°C), 2563 (32.81°C) และ 2565 (35.76°C) มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยทั้ง 9 ปี ซึ่งเป็นผลจากการใช้ข้อมูลเพียงหนึ่งวันสำหรับเป็นตัวแทนของแต่ละปี ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไป ควรพิจารณาการใช้ข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวในหลายวันต่อฤดูกาล (season) เพื่อลดความผันผวนของข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวที่เกิดขึ้น

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวและดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดินทั้ง 4 ชนิด พบว่า NDVI มีความสัมพันธ์เชิงลบกับ LST ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยหลายชิ้น (Anbazhagan & Paramasivam, 2016; Marzban, Sodoudi, & Preusker, 2018; Shoukat, 2022) และค่าเฉลี่ยของ LST-NDVI (-0.71) แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันสูงมาก โดย NDVI สามารถอธิบายการผันแปรของอุณหภูมิพื้นผิวได้ว่า ความหนาแน่นของพืชพรรณสูงสามารถช่วยลดอุณหภูมิพื้นผิวได้ (Putra, Agustina, Quratu'Aini, & Adwasyifa, 2022) เนื่องจากกระบวนการระเหยและการคายน้ำของพืชทำให้พื้นผิวโลกเย็นลง (Barry, 2019) และสามารถอธิบายการทำความเข้าใจกับอุณหภูมิพื้นผิวได้ระหว่าง 30% ถึง 59%

ในขณะที่ NDWI มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับ LST โดยที่ค่าเฉลี่ยของ LST-NDWI (0.62) แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันสูง ซึ่งอธิบายได้ว่าอุณหภูมิพื้นผิวที่สูงขึ้นสัมพันธ์กับการมีอยู่ของแหล่งน้ำ อย่างไรก็ตาม แหล่งน้ำที่ปรากฏในพื้นที่ศึกษามีจำนวนน้อยจึงส่งผลให้ดัชนี NDWI แสดงค่าเป็นลบ ประกอบกับเดือนกุมภาพันธ์เป็นช่วงเปลี่ยนจากฤดูหนาวเป็นฤดูร้อน ซึ่งอุณหภูมิสูงในตอนกลางวันเป็นผลให้อุณหภูมิของผิวน้ำสูงขึ้นและส่งผลให้ LST สูงขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Guha, Govil, & Besoya, (2020) ที่พบว่า LST-NDWI มีความสัมพันธ์กันทางบวกในทุกฤดูกาลเมื่อสิ่งปกคลุมดินเป็นพื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง พืชพรรณ และพื้นที่เปิดโล่ง นอกจากนี้ NDWI ยังสามารถอธิบายการเพิ่มขึ้นของพื้นผิวได้ระหว่าง 29% ถึง 48%

ในขณะเดียวกัน ความสัมพันธ์ระหว่าง NDBI และ LST มีความสัมพันธ์ต่อกันในเชิงบวก โดยที่ค่าเฉลี่ยของ LST-NDBI แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันสูงมากถึง 0.73 ซึ่งสัมพันธ์กับ LST มากที่สุดจากทั้ง 4 ดัชนี จึงอธิบายได้ว่าพื้นที่ที่มีความเป็นเมืองและสิ่งปลูกสร้างสูงทำให้อุณหภูมิพื้นผิวเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากพื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้างดูดซับและกักเก็บรังสีจากแสงอาทิตย์ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวสูงขึ้น (Gartland, 2012; Nuruzzaman, 2015; Mohajerani, Bakaric, & Jeffrey-Bailey, 2017) ซึ่งผลลัพธ์สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chen, Li, Huang, & Xu (2013); Chen & Zhang (2017) และ Jamei, Rajagopalan, & Sun (2019) และสามารถอธิบายการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิพื้นผิวได้ระหว่าง 33% ถึง 66%

นอกจากนี้ ดัชนี MBI ซึ่งเป็นดัชนีคิดค้นใหม่สำหรับตรวจจับพื้นที่ดินเปล่าในระหว่างช่วงพื้นที่รกร้างทางการเกษตรถูกนำมาใช้ในการหาความสัมพันธ์กับ LST ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่า LST-MBI มีความสัมพันธ์กันสูงในเชิงบวก และมีความสัมพันธ์เฉลี่ย 0.64 อธิบายได้ว่าการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ดินเปล่าทำให้อุณหภูมิพื้นผิวสูงขึ้นไปด้วย เนื่องจากพื้นที่ดินเปล่ามีความสามารถในการดูดซับและกักเก็บความร้อนได้สูง ทำให้ฟลักซ์ความร้อนของดินเพิ่มขึ้น (Richard &

Cellier, 1998; Chakraborty, Kant, & Mitra, 2015) และสามารถอธิบายการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิพื้นผิวได้ระหว่าง 20% ถึง 55%

ดังนั้น สรุปได้ว่าดัชนีสเปกตรัมสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภทมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิพื้นผิวและสามารถอธิบายการเพิ่มขึ้นและลดลงของอุณหภูมิพื้นผิวได้ นอกจากนี้ ผลการวิจัยสามารถใช้เป็นแนวทางที่สำคัญสำหรับการจัดการพื้นที่เมือง การจัดการการใช้ที่ดิน และเป็นข้อมูลพื้นฐานสนับสนุนกระบวนการตัดสินใจเพื่อการพัฒนาและจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน อีกทั้งวิธีการวิจัยสามารถใช้เป็นแนวทางในการศึกษาให้กับพื้นที่อื่นได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ศึกษาขอขอบคุณสำนักงานสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (USGS) สำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 collection 2 level 2 Science product (L2SP) เพื่อนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ตลอดจนขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิของวารสารวิชาการเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่สำหรับข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงการเผยแพร่ผลงานนี้ให้เป็นประโยชน์ในวงวิชาการและการพัฒนาเชิงพื้นที่ ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาที่ช่วยชี้แนะ สั่งสอน และให้คำปรึกษา งานวิจัยครั้งนี้จึงสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมส่งเสริมการเกษตร. (2559). *ข้าว*. จาก <http://www.agriinfo.doe.go.th/year59/plant/rortor/rice.pdf>.
- ศูนย์ประสานงานและพัฒนางานวิจัยด้านโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. (2564). *ปรากฏการณ์ ENSO (เอลนีโญและลานีญา)*. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ศูนย์ภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา. (2566). *สถิติภูมิอากาศคาบ 30 ปี พ.ศ. 2534 ถึง 2563*. จาก <http://climate.tmd.go.th/statistic/stat30y>.
- ศูนย์ภูมิอากาศ กองพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา. (2564). *ลักษณะอากาศประจำถิ่นของประเทศไทยเดือน กุมภาพันธ์ คาบ 70 ปี (พ.ศ. 2494-2563)*. จาก <http://climate.tmd.go.th/content/file/1862>.
- สมศรี บุญเรือง และ อำนวย จันทร์ครุฑ. (2551). *คู่มือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร ข้าวโพด*. กรุงเทพฯ: สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร, กรมส่งเสริมการเกษตร, 56.
- สำนักงานประชาสัมพันธ์จังหวัดน่าน. (2561). *น่านเศรษฐกิจ คึกคัก เปิดโรงแรม ด้านอาหารท่องเที่ยว ทำให้นักลงทุนผู้ประกอบการ ขยายตัวเศรษฐกิจ ด้านโรงแรมเพิ่มขึ้น ในการรองรับการท่องเที่ยว*. จาก <https://nbtworld.prd.go.th/th/news/detail/TNSOC6102260010080>.
- หอศิลปวัฒนธรรม เมืองน่าน. (2562). *บริบทของเมืองเก่าน่าน*. จาก <https://nan-acc.com/บริบทของเมืองเก่าน่าน/>.
- Abir, F. A., & Saha, R. (2021). Assessment of land surface temperature and land cover variability during winter: A spatio-temporal analysis of Pabna municipality in Bangladesh. *Environmental Challenges*, 4, 100167.
- Anbazhagan, S., & Paramasivam, C. R. (2016). Statistical correlation between land surface temperature (LST) and vegetation index (NDVI) using multi-temporal landsat TM data. *International Journal of Advanced Earth Science and Engineering*, 5(1), 333-346.

- Akomolafe, G. F., & Rosazlina, R. (2022). Land use and land cover changes influence the land surface temperature and vegetation in Penang Island, Peninsular Malaysia. *Scientific Reports*, *12*(1), 21250. doi:10.1038/s41598-022-25560-0.
- Ayanlade, A., Aigbiremolen, M. I., & Oladosu, O. R. (2021). Variations in urban land surface temperature intensity over four cities in different ecological zones. *Scientific Reports*, *11*(1), 20537.
- Barry, R. G. (2019). *Evaporation and transpiration*. Water, Earth.
- Carrasco, R. A., Pinheiro, M. M. F., Junior, J. M., Cicerelli, R. E., Silva, P. A., Osco, L. P., & Ramos, A. P. M. (2020). Land use/land cover change dynamics and their effects on land surface temperature in the western region of the state of São Paulo, Brazil. *Regional Environmental Change*, *20*, 1–12.
- Chakraborty, S. D., Kant, Y., & Mitra, D. (2015). Assessment of land surface temperature and heat fluxes over Delhi using remote sensing data. *Journal of environmental management*, *148*, 143–152.
- Chen, L., Li, M., Huang, F., & Xu, S. (2013, December). Relationships of LST to NDBI and NDVI in Wuhan City based on Landsat ETM+ image. *2013 6th international congress on image and signal processing (CISP)* (840–845). IEEE.
- Chen, X., & Zhang, Y. (2017). Impacts of urban surface characteristics on spatiotemporal pattern of land surface temperature in Kunming of China. *Sustainable Cities and Society*, *32*, 87–99.
- Falahatkar, S., Hosseini, S. M., & Soffianian, A. R. (2011). The relationship between land cover changes and spatial-temporal dynamics of land surface temperature. *Indian Journal of Science and Technology*, *4*(2), 76–81.
- Fathian, F., Prasad, A., Dehghan, Z., & Eslamian, S. (2015). Influence of land use/land cover change on land surface temperature using RS and GIS techniques. *International Journal of Hydrology Science and Technology*, *5*(3), 195–207.
- Gartland, L. M. (2012). *Heat islands: understanding and mitigating heat in urban areas*. Routledge.
- Guechi, I., Gherraz, H., & Alkama, D. (2021). Correlation analysis between biophysical indices and Land Surface Temperature using remote sensing and GIS in Guelma city (Algeria). *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*.
- Guha, S., Govil, H., & Besoya, M. (2020). An investigation on seasonal variability between LST and NDWI in an urban environment using Landsat satellite data. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, *11*(1), 1319–1345.
- Guha, S., & Govil, H. (2021). Seasonal variability of LST–NDVI correlation on different land use/land cover using Landsat satellite sensor: a case study of Raipur City, India. *Environment, Development and Sustainability*, 1–17.
- Hua, A. K., & Ping, O. W. (2018). The influence of land–use/land–cover changes on land surface temperature: a case study of Kuala Lumpur metropolitan city. *European Journal of Remote Sensing*, *51*(1), 1049–1069.
- Hulley, G. C., Ghent, D., Göttsche, F. M., Guillevic, P. C., Mildrexler, D. J., & Coll, C. (2019). 3 – Land Surface Temperature. In G. C. Hulley & D. Ghent (Eds.), *Taking the Temperature of the Earth* (pp. 57–127). Elsevier.
- Jain, S., Sannigrahi, S., Sen, S., Bhatt, S., Chakraborti, S., & Rahmat, S. (2020). Urban heat island intensity and its mitigation strategies in the fast-growing urban area. *Journal of Urban Management*, *9*(1), 54–66.

- Jamei, Y., Rajagopalan, P., & Sun, Q. C. (2019). Spatial structure of surface urban heat island and its relationship with vegetation and built-up areas in Melbourne, Australia. *Science of the total environment*, 659, 1335–1351.
- Malik, M. S., Shukla, J. P., & Mishra, S. (2019). Relationship of LST, NDBI and NDVI using landsat-8 data in Kandahimmat watershed, Hoshangabad, *Indian Journal of Geo Marine Sciences*, 48(1), 25–31.
- Marzban, F., Sodoudi, S., & Preusker, R. (2018). The influence of land-cover type on the relationship between NDVI–LST and LST–T air. *International Journal of Remote Sensing*, 39(5), 1377–1398.
- McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International journal of remote sensing*, 17(7), 1425–1432.
- Mohajerani, A., Bakaric, J., & Jeffrey–Bailey, T. (2017). The urban heat island effect, its causes, and mitigation, with reference to the thermal properties of asphalt concrete. *Journal of environmental management*, 197, 522–538.
- Nguyen, C. T., Chidthaisong, A., Kieu Diem, P., & Huo, L. Z. (2021). A modified bare soil index to identify bare land features during agricultural fallow–period in southeast Asia using Landsat 8. *Land*, 10(3), 231.
- Nuruzzaman, M. (2015). Urban heat island: causes, effects and mitigation measures—a review. *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis*, 3(2), 67–73.
- Polydoros, A., Mavroukou, T., & Cartalis, C. (2018). Quantifying the trends in land surface temperature and surface urban heat island intensity in mediterranean cities in view of smart urbanization. *Urban science*, 2(1), 16.
- Putra, R. P., Agustina, R. D., Qurratu’Aini, K., & Adwasyifa, K. (2022). Analysis of Vegetation Density and Surface Temperature in Buahbatu District, Bandung using Landsat 8 Oli/Tirs Satellite Images. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 18(3), 63–68.
- Richard, G., & Cellier, P. (1998). Effect of tillage on bare soil energy balance and thermal regime: an experimental study. *Agronomie*, 18(3), 163–181.
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *NASA Spec. Publ*, 351(1), 309.
- Shoukat Ali Shah. (2022). Statistical Analysis of Land Surface Temperature and Normalized Difference Vegetation Index Relationship Based on Remote Sensing. *Journal of Agriculture and Aquaculture* 4(3).
- Singh, V. D., Ali, S. R., & Piyooosh, A. K. (2022, 16–17 Dec. 2022). *A Review on the Relationship between LULC and LST using Geospatial Technologies*. Paper presented at the 2022 11th International Conference on System Modeling & Advancement in Research Trends (SMART).
- Sun, D., & Pinker, R. T. (2003). Estimation of land surface temperature from a Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES-8). *Journal of geophysical research: atmospheres*, 108(D11).
- Tran, D. X., Pla, F., Latorre–Carmona, P., Myint, S. W., Caetano, M., & Kieu, H. V. (2017). Characterizing the relationship between land use land cover change and land surface temperature. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 124, 119–132.
- Ullah, S., Tahir, A. A., Akbar, T. A., Hassan, Q. K., Dewan, A., Khan, A. J., & Khan, M. (2019). Remote sensing–based quantification of the relationships between land use land cover changes and surface temperature over the Lower Himalayan Region. *Sustainability*, 11(19), 5492.

U.S. Geological Survey. (2021). *Landsat Collection 2 Level-2 Science Products: U.S. Geological Survey Fact Sheet 2021-3055*. accessed on June 23, 2023, from <https://pubs.usgs.gov/fs/2021/3055/fs20213055.pdf>.

U.S. Geological Survey. (2023). *Landsat 8-9 Collection 2 (C2) Level 2 Science Product (L2SP) Guide. LSDS-1619 Version 5.0*. Date June 29, 2023, from https://d9-wret.s3.us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/s3fs-public/media/files/LSDS-1619_Landsat8-9-Collection2-Level2-Science-Product-Guide-v5.pdf.

Zha, Y., Gao, J., & Ni, S. (2003). Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International journal of remote sensing*, 24(3), 583-594.