

การประเมินความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองจากการเปลี่ยนแปลงการใช้
ประโยชน์ที่ดินในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ด้วยข้อมูลดาวเทียม Landsat หลายช่วงเวลา
Assessment of Urban Heat Island Severity from Land Use Changes Using
Multi-temporal Landsat Data in Nakhon Ratchasima Municipality

ศันสนีย์ มณีโชติ

Sunsanee Maneechot

คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

Faculty of Humanities and Social Sciences, Nakhon Ratchasima Rajabhat University

บทคัดย่อ

เทศบาลนครนครราชสีมาเป็นศูนย์กลางการพัฒนาเมืองที่มีการขยายตัวของพื้นที่สิ่งปลูกสร้างอย่างต่อเนื่อง ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงพลวัตทางความร้อนในเขตเมือง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิว (Land Surface Temperature : LST) กับการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2557–2567 และ 2) ประเมินความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองด้วยดัชนี Urban Thermal Field Variance Index (UTFVI) โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 8 OLI/TIR และ Landsat 9 OLI-2/TIRS-2 ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่สิ่งปลูกสร้างมีการเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 85.63 ในปี พ.ศ. 2557 เป็นร้อยละ 89.15 ในปี พ.ศ. 2567 ขณะที่พื้นที่เกษตรกรรมและป่าไม้ลดลงต่อเนื่อง ส่งผลให้พื้นที่ที่มีค่า LST สูงสุดสอดคล้องกับเขตเมืองหนาแน่นและพื้นที่เกษตรหลังการเก็บเกี่ยว ค่า UTFVI แสดงผลการกระจายแบบสองขั้ว โดยมีพื้นที่ระดับที่ไม่เกิดปรากฏการณ์ ประมาณร้อยละ 44–48 และพื้นที่ที่อยู่ในระดับความรุนแรงสูงสุด ประมาณร้อยละ 26–33 ในทุกช่วงเวลา อย่างไรก็ตามแนวโน้มระหว่างปี พ.ศ.2557–2567 แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ในระดับความรุนแรงสูงที่สุดลดลงเล็กน้อย ขณะที่พื้นที่ระดับกลาง (Weak–Middle–Strong) เพิ่มขึ้น สะท้อนถึงการกระจายตัวของความร้อนจากพื้นที่ศูนย์กลางเมืองไปยังพื้นที่รอบข้าง ผลการวิจัยชี้ว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินมีอิทธิพลโดยตรงต่อความรุนแรงและการกระจายตัวของ UHI ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถใช้เป็นแนวทางเชิงนโยบายในการจัดการพื้นที่เมือง เพิ่มพื้นที่สีเขียว และพัฒนาเมืองให้มีความยั่งยืนภายใต้สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป

คำสำคัญ: อุณหภูมิพื้นผิว ดัชนีความแปรปรวนความร้อนในเขตเมือง ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง

Abstract

Nakhon Ratchasima Municipality has experienced continuous urban expansion, resulting in significant changes in urban thermal dynamics. This study aimed to (1) examine land surface temperature (LST) dynamics between 2014 and 2024 and (2) assess the intensity of the Urban Heat Island (UHI) phenomenon using the Urban Thermal Field Variance Index (UTFVI). Landsat 8 OLI/TIR and Landsat 9 OLI-2/TIRS-2 imagery were employed for multitemporal analysis. The results revealed that built-up areas expanded from 85.63% in 2014 to 89.15% in 2024, while agricultural and forest areas declined. Higher LST values were strongly associated with dense urban zones and post-harvest agricultural lands, where bare soil contributed to heat accumulation. UTFVI indicated a bimodal distribution, with None accounting for about 44–48% and Strongest accounting for 26–33% of the study area across all years. However, a slight decrease in Strongest areas was observed over time, while the share of intermediate levels (Weak–Middle–Strong) increased, suggesting the spatial diffusion of heat from urban cores to surrounding areas. This study demonstrates that LULC change directly influences the intensity and spatial distribution of UHI. The findings provide useful implications for urban climate adaptation strategies, particularly in promoting urban greening, managing post-harvest agricultural lands, and integrating sustainable urban planning measures to mitigate heat stress in tropical cities under climate change.

Keywords: Land surface temperature, Urban thermal field variance index, Urban heat island

1. บทนำ

การขยายตัวของเมืองเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน จากเดิมที่เคยเป็นพื้นที่สีเขียวตามธรรมชาติมีต้นไม้ดูดซับมลพิษและดักจับฝุ่นละอองในอากาศ กลายเป็นพื้นที่เมืองที่มีการก่อสร้างอาคาร ถนน และโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ (Mustafa & Szydlowski, 2020) ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง (Urban Heat Island : UHI) มีงานวิจัยที่กล่าวถึงอุณหภูมิพื้นผิว (Land Surface Temperature : LST) สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองกับการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ (Amani-beni et al., 2019; Nguyen et al., 2019; Nyandwi et al., 2017; Ranagalage et al., 2018) อุณหภูมิพื้นผิวที่สูงในพื้นที่เขตเมืองส่งผลกระทบต่อพื้นที่โดยรอบ โดยเกิดจากการปล่อยพลังงานในระดับใกล้พื้นผิวที่สูงได้แก่ กิจกรรมของโรงงานอุตสาหกรรม การปล่อยมลพิษจากยานพาหนะ หรือการดูดซับรังสีจากดวงอาทิตย์ของวัตถุบนพื้นดินโดยเฉพาะในเขตเมืองที่มีวัสดุทำจากยางมะตอยและคอนกรีต จึงสามารถกักเก็บความร้อนได้มาก รวมไปถึงอัตราการระเหยและการคายน้ำที่ต่ำ ซึ่งเกิดจากการลดลงของพื้นที่สีเขียว ทำให้การระเหยของน้ำและการคายน้ำจากพืชลดลง ส่งผลให้เกิดการระบายความร้อนน้อยลง (Kleerekoper et al., 2012)

การบูรณาการร่วมกันของการรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing : RS) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) มีส่วนช่วยในการศึกษาปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง ด้วยการถ่ายภาพจากดาวเทียม Landsat-5 TM, Landsat 8 OLI/TIRS และ MODIS ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการประเมินจากปัจจัยที่มีอิทธิพลทำให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง ได้แก่ การขยายตัวของเมือง การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิว มีหลายงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาการขยายตัวของเมืองที่มีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยอาศัยการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat หลายช่วงเวลา (Hashim et al., 2022; Kafy et al., 2021; Yeneneh et al., 2022) ยังมีอีกหนึ่งดัชนีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการประเมินคุณภาพของระบบนิเวศและสภาพแวดล้อม รวมไปถึงการกระจายตัวของความร้อนภายในเขตเมือง ดัชนีความแปรปรวนของความร้อนในเขตเมือง (Urban Thermal Field Variance Index : UTFVI) เป็นตัวชี้วัดที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการประเมินการเปลี่ยนแปลงของการกระจายอุณหภูมิภายในพื้นที่ โดยเป็นการวัดระดับความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง (Mohammad & Goswami, 2022; Nguyen et al., 2019; Sobrino & Irakulis, 2020) มีงานวิจัยที่ใช้ดัชนีนี้ในการวิเคราะห์ความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง และการสร้างข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการวางแผนเพิ่มพื้นที่สีเขียว เพื่อบรรเทาผลกระทบจากความร้อนที่สะสมในเขตเมือง (Faisal et al., 2021; Li et al., 2024; Naim & Kafy, 2021)

จากการศึกษาปรากฏการณ์เกาะความร้อนในประเทศไทย พบว่า เมืองขนาดใหญ่หลายเมืองมีแนวโน้มของการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเพิ่มมากขึ้น ดังเช่น กรุงเทพมหานครซึ่งเป็นเมืองที่มีการขยายตัวของเมืองอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้พื้นที่ธรรมชาติถูกแทนที่ด้วยพื้นที่พัฒนา (Sanecharoen et al., 2019) หรือในส่วนของเมืองเชียงใหม่ที่มีการขยายตัวของพื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้างออกจากพื้นที่เมืองเก่าไปสู่พื้นที่บริเวณโดยรอบ ซึ่งมีลักษณะของการขยายตัวของเมืองในรูปแบบเดียวกับเมืองอุดรธานี และเมืองนครราชสีมา โดยพบว่าตัวเมืองเชียงใหม่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองในทุกเดือน สังเกตได้จากความแตกต่างของอุณหภูมิในพื้นที่เมืองและพื้นที่รอบนอกได้ชัดเจนในช่วงกลางวันของฤดูร้อน (วีรพันธ์ สงสม และคณะ, 2563) สำหรับการศึกษาปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองนครราชสีมา พบว่าเป็นเพียงการศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวกับการใช้ประโยชน์ที่ดินเท่านั้น ยังไม่มีการศึกษาอย่างละเอียดในส่วนของปรากฏการณ์เกาะความร้อนด้วยสภาพพื้นที่ของตัวเมืองนครราชสีมาที่มีการกระจุกตัวของพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างอย่างหนาแน่นบริเวณใจกลางเมือง และถูกล้อมรอบด้วยพื้นที่เกษตรกรรมเป็นจำนวนมาก จึงมีความน่าสนใจที่จะทำการศึกษาเพิ่มเติมถึงปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง ประกอบกับการที่เมืองนครราชสีมาเป็นศูนย์กลางเชื่อมต่อการคมนาคม รถยนต์ รถไฟ รถไฟรางคู่ และรถไฟความเร็วสูง และมีจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ.2556 มีจำนวนประชากร 448,725 คน จนถึงปี พ.ศ.2566 มีประชากร 468,506 คน (สำนักงานสถิติจังหวัดนครราชสีมา, 2559; สำนักงานสถิติจังหวัดนครราชสีมา, 2566) ซึ่งมีอัตราการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรคิดเป็นร้อยละ 0.65 และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นต่อไปในอนาคต

2. วัตถุประสงค์

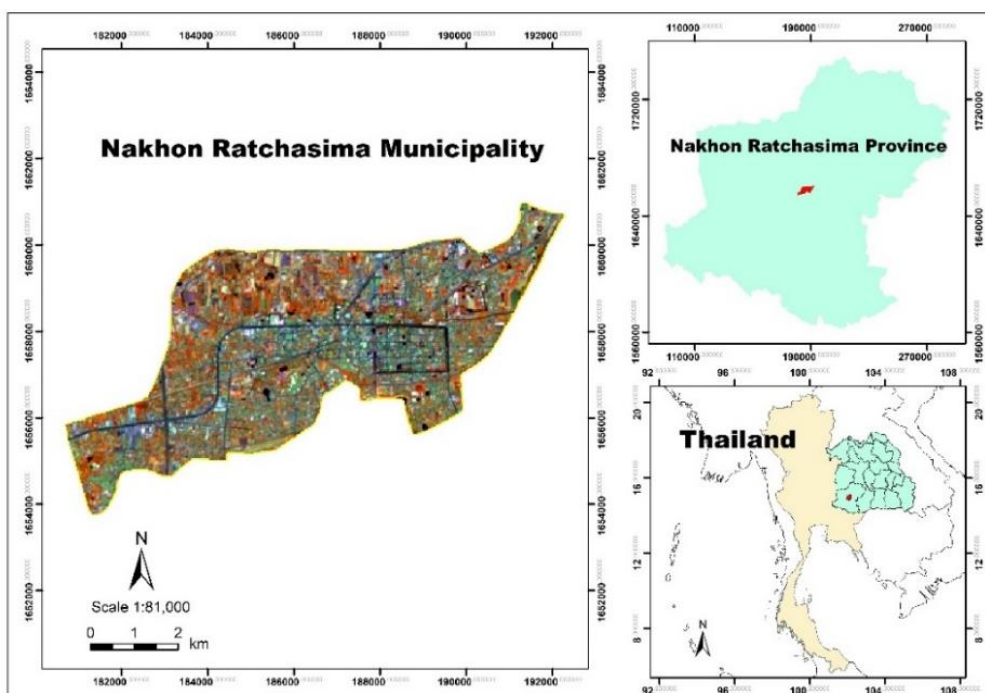
2.1 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ในช่วงปี พ.ศ. 2557-2567 ด้วยภาพถ่ายดาวเทียม Landsat หลายช่วงเวลา

2.2 เพื่อประเมินความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองด้วยดัชนีความแปรปรวนความร้อนในเขตเมืองในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

พื้นที่ศึกษา

งานวิจัยนี้ดำเนินการในเทศบาลนครนครราชสีมา ซึ่งตั้งอยู่ในอำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เทศบาลนครนครราชสีมา มีพื้นที่ประมาณ 37.50 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ระหว่างละติจูด 14.9706 องศาเหนือ และลองจิจูด 102.1019 องศาตะวันออก ระดับความสูงอยู่ระหว่าง 180 - 200 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง ลักษณะภูมิประเทศของเทศบาลส่วนใหญ่เป็นที่ราบลาดเอียงเล็กน้อยไปทางทิศตะวันออก พื้นที่ราบต่ำพบได้ในเขตภาคเหนือของเมือง ในขณะที่พื้นที่ทางใต้เป็นเนินเขาสูงเล็กน้อย ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษา

การรวบรวมข้อมูล

ทำการรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 ระบบ OLI/TIR และ Landsat 9 ระบบ OLI-2/TIRS-2 บันทึกข้อมูลปี พ.ศ.2557 (2014) พ.ศ.2562 (2019) และ พ.ศ.2567 (2024) แบ่งออกเป็น 2 ช่วงฤดูกาล คือ ฤดูหนาว และฤดูร้อน โดยทำการดาวน์โหลดจากเว็บไซต์ <https://earthexplorer.usgs.gov/> รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 และ Landsat 9 ที่ใช้ในการศึกษา

Landsat	Path/Row	วันที่ถ่ายภาพ	ฤดูกาล
Landsat 8 OLI/TIRS	128/50	26 Jan 2014	ฤดูหนาว
		11 Feb 2014	
		31 Mar 2014	ฤดูร้อน
Landsat 8 OLI/TIRS	128/50	24 Jan 2019	ฤดูหนาว
		10 Dec 2019	
		13 Mar 2019	ฤดูร้อน
Landsat 9 OLI-2 /TIRS-2	128/50	15 Feb 2024	ฤดูหนาว
Landsat 8 OLI/TIRS		23 Dec 2024	ฤดูหนาว
		27 Apr 2024	ฤดูร้อน

ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การประมวลผลภาพถ่ายจากดาวเทียมเบื้องต้น เป็นการแก้ไขความคลาดเคลื่อนเชิงบรรยากาศ (Atmospheric Correction) ด้วยการแปลงค่าการสะท้อนของจุดภาพ (Digital Number: DN) ให้เป็นค่าการสะท้อนที่ส่วนบนสุดของบรรยากาศ (Top of Atmosphere Reflectance: TOA) และการปรับแก้ภาพเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction) ของภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 ระบบ OLI/TIR และ Landsat 9 ระบบ OLI-2/TIRS-2 (USGS, 2024)

2. การคำนวณค่าอุณหภูมิพื้นผิว จากข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 8 ระบบ TIR และ Landsat 9 ระบบ TIRS-2 ปี พ.ศ.2557 (2014) พ.ศ.2562 (2019) และ พ.ศ.2567 (2024) ด้วยการใช้ช่วงคลื่นที่ 10 สามารถคำนวณดังสมการที่ 1 (Weng et al., 2004)

$$LST = \frac{T_B}{1 + (\lambda \times T_B / \rho) \ln \varepsilon} \quad (1)$$

โดยที่

LST	=	อุณหภูมิพื้นผิว
T _B	=	อุณหภูมิความสว่างของชั้นบรรยากาศ หน่วยเป็นองศาเซลเซียส
λ	=	ความยาวช่วงคลื่น (Landsat 8TIRS แบนด์ 10 =10.8 ,แบนด์ 11 = 12)
ρ	=	h × c/σ (1.438 × 10 ⁻² m K) = 14388 μm K

h	=	Planck's constant (6.626×10^{-34} J/s)
c	=	velocity of light (2.998×10^8 m/s)
σ	=	Boltzmann constant (1.38×10^{-23} J/K)
ε	=	การเปล่งรังสีของพื้นผิวดิน

ในการคำนวณค่าอุณหภูมิพื้นผิวสำหรับข้อมูลจากดาวเทียม ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ การศึกษาค่าอุณหภูมิความสว่างของชั้นบรรยากาศ (Brightness Temperature) การศึกษาสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก (Land Surface Emissivity) การศึกษาดัชนีผลต่างของพืชพรรณ (NDVI) และสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน (Proportion of Vegetation : Pv) รายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 การคำนวณค่าอุณหภูมิความสว่างของชั้นบรรยากาศ (Brightness Temperature : T_B)

การศึกษาค่าอุณหภูมิความสว่าง จากข้อมูลอินฟราเรดความร้อนช่วงคลื่นที่ 10 ทำการแปลงข้อมูลเชิงเลข (DN) ไปสู่ข้อมูลการแผ่รังสีเชิงสเปกตรัม (Spectral Radiance) เพื่อประมวลผลอุณหภูมิความสว่าง ดังสมการที่ 2

$$T_B = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} - 273.15 \quad (2)$$

โดยที่	T_B	=	อุณหภูมิความสว่างของชั้นบรรยากาศ หน่วยเป็นองศาเซลเซียส
	K_1	=	ค่าคงที่ของดาวเทียม Landsat 8 (แบนด์ 10 = 774.8853) ค่าคงที่ของดาวเทียม Landsat 9 (แบนด์ 10 = 799.0284)
	K_2	=	ค่าคงที่ของดาวเทียม Landsat 8 (แบนด์ 10 = 1321.0789) ค่าคงที่ของดาวเทียม Landsat 9 (แบนด์ 10 = 1329.2405)
	L_λ	=	การแผ่รังสีเชิงสเปกตรัม

2.2 การศึกษาสภาพการเปล่งรังสีของพื้นผิวดิน เป็นการประเมินด้วยการคำนวณจากสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน (De Jesus & Santana, 2017) ดังสมการที่ 3

$$\varepsilon = 0.004 \times Pv + 0.986 \quad (3)$$

โดยที่	ε	=	การเปล่งรังสีของพื้นผิวดิน
	Pv	=	สัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน

2.3 ดัชนีผลต่างของพืชพรรณ (Normalize Difference Vegetation : NDVI) เป็นการหาอัตราส่วนระหว่างผลต่างของปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) กับปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นสีแดง (RED) (Jackson & Huete, 1991) ดังสมการที่ 4

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (4)$$

โดยที่ NIR = ค่าการสะท้อนช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (band 5)
RED = ค่าการสะท้อนช่วงคลื่นที่ตามองเห็นสีแดง (band 4)

2.4 สัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน (Proportion of Vegetation : Pv) สามารถคำนวณได้จากความสมบูรณ์ของพืชพรรณ ดังสมการที่ 5

$$Pv = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2 \quad (5)$$

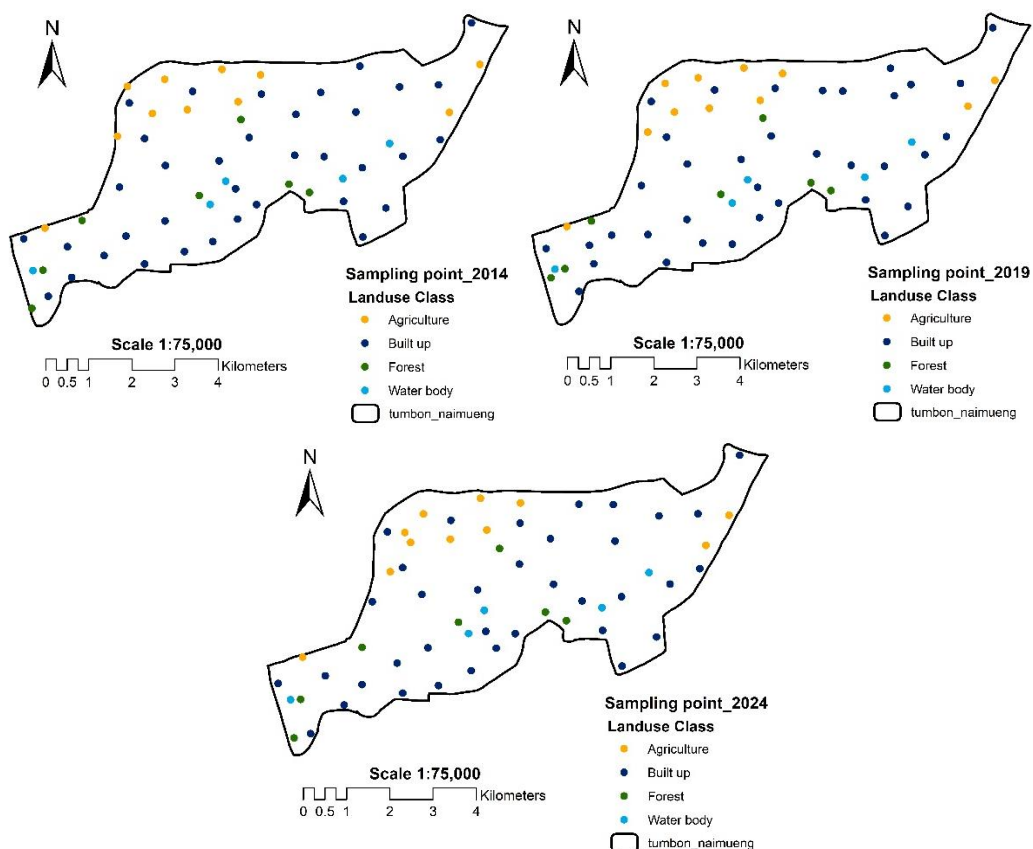
โดยที่ $NDVI_{max}$ = ค่าที่บอกสัดส่วนของพืชพรรณสูงสุด หรือค่าสูงสุดของ NDVI
 $NDVI_{min}$ = ค่าที่บอกสัดส่วนของพืชพรรณต่ำสุด หรือค่าต่ำสุดของ NDVI

2.5 สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ มีการตรวจสอบความถูกต้องของค่าอุณหภูมิพื้นผิวที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายจากดาวเทียม ด้วยการนำค่าอุณหภูมิพื้นผิวที่ได้จากการวิเคราะห์มาตรวจสอบกับข้อมูลสถิติอุณหภูมิจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินจังหวัดนครราชสีมา ที่ได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างในช่วงวันเดียวกันกับภาพถ่ายจากดาวเทียม โดยการนำมาหาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 หากมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเข้าใกล้ 1 แสดงว่าการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียมมีความน่าเชื่อถือ

3. การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 ระบบ OLI และ Landsat 9 ระบบ OLI-2 ของทั้ง 3 ช่วงเวลา คือ ปี พ.ศ.2557 (2014) พ.ศ.2562 (2019) และ พ.ศ.2567 (2024) มาทำการสร้างเป็นภาพสีผสมเท็จ RGB : 453 จากนั้นทำการเลือกข้อมูลตัวอย่าง (Training Data) โดยทำการเลือกการใช้ประโยชน์ที่ดิน 4 ประเภท ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่ป่าไม้ รวมทั้งหมด 182 จุด ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการจำแนกด้วย Maximum Likelihood

สำหรับการประเมินความถูกต้องของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Accuracy Assessment) ได้ทำการเปรียบเทียบผลการจำแนกที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมกับข้อมูลอ้างอิงจากภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงในโปรแกรม Google Earth ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบอิสระ (Random Sampling) เพื่อหลีกเลี่ยงอคติในการเลือกตำแหน่งตัวอย่างและเพิ่มโอกาสให้จุดตรวจสอบกระจายตัวอย่างเป็นอิสระอยู่ในประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 4 ประเภท ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่ป่าไม้ทั่วพื้นที่ศึกษา โดยมีการกำหนดจุดตรวจสอบจำนวน 59 จุดต่อหนึ่งช่วงเวลากการวิเคราะห์ สำหรับปี พ.ศ.2557 (2014) พ.ศ.2562 (2019) และ พ.ศ.2567 (2024) รวมทั้งหมด 177 จุดตลอดช่วงเวลาการศึกษา ซึ่งเพียงพอสำหรับการประเมินความถูกต้องของการจำแนกในระดับเมือง ดังภาพที่ 2 และตารางที่ 2 จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้นำมาทำการประเมินความถูกต้องและการตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูล ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องแคปปา (Kappa Coefficient) (Landis & Koch, 1977)

จากนั้นทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินกับอุณหภูมิพื้นผิว โดยใช้เทคนิค Zonal Statistics เพื่อคำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) ของอุณหภูมิพื้นผิวในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน พร้อมทั้งบันทึกค่าทางสถิติอื่น ๆ เช่น ค่าสูงสุด (Maximum) และค่าต่ำสุด (Minimum) เพื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบว่า ประเภทการใช้ที่ดินใดมีแนวโน้มที่จะสะสมความร้อนได้สูงกว่าประเภทอื่น ๆ



ภาพที่ 2 แผนที่แสดงตำแหน่งจุดตรวจสอบความถูกต้องกระจายในเขตเมืองเทศบาลนครราชสีมา

ตารางที่ 2 จำนวนจุดตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน จำแนกตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและปีที่ศึกษา

ปี	รวม	แหล่งน้ำ	ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	เกษตรกรรม	ป่าไม้
2557	59	5	36	11	7
2562	59	5	36	11	7
2567	59	5	36	11	7
รวม	177	15	108	33	21

4. การประเมินระดับความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง

การประเมินระดับความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง สำหรับงานวิจัยครั้งนี้จะเป็นการใช้ดัชนีความแปรปรวนความร้อนในเขตเมือง เนื่องจาก UTFVI เป็นดัชนีที่สามารถสะท้อนความแตกต่างเชิงพื้นที่ของอุณหภูมิพื้นผิวเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของพื้นที่ศึกษา และสามารถจำแนกระดับความรุนแรงเชิงนิเวศของความร้อนในเมืองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการพิจารณาระดับการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง (Zhang et al., 2006) ดังสมการที่ 6

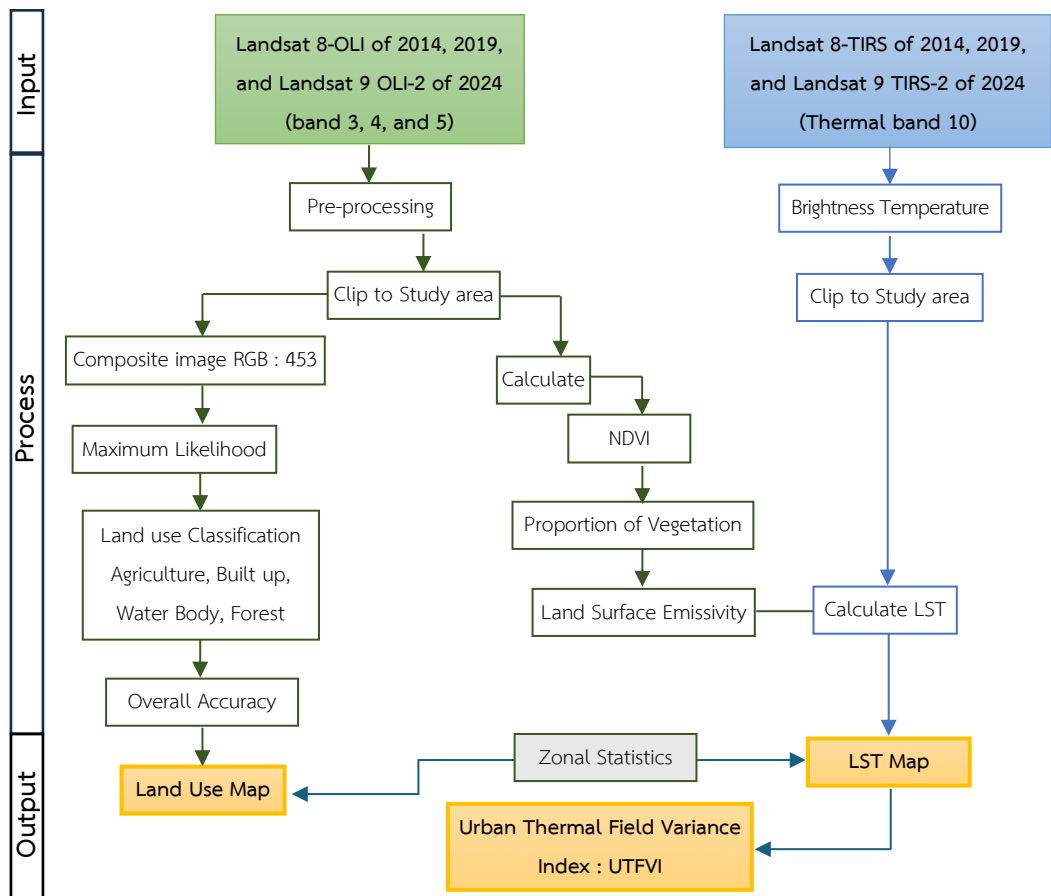
$$UTFVI = \frac{T_s - T_{mean}}{T_{mean}} \quad (6)$$

โดยที่ T_s = อุณหภูมิพื้นผิว (LST) หน่วยเป็นองศาเซลเซียส
 T_{mean} = ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิพื้นผิว (Mean LST) ในพื้นที่ศึกษา หน่วยเป็นองศาเซลเซียส

ในการศึกษาครั้งนี้มีการจัดระดับของดัชนีความแปรปรวนความร้อนในเขตเมือง ตามเกณฑ์ของ (Zhang et al., 2006) สามารถแบ่งออกเป็น 6 ระดับ คือ ไม่มีปรากฏการณ์ ระดับต่ำ ระดับปานกลาง ระดับสูง ระดับสูงมาก และระดับสูงที่สุด ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เกณฑ์การจัดระดับของดัชนีความแปรปรวนความร้อนในเขตเมือง

ระดับของปรากฏการณ์	ค่า UTFVI
ไม่เกิดปรากฏการณ์	< 0.000
ระดับต่ำ	0.000 – 0.005
ระดับปานกลาง	0.005 – 0.010
ระดับสูง	0.010 – 0.015
ระดับสูงมาก	0.015 – 0.020
ระดับสูงที่สุด	> 0.020

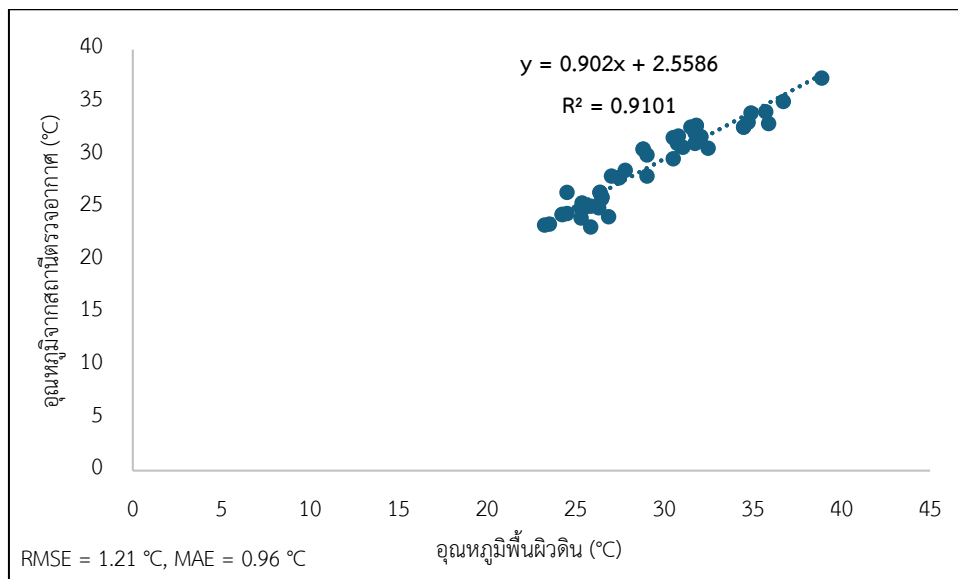


ภาพที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

4. ผลการวิจัย

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาในช่วงปี พ.ศ.2557-2567 ด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat หลายช่วงเวลา

จากการศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 ระบบ TIR และ Landsat 9 ระบบ TIRS-2 ใน 3 ช่วงเวลา คือ ปี พ.ศ.2557 (2014) พ.ศ.2562 (2019) และ พ.ศ. 2567 (2024) และแบ่งออกเป็น 2 ช่วงฤดูกาล คือ ฤดูหนาว และฤดูร้อน โดยได้มีการตรวจสอบความถูกต้องของค่าอุณหภูมิพื้นผิวที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียม ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิพื้นผิวกับข้อมูลสถิติอุณหภูมิจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินจังหวัดนครราชสีมา ที่ได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างในช่วงวันเดียวกันกับภาพถ่ายจากดาวเทียม พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.9101 ค่า RMSE เท่ากับ 1.21 °C และค่า MAE เท่ากับ 0.96 °C ดังภาพที่ 4 แสดงให้เห็นว่าค่าที่ได้จากการประมวลผลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 ระบบ TIR และ Landsat 9 ระบบ TIRS-2 มีความแม่นยำและน่าเชื่อถือ สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปได้



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat กับอุณหภูมิจากสถานีตรวจอากาศ จังหวัดนครราชสีมา

ในงานวิจัยครั้งนี้มีการจำแนกพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาด้วยการใช้วิธีการจำแนก Maximum Likelihood จำแนกพื้นที่ออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่ป่าไม้ และได้ประเมินความถูกต้องของการจำแนกด้วยการเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิงด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียมรายละเอียดสูงจากโปรแกรม Google Earth จำนวน 59 จุดต่อหนึ่งช่วงเวลาการวิเคราะห์ สำหรับปี พ.ศ.2557 (2014) พ.ศ.2562 (2019) และ พ.ศ.2567 (2024) รวมทั้งหมด 177 จุดตลอดช่วงเวลาการศึกษา พบว่า พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากร้อยละ 85.63 ในปี พ.ศ.2557 เป็นร้อยละ 89.15 ในปี พ.ศ.2567 สะท้อนให้เห็นถึงการขยายตัวของพื้นที่เมืองอย่างชัดเจน ในขณะที่พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่แหล่งน้ำ มีแนวโน้มลดลง โดยผลการประเมินความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกอยู่ระหว่างร้อยละ 83.72–86.49 และค่า Kappa coefficient อยู่ในช่วง 0.81–0.84 บ่งชี้ว่าการจำแนกข้อมูลมีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ต่อไปได้ ดังตารางที่ 4

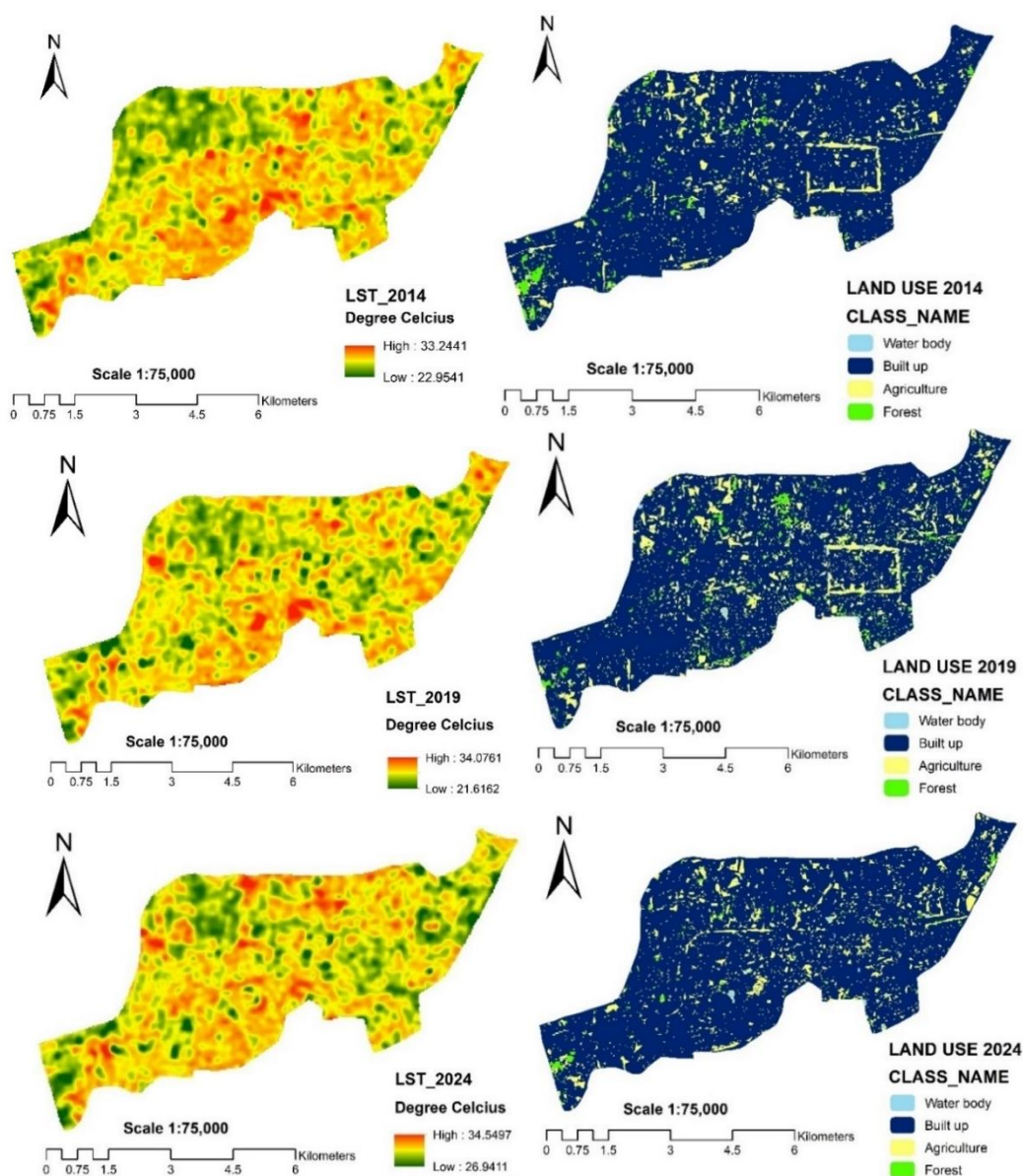
ตารางที่ 4 ผลการจำแนกพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินภายในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่แหล่งน้ำ	ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ป่าไม้	รวม	% Overall accuracy	Kappa	
2557	km ²	0.37	32.11	4.18	0.84	37.50	83.72	0.81
	%	0.99	85.63	11.14	2.24	100.00		
2562	km ²	0.24	33.03	3.61	0.62	37.50	85.63	0.84
	%	0.64	88.08	9.63	1.65	100.00		
2567	km ²	0.11	33.43	3.48	0.48	37.50	86.49	0.82
	%	0.29	89.15	9.28	1.28	100.00		

เมื่อพิจารณาข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ใน 3 ช่วงเวลา คือ ปี พ.ศ. 2557 (2014) พ.ศ.2562 (2019) และ พ.ศ.2567 (2024) พบว่า พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยสูงที่สุดทุกปี โดยเพิ่มจาก 29.64 °C ในปี พ.ศ.2557 เป็น 31.48 °C ในปี พ.ศ.2567 ในขณะที่พื้นที่ป่าไม้มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดสะท้อนบทบาทของพืชพรรณที่ช่วยลดความร้อน พื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่แหล่งน้ำมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง แต่พบว่าพื้นที่เกษตรกรรมในปี พ.ศ.2567 มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง ซึ่งอาจเนื่องมาจากการเก็บเกี่ยวพืชผลทำให้ขาดการปกคลุมของพืชพรรณ ขณะที่พื้นที่น้ำมีค่าเฉลี่ยลดลงตามลำดับเวลา อย่างไรก็ตามแนวโน้มโดยรวมแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิพื้นผิวของทุกประเภทการใช้ที่ดินมีการเพิ่มขึ้นตามลำดับปี สะท้อนถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการขยายตัวของเมือง ดังตารางที่ 5 และภาพที่ 5

ตารางที่ 5 ข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเมืองเทศบาลนครนครราชสีมา

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	2557				2562				2567			
	Mean	Max	Min	Std.	Mean	Max	Min	Std.	Mean	Max	Min	Std.
พื้นที่แหล่งน้ำ	27.67	30.54	25.96	1.15	28.22	29.68	27.09	0.75	29.40	30.94	28.35	0.90
ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	29.64	33.24	27.61	1.12	29.92	32.13	24.79	1.51	31.48	33.41	28.92	1.56
พื้นที่เกษตรกรรม	28.20	31.42	26.39	1.50	29.55	31.91	27.07	1.63	30.89	33.12	30.42	0.71
พื้นที่ป่าไม้	27.03	28.09	25.74	0.87	28.28	29.11	27.13	0.71	29.03	30.64	28.10	0.83



ภาพที่ 5 แผนที่อุณหภูมิพื้นผิวและแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ในเขตเมืองเทศบาลนครนครราชสีมา

ผลการประเมินระดับความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง ภายในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

จากการประเมินระดับความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองด้วยดัชนีความแปรปรวนความร้อนในเขตเมืองในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา ในปี พ.ศ.2557 (2014) พ.ศ.2562 (2019) และ พ.ศ.2567 (2024) พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่จัดอยู่ในระดับไม่เกิดปรากฏการณ์และเกิดปรากฏการณ์ในระดับสูงที่สุด สะท้อนถึงการกระจายเชิงพื้นที่แบบสองขั้ว กล่าวคือ มีทั้งพื้นที่ที่ไม่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองและพื้นที่ที่มีความ

รุนแรงสูงสุด เมื่อพิจารณาสัดส่วนโดยรวมของพื้นที่ที่อยู่ในระดับสูงถึงสูงมากที่สุด พบว่า มีพื้นที่ครอบคลุมร้อยละ 40-43 สะท้อนถึงการสะสมความร้อนในเขตสิ่งปลูกสร้างหนาแน่นและพื้นที่เกษตรกรรมหลังการเก็บเกี่ยว ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เพอร์เซ็นต์ระดับความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองที่ประเมินด้วยดัชนี UTFVI

ระดับของปรากฏการณ์	2557		2562		2567	
	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน
ไม่เกิดปรากฏการณ์	47.23	46.13	48.35	46.32	48.23	45.13
ระดับต่ำ	4.67	5.82	4.88	5.44	5.29	5.88
ระดับปานกลาง	5.20	5.17	5.20	5.60	6.37	7.55
ระดับสูง	5.04	5.23	5.09	5.81	6.51	7.52
ระดับสูงมาก	4.72	4.93	4.48	5.65	6.24	7.07
ระดับสูงที่สุด	33.14	32.72	32.00	31.18	27.36	26.85
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

5. อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ใน 3 ช่วงเวลา คือ ปี พ.ศ.2557 (2014) พ.ศ.2562 (2019) และ พ.ศ.2567 (2024) พบว่าในปี พ.ศ. 2567 พื้นที่เกษตรกรรมมีค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย 30.89°C ซึ่งใกล้เคียงกับพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างที่มีค่าเฉลี่ย 31.48°C แม้ว่าพื้นที่เกษตรกรรมโดยทั่วไปจะมีบทบาทช่วยลดอุณหภูมิผ่านกระบวนการคายระเหยน้ำของพืช (Evapotranspiration) แต่ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าพื้นที่เกษตรบางส่วนอาจมีลักษณะเป็นพื้นที่ดินเปลือยหลังการเก็บเกี่ยวพืชผล ส่งผลให้ความสามารถในการสะท้อนและระบายความร้อนลดลง ขณะที่พื้นดินสามารถดูดซับและสะสมพลังงานความร้อนได้มากขึ้น ลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับระบบการเกษตรในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งในช่วงฤดูแล้งหลังการเก็บเกี่ยวข้าวหรือพืชไร่ พื้นที่จำนวนมากจะขาดการปกคลุมของพืชพรรณ และบางพื้นที่อาจมีการไถพรวนหรือเผาเศษวัสดุทางการเกษตร ส่งผลให้อุณหภูมิพื้นผิวเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ผลการศึกษาสอดคล้องกับ Moisa and Gameda (2022) ที่ระบุว่าพื้นที่เกษตรกรรมหลังการเก็บเกี่ยวสามารถแสดงค่าความรุนแรงของเกาะความร้อนเมืองในระดับใกล้เคียงกับพื้นที่สิ่งปลูกสร้างได้ เนื่องจากการลดลงของความชื้นในดินและการสูญเสียพืชพรรณปกคลุม ข้อค้นพบดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการใช้ที่ดินประเภทเกษตรกรรมไม่ได้มีบทบาทลดความร้อนเสมอไป แต่ประสิทธิภาพในการควบคุมอุณหภูมิขึ้นอยู่กับสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละช่วงเวลา โดยเฉพาะสถานะการปกคลุมของพืชและการจัดการพื้นที่หลังการเก็บเกี่ยว

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินมีความสัมพันธ์อย่างชัดเจนกับระดับความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง ที่ประเมินด้วยดัชนี UTFVI โดยพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา มีพื้นที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากร้อยละ 85.63 ในปี พ.ศ.2557 เป็นร้อยละ 89.15 ในปี พ.ศ.2567 ส่งผลให้พื้นที่ที่จัดอยู่ในระดับความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองระดับสูงถึงสูงที่สุดครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 40-43 ของพื้นที่ทั้งหมด สะท้อนถึงบทบาทของพื้นที่ผิวที่น้ำและสิ่งปลูกสร้างหนาแน่นที่มีคุณสมบัติดูดซับและกักเก็บความร้อนสูง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Guha et al. (2018) ที่ระบุว่าพื้นที่เมืองที่มีความหนาแน่นของสิ่งปลูกสร้างสูงจะมีความสัมพันธ์กับค่าดัชนี UTFVI ที่รุนแรงกว่า เช่นเดียวกับ Moisa and Gameda (2022) ที่ระบุว่า การเพิ่มขึ้นของพื้นที่สิ่งปลูกสร้างมีส่วนทำให้แนวโน้มของอุณหภูมิพื้นผิวและปรากฏการณ์เกาะความร้อนสูงขึ้น และสามารถเพิ่มค่า UTFVI ได้อย่างมีนัยสำคัญ

ในทางกลับกัน พื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เกษตรกรรมมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยพื้นที่ป่าไม้ลดลงจากร้อยละ 2.24 เหลือร้อยละ 1.28 และพื้นที่เกษตรกรรมลดลงจากร้อยละ 11.14 เหลือร้อยละ 9.28 ตลอดช่วงเวลาศึกษา การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลให้พื้นที่ที่มีบทบาทในการลดและควบคุมอุณหภูมิพื้นผิวของเมืองลดลง ซึ่งส่งผลต่อสมดุลทางความร้อนของพื้นที่ศึกษา โดยเฉพาะพื้นที่เกษตรกรรมในช่วงหลังการเก็บเกี่ยวที่ขาดการปกคลุมของพืชพรรณ ทำให้พื้นดินเปลือยสามารถดูดซับและสะสมความร้อนได้มากขึ้น ส่งผลให้มีแนวโน้มแสดงค่าอุณหภูมิพื้นผิวและค่า UTFVI สูงขึ้นในบางบริเวณ นอกจากนี้ การลดลงของพื้นที่น้ำจากร้อยละ 0.99 เหลือเพียงร้อยละ 0.29 ยังสอดคล้องกับแนวโน้มการลดลงของพื้นที่ UTFVI ระดับที่ไม่เกิดปรากฏการณ์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงบทบาทสำคัญของแหล่งน้ำและพื้นที่สีเขียวในการช่วยบรรเทาความร้อนและรักษาสมดุลทางความร้อนของเมือง ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Li et al. (2024) ที่ระบุว่า การเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ การคงไว้ซึ่งพืชพรรณปกคลุม และการวางแผนการใช้ที่ดินอย่างเหมาะสม เป็นมาตรการสำคัญในการลดผลกระทบจากปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองและปรับปรุงสภาพแวดล้อมทางความร้อนของพื้นที่เมืองในระยะยาว

ผลการศึกษา ยังสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการนำข้อมูลเชิงพื้นที่ด้านอุณหภูมิพื้นผิวและดัชนี UTFVI ไปใช้ประกอบการวางแผนและบริหารจัดการเมืองในระดับท้องถิ่น โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีค่าดัชนี UTFVI อยู่ในระดับสูงและสูงที่สุด ซึ่งส่วนใหญ่สอดคล้องกับพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างที่มีความหนาแน่นสูง หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น เทศบาลนครนครราชสีมา และหน่วยงานด้านการผังเมือง ควรให้ความสำคัญกับการเพิ่มพื้นที่สีเขียวในบริเวณดังกล่าว ทั้งในรูปแบบสวนสาธารณะ พื้นที่สีเขียวตามแนวถนน และโครงสร้างพื้นฐานสีเขียว (Green Infrastructure) เพื่อลดการสะสมความร้อนของพื้นผิวเมือง นอกจากนี้ ผลการศึกษาที่พบว่าพื้นที่เกษตรกรรมบางส่วนมีอุณหภูมิพื้นผิวสูงใกล้เคียงกับพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการจัดการพื้นที่หลังการเก็บเกี่ยว โดยอาจส่งเสริมแนวทางการเกษตรอัจฉริยะ (Smart Farming) เช่น การปลูกพืชคลุมดิน การใช้วัสดุคลุมดิน และการลดการเผาเศษวัสดุทางการเกษตร เพื่อช่วยรักษาความชื้นของดินและลดการสะสมความร้อนของพื้นผิว ในขณะเดียวกัน การกำหนดมาตรการส่งเสริมการใช้วัสดุปูพื้นและวัสดุก่อสร้างที่มีค่าการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์สูง (High-Albedo Materials) ในโครงการพัฒนาเมืองใหม่อาจเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยบรรเทาผลกระทบจากปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โดยสรุปผลการวิเคราะห์ครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า แม้พื้นที่สิ่งปลูกสร้างจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินภายในพื้นที่ศึกษา โดยเฉพาะการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม และแหล่งน้ำ มีส่วนสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงสมดุลทางความร้อนและการกระจายตัวของความร้อนในเมือง ส่งผลให้พื้นที่ที่มีค่าดัชนี UTFVI ระดับปานกลางถึงระดับสูงมีแนวโน้มกระจายตัวกว้างขึ้นในหลายบริเวณของพื้นที่ศึกษา ข้อค้นพบดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่ารูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินและการจัดการพื้นที่สีเขียวเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อพลวัตของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองในระยะยาว สำหรับการศึกษาครั้งต่อไป ควรพิจารณาบูรณาการข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่สูง เช่น Sentinel-2 ร่วมกับข้อมูลจากดาวเทียมที่มีแถบคลื่นความร้อน เพื่อเพิ่มความละเอียดในการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินและลักษณะพื้นผิวเมือง รวมถึงควรประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์เชิงสถิติและเชิงพื้นที่ขั้นสูง เช่น การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) การถดถอยเชิงพื้นที่ (Spatial Regression) และการวิเคราะห์ Spatial Autocorrelation เช่น Moran's I หรือ Getis-Ord Gi* เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิว ดัชนีสเปกตรัม และปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมในเชิงพื้นที่อย่างเป็นระบบมากยิ่งขึ้น อันจะนำไปสู่การพัฒนาแนวทางการจัดการพื้นที่เมืองและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ตามแนวคิด Local Climate Zones (LCZ) เพื่อทำความเข้าใจอิทธิพลของรูปแบบโครงสร้างเมืองที่มีต่อการกระจายตัวของอุณหภูมิพื้นผิวและความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลสถิติอุณหภูมิจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินจังหวัดนครราชสีมา ทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- วีรนนท์ สงสม, ธงชัย สุธีระศักดิ์ และ ไพรภพ สันหวัง. (2563). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเกาะความร้อนเมืองและจำนวนนักท่องเที่ยวในตัวเมืองเชียงใหม่ด้วยเทคนิคการรับรู้จากระยะไกล. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, 30(4), 678–688. <http://doi.org/10.14416/j.kmutnb.2020.06.007>
- สำนักงานสถิติจังหวัดนครราชสีมา. (2566). *ตารางประชากรจากการทะเบียน จำแนกตามเพศ เขตการปกครอง เป็นรายอำเภอ พ.ศ. 2566*. สำนักงานสถิติแห่งชาติ. https://nkrat.nso.go.th/images/2566_%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%8A%E0%B8%B2%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%99%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%8A%E0%B8%AA%E0%B8%B5%E0%B8%A1%E0%B8%B22566.pdf
- สำนักงานสถิติจังหวัดนครราชสีมา. (2559). *รายงานสถิติจังหวัดนครราชสีมา พ.ศ. 2559*. สำนักงานสถิติแห่งชาติ. https://nkrat.nso.go.th/images/Nakhon_Ratchasima_Province_Statistical_Report/NKRAT_R59.pdf

- Amani-beni, M., Zhang, B., Xie, G., & Shi, Y. (2019). Impacts of urban green landscape patterns on land surface temperature : evidence from the adjacent area of olympic forest park of Beijing , China. *Sustainability*, 11(2), 513. <https://doi.org/10.3390/su11020513>
- De Jesus, J. B., & Santana, I. D. M. (2017). Estimation of land surface temperature in caatinga area using Landsat 8 Data. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing*, 7(3), 150–157. <https://doi.org/10.29150/jhrs.v7.3.p150-157>
- Faisal, A.-A., Kafy, A.- Al, Foyezur Rahman, A. N. M., Rakib, A. Al, Akter, K. S., Raikwar, V., Jahir, D. M. A., Ferdousi, J., & Kona, M. A. (2021). Assessment and prediction of seasonal land surface temperature change using multi-temporal Landsat images and their impacts on agricultural yields in Rajshahi, Bangladesh. *Environmental Challenges*, 7(9), 100147. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100147>
- Guha, S., Govil, H., Dey, A., & Gill, N. (2018). Analytical study of land surface temperature with NDVI and NDBI using Landsat 8 OLI and TIRS data in Florence and Naples city, Italy. *European Journal of Remote Sensing*, 51(1), 667–678. <https://doi.org/10.1080/22797254.2018.1474494>
- Hashim, B. M., Maliki, A. Al, Sultan, M. A., Shahid, S., & Yaseen, Z. M. (2022). Effect of land use land cover changes on land surface temperature during 1984 - 2020 : a case study of Baghdad city using landsat image. *Natural Hazards*, 112(2), 1223–1246. <http://doi.org/10.1007/s11069-022-05224-y>
- Jackson, R. D., & Huete, A. R. (1991). Interpreting vegetation indices. *Preventive Veterinary Medicine*, 11(3-4), 185–200. [http://doi.org/10.1016/S0167-5877\(05\)80004-2](http://doi.org/10.1016/S0167-5877(05)80004-2)
- Kafy, A. A., Faisal, A.-A., Rakib, Al, A., Roy, S., Ferdousi, J., Raikwar, V., Kona, Marium, A., & Fatin, S. M. A. Al. (2021). Predicting changes in land use / land cover and seasonal land surface temperature using multi-temporal landsat images in the northwest region of Bangladesh. *Heliyon*, 7(7), e07623. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07623>
- Kleerekoper, L., van Esch, M., & Salcedo, T. B. (2012). How to make a city climate-proof, addressing the urban heat island effect. *Resource Conservation Recycling*, 64, 30–38. <http://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.06.004>
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159–174. <http://doi.org/10.2307/2529310>
- Li, S., Yang, X., Cui, P., Sun, Y., & Song, B. (2024). Machine-Learning-Algorithm-Based prediction of land use / land cover and land surface temperature changes to characterize the surface urban heat island phenomena over Harbin, China. *Land*, 13(8), 1164. <http://doi.org/10.3390/land13081164>

- Mohammad, P., & Goswami, A. (2022). Predicting the impacts of urban development on seasonal urban thermal environment in Guwahati city, Northeast India. *Building and Environment*, 226, 109724. <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109724>
- Moisa, M. B., & Gemed, D. O. (2022). Assessment of urban thermal field variance index and thermal comfort level of Addis Ababa metropolitan city, Ethiopia. *Heliyon*, 8(8), e10185. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10185>
- Mustafa, A., & Szydlowski, M. (2020). The Impact of spatiotemporal changes in land development (1984 – 2019) on the increase in the runoff coefficient in Erbil , Kurdistan Region of Iraq. *Remote Sensing*, 12(8), 1302. <http://doi.org/10.3390/rs12081302>
- Naim, M. N. H., & Kafy, A.-A. (2021). Assessment of urban thermal field variance index and defining the relationship between land cover and surface temperature in Chattogram city : A remote sensing and statistical approach. *Environmental Challenges*, 4, 100107. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100107>
- Nguyen, T. M., Lin, T., & Chan, H. (2019). The environmental effects of urban development in Hanoi, Vietnam from satellite and meteorological observations from 1999-2016. *Sustainability*, 11(6), 1768. <https://doi.org/10.3390/su11061768>
- Nyandwi, E., Veldkamp, A., Amer, S., Karema, C., & Umulisa, I. (2017). Schistosomiasis mansoni incidence data in Rwanda can improve prevalence assessments, by providing high-resolution hotspot and risk factors identification. *BMC Public Health*, 17(1), 845–860. <http://doi.org/10.1186/s12889-017-4816-4>.
- Ranagalage, M., Estoque, R. C., Zhang, X., & Murayama, Y. (2018). Spatial changes of urban heat island formation in the Colombo district, Sri Lanka : Implications for sustainability planning. *Sustainability*, 10(5), 1367. <https://doi.org/10.3390/su10051367>
- Sanecharoen, W., Nakhapakorn, K., Mutchimwong, A., Jirakajohnkool, S., & Onchang, R. (2019). Assessment of urban heat island patterns in Bangkok Metropolitan area using time-series of LANDSAT thermal infrared data. *Environment and Natural Resources Journal*, 17(4), 87–102. <https://doi.org/10.32526/enrj.17.4.2019.34>
- Sobrino, J. A., & Irakulis, I. (2020). A methodology for comparing the surface urban heat island in selected urban agglomerations around the world from Sentinel-3 SLSTR Data. *Remote Sensing*, 12(12), 2052. <http://doi.org/10.3390/rs12122052>
- USGS. (2024, December 14). *LANDSAT 8 (L8) Data Users Handbook Version 2.0*. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. <https://dl.icdst.org/pdfs/files/2512b7ec8c34f3a7330e7fa339792e5e.pdf>

- Weng, Q., Lu, D., & Schubring, J. (2004). Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote Sensing of Environment*, 89(4), 467–483. <http://doi.org/10.1016/j.rse.2003.11.005>
- Yeneneh, N., Elias, E., & Legese, G. (2022). Detection of land use / land cover and land surface temperature change in the Suha Watershed, North-Western highlands of Ethiopia. *Environmental Challenges*, 7, 100523. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100523>
- Zhang, Y., Yu, T., Gu, X., Zhang, Y., Yu, S., Zhang, W., & Li, X. (2006). Land surface temperature retrieval from CBERS-02 IRMSS thermal infrared data and its applications in quantitative analysis of urban heat island effect. *Remote Sensing*, 10, 789–797. <http://doi.org/10.11834/jrs.200605117>