

บทความวิจัย

- Research Article -

อิทธิพลของโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวต่อปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง: กรณีศึกษากรุงเทพมหานคร

Impact of Green Infrastructure on Urban Heat Island Phenomenon: A Case Study of Bangkok Thailand

มัลลิกา วิโสจสงคราม^{1*} และ พิมลศิริ ประจงสาร²

¹นักศึกษาระดับปริญญาเอก และ ²ผู้ช่วยศาสตราจารย์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร กรุงเทพมหานคร 10200

Mallika Wisojongsakram^{1*} and Pimolsiri Prajongsan²

¹Doctoral degree student and ²Assistant Professor
Faculty of Architecture, Silpakorn University, Bangkok, Thailand, 10200

*Email: mallika.p@rmutsv.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงพื้นที่ โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ร่วมกับการวิเคราะห์ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อจำแนกสัดส่วนและประเภทโครงสร้างพื้นฐานสีเขียว รวมถึงค่าอุณหภูมิพื้นผิวของพื้นที่ศึกษาย่อย ขนาด 2 x 2 ตารางกิโลเมตร ซึ่งเป็นตัวแปรหลักในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนและประเภทของโครงสร้างพื้นฐานสีเขียว กับค่าความเข้มข้นของเกาะความร้อนบนพื้นผิวเมือง โดยพิจารณาจากค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวสูงสุดและต่ำสุดในแต่ละพื้นที่ศึกษาย่อย การศึกษานี้มีเป้าหมายเพื่อนำเสนอประเภทของโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวที่สามารถบรรเทาปรากฏการณ์เกาะความร้อนบนพื้นผิวเมืองในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ พบว่า สัดส่วนโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวมีความสัมพันธ์แบบผกผันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอุณหภูมิพื้นผิว ($r = -0.90$, $p\text{-value} < 0.001$) โดยเมื่อสัดส่วนโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวเพิ่มขึ้นทุก 10% อุณหภูมิพื้นผิวจะลดลงเฉลี่ย 0.47 องศาเซลเซียส และสามารถอธิบายความแปรผันของอุณหภูมิพื้นผิวได้ถึงร้อยละ 81.85 ทั้งนี้พบว่า ประเภทของโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวที่ช่วยลดอุณหภูมิได้มากที่สุดคือ พื้นที่สีเขียวธรรมชาติ (ประเภทสวนป่า/ป่าชายเลน) รองลงมาคือ พื้นที่แหล่งน้ำธรรมชาติที่มนุษย์สร้างขึ้น ซึ่งการเพิ่มขึ้นของแต่ละประเภทในอัตรา 10% จะช่วยลดอุณหภูมิพื้นผิวได้ 1.54 และ 0.63 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่วนประเภทที่มีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิน้อยที่สุดคือ พื้นที่สีเขียวอาคารพัฒนาหรือยังไม่ใช้ประโยชน์ (เช่น ฟุตปาธธรรมชาติหรือฟุตปาธสลับไม้พุ่ม) ซึ่งลดอุณหภูมิได้เพียง 0.20 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: โครงสร้างพื้นฐานสีเขียว; ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง; เกาะความร้อนบนพื้นผิวเมือง; ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์; การพัฒนาที่ยั่งยืน; กรุงเทพมหานคร

Abstract

This study is a spatial analysis utilizing Landsat 8 satellite imagery in conjunction with Geographic Information System (GIS) to classify the proportion and types of green infrastructure, as well as surface temperature, within 2x2 square kilometer sub-areas. These variables serve as the basis for examining the relationship between green infrastructure characteristics and the surface urban heat island intensity, measured by the difference between the highest and lowest surface temperatures within each sub-area. The study aims to identify types of green infrastructure that can effectively mitigate surface urban heat islands in Bangkok. Correlation

analysis revealed a statistically significant inverse relationship between the proportion of green infrastructure and surface temperature ($r = -0.90$, $p\text{-value} < 0.001$). Specifically, every 10% increase in green infrastructure within a sub-area led to a 0.47°C reduction in surface temperature, with the proportion of green infrastructure explaining 81.85% of surface temperature variation. Among the different types, natural green areas such as forest plantations or mangroves had the highest cooling effect, followed by natural or man-made water bodies, with 10% increase in these types lowering surface temperature by 1.54°C and 0.63°C , respectively. In contrast, undeveloped or vacant green areas (e.g., natural grasslands or mixed grassland-shrubland) were the least effective, reducing temperatures by only 0.20°C .

Keywords: Green infrastructure; urban heat island phenomenon; surface urban heat island; GIS; sustainable development; Bangkok

Received: May 27, 2025; **Revised:** June 30, 2025; **Accepted:** July 4, 2025

1. บทนำ

โครงสร้างพื้นฐานสีเขียว ได้รับการยอมรับโดยทั่วไปว่ามีส่วนเพิ่มศักยภาพด้านสิ่งแวดล้อม สังคม และเศรษฐกิจให้กับชุมชน และยังสิ้นเปลืองค่าบำรุงรักษาเมื่อเทียบกับการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานที่เป็นงานวิศวกรรม ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่า โครงสร้างพื้นฐานสีเขียว เป็นองค์ประกอบสำคัญอย่างยิ่งที่ช่วยให้อุณหภูมิของพื้นที่เมืองและชุมชน (นิคม บุญญาสุทธิ, 2014) โครงสร้างพื้นฐานสีเขียวได้จำกัดความถึง การอยู่อาศัยของพรรณไม้มีชีวิตในสภาพแวดล้อมเมือง ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งในการลดความร้อนของเมือง จากการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การเพิ่มขึ้นของโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวที่ครอบคลุมทั่วเมืองจะส่งผลต่อการลดเกาะความร้อนเมืองได้สูงสุดถึง 2.5 องศาเซลเซียส (Trundle, Bosomworth, McEvoy, & Williams, 2015) โดย โครงสร้างพื้นฐานสีเขียวที่มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องเชื่อมโยงกับแหล่งน้ำสำหรับการคายระเหย (Evapotranspiration) จึงจะมีศักยภาพในการระบายความร้อน

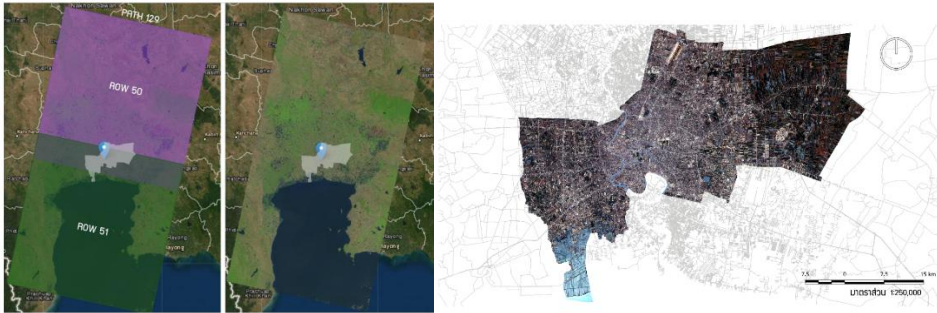
มาตรฐานส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นเป็นการกำหนดพื้นที่สีเขียวในเชิงปริมาณที่สามารถวัดได้เชิงประจักษ์ และจากแนวโน้มของปัญหาสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น บทบาทพื้นที่สีเขียวต่อการพัฒนาสู่เมืองยั่งยืนจึงจำเป็นต้องเป็นมากกว่าการเพิ่มพื้นที่สีเขียวด้วยการปลูกต้นไม้ ในหลายประเทศได้กล่าวถึงการเพิ่มพื้นที่ต้นไม้เพื่อให้เป็นไปตามข้อตกลงปารีส และ Bonn Challenge แต่การเพิ่มพื้นที่ต้นไม้ที่นั่นอาจไม่เพียงพอสำหรับการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่รุนแรงของโลกในขณะนี้ ถึงแม้ว่า โครงการดังกล่าวบรรลุวัตถุประสงค์แต่อาจมีความท้าทายอย่างอื่นตามมา ได้แก่ การขาดที่ดินที่เหมาะสมอย่างชัดเจน อัตราการตัดไม้ทำลายป่าที่สูงขึ้น รวมถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ค่าใช้จ่ายในการฟื้นฟูและภาวะผูกพันที่เกิดขึ้นในการดูแล (Fagan et al., 2020)

การศึกษาในครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเกี่ยวข้องของโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวกับการบรรเทาการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง ผ่านกรณีศึกษาพื้นที่กรุงเทพมหานคร เนื่องจาก พื้นที่ดังกล่าวยังไม่มีการศึกษาการจำแนกโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวในแง่ของการบรรเทาการเกิดเกาะความร้อนบนพื้นผิวเมือง ผ่านการวิเคราะห์และจำแนกโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) ร่วมกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล เพื่อค้นหาความเกี่ยวข้องระหว่างโครงสร้างพื้นฐานสีเขียว และการเกิดเกาะความร้อนบนพื้นผิวเมือง และนำเสนอประเภทโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวที่สามารถบรรเทาการเกิดเกาะความร้อนบนพื้นผิวเมืองในพื้นที่ศึกษากรุงเทพมหานคร

2. พื้นที่ศึกษา

กรุงเทพมหานคร ตั้งอยู่บริเวณละติจูดที่ 13.45 องศาเหนือ และลองจิจูด 100.28 องศาตะวันออก มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 1,563 ตารางกิโลเมตร เป็นพื้นที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมปากแม่น้ำเจ้าพระยา มีแม่น้ำไหลผ่านไปสิ้นสุดที่อ่าวไทย มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 1.50 - 2.00 เมตร จากข้อมูลพบว่า กรุงเทพมหานครมีประชากรรวม 5,455,020 คน มีความหนาแน่น 3,477.33 คนต่อตารางกิโลเมตร (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2025) มีพื้นที่สีเขียวรวม 43,149,836.81 ตารางเมตร ทำให้ปัจจุบัน อัตราส่วนพื้นที่สีเขียวต่อประชากรในกรุงเทพมหานครคิดเป็น 7.91 ตารางเมตรต่อคน (สำนักสิ่งแวดล้อม

กรุงเทพมหานคร, 2025) ซึ่งมีอัตราส่วนน้อยกว่าเมื่อเทียบกับมาตรฐานสากลขององค์การอนามัยโลก หรือ World Health Organization (WHO) ที่กำหนดให้มีพื้นที่สีเขียว 9 ตารางเมตรต่อคน



ภาพที่ 1 ภาพถ่ายดาวเทียมขอบเขตพื้นที่ศึกษากรุงเทพมหานคร
ที่มา: ดัดแปลงจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (U.S. Geological Survey, 2021)

3. วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 การเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง

เกาะความร้อนเมือง (Urban Heat Island) คือ ความร้อนที่เกิดขึ้นในเมืองจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะของพื้นผิวและชั้นบรรยากาศจากการพัฒนาของเมือง ปรากฏการณ์ดังกล่าวเกิดจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่งมาสู่ชั้นบรรยากาศของโลก ในรูปของการแผ่รังสีที่มีความยาวช่วงคลื่นต่าง ๆ ซึ่งกระทบกับอะตอมของสสารที่มีขนาดและวัสดุที่แตกต่างกัน โดยความยาวช่วงคลื่นของแต่ละโฟตอนจะสัมพันธ์กับขนาด และพื้นผิวของวัตถุเกิดการดูดกลืนไว้บางส่วนและสะท้อนกลับบางส่วน ปริมาณการสะท้อนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของพื้นผิว (บุญนุษ รุจิโร, 2016) ปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนที่สำคัญจากการศึกษาของ Oke (2006) ประกอบด้วย รูปทรงเรขาคณิตเมือง (Urban Geometry) สิ่งปกคลุมเมืองและวัสดุพื้นผิว (Urban Cover and Surface Materials) ภูมิทัศน์เมือง (Urban Landscape) และระบบเมืองและกิจกรรมของมนุษย์ (Urban Metabolism and Anthropogenic)

การศึกษาปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองได้ถูกกล่าวถึงโดยนักอุตุนิยมวิทยา Luke Howard ในหนังสือ The Climate of London ในปี ค.ศ. 1818 ซึ่งได้อธิบาย ความแตกต่างของอุณหภูมิในพื้นที่เมืองลอนดอนก่อนกว่าในเวลาากลางคืน เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ชานเมือง และคาดการณ์ว่าสาเหตุเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง และรูปแบบของผู้อยู่อาศัยในเมืองที่ทำให้เกิดความร้อนสะสมมากขึ้น จึงส่งผลกระทบต่อสภาพอากาศในเมือง ปรากฏการณ์ดังกล่าว ส่งผลให้พื้นที่เขตเมืองที่มีประชากรหนึ่งล้านคนขึ้นไป อาจมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นที่ชานเมืองโดยรอบ 1 – 3 องศาเซลเซียส (Oke, 1997) นอกจากนี้ พื้นที่แหล่งน้ำขนาดใหญ่ ยังช่วยลดผลกระทบของเกาะความร้อนในเมืองได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Meng, Yan, Tian, & Wang, 2023) การเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง สามารถศึกษาผ่าน 2 ประเด็นหลัก ได้แก่

1) ปรากฏการณ์เกาะความร้อนบนพื้นผิวเมือง (Surface Urban Heat Island หรือ SUHI) หรือการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวของเมืองที่ได้รับความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง เช่น พื้นผิวหลังคาอาคาร ทางเท้า พื้นดินหรือพื้นที่สีเขียวในเมือง เป็นต้น จากการศึกษาโดย Oke (1982) พบว่า อุณหภูมิพื้นผิวของเมืองอาจมีอุณหภูมิสูงถึง 27–50 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป โดยขนาดของเกาะความร้อนบนพื้นผิวเมืองจะแตกต่างกันไปตามฤดูกาล จากการเปลี่ยนแปลงความเข้มของรังสีอาทิตย์ที่พื้นผิวได้รับ ตลอดจนลักษณะของพื้นผิวดินและสภาพภูมิอากาศ ทำให้เกาะความร้อนพื้นผิวเมืองมักเกิดขึ้นมากที่สุดในช่วงฤดูร้อนที่ท้องฟ้าโปร่งและลมสงบ ทำให้รังสีอาทิตย์ทะลุผ่านชั้นบรรยากาศกระทบพื้นผิวเมืองได้มาก และไม่มีกระแสลมพาความร้อนออกจากเมือง จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า เมืองกำลังพัฒนาอย่างเมืองเจิ้งโจว ประเทศจีน ได้รับผลกระทบจากเกาะความร้อนบนพื้นผิวเมืองที่รุนแรงที่สุด ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2003 – 2022 โดยมีความเข้มข้นของเกาะความร้อนโดยเฉลี่ยรายปีสูงสุดเวลากลางวันในฤดูร้อน 2.43 องศาเซลเซียส (Meng et al., 2023) การศึกษาในเมืองกัวลาแลมเปอร์ ประเทศ

มาเลเซีย มีอุณหภูมิพื้นผิวเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 8.47 องศาเซลเซียส ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1997 – 2013 ซึ่งอุณหภูมิพื้นผิวที่เพิ่มขึ้น ส่วนใหญ่ เกี่ยวข้องกับการลดลงของพืชพรรณที่ปกคลุม การเผาในที่โล่ง ไฟป่า และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (Aghamohammadi et al., 2020) และการศึกษาในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เมืองที่มีความหนาแน่นสูงอย่างสิงคโปร์ และกัวลาลัมเปอร์ โครงสร้างพื้นฐานสีเขียว สามารถลดอุณหภูมิอากาศได้ 2.6 องศาเซลเซียส และลดอุณหภูมิพื้นผิวได้ถึง 11 องศาเซลเซียส (Tun et al., 2025) ซึ่งพื้นที่ดังกล่าว มีสภาพอากาศเขตร้อนชื้นใกล้เคียงกับกรุงเทพมหานคร

2) ปรากฏการณ์เกาะความร้อนชั้นบรรยากาศเมือง (Atmospheric Urban Heat Island หรือ AUHI) สามารถแบ่งได้ เป็น 2 ประเภท คือ

- เกาะความร้อนบนชั้นเรือนยอดเมือง (Canopy Layer Urban Heat Islands) เกิดอยู่ในชั้นบรรยากาศที่ผู้คนอาศัยอยู่ นับจากพื้นดินถึงระดับของต้นไม้หรือหลังคา ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวในพื้นที่ขนาดเล็ก และอุณหภูมิอากาศได้

- เกาะความร้อนที่สูงกว่าชั้นเรือนยอดเมือง (Boundary Layer Urban Heat Islands) เริ่มนับจากหลังคา ดาดฟ้า หรือเรือนยอดไม้ และขยายไปจนถึงจุดที่เขตเมืองที่ไม่มีอิทธิพลต่อชั้นบรรยากาศอีกต่อไป โดยส่วนมากขยายพื้นที่ออกไปไม่เกิน 1.5 กิโลเมตรจากพื้นผิวโลก

โดยสรุปแล้ว ปรากฏการณ์เกาะความร้อนบนพื้นผิวเมือง เป็นการศึกษาความแตกต่างของอุณหภูมิพื้นผิว ส่วนปรากฏการณ์ เกาะความร้อนชั้นบรรยากาศเมือง เป็นการศึกษาความแตกต่างของอุณหภูมิกอากาศที่อยู่เหนือเมืองขึ้นไป ในการศึกษาครั้งนี้ จึงเลือก ศึกษาปรากฏการณ์เกาะความร้อนบนพื้นผิวเมืองซึ่งอยู่ในระดับการใช้งานของมนุษย์ ที่สัมพันธ์กับการใช้ที่ดินประเภทต่าง ๆ และความเกี่ยวข้องกับโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวในการบรรเทาผลกระทบจากปรากฏการณ์เกาะความร้อนบนพื้นผิวเมือง

3.2 โครงสร้างพื้นฐานสีเขียว

โครงสร้างพื้นฐานสีเขียว (Green Infrastructures หรือ GI) คือ เครือข่ายความสัมพันธ์ของพื้นที่ทางธรรมชาติที่เชื่อมโยงถึงกัน กับพื้นที่เปิดโล่งอื่น เป็นองค์ประกอบของเมืองที่ผสมผสานเชื่อมต่อกันระหว่างพื้นที่ว่าง สวนสาธารณะ ต้นไม้บนถนน พื้นที่ชุ่มน้ำ ทะเลสาบ บึงน้ำ ลำคลอง และพื้นที่สีเขียวอื่น ๆ มีศักยภาพในการเป็นพื้นที่ส่งเสริมความหลากหลายทางชีวภาพในเมือง ลดอุณหภูมิ อากาศในเมือง และลดความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง โดยเริ่มมีการกล่าวถึงโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวครั้งแรก ในปี ค.ศ. 1994 ในรายงานของหน่วยงานรัฐบาลรัฐฟลอริดา เกี่ยวกับกลยุทธ์ในการอนุรักษ์ที่ดิน ซึ่งให้ข้อคิดเห็นว่า โครงสร้าง ระบบธรรมชาตินั้นสำคัญต่อเมืองเท่าเทียมกับโครงสร้างพื้นฐานทางวิศวกรรมอื่น ๆ โดยแนวคิดนี้ มุ่งส่งเสริมให้ประชาชนตระหนักถึงความสำคัญของการอนุรักษ์และฟื้นฟูระบบธรรมชาติ ในกระบวนการวางแผนและการออกแบบ (นิคม บุญญาสุนัทธิ, Kung, & Lin, 2015) โดยโครงข่ายของโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวที่สัมพันธ์กับระบบนิเวศและภูมิทัศน์ประกอบด้วย พื้นที่หลัก (Hubs) เส้นทางเชื่อมต่อ (Links) และที่ตั้ง (Sites) (Benedict & McMahon, 2012)

พื้นที่สีเขียวในบริบทเมืองที่หมายรวมถึง หลังคาเขียว ผนังสวนแนวตั้ง และพืชพรรณในระบบโครงสร้างเมือง สามารถลดอุณหภูมิได้ถึง 2 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงให้เห็นถึง ความสำคัญของโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวที่ไม่ใช่แค่การบรรเทาผลกระทบ จากเกาะความร้อนเมืองเท่านั้น แต่ยังช่วยลดความต้องการพลังงานในการทำความเย็นได้ประมาณ 15% อีกด้วย (Cuce, Cuce, & Santamouris, 2025) โครงสร้างพื้นฐานสีเขียวมีส่วนในการปรับตัวและบรรเทาผลกระทบจากเกาะความร้อนเมือง และสามารถลดอุณหภูมิเมืองต่าง ๆ เช่น พื้นที่ในทวีปยุโรปสามารถลดอุณหภูมิได้เฉลี่ย 1.07 องศาเซลเซียส และสูงสุดได้ 2.9 องศาเซลเซียส ในบางพื้นที่ (Marando et al., 2021)

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า การศึกษาเกาะความร้อนเมืองในเบื้องต้นเป็นการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ ระหว่างพื้นที่เมือง และพื้นที่ชานเมือง ซึ่งอาจมีข้อจำกัดในการกำหนดขอบเขตของพื้นที่ รวมถึงการเลือกสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ ที่เหมาะสม การศึกษาในช่วงต่อมา จึงมีการใช้อุณหภูมิพื้นผิวดินร่วมกับพื้นที่พื้นผิวน้ำที่ไม่สามารถซึมผ่านได้ ด้วยการจัดปริมาณ ความเข้มข้นของเกาะความร้อนเมืองบนพื้นผิวเมืองแทน ซึ่งจากผลการศึกษา พบว่า ความเข้มข้นของเกาะความร้อนเมือง บนพื้นผิวเมือง จะมีค่าสูงสุดในช่วงฤดูร้อนและในเวลากลางวันเมื่อเปรียบเทียบกับในช่วงฤดูหนาวและในเวลากลางคืน โดยภายหลัง มีการเสนอการใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat ควบคู่กับการใช้ข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวดินจากการสำรวจระยะไกลในการศึกษา พื้นที่ขนาดใหญ่ ซึ่งทำให้เกิดความเข้าใจการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองบนพื้นผิวเมืองได้ดียิ่งขึ้น (Li et al., 2018)

ทั้งนี้ การศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวในประเทศไทยกับการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองยังพบได้น้อย โดยการศึกษาที่ผ่านมาส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษากการใช้พื้นที่สีเขียว เพื่อลดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองโดยที่ไม่ระบุประเภท จึงควรมีการศึกษากำหนดสิ่งปกคลุมดิน เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวและโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวประเภทต่าง ๆ อย่างเป็นระบบ จากสมมติฐานงานวิจัย คือ “ประเภทและสัดส่วนโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวสัมพันธ์กับการเกิดเกาะความร้อนบนพื้นผิวเมืองในพื้นที่ศึกษากรุงเทพมหานคร” เพื่อนำมาซึ่งความเข้าใจความเกี่ยวข้องระหว่างโครงสร้างพื้นฐานสีเขียว และปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองบนพื้นผิวเมือง และนำไปสู่แนวทางการพัฒนาการใช้พื้นที่สีเขียวเดิมหรือพื้นที่โล่งรกร้างว่างเปล่าในเมือง เพื่อบรรเทาผลกระทบจากปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองโดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

4. วิธีการศึกษา

4.1 การจัดเตรียมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

การศึกษาคั้งนี้ ประยุกต์ใช้ข้อมูลสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่ศึกษาที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ช่วงคลื่นอินฟราเรด ความร้อน (Thermal Infrared Band) ร่วมกับการวิเคราะห์ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ซึ่ง Landsat 8 เป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรของสหรัฐอเมริกา ที่ให้ความละเอียดของภาพถ่ายดาวเทียมระดับปานกลาง (15 – 100 เมตร ตามความถี่ของสเปกตรัม) สามารถบันทึกข้อมูลในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ และถ่ายภาพซ้ำในตำแหน่งเดิมทุก 16 วัน ทั้งนี้ในการศึกษา ผู้วิจัยเลือกใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ตำแหน่งข้อมูลของพื้นที่ศึกษาอยู่ที่ Path 129/ Row 50 - 51 โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 21 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 ซึ่งอยู่ในช่วงเริ่มต้นของฤดูร้อน และเป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่มีเมฆปกคลุมพื้นที่น้อยที่สุด เพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากการสะท้อนรังสีเป็นตัวแทนในการศึกษา

4.2 การแปลตีความภาพถ่ายดาวเทียมและการจำแนกประเภทโครงสร้างพื้นฐานสีเขียว

ในการศึกษาคั้งนี้ ใช้การแปลตีความภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตาเพื่อให้ได้ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา ร่วมกับข้อมูลอื่น ๆ เช่น ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม เป็นต้น โดยผู้วิจัยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดิน (Land Use) ของกรมพัฒนาที่ดิน เพื่อจำแนกสภาพการใช้ที่ดินปัจจุบันตามมาตรฐานข้อกำหนดภูมิสารสนเทศพื้นฐานของประเทศไทย โดยเลือกใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2562 (ระดับ 2) ที่มีการปรับปรุงล่าสุดและมีระยะเวลาใกล้เคียงกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 โดยนำข้อมูลการใช้ที่ดิน มาวิเคราะห์ร่วมกับการแปลตีความภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตาเพื่อจัดกลุ่มประเภทข้อมูลใหม่ ตามปัจจัยการเกิดเกาะความร้อนเมือง ในประเด็นของสิ่งปกคลุมเมืองและวัสดุพื้นผิว และภูมิทัศน์เมือง

ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้จำแนกข้อมูลตามลักษณะทางกายภาพโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวและสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่ศึกษา ตามการศึกษาของ Bartesaghi Koc (2018) ซึ่งได้จำแนกออกเป็น 5 ประเภทหลัก คือ (1) Tree canopy (2) Green Open Spaces (3) Green Roofs (4) Vertical Greenery Systems (Facades/Walls) และ (5) Water Bodies (Bartesaghi Koc, 2018) นำมาศึกษาเปรียบเทียบกับข้อมูลพื้นที่สีเขียว 6 ประเภท จำแนกตามคุณลักษณะและการใช้ประโยชน์ ตามนิยามของสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการเปรียบเทียบข้อมูลพื้นที่สีเขียวของประเทศไทย สามารถจัดกลุ่มโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวในพื้นที่ศึกษา (GI Types) ดังรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การจำแนกโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวในพื้นที่ศึกษา

GI Types	Green Infrastructures	พื้นที่สีเขียว 6 ประเภท ตามคุณลักษณะและการใช้ประโยชน์	คำอธิบาย
GI1	Green open spaces/ Tree canopy	พื้นที่สีเขียว เพื่อการบริการสาธารณะ	พื้นที่สีเขียวเมือง สามารถใช้ประโยชน์เพื่อนันทนาการพักผ่อนหย่อนใจ ประกอบด้วย พื้นหญ้า ไม้พุ่ม ไม้ยืนต้น และพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านได้
GI2		พื้นที่สีเขียว อรรถประโยชน์	- พื้นที่สีเขียวในชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง*

GI Types	Green Infrastructures	พื้นที่สีเขียว 6 ประเภท ตามคุณลักษณะและการใช้ประโยชน์	คำอธิบาย
	Green open spaces/ Tree canopy		- พื้นที่สนามกอล์ฟ ประกอบด้วยพื้นที่สนามหญ้า อาจมี บ่อน้ำ หลุมทราย หรือไม้พุ่ม ไม้ยืนต้น
		พื้นที่สีเขียวที่เป็นริ้วยาว ตามแนวสาธารณูปการ*	พื้นที่สีเขียวบริเวณเกาะกลางถนน
GI3	Green open spaces/ Tree canopy/ Water bodies	พื้นที่สีเขียว เพื่อเศรษฐกิจชุมชน	พื้นที่ที่ทางเกษตรกรรม เช่น นาข้าว พืชไร่ พืชสวน ไม้ผล ไม้ยืนต้น พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
GI4_1	Tree canopy/ Water bodies	พื้นที่สีเขียวธรรมชาติ	พื้นที่ป่าชายเลน ประกอบด้วย พันธุ์ไม้หลายชนิด ทั้งที่ไม่ผลัดใบ หรือมีใบเขียวชุ่มตลอดปี เป็นระบบนิเวศที่อยู่ในแนวเชื่อมต่อระหว่างผืนแผ่นดินกับพื้นน้ำทะเล พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านได้
GI4_2	Water bodies		พื้นที่แหล่งน้ำที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ แม่น้ำ ลำคลอง หนองน้ำ บึง และทะเลสาบ /แหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น ได้แก่ อ่างเก็บน้ำ บ่อน้ำในไร่นา คลองชลประทาน เป็นต้น
GI5_1	Green open spaces/ Tree canopy	พื้นที่สีเขียวที่ยังไม่ใช้ประโยชน์หรือรอการพัฒนา	พื้นที่ที่ประกอบด้วย พื้นที่สีเขียวที่เป็นทุ่งหญ้าธรรมชาติ/ ทุ่งหญ้าสลับไม้พุ่มไม้ละเมาะ รวมถึงพื้นที่ว่างเปล่า หรือไม่ทำประโยชน์ตามควรแก่สภาพ แต่มีพืชพรรณหรือพื้นที่สีเขียวปกคลุม
GI5_2	Water bodies		พื้นที่ลุ่มชื้นแฉะและพื้นที่น้ำขัง ประกอบไปด้วย พืชน้ำ และพื้นที่ชุ่มน้ำ

หมายเหตุ: ขอบเขตในการศึกษาในครั้งนี้ ผู้วิจัยจำแนกข้อมูลตามลักษณะทางกายภาพของโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวในพื้นที่ศึกษา ได้ 3 ประเภทหลัก คือ (1) Tree Canopy (2) Green Open Spaces (3) Water Bodies เนื่องจาก ข้อจำกัดด้านความละเอียดข้อมูล ภาพถ่ายดาวเทียมในการจำแนกสิ่งปกคลุมดินที่มีขนาดเล็ก เช่น พื้นที่สีเขียวในชุมชน พื้นที่สีเขียวที่เป็นริ้วยาวตามแนวสาธารณูปการ ประเภทสวนบนหลังคา (Green Roof) และการจำแนกโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวประเภทสวนแนวตั้งหรือสวนผนัง (Vertical Greenery Systems) ที่ไม่สามารถแสดงในภาพถ่ายดาวเทียมได้

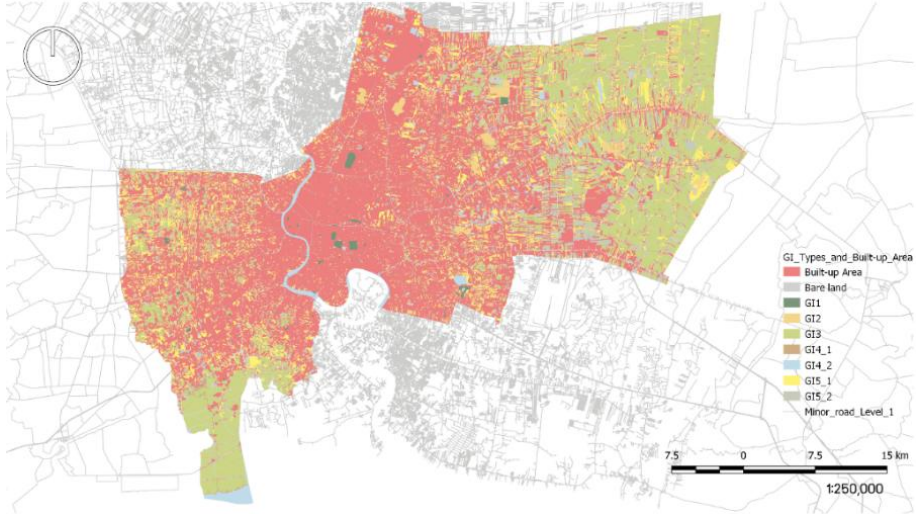
4.3 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม และการแปลตีความภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตา ร่วมกับการสำรวจภาคสนาม โดยใช้เครื่องมือค้นหาพิกัดด้วยสัญญาณดาวเทียม (GPS) และใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบจุด ซึ่งในการศึกษา สามารถประมาณจำนวนจุดภาพตัวอย่างที่น้อยที่สุด ที่สามารถนำมาตรวจสอบตามหลักการความน่าจะเป็นแบบทวินาม เพื่อระบุขนาดของตัวอย่างในการประเมินความถูกต้อง (กาญจนาขจร ชูชีพ, 2018) จากผลการประเมินความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) ในการจำแนกสิ่งปกคลุมดินของพื้นที่ศึกษา มีค่าร้อยละ 97.96 ซึ่งสามารถประเมินได้ว่าผลการจำแนกสิ่งปกคลุมดินเป็นไปตามเกณฑ์ความถูกต้องตามมาตรฐานข้อกำหนดของข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน

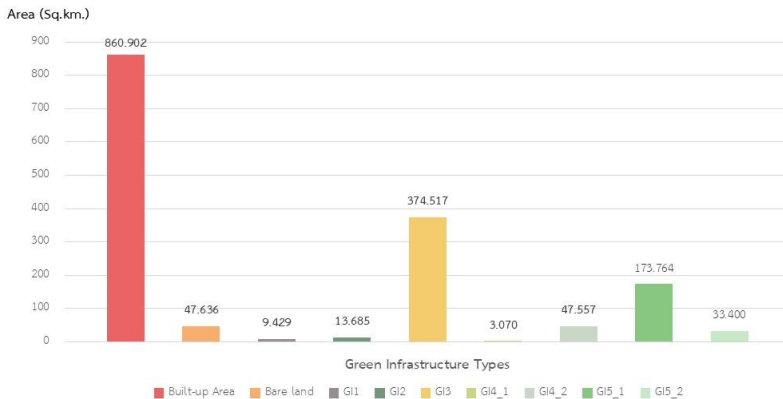
4.4 การจำแนกข้อมูลสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่ศึกษา

ผลการจำแนกสิ่งปกคลุมดิน และการจัดประเภทโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวในพื้นที่ศึกษา พบว่า กรุงเทพมหานครมีพื้นที่สีเขียวเพื่อเศรษฐกิจชุมชน (GI3) ได้แก่ นาข้าว พืชไร่ พืชสวน ไม้ผล ไม้ยืนต้น พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งมีขนาดพื้นที่สูงสุด 374.52

ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 23.95 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาคือ พื้นที่สีเขียวที่ยังไม่ใช้ประโยชน์หรือรอการพัฒนา (GI5_1) ได้แก่ พื้นที่สีเขียวที่เป็นทุ่งหญ้าธรรมชาติ ทุ่งหญ้าสลับไม้พุ่มไม้ละเมาะ คิดเป็นร้อยละ 11.11 และพื้นที่สีเขียวธรรมชาติ (GI4_2) ได้แก่ พื้นที่แหล่งน้ำธรรมชาติหรือสร้างขึ้น คิดเป็นร้อยละ 3.04 ตามลำดับ (ภาพที่ 2 - 3)



ภาพที่ 2 การจำแนกโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวในพื้นที่ศึกษา
 ที่มา: ปรับปรุงจากข้อมูลการใช้ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2019)



ภาพที่ 3 แผนภูมิแสดงพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ว่างรอการพัฒนา และพื้นที่โครงสร้างพื้นฐานสีเขียว
 หมายเหตุ: ผู้วิจัยได้แยกประเภท Built-up Area คือ พื้นที่สิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ และ Bare Land คือ พื้นที่ว่างรอการพัฒนา ที่ไม่มีองค์ประกอบของพื้นที่สีเขียว ออกจากการจำแนกโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวในพื้นที่ศึกษา

4.5 ขั้นตอนในการศึกษา

จากการวิเคราะห์ข้อมูลประเภทโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวตามการจำแนกสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่ศึกษา และข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวจากการสำรวจระยะไกล เพื่อศึกษาความเกี่ยวข้องระหว่างชุดข้อมูลทางสถิติ โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการ ดังนี้

1) กำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาย่อยในการศึกษา (Grid Cell) โดยผู้วิจัยเลือกใช้พื้นที่ย่อยขนาด 2 x 2 ตารางกิโลเมตร ซึ่งเป็นขนาดพื้นที่ระดับย่าน (Neighbourhood) (Oke, Mills, Christen, & Voogt, 2017) เพื่อใช้เป็นขอบเขตในการคำนวณและ

เปรียบเทียบข้อมูล แทนการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของเกาะความร้อนเมืองระหว่างพื้นที่เมืองและพื้นที่ชนบท ที่ยากต่อการกำหนดขอบเขต ทั้งนี้ ขนาดพื้นที่ระดับย่านเป็นระดับของพื้นที่ที่ใช้ในการการศึกษาปรากฏการณ์ทางภูมิอากาศในระดับพื้นที่เฉพาะ หรือ Local Scale

2) จำแนกประเภทโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวทั้ง 7 ประเภท (ตารางที่ 1) อ้างอิงจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2562 นำมาเปรียบเทียบกับสถานการณ์ปัจจุบันจากภาพถ่ายดาวเทียม พ.ศ. 2564 (ภาพที่ 4) และนำมาจำแนกขอบเขตพื้นที่สิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภท เพื่อให้ได้ขนาดของโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวในแต่ละพื้นที่ศึกษาย่อย จากนั้นนำมาคำนวณสัดส่วนโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวต่อพื้นที่ศึกษาย่อย (Green Infrastructure Ratio)



ภาพที่ 4 การเปรียบเทียบข้อมูลเพื่อจำแนกประเภทโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวในพื้นที่ศึกษา

หมายเหตุ: (a) ข้อมูลการใช้ที่ดิน (Land Use) ของกรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2562 (b) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 วันที่ 21 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 (c) ภาพถ่ายทางอากาศจาก Google Earth พ.ศ. 2564

3) คำนวณค่าความเข้มข้นเกาะความร้อนบนพื้นผิวเมือง (Surface Urban Heat Island Intensity หรือ SUHII) ซึ่งเป็นค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวสูงสุดและต่ำสุดของโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวแต่ละประเภท

4) หาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวในพื้นที่ศึกษาย่อยโดยการนำข้อมูล Thermal Infrared Band จากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 มาประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวผ่านการปรับแก้การแผ่รังสีเชิงคลื่นของพื้นที่ศึกษาย่อย (Avdan & Jovanovska, 2016) จากนั้นซ้อนทับกับขอบเขตของพื้นที่ศึกษาด้วยวิธี Overlay Analysis วิเคราะห์ด้วย Zonal Statistics และนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวและอุณหภูมิพื้นผิวด้วยสถิติสหสัมพันธ์

5) ในการศึกษาครั้งนี้ เลือกใช้การวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นแบบพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) เพื่อทำนายอุณหภูมิพื้นผิวด้วยสัดส่วนโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวในพื้นที่ศึกษา โดยได้ทำการตรวจสอบสมมติฐานเบื้องต้นที่สำคัญ รายละเอียดดังนี้

- ตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linearity) ระหว่างตัวแปรต้น คือ สัดส่วนโครงสร้างพื้นฐานสีเขียว และตัวแปรตาม คือ อุณหภูมิพื้นผิวในพื้นที่ศึกษาย่อย โดยการสร้างแผนภาพกระจาย (Scatterplot) พหุจุดข้อมูลกระจายตัวตามแนวโน้มเชิงเส้นตรง ซึ่งสามารถอธิบายว่าแบบจำลองถดถอยเชิงเส้นสามารถนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- ตรวจสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อน (Independence of Errors) โดยใช้การทดสอบ Durbin-Watson Test
- ตรวจสอบความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนคงที่ (Homoscedasticity) โดยการสร้าง Residual Plot ซึ่งเป็นแผนภาพของค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standardized Residuals) เทียบกับค่าพยากรณ์ (Predicted Values)
- ตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อน (Normality of Errors) โดยใช้ Shapiro-Wilk Test สำหรับการประเมินว่าชุดข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่

5. ผลการศึกษา

5.1 ผลการศึกษาค่าความเข้มข้นเกาะความร้อนบนพื้นผิวเมือง (SUHII)

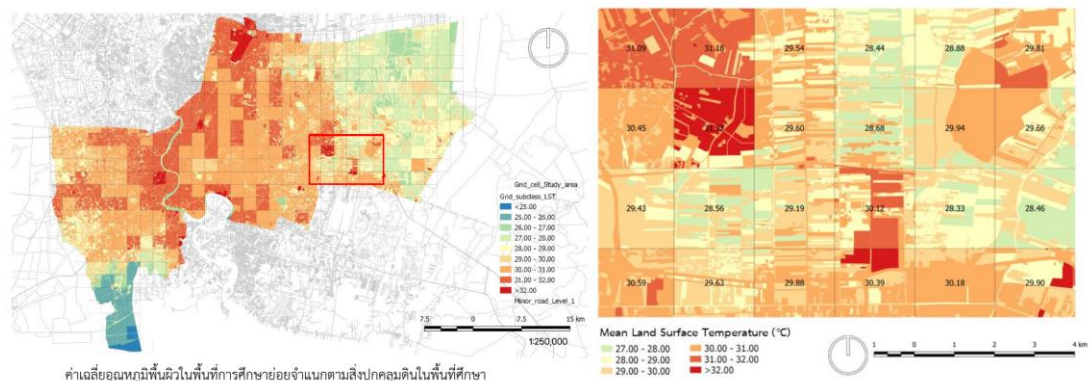
ผลการจัดลำดับค่า SUHII จากค่าเฉลี่ยต่ำสุดไปสูงสุดเป็นไปตามตารางที่ 2 จากการศึกษา พบว่า SUHII จำแนกตามประเภทของโครงสร้างพื้นฐานพื้นที่สีเขียว (GI Types) มีค่าสูงสุด ได้แก่ พื้นที่สีเขียวที่ยังไม่ใช้ประโยชน์หรือรอการพัฒนา (พื้นที่สีเขียวที่เป็นทุ่งหญ้าธรรมชาติ ทุ่งหญ้าสลับไม้พุ่มไม้ละเมาะ: GI5_1) และพื้นที่สีเขียวที่ยังไม่ใช้ประโยชน์หรือรอการพัฒนา (พื้นที่กลุ่มขึ้นและพื้นที่น้ำขัง: GI5_2) มีค่า SUHII เป็น 13.33 และ 11.724 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ทั้งนี้พบว่า โครงสร้างพื้นฐานพื้นที่สีเขียวประเภทพื้นที่สีเขียวธรรมชาติ (พื้นที่แหล่งน้ำธรรมชาติหรือสร้างขึ้น: GI4_2) และพื้นที่สีเขียวเพื่อเศรษฐกิจชุมชน (นาข้าว ที่ขังไร่ พืชสวน ไม้ผล ไม้ยืนต้น พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ: GI3) มีค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย ซึ่งสื่อให้เห็นถึงความหลากหลายของสิ่งปกคลุมที่นำไปสู่ความแตกต่างของอุณหภูมิพื้นผิวสูงกว่าโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวประเภทอื่น

ตารางที่ 2 การจัดลำดับค่าความเข้มข้นเกาะความร้อนบนพื้นผิวเมือง (SUHII) จำแนกตามโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวในพื้นที่ศึกษา

ลำดับ	GI Types	SUHII (°C)	Max of LST (°C)	Min of LST (°C)	Mean of LST (°C)
1	GI4_1	7.01	31.44	24.43	30.40 (+1.10)
2	GI1	9.56	34.89	25.32	30.75 (+1.24)
3	GI4_2	9.95	33.80	23.85	29.36 (+2.03)
4	GI2	10.37	35.55	25.17	31.03 (+1.05)
5	GI3	11.714	35.65	23.93	28.64 (+1.63)
6	GI5_2	11.724	36.34	24.61	27.74 (+1.22)
7	GI5_1	13.33	35.90	22.57	28.77 (+1.29)
All GI types		10.52	36.34	22.57	29.68 (+1.37)

5.2 ผลการประมวลค่าเฉลี่ยอุณหภูมิพื้นผิวในแต่ละพื้นที่ศึกษาย่อยตามประเภทโครงสร้างพื้นฐานสีเขียว

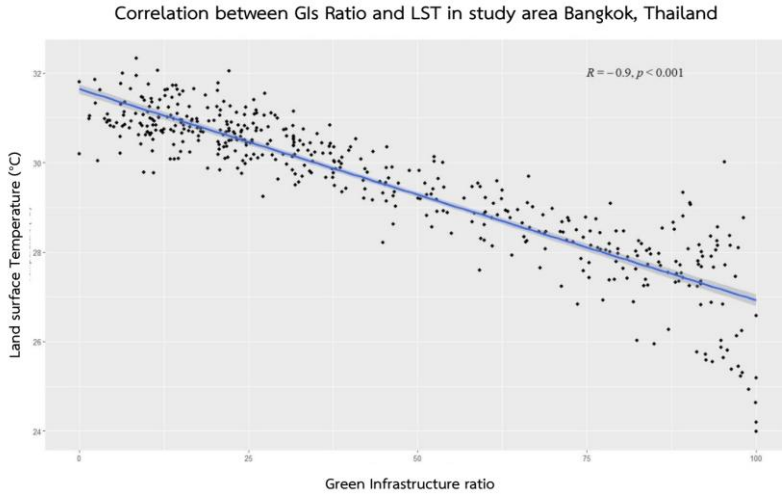
จากการประมวลผลค่าเฉลี่ยอุณหภูมิพื้นผิว (Land Surface Temperature หรือ LST) ในแต่ละพื้นที่ศึกษาย่อย สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังภาพที่ 5 ซึ่งข้อมูลชุดนี้จะถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวและอุณหภูมิพื้นผิว จากนั้นทำการทำนายอุณหภูมิด้วยสัดส่วนของโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวแต่ละประเภทในขั้นต่อไป



ภาพที่ 5 ตัวอย่างค่าเฉลี่ยอุณหภูมิพื้นผิวในพื้นที่ศึกษาย่อยจำแนกตามสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่ศึกษา

5.3 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวและอุณหภูมิพื้นผิว

จากสมมติฐานงานวิจัย คือ “ประเภทและสัดส่วนโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวสัมพันธ์กับการเกิดเกาะความร้อนบนพื้นผิวเมืองในพื้นที่ศึกษากรุงเทพมหานคร” โดยการวิเคราะห์การถดถอยผ่านโปรแกรม R-studio เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวโดยรวมและอุณหภูมิพื้นผิวของพื้นที่ศึกษาย่อยทั้งหมด



ภาพที่ 6 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวและอุณหภูมิพื้นผิวในพื้นที่ศึกษาย่อย

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตัวแปรเดียวเพื่อทำนายอุณหภูมิพื้นผิวด้วยสัดส่วนโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวในพื้นที่ศึกษา

Variables	Coefficient	Std. Error	t value	p-value
(Intercept)	31.644321	0.054718	578.32	<0.001
GIs ratio	-0.047170	-0.047170	-45.61	<0.001

R-squared = 0.8189, Adjusted R-squared = 0.8185, F-statistic = 2,080

ทั้งนี้ ผลการศึกษาดังกล่าวเป็นไปตามสมมติฐานงานวิจัยคือ ประเภทและสัดส่วนโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวมีความสัมพันธ์เชิงผกผันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการเกิดเกาะความร้อนบนพื้นผิวเมืองในพื้นที่ศึกษากรุงเทพมหานคร กล่าวคือ เมื่อสัดส่วนโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวเพิ่มขึ้นจะทำให้อุณหภูมิพื้นผิวของพื้นที่ลดลง ($r = -0.90$, $p\text{-value} < 0.001$) (ภาพที่ 6 และตารางที่ 3)

ซึ่งผลจากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตัวแปรเดียวระหว่างสัดส่วนโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวโดยรวมและอุณหภูมิพื้นผิวในพื้นที่การศึกษาย่อย สามารถเขียนเป็นสมการทำนายอุณหภูมิพื้นผิวตามสัดส่วนโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวทั้งหมด ได้ดังสมการที่ 1

$$\text{Land Surface Temperature} = 31.644321 - 0.047170 \text{ GIs ratio} \quad (1)$$

จากสมการที่ 1 แสดงให้เห็นว่า เมื่อสัดส่วนโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวเพิ่มขึ้นทีละ 10 (ในขอบเขตพื้นที่ศึกษา 2×2 ตารางกิโลเมตร) จะทำให้อุณหภูมิพื้นผิวลดลงเท่ากับ 0.47 องศาเซลเซียส โดยค่าสัดส่วนโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวสามารถอธิบายการแปรผันของอุณหภูมิพื้นผิวได้สูงถึงร้อยละ 81.85

5.4 ผลการศึกษาการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุคูณเพื่อทำนายอุณหภูมิด้วยโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวแต่ละประเภท

สามารถใช้การวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นแบบพหุคูณเพื่อทำนายอุณหภูมิพื้นผิว ด้วยสัดส่วนของโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวแต่ละประเภท ซึ่งมีตัวแปรต้น คือ โครงสร้างพื้นฐานสีเขียว 7 ประเภทจากพื้นที่ศึกษา และตัวแปรตาม คือ อุณหภูมิพื้นผิวของพื้นที่ศึกษาอย่างสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุคูณ

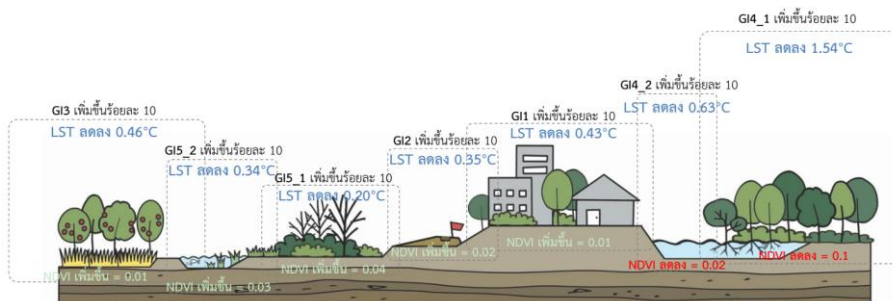
Variables	Coefficient	Std. Error	t value	p-value
(Intercept)	31.369164	0.060532	518.225	<0.001
GI1	-0.042745	0.012571	-3.400	<0.001
GI2	-0.034680	0.006997	-4.956	<0.001
GI3	-0.046277	0.000968	-47.807	<0.001
GI4_1	-0.154539	0.019908	-7.763	<0.001
GI4_2	-0.063151	0.003081	-20.495	<0.001
GI5_1	-0.019906	0.003431	-5.801	<0.001
GI5_2	-0.034248	0.005711	-5.997	<0.001

R-squared = 0.87, Adjusted R-squared = 0.868, F-statistic = 433.9

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่า โครงสร้างพื้นฐานสีเขียวทั้ง 7 ประเภทของพื้นที่ศึกษา มีความสัมพันธ์เชิงผกผันกับอุณหภูมิพื้นผิวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 โดยตัวแปรทุกตัวรวมกัน สามารถอธิบายการแปรผันของอุณหภูมิพื้นผิวได้ร้อยละ 86.8 และสามารถเขียนเป็นสมการเพื่อทำนายอุณหภูมิพื้นผิวจากโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวแต่ละประเภทได้ดังสมการที่ 2

$$GIs \text{ Land Surface Temperature} = 31.369 - 0.043GI1 - 0.035GI2 - 0.046GI3 - 0.154GI4_1 - 0.063GI4_2 - 0.020GI5_1 - 0.034GI5_2 \quad (2)$$

จากการศึกษาพบว่า โครงสร้างพื้นฐานสีเขียวที่ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวลดลงมากที่สุดในพื้นที่ศึกษา คือ โครงสร้างพื้นฐานสีเขียวประเภทพื้นที่สีเขียวธรรมชาติ (พื้นที่สวนป่า/ ป่าชายเลน: GI4_1) รองลงมาคือ ประเภทพื้นที่สีเขียวธรรมชาติ (พื้นที่แหล่งน้ำธรรมชาติหรือสร้างขึ้น: GI4_2), ประเภทพื้นที่สีเขียวเพื่อเศรษฐกิจชุมชน (นาข้าว พืชไร่ พืชสวน ไม้ผล ไม้ยืนต้น พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ: GI3), ประเภทพื้นที่สีเขียวเพื่อการบริการสาธารณะ (พื้นที่สีเขียวเมือง: GI1), ประเภทพื้นที่สีเขียวอรรถประโยชน์ (สนามกอล์ฟ: GI2), ประเภทพื้นที่สีเขียวที่ยังไม่ใช้ประโยชน์หรือรอการพัฒนา (พื้นที่ลุ่มชื้นแฉะและพื้นที่น้ำขัง: GI5_2) และประเภทพื้นที่สีเขียวที่ยังไม่ใช้ประโยชน์หรือรอการพัฒนา (พื้นที่สีเขียวที่เป็นทุ่งหญ้าธรรมชาติ/ทุ่งหญ้าสลับไม้พุ่มไม้ละเมาะ GI5_1) ตามลำดับ



ภาพที่ 7 โครงสร้างพื้นฐานสีเขียวกับการลดอุณหภูมิพื้นผิวในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

6. สรุปและอภิปรายผล

จากผลการศึกษา พบว่า สัดส่วนโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวมีความสัมพันธ์เชิงผกผันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการเกิดเกาะความร้อนบนพื้นผิวเมืองในพื้นที่ศึกษากรุงเทพมหานคร ($r = -0.90$, $p\text{-value} < 0.001$) คือ เมื่อสัดส่วนโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวเพิ่มขึ้นทุกร้อยละ 10 จะทำให้อุณหภูมิพื้นผิวลดลงเท่ากับ 0.47 องศาเซลเซียส เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการศึกษาค้นคว้าอื่นแล้ว มีความแตกต่างกัน คือ (1) การศึกษาอิทธิพลของสิ่งปกคลุมดินที่มีผลต่ออุณหภูมิในบรรยากาศของกรุงเทพมหานคร (วันเพ็ญเจริญตระกูลปิติ, 2012) สิ่งปกคลุมดินประเภทต้นไม้และน้ำมีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิอากาศ โดยอุณหภูมิจะลดลง 0.028 องศาเซลเซียส หากเพิ่มพื้นที่ต้นไม้ทุกๆ ร้อยละ 1 (บนพื้นที่ขนาด 0.1 ตารางกิโลเมตร) และ (2) การศึกษาเรื่อง The surface heat island of Rotterdam and its relationship with urban surface (Klok et al., 2012) พื้นที่ศึกษาเมืองรอตเตอร์ดาม ประเทศเนเธอร์แลนด์ ผลการศึกษา พบว่า การเพิ่มขึ้นของพื้นที่สีเขียวร้อยละ 10 ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยลดลง 1.3 องศาเซลเซียส

การพิจารณาด้านทุนและผลตอบแทน พบว่า การลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวประเภทพื้นที่สีเขียวธรรมชาติ (พื้นที่สวนป่า/ป่าชายเลน: GI4_1) แม้จะมีต้นทุนการดูแลรักษาสูงแต่ให้ผลตอบแทนการลดอุณหภูมิสูงสุด 1.54 องศาเซลเซียส (ต่อการเพิ่มพื้นที่ขึ้น 10%) เมื่อเทียบกับโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวประเภทพื้นที่สีเขียวอรรถประโยชน์ (สนามกอล์ฟ: GI2) ที่ให้ผลเพียง 0.35 องศาเซลเซียส แต่ต้องการการบำรุงรักษาและการใช้น้ำปริมาณมาก ในการเพิ่มศักยภาพของพื้นที่ศึกษาด้วยโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวดังกล่าว สอดคล้องกับนโยบายของกรุงเทพมหานคร Bangkok Green City 2030 ที่มุ่งเน้นการเพิ่มพื้นที่สีเขียวและการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน โดยตั้งเป้าเพิ่มพื้นที่สีเขียวให้ได้ 10 ตารางเมตรต่อคนภายในปี พ.ศ. 2573 และแผนยุทธศาสตร์การจัดการสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2566 - 2570 ที่เน้นการสร้างโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวเพื่อบรรเทาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทั้งนี้ หากมีการพัฒนาพื้นที่ตามแนวทางโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวของพื้นที่กรุงเทพมหานคร ควรคำนึงถึงความสมบูรณ์ของสิ่งปกคลุมดินที่เหมาะสมจากค่าดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ (NDVI) เพิ่มเติม ซึ่งโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวจากการศึกษาทั้ง 7 รูปแบบดังกล่าว สามารถเป็นแนวทางในการวางแผนและกำหนดเป้าหมายการพัฒนาพื้นที่เพื่อบรรเทาการเกิดผลกระทบจากปรากฏการณ์เกาะความร้อนบนพื้นผิวเมืองในพื้นที่ศึกษากรุงเทพมหานครและเป็นแนวทางให้แก่เมืองอื่น ๆ ที่มีลักษณะทางกายภาพที่ใกล้เคียงกันได้ในอนาคต

7. ข้อเสนอแนะ

7.1) ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ที่เลือกใช้ มีความละเอียดเชิงพื้นที่ของช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน (Thermal infrared band) ความละเอียด 100 เมตร ทำให้รายละเอียดของข้อมูลอุณหภูมิในพื้นที่ขนาดเล็ก หรือภายในโครงสร้างเมืองที่มีความซับซ้อนสูงไม่สามารถจำแนกได้อย่างแม่นยำ และในการศึกษาเป็นข้อมูลตัวแทนของพื้นที่ศึกษา 1 ช่วงเวลาเท่านั้นเนื่องจากกรุงเทพมหานครมีเมฆปกคลุมสูงเกือบตลอดทั้งปี และมีรอบการโคจรของดาวเทียมที่ผ่านทุก ๆ 16 วัน ทำให้โอกาสในการได้ภาพที่ชัดเจนมีจำกัด ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อข้อมูลที่ได้จากการศึกษา อีกทั้งสิ่งปกคลุมดินประเภทพื้นที่สีเขียวเพื่อเศรษฐกิจชุมชน (นาข้าว พืชไร่ พืชสวน ไม้ผล ไม้ยืนต้น พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ: GI3) อาจสะท้อนข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวที่ไม่สัมพันธ์กับฤดูกาลในการทำเกษตรกรรมประเภทต่าง ๆ การศึกษาในอนาคตจึงควรมีการศึกษาในช่วงเวลาอื่นเพิ่มเติมรวมถึงความถี่ในการจัดเก็บข้อมูล เพื่อได้ข้อมูลที่มีความละเอียดและสอดคล้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดินมากยิ่งขึ้น

7.2) ในการศึกษาได้กำหนดขอบเขตระดับเฉพาะของพื้นที่ เป็นการวิเคราะห์ผลกระทบของสิ่งปกคลุมดินในระดับพื้นที่ขนาดเล็กขนาด 2 x 2 ตารางกิโลเมตร และข้อมูลช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน (Thermal Infrared Band) ที่ระดับ 100 เมตร ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความผันผวนของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในระดับย่อย การศึกษาในอนาคตจึงควรมีการศึกษาเปรียบเทียบเพิ่มเติมในประเด็นของความละเอียดของพื้นที่ศึกษาย่อยที่แตกต่างกัน

7.3) การจำแนกสิ่งปกคลุมดินและโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวในการศึกษา ใช้การจำแนกด้วยการแปลตีความด้วยสายตาผ่านภาพถ่ายดาวเทียมร่วมกับข้อมูลการใช้ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินเท่านั้น ซึ่งการศึกษาในอนาคตอาจใช้การจำแนกด้วยโปรแกรมเพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลอีกครั้ง

7.4) ในการศึกษาเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวกับอุณหภูมิพื้นผิวในพื้นที่ศึกษาเท่านั้น ทั้งนี้ การศึกษาปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองมีความซับซ้อน ซึ่งการศึกษาในอนาคตอาจมีการเพิ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการศึกษา เพื่อให้ได้ชั้นข้อมูลละเอียดมากยิ่งขึ้น

8. เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. (2019). *ข้อมูลการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2562*. <https://www.ldd.go.th>
- กาญจน์เชจร ชูชีพ. (2018). *การถดถอยโลจิสติก (Logistic regression): Remote sensing technical note no.5*. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นิคม บุญญานุสิทธิ์, Kung, S., & Lin, H. (2015). ทางสัญจรเขียว: องค์ประกอบสำคัญในการพัฒนาเป็นโครงสร้างพื้นฐานเขียว. *NAJUA: Architecture, Design and Built Environment*, 29, 387. <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/NAJUA-Arch/article/view/44278>
- นิคม บุญญานุสิทธิ์. (2014). บทบาทของโครงสร้างพื้นฐานเขียวในการปรับตัวของท้องถิ่นไทยเพื่อการตั้งรับภัยพิบัติจากภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง. *วารสารมทร.อีสาน*, 7(2), 132–143. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/rmutijo/article/view/28893>
- ปณยณัฐ รุธิโก. (2016). การประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการศึกษาปรากฏการณ์เกาะความร้อน. *วารสารวิทยาศาสตร์สุขภาพอาหารและสิ่งแวดล้อม*, 9(3), 147–163. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/sdust/article/view/178212>
- วันเพ็ญ เจริญตระกูลปิติ. (2012). อิทธิพลของสิ่งปกคลุมดินที่มีผลต่ออุณหภูมิในบรรยากาศของกรุงเทพมหานคร. *วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม*, 8(1), 1–16. <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/JEM/article/view/27970>
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2025, 19 กุมภาพันธ์). *จำนวนประชากรจากการทะเบียน ชาย หญิง เนื้อที่ ความหนาแน่น และบ้านจำแนกเป็นรายภาค และจังหวัด พ.ศ. 2555–2567*. สำนักงานสถิติแห่งชาติ. https://www.nso.go.th/nsoweb/nso/statistics_and_indicators?impt_branch=300
- สำนักสิ่งแวดล้อมกรุงเทพมหานคร. (2025). *ฐานข้อมูลติดตามประเมินผลการเพิ่มพื้นที่สีเขียวของกรุงเทพมหานคร*. สำนักงานสวนสาธารณะ สำนักสิ่งแวดล้อม. <https://webportal.bangkok.go.th/environmentbma/index>
- Aghamohammadi, N., Ramakreshnan, L., Fong, C. S., & Sulaiman, N. M. (2020). Urban Heat Island, contributing factors, public responses and mitigation approaches in the tropical context of Malaysia. In N. Aghamohammadi, L. Ramakreshnan, C. S. Fong, & N. M. Sulaiman (Eds.), *Urban Heat Island (UHI) Mitigation: Hot and Humid Regions* (pp. 107–121). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-33-4050-3_5
- Avdan, U., & Jovanovska, G. (2016). Algorithm for automated mapping of land surface temperature using LANDSAT 8 satellite data. *Journal of Sensors*, 2016, 1480307. <https://doi.org/10.1155/2016/1480307>
- Bartesaghi Koc, C. (2018). *Assessing the thermal performance of green infrastructure on urban microclimate* [Unpublished doctoral dissertation, UNSW Sydney]. University of New South Wales.
- Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2012). *Green infrastructure: Linking landscapes and communities* (2nd ed.). Island Press.
- Cuce, P. M., Cuce, E., & Santamouris, M. (2025). Towards sustainable and climate-resilient cities: Mitigating urban heat islands through green infrastructure. *Sustainability*, 17(3), 1303. <https://doi.org/10.3390/su17031303>
- Fagan, M. E., Reid, J. L., Holland, M. B., Drew, J. G., & Zahawi, R. A. (2020). How feasible are global forest restoration commitments?. *Conservation Letters*, 13(3), e12700. <https://doi.org/10.1111/conl.12700>

- Klok, L., Zwart, S., Verhagen, H., & Mauri, E. (2012). The surface heat island of Rotterdam and its relationship with urban surface characteristics. *Resources, Conservation and Recycling*, 64, 23–29.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.01.009>
- Li, H., Zhou, Y., Li, X., Meng, L., Wang, X., Wu, S., & Sodoudi, S. (2018). A new method to quantify surface urban heat island intensity. *Science of the Total Environment*, 624, 262–272.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.360>
- Marando, F., Heris, M., Zulian, G., Udias, A., Mentaschi, L., Chrysoulakis, N., Parastatidis, D., & Maes, J. (2021). Urban heat island mitigation by green infrastructure in European Functional Urban Areas. *Sustainable Cities and Society*, 77, 103564. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103564>
- Meng, F., Yan, S., Tian, G., & Wang, Y. (2023). Surface urban heat island effect and its spatiotemporal dynamics in metropolitan area: A case study in the Zhengzhou metropolitan area, China. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 1247046. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1247046>
- Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1–24. <https://doi.org/10.1002/qj.49710845502>
- Oke, T. R. (1997). Urban climates and global environmental change. In R. D. Thompson & A. Perry (Eds.), *Applied climatology: Principles and practice* (pp. 273–287). Routledge.
- Oke, T. R. (2006). Towards better scientific communication in urban climate. *Theoretical and Applied Climatology*, 84(1–3), 179–190. <https://doi.org/10.1007/s00704-005-0153-0>
- Oke, T. R., Mills, G., Christen, A., & Voogt, J. A. (2017). *Urban climates*. Cambridge University Press.
- Trundle, A., Bosomworth, K., McEvoy, D., & Williams, N. (2015). *Urban heat reduction through green infrastructure (GI): Policy guidance for state government*. Victorian Centre for Climate Change Adaptation Research. <https://www.vcccar.org/publications>
- Tun, K. Z., Pramanik, M., Mallick, S. K., Chakraborty, R., Halder, B., Moharir, K. N., & Zhran, M. (2025). Cooling the cities: A comprehensive review of urban heat island mitigation strategies in Southeast Asia. *Human Settlements and Sustainability*. <https://doi.org/10.1016/j.hssust.2025.05.002>
- U.S. Geological Survey. (2021). *Using the USGS Landsat Level-1 data product*. U.S. Department of the Interior. <https://doi.org/10.3133/tm11B1>