การศึกษาปัจจัยที่มีส่วนทำให้เกิดเกาะความร้อนในพื้นที่ดัชนีเมืองระดับสูงของกรุงเทพมหานครชั้นใน

A study of factors contributing to Urban Heat Island in the areas with high values of Urban Index in the Inner Bangkok Metropolitan Area

นวมินทร์ นฤนาทดำรงค์

Navamin Naruenatdamrong

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาปัจจัยที่มีส่วนทำให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนที่แตกต่างในพื้นที่ที่มีค่าดัชนีความเป็นเมืองใกล้เคียงกัน โดยพื้นที่ศึกษาที่เลือกคือพื้นที่กรุงเทพมหานครชั้นใน เนื่องจากมีค่าความเข้มข้นของเกาะความร้อนสูงที่สุดจาก 3 เขต (ชั้นใน ชั้นกลาง และชั้นนอก) และผู้วิจัยเลือกเขตป้อมปราบศัตรูพ่ายจากเขตกรุงเทพฯ ชั้นในเพื่อศึกษาหาปัจจัยมีส่วนทำให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน โดยใช้แขวงวัดเทพศิรินทร์ และแขวงวัดโสมนัสที่มีดัชนีความเป็นเมืองใกล้เคียงกันในการศึกษา การศึกษานี้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อนำไปวิเคราะห์อุณหภูมิ ณ พื้นผิว (LST) ดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ดัชนีอาคาร (NDBI) และดัชนีความเป็นเมือง (Urban Index) และข้อมูลกายภาพ ได้แก่ ถนนและอาคาร ความหนาแน่นของจำนวนอาคาร ขนาดความกว้างของถนน ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยดังกล่าวกับอุณหภูมิพื้นผิว (LST) ด้วยการคำนวณหาความสัมพันธ์ในเชิงสมการและปัจจัยด้านรูปแบบของอาคารและถนน ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่ส่งผลให้อุณหภูมิสูงขึ้นไม่เท่ากันในแต่ละพื้นที่มากที่สุดคือ จำนวนอาคารในแต่ละพื้นที่ ปริมาตรอาคาร และพื้นที่ถนน ตามลำดับ ซึ่งจำนวนอาคารนั้นหมายถึงการพัฒนาในแนวราบ (พื้นที่ปกคลุมดิน) และปริมาตรหมายถึงการพัฒนาในแนวดิ่ง โดยสรุปคือการพัฒนาในแนวราบจะมีส่วนทำให้อุณหภูมิพื้นผิว (LST) เพิ่มขึ้นมากที่สุด โดยหากเพิ่มจำนวนอาคาร 1 แห่งจะมีผลให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นสูงมากกว่าการพัฒนาในแนวดิ่ง (เพิ่มปริมาตร) ผลการศึกษาสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเสนอแนะการวางผังออกแบบเมืองเพื่อช่วย ลดภาวะเกาะความร้อน ในประเด็นของจำนวนอาคาร ปริมาตรอาคาร Urban Blockและพื้นที่สีเขียว

คำสำคัญ : เกาะความร้อน, โครงสร้างพื้นฐานสีเทา, โครงสร้างพื้นฐานสีเขียว, ดัชนีเมืองสูง

Abstract

This study examined the factors contributing to Urban Heat Island in the areas with similar Urban Index values. The study area was the Inner Bangkok Metropolitan Area which had the highest intensity value of Urban Heat Island among the 3 areas (inner, middle and outer areas of BMA). Within the inner area, the District of Pom Prap Sattru Phai, was selected. Then, the subdistricts with similar Urban Index values, Wat Thepsirin Subdistrict and Wat Sommanat Subdistrict, were chosen to study the contributing factors. This study utilized the satellite images of LANDSAT-8 to analyze Land Surface Temperature (LST), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Built-up Index (NDBI) and Urban Index (UI). Other relevant physical data, such as streets and buildings, a density of a number of buildings and street widths were also collected. Followed were the relationship analyses of the contributing factors and the Land Surface Temperature. The results showed that the factors contributing to the different-increasing land surface temperature were the density of a number of buildings, the building volumes and the street-surface areas, respectively. The number of buildings referred to the horizontal development (a building coverage area) and the building volumes referred to the vertical development. It is noted that the horizontal development implied that there are a lot of building footprints covering on the land. The increasing number of buildings tends to produce more land surface temperature than the increasing building volumes or the vertical development does. This study suggests the implications for urban design and planning that aims to reduce Urban Heat Island in terms of the number of buildings, the building volumes, urban blocks and green spaces.

Keywords : Urban Heat Island, Grey Infrastructure, Green Infrastructure, Urban Index

บทนำ

ในปัจจุบันกรุงเทพมหานครมีการใช้พื้นที่หลากหลายรูปแบบทั้งพาณิชยกรรม ที่อยู่อาศัย พื้นที่สำหรับนันทนาการ แต่ส่วนใหญ่จะเป็นการใช้ประโยชน์ประเภทพาณิชยกรรม ที่อยู่อาศัย และคมนาคมขนส่ง ซึ่งเป็นพื้นที่ของอาคารขนาดใหญ่อย่างเห็นได้ชัด โดยพื้นที่ดังกล่าวเติบโตและขยายตัวเป็นอย่างมากตามกิจกรรมที่เติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่องของเมือง ส่งผลให้พื้นที่สีเขียวของเมืองลดน้อยลง พื้นที่สำหรับการสร้างพื้นที่สีเขียวสาธารณะนั้นกลายเป็นพื้นที่สำหรับการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ ประกอบกับจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ต้องมีการขยายเขตทางจราจร เพื่ออำนวยความสะดวกและแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัด ซึ่งจะเกิดความไม่สมดุลระหว่างโครงสร้างพื้นฐานสีเทา (Grey Infrastructure) และโครงสร้างพื้นฐานสีเขียว (Green Infrastructure) และส่งผลให้เกิดภาวะเกาะความร้อน (Urban heat island - UHI)

ภาวะเกาะความร้อนคือปรากฏการณ์ที่พื้นที่ในมหานครมีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณโดยรอบอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งความแตกต่างของอุณหภูมิที่จะสังเกตได้ชัดเจนในช่วงกลางคืนเนื่องจากจะมีอุณหภูมิที่สูงกว่าปกติ สาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดเกาะความร้อนเมืองคือการเปลี่ยนแปลงพื้นผิวของแผ่นดินที่เกิดจากการพัฒนาเมืองซึ่งใช้วัสดุที่ทำให้เกิดการสะสมกันของความร้อนประกอบกับความร้อนที่ปล่อยออกจากการใช้พลังงานตามอาคารสถานที่ต่างๆ และเมื่อศูนย์กลางประชากรของเมืองเพิ่ม การเปลี่ยนแปลงผิวพื้นแผ่นดินเพื่อรองรับจำนวนประชากรดังกล่าวก็ยิ่งเพิ่มมากขึ้นตาม ซึ่งเป็นสาเหตุของการเพิ่มอุณหภูมิทั่วไปโดยเฉลี่ย โดย Luke Howard (1820) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์นี้ในเมืองลอนดอน ซึ่งพบว่ามีปัจจัยที่ส่งผลหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความกดอากาศ ฯลฯ (Howard, 1820) จึงได้ทำการวัดอุณหภูมิเพื่อเปรียบเทียบและพิสูจน์แนวความคิด ซึ่งบริเวณศูนย์กลางเมืองนั้น มีความร้อนมากกว่าบริเวณชานเมือง เขาจึงได้ตั้งสมมุติฐานขึ้นมาว่า UHI มีแนวโน้มที่จะเกิดจากบริเวณศูนย์กลางเมืองนั้นมีวัสดุที่กักเก็บความร้อนเป็นจำนวนมาก ได้แก่ อาคาร ถนน รวมไปถึงรูปทรงของการออกแบบอาคารซึ่งส่งผลต่อทิศทางเงาของแสงแดด เป็นต้น

สรุปได้ว่าภาวะดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากการที่เมืองขยายตัวและเกิดความหนาแน่นของอาคาร ถนน สิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ นั้นมีวัสดุก่อสร้างมาจากกลุ่มวัสดุที่กักเก็บความร้อน ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับความร้อนไว้กับตัววัสดุได้เป็นอย่างดี การขยายตัวของเมืองที่มีการก่อสร้างอาคารและเพิ่มปริมาณของโครงสร้างพื้นฐานสีเทานั้น มีผลให้พื้นที่สีเขียวในเมืองลดน้อยลง ทั้งนี้ การเพิ่มขึ้นของโครงสร้างพื้นฐานสีเทาสามารถวัดค่าได้จากการคำนวณปัจจัย 2 อย่าง คือ 1. ค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (Normalized Difference Built-up Index : NDBI) โดย NDBI เป็นค่าดัชนีที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวในเมืองและประเภทการใช้ที่ดิน สิ่งปกคลุมดินโดยการวิเคราะห์ข้อมูลการตรวจจับดาวเทียมที่นำเสนอความสัมพันธ์ระหว่างชั้นความหนาแน่นของสิ่งที่สร้างขึ้น และ 2. ดัชนีความเป็นเมือง (Urban Index) ซึ่งทั้ง 2 ปัจจัยเป็นการสำรวจระยะไกลโดยใช้ภาพถ่ายทางดาวเทียม สามารถนำมาใช้เพื่อให้ได้รายละเอียดของความหนาแน่นของอาคารโดยมีความสัมพันธ์กับพื้นที่สีเขียวในเมืองที่สามารถวัดค่าได้จากภาพถ่ายทางดาวเทียม ซึ่งผลที่ได้จะออกมาเป็นค่า “ดัชนีพืชพรรณ” (Normalized Difference Vegetation Index : NDVI) เป็นค่าที่บอกถึงสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมพื้นผิว สามารถคำนวณได้จากการนำช่วงคลื่นที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณมาทำสัดส่วนซึ่งกันและกัน ดัชนีพืชพรรณมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ซึ่งยิ่งค่าเข้าใกล้ 1 มากเท่าใด แปลว่ามีพืชปกคลุมพื้นที่มากขึ้นเท่านั้น โดยพื้นที่สีเขียวทำหน้าที่ดูดซับรังสีของดวงอาทิตย์และแปรรูปเป็นพลังงานสำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสง อีกทั้งยังให้ร่มเงาและความชุ่มชื้นแก่อากาศใกล้พื้นดินส่งผลให้อุณหภูมิลดลง ในขณะเดียวกันหากพื้นที่สีเขียวลดลงและพื้นผิวที่เป็นคอนกรีตหรือพื้นดินดูดซับพลังงานและสะสมความร้อนไว้โดยตรงเพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นซึ่งจะนำไปสู่ปัญหาดังกล่าว ถ้าหากนำแนวคิดของ Howard และ Hough มาเทียบเป็นกรณีของกรุงเทพฯ จะเห็นได้ว่ามีลักษณะที่ตรงตามแนวคิดของทั้งสองท่าน เช่น สภาพแวดล้อมในกรุงเทพฯ (ชั้นใน) เต็มไปด้วยอาคารขนาดใหญ่ (นิยามตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร) ที่จะส่งผลต่อทิศทางของลม ถนน ทางเดิน ที่ทำมาจากวัสดุกักเก็บความร้อน กิจกรรม วิถีชีวิตของคนในพื้นที่

ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1) เพื่อศึกษาปัจจัยที่ช่วยให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนที่แตกต่างกันในพื้นที่ที่ลักษณะใกล้เคียงกัน

2) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์เชิงสมการระหว่างปัจจัยที่กำหนดกับอุณหภูมิ

3) เพื่อนำสิ่งที่ค้นพบจากการวิจัยมาประยุกต์ใช้กับแนวทางการวางแผนออกแบบชุมชนเมืองที่ลดสภาวะเกาะความร้อนเมือง

ขอบเขตการศึกษา

1) ขอบเขตด้านเนื้อหา: งานวิจัยชิ้นนี้ จะศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับปรากฏการณ์เกาะความร้อน ทั้งจากทฤษฎี แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และศึกษาอุณหภูมิพื้นผิว (Land Surface Temperature) ดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (NDBI) และดัชนีความเป็นเมือง (Urban Index) เพื่อนำไปเสนอแนะมาตรการ แนวทางในการออกแบบชุมชนเมือง โดยมีขอบเขตเนื้อหาดังนี้ 1) ศึกษานิยามและความหมายของเกาะความร้อน 2) ปัจจัยและสาเหตุการเกิดเกาะความร้อน 3) ความสัมพันธ์ระหว่างเกาะความร้อนกับดัชนีพืชพรรณ และสิ่งปลูกสร้าง เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่ช่วยลดหรือเพิ่มอุณหภูมิพื้นผิว

2) ขอบเขตด้านพื้นที่: ผู้วิจัยเลือกพื้นที่ศึกษาที่บริเวณเขตชั้นใน จังหวัดกรุงเทพมหานคร และจะคัดเลือกพื้นที่สำหรับดำเนินการวิจัย โดยใช้เกณฑ์ระดับความรุนแรงของเกาะความร้อน (Urban heat island intensity) และดัชนีความเป็นเมือง (Urban Index) โดยพื้นที่ที่จะใช้ในการดำเนินการวิจัยนั้น จะต้องมีค่าความรุนแรงของเกาะความร้อนและดัชนีความเป็นเมืองใกล้เคียงกัน

ขั้นตอนของการศึกษา

1. การนำเสนอหัวข้อวิจัย คำถาม/สมมุติฐานในการวิจัยนี้ จะช่วยให้ทราบถึงปัจจัยบางประการที่มีส่วนให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในแต่ละพื้นที่แตกต่างกันเพื่อที่จะใช้นำเสนอแนวทางการออกแบบชุมชนเมืองในอนาคต เนื่องจากปัญหาอุณหภูมิที่สูงขึ้นในกรุงเทพฯ มีความรุนแรงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

2. การรวบรวม และทบทวนแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ แนวคิด นิยาม และนโยบายของโครงสร้างพื้นฐานสีเทา (อาคาร ถนน วัสดุ ปริมาณรถสัญจร และแผนงานของรัฐ) โครงสร้างพื้นฐานสีเขียว (ปริมาณ ขนาด ประเภทของต้นไม้ที่ดูดซับความร้อนได้ดี ฯลฯ) ปรากฏการณ์เกาะความร้อน (นิยาม สาเหตุ และวิธีจัดการ) พื้นที่สีเขียว (นิยาม มาตรฐาน การจัดการ นโยบายการส่งเสริมของรัฐ ฯลฯ) และสภาพทั่วไปของพื้นที่ (อุณหภูมิ จัดเก็บโดยใช้เครื่องมือทางภูมิสารสนเทศ ประชากร กิจกรรม การใช้ประโยชน์ที่ดิน อาคาร ฯลฯ) และจำแนก ถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมด เช่น ผลของโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวที่มีต่อเมือง โดยทำการค้นคว้าจากอินเตอร์เน็ต และหนังสือที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น

3. ออกแบบงานวิจัย การค้นคว้าอิสระนี้ เป็นการศึกษาในเชิงปริมาณ (Quantitative data) เป็นการศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ของพื้นที่สีเขียว สิ่งปลูกสร้างและอุณหภูมิ (ภาวะเกาะความร้อน) และศึกษาปัจจัยที่มีส่วนทำให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน เช่น ความหนาแน่นของจำนวนอาคาร ขนาดความกว้างของถนน โดยจะวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยดังกล่าวกับอุณหภูมิพื้นผิว (LST) ด้วยการคำนวณหาความสัมพันธ์ในเชิงสมการ (ความหนาแน่น ขนาดอาคาร และขนาดของถนน) และปัจจัยด้านรูปแบบของอาคารและถนน (Building Blocks, Road Orientation : จะนำเข้าแบบจำลองเพื่อศึกษาผลลัพธ์) จะศึกษาด้วยการค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้เป็นตัวอย่างกลุ่มปัจจัยที่มีส่วนช่วยให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน โดยวิธีการวิจัยนั้นจะทำการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อวิจัย ได้แก่ 1. อุณหภูมิบริเวณพื้นที่ศึกษา โดยใช้ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์จากกรมอุตุฯ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับปริมาณอาคารในพื้นที่ด้วยข้อมูลดาวเทียม 2. โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม LANDSAT-8 ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่เข้ามาช่วยในการศึกษาเพื่อใช้หาค่า อุณหภูมิ ณ พื้นที่ผิว (Land Surface Temperature (LST)) ที่มีความเกี่ยวเนื่องกับ UHI ซึ่งสามารถบ่งบอกได้ถึงสถานการณ์ที่เป็นปัญหา ซึ่งตัวแปรของสภาพอากาศที่งานวิจัยส่วนใหญ่นำมาใช้เปรียบเทียบนี้ประกอบด้วย อุณหภูมิอากาศของพื้นที่ศึกษา 3. ข้อมูลการ

ขยายตัวของเมือง/ข้อมูลสิ่งปกคลุมดินโดยจำแนกเฉพาะประเภทอาคารและถนน (NDBI, Urban Index) โดยใช้ข้อมูลจากกรมโยธาฯ ภาพถ่ายทางดาวเทียมหรืออื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ เพื่อประโยชน์ในการใช้ร่วมกับการออกแบบและวางผังเมือง

4. การเก็บข้อมูลที่จะใช้ในการศึกษา เป็นการเก็บข้อมูลที่มีความจำเป็นต่อการนำไปวิเคราะห์ต่างๆ ได้แก่ ข้อมูลอุณหภูมิ ข้อมูลดัชนีพืชพรรณ ข้อมูลการขยายตัวของเมืองจากดาวเทียม LANDSAT 8 ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์จากกรมอุตุวิทยา และข้อมูลอาคารจากกรมโยธาธิการและผังเมือง

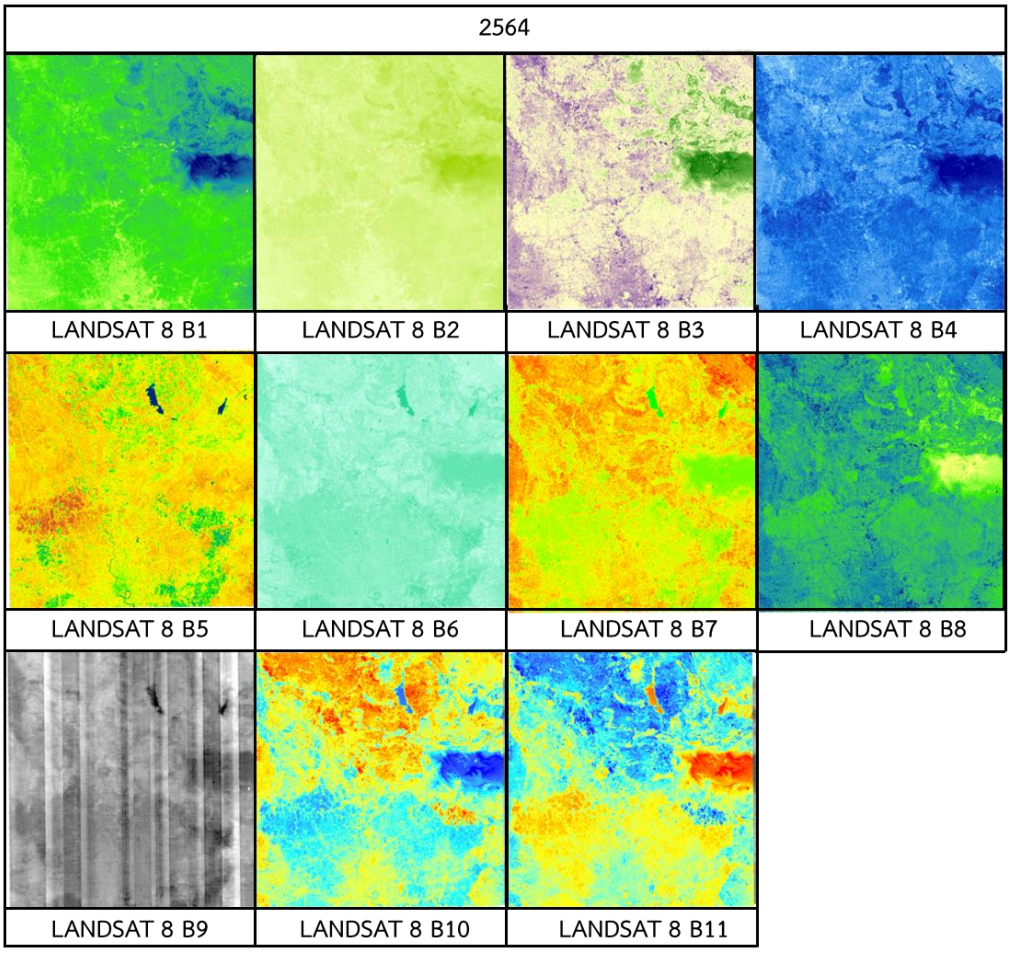
5. วิเคราะห์ข้อมูลอันได้มาจากการค้นคว้า โดยนำข้อมูลเชิง Quantitative data ได้แก่ ค่าอุณหภูมิต่าง ๆ ค่าดัชนีพืชพรรณ และการขยายตัวของเมือง มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อเปรียบเทียบค่าดังกล่าวเพื่อให้ได้ผลที่แม่นยำ วิเคราะห์เอกสารและวารสารงานวิจัยต่างๆ เช่น เอกสารเกี่ยวกับทฤษฎีเกาะความร้อน จะนำมาวิเคราะห์ในหลายๆ แขนงในหมวดหมู่ที่เกี่ยวข้องกันเพื่อให้ได้ความแม่นยำ

6. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะเพื่อตอบวัตถุประสงค์ของการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์

มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ ภาพถ่ายทางดาวเทียมและข้อมูลกายภาพ ได้แก่ อาคาร และถนน เพื่อใช้ในการจัดเตรียมข้อมูลที่มีความจำเป็นต่อการวิจัย เช่น ข้อมูลอุณหภูมิ ข้อมูลความหนาแน่นของอาคาร เป็นต้น โดยแบ่งประเภทของข้อมูลเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ข้อมูล Raster และ ข้อมูล Vector ซึ่งข้อมูล Raster จะเป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องนำมาแปลงค่าก่อนที่จะสามารถนำไปใช้ได้ ส่วนข้อมูล Vector คือ ข้อมูลที่แสดงด้วยจุดหรือพิกัด



ภาพที่ 1 ภาพถ่ายดาวเทียมของพื้นที่วิจัย โดยผู้วิจัย, 2566

2. Envi-Met

มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้สร้างแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์รูปแบบของอาคารและรูปแบบของถนนในพื้นที่ศึกษา โดยจะต้องใช้ข้อมูลอุณหภูมิ ความเร็วลม จากกรมอุตุวิทยา และข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมประกอบในการดำเนินการแบบจำลองและนำผลมาวิเคราะห์ต่อไป

3. Google Earth

มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดเตรียมภาพถ่ายของพื้นที่ใช้ประกอบการนำเสนอข้อมูล

การคัดเลือกพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ที่ต้องการจะศึกษา ใช้เงื่อนไขในการคัดเลือกพื้นที่ 2 ประเด็น คือ 1) ค่าดัชนีความเป็นเมือง และ 2) ค่าความเข้มข้นของปรากฏการณ์เกาะความร้อน โดยขอบเขตกรุงเทพมหานครสามารถแบ่งเขตตามที่ตั้งของพื้นที่ออกเป็น 3 เขต ได้แก่ 1) ชั้นใน 2) ชั้นกลาง และ 3) ชั้นนอก (แผนพัฒนากรุงเทพมหานครระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2556 – 2575) หน้า 54) โดยค่าเฉลี่ยของ Urban Index เท่ากับ 1.04 1.02 และ 1.00 ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยของ UHI intensity เท่ากับ 0.21 0.20 และ 0.15 ตามลำดับ ทั้งนี้ จะเห็นได้ว่า กรุงเทพฯ ชั้นใน มีความเหมาะสมที่จะเป็นพื้นที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งกรุงเทพฯ เขตชั้นในประกอบด้วย 21 เขตปกครอง ได้แก่ เขตพระนคร เขตป้อมปราบศัตรูพ่าย เขตสัมพันธวงศ์ เขตปทุมวัน เขตบางรัก เขตยานนาวา เขตสาทร เขตบางคอแหลม เขตดุสิต เขตบางซื่อ เขตพญาไท เขตราชเทวี เขตห้วยขวาง เขตคลองเตย เขตจตุจักร เขตธนบุรี เขตคลองสาน เขตบางกอกน้อย เขตบางกอกใหญ่ เขตดินแดง และเขตวัฒนา มีข้อมูลต่างๆ ดังตารางที่ 1 และผู้วิจัยคัดเลือกพื้นที่ตัวอย่างที่มีลักษณะทางกายภาพคล้ายคลึงกัน 2 ย่าน ในเขตป้อมปราบศัตรูพ่าย เนื่องจากเป็นเขตที่มีความหนาแน่นของเมืองสูง ผลปรากฏว่า แขวงวัดเทพศิรินทร์และแขวงวัดโสมนัส มีดัชนีความเป็นเมืองใกล้เคียงกัน (1.07 และ 1.05 ตามลำดับ) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความหนาแน่นของอาคาร เป็นพื้นที่กระจุกตัวของกิจกรรม เช่น การอยู่อาศัย การค้าขาย และเป็นแหล่งกระจุกตัวของตึกแถว/บ้านแถว และผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 กำหนดให้ทั้ง 2 ย่านเป็นพื้นที่พาณิชยกรรม (สีแดง) โดยระดับเกณฑ์ความรุนแรงเกาะความร้อนของ 2 ย่าน มีดังนี้ 1. แขวงวัดโสมนัส (0.25) 2. แขวงวัดเทพศิรินทร์ (0.19) ซึ่งหากดูจากเกณฑ์ระดับความรุนแรงของเกาะความร้อนนั้น แขวงวัดโสมนัสอยู่ในระดับรุนแรงมากที่สุด แต่ที่แขวงวัดเทพศิรินทร์อยู่ในระดับรุนแรงมาก ในขณะที่แขวงวัดเทพศิรินทร์มีดัชนีความเป็นเมืองสูงกว่า แต่มีระดับความรุนแรงของเกาะความร้อนน้อยกว่าแขวงวัดโสมนัส จึงมีความเหมาะสมที่จะใช้ทั้ง 2 แขวง ดังกล่าวเป็นพื้นที่วิจัย

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลอุณหภูมิรายเขตในกรุงเทพมหานคร ณ วันที่ 21 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2021

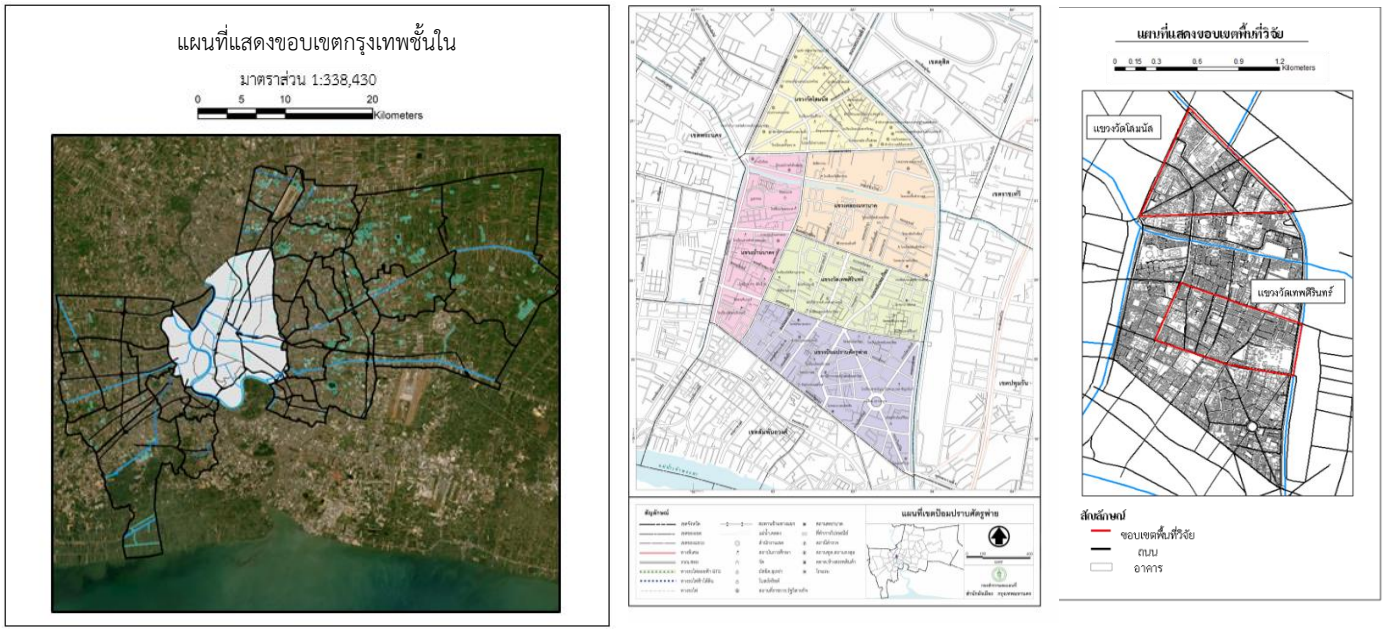
ลำดับ	เขต	ขนาด (ตร.กม)	จำนวนแขวง	LST เฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	UHI
1	เขตห้วยขวาง	12.99	3	28.03	0.25
2	เขตดินแดง	6.05	1	28.58	0.28
3	เขตดุสิต	32.91	5	28.69	0.28
4	เขตพญาไท	8.35	4	28.58	0.28
5	เขตบางกอกน้อย	10.67	5	28.66	0.28
6	เขตราชเทวี	8.55	4	28.1	0.25
7	เขตพระนคร	6.18	12	28.5	0.27
8	เขตป้อมปราบศัตรูพ่าย	11.94	5	28.83	0.29
9	เขตปทุมวัน	10.92	4	27.7	0.24
10	เขตวัฒนา	11.55	3	27.81	0.24
11	เขตบางกอกใหญ่	5.54	2	28.78	0.28

ตารางที่ 1 **(ต่อ)**

12	เขตสัมพันธวงศ์	8.37	3	27.92	0.25
13	เขตคลองเตย	1.93	3	27.71	0.24
14	เขตธนบุรี	9.6	7	28.71	0.28
15	เขตคลองสาน	5.54	4	28.11	0.25

ตารางที่ 2 แสดงดัชนีความเป็นเมืองของแขวงในเขตป้อมปราบศัตรูพ่าย

แขวง	**ดัชนีความเป็นเมือง (Urban Index) เฉลี่ยในแต่ละแขวง**	**UHI**
แขวงวัดโสมนัส	10.5	2.5
แขวงบ้านบาตร	8.3	1.3
แขวงวัดเทพศิรินทร์	10.7	0.19
แขวงคลองมหานาค	10.2	0.16
แขวงป้อมปราบศัตรูพ่าย	10.0	1.28

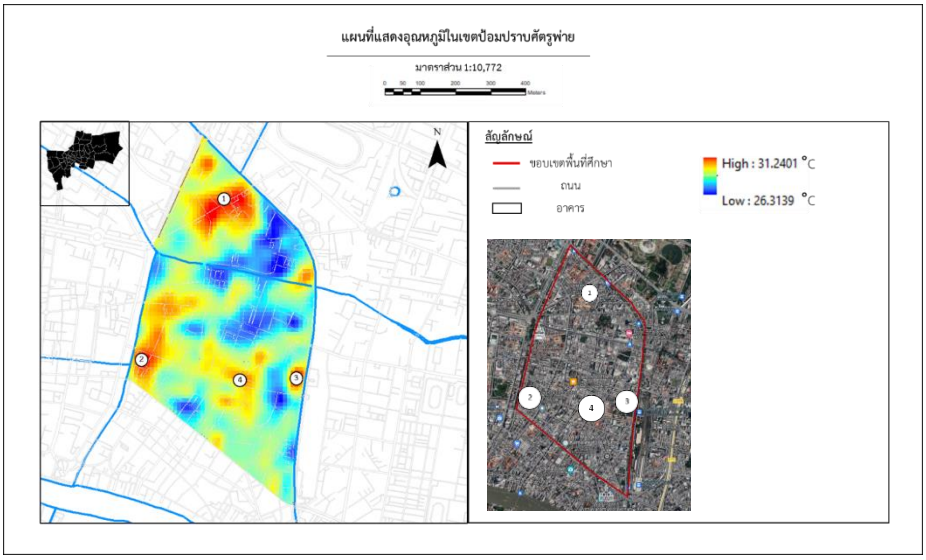


ภาพที่ 2 แสดงขอบเขตพื้นที่ศึกษา

การวิเคราะห์และผลการศึกษา

1. ปัจจัยด้านอุณหภูมิ

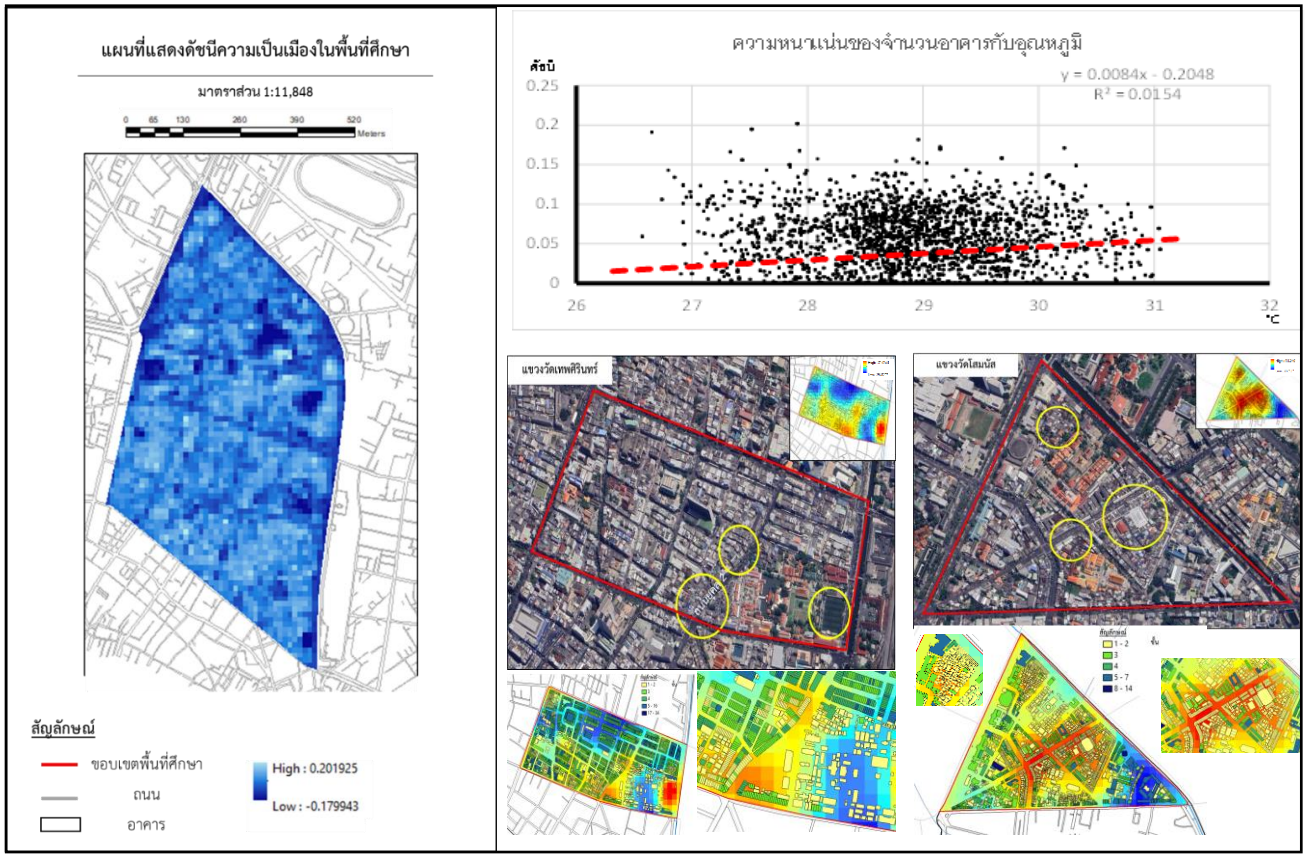
จะศึกษาจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 โดยจะต้องทำการคำนวณค่าอุณหภูมิ ณ พื้นผิว (Land Surface Temperature) ก่อนด้วยวิธีการแปลงข้อมูลแต่ละ BAND ที่เกี่ยวข้อง เมื่อพิจารณาภาพที่ 3 พบว่า จุดที่มีอุณหภูมิสูงทั้งหมดในเขตป้อมปราบศัตรูพ่ายมีทั้งหมด 4 จุด ซึ่งบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่าโดยรอบเป็นจุดเริ่มต้นของปรากฏการณ์เกาะความร้อน ทั้งนี้ จะสามารถวิเคราะห์ได้ว่าจุดที่มีโอกาสเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเขตป้อมปราบศัตรูพ่ายมีทั้งหมด 4 จุด



ภาพที่ 3 แสดงอุณหภูมิ ณ วันที่ 21 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 ในเขตป้อมปราบศัตรูพ่าย

ทั้งนี้จุดที่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเขตป้อมปราบศัตรูพ่ายนั้นเป็นจุดที่มีปริมาณอาคารกระจุกตัวอยู่อย่างหนาแน่นมีการพัฒนาเป็นที่อยู่อาศัย พาณิชยกรรม และเป็นอาคารลักษณะ 1 – 2 ชั้น ในบริเวณที่มีระดับความเข้มข้นของปรากฏการณ์เกาะความร้อนรุนแรงมาก (วัดโสมนัส) และ อาคาร 3 – 4 ชั้นในระดับรุนแรง (วัดเทพศิรินทร์) การวิเคราะห์ปัจจัยด้านอุณหภูมิในแขวงวัดโสมนัสและแขวงวัดเทพศิรินทร์ ต้องคำนวณค่าอุณหภูมิ ณ พื้นผิว (Land Surface Temperature) เพื่อหาค่าอุณหภูมิต่ำที่สุด ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ (ณ วันที่เก็บข้อมูล) และค่าที่สูงที่สุด เพื่อนำข้อมูลไปเปรียบเทียบกับข้อมูลที่กรมอุตุนิยมวิทยามี โดยข้อมูลของพื้นที่วันที่ 21 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 23-26 °C อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 29-35 °C ลมตะวันออก ความเร็ว 10-20 กม./ชม. จุดที่มีอุณหภูมิสูงที่สุดในแขวงวัดโสมนัสอยู่บริเวณตลาดนางเลิ้ง ซึ่งเป็นแหล่งกิจกรรมหลักของพื้นที่ และจุดที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดจะอยู่บริเวณริมน้ำ

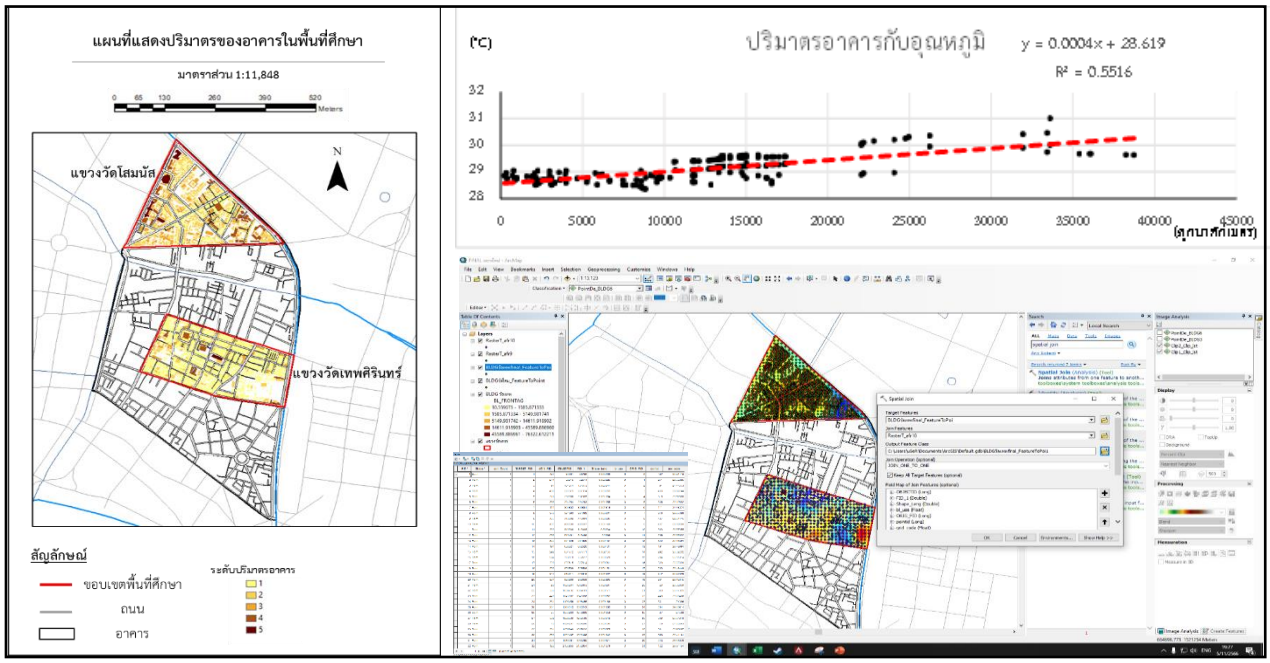
2. **ปัจจัยด้านจำนวนอาคาร** ผู้วิจัยได้ทำการจัดและแบ่งกลุ่มความหนาแน่นในพื้นที่วิจัยออกเป็น 5 ระดับ เพื่อให้เห็นการเกาะกลุ่มของอาคารในแต่ละแขวงและจะใช้ข้อมูลดัชนีความเป็นเมือง (NDBI) ในการคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างอาคารและอุณหภูมิ ซึ่งข้อมูลอุณหภูมิและข้อมูล NDBI ที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายทางดาวเทียมจะมีลักษณะเป็นข้อมูล Raster ขนาด Grid 30x30 pixel ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องใช้โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการกำหนดจุดกลุ่มตัวอย่าง (Sampling) ด้วยคำสั่ง Fishnet เพื่อสร้างกลุ่มของจุด (Point) ในแผนที่และใช้คำสั่งExtract value by multiple point เพื่อดึงข้อมูลจาก Grid raster สู่ point เพื่อทำการรวมเข้าด้วยกัน เพื่อวิเคราะห์ทางสถิติ Linear Regression หาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับปัจจัยด้านจำนวนอาคารหรือความหนาแน่นของจำนวนอาคาร โดยจากการวิเคราะห์ภาพที่ 4 พบว่าในพื้นที่ใดที่มีปริมาณของจำนวนอาคารมาก จะมีแนวโน้มให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้ สามารถสรุปสมการของความสัมพันธ์นี้ได้ ดังนี้ $y = 0.0084x - 0.2048$ $R^2 = 0.0154$ โดยที่ y คือ อุณหภูมิ และ x คือจำนวนของอาคาร โดยสรุปแล้วจะกล่าวได้ว่าหากมีอาคารเพิ่มขึ้นจะมีแนวโน้มให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นตามไปด้วย



ภาพที่ 4 แสดงผลการศึกษาปัจจัยด้านความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอาคารกับอุณหภูมิ

3. ปัจจัยด้านปริมาตรอาคาร

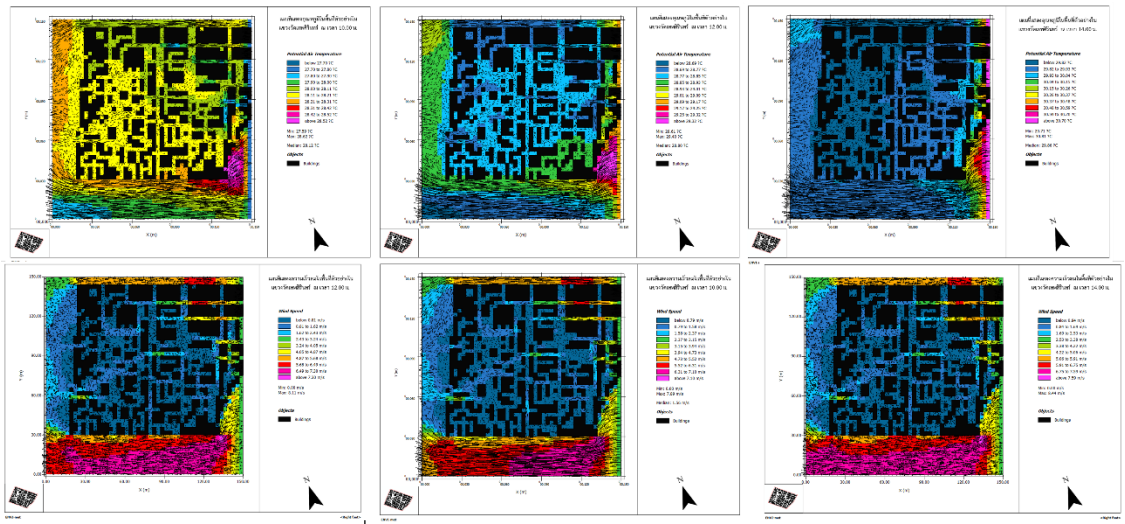
จากการวิเคราะห์พื้นที่ศึกษาในด้านปริมาตรอาคาร พบว่าในแขวงวัดโสมนัสมีอาคารที่มีปริมาตรสูงเกาะกลุ่มบริเวณตะวันตกของพื้นที่ คือ เวทีราชดำเนิน (สนามมวยนางเลิ้ง) และราชดำเนินคอนโดมิเนียม นอกจากนี้ในทิศตะวันออกของพื้นที่ มีสำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สภาพัฒน์) (สูง 10 ชั้น) สำนักงานเขตป้อมปราบศัตรูพ่าย และสำนักงาน บริษัท โทรคมนาคมแห่งชาติ จำกัด (มหาชน) (TOT) สาขากรุงเกษม ที่เป็นอาคารสูง 6 – 7 ชั้น เป็นอาคารสถาบันราชการเป็นส่วนมาก และในแขวงวัดเทพศิรินทร์เป็นอาคารพาณิชยกรรม ลักษณะตึกแถวกระจายอยู่ทั่วพื้นที่ โดยปัจจัยด้านปริมาตรอาคารนั้นจะเป็นปัจจัยในเชิงสามมิติ เนื่องจากเป็นการนำพื้นที่อาคารปกคลุมดิน ซึ่งเป็นการพัฒนาระนาบกับพื้นดินมาคูณกับความสูงของอาคาร ซึ่งเป็นการพัฒนาแนวดิ่ง ซึ่งข้อมูลอุณหภูมิที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายทางดาวเทียมจะมีลักษณะเป็นข้อมูล Raster ขนาด Grid 30x30 pixel ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องแปลงข้อมูล Raster เป็น Point และแปลงข้อมูลอาคารจาก Polygon เป็น Point เพื่อทำการรวมเข้าด้วยกัน กลายเป็นข้อมูล อาคารและอุณหภูมิที่มีรูปแบบข้อมูลเป็น Point และใช้คำสั่ง Spatial Join เพื่อนำ Point ทั้ง 2 มารวมกัน ซึ่งผลที่จะได้จะต้องนำชั้นของชั้นข้อมูลปริมาตรมาหาความสัมพันธ์กับชั้นข้อมูลอุณหภูมิ โดยจากการวิเคราะห์พบว่าเมื่อมีการเพิ่มปริมาตรอาคารอุณหภูมิจะมีแนวโน้มสูงขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้ สามารถสรุปสมการของความสัมพันธ์นี้ได้ ดังนี้ y = 0.0004x + 28.619 ค่า R^2 = 0.5516 โดยที่ y คือ อุณหภูมิ และ x คือปริมาตรของอาคาร โดยสรุปแล้วจะกล่าวได้ว่าหากมีปริมาตรอาคารเพิ่มขึ้นจะมีแนวโน้มให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นตามไปด้วย



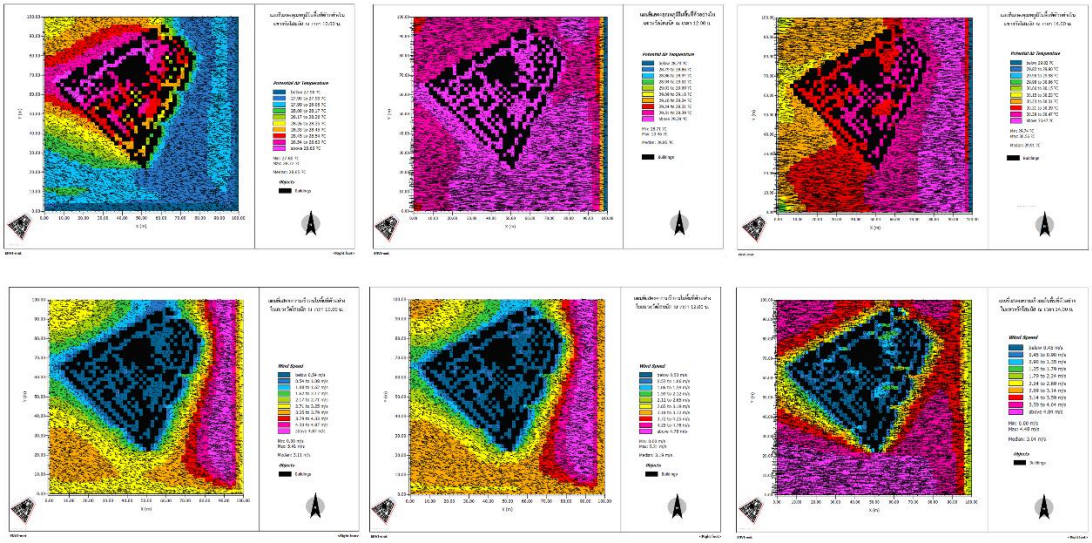
ภาพที่ 5 แสดงผลการศึกษาปัจจัยด้านความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรอาคารกับอุณหภูมิ

4. ปัจจัยด้านรูปแบบของอาคาร (Urban Block) และปัจจัยด้านรูปแบบถนน

ปัจจัยดังกล่าวจะวิเคราะห์ในเรื่องของระยะห่างระหว่างอาคาร ทิศทางของอาคาร และทิศทางของถนน เนื่องจากทิศทางของถนนจะได้รับผลกระทบจากตำแหน่งของอาคาร จึงมีความจำเป็นที่จะต้องวิเคราะห์ปัจจัยทั้ง 2 อย่างนี้พร้อมกัน โดยจะใช้โปรแกรม Envi-Met นำเข้าพื้นที่จากแขวงวัดโสมนัสและแขวงวัดเทพศิรินทร์ พื้นที่ละ 1 บริเวณที่มีความน่าสนใจที่มีลักษณะของอาคารแตกต่างกัน ในแขวงวัดเทพศิรินทร์และในแขวงวัดโสมนัส ดังภาพที่ 6 และภาพที่ 7 และนำเข้าโปรแกรมโดยจำลองข้อมูลอุณหภูมิ ความเร็วลม ทิศทางลม ในวันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2564 3 ช่วงเวลา ได้แก่ 10.00 น. 12.00 น. และ 14.00 น. โดยข้อมูลดังกล่าวจะสืบค้นจากกรมอุตุนิยมวิทยา ทั้งนี้ มีความจำเป็นที่จะต้องใช้ข้อมูลจากการศึกษา ค้นคว้า แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นการเพิ่มน้ำหนักให้กับผลลัพธ์ที่ได้ออกมา โดยสมมติฐานที่ผู้วิจัยได้ตั้งไว้ว่า ปัจจัยด้านรูปแบบอาคาร (Urban Block) ได้แก่ ทิศทางอาคาร ระยะห่างของอาคาร และปัจจัยด้านรูปแบบถนน ได้แก่ ทิศทางถนน นั้นมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่อาคารจะได้รับหรือสะสมมวลความร้อนไว้



ภาพที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์รูปแบบเมือง (Urban Block) ของพื้นที่ตัวอย่างในแขวงวัดเทพศิรินทร์

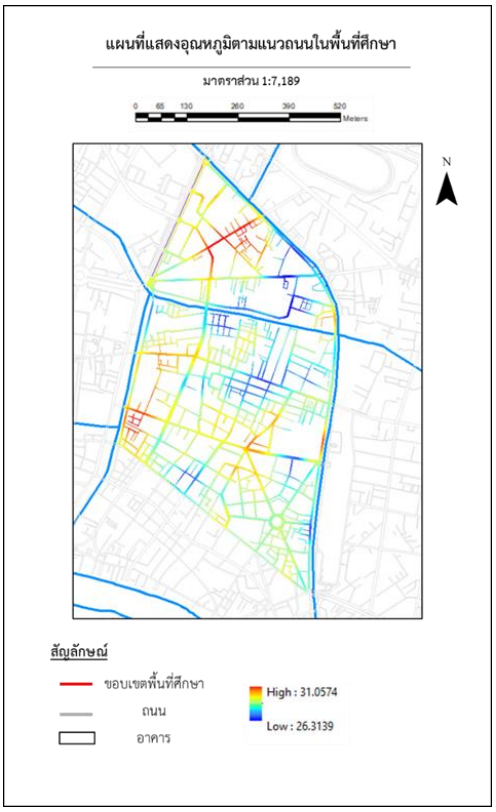


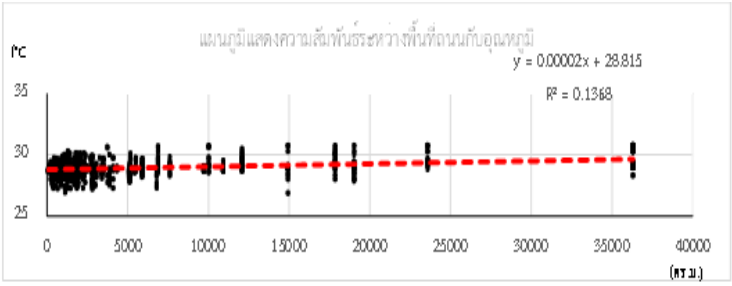
ภาพที่ 7 แสดงผลการวิเคราะห์รูปแบบเมือง (Urban Block) ของพื้นที่ตัวอย่างในแขวงวัดโสมนัส

เมื่อพิจารณาจากรูปแบบอาคารและถนนในแขวงวัดเทพศิรินทร์ ที่มีลักษณะเป็นแบบ GRID ลักษณะอาคาร 3 – 4 ชั้น พบว่ารูปแบบของอาคารและถนนมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ โดยจะสังเกตได้ว่าบริเวณทิศเหนือของพื้นที่ที่อาคารมีการวางตำแหน่ง ระยะห่างเท่ากันและไปในทิศทางเดียวกันนั้นจะส่งผลให้ทิศทางของลมและความเร็วของลมไม่ติดขัดและสามารถไหลเวียนได้อย่างต่อเนื่องตามแนวถนน ซึ่งกระแสลมมีคุณสมบัติที่ช่วยกระจายมวลความร้อนออกจากพื้นที่ ส่วนบริเวณใดที่มีลักษณะอาคารเกาะกลุ่มกัน หรือไม่เรียงตัวไปในทางเดียวกันจะบดบังกระแสลมส่งผลให้อุณหภูมิสูงกว่าพื้นที่รอบข้าง แต่เมื่อพิจารณาจากรูปแบบอาคารและถนนในวัดโสมนัส ที่มีลักษณะเป็นแบบ Compact ลักษณะอาคาร 1 – 2 ชั้น และมีอาคารบดบังถนนรอบทิศ ยกเว้นบริเวณถนนสายหลัก พบว่ามีการกระจุกตัวของอุณหภูมิอย่างหนาแน่นทั่วพื้นที่ เนื่องจากรูปแบบของอาคารและถนนที่ไม่เป็นระเบียบ มีความแออัดและเรียงตัวชิดติดกัน ส่งผลให้กระแสลมในพื้นที่ไหลเวียนอย่างติดขัด ซึ่งกระแสลมจะวนเวียนไปมาในพื้นที่ก่อให้เกิดกระแสมวลความร้อนแทน โดยพบว่าเมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นอุณหภูมิจะมีแนวโน้มลดลงตามไปด้วยอย่างชัดเจน ทั้งนี้ สามารถสรุปสมการของความสัมพันธ์นี้ได้ ดังนี้ y = -7.4516x + 32.555 ค่า R^2 = 0.9174 โดยที่ y คือ อุณหภูมิ และ x คือความเร็วลม โดยสรุปแล้วจะกล่าวได้ว่าหากความเร็วลมไหลเร็วขึ้น 1 m/s จะส่งผลให้อุณหภูมิลดลง 7.4516 °C

5. ปัจจัยด้านพื้นที่ถนน

พื้นที่ถนนในพื้นที่ศึกษา 121,342.83 ตารางเมตร โดยจากการศึกษาพบว่าถนนที่มีอาคารอยู่โดยรอบเป็นจำนวนมากจะส่งผลให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นไปด้วย เช่น บริเวณตลาดนางเลิ้ง (ถนนนครสวรรค์) อย่างไรก็ตามปัจจัยด้านพื้นที่ถนนยังขึ้นอยู่กับปัจจัยโดยรอบ เช่น ปริมาณของต้นไม้บริเวณทางเดินเท้าหรือต้นไม้บริเวณริมถนน และแหล่งน้ำอีกด้วย ซึ่งขั้นตอนการแปลงข้อมูลของถนนที่เป็น Vector ให้ไปวิเคราะห์ร่วมกับอุณหภูมิที่เป็น Raster Grid pixel 30x30 ได้นั้น ผู้วิจัยต้องใช้คำสั่งแปลง Raster เป็น Point และใช้คำสั่ง Spatial Join รวมข้อมูลของทั้งสองชั้นข้อมูลเข้าด้วยกัน โดยสรุปคือเมื่อมีการเพิ่มพื้นที่ถนน อุณหภูมิจะมีแนวโน้มสูงขึ้นตามไปด้วยเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้ สามารถสรุปสมการของความสัมพันธ์นี้ได้ ดังนี้ y = 0.00002x + 28.815 ค่า R^2 = 0.1368 โดยที่ y คือ อุณหภูมิ และ x คือพื้นที่ของถนน โดยสรุปแล้วจะกล่าวได้ว่าหากมีพื้นที่ถนนเพิ่มขึ้น จะมีแนวโน้มให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเช่นกัน

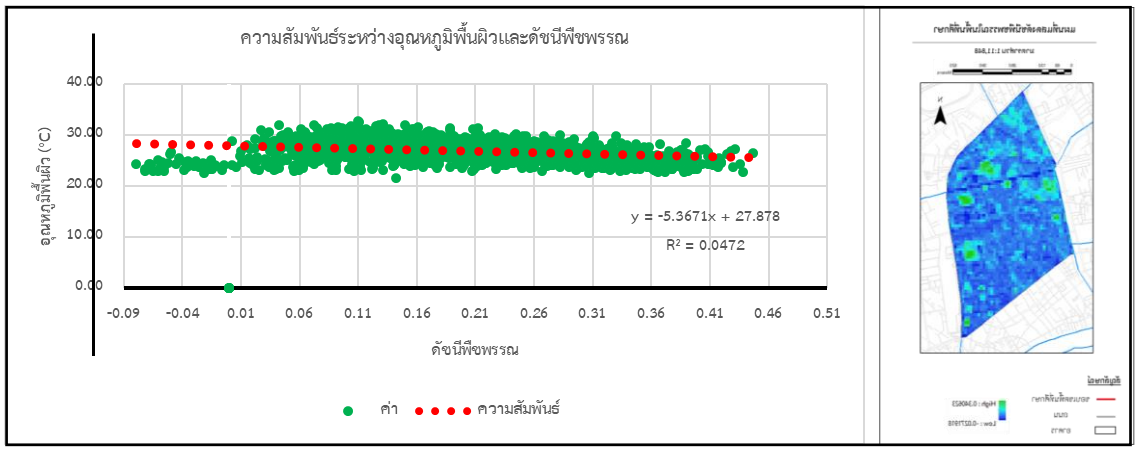




ภาพที่ 8 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ถนนและอุณหภูมิ

6. ปัจจัยด้านพื้นที่สีเขียว

จากข้อมูลดาวเทียมที่ผ่านการคำนวณแล้ว NDVI ในพื้นที่ศึกษามีค่าเฉลี่ย 0.08 ถือว่ามีพื้นที่สีเขียวอยู่ในระดับน้อยมาก ลักษณะของพื้นที่สีเขียวดังกล่าวจะกระจายตัวอยู่โดยรอบพื้นที่ เมื่อตรวจสอบพื้นที่กับภาพถ่ายทางดาวเทียมพบว่าพื้นที่สีเขียวส่วนนี้เป็นพื้นที่รกร้างที่มีต้นไม้ปกคลุม ซึ่งผู้วิจัยสันนิษฐานว่าเนื่องจากพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่บริเวณใจกลางเมืองที่ประกอบไปด้วยชุมชนมากมาย และต้องมีการนำโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวมาใช้พัฒนาเป็นโครงสร้างพื้นฐานสีเทาเป็นส่วนใหญ่ เช่น อาคารบ้านเรือน ถนน และลานกิจกรรมต่างๆ โดยผลการศึกษาพบว่าเมื่อมีการเพิ่มดัชนีพืชพรรณ อุณหภูมิจะมีแนวโน้มลดลงตามไปด้วยอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้ สามารถสรุปสมการของความสัมพันธ์นี้ได้ ดังนี้ y = -5.3671x + 27.878 ค่า R^2 = 0.0472 โดยที่ y คือ อุณหภูมิ และ x คือดัชนีพืชพรรณ โดยสรุปแล้วจะกล่าวได้ว่าหากค่า NDVI เพิ่มขึ้นจะมีแนวโน้มให้อุณหภูมิลดลง



ภาพที่ 9 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่สีเขียวและอุณหภูมิ

สรุปและอภิปรายผล

จากวัตถุประสงค์ที่ผู้วิจัยตั้งขึ้น สามารถสรุปการผลศึกษาที่ได้ดังนี้

1) ในพื้นที่ศึกษาที่มีลักษณะใกล้เคียงกันนั้น พบว่าปัจจัยที่มีส่วนช่วยให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนที่แตกต่างกันที่ผู้วิจัยทำการศึกษาประกอบด้วย จำนวนอาคาร ปริมาตรอาคาร Urban Block (รูปแบบของอาคาร รูปแบบของถนน ความกว้างของถนน พื้นที่ถนน) และพื้นที่สีเขียว

2) ปัจจัยที่ด้านจำนวนอาคาร ปริมาตรอาคาร และ Urban Block มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิในลักษณะแปรผันตรงกัน และปัจจัยด้านพื้นที่สีเขียวมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผกผันกัน

3) ผลการศึกษาสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเสนอแนะการวางผังออกแบบเมืองเพื่อช่วยลดภาวะเกาะความร้อน ในประเด็นของจำนวนอาคาร ปริมาตรอาคาร Urban Block และพื้นที่สีเขียว

จากการสรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ที่ได้จากการคำนวณสมการและการใช้ภาพถ่ายทางดาวเทียม LANDSAT 8 ในพื้นที่ศึกษา วันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2564 ด้วยวิธี Linear Regression พบว่าองค์ประกอบที่ส่งผลให้อุณหภูมิมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่คือ จำนวนอาคาร (ความหนาแน่นของจำนวนอาคาร) ปริมาตรอาคาร รูปแบบของอาคาร รูปแบบของถนน พื้นที่ถนน และพื้นที่สีเขียว โดยปัจจัยที่ส่งผลให้อุณหภูมิสูงขึ้นไม่เท่ากันในแต่ละพื้นที่มากที่สุดคือ จำนวนอาคารในแต่ละพื้นที่ ปริมาตรอาคาร และพื้นที่ถนน ตามลำดับ ซึ่งจำนวนอาคารนั้นหมายถึงการพัฒนาในแนวราบ (พื้นที่ปกคลุมดิน) และปริมาตรหมายถึงการพัฒนาในแนวดิ่ง จะสังเกตได้ว่าการพัฒนาในแนวราบหรือการสร้างพื้นที่อาคารปกคลุมดินเป็นจำนวนมาก โดยหากเพิ่มจำนวนอาคาร 1 แห่งจะมีผลให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นสูงมากกว่าการพัฒนาในแนวดิ่ง (เพิ่มปริมาตร กว้าง x สูง) อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนงานวิจัยที่ อนุศาสน์ สิทธิเวช (2554) ได้อภิปรายผลการศึกษาว่า ปริมาตรของอาคารมีส่วนช่วยให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ผลการศึกษาของผู้วิจัยพบว่า อาคารที่มีปริมาตรสูงในพื้นที่ศึกษานั้น จะมีอุณหภูมิน้อยกว่าอาคารที่มีปริมาตรน้อย ซึ่งขัดแย้งกับผลการศึกษาของอนุศาสน์ สิทธิเวช (2554) โดยผู้วิจัยคาดว่าอาจเป็นผลจากตัวแปรในด้าน Urban Block ของพื้นที่ (อาคารที่ปริมาตรสูงจะเว้นช่องว่างระหว่างอาคารมากกว่าบริเวณอาคารปริมาตรต่ำ) ที่ส่งผลให้ผลการศึกษามีความแตกต่างกัน ส่วนรูปแบบอาคารและถนน เป็นปัจจัยที่สามารถเพิ่มและลดอุณหภูมิในพื้นที่ได้ จากการจัดระยะห่าง ช่องว่างระหว่างอาคาร และการกำหนดความสูงอาคารให้เหมาะสมกับทิศทางของลมแต่ละพื้นที่รวมไปถึงการจัดรูปแบบ Block ให้มีความเหมาะสม และการเพิ่มขึ้นของพื้นที่สีเขียวสามารถลดอุณหภูมิในพื้นที่ได้ และเมื่อทำการศึกษาผลลัพธ์ที่ค้นพบในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้พิสูจน์สมมติฐานของผู้วิจัยให้มีน้ำหนักมากยิ่งขึ้น ดังนี้ ผลจากการศึกษาของผู้วิจัยพบว่าแนวคิดเรื่องการจัดรูปแบบ Urban Block (ทั้งในเรื่องของระยะห่างระหว่างอาคาร, ช่องลม, ทิศทางลม) มีผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอุณหภูมิ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของณภัสสร ธีร์ธวัชวงศ์ (2558) จิตติศักดิ์ ธรรมาภรณ์พิลาศ (2555) และ Ibrahim et al. (2021) ที่ผลการศึกษาพบว่า ระยะห่างระหว่างอาคารมีความสัมพันธ์ต่ออุณหภูมิ โดยอาคารที่มีช่องว่างระหว่างกันมาก จะยิ่งมีพื้นที่รับรังสีจากแสงอาทิตย์มากขึ้นไปด้วย ส่งผลให้มีการสะสมมวลความร้อนยิ่งขึ้น นอกจากนี้การเรียงตัวของอาคารที่ต่อเนื่องและเรียงชิดติดกันเป็นแนวยาว (กำแพงเมือง) ส่งผลให้กระแสลมถ่ายเทได้ไม่สะดวก และเป็นปัจจัยที่ทำให้อากาศร้อนไหลเวียนภายในพื้นที่มากกว่า โดยควรเว้นช่องว่างระหว่างอาคารเพื่อให้เกิดการไหลเวียนและการระบายอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อลดการสะสมตัวของมวลความร้อน ส่วนแนวคิดเรื่องความสูงของอาคาร ความกว้างของถนน ทิศทางและการวางแนวของอาคารและถนน ภายหลังจากการวิจัยพบว่ามีผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอุณหภูมิเช่นเดียวกับการศึกษาของ Kolokotsa et al. (2022) และ Ibrahim et al. (2021) ที่พบว่าทิศทางของอาคารและถนนนั้นมีส่วนช่วยให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง ซึ่งขึ้นอยู่กับช่วงฤดูและช่วงเวลาที่เก็บข้อมูลด้วย เนื่องจากแต่ละฤดูกาลนั้น องศาการส่องสว่างของพระอาทิตย์จะแตกต่างกัน ซึ่งจะส่งผลในเรื่องการสะท้อนรังสีความเข้มจากแสงอาทิตย์ (Short Wave Radiation) โดยสิ่งปลูกสร้างใด (อาคาร และถนน) ที่หันหน้าไปยังทิศตะวันออกหรือทิศตะวันตกมีแนวโน้มที่จะดูดซับและสะท้อนแสงอาทิตย์สู่พื้นที่โดยรอบมากกว่าทิศเหนือและทิศใต้

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาปัจจัยที่กำหนดพบว่าปัจจัยที่มีส่วนช่วยให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมืองเพิ่มขึ้นนั้น ได้แก่ จำนวนอาคาร (ความหนาแน่นของจำนวนอาคาร) ปริมาตรอาคาร และ ถนน ส่วนปัจจัยที่มีส่วนช่วยให้ลดลง ได้แก่ ความเร็วลม และNDVI โดยผู้วิจัยจะเสนอแนะการออกแบบชุมชนเมืองที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยดังกล่าวเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ดังนี้

1. การกำหนดความหนาแน่นของจำนวนอาคาร

ในพื้นที่กรุงเทพฯ เขตชั้นใน มีปริมาณอาคารกระจุกตัวอยู่จำนวนมาก เนื่องจากในอดีตเป็นพื้นที่หลักของกรุงเทพฯ ที่ประชาชนใช้สำหรับตั้งถิ่นฐาน เช่น บริเวณเกาะรัตนโกสินทร์ชั้นใน เยาวราช และป้อมปราบศัตรูพ่าย เป็นต้น ซึ่งจากผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า จำนวนของอาคารและสิ่งปลูกสร้างนั้นมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ เรื่องการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอาคารกับอุณหภูมิในพื้นที่ศึกษา โดยผู้วิจัยเสนอแนะให้กำหนด FAR, OSR, BCR ในพื้นที่ศึกษา ให้มีความเหมาะสมกับแปลงที่ดิน และพื้นที่รอบข้าง หรือเป็นการพัฒนาพื้นที่ในแนวดิ่งมากกว่าแนวราบตามที่ อนุศาสน์ สิทธิเวช (2554) ทำการศึกษาไว้ว่าการพัฒนาในแนวราบจะทำให้สูญเสียพื้นที่สีเขียวมากกว่าการพัฒนาในแนวดิ่ง ซึ่งสามารถใช้พื้นที่ว่างที่เหลือจากการพัฒนามาเพิ่มพื้นที่สีเขียวได้ โดยในพื้นที่ศึกษานั้นมีปริมาณพื้นที่สีเขียวน้อยเมื่อเทียบกับพื้นที่เขตอื่นๆ ของกรุงเทพฯ ชั้นใน นอกจากนี้ผู้วิจัยคาดว่าสามารถนำข้อเสนอแนะในเรื่องการกำหนดความหนาแน่นของจำนวนอาคารไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่อื่นๆ ที่มีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกันได้ เช่น เขตสัมพันธวงศ์ หรือ เขตราชเทวี ที่มีสิ่งปลูกสร้างจำนวนมากเช่นกัน

2. การกำหนดรูปแบบของอาคารและถนน

Urban Block แต่ละพื้นที่อาจมีความแตกต่างกัน แต่ในเขตกรุงเทพฯ ชั้นในนั้น มีพื้นที่ที่มีลักษณะ Urban Block ใกล้เคียงกันอยู่ เช่น เขตป้อมปราบศัตรูพ่าย และเขตสัมพันธ์วงศ์ ที่ลักษณะของอาคารเป็นอาคารประเภทตึกแถว บ้านแถว ที่เว้นช่องว่างระหว่างอาคารระยะใกล้เคียงกันในบางบริเวณ และบางบริเวณมีลักษณะกระจุกตัวอย่างแออัด ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะว่า ควรมีการกำหนดระยะห่างของอาคารที่เหมาะสมเพื่อให้มีช่องลมไหลเวียน นำมวลความร้อนไปสู่นอกพื้นที่ได้ และการกำหนดแนวระนาบของอาคารไม่ให้อยู่ในระนาบเดียวกันมากเกินไปจนกลายเป็นกำแพงคอนกรีต หรือกำแพงอาคารขนาดใหญ่ เนื่องจากการที่มีอาคารอยู่ในระนาบเดียวกันทั้งหมดเป็นสาเหตุที่ทำให้อากาศถ่ายเทไม่สะดวกและบดบังช่องลมกับอาคารใกล้เคียง จนเกิดเป็นสภาวะอากาศถ่ายเทไม่สะดวกและหมุนเวียนอยู่ภายในพื้นที่กลายเป็นการสะสมมวลความร้อนส่งผลให้อุณหภูมิสูงขึ้น อย่างไรก็ตามควรคำนึงถึงทิศทางของอาคารและถนนเพิ่มเติม เนื่องจากตัวแปรในเรื่องทิศทาง (Orientation) มีผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลา และแต่ละช่วงฤดูที่แตกต่างกัน ควรใช้วิธีอื่นๆ ในการบรรเทาอุณหภูมิที่อาจเพิ่มขึ้น เช่น การใช้วัสดุค่าสะท้อนต่ำ หรือวัสดุสีเขียวที่ไม่ดูดซับความร้อน ซึ่งผู้วิจัยจะเสนอแนะในข้อถัดไป

3. การออกแบบชุมชนเมืองในอนาคต

อย่างที่กล่าวไปในข้อเสนอแนะที่ 1 ว่าการพัฒนาเมืองในแนวราบจะทำให้สูญเสียพื้นที่สีเขียวมากกว่าการพัฒนาเมืองในแนวดิ่ง ซึ่งการพัฒนาเมืองในแนวดิ่งคือการพัฒนาอาคารให้สูงขึ้น และใช้พื้นที่ที่เหลือในการสร้างพื้นที่สีเขียว ซึ่งแนวคิดดังกล่าวจะสอดคล้องกับแนวคิด Compact City (อนุศาสน์ สิทธิเวช, 2554 น. 120) ที่เป็นแนวคิดในการเน้นรูปแบบการพัฒนาเมืองในแนวดิ่ง โดยสามารถลดการสร้างพื้นที่ถนน พื้นที่อาคาร ที่เป็นปัจจัยที่มีส่วนช่วยให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น แตกต่างจากการพัฒนาแบบ Sprawl City หรือโครงสร้างเมืองแบบ Multiple Nuclei Model มีลักษณะใกล้เคียงกับกรุงเทพฯ ในปัจจุบันจากการพัฒนาเมืองออกรอบด้านอย่างไร้ทิศทาง ซึ่งจะส่งผลให้มีการใช้พื้นที่เพิ่มขึ้น (โครงสร้างสีเทา) ความหนาแน่นเพิ่มขึ้น (จำนวนอาคาร) และเกิดการแออัดได้ง่าย นอกจากนี้การพัฒนาแบบ Compact นั้น จะเน้นไปที่การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสมผสาน (Mixed-Used) ซึ่งจะส่งผลให้การเข้าถึงพื้นที่หรือการเดินทางสะดวกสบาย ลดพื้นที่ถนนอย่างที่กล่าวไป อย่างไรก็ตามจะต้องคำนึงถึงเรื่องการวาง Urban Block และวัสดุในการก่อสร้างอาคารให้เหมาะสมด้วย หรือการนำแนวคิดเมือง Eco City มาประยุกต์ใช้ร่วมกัน ซึ่งแนวคิด Eco City (Surinta, 2018) หมายถึงเมืองที่มีการพัฒนาโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อระบบนิเวศ เป็นเมืองที่พยายามควบคุมการพัฒนาให้ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศให้น้อยที่สุด ทำการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศให้น้อยที่สุด มีการใช้ประโยชน์ทรัพยากรอย่างคุ้มค่ามากที่สุด แนวคิด Eco-city สร้างขึ้นจากหลักการพื้นฐานในการอยู่อาศัยร่วมกันระหว่างมนุษย์กับธรรมชาติ หรือเป็นเมืองที่พัฒนาโดยคำนึงถึงพื้นที่สีเขียวเป็นหลัก เนื่องจากการพัฒนาแบบ Compact จะเป็นการพัฒนาอาคารแบบกระจุกตัว

4. การเพิ่มพื้นที่สีเขียวหรือวัสดุที่มีค่าการสะท้อนต่ำ (Low Albedo)

ในผลการวิจัยพบว่า การเพิ่มขึ้นของดัชนีพืชพรรณ (NDVI) มีส่วนช่วยให้อุณหภูมิลดลงอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้น ควรมีการส่งเสริมให้มีการเพิ่มพื้นที่สีเขียวในเมืองควบคู่ไปกับการพัฒนาเมือง เพื่อใช้ประโยชน์ในด้านการลดอุณหภูมิและกิจกรรมส่วนร่วมของประชาชน หรือหากไม่มีพื้นที่สำหรับสร้างพื้นที่สีเขียว สามารถใช้รูปแบบการพัฒนาพื้นที่สีเขียวบนอาคาร เช่น สวนบนหลังคา (Green Roof) หรือเป็นการเพิ่มพื้นที่สีเขียวบริเวณผนังอาคารเพื่อใช้คุณสมบัติของพืชในการลดอุณหภูมิ โดยประเภทของพืชที่ช่วยลดอุณหภูมิในเมืองได้ดีที่สุดคือพืชประเภทไม้ยืนต้นที่มีทรงพุ่มขนาดใหญ่ นอกจากนี้สามารถใช้ Cool Pavement หรือเรียกอีกอย่างว่า พื้นเย็น ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ถูกสร้างมาเพื่อลดการปลดปล่อยความร้อนจากพื้น โดยลักษณะของเทคโนโลยีหรือวัสดุดังกล่าวจะมีคุณสมบัติในการช่วยลดความร้อนโดยเป็นวัสดุที่สะท้อนความร้อนได้ โดยจะช่วยให้สะสมความร้อนได้น้อยลงและการสอดแทรกพื้นที่สีเขียวในทางเดินเท้าและทางสัญจรต่างๆ

รายการอ้างอิง

ณภัสสร ธีร์ธวัชวงศ์. (2558). *แนวทางการบรรเทาผลกระทบจากปรากฏการณ์เกาะความร้อนของ เมืองในพื้นที่ความหนาแน่นสูง : กรณีศึกษาถนนสีลม*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย ศิลปากร.

อนุศาสน์ สิทธิเวช. (2563). *การศึกษาลักษณะเชิงพื้นที่ของปัญหาและปัจจัยสำคัญของการเกิดเกาะ ความร้อนในพื้นที่เมืองเชียงใหม่*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย ศิลปากร.

Hough, M. (2004). *Cities and natural process*, Routledge.

Howard, L. (1820). *The Climate of London: Deduced from Meteorological Observations Made at Different Places in the Neighbourhood of the Metropolis.* (Vol. 2), W. Phillips.

Ibrahim, M. S. (2021). Mitigation strategies of the urban heat island over Greater Cairo Metropolitan Area, Egypt utilizing ENVI-met model. *Catrina: The International Journal of Environmental Sciences, 24*(1), 35-47.

Ibrahim, Y., Kershaw, T., Shepherd, P., & Coley, D. (2021). On the optimisation of urban form design, energy consumption and outdoor thermal comfort using a parametric workflow in a hot arid zone. *Energies, 14*(13), 4026

Kolokotsa, D., Lilli, K., Gobakis, K., Mavrigiannaki, A., Haddad, S., Garshasbi, S., Bartesaghi, C. (2022). Analyzing the impact of urban planning and building typologies in urban heat island mitigation. *Buildings, 12*(5), 537.

Surinta, P. (2018). Retrieved from https://medium.com/umapupphachai/eco-city-29c8f1c8b8eb

Thammapornpilas, J. (2015). Urban Spatial Development to Mitigate Urban Heat Island Effect in the Inner Area of Bangkok. *Nakhara: Journal of Environmental Design and Planning, 11*, 29-40.