

การคาดการณ์ผลกระทบของเรขาคณิตของเมืองต่อปรากฏการณ์ เกาะความร้อนเมือง: กรณีศึกษากรุงเทพมหานคร

The Prospect of Urban Geometry Impact on Urban Heat Island: A Case Study of Bangkok

ประรินทร์ บุตรดี¹ และ สิริมาส เฮงรัมย์²

Parin Buddee¹ and Sirimas Hengrasmee²

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 6500

Faculty of Architecture, Naresuan University, Phitsanulok 6500, Thailand

E-mail: parinb58@email.nu.ac.th¹, sirimash@nu.ac.th²

Received 22/1/2019 Revised 16/5/2019 Accepted 18/6/2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของเรขาคณิตของเมืองในกรณีก่อสร้างตามเกณฑ์ข้อกำหนดสูงสุดที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตต่อปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองในเขตกรุงเทพมหานคร ทำการศึกษาผ่านพื้นที่กรณีศึกษาหุบเขาถนนของเมือง โดยพิจารณาเลือกพื้นที่การศึกษาที่เป็นตัวแทนพื้นที่เขตเมืองที่มีความหนาแน่นสูง(สีแดง) และ เขตชนบท (สีเขียว) ตามแผนผังการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ พื้นที่ตามแนวถนนเพชรบุรี และ ถนนสุวินทวงศ์ ตามลำดับ ซึ่งการหันทิศทางของแนวถนนสายหลักหันทางทิศตะวันออก - ตะวันตก เช่นเดียวกัน โดยการสร้างหุ่นจำลองเรขาคณิตของเมืองวิเคราะห์จากแผนผังการใช้ประโยชน์ที่ดิน แผนผังแสดงโครงการคมนาคม และ ขนส่ง ร่วมกับกฎหมายควบคุมอาคารที่เกี่ยวข้อง ผลการสร้างหุ่นจำลองพื้นที่กรณีศึกษาหุบเขาถนนของพื้นที่เมือง และ พื้นที่ชนบท มีอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของหุบเขาถนนตามแนวถนนสายหลักเท่ากับ 1.7 และ 0.2 ตามลำดับ ทำการจำลองสภาพแวดล้อมด้วยโปรแกรม Envi-met และ วัดค่าอุณหภูมิอากาศที่ระดับความสูง 1.50 เมตร เหนือพื้นผิว ของพื้นที่กรณีศึกษาหุบเขาถนนของเมืองตามแนวถนนสายหลัก และ สายรอง ในพื้นที่เมืองบริเวณถนนเพชรบุรี 2 จุด และ พื้นที่ชนบทบริเวณถนนสุวินทวงศ์ 2 จุด พิจารณาการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองจากตัวบ่งชี้ความแตกต่างของค่าอุณหภูมิอากาศของพื้นที่เมือง และ พื้นที่ชนบท ผลการศึกษาพบว่า เรขาคณิตของเมืองกรุงเทพมหานครภายใต้ข้อกำหนด และ กฎหมายที่เกี่ยวข้องส่งผลต่อการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองในฤดูร้อน ทั้งช่วงเวลากลางวัน และ กลางคืน โดยความเข้มข้นของเกาะความร้อนเมืองสูงสุดมีค่าเท่ากับ 4.12 °C เวลา 13.00 น. เนื่องจากในพื้นที่เมืองมีการสะท้อนความร้อนกลับสู่ชั้นบรรยากาศน้อยกว่าพื้นที่ชนบท โดยจากการศึกษานี้ ทำให้สามารถยกตัวอย่างแนวทางในการกำหนดเรขาคณิตของเมืองจากข้อกำหนด และ กฎหมายที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นพื้นฐานของการสร้างเกณฑ์ในการช่วยบรรเทาผลกระทบจากปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองได้ต่อไป

คำสำคัญ

ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง

เรขาคณิตของเมือง

หุบเขาถนนของเมือง

อัตราส่วนความสูงต่อความกว้าง

อุณหภูมิอากาศ

ความเข้มข้นของเกาะความร้อนเมือง

Abstract

This research focused on the prospect of urban geometry base on possibility of building at the maximum allowance of current of regulations, and the impact on urban heat island phenomenon in Bangkok Metropolitan. The study is done through prediction of the street canyons of selected case studies. Study areas are based on land use planning issued by Bangkok Metropolitan Authority (BMA) where comparison is made between urban high density (marked as red) and rural (marked as green). Selected area in Petchaburi and Suwinthawong are chosen to represent urban and rural areas respectively, which the main road of both areas are E – W orientation. The urban geometry model of both areas are created by the combination of data from BMA land use plan, transportation projection plan, as well as related building regulations. It appears that the height to width ratio (H/W) along the main road inside the constructed street canyon modeled are 1.7 and 0.2 for urban and rural areas consecutively. Both models are tested using simulations through ENVI-met software. Air temperature data is set to collect at 1.5 meters above ground level on main and side roads of both cases. The results show that Bangkok urban geometry as constructed in accordance with all related laws and regulations to date will have impacts on diurnal and nocturnal urban heat island in the summer time. The maximum heat island intensity is 4.12 Celsius at 1pm. This is due to the dense urban area can reflect less heat than the countryside. Therefore this study provides a method of constructing urban geometry from current laws and regulations to forecast urban heat island and this can be used as a basis for a creation of guideline for lessening the impact of urban heat island in most urban areas.

Keyword

Urban heat island phenomenon

Urban geometry

Urban street canyon

High to width ratio

Air temperature and Heat island intensity

1. บทนำ

ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง (Urban Heat Island) คือ ความร้อนที่เกิดขึ้นในเมืองจากการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของพื้นผิว และ ชั้นบรรยากาศจากการพัฒนาของพื้นที่เมือง ได้แก่ การลดลงของพื้นที่สีเขียว และการเพิ่มขึ้นของสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่เมือง ส่งผลให้พื้นที่เมืองมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่โดยรอบ (T.R. Oke, 1987) ซึ่งปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองเกิดขึ้นทั้งในระดับพื้นผิว และ ระดับชั้นบรรยากาศ โดยเฉพาะ เกาะความร้อนเมืองที่ชั้นเรือนยอดของเมือง (Canopy layer Urban Heat Island) ที่สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิพื้นผิวและค่าอุณหภูมิอากาศได้ (US Environmental Protection Agency, 2008) โดยความแตกต่างระหว่างค่าอุณหภูมิอากาศในพื้นที่เมืองกับพื้นที่ชนบทเรียกว่า ความเข้มข้นของเกาะความร้อนเมือง (Urban Heat Island Intensity) ในการหาความเข้มข้นของเกาะความร้อนเมือง ค่าอุณหภูมิอากาศที่มีค่าสูงที่สุดสามารถพบได้ในพื้นที่ใจกลางเมืองที่มีความหนาแน่นของกลุ่มอาคาร (Goh Kim & Chang Chew, 1999; T.R. Oke, 1987) เนื่องจากมวลของความร้อนจากการตอบสนองของพื้นผิวต่าง ๆ ไม่สามารถปลดปล่อยออกได้อย่างเต็มที่เพราะถูกกีดขวางด้วยอาคารข้างเคียง ซึ่งปัจจัยด้านเรขาคณิตของเมือง (Urban Geometry) ที่เป็นตัวบ่งชี้ความหนาแน่นของเมืองจากรูปทรง ขนาด ความสูงของอาคาร และที่ว่างระหว่างอาคาร สามารถศึกษาเรขาคณิตของเมืองผ่านพื้นที่หุบเขาถนนของเมือง (Urban Street Canyon) (United States Environmental, 2008) ในพื้นที่เมืองประกอบด้วยหุบเขาถนนที่มีความแตกต่างกันของเรขาคณิตของหุบเขาถนน (Canyon Geometry) ที่อธิบายได้จากอัตราส่วนความสูงต่อความกว้าง (H/W) ของหุบเขาถนน และการหันทิศทางของแนวถนน (Orientation) ขึ้นอยู่กับการวางผังเมือง และ แนวถนน ทำให้ภูมิอากาศจุลภาค (Microclimate) ในหุบเขาถนนแต่ละแห่งแตกต่างกัน (T.R. Oke, 1987) ส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศ คุณภาพอากาศ สภาวะน่าสบายของมนุษย์ และการใช้พลังงานของอาคารภายในหุบเขาถนนของเมือง (Ai & Mak, 2015; Ali-Toudert & Mayer, 2006; Yassin, Kellnerová, & Jañour, 2008)

พื้นที่ที่กรณีศึกษากรุงเทพมหานคร เป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง (Arifwidodo, 2015; Jariya Boonjawat, Kiyoshi Niitsu,

& Sachio Kubo, 2000) โดยความเข้มข้นของเกาะความร้อนเมืองสูงสุดมีค่าประมาณ $6-7^{\circ}\text{C}$ ในช่วงฤดูแล้ง (Arifwidodo, 2015) และมีความเข้มข้นของเกาะความร้อนเมืองระดับพื้นผิวสูงสุดในพื้นที่พักอาศัยหนาแน่นใจกลางเมือง โดยมีค่าประมาณ 4°C (Keeratikasikorn & Bonafoni, 2018) ซึ่งจากการศึกษาของ Pakarnseree, Chunkao & Bualert (2018) ที่ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางกายภาพของเมืองกรุงเทพมหานคร และการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง โดยใช้ข้อมูลจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ของกรุงเทพมหานคร ทั้ง 50 เขต ร่วมกับข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาจาก 59 สถานีทั้งภายใน และบริเวณพื้นที่โดยรอบกรุงเทพมหานคร ใช้ข้อมูลสภาพอากาศรายคาบ 5 ปี ตั้งแต่ปี 2000 ถึง 2015 ผลการศึกษาพบว่า ตัวแปรด้านคุณลักษณะทางกายภาพของเมืองที่มีความสัมพันธ์กับค่าอุณหภูมิอากาศสูงสุด ได้แก่ อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (Floor Area Ratio : FAR) และ อัตราส่วนพื้นที่อาคารปกคลุมพื้นที่ดิน (Building Coverage Ratio : BCR) นอกจากนี้ตัวแปรดังกล่าวยังมีความสัมพันธ์กับปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองโดยใช้ตัวชี้วัดการเกิดเกาะความร้อนด้วยอัตราการลดลงของอุณหภูมิ (Cooling rate) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Srivani & Kazunori (2011) ที่ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่เป็นตัวบ่งชี้พื้นฐานของเมืองกรุงเทพมหานครกับตัวบ่งชี้ด้านภูมิอากาศในเมือง โดยเลือกพื้นที่กรณีศึกษาตามตำแหน่งสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ 13 แห่งในกรุงเทพมหานคร และกำหนดขอบเขตภายในรัศมีวงกลมระยะ 300 เมตรจากสถานี ซึ่งการหาตัวบ่งชี้พื้นฐานของเมืองใช้ข้อมูลจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และ การสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) ทำการวัดค่าภูมิอากาศจากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศร่วมกับข้อมูลค่าอุณหภูมิพื้นผิวจากการสำรวจระยะไกลพบว่าค่าอุณหภูมิอากาศภายในพื้นที่เมืองสามารถอธิบายได้จากองค์ประกอบหลักที่เป็นตัวกำหนดสัณฐานของเมือง ได้แก่ อัตราส่วนของที่ว่างต่อพื้นที่อาคารรวม (Open Space Ratio : OSR) ร่วมกับอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR) จากการศึกษาที่ผ่านมาทำให้สามารถอธิบายได้ว่า อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR) อัตราส่วนของที่ว่างต่อพื้นที่อาคารรวม (OSR) และ อัตราส่วนพื้นที่อาคารปกคลุมพื้นที่ดิน (BCR) ซึ่งเป็นปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดความหนาแน่นของอาคารในพื้นที่เมือง หรือเป็นตัวกำหนดเรขาคณิตของเมืองกรุงเทพมหานครในปัจจุบัน มีอิทธิพลสำคัญต่อภูมิอากาศในพื้นที่เมือง และ

การเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่กล่าวมาทำการศึกษาข้อกำหนดจากสถานการณ์จริง ทั้งนี้ ยังไม่เคยมีการศึกษาอิทธิพลดังกล่าวผ่านพื้นที่เมืองในกรณีที่สร้างอาคารขึ้นใหม่ตามข้อกำหนดสูงสุดที่สามารถสร้างได้ หรือ การคาดการณ์เรขาคณิตของเมืองที่เกิดขึ้นในอนาคตตามข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตอันใกล้ หากมีความต้องการใช้ที่ดินให้เกิดประโยชน์สูงสุดเพิ่มมากขึ้น

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเรื่องเรขาคณิตของเมืองและผลกระทบต่อความเข้มข้นของเกาะความร้อนเมืองหลายการศึกษา โดยศึกษาผ่านพื้นที่หุบเขาดนของเมือง ซึ่งอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของหุบเขาดนมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของเกาะความร้อนเมืองอย่างชัดเจน และสามารถพัฒนาเป็นรูปแบบเชิงตัวเลขได้โดย T. R. Oke (1981) แต่ทฤษฎีดังกล่าวสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้เฉพาะพื้นที่เมืองในบริเวณละติจูดกลาง (Mid-Latitude) ได้แก่ ทวีปยุโรป ออสเตรเลีย และ อเมริกาเหนือ ต่อมาได้มีการศึกษาในพื้นที่เขตร้อนชื้น โดย Goh Kim & Chang Chew (1999) ศึกษาด้วยวิธีการสำรวจวัดค่าอุณหภูมิในประเทศสิงคโปร์ โดยความเข้มข้นของเกาะความร้อนเมืองมีความสัมพันธ์ด้านบวกกับค่ามัธยฐาน (Median) ของอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของหุบเขาดน ส่วนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร มีการศึกษาของ Takkanon & Chantarangul (2019) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเกาะความร้อนเมืองกับค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของหุบเขาดน ศึกษาด้วยวิธีการสำรวจวัดค่าอุณหภูมิจากพื้นที่กรณีศึกษา 9 จุด แบ่งตามความหนาแน่นของกลุ่มอาคารในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของหุบเขาดนมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของเกาะความร้อนเมืองประมาณ 24 – 35% และสามารถแบ่งอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของพื้นที่กรณีศึกษาหุบเขาดนของเมืองออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ อัตราส่วนความสูงต่อความกว้างมีค่าน้อย ($H/W < 0.36$) มีค่าปานกลาง ($0.36 = H/W < 0.65$) และมีค่าสูง ($H/W \geq 0.65$) พบว่า ความเข้มข้นของเกาะความร้อนเมืองที่มีค่าสูงส่วนใหญ่พบในหุบเขาดนที่อัตราส่วนความสูงต่อความกว้างมีค่าปานกลาง ซึ่งผู้ทำการศึกษาได้คาดการณ์ว่าพื้นที่ดังกล่าวได้รับอิทธิพลด้านความร้อนสูงและขาดการไหลเวียนของอากาศ ทั้งนี้ จากการศึกษาดังกล่าวไม่ได้กล่าวถึงปัจจัยด้านการหันทิศทางของแนวถนน จึงทำให้พื้นที่หุบเขาดนที่ลึก กล่าวคือ อาคารหนา

แน่นสูง มีความเข้มข้นของเกาะความร้อนเมืองน้อยกว่าที่หุบเขาดนที่กว้างกว่า โดยการศึกษาของ Srivanit & Jareemit (2019) เรื่องผลกระทบของหุบเขาดนของเมืองต่อความร้อนที่เกิดขึ้นในพื้นที่พักอาศัยประเภทห้องแถวของกรุงเทพมหานคร ทำการศึกษาโดยการจำลองสภาพแวดล้อม และ วัดค่าภูมิอากาศจุลภาคด้วยโปรแกรม Envi-met ผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของหุบเขาดนสามารถช่วยลดความร้อนได้ ยกเว้นหุบเขาดนที่แนวถนนหันทางทิศตะวันออก - ตะวันตก (E-W) แสดงให้เห็นว่าการหันทิศทางเป็นปัจจัยที่ส่งผลถึงพฤติกรรมของความร้อนภายในพื้นที่หุบเขาดน ทั้งนี้ แม้การศึกษาดังกล่าวเป็นการทดสอบวัดค่าภายในพื้นที่หุบเขาดนของเมืองโดยไม่มีปัจจัยของสภาพแวดล้อมที่เป็นอาคารโดยรอบในพื้นที่เมือง หากแต่มีความสำคัญในการแสดงให้เห็นว่าทิศทางการวางมีผลต่อภูมิอากาศ นอกจากนี้ การศึกษาของ Chatzidimitriou and Axarli (2017) ได้ศึกษาความแตกต่างด้านขนาดของพื้นที่ในการจำลองสภาพแวดล้อมเพื่อทดสอบความแม่นยำภายใต้ความละเอียดของหุ่นจำลอง และ ลักษณะทางเรขาคณิตที่สร้างด้วยโปรแกรม Envi-met เปรียบเทียบกับการวัดค่าข้อมูลสภาพอากาศของพื้นที่จริง ผลการศึกษาพบว่า ขนาดของพื้นที่การสร้างหุ่นจำลองที่มีความเหมาะสม ได้แก่ พื้นที่ระดับปานกลาง ได้แก่ พื้นที่ความกว้าง x ความยาว เท่ากับ 300 x 300 เมตร มีความละเอียดของช่องกริด 2 เมตร ทำให้สามารถแสดงสภาพแวดล้อมโดยรอบในหุ่นจำลองได้

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาทำให้บทความชิ้นนี้มีความตั้งใจที่จะทำการศึกษาคาดการณ์เรขาคณิตของเมืองที่เกิดขึ้นในอนาคตในกรณีที่สร้างอาคารตามข้อกำหนดสูงสุด ที่ส่งผลต่อภูมิอากาศจุลภาคและ ความเข้มข้นของเกาะความร้อนเมือง ศึกษาตัวแปรด้านอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของหุบเขาดน และการหันทิศทางของแนวถนน โดยใช้วิธีการจำลองสภาพแวดล้อมให้เป็นพื้นที่เมืองด้วยการกำหนดขอบเขตพื้นที่การสร้างหุ่นจำลองที่มีความเหมาะสม ด้วยโปรแกรม Envi-met โดยในพื้นที่กรณีศึกษากรุงเทพมหานครมีองค์ประกอบที่เป็นตัวบ่งชี้พื้นฐานของเมืองที่ถูกกำหนดด้วยแผนผังการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR) อัตราส่วนของที่ว่างต่อพื้นที่อาคารรวม (OSR) พิจารณาร่วมกับระยะถอยร่นรอบอาคารของที่ดินแต่ละประเภท ทำให้สามารถวิเคราะห์เรขาคณิตของเมืองกรุงเทพมหานครที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้จากการหา

อัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของหุบเขาถนนได้ ใช้ข้อมูลจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เลือกพื้นที่กรณีศึกษาตามผังเมืองรวมกรุงเทพมหานครสองจุดเป็นตัวแทนพื้นที่เมืองที่มีความหนาแน่นสูง และ พื้นที่ชนบท ศึกษากระบวนการสร้างหุ่นจำลองเรขาคณิตของเมือง จำลองสภาพแวดล้อม และวัดค่าอุณหภูมิอากาศในพื้นที่กรณีศึกษาหุบเขาถนนของเมือง หลังจากนั้นหาความเข้มข้นของเกาะความร้อนเมืองจากความแตกต่างของค่าอุณหภูมิอากาศระหว่างพื้นที่เมืองกับชนบท เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาการกำหนดเรขาคณิตของเมืองในอนาคตต่อการลดผลกระทบด้านความร้อนจากปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาการคาดการณ์เรขาคณิตของเมืองในกรณีที่กำลังสร้างอาคารใหม่โดยใช้ประโยชน์ที่ดินสูงสุดที่สามารถก่อสร้างได้ตามแผนผังการใช้ประโยชน์ที่ดิน
2. ศึกษาผลกระทบด้านภูมิอากาศ และ ความเข้มข้นของเกาะความร้อนเมืองจากความแตกต่างของค่าอุณหภูมิอากาศระหว่างตัวแทนพื้นที่เมืองกับชนบทของเรขาคณิตของเมืองที่เกิดขึ้นในอนาคตในกรณีที่ใช้ประโยชน์ที่ดินสูงสุด

3. ขอบเขตของงานวิจัย

บทความชิ้นนี้มุ่งพิจารณาประเด็นการเปรียบเทียบผลกระทบด้านภูมิอากาศระหว่างพื้นที่เมือง และชนบท ดังนั้นจึงพิจารณาให้มีข้อจำกัดในการทดสอบเพื่อควบคุมตัวแปรในด้านต่าง ๆ ดังนี้

- 1) การพิจารณาความเข้มข้นเกาะความร้อนเมืองด้วยตัวบ่งชี้ด้านความแตกต่างของค่าอุณหภูมิอากาศของพื้นที่เมือง และ พื้นที่ชนบท
- 2) การพิจารณาพื้นที่กรณีศึกษาตามแผนผังการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยในงานบทความชิ้นนี้จะพิจารณาเฉพาะตัวแทนของพื้นที่ในเขตเมืองที่มีความหนาแน่นสูงสุด (สีแดง) และ เขตชนบท (สีเขียว)
- 3) การกำหนดให้พื้นที่กรณีศึกษามีทิศทางของแนวถนนสายหลักเป็นทิศทางเดียวกัน คือ ทิศตะวันออก – ตะวันตก เพื่อศึกษาปัจจัยด้านการหันทิศทางของแนวถนนในกรณีที่ได้ความร้อนจากแสงอาทิตย์เท่ากัน

4) การศึกษาปัจจัยด้านเรขาคณิตของเมืองที่เกิดขึ้นในอนาคต โดยไม่คำนึงถึงปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมในพื้นที่ปัจจุบัน ได้แก่ ต้นไม้ วัสดุพื้นผิวของอาคารเดิม และ ความร้อนจากกิจกรรมของมนุษย์

5) เพื่อศึกษาตัวแปรด้านเรขาคณิตของเมืองในพื้นที่เมือง และชนบท ที่ส่งผลต่อค่าอุณหภูมิอากาศ และ ความเข้มข้นของเกาะความร้อนเมือง จึงกำหนดให้ข้อมูลสภาพอากาศเป็นตัวแปรควบคุมที่กำหนดให้เป็นค่าเดียวกัน

4. การศึกษาพื้นที่กรณีศึกษา

4.1 ลักษณะทางกายภาพของเมืองกรุงเทพมหานคร

กรุงเทพมหานครซึ่งเป็นเมืองหลวงของประเทศไทย ตั้งอยู่บริเวณภาคกลางตอนล่าง พิกัดละติจูดที่ 13.45 องศาเหนือ ลองจิจูด 100.28 องศาตะวันออก มีจำนวนประชากรประมาณสิบล้านคน มีพื้นที่ 1,576 ตารางกิโลเมตร แบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ เขตชั้นใน เขตชั้นกลาง และเขตชั้นนอก มี 50 เขตการปกครอง มีสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น โดยอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุม 2 ชนิด ได้แก่ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งก่อให้เกิดฤดูกาลที่แตกต่างกัน 3 ฤดู ได้แก่ ฤดูร้อน ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์–เดือนเมษายน ฤดูฝน ระหว่างเดือนพฤษภาคม–เดือนตุลาคม ฤดูหนาว ระหว่างเดือนพฤศจิกายน–เดือนมกราคม (ศูนย์ข้อมูลกรุงเทพมหานคร, 2013)

4.2 สันฐานวิทยาของเมืองกรุงเทพมหานคร

กฎกระทรวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 เป็นกฎหมายที่ประกาศให้ใช้บังคับผังเมืองรวมในเขตกรุงเทพมหานคร เป็นมาตรการที่กำหนดความหนาแน่นของการใช้ประโยชน์ที่ดิน กำหนดความสูงของอาคาร และ กำหนดที่ว่างโดยรอบของอาคาร ซึ่งองค์ประกอบที่เป็นตัวบ่งชี้สันฐานของเมืองกรุงเทพมหานครถูกกำหนดด้วยแผนผังการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เป็นข้อกำหนดเบื้องต้นสำหรับการวางผังเมืองที่จำแนกประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยการกำหนดอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR) อัตราส่วนของที่ว่างต่อพื้นที่อาคารรวม (OSR) และ ระยะร่นรอบอาคารของที่ดินแต่ละประเภท นอกจากนี้ยังมีแผนผังแสดงโครงการคมนาคม และ ขนส่งที่แสดงการเชื่อมโยงของโครงข่ายคมนาคม และ ระบุขนาดเขตทาง ดังนั้น สามารถคาดการณ์เรขาคณิตของเมือง

กรุงเทพมหานครที่จะเกิดขึ้นในอนาคตจากการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ โดยพิจารณาร่วมกับพระราชบัญญัติควบคุมอาคารเพื่อวิเคราะห์ข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องในการก่อสร้างอาคารใหม่

5. วิธีการดำเนินงานวิจัย

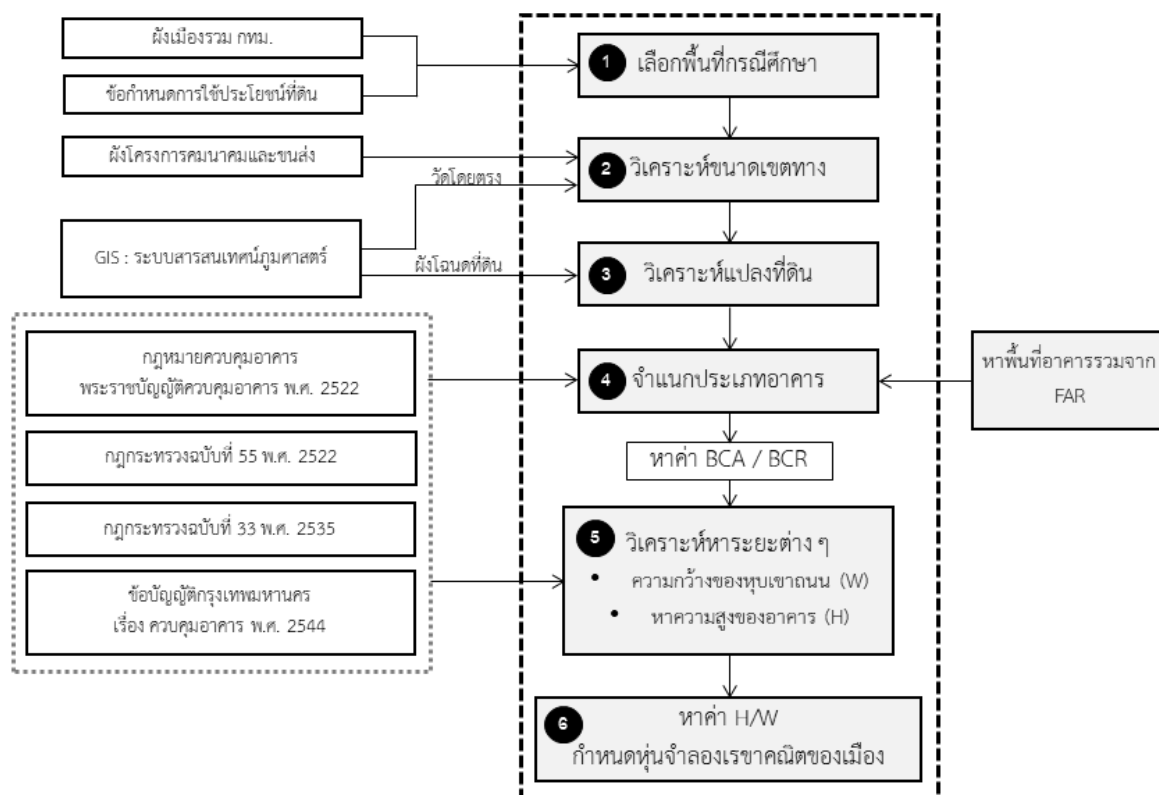
ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยแบ่งออกเป็น การสร้างหุ่นจำลองเรขาคณิตของเมืองจากข้อมูลที่เกี่ยวข้องของพื้นที่การศึกษาที่เป็นตัวแทนพื้นที่เมือง และชนบท หลังจากนั้นทำการจำลองสภาพแวดล้อม และวัดค่าอุณหภูมิอากาศด้วยโปรแกรม Envi-met และหาความเข้มข้นของเกาะความร้อนเมือง

5.1 การสร้างหุ่นจำลองเรขาคณิตของเมือง

ขั้นตอนการสร้างหุ่นจำลองเรขาคณิตของเมือง กรุงเทพมหานครที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต สามารถสรุปได้ดัง (รูปที่ 1) และมีเนื้อหาดังต่อไปนี้

5.1.1 การพิจารณาเลือกพื้นที่การศึกษา

ในบทความชิ้นนี้ การพิจารณาเลือกพื้นที่การศึกษาที่เป็นตัวแทนของพื้นที่เมือง และพื้นที่ชนบทพิจารณาจากแผนผังกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินตามกฎหมายกระทรวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 โดยสามารถหาข้อมูลได้จากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ที่สำนักงานผังเมืองกรุงเทพมหานครได้จัดทำขึ้นบนระบบเครือข่าย (Web-based Application) (สำนักผังเมืองกรุงเทพมหานคร) ประกอบกับข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดิน และ วิเคราะห์ประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่สามารถใช้ประโยชน์ได้สูงสุด อยู่ในเขตประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ ๕-๑ (สีแดง) และเขตประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ก ๔-๑ (สีเขียว) โดยเลือกบริเวณถนนเพชรบุรี ซึ่งแทนให้เป็นพื้นที่เมืองที่มีความหนาแน่นสูง และบริเวณถนนสุขุมวิท ซึ่งแทนให้เป็นพื้นที่ชนบท ตามลำดับ (ตารางที่ 1) เนื่องจากพื้นที่การศึกษาทั้งสองแห่งมีแนวนอนสายหลักของทั้งสองพื้นที่การศึกษาหันทิศทางตะวันออก – ตะวันตก (E - W) เช่นเดียวกัน รวมถึงบริเวณ



รูปที่ 1 ขั้นตอนการสร้างหุ่นจำลองเรขาคณิตของเมือง
(Generate urban geometry model process diagram)

ที่มา: ผู้วิจัย, 2562

ดังกล่าวมีข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการคาดการณ์ราคาที่ดินของเมืองครบถ้วน โดยกำหนดขอบเขตของพื้นที่ 300 x 300 เมตร ซึ่งมีความเหมาะสมในการวัดค่าภูมิอากาศจุลภาคในพื้นที่หุบเขาถนนของเมืองที่ต้องการความละเอียดสูง และได้รับอิทธิพลจากอาคารโดยรอบ (Chatzidimitriou & Axarli, 2017)

ตารางที่ 1 พื้นที่การศึกษาที่เป็นตัวแทนพื้นที่เมือง และพื้นที่ชนบทจากผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร (Case study area represent urban and rural area from Bangkok land use plan)

พื้นที่	ทิศทางแนวถนนสายหลัก	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	FAR / OSR
ถนนเพชรบุรี	NW-SE (20°)	พ๕-๑ (สีแดง)	10 / 3
ถนนสุวินทวงศ์	NW-SE (5°)	ก๔-๑ (สีเขียว)	1/ 40

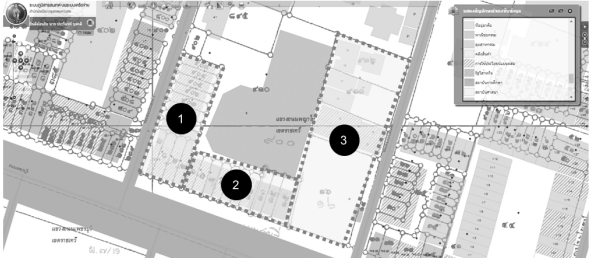
ที่มา: ผู้วิจัย, 2562

5.1.2 วิเคราะห์ขนาดเขตทาง หรือความกว้างของ ถนน การหาขนาดเขตทาง หรือ ความกว้างของถนนในบริเวณพื้นที่การศึกษาทั้งถนนสายหลัก สายรอง และ สายย่อยในพื้นที่ดังกล่าว

โดยสามารถพิจารณาได้โดยตรงจากผังโครงการคมนาคมและขนส่ง ที่ระบุความกว้างของถนนจากโครงการคมนาคม แต่ในกรณีที่พื้นที่การศึกษาไม่ได้รับขนาดเขตทางในผังโครงการคมนาคมและขนส่ง สามารถวิเคราะห์ขนาดเขตทางได้จากระบบโครงข่ายของถนนในเมือง จากการจำแนกประเภทตามหน้าที่การเชื่อมต่อของโครงข่าย ประกอบกับการวัดระยะทางบนแผนที่ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของสำนักงานผังเมืองกรุงเทพมหานครได้โดยตรง เพื่อความเที่ยงตรงในการหาขนาดเขตทางของพื้นที่การศึกษาที่ต้องการศึกษา

5.1.3 วิเคราะห์แปลงที่ดินสำหรับก่อสร้างอาคารในพื้นที่การศึกษา

ผังโฉนดที่ดินและตำแหน่งอาคารปัจจุบันสามารถศึกษาได้จากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของสำนักงานผังเมืองกรุงเทพมหานคร โดยสามารถวิเคราะห์แปลงที่ดินร่วมกับตำแหน่งอาคารปัจจุบันเพื่อคาดการณ์ขนาดแปลงที่ดินที่คาดการณ์การก่อสร้างอาคารในอนาคต (รูปที่ 2) และศึกษาเงื่อนไขของทำเลที่ตั้ง กรณีตั้งอยู่ริมถนนสาธารณะ ทำให้สามารถกำหนดหน้ากว้างแปลงที่ดินขั้นต่ำและบริเวณที่สามารถใช้ประโยชน์ที่ดินได้ตามเงื่อนไข เช่น พื้นที่การศึกษาด้านเพชรบุรี ที่เป็นถนนสายหลัก มีขนาดเขตทาง 30 เมตร ดังนั้น หน้ากว้างแปลงที่ดินควรมีขนาดไม่ต่ำกว่า 30 เมตร



ที่มา: ผู้วิจัย, 2562

รูปที่ 2 ตัวอย่างการวิเคราะห์ขนาดแปลงที่ดินจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (The sample of an analyze site area from GIS)

5.1.4 จำแนกประเภทของอาคารที่สามารถสร้างได้บนแปลงที่ดินในอนาคต

จำแนกแปลงที่ดินที่ตั้งอยู่ติดถนนสาธารณะที่มีความกว้างต่างกัน เพื่อจำแนกประเภทกิจกรรมที่สามารถก่อสร้างได้ตามเงื่อนไขตั้งอยู่ริมถนนที่มีความกว้างที่แตกต่างกัน เช่น ที่ดินที่อยู่ติดกับถนนที่กว้างไม่ถึง 10 เมตร ไม่สามารถก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่พิเศษ หรือ อาคารที่มีพื้นที่เกิน 10,000 ตารางเมตรได้ โดยการหาพื้นที่อาคารรวมทุกชั้นที่สามารถก่อสร้างได้ สามารถหาได้จากอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR) ตามข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยมีวิธีดังนี้

$$L \times FAR = A \quad (1)$$

เมื่อ L คือ พื้นที่ของแปลงที่ดิน (m²) และ A คือ พื้นที่อาคารรวมสูงสุด (m²)

เมื่อทราบพื้นที่อาคารรวมทุกชั้น สามารถจัดหมวดหมู่ประเภทของกิจกรรมที่อนุญาตตามขนาดของอาคารเพื่อกำหนดระยะต่าง ๆ ตามข้อกำหนดด้านกฎหมายควบคุมอาคารที่แตกต่างกันได้ โดยกฎหมายควบคุมอาคารที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กฎกระทรวงฉบับที่ 55 พ.ศ. 2543¹ กฎกระทรวงฉบับที่ 33 พ.ศ. 2535² และ ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่องควบคุมอาคาร พ.ศ. 2544³ โดยเนื้อหาของกฎหมายจะมีความแตกต่างกันตามลักษณะของอาคาร ซึ่งในการศึกษานี้ พื้นที่การศึกษายู่ในเขตกรุงเทพมหานคร จึงยึดเอากฎหมายจากข้อบัญญัติกรุงเทพมหานครเป็นหลัก และ ใช้กฎหมายส่วนอื่นที่ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานครไม่ได้กล่าวถึงเป็นกรณีรองลงมาในการกำหนดระยะต่าง ๆ

5.1.5 หาพื้นที่อาคารปกคลุมที่ดิน (Building Coverage Area : BCA)

เพื่อหาขอบเขตของพื้นที่อาคารปกคลุมที่ดินจากการหักพื้นที่ว่างรอบอาคารจากขนาดแปลงที่ดิน โดยที่ว่าง

รอบอาคารสามารถหาค่าได้จากอัตราส่วนของที่ว่างต่อพื้นที่อาคารรวม (OSR) ตามข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยหาค่าได้ดังนี้

$$L - \left(\frac{OSR \times A}{100} \right) = BCA \quad (2)$$

เมื่อ OSR คือ อัตราส่วนของที่ว่างต่อพื้นที่อาคารรวม และ BCA คือ พื้นที่อาคารปกคลุมที่ดิน

5.1.6 หาอัตราส่วนพื้นที่อาคารปกคลุมที่ดิน (Building Coverage Ratio : BCR)

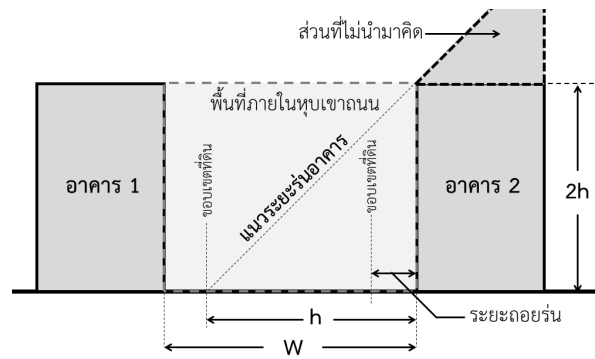
อัตราส่วนพื้นที่ของอาคาร หรือ โครงสร้างที่ตั้งอยู่บนแปลงที่ดินต่อพื้นที่แปลงที่ดิน โดยวัดจากเส้นรอบนอกของผนังอาคาร รวมไปถึงโครงสร้างภายนอกอาคารต่าง ๆ เช่น พื้นดาดแข็งที่สร้างจากวัสดุสังเคราะห์ ได้แก่ พื้นถนนทางเท้า และ ที่จอดรถ โดยสามารถหาค่าได้ดังนี้

$$\left(\frac{BCA}{L} \right) \times 100 = BCR \quad (3)$$

เมื่อ BCR คือ อัตราส่วนพื้นที่อาคารปกคลุมที่ดิน

5.1.7 วิเคราะห์ระยะต่าง ๆ จากกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

วิเคราะห์ระยะถอยร่นของอาคารจากแนวเขตที่ดิน ด้านที่ติดกับถนนสาธารณะ และ ด้านที่ติดกับที่ดินข้างเคียงจากกฎกระทรวงฉบับที่ 55 พ.ศ. 2543 และ ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง ควบคุมอาคาร หากใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่เกิน 10,000 ตารางเมตร หรือ อาคารมีความสูงเกิน 23 เมตร จะถูกกำหนดให้เป็นอาคารขนาดใหญ่พิเศษ ต้องใช้กฎกระทรวงฉบับที่ 33 พ.ศ. 2535 ประกอบการวิเคราะห์ที่ว่างภายนอกอาคาร และแนวอาคาร ส่วนความสูงของอาคาร ในกรณีที่ดินที่กรณีศึกษาอยู่ในเขตพื้นที่เมืองหนาแน่นที่สามารถสร้างอาคารขนาดใหญ่พิเศษ หรือ อาคารสูงได้ ความสูงอาคารดังกล่าวจะถูกควบคุมด้วยกฎกระทรวงฉบับที่ 55 พ.ศ. 2543 เนื้อหาข้อ 44 และข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง ควบคุมอาคาร เนื้อหาหมวดที่ 5 ข้อ 49 ที่ระบุไว้เช่นเดียวกันว่า ความสูงของอาคารไม่ว่าจากจุดหนึ่งจุดใด ต้องไม่เกินสองเท่าของระยะราบ วัดจากจุดนั้นไปตั้งฉากกับแนวเขตด้านตรงข้ามของถนนสาธารณะที่อยู่ใกล้อาคารนั้นที่สุด ซึ่งในการศึกษานี้จะพิจารณาเฉพาะพื้นที่ภายในหุบเขาดถนนของเมือง ดังนั้นความสูงของอาคารที่อยู่ถัดจากระยะถอยร่นที่ตั้งฉากกับเขตที่ดินด้านตรงข้ามจะไม่นำมาคิดเป็นส่วนสูงของอาคาร (รูปที่ 3)



ที่มา: ผู้วิจัย, 2562

รูปที่ 3 ภาพตัดทางแนวดิ่งของพื้นที่หุบเขาดถนนของเมืองแสดงการกำหนดความสูงของอาคาร (Vertical section of urban street canyon shown determination building height)

5.1.8 การหาอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของหุบเขาดถนนของเมือง

การหาอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของหุบเขาดถนนของเมืองด้วยวิธีโครงข่ายสามเหลี่ยมที่ไม่เท่ากัน (Samsonov, T., Konstantinov, P. & Varentsov, M., 2015) จากขอบเขตของอาคารและแนวดถนน ระยะ 300 x 300 เมตร ทำการสร้างรูปสามเหลี่ยมด้วยเส้นที่เชื่อมต่อกันจากมุม และ ผนังของอาคาร โดยจะพิจารณาเฉพาะสามเหลี่ยมที่อยู่ด้านนอกของอาคาร กำหนดให้รูปสามเหลี่ยมมีอย่างน้อย 1 จุดเชื่อมกับเส้นรอบอาคาร หาความกว้างของหุบเขาดถนนจากรูปร่างสามเหลี่ยมแต่ละรูป โดยความกว้างสามารถประมาณค่าได้จากความสูงของสามเหลี่ยม (Triangle Altitude) ที่ตั้งฉากกับด้านที่ไม่ได้ตัดผ่านแนวดถนน (รูปที่ 4) ซึ่งความสูงของสามเหลี่ยมสามารถหาค่าได้ดังนี้

$$w_i = \frac{2S_i}{a_i} \quad (4)$$

เมื่อ S_i คือ พื้นที่สามเหลี่ยม i และ a คือ ความยาวของสามเหลี่ยมด้านที่ตั้งฉากกับความสูง หลังจากนั้นทำการหาค่ากลางของความกว้าง (The Mean Weighted Canyon Width) ภายในหุบเขาดถนนหนึ่ง ๆ ซึ่งแทนเป็น j สามารถหาค่าได้ดังนี้

$$w_j = \frac{\sum_{i=1}^n S_i w_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad (5)$$

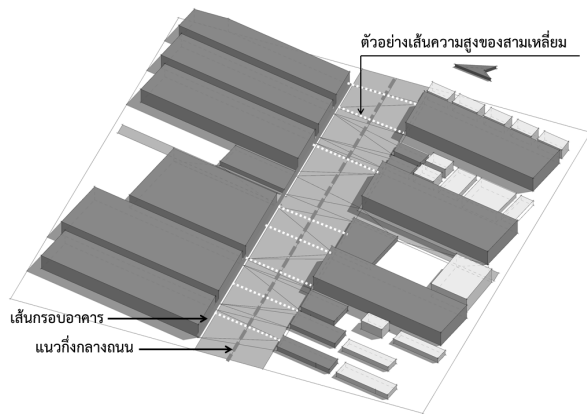
เมื่อ n คือ จำนวนของสามเหลี่ยมภายในหุบเขาดถนน หาค่ากลางของความสูง (The Mean Weighted Canyon Height) สามารถหาได้จากค่าเฉลี่ยความสูง ดังนี้

$$H_j = \frac{\sum_{i=1}^n P_i h_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (6)$$

เมื่อ n คือ จำนวนอาคารภายในหุบเขาถนน j และ P_i คือเส้นรอบรูปของอาคาร i_{th} เช่นเดียวกับการหาความกว้าง

เมื่อหาค่าจากหุบเขาถนนแยกกัน คำนวณเฉพาะเส้นรอบรูปของอาคารตามแนวของหุบเขาถนน พื้นที่ของอาคารสามารถนำมาคำนวณเป็นค่ากลางได้อย่างไรก็ตาม สำหรับเส้นรอบรูปของหุบเขาถนนโดยตรงตามแนวขอบของถนนจะต้องอ้างอิงจากเส้นรอบรูปของกลุ่มอาคาร (รูปที่ 4) ดังนั้น ค่ากลางของสัดส่วนหุบเขาถนนภายในพื้นที่ j สามารถหาอัตราส่วนความสูงต่อความกว้าง R_j ได้ดังนี้

$$R_j = \frac{H_j}{W_j} \quad (7)$$



ที่มา: ผู้วิจัย, 2562

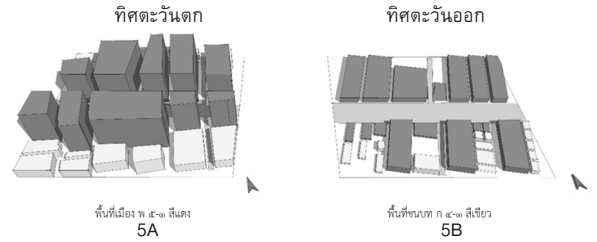
รูปที่ 4 แสดงการพิจารณาความสูงของสามเหลี่ยม และเส้นรอบอาคาร เพื่อการหาความกว้าง และ ความสูงของหุบเขาถนนของเมือง (Canyon wide and building height estimation by using triangle altitude and perimeter of building)

5.1.9 สรุปหุนจำลองเรขาคณิตของเมืองที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต

จากการวิเคราะห์เรขาคณิตของเมืองที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตของพื้นที่กรณีศึกษาพื้นที่เมือง และ พื้นที่ชนบทตามลำดับ สามารถสร้างหุนจำลองเรขาคณิตของเมืองได้ดัง (รูปที่ 5) และหาความหนาแน่นของพื้นที่เมืองได้จากค่าระยะของความหยาบ (Roughness length : Z_0) ของพื้นที่หุบเขาถนนของเมือง (Nakata-Osaki, Souza, & Rodrigues, 2018) โดยสามารถหาค่าได้ดังนี้

$$Z_0 = 0.5H(A^*/A') \quad (8)$$

เมื่อ Z_0 คือค่าระยะของความหยาบ (m) H คือ ค่าเฉลี่ยความสูงของอาคารตามแนวหุบเขาถนน A^* คือ ค่าเฉลี่ยพื้นที่ผิวทางแนวตั้งของอาคารที่อยู่ตามแนวหุบเขาถนน และ A' คือ ค่าเฉลี่ยพื้นที่อาคารปกคลุมพื้นที่ดินของอาคารแต่ละหลังตามแนวหุบเขาถนนของเมือง



ที่มา: ผู้วิจัย, 2562

รูปที่ 5 หุนจำลองเรขาคณิตของเมือง (5A) พื้นที่เมือง พ ๕-๑ สีแดง ถนนเพชรบุรี (5B) พื้นที่ชนบท พ ๕-๑ สีเขียว ถนนสุวินทวงศ์ (Urban geometry model (5A) dense urban area Petchburi road (5B) rural area Suwinthawong road)

5.2 การจำลองสภาพแวดล้อม และการวัดค่าอุณหภูมิอากาศ

5.2.1 การจำลองสภาพแวดล้อมด้วยโปรแกรม Envi-met

พัฒนามาจากพื้นฐานของ Computational Fluid Dynamics (CFD) โดยเป็นโปรแกรมจำลองสภาพแวดล้อมด้วยการสร้างกระบวนการในชั้นบรรยากาศที่ส่งผลต่อภูมิอากาศจุลภาคบนพื้นฐานของอุณหพลศาสตร์ (Thermodynamics) สามารถวิเคราะห์ภูมิอากาศจากการจำลองสภาพแวดล้อมเมืองที่มีความซับซ้อน (Bruse, 2013) โดยโปรแกรม Envi-met เป็นโปรแกรมที่มีความน่าเชื่อถือจากการตรวจสอบความน่าเชื่อถือในการศึกษาต่าง ๆ ยกตัวอย่างการตรวจสอบความน่าเชื่อถือจากการวัดค่าอุณหภูมิอากาศโดยจำลองสภาพแวดล้อมด้วยโปรแกรม Envi-met กับการวัดภาคสนามของพื้นที่บริเวณชานเมืองกรุงเทพมหานคร ในช่วงฤดูร้อน โดยพิจารณาความสอดคล้องทางสถิติ ได้แก่ The Coefficient of Determination (R^2), Root Mean Square Error (RMSE) และ Index of Agreement (d) พบว่าการปรับเทียบค่าเริ่มต้นของอุณหภูมิอากาศเพิ่มร้อยละ 15 แสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องระหว่างค่าอุณหภูมิอากาศจากการจำลองสภาพแวดล้อมด้วยโปรแกรมกับการวัดภาคสนาม โดยค่าความสอดคล้องทางสถิติ R^2 (0.85), RMSE (0.93), d (0.94) และ Sig. จากการคำนวณ mean difference (0.09) ถือว่ามีความใกล้เคียงกันในเกณฑ์ที่ดี (Pichamon Leetongin,

Daranee Jareemit & Manat Srivanit, 2017).

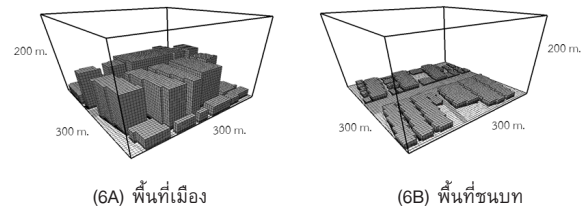
5.2.2 การสร้างหุ่นจำลอง และการกำหนดขอบเขตของพื้นที่ในการจำลองสภาพแวดล้อม

การจำลองสภาพแวดล้อมของพื้นที่การศึกษาในบทความนี้ประยุกต์จากการศึกษาของ Chatzidimitriou & Axarli (2017) ที่ระบุว่าขอบเขตของพื้นที่การจำลองสภาพแวดล้อมด้วยโปรแกรม Envi-met ที่เหมาะสมคือพื้นที่ระดับปานกลาง ได้แก่ ความกว้าง และความยาวเท่ากับ 300x300 เมตร และมีช่องกริด ขนาด 2 เมตร ซึ่งขนาดดังกล่าวมีความเหมาะสมในการวัดค่าภูมิอากาศจุลภาคในพื้นที่หุบเขาถนนของเมืองที่ต้องการความละเอียดสูงและได้รับอิทธิพลจากอาคารโดยรอบ ดังนั้นจึงกำหนดให้ขนาดพื้นที่ในการสร้างหุ่นจำลองเรขาคณิตของเมืองมีขนาดความกว้าง ความยาว และความสูง (แกน x แกน y และแกน z) เท่ากับ 300x300x200 เมตร (รูปที่ 6) กำหนดตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ตั้งอยู่ที่เมืองกรุงเทพมหานคร วัสดุพื้นผิวถนน และ ผังอาคารทุกด้านกำหนดเป็นคอนกรีตทำการเก็บข้อมูล 44 ชั่วโมง โดยให้ 20 ชั่วโมงแรกเป็นการเริ่มจำลองสภาพอากาศ และวิเคราะห์ข้อมูลเฉพาะช่วง 24 ชั่วโมงต่อมา (Lobaccaro & Acero, 2015) ทำการทดสอบในเดือนเมษายน โดยกำหนดค่าเริ่มต้นข้อมูลสภาพอากาศของพื้นที่การศึกษาทั้งสองพื้นที่เป็นค่าเดียวกัน (ตารางที่ 2) วัดค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศภายในหุบเขาถนนตามแนวถนนสายหลัก และสายรอง 4 จุด (รูปที่ 7) โดยเลือกพื้นที่การศึกษาที่มีอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของหุบเขาถนน และทิศทางของแนวถนนที่แตกต่างกัน ได้แก่ พื้นที่การศึกษาหุบเขาถนนที่ 1 และ 2 (C-1 และ C-2) ในพื้นที่เมือง (รูปที่ 6A) และ พื้นที่การศึกษาหุบเขาถนนที่ 3 และ 4 (C-3 และ C-4) ในพื้นที่ชนบท (รูปที่ 6B) เพื่อเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศ และหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างกับค่าอุณหภูมิ โดยวัดค่าที่ระดับความสูง 1.5 เมตรเหนือพื้นผิว ซึ่งเป็นระดับที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้ถึงค่าอุณหภูมิ

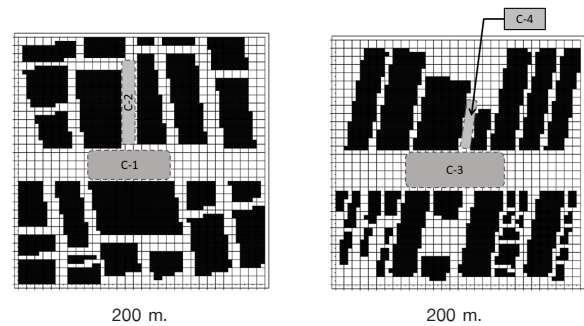
ตารางที่ 2 ข้อมูลในการทดสอบวัดค่าภูมิอากาศจุลภาคในโปรแกรม ENVI-met (Input configuration data applied in the ENVI-met Simulation program)

ค่าเริ่มต้นในการทดสอบ			
วันที่	11 เมษายน	ค่าอุณหภูมิอากาศเริ่มต้น (C°)	21*
เวลาที่เริ่มทดสอบ	00:00	ค่าความชื้นสัมพัทธ์เริ่มต้น (%)	50*
ระยะเวลาทดสอบ	24 ชั่วโมง	ค่าความชื้นจำเพาะเริ่มต้น (g/kg)	7*
เมฆปกคลุม	0*	ความเร็วลมเริ่มต้น (m/s)	3.0*
ปัจจัยการปรับเปลี่ยนของแสงอาทิตย์	1.0*	ทิศทางลม (degree)	S

*ค่าเริ่มต้นจากโปรแกรม ENVI-met



รูปที่ 6 หุ่นจำลองเรขาคณิตของเมืองจากโปรแกรม ENVI-met (6A) พื้นที่เมือง (6B) พื้นที่ชนบท (Urban geometry model from ENVI-met software (6A) dense urban area (6B) rural area)



7ก.๕ พื้นที่เมือง พ(-๑สี่แดง)		7ข.๕ พื้นที่ชนบท พ(-๑สี่เขียว)	
พื้นที่การศึกษา	H/W	ทิศทางของแนวถนน	
หุบเขาถนนที่ 1 (C-1)-พื้นที่เมือง	H/W = 1.7	NW 290° - SE 120°(E-W)	
หุบเขาถนนที่ 2 (C-2)-พื้นที่เมือง	H/W = 3.6	NE 20° - SW 200° (N-S)	
หุบเขาถนนที่ 3 (C-3)-พื้นที่ชนบท	H/W = 0.2	NW 275° - SE 95° (E-W)	
หุบเขาถนนที่ 4 (C-4)-พื้นที่ชนบท	H/W = 0.5	NE 5° - SW 185° (N-S)	

รูปที่ 7 ตำแหน่งการวัดค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศของพื้นที่การศึกษา หุบเขาถนนทั้ง 4 จุด (5A) หุบเขาถนนที่ 1 และ 2 (C-1 และ C-2) อยู่ในพื้นที่เมือง (5B) หุบเขาถนนที่ 3 และ 4 (C-3 และ C-4) อยู่ในพื้นที่ชนบท (4 Location of measurement average air temperature plots (5A) Street canyon 1 and 2 (C-1 and C-2) dense urban area (5B) Street canyon 3 and 4 (C-3 and C-4) rural area)

5.3 การศึกษาอิทธิพลของเรขาคณิตของเมืองต่อปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง

ปัจจัยที่เป็นบ่งชี้ถึงความเข้มข้นของเกาะความร้อนเมืองด้วยค่าอุณหภูมิอากาศ (Tair) ของพื้นที่เมือง และพื้นที่ชนบท สามารถแบ่งออกเป็นสองรูปแบบ ได้แก่ รูปแบบของการขับเคลื่อนเกาะความร้อนเมือง (UHI-Driven) และ รูปแบบของการขับเคลื่อนด้านพื้นที่ดินปกคลุม (Land-Cover-Driven) (ตารางที่ 3) ซึ่งการหาความเข้มข้นของเกาะความร้อนเมืองในการศึกษานี้ใช้ตัวบ่งชี้ด้านพื้นที่ดินปกคลุม ได้แก่ ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศของพื้นที่เมืองกับพื้นที่ชนบท เนื่องจากสามารถอธิบายการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองได้ดีกว่าตัวบ่งชี้การขับเคลื่อนเกาะความร้อนด้วยขนาด (Magnitude) และ ค่าพิสัย (Range) (Sheng, L., Tang, X., You, H., Gu, Q., & Hu, H., 2017)

6. ผลการทดลอง และ วิเคราะห์ผลการทดลอง

6.1 เรขาคณิตของเมืองกรุงเทพมหานครที่เกิดขึ้นในขนาดของพื้นที่การศึกษา

หุ่นจำลองเรขาคณิตของเมืองในบทความชิ้นนี้สามารถคาดการณ์ได้ดังตารางที่ 4 โดยพื้นที่การศึกษาที่เป็นตัวแทนของพื้นที่เมือง ซึ่งอยู่ในเขตประเภทรูปการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ ๕-๑ (สีแดง) ได้แก่ บริเวณถนนเพชรบุรี ค่า BCR มีค่าเท่ากับ 68% ความกว้างของแนวนอนสายหลัก 30 เมตร มีค่าระยะของความหยาบ (Z_0) เท่ากับ 37.97 เมตร และมีอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของหุบเขา

ถนนตามแนวนอนสายหลักเท่ากับ 1.7 หรือมีอัตราการมองเห็นท้องฟ้าเท่ากับ 0.3 ส่วนพื้นที่การศึกษาที่เป็นตัวแทนของพื้นที่ชนบท อยู่ในเขตประเภทรูปการใช้ประโยชน์ที่ดิน ก ๔-๑ (สีเขียว) ได้แก่ บริเวณถนนสุวินทวงศ์ ค่า BCR มีค่าเท่ากับ 69% ความกว้างของแนวนอนสายหลัก 60 เมตร มีค่าระยะของความหยาบ (Z_0) เท่ากับ 0.46 เมตร และมีอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของหุบเขาถนนตามแนวนอนสายหลักเท่ากับ 0.2 หรือมีอัตราการมองเห็นท้องฟ้าเท่ากับ 0.9 จากการคาดการณ์เรขาคณิตของเมืองแสดงให้เห็นว่าหุบเขารูปตามแนวนอนสายหลักในพื้นที่เมืองที่มีความหนาแน่นสูงถูกกำหนดด้วยข้อกำหนดความสูงของอาคารตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร และระยะถอยร่นจากขอบเขตที่ดิน

6.2 ค่าอุณหภูมิอากาศของพื้นที่เมือง และพื้นที่ชนบท

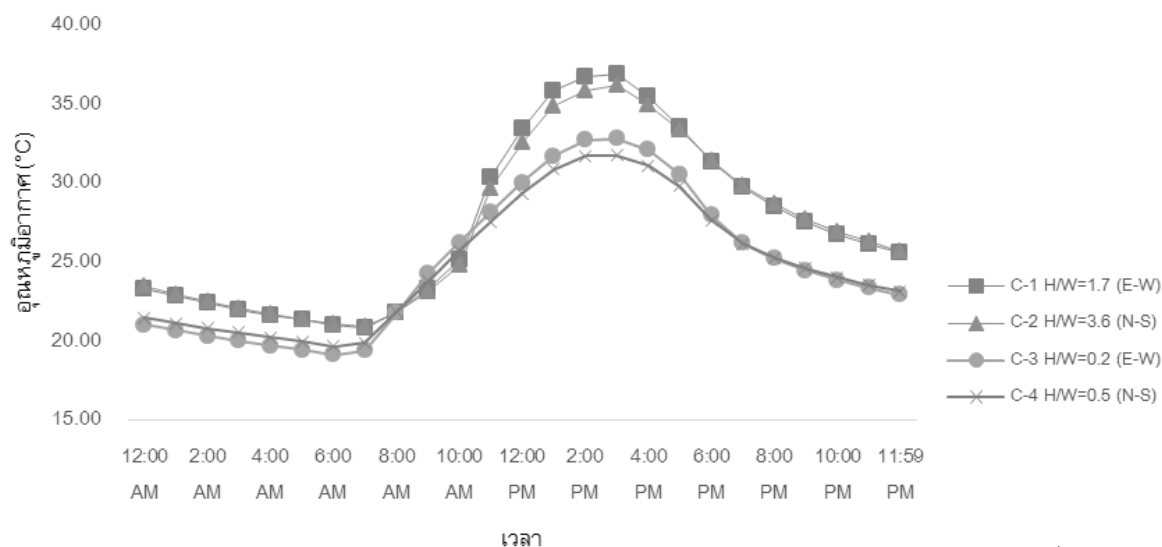
ผลการวัดค่าอุณหภูมิอากาศของพื้นที่การศึกษาหุบเขารูปตามแนวนอนสายหลัก และ สายรอง (รูปที่ 8) พบว่าแนวโน้มของค่าอุณหภูมิโดยรวมทั้งในพื้นที่เมือง และพื้นที่ชนบท มีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วงเวลา 07.00 น. – 15.00 น. หลังจากนั้นแนวโน้มลดลงในช่วงเวลา 16.00 น. – 24.00 น. โดยค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศของพื้นที่การศึกษาหุบเขาถนนที่ 1 และ 2 (C-1 และ C-2) ตามแนวนอนเพชรบุรี ซึ่งแทนให้เป็นพื้นที่เมือง มีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศใกล้เคียงกัน เช่นเดียวกับพื้นที่การศึกษาหุบเขาถนนที่ 3 และ 4 (C-3 และ C-4) ตามแนวนอนสุวินทวงศ์ ซึ่งแทนให้เป็นพื้นที่ชนบทเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศพื้นที่การศึกษาหุบเขาถนน C-1 และ C-2 ในพื้นที่เมือง

ตารางที่ 3 ปัจจัยที่เป็นบ่งชี้ถึงความเข้มข้นของเกาะความร้อนเมืองด้วยค่าอุณหภูมิอากาศ (Tair) (UHI intensity indicators by air temperature)

รูปแบบ	ตัวบ่งชี้ (Indicator)		ตัวบ่งชี้ด้วยอุณหภูมิอากาศ	
	ขนาด (Magnitude)	พิสัย (Range)	ค่าสูงสุดของ T_{air}	ค่าเฉลี่ยของ T_{air}
การขับเคลื่อนเกาะความร้อนเมือง (UHI-Driven)	เมือง – ชนบท		T_{air} เมือง	T_{air} ชนบท
	เมือง – พื้นที่เกษตรกรรม		T_{air} เมือง	T_{air} พื้นที่เกษตรกรรม

ตารางที่ 4 เรขาคณิตของหุบเขาถนนของพื้นที่การศึกษาตามแนวนอนสายหลัก (Canyon geometry of studies area on the main road)

พื้นที่	ทิศทาง	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	FAR / OSR	BCR	ความกว้างถนน (เมตร)	Z_0	H/W	SVF
ถนนเพชรบุรี	NW-SE(20°)	พ๕-๑ (สีแดง)	10 / 3	68%	30	37.97	1.7	0.3
ถนนสุวินทวงศ์	NW-SE(5°)	ก๔-๑ (สีเขียว)	1 / 40	69%	50	0.46	0.2	0.9



ที่มา: ผู้วิจัย, 2562

รูปที่ 8 ค่าอุณหภูมิอากาศของพื้นที่กรณีศึกษา 4 จุด ประกอบด้วยหุบเขาถนน C-1 และ C-2 ในพื้นที่เมือง และ หุบเขาถนน C-3 และ C-4 ในพื้นที่ชนบท (Air temperature inside street canyon C-1 and C-2 in dense urban area and street canyon C-3 and C-4 in rural area)

ตารางที่ 5 แสดงค่าอุณหภูมิอากาศพื้นที่กรณีศึกษาทั้งจุด 4 (Air temperature simulation result of 4 studies area)

ข้อมูล	ค่าอุณหภูมิอากาศ (°C)			
	C-1 H/W=1.7 (E-W)	C-2 H/W=3.6 (N-S)	C-3 H/W=0.2 (E-W)	C-4 H/W=0.5 (N-S)
ค่าเฉลี่ย (Mean)	27.33	27.18	24.95	24.85
ค่าต่ำสุด (Minimum)	20.84	20.91	19.12	19.67
ค่าสูงสุด (Maximum)	36.85	36.14	32.81	31.73

มีค่า 27.33°C และ 27.18°C ตามลำดับ ส่วนพื้นที่กรณีศึกษาหุบเขาถนน C-3 และ C-4 ในพื้นที่ชนบท มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศเท่ากับ 24.9°C และ 24.8°C ตามลำดับ ดังนั้นพื้นที่เมืองจึงมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงกว่าพื้นที่ชนบท พื้นที่กรณีศึกษา C-1 มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศสูงสุด และพื้นที่กรณีศึกษา C-4 มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศต่ำที่สุด โดยค่าอุณหภูมิอากาศสูงสุดของข้อมูลมีค่าเท่ากับ 36.85°C เวลา 15.00 น. ในพื้นที่กรณีศึกษา C-1 (พื้นที่เมือง) ส่วนค่าอุณหภูมิต่ำสุดของข้อมูลมีค่าเท่ากับ 19.12°C เวลา 06.00 น. ในพื้นที่กรณีศึกษา C-3 (พื้นที่ชนบท) (ตารางที่ 5) ความแตกต่างของค่าอุณหภูมิสูงสุดมีค่าเท่ากับ 5.11°C เวลา 15.00 น. ระหว่างพื้นที่กรณีศึกษา C-1 กับ C-4

จากการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศแสดงให้เห็นว่า ในหุบเขาถนนในพื้นที่เมืองมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศสูงกว่าพื้นที่ชนบท แต่ในช่วงเวลา 08.00 น. ถึง 10.00 น. ค่าอุณหภูมิอากาศภายในหุบเขาถนนของพื้นที่ชนบทมีค่าสูงกว่าพื้นที่เมืองเล็กน้อย เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าว พื้นที่ภายในหุบเขาถนนของเมืองได้รับอิทธิพลของความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยตรง ทำให้หุบเขาถนนของพื้นที่ชนบทที่กว้างกว่าพื้นที่เมืองได้รับความร้อนสู่พื้นผิวภายในมากกว่า แต่หลังจากนั้น เมื่อแนวโน้มของอุณหภูมิมีค่าสูงขึ้น ค่าอุณหภูมิอากาศภายในหุบเขาถนนในพื้นที่เมืองมีค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีค่าสูงกว่าพื้นที่ชนบทตลอดทั้งวัน เนื่องจากในพื้นที่เมืองที่มีกลุ่มอาคารหนาแน่นเกิดการสะสมความร้อนจากพื้นผิวภายในหุบเขาถนน อาคาร

ที่อยู่ใกล้กันเป็นตัวสกัดกันการแผ่รังสีคลื่นยาวจากพื้นผิวของสิ่งปลูกสร้างกลับสู่ชั้นบรรยากาศ ทำให้มวลของความร้อนไม่สามารถปลดปล่อยได้อย่างเต็มที่ ส่วนช่วงเวลากลางคืน หุบเขาถนนในพื้นที่ชนบทมีอัตราการลดลงของอุณหภูมิ (Cooling rate) ที่ดีกว่าหุบเขาถนนที่อยู่ในพื้นที่เมือง โดยเฉพาะหุบเขาถนนตามแนวถนนสายหลักที่หันทางทิศ E-W ของพื้นที่ชนบท ที่มีอัตราการลดลงของอุณหภูมิช่วงเวลา 00.00 น. – 04.00 น. ดีที่สุด เนื่องจากวัสดุพื้นผิวของอาคารที่สะสมความร้อนในช่วงเวลากลางวันคายความร้อน และ มีการถ่ายเทรังสีคลื่นยาวจากวัสดุพื้นผิวกลับสู่ชั้นบรรยากาศ ดังนั้น หุบเขาถนนในพื้นที่เมืองที่มีความหนาแน่นสูงจะมีการแลกเปลี่ยนการแผ่รังสีน้อย (T. R. Oke, 1981)

6.3 การศึกษาปัจจัยด้านการหันทิศทางของแนวถนน

พื้นที่การศึกษาหุบเขาถนนในพื้นที่ชนบทที่หันทางทิศ N - S มีแนวโน้มค่าอุณหภูมิอากาศสูงกว่าหุบเขาถนนที่หันทางทิศ E - W เล็กน้อย ในช่วงเวลา 00.00 น. – 07.00 น. ต่อมาพื้นที่เมือง และ ชนบทที่แนวถนนหันทางทิศ E - W มีแนวโน้มค่าอุณหภูมิสูงกว่าหุบเขาถนนที่หันทางทิศ N - S ประมาณ 1°C ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศของพื้นที่เมืองมีแนวโน้มสูงกว่าพื้นที่ชนบทตั้งแต่เวลา 00.00 น. จนถึง 07.00 น. แต่ในช่วงเวลา 08.00 น. – 10.00 น. ค่าอุณหภูมิอากาศของพื้นที่ชนบทจะมีค่าใกล้เคียงกับพื้นที่เมือง หลังจากนั้น ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศของพื้นที่เมืองมีค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และ มีค่าสูงกว่าพื้นที่ชนบทไปจนถึง 24.00 น.

การหันทิศทางของหุบเขาถนนส่งผลต่อการได้รับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ของผนังอาคาร และ พื้นภายในหุบเขาถนน และ อัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของหุบเขาถนน ส่งผลต่อการแผ่รังสีคลื่นยาวโดยรวมจากพื้นผิวที่จะสะท้อนกลับสู่ท้องฟ้า (United States Environmental, 2008) ซึ่งจากผลการวัดค่าอุณหภูมิในแบบความชื้นนี้พบว่า การหันทิศทางของหุบเขาถนนของเมืองส่งผลให้ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศของหุบเขาถนนตามแนวถนนสายหลักที่หันทางทิศ E - W มีค่าสูงกว่าหุบเขาถนนตามแนวถนนสายรองที่หันทางทิศ N - S เพียงเล็กน้อย แต่สามารถวิเคราะห์แนวโน้มความแตกต่างของค่าอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลาต่าง ๆ ได้ โดยสามารถเห็นความแตกต่างของค่าอุณหภูมิได้ตั้งแต่เวลา 00.00 น. – 07.00 น. ที่ค่าอุณหภูมิอากาศของหุบเขาถนนตามแนวถนนสายหลักที่หันทางทิศ E - W ของพื้นที่ชนบทมีค่า

ต่ำที่สุด เนื่องจากวัสดุพื้นผิวของอาคารที่สะสมความร้อนในช่วงเวลากลางวันมีการคายความร้อน และถ่ายเทรังสีคลื่นยาวจากวัสดุพื้นผิวกลับสู่ชั้นบรรยากาศได้ดี (T. R. Oke, 1981) ส่วนในช่วงเวลา 11.00 น. – 17.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่หุบเขาถนนที่หันทางทิศ E - W ได้รับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน ทำให้มีค่าอุณหภูมิอากาศสูงกว่าหุบเขาถนนที่หันทางทิศ N - S

6.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิอากาศกับอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของหุบเขาถนน

จากการวัดค่าอุณหภูมิอากาศของพื้นที่การศึกษาหุบเขาถนนของเมือง 4 จุด ในพื้นที่เมือง และ พื้นที่ชนบท สามารถวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของพื้นที่การศึกษาแต่ละจุดที่มีอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของหุบเขาถนนที่แตกต่างกันได้ดัง (ตารางที่ 6) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าอุณหภูมิอากาศ (Mean) ค่ามัธยฐาน (Median) คือ ค่าข้อมูลที่อยู่ตรงกลางจากข้อมูลทั้งหมดเมื่อนำมาเรียงจากข้อมูลที่ค่าน้อยไปหาค่ามาก และ พิสัย (Range) คือ ค่าการกระจายของข้อมูล โดยหาได้จากค่าความแตกต่างของข้อมูลที่มีค่ามากที่สุด และ น้อยที่สุด ทำให้สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทางสถิติดังกล่าวกับอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างด้วยสมการถดถอยอย่างง่าย โดยสามารถหาค่าได้ดัง (รูปที่ 9) พบว่าอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างมีความสัมพันธ์กับค่ามัธยฐานของค่าอุณหภูมิมากที่สุด โดยสามารถแสดงสมการถดถอยได้ดังนี้

$$y = 0.67x + 24.166 \quad (9)$$

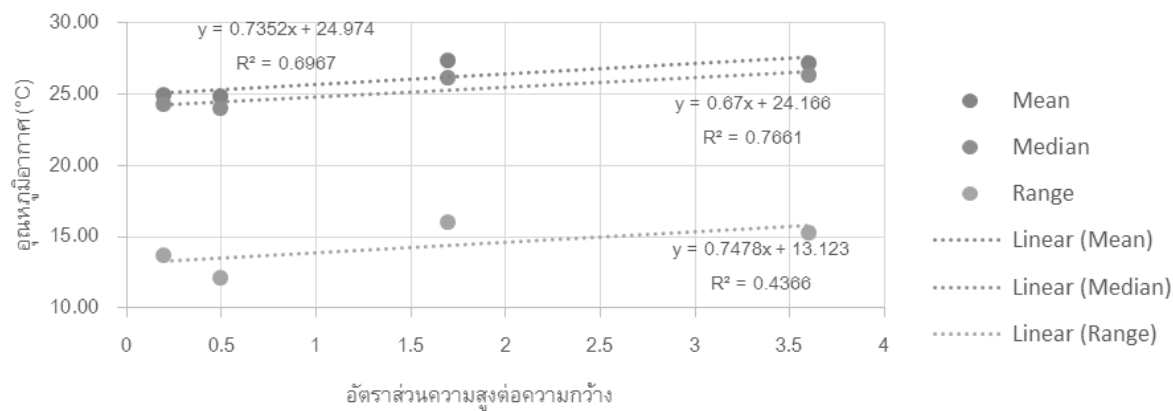
เมื่อ x คืออัตราส่วนความสูงต่อความกว้าง และ y คือ ค่ามัธยฐานของค่าอุณหภูมิอากาศ โดยมีความสัมพันธ์ 76.61% ($R^2 = 0.7661$) ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างกับค่าเฉลี่ย และ พิสัย มีค่าเท่ากับ 69.67% และ 43.66% ตามลำดับ

6.5 การอธิบายปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองด้วยค่าอุณหภูมิอากาศ

ในการพิจารณาการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองพิจารณาจากตัวบ่งชี้ด้านความแตกต่างของค่าอุณหภูมิอากาศของพื้นที่เมือง และ พื้นที่ชนบทที่วัดได้จากการจำลองสภาพแวดล้อม โดยกำหนดให้พื้นที่การศึกษา C-1 แทนให้เป็นพื้นที่เมือง และพื้นที่การศึกษา

ตารางที่ 6 ข้อมูลทางสถิติจากการวัดค่าอุณหภูมิอากาศ (Statistic data from air temperature simulation result)

ข้อมูลทางสถิติ	ค่าอุณหภูมิอากาศ (°C)			
	C-1 H/W=1.7 (E-W)	C-2 H/W=3.6 (N-S)	C-3 H/W=0.2 (E-W)	C-4 H/W=0.5 (N-S)
ค่าเฉลี่ย (Mean)	27.33	27.18	24.95	24.85
ค่ามัธยฐาน (Median)	26.11	26.26	24.29	24.02
พิสัย (Range)	16.00	15.23	13.68	12.06



ที่มา: ผู้วิจัย, 2562

รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน H/W และ ข้อมูลทางสถิติ (The relationship between H/W ratio and Statistic data)



ที่มา: ผู้วิจัย, 2562

รูปที่ 10 การเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองจากตัวบ่งชี้ด้านความแตกต่างของค่าอุณหภูมิอากาศของพื้นที่เมืองและพื้นที่ชนบทในช่วงเวลาต่าง ๆ (Urban heat island driving from urban-rural air temperature indicator)

C-3 แทนให้เป็นพื้นที่ชนบท เนื่องจากพื้นที่การศึกษาทั้งสองจุดอยู่แนวถนนสายหลัก โดยแสดงความแตกต่างของค่าอุณหภูมิอากาศของพื้นที่เมือง และพื้นที่ชนบทในช่วงเวลาต่าง ๆ ได้ดังรูปที่ 10

จากความแตกต่างของค่าอุณหภูมิอากาศของพื้นที่เมือง และพื้นที่ชนบทในช่วงเวลาต่าง ๆ พบว่าค่าอุณหภูมิอากาศของพื้นที่ชนบทจะมีค่าสูงกว่าพื้นที่เมืองเฉพาะช่วงเวลา 08.00 น. ถึง 10.00 น. หลังจากนั้นเวลา 11.00 น. ค่าอุณหภูมิของพื้นที่เมืองเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีแนวโน้มสูงขึ้นจนถึงเวลา 13.00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่มีความแตกต่างของค่าอุณหภูมิที่มีค่าสูงสุดในรอบวัน โดยค่าความแตกต่างของค่าอุณหภูมิที่มีค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 4.12°C เวลา 13.00 น. หลังจากนั้นความแตกต่างของค่าอุณหภูมิมีแนวโน้มลดลง ดังนั้นสามารถพิจารณาได้ว่าค่าความเข้มข้นของเกาะความร้อนเมืองสูงสุดจากการทดสอบของบทความชิ้นนี้มีค่าเท่ากับ 4.12°C ในช่วงเวลา 13.00 น. ส่วนในช่วงเวลา 08.00 น. ถึง 10.00 น. เป็นช่วงเวลาที่ความเข้มข้นของเกาะความร้อนเมืองมีค่าติดลบ หรือไม่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองในช่วงเวลาดังกล่าว

7. บทสรุป และ ข้อเสนอแนะ

ผลการคาดการณ์เรขาคณิตของเมืองพบว่า พื้นที่การศึกษาที่เป็นตัวแทนของพื้นที่เมืองที่อยู่ในเขตประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ ๕-๑ (สีแดง) มีค่าระยะของความหยาบ (Z_0) เท่ากับ 37.97 เมตร และมีอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของหุบเขาถนนตามแนวถนนสายหลักเท่ากับ 1.7 ส่วนพื้นที่การศึกษาที่เป็นตัวแทนเป็นพื้นที่ชนบท อยู่ในเขตประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ก ๔-๑ (สีเขียว) มีค่าระยะของความหยาบ (Z_0) เท่ากับ 0.46 เมตร และมีอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของหุบเขาถนนตามแนวถนนสายหลักเท่ากับ 0.2 โดยกำหนดให้การหันทิศทางของแนวถนนสายหลักเป็นทิศทาง E - W เช่นเดียวกัน หลังจากนั้นทำการจำลองสภาพแวดล้อมด้วยโปรแกรม Envi-met และวัดค่าอุณหภูมิอากาศในพื้นที่หุบเขาถนนของเมืองในขอบเขตพื้นที่ที่ต้องการความละเอียดสูง และได้รับอิทธิพลจากอาคารโดยรอบ ทำการทดสอบในช่วงฤดูร้อน ผลการวัดค่าอุณหภูมิพบว่า ภายในหุบเขาถนนของเมืองที่มีความหนาแน่นสูงมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศสูงกว่าหุบเขาถนนของเมืองที่อยู่ในพื้นที่ชนบท โดยอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของหุบเขา

ถนนมีความสัมพันธ์กับค่าอุณหภูมิอากาศ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่ามัธยฐานของค่าอุณหภูมิอากาศมากที่สุดเท่ากับ 76.61% ($R^2 = 0.7661$) หุบเขาถนนที่หันทางทิศ E - W มีค่าอุณหภูมิอากาศสูงกว่าหุบเขาถนนที่หันทางทิศ N - S ในช่วงเวลากลางวันเล็กน้อย ในการพิจารณาการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองในบทความนี้พิจารณาจากตัวบ่งชี้ความแตกต่างของค่าอุณหภูมิอากาศของพื้นที่เมือง และ พื้นที่ชนบท โดยค่าความเข้มข้นของเกาะความร้อนเมืองสูงสุดมีค่าเท่ากับ 4.12°C ในเวลา 13.00 น. โดยในช่วงเวลา 08.00 น. ถึง 10.00 น. เป็นช่วงเวลาที่ไม่มีเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง

จากผลการศึกษาการคาดการณ์เรขาคณิตของเมืองกรุงเทพมหานครที่จะเกิดขึ้นในอนาคต กรณีที่สร้างอาคารตามข้อกำหนดสูงสุดที่สามารถสร้างได้ และ ศึกษาผลกระทบต่อค่าอุณหภูมิอากาศ และปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง ในช่วงฤดูร้อน โดยวัดค่าอุณหภูมิอากาศจากการจำลองสภาพแวดล้อมด้วยโปรแกรม Envi-met ภายในขอบเขตพื้นที่ขนาด 300×300 เมตร เพื่อให้ได้รับอิทธิพลจากอาคารโดยรอบ สามารถสรุปได้ดังนี้

ปัจจัยด้านอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของหุบเขาถนนของเมืองส่งผลให้ตัวแทนของพื้นที่เมืองมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศสูงกว่าพื้นที่ชนบทไม่ว่าพื้นที่การศึกษาคือหุบเขาถนนจะหันทิศทางใด เนื่องจากพื้นที่เมืองที่มีความหนาแน่นสูง ทำให้สะสมความร้อนมากกว่าพื้นที่ชนบท ยกเว้นช่วงเวลา 08.00 น. ถึง 10.00 น. ที่พื้นที่ชนบทมีค่าอุณหภูมิสูงกว่าพื้นที่เมืองเล็กน้อย

ปัจจัยด้านการหันทิศทางของแนวถนนในการศึกษานี้แสดงให้เห็นความแตกต่างของค่าอุณหภูมิอากาศเพียงเล็กน้อยระหว่างหุบเขาถนนตามแนวถนนสายหลักที่หันทางทิศ E - W กับ แนวถนนสายรองที่หันทางทิศ N - S โดยการหันทิศทางของแนวถนนทางทิศ N - S ของพื้นที่เมือง ซึ่งตามทฤษฎีแล้วจะเกิดร่มเงาจากอาคารทั้งสองฝั่ง และ ช่วยให้ค่าอุณหภูมิลดลง แต่การศึกษานี้ไม่ส่งผลให้ค่าอุณหภูมิอากาศลดลงอย่างชัดเจน โดยในพื้นที่ดังกล่าวมีค่าอุณหภูมิอากาศสูงกว่าพื้นที่ชนบท และมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับหุบเขาถนนในพื้นที่เมืองที่แนวถนนหันทางทิศ E - W ทำให้สามารถวิเคราะห์ได้ว่า การสร้างหุ่นจำลองเรขาคณิตของเมือง และการจำลองสภาพแวดล้อมในกรณีที่ได้รับอิทธิพลจากอาคารโดยรอบ ส่งผลกระทบท่อแนวโน้มของค่าอุณหภูมิอากาศภายในพื้นที่หุบเขาถนนของเมือง

การวัดค่าความเข้มข้นของเกาะความร้อนเมืองด้วยตัวบ่งชี้ความแตกต่างของค่าอุณหภูมิของพื้นที่เมือง และพื้นที่ชนบท ในการศึกษาพบว่า พื้นที่เมืองที่มีความหนาแน่นสูงจะสะสมความร้อนมาก และ มีการสะท้อนความร้อนกลับสู่ชั้นบรรยากาศน้อยกว่าพื้นที่ชนบท ไม่ว่าแนวถนนจะหันในทิศทางใด ทำให้มีความเข้มข้นของเกาะความร้อนสูงช่วงเวลากลางวัน และมีค่าลดลงในช่วงเวลากลางคืน ยกเว้นช่วงเวลา 08.00 น. ถึง 10.00 น. ที่ไม่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง

เมื่อทราบถึงผลกระทบของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองผ่านพื้นที่การศึกษาหุบเขาถนนของเมืองจากงานวิจัยนี้ ทำให้สามารถศึกษาหาแนวทางในการกำหนดเรขาคณิตของเมืองจากข้อกำหนด และ กฎหมายที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการใช้พื้นที่สีเขียว เพื่อช่วยบรรเทาผลกระทบจากปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองได้ต่อไป

Notes

- ¹ กฎกระทรวงฉบับที่ 55 พ.ศ. 2543 เป็นกฎหมายเกี่ยวกับลักษณะอาคาร ที่วางภายนอก แนวอาคาร และ ระยะต่าง ๆ ของอาคาร
- ² กฎกระทรวงฉบับที่ 33 พ.ศ. 2535 เป็นกฎหมายเกี่ยวกับอาคารสูง และ อาคารขนาดใหญ่พิเศษ
- ³ ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่องควบคุมอาคาร พ.ศ. 2544 ที่อาศัยความตามเนื้อหาพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 เป็นกฎหมายที่กรุงเทพมหานครตราขึ้น โดยได้รับความเห็นชอบจากสภากรุงเทพมหานคร

References

- Ai, Z. T., & Mak, C. M. (2015). From street canyon microclimate to indoor environmental quality in naturally ventilated urban buildings: Issues and possibilities for improvement. *Building and Environment*, 94, 489-503. DOI: 10.1016/j.buildenv.2015.10.008
- Ali-Toudert, F., & Mayer, H. (2006). Thermal comfort in an east-west oriented street canyon in Freiburg (Germany) under hot summer conditions. *Theoretical and Applied Climatology*, 87(1-4), 223-237. DOI: 10.1007/s00704-005-0194-4
- Arifwidodo, S. (2015). Factors contribution to urban heat island in Bangkok, Thailand. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 10(5), 6435 – 3439.
- Bangkok City Planning Office. (2017). Geographic information system on the network. Retrieved from <http://3d-cpd.bangkok.go.th>
- Bangkok Information Center. (2013). *Current Bangkok*. Retrieved from <http://www.bangkok.go.th>
- Bruse, M. (2013). *ENVI-met*. Retrieved from <http://www.model.envi-met.com>
- Chatzidimitriou, A., & Axarli, K. (2017). Street Canyon Geometry Effects on Microclimate and Comfort; A Case Study in Thessaloniki. *Procedia Environmental Sciences*, 38, 643-650. DOI: 10.1016/j.proenv.2017.03.144
- Goh Kim, C., & Chang Chew, H. (1999). The relationship between height to width ratios and the heat island intensity at 22:00 h for Singapore. *International Journal of Climatology*, 19(9), 1011-1023. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0088(199907)19:9<1011::AID-JOC411>3.0.CO;2-U
- Jariya Boonjawat, Kiyoshi Niitsu, & Sachio Kubo. (2000). Urban Heat Island : Thermal Pollution and Climate Change in Bangkok. *Journal of Health Science*, 9(1).
- Keeratikasikorn, C., & Bonafoni, S. (2018). Urban Heat Island Analysis over the Land Use Zoning Plan of Bangkok by Means of Landsat 8 Imagery. *Remote Sensing*, 10(3), 440. DOI:10.3390/rs10030440
- Lobaccaro, G., & Acero, J. A. (2015). Comparative analysis of green actions to improve outdoor thermal comfort inside typical urban street canyons. *Urban Climate*, 14, 251-267. DOI: 10.1016/j.uclim.2015.10.002

- Nakata-Osaki, C. M., Souza, L. C. L., & Rodrigues, D. S. (2018). THIS – Tool for Heat Island Simulation: A GIS extension model to calculate urban heat island intensity based on urban geometry. *Computers, Environment and Urban Systems*, 67, 157-168. DOI: 10.1016/j.compenvurbsys.2017.09.007
- Oke, T. R. (1981). Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: Comparison of scale model and field observations. *Journal of Climatology*, 1(3), 237-254. DOI: 10.1002/joc.3370010304
- Oke, T. R. (1987). *Boundary Layer Climate*. New York: Routledge.
- Oke, T. R. (1988). Street design and urban canopy layer climate. *Energy and Buildings*, 11(1-3), 103-113. DOI: [http://doi.org/10.1016/0378-7788\(88\)90026-6](http://doi.org/10.1016/0378-7788(88)90026-6)
- Pakarnseree, R., Chunkao, K., & Bualert, S. (2018). Physical characteristics of Bangkok and its urban heat island phenomenon. *Building and Environment*, 143, 561-569. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.07.042>
- Pichamon Leetongin, Daranee Jareemit & Manat Srivanit (2017). Calibration and validation of model creation Outdoor microcirculation in ENVI-met V4 and field measurements: experimental study of single-family residential areas. *Built Environment Research Associates Conference 2017*, 8, 78-85.
- Samsonov, T. E., Konstantinov, P. I., & Varentsov, M. I. (2015). Object-oriented approach to urban canyon analysis and its applications in meteorological modeling. *Urban Climate*, 13, 122-139. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2015.07.007>
- Sheng, L., Tang, X., You, H., Gu, Q., & Hu, H. (2017). Comparison of the urban heat island intensity quantified by using air temperature and Landsat land surface temperature in Hangzhou, China. *Ecological Indicators*, 72, 738-746. DOI: 10.1016/j.ecolind.2016.09.009
- Srivanit, M., & Jareemit, D. (2019). Modelling the Urban Microclimate Effects of Street Configurations on Thermal Environment in the Residential Townhouse of Bangkok. *International Congress on recent advances in sciences and technology*, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Srivanit, M., & Kazunori, H. (2011). The Influence of Urban Morphology Indicators on Summer Diurnal Range of Urban Climate in Bangkok Metropolitan Area, Thailand. *International Journal of Civil & Environmental Engineering*, 11(05), 34-46.
- Takkanon, P., & Chantarangul, P. (2019). Effects of urban geometry and green area on thermal condition of urban street canyons in Bangkok. *Architectural Science Review*, 62(1), 35-46. DOI: 10.1080/00038628.2018.1534724
- Yassin, M. F., Kellnerová, R., & Jaňour, Z. (2008). Impact of street intersections on air quality in an urban environment. *Atmospheric Environment*, 42(20), 4948-4963. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.02.019>

