



ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบเรขาคณิตเมืองกับการไหลของอากาศ และสภาวะน่าสบายเชิงอุณหภูมิ กรณีศึกษาเขตเทศบาลนครเชียงใหม่

สุจิต จิงเจริญ* และ วันเพ็ญ เจริญตระกูลปิติ

ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 09 6461 8983 อีเมล: suchit_c@elearning.cmu.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2021.06.007

รับเมื่อ 12 มิถุนายน 2563 แก้ไขเมื่อ 11 สิงหาคม 2563 ตอรับเมื่อ 23 พฤศจิกายน 2563 เผยแพร่ออนไลน์ 29 มิถุนายน 2564

© 2022 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

เมืองที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจำเป็นต้องสัมพันธ์กับธรรมชาติ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะเรขาคณิตเมืองกับกระแสลม และสภาวะน่าสบายเชิงอุณหภูมิ ภายในพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่ โดยศึกษาอัตราส่วนความสูงอาคาร และความกว้างถนนต่ออุณหภูมิพื้นผิว (H/W Ratio) โดยใช้โปรแกรมพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics; CFD) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของกระแสลมในรูปแบบการวางตัวของอาคารลักษณะต่างๆ ตามความหนาแน่นของเมือง 6 ระดับ คือ ร้อยละ 10 ไปจนถึงร้อยละ 60 พบว่า พื้นที่ที่มีความหนาแน่นร้อยละ 40 ถึง 60 มีอุณหภูมิที่สัมพันธ์ทางบวกกับค่า H/W เนื่องจากพื้นที่มีอาคารสูง หนาแน่น และถนนแคบทำให้กระแสลมพัดผ่านในพื้นที่ที่กระทบกับขอบของอาคาร การระบายลมข้างล่าง และมีบางจุดอับลมทำให้อุณหภูมิสูง อย่างไรก็ตาม หากการวางตัวของอาคารไม่ขวางทิศทางลม จะส่งเสริมการระบายอากาศได้แม้จะอยู่ในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของอาคารมากก็ตาม และผลจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อหาค่าดัชนีพืชพรรณนั้น แสดงค่าสัมพันธ์ทางลบกับค่าอุณหภูมิในพื้นที่อีกด้วย งานวิจัยได้ศึกษาสภาวะน่าสบายเชิงอุณหภูมิโดยการเก็บค่าอุณหภูมิทางภาคสนาม เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมตามแผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric Chart) พบว่า ในพื้นที่ความหนาแน่นร้อยละ 30 ขึ้นไป เริ่มมีอุณหภูมิสูงเกินขอบเขตสภาวะน่าสบายเชิงอุณหภูมิ ผู้วิจัยศึกษาการจัดการพื้นที่ และอาคารโดยการเพิ่มพื้นที่สีเขียว การพิจารณาช่องเปิดของอาคาร และวิธีการระบายอากาศทางตั้ง สำหรับอาคารในพื้นที่ดังกล่าว และเสนอวิธีกำหนดความสูงของอาคารให้สัมพันธ์กับความกว้างของถนนสำหรับพื้นที่เมืองในอนาคต

คำสำคัญ: การระบายอากาศ เรขาคณิตเมือง พลศาสตร์ของไหล

การอ้างอิงบทความ: สุจิต จิงเจริญ และ วันเพ็ญ เจริญตระกูลปิติ, “ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบเรขาคณิตเมืองกับการไหลของอากาศ และสภาวะน่าสบายเชิงอุณหภูมิ กรณีศึกษาเขตเทศบาลนครเชียงใหม่,” วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 32, ฉบับที่ 1, หน้า 164–176, ม.ค.-มี.ค. 2565.



Research Article

The Relationship between Urban Geometry Patterns, Air Flow and Thermal Comfort: A Case Study of Chiang Mai Municipality

Suchit Chungcharoen* and Wanpen Charoentrakulpeeti

Department of Geography, Faculty of Social Sciences, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 09 6461 8983, E-mail: suchit_c@elearning.cmu.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2021.06.007

Received 12 June 2020; Revised 11 August 2020; Accepted 23 November 2020; Published online: 29 June 2021

© 2022 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

Environmentally friendly cities need to relate to nature. The research aims to study on the effect of urban geometry patterns on airflow and thermal comfort in Chiang Mai municipality. The study applied the proportion between building height and road width or height-to-width ratio (H/W ratio) as the urban geometry. The Computational Fluid Dynamics or CFD simulation was used as a tool in order to simulate airflow patterns through buildings and test the efficiency of airflow in various building patterns based on 6 urban density levels, between 10% to 60%, It was found that the temperature in the areas at density levels of 40-60% having high relativity to the H/W ratio. Hence, the wind current in the area with dense high-rise buildings and narrow streets is obstructed by the buildings itself. Thus, the airflow is restricted causing low ventilation rate and temperature increase in some areas where the air could not reach. Furthermore, when a whirlwind occurred after a strong wind current hits the high-rise building, it raises some safety concerns to the residents and the building structures. Despite the dense high-rise buildings, a good urban planning which considered the position and design of the building that is not obstructing the wind direction could generate the airflow direction and promote ventilation. The results from the satellite imagery for vegetation indices show negative correlations with the local temperature. The research studied the temperature comfort condition by collecting the meteorological data in the studied area. The comparison between temperatures, relative humidity and wind speed according to the Psychrometric Chart found that in areas with a density of 30% or more, the temperature was higher than the temperature comfort ranges. Accordingly, the results recommend a suitable management by increasing green areas, consideration of building openings and vertical ventilation methods for buildings in that area. Further suggestion in the future in on adjusting the building's height relative to the width of the street for future urban areas.

Keywords: Ventilation, Urban Geometry, Computational Fluid Dynamics

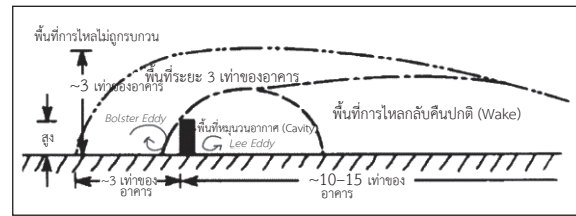
Please cite this article as: S. Chungcharoen and W. Charoentrakulpeeti, "The relationship between urban geometry patterns, air flow and thermal comfort: A case study of Chiang Mai municipality," *The Journal of KMUTNB*, vol. 32, no. 1, pp. 164-176, Jan.-Mar. 2022 (in Thai).

1. บทนำ

ความเป็นเมือง (Urbanization) เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ประชากรหลั่งไหลเข้ามาอยู่ในเมืองเพิ่มขึ้นซึ่งส่งผลดีในแง่เศรษฐกิจ แต่ปัญหาที่ตามมาคือการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นอาคาร และความขาดแคลนพื้นที่สีเขียว และพื้นที่โล่งที่มีศักยภาพในการระบายอากาศตามธรรมชาติลดลง ถึงแม้ว่าในกฎหมายผังเมืองมีข้อกำหนดอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (Floor Area Ratio; FAR) และอัตราส่วนพื้นที่ว่างต่อพื้นที่อาคารรวม (Open Space Ratio; OSR) ตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินไว้ก็ตาม แต่ยังไม่เพียงพอที่จะใช้ทั่วประเทศ ฉะนั้น การรักษาพื้นที่โล่งจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อคุณภาพชีวิตของคนเมือง การจัดวางอาคารที่ขวางทิศทางลมจะทำให้เกิดลมกรรโชกแรงเป็นอุปสรรคในการใช้งานและทำกิจกรรม หรือทำให้บางพื้นที่มีลักษณะอับลม ประกอบกับมลพิษทางอากาศจากควันทรยนต์ กิจกรรมของชุมชน และการแผ่ความร้อนของวัสดุอาคาร อากาศเสียซึ่งไม่ได้รับการระบายตามธรรมชาติ ย่อมกระทบต่อคุณภาพชีวิตของประชากรในพื้นที่นั้นๆ [1]

เมืองเชียงใหม่เป็นเมืองหนึ่งที่มีการขยายตัวของพื้นที่เมืองเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องจากปี 2543 พบว่า พื้นที่ชุมชน และสิ่งปลูกสร้างมีขนาดร้อยละ 2.38 แต่ในปี 2561 เพิ่มขึ้นถึง ร้อยละ 4.06 อันเป็นผลมาจากการพัฒนาและจำนวนประชากรที่เพิ่มมากขึ้น [2] ทำให้พื้นที่เมืองมีค่าฝุ่นละอองเกินมาตรฐาน อันเกิดจากลักษณะทางกายภาพของเมืองที่มีลักษณะเป็นหุบเขา เกิดสภาพอากาศนิ่ง (Air Stagnation) กล่าวคือ สภาพอากาศที่ไม่สามารถระบายได้ในแนวราบและแนวดิ่ง [3] จึงกักเก็บมลพิษไว้ในพื้นที่ และพบว่า ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงขึ้นจาก 25.56 องศาเซลเซียส ในปี 2550 เป็น 26.88 องศาเซลเซียส ในปี 2561 และสูงสุดถึง 27.3 ในปี 2558 และปี 2559 [4] และเคยพบอุณหภูมิสูงสุดที่เคยตรวจวัดได้ คือ 42.5 องศาเซลเซียสซึ่งเกินขอบเขตสภาน่าสบายในประเทศไทย ที่กำหนดไว้ในช่วง 25.60–31.50 องศาเซลเซียส [5]

จากปัญหาการขยายตัวของเมืองส่งผลต่ออุณหภูมิเมืองและประสิทธิภาพการระบายอากาศของเมืองเชียงใหม่ ทำให้



รูปที่ 1 พื้นที่การไหลของอากาศที่ถูกรบกวน ดัดแปลงจากภาพ Generalized Flow Zones [7]

ผู้วิจัยมีความสนใจในการศึกษารูปทรงเรขาคณิตของเมือง (Urban Geometry) คือ ความสัมพันธ์เชิงปริมาณระหว่างขนาดของอาคารในลักษณะความกว้างและความสูง ต่อพื้นที่โล่ง (Open Space) รอบๆ อาคาร เป็นตัวกำหนดลักษณะภูมิอากาศระดับเมือง (Microclimate) มีส่วนช่วยในการวางแผนสิ่งแวดล้อมของเมืองในอนาคต [6]

ปัญหาที่พบของกระแสลมที่เคลื่อนผ่านรูปทรงเรขาคณิตของเมืองอธิบายดังรูปที่ 1 กล่าวคือ กระแสลมบริเวณด้านหน้าอาคารจะถูกอัดทำให้ความกดอากาศสูงขึ้น กระแสลมเคลื่อนที่เฉียงขึ้นด้านบนไปยังความกดอากาศที่ต่ำกว่า ส่วนหนึ่งเคลื่อนลงมาด้านล่างเกิดลมหมุนวนด้านหน้าอาคาร หรือเรียกว่า Bolster Eddy และในบริเวณพื้นที่ด้านหลังอาคารเกิดกระแสลมวนอากาศเช่นเดียวกัน เรียกพื้นที่นี้ว่า Cavity เกิดจากอากาศที่สัมผัสส่วนของหลังคา และด้านหลังของอาคารที่ไม่ได้รับลม ทำให้เกิดการดูดอากาศที่อยู่รอบข้างเข้ามาเกิดกระแสอากาศหมุนวนเรียกว่า Lee Eddy ดังนั้นเมื่อเกิดมลพิษทางอากาศบริเวณกระแสอากาศหมุนวนในลักษณะเรขาคณิตเมืองที่ปิดกั้นโดยมีอาคารสูง และถนนแคบส่งผลให้มลพิษไม่สามารถระบายออกได้ตามธรรมชาติ พื้นที่ดังกล่าวจึงต้องการที่ว่างระดับหนึ่ง เพื่อให้กระแสลมวนของอากาศสามารถระบายออกได้ [7]

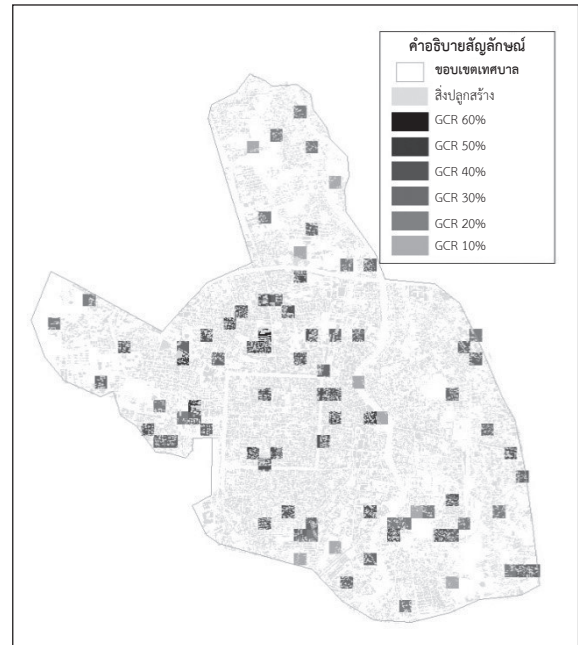
สำหรับการศึกษากาการไหลของอากาศผู้วิจัยใช้แบบจำลองพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics; CFD) ซึ่งใช้กระบวนการเชิงตัวเลข และขั้นตอนวิธีอัลกอริทึม (Algorithm) เพื่อทดสอบการไหลของของไหล ผู้วิจัยนำมาประยุกต์ใช้ในทดสอบการไหลของอากาศภายใต้รูปทรงเรขาคณิตของเมืองในลักษณะต่างๆ เพื่อประเมินพื้นที่

ที่มีประสิทธิภาพในการระบายอากาศ ทั้งนี้เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเรขาคณิตเมือง การไหลของอากาศ กับพื้นที่สีเขียวที่ลดลงจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน จึงใช้ค่าดัชนีพืชพรรณเพื่อเป็นตัวแทนของพื้นที่สีเขียวในการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงของพื้นที่ จากนั้นศึกษาสภาวะน่าสบายเชิงอุณหภูมิ ซึ่งเป็นกระบวนการวิเคราะห์ความสบายในการใช้งานพื้นที่ โดยปัจจัยที่ส่งผลคือ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม ที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม เปรียบเทียบกับเกณฑ์ของแผนภูมิสภาพอากาศ [8] ผลการศึกษาสามารถใช้เป็นแนวทางการกำหนดรูปทรงเรขาคณิตของเมือง ที่ส่งเสริมการไหลของอากาศเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเมืองในอนาคต

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 การคัดเลือกพื้นที่ตัวอย่าง

การคัดเลือกพื้นที่กรณีศึกษาจากพื้นที่ทั้งหมดตามระดับความหนาแน่นของสิ่งปลูกสร้าง ด้วยวิธี GCR (Ground Coverage Ratio) เป็นวิธีการคำนวณโดยใช้อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่โล่งไร้สิ่งปกคลุม [1] แต่เนื่องจากข้อจำกัดของซอฟต์แวร์พลศาสตร์ของไหลที่ใช้ในการจำลองการไหลของอากาศจำเป็นต้องใช้พื้นที่ขนาดเล็กเพื่อความละเอียดของการจำลองการไหลของอากาศในระดับเมือง จากการศึกษาโดยการจำลองการไหลของอากาศในฮ่องกง [9] ได้แบ่งพื้นที่เป็นตารางกริด (Grid) ขนาดกว้าง 200 เมตร ยาว 200 เมตร ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสมกับการจำลองพื้นที่ในแบบจำลองระดับเมือง โดยใช้ซอฟต์แวร์พลศาสตร์ของไหล ได้ทั้งหมด 1,045 จุดภาพ (Pixel) พื้นที่ใน 1 จุดภาพ สามารถแบ่งพื้นที่ GCR เป็นสัดส่วนที่น้อยที่สุดเริ่มที่ร้อยละ 10 ไปจนถึงร้อยละ 60 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่หนาแน่นสูงสุดของเทศบาลนครเชียงใหม่ (จุดภาพนอกเหนือจากนี้คือพื้นที่ไม่ถึงร้อยละ 10 โดยไม่ได้นำมาศึกษา เนื่องจากไม่อยู่ในเกณฑ์ที่เกิดปัญหาด้านการระบายอากาศ) ได้พื้นที่ GCR จำนวน 81 จุดภาพ คือ ร้อยละ 10 จำนวน 8 จุดภาพ ร้อยละ 20 จำนวน 17 จุดภาพ ร้อยละ 30 จำนวน 25 จุดภาพ ร้อยละ 40 จำนวน 22 จุดภาพ ร้อยละ 50 จำนวน 8 จุดภาพ และร้อยละ 60 จำนวน 1 จุดภาพ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การคัดเลือกพื้นที่ด้วยวิธี GCR

2.2 การคำนวณค่าเรขาคณิตเมืองจากอัตราส่วนความสูงของอาคารและความกว้างของถนน (H/W Ratio)

เพื่อทดสอบรูปทรงเรขาคณิตของเมืองที่ส่งผลต่ออุณหภูมิในพื้นที่ เมื่อได้กริดที่แบ่งตามระดับความหนาแน่นของอาคารจากนั้นใช้การหาสัดส่วนของความสูงของอาคารต่อความกว้างของถนน (H/W Ratio) ซึ่ง H หรือ Height ผู้วิจัยใช้ค่าเฉลี่ยความสูงของอาคาร และ W หรือ Width ผู้วิจัยใช้ค่าเฉลี่ยความกว้างของถนน ในพื้นที่กริดขนาดกว้าง 200 เมตร ยาว 200 เมตร โดยนำค่า H/W Ratio มาวิเคราะห์ร่วมกับอุณหภูมิพื้นผิว ซึ่งได้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมจาก Landsat 8 ณ วันที่ 1 เมษายน 2562 โดยข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาภาคเหนือระบุว่า เป็นวันที่มีค่าอุณหภูมิสูงสุดในรอบปี เนื่องจากอุณหภูมิมีความสัมพันธ์กับค่าการแผ่รังสีที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง

2.3 การคำนวณค่าการไหลของลม

ในการจำลองสภาพการไหลของลมด้วยโปรแกรมทางภูมิสารสนเทศศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการ



ระบายอากาศในลักษณะการวางตัวของอาคารในแบบต่างๆ เนื่องจากความเร็วลมที่เกิดขึ้นจริงในสภาพแวดล้อมมีค่าแปรผันกับระดับความสูงต่างๆ จึงมีการคำนวณค่าความเร็วลมด้วยสมการที่ (1) [10]

$$\frac{v_z}{v_g} = \left(\frac{Z}{Z_g} \right)^\alpha \quad (1)$$

โดยที่ v_z คือ ค่าความเร็วลมที่ระดับความสูงที่ต้องการ (เมตรต่อวินาที) ได้จากข้อมูลสภาพอากาศโดยเฉลี่ยของจังหวัดเชียงใหม่ เพื่อให้มีผลสอดคล้องกับการเก็บข้อมูลภาคสนามจึงเลือกใช้ค่าเฉลี่ยเดือนกรกฎาคม ย้อนหลัง 12 ปี ตั้งแต่ปี 2550 ถึงปี 2561 จากการเก็บสถิติในอดีตถึงปัจจุบันของสถานีตรวจวัดศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ (ค่าเฉลี่ยดังกล่าวใช้เป็นพื้นฐานในการอ้างอิงค่าสภาพอากาศของเทศบาลนครเชียงใหม่ในงานวิจัย) v_g คือ ค่าความเร็วลมที่ระดับความสูงอ้างอิง (เมตรต่อวินาที) ในที่นี้มีค่าเท่ากับ 2 ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำที่สุด และเป็นกรณีที่ย่ำที่สุด มาใช้ในการคำนวณ [11] Z คือ ระดับความสูงที่ต้องการ (เมตร) ในที่นี้มีค่าเท่ากับ +1.00 เมตร ซึ่งเป็นระดับที่มีการใช้งานของคน Z_g คือ ระดับความสูงอ้างอิง (เมตร) ได้จากระดับความสูงจากพื้นดินถึงอาคารที่สูงที่สุดในพื้นที่ α คือ ดัชนีความเสี่ยงทานผิว ในที่นี้มีค่าเท่ากับ 0.4 ซึ่งเป็นค่าสำหรับเมืองใหญ่ แสดงสถานการณ์จำลองในโปรแกรมทางภูมิสารสนเทศศาสตร์ โดยกำหนดค่า Iteration หรือค่าการทำซ้ำที่ 100 ครั้ง เพื่อความถูกต้องแม่นยำ ได้ค่าแรงลมที่ไหลผ่านสิ่งกีดขวางหรือค่าแรงลมออกเปรียบเทียบเกณฑ์ ค่าความเร็วลมกับการรับรู้ของมนุษย์ [9] ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าความเร็วลมกับการรับรู้ของมนุษย์

ความเร็วลม (V_o , Velocity) (เมตรต่อวินาที)	การรับรู้ของมนุษย์
$V_o > 0.3$	ลมสงบ ไม่รับรู้ถึงการสัมผัสของลม
$0.6 > V_o \geq 0.6$	มีลม แต่ไม่รับรู้ถึงการสัมผัสของลม
$1 > V_o \geq 0.6$	ลมต่ำ ไม่รู้สึกถึงความสบาย
$1.3 > V_o \geq 1$	มีลมกลางๆ รู้สึกถึงความสบาย
$3 > V_o \geq 1.3$	มีลมพัดดี รู้สึกถึงความสบาย
$V_o \geq 3$	รบกวนการทำงาน

จากนั้นใช้ภาพถ่ายดาวเทียมตรวจสอบพืชพรรณ ร่วมกับการซ้อนทับภาพถ่ายดาวเทียมอุณหภูมิเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่สีเขียวกับอุณหภูมิที่ลดลงหรือเพิ่มขึ้น

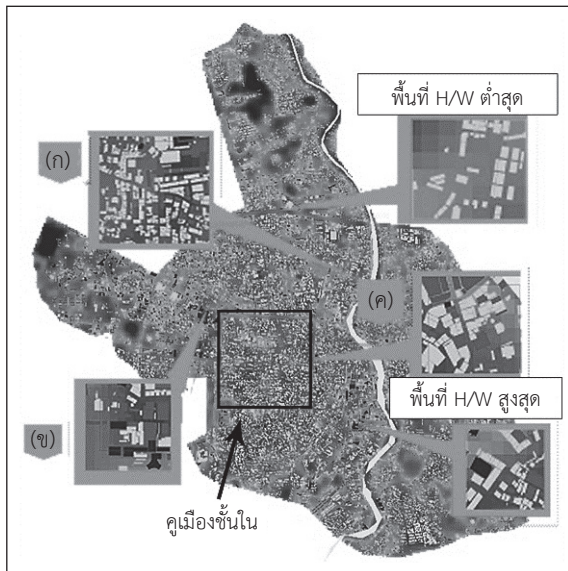
2.4 การวิเคราะห์การไหลของลมกับอุณหภูมิเพื่อแสดงสถานะน่าสบายเชิงอุณหภูมิ

จากพื้นที่กริดตัวอย่างที่มีระดับความหนาแน่นต่างกัน เมื่อคำนวณการไหลของอากาศแล้ว การศึกษาได้ทำการเลือกพื้นที่กริดที่มีค่าความเร็วลมต่ำที่สุดจำนวน 1 กริด ในแต่ละระดับความหนาแน่น เพื่อนำมาทดสอบค่าอุณหภูมิที่น่าสบายเชิงอุณหภูมิ ด้วยการตั้งเครื่องตรวจวัดสภาพอากาศ ทางภาคสนามเพื่อเก็บข้อมูล อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมในเดือนกรกฎาคม เนื่องจากเข้าสู่หน้าฝนทำให้มีลักษณะอุณหภูมิสูง และมีอิทธิพลของความชื้นที่มีผลต่อสถานะน่าสบายเชิงอุณหภูมิ และข้อจำกัดทางด้านเวลาของการทำวิจัย ทำการเก็บข้อมูลในช่วงเวลา 14.00 ถึง 17.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุดของวัน เปรียบเทียบเกณฑ์อุณหภูมิที่น่าสบาย ในแผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric Chart) [8] โดยกำหนดค่าอุณหภูมิที่น่าสบายไว้ที่อุณหภูมิ 36.0 ถึง 36.5 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 20 ถึง 80 ค่ากระแสลม 2 ถึง 3 เมตรต่อวินาที และแผนภูมิไบโอไคลเมตริก (Bioclimatic Chart) [12] กำหนดค่าอุณหภูมิที่น่าสบายไว้ที่อุณหภูมิ 25 ถึง 27 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ร้อยละ 20 ถึง 75 ค่ากระแสลม 0 ถึง 0.28 เมตรต่อวินาที โดยเลือกวันที่อากาศไม่แปรปรวนในการเก็บข้อมูลภาคสนามเพื่อหลีกเลี่ยงวันฝนตกซึ่งทำให้ข้อมูลมีค่าผิดพลาด

3. ผลการทดลอง

3.1 ลักษณะเรขาคณิตเมืองกับอุณหภูมิความร้อน

จากการวิเคราะห์หาอัตราความสูงของอาคารต่อความกว้างของถนน ด้วยสมการ H/W โดยใช้อัตราส่วนระหว่างค่าเฉลี่ยความสูงของอาคารและค่าเฉลี่ยความกว้างของถนนในพื้นที่กริด กว้าง 200 เมตร ยาว 200 เมตร จากการศึกษาพบว่า ค่า H/W เฉลี่ยอยู่ที่ 1.03 และพบค่า H/W สูงสุด คือ



รูปที่ 3 จุดอุณหภูมิในพื้นที่

2.08 อยู่ในพื้นที่ GCR ร้อยละ 40 เนื่องจากมีอาคารสูงและถนนแคบ มีอุณหภูมิ 31.4 องศาเซลเซียส และพบค่า H/W ต่ำสุดคือ 0.15 อยู่ในพื้นที่ GCR ร้อยละ 20 เนื่องจากมีอาคารสูงไม่เกิน 2 ชั้น และถนนกว้าง มีอุณหภูมิ 30.6 องศาเซลเซียส และพบว่าพื้นที่ GCR ร้อยละ 40 ถึง 60 มีค่า H/W เฉลี่ย 1.19 อุณหภูมิเฉลี่ย 31.4 องศาเซลเซียส สูงกว่าพื้นที่ GCR ร้อยละ 10 ถึง 30 ซึ่งมีค่าเฉลี่ย H/W อยู่ที่ 0.94 อุณหภูมิเฉลี่ย 30.3 องศาเซลเซียส ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 3

พื้นที่ที่เกิดจุดความร้อนสูง เช่น บริเวณ รูปที่ 3 (ก) อยู่ตำแหน่งบริเวณตำบลศรีภูมิ มีระดับ GCR เท่ากับร้อยละ 50 อุณหภูมิเฉลี่ย 31.5 องศาเซลเซียส มีการเกาะกลุ่มอาคารต่ำกว่า 6 ชั้น ประกอบกิจกรรมเพื่ออยู่อาศัย โรงแรม และอาคารพาณิชย์ และมีถนนแคบ จึงมีค่า H/W เฉลี่ย เท่ากับ 0.9 ในขณะที่พื้นที่รูปที่ 3 (ข) อยู่ในระดับ GCR ร้อยละ 50 บริเวณโรงพยาบาลมหาราชานครเชียงใหม่ ค่าเฉลี่ย H/W เท่ากับ 0.77 เนื่องจากถนนหลักมีขนาดกว้าง แต่มีอาคารสูงเกิน 6 ชั้น ควบคู่กับกลุ่มอาคารที่หนาแน่นทำให้มีอุณหภูมิสูงถึง 31.9 องศาเซลเซียส และพื้นที่บริเวณรูปที่ 3 (ค) บริเวณถนนคนเดินท่าแพ ร้อยละ GCR เท่ากับ 50 มีค่า H/W เฉลี่ยเท่ากับ 0.79 ในบริเวณนี้มีถนนกว้างแต่การวางตัวของอาคารขวางกัน

ทิศทางลม ทำให้มีอุณหภูมิ 30.8 องศาเซลเซียส

เมื่อพิจารณาอุณหภูมิความร้อนที่เกิดขึ้นในพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่พบว่า ความหนาแน่นของกลุ่มอาคาร เช่น บริเวณคูเมืองชั้นใน ซึ่งมีการกำหนดความสูงของอาคารตามกฎหมายกระทรวง บังคับใช้ผังเมืองรวมเมืองเชียงใหม่ให้ความสูงไม่เกิน 12 เมตร จึงไม่พบอาคารสูงเกิน 5 ชั้น แต่เนื่องจากเป็นพื้นที่ย่านศูนย์กลางธุรกิจ (Central Business District; CBD) ทำให้มีอาคารจำนวนมากเรียงชิดติดกันบนถนนที่แคบ จึงมีอุณหภูมิเฉลี่ย 31.9 องศาเซลเซียส ผลจากการหาค่าสหสัมพันธ์ (Correlations) ของข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่าง H/W Ratio และอุณหภูมิ ดังตารางที่ 2 มีความสัมพันธ์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีค่า Pearson Correlation ของความเร็วลม เท่ากับ 0.268 กล่าวคือ ข้อมูลสัมพันธ์กันในเชิงบวก (Positive Correlation) กล่าวคือ เมื่อสัดส่วนของความสูงของอาคารและความกว้างของถนนมาก อุณหภูมิมีแนวโน้มที่จะสูงตามไปด้วย

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ของเรขาคณิตเมืองและอุณหภูมิ

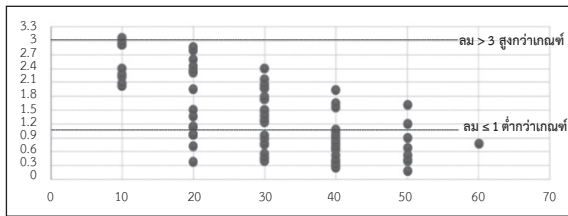
ตัวแปร		H/W	อุณหภูมิ
H/W Ratio	Pearson Correlation	1	.268*
	Sig. (2-tailed)		.015
อุณหภูมิ	Pearson Correlation	.268*	1
	Sig. (2-tailed)	.015	
N			81

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

เพื่อทดสอบวิธีแก้ปัญหาด้านอุณหภูมิด้วยกระแสลมจึงได้จำลองการไหลของอากาศในแบบจำลอง CFD เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างเรขาคณิตเมืองและการไหลของอากาศที่มีผลต่ออุณหภูมิที่แตกต่างกันในพื้นที่ทั้ง 81 จุดภาพ

3.2 การไหลของอากาศในเรขาคณิตเมืองแบบต่างๆ

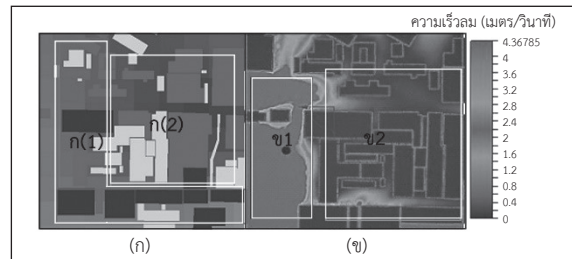
จากการจำลองในแบบจำลองพลศาสตร์ของไหล เพื่อหาค่าเฉลี่ยของกระแสลมในพื้นที่ตามความหนาแน่นของอาคารตั้งแต่ร้อยละ 10 ถึงร้อยละ 60 ดังค่าสภาพแวดล้อมในซอฟต์แวร์จำลองพลศาสตร์ของไหล โดยใช้ค่าเฉลี่ยสภาพอากาศที่ได้จากสถานีตรวจวัดศูนย์อุตุนิยมวิทยา



รูปที่ 4 ค่ากระแสลมที่ได้จากการจำลอง หน่วยเมตรต่อวินาที

ภาคเหนือ ซึ่งมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ย 26.71 องศาเซลเซียส และความกดอากาศเฉลี่ย 1010.5 มิลลิบาร์ ความเร็วลมในการจำลองเริ่มจากค่าน้อยสุดที่ 0 ไปจนถึงสูงสุดที่ 4.3 เมตรต่อวินาที จากการวิเคราะห์เชิงตัวเลข ค่าเฉลี่ยของกระแสลมได้จากการกำหนดจุดวัดกระแสลมในโปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ 100 จุด ระยะห่าง 10 เมตร เพื่อคำนวณค่าเฉลี่ยความเร็วกระแสลมที่ไหลผ่านแต่ละจุดพบว่า ค่ากระแสลมแปรผันตามความหนาแน่นของพื้นที่ กระแสลมที่มีค่าสูงสุดอยู่ในพื้นที่ GCR ร้อยละ 10 มีค่า 3.06 และกระแสลมต่ำสุดอยู่ในพื้นที่ GCR ร้อยละ 50 มีค่า 0.19 ในส่วนของพื้นที่ร้อยละ 60 มีความหนาแน่นมากที่สุด แต่ไม่ได้มีค่ากระแสลมต่ำที่สุด เนื่องจากมีค่า H/W ต่ำ กล่าวคือ พื้นที่อาคารที่ปะทะกับกระแสลมมีพื้นที่บริเวณหลังอาคารที่เพียงพอกับพื้นที่หมุนวนอากาศ (Cavity) และพื้นที่การไหลกลับคืนปกติ (Wake) ทำให้กระแสลมระบายได้ดี แต่เมื่อคำนวณการไหลจากพื้นที่ทั้งหมด ยังจัดอยู่ในกลุ่มพื้นที่ที่กระแสลมต่ำกว่าเกณฑ์ สำหรับพื้นที่ที่พบปัญหาค่าความเร็วลมต่ำกว่าเกณฑ์การรับรู้ของมนุษย์ ซึ่งมีผลต่อการระบายอากาศตามธรรมชาติ มีจำนวน 15 พื้นที่ มากที่สุดในพื้นที่ GCR ร้อยละ 40 และ 50 แสดงในรูปที่ 4

โดยที่ GCR ร้อยละ 10 อาคารสูงเฉลี่ย 1 ถึง 2 ชั้น มีค่า H/W เฉลี่ย 1.19 ซึ่งพื้นที่มีลักษณะเปิดโล่ง (Open Space) การใช้งานในด้านอยู่อาศัยประเภทบ้านเดี่ยว และอาคารพาณิชย์ ซึ่งพบพื้นที่สีเขียวมากที่สุดจากพื้นที่ตัวอย่างทั้งหมด สำหรับพื้นที่ GCR ร้อยละ 20 พบว่า ส่วนใหญ่เป็นอาคารสูงเฉลี่ย 1 ถึง 2 ชั้น ค่า H/W เฉลี่ย 0.87 พื้นที่มีการใช้งานประเภทที่อยู่อาศัยประเภทบ้านเดี่ยว อาคารพาณิชย์และสถานที่ราชการ ในขณะที่พื้นที่ GCR ร้อยละ 30 มีอาคารสูง



รูปที่ 5 (ก) พื้นที่อุณหภูมิสูง (ข) พื้นที่อับลมและพื้นที่ลมกรรโชก

เฉลี่ย 3 ถึง 5 ชั้น ค่า H/W เฉลี่ย 0.91 ลักษณะการใช้งานประเภทที่พักอาศัย สถานที่ราชการ และอาคารพาณิชย์ พื้นที่ GCR ร้อยละ 40 อาคารสูงเฉลี่ย 2 ถึง 5 ชั้น และพบอาคารสูง 6 ถึง 12 ชั้น ค่า H/W เฉลี่ย 1.28 ลักษณะการใช้งานประเภทที่อยู่อาศัยโรงแรมอาคารพาณิชย์และห้างสรรพสินค้า พื้นที่ GCR ร้อยละ 50 อาคารสูงเฉลี่ย 2 ถึง 3 ชั้น ค่า H/W เฉลี่ย 0.89 ลักษณะการใช้งานประเภทที่อยู่อาศัยประเภทบ้านเดี่ยว สถานที่ราชการ โรงแรม อาคารพาณิชย์ สูดท้ายและพื้นที่ GCR ร้อยละ 60 อาคารสูงเฉลี่ย 2 ถึง 3 ชั้น ค่า H/W เท่ากับ 1.4 ลักษณะการใช้งานประเภท โรงแรมและอาคารพาณิชย์

ตัวอย่างพื้นที่ GCR ร้อยละ 50 บริเวณโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอยู่ที่ 31.9 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ยการไหลของกระแสลมอยู่ที่ 1.6 เมตรต่อวินาที ดังรูปที่ 5 (ก) โดยที่ความสูงของอาคารแสดงในลักษณะรูปเหลี่ยม (Polygon) สีเทาเข้มหมายถึง อาคาร 6-32 ชั้น สีเทาอ่อนอาคาร 3-5 และสีขาวหมายถึงอาคาร 1-2 ชั้น ซึ่งอาคารสูงอยู่บริเวณหน้าลมดังกรอบ ก(1) มีความสูงมากกว่าอาคารหลังลมดังกรอบ ก(2) ทำให้กลุ่มอาคารในกรอบ ก(2) มีอุณหภูมิสูง ดังรูปที่ 5 (ข) อันเป็นผลมาจากการไหลผ่านของลมผ่านสิ่งกีดขวาง ดังทฤษฎีการวางอาคารในนาสถาปัตยกรรมเขตร้อนชื้น [13] ที่กล่าวว่า การจัดกลุ่มของอาคารต้องคำนึงถึงระยะห่างระหว่างอาคาร ยิ่งห่างมากทำให้อับลมน้อยลง ซึ่งกรณีที่ดีสุดต้องคำนึงถึงค่า H/W ให้มีความสัมพันธ์กัน

จะเห็นว่าอาคารในกรอบสีเหลืองมีลักษณะอับลมเนื่องจากไม่มีระยะห่างระหว่างอาคารที่เพียงพอให้ลม

สามารถไหลเข้าได้ ขณะเดียวกันในกรอบสี่ด้านมีลักษณะลมแรงเกินขอบเขตความสบายของลมที่ระบุไว้ไม่เกิน 3 เมตรต่อวินาที ซึ่งรบกวนต่อผู้ใช้งานในอาคาร เนื่องจากอาคารมีลักษณะสูงและตัน ทำให้กระแสลมปะทะกับอาคารโดยตรงและเกิดการหมุนวนของลม

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ เรขาคณิตเมือง การไหลของอากาศ และพิจารณาพร้อมกับค่าดัชนีพืชพรรณ หรือ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) คือค่าที่บอกสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมพื้นผิว โดยการคำนวณจากช่วงคลื่นของภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งมีความสำคัญในการลดลงของอุณหภูมิ สัมพันธ์กับทฤษฎีแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ดังนี้ ในเวลากลางวัน ต้นไม้มีกระบวนการคายน้ำ (Transpiration) ทำให้เกิดความเย็นจากไอน้ำในอากาศ และการกรองรังสีของดวงอาทิตย์ก่อนตกลงสู่พื้นดิน ทำให้บริเวณใต้ต้นไม้มีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าในพื้นที่โล่ง และร่มเงาที่กระทบกับตัวอาคาร มีผลทำให้อุณหภูมิผิวอาคารลดลง ในขณะเดียวกัน ต้นไม้มีส่วนช่วยลดการสูญเสียความร้อนในเวลากลางคืน โดยความร้อนที่สะสมอยู่ในผิวดินจะถูกถ่ายเทกลับสู่ท้องฟ้าโดยการพาความร้อน (Convection) และการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) โดยในเวลากลางคืนอุณหภูมิใต้ต้นไม้จะสูงกว่าอุณหภูมิบริเวณสนามหญ้ากลางแจ้ง และช่วยควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในเวลากลางวันและกลางคืน [14] เพื่อให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เรขาคณิตเมือง (H/W) อุณหภูมิ (Temp) ความเร็วลม (Velocity) และดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ในพื้นที่ศึกษาตามระดับ GCR 10-60% มาวิเคราะห์ได้ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติสหสัมพันธ์ สามารถอธิบายได้ดังนี้ 1) ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และเรขาคณิตเมือง มีความสัมพันธ์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีค่า Pearson Correlation ของเรขาคณิตเมือง เท่ากับ 0.268 หมายถึง ข้อมูลสัมพันธ์กันในเชิงบวก (Positive Correlation) กล่าวคือ ค่าอุณหภูมิแปรผันตรงกับค่าเรขาคณิตเมือง 2) ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และความเร็วลม มีความสัมพันธ์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 มีค่า Pearson Correlation ของความเร็วลม เท่ากับ -0.564 หมายถึง ข้อมูลสัมพันธ์กันในเชิงลบ (Negative Correlation) กล่าวคือ ค่าอุณหภูมิแปร

ผกผันกับค่าความเร็วลม และ 3) ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และดัชนีพืชพรรณ มีความสัมพันธ์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ค่า Pearson Correlation ของ NDVI เท่ากับ -0.222 กล่าวคือ ค่าอุณหภูมิแปรผกผันกับค่าดัชนีพืชพรรณ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรการไหลของอากาศ ในลักษณะเรขาคณิตเมืองแบบต่างๆ

ตัวแปร		ความเร็วลม	H/W Ratio
ความเร็วลม	Pearson Correlation	1	-.555**
	Sig. (2-tailed)		.000
HW Ratio	Pearson Correlation	-.555**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
อุณหภูมิ	Pearson Correlation	-.564**	.268*
	Sig. (2-tailed)	.000	.015
ดัชนีพืชพรรณ	Pearson Correlation	.240*	.094
	Sig. (2-tailed)	.031	.405
N			81
ตัวแปร		อุณหภูมิ	ดัชนีพืชพรรณ
ความเร็วลม	Pearson Correlation	.000	.240*
	Sig. (2-tailed)	-.564**	.031
HW Ratio	Pearson Correlation	.268*	.094
	Sig. (2-tailed)	.015	.405
อุณหภูมิ	Pearson Correlation	1	-.222*
	Sig. (2-tailed)		.047
ดัชนีพืชพรรณ	Pearson Correlation	1	-.222*
	Sig. (2-tailed)		.047
N			81

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

ทั้งนี้จากค่าเรขาคณิตเมืองที่สูงขึ้นมีผลทำให้ค่าความเร็วลมลดลงและอุณหภูมิสูงขึ้นตามไปด้วย และเมื่อมีค่าดัชนีพืชพรรณที่สูงจะสามารถช่วยลดอุณหภูมิในพื้นที่นั้นๆ ลง



3.3 ค่าสภาวะนำสabayเชิงอุณหภาพในพื้นที่

จากผลการศึกษาข้างต้นจึงนำไปสู่การศึกษาระดับสภาวะนำสabayเชิงอุณหภาพพื้นที่จากค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วลม ซึ่งได้จากการตั้งเครื่องตรวจวัดสภาพอากาศใน 6 พื้นที่ที่มีความหนาแน่นอาคารต่างกันตั้งแต่ระดับ GCR ที่ร้อยละ 10 ถึง ร้อยละ 60 โดยเลือกพื้นที่กริดที่มีค่ากระแสลมต่ำ เพื่อเป็นพื้นที่ตัวแทนของกริดที่มีปัญหาด้านกระแสลมนำมาเปรียบเทียบเกณฑ์อุณหภูมินำสabayจากการทบทวนวรรณกรรมโดยกำหนดเกณฑ์ แผนภูมิไซโครเมตริก และเปรียบเทียบค่ากระแสลมกับเกณฑ์กระแสลมที่มีผลต่อความสบายของผู้ใช้งาน โดยแสดงค่าเฉลี่ยข้อมูลที่เก็บในช่วงเวลา 14.00–17.00 น. ทุก 5 นาที จากการเก็บค่าสภาพอากาศในพื้นที่จริงได้ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าสภาพอากาศจากการเก็บภาคสนาม

GCR (ร้อยละ)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ)	ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)
10	36.2	44.3	3.1
20	36.4	43.2	2.4
30	39.4	38.9	0.8
40	41.8	32.9	0.7
50	41.9	31.9	0.6
60	40.4	31.8	0.8

สำหรับในเกณฑ์สภาวะนำสabayของแผนภูมิไซโครเมตริกได้กำหนดอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วง 36.0–36.5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง ร้อยละ 20 ถึง 80 และความเร็วลมเฉลี่ยควรอยู่ในช่วง 2 ถึง 3 เมตรต่อวินาที ในพื้นที่ GCR ร้อยละ 10 ถึง 20 ยังอยู่ในเกณฑ์สภาวะนำสabayที่กำหนดโดย ASHRAE สำหรับในพื้นที่ 30 ถึง 60 ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงทำให้มีผลต่อความชื้นสัมพัทธ์ที่ลดลงและความเร็วลมที่ลดลงอีกด้วย ทำให้พื้นที่ดังกล่าวมีสภาพแวดล้อมที่เกินขอบเขตสภาวะนำสabay และเมื่อเปรียบเทียบขอบเขตสภาวะนำสabayของแผนภูมิไบโอไคลเมติกพบว่าในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิเกินขอบเขตสภาวะนำสabayทั้ง 6 พื้นที่ ทั้งนี้ อุณหภูมิที่ตรวจวัดเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน จึงไม่สามารถ

เปรียบเทียบเกณฑ์ของแผนภูมิไบโอไคลเมติกในกรณีพื้นที่ดังกล่าวได้ เนื่องจากแผนภูมิดังกล่าวเหมาะสมกับช่วงอุณหภูมิเฉลี่ยที่สูงกว่าของพื้นที่ ดังนั้นเกณฑ์ที่เหมาะสมจะนำมาใช้คือ แผนภูมิไซโครเมตริก ที่มีช่วงอุณหภูมิที่สามารถวัดค่าสภาวะนำสabayได้ใกล้เคียงและเหมาะสมกับพื้นที่

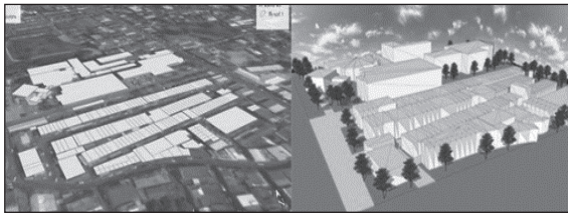
3.4 การแก้ไขพื้นที่และอาคารเพื่อการระบายอากาศ

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดในการแก้ไขพื้นที่และอาคาร ที่มีลักษณะการระบายอากาศถูกปิดกั้น และการกำหนดความสูงของอาคารที่ส่งเสริมการระบายอากาศสำหรับพื้นที่ในขนาดดังนี้

3.4.1 เพิ่มพื้นที่สีเขียว

จากการศึกษาข้างต้นพบว่า บริเวณที่มีค่าดัชนีพืชพรรณสูงสัมพันธ์กับการระบายของอากาศมาก ทั้งยังสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่ลดลงในพื้นที่ ฉะนั้นการเปลี่ยนพื้นที่ที่ลาดชันให้เป็นพื้นที่สีเขียว โดยการออกแบบภูมิทัศน์ให้เหมาะสมต่อพื้นที่และการใช้งานจึงมีส่วนสำคัญในการควบคุมอุณหภูมิในพื้นที่โดยการออกแบบให้มีต้นไม้ใหญ่ในบริเวณทิศใต้ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นทิศที่รับแดดในช่วงเวลาบ่ายถึงเย็น ทำให้อาคารสะสมพลังงานความร้อน การปลูกต้นไม้บริเวณนั้นนอกจากจะช่วยลดอุณหภูมิให้แก่ตัวอาคารยังช่วยลดซับรังสีดวงอาทิตย์ในเวลากลางวัน ชะลอแรงลม ลดฝุ่นที่พัดเข้าสู่ตัวอาคารอีกด้วย แต่สำหรับอาคารสูงบริเวณเปลือกอาคารการเปลี่ยนพื้นที่ลาดชันเป็นภูเขานั้น มีผลต่อการดูดซับและสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ เช่น ดาดฟ้าสามารถเพิ่มพื้นที่สีเขียวในลักษณะสวนลอยฟ้า (Green Roof) ช่วยลดอุณหภูมิบางส่วนที่ส่งผ่านจากภายนอกอาคาร โดยใช้พืชเป็นฉนวนกันความร้อน สำหรับพื้นที่ไม้ที่เลือกใช้ควรทนต่อสภาพอากาศคำนึงถึงการระบายน้ำ และน้ำหนักโดยรวม ซึ่งปัจจุบันมีวิธีปลูกแบบ Extensive Roof Garden ที่เลือกใช้พืชคลุมดิน ความหนาของชั้นปลูกไม่เกิน 15 เซนติเมตร มีน้ำหนักต่ออาคารเพิ่มขึ้น 50–150 กิโลกรัมต่อตารางเมตร [15] ซึ่งเป็นสัดส่วนที่สามารถรับน้ำหนักได้ของอาคารสูง

การลดอุณหภูมิของผนังด้วยสวนแนวตั้ง (Vertical Garden) มี 2 ลักษณะ คือ 1) แบบแผง (Green Facade) สามารถใช้งานในพื้นที่จำกัดเนื่องจากบางและเบา เหมาะกับ



รูปที่ 6 พื้นที่ GCR ร้อยละ 60

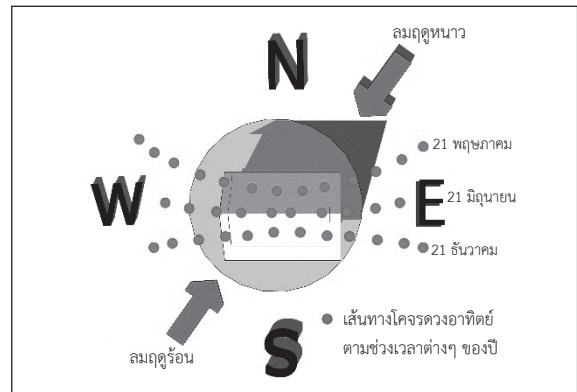
การปลูกไม้เลื้อยหรือไม้คลุมดิน โดยพืชจะเติบโตจากพื้นดิน เลื้อยไปตามโครงสร้างแผงเหล็กที่ปรับตามรูปทรงของอาคาร ซึ่งใช้ระยะเวลาในการเติบโตประมาณ 3 ถึง 5 ปี และ 2) คือ แบบกระถางที่มีระบบน้ำในตัว (Green Living Wall) สามารถ ปลูกต้นไม้ได้หลากหลาย เนื่องจากมีระบบกระถางเรียงเป็น แนวผนัง ซึ่งควบคุมระบบน้ำแบบอัตโนมัติใช้ระยะเวลา ในการเติบโตของประมาณ 12 ถึง 18 เดือน [16] ผู้วิจัยได้ เสนอตัวอย่างในการปรับปรุงพื้นที่ GCR ร้อยละ 60 ดังรูปที่ 6 ซึ่งเป็นพื้นที่บริเวณโรงแรมเมอร์เคียว ตำบลช้างเผือก ที่มี ลักษณะเป็นพื้นที่ลาดเชิง ไม่มีต้นไม้ใหญ่ในบริเวณทิศใต้ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้อาคารรับแดดในเวลากลางวัน จึงเพิ่มต้นไม้ใหญ่เพื่อเป็นร่มเงาแก่ตัวอาคารในทิศดังกล่าว

3.4.2 การพิจารณาช่องเปิดของอาคาร

จากการศึกษาพื้นที่ที่มีลักษณะหนาแน่นของกลุ่มอาคาร เช่น บริเวณคูเมืองชั้นใน ซึ่งมีลักษณะอาคารเรียงชิดติดกัน บนถนนที่แคบ ส่งผลต่ออุณหภูมิที่สูงกว่าในพื้นที่รอบข้าง ตามหลักทิศทางของช่องเปิด กล่าวได้ว่ากระจกเป็นจุด ที่มีความร้อนผ่านเข้ามามากที่สุด [17] จึงต้องพิจารณาให้ เหมาะสมกับอาคาร ในประเทศไทยระยะเวลาที่ดวงอาทิตย์ โคจรอ้อมทิศใต้เป็นช่วงที่ยาวที่สุดในรอบปี อยู่ในเดือน กันยายนถึงเมษายน จึงควรหาร่มเงาให้ช่องเปิดทางทิศใต้ ทางทิศตะวันออก ทิศตะวันตกจะรับแสงแดดทั้งช่วงเช้าและ บ่าย จึงควรเปิดช่องเปิดของอาคารให้น้อยที่สุด ทิศทางที่ควร มีช่องเปิดมากที่สุด คือ ทิศเหนือ และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งปริมาณรังสีดวงอาทิตย์มีน้อยกว่าทิศอื่นๆ สามารถใช้เป็น ช่องเปิดเพื่อให้แสงสว่าง และการถ่ายเทอากาศ ดังรูปที่ 7

3.4.3 การใช้วิธีระบายอากาศทางตั้ง

เมื่อศึกษาพื้นที่ที่เกิดจุดอับลมเช่นในบริเวณพื้นที่ GCR

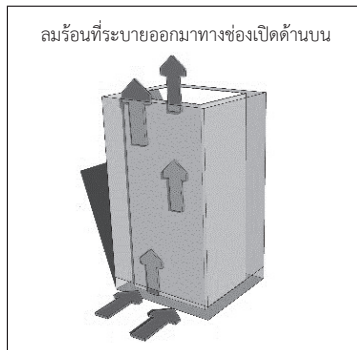


รูปที่ 7 ทิศทางแสงกับช่องเปิดของอาคาร

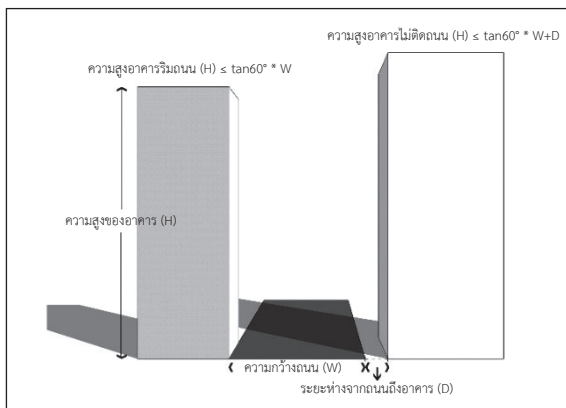
ร้อยละ 40-60 นั้น ส่งผลต่ออุณหภูมิที่สูงขึ้น อันมีผลต่อ สภาวะน่าสบายของคนที่ใช้พื้นที่ดังกล่าว ซึ่งโดยทั่วไป การระบายอากาศจะเป็นไปในทิศทางแนวนอน แต่เนื่องจาก พื้นที่ชุมชนที่แออัดมากขึ้นทำให้การระบายอากาศแนวนอน จำกัดมากขึ้น การระบายอากาศแนวตั้งถูกนำเข้ามาใช้ใน อาคารในปัจจุบัน โดยอาศัยหลักการความร้อนลอยตัวขึ้น ที่สูง [18] ซึ่งอาศัยภาวะแตกต่างของอุณหภูมิอากาศ (Stack Effect Ventilation) ภายในและภายนอกอาคาร ในงาน สถาปัตยกรรมการใช้ระบบผนังสองชั้น (Double Skinned Facade) เมื่ออากาศระหว่างผนังทั้งสองมีความร้อนมากกว่า อากาศภายนอกทำให้อากาศภายในเบากว่า เมื่อเปิดส่วนล่าง และส่วนบนของช่องว่างระหว่างผนังจะทำให้อากาศภายนอก ที่เย็นกว่ามาแทนที่อากาศภายในที่ร้อนกว่าให้ลอยตัวสูงขึ้น และระบายออกทางช่องเปิดส่วนบนดังรูปที่ 8 แต่ด้วยข้อ จำกัดของกระแสลมธรรมชาติที่ไม่แรงพอในการไล่ลมร้อน จึงควรเพิ่มพัดลมช่วยในการระบายอากาศ

3.4.4 การกำหนดความสูงของอาคาร

สำหรับพื้นที่เมืองในอนาคตการกำหนดความสูงของ อาคารให้เหมาะสมที่ไม่ขวางกันทิศทางลม สามารถส่งเสริม การระบายอากาศได้ดีขึ้น จากการศึกษาที่ฮ่องกง [19] พบว่า ความสูงของอาคารที่เกินสองเท่าของถนนมีผลต่อการระบาย อากาศทำให้การระบายอากาศลดลง และจากการศึกษาเมื่อ งอุทัยธานี [20] ได้นำมาประยุกต์เพื่อกำหนดความสูงของ อาคารที่ส่งเสริมการระบายอากาศโดยได้กำหนดความสูง



รูปที่ 8 การระบายอากาศทางตั้งโดยใช้ผนังสองชั้น



รูปที่ 9 การคำนวณความสูงที่เหมาะสมของอาคาร

ที่เหมาะสมไว้ในสองกรณี คือ 1) กรณีอาคารริมถนน ดังสมการที่ (2) และ 2) กรณีอาคารไม่ติดถนน ดังสมการที่ (3) แสดงในลักษณะรูปภาพดังรูปที่ 9

$$H \leq \tan 60^\circ (w) \quad (2)$$

$$H \leq \tan 60^\circ (w + D) \quad (3)$$

H คือ ความสูงของอาคาร $\tan 60^\circ$ มีค่า 1.732,

W คือ ความกว้างของถนน D คือ ระยะห่างจากถนนถึงอาคาร

4. อภิปรายผลและสรุป

จากการวิเคราะห์เรขาคณิตเมืองในเทศบาลนคร เชียงใหม่ พบรูปแบบการวางตัวของอาคารที่ส่งผลต่ออุณหภูมิ

ที่สูงกว่ารูปแบบอื่น 3 รูปแบบ ดังนี้ 1) อาคาร 1-4 ชั้น พบได้ในบริเวณคูเมืองชั้นใน 2) อาคารสูงเกิน 5 ชั้น พบบริเวณรอบๆ คูเมืองกระจายตัวรอบๆ บริเวณพื้นที่ ลักษณะการใช้ประโยชน์เป็นอาคารพาณิชย์ โรงแรม ห้างสรรพสินค้า สถานที่ราชการ เป็นต้น 3) อาคารสูงต่ำสลับกันอย่างหนาแน่น พบได้ในพื้นที่อาคารพาณิชย์ที่ควบคู่กับอาคารพักอาศัย ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการวางอาคารที่ปิดกั้นทิศทางลม พบว่าในพื้นที่ที่มีค่า H/W สูง แต่ค่าอุณหภูมิต่ำ เป็นผลมาจากการวางทิศทางของอาคารไม่ขวางกันแนวของกระแสลม และในพื้นที่อุณหภูมิต่ำสามารถพบได้ในบริเวณสองข้างของริมแม่น้ำปิง อันเป็นผลมาจากอิทธิพลความชื้น และพืชปกคลุมดิน ยังมีส่วนช่วยในการลดอุณหภูมิอีกด้วย จากการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิพบว่า ตัวแปรที่มีผลต่อการเพิ่มหรือลดของอุณหภูมิ คือ เรขาคณิตเมือง กระแสลม และสิ่งปกคลุมดิน ฉะนั้นเมืองที่มีลักษณะความสูงของอาคารสัมพันธ์กับความกว้างของถนนมีส่วนช่วยให้กระแสลมถ่ายเทสามารถช่วยลดอุณหภูมิในพื้นที่ และในพื้นที่โล่งที่มีพืชพรรณมีผลให้ค่าอุณหภูมิลดลงด้วย สำหรับปัญหาที่พบในพื้นที่ที่สามารถแก้ไขตามแนวคิดการออกแบบสถาปัตยกรรมการออกแบบผังเมือง ที่นำเอาวิธีการระบายอากาศโดยใช้กระแสลม โดยในกรณีพื้นที่นอกเมืองที่กำลังพัฒนาควรกำหนดระยะร่นและพื้นที่ว่างสำหรับอาคารสูง รูปทรงของอาคารจะต้องมีรูปทรงเป็นไปตามทิศของกระแสลม

ทั้งนี้ด้วยข้อจำกัดทางด้านระยะเวลาในการทำวิจัยสำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่ เนื่องด้วยพื้นที่มีลักษณะอาคารสูงใกล้เคียงกัน และถนนมีความกว้างใกล้เคียงกัน ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ค่าเฉลี่ยในการคำนวณหา H/W Ratio เพื่อลดระยะเวลาในการประมวลผลและจำกัดจำนวนข้อมูลในการหาค่าสหสัมพันธ์ ซึ่งเป็นวิธีที่ลดทอนความละเอียดในการหาค่า H/W Ratio ฉะนั้นสำหรับพื้นที่ขนาดเล็กเพื่อความละเอียดจึงควรใช้ การหาสัดส่วนของความสูงอาคารต่อถนนในแต่ละอาคาร เพื่อให้เหมาะสม และการปรับปรุงภูมิทัศน์ โดยการเพิ่มต้นไม้ใหญ่ในพื้นที่เมืองจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติ ดังนี้ 1) ดูแลรักษาง่าย เจริญเติบโตได้ดี 2) กิ่งไม้เปราะหักง่าย 3) พุ่มใบไม้ที่บังจนเกินไปเนื่องจากกลางคืนจะมีการแลกเปลี่ยน

รังสีความร้อนกับท้องฟ้าตามหลักสมดุลพลังงานโลก ทำให้ได้ต้นไม้มีอุณหภูมิสูงกว่าที่เล็ง ฉะนั้นต้องคำนึงถึงความหนาของพุ่มใบเพื่อไม่ให้ลดทอนการระบายความร้อนในตอนกลางวัน และ 4) จะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้งานโดยจะต้องไม่มียาง ไม่มีพิษหรือหนามแหลมคม ซึ่งส่วนใหญ่นิยมพรรณไม้พื้นถิ่นของไทย เช่น ประดู่ มะขาม พิกุล และพะยอม

5. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยเรื่อง ทูนาทางสังคม ลักษณะกายภาพเมือง และการเตรียมการรับมือในการจัดการสิ่งแวดล้อมบนความหลากหลายทางพื้นที่ของจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ปีงบประมาณ 2562

เอกสารอ้างอิง

- [1] W. Sirilak and S. Atch, "Wind environment impact of building forms and orientations on urban surrounding," in *Building Technology Alliance Conference on Energy and Environment*, 2017, pp. 311–324.
- [2] Land Development Department. (2016). Chiang Mai Land use. [Online]. Available: http://www.ldd.go.th/www/lek_web/web.jsp?id=18907 (accessed Mar. 20, 2019).
- [3] D. E. Horton, C. B. Skinner, D. Singh, and N. S. Diffenbaugh, "Occurrence and persistence of future atmospheric stagnation events," *Nature Climate Change*, vol. 4, no. 8, pp. 698–703, 2014.
- [4] Northern Meteorological Center. (2019). *Climatological data for the period 1981-2010, Chiang Mai*. [Online]. Available: <http://www.cmmet.tmd.go.th/forecast/climate.xls>.
- [5] J. Kitchai, "Thermal comfort of high-land people in Thailand during cool season," in *Proceedings Kasetsart University Annual Conference*, 2007, no. 5, pp. 22–29 (in Thai).
- [6] S. Zakhour, "The impact of urban geometry on outdoor thermal comfort conditions in Hot-arid region," *Journal of Civil Engineering and Architecture*, vol. 2, no. 8, 2015.
- [7] T. R. Oke, "Street design and urban canopy layer climate," *Energy Build*, vol. 11, pp. 103–113, 1988.
- [8] *Thermal environmental conditions for human occupancy*, ASHRAE Standard 55:1992, 1992.
- [9] C. Yuan and E. Ng, "Building porosity for better urban ventilation in high-density cities - A computational parametric study," *Building and Environment*, vol. 50, pp. 176–189, 2012.
- [10] A. G. Davenport, "The treatment of wind loading on tall buildings," in *Proceedings of a Symposium on Tall Buildings with Particular Reference to Shear Wall Structures*, 1967, pp. 3–45.
- [11] T. Daranee and J. Chalermwat, "Natural ventilation: Planning design guidelines for residential high-rises," *Journal of Architectural/ Planning Research and Studies*, vol. 3, pp. 23–36, 2005 (in Thai).
- [12] V. Olgyay, A. Olgyay, D. Lyndon, V. W. Olgyay, J. Reynolds, and K. Yeang, *Design with Climate*. New Jersey: Princeton University Press, 2016.
- [13] S. Nittaya, *Tropical Design Environment*. Bangkok, Thailand: Chulalongkorn University, 1998.
- [14] N. Duangporn, *Climatology*. Bangkok: Chulalongkorn university (in Thai).
- [15] S. C. M. Hui, "Benefits and potential applications of green roof systems in Hong Kong," presented at the 2nd Megacities International Conference,



- Guangzhou, China, December 2006.
- [16] E. M. Elgizawy, "The effect of green facades in landscape ecology," *Procedia Environmental Sciences*, vol. 34, pp. 119–130, 2016.
- [17] V. Siriratchata, "A study of fenestration prototypes for Hot-Humid climata building," M.S. thesis, Department of Architecture, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University, 2007 (in Thai).
- [18] B. Chumnan, "Stack effect ventilation," *Journal of Building Energy & Environment*, vol. 2, no. 1, pp. 33–38, 2003 (in Thai).
- [19] K.-S. Wong and E. Ng, "Policies towards greening, permeability and building separation for better city planning in Hong Kong," Presented at 2nd International Conference on Countermeasures to Urban Heat, Islands, September, 2009.
- [20] C. Wanpen, "Physical characteristics and ventilation pattern in Uthai Thani city," *Journal of Architectural/Planning Research and Studies*, vol. 11, no. 2, 2014 (in Thai).