

การประยุกต์หลักการถ่ายโอนพลังงานความร้อนสำหรับการออกแบบ ภูมิทัศน์เพื่อลดอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร

Application of Heat Transfer for Designing Landscapes to Reduce Air Temperature in Buildings

คำจันทร์ ชาญชิต^{1*} และ อติรัฐ มากสุวรรณ¹
Kumjan Chanchit^{1*} and Atirat Maksuwan¹

Received: 21 October 2023

Revised: 2 April 2024

Accepted: 3 April 2024

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือเปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่ลดลงต่อหนึ่งหน่วยเวลาจากการออกแบบภูมิทัศน์เพื่อลดอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร วิธีดำเนินการวิจัยนี้ถูกแบ่งออกเป็นสี่ขั้นตอน ขั้นตอนหนึ่งคือคัดเลือกพรรณไม้ ได้แก่ ไม้พุ่มขนาดใหญ่ ไม้พุ่มขนาดกลาง ไม้พุ่มขนาดเล็ก และพืชคลุมดิน ตามเกณฑ์การประเมินศักยภาพคุณสมบัติการนำไปใช้งานภูมิทัศน์ ขั้นตอนที่สองคือออกแบบภูมิทัศน์โดยการสร้างภาพแบบทัศนมิติ หมายถึงการร่างภาพในลักษณะที่เหมือนการมองเห็นจริงจากการจัดเรียงพรรณไม้ที่ผ่านการคัดเลือกในทิศทางและขนาดพื้นที่ที่แตกต่างกัน ขั้นตอนที่สามคือคำนวณค่าการนำความร้อนของพรรณไม้และพืชคลุมดิน และขั้นตอนที่สี่คือประยุกต์หลักการถ่ายโอนพลังงานความร้อนเพื่อสร้างเส้นแนวโน้มของอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่ลดลงต่อหนึ่งหน่วยเวลา ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า การจัดภูมิทัศน์ที่ออกแบบให้ไม้พุ่มขนาดใหญ่มีพื้นที่มากที่สุดและมีตำแหน่งอยู่ด้านหน้าของอาคารจะมีเส้นแนวโน้มของอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่ลดลงต่อหนึ่งหน่วยเวลามากที่สุด

คำสำคัญ: การถ่ายโอนพลังงานความร้อน การจัดภูมิทัศน์ ทัศนมิติ

¹หลักสูตรเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย 10330

¹Department of Environmental Technology for Agriculture, Faculty of Science and Technology, Pathumwan Institute of Technology, Bangkok, Thailand 10330.

*ผู้พิมพ์ประสานงาน (Corresponding author) e-mail: kumjan1612@gmail.com

ABSTRACT

The objective of this research was to compare the rate of air temperature reduction per unit time from designing landscapes to reducing air temperature in buildings. The research methodology was divided into four steps. The first step is to select plants, including large, medium, and small shrubs and ground-covered plants. According to the criteria for evaluating the potential properties for use in landscape applications. The second step is to landscape design by creating perspective images, that is, sketching images in a way that looks like real vision from arranging plants that have been selected in different directions and sizes. The third step is to calculate the thermal conductivity of plants and ground cover and finally, application of heat transfer to create a curve for the decreasing rate of air temperature change per unit time. The results of this research show that landscaping designs that maximize the area of large shrubs and are positioned in front of buildings have the greatest trend lines in the rate of temperature change per unit time.

Keywords: Heat Transfer; Landscaping; Perspective

บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันมีการใช้พลังงานในการปรับลดอุณหภูมิจากเครื่องปรับอากาศภายในอาคารเพื่อให้เข้าสู่สภาวะน่าสบาย (Comfort Zone) เป็นจำนวนมาก ส่งผลให้มีการเพิ่มการใช้พลังงานไฟฟ้า และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเนื่องจากการใช้เครื่องปรับอากาศ [1] ซึ่งผลกระทบจากการใช้เครื่องปรับอากาศเป็นหลักในการสร้างสภาวะน่าสบายในปัจจุบันส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารเพิ่มสูงขึ้น รวมถึงการเกิด Heat Island ในพื้นที่ขนาดเล็ก (Micro Climate) แล้วส่งผลกระทบถึงระดับใหญ่ขึ้น (Macro Climate) ประกอบกับการขยายตัวของเขตพื้นที่เมืองร่วมกับการพัฒนาทางเศรษฐกิจที่อิงกับอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว [2] ทำให้ผู้ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่เขตเมือง นอกจากจะได้รับผลกระทบเนื่องจากสภาวะเกาะความร้อนเมือง (Urban Heat Island, UHI) แล้ว ยังมีโอกาสได้รับอันตรายจากปรากฏการณ์คลื่นความร้อนด้วย [3-5] จากผลกระทบเกี่ยวกับสภาวะเกาะความร้อนเมืองอาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่เขตเมืองจึงมีการทบทวนประมาณเพื่อการวิจัยเกี่ยวกับปัญหาสภาวะเกาะความร้อนเมืองอย่างจริงจัง [6-8]

เมื่อพิจารณาจาก Bio climatic chart [9] สภาวะน่าสบายของมนุษย์อยู่ที่ 22 -27 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 20 – 75 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายนอกในปัจจุบันอยู่ที่ประมาณ 35 - 40 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้สิ้นเปลืองพลังงานเป็นจำนวนมากในการลดอุณหภูมิให้ต่ำลงมาประมาณ 10 องศาเซลเซียส เพื่อให้เข้าสู่สภาวะน่าสบาย (เมื่อพิจารณาอุณหภูมิในสภาวะน่าสบายที่ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 50 เปอร์เซ็นต์) จากการศึกษาของสุนทร [10] พบว่าการลดอิทธิพลของความร้อนจากภายนอกอาคารโดยการใส่สภาพภูมิทัศน์ภายนอกเป็นการลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเนื่องจากอุณหภูมิภายนอกโดยทั่วไปของประเทศเฉลี่ยอยู่ที่ 35 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิอากาศที่บริเวณใต้ต้นไม้มีอุณหภูมิอยู่ที่ 32 องศาเซลเซียส ซึ่งมีความแตกต่างกันถึง 3 องศาเซลเซียส ซึ่งเท่ากับว่าอุณหภูมิรอบอาคารจะลดต่ำลงจึงช่วยลดภาระในการทำความเย็นให้กับเครื่องปรับอากาศได้ นับว่าเป็นการประหยัดพลังงานและช่วยยืดอายุให้กับเครื่องปรับอากาศทางหนึ่ง สอดคล้องกับการศึกษาของธีรศักดิ์ [11] ซึ่งได้ศึกษา

การลดความร้อนภายนอกอาคารโดยใช้สวนขนาดเล็กบนพื้นที่ว่างภายนอกอาคารพักอาศัยประเภททาวน์เฮาส์ โดยมีองค์ประกอบของดิน หญ้า ไม้พุ่มใหญ่และไม้พุ่มกลาง พบว่าช่วยลดอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารในช่วงเวลากลางวันลงได้ตั้งแต่ 3.8 องศาเซลเซียสถึง 12 องศาเซลเซียส และในช่วงเวลากลางคืนลดลงได้ตั้งแต่ 2.5 องศาเซลเซียสถึง 2.8 องศาเซลเซียส และทำให้อุณหภูมิภายในอาคารลดลงได้ 1 องศาเซลเซียส นอกจากนี้การศึกษาของชูพงษ์ [12] ซึ่งศึกษาคุณสมบัติเชิงอุณหภาพของต้นจามจุรี พบว่าอุณหภูมิใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืนมีค่าต่ำกว่าต้นไม้ชนิดอื่นส่งผลถึงสภาวะสบายทางอุณหภาพของมนุษย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอาคารที่ไม่มีการใช้เครื่องปรับอากาศ และปิติ [13] ซึ่งศึกษาการสะสมของพลังงานความร้อนในสภาพภูมิทัศน์ที่แตกต่างกันพบว่า แนวทางการปรับปรุงภูมิทัศน์เพื่อลดการสะสมของพลังงานความร้อนควรใช้การผสมผสานของภูมิทัศน์ประเภทหญ้าได้ร่มไม้และแหล่งน้ำได้ร่มไม้ เนื่องจากมีค่าสะสมพลังงานความร้อนต่ำที่สุดตลอดทั้งวัน จากผลการศึกษาทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นได้ว่าแนวทางที่ง่ายที่สุดในการปรับสภาพแวดล้อมเพื่อแก้ปัญหาในด้านการใช้พลังงานและสภาวะน่าสบายคือการใช่วิธีทางธรรมชาติ เพื่อลดอุณหภูมิภายนอกอาคารโดยใช้การเคลื่อนที่ของอากาศ รวมถึงใช้หลักการของการออกแบบและจัดภูมิทัศน์มาช่วยปรับสภาพอากาศภายนอกอาคาร เพื่อให้อุณหภูมิภายนอกอาคารมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ เพื่อลดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกกับอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานในอาคารเพื่อปรับสภาพแวดล้อมได้อีกทางหนึ่ง

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือเปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่ลดลงต่อหนึ่งหน่วยเวลาจากการออกแบบภูมิทัศน์เพื่อลดอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร โดยการวิจัยนี้ถูกแบ่งการดำเนินการออกเป็น 4 ขั้นตอน 1) คัดเลือกพรรณไม้ ได้แก่ ไม้พุ่มขนาดใหญ่ ไม้พุ่มขนาดกลาง ไม้พุ่มขนาดเล็ก และพืชคลุมดิน ตามเกณฑ์การประเมินศักยภาพคุณสมบัติการนำไปใช้งานภูมิทัศน์ 2) ออกแบบภูมิทัศน์โดยการสร้างภาพแบบทัศนมิติ คือ การร่างภาพในลักษณะที่เหมือนการมองเห็นจริงจากการจัดเรียงพรรณไม้ที่ผ่านการคัดเลือกในทิศทางและขนาดพื้นที่ที่แตกต่างกัน 3) คำนวณค่าการนำความร้อนของพรรณไม้และพืชคลุมดิน และ 4) ประยุกต์หลักการถ่ายโอนพลังงานความร้อนเพื่อสร้างเส้นแนวโน้มของอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่ลดลงต่อหนึ่งหน่วยเวลา ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้นอกจากจะทราบความแตกต่างของอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่ลดลงต่อหนึ่งหน่วยเวลาจากการออกแบบภูมิทัศน์จากการประยุกต์หลักการถ่ายโอนพลังงานความร้อนร่วมกับหลักการรวมความต้านทานไฟฟ้าแล้ว ยังเป็นการผสมผสานกันระหว่างองค์ความรู้ทางด้านศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์สำหรับการปรับปรุงหรือการวิเคราะห์เพื่อออกแบบการจัดภูมิทัศน์ก่อนที่จะลงทุนจัดภูมิทัศน์ด้วยวัสดุจริงต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้แบ่งการดำเนินการออกเป็น 4 ขั้นตอน โดยแต่ละขั้นตอน มีรายละเอียดดังนี้

1. คัดเลือกพรรณไม้และพืชคลุมดิน ตามเกณฑ์การประเมินศักยภาพคุณสมบัติการนำไปใช้งานภูมิทัศน์ ซึ่งถูกแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

1.1 ขั้นตอนที่ 1 วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับพรรณไม้ที่มีผลต่อการลดอุณหภูมิสำหรับการออกแบบและจัดภูมิทัศน์เพื่อการลดอุณหภูมิภายในอาคารจากแหล่งข้อมูล ได้แก่ เอกสารงานวิจัย บทความวิจัย บทความวิชาการ และวิทยานิพนธ์ ที่เกี่ยวข้อง

1.2 ขั้นตอนที่ 2 คัดเลือกพรรณไม้สำหรับการออกแบบและจัดภูมิทัศน์ที่มีผลต่อการลดอุณหภูมิภายในอาคาร ตามเกณฑ์ประเมินศักยภาพทั่วไปของไม้พุ่มและพืชคลุมดินของ พารินธรและแพรวพรรณ [14]

2. ออกแบบภูมิทัศน์โดยหลักการของการเขียนภาพให้ปรากฏออกมาในลักษณะที่เหมือนการมองเห็นจริง เพื่อนำเสนอภาพจำลองของแนวความคิดในการออกแบบภูมิทัศน์ เรียกว่าการสร้างภาพแบบทัศนมิติ (Perspective) จากการจัดเรียงพรรณไม้ที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อที่ 1 ในทิศทางและขนาดพื้นที่ที่แตกต่างกัน

3. คำนวณค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity; k) ของพรรณไม้และพืชคลุมดิน จากการออกแบบภูมิทัศน์ ซึ่งถูกแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

3.1 ขั้นตอนที่ 1 คำนวณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินใช้สัญลักษณ์ Y มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg) จากความสูงของไม้พุ่ม ใช้สัญลักษณ์ H มีหน่วยเป็นเมตร (m) ที่แตกต่างกัน ดังสมการที่ (1) ซึ่งเป็นแบบจำลองถดถอยเชิงเส้น (Linear regression) ที่มีค่ากำลังสองของค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Mean Squared Error; MSE) น้อยที่สุดจากผลการศึกษาของ Brown et al. [15] เนื่องจากค่า Diameter at Breast Height (DBH) วัดที่เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ที่ระดับสูงเพียงอก (1.3 m) ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มแฟกเตอร์คูณด้วย 10 เข้ามาเพื่อให้ได้ค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Y) สอดคล้องกับระดับสูงเพียงอก ดังนี้

$$Y = 34.4703 - 8.071 \left(\exp \left[\frac{\ln(10 \times H) - 1.0710}{0.5677} \right] \right) + 0.6589 \left(\exp \left[\frac{\ln(10 \times H) - 1.0710}{0.5677} \right] \right)^2 \quad (1)$$

3.2 ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่า NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ของพรรณไม้จากการแทนค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน [16] ดังสมการที่ (2)

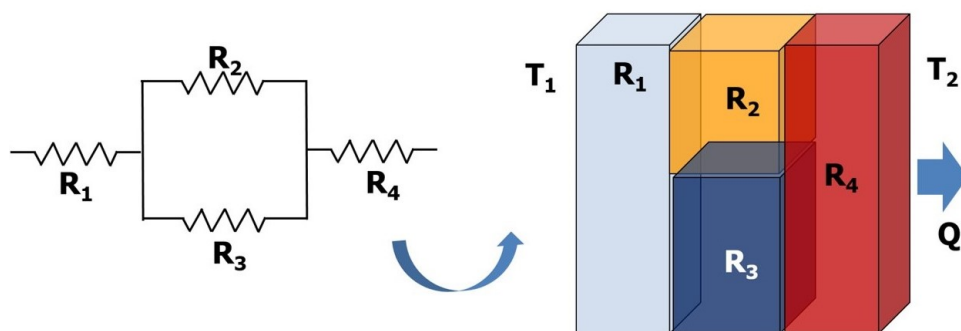
$$Y = -593.3NDVI^3 + 7509.7NDVI^2 - 1268.9NDVI + 191 \quad (2)$$

3.3 ขั้นตอนที่ 3 เนื่องจากค่า NDVI คือ ค่าที่แสดงให้เห็นถึงการคาดการณ์เกี่ยวกับพื้นที่การปกคลุมของพืชพรรณ (Vegetative Ground Cover) และพื้นที่ผิวใบ (Leaf Area) ได้แก่ ค่าดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index: VI) ที่มีสาเหตุมาจากช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหมาะสมในการนำมาสร้างค่าดัชนีพืชพรรณคือ ช่วงคลื่นสีแดงซึ่งเป็นความช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สอดคล้องกับการแผ่รังสีความร้อน เมื่อเปรียบเทียบส่วนที่เหมือนกันนั่นคือ เป็นการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่เหมือนกัน และส่วนที่แตกต่างกันของหลักการระหว่าง ค่า NDVI กับค่า ค่าการนำความร้อน k คือ ถ้าพื้นที่การปกคลุมของพืชพรรณมีค่าน้อย ค่าค่าการนำความร้อนของพื้นที่ก็จะสูงเพราะไม่มีพืชพรรณไม้ปกคลุม ดังนั้นจากการเปรียบเทียบดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า ค่า k และค่า NDVI มีความเกี่ยวข้องกับการถ่ายโอนความร้อนจากบริเวณหนึ่งไปยังอีกบริเวณหนึ่งเหมือนกัน แต่มีความสัมพันธ์กันในทิศทางตรงกันข้าม โดยสามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า k และค่า NDVI ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำความร้อน (k) ของพรรณไม้และพืชคลุมดิน จากค่า NDVI ได้ดังสมการที่ (3)

$$k = \frac{1}{NDVI} = \frac{1}{\text{พื้นที่การปกคลุมของพืชพรรณ}} \quad (3)$$

4. ประยุกต์หลักการถ่ายโอนพลังงานความร้อนเพื่อสร้างเส้นแนวโน้มของอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่ลดลงต่อหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งถูกแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

4.1 ขั้นตอนที่ 1 คำนวณค่าผลรวมของค่าความต้านทานเชิงความร้อนของวัสดุ $\left(\sum_{n=1}^{n=N} R_n\right)$ โดยการเปรียบเทียบการนำความร้อนของวัสดุรวมกันกับหลักการรวมความต้านทานทางไฟฟ้า ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การเปรียบเทียบการนำความร้อนของวัสดุกับวงจรความต้านทานไฟฟ้า

โดย $R_n = \frac{L_n}{k_n \times A_n}$ เมื่อ L_n คือ ระยะทางที่พลังงานความร้อนเกิดการถ่ายโอนผ่านวัสดุชนิดที่ n มีหน่วยเป็นเมตร (m) k_n คือ ค่าการนำความร้อนของวัสดุชนิดที่ n มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร.เคลวิน ($W/m^2 K$) และ A_n คือ พื้นที่ของวัสดุชนิดที่ n มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

4.2 ขั้นตอนที่ 2 สร้างเส้นแนวโน้มของอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ (T_2) ที่ลดลงต่อหนึ่งหน่วยเวลาจากสมการที่ (4) ดังนี้

$$Q(t) = \frac{1}{\sum_{n=1}^{n=N} R_n} \times (T_1 - T_2) \times t + Q_0 \quad (4)$$

เมื่อ $Q(t)$ คือ พลังงานความร้อนเมื่อเวลาผ่านไป เท่ากับ t ชั่วโมง (hr) มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร.ชั่วโมง ($W/m^2 hr.$)

Q_0 คือ พลังงานความร้อน ณ. เวลาเริ่มต้น มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร.ชั่วโมง ($W/m^2 hr.$)

t คือ จำนวนเวลาที่ผ่านไป มีหน่วยเป็น ชั่วโมง (hr)

T_1 คือ อุณหภูมิของบริเวณที่ 1 มีหน่วยเป็น เคลวิน (K)

T_2 คือ อุณหภูมิของบริเวณที่ 2 มีหน่วยเป็น เคลวิน (K)

4.3 ขั้นตอนที่ 3 เปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ (T_2) ที่ลดลงต่อหนึ่งหน่วยเวลาจากการออกแบบภูมิทัศน์เพื่อลดอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร ภายใต้เงื่อนไขของการทดลองเชิงคำนวณ คือ (1) ขอบเขตของภูมิทัศน์ด้านทิศเหนือและด้านทิศใต้อยู่ในสภาวะสมดุลทางความร้อน (2) การถ่ายโอนความร้อนแบบพาความร้อน (Convection) และแบบแผ่รังสีความร้อน (Radiation) ของภูมิทัศน์อยู่ในสภาวะสมดุลทางความร้อน (3) ความหนาแน่นของพรรณไม้แต่ละชนิดไม่มีการเปลี่ยนแปลง และ (4) จากสมการที่ (1) กำหนดค่าคงที่ Q_0 , Q ($t=6$ hr.), T_1 ในช่วงเวลา 06.00 น. – 12.00 น. และ 12.00 น. – 18.00 น. จากงานวิจัยที่มีลักษณะใกล้เคียงกันคือ ปิติ [13] เพื่อทำการประมาณค่าแนวโน้มที่ลดลงของอุณหภูมิอากาศ T_2 ในช่วงเวลาเดียวกัน สามารถแสดงรายละเอียดของการประมาณค่าแนวโน้มที่ลดลงของอุณหภูมิอากาศ T_2 เมื่อเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง

4.4 ขั้นตอนที่ 4 สรุปผลการทดลองเชิงคำนวณเพื่อเลือกรูปแบบจากการออกแบบสำหรับจัดภูมิทัศน์ที่มีแนวโน้มการลดลงของอุณหภูมิอากาศภายในอาคารได้มากที่สุด

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการออกแบบและจัดภูมิทัศน์เพื่อลดอุณหภูมิภายในอาคาร ได้แก่ กลุ่ม Softscape ซึ่งประกอบไปด้วยวัสดุธรรมชาติ 3 ชนิด ได้แก่ 1) พรรณไม้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ (1) ไม้พุ่มใหญ่หรือไม้พุ่มขนาดใหญ่ (2) ไม้พุ่มกลางหรือไม้พุ่มขนาดกลาง (3) ไม้พุ่มเล็กหรือไม้พุ่มขนาดเล็ก 2) พืชคลุมดิน สามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภทคือ (1) หญ้าขนาดเล็ก (2) หญ้ามาเลเซีย (3) หญ้าญี่ปุ่น และ (4) หญ้าเบอร์มิวด้า และ 3) วัสดุปลูก (ดิน) สามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท [17] คือ (1) ดินทราย (2) ดินร่วนปนทราย (3) ดินร่วน และ (4) ดินเหนียว

2. ผลการคัดเลือกพรรณไม้ที่มีผลต่อการออกแบบและจัดภูมิทัศน์เพื่อลดอุณหภูมิภายในอาคารตามเกณฑ์พิจารณาของ พารินธรและแพรวพรรณ [14] สามารถแบ่งได้เป็น 4 เกณฑ์ คือ 1) ไม้พุ่มเพื่อควบคุมทัศนียภาพและการมองเห็น 2) ไม้พุ่มเพื่อลดการรบกวนทางเสียงและฝุ่นละออง 3) ไม้พุ่มสร้างจุดเด่น และ 4) ไม้พุ่มเพื่อเพิ่มร่มเงาให้แก่พื้นที่ มีรายละเอียดดังนี้

2.1 ผลการคัดเลือกพรรณไม้ประเภทไม้พุ่มใหญ่หรือไม้พุ่มขนาดใหญ่ พบว่าโมกพวง เป็นไม้พุ่มใหญ่ที่มีคะแนนตามเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกพรรณไม้สูงสุดคือ 37 คะแนน แบ่งออกเป็นไม้พุ่มเพื่อควบคุมทัศนียภาพและการมองเห็น 11 คะแนน ไม้พุ่มเพื่อลดการรบกวนทางเสียงและฝุ่นละออง 10 คะแนน ไม้พุ่มสร้างจุดเด่น 9 คะแนน และไม้พุ่มเพื่อเพิ่มร่มเงาให้แก่พื้นที่ 7 คะแนน แสดงการสรุปคะแนนพรรณไม้พุ่มใหญ่หรือไม้พุ่มขนาดใหญ่ที่มีผลต่อการลดอุณหภูมิ ดังตารางที่ 1

Research Article

Journal of Vocational Education in Agriculture Vol. 8 ● No. 2 • July – December 2024

ตารางที่ 1 สรุปผลคะแนนพรรณไม้พุ่มใหญ่หรือไม้พุ่มขนาดใหญ่ตามเกณฑ์การประเมินศักยภาพคุณสมบัติการนำไปใช้งานภูมิทัศน์

เกณฑ์การพิจารณา	ชนิดของไม้พุ่มใหญ่หรือไม้พุ่มขนาดใหญ่				
	โมกพวง	ไทรเกาหลี	ทองอุไร	แก้วมุกดา	แก้วเจ้าจอม
1. ไม้พุ่มเพื่อควบคุมทัศนียภาพและการมองเห็น					
1.1 ความสวยงามของทรงพุ่ม	3	3	2	2	3
1.2 ความสูง	3	2	3	3	3
1.3 ความหนาแน่นของทรงพุ่ม	2	2	1	1	1
1.4 ผิวสัมผัสใบ	3	3	2	1	3
รวมคะแนน	11	10	8	7	10
2. ไม้พุ่มเพื่อลดการรบกวนทางเสียงและฝุ่นละออง					
2.1 ความสูง	3	2	3	3	3
2.2 ความสวยงามของทรงพุ่ม	2	3	1	1	1
2.3 การร่วงของใบ	2	3	1	2	2
2.4 ผิวสัมผัสใบ	3	3	2	1	3
รวมคะแนน	10	11	7	7	9
3. ไม้พุ่มสร้างจุดเด่น					
3.1 ลักษณะดอก	2	1	3	1	1
3.2 ความสวยงามของทรงพุ่ม	3	3	2	2	3
3.3 ความสูง	3	2	3	3	3
3.4 ขนาดของใบ	1	1	1	2	1
รวมคะแนน	9	7	9	8	8
4. ไม้พุ่มเพื่อเพิ่มร่มเงาให้แก่พื้นที่					
4.1 ความสูง	3	2	3	3	3

เกณฑ์การ พิจารณา	ชนิดของไม้พุ่มใหญ่หรือไม้พุ่มขนาดใหญ่				
	โมกพวง	ไทรเกาหลี	ทองอุไร	แก้วมุกดา	แก้วเจ้าจอม
4.2 ความ หนาแน่นของ ทรงพุ่ม	2	3	2	1	1
4.3 การร่วง ของใบ	2	2	1	2	2
รวมคะแนน	7	7	6	6	6
รวมคะแนน ทั้งหมด	37	35	30	28	33

จากตารางที่ 1 ผลการทดสอบความแตกต่างของคะแนนระหว่างกลุ่มของไม้พุ่มขนาดใหญ่จากเกณฑ์การประเมินทั้ง 4 ประเด็น โดยใช้ The Friedman Two-Way ANOVA by Ranks พบว่าค่า $\chi^2_{r(cal.)} = 7.35$ เมื่อเปิดตาราง χ^2 ที่ $df = 4$, $\alpha = 0.05$ พบว่าค่า $\chi^2_{tab.} = 9.49$ หมายความว่าคะแนนระหว่างกลุ่มของไม้พุ่มขนาดใหญ่จากเกณฑ์การประเมินทั้ง 4 ประเด็นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 หรือกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่าถึงแม้โมกพวงจะมีคะแนนตามเกณฑ์การประเมินศักยภาพคุณสมบัติการนำไปใช้งานภูมิทัศน์สูงที่สุด แต่ก็แตกต่างจากคะแนนของพรรณไม้พุ่มขนาดใหญ่ชนิดอื่นไม่มากพอที่จะถือว่ามีความสำคัญทางสถิติ

2.2 ผลการคัดเลือกไม้พุ่มกลางหรือไม้พุ่มขนาดกลาง พบว่านิออนเป็นไม้พุ่มกลางที่มีคะแนนตามเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกพรรณไม้สูงสุดคือ 39 คะแนน แบ่งออกเป็นไม้พุ่มเพื่อควบคุมทัศนียภาพและการมองเห็น 11 คะแนน ไม้พุ่มเพื่อลดการรบกวนทางเสียงและฝุ่นละออง 11 คะแนน ไม้พุ่มสร้างจุดเด่น 9 คะแนน และไม้พุ่มเพื่อเพิ่มร่มเงาให้แก่พื้นที่ 8 คะแนน แสดงการสรุปคะแนนพรรณไม้พุ่มกลางหรือไม้พุ่มขนาดกลาง ที่มีผลต่อการลดอุณหภูมิ ดังตารางที่ 2

Research Article

Journal of Vocational Education in Agriculture Vol. 8 ● No. 2 • July – December 2024

ตารางที่ 2 สรุปผลคะแนนพรรณไม้พุ่มกลางหรือไม้พุ่มขนาดกลางตามเกณฑ์การประเมินศักยภาพคุณสมบัติการนำไปใช้งานภูมิทัศน์

เกณฑ์การพิจารณา	ชนิดของไม้พุ่มกลางหรือไม้พุ่มขนาดกลาง				
	พุ่มสามสี	ไทรยอดทอง	ชบาต่าง	นีออน	ลิ้นกระบือ
1. ไม้พุ่มเพื่อควบคุมทัศนียภาพและการมองเห็น					
1.1 ความสวยงามของทรงพุ่ม	2	3	1	3	1
1.2 ความสูง	2	2	1	2	2
1.3 ความหนาแน่นของทรงพุ่ม	1	3	2	3	2
1.4 ผิวสัมผัสใบ	2	3	1	3	1
รวมคะแนน	7	11	5	11	6
2. ไม้พุ่มเพื่อลดการรบกวนทางเสียงและฝุ่นละออง					
2.1 ความสูง	2	2	1	2	2
2.2 ความสวยงามของทรงพุ่ม	1	3	2	3	2
2.3 การร่วงของใบ	2	3	2	3	2
2.4 ผิวสัมผัสใบ	2	3	1	3	1
รวมคะแนน	7	11	6	11	7
3. ไม้พุ่มสร้างจุดเด่น					
3.1 ลักษณะดอก	3	1	3	3	1
3.2 ความสวยงามของทรงพุ่ม	2	3	1	3	1
3.3 ความสูง	2	2	2	2	1
3.4 ขนาดของใบ	1	1	2	1	2
รวมคะแนน	8	7	8	9	5
4. ไม้พุ่มเพื่อเพิ่มร่มเงาให้แก่พื้นที่					
4.1 ความสูง	2	2	2	2	2

เกณฑ์การ พิจารณา	ชนิดของไม้พุ่มกลางหรือไม้พุ่มขนาดกลาง				
	พุทธรักษาสามสี	ไทรยัดทอง	ชบาต่าง	นีออน	ลิ้นกระบือ
4.2 ความ หนาแน่นของ ทรงพุ่ม	1	3	2	3	2
4.3 การร่วง ของใบ	2	3	2	3	2
รวมคะแนน	5	8	6	8	6
รวมคะแนน ทั้งหมด	27	37	25	39	24

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบความแตกต่างของคะแนนระหว่างกลุ่มของไม้พุ่มกลางหรือไม้พุ่มขนาดกลางจากเกณฑ์การประเมินทั้ง 4 ประเด็น โดยใช้ The Friedman Two-Way ANOVA by Ranks พบว่าค่า $\chi^2_{r(cal.)} = 9.05$ เมื่อเปิดตาราง χ^2 ที่ df.=4, $\alpha = 0.05$ พบว่าค่า $\chi^2_{tab.} = 9.49$ หมายความว่าคะแนนระหว่างกลุ่มของไม้พุ่มกลางหรือไม้พุ่มขนาดกลางจากเกณฑ์การประเมินทั้ง 4 ประเด็นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 หรือกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่าถึงแม้ไม้พุ่มจะมีคะแนนตามเกณฑ์การประเมินศักยภาพคุณสมบัติการนำไปใช้งานภูมิทัศน์สูงที่สุด แต่ก็แตกต่างจากคะแนนของพรรณไม้พุ่มกลางหรือไม้พุ่มขนาดกลางชนิดอื่นไม่มากพอที่จะถือว่ามีความสำคัญทางสถิติ

2.3 ผลการคัดเลือกไม้พุ่มเล็กหรือไม้พุ่มขนาดเล็ก พบว่าชาชกเกียนและเข็มเชียงใหม่ เป็นไม้พุ่มขนาดเล็กที่มีคะแนนตามเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกพรรณไม้สูงสุดคือ 34 คะแนน แบ่งออกเป็นไม้พุ่มเพื่อควบคุมทัศนียภาพและการมองเห็น 10 คะแนน ไม้พุ่มเพื่อลดการรบกวนทางเสียงและฝุ่นละออง 10 คะแนน ไม้พุ่มสร้างจุดเด่น 7 คะแนน และไม้พุ่มเพื่อเพิ่มร่มเงาให้แก่พื้นที่ 7 คะแนน แสดงการสรุปคะแนนพรรณไม้พุ่มเล็กหรือไม้พุ่มขนาดเล็กที่มีผลต่อการลดอุณหภูมิดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สรุปผลคะแนนพรรณไม้พุ่มเล็กหรือไม้พุ่มขนาดเล็กตามเกณฑ์การประเมินศักยภาพคุณสมบัติการนำไปใช้งานภูมิทัศน์

เกณฑ์การ พิจารณา	ชนิดของไม้พุ่มเล็กหรือไม้พุ่มขนาดเล็ก				
	ชาชกเกียน	เทียนทอง	เข็มเชียงใหม่	หลิวดอก	บุษบาฮาวาย
1. ไม้พุ่มเพื่อควบคุมทัศนียภาพและการมองเห็น					
1.1 ความ สวยงามของ ทรงพุ่ม	2	2	3	3	1
1.2 ความสูง	2	2	1	1	1
1.3 ความ หนาแน่นของ ทรงพุ่ม	3	2	3	2	2
1.4 ผิวสัมผัส	3	2	3	3	2

Research Article

Journal of Vocational Education in Agriculture Vol. 8 • No. 2 • July – December 2024

เกณฑ์การ พิจารณา	ชนิดของไม้พุ่มเล็กหรือไม้พุ่มขนาดเล็ก				
	ชายอกเกียน	เทียนทอง	เข็มเชียงใหม่	หลิวดอก	บุษบาฮาวาย
ใบ					
รวมคะแนน	10	8	10	9	6
2. ไม้พุ่มเพื่อลดการรบกวนทางเสียงและฝุ่นละออง					
2.1 ความสูง	2	2	1	1	1
2.2 ความ สวยงามของ ทรงพุ่ม	3	2	3	2	2
2.3 การร่วง ของใบ	2	2	3	1	2
2.4 ผิวสัมผัส ใบ	3	2	3	3	2
รวมคะแนน	10	8	10	7	7
3. ไม้พุ่มสร้างจุดเด่น					
3.1 ลักษณะ ดอก	1	1	2	2	3
3.2 ความ สวยงามของ ทรงพุ่ม	3	2	3	2	1
3.3 ความสูง	2	1	1	1	1
3.4 ขนาดของ ใบ	1	1	1	1	1
รวมคะแนน	7	5	7	6	6
4. ไม้พุ่มเพื่อเพิ่มร่มเงาให้แก่พื้นที่					
4.1 ความสูง	2	2	1	1	1
4.2 ความ หนาแน่นของ ทรงพุ่ม	3	2	3	2	2
4.3 การร่วง ของใบ	2	2	3	2	2
รวมคะแนน	7	6	7	5	5
รวมคะแนน ทั้งหมด	34	27	34	27	24

จากตารางที่ 3 ผลการทดสอบความแตกต่างของคะแนนระหว่างกลุ่มของไม้พุ่มเล็กหรือไม้พุ่มขนาดเล็กจากเกณฑ์การประเมินทั้ง 4 ประเด็น โดยใช้ The Freidman Two-Way ANOVA by Ranks พบว่าค่า

$\chi^2_{r(cal.)} = 12.35$ เมื่อเปิดตาราง χ^2 ที่ df.=4, $\alpha = 0.05$ พบว่าค่า $\chi^2_{tab.} = 9.49$ หมายความว่าคะแนนระหว่างกลุ่มของไม้พุ่มเล็กหรือไม้พุ่มขนาดเล็กจากเกณฑ์การประเมินทั้ง 4 ประเด็นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 หรือกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่าชาวชกเกี้ยนและเข็มเขียงใหม่ที่มีคะแนนตามเกณฑ์การประเมินศักยภาพคุณสมบัติการนำไปใช้งานภูมิทัศน์สูงที่สุดเท่ากันนั้นมีความแตกต่างจากคะแนนของพรรณไม้พุ่มเล็กหรือไม้พุ่มขนาดเล็กชนิดอื่นมากพอที่จะถือว่ามีความสำคัญทางสถิติ

3. ผลการคัดเลือกพืชคลุมดินที่มีผลต่อการออกแบบและจัดภูมิทัศน์เพื่อลดอุณหภูมิภายในอาคารตามเกณฑ์พิจารณา พบว่าหญ้าม้าเลเซียเป็นพืชคลุมดินที่มีคะแนนตามเกณฑ์การพิจารณาสูงสุดคือ 9 คะแนน แบ่งออกเป็น การให้ความรู้สึกเมื่อสัมผัสโดยพิจารณาจากผิวสัมผัสของใบ 3 คะแนน การลดการกัดเซาะพังทลายของหน้าดินโดยพิจารณาจากความหนาแน่นของการแตกกอ 3 คะแนน และความสะดวกในการดูแลรักษาโดยพิจารณาจากความสามารถในการเจริญเติบโตของพืชคลุมดินตามสภาพอากาศ 3 คะแนน แสดงการสรุปคะแนนพืชคลุมดินมีรายละเอียดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สรุปผลการคัดเลือกพืชคลุมดินที่มีผลต่อการออกแบบและจัดภูมิทัศน์เพื่อลดอุณหภูมิภายในอาคารตามเกณฑ์พิจารณา

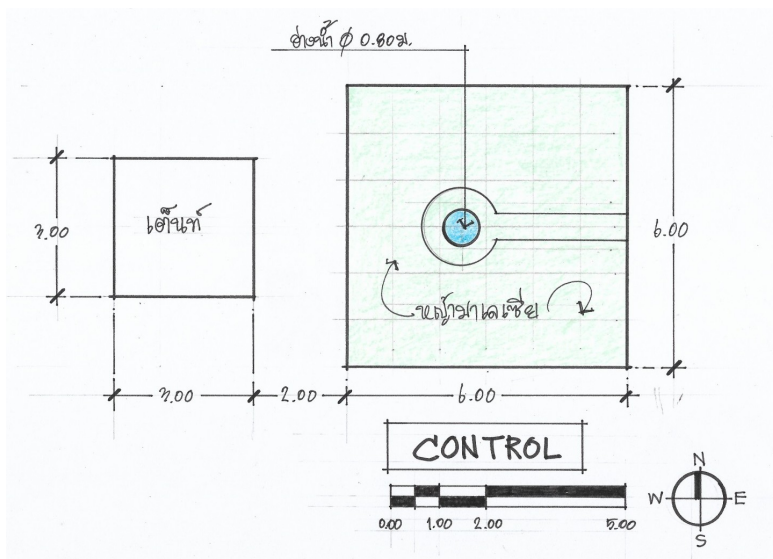
เกณฑ์การพิจารณา	ชนิดของพืชคลุมดิน			
	หญ้านวลน้อย	หญ้าม้าเลเซีย	หญ้าญี่ปุ่น	หญ้าเบอร์มิวด้า
1. การให้ความรู้สึกเมื่อสัมผัส โดยพิจารณาจากผิวสัมผัสของใบ	2	3	1	2
2. การลดการกัดเซาะพังทลายของหน้าดิน โดยพิจารณาจากความหนาแน่นของการแตกกอ	3	3	3	3
3. ความสะดวกในการดูแลรักษา โดยพิจารณาจากความสามารถในการเจริญเติบโตของพืชคลุมดินตามสภาพอากาศ	2	3	2	2
รวมคะแนน	7	9	6	7

จากตารางที่ 4 ผลการทดสอบความแตกต่างของคะแนนระหว่างกลุ่มของพืชคลุมดินจากเกณฑ์การประเมินทั้ง 3 ประเด็น โดยใช้ The Freidman Two-Way ANOVA by Ranks พบว่าค่า $\chi^2_{r(cal.)} = 2.7$ เมื่อเปิดตาราง χ^2 ที่ $K = 4$, $N = 3$ สอดคล้องกับค่าความน่าจะเป็น (p) เท่ากับ 0.524 ซึ่งมีค่า

มากกว่าค่าความน่าจะเป็น (p) ที่กำหนดไว้ คือ 0.05 ($\alpha = 0.05$) หมายความว่าคะแนนระหว่างกลุ่มของพืชคลุมดินจากเกณฑ์การประเมินทั้ง 3 ประเด็นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 หรือกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่าถึงแม้หญ้ามาเลเซียจะมีคะแนนตามเกณฑ์การประเมินศักยภาพคุณสมบัติการนำไปใช้งานภูมิทัศน์สูงสุดแต่ก็แตกต่างจากคะแนนของพืชคลุมดินชนิดอื่นไม่มากพอที่จะถือว่ามีความสำคัญทางสถิติ

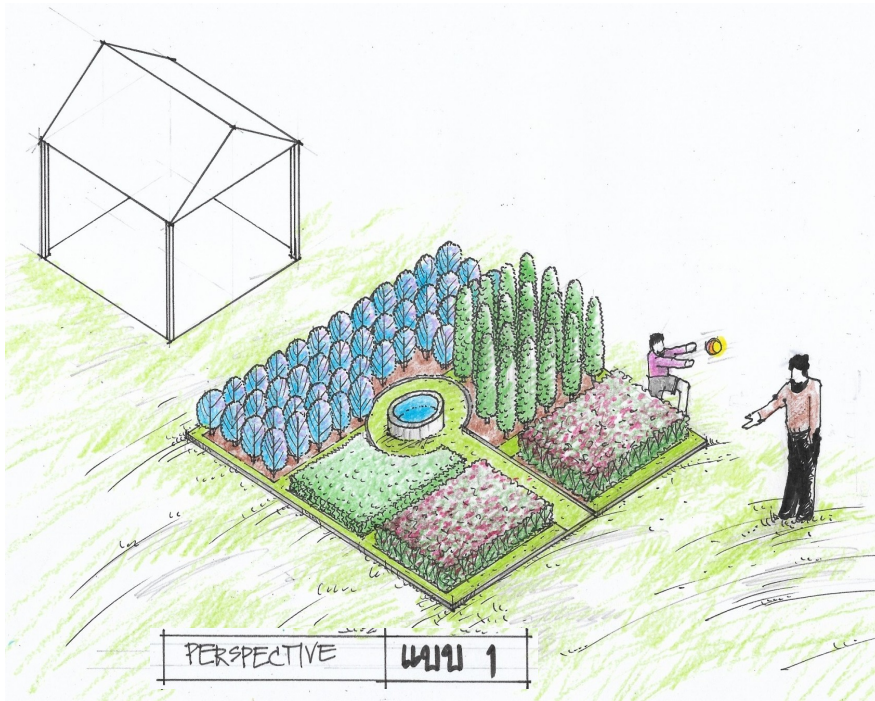
4. ผลการคัดเลือกดินที่มีผลต่อการออกแบบและจัดภูมิทัศน์เพื่อลดอุณหภูมิภายในอาคาร พบว่าพื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บริเวณวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครราชสีมา อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา ข้อมูลชุดดินจากสำนักสำรวจและวิจัยดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ แสดงให้เห็นว่าชุดดินบริเวณนี้เป็นชุดดินโคราช (Korat series: Kt) คือ ดินร่วนปนทรายแต่เนื่องจากมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำจึงเลือกดินร่วน

5. ผลการออกแบบและจัดภูมิทัศน์เพื่อลดอุณหภูมิภายในอาคารจากพรรณไม้ที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 1 ถึง ข้อ 3 โดยการจัดวางตำแหน่งของพรรณไม้ที่แตกต่างกันบนพื้นที่ขนาด 6 m. x 6 m. ซึ่งถูกจัดวางอยู่หน้าเต็นท์ที่เป็นตัวแทนของอาคารที่เราต้องการลดอุณหภูมิ พื้นที่ขนาด 3 m. x 3 m. สูง 2 m. สามารถออกแบบภูมิทัศน์ตามเงื่อนไขดังกล่าวได้ 3 รูปแบบ ดังภาพที่ 2 ภาพที่ 3 ภาพที่ 4 ภาพที่ 5 ภาพที่ 6 ภาพที่ 7 ภาพที่ 8 และภาพที่ 9 ตามลำดับ

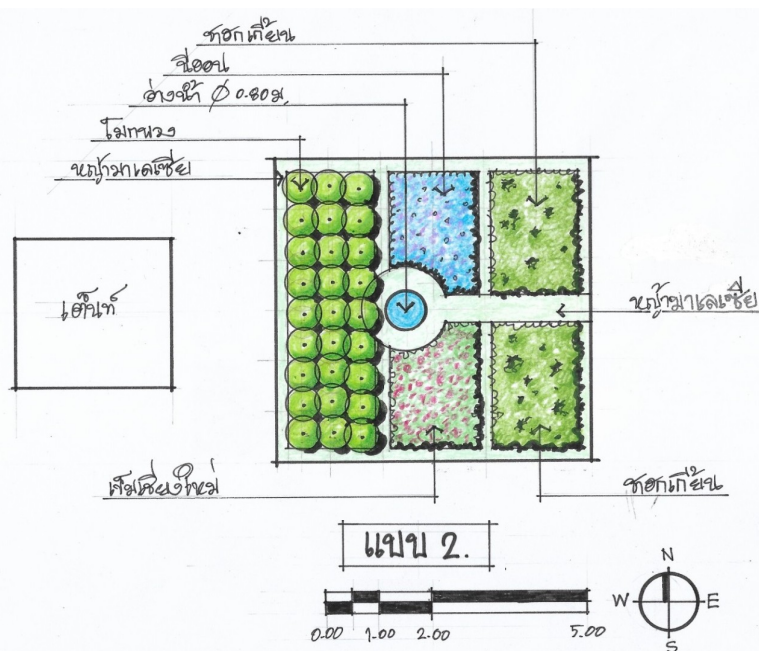


ภาพที่ 2 สัดส่วนการออกแบบพื้นที่ไม่ได้จัดภูมิทัศน์ด้วยหญ้ามาเลเซียอย่างเดียว (ควบคุม)

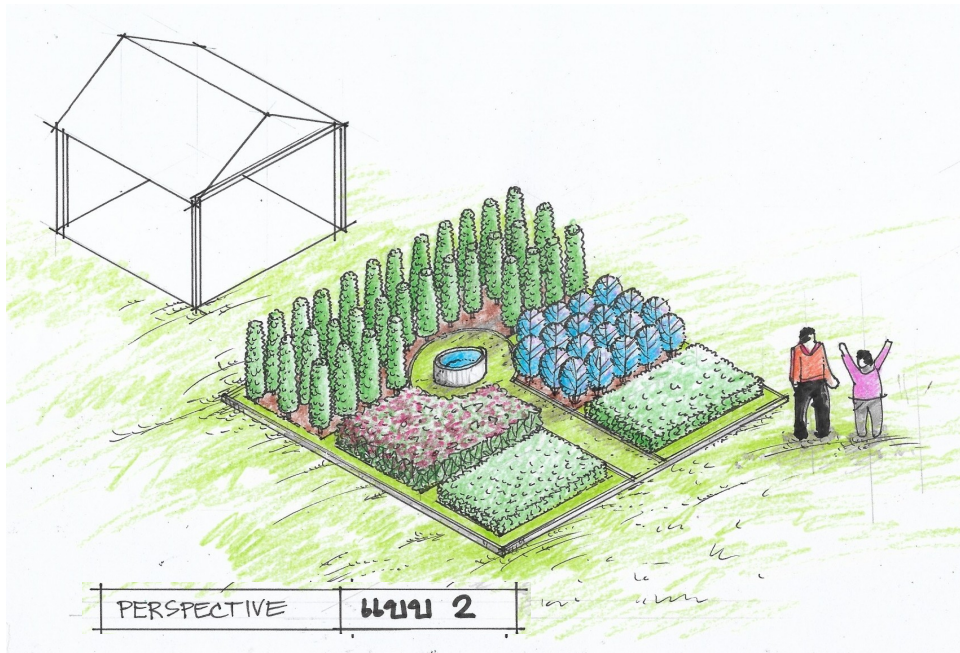




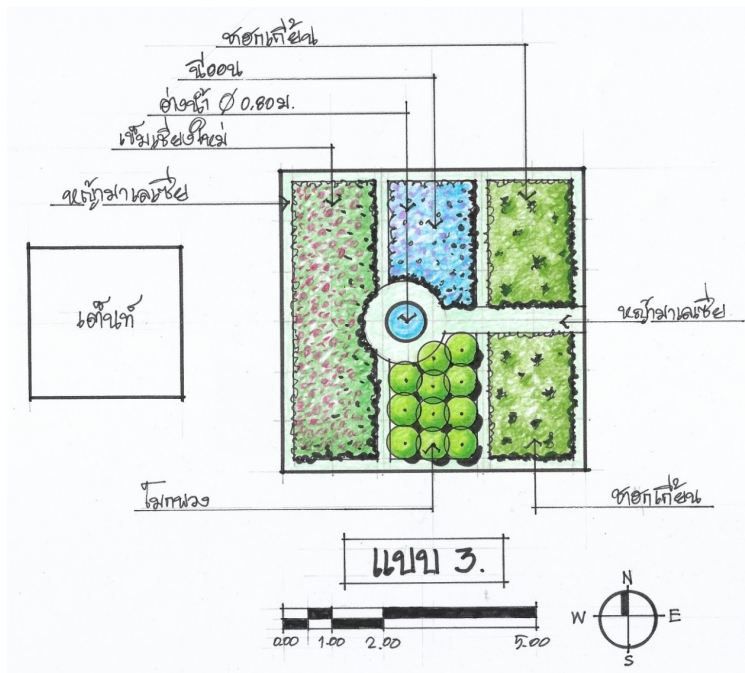
ภาพที่ 5 แบบจำลองภูมิทัศน์แบบ Perspective แบบที่ 1



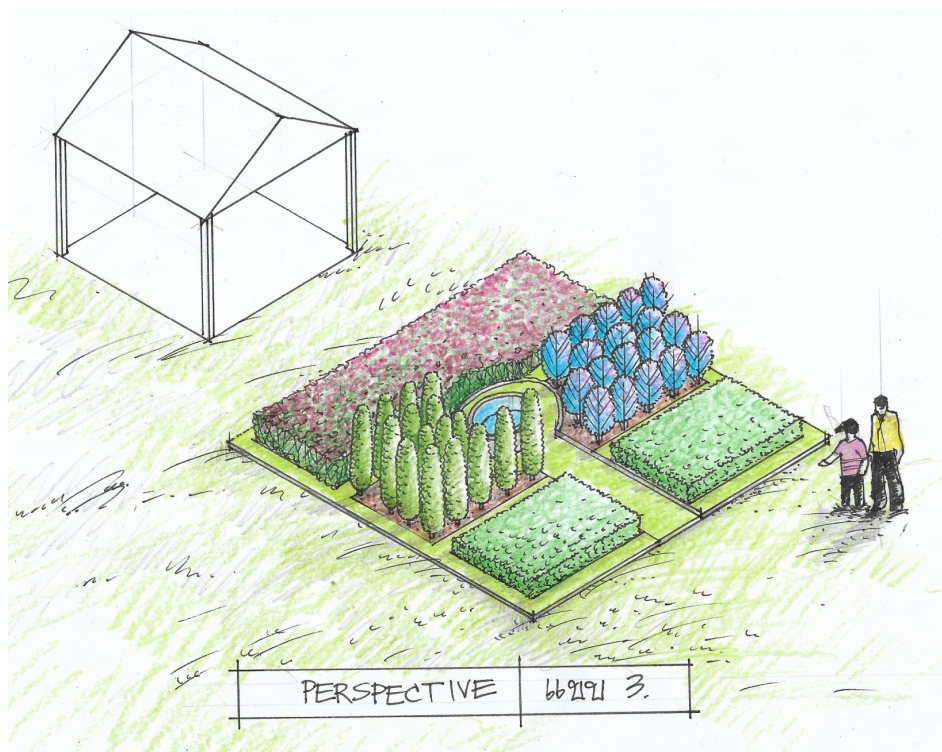
ภาพที่ 6 สัดส่วนการออกแบบพื้นที่ไม่ได้จัดภูมิทัศน์แบบที่ 2



ภาพที่ 7 แบบจำลองภูมิทัศน์แบบ Perspective แบบที่ 2



ภาพที่ 8 สัดส่วนการออกแบบพื้นที่ไม่ได้จัดภูมิทัศน์แบบที่ 3



ภาพที่ 9 แบบจำลองภูมิทัศน์แบบ Perspective แบบที่ 3

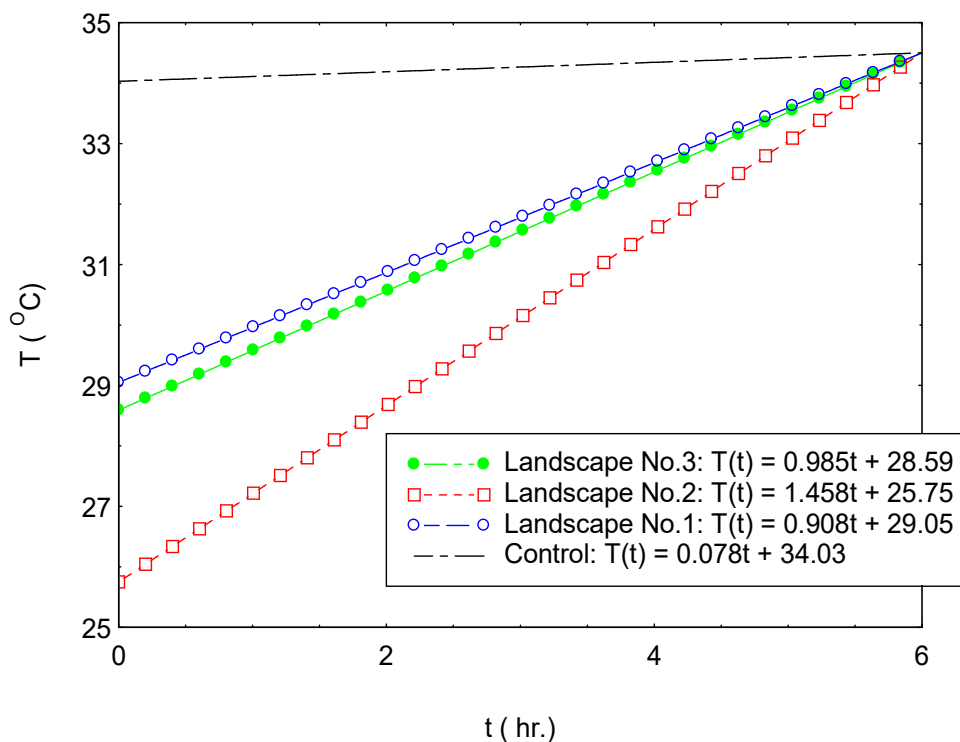
6. ผลการคำนวณค่าการนำความร้อน (k) ของพรรณไม้ที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 1 ถึง ข้อ 3 จากความสัมพันธ์ระหว่าง มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ความสูงของไม้พุ่ม และค่า NDVI ภายใต้เงื่อนไขในการคำนวณ คือ การประมาณค่าความสูง (H) ของพรรณไม้เพื่อศึกษาแนวโน้มการลดลงของอุณหภูมิอากาศสามารถแสดงผลการคำนวณแบบประมาณนี้ได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการคำนวณค่าการนำความร้อน (k) ของพรรณไม้ที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 1 ถึง ข้อ 3

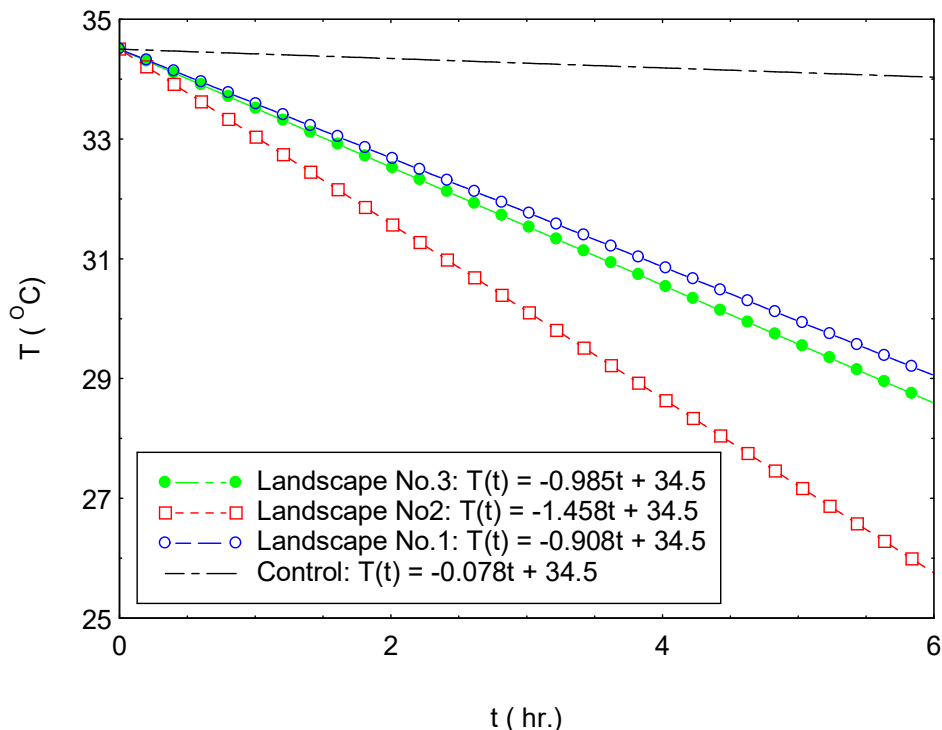
พรรณไม้	ความสูง (H; m)	มวลชีวภาพเหนือ พื้นดิน (Y; kg)	ค่า NDVI	ค่า k
หญ้ามาเลเซีย	0.3	26.72	0.08	12.5
ต้นชาฮกเกี้ยน	2.5	953.48	0.42	2.38
ต้นเข็มเชียงใหม่	0.6	14.09	0.09	11.11
ต้นน้ื่อน	2	375.35	0.27	3.7
ต้นโมกพวง	4	5,893.32	1.00	1.00

7. ผลการทดลองเชิงคำนวณโดยการเปรียบเทียบการนำความร้อนของวัสดุกับวงจรความต้านทานไฟฟ้า ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด เพื่อทำการประมาณค่าแนวโน้มที่ลดลงของอุณหภูมิอากาศ T_2 ในช่วงเวลา

เมื่อเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง ตัวอย่างเช่น ดังภาพที่ 10 เมื่อเวลาผ่านไป 4 ชม. คือเวลา 10.00 น. การจัดภูมิทัศน์แบบควบคุม, แบบจำลองภูมิทัศน์แบบ Perspective แบบที่ 1 แบบที่ 2 และแบบที่ 3 จะทำให้อุณหภูมิในเต็นท์ เท่ากับ 34.34°C , 32.68°C , 31.58°C และ 32.53°C ตามลำดับ และ ดังภาพที่ 11 เมื่อเวลาผ่านไป 2 ชม. คือเวลา 14.00 น. การจัดภูมิทัศน์แบบควบคุม, แบบจำลองภูมิทัศน์แบบ Perspective แบบที่ 1 แบบที่ 2 และแบบที่ 3 จะทำให้อุณหภูมิในเต็นท์ เท่ากับ 35.3°C , 33.68°C , 32.58°C และ 33.53°C ตามลำดับ



ภาพที่ 10 การประมาณค่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศ เวลา 06.00 -12.00 น.



ภาพที่ 11 การประมาณค่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศ เวลา 12.00 -18.00 น.

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากผลการคัดเลือกพรรณไม้และพืชคลุมดินตามเกณฑ์การประเมินศักยภาพคุณสมบัติการนำไปใช้งานภูมิทัศน์พบว่า โมกพวง นีออน หญ้ามาเลเซีย มีคะแนนสูงที่สุดเมื่อเทียบกับพรรณไม้ชนิดอื่นภายในกลุ่มเดียวกัน แต่ไม่แตกต่างจากพรรณไม้ชนิดอื่นภายในกลุ่มเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในส่วนของชาอากเกียนและเข็มเชียงใหม่มีคะแนนสูงที่สุดเท่ากันนั้น เมื่อเทียบกับพรรณไม้ชนิดอื่นภายในกลุ่มเดียวกันพบว่ามีความแตกต่างจากพรรณไม้ชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สอดคล้องกับคำแนะนำเกี่ยวกับการจัดสวนเพื่อลดอุณหภูมิอากาศของ จรัสพิมพ์ [18] โดยแนะนำว่าไม้พุ่มขนาดกลางและขนาดเล็กนั้นควรเป็นไม้ใบมากกว่าไม้ดอก เพราะไม้ใบจะให้ความรู้สึกชุ่มชื้นเย็นสบาย แต่ถ้าต้องการใช้ไม้ดอกควรจะเป็นไม้ดอกที่มีสีนวลเย็นตา ถ้ามีกลิ่นควรเป็นพวกที่มีกลิ่นหอมอ่อนๆ หลังจากนั้นออกแบบภูมิทัศน์เพื่อลดอุณหภูมิภายในอาคารจากพรรณไม้ที่ผ่านการคัดเลือก โดยใช้หลักการของการถ่ายโอนความร้อนร่วมกันกับหลักการรวมความต้านทานทางไฟฟ้า ดังภาพที่ 2 และภาพที่ 3 ตามลำดับ ผลการออกแบบแสดงให้เห็นว่ารูปแบบภูมิทัศน์ที่ออกแบบให้ไม้พุ่มขนาดใหญ่มีพื้นที่มากที่สุดนั้นคือแบบที่ 2 มีพื้นที่ของไม้พุ่มขนาดใหญ่ที่สุดคือ โมกพวงมีพื้นที่มากที่สุด คือ 6 ตารางเมตรเมื่อเทียบกับการออกแบบภูมิทัศน์แบบที่ 1 และแบบที่ 3 และมีตำแหน่งอยู่ด้านหน้าของอาคารจะมีเส้นแนวโน้มของอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่ลดลงต่อหนึ่งหน่วยเวลามากที่สุด สอดคล้องกับผลการศึกษาของ ชัยรัชช์ [19] เกี่ยวกับแนวทางการออกแบบและการจัดพื้นที่สีเขียวเพื่อลดอุณหภูมิภายในมหาวิทยาลัยพายัพ พบว่าควรจัด

ให้มีพื้นที่สีเขียวที่มีไม้พุ่มหรือไม้ยืนต้นขนาดใหญ่เป็นองค์ประกอบหลักและมีขนาดโตเต็มที่ที่ทรงพุ่มไม่น้อยกว่า 5 ตารางเมตร

ผลจากการประมาณค่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศในภาพที่ 4 พบว่าการออกแบบภูมิทัศน์แบบที่ 1 แบบที่ 2 และแบบที่ 3 มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศที่แตกต่างกัน เนื่องจากการวางตำแหน่งและพื้นที่ของพรรณไม้ที่ต่างกัน สอดคล้องกับการศึกษาของ Asako & Nakamura [20] ซึ่งได้วิเคราะห์การถ่ายโอนพลังงานความร้อน ทั้ง 3 รูปแบบคือ การนำความร้อน การพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนร่วมกันบนพื้นฐานของกฎการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อนำมาใช้ในการศึกษาการพาความร้อนและการปฏิสัมพันธ์ของการแผ่รังสีความร้อนจากผิวภายในวัสดุนำความร้อนรูปทรงสี่เหลี่ยมที่มีขนาดแตกต่างกัน ทั้งนี้จากผลการศึกษาของ Akiyama & Chong [21] และ Bouafia et. al. [22] ยังแสดงให้เห็นว่า การศึกษาและการวิเคราะห์การถ่ายโอนพลังงานความร้อนมีความสัมพันธ์กับรูปทรงของวัสดุนำความร้อนที่ต่างกัน

นอกจากนี้เมื่อพิจารณารูปภาพที่ 4 ในช่วง 13.00 – 14.00 น. แสดงให้เห็นว่าการออกแบบภูมิทัศน์ตามแบบที่ 2 ซึ่งมีพื้นที่ของไม้พุ่มขนาดใหญ่มากที่สุด เมื่อเทียบกับการออกแบบภูมิทัศน์แบบที่ 1 และแบบที่ 3 ช่วยให้อุณหภูมิอากาศได้มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 15 เมื่อเทียบกับการไม่จัดภูมิทัศน์ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ ฤทธาและคณะ [23] ซึ่งพบว่าการเพิ่มพื้นที่สีเขียวมีความเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของการเพิ่มชีวมวลของพืชที่มีชีวิตให้กับพื้นที่สีเขียวและมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิอากาศที่ลดลงโดยเฉพาะช่วงบ่าย ซึ่งมีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศประมาณ 2 องศาเซลเซียส และช่วยให้อุณหภูมิอากาศเย็นลงร้อยละ 17 ประหยัดค่าไฟจากเครื่องปรับอากาศร้อยละ 10 [24] ส่งผลดีต่อทั้งสุขภาพกายและจิตใจ [25] เนื่องจากสาเหตุการลดลงของอุณหภูมิอากาศนั้นช่วยเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจากการเปิดปากใบเพื่อดูดซับก๊าซ CO₂ [26] โดยเฉพาะก๊าซ CO₂ ที่มีสะสมมากในอาคารเนื่องจากประสิทธิภาพการระบายอากาศลดลงเมื่อมีผู้ปฏิบัติงานภายในอาคารจำนวนมาก [27] ส่งผลให้เกิดการง่วงนอนและผลิตภาพ (productivity) การทำงานลดลง [28]

ผลการประยุกต์แนวคิดการถ่ายโอนความร้อนร่วมกับการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่า k กับค่า NDVI ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าชีวมวลของพรรณไม้เพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศโดยเปรียบเทียบกับหลักการรวมกันของความต้านทานไฟฟ้าพบว่า การลดลงของอุณหภูมิอากาศมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับค่าชีวมวลของพรรณไม้ที่เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับผลการศึกษาของชรัยรัชช์ [19] พบว่าจากการวิเคราะห์แนวทางการปรับปรุงให้การจัดการพื้นที่สีเขียวมีประสิทธิภาพมากขึ้นมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มชีวมวลของพืชที่มีชีวิตให้กับพื้นที่สีเขียว

ถึงแม้จากผลการวิจัยของการประยุกต์แนวคิดการถ่ายโอนความร้อนในการวิจัยนี้สอดคล้องกับแนวคิดของการออกแบบภูมิทัศน์เป็นอย่างดีแล้ว การประยุกต์แนวคิดการถ่ายโอนความร้อนเช่นเดียวกับการวิจัยในครั้งนี้อยู่สอดคล้องเป็นอย่างดีกับการวิจัยด้านอื่นๆ ได้เป็นอย่างดีเช่นกัน อาทิการศึกษาของ อติรัฐ [29] ได้ประยุกต์หลักการถ่ายโอนพลังงานความร้อนเพื่อสร้างแบบจำลองของสภาวะเกาะความร้อนเมืองสำหรับการประเมินค่าความเข้มของเกาะความร้อน ด้วยการเปรียบเทียบกับพฤติกรรมของของไหลอุณหภูมิสูงเคลื่อนที่จากปลายข้างหนึ่งไปสู่อีกข้างหนึ่งของท่อทรงกระบอกปรากฏว่าวิธีการประเมินค่าความเข้มของเกาะความร้อนแบบใหม่นี้สอดคล้องกับผลการวิจัยการประเมินความเข้มของเกาะความร้อนโดยวิธีที่ใช้กันโดยทั่วไปเป็นอย่างดี นอกจากนี้อภาพงศ์ [30] ได้แสดงตัวอย่างแบบจำลองความผันผวนของอากาศซีกโลกใต้ (El Nino and Southern Oscillation, ENSO) โดยประยุกต์หลักการของอุณหพลศาสตร์ของของไหล ได้แก่ สมการความต่อเนื่อง คุณสมบัติของของไหลในอุดมคติ และสมการแบร์นูลลี เพื่อแสดงให้เห็นผลของการ

เปลี่ยนแปลงของการถ่ายโอนพลังงานความร้อนที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศบริเวณเหนือผิวน้ำทะเลบริเวณของซีกโลกใต้ที่มีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงระดับของน้ำทะเลที่มีอุณหภูมิต่ำในชั้นน้ำลึก ซึ่งผลของแบบจำลองสอดคล้องกับลักษณะความผันผวนของอากาศซีกโลกใต้ทั้ง 3 สภาวะ ได้เป็นอย่างดี

References

- [1] Zhang, P., et al. (2012). Exploring the influence of impervious surface density and shape on urban heat islands in the northeast United States using MODIS and Landsat. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 38 (4), 441–451.
- [2] Noyralphoom, J. (2009). Application of the Sufficiency Economy Philosophy to solve global warming problems in urban communities. *Veridian E – Journal, Silpakorn University*, 2(1). 1-20. (in Thai)
- [3] Zhou, Y., et al. (2014). A cluster-based method to map urban area from DMSP/OLS nightlights. *Remote Sensing of Environment*, 147, 173–185.
- [4] Zhou, Y., et al. (2014). A global map of urban extent from nightlights. *Environmental Research Letters*, 10(5), 054011.
- [5] Yang, X., et al. (2017). Contribution of urbanization to the increase of extreme heat events in an urban agglomeration in east China. *Geophysical Research Letters*, 44(13), 6940-6950.
- [6] Inouye, D. W. (2015). The next century of ecology. *Science*, 349, 565.
- [7] McDonnell, M. J., & MacGregor-Fors, I. (2016). The ecological future of cities. *Science*, 352, 936–938.
- [8] Lee, X., et. al. (2015). Priorities for boundary layer meteorology research in China. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 96 (9), 149–151.
- [9] Olgyay, V. (1963). *Design with Climate, Bioclimatic Approach and Architectural Regionalism*. New Jersey: Princeton University Press.
- [10] Bunyathikarn, S. (1999). *Techniques for designing energy-saving houses for a better quality of life*. Bangkok: Chulalongkorn University Press. (in Thai)
- [11] Singpreecha, T. (2003). *Reducing heat outside buildings using small gardens: a case study of a residential building* (Master thesis, Chulalongkorn University). (in Thai)
- [12] Thongkhammut, C. (2018). The Thermal Property of “Jamjuree”. *Journal of Building Energy & Environment*, 1(1), 40-50. (in Thai)
- [13] Phonwisitsakul, P. (2006). *Guidelines for improving landscape conditions to reduce heat accumulation in building environments* (Master thesis, Chulalongkorn University). (in Thai)
- [14] Bunfu, P. and Kanha, P. (2016). *Study of Salt Tolerant Shrub in Sri Nakhon Khuean Khan Park and Botanical Garden Prapadaeng District, Samutprakarn Province for Application in Landscaping* (Special issue, Rajamangala University of Technology Thanyaburi). (in Thai)

- [15] Brown, S., et al. (1989). Biomass Estimation Methods for Tropical Forests with Applications to Forest Inventory Data. *Forest Science*, 35, 881-902.
- [16] Liu, W., et al. (2006). Correlation analysis between the biomass of oasis ecosystem and the vegetation index at Fukang. In *SPIE Optics + Photonics, 2006* (62982M). 13-17 August, 2006, San Diego, California, USA.
- [17] Toscano, P., et al. (1999). *Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*. 2nd ed. Washington, DC: USDA.
- [18] Bunyanan, C. (2004). Gardening for the hot breeze. *MAEJO VISION*, 5(2), 41-44. (in Thai)
- [19] Bowonwattana, C. (2015). *Guidelines for designing and managing green spaces within Payap University* (Master thesis, Maejo University). (in Thai)
- [20] Asako, Y. & Nakamura, H. (1982). Heat Transfer Across a Parallelogram Shaped Enclosure. *Bulletin of JSME*, 27, 1144-1151.
- [21] Akiyama, M. & Chong, Q.P. (1997). Numerical Analysis of Natural Convection with Surface Radiation in a Square Enclosure. *Numerical Heat Transfer, Part A: Applications*, 32(4). 419-433.
- [22] Bouafia, M., et al. (2015). Non-Boussinesq Convection in a Square Cavity with Surface Thermal Radiation. *International Journal of Thermal Sciences*. 96. 236- 247.
- [23] Kritsanaphuk, K., et al. (2001). Preliminary study on the influence of green space on air temperature in Bangkok. In *The 39th Kasetsart University Academic Conference* (p. 387-394). 5-7 February, 2001, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- [24] Coder, R. D. (1996). *Identified benefits of community trees and forest*. Available from <http://www.nfs.unl.edu>. Accessed date: 1 October 2023.
- [25] McFarland, A. L., et al. (2008). The relationship between student use of campus green spaces and perceptions of quality of life. *HortTechnology*, 18(2), 232-238.
- [26] Gubb, C., et al. (2018). Can houseplants improve indoor air quality by removing CO₂ and increasing relative humidity? *Air Quality, Atmosphere and Health*, 11(10), 1191-1201.
- [27] Seppänen, O., et al. (2006). Ventilation and performance in office work. *Indoor Air*, 16(1), 28-36.
- [28] Llewellyn, D., and M. Dixon. (2019). Can plants really improve indoor air? In Moo-Young, M. (Ed.). *Comprehensive Biotechnology*. 3rd ed. (p. 343-350). Cambridge, MA: Elsevier.
- [29] Makuwan, A. (2019). Application of Heat Transfer for Evaluated Urban Heat Island Intensity. *Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University*, 6(1), 31-46. (in Thai)
- [30] Changjan, A. (2019). *Thermo-fluids for Environment*. Pathum Thani: Rangsit University Press. (in Thai)