

การศึกษาพื้นที่ร่มเงาจากที่บังแดดแนวตั้งภายใต้ศาลาที่พักรถโดยสารประจำทาง
A Study of the Shaded Areas from the Vertical Sunshades
of Bus Stop Shelters

โสพิศ ชัยชนะ^{a*}

Sopit Chaichana^{a*}

^aคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี ประเทศไทย

^aFaculty of Architecture, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani, Thailand

*Corresponding Author. E-mail: sopit_ch@rmutt.ac.th

Received: February 17, 2024

Revised: June 18, 2024

Accepted: June 20, 2024

บทคัดย่อ

ศาลาที่พักรถโดยสารประจำทาง เป็นจุดขึ้นลงรถและจุดพักระหว่างเดินทาง มีหลังคาเป็นที่บังแดดและให้ร่มเงา เนื่องจากการป้องกันรังสีอาทิตย์เป็นสิ่งจำเป็นในเขตภูมิอากาศร้อน ขณะที่ศาลาที่พักรถโดยสารในปัจจุบันส่วนใหญ่มีเพียงหลังคาด้านบน หากติดตั้งที่บังแดดแนวตั้งด้านข้างจะช่วยให้สามารถบังแดดหรือเกิดพื้นที่ร่มเงาได้มากขึ้น การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณและเปรียบเทียบพื้นที่ร่มเงาจากที่บังแดดแนวตั้งในตำแหน่งต่าง ๆ ของศาลาที่พักรถโดยสารประจำทางในกรุงเทพมหานคร เมื่อศาลาหันหน้าไป 8 ทิศหลัก โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการเกิดเงาของศาลาตั้งแต่วันที่ 8:00 - 16:00 น. ใน 4 วันสำคัญ รวม 36 ชั่วโมง ศึกษาตำแหน่งและขนาดที่บังแดดแนวตั้งแตกต่างกัน 3 กลุ่ม ทั้งหมด 8 รูปแบบ ผลการวิจัยพบว่าศาลาที่มีที่บังแดดแนวตั้งสามารถช่วยให้มีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากเดิมที่มีเฉพาะหลังคาด้านบน นอกจากนี้จำนวนชั่วโมงที่เกิดพื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งของพื้นที่ใช้งานศาลาเพื่อให้ผู้ใช้บริการมีที่บังแดดขณะรอรถมีมากขึ้น โดยศาลาแต่ละรูปแบบที่หันไปทิศที่แตกต่างกัน จะมีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยรวมทั้งจำนวนชั่วโมงที่มีพื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งต่างกัน โดยศาลาที่มีที่บังแดดแนวตั้งด้านหลังร่วมกับด้านมองรถและด้านข้าง (C3) จะมีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาเป็นศาลาแบบที่มีที่บังแดดแนวตั้งด้านหลัง (A3) ผลการวิจัยนี้เป็นประโยชน์แก่ผู้เกี่ยวข้องในการออกแบบศาลาที่พักรถโดยสารประจำทาง ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในการรับรู้ของผู้ใช้งานต่อคุณภาพการให้บริการของรถสาธารณะ

ABSTRACT

The bus stop shelter serves as both a boarding point and a rest break along the route. The roof of the shelters provides sun protection and shade, which is critical in a hot climate. Most shelters have only a roof; however, side vertical sunshades provide additional shading or shaded areas. This research aims to determine and compare the shaded areas from the vertical sunshades in different positions of bus stop shelters in Bangkok when they face eight different directions. Using a computer program,

simulate shadows from 8:00 a.m. to 4:00 p.m. on four critical days (a total of 36 hours) with eight different vertical sunshade models divided into three groups. The results showed that shelters with vertical sunshades can provide more average shaded areas than the shelters with only a roof. There is the number of hours during which the shaded area exceeds half of the total area, enough for users to have more shade while waiting for buses. As the shelters face different directions, there are varying shaded areas, as well as the number of hours during which the shaded area exceeds half of the total area. The shelter with a full back sunshade with half side sunshades (C3) had the highest average shaded area, followed by a shelter with a full back sunshade (A3). The results of this research can be utilized by the relevant organization to design bus stop shelters, which are an important factor in the perception of users regarding the service quality of public buses.

คำสำคัญ: ศาลาที่พักรถโดยสาร ที่บังแดดแนวตั้ง พื้นที่ร่มเงา การจำลอง

Keywords: Bus Stop Shelter, Vertical Shading Device, Shaded Areas, Simulation

บทนำ

ศาลาที่พักรถโดยสารประจำทาง ทำหน้าที่เป็นจุดขึ้นลงรถโดยสารสาธารณะ เป็นจุดพักระหว่างเดินทาง มีลักษณะเป็นพื้นที่กึ่งกลางแจ้ง มีหลังคาเป็นสิ่งที่กำหนดพื้นที่ใช้งานและให้ร่มเงา (Lin, Matzarakis & Huang, 2006) ผู้ใช้บริการมีความคาดหวังให้ศาลาสามารถกันแดด กันฝน ขณะรอรถโดยสารประจำทางได้ (สำนักการจราจรและขนส่ง, 2564) การออกแบบสภาพแวดล้อมเพื่อให้ผู้ใช้อยู่ในสภาวะสบาย มักมุ่งเน้นไปที่อุณหภูมิอากาศ ความชื้น ความเร็วลม และอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อน อย่างไรก็ตาม ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการออกแบบสภาวะสบายของพื้นที่ภายนอกอาคารหรือพื้นที่กลางแจ้ง คือความเร็วลมและรังสีอาทิตย์ (Wu & Kriksic, 2012) สำหรับเขตภูมิอากาศร้อน ปัจจัยด้านรังสีอาทิตย์จะส่งผลมากกว่าความเร็วลม การป้องกันรังสีอาทิตย์จึงเป็นสิ่งสำคัญในการออกแบบพื้นที่กลางแจ้ง (Kyropoulou, 2022; Lachapelle, et al., 2023; Shih, et al., 2017) เห็นได้จากพฤติกรรมของผู้ที่เดินภายนอกอาคารที่มักจะเดินในบริเวณที่มีร่มเงาหรือมีแสงแดดน้อย เช่นเดียวกับศาลาที่พักรถโดยสาร หากหลังคาของศาลาไม่สามารถให้ร่มเงาแก่บริเวณที่นั่ง คนจะมองหาและเลือกยืนในบริเวณที่มีร่มเงาเพื่อรอรถแทน (Dzyuban, et al., 2022; Emmanuel, 2016) เช่น บริเวณที่มีร่มเงาจากเสาไฟฟ้า ร่มเงาจากรั้วหรืออาคารใกล้เคียง เนื่องจากคนส่วนใหญ่จะประเมินว่าพื้นที่ที่อยู่ใต้ร่มเงาร้อนน้อยกว่าพื้นที่ที่ไม่อยู่ใต้ร่มเงา เป็นผลมาจากความคาดหวังและประสบการณ์ที่ผ่านมา (Peng, Xiong & Zou, 2021) ในเขตภูมิอากาศร้อนจึงต้องออกแบบจุดขึ้นลงหรือจุดพักรถให้มีหลังคาหรือที่บังแดดเพื่อสร้างร่มเงาและป้องกันรังสีอาทิตย์ในเวลากลางวัน (Amores, et al., 2023; Yeang, 2015) เป็นการลดระยะเวลาการสัมผัสกับรังสีคลื่นสั้นหรือรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ให้กับผู้ใช้บริการ โดยบริเวณร่มเงาจะได้รับเพียงรังสีกระจายเท่านั้น (นุภาพ แยมไทรพัฒน์, 2549) แม้ว่าการออกแบบศาลาเพื่อให้บังแดดได้ทุกช่วงเวลาตลอดทั้งปีจะเป็นไปได้ยาก แต่ผู้ออกแบบสามารถกำหนดให้มีที่บังแดดหลายตำแหน่งหรือมีหลายระดับในบริเวณศาลา เพื่อให้ผู้ใช้บริการสามารถเลือกพักในพื้นที่ร่มเงานั้นได้ตามต้องการ (Lin, Matzarakis & Hwang, 2010) เนื่องจากผู้ใช้บริการไม่สามารถรอรถโดยสารนอกเหนือจากจุดจอดที่กำหนดไว้ได้

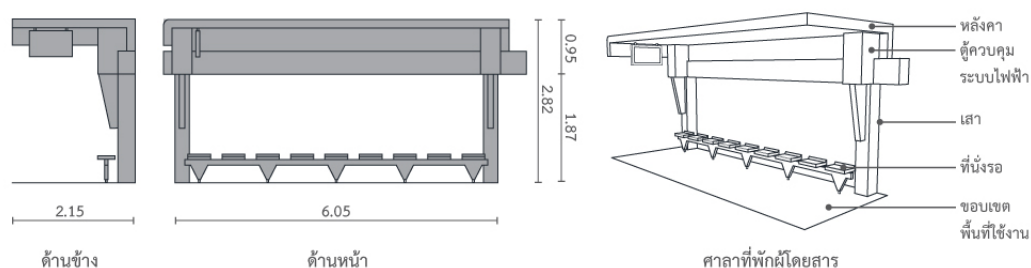
ศาลาที่พักผู้โดยสารในกรุงเทพมหานครส่วนใหญ่มีเพียงหลังคาด้านบนสำหรับบังแดด ซึ่งสามารถทำให้เกิดพื้นที่ร่มเงาภายใต้ศาลาได้มากในช่วงที่ดวงอาทิตย์ทำมุมสูงในเวลาเที่ยง ขณะที่ช่วงที่ดวงอาทิตย์ทำมุมต่ำในช่วงเช้าและเย็น (ศุภกฤต พงษ์อุดมกุล, พรสวรรค์ พิริยะศรัทธา และชูพงษ์ ทองคำสมุทร, 2564) ศาลาที่มีเฉพาะหลังคาจะไม่สามารถทำให้เกิดพื้นที่ร่มเงาได้เพียงพอสำหรับผู้ใช้บริการ หากมีการติดตั้งที่บังแดดแนวตั้งบริเวณด้านข้างของศาลา จะช่วยให้สามารถบังแดดหรือทำให้เกิดพื้นที่ร่มเงาได้มากขึ้น โดยศาลายังคงมีพื้นที่ใช้งานในขอบเขตเดิม ทั้งนี้พื้นที่ร่มเงาจะเกิดขึ้นแตกต่างกันตามตำแหน่งของที่บังแดดและตำแหน่งของดวงอาทิตย์ การวิจัยนี้จึงศึกษาเปรียบเทียบพื้นที่ร่มเงาที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีที่บังแดดแนวตั้งในตำแหน่งต่าง ๆ ของศาลา รวมทั้งความแตกต่างของพื้นที่ร่มเงาเมื่อศาลาหันไปในทิศทางที่ต่างกัน เป็นประโยชน์แก่หน่วยงานหรือผู้ที่เกี่ยวข้องในการออกแบบศาลาที่พักผู้โดยสาร ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในการรับรู้ต่อคุณภาพการให้บริการของรถโดยสารสาธารณะ (London, 2017) ของผู้ใช้งานที่ต้องการพื้นที่ร่มเงาระหว่างการพักรอรถโดยสารในช่วงเวลากลางวัน

วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบพื้นที่ร่มเงาจากหลังคาด้านบนร่วมกับที่บังแดดแนวตั้งในตำแหน่งต่าง ๆ ของศาลาที่พักผู้โดยสารรถประจำทางในกรุงเทพมหานคร เมื่อศาลาหันหน้าไปใน 8 ทิศหลัก

วิธีดำเนินงานวิจัย

1. เลือกศาลาที่พักผู้โดยสารในกรุงเทพมหานครเป็นต้นแบบในการศึกษา โดยเลือกศาลาแบบปัจจุบันที่มีจำนวนมากและมีเฉพาะหลังคาในการบังแดด เป็นศาลาที่พักผู้โดยสาร ขนาดกว้าง 2.15 เมตร ยาว 6.05 เมตร สูง 2.82 เมตร พื้นที่ใช้งานภายในขอบเขตศาลา 12.86 ตารางเมตร ศาลามีโครงสร้างเหล็กกรู๊พด้วยสแตนเลส ประกอบด้วย เสา หลังคา ที่นั่ง จอภาพแสดงเวลาที่รถโดยสารประจำทางจะมาถึง ระบบกล้องวงจรปิด ระบบไฟฟ้า ส่องสว่าง และตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า ดังภาพที่ 1 ในการศึกษาเลือกศาลาที่ตั้งอยู่บริเวณริมถนนเพชรบุรี ตำแหน่งละติจูด 13.70 องศาเหนือ ($13^{\circ} 44' 58.958''$ N) และลองจิจูด 100.50 องศาตะวันออก ($100^{\circ} 32' 49.334''$ E) เนื่องจากเป็นศาลาที่อยู่ในตำแหน่งที่มีอิทธิพลจากเงาของสิ่งก่อสร้างหรือต้นไม้บริเวณใกล้เคียงน้อยมาก เพื่อศึกษาลักษณะของร่มเงาจากศาลาที่เกิดขึ้นจริงจึงเปรียบเทียบกับผลการจำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 1 ขนาดและลักษณะของศาลาที่พักผู้โดยสารรถประจำทางแบบที่มีเฉพาะหลังคา

2. ศึกษาตำแหน่งและทิศทางของดวงอาทิตย์ที่ส่งผลต่อการเกิดพื้นที่ร่มเงาภายใต้ศาลา ในการวิจัยนี้ใช้การอ้างอิงตำแหน่งในรูปแบบของผังการโคจรของดวงอาทิตย์ที่ตำแหน่งละติจูด 13.70 องศาเหนือ และลองจิจูด 100.50 องศาตะวันออก ตำแหน่งที่ตั้งดังกล่าวมีมุมอะซิมุทของดวงอาทิตย์ ดังตารางที่ 1 และมุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์ ดังตารางที่ 2 โดยเป็นข้อมูลที่ผู้วิจัยรวบรวมจากเว็บไซต์ <https://drajmarsh.bitbucket.io/sunpath2d.html> ในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งเป็นเวลามาตรฐานของประเทศไทยที่ UTC + 7 ชั่วโมง

ตารางที่ 1 มุมอะซิมุท (องศา) ตำแหน่งดวงอาทิตย์ ที่ละติจูด 13.70 องศาเหนือ ลองจิจูด 100.50 องศาตะวันออก

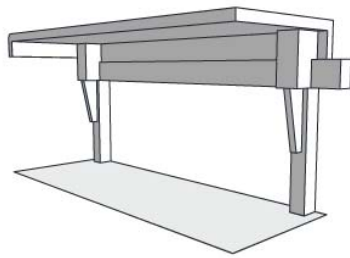
วันที่/เวลา	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
21 มี.ค.	276	280	287	300	334	33	62	74	80
21 มิ.ย.	251	251	248	240	205	137	116	110	109
21 ก.ย.	276	281	289	305	348	44	66	76	82
21 ธ.ค.	300	307	318	333	354	16	35	45	56

ตารางที่ 2 มุมอัลติจูด (องศา) ตำแหน่งดวงอาทิตย์ ที่ละติจูด 13.70 องศาเหนือ ลองจิจูด 100.50 องศาตะวันออก

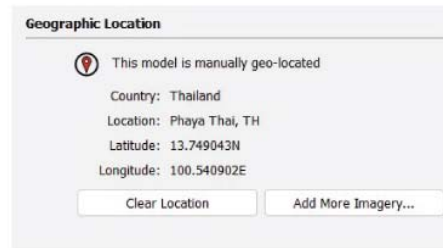
วันที่/เวลา	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
21 มี.ค.	23	37	52	65	75	74	63	49	35
21 มิ.ย.	28	42	56	69	79	76	64	51	37
21 ก.ย.	27	41	55	68	77	72	60	46	32
21 ธ.ค.	17	29	40	49	53	51	45	35	24

3. สร้างแบบจำลอง 3 มิติ เฉพาะองค์ประกอบหลักที่ทำให้เกิดพื้นที่ร่มเงาแก่ผู้ใช้บริการ และสร้างขอบเขตพื้นที่ใช้งานของศาลา จากนั้นกำหนดที่ตั้งของศาลาต้นแบบในโปรแกรม SketchUp 2018 ดังภาพที่ 2 โดยเป็นโปรแกรมที่ใช้งานง่าย สามารถบูรณาการข้อมูลในการวิเคราะห์ต่างๆ รวมทั้งสามารถจำลองและแสดงเงาที่เกิดจากอุปกรณ์บังแดด (ยี่ห้อสวีตส์ ไชยะกุล, 2551) สามารถทดลองใช้โดยไม่มีค่าใช้จ่ายตามระยะเวลาที่กำหนด ร่วมกับการใช้เครื่องมือส่วนขยายที่สามารถเพิ่มความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล ในการศึกษานี้ใช้ Shadow Projector V.7 by TIG ที่สามารถสร้างเส้นขอบเขตของเงาที่เกิดขึ้นในแบบจำลองได้ มีความยืดหยุ่นในการใช้งาน และให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง (Leu & Boonyaputthipong, 2023) สำหรับแสดงตัวเลขพื้นที่ร่มเงาภายใต้ศาลา

การศึกษาพื้นที่ร่มเงาจากที่บังแดดแนวตั้งภายใต้ศาลาที่พักผู้โดยสารรถประจำทาง
โสพิศ ชัยชนะ



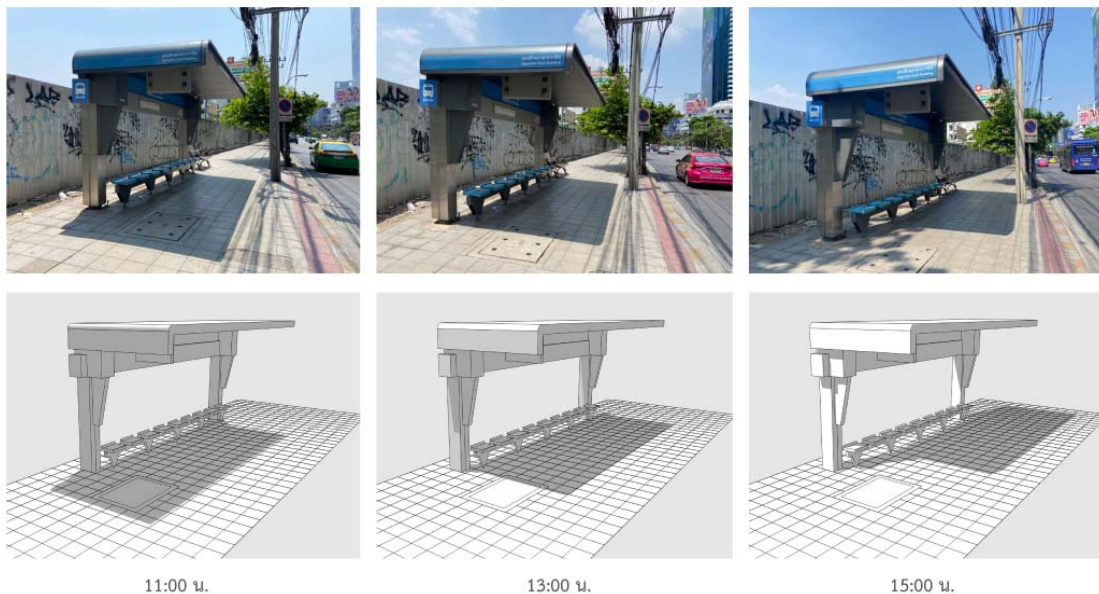
แบบจำลอง 3 มิติ



ที่ตั้งของศาลาด้านแบบ

ภาพที่ 2 แบบจำลอง 3 มิติและที่ตั้งของศาลาด้านแบบในโปรแกรม SketchUp

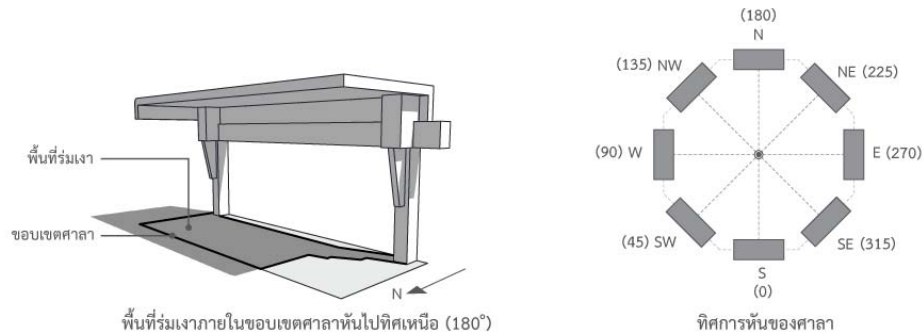
ในการศึกษานี้ได้จำลองภาพการเกิดเงาของศาลาที่พักผู้โดยสารในโปรแกรม SketchUp 2018 เปรียบเทียบกับการเกิดเงาของศาลาในสภาพแวดล้อมจริง ในวันที่ 21 พฤษภาคม 2565 เวลา 11:00 น. 13:00 น. และ 15:00 น. โดยในโปรแกรมกำหนดให้ศาลาหันไปด้านทิศใต้ มุมอะซิมุท 356 องศา ตามลักษณะการวางแนวของศาลาจริง พบว่าลักษณะของเงาบนพื้นมีตำแหน่งและรูปร่างใกล้เคียงกับภาพเงาในโปรแกรม ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ลักษณะและรูปร่างของเงาจากศาลาที่เกิดขึ้นจริงกับแบบการจำลองเงาในโปรแกรม SketchUp

4. กำหนดทิศการวางแนวศาลาแตกต่างกัน 8 ทิศหลัก ได้แก่ ทิศเหนือ (N) ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) ทิศตะวันออก (E) ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE) ทิศใต้ (S) ทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) ทิศตะวันตก (W) และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW) โดยเริ่มนับมุมอะซิมุทของการหันศาลาจากทิศใต้เป็น 0 วนตามเข็มนาฬิกา (ในบทความนี้ใช้ชื่อย่อภาษาอังกฤษแทนชื่อทิศ) ดังภาพที่ 4 จากนั้นจำลองการเกิดเงาและบันทึกพื้นที่ร่มเงาที่เกิดขึ้นที่ระดับพื้นของศาลาในขอบเขตพื้นที่ใช้งาน โดยจำลองใน 4 วันสำคัญเป็นตัวแทนข้อมูลในรอบปี ได้แก่ วันที่ 21 ของเดือนมีนาคม เดือน

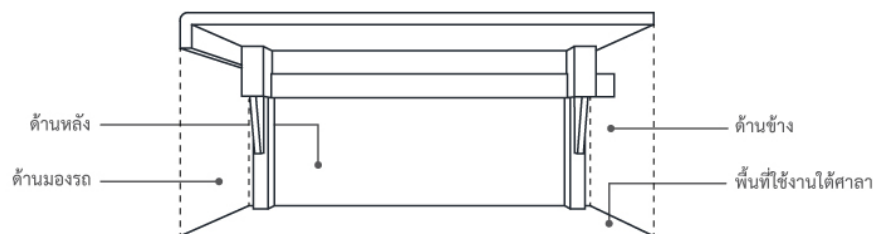
มิถุนายน เดือนกันยายน และเดือนธันวาคม ทั้งหมด 9 เวลา ตั้งแต่ 8:00 - 16:00 น. รวมจำนวนชั่วโมงจำลองทั้งหมด 36 ชั่วโมง



ภาพที่ 4 พื้นที่ร่มเงาภายในขอบเขตพื้นที่ศาลาและทิศทางการวางศาลาทั้ง 8 ทิศ

5. ประเมินและวิเคราะห์พื้นที่ร่มเงาภายใต้ศาลาแบบที่มีเฉพาะหลังคาที่หันไปในแต่ละทิศ โดยเปรียบเทียบเป็นค่าร้อยละของพื้นที่ร่มเงาที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา พื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยในรอบปี และจำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงามีเกินครึ่งของพื้นที่ใช้งานภายใต้ศาลา

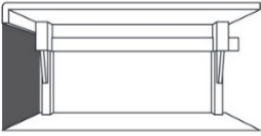
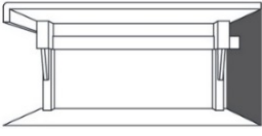
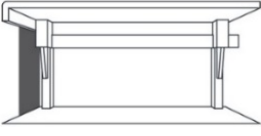
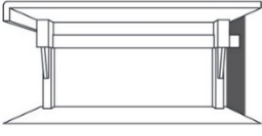
6. สร้างแบบจำลองศาลาที่มีที่บังแดดแนวตั้งด้านข้างของศาลา คือด้านมองรถ ด้านข้าง และด้านหลัง ดังภาพที่ 5 โดยไม่มีรูปแบบที่มีที่บังแดดด้านหน้าของศาลา เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่อาจกีดขวางการขึ้นลงรถ



ภาพที่ 5 ตำแหน่ง ด้านมองรถ ด้านข้าง และด้านหลัง ของศาลา

แบ่งรูปแบบศาลาออกเป็น 3 กลุ่ม ทั้งหมด 8 รูปแบบ ได้แก่ กลุ่มที่ 1 มีที่บังแดดด้านข้างแบบเต็มด้าน คือ ด้านมองรถ (A1) ด้านข้าง (A2) และด้านหลัง (A3) กลุ่มที่ 2 มีที่บังแดดด้านข้างแบบครึ่งด้าน คือ ด้านมองรถ (B1) และด้านข้าง (B2) กลุ่มที่ 3 มีที่บังแดดด้านหลังแบบเต็มด้านร่วมกับที่บังแดดด้านข้างแบบครึ่งด้าน คือ ด้านหลังร่วมกับด้านมองรถ (C1) ด้านหลังร่วมกับด้านข้าง (C2) และด้านหลังร่วมกับด้านมองรถและด้านข้าง (C3) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รูปแบบที่บังแดดแนวตั้งในการวิจัย 8 รูปแบบ

รูปแบบ	ตำแหน่งที่บังแดดแนวตั้ง		
	ด้านมองรถ	ด้านข้าง	ด้านหลัง
กลุ่ม 1	 A1	 A2	 A3
กลุ่ม 2	 B1	 B2	-
กลุ่ม 3	 C1	 C2	 C3

7. จำลองการเกิดเงาและบันทึกพื้นที่ร่มเงาที่เกิดภายใต้ศาลาที่มีที่บังแดดแนวตั้งทั้ง 8 รูปแบบ

8. ประเมินผลและวิเคราะห์พื้นที่ร่มเงาของศาลาที่หันไปในแต่ละทิศ ทั้ง 8 รูปแบบ โดยพิจารณารูปแบบที่ทำให้เกิดพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยมากที่สุด และรูปแบบที่มีจำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งของพื้นที่ใช้งานภายใต้ศาลามากที่สุดในแต่ละกลุ่ม และในแต่ละทิศ

9. สรุปการศึกษาพื้นที่ร่มเงาและเปรียบเทียบผลที่ได้จากการมีที่บังแดดด้านข้างของศาลา

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาโดยการจำลองการเกิดเงาของศาลาในแต่ละช่วงเวลา ของศาลาแบบที่มีเฉพาะหลังคา และศาลาที่มีที่บังแดดแนวตั้งทั้ง 8 รูปแบบ เมื่อหันไปในทิศที่ต่างกัน 8 ทิศ มีรายละเอียดดังนี้

1. ศาลาแบบที่มีเฉพาะหลังคา

เมื่อจำลองการเกิดเงาในช่วงเวลาเดียวกันแต่หันไปในทิศต่างกัน ศาลาแบบที่มีเฉพาะหลังคาจะมีพื้นที่ร่มเงาภายใต้ศาลาต่างกัน โดยในบทความนี้จะแสดงตัวอย่างเฉพาะผลการคำนวณพื้นที่ร่มเงาแต่ละช่วงเวลาของศาลาที่หันด้านทิศ N, NE และ E และแสดงพื้นที่ร่มเงาของศาลาที่หันแตกต่างกันทั้ง 8 ทิศ ในรูปแบบของพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ย พื้นที่ร่มเงาต่ำสุด พื้นที่ร่มเงาสูงสุด และจำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่ง

1.1 ผลการคำนวณพื้นที่ร่มเงาแต่ละช่วงเวลาของศาลาที่มีเฉพาะหลังคา

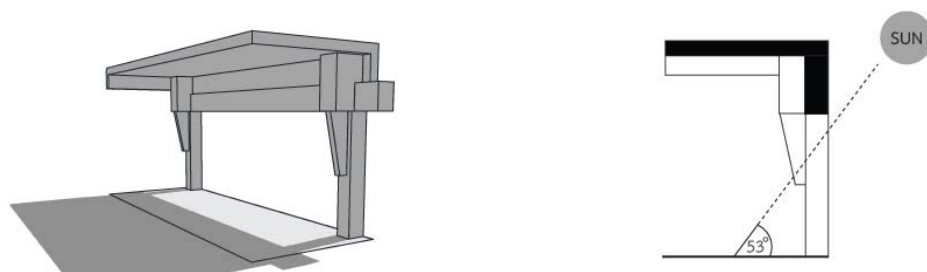
ศาลาหันด้านทิศ N

หลังคาของศาลาสามารถบังแดดและให้พื้นที่ร่มเงาภายใต้ศาลาเฉลี่ย 48.59% ช่วงที่มีพื้นที่ร่มเงา
น้อยที่สุดคือเวลา 8:00 น. เดือนมิถุนายน คิดเป็น 7.70% ช่วงที่มีพื้นที่ร่มเงามากที่สุดคือเวลา 12:00 น. เดือน
กันยายน คิดเป็น 80.17% มีจำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งหรือมากกว่า 50% ทั้งหมด 19 ชั่วโมง จากการจำลอง
ใน 36 ชั่วโมงของการวิจัยนี้ ส่วนใหญ่มีพื้นที่ร่มเงาเกินครึ่ง ตั้งแต่เวลา 10:00 - 14:00 น. ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการคำนวณพื้นที่ร่มเงาภายใต้ศาลาที่มีเฉพาะหลังคาของศาลาที่หันด้านทิศ N

วันที่/เวลา	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
21 มี.ค.	26.52%	50.70%	62.60%	70.61%	77.68%	76.98%	68.66%	58.86%	44.71%
21 มิ.ย.	<u>7.70%</u>	32.74%	53.03%	66.64%	75.89%	72.63%	61.51%	45.26%	21.85%
21 ก.ย.	35.15%	54.90%	65.71%	73.17%	<u>80.17%</u>	75.97%	67.34%	56.92%	40.36%
21 ธ.ค.	12.83%	15.01%	25.35%	32.97%	38.18%	37.64%	30.48%	20.53%	12.13%

สำหรับเดือนธันวาคมไม่มีช่วงเวลาที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่ง เนื่องจากมุมอะซิมุทของดวงอาทิตย์
ในช่วงสายอยู่ที่ 300 - 360 องศา และในช่วงบ่ายอยู่ที่ 0 - 56 องศา ดังตารางที่ 1 ตำแหน่งดังกล่าวอยู่บริเวณ
ด้านหลังของศาลา ขณะเดียวกันมุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์จะอยู่ในช่วง 17 - 53 องศา ดังตารางที่ 2 ซึ่งต่ำกว่าระดับ
ที่หลังคาจะสามารถทำให้เกิดร่มเงาที่พื้นศาลาได้เกินครึ่ง ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ตำแหน่งดวงอาทิตย์ในเดือนธันวาคม เวลา 12:00 น. ที่มุมอัลติจูดสูงสุด 53 องศา

ศาลาหันด้านทิศ NE

หลังคาของศาลาสามารถบังแดดและให้พื้นที่ร่มเงาภายใต้ศาลาเฉลี่ย 40.37% ช่วงที่มีพื้นที่ร่มเงา
น้อยที่สุดคือเวลา 8:00 น. และ 9:00 น. เดือนมิถุนายน คิดเป็น 0.31% ช่วงที่มีพื้นที่ร่มเงามากที่สุดคือเวลา 13:00
น. เดือนมิถุนายน คิดเป็น 89.97% มีจำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งทั้งหมด 16 ชั่วโมง ดังตารางที่ 5 ส่วนใหญ่มี
พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่ง ตั้งแต่เวลา 11:00 - 14:00 น. โดยในเดือนธันวาคมมีพื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งในช่วงเวลา 10:00
- 12:00 น. ที่มุมอะซิมุทของดวงอาทิตย์อยู่ที่ 318 - 354 องศา ตำแหน่งดังกล่าวอยู่บริเวณด้านหลังฝั่งขวาของศาลา
ซึ่งมีเสาแนวตั้งบังแดดจึงทำให้เกิดร่มเงาภายใต้ศาลาได้

ตารางที่ 5 ผลการคำนวณพื้นที่ร่มเงาภายใต้ศาลาที่มีเฉพาะหลังคาของศาลาที่หันด้านทิศ NE

วันที่/เวลา	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
21 มี.ค.	0.78%	5.52%	40.59%	72.55%	84.76%	75.66%	58.79%	36.39%	8.48%
21 มิ.ย.	<u>0.31%</u>	<u>0.31%</u>	19.83%	51.24%	75.51%	<u>89.97%</u>	73.56%	55.68%	37.71%
21 ก.ย.	0.78%	12.67%	47.59%	78.85%	83.75%	73.87%	54.43%	31.26%	8.63%
21 ธ.ค.	1.71%	27.60%	60.11%	58.63%	51.09%	38.96%	20.22%	7.54%	8.09%

ศาลาหันด้านทิศ E

หลังคาของศาลาสามารถบังแดดและให้พื้นที่ร่มเงาภายใต้ศาลาเฉลี่ย 33.60% ช่วงที่มีพื้นที่ร่มเงา
น้อยที่สุดคือเวลา 8:00 น. เดือนมีนาคมและเดือนกันยายน คิดเป็น 0.08% ช่วงที่มีพื้นที่ร่มเงามากที่สุดคือเวลา
12:00 น. เดือนกันยายน คิดเป็น 86.16% มีจำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งทั้งหมด 13 ชั่วโมง ดังตารางที่ 6
ส่วนใหญ่มีพื้นที่ร่มเงาเกินครึ่ง ตั้งแต่เวลา 12:00 - 14:00 น. โดยในช่วงสายของวัน เวลา 8:00 - 11:00 น. ที่มุมอะซิมุท
ของดวงอาทิตย์อยู่ที่ 240 - 333 องศา ตำแหน่งดังกล่าวอยู่บริเวณด้านหน้าของศาลา มีมุมอัลติจูดอยู่ที่ 17 - 69
องศา ซึ่งต่ำกว่าระดับที่หลังคาจะสามารถบังแดดหรือทำให้เกิดร่มเงาที่พื้นศาลาได้เกินครึ่ง

ตารางที่ 6 ผลการคำนวณพื้นที่ร่มเงาภายใต้ศาลาที่มีเฉพาะหลังคาของศาลาที่หันด้านทิศ E

วันที่/เวลา	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
21 มี.ค.	<u>0.08%</u>	0.16%	5.91%	45.80%	78.54%	80.25%	59.10%	31.88%	8.16%
21 มิ.ย.	0.23%	0.23%	18.90%	53.89%	84.21%	81.57%	61.82%	37.25%	7.54%
21 ก.ย.	<u>0.08%</u>	0.16%	16.49%	54.28%	<u>86.16%</u>	75.97%	53.81%	24.11%	8.24%
21 ธ.ค.	0.39%	0.54%	1.94%	35.61%	67.19%	63.06%	42.61%	15.24%	8.16%

1.2 ผลการคำนวณพื้นที่ร่มเงาของศาลาที่มีเฉพาะหลังคาทั้ง 8 ทิศ

ศาลาแบบที่มีเฉพาะหลังคา เมื่อหันไปในแต่ละทิศจะเกิดพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยภายใต้ศาลาแตกต่างกัน
โดยมีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยทั้ง 8 ทิศ เท่ากับ 39.00% โดยศาลาที่หันด้านทิศ N มีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 48.59%
และมีจำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งมากที่สุด คือ 19 ชั่วโมง สำหรับศาลาที่หันด้านทิศ E มีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ย
ต่ำที่สุด คือ 33.60% ศาลาที่หันด้านทิศ W มีจำนวนชั่วโมงที่มีพื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งน้อยที่สุด คือ 12 ชั่วโมง ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการคำนวณพื้นที่ร่มเงาของศาลาที่มีเฉพาะหลังคาทั้ง 8 ทิศ

ศาลา หันด้านทิศ	พื้นที่ร่มเงาภายใต้ศาลา			จำนวนชั่วโมงที่ พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่ง
	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด	
N	<u>48.59%</u>	7.70%	80.17%	<u>19</u>
NE	40.37%	0.31%	89.97%	16
E	<u>33.60%</u>	0.08%	86.16%	13
SE	37.17%	0.00%	88.49%	14
S	40.26%	0.62%	84.06%	15
SW	37.59%	0.00%	90.98%	13
W	33.73%	0.08%	88.10%	<u>12</u>
NW	40.65%	0.31%	87.33%	14

2. ศาลาที่มีที่บังแดดแนวตั้ง

เมื่อจำลองการเกิดเงา พบว่าแต่ละรูปแบบมีพื้นที่ร่มเงาแตกต่างกันในแต่ละทิศที่ศาลาหันไป ในบทความนี้แสดงตัวอย่างผลการคำนวณพื้นที่ร่มเงาแต่ละช่วงเวลาของศาลากลุ่มที่ 1 เฉพาะศาลาที่หันด้านทิศ N สำหรับศาลากลุ่มที่ 2 และ 3 จะแสดงผลในรูปแบบของพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยและจำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งในศาลาที่หันไป 8 ทิศ

ศาลากลุ่มที่ 1 รูปแบบ A1, A2 และ A3

ศาลาแบบที่มีเฉพาะหลังคาเมื่อหันด้านทิศ N จะมีพื้นที่เงาเฉลี่ย 48.59% และมีจำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่ง 19 ชั่วโมง เมื่อมีที่บังแดดแนวตั้งแบบ A1 จะมีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 60.63% โดยมีจำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งในช่วงเช้าเพิ่มขึ้น รวมเป็น 23 ชั่วโมง ส่วนใหญ่ตั้งแต่เวลา 8:00 - 14:00 น. ดังตารางที่ 8 แต่ไม่สามารถทำให้เกิดพื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งในเดือนธันวาคมได้

ตารางที่ 8 ผลการคำนวณพื้นที่ร่มเงาภายใต้ศาลารูปแบบ A1 ที่หันด้านทิศ N

วันที่/เวลา	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
21 มี.ค.	89.81%	86.16%	84.21%	82.97%	81.49%	76.98%	68.66%	58.86%	44.71%
21 มิ.ย.	51.48%	63.84%	72.40%	77.14%	78.69%	72.63%	61.51%	45.26%	21.85%
21 ก.ย.	90.28%	86.94%	85.07%	83.67%	81.80%	75.97%	67.34%	56.92%	40.36%
21 ธ.ค.	38.72%	34.84%	39.74%	41.45%	39.97%	37.64%	30.48%	20.53%	12.13%

เมื่อมีที่บังแดดแนวตั้งแบบ A2 จะมีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ย 57.52% โดยมีจำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งในช่วงบ่ายเพิ่มขึ้น รวมเป็น 23 ชั่วโมง ส่วนใหญ่ตั้งแต่เวลา 10:00 - 16:00 น. ดังตารางที่ 9 แต่ยังไม่สามารถทำให้เกิดพื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งในช่วงเดือนธันวาคมได้เช่นกัน

ตารางที่ 9 ผลการคำนวณพื้นที่ร่มเงาภายใต้ศาลารูปแบบ A2 ที่หันด้านทิศ N

วันที่/เวลา	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
21 มี.ค.	26.52%	50.70%	62.60%	70.61%	77.68%	81.73%	82.81%	83.90%	85.69%
21 มิ.ย.	7.70%	32.74%	53.03%	66.64%	75.89%	78.69%	76.44%	70.84%	61.12%
21 ก.ย.	35.15%	54.90%	65.71%	73.17%	80.17%	82.97%	83.90%	85.15%	87.40%
21 ธ.ค.	12.83%	15.01%	25.35%	32.97%	38.18%	41.06%	40.51%	36.63%	34.37%

เมื่อมีที่บังแดดแนวตั้งแบบ A3 จะมีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ย 71.54% โดยสามารถเพิ่มจำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งในเดือนธันวาคมได้ เนื่องจากที่บังแดดด้านหลังสามารถบังแดดทางทิศ S ซึ่งเป็นด้านที่ดวงอาทิตย์มีมุมอัลติจูดต่ำ โดยมีจำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่ง 30 ชั่วโมง ส่วนใหญ่ตั้งแต่วันที่ 9:00 - 16:00 น. ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการคำนวณพื้นที่ร่มเงาภายใต้ศาลารูปแบบ A3 ที่หันด้านทิศ N

วันที่/เวลา	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
21 มี.ค.	37.09%	64.70%	78.38%	87.71%	96.27%	95.18%	85.69%	74.81%	58.79%
21 มิ.ย.	7.70%	32.74%	53.03%	66.64%	75.89%	72.63%	61.51%	45.26%	21.85%
21 ก.ย.	45.18%	68.27%	80.72%	89.50%	98.37%	92.92%	83.28%	71.54%	52.72%
21 ธ.ค.	74.11%	80.25%	85.61%	91.52%	98.21%	96.50%	89.66%	83.59%	77.68%

เมื่อเปรียบเทียบพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยของศาลารูปแบบ A1, A2 และ A3 ที่หันด้านทิศ N จะเห็นว่าศาลามีที่บังแดดแนวตั้งรูปแบบ A3 มีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยสูงที่สุดในบรรดารูปแบบทั้งหมด

เมื่อจำลองเงาของศาลาที่มีที่บังแดดแนวตั้งกลุ่มที่ 1 ทั้ง 3 รูปแบบ พบว่าศาลามีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยและจำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งเพิ่มขึ้นจากการมีหลังคาบังแดดเพียงอย่างเดียว โดยศาลาที่มีที่บังแดดรูปแบบ A3 จะมีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยรวมทั้งจำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งมากที่สุด ยกเว้นศาลาที่หันด้านทิศ S ที่การบังแดดรูปแบบ A2 จะสามารถเพิ่มพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยรวมทั้งจำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งได้มากกว่าที่บังแดดรูปแบบอื่น แต่เมื่อศาลาที่มีที่บังแดดรูปแบบ A2 หันด้านทิศ E และทิศ W แม้จะมีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยเพิ่มขึ้น แต่จะมีจำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งเท่ากับศาลาแบบที่มีเฉพาะหลังคา ดังตารางที่ 11

เมื่อเปรียบเทียบผลของศาลาทั้ง 8 ทิศ พบว่าพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยในศาลารูปแบบ A1, A2 และ A3 เท่ากับ 46.22%, 46.53% และ 58.79% ตามลำดับ ศาลาที่หันด้านทิศ N รูปแบบ A3 มีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 71.54% และมีจำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งมากที่สุด คือ 30 ชั่วโมง สำหรับศาลาที่หันด้านทิศ E รูปแบบ A2 มีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 35.05% และศาลาที่หันด้านทิศ W รูปแบบ A2 มีจำนวนชั่วโมงที่มีพื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งน้อยที่สุด คือ 12 ชั่วโมง

ตารางที่ 11 ผลการคำนวณพื้นที่ร่มเงาภายใต้ศาลากลุ่มที่ 1 รูปแบบ A1, A2 และ A3 ทั้ง 8 ทิศ

ศาลา หันด้านทิศ	ศาลา มีเฉพาะหลังคา		ศาลามีที่บังแดดแนวตั้ง A1		ศาลามีที่บังแดดแนวตั้ง A2		ศาลามีที่บังแดดแนวตั้ง A3	
	พื้นที่ร่ม เงาเฉลี่ย	จำนวน ชั่วโมง*	พื้นที่ร่ม เงาเฉลี่ย	จำนวน ชั่วโมง*	พื้นที่ร่ม เงาเฉลี่ย	จำนวน ชั่วโมง*	พื้นที่ร่ม เงาเฉลี่ย	จำนวน ชั่วโมง*
N	48.59%	19	60.63%	23	57.52%	23	<u>71.54%</u>	<u>30</u>
NE	40.37%	16	51.47%	20	43.90%	17	64.04%	25
E	33.60%	13	40.50%	16	<u>35.05%</u>	13	56.02%	22
SE	37.17%	14	46.18%	17	42.38%	16	48.88%	19
S	40.26%	15	49.14%	20	53.57%	22	45.15%	18
SW	37.59%	13	41.31%	14	48.27%	19	53.76%	21
W	33.73%	12	35.23%	13	40.80%	<u>12</u>	62.22%	24
NW	40.65%	14	45.34%	17	50.78%	18	68.73%	27

หมายเหตุ: *จำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่ง (50%) ของพื้นที่ภายในขอบเขตศาลา จากการจำลองทั้งหมด 36 ชั่วโมง

ศาลากลุ่มที่ 2 รูปแบบ B1 และ B2

เมื่อจำลองเงาของศาลาที่มีที่บังแดดแนวตั้งกลุ่มที่ 2 ทั้ง 2 รูปแบบ พบว่าศาลามีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยสูงขึ้นเล็กน้อยและมีจำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งเพิ่มขึ้น โดยการมีที่บังแดดรูปแบบ B1 จะสามารถเพิ่มพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยรวมทั้งจำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งได้มากกว่า ในศาลาที่หันด้านทิศ E, SE และ W สำหรับการมีที่บังแดดรูปแบบ B2 จะสามารถเพิ่มพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยรวมทั้งจำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งได้มากกว่า ในศาลาที่หันด้านทิศ N, S และ SW สำหรับศาลาที่หันด้านทิศ NE และ NW การมีที่บังแดดแนวตั้งทั้ง 2 รูปแบบ จะมีจำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งเท่ากันและมีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยใกล้เคียงกัน

เมื่อเปรียบเทียบผลของศาลาทั้ง 8 ทิศ พบว่าพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยในศาลารูปแบบ B1 และ B2 เท่ากับ 42.14% และ 42.20% ตามลำดับ ศาลาที่หันด้านทิศ N รูปแบบ B1 มีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยสูงสุด คือ 54.26% ศาลาหันด้านทิศ N รูปแบบ B2 มีจำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งมากที่สุด คือ 22 ชั่วโมง สำหรับศาลาที่หันด้านทิศ E รูปแบบ B2 มีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 34.22% และศาลาที่หันด้านทิศ W รูปแบบ B2 มีจำนวนชั่วโมงที่มีพื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งน้อยที่สุด คือ 12 ชั่วโมง ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ผลการคำนวณพื้นที่ร่มเงาภายใต้ศาลากลุ่มที่ 2 รูปแบบ B1 และ B2 ทั้ง 8 ทิศ

ศาลา หันด้านทิศ	ศาลามีเฉพาะหลังคา		ศาลามีที่บังแดดแนวตั้ง B1		ศาลามีที่บังแดดแนวตั้ง B2	
	พื้นที่ร่มเงา เฉลี่ย	จำนวน ชั่วโมง*	พื้นที่ร่มเงา เฉลี่ย	จำนวน ชั่วโมง*	พื้นที่ร่มเงา เฉลี่ย	จำนวน ชั่วโมง*
N	48.59%	19	<u>54.26%</u>	21	52.77%	<u>22</u>
NE	40.37%	16	44.19%	17	42.53%	17
E	33.60%	13	36.70%	14	<u>34.22%</u>	13
SE	37.17%	14	41.63%	16	38.53%	14
S	40.26%	15	43.53%	19	45.50%	20
SW	37.59%	13	38.64%	13	43.04%	18
W	33.73%	12	34.49%	13	36.85%	<u>12</u>
NW	40.65%	14	43.68%	16	44.14%	16

หมายเหตุ: *จำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่ง (50%) ของพื้นที่ภายในขอบเขตศาลา จากการจำลองทั้งหมด 36 ชั่วโมง

ศาลากลุ่มที่ 3 รูปแบบ C1, C2 และ C3

เมื่อจำลองเงาของศาลาที่มีที่บังแดดแนวตั้งกลุ่มที่ 3 ทั้ง 3 รูปแบบ พบว่าศาลามีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยสูงขึ้น และมีจำนวนชั่วโมงที่มีพื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งเพิ่มขึ้น โดยรูปแบบ C3 จะให้พื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยและจำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งมากที่สุด ยกเว้นศาลาที่หันด้านทิศ NW ที่การบังแดดรูปแบบ C1 จะให้จำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งสูงกว่าเล็กน้อย และทั้ง 3 รูปแบบจะมีจำนวนชั่วโมงเท่ากันในทิศ E และทิศ W

เมื่อเปรียบเทียบผลของศาลาทั้ง 8 ทิศ พบว่าพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยในศาลารูปแบบ C1, C2 และ C3 เท่ากับ 62.23%, 61.93 และ 65.07% ตามลำดับ ศาลาหันด้านทิศ N รูปแบบ C3 มีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยสูงสุด คือ 81.37% และมีจำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งมากที่สุด คือ 33 ชั่วโมง สำหรับศาลาหันด้านทิศ S รูปแบบ C1 มีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 48.43% และศาลาหันด้านทิศ SE รูปแบบ C2 มีจำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งน้อยที่สุด คือ 19 ชั่วโมง ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ผลการคำนวณพื้นที่ร่มเงาภายใต้ศาลากลุ่มที่ 3 รูปแบบ C1, C2 และ C3 ทั้ง 8 ทิศ

ศาลา หันด้านทิศ	ศาลา มีเฉพาะหลังคา		ศาลามีที่บังแดดแนวตั้ง C1		ศาลามีที่บังแดดแนวตั้ง C2		ศาลามีที่บังแดดแนวตั้ง C3	
	พื้นที่ร่ม เงาเฉลี่ย	จำนวน ชั่วโมง*	พื้นที่ร่ม เงาเฉลี่ย	จำนวน ชั่วโมง*	พื้นที่ร่ม เงาเฉลี่ย	จำนวน ชั่วโมง*	พื้นที่ร่ม เงาเฉลี่ย	จำนวน ชั่วโมง*
N	48.59%	19	77.14%	32	75.77%	31	81.37%	33
NE	40.37%	16	67.86%	26	66.21%	25	70.03%	26
E	33.60%	13	59.13%	22	56.63%	22	59.74%	22
SE	37.17%	14	53.34%	20	50.24%	19	54.70%	20
S	40.26%	15	48.43%	21	49.98%	21	53.26%	24
SW	37.59%	13	54.82%	21	59.23%	23	60.28%	23
W	33.73%	12	62.97%	24	65.12%	24	65.87%	24
NW	40.65%	14	74.13%	29	72.29%	28	75.33%	28

หมายเหตุ: *จำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่ง (50%) ของพื้นที่ภายในขอบเขตศาลา จากการจำลองทั้งหมด 36 ชั่วโมง

จากผลการจำลองเงาและคำนวณพื้นที่ร่มเงาภายใต้ศาลาที่มีที่บังแดดแนวตั้งทั้ง 3 กลุ่ม จะเห็นได้ว่า กลุ่มที่ 1 หากศาลามีที่บังแดดแนวตั้งเพียงด้านเดียว ตำแหน่งที่ดีที่สุดจะอยู่ด้านหลังของศาลาในแต่ละทิศ (รูปแบบ A3) ยกเว้น ศาลาที่หันไปทางทิศ S ที่บังแดดควรอยู่ด้านข้าง (รูปแบบ A2) ขณะที่กลุ่มที่ 2 ศาลาที่มีที่บังแดดแนวตั้งแบบครึ่งด้าน จะให้พื้นที่ร่มเงาภายใต้ศาลาใกล้เคียงกับศาลาแบบที่มีเฉพาะหลังคา ยกเว้นศาลาที่หันด้านทิศ S และทิศ SW ที่ที่บังแดด ด้านข้าง (รูปแบบ B2) จะสามารถเพิ่มพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยและชั่วโมงที่มีร่มเงาเกินครึ่งได้ค่อนข้างมาก สำหรับกลุ่มที่ 3 หากมีที่บังแดดด้านหลังร่วมกับด้านข้าง จะสามารถเพิ่มพื้นที่ร่มเงาและจำนวนชั่วโมงที่มีร่มเงาเกินครึ่งจากแบบที่มี ที่บังแดดด้านหลังเพียงด้านเดียว ยกเว้นศาลาที่หันด้านทิศ S ที่ที่บังแดดด้านหลังส่งผลต่อการเกิดพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ย ภายใต้ศาลาน้อยกว่าที่บังแดดด้านข้าง

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า ศาลาที่มีที่บังแดดแนวตั้งสามารถช่วยให้มีพื้นที่ร่มเงาเพิ่มขึ้นจากการที่ ศาลามีเฉพาะหลังคาด้านบน รวมทั้งมีระยะเวลาที่เกิดพื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งของพื้นที่ใช้งานศาลาเพียงพอให้ผู้ใช้บริการมี ที่บังแดดขณะรอรถโดยสารได้มากขึ้น โดยศาลาแต่ละรูปแบบที่หันไปในทิศที่แตกต่างกัน จะมีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยรวมทั้ง จำนวนชั่วโมงที่มีพื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งต่างกัน สรุปได้ดังตารางที่ 14 โดยศาลาแบบที่มีเฉพาะหลังคาทั้ง 8 ทิศ มีพื้นที่ ร่มเงาเฉลี่ยในช่วง 33.60% - 48.59% มีจำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่ง 12 - 19 ชั่วโมง โดยศาลาที่หันด้านทิศ N มีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยและจำนวนชั่วโมงที่มีพื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งมากที่สุด ศาลาที่หันด้านทิศ E มีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยต่ำที่สุด ศาลาที่หันไป W มีจำนวนชั่วโมงที่มีพื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งต่ำที่สุด

ศาลาแบบมีที่บังแดดแนวตั้งกลุ่มที่ 1 มีที่บังแดดด้านข้างแบบเต็มด้าน มีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยในช่วง 35.05% - 71.54% มีจำนวนชั่วโมงที่พื้นที่ร่มเงาเกินครึ่ง 12 - 30 ชั่วโมง โดยศาลารูปแบบ A3 มีที่บังแดดแนวตั้งด้านหลัง

มีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยและจำนวนชั่วโมงที่มีพื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งมากที่สุดในศาลาที่หันไปในทุกทิศ ยกเว้นศาลาที่หันด้านทิศ S ที่ศาลารูปแบบ A2 มีที่บังแดดด้านข้าง มีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยและจำนวนชั่วโมงที่มีพื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งมากกว่า

ศาลามีที่บังแดดแนวตั้งกลุ่มที่ 2 มีที่บังแดดด้านข้างแบบครึ่งด้าน มีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยในช่วง 34.22% - 54.26% มีจำนวนชั่วโมงที่มีพื้นที่ร่มเงาเกินครึ่ง 12 - 22 ชั่วโมง โดยศาลารูปแบบ B1 มีที่บังแดดด้านมอรรถ มีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยมากที่สุดเมื่อศาลาหันด้านทิศ N, NE, E และ SE ศาลารูปแบบ B2 มีที่บังแดดด้านข้าง มีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยมากที่สุด เมื่อศาลาหันด้านทิศ S, SW, W และ NW ทั้งนี้จำนวนชั่วโมงที่มีพื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งของทั้ง 2 รูปแบบมีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นศาลาที่หันด้านทิศ SW ที่รูปแบบ B2 มีจำนวนชั่วโมงที่มีพื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งมากกว่า

ศาลามีที่บังแดดแนวตั้งกลุ่มที่ 3 มีที่บังแดดด้านหลังแบบเต็มด้านร่วมกับที่บังแดดด้านข้างแบบครึ่งด้าน มีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยในช่วง 48.43% - 81.37% มีจำนวนชั่วโมงที่มีพื้นที่ร่มเงาเกินครึ่ง 19 - 33 ชั่วโมง โดยศาลารูปแบบ C3 มีที่บังแดดแนวตั้งด้านหลังร่วมกับด้านมอรรถและด้านข้าง มีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยและจำนวนชั่วโมงที่มีพื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งมากที่สุดในศาลาที่หันไปในทุกทิศ ยกเว้นศาลาที่หันด้านทิศ NW ที่ศาลารูปแบบ C1 มีที่บังแดดแนวตั้งด้านหลังร่วมกับด้านมอรรถ มีจำนวนชั่วโมงที่มีพื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งมากกว่า

ตารางที่ 14 ผลการคำนวณพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยภายใต้ศาลาและจำนวนชั่วโมงที่มีพื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งของศาลาทั้ง 8 ทิศ

ศาลา หันด้านทิศ	ศาลามี เฉพาะ หลังคา	ศาลามีที่บังแดดแนวตั้ง กลุ่ม 1			ศาลามีที่บังแดดแนวตั้ง กลุ่ม 2		ศาลามีที่บังแดดแนวตั้ง กลุ่ม 3		
		A1	A2	A3	B1	B2	C1	C2	C3
N	48.59%	60.63%	57.52%	71.54%	54.26%	52.77%	77.14%	75.77%	81.37%
	19	23	23	30	21	22	32	31	33
NE	40.37%	51.47%	43.90%	64.04%	44.19%	42.53%	67.86%	66.21%	70.03%
	16	20	17	25	17	17	26	25	26
E	33.60%	40.50%	35.05%	56.02%	36.70%	34.22%	59.13%	56.63%	59.74%
	13	16	13	22	14	13	22	22	22
SE	37.17%	46.18%	42.38%	48.88%	41.63%	38.53%	53.34%	50.24%	54.70%
	14	17	16	19	16	14	20	19	20
S	40.26%	49.14%	53.57%	45.15%	43.53%	45.50%	48.43%	49.98%	53.26%
	15	20	22	18	19	20	21	21	24
SW	37.59%	41.31%	48.27%	53.76%	38.64%	43.04%	54.82%	59.23%	60.28%
	13	14	19	21	13	18	21	23	23
W	33.73%	35.23%	40.80%	62.22%	34.49%	36.85%	62.97%	65.12%	65.87%
	12	13	12	24	13	12	24	24	24
NW	40.65%	45.34%	50.78%	68.73%	43.68%	44.14%	74.13%	72.29%	75.33%
	14	17	18	27	16	16	29	28	28

หมายเหตุ: ตัวเลขด้านบนแสดงพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ย ตัวเลขด้านล่างแสดงจำนวนชั่วโมงที่มีพื้นที่ร่มเงาเกินครึ่ง

เมื่อเปรียบเทียบศาลาทั้ง 8 รูปแบบ พบว่าศาลารูปแบบ C3 เป็นรูปแบบที่มีพื้นที่ร่มเงาเฉลี่ยมากที่สุด เมื่อศาลาหันไปใน 8 ทิศหลัก เนื่องจากเป็นรูปแบบที่มีที่บังแดดแนวตั้ง 3 ด้าน มากกว่าศาลารูปแบบอื่น ทั้งนี้ศาลารูปแบบ C3 มีจำนวนชั่วโมงที่มีพื้นที่ร่มเงาเกินครึ่งเท่ากับศาลารูปแบบ A3 ซึ่งมีที่บังแดดแนวตั้งเพียง 1 ด้าน เมื่อศาลาหันด้านทิศ E และ W และเท่ากับศาลารูปแบบ C1 ซึ่งมีที่บังแดดแนวตั้ง 2 ด้าน ในทิศ NE, SE และ NW หรือเท่ากับรูปแบบ C2 ในทิศ SW จะเห็นได้ว่าการออกแบบศาลาให้มีที่บังแดดแนวตั้งด้านข้างจำนวนมากอาจทำให้เกิดพื้นที่ร่มเงาที่ใกล้เคียงกับศาลาที่มีที่บังแดดแนวตั้งจำนวนน้อยกว่า การออกแบบที่บังแดดแนวตั้งจึงควรพิจารณาพื้นที่ร่มเงาที่เกิดขึ้นประกอบกับจำนวนที่บังแดดแนวตั้งที่เหมาะสมกับศาลารอรถโดยสารในจุดจอดนั้นๆ โดยหากศาลาจำเป็นต้องมีที่บังแดดแนวตั้งเพียงด้านเดียว ตำแหน่งที่ดีที่สุดจะอยู่ด้านหลังของศาลา ยกเว้นศาลาที่หันไปทางทิศ S ที่บังแดดแนวตั้งควรอยู่ด้านข้าง

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. ที่บังแดดแนวตั้งด้านข้าง เป็นองค์ประกอบของศาลาที่มีระนาบอยู่ใกล้กับผู้ใช้บริการ ควรพิจารณาคุณสมบัติการดูดซับและการแผ่รังสีความร้อนของวัสดุที่ใช้ทำที่บังแดดหรือวัสดุปิดผิวที่บังแดด เพื่อป้องกันหรือลดการแผ่รังสีความร้อนมาสู่ผู้ใช้บริการ
2. รูปแบบของที่บังแดดแนวตั้งด้านข้าง อาจออกแบบให้เป็นระแนงที่สามารถบังแดด ขณะเดียวกันก็สามารถให้ลมพัดผ่านได้ ซึ่งการป้องกันรังสีอาทิตย์และความเร็วลมถือเป็นปัจจัยสำคัญในการออกแบบสภาวะสบายของพื้นที่ภายนอกอาคาร เพื่อให้ผู้ใช้เกิดความสบายขณะรอรถโดยสาร
3. การออกแบบศาลาที่พักผู้โดยสารเพื่อให้เกิดร่มเงาภายใต้ศาลา มีรูปแบบที่บังแดดแนวตั้งที่แตกต่างกันในแต่ละทิศ หากออกแบบศาลาแบบมาตรฐานเป็นระบบโมดูลาร์ ที่สามารถปรับเปลี่ยนตำแหน่งที่บังแดดแนวตั้งได้ตามที่ตั้งหรือการวางแนวศาลา จะช่วยให้ศาลามีพื้นที่ร่มเงาที่เหมาะสม และมีรูปแบบของศาลาที่เป็นเอกภาพ

กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่องงานออกแบบศาลาบังแดดรอรถโดยสาร แนวคิดจากต้นทานตะวัน ผู้วิจัยขอขอบคุณกองทุนส่งเสริมงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัย ทุนนักสร้างสรรค์รุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ 2564

เอกสารอ้างอิง

- นุภาพ แยมไตรพัฒน์. (2549). การจำลองสภาพการเกิดเงาบนหน้าต่างจากอุปกรณ์บังแดดชนิดแนวนอนและแนวตั้งด้วยคอมพิวเตอร์. *วิศวกรรมสาร มช.*, 33 (4), 391-402.
- ยิ่งสวัสดิ์ ไชยะกุล. (2551). *รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการการวิเคราะห์การบังแดดและแสงธรรมชาติโดย Google SketchUp*. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- ศุภกฤต พงษ์อุดมกุล, พรสวรรค์ พิริยะศรีทธา และชูพงษ์ ทองคำสมุทร. (2564). อิทธิพลของรูปแบบทางกายภาพของ
อุปกรณ์บังแดดต่อค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดในประเทศไทย. *สิ่งแวดล้อมสรรค์สร้าง
วิจัย*, 20(1), 49-61.
- สำนักงานจราจรและขนส่ง. (2564). *คู่มือการปฏิบัติงาน สำนักงานระบบขนส่ง สำนักงานจราจรและขนส่ง พ.ศ.
2564*. สืบค้นเมื่อ 1 มีนาคม 2565, จาก [https://officialadmin.bangkok.go.th/public/
upload_fm/ITAV/O13/O13_22_4%20สำนักงานระบบขนส่ง.pdf](https://officialadmin.bangkok.go.th/public/upload_fm/ITAV/O13/O13_22_4%20สำนักงานระบบขนส่ง.pdf)
- Amores, T. R. P., Ramos, J. S., Delgado, M. G., Medina, D. C., Cerezo-Narvaéz, A., & Domínguez, S. Á.
(2023). Effect of green infrastructures supported by adaptative solar shading systems on
livability in open spaces. *Urban Forestry & Urban Greening*, 82, 127886.
- Dzyuban, Y., et al. (2022). Public transit infrastructure and heat perceptions in hot and dry climates.
International journal of biometeorology, 66 (2), 345-356.
- Emmanuel, R. (Ed.). (2016). *Urban climate challenges in the tropics: rethinking planning and design
opportunities*. World Scientific.
- Kyropoulou, M. (2022, July). Shading Design for Outdoor Learning in Warm and Hot Climates Using
Evolutionary Computation: A Case Study In Houston TX. In *2022 Annual Modeling and
Simulation Conference (ANNSIM)* (pp. 682-693). IEEE.
- Lachapelle, J. A., Krayenhoff, E. S., Middel, A., Coseo, P., & Warland, J. (2023). Maximizing the
pedestrian radiative cooling benefit per street tree. *Landscape and Urban Planning*, 230,
104608.
- Leu, L., & Boonyaputthipong, C. (2023). A Study of Shading Devices in Modern Architecture for the
Hot Humid Climate of Phnom Penh, Cambodia. *Nakhara: Journal of Environmental Design
and Planning*, 22(1), 301-301.
- Lin, T. P., Matzarakis, A., & Huang, J. J. (2006). Thermal comfort and passive design strategy of bus
shelters. In *23rd International Conference on Passive and Low Energy Architecture, PLEA
2006*.
- Lin, T. P., Matzarakis, A., & Hwang, R. L. (2010). Shading effect on long-term outdoor thermal
comfort. *Building and environment*, 45(1), 213-221.
- London, M. O. (2017). *Accessible Bus Stop Design Guidance*. Retrieved December 1, 2021, from
<https://content.tfl.gov.uk/bus-stop-design-guidance.pdf>
- Marsh, A. J. (2014). *2D Sun-Path*. Retrieved March 1, 2022, from [https://drajmarsh.bitbucket
.io/sun_path2d.html](https://drajmarsh.bitbucket.io/sun_path2d.html)
- Peng, F., Xiong, Y., & Zou, B. (2021). Identifying the optimal travel path based on shading effect at
pedestrian level in cool and hot climates. *Urban Climate*, 40, 100988.

- Shih, W. M., Lin, T. P., Tan, N. X., & Liu, M. H. (2017). Long-term perceptions of outdoor thermal environments in an elementary school in a hot-humid climate. *International journal of biometeorology*, 61, 1657-1666.
- Wu, H., & Kriksic, F. (2012). Designing for pedestrian comfort in response to local climate. *Journal of wind engineering and industrial aerodynamics*, 104, 397-407.
- Yeang, K., Reynolds, J., Olgyay, V., & Lyndon, D. (2015). Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism-New and expanded Edition.