DOI : 10.14456/bei.2019.4

การเพิ่มแสงธรรมชาติภายในห้องพักอาจารย์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมืองและนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Enhance Daylighting of Staff Room in Faculty of Architecture, Urban Design and Creative Arts, Mahasarakham University

บริรักษ์ อินทรกุลไชย*

Borirak Intarakulchai

Received : 2018-03-08 Revised : 2018-03-09 - 2018-06-20 Accepted : 2018-06-21

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาแนวทางปรับปรุงห้องพักอาจารย์คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมืองและนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มปริมาณแสงธรรมชาติที่สามารถนำมาใช้งานได้อย่างเหมาะสมภายในห้องโดยอ้างอิงตามข้อแนะนำของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย (ไม่ต่ำกว่า 300 ลักซ์) งานวิจัยนี้ใช้การจำลองสภาพของแนวทางการปรับปรุงต่างๆ ด้วยโปรแกรม DIALux เพื่อวิเคราะห์ค่าความส่องสว่างที่เกิดขึ้น ผลการวิจัยพบว่าแนวทางการปรับปรุงสภาพห้องส่วนฝ้าเพดานร่วมกับผนังภายในมีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการนำไปใช้งานมากกว่ารูปแบบอื่นๆ โดยหากพิจารณาปริมาณแสงสว่างเป็นหลัก แบบจำลองนี้มีสัดส่วนค่าความส่องสว่างเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับร้อยละ 123.70 เมื่อเทียบกับค่าก่อนการปรับปรุง ภายใต้สภาพท้องฟ้าโปร่งที่มีแสงตรงจากดวงอาทิตย์ (Clear sky with direct sunlight) และมีสัดส่วนค่าความส่องสว่างเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับร้อยละ 121.91 เมื่อเทียบกับค่าก่อนการปรับปรุง ภายใต้สภาพท้องฟ้าปิด (Overcast sky) หากพิจารณาคุณภาพแสงสว่างเป็นหลัก (ไม่ควรต่ำกว่า 0.6) แบบจำลองนี้มีค่าความสม่ำเสมอของแสงเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 0.401 ภายใต้สภาพท้องฟ้าโปร่งที่มีแสงตรงจากดวงอาทิตย์ และมีค่าความสม่ำเสมอของแสงเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 0.332 ภายใต้สภาพท้องฟ้าปิด ถึงแม้ว่าการแก้ไขสภาพห้องภายใต้สภาพท้องฟ้าโปร่งที่มีแสงตรงจากดวงอาทิตย์ สามารถเพิ่มแสงสว่างให้มากกว่า 750 ลักซ์ ได้ครอบคลุมทั่วทั้งห้อง แต่การแก้ไขสภาพห้องภายใต้สภาพท้องฟ้าปิดด้วยการใช้แสงธรรมชาติเพียงอย่างเดียวไม่สามารถเพิ่มแสงสว่างให้มากกว่า 300 ลักซ์ ได้ครอบคลุมทั่วทั้งห้อง ดังนั้นจึงต้องใช้แสงประดิษฐ์ช่วยเพิ่มแสงสว่างให้เพียงพอ

ABSTRACT

This research aims to find the best daylight enhancing lighting model, according to the Illuminating Engineering Association of Thailand's guideline (not less than 300 lux), for staff room

* คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมืองและนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม 44150

* Faculty of Architecture, Urban Design and Creative Art, Mahasarakham University, Mahasarakham 44150, Thailand
Corresponding author E-mail: borirak.i@msu.ac.th

(บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่องการศึกษาแนวทางการเพิ่มปริมาณแสงธรรมชาติภายในห้องพักอาจารย์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมืองและนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม)

renovation in Faculty of Architecture, Urban Design and Creative Arts Mahasarakham University. The study was conducted through daylight simulation models performing under various room conditions according to the renovation plan then data was analyzed through the illuminance indicators from a DIALux program. The result reveals that the best lighting renovation model is a ceiling and partition adjustment model which has 123.70% of an annual average illuminance rate while before the renovation under the clear sky with direct sunlight condition and decreased to 121.91% under the overcast sky condition. On the illuminance uniformity indicator (not less than 0.6), before renovating the room has 0.401 under the clear sky with direct sunlight condition and decreased to 0.332 under the overcast sky condition. The model is proved to be effective in enhancing the daylighting of the room under a clear sky with direct sunlight condition since if cans increased the illuminance to 750 lux. On the other hand, under the overcast sky condition the model can only offer 300 lux of illuminance which means the lighting must be added under the case.

คำสำคัญ: แสงธรรมชาติ การจำลองแสงธรรมชาติ การอนุรักษ์พลังงาน อาคารเขียว
Keywords: Daylight, Daylight simulation, Energy conservation, Green building

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

มหาวิทยาลัยมหาสารคามมีเป้าหมายในการมุ่งสู่ความเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียวตามเกณฑ์ของ UI GreenMetric โดยในปี พ.ศ. 2559 ได้อันดับที่ 166 จากการวัดระดับทั่วโลก (UI GreenMetric, 2016) และเพื่อให้มีอันดับที่สูงคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมืองและนฤมิตศิลป์ จึงได้กำหนดให้การพัฒนาสู่มหาวิทยาลัยสีเขียวเป็นยุทธศาสตร์หนึ่งของคณะในปี พ.ศ. 2559 (Faculty of Architecture, 2016) สำหรับปรับปรุงอาคารเรียนให้เป็นอาคารเขียวเพื่อให้ลดการใช้พลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม รวมถึงตอบสนองต่อนโยบายของมหาวิทยาลัย อาคารเขียวเป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานน้อยกว่าอาคารปกติประมาณร้อยละ 20-40 (Tawanyim, 2014) โดยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบแสงสว่างคิดเป็นร้อยละ 25 ของพลังงานทั้งหมดในอาคาร (Coordinating Center for Energy Conservation Building Design, 2015) ซึ่งสามารถลดพลังงานส่วนนี้ได้ด้วยการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารให้มากขึ้น ทั้งนี้แสงธรรมชาติจะช่วยส่งเสริมความรู้สึกในทางบวกของผู้ใช้อาคารเพราะมนุษย์รับรู้สภาพแวดล้อมรอบตัวจากการมองเห็นเป็นหลัก ทำให้เกิดการกระตุ้นให้ตื่นตัวและความรู้สึกมีชีวิตชีวาขึ้น (Muttisa, 2005) ดังนั้นสภาวะสบายด้านการมองเห็นจึงต้องการปริมาณแสงสว่างที่เพียงพอในการมองเห็นวัตถุและคุณภาพแสงสว่างที่มีความสม่ำเสมอ รวมถึงต้องไม่เกิดความเปรียบต่างของพื้นที่ทำงานกับสภาพแวดล้อมเกินอัตราส่วน 10:1 (Egan & Olgyay, 2002) อันจะนำไปสู่สภาวะไม่สบายด้านการมองเห็นได้ การนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในห้องพักอาจารย์ช่วงเวลากลางวันนั้นสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่างได้ถึงร้อยละ 20-30 ของพลังงานทั้งหมดในอาคาร (Oakley, Riffat, & Shao, 2000) และแสงธรรมชาติก็มีค่าดัชนีความเปลี่ยนแปลงของสีที่สมบูรณ์ (CRI=100) ทำให้มองเห็นวัตถุได้อย่างถูกต้องสมจริงส่งผลให้ดวงตามีภาระการทำงานลดลง ซึ่งเป็นผลดีต่อการใช้สายตาอย่างหนักเป็นเวลานานของอาจารย์ เช่น การอ่านและเขียนหนังสือ การตรวจงาน การใช้คอมพิวเตอร์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาแนวทางการปรับปรุงสภาพพักอาจารย์คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมืองและนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โดยมีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มปริมาณแสงธรรมชาติที่สามารถใช้งานภายในห้องให้ได้มากขึ้น และเหมาะสม

ตามข้อแนะนำความส่องสว่างขั้นต่ำของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย: สฟสท. (Illuminating Engineering Association of Thailand: TIEA) เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างตามแนวคิดของอาคารเขียว และเพื่อถนอมสุขภาพดวงตาของอาจารย์ในการทำงาน ทั้งนี้องค์ความรู้ที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงานและสภาวะสบายด้านการมองเห็นต่อไป

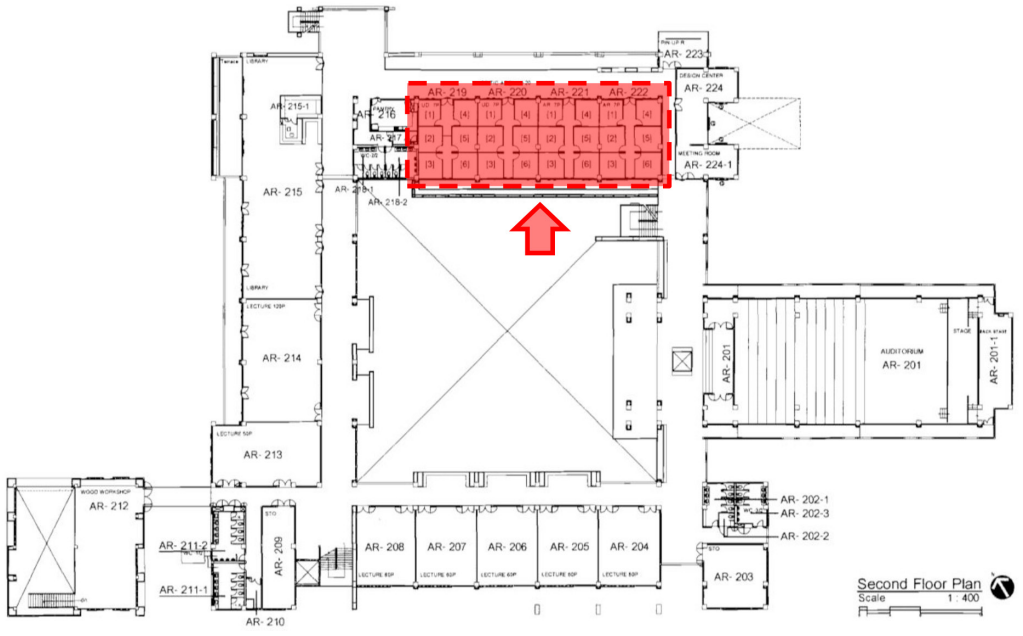
วิธีดำเนินการวิจัย

1. การจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer simulation)

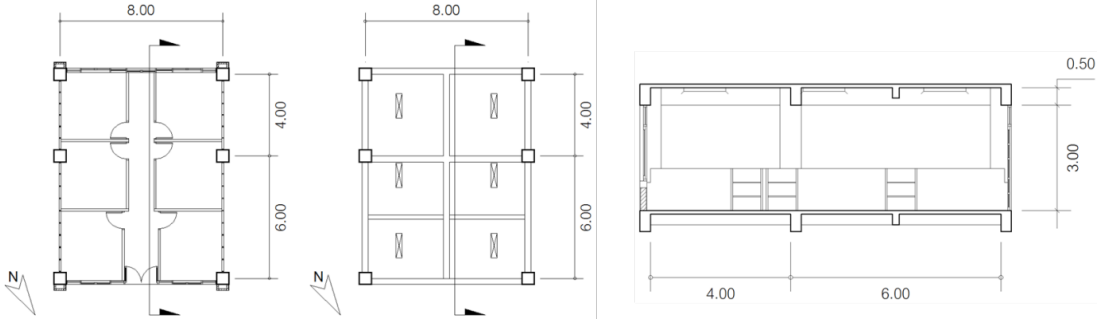
งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงปริมาณที่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการสร้างและคำนวณแบบจำลองทางด้านแสงสว่างของห้องพักอาจารย์สำหรับเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างของปริมาณแสงธรรมชาติบนระนาบพื้นที่ทำงาน (Working plane) ที่สูงจากพื้น 0.75 เมตร ภายในห้องที่มีการปรับปรุงสภาพห้องแต่ละรูปแบบ โดยการศึกษานี้ใช้โปรแกรม DIALux รุ่น 4.13.0.1 ที่เป็นรุ่นล่าสุด (มกราคม 2560) ซึ่งโปรแกรมถูกออกแบบให้อ้างอิงข้อมูลความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติเสมือนจริงตามข้อกำหนดของมาตรฐาน CIE 110-1994 และ DIN 5034-1983 (DIALux, 2016) ทั้งนี้การจำลองด้วยคอมพิวเตอร์เป็นการศึกษาเพื่อใช้ในการประเมินแสงสว่างเพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมในการปรับปรุงห้อง

2. แบบจำลองห้องกรณีศึกษาต้นแบบ (Base case)

อาคารเรียนของคณะฯ มีกลุ่มของห้องพักอาจารย์อยู่ในบริเวณทางด้านทิศเหนือเยื้องไปทางทิศตะวันออก ซึ่งทุกห้องมีลักษณะเหมือนกัน (ภาพที่ 1 และ 2) โดยงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลจากแบบก่อสร้างเป็นหลักในการสร้างแบบจำลองของห้องพักอาจารย์ก่อนทำการปรับปรุง เพื่อเป็นต้นแบบสำหรับการศึกษาเปรียบเทียบร่วมกับแนวทางการปรับปรุงในทางเลือกอื่นๆ ตามสมมติฐาน



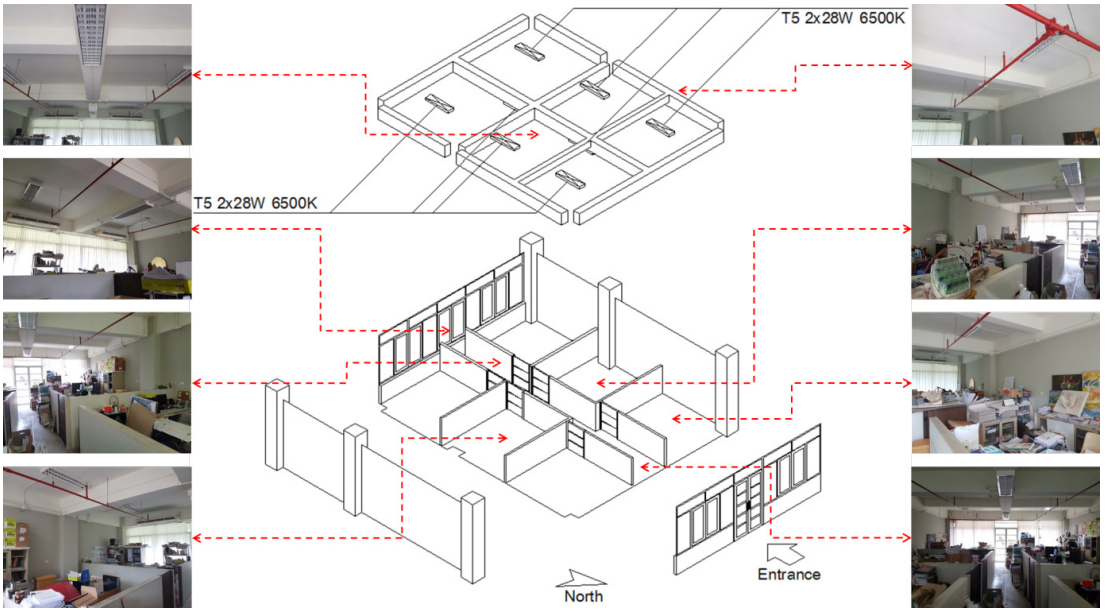
ภาพที่ 1 แสดงตำแหน่งของกลุ่มห้องพักอาจารย์ภายในอาคารเรียนคณะฯ



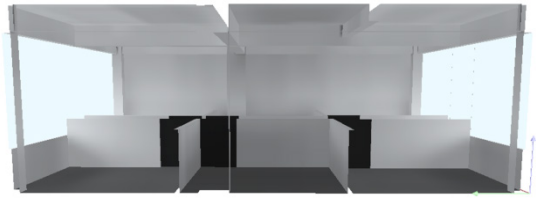
ภาพที่ 2 (ซ้าย) แสดงผังพื้นตามแบบก่อสร้างอาคาร (กลาง) ตำแหน่งของแนวคานกับหลอดไฟฟ้า (ขวา) รูปตัดตามแนวยาวของห้องพักอาจารย์ที่ใช้ทำการศึกษา

สภาพห้องก่อนทำการปรับปรุงมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด 8x10 เมตร มีความสูงจากพื้นถึงท้องพื้นชั้นบน 3.50 เมตร ผนังด้านทิศเหนือเยื้องตะวันออกเป็นผนังก่ออิฐสองชั้น เว้นช่องอากาศตรงกลาง ฉาบปูนเรียบทาสี ติดตั้งประตูทางเข้าห้องแบบกระจกใสบานสวิงคู่และหน้าต่างกระจกใสบานเลื่อนคู่ มีสัดส่วนพื้นที่ผนังโปร่งต่อพื้นที่ผนังทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 62.71 ส่วนผนังด้านทิศใต้เยื้องตะวันตกเป็นผนังก่ออิฐสองชั้น เว้นช่องอากาศตรงกลาง ฉาบปูนเรียบทาสี ติดตั้งชุดหน้าต่างกระจกใสบานเลื่อนคู่ขนาด 2.20x7.40 เมตร (รวมวงกบ) มีสัดส่วนพื้นที่ผนังโปร่งต่อพื้นที่ผนังทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 58.14 สำหรับผนังด้านทิศตะวันออกเยื้องใต้กับผนังห้องด้านทิศตะวันตกเยื้องเหนือเป็นผนังยิปซัมบอร์ดทาสียึดติดกับโครงคร่าวอลูมิเนียมและไม่มีช่องเปิดรับแสงจากภายนอก ภายในกั้นห้องด้วยผนังยิปซัมบอร์ดทาสียึดติดกับโครงคร่าวอลูมิเนียมสูง 1.20 เมตร แบ่งห้องเป็นพื้นที่กึ่งส่วนตัวรองรับอาจารย์ได้จำนวน 6 ที่นั่ง โดยแต่ละที่นั่งมีขนาดพื้นที่ 3.30x3.30 เมตร และมีประตูทางเข้าแบบไม้อัดสัก สีเข้ม บานเปิดเดี่ยว เชื่อมกับทางเดินกลางของห้องที่มีความกว้าง 1.20 เมตร ภายในห้องไม่มีฝ้าเพดานแต่มีคานคอนกรีตเสริมเหล็กขนาดหน้าตัด 0.30x0.50 เมตร และ 0.20x0.30 เมตร พาดผ่านเหนือพื้นที่กลางห้อง โดยมีชุดหลอดไฟฟ้า T5 ขนาด 28W จำนวน 2 หลอด ทั้งหมด 8 ชุด ติดตั้งบริเวณใต้ท้องพื้นกับท้องคานของห้องและมีสวิทช์สำหรับควบคุมแยกเป็นอิสระจากกัน (ภาพที่ 3 และ 4) ซึ่งงานวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะแสงสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติเท่านั้นเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาพื้นที่นั่งของอาจารย์บริเวณกึ่งกลางห้องมีความมืดมากเกินไปจนต้องใช้แสงประดิษฐ์ในการส่องสว่างเกือบตลอดทั้งวันทำให้สิ้นเปลืองพลังงานเป็นอย่างมาก

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้นสามารถนำมาตั้งค่าตัวแปรที่สำคัญในโปรแกรม DIALux ได้ตามข้อมูลต่อไปนี้ 1) ค่าตัวแปรของห้อง ได้แก่ การวางแนวทิศเหนือ 149 องศา, Ceiling reflection factor ร้อยละ 70, Walls reflection factor ร้อยละ 50, Floor reflection factor ร้อยละ 20, Transparency ร้อยละ 0, Roughness ร้อยละ 0 และ Mirror effect ร้อยละ 0 2) ค่าตัวแปรของหน้าต่าง ได้แก่ Degree of transmission ร้อยละ 90, Pollution factor 0.80, Framing factor 0.85, Reflection factor ร้อยละ 10, Transparency ร้อยละ 90, Roughness ร้อยละ 0 และ Mirror effect ร้อยละ 80 ส่วนค่าตัวแปร อื่นๆ ใช้ค่าเริ่มต้น



ภาพที่ 3 แสดงลักษณะ3 มิติ และภาพถ่ายภายในห้องพักอาจารย์ที่ใช้ทำการศึกษา



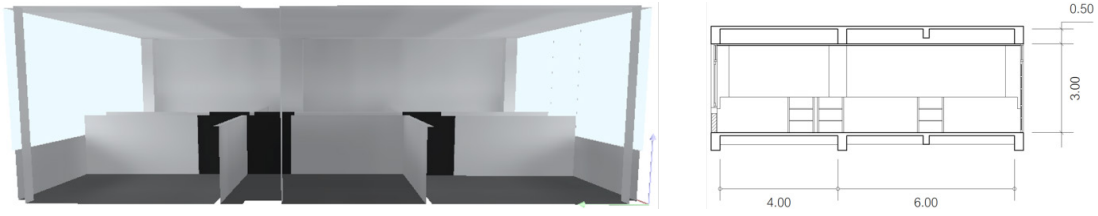
ภาพที่ 4 แสดงลักษณะแบบจำลอง 3 มิติ ของห้องพักอาจารย์ต้นแบบก่อนการปรับปรุง

3. แบบจำลองห้องกรณีศึกษาทางเลือก (Alternative case)

งานวิจัยนี้ศึกษาการปรับปรุงองค์ประกอบห้อง 4 รูปแบบ ได้แก่ 1) ฝ้าเพดานเพื่อเพิ่มการสะท้อนแสงจากเพดาน 2) ผนังภายในเพื่อลดพื้นที่บังเงาภายในห้อง 3) ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงเพื่อเพิ่มระยะที่แสงเข้ามาภายในห้อง 4) ฝ้าเพดานและผนังภายในเพื่อเพิ่มการสะท้อนแสงจากเพดานและลดพื้นที่บังเงาภายในห้องไปพร้อมกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 แบบจำลองห้องหลังทำการปรับปรุงส่วนฝ้าเพดาน

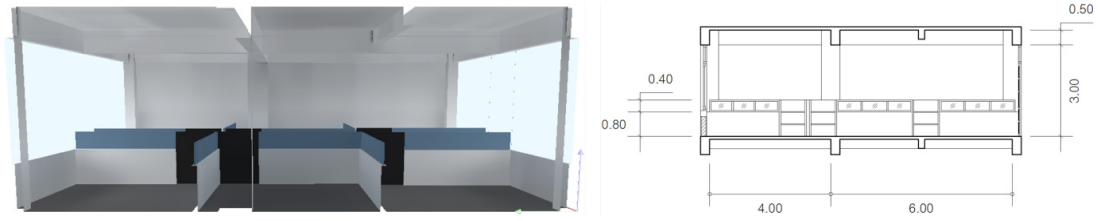
แนวทางนี้ปรับเปลี่ยนรูปแบบของฝ้าเพดานเป็นลักษณะเรียบทั้งห้อง โดยมีตำแหน่งติดตั้งฝ้าที่ใต้ท้องคานเพื่อไม่ให้กระทบต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหลักของอาคาร (ภาพที่ 5) ซึ่งทำให้สภาพห้องเปลี่ยนแปลงไปดังนี้ ความสูงจากพื้นถึงเพดานลดลงเหลือ 3.00 เมตร สัดส่วนพื้นที่ผนังโปร่งต่อพื้นที่ผนังทั้งหมดของผนังด้านทิศเหนือเยื้องตะวันออก เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 73.17 และสัดส่วนพื้นที่ผนังโปร่งต่อพื้นที่ผนังทั้งหมดของผนังด้านทิศใต้เยื้องตะวันตกเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 67.83 ส่วนค่าตัวแปรที่เหลือใช้ค่าเดียวกันกับแบบจำลองห้องก่อนทำการปรับปรุง



ภาพที่ 5 แสดงลักษณะแบบจำลอง 3 มิติ ของห้องพักอาจารย์หลังทำการปรับปรุงส่วนฝ้าเพดาน

3.2 แบบจำลองห้องหลังทำการปรับปรุงส่วนผนังภายใน

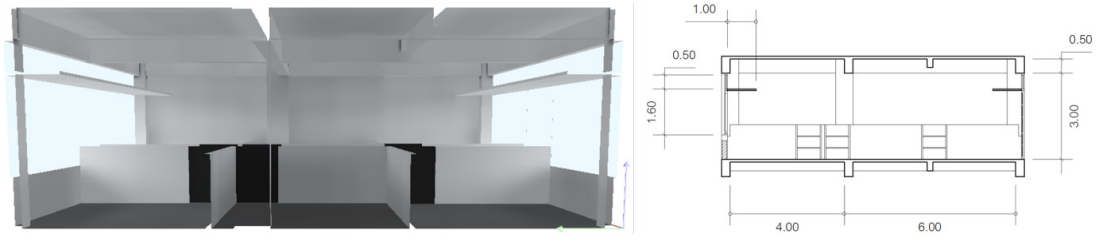
แนวทางนี้ปรับเปลี่ยนรูปแบบของผนังภายในเป็นลักษณะผนังทึบและผนังโปร่งผสมกัน เนื่องจากมีลักษณะเป็นผนังเบาจึงรื้อถอนออกได้ง่ายและไม่กระทบต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหลักของอาคาร (ภาพที่ 6) ซึ่งทำให้สภาพห้องเปลี่ยนแปลงไปดังนี้ ผนังภายในเปลี่ยนเป็นผนังทึบสูง 0.80 เมตร และด้านบนมีผนังกระจกฝ้า (Transparency ร้อยละ 56 และ Mirror effect ร้อยละ 80) สูง 0.40 เมตร ส่งผลให้สัดส่วนพื้นที่ผนังโปร่งต่อพื้นที่ผนังทั้งหมดเพิ่มขึ้นร้อยละ 30 ส่วนค่าตัวแปรที่เหลือใช้ค่าเดียวกันกับแบบจำลองห้องก่อนทำการปรับปรุง



ภาพที่ 6 แสดงลักษณะแบบจำลอง 3 มิติ ของห้องพักอาจารย์หลังทำการปรับปรุงส่วนผนังภายใน

3.3 แบบจำลองห้องหลังทำการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง

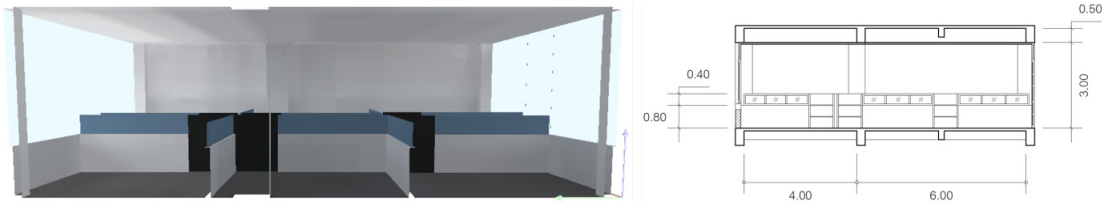
แนวทางนี้ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงเพิ่มบริเวณช่องเปิดของผนังด้านทิศเหนือเยื้องตะวันออกและผนังด้านทิศใต้เยื้องตะวันตก ซึ่งสภาพห้องแทบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากห้องต้นแบบก่อนทำการปรับปรุง (ภาพที่ 7) โดยหิ้งสะท้อนแสงมีขนาดกว้าง 1.00 เมตร ยาว 8.00 เมตร มีตำแหน่งอยู่สูงจากพื้นห้อง 2.50 เมตร ค่า Parameter ที่สำคัญของแบบจำลองหิ้งสะท้อนแสงมีดังต่อไปนี้ Reflection factor ร้อยละ 70 Transparency ร้อยละ 0 Roughness ร้อยละ 0 และ Mirror effect ร้อยละ 0 ส่วนค่าตัวแปรที่เหลือใช้ค่าเดียวกันกับแบบจำลองห้องก่อนทำการปรับปรุง



ภาพที่ 7 แสดงลักษณะแบบจำลอง 3 มิติ ของห้องพักอาจารย์หลังทำการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง

3.4 แบบจำลองห้องหลังทำการปรับปรุงส่วนฝ้าเพดานและผนังภายใน

แนวทางนี้ศึกษาสภาพห้องภายใต้สมมติฐานที่ว่าหากใช้แนวทางการปรับปรุงหลายแนวทางพร้อมกันจะช่วยเพิ่มปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้ามาภายในห้องได้มากขึ้น ดังนั้นแนวทางการปรับปรุงนี้จึงทดสอบด้วยการปรับเปลี่ยนองค์ประกอบของห้อง 2 อย่าง ได้แก่ ฝ้าเพดานและผนังภายใน โดยฝ้าเพดานปรับเปลี่ยนเป็นแบบเรียบทั้งห้อง ส่วนผนังภายในปรับเปลี่ยนให้มีลักษณะเป็นผนังทึบผสมกับผนังโปร่ง (ภาพที่ 8) ซึ่งลักษณะและค่าตัวแปรต่างๆ ของห้องพักอาจารย์หลังทำการปรับปรุงตามแต่ละแนวทางมีรายละเอียดดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้น



ภาพที่ 8 แสดงลักษณะแบบจำลอง 3 มิติ ของห้องพักอาจารย์หลังทำการปรับปรุงส่วนฝ้าเพดานและผนังภายใน

4. การจำลองสภาพท้องฟ้า (Sky condition simulation)

สภาพท้องฟ้าเสมือนจริงมีตำแหน่งที่เส้นรุ้ง 16.00 องศา เหนือ และเส้นแวง 103.20 องศา ตะวันออก โดยศึกษา ความแปรปรวน 2 รูปแบบ ได้แก่ ท้องฟ้าโปร่งที่มีแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ (Clear sky with direct sunlight) และท้องฟ้าปิด (Overcast sky) เพราะจะได้ผลลัพธ์ที่เป็นค่าสูงสุดกับต่ำสุด ส่วนวันที่ศึกษาเป็นวันที่โลกมีการเปลี่ยนฤดูกาล 3 วัน ได้แก่ วันวสันตวิษุวัตหรือ Vernal equinox (21 มีนาคม) วันครีษมายันหรือ Summer solstice (21 มิถุนายน) และวันเหมายันหรือ Winter solstice (21 ธันวาคม) สำหรับเวลาที่ศึกษาอยู่ในช่วงความแปรปรวนของแสงที่เกิดขึ้นตลอดทั้งวัน 3 เวลา ได้แก่ 9:00 น. 12:00 น. และ 15:00 น.

5. การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล (Data collection and analysis)

ข้อมูลหลังจากคำนวณด้วยโปรแกรมจะแสดงเป็นค่าความส่องสว่างในหน่วยลักซ์ (lux: lx) บนระนาบพื้นที่ทำงานที่ใช้ในการศึกษาซึ่งงานวิจัยนี้กำหนดขนาดของระนาบพื้นที่ทำงานเท่ากับ 7x9 เมตร สูงจากพื้น 0.75 เมตร เว้นระยะห่างจากผนังห้องทุกด้านๆ ละ 0.50 เมตร เพื่อลดอิทธิพลของแสงสะท้อนจากผนัง และแบ่งความละเอียดบนระนาบพื้นที่ทำงานสำหรับการคำนวณค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติเป็น 252 ส่วน (ภาพที่ 9 ล่างซ้าย) ซึ่งแต่ละส่วนจะมีขอบเขตพื้นที่ขนาด 0.50x0.50 เมตร (1 ส่วนต่อ 1 ค่าการคำนวณ เพราะฉะนั้นจะได้ (7/0.50) x(9/0.50)=252 ส่วน หรือ 252 ค่าการคำนวณ) จากนั้นนำชุดข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองสภาพท้องฟ้าทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ยของความส่องสว่างที่เกิดขึ้นตลอดทั้งปี แล้วจึงนำผลลัพธ์ค่าเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลองสภาพห้องทั้งหมดมาเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างบนระนาบพื้นที่ทำงานที่เกิดขึ้น ผลการศึกษาจะแสดงความสัมพันธ์ของค่าความส่องสว่างกับระยะความกว้างและความยาวของห้องในรูปแบบแผนภูมิพื้นผิว 3 มิติ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ปริมาณแสงของแนวทางการแก้ปัญหาแต่ละรูปแบบได้โดยง่าย

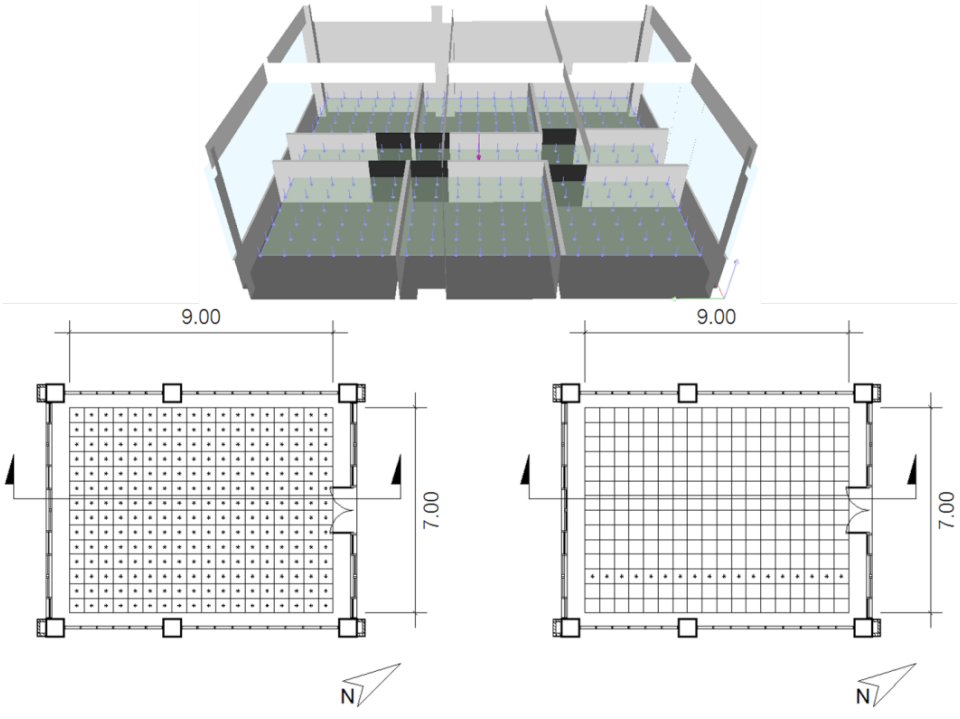
ผลการศึกษา

1. ปริมาณความส่องสว่างบนระนาบพื้นที่ทำงาน

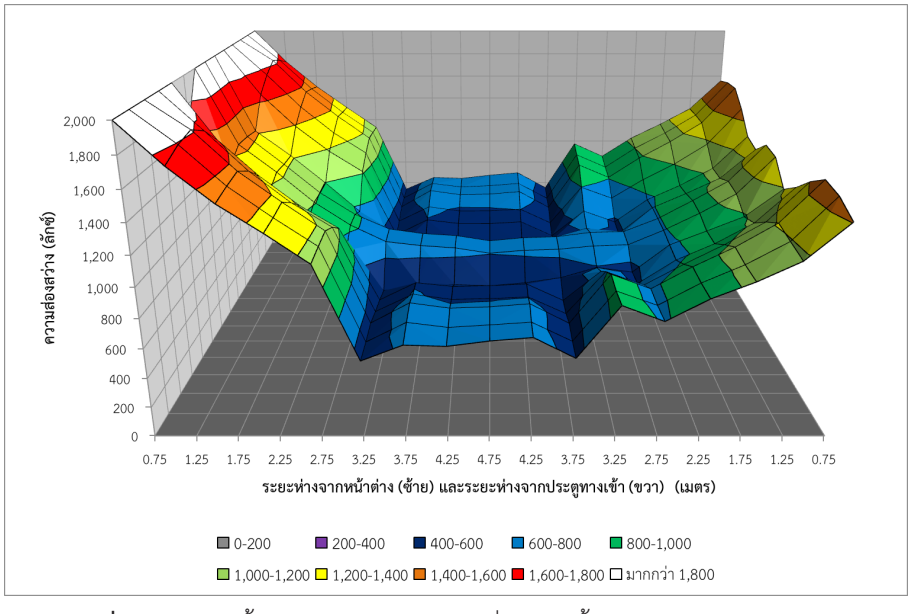
การกำหนดลักษณะของแบบจำลองเสมือนจริงตามที่กล่าวมาข้างต้น ประกอบด้วย 4 แบบ ได้แก่ 1) แบบจำลองห้องกรณีศึกษา 5 รูปแบบ ได้แก่ ก่อนปรับปรุง ปรับปรุงส่วนฝ้าเพดาน ปรับปรุงส่วนผนังภายใน ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง และ ปรับปรุงฝ้าส่วนเพดานกับผนังภายใน 2) แบบจำลองแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติ 2 รูปแบบ ได้แก่ สภาพท้องฟ้าโปร่งที่มีแสงตรงจากดวงอาทิตย์ และสภาพท้องฟ้าปิด 3) แบบจำลองวัน 3 รูปแบบ ได้แก่ 21 มีนาคม 21 มิถุนายน และ 21 ธันวาคม 4) แบบจำลองเวลา 3 รูปแบบ ได้แก่ 9:00 น. 12:00 น. และ 15:00 น. ทำให้มีชุดข้อมูลสำหรับคำนวณในโปรแกรม DIALux จำนวนทั้งสิ้น (1+4)x2x3x3=90 ชุดข้อมูล ซึ่งเป็นจำนวนชุดข้อมูลที่มากเพียงพอสำหรับใช้ในการหาค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีเพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความส่องสว่างบนระนาบพื้นที่ทำงานจากแบบจำลองเสมือนจริงแต่ละรูปแบบ ช่วยให้สามารถประเมินประสิทธิภาพและความเหมาะสมในการนำไปใช้งานจริงของแนวทางการปรับปรุงห้องพักอาจารย์แต่ละรูปแบบได้อย่างละเอียดมากขึ้น ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม DIALux มีรายละเอียดดังภาพที่ 10-19

2. การเปรียบเทียบความส่องสว่างจากช่องเปิดด้านข้าง

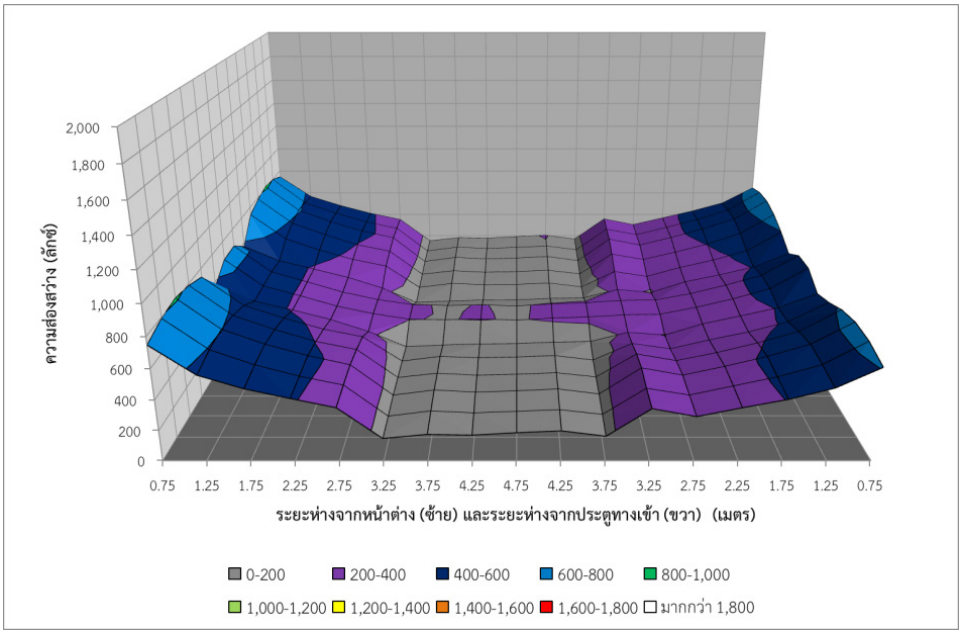
การเปรียบเทียบแบบจำลองของแนวทางปรับปรุงห้องพักอาจารย์แต่ละรูปแบบ เพื่อวิเคราะห์ระยะห่างจากช่องเปิดด้านข้างที่เหมาะสมในการนำแสงธรรมชาติมาใช้งานภายในห้อง ใช้การพิจารณาเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างที่อยู่บนระนาบพื้นที่ทำงานบริเวณกึ่งกลางของพื้นที่ทำงานกึ่งส่วนตัวของอาจารย์ (ไม่ใช่บริเวณกึ่งกลางของห้อง) โดยจะเป็นส่วนของค่าการคำนวณตามแนวยาวของห้อง (ภาพที่ 9 ล่างขวา) เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่อาจารย์ใช้เวลาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน รวมถึงเป็นบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากการสะท้อนแสงจากผนังโดยรอบเพียงเล็กน้อย ซึ่งผลลัพธ์ของการเปรียบเทียบแสดงเป็นแผนภูมิเส้นดังภาพที่ 20-21 จากกราฟจะเห็นได้ว่าค่าความส่องสว่าง 750 ลักซ์ เหมาะสมกับการเขียนแบบหรือการตรวจงานที่มีความละเอียด 500 ลักซ์ เหมาะสมกับการอ่านเขียนหนังสือหรือการใช้คอมพิวเตอร์ และ 300 ลักซ์ เหมาะสมกับการจัดประชุมหรือการพักผ่อนทั่วไป โดยภายใต้ท้องฟ้าโปร่งที่มีแสงตรงจากดวงอาทิตย์จะมีค่าความส่องสว่างส่วนใหญ่มากกว่า 500 ลักซ์ ส่วนภายใต้ท้องฟ้าปิดจะมีค่าความส่องสว่างส่วนใหญ่น้อยกว่า 750 ลักซ์



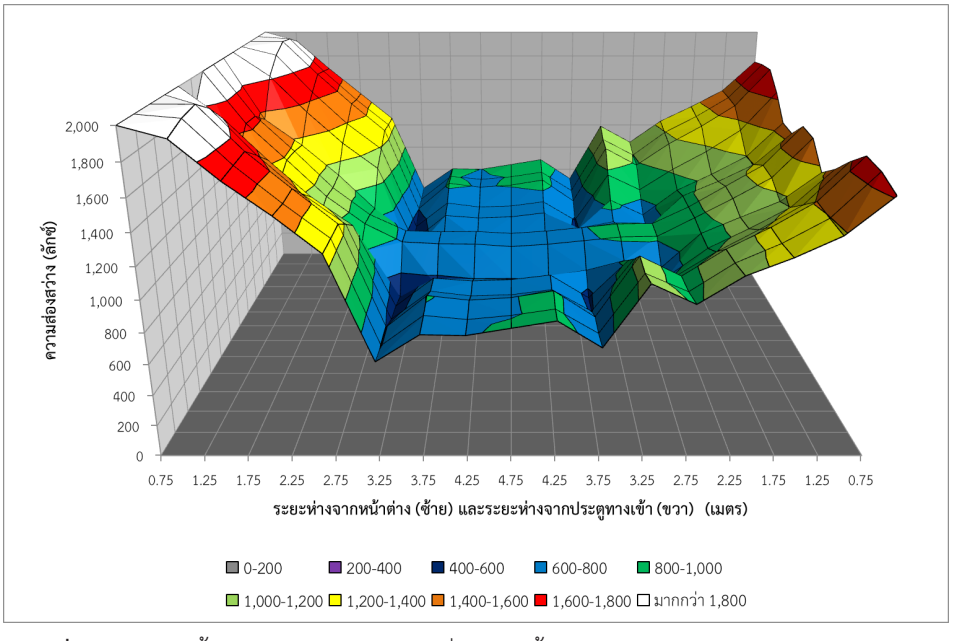
ภาพที่ 9 (บน) แสดงตำแหน่งภายในห้องและการแบ่งส่วนในการคำนวณของระนาบพื้นที่ทำงาน (ล่างซ้าย) ตำแหน่งข้อมูลที่ใช้แสดงผลลัพธ์เป็นแผนภูมิพื้นผิว 3 มิติ (ล่างขวา) ตำแหน่งข้อมูลที่ใช้แสดงผลลัพธ์เป็นแผนภูมิเส้น



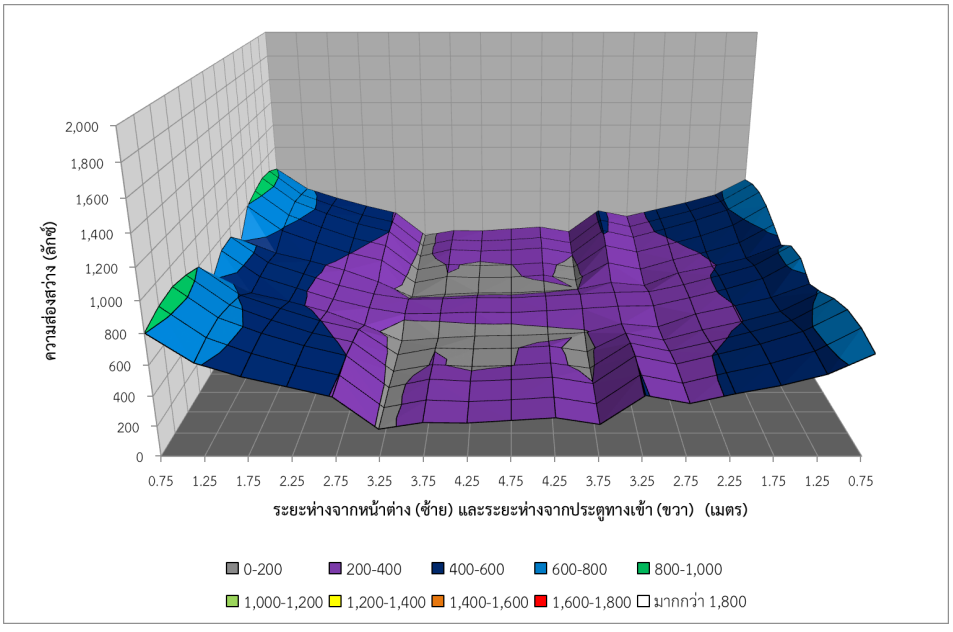
ภาพที่ 10 แผนภูมิพื้นผิวค่าความส่องสว่างเฉลี่ยตลอดทั้งปี ภายในห้องก่อนปรับปรุง ภายใต้ท้องฟ้าโปร่งที่มีแสงตรงจากดวงอาทิตย์



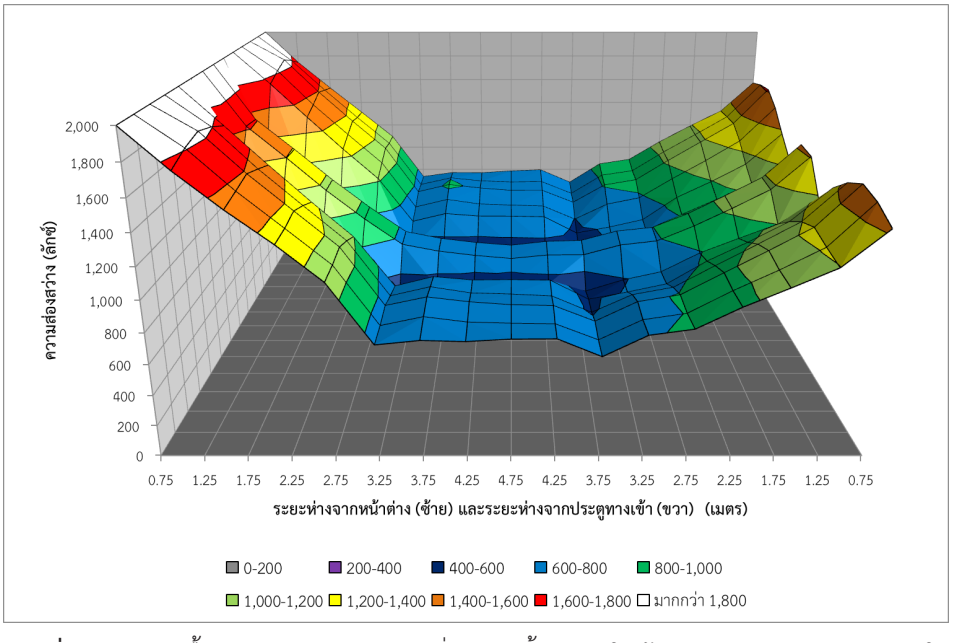
ภาพที่ 11 แผนภูมิพื้นผิวค่าความส่องสว่างเฉลี่ยตลอดทั้งปี ภายในห้องก่อนปรับปรุง ภายใต้ท้องฟ้าปิด



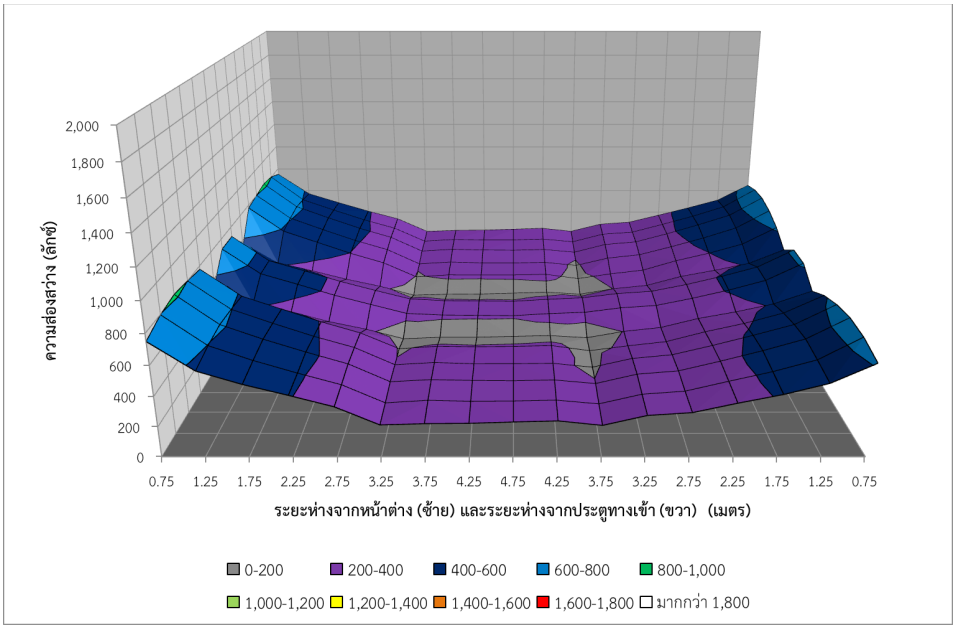
ภาพที่ 12 แผนภูมิพื้นผิวค่าความส่องสว่างเฉลี่ยตลอดทั้งปี ภายในห้องหลังปรับปรุงส่วนฝ้าเพดาน ภายใต้ท้องฟ้าโปร่งที่มีแสงตรงจากดวงอาทิตย์



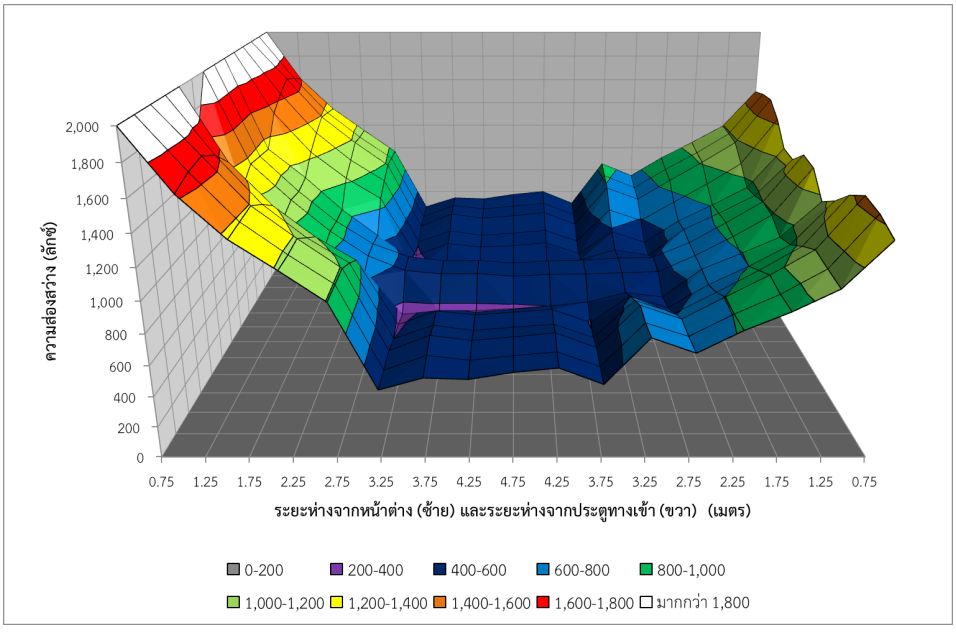
ภาพที่ 13 แผนภูมิพื้นผิวค่าความส่องสว่างเฉลี่ยตลอดทั้งปี ภายในห้องหลังปรับปรุงส่วนฝ้าเพดาน ภายใต้ห้องฟ้าปิด



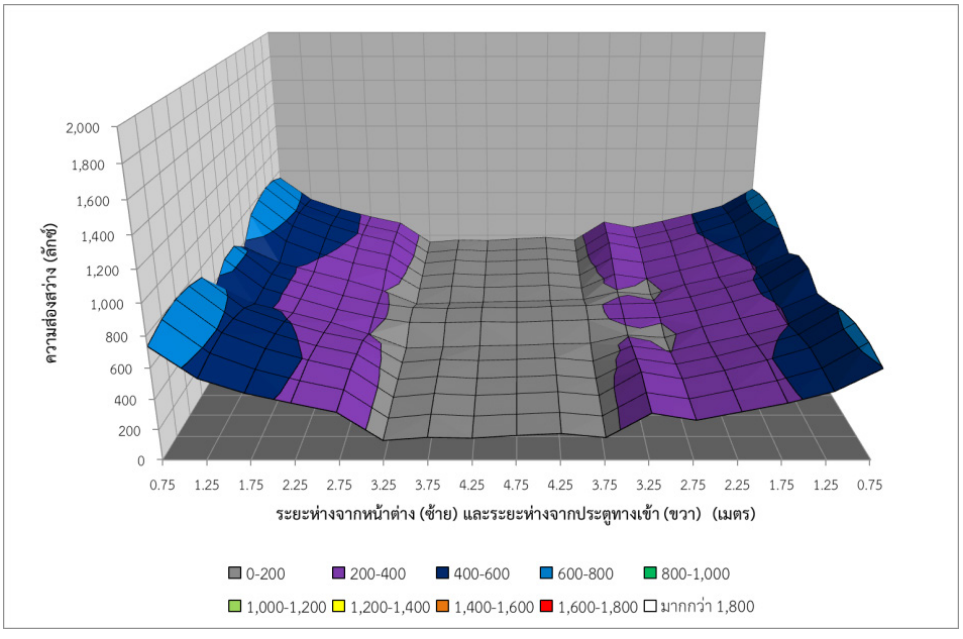
ภาพที่ 14 แผนภูมิพื้นผิวค่าความส่องสว่างเฉลี่ยตลอดทั้งปี ภายในห้องหลังปรับปรุงส่วนผนังภายใน ภายใต้ห้องฟ้าโปร่งที่มีแสงตรงจากดวงอาทิตย์



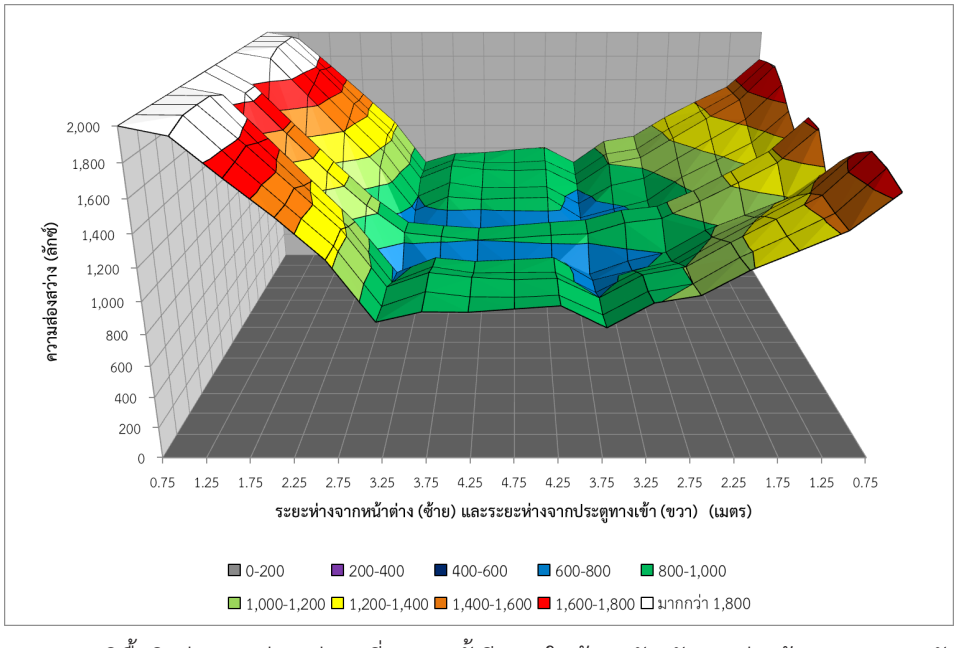
ภาพที่ 15 แผนภูมิพื้นผิวค่าความส่องสว่างเฉลี่ยตลอดทั้งปี ภายในห้องหลังปรับปรุงส่วนผนังภายใน ภายใต้ท้องฟ้าปิด



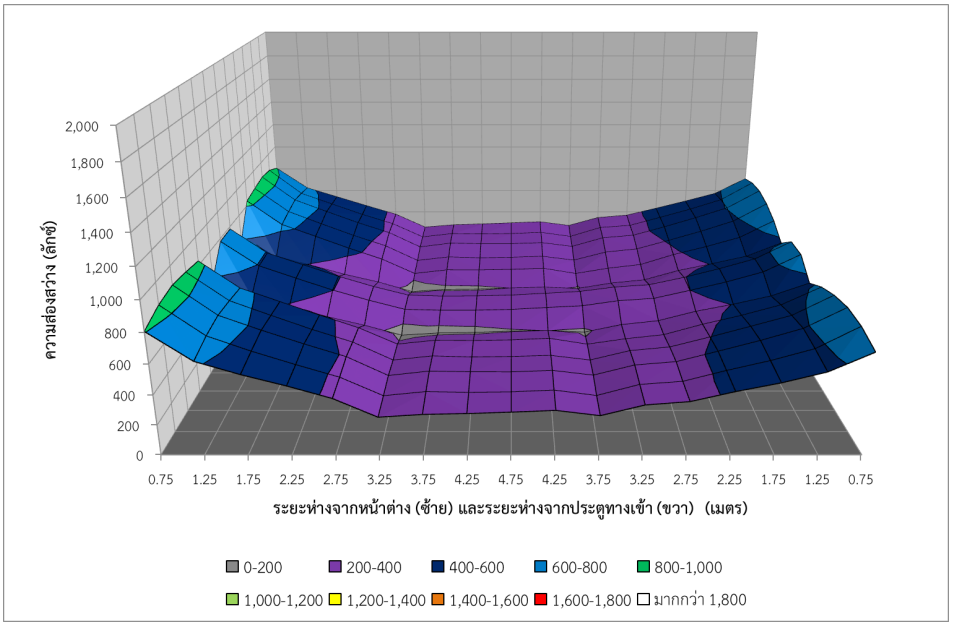
ภาพที่ 16 แผนภูมิพื้นผิวค่าความส่องสว่างเฉลี่ยตลอดทั้งปี ภายในห้องหลังติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง ภายใต้ท้องฟ้าโปร่งที่มีแสงตรงจากดวงอาทิตย์



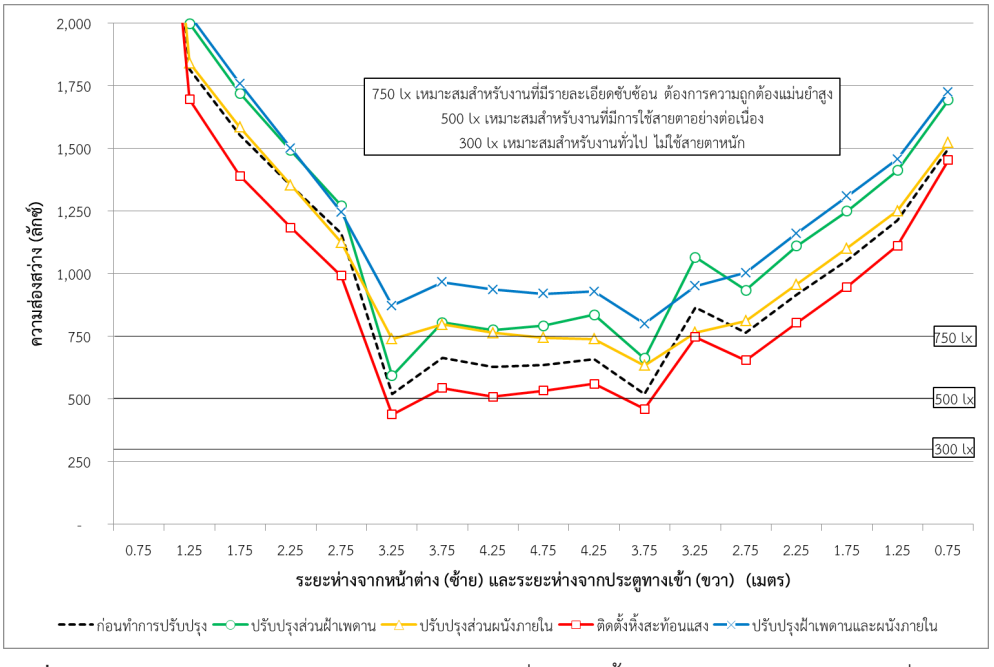
ภาพที่ 17 แผนภูมิพื้นผิวค่าความส่องสว่างเฉลี่ยตลอดทั้งปี ภายในห้องหลังติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง ภายใต้ท้องฟ้าปิด



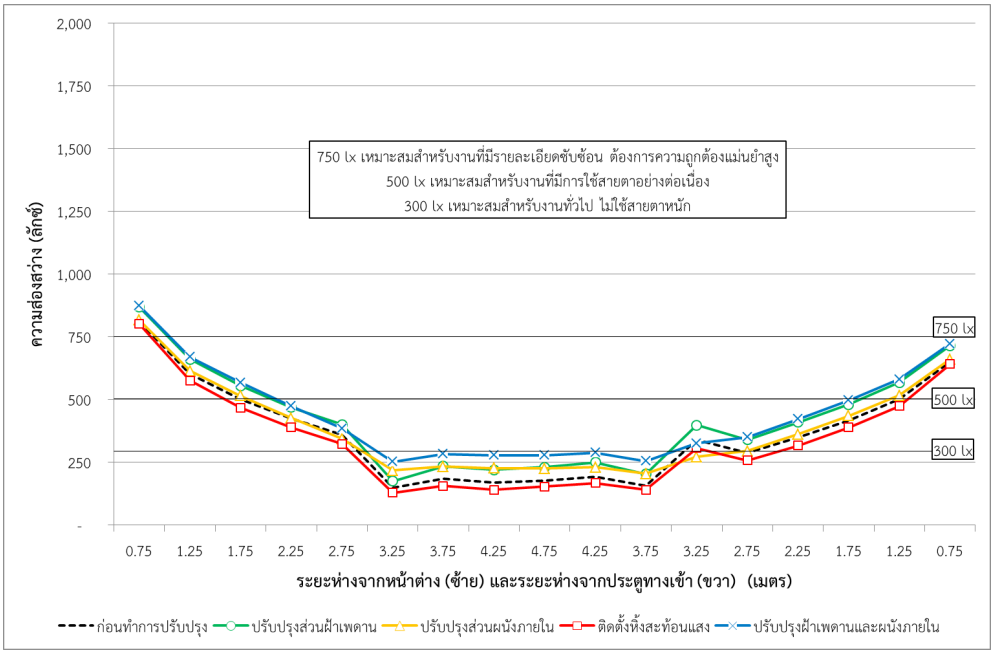
ภาพที่ 18 แผนภูมิพื้นผิวค่าความส่องสว่างเฉลี่ยตลอดทั้งปี ภายในห้องหลังปรับปรุงส่วนฝ้าเพดานและผนังภายใน ภายใต้ท้องฟ้าโปร่งที่มีแสงตรงจากดวงอาทิตย์



ภาพที่ 19 แผนภูมิพื้นผิวค่าความส่องสว่างเฉลี่ยตลอดทั้งปี ภายในห้องหลังปรับปรุงส่วนฝ้าเพดานและผนังภายในภายใต้ท้องฟ้าปิด



ภาพที่ 20 แผนภูมิเส้นเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างเฉลี่ยตลอดทั้งปี ภายใต้สภาพท้องฟ้าโปร่งที่มีแสงตรงจากดวงอาทิตย์



ภาพที่ 21 แผนภูมิเส้นเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างเฉลี่ยตลอดทั้งปี ภายใต้สภาพท้องฟ้าปิด

3. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองแต่ละรูปแบบ

3.1 ปริมาณของแสงสว่างภายในห้องพักอาจารย์

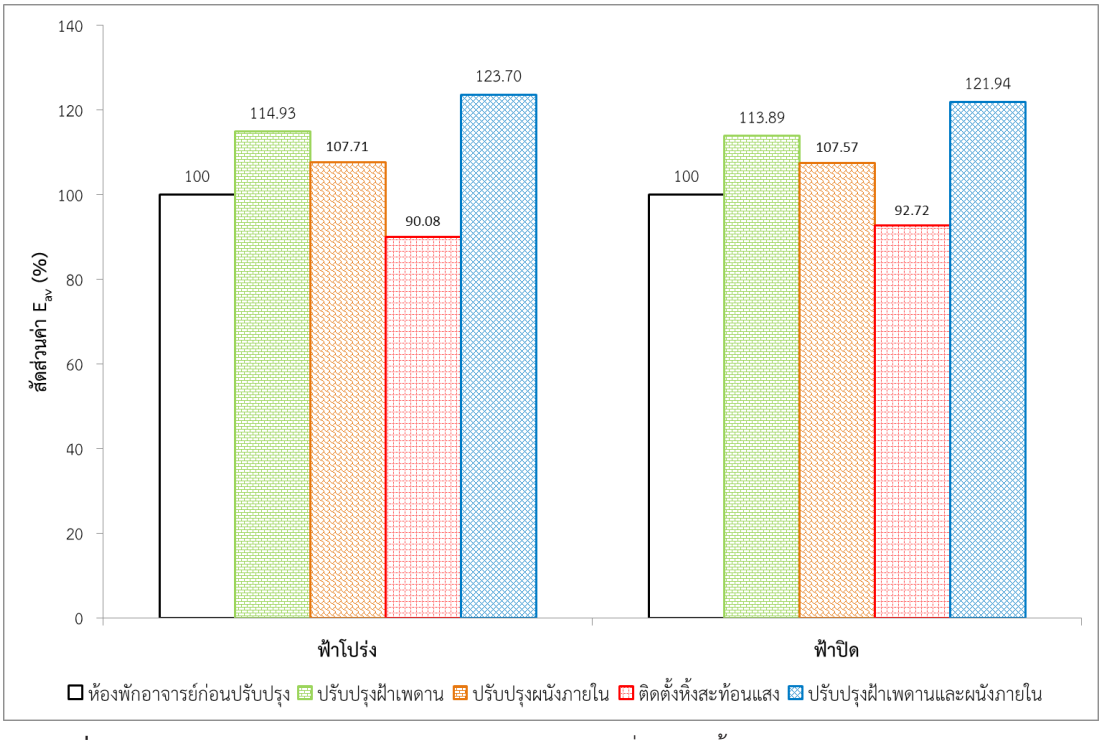
แนวทางการปรับปรุงห้องที่มีปริมาณความส่องสว่างเหมาะสมเพียงพอสำหรับนำมาใช้งานภายในห้อง ประเมินได้จากข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า E_{av} หรือค่าความส่องสว่างเฉลี่ยบนระนาบพื้นที่ทำงานที่ได้จากแนวทางการปรับปรุงสภาพห้องแต่ละรูปแบบ โดยมีการแสดงผลเป็นสัดส่วนของค่าความแตกต่างระหว่างห้องก่อนและหลังการปรับปรุงในรูปแบบร้อยละ ซึ่งแนวทางการปรับปรุงสภาพห้องที่มีค่ามากจะมีความเหมาะสมในการนำมาใช้งานมากกว่าแนวทางอื่นๆ รายละเอียดของการเปรียบเทียบข้อมูลแสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 22 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสภาพห้องที่มีรูปแบบเหมาะสมมากที่สุดไปน้อยที่สุดมีลำดับดังนี้ การปรับปรุงส่วนฝ้าเพดานและผนังภายใน การปรับปรุงส่วนฝ้าเพดาน การปรับปรุงส่วนผนังภายใน และการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง

3.2 คุณภาพของแสงสว่างภายในห้องพักอาจารย์

แนวทางการปรับปรุงห้องที่มีคุณภาพความส่องสว่างเหมาะสมสำหรับนำมาใช้งานภายในห้อง ประเมินได้จากข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า u0 หรือค่าความส่องสว่างต่ำสุดหารด้วยค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (E_{min}/E_{av}) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความสม่ำเสมอของแสงสว่างที่เกิดขึ้นบนระนาบพื้นที่ทำงาน สำหรับข้อมูลที่ได้จากแนวทางการปรับปรุงสภาพห้องแต่ละรูปแบบมีการแสดงผลเป็นค่าคงที่ที่สามารถนำไปเปรียบเทียบความแตกต่างกันระหว่างห้องก่อนและหลังการปรับปรุงได้ โดยแนวทางการปรับปรุงสภาพห้องรูปแบบใดมีค่าคงที่เท่ากับ 1.00 หมายความว่าปริมาณความส่องสว่างบนระนาบพื้นที่ทำงานภายในห้องมีความสม่ำเสมอทั่วบริเวณ เนื่องจากมีค่าความส่องสว่างต่ำสุดกับค่าความส่องสว่างเฉลี่ยเท่ากันหมดทั่วทั้งพื้นที่ ดังนั้นหากแนวทางการปรับปรุงสภาพห้องใดมีค่าคงที่ใกล้เคียงกับค่า 1.00 มากที่สุด แนวทางการปรับปรุงสภาพห้องนั้นจะมีความเหมาะสมในการนำมาใช้งานมากกว่าแนวทางอื่นๆ รายละเอียดของการเปรียบเทียบข้อมูลแสดงในตารางที่ 2 และภาพที่ 23 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสภาพห้องที่มีรูปแบบเหมาะสมมากสุดไปน้อยสุดมีลำดับดังนี้ การปรับปรุงส่วนฝ้าเพดานและผนังภายใน การปรับปรุงส่วนฝ้าเพดาน การปรับปรุงส่วนผนังภายใน และการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบสัดส่วนค่า E_{av} (ร้อยละ) ภายใต้สภาพห้องฟ้าโปร่งที่มีแสงตรงจากดวงอาทิตย์และสภาพห้องฟ้าปิด

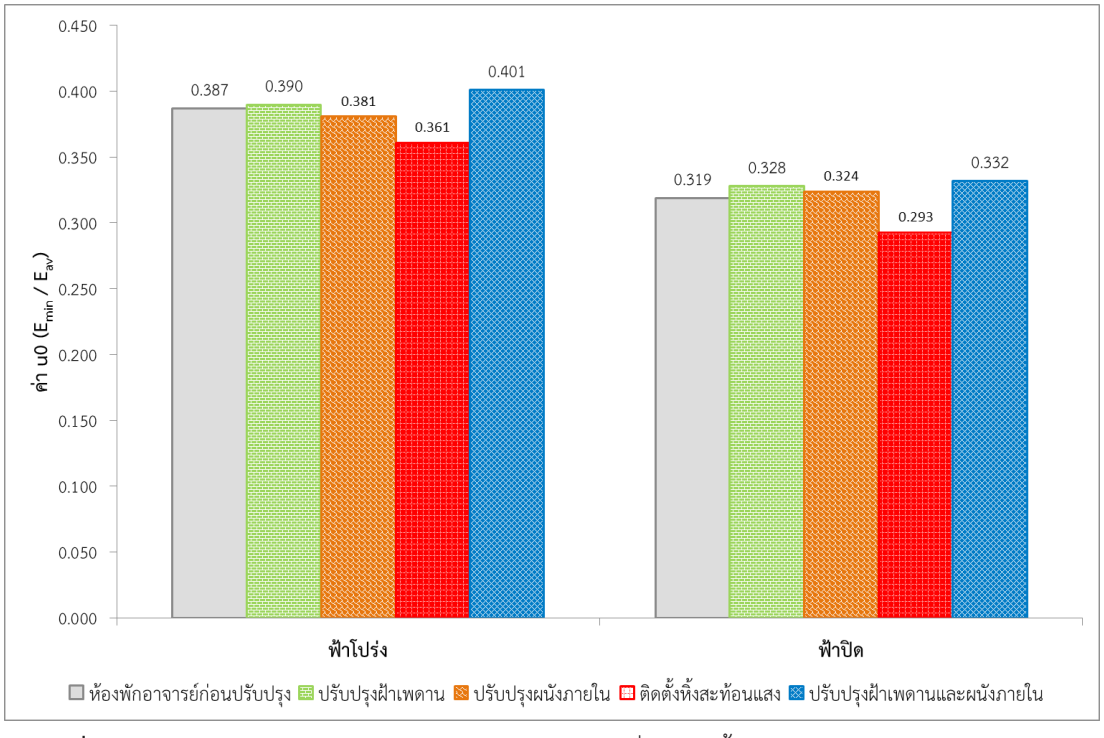
แบบจำลองแสงธรรมชาติ		ห้องพักอาจารย์ก่อนปรับปรุง		ปรับปรุงฝ้าเพดาน		ปรับปรุงผนังภายใน		ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง		ปรับปรุงฝ้าเพดานและผนังภายใน	
		ฟ้าโปร่ง	ฟ้าปิด	ฟ้าโปร่ง	ฟ้าปิด	ฟ้าโปร่ง	ฟ้าปิด	ฟ้าโปร่ง	ฟ้าปิด	ฟ้าโปร่ง	ฟ้าปิด
21 มีนาคม	09:00 น.	100.00	100.00	116.85	114.16	108.58	107.73	90.66	92.70	125.42	122.32
21 มีนาคม	12:00 น.	100.00	100.00	115.82	114.01	109.20	107.56	89.70	92.72	125.21	121.85
21 มีนาคม	15:00 น.	100.00	100.00	107.99	113.82	102.77	107.72	95.98	92.68	119.73	121.95
21 มิถุนายน	09:00 น.	100.00	100.00	117.52	113.90	107.35	107.46	89.46	92.54	125.00	121.69
21 มิถุนายน	12:00 น.	100.00	100.00	112.94	113.80	108.80	107.47	88.03	92.76	121.83	121.95
21 มิถุนายน	15:00 น.	100.00	100.00	116.59	113.77	109.17	107.49	90.05	92.81	125.95	121.86
21 ธันวาคม	09:00 น.	100.00	100.00	117.40	114.02	106.26	107.62	89.74	92.68	123.56	121.95
21 ธันวาคม	12:00 น.	100.00	100.00	113.36	113.82	108.50	107.68	88.14	92.76	121.95	121.93
21 ธันวาคม	15:00 น.	100.00	100.00	115.88	113.71	108.80	107.43	88.95	92.86	124.68	122.00
ค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปี		100.00	100.00	114.93	113.89	107.71	107.57	90.08	92.72	123.70	121.94



ภาพที่ 22 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบสัดส่วนค่า E_{av} (ร้อยละ) เฉลี่ยตลอดทั้งปีของแบบจำลองห้องแต่ละรูปแบบ

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่า u0 (E_{min}/E_{av}) ภายใต้สภาพห้องฟ้าโปร่งที่มีแสงตรงจากดวงอาทิตย์และสภาพห้องฟ้าปิด

แบบจำลองแสงธรรมชาติ		ห้องพักอาจารย์ก่อนปรับปรุง		ปรับปรุงฝ้าเพดาน		ปรับปรุงผนังภายใน		ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง		ปรับปรุงฝ้าเพดานและผนังภายใน	
		ฟ้าโปร่ง	ฟ้าปิด	ฟ้าโปร่ง	ฟ้าปิด	ฟ้าโปร่ง	ฟ้าปิด	ฟ้าโปร่ง	ฟ้าปิด	ฟ้าโปร่ง	ฟ้าปิด
21 มีนาคม	09:00 น.	0.396	0.319	0.388	0.328	0.403	0.324	0.358	0.293	0.398	0.332
21 มีนาคม	12:00 น.	0.416	0.319	0.415	0.328	0.388	0.324	0.386	0.293	0.436	0.332
21 มีนาคม	15:00 น.	0.190	0.319	0.226	0.328	0.183	0.324	0.182	0.293	0.257	0.332
21 มิถุนายน	09:00 น.	0.367	0.319	0.384	0.328	0.386	0.324	0.364	0.293	0.387	0.332
21 มิถุนายน	12:00 น.	0.473	0.319	0.450	0.328	0.480	0.324	0.436	0.293	0.461	0.332
21 มิถุนายน	15:00 น.	0.414	0.319	0.418	0.328	0.370	0.324	0.382	0.293	0.435	0.332
21 ธันวาคม	09:00 น.	0.333	0.319	0.361	0.328	0.328	0.324	0.316	0.293	0.359	0.332
21 ธันวาคม	12:00 น.	0.446	0.319	0.440	0.328	0.443	0.324	0.422	0.293	0.442	0.332
21 ธันวาคม	15:00 น.	0.444	0.319	0.426	0.328	0.449	0.324	0.405	0.293	0.437	0.332
ค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปี		0.387	0.319	0.390	0.328	0.381	0.324	0.361	0.293	0.401	0.332



ภาพที่ 23 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบสัดส่วนค่า u0 (E_{min}/E_{av}) เฉลี่ยตลอดทั้งปีของแบบจำลองห้องแต่ละรูปแบบ

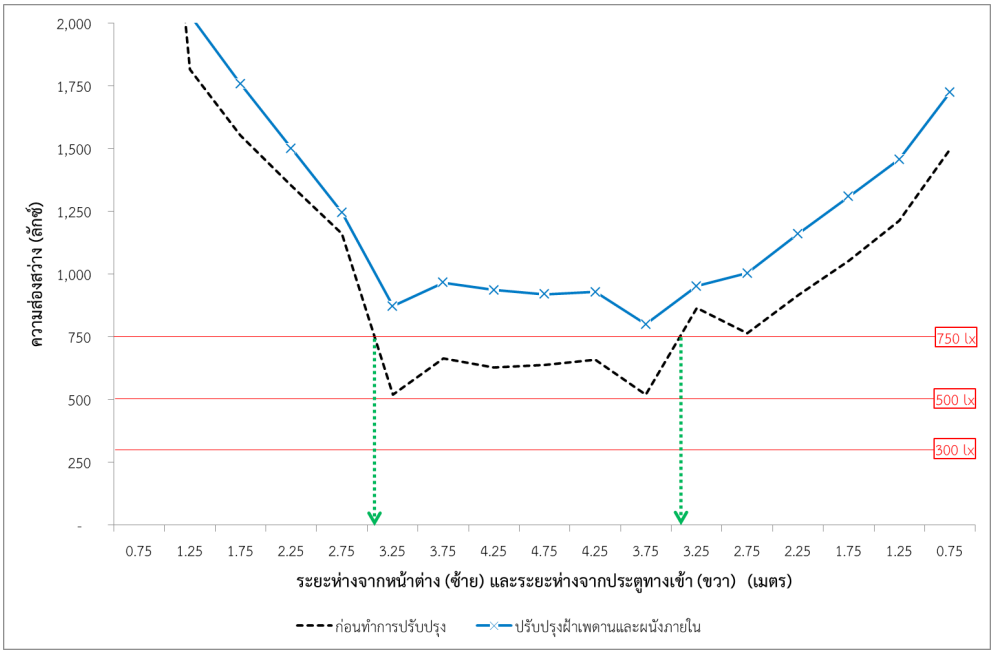
สรุปผลการวิจัยและการนำไปประยุกต์ใช้งาน

การประเมินลำดับประสิทธิภาพของแบบจำลองแนวทางการปรับปรุงสภาพห้องแต่ละรูปแบบ แสดงให้เห็นว่าผลลัพธ์จากการพิจารณาปริมาณและคุณภาพของแสงสว่าง มีลำดับความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้งานเป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ การปรับปรุงส่วนฝ้าเพดานและผนังภายในมีประสิทธิภาพเหมาะสมเป็นอันดับที่ 1 การปรับปรุงส่วนฝ้าเพดานมีประสิทธิภาพเหมาะสมเป็นอันดับที่ 2 การปรับปรุงส่วนผนังภายในมีประสิทธิภาพเหมาะสมเป็นอันดับที่ 3 และการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงมีประสิทธิภาพเหมาะสมเป็นอันดับที่ 4 เป็นที่น่าสังเกตว่า การติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงนั้น ทำให้ปริมาณและคุณภาพของแสงสว่างมีค่าต่ำกว่าสภาพห้องก่อนทำการปรับปรุง ทั้งนี้สันนิษฐานได้ว่าตำแหน่งที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงไปบังเงาบริเวณช่องเปิด จึงทำให้ขนาดช่องแสงลดลงเป็นผลให้แสงเข้ามาภายในห้องได้น้อยลงตามไปด้วย ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าแนวทางการการปรับปรุงห้องในของส่วนฝ้าเพดานพร้อมกับส่วนผนังภายในมีประสิทธิภาพมากที่สุดและเหมาะสมในการนำไปใช้มากกว่าแนวทางอื่น

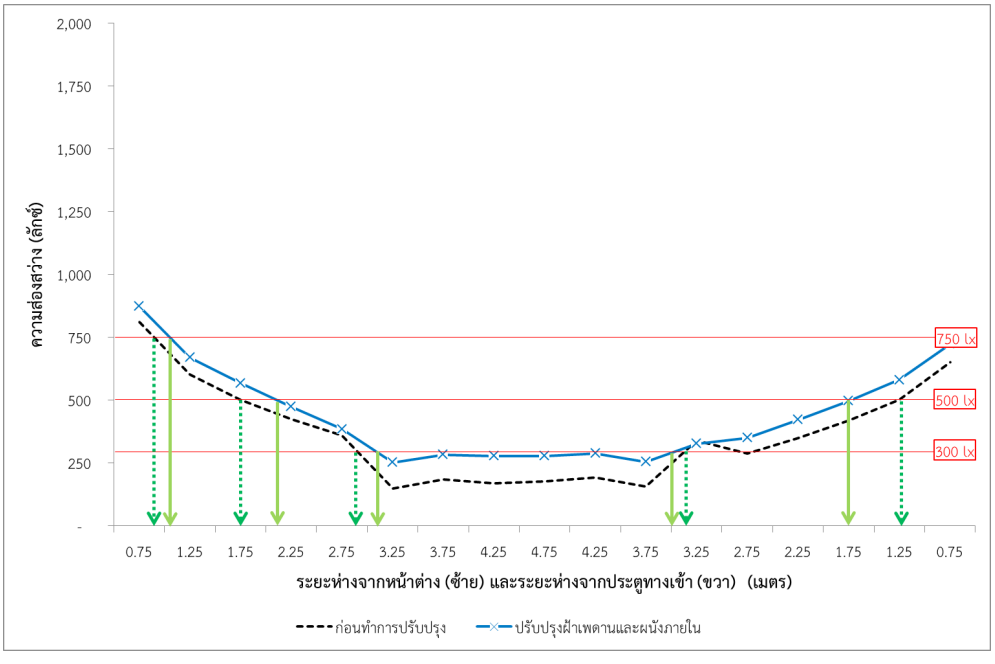
กิจกรรมที่เกิดขึ้นจากพฤติกรรมการใช้งานภายในห้องพักอาจารย์มีหลากหลายประเภท ซึ่งความส่องสว่างเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้เกิดความปลอดภัยและสภาวะสบายด้านการมองเห็นในขณะทำกิจกรรมของอาจารย์ โดยระบบแสงสว่างที่ดีต้องให้ความส่องสว่างบนพื้นที่กิจกรรมนั้นได้อย่างเพียงพอต่อการมองเห็นและไม่ก่อให้เกิดการรบกวนทางสายตาขณะใช้งาน ทั้งนี้สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทยได้กำหนดข้อแนะนำระดับความส่องสว่างภายในอาคารของประเทศไทยเพื่อเป็นมาตราฐานในการออกแบบแสงสว่าง สำหรับความส่องสว่างที่เหมาะสมของแต่ละกิจกรรมที่เกิดขึ้นสามารถจัดแบ่งกลุ่มได้ดังนี้ 1) กลุ่มกิจกรรมที่ต้องการค่าความส่องสว่าง 300-500 ลักซ์ ได้แก่ การจัดประชุมกลุ่มย่อย การพักผ่อนในอิริยาบถต่างๆ 2) กลุ่มกิจกรรมที่ต้องการค่าความส่องสว่าง 500-750 ลักซ์ ได้แก่ การอ่านหนังสือ การเขียนหนังสือ การใช้คอมพิวเตอร์ การตรวจงานทั่วไป 3) กลุ่มกิจกรรมที่ต้องการค่าความส่องสว่างมากกว่า 750 ลักซ์ ได้แก่ การเขียนแบบ การตรวจงานที่มีความละเอียด (Illuminating Engineering Association of Thailand, 2003)

เมื่อเปรียบเทียบค่าของระดับความส่องสว่างขั้นต่ำตามที่แนะนำกับแผนภูมิเส้นที่แสดงค่าความส่องสว่างบนระนาบพื้นที่ทำงานจากแบบจำลองแนวทางการปรับปรุงห้องในของส่วนฝ้าเพดานพร้อมกับส่วนผนังภายใน จะเห็นได้ว่า ระดับความส่องสว่างภายใต้สภาพท้องฟ้าโปร่งที่มีแสงตรงจากดวงอาทิตย์มีความเหมาะสมในการใช้งานครบทุกประเภทกิจกรรมและครอบคลุมพื้นที่ทั่วทั้งห้อง (ภาพที่ 24) ส่วนระดับความส่องสว่างภายใต้สภาพท้องฟ้าปิดที่เหมาะสมในการใช้งานที่ระดับ 300 ลักซ์ 500 ลักซ์ และ 750 ลักซ์ มีระยะห่างจากช่องเปิดทั้งสองด้านประมาณ 3.25-3.5 เมตร 1.75-2.00 เมตร และ 0.00-1.00 เมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 25)

ดังนั้นการแก้ไขสภาพห้องภายใต้สภาพท้องฟ้าโปร่งที่มีแสงตรงจากดวงอาทิตย์ถือว่าประสบผลสำเร็จและบรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ คือ สามารถเพิ่มความส่องสว่างทั่วทั้งห้องได้มากกว่า 750 ลักซ์ โดยมีระดับของค่าความส่องสว่างเฉลี่ยต่ำสุดเปลี่ยนแปลงจาก 519 ลักซ์ เป็น 801 ลักซ์ คิดเป็นสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นคือร้อยละ 54.34 ทั้งนี้บริเวณที่ใกล้กับช่องเปิดทั้งสองด้านของห้องมีจะมีความส่องสว่างมากกว่าบริเวณอื่น ซึ่งอาจจะทำให้เกิดความร้อนภายในห้องที่เป็นภาระต่อการปรับอากาศมากขึ้น ดังนั้นจึงควรมีการศึกษารูปแบบและวัสดุของอุปกรณ์บังแดดภายนอกหรือภายในเพิ่มเติม ส่วนการแก้ไขสภาพห้องภายใต้สภาพท้องฟ้าปิดนั้นการใช้แสงธรรมชาติเพียงอย่างเดียวไม่สามารถเพิ่มแสงสว่างภายในห้องได้อย่างเพียงพอ โดยเฉพาะพื้นที่บริเวณกลางห้อง ถึงอย่างไรก็ตามการปรับปรุงห้องก็ช่วยเพิ่มระดับของค่าความส่องสว่างเฉลี่ยต่ำสุดจาก 148 ลักซ์ เป็น 252 ลักซ์ คิดเป็นสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นได้ถึงร้อยละ 70.27 ทั้งนี้ทำให้ช่วยลดการใช้พลังงานจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องนำมาเพิ่มความส่องสว่างบริเวณพื้นที่กลางห้องเพื่อมีความเหมาะสมตามข้อแนะนำของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทยได้มากขึ้น



ภาพที่ 24 แผนภูมิเส้นเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างของแบบจำลองห้องที่มีการปรับปรุงฝ้าเพดานและผนังภายใน ภายใต้สภาพท้องฟ้าโปร่งที่มีแสงตรงจากดวงอาทิตย์กับข้อแนะนำค่าความส่องสว่างขั้นต่ำของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย



ภาพที่ 25 แผนภูมิเส้นเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างของแบบจำลองห้องที่มีการปรับปรุงฝ้าเพดานและผนังภายใน ภายใต้สภาพท้องฟ้าปิดกับข้อแนะนำค่าความส่องสว่างขั้นต่ำของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย

ข้อเสนอแนะ

1. งานวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงสภาพห้องทางด้านแสงสว่างเท่านั้น ดังนั้น การนำข้อมูลจากงานวิจัยไปใช้งานจริงต้องคำถึงปัจจัยแวดล้อมอื่นที่เกี่ยวข้องให้ครอบคลุมและครบถ้วน เช่น ความร้อน งบประมาณ เฟอร์นิเจอร์ภายในห้อง

2. งานวิจัยนี้ใช้ข้อแนะนำของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทยเป็นเกณฑ์ในการวิเคราะห์ปริมาณแสงสว่างที่เหมาะสมกับกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในห้องเพียงเกณฑ์เดียว การใช้เกณฑ์แสงสว่างจากมาตรฐานอื่นอาจให้ผลที่แตกต่างกันได้

3. การศึกษาต่อเนื่องจากงานวิจัยนี้ควรศึกษาเพิ่มเติมในสภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly cloudy sky) และการให้แสงสว่างธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงานที่ชัดเจนมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมืองและนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ประจำปีงบประมาณ 2559

Reference

Coordinating Center for Energy Conservation Building Design, Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy. (2015). *nǣothāng kān ʻǭkbǣp ʻākhān prayat phalangngān.* (In Thai) [Energy saving building design guidelines]. Retrieved from http://www.2e-building.com/images/userfiles/files/GuideLine%20BEC57.pdf

DIALux light building software. (2016). *DIALux 4 with new improved calculation kernel*. Retrieved from http://dialux4.support-en.dial.de/helpdesk/attachments/ 9005537029

Egan, M.D., & Olgyay, V. (2002). *Architectural lighting* (2nd ed). New York, NY: McGraw-Hill.

Faculty of Architecture, Urban Design and Creative Arts, Mahasarakham University. (2016). *yutthasāt.* (In Thai) [Strategic]. Retrieved from http://arch.msu.ac.th/ยุทธศาสตร์

Illuminating Engineering Association of Thailand. (2003). *TIEA - GD sām khǭ̄ nænam radap khwām sǭ̄ng sawāng phāinai ʻākhān khǭ̄ng prathēt Thai.* (In Thai) [TIEA-GD003 Recommendation of the level of indoor illumination in Thailand]. Bangkok: The Association.

Muttisa, C. (2005). *patčhai kāiyaphāp hing sathǭ̄n sǣng thī mī phon tǭ̄ kānnam sǣng thammachāt khao mā chai nai ʻākhān.* (In Thai) [The impacts of lightshelf's physical factors on daylighting in buildings] (Unpublished master's thesis). Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.

Oakley, G., Riffat, S.B., & Shao, L. (2000). Daylight performance of lightpipes. *Solar Energy*, (69), 89-98.

Tawanyim. (2014). *thammai ? ? ? ʻākhān samai mai tǭng pen Green building.* (In Thai) [Why ??? modern buildings must be green building]. *Green Network a Magazine for People Who Love the World*, (49), 18-19.

UI GreenMetric. (2016). *Overall ranking 2016*. Retrieved from http://greenmetric. ui.ac.id/overall-ranking-2016