

แบบจำลองภาพเสมือนจริงเพื่อประเมินสมรรถนะของระบบส่องสว่างภายในอาคาร

The Virtual Image Model for Assess the Performance of the Indoor Lighting System.

^{1*} อโสค์ ศรีทองธรรม

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี 34000

^{1*} Asoke Shithongtum

¹ Department of Electrical Technology, Faculty of Industrial Technology, Ubon Ratchathani Rajabhat University

Ubon Ratchathani 34000

*asoke_ubu@hotmail.com

Received : December, 14 2020

Revised : April, 10 2021

Accepted : June, 22 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องนี้นำเสนอเทคนิคการจำลองภาพเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Dialux 4.12 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสมรรถนะของระบบส่องสว่างภายในอาคารโดยเปรียบเทียบ ค่าความสว่าง ค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าส่องสว่าง และค่าความสม่ำเสมอของแสง จาก 2 พื้นที่ตัวอย่าง ซึ่งควบคุมการกระจายแสงแตกต่างกัน จากดวงโคมไฟฟ้า 2 แบบ ในเบื้องต้นได้ทำการทดสอบความเหมาะสมของตัวแปรที่ใช้ในการทำวิจัย โดยการเปรียบเทียบค่าความสว่างที่ได้จากผลการจำลองกับผลการวัดจริง พบว่า ความสว่างที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจากตัวแปรที่ใช้ในการจำลองเป็นค่าโดยประมาณ ยกตัวอย่างเช่น แหล่งกำเนิดแสงในงานวิจัยนี้มีค่าเท่ากับ 2,736 ลูเมนต่อวัตต์ ในขณะที่ความเป็นจริงแหล่งกำเนิดแสงมีค่าไม่คงที่และลดลงตามอายุใช้งาน จึงทำให้ค่าความสว่างที่ได้เกิดความคลาดเคลื่อนจึงเลือกใช้ค่าตัวแปรดังกล่าวในการทำวิจัย พื้นที่ตัวอย่างที่ 1 ติดตั้งดวงโคมไฟฟ้าขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร จำนวน 9 ชุด พื้นที่ตัวอย่างที่ 2 ติดตั้งดวงโคมไฟฟ้าขนาดกว้าง 60 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร จำนวน 20 ชุด จากผลการจำลองภาพเสมือนจริงใน 2 พื้นที่ตัวอย่าง พบว่า ค่าความสว่างและค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าส่องสว่างมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ในขณะที่ค่าความสม่ำเสมอของแสง พื้นที่ตัวอย่างที่ 2 มีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานเพียงพื้นที่เดียว ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเสนอแนะแนวทางในการเพิ่มสมรรถนะของระบบส่องสว่างจากผลการจำลองภาพเสมือนจริงเฉพาะในพื้นที่ตัวอย่างที่ 2 โดยปรับลดค่าความสว่างและค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ด้วยการลดจำนวนดวงโคมไฟฟ้าลง 50 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ค่าความสม่ำเสมอของแสงไม่น้อยกว่า 0.40 ทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อระบบส่องสว่างของพื้นที่ตัวอย่างลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นว่าการประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองภาพเสมือนจริงเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบขั้นหลักการ เช่นในงานวิจัยนี้ ผลการจำลองที่ได้ทำให้ผู้ออกแบบงานระบบไฟฟ้าเลือกใช้จำนวนดวงโคมไฟฟ้าที่ให้มุมการกระจายแสงเหมาะสมกับพื้นที่ใช้งาน อีกทั้งช่วยปรับลดขนาดของระบบไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบแสงสว่างจากเดิม 129.8 กิโลวัตต์ เป็น 64.0 กิโลวัตต์ ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งเพื่อให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพสูงขึ้น และผลของค่าความสว่าง ค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าส่องสว่าง และค่าความสม่ำเสมอของแสงจากงานวิจัยนี้สามารถนำไปเป็นข้อมูลเพื่อการปรับปรุงระบบส่องสว่างให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นต่อไป

คำสำคัญ: การจำลองภาพเสมือนจริง, สมรรถนะของระบบส่องสว่าง, แสงสว่างภายในอาคาร

Abstract

This research presented the virtual simulated images for the building's interior illumination by using Dialux 4.12 as a simulation software. The research objective was to evaluate illumination system's performance inside the building by comparing of luminance, average illuminance uniformity and, light power density in 2 sample areas with different illuminance distribution from 2 types of lamp. The research variables were tested for appropriateness by compare the illumination from the simulation with the illumination from measurement. The initial test results showed the similar illumination values. However, the variable from simulation were estimation value such as the light source in this research was 2,736 lumen per watt but, in the real-world scenario, the light source had the unstable value and decrease by service life resulted in the discrepancy of illumination value. Therefore, this research chose those variables for calculation. Area number 1 installed 9 sets of lamp size 30 cm width and 120 cm length. Area number 2 installed 20 sets of lamp size 60 cm width and 120 cm length. The research result revealed that illuminance and light power density value in both areas were higher than standard criteria. However, only in the area number 2 which the average illuminance uniformity value was conformed with the standard. Therefore, researcher suggested the guideline for increasing illumination system performance from the result of the virtual simulated images in the area number 2 only. The performance improvement guideline is to decrease the exceeding value of illuminance and light power density which can be done by reducing 50% of lamp sets and maintaining the average illuminance uniformity value not less than 0.40 which result in reduction of energy consumption for illumination system 50% or from 129,800 watt per hour to 64,900 watt per hour. The result of the study can be summarized that using the virtual simulated images technique is useful for conceptual design. In this research, the simulation result helped the designer selected the lighting with proper light distribution angle and fit for the area. Moreover, the designer can reduce the size of electrical system especially in the lighting system from 129.8 kilowatts to 64 kilowatts. So, this technique is one of good alternates for increasing the energy consumption efficiency. In addition, the result of luminance, average illuminance uniformity and, light power density from this research can be used as the information for improve the efficiency of lighting systems in the future.

Keywords: Computer simulation, Illumination system's performance, Interior illumination

1. บทนำ

ในปัจจุบันการใช้ประโยชน์จากระบบส่องสว่างเพื่ออำนวยความสะดวกต่อการดำรงชีวิตเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ยกตัวอย่างเช่น เพื่อความสะดวกสบาย เพื่อความสวยงาม และเพื่อความปลอดภัย โดยเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 20-50 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมด [1] ซึ่งเป็นหนึ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาวิกฤตพลังงานขึ้น ผู้วิจัยจึงเสนอแนวทางการปรับปรุงสมรรถนะของระบบส่องสว่างภายในอาคารให้สูงขึ้นภายใต้สมมติฐาน 2 ข้อ ได้แก่ 1) การออกแบบระบบส่องสว่างเดิมอาจคำนึงถึงเฉพาะค่าความเข้มการส่องสว่างตามมาตรฐานการส่องสว่างที่กำหนดโดยสมาคมไฟฟ้าแสงสว่าง

แห่งประเทศไทยเพียงอย่างเดียว 2) วัสดุอุปกรณ์ในการประหยัดพลังงานด้านระบบไฟฟ้าแสงสว่างในขณะนั้นมีราคาสูง ยังไม่เป็นที่นิยมใช้แพร่หลายและเป็นเรื่องใหม่ส่งผลกระทบต่องบประมาณของโครงการ

2. ขอบเขตงานวิจัย

- 2.1 เพื่อประเมินสมรรถนะด้านระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคารภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
- 2.2 เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคารให้มีสมรรถนะด้านระบบส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงพลังงาน
- 2.3 เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงสมรรถนะด้านระบบส่องสว่างภายในอาคาร

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เพื่อแก้ปัญหาวิกฤตพลังงานดังกล่าว มาตรฐาน ข้อกำหนด และงานวิจัยด้านระบบส่องสว่างเกิดขึ้นมากมาย ยกตัวอย่าง เช่น คู่มือค่ามาตรฐานการส่งถ่ายข้อมูลของแสง [2] คู่มือแนวทางการออกแบบการส่องสว่างภายในอาคาร [3] สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย (Illuminating Engineering Association of Thailand, TIEA) กฎกระทรวง [4, 5] ได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และมาตรฐานของระบบส่องสว่างในแต่ละพื้นที่ ยกตัวอย่างเช่น ค่ามาตรฐานของความเข้มการส่องสว่างบริเวณพื้นที่ ห้องสมุด และห้องเรียน ต้องไม่น้อยกว่า 300 ลักซ์ กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน [6] ได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานการใช้พลังงานไฟฟ้าให้สอดคล้องกับสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย เช่น สถานศึกษาและสำนักงานต้องไม่เกิน 14 วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2) กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน [7] ได้กำหนดค่าความสว่างเพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ปฏิบัติงานเป็น 4 ระดับ ที่ 50 ลักซ์, 100 ลักซ์, 200 ลักซ์ และ 300 ลักซ์ ตามลำดับ งานวิจัยด้านวิศวกรรมส่องสว่าง เช่น เจริญ คันธวงศ์ [8] ได้ศึกษาผลกระทบของความเข้มแสงที่ไม่เหมาะสมด้วยการตรวจวัด 2 วิธี ได้แก่ วิธีตรวจวัดแบบจุดและวิธีตรวจวัดแสงเฉลี่ยแบบพื้นที่ทั่วไป ประภาศศิลป์ อนนกสุวรรณมณี [9] ได้ศึกษาความคุ้มค่าของโครงการเปลี่ยนหลอดไฟเพื่อความมั่นคงด้านพลังงาน และพบว่าหากมีโครงการเปลี่ยนหลอดไฟจะช่วยประหยัดไฟฟ้าได้ร้อยละ 28 อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรหม [10] ได้วิจัยและพบว่า องค์ประกอบของการอนุรักษ์พลังงานขึ้นอยู่กับที่ตั้งของอาคาร ผู้ใช้อาคาร และการบริหารจัดการ ศิวาวัชร ปิ่นอ่อน [11] ได้ศึกษาวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างภายในและภายนอกอาคาร และพบว่า ตัวแปรที่มีผลต่อการประสิทธิภาพของการออกแบบระบบไฟฟ้าได้แก่ ลักษณะทางกายภาพของแสง การเลือกใช้ดวงโคม รูปแบบการติดตั้ง และการออกแบบแสงสว่างให้เหมาะสม วัลลภ ภูผา และคณะ [12] ได้ออกแบบดวงโคมไฟฟ้าด้วยระบบพลังงานระบบผสมผสานจากพลังงานธรรมชาติ 2 ชนิด ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ด้วยแผงโซลาร์เซลล์และพลังงานลมด้วยกังหันผลิตแรงดัน เพื่อเสนอแนวทางการพลังงานอย่างประหยัดและหันมาใช้พลังงานทดแทนมากขึ้น จากงานวิจัยที่ยกตัวอย่างในเบื้องต้น พบว่าการใช้ประโยชน์จากการจำลองภาพเสมือนจริงเพื่อประเมินสมรรถนะของระบบส่องสว่างภายในอาคารยังไม่แพร่หลายมากนัก การทำวิจัยลักษณะนี้จึงเป็นเรื่องที่ควรสนับสนุนเพื่อให้การใช้พลังงานไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป

4. การดำเนินการวิจัย

4.1 ลักษณะทั่วไปของพื้นที่วิจัย

ทำวิจัย ณ อาคารคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์และอาคารเรียนรวมและปฏิบัติการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ลักษณะทั่วไปของอาคารทั้งสอง แสดงดังรูปที่ 1 และ รูปที่ 2 การเก็บข้อมูลเบื้องต้นแบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา ช่วงเวลาที่ 1 อยู่ระหว่างเวลา 8:00 น. ถึง 16:00 น. เพื่อศึกษาและเก็บข้อมูลลักษณะของการติดตั้ง และรูปแบบของดวงโคมไฟฟ้าที่ติดตั้งในแต่ละพื้นที่วิจัย ช่วงเวลาที่ 2 อยู่ระหว่างเวลา 19:00 น. ถึง 20:00 น.



รูปที่ 1 อาคารคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์



รูปที่ 2 อาคารเรียนรวมและปฏิบัติการ

4.2 แหล่งกำเนิดแสง ค่ามาตรฐานการส่งถ่ายข้อมูลของแสงและการจำลองค่าความสว่าง

แหล่งกำเนิดแสงที่ติดตั้งจริงในพื้นที่วิจัยทั้งสองเป็นหลอด LED T8 ผลิตรักษ์ Philips ขนาด 18 วัตต์ สี Cool Daylight อุณหภูมิ 6500 เคลวิน ค่าประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอด เท่ากับ 152 ลูเมนต่อวัตต์ ค่ามาตรฐานการส่งถ่ายข้อมูลของแสง (Photometric Data, IES) เทียบจากผลิตภัณฑ์ LUSO รุ่น LRST 2/300L และรุ่น LRST 2/600L กราฟการกระจายแสง แสดงดังรูปที่ 3 จำลองค่าความสว่างด้วยโปรแกรม Dialux 4.12 ซึ่งสอดคล้องกับสมการการคำนวณค่าความสว่างแบบการแบ่งส่วนของโพรงในแนวดิ่ง ดังแสดงในสมการที่ 1

$$L_t = \frac{E \times A}{CU \times LLD \times LDD \times RSDD \times LBO} \quad (1)$$

เมื่อ

L_t : ค่าปริมาณจำนวนเส้นของแสงสว่างทั้งหมดที่ต้องการ

E : ค่าปริมาณความส่องสว่าง (ลักซ์)

A : พื้นที่ของห้องที่ทำการออกแบบ (ตารางเมตร)

CU : สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของโคม (Coefficient of Utilization)

LLD : แฟกเตอร์ความเสื่อมของหลอด (Lamp Lumen Depreciation)

LDD : แฟกเตอร์ความสกปรกของโคม (Luminaire Dirt Depreciation)

$RSDD$: แฟกเตอร์ความสกปรกของห้อง (Room Surface Dirt Depreciation)

LBO : แฟกเตอร์หลอดขาด (Lamp Burn Out)

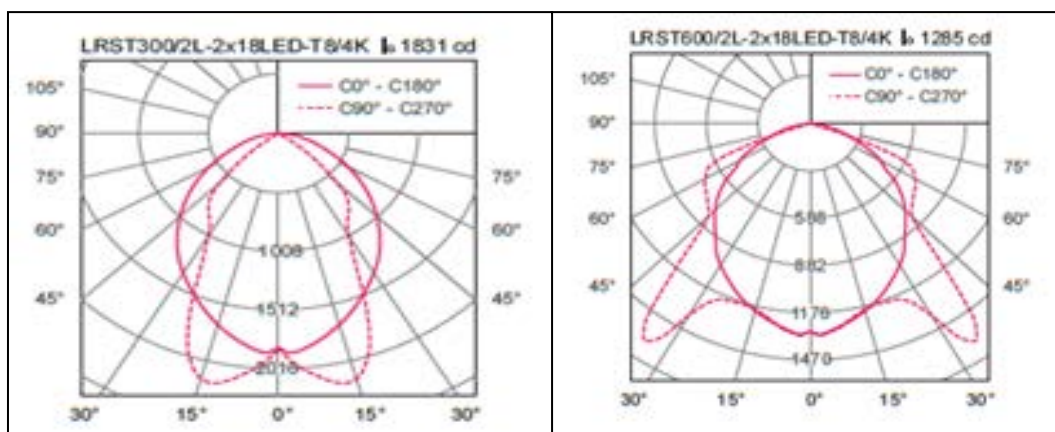
ค่าแฟกเตอร์ต่างๆ เพื่อชดเชยสภาพแวดล้อมแทนด้วย แฟกเตอร์การบำรุงรักษาทั่วไป ดังแสดงในสมการที่ 2

$$M_f = CU \times LLD \times LDD \times RSDD \times LBO \quad (2)$$

เมื่อ

M_f : แฟกเตอร์การบำรุงรักษาทั่วไป

ตัวแปรในการจำลองค่าความสว่าง ประกอบด้วย โพรเจกต์เพดาน โพรเจกต์ของห้อง และโพรเจกต์ของพื้น มีค่าเท่ากับ 0 เมตร, 2 เมตร และ 0.8 เมตร แฟกเตอร์การบำรุงรักษาทั่วไป เท่ากับ 0.8 ค่าการสะท้อนของพื้น เพดาน และผนังห้องมีค่าเท่ากับ 50, 70 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ความสูงของโพรเจกต์ในแนวดิ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 2.50 ถึง 2.80 เมตร และพบว่าค่าความสว่างเพิ่มขึ้น 10 ลักซ์ เมื่อความสูงของโพรเจกต์ในแนวดิ่งลดลง 10 เซนติเมตร ดังนั้น ในการทำวิจัยครั้งนี้จึงเลือกจำลองค่าความสว่างที่ระดับความสูง 2.80 เมตร ซึ่งให้ผลของการจำลองค่าความสว่างต่ำสุด



รูปที่ 3 ลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมไฟฟ้า LRST 300/2L และ LRST 600/2L

4.3 เครื่องมือวัดที่ใช้ในการวิจัย

4.3.1 เครื่องวัดแสง

เครื่องวัดแสงผลิตภัณฑ์ DIGICON รุ่น LX-73 การเทียบเคียงค่าความเข้มการส่องสว่างอ้างอิงมาตรฐาน Cert.no.E17-0646 IDSN No.Q834150, Cal.Date. 29SEP/ 2017, Due Date. 29SEP/2018 การวัดค่าความสว่างทำได้โดยวางเครื่องวัดที่ระดับพื้นที่ใช้งานความสูง 0.80 เมตร และอยู่กึ่ง กลางระหว่างดวงโคมไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 เครื่องวัดแสง ผลิตภัณฑ์ DIGICON รุ่น LX-73

4.3.2 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

วัดอุณหภูมิด้วยเครื่องแอลอีดีมิเตอร์ผลิตภัณฑ์ UPRtek รุ่น MK350D LED หมายเลขเครื่อง P75MK350D ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความถูกต้องของแสงผลิตภัณฑ์
UPRtek รุ่น MK350D LED

4.4 การประเมินสมรรถนะของระบบส่องสว่าง

ประเมินสมรรถนะของระบบส่องสว่างประกอบ ด้วย การเปรียบเทียบค่าความสว่างและความสม่ำเสมอของแสงแบบเฉลี่ย (Average Uniformity) ระหว่างสองพื้นที่ตัวอย่าง

4.5 การประเมินสมรรถนะการใช้พลังงาน

ประเมินสมรรถนะการใช้พลังงานด้วยการเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นการใช้พลังงานไฟฟ้าส่องสว่างระหว่างสองพื้นที่ตัวอย่าง

5. ผลการวิจัย

5.1 ผลการวัดค่าความสว่างด้วยเครื่องมือวัดแสง

ผลการวัดค่าความสว่างพื้นที่ตัวอย่างอาคารคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ขนาด กว้าง×ยาว 8x7.5 เมตร ติดตั้งดวงโคมไฟฟ้าจำนวน 9 ชุด รุ่น LRST 2/300L พบว่า ค่าความสว่างเท่ากับ 429 ลักซ์ ค่าอุณหภูมิสี 6500 เคลวิน ดังแสดงในรูปที่ 6 และผลการวัดค่าความสว่างพื้นที่ตัวอย่างอาคารเรียนรวมและปฏิบัติการ ขนาด กว้าง×ยาว 11.5x7.5 เมตร ติดตั้งดวงโคมไฟฟ้าจำนวน 20 ชุด รุ่น LRST 600/2L พบว่า ค่าความสว่างเท่ากับ 524 ลักซ์ ค่าอุณหภูมิสี 6500 เคลวิน แสดงในรูปที่ 7



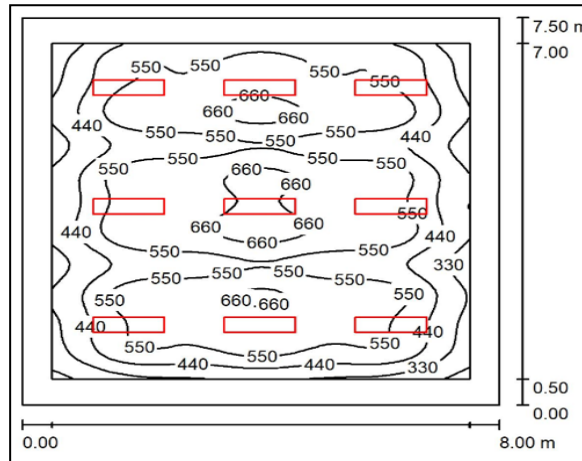
รูปที่ 6 ผลการวัดค่าความสว่างอาคารคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์



รูปที่ 7 ผลการวัดค่าสว่างความอาคารเรียนรวมและปฏิบัติการ

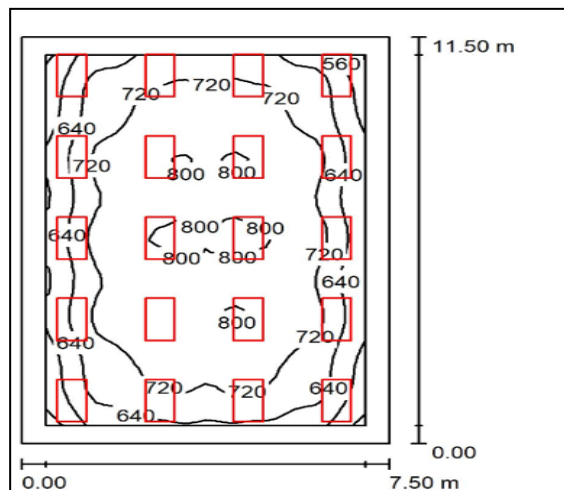
5.2 ผลการจำลองค่าความสว่าง

ผลการจำลองค่าความสว่างพื้นที่ตัวอย่างอาคารคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์แสดงดังรูปที่ 7 และพบว่า ค่าความสว่างบริเวณพื้นที่ใช้งานเท่ากับ 524 ลักซ์ พื้นที่ห้อง เท่ากับ 417 ลักซ์ ฝ้าเพดาน 78 ลักซ์ และผนัง ทั้ง 4 ด้าน ด้วยวิธีการเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากับ 50 ลักซ์ ขณะที่เส้นสมมุติเสมือนมีความต่อเนื่องส่วนใหญ่ที่ค่าความสว่างเท่ากับ 550 ลักซ์ ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 การจำลองค่าความสว่างและเส้นสมมุติเสมือนอาคารคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

เช่นเดียวกัน พื้นที่ตัวอย่างของอาคารเรียนรวมและปฏิบัติการ ผลการจำลองค่าความสว่าง แสดงดังในรูปที่ 9 และพบว่า ค่าความสว่างบริเวณพื้นที่ใช้งานเท่ากับ 706 ลักซ์ พื้นที่ห้องเท่ากับ 594 ลักซ์ ฝ้าเพดาน 140 ลักซ์ และผนังทั้ง 4 ด้าน ด้วยวิธีการเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากับ 334 ลักซ์ ในขณะที่เส้นสมมุติเสมือนมีความต่อเนื่องส่วนใหญ่ที่ค่าความสว่างเท่ากับ 720 ลักซ์



รูปที่ 9 การจำลองค่าความสว่างและเส้นสมมุติเสมือนอาคารเรียนรวมและปฏิบัติการ

5.3 เปรียบเทียบผลการวัดค่าความสว่าง และผลการจำลองค่าความสว่าง

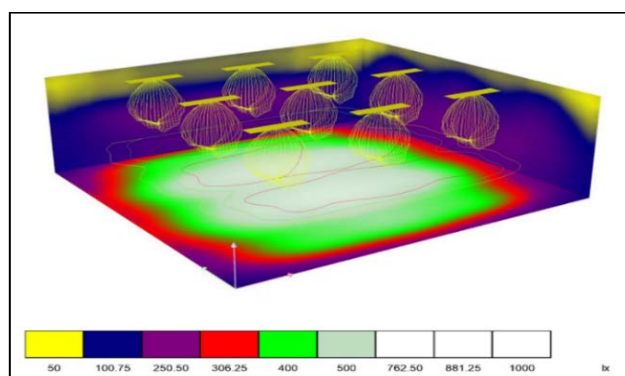
จากผลการเปรียบเทียบพบว่า อาคารเรียนรวมและปฏิบัติการค่าความสว่างที่วัดจริง เท่ากับ 524 ลักซ์ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง ค่าสูงสุด 824 ลักซ์ ค่าต่ำสุด 454 ลักซ์ เช่นเดียวกัน อาคารคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ให้ผลการเปรียบเทียบที่สอดคล้องเช่นเดียวกัน โดยที่ค่าความสว่างที่วัดจริง เท่ากับ 429 ลักซ์ ซึ่งอยู่ระหว่างค่าสูงสุด 719 ลักซ์ ค่าต่ำสุด 189 ลักซ์ เมื่อเปรียบเทียบค่าความสว่างระหว่างสองอาคาร พบว่า อาคารเรียนรวมและปฏิบัติการ ให้ผลการวัดและผลการจำลองค่าความสว่างสูงกว่าอาคารคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ส่วนความคลาดเคลื่อนระหว่างการวัดค่าความสว่างจากเครื่องมือวัด และการจำลองค่าความสว่าง มีค่าเท่ากับ 18.13 เปอร์เซ็นต์ และ 25.78 เปอร์เซ็นต์ ในอาคารคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ และอาคารเรียนรวมและปฏิบัติการเรียนรวม ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลจากการกำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ เพื่อใช้ในการจำลองค่าความสว่าง เช่น ค่าแฟกเตอร์การบำรุงรักษาทั่วไป ค่าฟลักซ์ส่องสว่างของหลอด ค่าแสงสว่างภายนอก และค่าการสะท้อนในแต่ละโพรง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่าความสว่างระหว่างการวัดด้วยเครื่องมือวัดแสงและผลการจำลองค่าความสว่าง

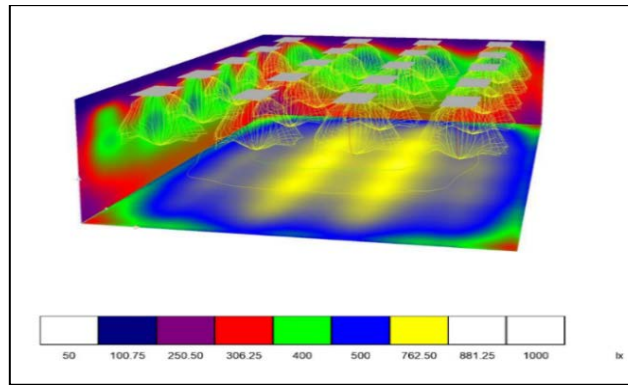
พื้นที่วิจัย	ผลการวัด	ผลการจำลองค่าความสว่าง		
	ลักซ์	ลักซ์		
		ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
อาคารคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	429	524	189	719
อาคารเรียนรวมและปฏิบัติการ	524	706	454	824

5.4 ผลการเปรียบเทียบความสม่ำเสมอของแสงสว่าง

การจำลองค่าความสว่างเพื่อแสดงความสม่ำเสมอของแสงสว่างในอาคารคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ และอาคารเรียนรวมและปฏิบัติการ โดยพิจารณาจากการแสดงค่าสี False Colour Rendering หรือ FCR ดังแสดงในรูปที่ 10 และ รูปที่ 11 ตามลำดับ



รูปที่ 10 ผลการจำลองค่า FCR อาคารเรียนรวมและปฏิบัติการ



รูปที่ 11 ผลการจำลองค่า FCR อาคารคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

เพื่อให้การเปรียบเทียบความสม่ำเสมอของแสงชัดเจนมากขึ้น ความสม่ำเสมอของแสงสว่างสามารถแสดงผลเชิงตัวเลขคำนวณจากอัตราส่วนระหว่างค่าความสว่างต่ำสุดต่อค่าความสว่างเฉลี่ย ซึ่งตามเกณฑ์มาตรฐานด้านวิศวกรรมส่องสว่าง ควรมีค่าไม่น้อยกว่า 0.4 และจากผลการคำนวณพบว่า อาคารคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ให้ความสม่ำเสมอของแสงสว่างเท่ากับ 0.361 ในขณะที่อาคารเรียนรวมและปฏิบัติการ ให้ความสม่ำเสมอของแสงสว่าง เท่ากับ 0.643 ดังผลที่แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบความสม่ำเสมอของแสงสว่างระหว่างอาคารคณะมนุษยฯ และ อาคารเรียนรวมฯ

พื้นที่วิจัย	ผลการจำลองค่าความสว่าง (ลักซ์)		ความสม่ำเสมอของแสงสว่าง
	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	
อาคารคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	524	189	0.36
อาคารเรียนรวมและปฏิบัติการ	706	454	0.64

5.5 การเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

ความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าแสงสว่าง Light Power Density หรือ LPD คำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าต่อพื้นที่ ตามเกณฑ์มาตรฐานค่านี้น้อยกว่า 14 วัตต์ต่อตารางเมตร [2] จากการคำนวณจะได้ว่า อาคารคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์มีค่า LPD เท่ากับ 4.50 วัตต์ต่อตารางเมตร อาคารเรียนรวมและปฏิบัติการมีค่า LPD เท่ากับ 6.49 วัตต์ต่อตารางเมตร ดังผลที่แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความหนาแน่นการใช้กำลังไฟฟ้าส่องสว่าง

พื้นที่วิจัย	พื้นที่ตารางเมตร	กำลังไฟฟ้าวัตต์	การใช้พลังงานต่อพื้นที่วัตต์ต่อตารางเมตร
อาคารคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	60	252	4.50
อาคารเรียนรวมและปฏิบัติการ	86.25	560	6.49

6. สรุป

6.1 การเปรียบเทียบค่าความสว่างจากการวัดจริง และการจำลองค่าความสว่างต้องมีการกำหนดค่าของตัวแปรต่างๆ หลายค่าส่วนใหญ่สอดคล้องกับการคำนวณแบบการแบ่งส่วนของโพรงในแนวดิ่ง เช่น ค่าความสูงของโพรง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความสูงของโพรงในส่วนของห้องที่ระดับไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับสภาพการติดตั้งค่าการสะท้อนของโพรงเพื่อตรวจสอบค่าตัวแปรที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้ในการทำวิจัยดังกล่าวเพื่อให้ผลใกล้เคียงกับค่าจริงหรือไม่ ทำได้โดยการเปรียบเทียบผลการวัดจริง และผลการจำลองค่าความสว่าง ผลการเปรียบเทียบแสดงในตารางที่ 1

6.2 ผลการจำลองค่าความสว่างพบว่า อาคารคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ได้ผลการจำลองดังแสดงในตารางที่ 1 ความสว่างต่ำสุด สูงสุด และเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 189 ลักซ์, 719 ลักซ์ และ 524 ลักซ์ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเส้นสมมุติเสมือนพบว่าส่วนใหญ่ความต่อเนื่องของเส้นสมมุติเสมือนมีค่าเท่ากับ 550 ลักซ์ ดังแสดงในรูปที่ 8 ใกล้เคียงกับค่าความสว่างเฉลี่ย ความแตกต่างระหว่างค่าความสว่างสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 530 ลักซ์ ส่วนอาคารเรียนรวมและปฏิบัติการได้ผลการจำลองดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าความสว่างต่ำสุด สูงสุด และเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 454 ลักซ์, 824 ลักซ์ และ 706 ลักซ์ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเส้นสมมุติเสมือนพบว่า ส่วนใหญ่ความต่อเนื่องของเส้นสมมุติเสมือนมีค่าเท่ากับ 720 ลักซ์ ดังแสดงในรูปที่ 9 ซึ่งใกล้เคียงกับค่าความสว่างเฉลี่ย ความแตกต่างระหว่างค่าความสว่างสูงสุดและต่ำสุด เท่ากับ 370 ลักซ์ เมื่อเปรียบเทียบผลการจำลองค่าความสว่างระหว่างอาคารทั้งสอง ซึ่งติดตั้งดวงโคมไฟฟ้าที่แตกต่างกันพบว่า ความสว่างเฉลี่ยอาคารคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์มีค่าความสว่างเฉลี่ยเท่ากับ 524 ลักซ์ สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 224 ลักซ์ คิดเป็น 74.66 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่อาคารเรียนรวมและปฏิบัติการมีค่าความสว่างเฉลี่ยเท่ากับ 706 ลักซ์ มากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 306 ลักซ์ คิดเป็น 102 เปอร์เซ็นต์ ในการออกแบบขั้นต้น หรือปรับปรุงในอนาคต อาจสามารถปรับลดปริมาณของแหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์ ได้ประมาณ 74.66 เปอร์เซ็นต์ และ 102 เปอร์เซ็นต์ ในอาคารคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์และอาคารเรียนรวมและปฏิบัติการ ตามลำดับ

6.3 ความสม่ำเสมอของแสงเฉลี่ยได้โดยพิจารณาจากค่า FCR ที่แสดงในรูปที่ 10 และ รูปที่ 11 และสามารถแสดงผลเชิงตัวเลขจากอัตราส่วนระหว่างค่าความสว่างต่ำสุดต่อค่าความสว่างเฉลี่ย ค่าความสม่ำเสมอของแสงตามเกณฑ์มาตรฐานควรมีค่าไม่น้อยกว่า 0.4 ผลการคำนวณที่ได้แสดงในตารางที่ 2 พบว่าอาคารคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ค่าความสม่ำเสมอของแสงต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน จากผลการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.36 ส่วนอาคารเรียนรวมและปฏิบัติการ ค่าความสม่ำเสมอของแสงที่ได้จากการคำนวณเท่ากับ 0.64 ตามเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อเปรียบเทียบความสม่ำเสมอของแสงระหว่างอาคารทั้งสองพบว่าอาคารคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ต้องมีการปรับปรุงการติดตั้งและการกระจายแสงของดวงโคมไฟฟ้าให้มีค่าความสม่ำเสมอของแสงเป็นไปตามมาตรฐาน ยกตัวอย่างเช่น การปรับลดระยะห่างระหว่างดวงโคมไฟฟ้าที่ติดตั้งในอาคารคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ เพื่อให้ค่าความสม่ำเสมอของแสงเพิ่มมากขึ้น ซึ่งทำให้จำนวนดวงโคมไฟฟ้าที่ติดตั้งภายในอาคารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ต้องมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ถึงแม้ว่าผลการจำลองค่าความสว่างจะให้ค่าความสว่างเฉลี่ยมากกว่าเกณฑ์มาตรฐานพอสมควรก็ตาม ในขณะที่อาคารเรียนรวมและปฏิบัติการ ค่าความสม่ำเสมอของแสงสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน และค่าความสว่างเฉลี่ยมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานพอสมควรเช่นกัน ดังนั้นในอาคารเรียนรวมและปฏิบัติการสามารถที่จะเพิ่มระยะห่างระหว่างดวงโคมไฟฟ้าให้สูงขึ้น ในขณะที่ค่าความสม่ำเสมอของแสงที่ได้รับยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งจะทำให้โอกาสในการลดจำนวนดวงโคมไฟฟ้าที่ติดตั้งภายในอาคารลดน้อยลงเนื่องจากดวงโคมไฟฟ้าที่ติดตั้งในอาคารเรียนรวมและปฏิบัติการให้การกระจายแสงของดวงโคมไฟฟ้าที่เหมาะสมมากกว่าดวงโคมไฟฟ้าที่ติดตั้งในอาคารคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

6.4 ผลการเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าส่องสว่างทำได้โดยการคำนวณอัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าต่อพื้นที่หรือ LPD โดยทั่วไปค่า LPD ที่ได้จะต้องไม่มากกว่า 14 วัตต์ต่อตารางเมตร ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่าอาคารคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มีค่า LPD เท่ากับ 4.5 วัตต์ต่อตารางเมตร อาคารเรียนรวมและปฏิบัติการมีค่า LPD เท่ากับ

6.49 วัดค่าต่อตารางเมตร เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานซึ่งอาจเป็นผลจากในระหว่างที่ทำการวิจัย ทางมหาวิทยาลัยได้ปรับเปลี่ยนในพื้นที่วิจัยทั้งหมด เป็นชนิด LED ซึ่งประหยัดพลังงานมากพอสมควร

6.5 จะเห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบส่องสว่างภายในอาคารระหว่างอาคารคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์และอาคารเรียนรวมและปฏิบัติการ พบว่าอาคารเรียนรวมและปฏิบัติการมีสมรรถนะของระบบส่องสว่างสูงกว่าอาคารคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ เนื่องจากอาคารเรียนรวมและปฏิบัติการ มีค่าความสว่างค่าความสม่ำเสมอของแสงสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานเป็นผลให้ในการปรับปรุงหรือการออกแบบชั้นหลักการในอนาคตสามารถลดจำนวนดวงโคมไฟฟ้าที่ติดตั้งได้ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ค่าความสม่ำเสมอของแสงที่ได้รับยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน อีกทั้งเมื่อจำนวนดวงโคมไฟฟ้าลดลงแล้วยังสามารถช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าแก่แหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์ได้ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์เช่นกัน ในขณะที่อาคารคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ซึ่งถึงแม้ว่าค่าความสว่างที่ได้รับสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานใกล้เคียงกับอาคารเรียนรวมและปฏิบัติการแต่เนื่องจากค่าความสม่ำเสมอของแสงที่ได้รับไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานจึงไม่สามารถลดจำนวนดวงโคมที่ติดตั้งในอาคารได้ เหตุผลที่ทำให้สมรรถนะของระบบส่องสว่างภายในอาคารแตกต่างกันเนื่องจากลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมไฟฟ้าที่ติดตั้งภายในอาคารทั้งสองแตกต่างกัน ดังนั้น การเลือกดวงโคมไฟฟ้าที่มีลักษณะการกระจายแสงที่เหมาะสมในการติดตั้งแต่ละพื้นที่จึงมีความสำคัญต่อสมรรถนะของระบบส่องสว่างทำให้การใช้งานแหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์เต็มประสิทธิภาพมากและทำให้ปริมาณการใช้พลังงานมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

7. ข้อเสนอแนะ

การประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองภาพเสมือนจริงเพื่อปรับปรุงงานออกแบบด้านวิศวกรรมส่องสว่างเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่เหมาะสมเพื่อช่วยให้การใช้ประโยชน์จากแหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์เต็มประสิทธิภาพ ยกตัวอย่างเช่น การเพิ่มสมรรถนะของระบบส่องสว่างจากผลการจำลองภาพเสมือนจริงเฉพาะในพื้นที่ตัวอย่างที่ 2 ด้วยการปรับลดค่าความสว่างและ ค่ากำลังไฟฟ้าส่อง เดิมที่มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ด้วยการลดจำนวนดวงโคมไฟฟ้าลง 50 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ค่าความสม่ำเสมอของแสงไม่น้อยกว่า 0.40 ทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อระบบส่องสว่างของพื้นที่ตัวอย่างลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ จากเดิม 129,800 วัตต์ต่อชั่วโมง เป็น 64,900 วัตต์ต่อชั่วโมง เป็นต้น

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์. (2556). การออกแบบระบบไฟฟ้า. กรุงเทพฯ: หจก. โซดอเนชั่น ครีเอชั่น.
- [2] J.E. Kaufman . (1981). **IES Lighting Handbook (1981 Reference Volume)**. New York: Illuminating Engineering Society.
- [3] สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย. (2559). คู่มือแนวทางการออกแบบการส่องสว่างภายในอาคาร. กรุงเทพฯ: สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย.
- [4] กฎกระทรวง. (2549). มาตรฐานในการบริหาร และการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับ ความร้อน แสงสว่างและเสียง. สืบค้น 20 ตุลาคม 2563, จาก: <http://www3.mol.go.th/content/63186/1505802871>

- [5] กฎกระทรวง. (2537). พระราชบัญญัติควบคุมอาคารพ.ศ. 2522 ฉบับที่ 39 (พ.ศ. 2537). สืบค้น 15 ตุลาคม 2563, จาก: <https://download.asa.or.th/03media/04law/cba/mr/mr37-39.pdf>
- [6] กฎกระทรวง. (2552). กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552. สืบค้น 10 ตุลาคม 2563, จาก: https://www.dede.go.th/download/energysaving58/20_2552.pdf
- [7] กฎกระทรวง. (2562). ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง มาตรฐานความเข้มของแสงสว่าง. สืบค้น 10 ตุลาคม 2563, จาก: http://library.rsu.ac.th/greenoffice/law/law4_2.pdf
- [8] เจริญ คันธวงศ์. (2555). การจัดการอาคารสำนักงานเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรณีศึกษา อาคารเจริญ คันธวงศ์. มหาวิทยาลัยกรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยกรุงเทพฯ.
- [9] ประภาศิลป์ อนนทสุวรรณมณี. (2555). การศึกษาความคุ้มค่าของโครงการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าเพื่อความมั่นคงด้านพลังงาน กองดุริยางค์ทหารบก. (ปริญญาานิพนธ์บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปทุมธานี).
- [10] อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรหม. (2552). The Assessment of Building Energy Performance: Thammasat University, Rangsit Campus. Journal of Architectural/Planning Research and Studies.(1)6: 13-30.
- [11] ศิวารุช ปิ่นอ่อน. (2553). การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างพื้นที่ภายในและภายนอกอาคาร ศูนย์การค้าชุมชน : กรณีศึกษา ศูนย์การค้าวิลล่า. (วิทยานิพนธ์ สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์).
- [12] วัลลภ ภูผา และคณะ. (2556). การศึกษาโคมไฟฟ้าแสงสว่างด้วยระบบพลังงานแบบผสมผสาน. ใน: การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5(657- 660). ประจวบคีรีขันธ์: เครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล.