วิธีคำนวณแสงสว่างโดยวิธีลูเมนอย่างง่ายสำหรับโคมกระจายแสง

Simple Lumen Method Calculations for Louver Luminaire

ยิ่งสวัสดิ์ ไชยะกุล
Yingsawad Chaiyakul

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 123 หมู่ 16 ถนนมิตรภาพ อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002
Faculty of Architecture, Khon Kaen University 123 Moo 16 Mittraphap Road, Muang District, Khon Kaen 40002, Thailand
* Corresponding author e-mail: cyings@kku.ac.th

Received 8/4/2020 Revised 23/6/2020 Accepted 26/6/2020

บทคัดย่อ

ในการประกอบวิชาชีพ โอกาสที่สถาปนิกจะได้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบแสงสว่างในอาคารมีสูงและบ่อยครั้งสิ่งที่ต้องดำเนินการคือการจัดวางดวงโคมลงในพื้นที่ใช้งาน จากการสำรวจโดยการทำแบบสอบถามออนไลน์พบว่าวิธีการที่สถาปนิกเลือกใช้บ่อย ได้แก่ กฎอย่างง่าย ประสบการณ์ และวิธีการอื่นๆที่สถาปนิกมีทักษะที่ทำได้คล่องกว่า ในกรณีแสงประดิษฐ์มีวิธีการคำนวณโดยสมการทางคณิตศาสตร์ ได้แก่สมการคำนวณแสงสว่างโดยวิธีลูเมน แม้ว่าเป็นวิธีการที่มีตัวประกอบไม่มากในสมการ แต่ต้องอาศัยข้อมูลจากผู้ผลิตหลอดไฟและโคม และข้อมูลการดูแลรักษาอาคารเพื่อใช้ในการคำนวณ ซึ่งเป็นอุปสรรคที่อาจจะทำให้สถาปนิกไม่นิยมใช้วิธีการคำนวณแสงสว่างโดยวิธีลูเมน บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์ขั้นตอนการคำนวณแสงสว่างโดยวิธีลูเมน บทความมีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดตัวประกอบให้ง่ายขึ้น สำหรับห้องที่มีการติดตั้งหลอดไฟ (tube lamp) ในโคมกระจายแสงบนฝ้าเพดาน และนำเสนอผลการปรับสมการคำนวณโดยวิธีลูเมนเปรียบเทียบผลกับผลที่ได้จากการสำรวจ ส่วนสุดท้ายคือการคำนวณแสงสว่างโดยวิธีลูเมนอย่างง่ายโดยการรวมตัวประกอบในสมการ และแสดงตัวอย่างเพื่อให้สถาปนิกสามารถนำไปใช้ และส่วนสุดท้ายของบทความเปรียบเทียบผลที่คำนวณได้จากสมการคำนวณแสงสว่างอย่างง่ายกับผลจากการคำนวณในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ DIALux 4.13 ซึ่งพบว่าวิธีคำนวณแสงสว่างโดยวิธีลูเมนอย่างง่ายใกล้เคียงกับค่าที่จำลองจากโปรแกรม

คำสำคัญ
หลอดไฟ
โคมกระจายแสง
วิธีคำนวณแสงสว่างโดยวิธีลูเมน
สถาปนิก
แสงสว่าง

Abstract

In practice, a chance for an architect to involve in lighting scheme for building is high. Often, the architect participation in lighting system is to distribute luminaires into space. In this study, an initial online survey was set to question various experienced architects about their involvement in lighting appraisal. The questionnaire findings suggested that the most used techniques are rules of thumb, previous experience and other

comprehended techniques. In artificial lighting, a method of determining the luminaire is using a mathematical model for instance the Lumen Method. Although, the method requires not many component inputs, it is necessary to obtain data from the manufacture. Information about the room maintenance are also essential. Obtaining information in the Lumen Method is obstacle to architect's preference. This paper goal is to examine the Lumen Method to introduce adjustments in the calculating model. The study focused on room installed with tube lamps housed in the louver luminaire. The obtained models were then used to calculate the averaged illuminance, which were then compared with the measured valves from the survey. Finally, the calculation model was again examined to derive a simpler equation. The calculation examples were shown where they can be guidance to architects. To validate the derived equation, the calculated illuminance values from the derived model were compared and contrasted with various computed illuminance values by DIALux 4.13. The results show that the simple lumen method calculations for louver luminaire are reasonable to be adopted.

Keywords

Light Tube

Louver Luminaire

Lumen Method

Architect

Lighting

1. บทนำ

การคำนวณปริมาณแสงสว่างเพื่อกำหนดจำนวนดวงโคมในห้อง เพื่อให้ได้ปริมาณแสงสว่างที่เหมาะสม ทำได้โดยวิธีการต่างๆ เช่น การคำนวณแสงสว่างโดยวิธีการลูเมน (Lumen Method) หรือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่างๆ เพื่อช่วยในการจำลอง อย่างไรก็ตาม วิธีการประเมินปริมาณแสงสว่างและกำหนดปริมาณดวงโคม อาจจะไม่ได้เป็นที่นิยมในขั้นตอนการออกแบบหรือจัดทำแบบของสถาปนิกในวิชาชีพ และสถาปนิกไม่คุ้นเคยในการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์หรือวิธีการเฉพาะอื่นๆ ในการออกแบบแสงสว่าง การศึกษากับสถาปนิกในกลุ่มประเทศยุโรปตอนใต้ (Baker, Fanchiotti & Steemers, 1993; Baker & Steemers, 2001) พบว่าสถาปนิก 15% สามารถใช้เครื่องมือเพื่อช่วยในการออกแบบระบบแสงสว่าง และผลสำรวจโดยการส่งแบบสอบถามโดยหน่วยงานวิจัยด้านอาคารในสหราชอาณาจักร (Building Research Establishment) ไปยังผู้ออกแบบ ผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 30–50% ไม่เคยประเมินแสงสว่างในการออกแบบ และในการศึกษาในประเทศอินโดนีเซียโดย (Pratama & Chaiyakul, 2018) สถาปนิกและนักออกแบบไม่รู้จักมาตรฐานด้านแสงสว่างที่มีในประเทศและระบุว่ามาตรฐานการออกแบบมีความยากในการนำมาใช้งาน ในประเทศไทยจากการเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามในบทความวิจัยนี้พบว่า สถาปนิก 74% ในการสำรวจมีประสบการณ์การทำงานที่เกี่ยวข้องกับแสงสว่างในอาคาร และ 64% ได้กำหนดดวงโคมหรือประเมินแสงสว่างในการทำงาน จากข้อมูลพบว่าในการประกอบวิชาชีพสถาปนิกมีโอกาสที่จะได้ทำงานด้านแสงสว่างในอาคาร และมีการใช้วิธีการประเมินแสงสว่างที่แตกต่างกัน ข้อมูลการสำรวจนำเสนอในส่วนที่ 2 ของบทความนี้

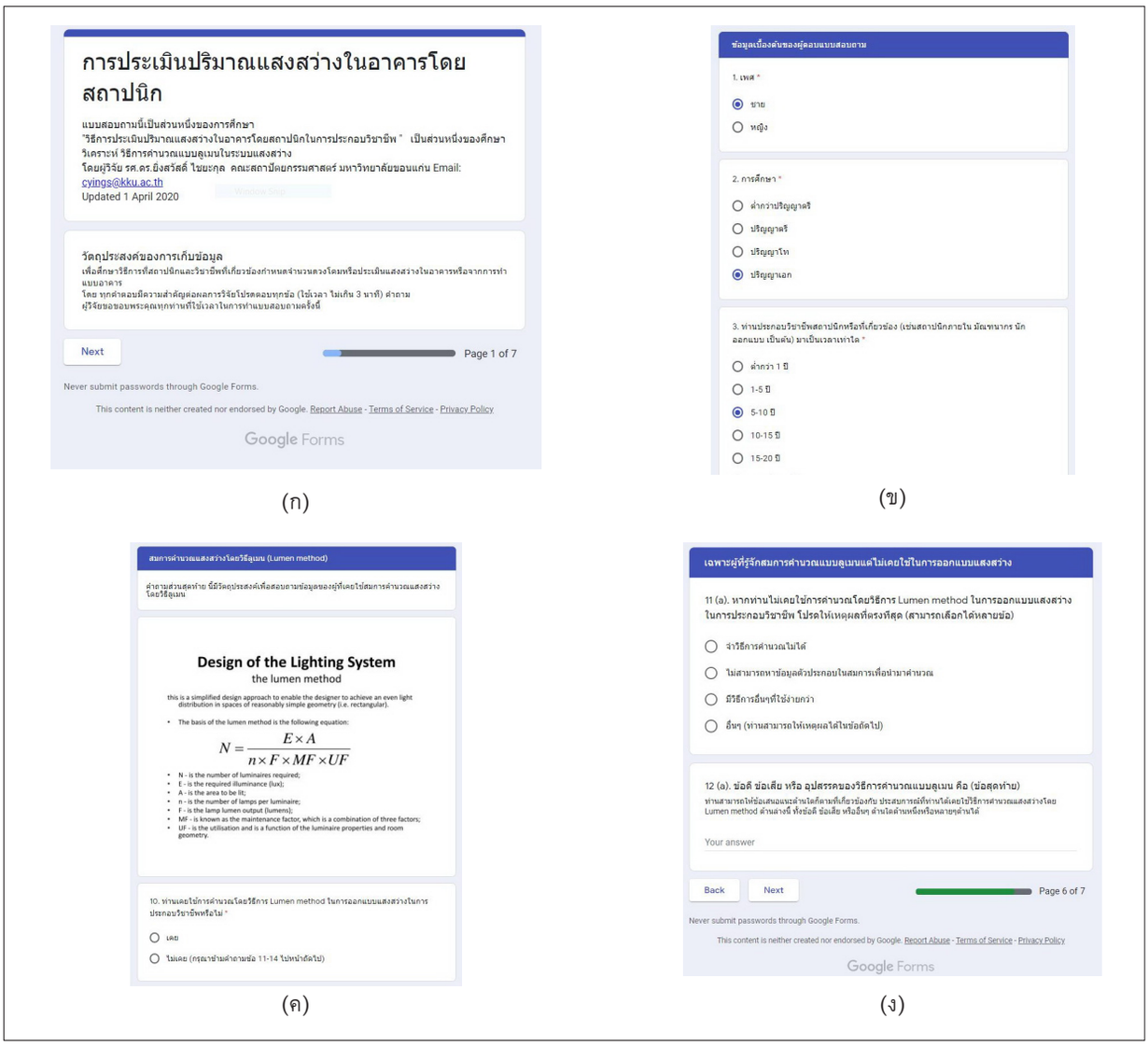
วิธีการประเมินแสงสว่างเชิงปริมาณมีหลายวิธีการ ได้แก่ การคำนวณจากสมการทางคณิตศาสตร์ในตำราแสงสว่าง การใช้กฎอย่างง่าย (rule of thumb) ที่เกี่ยวข้อง เช่น การกำหนดระยะพื้นที่แสงธรรมชาติจากความสูงของหน้าต่าง หรือวิธีการประเมินโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เป็นต้น แต่การเลือกวิธีการประเมินขึ้นกับหลายๆ ปัจจัย ได้แก่ ความถูกต้องแม่นยำของผลลัพธ์ที่ต้องการ เวลาและงบประมาณสำหรับการประเมิน หรือความสามารถในการใช้เครื่องมือของผู้ประเมิน บทความนี้มุ่งเน้นศึกษาสมการการคำนวณแสงประดิษฐ์โดยวิธีลูเมนที่ใช้สำหรับกำหนดปริมาณดวงโคมหรือคำนวณค่าความสว่างเฉลี่ย (average illuminance) สำหรับห้องที่มีการจัดวางดวงโคมห่างเป็นระยะเท่าๆ กัน เช่น สำนักงาน ห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ และ ห้องประชุม เป็นต้น เพื่อนำเสนอวิธีการคำนวณที่เหมาะสมกับการใช้งานของสถาปนิกและวิชาชีพที่เกี่ยวข้อง โดยการใช้แบบสำรวจในส่วนแรกของการศึกษาเพื่อเก็บข้อมูลวิธีการประเมินแสงสว่างในอาคารโดยผู้ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบแสงสว่างในอาคาร และนำเสนอการวิเคราะห์สมการคำนวณแสงสว่างโดยวิธีลูเมน ขั้นตอนการคำนวณ และตัวแปรในสมการสำหรับห้องที่มีแปลนรูปสี่เหลี่ยมที่มีขนาดและสัดส่วนที่แตกต่าง เพื่อกำหนดวิธีการที่ง่ายขึ้น เพื่อให้สถาปนิกสามารถนำไปใช้และผู้ที่เกี่ยวข้องนำไปเรียนรู้

2. แบบสอบถาม

การศึกษาส่วนแรกได้ทำการสอบถามสถาปนิกโดยการทำแบบสอบถามออนไลน์ใน Google Forms ประกอบไปด้วยคำถามเพื่อข้อมูล 3 ส่วน ดังนี้ (1) ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม (2) ข้อมูลทั่วไปในการประกอบวิชาชีพด้านแสงสว่าง และวิธีการประเมินแสงสว่างที่ผู้ตอบแบบสอบถามใช้ และ (3) คำถามเฉพาะเกี่ยวข้องกับการคำนวณแสงสว่างโดยวิธีลูเมน แบบสอบถามใช้เวลาในการทำประมาณ 5 นาทีต่อชุด ตัวอย่างของแบบสอบถามบางหน้าแสดงในรูปที่ 1

การสำรวจโดยแบบสอบถามได้ขอความอนุเคราะห์โดยตรงไปยังกลุ่มสถาปนิกและนักออกแบบกลุ่มต่างๆ ผ่านช่องทางออนไลน์ เช่น คณาจารย์ที่สอนสถาปัตยกรรมที่มีความเชี่ยวชาญด้านแสงสว่าง และผู้ที่เกี่ยวข้องที่มีประสบการณ์ออกแบบแสงสว่างในอาคาร เพื่อให้ได้ข้อมูลด้านวิธีการประเมิน และข้อจำกัดของการประเมินแสงสว่างโดยวิธีการคำนวณโดยวิธีลูเมน มีผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 117 คน โดยใช้เวลาในการรับผลการทำแบบสอบถาม 1 สัปดาห์ ผลที่ได้จากการสำรวจแบ่งตามเนื้อหาของแบบสอบถามพบว่า

ส่วนที่ 1 ผู้ตอบแบบสอบถามมีประสบการณ์ในวิชาชีพสถาปนิกและวิชาชีพที่เกี่ยวข้อง เช่น อาจารย์ หรือสถาปนิกตกแต่งภายใน จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามรวมทั้งหมด 117 คน โดยผู้ตอบแบบสอบถาม 61.5% จบการศึกษาระดับปริญญาโทและเอก ผู้ตอบแบบสอบถามมีประสบการณ์ในวิชาชีพสถาปนิกมากกว่า 5 ปี จำนวน 80.3% ในการประกอบวิชาชีพมีผู้ที่เคยทำงานที่เกี่ยวข้องกับแสงสว่างในอาคาร จำนวน 75.2% และ จำนวน 64.1% เคยประเมินแสงสว่างหรือกำหนดดวงโคมในการออกแบบอาคาร

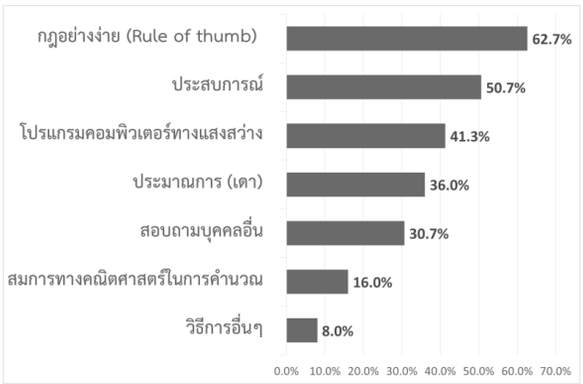


รูปที่ 1 ลักษณะของแบบสอบถามโดยใช้ Google Forms : (ก) คำอธิบายเบื้องต้นของแบบสอบถาม; (ข) คำถามการประกอบวิชาชีพและการทำงานด้านแสงสว่าง; (ค) และ (ง) ตัวอย่างคำถามเกี่ยวข้องกับวิธีการคำนวณแสงสว่างโดยวิธีลูเมน (Examples of questionnaire on Google Forms: (a) Introduction of the questionnaire; (b) questions on professional practice and lighting related experience; (c) and (d) question examples on lighting calculation by the Lumen Method.)

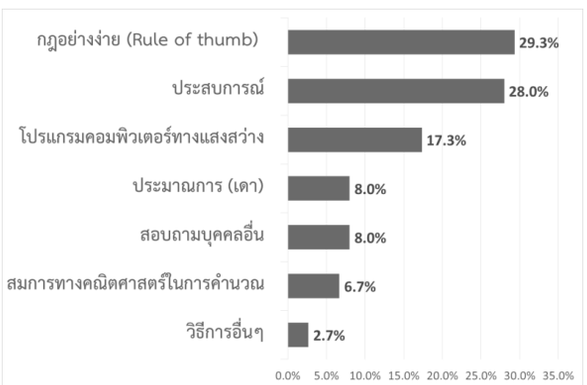
ส่วนที่ 2 ผู้ตอบแบบสอบถามมีจำนวน 88 คน จาก 117 คน (75.2%) เคยทำงานด้านแสงสว่าง ผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 75 คน (64.1%) มีประสบการณ์ในการกำหนดจำนวนโคมหรือได้ประเมินปริมาณแสงสว่าง วิธีการประเมินแสงสว่างที่สถาปนิกเคยใช้พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามเคยใช้วิธีการเหล่านี้ในการประเมิน ได้แก่ กฎอย่างง่าย ประสบการณ์ การประมาณการ (เดา) คอมพิวเตอร์โปรแกรม สอบถามบุคคลอื่น และวิธีการอื่นๆ ตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 2

ส่วนวิธีการที่ใช้ประเมินแสงสว่างบ่อยที่สุดโดยให้เลือกได้ 1 วิธีการคือ กฎอย่างง่าย ประสบการณ์และคอมพิวเตอร์โปรแกรม จากคำถามทั้งสองข้อผู้ที่เคยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ในการประเมินแสงสว่างมีจำนวน 16% และมีจำนวน 2.7% ที่เคยใช้สมการทางคณิตศาสตร์บ่อยที่สุดในการประเมินแสงสว่าง ดังแสดงในรูปที่ 2 และ 3

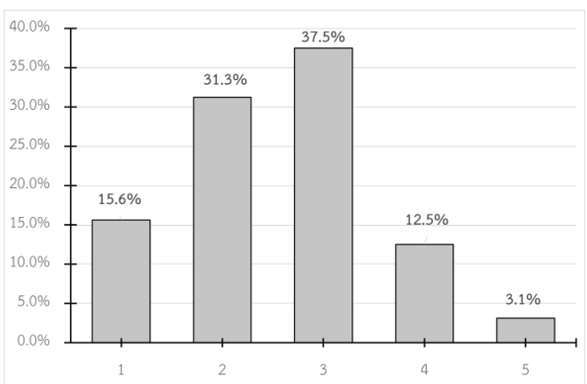
ข้อมูลส่วนที่ 2 จากผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 75 คน มีจำนวน 54 คน (72%) รู้จักสมการคำนวณแสงสว่างโดยวิธีลูเมน และแบบสอบถามได้ให้ผู้ตอบแบบสอบถามที่เคยใช้สมการคำนวณโดยวิธีลูเมน ให้คะแนนความยากง่ายของวิธีการ ความรวดเร็วในการคำนวณ และความแม่นยำของผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ ได้ผลการสอบถามดังแสดงในรูปที่ 4-6 ข้อสังเกตที่ได้จากการสำรวจผู้ตอบแบบสอบจำนวน 56.2% คิดว่าการคำนวณแสงสว่างโดยวิธีลูเมนมีความแม่นยำในระดับ 4-5 จาก 5 คะแนน (แม่นยำ) และส่วนสุดท้ายได้ให้ผู้ที่เคยใช้วิธีการคำนวณนี้ให้ข้อเสนอแนะ ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 8



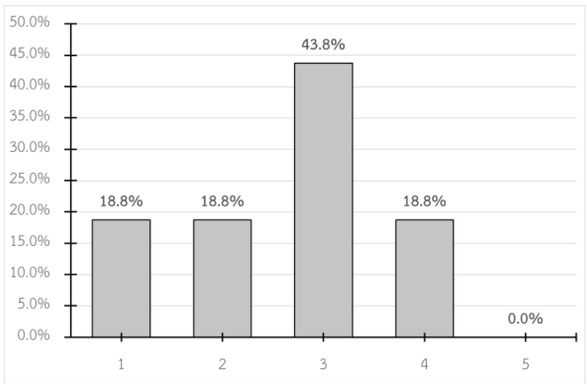
รูปที่ 2 ผลจากแบบสอบถาม “ท่านเคยใช้วิธีการใดเพื่อประเมินปริมาณแสงสว่างในอาคาร หรือกำหนดจำนวนดวงโคมให้กับอาคาร (ตอบมากกว่า 1 ข้อได้)” (Questionnaire results on “Which method(s) have you used for estimating lighting quantity in buildings or defining the number of lamps for building? (You can answer more than one choice) ”)



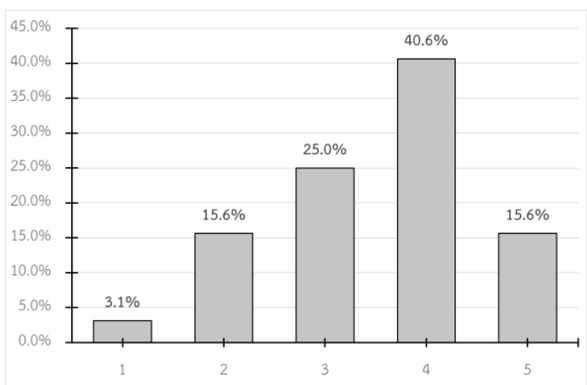
รูปที่ 3 ผลจากแบบสอบถาม “ท่านใช้วิธีการใดบ่อยที่สุดเพื่อประเมินปริมาณแสงสว่างในอาคารหรือกำหนดจำนวนดวงโคมให้กับอาคาร (เลือกเพียง 1 ข้อ)” (Questionnaire results on “which method(s) have you mostly used for estimating lighting quantity in buildings or defining the number of lamps for building? (You can answer one choice)”.)



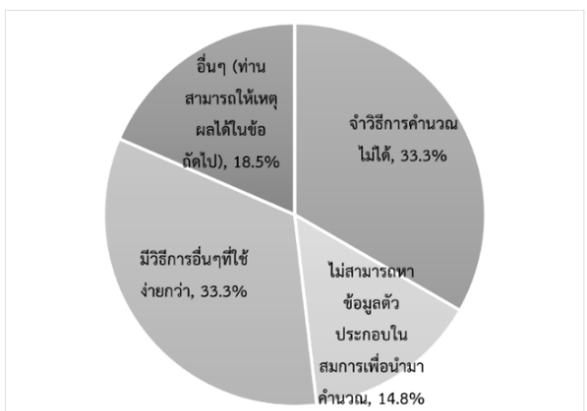
รูปที่ 4 ผลจากแบบสอบถาม “ท่านคิดว่าการใช้วิธีการคำนวณโดยวิธีการ Lumen method ในการออกแบบแสงสว่าง เป็นวิธีการคำนวณ_____ เพื่อนำมาใช้ในการทำงาน เมื่อคะแนน 1 (ยาก) ไปจนถึง 5 (ง่าย)” (Questionnaire results on “What is your thought on that the lumen method for lighting design is the method, which is ____ to implement? Scoring is from 1 (difficult) to 5 (easy)”.)



รูปที่ 5 ผลจากแบบสอบถาม “ท่านคิดว่าการใช้วิธีการคำนวณโดยวิธีการ Lumen เป็นวิธีการคำนวณที่_____ในการนำมาใช้ในการทำงาน โปรดให้คะแนนตั้งแต่ 1 – 5 เมื่อคะแนน 1 (ช้า) ไปจนถึง 5 (เร็ว)” (Questionnaire results on “What is your thought on that the calculation by the lumen method is the method, which is ____ to implement? Scoring is from 1 (slow) to 5 (quick)”.)



รูปที่ 6 ผลจากแบบสอบถาม “ท่านคิดว่าการใช้วิธีการคำนวณโดยวิธีการ LUMEN METHOD ในการออกแบบแสงสว่าง เป็นวิธีการคำนวณที่_____ในการหาคำตอบ เพื่อนำมาใช้ในการทำงาน โปรดให้คะแนนตั้งแต่ 1 – 5 เมื่อคะแนน 1 (ไม่แม่นยำ) ไปจนถึง 5 (แม่นยำ)” (Questionnaire results on “What is your thought on that the lumen method for lighting design is the method, which is ____ to implement? Scoring is from 1 (difficult) to 5 (easy)”.)



รูปที่ 7 เหตุผลจากผู้ตอบแบบสอบถามที่รู้จักวิธีการคำนวณแสงสว่างโดยวิธีลูเมน แต่ไม่เคยใช้ในการประกอบวิชาชีพ (Reasons from the questionnaire respondents who have known the lumen method, but they have not use the method in practice.)

ส่วนหนึ่งของผู้ตอบแบบสอบถามรู้จักวิธีการคำนวณแสงสว่างโดยวิธีลูเมนแต่ไม่เคยใช้ในการประกอบวิชาชีพโดยได้ให้เหตุผลดังแสดงในรูปที่ 7 และผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมดสามารถให้ข้อเสนอแนะด้านข้อดี ข้อเสีย หรือ อุปสรรคของวิธีการคำนวณแสงสว่างโดยวิธีลูเมน ทั้งนี้ผู้ตอบแบบสอบถามได้นำเสนอข้อคิดเห็นที่หลากหลายดังแสดงในรูปที่ 8 (ส่วนหนึ่งของคำตอบ) โดยให้เหตุผลว่าคิดว่ามีวิธีการอื่นๆที่ง่ายกว่า และจำวิธีการคำนวณไม่ได้ โดยมีเหตุผลอื่นๆ ประกอบดังแสดงในรูป สรุปผลจากการสำรวจ สถาปนิกส่วนน้อยที่ประกอบวิชาชีพใช้วิธีการคำนวณสมการทางคณิตศาสตร์เป็นประจำ วิธีการที่สถาปนิกเลือกใช้วิธีการคำนวณนี้เพียง 2.7% (2 คน จาก 75 คน) จากผลการสำรวจแสดงให้เห็นว่าวิธีการคำนวณไม่ได้รับความนิยมเพื่อใช้ในการประเมินแสงสว่างในอาคาร เนื่องจากมีหลากหลายวิธีการที่สถาปนิกอาจจะใช้งานได้สะดวกมากกว่าและด้วยเหตุผลอื่นๆ บางส่วนที่แสดงในรูปที่ 8

3. วิธีการคำนวณโดยวิธีลูเมน (CIBSE, 2002; Pritchard, 1999; Tregenza & Loe, 1998)

การคำนวณแสงสว่างโดยวิธีลูเมน เป็นวิธีการพื้นฐานที่มาจากนิยามของความสว่าง โดยพิจารณาตัวแปรที่เกี่ยวข้องและกำหนดเป็นองค์ประกอบในสมการคำนวณ ผลลัพธ์ของการคำนวณทำให้ได้ปริมาณความสว่างเฉลี่ย (average illuminance) บนระนาบทำงาน (working plane) จากดวงโคมที่กำหนด วิธีการคำนวณไม่ซับซ้อน อย่างไรก็ตามความแม่นยำของผลที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีลูเมน ขึ้นอยู่กับการกำหนดค่าขององค์ประกอบ หากค่าที่ใช้มีความแตกต่างจากข้อมูลที่ใช้จริงในห้อง ผลลัพธ์ที่คำนวณได้อาจจะไม่ถูกต้อง โดยมีข้อกำหนดเบื้องต้นสำหรับการคำนวณแสงสว่างโดยวิธีลูเมนดังนี้ (Dialux, 2016)

ช้าและยากถ้าเทียบกับการคาดการตามระยะกว้างยาวของพื้นที่หรือใช้โปรแกรมช่วย
สถาปนิกมักไม่รักงานคำนวณ
คำนวณได้รวดเร็ว
ผิดพลาดง่าย ต้องใช้ควบคู่กับประสบการณ์และปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ
มันอาจจะแสงพอ แต่จะทำให้ space สวย และเป็นไปตาม design concept หรือไม่ ก็เป็นอีกเรื่องหนึ่ง
วัสดุตกแต่งและ เฟอร์นิเจอร์ภายในห้องมีผลต่อการคำนวณ หากผู้ใช้อาคารไม่คำนึงถึง ตัวอย่าง เช่น อาคารราชการมักจะสั่งครุภัณฑ์เป็นโต๊ะหน้าขาวแล้วบอกว่าแสบตา เป็นต้น
ข้อดีจะได้ปริมาณแสงตามความต้องการ ส่วนข้อเสียคือยุ่งยากเสียเวลาในการคำนวณ
ข้อดีคือ แม่นยำ ข้อเสีย คือ ยังไม่ได้รับการนิยมอย่างแพร่หลาย ทำให้สถาปนิก ส่วนมาก ละเลยหรือ ไม่ค่อยเห็นความสำคัญของโปรแกรมคำนวณแสงสว่างเท่าที่ควร
ชำนาญการใช้คอมพิวเตอร์จำลองแสงมากกว่า ซึ่งวิธีการแสดงผลที่ได้ดูน่าเชื่อถือกว่าเมื่อนำไปนำเสนอกับเจ้าของอาคาร
ได้ค่าแสงสว่างที่เหมาะสมกับการใช้งานโดยไม่เปลืองค่าไฟฟ้าเกินกว่าที่จำเป็น
ไม่ใช้ทุกวันจะจำสูตรและความหมายของตัวแปรไม่ได้
ไม่นิยมออกแบบแสงสว่างโดยวางโคมเป็นระยะสม่ำเสมอหรือแบบ general lighting เพราะ lumen method ใช้ในพื้นที่ที่จัดวางดวงโคมแบบ general lighting
คิดว่าไม่จำเป็นกับงานออกแบบของดิฉัน เพราะบางทีงานของดิฉัน(interior design)มันไม่ได้ต้องการให้สว่างเพียงพอไปหมด เน้นเป็นจุดๆไป เลยต้องว่าเอาเองตามประสบการณ์ หรือไม่ก็ปรึกษา lighting designer
Lumen method น่าจะเป็นวิธีที่รวดเร็วในการคำนวณแบบง่าย ซึ่งคิดว่าผู้ออกแบบ(สถาปนิก)ยังสับสนในparameter ปัจจุบันบาง Software สามารถคำนวณได้รวดเร็วครับ

ยังไม่มีโอกาสใช้โปรแกรมในการคำนวณ เพราะต้องดำเนินงานในส่วนอื่นๆก่อน เช่น การ present owner การสรุปและประสานงานกับงานวิศวกรรมต่างๆ การสรุป cost plan แต่ละโครงการ
ใช้เวลามาก ต้องเปิดตาราง แม่นยำพอสมควร เพราะค่าสะท้อน ค่าทำความสะอาด ค่าเสื่อมต่างๆที่เทียบ อาจคลาดเคลื่อนได้ตามดุลพินิจและประสบการณ์ผู้คำนวณ แสดงผลไม่ละเอียดเท่า dialux แต่ก็เร็วกว่า dialuxเยอะ
ข้อจำกัดของระยะเวลาการออกแบบ และจำนวนทีมงาน
ลืมครับ
ข้อดี ใช้ประมาณการค่าใช้จ่ายในโรงงาน โรงภาพยนตร์. ข้อเสีย สำหรับอาคารทั่วไป แนะนำให้มีระบบไฟสำรอง เช่น โต๊ะทำงานมีโคมไฟแยก เพื่อการใช้พลังงานให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด
กรณีจัดวางเฟอร์นิเจอร์ทึบแสงหรือเกิดเงา เช่นในโรงงานที่ต้องการค่าลูเมนที่แม่นยำ อาจจะเกิดจุดมืดที่ไม่ได้คำนวณไว้ก่อน
การคำนวณจากสูตรอาจจะไม่ตรงตามความต้องการใช้งานจริง
ถ้าในบริบทโดยรอบของห้องมีลักษณะพิเศษทางด้านการออกแบบจะทำให้การคลาดเคลื่อน
ข้อมูลดวงโคมในปัจจุบันไม่มีค่าที่นำมาหา UF MF ได้ครบถ้วนโดยเฉพาะโคมที่หาได้ทั่วไปในท้องตลาด
Lumen method น่าจะเป็นวิธีที่รวดเร็วในการคำนวณแบบง่าย ซึ่งคิดว่าผู้ออกแบบ(สถาปนิก) ยังสับสนใน parameter ปัจจุบันบางSoftware สามารถคำนวณได้รวดเร็วครับ
ลืม
คิดว่าน่าจะใช้กับคำนวณสำหรับความสว่างโดยทั่วไป ซึ่งในงานออกแบบบ้างประเภท อาจจะใช้ไม่ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ของรูปแบบดีไซน์
เนื่องจากไม่ได้เป็นข้อบังคับ หรือกฎหมาย ในเรื่องการออกแบบแสงสว่าง ทำให้ผู้ออกแบบมักจะละเลย
1.การใช้ Lumen method อาจมีตัวแปรหรือตัวประกอบในสมการ ที่บุคคลทั่วไปซึ่งไม่มีความรู้ด้านการออกแบบแสงสว่างสามารถหาค่าตัวแปรนั้นๆได้โดยง่าย
ต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ทำให้ไม่ค่อยสะดวกที่จะใช้

รูปที่ 8 ข้อเสนอแนะ ข้อคิดเห็น บางส่วนต่อวิธีการคำนวณแสงสว่างโดยวิธีลูเมนจากผู้ตอบแบบสอบถาม
(Some suggestions on the lumen method from questionnaire respondents.)

1. ห้องเป็นห้องว่างเปล่า มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า และ สัดส่วนของห้อง ความยาวต่อความกว้างเท่ากับ 1.6:1 และมากที่สุด 4:1

2. สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวสม่ำเสมอและมีพื้นผิวที่กระจายแสงแบบสม่ำเสมอ

3. การติดตั้งดวงโคมรูปแบบกระจายเท่าๆ กันในห้อง ในกรณีของดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ แนวการติดตั้งของดวงโคมตรงกันกับแนวห้อง

นิยามของความสว่าง (Illuminance) คือปริมาณฟลักซ์แสงสว่างต่อพื้นที่ ซึ่งเป็นพื้นฐานของสมการคำนวณแสงสว่างโดยวิธีลูเมน และเพิ่มตัวประกอบหลัก 2 ตัว ได้แก่ ตัวประกอบการใช้งานของโคม (Utilisation Factor หรือ UF) และตัวประกอบการบำรุงรักษา (Maintenance Factor หรือ MF) ที่ส่งผลต่อสัดส่วนแสงสว่างที่ตกลงบนระนาบจากดวงโคมที่ติดตั้ง ดังนั้นสมการคำนวณแสงสว่างโดยวิธีลูเมน คือ

$$E = \frac{F \cdot n \cdot N \cdot UF \cdot MF}{A} \quad (1)$$

เมื่อ: F คือ ฟลักซ์แสงสว่างที่ได้จากหลอดไฟเมื่อเริ่มเปิด (Initial flux); n คือ จำนวนหลอดไฟในดวงโคม; N คือ จำนวนดวงโคม; และ A คือ พื้นที่ของระนาบทำงานที่ต้องการให้แสงสว่าง เมื่อทำการเรียงสมการที่ 1 ใหม่จะสามารถคำนวณหาจำนวนดวงโคมที่ต้องการได้ดังนี้

$$N = \frac{E \cdot A}{F \cdot n \cdot UF \cdot MF} \quad (2)$$

ตัวประกอบในสมการคำนวณนี้ แบ่งเป็นสองส่วน ส่วนที่สถาปนิกเป็นผู้กำหนด ได้แก่ จำนวนโคมที่ติดตั้งในห้อง (N) จำนวนหลอดไฟในดวงโคม (n) ขนาดพื้นที่ห้อง (A) และ ส่วนที่ต้องอาศัยข้อมูลจากผู้ผลิตหลอดไฟและโคมไฟ ได้แก่ ปริมาณฟลักซ์แสงสว่างที่ได้จากหลอด (F) ตัวประกอบการใช้งานของโคม (UF) และ ตัวประกอบการบำรุงรักษา (MF) ปริมาณฟลักซ์ของหลอดไฟส่วนมากพบข้อมูลที่บรรจุภัณฑ์ของหลอดไฟ อย่างไรก็ตามข้อมูลอื่นๆ เพื่อหาตัวประกอบ UF และ MF ต้องอาศัยผู้ผลิตดวงโคมและหลอดไฟในการคำนวณ ในส่วนถัดไป นำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำให้ได้ค่าตัวประกอบ UF และ MF อย่างง่าย

4. การวิเคราะห์ตัวประกอบที่ส่งผลต่อปริมาณแสงสว่างที่ตกลงบนระนาบทำงาน

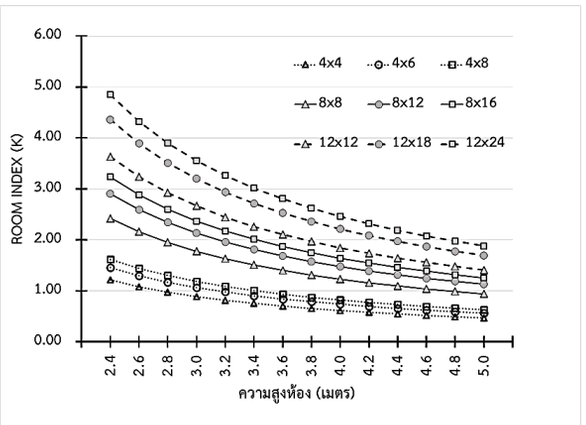
4.1 ตัวประกอบการการใช้งานของโคม (Utilisation Factor- UF)

ตัวประกอบการการใช้งานของโคม UF คำนวณจากสัดส่วนของฟลักซ์ที่ออกจากดวงโคมที่ตกลงบนระนาบทำงาน ส่วนแรกมาจากแสงตรงจากดวงโคมส่วนที่สองมาจากการสะท้อนพื้นผิวต่างๆภายในห้อง ค่า UF แปรผันตรงตาม ขึ้นกับดัชนีห้อง (Room Index- K) และการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง (สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง) ค่า UF ขึ้นกับหลายปัจจัย ได้แก่ ลักษณะการกระจายแสงของโคม ขนาดของห้อง ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในและ ปริมาณแสงที่ลดลงจากหลอดไฟในโคมตลอดช่วงอายุการใช้งาน การหาค่า UF มีวิธีการคำนวณหลายขั้นตอนตามทฤษฎีตาราแสงสว่าง และต้องอาศัยข้อมูลจากผู้ผลิตดวงโคม อุปสรรคที่ทำให้การคำนวณไม่สะดวกคือ หากผู้ผลิตไม่เผยแพร่ข้อมูลของหลอดไฟและโคมไฟ การหาข้อมูลของโคมที่นำมาใช้อาจมีข้อจำกัด ในการศึกษานี้จะอ้างอิงค่าในตารางที่ 1 และสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงในตารางเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

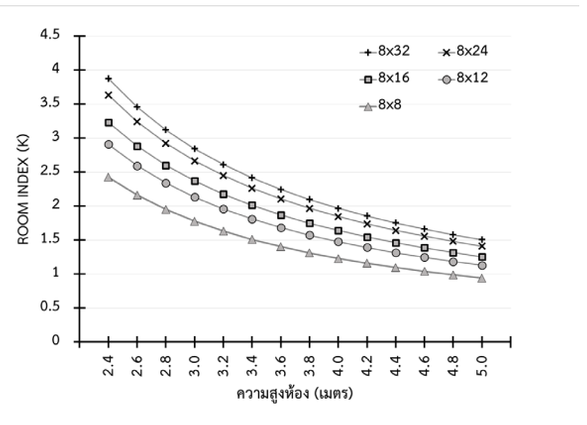
ค่าดัชนีห้อง (K) คำนวณจากขนาดของห้อง เมื่อกำหนดให้ L คือความยาวของห้อง W คือความกว้างของห้อง และ h_m คือความสูงของดวงโคมเหนือระนาบทำงาน หากเป็นโคมฝังฝ้าเพดาน h_m คือความสูงจากระนาบทำงานถึงฝ้าเพดาน และหากดวงโคมแขวนลงจากฝ้าเพดาน h_m คือความสูงจากระดับกึ่งกลางของโคมถึงระนาบทำงาน สมการที่ 3 ใช้ในการหาค่า K

$$K = \frac{L \cdot W}{(L+W) \cdot h_m} \quad (3)$$

เมื่อนำสมการที่ 3 มาคำนวณหาค่า K ของห้องที่มีสัดส่วนที่แตกต่างกัน รูปที่ 9 แสดงค่า K ของห้องที่มีความกว้าง 4 เมตร 8 เมตร และ 12 เมตร มีสัดส่วนแปลน 1:1 ถึง 1:2 ที่ความสูงฝ้าเพดานตั้งแต่ 2.4 ถึง 5.0 เมตร และ รูปที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ของค่า K ของห้องกว้าง 8 เมตรที่มีสัดส่วนแปลน 1:1 ถึง 1:4



รูปที่ 9 ค่าดัชนีห้อง (K) ที่คำนวณได้สำหรับห้องที่มีขนาดและรูปร่างแตกต่าง (Calculated room index (K) for various room configurations.)



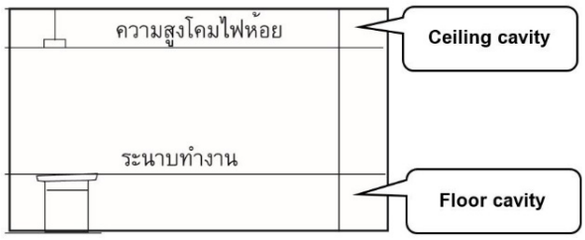
รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ของค่า K ของห้องกว้าง 8 เมตรที่ มีสัดส่วนแปลน 1:1 ถึง 1:4 (Relationships of the room index (K) values for rooms with 8 meter width, where room ratios are from 1:1 to 1:4)

ตารางที่ 1 ตัวประกอบการใช้งานของโคม (UF) ของโคมสะท้อนแสงหลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 W (Utilisation factor (UF) for a 36 W fluorescent lamp.) (Tregenza & Loe, 1998)

สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (%)			ดัชนีห้อง (K)								
พื้น	ผนัง	เพดาน	0.75	1.00	1.25	1.50	2.00	2.50	3.00	4.00	5.00
20	50	70	0.45	0.51	0.56	0.58	0.62	0.64	0.66	0.68	0.69
	30		0.41	0.48	0.52	0.55	0.59	0.62	0.64	0.66	0.68
	10		0.38	0.45	0.49	0.53	0.57	0.60	0.62	0.65	0.66

จากผลของการคำนวณเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าค่า K แปรผันตามสัดส่วนห้องมีเปลี่ยนไป เมื่อความสูงห้องและความกว้างคงที่และห้องมีความยาวเพิ่มมากขึ้นค่า K จะเพิ่มขึ้น และเมื่อความกว้างและความยาวคงที่และความสูงห้องเพิ่มมากขึ้นค่า K ก็จะต่ำลง ผลที่ได้จากการหาความสัมพันธ์ของสัดส่วนห้องและค่า K ที่ส่งผลต่อค่า UF โดยอาศัยตารางที่ 1 ทำให้สามารถสรุปได้ 3 กรณี ได้แก่ (1) เมื่อความกว้างเท่ากันห้องที่แปลนเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าจะมีค่า UF ที่มากกว่าแปลนห้องสี่เหลี่ยมจัตุรัส (2) ห้องที่มีความสูงเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่า UF ลดลง และ (3) เมื่อสัดส่วนของความกว้างและความยาวเท่ากัน หากความสูงห้องเท่ากัน ห้องที่มีพื้นที่ใหญ่กว่าจะมีค่า UF ที่สูงกว่า และนอกจากนั้นตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าเมื่อสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงลดลงหรือพื้นผิวห้องใช้วัสดุที่มีสีเข้ม ค่า UF ก็จะมีค่าต่ำลง

ตัวประกอบอื่นๆในการกำหนดค่า UF ในตารางที่ 1 ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของฝ้า ผนังและพื้น โดยใช้การถ่วงน้ำหนักตามพื้นที่ของพื้นผิวภายในห้อง หากการคำนวณเพื่อใช้กับระนาบทำงานที่เหนือพื้น เช่น บนโต๊ะทำงาน ต้องใช้สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงที่คำนวณจากช่องพื้น (floor cavity) ระดับที่ต่ำกว่าระนาบทำงาน และ สำหรับโคมห้อยจากฝ้าเพดานต้องใช้ สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของช่องว่างเหนือดวงโคม (ceiling cavity) ที่ขึ้นกับปัจจัยของขนาดของช่องว่างและสัมประสิทธิ์การสะท้อนของ พื้น หรือ ฝ้าเพดานและ ผนังที่อยู่ในช่องว่าง ดังแสดงในรูปที่ 11 วิธีการคำนวณไม่ได้รวมในบทความนี้ และเพื่อความสะดวกลดเวลาคำนวณในการออกแบบเบื้องต้น ให้ใช้สัมประสิทธิ์การสะท้อนของวัสดุแทนในการกำหนดค่า UF จากตาราง ซึ่งในข้อกำหนดสำหรับการศึกษานี้ให้สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้น ผนังและเพดานเท่ากับ 20% 50% และ 70% ตามลำดับ



รูปที่ 11 พื้นผิวของห้อง (Room surfaces.)

จากการวิเคราะห์เฉพาะค่า UF ในตารางที่ 1 พบว่ามีค่าได้ตั้งแต่ 0.45–0.69 สำหรับห้องที่พิจารณา หากต้องการหาตัวเลขสำหรับการประเมินแบบง่าย สามารถวิเคราะห์ได้โดยพิจารณาเลือกระยะเสาที่ 8 เมตร ใช้เพื่อเป็นตัวแทนของพื้นที่ที่อาจจะติดตั้งดวงโคมแบบสม่ำเสมอทั้งห้อง เช่น สำนักงาน หรือ ห้องเรียน เป็นต้น ในกรณีที่ห้องมีความสูงพิจารณาเฉพาะห้องที่ฝ้าเพดานไว้ที่ 3.0 และ 3.5 เมตร ผลของค่า UF แสดงในตารางที่ 2 โดยคำนวณค่า UF โดยวิธีประมาณค่าในช่วง (interpolate) ได้ค่าใกล้เคียงกันช่วง 0.58–0.65 เมื่อพิจารณาเลือกค่าเพื่อกำหนดเป็นค่า UF ที่ 0.63 เนื่องจากเป็นค่าที่ซ้ำมากที่สุด

4.2 ตัวประกอบการบำรุงรักษา (Maintenance Factor -MF)

คือที่ทำให้ปริมาณแสงสว่างลดลงเมื่อใช้งานไปตามระยะเวลาการใช้งานเกิดจากปัจจัยต่างๆ เป็นสัดส่วนของแสงสว่างที่ได้จากการใช้งานในสภาพปกติเปรียบเทียบกับปริมาณแสงที่ได้เมื่อทุกอย่างใหม่และสะอาด ตัวประกอบการบำรุงรักษาคำนวณได้จาก

$$MF = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RSMF \qquad (4)$$

เมื่อ LLMF คือ ตัวประกอบฟลักซ์แสงสว่างจากโคม (Lamp Lumen Maintenance Factor) เป็นอัตราส่วนของฟลักซ์แสงสว่างที่ได้เทียบกับฟลักซ์แสงสว่างของหลอดเมื่อเปิดใช้งานครั้งแรก เนื่องจากฟลักซ์แสงสว่างจะลดลงตามอายุการใช้งาน อัตราการลดลงของแสงสว่าง ขึ้นกับประเภทของหลอดและต้องใช้ข้อมูลจากผู้ผลิต

LSF คือ ตัวประกอบการเปลี่ยนโคม Lamp Survival Factor ใช้เมื่อมีการบำรุงรักษาเปลี่ยนหลอดไฟ กรณีที่มีการเปลี่ยนหลอดไฟในทันทีเมื่อหลอดเสีย ค่า LSF เท่ากับ 1 (Pritchard, 1999)

LMF คือ ตัวประกอบการบำรุงรักษาโคม (Luminaire Maintenance Factor) ค่าการบำรุงรักษาดวงโคม ขึ้นกับประเภทดวงโคม สถานที่ และ ความถี่ในการทำความสะอาด

RSMF คือ ตัวประกอบการบำรุงรักษาพื้นผิวห้อง (Room Surface Maintenance Factor) ขึ้นกับสถานที่และการทำความสะอาดห้อง

ค่า LLMF และ LSF ขึ้นกับชนิดและยี่ห้อของหลอดไฟและมีตัวแปรด้านสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ที่ส่งผลกระทบต่อตัวแปรทั้งสองนี้ เช่น อุณหภูมิในการใช้งาน จำนวนครั้งในการเปิดปิด และ อุปกรณ์ควบคุม เป็นต้น วิธีการหาค่าเพื่อใช้อ้างอิงตัวประกอบ LLMF และ LSF ในการศึกษานี้อาศัยตารางที่ 3 เมื่อใช้จำนวนชั่วโมงการใช้งานที่ 10,000 ชั่วโมง จะได้ค่า LLMF ที่ 0.85 และในการสำรวจห้องในการศึกษาพบหลอดที่ชำรุดและไม่ได้มีการเปลี่ยนทันที การเลือกค่า LSF จึงเลือกตามตารางจะได้ค่า 0.85 และตัวประกอบ LMF และ RSMF ขึ้นกับการประเมินจากพื้นที่ตั้งและการดูแลรักษาห้องของเจ้าของอาคารโดยสิ่งแวดล้อมแบ่งออกเป็นสะอาด (C) ปกติ (N) และสกปรก (D) การพิจารณาค่าของตัวประกอบ LMF และ RSMF หากพิจารณาระยะเวลาทำความสะอาดที่ 1 ปี และ 2 ปี โดยให้ห้องมีระดับความสะอาดปกติ ดังนั้นค่า MF จะคำนวณตามสมการที่ 4 สำหรับห้องระยะทำความสะอาด 1 ปี

ตารางที่ 2 ตัวประกอบการใช้งานของโคม (UF) สำหรับห้องที่เป็นตัวแทน (Utilisation factors of a lamp for chosen rooms.)

ขนาดห้อง (เมตร)	สัดส่วน	ความสูงฝ้าเพดาน 3.0 เมตร		ความสูงฝ้าเพดาน 3.5 เมตร	
		Room Index (K)	UF	Room Index (K)	UF
8 x 8	1:1	1.78	0.60	1.45	0.58
8 x 12	1:1.5	2.13	0.63	1.75	0.60
8 x 16	1:2	2.37	0.63	1.94	0.62
8 x 24	1:3	2.67	0.65	2.18	0.63
8 x 32	1:4	2.84	0.65	2.33	0.63

ได้เท่ากับ 0.85x0.85x0.81x0.96 = 0.56 หากพิจารณาระยะเวลาทำความสะอาดที่ 2 ปี ค่า MF เท่ากับ 0.85x0.85x 0.69x0.95 = 0.47 และหากพิจารณาระยะเวลาทำความสะอาดที่ 3 ปี ค่า MF เท่ากับ 0.85x0.85x0.61x0.92 = 0.41

5. การสำรวจ

การสำรวจเก็บข้อมูลเพื่อวัดแสงด้วยเครื่องวัดแสงและเก็บบันทึกตัวแปร ได้แก่ ขนาดของห้อง ชนิดดวงโคมหลอดไฟ เพื่อนำมาใช้ในสมการคำนวณโดยวิธีลูเมน และนำค่าแสงสว่างที่วัดได้จากการสำรวจมาหาค่าความสว่างเฉลี่ยของห้อง และเปรียบเทียบค่าความสว่างของห้องเดียวกันที่ได้โดยการคำนวณโดยวิธีลูเมน การเลือกห้องที่ติดตั้งดวงโคมแบบเท่าๆกัน ใช้โคมกระจายแสง การสำรวจเพื่อวัดปริมาณแสงสว่าง (illuminance) บนระนาบทำงาน 0.75 เมตร เนื่องจากการสำรวจทำในช่วงกลางวัน ดังนั้นห้องที่ถูกเลือกสำรวจเป็นห้องที่มีการติดผ้าม่านแบบทึบและมีอุปกรณ์กันแดดป้องกันด้านนอกหน้าต่าง หรือเป็นห้องที่ไม่มีหน้าต่าง โดยเกณฑ์อื่นๆในการเลือก เป็นห้องสี่เหลี่ยม การติดตั้งโคมแบบกระจายสม่ำเสมอบนฝ้าเพดาน ข้อจำกัดที่แตกต่างกับ ข้อกำหนดของสมการคำนวณโดยวิธีลูเมน ได้แก่ เฟอร์นิเจอร์ในห้อง และสัดส่วนของห้องในบางห้องต่ำกว่า 1.6:1 รูปที่ 12–14 แสดงรูปถ่ายตัวอย่างของห้องที่สำรวจในงานวิจัยนี้

ห้องต่างๆ จำนวน 7 ห้อง ได้แก่ ห้องบรรยาย 4 ห้อง ห้องปฏิบัติการ จำนวน 1 ห้อง และ ห้องอ่านหนังสือ จำนวน 2 ห้อง ในสถาบันการศึกษาแห่งหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีขนาดพื้นที่และลักษณะดังแสดงในตารางที่ 6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดแสงได้แก่ Minolta Illuminance Meter รุ่น TM-10 วัดความสว่างบนตารางระยะที่ 2 เมตร (CIBSE, 2002) ตามรูปแบบการวัดความสว่าง ที่ความสูง 0.75 เมตร บนระนาบการทำงาน จากการสำรวจการสำรวจพบว่า มีการเปลี่ยนชนิดของอุปกรณ์เพื่อการประหยัดพลังงานมากขึ้นเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด T5 และ หลอด LED ชนิดของหลอดมีความแตกต่างจากตารางที่ 1 สำหรับใช้หาค่า UF อย่างไรก็ตาม เนื่องจากข้อมูลโคมจากผู้ผลิตที่ใช้ในห้องที่สำรวจไม่สามารถหาได้ในขอบเขตของงานนี้ค่าในตารางที่ 1 จะนำมาใช้คำนวณเพื่อหาค่า UF โดยใช้ดัชนีห้อง K ของแต่ละห้องเพื่อหาค่า UF และใช้ค่า MF ใช้ที่ 0.56 และ 0.47 เพื่อเปรียบเทียบเบื้องต้น และชนิดของหลอดไฟของแต่ละห้องจะใช้กำหนดปริมาณฟลักซ์ของหลอดไฟเพื่อคำนวณค่าเฉลี่ยความสว่างจากการสำรวจ (E_{sur}) ได้ถูกนำมาใช้ในการเปรียบเทียบกับค่าความสว่างจากการคำนวณ (E_{cal}) แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 3 ค่า LLMF และ LSF เพื่อใช้ในการอ้างอิงเบื้องต้นในการคำนวณ (Referenced LLMF and LSF for calculation) (CIBSE, 2002)

ตัวประกอบ	จำนวนชั่วโมงการใช้งาน					
	2,000	4,000	6,000	10,000	12,000	14,000
LLMF	0.94	0.91	0.87	0.85	0.84	0.83
LSF	1	1	0.99	0.85	0.75	0.64

ตารางที่ 4 ค่าการบำรุงรักษาดวงโคม (LMF) (Luminaire maintenance factor (LMF)) (CIBSE, 2002)

ระยะห่างในการทำความสะอาด (ปี)	1			2			3		
สภาพสถานที่ติดตั้ง	C	N	D	C	N	D	C	N	D
ค่าการบำรุงรักษาดวงโคม (LMF)	0.89	0.81	0.72	0.80	0.69	0.59	0.74	0.61	0.64

ตารางที่ 5 ค่าการบำรุงรักษาพื้นผิวห้อง (RSMF) (Room surface maintenance factor (RSMF)) (Boyce & Rrynham, 2009; CIBSE, 2002)

ระยะห่างในการทำความสะอาด (ปี)	1			2			3		
สภาพสถานที่ติดตั้ง (Environment)	C	N	D	C	N	D	C	N	D
ดัชนีห้อง (K)									
0.7	0.97	0.94	0.93	0.95	0.93	0.90	0.94	0.92	0.88
2.5–5	0.98	0.96	0.95	0.96	0.95	0.94	0.94	0.92	0.88

(ก)

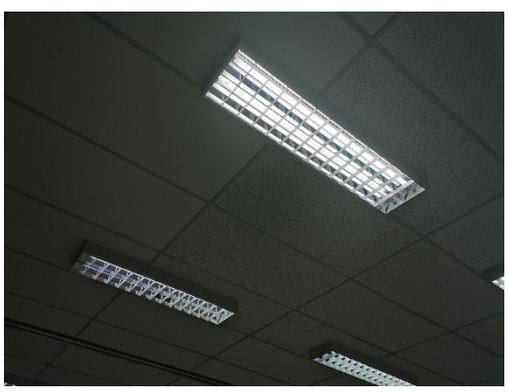
(ข)

รูปที่ 12 ตัวอย่างห้องในการศึกษาสำรวจ (ก) ห้องบรรยาย 3 และ (ข) ห้องบรรยาย 4
(Examples of surveyed rooms: (a) lecture room 3 and (b) lecture room 4.)

(ก)

(ข)

รูปที่ 13 ตัวอย่างห้องในการศึกษาสำรวจ (ก) ห้องสัมมนา 1 และ (ข) ห้องปฏิบัติการ
(Examples of surveyed rooms: (a) seminar room1 and (b) laboratory room.)



(ก)

(ข)

รูปที่ 14 (ก) โคมกระจายแสงที่ติดตั้งในห้องที่สำรวจ และ (ข) ข้อมูลหลอดไฟเพื่อใช้กำหนดปริมาณฟลักซ์แสงสว่างจากหลอด
((a) Reflected luminaires installed in the survey room and (b) lamp information for defining luminous flux output of the lamp.)

ตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบค่าความสว่าง (E) ที่ได้จากการสำรวจ (Esur)และ ความแสงสว่างที่คำนวณจากสมการคำนวณแสงสว่างโดยวิธีลูเมน (Ecal) (Study results compare surveyed illuminance (Esur) and calculated illuminance by the lumen method (Ecal).)

ห้อง	ห้อง (WxLxH)	โคม (ชุด)	หลอดไฟ	Flux (lm)	K	UF	E_{cal} (lx) MF 0.56	E_{cal} (lx) – MF 0.47	E_{cal} (lx) – MF 0.41	E_{sur} (lx)
ห้องบรรยาย 1	9.2x9.0x3.05	6	2–T5 28W	2,900	1.98	0.62	145.9	122.5	106.8	219.5
ห้องบรรยาย 2	9.2x13.5x3.05	9	2–T5 28W	2,900	2.38	0.64	150.6	126.4	110.3	226.1
ห้องบรรยาย 3	9.2x13.5x3.05	9	2–T5 28W	2,900	2.38	0.64	150.6	126.4	110.3	237.9
ห้องบรรยาย 4	9.0x27x3.3	36	1–LED 16W	1,600	2.65	0.65	226.5	190.1	165.8	368.7
ห้องสัมมนา 1	2.7x3.3x2.95	1	2–T5 28W	2,900	0.68	0.45	184.5	154.9	135.1	286.0
ห้องสัมมนา 2	2.4x3.3x2.95	1	2–T5 28W	2,900	0.63	0.45	164.0	138.7	120.1	293.2

6. ผลการศึกษาและอภิปรายผลการศึกษา

6.1 วิธีการที่ 1 ปรับเพิ่มค่าคงที่ในสมการคำนวณโดยการใช้สมการคำนวณแสงสว่างโดยวิธีลูเมน

เมื่อแทนค่า MF ด้วยค่าคงที่ที่สรุปจากตารางเท่ากับ 0.56 0.47 และ 0.41 ส่วนค่า UF คำนวณแยกของแต่ละห้องที่สำรวจ ตารางที่ 6 แสดงปริมาณแสงสว่างที่ได้จากสมการลูเมน (E_{cal}) มีค่าต่ำว่ากับค่าความสว่างจากการสำรวจ (E_{surv}) ผลที่ได้มีความแตกต่างจากผลของแบบสอบถามที่สถาปนิกคาดว่าความสว่างที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีการลูเมนมีความแม่นยำ แสดงในรูปที่ 15

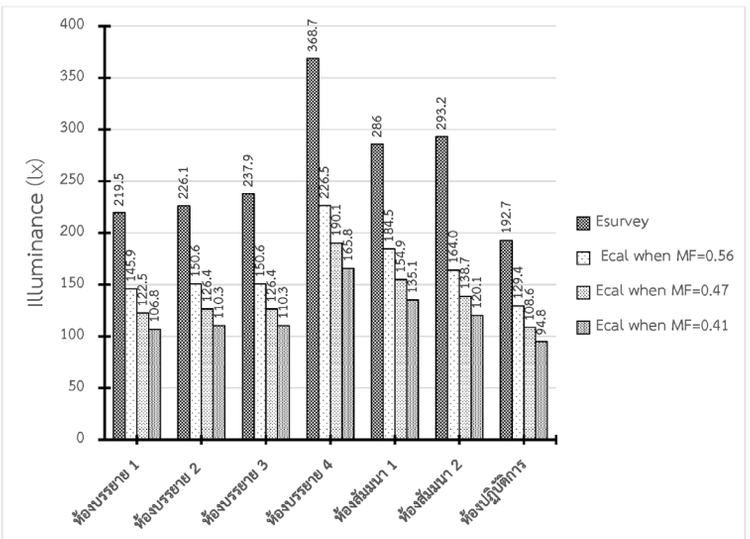
หากพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากการสำรวจและค่าจากการคำนวณแสงสว่างโดยวิธีการลูเมน พบว่าการเลือกตัวประกอบในการคำนวณส่งผลต่างผลลัพธ์ความสว่างที่ได้ ผลการสำรวจได้ค่าความสว่างที่มากกว่าผลจากการคำนวณโดยวิธีการลูเมน และเมื่อวิเคราะห์ค่าโดยการใช้แผนภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 15 พบว่าเมื่อเลือกค่า MF=0.47 (มีระยะเวลาในการทำความสะอาดทุก 2 ปี) ผลของการคำนวณจะได้ความสว่างมีค่าประมาณครึ่งหนึ่งของค่าที่วัดได้จริง ซึ่งหากคำนวณเพื่อหาจำนวนโคมที่ต้องใช้ อาจทำให้ต้องใช้โคมมากขึ้น 2 เท่า และพิจารณาปรับเพิ่มค่าคงที่ 2 เพื่อให้ผลของสมการที่ 1 คูณด้วย 2 จะทำให้ผลของการคำนวณใกล้กับค่าที่วัดได้ ดังแสดงในรูปที่ 16 ดังนั้นสมการใช้เพื่อคำนวณสำหรับโคมกระจายแสงติดตั้งบนฝ้าเพดาน จะสามารถปรับแก้สมการที่ 1 ได้เป็น

$$E = 2 \cdot \left[\frac{F \cdot n \cdot N \cdot UF \cdot MF}{A}\right] \quad (5)$$

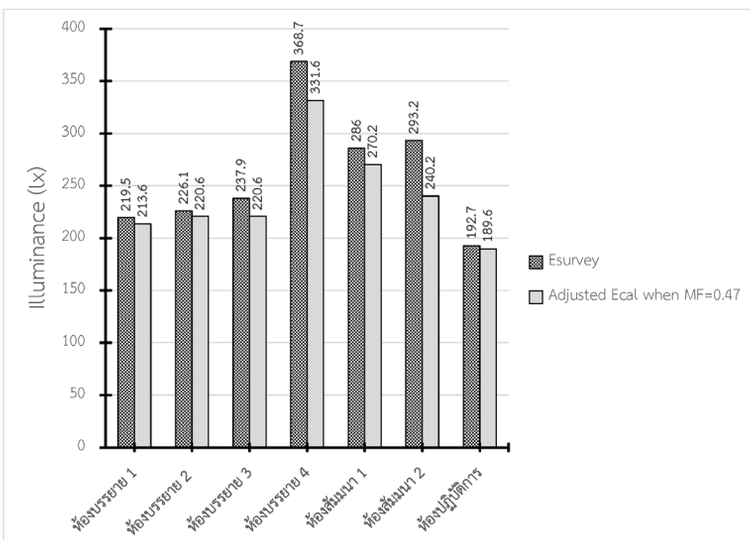
เมื่อค่า MF กำหนดเป็นค่าคงที่เท่ากับ 0.47 และ UF เป็นค่าของห้องที่ได้จากการหาค่า K และนำไปเทียบหา UF จากตารางที่ 1

6.2 สมการคำนวณแสงสว่างโดยวิธีลูเมนแบบง่าย

หากพิจารณาขั้นตอนการคำนวณพบว่า มีลำดับขั้นตอนในการหาตัวประกอบย่อยเพื่อให้ได้ค่า UF และ MF หากสถาปนิกไม่มีข้อมูลเพื่อกำหนดค่า UF เช่น ตัวอย่างตารางที่ 1 ก็จะไม่สามารถคำนวณเพื่อให้ได้ค่าแสงสว่างที่ต้องการได้ ตัวแปรที่แนะนำในการศึกษานี้ได้แก่ ตัวประกอบการใช้งานและดูแลรักษา (Utilisation Maintenance Factor- UMF) หรือผลคูณของตัวประกอบ UF และ MF เมื่อค่า UMF สูง แสงที่ออกจากหลอดไฟจะตกที่ระนายทำงานมาก และ UMF ต่ำลง แสงที่ตกลงบนระนาบทำงานจะน้อยลง โดยการพิจารณาจากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจโดยคำนวณย้อนกลับเพื่อให้ได้ค่า UMF ที่ได้จากการวัดแสงจริง และค่า UMF จากการคำนวณจะทำให้ได้ค่า UMF โดยใช้วิธีการคำนวณจากค่า UF ของแต่ละห้องในตารางที่ 6 และ MF มีค่าเท่ากับ 0.47 และคำนวณจากใช้ค่าคงที่ 2 เพื่อปรับแก้ค่า UMF ที่ได้เหมือนกันกับสมการที่ 5 และส่วนการคำนวณ UMF จากค่าแสงสว่างจากการสำรวจแทนค่าความสว่างที่วัดได้ในสมการที่ 1 เพื่อหาผลคูณของ UF และ MF หรือค่า UMF ในตารางที่ 7



รูปที่ 15 ความสว่างเฉลี่ยจากการสำรวจและความสว่างที่คำนวณจากวิธีการลูเมน
Averaged illuminance values from survey and calculated illuminance values by the lumen method.



รูปที่ 16 ความสว่างเฉลี่ยจากการสำรวจและความสว่างที่ปรับค่าจากค่าที่ได้จากการคำนวณจากวิธีการลูเมน
(Averaged illuminance values from survey and adjusted illuminance values from calculated illuminance values by the lumen method.)

ตารางที่ 7 ค่าตัวประกอบตัวประกอบการบำรุงรักษาและตัวประกอบดวงโคม (UMF) ได้จากการคำนวณกลับและข้อมูลจากการสำรวจ
(Utilisation Maintenance Factor (UMF) derived from reverse calculation and survey data.)

ห้อง	K	UF	UMF_{cal}	$UMF_{cal\text{-}adjusted}$	UMF_{sur}
			เมื่อ MF=0.47	เมื่อ MF=0.47x2	
ห้องบรรยาย 1	1.98	0.62	0.29	0.58	0.52
ห้องบรรยาย 2	2.38	0.64	0.30	0.60	0.54
ห้องบรรยาย 3	2.38	0.64	0.30	0.60	0.57
ห้องบรรยาย 4	2.65	0.65	0.31	0.61	0.59
ห้องสัมมนา 1	0.68	0.45	0.21	0.42	0.43
ห้องสัมมนา 2	0.63	0.45	0.21	0.42	0.40
ห้องปฏิบัติการ	1.34	0.57	0.27	0.54	0.46

หากต้องการกำหนดแนวทางในการคำนวณอย่างง่าย อาจจะสามารถใช้ค่า UMF ที่ 0.5 เป็นตัวเลขที่ง่ายในการทำงานและ สำหรับห้องที่มีดัชนีห้องสูง (ห้องที่ใหญ่ ฝ้าเพดานต่ำ หรือ ห้องที่มีรูปทรงเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า) ได้แก่ ห้องบรรยาย 1–4 จะมีค่า UF สูงกว่าดังนั้นการใช้ค่าที่ต่ำกว่าจะเป็นค่าที่ความสว่างได้มากขึ้น สำหรับห้องที่มีดัชนีห้องที่ต่ำกว่า 1.5 คือห้องที่เล็ก[1] ได้แก่ ห้องสัมมนา 1–2 ห้องปฏิบัติการในตัวอย่างในงานนี้ อาจใช้ค่า UMF ที่ 0.4 เพื่อแทนในสมการโดยวิธีลูเมน แต่หากการแนะนำเพื่อให้สถาปนิกสามารถจำสมการคำนวณได้ง่าย โดยกำหนดจำนวนหรือประมาณค่าความสว่างเบื้องต้นให้กับห้องได้โดยใช้เวลาที่น้อยในการประเมิน ดังนั้นสมการที่ 6 เมื่อตั้งอยู่บนข้อสรุปนี้เขียนใหม่ได้เป็น

$$E = \frac{UMF \cdot F \cdot n \cdot N}{A} \qquad (6)$$

7. ตัวอย่างการนำไปใช้และการทดสอบสมการที่ 6

หากต้องการทราบปริมาณแสงสว่างที่ได้จากดวงโคมกระจายแสงติดตั้งบนฝ้าเพดาน ที่ใช้หลอดที่เปล่งฟลักซ์แสงสว่าง 1,550 ลูเมน จำนวน 16 โคม 1 โคมมีหลอดไฟ 2 หลอด ในห้องที่มีขนาด 8x12 เมตร ความสูงฝ้าเพดาน 3.0 เมตร เมื่อใช้สมการที่ 6 จะได้ความสว่างเฉลี่ยของห้องนี้บนระนาบทำงาน (0.75 เมตร) เท่ากับ

$$E = \frac{0.5 \cdot 1550 \cdot 2 \cdot 16}{96}$$

ได้ค่าความสว่างเฉลี่ยของห้องเท่ากับ 258.3 lx โดยวิธีการในตัวอย่างที่นำเสนอ ค่าความสว่างเฉลี่ยของห้องขนาดต่างๆ ตามตารางที่ 8 และเปรียบเทียบห้องขนาดเดียวกันที่มีความสูงฝ้าเพดาน 2.5 3.0 และ 3.5 เมตร ติดตั้งดวงโคมสะท้อนแสงติดตั้งหลอด LED T8 16W จำนวน 2 หลอด โดย 1 หลอดให้ฟลักซ์แสงสว่าง 1,550 ลูเมน การคำนวณโดยสมการอย่างง่าย สมการที่ 6 และจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ DiaLux 4.13 แสดงในตารางที่ 8 และเมื่อเปรียบเทียบผลความสว่างที่ได้จากสมการแบบง่าย (E_{cal}) และค่าความสว่างที่ได้จากการจำลอง (E_{sim}) โดยโปรแกรม DIALux 4.13 เป็นแผนภาพพบว่าการใช้สมการแบบง่ายเพื่อประเมินความสว่างเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับเวลาที่ใช้ และความง่ายของการคำนวณ

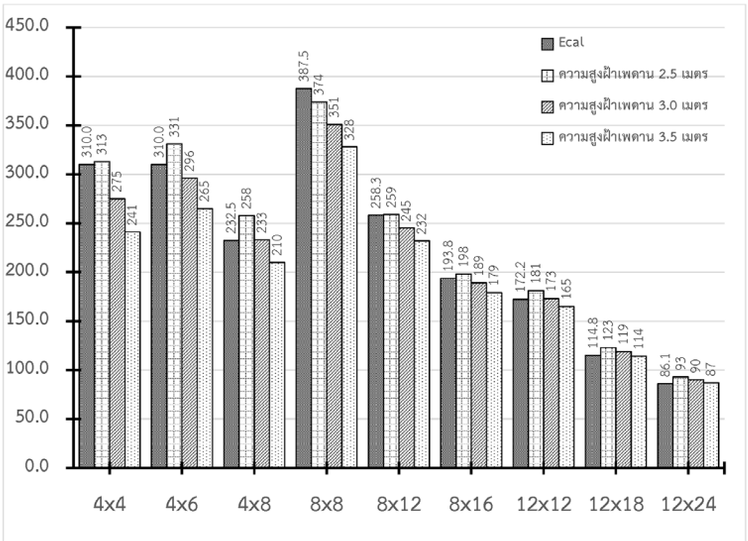
จากผลที่ได้ในลำดับการศึกษาในบทความนี้ ได้ผลที่ได้จากการศึกษาดังนี้

1. เมื่อพิจารณาห้องที่มีการติดตั้งโคมสะท้อนแสงติดตั้งหลอดไฟแบบหลอด (tube) ค่าความสว่างที่ได้สมการคำนวณแสงสว่างโดยวิธีลูเมนมีค่าต่ำกว่าค่าความสว่างที่วัดได้จากห้องจริง และสมการที่ 5 ใช้ในการปรับค่าของสมการคำนวณโดยวิธีลูเมน เมื่อมีสถาปนิกมีเวลาและมีข้อมูลจากผู้ผลิตดวงโคมในการหาค่า UF

2. ตัวประกอบการใช้งานและดูแลรักษา (Utilisation and Maintenance Factor- UMF) คือผลคูณของ ตัวประกอบการใช้งานของโคม (UF) และตัวประกอบการบำรุงรักษา (MF) ที่แนะนำในสมการการคำนวณแสงสว่างที่ง่ายขึ้นใน สมการที่ 6 เนื่องจากห้องส่วนมากที่มีกรติดตั้งโคมลักษณะกระจายเป็นพื้นที่ใช้งานรวมอาจเป็นสำนักงาน ห้องเรียน ขนาดกลางหากสถาปนิกอาจใช้ UMF ที่ 0.5 ในการใช้งาน หรือ 0.4 ในกรณีที่ห้องมีขนาดเล็ก ตัวอย่างการนำไปใช้ได้แก่

ตารางที่ 8 ค่าความสว่างที่คำนวณแบบง่าย (E_{cal}) จากสมการที่ 6 และค่าจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Esim) (Simple calculated values by Equation 6 and calculated illuminance values by computer simulation.)

ขนาดห้อง (เมตร)	จำนวนโคม (ชุด)	UMF	E_{cal} (lx) ความสูงฝ้าเพดาน ไม่จำเป็นในการคำนวณ	E_{sim} (lx) ความสูงฝ้าเพดาน (เมตร)		
				2.5	3.0	3.5
4 x 4	4	0.4	310.0	313	275	241
4 x 6	6	0.4	310.0	331	296	265
4 x 8	6	0.4	232.5	258	233	210
8 x 8	16	0.5	387.5	374	351	328
8 x 12	16	0.5	258.3	259	245	232
8 x 16	16	0.5	193.8	198	189	179
12 x 12	16	0.5	172.2	181	173	165
12 x 18	16	0.5	114.8	123	119	114



รูปที่ 17 เปรียบเทียบค่าความสว่างที่ได้จากสมการคำนวณแบบง่าย (Ecal) จากสมการที่ 7 และค่าที่คำนวณจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Esim) (Comparison calculated illuminance values (Ecal) by Equation 7 and computer simulated illuminance values (Esim))

2.1 หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ที่ให้ฟลักซ์แสงสว่างที่ 1,800 ลูเมน จำนวน 8 หลอด ติดตั้งในโคมกระจายแสงบนพื้นที่ 30 ตารางเมตร เมื่อแทนค่าตัวแปรลงในสมการที่ 6 จะทำให้ได้แสงสว่างเท่ากับ 240 lx หรือ

2.2 หากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ที่นำมาใช้ ให้ฟลักซ์แสงสว่างที่ 1,800 ลูเมน เมื่อต้องการแสงสว่าง 400 lx บนพื้นที่ 30 ตารางเมตร เมื่อแทนค่าตัวแปรลงในสมการที่ 6 คำนวณจำนวนหลอดได้ 13.3 หลอด และปรับผลลัพธ์ขึ้นให้ลงจำนวน จะทำให้ได้จำนวนที่ต้องใช้เท่ากับ 14 หลอด

บทความนำเสนอการวิเคราะห์ขั้นตอน และลำดับการกำหนดค่าให้ตัวประกอบที่ใช้ในสมการคำนวณแสงสว่างโดยวิธีลูเมน (สมการที่ 5) และนำเสนอสมการใหม่แบบง่าย (สมการที่ 6) เพื่อให้สถาปนิก วิศวกร หรือเจ้าของอาคารได้นำไปประเมินเพื่อกำหนดแสงสว่างสำหรับห้องที่ใช้หลอดไฟแบบหลอด (tube) และติดตั้งในโคมกระจายแสงสว่างบนฝ้าเพดาน สิ่งที่อาจเป็นประโยชน์เพิ่มเติมเพื่อกำหนดข้อสรุปให้ใกล้เคียงสูงขึ้น คือการสำรวจห้องจริงให้ได้เพิ่มเติม และการเปลี่ยนชนิดของดวงโคม เช่น โคมดาวน์ไลท์ หรือ โคมเปลือย ที่มีการเลือกใช้บ่อยในอาคารเพื่อให้มีความหลากหลายและครอบคลุมประเภทของดวงโคมที่มักมีการใช้งานกับอาคารในประเทศไทย ก็จะทำให้การสถาปนิกมีวิธีการคำนวณแสงสว่างในการใช้ประกอบวิชาชีพที่สะดวกมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ในการสำรวจในงานศึกษานี้ ผู้เขียนขอขอบคุณหน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่ และคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์วัดแสง

Remark

[1] เนื่องจากค่า K มีความแปรผันตามรูปทรงและความสูงห้อง เพื่อการประเมินแบบง่าย กำหนดให้ขนาดของห้องจากการค่าดัชนีห้อง (K) ต่ำกว่า 1.5 คือห้องที่มีขนาดความกว้างและความยาวด้านใดด้านหนึ่งมีระยะต่ำกว่า 6 เมตร โดยความสูงฝ้าเพดานตั้งแต่ 2.7 เมตรขึ้นไป (กรณีที่ระนาบแสงสว่าง 0.75 เมตร)

References

Baker, N., Fanchiotti, A., & Steemers, K. (1993). *Daylighting in Architecture a European Reference Book*. London: James and James.

Baker, N., & Steemers, K. (2001). *Daylight Design of Buildings*. London: James & James.

Boyce, P., & Rrynham, P. (2009). *The SLL Lighting Handboo*k. London: The Society of Light and Lighting.

CIBSE. (2002). *Code for Lighting.* London: Butterworth Heinemann.

Dialux. (2016). *Lumen Method. Knowledge Base DIALux 4*. Retrieved from https://dialux4.support-en.dial.de/support/solutions/articles/9000078303-lumen-method-

Pratama, H. C., & Chaiyakul, Y. (2018). Implication of the National Standard Indonesia (SNI) on Lighting Conservation as a Basis of Architectural Design. J*ournal of Building Energy & Environment, 1*(1), 51-57.

Pritchard, D. C. (1999). *Lighting* (6th ed.). Essex: Longman.

Tregenza, P. R., & Loe, D. (1998). *The Design of Lighting*. London: E and FN Spon.