การประเมินแสงสว่างในอาคารโดยสมการคณิตศาสตร์และเฟอร์นิเจอร์

ดร.ยิ่งสวัสดิ์ ไชยะกุล
รองศาสตราจารย์ประจำคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

การคำนวณแสงสว่างในอาคารโดยการใช้สมการทางคณิตศาสตร์ ที่เป็นที่ยอมรับคือ สมการ Lumen method และ สมการ Daylight factor มีข้อกำหนดที่สมมติให้เป็นห้องที่ว่างเปล่า ซึ่งอาจทำให้ผลที่คำนวณได้ มีความคลาดเคลื่อนเมื่อนำมาใช้จริง บทความนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อนำเสนอความเป็นไปได้ในการศึกษาตัวแปรที่อาจมีผลต่อผลลัพธ์ที่ได้จากสมการที่เป็นที่ยอมรับทั้งสองนี้ แนวทางการวิจัยทำโดยวิธีการวิเคราะห์เบื้องต้นจากผลการเก็บข้อมูลสำรวจและจำลองแสงสว่างในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Dialux 4.12 ของห้องเรียน 80 ที่นั่ง ขนาด 8.20 x 11.80 เมตร ผลการศึกษาพบว่า เฟอร์นิเจอร์ที่อยู่ในห้องมีผลต่อสัดส่วนการลดลงของปริมาณแสงสว่างและแปรผันตามปริมาณของเฟอร์นิเจอร์ที่อยู่ในห้องนั้น โดยแนวโน้มของการลดลงมีค่าไม่เท่ากันระหว่างแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ จากผลการศึกษาเบื้องต้น สิ่งที่ควรศึกษาเพิ่มเติมต่อไปได้แก่ การศึกษาในห้องที่มีขนาดและสัดส่วนที่แตกต่างกัน เพื่อจะได้แนวทางในการกำหนดการเพิ่มตัวแปรที่เป็นสิ่งกีดขวางภายในห้องลงไปในสมการคำนวณแสงประดิษฐ์และแสงธรรมชาติ เพื่อให้การประเมินแสงสว่างในอาคารมีความใกล้เคียงมากขึ้นกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงเมื่อมีการใช้งาน

คำสำคัญ: การคำนวณแสงสว่างด้วยวิธีลูเมน / เดย์ไลท์แฟคเตอร์ / เฟอร์นิเจอร์ / แสงสว่าง

Predicting Lighting in Building by Mathematical Models and Furniture

Yingsawad Chaiyakul, Ph.D.

Associate Professor, Faculty of Architecture, Khon Kaen University

Abstract

Methods of calculating lighting in building by mathematical models acceptably are lumen method and daylight factor equation. These two methods are adopted on the assumption that the room is without furniture presented. It is thus arguable that results derived from these models are not rather close to the actual values. This work main aim is to present the possibility of study of the furniture or obstacle factors which maybe have effect on the calculation. The research methodology is to study the field survey and simulated results by Dialux 4.12 of a chosen 80-seat classroom that is 8.20 x 11.80 m. The results have shown that the presence of room furniture has affect on the averaged illuminance level of the room. The tendency of decrease, when furniture is present, is different between artificial lighting and daylighting conditions. It could be suggested from this work that the study of various room sizes and configurations are to be further carried out to give a guideline to include furniture or indoor obstruction factors into the calculating equations for artificial lighting and daylighting rooms. This will bring the calculated values close to the actual lighting levels in the room.

Keywords: lumen method / daylight factor / furniture / lighting

บทนำ

วิธีการประเมินปริมาณแสงสว่างที่ได้จากหลายวิธีการ เช่น การใช้กฎอย่างง่ายเพื่อประเมินแสงสว่าง การคำนวณโดยสมการคณิตศาสตร์ หรือ การใช้โปรแกรมจำลองแสงสว่าง เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นกับความแม่นยำที่ต้องการ งบประมาณ ทักษะผู้ประเมิน และ เวลาที่ต้องการใช้สำหรับการประเมินปริมาณแสงสว่าง การคำนวณแสงสว่างในอาคารโดยการใช้สมการทางคณิตศาสตร์ ที่เป็นที่ยอมรับคือ สมการ Lumen method และ สมการ Daylight factor เพื่อใช้หาปริมาณแสงประดิษฐ์และแสงธรรมชาติตามลำดับ สมการเหล่านี้เป็นวิธีที่ได้มาจากการวิเคราะห์ทฤษฎีแสงสว่าง ทำให้ได้มาซึ่งสมการคณิตศาสตร์เพื่อหาปริมาณแสงสว่างทั้งจากแสงประดิษฐ์หรือปริมาณแสงธรรมชาติในอาคาร มีหลักการใช้ตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณแสงสว่างเพื่อคำนวณ หากเป็นการประเมินแสงประดิษฐ์ ตัวแปรที่เกี่ยวข้องได้แก่ จำนวนและประเภทของหลอดในดวงโคม ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (Reflectance) ของวัสดุภายใน และ ลักษณะรูปร่างของห้อง ส่วนแสงธรรมชาติ ตัวแปรที่นำมาใช้ในการคำนวณได้แก่ ขนาดและชนิดของกระจก ขนาดของห้อง ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (Reflectance) ของวัสดุภายในห้อง และ สิ่งกีดขวางภายนอกหน้าต่าง

สมการประเมินปริมาณแสงสว่างทั้งสองนี้ มีข้อกำหนดเบื้องต้นหรือข้อจำกัดบางอย่างที่ต้องเข้าใจก่อนนำไปใช้ ได้แก่ การใช้สมการ Lumen method ตำแหน่งดวงโคมในการออกแบบแสงประดิษฐ์ ติดตั้งแบบเป็นแถวและแนวเท่าๆ กัน และติดตั้งดวงโคมที่ใต้หรือแขวนฝ้าเพดาน และกรณีของสมการ Daylight factor คือเป็นห้องที่มีลักษณะรูปแบบมาตรฐานสี่เหลี่ยม และการสมมติให้สิ่งกีดขวางภายนอกเป็นแนวยาว เป็นต้น และทั้งสองสมการนี้เป็นการคำนวณเพื่อหาค่าความสว่างเฉลี่ยของพื้นที่ของห้องที่มีการสมมติให้ห้องเป็นห้องที่ว่างเปล่า แต่การใช้งานห้องจริงจะประกอบด้วยเฟอร์นิเจอร์เสมอ ทำให้ปริมาณแสงสว่างที่คำนวณได้อาจคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง บทความนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อนำเสนอความเป็นไปได้ในการศึกษาตัวแปรเฟอร์นิเจอร์ในห้อง ที่อาจส่งผลต่อสมการที่เป็นที่ยอมรับทั้งสองนี้ โดยวิธีการวิเคราะห์เบื้องต้นจากผลการเก็บข้อมูลและจำลองแสงสว่างในห้องเรียนที่เลือกมาศึกษา ขนาด 8.20 x 11.80 เมตร ความสูง 3.50 เมตร ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Dialux 4.12 เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าที่ละเอียดสมบูรณ์ต่อไป

Lumen method

1. พื้นฐานทฤษฎี

การคำนวณปริมาณแสงประดิษฐ์ภายในอาคารโดยสมการทางคณิตศาสตร์ มีสองวิธีการได้แก่ (1) การคำนวณแบบจุดต่อจุด (Point by Point method) เพื่อหาปริมาณแสงที่จุดสนใจ เมื่อแหล่งกำเนิดแสงเป็นแบบจุด (Point light source) และ (2) การคำนวณแบบ Lumen method เพื่อหาปริมาณแสงเฉลี่ยในห้องที่มีการออกแบบ หรือหาปริมาณโคมไฟสำหรับห้องต่างๆ ตามข้อบังคับ ข้อแนะนำ และมาตรฐานในการออกแบบแสงสว่างในอาคาร โดยมีตัวแปรในสมการ ได้แก่ คุณสมบัติของดวงโคม และ ลักษณะของห้อง ส่วนแรกของบทความนี้ให้มุ่งประเด็นไปที่การคำนวณหาความสว่างเฉลี่ยที่ได้จากสมการ Lumen method ที่มีพื้นฐานจาก นิยามของค่าความสว่าง (Illuminance) ตามสมการที่ 1

$$\boldsymbol{E = \frac{F}{A}} \qquad \textbf{สมการที่ 1}$$

เมื่อ E คือ ความสว่าง (Illuminance) มีหน่วยเป็น lux

F คือ ความหนาแน่น (ความเข้มข้น) ของฟลักซ์แสงสว่าง (Luminous flux) ที่ตกบนพื้นผิว มีหน่วยเป็น lumen

A คือ พื้นที่ ซึ่งมีหน่วยเป็นตารางเมตร

สมการที่ 2 แสดงตัวแปรที่เพิ่มขึ้นจากสมการที่ 1 เพื่อการคำนวณแบบ Lumen method ค่า E ในสมการนี้คือค่าเฉลี่ยความสว่างของห้อง ในระดับที่มีการใช้งาน (Workplane) สมการนี้นำไปใช้งานเพื่อการออกแบบคำนวณสำหรับการจัดวางดวงโคมแบบเท่าๆ กัน ตามผังฝ้าเพดานในห้อง ตามข้อกำหนดเบื้องต้น

$$\boldsymbol{E = \frac{F \cdot n \cdot N \cdot MF \cdot UF}{A}} \qquad \textbf{สมการที่ 2}$$

เมื่อ F คือ ฟลักซ์ที่ได้จากหลอดไฟเมื่อเริ่มเปิด (Initial flux)

n คือ จำนวนหลอดไฟในดวงโคม

N คือ จำนวนดวงโคม

UF คือ สัมประสิทธิ์การใช้งาน (Utilisation factor)

MF คือ สัมประสิทธิ์การบำรุงรักษา (Maintenance factor)

A คือ พื้นที่ของระนาบทำงานที่ต้องการให้แสงสว่าง

ตัวแปร F, n และ N ในสมการที่ 2 ก็คือ ค่า F ในสมการที่ 1 ปริมาณฟลักซ์แสงสว่างที่ได้จากแหล่งกำเนิดแสงซึ่งขึ้นกับชนิดและจำนวนหลอดไฟในดวงโคมที่เลือกใช้

จากสมการที่ 2 พบว่าจะมีตัวแปรสองตัวที่เพิ่มขึ้นมาได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้งาน UF คือ สัดส่วนของฟลักซ์แสงสว่าง คือส่วนแสงที่ออกจากหลอดไฟในดวงโคมที่ไปถึงระนาบทำงาน ที่ส่วนแรกมาจากแสงตรงจากดวงโคม ส่วนที่สองมาจากการสะท้อนพื้นผิวต่างๆ ภายในห้อง ค่า UF ขึ้นกับดัชนีห้อง (Room Index- K) ซึ่งในทางทฤษฎีสามารถคำนวณค่า UF สำหรับระดับของระนาบทำงานที่กำหนด ตัวแปรที่กำหนดค่า UF ได้แก่ ลักษณะการกระจายแสงของโคม ขนาดของห้อง และค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวห้อง

ตัวแปรที่สองที่เพิ่มมาในสมการที่ 2 ได้แก่ สัมประสิทธิ์การบำรุงรักษา (Maintenance factor -MF) คือ ที่ทำให้ปริมาณแสงสว่างลดลงเมื่อใช้งานไปตามระยะเวลาการใช้งาน เกิดจากปัจจัยต่างๆ ดังแสดงในสมการที่ 3

$$\boldsymbol{MF = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RSMF} \qquad \textbf{สมการที่ 3}$$

เมื่อ $\boldsymbol{LLMF}$ คือ สัมประสิทธิ์การบำรุงรักษาของหลอด (Lamp lumen maintenance factor) มีค่าขึ้นกับชนิดของหลอด เป็นอัตราส่วนของฟลักซ์แสงสว่าง (ลูเมน) ที่ได้เทียบกับฟลักซ์แสงสว่าง (lumen) ของหลอดเมื่อเปิดใช้งานครั้งแรก ฟลักซ์แสงสว่างของหลอดไฟจะลดลงตามอายุการใช้งานของหลอด อัตราการลดลงของแสงสว่าง ขึ้นกับประเภทของหลอด

$\boldsymbol{LSF}$ คือ Lamp survival factor ใช้เมื่อมีการบำรุงรักษาเปลี่ยนหลอดไฟทั้งกลุ่ม หากมีการเปลี่ยนหลอดไฟในทันทีเมื่อหลอดเสีย ค่า $\boldsymbol{LSF}$ เท่ากับ 1

$\boldsymbol{LMF}$ คือ Luminaire maintenance factor ค่าการบำรุงรักษาดวงโคม ขึ้นกับประเภทดวงโคม สถานที่ และความถี่ในการทำความสะอาด

$RSMF$ คือ Room surface maintenance factor ค่าการบำรุงรักษาพื้นผิวห้อง ขึ้นกับสถานที่สถานที่ และการทำความสะอาดห้อง

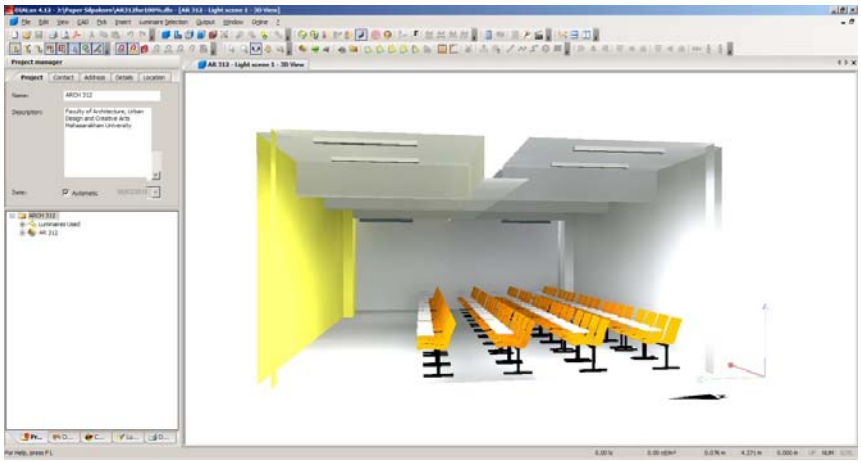
เมื่อมีการบำรุงรักษาที่ดีจะทำให้ค่า *MF* เข้าใกล้ 1.0 และเป็นผลให้ระดับแสงสว่างบนระนาบทำงานมีค่าสูงกว่าห้องที่มีค่า *MF* ต่ำ (ห้องที่มีความสกปรก ไม่มีการทำความสะอาดบำรุงรักษาหลอดไฟ)

สมการ Lumen method มีการกำหนดข้อจำกัดของการคำนวณคือการสมมติห้องที่ว่างเปล่าไม่มีเฟอร์นิเจอร์ (CIBSE, 2002) แต่ในความเป็นจริง ปริมาณและวัสดุที่ใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ มีผลต่อการสะท้อนแสงภายใน (Internal inter-reflection) ทำให้ค่าความสว่างที่คำนวณได้อาจมีความแตกต่างจากค่าความสว่างที่เกิดขึ้นจริง

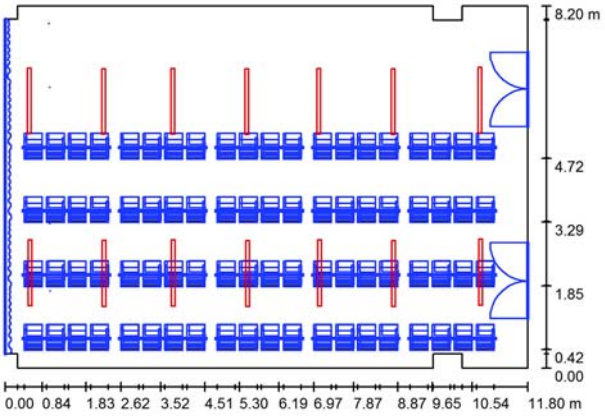
2. การสำรวจและการจำลอง

การศึกษาเบื้องต้นเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งขึ้นของงานเฟอร์นิเจอร์มีอิทธิพลต่อปริมาณแสงในห้อง ทำการเปรียบเทียบโดยเก็บข้อมูลแสงสว่างและภายภาพของห้องบรรยาย ขนาด 80 ที่นั่ง ขนาด 8.20 x 11.80 เมตร ความสูง 3.50 เมตร ตั้งอยู่ที่คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ในภาพที่ 1 นำข้อมูลกายภาพและวัสดุต่างๆ ภายในห้องเพื่อนำมาใช้สำหรับจำลองห้องเดียวกันในโปรแกรม Dailux 4.12 (DIALux, 2015) ดังแสดงในภาพที่ 2 เมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงพื้นผิวเป็นดังนี้ พื้น 51% ฝ้าเพดาน 74% ผนังสีขาว 57% และ ผนังสีเหลือง 52% ซึ่งได้มาจากการวัดค่าจริงจากการสำรวจ และทำการจำลองเปรียบเทียบปริมาณแสงสว่างภายในห้องเรียนที่ว่างเปล่าต่อห้องที่มีเก้าอี้นั่งในปริมาณต่างๆ ตังแต่ 0 - 100% โดยใช้จำนวนเก้าอี้ 80 ที่นั่ง ในห้องบรรยายกำหนดสัดส่วนปริมาณของเฟอร์นิเจอร์ และทำการย้ายเก้าอี้ออกจากห้องเพื่อการวัดแสงในห้องจริง และใส่ปริมาณเก้าอี้ที่เท่ากันในการจำลองแต่ละขั้น ดวงโคมที่ใช้จำนวน 14 ชุด แต่ละโคมประกอบด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิด TL-5 จำนวน 2 หลอด ดวงโคมติดตั้งยึดใต้ฝ้าเพดาน ตามตำแหน่งดังแสดงในภาพที่ 3

ภาพที่ 1: ภาพห้องเรียน ขนาด 80 ที่นั่งที่ทำการสำรวจ

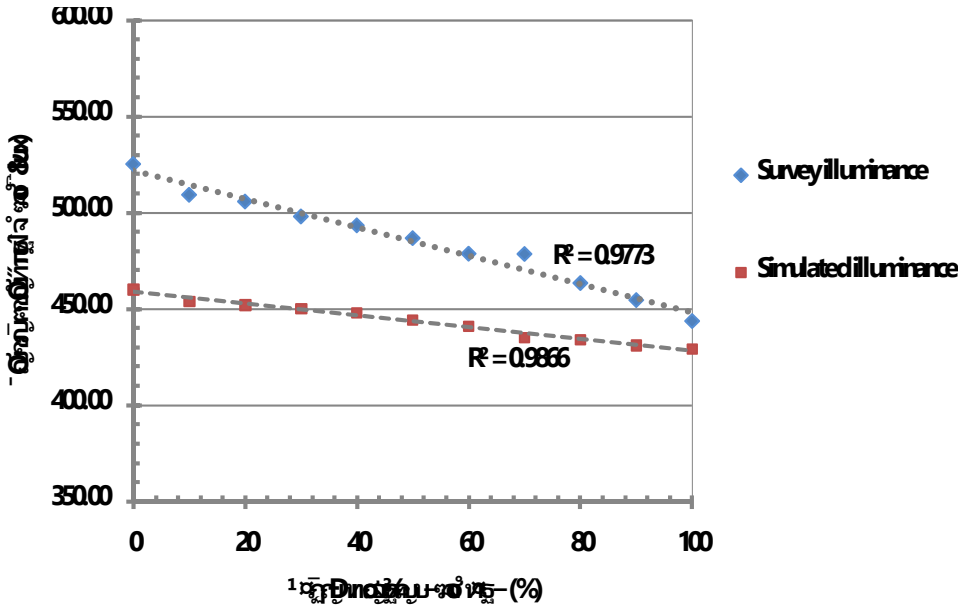


ภาพที่ 2: ภาพการจำลองห้องเรียน ขนาด 80 ที่นั่ง ในโปรแกรม Dialux 4.12



ภาพที่ 3: ภาพแปลนห้องเรียน ขนาด 80 ที่นั่ง และตำแหน่งโคมไฟที่ใช้ในการจำลองในโปรแกรม Dialux 4.12

ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณของเก้าอี้ส่งผลกระทบดังแสดงใน ตารางที่ 1 และ ภาพที่ 4 เมื่อมีปริมาณเก้าอี้เพิ่มขึ้น ปริมาณแสงสว่างเฉลี่ยลดลง จำนวนร้อยละของเฟอร์นิเจอร์ กำหนดจากจำนวนที่นั่งเรียนในห้อง 80 ที่นั่ง คือ ห้องที่มีเฟอร์นิเจอร์ 100% และลดลงตามสัดส่วนของจำนวนเก้าอี้ที่ลดลง อิทธิพลของเฟอร์นิเจอร์ต่อแสงเฉลี่ยในห้องจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณเฟอร์นิเจอร์ และเมื่อพิจารณาสมการ Lumen method ตัวแปรที่ทำให้เฟอร์นิเจอร์มีผลกระทบ คือ Utilisation factor สัดส่วนของฟลักซ์แสงสว่างที่ออกจากดวงโคมที่ไปถึงระนาบทำงาน ส่วนแรกมาจากแสงตรงจากดวงโคม ส่วนที่สองมาจากการสะท้อนพื้นผิวต่างๆ ภายในห้อง ค่า UF ขึ้นกับดัชนีห้อง (Room Index- K) และค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง ดังนั้นการที่ห้องมีเฟอร์นิเจอร์จะส่งผลต่อปริมาณแสงสว่างเฉลี่ยในห้อง



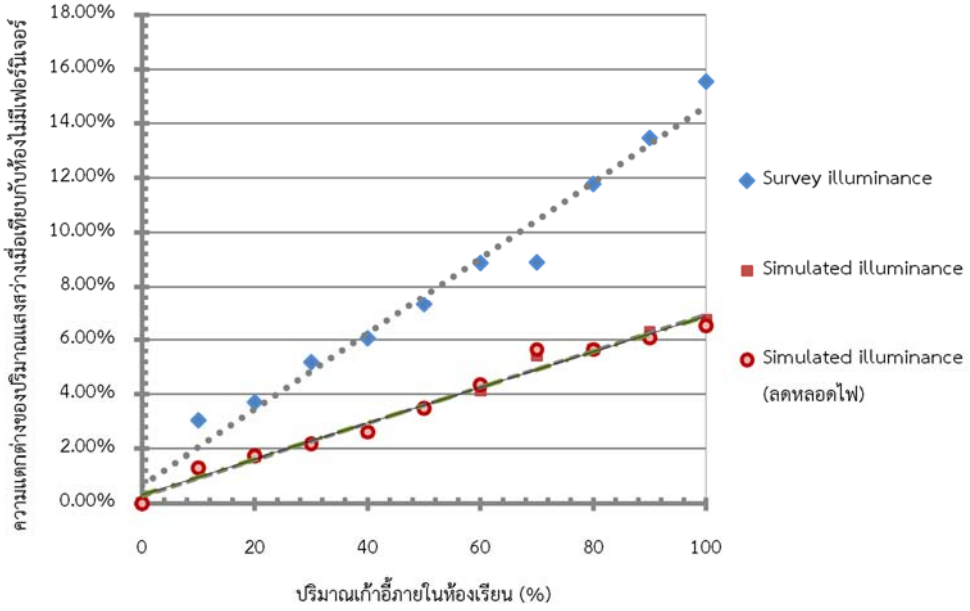
ภาพที่ 4: ปริมาณความสว่างภายในห้องเมื่อมีเฟอร์นิเจอร์ในระดับต่างๆ

ตารางที่ 1: เปรียบเทียบค่าความสว่างเฉลี่ยของห้องจากการสำรวจ *(Field survey illuminance)* และ ความสว่างจากการคำนวณโดย *Dialux 4.12*

	Field survey		Dialux- simulation	
ปริมาณเฟอร์นิเจอร์ (%) คิดจาก 80 ที่นั่ง	**Illuminance (lux)**	**ความสว่างที่ลดลง จากการเพิ่มเฟอร์นิเจอร์เข้าในห้อง**	**Illuminance (lux)**	**ความสว่างที่ลดลง จากการเพิ่มเฟอร์นิเจอร์เข้าในห้อง**
0%	525.22	0.00%	460.00	0.00%
10%	509.20	3.05%	454.00	1.30%
20%	505.70	3.72%	452.00	1.74%
30%	497.94	5.19%	450.00	2.17%
40%	493.31	6.07%	448.00	2.61%
50%	486.68	7.34%	444.00	3.48%
60%	478.55	8.89%	441.00	4.13%
70%	478.42	8.91%	435.00	5.43%
80%	463.29	11.79%	434.00	5.65%
90%	454.40	13.48%	431.00	6.30%
100%	443.52	15.56%	429.00	6.74%

จากทฤษฎีการคำนวณจะพบว่า หากแสงตรงจากโคมมีปริมาณที่เปลี่ยนไป จากจำนวนดวงโคมหรือหลอดไฟติดตั้งที่มีการใช้หลอดที่มีฟลักซ์ของแสงสว่าง (Luminous flux) ปริมาณต่ำ ปริมาณของเฟอร์นิเจอร์จะมีผลต่อค่าเฉลี่ยของความสว่างตามผลที่ได้ในภาพที่ 5 ที่ได้จากการทดสอบเบื้องต้นทำโดยการจำลองห้องเรียนเดิม โดยปรับลดจำนวนหลอดไฟในดวงโคมลง ให้เหลือโคมละ 1 หลอด และทำการทดสอบ ผลการศึกษาพบว่า เฟอร์นิเจอร์มีผลต่อปริมาณแสงในสัดส่วนการลดลงที่

ไม่แตกต่าง เนื่องจากเฟอร์นิเจอร์จะมีผลที่ค่า UF เมื่อนำไปแทนค่าในสมการสัดส่วนการลดลงก็จะทำให้ความสว่างลดลงในปริมาณใกล้เคียง ไม่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2



ภาพที่ 5: ปริมาณความสว่างภายในห้องเมื่อลดจำนวนหลอดไฟลง

ตารางที่ 2: เปรียบเทียบค่าความสว่างเฉลี่ยของห้องจากการจำลอง *(Simulated illuminance)* เมื่อมีการปรับจำนวนหลอดไฟในดวงโคม

	2 หลอดใน 1 ดวงโคม		**1 หลอด ใน 1 ดวงโคม ****	
ปริมาณเฟอร์นิเจอร์(%) คิดจาก 80 ที่นั่ง	**Illuminance (lux)**	**ความสว่างที่ลดลง จากการเพิ่มเฟอร์นิเจอร์เข้าในห้อง**	**Illuminance (lux)**	**ความสว่างที่ลดลง จากการเพิ่มเฟอร์นิเจอร์เข้าในห้อง**
0%	460.00	0.00%	230.00	0.00%
10%	454.00	1.30%	227.00	1.30%
20%	452.00	1.74%	226.00	1.74%
30%	450.00	2.17%	225.00	2.17%
40%	448.00	2.61%	224.00	2.61%
50%	444.00	3.48%	222.00	3.48%
60%	441.00	4.13%	220.00	4.35%
70%	435.00	5.43%	217.00	5.65%
80%	434.00	5.65%	217.00	5.65%
90%	431.00	6.30%	216.00	6.09%
100%	429.00	6.74%	215.00	6.52%

** ทดสอบห้องที่สำรวจ และลดจำนวนหลอดลงเหลือ 1 หลอดใน 1 ดวงโคม

สมการ Daylight factor

1. การประเมินแสงธรรมชาติในอาคาร

การประเมินแสงธรรมชาติจะใช้ค่า Daylight Factor (DF) ซึ่งคือหน่วยที่ระบุสัดส่วนของปริมาณแสงธรรมชาติภายในต่อแสงธรรมชาติภายนอกภายใต้ท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมทั่ว (Overcast sky) เพื่อประเมินแสงธรรมชาติในอาคาร เนื่องจากเป็นค่าที่เป็นค่าคงที่สำหรับพื้นที่ห้องในอาคาร ไม่ว่าจะประเมินในช่วงเวลาใดๆ ค่า DF ของห้องนั้นจะได้เท่ากันเสมอ ทำให้สะดวกในการเปรียบเทียบ การที่แสงธรรมชาติไม่คงที่มีการเปลี่ยนแปลงตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้าและตามสภาพท้องฟ้า หลักการของ DF เอื้อให้การเปรียบเทียบเชิงปริมาณของแสงธรรมชาติในพื้นที่สามารถทำได้ แม้ว่าในประเทศไทยสภาพท้องฟ้าที่พบมากที่สุด คือท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมเป็นบางส่วน (Partly cloudy sky) (Chirarattananon et al., 2002) การอ้างค่า DF ซึ่งเป็นสัดส่วนของแสงสว่างภายใต้ท้องฟ้าแบบเมฆปกคลุมท้องฟ้าทั้งหมด (Overcast sky) จะเป็นค่าต่ำสุดที่ห้องนั้นจะมีแสงธรรมชาติ เนื่องจากแสงจากท้องฟ้าและดวงอาทิตย์ (Global illuminance) จะต่ำที่สุดภายใต้ท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมท้องฟ้าทั้งหมด (Overcast sky) แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่มีความเหมาะสมในการนำไปใช้เพื่อช่วยในการประเมินค่า DF ในเบื้องต้น คือ (CIBSE, 1994)

$$\mathbf{DF} = \frac{\mathbf{A_g}\theta\tau}{\mathbf{A}(1-\mathbf{R}^2)}\% \qquad \textbf{สมการที่ 4}$$

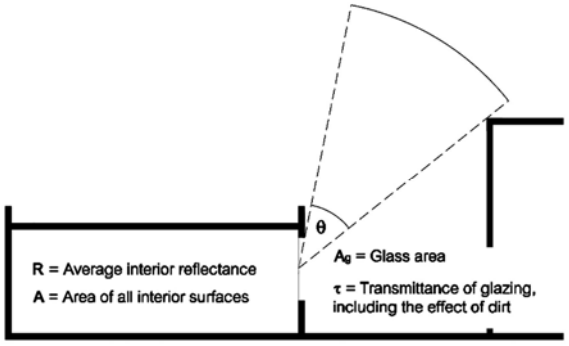
เมื่อ $\mathbf{A_g}$ คือ พื้นที่ของกระจก (เมื่อหักพื้นที่ของวงกบและบานกรอบ)

θ คือ ขนาดของมุมท้องฟ้าที่มองเห็นจากจุดกึ่งกลางหน้าต่างดังแสดงในภาพที่ 6

τ คือ ค่าการส่องผ่านของกระจกที่รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์ในการดูแลรักษา

$\mathbf{A}$ คือ พื้นที่ห้องรวมไปถึงพื้นที่หน้าต่าง

$\mathbf{R}$ คือ สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวห้องถ่วงน้ำหนักตามพื้นที่ส่วนต่างๆ



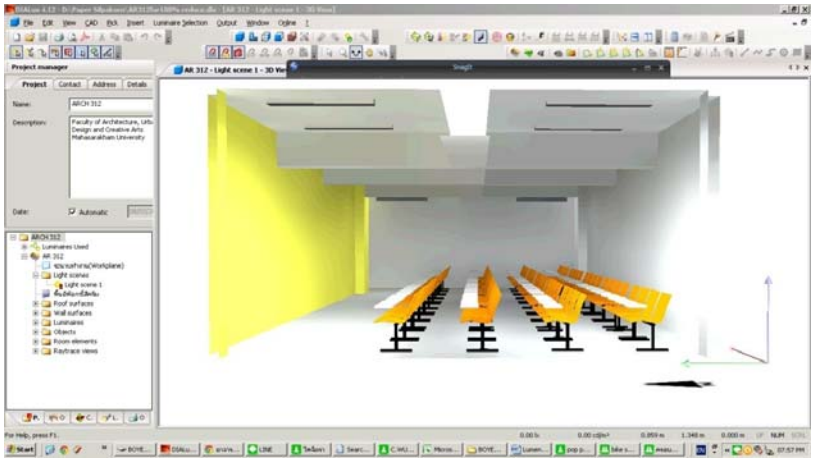
ภาพที่ 6: แสดงตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณเพื่อหาค่าเฉลี่ย DF

สมการที่ 4 แสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติภายในห้อง ตัวแปรด้านบนในสมการหากเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณแสงธรรมชาติในอาคารเพิ่มมากขึ้น โดยเมื่อเพิ่มขนาดของกระจก เช่น การเพิ่มจำนวนหรือขนาดของหน้าต่าง ทำให้กระจกมีพื้นที่มากขึ้น เพิ่มสัมประสิทธิ์การส่องผ่านของกระจก เช่น การเลือกใช้กระจกใส แทนการใช้กระจกสีชา หรือสีเข้ม

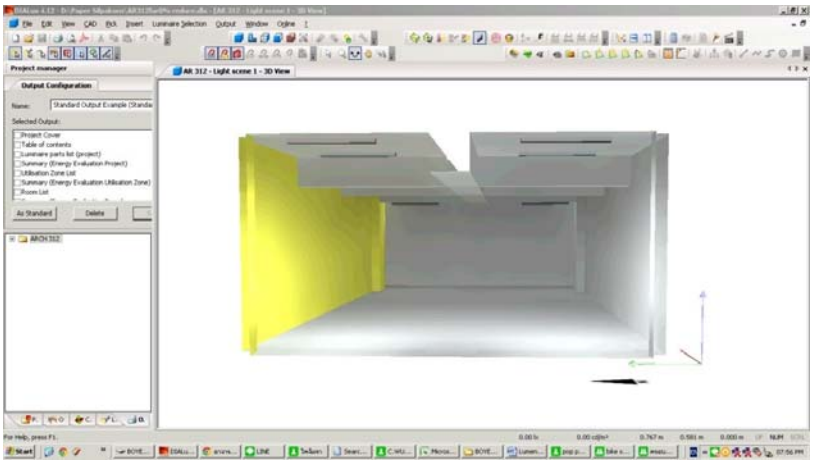
เพื่อให้แสงส่องผ่านเข้ามาในห้องได้เพิ่มมากขึ้น และ เพิ่มมุมที่กระจกมองเห็นท้องฟ้า โดยป้องกันไม่ให้มีสิ่งกีดขวางแสงธรรมชาติภายนอก เช่น ต้นไม้ การออกแบบกันสาดที่ให้สั้น และตัวแปรด้านล่างของสมการ ได้แก่ พื้นที่ผิวภายในของห้อง ปัจจัยตัวสุดท้ายที่จะช่วยเพิ่มปริมาณแสงธรรมชาติให้กับห้องคือสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของห้อง เมื่อพิจารณาบริบทของอาคารในประเทศไทยพบว่า ไม่ปรากฏตัวแปรที่เกี่ยวข้องโดยตรงจากอิทธิพลของเหล็กดัดหรือมุ้งลวดที่อาจลดปริมาณแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้ามาในห้อง และในสมการ Daylight factor (สมการที่ 4) มีข้อกำหนดเบื้องต้นคือไม่มีเฟอร์นิเจอร์ภายในห้อง ส่วนที่สองของการศึกษานำเสนออิทธิพลจากเฟอร์นิเจอร์ที่อาจส่งผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติภายในห้อง

2. อิทธิพลของเฟอร์นิเจอร์ต่อปริมาณแสงธรรมชาติในห้อง

การศึกษาเบื้องต้นทำโดยการกำหนดห้องเรียนที่ใช้เป็นกรณีศึกษาเปรียบเทียบห้องกรณีศึกษาเดิมที่มีการใส่เก้าอี้เข้าไปในห้อง เพื่อหาอิทธิพลของเฟอร์นิเจอร์ต่อความสว่างจากแสงธรรมชาติ ทำการจำลองด้วย Dialux 4.12 ดังแสดงภาพที่ 7 และ 8 ผลการศึกษาพบว่า ค่า DF ของห้องที่มีเฟอร์นิเจอร์ จะมีค่าที่ต่ำกว่าจากห้องที่ไม่เฟอร์นิเจอร์ดังแสดงในตารางที่ 3 นอกจากนั้นค่าความสม่ำเสมอของแสงสว่างภายในห้องบนระนาบทำงาน ยังมีค่าที่ลดลง และเพื่อใช้ผลในการเปรียบเทียบในกรณีที่มีแสงผ่านเข้ามาในห้องลดลง เพื่อดูอิทธิพลของเฟอร์นิเจอร์ต่อแสงธรรมชาติ จึงทำการจำลองห้องและกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่านของกระจกให้ลดต่ำลงเหลือ 0.45 (จาก 0.90) ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4 พบว่า ทั้งสองกรณีเฟอร์นิเจอร์มีผลต่อแสงธรรมชาติที่ตกลงสู่ระนาบทำงาน และการลดลงเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเฟอร์นิเจอร์เพิ่มมากขึ้นในห้อง



ภาพที่ 7: ลักษณะแสงธรรมชาติในห้องที่มีเก้าอี้ 80 ที่นั่ง (จำนวนเฟอร์นิเจอร์ 100%)



ภาพที่ 8: ลักษณะแสงธรรมชาติในห้องที่ไม่มีเก้าอี้ (จำนวนเฟอร์นิเจอร์ 0%)

ตารางที่ 3: เปรียบเทียบค่า *Daylight factor* จากการคำนวณโดย *Dialux 4.12* สำหรับห้องที่มีปริมาณเฟอร์นิเจอร์แตกต่างกัน และมีสัมประสิทธิ์การส่องผ่านของกระจก *(Glazing transmittance)* เท่ากับ 0.90

ปริมาณเฟอร์นิเจอร์ (%)	Daylight factor (%)	DF ที่ลดลง จากการเพิ่มเฟอร์นิเจอร์	ความสม่ำเสมอ (DF_{min}/DF_{avg})	ความสม่ำเสมอ (DF_{min}/DF_{max})
0	1.86	-	0.215	0.037
50	1.75	5.91%	0.183	0.030
100	1.67	10.22%	0.170	0.027

ตารางที่ 4: เปรียบเทียบค่า *Daylight factor* จากการคำนวณโดย *Dialux 4.12* สำหรับห้องที่มีปริมาณเฟอร์นิเจอร์แตกต่างกัน โดยลดสัมประสิทธิ์การส่องผ่านของกระจก *(Glazing transmittance)* ลงเหลือ 0.45

ปริมาณเฟอร์นิเจอร์ (%)	Daylight factor (%)	DF ที่ลดลง จากการเพิ่มเฟอร์นิเจอร์	ความสม่ำเสมอ (DF_{min}/DF_{avg})	ความสม่ำเสมอ (DF_{min}/DF_{max})
0	1.26	-	0.236	0.046
50	1.32	6.36%	0.206	0.038
100	1.41	10.00%	0.188	0.330

การวิจารณ์และสรุป

จากผลการศึกษาพบว่าตัวแปรที่อาจเพิ่มขึ้นในสมการ Lumen method และสมการ Daylight factor เพื่อหาปริมาณแสงประดิษฐ์และแสงธรรมชาติ ได้แก่ เฟอร์นิเจอร์ที่อยู่ในห้อง และสัดส่วนการลดลงของปริมาณแสงสว่างแปรผันตามปริมาณของเฟอร์นิเจอร์ที่อยู่ในห้องนั้น หากพิจารณาเฉพาะผลที่ได้จากการจำลองโดย Dialux ในตารางที่ 2 – 4 อิทธิพลของเฟอร์นิเจอร์เมื่อเปรียบเทียบกับห้องเปล่า ส่งผลต่อแสงธรรมชาติมากกว่าแสงประดิษฐ์ ดังนี้ (1) เมื่อปริมาณเฟอร์นิเจอร์เพิ่มขึ้นเป็น 50% ความสว่างเฉลี่ยของห้องจะลดลง 3.48% ทั้ง 2 กรณีภายใต้แสงประดิษฐ์ และ ค่า DF ลดลง 5.91% และ 6.36% ในการทดสอบ 2 กรณีภายใต้แสงธรรมชาติ และ (2) เมื่อปริมาณเฟอร์นิเจอร์เพิ่มขึ้นเท่ากับการใช้งานจริงของห้อง 100% ความสว่างเฉลี่ยของห้องลดลง 6.74% และ 6.52% ในการทดสอบ 2 กรณีภายใต้แสงประดิษฐ์ และ ค่า DF ลดลง 10.22% และ 10.00% ในการทดสอบ 2 กรณีภายใต้แสงธรรมชาติ

งานวิจัยเพื่อให้ได้ข้อมูลเพื่อใช้วิเคราะห์เพิ่มเติม ได้แก่ การศึกษาในห้องที่มีขนาดและสัดส่วนความสูงที่แตกต่างกัน หรือห้องที่มีสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นผิวที่แตกต่างจากที่ใช้ในการศึกษานี้ ที่อาจเป็นตัวแปรเพิ่มเติม เพื่อได้แนวทางในการกำหนดการเพิ่มตัวแปรลงไปในสมการคำนวณแสงประดิษฐ์และแสงธรรมชาติ และเพื่อให้การประเมินแสงสว่างในอาคารมีความใกล้เคียงมากขึ้นกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงเมื่อมีการใช้งานตัวแปรด้านอื่นๆ ที่ไม่ปรากฏในสมการ Lumen method และสมการ Daylight factor แต่อาจส่งผลต่อปริมาณแสงภายในห้อง ได้แก่ เหล็กดัด มุ้งลวด และ ผ้าม่าน ก็อาจรวมในการศึกษาวิจัยในอนาคตต่อไป

บรรณานุกรม

Chirarattananon, S., Chaiwiwatworakul, P. and Pattanasethanon, S. (2002), *"Daylight availability and models for global and diffuse horizontal illuminance and irradiance for Bangkok"*, in **Renewable Energy**, Vol. 26, pp. 69-89.

CIBSE (1994), **CIBSE Code for Interior Lighting**, CIBSE, London.

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

DIALux (2015), "DIALux", 4.12 ed.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่อนุเคราะห์สถานที่ในการเก็บข้อมูล และขอบคุณคุณอภิชัย ปฏิมากรตระกูล ที่ช่วยเก็บข้อมูลบางส่วนในบทความนี้