

การศึกษาการประหยัดพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง
ของห้องเรียนด้วยหิ้งสะท้อนแสง
กรณีศึกษาอาคารเรียนคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

THE INCREASE ON THE ILLUMINATION OF THE CLASSROOM
WITH LIGHT SHELF : A CASE STUDY OF FACULTY
OF HUMANITIES AND SOCIAL SCIENCES
PHRANAKHON RAJABHAT UNIVERSITY

พรรณวดี โรจนศิริ* นวลวรรณ ทวยเจริญ ศิริเดช สุริต และปารเมศ กำแหงฤทธิ์รงค์

*สาขานวัตกรรมการอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

Panwadee Rojanasiri*, Nuanwan Tuaycharoen, Siradech Surit,
and Parames Kamhangrittirong

*Graduate student in Building Innovation Technology of Architecture Faculty,
Kasetsart University Bangkok, Thailand 10900

*E-mail: panwadee041@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบของหิ้งสะท้อนแสงเพื่อการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ให้กับห้องเรียน อาคารที่นำมาเป็นกรณีศึกษาคืออาคารคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ซึ่งเป็นอาคารที่มีอายุเฉลี่ยที่ 40 - 60 ปี เป็นอาคารที่ควรค่าแก่การอนุรักษ์รูปแบบทางสถาปัตยกรรมดั้งเดิม โดยห้องเรียนที่ใช้เป็นกรณีศึกษา มีขนาด 8.00 x 9.00 เมตร ความสูง 3.50 เมตร มีหน้าต่างอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ มีการศึกษาหิ้งสะท้อนแสงทั้งสิ้น 16 รูปแบบ โดยการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ DIALux 4.13 โดยจำลองผลค่าความส่องสว่างซึ่งห้องเรียนมีเกณฑ์มาตรฐานที่ 500 lux ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบของหิ้งแสงที่ช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ที่

ดีที่สุดคือแบบหึ่งสะท้อนแสงรูปแบบที่ (G)-9 (หึ่งสะท้อนแสงด้านนอกมุมเอียงที่ 30° และไม่มีหึ่งแสงด้านใน) โดยมีการใช้พลังงานแสงประดิษฐ์เพื่อเพิ่มแสงสว่างเพียง 130.30 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี และมีค่าไฟฟ้าจากแสงประดิษฐ์ 686.37 บาท และค่าไฟฟ้าที่ลดลงจากรูปแบบดั้งเดิมของอาคาร 75.87%

คำสำคัญ : ห้องเรียน แสงธรรมชาติ หึ่งสะท้อนแสง การประหยัดพลังงาน

ABSTRACT

The purpose of this research is to study the effect of the characteristics of light shelf on the reduction of the energy utilization of artificial light in the classroom. Faculty of Humanities and Social Sciences Phranakhon Rajabhat University was used as a case study. The building was ages between 40-60 years and it is worth preserving traditional architectural styles. The study investigated a 8.00x9.00x3.50 m classroom with an opening on south-east side. A total of 16 light shelves were studied in terms of amount of daylight by using computer simulation DIALux 4.13. The recommended illuminance level for the classroom used in this study is 500 lux. The result shown that the best solution of light shelf for the reduction of artificial lighting energy consumption was option (G)-9 (a glass window with exterior member of 30° inclined from horizontal and without inside member). This option can create only energy consumption of artificial lighting 130.30 kilo-watt hour per year and electricity cost of 686.37 baths as well as energy reduction from the original building up to 75.87%.

Keywords : Classroom, Daylight, Light shelf, Energy conservation

บทนำ

อาคารที่มีคุณค่าทางประวัติศาสตร์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครเป็นอาคารที่มีอายุการใช้งานที่ 40 - 60 ปี มีทั้งสิ้น 16 อาคาร มีเอกลักษณ์และความงามทางสถาปัตยกรรม ดั้งเดิมอาคารมีการใช้งานในช่วงเวลา 08.00-16.00 น. มีการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารน้อยมาก เนื่องจากการใช้งานห้องเรียนที่ต้องเปิดเครื่องปรับอากาศตลอดวัน และหน้าต่างของอาคารเป็นบานไม้ทึบที่แสงไม่สามารถส่องผ่านได้ จึงต้องพึ่งพาแสงประดิษฐ์ตลอดทั้งวัน กลายเป็นการสูญเสียทรัพยากรและการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างสิ้นเปลือง การนำหึ่งสะท้อนแสงมาประยุกต์กับช่องแสงเดิมที่มีอยู่ของห้องเรียน จะเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาอย่างหนึ่ง ที่สามารถนำ

แสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารและลดความร้อนของแสงโดยยังคงรูปแบบดั้งเดิมของอาคารที่มีคุณค่าของมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครต่อไป

หิ้งสะท้อนแสง (Light shelf) เป็นสิ่งที่จะสะท้อนแสงไปยังฝ้าเพดาน และสะท้อนจากฝ้าเพดานไปยังด้านในของห้อง ทำให้พื้นที่ของห้องด้านในจะมีแสงสว่างสูงขึ้นอีกเล็กน้อย ในขณะที่ดวงกันแสงบริเวณช่องเปิดก็จะลดลงเล็กน้อยเช่นกัน รวมถึงเป็นการลดความร้อนที่มาพร้อมกับแสงสว่างจากการสะท้อนผ่านฝ้าเพดานเช่นกัน หิ้งสะท้อนแสงจึงเป็นเครื่องมืออีกชนิดหนึ่งที่ช่วยในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารที่มีความเหมาะสมกับสภาพอากาศประเทศไทยอีกด้วย (Kanchan, 2016)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบของหิ้งสะท้อนแสงเพื่อการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ให้กับห้องเรียนในอาคารดังกล่าว โดยยังคงรูปแบบที่ใกล้เคียงกับรูปแบบเดิมของอาคารเพื่อการอนุรักษ์สถาปัตยกรรมดั้งเดิม โดยรูปแบบของบานหน้าต่างมี 3 รูปแบบ คือ หน้าต่างบานไม้ปิดทึบเป็นรูปแบบดั้งเดิมของหน้าต่างที่ใช้งานในปัจจุบัน หน้าต่างบานไม้เปิดกว้าง และหน้าต่างบานกระฉก เพื่อนำผลจากการทดลองไปปรับใช้กับอาคารอื่น ๆ ที่มีรูปแบบคล้ายกันต่อไป

ทบทวนวรรณกรรม

การออกแบบอาคารเพื่อการใช้งานแสงสว่างธรรมชาติ (Building Design for daylight use)

แสงธรรมชาติเป็นพลังงานทดแทนรูปแบบหนึ่ง ซึ่งเป็นพลังงานสะอาดและมีอย่างไม่จำกัด ในปัจจุบันได้มีการพยายามนำพลังงานแสงอาทิตย์เข้ามาใช้ทดแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการประหยัดพลังงาน (สำนักบริการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2551) เราสามารถประเมินประสิทธิภาพของแสงธรรมชาติต่อการใช้งานภายในห้องเรียนกรณีศึกษาคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร จากตัวแปร 2 ค่าคือ ค่าความส่องสว่างของแสง (Illuminance, E) คือปริมาณแสงที่ตกกระทบบนพื้นผิวต่อพื้นที่ 1 ตารางหน่วย เพื่อบอกว่าพื้นที่นั้น ๆ ได้รับแสงสว่างมากน้อยเพียงใด มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อตารางเมตร หรือลักซ์ (Lux, lx) ค่าที่เหมาะสมสำหรับแต่ละพื้นที่สามารถดูคำแนะนำได้จากมาตรฐานการส่องสว่างของ IESNA มาตรฐานค่าความส่องสว่าง (Illuminance) ของห้องเรียนอยู่ที่ 300-500 lx และค่าความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity, U) คือ ค่าความสม่ำเสมอของแสงที่ส่งผลต่อการมองเห็นและความสบายตาในการมอง (Pattananurot, 2014)

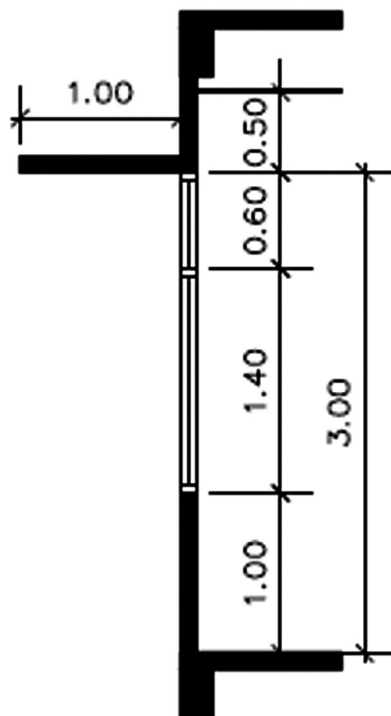
วิธีการ

อาคารกรณีศึกษาของงานวิจัยคืออาคารเรียน 2 ชั้น คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร เป็นอาคารที่ยังคงอยู่ในสภาพดีรวมถึงมีการ

ใช้งานตลอดวันในช่วงเวลา 08.00 -16.00 น. มีขนาดห้อง 8.00 x 9.00 เมตร ความสูง 3.50 เมตร มีหน้าต่างอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ พื้นที่ใช้งานหรือความสูงอาคารเรียน (Working Plane) สูงจากพื้น 0.75 เมตร โดยตำแหน่งกระดานอยู่ในทิศตั้งฉากกับช่องเปิด มีผนังและพื้นคอนกรีตสีขาวที่มีค่าการสะท้อนแสง 27% และ 50% (ภาพที่ 1 และ 2)



รูปที่ 1 อาคารเรียน 2 ชั้น คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร



รูปที่ 2 ขนาดของช่องเปิดเดิมของอาคาร

ขั้นตอนการทดลอง

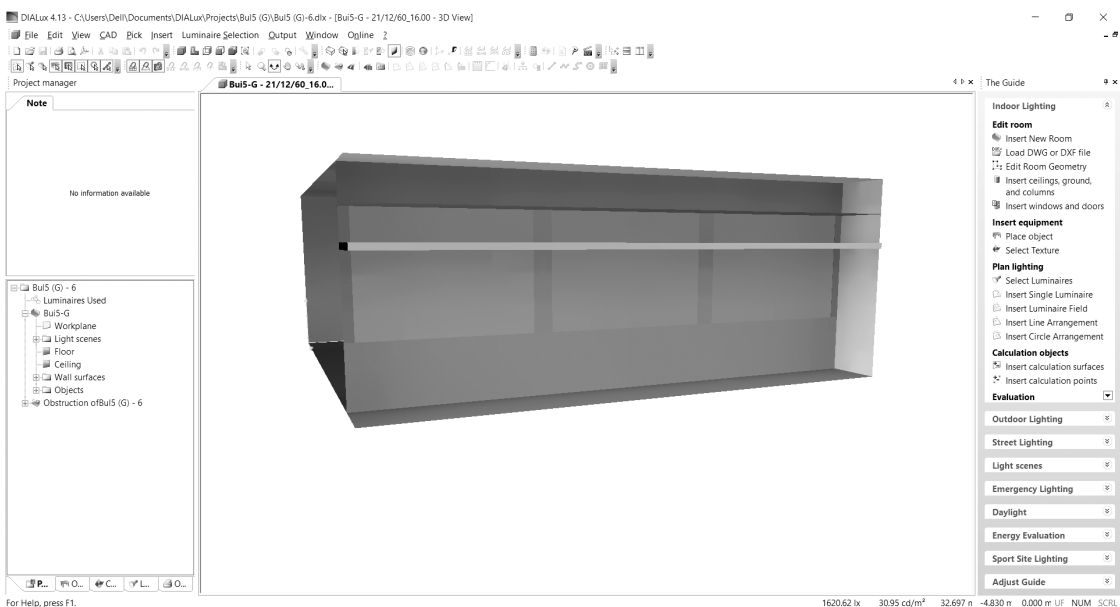
1. วัสดุอุปกรณ์ (materials) โดยการจำลองห้องเรียนด้วยโปรแกรม DIALux 4.13 เพื่อศึกษาผลของค่าความส่องสว่าง (Illuminance)

2. วิธีการ (methods)

ขั้นตอนที่ 1: เตรียมข้อมูลพื้นฐานของอาคารกรณีศึกษา และบททวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารเรียน

ขั้นตอนที่ 2 : พิจารณาตัวแปรองค์ต่าง ๆ ของห้องที่มีผลกับการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในห้องเรียน ซึ่งต้องคำนึงในเรื่องของการอนุรักษ์รูปแบบทางสถาปัตยกรรมของอาคาร (Pattananurot, 2014) โดยมีตัวแปรต้นและตัวแปรตามดังนี้

ตัวแปรต้น : 1) มุมองศาขึ้นส่วนหนึ่งแสงภายนอกประกอบด้วย 0° 30° และ 60° และมุมองศาขึ้นส่วนหนึ่งแสงภายในประกอบด้วย 0° 30° และ 60° และ 3) รูปแบบบานหน้าต่างอีก 3 รูปแบบ คือ หน้าต่างบานไม้ปิดทึบเป็นแบบดั้งเดิมของอาคาร หน้าต่างบานไม้เปิดกว้าง และหน้าต่างบานกระจก (Kittilukkana, 2016) (ตารางที่ 1, รูปที่ 3-5)



รูปที่ 3 ตัวอย่างการจำลองห้องเรียนด้วยโปรแกรม DIALux 4.13

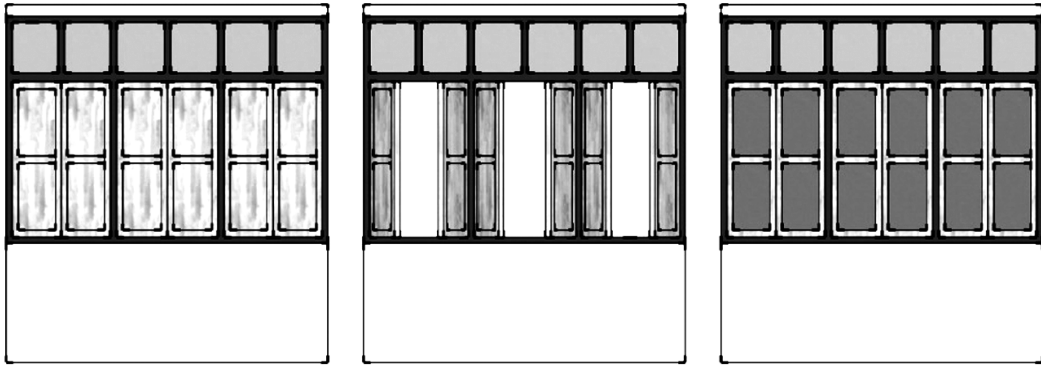
ตารางที่ 1 รูปแบบของหิ้งสะท้อนแสง (Light shelf) และบานเปิดที่ใช้ในการศึกษา

ลำดับ	รูปแบบ			องศาของหิ้งสะท้อนแสง	
	บานปิดไม้	บานเปิดไม้	บานปิดกระจก	ภายนอก	ภายใน
1	(W-C)-1 ^{1/}	(W-O)-1 ^{2/}	(G)-1 ^{3/}	-	-
2	(W-C)-2	(W-O)-2	(G)-2	-	0°
3	(W-C)-3	(W-O)-3	(G)-3	-	30°
4	(W-C)-4	(W-O)-4	(G)-4	-	60°
5	(W-C)-5	(W-O)-5	(G)-5	0°	-
6	(W-C)-6	(W-O)-6	(G)-6	0°	0°
7	(W-C)-7	(W-O)-7	(G)-7	0°	30°
8	(W-C)-8	(W-O)-8	(G)-8	0°	60°
9	(W-C)-9	(W-O)-9	(G)-9	30°	-
10	(W-C)-10	(W-O)-10	(G)-10	30°	0°
11	(W-C)-11	(W-O)-11	(G)-11	30°	30°
12	(W-C)-12	(W-O)-12	(G)-12	30°	60°
13	(W-C)-13	(W-O)-13	(G)-13	60°	-
14	(W-C)-14	(W-O)-14	(G)-14	60°	0°
15	(W-C)-15	(W-O)-15	(G)-15	60°	30°
16	(W-C)-16	(W-O)-16	(G)-19	60°	60°

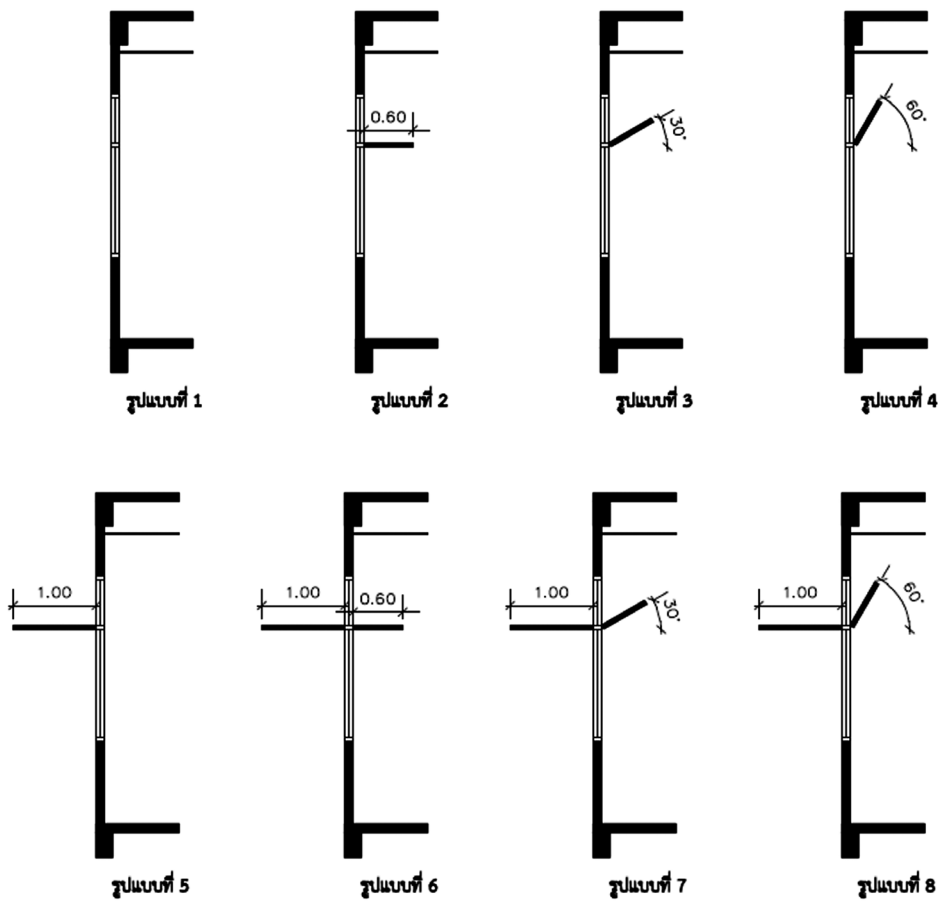
^{1/} (W-C) = หน้าต่างบานปิดไม้

^{2/} (W-O) = หน้าต่างบานเปิดไม้

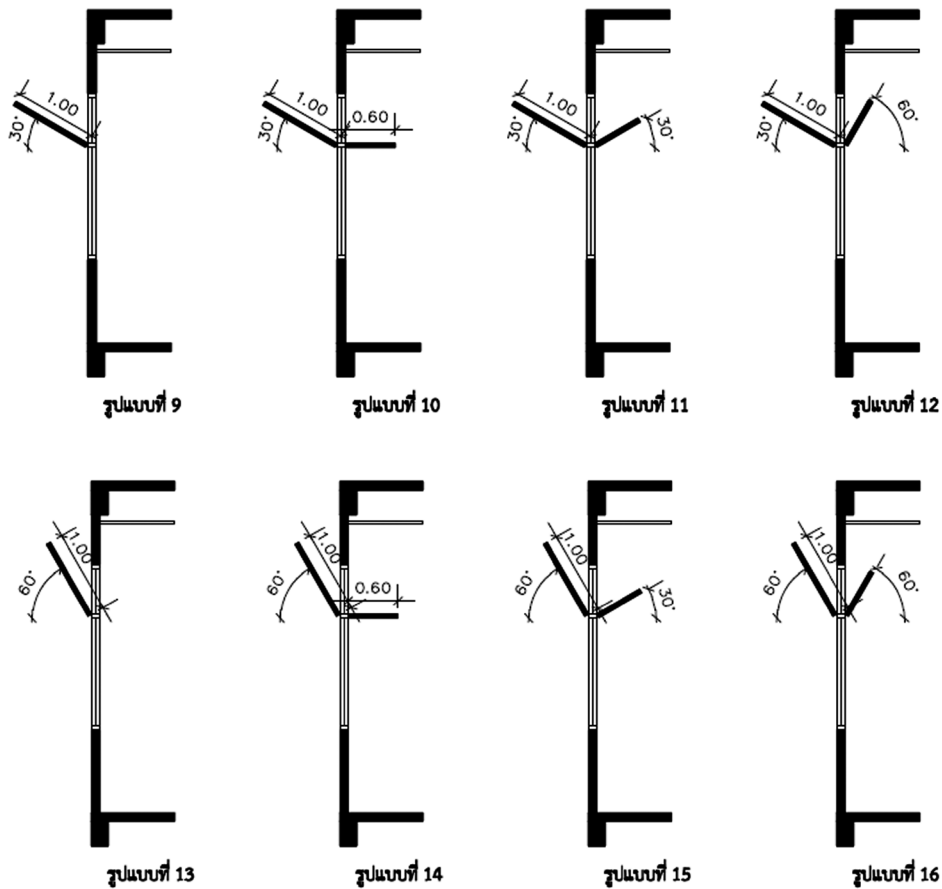
^{3/} (G) = หน้าต่างบานกระจก



รูปที่ 4 ชนิดของหน้าต่าง 3 แบบ คือ บานปิดไม้ บานเปิดไม้
และบานกระจกตามลำดับ



รูปที่ 5 องค์ประกอบและขนาดของhingสะท่อนแสงที่ใช้ในการจำลอง



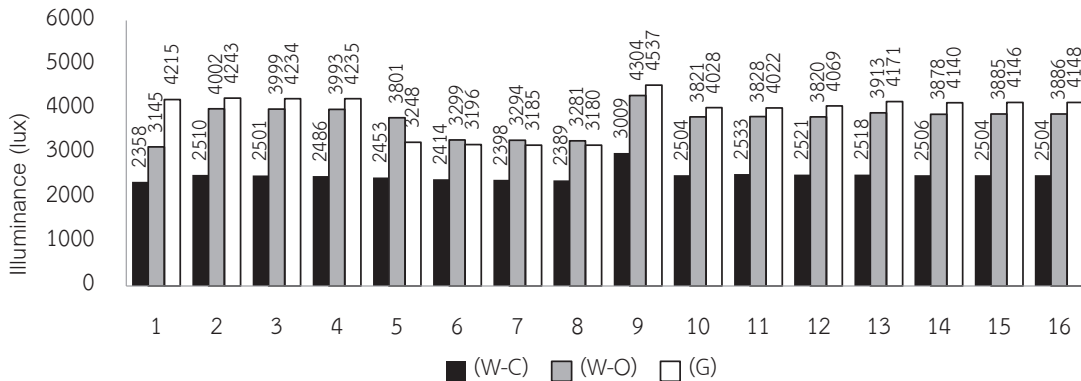
รูปที่ 5 องศาและขนาดของหิ้งสะท้อนแสงที่ใช้ในการจำลอง (ต่อ)

ตัวแปรตาม : การจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์โปรแกรม DIALux 4.13 โดยหาค่าความส่องสว่าง (Illuminance) โดยใช้ค่ามาตรฐานของห้องเรียนที่ 500 lux โดยกำหนดพื้นที่ทำการศึกษา (Working Plan) จากพื้นถึงโต๊ะเรียน 0.75 เมตร จำลอง ณ วันที่ 21 มิถุนายน 2560 (Summer) เวลาที่ใช้งานห้องเรียนทุกๆ 2 ชั่วโมง 8.00 น. 10.00 น. 12.00 น. 14.00 น. และ 16.00 น.

ขั้นตอนที่ 3 : สรุปผลจากการจำลองเพื่อสรุปรูปแบบของหิ้งสะท้อนแสงที่ดีที่สุด และหาค่าพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างต่อปีที่ใช้เมื่อแสงธรรมชาติไม่เพียงพอในห้องเรียนอาคาร คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

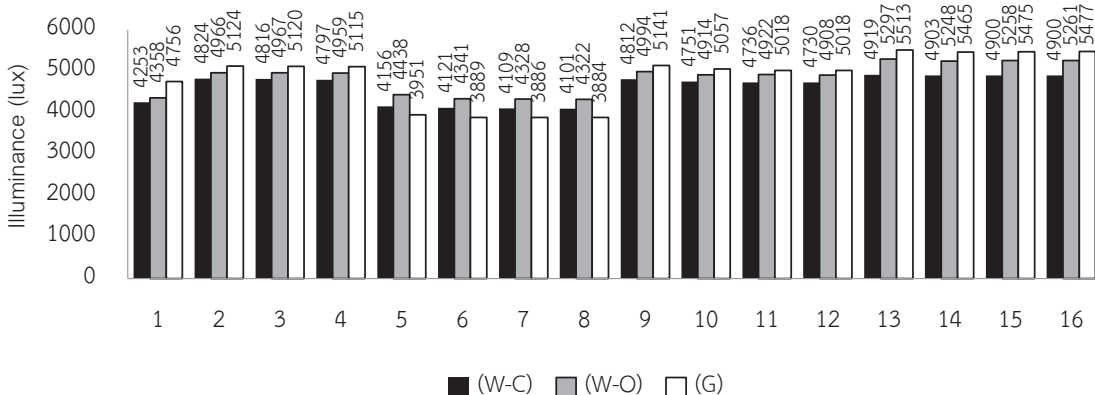
ผลการทดลอง

ผลการศึกษาวิจัยห้องเรียนของอาคารเรียนคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ด้วยโปรแกรม DIALux 4.13 จำลอง ณ วันที่ 21 มิถุนายน 2560 (Summer)



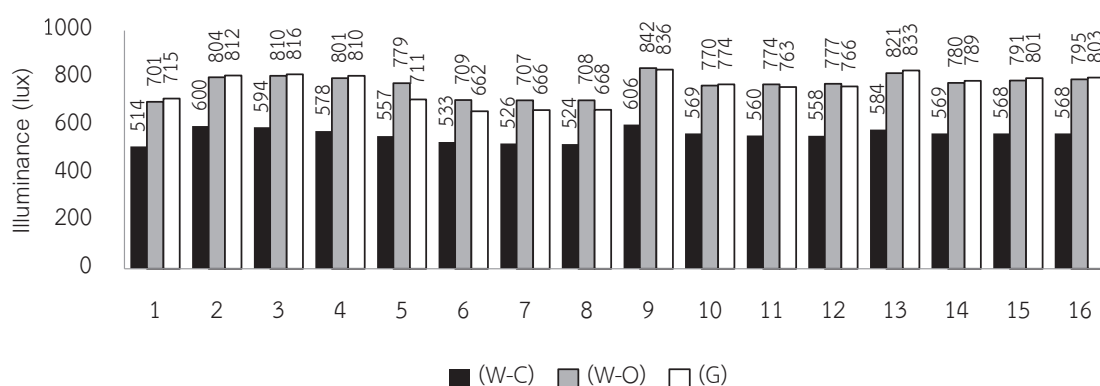
รูปที่ 6 แสดงผลการค่าความส่องสว่าง เวลา 8.00 น.

จากรูปที่ 6 แสดงค่าความส่องสว่าง เวลา 8.00 น. (lux) ของหน้าต่างบานไม้ปิด (W-C), บานไม้เปิด (W-O), บานกระจก (G) และหึ่งสะท้อนแสง 16 รูปแบบ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าหึ่งสะท้อนแสงรูปแบบที่ 9 (หึ่งสะท้อนแสงด้านนอกมุมเอียงที่ 30° และไม่มีหึ่งแสงด้านใน) ของหน้าต่างกระจก (G) ก่อให้เกิดค่าความส่องสว่างเฉลี่ยสูงที่สุด (4,537 lux) และผลค่าส่องสว่างต่ำที่สุด (2,358 lux) คือ หึ่งสะท้อนแสงรูปแบบที่ 6 รูปแบบเดิมของหน้าต่าง (ไม่มีหึ่งแสงทั้งด้านนอกและด้านใน) ของหน้าต่างบานไม้ปิด (W-C)



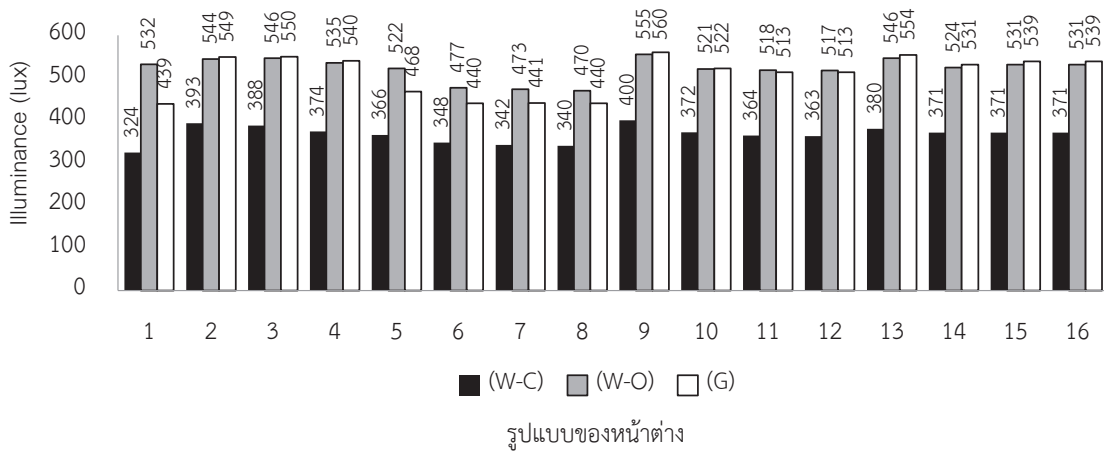
รูปที่ 7 แสดงผลการค่าความส่องสว่าง เวลา 10.00 น.

จากรูปที่ 7 แสดงค่าความส่องสว่าง เวลา 10.00 น. (lux) ของหน้าต่างบานไม้ปิด (W-C), บานไม้เปิด (W-O), บานกระจก (G) และหิ้งสะท้อนแสง 16 รูปแบบ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าหิ้งสะท้อนแสงรูปแบบที่ 6 (หิ้งสะท้อนแสงด้านนอกและในมุมเอียงที่ 60°) ของหน้าต่างกระจก (G) ก่อให้เกิดค่าความส่องสว่างเฉลี่ยสูงสุด (5,477 lux) และผลค่าส่องสว่างต่ำที่สุด (3,884 lux) คือหิ้งสะท้อนแสงรูปแบบที่ 7 (หิ้งสะท้อนแสงด้านนอกมุมเอียงที่ 0° และหิ้งสะท้อนแสงด้านในมุมเอียงที่ 60°) ของหน้าต่างบานไม้ปิด (W-C)



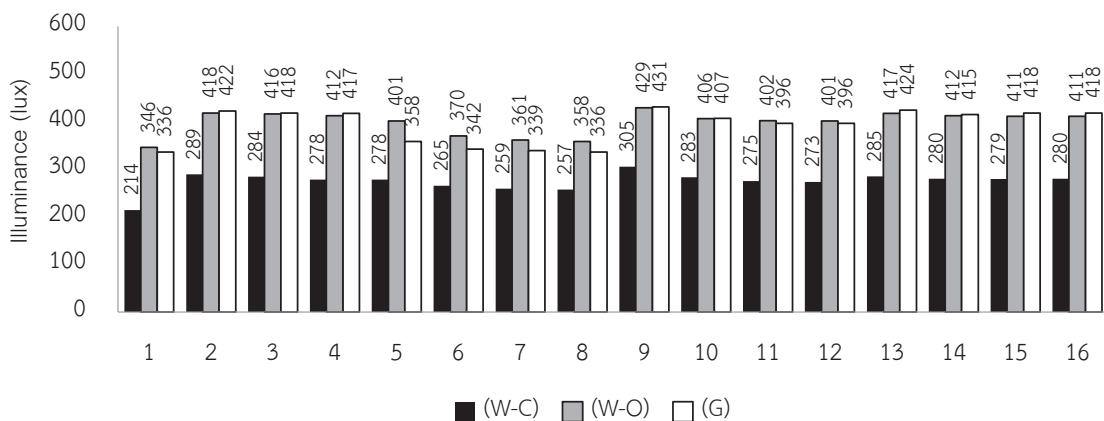
รูปที่ 8 แสดงผลการค่าความส่องสว่าง เวลา 12.00 น.

จากรูปที่ 8 แสดงค่าความส่องสว่าง เวลา 12.00 น. (lux) ของหน้าต่างบานไม้ปิด (W-C), บานไม้เปิด (W-O), บานกระจก (G) และหิ้งสะท้อนแสง 16 รูปแบบ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าหิ้งสะท้อนแสงรูปแบบที่ 9 (หิ้งสะท้อนแสงด้านนอกมุมเอียงที่ 60° และไม่มีหิ้งแสงด้านใน) ของหน้าต่างบานไม้เปิด (W-O) ก่อให้เกิดค่าความส่องสว่างเฉลี่ยสูงสุด (842 lux) และผลค่าส่องสว่างต่ำที่สุด (514 lux) คือหิ้งสะท้อนแสงรูปแบบที่ 8 รูปแบบเดิมของหน้าต่าง (ไม่มีหิ้งสะท้อนแสงทั้งด้านนอกและด้านใน) ของหน้าต่างบานไม้ปิด (W-C)



รูปที่ 9 แสดงผลการค่าความส่องสว่าง เวลา 14.00 น.

จากรูปที่ 9 แสดงค่าความส่องสว่าง เวลา 14.00 น. (lux) ของหน้าต่างบานไม้ปิด (W-C), บานไม้เปิด (W-O), บานกระจก (G) และหึ่งสะท้อนแสง 16 รูปแบบ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าหึ่งสะท้อนแสงรูปแบบที่ 9 (หึ่งสะท้อนแสงด้านนอกมุมเอียงที่ 60° และไม่มีหึ่งแสงด้านใน) ของหน้าต่างบานไม้เปิด (W-O) ก่อให้เกิดค่าความส่องสว่างเฉลี่ยสูงที่สุด (555 lux) และผลค่าส่องสว่างต่ำที่สุด (324 lux) คือหึ่งสะท้อนแสงรูปแบบที่ 9 รูปแบบเดิมของหน้าต่าง (ไม่มีหึ่งสะท้อนแสงทั้งด้านนอกและด้านใน) ของหน้าต่างบานไม้ปิด (W-C)



รูปที่ 10 แสดงผลการค่าความส่องสว่าง เวลา 16.00 น.

จากรูปที่ 10 แสดงค่าความส่องสว่าง เวลา 16.00 น. (lux) ของหน้าต่างบานไม้ปิด (W-C), บานไม้เปิด (W-O), บานกระจก (G) และหิ้งสะท้อนแสง 16 รูปแบบ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าหิ้งสะท้อนแสงรูปแบบที่ 9 (หิ้งสะท้อนแสงด้านนอกมุมเอียงที่ 60° และไม่มีหิ้งแสงด้านใน) ของหน้าต่างบานไม้ปิด (W-C) ก่อให้เกิดค่าความส่องสว่างเฉลี่ยสูงที่สุด (429 lux) และผลค่าส่องสว่างต่ำที่สุด (214 lux) คือหิ้งสะท้อนแสงรูปแบบที่ 10 รูปแบบเดิมของหน้าต่าง (ไม่มีหิ้งสะท้อนแสงทั้งด้านนอกและด้านใน) ของหน้าต่างบานไม้ปิด (W-C)

สรุปและวิจารณ์ผล

สรุปผลจากแผนภูมิที่ 1-5 พบว่า ค่าพลังงานในช่วงเวลาที่ 8.00-12.00 น. ของวันที่ 21 มิถุนายน 2560 มีค่าความส่องสว่างเกินมาตรฐานที่ 500 lux ทั้งหมด โดยหิ้งสะท้อนแสงรูปแบบที่ 9 (หิ้งสะท้อนแสงด้านนอกมุมเอียงที่ 60° และไม่มีหิ้งแสงด้านใน) ของหน้าต่างบานไม้เปิด (W-O) ก่อให้เกิดค่าความส่องสว่างเฉลี่ยสูงที่สุด (842 lux) และผลค่าส่องสว่างต่ำที่สุด (214 lux) คือหิ้งสะท้อนแสงรูปแบบที่ 1 รูปแบบเดิมของหน้าต่าง (ไม่มีหิ้งสะท้อนแสงทั้งด้านนอกและด้านใน) ของหน้าต่างบานไม้ปิด (W-C) อย่างไรก็ตามในช่วงเวลาที่ 14.00-16.00 น. มีค่าไม่ได้มาตรฐานการส่องสว่างแทบทั้งสิ้นดังตารางที่ 1 นอกจากนี้จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบของหิ้งแสงที่ช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ที่ดีที่สุดคือแบบหิ้งสะท้อนแสงรูปแบบที่ (G)-9 (หิ้งสะท้อนแสงด้านนอกมุมเอียงที่ 30° และไม่มีหิ้งแสงด้านใน) โดยมีการใช้พลังงานแสงประดิษฐ์เพื่อเพิ่มแสงสว่างเพียง 130.30 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี และมีค่าไฟฟ้าจากแสงประดิษฐ์ 686.37 บาท และค่าไฟฟ้าที่ลดลงจากรูปแบบดั้งเดิมของอาคาร 75.87%

ตารางที่ 2 สรุปค่าพลังงานที่ขาดของรูปแบบทั้งหมดเวลา 8.00-16.00 น. (lux)

รูปแบบ	21/06/60 Summer (lux)					พลังงาน ที่ขาดสูงสุด (lux)
	8.00 am.	10.00 am.	12.00 am.	14.00 am.	16.00 am.	
(W-C)-1 Base case	✓	✓	✓	324	214	286
(W-C)-2	✓	✓	✓	393	289	211
(W-C)-3	✓	✓	✓	388	284	216
(W-C)-4	✓	✓	✓	374	278	222
(W-C)-5	✓	✓	✓	366	278	222
(W-C)-6	✓	✓	✓	348	265	235
(W-C)-7	✓	✓	✓	342	259	241
(W-C)-8	✓	✓	✓	340	257	243
(W-C)-9	✓	✓	✓	400	305	195
(W-C)-10	✓	✓	✓	372	283	217
(W-C)-11	✓	✓	✓	364	275	225
(W-C)-12	✓	✓	✓	363	273	227
(W-C)-13	✓	✓	✓	380	285	215
(W-C)-14	✓	✓	✓	371	280	220
(W-C)-15	✓	✓	✓	371	279	221
(W-C)-16	✓	✓	✓	371	280	220
(W-O)-1	✓	✓	✓	✓	346	154
(W-O)-2	✓	✓	✓	✓	418	82
(W-O)-3	✓	✓	✓	✓	416	84
(W-O)-4	✓	✓	✓	✓	412	88
(W-O)-5	✓	✓	✓	✓	401	99
(W-O)-6	✓	✓	✓	477	370	130
(W-O)-7	✓	✓	✓	473	361	(W-O)-7
(W-O)-8	✓	✓	✓	470	358	(W-O)-8
(W-O)-9	✓	✓	✓	✓	429	(W-O)-9
(W-O)-10	✓	✓	✓	✓	406	94

✓ หมายถึงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐาน 500 lux

ตารางที่ 2 สรุปค่าพลังงานที่ขาดของรูปแบบทั้งหมดเวลา 8.00-16.00 น. (lux) (ต่อ)

รูปแบบ	21/06/60 Summer (lux)					พลังงาน ที่ขาดสูงสุด (lux)
	8.00 am.	10.00 am.	12.00 am.	14.00 am.	16.00 am.	
(W-O)-11	✓	✓	✓	✓	402	98
(W-O)-12	✓	✓	✓	✓	401	99
(W-O)-13	✓	✓	✓	✓	417	83
(W-O)-14	✓	✓	✓	✓	412	88
(W-O)-15	✓	✓	✓	✓	411	89
(W-O)-16	✓	✓	✓	✓	411	89
(G)-1	✓	✓	✓	439	336	164
(G)-2	✓	✓	✓	✓	422	78
(G)-3	✓	✓	✓	✓	418	82
(G)-4	✓	✓	✓	✓	417	83
(G)-5	✓	✓	✓	468	358	142
(G)-6	✓	✓	✓	440	342	158
(G)-7	✓	✓	✓	441	339	161
(G)-8	✓	✓	✓	440	336	164
(G)-9	✓	✓	✓	✓	431	69
(G)-10	✓	✓	✓	✓	407	93
(G)-11	✓	✓	✓	✓	396	104
(G)-12	✓	✓	✓	✓	396	104
(G)-13	✓	✓	✓	✓	424	76
(G)-14	✓	✓	✓	✓	415	85
(G)-15	✓	✓	✓	✓	418	82
(G)-16	✓	✓	✓	✓	418	82

✓ หมายถึงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐาน 500 lux

ตารางที่ 3 พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี) และค่าไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ (บาท) และค่าไฟฟ้าที่ลดลง เมื่อเทียบกับรูปแบบดั้งเดิม (เปอร์เซ็นต์)

รูปแบบ	พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)	ค่าไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ (บาท)	ค่าไฟฟ้าที่ลดลง เมื่อเทียบกับรูปแบบ ดั้งเดิม (เปอร์เซ็นต์)
(W-C)-1 Base case	540.10	2844.94	
(W-C)-2	398.47	2098.89	26.22
(W-C)-3	407.91	2148.63	24.48
(W-C)-4	419.24	2208.31	22.38
(W-C)-5	419.24	2208.31	22.38
(W-C)-6	443.79	2337.63	17.83
(W-C)-7	455.12	2397.31	15.73
(W-C)-8	458.90	2417.21	15.03
(W-C)-9	368.25	1939.73	31.82
(W-C)-10	409.80	2158.57	24.13
(W-C)-11	424.91	2238.15	21.33
(W-C)-12	428.68	2258.05	20.63
(W-C)-13	406.02	2138.68	24.83
(W-C)-14	415.46	2188.42	23.08
(W-C)-15	417.35	2198.36	22.73
(W-C)-16	415.46	2188.42	23.08
(W-O)-1	290.82	1531.89	46.15
(W-O)-2	154.85	815.68	71.33
(W-O)-3	158.63	835.58	70.63
(W-O)-4	166.19	875.37	69.23
(W-O)-5	186.96	984.79	65.38
(W-O)-6	245.50	1293.15	54.55
(W-O)-7	262.50	1382.68	51.40
(W-O)-8	268.16	1412.52	50.35
(W-O)-9	134.08	706.26	48.92

ตารางที่ 3 พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี) และค่าไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ (บาท) และค่าไฟฟ้าที่ลดลง เมื่อเทียบกับรูปแบบดั้งเดิม (เปอร์เซ็นต์) (ต่อ)

รูปแบบ	พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)	ค่าไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ (บาท)	ค่าไฟฟ้าที่ลดลง เมื่อเทียบกับรูปแบบ ดั้งเดิม (เปอร์เซ็นต์)
(W-O)-10	177.52	935.05	67.13
(W-O)-11	185.07	974.84	65.73
(W-O)-12	186.96	984.79	65.38
(W-O)-13	156.74	825.63	70.98
(W-O)-14	166.19	875.37	69.23
(W-O)-15	168.07	885.31	68.88
(W-O)-16	168.07	885.31	68.88
(G)-1	309.71	1631.36	42.66
(G)-2	147.30	775.89	72.73
(G)-3	154.85	815.68	71.33
(G)-4	156.74	825.63	70.98
(G)-5	268.16	1412.52	50.35
(G)-6	298.38	1571.68	44.76
(G)-7	304.04	1601.52	43.71
(G)-8	309.71	1631.36	42.66
(G)-9	130.30	686.37	75.87
(G)-10	175.63	925.10	67.48
(G)-11	196.40	1034.52	63.64
(G)-12	196.40	1034.52	63.64
(G)-13	143.52	756.00	73.43
(G)-14	160.52	845.52	70.28
(G)-15	154.85	815.68	71.33
(G)-16	154.85	815.68	71.33



รูปที่ 11 ตัวอย่างการจำลองการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงในอาคาร

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยในครั้งนี้ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของเวลาที่ใช้ทำการวิจัยจึงมีการเก็บข้อมูลในช่วง 08.00 - 16.00 น. ในสภาพท้องฟ้าแบบโปร่ง (Clear Sky) เท่านั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการเก็บข้อมูลในช่วงเวลาอื่น และท้องฟ้ารูปแบบอื่น อาทิ สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆบางส่วน (Partly cloudy) หรือ สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆมาก (Overcast Sky) เพื่อให้ข้อมูลมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.นวลวรรณ ทวยเจริญ ดร.ศิริเดช สุรित และ ดร.ปารเมศ กำแหงฤทธิ์วงศ์ ผู้ให้คำปรึกษาต่าง ๆ และแบ่งปันประสบการณ์ความรู้ตั้งแต่เริ่มต้นโครงการ และขอขอบพระคุณครอบครัว สมาชิก MBIT ทุกคนรวมถึงผู้เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- Pattananurot, P. (2014). Journal of Mekong Societies. **The Conservation of Vernacular Buildings in the Old Town District of Sakon Nakhon**. 10(2), 181-196. (in Thai)
- Kittilukkana, P. (2016). **The Development of Flat Mirror System to Increase Efficiency for the use of Daylight in a University Classroom**. Master of Building Innovation & Technology (MBIT). Faculty of Architecture, Kasetsart University. (in Thai)
- Kanchan, R. (2016). **International Conference on Research and Design in Architecture and Related Fields**. The Development of Curve Light Shelf for Classroom in Kindergarten. F-1-F10. (in Thai)

.....