การศึกษามู่ลี่ที่เหมาะสมเพื่อการใช้ประโยชน์ของแสงสว่างธรรมชาติสูงสุด

A Study of Appropriate Blinds for Maximum Benefit of Daylighting

ภูมิพัฒน์ กำคำ[1*] พัฒนะ รักความสุข[1] สุรพงศ์ จิระรัตนานนท์[2] พิพัฒน์ ชัยวิวัฒน์วรกุล[2]
[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140 โทร 0-2427-0039 โทรสาร 0-2427-9062 E-mail: kphumiphat@gmail.com
[2]สายวิชาพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140 โทร 0-2470-8309-10 โทรสาร 0-2872-6978

Phumiphat Kakham[1*] Pattana Rakkwamsuk[1] Surapong Chirarattananon[2] PIpat Chaiwiwatworakul[2]
[1]School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi,
Tungkru, Bangkok 10140 Tel: 0-2427-0039 Fax: 0-2427-9062 E-mail: kphumiphat@gmail.com
[2]Energy Division, Joint Graduate School of Energy and Environment, King Mongkut's University of Technology Thonburi,
Tungkru, Bangkok 10140 Tel: 0-2470-8309-10 Fax: 0-2872-6978

บทคัดย่อ

การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารด้วยการใช้แสงสว่างธรรมชาติเป็นแนวทางหนึ่งที่เหมาะสมกับประเทศไทย ซึ่งอยู่ในเขตร้อนท้องฟ้ามีความสว่างไม่น้อยกว่า 50 กิโลลักซ์ ดังนั้นการนำแสงสว่างธรรมชาติมาใช้จึงต้องลดระดับความสว่างด้วยอุปกรณ์บังแดด งานวิจัยนี้ดำเนินการศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงแสงของมู่ลี่ชนิดใบแนวนอนกับใบแนวตั้งด้วยโปรแกรม Desktop Radiance 2.0 ผลการศึกษาพบว่ามู่ลี่ชนิดใบแนวนอนเหมาะสมที่จะนำมาใช้บังแสงสว่างธรรมชาติด้านทิศตะวันออกและด้านทิศตะวันตก โดยให้ความสว่างบนระนาบทำงานสูงกว่ามู่ลี่ชนิดใบแนวตั้ง นอกจากนี้ยังช่วยกระจายแสงภายในห้องให้มีความสม่ำเสมอสูงกว่าและช่วยประหยัดไฟฟ้าสำหรับระบบแสงสว่างได้ประมาณร้อยละ 24 ต่อปี
คำสำคัญ; มู่ลี่ที่เหมาะสม/ประหยัดพลังงาน/แสงสว่างธรรมชาติ

Abstract

The extension of energy efficiency with daylighting is one appropriate choice for building in Thailand, which located in tropical climate. The sky illuminance possess more than 50 klux. Using window blinds is a practical and suitable way to regulate daylight level. This research was aimed at comparing the optical performance of both horizontal and vertical blinds via Desktop Radiance 2.0. The simulated results show that the horizontal blind is appropriate for shading daylight on the East and the West and offers higher illumination level than vertical blind. Furthermore, the horizontal blind distributes daylight in the room more uniformly. It helps save an electrical energy for lighting of about 24%.
Keyword; Appropriate blinds/Energy saving/Daylight

1. บทนำ

ในปี พ.ศ. 2551 ประเทศไทยใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 148,200.93 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2550 ร้อยละ 0.87 [1] ความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการพัฒนาทางเศรษฐกิจ และสังคม ทำให้ภาครัฐต้องวางแผนจัดหาแหล่งพลังงาน พัฒนาพลังงานทดแทน/พลังงานทางเลือก และส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 การใช้พลังงานของอาคารสำนักงานทั่วไปในประเทศไทยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ การปรับอากาศประมาณร้อยละ 50-60, การส่องสว่างประมาณร้อยละ 20-30 และอื่นๆ ประมาณร้อยละ 10-30 โดยภาระของระบบปรับอากาศคือ ความร้อนถ่ายโอนผ่านกรอบอาคารร้อยละ 60 ความร้อนจากระบบแสงสว่างร้อยละ 20 และอื่น ๆ ร้อยละ 20 การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานเป็นแนวทางหลักที่นานาประเทศยึดถือในการใช้พลังงานอย่างยั่งยืน [2]

การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารด้วยการใช้แสงสว่างธรรมชาติเป็นแนวทางหนึ่งที่เหมาะสมกับประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตร้อนท้องฟ้ามีความส่องสว่างสูงและรังสีอาทิตย์มีความเข้มสูง ท้องฟ้ามีความสว่างไม่น้อยกว่า 50 กิโลลักซ์ [3] ระดับความสว่างของแสงธรรมชาติจึงมีอยู่อย่างเกินพอเพราะอาคารทั่วไปต้องการระดับความสว่าง 500 ลักซ์ การใช้แสงสว่างธรรมชาติต้องคำนึงถึงภาระความร้อนของการปรับอากาศที่อาจเพิ่มขึ้นด้วย ทั้งนี้ต้องพิจารณาปริมาณแสงสว่างธรรมชาติ

และปริมาณความร้อนถ่ายโอนที่เหมาะสมที่สุด การใช้ระบบควบคุมแสงสว่างจากหลอดไฟฟ้าให้สัมพันธ์กับแสงสว่างธรรมชาติเป็นวิธีหนึ่งที่เพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานอาคาร [4,5] สัดส่วนพื้นที่หน้าต่างต่อผนัง (WWR) เป็นตัวแปรหนึ่งที่มีผลต่อการใช้พลังงานของอาคาร [6] แต่ปัจจุบันอาคารส่วนใหญ่นิยมใช้ผนังกระจก ซึ่งเป็นสถาปัตยกรรมสมัยใหม่ แม้ว่าปัจจุบันกระจกมีสมรรถนะเชิงแสงสูงขึ้น แต่กระจกยังคงทำให้เกิดแสงบาดตา ดังนั้นอุปกรณ์บังแดดแบบติดตั้งภายในอาคารจึงถูกนำมาใช้ เนื่องจากผู้อยู่อาศัยสามารถปรับมุมบิดของใบมู่ลี่เพื่อลดแสงบาดตาและควบคุมแสงสว่างธรรมชาติได้ตามต้องการ การใช้อุปกรณ์บังแดดยังช่วยลดความร้อนถ่ายโอนความร้อนเข้าสู่อาคารได้ [7] แต่อุปกรณ์บังแดดดังกล่าวมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ มู่ลี่ชนิดใบแนวนอน (Horizontal slats) และมู่ลี่ชนิดใบแนวตั้ง (Vertical slats) ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงแสงและนำเสนอลักษณะของมู่ลี่ที่เหมาะสมกับประเทศไทย รวมถึงประเมินผลประหยัดไฟฟ้าที่ใช้กับระบบแสงสว่างโดยใช้โปรแกรม Desktop Radiance 2.0

2. การดำเนินงานวิจัย

2.1 ข้อมูลของระบบที่ใช้จำลอง

-ห้องจำลองกว้าง 4 เมตร ยาว 8 เมตร สูง 3 เมตร

-ผนังและเพดานมีความสะท้อนแสงร้อยละ 64

-พื้นมีความสะท้อนแสงร้อยละ 37

-หน้าต่างกว้าง 3 เมตร สูง 1.5 เมตร อยู่บนผนังด้านทิศตะวันออก

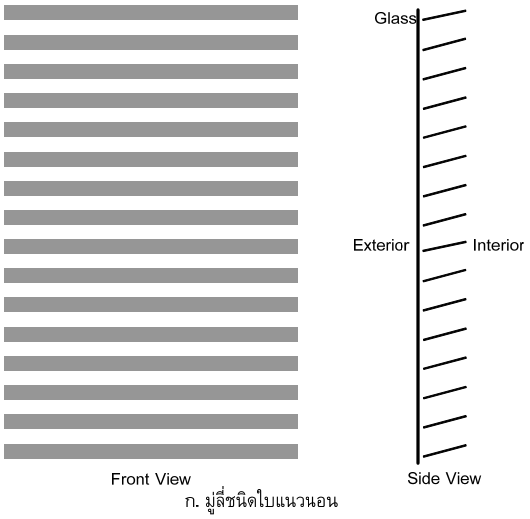
-กระจกหน้าต่างเป็นแบบใส หนา 5 มิลลิเมตร (Visible transmittance ร้อยละ 87 และ Visible reflectance ร้อยละ 7)

-ใบมู่ลี่กว้าง 25 มิลลิเมตร (ความสะท้อนแสงร้อยละ 47)

-ระยะห่างระหว่างใบมู่ลี่ 20 มิลลิเมตร

-ใช้ระดับความสว่างของแสงสว่างธรรมชาติจากฐานข้อมูลแสงสว่างธรรมชาติ [3] เป็นข้อมูลอ้างอิง

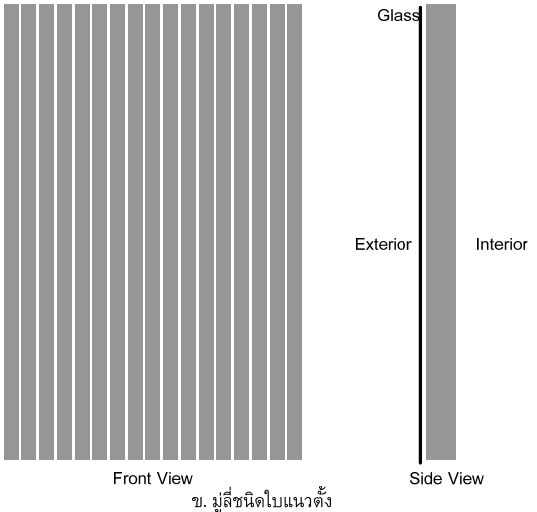
ระบบหน้าต่างกระจกติดตั้งมู่ลี่ 2 ชนิด ได้แก่ มู่ลี่ชนิดใบแนวนอนและมู่ลี่ชนิดใบแนวตั้งที่ใช้จำลองมีลักษณะดังรูปที่ 1



ก. มู่ลี่ชนิดใบแนวนอน

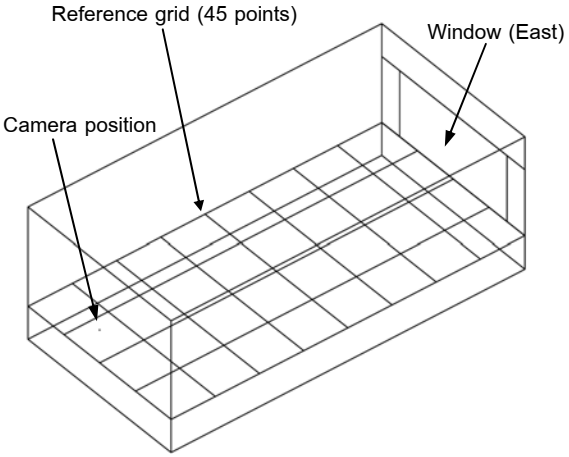
รูปที่ 1 ระบบหน้าต่างกระจกติดตั้งมู่ลี่

ตำแหน่งวิเคราะห์ความสว่างบนระนาบทำงานซึ่งสูงจากพื้น 0.75 เมตร มีจำนวน 45 จุด (Reference grid) และวิเคราะห์ความสว่างและแสงตรงจากดวงอาทิตย์ด้วยกล้อง (Camera) ซึ่งอยู่ในโปรแกรม Desktop Radiance 2.0 โดยหันหน้ากล้องเข้าหาหน้าต่าง ดังรูปที่ 2



ข. มู่ลี่ชนิดใบแนวตั้ง

รูปที่ 1 (ต่อ) ระบบหน้าต่างกระจกติดตั้งมู่ลี่



รูปที่ 2 ตำแหน่งวิเคราะห์แสงสว่างธรรมชาติในห้องจำลอง

2.2 เงื่อนไขสำหรับปรับมุมบิดของใบมู่ลี่

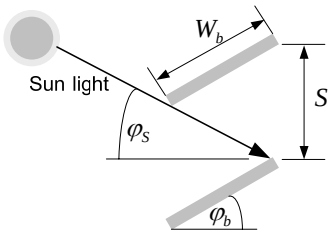
เงื่อนไขสำหรับปรับมุมบิดของใบมู่ลี่มี 3 ข้อ คือ (1) บังแสงตรงจากดวงอาทิตย์ได้ตั้งแต่เวลา 09:00 น. (2) ให้ความสว่างที่จุดกึ่งกลางห้องสูงที่สุด (3) ให้ Uniformity ที่สูง โดย Uniformity เป็นสัดส่วนของค่าความสว่างบนระนาบทำงานที่ต่ำที่สุดกับค่าความสว่างเฉลี่ยบนระนาบทำงาน [8] มู่ลี่ที่ศึกษาเป็นแบบมุมบิดคงที่ (Fixed slats) และศึกษาจำลองในวันอ้างอิง 6 วัน คือ วันที่ 21 มีนาคม (Vernal equinox), วันที่ 27 เมษายน (วันที่ดวงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นที่กรุงเทพมหานคร), วันที่ 21 มิถุนายน (Summer solstice), วันที่ 15 สิงหาคม (วันที่ดวงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นที่กรุงเทพมหานคร), วันที่ 21 กันยายน (Autumnal equinox) และวันที่ 21 ธันวาคม (Winter solstice)

2.3 การคำนวณหามุมบิดของใบมู่ลี่

การคำนวณหามุมบิดของใบมู่ลี่ (φ_b) ที่เหมาะสม ณ เวลาต่าง ๆ ในแต่ละวันต้องทราบค่ามุมแอซิมัท (Azimuth angle: γ_s) มุมโพรไฟล์ (Profile angle: φ_s) ความกว้างของใบมู่ลี่ (W_b) และระยะห่างระหว่างใบมู่ลี่ (S)

(1) สูตรคำนวณมุมบิดของใบมู่ลี่ชนิดใบแนวนอน [9]

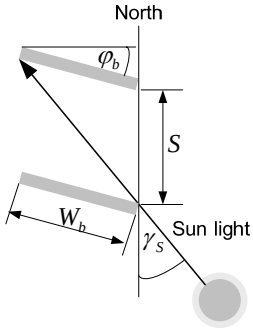
$$W_b = \frac{S}{\cos\varphi_b \tan\varphi_s + \sin\varphi_b} \quad (1)$$



รูปที่ 3 รูปด้านข้างแสดงมุมบิดของใบมู่ลี่ชนิดใบแนวนอน

(2) สูตรคำนวณมุมบิดของใบมู่ลี่ชนิดใบแนวตั้ง

$$W_b = \frac{S}{\left(\frac{\cos\varphi_b}{\tan\gamma_s} - \sin\varphi_b\right)} \quad (2)$$



รูปที่ 4 รูปด้านบนแสดงมุมบิดของใบมู่ลี่ชนิดใบแนวตั้ง

มุมบิดของใบมู่ลี่ทั้ง 2 ชนิดที่คำนวณด้วยสมการที่ (1) และ (2) สำหรับวันอ้างอิง 6 วัน แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 มุมบิดของใบมู่ลี่ที่คำนวณได้

Simulated date	Blind tile of Horizontal slat (degree)	Blind tile of Vertical slat (degree)
March 21	1.6	-63
April 27	-6.7	-59
June 21	-8.2	-68
August 15	-4.2	-59
September 21	-4.8	-64
December 21	5.8	-77

2.4 ขั้นตอนการปรับมุมบิดของใบมู่ลี่

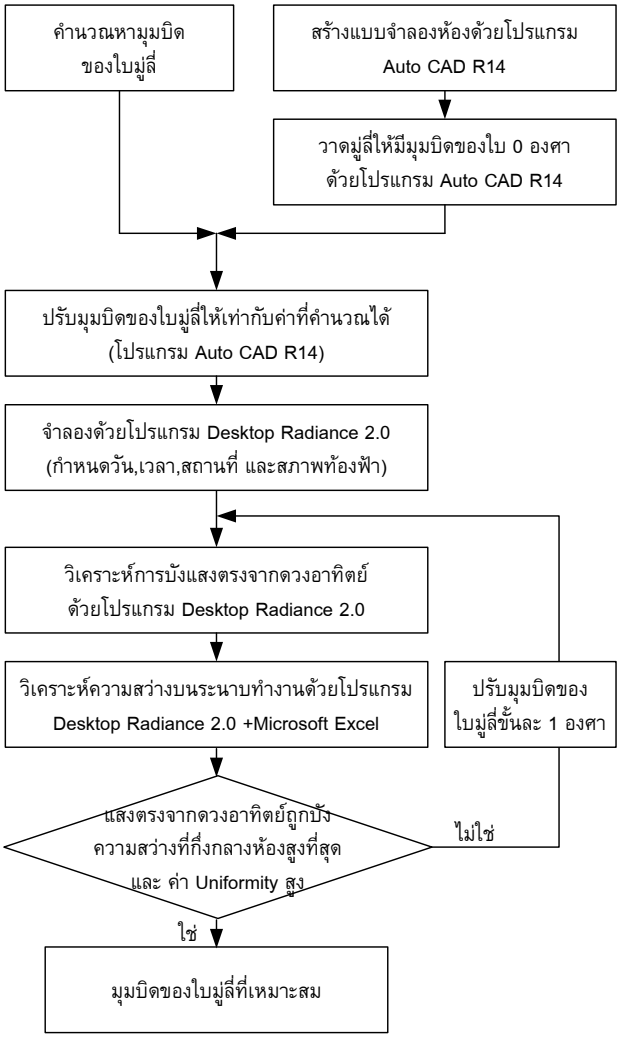
ขั้นตอนการปรับมุมบิดของใบมู่ลี่ตามเงื่อนไขทั้ง 3 ข้อมี 4 ขั้น คือ

(1) สร้างแบบจำลองห้องและมู่ลี่ ด้วยโปรแกรม AutoCAD R14 ซึ่งสามารถประมวลผลร่วมกับโปรแกรม Desktop Radiance 2.0

(2) คำนวณหามุมบิดของใบมู่ลี่

(3) จำลองและวิเคราะห์ผลการบังแสงตรงจากดวงอาทิตย์ของมู่ลี่ด้วยโปรแกรม Desktop Radiance 2.0 โดยใช้มุมบิดของใบมู่ลี่ที่คำนวณได้เป็นหลัก และปรับมุมบิดของใบมู่ลี่ขั้นละ 1 องศาจนกระทั่งได้ค่าที่เหมาะสมตามเงื่อนไขทั้ง 3 ข้อสำหรับวันที่ใช้อ้างอิง

(4) วิเคราะห์ความสว่างบนระนาบทำงานที่จุดกึ่งกลางห้อง และพิจารณา Uniformity โดยนำข้อมูลความสว่างบนระนาบทำงานจำนวน 45 จุดที่จำลองด้วยโปรแกรม Desktop Radiance 2.0 บันทึกลงโปรแกรม Microsoft Excel แล้วพล็อตกราฟ

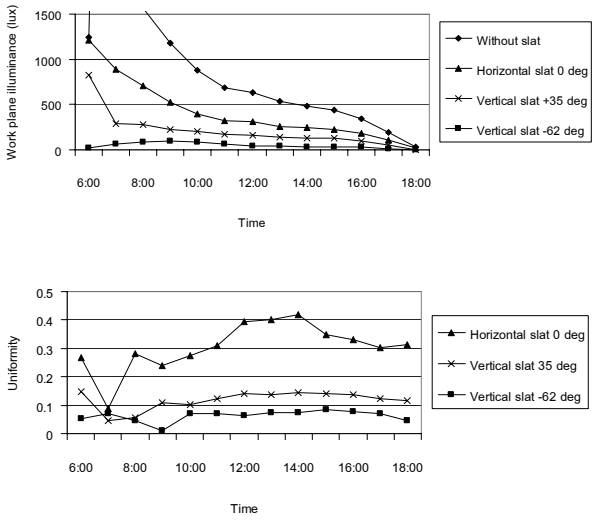


รูปที่ 5 ขั้นตอนปรับมุมบิดของใบมู่ลี่ในโปรแกรม

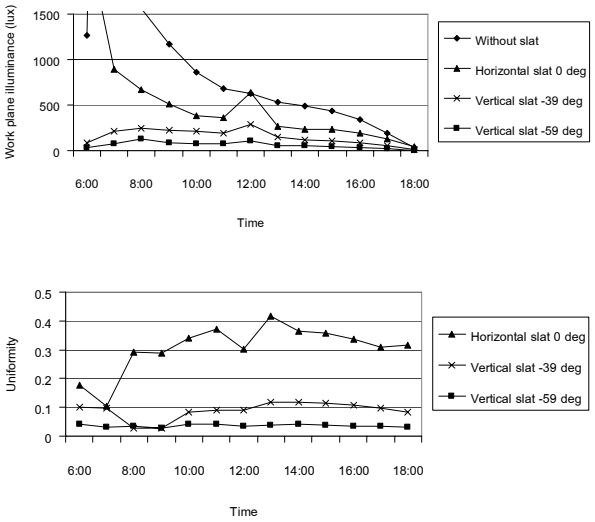
3. ผลการวิจัยและการอภิปราย

3.1 ผลการจำลองเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงแสง

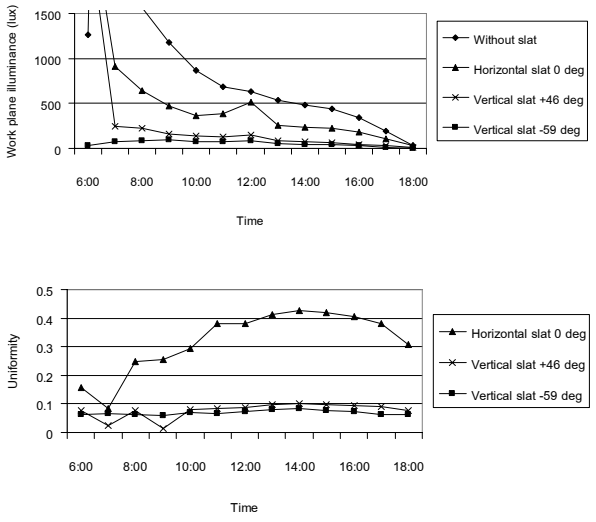
มุมบิดของใบมู่ลี่ที่เหมาะสมที่ใช้จำลองเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงแสงของมู่ลี่ชนิดใบแนวนอนกับใบแนวตั้งตามเงื่อนไข 3 ข้อ คือ (1) บังแสงตรงจากดวงอาทิตย์ได้ตั้งแต่เวลา 09:00 น. (2) ให้ความสว่างที่จุดกึ่งกลางห้องสูงที่สุด (3) ให้ Uniformity ที่สูง กำหนดให้มุมบิดของใบมู่ลี่ชนิดแนวนอนให้มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์องศา ($\varphi_b \geq 0°$) ส่วนมู่ลี่ชนิดใบแนวตั้ง กำหนดให้มีมุมบิดในช่วง -90 ถึง +90 องศา ($-90° \geq \varphi_b \geq 90°$) ผลการศึกษาจำลองพบว่าเมื่อปรับมุมบิดของใบมู่ลี่ทั้งสองชนิดตามค่าที่คำนวณได้จะสามารถบังแสงตรงดวงอาทิตย์ได้ แต่มู่ลี่ชนิดใบแนวนอนจะกระจายแสงให้ความสว่างบนระนาบทำงานที่จุดกึ่งกลางห้องสูงกว่ามู่ลี่ชนิดใบแนวตั้ง นอกจากนี้มู่ลี่ชนิดใบแนวนอนยังกระจายแสงให้มีความสม่ำเสมอ (Uniformity) สูงกว่า ดังรูปที่ 6 และกระจายแสงได้อย่างสมมาตร ดังรูปที่ 7 (ก)



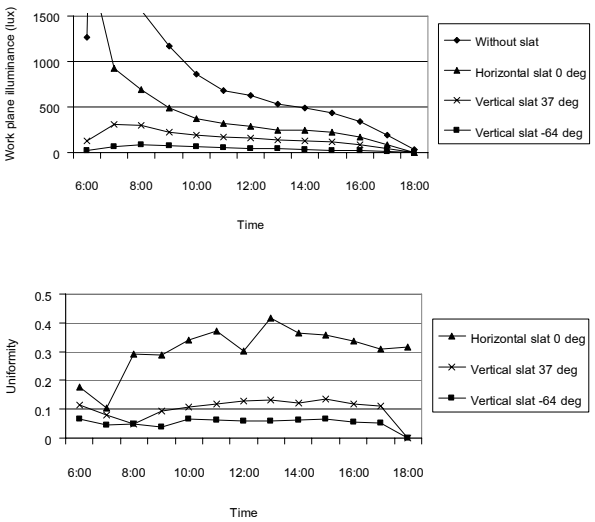
(ก) ผลการจำลองในวันที่ 21 มีนาคม



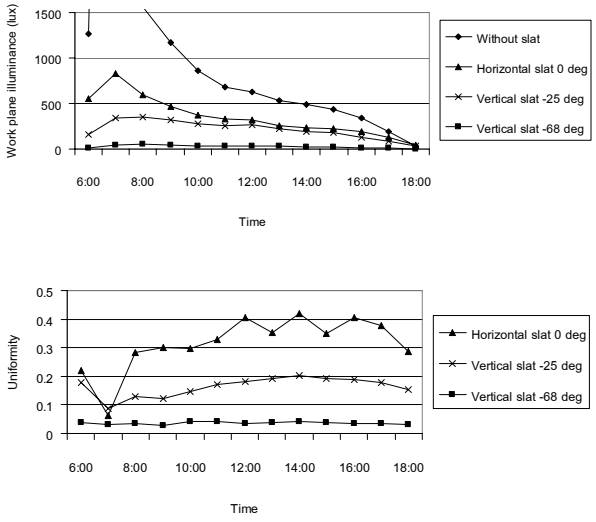
(ง) ผลการจำลองในวันที่ 15 สิงหาคม



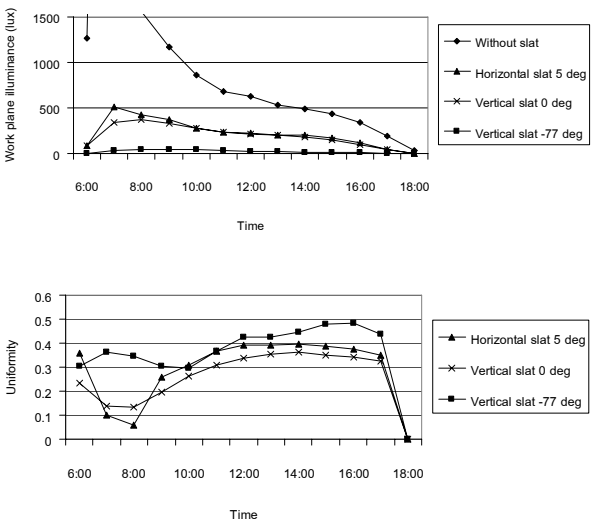
(ข) ผลการจำลองในวันที่ 27 เมษายน



(จ) ผลการจำลองในวันที่ 21 กันยายน



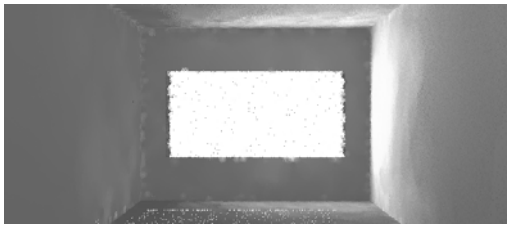
(ค) ผลการจำลองในวันที่ 21 มิถุนายน



(ฉ) ผลการจำลองในวันที่ 21 ธันวาคม

รูปที่ 6 ความสว่างบนระนาบทำงานที่จุดกึ่งกลางห้องและค่า Uniformity

(ก) การกระจายแสงของมู่ลี่ชนิดใบแนวนอนที่มีมุมบิด 0 องศา



(ข) การกระจายแสงของมู่ลี่ชนิดใบแนวตั้งที่มีมุมบิด 35 องศา

รูปที่ 7 การกระจายแสงในห้องในวันที่ 21 มีนาคม

เมื่อพิจารณาระดับความสว่างเฉลี่ยบนระนาบทำงาน และ Uniformity ณ เวลา 09:00 น. พบว่ามู่ลี่ชนิดใบแนวนอนจะให้ระดับความสว่างเฉลี่ยบนระนาบทำงานสูงกว่า 500 ลักซ์และ Uniformity อยู่ระหว่าง 0.24 ถึง 0.30 ซึ่งให้ความสว่างบนระนาบทำงานสม่ำเสมอกว่ามู่ลี่ชนิดใบแนวตั้งที่ให้ค่า Uniformity อยู่ระหว่าง 0.01 ถึง 0.20 ดังผลสรุปในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่า Uniformity ณ เวลา 09:00 น.

Simulated date	Horizontal slats			Vertical slats		
	Blind tile (degree)	E* (lux)	Unif**	Blind tile (degree)	E* (lux)	Unif**
March 21	0	820	0.24	35	624	0.11
April 27	0	755	0.26	46	2,719	0.01
June 21	0	721	0.30	-25	712	0.12
August 15	0	783	0.29	-39	1,736	0.03
September 21	0	765	0.28	37	565	0.09
December 21	5	597	0.26	0	811	0.20

* Average value of work plane illuminance

** Uniformity

มุมบิดของใบมู่ลี่ที่เหมาะสมตามเงื่อนไขสำหรับปรับมุมบิดทั้ง 3 ข้อ ซึ่งพิสูจน์ด้วย Desktop Radiance 2.0 แล้ว ได้ผลสรุปดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 มุมบิดของใบมู่ลี่ที่เหมาะสมตั้งแต่เวลา 09:00 น.

Simulated date	Blind tile of Horizontal slats (degree)	Blind tile of Vertical slats (degree)
March 21	0	35
April 27	0	46
June 21	0	-25
August 15	0	-39
September 21	0	37
December 21	5	0

การศึกษาด้วยโปรแกรม Desktop Radiance 2.0 พบว่าการใช้มู่ลี่ชนิดใบแนวนอนมีความเหมาะสมในการบังแสงสว่างธรรมชาติด้านทิศตะวันออก สูตรคำนวณหามุมบิดของใบมู่ลี่ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้สามารถใช้คำนวณมุมบิดบังแสงตรงจากดวงอาทิตย์สำหรับมู่ลี่ทั้งสองชนิดได้อย่างแม่นยำเมื่อเปรียบเทียบกับการจำลองด้วยโปรแกรม Desktop Radiance 2.0 แต่เมื่อเพิ่มเงื่อนไขข้อที่ (2) คือ มุมบิดของใบมู่ลี่ต้องให้ความสว่างที่จุดกึ่งกลางห้องสูงที่สุด พบว่าสูตรคำนวณมุมบิดของใบมู่ลี่ชนิดใบแนวนอนจะแม่นยำมากกว่าสูตรคำนวณมุมบิดของใบมู่ลี่ชนิดใบแนวตั้ง

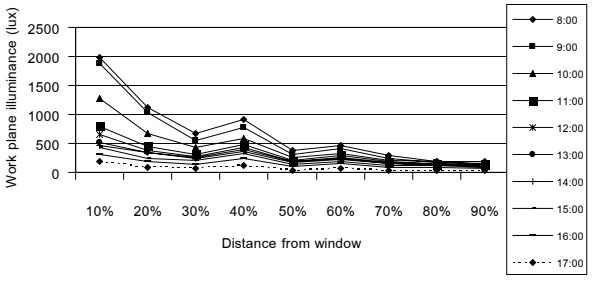
3.2 ผลการจำลองเพื่อประเมินผลประหยัดไฟฟ้า

จากข้อสรุปที่ได้จากการจำลองเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงแสงในหัวข้อ 3.1 การใช้มู่ลี่ชนิดใบแนวนอนมีความเหมาะสมในการบังแสงสว่างธรรมชาติด้านทิศตะวันออก ผู้วิจัยจึงเลือกมู่ลี่ชนิดใบแนวนอนสำหรับจำลองในวันที่ 15 ของทุก ๆ เดือนและประเมินผลประหยัดไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง คำนวณและปรับมุมบิดของใบมู่ลี่ให้มีค่าเหมาะสม กรณีมุมบิดของใบมู่ลี่ที่คำนวณได้แต่มีค่าน้อยกว่า 0 องศา ให้ปรับเป็น 0 องศา ดังตารางที่ 4 เนื่องจากมุมบิดของใบมู่ลี่ที่น้อยกว่า 0 องศา จะทำให้เกิดแสงสะท้อนบาดตาผู้อยู่อาศัย

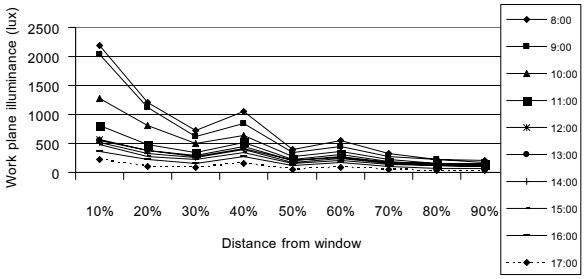
ตารางที่ 4 มุมบิดของใบมู่ลี่ชนิดใบแนวนอนที่เหมาะสมสำหรับบังแสงตั้งแต่เวลา 09:00 น.

Simulated date	Blind tile of Horizontal slats (degree)	
	Calculated value	Adaptable value
January 15	9	9
February 15	9	9
March 15	3	3
April 15	-4	0
May 15	-9	0
June 15	-9	0
July 15	-6	0
August 15	-4	0
September 15	-6	0
October 15	-6	0
November 15	-2	0
December 15	4	4

เมื่อจำลองด้วยโปรแกรม Desktop Radiance 2.0 จะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างบนระนาบทำงานในแนวกึ่งกลางหน้าต่างกับระยะลึกจากหน้าต่าง (Distance from window) ดังรูปที่ 8

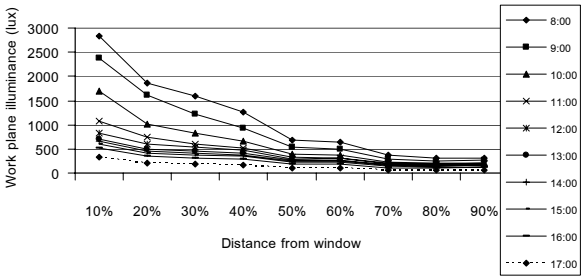


(ก) ผลการจำลองในวันที่ 15 มกราคม

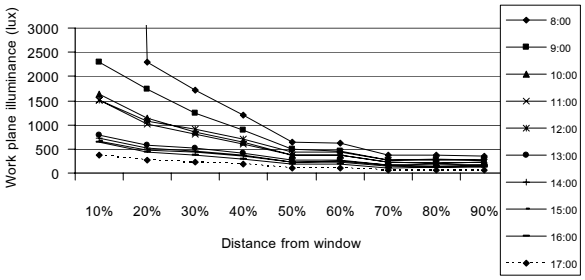


(ข) ผลการจำลองในวันที่ 15 กุมภาพันธ์

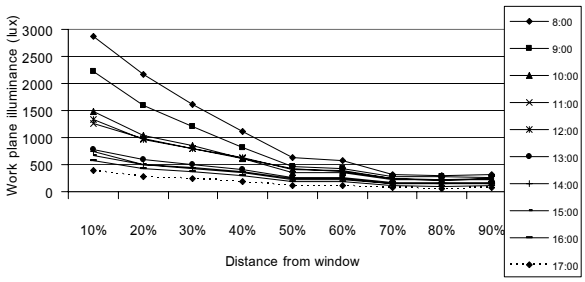
รูปที่ 8 ระดับความสว่างที่ระยะลึกจากหน้าต่าง



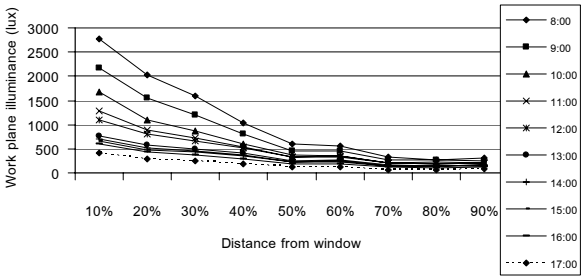
(ค) ผลการจำลองในวันที่ 15 มีนาคม



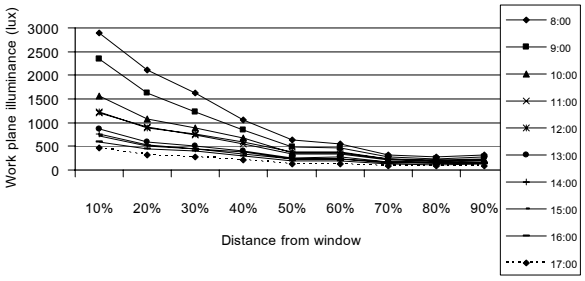
(ง) ผลการจำลองในวันที่ 15 เมษายน



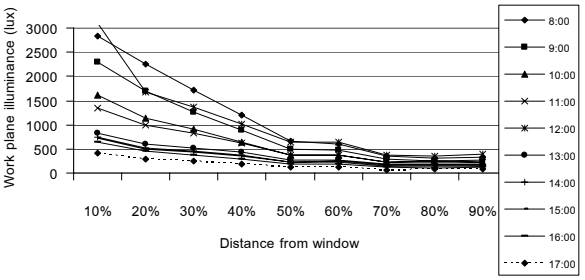
(จ) ผลการจำลองในวันที่ 15 พฤษภาคม



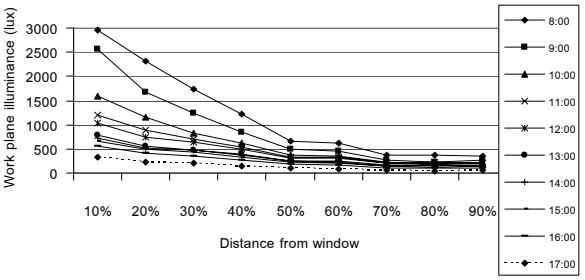
(ฉ) ผลการจำลองในวันที่ 15 มิถุนายน



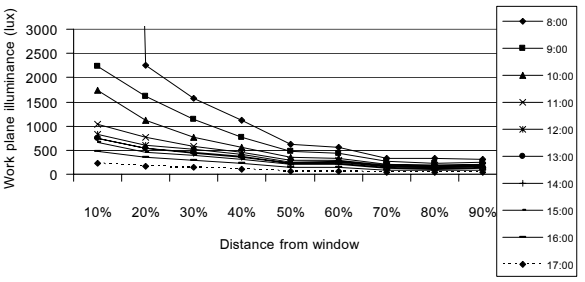
(ช) ผลการจำลองในวันที่ 15 กรกฎาคม



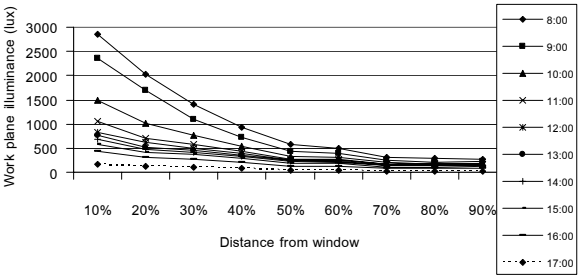
(ซ) ผลการจำลองในวันที่ 15 สิงหาคม



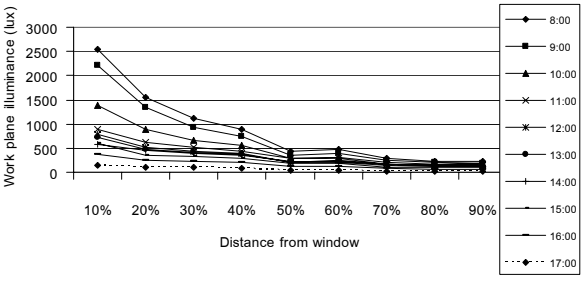
(ฌ) ผลการจำลองในวันที่ 15 กันยายน



(ญ) ผลการจำลองในวันที่ 15 ตุลาคม



(ฎ) ผลการจำลองในวันที่ 15 พฤศจิกายน

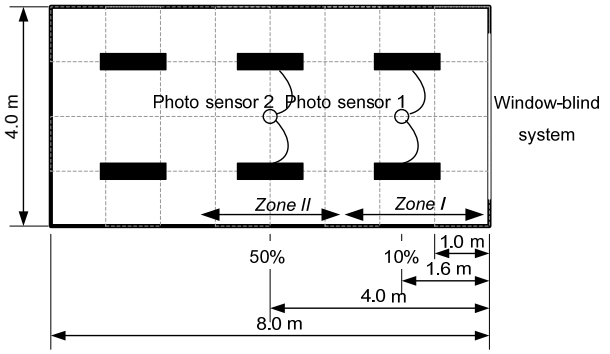


(ฏ) ผลการจำลองในวันที่ 15 ธันวาคม

รูปที่ 8 (ต่อ) ระดับความสว่างที่ระยะลึกจากหน้าต่าง

ถ้าห้องจำลองต้องการระดับความสว่าง 500 ลักซ์ สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของโคม (*CU*) 0.6 แฟกเตอร์การสูญเสียแสงสว่าง (*LLF*) 0.85 และพื้นที่ 32 ตารางเมตร เมื่อออกแบบระบบแสงสว่างด้วยวิธีลูเมนจะได้ฟลักซ์แสงสว่างที่ต้องการจากหลอดไฟฟ้า (ϕ_L) 31,372 ลูเมน ถ้าเลือกใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีฟลักซ์แสงสว่าง 3000 ลูเมน จึงต้องใช้หลอดไฟฟ้าจำนวน 12 หลอด โดยเลือกโคมไฟฟ้าชนิดที่มีหลอดไฟฟ้า 2 ชุดต่อโคม คิดเป็นกำลังไฟฟ้า 78 วัตต์ต่อโคม (2*(36W+3W)) หรือคิดเป็น 14.6 วัตต์ต่อตารางเมตร ดังนั้นจึงออกแบบให้มีโคมไฟฟ้า 6 โคมติดตั้งพร้อมอุปกรณ์วัดและควบคุมการทำงานของหลอดไฟฟ้า (Photo sensor) จำนวน 2 ชุด ที่ระยะ 1.6 เมตร

และ 4.0 เมตร ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ตำแหน่งโคมไฟฟ้าและอุปกรณ์ควบคุมระบบแสงสว่าง

วิธีประเมินผลประหยัดพิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างบนระนาบทำงานในแนวกึ่งกลางหน้าต่างกับระยะลึกจากหน้าต่าง (รูปที่ 8) มี 2 กรณี คือ (1) หลอดไฟฟ้าทำงานถ้าวัดระดับความสว่างบนระนาบทำงานได้น้อยกว่า 500 ลักซ์ (2) หลอดไฟฟ้าไม่ทำงานถ้าวัดระดับความสว่างได้สูงกว่า 500 ลักซ์ ซึ่งจะประหยัดไฟฟ้าได้ 156 วัตต์ เมื่อวิเคราะห์ระดับความสว่างที่ระยะจากหน้าต่างร้อยละ 10 และร้อยละ 50 พบว่ามู่ลี่ชนิดนี้ช่วยประหยัดไฟฟ้าร้อยละ 24 ต่อปี ซึ่งนำแสงสว่างธรรมชาติมาใช้ได้ในช่วงเวลา 08:00 ถึง 15:00 น. โดยประหยัดไฟฟ้าสูงสุดร้อยละ 33 ในช่วงเดือนมิถุนายนถึงกันยายน และประหยัดไฟฟ้าต่ำสุดร้อยละ 8 ในเดือนมกราคม ดังผลสรุปในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลประหยัดไฟฟ้า

Month	Saving		Elec. Lamps (per month)		Saving
	Time	Power (W)	Saving (W)	Power cons. (W)	(%)
Jan	08:00-09:00	312	9,672	116,064	8
Feb	08:00-11:00	468	13,104	104,832	13
Mar	08:00-12:00	780	24,180	116,064	21
Apr	08:00-12:00	780	23,400	112,320	21
May	08:00-13:00	936	29,016	116,064	25
Jun	08:00-15:00	1,248	37,440	112,320	33
Jul	08:00-15:00	1,248	38,688	116,064	33
Aug	08:00-15:00	1,248	38,688	116,064	33
Sep	08:00-15:00	1,248	37,440	112,320	33
Oct	08:00-14:00	1,092	33,852	116,064	29
Nov	08:00-14:00	936	28,080	112,320	25
Dec	08:00-12:00	624	19,344	116,064	17
Elec. Lamps (per year)			332,904	1,366,560	24

4. สรุป

การศึกษาสมรรถนะเชิงแสงของมู่ลี่ด้วยโปรแกรม Desktop Radiance 2.0 พบว่าการใช้มู่ลี่ชนิดใบแนวนอนมีความเหมาะสมในการบังแสงสว่างธรรมชาติด้านทิศตะวันออกหรือด้านทิศตะวันตก โดยมู่ลี่จะให้ความสว่างบนระนาบทำงานสูง ยังผลให้ใช้ประโยชน์จากแสงสว่างธรรมชาติได้สูงกว่ามู่ลี่ชนิดใบแนวตั้ง นอกจากนี้มู่ลี่ชนิดใบแนวนอนยังช่วยกระจายแสงภายในห้องให้มีความสม่ำเสมอ มีค่า Uniformity อยู่ระหว่าง 0.24 ถึง 0.30 ที่ระดับความสว่างเฉลี่ยบนระนาบทำงานสูงกว่า 500 ลักซ์ นอกจากนี้ระบบหน้าต่างกระจกติดตั้งมู่ลี่ชนิดใบแนวนอนแบบมุมบิดคงที่บนผนังด้านทิศตะวันออกจะช่วยประหยัดไฟฟ้าสำหรับระบบแสงสว่างได้ร้อยละ 24 ต่อปี

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ Marinsoft, Inc. และ Lawrence Berkley National Laboratory ที่เอื้อเฟื้อโปรแกรม Desktop Radiance 2.0

เอกสารอ้างอิง

1. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2551, **รายงานประจำปี 2551**.
2. สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2549, **สรุปสาระสำคัญ แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550-2554)** [ออนไลน์], แหล่งที่มา : www.ldd.go.th [31 พฤษภาคม 2552].
3. เสริม จันทร์ฉาย และคณะ, 2547, **แผนที่และฐานข้อมูลศักยภาพแสงสว่างธรรมชาติจากภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับประเทศไทย**, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน ร่วมกับ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. กรุงเทพมหานคร : จิรังรัชต์.
4. Tzempelikos, A., Ahtienitis, A. K. and Karava, P., 2007, “Simulation of Façade and Envelope Design Options for a New Institutional Building”, Solar Energy [Electronic], pp. 1088-1103, Available : Elsevier / Science Direct [2009, February 18].
5. Franzetti, C., Fraisse, G. and Achard, G., 2004, “Influence of The Coupling Between Daylight and Artificial Lighting on Thermal Loads in Office Buildings”, **Energy and Buildings** [Electronic], pp. 117-126, Available : Elsevier / Science Direct [2009, February 18].
6. Tzempelikos, A. and Ahtienitis, A. K., 2007, “The Impact of Shading Design and Control on Building Cooling and Lighting Demand”, **Solar Energy** [Electronic], pp. 369-382, Available : Elsevier / Science Direct [2009, February 18].
7. Shahid, H. and Haylor, D., 2005, “Energy Performance Assessment of a Window with a Horizontal Venetian Blind”, **Energy and Buildings** [Electronic], pp. 836-843, Available : Elsevier / Science Direct [2009, May 27].
8. Ho, H. C., Chiang, C. M., Chou, P. C., Chang, K. F., and Lee, C. Y., 2008,”Optimal sun-shading design for enhanced daylight illumination of subtropical classrooms”, **Energy and Buildings** [Electronic], pp. 1844-1855, Available : Elsevier / Science Direct [2010, Feb 15].
9. [US-DOE] U.S. Department of Energy, 2004. EnergyPlus Engineering Document: The Reference to EnergyPlus Calculations.