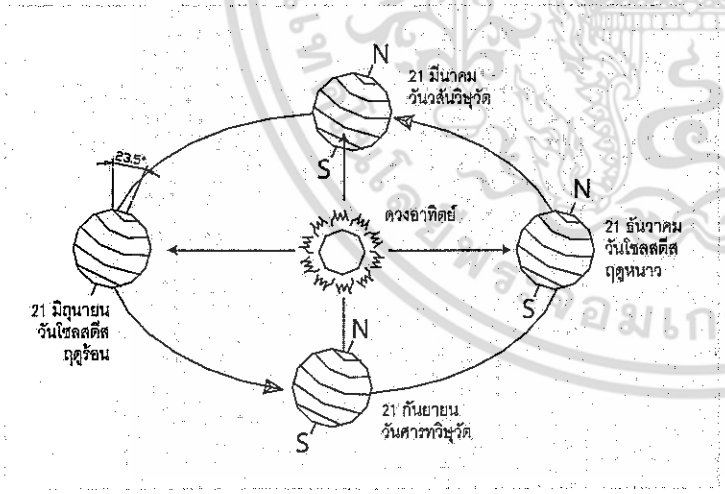
อ.ชัยยุทธ ศรีเผด็จ
ภาควิชาสถาปัตยกรรม

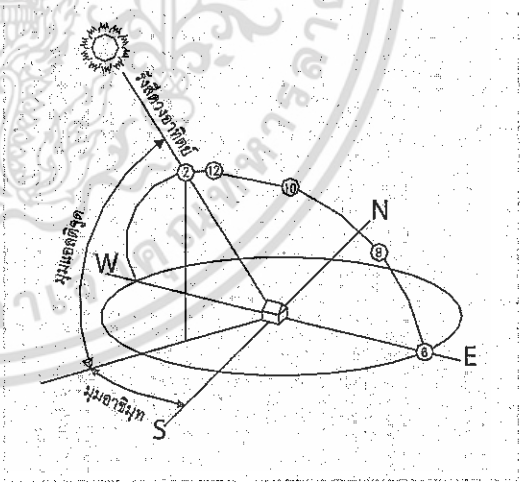
การออกแบบอุปกรณ์บังแดด

อุณหภูมิอากาศในเขตร้อนจะสูงตลอดทั้งวันและจะร้อนมากขึ้นเมื่อมีแสงแดดเข้ามาในช่วงเวลาใช้อาคาร บางวันฝนตกความชื้นในอากาศก็จะสูงขึ้นจะทำให้ร้อนอบอ้าว เป็นปัญหาของอาคารและผู้ออกแบบ การแก้ไขโดยการเปิดช่องเปิดโดยมีอุปกรณ์บังแดดที่มีการออกแบบให้เหมาะสม มีประสิทธิภาพในการป้องกันแดด ป้องกันฝน มีการระบายอากาศที่ดี มีความสวยงาม การลงทุนต่ำ ใช้ประโยชน์ได้เต็มที่

นักดาราศาสตร์ได้กำหนดวันสำคัญในการระบุตำแหน่งของโลกที่โคจรรอบดวงอาทิตย์และหมุนรอบตัวเองมีอยู่ 4 วัน คือตำแหน่งที่แกนหมุนของโลกมีผลต่อรังสีของอาทิตย์ที่ตกกระทบมากที่สุด เรียกว่า วันโซลสตีส (Solstice) มีอยู่ 2 วัน คือ วันที่ 21 มิถุนายน เรียกว่า วันโซลสตีสฤดูร้อน (Summer Solstice) และ วันที่ 21 ธันวาคม เรียกว่า วันโซลสตีสฤดูหนาว (Winter Solstice) ซึ่งทั้งสองวันนี้ขั้วโลกเหนือจะหันเข้าหาและออกจากดวงอาทิตย์ตามลำดับ และตำแหน่งที่แกนหมุนของโลกไม่มีผลต่อรังสีอาทิตย์ เรียกว่า วันวิษุวัต (Equinox) คือวันที่ 21 มีนาคม เรียกว่า วันวสันวิษุวัต (Spring หรือ Vernal Equinox) และวันที่ 21 กันยายน เรียกว่า วันศารทวิษุวัต (Fall หรือ Autumnal Equinox)



รูปที่ 1 การโคจรของโลก



รูปที่ 2 เส้นทางเดินดวงอาทิตย์

ผลของการโคจรและหมุนรอบตัวเองของโลก จะทำให้เกิดฤดูกาลต่าง ๆ ขั้วโลกเหนือและใต้จะมีฤดูกาลตรงกันข้ามตลอดทั้งปี และความยาวนานของช่วงกลางวันและกลางคืนจะไม่เท่ากัน ยกเว้นที่ตำแหน่งวันวิษุวัตทั้งสองจะมีเวลา 12 ชั่วโมงเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้สังเกตบนโลก ณ เส้นละติจูดต่าง ๆ ก็จะเห็นดวงอาทิตย์ต่างกันออกไปในเวลาเดียวกัน การหาตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ณ เวลาใด ๆ ก็สามารถระบุได้จากมุม 2 มุม คือ 1. มุมในแนวดิ่ง (Altitude หรือ Elevation Angle, ALT หรือ α) มีค่าอยู่ระหว่าง 0 และสูงสุดที่ 90° เมื่อผ่านจุดสูงสุดที่ระนาบเมอร์ริเดียน (Meridian) เรียกว่าเที่ยงสุริยะ (Solar Noon) 2. มุมในแนวระนาบ (Solar Azimuth Angle, AZI หรือ γ_s) เป็นมุมระนาบกระทำกับทิศใต้ มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 90° ทางทิศตะวันออกมีค่าเป็นลบ มุมทั้งสองสามารถคำนวณค่าได้โดยสมการคือ

$$\text{Altitude Angle, ALT} = \arcsin [\cos \varnothing \cos (DEL) \cos \omega + \sin \varnothing \sin(DEL)]$$

$$\text{Solar Azimuth, AZI}_s = \arcsin [(\cos(DEL) \sin \omega)/\cos (ALT)]$$

เมื่อ $\varnothing$ คือ Latitude Angle ซีกโลกเหนือเป็นบวก ซีกโลกใต้เป็นลบ

DEL คือ Delination Angle $= 23.45 \sin [360 (284+n)+355)/365]$ เมื่อ n = Julian Day

ω คือ มุมชั่วโมง (Hour Angle) $= 15$(Solar Time - 12)

ตัวอย่าง : หาตำแหน่งดวงอาทิตย์ที่กรุงเทพฯ ($\varnothing$ = 14° N) ของวันที่ 21 ธันวาคม (n=355) เวลาสุริยะ (Solar Time) = 10:13 น.

แทนค่าในสมการ DEL $= 23.45\sin [360 (284 + 355)/365] = -23.5°$

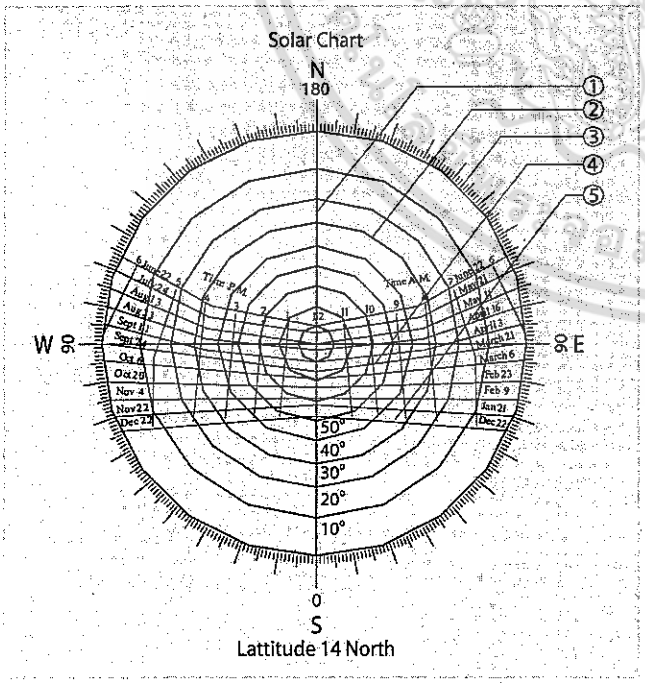
$\omega = 15(10.22 - 12.00) = -26.5°$ (ก่อนเที่ยงมีค่าเป็นลบ)

ดังนั้น ALT $= \arcsin [\cos (14)\cos(-23.5)\cos(-26.5) + \sin(14)\sin(-23.5)] = 44.5°$

$\text{AZI}_s = \arcsin[\cos(-23.5)\sin(-26.5)/\cos(44.5)]$

$= -35°$ (กระทำกับทิศใต้ทางตะวันออก)

จากความสัมพันธ์ทางตรีโกณมิติของ 2 สมการข้างต้น สามารถคำนวณค่าหลาย ๆ ค่าตลอดทั้งปีของผู้สังเกตตำแหน่งนั้น ๆ แล้วโปรเจกตำแหน่งดวงอาทิตย์ลงในระนาบ รูปที่ 3 ก็จะได้เป็นแผนภาพเส้นทางเดินดวงอาทิตย์ (Solar Chart หรือ Sun Path Diagram :SPD) ดังมีรายละเอียดคือ



ประกอบด้วย :

1. เส้นระนาบเมอร์ริเดียน
2. เส้นมุมในแนวดิ่ง
3. เส้นมุมในแนวระนาบ
4. เส้นเวลาสุริยะ
5. เส้นทางเดินดวงอาทิตย์

รูปที่ 3 แผนภาพเส้นทางเดินดวงอาทิตย์ ณ กรุงเทพ. ละติจูด 14° N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้แผนภาพนี้คือ นำมาวางบนผังบริเวณที่มีละติจูดตรงกันหรือต่างกันแต่ไม่ควรเกิน 2° ให้มีทิศทางที่ถูกต้อง เราก็จะทราบลักษณะเส้นทางดวงอาทิตย์ในทิศทางต่าง ๆ กันได้ และรู้ตำแหน่งดวงอาทิตย์ในแนวดิ่งและแนวระนาบ และกระทำกับผนังแต่ละด้านที่เวลานั้นได้

การวางทิศทางของอาคารเพื่อรับลมและลดปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคารให้น้อยที่สุด มีผลต่อรูปแบบของอาคาร การเปิดช่องเปิดขนาดต่าง ๆ การเลือกชนิด ขนาดของอุปกรณ์บังแดดให้กับช่องเปิดที่เหมาะสม ปัญหาอย่างหนึ่ง คือ เวลาที่ใช้ในการออกแบบที่จะป้องกันแดดในแต่ละที่ตั้ง ซึ่งเวลาในแผนภาพเส้นทางเดินดวงอาทิตย์มีค่าเป็นเวลาสุริยะ ในแต่ละบริเวณจะอ่านค่าเวลาเป็นเวลาท้องถิ่น (Local Time) ดังนั้นการเปลี่ยนเวลาท้องถิ่นให้เป็นเวลาสุริยะ มีสมการคือ

$$\text{Solar Time} = \text{Local Time} - 4\,(L_{ST} - L_{LOC}) + E$$

เมื่อ L_{ST} คือ Standard Longitude Angle (ประเทศไทยใช้ 105°E)

L_{LOC} คือ Local Longitude Angle ; (เมื่อ L_{LOC} น้อยกว่า L_{ST})

E คือ Equation of Time $= 9.87\sin(2B) - 7.53\cos(B) - 1.50\sin(B)$

โดย $B = 360(n-81)/364$ และ n = Julian Day (จำนวนวันที่ใน 1 ปี เริ่มจาก 1 มกราคม ถึง 31 ธันวาคม)

เทอม $4(L_{ST} - L_{LOC})$ และ E มีหน่วยเป็น นาที

ตัวอย่าง : ที่กรุงเทพฯ $L_{LOC} = 100.5°E$ วันที่ 21 ธันวาคม (n = 355) เวลาท้องถิ่น (Local Time) 10:30 น.

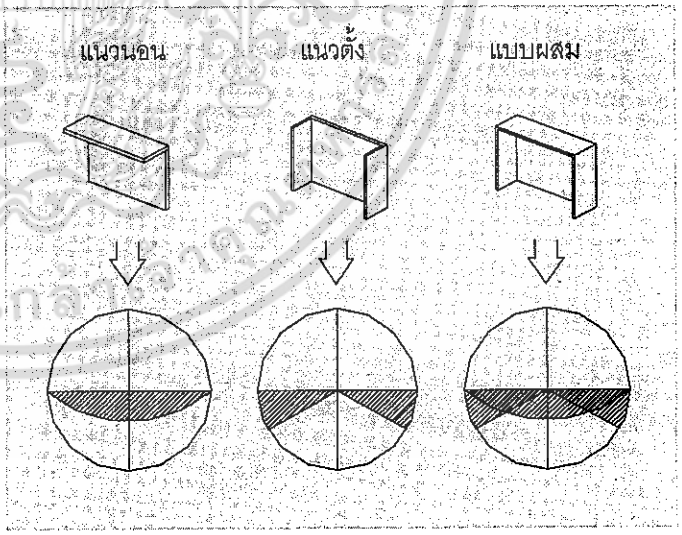
มีค่า Solar Time $= 10{:}30 - 4(105 - 100.5) + E$

แทนค่า $B = 360(355-81)/364 = 271$, $E = 9.87\sin(2(271)) - 7.53\cos(271) - 1.50\sin(271) = 1.0$

ได้ Solar Time $= 10{:}30 - 18 + 1.0 = 10{:}13$ น. (10 นาฬิกา 13 นาที) ที่ต่างกัน 17 นาที

ประเภทของอุปกรณ์บังแดดพื้นฐาน มีอยู่ 3 แบบ คือ

1. อุปกรณ์บังแดดแนวนอน (Horizontal Overhange)
2. อุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง (Vertical Fin)
3. อุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Overhange with Fin)



รูปที่ 4 อุปกรณ์บังแดดพื้นฐานแบบต่าง ๆ และภาพเงา (Shading Mask)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาทิศทางต่าง ๆ ของผนังโดยการนำแผ่นใสของแผ่นภาพเส้นทางเดินดวงอาทิตย์ วางลงบนบริเวณผังอาคารโดยมีทิศที่ถูกต้อง ก็จะทราบว่าผนังด้านนั้นจะโดนแดดเป็นอย่างไรบ้าง

การจะหาขนาดของอุปกรณ์บังแดดก็ต้องทราบถึงตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในเวลาที่จะป้องกันแดด จากความสัมพันธ์ของตำแหน่งดวงอาทิตย์กับผนังอาคาร การจะหาขนาดของอุปกรณ์บังแดดได้ก็ต้องทราบค่ามุม 2 มุมก่อนคือ

1. มุมที่ทำให้เกิดร่มเงาในแนวดิ่ง (Vertical Shadow Angle;VSA หรือ Profile Angle) หาขนาดของอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน
2. มุมที่ทำให้เกิดร่มเงาในแนวนอน (Horizontal Shadow Angle;HSA หรือ Bearing Angle) เพื่อหาขนาดของอุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง

ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการคือ

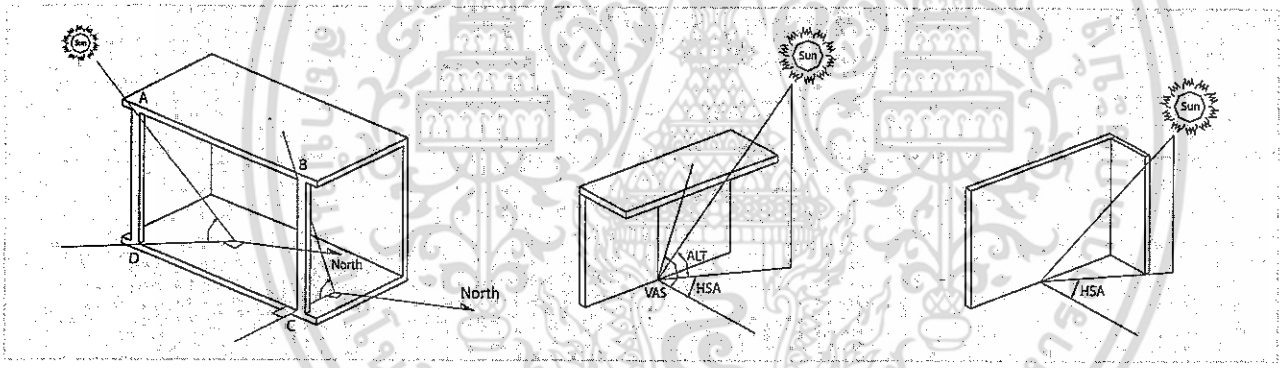
VSA = arctan [tan(ALT)/cos(HSA)]

โดยที่ HSA = $AZI_s - AZI_w$ (เมื่อ AZI_w = Wall Azimuth Angle)

= ผลต่างของทิศผนังอาคารกับทิศของดวงอาทิตย์ในแนวระนาบ มีค่าเป็นบวกเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ทางขวามือ

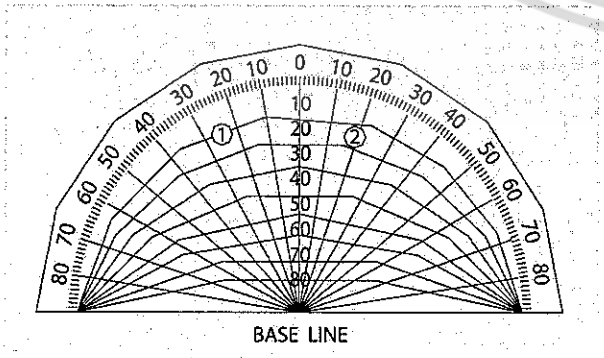
ตัวอย่าง : วันที่ 21 ธันวาคม เวลาระบบสุริยะ 10:14 น. ผนังทิศตะวันออกเฉียงใต้ได้มุม

VSA = arctan[tan(44.5)/cos(10)] = 45^o โดย HSA = -35-(-45) = 10^o (ทางขวามือของผู้สังเกต)



รูปที่ 5 มุมของแดดกับผนังอาคาร

จากความสัมพันธ์ทางตรีโกณมิติดังกล่าวข้างต้น สามารถเขียนออกมาเป็นแผนภาพมุมที่ทำให้เกิดเงา (Shadow Angle Protector; SAP) ได้คือ



ประกอบด้วย :

1. คือ เส้น VSA
2. คือ เส้น HSA
3. คือ แนวผนัง (Base Line)

รูปที่ 6 แผนภาพ Shadow Angle Protector; SAP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

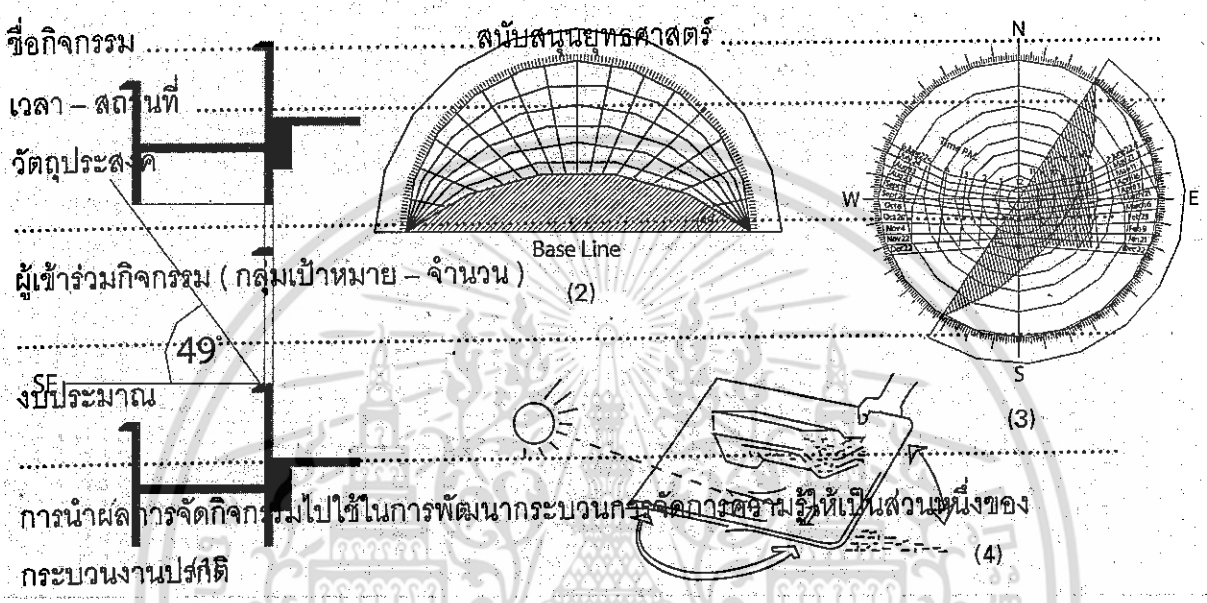
นำแผ่นใสของ SAP มาวางบนแผนภาพ SPD ที่มีรัศมีเท่ากัน ซึ่งแผนภาพ SAP นี้สามารถใช้ได้กับทุกสถานที่ เราก็สามารถกำหนดมุม VSA และ HSA ได้จากเส้นทางเดินดวงอาทิตย์ในวันและเวลาต่าง ๆ กันได้ ก็จะเป็นการหาขนาดมุม VSA และ HSA เพื่อใช้ในการหาขนาดส่วนยื่นของอุปกรณ์บังแดดใหม่หรือการทดสอบอุปกรณ์บังแดดเก่าที่มีอยู่เดิมได้ตลอดทั้งปี โดยระบุบริเวณเกิดการบังแดดจากอุปกรณ์บังแดดเป็นภาพแรเงา (Shading Mask) เส้น VSA ในหน้าต่างบังแดดแนวนอน และเส้น HSA จากอุปกรณ์บังแดดแนวตั้งด้านซ้ายมือและขวามือ

ภาคผนวก

ก แผนการจัดการความรู้ประกอบประมาณปัจจุบันและปีถัดไป

ข รายละเอียดกิจกรรม (แยกรายละเอียดแต่ละกิจกรรม)

ตัวอย่างวิธีการออกแบบ



รูปที่ 7. แนวทางการออกแบบอุปกรณ์บังแดดแนวนอน

การทดสอบอุปกรณ์บังแดดแนวนอน VSA = 49° (1) โดยกำหนดภาพแรเงา (Shading Mask) บนแผ่นใส SAP ที่เส้น 49° (2) แล้วนำไปวางบนแผนภาพ SPD (3) ก็สามารถทราบผลการป้องกันแดดตลอดปีได้ คือเริ่มป้องกันแดดเวลาประมาณ 7:40 น. ของเดือนมิถุนายน และ 9:00 น. ของต้นเดือนเมษายน และเวลาช้าที่สุด 10:00 น. ในเดือนธันวาคม ซึ่งจะเห็นว่าช่วงเวลาที่ต้องการป้องกันแดดในฤดูร้อนนั้นไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์บังแดดด้านข้าง การทดสอบโดยการทำหุ่นจำลอง (Model Test) ประกอบกับโต๊ะนาฬิกาแดด (4) เพื่อให้เห็นจริง

การออกแบบอุปกรณ์ที่นำเสนอนี้เพื่อเป็นหลักการที่ควรเข้าใจแล้วนำไปใช้ได้ ซึ่งต้องมีข้อมูลอื่น ๆ ประกอบ เช่น การใช้พื้นที่ต่าง ๆ เวลาใช้งานและเริ่มกันแดดโดยหลักการคำนวณค่าประกอบกับการใช้แผนภาพต่าง ๆ ดังตัวอย่างที่ได้แสดงมาแล้วข้างต้น นอกจากนี้สามารถทำการทดสอบโดยการทำหุ่นจำลอง (Model Test) และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งโดยวิธีนี้จะทำให้ได้อุปกรณ์บังแดดที่มีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. Norbert Lehner, "HEATING,COOLING,LIGHTING, Design Methods for Architects", John Wiley & Son INC., 2Edition, 2000
2. Peter J.Lund ,"SOLAR THERMAL ENGINEERING", Space Heating and Hot Water Systems, John Wiley & Sons
3. Steven V. Szokolay, "DESIGN TOOLS AND TECHNIQUES : SOLAR GEOMETRY", Department of Architecture, The University of Queensland, Australia ,1996

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้