

# การวิเคราะห์พื้นที่เกิดเงาบนหน้าต่างของอุปกรณ์บังแดดโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ร่วมกับแบบจำลอง

## The Analysis of Shade Area from Shading devices Profiled on Windows by Computer Program and Simulation Models

นภาพ แยมไตรพัฒน์

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร กรุงเทพฯ 10530

โทร 0-29883655 ต่อ 241 โทรสาร 0-29883655 ต่อ 241 E-mail: [nuparby@yahoo.com](mailto:nuparby@yahoo.com)

Nuparb Yamtraipat

Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Mahanakorn University of Technology, Bangkok 10530

Tel: 0-29883655 ext. 241 Fax: 0-29883655 ext. 241 E-mail: [nuparby@yahoo.com](mailto:nuparby@yahoo.com)

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการหาพิกัดเงาและพื้นที่การเกิดเงาบนหน้าต่างอาคารจากการใช้อุปกรณ์บังแดดชนิดผสม ด้วยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณ และเปรียบเทียบผลที่ได้กับแบบจำลองที่ทดสอบจริง โดยในการทดลองจะใช้อุปกรณ์บังแดดขนาดย่อส่วน จำลองสภาพการเกิดเงาบนหน้าต่างของอาคารภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ด้านทิศตะวันตก ในช่วงเวลาต่างๆกัน ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์และผลการทดลองจริงแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำโปรแกรมไปใช้ทำนาย พื้นที่การเกิดเงาบนหน้าต่างในช่วงเวลาต่างๆในรอบปีได้ เพื่อการออกแบบอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสม **คำสำคัญ:** พื้นที่เกิดเงา/อุปกรณ์บังแดด/โปรแกรมคอมพิวเตอร์

### Abstract

This paper presents the investigation of coordinates and shading area profiled on window's building from the egg crate shading device type by using computer program to calculate. The results were compared with the simulation models in the experiment. The shading device model was conducted to simulate the shading on a window which on a south-west side as of ME building at Mahanakorn University of Technology in various times. The compared results showed that a little different. The benefit of this research can be conducting the program to predict the shading area profiled on windows in various times of a year and to design the optimum shading devices.

**Keyword;** Shading area/Shading device/Computer program

### 1. บทนำ

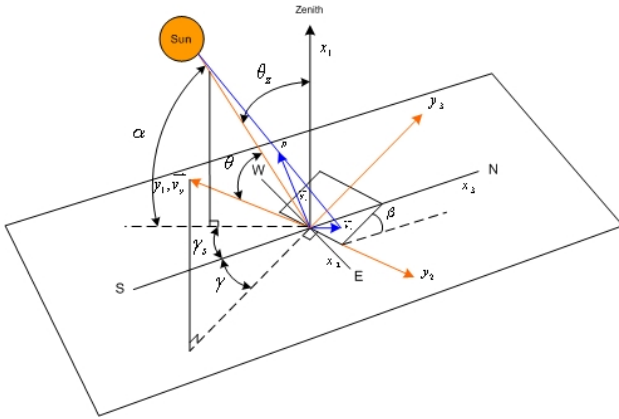
ปัจจุบันแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากรายงานประจำปีของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและ

อนุรักษ์พลังงาน [1] พบว่าภาคอุตสาหกรรมใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดคิดเป็น 43% ของทั้งหมด รองลงมาคือภาคธุรกิจ คิดเป็น 33% ซึ่งในภาคธุรกิจนี้ เป็นกลุ่มของอาคารสำนักงานโดยส่วนใหญ่ มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบปรับอากาศประมาณ 60%, ระบบแสงสว่าง 21% และอื่นๆ 19% [2] จากตัวเลขสัดส่วนนี้ทำให้มีความพยายามที่จะหาวิธีการใช้พลังงานในส่วนหนึ่งของระบบปรับอากาศในรูปแบบต่างๆ องค์ประกอบที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศนั้นมาจาก 2 ส่วนหลักคือ องค์ประกอบภายในได้แก่ ภาวะความร้อนจากคน อุปกรณ์สิ่งของต่างๆ และองค์ประกอบจากภายนอกคือ ภาวะความร้อนจากปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบอาคาร และอุณหภูมิแวดล้อม สำหรับพลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์จะผ่านเข้ามาทางกรอบอาคาร (Building envelop) ได้แก่ส่วนของ หน้าต่าง ผนัง และหลังคา วิธีการลดปริมาณรังสีตรงดวงอาทิตย์ที่เข้ามาทางหน้าต่างทำได้ โดยใช้ อุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมกับอาคาร ซึ่งในการออกแบบจำเป็นต้องทราบตำแหน่งดวงอาทิตย์ที่สัมพันธ์กับทิศทางของด้านอาคารที่พิจารณา เพราะการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์แต่ละเวลานั้นมีผลทำให้ ตำแหน่งเงามีการเปลี่ยนแปลง

ในงานวิจัยนี้ต้องการศึกษา พิกัดเงา และพื้นที่เกิดเงาของอุปกรณ์บังแดดแบบผสมระหว่างแนวตั้งกับแนวนอน (Egg crate) ที่จะเกิดขึ้นบนหน้าต่างผนังอาคารภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร จังหวัดกรุงเทพฯ ในช่วงเวลาต่างๆ ด้วยการ ใช้แบบจำลอง ผนังด้านที่พิจารณาหันด้านตะวันตกเฉียงเหนือและเป็น ส่วนห้องทำงานที่ใช้เครื่องปรับอากาศ การออกแบบอุปกรณ์บังแดดนี้ เริ่มต้นจากการใช้ข้อมูลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และสมการคำนวณการบังแดด [3,4] จากนั้นนำไปเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประมวลผล สุดท้ายคือการเปรียบเทียบผลจากโปรแกรมกับผลการทดลองจริงของแบบจำลองย่อส่วน เพื่อตรวจสอบความคลาดเคลื่อน และข้อบกพร่องสำหรับเป็นแนวทางปรับปรุงต่อไป งานวิจัยที่ผ่านมา โดย วี สุวนาคกุล [5] ก็ได้ทำลักษณะเดียวกัน แต่เป็นการศึกษาเฉพาะอุปกรณ์บังแดดชนิดแนวนอนโดยใช้โปรแกรม Visual Basic

## 2. ทฤษฎี

การพิจารณาค่าตำแหน่งเงาบนระนาบใดๆ ของจุด P ตามรูปที่ 1 นั้น จะวิเคราะห์แบบเวกเตอร์บนระนาบ  $x$  และ  $y$  โดยมีสมการที่เกี่ยวข้องดังนี้



รูปที่ 1 เวกเตอร์ในการคำนวณเงา

พิจารณานบน  $x$  - Coordinate

$$\vec{V}_s = \begin{bmatrix} \sin \alpha \\ -\cos \alpha \sin \gamma_s \\ -\cos \alpha \cos \gamma_s \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\vec{V}_y = \begin{bmatrix} \cos \beta \\ -\sin \beta \sin \gamma \\ -\sin \beta \cos \gamma \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\vec{V}_y \cdot \vec{V}_s = \cos \theta \quad (3)$$

- สมการแปลงเวกเตอร์จาก  $x$  เป็น  $y$  - coordinate

$$\bar{y} = A_{xy} \bar{X} \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \beta & -\sin \gamma \sin \beta & -\cos \gamma \sin \beta \\ 0 & \cos \gamma & -\sin \gamma \\ \sin \beta & \sin \gamma \cos \beta & \cos \gamma \cos \beta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} \quad (5)$$

โดยที่  $A_{xy}$  Transform vector

- $\theta$  : มุมตกกระทบ
- $\beta$  : มุม tilt angle
- $\gamma$  : มุม plane azimuth
- $\gamma_s$  : มุม solar azimuth

$\alpha$  : มุม Altitude

- การหามุม Solar azimuth

$$\sin \gamma_s = \frac{\cos \delta \sin \omega}{\cos \phi} \quad (6)$$

- การหามุม Altitude

$$\sin \alpha = \cos \phi \cos \delta \cos \omega + \sin \phi \sin \delta \quad (7)$$

เมื่อ

$\phi$  : มุมเส้นรุ้ง (กรุงเทพฯ = + 13.7°)

$$\delta : \text{มุม declination} = 23.45 \sin \left[ 360 \left( \frac{284 + n}{365} \right) \right] \quad (8)$$

$$\omega : \text{hour angle} = 15 (\text{Solar time} - \text{Solar noon}) \quad (9)$$

- จากสมการมุมชั่วโมง ต้องแปลงเวลามาตรฐานท้องถิ่นที่กำหนดให้เป็น Solar time

$$\text{Solar time} = \text{Standard time} + 4(L_{st} - L_{loc}) + E \quad (10)$$

โดยที่

Standard time = เวลาตามมาตรฐานท้องถิ่น (ประเทศไทย)

$$E = 9.87 \sin 2B - 7.53 \cos B - 1.5 \sin B \quad (11)$$

$$B = \frac{360(n-81)}{365} \quad (12)$$

$L_{st} = -105.0^\circ$  (เส้นแวงอุบล)

$L_{loc} = -100.5^\circ$  (เส้นแวงกรุงเทพฯ)

- การคำนวณพิกัดของเงาบนระนาบใดๆ

$$\bar{y}_s = \bar{y}_p - \left[ \frac{\bar{y}_p \cdot \vec{v}_y}{\vec{v}_s \cdot \vec{v}_y} \right] \cdot \vec{v}_s \quad (13)$$

เมื่อ

$\bar{y}_s$  = เวกเตอร์ของจุดเกิดเงาบนระนาบเอียง

$\bar{y}_p$  = เวกเตอร์ของจุดที่ทำให้เกิดเงา

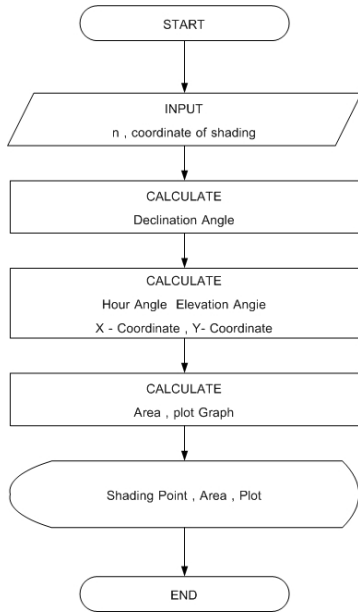
$\vec{v}_s$  = เวกเตอร์หนึ่งหน่วยแสดงตำแหน่งดวงอาทิตย์

$\vec{v}_y$  = เวกเตอร์หนึ่งหน่วยของระนาบ  $y$

## 3. วิธีการทดลอง

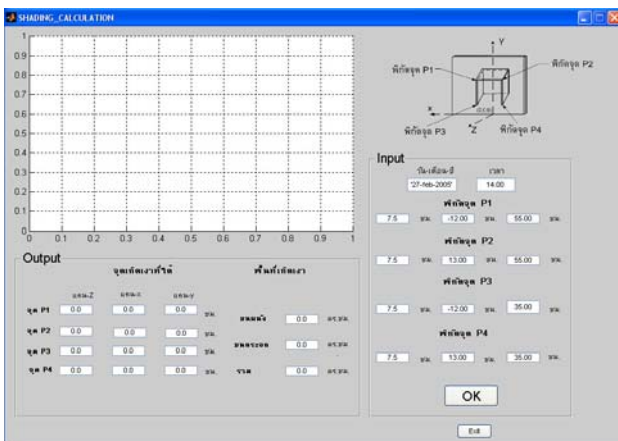
การเขียน Source code จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และสมการคำนวณงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม MATLAB สำหรับประมวลผล โดยสามารถแสดงผลลัพธ์ของพิกัดเงา จุดต่างๆ การคำนวณพื้นที่เงารวมบนผนังและพื้นที่เงาเฉพาะส่วนหน้าต่าง จากนั้นพล็อตกราฟออกมา

โดยผังการทำงาน (Flow chart) แสดงดังรูป 2 ส่วนรูปที่ 3 เป็นหน้าต่างของโปรแกรมที่ใช้งานจริง



รูปที่ 2 Flow chart การทำงานของโปรแกรม

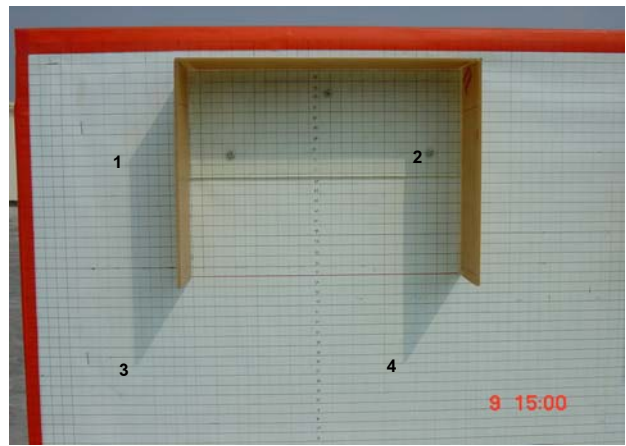
ในส่วนการทดลองจากแบบจำลอง ได้สร้างแบบจำลองหน้าต่าง ย่อส่วนขนาด กว้าง 25 cm x สูง 20 cm (มาตราส่วน 1:10) และอุปกรณ์บังแดดย่อส่วนทำจากพลาสติก โดยให้มีระยะยื่น 7.5 cm ติดตั้งบนแผงไม้ที่สมมติเป็นผนังอาคาร (อัตราส่วนพื้นที่บังแดดต่อพื้นที่หน้าต่างคือ 1:1) การทดลองจะนำแผงนี้วางตากแดดในช่วงบ่าย โดยหันหน้าไปทางเดียวกับอาคารด้านทิศตะวันตก ( $\gamma=92^\circ$ ) ในการทดลองจะสุ่มเวลาแตกต่างกันช่วงระหว่าง 13.30-16.30 น. (ตามเวลามาตรฐานท้องถิ่นประเทศไทย) โดยการทดสอบแต่ละครั้งจะทำการพล็อตจุดพิกัดของเงาที่เกิดขึ้นบนผนังจำลอง จากนั้นนำผลที่ได้ไปเทียบกับผลคำนวณจากโปรแกรม



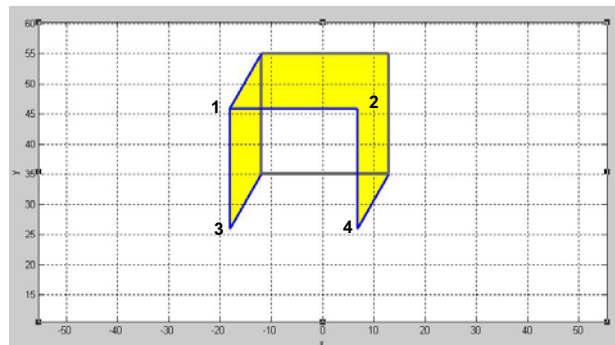
รูปที่ 3 หน้าต่างของโปรแกรม

#### 4.ผลการทดลอง

รูปที่ 4 แสดงผลการทดลองจากแบบจำลองของวันที่ 9 กพ. 2548 เวลา 15.00 น. พิกัดเงาที่ตรววัดได้คือ จุด 1 = (-18,46) จุด 2 = (7,46) จุด 3 = (-18,26) และ จุด 4 = (7,26) ค่าพื้นที่เงารวมบนผนัง 438 cm<sup>2</sup> พื้นที่เงาบนหน้าต่าง 291 cm<sup>2</sup> เมื่อเปรียบเทียบผลจากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมในเวลาเดียวกัน (แสดงในรูป 5) พบว่าพิกัดที่คำนวณได้คือ จุด 1 = (-17.8,46.3) จุด 2 = (7.2,46.3) จุด 3 = (-17.8,26.3) และจุด 4 = (7.2,26.3) ค่าพื้นที่เงารวม 425.52 cm<sup>2</sup> ค่าพื้นที่เงาบนหน้าต่าง 283.5 cm<sup>2</sup> ความคลาดเคลื่อนของพื้นที่เงารวมของการทดลองต่างจากโปรแกรมประมาณ 2.93% ในการทดลองสุ่มหลายครั้งพบว่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ในช่วงประมาณ 13.67%

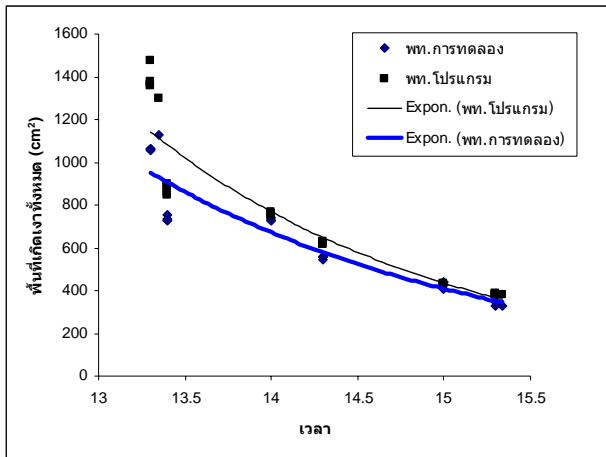


รูปที่ 4 แสดงการเกิดเงาบนแบบจำลอง

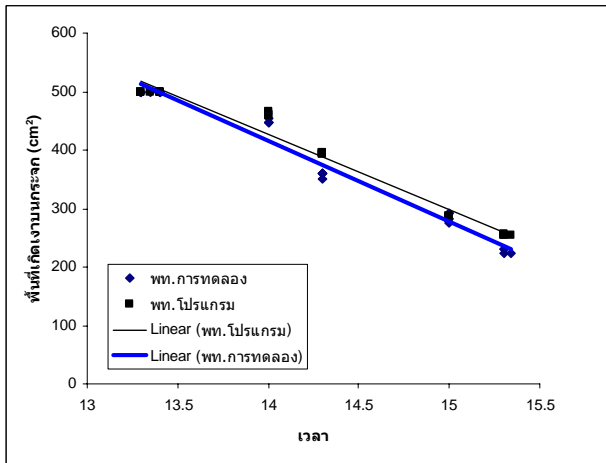


รูปที่ 5 แสดงการเกิดเงาที่ได้จากโปรแกรม

รูปที่ 6a) แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่เงารวมระหว่าง ผลคำนวณจากโปรแกรมและผลจากการทดลองซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่ทดลองในช่วง 3 เดือน (ระหว่าง มกราคม-มีนาคม) จากการวิเคราะห์ที่พบว่าในช่วงเวลา 13.30 - 14.00 น. มีความคลาดเคลื่อนกันมาก จากนั้นความคลาดเคลื่อนจะน้อยลงเมื่อเวลาผ่านไปตามลำดับ รูปที่ 6b) เปรียบเทียบเงาเฉพาะบนหน้าต่างพบว่าความคลาดเคลื่อนระหว่างผลทั้งสองน้อยมาก



a)



b)

รูปที่ 6 เปรียบเทียบผลจากโปรแกรมและการทดลอง

## 5.สรุป

โปรแกรมนี้เพิ่งถูกพัฒนาขึ้นมา และยังคงต้องประเมินผลเกี่ยวกับการทดลองจากแบบจำลองให้ครอบคลุมทั้งปี เพื่อศึกษาข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นและปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้งานจริง เพื่อความน่าเชื่อถือของโปรแกรม แต่จากผลการทดลองที่ได้ขณะนี้ถือว่าน่าพอใจในระดับหนึ่ง และคาดว่าสามารถนำไปใช้งานได้จริงต่อไป โดยเราสามารถที่จะกำหนดขนาดของอุปกรณ์บังแดดแบบผสมนี้ได้หลายขนาด เพื่อที่จะทำนายพิกัดเงาและพื้นที่เงาที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลาของรอบปีได้ ซึ่งช่วยลดเวลาในการคำนวณได้มาก และสามารถกำหนดขนาดของอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการลดความร้อนจากรังสีอาทิตย์ผ่านทางหน้าต่างอาคาร สำหรับแนวทางการพัฒนาโปรแกรมต่อไปควรให้โปรแกรมสามารถคำนวณค่า สปส.การบังแดดได้ และให้สามารถใช้งานได้กับผนังอาคารทั่วไปได้ด้วย

## เอกสารอ้างอิง

1. Department of Energy Development and Promotion, Electric Power in Thailand 2001, Annual report.
2. Yungchareon, V. and Limmeechokchai, B., " Energy Estimation for Commercial Buildings in Thailand, " The 1<sup>st</sup> International Conference on Sustainable Energy and Green Architecture, Thailand, 8-10 October 2003, pp. 26-35.
3. Budin, R., and Budin, L., " A Mathematical Model for Shading Calculations, " Solar Energy, 1982, Vol.29, No.4, pp. 339-349.
4. Chirattananon, S., " Shading of Solar Radiation on Building," Proceedings ASEAN Conference on Energy Conservation, 21-22 October 1985, Chiangmai, Thailand, pp. 170-176.
5. วี สุวนาคกุล, "การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของอุปกรณ์บังแดดภายนอก ชนิดแนวนอนสำหรับอาคารบ้านพักอาศัยในประเทศไทย, " วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สายวิชา เทคโนโลยีการจัดการพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2541