

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (SC)
ด้วยโปรแกรม REVIT & DYNAMO
ตามหลักเกณฑ์การคำนวณของกฎหมายพลังงาน (BEC)
Shading Coefficient Calculation Using REVIT & DYNAMO
Programs Based on Building Energy Code

ณัฐรดา บุญถัด* ศิริเดช สุริต** และ ปัทรณันท์ ทักขนนท์***

Natrada Boonthad, Siradech Surit and Pattaranan Takkanon

บทคัดย่อ

กระบวนการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (Shading Coefficient, SC) เป็นส่วนที่ยากและใช้เวลามากเสมอมาในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV) เนื่องจากความซับซ้อน ในการออกแบบช่องเปิด และการบังแดดของอาคาร การออกแบบสถาปัตยกรรมในปัจจุบันได้มีการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการออกแบบโดยทั่วไป การคำนวณค่า SC โดยตรงจากรูปทรงเรขาคณิตของอาคาร ที่สร้างขึ้นด้วยคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์โปรแกรม REVIT ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ที่กำลังได้รับความนิยมทั้งในประเทศไทยและทั่วโลก จึงสามารถช่วยประหยัดเวลาได้อย่างมาก บทความนี้นำเสนอกระบวนการ และผลการหาค่า SC ด้วยวิธีการใหม่ โดยใช้คอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์โปรแกรม REVIT และซอฟต์แวร์เสริม คือ REVIT Dynamo อุปกรณ์บังแดดแนวนอน (Overhang) ถูกใช้เพื่อการศึกษาครั้งนี้ การคำนวณค่า SC ใช้วันอ้างอิงทั้ง 4 คือ 21 มีนาคม 22 มิถุนายน 23 กันยายน และ 22 ธันวาคม ตามที่กำหนดไว้ในกฎหมายพลังงาน Building Energy Code (BEC) โดยมีทิศทางของศึกษา Overhang ได้แก่ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก ตามมุมเวลาของตำแหน่งดวงอาทิตย์ทุกๆ หนึ่งชั่วโมงของแต่ละวัน เริ่มตั้งแต่ 6 โมงเช้า ถึง 6 โมงเย็น ค่า SC ที่ได้ถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าการคำนวณมุมตามเวลาของตำแหน่งดวงอาทิตย์ (sun-path diagram) ที่ใช้สำหรับออกแบบอุปกรณ์บังแดด และข้อมูลการแผ่รังสีรวมของดวงอาทิตย์ตามกฎหมายพลังงาน เมื่อเปรียบเทียบมุม Altitude และมุม Azimuth จาก BEC และ REVIT ได้ความสัมพันธ์ของค่า R^2 เท่ากับ 0.9907 และ 0.9976 ตามลำดับ ผลที่ได้จากการคำนวณ SC เฉลี่ยของ Overhang มีความสอดคล้องตามข้อมูลปริมาณรังสีของดวงอาทิตย์ของทุกทิศและทุกวันอ้างอิงที่กำหนดโดย BEC ผลการเปรียบเทียบค่า SC ระหว่าง BEC และ REVIT ตามวิธีการใหม่นี้ได้ค่า R^2 เท่ากับ 0.9833 ด้วยวิธีการนี้จึงมีความแม่นยำ สามารถนำไปใช้กับการออกแบบอุปกรณ์บังแดดชนิดใดๆ ก็ได้ เพื่อประสิทธิภาพการคำนวณ SC ที่ดีกว่าและประหยัดเวลาได้มากกว่า

* นักศึกษา หลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
E-mail: Natrada.bo@ku.th

** อาจารย์ประจำ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*** อาจารย์ประจำ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ABSTRACT

Shading coefficient (SC) calculation has always been a difficult part and time consuming when calculating overall thermal transfer value (OTTV) of a building due to complexity of opening and shading design of the building. Since architectural design these days commonly use computer software as design tools, calculating SC directly from building geometry created by REVIT, a software for Building Information Modeling (BIM), which is becoming more popular in Thailand and around the world would save a lot of time. The paper presents process and result of creating a new way to find SC using REVIT and add-on software, Dynamo. An overhang was selected for the study. SCs were calculated according to Building Energy Code (BEC) for 4 days: 21 March, 22 June, 23 September, and 22 December. There were 4 orientations for SC calculation: north, south, east, and west and average of hourly SC starting from 6 a.m. to 6 p.m. The calculated SCs were compared with those calculated by using sun-path diagram and solar radiation data provided by BEC. When comparing Altitudes and Azimuths calculated following BEC method with those from REVIT, R^2 are 0.9907 and 0.9976, respectively. Results of average SC calculation for overhang correspond to radiation data of all orientations of 4 days as specified by BEC. By comparing SC calculated by BEC and REVIT using the new method, R^2 is 0.9833. Therefore, with this new method, results are precise. The new method can then be applied for any shading design for better efficiency and time saving in SC calculation.

คำสำคัญ: ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด แบบจำลองสารสนเทศอาคาร REVIT REVIT Dynamo

Keywords: Shading Coefficient (SC), Building Information Modeling (BIM), REVIT, REVIT Dynamo

บทนำ

การออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานภายในอาคาร มีการกำหนดขนาดอาคาร ประเภทอาคารหลักเกณฑ์ และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ตามประกาศกฎกระทรวงพลังงาน พ.ศ. 2552 (กระทรวงพลังงาน, 2552) โดยมีกรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ดูแลรับผิดชอบการประเมินสมรรถนะของระบบกรอบอาคารเป็นลำดับแรก โดยเฉพาะส่วนโปร่งแสงหรือกระจก ซึ่งเป็นบริเวณที่รับปริมาณรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยตรงส่งผลต่อการใช้พลังงานภายในอาคาร การเพิ่มอุปกรณ์บังแดดที่บริเวณดังกล่าว ช่วยลดการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศภายในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

แม้ว่าการออกแบบกรอบอาคารในปัจจุบันจะมีการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการสร้างแบบจำลองสามมิติเพื่อแสดงรายละเอียดในส่วนต่างๆ ของกรอบอาคารที่ส่วนโปร่งแสงหรือกระจก แต่การคำนวณค่า SC ที่ส่วนดังกล่าวยังคงต้องใช้วิธีการถอดแบบ ระยะ และรายละเอียดต่างๆ เป็นค่าตัวเลขสำหรับการคำนวณด้วยโปรแกรมเฉพาะทาง โดยไม่สามารถใช้ประโยชน์จากแบบจำลองอาคารได้ ซึ่งทำให้ยุ่งยาก เสียเวลา อาจเกิดการคำนวณค่า SC ผิดพลาด อันมีผลต่อการประเมินสมรรถนะของระบบกรอบอาคารอีกด้วย

ปัจจุบันการออกแบบสถาปัตยกรรม ใช้ระบบการจำลองแบบสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling, BIM) โดยมีโปรแกรมที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในประเทศไทย และต่างประเทศ คือ โปรแกรม REVIT เป็นเครื่องมือที่มีศักยภาพรองรับกระบวนการคิดวิเคราะห์ตามหลักคณิตศาสตร์ ที่สามารถเชื่อมโยงเข้ากับแบบจำลองในลักษณะต่างๆ เช่น ตัวเลขบอกพิกัด ทิศทาง ระยะ ขนาด และข้อความเป็นตัวอักษร การทำงานด้วยระบบ BIM สามารถทำงานบนแบบจำลองเดียวกันได้ ซึ่งน่าจะลดแบบจากการจำลองสามมิติของโปรแกรม REVIT ได้โดยตรง เพื่อที่จะเชื่อมโยงงานออกแบบโดยคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์ได้โดยตรงสู่การคำนวณค่า SC โดยไม่มีความผิดพลาด และลดเวลาการทำงานที่ซ้ำซ้อน จึงควรมีการสร้างเครื่องมือใหม่ในการคำนวณค่า SC ด้วยคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์โปรแกรม REVIT และ REVIT Dynamo

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ จึงเป็นการหาเครื่องมือ หรือวิธีการคำนวณค่า SC ได้โดยตรงจากแบบจำลองของโปรแกรม REVIT เพื่อความแม่นยำ ถูกต้อง และประหยัดเวลา

วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างเครื่องมือในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (Shading Coefficient, SC) ได้โดยตรงจากแบบจำลองสามมิติในการออกแบบด้วยโปรแกรม REVIT 2016

ขอบเขตของการศึกษา

1. การศึกษาหาแนวทางการคำนวณค่า SC ต่อจากคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์โปรแกรม REVIT 2016
2. รูปแบบอุปกรณ์บังแดดที่ใช้ในการคำนวณเป็นอุปกรณ์บังแดดแนวนอน (Overhang) เท่านั้น
3. การคำนวณ SC ยึดใช้วัน และจำนวนชั่วโมงตามเกณฑ์ BEC
4. ใช้วิธีการคำนวณตามหลักเกณฑ์ BEC ที่ปรากฏในประกาศกฎกระทรวง พ.ศ. 2552

กรอบแนวคิดในการศึกษา

การคำนวณค่า SC ที่ได้จากการบังแดดของอุปกรณ์บังแดดที่ส่วนโปร่งแสงหรือกระจก นับเป็นส่วนหนึ่งของกรอบอาคารที่ถูกออกแบบมาเพื่อป้องกันความร้อนที่มาจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ก่อนเข้าสู่อาคาร ซึ่งเป็นปัจจัยที่สามารถช่วยลดภาระการใช้พลังงานภายในอาคารให้กับอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศได้ อย่างไรก็ตามการคำนวณค่า SC ที่มีอยู่ในปัจจุบันเป็นการคำนวณโดยถอดระยะของช่องเปิด และอุปกรณ์บังแดดจากแบบมาเป็นตัวเลข เพื่อทำการคำนวณจึงทำให้ต้องใช้เวลาอย่างมาก อาจทำให้เกิดความผิดพลาด และยิ่งส่งผลไปยังการประเมินค่า OTTV คลาดเคลื่อนได้เช่นกัน (ธาราว, 2555; ปรีชญา, 2557 และชนิกานต์, 2558) การคำนวณค่า SC โดยตรงจากแบบจำลองสามมิติที่มาพร้อมกับขั้นตอนออกแบบ จึงน่าจะเป็นวิธีที่รวดเร็ว และถูกต้อง แม่นยำเพิ่มมากขึ้น

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาทฤษฎี และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างเครื่องมือที่แสดงค่าการคำนวณ SC ประกอบด้วยการออกแบบอุปกรณ์บังแดดรูปแบบ Overhang วิธีการคำนวณค่า SC ตามกฎหมายพลังงาน การสร้างข้อมูลของงานในจำลองแบบสามมิติด้วยคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์โปรแกรม REVIT 2016 และการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างแบบจำลองสามมิติ และข้อมูลต่างๆ เพื่อการคำนวณค่า SC ด้วยการใช้อุปกรณ์ซอฟต์แวร์โปรแกรมเสริม REVIT Dynamo 1.3 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การออกแบบอุปกรณ์บังแดดรูปแบบ Overhang

อุปกรณ์บังแดดทำหน้าที่ป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ให้กับส่วนโปร่งแสงหรือกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพอุปกรณ์บังแดดรูปแบบ Overhang สามารถบังรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ได้ดีในช่วงเที่ยงและบ่าย ให้กับส่วนโปร่งแสงหรือกระจกที่ด้านทิศเหนือและทิศใต้ โดยใช้ค่ามุมเงยของดวงอาทิตย์ (altitude) ที่ทำมุมกับแนวตั้งกับส่วนโปร่งแสงหรือกระจกในเดือนมิถุนายนและเดือนธันวาคม ที่มีตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่เป็ยงมาทางทิศเหนือ และทางทิศใต้มากที่สุดตามลำดับ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), ม.ป.ป.) แสดงด้วยภาพต่อไปนี้

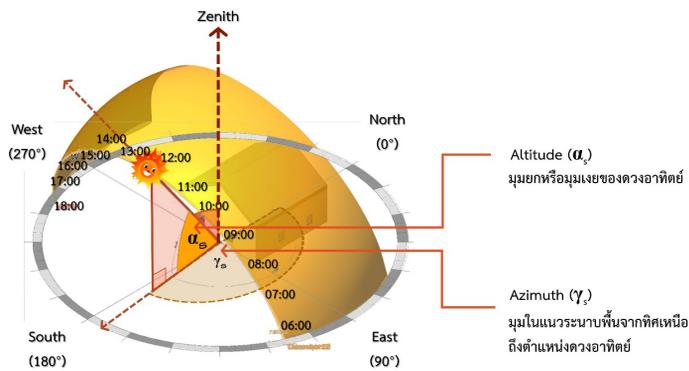


ภาพที่ 1 แสดงมุมดวงอาทิตย์ทำกับผนังในแนวตั้งในช่วงเวลาต่างๆ ของประเทศไทย

สรุปได้ว่า อุปกรณ์กันแดดสำหรับส่วนโปร่งแสงหรือกระจกในทิศเหนือควรมีระยะยื่นของอุปกรณ์กันแดดทำมุมกับขอบล่างของส่วนโปร่งแสง หรือกระจกอย่างน้อย 10 องศา สำหรับส่วนโปร่งแสง หรือกระจกทางทิศใต้ควรมีระยะยื่นของอุปกรณ์กันแดดทำมุมอย่างน้อย 37 องศา กับขอบล่างของส่วนโปร่งแสงหรือกระจก จะเห็นว่าถ้ามุมยิ่งมากขึ้น อุปกรณ์กันแดดจะมีระยะยื่นที่ยาวเพิ่มมากขึ้น เพื่อลดปริมาณแสงตรงที่ตกกระทบมาบริเวณดังกล่าวตลอดทั้งวัน

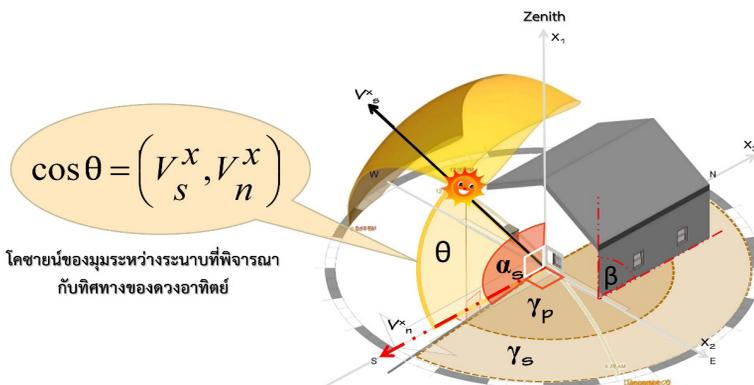
2. วิธีการคำนวณค่า SC ตามกฎหมายพลังงาน

ค่า SC คือ อัตราส่วนของรังสีอาทิตย์ที่ลอดผ่านอุปกรณ์บังแดดไปตกกระทบยังส่วนโปร่งแสงหรือกระจกต่อรังสีอาทิตย์ตกกระทบยังส่วนโปร่งแสงหรือกระจกที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดด (กระทรวงพลังงาน, 2552: 36) จากคำนิยามในประกาศกระทรวงพลังงาน พ.ศ. 2552 วิธีการคำนวณค่า SC มีความสัมพันธ์กันระหว่างตำแหน่งและทิศทางของดวงอาทิตย์ที่กระทำกับแนวระดับของพื้นโลก และระนาบของส่วนโปร่งแสงหรือกระจก ซึ่งสัมพันธ์กับเวลาสุริยะ (Solar Time) ที่สอดคล้องกับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่มีมุมยก หรือมุมเงยของดวงอาทิตย์ (Altitude, α_s) ซึ่งเป็นมุมที่แนวรังสีตรงของดวงอาทิตย์กระทำกับแนวระดับของพื้นโลก และมุมอะซิมูทของดวงอาทิตย์ (Azimuth, γ_s) ซึ่งเป็นตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในแนวระนาบที่กระทำกับทิศใต้ของโลกสามารถอธิบายด้วยภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงตำแหน่งและทิศทางของดวงอาทิตย์ที่สัมพันธ์กับตำแหน่งบนพื้นโลกทางทิศใต้

การหาตำแหน่งและทิศทางของระนาบและจุดต่างๆ บนระนาบที่สัมพันธ์กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ อธิบายเป็นภาพความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ด้วยภาพที่ 3



โคซายน์ของมุมระหว่างระนาบที่พิจารณา กับทิศทางของดวงอาทิตย์

ภาพที่ 3 แสดงตำแหน่งและทิศทางของระนาบและจุดต่างๆ บนระนาบที่สัมพันธ์กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์

การหาเวกเตอร์ที่แสดงทิศทางของดวงอาทิตย์ (โซลาเวกเตอร์, V_s^x) ที่ถูกกำหนดด้วยเส้นซินิก (Zenith) จากพิกัด (X_1 , X_2 และ X_3) และหาเวกเตอร์ของระนาบเอียง (V_n^x) ที่ตั้งฉากกับระนาบเอียง คำนวณจากสมการที่ 1 และสมการที่ 2 ตามลำดับ

$$V_s^x = \begin{bmatrix} \sin \alpha_s \\ -\cos \alpha_s \cdot \sin \gamma_s \\ -\cos \alpha_s \cdot \cos \gamma_s \end{bmatrix} \quad \dots \text{สมการที่ 1}$$

และ

$$V_n^x = \begin{bmatrix} \cos \beta \\ -\sin \beta \cdot \sin \gamma_p \\ -\sin \beta \cdot \cos \gamma_p \end{bmatrix} \quad \dots \text{สมการที่ 2}$$

เมื่อ θ คือ มุมระหว่างเวกเตอร์ทั้งสอง ให้คำนวณค่า $\cos\theta$ จากสมการดังต่อไปนี้

$$\cos\theta = (\sin\alpha_s)(\cos\beta) + (\cos\alpha_s)(\sin\gamma_s)(\sin\beta)(\sin\gamma_p) + (\cos\alpha_s)(\cos\gamma_s)(\sin\beta)(\cos\gamma_p) \dots\text{สมการที่ 3}$$

- เมื่อ β คือ มุมเอียง (Inclination Angle) ของระนาบที่พิจารณา
- γ_p คือ มุมอะซิมูทของระนาบที่พิจารณา (Azimuth of Surface)
- $\cos\theta$ คือ โคไซน์ของมุมระหว่างระนาบที่พิจารณา กับทิศทางของดวงอาทิตย์

การหาปริมาณรังสีรวมของดวงอาทิตย์ทั้งหมด ที่ตกกระทบลงบนส่วนโปร่งแสง หรือกระจก หรือระนาบใดๆ ที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดด ($E_{et\theta}$) และมีอุปกรณ์บังแดด (E_{ew}) อธิบายด้วยภาพที่ 4 พร้อมทั้งคำนวณได้จากสมการที่ 4 และสมการที่ 5 ตามลำดับดังนี้



- E_{ew} ปริมาณรังสีของดวงอาทิตย์ที่ **ผ่านอุปกรณ์บังแดด** ตกกระทบลงบนส่วนโปร่งแสง / กระจกหน้าต่าง
- $E_{et\theta}$ ปริมาณรังสีของดวงอาทิตย์ **ทั้งหมด** ตกกระทบลงบนส่วนโปร่งแสง / กระจกหน้าต่าง

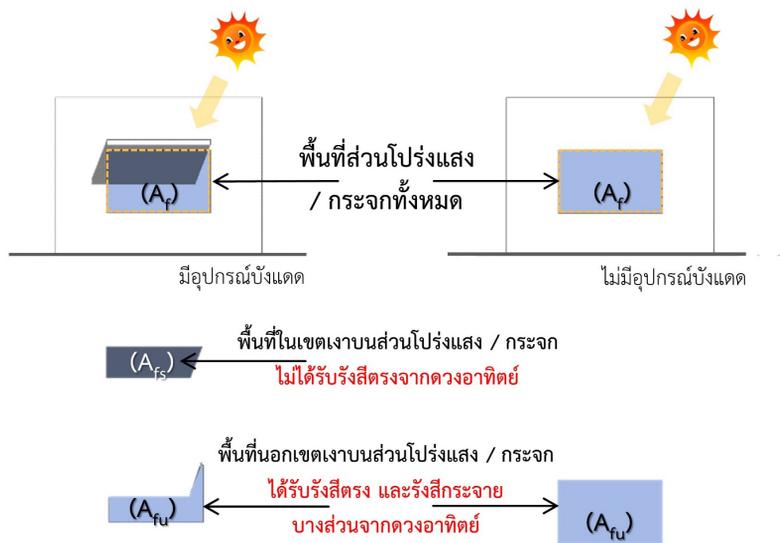
ภาพที่ 4 แสดงรังสีรวมของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบไปยังส่วนโปร่งแสงหรือกระจก

$$E_{et\theta} = (E_{es})(\cos\theta) + (E_{ed})\frac{(1 + \cos\beta)}{2} \dots\text{สมการที่ 4}$$

และ

$$E_{ew} = (A_{fu}/A_f)(E_{es})(\cos\theta) + (E_{ed})\frac{(1 + \cos\beta)}{2} \dots\text{สมการที่ 5}$$

- เมื่อ E_{es} คือ รังสีตรงของดวงอาทิตย์ (W/m^2)
- E_{ed} คือ รังสีกระจายของดวงอาทิตย์บนพื้นผิวแนวนอน (W/m^2)
- A_{fu} คือ พื้นที่ที่ไม่เกิดเงาบนส่วนโปร่งแสงหรือกระจก (m^2)
- A_f คือ พื้นที่ส่วนโปร่งแสงหรือกระจกทั้งหมด (m^2)



ภาพที่ 5 แสดงพื้นที่ที่เกิดเงา และไม่เกิดเงาที่ส่วนโปร่งแสงหรือกระจก

พื้นที่ที่ไม่เกิดเงาบนส่วนโปร่งแสงหรือกระจก (A_{fu}) มีทั้งรังสีตรง และรังสีกระจายของดวงอาทิตย์บางส่วนตกลงบนพื้นที่ส่วนนี้ ขณะที่พื้นที่ส่วน (A_{fs}) มีเฉพาะรังสีกระจายบางส่วนของดวงอาทิตย์เท่านั้น ดังภาพที่ 5 จากความสัมพันธ์ดังกล่าวจึงเป็นการคำนวณค่า SC ให้คำนวณจากสมการดังนี้

$$SC = \frac{E_{ew}}{E_{et\theta}} \quad \dots\text{สมการที่ 6}$$

เมื่อ E_{ew} คือ รังสีอาทิตย์ที่ผ่านอุปกรณ์บังแดดมาตกกระทบลงพื้นที่พิจารณา (W/m^2)
 $E_{et\theta}$ คือ รังสีอาทิตย์ทั้งหมดที่ตกกระทบลงพื้นที่พิจารณาไม่มีอุปกรณ์บังแดด (W/m^2)

ค่าเฉลี่ยตลอดปีของค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด โดยพิจารณาตลอดช่วงเวลา 06.00 ถึง 18.00 น. ในแต่ละวันของวันอ้างอิงทั้ง 4 วัน คือวันที่ 21 มีนาคม 22 มิถุนายน 23 กันยายน และ 22 ธันวาคม ให้คำนวณจากสมการดังนี้

$$(SC)_y = \frac{\left[\left(\sum_{h=i}^n E_{ew} \right)_{21\text{March}} + \left(\sum_{h=i}^n E_{ew} \right)_{22\text{June}} + \left(\sum_{h=i}^n E_{ew} \right)_{21\text{September}} + \left(\sum_{h=i}^n E_{ew} \right)_{22\text{December}} \right]}{\left[\left(\sum_{h=i}^n E_{et\theta} \right)_{21\text{March}} + \left(\sum_{h=i}^n E_{et\theta} \right)_{22\text{June}} + \left(\sum_{h=i}^n E_{et\theta} \right)_{21\text{September}} + \left(\sum_{h=i}^n E_{et\theta} \right)_{22\text{December}} \right]} \quad \dots\text{สมการที่ 7}$$

เมื่อ $(SC)_y$ คือ ค่าเฉลี่ยตลอดปีของค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด
 i และ n คือ ชั่วโมงที่ดวงอาทิตย์ขึ้นและตก

รังสีตรง (E_{es}) และรังสีกระจาย (E_{ed}) ของดวงอาทิตย์บนพื้นผิวที่ระนาบในแนวนอน สำหรับวันอ้างอิง 4 วัน
ให้ใช้ค่าตามที่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกำหนดในตารางต่อไปนี้

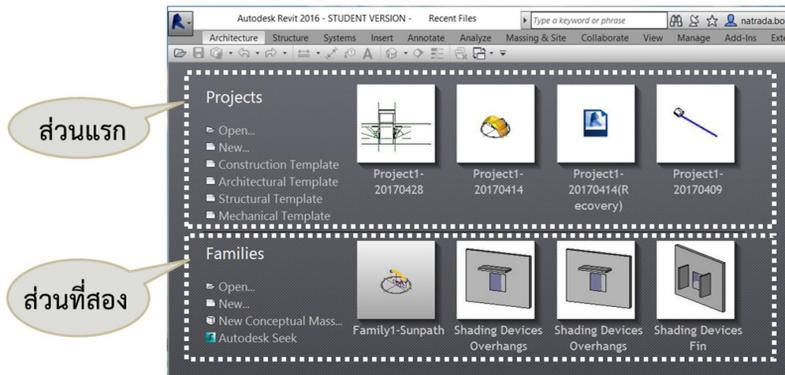
ตารางที่ 1 แสดงปริมาณรังสีตรง (Beam, E_{es}) และรังสีกระจาย (Diffuse, E_{ed}) ของดวงอาทิตย์วันอ้างอิง 4 วัน

เวลา	พลังงานของรังสีอาทิตย์ (W/m^2)							
	21 มีนาคม		22 มิถุนายน		23 กันยายน		22 ธันวาคม	
	beam	diffuse	beam	diffuse	beam	diffuse	beam	diffuse
6.00	0.0	0.0	7.5	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0
7.00	68.5	44.9	105.0	77.8	94.4	77.1	64.4	19.9
8.00	185.7	121.6	196.2	145.4	202.3	165.1	270.0	83.5
9.00	290.1	190.0	275.6	204.3	296.2	241.8	454.4	140.5
10.00	374.8	245.5	338.6	250.9	369.9	302.0	603.3	186.5
11.00	433.8	284.1	381.2	282.6	418.3	341.4	704.9	217.9
12.00	463.2	303.4	401.1	297.3	437.9	357.5	751.3	232.2
13.00	461.0	301.9	397.0	294.2	427.6	349.0	738.9	228.4
14.00	427.3	279.8	369.1	273.6	388.0	316.7	668.7	206.7
15.00	364.5	238.7	319.1	236.5	321.7	262.6	546.1	168.8
16.00	276.7	181.2	250.0	185.3	233.5	190.6	380.8	117.7
17.00	170.0	111.3	165.9	123.0	129.2	105.5	185.6	57.4
18.00	51.7	33.9	72.0	53.3	16.1	13.1	0.0	0.0

ที่มา: กระทรวงพลังงาน (2552)

3. คอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์โปรแกรม REVIT กับงานออกแบบสถาปัตยกรรม

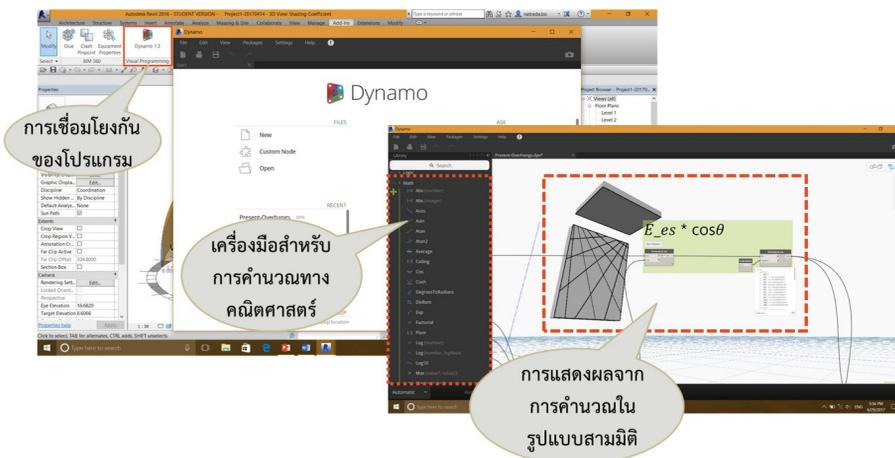
คอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์โปรแกรม REVIT เป็นเครื่องมือที่ช่วยงานในการจำลองรายละเอียดข้อมูลของอาคาร
ทั้งงานเขียนแบบ และงานออกแบบสถาปัตยกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้การควบคุมการทำงานด้วยพารามิเตอร์
(parametric) ที่เป็นลักษณะเฉพาะส่วนหนึ่งในการทำงานของเทคโนโลยีระบบ Building Information Model (BIM)
ซึ่งเป็นการสร้างงานแบบสามมิติ ที่ต้องอาศัยข้อมูลในการจำลองแบบด้วยระบบที่จัดที่มีระยะทางบอกตำแหน่ง และ
ทิศทาง (Coordinated Data) เพื่อสร้างรูปร่าง รูปทรงของอาคาร โปรแกรม REVIT แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน
ได้แก่ ส่วนแรก แสดงรายละเอียดของโครงการ (Projects) ที่ครอบคลุมทั้งโครงการ เพื่อช่วยให้ผู้ที่เกี่ยวข้อง สามารถ
ใช้ข้อมูลได้อย่างต่อเนื่อง ไม่ต้องสร้างฐานข้อมูลใหม่ และการทำงานส่วนที่สอง การสร้างชิ้นส่วน (Families) หรือ
องค์ประกอบอาคาร ให้เพิ่มข้อมูล (Data) ที่เป็นฐานข้อมูล (Data Base) รวมถึงการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์เบื้องต้น
ที่ต้องการให้แสดงผลอยู่ในส่วนแรก ผ่านระบบ Parametric ที่เชื่อมโยงข้อมูล ด้วยลักษณะการทำงานของระบบ จึงลด
งานที่ยุ่งยาก และซ้ำซ้อน ทำให้งานมีคุณภาพ สมบูรณ์ ครบถ้วน และแม่นยำ พร้อมทั้งประหยัดเวลาในการทำงานได้
และลดโอกาสผิดพลาดได้มากขึ้น ทั้งนี้การใช้โปรแกรม REVIT เพื่อการศึกษาครั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการที่ไม่มีค่าใช้จ่าย
สำหรับนักศึกษา (Student Version)



ภาพที่ 6 แสดงลักษณะหน้าต่างการทำงานของโปรแกรม REVIT 2016

4. คอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์โปรแกรม REVIT Dynamo เพื่อการคำนวณค่า SC

ซอฟต์แวร์โปรแกรม Dynamo เป็นเครื่องมือเสริมที่ทำงานอยู่ในซอฟต์แวร์โปรแกรม REVIT ช่วยการเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างแบบ 3 มิติ ซึ่งเชื่อมโยงข้อมูลกับ Coordinated Data ในซอฟต์แวร์โปรแกรม REVIT เพื่อทำการเขียนโปรแกรม หรือเพิ่มเติมคุณสมบัติให้กับ Families ที่ต้องการ โดยที่ซอฟต์แวร์โปรแกรม Dynamo เป็นส่วนที่สร้างวิธีการคำนวณด้วยเครื่องคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนเพิ่มขึ้น พร้อมส่งค่าการคำนวณกลับมาแสดงที่หน้าจอหลักของโปรแกรม REVIT อีกครั้ง



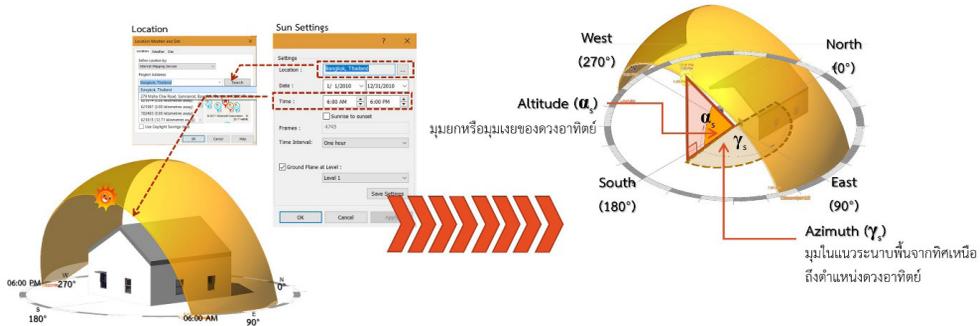
ภาพที่ 7 แสดงลักษณะหน้าต่างการทำงานของโปรแกรม REVIT Dynamo 1.3

วิธีการทดลอง

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อสร้างวิธีการคำนวณค่า SC โดยการจำลองรูปแบบการบังแดดแบบ Overhang ด้วยคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์โปรแกรม REVIT 2016 & Dynamo 1.3 ที่สามารถแสดงค่า SC ตั้งแต่กระบวนการออกแบบในโปรแกรม Revit มีขั้นตอนการศึกษาวิจัยดังนี้

1. การสร้างแบบจำลองสามมิติ เพื่อการคำนวณ SC ตามหลักเกณฑ์ BEC

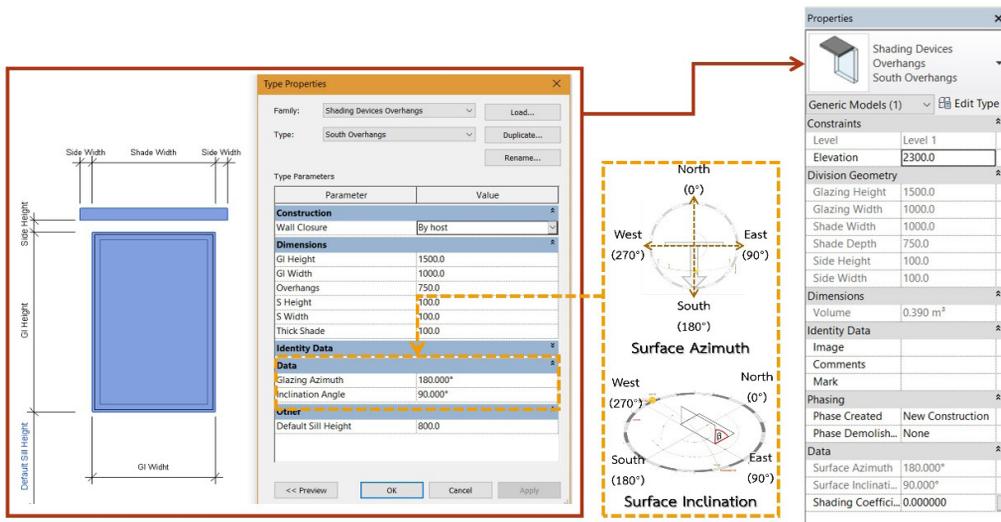
การจำลองความสัมพันธ์ของข้อกำหนดในส่วนแรกของคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์โปรแกรม REVIT 2016 โดยการตั้งค่าวันอ้างอิง และเวลาตามหลักเกณฑ์ของกฎหมายพลังงาน ดังนี้ วันที่ 21 มีนาคม 22 มิถุนายน 23 กันยายน และ 22 ธันวาคม โดยมีลำดับที่ของวันในหนึ่งปี 80, 173, 265, และ 355 ตามลำดับ ของช่วงเวลา 06.00 ถึง 18.00 น. พร้อมทั้งระบุที่ตั้งกรุงเทพมหานครเพื่อทำการเลือกข้อมูลของตำแหน่งดวงอาทิตย์ตามช่วงเวลาดังกล่าว มีค่ามุมเงยหรือมุมเงย (Altitude) และมุมอะซิธ (Azimuth) ของดวงอาทิตย์



ภาพที่ 8 แสดงเครื่องมือการตั้งค่าต่างๆ ในโปรแกรม REVIT 2016

2. การสร้างแบบจำลองอุปกรณ์บังแดดด้วยโปรแกรม REVIT 2016

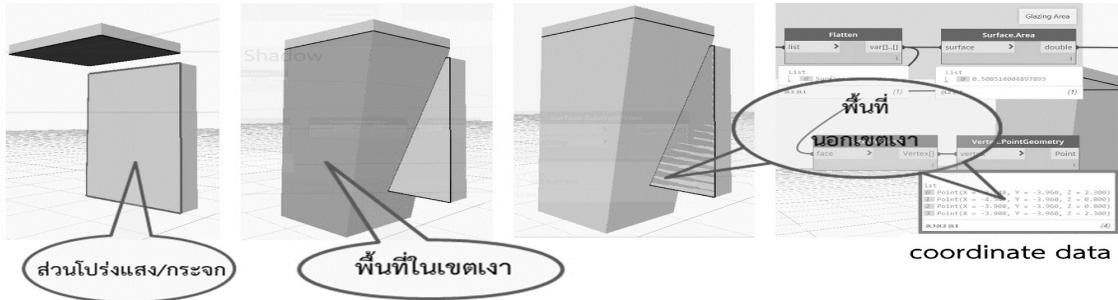
การจำลองอุปกรณ์บังแดดแบบ Overhang ในส่วนที่สองของโปรแกรม REVIT 2016 เพื่อสร้างความสัมพันธ์โดยใช้รูปแบบ parametric เป็นส่วนที่ควบคุมระยะ และข้อความที่ปรากฏ ทำให้อุปกรณ์บังแดดแบบ Overhang สามารถปรับให้ยืดหดได้จากพารามิเตอร์ (Parameter) ที่สร้างขึ้นเพื่อควบคุมชิ้นส่วนของ Overhang ได้ตามต้องการ



ภาพที่ 9 เครื่องมือการสร้างแบบจำลองอุปกรณ์กันแดดด้วยโปรแกรม REVIT 2016

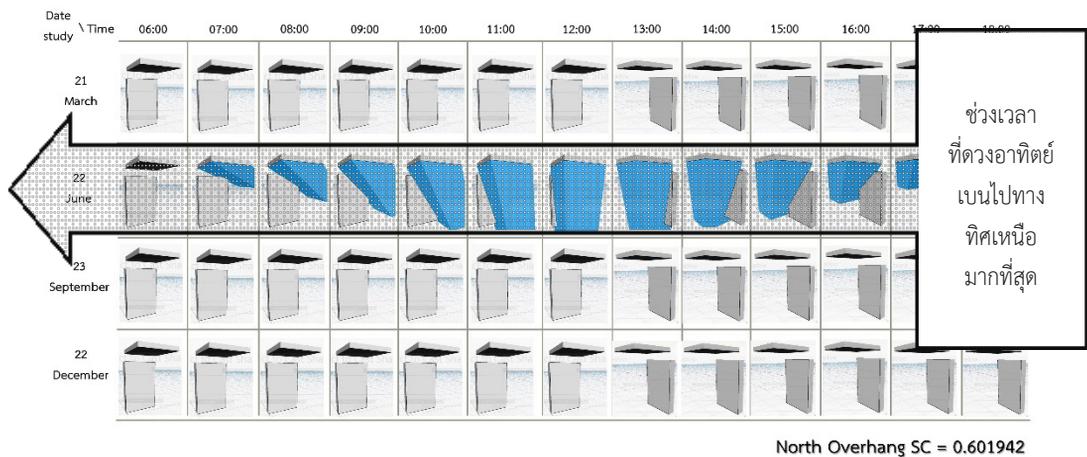
3. สร้างวิธีการคำนวณด้วยโปรแกรม REVIT Dynamo 1.3

เมื่อดำเนินการตามวิธีการทดลองในข้อ 1 และ 2 แล้ว จึงนำมาทำการจำลองการคำนวณเพื่อหาค่า SC โดยใช้วิธีการจำลองลักษณะแสงที่ตกกระทบกับ Overhang ได้พื้นที่ในเขตเงา ณ เวลาจริง ที่เกิดขึ้นบนผิวหน้าของส่วนโปร่งแสงหรือกระจก เพื่อพิจารณาพื้นที่ ที่อยู่นอกเขตเงา และทำการตรวจเช็คพื้นที่นอกเขตเงาด้วย Coordinate Data ที่แสดง ดังภาพที่ 10

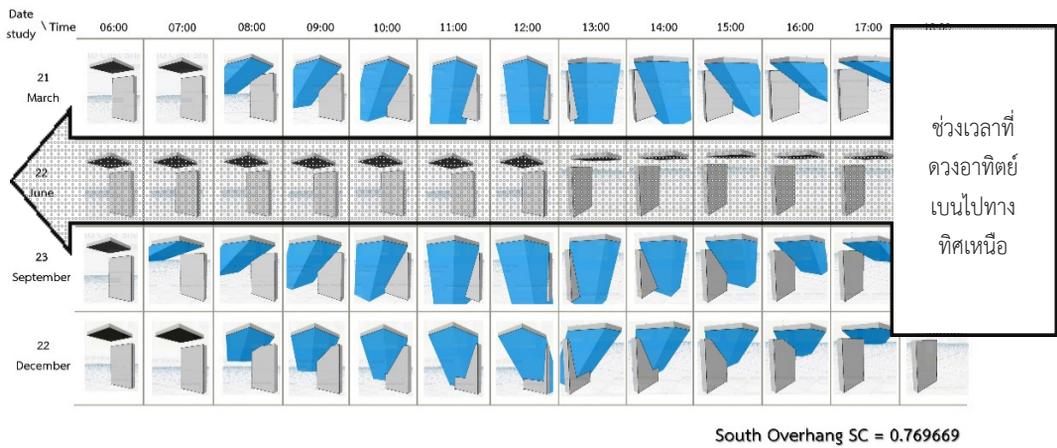


ภาพที่ 10 แสดงจำลองลักษณะการเกิดพื้นที่ในเขตเงา และนอกเขตเงา ด้วยโปรแกรม REVIT Dynamo 1.3

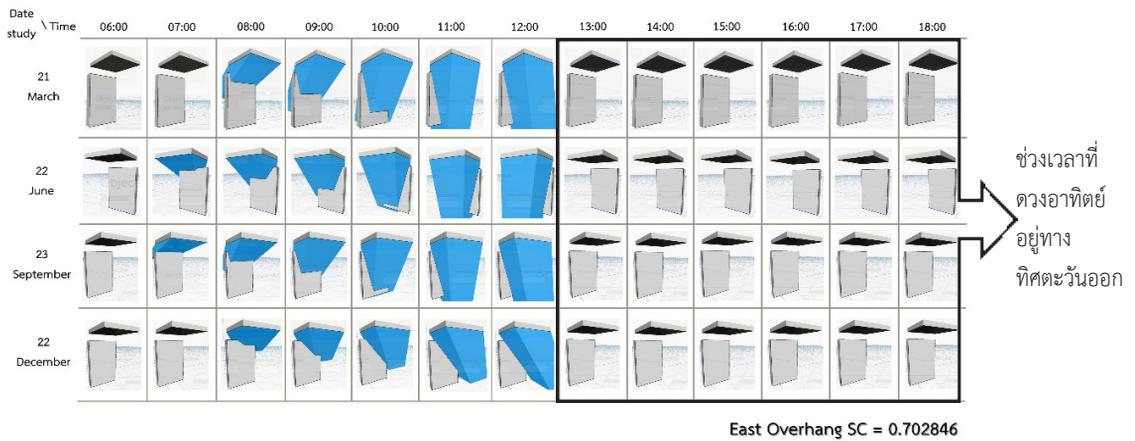
เมื่อได้วิธีการคำนวณพื้นที่ที่อยู่นอกเขตเงาแล้ว จากนั้นทำการจำลองอุปกรณ์บังแดดแบบ Overhang เช่นเดียวกับจนครบทุกเวลาของ 4 วันอ้างอิงกับทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก ตามลำดับ เพื่อนำพื้นที่ดังกล่าวมาดำเนินการคำนวณค่า SC เฉลี่ยของแต่ละทิศต่อไป



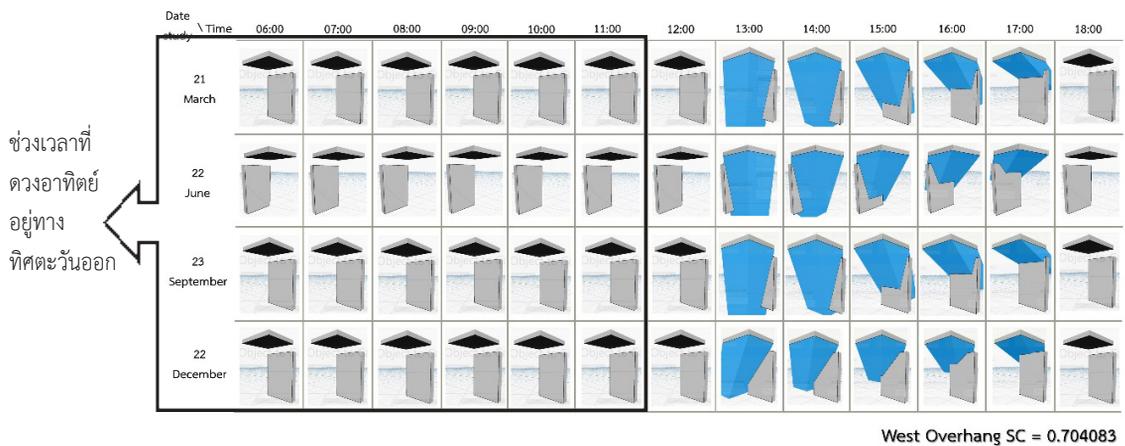
ภาพที่ 11 แสดงลักษณะพื้นที่นอกเขตเงาบนส่วนโปร่งแสง หรือกระจก ทางด้านทิศเหนือ



ภาพที่ 12 แสดงลักษณะพื้นที่นอกเขตเงาบนส่วนโปร่งแสง หรือกระจก ทางด้านทิศใต้

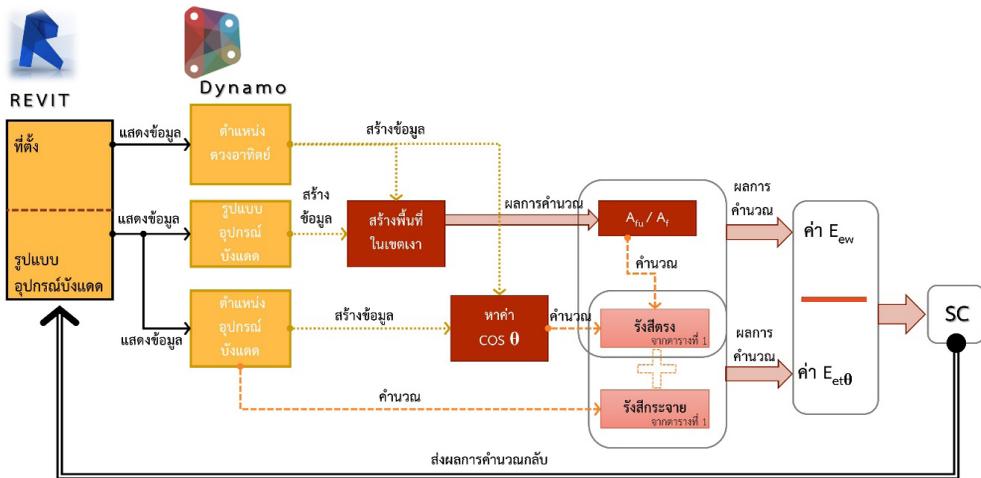


ภาพที่ 13 แสดงลักษณะพื้นที่นอกเขตเงาบนส่วนโปร่งแสง หรือกระจก ทางด้านทิศตะวันออก



ภาพที่ 14 แสดงลักษณะพื้นที่นอกเขตเงาบนส่วนโปร่งแสง หรือกระจก ทางด้านทิศตะวันตก

เมื่อได้พื้นที่ที่อยู่ในเขตเงาแล้ว จึงทำการสร้างความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์เพื่อคำนวณค่า SC ของแต่ละทิศ พร้อมทั้งส่งผลรายงานมายังหน้าหลักของโปรแกรม REVIT 2016



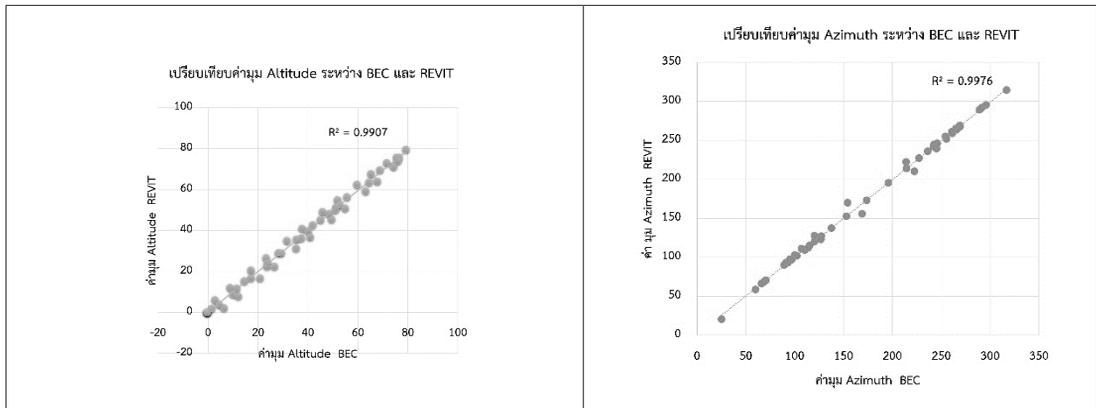
ภาพที่ 15 แสดงการสร้างความสัมพันธ์การคำนวณค่า SC ในโปรแกรม REVIT Dynamo 1.3

4. เปรียบเทียบผลการคำนวณค่า SC

ก่อนดำเนินการคำนวณ SC ด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเชื่อมโยงกับ REVIT มีการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการหาตำแหน่งของดวงอาทิตย์ด้วยวิธีการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์โปรแกรม REVIT Dynamo 1.3 กับวิธีหาค่ามุมของตำแหน่งดวงอาทิตย์จาก Sun-path Diagram เพื่อคำนวณการออกแบบอุปกรณ์กันแดดให้กับส่วนโปร่งแสงหรือกระจกที่เหมาะสมตามตำแหน่งทิศทางดวงอาทิตย์ และค่ารังสีดวงอาทิตย์ตามประกาศกระทรวงพลังงาน เพื่อพิสูจน์ความถูกต้อง แม่นยำ ของการคำนวณตามสภาพของการโคจรที่ตำแหน่งจริงของดวงอาทิตย์ เมื่อได้ผลการคำนวณค่า SC เสร็จแล้ว นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรม BEC เพื่อพิสูจน์ความแม่นยำ และความถูกต้องของอุปกรณ์กับโปรแกรมที่มีการประกาศใช้จาก พพ.

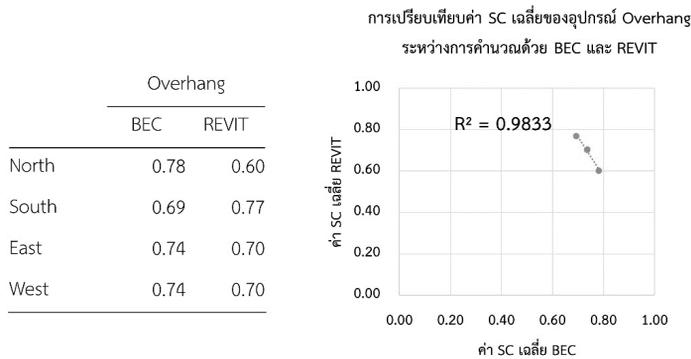
ผลการทดลอง

จากการเปรียบเทียบค่ามุมของตำแหน่งดวงอาทิตย์จากคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์โปรแกรม REVIT Dynamo 1.3 กับหาค่ามุมของตำแหน่งดวงอาทิตย์จาก sun-path diagram ที่อ้างอิงทั้ง 4 วัน ในช่วงเวลา 6 โมงเช้า ถึง 6 โมงเย็น มีความถูกต้อง และแม่นยำ ตามวิธีการที่ประกาศกระทรวงพลังงาน กำหนดไว้ โดยค่าความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลการหา Altitude และ Azimuth มีค่า R2 เท่ากับ 0.9907 และ 0.9976 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพต่อไปนี้



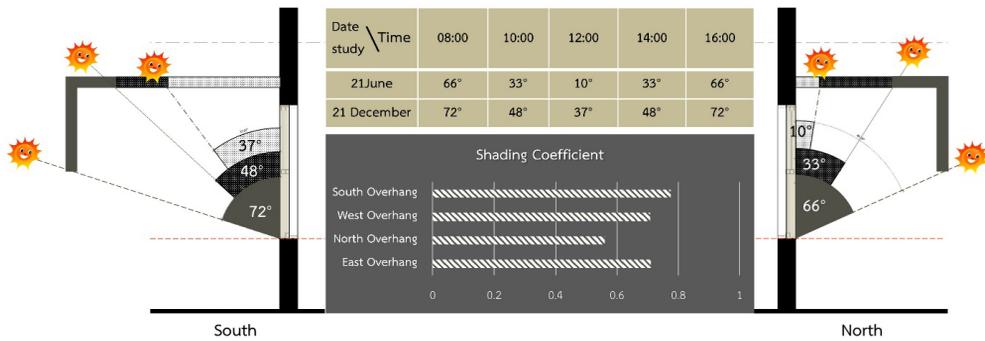
ภาพที่ 16 แสดงการเปรียบเทียบค่ามุมของตำแหน่งดวงอาทิตย์

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่า SC เฉลี่ยที่คำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์โปรแกรม REVIT Dynamo 1.3 กับค่า SC เฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรม BEC พบว่ามีค่าความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลการหา SC เฉลี่ยของ Overhang ที่มีระยะเท่ากัน มีค่า R2 เท่ากับ 0.9833 ดังแสดงในภาพต่อไปนี้



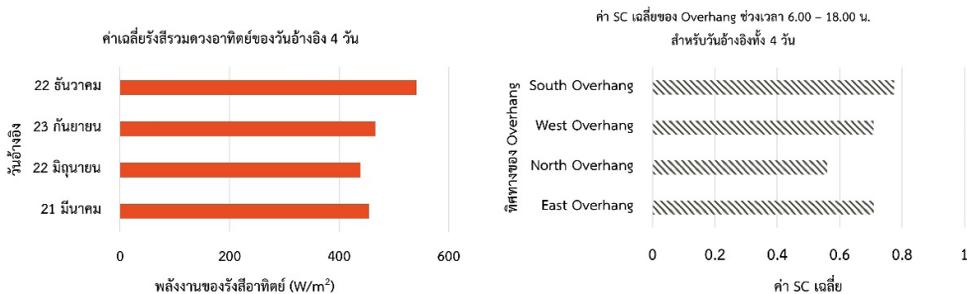
ภาพที่ 17 แสดงเปรียบเทียบค่า SC เฉลี่ยของอุปกรณ์ Overhang ระหว่างการคำนวณด้วย BEC และ REVIT

จากการทดลอง ได้เครื่องมือที่ใช้คำนวณค่า SC โดยตรงจากการจำลองแบบของอุปกรณ์กันแดดรูปแบบ Overhang ด้วยคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์โปรแกรม REVIT พร้อมทั้งเป็นเครื่องมือที่มีความแม่นยำ โดยเปรียบเทียบกับค่าจากการคำนวณด้วย Sun-path Diagram โดยออกแบบให้ระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดทำมุมเป็นมุมเดียวกันที่ 37 องศา ทั้งทางทิศเหนือ และทิศใต้ที่ส่วนโปร่งแสงหรือกระจก เพื่อบ่งชี้ดวงอาทิตย์ในช่วงเดือนมิถุนายน อุปกรณ์บังแดดที่ระยะเท่ากัน สามารถบ่งชี้ดวงอาทิตย์ตั้งแต่เวลา 10:00 น. ถึงเวลา 14:00 น. สำหรับทางทิศเหนือ และเฉพาะเวลาเที่ยงวัน (12.00 น.) สำหรับทางทิศใต้เท่านั้น เห็นได้ว่าอุปกรณ์กันแดดทางทิศเหนือสามารถกันรังสีดวงอาทิตย์ได้เป็นเวลาที่ยาวนานกว่าทางทิศใต้ ซึ่งสอดคล้องกับผลจากการคำนวณค่า SC ด้วยคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์โปรแกรม REVIT ที่มีค่า SC เฉลี่ยของ Overhang ทางทิศเหนือต่ำกว่าทางทิศใต้ เมื่อ Overhang มีระยะยื่นที่เท่ากัน อธิบายด้วยภาพที่ 17



ภาพที่ 18 แสดงการเปรียบเทียบผลกับการคำนวณมุมด้วย Sun-path Diagram สำหรับออกแบบอุปกรณ์กันแดด

จากการทดลองยังพบว่าผลของการคำนวณค่า SC เฉลี่ยแต่ละทิศของ Overhang ที่มีขนาดเดียวกัน ทิศได้มีค่าดังกล่าวสูงที่สุด ทิศตะวันออกและทิศตะวันตกมีค่าที่ใกล้เคียงกัน และทิศเหนือมีค่าน้อยที่สุด ตามลำดับ ซึ่งค่า SC เฉลี่ยที่ได้ สอดคล้องกับค่าเฉลี่ยรวมของปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ได้จากตารางที่ 1 นำมาเปรียบเทียบกัน จากลักษณะของตำแหน่งที่ตั้ง ดวงอาทิตย์จึงเบี่ยงเบนค่อนข้างไปทางทิศใต้ส่งผลให้ปริมาณรังสีที่ทิศใต้มีค่าเฉลี่ยของปริมาณรังสีรวมสูงสุด และสูงที่สุดในวันที่ 22 ธันวาคม ส่วนในวันที่ 21 มีนาคม และ 23 กันยายน มีค่าเฉลี่ยของปริมาณรังสีรวมใกล้เคียงกัน ตามลำดับ สำหรับวันที่ 22 มิถุนายน ที่ดวงอาทิตย์มีเส้นทางเบนไปทางทิศเหนือมีปริมาณรังสีร่วมน้อยที่สุด ตามลำดับ



ภาพที่ 19 แสดงเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรวมของปริมาณรังสีดวงอาทิตย์กับค่า SC ที่ได้จากการคำนวณ

สรุปผล

การสร้างวิธีการคำนวณค่า SC ด้วยโปรแกรม REVIT & DYNAMO สามารถเชื่อมโยงแบบจำลองอาคารสามมิติของโปรแกรม REVIT ได้โดยตรง ทำให้มีความรวดเร็ว ถูกต้อง และแม่นยำ สอดคล้องตามค่ามุมของตำแหน่งจริงตามเวลาของดวงอาทิตย์ที่ระบุตำแหน่งด้วยค่ามุม Altitude และ Azimuth เมื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบความสัมพันธ์กับการคำนวณด้วย sun-path diagram โดยมีค่า R² เท่ากับ 0.9907 และ 0.9976 ตามลำดับ และเมื่อนำค่า SC เฉลี่ยของ Overhang ทั้ง 4 ทิศทาง เปรียบเทียบหาความสัมพันธ์กับค่าที่ได้จาก โปรแกรม BEC พบความสัมพันธ์ที่ใกล้เคียงกัน โดยมีค่า R² เท่ากับ 0.9833 ด้วยวิธีการใหม่ในการคำนวณค่า SC นี้จึงสามารถนำไปใช้ในการออกแบบและคำนวณพลังงานตามเกณฑ์ BEC ได้ตามกำหนด

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

เอกสารอ้างอิง

- “กฎกระทรวงพลังงาน เรื่อง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552.” **ราชกิจจานุเบกษา**. 2552. เล่ม 126 ตอนที่ 12 ก (20 กุมภาพันธ์ 2552), หน้า 9-15.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. ม.ป.ป.. ม นโยบาย กฎหมายและข้อกำหนด ด้านอนุรักษ์พลังงาน. [ออนไลน์] [อ้างเมื่อ 8 ตุลาคม 2559] เข้าถึงได้จาก: <http://www.tei.or.th/tbcsd/projects/130726-03.pdf>.
- ชนิกานต์ ยิ้มประยูร. 2558. แนวทางในการพัฒนาโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคารสำหรับประเทศไทย. **วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย** (64): 47-62.
- ธารา จำเนียรดำรงการ. 2555. “การพัฒนาโปรแกรมประมาณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV)”. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ปรีชญา มหัทธนนทวิ และ ทายกร จารุชัยมนตรี. 2557. “การพัฒนาโปรแกรมเสริมใน Google Sketch Up เพื่อแสดงภาพของอุปกรณ์บังแดด ประกอบการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดตามกฎหมายอนุรักษ์พลังงาน”. **วารสารหน้าจั่ว** (28): 421-435.