# บทที่ 2
# วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้กล่าวถึงรายละเอียดของงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งใช้เป็นแนวทางในการทำวิจัย ซึ่งแบ่งเป็นหัวข้อย่อยดังนี้ ได้แก่ การถ่ายเทความร้อนผ่านหน้าต่างกระจก การคำนวณหาคุณสมบัติทาง optical ของหน้าต่างกระจก การคำนวณรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบผิวเอียง

**2.1** การถ่ายเทความร้อนผ่านหน้าต่างกระจก

**2.2** การคำนวณรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบผิวเอียง

## 2.1 การถ่ายเทความร้อนผ่านหน้าต่างกระจก

ในปี พ.ศ. 2525 Rubin และคณะ[15] ศึกษาเรื่อง การคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหน้าต่างกระจกในหนึ่งมิติแบบสภาวะคงตัว ด้วยวิธีการสมดุลพลังงานความร้อนในแต่ละชั้นของกระจก โดยกำหนดสภาวะแวดล้อมอันได้แก่ ค่ารังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบ ค่าความเร็วลม อุณหภูมิอากาศภายนอก และอุณหภูมิอากาศภายในให้มีค่าคงที่ในช่วงเวลาหนึ่ง จากการศึกษาพบว่า วิธีดังกล่าวนอกจากจะสามารถคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหน้าต่างกระจกแล้ว ยังสามารถหาค่าการกระจายตัวของอุณหภูมิผิวกระจกในแต่ละชั้นของหน้าต่างกระจก โดยใช้ลักษณะของการคำนวณซ้ำหลายครั้งจนคำตอบนั้นลู่เข้า รวมทั้งยังสามารถหาค่าคุณสมบัติทางความร้อนของกระจกอันได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม, U ค่าสัมประสิทธิ์บังเงา (shading coefficient, SC) และค่า Solar Heat Gain Coefficient (SHGC) ตามสภาวะแวดล้อมที่กำหนด รายละเอียดในการคำนวณจะถูกแสดงไว้ในบทที่ 3 (หัวข้อที่ 3.3)

ในปี พ.ศ. 2529 Arasteh และคณะ[6] ได้ทำการวิจัยเพื่อปรับปรุงและเพิ่มเติมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหน้าต่างกระจกของ Rubin [17] โดยได้เปลี่ยนแบบจำลองการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนภายในห้อง และยังได้เพิ่มเติมแบบจำลองการคำนวณการผสมกันระหว่างก๊าซที่อยู่ระหว่างชั้นกระจกสำหรับหน้าต่างกระจกหลายชั้น รวมทั้งยังได้เพิ่มเติมการคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านส่วนขอบและกรอบของหน้าต่างกระจก และยังสามารถคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหน้าต่างกระจกที่ถูกจัดวางในลักษณะเอียงตัวในมุมต่างๆ ซึ่งวิธีการดังกล่าวถูกนำมาใช้เป็นวิธีการคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหน้าต่างกระจกในโปรแกรม WINDOW 4.1[11]

ในปี พ.ศ. 2534 Fuller และคณะ[12] ได้นำเสนอวิธีการคำนวณหาค่าคุณสมบัติทาง optical ได้แก่ ค่าการส่งผ่าน (Transmittance) ค่าการสะท้อน (Reflectance) และค่าการดูดกลืน (Absorbtance) ของหน้าต่างกระจกชนิดไม่เคลือบ (Uncoated glass) เนื่องจากการคำนวณหาค่า

การถ่ายเทความร้อนผ่านหน้าต่างกระจกนั้นจำเป็นต้องทราบค่าคุณสมบัติทาง optical ของหน้าต่างกระจกซึ่งขึ้นกับความยาวคลื่นและมุมตกกระทบ ซึ่งค่าคุณสมบัติดังกล่าวจะขึ้นกับความยาวคลื่นและมุมตกกระทบ การคำนวณนั้นจะใช้ค่าคุณสมบัติทาง optical ที่ตำแหน่งตั้งฉากซึ่งได้จากการตรวจวัด และความหนาของกระจกสำหรับเป็นข้อมูลในการคำนวณ สำหรับการคำนวณจะแบ่งช่วงของความยาวคลื่นที่พิจารณาออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ (solar range) และช่วงการมองเห็น (Visible range) โดยในช่วงของรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์จะใช้ความยาวคลื่นเฉลี่ยเป็น 898 นาโนเมตร และช่วงของการมองเห็นจะใช้ความยาวคลื่นเฉลี่ยเป็น 575 นาโนเมตร นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณและการตรวจวัดคุณสมบัติทาง optical ที่มุมตกกระทบต่างๆ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นวิธีการดังกล่าวสามารถนำไปใช้คำนวณหาค่าคุณสมบัติทาง optical ของหน้าต่างกระจกชนิดไม่เคลือบได้โดยไม่ต้องทำการตรวจวัด

ในปี พ.ศ. 2525 Rubin [16] ได้นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการคำนวณหาค่าคุณสมบัติทาง optical ของหน้าต่างกระจกติดฟิล์มที่แปรตามความยาวคลื่น โดยใช้ข้อมูลทาง Optical ของกระจกตัวเปล่าชนิด กระจกใส กระจกสี ที่ได้จากการตรวจวัดที่ตำแหน่งตั้งฉาก และข้อมูลของฟิล์มที่ยังไม่ได้ติดกระจกที่แปรตามความยาวคลื่นมาเป็นข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยได้ตรวจสอบผลความแม่นยำของแบบจำลองคณิตศาสตร์โดยการเปรียบเทียบผลที่ได้กับผลการตรวจวัดคุณสมบัติทาง Optical โดยใช้เครื่องมือวัดความยาวคลื่นรุ่น Perkin-Elmer Lambda 9 และ Labsphere RSA-19 ซึ่งผลที่ได้มีความใกล้เคียงกันมาก และวิธีการดังกล่าวจึงถูกนำมาใช้ในการคำนวณคุณสมบัติทาง Optical ของกระจกในโปรแกรม Optic 5.02 [21]

ในปี พ.ศ. 2531 Rubin และคณะ[17] ได้นำเสนอวิธีการคำนวณหาค่าคุณสมบัติทาง optical ของหน้าต่างกระจกชนิดเคลือบ (coated glass) โดยใช้วิธีประมาณค่า ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ได้จากการทำสมการเส้นถดถอยออกเป็นสองแบบจำลองด้วยกันคือ แบบจำลองของกระจกใส (clear glass) และแบบจำลองของกระจกชนิดเคลือบ (coated glass) โดยมีเงื่อนไขการพิจารณาว่า ถ้าคุณสมบัติการส่งผ่านรังสีของกระจกที่ตำแหน่งตั้งฉาก ($\theta$=0°) มีค่ามากกว่า 0.645 การคำนวณคุณสมบัติทางเชิงแสงของกระจกนั้นก็จะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของกระจกใส แต่ถ้าคุณสมบัติการส่งผ่านรังสีของกระจกที่ตำแหน่งตั้งฉากมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.645 การคำนวณคุณสมบัติทาง optical ของกระจกนั้นก็จะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของกระจกชนิดเคลือบคำนวณ นอกจากนี้คณะผู้วิจัยยังได้หาค่าคุณสมบัติทาง optical ของกระจกชนิดเคลือบในทิศทางครึ่งทรงกลมเชิงสเปคตรัม (hemispherical properties) เพื่อที่จะนำคุณสมบัติดังกล่าวไปคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหน้าต่างกระจกเนื่องจากรังสีแสงอาทิตย์แบบกระจาย

**2.2 การคำนวณรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบผิวเอียง**

ในปี พ.ศ. 2525 Jimenez และ Castro [14] ได้นำเสนอการคำนวณรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบผิวเอียงจากข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้จากการตรวจวัดในแนวนอน โดยคณะผู้วิจัยได้สร้างความสัมพันธ์ระหว่างรังสีแสงอาทิตย์แบบตรงที่ตกกระทบกับผิวในแนวนอน และรังสีแสงอาทิตย์แบบตรงที่ตกกระทบกับผิวเอียงตามสมการที่ 2.1 ดังนี้

$$\frac{I_{dirv}}{I_{dirh}} = \frac{\cos\theta_v}{\cos\theta_z} \tag{2.1}$$

โดยที่

$I_{dirv}$ = ค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบตรงที่ตกกระทบผิวเอียง, W/m$^2$

$I_{dirh}$ = ค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบตรงที่ตกกระทบกับผิวในแนวนอน, W/m$^2$

$\theta_v$ = มุมตกกระทบของรังสีแสงอาทิตย์แบบตรงบนผิวเอียง, Degree

$\theta_z$ = มุม Zenith, Degree