

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และที่ใช้เป็นแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ โดยได้แบ่งออกเป็นหัวข้อย่อยต่าง ๆ ดังนี้

ข้อมูลสภาวะอากาศมาตรฐาน

การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านระบบกระจกติดมู่ลี่

การคำนวณค่าคุณสมบัติทาง optic ของมู่ลี่

การคำนวณค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกชนิดต่าง ๆ

การคำนวณค่าสภาวะความสบายเชิงความร้อน

2.1 ข้อมูลสภาวะอากาศมาตรฐาน

งานวิจัยของสมศักดิ์ ไชยะภินันท์ และคณะ

ในปีพ.ศ. 2542 สมศักดิ์ ไชยะภินันท์และคณะ [6] ได้ทำการพัฒนาข้อมูลภูมิอากาศมาตรฐาน โดยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลภูมิอากาศจากกรมอุตุนิยมวิทยาที่มีการจัดเก็บเป็นค่าเฉลี่ยรายชั่วโมง ในช่วงเวลา พ.ศ. 2531 ถึงพ.ศ. 2542 เป็นระยะเวลา 12 ปีโดยพิจารณาตามวิธีของ ASHRAE Fundamental Handbook 1997 และในปีพ.ศ. 2546 สมศักดิ์ ไชยะภินันท์ และคณะ [7-9] ได้ทำการคัดเลือกข้อมูลภูมิอากาศออกแบบมาตรฐานจากข้อมูลภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร เพื่อใช้ในการกำหนดค่าสมรรถนะของระบบกระจก และกระจกติดฟิล์ม โดยได้พิจารณาข้อมูลภูมิอากาศมาตรฐานนี้ออกเป็น 2 ชุดด้วยกันคือ ข้อมูลอุณหภูมิออกแบบกระเปาะแห้งสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% และข้อมูลรังสีรวมแสงอาทิตย์ออกแบบที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% และค่าเฉลี่ยของข้อมูลภูมิอากาศอื่น ๆ ที่สอดคล้อง จากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบข้อมูลภูมิอากาศทั้ง 2 ชุด โดยพิจารณาจากค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหน้าต่างกระจกใสมาตรฐาน ขนาด 3 ม.ม. ทั้ง 4 ทิศ และพบว่าข้อมูลภูมิอากาศชุดรังสีแสงอาทิตย์ 0.4% จะให้ค่าการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ยมากกว่า และมีค่ามากที่สุดที่เวลา 15.00 น. ในทิศตะวันตกและมีค่าเท่ากับ $1,073 \text{ W/m}^2$ โดยค่าข้อมูลภูมิอากาศมาตรฐานที่ได้ คือ

$$\text{ค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบตรงที่ตกกระทบหน้าต่างกระจกตั้งฉาก} = 658 \text{ W/m}^2$$

$$\text{ค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบกระจายที่ตกกระทบหน้าต่างกระจกตั้งฉาก} = 111 \text{ W/m}^2$$

$$\text{ค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้ง} = 35 \text{ }^\circ\text{C}$$

ค่าความเร็วลม = 3.8 m/s

2.2 การคำนวณหาการถ่ายเทความร้อนผ่านระบบกระจกติดมู่ลี่

งานวิจัยของ Klems J.H.

ในปี พ.ศ. 2537 Klems [10-15] ได้พัฒนาวิธีการเพื่อทำนายการถ่ายเทความร้อนผ่านระบบหน้าต่างกระจกที่มีอุปกรณ์บังเงาภายใน และพบว่า ค่าคุณสมบัติการส่งผ่าน ค่าคุณสมบัติการสะท้อน และคุณสมบัติการดูดกลืนของระบบกระจกที่มีอุปกรณ์บังเงาภายในนั้น นอกจากจะขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบของรังสีแล้วนั้น จะยังคงขึ้นอยู่กับลักษณะการเอียงของรังสีที่มาตกกระทบอีกด้วย เช่น สำหรับระบบกระจกที่มีมู่ลี่ติดตั้งเพิ่มเติม ค่าคุณสมบัติการส่งผ่าน ค่าคุณสมบัติการสะท้อน และค่าคุณสมบัติการดูดกลืนที่มีมุมตกกระทบเดียวกัน แต่มีลักษณะการเอียงที่แตกต่างกัน (เกิดมุม azimuth ดังแสดงในรูปที่ 2.1) จะมีผลทำให้ ค่าคุณสมบัติการส่งผ่าน ค่าคุณสมบัติการสะท้อน และค่าคุณสมบัติการดูดกลืนรังสีของระบบโดยรวม มีค่าที่เปลี่ยนไปจากเดิม ดังนั้น ในการประเมินค่า Solar Heat Gain Coefficient (SHGC) ของระบบกระจกที่มีอุปกรณ์บังเงาภายในใด ๆ ต้องประเมินจากสมการ

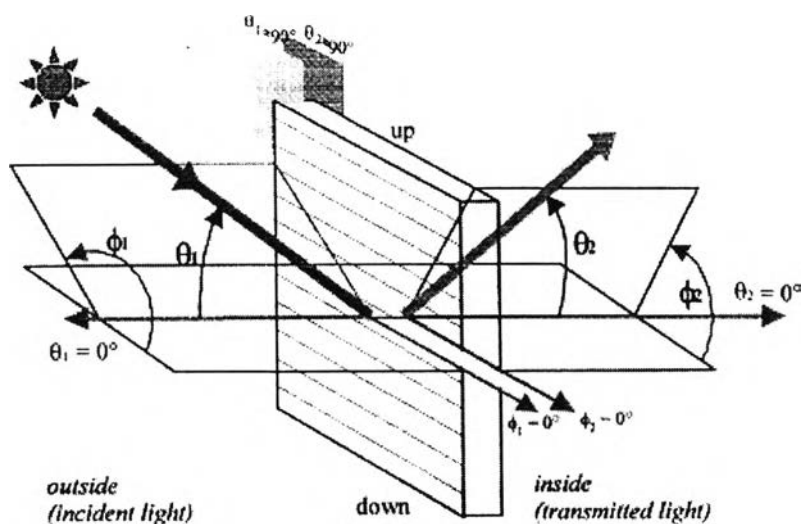
$$SHGC(\theta, \phi) = T^M(\theta, \phi) + \sum_{i=1}^M N_i A_i^f(\theta, \phi) \quad (2.1)$$

เมื่อ	SHGC	คือ ค่า Solar Heat Gain Coefficient ของกระจกที่มีการติดตั้งมู่ลี่
	T^M	คือ ค่าการส่งผ่านรังสีด้านหน้า
	A_i^f	คือ ค่าการดูดกลืนรังสีด้านหน้าของแต่ละชั้นกระจก และมู่ลี่
	N_i	คือ ค่า inward-flowing fraction ของแต่ละชั้นกระจก และมู่ลี่
	θ	คือ มุมตกกระทบของรังสี
	ϕ	คือ มุม azimuth ของรังสี

โดยที่ Klems ได้พิจารณาแยกตัวแปรออกเป็น 2 ชนิดด้วยกันคือ

-คุณสมบัติที่ขึ้นอยู่กับค่าทาง optic ได้แก่ค่า T^M และ A_i^f ที่สามารถหาค่าได้จากวิธี Matrix layer calculation

-และ N_i เป็นปริมาณทาง calorimetric ที่มีค่าขึ้นอยู่กับลักษณะของระบบเป็นหลัก และมีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับคุณสมบัติที่ขึ้นอยู่กับค่าทาง optic สำหรับระบบหนึ่ง ๆ โดยสามารถหาค่าได้จากการทดลอง



รูปที่ 2.1 แสดงนิยามของมุมตกกระทบ และมุม azimuth

งานวิจัยของ Klems J.H. และ G.O. Kelley

ในปี พ.ศ.2538 Klems และ Kelley [15] ได้ทำการทดลองเพื่อหาค่า Inward-flowing fraction, N_i ของระบบกระจกที่ติดตั้งมู่ลี่ โดยได้ทำการทดลองกับ Mobile calorimetric facility ที่เรียกว่า MoWiTT (Mobile Window Thermal Test) โดยผู้วิจัยได้จำลองการแผ่รังสีที่ดูคกลืนไว้ในมู่ลี่ด้วยการใส่ความร้อนให้กับมู่ลี่ จากนั้นจึงทำการวัดค่าความร้อนที่เข้ามาภายในห้อง และสามารถหาค่า N_i ได้จากอัตราส่วนความร้อนที่วัดได้ต่อความร้อนที่ใส่ให้กับมู่ลี่ จากนั้นจึงได้ศึกษาค่าของตัวแปรต่าง ๆ ที่น่าจะมีผลต่อค่า N_i ไม่ว่าจะเป็น ค่าผลต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายใน ค่าความเร็วลม เป็นต้น โดยจากการศึกษานี้ผู้วิจัยได้พบว่าค่าของตัวแปรต่าง ๆ เหล่านี้มีผลกระทบต่อค่า N_i น้อย นอกจากนั้นค่าการเปลี่ยนแปลงต่อค่าต่าง ๆ เหล่านี้ยังคงอยู่ในช่วงความผิดพลาดที่ได้จากการทดลอง (experimental uncertainty) ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงถือว่าค่า N_i ที่ได้มีค่าที่คงที่

งานวิจัยของ Collins M.R. และ S.J. Harrison

ในปี พ.ศ. 2542 Collins และ Harrison [16] ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่น่าจะมีผลต่อค่า Inward-flowing fraction, N_i ของของมู่ลี่ ไม่ว่าจะเป็น มุมเอียงของมู่ลี่ ระดับรังสีที่ถูกดูคกลืนไว้ในมู่ลี่ ความแตกต่างของอุณหภูมิ และค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนภายนอกต่อค่า N_i โดยใช้ Solar Calorimeter โดยหลักการที่ใช้ในการวัดนั้นหลักการเช่นเดียวกับหลักการของ Klems และ Kelly [15] และพบว่าค่าการเปลี่ยนแปลงของมุมเอียง ระดับรังสีที่ถูกดูคกลืนไว้ในมู่ลี่ และ ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนภายนอกมีผลค่อนข้างน้อยต่อค่า N_i ในขณะที่ความแตกต่างของอุณหภูมิมีผลกับค่า N_i อยู่พอสมควร และจากการวิเคราะห์เชิงถดถอยจะช่วยให้ได้ความสัมพันธ์ของค่า N_i กับตัวแปรต่าง ๆ ดังสมการ

$$N_i = 0.85 - 0.027 \Delta T - 0.36 \times 10^{-2} h_0 + 8.65 \times 10^{-2} \cos^2(\theta) + 1.15 \times 10^{-4} \Delta TP \quad (2.2)$$

เมื่อ	N_i	คือ ค่า inward-flowing fraction ของมู่ลี่
	ΔT	คือ ผลต่างของอุณหภูมิภายใน และภายนอก, °C
	h_0	คือ ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนภายนอก, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
	θ	คือ มุมเอียงของมู่ลี่วัดเทียบกับแนวระดับ, degree
	P	คือ ความร้อนที่ใบมู่ลี่, W/m^2

งานวิจัยของ Ye P. และคณะ

ในปี พ.ศ. 2542 Ye P. และคณะ [17] ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบของมู่ลี่ที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนโดยธรรมชาติจากผิวกระจกชั้นในที่มีการติดตั้งมู่ลี่โดยใช้กรรมวิธีเชิงตัวเลข โดยได้ศึกษาถึงผลของระยะการติดตั้ง และมุมเอียงของมู่ลี่ที่จะมีผลต่อการถ่ายเทความร้อน โดยพิจารณาที่ระยะต่าง ๆ คือ 15, 20, 25, 30 และ 40 มม. และที่มุมเอียง 0, 45, -45 และ 80 องศา จากการศึกษาพบว่าระยะติดตั้งมู่ลี่ และมุมเอียงของมู่ลี่นั้นจะมีผลกระทบโดยตรงต่อการพาความร้อนออกจากกระจก โดยที่ที่ระยะติดตั้งเท่ากับ 15 มม. นั้นการติดตั้งมู่ลี่จะมีผลกระทบโดยตรงต่อการพาความร้อน โดยที่ที่มุมเอียง 0 องศา นั้นจะมีผลกระทบมากที่สุด และที่มุมเอียง -45 นั้นก็จะมีผลกระทบพอสมควร ในขณะที่ที่มุมเอียง 45 องศา นั้นผลกระทบจะมีค่าค่อนข้างน้อย ในขณะที่ที่ระยะติดตั้งมากกว่า 20 มม. การติดตั้งมู่ลี่แทบจะไม่มีผลต่อการพาความร้อนเลย อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้ยังไม่ได้รวมถึงผลของพลังงานที่ถูกดูดกลืนไว้ในมู่ลี่ที่อาจจะส่งผลกระทบต่อพาความร้อนในส่วนนี้ได้

งานวิจัยของ Duarte N. และคณะ

ในปี พ.ศ. 2544 Duarte N. และคณะ [18] ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาถึงผลกระทบของการติดตั้งมู่ลี่ที่มีผลต่อการพาความร้อนจากกระจก โดยได้เพิ่มเติมส่วนของการดูดกลืนของรังสีที่มู่ลี่ที่อาจจะมีผลต่อค่าการพาความร้อนจากผิวกระจกชั้นใน โดยใช้เครื่องมือวัดชนิด Mach-Zehnder interferometer และจากการศึกษาพบว่าปริมาณการดูดกลืนของรังสีนั้นมีผลกระทบอย่างมากต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน โดยปริมาณรังสีที่ถูกดูดกลืนมากขึ้นนั้นจะส่งผลให้การพาความร้อนออกจากกระจกนั้นมีค่าที่ลดลง และปริมาณรังสีที่ถูกดูดกลืนนั้นจะส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากกระจกนั้นมีค่าที่ขึ้นกับมุมเอียง และระยะการติดตั้งของมู่ลี่มากขึ้น

งานวิจัยของ Collins M.R. และคณะ

ในปี พ.ศ. 2545 Collin และคณะ [19,20] ได้ทำการศึกษา และพัฒนาแบบจำลองเชิงตัวเลข เพื่อวิเคราะห์ผลของมู่ลี่ที่ถูกทำให้ร้อนโดยแสงอาทิตย์ต่อการถ่ายเทความร้อนในรูปของการพาความร้อนโดยธรรมชาติ และการแผ่รังสีจากผิวด้านในของกระจก โดยใช้แบบจำลอง Finite element 2 มิติ ภายใต้สภาวะคงตัว โดยจากผลการทดลองคณะผู้วิจัยพบว่าเมื่อมีการติดตั้งมู่ลี่เพิ่มเติม มู่ลี่จะส่งผลต่อการพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนจากกระจกในลักษณะเป็นคาบ (periodic) โดยค่าการพาความร้อน และการแผ่รังสีจะมีค่าน้อยในช่วงที่มีใบมู่ลี่อยู่ และมีค่ามากที่ช่องว่างระหว่างใบมู่ลี่ จากนั้นจึงทำการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองเชิงตัวเลขกับการทดลองโดยทำการตรวจสอบในสองส่วนคือส่วนของการพาความร้อนโดยธรรมชาติที่ได้จากโปรแกรมกับการพาความร้อนที่วัดได้จากเครื่องมือวัด และในส่วนของการแผ่รังสีคลื่นยาวนั้นตรวจสอบโดยใช้แบบจำลองทำนายค่าอุณหภูมิของมู่ลี่ กับค่าที่ได้จากการวัดโดยตรง จากการตรวจสอบพบว่าผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองเชิงตัวเลขนั้นสอดคล้องกับค่าที่ได้จากการทดลองเป็นอย่างดี

งานวิจัยของ Collins M.R. และ S.J. Harrison

ในปี พ.ศ. 2547 Collins และ Harrison [21] ได้พัฒนาต่อยอดจากงานเก่าว่า ถึงแม้ว่าแบบจำลองเชิงเลขนั้นจะสามารถใช้ในการทำนายค่าการพาความร้อนจากผิวกระจกด้านในกับมู่ลี่ได้เป็นอย่างดี แต่การประยุกต์ใช้งานนั้นยังเป็นไปได้ค่อนข้างยาก อันเนื่องมาจากพฤติกรรมของระบบมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องเป็นจำนวนมาก และในการทำนายโดยตัวเลขนั้น เมื่อตัวแปรบางตัวมีค่าที่เปลี่ยนไป เช่น มุมเอียงของมู่ลี่เปลี่ยนไป เป็นต้น จะทำให้ลักษณะเงื่อนไขขอบเขตของปัญหาเปลี่ยนไป ซึ่งจะต้องกำหนดใหม่ และทำการวิเคราะห์ใหม่ในทุก ๆ ครั้ง นอกจากนั้นจำนวนจุดต่อของการคำนวณที่ใช้นั้นก็จะต้องละเอียดในระดับหนึ่งเพื่อที่จะสามารถทำนายได้ถูกต้องซึ่งหมายถึงระยะใช้เวลาที่ใช้ในการคำนวณนั่นเอง ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการกำหนดสภาวะที่อาจจะเกิดขึ้นและวิเคราะห์ในแต่ละกรณีไว้ จากนั้นจึงใช้การวิเคราะห์เชิงถดถอย (regression analysis) เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ของค่าการถ่ายเทความร้อนทั้งในส่วนของการพาความร้อนโดยธรรมชาติ และการแผ่รังสีจากผิวกระจกด้านใน ที่เป็นฟังก์ชันของตัวแปรพื้นฐานต่าง ๆ เพื่อให้ได้ความสัมพันธ์ที่สามารถประยุกต์ใช้ได้ง่ายขึ้น

งานวิจัยของ Fang X.D.

ในปี พ.ศ. 2543 Fang [22] ได้ทำการทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมของกระจกที่มีการติดมู่ลี่เป็นอุปกรณ์บังเงาภายใน โดยได้พิจารณาในกรณีของกระจก 1 ชั้น และ 2 ชั้น ที่ติดมู่ลี่ที่มีค่าการสะท้อนรังสีคลื่นยาวสูง (high reflectivity venetian blind) โดยผู้วิจัยได้

ทำการทดลองโดยใช้เครื่องมือวัดชนิด Hot box เพื่อศึกษาถึงตัวแปรต่าง ๆ ที่น่าจะมีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมนี้ และพบว่าค่าคุณสมบัตินี้จะแปรหลัก ๆ ตามมุมเอียงของมู่ลี่ และผลต่างของอุณหภูมิภายใน และภายนอก จากนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการแปรค่าตัวแปร 2 ตัวนี้ และทดลองที่สภาวะต่าง ๆ จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์เชิงถดถอยกับข้อมูลที่ได้ โดยสมการที่ได้นั้น จะมีความผิดพลาดเมื่อเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการทดลองอยู่ในช่วง 6.8 % และ 4.4 % สำหรับกระจก 1 ชั้น และ 2 ชั้นที่ติดมู่ลี่ ตามลำดับ

งานวิจัยของ Shahid H. และ D. Naylor

ในปี พ.ศ. 2548 Shahid และ Naylor [23] ได้ทำการศึกษาสมรรถนะเชิงความร้อนของกระจกใส 1 และ 2 ชั้นที่มีการติดตั้งมู่ลี่ไว้ภายใน โดยใช้แบบจำลอง finite volume 2 มิติ และได้พบว่าในกรณีที่ไม่มีรังสีแสงอาทิตย์การติดตั้งมู่ลี่เพิ่มเติมกับระบบกระจกนั้นสามารถที่จะช่วยค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวม (U-value) ได้ จากนั้นจึงได้ศึกษาถึงตัวแปรอื่น ๆ ที่อาจมีผลต่อค่า ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมนี้ เช่น มุมเอียงของมู่ลี่ ระยะการติดตั้ง และค่าการเปล่งรังสีของมู่ลี่

2.3 การคำนวณหาค่าคุณสมบัติทาง optic ของมู่ลี่

งานวิจัยของ Klems J.H. และ J.L. Warner

ในปี พ.ศ. 2538 Klems และ Warner [24] ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษา และวัดค่าคุณสมบัติ Bi-directional properties ของมู่ลี่โดยใช้ scanning radiometer และพบว่าค่าการส่งผ่าน และค่าการสะท้อนของมู่ลี่นั้นจะขึ้นอยู่กับระนาบของการตกกระทบ (plane of incident) ของรังสีเข้าและรังสีออก เป็นผลให้ค่าการส่งผ่าน และค่าการสะท้อนของมู่ลี่ต้องอธิบายด้วยฟังก์ชันการกระจายตัวของการส่งผ่านแบบสองทิศทาง (Bi-directional Transmittance Distribution Function, BTDF) และฟังก์ชันการกระจายตัวของการสะท้อนแบบสองทิศทาง (Bi-directional Reflectance Distribution Function, BRDF) และเนื่องจากค่าคุณสมบัติเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับคุณลักษณะ (มุมเอียง) ของมู่ลี่ด้วย ดังนั้นค่า BTDF และค่า BRDF ที่ได้จะเป็นค่าที่มุมเอียงใดมุมเอียงหนึ่ง โดยที่คณะผู้วิจัยได้ทดลองที่มุมเอียงของมู่ลี่ที่ 3 มุมด้วยกันคือ 0, 45 และ 90 องศา และข้อมูลเหล่านี้ได้ถูกใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณ โดยวิธี Matrix layer calculation เพื่อหาค่าคุณสมบัติทาง optic รวมของระบบกระจกที่มีการติดตั้งมู่ลี่

งานวิจัยของ Pfrommer P. และคณะ

ในปี พ.ศ. 2539 Pfrommer P. และคณะ [25] ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของมู่ลี่โดยได้พิจารณาแยกคุณสมบัติทาง optic ออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่จะถูกส่งผ่านโดยตรง (direct-direct transmittance) และส่วนที่จะส่งผ่านเนื่องจากการสะท้อนระหว่างใบมู่ลี่ (direct-diffuse transmittance) ซึ่งเป็นการพิจารณาตามหลักทางเรขาคณิตเพื่อที่จะทำให้ได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการประเมินค่าคุณสมบัติทาง optic ของอุปกรณ์บังเงาแบบ slat-type และเป็นผลให้สามารถพิจารณาหาค่าคุณสมบัติทาง optic ของมู่ลี่ได้

งานวิจัยของ Chantrasrisalai C. และ D.E. Fisher

ในปี พ.ศ. 2544 Chantrasrisalai และ Fisher [26] ได้ทำการศึกษาเชิงเปรียบเทียบถึงแบบจำลองคณิตศาสตร์ประเภทต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำนายคุณสมบัติทาง optic ของมู่ลี่จากแบบจำลอง 3 ชนิดคือ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้ถูกพัฒนาโดย Parmelee และ Aubelee [3], Pfrommer และคณะ [25] และ Simmler โดยจากการศึกษาพบว่าแต่ละแบบจำลองนั้นต่างก็มีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกัน และสามารถที่จะทำนายค่าคุณสมบัติทาง optic ได้ดีในช่วงที่แตกต่างกัน และยังไม่มีการยอมรับว่าแบบจำลองไหนที่มีสามารถทำนายค่าคุณสมบัติทาง optic ได้อย่างแม่นยำ

งานวิจัยของ Yahoda D.S. และ J.L. Wright

ในปี พ.ศ. 2547 Yahoda และ Wright [27] ได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของมู่ลี่ในช่วงของการแผ่รังสีคลื่นยาว โดยได้ใช้แบบจำลองหีบปิด (enclosed model) เพื่อคำนึงถึงการถ่ายเทความร้อนระหว่างกันของพื้นผิวต่าง ๆ และจากแบบจำลองนี้จะทำให้สามารถพิจารณาว่ามู่ลี่นั้นเปรียบเสมือน effective layer ที่มีค่าคุณสมบัติในช่วงของการแผ่รังสีคลื่นยาวคงที่ตลอดพื้นผิว

2.4 การคำนวณหาค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกชนิดต่าง ๆ

งานวิจัยของ Furler R.A.

ในปีพ.ศ. 2534 Furler [28] ได้เสนอวิธีการในการคำนวณหาค่าคุณสมบัติทาง optic ของหน้าต่างกระจกชนิดไม่เคลือบ (uncoated glass) ซึ่งค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกประกอบไปด้วยค่าการส่งผ่าน (transmittance) และค่าการสะท้อน (reflectance) ที่แปรตามมุมตกกระทบ โดยในการคำนวณค่าคุณสมบัติเหล่านี้จำเป็นต้องทราบค่าความยาวคลื่น มุมตกกระทบ ความหนาของกระจก และค่าคุณสมบัติที่ตำแหน่งตั้งฉากกับตัวกระจก โดยค่าคุณสมบัติทาง optic นี้ได้แบ่งการคำนวณเป็น 2 ช่วงด้วยกันคือ ช่วงรังสีความร้อนแสงอาทิตย์ และช่วงการมองเห็น โดยช่วงความ

ยาวคลื่นของรังสีความร้อนจะอยู่ในช่วง 780 ถึง 2500 นาโนเมตร และช่วงความยาวคลื่นของการมองเห็นจะอยู่ในช่วง 320 ถึง 780 นาโนเมตร แต่อย่างไรก็ตามค่าการส่งผ่าน และการสะท้อนนี้มีลักษณะค่อนข้างเรียบในแต่ละช่วง เป็นผลให้สามารถพิจารณาค่าคุณสมบัติทาง optic เหล่านี้ ออกเป็น 2 ช่วงได้โดยใช้แบบจำลอง 2-band model จากนั้นจึงหาค่าความยาวคลื่นเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนของแต่ละช่วง โดยค่าเฉลี่ยของความยาวคลื่นในแต่ละช่วงมีค่าเท่ากับ 897.7 นาโนเมตร สำหรับช่วงรังสีความร้อนแสงอาทิตย์ และ 575 นาโนเมตรสำหรับช่วงการมองเห็น

งานวิจัยของ Finlayson E.U. และ D. Arasteh

ในปีพ.ศ. 2536 Finlayson และ Arasteh [1] ได้เสนอวิธีการหาค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกชนิดเคลือบ และได้พบว่าคุณสมบัติทางของกระจกเคลือบในกรณีหาค่าการส่งผ่านมากกว่า 0.645 นั้นจะมีค่าคุณสมบัติคล้ายกับกรณีของกระจกใส และในกรณีที่ค่าการส่งผ่านมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.645 จะมีค่าคุณสมบัติคล้ายกับกรณีของกระจกสีบรอนซ์ ดังนั้นจึงได้แบ่งค่าคุณสมบัติ ออกเป็น 2 ช่วง แล้วทำการวิเคราะห์เชิงถดถอยโดยใช้สมการพหุนามอันดับ 4 (polynomial 4th order) กับค่าคุณสมบัติดังกล่าวทำให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์เพื่อคำนวณหาค่าคุณสมบัติของกระจกชนิดเคลือบ

2.5 การคำนวณหาค่าสภาวะความสบายเชิงความร้อน

ในปีพ.ศ. 2513 Fanger [29] ได้ศึกษาถึงสภาวะความสบายเชิงความร้อนของคนที่อยู่ภายในห้องที่มีการปรับสภาวะอากาศ โดยได้ใช้หลักสมดุลทางความร้อนกับร่างกายของคน และพบว่าสภาวะความสบายเชิงความร้อนของคนนั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ 6 ปัจจัยด้วยกันคือค่าอุณหภูมิอากาศ ค่าความชื้น ค่าความเร็วลมของอากาศ ค่าความต้านทานเชิงความร้อนของเสื้อผ้า กิจกรรมที่ทำ และค่าอุณหภูมิแผ่รังสีเฉลี่ย (Mean Radiant Temperature, MRT) ของผนัง จากนั้น Fanger จึงได้พัฒนาดัชนีเพื่อทำนายสภาวะความสบายของคนที่ยื่นอยู่กับตัวแปร 6 ตัวเหล่านี้ โดยการโหวตจากอาสาสมัครและดัชนีนั้นคือค่า Predicted Mean Vote (PMV) และ Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD) โดยที่ค่า PMV นั้นได้ถูกแบ่งออกเป็น 7 ระดับด้วยกัน คือ

+3	คือ	ร้อน	(Hot)
+2	คือ	อบอุ่น	(Warm)
+1	คือ	อุ่นเล็กน้อย	(Slightly warm)
0	คือ	ปกติ	(Neutral)
-1	คือ	เย็นเล็กน้อย	(Slightly cool)
-2	คือ	เย็น	(Cool)

-3 ชื่อ . หนาว (Cold)

และค่า PPD จะบอกถึงเปอร์เซ็นต์ของจำนวนคนที่ไม่สบายและมีค่าต่ำสุดอยู่ที่ 5 เปอร์เซ็นต์

งานวิจัยของ Olesen B.W.

ในปี พ.ศ. 2544 Olesen [30] ได้ทำการวิจัยเพื่อแนะนำแนวทางในการเลือก และกำหนดเงื่อนไขสภาวะภายในอาคารให้เหมาะสมสำหรับอาคารที่มีรูปแบบต่าง ๆ กัน โดยชนิดของอาคารที่พิจารณาได้แก่ อาคารสำนักงาน ภัตตาคาร และห้างสรรพสินค้า และได้แบ่งรูปแบบของสภาวะแวดล้อมออกเป็น 3 แบบด้วยกัน โดยได้กำหนดค่าความต้านทานเชิงความร้อนของเสื้อผ้า และการทำกิจกรรม ดังแสดงในตารางที่ 2.1 และ 2.2

ตารางที่ 2.1 แสดงสภาวะสิ่งแวดล้อมของอาคารชนิดต่าง ๆ

ชนิดอาคาร	ลักษณะเสื้อผ้า (Clo)		ลักษณะกิจกรรม(Met)	รูปแบบ	อุณหภูมิ (°C)	
	ฤดูร้อน	ฤดูหนาว			ฤดูร้อน	ฤดูหนาว
สำนักงาน	0.5	1.0	1.2	A	24.5±0.5	22.0±1.0
				B	24.5±1.5	22.0±2.0
				C	24.5±2.5	22.0±3.0
ร้านอาหาร	0.5	1.0	1.4	A	23.5±1.0	20.0±1.0
				B	23.5±2.0	20.0±2.5
				C	23.5±2.5	20.0±3.5
ห้างสรรพสินค้า	0.5	1.0	1.6	A	23.0±1.0	19.0±1.5
				B	23.0±2.0	19.0±3.0
				C	23.0±3.0	19.0±4.0

ตารางที่ 2.2 แสดงช่วงของค่า PPD และ PMV ของสภาวะสิ่งแวดล้อม 3 รูปแบบ

รูปแบบ	PPD (%)	PMV
A	< 6	-0.2<PMV<+0.2
B	<10	-0.5<PMV<+0.5
C	<15	-0.7<PMV<+0.7

งานวิจัยของ Lyon P. และคณะ

ในปี พ.ศ. 2542 Lyon และคณะ [5] ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของการแผ่รังสีโดยตรงผ่านหน้าต่างกระจกต่อสภาวะความสบายเชิงความร้อนของคนที่นั่งใกล้บริเวณกระจก โดยได้วิเคราะห์ทั้งผลของการแผ่รังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ การแผ่รังสีคลื่นยาว และผลจากกระแสลมเย็น (draft) และได้พบว่า การแผ่รังสีจากแสงอาทิตย์ที่ผ่านหน้าต่างกระจกเข้ามากระทบคนนั้น จะทำให้ค่า Mean Radiant Temperature มีค่าที่สูงขึ้น โดยถ้านำค่า MRT ที่ได้นี้ประยุกต์ใช้วิธีของ Fanger เพื่อหาค่าดัชนีความสบายเชิงความร้อนจะทำให้ค่าดัชนีที่ได้มีค่าที่สูงเกินสเกลที่กำหนดไว้ ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของ PMV ที่เกิดขึ้นต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าการส่งผ่านความร้อนแทนการหาค่า MRT โดยตรง และการเปลี่ยนแปลงนั้นจะมีความสัมพันธ์ดังสมการที่ 2.3

$$\frac{dPMV}{dq} = \frac{\partial PMV}{\partial MRT} \cdot \frac{\partial MRT}{\partial (\alpha_p f_p q)} \cdot \frac{\partial (\alpha_p f_p q)}{\partial q} \quad (2.3)$$

เมื่อ	α_p	คือ ค่าการดูดกลืนรังสีที่ผิวของผู้อยู่อาศัย
	f_p	คือ ค่า projected area factor
	q	คือ ค่าการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบหน้าต่างกระจก, W/m^2

งานวิจัยของสมศักดิ์ ไชยะภินันท์ และคณะ

ในปี พ.ศ. 2546 สมศักดิ์ ไชยะภินันท์ และคณะ [7-9] ได้ทำการศึกษาสมรรถนะของกระจกและกระจกติดฟิล์มในแง่ของความสบายเชิงความร้อน โดยพิจารณาภายใต้ข้อมูลภูมิอากาศ ออกแบบมาตรฐานจากข้อมูลภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร เพื่อใช้ในการกำหนดค่าสมรรถนะของกระจกตัวเปล่า และกระจกติดฟิล์ม โดยจากการศึกษาพบว่าสาเหตุที่จะก่อให้เกิดความไม่สบายเชิงความร้อนจะมี 2 ส่วนด้วยกันคือ สาเหตุเนื่องจากรังสีแสงอาทิตย์ที่มากกระทบผู้อยู่อาศัยโดยตรง ซึ่งจะถือว่าเป็นผลมารากรังสีแสงอาทิตย์คลื่นสั้น (shortwave radiation) และสาเหตุเนื่องจากอุณหภูมิของผิวกระจกที่มีค่าสูงขึ้นเนื่องจากการดูดกลืนแสงอาทิตย์ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเป็นผลมารากรังสีแสงอาทิตย์คลื่นยาว (longwave radiation) ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนาดัชนีความสบายเชิงความร้อนขึ้นมา 2 ตัวเพื่อที่จะครอบคลุมถึงอิทธิพลทั้ง 2 ส่วนดังกล่าวซึ่งประกอบไปด้วย Predicted Percentage of Dissatisfied ที่มีผลมารากรังสีแสงอาทิตย์ และค่า Predicted Percentage of Dissatisfied ที่มีผลมารากอุณหภูมิผิวกระจก

ต้นฉบับ หน้าขาดหาย