

การพัฒนา CLTD และ SCL สำหรับคำนวณภาระการทำความเย็นของอาคารในกรุงเทพมหานคร



นายบุญฤทธิ เพื่อก่องสุริยะ

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-03-1403-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**DEVELOPMENT OF THE CLTD AND SCL FOR CALCULATING COOLING LOAD
OF BUILDING IN BANGKOK**



Mr. Boonyarit Phueakphongsuriya

**สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Mechanical Engineering**

Department of Mechanical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2001

ISBN 974-03-1403-1

บุญยฤทธิ์ เผือกผ่องสุริยะ : การพัฒนา CLTD และ SCL สำหรับคำนวณภาระการทำความเย็นของอาคารใน
กรุงเทพมหานคร (DEVELOPMENT OF THE CLTD AND SCL FOR CALCULATING COOLING
LOAD OF BUILDING IN BANGKOK) อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดร. สมศักดิ์ ไชยะภินันท์ จำนวน 142 หน้า
ISBN 974-03-1403-1

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาหาค่า Cooling Load Temperature Difference (CLTD) และ ค่า Solar Cooling Load (SCL) สำหรับคำนวณภาระการทำความเย็นของอาคารสำนักงานในกรุงเทพมหานคร และมีกรอบอาคารที่สร้างจากวัสดุที่นิยมใช้ใน ประเทศไทย พร้อมทั้งจัดทำข้อมูลภูมิอากาศสำหรับการออกแบบของกรุงเทพมหานคร โดยได้จัดทำไว้ 2 แบบ คือ ข้อมูลภูมิอากาศ ออกแบบที่คัดเลือกโดยวิธีการพิจารณาจากค่าอุณหภูมิออกแบบกระเปาะแห้งที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% และข้อมูลภูมิอากาศออกแบบ ที่คัดเลือกโดยวิธีการพิจารณาจากค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์ที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% จากนั้นจึงได้ทำการคัดเลือกชุดข้อมูลภูมิอากาศที่จะ ใช้ในงานวิจัยนี้โดยใช้เพิ่มข้อมูลภูมิอากาศออกแบบที่ได้จัดทำขึ้นเป็นข้อมูลขาเข้าของโปรแกรม DOE-2.1E เพื่อให้โปรแกรมคำนวณหา ภาระการทำความเย็นของบริเวณที่สนใจ แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกัน ผลการคัดเลือกจะได้ชุดข้อมูลภูมิอากาศแบบที่คัดเลือกโดยใช้ วิธีการหาค่าอุณหภูมิออกแบบกระเปาะแห้งที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% และค่าเฉลี่ยของข้อมูลภูมิอากาศอื่นๆที่สอดคล้อง เป็นชุดข้อมูล ภูมิอากาศที่จะใช้ในวิทยานิพนธ์นี้

จากนั้นจึงได้กำหนดอาคารจำเพาะที่จะศึกษาขึ้นมา โดยลักษณะของห้องแต่ละห้องภายในอาคารนั้นจะเกิดขึ้นจากการรวมกัน ของตัวแปรที่แตกต่างกันไป 7 ตัว คือ ตำแหน่งที่ตั้งของห้อง วัสดุปูพื้น โครงสร้างผนังภายใน ปริมาณอุปกรณ์บังแดดภายใน โครงสร้าง พื้นห้อง เฟอร์นิเจอร์ และลักษณะฝ้าเพดาน ทำให้มีห้องที่มีลักษณะแตกต่างกันออกไปตามตัวแปรเหล่านี้จำนวน 192 ห้อง และทำการหา ค่า Solar weighting factors และค่า Conduction weighting factors ของห้องแต่ละห้องด้วยโปรแกรม DOE-2.1E จากนั้นนำค่าที่ได้ไปหาค่า แอมพลิจูด (amplitude) และค่าการหน่วงเวลา (delay) โดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมา ซึ่งค่าแอมพลิจูด (amplitude) และค่าการหน่วงเวลานี้ เป็นค่าที่บอกถึงการตอบสนองเชิงพลังงานความร้อน

เมื่อนำค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลาของห้องทั้ง 192 ห้องไปวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาความสำคัญของตัวแปร ผลที่ได้คือ สำหรับชุด Solar weighting factors มีตัวแปรที่สำคัญ 3 ตัวที่ใช้อธิบายลักษณะของห้องที่ต้องการหาค่าภาระการทำความเย็น คือ วัสดุปูพื้น โครงสร้างผนังภายใน และปริมาณอุปกรณ์บังแดดภายใน ซึ่งการจัดกลุ่มของห้องเพื่อให้ครอบคลุมข้อมูลทั้งหมดสามารถกำหนดได้เป็น 4 กลุ่ม คือกลุ่ม A, B, C, และ D ซึ่งทำให้ได้ตาราง SCL สำหรับคำนวณภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากรังสีแสงอาทิตย์ที่ส่องผ่าน กระฉกเข้ามา 4 ชุด สำหรับชุด Conduction weighting factors จากการวิเคราะห์ค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลาจะสามารถกำหนดให้มี ตาราง CLTD 7 ชุดสำหรับคำนวณภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากการนำความร้อนผ่านผนังภายนอก 7 ชนิด ตาราง CLTD 6 ชุด สำหรับคำนวณภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากการนำความร้อนผ่านหลังคา 3 ชนิด (โครงสร้างหลังคา 3 ชนิดในกรณีที่มี และไม่มีฝ้า เพดาน) และตาราง CLTD 1 ชุดสำหรับคำนวณภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากการนำความร้อนผ่านกระฉกใส

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2544

4170385321 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING

KEY WORD: COOLING LOAD TEMPERATURE DIFFERENCE / SOLAR COOLING LOAD /
WEIGHTING FACTOR / AMPLITUDE / DELAY

BOONYARIT PHUEAKPHONGSURIYA : DEVELOPMENT OF THE CLTD AND SCL FOR
CALCULATING COOLING LOAD OF BUILDING IN BANGKOK. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF.
SOMSAK CHAIYAPINUNT, Ph.D. 142 pp. ISBN 974-03-1403-1

The objective of this thesis is to develop the values of the Cooling Load Temperature Difference (CLTD) and Solar Cooling Load (SCL) for calculating cooling load of office buildings in Bangkok which their envelopes made of commonly used material in Thailand. Two types of design weather data for Bangkok, dry-bulb temperature of 0.4% annual cumulative frequency of occurrence and global solar radiation of 0.4% annual cumulative frequency of occurrence were investigated. The process of selection involved putting the weather data to DOE-2.1E and calculating for space cooling load. The results of the cooling load from different weather input were compared. The dry-bulb temperature of 0.4% annual cumulative frequency of occurrence and mean coincident of other weather data were chosen.

Next, the specific building was created. The construction and geometry of each room in the defined building was described by the combination of seven parameters. These parameters were room location, floor covering, interior wall construction, degree of interior shading, mid-floor construction, furniture and ceiling. The combination of parameters gave 192 difference room types. DOE-2.1 E was used to calculate solar weighting factors and conduction weighting factors of each room. The results were then used to determine amplitude and delay for using to analyze the room dynamic response by self developed computer program.

The values of amplitude and delay of 192 rooms were analyzed by using statistical method to determine the order of important for certain parameters. The results showed that for solar weighting factors, three parameters ; floor covering, interior wall construction and degree of interior shading, were important. Four groups of room type ; A,B,C and D, were chosen to generate four SCL tables used for calculating the cooling load from solar component. For conduction weighting factors, the analysis gave seven CLTD tables for seven constructions of exterior wall to use for calculating cooling load due to wall conduction and six CLTD tables for six flat roofs (3 constructions with and without ceiling) to use for calculating cooling load due to roof conduction and one CLTD table to use for calculating cooling load due to conduction through glass.

Department Mechanical Engineering Student's signature.....

Field of study Mechanical Engineering Advisor's signature.....

Academic year 2001

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รศ. ดร. สมศักดิ์ ไชยะภินันท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งกรุณาให้คำแนะนำ ถ่ายทอดความรู้ตลอดจน ควบคุมการศึกษา ค้นคว้าจนประสบความสำเร็จด้วยดี และวิทยานิพนธ์นี้ได้รับการสนับสนุนส่วน หนึ่งจากทุนวิจัยของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ฝ่ายบริการข้อมูลของกรมอุตุนิยมหาวิทยาลัยที่เอื้อเฟื้อข้อมูลที่ใช้ ในงานวิจัย และเพื่อนนิสิตปริญญาโท ของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่คอยให้กำลังใจ ให้ คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดา ที่คอยสนับสนุนในด้าน การเงิน และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฐ
คำอธิบายสัญลักษณ์	ฒ
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์	2
1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 ขั้นตอนการทำวิทยานิพนธ์	3
2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 Characterization of Zone Dynamic Response for CLF/CLTD Tables	6
2.2 Zone Descriptions and Response Characterization for CLF/CLTD Calculations	7
2.3 Final Report ,ASHRAE Project 359-RP, Updating Cooling Load Temperature Differences and Cooling Load Factors	8
2.4 Load Calculations For 200,640 Zones	9

บทที่	หน้า
2.5 Classification of 200,640 Parametric Zones for Cooling Load Calculations...	10
3 ทฤษฎี	12
3.1 วิธี Transfer Function Method	12
3.2 Weighting Factors และวิธีการหาค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลา	16
3.3 วิธี CLTD/SCL/CLF	20
4. ข้อมูลภูมิอากาศ	23
4.1 ข้อมูลภูมิอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา.....	23
4.2 การหาข้อมูลภูมิอากาศออกแบบ	23
4.3 การจัดทำแฟ้มข้อมูลภูมิอากาศที่ใช้กับ โปรแกรม DOE-2.1E.....	36
4.4 ข้อมูลภูมิอากาศสำหรับการหาค่าภาระการทำความเย็น	38
5 วิธีดำเนินการวิจัย	40
5.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	40
5.2 การกำหนดวัฏศรอบอาคารและตัวแปรที่ใช้กำหนดลักษณะของห้อง	43
5.3 การกำหนดลักษณะของอาคารที่จะใช้ใน โปรแกรม DOE-2.1E.....	48
5.4 ข้อกำหนดและวิธีการแทนค่าตัวแปรต่างๆ ในโปรแกรม DOE-2.1E.....	53
6 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	59
6.1 ผลการหาค่าแอมพลิจูด (amplitude) และค่าการหน่วงเวลา (delay)	59
6.2 การวิเคราะห์ทางสถิติ.....	60
6.3 การเลือกตัวแปรที่ใช้กำหนดลักษณะของห้อง	66
6.4 การเลือกชุด solar weighting factors และ conduction weighting factors ของห้องตัวแทน.....	67
7 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	71

บทที่	หน้า
7.1 สรุปผลการวิจัย	71
7.2 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย	87
รายการอ้างอิง	89
ภาคผนวก	90
ภาคผนวก ก. ข้อมูลสภาพบรรยากาศมาตรฐาน	91
ภาคผนวก ข. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แสดงความสัมพันธ์ของ ค่า K_A กับ K_D	95
ภาคผนวก ค. ค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลา ของ conduction weighting factors และ solar weighting factors.....	97
ภาคผนวก ง. รายละเอียดของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น	111
ภาคผนวก จ. ข้อมูลขาเข้าของโปรแกรม DOE -2.1E	127
ภาคผนวก ฉ. ตัวอย่างการคำนวณภาระการทำความเย็นจากค่า CLTD และ SCL ที่ พัฒนาขึ้น	140
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	142

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 แสดงวันที่ที่มีค่าของอุณหภูมิกระเปาะแห้งที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% ภายในเดือนต่างๆ ของแต่ละปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531-2542 รวม 12 ปี	25
ตารางที่ 4.2 แสดงจำนวนวันที่ที่มีค่าของอุณหภูมิกระเปาะแห้งที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4 % ภายในเดือนต่างๆ ของแต่ละปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531-2542 รวม 12 ปี	26
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิรายวันของปีต่างๆ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531-2542 รวม 12 ปี	27
ตารางที่ 4.4 แสดงอุณหภูมิกระเปาะแห้งที่เกิดขึ้นจริงของวันที่เป็นตัวแทนทั้ง 20 วัน (°F) อุณหภูมิกระเปาะแห้งเฉลี่ยรายชั่วโมง (°F) เปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิกระเปาะแห้งในแต่ละชั่วโมง และอุณหภูมิออกแบบภายนอก กระเปาะแห้งรายชั่วโมง(°F)	28
ตารางที่ 4.5 แสดงข้อมูลภูมิอากาศออกแบบ ที่หามาได้จากอุณหภูมิออกแบบกระเปาะแห้ง ที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4%และค่าเฉลี่ยของข้อมูลภูมิอากาศอื่นที่สอดคล้อง	31
ตารางที่ 4.6 แสดงค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์ในวันที่เป็นตัวแทนของวันที่มีค่ารังสีรวม แสงอาทิตย์ที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% และค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์เฉลี่ยซึ่ง นำไปใช้กับวันออกแบบ	33
ตารางที่ 4.7 แสดงข้อมูลภูมิอากาศออกแบบที่หามาได้จากรังสีรวมแสงอาทิตย์ที่มีค่าสูงสุด ที่เป็นไปได้ 0.4 % และค่าเฉลี่ยของข้อมูลภูมิอากาศอื่นที่สอดคล้อง	34
ตารางที่ 4.8 แสดงผลการคำนวณภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากรังสีแสงอาทิตย์ที่ ส่งผ่านกระจกหน้าต่างเข้ามาของโปรแกรมDOE-2.1E เมื่อใช้เพิ่มมาตรฐาน แบบ TMY ที่มีชุดภูมิอากาศออกแบบที่แตกต่างกัน.....	39
ตารางที่ 5.1 แสดงคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้เป็นกรอบอาคาร	43
ตารางที่ 5.2 แสดงความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ.....	45
ตารางที่ 5.3 แสดงโครงสร้างของผนังภายนอก	45
ตารางที่ 5.4 แสดงโครงสร้างของหลังคา.....	46

ตารางที่ 5.5 แสดงโครงสร้างของผนังภายใน	46
ตารางที่ 5.6 แสดงตัวแปรกำหนดลักษณะของห้อง	47
ตารางที่ 5.7 แสดงลำดับหมายเลขห้องในอาคาร	49
ตารางที่ 5.8 แสดงค่าการกระจายตัวของรังสีแสงอาทิตย์หลังจากการสะท้อนกลับไปมาระหว่างพื้นผิวต่างๆ ภายในห้อง (ห้องขนาด 15ft x 15ft x 10ft มีปริมาตรกระจก 50% และมีผนังภายนอก 1 ด้าน).....	53
ตารางที่ 6.1 แสดงค่าความแปรปรวนของ solar weighting factors.....	64
ตารางที่ 6.2 แสดงค่าความแปรปรวนของ conduction weighting factors.....	65
ตารางที่ 6.3 แสดงระดับความสำคัญของตัวแปรแต่ละตัวจากค่า MS รวม $((3 \times A)+D)$ ที่หามาได้.....	66
ตารางที่ 7.1 แสดงชุด solar weighting factors ของห้องตัวแทนทั้ง 4 ห้อง	72
ตารางที่ 7.2 แสดงขอบเขตของกรอบสี่เหลี่ยมที่ใช้จัดกลุ่มโซนของชุด solar weighting factors	72
ตารางที่ 7.3 แสดงชุด conduction weighting factors ของห้องตัวแทน	73
ตารางที่ 7.4 แสดงขอบเขตของกรอบสี่เหลี่ยมที่ใช้จัดกลุ่มโซนของชุด conduction weighting factors	73
ตารางที่ 7.5 แสดงชุด conduction weighting factors ของห้องตัวแทนที่มีผนังภายนอกแตกต่างกัน	74
ตารางที่ 7.6 แสดงชุด conduction weighting factors ของห้องตัวแทนที่มีหลังคาแตกต่างกัน	75
ตารางที่ 7.7 แสดงลักษณะของห้องที่เกิดขึ้นจากการรวมตัวกันของตัวแปรที่มีความสำคัญเพื่อนำไปใช้กับตาราง SCL.....	76
ตารางที่ 7.8 แสดง Cooling Load Temperature Differences (CLTD) สำหรับคำนวณภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากการนำความร้อนผ่านหลังคาราบ ($^{\circ}\text{F}$)	78
ตารางที่ 7.9 แสดง Cooling Load Temperature Differences (CLTD) สำหรับคำนวณภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากการนำความร้อนผ่านกระจก ($^{\circ}\text{F}$).....	78

ตารางที่ 7.10	แสดง Cooling Load Temperature Differences (CLTD) สำหรับคำนวณ ภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากการนำความร้อนผ่านผนังภายนอก (^o F)	79
ตารางที่ 7.11	แสดง Solar Cooling Load (SCL) สำหรับคำนวณภาระการทำความเย็นอัน เนื่องมาจากรังสีแสงอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจกเข้ามา (Btu/hr-ft ²).....	83
ตารางที่ 7.12	แสดงถึง โครงสร้าง คำนวณน้ำหนักต่อพื้นที่ และสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาทั้ง 3 ชนิดทั้งแบบมีและไม่มีฝ้าเพดาน.....	85
ตารางที่ 7.13	แสดงถึง โครงสร้าง คำนวณน้ำหนักต่อพื้นที่ และสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังภายนอกทั้ง 7 ชนิด.....	86
ตารางที่ 7.14	แสดงลักษณะส่วนประกอบต่างๆ ภายในห้องที่ใช้กำหนดกลุ่มโซนเพื่อหาค่า SCL สำหรับห้องที่อยู่ชั้นกลาง และชั้นบน.....	86
ตารางที่ ก.1	แสดงรายละเอียดของเพิ่มมาตรฐาน TMY	93
ตารางที่ ก.2	แสดงรูปแบบการจัดเรียงข้อมูลของเพิ่มมาตรฐานแบบ TMY.....	94
ตารางที่ ค.1	แสดงค่าแอมพลิจูด (amplitude) และค่าการหน่วงเวลา (delay) ของ conduction weighting factors	97
ตารางที่ ค.2	แสดงค่าแอมพลิจูด (amplitude) และค่าการหน่วงเวลา (delay) ของ solar weighting factors.....	104

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 3.1 แสดงสมมูลพลังงานที่ผิวด้านนอกของผนังทึบ	13
รูปที่ 3.2 แสดงการใช้ weighting factors ในชั้นตอนต่างๆ.....	17
รูปที่ 4.1 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยและอุณหภูมิออกแบบของชุดภูมิอากาศออกแบบที่หามาได้จากวิธีการพิจารณาค่าอุณหภูมิกระเปาะแห่งที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4%.....	30
รูปที่ 4.2 แสดงรังสีแสงอาทิตย์ทั้ง 3 องค์ประกอบที่สอดคล้องกับค่าอุณหภูมิออกแบบของชุดภูมิอากาศออกแบบที่หามาได้จากวิธีการกำหนดอุณหภูมิกระเปาะแห่งที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% เป็นค่าที่พิจารณา.....	30
รูปที่ 4.3 แสดงรังสีแสงอาทิตย์ทั้ง 3 องค์ประกอบของชุดภูมิอากาศออกแบบที่หามาได้จากวิธีการพิจารณาค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์ที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% เป็นค่าหลัก.....	35
รูปที่ 4.4 แสดงอุณหภูมิกระเปาะแห่งเฉลี่ยที่สอดคล้องกับค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์ออกแบบของชุดภูมิอากาศออกแบบที่หามาได้จากวิธีการกำหนดรังสีรวมแสงอาทิตย์ที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% เป็นค่าที่พิจารณา	36
รูปที่ 5.1 แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรมวิเคราะห์พลังงาน DOE-2.1E.....	42
รูปที่ 5.2 แสดงลักษณะรูปร่างของอาคารที่กำหนดขึ้นมา	48
รูปที่ 5.3 แสดงตำแหน่งของห้องที่ต้องการจะศึกษาและโซนที่อยู่ภายในบนชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 ของอาคาร	49
รูปที่ 6.1 แสดงแอมพลิจูด (amplitude) และค่าการหน่วงเวลา (delay) สำหรับ solar weighting factors.....	61
รูปที่ 6.2 แสดงแอมพลิจูด (amplitude) และค่าการหน่วงเวลา (delay) สำหรับ conduction weighting factors.....	61
รูปที่ 6.3 แสดงขอบเขตของกรอบสี่เหลี่ยมที่ใช้จัดกลุ่มโซนพร้อมทั้งจุดที่เป็นตัวแทนของกลุ่ม	68
รูปที่ 6.4 แสดงกรอบสี่เหลี่ยมที่กำหนดขึ้นมาเพื่อจัดกลุ่ม โซนของชุด solar weighting factors.....	69

รูปที่ 6.5 แสดงกรอบสี่เหลี่ยมที่กำหนดขึ้นมาเพื่อจัดกลุ่ม โชนของชุด conduction weighting factors.....	70
---	----



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
a	ค่าแอมพลิจูด ไร้มิติ	
A	พื้นที่ผิวของผนังภายนอก หลังคา หรือ กระจก	ft^2
A	ค่าแอมพลิจูด	
b_n, c_n, d_n	ค่าสัมประสิทธิ์ Conduction transfer function	
CLF	ค่า Cooling Load Factor	
$CLTD$	ค่า Cooling Load Temperature Difference	$^{\circ}F$
$CLTD_{cor}$	ค่า Cooling Load Temperature Difference ที่ปรับแก้แล้ว	$^{\circ}F$
CT	ลักษณะของฝ้าเพดาน	
CP	พรมที่มีแผ่นยางรอง	
CL	มีฝ้าเพดาน	
D	ค่าการหน่วงเวลา	
DF	ค่าองศาอิสระ	
DR	ค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ	
EC	โครงสร้างผนังภายนอก	
E_{DN}	ค่ารังสีตรงตั้งฉากแสงอาทิตย์	$Btu/hr-ft^2$
E_D	ค่ารังสีกระจายแสงอาทิตย์	$Btu/hr-ft^2$
FC	วัสดุปูพื้น	
FD	ปริมาณอุปกรณ์บังแดดภายในเท่ากับพื้นที่ที่กระจก (100%)	
FN	เฟอร์นิเจอร์	
G	ค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์	$Btu/hr-ft^2$

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
GL	ปริมาณกระจกบนผนังภายนอก	
HD	ปริมาณอุปกรณ์บังแดดภายในเป็นครั้งหนึ่ง (50%) ของพื้นที่กระจก	
h_o	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเนื่องจากการแผ่รังสีความร้อนคลื่นยาว และการพาความร้อนที่ผิวด้านนอกของกรอบอาคาร	$Btu/(hr-ft^2-^{\circ}F)$
I_t	ค่ารังสีแสงอาทิตย์ทั้งหมดที่ตกกระทบบนพื้นผิว	$Btu/hr-ft^2$
i	จำนวนของส่วนประกอบที่นำมาคำนวณค่าภาระการทำความร้อน	
IS	ปริมาณอุปกรณ์บังแดดภายในเมื่อเทียบกับพื้นที่กระจก	
K	ค่าการนำความร้อน	$Btu/(hr-ft-^{\circ}F)$
MF	โครงสร้างพื้นห้อง	
MD	ห้องที่อยู่ชั้นกลาง	
MS	ค่า mean square deviation	
$MS_{amplitude}$	ค่า mean square deviation ของค่าแอมพลิจูด	
MS_{delay}	ค่า mean square deviation ของค่าการหน่วงเวลา	
NW	จำนวนของผนังภายนอก	
NC	ไม่มีฝ้าเพดาน	
NFN	ไม่มีเฟอร์นิเจอร์อยู่ในห้อง	
ND	ไม่มีอุปกรณ์บังแดดภายในห้อง (0%)	
NI	ห้องที่มีผนังภายนอกด้านเดียว	
PT	โครงสร้างผนังภายใน	
$PT1$	ผนังภายในเป็นคอนกรีตบล็อก	
$PT2$	ผนังภายในเป็นยิปซัม	

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
Q_t	ค่าภาระการทำความเย็นรายชั่วโมง	Btu/hr
q	ค่าการถ่ายเทความร้อน	Btu/hr
r	ค่าภาระการทำความเย็นไร้มิติ	
RTF	Room Transfer Function	
RT	โครงสร้างของหลังคา	
$RT1$	โครงสร้างของหลังคาชนิดที่ 1	
$RT2$	โครงสร้างของหลังคาชนิดที่ 2	
$RT3$	โครงสร้างของหลังคาชนิดที่ 3	
SS	ค่า Sum of Square	
SCL	ค่า Solar Cooling Load factor	
SC	ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด	
$SHGF$	ค่า Solar Heat Gain Factor	
T_b	ค่าอุณหภูมิอากาศภายในห้องที่อยู่ติดกับห้องที่พิจารณา	$^{\circ}F$
T_d	ค่าอุณหภูมิออกแบบภายนอกกระเปาะแห้ง	$^{\circ}F$
T_e	ค่า Solar - air temperature	$^{\circ}F$
T_o	ค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศภายนอกกรอบอาคาร	$^{\circ}F$
T_i	ค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศภายในห้อง	$^{\circ}F$
T_s	ค่าอุณหภูมิพื้นผิว	$^{\circ}F$
TP	ห้องที่อยู่ชั้นบน	
TL	พื้นที่ห้องไปด้วยกระเบื้องยาง	
TMY	Typical meteorological year	
TRY	Test reference year	

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
t	เวลา	hr
U	ค่าสัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อนรวม	$Btu/(hr-ft^2 - ^\circ F)$
v_i และ w_i	ค่าสัมประสิทธิ์ Room transfer function (RTF)	
$WL1$	ผนังภายนอกชนิดที่ 1	
$WL2$	ผนังภายนอกชนิดที่ 2	
$WL3$	ผนังภายนอกชนิดที่ 3	
$WL4$	ผนังภายนอกชนิดที่ 4	
$WL5$	ผนังภายนอกชนิดที่ 5	
$WL6$	ผนังภายนอกชนิดที่ 6	
$WL7$	ผนังภายนอกชนิดที่ 7	
WFN	มีเฟอร์นิเจอร์อยู่ภายในห้อง	
X	เปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิรายวัน	
ZG	ลักษณะรูปร่างของห้อง	
ZH	ความสูงของห้อง	
ZL	ตำแหน่งที่ตั้งของห้อง	
$3C$	พื้นที่ห้องเป็นคอนกรีตหนา 3 นิ้ว	
$8C$	พื้นที่ห้องเป็นคอนกรีตหนา 8 นิ้ว	
อักษรกรีก	ความหมาย	หน่วย
φ	ค่าความต่างเฟส	
δ	ช่วงเวลาที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล (time step)	hr
ΔR	ผลต่างของการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนคลื่นยาว ระหว่างผนังกับท้องฟ้าและสิ่งแวดล้อม	$Btu/(hr-ft^2)$
e	สัมประสิทธิ์การเปล่งรังสีแบบ hemispherical ของ พื้นผิว	

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันความต้องการใช้อาคารสำนักงาน อาคารที่อยู่อาศัย หรือ อาคารพาณิชย์ ในประเทศไทยมีอัตราที่เพิ่มสูงขึ้น และเนื่องจากในทุกวันนี้ ทั้งหน่วยงานของรัฐบาล และ เอกชนได้ให้ความสนใจต่อการอนุรักษ์พลังงานมากขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2535 ได้มีการตราพระราชบัญญัติ การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน และ ปี พ.ศ. 2538 ได้มีการออกพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม และกฎกระทรวง ว่าด้วยกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุม โดยมีผลบังคับใช้ต่ออาคารเก่าและใหม่ ดังนั้นสถาปนิก และวิศวกรจึงต้องออกแบบอาคารโดยคำนึงถึงการประหยัดพลังงานด้วยซึ่งพลังงานที่ใช้ในอาคารนั้นส่วนใหญ่นำไปใช้กับระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ดังนั้นการลดพลังงานที่ใช้ไปในส่วนนี้ได้จึงถือว่าเป็นเรื่องสำคัญ

การลดการใช้พลังงานในส่วนของระบบปรับอากาศและระบบระบายอากาศนั้นทำได้หลายวิธี เช่นการออกแบบกรอบอาคารให้มีปริมาณการถ่ายเทความร้อนผ่านมีค่าน้อยที่สุดภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด การออกแบบให้อุปกรณ์ในระบบมีการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุด และการประมาณค่าการใช้พลังงานในอาคารด้วยวิธีที่เหมาะสม สำหรับการประมาณค่าการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ และระบายอากาศก็คือการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อน และภาระการทำความเย็นของระบบ โดยจะมีอยู่หลายวิธีด้วยกันคือ วิธีสมดุลความร้อนซึ่งเป็นแนวคิดพื้นฐานในการคำนวณภาระการทำความเย็น วิธี Transfer Function Method (TFM) ที่ต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในการประมวลผลโดยการคำนวณจะประกอบไปด้วยขั้นตอน 2 ขั้นตอน คือการหาค่าการถ่ายเทความร้อนทั้งหมดที่ผ่านกรอบอาคารเข้ามา และการนำค่าความร้อนที่คำนวณได้ไปเปลี่ยนเป็นภาระการทำความเย็นและอีกวิธีหนึ่งซึ่งใช้การคำนวณเพียงขั้นตอนเดียวคือ วิธี Cooling Load Temperature Difference/Solar Cooling Load/Cooling Load Factor (CLTD/SCL/CLF)

วิธี CLTD/SCL/CLF นั้นเป็นวิธีในการคำนวณภาระการทำความเย็นซึ่งสามารถคำนวณได้โดยใช้เครื่องคำนวณทั่วไปรวมทั้งสามารถทำความเข้าใจในหลักการได้ง่ายกว่าวิธีอื่นแต่ค่า CLTD และ SCL ซึ่งได้มาจากตารางมาตรฐานของ ASHRAE Handbook of Fundamentals นั้นถูกสร้างเพื่อนำไปใช้กับอาคารที่มีโครงสร้างเป็นวัสดุในประเทศของผู้ที่จัดทำ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมที่เจาะจงเช่น อุณหภูมิอากาศภายนอก รังสีรวมของดวงอาทิตย์ที่กำหนด และสามารถใช้งานได้ดีที่ละติจูดที่ระบุไว้เท่านั้น ถ้านำไปใช้กับวัสดุชนิดอื่นๆ และที่ละติจูดอื่นก็อาจจะทำให้มีความคลาดเคลื่อนได้ และถึงแม้ว่าจะมีค่าปรับแก้สำหรับค่า CLTD ที่ละติจูด และ

สภาวะแวดล้อมอื่น แต่ค่าปรับแก้เหล่านั้นก็ใช้ได้กับสภาวะแวดล้อมบางอย่าง เช่นอุณหภูมิภายในห้อง อุณหภูมิภายนอกห้อง ที่เปลี่ยนไปเท่านั้น ไม่รวมถึงข้อมูลสภาวะอากาศอีกหลายตัวส่วนค่าปรับแก้สำหรับละติจูดอื่นๆ นั้นก็ได้มาจากการประมาณค่าภายใน (interpolation) ซึ่งทำให้มีความคลาดเคลื่อนได้ อีกทั้งไม่มีค่าปรับแก้สำหรับวัสดุรอบอาคารอื่นๆ ที่แตกต่างจากที่ได้กำหนดไว้ในตารางมาตรฐานของ ASHRAE ดังนั้นเมื่อนำค่า CLTD และ SCL ของ ASHRAE มาใช้ประมาณค่าภาระการทำความเย็นของอาคารในประเทศไทย ซึ่งมีตำแหน่งที่ตั้ง วัสดุรอบอาคาร และสภาวะอากาศที่แตกต่างออกไปจากข้อกำหนดในตารางก็มีโอกาสสูงที่จะทำให้เกิดความผิดพลาดได้

วิทยานิพนธ์นี้จึงมีจุดประสงค์ที่จะพัฒนาหาค่า CLTD และ SCL เพื่อนำมาใช้คำนวณภาระการทำความเย็นให้กับอาคารที่อยู่ในกรุงเทพมหานคร โดยใช้โปรแกรม DOE-2.1E ร่วมกับข้อมูลภูมิอากาศที่มีองค์ประกอบของรังสีแสงอาทิตย์ครบทั้ง 3 องค์ประกอบคือ รังสีรวมแสงอาทิตย์ รังสีตรงตั้งฉากแสงอาทิตย์ และ รังสีกระจายแสงอาทิตย์ ของกรุงเทพมหานคร ซึ่งคัดเลือกมาจากข้อมูลภูมิอากาศ 12 ปีของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ได้มีการจัดหาลงองค์ประกอบรังสีแสงอาทิตย์ครบทั้ง 3 องค์ประกอบมาหาค่าภาระการทำความเย็น และนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่า CLTD และ SCL ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

- 1) พัฒนาหาค่า CLTD และ SCL ที่ใช้สำหรับคำนวณภาระการทำความเย็นของอาคารสำนักงานในกรุงเทพมหานคร และมีกรอบอาคารที่สร้างจากวัสดุที่นิยมใช้ในประเทศไทย โดยใช้โปรแกรม DOE-2.1E
- 2) จัดทำข้อมูลภูมิอากาศสำหรับการออกแบบที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% ของกรุงเทพมหานคร 2 แบบ คือ ข้อมูลภูมิอากาศออกแบบที่คัดเลือกโดยวิธีการหาค่าอุณหภูมิออกแบบกระเปาะแห้งที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% และค่าเฉลี่ยของข้อมูลภูมิอากาศอื่นๆ ที่สอดคล้อง และข้อมูลภูมิอากาศออกแบบที่คัดเลือกโดยวิธีการหาค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์ที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% และค่าเฉลี่ยของข้อมูลภูมิอากาศอื่นๆ ที่สอดคล้อง

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

- 1) ศึกษาการถ่ายเทความร้อนจากแหล่งความร้อนภายนอก ซึ่งประกอบไปด้วยการนำความร้อนผ่านส่วนที่เป็นผนังภายนอก หลังคา และ กระจก และการส่งผ่านรังสีแสงอาทิตย์ผ่านหน้าต่างกระจก
- 2) ศึกษาหลักการในการคำนวณการถ่ายเทความร้อน และ ภาระการทำความเย็น โดยวิธี CLTD /SCL/CLF ตามแบบของสถาบัน ASHRAE ใน ASHRAE Fundamentals Handbook 1997

- 3) ศึกษาวิธีการใช้งานโปรแกรม DOE-2.1E ซึ่งมีไว้สำหรับคำนวณการใช้พลังงานภายในอาคาร เพื่อสามารถนำมาใช้ได้อย่างเหมาะสม
- 4) ทำการคัดเลือกข้อมูลภูมิอากาศที่เป็นตัวแทนที่เหมาะสมสำหรับการหาค่าภาระการทำความเย็น เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่า CLTD และ SCL โดยพิจารณาคัดเลือกจากข้อมูลภูมิอากาศซึ่งมีองค์ประกอบรังสีแสงอาทิตย์ทั้ง 3 องค์ประกอบจำนวน 12 ปี
- 5) กำหนดวัสดุทำกรอบอาคารที่นิยมใช้สำหรับอาคารสำนักงานในกรุงเทพมหานคร ทั้งในส่วน ของ ผนังภายนอก หลังคา และกระจก
- 6) กำหนดลักษณะของห้องที่นำมาคำนวณภาระการทำความเย็นให้เป็นห้องที่อยู่ชั้นกลาง และชั้น บนสุดของอาคาร โดยเป็นห้องที่มีผนังภายนอกเพียงด้านเดียว สำหรับตัวแปรที่ใช้กำหนด ลักษณะของห้องจะยึดตามแบบของสถาบัน ASHRAE ใน ASHRAE Fundamentals Handbook 1997 เป็นหลักโดยจะมีการเปลี่ยนแปลงในส่วนของกรอบอาคารที่ใช้ตามที่ได้กำหนดไว้
- 7) สร้างตาราง CLTD และ SCL โดยใช้ค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้จากโปรแกรม DOE-2.1E

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ค่า CLTD และ SCL ที่ใช้สำหรับการคำนวณภาระการทำความเย็นของอาคารสำนักงานใน กรุงเทพมหานคร
- 2) ข้อมูลภูมิอากาศที่มีไว้สำหรับการออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารสำนักงานใน กรุงเทพมหานคร
- 3) เพิ่มข้อมูลภูมิอากาศสำหรับการออกแบบของกรุงเทพมหานครเพื่อใช้ร่วมกับโปรแกรม DOE-2.1E
- 4) เป็นแนวทางให้สถาปนิก ออกแบบและเลือกใช้วัสดุกรอบอาคารได้อย่างเหมาะสมช่วยให้เกิด การประหยัดพลังงาน

1.5 ขั้นตอนการทำวิทยานิพนธ์

- 1) รวบรวมข้อมูลภูมิอากาศที่จำเป็น จำนวน 12 ปี (พ.ศ. 2531-พ.ศ. 2542) จากกรมอุตุนิยมวิทยา สำหรับการสร้างเพิ่มข้อมูลภูมิอากาศให้กับโปรแกรม DOE-2.1E
- 2) จัดทำภูมิอากาศออกแบบจากข้อมูลที่รวบรวมได้ โดยจัดทำเป็น 2 ชุด คือ ชุดของข้อมูล ภูมิอากาศออกแบบที่คัดเลือกโดยวิธีการหาค่าอุณหภูมิออกแบบกระเปาะแห้งที่มีค่าสูงสุดที่ เป็นไปได้ 0.4% และค่าเฉลี่ยของข้อมูลภูมิอากาศอื่นๆที่สอดคล้อง และชุดของข้อมูลภูมิอากาศ

- ออกแบบที่คัดเลือกโดยวิธีการหาค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์ที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% และค่าเฉลี่ยของข้อมูลภูมิอากาศอื่นๆ ที่สอดคล้อง
- 3) คัดเลือกข้อมูลภูมิอากาศออกแบบที่ได้จัดทำไว้ขึ้นมา 1 ชุดโดยนำภูมิอากาศออกแบบทั้ง 2 ชุดไปจัดทำเป็นแฟ้มข้อมูลภูมิอากาศแบบ TMY เพื่อใช้กับโปรแกรม DOE-2.1E และใช้ผลลัพธ์ที่ได้คือ ภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้จากโปรแกรมเป็นข้อมูลหลักในการพิจารณา
 - 4) จัดเตรียมข้อมูลวัสดุกรอบอาคาร ทั้งในส่วนของคุณสมบัติวัสดุ ชนิดของวัสดุแต่ละชั้นที่ประกอบขึ้นเป็นผนัง พื้น หรือ หลังคา โดยเลือกจากวัสดุส่วนใหญ่ที่นิยมใช้สำหรับอาคารสำนักงานในกรุงเทพมหานคร
 - 5) กำหนดลักษณะของห้องตามตัวแปรต่างๆที่ได้กำหนดขึ้น และหาจำนวนห้องทั้งหมดที่จะต้องนำมาคำนวณค่า solar weighting factors และ conduction weighting factors โดยโปรแกรม DOE-2.1E
 - 6) เขียนโปรแกรมเพื่อหาค่าแอมพลิจูด (amplitude) และ ค่าการหน่วงเวลา (delay) ของแต่ละห้องจาก solar weighting factors และ conduction weighting factors ที่คำนวณโดยโปรแกรม DOE-2.1E และจัดกลุ่มห้องที่ให้ค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลาที่ใกล้เคียงกันเข้าไว้ด้วยกันโดยมีขอบเขตความผิดพลาดตามที่สถาบัน ASHRAE กำหนด
 - 7) นำค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลา ที่หาได้จากชุดของ solar weighting factors และ conduction weighting factors ทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาระดับความสำคัญของตัวแปรแต่ละตัวที่ใช้กำหนดลักษณะของห้อง
 - 8) พิจารณาหาห้องตัวแทนที่จะใช้สำหรับสร้างตาราง CLTD/SCL จากกลุ่มที่ได้จัดไว้แล้ว
 - 9) ใช้โปรแกรม DOE2.1E คำนวณภาระการทำความเย็นของห้องตัวแทนและนำค่าที่ได้ไปหา ค่า CLTD/SCL ในแต่ละชั่วโมงและแต่ละทิศต่อไป

การดำเนินงานเพื่อหาค่า CLTD และ SCL ที่ใช้สำหรับคำนวณภาระการทำความเย็นของอาคารสำนักงานในกรุงเทพมหานคร และการจัดทำข้อมูลภูมิอากาศออกแบบนั้น จะมีรายละเอียดและขั้นตอนต่างๆ แสดงไว้ในบทที่ 2 ถึง บทที่ 7 โดยบทที่ 2 จะกล่าวถึงผลงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์นี้ โดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับ วิธีการหาห้องตัวแทน การหาค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลาจากชุด weighting factors แบบต่างๆ การใช้วิธีการทางสถิติเพื่อวิเคราะห์ความสำคัญของตัวแปรต่างๆ ที่ใช้กำหนดลักษณะของห้อง การจัดกลุ่มโซนและขอบเขตความผิดพลาดที่ยอมรับ ส่วนในบทที่ 3 จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์นี้ บทที่ 4 กล่าวถึง ข้อมูลภูมิอากาศโดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับการหาข้อมูลภูมิอากาศออกแบบ การจัดทำแฟ้มข้อมูลภูมิอากาศที่ใช้กับโปรแกรม DOE-2.1E บทที่ 5 กล่าวถึง วิธีดำเนินการวิจัย โดยจะมีเนื้อหาเกี่ยวกับการกำหนดวัสดุกรอบอาคารและตัวแปรต่างๆ ที่ใช้กำหนดลักษณะของห้อง การกำหนดลักษณะของอาคาร ข้อกำหนดและวิธีการแทนค่าตัวแปรต่างๆ ในโปรแกรม DOE-2.1E บทที่ 6 กล่าวถึงผลการ

วิเคราะห์ทางสถิติของค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลาของห้องแต่ละห้องที่หามาได้ การเลือกตัวแปรที่สำคัญที่ใช้กำหนดลักษณะของห้อง และการเลือกชุด solar weighting factors และ conduction weighting factors ของห้องตัวแทน บทที่ 7 กล่าวถึงผลสรุปของการวิเคราะห์ความสำคัญของตัวแปรต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้ ค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลาของห้องตัวแทน กรอบสี่เหลี่ยมที่ใช้จัดกลุ่มโซน นำเสนอตาราง SCL สำหรับคำนวณภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากรังสีแสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านกระจกเข้ามา 4 ชุด ตาราง CLTD 7 ชุดสำหรับคำนวณภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากการนำความร้อนผ่านผนังภายนอก 7 ชุด ตาราง CLTD 6 ชุดสำหรับคำนวณภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากการนำความร้อนผ่านหลังคา 3 ชุด (โครงสร้างหลังคา 3 ชุดในกรณีที่มีและไม่มีฝ้าเพดาน) และตาราง CLTD 1 ชุดสำหรับคำนวณภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากการนำความร้อนผ่านกระจกใส รวมทั้งข้อเสนอแนะจากการทำวิทยานิพนธ์นี้



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องซึ่งใช้เป็นแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ ซึ่งมี ดังนี้

2.1 Characterization of Zone Dynamic Response for CLF/CLTD Tables (RP-359)

E.F. Sowell, Ph.D., D.C. Chiles. P. E. [2]

แสดงวิธีในการหาโซนตัวแทน (representative zones) และ weighting factors เพื่อใช้คำนวณ CLTDs และ CLFs โดยโซนที่มีลักษณะรูปร่าง และโครงสร้างแตกต่างกันไป จะถูกนำมาพิจารณา ด้วยกราฟ วิธีการทางสถิติ และเทคนิคในการจัดรูปแบบเพื่อแบ่งโซนเหล่านี้ตามการตอบสนองเชิงพลังงาน (dynamic response) ของแต่ละโซน โดยจะศึกษาใน 3 หัวข้อหลักๆคือ

- 1) Weighting Factor โดยจะศึกษาถึงผลของตัวแปรที่ใช้กำหนดลักษณะของโซนแต่ละตัวที่มีต่อการตอบสนองทางอุณหภูมิ (thermal response) ของโซน
- 2) คำนวณค่า CLTDs สำหรับหลังคา และผนัง ค่า CLFs สำหรับรังสีแสงอาทิตย์ในแต่ละระดับชั้นของตัวแปรสำคัญที่ได้กำหนดไว้
- 3) คำนวณค่า CLFs สำหรับไฟแสงสว่าง ในแต่ละระดับชั้นของตัวแปรที่มีความสำคัญที่ได้กำหนดไว้

ในการเปรียบเทียบ weighting factors ที่ได้มาจากระดับชั้นของตัวแปรที่ต่างกันจะสามารถสังเกตความแตกต่างได้ง่ายแต่จะเป็นการยากที่จะบอกได้ว่าความแตกต่างนั้นมีความสำคัญอย่างไร เพราะว่ามีค่า weighting factors ถึง 5 ค่าในแต่ละชุด (v_0, v_1, v_2, w_1, w_2) จึงแทนค่า weighting factors ดังกล่าวด้วย แอมพลิจูด (amplitude) และ ค่าการหน่วงเวลา (delay) ของการทำความเย็น สำหรับ 1 หน่วย ของความร้อนที่ได้รับภายในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง โดยค่าแอมพลิจูด และ ค่าการหน่วงเวลานี้ แสดงถึงผลของการตอบสนองของโซนที่มีต่อภาวะความร้อนที่เข้ามาภายในโซนเรียบร้อยแล้วภายในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

ในการศึกษาจะใช้ตัวแปรทั้งหมด 7 ตัวอธิบายโครงสร้าง และลักษณะรูปร่างของโซน ซึ่งประกอบไปด้วย ขนาดของโซน 2 แบบ อัตราส่วนพื้นที่ของกระจกที่อยู่บนผนังภายนอก 3 แบบ วัสดุผนังห้อง 2 แบบ ลักษณะพื้นห้อง 2 แบบ ลักษณะฝ้าเพดาน 2 แบบ และ โครงสร้างของผนังภายนอก 4 แบบซึ่งจะได้โซนทั้งหมด 864 แบบ

ในการคำนวณหา weighting factors จะกำหนดลักษณะของโซนดังนี้คือ เป็นห้องสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่อยู่ชั้นกลางของอาคารมีผนังภายนอกด้านเดียว ผนังที่เหลืออีก 3 ด้านเป็นผนังภายในที่มีโครงสร้างน้ำหนักเบา ลักษณะของเพดานเหมือนกับพื้นห้องทุกอย่าง ภายในช่องฝ้าเพดานไม่มีการหมุนเวียนของอากาศ

ในการวิเคราะห์ทางสถิติ ใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) (Hicks 1964) โดยจะพิจารณาที่ ค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลา และใช้ค่าขอบเขตความผิดพลาดมากำหนดการแบ่งกลุ่มของโซน โดยให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์การคำนวณการออกแบบทางวิศวกรรม และทำให้ชุดของ CLTD และ CLFs มีขนาดเล็กพอที่จะจัดให้อยู่ในตารางได้ ซึ่งความถูกต้องที่ยอมรับได้คือ $\pm 10\%$ ของค่าจริง และเพื่อให้เป็นไปตามจุดประสงค์ของการคำนวณภาระสูงสุดดังนั้นจึงกำหนดให้ขอบเขตความผิดพลาดของค่าแอมพลิจูดเป็น -0% และ $+20\%$ สำหรับขอบเขตความผิดพลาดของค่าการหน่วงเวลานั้นเนื่องจากการคำนวณอยู่บนพื้นฐานรายชั่วโมงทำให้ขีดขอบเขตความผิดพลาดที่ $\pm 1/2$ ชั่วโมง

2.2 Zone Descriptions and Response Characterization for CLF/CLTD Calculations (RP-359) E.F. Sowell, Ph.D. , D.C. Chiles, P.E. [3]

แสดงผลของการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการตอบสนองเชิงพลังงานของภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนที่ได้รับ โดยจะอยู่ในรูปของตารางซึ่งจัดแบ่งโซนตามคุณสมบัติทางกายภาพ 7 แบบ และมีความสอดคล้องกับคุณสมบัติทางการตอบสนองเชิงพลังงาน

จุดประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือเพื่อจัดทำ ตาราง CLTDs และ CLFs สำหรับโซนที่เป็นตัวแทนเพียงไม่กี่โซนซึ่งครอบคลุมโซนต่างๆที่พบได้ทั่วไปในการใช้งานจริง และปรับปรุงค่า CLFs ของรังสีแสงอาทิตย์จาก ASHRAE Fundamentals Handbook 1981 เพื่อรวมผลของตัวแปรที่ได้กำหนดไว้คือ พรม ขนาดห้อง ฝ้าเพดาน และ น้ำหนักของผนังภายนอก

โดยจะแบ่งส่วนประกอบของภาระการทำความเย็นออกได้เป็น 4 ส่วนคือ การแผ่รังสีแสงอาทิตย์ การนำความร้อนผ่านผนัง และหลังคา ความร้อนจากไฟแสงสว่าง และ ภาระความร้อนภายในจากผู้อยู่อาศัย และอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยที่สำหรับความร้อนแต่ละแบบจะมีชุดข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้อยู่ชุดหนึ่งซึ่งประกอบไปด้วย

- 1) ตารางการแบ่งโซน (Zone classification tables)
- 2) ข้อความอธิบายรายละเอียดของโซน (Representative zone descriptions)
- 3) ค่า weighting factors ของโซนตัวแทน (Representative zone weighting factors)

- 4) กรอบสี่เหลี่ยมกำหนดชนิดของโซน (Zone type rectangles) แสดงค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลา

ซึ่งพบว่าสามารถแบ่งกลุ่มโซนได้ดังนี้ กลุ่มของภาระความร้อนจากการแผ่รังสี แสงอาทิตย์ 14 กลุ่ม กลุ่มของภาระความร้อนจากไฟแสงสว่าง 5 กลุ่ม กลุ่มของภาระความร้อนจากผู้อยู่อาศัย และอุปกรณ์ไฟฟ้า 5 กลุ่ม และกลุ่มของภาระความร้อนจากการนำความร้อนจากผนังทึบหลังคา และ กระจก 5 กลุ่ม ซึ่งแต่ละกลุ่มก็จะได้ค่า CLTD/CLF 1 ชุด

2.3 Final Report ,ASHRAE Project 359-RP, Updating Cooling Load Temperature Differences and Cooling Load Factors [7]

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อหาชุด weighting factors ที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการคำนวณค่า CLTD/CLF โดยจะพิจารณาถึงข้อจำกัดของวิธีการที่ใช้ในการหาชุด weighting factors เหล่านี้ และนำเสนอผลลัพธ์ที่ได้ไว้ใน ASHRAE Fundamentals Handbook 1985 โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 ส่วนคือ ในส่วนแรกจะอธิบายวิธีการในการหาชุด weighting factors ตัวแทนส่วนที่สองจะนำเสนอผลลัพธ์ที่ได้ และส่วนสุดท้ายนำเสนอวิธีการนำไปใช้งานซึ่งรายงานฉบับนี้เป็นรายงานที่แสดงผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้จากงานวิจัยในข้อ 2.1 และ ข้อ 2.2

ในส่วนแรกที่เป็นในการหาชุด weighting factors ที่เป็นตัวแทนนั้น ในขั้นแรกจะหาค่าแอมพลิจูด และ ค่าการหน่วงเวลาสำหรับ weighting factors แต่ละชุด จากนั้นจึงนำค่าที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) โดยการหาค่า “mean square deviation” (MS) สำหรับแอมพลิจูด และ ค่าการหน่วงเวลา ของตัวแปรแต่ละตัว และเนื่องจากว่าทั้ง 2 ค่ามีผลต่อการคำนวณภาระสูงสุด (peak load) ดังนั้นจึงรวมผลของทั้ง 2 ค่าให้อยู่ในรูป

$$MS = MS_{delay} + (3 \times MS_{amplitude}) \quad (2.1)$$

ที่เป็นไปตามสมการนี้เพราะว่า ค่าการหน่วงเวลานั้นสามารถมีค่าได้ถึง 3 ชั่วโมงในขณะที่แอมพลิจูดนั้นจะมีค่าน้อยกว่า 1 อยู่เสมอ การรวมกันนี้จะทำให้ค่าทั้ง 2 ค่านี้มีระดับความสำคัญใกล้เคียงกัน ค่า MS นี้บ่งบอกถึงผลของ “first order” ซึ่งแสดงถึงความสำคัญของตัวแปรแต่ละตัวที่มีต่อตัวแปรทั้งหมด

ในส่วนที่สองซึ่งแสดงถึงผลลัพธ์ที่ได้จะนำเสนอในรูปแบบกราฟที่ได้จากการเขียนค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลาลงไปซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์คือ

- 1) สำหรับภาระความร้อนที่ได้มาจาก การนำความร้อน ไฟแสงสว่าง ผู้อยู่อาศัย/อุปกรณ์ไฟฟ้า ตัวแปรที่สำคัญคือ วัสดุปูพื้น น้ำหนักพื้น และ ลักษณะฝ้าเพดาน
- 2) สำหรับภาระความร้อนที่ได้มาจากการแผ่รังสีแสงอาทิตย์จะมีตัวแปรที่สำคัญอยู่ 4 ตัว คือ วัสดุปูพื้น น้ำหนักพื้น ลักษณะฝ้าเพดาน และ อุปกรณ์บังแดดภายใน แต่ผลของตัวแปรที่เป็นลักษณะฝ้าเพดานนั้นมีน้อยเมื่อเทียบกับตัวแปรอื่นจึงละทิ้งได้
- 3) เนื่องมาจากข้อที่ 1) และ 2) จึงสรุปได้ว่า

การนำความร้อน : กำหนด 1 โชนตัวแทน

ไฟแสงสว่าง : กำหนด 1 โชนตัวแทน

ผู้อยู่อาศัย/อุปกรณ์ไฟฟ้า : กำหนด 1 โชนตัวแทน

รังสีแสงอาทิตย์ : ขึ้นอยู่กับตัวแปร 3 ตัวคือ วัสดุปูพื้น(2 ระดับชั้น) น้ำหนักพื้น (3 ระดับชั้น) และปริมาณอุปกรณ์บังแดดภายใน (3 ระดับชั้น)

ดังนั้นมีจำนวน โชนตัวแทนทั้งหมด $1 \times 1 \times 1 \times (2 \times 3 \times 3) = 18$ โชน รวมอีก 2 โชนที่หลุดออกไปจากการจัดกลุ่มเป็น 20 โชน

ในส่วนที่สามนั้นแสดงถึงการเลือกชุด weighting factors ไปใช้เพื่อหาค่า CLTD/CLF ซึ่งต้องลดจำนวน โชนตัวแทนให้น้อยลงอีก โดยใช้วิธีตัดรอบสี่เหลี่ยมให้ครอบคลุมจุดที่เป็นตัวแทนของแต่ละโชน โดยให้รอบสี่เหลี่ยมอยู่ในช่วง แอมพลิจูด -20% และ $\pm 1/2$ ชั่วโมงสำหรับค่าการหน่วงเวลา และเลือกจุดที่เป็นตัวแทนจากจุดที่อยู่ตรงกึ่งกลางด้านบนสุดของรอบสี่เหลี่ยมผลที่ได้คือจะได้ โชนตัวแทนสำหรับชุด weighting factors ของการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ 6 ชุด (A, B, C, D, E, F) และสำหรับชุด weighting factors ของ การนำความร้อน ไฟแสงสว่าง และ ผู้อยู่อาศัย/อุปกรณ์ไฟฟ้า อีกอย่างละชุด

2.4 Load Calculations For 200,640 Zones (RP-472) , E.F. Sowell [4]

รายงานนี้แสดงถึงวิธีการและข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณการตอบสนองเชิงพลังงานของภาระการทำความร้อน ของโชนต่างๆจำนวน 200,640 โชนซึ่งเกิดจากการผสมผสานกันของตัวแปร 14 ตัว ซึ่งประกอบไปด้วย ขนาดพื้นที่ของโชน 3 ระดับชั้น ความสูงของโชน 3 ระดับชั้น จำนวนของผนังภายนอก 5 ระดับชั้น อัตราส่วนพื้นที่ของกระจกที่อยู่บนผนังภายนอก 3 ระดับชั้น โครงสร้างของผนังภายใน 2 ระดับชั้น วัสดุปูพื้นห้อง 2 ระดับชั้น ปริมาณอุปกรณ์บังแดดภายใน 3 ระดับชั้น ตำแหน่งที่ตั้งของโชน 4 ระดับชั้น ลักษณะพื้นที่ห้อง (ชั้นกลางและชั้นบน) 2 ระดับชั้น ลักษณะพื้นที่ห้อง(ชั้นล่าง) 1 ระดับชั้น ลักษณะฝ้าเพดาน 2 ระดับชั้น โครงสร้างของหลังคา 4 ระดับชั้น โครงสร้างของผนังภายนอก 4 ระดับชั้น และลักษณะของเฟอร์นิเจอร์ 2 ระดับชั้น โดยใช้โปรแกรม DOE-2.1C ในการคำนวณ โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้คือ

- 1) ทำให้วิธีการคำนวณการตอบสนองเชิงพลังงานความร้อน (dynamic thermal response) ของโซนที่มีต่อชนิดของความร้อนที่ได้รับในแบบต่างๆ มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น
- 2) เพื่อจัดแบ่งกลุ่มโซนตามลักษณะทางการตอบสนองเชิงพลังงานความร้อน โดยเปลี่ยนแปลงลักษณะของโซนตามระดับชั้นต่างๆของตัวแปรทั้ง 14 ตัว

ความแตกต่างที่สำคัญระหว่าง RP-359 กับ RP-472 คือจำนวนของตัวแปรเพิ่มขึ้นจาก 7 ตัวแปรเป็น 14 ตัวแปร

RP-359 → 864 โซน → 7 ตัวแปร → DOE-2.1B

RP-472 → 200,640 โซน → 14 ตัวแปร → DOE-2.1C

โดยที่จุดประสงค์ของ RP-472 ไม่ได้อยู่ที่การพัฒนาราง CLTD หรือ CLF โดยจะให้ความสนใจไปที่การจัดกลุ่มโซนตามลักษณะการตอบสนองเชิงพลังงาน และการหาค่า weighting factors ของแต่ละโซนแทน ซึ่งค่า weighting factors นี้ใช้ในการคำนวณภาระการทำความเย็นของโซนโดยใช้วิธี TFM ซึ่งใน RP-359 มีกลุ่มโซนที่เป็นชุดของการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ 14 กลุ่ม แต่ใน RP-472 นี้มีกลุ่มโซนที่เป็นชุดของการแผ่รังสีแสงอาทิตย์เพียง 6 กลุ่ม คือสำหรับห้องที่มีลักษณะโครงสร้างเป็นแบบมีน้ำหนักมาก น้ำหนักปานกลาง และ น้ำหนักเบา ที่มี และไม่มีอุปกรณ์บังแดดภายใน

2.5 Classification of 200,640 Parametric Zones for Cooling Load Calculations (RP-472) , E.F. Sowell [6]

รายงานฉบับนี้อธิบายว่าค่าแอมพลิจูด และ ค่าการหน่วงเวลา จะบอกถึงลักษณะของการตอบสนองเชิงพลังงานของโซนอย่างง่าย ๆ ได้อย่างไร แล้วนำผลที่ได้ไปจัดทำเป็นตารางที่สามารถนำไปใช้งานได้ โดยการใส่โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาใช้สำหรับโครงการนี้ โซนที่มีค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลาที่ใกล้เคียงกันจะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มโซนแบบเดียวกันซึ่งจะมีโซนตัวแทนเพียงโซนเดียวสำหรับแต่ละกลุ่ม โดยที่ weighting factors สำหรับโซนตัวแทนนี้จะเป็นตัวแทนของทุกๆ โซนที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน กระบวนการจัดกลุ่มได้จัดแบ่งโซนตามลักษณะที่ตั้งของโซน ออกเป็น 12 กลุ่มโซน ซึ่งเป็นตัวแทนของโซนที่ตั้งอยู่โดยลำพัง (single zone) โซนที่อยู่รอบนอก (perimeter zone) และ โซนที่อยู่ภายใน (interior zone) โดยแบ่งเป็นที่ตั้งอยู่ ชั้นบนสุด ชั้นล่าง หรือ ชั้นกลางของอาคารที่มีหลายชั้น หรือในอาคารชั้นเดียว และนำมาใช้กับภาระความร้อนชนิดต่างๆที่ได้รับคือ การแผ่รังสีแสงอาทิตย์ การนำความร้อนผ่านกรอบอาคาร ภาระความร้อนจากไฟแสงสว่าง และภาระความร้อนจากผู้อยู่อาศัย/อุปกรณ์ไฟฟ้า ผลที่ได้จะเป็นชุดของตารางที่ให้ค่า weighting factor ที่เหมาะสมสำหรับโซนตัวแทนที่เกิดจากการรวมกันของตัวแปรที่ได้ออกแบบไว้

สำหรับโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเป็นการปรับปรุงลักษณะการคำนวณในบางขั้นตอนของโปรแกรม DOE-2.1C อันได้แก่

- 1) ตัวประกอบรูปร่าง (view factors) เดิมนั้นโปรแกรมจะใช้วิธีการอย่างง่ายโดยคำนวณจากอัตราส่วนของพื้นผิวที่รับรังสีคลื่นยาวที่แผ่ออกมาต่อพื้นผิวทั้งหมดที่อยู่ภายในโซนแต่ในโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนั้นจะคำนวณโดยใช้ตัวประกอบรูปร่างที่แท้จริง
- 2) ลักษณะการกระจายตัวของรังสีคลื่นสั้น (shortwave distributions)
- 3) เงื่อนไขค่าขอบเขตเริ่มต้น (boundary conditions)

ขั้นตอนในการจัดกลุ่มมี 3 ขั้นตอนคือ

- 1) กระบวนการจัดกลุ่ม โดยที่โซนทั้งหมดจะถูกจัดให้อยู่เป็นกลุ่มภายใต้ขอบเขตความถูกต้องของแอมพลิจูด และ ค่าการหน่วงเวลา ที่ได้กำหนดไว้
- 2) จัดทำตารางกำหนดชนิดของโซนโดยขึ้นกับตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบโซน เช่น ขนาดโซน น้ำหนักพื้น เป็นต้น
- 3) เลือกโซนตัวแทนสำหรับแต่ละกลุ่มโซน ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญเพราะว่าผลลัพธ์สุดท้ายจะเป็นชุด weighting factors สำหรับโซนที่ต้องการนำไปใช้งาน

กระบวนการจัดกลุ่ม (grouping)

- 1) การจัดกลุ่มเริ่มต้น (Pregrouping) ทำการค้นหา และกำจัดตัวแปรไม่สำคัญที่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงแอมพลิจูด และ ค่าการหน่วงเวลา เมื่อตัวแปรนั้นมีค่าเปลี่ยนไปในแต่ละระดับขั้น
- 2) การจัดกลุ่ม (grouping) จะเน้นไปที่การจัดกลุ่มโซนให้ปริมาณของกลุ่มโซนมีจำนวนที่น้อยลงมากกว่าการพิจารณาโซนทั้ง 200,640 โซน

จากการพยายามประเมินผลของตัวแปรที่เพิ่มเข้ามาใน RP-472 ซึ่งไม่ได้พิจารณาใน RP-359 พบว่ามีเพียงชนิดของหลังคาเท่านั้นที่ไม่มีผลกับทุกๆโซน ซึ่งตัวแปรตัวใหม่ที่มีความสำคัญมากที่สุดคือการเพิ่มเฟอร์นิเจอร์เข้าไปภายในห้องโดยผลที่ได้มีแนวโน้มเหมือนกับกรณีที่มีอุปกรณ์บังแดดภายในหรือพรมอยู่ภายในห้องซึ่งทำให้แอมพลิจูดมากขึ้น และค่าการหน่วงเวลาดันน้อยลงสำหรับความสูงของโซน และจำนวนของผนังภายนอกจะไม่ค่อยมีความสำคัญโดยจะมีผลต่อรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบลงบนพื้นห้องเท่านั้น ส่วนผนังภายในจะมีผลต่อตัวแปรตัวอื่นๆ อย่างเช่นเมื่อผนังภายในมีน้ำหนักเบาผลกระทบจากความสูงของห้องที่เพิ่มขึ้นจะมีมากกว่าผนังภายในที่มีมวลใกล้เคียงกับพื้นห้อง ส่วนตัวแปรตัวสุดท้ายคือตำแหน่งที่ตั้งของโซนจะมีผลเกี่ยวกับการจัดกลุ่มโซน

บทที่ 3

ทฤษฎี

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดและความรู้พื้นฐานที่ใช้เป็นแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ ซึ่งแบ่งเป็นหัวข้อย่อย ดังนี้

วิธี Transfer Function Method

Weighting Factors และวิธีการหาค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลา

วิธี CLTD/SCL/CLF

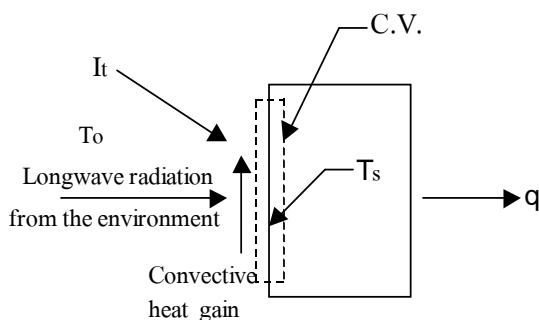
3.1 วิธี Transfer Function Method [1]

Transfer Function Method เป็นวิธีการคำนวณที่ต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในการประมวลผลโดยได้เผยแพร่ครั้งแรกในปี พ.ศ. 2515 ใน ASHRAE Fundamentals Handbook การคำนวณจะประกอบไปด้วยขั้นตอน 2 ขั้นตอน คือการคำนวณค่าความร้อนที่ได้รับ (heat gain) ทั้งหมดที่ผ่านกรอบอาคาร และการนำค่าความร้อนที่ได้รับมาคูณด้วย weighting factor เพื่อแปลงให้เป็นภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ ตัวแปรหลักที่มีผลต่อการคำนวณคือ ค่า solar-air temperature และ ค่า weighting factors ซึ่งเป็นตัวแทนที่แสดงให้เห็นถึงลักษณะและองค์ประกอบของอาคาร (เช่น ค่าความหนาแน่น ค่าความจุความร้อนจำเพาะ เป็นต้น) รวมทั้งแสดงลักษณะและส่วนประกอบของแหล่งความร้อนที่ได้รับ

Solar-Air Temperature

ASHRAE ได้เผยแพร่วิธีการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่ปิดด้วย Transfer function method โดยใช้ค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศภายในห้องและค่า Solar-air temperature เป็นค่าเงื่อนไขขอบเขต

ค่า Solar-air temperature (T_e) คืออุณหภูมิที่เป็นตัวแทนของสภาพอากาศภายนอกที่มีค่าเท่ากับอุณหภูมิเทียบเท่าที่ทำให้ค่าการพาความร้อนของอากาศมีค่าเท่ากับค่าการถ่ายเทความร้อนทั้งหมดผ่านพื้นผิวภายนอกของผนัง ซึ่งเป็นผลรวมของรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบผนัง การแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนระหว่างผนังกับท้องฟ้าและสิ่งแวดล้อมต่างๆ และการพาความร้อนเนื่องจากอากาศภายนอก ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงสมดุลพลังงานที่ผิวด้านนอกของผนังทึบ

เมื่อกำหนดขอบเขตของปริมาตรควบคุมแล้วจะสามารถเขียนสมดุลพลังงานของพื้นผิวที่โดนแสงอาทิตย์ส่อง ซึ่งจะได้พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาเป็น

$$q / A = \alpha I_t + h_o (T_o - T_s) - \varepsilon \Delta R \quad (3.1)$$

เมื่อ

- α = ค่าการดูดซับรังสีดวงอาทิตย์ของพื้นผิว
- I_t = รังสีดวงอาทิตย์ทั้งหมดที่ตกกระทบลงบนพื้นผิว, $\text{Btu}/(\text{hr} \cdot \text{ft}^2)$
- h_o = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีคลื่นยาวและการพาความร้อนที่พื้นผิวภายนอก, $\text{Btu}/(\text{hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F})$
- T_o = อุณหภูมิอากาศภายนอก, $^\circ\text{F}$
- T_s = อุณหภูมิพื้นผิว, $^\circ\text{F}$
- ε = ค่าการเปล่งรังสีแบบ hemispherical ของพื้นผิว
- ΔR = ค่าความแตกต่างระหว่างรังสีคลื่นยาวจากท้องฟ้าและสิ่งแวดล้อมที่ตกกระทบบนพื้นผิวกับรังสีที่เปล่งออกมาจากวัตถุดำที่อุณหภูมิอากาศภายนอก, $\text{Btu}/(\text{hr} \cdot \text{ft}^2)$

และเขียนให้อยู่ในพจน์ของ solar-air temperature ได้เป็น

$$q / A = h_o (T_e - T_s) \quad (3.2)$$

จากสมการ (2.1) และ (2.2) จะได้ solar-air temperature

$$T_e = T_o + \alpha I_t / h_o - \varepsilon \Delta R / h_o \quad (3.3)$$

สำหรับพื้นผิวในแนวราบ ค่าของ ΔR จะประมาณ 20 Btu/(hr·ft²) ดังนั้นถ้า $\varepsilon = 1$ และ $h_o = 3.0$ Btu/(hr·ft²·°F) ที่ความเร็วลม 7.5 ไมล์/ชั่วโมง ค่าปรับแก้ของรังสีคลื่นยาวจะประมาณ -7 °F สำหรับพื้นผิวในแนวตั้ง $\Delta R = 0$

การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารตามวิธีการของ ASHRAE จะอยู่ภายใต้สมมติฐานที่ว่า ค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศภายในห้องต้องมีค่าคงที่ค่าหนึ่งตลอด 24 ชั่วโมง และค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวของวัสดุทั้งภายนอก และภายในกรอบอาคารมีค่าคงที่ โดยการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารในส่วนต่างๆ มีดังนี้

การนำความร้อนผ่านส่วนที่เป็นผนังภายนอกและหลังคา (walls and roofs)

สมการของการนำความร้อนผ่านผนังภายนอกและหลังคาสามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบของความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$q_{e,\theta} = A \left[\sum_{n=0} b_n (T_{e,\theta-n\delta}) - \sum_{n=1} d_n \left[\left(\frac{q_{e,\theta-n\delta}}{A} \right) \right] - T_{rc} \sum_{n=0} c_n \right] \quad (3.4)$$

เมื่อ

$q_{e,\theta}$	=	การนำความร้อนผ่านผนังภายนอกหรือหลังคา, Btu/hr
θ	=	ชั่วโมงที่ทำการคำนวณ, hour
δ	=	ช่วงเวลาที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลแต่ละค่า, 1 hour
n	=	จำนวนชั่วโมงที่ใช้ในการคำนวณ, hour
e	=	วัสดุที่ใช้ทำผนังภายนอกหรือหลังคา
A	=	พื้นที่ของผนังภายนอกหรือหลังคา, ft ²
$T_{e,\theta-n\delta}$	=	solar-air temperature at time $\theta - n\delta$, °F
T_{rc}	=	อุณหภูมิอากาศภายในห้องที่มีค่าคงที่, °F
b_n, c_n, d_n	=	conduction transfer function coefficient (CTF) ของผนังภายนอกหรือ หลังคาโดยกำหนดให้สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมภายนอกมีค่า 3.0 Btu/(hr·ft ² ·°F) และสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมภายในมีค่า 1.46 Btu/(hr·ft ² ·°F) ที่ความเร็วลม 7.5 ไมล์/ชั่วโมง

การนำความร้อนผ่านผนังภายใน เพดาน และ พื้นห้อง

$$q = UA(T_b - T_i) \quad (3.5)$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} T_b &= \text{อุณหภูมิของอากาศในห้องที่อยู่ติดกัน} \\ T_i &= \text{อุณหภูมิของอากาศที่อยู่ภายในห้องที่มีการปรับอากาศ} \end{aligned}$$

การถ่ายเทความร้อนผ่านส่วนที่เป็นกระจก

$$\text{การนำความร้อน} \quad q = UA(T_o - T_i) \quad (3.6)$$

$$\text{การแผ่รังสีความร้อน} \quad q = A(SC)(SHGF) \quad (3.7)$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} U &= \text{สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจก} \\ SC &= \text{สัมประสิทธิ์การบังแดด (shading coefficient)} \\ SHGF &= \text{solar heat gain factor โดยขึ้นอยู่กับ ทิศทางการวางตัวของกระจก ละติจูด} \\ &\quad \text{ที่ตั้งของอาคาร และเวลา} \end{aligned}$$

การคำนวณภาระการทำความเย็น

ค่าภาระการทำความเย็น คือ ปริมาณพลังงานความร้อนที่ต้องนำออกจากโซนต่อหนึ่งหน่วยเวลาเพื่อควบคุมค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศในโซนให้มีค่าคงที่ ซึ่งค่าภาระการทำความเย็นดังกล่าวจะแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ภาระการทำความเย็นแบบความร้อนสัมผัส (sensible heat gain) และ ภาระการทำความเย็นแบบความร้อนแฝง (latent heat gain)

ภาระการทำความเย็นแบบความร้อนสัมผัส หมายถึง ภาระการทำความเย็นที่เป็นความร้อนส่วนที่ทำให้อุณหภูมิอากาศภายในห้องเปลี่ยนแปลงอันได้แก่ ความร้อนที่แหล่งกำเนิดความร้อนที่อยู่ในบริเวณที่พิจารณาถ่ายเทให้กับอากาศด้วยการแผ่รังสีความร้อน แหล่งกำเนิดความร้อนเหล่านั้น ได้แก่ กรอบของโซน หลอดไฟฟ้า ผู้อยู่อาศัย และ เครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น การคำนวณค่าภาระการทำความเย็นขึ้นกับ ประเภทของแหล่งกำเนิดความร้อน มวลของกรอบอาคาร และ ความเร็วของอากาศภายในโซน โดยตั้งสมมติฐานว่าค่าภาระความร้อนจากแต่ละแหล่งกำเนิดเป็นอิสระต่อกัน ดังนั้นค่าภาระการทำความเย็นรวมของบริเวณที่พิจารณาที่เวลาใดๆ จะมีค่าเท่ากับ ผลรวมของค่าภาระการทำความเย็นของแต่ละแหล่งกำเนิด ส่วนภาระการทำความเย็นแบบความร้อนแฝง คือ ภาระการทำความเย็นในส่วนที่ทำให้ ความชื้นของอากาศในบริเวณที่พิจารณาเปลี่ยนแปลงไป

การคำนวณค่าภาระการทำความเย็นของห้องสามารถคำนวณได้จาก room transfer function (RTF) ซึ่งขึ้นกับลักษณะการถ่ายเทความร้อน ขนาดของช่วงเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนจากการถ่ายเทความร้อนไปเป็นภาระการทำความเย็น และคุณสมบัติทางด้านการดูดซับความร้อนของห้อง (heat storage characteristics) ซึ่งเขียนให้อยู่ในรูปของสมการได้เป็น

$$Q_\theta = \sum_{i=1} (v_0 \cdot q_\theta + v_1 \cdot q_{\theta-\delta} + v_2 \cdot q_{\theta-2\delta} + \dots) - (w_1 \cdot Q_{\theta-\delta} + w_2 \cdot Q_{\theta-2\delta} + \dots) \quad (3.8)$$

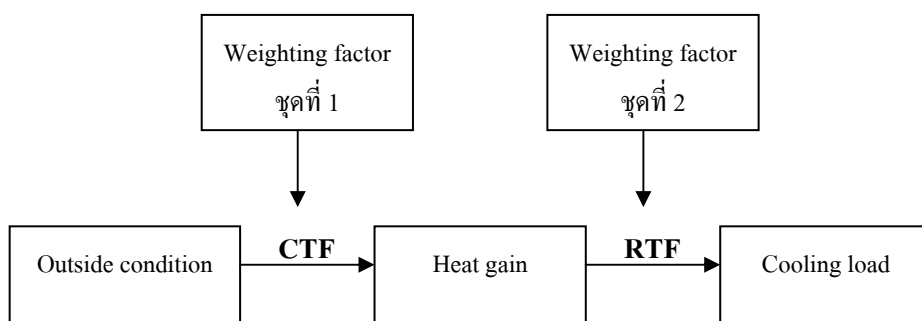
เมื่อ

Q_θ	=	ภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้, Btu/hr
θ	=	ชั่วโมงที่นำมาคำนวณภาระการทำความเย็น
i	=	จำนวนของส่วนประกอบที่นำมาคำนวณค่าภาระการทำความเย็น
δ	=	ช่วงเวลาที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลแต่ละค่า, 1 hour
v_i, w_i	=	room transfer function coefficient, (RTF)

3.2 Weighting Factors [8] และวิธีการหาค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลา [2]

วิธีการคำนวณโดยใช้ค่า weighting factors ที่นำเสนอเป็นครั้งแรกโดย Mitalas และ Stephenson เป็นวิธีการหนึ่งในหลายวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์การใช้พลังงานของอาคาร วิธีการนี้เป็นวิธีการที่รวมเอาวิธีการอย่างง่าย เช่นการคำนวณในสภาวะคงที่ (steady-state calculation) ซึ่งไม่คิดผลของการเก็บสะสมพลังงานของโครงสร้างอาคารกับวิธีการที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น อย่างเช่นวิธีการคำนวณโดยการสมดุลพลังงาน ด้วยวิธีการของ weighting factor การคำนวณภาระทางความร้อนรายชั่วโมงจะขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างของอาคาร และสภาวะอากาศภายในห้องในชั่วโมงนั้นๆ (อุณหภูมิ การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ความเร็วลม เป็นต้น) ภาระความร้อนที่ได้เมื่อนำมารวมกับลักษณะ และคุณสมบัติของระบบการทำความเย็นก็จะคำนวณอุณหภูมิอากาศ และอัตราการดึงความร้อนได้ วิธีการ weighting factor เป็นวิธีที่ง่าย ยืดหยุ่น รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ

Weighting factors จะได้มาจากการใช้ z-transfer function ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้แก้ปัญหาสมการเชิงอนุพันธ์ที่ใช้กับข้อมูลที่ไม่ต่อเนื่อง โดย weighting factors จะถูกนำไปใช้ในส่วนของ การคำนวณภาระการทำความเย็นใน 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรกใช้ในการหาค่าการถ่ายเทความร้อนที่ห้องได้รับ (heat gain) ซึ่งเกี่ยวข้องกับค่าของ solar-air temperature และอุณหภูมิภายในห้อง โดย weighting factors ชุดนี้จะถูกเรียกว่า conduction transfer function (CTF) และขั้นตอนที่สองใช้ในการเปลี่ยนความร้อนที่ห้องได้รับไปเป็นภาระการทำความเย็น โดย weighting factors ชุดนี้จะถูกเรียกว่า room transfer function (RTF) สำหรับ weighting factors ทั้ง 2 ชุดแสดงได้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงการใช้ weighting factors ในขั้นตอนต่าง ๆ

สำหรับในขั้นตอนการเปลี่ยนความร้อนที่ห้องได้รับไปเป็นภาระการทำความเย็นอธิบายได้ดังนี้คืออุณหภูมิอากาศในห้องจะถูกสมมติให้มีค่าคงที่ที่ค่าๆหนึ่ง ความร้อนที่ห้องได้รับในรูปแบบต่างๆ เช่น การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านหน้าต่างเข้ามา พลังงานความร้อนภายในห้องจากไฟแสงสว่าง ผู้อยู่อาศัย หรืออุปกรณ์ไฟฟ้า และการนำความร้อนผ่านผนัง จะถูกนำมาใช้ในการคำนวณภาระการทำความเย็น โดยที่ภาระการทำความเย็นของห้องหมายถึงอัตราการดึงพลังงานออกจากห้องเพื่อรักษาอุณหภูมิอากาศที่อยู่ในห้องให้เท่ากับค่าที่ได้กำหนดไว้ ภาระการทำความเย็นจะแตกต่างจากความร้อนที่ได้รับในขณะนั้น โดยจะขึ้นอยู่กับรูปแบบความร้อนที่ได้รับ เช่น เมื่อรังสีแสงอาทิตย์ส่งผ่านเข้ามาทางหน้าต่าง รังสีบางส่วนจะถูกดูดซับไว้ (โดยพื้นห้อง ผนังห้อง หรือเฟอร์นิเจอร์) และปล่อยสู่อากาศในเวลาต่อมาทำให้ภาระการทำความเย็นในขณะนั้นลดลง ดังนั้นจะมี weighting factors 1 ชุดสำหรับความร้อนที่ได้รับในแต่ละรูปแบบเพื่อใช้ในการคำนวณภาระการทำความเย็น โดยค่า weighting factors ของความร้อนที่ได้รับ (heat gain weighting factors) จะเป็นชุดของตัวแปรที่ใช้บอกกว่าพลังงานที่ผ่านเข้ามาในห้องจะถูกเก็บสะสมไว้เท่าไร และถูกปล่อยออกมาเร็วเท่าไรในชั่วโมงถัดไป รูปแบบของความร้อนที่ได้รับ (รังสีแสงอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจกเข้ามาในห้อง การนำความร้อนผ่านผนัง เป็นต้น) มีผลต่อปริมาณพลังงานที่เก็บสะสมไว้ ด้วยเหตุผลนี้ ค่า weighting factors สำหรับความร้อนที่ได้รับในแต่ละรูปแบบจะแตกต่างกัน เช่นเดียวกันกับวัสดุที่ใช้เป็นโครงสร้างของพื้น ผนัง หรือหลังคาห้อง ก็มีผลต่อปริมาณพลังงานที่เก็บสะสม และระยะเวลาในการปล่อยพลังงานออกมา ดังนั้นห้องแต่ละห้องจะมีค่า weighting factors ที่แตกต่างกัน

มีสมมติฐานอยู่ 2 ข้อที่เกี่ยวข้องกับค่าของ weighting factors ข้อแรกคือแบบจำลองที่ใช้ในขั้นตอนการคำนวณจะอยู่ในรูปสมการอนุพันธ์เชิงเส้น ทำให้ความร้อนที่ได้รับในรูปแบบต่างๆ จะคำนวณโดยเป็นอิสระต่อกันและนำมารวมกันในภายหลังดังนั้นกระบวนการที่ไม่ได้อยู่ในรูปของสมการอนุพันธ์เชิงเส้น อย่างเช่น การพาความร้อนโดยธรรมชาติ และการแผ่รังสีความร้อน

จะต้องประมาณให้อยู่ในรูปของสมการเชิงเส้น ข้อที่สองคือคุณสมบัติทางความร้อนต่างๆซึ่งมีผลต่อค่า weighting factors จะต้องมามีค่าคงที่ (ไม่ขึ้นกับเวลาหรืออุณหภูมิ) ดังนั้นคุณสมบัติทางความร้อนต่างๆ อย่างเช่นสัมประสิทธิ์ความต้านทานของชั้นอากาศ และการกระจายตัวของรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นผิวต่างๆ ภายในห้องจะต้องเป็นค่าเฉลี่ยในช่วงเวลาที่นำมาคำนวณสมมติฐานทั้ง 2 ข้อเป็นข้อจำกัดของการใช้ weighting factors สมมติฐานการเป็นสมการเชิงเส้น (สมมติฐานข้อแรก) ไม่มีผลกระทบมากนักเพราะว่ากระบวนการทั้งหมดรวมทั้งการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ สามารถประมาณให้เป็นลักษณะเชิงเส้นได้โดยยังมีความถูกต้องเพียงพอสำหรับการคำนวณโดยส่วนใหญ่ สำหรับสมมติฐานที่ให้คุณสมบัติต่างๆของระบบมีค่าคงที่ (สมมติฐานข้อสอง) ถือว่าเป็นข้อจำกัดของการใช้ weighting factors ในกรณีที่คุณสมบัติที่สำคัญของห้องมีการเปลี่ยนแปลงในขณะที่ทำการคำนวณ ตัวอย่างก็คือ การกระจายตัวของรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนผนังภายในห้องซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปทุกชั่วโมง และสัมประสิทธิ์ความต้านทานของชั้นอากาศภายนอกซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามทิศทางกาลไหลของความร้อนหรือความเร็วลม

โปรแกรม DOE-2.1E จะคำนวณค่า weighting factors ซึ่งเป็นค่าสัมประสิทธิ์ room transfer function (RTF) ของแหล่งกำเนิดความร้อนแบบต่างๆ ภายในโซนแต่ละโซน ซึ่งได้แก่ค่า v_0, v_1, v_2, w_1 , และ w_2 แล้วนำค่าเหล่านั้นมาคำนวณภาระการทำความเย็นรายชั่วโมง โดยใช้สมการดังนี้

$$Q_t = v_0 \cdot q_t + v_1 \cdot q_{t-1} + v_2 \cdot q_{t-2} - w_1 \cdot Q_{t-1} - w_2 \cdot Q_{t-2} \quad (3.9)$$

เมื่อ

- Q_t = ภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้, Btu/hr
- t = ชั่วโมงที่นำมาคำนวณภาระการทำความเย็น
- i = จำนวนของส่วนประกอบที่นำมาคำนวณค่าภาระการทำความเย็น
- v_i, w_i = สัมประสิทธิ์ room transfer function (RTF)

ในการเปรียบเทียบ weighting factors ที่ได้มาจากระดับชั้นของตัวแปรที่ต่างกันจะสามารถสังเกตความแตกต่างได้ง่าย แต่จะเป็นการยากที่จะบอกได้ว่าความแตกต่างนั้นมีความสำคัญอย่างไร เพราะว่ามีค่า weighting factors ถึง 5 ค่าในแต่ละชุด (v_0, v_1, v_2, w_1, w_2) จึงแทนค่า weighting factors ดังกล่าวด้วย แอมพลิจูด (amplitude) และ ค่าการหน่วงเวลา (time delay) ของภาระการทำความเย็น สำหรับ 1 หน่วย ของความร้อนที่ได้รับภายในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง โดยค่าแอมพลิจูดและค่าการหน่วงเวลานี้ แสดงถึงผลของการตอบสนองของโซนที่มีต่อภาระความร้อนที่เข้ามาภายในโซนเรียบร้อยแล้วภายในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

วิธีการคำนวณค่าแอมพลิจูด (Amplitude) และค่าการหน่วงเวลา (Delay)

เพื่อให้การคำนวณค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลา ของค่าภาระการทำความเย็นจากสมการที่ 3.9 สามารถทำได้สะดวก จึงสมมติให้กราฟของปริมาณความร้อนแต่ละแบบมีลักษณะเป็นกราฟรูปไซน์ที่มีค่าแอมพลิจูดเท่ากับหนึ่งหน่วยดังนี้

$$q = q_{max} \sin(\pi t / 12) \quad (3.10)$$

สำหรับภาระการทำความเย็นก็สามารถเขียนให้อยู่ในลักษณะฟังก์ชันคลื่นรูปไซน์ได้เช่นเดียวกัน โดยมีสมการเป็น

$$Q / q_{max} = r = a \sin(\pi t / 12 - \varphi) \quad (3.11)$$

เมื่อ

Q	=	ภาระการทำความเย็น, Btu/hr
q_{max}	=	ภาระความร้อนที่ได้รับมีขนาด 1 Btu/hr
a	=	ค่าแอมพลิจูดไร้มิติ (dimensionless amplitude)
φ	=	ค่าความต่างเฟส (phase lag)
r	=	ภาระการทำความเย็น ไร้มิติ (dimensionless cooling load)

พิจารณาที่เวลา $t = 0$ และ $t = 6$ ชั่วโมง จากสมการที่ 3.11 จะได้

$$r_0 = a \sin(-\varphi) = -a \sin \varphi \quad \text{เมื่อ } t = 0 \quad (3.12)$$

และ

$$r_6 = a \sin(\pi 6 / 12 - \varphi) = a \cos \varphi \quad \text{เมื่อ } t = 6 \quad (3.13)$$

จะได้

$$\begin{aligned} r_0^2 + r_6^2 &= a^2 (\sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi) = a^2 \\ a &= (r_0^2 + r_6^2)^{1/2} \end{aligned} \quad (3.14)$$

จากสมการที่ 3.13 และ 3.14 จะได้

$$\begin{aligned} r_0 / r_6 &= -\sin \varphi / \cos \varphi \\ \varphi &= \arctan(-r_0 / r_6) \\ d &= 12\varphi / \pi \end{aligned} \quad (3.15)$$

ดังนั้นจะสามารถหาค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลาได้เมื่อรู้ค่าของภาระการทำความเย็นไร้มิติ (r) ที่เวลา $t = 0$ และ $t = 6$ ชั่วโมง

3.3 วิธี CLTD/SCL/CLF [1]

วิธีการนี้เป็นการประมาณค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศด้วยการคำนวณเพียงขั้นตอนเดียวโดยมีพื้นฐานมาจากวิธี transfer function method (TFM) กล่าวคือจะใช้วิธี TFM ในการคำนวณหาค่าภาระการทำความเย็น (Q) ก่อนแล้วจึงนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่า CLTD/SCL/CLF อีกทีหนึ่ง สำหรับการคำนวณโดยวิธีนี้เกี่ยวข้องกับลักษณะการถ่ายเทความร้อน 3 แบบคือ การนำความร้อนผ่านผนัง หลังคา และกระจก การแผ่รังสีแสงอาทิตย์ผ่านกระจก และความร้อนที่ได้รับจากภายในห้อง (ไฟแสงสว่าง ผู้อยู่อาศัย และอุปกรณ์ไฟฟ้า) รวมทั้งภาระความร้อนจากการรั่วซึมของอากาศ และการระบายอากาศ ความหมายของแต่ละตัวคือ

CLTD — Cooling Load Temperature Difference

SCL — Solar Cooling Load

CLF — Cooling Load Factor

โดยวิธีการ CLTD/SCL/CLF จะใช้ค่า CLTD ในกรณีของการนำความร้อนผ่านผนัง ภายนอก และหลังคา ค่า SCL ในกรณีของการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ผ่านกระจก และ ค่า CLF สำหรับความร้อนที่ได้รับจากแหล่งความร้อนภายใน ค่า CLTD, SCL และ CLF เปลี่ยนแปลงตามเวลาและขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมและตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับอาคาร

ค่า CLTD ได้มาจากการหารค่าภาระการทำความเย็นด้วยค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และพื้นที่ผิวของผนัง (A) ถ้านำวิธี CLTD/SCL/CLF ไปใช้กับคอมพิวเตอร์ หรือใช้วิธี TFM โดยตรง ก็จะได้ค่าภาระการทำความเย็นสำหรับแต่ละชั่วโมงภายใน 1 วันออกมา แต่เมื่อนำมาคำนวณด้วยตัวผู้ใช้งาน เวลาที่จะนำมาใช้ในการคำนวณก็คือเวลาที่มีภาระการทำความเย็นสูงสุดซึ่งหาได้จากตาราง CLTD/SCL/CLF โดยดูได้จากทิศทางการวางตัว และลักษณะรูปร่างของห้อง

การคำนวณภาระการทำความเย็น

การนำความร้อนผ่านผนังภายนอก หลังคา และ กระจก

$$Q = U \cdot A \cdot (CLTD) \quad (3.16)$$

เมื่อ

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังภายนอก หรือ หลังคา หรือ กระจก, $\text{Btu/hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$

A = พื้นที่ของผนังภายนอก หรือ หลังคา หรือ กระจก, ft^2

$CLTD$ = Cooling Load Temperature Difference ของผนังภายนอก หรือ หลังคา หรือ กระจก, $^\circ\text{F}$

ค่า CLTD นั้นได้รวมผลของ thermal response (lag) ในการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังหรือหลังคา รวมทั้งผลของ response (lag) ที่เกิดจากส่วนของการแผ่รังสีจากพื้นผิวภายในของผนังไปสู่วัตถุที่อยู่ภายในห้อง โดยอยู่ภายใต้สภาวะมาตรฐานดังนี้

สภาวะภายนอก

- 1) กำหนดให้ค่า Solar-air temperature ของข้อมูลขาเข้ามีค่าสอดคล้องกับวันที่ใช้ค่า CLTD ตัวอย่างเช่นถ้าใช้ค่า CLTD สำหรับตารางของเดือน กรกฎาคม ที่ละติจูด 40°N ค่า Solar-air temperature ก็จะเป็นของ วันที่ 21 กรกฎาคม ในสภาพท้องฟ้าโปร่ง ที่ละติจูด 40°N
- 2) ไม่มีอุปสรรคบังแดดภายนอก
- 3) ค่าการสะท้อนรังสีจากพื้นดิน 0.2
- 4) สภาพท้องฟ้าแจ่มใส มีค่า clearness number = 1.0
- 5) อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกมากที่สุด 95°F ด้วยและมีผลต่างอุณหภูมิระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดในหนึ่งวันเท่ากับ 21°F
- 6) สัมประสิทธิ์ความต้านทานชั้นอากาศภายนอกมีค่า $0.333 \text{ (hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^{\circ}\text{F) /Btu}$ ที่ความเร็วลม 7.5 ไมล์/ชั่วโมง (สำหรับฤดูร้อน)
- 7) เครื่องปรับอากาศเปิดใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง ติดต่อกัน 7 วันในหนึ่งสัปดาห์
- 8) ค่ารังสีแสงอาทิตย์จะใช้ในวันที่ 21 กรกฎาคมซึ่งเป็นวันออกแบบในฤดูร้อนของประเทศสหรัฐอเมริกาในสภาพท้องฟ้าโปร่ง
- 9) ผนังมีสีดำหรือสีเข้ม

สภาวะภายใน

- 1) อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในห้องมีค่าคงที่ ที่ 78°F
- 2) สัมประสิทธิ์ความต้านทานชั้นอากาศภายในมีค่า $0.685 \text{ (hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^{\circ}\text{F) /Btu}$ ที่สภาวะอากาศสงบนิ่งในแนวตั้ง
- 3) สำหรับสภาวะที่แตกต่างจากสภาวะมาตรฐาน จะมีค่าปรับแก้สำหรับค่า CLTD คือ

$$CLTD_{cor} = CLTD + (78 - T_i) + (T_{om} - 85) \quad (3.17)$$

เมื่อ

$$T_i = \text{อุณหภูมิกระเปาะแห้งออกแบบภายในห้อง, } ^{\circ}\text{F}$$

$$T_{om} = T_o - (\Delta T / 2), \text{ ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิกระเปาะแห้งออกแบบภายนอกห้อง, } ^{\circ}\text{F}$$

เมื่อ

$$\Delta T = \text{ช่วงความแตกต่างของอุณหภูมิ, } ^\circ\text{F}$$

สำหรับผนังภายนอกดูค่าจากตารางโดยขึ้นอยู่กับ

- 1) ตำแหน่งการวางของวัสดุหลักเมื่อเทียบกับฉนวนความร้อน
- 2) ค่าความต้านทานความร้อนรวม (R) ของผนัง
- 3) วัสดุหลัก (วัสดุที่มีมวลมากที่สุดผนัง)
- 4) วัสดุที่ใช้ร่วมกับวัสดุหลัก

สำหรับหลังคาดูค่าจากตารางโดยขึ้นอยู่กับ

- 1) ตำแหน่งการวางของวัสดุหลักเมื่อเทียบกับฉนวนความร้อน
- 2) ค่าความต้านทานความร้อนรวม (R) ของหลังคา
- 3) วัสดุหลัก (วัสดุที่มีมวลมากที่สุดผนัง)
- 4) ลักษณะของฝ้าเพดาน (มีหรือไม่มี)

การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ผ่านกระจก

$$Q_{rad} = A \cdot (SC) \cdot (SCL) \quad (3.18)$$

เมื่อ

SC = สัมประสิทธิ์การบังแดด

SCL = Solar Cooling Load เมื่อมีและไม่มีที่บังแดดภายใน, $\text{Btu/hr}\cdot\text{ft}^2$

Shading Coefficient (SC) เป็นวิธีการของ ASHRAE สำหรับประมาณความร้อนที่ได้รับจากแสงอาทิตย์ โดยเป็นอัตราส่วนระหว่างความร้อนที่ได้รับจากแสงอาทิตย์ผ่านกระจกชนิดใดๆ และความร้อนที่ได้รับจากแสงอาทิตย์ผ่านกระจกใสที่ใช้เป็นกระจกมาตรฐาน ซึ่งเป็นกระจกใสชั้นเดียวหนา 1/8 นิ้ว โดยเขียนเป็นสมการได้เป็น

$$SC = \frac{SHGC_{test}}{SHGC_{ref}} \quad (3.19)$$

เมื่อ

$SHGC_{test}$ = solar heat gain coefficient ของกระจกชนิดใดๆ

$SHGC_{ref}$ = solar heat gain coefficient ของกระจกมาตรฐาน

ค่า Solar cooling load (SCL) จะรวมผลของการเปลี่ยนแปลงความร้อนที่ได้รับจากแสงอาทิตย์ตามเวลาที่เปลี่ยนไป น้ำหนักของโครงสร้างอาคาร และตำแหน่งที่ตั้งของอาคาร อีกทั้งรวมผลของ thermal response (lag) ในการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง หรือ หลังคา กับ response (lag) ที่เกิดจากส่วนของการแผ่รังสีดวงอาทิตย์เข้าไปภายในห้อง

บทที่ 4

ข้อมูลภูมิอากาศ

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียด การคัดเลือกข้อมูลภูมิอากาศที่ตรวจวัดที่สถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิจัย โดยแบ่งเป็นหัวข้อย่อยดังนี้

ข้อมูลภูมิอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา

การหาข้อมูลภูมิอากาศออกแบบ

การจัดทำแฟ้มข้อมูลภูมิอากาศที่ใช้กับ โปรแกรม DOE- 2.1E

ข้อมูลภูมิอากาศสำหรับการหาค่าภาระการทำความเย็น

4.1 ข้อมูลภูมิอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา

ข้อมูลภูมิอากาศที่ได้รับมาจากกรมอุตุนิยมวิทยาประกอบด้วยข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจำนวน 11 ชนิด คือ รังสีรวมจากดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิวในแนวระดับ (0° Global radiation) อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry bulb temperature) อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet bulb temperature) อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew point temperature) ความเร็วลม (Wind velocity) ทิศทางลม (Wind direction) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ความดันบรรยากาศ (Atmospheric pressure) ปริมาณเมฆบนท้องฟ้า (Cloud cover) เป็นต้น ข้อมูลดังกล่าวจะถูกบันทึกด้วยเครื่อง Data logger ซึ่งจะทำหน้าที่ในการคำนวณค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงโดยอัตโนมัติ

ข้อมูลภูมิอากาศที่ได้รับมาจากกรมอุตุนิยมวิทยาที่นำมาใช้ในการวิจัยนี้มีการจัดเก็บในรูปแบบของค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงที่ถูกบันทึกระหว่างปี พ.ศ. 2531-2542 เป็นระยะเวลา 12 ปี

4.2 การหาข้อมูลภูมิอากาศออกแบบ

สำหรับการหาข้อมูลภูมิอากาศออกแบบใน ASHRAE Fundamentals Handbook 1993 จะกำหนดการหาข้อมูลภูมิอากาศออกแบบ โดยใช้อุณหภูมิกระเปาะแห้งเป็นพารามิเตอร์หลัก โดยจะเลือกอุณหภูมิกระเปาะแห้งที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 1% 2.5% และ 5% ของช่วงฤดูร้อน ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนกันยายน รวม 4 เดือน และเลือกอุณหภูมิกระเปาะแห้งที่มีค่าต่ำสุดที่เป็นไปได้ 99% และ 97.5% ของช่วงฤดูหนาว ตั้งแต่เดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์รวม 3 เดือน ต่อมาการหาข้อมูลภูมิอากาศออกแบบใน ASHRAE Fundamentals Handbook 1997 ได้กำหนดการหาข้อมูลภูมิอากาศออกแบบซึ่งใช้อุณหภูมิกระเปาะแห้งเป็นพารามิเตอร์หลัก โดยจะเลือกอุณหภูมิกระเปาะ

แห่งที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% 1.0% และ 2% ของข้อมูลทั้งปี แทนอุณหภูมิกระเปาะแห่งที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 1% 2.5% และ 5% ของช่วงฤดูร้อนตามลำดับ และเลือกอุณหภูมิกระเปาะแห่งที่มีค่าต่ำสุดที่เป็นไปได้ 99.6% และ 99% ของข้อมูลทั้งปีแทนอุณหภูมิกระเปาะแห่งที่มีค่าต่ำสุดที่เป็นไปได้ 99% และ 97.5% ของช่วงฤดูหนาวตามลำดับ ส่วนข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์ออกแบบ ทาง ASHRAE ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับท้องฟ้าโปร่งในช่วงฤดูร้อนมาใช้ในการพิจารณา

สำหรับงานวิจัยนี้จะทำการคัดเลือกข้อมูลภูมิอากาศออกแบบโดยคำนึงถึงพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารมากที่สุด โดยจะพิจารณาพารามิเตอร์ที่สำคัญสองตัวคือ ค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้ง และรังสีรวมแสงอาทิตย์ โดยสำหรับอุณหภูมิกระเปาะแห้งนั้นจะทำการคัดเลือกโดยอ้างอิงจากวิธีการใน ASHRAE Fundamentals Handbook 1997 ซึ่งจะได้ข้อมูลอุณหภูมิออกแบบกระเปาะแห้งที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% และค่าเฉลี่ยของข้อมูลภูมิอากาศอื่นๆ ที่สอดคล้อง สำหรับในส่วนของรังสีรวมแสงอาทิตย์นั้นเนื่องจากต้องการเปรียบเทียบกับชุดข้อมูลภูมิอากาศออกแบบที่ได้จากอุณหภูมิออกแบบกระเปาะแห้งดังนั้นก็จึงได้ทำการคัดเลือกโดยวิธีการเดียวกันซึ่งจะได้ข้อมูลรังสีรวมแสงอาทิตย์ออกแบบที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% และค่าเฉลี่ยของข้อมูลภูมิอากาศอื่นๆ ที่สอดคล้อง

ข้อมูลภูมิอากาศออกแบบ

1. อุณหภูมิออกแบบกระเปาะแห้งที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% และค่าเฉลี่ยของข้อมูลภูมิอากาศอื่นๆที่สอดคล้อง

อุณหภูมิออกแบบกระเปาะแห้งที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% หมายถึงอุณหภูมิกระเปาะแห้งสูงสุดตลอดทั้งปีที่มีโอกาสเป็นไปได้เท่ากับหรือมากกว่า 0.4% โดยเมื่อเรียงลำดับค่าของอุณหภูมิกระเปาะแห้งตลอดทั้งปีซึ่งมีจำนวนข้อมูลทั้งหมด 8760 ชั่วโมง (24 ชั่วโมงใน 1 วัน และ 365 วันใน 1 ปี) จากมากไปน้อยแล้วค่าอุณหภูมิออกแบบกระเปาะแห้งนี้จะอยู่ในลำดับที่ 35 ($8760 \times 0.4/100$) ส่วนค่าเฉลี่ยของข้อมูลภูมิอากาศอื่นๆที่สอดคล้องอย่างเช่น รังสีรวมแสงอาทิตย์ในแนวระดับ ความดันบรรยากาศ อุณหภูมิจุดน้ำค้าง ความเร็วลม ทิศทางลม และ ปริมาณเมฆ นั้นคิดจากค่าที่อ่านได้ในชั่วโมงต่างๆ ของวันที่มีค่าอุณหภูมิออกแบบกระเปาะแห้งนี้อยู่แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยสำหรับขั้นตอนในการหามัดนี้

1) เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการจัดเรียงค่าของอุณหภูมิกระเปาะแห้งจากมากไปน้อยของแต่ละปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531-2542 เพื่อหาค่าของอุณหภูมิกระเปาะแห้งที่อยู่ในลำดับที่ 35 พร้อมทั้งระบุวันและเดือนที่มีค่านั้นอยู่ สำหรับโปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้นจะแสดงอยู่ในภาคผนวก

ง. ส่วนผลที่ได้จากการหาโดยโปรแกรมนี้ได้นำมาสรุปและแสดงไว้ใน ตารางที่ 4.1 และ ตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 แสดงวันที่ที่มีค่าของอุณหภูมิกระเปาะแห้งที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% ภายในเดือนต่างๆ ของแต่ละปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531-2542 รวม 12 ปี

ปี พ.ศ.	อุณหภูมิออกแบบ กระเปาะแห้ง 0.4% (°F)	เดือน					
		กุมภาพันธ์ (วันที่)	มีนาคม (วันที่)	เมษายน (วันที่)	พฤษภาคม (วันที่)	มิถุนายน (วันที่)	กรกฎาคม (วันที่)
2531	95.0	7,23	29	2,5,7,22	25	22,28	8
2532	96.8			4,8,18,19, 23,29	4		
2533	96.8			16,23,26	3		
2534	96.4	26		3,11	8		
2535	98.6			8,11,13,14, 23,25	3,4,9,30	2	
2536	96.8			4,30	1,2,4,8,10,12	4,22	
2537	96.8		16	9,13	2,4,5,6		
2538	96.8		3,20,21,25	19,21,22, 24, 25	1,2,21,22,23, 25,26		
2539	96.8		31	10,15,19	6		
2540	96.8		24	24	4,6,7,8,11, 12,13,14,15, 23,28	13	
2541	97.5	19			1,8,11,24		19,20
2542	96.8		11,27				

ตารางที่ 4.2 แสดงจำนวนวันที่มีค่าของอุณหภูมิกระเปาะแห้งที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% ภายในเดือนต่างๆ ของแต่ละปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531-2542 รวม 12 ปี

ปี พ.ศ.	อุณหภูมิกว้าง กระเปาะแห้ง 0.4% (°F)	เดือน					
		กุมภาพันธ์ (จำนวนวัน)	มีนาคม (จำนวนวัน)	เมษายน (จำนวนวัน)	พฤษภาคม (จำนวนวัน)	มิถุนายน (จำนวนวัน)	กรกฎาคม (จำนวนวัน)
2531	95.0	2	1	4	1	2	1
2532	96.8			6	1		
2533	96.8			3	1		
2534	96.4	1		2	1		
2535	98.6			6	4	1	
2536	96.8			2	6	2	
2537	96.8		1	2	4		
2538	96.8		4	5	7		
2539	96.8		1	3	1		
2540	96.8		1	1	11	1	
2541	97.5	1			4		2
2542	96.8		2				
รวม	ค่าเฉลี่ย = 96.8	4	10	34	41	6	3

2) จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าเนื่องจากในเดือนเมษายน และเดือนพฤษภาคมของแต่ละปีมีวันที่มีค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% อยู่เป็นจำนวนมากที่สุดคือจำนวน 34 วัน และ 41 วันตามลำดับดังนั้นจึงเลือกวันที่นำมาหาค่าอุณหภูมิกว้างจากวันเหล่านี้

3) นำค่าอุณหภูมิกว้างในแต่ละชั่วโมงของวันทั้ง 75 วันมาเขียนกราฟเพื่อดูลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิตลอดทั้งวัน และคัดเลือกเฉพาะวันที่มีลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิต่ำสุดมาเป็นวันที่เป็นตัวแทนเพื่อหาค่าของอุณหภูมิกว้างในวันออกแบบ โดยจากการคัดเลือกจะได้วันตัวแทนทั้งหมด 20 วัน

4) หาค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตลอดทั้งวัน (mean daily range) โดยหาได้จากค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิต่ำสุดรายวันกับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิต่ำสุดรายวันจากเดือนที่ร้อนที่สุดของปี (เดือนที่มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิต่ำสุด) ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตลอดทั้งวัน

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิรายวันของปีต่างๆ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531-2542 รวม 12 ปี

ปี พ.ศ.	2531	2532	2533	2534	2535	2536	2537	2538	2539	2540	2541	2542	ค่าเฉลี่ย
การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิรายวัน (°F)	12.4	14.0	14.9	13.3	15.1	13.5	14.4	13.9	13.9	12.8	12.1	15.1	13.9

5) นำค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งของวันที่เป็นตัวแทนทั้ง 20 วัน มาหาค่าเฉลี่ยรายชั่วโมง และนำค่าที่ได้ไปหา เปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิรายวัน (percentage of daily range) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงอัตราส่วนระหว่างผลต่างของอุณหภูมิกระเปาะแห้งในชั่วโมงที่มีค่าสูงสุดกับอุณหภูมิกระเปาะแห้งในชั่วโมงอื่นๆ กับผลต่างของอุณหภูมิกระเปาะแห้งในชั่วโมงที่มีค่าสูงสุดกับอุณหภูมิกระเปาะแห้งในชั่วโมงที่มีค่าต่ำสุด โดยค่าที่ได้จะแสดงอยู่ในตารางที่ 4.4

6) เมื่อได้ค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิรายวันคือ 13.9°F และอุณหภูมิออกแบบกระเปาะแห้งคือ 96.8°F แล้ว จะหาค่าอุณหภูมิออกแบบภายนอกกระเปาะแห้งในแต่ละชั่วโมงได้จากสมการ

$$T_o = T_d - DR(x) \quad (4.1)$$

เมื่อ

$$T_o = \text{อุณหภูมิออกแบบภายนอกกระเปาะแห้งรายชั่วโมง, } ^{\circ}\text{F}$$

$$T_d = \text{อุณหภูมิออกแบบภายนอกกระเปาะแห้งในชั่วโมงที่มีค่าสูงสุด (ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิออกแบบกระเปาะแห้ง 0.4% ในตารางที่ 4.2) คือ } 96.8^{\circ}\text{F}$$

$$DR = \text{ค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกระเปาะแห้งรายวัน (mean daily range) คือ } 13.9^{\circ}\text{F}$$

$$x = \text{เปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกระเปาะแห้ง}$$

ตารางที่ 4.4 แสดงอุณหภูมิกระเปาะแห้งที่เกิดขึ้นจริงของวันที่เป็นตัวแทนทั้ง 20 วันที่มีลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิที่สม่ำเสมอ อุณหภูมิกระเปาะแห้งเฉลี่ยรายชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกระเปาะแห้ง และอุณหภูมิออกแบบภายนอกกระเปาะแห้งรายชั่วโมงที่หาได้จากสมการที่ 4.1

ตารางที่ 4.4 แสดงอุณหภูมิกระเปาะแห้งที่เกิดขึ้นจริงของวันที่เป็นตัวแทนทั้ง 20 วัน (°F) อุณหภูมิกระเปาะแห้งเฉลี่ยรายชั่วโมง (°F) เปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกระเปาะแห้งในแต่ละชั่วโมง และอุณหภูมิออกแบบภายนอกกระเปาะแห้งรายชั่วโมง (°F)

เดือน/วัน/ปี	ชั่วโมงที่																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
04/02/31	84.4	84.2	84.2	84.0	83.8	83.7	83.8	86.4	89.2	91.4	93.4	94.6	94.3	95.0	94.6	94.5	93.6	91.4	87.4	86.0	85.6	85.5	85.5	85.3
04/05/31	84.7	84.7	84.7	84.7	84.6	84.4	84.4	85.6	88.7	90.5	91.2	93.2	93.2	94.1	95.0	93.2	91.9	89.1	86.9	86.0	85.6	85.5	85.6	85.3
04/07/31	85.1	84.9	84.6	84.7	84.2	84.4	84.6	86.2	89.2	90.5	92.3	92.8	93.6	94.3	95.4	95.0	93.2	90.5	87.8	86.9	86.4	86.4	86.0	85.6
04/22/31	84.9	84.7	84.4	84.2	83.8	83.7	83.5	86.5	88.2	90.5	93.2	94.6	95.9	95.4	95.0	95.4	94.5	91.4	89.1	87.8	86.9	86.7	86.4	86.0
04/19/32	84.6	84.2	84.0	83.8	83.7	83.8	84.2	86.7	90.5	89.6	92.8	92.7	94.6	94.3	95.7	96.8	94.1	90.7	87.4	86.0	85.5	85.1	84.9	84.7
05/04/32	86.0	85.6	85.3	85.1	84.9	84.7	84.9	87.8	90.1	93.0	94.8	96.1	95.7	97.5	97.0	97.5	96.8	94.1	89.6	87.8	87.3	86.9	86.9	86.4
05/03/33	84.9	84.4	84.2	84.0	83.8	84.2	84.9	88.0	90.3	92.5	94.1	95.0	95.7	96.8	95.2	94.5	92.8	89.6	87.3	86.2	86.0	85.8	85.5	85.3
05/08/34	85.3	85.1	84.9	84.6	84.2	83.8	84.9	86.2	89.8	93.2	93.9	95.2	97.0	96.4	96.8	96.3	94.8	91.4	88.5	87.3	86.9	86.4	86.0	85.6
05/03/35	85.3	85.3	85.1	84.9	84.6	84.2	84.2	88.2	89.6	92.1	94.3	98.6	98.6	100.0	100.4	98.6	94.6	91.4	89.1	87.8	87.6	87.4	86.4	86.0
05/02/36	85.1	84.9	84.6	84.2	84.0	84.2	84.6	88.0	90.7	93.2	96.1	98.2	97.0	98.6	98.2	96.8	95.4	91.8	89.2	87.8	87.3	86.2	85.8	85.5
05/02/37	85.8	85.6	85.6	85.5	85.3	85.1	86.0	88.7	90.1	91.8	94.1	95.0	95.9	96.8	96.6	95.5	94.6	91.6	88.2	87.8	87.8	87.4	87.1	86.9
05/04/37	82.4	81.9	81.3	80.8	80.8	80.2	82.4	86.0	89.6	92.8	94.3	96.8	97.0	98.6	96.8	95.7	94.6	90.7	88.2	87.8	86.5	86.0	85.6	85.6
04/21/38	85.3	84.9	84.6	84.2	84.0	83.1	84.2	87.8	91.6	93.2	95.4	95.2	96.8	96.4	96.8	96.8	95.5	93.2	89.1	87.4	86.4	86.0	85.6	85.3
04/22/38	85.1	84.6	84.2	84.2	84.2	84.2	84.2	88.7	91.8	93.0	95.0	96.4	96.8	96.8	97.2	97.2	96.3	92.3	88.2	87.4	86.4	86.0	86.0	85.8
04/19/39	85.3	85.1	84.9	84.7	84.7	84.6	84.2	86.9	88.7	89.6	93.4	95.9	97.7	97.0	96.8	96.6	95.4	93.2	90.0	88.7	87.8	87.1	86.7	86.4
05/04/40	86.0	86.0	86.0	86.0	85.6	85.1	85.1	87.3	89.6	92.3	94.8	95.7	97.0	97.0	96.8	96.8	95.9	92.3	90.3	88.7	88.0	87.6	87.3	86.9
05/06/40	86.7	86.5	86.4	86.0	85.3	84.4	84.7	87.6	89.1	90.9	92.3	94.8	96.8	97.7	98.2	97.7	96.4	95.4	92.8	91.0	89.4	88.7	87.8	87.3
05/08/40	86.4	86.4	86.2	86.0	86.2	86.0	86.5	88.0	90.3	91.4	94.3	95.7	95.9	95.9	96.8	95.9	94.1	91.2	89.4	88.3	87.8	87.3	86.9	86.9
05/11/41	86.9	86.9	86.7	86.7	86.7	86.4	86.7	89.2	92.1	92.8	95.2	96.8	97.5	97.0	96.3	95.9	94.8	92.7	90.7	89.4	88.9	88.7	88.5	88.2
05/24/41	87.3	86.9	86.2	86.0	85.1	84.2	85.3	90.5	92.3	94.8	94.5	95.7	95.9	97.0	97.5	96.6	94.3	91.9	89.6	88.3	86.9	86.9	86.9	87.1
T (average)	85.4	85.1	84.9	84.7	84.5	84.2	84.7	87.5	90.1	92.0	94.0	95.5	96.1	96.6	96.7	96.2	94.7	91.8	88.9	87.7	87.0	86.7	86.4	86.1
% DR	0.91	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00	0.96	0.73	0.53	0.38	0.21	0.09	0.04	0.00	0.00	0.04	0.16	0.39	0.62	0.72	0.77	0.80	0.83	0.85
T(design)	84.2	84.0	83.7	83.5	83.3	83.0	83.5	86.6	89.5	91.6	93.8	95.5	96.3	96.8	96.8	96.3	94.6	91.4	88.2	86.9	86.1	85.7	85.4	85.1

6) หาค่าเฉลี่ยของข้อมูลภูมิอากาศอื่นๆ ที่สอดคล้องได้แก่ รังสีรวมแสงอาทิตย์ในแนวระดับ ความดันบรรยากาศ อุณหภูมิจุดน้ำค้าง ความเร็วลม ทิศทางลม และ ปริมาณเมฆ โดยใช้ข้อมูลของ วันที่เป็นตัวแทนในการหาค่าอุณหภูมิออกแบบภายนอกกระเปาะแห้งทั้ง 20 วันเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย โดยในวันที่ไม่มีการบันทึกข้อมูลไว้จะไม่นำมาคิด สำหรับรังสีกระจายแสงอาทิตย์นั้นหาได้จาก ความสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ตัวคือ ค่าอัตราส่วนระหว่างค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์ในแนวระดับกับค่า รังสีรวมแสงอาทิตย์ที่คำนวณได้จากแบบจำลองของ ASARAE [1] (K_A) และค่าอัตราส่วนระหว่าง ค่ารังสีกระจายแสงอาทิตย์กับค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์ (K_D) ซึ่งนำมาจาก รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ของ สมศักดิ์ ไชยะภินันท์, เขมชาติ มังกรศักดิ์สิทธิ์ และสุรสิทธิ์ ทองจันทร์พย์ [12] โดยสมการ แสดงความสัมพันธ์จะแสดงอยู่ในภาคผนวก ข.

สำหรับค่ารังสีตรงตั้งฉากแสงอาทิตย์คำนวณได้จากแบบจำลองของ ASHRAE [1] ซึ่ง คำนวณได้จากสมการ

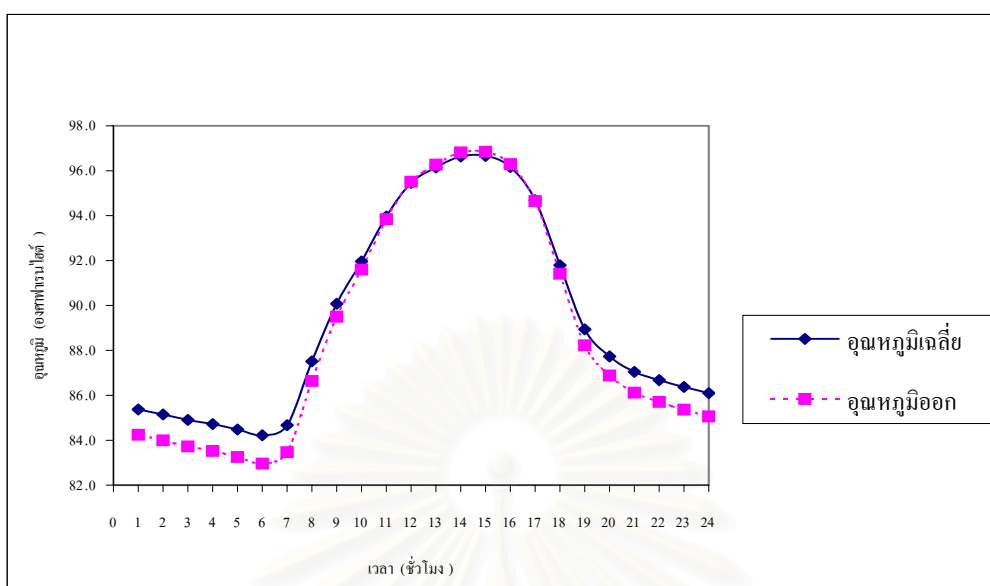
$$G = E_{DN} \cdot \cos(\theta) + E_D \quad (4.2)$$

เมื่อ

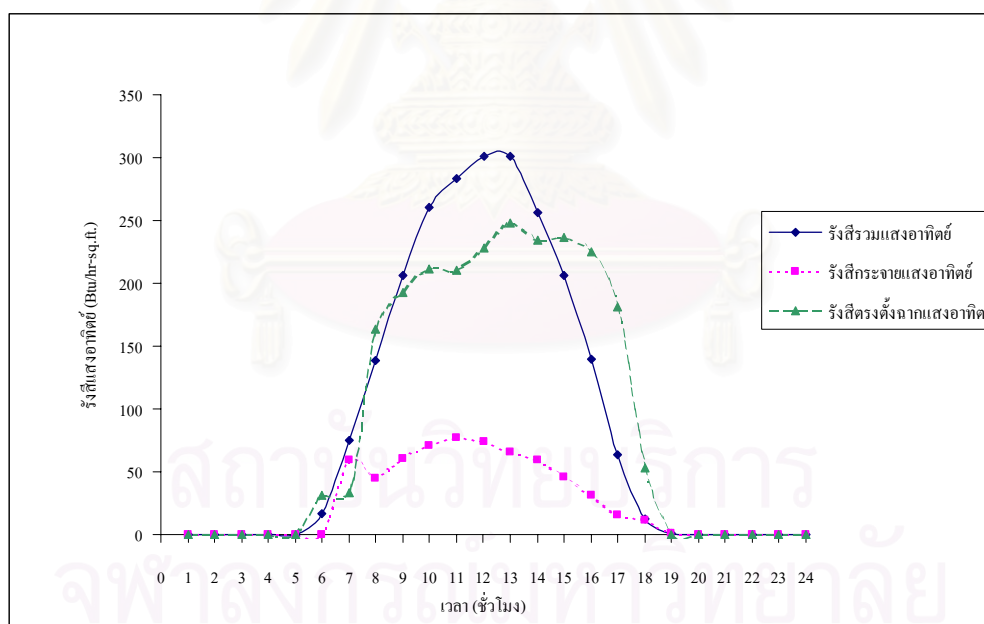
$$\begin{aligned} G &= \text{รังสีรวมแสงอาทิตย์, Btu/hr-ft}^2 \\ E_{DN} &= \text{รังสีตรงตั้งฉากแสงอาทิตย์, Btu/hr-ft}^2 \\ \theta &= \text{มุมระหว่างรังสีตรงตั้งฉากแสงอาทิตย์กับเวกเตอร์ที่ชี้ออกจากพื้นผิว} \\ E_D &= \text{รังสีกระจายแสงอาทิตย์, Btu/hr-ft}^2 \end{aligned}$$

รูปที่ 4.1 จะแสดงอุณหภูมิเฉลี่ย และอุณหภูมิออกแบบของชุดภูมิอากาศออกแบบที่หามา ได้จากวิธีการพิจารณาค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% ส่วนรูปที่ 4.2 จะ แสดงรังสีแสงอาทิตย์ทั้ง 3 องค์ประกอบที่สอดคล้องกับค่าอุณหภูมิออกแบบของชุดภูมิอากาศ ออกแบบที่หามาได้จากวิธีการกำหนดอุณหภูมิกระเปาะแห้งที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% เป็นค่าที่ พิจารณา

โปรแกรมที่เขียนขึ้นมาเพื่อใช้ในการหาค่ารังสีกระจายแสงอาทิตย์ และรังสีตรงตั้งฉาก แสงอาทิตย์นั้นจะอยู่ในภาคผนวก ง. สำหรับตารางที่ 4.5 จะแสดงข้อมูลภูมิอากาศออกแบบที่หามา ได้จากการพิจารณาค่าอุณหภูมิออกแบบกระเปาะแห้งที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% และค่าเฉลี่ย ของข้อมูลภูมิอากาศอื่นที่สอดคล้อง



รูปที่ 4.1 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ย และอุณหภูมิออกแบบของชุดภูมิอากาศออกแบบที่หามาได้จากวิธีการพิจารณาค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4%



รูปที่ 4.2 แสดงรังสีแสงอาทิตย์ทั้ง 3 องค์ประกอบที่สอดคล้องกับค่าอุณหภูมิออกแบบของชุดภูมิอากาศออกแบบที่หามาได้จากวิธีการกำหนดอุณหภูมิกระเปาะแห้งที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% เป็นค่าที่พิจารณา

ตารางที่ 4.5 แสดงข้อมูลภูมิอากาศออกแบบ ที่หามาได้จากอุณหภูมิออกแบบกระเปาะแห้งที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% และค่าเฉลี่ยของข้อมูลภูมิอากาศอื่นที่สอดคล้อง

ชั่วโมง ที่	ข้อมูลภูมิอากาศ								
	อุณหภูมิ กระเปาะแห้ง (°F)	รังสีรวม แสงอาทิตย์ (Btu/hr-sq.ft.)	รังสีกระจาย แสงอาทิตย์ (Btu/hr-sq.ft.)	รังสีตรงตั้งฉาก แสงอาทิตย์ (Btu/hr-sq.ft.)	อุณหภูมิ จุดน้ำค้าง (°F)	ความดัน อากาศ (psi)	ทิศทางลม (องศาจาก ทิศเหนือ)	ความเร็ว ลม (mph)	ปริมาณ เมฆ
1	84	0	0	0	78	14.6	192	4	6
2	84	0	0	0	78	14.6	180	2	6
3	84	0	0	0	78	14.6	198	2	6
4	84	0	0	0	78	14.6	185	2	6
5	83	0	0	0	78	14.6	210	2	6
6	83	17	0	31	78	14.6	207	1	6
7	83	75	59	33	78	14.6	203	1	7
8	87	139	45	164	77	14.6	208	3	7
9	89	206	61	192	76	14.6	190	3	6
10	92	260	70	211	76	14.6	193	4	7
11	94	283	77	210	75	14.6	190	4	7
12	96	301	74	228	75	14.6	194	5	7
13	96	300	65	248	75	14.6	185	7	7
14	97	256	59	234	74	14.6	200	7	7
15	97	206	45	237	74	14.6	195	6	6
16	96	139	31	225	74	14.5	181	8	7
17	95	63	16	181	74	14.5	165	7	6
18	91	12	12	53	75	14.5	173	5	6
19	88	1	1	0	76	14.6	191	5	7
20	87	0	0	0	77	14.6	195	4	6
21	86	0	0	0	78	14.6	190	5	6
22	86	0	0	0	78	14.6	189	5	6
23	85	0	0	0	78	14.6	189	5	6
24	85	0	0	0	78	14.6	193	6	6

2. รังสีรวมแสงอาทิตย์ที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% และค่าเฉลี่ยของข้อมูลภูมิอากาศอื่นๆที่สอดคล้อง

ค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์ที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% หมายถึงรังสีรวมแสงอาทิตย์สูงสุดตลอดทั้งปีที่มีโอกาสเป็นไปได้เท่ากับหรือมากกว่า 0.4% โดยเมื่อเรียงลำดับค่าของรังสีรวมแสงอาทิตย์ตลอดทั้งปีซึ่งมีจำนวนข้อมูลทั้งหมด 5475 ชั่วโมง (โดยจะคิดเฉพาะชั่วโมงที่มีค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์ที่มีค่าไม่เท่ากับศูนย์ ซึ่งในแต่ละวันจะมีชั่วโมงที่ค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์ไม่เท่ากับศูนย์อยู่ 15 ชั่วโมง คือตั้งแต่ชั่วโมงที่ 5 ถึงชั่วโมงที่ 19 ของแต่ละวัน รวม 365 วัน) จากมากไปน้อยแล้วค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์นี้จะอยู่ในลำดับที่ 22 ($5475 \times 0.4/100$) ส่วนค่าเฉลี่ยของข้อมูลภูมิอากาศอื่นๆที่สอดคล้องอย่างเช่น อุณหภูมิกระเปาะแห้ง ความดันบรรยากาศ อุณหภูมิจุดน้ำค้าง ความเร็วลม ทิศทางลม และ ปริมาณเมฆ นั้นคิดจากค่าที่อ่านได้ในชั่วโมงต่าง ๆ ของวันที่มีค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์นี้อยู่ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยสำหรับขั้นตอนในการหามี่ดังนี้

1) เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการจัดเรียงค่าของรังสีรวมแสงอาทิตย์จากมากไปน้อยของแต่ละปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531-2542 เพื่อหาค่าของรังสีรวมแสงอาทิตย์ในตำแหน่งที่อยู่ในลำดับที่ 22 พร้อมทั้งระบุวันและเดือนที่มีค่านั้นอยู่ แต่เนื่องจากว่าในปี พ.ศ. 2535 และปี พ.ศ. 2540 มีจำนวนวันที่มีการบันทึกข้อมูลอยู่เพียง 80 วัน และ 121 วันตามลำดับ และในปี พ.ศ. 2539 ค่าของรังสีรวมแสงอาทิตย์ที่ได้มีค่าสูงผิดปกติดังนั้นจึงไม่ได้นำปีเหล่านี้มาคิด สำหรับโปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้นจะแสดงอยู่ในภาคผนวก ง.

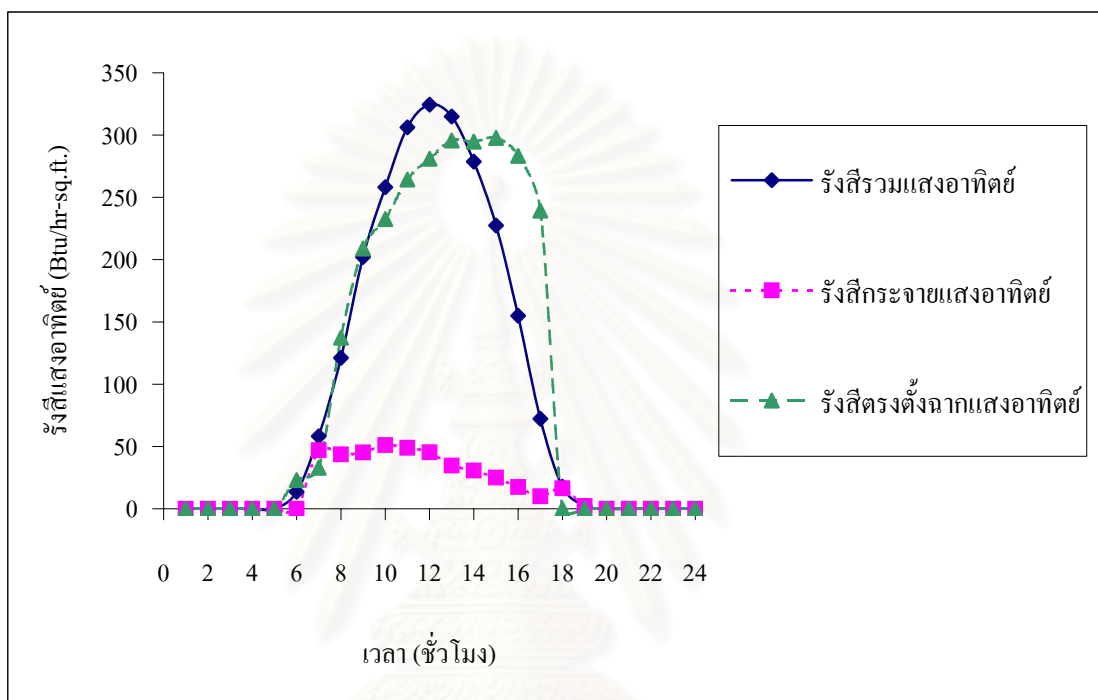
2) นำค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์ในแต่ละชั่วโมงของวันที่มีค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์ที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% มาเขียนกราฟเพื่อดูลักษณะการกระจายตัว แล้วคัดเลือกวันที่มีลักษณะการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอมาเป็นวันตัวแทนซึ่งผลที่ได้จะแสดงอยู่ในตารางที่ 4.6 จากนั้นคำนวณหารังสีกระจายแสงอาทิตย์ และ รังสีตรงตั้งฉากแสงอาทิตย์โดยใช้ความสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ตัวคือ ค่าอัตราส่วนระหว่างค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์ในแนวระดับกับค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์ที่คำนวณได้จากแบบจำลองของ ASHRAE [1] (K_A) และค่าอัตราส่วนระหว่างค่ารังสีกระจายแสงอาทิตย์กับค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์ (K_D) และ สมการที่ 4.2 โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้หารังสีกระจายแสงอาทิตย์ และรังสีตรงตั้งฉากแสงอาทิตย์ โดยรายละเอียดโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นจะแสดงอยู่ในภาคผนวก ง.

3) ทำการหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลภูมิอากาศอื่นๆ ที่สอดคล้องได้แก่ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง ความดันบรรยากาศ อุณหภูมิจุดน้ำค้าง ความเร็วลม ทิศทางลม และ ปริมาณเมฆ โดยใช้ข้อมูลของวันที่เป็นตัวแทนในการหาค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย สำหรับตารางที่ 4.7 จะแสดงข้อมูลภูมิอากาศออกแบบที่หามาได้จากรังสีรวมแสงอาทิตย์ที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% และค่าเฉลี่ยของข้อมูลภูมิอากาศอื่นที่สอดคล้อง

ตารางที่ 4.7 แสดงข้อมูลภูมิอากาศออกแบบที่หามาได้รังสีรวมแสงอาทิตย์ที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% และค่าเฉลี่ยของข้อมูลภูมิอากาศอื่นที่สอดคล้อง

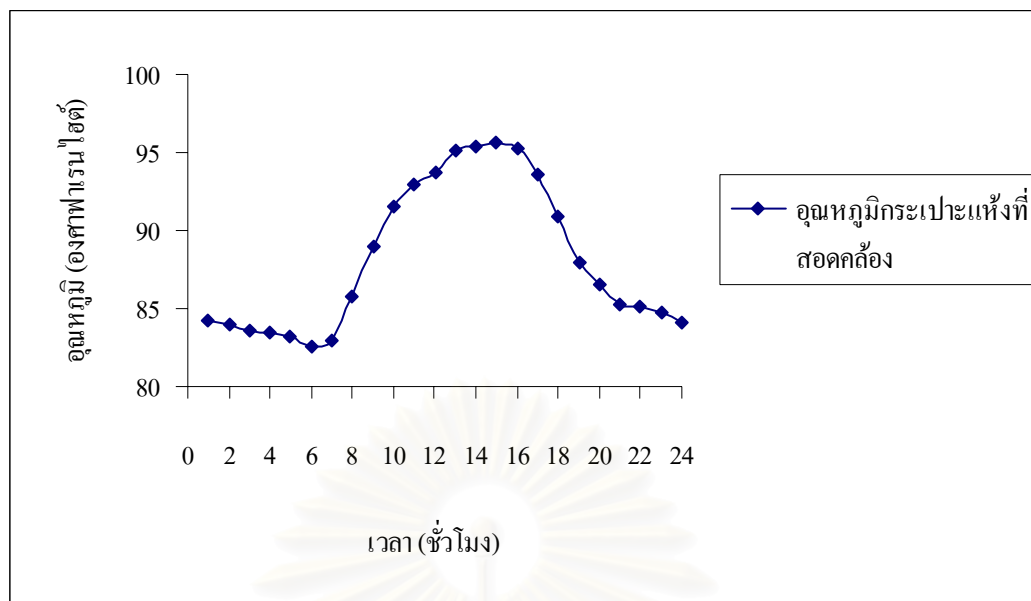
ชั่วโมง ที่	ข้อมูลภูมิอากาศ								
	อุณหภูมิ กระเปาะแห้ง (°F)	รังสีรวม แสงอาทิตย์ (Btu/hr-sq.ft.)	รังสีกระจาย แสงอาทิตย์ (Btu/hr-sq.ft.)	รังสีตรงตั้งฉาก แสงอาทิตย์ (Btu/hr-sq.ft.)	อุณหภูมิ จุดน้ำค้าง (°F)	ความดัน อากาศ (psi)	ทิศทางลม (องศาจาก ทิศเหนือ)	ความเร็ว ลม (mph)	ปริมาณ เมฆ
1	84	0	0	0	77	14.6	102	4	5
2	84	0	0	0	77	14.6	105	3	5
3	84	0	0	0	77	14.6	103	3	5
4	83	0	0	0	77	14.6	107	4	5
5	83	0	0	0	77	14.6	103	3	5
6	83	14	0	23	78	14.6	108	3	6
7	83	58	47	33	78	14.6	42	1	6
8	86	121	44	137	77	14.6	112	5	6
9	89	202	45	209	77	14.6	208	7	6
10	92	258	51	232	75	14.6	212	7	6
11	93	306	49	264	74	14.6	164	7	6
12	94	324	45	281	73	14.6	158	8	6
13	95	315	35	295	72	14.6	200	9	6
14	95	278	31	294	72	14.6	172	8	6
15	96	227	25	297	72	14.6	194	10	6
16	95	155	17	283	72	14.6	182	9	6
17	94	72	10	239	73	14.6	160	8	6
18	91	18	16	0	74	14.6	83	3	6
19	88	2	2	0	75	14.6	98	5	6
20	86	0	0	0	75	14.6	110	4	6
21	85	0	0	0	76	14.6	105	5	6
22	85	0	0	0	76	14.6	92	4	6
23	85	0	0	0	76	14.6	98	4	6
24	84	0	0	0	76	14.6	93	3	6

รูปที่ 4.3 แสดงรังสีแสงอาทิตย์ทั้ง 3 องค์ประกอบของชุดภูมิอากาศออกแบบที่หามาได้จากวิธีการพิจารณาค่ารังสีแสงอาทิตย์ที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% เป็นค่าหลัก และรูปที่ 4.4 แสดงอุณหภูมิกระเปาะแห้งเฉลี่ยที่สอดคล้องกับค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์ออกแบบของชุดภูมิอากาศออกแบบที่หามาได้จากวิธีที่พิจารณาค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์ที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% เป็นหลัก



รูปที่ 4.3 แสดงรังสีแสงอาทิตย์ทั้ง 3 องค์ประกอบของชุดภูมิอากาศออกแบบที่หามาได้จากวิธีการพิจารณาค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์ที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% เป็นค่าหลัก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.4 แสดงอุณหภูมิกระเปาะแห้งเฉลี่ยที่สอดคล้องกับค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์ออกแบบของชุด
ภูมิอากาศออกแบบที่หามาได้จากวิธีการกำหนดรังสีรวมแสงอาทิตย์ที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไป
ได้ 0.4% เป็นค่าที่พิจารณา

4.3 การจัดทำเพิ่มข้อมูลภูมิอากาศที่ใช้กับโปรแกรม DOE- 2.1E

ข้อมูลสภาพอากาศที่นิยมใช้กับโปรแกรม DOE-2.1E มีด้วยกันหลายรูปแบบด้วยกัน ตัวอย่างเช่นข้อมูลภูมิอากาศขาเข้าที่ถูกจัดอยู่ในลักษณะ เพิ่มแบบ Test reference year (TRY) อยู่ในลักษณะ เพิ่มแบบ Typical meteorological year (TMY) และอยู่ในลักษณะเพิ่มแบบ SOLMET เป็นต้น ซึ่งเพิ่มแต่ละแบบจะประกอบด้วยข้อมูลหลัก 3 ส่วน คือ ข้อมูลระบุตำแหน่งของสถานีตรวจอากาศ ได้แก่ weather station number, time zone, latitude และ longitude เป็นต้น ข้อมูลสภาพอากาศผิวดิน (surface meteorological data) ได้แก่ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง อุณหภูมิกระเปาะเปียก ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และ ทิศทางของลม เป็นต้น และข้อมูลรังสีจากดวงอาทิตย์ (solar radiation data) ได้แก่ รังสีตรงแสงอาทิตย์ รังสีกระจายแสงอาทิตย์ และ รังสีรวมแสงอาทิตย์ เป็นต้น โดยเพิ่มข้อมูลแต่ละแบบมีรายละเอียดของการจัดเรียงข้อมูล ชนิดของข้อมูล และ หน่วยที่แตกต่างกัน [12]

เนื่องจากเพิ่มมาตรฐานแบบ TRY เป็นเพิ่มข้อมูลที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลอุณหภูมิมิถิยาผิวดิน (surface meteorology) เป็นหลัก โดยที่เมื่อโปรแกรมอ่านค่าข้อมูลภูมิอากาศที่ถูกจัดอยู่ในลักษณะเพิ่มมาตรฐานแบบ TRY นี้จะไม่ได้นำข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์ทั้ง 3 องค์ประกอบที่ได้จากการเก็บบันทึกค่า ซึ่งได้แก่ รังสีรวมแสงอาทิตย์ รังสีตรงตั้งฉากแสงอาทิตย์ และ รังสีกระจายแสงอาทิตย์ ไปใช้ในการคำนวณซึ่ง ไม่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้กับการประมาณ

ค่าพลังงานของอาคารเพื่อใช้ในขั้นตอนการออกแบบกรอบอาคารหรือระบบปรับอากาศและระบายอากาศ โดยที่รังสีแสงอาทิตย์ทั้ง 3 องค์ประกอบดังกล่าวนี้โปรแกรม DOE-2.1E จะคำนวณขึ้นมาเองจากข้อมูลปริมาณเมฆ (total sky cover) และ ชนิดของเมฆระดับต่ำสุดบนท้องฟ้า (type of lowest cloud or obscuring phenomena) [12]

ส่วนเพิ่มมาตรฐานแบบ TMY จะเป็นเพิ่มข้อมูลที่ถูกรวบรวมขึ้นโดยผนวกเพิ่มข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์เข้ากับเพิ่มข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวดิน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ข้อมูลภูมิอากาศที่ถูกจัดอยู่ในลักษณะเพิ่มมาตรฐานแบบ TMY และได้มีการเปลี่ยนแปลงหน่วยของข้อมูลอุตุนิยมวิทยาบางชนิดให้เหมาะสมกับการใช้งานในปัจจุบัน ทำให้โปรแกรม DOE-2.1E ได้นำข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์ที่อยู่ในแฟ้มไปใช้งานจริง แต่เนื่องจากว่าหน่วยประมวลผลสภาพอากาศ (weather processor) ที่อยู่ในโปรแกรม DOE-2.1E จะนำค่ารังสีตรงตั้งฉากแสงอาทิตย์ และรังสีกระจายแสงอาทิตย์ ไปทำการตรวจสอบขอบเขตและปรับแก้ ซึ่งจะทำให้ได้ค่ารังสีตรงตั้งฉากแสงอาทิตย์ และรังสีกระจายแสงอาทิตย์ค่าใหม่ที่มีความสอดคล้องกันรวมไปถึงค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์ที่จะเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยเช่นเดียวกัน [12]

ดังนั้นเพื่อให้โปรแกรม DOE-2.1E เห็นข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์ให้ตรงกับที่อยู่ในเพิ่มมาตรฐานแบบ TMY ให้มากที่สุด จึงได้ทำการคัดแปลงหน่วยประมวลผลสภาพอากาศซึ่งใช้สร้างเพิ่มข้อมูลสภาพอากาศให้สามารถใช้กับโปรแกรม DOE-2.1E ให้โปรแกรมรับข้อมูลรังสีรวมแสงอาทิตย์ และรังสีตรงตั้งฉากแสงอาทิตย์ที่อ่านได้จากเพิ่มมาตรฐานแบบ TMY ไปใช้โดยตรงไม่ต้องมีการตรวจสอบและปรับแก้ โดยจะมีการคำนวณใหม่เฉพาะรังสีกระจายแสงอาทิตย์เท่านั้น

ในส่วนของการหาค่าองค์ประกอบรังสีแสงอาทิตย์ที่อยู่ในรูปของรังสีกระจายแสงอาทิตย์จากรังสีรวมแสงอาทิตย์นั้น เนื่องจากรังสีรวมแสงอาทิตย์ที่เก็บบันทึกโดยกรมอุตุนิยมวิทยานั้นจะเริ่มมีค่าก่อนรังสีรวมแสงอาทิตย์ที่คำนวณได้จากแบบจำลองของ ASHRAE อยู่ครึ่งชั่วโมงดังนั้นในการหาค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์ของ ASHRAE นั้นจึงได้มีการเลื่อนเวลาให้เร็วขึ้นอีกครั้งครึ่งชั่วโมงเพื่อให้ค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์ที่คำนวณได้เริ่มมีค่าในชั่วโมงที่ตรงกับรังสีรวมแสงอาทิตย์ของกรมอุตุนิยมวิทยา สำหรับในส่วนของ รังสีกระจายแสงอาทิตย์ และรังสีตรงตั้งฉากแสงอาทิตย์ก็หาได้โดยวิธีการเดียวกับที่ใช้หาค่าดังกล่าวในชุดข้อมูลภูมิอากาศออกแบบ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้นเพื่อหาค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์ของ ASHRAE รังสีกระจายแสงอาทิตย์ และ รังสีตรงตั้งฉากแสงอาทิตย์ และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้นเพื่อจัดเรียงข้อมูลภูมิอากาศให้อยู่ในรูปแบบเพิ่มมาตรฐานแบบ TMY นั้นจะแสดงอยู่ในภาคผนวก ง.

สำหรับการจัดทำเพิ่มมาตรฐานแบบ TMY ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้นั้นจะทำเฉพาะในส่วนของการจัดทำเพิ่มข้อมูลเท่านั้น โดยจะใช้ข้อมูลที่ได้จากการคัดเลือกไว้แล้วในรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ของ สมศักดิ์ ไชยะภินันท์ และคณะ [12] สำหรับข้อมูลภูมิอากาศอื่นๆ

นอกเหนือจากรังสีกระจายแสงอาทิตย์ และ รังสีตรงตั้งฉากแสงอาทิตย์ก็นำมาจากเพิ่มมาตรฐานแบบ TMY ที่ได้จัดทำไว้แล้วเช่นเดียวกัน รูปแบบการจัดเรียงข้อมูลของเพิ่มข้อมูลสภาพอากาศมาตรฐานแบบ TMY แสดงอยู่ในภาคผนวก ก.

เมื่อได้เพิ่มข้อมูลสภาพอากาศที่ถูกจัดเก็บในรูปแบบ TMY แล้วจึงนำชุดข้อมูลภูมิอากาศที่คัดเลือกโดยใช้ค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้ง และ ค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์เป็นพารามิเตอร์สำคัญทั้ง 2 ชุดไปใส่ไว้ในวันซึ่งตรงกับวันออกแบบของแต่ละชุด ซึ่งก็คือวันที่ 2 พฤษภาคม สำหรับชุดภูมิอากาศออกแบบที่หามาได้จากอุณหภูมิออกแบบกระเปาะแห้งที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% และค่าเฉลี่ยของข้อมูลภูมิอากาศอื่นๆที่สอดคล้อง และในวันที่ 21 เมษายน ของชุดภูมิอากาศออกแบบที่หามาได้จากรังสีรวมแสงอาทิตย์ที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% และค่าเฉลี่ยของข้อมูลภูมิอากาศอื่นๆ ที่สอดคล้องซึ่งวันออกแบบทั้งสองวันนำมาจากวันที่เป็นตัวแทนของการหาชุดภูมิอากาศออกแบบทั้ง 2 ชุด

4.4 ข้อมูลภูมิอากาศสำหรับการหาค่าภาระการทำความเย็น

หลังจากที่ได้ข้อมูลภูมิอากาศ 2 ชุด (2 วัน) ที่ได้ทำการคัดเลือกจากการพิจารณาค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้ง และค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์แล้ว ขั้นตอนต่อไปจะทำการคัดเลือกว่าข้อมูลภูมิอากาศชุดไหนจะเหมาะกับการใช้หาค่าภาระการทำความเย็นในงานวิจัยนี้ โดยการคัดเลือกจะใช้โปรแกรม DOE-2.1E คำนวณค่าภาระการทำความเย็นของห้องตัวอย่างที่กำหนดขึ้นโดยเฉพาะในส่วนของภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากรังสีแสงอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจกหน้าต่างเข้ามา เนื่องจากเป็นภาระการทำความเย็นที่มีสัดส่วนมากที่สุด เมื่อเทียบกับภาระการทำความเย็นที่มาจากแหล่งความร้อนชนิดอื่นๆ โดยใช้เพิ่มข้อมูลสภาพอากาศแบบ TMY ที่ได้ใส่ข้อมูลภูมิอากาศออกแบบที่หามาจากวิธีที่ต่างกันคือแบบอุณหภูมิออกแบบกระเปาะแห้งที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% และแบบรังสีรวมแสงอาทิตย์ที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% ไว้เพิ่มข้อมูลละ 1 ชุด โดยดูผลของภาระการทำความเย็นที่โปรแกรมคำนวณได้ในวันออกแบบของชุดข้อมูลภูมิอากาศออกแบบแต่ละชุด และดูจากทิศทางการวางตัวของกระจกที่ให้ค่าภาระการทำความเย็นสูงที่สุด ซึ่งผลการคำนวณแสดงอยู่ในตารางที่ 4.8 โดยจะเห็นได้ว่าชุดภูมิอากาศออกแบบที่ให้ภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากรังสีแสงอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจกที่วางตัวอยู่ในทิศตะวันออกเข้ามามากกว่าคือ ชุดภูมิอากาศออกแบบชุดที่หนึ่ง ดังนั้นจึงเลือกเพิ่มข้อมูลสภาพอากาศแบบ TMY ที่ได้ใส่ข้อมูลภูมิอากาศออกแบบที่หามาได้จากวิธีอุณหภูมิออกแบบกระเปาะแห้งที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% เป็นเพิ่มข้อมูลภูมิอากาศที่ใช้กับโปรแกรม DOE-2.1E

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการคำนวณภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากรังสีแสงอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจกหน้าต่างเข้ามาของโปรแกรม DOE-2.1E เมื่อใช้เพิ่มมาตรฐานแบบ TMY ที่มีชุดภูมิอากาศแบบที่แตกต่างกัน

ชั่วโมงที่	ภาระการทำความเย็น (Btu/hr)							
	อุณหภูมิออกแบบ 0.4%				รังสีแสงอาทิตย์ออกแบบ 0.4%			
	เหนือ	ตะวันออก	ใต้	ตะวันตก	เหนือ	ตะวันออก	ใต้	ตะวันตก
1	353	816	263	726	283	773	259	780
2	334	773	249	681	268	732	245	733
3	316	734	236	643	254	694	232	693
4	300	696	223	609	241	659	220	656
5	284	660	212	577	228	625	209	622
6	270	626	201	548	216	593	198	590
7	3401	12518	594	685	1945	7997	776	928
8	4146	15483	1960	2079	2983	12797	1956	2074
9	4712	17272	3049	3109	3719	16720	2998	3029
10	4898	16692	3777	3776	3994	16827	3625	3583
11	4707	13669	3993	3917	4013	14363	3869	3788
12	4378	9475	3922	3903	3710	9629	3713	3671
13	3951	6376	3625	3991	3174	6016	3219	3449
14	3484	4832	3196	6120	2546	4238	2566	5815
15	2774	3642	2435	8944	2212	3389	2195	10154
16	2304	2768	1764	11342	1919	2779	1817	13876
17	2082	2139	1249	11811	1705	2195	1355	15159
18	1404	1570	752	7033	1233	1861	1095	6306
19	845	1300	534	3274	736	1377	662	3241
20	613	1133	412	1904	512	1132	460	1928
21	503	1035	353	1295	411	1005	370	1343
22	444	965	319	1011	358	924	322	1067
23	407	908	296	866	326	864	294	924
24	380	859	278	782	304	814	274	839
ค่าเฉลี่ย	1970	4873	1412	3318	1554	4542	1372	3552

บทที่ 5

วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอน และวิธีดำเนินการวิจัยโดยสามารถแยกเป็นหัวข้อได้ดังนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การกำหนดวัสดุกรอบอาคารและตัวแปรที่ใช้กำหนดลักษณะของห้อง

การกำหนดลักษณะของอาคารที่จะใช้ในโปรแกรม DOE-2.1E

ข้อกำหนดและวิธีการแทนค่าตัวแปรต่างๆ ใน โปรแกรม DOE-2.1E

5.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

5.1.1 โปรแกรม DOE-2.1E

เป็นโปรแกรมที่ออกแบบมาสำหรับช่วยในการออกแบบระบบปรับอากาศ ประมาณพลังงานที่ต้องใช้ในการดำเนินงานของอาคาร รวมทั้งยังสามารถคำนวณความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ได้อีกด้วย โปรแกรมนี้มีความยืดหยุ่นในการใช้งานอย่างมากเนื่องจากตัวโปรแกรมมีภาษาเป็นของตัวเอง และมีระบบอุปกรณ์ รวมทั้งตัวแปรต่างๆ ให้เลือกมากมาย แต่อาจไม่เหมาะสมสำหรับผู้เริ่มศึกษาโปรแกรมการประมาณค่าพลังงานในอาคาร เนื่องจากขั้นตอนในการคำนวณของโปรแกรมในแต่ละขั้นตอนมีความซับซ้อน การกรอกข้อมูลในบางขั้นตอนมีความยุ่งยากพอสมควร รวมทั้งฐานข้อมูลของสภาพอากาศก็จะต้องมีความละเอียดและครบถ้วน เนื่องจากโปรแกรมต้องการข้อมูลภูมิอากาศเป็นรายชั่วโมงตลอดปี (8,760 ชั่วโมง)

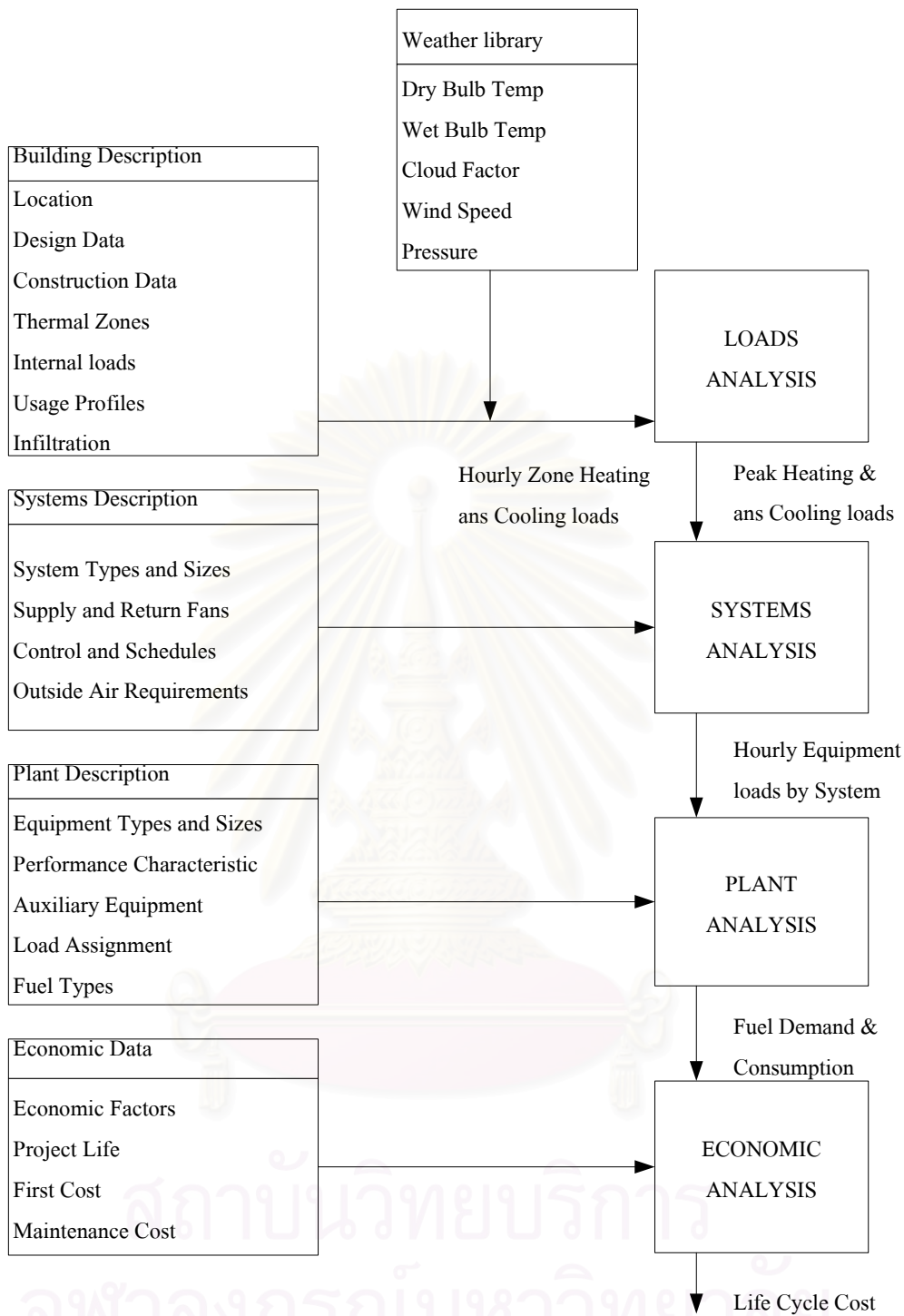
ตัวโปรแกรมจะประกอบไปด้วย 5 โปรแกรมหลักด้วยกันคือ โปรแกรมแรกใช้สำหรับแปลงข้อมูลของ บริเวณห้องที่สนใจ ให้อยู่ในรูปแบบที่โปรแกรมย่อยอื่นๆ สามารถเข้าใจได้ คือ โปรแกรม BDL Processor (เป็นโปรแกรมย่อยที่ใช้ในการตรวจสอบเพื่อให้ข้อมูลที่ป้อนเข้ามามีความครบถ้วน อยู่ในรูปแบบที่ถูกต้องตามข้อกำหนดของโปรแกรม) ในกรณีที่ข้อมูลที่กรอกเข้ามามีความบกพร่อง ในบางกรณีโปรแกรมจะกำหนดค่าข้อมูลเหล่านั้นโดยอัตโนมัติ (default value) และโปรแกรมที่เหลืออีก 4 โปรแกรม ใช้สำหรับการคำนวณเฉพาะด้าน คือ โปรแกรม LOADS, SYSTEMS, PLANT และ ECONOMICS โดยโปรแกรมเหล่านี้จะทำการคำนวณต่อเนื่องกันเป็นลำดับ โปรแกรม LOADS จะทำการคำนวณค่าความร้อนแฝงและความร้อนสัมผัสรายชั่วโมงทั้งหมดที่จำเป็นต้องนำออกจาก บริเวณห้องที่สนใจ เพื่อรักษาระดับความสบายในห้องหรืออาคาร ให้อยู่ในระดับที่น่าพอใจ โดยภาวะความร้อนของ บริเวณห้องที่สนใจ ในแต่ละชั่วโมงจะขึ้นอยู่กับ

สภาพอากาศภายนอก รังสีจากดวงอาทิตย์ ตารางการทำงานของผู้อยู่อาศัย ไฟแสงสว่าง อุปกรณ์ต่างๆ และอัตราการระบายอากาศ เป็นต้น โปรแกรม SYSTEMS จะคำนวณปริมาณความร้อนที่ระบบปรับอากาศสามารถนำออกไปทิ้งได้จริงโดยจะนำตัวแปรต่างๆ ของระบบปรับอากาศมาพิจารณาประกอบด้วย เช่นชนิดของเครื่องปรับอากาศ และวิธีการควบคุมระบบ เป็นต้น โปรแกรม PLANT จะคำนวณพลังงานของอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบปรับอากาศในบริเวณห้องที่สนใจเช่น turbines, chillers และ cooling towers เป็นต้น โดยจะพิจารณาทั้งช่วง full loads และ part loads ส่วนโปรแกรม ECONOMICS จะคำนวณค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของ บริเวณห้องที่สนใจภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้ รูปที่ 5.1 แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรมวิเคราะห์พลังงาน DOE-2.1E

5.1.2 โปรแกรมคอมไพเลอร์ที่พัฒนาขึ้นเอง

เป็นโปรแกรมคอมไพเลอร์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อช่วยในการสร้างแฟ้มข้อมูลสภาพอากาศแบบ TMY ให้กับโปรแกรม DOE-2.1E และโปรแกรมที่สร้างขึ้นเพื่อหาค่าการตอบสนองเชิงพลังงานของแต่ละโซน โดยพัฒนาขึ้นมาจากภาษาฟอร์แทรน (Fortran 90) รายละเอียดของโปรแกรมคอมไพเลอร์ที่พัฒนาขึ้นจะแสดงไว้ในภาคผนวก ง. โดยมี โปรแกรมต่างๆ ดังนี้

- 1) โปรแกรมจัดเรียงข้อมูลค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งจากค่ามากไปค่าน้อยอยู่ในแฟ้มชื่อ "Search_dbt.for"
- 2) โปรแกรมจัดเรียงข้อมูลค่ารังสีแสงอาทิตย์จากค่ามากไปค่าน้อยอยู่ในแฟ้มชื่อ " Search_sol.for"
- 3) โปรแกรมหาค่ารังสีกระจายแสงอาทิตย์ และรังสีตรงตั้งฉากแสงอาทิตย์ของวันตัวแทนที่ใช้หาวันออกแบบอยู่ในแฟ้มชื่อ "Find_diff.f90"
- 4) โปรแกรมหาค่ารังสีกระจายแสงอาทิตย์เพื่อนำไปจัดเรียงเป็นแฟ้มข้อมูลสภาพอากาศในรูปแบบ TMY อยู่ในแฟ้มชื่อ "Diff_tmy.f90"
- 5) โปรแกรมหาค่ารังสีตรงตั้งฉากแสงอาทิตย์ และ จัดเรียงข้อมูลสภาพอากาศในรูปแบบ TMY อยู่ในแฟ้มชื่อ "Tmy_pack.f90"
- 6) โปรแกรมหาค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลาอยู่ในแฟ้มชื่อ "Plot_ampdel.f90"
- 7) โปรแกรมหาจุดที่เป็นห้องตัวแทนของกลุ่ม (Representative zone) อยู่ในแฟ้มชื่อ "Find_repwf.f90"



รูปที่ 5.1 แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรมวิเคราะห์พลังงาน DOE-2.1E

5.2 การกำหนดวัสดุกรอบอาคารและตัวแปรที่ใช้กำหนดลักษณะของห้อง

จากบทที่ 4 เมื่อได้เพิ่มข้อมูลสภาพอากาศที่จะใช้เป็นเพิ่มข้อมูลขาเข้าของโปรแกรม DOE-2.1E แล้ว ขั้นตอนต่อไปจะต้องกำหนดลักษณะของอาคาร และห้องที่จะใช้ในการวิจัย โดยจะทำการคัดเลือกวัสดุกรอบอาคาร และลักษณะโครงสร้างของกรอบอาคารที่นิยมใช้กับอาคารสำนักงานในกรุงเทพมหานคร โดยคุณสมบัติของวัสดุกรอบอาคารนำมาจากเอกสารคู่มือต่างๆ ที่ได้จัดทำไว้แล้วซึ่งจะประกอบไปด้วย คู่มือวัสดุก่อสร้าง [10] ซึ่งจัดทำโดยคณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี คู่มือนี้เป็นการรวบรวมวัสดุ ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด แล้วทำการทดสอบค่าการนำความร้อน (K) ที่อุณหภูมิต่าง ๆ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย รวมทั้งวิเคราะห์ค่าความต้านทานความร้อน (R) , คู่มือการใช้โปรแกรม OTTVEE Version 1.0a [11] และ ASHRAE Fundamentals Handbook 1997 [1] และ เพิ่มข้อมูลวัสดุของ DOE-2 [9]

คุณสมบัติของวัสดุที่เลือกใช้เป็นกรอบอาคารแสดงอยู่ในตารางที่ 5.1 คุณสมบัติของฟิล์มอากาศแสดงอยู่ในตารางที่ 5.2 ส่วนโครงสร้างของผนังภายนอก หลังคา และผนังภายในจะแสดงอยู่ในตารางที่ 5.3 ถึงตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.1 แสดงคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้เป็นกรอบอาคาร

ลำดับที่	วัสดุ	ความหนา (ft)	น้ำหนักต่อ พื้นที่ (lb/ft ²)	ค่าการนำความร้อน (Btu/hr-ft-°F)	ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Btu/lb-°F)
1	ปูนฉาบน้ำหนักเบา [11]	0.033	18.7	0.036	0.20
2	อิฐมวลเบา 2 ชั้น [10]	0.492	100.0	0.273	0.20
3	หินทราย [10]	0.016	150.0	0.417	0.40
4	โพลียูรีเทนโฟม [10]	0.525	3.7	0.014	0.38
5	ใยแก้ว [10]	0.246	3.7	0.021	0.20
6	แผ่นซีเมนต์แอสเบสตอส [10]	0.026	106.1	0.330	0.20
7	ปูนผสมทราย [11]	0.016	97.8	0.308	0.20

ตารางที่ 5.1 แสดงคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้เป็นกรอบอาคาร (ต่อ)

ลำดับที่	วัสดุ	ความหนา (ft)	น้ำหนักต่อ พื้นที่ (lb/ft ²)	ค่าการนำความร้อน (Btu/hr-ft-°F)	ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Btu/lb-°F)
8	แผ่นซีพีเอ็ม [10]	0.030	50.0	0.163	0.20
9	คอนกรีตชนิดเบาความหนาแน่นปานกลาง [11]	0.066	70.0	0.200	0.20
10	หินอ่อน [10]	0.082	168.5	1.000	0.40
11	คอนกรีตชนิดเบาความหนาแน่นมาก [11]	0.164	79.9	0.275	0.20
12	ปูนฉาบชนิดมวลเบา [10]	0.016	75.0	0.188	0.20
13	คอนกรีตบล็อก [11]	0.246	61.0	0.470	0.20
14	ซูปเปอร์บล็อก [10]	0.246	37.4	0.328	0.20
15	ปูนฉาบน้ำหนักขนาดกลาง[11]	0.049	68.9	0.158	0.20
16	คอนกรีต [11]	0.328	150.0	0.834	0.20
17	โฟม [10]	0.246	12.5	0.020	0.20
18	พื้นคอนกรีต 3 นิ้ว [11]	0.250	80.0	0.275	0.20
19	พื้นคอนกรีต 8 นิ้ว [11]	0.667	80.0	0.275	0.20
20	กระเบื้องยาง [9]	-	-	-	0.30
21	พรมมีแผ่นยางรอง [9]	-	-	-	0.34
22	ฝ้าเพดานหนา 1/2 นิ้ว [9]	0.0417	18.0	0.033	1.26

ตารางที่ 5.2 แสดงความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ

ลำดับ ที่	ฟิล์มอากาศในช่องว่าง [11]	ความต้านทานความร้อน (hr-ft ² -°F/Btu)
1	ช่องว่างผนัง 4/5 นิ้ว ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.840
2	ช่องว่างผนัง 1/5 นิ้ว ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	1.419
3	ช่องว่างผนัง 4 นิ้ว ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	3.438
4	ช่องว่างหลังคาแนวราบ 4 นิ้ว ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.987

ตารางที่ 5.3 แสดงโครงสร้างของผนังภายนอก

Wall No.	โครงสร้าง (Structure)	น้ำหนัก ต่อพื้นที่ (lb/ft ²)	ค่าการนำความร้อน (Btu/hr-ft ² -°F)
1	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 8 นิ้ว [11] ปูนฉาบน้ำหนักเบา (2/5 นิ้ว) + อิฐชั้น 6% + ปูนฉาบน้ำหนักเบา (2/5 นิ้ว)	50.38	0.212
2	ผนังอาคารมีฉนวน [11] หินทราย (1/5 นิ้ว) + โพลียูรีเทนโฟม (6.4 นิ้ว) + ใยแก้วสานเป็นแผ่นหรือ สอดใส่อยู่ระหว่างวัสดุอื่น (3 นิ้ว) + ช่องว่างผนัง 4/5 นิ้ว ที่มีค่า ส.ป.ส. การ แผ่รังสีสูง + แผ่นซีเมนต์แอสเบสตอส (1/2 นิ้ว)	9.52	0.020
3	ผนังคอนกรีตบล็อก มีช่องว่าง [11] ปูนผสมทราย (1/5 นิ้ว) + แผ่นยิปซัม (2/5 นิ้ว) + คอนกรีตบล็อก 3 นิ้ว + ช่องว่างผนัง 1/5 นิ้ว ที่มีค่าส.ป.ส.การแผ่รังสีต่ำ + หินอ่อน	31.91	0.294
4	ผนังคอนกรีตฉาบปูน [11] คอนกรีตชนิดเบาความหนาแน่นมากหนา 2 นิ้ว	13.11	0.597
5	ผนังอิฐมวลฉนวนปูน 2 ด้านหนา 3.2 นิ้ว [11]	27.85	0.665
6	ผนังอิฐมวลเบาผนังสำเร็จรูป ปูนฉาบ (1/5 นิ้ว) + ชูปเปอร์บล็อก (3 นิ้ว) + ปูนฉาบ (1/5 นิ้ว)	11.67	0.500
7	ผนังก่อคอนกรีตบล็อก ปูนฉาบ (3/5 นิ้ว) + คอนกรีตบล็อก (3 นิ้ว) + ปูนฉาบ (3/5 นิ้ว)	22.38	0.231

ตารางที่ 5.4 แสดงโครงสร้างของหลังคา

Roof No.	โครงสร้าง (Structure)	น้ำหนักต่อพื้นที่ (lb/ft ²)	ค่าการนำความร้อน (Btu/hr-ft ² -°F)
1	หลังคาคอนกรีตบุใยแก้ว [11] คอนกรีต (4 นิ้ว) + ช่องว่างหลังคาแนวราบ 4 นิ้ว ที่มีค่า ส.ป.ส. การแผ่รังสีสูง + ใยแก้วสานเป็นแผ่นหรือสอดใส่อยู่ระหว่างวัสดุอื่น (2 นิ้ว) + แผ่นยิปซัม (2/5 นิ้ว)	51.31	0.068
2	หลังคาคอนกรีตฉาบปูนมีช่องว่าง [11] ปูนฉาบน้ำหนักขนาดกลาง (4/5 นิ้ว) + ช่องว่างหลังคาแนวราบ 4 นิ้ว ที่มีค่า ส.ป.ส. การแผ่รังสีสูง + คอนกรีตชนิดเบาความหนาแน่นมาก (2 นิ้ว)	17.65	0.311
3	หลังคา EIFS (External Insulating Finishing System) HHEM 3" [11] ฉนวนใยแก้ว (1 นิ้ว) + โฟมความหนาแน่น 12.5 lb/ft ³ (3 นิ้ว) + แผ่นยิปซัม (1/2 นิ้ว) + ช่องว่างหลังคาแนวราบ 4 นิ้ว ที่มีค่า ส.ป.ส. การแผ่รังสีสูง + แผ่นยิปซัม (1/2 นิ้ว)	7.28	0.053

ตารางที่ 5.5 แสดงโครงสร้างของผนังภายใน

Partition No.	โครงสร้าง (Structure)	น้ำหนักต่อพื้นที่ (lb/ft ²)	ค่าการนำความร้อน (Btu/hr-ft ² -°F)
1	ผนังก่อคอนกรีตบล็อก 1 ชั้นฉาบปูนเรียบ ปูนฉาบ (3/5 นิ้ว) + คอนกรีตบล็อก 3 นิ้ว + ปูนฉาบ (3/5 นิ้ว)	22.38	0.231
2	แผ่นยิปซัม (2/5 นิ้ว) + ช่องว่างผนัง 4 นิ้วที่มีค่า ส.ป.ส. การแผ่รังสีต่ำ + แผ่นยิปซัม (2/5 นิ้ว) [1]	3	0.255

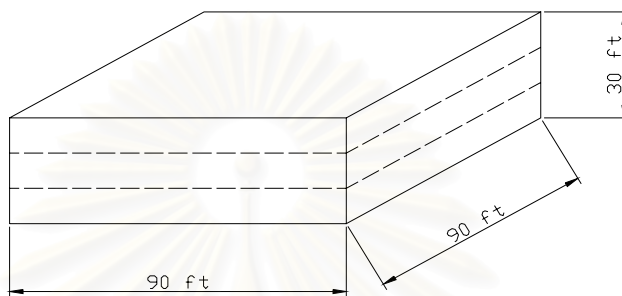
เมื่อกำหนดวัสดุกรอบอาคารแล้ว จากนั้นจะกำหนดจำนวนตัวแปรและระดับชั้นของตัวแปรที่ใช้กำหนดลักษณะของห้องดังตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 แสดงตัวแปรกำหนดลักษณะของห้อง

ลำดับ ที่	ตัวแปร	จำนวน ระดับชั้น	ความหมายของตัวแปร
1	ขนาดห้อง (ZG)	1	สี่เหลี่ยมจัตุรัส (15 ft x 15 ft)
2	ความสูงของห้อง (ZH)	1	10 ft
3	ตำแหน่งที่ตั้งของห้อง (ZL)	2	ห้องชั้นกลาง, ห้องชั้นบน
4	จำนวนของผนังภายนอก (NW)	1	เป็นห้องที่มีผนังภายนอกด้านเดียว
5	โครงสร้างผนังภายนอก (EC)	7	ผนังหมายเลข 1-7 ในตารางที่ 5.3
6	ปริมาณกระจกบนผนังภายนอก (GL)	2	50% และ 90% ของพื้นที่ผนังภายนอก
7	โครงสร้างผนังภายใน (PT)	2	ผนังหมายเลข 1-2 ในตารางที่ 5.5
8	ปริมาณอุปกรณ์บังแดดภายในเมื่อเทียบกับ พื้นที่กระจก (IS)	3	0%(ไม่มี), 50% (ครึ่งหนึ่ง) และ 100% (เต็ม)
9	โครงสร้างพื้น (MF)	2	พื้นคอนกรีต 3" และ พื้นคอนกรีต 8"
10	วัสดุปูพื้น (FC)	2	พรมที่มีแผ่นยางรองและกระเบื้องยาง
11	โครงสร้างหลังคา (RT)	3	หลังคาหมายเลข 1-3 ในตารางที่ 5.4
12	ลักษณะของฝ้าเพดาน (CT)	2	มีและไม่มีฝ้าเพดาน
13	เฟอร์นิเจอร์ (FN)	2	มีและไม่มีเฟอร์นิเจอร์

5.3 การกำหนดลักษณะของอาคารที่จะใช้ในโปรแกรม DOE-2.1E

อาคารที่กำหนดขึ้นมาเพื่อใช้ในการงานวิจัยนี้เป็นอาคาร 3 ชั้น มีพิกัดตำแหน่งที่ ละติจูด 13.7 องศาเหนือ ลองจิจูด 100.5 องศาตะวันออก ที่ระดับน้ำทะเลเฉลี่ย (altitude = 0) ลักษณะรูปร่างเป็น ทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีพื้นที่ $90 \text{ ft} \times 90 \text{ ft} = 8100 \text{ ft}^2$ สูง 30 ft ดังแสดงในรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 แสดงลักษณะรูปร่างของอาคารที่กำหนดขึ้นมา

สำหรับตำแหน่งของห้องที่จะศึกษาอยู่ที่ชั้นที่ 2 (mid-floor) และชั้นที่ 3 (top-floor) ของอาคาร โดยแต่ละห้องจะมีขนาดเท่ากันคือ $15 \text{ ft} \times 15 \text{ ft} \times 10 \text{ ft}$ และเป็นห้องที่อยู่รอบนอกมีผนังภายนอก 1 ด้านและผนังภายใน 3 ด้าน ห้องแต่ละห้องจะเป็นตัวแทนของโซน 1 โซน ซึ่งมีองค์ประกอบภายในที่ต่างกันตามระดับชั้นของตัวแปรต่างๆที่นำมาผสมผสานกัน พื้นที่ในชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 ของอาคารจะมีจำนวนห้องอยู่ชั้นละ 16 ห้อง ส่วนพื้นที่ที่เหลือคือชั้นที่ 1 (bottom-floor) ซึ่งมีพื้นที่ 8100 ft^2 และพื้นที่ส่วนกลางของชั้นที่ 2 และ ชั้นที่ 3 จะคิดเป็นโซนที่อยู่ภายใน (internal zone) รูปที่ 5.3 แสดงตำแหน่งของห้องที่ต้องการจะศึกษาและโซนที่อยู่ภายในบนชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 ของอาคาร

จาก ASHRAE Project 359-RP [7] พบว่าตัวแปรโครงสร้างผนังภายนอก (EC) และ ปริมาณกระจกบนผนังภายนอก (GL) และจาก Sowell [6] พบว่าตัวแปรโครงสร้างหลังคา (RT) มีผลน้อยมากต่อการตอบสนองเชิงพลังงานของห้องเมื่อเทียบกับตัวแปรตัวอื่นดังนั้นจึงตัดตัวแปร เหล่านี้ออก และจากตารางที่ 5.6 เมื่อกำหนดลักษณะรูปร่างของห้องให้เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด $15 \text{ ft} \times 15 \text{ ft}$ และมีความสูง 10 ft มีจำนวนของผนังภายนอก 1 ด้านแล้ว จึงเหลือตัวแปรที่ใช้กำหนด ลักษณะห้องทั้งหมด 7 ตัวแปร คือ ตำแหน่งที่ตั้งของห้อง (2) โครงสร้างผนังภายใน (2) ปริมาณ อุปกรณ์บังแดดภายในเมื่อเทียบกับพื้นที่กระจก (3) โครงสร้างพื้น (2) วัสดุปูพื้น (2) ลักษณะของ ฝ้าเพดาน (2) เฟอร์นิเจอร์ (2)

ดังนั้นจึงได้จำนวนห้องทั้งหมดที่ต้องทำการศึกษา = $2 \times 2 \times 3 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 192$ ห้อง

จากที่ได้กล่าวไว้แล้วว่ามีจำนวนห้องที่จะต้องศึกษาทั้งหมด 192 ห้อง โดยอาคาร 1 อาคาร จะมีจำนวนห้องที่ต้องการศึกษา 32 ห้อง ดังนั้นจึงต้องกำหนดอาคารขึ้นมา 6 อาคาร ลำดับหมายเลขห้องแสดงอยู่ในตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 แสดงลำดับหมายเลขห้องในอาคาร

อาคารที่	1	2	3	4	5	6
ลำดับหมายเลขห้อง	1-32	33-64	65-96	97-128	129-160	161-192

	I	J	K	L			ฅ	ญ	ฎ	ฏ	
H	Mid-foor (2 nd -floor)				M	ซ	Top-foor (3 rd -floor)				ฐ
G					N	ช					ฑ
F					O	ฉ					ฒ
E					P	ค					ณ
	D	C	B	A			ง	ค	ช	ก	

รูปที่ 5.3 แสดงตำแหน่งของห้องที่ต้องการจะศึกษาและโซนที่อยู่ภายในบนชั้นที่ 2 และ ชั้นที่ 3 ของอาคาร

โดยที่	ห้อง	A	แทน	ห้องหมายเลข	1, 33, 65, 97, 129, 161
	ห้อง	B	แทน	ห้องหมายเลข	2, 34, 66, 98, 130, 162
	ห้อง	C	แทน	ห้องหมายเลข	3, 35, 67, 99, 131, 163
	ห้อง	D	แทน	ห้องหมายเลข	4, 36, 68, 100, 132, 164
	ห้อง	E	แทน	ห้องหมายเลข	5, 37, 69, 101, 133, 165
	ห้อง	F	แทน	ห้องหมายเลข	6, 38, 70, 102, 134, 166
	ห้อง	G	แทน	ห้องหมายเลข	7, 39, 71, 103, 135, 167
	ห้อง	H	แทน	ห้องหมายเลข	8, 40, 72, 104, 136, 168
	ห้อง	I	แทน	ห้องหมายเลข	9, 41, 73, 105, 137, 169

ห้อง	J	แทน	ห้องหมายเลข	10, 42, 74, 106, 138, 170
ห้อง	K	แทน	ห้องหมายเลข	11, 43, 75, 107, 139, 171
ห้อง	L	แทน	ห้องหมายเลข	12, 44, 76, 108, 140, 172
ห้อง	M	แทน	ห้องหมายเลข	13, 45, 77, 109, 141, 173
ห้อง	N	แทน	ห้องหมายเลข	14, 46, 78, 110, 142, 174
ห้อง	O	แทน	ห้องหมายเลข	15, 47, 79, 111, 143, 175
ห้อง	P	แทน	ห้องหมายเลข	16, 48, 80, 112, 144, 176
ห้อง	ก	แทน	ห้องหมายเลข	17, 49, 81, 113, 145, 177
ห้อง	ข	แทน	ห้องหมายเลข	18, 50, 82, 114, 146, 178
ห้อง	ค	แทน	ห้องหมายเลข	19, 51, 83, 115, 147, 179
ห้อง	ง	แทน	ห้องหมายเลข	20, 52, 84, 116, 148, 180
ห้อง	จ	แทน	ห้องหมายเลข	21, 53, 85, 117, 149, 181
ห้อง	ฉ	แทน	ห้องหมายเลข	22, 54, 86, 118, 150, 182
ห้อง	ช	แทน	ห้องหมายเลข	23, 55, 87, 119, 151, 183
ห้อง	ซ	แทน	ห้องหมายเลข	24, 56, 88, 120, 152, 184
ห้อง	ฌ	แทน	ห้องหมายเลข	25, 57, 89, 121, 153, 185
ห้อง	ญ	แทน	ห้องหมายเลข	26, 58, 90, 122, 154, 186
ห้อง	ฎ	แทน	ห้องหมายเลข	27, 59, 91, 123, 155, 187
ห้อง	ฏ	แทน	ห้องหมายเลข	28, 60, 92, 124, 156, 188
ห้อง	ฐ	แทน	ห้องหมายเลข	29, 61, 93, 125, 157, 189
ห้อง	ฑ	แทน	ห้องหมายเลข	30, 62, 94, 126, 158, 190
ห้อง	ฒ	แทน	ห้องหมายเลข	31, 63, 95, 127, 159, 191
ห้อง	ณ	แทน	ห้องหมายเลข	32, 64, 96, 128, 160, 192

ทั้งนี้เนื่องจากห้องหมายเลขต่างๆ จะกำหนดลักษณะโดยการกำหนดตัวแปรในระดับชั้นต่างๆ ตามตารางที่ 5.6 ดังนั้นเพื่อความสะดวกจึงได้กำหนดสัญลักษณ์ให้กับตัวแปรในระดับชั้นต่างๆ ดังนี้

- 1) ตำแหน่งที่ตั้งของห้อง (ZL) :
 - ห้องชั้นบน แทนด้วยสัญลักษณ์ : TP
 - ห้องชั้นกลาง แทนด้วยสัญลักษณ์ : MD
- 2) จำนวนของผนังภายนอก (NW) :
 - ผนังภายนอก 1 ด้าน แทนด้วยสัญลักษณ์ : N1
- 3) โครงสร้างผนังภายนอก (EC) : (ตามตาราง 5.3)
 - ผนังภายนอกชนิดที่ 1 แทนด้วยสัญลักษณ์ : WL1
 - ผนังภายนอกชนิดที่ 2 แทนด้วยสัญลักษณ์ : WL2
 - ผนังภายนอกชนิดที่ 3 แทนด้วยสัญลักษณ์ : WL3
 - ผนังภายนอกชนิดที่ 4 แทนด้วยสัญลักษณ์ : WL4
 - ผนังภายนอกชนิดที่ 5 แทนด้วยสัญลักษณ์ : WL5
 - ผนังภายนอกชนิดที่ 6 แทนด้วยสัญลักษณ์ : WL6
 - ผนังภายนอกชนิดที่ 7 แทนด้วยสัญลักษณ์ : WL7
- 4) ปริมาณกระจกบนผนังภายนอก (GL) :
 - ปริมาณกระจก 50 % ของพื้นที่ผนังภายนอกแทนด้วยสัญลักษณ์ : 50
 - ปริมาณกระจก 90 % ของพื้นที่ผนังภายนอกแทนด้วยสัญลักษณ์ : 90
- 5) โครงสร้างพื้น (MF) :
 - พื้นคอนกรีตหนา 3 นิ้ว แทนด้วยสัญลักษณ์ : 3C
 - พื้นคอนกรีตหนา 8 นิ้ว แทนด้วยสัญลักษณ์ : 8C
- 6) วัสดุปูพื้น (FC) :
 - พรมที่มีแผ่นยางรอง แทนด้วยสัญลักษณ์ : CP
 - กระเบื้องยางแทนด้วยสัญลักษณ์ : TL
- 7) โครงสร้างผนังภายใน (PT) :
 - ผนังคอนกรีตบล็อก (ผนังหนัก) แทนด้วยสัญลักษณ์ : PT1
 - ผนังยิปซัม (ผนังเบา) แทนด้วยสัญลักษณ์ : PT2
- 8) โครงสร้างหลังคา (RT) : (ตามตาราง 5.4)
 - หลังคาชนิดที่ 1 แทนด้วยสัญลักษณ์ : RT1
 - หลังคาชนิดที่ 2 แทนด้วยสัญลักษณ์ : RT2
 - หลังคาชนิดที่ 3 แทนด้วยสัญลักษณ์ : RT3
- 9) ลักษณะของฝ้าเพดาน (CT) :
 - มีฝ้าเพดานแทนด้วยสัญลักษณ์ : CL
 - ไม่มีฝ้าเพดานแทนด้วยสัญลักษณ์ : NC

10) เฟอร์นิเจอร์ (FN) :

มีเฟอร์นิเจอร์แทนด้วยสัญลักษณ์ : WFN

ไม่มีเฟอร์นิเจอร์แทนด้วยสัญลักษณ์ : NFN

11) ปริมาณอุปกรณ์บังแดดภายในเมื่อเทียบกับพื้นที่กระจก (IS) :

ไม่มีอุปกรณ์บังแดดภายใน (0%) แทนด้วยสัญลักษณ์ : ND

มีอุปกรณ์บังแดดภายในครึ่งหนึ่งของพื้นที่กระจก (50%) แทนด้วยสัญลักษณ์ : HD

มีอุปกรณ์บังแดดภายในเท่ากับพื้นที่กระจก (100%) แทนด้วยสัญลักษณ์ : FD

ตัวอย่างเช่นถ้ากำหนดห้องโดยใช้สัญลักษณ์ : TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-CL-WFN-HD

จะหมายถึงห้องที่อยู่ชั้นบน มีผนังภายนอกด้านเดียว โดยมีโครงสร้างเป็นผนังอิฐฉาบปูน มีปริมาณกระจกบนผนังภายนอก 50% พื้นห้องเป็นคอนกรีตหนา 3 นิ้ว ปูด้วยพรม มีผนังภายในเป็นคอนกรีตบล็อก มีหลังคาเป็นคอนกรีตบุยิปซั่ม มีฝ้าเพดาน มีเฟอร์นิเจอร์อยู่ภายในห้อง และมีอุปกรณ์บังแดดอยู่เป็นปริมาณครึ่งหนึ่งของพื้นที่กระจก

ข้อกำหนดต่างๆของห้อง**สภาวะภายในห้อง :**

- 1) เครื่องปรับอากาศเปิดใช้งานตลอด 24 ชั่วโมงไม่มีวันหยุด
- 2) ไม่มีการระบายอากาศ (ventilation) และการรั่วซึมของอากาศ (infiltration) ที่เข้ามาภายในอาคาร
- 3) ไม่มีภาระความร้อนจากแหล่งความร้อนภายใน คือ ไฟแสงสว่าง ผู้อยู่อาศัย และอุปกรณ์ไฟฟ้า
- 4) อุณหภูมิภายในห้องมีค่าคงที่ที่ 77 °F
- 5) โปรแกรม DOE-2.1E คำนวณ weighting factors เป็นแบบ Custom Weighting Factors [8]

โซนที่อยู่ภายใน :

- 1) เครื่องปรับอากาศเปิดใช้งานตลอด 24 ชั่วโมงไม่มีวันหยุด
- 2) ไม่มีภาระความร้อนจากแหล่งความร้อนภายใน คือ ไฟแสงสว่าง ผู้อยู่อาศัย และอุปกรณ์ไฟฟ้า
- 3) อุณหภูมิภายในห้องมีค่าคงที่ที่ 77 °F
- 4) โปรแกรม DOE-2.1E คำนวณ weighting factors เป็นแบบ Precalculated Weighting Factors [8]

สภาพรอบๆอาคาร :

- 1) ไม่มีอุปกรณ์บังแดดภายนอก
- 2) ไม่มีร่มเงาภายนอกอาคารอันเนื่องมาจากต้นไม้ใหญ่ สิ่งปลูกสร้าง หรือ อาคารข้างเคียง

5.4 ข้อกำหนดและวิธีการแทนค่าตัวแปรต่างๆ ในโปรแกรม DOE-2.1E

เมื่อกำหนดลักษณะต่างๆ ให้กับห้องแล้ว จึงนำไปเขียนเป็นแฟ้มข้อมูลขาเข้าให้กับโปรแกรม DOE-2.1E เนื่องจากในโปรแกรม DOE-2.1E จะมีข้อจำกัดบางอย่างเช่น ไม่สามารถกำหนดปริมาณอุปกรณ์บังแดดภายในเป็นพื้นที่ได้ ไม่สามารถกำหนดรูปร่างลักษณะของเฟอร์นิเจอร์ได้โดยตรง เป็นต้น จึงต้องมีข้อกำหนด และวิธีการแทนค่าตัวแปรต่างๆ ในโปรแกรม DOE-2.1E ดังนี้ โดยระดับชั้นหมายถึงลักษณะเฉพาะของตัวแปรแต่ละตัวที่ได้กำหนดขึ้น

ตัวแปร : ขนาดห้อง (ZG)

ระดับชั้น	ความกว้าง (ฟุต)	ความยาว (ฟุต)	คำอธิบาย
1	15	15	ห้องสี่เหลี่ยมจัตุรัส

ข้อกำหนด :

- 1) พื้นที่ของพื้นห้องคือพื้นที่สุทธิภายในไม่รวมความหนาของผนัง
- 2) ค่าการกระจายตัวของแสงอาทิตย์เป็นไปตามตารางที่ 5.8

การแทนค่าในโปรแกรม DOE-2.1E :

ความกว้างและความยาวของห้องใส่ลงไปเพื่อคำนวณพื้นที่ของพื้นห้องและเพดาน

ตารางที่ 5.8 แสดงค่าการกระจายตัวของรังสีแสงอาทิตย์หลังจากการสะท้อนกลับไปมาระหว่างพื้นผิวต่างๆ ภายในห้อง (ห้องขนาด 15ft x 15ft x 10ft มีปริมาณกระจก 50% และมีผนังภายนอก 1 ด้าน)

Case	% Shade	FN	Ceil.	Flr.	Rt.Pt.	Bk.Pt.	Lt.Pt.	Shade	E.Wall	Furn
1	0	WFN	0	30	15	10	15	0	0	30
2	0	NFN	0	60	15	10	15	0	0	0
3	50	WFN	0	17.5	10	7.5	10	35	0	17.5
4	50	NFN	0	35	10	7.5	10	35	0	0
5	100	WFN	0	5	7.5	5	7.5	70	0	5
6	100	NFN	0	10	7.5	5	7.5	70	0	0

ตัวแปร : ความสูงของห้อง (ZH)

ระดับชั้น	ความสูง (ฟุต)
1	10

ข้อกำหนด :

- 1) ความสูงของห้องไม่เปลี่ยนแม้ว่าจะมีหรือไม่มีฝ้าเพดาน
- 2) มีผลต่อค่าการกระจายตัวของแสงอาทิตย์

การแทนค่าในโปรแกรม DOE-2.1E :

ในโปรแกรม DOE-2.1E ใส่ความสูงของห้องเพื่อกำหนดระยะจากพื้นถึงเพดาน โดยที่ความสูงของผนังจะเปลี่ยนไปตามความสูงของห้องซึ่งมีผลต่อค่ามวลและพื้นที่ของผนัง

ตัวแปร : ตำแหน่งของห้อง (ZL)

ระดับชั้น	ตัวย่อ	เพดานห้อง	พื้นห้อง	คำอธิบาย
1	MD	พื้นคอนกรีต	พื้นคอนกรีต	ห้องชั้นกลาง (ชั้น2)
2	TP	หลังคา	พื้นคอนกรีต	ห้องชั้นบน (ชั้น3)

ข้อกำหนด :

- 1) โครงสร้างของหลังคาเป็นแบบมีการสะสมความร้อน (delayed surface)
- 2) สำหรับห้องชั้นกลาง พื้นและเพดานห้องจะเป็นผนังภายในที่กั้นห้องที่มีลักษณะเหมือนกัน
- 3) ค่าการนำความร้อนของฟิล์มอากาศบริเวณผิวภายนอกของหลังคา = $3 \text{ Btu/hr-ft}^2\text{-}^{\circ}\text{F}$
(ความเร็วลม 5 mph)

ตัวแปร : โครงสร้างผนังภายใน (PT)

ระดับชั้น	ตัวย่อ	คำอธิบาย
1	PT1	ผนังก่อคอนกรีตบล็อก
2	PT2	ผนังยิปซัม

ข้อกำหนด :

- 1) ความต้านทานชั้นอากาศที่ผิวผนังภายในมีค่า $0.68 \text{ (hr-ft}^2\text{-}^{\circ}\text{F)/Btu}$

การแทนค่าในโปรแกรม DOE-2.1E :

ในโปรแกรม DOE-2.1E จำเป็นต้องกำหนดชนิดของผนังเพื่อกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างผนังกับสิ่งแวดล้อมรอบๆ โดยที่ผนังภายในจะแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศภายในห้องที่สนใจและห้องที่อยู่ติดกันเท่านั้น

ตัวแปร : ปริมาณอุปกรณ์บังแดดภายใน (IS)

ระดับชั้น	ตัวย่อ	คำอธิบาย
1	ND	รังสีแสงอาทิตย์คลื่นสั้นตกกระทบและถูกดูดซับโดยอุปกรณ์บังแดดภายใน 0%
2	HD	รังสีแสงอาทิตย์คลื่นสั้นตกกระทบและถูกดูดซับโดยอุปกรณ์บังแดดภายใน 50%
3	FD	รังสีแสงอาทิตย์คลื่นสั้นตกกระทบและถูกดูดซับโดยอุปกรณ์บังแดดภายใน 100%

ข้อกำหนด :

- พลังงานที่ถูกดูดซับไว้จะส่งผ่านไปสู่อากาศภายในห้องด้วยการพาความร้อนของรังสีคลื่นสั้นและรังสีคลื่นยาว
- ค่าการกระจายตัวของรังสีแสงอาทิตย์จะคำนวณโดยการสมมติว่าอัตราส่วนของรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นผิวต่างๆ ภายในห้องจะลดลงเป็นอัตราส่วนกับปริมาณอุปกรณ์บังแดดภายใน

การแทนค่าในโปรแกรม DOE-2.1E :

แทนอุปกรณ์บังแดดภายในด้วยผนังภายในที่เป็นแผ่นยิปซัมหนา 0.5 นิ้ว โดยเป็นผนังที่ไม่มีการสะสมความร้อนและการถ่ายเทความร้อน (quick and adiabatic wall) สำหรับค่าการกระจายตัวของรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นผิวต่างๆ ภายในห้องเมื่อมีปริมาณอุปกรณ์บังแดดภายใน 0%, 50% และ 100% แสดงอยู่ในตารางที่ 5.8

ตัวแปร : โครงสร้างพื้น (MF)

ระดับชั้น	ตัวย่อ	คำอธิบาย
1	3C	พื้นคอนกรีตหนา 3 นิ้ว
2	8C	พื้นคอนกรีตหนา 8 นิ้ว

ข้อกำหนด :

- ความต้านทานชั้นอากาศที่ผิวภายในเป็นไปตามสภาวะการทำความเย็นของ ASHRAE [1] คือ เพดาน : $0.92 \text{ hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F/Btu}$; พื้น : $0.61 \text{ hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F/Btu}$
- ห้องที่อยู่ติดกัน (ด้านบน และด้านล่าง) มีสภาวะภายในที่เหมือนกัน

การแทนค่าในโปรแกรม DOE-2.1E :

ในชั้นนอกสุดของโครงสร้างต้องรวมวัสดุปูพื้นคือกระเบื้องยางหรือพรมที่มีแผ่นยางรองรวมทั้งลักษณะของฝ้าเพดานไว้ด้วยเสมอ

ตัวแปร : วัสดุปูพื้น (FC)

ระดับชั้น	ตัวย่อ	คำอธิบาย
1	CP	พรมที่มีแผ่นยางรอง
2	TL	กระเบื้องยาง

ข้อกำหนด :

- 1) ความต้านทานชั้นอากาศที่ผิวภายในสำหรับสถานะการทำความเย็นคือ $0.61 \text{ hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F/Btu}$
- 2) พื้นจะต้องประกอบไปด้วยกระเบื้องยางหรือพรมที่มีแผ่นยางรองอยู่เสมอ

การแทนค่าในโปรแกรม DOE-2.1E :

คุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุปูพื้นทั้งกระเบื้องยางหรือพรมที่มีแผ่นยางรองจะต้องนำไปรวมอยู่เป็นชั้นวัสดุชั้นหนึ่งในโครงสร้างของพื้น

ตัวแปร : ลักษณะฝ้าเพดาน (CT)

ระดับชั้น	ตัวย่อ	คำอธิบาย
1	CL	มีฝ้าเพดาน (แผ่นกระเบื้องกันเสียงหนา 0.5 นิ้ว)
2	NC	ไม่มีฝ้าเพดาน

ข้อกำหนด :

- 1) ความต้านทานชั้นอากาศที่ผิวภายในสำหรับสถานะการทำความเย็นคือ $0.92 \text{ hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F/Btu}$
- 2) ความสูงของผนังไม่เปลี่ยนไม่ว่าจะมีหรือไม่มีฝ้าเพดาน
- 3) เมื่อในห้องมีฝ้าเพดานห้องข้างล่างก็ต้องมีเช่นกัน

การแทนค่าในโปรแกรม DOE-2.1E :

เมื่อมีฝ้าเพดานคุณสมบัติทางความร้อนของช่องว่างอากาศในแนวระดับ และฝ้าเพดานแบบแผ่นกระเบื้องกันเสียงหนา 0.5 นิ้ว จะต้องนำไปรวมอยู่ในโครงสร้างของเพดาน และพื้น ถ้าเป็นห้องที่อยู่ชั้นกลาง

ตัวแปร : เฟอร์นิเจอร์ (FN)

ระดับชั้น	ตัวย่อ	คำอธิบาย
1	WFN	มีเฟอร์นิเจอร์
2	NFN	ไม่มีเฟอร์นิเจอร์

ข้อกำหนด :

- 1) แทนเฟอร์นิเจอร์ด้วยพื้นผิวบางรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าอยู่ใกล้ และขนานกับพื้น
- 2) พื้นผิวของเฟอร์นิเจอร์มีขนาด 50% ของพื้นที่ทั้งหมดของพื้นห้อง
- 3) 50% ของรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นจะไปตกกระทบที่เฟอร์นิเจอร์แทน
- 4) ไม่มีการสะสมความร้อนในพื้นที่ผิวของเฟอร์นิเจอร์
- 5) พื้นผิวด้านบนของเฟอร์นิเจอร์จะแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนกับทุกพื้นผิวในห้องยกเว้นพื้นห้อง ส่วนพื้นผิวด้านล่างแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนกับพื้นเท่านั้น โดยการพาความร้อนไปให้อากาศภายในห้อง

การแทนค่าในโปรแกรม DOE-2.1E :

- 1) กำหนดรูปร่างให้เป็นแผ่นบางวางตัวในแนวระดับขนานกับพื้น ไม่มีการสะสมความร้อนพื้นผิวทั้ง 2 ด้านแลกเปลี่ยนความร้อนโดยตรงกับอากาศภายในห้อง พื้นผิวด้านบนเป็นตารางฟุตได้เป็น :

$$2 \times 50\% \text{ พื้นี่พื้นห้อง} = 100\% \text{ พื้นี่พื้นห้อง}$$

- 2) สำหรับพื้นผิวที่ไม่มีการสะสมความร้อน, ในโปรแกรม DOE-2.1E จะต้องใส่ค่าการนำความร้อน (U) โดยรวมความต้านทานชั้นอากาศ (IFR) ที่ผิวทั้ง 2 ด้าน

$$U = 1/(\cdot68 + \cdot85 + \cdot68) = \cdot45 \text{ Btu/hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$$

ค่าความต้านทานความร้อนของชั้นอากาศ [1]**ภายใน :**

ความต้านทานความร้อนรวม (การแผ่รังสีความร้อนบวกการพาความร้อน) ของชั้นอากาศภายในเมื่ออยู่ในสภาวะการทำความเย็น ในสภาวะลมสงบนี้ :

$$\text{ผนังแนวตั้ง : } R_{\text{comb}} = 0.68 \text{ hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F/Btu}$$

$$\text{เพดาน : } R_{\text{comb}} = 0.92 \text{ hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F/Btu}$$

$$\text{พื้น : } R_{\text{comb}} = 0.61 \text{ hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F/Btu}$$

สมมติให้ $h_r = 0.9 \text{ Btu/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$, สัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่คำนวณได้จากโปรแกรมจึงเป็น :

$$\text{ผนังแนวตั้ง : } h_r = 0.57 \text{ hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F/Btu}$$

$$\text{เพดาน : } h_r = 0.187 \text{ hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F/Btu}$$

$$\text{พื้น : } h_r = 0.739 \text{ hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F/Btu}$$

ภายนอก :

สมมติให้ความเร็วลม 5 mile/hr (DOE-2 default) :

$$h_{\text{comb}} = 3.0 \text{ Btu/hr-ft}^2\text{-}^{\circ}\text{F}$$



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรม DOE-2.1E และการใช้ค่าทางสถิติมาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยจะมีรายละเอียดในหัวข้อต่างๆ ดังนี้

ผลการหาค่าแอมพลิจูด (amplitude) และค่าการหน่วงเวลา (delay)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การเลือกตัวแปรที่ใช้กำหนดลักษณะของห้อง

การเลือกชุด solar weighting factors และ conduction weighting factors ของห้องตัวแทน

6.1 ผลการหาค่าแอมพลิจูด (amplitude) และค่าการหน่วงเวลา (delay)

จากบทที่ 5 เมื่อกำหนดลักษณะของอาคาร ตำแหน่งที่ตั้งของอาคาร รวมทั้งลักษณะของห้องที่เกิดจากการรวมกันของตัวแปรต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้แล้วเป็นจำนวนทั้งหมด 192 ห้อง จึงนำข้อมูลดังกล่าวพร้อมกับเพิ่มข้อมูลภูมิอากาศออกแบบที่ได้จัดทำไว้แล้วมาเป็นเพิ่มข้อมูลขาเข้าของโปรแกรม DOE-2.1E ซึ่งโปรแกรม DOE-2.1E จะคำนวณค่าภาระการทำความเย็นของห้องแต่ละห้องโดยใช้หลักการของวิธี Transfer Function Method (TFM) โดยเริ่มจากขั้นตอนการเปลี่ยนค่าสภาวะอากาศภายนอกซึ่งได้แก่ รังสีแสงอาทิตย์องค์ประกอบต่างๆ และ อุณหภูมิกระเปาะแห้งที่อ่านได้จากเพิ่มข้อมูลสภาพอากาศไปเป็นค่าการถ่ายเทความร้อนที่ห้องได้รับ (heat gain) โดยใช้ชุด weighting factors ชุดหนึ่งซึ่งเรียกว่า conduction transfer function (CTF) ซึ่งขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาใช้เป็นกรอบอาคาร และในขั้นตอนที่สองจะทำการเปลี่ยนความร้อนที่ห้องได้รับไปเป็นภาระการทำความเย็น โดยใช้ชุด weighting factors อีกชุดหนึ่งที่เรียกว่า room transfer function (RTF) ซึ่งค่า weighting factors ชุดนี้จะขึ้นอยู่กับโครงสร้างกรอบอาคารและลักษณะต่างๆ ภายในห้อง สำหรับชุด weighting factors ที่สนใจคือชุด solar weighting factors สำหรับคำนวณภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากการส่องผ่านของรังสีแสงอาทิตย์ผ่านกระจกเข้ามาภายในห้อง ซึ่งจะนำไปใช้หาค่า SCL ต่อไป และชุด conduction weighting factors สำหรับคำนวณภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากการนำความร้อนผ่านผนังภายนอก หลังคา และกระจกซึ่งจะนำไปใช้หาค่า CLTD ต่อไป

ในการเปรียบเทียบ weighting factors ที่ได้มาจากระดับชั้นของตัวแปรที่ต่างกันจะสามารถสังเกตความแตกต่างได้ง่ายแต่จะเป็นการยากที่จะบอกได้ว่าความแตกต่างนั้นมีความสำคัญอย่างไร จึงแทนค่า weighting factors ดังกล่าวด้วย ค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลา วิธีการหาค่าแอมพลี

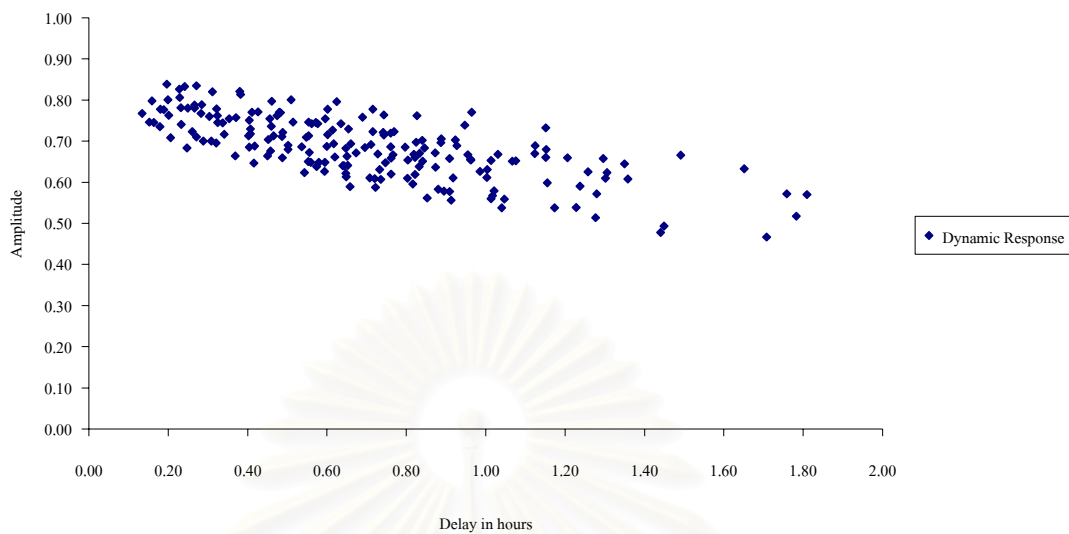
จุด และค่าการหน่วงเวลาของชุด solar weighting factors และชุด conduction weighting factors ได้แสดงไว้แล้วในบทที่ 3 ซึ่งวิธีการนี้ได้ถูกนำมาเขียนอยู่ในโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อหาค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลา โดยโปรแกรมนี้จะแสดงอยู่ในภาคผนวก ง.

ค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลาของ solar weighting factors และ conduction weighting factors ที่ได้จากโปรแกรมจะแสดงอยู่ในรูปที่ 6.1 และ 6.2 ตามลำดับ จากรูปที่ 6.2 จะเห็นได้ว่าจำนวนจุดที่เป็นตัวแทนของห้องมีน้อยกว่าจำนวนจุดในรูปที่ 6.1 เนื่องจากว่าจุด 1 จุดในรูปที่ 6.2 นั้นจะเป็นตัวแทนของชุดข้อมูลที่ให้ค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลาที่เหมือนกันอย่างน้อย 3 ชุด ซึ่งหากดูจากค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลาที่แสดงอยู่ในภาคผนวก ก. จะเห็นได้ว่าปริมาณอุปกรณ์ยังคงตกภายในไม่มีผลต่อการคำนวณค่า conduction weighting factors และจะเห็นได้ว่าในรูปที่ 6.1 มีลักษณะการกระจายตัวของจุดมากกว่าในรูปที่ 6.2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระดับชั้นของตัวแปรที่ใช้กำหนดลักษณะห้องมีผลต่อชุด solar weighting factors มากกว่าชุด conduction weighting factors

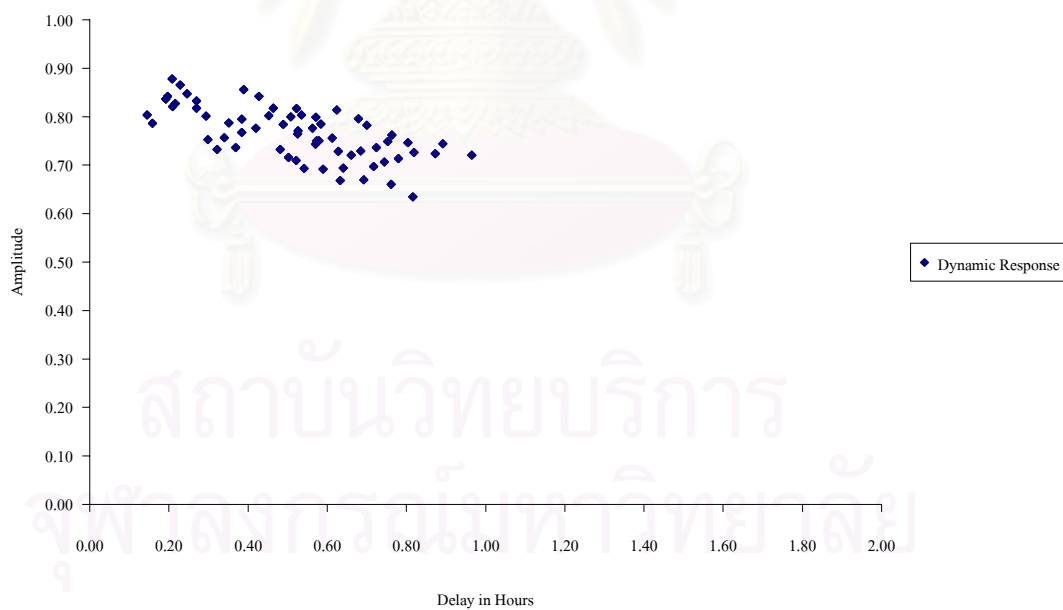
6.2 การวิเคราะห์ทางสถิติ

เนื่องจากสำหรับห้อง 1 ห้องจะมีค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลาที่ได้จาก weighting factors 2 ชุด คือใน ชุด solar weighting factors และชุด conduction weighting factors และมีห้องที่จะต้องทำการหาค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลาอยู่เป็นจำนวน 192 ห้อง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้วิธีการทางสถิติมาช่วยในการวิเคราะห์เพื่อหาระดับความสำคัญของตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการกำหนดลักษณะห้อง โดยในงานวิจัยนี้จะใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) ที่แสดงใน ASHRAE Project 359-RP [7] หลักการของวิธีการนี้คือ จะหาค่าเฉลี่ยของแอมพลิจูด และ ค่าการหน่วงเวลา โดยในแต่ละระดับชั้นของตัวแปรแต่ละตัวจะมีค่าเฉลี่ยของกลุ่มอยู่ 1 ค่า ยกตัวอย่างเช่นตัวแปรที่มี 2 ระดับชั้นจะแบ่งผลลัพธ์การคำนวณค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลาได้เป็น 2 กลุ่ม แต่ละกลุ่มจะมีค่าเฉลี่ยเป็นของตัวเอง ถ้าค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มมีค่าเท่ากันและเท่ากับค่าเฉลี่ยของกลุ่มใหญ่ก็จะแสดงว่าระดับชั้นของตัวแปรนั้นไม่มีผลต่อตัวแปรตัวอื่นๆ ซึ่งสรุปก็คือการแปรปรวนนี้บอกถึงระดับความสำคัญของตัวแปร

วิธีการนี้จะพิจารณาค่าเฉลี่ยของผลรวมของผลต่างกำลังสองของค่าเฉลี่ยของตัวแปรแต่ละตัวกับค่าเฉลี่ยรวมซึ่งเรียกว่า “ ค่าเฉลี่ยกำลังสอง ” (mean square, MS) ยกตัวอย่างเช่นเมื่อจะพิจารณาผลของตัวแปรตำแหน่งที่ตั้งของห้อง (zone location) ที่มีต่อ solar weighting factors จะกำหนดให้แอมพลิจูดของภาระการทำความเย็นคือ :



รูปที่ 6.1 แสดงแอมพลิจูด (amplitude) และค่าการหน่วงเวลา (delay) สำหรับ solar weighting factors



รูปที่ 6.2 แสดงแอมพลิจูด (amplitude) และค่าการหน่วงเวลา (delay) สำหรับ conduction weighting factors

$$A(i, j, k, l, m, n, o)$$

เมื่อ :

- i = ตำแหน่งที่ตั้งของโชน (1 = ห้องชั้นกลาง, 2 = ห้องชั้นบน)
 j = วัสดุปูพื้น (1 = พรมที่มีแผ่นยางรอง, 2 = กระเบื้องยาง)
 k = ผนังภายใน (1 = ผนังคอนกรีตบล็อก, 2 = ผนังยิปซัม)
 l = ปริมาณอุปกรณ์บังแดดภายใน (1 = 0%, 2 = 50%, 3=100%)
 m = พื้นห้องชั้นกลาง (1 = พื้นห้องคอนกรีต 3", 2 = พื้นห้องคอนกรีต 8")
 n = ลักษณะฝ้าเพดาน (1 = มีฝ้าเพดาน, 2 = ไม่มีฝ้าเพดาน)
 o = เฟอร์นิเจอร์ (1 = มีเฟอร์นิเจอร์, 2 = ไม่มีเฟอร์นิเจอร์)

ดังนั้นจะมีจำนวนกรณีทั้งหมด 192 ($= 2 \times 2 \times 2 \times 3 \times 2 \times 2 \times 2$) กรณีที่ให้ค่า solar weighting factors ต่างกัน ค่าเฉลี่ยรวม (grand mean) คือ

$$A_{avg}(x, x, x, x, x, x, x) = \frac{\text{Sum}\{A(i, j, k, l, m, n, o)\}}{192} \quad (6.1)$$

เมื่อ :

x = ตัวแปรต่างๆที่ได้กำหนดไว้

$A_{avg}(x, x, x, x, x, x, x)$ = ค่าเฉลี่ยของแอมพลิจูดของกรณีทั้งหมด

$\text{Sum}\{A(i, j, k, l, m, n, o)\}$ = ผลรวมของแอมพลิจูดของกรณีทั้งหมด

ตัวอย่าง : การหาค่า MS ของค่าแอมพลิจูดของตัวแปรตำแหน่งที่ตั้งของห้อง ซึ่งมีระดับชั้นเท่ากับ 2 (ห้องชั้นกลาง, ห้องชั้นบน)

ห้องชั้นกลาง : (มี 96 ห้อง)

$$A_{avg}(1, x, x, x, x, x, x) = \frac{\text{Sum}\{A(1, j, k, l, m, n, o)\}}{96} \quad (6.2)$$

เมื่อ :

$A_{avg}(1, x, x, x, x, x, x)$ = ค่าเฉลี่ยของแอมพลิจูดของห้องชั้นกลาง

$\text{Sum}\{A(1, j, k, l, m, n, o)\}$ = ผลรวมของแอมพลิจูดของห้องชั้นกลาง

ห้องชั้นบน : (มี 96 ห้อง)

$$A_{avg}(2, x, x, x, x, x, x) = \frac{\text{Sum}\{A(2, j, k, l, m, n, o)\}}{96} \quad (6.3)$$

เมื่อ :

$$A_{avg}(2, x, x, x, x, x, x) = \text{ค่าเฉลี่ยของแอมพลิจูดของห้องชั้นบน}$$

$$\text{Sum}\{A(2, j, k, l, m, n, o)\} = \text{ผลรวมของแอมพลิจูดของห้องชั้นบน}$$

ผลรวมกำลังสอง (sum of square, SS) สำหรับตัวแปรตำแหน่งที่ตั้งของห้องคือ :

$$SS = 96[A_{avg}(1, x, x, x, x, x, x) - A_{avg}(x, x, x, x, x, x, x)]^2 + 96[A_{avg}(2, x, x, x, x, x, x) - A_{avg}(x, x, x, x, x, x, x)]^2 \quad (6.4)$$

ค่า SS จะถูกนำมาหารด้วยค่าองศาอิสระ (degree of freedom) ซึ่งมีค่าเท่ากับจำนวนระดับชั้นที่บอกถึงจำนวนการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรลบออกด้วย 1 สำหรับตัวแปรตำแหน่งที่ตั้งของห้องนั้น มีจำนวนระดับชั้นเป็น 2 ดังนั้นจะได้ว่า

$$MS = \frac{SS}{2-1} \quad (6.5)$$

วิธีการที่กล่าวมานี้จะนำไปใช้กับทุกตัวแปร โดยที่ค่า MS จะเป็นดัชนีที่ใช้บอกค่าความสำคัญของตัวแปร ดังนั้นตัวแปรที่มีค่า MS สูงจะหมายความว่า การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตัวนั้นมีผลต่อค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลามาก ซึ่งแสดงว่ามีความสำคัญมากนั่นเอง ทั้งนี้เนื่องจากว่าทั้งค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลาที่มีผลต่อการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด (peak load) ดังนั้นค่า MS จึงถูกกำหนดขึ้นใหม่โดยนำผลของค่า MS ของแอมพลิจูด และ MS ของค่าการหน่วงเวลา มาพิจารณาพร้อมกัน โดยจะอยู่ในรูป

$$MS = MS_{delay} + (3 \times MS_{amplitude}) \quad (6.6)$$

ที่เป็นไปตามสมการนี้เพราะว่า ค่าการหน่วงเวลานั้นสามารถมีค่าได้ถึง 3 ชั่วโมงในขณะที่แอมพลิจูดนั้นจะมีค่าน้อยกว่า 1 อยู่เสมอ การรวมกันนี้จะทำให้ค่าทั้ง 2 ค่านี้มีระดับความสำคัญใกล้เคียงกัน ค่า MS นี้บ่งบอกถึงผลของ “first order” ซึ่งแสดงถึงความสำคัญของตัวแปรแต่ละตัวที่มีต่อตัวแปรทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

หลังจากที่ได้นำตัวแปรทั้งหมด 7 ตัวแปรมาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนโดยจะได้ผลลัพธ์เป็นค่า MS ของแอมพลิจูด MS ของค่าการหน่วงเวลา และ MS รวม ของแต่ละตัวแปรแล้ว จึงนำค่าดังกล่าวมาแสดงอยู่ในตารางที่ 6.1 และ ตารางที่ 6.2 โดยในตารางที่ 6.1 จะแสดงถึงค่าองศาอิสระ (DF) ซึ่งมีค่าเท่ากับจำนวนระดับขั้นของตัวแปรลบออกด้วย 1 ค่าผลรวมกำลังสอง (SS) ค่า MS ของแอมพลิจูด ค่า MS ของค่าการหน่วงเวลา และ ค่า MS รวม $((3 \times A)+D)$ ของตัวแปรต่างๆ ของชุด solar weighting factors และ ในตารางที่ 6.2 จะแสดงถึงค่าองศาอิสระ (DF) ค่าผลรวมกำลังสอง (SS) ค่า MS ของแอมพลิจูด ค่า MS ของค่าการหน่วงเวลา และค่า MS รวม $((3 \times A)+D)$ ของตัวแปรต่างๆ ของชุด conduction weighting factors

ตารางที่ 6.1 แสดงค่าความแปรปรวนของ solar weighting factors

<u>ตัวแปร</u>	<u>DF</u>	<u>SS</u>	<u>MS</u>	
ตำแหน่งที่ตั้งของห้อง	: Amplitude	1	0.07	0.07
	: Delay	1	0.19	0.19
	: $(3 \times A)+D$			0.40
วัสดุปูพื้น	: Amplitude	1	0.13	0.13
	: Delay	1	7.29	7.29
	: $(3 \times A)+D$			7.68
โครงสร้างผนังภายใน	: Amplitude	1	0.39	0.39
	: Delay	1	8.28	8.28
	: $(3 \times A)+D$			9.45
อุปกรณ์บังแดดภายใน	: Amplitude	2	0.11	0.06
	: Delay	2	3.59	1.80
	: $(3 \times A)+D$			1.98
โครงสร้างพื้น	: Amplitude	1	0.18	0.18
	: Delay	1	0.71	0.71
	: $(3 \times A)+D$			1.25
ลักษณะฝ้าเพดาน	: Amplitude	1	0.01	0.01
	: Delay	1	0.30	0.30
	: $(3 \times A)+D$			0.33

ตารางที่ 6.1 แสดงค่าความแปรปรวนของ solar weighting factors (ต่อ)

<u>ตัวแปร</u>		<u>DF</u>	<u>SS</u>	<u>MS</u>
เฟอรันิเจอร์	: Amplitude	1	0.07	0.07
	: Delay	1	1.28	1.28
	: (3 ×A)+D			1.49

ตารางที่ 6.2 แสดงค่าความแปรปรวนของ conduction weighting factors

<u>ตัวแปร</u>		<u>DF</u>	<u>SS</u>	<u>MS</u>
ตำแหน่งที่ตั้งของห้อง	: Amplitude	1	0.10	0.10
	: Delay	1	0.32	0.32
	: (3 ×A)+D			0.62
วัสดุปูพื้น	: Amplitude	1	0.04	0.04
	: Delay	1	1.78	1.78
	: (3 ×A)+D			7.68
โครงสร้างผนังภายใน	: Amplitude	1	0.24	0.24
	: Delay	1	4.74	4.74
	: (3 ×A)+D			5.46
อุปกรณ์บังแดดภายใน	: Amplitude	2	0.00	0.00
	: Delay	2	0.00	0.00
	: (3 ×A)+D			0.00
โครงสร้างพื้น	: Amplitude	1	0.09	0.09
	: Delay	1	0.45	0.45
	: (3 ×A)+D			0.72
ลักษณะฝ้าเพดาน	: Amplitude	1	0.00	0.00
	: Delay	1	0.19	0.19
	: (3 ×A)+D			0.10
เฟอรันิเจอร์	: Amplitude	1	0.02	0.02
	: Delay	1	0.10	0.10
	: (3 ×A)+D			0.16

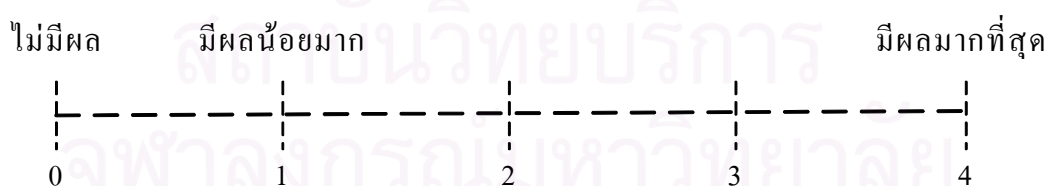
6.3 การเลือกตัวแปรที่ใช้กำหนดลักษณะของห้อง

จากตารางที่ 6.1 และ ตารางที่ 6.2 จะเห็นได้ว่าในชุดของ solar weighting factors และ conduction weighting factors ตัวแปรแต่ละตัวจะมีระดับความสำคัญไม่เท่ากัน โดยดูได้จากค่า MS รวม $((3 \times A)+D)$ เมื่อนำค่า MS รวมของตัวแปรแต่ละตัวในชุด solar weighting factors และ conduction weighting factors มาจัดระดับความสำคัญ โดยเปรียบเทียบกับค่า MS รวม ของตัวแปรตัวอื่นใน weighting factors ชุดเดียวกัน และให้มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง 4 โดยระดับ 4 หมายถึงระดับความสำคัญที่มากที่สุด และ 0 หมายถึงไม่มีความสำคัญเลย ตัวอย่างเช่น สำหรับชุด solar weighting factors ค่า MS รวมที่เป็น 0 จะหมายถึงตัวแปรที่ไม่มีระดับความสำคัญเลย ค่า MS รวมที่มีค่า 0-1 จะหมายถึงตัวแปรที่มีระดับความสำคัญเป็น 1 ค่า MS รวมที่มีค่า 1-3 จะหมายถึงตัวแปรที่มีระดับความสำคัญเป็น 2 ค่า MS รวมที่มีค่า 3-7 จะหมายถึงตัวแปรที่มีระดับความสำคัญเป็น 3 และ ค่า MS รวมที่มีค่า 7-10 จะหมายถึงตัวแปรที่มีระดับความสำคัญเป็น 4 ก็จะได้ผลดังตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 แสดงระดับความสำคัญของตัวแปรแต่ละตัวจากค่า MS รวม $((3 \times A)+D)$ ที่หามาได้

ชนิด Weighting Factor	ตำแหน่งที่ตั้งของห้อง	วัสดุปูพื้น	ผนังภายใน	อุปกรณ์บังแดดภายใน	พื้นที่ห้อง	เพดาน	เฟอร์นิเจอร์
Solar	1	4	4	2	2	1	2
Conduction	1	2	4	0	1	1	1

เมื่อ :



จากตารางที่ 6.3 จะแสดงให้เห็นว่า สำหรับชุด solar weighting factors ตัวแปรที่มีความสำคัญสูงสุดคือ วัสดุปูพื้น และ ผนังภายใน ในขณะที่ตัวแปรตำแหน่งที่ตั้งของห้อง และ ลักษณะฝ้าเพดานมีความสำคัญน้อยที่สุด และสำหรับชุด conduction weighting factors ตัวแปรที่มีความสำคัญสูงสุดคือ ผนังภายใน ในขณะที่ตัวแปรอุปกรณ์บังแดดภายใน มีความสำคัญน้อยสุด

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ดังนี้คือ

1) ตัวแปรที่มีความสำคัญน้อยทั้งต่อชุด solar weighting factors และชุด conduction weighting factors คือ ตำแหน่งที่ตั้งของห้อง ลักษณะพื้นห้อง ลักษณะฝ้าเพดาน และเฟอร์นิเจอร์จึงสามารถตัดตัวแปรเหล่านี้ออกได้โดยไม่มีผลต่อความถูกต้องมากนัก

2) ตัวแปรที่เป็นปริมาณอุปกรณ์บังแดด สำหรับชุด conduction weighting factors มีค่า $(3 \times A) + D$ เป็น 0 ซึ่งแสดงว่าเป็นตัวแปรที่ไม่มีความสำคัญจึงตัดตัวแปรนี้ออกจากชุด conduction weighting factors

3) จากรูปที่ 6.2 แสดงให้เห็นว่าลักษณะการกระจายตัวของจุดต่างๆ ที่เป็นตัวแทนของห้อง ลักษณะต่างๆ มีลักษณะเป็นกลุ่มก่อนมีค่า แอมพลิจูด และค่าหน่วยเวลา ไม่ห่างกันมากนักและเมื่อเทียบค่า MS ของค่าแอมพลิจูด และค่า MS ของค่าการหน่วงเวลาของชุด conduction weighting factors กับชุด solar weighting factors จะพบว่าผลกระทบจากตัวแปรแต่ละตัวจะมีน้อยกว่า ดังนั้นจึงสามารถแทนค่าจุดต่างๆ ได้ด้วยจุดเพียงจุดเดียว

4) ดังนั้นจะได้ว่า

Conduction : กำหนดลักษณะของห้องที่เป็นตัวแทน 1 ห้อง

Solar : กำหนดลักษณะของห้องจากตัวแปร 3 ตัว คือ วัสดุปูพื้น (2ระดับ) ผงังกายใน (2 ระดับ) และอุปกรณ์บังแดดภายใน (3ระดับ)

จะมีห้อง (โชน) ตัวแทนทั้งหมด = $1 \times (2 \times 2 \times 3) = 12$ ห้อง (โชน)

6.4 การเลือกชุด solar weighting factors และ conduction weighting factors ของห้องตัวแทน

เนื่องจากจำนวนของห้องตัวแทน 12 ห้องนั้นยังมีจำนวนมากเกินกว่าที่จะจัดทำให้อยู่ในรูปแบบของตารางได้จึงได้ทำการตีกรอบสี่เหลี่ยมเพื่อจัดกลุ่มให้กับโชนต่างๆ ซึ่งกรอบสี่เหลี่ยมนี้จะต้องครอบคลุมโชนต่างๆ ให้ได้มากที่สุด และมีพื้นที่ครอบคลุมตั้งแต่ค่าสูงสุดถึงค่า 80% ของภาระการทำคามเย็น (+0%, -20% ของแอมพลิจูด) ในแนวตั้ง และครอบคลุมค่าการหน่วงเวลาในช่วงเวลา $\pm 1/2$ ชั่วโมงนับจากค่าที่อยู่กึ่งกลางในแนวระดับ โดยที่จุดทุกจุดที่อยู่ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้จะแทนได้ด้วยจุดๆ หนึ่งซึ่งเป็นจุดที่ให้ค่าชุด weighting factors ที่ใช้ในการหาค่า CLTD และ SCL ซึ่งจุดๆ นี้คือจุดที่อยู่ใกล้กับจุดกึ่งกลางสูงสุด (Top centroid) ของกลุ่มมากที่สุด โดยหาได้จากสมการ

$$D_{ij} = \left[(a_i - a_j)^2 + (d_i - d_j)^2 \right]^{1/2} \quad (6.7)$$

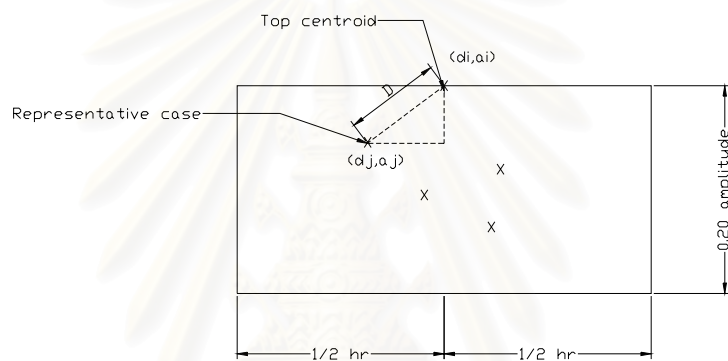
เมื่อ

a_i, a_j = แอมพลิจูดของจุดกึ่งกลางสูงสุด และจุดใดๆที่อยู่ในกรอบสี่เหลี่ยมตามลำดับ

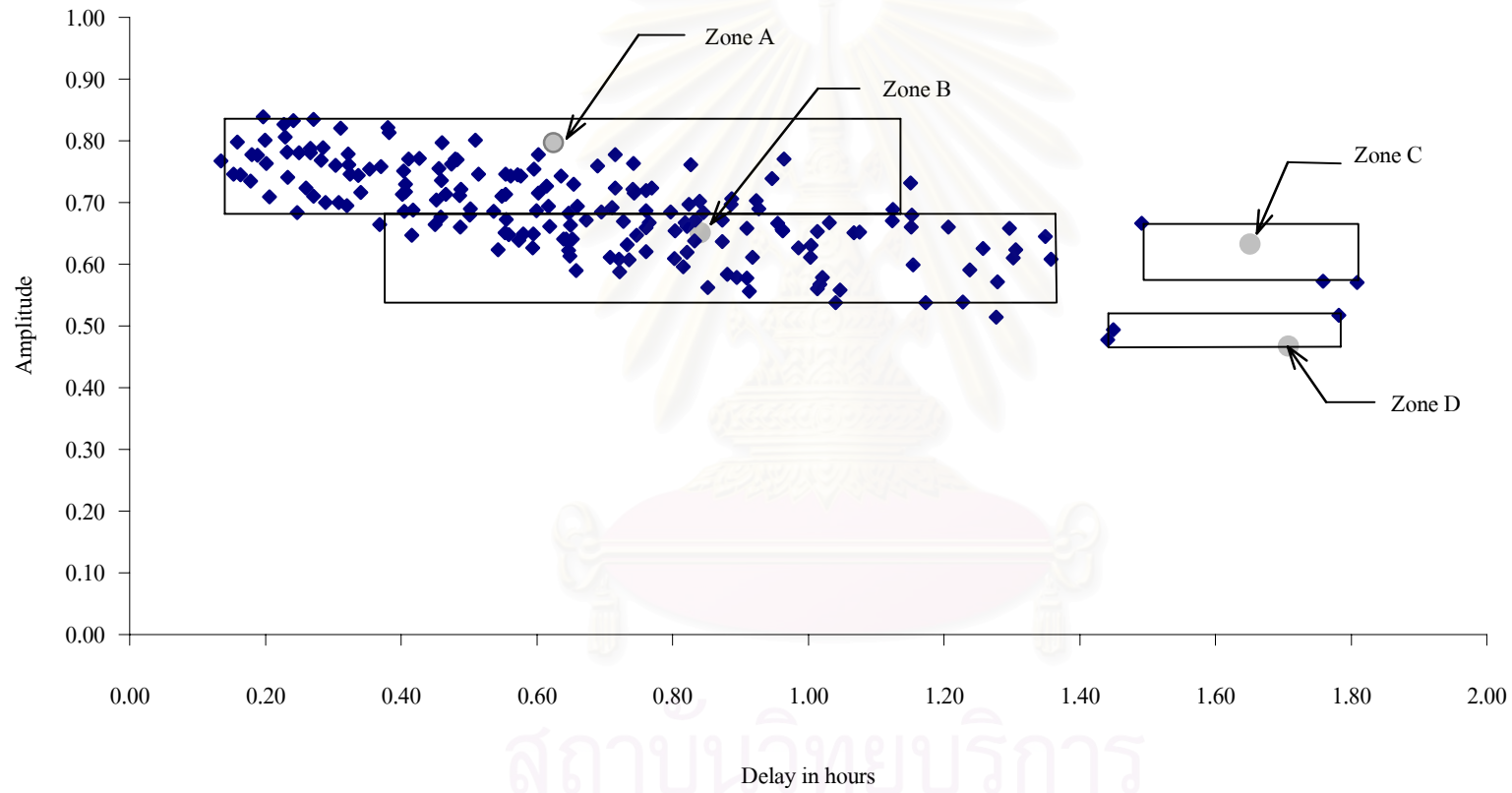
d_i, d_j = ค่าการหน่วงเวลาของจุดกึ่งกลางสูงสุด และจุดใดๆที่อยู่ในกรอบสี่เหลี่ยมตามลำดับ

D_{ij} = ระยะทางระหว่างจุดใดๆ กับจุดกึ่งกลางสูงสุด

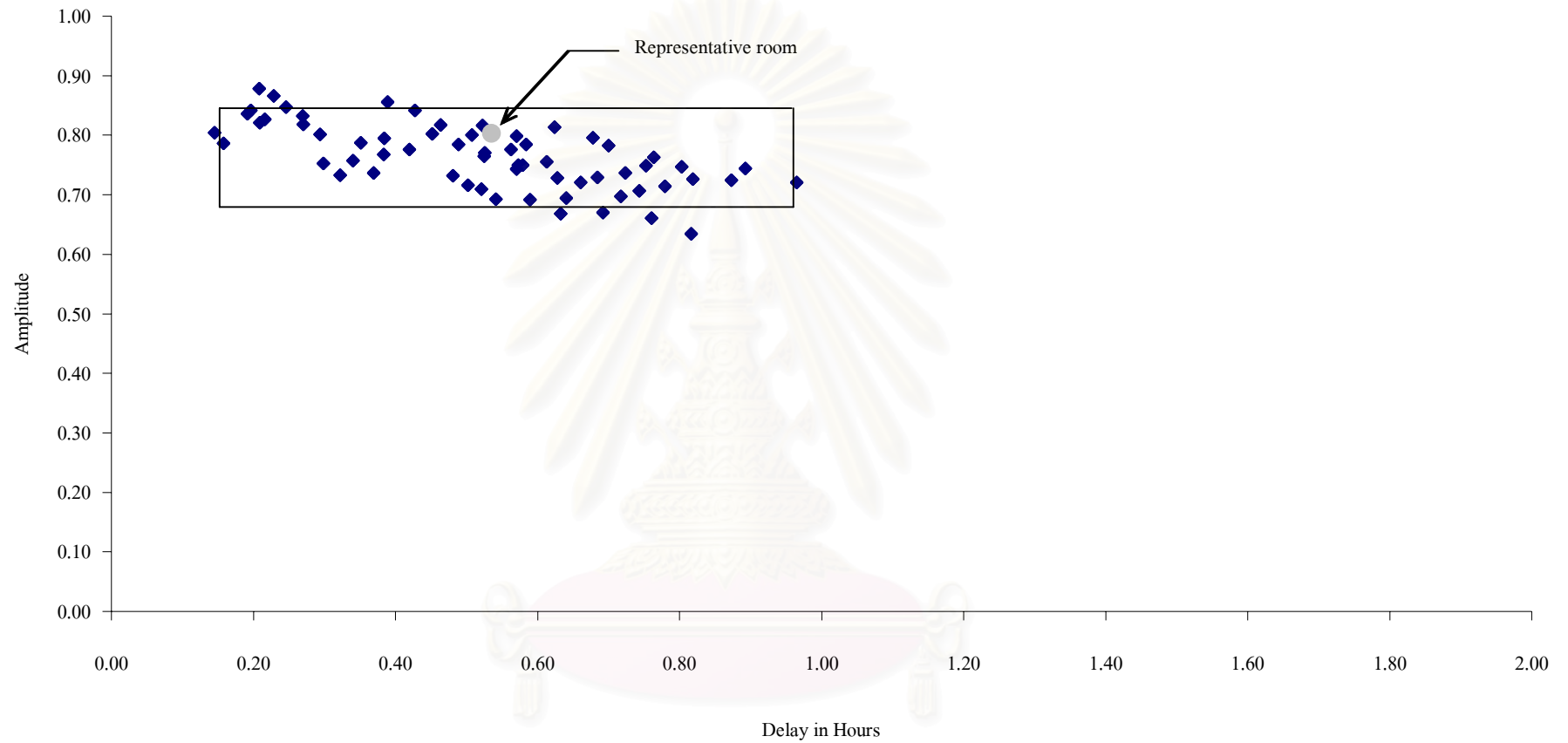
รูปที่ 6.3 จะแสดงขอบเขตของกรอบสี่เหลี่ยมที่ใช้จัดกลุ่มโซนพร้อมทั้งจุดที่เป็นตัวแทนของกลุ่ม ส่วนรูปที่ 6.4 และ 6.5 จะแสดงกรอบสี่เหลี่ยมที่กำหนดขึ้นมาเพื่อจัดกลุ่มโซน และจุดที่เป็นห้องตัวแทนของแต่ละกลุ่มสำหรับ ชุด solar weighting factors ซึ่งแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม และชุด conduction weighting factors ที่แบ่งได้เป็น 1 กลุ่มตามลำดับ



รูปที่ 6.3 แสดงขอบเขตของกรอบสี่เหลี่ยมที่ใช้จัดกลุ่มโซนพร้อมทั้งจุดที่เป็นตัวแทนของกลุ่ม



รูปที่ 6.4 แสดงกรอบสี่เหลี่ยมที่กำหนดขึ้นมาเพื่อจัดกลุ่ม โชนของชุด solar weighting factors



รูปที่ 6.5 แสดงกรอบสี่เหลี่ยมที่กำหนดขึ้นมาเพื่อจัดกลุ่ม โชนของชุด conduction weighting factors

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 7

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึง ผลสรุปของการวิเคราะห์ความสำคัญของตัวแปรต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้ ต่อค่าการกระทำความร้อน โดยจะพิจารณาจากค่าความแปรปรวนที่รวมผลของแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลา (MS รวม) แสดงถึงชุด weighting factor ค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลาของห้องตัวแทน ทั้งในชุดของ solar weighting factors และ conduction weighting factors รวมทั้งยังแสดงถึงขอบเขตของกรอบสี่เหลี่ยมที่ใช้จัดกลุ่มโซนทั้งในชุดของ solar weighting factors และ conduction weighting factors สุดท้ายจะนำเสนอ ตารางค่าความแตกต่างอุณหภูมิการกระทำความร้อน (CLTD) สำหรับคำนวณการกระทำความร้อนจากการนำความร้อนผ่านหลังคา 3 ชนิด ตาราง CLTD สำหรับคำนวณการกระทำความร้อนจากการนำความร้อนกระจก ตาราง CLTD สำหรับคำนวณการกระทำความร้อนจากการนำความร้อนผนังภายนอก 7 ชนิด และตารางค่าการกระทำความร้อน (SCL) สำหรับคำนวณการกระทำความร้อนอันเนื่องมาจากรังสีแสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านกระจกเข้ามา รวมทั้งข้อเสนอแนะจากการศึกษาครั้งนี้

7.1 สรุปผลการวิจัย

จากบทที่ 6 เมื่อได้ห้องตัวแทนสำหรับชุด solar weighting factors ซึ่งแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม และชุด conduction weighting factors ที่แบ่งได้เป็น 1 กลุ่ม แล้วจึงนำค่าต่างๆมาจัดแสดงไว้ในตาราง โดยที่ในตารางที่ 7.1 จะแสดงชุด solar weighting factors (v_0, v_1, v_2, w_1, w_2) ของห้องตัวแทนทั้ง 4 ห้อง โดยกำหนดเป็นห้องชนิดต่างๆ กัน 4 แบบ คือ ห้องแบบ A, B, C, และ D ซึ่งแต่ละห้องจะมีรายละเอียดแสดงลักษณะต่างๆ ตามสัญลักษณ์ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ใช้แทนตัวแปรที่ใช้กำหนดลักษณะห้องตามที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 5 และยังแสดงค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลาของห้องตัวแทนทั้ง 4 ห้องไว้ด้วย ส่วนในตารางที่ 7.2 จะแสดงขอบเขตของกรอบสี่เหลี่ยมที่ใช้จัดกลุ่มโซนของชุด solar weighting factors ทั้ง 4 กลุ่ม และจำนวนข้อมูล (ห้อง) ในแต่ละกลุ่มที่กรอบสี่เหลี่ยมครอบคลุมถึง ซึ่งจะมีจำนวนข้อมูล (ห้อง) อยู่ 3 ข้อมูลที่ไม่สามารถจัดให้อยู่ในกลุ่มใดได้เลย โดยการกำหนดขอบเขตของกรอบสี่เหลี่ยมนั้นเพื่อให้เป็นไปตามจุดประสงค์ของการคำนวณการสูงสุดดังนั้นจึงกำหนดให้ค่าแอมพลิจูดมีค่าต่ำสุดที่ค่า 80% ของค่าแอมพลิจูดสูงสุด ซึ่งก็คือค่าแอมพลิจูดของห้องแต่ละห้องที่อยู่ภายในกรอบสี่เหลี่ยมจะมีขอบเขตอยู่ในช่วง +0% และ -20% ของค่าแอมพลิจูดสูงสุด สำหรับค่าการหน่วงเวลานั้นเนื่องจากการคำนวณอยู่บนพื้นฐานรายชั่วโมงทำให้กำหนดขอบเขตของค่าการหน่วงเวลาไว้มากที่สุด ที่ 1 ชั่วโมง ซึ่งก็คือค่าการหน่วง

เวลาของห้องแต่ละห้องที่อยู่ภายในกรอบสี่เหลี่ยมจะมีขอบเขตอยู่ในช่วง $\pm 1/2$ ชั่วโมง ของค่าการ
หน่วงเวลาที่อยู่ที่กึ่งกลางของกรอบสี่เหลี่ยม

ตารางที่ 7.1 แสดงชุด solar weighting factors ของห้องตัวแทนทั้ง 4 ห้อง

Zone Label	Zone Type	Amp	Del	v0	v1	v2	w1	w2
TP-N1-WL1-50-3C- TL-PT2-RT1-NC- WFN-ND	A	0.796	0.625	0.60193	-0.76599	0.20953	-1.44739	0.49981
MD-N1-WL1-50-3C- CP-PT1-CL-WFN- ND	B	0.651	0.841	0.54764	-0.68210	0.18974	-1.36172	0.42438
MD-N1-WL1-50-3C- TL-PT1-NC-NFN-ND	C	0.633	1.651	0.33452	-0.35483	0.06562	-1.48151	0.53313
MD-N1-WL1-50-8C- TL-PT1-NC-NFN-ND	D	0.467	1.707	0.52828	-0.66271	0.18013	-1.36112	0.41302

ตารางที่ 7.2 แสดงขอบเขตของกรอบสี่เหลี่ยมที่ใช้จัดกลุ่มโซนของชุด solar weighting factors

Zone Type	No. Plots	Amplitude		Delay		Amp Ratio	Del Dif
		Max	Min	Max	Min		
A	107	0.838	0.671	1.134	0.134	0.80	1.00
B	74	0.671	0.537	1.369	0.369	0.80	1.00
C	4	0.666	0.570	1.809	1.491	0.86	0.32
D	4	0.518	0.467	1.782	1.441	0.90	0.34

ส่วนในตารางที่ 7.3 จะแสดงชุด conduction weighting factors ของห้องตัวแทน และ ตารางที่ 7.4 จะแสดงขอบเขตของกรอบสี่เหลี่ยมที่ใช้จัดกลุ่มโซนของชุด conduction weighting factors ที่มีห้องตัวแทนเพียงห้องเดียว โดยกรอบสี่เหลี่ยมที่กำหนดขึ้นมาจะครอบคลุมห้องทั้งหมด 171 ห้อง ส่วนอีก 21 ห้องนั้นมีค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลาอยู่นอกเหนือจากขอบเขตที่ได้ กำหนดไว้

ตารางที่ 7.3 แสดงชุด conduction weighting factors ของห้องตัวแทน

Zone Label	Amp	Del	v0	v1	v2	w1	w2
TP-N1-WL1-50-3C- CP-PT1-RT1-NC- WFN-ND	0.803	0.535	0.68871	-0.68279	0.13031	-1.08824	0.23888

ตารางที่ 7.4 แสดงขอบเขตของกรอบสี่เหลี่ยมที่ใช้จัดกลุ่มโซนของชุด conduction weighting factors

No. Plots	Amplitude		Delay		Amp Ratio	Del Dif
	Max	Min	Max	Min		
171	0.838	0.671	1.13448	0.13448	0.80	1.00

สำหรับชุด conduction weighting factors นั้นเนื่องจากในจำนวนห้องทั้ง 192 ห้องที่นำมา หาค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลานั้นตัวแปรที่ใช้กำหนดโครงสร้างของผนังภายนอก และ หลังคานั้นไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงดังนั้นการหาค่า conduction weighting factors ของผนังภายนอก อีก 6 ชนิด และหลังคาอีก 2 ชนิดที่เหลือนั้น จึงต้องกำหนดให้ตัวแปรทั้ง 2 ตัวนี้มีการเปลี่ยนแปลง เพื่อผลการคำนวณจะได้มีความถูกต้องมากขึ้น ส่วนตัวแปรอื่นๆ ที่เหลือก็นำมาจากลักษณะของ ห้องตัวแทนที่หามาได้ ดังนั้นจึงทำการหาชุด conduction weighting factors สำหรับผนังภายนอก และหลังคาชนิดอื่นๆ ที่เหลือได้โดยกำหนดลักษณะห้องดังนี้

ผนังภายนอก :

ลักษณะของห้องแทนด้วย : TP-N1-XX-50-3C-CP-PT1-RT1-NC-WFN-ND

โดยที่ XX แทนด้วยโครงสร้างผนังภายนอก ชนิดที่ 2 ถึง ชนิดที่ 7 ตาม ตารางที่ 5.3 คือ ผนังอาคารมีฉนวน ผนังคอนกรีตบล็อกมีช่องว่าง ผนังคอนกรีตฉาบปูน ผนังอิฐมวลเบาปูน 2 ด้าน ผนังอิฐมวลเบาสำเร็จรูป และ ผนังคอนกรีตบล็อก ตามลำดับ และตัวอักษรแทนตัวแปรต่างๆ คูได้จากการกำหนดสัญลักษณ์ให้กับตัวแปรในระดับชั้นต่างๆ ในบทที่ 5

หลังคา :

ลักษณะของห้องแทนด้วย : TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-XX-YY-WFN-ND

โดยที่ XX แทนด้วยโครงสร้างหลังคาชนิดที่ 2 (RT2) คือ หลังคาคอนกรีตฉาบปูนมีช่องว่าง และโครงสร้างหลังคาชนิดที่ 3 (RT3) คือ หลังคา EIFS (External Insulating Finishing System) ตามตารางที่ 5.4 และ YY แทนด้วยลักษณะฝ้าเพดาน คือมีฝ้าเพดาน (CL) และไม่มีฝ้าเพดาน (NC)

ทำให้ได้ชุด conduction weighting factors พร้อมทั้งค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลา สำหรับห้องที่มีผนังภายนอกต่างกัน 7 ชุด โดยแสดงอยู่ในตารางที่ 7.5 และ ชุด conduction weighting factors พร้อมทั้งค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลาสำหรับห้องที่มีหลังคาต่างกัน 6 ชุด โดยแสดงอยู่ในตารางที่ 7.6

ตารางที่ 7.5 แสดงชุด conduction weighting factors ของห้องตัวแทนที่มีผนังภายนอกแตกต่างกัน

Wall	Zone Label	Amp	Del	v0	v1	v2	w1	w2
1	TP-N1-WL1-50-3C-CP-							
	PT1-RT1-NC-WFN-ND	0.803	0.535	0.68871	-0.68279	0.13031	-1.08824	0.23888
2	TP-N1-WL2-50-3C-CP-							
	PT1-RT1-NC-WFN-ND	0.821	0.550	0.69160	-0.67784	0.13019	-1.08803	0.24519
3	TP-N1-WL3-50-3C-CP-							
	PT1-RT1-NC-WFN-ND	0.786	0.597	0.66737	-0.65107	0.12230	-1.07566	0.22997
4	TP-N1-WL4-50-3C-CP-							
	PT1-RT1-NC-WFN-ND	0.787	0.500	0.67510	-0.65216	0.12078	-1.06230	0.22717
5	TP-N1-WL5-50-3C-CP-							
	PT1-RT1-NC-WFN-ND	0.781	0.500	0.66986	-0.65422	0.12514	-1.07240	0.23518
6	TP-N1-WL6-50-3C-CP-							
	PT1-RT1-NC-WFN-ND	0.794	0.508	0.67889	-0.65753	0.12265	-1.06712	0.23062
7	TP-N1-WL7-50-3C-CP-							
	PT1-RT1-NC-WFN-ND	0.809	0.528	0.69165	-0.66035	0.11904	-1.05190	0.21840

ตารางที่ 7.6 แสดงชุด conduction weighting factors ของห้องตัวแทนที่มีหลังคาแตกต่างกัน

Roof	Zone Label	Amp	Del	v0	v1	v2	w1	w2
1 (CL)	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-CL-WFN-ND	0.776	0.563	0.68423	-0.67419	0.11575	-1.06467	0.20342
1 (NC)	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-NC-WFN-ND	0.803	0.535	0.68871	-0.68279	0.13031	-1.08824	0.23888
2 (CL)	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT2-CL-WFN-ND	0.754	0.509	0.67936	-0.59834	0.05666	-0.94699	0.10430
2 (NC)	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT2-NC-WFN-ND	0.744	0.563	0.64265	-0.65481	0.14010	-1.10305	0.25475
3 (CL)	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT3-CL-WFN-ND	0.765	0.573	0.68237	-0.62142	0.07164	-0.98427	0.13003
3 (NC)	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT3-NC-WFN-ND	0.819	0.291	0.77053	-0.76034	0.10898	-1.03001	0.16235

การกำหนดลักษณะของห้องเพื่อใช้ในการหาค่า SCL จากตาราง

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าสำหรับชุด solar weighting factors จะได้ห้องตัวแทน 4 ห้อง โดยกำหนดให้เป็นแบบ A, B, C และ D ดังนั้นก่อนที่จะเปิดตารางหาค่า SCL ผู้ใช้จะต้องรู้ว่าห้องที่มีลักษณะแบบ A, B, C และ D นั้นมีลักษณะที่สำคัญอย่างไร โดยจากการวิเคราะห์หาความสำคัญของตัวแปรในบทที่ 6 จะพบว่าตัวแปรที่มีความสำคัญที่มีผลต่อค่า solar weighting factors มากที่สุดคือ วัสดุปูพื้น ผนังภายใน และปริมาณอุปกรณ์บังแดดภายใน ดังนั้นจึงใช้ตัวแปรทั้ง 3 ตัวนี้ในการกำหนดลักษณะของห้อง ตารางที่ 7.7 จะแสดงชนิดของห้องที่เกิดจากการรวมกันของตัวแปรทั้ง 3 ตัว คือวัสดุปูพื้นซึ่งแบ่งเป็น 2 ระดับคือ พื้นปูด้วยพรม และพื้นปูด้วยกระเบื้องยาง ลักษณะโครงสร้างของผนังภายในซึ่งแบ่งเป็น 2 ระดับคือ ผนังที่มีโครงสร้างเป็นคอนกรีตบล็อก และผนังที่มีโครงสร้างเป็นอิฐฉาบ และปริมาณอุปกรณ์บังแดดภายใน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 0% 50% และ 100% ของพื้นที่ผนังภายนอก ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าจะมีลักษณะของห้องเพียง 2 แบบ เท่านั้น คือแบบ A และ B ที่ได้จากการรวมกันของตัวแปรทั้ง 3 ตัว ส่วนห้องที่มีลักษณะแบบ C และ D นั้นจะเป็นห้องที่เป็นตัวแทนของกลุ่มที่มีค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลาแตกต่างกันออกไปมากขึ้น

กว่าที่จะจัดให้อยู่ในกลุ่ม A และ B ได้ ดังที่ได้แสดงให้เห็นในรูปที่ 6.4 ซึ่งห้องที่มีลักษณะเป็นแบบ C และ D นั้นจะมีลักษณะเฉพาะตามที่ได้อธิบายไว้ในหมายเหตุท้ายตารางที่ 7.7

ตารางที่ 7.7 แสดงลักษณะของห้องที่เกิดขึ้นจากการรวมตัวกันของตัวแปรที่มีความสำคัญ เพื่อนำไปใช้กับตาราง SCL

ปริมาณ อุปกรณ์บัง แดดภายใน	ผนังภายในเป็นคอนกรีตบล็อก		ผนังภายในเป็นแผ่นอิปซัม	
	พื้นปูด้วยพรม	พื้นปูด้วยกระเบื้องยาง	พื้นปูด้วยพรม	พื้นปูด้วยกระเบื้องยาง
0%	A	B	A	A
50%	A	B	A	A
100%	A	A	A	A

หมายเหตุ :

- 1) ถ้าโครงสร้างของห้องเป็นแบบ พื้นห้องคอนกรีตหนา 3 นิ้ว (3C) พื้นปูด้วยกระเบื้องยาง (TL) ผนังภายในเป็นคอนกรีตบล็อก (PT1) ไม่มีเฟอร์นิเจอร์ (NFN) ไม่มีอุปกรณ์บังแดดภายใน (ND) ให้เลือกห้องเป็นกลุ่ม C นอกเหนือจากนั้นให้ใช้ค่าตามตาราง
- 2) ถ้าโครงสร้างของห้องเป็นแบบ พื้นห้องคอนกรีตหนา 8 นิ้ว (8C) พื้นปูด้วยกระเบื้องยาง (TL) ผนังภายในเป็นคอนกรีตบล็อก (PT1) ไม่มีเฟอร์นิเจอร์ (NFN) ไม่มีอุปกรณ์บังแดดภายใน (ND) ให้เลือกห้องเป็นกลุ่ม D นอกเหนือจากนั้นให้ใช้ค่าตามตาราง

การนำเสนอตาราง CLTD และ SCL

เมื่อได้ลักษณะของห้องตัวแทนทั้งชุดของ solar weighting factors และชุดของ conduction weighting factors แล้วจึงนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้เป็นข้อมูลขาเข้ากำหนดลักษณะของห้องให้กับโปรแกรม DOE-2.1E เพื่อให้โปรแกรมคำนวณภาระการทำความเย็น และนำค่าภาระการทำความเย็นที่ได้ไปหาค่า CLTD ของการนำความร้อนผ่านผนังภายนอก หลังคา และกระจกที่ได้กำหนดขึ้นมาโดยใช้สมการที่ 3.16 คือ

$$Q_{cond} = U \cdot A \cdot (CLTD) \quad (3.16)$$

เมื่อ

$$Q_{cond} = \text{ภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากการนำความร้อนผ่านผนังภายนอก หลังคา หรือ กระจก, Btu/hr}$$

U	=	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังภายนอก หรือ หลังคา หรือ กระจก, Btu/hr-ft ² -°F
A	=	พื้นที่ของผนังภายนอก หรือ หลังคา หรือ กระจก, ft ²
$CLTD$	=	Cooling Load Temperature Difference ของผนังภายนอก หรือ หลังคา หรือ กระจก, °F

และหาค่า SCL ของการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ผ่านกระจกโดยใช้สมการที่ 3.18 คือ

$$Q_{rad} = A \cdot (SC) \cdot (SCL) \quad (3.18)$$

เมื่อ

Q_{rad}	=	ภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ผ่านกระจก, Btu/hr
A	=	พื้นที่ของกระจก, ft ²
SC	=	สัมประสิทธิ์การบังแดด
SCL	=	Solar Cooling Load เมื่อมีและไม่มีที่บังแดดภายใน, Btu/hr·ft ²

โดยผลลัพธ์ที่ได้คือ ตารางที่ 7.8 จะแสดงค่า CLTD ของหลังคาทั้ง 3 ชนิดเมื่อมีและไม่มีฝ้าเพดาน ตารางที่ 7.9 จะแสดงค่า CLTD ของกระจก ตารางที่ 7.10 จะแสดงค่า CLTD ของผนังภายนอกทั้ง 7 ชนิดในทิศทางต่างๆ ทั้ง 8 ทิศ ตารางที่ 7.11 จะแสดงค่า SCL ของกระจกหน้าต่างที่หันหน้าไปในทิศทางต่างๆ ทั้ง 8 ทิศของห้องที่มีลักษณะเป็นห้องแบบ A, B, C และ D ตารางที่ 7.12 แสดงถึงโครงสร้าง คำนวณน้ำหนักต่อพื้นที่ และสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาทั้ง 3 ชนิดทั้งแบบมี และไม่มีฝ้าเพดาน ตารางที่ 7.13 แสดงถึงโครงสร้าง คำนวณน้ำหนักต่อพื้นที่ และสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังภายนอกทั้ง 7 ชนิด สุดท้ายตารางที่ 7.14 แสดงลักษณะส่วนประกอบต่างๆ ภายในห้องที่ใช้กำหนดกลุ่มโซนเพื่อหาค่า SCL

ตารางที่ 7.8 แสดง Cooling Load Temperature Differences (CLTD) สำหรับคำนวณภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากการนำความร้อนผ่านหลังคา (°F)

Roof	Hour																							
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1 (CL)	31	27	23	21	18	16	14	12	13	16	23	31	39	48	55	60	63	63	60	56	51	45	40	35
1 (NC)	26	23	20	17	15	13	11	11	14	20	29	39	49	57	63	66	67	64	59	53	46	40	35	30
2 (CL)	16	13	10	8	7	5	4	8	17	30	42	53	62	68	71	71	67	60	51	42	34	28	23	19
2 (NC)	8	6	4	3	2	1	2	10	25	42	57	67	75	78	77	73	64	53	41	30	22	17	13	10
3 (CL)	25	21	17	14	12	9	7	7	9	15	25	35	46	55	62	66	68	67	63	57	49	42	35	29
3 (NC)	13	11	8	6	5	3	2	3	11	23	38	52	64	72	77	78	75	69	59	48	37	29	22	17

- หมายเหตุ : 1. CL (ceiling) หมายถึงมีฝ้าเพดาน NC (non ceiling) หมายถึงไม่มีฝ้าเพดาน
 2. อุณหภูมิภายในห้อง 77 °F
 3. ความต้านทานฟิล์มอากาศภายนอก 0.333 hr-ft²-°F/Btu
 4. ความต้านทานฟิล์มอากาศภายใน 0.685 hr-ft²-°F/Btu

ตารางที่ 7.9 แสดง Cooling Load Temperature Differences (CLTD) สำหรับคำนวณภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากการนำความร้อนผ่านกระจก (°F)

Hour	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
CLTD	4	4	3	3	3	2	9	11	12	15	16	16	16	15	15	14	11	8	7	6	6	5	5	

- หมายเหตุ : 1. อุณหภูมิภายในห้อง 77 °F

ตารางที่ 7.10 แสดง Cooling Load Temperature Differences (CLTD) สำหรับคำนวณภาระการทำความเย็น
อันเนื่องมาจากการนำความร้อนผ่านผนังภายนอก (°F)

Wall Number 1																								
Wall	Hour																							
Face	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	19	18	17	16	15	14	13	12	13	14	16	18	20	22	23	24	25	25	26	25	24	23	22	21
NE	25	23	21	19	18	17	15	15	18	23	28	32	36	38	39	40	39	38	36	35	33	31	29	27
E	26	24	23	21	19	18	16	16	20	25	31	36	40	43	44	43	43	41	40	38	35	33	31	28
SE	22	21	19	18	16	15	14	14	15	18	22	26	30	32	33	34	33	33	32	31	29	27	26	24
S	16	15	14	13	12	12	11	10	10	10	11	13	14	16	18	19	20	20	20	20	19	19	18	17
SW	22	20	19	18	16	15	14	13	12	12	13	14	16	17	19	20	22	25	26	27	27	26	25	23
W	25	24	22	20	19	17	16	15	14	14	14	15	17	18	20	22	24	27	30	32	31	30	29	27
NW	24	22	20	19	18	16	15	14	13	13	14	15	16	18	19	21	23	26	28	29	29	28	27	25
Wall Number 2																								
Wall	Hour																							
Face	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	20	18	16	15	13	12	11	10	9	10	12	15	18	21	23	25	27	28	28	28	27	26	24	22
NE	24	21	19	17	15	13	12	11	11	14	20	28	35	40	44	45	45	43	41	39	36	33	29	26
E	25	22	20	18	16	14	12	11	11	15	22	31	39	45	48	50	49	47	45	42	38	35	31	28
SE	22	20	18	16	14	13	11	10	10	12	16	22	27	32	36	38	38	37	36	34	32	29	27	24
S	17	15	14	13	11	10	9	9	8	8	8	10	12	14	17	19	21	22	23	23	22	21	20	18
SW	24	22	20	17	16	14	12	11	10	9	9	10	12	15	17	19	22	24	27	29	30	30	28	26
W	28	26	23	20	18	16	14	12	11	10	10	11	13	15	17	20	23	26	30	33	35	35	34	31
NW	26	24	21	19	17	15	13	12	10	10	10	11	12	15	17	19	22	25	28	31	33	33	31	29

- หมายเหตุ : 1. พื้นผิวเป็นสีเข้ม
2. อุณหภูมิภายในห้อง 77 °F
3. ความต้านทานฟิล์มอากาศภายนอก 0.333 hr-ft²-°F/Btu
4. ความต้านทานฟิล์มอากาศภายใน 0.685 hr-ft²-°F/Btu

ตารางที่ 7.10 แสดง Cooling Load Temperature Differences (CLTD) สำหรับคำนวณภาระการทำความเย็น
อันเนื่องมาจากการนำความร้อนผ่านผนังภายนอก (°F) (ต่อ)

Wall Number 3																								
Wall	Hour																							
Face	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	14	12	11	10	9	8	7	8	11	16	20	23	26	28	29	30	30	29	28	26	23	21	18	16
NE	15	13	12	10	9	8	8	13	23	33	42	48	51	51	48	45	42	38	34	30	26	23	20	17
E	16	14	12	10	9	8	8	14	25	37	47	54	57	56	53	50	45	41	36	32	28	24	21	18
SE	14	13	11	10	9	8	7	10	17	25	32	38	42	42	41	40	37	34	31	28	24	21	19	16
S	12	11	10	9	8	7	6	6	7	9	12	16	19	22	23	24	25	24	23	21	19	17	15	14
SW	17	15	13	11	10	9	8	7	8	9	12	15	18	21	24	27	31	33	34	32	30	26	23	20
W	21	18	15	13	11	10	8	8	8	10	13	16	19	21	25	30	35	39	41	39	36	32	28	24
NW	19	16	14	12	11	9	8	7	8	10	12	16	18	21	25	28	33	36	37	36	33	29	25	22
Wall Number 4																								
Wall	Hour																							
Face	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	6	5	5	4	4	3	11	23	30	35	36	35	34	32	31	29	27	23	18	13	10	9	8	7
NE	6	5	5	4	4	3	30	59	70	73	68	59	47	38	33	28	24	20	16	12	10	9	8	7
E	6	6	5	4	4	3	34	67	79	83	77	65	51	40	34	29	25	20	16	13	10	9	8	7
SE	6	5	5	4	4	3	20	41	53	59	58	52	43	36	31	27	23	19	15	12	10	9	8	7
S	6	5	5	4	4	3	4	9	17	24	28	30	30	29	27	24	21	18	14	11	9	8	7	7
SW	7	6	5	4	4	4	4	8	16	22	26	28	30	33	38	42	43	36	25	17	13	10	9	8
W	7	6	5	5	4	3	4	8	16	22	26	28	30	36	46	53	56	47	32	20	15	12	10	8
NW	7	6	5	4	4	3	4	8	16	22	26	28	30	35	42	47	49	42	29	19	14	11	9	8

- หมายเหตุ : 1. พื้นผิวเป็นสีเข้ม
 2. อุณหภูมิภายในห้อง 77 °F
 3. ความต้านทานฟิล์มอากาศภายนอก 0.333 hr-ft²-°F/Btu
 4. ความต้านทานฟิล์มอากาศภายใน 0.685 hr-ft²-°F/Btu

ตารางที่ 7.10 แสดง Cooling Load Temperature Differences (CLTD) สำหรับคำนวณภาระการทำความเย็น
อันเนื่องมาจากการนำความร้อนผ่านผนังภายนอก (°F) (ต่อ)

Wall Number 5																								
Wall	Hour																							
Face	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	7	6	6	5	4	4	7	16	23	28	32	33	33	32	31	30	28	26	21	17	14	11	10	8
NE	7	6	6	5	4	4	16	39	54	63	65	61	53	45	38	33	28	24	19	16	13	11	9	8
E	7	6	6	5	4	4	17	44	61	72	74	69	58	48	40	34	29	24	20	16	13	11	10	8
SE	7	6	6	5	4	4	11	27	40	49	53	52	47	40	35	31	27	23	19	15	13	11	9	8
S	7	6	5	5	4	4	4	7	12	18	23	26	28	28	27	25	23	20	17	14	12	10	9	8
SW	8	7	6	5	5	4	4	6	11	17	21	25	27	30	34	39	41	38	31	23	18	14	12	10
W	9	8	7	6	5	4	4	6	11	17	21	25	27	32	39	47	51	49	39	29	22	17	13	11
NW	9	7	6	5	5	4	4	6	11	17	21	25	27	31	37	42	46	44	35	26	20	16	13	10
Wall Number 6																								
Wall	Hour																							
Face	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	6	6	5	4	4	3	11	23	31	35	37	36	34	33	31	29	27	24	18	13	11	9	8	7
NE	6	6	5	4	4	3	28	60	71	74	70	60	48	39	33	28	24	20	16	13	10	9	8	7
E	6	6	5	4	4	4	32	68	80	84	79	67	52	41	34	29	25	20	16	13	11	9	8	7
SE	6	6	5	4	4	3	19	41	54	60	59	53	44	36	32	27	24	20	15	12	10	9	8	7
S	6	5	5	4	4	3	4	9	17	24	28	30	30	29	27	25	22	18	14	11	9	8	7	7
SW	7	6	5	5	4	4	4	8	16	23	27	29	30	33	38	43	44	37	26	17	13	10	9	8
W	7	6	5	5	4	4	4	8	16	23	27	29	30	36	45	53	56	49	33	21	15	12	10	8
NW	7	6	5	5	4	4	4	8	16	23	27	29	30	35	42	47	49	43	30	19	14	11	9	8

- หมายเหตุ : 1. พื้นผิวเป็นสีเข้ม
 2. อุณหภูมิภายในห้อง 77 °F
 3. ความต้านทานฟิล์มอากาศภายนอก 0.333 hr-ft²-°F/Btu
 4. ความต้านทานฟิล์มอากาศภายใน 0.685 hr-ft²-°F/Btu

ตารางที่ 7.10 แสดง Cooling Load Temperature Differences (CLTD) สำหรับคำนวณภาระการทำความเย็น
อันเนื่องมาจากการนำความร้อนผ่านผนังภายนอก (°F) (ต่อ)

Wall Number 7																								
Wall	Hour																							
Face	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	11	9	8	7	6	5	7	13	19	24	28	31	32	32	31	30	29	26	22	19	16	14	12	
NE	11	9	8	7	6	6	11	30	42	52	58	58	55	50	45	41	36	32	27	23	20	17	14	12
E	11	10	8	7	7	6	11	33	47	59	65	65	61	55	49	43	38	33	29	24	20	17	15	13
SE	11	9	8	7	6	6	8	21	31	40	46	48	47	44	40	37	33	29	25	22	19	16	14	12
S	9	8	7	7	6	5	5	6	10	15	19	23	25	26	27	26	25	23	21	18	16	14	12	11
SW	13	11	9	8	7	6	6	6	10	14	18	22	24	27	30	34	37	38	34	29	24	20	17	15
W	14	12	10	9	8	7	6	7	10	14	18	22	24	27	33	39	44	46	42	35	29	24	20	17
NW	14	12	10	9	7	6	6	6	10	14	18	22	24	27	31	36	40	42	38	32	27	22	19	16

- หมายเหตุ : 1. พื้นผิวเป็นสีเข้ม
2. อุณหภูมิภายในห้อง 77 °F
3. ความต้านทานฟิล์มอากาศภายนอก 0.333 hr-ft²-°F/Btu
4. ความต้านทานฟิล์มอากาศภายใน 0.685 hr-ft²-°F/Btu

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.11 แสดง Solar Cooling Load (SCL) สำหรับคำนวณภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากรังสี
แสงอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจกเข้ามา (Btu/hr-ft²)

Zone Type A																								
Glass	Hour																							
Face	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	0	0	0	0	0	0	37	40	45	47	45	41	37	32	24	20	17	10	5	3	2	1	1	1
NE	1	1	1	0	0	0	123	132	143	133	104	72	50	39	27	19	13	7	4	3	2	1	1	1
E	1	1	1	0	0	0	139	153	169	161	127	83	55	42	29	20	13	7	5	3	2	2	1	1
SE	1	0	0	0	0	0	74	91	106	103	84	61	45	36	25	18	12	6	4	2	2	1	1	1
S	0	0	0	0	0	0	5	20	30	37	39	38	35	30	22	15	10	5	3	2	1	1	1	0
SW	2	1	1	1	1	1	2	19	28	35	35	35	36	60	90	113	114	59	24	14	8	5	3	2
W	1	1	1	0	0	0	2	18	28	34	35	36	35	44	56	67	66	33	14	8	5	3	2	1
NW	1	1	1	1	1	0	2	18	28	34	36	36	36	51	71	91	94	49	20	12	7	4	3	2
Zone Type B																								
Glass	Hour																							
Face	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	3	3	3	2	2	2	35	35	40	41	39	37	34	30	24	21	19	13	8	7	6	5	4	4
NE	6	5	4	4	3	3	114	116	124	115	91	65	49	42	33	26	21	16	13	11	10	9	7	7
E	7	6	5	4	4	3	129	134	146	139	110	75	54	45	36	29	23	18	15	13	11	10	9	7
SE	5	4	4	3	3	2	70	80	92	90	73	54	43	36	29	22	18	13	11	9	8	7	6	5
S	2	2	2	2	1	1	5	19	27	33	34	33	31	27	21	15	12	7	6	5	4	4	3	3
SW	6	5	4	4	3	3	4	19	26	31	32	32	31	40	51	61	60	30	15	12	10	8	7	6
W	8	7	6	6	5	4	6	20	27	32	32	32	33	56	82	101	101	51	23	18	15	13	11	10
NW	7	6	5	5	4	4	5	19	27	32	32	33	33	47	65	82	84	43	20	16	13	11	9	8

หมายเหตุ : 1. อุณหภูมิภายในห้อง 77 °F

2. ใช้กับกระจกใสมาตรฐานหนา 1/8 นิ้ว ไม่มีอุปกรณ์บังแดดภายใน

3. เมื่อใช้กับกระจกชนิดอื่นและมีอุปกรณ์บังแดดภายในให้คูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (shading coefficient)

ตารางที่ 7.11 แสดง Solar Cooling Load (SCL) สำหรับคำนวณภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากรังสี
แสงอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจกเข้ามา(Btu/hr-ft²) (ต่อ)

Zone Type C																								
Glass Face	Hour																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	3	3	2	2	2	1	21	28	34	38	39	38	36	33	28	24	22	16	12	9	7	6	5	4
NE	5	4	4	3	3	2	70	92	109	112	100	81	65	53	43	34	27	20	16	13	10	9	7	6
E	6	5	4	4	3	3	79	106	127	133	120	95	74	60	48	38	30	23	18	14	12	10	8	7
SE	4	4	3	3	2	2	43	62	78	84	77	65	53	45	37	29	23	17	13	11	9	7	6	5
S	2	2	2	1	1	1	4	13	21	27	31	32	31	29	24	20	15	11	8	6	5	4	3	3
SW	6	5	4	4	3	3	3	12	20	26	29	30	31	37	45	54	57	41	27	20	15	11	9	7
W	9	8	6	5	5	4	4	13	21	27	29	31	32	46	67	86	94	68	44	32	24	18	14	11
NW	8	6	5	5	4	3	4	13	20	26	29	31	32	41	55	70	78	57	37	26	20	15	12	10
Zone Type D																								
Glass Face	Hour																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	7	6	5	5	5	4	22	26	30	32	33	32	31	29	25	22	21	17	13	12	10	9	8	7
NE	12	11	10	9	8	8	70	82	93	92	81	66	55	48	41	36	31	26	23	21	19	17	15	14
E	14	13	12	11	10	9	79	95	109	110	97	77	62	54	47	40	35	30	27	24	21	19	17	16
SE	10	9	8	7	7	6	44	56	68	70	63	53	45	40	34	29	25	21	19	17	15	13	12	11
S	5	5	4	4	3	3	5	13	19	24	26	27	26	25	21	17	14	11	10	9	8	7	6	6
SW	11	10	9	8	7	7	7	15	20	25	26	27	27	33	40	48	49	34	23	19	16	15	13	12
W	16	14	13	12	11	10	10	17	23	27	28	29	30	43	60	75	80	55	36	29	25	22	19	17
NW	13	12	11	10	9	8	8	16	22	26	27	28	29	37	49	62	67	46	30	25	21	18	17	15

หมายเหตุ : 1. อุณหภูมิภายในห้อง 77 °F

2. ใช้กับกระจกใสมาตรฐานหนา 1/8 นิ้ว ไม่มีอุปกรณ์บังแดดภายใน

3. เมื่อใช้กับกระจกชนิดอื่นและมีอุปกรณ์บังแดดภายในให้คูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (shading coefficient)

การกำหนดคุณสมบัติของผนังภายนอก หลังคา และส่วนประกอบต่างๆ ของห้องเพื่อใช้ในการเปิดตารางค่า CLTD และ SCL

หลังคา :

ตารางที่ 7.12 แสดงถึงโครงสร้าง คำนวณน้ำหนักต่อพื้นที่ (mass) และสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) ของหลังคาทั้ง 3 ชนิดทั้งแบบมีและไม่มีฝ้าเพดาน โดยสามารถเลือกใช้ค่าในตารางได้ในกรณี

- 1) หลังคามีโครงสร้างเหมือนกับหลังคาทั้ง 3 ชนิด
- 2) หลังคามีค่าน้ำหนักต่อพื้นที่ (mass) และสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) ใกล้เคียงกับหลังคาทั้ง 3 ชนิด

ตารางที่ 7.12 แสดงถึงโครงสร้าง คำนวณน้ำหนักต่อพื้นที่ และสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาทั้ง 3 ชนิดทั้งแบบมีและไม่มีฝ้าเพดาน

Roof No.	โครงสร้าง (structure)	น้ำหนักต่อพื้นที่ (lb/ft ²)	สัมประสิทธิ์การถ่ายเท ความร้อนรวม (Btu/hr-ft ² -°F)
1 (ceiling)	หลังคาคอนกรีตบุยไข้ว	51.31	0.060
1 (no ceiling)	หลังคาคอนกรีตบุยไข้ว	51.31	0.068
2 (ceiling)	หลังคาคอนกรีตฉาบปูนมีช่องว่าง	17.65	0.185
2 (no ceiling)	หลังคาคอนกรีตฉาบปูนมีช่องว่าง	17.65	0.311
3 (ceiling)	หลังคา EIFS (External Insulating Finishing System)	7.28	0.047
3 (no ceiling)	หลังคา EIFS (External Insulating Finishing System) HHEM 3 นิ้ว	7.28	0.053

ผนังภายนอก :

ตารางที่ 7.13 แสดงถึงโครงสร้าง คำนวณน้ำหนักต่อพื้นที่ (mass) และสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) ของผนังภายนอกทั้ง 7 ชนิด โดยสามารถเลือกใช้ค่าในตารางได้ในกรณี

- 1) ผนังภายนอกมีโครงสร้างเหมือนกับผนังภายนอกทั้ง 7 ชนิด
- 2) ผนังภายนอกมีค่าน้ำหนักต่อพื้นที่ (mass) และสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) ใกล้เคียงกับผนังภายนอกทั้ง 7 ชนิด

ตารางที่ 7.13 แสดงถึงโครงสร้าง ค่าน้ำหนักต่อพื้นที่ และสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังภายนอกทั้ง 7 ชนิด

Wall No.	โครงสร้าง (structure)	น้ำหนักต่อพื้นที่ (lb/ft ²)	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (Btu/hr-ft ² -°F)
1	ผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว	50.38	0.212
2	ผนังอาคารมีฉนวน	9.52	0.020
3	ผนังคอนกรีตบล็อก มีช่องว่าง	31.91	0.294
4	ผนังคอนกรีตฉาบปูน	13.11	0.597
5	ผนังอิฐมวลฉาบปูน 2 ด้านหนา 3.2 นิ้ว	27.85	0.665
6	ผนังอิฐมวลเบา/ผนังสำเร็จรูป	11.67	0.500
7	ผนังก่อคอนกรีตบล็อก	22.38	0.231

การกำหนดกลุ่มโซนให้กับห้อง :

ลักษณะส่วนประกอบต่างๆ ภายในห้องที่ใช้กำหนดกลุ่มโซนเพื่อหาค่า SCL แสดงอยู่ในตารางที่ 7.14

ตารางที่ 7.14 แสดงลักษณะส่วนประกอบต่างๆ ภายในห้องที่ใช้กำหนดกลุ่มโซนเพื่อหาค่า SCL สำหรับห้องที่อยู่ชั้นกลางและชั้นบน

ตัวแปรที่ใช้กำหนดลักษณะห้อง					Zone type
ผนังภายใน	วัสดุปูพื้น	ปริมาณอุปกรณ์บังแดดภายใน	พื้นที่ห้อง	เฟอร์นิเจอร์	
แผ่นยิปซัม	พรม	0% หรือ 50% หรือ 100%	b	b	A
แผ่นยิปซัม	กระเบื้องยาง	0% หรือ 50% หรือ 100%	b	b	A
คอนกรีตบล็อก	พรม	0% หรือ 50% หรือ 100%	b	b	A
คอนกรีตบล็อก	กระเบื้องยาง	100%	b	b	A
คอนกรีตบล็อก*	กระเบื้องยาง	0% หรือ 50%	b	b	B
คอนกรีตบล็อก	กระเบื้องยาง	0%	คอนกรีตหนา 3 นิ้ว	ไม่มี	C
คอนกรีตบล็อก	กระเบื้องยาง	0%	คอนกรีตหนา 8 นิ้ว	ไม่มี	D

หมายเหตุ : 1. b หมายถึงตัวแปรที่ไม่ต้องพิจารณา

2. * ดู zone type C และ D ถ้าลักษณะของห้องไม่ตรงกับที่กำหนดในตารางให้ใช้ zone type B

3. ความหมายของตัวแปรแต่ละตัวแสดงอยู่ในตารางที่ 5.6

7.2 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

- 1) ข้อมูลภูมิอากาศออกแบบที่นำไปใส่ในเพิ่มข้อมูลสภาพอากาศมาตรฐานแบบ TMY ที่นำไปใช้กับงานวิจัยนี้ได้มาจากการคัดเลือกข้อมูลภูมิอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งสำหรับข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์นั้นมีเฉพาะข้อมูลรังสีรวมแสงอาทิตย์ในแนวระดับที่ได้จากการจดบันทึกไว้ ส่วนรังสีกระจาย และรังสีตรงตั้งฉากแสงอาทิตย์นั้นได้มาจากการคำนวณโดยสมการทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นถ้ามีข้อมูลในส่วนของรังสีกระจาย และรังสีตรงตั้งฉากแสงอาทิตย์ที่เกิดขึ้นจริงมาใช้ในการคัดเลือกก็จะสามารถนำค่าภูมิอากาศออกแบบที่ได้มาเปรียบเทียบกับ เพื่อหาชุดภูมิอากาศออกแบบที่เหมาะสมที่สุดได้
- 2) ข้อมูลภูมิอากาศที่ใช้ในงานวิจัยนี้ นำมาจากข้อมูลภูมิอากาศที่เก็บบันทึกไว้เป็นจำนวน 12 ปี คือ ช่วงระหว่าง พ.ศ. 2531 ถึง พ.ศ. 2542 ดังนั้นถ้าต้องการภูมิอากาศออกแบบที่มีความแม่นยำสูง จะต้องเพิ่มจำนวนปีที่น่ามาคัดเลือก และควรครอบคลุมถึงปีล่าสุดด้วย
- 3) สำหรับค่า CLTD ของผนังภายนอก และหลังคาที่ได้มานั้น สามารถนำไปใช้ได้กับห้องที่มีโครงสร้างของผนังภายนอก และหลังคาที่เหมือนกัน หรือมีน้ำหนักต่อพื้นที่ (mass) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) ใกล้เคียงกับของผนังภายนอก และหลังคาที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้เท่านั้น ดังนั้นเพื่อให้สามารถใช้ได้กับห้องที่มีโครงสร้างลักษณะอื่นๆ ได้มากขึ้น จึงควรกำหนดชนิดของของผนังภายนอก และหลังคาเพิ่มเติม
- 4) วิทยานิพนธ์นี้สามารถนำไปใช้โดยให้ผลที่ถูกต้องแม่นยำกับห้องที่มีผนังภายนอกด้านเดียว ซึ่งเป็นห้องที่อยู่รอบอาคาร เพราะค่าการกระจายตัวของรังสีแสงอาทิตย์บนพื้นผิวต่างๆ ภายในห้องนั้นเป็นค่าการกระจายตัวของรังสีแสงอาทิตย์ที่คิดจากการที่ห้องมีผนังภายนอกเพียงด้านเดียว ดังนั้นเพื่อให้สามารถใช้ให้ได้ผลที่ถูกต้องกับห้องที่มีผนังภายนอก 2 ด้าน และ 3 ด้าน ซึ่งเป็นห้องที่อยู่รอบนอกของอาคาร (perimeter zone) และห้องที่มีผนังภายนอก 4 ด้าน ซึ่งเป็นห้องที่ตั้งอยู่เพียงลำพัง (single zone) นั้น ควรจะคำนวณค่าการกระจายตัวของรังสีแสงอาทิตย์บนพื้นผิวต่างๆ สำหรับใช้กับห้องที่มีลักษณะต่าง ๆ เหล่านี้ด้วย
- 5) วิทยานิพนธ์นี้กำหนดลักษณะห้องที่แตกต่างกันขึ้นมาเพียง 192 ห้อง ซึ่งเกิดจากการผสมกันของตัวแปรต่าง ๆ 7 ตัว อันเนื่องมาจากข้อจำกัดของปริมาณงานและเวลาที่ใช้ ดังนั้นเพื่อให้สามารถนำผลที่ได้ไปใช้กับห้องที่มีลักษณะต่างๆ ได้มากยิ่งขึ้นจึงควรเพิ่มจำนวน และระดับขึ้นของตัวแปรที่ใช้ในการกำหนดลักษณะห้องให้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น
- 6) การวิเคราะห์ทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์หาความสำคัญของตัวแปรแต่ละตัวนั้น เป็นค่าที่บอกถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละตัวกับค่าเฉลี่ยรวมเท่านั้น ซึ่งเรียกว่าเป็นการวิเคราะห์แบบ “first order” ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น ควรจะหาความสัมพันธ์ของ

ตัวแปรแต่ละตัวกับตัวแปรตัวอื่นๆ ซึ่งเรียกว่าเป็นการวิเคราะห์แบบ “second order” แล้วนำค่าที่ได้มาช่วยในการประกอบการตัดสินใจเลือกตัวแปรที่สำคัญ



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

1. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. ASHRAE Handbook of Fundamentals. USA ,1997
2. Sowell, E.F. ; and Chiles, D.C. Characterization of Zone Dynamic Response for CLF/CLTD Tables. ASHRAE Transaction Vol. 91 Part 2A, (1985) :162-178
3. Sowell, E.F. ; and Chiles, D.C. Zone Descriptions and Response Characterization for CLF/CLTD Calculation. ASHRAE Transaction Vol. 91 Part 2A, (1985) :179-200
4. Sowell, E.F. Load Calculations For 200,640 Zones. ASHRAE Transaction Vol. 94 Part 2A, (1988) : 716-736
5. Sowell, E.F. Cross-check and modification of the DOE-2 program for calculation of zone weighting factor. ASHRAE Transaction Vol. 94 Part 2A, (1988) : 737-753
6. Sowell, E.F. Classification of 200,640 Parametric Zones for Cooling Load Calculations ASHRAE Transaction Vol. 94 Part 2A, (1988) : 754-777
7. Sowell, E.F. A Preview of Weighting Factor Results for : ASHRAE Project 359-RP Updating Cooling Load Temperature Differences and Cooling Load Factors for Chapter 26, HOF
8. Kerrisk, J.F. Weighting Factors. DOE-2.1E Engineering Manual Vol.1. Lawrence Berkeley Laboratory, (1981) : II.30-II.31
9. FTI/DOE BDL Summary. Materials Library. 118.
10. คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. คู่มือวัสดุก่อสร้าง : 2541
11. สถาบันวิจัยพลังงานจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. คู่มือการใช้โปรแกรม OTTVEE Version 1.0a : 2542
12. สมศักดิ์ ไชยะภินันท์ และคณะ. ข้อมูลภูมิอากาศมาตรฐานสำหรับใช้กับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการทำนายการใช้พลังงานของอาคาร สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, ธันวาคม 2542

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

ข้อมูลสภาพบรรยากาศมาตรฐาน

ข้อมูลสภาพบรรยากาศ คือ ข้อมูลที่เป็นเอกลักษณ์ของแต่ละพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลจากสภาพภูมิประเทศรวมถึงอิทธิพลจากทิศทางของลมประจำถิ่นและการไหลวนของน้ำในมหาสมุทร สภาพบรรยากาศเป็นส่วนสำคัญที่เป็นตัวกำหนดลักษณะความเป็นอยู่ของคน และลักษณะของสิ่งก่อสร้างในของแต่ละพื้นที่ ยกตัวอย่างเช่น สิ่งก่อสร้างของประเทศที่ตั้งอยู่ในเขตร้อนก็จะมีลักษณะโปร่งเพื่อให้อากาศถ่ายเทได้โดยสะดวก ส่วนสิ่งก่อสร้างของประเทศที่ตั้งอยู่ในเขตหนาวก็จะมีผนังหนาทึบเพื่อเก็บความร้อนไว้ภายในอาคาร เป็นต้น ดังนั้นการออกแบบระบบปรับอากาศและระบายอากาศของแต่ละสถานที่จึงจำเป็นต้องคำนึงถึงลักษณะของสภาพบรรยากาศของสถานที่แห่งนั้นเป็นหลัก สำหรับการออกแบบระบบปรับอากาศด้วยโปรแกรมประมาณค่าพลังงานภายในอาคารก็ต้องใช้หลักการเดียวกัน เนื่องจากระเบียบวิธีทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณค่าปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านกรอบโชนในโหมดการนำความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน หรือค่าการระคายความร้อนของโชน จะเป็นสมการแบบเดียวกันไม่ว่าจะใช้คำนวณสำหรับประเทศที่อยู่ในเขตร้อนหรือประเทศที่อยู่ในเขตหนาวก็ตาม แต่ข้อมูลขาเข้าส่วนที่จะบ่งบอกว่าปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านกรอบโชนและค่าการระคายความร้อนของห้องของสถานที่แต่ละแห่งควรจะเป็นเท่าใดนั้นก็คือข้อมูลสภาพบรรยากาศ นั่นเอง

โปรแกรมย่อย LOAD, SYSTEMS, PLANT และ ECONOMIC ของโปรแกรม DOE 2.1E ต้องการข้อมูลสภาพบรรยากาศรายชั่วโมง จำนวน 8,760 ชั่วโมงเพื่อใช้ประกอบการคำนวณ ข้อมูลสภาพบรรยากาศจะบรรจุอยู่ในแฟ้มข้อมูลสภาพบรรยากาศ (weather file) ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลระบุตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจอากาศ ได้แก่ หมายเลขประจำสถานี (weather station number) ค่าเขตเวลา (time zone) ค่าละติจูด (latitude) ค่าลองจิจูด (longitude) ส่วนข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาที่ถูกตรวจวัด ได้แก่ ค่าความกระจ่างของท้องฟ้า (clearness number) ค่าอุณหภูมิผิวดิน (ground temperature) ค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้ง ค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียก ค่าอุณหภูมิหยดน้ำค้าง (dew point temperature) ค่ารังสีรวมจากดวงอาทิตย์ ค่าความเร็วลม ค่าทิศทางลม และค่าความดันบรรยากาศ เป็นต้น โดยข้อมูลเหล่านี้จะมีค่าแปรเปลี่ยนตามสภาพบรรยากาศในแต่ละช่วงเวลา แฟ้มข้อมูลสภาพบรรยากาศที่โปรแกรม DOE 2.1E สามารถนำไปใช้ประกอบการคำนวณ มีด้วยกันหลายรูปแบบโดยหนึ่งในนั้นคือแฟ้มข้อมูลสภาพบรรยากาศมาตรฐานแบบ TMY

รูปแบบการจัดเรียงข้อมูลของแฟ้มข้อมูลสภาพบรรยากาศมาตรฐานแบบ TMY

หนึ่งระเบียบของแฟ้มมาตรฐานแบบ TMY ประกอบด้วยข้อมูลอุตุนิยมวิทยา 2 ประเภท โดยแต่ละประเภทมีรายละเอียดดังนี้ ข้อมูลประเภทแรกเป็นข้อมูลรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ถูกจัดเก็บในลักษณะต่างๆ จำนวน 11 ฟิลด์ เช่น ค่ารังสีรวมจากดวงอาทิตย์ ค่ารังสีตรงจากดวงอาทิตย์ และค่ารังสีกระจายจากดวงอาทิตย์ เป็นต้น ข้อมูลประเภทที่สองเป็นข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวดิน (surface meteorology) จำนวน 28 ฟิลด์ เช่น ความดันบรรยากาศ และ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง เป็นต้น ซึ่งเมื่อรวมทุกฟิลด์เข้าด้วยกันจะได้ระเบียบที่มีความยาวทั้งสิ้น 132 ตัวอักษร โดยรายละเอียดของแต่ละฟิลด์จะแสดงดังตารางที่ ก.1 ส่วนรูปแบบการจัดเรียงข้อมูลของแฟ้มมาตรฐานแบบ TMY จะแสดงอยู่ในตารางที่ ก.2



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 แสดงรายละเอียดของเพิ่มมาตรฐาน TMY

FIELD NUMBER	TAPE POSITION	FIELD DESCRIPTIONS	REMARKS
001	001 - 005	STATION NUMBER	Not used by program.
002	006 - 015	SOLAR TIME (Yr, Mo, Day, Hour, Minute)	Not used by program.
003	016 - 019	LOCAL STANDARD TIME (Hr, Minute)	Not used by program.
101	020 - 023	EXTRATERRESTRIAL RADIATION	KJ/(m ² -hr) , 9999 = Missing
102	024 - 028	DIRECT RADIATION	KJ/(m ² -hr) , 9999 = Missing
103	029 - 033	DIFFUSE RADIATION	KJ/(m ² -hr) , 9999 = Missing
104	034 - 038	NET RADIATION	Not used by program.
105	039 - 043	TILT RADIATION	Not used by program.
106	044 - 048	OBSERVED RADIATION	Not used by program.
107	049 - 053	ENGINEERING CORRECTED RADIATION	Not used by program.
108	054 - 058	STANDARD YEAR CORRECTED RADIATION	GLOBAL RADIATION, KJ/(m ² -hr) , 9999 = Missing
109,110	059 - 068	ADDITIONAL RADIATION (A, B)	Not used by program.
111	069 - 070	MINUTE OF SUNSHINE	Not used by program.
201	071 - 072	TIME OF SURFACE OBSERVATION	Hour of observation in Local Standard Time. 00 - 23 = 0000 - 2300 LST
202	073 - 076	CEILING HEIGHT	Not used by program.
203	077 - 081	SKY CONDITION	Not used by program.
204	082 - 085	VISIBILITY	Not used by program.
205	086 - 093	WEATHER	Not used by program.
206	094 - 103	PRESSURE	Pressure at station in Pascal/10. 00000 - 10132 = 000000 - 101320 Pascal
207	104 - 107	DRY BULB TEMPERATURE	x10 Degree Celsius, 9999 = Missing
208	108 - 111	DEW POINT TEMPERATURE	x10 Degree Celsius, 9999 = Missing
209	112 - 114	WIND DIRECTION	Direction from which the wind is blowing in whole degrees (clockwise from north) 000 = Calm, 001-360 = 1-360 degrees, 999 = Missing
210	115 - 118	WIND SPEED	Wind speed in x10 m/s, 9999 = Missing
211	119 - 120	TOTAL CLOUD AMOUNT	Amount of the celestial dome covered by cloud or obscuring phenomena in tenths. 00 - 10 = 0 - 10 tenths, 99 = Missing
222	121 - 122	TOTAL OPAQUE	Not used by program.

WBAN STATION NUMBER	SOLAR TIME					LOCAL STANDARD TIME		ETR KJ/m ²	RADIATION VALUE KJ/m ²								MIN OF SUNSHINE		
	YR	MO	DAY	HOUR	MINUTES	HR	MINUTES		DIRECT	DIFFUSE	NET	TILT	GLOBAL			A		B	
													OBSERVED	ENG. CORR.	STANDARD YEAR CORR.				
XXXXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XX

TIME OF SURFACE OBSERVATION	CEILING HEIGHT Dm	SKY CONDITION	VISIBILITY Km	WEATHER	PRESSURE KPa		TEMP °C		WIND	
					SEA LEVEL	STATION	DRY BULB	DEW POINT	DIRECTION	SPEED Km/Hr
XX	XXXX	XXXXX	XXXX	XXXXXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXX	XXXX	XX	XXX

T O T A L	CLOUDS															SNOW COVER	
	LOWEST			SECOND				THIRD				FOURTH					O P A Q U E
	A M O U N T	T Y P E	H E I G H T Dm	A M O U N T	T Y P E	H E I G H T Dm	S U M M E R M O U N T	A M O U N T	T Y P E	H E I G H T Dm	S U M M E R M O U N T	A M O U N T	T Y P E	H E I G H T Dm	A M O U N T		
XX	XX	XX	XXXX	XX	XX	XXXX	XX	XX	XX	XXXX	XX	XX	XX	XXXX	XX	X	

ตารางที่ ก.2 แสดงรูปแบบการจัดเรียงข้อมูลของเพิ่มมาตรฐานแบบ TMY

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แสดงความสัมพันธ์ของอัตราส่วนระหว่างค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์ใน
แนวระดับกับค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์ที่คำนวณได้จากแบบจำลองของ ASHRAE (K_A) และค่า
อัตราส่วนระหว่างค่ารังสีกระจายแสงอาทิตย์กับค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์ (K_D)

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแต่ละกลุ่มเดือน (ที่ได้มาจาก สมศักดิ์ ไชยะภินันท์ และคณะ [12])
สามารถสรุปได้ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เดือนเมษายน

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในช่วงเวลาที่ 8:00 น. - 17:00 น. คือ

$$\begin{aligned} K_D &= -0.4086 \cdot K_A^2 - 0.0195 \cdot K_A + 0.9233 && ; K_A \leq 0.42 \\ K_D &= -0.0726 \cdot K_A^3 + 0.3783 \cdot K_A^2 - 1.8111 \cdot K_A + 1.5442 && ; 0.42 < K_A \leq 0.9444 \quad (\text{ข.1}) \\ K_D &= 0.11 && ; K_A > 0.9444 \end{aligned}$$

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในช่วงเวลาที่ 7:00 น. และ 19:00 น. คือ

$$\begin{aligned} K_D &= -3.1755 \cdot K_A^4 + 9.4985 \cdot K_A^3 - 9.6401 \cdot K_A^2 + 3.6817 \cdot K_A + 0.446 && ; 0.3228 \leq K_A \leq 1.116 \\ K_D &= 0.9150 && ; K_A < 0.3228 \quad (\text{ข.2}) \\ K_D &= 0.8250 && ; K_A > 1.116 \end{aligned}$$

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในช่วงเวลาที่ 18:00 น. คือ

$$\begin{aligned} K_D &= 3.7812 \cdot K_A^4 - 5.1476 \cdot K_A^3 + 0.8101 \cdot K_A^2 + 0.2439 \cdot K_A + 0.8772 && ; 0.2246 \leq K_A \leq 0.8781 \\ K_D &= 0.9241 && ; K_A < 0.2246 \quad (\text{ข.3}) \\ K_D &= 0.4788 && ; K_A > 0.8781 \end{aligned}$$

กลุ่มที่ 2 เดือนพฤษภาคม

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในช่วงเวลาที่ 8:00 น. - 17:00 น. คือ

$$K_D = 2.9498 \cdot K_A^4 - 4.3341 \cdot K_A^3 + 0.8489 \cdot K_A^2 - 0.1531 \cdot K_A + 0.9385 \quad ; \quad K_A \leq 0.967$$

$$K_D = 0.2445 \quad ; \quad K_A > 0.967 \quad (\text{ข.4})$$

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในช่วงเวลาที่ 7:00 น. และ 19:00 น. คือ

$$K_D = -0.0974 \cdot K_A + 0.9322 \quad ; \quad K_A \geq 0 \quad (\text{ข.5})$$

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในช่วงเวลาที่ 18:00 น. คือ

$$K_D = 0.3798 \cdot K_A^5 - 2.3748 \cdot K_A^4 + 5.219 \cdot K_A^3 - 4.6575 \cdot K_A^2 + 1.3104 \cdot K_A + 0.8514$$

$$; \quad 0.2002 \leq K_A \leq 0.9549$$

$$K_D = 0.7271 \quad ; \quad K_A > 0.9549 \quad (\text{ข.6})$$

$$K_D = 0.9653 \quad ; \quad K_A < 0.2002$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.

ตารางที่ ค.1 แสดงค่าแอมพลิจูด (amplitude) และค่าการหน่วงเวลา (delay) ของ conduction weighting factors

<u>ห้องที่</u>	<u>รายละเอียดของห้อง</u>	<u>แอมพลิจูด</u>	<u>ค่าการหน่วงเวลา</u>
1	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-CL-WFN-ND	0.75020	0.57890
2	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-CL-WFN-FD	0.75020	0.57890
3	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-CL-NFN-ND	0.72867	0.62784
4	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-CL-NFN-FD	0.72867	0.62784
5	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-NC-WFN-ND	0.73630	0.72360
6	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-NC-WFN-FD	0.73630	0.72360
7	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-NC-NFN-ND	0.71397	0.77947
8	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-NC-NFN-FD	0.71397	0.77947
9	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-CL-WFN-ND	0.74665	0.80345
10	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-CL-WFN-FD	0.74665	0.80345
11	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-CL-NFN-ND	0.72400	0.87276
12	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-CL-NFN-FD	0.72400	0.87276
13	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-NC-WFN-ND	0.74379	0.89238
14	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-NC-WFN-FD	0.74379	0.89238
15	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-NC-NFN-ND	0.72091	0.96472
16	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-NC-NFN-FD	0.72091	0.96472
17	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-CL-WFN-ND	0.77609	0.56291
18	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-CL-WFN-FD	0.77609	0.56291
19	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-CL-NFN-ND	0.75581	0.61274
20	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-CL-NFN-FD	0.75581	0.61274
21	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-NC-WFN-ND	0.80322	0.53487
22	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-NC-WFN-FD	0.80322	0.53487
23	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-NC-NFN-ND	0.78484	0.58416
24	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-NC-NFN-FD	0.78484	0.58416
25	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-CL-WFN-ND	0.74854	0.75305
26	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-CL-WFN-FD	0.74854	0.75305
27	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-CL-NFN-ND	0.72624	0.81914

ตารางที่ ค.1 แสดงค่าแอมพลิจูด (amplitude) และค่าการหน่วงเวลา (delay) ของ conduction weighting factors (ต่อ)

<u>ห้องที่</u>	<u>รายละเอียดของห้อง</u>	<u>แอมพลิจูด</u>	<u>ค่าการหน่วงเวลา</u>
28	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-CL-NFN-FD	0.72624	0.81914
29	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-NC-WFN-ND	0.78253	0.69984
30	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-NC-WFN-FD	0.78253	0.69984
31	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-NC-NFN-ND	0.76245	0.76369
32	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-NC-NFN-FD	0.76245	0.76369
33	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-CL-WFN-ND	0.73207	0.48105
34	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-CL-WFN-FD	0.73207	0.48105
35	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-CL-NFN-ND	0.70988	0.52120
36	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-CL-NFN-FD	0.70988	0.52120
37	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-NC-WFN-ND	0.69162	0.58923
38	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-NC-WFN-FD	0.69162	0.58923
39	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-NC-NFN-ND	0.66785	0.63262
40	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-NC-NFN-FD	0.66785	0.63262
41	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-CL-WFN-ND	0.69433	0.64079
42	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-CL-WFN-FD	0.69433	0.64079
43	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-CL-NFN-ND	0.66990	0.69199
44	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-CL-NFN-FD	0.66990	0.69199
45	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-NC-WFN-ND	0.66028	0.76108
46	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-NC-WFN-FD	0.66028	0.76108
47	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-NC-NFN-ND	0.63485	0.81612
48	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-NC-NFN-FD	0.63485	0.81612
49	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-RT1-CL-WFN-ND	0.76442	0.52499
50	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-RT1-CL-WFN-FD	0.76442	0.52499
51	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-RT1-CL-NFN-ND	0.74346	0.57066
52	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-RT1-CL-NFN-FD	0.74346	0.57066
53	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-RT1-NC-WFN-ND	0.77071	0.52602
54	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-RT1-NC-WFN-FD	0.77071	0.52602
55	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-RT1-NC-NFN-ND	0.75020	0.57294
56	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-RT1-NC-NFN-FD	0.75020	0.57294

ตารางที่ ค.1 แสดงค่าแอมพลิจูด (amplitude) และค่าการหน่วงเวลา (delay) ของ conduction weighting factors (ต่อ)

<u>ห้องที่</u>	<u>รายละเอียดของห้อง</u>	<u>แอมพลิจูด</u>	<u>ค่าการหน่วงเวลา</u>
57	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-RT1-CL-WFN-ND	0.72091	0.66088
58	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-RT1-CL-WFN-FD	0.72091	0.66088
59	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-RT1-CL-NFN-ND	0.69727	0.71714
60	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-RT1-CL-NFN-FD	0.69727	0.71714
61	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-RT1-NC-WFN-ND	0.72948	0.68464
62	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-RT1-NC-WFN-FD	0.72948	0.68464
63	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-RT1-NC-NFN-ND	0.70623	0.74372
64	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-RT1-NC-NFN-FD	0.70623	0.74372
65	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-CL-WFN-ND	0.81788	0.27004
66	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-CL-WFN-FD	0.81788	0.27004
67	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-CL-NFN-ND	0.80112	0.29394
68	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-CL-NFN-FD	0.80112	0.29394
69	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-NC-WFN-ND	0.80191	0.45206
70	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-NC-WFN-FD	0.80191	0.45206
71	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-NC-NFN-ND	0.78399	0.48889
72	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-NC-NFN-FD	0.78399	0.48889
73	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-CL-WFN-ND	0.81659	0.52251
74	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-CL-WFN-FD	0.81659	0.52251
75	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-CL-NFN-ND	0.79894	0.57091
76	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-CL-NFN-FD	0.79894	0.57091
77	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-NC-WFN-ND	0.81358	0.62388
78	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-NC-WFN-FD	0.81358	0.62388
79	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-NC-NFN-ND	0.79559	0.67853
80	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-NC-NFN-FD	0.79559	0.67853
81	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-RT1-CL-WFN-ND	0.84711	0.24589
82	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-RT1-CL-WFN-FD	0.84711	0.24589
83	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-RT1-CL-NFN-ND	0.83235	0.26933
84	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-RT1-CL-NFN-FD	0.83235	0.26933
85	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-RT1-NC-WFN-ND	0.87787	0.20841

ตารางที่ ค.1 แสดงค่าแอมพลิจูด (amplitude) และค่าการหน่วงเวลา (delay) ของ conduction weighting factors (ต่อ)

<u>ห้องที่</u>	<u>รายละเอียดของห้อง</u>	<u>แอมพลิจูด</u>	<u>ค่าการหน่วงเวลา</u>
86	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-RT1-NC-WFN-FD	0.87787	0.20841
87	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-RT1-NC-NFN-ND	0.86567	0.22868
88	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-RT1-NC-NFN-FD	0.86567	0.22868
89	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-RT1-CL-WFN-ND	0.81741	0.46376
90	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-RT1-CL-WFN-FD	0.81741	0.46376
91	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-RT1-CL-NFN-ND	0.80007	0.50761
92	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-RT1-CL-NFN-FD	0.80007	0.50761
93	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-RT1-NC-WFN-ND	0.85598	0.38915
94	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-RT1-NC-WFN-FD	0.85598	0.38915
95	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-RT1-NC-NFN-ND	0.84173	0.42725
96	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-RT1-NC-NFN-FD	0.84173	0.42725
97	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-CL-WFN-ND	0.80371	0.14544
98	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-CL-WFN-FD	0.80371	0.14544
99	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-CL-NFN-ND	0.78619	0.15815
100	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-CL-NFN-FD	0.78619	0.15815
101	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-NC-WFN-ND	0.75289	0.29892
102	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-NC-WFN-FD	0.75289	0.29892
103	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-NC-NFN-ND	0.73262	0.32209
104	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-NC-NFN-FD	0.73262	0.32209
105	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-CL-WFN-ND	0.75696	0.34001
106	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-CL-WFN-FD	0.75696	0.34001
107	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-CL-NFN-ND	0.73619	0.36914
108	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-CL-NFN-FD	0.73619	0.36914
109	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-NC-WFN-ND	0.71560	0.50243
110	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-NC-WFN-FD	0.71560	0.50243
111	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-NC-NFN-ND	0.69293	0.54125
112	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-NC-NFN-FD	0.69293	0.54125
113	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-RT1-CL-WFN-ND	0.83620	0.19161
114	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-RT1-CL-WFN-FD	0.83620	0.19161

ตารางที่ ค.1 แสดงค่าแอมพลิจูด (amplitude) และค่าการหน่วงเวลา (delay) ของ conduction weighting factors (ต่อ)

<u>ห้องที่</u>	<u>รายละเอียดของห้อง</u>	<u>แอมพลิจูด</u>	<u>ค่าการหน่วงเวลา</u>
115	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-RT1-CL-NFN-ND	0.82067	0.20915
116	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-RT1-CL-NFN-FD	0.82067	0.20915
117	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-RT1-NC-WFN-ND	0.84186	0.19671
118	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-RT1-NC-WFN-FD	0.84186	0.19671
119	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-RT1-NC-NFN-ND	0.82676	0.21574
120	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-RT1-NC-NFN-FD	0.82676	0.21574
121	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-RT1-CL-WFN-ND	0.78699	0.35130
122	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-RT1-CL-WFN-FD	0.78699	0.35130
123	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-RT1-CL-NFN-ND	0.76768	0.38367
124	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-RT1-CL-NFN-FD	0.76768	0.38367
125	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-RT1-NC-WFN-ND	0.79511	0.38413
126	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-RT1-NC-WFN-FD	0.79511	0.38413
127	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-RT1-NC-NFN-ND	0.77629	0.42000
128	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-RT1-NC-NFN-FD	0.77629	0.42000
129	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-CL-WFN-HD	0.75020	0.57890
130	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-CL-WFN-HD	0.81788	0.27004
131	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-CL-NFN-HD	0.72867	0.62784
132	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-CL-NFN-HD	0.80112	0.29394
133	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-NC-WFN-HD	0.73630	0.72360
134	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-NC-WFN-HD	0.80191	0.45206
135	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-NC-NFN-HD	0.71397	0.77947
136	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-NC-NFN-HD	0.78399	0.48889
137	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-CL-WFN-HD	0.74665	0.80345
138	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-CL-WFN-HD	0.81659	0.52251
139	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-CL-NFN-HD	0.72400	0.87276
140	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-CL-NFN-HD	0.79894	0.57091
141	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-NC-WFN-HD	0.74379	0.89238
142	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-NC-WFN-HD	0.81358	0.62388
143	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-NC-NFN-HD	0.72091	0.96472

ตารางที่ ค.1 แสดงค่าแอมพลิจูด (amplitude) และค่าการหน่วงเวลา (delay) ของ conduction weighting factors (ต่อ)

<u>ห้องที่</u>	<u>รายละเอียดของห้อง</u>	<u>แอมพลิจูด</u>	<u>ค่าการหน่วงเวลา</u>
144	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-NC-NFN-HD	0.79559	0.67853
145	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-CL-WFN-HD	0.77609	0.56291
146	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-RT1-CL-WFN-HD	0.84711	0.24589
147	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-CL-NFN-HD	0.75581	0.61274
148	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-RT1-CL-NFN-HD	0.83235	0.26933
149	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-NC-WFN-HD	0.80322	0.53487
150	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-RT1-NC-WFN-HD	0.87787	0.20841
151	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-NC-NFN-HD	0.78484	0.58416
152	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-RT1-NC-NFN-HD	0.86567	0.22868
153	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-CL-WFN-HD	0.74854	0.75305
154	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-RT1-CL-WFN-HD	0.81741	0.46376
155	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-CL-NFN-HD	0.72624	0.81914
156	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-RT1-CL-NFN-HD	0.80007	0.50761
157	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-NC-WFN-HD	0.78253	0.69984
158	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-RT1-NC-WFN-HD	0.85598	0.38915
159	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-NC-NFN-HD	0.76245	0.76369
160	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-RT1-NC-NFN-HD	0.84173	0.42725
161	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-CL-WFN-HD	0.73207	0.48105
162	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-CL-WFN-HD	0.80371	0.14544
163	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-CL-NFN-HD	0.70988	0.52120
164	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-CL-NFN-HD	0.78619	0.15815
165	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-NC-WFN-HD	0.69162	0.58923
166	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-NC-WFN-HD	0.75289	0.29892
167	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-NC-NFN-HD	0.66785	0.63262
168	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-NC-NFN-HD	0.73262	0.32209
169	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-CL-WFN-HD	0.69433	0.64079
170	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-CL-WFN-HD	0.75696	0.34001
171	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-CL-NFN-HD	0.66990	0.69199
172	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-CL-NFN-HD	0.73619	0.36914

ตารางที่ ค.1 แสดงค่าแอมพลิจูด (amplitude) และค่าการหน่วงเวลา (delay) ของ conduction weighting factors (ต่อ)

<u>ห้องที่</u>	<u>รายละเอียดของห้อง</u>	<u>แอมพลิจูด</u>	<u>ค่าการหน่วงเวลา</u>
173	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-NC-WFN-HD	0.66028	0.76108
174	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-NC-WFN-HD	0.71560	0.50243
175	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-NC-NFN-HD	0.63485	0.81612
176	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-NC-NFN-HD	0.69293	0.54125
177	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-RT1-CL-WFN-HD	0.76442	0.52499
178	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-RT1-CL-WFN-HD	0.83620	0.19161
179	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-RT1-CL-NFN-HD	0.74346	0.57066
180	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-RT1-CL-NFN-HD	0.82067	0.20915
181	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-RT1-NC-WFN-HD	0.77071	0.52602
182	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-RT1-NC-WFN-HD	0.84186	0.19671
183	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-RT1-NC-NFN-HD	0.75020	0.57294
184	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-RT1-NC-NFN-HD	0.82676	0.21574
185	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-RT1-CL-WFN-HD	0.72091	0.66088
186	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-RT1-CL-WFN-HD	0.78699	0.35130
187	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-RT1-CL-NFN-HD	0.69727	0.71714
188	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-RT1-CL-NFN-HD	0.76768	0.38367
189	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-RT1-NC-WFN-HD	0.72948	0.68464
190	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-RT1-NC-WFN-HD	0.79511	0.38413
191	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-RT1-NC-NFN-HD	0.70623	0.74372
192	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-RT1-NC-NFN-HD	0.77629	0.42000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.2 แสดงค่าแอมพลิจูด (amplitude) และค่าการหน่วงเวลา (delay) ของ solar weighting factors

<u>ห้องที่</u>	<u>รายละเอียดของห้อง</u>	<u>แอมพลิจูด</u>	<u>ค่าการหน่วงเวลา</u>
1	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-CL-WFN-ND	0.65096	0.84093
2	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-CL-WFN-FD	0.69359	0.61706
3	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-CL-NFN-ND	0.61163	1.00333
4	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-CL-NFN-FD	0.67141	0.67330
5	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-NC-WFN-ND	0.66660	0.95526
6	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-NC-WFN-FD	0.68639	0.76081
7	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-NC-NFN-ND	0.65188	1.07546
8	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-NC-NFN-FD	0.66785	0.81894
9	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-CL-WFN-ND	0.62395	1.30602
10	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-CL-WFN-FD	0.68342	0.84580
11	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-CL-NFN-ND	0.57033	1.80926
12	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-CL-NFN-FD	0.65628	0.96154
13	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-NC-WFN-ND	0.65784	1.29630
14	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-NC-WFN-FD	0.68930	0.92679
15	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-NC-NFN-ND	0.63280	1.65100
16	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-NC-NFN-FD	0.66758	1.03069
17	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-CL-WFN-ND	0.67103	0.83334
18	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-CL-WFN-FD	0.71543	0.60192
19	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-CL-NFN-ND	0.63112	1.00374
20	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-CL-NFN-FD	0.69390	0.65975
21	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-NC-WFN-ND	0.71965	0.76079
22	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-NC-WFN-FD	0.74281	0.56170
23	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-NC-NFN-ND	0.70608	0.88746
24	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-NC-NFN-FD	0.72703	0.61437
25	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-CL-WFN-ND	0.62543	1.25758
26	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-CL-WFN-FD	0.68503	0.79686
27	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-CL-NFN-ND	0.57202	1.75887
28	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-CL-NFN-FD	0.65814	0.90948
29	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-NC-WFN-ND	0.68869	1.12493

ตารางที่ ค.2 แสดงค่าแอมพลิจูด (amplitude) และค่าการหน่วงเวลา (delay) ของ solar weighting factors (ต่อ)

<u>ห้องที่</u>	<u>รายละเอียดของห้อง</u>	<u>แอมพลิจูด</u>	<u>ค่าการหน่วงเวลา</u>
30	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-NC-WFN-FD	0.72135	0.74119
31	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-NC-NFN-ND	0.66596	1.49142
32	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-NC-NFN-FD	0.70175	0.83991
33	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-CL-WFN-ND	0.63878	0.57357
34	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-CL-WFN-FD	0.68820	0.41781
35	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-CL-NFN-ND	0.58986	0.65776
36	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-CL-NFN-FD	0.66458	0.45022
37	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-NC-WFN-ND	0.60665	0.73559
38	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-NC-WFN-FD	0.65076	0.55296
39	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-NC-NFN-ND	0.56215	0.85243
40	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-NC-NFN-FD	0.62674	0.59424
41	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-CL-WFN-ND	0.55995	1.01323
42	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-CL-WFN-FD	0.64043	0.63970
43	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-CL-NFN-ND	0.47792	1.44104
44	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-CL-NFN-FD	0.60851	0.72066
45	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-NC-WFN-ND	0.53873	1.22773
46	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-NC-WFN-FD	0.60968	0.80273
47	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-NC-NFN-ND	0.46718	1.70743
48	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-NC-NFN-FD	0.57851	0.89510
49	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-RT1-CL-WFN-ND	0.66127	0.61940
50	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-RT1-CL-WFN-FD	0.71316	0.46575
51	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-RT1-CL-NFN-ND	0.61072	0.70783
52	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-RT1-CL-NFN-FD	0.69011	0.50208
53	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-RT1-NC-WFN-ND	0.65874	0.76135
54	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-RT1-NC-WFN-FD	0.70976	0.54819
55	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-RT1-NC-NFN-ND	0.61116	0.91769
56	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-RT1-NC-NFN-FD	0.68687	0.59957
57	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-RT1-CL-WFN-ND	0.57907	1.02079
58	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-RT1-CL-WFN-FD	0.66339	0.64991

ตารางที่ ค.2 แสดงค่าแอมพลิจูด (amplitude) และค่าการหน่วงเวลา (delay) ของ solar weighting factors (ต่อ)

<u>ห้องที่</u>	<u>รายละเอียดของห้อง</u>	<u>แอมพลิจูด</u>	<u>ค่าการหน่วงเวลา</u>
59	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-RT1-CL-NFN-ND	0.49381	1.44970
60	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-RT1-CL-NFN-FD	0.63130	0.73276
61	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-RT1-NC-WFN-ND	0.59057	1.23779
62	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-RT1-NC-WFN-FD	0.66727	0.76600
63	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-RT1-NC-NFN-ND	0.51778	1.78221
64	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-RT1-NC-NFN-FD	0.63658	0.87349
65	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-CL-WFN-ND	0.75435	0.35369
66	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-CL-WFN-FD	0.78031	0.26675
67	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-CL-NFN-ND	0.71114	0.48674
68	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-CL-NFN-FD	0.76058	0.30375
69	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-NC-WFN-ND	0.76964	0.48250
70	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-NC-WFN-FD	0.77059	0.41133
71	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-NC-NFN-ND	0.75416	0.59622
72	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-NC-NFN-FD	0.75473	0.45576
73	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-CL-WFN-ND	0.72301	0.76938
74	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-CL-WFN-FD	0.77036	0.47976
75	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-CL-NFN-ND	0.65987	1.20629
76	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-CL-NFN-FD	0.74528	0.57214
77	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-NC-WFN-ND	0.76173	0.82706
78	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-NC-WFN-FD	0.77777	0.60195
79	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-NC-NFN-ND	0.73203	1.15105
80	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-NC-NFN-FD	0.75870	0.68962
81	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-RT1-CL-WFN-ND	0.77894	0.32168
82	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-RT1-CL-WFN-FD	0.80603	0.22920
83	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-RT1-CL-NFN-ND	0.73573	0.45932
84	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-RT1-CL-NFN-FD	0.78770	0.26594
85	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-RT1-NC-WFN-ND	0.83480	0.27088
86	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-RT1-NC-WFN-FD	0.83849	0.19638
87	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-RT1-NC-NFN-ND	0.82128	0.38045

ตารางที่ ค.2 แสดงค่าแอมพลิจูด (amplitude) และค่าการหน่วงเวลา (delay) ของ solar weighting factors (ต่อ)

<u>ห้องที่</u>	<u>รายละเอียดของห้อง</u>	<u>แอมพลิจูด</u>	<u>ค่าการหน่วงเวลา</u>
88	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-RT1-NC-NFN-FD	0.82686	0.22772
89	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-RT1-CL-WFN-ND	0.72342	0.71512
90	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-RT1-CL-WFN-FD	0.77095	0.42650
91	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-RT1-CL-NFN-ND	0.66069	1.15158
92	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-RT1-CL-NFN-FD	0.74605	0.51402
93	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-RT1-NC-WFN-ND	0.79645	0.62461
94	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-RT1-NC-WFN-FD	0.81337	0.38198
95	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-RT1-NC-NFN-ND	0.77006	0.96469
96	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-RT1-NC-NFN-FD	0.79711	0.46060
97	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-CL-WFN-ND	0.73513	0.17864
98	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-CL-WFN-FD	0.76747	0.13448
99	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-CL-NFN-ND	0.68354	0.24670
100	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-CL-NFN-FD	0.74601	0.15277
101	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-NC-WFN-ND	0.69523	0.32050
102	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-NC-WFN-FD	0.72313	0.26007
103	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-NC-NFN-ND	0.64713	0.41542
104	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-NC-NFN-FD	0.70040	0.28861
105	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-CL-WFN-ND	0.64819	0.55911
106	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-CL-WFN-FD	0.71674	0.34057
107	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-CL-NFN-ND	0.55638	0.91312
108	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-CL-NFN-FD	0.68550	0.40469
109	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-NC-WFN-ND	0.62004	0.76122
110	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-NC-WFN-FD	0.68000	0.50147
111	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-NC-NFN-ND	0.53810	1.17338
112	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-NC-NFN-FD	0.64887	0.57973
113	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-RT1-CL-WFN-ND	0.76333	0.20152
114	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-RT1-CL-WFN-FD	0.79791	0.15860
115	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-RT1-CL-NFN-ND	0.71053	0.27097
116	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-RT1-CL-NFN-FD	0.77772	0.18019

ตารางที่ ค.2 แสดงค่าแอมพลิจูด (amplitude) และค่าการหน่วงเวลา (delay) ของ solar weighting factors (ต่อ)

<u>ห้องที่</u>	<u>รายละเอียดของห้อง</u>	<u>แอมพลิจูด</u>	<u>ค่าการหน่วงเวลา</u>
117	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-RT1-NC-WFN-ND	0.76791	0.28226
118	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-RT1-NC-WFN-FD	0.80103	0.19967
119	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-RT1-NC-NFN-ND	0.71740	0.40667
120	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-RT1-NC-NFN-FD	0.78127	0.23198
121	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-RT1-CL-WFN-ND	0.67236	0.55515
122	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-RT1-CL-WFN-FD	0.74416	0.33676
123	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-RT1-CL-NFN-ND	0.57752	0.90946
124	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-RT1-CL-NFN-FD	0.71346	0.40220
125	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-RT1-NC-WFN-ND	0.68427	0.69542
126	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-RT1-NC-WFN-FD	0.75070	0.40407
127	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-RT1-NC-NFN-ND	0.59859	1.15479
128	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-RT1-NC-NFN-FD	0.72118	0.48824
129	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-CL-WFN-HD	0.66917	0.72767
130	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-CL-WFN-HD	0.76171	0.32338
131	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-CL-NFN-HD	0.63802	0.83269
132	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-CL-NFN-HD	0.73008	0.40669
133	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-NC-WFN-HD	0.67125	0.87298
134	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-NC-WFN-HD	0.76188	0.47415
135	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-NC-NFN-HD	0.65450	0.96249
136	MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-NC-NFN-HD	0.74627	0.55410
137	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-CL-WFN-HD	0.65135	1.06716
138	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-CL-WFN-HD	0.74242	0.63528
139	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-CL-NFN-HD	0.60828	1.35820
140	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-CL-NFN-HD	0.69653	0.88667
141	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-NC-WFN-HD	0.66993	1.12350
142	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-NC-WFN-HD	0.76369	0.74292
143	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-NC-NFN-HD	0.64521	1.34971
144	MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-NC-NFN-HD	0.73849	0.94695
145	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-CL-WFN-HD	0.69189	0.71109

ตารางที่ ค.2 แสดงค่าแอมพลิจูด (amplitude) และค่าการหน่วงเวลา (delay) ของ solar weighting factors (ต่อ)

<u>ห้องที่</u>	<u>รายละเอียดของห้อง</u>	<u>แอมพลิจูด</u>	<u>ค่าการหน่วงเวลา</u>
146	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-RT1-CL-WFN-HD	0.78871	0.28488
147	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-CL-NFN-HD	0.66075	0.82155
148	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-RT1-CL-NFN-HD	0.75778	0.37023
149	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-NC-WFN-HD	0.73001	0.65383
150	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-RT1-NC-WFN-HD	0.83296	0.24094
151	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-NC-NFN-HD	0.71495	0.74318
152	TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT2-RT1-NC-NFN-HD	0.82011	0.31083
153	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-CL-WFN-HD	0.65275	1.01369
154	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-RT1-CL-WFN-HD	0.74275	0.57676
155	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-CL-NFN-HD	0.60984	1.30176
156	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-RT1-CL-NFN-HD	0.69702	0.82448
157	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-NC-WFN-HD	0.70295	0.92374
158	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-RT1-NC-WFN-HD	0.80064	0.50961
159	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-NC-NFN-HD	0.68001	1.15254
160	TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT2-RT1-NC-NFN-HD	0.77791	0.71531
161	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-CL-WFN-HD	0.65987	0.48743
162	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-CL-WFN-HD	0.74526	0.16359
163	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-CL-NFN-HD	0.62348	0.54285
164	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-CL-NFN-HD	0.70873	0.20575
165	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-NC-WFN-HD	0.62211	0.64731
166	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-NC-WFN-HD	0.69980	0.30805
167	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-NC-NFN-HD	0.58782	0.72225
168	MD-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-NC-NFN-HD	0.66452	0.36886
169	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-CL-WFN-HD	0.59606	0.81570
170	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-CL-WFN-HD	0.67619	0.45805
171	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-CL-NFN-HD	0.53744	1.04038
172	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-CL-NFN-HD	0.61367	0.64829
173	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-NC-WFN-HD	0.56734	1.01755
174	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-NC-WFN-HD	0.64075	0.65210

ตารางที่ ค.2 แสดงค่าแอมพลิจูด (amplitude) และค่าการหน่วงเวลา (delay) ของ solar weighting factors (ต่อ)

<u>ห้องที่</u>	<u>รายละเอียดของห้อง</u>	<u>แอมพลิจูด</u>	<u>ค่าการหน่วงเวลา</u>
175	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-NC-NFN-HD	0.51420	1.27707
176	MD-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-NC-NFN-HD	0.58319	0.88030
177	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-RT1-CL-WFN-HD	0.68591	0.53609
178	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-RT1-CL-WFN-HD	0.77691	0.18855
179	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-RT1-CL-NFN-HD	0.64898	0.59501
180	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-RT1-CL-NFN-HD	0.74035	0.23308
181	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-RT1-NC-WFN-HD	0.68306	0.64723
182	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-RT1-NC-WFN-HD	0.78089	0.24921
183	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT1-RT1-NC-NFN-HD	0.64744	0.74682
184	TP-N1-WL1-50-8C-CP-PT2-RT1-NC-NFN-HD	0.74553	0.32514
185	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-RT1-CL-WFN-HD	0.61920	0.82152
186	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-RT1-CL-WFN-HD	0.70419	0.45226
187	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-RT1-CL-NFN-HD	0.55864	1.04733
188	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-RT1-CL-NFN-HD	0.64038	0.64313
189	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-RT1-NC-WFN-HD	0.62663	0.98520
190	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-RT1-NC-WFN-HD	0.71335	0.55381
191	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT1-RT1-NC-NFN-HD	0.57188	1.27935
192	TP-N1-WL1-50-8C-TL-PT2-RT1-NC-NFN-HD	0.65388	0.80398

ภาคผนวก ง.

รายละเอียดของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น

1. โปรแกรมจัดเรียงข้อมูลค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งจากค่ามากไปค่าน้อย : “search_dbt.for”

```
*****  
* PROGRAM TO COUNT THE ANNUAL FREQUENCY OF OCCURRENCE *  
* OF 0.4% DESIGN DRY-BULB TEMPERATURE *  
*****
```

```
DIMENSION x(1200,24)  
CHARACTER *20 fname1,fname2  
CHARACTER ANS*2
```

```
INTEGER day,K
```

```
C x(i,j)= the temperature of each hour  
C dtemp = 0.4% design dry-bulb temperature  
C day = the number of days in the year  
C fname = filename
```

```
K = 2
```

```
1WRITE(*,100) TYPE DATA FILENAME: '  
READ(*,105)fname1  
WRITE(*,100) TYPE OUTPUT FILENAME: '  
READ(*,105)fname2
```

```
OPEN(1,FILE=fname1)  
OPEN(K,FILE=fname2)
```

```
WRITE(*,100) HOW MANY DAYS IN THE YEAR? '
```

```
READ(*,110)day  
WRITE(*,100) ENTER THE VALUE OF 2% DRY-BULB TEMPERATURE : '  
READ(*,120)dtemp  
WRITE(*,*) '
```

```
DO 20 i=1,day  
READ(1,90)(x(i,j),j=1,24)  
20 CONTINUE
```

```
DO 40 i=1,day  
DO 30 j=1,24  
IF (x(i,j).eq.dtemp) THEN  
WRITE(2,50)i,j  
END IF
```

```
30 CONTINUE  
40 CONTINUE
```

```
5 WRITE(*,*) FIND DESIGN TEMPERATURE OF OTHER YEARS : '  
WRITE(*,100) SELECT *Y* FOR YES,*N* FOR NO : '  
READ(*,105) ANS
```

```
IF (ANS.EQ.*Y*) THEN  
K = K+1  
GO TO 1  
ELSE IF (ANS.EQ.*N*) THEN  
GO TO 130  
ELSE  
GO TO 5  
END IF
```

```

50 FORMAT(5X,I4,';',I2)
90 FORMAT(10X,24F7.1,9X)
100 FORMAT(A)
105 FORMAT(A)
110 FORMAT(I4)
120 FORMAT(F7.1)
130 CONTINUE
END

```

2. โปรแกรมจัดเรียงข้อมูลค่ารังสีแสงอาทิตย์จากค่ามากไปค่าน้อย : “ Search_sol.for”

```

*****
* PROGRAM TO COUNT THE ANNUAL FREQUENCY OF OCCURRENCE *
* OF 0.4% DESIGN TOTAL SOLAR RADIATION (100 MJ/M^2) *
*****

DIMENSION x(1200,15)
CHARACTER fname*20
INTEGER day
C x(i,j)= the total solar radiation of each hour
C desol = 0.4% design total solar radiation
C day = the number of days in the year
C fname = filename
CALL CLS
WRITE(*,100) ' TYPE DATA FILENAME: '
READ(*,105)fname
OPEN(1,FILE=fname)
WRITE(*,100) ' HOW MANY DAYS IN THE YEAR? '
READ(*,110)day
WRITE(*,100) ' ENTER THE VALUE OF 0.4% DESIGN TOTAL SOLAR RADIATION : '
READ(*,120)desol
WRITE(*,*) '
WRITE(*,*) ' THE DAYS AND THE HOURS THOSE HAVE DESIGN TOTAL SOLAR RADIATION'

DO 20 i=1,day
  READ(1,90)(x(i,j),j=1,15)
20 CONTINUE

DO 40 i=1,day
  DO 30 j=1,24
    IF (x(i,j).eq.desol) THEN
      WRITE(*,50)i,j
    END IF
30 CONTINUE
40 CONTINUE

WRITE(*,*) '
STOP
50 FORMAT(5X,I4,';',I2)
90 FORMAT(16X,15I6,8X)
100 FORMAT(A)
105 FORMAT(A)
110 FORMAT(I4)
120 FORMAT(I6)
END

```


3. โปรแกรมหาค่ารังสีกระจายแสงอาทิตย์ และรังสีตรงตั้งฉากแสงอาทิตย์ของวันตัวแทนที่ใช้หา วันออกแบบ : “Find_diff.t90”

```

PROGRAM FIND_IDIFF
! THIS PROGRAM FIND DIFFUSE RADIATION FROM GLOBAL RADIATION
! 0.4% DRY-BULB TEMPERATURE
IMPLICIT NONE

! DECLARE THE VARIABLES USED IN THIS PROGRAM
! N = THE ORDER OF THE DAY IN THE YEAR
! W = THE ANGLE OF THE DAY IN THE YEAR
! AST = APPARENT SOLAR TIME,MINUTE
! ET = EQUATION OF TIME,MINUTE
! LSM = LOCAL STANDARD TIME MERIDIAN, DEGREE
! LST = LOCAL STANDARD TIME, HOUR
! LON = LOCAL LONGITUDE, DEGREE
! DECL = DECLINATION
! L = LATITUDE, DEGREE
! A = APPARENT SOLAR CONSTANT
! B = ATMOSPHERIC EXTINCTION COEFFICIENT
! C = SKY DIFFUSE FACTOR
! H = HOUR ANGLE, DEGREE
! BETA = SOLAR ALTITUDE, DEGREE
! SINB = SINE ANGLE OF SOLAR ALTITUDE
! ASINB = ARRAY OF SINE ANGLE OF SOLAR ALTITUDE
! EDN = DIRECT NORMAL RADIATION (ASHRAE)
! EDIN = ASHRAE DIRECT NORMAL RADIATION (W/M^2 )
! ED = DIFFUSE RADIATION (ASHRAE)
! ETOTAL = GLOBAL RADIATION (ASHRAE)
! EGLOBAL = MEASURE GLOBAL RADIATION
! KA = APPLY CLEARNESS INDEX
! KD = IDIFF/EGLOB
! IDIFF = ACTUAL DIFFUSE RADIATION
! LSDAY = THE NUMBER OF DAY IN THIS MONTH(I) (30 OR 31)
! CUMDAY = THE CUMULATIVE OF THE DAY BEFORE THE FIRST DAY THAT WANT TO SIMULATE
! DIRNM = ASHRAE DIRECT NORMAL (KJ/m^2-hr)
! DIRNM1 = ACTUAL DIRECT NORMAL (KJ/m^2-hr)
! CHARACTER(len=20) :: FNAME1,FNAME2,FNAME3
REAL :: W,AST,ET,DECL,A,B,C,H,SINB,EDN,ETOTAL,ETOTAL_SI,KA,KD, &
      EDIFF,EDIFF_SI,G,G0
REAL, PARAMETER :: LSM = -105.0
REAL, PARAMETER :: LON = -100.5
REAL, PARAMETER :: L = 13.7
REAL, PARAMETER :: PI = 3.141593
INTEGER :: N,I,J,K,ISTAT,LST
REAL, DIMENSION(20,24) :: KDN,KAN,EGLOB1,EDIN,IDIFF,COSZ ,DIRMAX !,EGLOB2
INTEGER, DIMENSION(20) :: MONTH,DAY
INTEGER, DIMENSION(20,24) :: IDIFF1,EGLOB,GLOBAL,EGLOB2,KDIRN,GLOBAL1
INTEGER, DIMENSION(12) :: CUMDAY = (/0,31,59,90,120,151,181,212,243,273,304,334/)

OPEN(1,FILE='CO_04SOLAR',STATUS='OLD',ACTION='READ',IOSTAT=ISTAT)
OPEN(2,FILE='MAXDIR_CO_SOLAR.INP', STATUS = 'OLD', ACTION = 'READ', IOSTAT=ISTAT)
OPEN(3,FILE='CO_SOLAR.OUT',STATUS='UNKNOWN',ACTION='WRITE')

DO I = 1,19
  READ(1,40,IOSTAT=ISTAT) MONTH(I),DAY(I),(EGLOB(I,J),J = 1,24)
  40 FORMAT(6X,I2,1X,I2,24(6))
END DO

DO I = 1,19
  DO J = 1,24
    EGLOB1(I,J) = EGLOB(I,J)*(10000)/3600.
  END DO
END DO

IREAD MAXDIR.WEA
DO I= 1,19

```

```

READ(2,20,IOSTAT=ISTAT) (DIRMAX(I,J),J=1,24)
20 FORMAT(8X,24F7.1)
END DO

DO I = 1,19
K = MONTH(I)
N = DAY(I)+CUMDAY(K)
W = (2*PI*N)/365

ET = 60*(0.0000696+0.00706*COS(W)-0.0533*COS(2*W)-0.00157*COS(3*W) &
-0.122*SIN(W)-0.156*SIN(2*W)-0.00556*SIN(3*W))

! Declination by using formula in E-20
G0 = 2*pi*(n + 284)/365.24 ! radians
G = G0 + 0.007133*sin(G0) + 0.03268*cos(G0) - 0.000318*sin(2*G0) + 0.000145*cos(2*G0) !rads
decl = asin(0.3979*sin(G)) ! radians

A = 368.44+24.52*COS(W)-1.14*COS(2*W)-1.09*COS(3*W)+0.58*SIN(W) &
-0.18*SIN(2*W)+0.28*SIN(3*W)

B = 0.1717-0.0344*COS(W)+0.0032*COS(2*W)+0.0024*COS(3*W) &
-0.0043*SIN(W)-0.0008*SIN(3*W)

C = 0.0905-0.041*COS(W)+0.0073*COS(2*W)+0.0015*COS(3*W) &
-0.0034*SIN(W)+0.0004*SIN(2*W)-0.0006*SIN(3*W)

DO J = 1,24
LST = J
AST = ((LST+0.5)*60)+ET+4*(LSM-LON)
H = 0.25*(720-AST)
SINB = COS(L*PI/180)*COS(DECL)*COS(H*PI/180)+SIN(L*PI/180)*SIN(DECL)

IF (SINB < 0) THEN
COSZ(I,J) = 0
ELSE
COSZ(I,J) = SINB
END IF

IF (SINB <= 0) THEN
EDN = 0
ELSE
EDN = A/(EXP(B/COSZ(I,J)))
END IF

EDIN(I,J) = EDN*3.15358
EDIFF = C*EDN
EDIFF_SI = EDIFF*3.15358
ETOTAL = (EDN*SINB)+EDIFF
ETOTAL_SI = ETOTAL*3.15358
GLOBAL(I,J) = NINT(ETOTAL_SI)

END DO ! HOUR
END DO ! DAY

DO I = 1,19
DO J = 1,24
GLOBAL1(I,J) = NINT(GLOBAL(I,J)*3.6)
END DO
END DO

WRITE(3,*) 'ASHRAE GLOBAL (KJ/m^2-hr)'
DO I = 1,19
WRITE(3,200) MONTH(I),DAY(I),(GLOBAL1(I,J),J = 1,24)
200 FORMAT(2X,I2,1X,I2,(24I6))
END DO

! FIND KA
DO I = 1,19
DO J = 1,24

```

```

IF (GLOBAL(I,J) == 0) THEN
    KA = 0
ELSE
    KA = EGLOBAL(I,J)/GLOBAL(I,J)
END IF
LST = J
IF (MONTH(I)==3.OR.MONTH(I)==4) THEN
IF (LST >= 8 .AND. LST <= 17) THEN
    IF (KA <= 0.42) THEN
        KD = -0.4086*(KA**2)-0.0195*(KA)+0.9233
    ELSE IF (KA > 0.9444) THEN
        KD = 0.11
    ELSE
        KD = -0.0726*(KA**3)+0.3783*(KA**2)-1.8111*(KA)+1.5442
    END IF
ELSE IF (LST == 18) THEN
    IF (KA >= 0.2246 .AND. KA <= 0.8781) THEN
        KD = 3.7812*(KA**4)-5.1476*(KA**3)+0.8101*(KA**2)+0.2439*KA+0.8772
    ELSE IF (KA < 0.2246) THEN
        KD = 0.9241
    ELSE
        KD = 0.4788
    END IF
ELSE IF ( LST == 7 .OR. LST == 19 ) THEN
    IF (KA >= 0.3228 .AND. KA <= 1.116) THEN
        KD = -3.1755*(KA**4)+9.4985*(KA**3)-9.6401*(KA**2)+3.6817*KA+0.446
    ELSE IF (KA < 0.3228) THEN
        KD = 0.9150
    ELSE
        KD = 0.8250
    END IF
ELSE
    KA = 0
    KD = 0
END IF
ELSE IF (MONTH(I)==5.OR.MONTH(I)==10) THEN
IF (LST >= 8 .AND. LST <= 17) THEN
    IF (KA > 0.967) THEN
        KD = 0.2445
    ELSE
        KD = 2.9498*(KA**4)-4.3341*(KA**3)+0.8489*(KA**2)-0.1531*(KA)+0.9385
    END IF
ELSE IF (LST == 18) THEN
    IF (KA >= 0.2002 .AND. KA <= 0.9549) THEN
        KD = 0.3798*(KA**5)-2.3748*(KA**4)+5.219*(KA**3)-4.6575*(KA**2)+1.3104*KA+0.8514
    ELSE IF (KA < 0.2002) THEN
        KD = 0.9653
    ELSE
        KD = 0.7271
    END IF
ELSE IF ( LST == 7 .OR. LST == 19 ) THEN
    KD = -0.0974*KA+0.9322
ELSE
    KA = 0
    KD = 0
END IF
ELSE
    KA = 0
    KD = 0
END IF !MONTH(I)
KAN(I,J) = KA
KDN(I,J) = KD
IDIFF(I,J) = KDN(I,J)*EGLOB1(I,J)
IDIFF1(I,J) = NINT(IDIFF(I,J)*3.6)
END DO IHOUR
END DO IDAY

DO I = 1,19
DO J = 1,24

```

```

      EGLOBAL2(I,J) = NINT(EGLOB1(I,J)*3.6)
      END DO
      END DO

      WRITE(3,*) "
      WRITE(3,*) ' GLOBAL RADIATION (KJ/SQ.M./HR) '
      DO I = 1,19
      WRITE(3,190) MONTH(I),DAY(I),(EGLOB2(I,J),J = 1,24)
      190 FORMAT(2X,I2,1X,I2,24I6)
      END DO

      WRITE(3,*) "
      WRITE(3,*) ' DIFFUSE RADIATION (KJ/SQ.M./HR) '
      DO I = 1,19
      WRITE(3,160) MONTH(I),DAY(I),(IDIFF1(I,J),J = 1,24)
      160 FORMAT(2X,I2,1X,I2,24I6)
      END DO

      WRITE(3,*) "
      WRITE(3,*) ' COSTETA '
      DO I = 1,19
      WRITE(3,170) MONTH(I),DAY(I),(COSZ(I,J),J = 1,24)
      170 FORMAT(2X,I2,1X,I2,24(F6.3))
      END DO

      ! FIND DIRECT NORMAL RADIATION VALUE IN KJ/SQ.M./HR
      DO I = 1,19
      DO J = 1,24
      IF (COSZ(I,J) /= 0.0) THEN
      IF (EGLOB2(I,J) > 0) THEN
      KDIRN(I,J) = NINT((EGLOB2(I,J)-IDIFF1(I,J))/COSZ(I,J))
      IF (KDIRN(I,J) < EGLOB2(I,J)) THEN
      KDIRN(I,J) = EGLOB2(I,J)
      END IF
      IF (KDIRN(I,J) > (DIRMAX(I,J)*10)) THEN
      KDIRN(I,J) = (DIRMAX(I,J)*10)
      END IF
      ELSE
      KDIRN(I,J) = 0
      END IF
      ELSE
      KDIRN(I,J) = 0
      END IF
      END DO
      END DO

      WRITE(3,*) "
      WRITE(3,*) ' DIRECT NORMAL RADIATION (KJ/SQ.M./HR) '
      DO I = 1,19
      WRITE(3,180) MONTH(I),DAY(I),(KDIRN(I,J),J = 1,24)
      180 FORMAT(2X,I2,1X,I2,24I6)
      END DO
      END PROGRAM

```

4. โปรแกรมหาค่ารังสีกระจายแสงอาทิตย์เพื่อนำไปจัดเรียงเป็นแฟ้มข้อมูลสภาพอากาศในรูปแบบ

TMY : “Diff_tmy.f90”

```

PROGRAM FIND_IDIFF
! THIS PROGRAM FIND DIFFUSE RADIATION FROM GLOBAL RADIATION
IMPLICIT NONE

! DECLARE THE VARIABLES USED IN THIS PROGRAM
! N = THE ORDER OF THE DAY IN THE YEAR
! W = THE ANGLE OF THE DAY IN THE YEAR
! AST = APPARENT SOLAR TIME,MINUTE
! ET = EQUATION OF TIME,MINUTE

```

```

! LSM = LOCAL STANDARD TIME MERIDIAN, DEGREE
! LST = LOCAL STANDARD TIME, HOUR
! LON = LOCAL LONGITUDE, DEGREE
! DECL = DECLINATION
! L = LATITUDE, DEGREE
! A = APPARENT SOLAR CONSTANT
! B = ATMOSPHERIC EXTINCTION COEFFICIENT
! C = SKY DIFFUSE FACTOR
! H = HOUR ANGLE, DEGREE
! BETA = SOLAR ALTITUDE, DEGREE
! SINB = SINE ANGLE OF SOLAR ALTITUDE
! ASINB = ARRAY OF SINE ANGLE OF SOLAR ALTITUDE
! EDN = DIRECT NORMAL RADIATION (ASHRAE)
! EDIN = ASHRAE DIRECT NORMAL RADIATION (W/M*2 )
! ED = DIFFUSE RADIATION (ASHRAE)
! ETOTAL = GLOBAL RADIATION (ASHRAE)
! EGLOBAL = MEASURE GLOBAL RADIATION
! KA = APPLY CLEARNESS INDEX
! KD = IDIFF/EGLOB
! IDIFF = ACTUAL DIFFUSE RADIATION
! LSDAY = THE NUMBER OF DAY IN THIS MONTH (30 OR 31)
! CUMDAY = THE CUMULATIVE OF THE DAY BEFORE THE FIRST DAY THAT WANT TO SIMULATE
! DIRNM = ASHRAE DIRECT NORMAL (KJ/m^2-hr)
! DIRNM1 = ACTUAL DIRECT NORMAL (KJ/m^2-hr)
REAL :: W,AST,ET,DECL,A,B,C,H,SINB,EDN,ETOTAL,ETOTAL_SI,KA,KD, &
      EDIFF,EDIFF_SI,G,G0
REAL, PARAMETER :: LSM = -105.0
REAL, PARAMETER :: LON = -100.5
REAL, PARAMETER :: L = 13.7
REAL, PARAMETER :: PI = 3.141593
INTEGER :: N,I,J,K,ISTAT,NOD,LST,MONTH !,DAY,MONTH !,COUNT,HOUR
!INTEGER,DIMENSION(744) :: MEADIR,MEADIF
REAL, DIMENSION(24,31,12) :: KDN,KAN,EGLOB1,EDIN,IDIFF,COSZ !,EGLOB2
INTEGER, DIMENSION(24,31,12) :: IDIFF1,EGLOB,GLOBAL
INTEGER, DIMENSION(12) :: MDAY = (/31,29,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31/)
INTEGER, DIMENSION(12) :: CUMDAY = (/0,31,60,91,121,152,182,213,244,274,305,335/)

OPEN(1,FILE='GLOBAL_TMY.INP',STATUS='OLD',ACTION='READ',IOSTAT=ISTAT)
OPEN(3,FILE='DIFFUSE_TMY44.OUT',STATUS='UNKNOWN',ACTION='WRITE')
OPEN(4,FILE='COSTETA_TMY44.OUT',STATUS='UNKNOWN',ACTION='WRITE')
OPEN(5,FILE='GLOBAL_S_TMY44.OUT',STATUS='UNKNOWN',ACTION='WRITE')
OPEN(6,FILE='ASHRAE_TMY44.OUT',STATUS='UNKNOWN',ACTION='WRITE')

DO K = 1,12
  NOD = MDAY(K)
  DO J = 1,NOD
    READ(1,40,IOSTAT=ISTAT) K,J,(EGLOB(I,J,K),I = 1,24)
    40 FORMAT(2X,I2,1X,I2,24(I6))
  END DO
END DO

DO K = 1,12
  NOD = MDAY(K)
  DO J = 1,NOD
    DO I = 1,24
      EGLOBAL(I,J,K) = EGLOBAL(I,J,K)*(10000)/3600.
    END DO
  END DO
END DO

DO K = 1,12
  NOD = MDAY(K)

DO J = 1,NOD
  N = J+CUMDAY(K)
  W = (2*PI*N)/365

ET = 60*(0.0000696+0.00706*COS(W)-0.0533*COS(2*W)-0.00157*COS(3*W) &
      -0.122*SIN(W)-0.156*SIN(2*W)-0.00556*SIN(3*W))

```

```

! Declination by using formula in E-20
G0 = 2*pi*(n + 284)/365.24 ! radians
G = G0 + 0.007133*sin(G0) + 0.03268*cos(G0) - 0.000318*sin(2*G0) + 0.000145*cos(2*G0) !rads
decl = asin(0.3979*sin(G)) ! radians

```

```

A = 368.44+24.52*COS(W)-1.14*COS(2*W)-1.09*COS(3*W)+0.58*SIN(W) &
    -0.18*SIN(2*W)+0.28*SIN(3*W)

```

```

B = 0.1717-0.0344*COS(W)+0.0032*COS(2*W)+0.0024*COS(3*W) &
    -0.0043*SIN(W)-0.0008*SIN(3*W)

```

```

C = 0.0905-0.041*COS(W)+0.0073*COS(2*W)+0.0015*COS(3*W) &
    -0.0034*SIN(W)+0.0004*SIN(2*W)-0.0006*SIN(3*W)

```

```
DO I = 1,24
```

```
LST = I
```

```
AST = ((LST+0.5)*60)+ET+4*(LSM-LON)
```

```
H = 0.25*(720-AST)
```

```
SINB = COS(L*PI/180)*COS(DECL)*COS(H*PI/180)+SIN(L*PI/180)*SIN(DECL)
```

```
IF (SINB < 0) THEN
```

```
  COSZ(I,J,K) = 0
```

```
ELSE
```

```
  COSZ(I,J,K) = SINB
```

```
END IF
```

```
IF (SINB <= 0) THEN
```

```
  EDN = 0
```

```
ELSE
```

```
  EDN = A/(EXP(B/COSZ(I,J,K)))
```

```
END IF
```

```
EDIN(I,J,K) = EDN*3.15358
```

```
EDIFF = C*EDN
```

```
EDIFF_SI = EDIFF*3.15358
```

```
ETOTAL = (EDN*SINB)+EDIFF
```

```
ETOTAL_SI = ETOTAL*3.15358
```

```
GLOBAL(I,J,K) = NINT(ETOTAL_SI)
```

```
END DO ! HOUR
```

```
END DO ! DAY
```

```
END DO ! MONTH
```

```
DO K = 1,12
```

```
  NOD = MDAY(K)
```

```
  DO J = 1,NOD
```

```
    WRITE(6,200) K,J,(GLOBAL(I,J,K),I = 1,24)
```

```
    200 FORMAT(2X,I2,1X,I2,(24I6))
```

```
  END DO
```

```
END DO
```

```
! FIND KA
```

```
DO K = 1,12
```

```
  NOD = MDAY(K)
```

```
  MONTH = K
```

```
  DO J = 1,NOD
```

```
    DO I = 1,24
```

```
      IF (GLOBAL(I,J,K) == 0) THEN
```

```
        KA = 0
```

```
      ELSE
```

```
        KA = EGLOBAL(I,J,K)/GLOBAL(I,J,K)
```

```
      END IF
```

```
LST = I
```

```
IF (MONTH==3.OR.MONTH==4) THEN
```

```
IF (LST >= 8 .AND. LST <= 17) THEN
```



```

IF (KA <= 0.42) THEN
    KD = -0.4086*(KA**2)-0.0195*(KA)+0.9233
ELSE IF (KA > 0.9444) THEN
    KD = 0.11
ELSE
    KD = -0.0726*(KA**3)+0.3783*(KA**2)-1.8111*(KA)+1.5442
END IF
ELSE IF (LST == 18) THEN
    IF (KA >= 0.2246 .AND. KA <= 0.8781) THEN
        KD = 3.7812*(KA**4)-5.1476*(KA**3)+0.8101*(KA**2)+0.2439*KA+0.8772
    ELSE IF (KA < 0.2246) THEN
        KD = 0.9241
    ELSE
        KD = 0.4788
    END IF
ELSE IF ( LST == 7 .OR. LST == 19 ) THEN
    IF (KA >= 0.3228 .AND. KA <= 1.116) THEN
        KD = -3.1755*(KA**4)+9.4985*(KA**3)-9.6401*(KA**2)+3.6817*KA+0.446
    ELSE IF (KA < 0.3228) THEN
        KD = 0.9150
    ELSE
        KD = 0.8250
    END IF
ELSE
    KA = 0
    KD = 0
END IF
ELSE IF (MONTH==1.OR.MONTH==2.OR.MONTH==11.OR.MONTH==12) THEN
    IF (LST >= 8 .AND. LST <= 17) THEN
        IF (KA <= 0.43) THEN
            KD = -0.6172*(KA**2)+0.114*(KA)+0.9458
        ELSE IF (KA > 0.8679) THEN
            KD = 0.1
        ELSE
            KD = -0.6999*(KA**3)+0.6092*(KA**2)-1.6471*(KA)+1.5282
        END IF
    ELSE IF (LST == 18) THEN
        IF (KA >= 0.2957 .AND. KA <= 0.8587) THEN
            KD = 1.3069*(KA**8)-13.1288*(KA**7)+53.6213*(KA**6)-113.7630*(KA**5)+&
                132.3492*(KA**4)-81.1354*(KA**3)+22.4759*(KA**2)-2.0165*KA+0.9268
        ELSE IF (KA < 0.2957) THEN
            KD = 0.9860
        ELSE
            KD = 0.6046
        END IF
    ELSE IF ( LST == 7 .OR. LST == 19 ) THEN
        KD = 0.0044*KA+0.9105
    ELSE
        KA = 0
        KD = 0
    END IF
ELSE IF (MONTH==6.OR.MONTH==7.OR.MONTH==8.OR.MONTH==9) THEN
    IF (LST >= 8 .AND. LST <= 17) THEN
        IF (KA <= 0.57) THEN
            KD = -0.3374*(KA**2)+0.0211*KA+0.9313
        ELSE IF (KA > 0.9263) THEN
            KD = 0.07
        ELSE
            KD = -13.983*(KA**3)+30.892*(KA**2)-24.448*(KA)+7.3234
        END IF
    ELSE IF (LST == 18) THEN
        IF (KA >= 0.224 .AND. KA <= 1.2822) THEN
            KD = -0.2844*(KA**4)+1.5909*(KA**3)-2.4673*(KA**2)+0.8787*KA+0.8576
        ELSE IF (KA < 0.224) THEN
            KD = 0.9478
        ELSE
            KD = 0.5128
        END IF
    ELSE IF ( LST == 7 .OR. LST == 19 ) THEN

```

```

                KD = -0.0705*KA+0.9365
ELSE
    KA = 0
    KD = 0
END IF
ELSE IF (MONTH==5.OR.MONTH==10) THEN
IF (LST >= 8 .AND. LST <= 17) THEN
    IF (KA > 0.967) THEN
        KD = 0.2445
    ELSE
        KD = 2.9498*(KA**4)-4.3341*(KA**3)+0.8489*(KA**2)-0.1531*(KA)+0.9385
    END IF
ELSE IF (LST == 18) THEN
    IF (KA >= 0.2002 .AND. KA <= 0.9549) THEN
        KD = 0.3798*(KA**5)-2.3748*(KA**4)+5.219*(KA**3)-4.6575*(KA**2)+1.3104*KA+0.8514
    ELSE IF (KA < 0.2002) THEN
        KD = 0.9653
    ELSE
        KD = 0.7271
    END IF
ELSE IF ( LST == 7 .OR. LST == 19 ) THEN
    KD = -0.0974*KA+0.9322
ELSE
    KA = 0
    KD = 0
END IF
ELSE
    KA = 0
    KD = 0
END IF
IMONTH
KAN(I,J,K) = KA
KDN(I,J,K) = KD
IDIFF(I,J,K) = KDN(I,J,K)*EGLOB1(I,J,K)
IDIFF1(I,J,K) = NINT(IDIFF(I,J,K)*3.6)
END DO I HOUR
END DO IDAY
END DO IMONTH

DO K = 1,12
NOD = MDAY(K)
DO J = 1,NOD
WRITE(3,160) K,J,(IDIFF1(I,J,K),I = 1,24)
END DO
160 FORMAT(I2,2X,I2,24(2X,I4))
END DO

DO K = 1,12
NOD = MDAY(K)
DO J = 1,NOD
WRITE(4,170) K,J,(COSZ(I,J,K),I = 1,24)
170 FORMAT(I2,2X,I2,24(F7.3))
END DO
END DO
END PROGRAM

```

5. โปรแกรมหาค่ารังสีตรงตั้งฉากแสงอาทิตย์ และจัดเรียงข้อมูลสภาพอากาศในรูปแบบ TMY :

“Tmy_pack.f90”

```

PROGRAM TMY_PACK
IMPLICIT NONE
! THIS PROGRAM USE TO CREAT TMY UNPACK FILE
CHARACTER(LEN=20) :: CHAR1
CHARACTER(LEN=10) :: CHAR2
CHARACTER(LEN=3) :: CHAR3 I,CHAR4,CHAR5
CHARACTER(LEN=1) :: CHAR6
CHARACTER(LEN=5) :: CHAR7

```

```

CHARACTER(LEN=2) :: CHAR8
CHARACTER(LEN=11) :: CHAR9
INTEGER, DIMENSION(24,31,12) :: KDFIRN,MOS,KPRESS,KDB,KDP,GLOBAL,KWINDIR,KWINDSP,KCOV,KGLOB,KDIRN ,WINDSPD
INTEGER, DIMENSION(31,12) :: KETIRN
REAL, DIMENSION(31,12) :: EXTRA
REAL, DIMENSION(24,31,12) :: COSZ,DIRMAX,PRESS,DRY,DEW
INTEGER, DIMENSION(12) :: MDAY = (/31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31/)
INTEGER, DIMENSION(12) :: KYR = (/93,94,94,86,94,91,96,91,83,86,84,93/)
INTEGER :: I,J,K,ISTAT,NOD,YEAR
CHAR1 = '99999999999999999999'
CHAR2 = '9999999999'
CHAR3 = '999'
CHAR6 = '0'
CHAR7 = '45520'
CHAR8 = '99'
CHAR9 = '999999999999'

```

```

OPEN(1,FILE = 'EXTRA.WEA', STATUS = 'OLD', ACTION = 'READ', IOSTAT=ISTAT)
OPEN(2,FILE = 'MAXDIR.WEA', STATUS = 'OLD', ACTION = 'READ', IOSTAT=ISTAT)
OPEN(3,FILE = 'COSTETA_TMY44.OUT', STATUS = 'OLD', ACTION = 'READ', IOSTAT=ISTAT)
OPEN(4,FILE = 'DIFFUSE_TMY44.OUT',STATUS='OLD',ACTION='READ',IOSTAT=ISTAT)
OPEN(5,FILE = 'GLOBAL_TMY.INP',STATUS='OLD',ACTION='READ',IOSTAT=ISTAT)
OPEN(6,FILE = 'PRESS_TMY.INP', STATUS = 'OLD', ACTION = 'READ', IOSTAT=ISTAT)
OPEN(7,FILE = 'DRY_TMY.INP', STATUS = 'OLD', ACTION = 'READ', IOSTAT=ISTAT)
OPEN(8,FILE = 'DEWPT_TMY.INP', STATUS = 'OLD', ACTION = 'READ', IOSTAT=ISTAT)
OPEN(9,FILE = 'WINDIR_TMY.INP', STATUS = 'OLD', ACTION = 'READ', IOSTAT=ISTAT)
OPEN(10,FILE = 'WINDSPD_TMY.INP', STATUS = 'OLD', ACTION = 'READ', IOSTAT=ISTAT)
OPEN(11,FILE = 'CLDCOV_TMY.INP', STATUS = 'OLD', ACTION = 'READ', IOSTAT=ISTAT)
OPEN(12,FILE = 'WEATHR44.TMP', STATUS = 'UNKNOWN', ACTION = 'WRITE')
OPEN(13,FILE = 'DIRNM_TMY44.OUT', STATUS = 'UNKNOWN', ACTION = 'WRITE')

```

```

I READ MAXDIR.WEA
DO K= 1,12
NOD = MDAY(K)
DO J = 1,NOD
  READ(2,20,IOSTAT=ISTAT) (DIRMAX(I,J,K),I=1,24)
  20 FORMAT(8X,24F7.1)
END DO
END DO

```

```

I READ EXTRATERRESTRIAL
DO K= 1,12
NOD = MDAY(K)
DO J = 1,NOD
  READ(1,10,IOSTAT=ISTAT) EXTRA(J,K)
  10 FORMAT(8X,F6.1)
END DO
END DO

```

```

DO K= 1,12
NOD = MDAY(K)
DO J = 1,NOD
  KETIRN(J,K) = NINT(EXTRA(J,K)*10)
END DO
END DO

```

```

I READ COSTETA.WEA
DO K= 1,12
NOD = MDAY(K)
DO J = 1,NOD
  READ(3,30,IOSTAT=ISTAT) (COSZ(I,J,K),I=1,24)
  30 FORMAT(6X,24F7.3)

```

```

END DO
END DO

```

```

!READ DIFFUSE
DO K= 1,12
NOD = MDAY(K)
DO J = 1,NOD
  READ(4,40,IOSTAT=ISTAT) (KDFIRN(I,J,K),I=1,24)
  40 FORMAT(6X,24(2X,I4))
END DO
END DO

```

```

! READ GLOBAL RADIATION(*100 MJ/M^2)
DO K= 1,12
NOD = MDAY(K)
DO J = 1,NOD
  READ(5,50,IOSTAT=ISTAT) (GLOBAL(I,J,K),I=1,24)
  50 FORMAT(7X,24I6)
END DO
END DO

```

```

! CONVERT GLOBAL FROM *100 MJ/M^2 TO KJ/m2-hr
DO K= 1,12
NOD = MDAY(K)
DO J = 1,NOD
  DO I = 1,24
    KGLOB(I,J,K) = (GLOBAL(I,J,K)*10)
  END DO
END DO
END DO

```

```

! READ PRESSURE
DO K= 1,12
NOD = MDAY(K)
DO J = 1,NOD
  READ(6,60,IOSTAT=ISTAT) (PRESS(I,J,K),I=1,24)
  60 FORMAT(7X,24(F10.2))
END DO
END DO

```

```

! CONVERT TO X10P
DO K= 1,12
NOD = MDAY(K)
DO J = 1,NOD
  DO I = 1,24
    KPRESS(I,J,K) = NINT(PRESS(I,J,K)*10)
  END DO
END DO
END DO

```

```

! READ DRY_BULB TEMP
DO K= 1,12
NOD = MDAY(K)
DO J = 1,NOD
  READ(7,70,IOSTAT=ISTAT) (DRY(I,J,K),I=1,24)
  70 FORMAT(7X,24(F6.1))
END DO
END DO

```

```

DO K= 1,12
NOD = MDAY(K)
DO J = 1,NOD

```



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```

DO I = 1,24
  KDB(I,J,K) = NINT(DRY(I,J,K)*10)
END DO
END DO
END DO

! READ DEW POINT TEMP
DO K= 1,12
  NOD = MDAY(K)
  DO J = 1,NOD
    READ(8,80,IOSTAT=ISTAT) (DEW(I,J,K),I=1,24)
    80 FORMAT(8X,24(F6.1))
  END DO
END DO

DO K= 1,12
  NOD = MDAY(K)
  DO J = 1,NOD
    DO I = 1,24
      KDP(I,J,K) = NINT(DEW(I,J,K)*10)
    END DO
  END DO
END DO

! READ WIND DIRECTION
DO K= 1,12
  NOD = MDAY(K)
  DO J = 1,NOD
    READ(9,90,IOSTAT=ISTAT) (KWDIR(I,J,K),I=1,24)
    90 FORMAT(7X,24(I6))
  END DO
END DO

! READ WIND SPEED
DO K= 1,12
  NOD = MDAY(K)
  DO J = 1,NOD
    READ(10,100,IOSTAT=ISTAT) (WINDSPD(I,J,K),I=1,24)
    100 FORMAT(7X,24(I6))
  END DO
END DO

! CONVERT WIND SPEED TO X10M/S
DO K= 1,12
  NOD = MDAY(K)
  DO J = 1,NOD
    DO I = 1,24
      KWNSPD(I,J,K) = NINT(WINDSPD(I,J,K)*1.8539*0.2778*10)
    END DO
  END DO
END DO

! READ CLOUD COVER
DO K= 1,12
  NOD = MDAY(K)
  DO J = 1,NOD
    READ(11,110,IOSTAT=ISTAT) (KCOV(I,J,K),I=1,24)
    110 FORMAT(7X,24(I6))
  END DO
END DO

! FIND DIRECT NORMAL RADIATION VALUE IN KJ/SQ.M./HR

```

```

DO K= 1,12
NOD = MDAY(K)
DO J = 1,NOD
DO I = 1,24
IF (COSZ(I,J,K) /= 0.0) THEN
IF (KGLOBAL(I,J,K) > 0) THEN
MOS(I,J,K) = 60
KDIRN(I,J,K) = NINT((KGLOBAL(I,J,K)-KDFIRN(I,J,K))/COSZ(I,J,K))
IF (KDIRN(I,J,K) > (DIRMAX(I,J,K)*10)) THEN
KDIRN(I,J,K) = (DIRMAX(I,J,K)*10)
END IF
IF (KDIRN(I,J,K) > 3960) THEN
KDIRN(I,J,K) = 3960
END IF
ELSE
KDIRN(I,J,K) = 0
MOS(I,J,K) = 0
END IF
ELSE
KDIRN(I,J,K) = 0
MOS(I,J,K) = 0
END IF
END DO
END DO
END DO

! WRITE DIRECT NORMAL
DO K= 1,12
NOD = MDAY(K)
DO J = 1,NOD
WRITE (13,500) K,J,(KDIRN(I,J,K),I=1,24)
500 FORMAT (I2,2X,I2,2X,24I6)
END DO
END DO

DO K= 1,12
NOD = MDAY(K)
YEAR = KYR(K)
DO J = 1,NOD
DO I = 1,24
WRITE(12,120) CHAR7, YEAR, K, J, I, CHAR6, I, CHAR6, KETIRN(J,K), KDIRN(I,J,K), &
KDFIRN(I,J,K), CHAR1, KGLOBAL(I,J,K), CHAR2, MOS(I,J,K), I, CHAR3, CHAR3, CHAR9, &
KPRESS(I,J,K), KDB(I,J,K), KDP(I,J,K), KWNDIR(I,J,K), KWNDSP(I,J,K), KCOV(I,J,K), CHAR8
120 FORMAT(A5,4I2, 1X,A1,I2, 1X,A1,I4,2I5,A20, 1X,I4,A10,2I2, 1X,A3,2X,A3, 1X,A11,&
5X,I5,2I4,I3, 1X,I3,I2,A2)
END DO
END DO
END DO
END PROGRAM

```

6. โปรแกรมหาค่าแอมพลิจูด และค่าการหน่วงเวลา : "Plot_ampdel.f90"

```

PROGRAM AMPLITUDE_DELAY
IMPLICIT NONE
! THIS PROGRAM USE TO FIND AMPLITUDE AND DELAY
REAL, DIMENSION (-1:240) :: R
REAL, DIMENSION (25) :: q
REAL, DIMENSION (24) :: Rold,DIF,Rnew,ADIF
REAL, DIMENSION (5) :: WF
REAL, DIMENSION (50) :: V0,V1,V2,W1,W2
INTEGER :: I,J,N,M,ISTAT,T,K
REAL :: PI,AMP,DEL,PHINE,R0,R6

```



```

PI = 3.141593
R(-1) = 0.0
R(0) = 0.0

OPEN(2,FILE = 'SL_BLD1.INP', STATUS = 'OLD', ACTION = 'READ', IOSTAT=ISTAT)
OPEN(3,FILE = 'SL_BLD1.OUT', STATUS = 'UNKNOWN', ACTION = 'WRITE')

! FIND SINUSOIDAL HEAT GAIN OF UNIT AMPLITUDE
DO T = 0,24
  I = T+1
  q(I) = SIN(PI*T/12)
END DO

WRITE (3,15)
15 FORMAT (X,'CASE',3X,'AMPLITUDE',7X,'DELAY')

DO K=1,40

!READ WEIGHTING FACTOR
DO I = 1,5
  READ(2,20,IOSTAT=ISTAT) WF(I)
  20 FORMAT(4X,F8.5)
END DO
V0(K) = WF(1)
V1(K) = WF(2)
V2(K) = WF(3)
W1(K) = WF(4)
W2(K) = WF(5)

DO I = 1,24
  J = I
  IF (I==1) THEN
    R(J) = V0(K)*q(1)+V1(K)*q(24)+V2(K)*q(23)+W1(K)*R(J-1)+W2(K)*R(J-2)
  ELSE IF (I==2) THEN
    R(J) = V0(K)*q(2)+V1(K)*q(1)+V2(K)*q(24)+W1(K)*R(J-1)+W2(K)*R(J-2)
  ELSE
    R(J) = V0(K)*q(I)+V1(K)*q(I-1)+V2(K)*q(I-2)+W1(K)*R(J-1)+W2(K)*R(J-2)
  END IF

  Rold(I) = R(J)
END DO

N = 1

DO
  M = 0
  DO I = 1,24
    J = (24*N)+I
    IF (I==1) THEN
      R(J) = V0(K)*q(1)+V1(K)*q(24)+V2(K)*q(23)+W1(K)*R(J-1)+W2(K)*R(J-2)
    ELSE IF (I==2) THEN
      R(J) = V0(K)*q(2)+V1(K)*q(1)+V2(K)*q(24)+W1(K)*R(J-1)+W2(K)*R(J-2)
    ELSE
      R(J) = V0(K)*q(I)+V1(K)*q(I-1)+V2(K)*q(I-2)+W1(K)*R(J-1)+W2(K)*R(J-2)
    END IF

    DIF(I) = R(J)-Rold(I)
    ADIF(I) = ABS(DIF(I))
    IF (ADIF(I) > 0.001) THEN
      Rold(I) = R(J)
    ELSE
      Rold(I) = R(J)
      M = M+1
    END IF
  END DO

  IF (M == 24) EXIT
  N = N+1
END DO

```

```

DO I = 1,24
  Rnew(I) = Rold(I)
END DO

! CALCULATE AMPLITUDE AND DELAY
R0 = Rnew(1)
R6 = Rnew(7)
AMP = SQRT((R0**2)+(R6**2))
IF (R6 <= 0.01) THEN
  PHINE = PI/2
ELSE
  PHINE = ATAN(-R0/R6)
END IF
DEL = 12*PHINE/PI
WRITE(3,100) K,AMP,DEL
100 FORMAT (I5,X,F7.5,5X,F7.5)
END DO
END PROGRAM

```

7. โปรแกรมหาจุดที่เป็นห้องตัวแทนของกลุ่ม (Representative zone) : “Find_repwf.f90”

```

PROGRAM FIND_REP_AMPDEL
IMPLICIT NONE
! THIS PROGRAM USE TO FIND REPRESENTATIVE AMPLITUDE AND DELAY OF ZONE TYPE
REAL, DIMENSION (1000) :: AMP,DEL
INTEGER :: I,ISTAT,BIG,IMIN
REAL :: LASTDIST,TEMPDIST,DIST,TAMP,MDEL
BIG = 1000

OPEN(1,FILE = 'SL_AMPDEL_GP2.INP', STATUS = 'UNKNOWN', ACTION = 'READ', IOSTAT=ISTAT)
OPEN(2,FILE = 'SL_DIST_GP2.OUT', STATUS = 'UNKNOWN', ACTION = 'WRITE', IOSTAT=ISTAT)

!READ AMPLITUDE AND DELAY OF TOP DEAD CENTER OF THE GROUP
WRITE (*, '(A)', ADVANCE='NO') ' TOP AMPLITUDE = '
READ (*, *) TAMP
WRITE (*, '(A)', ADVANCE='NO') ' MIDDLE DELAY = '
READ (*, *) MDEL

!READ AMPLITUDE AND DELAY FROM INPUT FILE
DO I = 1,74
  READ(1,10) AMP(I),DEL(I)
  10 FORMAT(F7.5,1X,F7.5)
END DO

!FIND THE DISTANCE BETWEEN EACH PLOT AND THE REPRESENTATIVE POINT
LASTDIST = BIG

DO I = 1,74
  TEMPDIST = DIST(AMP(I),DEL(I),TAMP,MDEL)
  WRITE(2,50) I,TEMPDIST
  50 FORMAT(1X,I3,4X,F7.5)
  IF (TEMPDIST <= LASTDIST) THEN
    LASTDIST = TEMPDIST
    IMIN = I
  END IF
END DO

WRITE(*,20) LASTDIST
20 FORMAT(' THE DEISTANCE = ',F8.5)
WRITE(*,30) IMIN,AMP(IMIN),DEL(IMIN)
30 FORMAT(' THE POINT IS THE CASE NUMBER : ',I3,2X,'AMPLITUDE =',F8.5,2X,' DELAY =',F8.5)
END PROGRAM

! FUNCTION FOR CALCULATE DISTANCE
REAL FUNCTION DIST(A,D,TA,MD)
IMPLICIT NONE
REAL A,D,TA,MD
DIST = SQRT((TA-A)**2+(MD-D)**2)
RETURN
END FUNCTION

```

ภาคผนวก จ.

ข้อมูลขาเข้าของโปรแกรม DOE-2.1E

ตัวอย่างข้อมูลขาเข้าของโปรแกรม DOE-2.1E สำหรับอาคารหลังที่ 1 (ห้องหมายเลข 1-32)

```
INPUT LOADS ..
TITLE LINE-1= *CUSTOM WEIGHTING FACTOR GENERATION*
LINE-2= *BUILDING-1,HAS 3 FLOORS*
LINE-3= *CASE(1-16);MD-N1-WL1-50-3C-XX-PT1-XX-XX-XX*
LINE-4= *CASE(17-32);TP-N1-WL1-50-3C-XX-PT1-RT1-XX-XX-
XX* ..
$-----$
$ CASE DEFINITIONS
$-----$
$
$ NOTE THAT INTERNAL ZONES ARE NOT INCLUDE IN THE
'NUMBER OF ZONES'
$ COUNT FOR THE POST PROCESSOR BECAUSE THEY DO NOT
GENERATE WEIGHTING FACTORS
$
$ NUMBER OF ZONES = 32
$ 16 ZONES HAVE ONE EXTERIOR WALL,MIDDLE FLOOR (1-16)
$ 16 ZONES HAVE ONE EXTERIOR WALL, TOP FLOOR (17-32)
$
$ ZONE 1 : MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-CL-WFN-ND
$ ZONE 2 : MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-CL-WFN-FD
$ ZONE 3 : MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-CL-NFN-ND
$ ZONE 4 : MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-CL-NFN-FD
$ ZONE 5 : MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-NC-WFN-ND
$ ZONE 6 : MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-NC-WFN-FD
$ ZONE 7 : MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-NC-NFN-ND
$ ZONE 8 : MD-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-NC-NFN-FD
$ ZONE 9 : MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-CL-WFN-ND
$ ZONE 10 : MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-CL-WFN-FD
$ ZONE 11 : MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-CL-NFN-ND
$ ZONE 12 : MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-CL-NFN-FD
$ ZONE 13 : MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-NC-WFN-ND
$ ZONE 14 : MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-NC-WFN-FD
$ ZONE 15 : MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-NC-NFN-ND
$ ZONE 16 : MD-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-NC-NFN-FD
$ ZONE 17 : TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-CL-WFN-ND
$ ZONE 18 : TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-CL-WFN-FD
$ ZONE 19 : TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-CL-NFN-ND
$ ZONE 20 : TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-CL-NFN-FD
$ ZONE 21 : TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-NC-WFN-ND
$ ZONE 22 : TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-NC-WFN-FD
$ ZONE 23 : TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-NC-NFN-ND
$ ZONE 24 : TP-N1-WL1-50-3C-CP-PT1-RT1-NC-NFN-FD
$ ZONE 25 : TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-CL-WFN-ND
$ ZONE 26 : TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-CL-WFN-FD
$ ZONE 27 : TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-CL-NFN-ND
$ ZONE 28 : TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-CL-NFN-FD
$ ZONE 29 : TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-NC-WFN-ND
$ ZONE 30 : TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-NC-WFN-FD
$ ZONE 31 : TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-NC-NFN-ND
$ ZONE 32 : TP-N1-WL1-50-3C-TL-PT1-RT1-NC-NFN-FD
$-----$
$ PARAMETERS
$-----$
PARAMETER
NORTH = 0.0
EAST = 90.0
SOUTH = 180.0
WEST = 270.0
WALL-HEIGHT = 10.0
WALL-WIDTH = 15.0
ROOF-HEIGHT = 15.0
ROOF-WIDTH = 15.0
WIND-HEIGHT-50 = 5.0
WIND-HEIGHT-90 = 9.0
WIND-WIDTH = 15.0
ZONE-DEPTH = 15.0
ZONE-FLR-AREA = 225.0
PART-BACK-AREA = 150.0
PART-SIDE-AREA = 150.0
ZN-VOL-CLG = 2250.0
GROUND-FLR-AREA = 8100.0
GROUND-VOL = 81000.0
INT-FLR-AREA = 3600.0
INT-VOL = 36000.0
$ SOLAR FRACTION : NO DRAPE
R-ND-SF = 0.15
L-ND-SF = 0.15
B-ND-SF = 0.10
CL-ND-SF = 0.0
FL-ND-NFN-SF = 0.60
FL-ND-WFN-SF = 0.30
FURN-ND-SF = 0.30
FR-ND-SF = 0.0
NDRAPE-SF = 0.0
OTHER-SIDE-SF = 0.0
$ SOLAR FRACTION : FULL DRAPE
R-FD-SF = 0.075
L-FD-SF = 0.075
B-FD-SF = 0.05
CL-FD-SF = 0.0
FL-FD-NFN-SF = 0.10
FL-FD-WFN-SF = 0.05
FURN-FD-SF = 0.05
FR-FD-SF = 0.0
FDRAPE-SF = 0.70
$ CONSTRUCTION
RF-TP-1 = RF-TP-CLG
RF-TP-2 = RF-TP-NCLG
RF-MD-1 = RF-MD-CLG-CPT
RF-MD-2 = RF-MD-NCLG-CPT
RF-MD-3 = RF-MD-CLG-TL
RF-MD-4 = RF-MD-NCLG-TL
FLOOR-1 = FL-CLG-CPT
FLOOR-2 = FL-NCLG-CPT
FLOOR-3 = FL-CLG-TL
FLOOR-4 = FL-NCLG-TL ..
```

```

$-----$
$          RUN CONTROL          $
$-----$
CONDUCTIVITY = 0.834
DENSITY       = 150
SPECIFIC-HEAT = 0.2 ..

ABORT          WARNINGS ..
DIAGNOSTIC     COMMENTS, NARROW ..
RUN-PERIOD     JAN 1 1994 THRU DEC 31 1994 ..
LOADS-REPORT   VERIFICATION = (ALL-VERIFICATION)
..
BUILDING-LOCATION  LATITUDE   = 13.7
                  LONGITUDE  = -100.5
                  TIME-ZONE   = -7
                  ALTITUDE    = 0.0
                  AZIMUTH     = NORTH
                  HOLIDAY     = NO
                  DAYLIGHT-SAVINGS = NO
                  GROUND-T    =
(75.0,75.0,75.0,75.0,75.0,75.0,
75.0,75.0,75.0,75.0,75.0) ..

$-----$
$          MATERIALS          $
$-----$
$ WALL

$ 10 MM. STUCCO
LW_STUCCO = MATERIAL
    THICKNESS = 0.033
    CONDUCTIVITY = 0.036
    DENSITY = 18.7
    SPECIFIC-HEAT = 0.2 ..

$ FACE BRICK 2 LAYER
2L_BRICK = MATERIAL
    THICKNESS = 0.492
    CONDUCTIVITY = 0.273
    DENSITY = 100
    SPECIFIC-HEAT = 0.2 ..

$ PARTITION
$ 15 MM. STUCCO
STUCCO = MATERIAL
    THICKNESS = 0.049
    CONDUCTIVITY = 0.036
    DENSITY = 18.7
    SPECIFIC-HEAT = 0.2 ..

$ CONCRETE BLOCK
CONCRETE_BLOCK = MATERIAL
    THICKNESS = 0.246
    CONDUCTIVITY = 0.47
    DENSITY = 61
    SPECIFIC-HEAT = 0.2 ..

$ FLOOR
$ CONCRETE 75 MM. (3 INCH)
CONCRETE_3IN = MATERIAL
    THICKNESS = 0.246
    CONDUCTIVITY = 0.275
    DENSITY = 80
    SPECIFIC-HEAT = 0.2 ..

$ ROOF
$ CONCRETE 100 MM.
CONCRETE = MATERIAL
    THICKNESS = 0.328

$ AIR LAYER IN HORIZONTAL (HIGH EMITTANCE)
AIR_LAYER_RH = MATERIAL
RESISTANCE = 0.987 ..

$ FIBERGLASS
FIBERGLASS = MATERIAL
    THICKNESS = 0.246
    CONDUCTIVITY = 0.021
    DENSITY = 3.7
    SPECIFIC-HEAT = 0.2 ..

$ GYPSUM BOARD
GYPSUM = MATERIAL
    THICKNESS = 0.03
    CONDUCTIVITY = 0.163
    DENSITY = 50
    SPECIFIC-HEAT = 0.2 ..

$-----$
$          LAYERS          $
$-----$
$ EXTERIOR-WALL/INTERIOR-WALL/DRAPE

EXTWALL1 = LAYERS MATERIAL = (LW_STUCCO,2L_BRICK,LW_STUCCO)
I-F-R = 0.68 ..

INTWALL = LAYERS MATERIAL = (STUCCO,CONCRETE_BLOCK,STUCCO)
I-F-R = 0.68 $DELAYED INT PARTITION$ ..

$ ROOF/FLOOR
CLG-RF-TP1 = LAYERS MATERIAL =
(CONCRETE,AIR_LAYER_RH,FIBERGLASS,
GYPSUM,AL33,AC02)
I-F-R = 0.92 ..

NCLG-RF-TP2 = LAYERS MATERIAL =
(CONCRETE,AIR_LAYER_RH,FIBERGLASS,GYPSUM)
I-F-R = 0.92 ..

CLG-CPT-RF-MD1 = LAYERS MATERIAL = (CP01,CONCRETE_3IN,AL33,AC02)
I-F-R = 0.92 ..

NCLG-CPT-RF-MD2 = LAYERS MATERIAL = (CP01,CONCRETE_3IN)
I-F-R = 0.92 ..

CLG-TL-RF-MD3 = LAYERS MATERIAL = (AV01,CONCRETE_3IN,AL33,AC02)
I-F-R = 0.92 ..

NCLG-TL-RF-MD4 = LAYERS MATERIAL = (AV01,CONCRETE_3IN)
I-F-R = 0.92 ..

CLG-CPT-FL1 = LAYERS MATERIAL = (AC02,AL33,CONCRETE_3IN,CP01)
I-F-R = 0.61 ..

NCLG-CPT-FL2 = LAYERS MATERIAL = (CONCRETE_3IN,CP01)
I-F-R = 0.61 ..

CLG-TL-FL3 = LAYERS MATERIAL = (AC02,AL33,CONCRETE_3IN,AV01)
I-F-R = 0.61 ..

NCLG-TL-FL4 = LAYERS MATERIAL = (CONCRETE_3IN,AV01)
I-F-R = 0.61 ..

$-----$
$          CONSTRUCTION          $
$-----$
EXW-1 = CONSTRUCTION
LAYERS = EXTWALL1 ABS = .90 RO = 2 ..

PSEUDO-DRAPE = CONSTRUCTION
U-VALUE = 0.552 ..
LAYERS = DRAPE-WALL ABS = .75 RO = 5 ..

```

```

FURNWALL      = CONSTRUCTION
                U-VALUE = 0.45 ..

$ ROOF/FLOOR CONSTRUCTIONS:

RF-TP-CLG     = CONSTRUCTION LAYERS = CLG-RF-TP1
                ABS = 0.90 RO = 3 ..
RF-TP-NCLG    = CONSTRUCTION LAYERS = NCLG-RF-TP2
                ABS = 0.90 RO = 3 ..
RF-MD-CLG-CPT = CONSTRUCTION LAYERS = CLG-CPT-RF-
MD1 ..
RF-MD-NCLG-CPT = CONSTRUCTION LAYERS = NCLG-CPT-RF-
MD2 ..
RF-MD-CLG-TL  = CONSTRUCTION LAYERS = CLG-TL-RF-MD3 ..
RF-MD-NCLG-TL = CONSTRUCTION LAYERS = NCLG-TL-RF-
MD4 ..
FL-CLG-CPT    = CONSTRUCTION LAYERS = CLG-CPT-FL1 ..
FL-NCLG-CPT   = CONSTRUCTION LAYERS = NCLG-CPT-FL2 ..
FL-CLG-TL     = CONSTRUCTION LAYERS = CLG-TL-FL3 ..
FL-NCLG-TL    = CONSTRUCTION LAYERS = NCLG-TL-FL4 ..
INTWALL1      = CONSTRUCTION LAYERS = INTWALL ..

$-----$
$          GLASS TYPES          $
$-----$
GLASS1      = GLASS-TYPE S-C = 0.95 PANES =1 G-C =
1.45 ..
$-----$
$          SPACE CONDITIONS          $
$-----$
SPACE-COND-1 = SPACE-CONDITIONS
                NUMBER-OF-PEOPLE = 0
                LIGHTING-W/SQFT = 0.0
                EQUIPMENT-W/SQFT =
0.0
                FLOOR-WEIGHT = 0
                ZONE-TYPE = CONDITIONED
                TEMPERATURE = (77)
                FURNITURE-TYPE = LIGHT
                FURN-FRACTION = 0.0
                FURN-
WEIGHT = 0.0 ..

SPACE-COND-2 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-1 .
SPACE-COND-3 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-1 .
SPACE-COND-4 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-1 .
SPACE-COND-5 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-1 .
SPACE-COND-6 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-1 .
SPACE-COND-7 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-1 .
SPACE-COND-8 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-1 .
SPACE-COND-9 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-1 .
SPACE-COND-10 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-1
SPACE-COND-11 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-1
..

SPACE-COND-12 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-1 ..
SPACE-COND-13 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-1 ..
SPACE-COND-14 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-1 ..
SPACE-COND-15 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-1 ..
SPACE-COND-16 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-1 ..
SPACE-COND-17 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-1 ..
SPACE-COND-18 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-1 ..
SPACE-COND-19 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-1 ..
SPACE-COND-20 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-1 ..
SPACE-COND-21 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-1 ..
SPACE-COND-22 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-1 ..
SPACE-COND-23 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-1 ..
SPACE-COND-24 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-1 ..
SPACE-COND-25 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-1 ..
SPACE-COND-26 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-1 ..
SPACE-COND-27 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-1 ..
SPACE-COND-28 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-1 ..
SPACE-COND-29 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-1 ..
SPACE-COND-30 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-1 ..
SPACE-COND-31 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-1 ..
SPACE-COND-32 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-1 ..

SPACE-COND-INT1 = SPACE-CONDITIONS
                NUMBER-OF-PEOPLE = 0
                LIGHTING-W/SQFT = 0.0
                EQUIPMENT-W/SQFT = 0.0
                FLOOR-WEIGHT = 70
                ZONE-TYPE = CONDITIONED
                TEMPERATURE = (77)
                FURNITURE-TYPE = LIGHT
                FURN-FRACTION = 0.0
                FURN-WEIGHT = 0.0 ..

SPACE-COND-INT2 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-INT1 ..
SPACE-COND-INT3 = SPACE-CONDITIONS LIKE SPACE-COND-INT1 ..
$-----$
$          SPACES          $
$-----$
SPACE-1 = SPACE X=60 Y=0 Z=10 AZ= NORTH
                A = ZONE-FLR-AREA V = ZN-VOL-CLG
                S-C = SPACE-COND-1 ..
                INTERIOR-WALL
                A = ZONE-FLR-AREA CONS = RF-MD-1
                TILT = 0 NEXT-TO = SPACE-I3
                SOLAR-FRACTION = (CL-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
                INTERIOR-WALL
                A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-1

```

TILT = 180 NEXT-TO = SPACE-11
 SOLAR-FRACTION = (FL-ND-WFN-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
 SF) ..
 EXTERIOR-WALL
 X=0 Y=0 Z=0 CONS=EXW-1
 AZ=SOUTH TILT=90
 H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
 SOLAR-FRACTION = FR-ND-SF ..
 WINDOW
 G-T = GLASS1 X=0 Y=3
 H = WIND-HEIGHT-50 W = WIND-WIDTH ..
 GLS-SHD-DEV1 = INTERIOR-WALL
 HEIGHT = WIND-HEIGHT-50 WIDTH = WIND-
 WIDTH
 INT-WALL-TYPE = ADIABATIC
 CONS = PSEUDO-DRAPE
 SOLAR-FRACTION = (NDRAPE-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
 SF) ..
 INTERIOR-WALL \$FURNITURE
 A = 112.5
 TILT = 0
 CONS = FURNWALL INT-WALL-TYPE = ADIABATIC
 SOLAR-FRACTION = (FURN-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
 SF) ..
 INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (R-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
 INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (L-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
 INTERIOR-WALL
 A = PART-BACK-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (B-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
 \$-----\$
 SPACE-2 = SPACE X=45 Y=0 Z=10 AZ= NORTH
 A = ZONE-FLR-AREA V = ZN-VOL-CLG
 S-C = SPACE-COND-2 ..
 INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = RF-MD-1
 TILT = 0 NEXT-TO = SPACE-13
 SOLAR-FRACTION = (CL-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
 INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-1
 TILT = 180 NEXT-TO = SPACE-11
 SOLAR-FRACTION = (FL-FD-WFN-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
 SF) ..
 EXTERIOR-WALL
 X=0 Y=0 Z=0 CONS=EXW-1
 AZ=SOUTH TILT=90
 H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
 SOLAR-FRACTION = FR-FD-SF ..
 WINDOW
 G-T = GLASS1 X=0 Y=3
 H = WIND-HEIGHT-50 W = WIND-WIDTH ..
 GLS-SHD-DEV2 = INTERIOR-WALL
 HEIGHT = WIND-HEIGHT-50 WIDTH = WIND-
 WIDTH
 INT-WALL-TYPE = ADIABATIC
 CONS = PSEUDO-DRAPE
 SOLAR-FRACTION = (FDRAPE-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
 INTERIOR-WALL \$FURNITURE
 A = 112.5
 TILT = 0
 CONS = FURNWALL INT-WALL-TYPE = ADIABATIC
 SOLAR-FRACTION = (FURN-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
 INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (R-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
 INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (L-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
 INTERIOR-WALL
 A = PART-BACK-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (B-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
 \$-----\$
 SPACE-3 = SPACE X=30 Y=0 Z=10 AZ= NORTH
 A = ZONE-FLR-AREA V = ZN-VOL-CLG
 S-C = SPACE-COND-3 ..
 INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = RF-MD-1
 TILT = 0 NEXT-TO = SPACE-13
 SOLAR-FRACTION = (CL-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
 INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-1
 TILT = 180 NEXT-TO = SPACE-11
 SOLAR-FRACTION = (FL-ND-NFN-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
 EXTERIOR-WALL
 X=0 Y=0 Z=0 CONS=EXW-1
 AZ=SOUTH TILT=90
 H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
 SOLAR-FRACTION = FR-ND-SF ..
 WINDOW
 G-T = GLASS1 X=0 Y=3
 H = WIND-HEIGHT-50 W = WIND-WIDTH ..
 INTERIOR-WALL
 LIKE GLS-SHD-DEV1 ..
 INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (R-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
 INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (L-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
 INTERIOR-WALL
 A = PART-BACK-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (B-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
 \$-----\$
 SPACE-4 = SPACE X=15 Y=0 Z=10 AZ= NORTH
 A = ZONE-FLR-AREA V = ZN-VOL-CLG
 S-C = SPACE-COND-4 ..
 INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = RF-MD-1
 TILT = 0 NEXT-TO = SPACE-13
 SOLAR-FRACTION = (CL-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
 INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-1

TILT = 180 NEXT-TO = SPACE-11
 SOLAR-FRACTION = (FL-FD-NFN-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

EXTERIOR-WALL
 X=0 Y=0 Z=0 CONS=EXW-1
 AZ=SOUTH TILT=90
 H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
 SOLAR-FRACTION = FR-FD-SF ..

WINDOW
 G-T = GLASS1 X=0 Y=3
 H = WIND-HEIGHT-50 W = WIND-WIDTH ..

INTERIOR-WALL
 LIKE GLS-SHD-DEV2 ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (R-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (L-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-BACK-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (B-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

-----\$-----\$

SPACE-5 = SPACE X=0 Y=30 Z=10 AZ=EAST
 A = ZONE-FLR-AREA V = ZN-VOL-CLG
 S-C = SPACE-COND-5 ..

INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = RF-MD-2
 TILT = 0 NEXT-TO = SPACE-13
 SOLAR-FRACTION = (CL-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-2
 TILT = 180 NEXT-TO = SPACE-11
 SOLAR-FRACTION = (FL-ND-WFN-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

SF) ..

EXTERIOR-WALL
 X=0 Y=0 Z=0 CONS=EXW-1
 AZ=SOUTH TILT=90
 H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
 SOLAR-FRACTION = FR-ND-SF ..

WINDOW
 G-T = GLASS1 X=0 Y=3
 H = WIND-HEIGHT-50 W = WIND-WIDTH ..

INTERIOR-WALL
 LIKE GLS-SHD-DEV1 ..

INTERIOR-WALL \$FURNITURE
 A = 112.5
 TILT = 0
 CONS = FURNWALL INT-WALL-TYPE = ADIABATIC
 SOLAR-FRACTION = (FURN-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (R-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (L-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-BACK-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (B-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

-----\$-----\$

SPACE-7 = SPACE X=0 Y=60 Z=10 AZ=EAST
 A = ZONE-FLR-AREA V = ZN-VOL-CLG
 S-C = SPACE-COND-7 ..

INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = RF-MD-2
 TILT = 0 NEXT-TO = SPACE-13
 SOLAR-FRACTION = (CL-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-2
 TILT = 180 NEXT-TO = SPACE-11
 SOLAR-FRACTION = (FL-ND-NFN-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

EXTERIOR-WALL
 X=0 Y=0 Z=0 CONS=EXW-1
 AZ=SOUTH TILT=90
 H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
 SOLAR-FRACTION = FR-ND-SF ..

WINDOW
 G-T = GLASS1 X=0 Y=3
 H = WIND-HEIGHT-50 W = WIND-WIDTH ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (R-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (L-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL

INTERIOR-WALL
 LIKE GLS-SHD-DEV1 ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I2
 SOLAR-FRACTION = (R-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I2
 SOLAR-FRACTION = (L-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-BACK-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I2
 SOLAR-FRACTION = (B-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

-----\$-----
 SPACE-8 = SPACE X=0 Y=75 Z=10 AZ=EAST
 A = ZONE-FLR-AREA V = ZN-VOL-CLG
 S-C = SPACE-COND-8 ..

INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = RF-MD-2
 TILT = 0 NEXT-TO = SPACE-I3
 SOLAR-FRACTION = (CL-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-2
 TILT = 180 NEXT-TO = SPACE-I1
 SOLAR-FRACTION = (FL-FD-NFN-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

SF) ..

EXTERIOR-WALL
 X=0 Y=0 Z=0 CONS=EXW-1
 AZ=SOUTH TILT=90
 H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
 SOLAR-FRACTION = FR-FD-SF ..

WINDOW
 G-T = GLASS1 X=0 Y=3
 H = WIND-HEIGHT-50 W = WIND-WIDTH ..

INTERIOR-WALL
 LIKE GLS-SHD-DEV2 ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I2
 SOLAR-FRACTION = (R-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I2
 SOLAR-FRACTION = (L-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-BACK-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I2
 SOLAR-FRACTION = (B-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

-----\$-----
 SPACE-9 = SPACE X=30 Y=90 Z=10 AZ= SOUTH
 A = ZONE-FLR-AREA V = ZN-VOL-CLG
 S-C = SPACE-COND-9 ..

INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = RF-MD-3
 TILT = 0 NEXT-TO = SPACE-I3
 SOLAR-FRACTION = (CL-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-3
 TILT = 180 NEXT-TO = SPACE-I1
 SOLAR-FRACTION = (FL-ND-WFN-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

SF) ..

EXTERIOR-WALL
 X=0 Y=0 Z=0 CONS=EXW-1

AZ=SOUTH TILT=90
 H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
 SOLAR-FRACTION = FR-ND-SF ..

WINDOW
 G-T = GLASS1 X=0 Y=3
 H = WIND-HEIGHT-50 W = WIND-WIDTH ..

INTERIOR-WALL
 LIKE GLS-SHD-DEV1 ..

INTERIOR-WALL \$FURNITURE
 A = 112.5
 TILT = 0
 CONS = FURNWALL INT-WALL-TYPE = ADIABATIC
 SOLAR-FRACTION = (FURN-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I2
 SOLAR-FRACTION = (R-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I2
 SOLAR-FRACTION = (L-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-BACK-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I2
 SOLAR-FRACTION = (B-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

-----\$-----
 SPACE-10 = SPACE X=45 Y=90 Z=10 AZ= SOUTH
 A = ZONE-FLR-AREA V = ZN-VOL-CLG
 S-C = SPACE-COND-10 ..

INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = RF-MD-3
 TILT = 0 NEXT-TO = SPACE-I3
 SOLAR-FRACTION = (CL-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-3
 TILT = 180 NEXT-TO = SPACE-I1
 SOLAR-FRACTION = (FL-FD-WFN-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

EXTERIOR-WALL
 X=0 Y=0 Z=0 CONS=EXW-1
 AZ=SOUTH TILT=90
 H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
 SOLAR-FRACTION = FR-FD-SF ..

WINDOW
 G-T = GLASS1 X=0 Y=3
 H = WIND-HEIGHT-50 W = WIND-WIDTH ..

INTERIOR-WALL
 LIKE GLS-SHD-DEV2 ..

INTERIOR-WALL \$FURNITURE
 A = 112.5
 TILT = 0
 CONS = FURNWALL INT-WALL-TYPE = ADIABATIC
 SOLAR-FRACTION = (FURN-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I2
 SOLAR-FRACTION = (R-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I2
 SOLAR-FRACTION = (L-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-BACK-AREA

CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (B-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

\$-----\$
 SPACE-11 = SPACE X=60 Y=90 Z=10 AZ= SOUTH
 A = ZONE-FLR-AREA V = ZN-VOL-CLG
 S-C = SPACE-COND-11 ..

INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = RF-MD-3
 TILT = 0 NEXT-TO = SPACE-13
 SOLAR-FRACTION = (CL-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-3
 TILT = 180 NEXT-TO = SPACE-11
 SOLAR-FRACTION = (FL-ND-NFN-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

EXTERIOR-WALL
 X=0 Y=0 Z=0 CONS=EXW-1
 AZ=SOUTH TILT=90
 H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
 SOLAR-FRACTION = FR-ND-SF ..

WINDOW
 G-T = GLASS1 X=0 Y=3
 H = WIND-HEIGHT-50 W = WIND-WIDTH ..

INTERIOR-WALL
 LIKE GLS-SHD-DEV1 ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (R-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (L-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-BACK-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (B-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

\$-----\$
 SPACE-12 = SPACE X=75 Y=90 Z=10 AZ=SOUTH
 A = ZONE-FLR-AREA V = ZN-VOL-CLG
 S-C = SPACE-COND-12 ..

INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = RF-MD-3
 TILT = 0 NEXT-TO = SPACE-13
 SOLAR-FRACTION = (CL-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-3
 TILT = 180 NEXT-TO = SPACE-11
 SOLAR-FRACTION = (FL-FD-NFN-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

EXTERIOR-WALL
 X=0 Y=0 Z=0 CONS=EXW-1
 AZ=SOUTH TILT=90
 H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
 SOLAR-FRACTION = FR-FD-SF ..

WINDOW
 G-T = GLASS1 X=0 Y=3
 H = WIND-HEIGHT-50 W = WIND-WIDTH ..

INTERIOR-WALL
 LIKE GLS-SHD-DEV2 ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA

CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (R-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (L-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-BACK-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (B-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

\$-----\$
 SPACE-13 = SPACE X=90 Y=60 Z=10 AZ=WEST
 A = ZONE-FLR-AREA V = ZN-VOL-CLG
 S-C = SPACE-COND-13 ..

INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = RF-MD-4
 TILT = 0 NEXT-TO = SPACE-13
 SOLAR-FRACTION = (CL-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-4
 TILT = 180 NEXT-TO = SPACE-11
 SOLAR-FRACTION = (FL-ND-WFN-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

EXTERIOR-WALL
 X=0 Y=0 Z=0 CONS=EXW-1
 AZ=SOUTH TILT=90
 H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
 SOLAR-FRACTION = FR-ND-SF ..

WINDOW
 G-T = GLASS1 X=0 Y=3
 H = WIND-HEIGHT-50 W = WIND-WIDTH ..

INTERIOR-WALL
 LIKE GLS-SHD-DEV1 ..

INTERIOR-WALL \$FURNITURE
 A = 112.5
 TILT = 0
 CONS = FURNWALL INT-WALL-TYPE = ADIABATIC
 SOLAR-FRACTION = (FURN-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

\$-----\$
 SPACE-14 = SPACE X=90 Y=45 Z=10 AZ= WEST
 A = ZONE-FLR-AREA V = ZN-VOL-CLG
 S-C = SPACE-COND-14 ..

INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = RF-MD-4
 TILT = 0 NEXT-TO = SPACE-13
 SOLAR-FRACTION = (CL-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-4
 TILT = 180 NEXT-TO = SPACE-11
 SOLAR-FRACTION = (FL-FD-WFN-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

EXTERIOR-WALL
 X=0 Y=0 Z=0 CONS=EXW-1
 AZ=SOUTH TILT=90

H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
 SOLAR-FRACTION = FR-FD-SF ..

WINDOW
 G-T = GLASS1 X=0 Y=3
 H = WIND-HEIGHT-50 W = WIND-WIDTH ..

INTERIOR-WALL
 LIKE GLS-SHD-DEV2 ..

INTERIOR-WALL \$FURNITURE
 A = 112.5
 TILT = 0
 CONS = FURNWALL INT-WALL-TYPE = ADIABATIC
 SOLAR-FRACTION = (FURN-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (R-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (L-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-BACK-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (B-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

-----\$
 SPACE-15 = SPACE X=90 Y=30 Z=10 AZ=WEST
 A = ZONE-FLR-AREA V = ZN-VOL-CLG
 S-C = SPACE-COND-15 ..

INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = RF-MD-4
 TILT = 0 NEXT-TO = SPACE-13
 SOLAR-FRACTION = (CL-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-4
 TILT = 180 NEXT-TO = SPACE-11
 SOLAR-FRACTION = (FL-ND-NFN-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

SF) ..

EXTERIOR-WALL
 X=0 Y=0 Z=0 CONS=EXW-1
 AZ=SOUTH TILT=90
 H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
 SOLAR-FRACTION = FR-ND-SF ..

WINDOW
 G-T = GLASS1 X=0 Y=3
 H = WIND-HEIGHT-50 W = WIND-WIDTH ..

INTERIOR-WALL
 LIKE GLS-SHD-DEV1 ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (R-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (L-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-BACK-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (B-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

-----\$
 SPACE-16 = SPACE X=90 Y=15 Z=10 AZ=WEST

A = ZONE-FLR-AREA V = ZN-VOL-CLG
 S-C = SPACE-COND-16 ..

INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = RF-MD-4
 TILT = 0 NEXT-TO = SPACE-13
 SOLAR-FRACTION = (CL-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-4
 TILT = 180 NEXT-TO = SPACE-11
 SOLAR-FRACTION = (FL-FD-NFN-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

EXTERIOR-WALL
 X=0 Y=0 Z=0 CONS=EXW-1
 AZ=SOUTH TILT=90
 H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
 SOLAR-FRACTION = FR-FD-SF ..

WINDOW
 G-T = GLASS1 X=0 Y=3
 H = WIND-HEIGHT-50 W = WIND-WIDTH ..

INTERIOR-WALL
 LIKE GLS-SHD-DEV2 ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (R-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (L-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-BACK-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (B-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

-----\$
 SPACE-17 = SPACE X=60 Y=0 Z=20 AZ= NORTH
 A = ZONE-FLR-AREA V = ZN-VOL-CLG
 S-C = SPACE-COND-17 ..

EXTERIOR-WALL
 X=0 Y=0 Z=10 CONS=RF-TP-1
 AZ=SOUTH TILT=0
 H = ROOF-HEIGHT W = ROOF-WIDTH
 SOLAR-FRACTION = CL-ND-SF ..

INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-1
 TILT = 180 NEXT-TO = SPACE-12
 SOLAR-FRACTION = (FL-ND-WFN-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

EXTERIOR-WALL
 X=0 Y=0 Z=0 CONS=EXW-1
 AZ=SOUTH TILT=90
 H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
 SOLAR-FRACTION = FR-ND-SF ..

WINDOW
 G-T = GLASS1 X=0 Y=3
 H = WIND-HEIGHT-50 W = WIND-WIDTH ..

INTERIOR-WALL
 LIKE GLS-SHD-DEV1 ..

INTERIOR-WALL \$FURNITURE
 A = 112.5
 TILT = 0
 CONS = FURNWALL INT-WALL-TYPE = ADIABATIC
 SOLAR-FRACTION = (FURN-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA

```

CONS = INTWALL1      NEXT-TO = SPACE-13
SOLAR-FRACTION = (R-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
INTERIOR-WALL
A = PART-SIDE-AREA
CONS = INTWALL1      NEXT-TO = SPACE-13
SOLAR-FRACTION = (L-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
INTERIOR-WALL
A = PART-BACK-AREA
CONS = INTWALL1      NEXT-TO = SPACE-13
SOLAR-FRACTION = (B-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
$-----$
SPACE-18 = SPACE X=45 Y=0 Z=20 AZ= NORTH
A = ZONE-FLR-AREA   V = ZN-VOL-CLG
S-C = SPACE-COND-18 ..
EXTERIOR-WALL
X=0 Y=0 Z=10  CONS=RF-TP-1
AZ=SOUTH     TILT=0
H = ROOF-HEIGHT W = ROOF-WIDTH
SOLAR-FRACTION = CL-FD-SF ..
INTERIOR-WALL
A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-1
TILT = 180     NEXT-TO = SPACE-12
SOLAR-FRACTION = (FL-FD-WFN-SF,OTHER-SIDE-
SF) ..
EXTERIOR-WALL
X=0 Y=0 Z=0  CONS=EXW-1
AZ=SOUTH     TILT=90
H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
SOLAR-FRACTION = FR-FD-SF ..
WINDOW
G-T = GLASS1   X=0   Y=3
H = WIND-HEIGHT-50   W = WIND-WIDTH ..
INTERIOR-WALL
LIKE GLS-SHD-DEV2 ..
INTERIOR-WALL $FURNITURE
A = 112.5
TILT = 0
CONS = FURNWALL INT-WALL-TYPE = ADIABATIC
SOLAR-FRACTION = (FURN-FD-SF,OTHER-SIDE-
SF) ..
INTERIOR-WALL
A = PART-SIDE-AREA
CONS = INTWALL1      NEXT-TO = SPACE-13
SOLAR-FRACTION = (R-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
INTERIOR-WALL
A = PART-SIDE-AREA
CONS = INTWALL1      NEXT-TO = SPACE-13
SOLAR-FRACTION = (L-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
INTERIOR-WALL
A = PART-BACK-AREA
CONS = INTWALL1      NEXT-TO = SPACE-13
SOLAR-FRACTION = (B-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
$-----$
SPACE-19 = SPACE X=30 Y=0 Z=20 AZ= NORTH
A = ZONE-FLR-AREA   V = ZN-VOL-CLG
S-C = SPACE-COND-19 ..
EXTERIOR-WALL
X=0 Y=0 Z=10  CONS=RF-TP-1
AZ=SOUTH     TILT=0
H = ROOF-HEIGHT W = ROOF-WIDTH
SOLAR-FRACTION = CL-ND-SF ..
INTERIOR-WALL
A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-1
TILT = 180     NEXT-TO = SPACE-12
SOLAR-FRACTION = (FL-ND-NFN-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
EXTERIOR-WALL
X=0 Y=0 Z=0  CONS=EXW-1
AZ=SOUTH     TILT=90
H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
SOLAR-FRACTION = FR-ND-SF ..
WINDOW
G-T = GLASS1   X=0   Y=3
H = WIND-HEIGHT-50   W = WIND-WIDTH ..
INTERIOR-WALL
LIKE GLS-SHD-DEV1 ..
INTERIOR-WALL
A = PART-SIDE-AREA
CONS = INTWALL1      NEXT-TO = SPACE-13
SOLAR-FRACTION = (R-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
INTERIOR-WALL
A = PART-SIDE-AREA
CONS = INTWALL1      NEXT-TO = SPACE-13
SOLAR-FRACTION = (L-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
INTERIOR-WALL
A = PART-BACK-AREA
CONS = INTWALL1      NEXT-TO = SPACE-13
SOLAR-FRACTION = (B-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
$-----$
SPACE-20 = SPACE X=15 Y=0 Z=20 AZ= NORTH
A = ZONE-FLR-AREA   V = ZN-VOL-CLG
S-C = SPACE-COND-20 ..
EXTERIOR-WALL
X=0 Y=0 Z=10  CONS=RF-TP-1
AZ=SOUTH     TILT=0
H = ROOF-HEIGHT W = ROOF-WIDTH
SOLAR-FRACTION = CL-FD-SF ..
INTERIOR-WALL
A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-1
TILT = 180     NEXT-TO = SPACE-12
SOLAR-FRACTION = (FL-FD-NFN-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
EXTERIOR-WALL
X=0 Y=0 Z=0  CONS=EXW-1
AZ=SOUTH     TILT=90
H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
SOLAR-FRACTION = FR-FD-SF ..
WINDOW
G-T = GLASS1   X=0   Y=3
H = WIND-HEIGHT-50   W = WIND-WIDTH ..
INTERIOR-WALL
LIKE GLS-SHD-DEV2 ..
INTERIOR-WALL
A = PART-SIDE-AREA
CONS = INTWALL1      NEXT-TO = SPACE-13
SOLAR-FRACTION = (R-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
INTERIOR-WALL
A = PART-SIDE-AREA
CONS = INTWALL1      NEXT-TO = SPACE-13
SOLAR-FRACTION = (L-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
INTERIOR-WALL
A = PART-BACK-AREA
CONS = INTWALL1      NEXT-TO = SPACE-13
SOLAR-FRACTION = (B-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
$-----$
SPACE-21 = SPACE X=0 Y=30 Z=20 AZ=EAST
A = ZONE-FLR-AREA   V = ZN-VOL-CLG
S-C = SPACE-COND-21 ..

```

EXTERIOR-WALL
 X=0 Y=0 Z=10 CONS=RF-TP-2
 AZ=SOUTH TILT=0
 H = ROOF-HEIGHT W = ROOF-WIDTH
 SOLAR-FRACTION = CL-ND-SF ..

INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-2
 TILT = 180 NEXT-TO = SPACE-I2
 SOLAR-FRACTION = (FL-ND-WFN-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

SF) ..

EXTERIOR-WALL
 X=0 Y=0 Z=0 CONS=EXW-1
 AZ=SOUTH TILT=90
 H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
 SOLAR-FRACTION = FR-ND-SF ..

WINDOW
 G-T = GLASS1 X=0 Y=3
 H = WIND-HEIGHT-50 W = WIND-WIDTH ..

INTERIOR-WALL
 LIKE GLS-SHD-DEV1 ..

INTERIOR-WALL \$FURNITURE
 A = 112.5
 TILT = 0
 CONS = FURNWALL INT-WALL-TYPE = ADIABATIC
 SOLAR-FRACTION = (FURN-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
 SOLAR-FRACTION = (R-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
 SOLAR-FRACTION = (L-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-BACK-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
 SOLAR-FRACTION = (B-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

\$-----\$

SPACE-22 = SPACE X=0 Y=45 Z=20 AZ=EAST
 A = ZONE-FLR-AREA V = ZN-VOL-CLG
 S-C = SPACE-COND-22 ..

EXTERIOR-WALL
 X=0 Y=0 Z=10 CONS=RF-TP-2
 AZ=SOUTH TILT=0
 H = ROOF-HEIGHT W = ROOF-WIDTH
 SOLAR-FRACTION = CL-FD-SF ..

INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-2
 TILT = 180 NEXT-TO = SPACE-I2
 SOLAR-FRACTION = (FL-FD-WFN-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

SF) ..

EXTERIOR-WALL
 X=0 Y=0 Z=0 CONS=EXW-1
 AZ=SOUTH TILT=90
 H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
 SOLAR-FRACTION = FR-FD-SF ..

WINDOW
 G-T = GLASS1 X=0 Y=3
 H = WIND-HEIGHT-50 W = WIND-WIDTH ..

INTERIOR-WALL
 LIKE GLS-SHD-DEV2 ..

INTERIOR-WALL \$FURNITURE
 A = 112.5
 TILT = 0
 CONS = FURNWALL INT-WALL-TYPE = ADIABATIC
 SOLAR-FRACTION = (FURN-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
 SOLAR-FRACTION = (R-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
 SOLAR-FRACTION = (L-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-BACK-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
 SOLAR-FRACTION = (B-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

\$-----\$

SPACE-23 = SPACE X=0 Y=60 Z=20 AZ=EAST
 A = ZONE-FLR-AREA V = ZN-VOL-CLG
 S-C = SPACE-COND-23 ..

EXTERIOR-WALL
 X=0 Y=0 Z=10 CONS=RF-TP-2
 AZ=SOUTH TILT=0
 H = ROOF-HEIGHT W = ROOF-WIDTH
 SOLAR-FRACTION = CL-ND-SF ..

INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-2
 TILT = 180 NEXT-TO = SPACE-I2
 SOLAR-FRACTION = (FL-ND-NFN-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

EXTERIOR-WALL
 X=0 Y=0 Z=0 CONS=EXW-1
 AZ=SOUTH TILT=90
 H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
 SOLAR-FRACTION = FR-ND-SF ..

WINDOW
 G-T = GLASS1 X=0 Y=3
 H = WIND-HEIGHT-50 W = WIND-WIDTH ..

INTERIOR-WALL
 LIKE GLS-SHD-DEV1 ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
 SOLAR-FRACTION = (R-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-SIDE-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
 SOLAR-FRACTION = (L-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
 A = PART-BACK-AREA
 CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
 SOLAR-FRACTION = (B-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

\$-----\$

SPACE-24 = SPACE X=0 Y=75 Z=20 AZ=EAST
 A = ZONE-FLR-AREA V = ZN-VOL-CLG
 S-C = SPACE-COND-24 ..

EXTERIOR-WALL
 X=0 Y=0 Z=10 CONS=RF-TP-2
 AZ=SOUTH TILT=0
 H = ROOF-HEIGHT W = ROOF-WIDTH
 SOLAR-FRACTION = CL-FD-SF ..

INTERIOR-WALL
 A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-2

TILT = 180 NEXT-TO = SPACE-I2
SOLAR-FRACTION = (FL-FD-NFN-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

EXTERIOR-WALL
X=0 Y=0 Z=0 CONS=EXW-1
AZ=SOUTH TILT=90
H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
SOLAR-FRACTION = FR-FD-SF ..

WINDOW
G-T = GLASS1 X=0 Y=3
H = WIND-HEIGHT-50 W = WIND-WIDTH ..

INTERIOR-WALL
LIKE GLS-SHD-DEV2 ..

INTERIOR-WALL
A = PART-SIDE-AREA
CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
SOLAR-FRACTION = (R-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
A = PART-SIDE-AREA
CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
SOLAR-FRACTION = (L-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
A = PART-BACK-AREA
CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
SOLAR-FRACTION = (B-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

-----\$

SPACE-25 = SPACE X=30 Y=90 Z=20 AZ= SOUTH
A = ZONE-FLR-AREA V = ZN-VOL-CLG
S-C = SPACE-COND-25 ..

EXTERIOR-WALL
X=0 Y=0 Z=10 CONS=RF-TP-1
AZ=SOUTH TILT=0
H = ROOF-HEIGHT W = ROOF-WIDTH
SOLAR-FRACTION = CL-ND-SF ..

INTERIOR-WALL
A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-3
TILT = 180 NEXT-TO = SPACE-I2
SOLAR-FRACTION = (FL-ND-WFN-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

SF) ..

EXTERIOR-WALL
X=0 Y=0 Z=0 CONS=EXW-1
AZ=SOUTH TILT=90
H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
SOLAR-FRACTION = FR-ND-SF ..

WINDOW
G-T = GLASS1 X=0 Y=3
H = WIND-HEIGHT-50 W = WIND-WIDTH ..

INTERIOR-WALL
LIKE GLS-SHD-DEV1 ..

INTERIOR-WALL \$FURNITURE
A = 112.5
TILT = 0
CONS = FURNWALL INT-WALL-TYPE = ADIABATIC
SOLAR-FRACTION = (FURN-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

SF) ..

INTERIOR-WALL
A = PART-SIDE-AREA
CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
SOLAR-FRACTION = (FL-ND-NFN-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

EXTERIOR-WALL
X=0 Y=0 Z=0 CONS=EXW-1
AZ=SOUTH TILT=90
H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
SOLAR-FRACTION = FR-ND-SF ..

WINDOW

INTERIOR-WALL
A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-3
TILT = 180 NEXT-TO = SPACE-I2
SOLAR-FRACTION = (FL-ND-NFN-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

EXTERIOR-WALL
X=0 Y=0 Z=0 CONS=EXW-1
AZ=SOUTH TILT=90
H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
SOLAR-FRACTION = FR-ND-SF ..

WINDOW

INTERIOR-WALL
A = PART-BACK-AREA
CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
SOLAR-FRACTION = (B-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

-----\$

SPACE-26 = SPACE X=45 Y=90 Z=20 AZ= SOUTH
A = ZONE-FLR-AREA V = ZN-VOL-CLG
S-C = SPACE-COND-26 ..

EXTERIOR-WALL
X=0 Y=0 Z=10 CONS=RF-TP-1
AZ=SOUTH TILT=0
H = ROOF-HEIGHT W = ROOF-WIDTH
SOLAR-FRACTION = CL-FD-SF ..

INTERIOR-WALL
A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-3
TILT = 180 NEXT-TO = SPACE-I2
SOLAR-FRACTION = (FL-FD-WFN-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

EXTERIOR-WALL
X=0 Y=0 Z=0 CONS=EXW-1
AZ=SOUTH TILT=90
H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
SOLAR-FRACTION = FR-FD-SF ..

WINDOW
G-T = GLASS1 X=0 Y=3
H = WIND-HEIGHT-50 W = WIND-WIDTH ..

INTERIOR-WALL
LIKE GLS-SHD-DEV2 ..

INTERIOR-WALL \$FURNITURE
A = 112.5
TILT = 0
CONS = FURNWALL INT-WALL-TYPE = ADIABATIC
SOLAR-FRACTION = (FURN-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
A = PART-SIDE-AREA
CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
SOLAR-FRACTION = (R-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
A = PART-SIDE-AREA
CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
SOLAR-FRACTION = (L-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
A = PART-BACK-AREA
CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
SOLAR-FRACTION = (B-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

-----\$

SPACE-27 = SPACE X=60 Y=90 Z=20 AZ= SOUTH
A = ZONE-FLR-AREA V = ZN-VOL-CLG
S-C = SPACE-COND-27 ..

EXTERIOR-WALL
X=0 Y=0 Z=10 CONS=RF-TP-1
AZ=SOUTH TILT=0
H = ROOF-HEIGHT W = ROOF-WIDTH
SOLAR-FRACTION = CL-ND-SF ..

INTERIOR-WALL
A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-3
TILT = 180 NEXT-TO = SPACE-I2
SOLAR-FRACTION = (FL-ND-NFN-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

EXTERIOR-WALL
X=0 Y=0 Z=0 CONS=EXW-1
AZ=SOUTH TILT=90
H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
SOLAR-FRACTION = FR-ND-SF ..

WINDOW

G-T = GLASS1 X=0 Y=3
H = WIND-HEIGHT-50 W = WIND-WIDTH ..

INTERIOR-WALL
LIKE GLS-SHD-DEV1 ..

INTERIOR-WALL
A = PART-SIDE-AREA
CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
SOLAR-FRACTION = (R-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
A = PART-SIDE-AREA
CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
SOLAR-FRACTION = (L-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
A = PART-BACK-AREA
CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
SOLAR-FRACTION = (B-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

-----\$-----
SPACE-28 = SPACE X=75 Y=90 Z=20 AZ=SOUTH
A = ZONE-FLR-AREA V = ZN-VOL-CLG
S-C = SPACE-COND-28 ..

EXTERIOR-WALL
X=0 Y=0 Z=10 CONS=RF-TP-1
AZ=SOUTH TILT=0
H = ROOF-HEIGHT W = ROOF-WIDTH
SOLAR-FRACTION = CL-FD-SF ..

INTERIOR-WALL
A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-3
TILT = 180 NEXT-TO = SPACE-I2
SOLAR-FRACTION = (FL-FD-NFN-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

-----\$-----
EXTERIOR-WALL
X=0 Y=0 Z=0 CONS=EXW-1
AZ=SOUTH TILT=90
H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
SOLAR-FRACTION = FR-FD-SF ..

WINDOW
G-T = GLASS1 X=0 Y=3
H = WIND-HEIGHT-50 W = WIND-WIDTH ..

INTERIOR-WALL
LIKE GLS-SHD-DEV2 ..

INTERIOR-WALL
A = PART-SIDE-AREA
CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
SOLAR-FRACTION = (R-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
A = PART-SIDE-AREA
CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
SOLAR-FRACTION = (L-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
A = PART-BACK-AREA
CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
SOLAR-FRACTION = (B-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

-----\$-----
SPACE-29 = SPACE X=90 Y=60 Z=20 AZ=WEST
A = ZONE-FLR-AREA V = ZN-VOL-CLG
S-C = SPACE-COND-29 ..

EXTERIOR-WALL
X=0 Y=0 Z=10 CONS=RF-TP-2
AZ=SOUTH TILT=0
H = ROOF-HEIGHT W = ROOF-WIDTH
SOLAR-FRACTION = CL-ND-SF ..

INTERIOR-WALL
A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-4

TILT = 180 NEXT-TO = SPACE-I2
SOLAR-FRACTION = (FL-FD-WFN-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

EXTERIOR-WALL
X=0 Y=0 Z=0 CONS=EXW-1
AZ=SOUTH TILT=90
H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
SOLAR-FRACTION = FR-FD-SF ..

WINDOW
G-T = GLASS1 X=0 Y=3
H = WIND-HEIGHT-50 W = WIND-WIDTH ..

INTERIOR-WALL
LIKE GLS-SHD-DEV2 ..

INTERIOR-WALL \$FURNITURE
A = 112.5
TILT = 0
CONS = FURNWALL INT-WALL-TYPE = ADIABATIC
SOLAR-FRACTION = (FURN-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
A = PART-SIDE-AREA
CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
SOLAR-FRACTION = (R-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-4
TILT = 180 NEXT-TO = SPACE-I2
SOLAR-FRACTION = (FL-FD-WFN-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

EXTERIOR-WALL
X=0 Y=0 Z=0 CONS=EXW-1
AZ=SOUTH TILT=90
H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
SOLAR-FRACTION = FR-FD-SF ..

WINDOW
G-T = GLASS1 X=0 Y=3
H = WIND-HEIGHT-50 W = WIND-WIDTH ..

INTERIOR-WALL
LIKE GLS-SHD-DEV2 ..

INTERIOR-WALL \$FURNITURE
A = 112.5
TILT = 0
CONS = FURNWALL INT-WALL-TYPE = ADIABATIC
SOLAR-FRACTION = (FURN-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
A = PART-SIDE-AREA
CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
SOLAR-FRACTION = (R-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..

INTERIOR-WALL
A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-4

```

A = PART-SIDE-AREA
CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
SOLAR-FRACTION = (L-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
INTERIOR-WALL
A = PART-BACK-AREA
CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
SOLAR-FRACTION = (B-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
$-----$
SPACE-31 = SPACE X=90 Y=30 Z=20 AZ=WEST
A = ZONE-FLR-AREA V = ZN-VOL-CLG
S-C = SPACE-COND-31 ..
EXTERIOR-WALL
X=0 Y=0 Z=10 CONS=RF-TP-2
AZ=SOUTH TILT=0
H = ROOF-HEIGHT W = ROOF-WIDTH
SOLAR-FRACTION = CL-ND-SF ..
INTERIOR-WALL
A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-4
TILT = 180 NEXT-TO = SPACE-I2
SOLAR-FRACTION = (FL-ND-NFN-SF,OTHER-SIDE-
SF) ..
EXTERIOR-WALL
X=0 Y=0 Z=0 CONS=EXW-1
AZ=SOUTH TILT=90
H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
SOLAR-FRACTION = FR-ND-SF ..
WINDOW
G-T = GLASS1 X=0 Y=3
H = WIND-HEIGHT-50 W = WIND-WIDTH ..
INTERIOR-WALL
LIKE GLS-SHD-DEV1 ..
INTERIOR-WALL
A = PART-SIDE-AREA
CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
SOLAR-FRACTION = (R-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
INTERIOR-WALL
A = PART-SIDE-AREA
CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
SOLAR-FRACTION = (L-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
INTERIOR-WALL
A = PART-BACK-AREA
CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
SOLAR-FRACTION = (B-ND-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
$-----$
SPACE-32 = SPACE X=90 Y=15 Z=20 AZ=WEST
A = ZONE-FLR-AREA V = ZN-VOL-CLG
S-C = SPACE-COND-32 ..
EXTERIOR-WALL
X=0 Y=0 Z=10 CONS=RF-TP-2
AZ=SOUTH TILT=0
H = ROOF-HEIGHT W = ROOF-WIDTH
SOLAR-FRACTION = CL-FD-SF ..
INTERIOR-WALL
A = ZONE-FLR-AREA CONS = FLOOR-4
TILT = 180 NEXT-TO = SPACE-I2
SOLAR-FRACTION = (FL-FD-NFN-SF,OTHER-SIDE-
SF) ..
EXTERIOR-WALL
X=0 Y=0 Z=0 CONS=EXW-1
AZ=SOUTH TILT=90
H = WALL-HEIGHT W = WALL-WIDTH
SOLAR-FRACTION = FR-FD-SF ..
WINDOW
G-T = GLASS1 X=0 Y=3
H = WIND-HEIGHT-50 W = WIND-WIDTH ..
INTERIOR-WALL
LIKE GLS-SHD-DEV2 ..
INTERIOR-WALL
A = PART-SIDE-AREA
CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
SOLAR-FRACTION = (R-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
INTERIOR-WALL
A = PART-SIDE-AREA
CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
SOLAR-FRACTION = (L-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
INTERIOR-WALL
A = PART-BACK-AREA
CONS = INTWALL1 NEXT-TO = SPACE-I3
SOLAR-FRACTION = (B-FD-SF,OTHER-SIDE-SF) ..
$-----$
SPACE-I1 = SPACE X=0 Y=0 Z=0 AZ= NORTH
A = GROUND-FLR-AREA V = GROUND-VOL
S-C = SPACE-COND-INT1 ..
$-----$
SPACE-I2 = SPACE X=15 Y=15 Z=10 AZ= NORTH
A = INT-FLR-AREA V = INT-VOL
S-C = SPACE-COND-INT2 ..
$-----$
SPACE-I3 = SPACE X=15 Y=15 Z=20 AZ= NORTH
A = INT-FLR-AREA V = INT-VOL
S-C = SPACE-COND-INT3 ..
$-----$
END ..
COMPUTE LOADS ..
STOP ..

```

ภาคผนวก ฉ.

ตัวอย่างการคำนวณภาระการทำความเย็นจากค่า CLTD และ SCL ที่พัฒนาขึ้น

ตัวอย่าง : กำหนดห้องตัวอย่างเป็นห้องขนาด 15 ft x 15 ft x 10 ft มีผนังภายนอกด้านเดียวหันหน้าไปทางทิศใต้ อยู่ชั้นบนสุดของอาคาร ผนังภายนอกทำด้วยอิฐมวลเบาหนา 2 ด้านหนา 3.2 นิ้ว มีกระจก 50% ของพื้นที่ผนังโดยเป็นกระจกใสมาตรฐานหนา 1/8 นิ้ว ($U = 0.918$) หลังคาทำด้วยคอนกรีตหนา 8 นิ้ว พื้นเป็นคอนกรีตหนา 8 นิ้ว ปลูกด้วยพรม มีอุปกรณ์บังแดดภายใน 50% ของพื้นที่กระจก ภายในห้องมีเฟอร์นิเจอร์

การคำนวณ : จากตัวอย่างพบว่า

ผนังภายนอก : เมื่อดูจากตารางที่ 7.13 พบว่าผนังภายนอกของห้องเหมือนกับผนังภายนอกหมายเลข 5 มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) = 0.665 Btu/hr-ft²-°F มีพื้นที่ 75 ft² จึงเลือกใช้ค่า CLTD จากตารางที่ 7.10 สำหรับ Wall Number 5 และหันหน้าไปทางทิศใต้ (S)

หลังคา : เมื่อดูจากตารางที่ 7.12 พบว่าหลังคาของห้องมีโครงสร้างเหมือนกับหลังคาหมายเลข 2 แบบมีฝ้าเพดาน มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) = 0.185 Btu/hr-ft²-°F มีพื้นที่ 225 ft² จึงเลือกใช้ค่า CLTD จากตารางที่ 7.8 สำหรับ Roof Number 2 แบบมีฝ้าเพดาน (CL)

กระจก : เลือกใช้ค่า CLTD สำหรับกระจกใสมาตรฐานหนา 1/8 นิ้วได้จากตารางที่ 7.9

ลักษณะของห้อง : เมื่อดูจากตารางที่ 7.14 พบว่า สำหรับห้องที่มีผนังภายในทำด้วยอิฐมวลเบา ปลูกด้วยพรม มีอุปกรณ์บังแดดภายใน 50% ของพื้นที่กระจก จะได้ห้องเป็นแบบ A จึงเลือกใช้ค่า SCL จากตารางที่ 7.11 สำหรับ Zone Type A และกระจกหันหน้าไปทางทิศใต้ (S)

จากการพิจารณาพบว่าภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากการนำความร้อนผ่านหลังคามักที่สุด ดังนั้นเวลาที่เกิดภาระการทำความเย็นสูงสุดจึงเป็นเวลาที่มีค่า CLTD ของหลังคามากที่สุด เมื่อดูจากตารางที่ 7.8 สำหรับหลังคาหมายเลข 2 แบบมีฝ้าเพดานมีค่า CLTD สูงสุดที่ชั่วโมงที่ 15 ดังนั้นจึงเลือกชั่วโมงที่ 15 มาคำนวณภาระการทำความเย็นสูงสุด ดังนั้นจะคำนวณภาระการทำความเย็นสูงสุดของห้องได้เป็น

$$\begin{aligned}\text{ผนังภายนอก : } Q &= UA(\text{CLTD}) \\ &= 0.665 \times 75 \times 27 = 1347 \text{ Btu/hr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{หลังคา : } Q &= UA(\text{CLTD}) \\ &= 0.185 \times 225 \times 71 = 2955 \text{ Btu/hr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{กระจก : } Q &= UA(CLTD) \\ &= 0.918 \times 75 \times 15 = 1033 \text{ Btu/hr} \end{aligned}$$

รังสีแสงอาทิตย์ส่งผ่านกระจก :

$$\begin{aligned} Q &= SC(A)(SCL) \\ &= 0.95 \times 75 \times 22 = 1568 \text{ Btu/hr} \end{aligned}$$

รวมภาระการทำความเย็นของห้องในช่วงโมงที่ 15 (15:00 น.)

$$= 1347+2955+1033+1568 = 6903 \text{ Btu/hr}$$



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายบุญยฤทธิ์ เผือกส่องสุริยะ เกิดเมื่อวันที่ 29 พฤษภาคม 2519 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จ การศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2539 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2541



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย