

การใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นในการคำนวณภาระการทำความเย็น



นาย เทพฤทธิ์ ทองซุบ

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

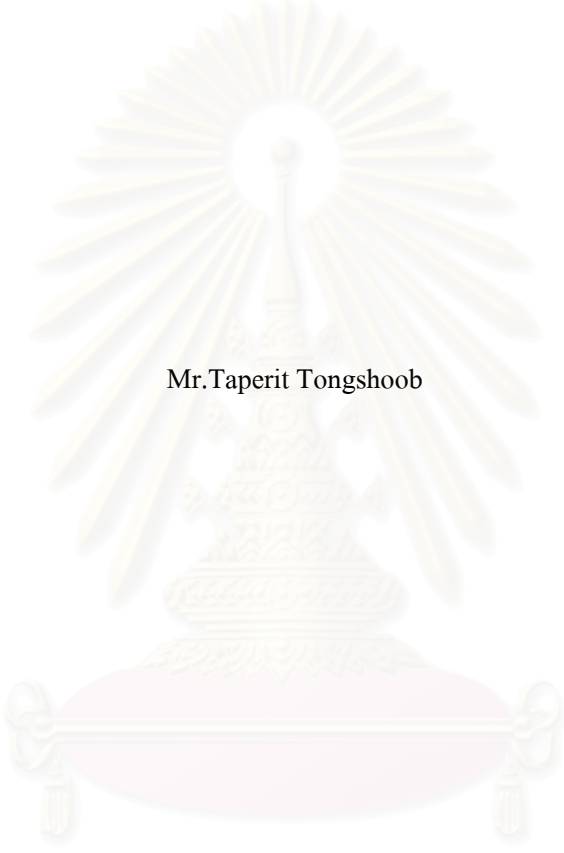
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-17-7133-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PROBABILISTIC APPROACH IN COOLING LOAD CALCULATIONS



Mr. Taperit Tongshoob

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy in Mechanical Engineering

Department of Mechanical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic year 2004

ISBN 974-17-7133-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นในการคำนวณภาระการทำความเย็น
โดย นาย เทพฤทธิ์ ทองชูป
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. เชิดพันธ์ วิทยุภรณ์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้แนบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาคุณวุฒิปริญญาตรี

..... คณบดีคณะ วิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ทวี เวชพุดติ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. เชิดพันธ์ วิทยุภรณ์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ขงเจริญ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ตุลย์ มณีวัฒนา)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. พิรัช กฤษไมตรี)

เทพฤทธิ์ ทองชุบ : การใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นในการคำนวณภาระการทำความเย็น.
(PROBABILISTIC APPROACH IN COOLING LOAD CALCULATIONS) อ.ที่ปรึกษา:
อาจารย์ ดร. เชิดพันธ์ วิทยากรณ์ จำนวนหน้า 223 หน้า. ISBN 974-17-7133-9.

มีปัจจัยหลายประการที่มีผลต่อการคำนวณภาระการทำความเย็น และปัจจัยบางประเภทสามารถแปรผันได้ เช่น อุณหภูมิอากาศภายนอก, ความชื้นสัมพัทธ์, จำนวนคนและกิจกรรมภายในพื้นที่ เป็นต้น บ่อยครั้งที่เราไม่สามารถทราบค่าที่แน่นอนของปัจจัยเหล่านี้ในช่วงเวลาที่คำนวณ ทำให้เกิดความไม่แน่นอนเพิ่มขึ้นในการคำนวณ และเป็นการยากที่จะหาคำตอบที่เหมาะสม การกำหนดค่าของปัจจัยเหล่านี้ภายใต้เงื่อนไขการออกแบบที่แตกต่างกัน จะส่งผลให้คำตอบที่ได้ออกมาต่างกัน ดังนั้นกระบวนการในการตัดสินใจจึงเป็นสิ่งสำคัญในการหาคำตอบที่เหมาะสม

งานวิจัยนี้จะเสนอรูปแบบใหม่ในการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น โดยมีการใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นเข้ามา เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจหาผลลัพธ์ของค่าภาระการทำความเย็นที่เหมาะสม โดยมีหลักการ คือ ค่าความน่าจะเป็นของภาระการทำความเย็นจะขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นของปัจจัยแปรผันต่างๆ ที่มีผลต่อการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น ผลลัพธ์ที่ได้จะออกมาอยู่ในรูปแบบต่อเนื่องของภาระการทำความเย็นทุกค่าที่เป็นไปได้ พร้อมกับค่าความน่าจะเป็นในการเกิดของภาระการทำความเย็นแต่ละค่า ในแต่ละช่วงเวลา มิได้มีคำตอบเดียวเหมือนการคำนวณในปัจจุบัน พร้อมกันนี้ได้แสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้วิธีการดังกล่าวเพื่อเป็นกรณีศึกษา โดยใช้อาคารสถาบันวิทยบริการ ของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อเราทราบข้อมูลความน่าจะเป็นของภาระการทำความเย็นที่เกิดจากการเงื่อนไขที่กำหนดแล้ว จะช่วยให้การตัดสินใจเลือกใช้ค่าภาระการทำความเย็นที่เหมาะสม มีความเป็นเหตุเป็นผลมากขึ้น ผลที่ได้คือการจัดการพลังงานที่มีประสิทธิภาพและลดความเสี่ยงในการลงทุนในระบบปรับอากาศ

ภาควิชา.....วิศวกรรมเครื่องกล..... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมเครื่องกล..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2547

4471809621 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING

KEY WORD: COOLING LOAD / HEAT GAIN / PROBABILITY / STATISTICS / UNCERTAINTY

TAPERIT TONGSHOOB : PROBABILISTIC APPROACH IN COOLING LOAD CALCULATIONS. THESIS ADVISOR: DR. CHIRDPUN VITOORAPORN, 223 pp. ISBN 974-17-7133-9.

There are many parameters that affecting the cooling load calculations. Some of these parameters are not fixed but can be varying, for example the outside air temperature, the humidity ratio, the number and activity of people and etc. We frequently can not afford to know the exact values of these varying parameters even at the specific time of calculation. This leads to the uncertainty in the calculation and hence the difficulty in justifying the appropriate results. Moreover different results can be obtained from various design conditions under consideration. Therefore a need for a decision making process is in fact a must in finding out the appropriate answer.

This research demonstrates the new method for cooling load calculation by using the probability as a decision tool for justifying the appropriate result obtained from the cooling load calculation. The principal is based on the fact that the probability of cooling load depends on the probability of the varying parameters that affecting the cooling load calculation. The results of calculation are the continuous and possible values of cooling load with the probability value for each cooling load to occur at the time of calculation. This is totally different from the conventional method as the conventional one provides just only one value of the cooling load while the current one provides more than one possible value of cooling load. The validation of the proposed method is demonstrated through the cooling load calculation at the Center of Academic Resources Building of Chulalongkorn University as a case study. By using this probability information, one can now logically decide what should be an appropriate amount of cooling load under the specific condition. This will lead to an efficient in energy management as well as a risk reduction in air conditioning system investment.

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

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

Academic year 2004

สารบัญ

หน้า

| | |
|--|-----------|
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... | 1 |
| วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... | 5 |
| ขอบเขตของการวิจัย..... | 5 |
| วิธีดำเนินการวิจัย..... | 6 |
| ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 6 |
| บทที่ 2 ปรัชญ่วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 7 |
| ปรัชญ่วรรณกรรม..... | 7 |
| งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 13 |
| งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณภาระการทำความเย็น..... | 13 |
| งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นในงานทางวิศวกรรม..... | 17 |
| บทที่ 3 แนวคิดและทฤษฎี | 19 |
| ทฤษฎีการคำนวณภาระการทำความเย็น..... | 19 |
| ความร้อนจากภายนอก..... | 19 |
| สัมประสิทธิ์การบังแดด..... | 22 |
| ความร้อนผ่านผนังทึบ (หลังคา หรือพื้น)..... | 23 |
| การนำความร้อนผ่านผนังทึบ (หลังคา หรือพื้น)..... | 25 |
| ความร้อนผ่านกระจก..... | 26 |
| การนำความร้อนผ่านกระจก..... | 27 |
| การส่งผ่านความร้อนของกระจก..... | 28 |
| ความร้อนจากภายใน..... | 28 |
| ความร้อนแผ่จากคน..... | 28 |
| ความร้อนสัมผัสจากคน..... | 29 |
| ความร้อนจากการส่องสว่าง..... | 29 |
| ความร้อนจากอุปกรณ์..... | 29 |

| | |
|---|-----------|
| ความร้อนจากการระบายอากาศ..... | 29 |
| การแบ่งประเภทของความร้อนที่เข้าสู่ปริมาตรควบคุม..... | 30 |
| ทฤษฎีความน่าจะเป็น..... | 38 |
| ความน่าจะเป็น..... | 38 |
| ค่าเฉลี่ย..... | 39 |
| ค่าความแปรปรวน..... | 39 |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน..... | 39 |
| ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น..... | 40 |
| ฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสม..... | 40 |
| รูปแบบทั่วไปของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น..... | 40 |
| การกระทำสำคัญลักษณะกับฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น..... | 43 |
| การถ่ายเทของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น..... | 43 |
| ผลรวมของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น..... | 44 |
| การหารูปแบบการกระจายของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นที่เหมาะสม..... | 45 |
| การกลั่นกรองข้อมูล..... | 46 |
| ค่าตัวประกอบการใช้งาน..... | 48 |
| ฟังก์ชันการใช้งานแบบสุ่ม..... | 48 |
| บทที่ 4 การใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นในการคำนวณค่าการทำความเย็น | 49 |
| ขั้นตอนการใช้งานทฤษฎีในงานวิจัย..... | 49 |
| พิจารณาปัจจัยผันแปรที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการทำความเย็น..... | 49 |
| ทำการกลั่นกรองข้อมูลของปัจจัยผันแปร..... | 51 |
| หาค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของปัจจัยผันแปร..... | 53 |
| หาสมการความน่าจะเป็นของค่าการทำความเย็น..... | 58 |
| การเปรียบเทียบค่าการทำความเย็นภายใต้เงื่อนไขการคำนวณแบบต่างๆ..... | 65 |

| | |
|---|------------|
| บทที่ 5 ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ | 67 |
| ข้อสรุป..... | 67 |
| ข้อเสนอแนะ..... | 69 |
| รายการอ้างอิง | 70 |
| บรรณานุกรม | 73 |
| ภาคผนวก | 74 |
| ภาคผนวก ก กรณีศึกษา | 75 |
| กรณีศึกษาอาคารสถาบันวิทยบริการ..... | 75 |
| ลักษณะจำเพาะของอาคารสถาบันวิทยบริการ..... | 75 |
| การวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น..... | 77 |
| ข้อมูลของอุณหภูมิภายนอก..... | 77 |
| ค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์..... | 92 |
| ข้อมูลของอัตราส่วนความชื้นภายนอก..... | 107 |
| ข้อมูลจำนวนคน..... | 122 |
| ข้อมูลจำนวนหลอดไฟที่ใช้งาน..... | 134 |
| ข้อมูลจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งาน..... | 138 |
| การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ในสมการภาระการทำความเย็น..... | 142 |
| การคำนวณค่าความน่าจะเป็นของค่าภาระการทำความเย็น..... | 162 |
| การประยุกต์ใช้งานของค่าความน่าจะเป็นของค่าภาระการทำความเย็น..... | 183 |
| ภาคผนวก ข โปรแกรม | 201 |
| โปรแกรม Parameter.For..... | 201 |
| โปรแกรม Cooling.For..... | 207 |
| โปรแกรม Prob.For..... | 218 |
| ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ | 223 |

สารบัญตาราง

หน้า

| | |
|--|-----|
| ตารางที่ 3.1: รูปแบบของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น | 42 |
| ตารางที่ ก.1: ค่าเฉลี่ยเบื้องต้นของอุณหภูมิภายนอก | 78 |
| ตารางที่ ก.2: ค่าความแปรปรวนเบื้องต้นของอุณหภูมิภายนอก | 79 |
| ตารางที่ ก.3: ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายนอกที่ได้หลังทำการกลั่นกรองข้อมูลแล้ว | 80 |
| ตารางที่ ก.4: ค่าความแปรปรวนของอุณหภูมิภายนอกที่ได้หลังทำการกลั่นกรองข้อมูลแล้ว | 81 |
| ตารางที่ ก.5: ค่าความคลาดเคลื่อนไซ-สแควร์ของรูปแบบการกระจายต่างๆ ของอุณหภูมิภายนอก | 84 |
| ตารางที่ ก.6: ค่าเฉลี่ยเบื้องต้นของค่าความร้อนจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ | 93 |
| ตารางที่ ก.7: ค่าความแปรปรวนเบื้องต้นของค่าความร้อนจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ | 94 |
| ตารางที่ ก.8: ค่าเฉลี่ยของค่าความร้อนจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ ที่ได้หลังทำการกลั่นกรองข้อมูลแล้ว | 95 |
| ตารางที่ ก.9: ค่าความแปรปรวนของค่าความร้อนจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ ที่ได้หลังทำการกลั่นกรองข้อมูลแล้ว | 96 |
| ตารางที่ ก.10: ค่าความคลาดเคลื่อนไซ-สแควร์ของรูปแบบการกระจายต่างๆ ของค่าความร้อนจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ | 99 |
| ตารางที่ ก.11: ค่าเฉลี่ยเบื้องต้นของอัตราส่วนความชื้น ภายนอก | 108 |
| ตารางที่ ก.12: ค่าความแปรปรวนเบื้องต้นของอัตราส่วนความชื้นภายนอก ($\times 10^{-3}$) | 109 |
| ตารางที่ ก.13: ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนความชื้นภายนอกที่ได้ หลังทำการกลั่นกรองข้อมูลแล้ว | 110 |
| ตารางที่ ก.14: ค่าความแปรปรวนของอัตราส่วนความชื้นภายนอก ที่ได้หลังทำการกลั่นกรองข้อมูลแล้ว ($\times 10^{-3}$) | 111 |
| ตารางที่ ก.15: ค่าความคลาดเคลื่อนไซ-สแควร์ของรูปแบบการกระจายต่างๆ ของอัตราส่วนความชื้นภายนอก | 114 |
| ตารางที่ ก.16: ค่าเฉลี่ยเบื้องต้นของจำนวนคน | 123 |
| ตารางที่ ก.17: ค่าความแปรปรวนเบื้องต้นของจำนวนคน | 123 |
| ตารางที่ ก.18: ค่าเฉลี่ยของจำนวนคนที่ได้หลังทำการกลั่นกรองข้อมูลแล้ว | 123 |
| ตารางที่ ก.19: ค่าความแปรปรวนของจำนวนคนที่ได้หลังทำการกลั่นกรองข้อมูลแล้ว | 123 |

| | |
|---|-----|
| ตารางที่ ก.20: ค่าความคลาดเคลื่อนไซ-สแควร์ของรูปแบบการกระจายต่างๆ ของจำนวนคน | 126 |
| ตารางที่ ก.21: ข้อมูลการกระจายของจำนวนคนในแต่ละชั่วโมง | 132 |
| ตารางที่ ก.22: ข้อมูลหลอดไฟที่เปิดตลอดเวลาการใช้งาน | 135 |
| ตารางที่ ก.23: ความร้อนสูญเสียจากหลอดไฟที่เปิดตลอดเวลาการใช้งาน | 135 |
| ตารางที่ ก.24: ข้อมูลหลอดไฟที่เปิดเฉพาะเวลาที่ใช้งาน | 136 |
| ตารางที่ ก.25: ความร้อนสูญเสียและตัวประกอบการใช้งานของหลอดไฟ ที่เปิดเฉพาะเวลาที่ใช้งาน | 136 |
| ตารางที่ ก.26: ความร้อนสูญเสียและตัวประกอบการใช้งานของหลอดไฟ | 136 |
| ตารางที่ ก.27: ข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปิดตลอดเวลาการใช้งาน | 139 |
| ตารางที่ ก.28: ข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปิดเฉพาะเวลาที่ใช้งาน | 139 |
| ตารางที่ ก.29: ความร้อนสูญเสียและตัวประกอบการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้า ที่เปิดเฉพาะเวลาที่ใช้งาน | 140 |
| ตารางที่ ก.30: ความร้อนสูญเสียและตัวประกอบการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้า | 140 |
| ตารางที่ ก.31: คุณสมบัติและพื้นที่ของกรอบอาคารสถาบันวิทยบริการ | 142 |
| ตารางที่ ก.32: ค่าสัมประสิทธิ์ในสมการการทำความเย็น เดือน มกราคม-ธันวาคม | 144 |
| ตารางที่ ก.33: ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความถี่สะสม เดือน มกราคม-ธันวาคม | 164 |
| ตารางที่ ก.34: ค่าการทำความเย็นที่คำนวณได้ภายใต้เงื่อนไขต่างๆ เดือน มกราคม-ธันวาคม | 184 |

สารบัญญภาพ

หน้า

| | |
|---|----|
| รูปที่ 2.1: สมดุลความร้อนของผนังภายนอก..... | 9 |
| รูปที่ 3.1: มุมแสงอาทิตย์ต่างๆ บนระนาบแนวตั้งและแนวระดับ..... | 19 |
| รูปที่ 3.2: มุมภาพเงาและระยะต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณสัมประสิทธิ์การบังแดด..... | 22 |
| รูปที่ 3.3: ความร้อนจากภายนอกผ่านผนัง..... | 24 |
| รูปที่ 3.4: การนำความร้อนผ่านผนัง..... | 25 |
| รูปที่ 4.1: แผนผังขั้นตอนการใช้งานทฤษฎีในงานวิจัย..... | 49 |
| รูปที่ 4.2: แผนผังขั้นตอนในการคำนวณเพื่อทำการกลั่นกรองข้อมูล..... | 52 |
| รูปที่ 4.3: แผนผังขั้นตอนในการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบค่าการทดสอบแบบไซ-สแควร์..... | 54 |
| รูปที่ 4.4: แผนผังขั้นตอนในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ในสมการการระเหยการทำความเย็น..... | 59 |
| รูปที่ 4.5: แผนผังขั้นตอนในการคำนวณค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น..... | 62 |
| และค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความถี่สะสม | |
| รูปที่ ก.1: อาคารสถาบันวิทยบริการ..... | 76 |
| รูปที่ ก.2: อาคารสถาบันวิทยบริการ (ภายใน)..... | 76 |
| รูปที่ ก.3: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายนอกกับเวลา..... | 82 |
| ของข้อมูลเบื้องต้นกับข้อมูลที่ทำกรกลั่นกรองแล้วในเดือน เมษายน | |
| รูปที่ ก.4: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายนอกกับเวลา..... | 82 |
| ของข้อมูลเบื้องต้นกับข้อมูลที่ทำกรกลั่นกรองแล้วในเดือน ธันวาคม | |
| รูปที่ ก.5: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแปรปรวนของอุณหภูมิภายนอกกับเวลา..... | 83 |
| ของข้อมูลเบื้องต้นกับข้อมูลที่ทำกรกลั่นกรองแล้วในเดือน ธันวาคม | |
| รูปที่ ก.6: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแปรปรวนของอุณหภูมิภายนอกกับเวลา..... | 83 |
| ของข้อมูลเบื้องต้นกับข้อมูลที่ทำกรกลั่นกรองแล้วในเดือน เมษายน | |
| รูปที่ ก.7: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นของความน่าจะเป็นแบบต่างๆ..... | 87 |
| กับอุณหภูมิภายนอก ในเดือน ตุลาคม | |
| รูปที่ ก.8: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นของความน่าจะเป็นแบบต่างๆ..... | 87 |
| กับอุณหภูมิภายนอก ในเดือน เมษายน | |
| รูปที่ ก.9: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าความร้อนจากการแผ่รังสีของ..... | 97 |
| แสงอาทิตย์กับเวลา ของข้อมูลเบื้องต้นกับข้อมูลที่ทำกรกลั่นกรองแล้ว | |
| ของเดือน เมษายน | |

| | |
|--|-----|
| รูปที่ ก.10: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าความร้อนจากการแผ่รังสีของ แสงอาทิตย์กับเวลา ของข้อมูลเบื้องต้นกับข้อมูลที่ทำให้การกลั่นกรองแล้ว ของเดือน กันยายน | 97 |
| รูปที่ ก.11: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแปรปรวนของค่าความร้อนจากการ แผ่รังสีของแสงอาทิตย์กับเวลา ของข้อมูลเบื้องต้นกับข้อมูลที่ทำให้การ กลั่นกรองแล้ว ของเดือน พฤษภาคม | 98 |
| รูปที่ ก.12: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแปรปรวนของค่าความร้อนจากการ แผ่รังสีของแสงอาทิตย์กับเวลา ของข้อมูลเบื้องต้นกับข้อมูลที่ทำให้การ กลั่นกรองแล้ว ของเดือน กุมภาพันธ์ | 98 |
| รูปที่ ก.13: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นของความน่าจะเป็นแบบต่างๆ กับค่าความร้อนจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ ของเดือน มิถุนายน | 102 |
| รูปที่ ก.14: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นของความน่าจะเป็นแบบต่างๆ กับค่าความร้อนจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ ของเดือน พฤศจิกายน | 102 |
| รูปที่ ก.15: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนความชื้นภายนอกกับเวลา ของข้อมูลเบื้องต้นกับข้อมูลที่ทำให้การกลั่นกรองแล้ว ในเดือน พฤษภาคม | 112 |
| รูปที่ ก.16: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนความชื้นภายนอกกับเวลา ของข้อมูลเบื้องต้นกับข้อมูลที่ทำให้การกลั่นกรองแล้ว ในเดือน ธันวาคม | 112 |
| รูปที่ ก.17: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแปรปรวนของอัตราส่วนความชื้นภายนอก กับเวลา ของข้อมูลเบื้องต้นกับข้อมูลที่ทำให้การกลั่นกรองแล้ว ในเดือน มกราคม | 113 |
| รูปที่ ก.18: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแปรปรวนของอัตราส่วนความชื้นภายนอก กับเวลา ของข้อมูลเบื้องต้นกับข้อมูลที่ทำให้การกลั่นกรองแล้ว ในเดือน กันยายน | 113 |
| รูปที่ ก.19: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นของความน่าจะเป็นแบบต่างๆ กับอัตราส่วนความชื้นภายนอก ในเดือน กันยายน | 117 |
| รูปที่ ก.20: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นของความน่าจะเป็นแบบต่างๆ กับอัตราส่วนความชื้นภายนอก ในเดือน กุมภาพันธ์ | 117 |
| รูปที่ ก.21: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของจำนวนคนกับเวลา ในเดือน กันยายน | 124 |
| รูปที่ ก.22: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของจำนวนคนกับเวลา ในเดือน มีนาคม | 124 |

| | |
|---|-----|
| รูปที่ ก.23: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแปรปรวนของจำนวนคน กับเวลาในเดือน กันยายน | 125 |
| รูปที่ ก.24: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแปรปรวนของจำนวนคน กับเวลาในเดือน มีนาคม | 125 |
| รูปที่ ก.25: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นของความน่าจะเป็น แบบต่างๆ กับจำนวนคนในเดือน กันยายน | 127 |
| รูปที่ ก.26: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นของความน่าจะเป็น แบบต่างๆ จำนวนคนในเดือน กรกฎาคม | 127 |
| รูปที่ ก.27: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ฟังก์ชันความหนาแน่นของ ความน่าจะเป็นกับค่าการกระจายความเย็น ในเดือน เมษายน 14:00-15:00 น. | 179 |
| รูปที่ ก.28: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ฟังก์ชันความหนาแน่นของ ความถี่สะสมกับค่าการกระจายความเย็น ในเดือน เมษายน 14:00-15:00 น. | 179 |
| รูปที่ ก.29: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ฟังก์ชันความหนาแน่นของ ความน่าจะเป็นกับค่าการกระจายความเย็น ในเดือน กุมภาพันธ์ 6:00-7:00 น. | 180 |
| รูปที่ ก.30: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ฟังก์ชันความหนาแน่นของ ความถี่สะสมกับค่าการกระจายความเย็น ในเดือน กุมภาพันธ์ 6:00-7:00 น. | 180 |
| รูปที่ ก.31: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ฟังก์ชันความหนาแน่นของ ความน่าจะเป็นกับค่าการกระจายความเย็น ในเดือน ธันวาคม 8:00-9:00 น. | 181 |
| รูปที่ ก.32: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ฟังก์ชันความหนาแน่นของ ความถี่สะสมกับค่าการกระจายความเย็น ในเดือน ธันวาคม 8:00-9:00 น. | 181 |
| รูปที่ ก.33: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ฟังก์ชันความหนาแน่นของ ความน่าจะเป็นกับค่าการกระจายความเย็น ในเดือน เมษายน 19:00-20:00 น. | 182 |
| รูปที่ ก.34: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ฟังก์ชันความหนาแน่นของ ความถี่สะสมกับค่าการกระจายความเย็น ในเดือน เมษายน 19:00-20:00 น. | 182 |
| รูปที่ ก.35: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าการกระจายความเย็นกับเวลา ภายใต้เงื่อนไขการคำนวณแบบต่างๆ ในเดือน กุมภาพันธ์ | 196 |
| รูปที่ ก.36: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าการกระจายความเย็นกับเวลา ภายใต้เงื่อนไขการคำนวณแบบต่างๆ ในเดือน พฤษภาคม | 196 |

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

| สัญลักษณ์และคำย่อ | คำอธิบาย |
|--------------------------|--|
| <i>ASHRAE</i> | สมาคมวิศวกรรม ระบบความร้อน ระบบทำความเย็น และระบบปรับอากาศ แห่ง อเมริกา (American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers) |
| <i>TETD</i> | วิธีผลต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Total Equivalent Temperature Difference) |
| <i>TFM</i> | วิธีฟังก์ชันถ่ายเท (Transfer Function Methods) |
| <i>CLTD</i> | วิธีผลต่างอุณหภูมิภาระการทำความเย็น (Cooling Load Temperature Difference) |
| $()_j$ | ที่ผนังด้าน j |
| $()_{\theta, p}$ | ที่เวลา θ (ชั่วโมง) |
| $()_{-o}$ | ภายนอก |
| $()_{-i}$ | ภายใน |
| p, k | ตัวเลขลำดับการคำนวณ |
| $q''_{iw-o, j, \theta}$ | ค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์สู่ผนังที่บ (หลังคา หรือพื้น) (W/m^2) |
| α_j | สัมประสิทธิ์การดูดซับความร้อนของผนัง |
| I_t | ค่าการแผ่รังสีความร้อนรวมของแสงอาทิตย์ (W/m^2) |
| $q''_{cvw-o, j, \theta}$ | ค่าการพาความร้อนสู่ผนังภายนอก (W/m^2) |
| h_{co} | สัมประสิทธิ์การพาความร้อนภายนอก (W/m^2K) |
| $t_{o, \theta}$ | อุณหภูมิบรรยากาศ (อุณหภูมิภายนอก) ($^{\circ}C$) |
| $t_{w-os, j, \theta}$ | อุณหภูมิพื้นผิวผนังภายนอก ($^{\circ}C$) |
| $q''_{rdw-o, j, \theta}$ | ค่าการแผ่รังสีความร้อนของสิ่งแวดล้อมสู่ผนัง (W/m^2) |

| สัญลักษณ์และคำย่อ | คำอธิบาย |
|----------------------|--|
| σ | ค่าคงที่ของ สเตฟาน โบลทซ์มานน์ (W/m ² K ⁴) (Stefan Boltzmann Constant) |
| F_g | ตัวประกอบรูปร่างระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวผนัง ภายนอกกับพื้นดิน (View Factor of Wall to Ground Temperature) |
| F_{sky} | ตัวประกอบรูปร่างระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวผนัง ภายนอกกับท้องฟ้า (View Factor of Wall to Sky Temperature) |
| F_{air} | ตัวประกอบรูปร่างระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวผนัง ภายนอกกับบรรยากาศ (View Factor of Wall to Ground Temperature) |
| t_g | อุณหภูมิพื้นดิน (°C) |
| t_{sky} | อุณหภูมิท้องฟ้า (°C) |
| $q''_{cdw,j,\theta}$ | ค่าการนำความร้อนผ่านผนัง (W/m ²) |
| $Y_{w,j,p}$ | ฟังก์ชันถ่ายเทการนำความร้อนไขว้ของผนัง (Cross Conduction Transfer Functions) |
| $X_{w,j,p}$ | ฟังก์ชันถ่ายเทการนำความร้อนภายนอกของผนัง (Outside Conduction Transfer Functions) |
| ϕ_p | ฟังก์ชันถ่ายเทค่าการนำความร้อนของผนัง (Flux Conduction Transfer Functions) |
| $t_{w-is,j,\theta}$ | อุณหภูมิพื้นผิวผนังที่ภายใน (°C) |
| $q''_{lt,j,\theta}$ | ค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ที่ส่งผ่าน กระจก (W/m ²) |
| t_k | สัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนของกระจก (Transmittance Coefficients) |
| I_D | ค่าการแผ่รังสีความร้อนตรงของแสงอาทิตย์ (W/m ²) (Direct Irradiance) |

| สัญลักษณ์และคำย่อ | คำอธิบาย |
|-----------------------|---|
| I_d | ค่าการแผ่รังสีความร้อนกระจายของแสงอาทิตย์ (W/m^2) (Diffuse Irradiance) |
| $q''_{rd-i,j,\theta}$ | ค่าการแผ่รังสีความร้อนภายใน (W/m^2) |
| $h_{r,j}$ | สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน ($\text{W/m}^2\text{K}$) |
| t_j | อุณหภูมิพื้นผิวผนังที่ภายใน ($^{\circ}\text{C}$) |
| $t_{f,j,\theta}$ | อุณหภูมิถ่วงน้ำหนักพื้นที่การเปล่งแสง ($^{\circ}\text{C}$) (Area Emissivity Weight Temperature) |
| $q''_{ban,\theta}$ | ค่าความร้อนปรับสมดุล (W/m^2) |
| $F_{rad,k}$ | ตัวประกอบรูปร่างระหว่างอุณหภูมิวัตถุภายใน กับอากาศ (View Factor of Internal mass to Room Temperature) |
| $q_{in,\theta}$ | ค่าความร้อนจากวัตถุภายใน (W/m^2) |
| $q''_{cv-i,j,\theta}$ | ค่าการพาความร้อนจากผนังภายใน (W/m^2) |
| h_{ci} | สัมประสิทธิ์การพาความร้อนภายใน ($\text{W/m}^2\text{K}$) |
| t_{rc} | อุณหภูมิภายในพื้นที่ ($^{\circ}\text{C}$) |
| $Z_{w,j,p}$ | ฟังก์ชันถ่ายเทการนำความร้อนภายในของผนัง (Inside Conduction Transfer Functions) |
| $\Gamma(\alpha)$ | ฟังก์ชันแกมมา |
| X | ตัวแปร X |
| α | ตัวแปรที่กำหนดไว้ในสมการ |
| μ | ค่าเฉลี่ย |
| σ^2 | ค่าความแปรปรวน |
| AST | เวลาปรากฏของแสงอาทิตย์ (นาทีย) (Apparent Solar Time) |
| LST | เวลามาตรฐานท้องถิ่น (นาทีย) (Local Standard Time) |

| สัญลักษณ์และคำย่อ | คำอธิบาย |
|-------------------|---|
| LAT, L | เส้นแวง (องศา) (Latitude) |
| LON | เส้นรุ้ง (องศา) (Longitude) |
| ET | ค่าปรับเท่าเวลา (นาที) (Equation of time) |
| H | มุมเวลา (นาที) (Minute Angle) |
| δ | มุมลาดเอียงของแสง (องศา) (Declination) |
| β | มุมแนวตั้งของแสง (องศา) (Solar Altitude) |
| ϕ | มุมแนวระดับของแสง (องศา) (Solar Azimuth) |
| γ | มุมสัมผัสแนวระดับของแสง (องศา) (Solar-surface Azimuth) |
| ψ | มุมแนวระดับของพื้นผิวสัมผัส (องศา) (Surface Azimuth) |
| θ | มุมตามเข็มนาฬิกาจากทิศใต้ มุมตกกระทบของแสง (องศา) (Incidence Angle) |
| Σ | มุมเอียงพื้นผิวสัมผัสจากแนวระดับ (องศา) (Surface Tilt) |
| I_{DN} | ค่าการแผ่รังสีความร้อนตรงปกติ ของแสงอาทิตย์ (W/m^2) (Direct Normal Irradiance) |
| A | ค่าคงที่ปรากฏของแสงอาทิตย์ (W/m^2) (Apparent Solar Constant) |

| สัญลักษณ์และคำย่อ | คำอธิบาย |
|-------------------|--|
| B | สัมประสิทธิ์การสูญเสียของบรรยากาศ (Atmospheric Extinction Coefficient) |
| I_{ds} | ค่าการแผ่รังสีความร้อนกระจายจากท้องฟ้า (W/m^2) (Sky Diffuse Irradiance) |
| C | ตัวประกอบการกระจายของท้องฟ้า (Sky Diffuse Factor) |
| I_{dg} | ค่าการแผ่รังสีความร้อนกระจายจากพื้นดิน (W/m^2) (Ground Diffuse Irradiance) |
| ρ_g | สัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้น (Ground Reflectivity) |
| I_{th} | ค่าการแผ่รังสีความร้อนรวมของแสงอาทิตย์ใน แนวระดับ (W/m^2) (Total Horizontal Irradiance) |
| θ_H | มุมตกกระทบของแสงในแนวระดับ (องศา) (Horizontal Incidence Angle) |
| Ω | มุมภาพเงา (องศา) (Profile Angle) |
| S_w | ระยะของเงาจากอุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง (m) |
| S_H | ระยะของเงาจากอุปกรณ์บังแดดแนวระดับ (m) |
| P_V | ความยาวของอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง (m) |
| P_H | ความยาวของอุปกรณ์บังแดดในแนวระดับ (m) |
| R_w | ระยะของอุปกรณ์บังแดดแนวระดับ จากขอบกระจก (m) |
| R_H | ระยะของอุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง จากขอบกระจก (m) |
| W | ความยาวของกระจกในแนวระดับ (m) |
| H | ความยาวของกระจกในแนวตั้ง (m) |
| A_{SL} | พื้นที่รับแสงของกระจก (m^2) |

| สัญลักษณ์และคำย่อ | คำอธิบาย |
|---------------------------|--|
| SC | สัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading Coefficient) |
| $q''_{cvev-o,j,\theta}$ | ค่าการพาความร้อนเทียบเท่าของผนังภายนอก (W/m ²) |
| $t_{ew,j,\theta}$ | อุณหภูมิภายนอกเทียบเท่าของผนัง (°C) |
| h_o | สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนและการพา ความร้อนรวมภายนอก (W/m ² K) |
| $\Delta t_{\theta-p}$ | ผลต่างระหว่างอุณหภูมิบรรยากาศที่เวลา θ กับ อุณหภูมิบรรยากาศที่เวลา p (°C) |
| $\Delta I_{t,j,\theta-p}$ | ผลต่างระหว่างค่าการแผ่รังสีความร้อนรวมที่เวลา θ กับค่าการแผ่รังสีความร้อนรวมที่เวลา p (W/m ²) |
| $U_{w,j}$ | สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (W/m ² K) |
| $q''_{ia-o,j,\theta}$ | ค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ที่ดูดซับ โดยกระจก (W/m ²) |
| a_k | สัมประสิทธิ์การดูดซับความร้อนของกระจก (Absorptance Coefficients) |
| $q''_{rda-o,j,\theta}$ | ค่าการแผ่รังสีความร้อนของสิ่งแวดล้อมที่ดูดซับ โดยกระจก (W/m ²) |
| $t_{osa,j,\theta}$ | อุณหภูมิพื้นผิวกระจกภายนอก (°C) |
| $q''_{cva-o,j,\theta}$ | ค่าการพาความร้อนสู่กระจกภายนอก (W/m ²) |
| $q''_{cveg-o,j,\theta}$ | ค่าการพาความร้อนพาเทียบเท่าของกระจก (W/m ²) |
| $t_{eg,j,\theta}$ | อุณหภูมิภายนอกเทียบเท่าของกระจก (°C) |
| $q''_{cdg,j,\theta}$ | ค่าการนำความร้อนผ่านกระจก (W/m ²) |

| สัญลักษณ์และคำย่อ | คำอธิบาย |
|-------------------------|---|
| $Y_{g,p,j}$ | ฟังก์ชันถ่ายเทการนำความร้อนแบบไขว้ของ กระจก |
| $\Delta I_{D,\theta-p}$ | ผลต่างระหว่างค่าการแผ่รังสีความร้อนตรงที่เวลา θ กับค่าการแผ่รังสีความร้อนตรงที่เวลา p (W/m ²) |
| $\Delta I_{d,\theta-p}$ | ผลต่างระหว่างค่าการแผ่รังสีความร้อนกระจายที่ เวลา θ กับค่าการแผ่รังสีความร้อนกระจายที่เวลา p (W/m ²) |
| $U_{g,j}$ | สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจก (W/m ² K) |
| $Q_{Int,hl,\theta}$ | อัตราการความร้อนแฝงจากคน (Watt) |
| $N_{h,\theta}$ | จำนวนคน (Number of Person) |
| K_{lat} | อัตราการความร้อนแฝงต่อคน (Watt/Person) |
| $Q_{Int,hs,\theta}$ | อัตราการความร้อนสัมผัสจากคน (Watt) |
| K_{sen} | อัตราการความร้อนสัมผัสต่อคน (Watt/Person) |
| $Q_{Int,l,\theta}$ | อัตราการความร้อนจากการส่องสว่าง (Watt) |
| $N_{l,\theta}$ | จำนวนหลอดไฟส่องสว่าง (Unit) |
| W_{l-loss} | อัตราการสูญเสียของหลอดไฟส่องสว่างต่อ หน่วย (Watt/Unit) |
| $Q_{Int,e,\theta}$ | อัตราการความร้อนจากจากอุปกรณ์ไฟฟ้า (Watt) |
| $N_{e,\theta}$ | จำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งาน (Unit) |
| W_{e-loss} | อัตราการสูญเสียของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่อ หน่วย (Watt/Unit) |
| $Q_{vent,\theta}$ | อัตราการความร้อนจากการระบายอากาศ (Watt) |
| ρ | ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m ³) |
| \dot{Q}_0 | อัตราการระบายอากาศ (m ³ /s) |

สัญลักษณ์และคำย่อ

คำอธิบาย

| | |
|-------------------|---|
| c_p | ความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่ของอากาศ (kJ/kg K) |
| h_{fg} | เอนทาลปีในการควบแน่นของน้ำที่อุณหภูมิ ภายในพื้นที่ (kJ/kg) |
| $w_{o,\theta}$ | อัตราส่วนความชื้นบรรยากาศ (ภายนอก) |
| w_{rc} | อัตราส่วนความชื้นภายในพื้นที่ |
| $Q_{CV,\theta}$ | อัตราการพาความร้อนขั้นต้นที่เข้าสู่ปริมาตร ควบคุม (Watt) |
| f_{cp} | อัตราส่วนการพาความร้อนขั้นต้นต่อความร้อน ทั้งหมดจากผนังทึบและกระจกภายนอก |
| f_{ch} | อัตราส่วนการพาความร้อนขั้นต้นต่อความร้อน ทั้งหมดจากคน |
| f_{cl} | อัตราส่วนการพาความร้อนขั้นต้นต่อความร้อน ทั้งหมดจากหลอดไฟส่องสว่าง |
| f_{ce} | อัตราส่วนการพาความร้อนขั้นต้นต่อความร้อน ทั้งหมดจากอุปกรณ์ไฟฟ้า |
| $A_{w,j}$ | พื้นที่ผนังทึบภายนอก (m ²) |
| $A_{g,j}$ | พื้นที่กระจกภายนอก (m ²) |
| $K_{w,j,\theta}$ | สัมประสิทธิ์การแปลงค่าการแผ่รังสีความร้อน รวมเป็นค่าในแนวระดับของผนังทึบ |
| $K_{a,j,\theta}$ | สัมประสิทธิ์การแปลงค่าการแผ่รังสีความร้อน รวมที่ถูกดูดซับ โดยกระจกเป็นค่าในแนวระดับ |
| $K_{CV-i,\theta}$ | สัมประสิทธิ์อุณหภูมิ ในสมการการพาความร้อน ขั้นต้นที่เข้าสู่ปริมาตรควบคุม |
| $K_{CV-i,\theta}$ | สัมประสิทธิ์ค่าการแผ่รังสีความร้อนในแนว ระดับ ในสมการการพาความร้อนขั้นต้นที่เข้าสู่ ปริมาตรควบคุม |

สัญลักษณ์และคำย่อ

คำอธิบาย

| | |
|-------------------|--|
| $K_{CV-h,\theta}$ | สัมประสิทธิ์จำนวนคนในสมการการพาความร้อนชั้นต้นที่เข้าสู่ปริมาตรควบคุม |
| $K_{CV-l,\theta}$ | สัมประสิทธิ์จำนวนหลอดไฟส่องสว่างในสมการการพาความร้อนชั้นต้นที่เข้าสู่ปริมาตรควบคุม |
| $K_{CV-e,\theta}$ | สัมประสิทธิ์จำนวนอุปกรณ์ที่ใช้งานในสมการการพาความร้อนชั้นต้นที่เข้าสู่ปริมาตรควบคุม |
| $Q_{CV-c,\theta}$ | อัตราการผสมในสมการการพาความร้อนชั้นต้นที่เข้าสู่ปริมาตรควบคุม |
| $Q_{RD,\theta}$ | อัตราการแผ่รังสีความร้อนที่เข้าสู่แหล่งเก็บความร้อน (Watt) |
| f_{rp} | อัตราส่วนการแผ่รังสีความร้อนต่อความร้อนทั้งหมดจากผนังทึบและกระจกภายนอก |
| f_{rh} | อัตราส่วนการแผ่รังสีความร้อนต่อความร้อนทั้งหมดจากคน |
| f_{rl} | อัตราส่วนการแผ่รังสีความร้อนต่อความร้อนทั้งหมดจากหลอดไฟส่องสว่าง |
| f_{re} | อัตราส่วนการแผ่รังสีความร้อนต่อความร้อนทั้งหมดจากอุปกรณ์ไฟฟ้า |
| $K_{RD-t,\theta}$ | สัมประสิทธิ์อุณหภูมิในสมการการแผ่รังสีความร้อนที่เข้าสู่แหล่งเก็บความร้อน |
| $K_{RD-i,\theta}$ | สัมประสิทธิ์ค่าการแผ่รังสีความร้อนในแนวระดับ ในสมการการแผ่รังสีความร้อนที่เข้าสู่แหล่งเก็บความร้อน |
| $K_{RD-h,\theta}$ | สัมประสิทธิ์จำนวนคนในสมการการแผ่รังสีความร้อนที่เข้าสู่แหล่งเก็บความร้อน |
| $K_{RD-l,\theta}$ | สัมประสิทธิ์จำนวนหลอดไฟส่องสว่างในสมการการแผ่รังสีความร้อนที่เข้าสู่แหล่งเก็บความร้อน |

สัญลักษณ์และคำย่อ

คำอธิบาย

 $K_{RD-e,\theta}$

สัมประสิทธิ์จำนวนอุปกรณ์ที่ใช้งานในสมการ
การแผ่รังสีความร้อนที่เข้าสู่แหล่งเก็บความร้อน

 $Q_{RD-c,\theta}$

อัตราความร้อนสะสมในสมการการแผ่รังสีความร้อน
ที่เข้าสู่แหล่งเก็บความร้อน

 $Q_{CV-RD,\theta}$

อัตราการพาความร้อนชั้นที่สองจากแหล่งเก็บ
ความร้อน ที่เข้าสู่ปริมาตรควบคุม(Watt)

 $r_0 r_1 r_2 \dots r_{23}$

ตัวประกอบเวลาการแผ่รังสีความร้อน

 $\Delta N_{h,\theta-p}$

ผลต่างระหว่างจำนวนคนที่เวลา θ กับจำนวนคนที่
เวลา p (หน่วย)

 $\Delta N_{l,\theta-p}$

ผลต่างระหว่างจำนวนหลอดไฟส่องสว่างที่เวลา
 θ กับจำนวนหลอดไฟส่องสว่างที่เวลา p
(หน่วย)

 $\Delta N_{e,\theta-p}$

ผลต่างระหว่างจำนวนอุปกรณ์ที่ใช้งานที่เวลา θ
กับจำนวนอุปกรณ์ที่ใช้งานที่เวลา p (หน่วย)

 $K_{CR-t,\theta}$

สัมประสิทธิ์อุณหภูมิในสมการการพาความร้อน
ชั้นที่สองจากแหล่งเก็บความร้อน ที่เข้าสู่ปริมาตร
ควบคุม

 $K_{CR-i,\theta}$

สัมประสิทธิ์ค่าการแผ่รังสีความร้อนในแนว
ระดับในสมการการพาความร้อนชั้นที่สองจาก
แหล่งเก็บความร้อน ที่เข้าสู่ปริมาตรควบคุม

 $K_{CR-h,\theta}$

สัมประสิทธิ์จำนวนคนในสมการการพาความร้อน
ชั้นที่สองจากแหล่งเก็บความร้อน ที่เข้าสู่
ปริมาตรควบคุม

 $K_{CR-l,\theta}$

สัมประสิทธิ์จำนวนหลอดไฟส่องสว่างในสมการ
การพาความร้อนชั้นที่สองจากแหล่งเก็บความ
ร้อน ที่เข้าสู่ปริมาตรควบคุม

| สัญลักษณ์และคำย่อ | คำอธิบาย |
|--------------------------------------|--|
| $K_{CR-e,\theta}$ | สัมประสิทธิ์จำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานในสมการการพาความร้อนชั้นที่สองจากแหล่งเก็บความร้อน ที่เข้าสู่ปริมาตรควบคุม |
| $Q_{CR-c,\theta}$ | อัตราความร้อนสะสมในสมการการพาความร้อนชั้นที่สองจากแหล่งเก็บความร้อน ที่เข้าสู่ปริมาตรควบคุม |
| $Q_{RDT,\theta}$ | อัตราการแผ่รังสีความร้อนที่เข้าสู่พื้นโดยตรง (Watt) |
| $Q_{CV-RDT,\theta}$ | อัตราการพาความร้อนชั้นที่สองจากพื้น ที่เข้าสู่ปริมาตรควบคุม (Watt) |
| $r_{S0} r_{S1} r_{S2} \dots r_{S23}$ | ตัวประกอบเวลาการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ |
| $K_{t,j,\theta}$ | สัมประสิทธิ์การแปลงค่าการแผ่รังสีความร้อนรวมที่ส่งผ่านกระจกเป็นค่าในแนวระดับ |
| $K_{CRT-i,\theta}$ | สัมประสิทธิ์ค่าการแผ่รังสีความร้อนในแนวระดับในสมการการพาความร้อนชั้นที่สองจากพื้น ที่เข้าสู่ปริมาตรควบคุม |
| $Q_{CRT-c,\theta}$ | อัตราความร้อนสะสมในสมการการพาความร้อนชั้นที่สองจากพื้น ที่เข้าสู่ปริมาตรควบคุม |
| $Q_{Dir,\theta}$ | อัตราความร้อนที่เปลี่ยนเป็นภาระการทำความเย็นในปริมาตรควบคุมโดยตรง (Watt) |
| $Q_{CL,\theta}$ | ค่าภาระการทำความเย็น (Watt) |
| $K_{CL-t,\theta}$ | สัมประสิทธิ์อุณหภูมิ ในสมการภาระการทำความเย็น |
| $K_{CL-i,\theta}$ | สัมประสิทธิ์ค่าการแผ่รังสีความร้อน ในแนวระดับในสมการภาระการทำความเย็น |
| $K_{CL-h,\theta}$ | สัมประสิทธิ์จำนวนคน ในสมการภาระการทำความเย็น |

| สัญลักษณ์และคำย่อ | คำอธิบาย |
|-------------------------------|---|
| $K_{CL-l,\theta}$ | สัมประสิทธิ์จำนวนหลอดไฟส่องสว่าง ใน สมการการระการทำความเย็น |
| $K_{CL-e,\theta}$ | สัมประสิทธิ์จำนวนอุปกรณ์ที่ใช้งาน ในสมการ การระการทำความเย็น |
| $Q_{CL-c,\theta}$ | อัตราความร้อนสะสม ในสมการการระการ ทำความเย็น |
| X | ตัวแปรหรือเหตุการณ์ X |
| $P(X)$ | ความน่าจะเป็นของตัวแปร X |
| $E(X)$ | โอกาสในการเกิดของตัวแปร X |
| SS | ตัวแปรหรือเหตุการณ์ทั้งหมด |
| $E(SS)$ | โอกาสในการเกิดของตัวแปรทั้งหมด |
| $\mu(X)$ หรือ μ_x | ค่าเฉลี่ยของตัวแปร X |
| $pdf(X), f(X)$ หรือ $f_x(X)$ | ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของตัว แปร X |
| N | จำนวนข้อมูลของตัวแปรทั้งหมด |
| $\sigma^2(X)$ หรือ σ_x | ค่าความแปรปรวนของตัวแปร X |
| $S.D.$ | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
| $P(a < X < b)$ | ความน่าจะเป็นที่ตัวแปร X จะมีค่าอยู่ระหว่าง a ถึง b |
| a | ค่าขีดจำกัดล่าง |
| b | ค่าขีดจำกัดบน |
| $CDF(X_0)$ | ฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมของตัว แปร X ที่ค่า X_0 |
| ζ | ตัวแปรที่กำหนดไว้ในสมการ |
| λ | ตัวแปรที่กำหนดไว้ในสมการ |
| β | ตัวแปรที่กำหนดไว้ในสมการ |
| Z | ตัวแปร Z |

| สัญลักษณ์และคำย่อ | คำอธิบาย |
|---|---|
| C | ค่าคงที่ |
| $\mu(Z)$ | ค่าเฉลี่ยของตัวแปร Z |
| $\sigma^2(Z)$ | ค่าความแปรปรวนของตัวแปร Z |
| Q | ตัวแปร Q |
| $Q(X)$ | ตัวแปร Q ในรูปฟังก์ชันของตัวแปร X |
| $f_Q(Q(X))$ | ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของตัวแปร Q |
| X_1 | ตัวแปร X_1 |
| X_2 | ตัวแปร X_2 |
| $Q(Q_1, Q_2)$ | ตัวแปร Q ในรูปฟังก์ชันของตัวแปร (Q_1, Q_2) |
| $Q_1(X_1, X_2)$ | ตัวแปร Q_1 ในรูปฟังก์ชันของตัวแปร (X_1, X_2) |
| $Q_2(X_1, X_2)$ | ตัวแปร Q_2 ในรูปฟังก์ชันของตัวแปร (X_1, X_2) |
| $f_X(X_1, X_2)$ หรือ $f_{X_{12}}(X_1, X_2)$ | ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X_1 และ X_2 |
| $Q_1(X_1)$ หรือ Q_1 | ตัวแปร Q_1 ในรูปฟังก์ชันของตัวแปร X_1 |
| $Q_2(X_2)$ หรือ Q_2 | ตัวแปร Q_2 ในรูปฟังก์ชันของตัวแปร X_2 |
| $f_Q(Q(Q_1, Q_2))$ | ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของตัวแปร $Q(Q_1, Q_2)$ |
| $f_{X_1}(X_1)$ | ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของตัวแปร X_1 |
| $f_{X_2}(X_2)$ | ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของตัวแปร X_2 |
| $f_{Q_{X_1}}(Q_1(X_1))$ | ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของตัวแปร Q_1 |
| $f_{Q_{X_2}}(Q_2(X_2))$ | ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของตัวแปร Q_2 |

สัญลักษณ์และคำย่อ

คำอธิบาย

| | |
|----------------------------------|---|
| $f_{Q_{12}}(Q_1(X_1), Q_2(X_2))$ | ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของตัวแปร Q_1 และ Q_2 |
| i | ตัวเลขลำดับข้อมูล |
| n | จำนวนข้อมูลทั้งหมด |
| c_f | ค่าผลรวมของค่าความคลาดเคลื่อนแบบ ไช-สแควร์ |
| X_R | ค่าของข้อมูลจริง |
| X_T | ค่าของข้อมูลทางทฤษฎี |
| D_n | ค่าจุดสูงสุดของค่าความคลาดเคลื่อนแบบ โคลโมโกรอฟ-ซมินอฟ |
| ε_T | ค่าผลรวมของค่าอัตราส่วนความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ |
| ε_{sq} | ค่าผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง |
| E | ขอบเขตค่าความคลาดเคลื่อน |
| U_f | ค่าตัวประกอบการใช้งาน |
| N_T | จำนวนอุปกรณ์ทั้งหมด |
| N_U | จำนวนอุปกรณ์ที่ถูกใช้งาน |
| p | ความน่าจะเป็นของการใช้งานอุปกรณ์แต่ละชิ้น |
| $P(N_U)$ | ความน่าจะเป็นของการใช้งานอุปกรณ์จำนวน N_U |
| $f(N_U)$ | ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการใช้งานอุปกรณ์จำนวน N_U |
| $Q_{i,\theta}(t_{o,\theta})$ | อัตราความร้อนจากอุณหภูมิภายนอก |
| $Q_{i,\theta}(I_{th,\theta})$ | อัตราความร้อนจากค่าความร้อนจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ |
| $Q_{h,\theta}(N_{h,\theta})$ | อัตราความร้อนจากจำนวนคน |
| $Q_{l,\theta}(N_{l,\theta})$ | อัตราความร้อนจากหลอดไฟที่ใช้งาน |

สัญลักษณ์และคำย่อ

คำอธิบาย

$$Q_{e,\theta}(N_{e,\theta})$$

อัตราความร้อนจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งาน

$$Q_{w,\theta}(w_{o,\theta})$$

อัตราความร้อนจากอัตราส่วนความชื้นภายนอก

$$f_t(t_{o,\theta})$$

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของอุณหภูมิภายนอก

$$f_i(I_{th,\theta})$$

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของค่าความร้อนจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์

$$f_h(N_{h,\theta})$$

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของจำนวนคน

$$f_l(N_{l,\theta})$$

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของจำนวนหลอดไฟที่ใช้งาน

$$f_e(N_{e,\theta})$$

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งาน

$$f_w(w_{o,\theta})$$

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของอัตราส่วนความชื้นภายนอก

$$f_{Q_t}(Q_{t,\theta})$$

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของอัตราความร้อนจากอุณหภูมิภายนอก

$$f_{Q_i}(Q_{i,\theta})$$

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของอัตราความร้อนจากค่าความร้อนจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์

$$f_{Q_h}(Q_{h,\theta})$$

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของอัตราความร้อนจากจำนวนคน

$$f_{Q_l}(Q_{l,\theta})$$

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของอัตราความร้อนจากหลอดไฟที่ใช้งาน

$$f_{Q_e}(Q_{e,\theta})$$

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของอัตราความร้อนจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งาน

$$f_{Q_w}(Q_{w,\theta})$$

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของอัตราความร้อนจากอัตราส่วนความชื้นภายนอก

สัญลักษณ์และคำย่อ

คำอธิบาย

$f_{Q_{CL,\theta}}(Q_{CL,\theta})$

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของค่า
ภาระการทำความเย็น

$p(Q_{CL,\theta} < Q_0)$

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมของค่า
ภาระการทำความเย็นที่ค่า Q_0

$\mu_{t,\theta}$

ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิบรรยากาศ

$\sigma_{t,\theta}^2$

ค่าความแปรปรวนของอุณหภูมิบรรยากาศ

$\mu_{I,\theta}$

ค่าเฉลี่ยของค่าความร้อนรวมจากการแผ่รังสีใน
แนวระดับ

$\sigma_{I,\theta}^2$

ค่าความแปรปรวนของค่าความร้อนรวมจากการ
แผ่รังสีในแนวระดับ

$\mu_{w,\theta}$

ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนความชื้นในบรรยากาศ

$\sigma_{w,\theta}^2$

ค่าความแปรปรวนของอัตราส่วนความชื้นใน
บรรยากาศ

$\mu_{h,\theta}$

ค่าเฉลี่ยของจำนวนคน

$\sigma_{h,\theta}^2$

ค่าความแปรปรวนของจำนวนคน

U_{fl}

ค่าตัวประกอบการใช้งานของหลอดไฟ

$Q_{l,total}$

อัตราความร้อนจากหลอดไฟทั้งหมด

U_{fe}

ค่าตัวประกอบการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้า

$Q_{e,total}$

อัตราความร้อนจากอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมด

$\mu_{l,\theta}$

ค่าเฉลี่ยของหลอดไฟ

$\mu_{e,\theta}$

ค่าเฉลี่ยของอุปกรณ์ไฟฟ้า

$\sigma_{l,\theta}^2$

ค่าความแปรปรวนของหลอดไฟ

$\sigma_{e,\theta}^2$

ค่าความแปรปรวนของอุปกรณ์ไฟฟ้า

$\mu_{Q_{CL,\theta}}$

ค่าเฉลี่ยของค่าภาระการทำความเย็น

$\sigma_{Q_{CL,\theta}}^2$

ค่าความแปรปรวนของค่าภาระการทำความเย็น

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การคำนวณภาระการทำความเย็น คือ การคำนวณค่าความร้อนที่ต้องขจัดออกไปจากบริเวณที่ต้องการปรับอากาศ ณ เวลาใดๆ เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้ได้ตามที่ต้องการ และจะใช้ค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดที่คำนวณได้ในการกำหนดขนาดของเครื่องปรับอากาศ โดยการคำนวณส่วนมากจะอ้างอิงจากมาตรฐานของ ASHRAE เนื่องจากกระบวนการถ่ายเทความร้อนนั้นมีขั้นตอนที่ค่อนข้างซับซ้อนและเป็นการถ่ายเทความร้อนในสถานะไม่คงตัว รวมถึงต้องมีข้อมูลที่ต้องการมากมายเพื่อใช้ในการคำนวณ จึงต้องมีการตั้งสมมุติฐานหลายข้อและใช้รูปแบบจำลองต่างๆ ประกอบ การคำนวณ ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณเป็นแบบประมาณค่าภาระการทำความเย็นเท่านั้น มิได้เป็นค่าภาระการทำความเย็นที่แท้จริง ณ เวลานั้น

ในการคำนวณภาระการทำความเย็นนั้น ความร้อนที่ต้องขจัดออกจากระบบจะมาจาก 3 ส่วน คือ ความร้อนจากภายนอก, ความร้อนจากภายใน และความร้อนจากการระบายอากาศ ทั้งนี้ความร้อนแต่ละส่วนจะขึ้นอยู่กับปัจจัยที่แตกต่างกันหลายประการเช่น อุณหภูมิภายนอก, ความชื้นสัมพัทธ์ และจำนวนคนในอาคาร เป็นต้น การอ้างอิงหรือใช้ข้อมูลต่างๆ ในการคำนวณที่ต่างกันในเวลาเดียวกันย่อมทำให้ได้ผลลัพธ์ในการคำนวณออกมาต่างกัน โดยทั่วไปแล้วการระบุค่าหรือข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณสามารถอ้างอิงได้จากมาตรฐานการคำนวณต่างๆ เช่น มาตรฐานของ ASHRAE ซึ่งได้มาจากการศึกษา ค้นคว้า เก็บข้อมูลและทดลองในห้องปฏิบัติการ แต่สิ่งที่มาตรฐานทั่วไปไม่ได้บอกไว้ คือ ความน่าจะเป็นในการเกิดขึ้นจริงของค่ามาตรฐานนั้นเป็นเท่าใด รวมถึงค่ามาตรฐานที่ใช้นั้นมีโอกาสเบี่ยงเบนได้มากน้อยเพียงใด หรือโอกาสในการเกิดของค่าอื่นๆ ที่ไม่ใช่ค่ามาตรฐาน ณ เวลาที่ทำการคำนวณมีมากน้อยเพียงใด ส่วนการกำหนดเงื่อนไขในการออกแบบนั้น มักจะกำหนดในรูปของอุณหภูมิสูงสุดที่เปอร์เซ็นต์ต่างๆ ซึ่งมีได้เป็นการบ่งบอกเปอร์เซ็นต์ในการเกิดของภาระการทำความเย็นสูงสุดที่คำนวณได้ เนื่องจากภาระการทำความเย็นนั้นมิได้ขึ้นกับอุณหภูมิอย่างเดียว ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆด้วยเช่น จำนวนคนในอาคาร หรืออัตราการใช้แสงสว่าง เป็นต้น เมื่อโอกาสในการเกิดของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อภาระการทำความเย็นเปลี่ยนไป โอกาสในการเกิดของภาระการทำความเย็นที่เป็นไปได้ก็จะเปลี่ยนไปด้วย เป็นสาเหตุของความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นในการคำนวณภาระการทำความเย็น ด้วยเหตุนี้การคำนวณภาระการทำความเย็นจึงพยายามอ้างอิงไปสู่ค่าสูงสุดที่คำนวณได้ โดยไม่มีการบอกว่าโอกาสเป็นไปได้ของค่าที่คำนวณมีมากน้อยเพียงใด แทนที่จะนำไปสู่ค่าที่เหมาะสมหรือค่าที่มีความเป็นไปได้สูงสุด และเนื่องจากการคำนวณเป็นแบบ

ประมาณค่าและมีความไม่แน่นอนเกิดขึ้น ดังนั้นในการคำนวณภาระการทำความเย็นจึงต้องมีการเผื่อค่าไว้เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น โดยการกำหนดค่าความปลอดภัยในการคำนวณในผลลัพธ์สุดท้ายของการคำนวณ ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีค่ามากกว่าภาระการทำความเย็นที่ควรจะคำนวณได้จากสมการตามทฤษฎี

เนื่องจากความไม่แน่นอนในการคำนวณภาระการทำความเย็นเกิดจากปัจจัยหลายประการ ดังนั้นการคำนวณภาระการทำความเย็นจะมีความแม่นยำหรือไม่ ขึ้นอยู่กับรายละเอียดของข้อมูลปัจจัยเหล่านี้ สาเหตุจากความไม่แน่นอนของข้อมูลเหล่านี้ ทำให้ต้องมีการปรับปรุงรูปแบบจำลองและคุณภาพข้อมูลของปัจจัยต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณตลอดเวลา ความไม่แน่นอนจะเป็นตัวจำกัดความสามารถในการคำนวณค่าที่ถูกต้องตามทฤษฎี แต่จะไม่มีผลต่อการประมาณการในการออกแบบมากนัก เนื่องจากการออกแบบมักจะอ้างอิงไปที่ค่าสูงสุดเท่านั้น การใช้รูปแบบจำลองที่มีข้อกำหนดหรือสมมุติฐานมากเกินไป จะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มาจากการคำนวณมีความคลาดเคลื่อนได้มาก แม้ว่าข้อมูลที่ใส่เข้ามาในการคำนวณจะมีความแม่นยำมากก็ตาม เนื่องจากมีความแตกต่างระหว่างสมมุติฐานและสภาวะจริง ในปัจจุบันได้มีการนำข้อมูลสิ่งแวดล้อมมาใช้ในการคำนวณมากขึ้น เพื่อลดสมมุติฐานที่ไม่จำเป็นในการคำนวณลง

การคำนวณภาระการทำความเย็นที่แสดงไว้ใน ASHRAE Handbook Fundamentals 1993 มีอยู่ 3 วิธีด้วยกันคือ TETD, TFM และ CLTD ซึ่งทั้ง 3 วิธีจะมีพื้นฐานจากสมการสมดุลความร้อนเหมือนกัน แต่มีการกำหนดรูปแบบจำลองเริ่มต้น มีการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตในรูปของอุณหภูมิ และมีการตั้งสมมุติฐานไว้หลายข้อ ผ่านกระบวนการสู่ขั้นตอนสุดท้าย เพื่อลดความซับซ้อนในการคำนวณลงและมีความสะดวกในการใช้งาน ทำให้มีการสูญเสียหลักการพื้นฐานบางอย่างในการคำนวณไปในระหว่างกระบวนการแต่ละขั้นตอน ทำให้เกิดความสูญเสียความแม่นยำในการคำนวณและไม่สามารถบอกได้ว่าปัจจัยตัวใดบ้างที่มีความสำคัญในการคำนวณภาระการทำความเย็นในแต่ละกรณี ถึงแม้จะมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องเพื่อให้การคำนวณมีความแม่นยำขึ้นในปัจจุบันได้เริ่มมีการใช้วิธีสมดุลความร้อนขึ้น โดยกลับไปเริ่มต้นจากสมการพื้นฐานของสมดุลความร้อน และได้มีการพัฒนารูปแบบ จำลองต่างๆ ที่ต้องการใช้ในการคำนวณขึ้นมา เนื่องจากการเริ่มต้นจากสมการพื้นฐานทำให้สามารถใช้รูปแบบจำลองต่างๆ ได้อย่างอิสระในการคำนวณ โดยความแม่นยำจะขึ้นอยู่กับรูปแบบจำลองที่ใช้ แต่กระนั้นก็ตามวิธีนี้ก็ยังคงจำกัดโดยสมมุติฐานบางข้อ รายละเอียดการคำนวณภาระการทำความเย็นโดยวิธีดังกล่าว จะแสดงในส่วนของทฤษฎีต่อไป

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่า ไม่ว่าจะใช้วิธีใดก็ตามในการคำนวณภาระทำ ความเย็น โอกาสที่จะได้ผลลัพธ์การคำนวณที่แน่นอนในช่วงเวลาที่คำนวณนั้นแทบจะไม่เกิดขึ้น เลย ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องจัดความไม่แน่นอนดังกล่าวนี้ออกไป การที่จะลดปัญหาความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นในการคำนวณภาระการทำความเย็นนั้น เราจะต้องทราบถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อ การคำนวณภาระการทำความเย็นก่อน เช่น อุณหภูมิภายนอก, อัตราการใช้แสงสว่าง, จำนวนคนใน พื้นที่, ชนิดของผนังและกระจก เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะมีผลต่อการคำนวณภาระการทำความเย็น ที่แตกต่างกันไป ปัจจัยบางอย่างอาจไม่คงที่ซึ่งจะทำให้โอกาสในการเกิดของภาระการทำความเย็น ที่เป็นไปได้มีการเปลี่ยนแปลง เช่นอุณหภูมิภายนอก ปัจจัยบางอย่างมีค่าคงที่ซึ่งจะไม่มีผลต่อ โอกาสในการเกิดของภาระการทำความเย็น เช่น ชนิดของผนังและกระจก ซึ่งรายละเอียดของปัจจัย ต่างๆ จะได้กล่าวถึงในส่วนของทฤษฎีต่อไป

เมื่อเราทราบค่าปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการคำนวณภาระการทำความเย็นแล้ว ขึ้น ต่อมาก็คือการใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยผันแปรต่างๆที่มีผลต่อโอกาสในการเกิด ของภาระการทำความเย็นที่เป็นไปได้ ในการคำนวณแบบค่าที่ผ่านมามีค่าต่างๆ ของปัจจัยผันแปร เนื่องจากสภาพภูมิอากาศภายนอก เช่น ค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ใช้ในการออกแบบ ได้มาจากการจัดการ ข้อมูลโดยใช้สถิติข้อมูลที่ผ่านมา มาทำการคำนวณเพื่อหาค่าสูงสุดที่เปอร์เซ็นต์ต่างๆ ส่วนค่าของ ปัจจัยผันแปรเนื่องจากสภาพการใช้งานในพื้นที่ เช่น จำนวนคนหรือแสงสว่าง ได้มาจากการทดลอง ภายได้เงื่อนไขที่กำหนด ดังนั้นในแต่ละกรณีเราจึงมีค่าที่เป็นมาตรฐานเพียงค่าเดียวที่จะนำไปใช้ใน การคำนวณภาระการทำความเย็น ซึ่งในความเป็นจริงแล้วค่ามาตรฐานนั้นอาจจะไม่เกิดขึ้นจริงก็ได้ ซึ่ง เราไม่สามารถบอกได้แน่นอน จากปัญหานี้เองทำให้เกิดแนวความคิดในการคำนวณขึ้นมาใหม่ว่า ค่าของปัจจัยผันแปรที่ใช้ในการคำนวณภาระการทำความเย็นนั้นควรใช้ค่าทุกค่าที่เป็นไปได้ของ ปัจจัยเหล่านั้น มิใช่ใช้เฉพาะค่าที่เป็นมาตรฐานค่าเดียว โดยจะมีฟังก์ชันความหนาแน่นของความ น่าจะเป็น เป็นตัวบ่งบอกโอกาสในการเกิดของค่าทุกค่าที่เป็นไปได้ ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว ฟังก์ชันความ หนาแน่นของความน่าจะเป็น จะอยู่ในรูปแบบของสมการที่มีตัวแปรเป็นค่าเฉลี่ย และความ ปรวนแปรของข้อมูลปัจจัยผันแปร สำหรับรูปแบบของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น นั้นมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น รูปแบบปกติ รูปแบบล็อก หรือ รูปแบบยกกำลัง การที่จะกำหนดว่า รูปแบบใดเหมาะสมที่จะใช้งาน รูปแบบนั้นจะต้องเป็นรูปแบบที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดย จะต้องพิจารณาเป็นกรณีไป ในกรณีที่มีการใช้ค่าจริงของปัจจัยผันแปรจริงมาช่วยในการหารูปแบบ ของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นจะต้องมีกระบวนการวิเคราะห์ เพื่อตัดค่าที่มีความ

คลาดเคลื่อนออกก่อน เพื่อให้รูปแบบของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น มีความแม่นยำมากขึ้น รายละเอียดของทฤษฎีความน่าจะเป็น จะได้กล่าวถึงในส่วนของทฤษฎีต่อไป

การใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นในการคำนวณภาวะการทำความเย็นจะเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด โดยอาศัยหลักการ คือ ความน่าจะเป็นในการเกิดของภาวะการทำความเย็นที่เป็นไปได้ในแต่ละช่วงเวลา จะขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นในการเกิดของค่าปัจจัยผันแปรต่างๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภาวะการทำความเย็นในเวลานั้น เมื่อเราทราบรูปแบบและสมการของฟังก์ชันความน่าจะเป็น ของปัจจัยต่างๆ แล้ว เราก็สามารถคำนวณค่าความน่าจะเป็นในการเกิดของภาวะการทำความเย็นที่เป็นไปได้ในแต่ละช่วงเวลา โดยใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์ของทฤษฎีความน่าจะเป็นเข้ามาช่วยในการคำนวณ ดังนั้นค่าภาวะการทำความเย็นที่ได้จากการคำนวณจะอยู่ในรูปต่อเนื่องของภาวะการทำความเย็นทุกค่าที่เป็นไปได้ พร้อมกับค่าความน่าจะเป็นในการเกิดของภาวะการทำความเย็นแต่ละค่า มิได้มีค่าตอบเดียวเหมือนการคำนวณในปัจจุบัน ทำให้เกิดรูปแบบใหม่ในการคำนวณภาวะการทำความเย็น ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์และช่วยประกอบการตัดสินใจ เพื่อออกแบบระบบปรับอากาศได้อย่างเหมาะสมตามความต้องการที่แท้จริง ซึ่งจะนำไปสู่การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและเป็นการลดความเสี่ยงในเงินลงทุนในระบบปรับอากาศได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อนำเสนอรูปแบบใหม่ในการคำนวณภาระการทำความเย็น โดยประยุกต์ใช้ ทฤษฎีความน่าจะเป็นเข้ากับวิธีการคำนวณภาระการทำความเย็น คำนวณหาค่าภาระการทำความเย็นและค่าความน่าจะเป็นในการเกิดของภาระการทำความเย็นทุกค่าที่เป็นไปได้ในแต่ละช่วงเวลา โดยใช้ข้อมูลความน่าจะเป็นของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการคำนวณภาระการทำความเย็น เพื่อขจัด ปัญหาความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นในการคำนวณ เนื่องจากผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยเหล่านี้ และสามารถใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจเลือกขนาดเครื่องปรับอากาศได้อย่างมี เหตุผล

ขอบเขตของการวิจัย

1. เป็นการนำเสนอวิธีการคำนวณภาระการทำความเย็นในรูปแบบใหม่ ที่นำเอาทฤษฎีความน่าจะเป็นมาประยุกต์ใช้ในการคำนวณเพื่อช่วยในการตัดสินใจ โดยการคำนวณภาระการทำความเย็น จะใช้วิธีสมมูลย์ความร้อนภายใต้เงื่อนไขสถานะไม่คงตัว
2. ทฤษฎีความน่าจะเป็นที่จะนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการคำนวณภาระการทำความเย็น จะนำเสนอในรูปแบบฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น ที่แสดงอยู่ในรูปฟังก์ชันของค่าเฉลี่ย และ ความแปรปรวนของข้อมูล เพื่อเป็นเครื่องมือในการแสดงค่าความน่าจะเป็นของตัวแปรต่างๆ และภาระการทำความเย็น
3. ปัจจัยผันแปรที่ใช้ในการพิจารณา จะประกอบด้วยปัจจัยหลัก 6 ปัจจัยด้วยกัน คือ อุณหภูมิภายนอก ค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ จำนวนคน จำนวนหลอดไฟแสงสว่าง จำนวนอุปกรณ์ และอัตราส่วนความชื้นภายนอก
4. วิธีการและขั้นตอนการคำนวณภาระการทำความเย็นรูปแบบใหม่ที่น่าสนใจ จะแสดงผ่าน ตัวอย่างการคำนวณภาระการทำความเย็นของอาคาร สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วิเคราะห์แนวความคิดในการศึกษาปัญหาความไม่แน่นอนในการคำนวณภาระการทำความเย็น
2. ศึกษาวิธีการและขั้นตอนคำนวณภาระการทำความเย็น
3. วิเคราะห์วิธีการคำนวณภาระการทำความเย็น เพื่อหาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการคำนวณภาระการทำความเย็น
4. ทำการถ่วงน้ำหนักของข้อมูลของปัจจัยต่างๆ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลจริง
5. วิเคราะห์รูปแบบทั่วไปของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการคำนวณภาระการทำความเย็น
6. นำฟังก์ชันความน่าจะเป็นของปัจจัยผันแปรที่ได้และทฤษฎีความน่าจะเป็นมาประยุกต์ใช้กับการคำนวณภาระการทำความเย็น เพื่อสร้างรูปแบบการคำนวณค่าความน่าจะเป็นในการเกิดของภาระการทำความเย็นทุกค่าที่เป็นไปได้ในแต่ละช่วงเวลา

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

รูปแบบใหม่ในการคำนวณภาระการทำความเย็นที่พัฒนาขึ้นมา สามารถทำนายค่าของความน่าจะเป็นในการเกิดของภาระการทำความเย็นที่ทุกค่าเป็นไปได้ในแต่ละช่วงเวลา ทำให้การคำนวณภาระการทำความเย็นมีความแม่นยำมากขึ้น และสามารถใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจเลือกขนาดเครื่องปรับอากาศได้อย่างมีเหตุผล ทำให้ความเสี่ยงเนื่องจากผลกระทบจากปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการคำนวณภาระการทำความเย็นลดลง

บทที่ 2

ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปริทัศน์วรรณกรรม

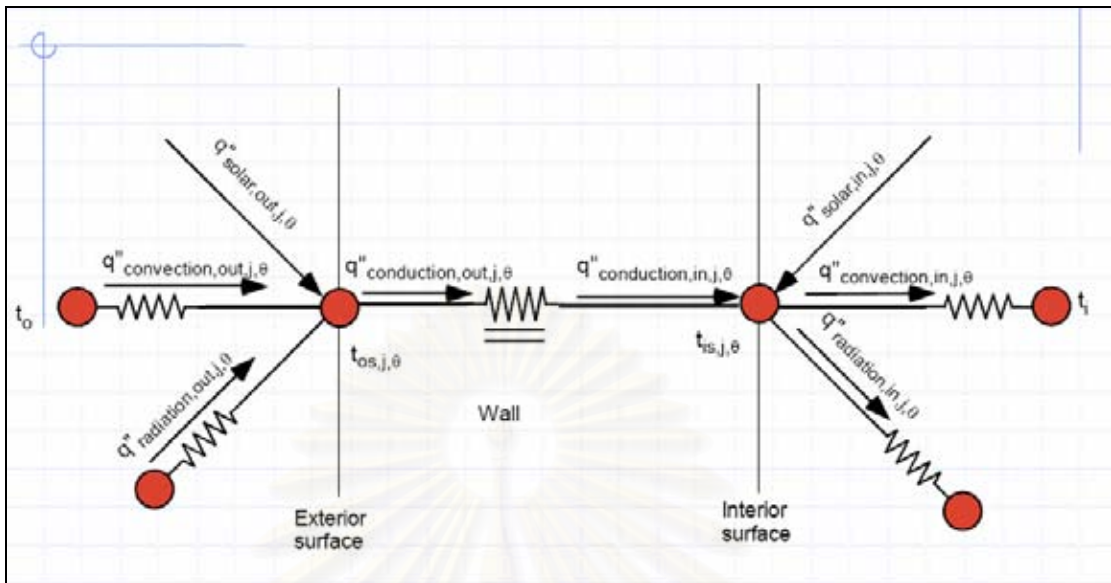
การศึกษาเรื่องการใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นในการคำนวณภาระการทำความเย็น มีแนวความคิดมาจากการศึกษาเนื้อหาเรื่องความน่าจะเป็นในการออกแบบทางวิศวกรรม ในหนังสือ Design of Thermal System เขียนโดย ศาสตราจารย์ W.F. Stoecker แห่ง University of Illinois ซึ่งกล่าวถึงหลักการคำนวณความน่าจะเป็นและทฤษฎีทางสถิติเบื้องต้น และแนวคิดในการประยุกต์ใช้หลักการดังกล่าว เพื่อแก้ไขปัญหาความไม่แน่นอนต่างๆ ที่เกิดขึ้นในงานทางวิศวกรรม ผู้วิจัยจึงได้เกิดความสนใจที่จะนำศาสตร์ของความน่าจะเป็นและทฤษฎีทางสถิติมาประยุกต์ใช้งานในทางวิศวกรรม

ในอีกด้านหนึ่งเกิดคำถามขึ้นหลายข้อในการคำนวณภาระการทำความเย็น เช่น ค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้มีความแม่นยำมากน้อยแค่ไหน มีโอกาสเกิดขึ้นในสภาวะการใช้งานจริงเท่าไร หรือข้อมูลต่างๆ เช่น อุณหภูมิ มีความน่าเชื่อถือเพียงใด ทำให้เกิดปัญหาความไม่แน่นอนขึ้นในการคำนวณภาระการทำความเย็น ซึ่งแนวทางแก้ไขปัญหานี้สามารถวิเคราะห์ได้เป็นสองส่วนคือ วิธีการคำนวณและข้อมูลที่ใช้ ในส่วนของวิธีการคำนวณนั้นได้มีการพัฒนาขึ้นโดยกลับไปสู่หลักการพื้นฐานการคำนวณสมดุลย์ความร้อน โดยพยายามลดสมมุติฐานให้มากที่สุดโดยการใช้ข้อมูลจริงให้มากขึ้น ส่วนที่สองเป็นเรื่องของข้อมูลต่างๆ เช่น อุณหภูมิ หรือจำนวนคน จากส่วนแรก เมื่อมีการใช้ข้อมูลจริงมากขึ้น ข้อมูลจริงนั้นก็ต้องมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ก็ต้องมาจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้ และผ่านกระบวนการทางสถิติที่ถูกต้อง ถึงแม้ทั้งสองส่วนจะมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องแล้วก็ตาม แต่ก็ยังไม่สามารถบอกได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้มีโอกาสเกิดขึ้นจริงเพียงใด มีโอกาสมากน้อยแค่ไหนที่คำตอบจะเบี่ยงเบนเป็นค่าอื่น

จากปัญหาความไม่แน่นอนดังกล่าว และแนวความคิดเรื่องการประยุกต์ใช้งานความน่าจะเป็นในงานทางวิศวกรรม จึงเกิดแนวความคิดใหม่ที่จะนำทฤษฎีความน่าจะเป็นมาแก้ไขปัญหาความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นในการคำนวณภาระการทำความเย็น โดยมีหลักการคือ ค่าภาระการทำความเย็นที่ได้จากการคำนวณควรจะเป็นค่าภาระการทำความเย็นทุกค่าที่เป็นไปได้ พร้อมกับค่าความน่าจะเป็นในการเกิดของภาระการทำความเย็นแต่ละค่า มิได้มีคำตอบเดียวเหมือนการคำนวณในปัจจุบัน ดังนั้นจากแนวความคิดนี้ ผู้ทำวิจัยจึงได้ทำการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม โดยขยายผลจากรายการอ้างอิงในหนังสือ Design Thermal System และศึกษาการใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นในงาน

ทางวิศวกรรมจากหนังสืออีกหลายเล่ม ซึ่งบางส่วนได้แสดงไว้ในรายการอ้างอิงของวิทยานิพนธ์ จากนั้นจึงทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้งานทฤษฎีความน่าจะเป็นในงานทางวิศวกรรม ซึ่งบางส่วนของงานวิจัยจะแสดงไว้ในหัวข้อถัดไป ในขณะที่เดียวกันก็ได้ทำการศึกษาเรื่องการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นควบคู่กันไป โดยเริ่มจาก ASHRAE Handbook Fundamentals และหนังสือที่เกี่ยวกับกระบวนการถ่ายเทความร้อน และการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นอีกหลายเล่มซึ่งบางส่วนได้แสดงไว้ในรายการอ้างอิงของวิทยานิพนธ์ จากนั้นจึงทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น ซึ่งงานวิจัยเหล่านั้นจะแสดงให้เห็นถึงพัฒนาการในการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งบางส่วนของงานวิจัยจะแสดงไว้ในหัวข้อถัดไป จากข้อมูลที่ได้ศึกษามาทั้งหมดจึงพอที่จะสรุปแนวคิดได้ โดยต้องเริ่มต้นจากการวิเคราะห์สมการภาระการทำความเย็นก่อน เพื่อวิเคราะห์ว่ามีปัจจัยใดบ้างที่เป็นตัวผันแปรในการคำนวณภาระการทำความเย็น และทำการเก็บข้อมูลของปัจจัยเหล่านั้น เพื่อหาความน่าจะเป็นของปัจจัยเหล่านั้น ซึ่งจะกำหนดให้อยู่ในรูปแบบของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น ซึ่งจะเป็ข้อมูลพื้นฐานในการคำนวณความน่าจะเป็นของค่าภาระการทำความเย็นต่อไป ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้จึงไม่ใช่เฉพาะค่าภาระการทำความเย็นอย่างเดียว แต่เป็นค่าภาระการทำความเย็นที่เป็นไปได้ทุกค่า พร้อมด้วยค่าความน่าจะเป็นของค่าภาระการทำความเย็นแต่ละค่า ในแต่ละช่วงเวลา ผลลัพธ์ที่ได้ไม่ได้ต้องการที่จะระบุแน่ชัดว่าค่าภาระการทำความเย็นควรเป็นเท่าใด แต่เป็นผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ทุกค่าพร้อมทั้งโอกาสในการเกิดของแต่ละค่า ซึ่งสามารถใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจเลือกขนาดภาระการทำความเย็นที่เหมาะสมสำหรับระบบปรับอากาศต่อไป

การเริ่มต้นวิเคราะห์การคำนวณภาระการทำความเย็นนั้น มีวิธีการคำนวณอยู่หลายด้วยกัน เริ่มต้นในช่วงแรกตั้งแต่วิธี TETD TFM และ CLTD ในเวลาต่อมาได้มีการพัฒนาขึ้น เพื่อตัดสมมุติฐานต่างๆ ที่ไม่จำเป็นซึ่งทำให้คำตอบที่ได้มีความแม่นยำลดลงในวิธีเก่าออกไป ทำให้การคำนวณมีความแม่นยำมากขึ้น โดยกลับไปเริ่มต้นจากสมการสมดุลความร้อนพื้นฐาน ซึ่งมีขั้นตอนการคำนวณ โดยเริ่มจากสมดุลความร้อนของผนังที่ภายนอก ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1: สมดุลความร้อนของผนังภายนอก

การแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์สู่ผนัง

$$q''_{hw-o,j,\theta} = \alpha_j I_{t,j,\theta}$$

การพาความร้อนสู่ผนังภายนอก

$$q''_{cvw-o,j,\theta} = h_{co} (t_{o,\theta} - t_{w-os,j,\theta})$$

การแผ่รังสีความร้อนของสิ่งแวดล้อมสู่ผนัง

$$q''_{rdw-o,j,\theta} = \sigma F_g (t_g^4 - t_{w-os,j,\theta}^4) + \sigma F_{sky} (t_{sky}^4 - t_{w-os,j,\theta}^4) + \sigma F_{air} (t_{o,\theta}^4 - t_{w-os,j,\theta}^4)$$

การนำความร้อนผ่านผนัง

$$q''_{cdw,j,\theta} = -Y_{w,j,0} t_{w-is,j,\theta} - \sum_{p=1}^{nz} Y_{w,j,p} t_{w-is,j,\theta-p\delta} + X_{w,j,0} t_{w-os,j,\theta} + \sum_{p=1}^{nz} X_{w,j,p} t_{w-os,j,\theta-p\delta} + \sum_{p=1}^{nq} \phi_p q''_{cdw,j,\theta-p\delta}$$

สมการสมดุลความร้อนภายนอกทั้งหมด คือ

$$q''_{cdw,j,\theta} = q''_{hw-o,j,\theta} + q''_{rdw-o,j,\theta} + q''_{cvw-o,j,\theta}$$

จะได้สมการหาค่าของอุณหภูมิพื้นผิวผนังภายนอกคือ

$$t_{os,j,\theta} = \frac{Y_{w,j,0} t_{is,j,\theta} + \sum_{p=1}^{nz} Y_{w,j,p} t_{w-is,j,\theta-p\delta} - \sum_{p=1}^{nz} X_{w,j,p} t_{w-os,j,\theta-p\delta} - \sum_{p=1}^{nq} \phi_p q''_{cdw,j,\theta-p\delta} + \alpha_j I_{t,\theta} + (h_{r,g} + h_{r,sky} + h_c) t_{o,\theta}}{X_0 + h_{r,g} + h_{r,sky} + h_c} \quad (2.1)$$

การแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจก

$$q''_{It,j,\theta} = I_{D,j,\theta} \sum_{k=0}^5 t_k \cos^k \theta + 2I_{d,j,\theta} \sum_{k=0}^5 \left(\frac{t_k}{k+2} \right)$$

การแผ่รังสีความร้อนภายใน

$$q''_{rd-i,j,\theta} = h_{r,j} (t_{j,\theta} - t_{f,j,\theta}) - q''_{ban,\theta} + \sum F_{rad,k} q_{in,\theta}$$

การพาความร้อนภายใน

$$q''_{cv-i,j,\theta} = h_{ci} (t_{w-is,j,\theta} - t_{rc})$$

การนำความร้อนผ่านผนัง

$$q''_{cdw,j,\theta} = -Z_{w,j,0} t_{w-is,j,\theta} - \sum_{p=1}^{nz} Z_{w,j,p} t_{w-is,j,\theta-p\delta} + Y_{w,j,0} t_{w-os,j,\theta} + \sum_{p=1}^{nz} Y_{w,j,p} t_{w-os,j,\theta-p\delta} + \sum_{p=1}^{nq} \phi_p q''_{cdw,j,\theta-p\delta}$$

สมการสมดุลความร้อนภายในทั้งหมด คือ

$$q''_{cdw,j,\theta} + q''_{It,j,\theta} = q''_{rd-i,j,\theta} + q''_{cv-i,j,\theta}$$

$$\begin{aligned}
& \sum_{p=1}^{nz} Z_{w,j,p} t_{w-is,j,\theta-p\delta} - Y_{w,j,0} t_{w-os,j,\theta} - \sum_{p=1}^{nz} Y_{w,j,p} t_{w-os,j,\theta-p\delta} \\
& - \sum_{p=1}^{nq} \phi_p q_{cdw,j,\theta-p\delta}'' + h_{r,j} (t_{j,\theta} - t_{f,j,\theta}) - q_{ban,\theta}'' + \sum F_{rad,k} q_{in,\theta} \\
& - h_{ci} t_{rc} - I_{D,j,\theta} \sum_{k=0}^5 t_k \cos^k \theta + 2I_{d,j,\theta} \sum_{k=0}^5 \left(\frac{t_k}{k+2} \right) \\
t_{is,j,\theta} = & \frac{\hspace{15em}}{-(h_c + Z_0)} \quad (2.2)
\end{aligned}$$

จากสมการทั้งหมดพบว่าปัจจัยที่มีผลทำให้ค่าการทำความเย็นผันแปรได้ คือ อุณหภูมิภายนอก $t_{o,\theta}$ ค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ $I_{t,\theta}$ จำนวนคน จำนวนหลอดไฟ และอุปกรณ์ไฟฟ้า (อยู่ในเทอมของ $q_{in,\theta}$) และจากสมการที่ 2.1 และ 2.2 การที่จะแก้ปัญหสมการนี้ได้ต้องทำการแทนค่าแบบทำซ้ำ (Iteration) เพื่อหาค่าอุณหภูมิพื้นผิวผนังภายนอก $t_{w-os,j,\theta}$ และอุณหภูมิพื้นผิวผนังภายใน $t_{w-is,j,\theta}$ ก่อน จึงทำให้ไม่สามารถหาความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างความร้อนที่เกิดขึ้นกับปัจจัยผันแปรต่างๆ ได้ (ส่วนการนำคำตอบเชิงตัวเลขที่ได้ไปหาความสัมพันธ์โดยการเขียนกราฟ (Curve Fitting) นั้น สมการที่ได้มีโอกาสที่จะคลาดเคลื่อนได้มากเนื่องจากไม่ทราบรูปแบบและกำลังที่แน่ชัดของปัจจัยแต่ละตัว) ดังนั้นจึงทำการแก้ปัญหาโดยการกำหนดปริมาตรควบคุมใหม่ โดยการขยายพื้นผิวควบคุมจากพื้นผิวของผนังออกไป ให้รวมถึงชั้นฟิล์มของอากาศที่ผิวของผนังด้วย เพื่อไม่ต้องคำนวณค่าอุณหภูมิผิวผนังภายนอกและอุณหภูมิผิวผนังภายใน ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวไว้ในบทที่ 3 หัวข้อทฤษฎีการคำนวณการทำความเย็น

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลทำให้ค่าการทำความเย็นผันแปร พบว่ามีปัจจัยมากมายที่เกี่ยวข้อง แต่ในการทำวิจัยครั้งนี้จะใช้เฉพาะปัจจัยที่มีความสำคัญเท่านั้น คือ อุณหภูมิภายนอก ค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ จำนวนคน จำนวนหลอดไฟที่ใช้งาน จำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งาน และอัตราส่วนความชื้นภายนอก

การกำหนดฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นนั้น จะกำหนดในรูปแบบไม่จำกัดเขต เพื่อลดความซับซ้อนในการแบ่งเงื่อนไขขอบเขต ซึ่งในกรณี 6 ตัวแปร จะต้องแบ่งเป็น 63 กรณี และในบางกรณีการมีกรณีย่อยตั้งแต่ 1 ถึง 32 กรณี และความแตกต่างระหว่างการจำกัดเขตกับไม่จำกัดเขตมีค่าน้อยมาก เช่น ข้อมูลอุณหภูมิอากาศ สถานีวัดกรุงเทพฯ ของกรมอุตุนิยมวิทยา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 ถึง 2546 พบว่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดแบบจำกัดเขตอยู่ที่ 39.2 และ 13.6 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อเทียบกับแบบไม่จำกัดเขตพบว่าที่จุดสูงสุด ความน่าจะเป็นที่ค่าอุณหภูมิจะสูงกว่า 39.2 องศาเซลเซียส มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.0086 และที่จุดต่ำสุด ความน่าจะเป็นที่ค่าอุณหภูมิจะ

ต่ำกว่า 13.6 องศาเซลเซียส มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.0003 ซึ่งมีค่าน้อยมาก ทำให้รูปแบบจำกัดเขตและไม่จำกัดเขตมีความแตกต่างกันน้อยมาก

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นบางรูปแบบ ไม่สามารถใช้งานได้ เนื่องจากไม่สอดคล้องกับลักษณะการกระจายของข้อมูลที่มีอยู่ ซึ่งจะแสดงความผิดปกติออกมา ตอนคำนวณ เช่น รูปแบบ แกมมา

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} X^{\alpha-1} e^{-X} dX$$

เมื่อ $\alpha = \frac{\mu^2}{\sigma^2}$

เนื่องจากอัตราส่วนระหว่างค่า μ และ σ^2 ของข้อมูลจริงมีค่าสูง ทำให้เทอมของ α มีค่าสูง ส่งผลให้การอินทิเกรต $\Gamma(\alpha)$ ลู่ออกอย่างรวดเร็ว การลดขอบเขตการอินทิเกรตจากอนันต์ลงมาเพื่อให้สมการลู่เข้านั้น จะทำให้ผลของการอินทิเกรตผิดพลาดมากขึ้น ส่งผลให้ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นมีความคลาดเคลื่อนสูง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากไม่มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นในการคำนวณภาระการทำความเย็นโดยตรง งานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรก คือ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณภาระการทำความเย็น และส่วนที่สอง คือ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นในงานทางวิศวกรรม

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณภาระการทำความเย็น

เนื่องจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณภาระการทำความเย็นมีมานานกว่า 30 ปี ในการทำวิจัยนี้จะกล่าวถึงเฉพาะงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยเริ่มต้นตั้งแต่มีการกลับไปใช้สมการสมดุลความร้อนในการคำนวณภาระการทำความเย็น ซึ่งทีมงานในการทำวิจัยนั้น จะมีการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มระหว่างหน่วยงาน งานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่

Development of a Heat Balance Procedure for Calculating Cooling Loads

โดย Pedersen, C.O., Fisher, D.E. และ Liesen, R.J., 1997

งานวิจัยนี้เป็นการแสดงสูตรสำเร็จของสมการสมดุลความร้อน ในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น ซึ่งงานวิจัยนี้จะอยู่ภายใต้โครงการ RP-875 ของ ASHRAE มีการแสดงรูปแบบจำลองที่ถูกกำหนดให้มีคุณสมบัติสอดคล้องกับสมมุติฐานของวิธีสมดุลความร้อน และรูปแบบจำลองจะสามารถแสดงถึงลักษณะของอาคารได้ภายใต้เงื่อนไขดังกล่าว สูตรทางคณิตศาสตร์ ต่างๆ ของวิธีสมดุลความร้อน จะแสดงอยู่ในแต่ละขั้นตอนการอธิบายวิธีการ ผลการวิจัยพบว่า การคำนวณค่าภาระการทำความเย็นโดยใช้สูตรสำเร็จของสมการสมดุลความร้อนในงานวิจัยนี้ จะให้ผลลัพธ์ที่มีความแม่นยำมากขึ้น เนื่องจากสามารถลดสมมุติฐานบางข้อที่มีส่วนให้การคำนวณสูญเสียความแม่นยำลง ถึงแม้สมการจะมีความซับซ้อนในการคำนวณ แต่เทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์ได้พัฒนาขึ้นมา ทำให้สามารถรองรับการคำนวณเหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Investigation of Outside Heat Balance Models for Use in a Heat Balance Cooling Load Calculation Procedure

โดย McClellan T.M. และ Pedersen, C.O., 1997

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิธีการสมดุลความร้อน สำหรับการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นในอาคาร ซึ่งประกอบด้วยการถ่ายเทความร้อนหลักหลายส่วนด้วยกัน ซึ่งรวมถึงการแผ่รังสีความร้อนและการพาความร้อนระหว่างพื้นผิวภายนอกของอาคาร การนำความร้อนผ่านกรอบอาคาร การแผ่รังสีความร้อนภายใน และการพาความร้อนระหว่างพื้นผิวภายในและอากาศภายใน การทำวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปที่พื้นผิวภายนอกของกรอบอาคาร การสมดุลความร้อนจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ มากมาย การศึกษาพบว่าส่วนที่มีความสำคัญมากที่สุด คือ การแผ่รังสีคลื่นสั้นและการพาความร้อนภายนอก การแผ่รังสีความร้อนคลื่นยาวระหว่างพื้นผิวภายนอกและสิ่งแวดล้อมจะมีความสำคัญรองลงมา ความร้อนทุกส่วนประกอบในสมการสมดุลความร้อนจะกลายเป็นความร้อนจากการนำผ่านกรอบอาคารเข้าสู่ภายใน กระบวนการถ่ายเทความร้อนในสมการสมดุลความร้อนจะต้องมีการใช้รูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งรวมถึงรูปแบบจำลองของการแผ่รังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิท้องฟ้า อุณหภูมิพื้นดิน และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนภายนอก งานวิจัยมีการแสดงรูปแบบจำลองที่หลากหลาย มีการเปรียบเทียบความแตกต่างในแต่ละรูปแบบจำลอง รวมถึงแสดงกระบวนการหาค่าความไวต่อการตอบสนองของค่าภาระการทำความเย็นส่วนประกอบในแต่ละส่วน

An Evaluation of Inside Surface Heat Balance Models for Cooling Load Calculations

โดย Liesen, R.J. และ Pedersen, C.O., 1997

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิธีการสมดุลความร้อนที่เป็นกระบวนการขั้นพื้นฐาน ซึ่งสามารถใช้สำหรับ การกำหนดปริมาณความร้อนเพื่อใช้อธิบายลักษณะทางกายภาพของอาคาร เพื่อความเข้าใจที่ดียิ่งขึ้นเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพของอาคาร และช่วยให้เข้าใจวิธีการได้ง่ายขึ้น กระบวนการพื้นฐานในการถ่ายเทความร้อนจะแบ่งเป็น 3 ส่วนด้วยกัน คือ การนำความร้อน การพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน ปริมาณความร้อนจะแบ่งตามบริเวณของอาคารคือ สมดุลความร้อนภายนอก สมดุลความร้อนภายใน สมดุลความร้อนของอากาศ และกระบวนการนำความร้อนผ่านกรอบอาคาร ทำให้สามารถใช้สมดุลความร้อนของอาคาร เพื่อแก้ไขปัญหาในวิธีพื้นฐานได้หลายแบบ การทำวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปที่สูตรทั่วไปของสมดุลความร้อนของพื้นผิวภายในจากการนำ

ความร้อนผ่านกรอบอาคาร ผู้การแลกเปลี่ยนความร้อนภายในโดยการแผ่รังสี และการพาความร้อนสู่อากาศภายในบริเวณปรับอากาศ รูปแบบจำลองของการแลกเปลี่ยนความร้อนภายในโดยการแผ่รังสีได้ถูกพัฒนามาหลายรูปแบบ ซึ่งรูปแบบที่แสดงไว้ในงานในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย ค่าจริงโดยกำหนดให้พลังงานความร้อนที่เปล่งออกจากพื้นผิวมีความสม่ำเสมอ การใช้ตัวประกอบสภาพฉายจริงเพื่อหาค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของการแผ่รังสี และการใช้ตัวประกอบสภาพฉายโดยใช้วิธีถ่วงดุลพื้นที่ ผลของการวิจัยเป็นการเปรียบเทียบค่าโดยตรง จากการใช้รูปแบบจำลองต่างๆ ของการแลกเปลี่ยนความร้อนภายใน ของบริเวณที่ไม่มีความซับซ้อน โดยมีการแปรผันอัตราส่วนในแต่ละด้านที่แตกต่างกัน การเปรียบเทียบรูปแบบจำลองต่างๆ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของรูปแบบที่มีต่อค่าภาระการทำความเย็น และสุดท้ายจะมีการศึกษาปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อสมมูลความร้อนของพื้นผิวภายในด้วย เพื่อหาค่าความไวต่อการตอบสนองของค่าภาระการทำความเย็น

The Radiant Time Series Cooling Load Calculation Procedure

โดย Spittler, J.D., Fisher D.E. และ Pedersen, C.O. 1997

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิธีอนุกรมเวลาของการแผ่รังสี (Radiant Time Series) ซึ่งเป็นวิธีใหม่ในการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น โดยมีพื้นฐานมาจากวิธีสมมูลความร้อน วิธีนี้จะมาแทนที่วิธีพื้นฐานแบบเก่าได้แก่ CLTD, TETD และ TFM วิธีนี้จะอาศัย 24 เทอมของอนุกรมตัวประกอบการตอบสนอง เพื่อคำนวณการนำความร้อน และอาศัย 24 เทอมของอนุกรมเวลาของการแผ่รังสี เพื่อเปลี่ยนความร้อนจากการแผ่รังสีทั้งหมดให้กลายเป็นค่าภาระการทำความเย็น งานวิจัยนี้จะแสดงขั้นตอนและที่มาของตัวประกอบการตอบสนอง และค่าสัมประสิทธิ์อนุกรมเวลาของการแผ่รังสี และเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีสมมูลความร้อนแล้ว พบว่ามีความแตกต่างกันเล็กน้อยในบางกรณี ซึ่งเกิดจากข้อจำกัดในการตั้งสมมติฐาน

On The Relationship between the Radiant Time Series and Transfer Function Methods for Design Cooling Load Calculations

โดย Spittler, J.D. และ Fisher D.E., 1999

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการคำนวณภาระการทำความเย็น ซึ่งตั้งอยู่บนพื้นฐานของสถานะคงตัวตามรอบเวลา เทอมอดีตของค่าภาระการทำความเย็นจะไม่มีประโยชน์กับสมมติฐานดังกล่าว การคำนวณค่าทั่วไปของตัวประกอบการตอบสนอง ฟังก์ชันถ่ายเทการนำความร้อน (Conduction Transfer Function) และฟังก์ชันถ่ายเทของห้อง (Room Transfer Function) ใน

กระบวนการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น ยังต้องมีเทอมซึ่งไม่จำเป็นเหล่านี้ในการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น ในการศึกษาจะอธิบายถึงกระบวนการในสถานะคงตัวตามรอบเวลาของการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น ซึ่งได้ถูกพัฒนาไปใช้ในวิธีการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นวิธีอนุกรมเวลาของการแผ่รังสี มีการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบค่าตัวประกอบการตอบสนองแบบช่วง (Periodic Response Factors) กับค่าตัวประกอบในวิธีฟังก์ชันถ่ายเท จากการศึกษาพบว่าการใช้ตัวประกอบการตอบสนองแบบช่วงจะให้การคำนวณที่คล่องตัวกว่า สามารถคำนวณได้ภายในครั้งเดียวโดยไม่ต้องมีการวนซ้ำเหมือนวิธีอื่น

Application of Conduction Transfer Functions and Periodic Response Factors in Cooling Load Calculation Procedures

โดย Iu, I.S. และ Fisher, D.E., 2004

งานวิจัยนี้เป็นการแสดงภาพรวมของวิธีการใช้ฟังก์ชันการถ่ายเทความร้อนและวิธีการใช้ตัวประกอบการตอบสนองแบบช่วงเวลา ในกระบวนการถ่ายเทความร้อนโดยการนำรูปแบบที่แตกต่างกันของสมการจะถูกใช้ เพื่อเปรียบเทียบและแสดงให้เห็นความแตกต่าง วิธีการใช้ฟังก์ชันการถ่ายเทความร้อน จะใช้ในการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นโดยวิธีสมดุลความร้อน ส่วนวิธีการใช้ตัวประกอบการตอบสนองแบบช่วงเวลา จะใช้ในการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นโดยวิธีอนุกรมเวลาของการแผ่รังสี ในการศึกษาจะอธิบายขั้นตอนการคำนวณของทั้งสองวิธี โดยทั้งหมดจะแสดงผ่านชุดโปรแกรมคำนวณค่าภาระการทำความเย็นของ ASHRAE ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า วิธีการใช้ฟังก์ชันการถ่ายเทความร้อนและวิธีการใช้ตัวประกอบการตอบสนองแบบช่วงเวลา มีขั้นตอนการคำนวณเหมือนกัน แตกต่างกันที่เงื่อนไขขอบเขต ซึ่งวิธีการใช้ตัวประกอบการตอบสนองแบบช่วงเวลา จะขยายขอบเขตของปริมาณความคูลจากพื้นผิวมาถึงชั้นฟิล์มของอากาศซึ่งจะรวมกระบวนการพาความร้อนที่พื้นผิวเข้าไปด้วย และการแก้ปัญหาสมการของฟังก์ชันการถ่ายเทความร้อนด้วยกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกัน จะทำให้เกิดความแตกต่างขึ้นเล็กน้อยในผลลัพธ์ที่ได้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นในงานทางวิศวกรรม

Variation of Energy Consumption in Dwellings due to Climate, Building and Inhabitants

โดย Pettersen, T.D., 1994

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความน่าจะเป็นของการใช้งานปล่องควันในห้องทดลอง เพื่อหาอัตราการระบายอากาศของระบบปรับอากาศ เพื่อที่จะได้กำหนดอัตราการจ่ายลมได้ตามต้องการ จากการศึกษาพบว่าตัวประกอบการใช้งานของปล่องควันโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.15 จากจำนวนทั้งหมด 864 ปล่องควัน จากกรณีศึกษาพบว่า อัตราการระบายอากาศทั้งหมด 648,000 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีในกรณีที่เกิดว่าใช้งานปล่องควันทั้งหมดพร้อมกัน สามารถลดลงเหลือ 258,050 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที โดยมีความมั่นใจ 99 % ว่าระบบจะเสถียร และสามารถเพิ่มความมั่นใจเป็น 99.99 % ได้โดยการใช้งานเพิ่มขึ้นจากค่าเดิมเพียง 2.1 %

The Impact of Forecasting Uncertainty on the Performance of a Predictive Optimal Controller for Thermal Energy Storage Systems

โดย Henze, G.P. และ Krarti, Moncef, 1999

งานวิจัยนี้จะแสดงผลการศึกษาของอิทธิพลของความไม่แน่นอนต่างๆ เพื่อหาจุดที่ดีที่สุดในการใช้งานระบบควบคุมการเก็บพลังงานความร้อน โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของการประหยัดงบประมาณ โดยมีการศึกษารูปแบบจำลองที่มีความไม่แน่นอนเพื่อทำนายค่าในอนาคต 3 อย่างด้วยกันคือ ภาระการทำความเย็น สภาพภูมิอากาศ และอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยกำหนดรูปแบบไว้ คือ แบบปกติแบบธรรมดาและแบบปรับฐาน แบบคงที่แบบธรรมดาและแบบปรับฐาน ผลการศึกษารูปได้ว่าการหาจุดที่ดีที่สุดในการใช้งานระบบควบคุมการเก็บพลังงานความร้อนสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่ต้องการความถูกต้องในการทำนายค่าภาระการทำความเย็นมากนัก

Using Probability to Determine Air Flows for Fume Hood Design, Duct System Sizing, Chiller Water Network Sizing, and HVAC Central Plant Load

โดย Anderson, S.A. and Haney, J.D., 2000

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการวัดอัตราการบริโภคลงงานในที่อยู่อาศัย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัตราการบริโภคลงงานมีการกระจายตัวแบบปกติ โดยมีค่าความแปรปรวนสูง การจัดการข้อมูลทางสถิติจะใช้วิธี มอนติ คาร์โล ปัจจัยที่ไม่แน่นอนต่างๆ เช่น อุณหภูมิภายใน และอัตราการระบายอากาศ จะสมมุติให้มีการกระจายแบบปกติเช่นกัน การรวมปัจจัยแต่ละตัวเข้าด้วยกันจะใช้วิธีแบบสุ่ม อัตราการบริโภคลงงานที่ออกมาจะเป็นการกระจายค่าที่มีความน่าจะเป็นแทนที่จะเป็นค่าเดียว วิธีการวิจัยจะศึกษาอิทธิพลของ สภาพภูมิอากาศ อาคาร และ สภาพภายใน จากการศึกษาพบว่าสภาพภายในมีอิทธิพลต่อการบริโภคลงงานมากกว่าสภาพภูมิอากาศ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทราบกิจกรรมของผู้อยู่อาศัย จากการศึกษาพบว่ากรณีที่ไม่น่าทราบกิจกรรมภายในจะไม่สามารถทำนายค่าอัตราการบริโภคลงงานให้มีความถูกต้องต่ำกว่า 15-20 % ความคลาดเคลื่อนเมื่อเทียบกับการทราบกิจกรรมภายใน โดยเฉพาะในส่วนของความร้อนและพลังงานที่ใช้จากการระบายอากาศ จะมีความคลาดเคลื่อนถึง 25-40 % ในสภาพอากาศหนาวเย็นมีความสำคัญที่จะต้องศึกษาความไม่แน่นอนจากการถ่ายเทและระบายอากาศ

Electricity Diversity Profiles for Energy Simulation of Office Buildings

โดย Claridge, D.E., Haberl, J.S., Ambushers, Bass และ Sreshthaputra, Atch, 2004

งานวิจัยนี้จะแสดงผลการศึกษาการหาค่าตัวประกอบการกระจายที่แนะนำของการใช้งานพลังงานในอาคารสำนักงาน เพื่อเป็นข้อกำหนดในการหาปริมาณการใช้งานพลังงานไฟฟ้าแต่ละชั่วโมง ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับปริมาณความจุไฟฟ้าและแสงสว่างที่ทำการติดตั้งในอาคาร แบบฉบับของการกระจายจะแสดงทั้งในวันทำงานปกติและวันสุดสัปดาห์ สำหรับ อาคารขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ลักษณะการกระจายจะพัฒนามาจากการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลาหลายๆ ปี โดยมีการเก็บข้อมูลรายชั่วโมงจาก 46 ช่องสัญญาณ ใน 32 อาคาร ซึ่งการทำงานวิจัยนี้จะอยู่ภายใต้โครงการ RP-1093 ของ ASHRAE

บทที่ 3

แนวคิดและทฤษฎี

ทฤษฎีการคำนวณภาระการทำความเย็น (Cooling Load Calculations Theory)

การคำนวณภาระการทำความเย็น คือ การคำนวณค่าความร้อน ที่ต้องขจัดออกไปจากพื้นที่ที่ต้องการปรับอากาศที่เวลาใดๆ เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้ได้ตามที่ต้องการ ถ้ากำหนดให้ปริมาณควบคุมคือ บริเวณอากาศภายในพื้นที่ จะได้ว่าความร้อนที่ต้องขจัดออกจากระบบจะมาจาก 3 ส่วน คือ ความร้อนจากภายนอก ความร้อนจากภายใน และความร้อนจากการระบายอากาศ ซึ่งแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

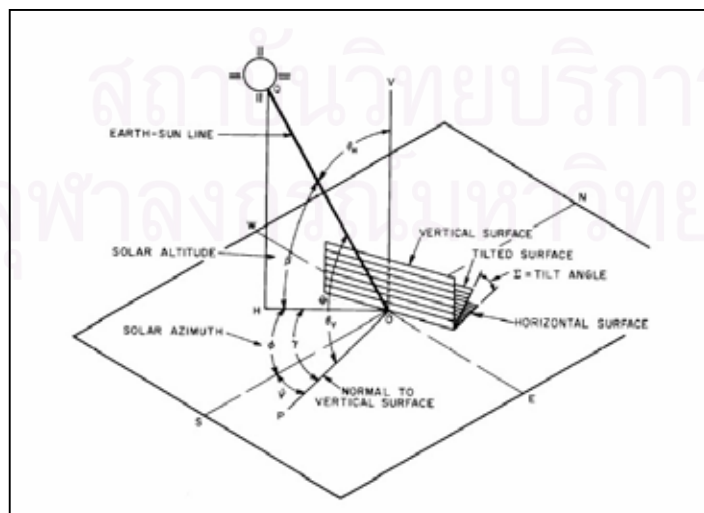
1. ความร้อนจากภายนอก (External Heat Gain)

ความร้อนจากภายนอกเป็นความร้อนที่ผ่านกรอบอาคารเข้ามายังปริมาณควบคุม แหล่งกำเนิดความร้อนจากภายนอกอาคารที่มีความสำคัญ คือ แสงอาทิตย์ โดยเฉพาะอาคารที่มีพื้นที่กระจกภายนอกมาก ซึ่งค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ จะขึ้นอยู่กับพิกัดที่ตั้งและสภาพท้องฟ้า โดยเริ่มต้นจากการคำนวณเวลาแสงอาทิตย์ตามสมการ

$$AST = LST - 4(LAT - LON) + ET$$

สำหรับ กรุงเทพมหานครมีพิกัดที่ $LAT = 100.6^\circ$

$$LON = 13.92^\circ$$



รูปที่ 3.1: มุมแสงอาทิตย์ต่างๆ บนระนาบแนวตั้งและแนวระดับ

มุมเวลา (Angle Hour): $H = 0.25 * (720 - AST)$

มุมแนวตั้งของแสง (Solar Altitude): $\sin(\beta) = \cos H \cos L \cos \delta + \sin L \sin \delta$

มุมแนวระดับของแสง (Solar Azimuth): $\cos(\phi) = \frac{(\sin \beta \sin L - \sin \delta)}{(\cos \beta \cos L)}$

มุมสัมพัทธ์แนวระดับของแสง (Solar-surface Azimuth): $\gamma = \phi - \psi$

มุมตกกระทบของแสง (Incidence Angle): $\cos(\theta) = \cos \beta \cos \gamma \sin \Sigma + \sin \beta \cos \Sigma$

ค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์จะแบ่งเป็น 2 ส่วน

ส่วนแรก คือ ค่าการแผ่รังสีความร้อนตรง (Direct Irradiance)

ค่าความร้อนส่วนนี้จะเข้าสู่พื้นผิวรับแสงโดยตรง ไม่ผ่านตัวสะท้อนใดๆ โดยมีค่าความร้อนสูงสุดในแนวที่แสงตั้งฉากกับพื้นผิวรับแสงคือ

$$I_{DN} = A \exp\left(\frac{B}{\sin \beta}\right)$$

ค่าความร้อนที่พื้นผิวรับแสงสามารถรับได้จะขึ้นอยู่กับมุมที่พื้นผิวรับแสงกระทำกับแนวแสง ดังนั้นค่าการแผ่รังสีความร้อนตรงสามารถเขียนได้ดังสมการ

$$I_D = I_{DN} \cos \theta \quad \text{สำหรับ} \quad \cos \theta > 0 \quad \text{_____ (3.1)}$$

ส่วนที่สอง คือ ค่าการแผ่รังสีความร้อนกระจาย (Diffuse Irradiance)

ค่าความร้อนส่วนนี้จะเข้าสู่พื้นผิวรับแสงโดยผ่านการสะท้อนจากสิ่งแวดล้อม ซึ่งโดยหลักแล้วสามารถแบ่งออกได้เป็นสองส่วนคือ ความร้อนที่สะท้อนผ่านท้องฟ้า และความร้อนที่สะท้อนผ่านพื้นดิน

ค่าความร้อนที่สะท้อนผ่านท้องฟ้ามีสมการดังนี้

$$I_{ds} = CYI_{DN}$$

เมื่อ $Y = 1$

ในแนวระดับ

$$Y = 0.55 + 0.437 \cos \theta + 0.313 \cos^2 \theta$$

ในแนวตั้ง สำหรับ $\cos \theta > -0.2$

$$Y = 0.45$$

ในแนวตั้ง สำหรับค่าอื่นๆ

ค่าความร้อนที่สะท้อนผ่านพื้นดินมีสมการดังนี้

$$I_{dg} = I_{DN} (C + \sin \beta) \rho_g \frac{1 - \cos \Sigma}{2}$$

รวมค่าการแผ่รังสีความร้อนกระจายทั้งหมดคือ

$$I_d = CYI_{DN} + I_{DN} (C + \sin \beta) \rho_g \frac{1 - \cos \Sigma}{2} \quad \text{_____ (3.2)}$$

ดังนั้นจะได้ค่าการแผ่รังสีความร้อนรวมของแสงอาทิตย์ทั้งหมด คือ

$$I_t = I_{DN} \cos \theta + CYI_{DN} + I_{DN} (C + \sin \beta) \rho_g \frac{1 - \cos \Sigma}{2} \quad \text{_____ (3.3)}$$

ในทางปฏิบัติค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ จะวัดในแนวระดับเท่านั้น ดังนั้นเราต้องอาศัยความสัมพันธ์ที่กล่าวมา แปลงค่าความร้อนจากแนวระดับให้เป็นค่าการแผ่รังสีความร้อนรวม ค่าการแผ่รังสีความร้อนตรง และค่าการแผ่รังสีความร้อนกระจาย ดังต่อไปนี้

$$I_{th} = I_D + I_{ds} = I_{DN} \cos \theta_H + CYI_{DN}$$

$$I_{th} = I_{DN} (\cos \theta_H + C) \quad \text{or} \quad I_{DN} = \frac{I_{th}}{(\cos \theta_H + C)} \quad \text{_____ (3.4)}$$

แทนค่าลงในสมการ 3.1, 3.2 และ 3.3 จะได้ว่า

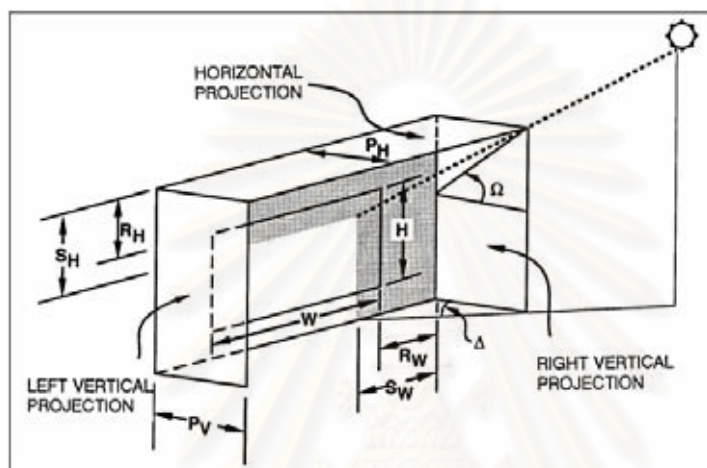
$$I_D = \frac{\cos \theta}{(\cos \theta_H + C)} I_{th} \quad \text{สำหรับ} \quad \cos \theta > 0 \quad \text{_____ (3.5)}$$

$$I_d = \frac{1}{(\cos \theta_H + C)} \left(CY + (C + \sin \beta) \rho_g \frac{1 - \cos \Sigma}{2} \right) I_{th} \quad \text{_____ (3.6)}$$

$$I_t = \left(\frac{1}{(\cos \theta_H + C)} \left(\cos \theta + CY + (C + \sin \beta) \rho_g \frac{1 - \cos \Sigma}{2} \right) \right) I_{th} \quad \text{_____ (3.7)}$$

สัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading Coefficient)

อุปกรณ์บังแดดหรือขอบหน้าต่างกระจกที่อยู่ภายนอกอาคารทั้งในแนวตั้งและแนวระดับ มีหน้าที่ลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ โดยทำให้เกิดเงาบนกระจก ซึ่งจะช่วยลดพื้นที่รับแสงของกระจกลง อาศัยหลักการทางเรขาคณิตสามารถคำนวณพื้นที่รับแสงได้ดังนี้



รูปที่ 3.2: มุมภาพเงาและระยะต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณสัมประสิทธิ์การบังแดด

มุมภาพเงา (Profile Angle) คือมุมที่แนวของแสงที่ส่องผ่านอุปกรณ์บังแดดถึงกระจกกระทำกับกับแนวระดับ หาได้จากสมการ

$$\tan \Omega = \frac{\tan \beta}{\cos \gamma}$$

ความกว้างของเงาและความสูงของเงา หาได้จากสมการ

$$S_W = P_V |\tan \gamma|$$

$$S_H = P_H \tan \Omega$$

ดังนั้นจะได้ว่าพื้นที่รับแสงของกระจกและสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกคือ

$$A_{SL} = (W - (S_W - R_W)) \times (H - (S_H - R_H))$$

$$SC = \frac{A_{SL}}{W \times H}$$

เมื่อมุม γ อยู่ระหว่าง $90 - 270$ องศาเงาของอุปกรณ์บังแดดจะบังกระจกทั้งหมด ทำให้กระจกไม่มีพื้นที่ที่ได้รับแสง

สัมประสิทธิ์การบังแดดจะมีผลต่อรังสีตรงเท่านั้น ดังนั้นจากสมการที่ 1 ถ้ากระจกมีอุปกรณ์บังแดด จะได้ค่าความร้อนจากรังสีตรงคือ

$$I_D = \frac{\cos \theta}{(\cos \theta_H + C)} I_{th} \times SC \quad \text{สำหรับ } \cos \theta > 0 \quad \text{---(3.8)}$$

ดังนั้นค่าความร้อนรวมจากการแผ่รังสีคือ

$$I_t = \left(\frac{1}{(\cos \theta_H + C)} \left(\cos \theta \times SC + CY + (C + \sin \beta) \rho_g \frac{1 - \cos \Sigma}{2} \right) \right) I_{th} \quad \text{---(3.9)}$$

ความร้อนผ่านผนังทึบ (หลังคา หรือพื้น)

ความร้อนจากภายนอกที่ผ่านผนังจะมาจาก 3 ส่วนด้วยกัน คือ

- การแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ (Solar Irradiance) เป็นความร้อนที่ผนังได้รับโดยตรงจากแสงอาทิตย์ โดยกระบวนการแผ่รังสีความร้อน ค่าความร้อนนี้จะขึ้นอยู่กับความสามารถในการดูดซับความร้อนของผนัง ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$q''_{tw-o,j,\theta} = \alpha_j I_{t,j,\theta} \quad \text{---(3.10)}$$

- การแผ่รังสีความร้อนของสิ่งแวดล้อม (Environmental Radiation) เป็นความร้อนที่ได้รับเนื่องจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมกับอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกของ โดยกระบวนการแผ่รังสีความร้อน ซึ่งจะมาจาก 3 ส่วนหลักด้วยกัน คือ ท้องฟ้า พื้นดิน และบริเวณรอบข้าง ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

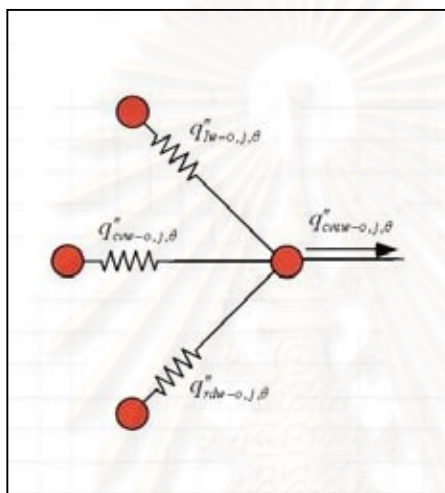
$$q''_{rdw-o,j,\theta} = \sigma F_g (t_g^4 - t_{w-os,j,\theta}^4) + \sigma F_{sky} (t_{sky}^4 - t_{w-os,j,\theta}^4) + \sigma F_{air} (t_{o,\theta}^4 - t_{w-os,j,\theta}^4) \quad \text{---(3.11)}$$

- การพาความร้อนจากภายนอก (External Convection) เป็นความร้อนที่ได้รับ เนื่องจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกกับอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกของผนัง โดยกระบวนการพาความร้อน ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$q''_{cww-o,j,\theta} = h_{co}(t_{o,\theta} - t_{w-os,j,\theta}) \quad \text{_____}(3.12)$$

ความร้อนจากภายนอกที่ผ่านผนังทั้งหมด จะถูกแปลงให้เป็นความร้อนจากการพา เทียบเท่า เพื่อผ่านผนัง เข้าสู่ปริมาตรควบคุมคือ บริเวณอากาศภายในพื้นที่ ดังสมการ

$$q''_{cvew-o,j,\theta} = h_0(t_{ew,j,\theta} - t_{w-os,j,\theta}) \quad \text{_____}(3.13)$$



รูปที่ 3.3: ความร้อนจากภายนอกผ่านผนัง

จากรูปที่ 3.3 ใช้สมการสมดุลความร้อน จะได้ว่า

$$q''_{tw-o,j,\theta} + q''_{cww-o,j,\theta} + q''_{rdw-o,j,\theta} = q''_{cvew-o,j,\theta} \quad \text{_____}(3.14)$$

แทนค่าสมการที่ 3.10 ถึง 3.13 ลงในสมการที่ 3.14 จะได้

$$t_{ew,j,\theta} = t_{o,\theta} + \frac{\alpha_j I_{t,j,\theta}}{h_o} + \frac{\sigma F_g (t_g^4 - t_{o,\theta}^4) + \sigma F_{sky} (t_{sky}^4 - t_{o,\theta}^4)}{h_o} \quad \text{_____}(3.15)$$

รูปแบบจำลองที่ใช้หาค่าการแผ่รังสีความร้อนของสิ่งแวดล้อมมีหลายรูปแบบ มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสมมุติฐานที่ใช้ จึงควรเลือกรูปแบบที่เป็นมาตรฐานและมีความสอดคล้องกับงานวิจัย จากการศึกษาพบว่ารูปแบบจำลองที่เหมาะสมกับการทำวิจัยนี้ คือรูปแบบจำลองของ ASHRAE ซึ่งจะมีค่าคงที่บางค่าในการคำนวณดังนี้

สำหรับความร้อนที่ผ่านเข้ามาในแนวระดับ

$$\frac{\sigma F_g (t_g^4 - t_{o,\theta}^4) + \sigma F_{sky} (t_{sky}^4 - t_{o,\theta}^4)}{h_o} = -4$$

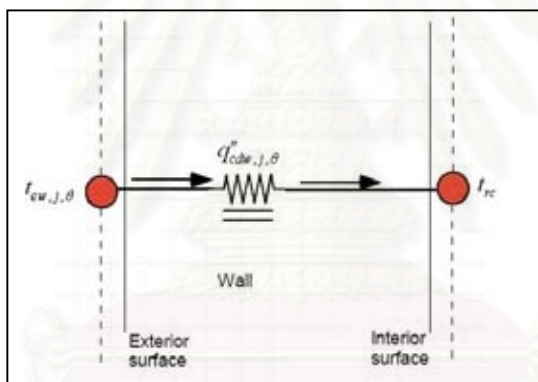
สำหรับความร้อนที่ผ่านเข้ามาในแนวตั้ง

$$\frac{\sigma F_g (t_g^4 - t_{o,\theta}^4) + \sigma F_{sky} (t_{sky}^4 - t_{o,\theta}^4)}{h_o} = 0$$

แทนค่าลงในสมการ 3.15 โดยใช้ค่ามุม Σ เพื่อแสดงทิศทาง โดยที่ $\Sigma = 0^\circ$ ในแนวระดับ และ $\Sigma = 90^\circ$ ในแนวตั้ง ดังนั้นจะได้สมการคือ

$$t_{ew,j,\theta} = t_{o,\theta} + \frac{\alpha_j}{h_o} I_{t,j,\theta} - 4 \cos \Sigma \quad \text{_____ (3.16)}$$

1.1 การนำความร้อนผ่านผนังทึบ (หลังคา หรือพื้น) (Conduction through Wall, Roof or Floor)



รูปที่ 3.4: การนำความร้อนผ่านผนัง

การนำความร้อนผ่านผนังจะใช้วิธี ตัวประกอบการตอบสนองแบบช่วง โดยกำหนดปริมาตรควบคุมใหม่ที่พื้นผิวของผนังรวมถึงชั้นของฟิล์มอากาศที่ผิวด้วย จากสมการการนำความร้อน

$$q_{cdw,j,\theta}'' = \sum_{p=0}^{23} Y_{w,p,j} (t_{ew,j,\theta-p\delta} - t_{rc})$$

แทนค่า $t_{ew,j,\theta}$ จากสมการที่ 3.16 จะได้

$$q_{cdw,j,\theta}'' = \sum_{p=0}^{23} Y_{w,p,j} \left(t_{o,\theta-p\delta} + \frac{\alpha_j}{h_o} I_{t,j,\theta-p} - 4 \cos \Sigma - t_{rc} \right)$$

ถ้าหับ $t_{o,\theta-p} = t_{o,\theta} + \Delta t_{\theta-p}$ และ $I_{t,j,\theta-p} = I_{t,j,\theta} + \Delta I_{t,j,\theta-p}$

จะได้ว่า

$$q''_{cdw,j,\theta} = \left(\sum_{p=0}^{23} Y_{w,p,j} \right) t_{o,\theta} + \frac{\alpha_j}{h_o} \left(\sum_{p=0}^{23} Y_{w,p,j} \right) I_{t,j,\theta} + \sum_{p=0}^{23} Y_{w,p,j} (\Delta t_{\theta-p} + \frac{\alpha_j}{h_o} \Delta I_{t,j,\theta-p}) - \sum_{p=0}^{23} Y_{w,p,j} (4 \cos \Sigma + t_{rc})$$

$$q''_{cdw,j,\theta} = U_{w,j} t_{o,\theta} + \frac{\alpha_j}{h_o} U_{w,j} I_{t,j,\theta} + \sum_{p=0}^{23} Y_{w,p,j} (\Delta t_{\theta-p} + \frac{\alpha_j}{h_o} \Delta I_{t,j,\theta-p}) - U_{w,j} (4 \cos \Sigma + t_{rc}) \quad (3.17)$$

ความร้อนผ่านกระจก

ความร้อนที่ผ่านกระจกจะมีลักษณะคล้ายกับความร้อนจากภายนอกผ่านผนัง หลังคา หรือพื้น แบบทึบ คือมาจาก 3 ส่วนด้วยกันคือ

- การแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ (Solar Irradiance) เป็นความร้อนที่กระจกได้รับโดยตรงจากแสงอาทิตย์ โดยกระบวนการแผ่รังสีความร้อน ความร้อนนี้จะแบ่งเป็นสองส่วน คือ ความร้อนที่ดูดซับโดยกระจก (Glass Absorb Heat Gain) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการดูดซับความร้อนของกระจก และจะแบ่งออกเป็นสองส่วนคือการดูดซับจากรังสีตรง และการดูดซับจากรังสีกระจาย ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$q''_{la-o,j,\theta} = I_{D,j,\theta} \sum_{k=0}^5 a_k \cos^k \theta + 2I_{d,j,\theta} \sum_{k=0}^5 \left(\frac{a_k}{j+2} \right) \quad (3.18)$$

ส่วนที่สองคือ ความร้อนที่ส่งผ่านกระจก (Glass Transmitted Heat Gain) ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

- การแผ่รังสีความร้อนของสิ่งแวดล้อม (Environmental Radiation) เป็นความร้อนที่กระจกได้รับเนื่องจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมกับอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกของกระจก โดยกระบวนการแผ่รังสีความร้อน ซึ่งจะมาจาก 3 ส่วนหลักด้วยกัน คือ ท้องฟ้า พื้นดิน และบริเวณรอบข้าง ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$q''_{rda-o,j,\theta} = \sigma F_g (t_g^4 - t_{osa,j,\theta}^4) + \sigma F_{sky} (t_{sky}^4 - t_{osa,j,\theta}^4) + \sigma (t_{o,\theta}^4 - t_{osa,j,\theta}^4) \quad \text{_____ (3.19)}$$

- การพาความร้อนจากภายนอก (External Convection) เป็นความร้อนที่กระจกได้รับ เนื่องจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกกับอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกของกระจก โดยกระบวนการพาความร้อน ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$q''_{cva-o,j,\theta} = h_{co} (t_{o,\theta} - t_{osa,j,\theta}) \quad \text{_____ (3.20)}$$

ความร้อนจากภายนอกที่ผ่านกระจกทั้งหมด จะถูกแปลงให้เป็นความร้อนจากการพาเทียบเท่า ดังสมการ

$$q''_{cveg-o,j,\theta} = h_o (t_{eg,j,\theta} - t_{g-os,j,\theta}) \quad \text{_____ (3.21)}$$

จากสมการสมดุลความร้อนจะได้ว่า

$$q''_{la-o,j,\theta} + q''_{cva-o,j,\theta} + q''_{rda-o,j,\theta} = q''_{cveg-o,j,\theta} \quad \text{_____ (3.22)}$$

แทนค่าสมการที่ 3.18 ถึง 3.21 ลงในสมการที่ 3.22 จะได้

$$t_{eg,j,\theta} = t_{o,\theta} + \frac{1}{h_o} \left(I_{D,j,\theta} \sum_{k=0}^5 a_k \cos^k \theta + 2I_{d,j,\theta} \sum_{k=0}^5 \left(\frac{a_k}{j+2} \right) \right) - 4 \cos \Sigma \quad \text{_____ (3.23)}$$

1.2 การนำความร้อนผ่านกระจก (Conduction through Glass)

การนำความร้อนผ่านกระจกจะใช้วิธี ตัวประกอบการตอบสนองแบบช่วง เช่นเดียวกับผนัง โดยกำหนดปริมาตรควบคุมใหม่ที่พื้นผิวของกระจก รวมถึงชั้นของฟิล์มอากาศที่พื้นผิวด้าน จากสมการการนำความร้อน

$$q''_{cdg,j,\theta} = \sum_{p=0}^{23} Y_{g,p,j} (t_{eg,j,\theta-p\delta} - t_{rc})$$

แทนค่า $t_{eg,j,\theta}$ จากสมการที่ 3.23 จะได้

$$q''_{cdg,j,\theta} = \sum_{p=0}^{23} Y_{g,p,j} \left(t_{o,\theta-p\delta} + \frac{1}{h_o} \left(I_{D,j,\theta-p\delta} \sum_{k=0}^5 a_k \cos^k \theta + 2I_{d,j,\theta-p\delta} \sum_{k=0}^5 \left(\frac{a_k}{j+2} \right) \right) - 4 \cos \Sigma - t_{rc} \right)$$

$$\text{สำหรับ } t_{o,\theta-p} = t_{o,\theta} + \Delta t_{\theta-p} \quad I_{D,\theta-p} = I_{D,\theta} + \Delta I_{D,\theta-p}$$

$$\text{และ } I_{d,\theta-p} = I_{d,\theta} + \Delta I_{d,\theta-p}$$

จะได้ว่า

$$q''_{cdg,j,\theta} = U_{g,j} t_{o,\theta} + \frac{1}{h_o} U_{g,j} \left(I_{D,j,\theta} \sum_{k=0}^5 a_k \cos^k \theta + 2I_{d,j,\theta} \sum_{k=0}^5 \left(\frac{a_k}{j+2} \right) \right) + \sum_{p=0}^{23} Y_{g,p,j} \left(\Delta t_{\theta-p} + \frac{1}{h_o} \left(\Delta I_{D,j,\theta-p} \sum_{k=0}^5 a_k \cos^k \theta + 2I_{d,j,\theta-p} \sum_{k=0}^5 \left(\frac{a_k}{j+2} \right) \right) \right) - U_{g,j} (4 \cos \Sigma + t_{rc}) \quad (3.24)$$

1.3 การส่งผ่านความร้อนของกระจก (Transmission through Glass)

การแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจก จะขึ้นอยู่กับความสามารถในการส่งผ่านความร้อนของกระจก และจะแบ่งออกเป็นสองส่วนคือการส่งผ่านจากรังสีตรง และการส่งผ่านจากรังสีกระจาย ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$q''_{t,j,\theta} = I_{D,j,\theta} \sum_{k=0}^5 t_k \cos^k \theta + 2I_{d,j,\theta} \sum_{k=0}^5 \left(\frac{t_k}{k+2} \right) \quad (3.25)$$

2. ความร้อนจากภายใน (Internal Heat Gain)

ความร้อนจากภายใน คือ ความร้อนที่เกิดจากสิ่งที่อยู่ในปริมาตรควบคุมสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทได้แก่

2.1 ความร้อนแฝงจากคน (Latent Heat Gain from Human)

ความร้อนส่วนนี้เกิดจากความชื้นที่ออกมาจากผู้อาศัย ซึ่งจะขึ้นอยู่กับจำนวนคนและกิจกรรมของผู้อาศัย แสดงดังสมการ

$$Q_{Int,hl,\theta} = N_{h,\theta} K_{lat} \quad (3.26)$$

2.2 ความร้อนสัมผัสจากคน (Sensible Heat Gain from Human)

ความร้อนส่วนนี้เกิดจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิร่างกายของผู้อาศัย ซึ่งจะขึ้นอยู่กับกิจกรรมของผู้อาศัย แสดงดังสมการ

$$Q_{Int,hs,\theta} = N_{h,\theta} K_{sen} \quad \text{_____ (3.27)}$$

2.3 ความร้อนจากการส่องสว่าง (Heat Gain from Lighting)

ความร้อนส่วนนี้เกิดจากการสูญเสียพลังงานความร้อนจากหลอดไฟส่องสว่าง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดของหลอดไฟ

$$Q_{Int,l,\theta} = N_{l,\theta} W_{l-loss} \quad \text{_____ (3.28)}$$

2.4 ความร้อนจากอุปกรณ์ (Heat Gain from Equipment)

ความร้อนส่วนนี้เกิดจากการสูญเสียพลังงานความร้อนจากอุปกรณ์ที่อยู่ในปริมาณควบคุม ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดของอุปกรณ์

$$Q_{Int,e,\theta} = N_{e,\theta} W_{e-loss} \quad \text{_____ (3.29)}$$

3. ความร้อนจากการระบายอากาศ (Ventilation Heat Gain)

การระบายอากาศมีความจำเป็นต่อการปรับอากาศในบริเวณที่มีผู้อาศัย เพื่อรักษาคุณภาพของอากาศภายในบริเวณนั้นให้เป็นที่ไปตามมาตรฐาน และเพื่อความสบายของผู้อาศัย ความร้อนที่เกิดจากการระบายอากาศจะมาจากสองส่วนด้วยกันคือ ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิห้องกับอากาศภายนอก และความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนความชื้นภายในห้องกับอัตราส่วนความชื้นภายนอกสามารถเขียนได้ดังสมการ

$$Q_{vent,\theta} = \rho \dot{Q}_\theta c_p (t_{o,\theta} - t_{rc}) + \rho \dot{Q}_\theta h_{fg} (w_{o,\theta} - w_{rc}) \quad \text{_____ (3.30)}$$

การแบ่งประเภทของความร้อนที่เข้าสู่ปริมาตรควบคุม

ความร้อนทั้งหมดที่ได้จะถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม

1. ความร้อนที่มีทั้งการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนเข้าสู่ปริมาตรควบคุม ได้แก่

- การนำความร้อนผ่านผนัง หลังคา หรือพื้นแบบทึบ (สมการที่ 3.17)
- การนำความร้อนผ่านกระจก (สมการที่ 3.24)
- ความร้อนสัมผัสจากคน (สมการที่ 3.27)
- ความร้อนจากการส่องสว่าง (สมการที่ 3.28)
- ความร้อนจากอุปกรณ์ (สมการที่ 3.29)

2. ความร้อนที่มีเฉพาะการแผ่รังสีความร้อนเข้าสู่ปริมาตรควบคุม ได้แก่

- การส่งผ่านความร้อนของกระจก (สมการที่ 3.25)

3. ความร้อนที่เปลี่ยนเป็นภาระการทำความเย็นในปริมาตรควบคุมโดยตรง ได้แก่

- ความร้อนแฝงจากคน (สมการที่ 3.26)
- ความร้อนจากการระบายอากาศ (สมการที่ 3.30)

กลุ่มที่ 1 ความร้อนทั้งหมดในกลุ่มนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

ส่วนแรก เป็นการพาความร้อนขึ้นต้นที่เข้าสู่ปริมาตรควบคุม คือ

$$\begin{aligned}
 Q_{CV,\theta} = f_{cp} \sum_{j=1}^6 \left[A_{w,j} \left(U_{w,j} t_{o,\theta} + \frac{\alpha_j}{h_o} U_{w,j} I_{t,j,\theta} + \sum_{p=0}^{23} Y_{w,p,j} (\Delta t_{\theta-p} + \frac{\alpha_j}{h_o} \Delta I_{t,j,\theta-p}) \right. \right. \\
 \left. \left. - U_{w,j} (4 \cos \Sigma + t_{rc}) \right) + A_{g,j} \left(U_{g,j} t_{o,\theta} + \frac{1}{h_o} U_{g,j} \left(I_{D,j,\theta} \sum_{k=0}^5 a_k \cos^k \theta + 2 I_{d,j,\theta} \sum_{k=0}^5 \left(\frac{a_k}{j+2} \right) \right) \right) \right. \\
 \left. + \sum_{p=0}^{23} Y_{g,p,j} \left(\Delta t_{\theta-p} + \frac{1}{h_o} \left(\Delta I_{D,j,\theta-p} \sum_{k=0}^5 a_k \cos^k \theta + 2 I_{d,j,\theta-p} \sum_{k=0}^5 \left(\frac{a_k}{j+2} \right) \right) \right) \right. \\
 \left. - U_j (4 \cos \Sigma + t_{rc}) \right] + f_{ch} N_{h,\theta} K_{sen} + f_{cl} N_{l,\theta} W_{l-loss} + f_{ce} N_{e,\theta} W_{e-loss}
 \end{aligned}$$

แปลงค่า $I_{t,j,\theta}$, $I_{D,j,\theta}$ และ $I_{d,j,\theta}$ ให้อยู่ในรูป $I_{th,\theta}$ โดยใช้ความสัมพันธ์จากสมการที่ 3.5 ถึง 3.7 จะได้สมการคือ

$$\begin{aligned}
Q_{CV,\theta} = & f_{cp} \sum_{j=1}^6 \left(A_{w,j} \left(U_{w,j} t_{o,\theta} + \frac{\alpha_j}{h_o} U_{w,j} K_{w,j,\theta} I_{th,\theta} + \sum_{p=0}^{23} Y_{w,p,j} \left(\Delta t_{\theta-p} + \frac{\alpha_j}{h_o} K_{w,j,\theta} \Delta I_{th,\theta-p} \right) \right. \right. \\
& \left. \left. - U_{w,j} (4 \cos \Sigma + t_{rc}) \right) + A_{g,j} \left(U_{g,j} t_{o,\theta} + \frac{1}{h_o} U_{g,j} K_{a,j,\theta} I_{th,\theta} + \sum_{p=0}^{23} Y_{g,p,j} \left(\Delta t_{\theta-p} + \frac{1}{h_o} K_{a,j,\theta} I_{th,\theta} \right) \right. \right. \\
& \left. \left. - U_{g,j} (4 \cos \Sigma + t_{rc}) \right) + f_{ch} N_{h,\theta} K_{sen} + f_{cl} N_{l,\theta} W_{l-loss} + f_{ce} N_{e,\theta} W_{e-loss}
\end{aligned}$$

$$\text{เมื่อ } K_{w,j,\theta} = \left(\frac{1}{(\cos \theta_H + C)} \left(\cos \theta + CY + (C + \sin \beta) \rho_g \frac{1 - \cos \Sigma}{2} \right) \right)$$

$$\begin{aligned}
K_{a,j,\theta} = & \frac{\cos \theta}{(\cos \theta_H + C)} \sum_{k=0}^5 a_k \cos^k \theta + \frac{2}{(\cos \theta_H + C)} \\
& \times \left(CY + (C + \sin \beta) \rho_g \frac{1 - \cos \Sigma}{2} \right) \sum_{k=0}^5 \left(\frac{a_k}{j+2} \right)
\end{aligned}$$

เขียนสมการใหม่ให้อยู่ในรูปผลคูณของสัมประสิทธิ์กับค่าปัจจัยผันแปรได้ คือ

$$\begin{aligned}
Q_{CV,\theta} = & K_{CV-t,\theta} t_{o,\theta} + K_{CV-i,\theta} I_{th,\theta} + K_{CV-h,\theta} N_{h,\theta} \\
& + K_{CV-l,\theta} N_{l,\theta} + K_{CV-e,\theta} N_{e,\theta} + Q_{CV-c,\theta}
\end{aligned} \tag{3.31}$$

เมื่อ

$$K_{CV-t,\theta} = f_{cp} \sum_{j=1}^6 \left(A_{w,j} U_{w,j} + A_{g,j} U_{g,j} \right)$$

$$K_{CV-i,\theta} = f_{cp} \sum_{j=1}^6 \left(A_{w,j} \frac{\alpha_j}{h_o} U_{w,j} K_{w,j,\theta} + A_{g,j} \frac{1}{h_o} U_{g,j} K_{a,j,\theta} \right)$$

$$K_{CV-h,\theta} = f_{ch} K_{sen}$$

$$K_{CV-l,\theta} = f_{cl} W_{l-loss}$$

$$K_{CV-e,\theta} = f_{ce} W_{e-loss}$$

$$\begin{aligned}
Q_{CV-c,\theta} = & f_{cp} \sum_{j=1}^6 \left(A_{w,j} \left(\sum_{p=0}^{23} Y_{w,p,j} \left(\Delta t_{\theta-p} + \frac{\alpha_j}{h_o} K_{w,j,\theta-p} \Delta I_{th,\theta-p} \right) - U_{w,j} (4 \cos \Sigma + t_{rc}) \right) \right. \\
& \left. + A_{g,j} \left(\sum_{p=0}^{23} Y_{g,p,j} \left(\Delta t_{\theta-p} + \frac{1}{h_o} K_{a,j,\theta-p} \Delta I_{th,\theta-p} \right) - U_{g,j} (4 \cos \Sigma + t_{rc}) \right) \right)
\end{aligned}$$

ส่วนที่สอง เป็นการแผ่รังสีความร้อนทั้งหมดเข้าสู่แหล่งเก็บความร้อน คือ ผนัง หลังคา และพื้นใน ปริมาตรควบคุม คือ

$$\begin{aligned} Q_{CV,\theta} = & f_{rp} \sum_{j=1}^6 \left[A_{w,j} \left(U_{w,j} t_{o,\theta} + \frac{\alpha_j}{h_o} U_{w,j} I_{t,j,\theta} + \sum_{p=0}^{23} Y_{w,p,j} \left(\Delta t_{\theta-p} + \frac{\alpha_j}{h_o} \Delta I_{t,j,\theta-p} \right) \right. \right. \\ & \left. \left. - U_{w,j} (4 \cos \Sigma + t_{rc}) \right) + A_{g,j} \left(U_{g,j} t_{o,\theta} + \frac{1}{h_o} U_{g,j} \left(I_{D,j,\theta} \sum_{k=0}^5 a_k \cos^k \theta + 2I_{d,j,\theta} \sum_{k=0}^5 \left(\frac{a_k}{j+2} \right) \right) \right. \right. \\ & \left. \left. + \sum_{p=0}^{23} Y_{g,p,j} \left(\Delta t_{\theta-p} + \frac{1}{h_o} \left(\Delta I_{D,j,\theta-p} \sum_{k=0}^5 a_k \cos^k \theta + 2I_{d,j,\theta-p} \sum_{k=0}^5 \left(\frac{a_k}{j+2} \right) \right) \right) \right) \right. \\ & \left. \left. - U_j (4 \cos \Sigma + t_{rc}) \right) \right] + f_{rh} N_{h,\theta} K_{sen} + f_{rl} N_{l,\theta} W_{l-loss} + f_{re} N_{e,\theta} W_{e-loss} \end{aligned}$$

แปลงค่า $I_{t,j,\theta}$, $I_{D,j,\theta}$ และ $I_{d,j,\theta}$ ให้อยู่ในรูป $I_{th,\theta}$ โดยใช้ความสัมพันธ์จากสมการที่ 3.5 ถึง 3.7 จะ ได้สมการคือ

$$\begin{aligned} Q_{RD,\theta} = & f_{rp} \sum_{j=1}^6 \left(A_{w,j} \left(U_{w,j} t_{o,\theta} + \frac{\alpha_j}{h_o} U_{w,j} K_{w,j,\theta} I_{th,\theta} + \sum_{p=0}^{23} Y_{w,p,j} \left(\Delta t_{\theta-p} + \frac{\alpha_j}{h_o} K_{w,j,\theta} \Delta I_{th,\theta-p} \right) \right. \right. \\ & \left. \left. - U_{w,j} (4 \cos \Sigma + t_{rc}) \right) + A_{g,j} \left(U_{g,j} t_{o,\theta} + \frac{1}{h_o} U_{g,j} K_{a,j,\theta} I_{th,\theta} + \sum_{p=0}^{23} Y_{g,p,j} \left(\Delta t_{\theta-p} + \frac{1}{h_o} K_{a,j,\theta} I_{th,\theta} \right) \right. \right. \\ & \left. \left. - U_{g,j} (4 \cos \Sigma + t_{rc}) \right) \right) + f_{rh} N_{h,\theta} K_{sen} + f_{rl} N_{l,\theta} W_{l-loss} + f_{re} N_{e,\theta} W_{e-loss} \end{aligned}$$

เขียนสมการใหม่ให้อยู่ในรูปผลคูณของสัมประสิทธิ์กับค่าปัจจัยผันแปรได้ คือ

$$\begin{aligned} Q_{RD,\theta} = & K_{RD-t,\theta} t_{o,\theta} + K_{RD-i,\theta} I_{th,\theta} + K_{RD-h,\theta} N_{h,\theta} \\ & + K_{RD-l,\theta} N_{l,\theta} + K_{RD-e,\theta} N_{e,\theta} + Q_{RD-c,\theta} \end{aligned} \quad (3.32)$$

เมื่อ

$$K_{RD-t,\theta} = f_{rp} \sum_{j=1}^6 (A_{w,j} U_{w,j} + A_{g,j} U_{g,j}) = \frac{f_{rp}}{f_{cp}} K_{CV-t,\theta}$$

$$K_{RD-i,\theta} = f_{rp} \sum_{j=1}^6 \left(A_{w,j} \frac{\alpha_j}{h_o} U_{w,j} K_{w,j,\theta} + A_{g,j} \frac{1}{h_o} U_{g,j} K_{a,j,\theta} \right) = \frac{f_{rp}}{f_{cp}} K_{CV-i,\theta}$$

$$K_{RD-h,\theta} = f_{rh} K_{sen} = \frac{f_{rh}}{f_{ch}} K_{CV-h,\theta}$$

$$K_{RD-l,\theta} = f_{rl} W_{l-loss} = \frac{f_{rl}}{f_{cl}} K_{CV-l,\theta}$$

$$K_{RD-e,\theta} = f_{re} W_{e-loss} = \frac{f_{rp}}{f_{cp}} K_{CV-t,\theta}$$

$$K_{RD-c,\theta} = f_{rp} \sum_{j=1}^6 \left(A_{w,j} \left(\sum_{p=0}^{23} Y_{w,p,j} (\Delta t_{\theta-p} + \frac{\alpha_j}{h_o} K_{w,j,\theta-p} \Delta I_{th,\theta-p}) - U_{w,j} (4 \cos \Sigma + t_{rc}) \right) + A_{g,j} \left(\sum_{p=0}^{23} Y_{g,p,j} (\Delta t_{\theta-p} + \frac{1}{h_o} K_{a,j,\theta-p} \Delta I_{th,\theta-p}) - U_{g,j} (4 \cos \Sigma + t_{rc}) \right) \right) = \frac{f_{rp}}{f_{cp}} K_{CV-c,\theta}$$

ความร้อนทั้งหมดที่เข้าสู่แหล่งเก็บความร้อน คือ ผนัง หลังคา และพื้นในปริมาตรควบคุม จะค่อยๆ ถูกปล่อยออกมา แล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนในปริมาตรควบคุม โดยกระบวนการพาความร้อนชั้นที่สอง โดยใช้วิธีตัวประกอบเวลาการแผ่รังสี จะได้สมการคือ

$$Q_{CV-RD,\theta} = r_0 Q_{RD,\theta} + r_1 Q_{RD,\theta-1} + r_2 Q_{RD,\theta-2} + \dots + r_{23} Q_{RD,\theta-23}$$

$$\begin{aligned} Q_{CV-RD,\theta} = & r_0 (K_{RD-t,\theta} t_{o,\theta} + K_{RD-i,\theta} I_{th,\theta} + K_{RD-h,\theta} N_{h,\theta} + K_{RD-l,\theta} N_{l,\theta} \\ & + K_{RD-e,\theta} N_{e,\theta} + Q_{RD-c,\theta}) \\ & + r_1 (K_{RD-t,\theta-1} t_{o,\theta-1} + K_{RD-i,\theta-1} I_{th,\theta-1} + K_{RD-h,\theta-1} N_{h,\theta-1} + K_{RD-l,\theta-1} N_{l,\theta-1} \\ & + K_{RD-e,\theta-1} N_{e,\theta-1} + Q_{RD-c,\theta-1}) \\ & + r_2 (K_{RD-t,\theta-2} t_{o,\theta-2} + K_{RD-i,\theta-2} I_{th,\theta-2} + K_{RD-h,\theta-2} N_{h,\theta-2} + K_{RD-l,\theta-2} N_{l,\theta-2} \\ & + K_{RD-e,\theta-2} N_{e,\theta-2} + Q_{RD-c,\theta-2}) + \dots \\ & + r_{23} (K_{RD-t,\theta-23} t_{o,\theta-23} + K_{RD-i,\theta-23} I_{th,\theta-23} + K_{RD-h,\theta-23} N_{h,\theta-23} + K_{RD-l,\theta-23} N_{l,\theta-23} \\ & + K_{RD-e,\theta-23} N_{e,\theta-23} + Q_{RD-c,\theta-23}) \end{aligned}$$

สำหรับ

$$\begin{aligned} t_{o,\theta-p} &= t_{o,\theta} + \Delta t_{\theta-p} & I_{th,\theta-p} &= I_{th,\theta} + \Delta I_{th,\theta-p} \\ N_{h,\theta-p} &= N_{h,\theta} + \Delta N_{h,\theta-p} & N_{l,\theta-p} &= N_{l,\theta} + \Delta N_{l,\theta-p} \\ N_{e,\theta-p} &= N_{e,\theta} + \Delta N_{e,\theta-p} \end{aligned}$$

จะได้

$$\begin{aligned}
Q_{CV-RD,\theta} &= r_0(K_{RD-t,\theta}t_{o,\theta} + K_{RD-i,\theta}I_{th,\theta} + K_{RD-c,\theta} + K_{RD-h,\theta}N_{h,\theta} \\
&\quad + K_{RD-l,\theta}N_{l,\theta} + K_{RD-e,\theta}N_{e,\theta}) \\
&\quad + r_1(K_{RD-t,\theta-1}(t_{o,\theta} + \Delta t_{\theta-1}) + K_{RD-i,\theta-1}(I_{th,\theta} + \Delta I_{th,\theta-1}) + K_{RD-h,\theta}(N_{h,\theta} + \Delta N_{h,\theta-1}) \\
&\quad + K_{RD-l,\theta}(N_{l,\theta} + \Delta N_{l,\theta-1}) + K_{RD-e,\theta}(N_{e,\theta} + \Delta N_{e,\theta-1}) + Q_{RD-c,\theta-1}) \\
&\quad + r_2(K_{RD-t,\theta-2}(t_{o,\theta} + \Delta t_{\theta-2}) + K_{RD-i,\theta-2}(I_{th,\theta} + \Delta I_{th,\theta-2}) + K_{RD-h,\theta-2}(N_{h,\theta} + \Delta N_{h,\theta-2}) \\
&\quad + K_{RD-l,\theta-2}(N_{l,\theta} + \Delta N_{l,\theta-2}) + K_{RD-e,\theta-2}(N_{e,\theta} + \Delta N_{e,\theta-2}) + Q_{RD-c,\theta-2}) + \dots \\
&\quad + r_{23}(K_{RD-t,\theta-23}(t_{o,\theta} + \Delta t_{\theta-23}) + K_{RD-i,\theta-23}(I_{th,\theta} + \Delta I_{th,\theta-23}) + K_{RD-h,\theta-23}(N_{h,\theta} + \Delta N_{h,\theta-23}) \\
&\quad + K_{RD-l,\theta-23}(N_{l,\theta} + \Delta N_{l,\theta-23}) + K_{RD-e,\theta-23}(N_{e,\theta} + \Delta N_{e,\theta-23}) + Q_{RD-c,\theta-23})
\end{aligned}$$

เขียนสมการใหม่ให้อยู่ในรูปผลคูณของสัมประสิทธิ์กับค่าปัจจัยผันแปรได้ คือ

$$\begin{aligned}
Q_{CV-RD,\theta} &= K_{CR-t,\theta}t_{o,\theta} + K_{CR-i,\theta}I_{th,\theta} + K_{CR-h,\theta}N_{h,\theta} \\
&\quad + K_{CR-l,\theta}N_{l,\theta} + K_{CR-e,\theta}N_{e,\theta} + Q_{CR-c,\theta}
\end{aligned} \tag{3.33}$$

เมื่อ

$$K_{CR-t,\theta} = r_0K_{Rd-t,\theta} + r_1K_{Rd-t,\theta-1} + r_2K_{Rd-t,\theta-2} + \dots + r_{23}K_{Rd-t,\theta-23}$$

$$K_{CR-i,\theta} = r_0K_{Rd-i,\theta} + r_1K_{Rd-i,\theta-1} + r_2K_{Rd-i,\theta-2} + \dots + r_{23}K_{Rd-i,\theta-23}$$

$$K_{CR-h,\theta} = K_{RD-h,\theta}$$

$$K_{CR-l,\theta} = K_{RD-l,\theta}$$

$$K_{CR-e,\theta} = K_{RD-e,\theta}$$

$$\begin{aligned}
Q_{CR-c,\theta} &= (r_1K_{Rd-t,\theta-1}\Delta t_{\theta-1} + r_2K_{Rd-t,\theta-2}\Delta t_{\theta-2} + \dots + r_{23}K_{Rd-t,\theta-23}\Delta t_{\theta-23}) \\
&\quad + (r_1K_{Rd-i,\theta-1}\Delta I_{th,\theta-1} + r_1K_{Rd-i,\theta-1}\Delta I_{th,\theta-2} + \dots + r_1K_{Rd-i,\theta-1}\Delta I_{th,\theta-23}) \\
&\quad + (r_1K_{Rd-h,\theta-1}\Delta N_{h,\theta-1} + r_2K_{Rd-h,\theta-1}\Delta N_{h,\theta-2} + \dots + r_{23}K_{Rd-h,\theta-1}\Delta N_{h,\theta-23}) \\
&\quad + (r_1K_{Rd-l,\theta-1}\Delta N_{l,\theta-1} + r_2K_{Rd-l,\theta-1}\Delta N_{l,\theta-2} + \dots + r_{23}K_{Rd-l,\theta-1}\Delta N_{l,\theta-23}) \\
&\quad + (r_1K_{Rd-e,\theta-1}\Delta N_{e,\theta-1} + r_2K_{Rd-e,\theta-1}\Delta N_{e,\theta-2} + \dots + r_{23}K_{Rd-e,\theta-1}\Delta N_{e,\theta-23}) \\
&\quad + (r_0Q_{Rd-c,\theta} + r_1Q_{Rd-c,\theta-1} + r_2Q_{Rd-c,\theta-2} + \dots + r_{23}Q_{Rd-c,\theta-23})
\end{aligned}$$

กลุ่มที่ 2 ความร้อนในกลุ่มนี้จะเป็นการแผ่รังสีความร้อนเข้าสู่พื้นโดยตรง ดังสมการ

$$Q_{RDT,\theta} = \sum_{j=1}^6 A_{g,j} q''_{t,j,\theta}$$

ความร้อนที่เข้าสู่พื้นจะค่อยๆ ถูกปล่อยออกมาแล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนในปริมาตรควบคุม โดยกระบวนการพาความร้อนชั้นที่สอง โดยใช้วิธีตัวประกอบเวลาการแผ่รังสีจะได้สมการคือ

$$Q_{CV-RDT,\theta} = r_{S0} Q_{RDT,\theta} + r_{S1} Q_{RDT,\theta-1} + r_{S21} Q_{RDT,\theta-2} + \dots + r_{S23} Q_{RDT,\theta-23}$$

$$Q_{CV-RDT,\theta} = r_{S0} \sum_{j=1}^6 K_{t,j,\theta} I_{th,\theta} A_{g,j} + r_{S1} \sum_{j=1}^6 K_{t,j,\theta-1} I_{th,\theta-1} A_{g,j} + r_{S12} \sum_{j=1}^6 K_{t,j,\theta-2} I_{th,\theta-2} A_{g,j} \\ + \dots + r_{S23} \sum_{j=1}^6 K_{t,j,\theta-23} I_{th,\theta-23} A_{g,j}$$

เมื่อ

$$K_{t,j,\theta} = \frac{\cos \theta}{(\cos \theta_H + C)} \sum_{k=0}^5 t_k \cos^k \theta + \frac{2}{(\cos \theta_H + C)} \\ \times \left(CY + (C + \sin \beta) \rho_g \frac{1 - \cos \Sigma}{2} \right) \sum_{k=0}^5 \left(\frac{t_k}{j+2} \right)$$

สำหรับ $I_{th,\theta-p} = I_{th,\theta} + \Delta I_{th,\theta-p}$

จะได้

$$Q_{CV-RDT,\theta} = r_{S0} \sum_{j=1}^6 K_{t,j,\theta} I_{th,\theta} A_{g,j} + r_{S1} \sum_{j=1}^6 K_{t,j,\theta-1} (I_{th,\theta} + \Delta I_{th,\theta-1}) A_{g,j} \\ + r_{S2} \sum_{j=1}^6 K_{t,j,\theta-2} (I_{th,\theta} + \Delta I_{th,\theta-2}) A_{g,j} + \dots + r_{S23} \sum_{j=1}^6 K_{t,j,\theta-23} (I_{th,\theta} + \Delta I_{th,\theta-23}) A_{g,j}$$

เขียนสมการใหม่ให้อยู่ในรูปผลคูณของสัมประสิทธิ์กับค่าปัจจัยพื้นแปรได้ คือ

$$Q_{CV-RDT,\theta} = K_{CRT-i,\theta} I_{th,\theta} + Q_{CRT-c,\theta} \quad \text{_____ (3.34)}$$

เมื่อ

$$K_{CRT-i,\theta} = r_{S0} \sum_{j=1}^6 K_{t,j,\theta} A_{g,j} + r_{S1} \sum_{j=1}^6 K_{t,j,\theta-1} A_{g,j} + r_{S2} \sum_{j=1}^6 K_{t,j,\theta-2} A_{g,j} \\ + \dots + r_{S23} \sum_{j=1}^6 K_{t,j,\theta-23} A_{g,j}$$

$$Q_{CRT-c,\theta} = r_{S1} \sum_{j=1}^6 K_{t,j,\theta-1} \Delta I_{th,\theta-1} A_{g,j} + r_{S2} \sum_{j=1}^6 K_{t,j,\theta-2} \Delta I_{th,\theta-2} A_{g,j} \\ + \dots + r_{S23} \sum_{j=1}^6 K_{t,j,\theta-23} \Delta I_{th,\theta-23} A_{g,j}$$

กลุ่มที่ 3 ความร้อนทั้งหมดในกลุ่มนี้อจะเข้าสู่ปริมาตรควบคุมโดยตรง ดังสมการ

$$Q_{Dir,\theta} = Q_{int-h-lat,\theta} + Q_{vent,\theta}$$

$$Q_{Dir,\theta} = N_{h,\theta} K_{lat} + \rho \dot{Q}_\theta c_p (t_{o,\theta} - t_i) + \rho \dot{Q}_\theta h_{fg} (w_{o,\theta} - w_i) \quad \text{-----} (3.35)$$

ค่าภาระการทำความร้อนก็คือการรวมพลังงานความร้อนจากทั้ง 3 กลุ่มรวมกัน ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$Q_{CL,\theta} = K_{CV-t,\theta} t_{o,\theta} + K_{CV-i,\theta} I_{th,\theta} + K_{CV-h,\theta} N_{h,\theta} + K_{CV-l,\theta} N_{l,\theta} + K_{CV-e,\theta} N_{e,\theta} + Q_{CV-c,\theta} \\ + K_{CR-t,\theta} t_{o,\theta} + K_{CR-i,\theta} I_{th,\theta} + K_{CR-h,\theta} N_{h,\theta} + K_{CR-l,\theta} N_{l,\theta} + K_{CR-e,\theta} N_{e,\theta} + Q_{CR-c,\theta} \\ + K_{CRT-i,\theta} I_{th,\theta} + Q_{CRT-c,\theta} + N_{h,\theta} K_{lat} + \rho \dot{Q}_\theta c_p (t_{o,\theta} - t_i) + \rho \dot{Q}_\theta h_{fg} (w_{o,\theta} - w_i)$$

เขียนสมการใหม่ให้อยู่ในรูปผลคูณของสัมประสิทธิ์กับค่าปัจจัยผันแปรได้ คือ

$$Q_{CL,\theta} = K_{CL-t,\theta} t_{o,\theta} + K_{CL-i,\theta} I_{th,\theta} + K_{CL-h,\theta} N_{h,\theta} + K_{CL-l,\theta} N_{l,\theta} \\ + K_{CL-e,\theta} N_{e,\theta} + K_{CL-w,\theta} w_{o,\theta} + Q_{CL-c,\theta} \quad \text{-----} (3.36)$$

เมื่อ

$$K_{CL-t,\theta} = K_{CV-t,\theta} + K_{CR-t,\theta} + \rho \dot{Q}_\theta c_p$$

$$K_{CL-i,\theta} = K_{CV-i,\theta} + K_{CR-i,\theta} + K_{CRT-i,\theta}$$

$$K_{CL-h,\theta} = K_{CV-h,\theta} + K_{CR-h,\theta} + K_{lat} = K_{sen} + K_{lat}$$

$$K_{CL-l,\theta} = K_{CV-l,\theta} + K_{RD-l,\theta} = W_{l-loss}$$

$$K_{CL-e,\theta} = K_{CV-e,\theta} + K_{RD-e,\theta} = W_{e-loss}$$

$$K_{CL-w,\theta} = \rho \dot{Q}_\theta h_{fg}$$

$$Q_{CL-c,\theta} = Q_{CV-c,\theta} + Q_{CR-c,\theta} + Q_{CRT-c,\theta} - \rho \dot{Q}_c t_{rc} - \rho \dot{Q}_\theta h_{fg} w_{rc}$$

ในกรณีที่กระจกภายนอกมีอุปกรณ์บังแดด การวิเคราะห์ปัญหาก็ยังเป็นไปในรูปแบบเดิมทุกประการ ยกเว้นค่าตัวแปรที่เปลี่ยน 3 ตัว คือ $K_{w,j,\theta}$, $K_{a,j,\theta}$ และ $K_{t,j,\theta}$ ตามสมการ

$$K_{w,j,\theta} = \left(\frac{1}{(\cos \theta_H + C)} \left(\cos \theta \times SC_{j,\theta} + CY + (C + \sin \beta) \rho_g \frac{1 - \cos \Sigma}{2} \right) \right)$$

$$K_{a,j,\theta} = \frac{\cos \theta \times SC_{j,\theta}}{(\cos \theta_H + C)} \sum_{k=0}^5 a_k \cos^k \theta + \frac{2}{(\cos \theta_H + C)} \\ \times \left(CY + (C + \sin \beta) \rho_g \frac{1 - \cos \Sigma}{2} \right) \sum_{k=0}^5 \left(\frac{a_k}{j+2} \right)$$

$$K_{t,j,\theta} = \frac{\cos \theta \times SC_{j,\theta}}{(\cos \theta_H + C)} \sum_{k=0}^5 t_k \cos^k \theta + \frac{2}{(\cos \theta_H + C)} \\ \times \left(CY + (C + \sin \beta) \rho_g \frac{1 - \cos \Sigma}{2} \right) \sum_{k=0}^5 \left(\frac{t_k}{j+2} \right)$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทฤษฎีความน่าจะเป็น (Probability Theory)

ทฤษฎีความน่าจะเป็นจะใช้ในการวิเคราะห์ เพื่อทำนายค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดขึ้นของค่าการกระทำความเย็นที่เป็นไปได้แต่ละค่าในอนาคต ณ ช่วงเวลาที่ต้องการ ในการทำวิจัยนี้จะแสดงค่าความน่าจะเป็นโดยใช้รูปแบบของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นและฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสม เป็นเครื่องมือในการนำเสนอ

ก่อนที่จะประยุกต์ใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นกับการคำนวณค่าการกระทำความเย็น จะต้องทราบก่อนว่า มีปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อการคำนวณค่าการกระทำความเย็น เช่น อุณหภูมิภายนอก, อัตราส่วนความชื้น หรือจำนวนคนในพื้นที่ เป็นต้น จากนั้นใช้ทฤษฎีทางสถิติและความน่าจะเป็นทำการถ่วงน้ำหนักข้อมูลเพื่อตัดข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนสูงออก และวิเคราะห์ข้อมูลของปัจจัยเหล่านั้น เพื่อหารูปแบบของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย ซึ่งรูปแบบในแต่ละปัจจัยอาจจะเหมือนหรือแตกต่างกันก็ได้ จากนั้นจึงใช้รูปแบบและข้อมูลที่วิเคราะห์มาหาความน่าจะเป็นของค่าการกระทำความเย็นต่อไป

รูปแบบของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นและฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมจะแสดงผลในรูปของค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนที่ได้จากวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของแต่ละปัจจัย เพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้ได้ในกรณีอื่นๆ ที่มีรูปแบบการใช้งานของอาคารในลักษณะที่คล้ายคลึงกันได้ โดยการเปลี่ยนค่าเฉลี่ยหรือความแปรปรวนให้เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละกรณี

ความน่าจะเป็น (Probability)

ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ใดๆ คือ อัตราส่วนระหว่างโอกาสในการเกิดเหตุการณ์นั้นต่อโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมด

$$P(X) = \frac{E(X)}{E(SS)}$$

โดยทั่วไปมักจะกำหนดให้ $E(SS) = 1$

ดังนั้นจะได้ว่า $P(X) \leq 1$

ค่าเฉลี่ย (Mean)

ค่าเฉลี่ยหรือค่าคาดหวัง (Expect Value) ของปัจจัยใดๆ เป็นค่าที่แสดงค่ากลางของข้อมูล สามารถหาได้จากสมการ

$$\mu(X) = \int_{SS} pdf(X) dX$$

ในกรณีที่ต้องการหาค่าเฉลี่ยจากข้อมูลจริง ซึ่งจะอยู่ในรูปแบบไม่ต่อเนื่องสามารถหาได้จากสมการ

$$\mu(X) = \frac{\sum X}{N} = \frac{(X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_N)}{N} \quad \text{_____ (3.37)}$$

ค่าความแปรปรวน (Variance)

ค่าความแปรปรวนของปัจจัยใดๆ คือค่าที่แสดงความเบี่ยงเบนกำลังสองของค่าทั้งหมดของปัจจัยนั้นๆ กับค่าเฉลี่ยของปัจจัย

$$\sigma^2(X) = \int_{SS} pdf(X)(X - \mu(X))^2 dX$$

ในกรณีที่ต้องการหาค่าความแปรปรวนจากข้อมูลจริง ซึ่งจะอยู่ในรูปแบบไม่ต่อเนื่องสามารถหาได้จากสมการ

$$\begin{aligned} \sigma^2(X) &= \frac{\sum (X - \mu(X))^2}{N} \\ &= \frac{(X_1 - \mu(X))^2 + (X_2 - \mu(X))^2 + \dots + (X_n - \mu(X))^2}{N} \end{aligned} \quad \text{_____ (3.38)}$$

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยใดๆ คือค่าที่แสดงความเบี่ยงเบนของค่าทั้งหมดของปัจจัยนั้นๆ กับค่าเฉลี่ยของปัจจัย

$$S.D. = \sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (Probability Density Function: pdf)

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น คือฟังก์ชันที่ใช้คำนวณความน่าจะเป็นของตัวแปรใดๆ ในช่วงที่กำหนด ดังสมการ

$$P(a < X < b) = \int_a^b pdf(X)dX \quad \text{_____ (3.39)}$$

โดยที่ $1 = \int_{SS} pdf(X)dX$

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสม (Cumulative Density Function: CDF)

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสม คือฟังก์ชันที่ใช้คำนวณความน่าจะเป็นของตัวแปรใดๆ ในที่จะมีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ ดังสมการ

$$CDF(X_0) = \int_{-\infty}^{X_0} pdf(X)dX \quad \text{_____ (3.40)}$$

โดยที่ $1 = \int_{SS} CDF(X)dX$

รูปแบบทั่วไปของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น

รูปแบบทั่วไปของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นจะมีอยู่ด้วยกันหลายรูปแบบ ซึ่งแต่ละรูปแบบมีความเหมาะสมในการใช้งานที่แตกต่างกันไป แต่ทั้งหมดจะแสดงสมการในรูป ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวน ซึ่งรูปแบบที่ใช้กันทั่วไป คือ

1. การกระจายแบบคงที่ (Uniform Distribution) เป็นรูปแบบที่ค่าความน่าจะเป็นของตัวแปรทุกค่าจะมีค่าคงที่ตลอดช่วงของตัวแปรตั้งแต่ a ถึง b

$$f(X) = \frac{1}{(b-a)} \quad \text{_____ (3.41)}$$

โดยมี ค่าเฉลี่ย คือ $\mu(X) = \frac{(a+b)}{2}$

ค่าความแปรปรวน คือ $\sigma^2(X) = \frac{(b-a)^2}{12}$

2. การกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) เป็นรูปแบบที่มีความสำคัญและใช้กันมากที่สุด เหมาะสมกับการใช้งานที่เป็นการศึกษาแบบสุ่มอิสระของตัวแปรที่มีปริมาณข้อมูลมาก

$$f(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu_x}{\sigma_x}\right)^2\right) \quad \text{_____ (3.42)}$$

โดยมี ค่าเฉลี่ย คือ $\mu(X) = \mu_x$

ค่าความแปรปรวน คือ $\sigma^2(X) = (\sigma_x)^2$

3. การกระจายแบบปกติชนิดล็อก (Logarithmic Normal Distribution) เป็นรูปแบบที่มี พัฒนามาจากการกระจายแบบปกติ เนื่องจากมีความเหมาะสมกับข้อมูลบางลักษณะ

$$f(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\zeta X} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln X - \lambda}{\zeta}\right)^2\right) \quad \text{_____ (3.43)}$$

โดยมี ค่าเฉลี่ย คือ $\mu(X) = e^{\left(\lambda + \frac{1}{2}\zeta^2\right)}$

ค่าความแปรปรวน คือ $\sigma^2(X) = \mu^2(X)(e^{\zeta^2} - 1)$

4. การกระจายแบบแกมมา (Gamma Distribution) เป็นรูปแบบที่ เหมาะสมกับการใช้งานที่เป็นการศึกษาข้อมูลในรูปแบบช่วงเวลาของตัวแปร

$$f(X) = \frac{\lambda^\alpha X^{\alpha-1}}{\Gamma(\alpha)} e^{-\lambda X} \quad \text{_____ (3.44)}$$

เมื่อ $\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty X^{\alpha-1} e^{-X} dX$

โดยมี ค่าเฉลี่ย คือ $\mu(X) = \frac{\alpha}{\lambda}$

ค่าความแปรปรวน คือ $\sigma^2(X) = \frac{\alpha}{\lambda^2}$

สำหรับรูปแบบอื่นๆ ที่ส่วนใหญ่เกิดจากการประยุกต์ของรูปแบบที่กล่าวมา จะแสดงตัวอย่างไว้ดัง ตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1: รูปแบบของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น

| รูปแบบการกระจาย | ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวน |
|--|---|
| <p>แบบยกกำลัง (Exponential Distribution)</p> $f(X) = \lambda e^{-\lambda X}$ | $\mu(X) = \lambda^{-1}$ |
| | $\sigma^2(X) = \lambda^{-2}$ |
| <p>การกระจายแบบเอฟ (F Distribution)</p> $f(X) = \frac{\Gamma\left(\frac{\alpha + \beta}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{\alpha}{2}\right)\Gamma\left(\frac{\beta}{2}\right)} \left(\frac{\alpha}{\beta} X\right)^\alpha \left(1 + \frac{\alpha}{\beta} X\right)^{-\frac{\alpha + \beta}{2}} \frac{\alpha}{\beta}$ <p>สำหรับ $X > 0$</p> | $\mu(X) = \frac{\beta}{(\beta - 2)}$ <p>สำหรับ $\beta > 2$</p> |
| | $\sigma^2(X) = \frac{2\beta^2(\alpha + \beta - 2)}{\alpha(\beta - 2)^2(\beta - 4)}$ <p>สำหรับ $\beta > 4$</p> |
| <p>การกระจายแบบที (T Distribution)</p> $f(X) = \frac{\Gamma\left(\frac{\alpha + 1}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)\Gamma\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \left(1 + \frac{X^2}{\alpha}\right)^{-\frac{\alpha + 1}{2}} \frac{1}{\sqrt{\alpha}}$ | $\mu(X) = 0$ <p>สำหรับ $\alpha > 1$</p> |
| | $\sigma^2(X) = \frac{\alpha}{\alpha - 2}$ <p>สำหรับ $\alpha > 2$</p> |
| <p>การกระจายแบบเบต้า (Beta Distribution)</p> $f(X) = \frac{\Gamma(a + b)}{\Gamma(a)\Gamma(b)} (X)^{a-1} (1 - X)^{b-1}$ <p>สำหรับ $X > 0$</p> | $\mu(X) = \frac{a}{(a + b)}$ |
| | $\sigma^2(X) = \frac{ab}{(a + b + 1)(a + b)^2}$ |
| <p>การกระจายแบบไค-สแควร์ (Chi-Square Distribution)</p> $f(X) = 2^{-\frac{\alpha}{2}} \Gamma\left(\frac{\alpha}{2}\right)^{-1} X^{\frac{\alpha}{2}-1} e^{-\frac{X}{2}}$ <p>สำหรับ $X > 0$</p> | $\mu(X) = \alpha$ |
| | $\sigma^2(X) = 2\alpha$ |

การกระทำสัญลักษณ์กับฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น

1. การบวกหรือการลบ จะทำให้ค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นหรือลดลงจากค่าเดิมเท่ากับค่าที่บวกหรือลบเข้าไป ส่วนค่าความแปรปรวนจะไม่เปลี่ยนแปลง ถ้ากำหนดให้ตัวแปร Z คือ ตัวแปร X บวกหรือลบด้วยค่าคงที่ C

$$Z = X \pm C$$

จะได้ ค่าเฉลี่ย $\mu(Z) = \mu(X) \pm C$

ค่าความแปรปรวน $\sigma^2(Z) = \sigma^2(X)$

2. การคูณหรือการหาร จะทำให้ค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากค่าเดิมเท่ากับค่าที่คูณหรือหารเข้าไป ส่วนค่าความแปรปรวนเปลี่ยนแปลงเป็นกำลังสองของค่าที่คูณหรือหารเข้าไป ถ้ากำหนดให้ตัวแปร Z คือ ตัวแปร X คูณหรือหารด้วยค่าคงที่ C

$$Z = X \times (\div) C$$

จะได้ ค่าเฉลี่ย $\mu(Z) = \mu(X) \times (\div) C$

ค่าความแปรปรวน $\sigma^2(Z) = \sigma^2(X) \times (\div) C^2$

การถ่ายเทของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น

ถ้ากำหนดให้ X เป็นตัวแปรใดๆ ที่มีฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นคือ $f_X(X)$ และกำหนดให้ Q เป็นฟังก์ชันของ X

$$Q = Q(X)$$

จากคุณสมบัติทางคณิตศาสตร์ของความน่าจะเป็น เรื่องการถ่ายเทของฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสม บนช่วงเรนจ์ $f_X(X)$ และ บนโดเมน X จะได้ว่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของ $Q(X)$ คือ

$$f_Q(Q(X)) = \frac{dX}{dQ(X)} f_X(X) \quad \text{_____ (3.45)}$$

ถ้ากำหนดให้ X_1 และ X_2 เป็นตัวแปรที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน ที่มีฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น คือ $f_X(X_1, X_2)$ และกำหนดให้ Q เป็นฟังก์ชันของ Q_1 และ Q_2 โดยที่ Q_1 และ Q_2 เป็นฟังก์ชันของ X_1 และ X_2 ทั้งคู่

$$Q = Q(Q_1, Q_2) = Q(Q_1(X_1, X_2), Q_2(X_1, X_2))$$

จากคุณสมบัติทางคณิตศาสตร์ของความน่าจะเป็น เรื่องการเท่ากันของฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสม บนช่วงเรนจ์ $f_X(X_1, X_2)$ และ บนโดเมน (X_1, X_2) จะได้ว่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของ $Q(Q_1, Q_2)$ คือ

$$f_Q(Q(Q_1, Q_2)) = \frac{d(X_1, X_2)}{d(Q_1, Q_2)} f_X(X_1, X_2) \quad \text{_____ (3.46)}$$

ผลรวมของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น

การรวมฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นที่เกิดจากตัวแปรหลายตัวทั้งที่เป็นอิสระและไม่เป็นอิสระต่อกันสามารถทำได้ดังนี้

ถ้ากำหนดให้ Q คือผลรวมของฟังก์ชัน Q_1 และ Q_2 ที่เป็นฟังก์ชันของตัวแปร X_1 และ X_2 ตามลำดับ

$$Q(X_1, X_2) = Q_1(X_1) + Q_2(X_2)$$

ถ้ากำหนดให้ X_1 ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น $f_{X_1}(X_1)$

X_2 มีฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น $f_{X_2}(X_2)$

(X_1, X_2) มีฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น $f_{X_{12}}(X_1, X_2)$

จากการถ่ายเทของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น ตามสมการที่ 3.45 และ 3.46 จะได้

$$f_{Q_1}(Q_1(X_1)) = \frac{dQ_1^{-1}(X_1)}{dQ_1(X_1)} f_{X_1}(Q_1^{-1}(X_1))$$

$$f_{Q_2}(Q_2(X_2)) = \frac{dQ_2^{-1}(X_2)}{dQ_2(X_2)} f_{X_2}(Q_2^{-1}(X_2))$$

$$f_{Q_{12}}(Q_1(X_1), Q_2(X_2)) = \frac{d(Q_1^{-1}(X_1), dQ_2^{-1}(X_2))}{d(Q_1(X_1), Q_2(X_2))} f_{X_{12}}(Q_1^{-1}(X_1), dQ_2^{-1}(X_2))$$

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของ Q หาได้โดย

$$f_Q(Q) = \iint f_{Q_{12}}(Q_1(X_1), Q_2(X_2)) dQ_1(X_1) dQ_2(X_2)$$

$$f_Q(Q) = \int_{-\infty}^{\infty} f_{Q_{12}}(Q_1(X_1), Q - Q_1(X_1)) dQ_1(X_1) \quad \text{_____ (3.47)}$$

ในกรณีที่ X_1 และ X_2 เป็นอิสระต่อกันจะได้

$$f_{Q_{12}}(Q_1(X_1), Q_2(X_2)) = f_{Q_1}(Q_1(X_1)) \cdot f_{Q_2}(Q_2(X_2))$$

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของ Q หาได้โดย

$$f_Q(Q) = \iint f_{Q_1}(Q_1(X_1)) \cdot f_{Q_2}(Q_2(X_2)) dQ_1(X_1) dQ_2(X_2)$$

$$f_Q(Q) = \int_{-\infty}^{\infty} f_{Q_1}(Q_1(X_1)) \cdot f_{Q_2}(Q - Q_1(X_1)) dQ_1(X_1) \quad \text{_____ (3.48)}$$

ในการหาค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมส่วนใหญ่แล้วจะไม่สามารถทำการอินทิเกรตสมการได้โดยตรง จะต้องใช้วิธีการเชิงเลข (Numerical Methods) เข้าช่วย

การหารูปแบบการกระจายของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นที่เหมาะสม

การพิจารณาว่ารูปแบบการกระจายของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นทางทฤษฎีรูปแบบใดเหมาะสมกับข้อมูลจริงที่มีอยู่ ทำได้โดยการตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าความน่าจะเป็นของข้อมูลจริง กับค่าความน่าจะเป็นที่คำนวณได้จากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นทางทฤษฎีตามรูปแบบที่ต้องการ ซึ่งสามารถทดสอบหลายวิธีด้วยกัน วิธีที่ใช้กันทั่วไป คือ

1. การทดสอบการกระจายแบบ ไช-สแควร์ (Chi-Square Test for Distribution) เป็นการทดสอบหาค่าผลรวมของค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์กำลังสองระหว่างการกระจายค่าความน่าจะเป็นของข้อมูลจริงกับค่าของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นทางทฤษฎี ดังสมการ

$$c_f = \sum_{i=1}^n \frac{(X_R - X_T)^2}{X_T} \quad \text{_____ (3.49)}$$

2. การทดสอบการกระจายแบบ โคลโมโกรอฟ-ซมิโนฟ (Kolmogorov-Smirnov Test for Distribution) เป็นการทดสอบหาค่าจุดสูงสุดของค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างการกระจายค่าความน่าจะเป็นของข้อมูลจริงกับค่าของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นทางทฤษฎี ดังสมการ

$$D_n = \text{Max}|X_R - X_T| \quad \text{_____} (3.50)$$

3. การทดสอบอัตราส่วนความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ เป็นการทดสอบหาค่าผลรวมของค่าอัตราส่วนความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ ระหว่างการกระจายค่าความน่าจะเป็นของข้อมูลจริงกับค่าของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นทางทฤษฎี ดังสมการ

$$\varepsilon_T = \sum_{i=1}^n \frac{(X_R - X_T)}{X_T} \quad \text{_____} (3.51)$$

4. การทดสอบความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เป็นการทดสอบหาค่าผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสองระหว่างการกระจายค่าความน่าจะเป็นของข้อมูลจริงกับค่าของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นทางทฤษฎี ดังสมการ

$$\varepsilon_{sq} = \sum_{i=1}^n (X_R - X_T)^2 \quad \text{_____} (3.52)$$

รูปแบบการกระจายของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นที่เหมาะสมจะต้องเป็นรูปแบบที่มีค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าของข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด การใช้วิธีตรวจสอบที่แตกต่างกันอาจจะได้รูปแบบการกระจายของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นที่เหมาะสมที่แตกต่างกันก็ได้

การกลั่นกรองข้อมูล

เนื่องจากลักษณะการเก็บข้อมูลในประเทศไทยมีความคลาดเคลื่อนสูง จึงจำเป็นต้องมีการกลั่นกรองข้อมูลเพื่อตัดข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนออก เพื่อให้ค่าต่างๆ ที่ได้จากชุดข้อมูลนั้นมีความคลาดเคลื่อนลดลง โดยทั่วไปแล้วจะเป็นการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลที่มีกับค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้ โดยมีการกำหนดขอบเขตค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ไว้ ถ้าค่าได้มีความคลาดเคลื่อนมากกว่าค่าที่กำหนดก็ตัดข้อมูลนั้นทิ้ง แล้วนำมาหาค่าต่างๆ ที่จำเป็นใหม่ เช่น ค่าเฉลี่ยหรือความแปรปรวน ก็จะได้ออกชุดข้อมูลใหม่ที่มีความคลาดเคลื่อนลดลง และนำไปใช้งานใน

ส่วนอื่นๆ ต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น การกำหนดค่าขอบเขตของความคลาดเคลื่อนมีหลายวิธีดังต่อไปนี้

1. กำหนดขอบเขตค่าความคลาดเคลื่อนโดยตรงระหว่างค่าของข้อมูลกับค่าเฉลี่ย

$$ABS(X_R - \bar{X}) \leq E \quad \text{_____ (3.53)}$$

หมายความว่า ถ้าค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ระหว่างค่าของข้อมูลกับค่าเฉลี่ยของข้อมูลค่าใดมีค่ามากกว่า E แล้ว ให้ตัดข้อมูลนั้นทิ้ง

2. กำหนดขอบเขตค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ระหว่างค่าของข้อมูลกับค่าเฉลี่ย

$$ABS \frac{(X_R - \bar{X})}{X_A} \leq E \quad \text{_____ (3.54)}$$

หมายความว่า ถ้าค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ระหว่างค่าของข้อมูลกับค่าเฉลี่ยของข้อมูลค่าใดมีค่ามากกว่า E แล้ว ให้ตัดข้อมูลนั้นทิ้ง

3. กำหนดขอบเขตค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองระหว่างค่าของข้อมูลกับค่าทางค่าเฉลี่ย

$$(X_R - \bar{X})^2 \leq E \quad \text{_____ (3.55)}$$

หมายความว่า ถ้าค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองระหว่างค่าของข้อมูลกับค่าเฉลี่ยของข้อมูลค่าใดมีค่ามากกว่า E แล้ว ให้ตัดข้อมูลนั้นทิ้ง

4. กำหนดขอบเขตค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองสัมพัทธ์ระหว่างค่าของข้อมูลกับค่าเฉลี่ย

$$\frac{(X_R - \bar{X})^2}{\bar{X}} \leq E \quad \text{_____ (3.56)}$$

หมายความว่า ถ้าค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองสัมพัทธ์ระหว่างค่าของข้อมูลกับค่าเฉลี่ยของข้อมูลค่าใดมีค่ามากกว่า E แล้ว ให้ตัดข้อมูลนั้นทิ้ง

เมื่อตัดข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนออกไปแล้ว ก็นำชุดของข้อมูลที่เหลือมาทำการหาค่าค่าต่างๆ ที่จำเป็นใหม่ เช่น ค่าเฉลี่ยหรือความแปรปรวน ก็จะได้อัตราที่มีความคลาดเคลื่อนลดลงเพื่อจะนำไปใช้งานในส่วนอื่นๆ ต่อไป

ค่าตัวประกอบการใช้งาน

ค่าตัวประกอบการใช้งาน (Used Factor) ของอุปกรณ์ใดๆ คือ อัตราส่วนระหว่าง เวลาที่มีการใช้งานของอุปกรณ์จริงต่อเวลาที่สามารถใช้งานของอุปกรณ์ได้

$$\text{Used Factor} = U_f = \frac{\text{Used Hours}}{\text{Available Hours}} \quad \text{_____ (3.57)}$$

ในการเก็บข้อมูลบางชนิด โดยเฉพาะอุปกรณ์ไฟฟ้า ไม่มีการบันทึกข้อมูลโดยละเอียด จะมีการเก็บข้อมูลเฉพาะเวลาที่ใช้งานเท่านั้น โดยไม่มีการแจกแจงข้อมูล ข้อมูลที่ได้จะสามารถนำมาหาค่าตัวประกอบการใช้งานได้ ซึ่งจะเป็นการแสดงค่าเฉลี่ยในการใช้งานของอุปกรณ์

ฟังก์ชันการใช้งานแบบสุ่ม

ในการใช้งานอุปกรณ์ที่มีจำนวนหลายชิ้น ซึ่งมีจำนวนอุปกรณ์ที่ใช้งานไม่แน่นอนในแต่ละเวลา เรามักจะกำหนดให้การใช้งานของอุปกรณ์นั้นเป็นแบบสุ่มจำนวนที่ใช้งาน เพื่อหาค่าความน่าจะเป็นของการใช้งานอุปกรณ์ในจำนวนที่ต้องการ

ถ้ากำหนดให้ N_T คือ จำนวนอุปกรณ์ทั้งหมด

N_U คือ จำนวนอุปกรณ์ที่ใช้งาน

p คือ ความน่าจะเป็นของการใช้งานอุปกรณ์แต่ละชิ้น

ความน่าจะเป็นในการใช้งานของอุปกรณ์จำนวน N_U จากทั้งหมด N_T จะหาได้จากสมการ

$$P(N_U) = \binom{N_T}{N_U} p^{N_U} (1-p)^{N_T-N_U}$$

$$P(N_U) = \frac{N_T!}{(N_T - N_U)! N_U!} \cdot p^{N_U} (1-p)^{N_T-N_U}$$

เราสามารถแปลงสมการให้อยู่ในรูปแบบต่อเนื่องได้คือ

$$f(N_U) = \frac{1}{\sqrt{2\pi p N_T (1-p)}} \exp\left(\frac{-(N_U - p N_T)^2}{2 N_T p (1-p)}\right) \quad \text{_____ (3.58)}$$

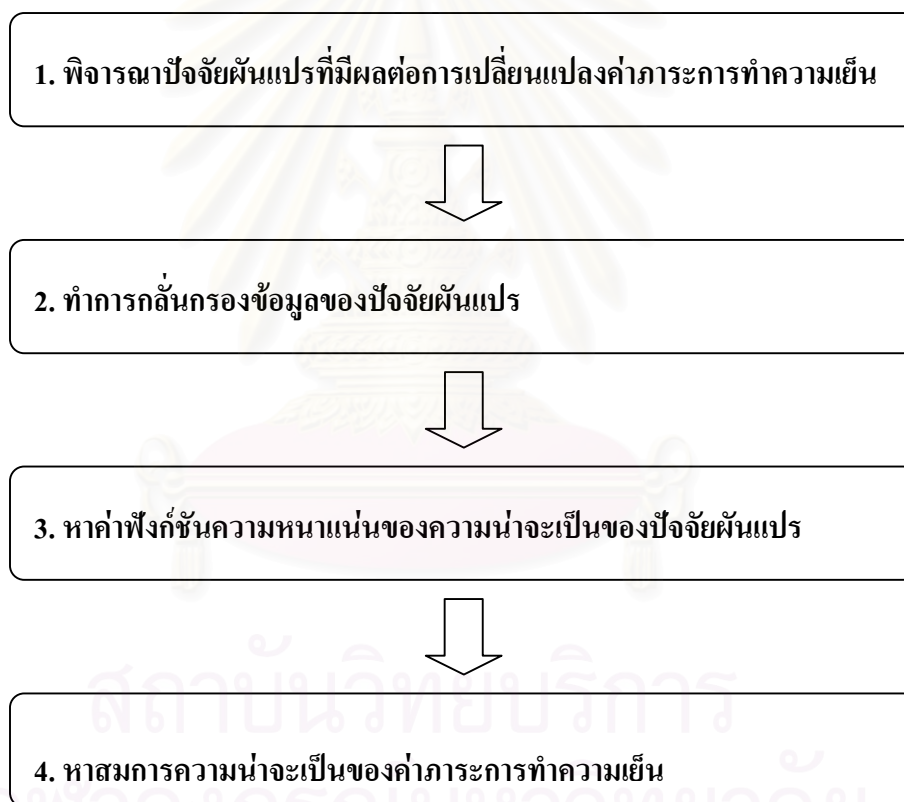
จะเห็นว่าสมการแบบสุ่มก็คือรูปแบบเดียวกับการกระจายแบบปกติ

บทที่ 4

การใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นในการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น

ขั้นตอนการใช้งานทฤษฎีในงานวิจัย

การประยุกต์ใช้งานทฤษฎีความน่าจะเป็นและหลักสถิติต่างๆ ในการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นในรูปแบบทั่วไป สามารถกระทำได้ตามขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และจะมีการแสดงกรณีศึกษาโดยใช้อาคารสถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งรายละเอียดจะแสดงอยู่ในภาคผนวก ก เพื่อเป็นตัวอย่างประกอบการประยุกต์ใช้งานทฤษฎีจากงานวิจัยนี้ ให้ความชัดเจนยิ่งขึ้น



รูปที่ 4.1 แผนผังขั้นตอนการใช้งานทฤษฎีในงานวิจัย

1. พิจารณาปัจจัยผันแปรที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าภาระการทำความเย็น

ปัจจัยที่มีผลต่อการคำนวณภาระการทำความเย็นมีมากมาย เช่น อุณหภูมิภายนอก, อัตราการใช้แสงสว่าง, จำนวนคนในพื้นที่, ชนิดของผนังและกระจก เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะมีผลต่อการคำนวณภาระการทำความเย็นที่แตกต่างกันไป ปัจจัยบางอย่าง เช่น ชนิดและพื้นที่ของผนัง

หรือกระจก จะส่งผลกระทบต่อขนาดของค่าการทำความเย็น แต่เราสามารถทราบค่าของปัจจัยเหล่านี้ได้แน่นอน ทำให้ปัจจัยเหล่านี้ไม่ส่งผลกระทบต่อโอกาสในการเกิด หรือการเปลี่ยนแปลงของค่าการทำความเย็น ปัจจัยบางอย่างเช่น อุณหภูมิภายใน หรือ จำนวนคน อาจจะมีค่าไม่แน่นอน ในแต่ละเวลา การเปลี่ยนแปลงค่าของปัจจัยเหล่านี้ จะทำให้ขนาดของค่าการทำความเย็นเปลี่ยนแปลงได้ และส่งผลกระทบต่อโอกาสในการเกิดของค่าการทำความเย็นแต่ละค่า ในแต่ละช่วงเวลา การใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นเข้ามาช่วยในการคำนวณ โอกาสในการเกิดของปัจจัยที่ไม่แน่นอน หรือปัจจัยผันแปรได้เหล่านี้ เพื่อเป็นข้อมูลในการคำนวณหาความน่าจะเป็นหรือโอกาสในการเกิดของค่าการทำความเย็นแต่ละค่า ในแต่ละช่วงเวลาต่อไป

จากสมการการคำนวณค่าการทำความเย็นที่ใช้ในงานวิจัยนี้ (สมการที่ 3.36)

$$Q_{CL,\theta} = K_{CL-t,\theta} t_{o,\theta} + K_{CL-i,\theta} I_{th,\theta} + K_{CL-h,\theta} N_{h,\theta} + K_{CL-l,\theta} N_{l,\theta} + K_{CL-e,\theta} N_{e,\theta} + K_{CL-w,\theta} w_{o,\theta} + Q_{CL-c,\theta}$$

พบว่าปัจจัยผันแปรที่มีผลต่อการคำนวณค่าการทำความเย็นมีอยู่ 6 ปัจจัยด้วยกัน คือ

1. อุณหภูมิภายนอก $t_{o,\theta}$
2. ค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ $I_{t,\theta}$
3. จำนวนคน $N_{h,\theta}$
4. จำนวนหลอดไฟที่ใช้งาน $N_{l,\theta}$
5. จำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งาน $N_{e,\theta}$
6. อัตราส่วนความชื้นภายนอก $w_{o,\theta}$

ดังนั้นเราจึงต้องใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นและหลักสถิติวิเคราะห์ เพื่อหารูปแบบความน่าจะเป็นที่เหมาะสมของปัจจัยทั้ง 6 ประการในขั้นต่อไป ส่วนปัจจัยอื่นๆ เช่น พื้นที่ผนัง $A_{w,j}$ หรือค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนัง $U_{w,j}$ ซึ่งจะอยู่ในเทอม $K_{CL-t,\theta}$, $K_{CL-l,\theta}$ และ $Q_{CL-c,\theta}$ นั้น ถือว่าเป็นปัจจัยคงที่ มีผลต่อขนาดของค่าการทำความเย็นเท่านั้น ไม่มีผลต่อความน่าจะเป็นของการทำความเย็น

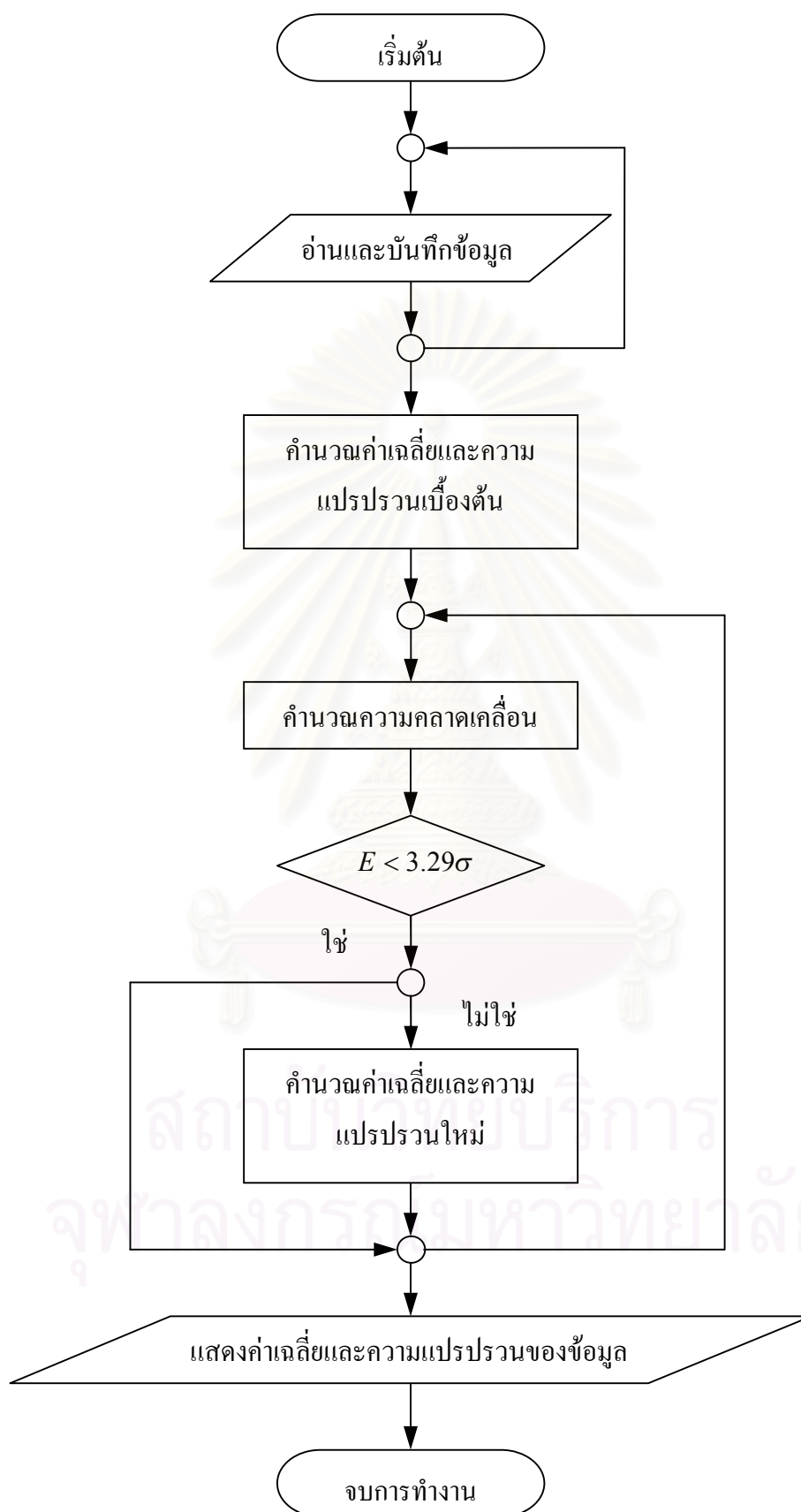
สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้ข้อมูล อุณหภูมิภายนอก ค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ และอัตราส่วนความชื้นภายนอก จากกรมอุตุนิยมวิทยา สถานีกรุงเทพฯ ตั้งแต่ปี 1989-2003 โดยเป็นข้อมูลรายชั่วโมง สำหรับข้อมูลจำนวนคน จำนวนหลอดไฟ และอุปกรณ์ไฟฟ้า จะใช้ข้อมูลจากสถาบันวิทยบริการโดยตรง

ปัจจัยผันแปรที่มีผลต่อการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น หรือลดลงจากปัจจัยทั้ง 6 ประการก็ได้ ขึ้นอยู่กับการกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้น สมมุติฐาน รูปแบบจำลอง และสมการการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นที่ใช้ ปัจจัยบางอย่างถ้ามีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก และแทบไม่มีผลกระทบต่อขนาดของค่าภาระการทำความเย็นเลย ก็อาจกำหนดให้ปัจจัยนั้นเป็นค่าคงที่ก็ได้

2. ทำการกลั่นกรองข้อมูลของปัจจัยผันแปร

เมื่อทราบว่าปัจจัยผันแปรใดบ้าง ที่มีผลต่อการคำนวณภาระการทำความเย็น ขั้นตอนต่อมาก็คือ การกลั่นกรองข้อมูลของแต่ละปัจจัย เพื่อตัดข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนออก เนื่องจากลักษณะการเก็บข้อมูลในประเทศไทยมีความคลาดเคลื่อนสูง ในขั้นแรกต้องหาค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนเบื้องต้น ของข้อมูลในแต่ละเวลา ก่อน เพื่อใช้เป็นค่าเปรียบเทียบ จากนั้น กำหนดขอบเขตค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ ซึ่งการกำหนดขอบเขตค่าความคลาดเคลื่อนที่ใช้ในงานวิจัยนี้ จะกำหนดในรูปความเชื่อมั่นของข้อมูล เช่น ที่ความเชื่อมั่น 99.9% ของการกระจายแบบปกติ ข้อมูลจะมีขีดจำกัดบนอยู่ที่ ค่าเฉลี่ย+3.29 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และขีดจำกัดล่างอยู่ที่ ค่าเฉลี่ย-3.29 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน หมายความว่าถ้าข้อมูลนั้นมีขนาดมากกว่า ค่าเฉลี่ย +3.29 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน หรือข้อมูลนั้นมีขนาดน้อยกว่า ค่าเฉลี่ย-3.29 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ให้ตัดข้อมูลนั้นออก หลังจากนั้นจึงหาค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนใหม่อีกครั้ง ก็จะได้ชุดข้อมูลใหม่ที่มีความคลาดเคลื่อนลดลง และนำไปใช้งานในส่วนอื่นๆ ต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น สำหรับขั้นตอนต่างๆ ในการคำนวณเพื่อทำการกลั่นกรองข้อมูลนั้น จะแสดงได้ดังแผนผังในรูปที่ 4.2

การกำหนดค่าความเชื่อมั่นของข้อมูลให้ลดลง จะทำให้ความน่าเชื่อถือของข้อมูลนั้นลดลง แต่จะทำให้ช่วงของข้อมูลแคบลงเนื่องจากจำนวนข้อมูลที่ตัดออกมีมากขึ้น เช่น ที่ความเชื่อมั่น 99% ของการกระจายแบบปกติ ข้อมูลจะมีขีดจำกัดบนอยู่ที่ ค่าเฉลี่ย+2.33 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และขีดจำกัดล่างอยู่ที่ ค่าเฉลี่ย-2.33 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังนั้นความเชื่อมั่นของข้อมูลและช่วงของข้อมูลจะมีผลต่อการกำหนดขอบเขตค่าความคลาดเคลื่อน และการกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนในรูปแบบอื่นที่แตกต่างกันไป อาจทำให้ข้อมูลที่ถูกต้องออกไปแตกต่างกันได้

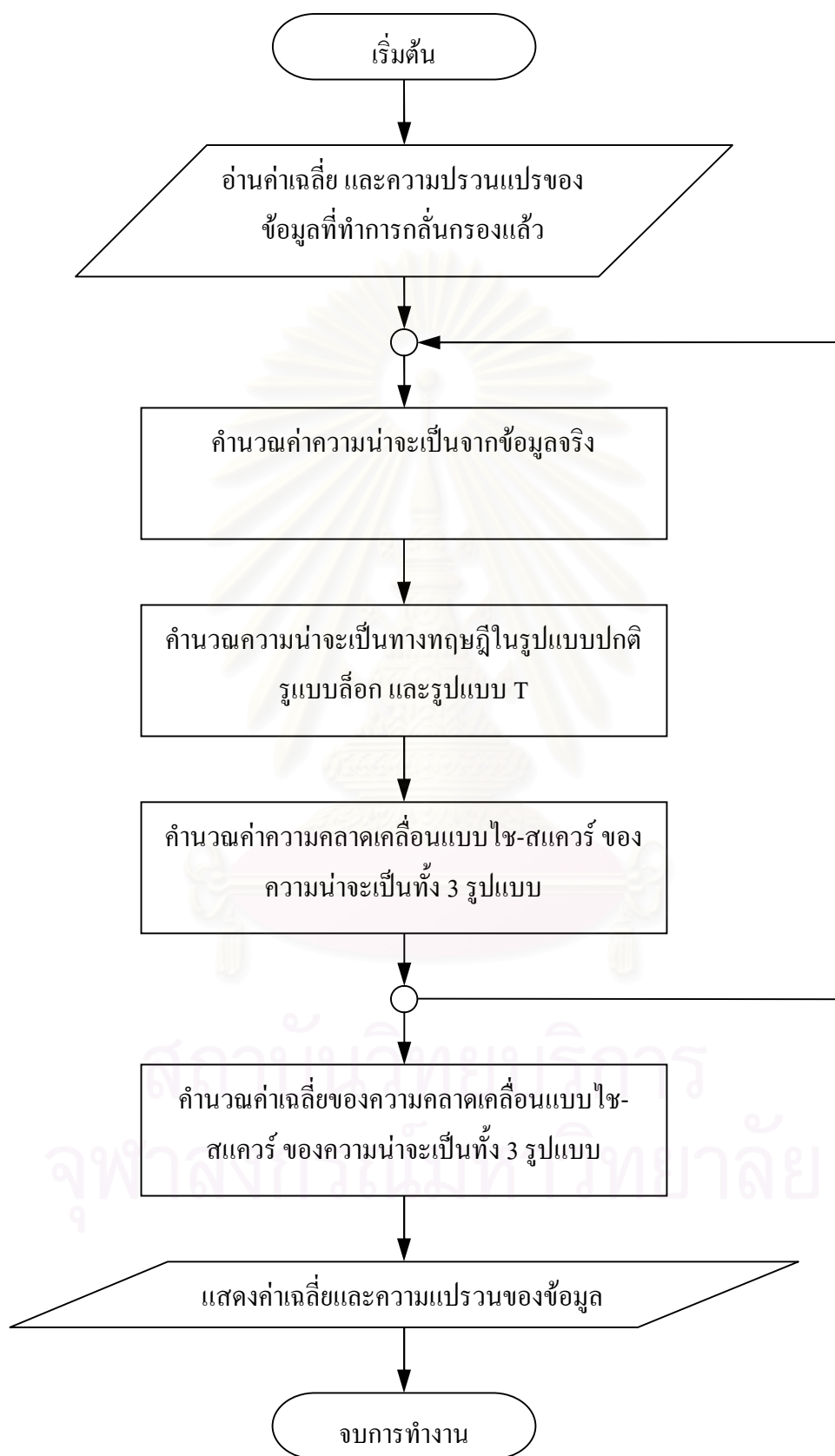


รูปที่ 4.2: แผนผังขั้นตอนในการคำนวณเพื่อทำการถ่วงน้ำหนักข้อมูล

ในกรณีศึกษาจะกำหนดความเชื่อมั่นไว้ที่ความเชื่อมั่น 99.9% ของการกระจายแบบปกติ จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนแปรของข้อมูล อุนหภูมิภายนอก ค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ จำนวนคน และอัตราส่วนความชื้นภายนอก เบื้องต้นและข้อมูลที่ได้อีกครั้งแล้ว ดังตารางที่ ก.1 ถึง ก.4, ก.6 ถึง ก.9, ก.11 ถึง ก.14, ก.16 ถึง ก.19 และรูปที่ ก.1 ถึง ก.4, ก.7 ถึง ก.10, ก.13 ถึง ก.16, ก.19 ถึง ก.22 พบว่าค่าเฉลี่ยจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก เนื่องจากมีการตัดข้อมูลทั้งด้านที่น้อยกว่าและมากกว่าค่าเฉลี่ยออกทั้งสองด้าน จึงไม่มีผลกระทบต่อค่าเฉลี่ยมากนัก ส่วนค่าความแปรปรวนจะลดลงโดยชัดเจน เนื่องจากค่าความแปรปรวนจะอยู่ในรูปแบบกำลังสอง การตัดข้อมูลทั้งด้านที่น้อยกว่าและมากกว่าค่าเฉลี่ยออกจะเป็นการตัดค่าที่มีเครื่องหมายเป็นบวกเหมือนกันต่างกับค่าเฉลี่ยที่มีการตัดข้อมูลทั้งบวกและลบ ทำให้ค่าความแปรปรวนของข้อมูลลดลง

3. หาค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของปัจจัยผันแปร

ในกรณีที่มีข้อมูลจริงตามเวลา เราสามารถใช้ข้อมูลนั้นเปรียบเทียบหาค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นได้โดยตรง เนื่องจากเราสามารถหาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของข้อมูลนั้นได้ โดยขั้นแรกต้องทำการถ่วงน้ำหนักข้อมูลก่อนตามที่ได้กล่าวมา หลังจากนั้นก็นำข้อมูลที่ถ่วงน้ำหนักแล้วมาหาความน่าจะเป็นที่เป็นค่าจริงของข้อมูล จากนั้นกำหนดรูปแบบฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นที่ต้องการทดสอบ ในงานวิจัยนี้จะเลือกรูปแบบฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง ไม่จำกัดเขต ซึ่งในขั้นแรกรูปแบบที่จะใช้ทดสอบนั้นมีหลายรูปแบบ จากการทดสอบเบื้องต้นพบว่ารูปแบบบางรูปแบบไม่เหมาะสม เช่น รูปแบบแกมมา เนื่องจากอัตราระหว่างค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนมีค่าสูงมาก ทำให้ค่าฟังก์ชันลู่ออกอย่างรวดเร็ว ส่วนรูปแบบที่เหมาะสมต่อการทดสอบพบว่าได้แก่ รูปแบบปกติ รูปแบบล็อก และรูปแบบที จากนั้นนำข้อมูลจริงที่ได้ แทนค่าลงในสมการของรูปแบบฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นที่ต้องการทดสอบ เพื่อหาค่าความน่าจะเป็นทางทฤษฎีในแต่ละรูปแบบออกมา จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่เป็นค่าจริง กับค่าความน่าจะเป็นทางทฤษฎีในแต่ละรูปแบบโดยการทดสอบ ซึ่งในการทำวิจัยนี้จะเลือกใช้การทดสอบแบบ ไช-สแควร์ สำหรับขั้นตอนต่างๆ ในการคำนวณ เพื่อเปรียบเทียบค่าการทดสอบแบบ ไช-สแควร์ของรูปแบบฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น แบบต่าง ๆ นั้น จะแสดงได้ดังแผนผังในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3: แผนผังขั้นตอนในการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบค่าการทดสอบแบบไซ-สแควร์

จากการทดสอบข้อมูลอุณหภูมิภายนอก ค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ จำนวนคน และอัตราส่วนความชื้นภายนอก ในกรณีศึกษา ดังตารางที่ ก.5, ก.10, ก.15 และ ก.20 พบว่า ในปัจจัยเดียวกันอาจจะให้ผลการทดสอบหรือรูปแบบที่เหมาะสมเหมือนกันหรือแตกต่างกัน ก็ได้ในแต่ละเวลา และจากรูปที่ ก.5 ถึง ก.6, ก.11 ถึง ก.12, ก.17 ถึง ก.18 และ ก.23 ถึง ก.24 พบว่า ในกรณีที่การกระจายตัวมีค่าสูงสุดสัมพันธ์อยู่กับค่าเฉลี่ยของข้อมูล จะให้ผลการทดสอบที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า กรณีที่มีจุดค่าสูงสุดสัมพันธ์กระจายตัวอยู่ทางด้านปลายด้านใดด้านหนึ่งหรือทั้งสองด้านของข้อมูล การตัดสินใจเลือกรูปแบบที่เหมาะสมจะเลือกเพียงรูปแบบเดียว เพื่อที่จะสามารถประยุกต์ใช้งานในกรณีทั่วไปได้ โดยจะพิจารณาจากค่าเฉลี่ยทั้งปีของการทดสอบ และพบว่ารูปแบบฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นที่เหมาะสมของ ข้อมูลอุณหภูมิภายนอก ค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ จำนวนคน และอัตราส่วนความชื้นภายนอก คือ รูปแบบปกติ เหมือนกันทั้งหมด

สำหรับกรณีของข้อมูลจำนวนคนนั้น ข้อมูลจะแบ่งเป็น 4 ช่วงเวลา คือ 6:00-8:00 น. 8:00-16:00 น. 16:00-19:00 น. และ 19:00-21:00 น. ซึ่งไม่ใช่ข้อมูลรายชั่วโมง เมื่อทำการถ่วงน้ำหนักและทดสอบหารูปแบบฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นที่เหมาะสมได้แล้ว ก็ต้องแปลงข้อมูลนั้นให้เป็นข้อมูลรายชั่วโมงก่อน เพื่อนำไปใช้งานในขั้นต่อไป โดยการคูณอัตราส่วนจำนวนคนในแต่ละชั่วโมงเข้าไป ซึ่งอัตราส่วนจำนวนคนในแต่ละชั่วโมงนั้นจะต้องแบ่งเป็นสองกรณีเนื่องจากความหนาแน่นที่ต่างกัน คือ ในช่วงเวลาปกติ คือ ทุกเดือน ยกเว้น เดือน กุมภาพันธ์ และ เดือน กันยายน และช่วงเวลาก่อนสอบปลายภาค คือ เดือน กุมภาพันธ์ และ เดือน กันยายน ซึ่งจะมีความหนาแน่นมากกว่า โดยใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นจะได้สมการฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของจำนวนคนรายชั่วโมง คือ

$$f(N_{h,\theta}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{Nh,\theta}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{N_{h,\theta} - \mu_{Nh,\theta}}{\sigma_{Nh,\theta}}\right)^2\right) \quad (4.1)$$

$$\text{เมื่อ } \mu_{Nh,\theta} = K_{h1,\theta}\mu_{h1,\theta} + K_{h2,\theta}\mu_{h2,\theta} + K_{h3,\theta}\mu_{h3,\theta} + K_{h4,\theta}\mu_{h4,\theta} \quad (4.2)$$

$$\sigma_{Nh,\theta}^2 = K_{h1,\theta}^2\sigma_{h1,\theta}^2 + K_{h2,\theta}^2\sigma_{h2,\theta}^2 + K_{h3,\theta}^2\sigma_{h3,\theta}^2 + K_{h4,\theta}^2\sigma_{h4,\theta}^2 \quad (4.3)$$

$\mu_{h1,\theta}$ และ $\sigma_{h1,\theta}^2$ คือ ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของจำนวนคนที่เวลา 6:00-8:00

$\mu_{h2,\theta}$ และ $\sigma_{h2,\theta}^2$ คือ ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของจำนวนคนที่เวลา 8:00-16:00

$\mu_{h3,\theta}$ และ $\sigma_{h3,\theta}^2$ คือ ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของจำนวนคนที่เวลา 16:00-19:00

$\mu_{h4,0}$ และ $\sigma_{h4,0}^2$ คือ ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของจำนวนคนที่เวลา 19:00-21:00

ค่า $K_{h1,0}$ $K_{h2,0}$ $K_{h3,0}$ $K_{h4,0}$ คือ อัตราส่วนจำนวนคนในแต่ละชั่วโมง

การหาค่าเฉลี่ยของการทดสอบนั้น จะต้องทำเฉพาะข้อมูลในเวลาที่มีจำนวนข้อมูลเท่ากันเท่านั้น เนื่องจากถ้ามีจำนวนข้อมูลไม่เท่ากัน ค่าระดับความอิสระ(Degree of Freedom) ของข้อมูลจะแตกต่างกัน ความน่าเชื่อถือของข้อมูลนั้นก็จะไม่เท่ากัน ข้อมูลบางเวลาถ้าพบว่ามี ความคลาดเคลื่อนสูงมาก เช่น ข้อมูลของค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ในแนวระดับ ช่วงเวลา 6:00-7:00 น. เนื่องจากค่าความเข้มของแสงแสงอาทิตย์และมุมระหว่างแสงอาทิตย์กับแนวระดับมีค่าน้อย ทำให้ค่าที่วัดได้มีความคลาดเคลื่อนสูงและให้ค่าการทดสอบที่สูงในทุกรูปแบบ ก็อาจจะไม่นำข้อมูลในช่วงเวลานั้นมาคิดค่าเฉลี่ยด้วย เนื่องจากข้อมูลในช่วงเวลานั้น อาจมีอิทธิพลสูงต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย ทำให้รูปแบบที่เหมาะสมมีการเปลี่ยนแปลงได้

ซึ่งในกรณีศึกษาพบว่าข้อมูลบางปัจจัยคือ จำนวนหลอดไฟส่องสว่าง และจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งาน มีข้อมูลไม่เพียงพอ ที่จะนำมาทดสอบหารูปแบบของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นตามวิธีที่กล่าวมา มีเพียงแค่ข้อมูลค่าเฉลี่ยการใช้งานหรือค่าตัวประกอบการใช้งาน ซึ่งเราสามารถแก้ปัญหาได้โดยนำค่าตัวประกอบการใช้งานมาประยุกต์ใช้ เพื่อหารูปแบบของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นได้ โดยกำหนดให้ข้อมูลมีลักษณะการกระจายแบบสุม โดยให้ค่าความน่าจะเป็นในการใช้งานของอุปกรณ์เท่ากับค่าตัวประกอบการใช้งาน ดังนั้นจากสมการที่ 3.58 จะได้ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น คือ

$$f(N_U) = \frac{1}{\sqrt{2\pi U_f N_T (1-U_f)}} \exp\left(\frac{-(N_U - N_T U_f)^2}{2N_T U_f (1-U_f)}\right) \quad (4.4)$$

เมื่อเปรียบเทียบกับสมการการกระจายรูปแบบปกติ สมการที่ (3.42)

$$f(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_X} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu_X}{\sigma_X}\right)^2\right)$$

จะพบว่าค่าเฉลี่ยในการใช้งานคือ $\mu_X = N_T U_f$ (4.5)

ค่าความแปรปรวนในการใช้งาน คือ $\sigma_X^2 = U_f N_T (1-U_f)$ (4.6)

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ในกรณีที่มีข้อมูลไม่เพียงพอที่จะนำมาทดสอบหา รูปแบบของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นได้โดยตรง เราสามารถหารูปแบบของ ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นได้ โดยใช้ค่าตัวประกอบการใช้งาน โดยรูปแบบฟังก์ชัน ความหนาแน่นของความน่าจะเป็นที่ได้นั้นจะมีรูปแบบปกติ โดยมีค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวน ตารมสมการที่ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ

สำหรับในกรณีที่มีอุปกรณ์ที่ใช้งานมีหลายชนิด แต่ละชนิดมีค่าตัวประกอบการใช้ งานและความร้อนสูญเสียไม่เท่ากัน เราสามารถหาค่าตัวประกอบการใช้งานรวมของอุปกรณ์ทุก ชนิดได้ โดยใช้วิธีถ่วงคูลน้ำหนัก(Weighting Method) แต่ก่อนที่จะทำการถ่วงคูลน้ำหนักเราจะต้อง แปลงการใช้งานของอุปกรณ์ทุกชนิด ให้อยู่ในรูปความร้อนสูญเสียก่อน เพื่อให้เป็นหน่วยเดียวกัน ก่อนที่จะใช้วิธีถ่วงคูลน้ำหนัก

กำหนดให้อุปกรณ์ A มีจำนวน N_A เปิดใช้งานตลอดเวลาจำนวน N_{A1} มีค่า ความร้อนสูญเสีย W_A ส่วนจำนวนที่เหลือไม่ได้ใช้งานตลอดเวลา โดยมีค่าตัวประกอบการใช้งาน เท่ากับ U_{fA} อุปกรณ์ B มีจำนวน N_B เปิดใช้งานตลอดเวลาจำนวน N_{B1} มีค่าความร้อนสูญเสีย W_B ส่วนจำนวนที่เหลือไม่ได้ใช้งานตลอดเวลา มีค่าตัวประกอบการใช้งานเท่ากับ U_{fB}

จะเห็นว่ามียุกรณ์ที่เปิดใช้งานตลอดเวลาอยู่จำนวนหนึ่ง คือ $N_{A1} + N_{B1}$

โดยมีความร้อนสูญเสียรวม $W_1 = W_A N_{A1} + W_B N_{B1}$ _____(4.7)

มีค่าตัวประกอบการใช้งาน $U_{f1} = 1$

อุปกรณ์ทั้งสองชนิดที่ไม่ได้ใช้งานตลอดเวลา มีจำนวน $(N_A - N_{A1}) + (N_B - N_{B1})$

โดยมีความร้อนสูญเสียรวม $W_2 = W_A (N_A - N_{A1}) + W_B (N_B - N_{B1})$ _____(4.8)

ค่าตัวประกอบการใช้งานหาได้โดยการถ่วงคูลน้ำหนักได้ดังนี้

$$U_{f2} = \frac{U_{fA} W_A (N_A - N_{A1}) + U_{fB} W_B (N_B - N_{B1})}{W_A (N_A - N_{A1}) + W_B (N_B - N_{B1})} \quad \text{_____}(4.9)$$

รวมการใช้งานของอุปกรณ์ทั้งที่ที่เปิดใช้งานตลอดเวลาและไม่ได้ใช้งานตลอดเวลาเพื่อหาค่าตัว ประกอบการใช้งานรวมของอุปกรณ์ทั้งหมดได้ดังนี้

$$U_f = \frac{U_{f2}(W_A(N_A - N_{A1}) + W_B(N_B - N_{B1})) + W_A N_{A1} + W_B N_{B1}}{W_A(N_A - N_{A1}) + W_B(N_B - N_{B1}) + W_A N_{A1} + W_B N_{B1}}$$

$$U_f = \frac{W_A(U_{f2}N_A + (1-U_{f2})N_{A1}) + W_B(U_{f2}N_B + (1-U_{f2})N_{B1})}{W_A N_A + W_B N_B} \quad \text{_____ (4.10)}$$

โดยมีค่าความร้อนสูญเสียรวมเท่ากับ

$$W = W_A N_A + W_B N_B \quad \text{_____ (4.11)}$$

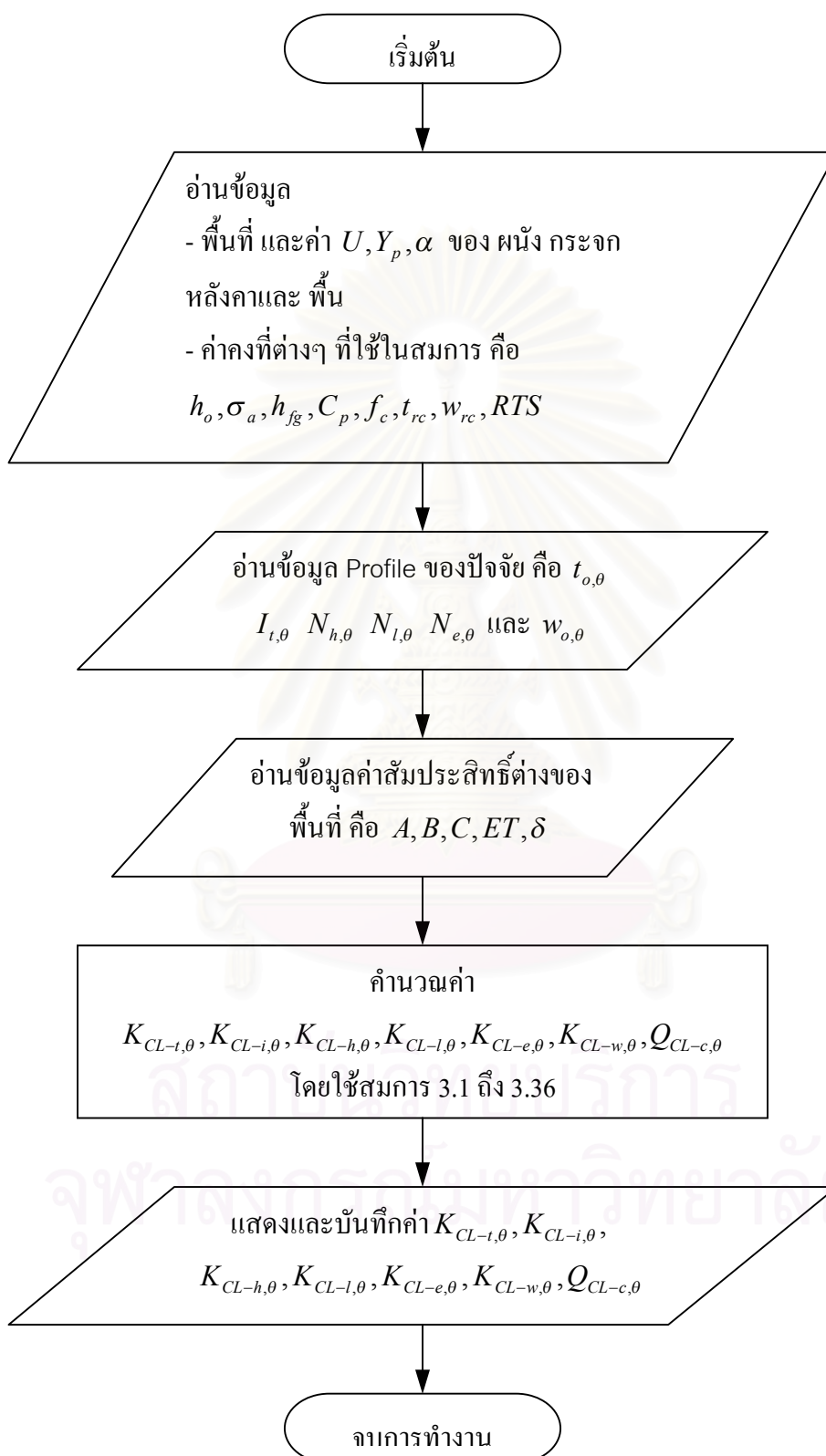
ในกรณีศึกษา จากตารางที่ ก.23 และ ก.27 เป็นการแสดงค่าความร้อนสูญเสียรวมจากหลอดไฟส่องสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานตลอดเวลาตามลำดับ ตารางที่ ก.24 และ ก.28 เป็นการแสดงค่าความร้อนสูญเสียและค่าตัวประกอบการใช้งานจากหลอดไฟส่องสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่ได้ใช้งานตลอดเวลาทุกประเภทตามลำดับ ซึ่งเมื่อใช้สมการที่ 4.8 และทำการถ่วงคูลน้ำหนักตามสมการที่ 4.9 แล้วก็จะได้ค่าความร้อนสูญเสียรวมและค่าตัวประกอบการใช้งานรวมจากหลอดไฟส่องสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่ได้ใช้งานตลอดเวลาทุกประเภท ดังตารางที่ ก.25 และ ก.29 ตามลำดับ ทำการถ่วงคูลน้ำหนักอีกครั้งตามสมการที่ 4.10 ก็จะได้ค่าตัวประกอบการใช้งานรวม และใช้สมการที่ 4.11 หาค่าความร้อนสูญเสียรวมของหลอดไฟส่องสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดทุกประเภท ในแต่ละเวลา ดังแสดงในตารางที่ ก.26 และ ก.27 ตามลำดับ

4. หาสมาการความน่าจะเป็นของค่าภาระการทำความเย็น

เมื่อเราทราบค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น ของปัจจัยทุกประการ ที่มีผลต่อค่าภาระการทำความเย็นแล้ว เราก็อาศัยค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของปัจจัยเหล่านั้น ไปคำนวณหาสมการค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของค่าภาระการทำความเย็น โดยอาศัยความสัมพันธ์จากสมการการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น (สมการที่ 3.36)

$$Q_{CL,\theta} = K_{CL-i,\theta} t_{o,\theta} + K_{CL-i,\theta} I_{th,\theta} + K_{CL-h,\theta} N_{h,\theta} + K_{CL-l,\theta} N_{l,\theta} \\ + K_{CL-e,\theta} N_{e,\theta} + K_{CL-w,\theta} W_{o,\theta} + Q_{CL-c,\theta}$$

ค่า $K_{CL-i,\theta}$, $K_{CL-i,\theta}$, $K_{CL-h,\theta}$, $K_{CL-l,\theta}$, $K_{CL-e,\theta}$, $K_{CL-w,\theta}$ และ $Q_{CL-c,\theta}$ สามารถหาได้จากสมการที่ 3.1 ถึง 3.36 ซึ่งขั้นตอนการคำนวณจะแสดงไว้ในแผนผัง ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4: แผนผังขั้นตอนในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ในสมการการทำความเย็น

กำหนดให้ปัจจัยทั้งหมดเป็นอิสระต่อกันจะได้

$$Q_{CL,\theta} = Q_{t,\theta}(t_{o,\theta}) + Q_{i,\theta}(I_{th,\theta}) + Q_{h,\theta}(N_{h,\theta}) + Q_{l,\theta}(N_{l,\theta}) + Q_{e,\theta}(N_{e,\theta}) + Q_{w,\theta}(w_{o,\theta}) + Q_{CL-c,\theta} \quad (4.12)$$

เมื่อ

$$Q_{t,\theta}(t_{o,\theta}) = K_{CL-t,\theta} t_{o,\theta}$$

$$Q_{i,\theta}(I_{th,\theta}) = K_{CL-i,\theta} I_{th,\theta}$$

$$Q_{h,\theta}(N_{h,\theta}) = K_{CL-h,\theta} N_{h,\theta}$$

$$Q_{l,\theta}(N_{l,\theta}) = K_{CL-l,\theta} N_{l,\theta}$$

$$Q_{e,\theta}(N_{e,\theta}) = K_{CL-e,\theta} N_{e,\theta}$$

$$Q_{w,\theta}(w_{o,\theta}) = K_{CL-w,\theta} w_{o,\theta}$$

ถ้ากำหนดให้

$$f_t(t_{o,\theta}) \quad \text{คือ ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของ } t_{o,\theta}$$

$$f_i(I_{th,\theta}) \quad \text{คือ ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของ } I_{th,\theta}$$

$$f_h(N_{h,\theta}) \quad \text{คือ ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของ } N_{h,\theta}$$

$$f_l(N_{l,\theta}) \quad \text{คือ ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของ } N_{l,\theta}$$

$$f_e(N_{e,\theta}) \quad \text{คือ ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของ } N_{e,\theta}$$

$$f_w(w_{o,\theta}) \quad \text{คือ ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของ } w_{o,\theta}$$

อาศัยคุณสมบัติของการถ่ายเทของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น หาฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของค่าความร้อนที่เกิดจากปัจจัยนั้นๆ ได้ดังนี้

$$f_{Q_t}(Q_{t,\theta}) = f_t\left(\frac{Q_{t,\theta}}{K_{CL-t,\theta}}\right) \quad (4.13ก)$$

$$f_{Q_i}(Q_{i,\theta}) = f_i\left(\frac{Q_{i,\theta}}{K_{CL-i,\theta}}\right) \quad (4.13ข)$$

$$f_{Q_h}(Q_{h,\theta}) = f_h\left(\frac{Q_{h,\theta}}{K_{CL-h}}\right) \quad (4.13ค)$$

$$f_{Q_l}(Q_{l,\theta}) = f_l\left(\frac{Q_{l,\theta}}{K_{CL-l}}\right) \quad (4.13ง)$$

$$f_{Q_e}(Q_{e,\theta}) = f_e\left(\frac{Q_{e,\theta}}{K_{CL-e}}\right) \quad \text{_____ (4.13จ)}$$

$$f_{Q_w}(Q_{w,\theta}) = f_w\left(\frac{Q_{w,\theta}}{K_{CL-w,\theta}}\right) \quad \text{_____ (4.13ฉ)}$$

นำฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของค่าความร้อนที่เกิดจากปัจจัยทุกปัจจัยมาทำการอินทิเกรต ตามสมการที่ 3.48 เพื่อหาค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของค่าภาระการทำความเย็น จะได้

$$f_{Q_{CL,\theta}}(Q_{CL,\theta}) = \int_{-\infty}^{\infty} \int \int \int \int f_{Q_t}(Q_{t,\theta}) \cdot f_{Q_i}(Q_{i,\theta}) \cdot f_{Q_h}(Q_{h,\theta}) \cdot f_{Q_l}(Q_{l,\theta}) \cdot f_{Q_e}(Q_{e,\theta}) \cdot f_{Q_w}(Q_{w,\theta}) \\ dQ_{t,\theta} dQ_{i,\theta} dQ_{h,\theta} dQ_{l,\theta} dQ_{e,\theta} dQ_{w,\theta}$$

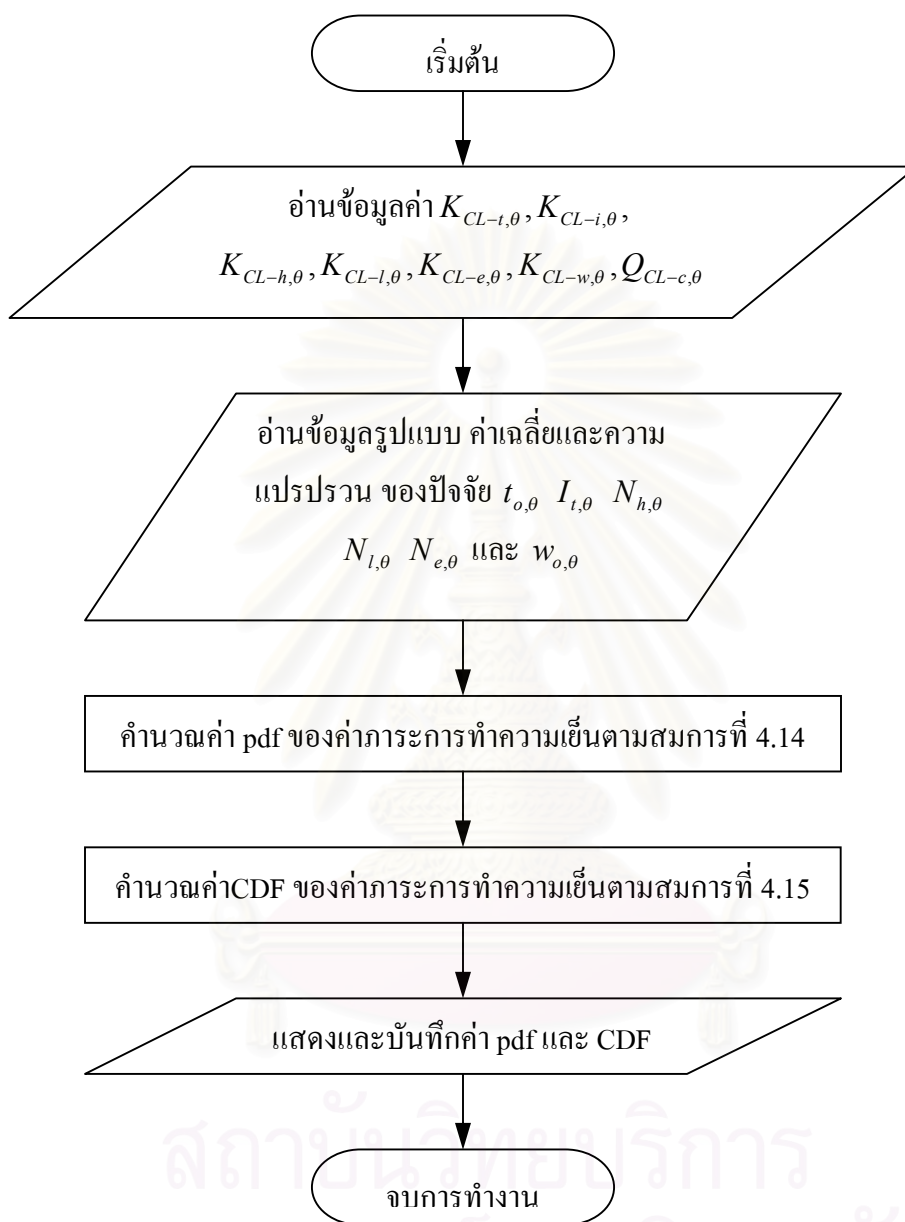
$$f_{Q_{CL,\theta}}(Q_{CL,\theta}) = \int_{-\infty}^{\infty} \int \int \int \int f_{Q_t}(Q_{CL,\theta} - Q_{i,\theta} - Q_{c,\theta} - Q_{h,\theta} - Q_{l,\theta} - Q_{e,\theta} - Q_{w,\theta}) \cdot f_{Q_i}(Q_{i,\theta}) \\ \cdot f_{Q_h}(Q_{h,\theta}) \cdot f_{Q_l}(Q_{l,\theta}) \cdot f_{Q_e}(Q_{e,\theta}) \cdot f_{Q_w}(Q_{w,\theta}) dQ_{i,\theta} dQ_{h,\theta} dQ_{l,\theta} dQ_{e,\theta} dQ_{w,\theta}$$

แทนค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของแต่ละปัจจัยจะได้สมการฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของค่าภาระการทำความเย็น คือ

$$f_{Q_{CL,\theta}}(Q_{CL,\theta}) = \int_{-\infty}^{\infty} \int \int \int \int K_{CL-t,\theta} K_{CL-i,\theta} K_{CL-c,\theta} K_{CL-h,\theta} K_{CL-l,\theta} K_{CL-e,\theta} K_{CL-w,\theta} \\ f_t\left(\frac{Q_{CL,\theta} - K_{CL-i,\theta} I_{th,\theta} + K_{CL-c,\theta} + K_{CL-h,\theta} N_{h,\theta} + K_{CL-l,\theta} N_{l,\theta} + K_{CL-e,\theta} N_{e,\theta} + K_{CL-w,\theta} w_{o,\theta}}{K_{CL-t,\theta}}\right) \cdot \\ f_l(I_{th,\theta}) \cdot f_{N_h}(N_{h,\theta}) \cdot f_{N_l}(N_{l,\theta}) \cdot f_{N_e}(N_{e,\theta}) \cdot f_w(w_{o,\theta}) dI_{th,\theta} dN_{h,\theta} dN_{l,\theta} dN_{e,\theta} dw_{o,\theta} \quad \text{_____ (4.14)}$$

การหาค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความถี่สะสม สามารถทำได้โดยการอินทิเกรตสมการที่ 4.14 จะได้สมการของฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสม คือ

$$CDF(Q_{CL,\theta} < Q_0) = \int_{-\infty}^{Q_0} f_Q(Q_{CL,\theta}) dQ_{CL,\theta} \quad \text{_____ (4.15)}$$



รูปที่ 4.5: แผนผังขั้นตอนในการคำนวณ ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น และค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความถี่สะสม

การแก้ปัญหาฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นในแต่ละกรณี จะขึ้นอยู่กับรูปแบบการกระจายของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของแต่ละตัวแปร ในกรณีศึกษาพบว่า ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของทุกตัวแปรจะอยู่ในรูปแบบการกระจายแบบปกติ ซึ่งจะเป็นกรณีที่สำคัญและพบบ่อยกรณีหนึ่ง เนื่องจากรูปแบบการกระจาย

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นส่วนใหญ่จะเป็นลักษณะนี้ ส่วนในกรณีที่มีรูปแบบการกระจายแบบอื่น ก็จะใช้หลักการแก้ปัญหาแนวทางเดียวกัน แต่รูปแบบสมการจะเปลี่ยนไป

จากสมการฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นรูปแบบปกติ

$$f_X(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_X} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{X - \mu_X}{\sigma_X}\right)^2\right)$$

แทนค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของแต่ละปัจจัยลงในสมการ 4.14 โดยแสดงการอินทิเกรตครั้งละ 2 ตัวแปร เพื่อลดความซับซ้อนลงจะได้ว่า

$$f_Q(Q_{1,\theta}) = \int_{-\infty}^{\infty} K_{CL-t,\theta} K_{CL-i,\theta} \cdot f_t\left(\frac{Q_{1,\theta} - K_{CL-i,\theta} I_{th,\theta}}{K_{CL-t,\theta}}\right) \cdot f_I(I_{th,\theta}) \cdot dI_{th,\theta}$$

$$f_Q(Q_{1,\theta}) = \int_{-\infty}^{\infty} K_{CL-t,\theta} K_{CL-i,\theta} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_{t,\theta}} e^{-\frac{(Q_{1,\theta} - K_{CL-i,\theta} I_{th,\theta} - \mu_{t,\theta})^2}{2\sigma_{t,\theta}^2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_{I,\theta}} e^{-\frac{(I_{th,\theta} - \mu_{I,\theta})^2}{2\sigma_{I,\theta}^2}} \cdot dI_{th,\theta}$$

$$f_Q(Q_{1,\theta}) = K_{CL-t,\theta} K_{CL-i,\theta} \frac{1}{2\pi \cdot \sigma_{t,\theta} \cdot \sigma_{I,\theta}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{(Q_{1,\theta} - K_{CL-i,\theta} I_{th,\theta} - K_{CL-t,\theta} \mu_{t,\theta})^2}{2\sigma_{t,\theta}^2 K_{CL-t,\theta}^2} - \frac{(I_{th,\theta} - \mu_{I,\theta})^2}{2\sigma_{I,\theta}^2}} dI_{th,\theta}$$

จะเห็นว่าเทอมกำลังสามารถจัดให้อยู่ในรูปผลบวกกำลังสองของค่า $I_{th,\theta}$ ได้ และอาศัยคุณสมบัติการอินทิเกรตตามสมการ

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-a^2(X+b)^2} dX = \frac{\sqrt{\pi}}{a}$$

เมื่ออินทิเกรตสมการแล้วจะได้สมการ คือ

$$f_Q(Q_{1,\theta}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sqrt{K_{CL-t,\theta}^2 \sigma_{t,\theta}^2 + K_{CL-i,\theta}^2 \sigma_{I,\theta}^2}} \exp\left(-\frac{(Q_{1,\theta} - K_{CL-t,\theta} \mu_{t,\theta} - K_{CL-i,\theta} \mu_{I,\theta})^2}{2(K_{CL-t,\theta}^2 \sigma_{t,\theta}^2 + K_{CL-i,\theta}^2 \sigma_{I,\theta}^2)}\right)$$

จะเห็นว่าถ้าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของตัวแปร $t_{o,\theta}$ และ $I_{th,\theta}$ มีรูปแบบปกติเหมือนกันแล้ว จะได้ว่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นที่อินทิเกรตได้ ก็ จะอยู่ในรูปแบบปกติเหมือนกัน เมื่ออินทิเกรตครบทั้ง 6 ปัจจัยก็จะได้สมการฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของค่าการกระทำความเย็น คือ

$$f_Q(Q_{CL,\theta}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sqrt{(K_{CL-t}^2 \sigma_t^2 + K_{CL-l}^2 \sigma_l^2 + K_{CL-h}^2 \sigma_h^2 + K_{CL-i}^2 \sigma_i^2 + K_{CL-e}^2 \sigma_e^2 + K_{CL-c}^2 \sigma_c^2)_\theta}} \exp\left(-\frac{(Q_{1,\theta} - K_{CL-t} \mu_t - K_{CL-l} \mu_l - K_{CL-h} \mu_h - K_{CL-i} \mu_i - K_{CL-e} \mu_e - K_{CL-w} \mu_w - Q_{CL-c})_\theta^2}{2(K_{CL-t}^2 \sigma_t^2 + K_{CL-l}^2 \sigma_l^2 + K_{CL-h}^2 \sigma_h^2 + K_{CL-i}^2 \sigma_i^2 + K_{CL-e}^2 \sigma_e^2 + K_{CL-c}^2 \sigma_c^2)_\theta}\right) \quad (4.16)$$

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ถ้าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของตัวแปรทุกตัวมีรูปแบบปกติเหมือนกันแล้ว ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของค่าการกระทำ ความเย็นจะมีรูปแบบปกติด้วย โดยมี

$$\text{ค่าเฉลี่ย} \quad \mu(Q_{CL,\theta}) = K_{CL-t,\theta} \mu_{t,\theta} + K_{CL-l,\theta} \mu_{l,\theta} + K_{CL-h,\theta} \mu_{h,\theta} + K_{CL-i,\theta} \mu_{i,\theta} + K_{CL-e,\theta} \mu_{e,\theta} + K_{CL-w,\theta} \mu_{w,\theta} + Q_{CL-c,\theta}$$

$$\text{ค่าความแปรปรวน} \quad \sigma^2(Q_{CL,\theta}) = K_{CL-t,\theta}^2 \sigma_{t,\theta}^2 + K_{CL-l,\theta}^2 \sigma_{l,\theta}^2 + K_{CL-h,\theta}^2 \sigma_{h,\theta}^2 + K_{CL-i,\theta}^2 \sigma_{i,\theta}^2 + K_{CL-e,\theta}^2 \sigma_{e,\theta}^2 + K_{CL-c,\theta}^2 \sigma_{c,\theta}^2$$

การหาค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมของค่าการกระทำ ความเย็น ที่ค่า Q_0 ก็สามารทำได้โดยใช้การอินทิเกรตสมการที่ 4.15 โดยใช้ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นจากสมการที่ 4.16 ซึ่งการอินทิเกรตสมการนี้ จะต้องใช้วิธีการเชิงเลขเข้าช่วย ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ในกรณีศึกษาจะแสดงดังตารางที่ ก.33 และรูปที่ ก.25 ถึง ก.32

ดังนั้นจะเห็นว่าการคำนวณการกระทำ ความเย็น ที่เกิดจากการประยุกต์ใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นเข้ากับวิธีการคำนวณค่าการกระทำ ความเย็นตามงานวิจัยนี้ จะให้ค่าคำตอบของ การกระทำ ความเย็นทุกค่าที่เป็นไปได้ มิได้ให้คำตอบเดียวเหมือนวิธีการคำนวณที่ผ่านมา และ จะให้ค่าความน่าจะเป็นในการเกิดของค่าการกระทำ ความเย็นนั้นๆ มาพร้อมกันด้วย ข้อมูลเหล่านี้สามารถเป็นเครื่องมือในการตัดสินใจเลือกใช้ค่าการกระทำ ความเย็นที่เหมาะสมได้

ในกรณีที่ค่าการกระทำ ความเย็นมีความแปรปรวนสูง (ลักษณะการกระจาย (Diversity) ของค่าการกระทำ ความเย็นมีค่าสูง) ดังเช่น กราฟในรูปที่ ก.30 และ ก.32 พบว่า อัตราส่วนระหว่าง การเปลี่ยนแปลงค่าการกระทำ ความเย็นกับการเปลี่ยนแปลงความน่าจะเป็นจะมีค่าสูง หมายความว่า การเปลี่ยนแปลงค่าความน่าจะเป็นเพียงเล็กน้อย ในกรณีที่ค่าการกระทำ ความเย็นมีความแปรปรวนสูง จะส่งผลในค่าการกระทำ ความเย็นมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่ากรณีที่ค่าการกระทำ ความเย็นมีความแปรปรวนต่ำ ดังนั้นการใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นในการคำนวณค่า

ภาระการทำความเย็นจะมีผลที่ชัดเจนและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ถ้าความแปรปรวนหรือลักษณะการกระจายของค่าภาระการทำความเย็นมีค่าสูง

การเปรียบเทียบค่าภาระการทำความเย็นภายใต้เงื่อนไขการคำนวณแบบต่างๆ

การเปรียบเทียบค่าภาระการทำความเย็นภายใต้เงื่อนไขต่างๆ จะแสดงตัวอย่างดังในกรณีศึกษาซึ่งจะมีการเปรียบเทียบ การคำนวณค่าภาระการทำความเย็นภายใต้เงื่อนไขต่างๆ จากผลลัพธ์ที่ได้พบว่า จุดสูงสุดของค่าภาระการทำความเย็นจะเกิดขึ้นในเวลาที่แตกต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขการคำนวณ

1. ใช้ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมที่ 80% ของค่าภาระการทำความเย็น พบว่าจุดสูงสุดของค่าภาระการทำความเย็น จะอยู่ที่ 512 ตันความเย็น
2. ใช้ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมที่ 90% ของค่าภาระการทำความเย็น พบว่าจุดสูงสุดของค่าภาระการทำความเย็น จะอยู่ที่ 536 ตันความเย็น
3. ใช้ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมที่ 98% ของค่าภาระการทำความเย็น พบว่าจุดสูงสุดของค่าภาระการทำความเย็น จะอยู่ที่ 585 ตันความเย็น
4. ใช้ค่าเงื่อนไขการออกแบบที่ค่าสูงสุดที่ 2% ของปีจจัยต่างๆ ทุกปีจจัย พบว่าจุดสูงสุดของค่าภาระการทำความเย็น จะอยู่ที่ 674 ตันความเย็น
5. ใช้ข้อมูลปีจจัยต่างๆ ของปี พ.ศ. 2546 ในการคำนวณโดยตรง พบว่าจุดสูงสุดของค่าภาระการทำความเย็น จะอยู่ที่ 548 ตันความเย็น

ค่าที่ได้จะแสดงดังตารางที่ ก.34 โดยมีการแสดงผลเป็นกราฟดังรูปที่ ก.33 ถึงรูปที่ ก.34 เฉพาะเดือนที่ค่าภาระการทำความเย็นมีค่าสูงสุดจากการคำนวณทั้ง 3 เงื่อนไข

เมื่อเปรียบเทียบค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด จากเงื่อนไขการออกแบบที่ค่าสูงสุดที่ 2% ซึ่งมีค่า 674 ตันความเย็น พบว่าจะมีค่ามากกว่าค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดที่คำนวณโดยตรงซึ่งมีค่า 548 ตันความเย็น อยู่ 23% และผลการคำนวณค่าความถี่สะสม ดังแสดงในตารางที่ ก.33 ในเวลาเดียวกัน พบว่า ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสม ณ จุดดังกล่าวมีค่ามากกว่า 99.9% ซึ่งหมายความว่า โอกาสที่ค่าภาระการทำความเย็นที่จะมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 674 ตันความเย็นนั้นแทบไม่มีเลย แสดงว่าโอกาสที่ค่าต่างๆ ของปีจจัยทั้งหมดจะเป็นค่าสูงสุดที่ 2% พร้อมกันมีน้อยมาก ดังนั้นการใช้ค่าภาระการทำความเย็นที่ 674 ตันความเย็น ในการเลือกขนาดเครื่องปรับอากาศนั้นมีค่าสูงเกินไป

เมื่อพิจารณาค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด จากใช้ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของ ความถี่สะสมที่ 80% และ 90% พบว่า ค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดมีค่าน้อยกว่าค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณโดยตรง แสดงว่าการเลือกใช้ค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดจากเงื่อนไขทั้งสอง มีความเป็นไปได้ที่ภาระการทำความเย็นจะสูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ พิจารณาค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด จากใช้ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมที่ 98% พบว่า ค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดมีค่ามากกว่าค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณโดยตรงอยู่ 6.8% เมื่อตรวจสอบค่าที่คำนวณโดยตรง ณ เวลาดังกล่าวกับตารางที่ ก.33 พบว่า ค่าความหนาแน่นของค่าความถี่สะสมจะอยู่ที่ 95% แสดงว่าการเลือกใช้ค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดจากเงื่อนไขนี้ มีความเป็นไปได้สูงที่ค่าภาระการทำความเย็นที่กำหนดไว้จะมีค่าสูงกว่าค่าภาระการทำความเย็นจริง

เมื่อพิจารณาค่าภาระการทำความเย็นตลอดปี เพื่อตรวจสอบแบบย้อนกลับว่าค่าที่คำนวณได้มีค่าใกล้เคียงกับเงื่อนไขที่กำหนดไว้ก่อนการคำนวณ พบว่า

- ค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้ภายใต้เงื่อนไขการใช้ข้อมูลจริง จะมีค่าน้อยกว่า ค่าภาระการทำความเย็นที่ใช้เงื่อนไข ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมที่ 80% อยู่ทั้งหมด 80.33 %
- ค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้ภายใต้เงื่อนไขการใช้ข้อมูลจริง จะมีค่าน้อยกว่า ค่าภาระการทำความเย็นที่ใช้เงื่อนไข ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมที่ 90% อยู่ทั้งหมด 90.35 %
- ค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้ภายใต้เงื่อนไขการใช้ข้อมูลจริง ค่าภาระการทำความเย็นที่ใช้เงื่อนไข ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมที่ 98% อยู่ทั้งหมด 98.4 %

ค่าที่ได้ทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าการคำนวณนั้นได้รับการตรวจสอบแล้วว่ามีความถูกต้อง ส่วนการออกแบบที่ค่าสูงสุดที่ 2% ค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้ภายใต้เงื่อนไขการใช้ข้อมูลจริง จะมีค่าน้อยกว่าค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้อยู่ทั้งหมด 99.24 % ซึ่งหมายความว่ามีโอกาสน้อยมากที่ค่าภาระการทำความเย็นจริงจะเกินกว่าค่าที่กำหนด

ดังนั้นจากกรณีศึกษาี้ ตามเงื่อนไขทั้งหมดที่กล่าวมา พบว่าค่าภาระการทำความเย็นที่เหมาะสมคือ 585 ตัน ที่ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมที่ 98% ค่านี้จะสามารถให้ความมั่นใจได้ว่าจะสามารถครอบคลุมค่าภาระการทำความเย็นตลอดทั้งปีได้ โดยที่ขนาดภาระการทำความเย็นไม่มากเกินไปจนเกินไป การตัดสินใจเลือกค่าภาระการทำความเย็นที่เหมาะสม อาจจะเปลี่ยนไปก็ได้ ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขต่างๆ

บทที่ 5

ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

ข้อสรุป

จากเนื้อหาและการวิเคราะห์ในกระบวนการทำวิจัยที่กล่าวมาทั้งหมด เราสามารถสรุปสาระที่สำคัญได้ดังนี้

1. รูปแบบใหม่ในการคำนวณภาระการทำความเย็น ที่เกิดจากการประยุกต์ใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นเข้ากับวิธีการคำนวณภาระการทำความเย็น จะให้ค่าคำตอบของภาระการทำความเย็นทุกค่าที่เป็นไปได้ มิได้ให้ค่าคำตอบเดียวเหมือนวิธีการคำนวณที่ผ่านมา และจะให้ค่าความน่าจะเป็นในการเกิดของค่าภาระการทำความเย็นนั้นๆ ด้วย ในแต่ละช่วงเวลา โดยอาศัยข้อมูลความน่าจะเป็นของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลทำให้ค่าภาระการทำความเย็นผันแปร
2. รูปแบบการกระจายค่าความน่าจะเป็นของข้อมูลต่างๆ เช่น อุณหภูมิภายนอก จำนวนคน รวมถึงค่าภาระการทำความเย็น เมื่อพิจารณาข้อมูลทั้งหมดโดยรวมแล้ว พบว่ารูปแบบการกระจายที่มีความเหมาะสมที่สุดคือ รูปแบบปกติ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นๆ ที่ผ่านมา
3. กรณีที่ค่าภาระการทำความเย็นมีความแปรปรวนสูง การเปลี่ยนแปลงค่าความน่าจะเป็นเพียงเล็กน้อย จะส่งผลให้ค่าภาระการทำความเย็นมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่ากรณีที่ค่าภาระการทำความเย็นมีความแปรปรวนต่ำ ดังนั้นการใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นในการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นจะมีผลที่ชัดเจนและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ถ้าความแปรปรวนหรือลักษณะการกระจายของค่าภาระการทำความเย็นมีค่าสูง
4. การใช้เงื่อนไขการออกแบบที่แตกต่างกัน จะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ออกมามีความแตกต่างกัน รวมทั้งเวลาที่เกิดจุดสูงสุดของค่าภาระการทำความเย็นก็แตกต่างกันด้วย ดังที่แสดงในกรณีศึกษาพบว่า เงื่อนไขการออกแบบที่ค่าสูงสุด 2% จะให้ค่าสูงสุดของภาระการทำความเย็นมากกว่าค่าสูงสุดที่คำนวณโดยตรงเท่ากับ 23% และเมื่อตรวจสอบความน่าจะเป็นของค่าดังกล่าว ณ เวลาที่เกิดขึ้นพบว่า มีความน่าจะเป็นที่ค่าภาระการทำความเย็นจะมากกว่าค่าดังกล่าวไม่ถึง 0.01% แสดงว่าค่าดังกล่าวแทบไม่มีโอกาสเกิดขึ้นเลย ดังนั้นการออกแบบด้วยค่าดังกล่าว จะทำให้น้ำหนักของเครื่องปรับอากาศมีขนาดใหญ่เกินความจำเป็น ส่วนเงื่อนไขการออกแบบที่ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมที่ 98% จะให้ค่าสูงสุด

ของภาระการทำความเย็นลดลงเมื่อเทียบกับเงื่อนไขแรก แต่ก็ยังมีค่ามากกว่าซึ่งจะมีค่ามากกว่าค่าสูงสุดที่คำนวณโดยตรงอยู่ 6.8% ส่วนการคำนวณที่เงื่อนไขการออกแบบที่ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมที่ 80% และ 90% พบว่าจะให้ค่าสูงสุดของภาระการทำความเย็นน้อยกว่าค่าสูงสุดที่คำนวณโดยตรง ดังนั้นในกรณีนี้สามารถตัดสินใจได้ว่าค่าที่เหมาะสมในการออกแบบคือที่ความถี่สะสม 98% และเมื่อเทียบค่าภาระการทำความเย็นตลอดทั้งปีภายใต้เงื่อนไขการออกแบบที่ความถี่สะสมต่างๆ เพื่อตรวจสอบย้อนกลับว่าค่าที่ได้มีค่าตรงกับเงื่อนไขทางทฤษฎีหรือไม่ พบว่าจำนวนค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณโดยตรงที่มีค่าน้อยกว่าค่าความถี่สะสมที่กำหนดไว้ จะมีเปอร์เซ็นต์ใกล้เคียงกับค่าความถี่สะสมนั้นมาก แสดงว่าการคำนวณ โดยใช้ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสม จะให้ค่าความน่าจะเป็นแม่นยำในระดับที่ดี

5. จากกรณีศึกษาพบว่าจะมีบางช่วงเวลาที่ค่าภาระการทำความเย็นจริงนั้นสูงกว่าค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้จากเงื่อนไขการออกแบบที่ค่าสูงสุด 2% เป็นเพราะว่า ข้อมูลของปัจจัยบางอย่างในเวลานั้นมีค่าสูงมาก และปัจจัยนั้นก็ส่งผลต่อค่าภาระการทำความเย็นในเวลานั้นมากกว่าปัจจัยอื่น ถึงแม้จะมีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วค่านั้นก็ไม่ได้ถูกตัดออกไป เนื่องจากความแปรปรวนของข้อมูลมีค่าสูง ทำให้ขนาดของค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้ในเวลานั้นมีค่าสูงกว่าปกติ
6. การใช้ค่าภาระการทำความเย็นในการออกแบบระบบปรับอากาศสูงจะทำให้ความเสี่ยงที่ค่าภาระการทำความเย็นจริงจะสูงกว่าค่าที่ออกแบบลดลง แต่จะต้องลงทุนสูงขึ้นและสิ้นเปลืองพลังงาน เมื่อลดขนาดค่าภาระการทำความเย็นลงจะทำให้การลงทุนลดลงและประหยัดพลังงานมากขึ้น แต่ความเสี่ยงที่ค่าภาระการทำความเย็นจริงจะสูงกว่าค่าที่ออกแบบมีมากขึ้น การทำวิจัยนี้ไม่ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อระบุให้แน่ชัดว่าค่าใดที่เหมาะสมที่สุด แต่จะสามารถใช้เป็นเครื่องมือช่วยให้ทราบว่า ค่าภาระการทำความเย็นในแต่ละขนาดมีโอกาสในการเกิดมากน้อยเพียงใด ซึ่งจะช่วยให้ทราบถึงความเสี่ยงในการออกแบบสำหรับการเลือกใช้ค่าทำความเย็นในแต่ละขนาด การพิจารณาว่าจะยอมให้มีความเสี่ยงเท่าใดหรือว่าค่าใดเหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับ การตัดสินใจของผู้ออกแบบ

ข้อเสนอแนะ

1. การใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นในการคำนวณภาระทำความเย็นนั้น สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับวิธีการคำนวณภาระทำความเย็นวิธีอื่นๆ โดยใช้หลักการเดียวกันกับการทำวิจัยครั้งนี้ โดยเฉพาะวิธีสมดุลความร้อน แต่ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากความคลาดเคลื่อนจากการหาความสัมพันธ์โดยการเขียนกราฟ
2. หากว่าเราต้องการใช้ความน่าจะเป็นแบบกำหนดขอบเขต เราสามารถทำได้ในกรณีที่ปัจจัยที่ทำให้ค่าภาระทำความเย็นมีความผันแปรมีค่าไม่แปรปรวนมากนัก โดยการกำหนดให้เป็นค่าคงที่ เพื่อลดจำนวนตัวแปรลง หากตัวแปรลดลงเหลือ 2-3 ตัวแปร การกำหนดขอบเขตจะทำได้ง่ายขึ้น
3. ในกรณีที่ตัวแปรอื่นที่มีความสำคัญ นอกเหนือจากปัจจัยทั้ง 6 ปัจจัยที่กล่าวมา หรือในกรณีที่ตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งหรือหลายตัวแปรใน 6 ปัจจัยมีค่าคงที่ ก็สามารถทำการเพิ่มหรือลดตัวแปรได้ แต่ก็ยังคงใช้หลักการเดิมอยู่ในการคำนวณความน่าจะเป็นของค่าภาระทำความเย็น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กรมอุตุนิยมวิทยา. รายงานข้อมูลอุณหภูมิกะเปาะแห้ง. กรุงเทพมหานคร : กรมอุตุนิยมวิทยา, 2546.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. รายงานข้อมูลอุณหภูมิกะเปาะเปียก. กรุงเทพมหานคร : กรมอุตุนิยมวิทยา, 2546.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. รายงานข้อมูลค่าความร้อนจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์. กรุงเทพมหานคร : กรมอุตุนิยมวิทยา, 2546.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. รายงานข้อมูลค่าความชื้นสัมพัทธ์. กรุงเทพมหานคร : กรมอุตุนิยมวิทยา, 2546.
- สมศรี จรุงเรืองกิจ. ระเบียบวิธีวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พ.ศ. 2542.
- สถาบันวิทยบริการ. งานธุรการ. ข้อมูลการใช้งานในอาคารสถาบันวิทยบริการ รายงานข้อมูล. กรุงเทพมหานคร : สถาบันวิทยบริการ, 2547.
- สำนักกายภาพ. งานอาคารสถานที่. แบบงานสถาปัตยกรรม แบบพิมพ์เขียว. กรุงเทพมหานคร : สำนักกายภาพ, 2547.
- สำนักกายภาพ. งานอาคารสถานที่. แบบงานระบบวิศวกรรมไฟฟ้าและแสงสว่าง แบบพิมพ์เขียว. กรุงเทพมหานคร : สำนักกายภาพ, 2547.
- สำนักกายภาพ. งานอาคารสถานที่. แบบงานระบบวิศวกรรมปรับอากาศและระบายอากาศ แบบพิมพ์เขียว. กรุงเทพมหานคร : สำนักกายภาพ, 2547.

ภาษาอังกฤษ

- Ang, A. H-S and Tang, W.H.. Probability Concepts in Engineering Planning and Design. New York, USA : John Wiley, 1975.
- ASHRAE. 1993 ASHRAE Handbooks Fundamentals (SI). Atlanta, USA : American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, 1993.
- ASHRAE. 2001 ASHRAE Handbooks Fundamentals (SI). Atlanta, USA : American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, 2001.
- Benjamin, Jack R. and Cornell, C. Allin . Probability, Statistics, and Decision for Civil Engineers. New York, USA : McGraw-Hill Book Company, 1970.

- Chantrasrisalai, C., Fisher, D.E., Iu, I.S. and Eldridge, D.. "Experimental Validation of Design Cooling Load Procedures: The Heat Balance Method". ASHRAE Transactions 109, 2, (2003) : 160-173.
- Chapra, R.P. and Canale, R.P.. Numerical Methods for Engineers. Second Edition. Singapore : McGraw-Hill, 1988.
- Claridge, D.E., Haberl, J.S., Abushakra, Bass and Sreshthaputra, Atch. Electricity Diversity Profiles for Energy Simulation of Office Buildings. ASHRAE Transactions 110, 1, (2004) : 1-11.
- Eldridge, D., Fisher, D.E., Iu, I.S. and Chantrasrisalai, C.. "Experimental Validation of Design Cooling Load Procedures: Facility Design". ASHRAE Transactions 109, 2, (2003) : 151-159.
- Evans, M.J. and Rosenthal, J.S.. Probability and Statistics; The Science of Uncertainty. New York, USA : W.H. Freeman and Company, 2004.
- Gupta, S.C. and Kapoor, V.K.. Fundamentals of Mathematical Statistics. Delhi, India : Sultan Chand & Son, 1973.
- Hittle, Douglas C.. Calculating Building Heating and Cooling Load Using The Frequency Response of Multilayered Slabs. A Doctoral Thesis Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering University of Illinois, 1980.
- Incropera, Frank P. and De Witt, David P.. Fundamentals of Heat and Mass Transfer. Third Edition. Singapore : John Wiley & Son, 1990.
- Iu, Ip Seng. Experimental Validation of The Radiant Time Series Method for Cooling Load Calculation. A Masteral Thesis Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering Oklahoma State University, 2002.
- Iu, I.S. and Fisher, D.E.. Application of Conduction Transfer Functions and Periodic Response Factors in Cooling Load Calculation Procedures. ASHRAE Transactions 110, 2, (2004) : 829-841.
- Iu, I.S., Fisher, D.E., Chantrasrisalai, C. and Eldridge, D.. "Experimental Validation of Design Cooling Load Procedures: The Radiant Time Series Method". ASHRAE Transactions 109, 2, (2003) : 139-150.
- Kemper, Alfred M.. Architecture-HandBook. New York, USA : John Wiley & Son, 1979.

- Kreider, Jan F. and Rabl, Ari. Heating and Cooling of Buildings; Design for Efficiency. Singapore : McGraw-Hill, 1994.
- Lienhard IV, John H. and Lienhard V, John H.. A Heat Transfer Textbook. Third Edition. Massachusetts, USA : Phlogiston Press, 2003.
- Liesen, R.J. and Pedersen, C.O.. An Evaluation of Inside Surface Heat Balance Models for Cooling Load Calculations. ASHRAE Transactions 103, 2, (1997) : 485-502.
- McClellan T.M. and Pedersen, C.O.. Investigation of Outside Heat Balance Models for Use in a Heat Balance Cooling Load Calculation Procedure. ASHRAE Transactions 103, 2, (1997) : 469-484.
- McQuiston, Faye C., Parker, Jerald D. and Spitler, Jeffery D.. Heating, Ventilating and Air-Conditioning; Analysis and Design. Fifth Edition. Singapore : John Wiley & Son, 2000.
- McQuiston, Faye C. and Spitler, Jeffery D.. Cooling and Heating Load Calculation Manual. Second Edition. Atlanta, USA : American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, 1994.
- Pedersen, Curtis O., Fisher, Daniel E., Spitler, Jeffery D., Liesen, Richard J.. Cooling and Heating Load Calculation Principles. Atlanta, USA : American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, 1998.
- Pedersen, C.O., Fisher, D.E. and Liesen, R.J.. Development of a Heat Balance Procedure for Calculating Cooling Loads. ASHRAE Transactions 103, 2, (1997) : 459-468.
- Pitman, Jim. Probability. USA : Springer Verlag, 1993.
- Spitler, J.D. and Fisher D.E.. Development of Periodic Response Factors for Use with the Radiant Time Series Method. ASHRAE Transactions 105, 2, (1999) : 491-509.
- Spitler, J.D. and Fisher D.E.. On The Relationship between the Radiant Time Series and Transfer Function Methods for Design Cooling Load Calculations. HVAC&R Research 5, 2, (1999) : 123-136.
- Spitler, J.D., Fisher D.E. and Pedersen, C.O.. The Radiant Time Series Cooling Load Calculation Procedure. ASHRAE Transactions 103, 2, (1997) : 503-515.
- Stoecker, W.F.. Design of Thermal System. Third Edition. Singapore : McGraw-Hill, 1989.
- Strand, R.K. and Pedersen, C.O.. Modeling Radiant Systems in an Integrated Heat Balance Based Energy Simulation Program. ASHRAE Transactions 108, 2, (2002) : 1-9.

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

นาย เทพฤทธิ์ ทองชูบ. การคำนวณภาระการทำความเย็นและการเลือกขนาดเครื่องทำความเย็นที่เหมาะสม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

ภาษาอังกฤษ

Anderson, S.A. and Haney, J.D.. Using Probability to Determine Air Flows for Fume Hood Design, Duct System Sizing, Chiller Water Network Sizing, and HVAC Central Plant Loads. Chemical Health And Safety September-October, 2000 : 8-16.

Henze, G.P. and Krarti, Moncef. The Impact of Forecasting Uncertainty on the Performance of a Predictive Optimal Controller for Thermal Energy Storage Systems. ASHRAE Transactions 105, 2, (1999) : 1-8.

Pettersen, T.D.. Variation of Energy Consumption in Dwellings due to Climate, Building and Inhabitants. Energy and Buildings 21, 2, (1994) : 209-218.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

กรณีศึกษา

กรณีศึกษาอาคารสถาบันวิทยบริการ

กรณีศึกษาที่จะใช้เป็นตัวอย่งการอธิบายการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความน่าจะเป็นในการคำนวณภาระการทำความเย็นนี้ จะใช้อาคารสถาบันวิทยบริการ ของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีลักษณะจำเพาะทั่วไปของอาคารดังนี้

ลักษณะจำเพาะของอาคารสถาบันวิทยบริการ

การใช้งานของอาคารสถาบันวิทยบริการ จะเป็นอาคารห้องสมุดและศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ ให้บริการเกี่ยวกับหนังสือวารสาร เอกสารงานวิจัยเพื่อการศึกษา เป็นที่นั่งอ่านหนังสือและค้นคว้าข้อมูลสำหรับนิสิตและบุคคลภายนอก มีบริการเครื่องมือเทคโนโลยีสารสนเทศ เช่น อินเทอร์เน็ต โทรทัศน์เพื่อการศึกษา เป็นต้น และมีการบริการอบรม สัมมนา หรือการประชุมเป็นครั้งคราว โดยมีเวลาทำการตั้งแต่ 8:00 - 21:00 น. ในเวลาปกติ โดยวันเสาร์มีเวลาทำการตั้งแต่ 9:00 - 16:00 น. ในเดือน กุมภาพันธ์และเดือน กันยายน จะเปิดบริการเพิ่มในเวลา 6:00 - 8:00 น. และเวลา 21:00 - 24:00 น. ในบริเวณชั้นที่ 1 และ 2

ลักษณะทางกายภาพของอาคารสถาบันวิทยบริการจะเป็นอาคารสูง 8 ชั้น มีพื้นที่ปรับอากาศทั้งหมด 13,067 ตารางเมตร ลักษณะภายนอกเป็นกระจกใสชั้นเดียว 38.8 เปอร์เซ็นต์ ผังเป็นแบบก่ออิฐฉาบปูนธรรมชาติภายนอกเป็นกระเบื้องโมเสค หลังคาเป็นคอนกรีตบุด้วยฉนวนหนา 2 นิ้ว

ระบบปรับอากาศเป็นแบบเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ ขนาดรวม 850 ตันความเย็น โดยแบ่งเป็น 200 ตันความเย็น 3 ตัว และ 250 ตันความเย็น 1 ตัว โดยมีการเปิดใช้งานครั้งละ 3 ตัว โดยมีตัว 200 ตันความเย็นหนึ่งตัวเป็นตัวสำรองไว้ เครื่องเป่าลมเย็นขนาดใหญ่จะถูกติดตั้งไว้ตามแต่ละชั้น โดยมีการนำลมกลับแบบบนฟ้า



รูปที่ ก.1: อาคารสถาบันวิทยบริการ



รูปที่ ก.2: อาคารสถาบันวิทยบริการ (ภายใน)

การวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น

จากสมการค่าภาระการทำความเย็นในบทที่ 4 จะพบว่าข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้จะมีอยู่ 6 ปัจจัยด้วยกัน คือ ข้อมูลของอุณหภูมิภายนอก ค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ อัตราส่วนความชื้นภายนอก จำนวนคน จำนวนหลอดไฟที่ใช้งาน และจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งาน โดยข้อทั้งหมดจะแบ่งออกเป็น สองกลุ่มตามลักษณะของข้อมูล คือ

- ข้อมูลสภาพภูมิอากาศภายนอก ได้แก่ ข้อมูลของอุณหภูมิภายนอก ค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ และอัตราส่วนความชื้นภายนอก จะใช้ข้อมูลรายชั่วโมงจาก สถานีกรุงเทพฯ กรมอุตุนิยมวิทยา ตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ. 2532 ถึง เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2546
- ข้อมูลสภาพการใช้งานภายในอาคาร ได้แก่ จำนวนคน จำนวนหลอดไฟที่ใช้งาน และจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งาน จะใช้ข้อมูลที่ได้จากสถาบันวิทยบริการ โดยตรง ตั้งแต่ เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2545 ถึง เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2547 โดยข้อมูลจำนวนคนที่ใช้จะเป็นข้อมูลจริงรายวัน ส่วนข้อมูลจำนวนหลอดไฟที่ใช้งาน และจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งาน จะเป็นข้อมูลตัวประกอบการใช้งานรายเดือน

1. ข้อมูลของอุณหภูมิภายนอก

จากข้อมูลทั้งหมด สามารถหาค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนเบื้องต้นได้ดังตารางที่ ก.1 และ ก.2 จากนั้นทำการถ่วงน้ำหนักข้อมูล โดยกำหนดให้ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนจากค่าเฉลี่ยไม่เกิน 3.29 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (หรือที่ความมั่นใจ 99.9% เมื่อเทียบกับการกระจายแบบปกติ) ซึ่งจะได้ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนใหม่ ดังตารางที่ ก.3 และ ก.4

หารูปแบบการกระจายของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นที่เหมาะสม โดยใช้วิธีการทดสอบการกระจาย แบบไช-สแควร์ ทดสอบการกระจายตามรูปแบบปกติ รูปแบบล็อก และรูปแบบที ที่เป็นรูปแบบไม่จำกัดเขต โดยทดสอบที่ความมั่นใจ 99.9% จากการทดสอบพบว่าจะได้ค่าความคลาดเคลื่อนไช-สแควร์ ดังตารางที่ ก.5

รูปที่ ก.3 และรูปที่ ก.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายนอก ในเดือน เมษายน และเดือน ธันวาคม ซึ่งมีค่าสูงสุดและต่ำสุดตามลำดับ รูปที่ ก.5 และรูปที่ ก.6 แสดงการเปรียบเทียบค่าความแปรปรวนกับเวลาของข้อมูลเบื้องต้นกับข้อมูลที่ทำการถ่วงน้ำหนักแล้วในเดือน ธันวาคม และเดือน เมษายน ซึ่งมีค่าสูงสุดและต่ำสุดตามลำดับ

ตารางที่ ก.1: ค่าเฉลี่ยเบื้องต้นของอุณหภูมิภายนอก

| | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0:00 | 25.23 | 26.30 | 27.51 | 28.73 | 28.29 | 27.99 | 27.75 | 27.30 | 26.65 | 26.42 | 26.01 | 24.89 |
| 1:00 | 24.87 | 26.02 | 27.30 | 28.54 | 28.08 | 27.77 | 27.52 | 27.08 | 26.45 | 26.20 | 25.69 | 24.49 |
| 2:00 | 24.54 | 25.74 | 27.09 | 28.35 | 27.86 | 27.57 | 27.31 | 26.89 | 26.28 | 25.99 | 25.37 | 24.11 |
| 3:00 | 24.22 | 25.46 | 26.91 | 28.17 | 27.66 | 27.39 | 27.13 | 26.73 | 26.13 | 25.80 | 25.08 | 23.74 |
| 4:00 | 23.94 | 25.20 | 26.71 | 27.96 | 27.43 | 27.20 | 26.91 | 26.54 | 25.97 | 25.60 | 24.85 | 23.43 |
| 5:00 | 23.64 | 24.92 | 26.49 | 27.73 | 27.23 | 27.01 | 26.72 | 26.40 | 25.85 | 25.45 | 24.57 | 23.10 |
| 6:00 | 23.55 | 24.82 | 26.46 | 27.91 | 27.69 | 27.47 | 27.07 | 26.70 | 26.13 | 25.71 | 24.69 | 23.03 |
| 7:00 | 24.32 | 25.67 | 27.57 | 29.25 | 29.06 | 28.80 | 28.25 | 27.78 | 27.23 | 26.93 | 26.05 | 24.11 |
| 8:00 | 26.19 | 27.41 | 29.18 | 30.75 | 30.49 | 30.09 | 29.50 | 29.03 | 28.73 | 28.45 | 27.79 | 26.11 |
| 9:00 | 27.91 | 28.98 | 30.58 | 31.99 | 31.63 | 31.08 | 30.48 | 30.09 | 29.88 | 29.71 | 29.15 | 27.74 |
| 10:00 | 29.37 | 30.23 | 31.66 | 33.00 | 32.46 | 31.82 | 31.23 | 30.89 | 30.75 | 30.50 | 30.12 | 29.09 |
| 11:00 | 30.46 | 31.25 | 32.40 | 33.82 | 33.02 | 32.33 | 31.70 | 31.46 | 31.30 | 30.96 | 30.86 | 29.99 |
| 12:00 | 31.15 | 31.93 | 32.93 | 34.30 | 33.29 | 32.62 | 32.04 | 31.80 | 31.55 | 31.20 | 31.30 | 30.65 |
| 13:00 | 31.60 | 32.32 | 33.24 | 34.48 | 33.43 | 32.70 | 32.12 | 31.83 | 31.48 | 31.25 | 31.42 | 31.02 |
| 14:00 | 31.82 | 32.49 | 33.32 | 34.48 | 33.32 | 32.64 | 32.09 | 31.80 | 31.34 | 31.01 | 31.37 | 31.07 |
| 15:00 | 31.61 | 32.30 | 32.98 | 34.20 | 33.02 | 32.40 | 31.74 | 31.44 | 30.89 | 30.70 | 31.05 | 30.82 |
| 16:00 | 30.82 | 31.45 | 32.17 | 33.34 | 32.24 | 31.64 | 31.06 | 30.62 | 30.17 | 29.95 | 30.18 | 29.98 |
| 17:00 | 29.53 | 30.08 | 30.69 | 31.92 | 31.07 | 30.51 | 30.09 | 29.69 | 29.18 | 29.03 | 29.14 | 28.84 |
| 18:00 | 28.23 | 28.71 | 29.41 | 30.66 | 29.97 | 29.54 | 29.18 | 28.87 | 28.29 | 28.33 | 28.35 | 27.87 |
| 19:00 | 27.36 | 27.90 | 28.69 | 30.01 | 29.43 | 29.01 | 28.64 | 28.27 | 27.73 | 27.83 | 27.80 | 27.20 |
| 20:00 | 26.81 | 27.46 | 28.40 | 29.65 | 29.12 | 28.72 | 28.39 | 28.04 | 27.43 | 27.50 | 27.38 | 26.70 |
| 21:00 | 26.44 | 27.18 | 28.17 | 29.38 | 28.89 | 28.53 | 28.24 | 27.86 | 27.24 | 27.22 | 27.05 | 26.20 |
| 22:00 | 26.08 | 26.91 | 27.94 | 29.17 | 28.66 | 28.33 | 28.10 | 27.72 | 27.02 | 26.94 | 26.69 | 25.72 |
| 23:00 | 25.64 | 26.61 | 27.72 | 28.96 | 28.46 | 28.14 | 27.95 | 27.50 | 26.81 | 26.68 | 26.32 | 25.25 |

ตารางที่ ก.2: ค่าความแปรปรวนเบื้องต้นของอุณหภูมิภายนอก

| | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. |
|-------|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|
| 0:00 | 3.89 | 2.79 | 1.64 | 1.46 | 2.63 | 2.02 | 1.81 | 1.82 | 1.74 | 1.91 | 3.12 | 6.32 |
| 1:00 | 4.31 | 3.17 | 1.68 | 1.52 | 2.44 | 1.75 | 1.62 | 1.62 | 1.48 | 1.88 | 3.12 | 6.53 |
| 2:00 | 4.66 | 3.46 | 1.90 | 1.57 | 2.43 | 1.58 | 1.48 | 1.45 | 1.33 | 1.88 | 3.16 | 6.65 |
| 3:00 | 5.18 | 3.80 | 1.98 | 1.66 | 2.41 | 1.48 | 1.50 | 1.36 | 1.21 | 1.85 | 3.22 | 6.93 |
| 4:00 | 5.29 | 4.10 | 2.08 | 1.63 | 2.28 | 1.31 | 1.31 | 1.20 | 1.09 | 1.74 | 3.29 | 7.06 |
| 5:00 | 5.33 | 4.34 | 2.25 | 1.78 | 2.16 | 1.20 | 1.26 | 1.14 | 1.02 | 1.74 | 3.43 | 7.26 |
| 6:00 | 5.41 | 4.73 | 2.55 | 1.97 | 2.15 | 1.23 | 1.24 | 1.08 | 0.96 | 1.70 | 3.67 | 7.67 |
| 7:00 | 4.82 | 4.51 | 2.85 | 2.27 | 2.91 | 1.48 | 1.65 | 1.26 | 1.15 | 2.05 | 3.73 | 7.70 |
| 8:00 | 3.97 | 4.08 | 3.24 | 2.99 | 3.22 | 1.71 | 1.97 | 1.70 | 1.58 | 2.84 | 3.92 | 7.00 |
| 9:00 | 3.79 | 3.69 | 3.51 | 3.54 | 3.51 | 1.98 | 2.05 | 1.79 | 1.75 | 3.20 | 4.29 | 6.94 |
| 10:00 | 3.40 | 3.65 | 3.78 | 3.73 | 3.89 | 2.11 | 2.31 | 2.02 | 2.03 | 3.47 | 4.55 | 6.59 |
| 11:00 | 3.12 | 3.19 | 3.83 | 3.56 | 4.81 | 2.44 | 2.76 | 2.10 | 2.29 | 3.82 | 4.21 | 6.49 |
| 12:00 | 2.95 | 2.75 | 3.75 | 3.70 | 5.64 | 2.70 | 2.92 | 2.45 | 2.49 | 4.41 | 4.33 | 5.75 |
| 13:00 | 2.73 | 2.39 | 3.91 | 4.07 | 5.86 | 2.90 | 3.52 | 2.80 | 3.76 | 4.77 | 4.56 | 5.20 |
| 14:00 | 2.58 | 2.33 | 4.00 | 4.00 | 6.05 | 3.28 | 3.94 | 3.20 | 4.20 | 4.89 | 4.39 | 4.97 |
| 15:00 | 2.50 | 2.24 | 4.17 | 3.68 | 6.12 | 3.32 | 4.50 | 3.72 | 4.64 | 4.44 | 4.19 | 4.97 |
| 16:00 | 2.38 | 2.06 | 3.70 | 3.27 | 5.62 | 3.68 | 4.72 | 4.33 | 4.01 | 3.72 | 3.53 | 4.49 |
| 17:00 | 2.05 | 1.91 | 2.82 | 2.49 | 4.40 | 3.78 | 4.17 | 3.68 | 3.51 | 3.24 | 3.15 | 4.23 |
| 18:00 | 2.07 | 1.68 | 2.01 | 1.85 | 3.64 | 3.15 | 3.33 | 3.04 | 3.01 | 2.80 | 2.96 | 4.31 |
| 19:00 | 2.04 | 1.66 | 1.82 | 1.30 | 3.08 | 2.71 | 2.75 | 2.78 | 2.77 | 2.46 | 2.92 | 4.27 |
| 20:00 | 2.41 | 1.85 | 1.50 | 1.30 | 2.94 | 2.63 | 2.36 | 2.60 | 2.63 | 2.43 | 3.01 | 4.68 |
| 21:00 | 2.65 | 1.92 | 1.52 | 1.38 | 2.90 | 2.57 | 2.32 | 2.38 | 2.31 | 2.28 | 3.08 | 5.03 |
| 22:00 | 3.01 | 2.01 | 1.59 | 1.32 | 2.76 | 2.37 | 2.12 | 2.13 | 2.06 | 2.14 | 3.16 | 5.40 |
| 23:00 | 3.41 | 2.30 | 1.71 | 1.37 | 2.71 | 2.23 | 1.93 | 2.01 | 1.86 | 2.01 | 3.17 | 5.76 |

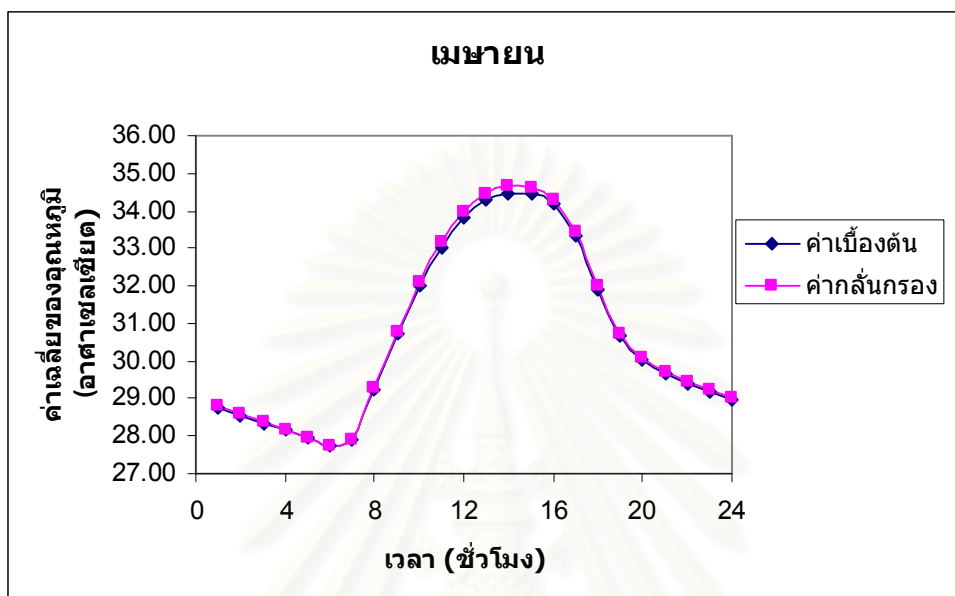
ตารางที่ ก.3: ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายนอกที่ได้หลังทำการกลั่นกรองข้อมูลแล้ว

| | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0:00 | 25.30 | 26.38 | 27.55 | 28.79 | 28.29 | 27.99 | 27.76 | 27.30 | 26.65 | 26.43 | 26.02 | 24.91 |
| 1:00 | 24.95 | 26.10 | 27.36 | 28.60 | 28.08 | 27.77 | 27.52 | 27.08 | 26.45 | 26.25 | 25.69 | 24.51 |
| 2:00 | 24.59 | 25.81 | 27.14 | 28.40 | 27.86 | 27.57 | 27.31 | 26.89 | 26.28 | 26.04 | 25.37 | 24.13 |
| 3:00 | 24.31 | 25.54 | 26.96 | 28.18 | 27.66 | 27.39 | 27.11 | 26.73 | 26.13 | 25.88 | 25.10 | 23.76 |
| 4:00 | 24.03 | 25.26 | 26.76 | 27.96 | 27.43 | 27.20 | 26.91 | 26.54 | 25.97 | 25.67 | 24.85 | 23.45 |
| 5:00 | 23.70 | 24.98 | 26.53 | 27.73 | 27.23 | 27.01 | 26.73 | 26.40 | 25.85 | 25.54 | 24.58 | 23.14 |
| 6:00 | 23.59 | 24.85 | 26.50 | 27.91 | 27.71 | 27.47 | 27.08 | 26.70 | 26.13 | 25.80 | 24.71 | 23.05 |
| 7:00 | 24.36 | 25.71 | 27.62 | 29.28 | 29.08 | 28.81 | 28.27 | 27.78 | 27.23 | 26.98 | 26.05 | 24.14 |
| 8:00 | 26.23 | 27.43 | 29.27 | 30.79 | 30.51 | 30.13 | 29.54 | 29.05 | 28.73 | 28.48 | 27.80 | 26.16 |
| 9:00 | 27.93 | 29.01 | 30.76 | 32.10 | 31.72 | 31.12 | 30.56 | 30.14 | 29.88 | 29.79 | 29.17 | 27.76 |
| 10:00 | 29.44 | 30.27 | 31.82 | 33.17 | 32.57 | 31.90 | 31.30 | 30.98 | 30.77 | 30.59 | 30.13 | 29.17 |
| 11:00 | 30.52 | 31.32 | 32.56 | 33.99 | 33.16 | 32.39 | 31.78 | 31.54 | 31.36 | 30.99 | 30.88 | 30.09 |
| 12:00 | 31.19 | 32.00 | 33.09 | 34.43 | 33.35 | 32.68 | 32.10 | 31.88 | 31.62 | 31.24 | 31.35 | 30.74 |
| 13:00 | 31.62 | 32.40 | 33.44 | 34.65 | 33.45 | 32.77 | 32.19 | 31.85 | 31.51 | 31.26 | 31.46 | 31.12 |
| 14:00 | 31.82 | 32.54 | 33.48 | 34.63 | 33.32 | 32.71 | 32.12 | 31.86 | 31.37 | 31.01 | 31.43 | 31.15 |
| 15:00 | 31.66 | 32.36 | 33.17 | 34.30 | 33.04 | 32.48 | 31.74 | 31.47 | 30.91 | 30.70 | 31.09 | 30.88 |
| 16:00 | 30.82 | 31.49 | 32.33 | 33.46 | 32.26 | 31.72 | 31.08 | 30.62 | 30.17 | 30.00 | 30.21 | 30.08 |
| 17:00 | 29.53 | 30.08 | 30.82 | 32.02 | 31.07 | 30.58 | 30.11 | 29.69 | 29.18 | 29.04 | 29.16 | 28.91 |
| 18:00 | 28.20 | 28.74 | 29.53 | 30.72 | 29.98 | 29.57 | 29.18 | 28.87 | 28.29 | 28.33 | 28.37 | 27.94 |
| 19:00 | 27.40 | 27.94 | 28.78 | 30.10 | 29.45 | 29.04 | 28.64 | 28.27 | 27.73 | 27.83 | 27.80 | 27.25 |
| 20:00 | 26.84 | 27.48 | 28.48 | 29.71 | 29.13 | 28.74 | 28.39 | 28.04 | 27.43 | 27.50 | 27.38 | 26.77 |
| 21:00 | 26.49 | 27.24 | 28.24 | 29.44 | 28.89 | 28.53 | 28.24 | 27.87 | 27.24 | 27.22 | 27.05 | 26.26 |
| 22:00 | 26.15 | 26.96 | 28.01 | 29.22 | 28.66 | 28.33 | 28.10 | 27.73 | 27.02 | 26.94 | 26.69 | 25.74 |
| 23:00 | 25.74 | 26.66 | 27.79 | 29.02 | 28.46 | 28.14 | 27.97 | 27.50 | 26.81 | 26.68 | 26.34 | 25.27 |

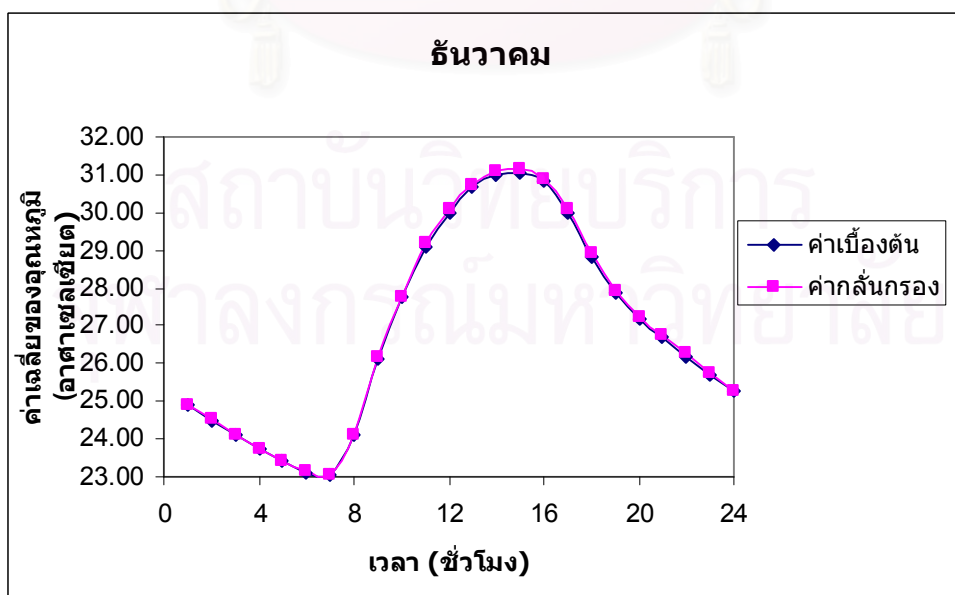
ตารางที่ ก.4: ค่าความแปรปรวนแปรของอุณหภูมิภายนอกที่ได้หลังทำการกลั่นกรองข้อมูลแล้ว

| | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. |
|-------|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|
| 0:00 | 3.43 | 2.19 | 1.40 | 1.22 | 2.63 | 2.02 | 1.76 | 1.82 | 1.74 | 1.85 | 3.04 | 6.18 |
| 1:00 | 3.73 | 2.51 | 1.41 | 1.24 | 2.44 | 1.75 | 1.62 | 1.62 | 1.48 | 1.65 | 3.12 | 6.37 |
| 2:00 | 4.28 | 2.86 | 1.64 | 1.37 | 2.43 | 1.58 | 1.48 | 1.45 | 1.33 | 1.63 | 3.16 | 6.49 |
| 3:00 | 4.44 | 3.21 | 1.72 | 1.60 | 2.41 | 1.48 | 1.36 | 1.36 | 1.21 | 1.48 | 3.14 | 6.77 |
| 4:00 | 4.55 | 3.58 | 1.79 | 1.63 | 2.28 | 1.31 | 1.31 | 1.20 | 1.09 | 1.38 | 3.29 | 6.90 |
| 5:00 | 4.88 | 3.86 | 2.03 | 1.78 | 2.16 | 1.20 | 1.23 | 1.14 | 1.02 | 1.28 | 3.34 | 6.91 |
| 6:00 | 5.11 | 4.50 | 2.33 | 1.97 | 2.07 | 1.23 | 1.21 | 1.08 | 0.96 | 1.23 | 3.58 | 7.48 |
| 7:00 | 4.56 | 4.19 | 2.56 | 2.15 | 2.73 | 1.44 | 1.56 | 1.26 | 1.15 | 1.82 | 3.73 | 7.49 |
| 8:00 | 3.74 | 3.91 | 2.70 | 2.71 | 3.11 | 1.49 | 1.78 | 1.56 | 1.58 | 2.67 | 3.82 | 6.64 |
| 9:00 | 3.27 | 3.47 | 2.30 | 2.81 | 2.90 | 1.76 | 1.63 | 1.58 | 1.65 | 2.68 | 4.19 | 6.76 |
| 10:00 | 2.96 | 3.27 | 2.64 | 2.53 | 3.17 | 1.67 | 1.89 | 1.59 | 1.73 | 2.93 | 4.43 | 5.88 |
| 11:00 | 2.77 | 2.75 | 2.58 | 2.31 | 3.80 | 2.09 | 2.25 | 1.70 | 1.83 | 3.62 | 4.08 | 5.39 |
| 12:00 | 2.72 | 2.34 | 2.43 | 2.71 | 5.15 | 2.36 | 2.57 | 2.01 | 2.12 | 4.19 | 3.98 | 5.01 |
| 13:00 | 2.65 | 1.93 | 2.35 | 2.70 | 5.72 | 2.45 | 3.12 | 2.73 | 3.52 | 4.65 | 4.28 | 4.36 |
| 14:00 | 2.41 | 1.99 | 2.69 | 2.75 | 6.05 | 2.78 | 3.68 | 2.87 | 3.99 | 4.89 | 4.04 | 4.21 |
| 15:00 | 2.23 | 1.87 | 2.66 | 2.96 | 5.97 | 2.78 | 4.50 | 3.53 | 4.52 | 4.44 | 3.97 | 4.40 |
| 16:00 | 2.38 | 1.85 | 2.49 | 2.46 | 5.48 | 3.16 | 4.60 | 4.33 | 4.01 | 3.40 | 3.31 | 3.73 |
| 17:00 | 2.05 | 1.91 | 1.98 | 1.88 | 4.40 | 3.36 | 4.07 | 3.68 | 3.51 | 3.16 | 3.05 | 3.65 |
| 18:00 | 1.87 | 1.51 | 1.40 | 1.39 | 3.52 | 2.98 | 3.33 | 3.04 | 3.01 | 2.80 | 2.88 | 3.54 |
| 19:00 | 1.86 | 1.50 | 1.35 | 0.98 | 3.01 | 2.57 | 2.75 | 2.78 | 2.77 | 2.46 | 2.92 | 3.86 |
| 20:00 | 2.20 | 1.70 | 1.18 | 1.09 | 2.87 | 2.56 | 2.36 | 2.60 | 2.63 | 2.43 | 3.01 | 4.15 |
| 21:00 | 2.37 | 1.65 | 1.23 | 1.13 | 2.90 | 2.57 | 2.32 | 2.32 | 2.31 | 2.28 | 3.08 | 4.62 |
| 22:00 | 2.41 | 1.73 | 1.29 | 1.11 | 2.76 | 2.37 | 2.12 | 2.07 | 2.06 | 2.14 | 3.16 | 5.24 |
| 23:00 | 2.81 | 1.98 | 1.35 | 1.09 | 2.71 | 2.23 | 1.83 | 2.01 | 1.86 | 2.01 | 3.09 | 5.62 |

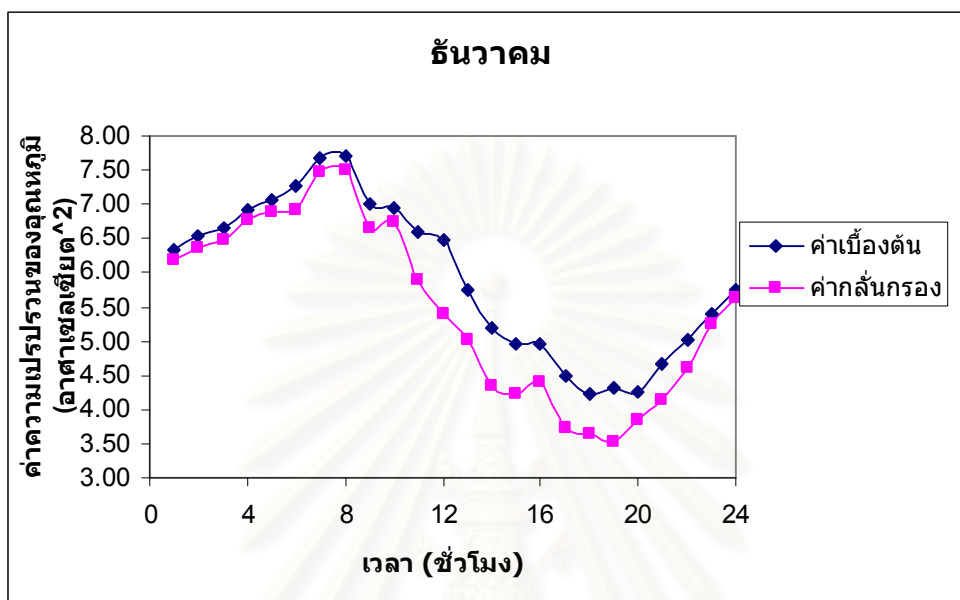
รูปที่ ก.3: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายนอกกับเวลา ของข้อมูลเบื้องต้นกับข้อมูลที่ทำกรกลั่นกรองแล้วในเดือน เมษายน



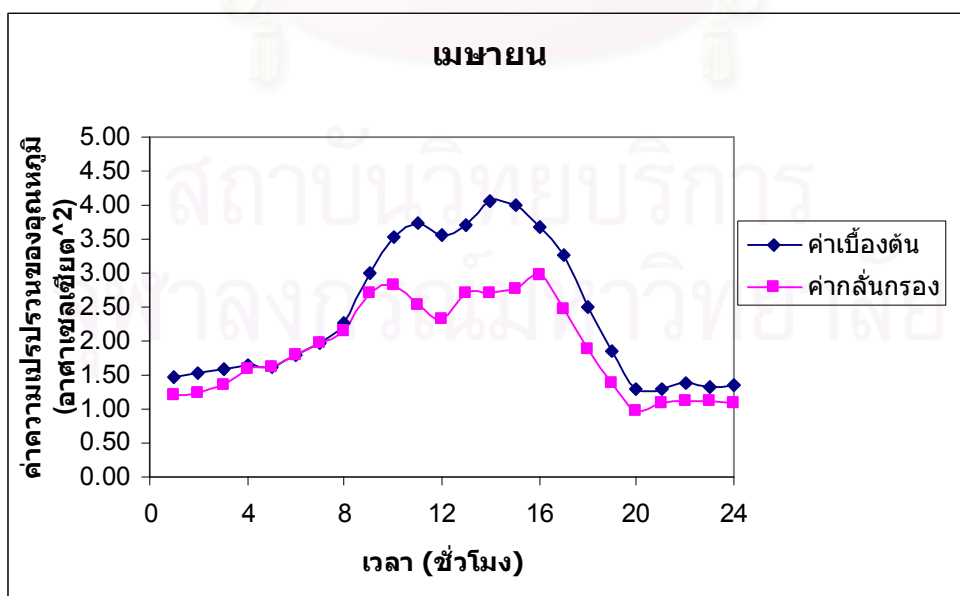
รูปที่ ก.4: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายนอกกับเวลา ของข้อมูลเบื้องต้นกับข้อมูลที่ทำกรกลั่นกรองแล้วในเดือน ธันวาคม



รูปที่ ก.5: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแปรปรวนของอุณหภูมิภายนอกกับเวลา ของข้อมูลเบื้องต้นกับข้อมูลที่ทำกรกลั่นกรองแล้วในเดือน ธันวาคม



รูปที่ ก.6: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแปรปรวนของอุณหภูมิภายนอกกับเวลา ของข้อมูลเบื้องต้นกับข้อมูลที่ทำกรกลั่นกรองแล้วในเดือน เมษายน



ตารางที่ ก.5: ค่าความคลาดเคลื่อนไข-สแควร์ของรูปแบบการกระจายต่างๆ ของอุณหภูมิภายนอก

| | ม.ค. | | | ก.พ. | | | มี.ค. | | | เม.ย. | | |
|--------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|
| | Nor | Log | T | Nor | Log | T | Nor | Log | T | Nor | Log | T |
| 0:00 | 0.49 | 0.56 | 0.94 | 0.35 | 0.36 | 0.50 | 0.53 | 0.55 | 0.52 | 0.46 | 0.49 | 0.46 |
| 1:00 | 0.45 | 0.37 | 0.81 | 0.23 | 0.25 | 0.41 | 0.35 | 0.33 | 0.33 | 0.34 | 0.38 | 0.32 |
| 2:00 | 0.49 | 0.51 | 0.97 | 0.28 | 0.30 | 0.52 | 0.30 | 0.32 | 0.33 | 0.40 | 0.46 | 0.44 |
| 3:00 | 0.66 | 0.61 | 1.29 | 0.39 | 0.40 | 0.73 | 0.42 | 0.47 | 0.52 | 0.78 | 0.89 | 0.80 |
| 4:00 | 0.46 | 0.48 | 1.21 | 0.50 | 0.54 | 0.94 | 0.35 | 0.36 | 0.43 | 0.53 | 0.56 | 0.60 |
| 5:00 | 0.45 | 0.40 | 1.12 | 0.45 | 0.51 | 0.92 | 0.42 | 0.47 | 0.54 | 0.42 | 0.46 | 0.53 |
| 6:00 | 0.66 | 0.53 | 1.49 | 0.58 | 0.64 | 1.31 | 0.44 | 0.48 | 0.72 | 0.60 | 0.64 | 0.77 |
| 7:00 | 0.53 | 0.50 | 1.16 | 0.50 | 0.54 | 1.23 | 0.35 | 0.36 | 0.56 | 0.50 | 0.53 | 0.69 |
| 8:00 | 0.39 | 0.39 | 0.85 | 0.57 | 0.60 | 1.16 | 0.38 | 0.39 | 0.55 | 0.66 | 0.72 | 0.93 |
| 9:00 | 0.60 | 0.50 | 0.87 | 0.66 | 0.70 | 1.03 | 0.33 | 0.34 | 0.33 | 0.84 | 0.89 | 0.90 |
| 10:00 | 0.46 | 0.50 | 0.76 | 0.64 | 0.71 | 0.89 | 0.38 | 0.39 | 0.43 | 0.27 | 0.31 | 0.38 |
| 11:00 | 0.33 | 0.35 | 0.52 | 0.53 | 0.63 | 0.68 | 0.30 | 0.32 | 0.29 | 0.34 | 0.37 | 0.45 |
| 12:00 | 0.36 | 0.37 | 0.57 | 0.44 | 0.50 | 0.53 | 0.37 | 0.39 | 0.35 | 0.39 | 0.41 | 0.55 |
| 13:00 | 0.34 | 0.33 | 0.54 | 0.30 | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 0.35 | 0.37 | 0.43 | 0.46 | 0.56 |
| 14:00 | 0.37 | 0.31 | 0.47 | 0.28 | 0.29 | 0.29 | 0.27 | 0.27 | 0.27 | 0.42 | 0.46 | 0.61 |
| 15:00 | 0.30 | 0.33 | 0.40 | 0.39 | 0.42 | 0.44 | 0.31 | 0.32 | 0.36 | 0.60 | 0.56 | 0.73 |
| 16:00 | 0.67 | 0.71 | 0.85 | 0.36 | 0.35 | 0.40 | 0.34 | 0.35 | 0.37 | 0.36 | 0.36 | 0.45 |
| 17:00 | 0.49 | 0.55 | 0.63 | 0.48 | 0.49 | 0.62 | 0.28 | 0.29 | 0.34 | 0.40 | 0.42 | 0.47 |
| 18:00 | 0.31 | 0.32 | 0.40 | 0.53 | 0.53 | 0.56 | 0.43 | 0.43 | 0.41 | 0.32 | 0.34 | 0.32 |
| 19:00 | 0.47 | 0.50 | 0.50 | 0.38 | 0.31 | 0.38 | 0.31 | 0.32 | 0.30 | 0.30 | 0.32 | 0.42 |
| 20:00 | 0.33 | 0.38 | 0.49 | 0.28 | 0.27 | 0.31 | 0.33 | 0.33 | 0.35 | 0.35 | 0.38 | 0.34 |
| 21:00 | 0.41 | 0.42 | 0.63 | 0.36 | 0.41 | 0.41 | 0.27 | 0.26 | 0.27 | 0.44 | 0.49 | 0.43 |
| 22:00 | 0.31 | 0.34 | 0.53 | 0.32 | 0.35 | 0.38 | 0.31 | 0.32 | 0.36 | 0.33 | 0.35 | 0.35 |
| 23:00 | 0.32 | 0.35 | 0.62 | 0.31 | 0.34 | 0.40 | 0.32 | 0.33 | 0.33 | 0.38 | 0.35 | 0.36 |
| เฉลี่ย | 0.44 | 0.44 | 0.78 | 0.42 | 0.45 | 0.64 | 0.35 | 0.36 | 0.40 | 0.45 | 0.48 | 0.54 |

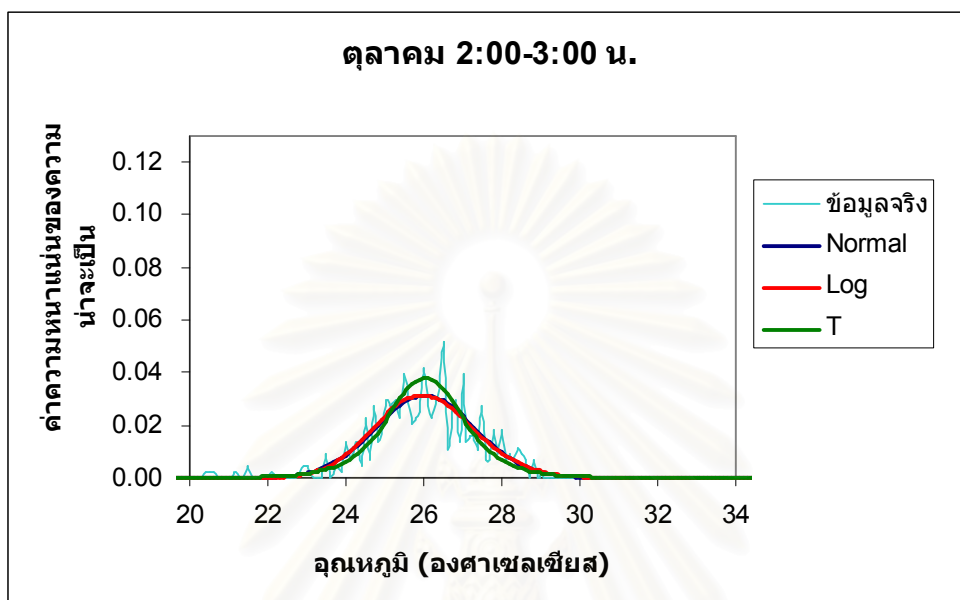
ตารางที่ ก.5: (ต่อ) ค่าความคลาดเคลื่อนไนซ์-สแควร์ของรูปแบบการกระจายต่างๆ ของอุณหภูมิ
ภายนอก

| | พ.ค. | | | มิ.ย. | | | ก.ค. | | | ส.ค. | | |
|--------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | Nor | Log | T | Nor | Log | T | Nor | Log | T | Nor | Log | T |
| 0:00 | 0.70 | 0.77 | 1.16 | 0.39 | 0.34 | 0.55 | 0.37 | 0.39 | 0.53 | 0.28 | 0.31 | 0.45 |
| 1:00 | 0.27 | 0.31 | 0.58 | 0.26 | 0.30 | 0.37 | 0.27 | 0.28 | 0.39 | 0.30 | 0.33 | 0.43 |
| 2:00 | 0.30 | 0.34 | 0.64 | 0.23 | 0.25 | 0.31 | 0.29 | 0.32 | 0.34 | 0.24 | 0.26 | 0.33 |
| 3:00 | 0.43 | 0.44 | 0.77 | 0.41 | 0.37 | 0.48 | 0.41 | 0.44 | 0.49 | 0.38 | 0.39 | 0.45 |
| 4:00 | 0.30 | 0.31 | 0.58 | 0.33 | 0.34 | 0.38 | 0.30 | 0.31 | 0.35 | 0.24 | 0.26 | 0.29 |
| 5:00 | 0.28 | 0.29 | 0.50 | 0.27 | 0.28 | 0.31 | 0.26 | 0.27 | 0.29 | 0.22 | 0.22 | 0.24 |
| 6:00 | 0.34 | 0.35 | 0.56 | 0.45 | 0.48 | 0.49 | 0.34 | 0.36 | 0.36 | 0.33 | 0.34 | 0.34 |
| 7:00 | 0.29 | 0.32 | 0.65 | 0.32 | 0.34 | 0.39 | 0.35 | 0.35 | 0.37 | 0.29 | 0.30 | 0.31 |
| 8:00 | 0.43 | 0.44 | 0.79 | 0.26 | 0.28 | 0.28 | 0.54 | 0.65 | 0.54 | 0.27 | 0.28 | 0.37 |
| 9:00 | 0.42 | 0.43 | 0.74 | 0.30 | 0.32 | 0.39 | 0.39 | 0.30 | 0.39 | 0.28 | 0.31 | 0.30 |
| 10:00 | 0.30 | 0.34 | 0.70 | 0.31 | 0.29 | 0.30 | 0.40 | 0.43 | 0.47 | 0.47 | 0.50 | 0.47 |
| 11:00 | 0.26 | 0.27 | 0.80 | 0.37 | 0.38 | 0.46 | 0.31 | 0.34 | 0.39 | 0.28 | 0.30 | 0.35 |
| 12:00 | 0.41 | 0.46 | 0.97 | 0.35 | 0.34 | 0.50 | 0.33 | 0.36 | 0.45 | 0.24 | 0.23 | 0.36 |
| 13:00 | 0.51 | 0.49 | 1.31 | 0.26 | 0.27 | 0.38 | 0.33 | 0.35 | 0.62 | 0.37 | 0.32 | 0.54 |
| 14:00 | 0.36 | 0.41 | 1.27 | 0.29 | 0.27 | 0.61 | 0.41 | 0.46 | 0.84 | 0.25 | 0.27 | 0.46 |
| 15:00 | 0.45 | 0.47 | 1.36 | 0.30 | 0.31 | 0.55 | 0.52 | 0.58 | 1.21 | 0.33 | 0.33 | 0.64 |
| 16:00 | 0.49 | 0.55 | 1.18 | 0.31 | 0.30 | 0.54 | 0.55 | 0.62 | 1.35 | 0.47 | 0.43 | 0.82 |
| 17:00 | 0.44 | 0.47 | 1.11 | 0.50 | 0.57 | 0.72 | 0.48 | 0.55 | 1.00 | 0.57 | 0.67 | 1.08 |
| 18:00 | 0.48 | 0.50 | 0.90 | 0.49 | 0.48 | 0.69 | 0.58 | 0.59 | 0.92 | 0.50 | 0.53 | 0.88 |
| 19:00 | 0.48 | 0.53 | 0.83 | 0.62 | 0.68 | 0.87 | 0.65 | 0.68 | 1.06 | 0.41 | 0.46 | 0.76 |
| 20:00 | 0.51 | 0.54 | 0.88 | 0.52 | 0.60 | 0.86 | 0.45 | 0.46 | 0.73 | 0.44 | 0.49 | 0.79 |
| 21:00 | 0.60 | 0.66 | 1.12 | 0.53 | 0.59 | 0.87 | 0.39 | 0.41 | 0.66 | 0.37 | 0.42 | 0.67 |
| 22:00 | 0.49 | 0.54 | 0.97 | 0.34 | 0.37 | 0.61 | 0.43 | 0.47 | 0.68 | 0.50 | 0.55 | 0.78 |
| 23:00 | 0.54 | 0.58 | 1.05 | 0.46 | 0.41 | 0.77 | 0.35 | 0.38 | 0.61 | 0.35 | 0.38 | 0.52 |
| เฉลี่ย | 0.42 | 0.45 | 0.89 | 0.37 | 0.38 | 0.53 | 0.40 | 0.43 | 0.63 | 0.35 | 0.37 | 0.53 |

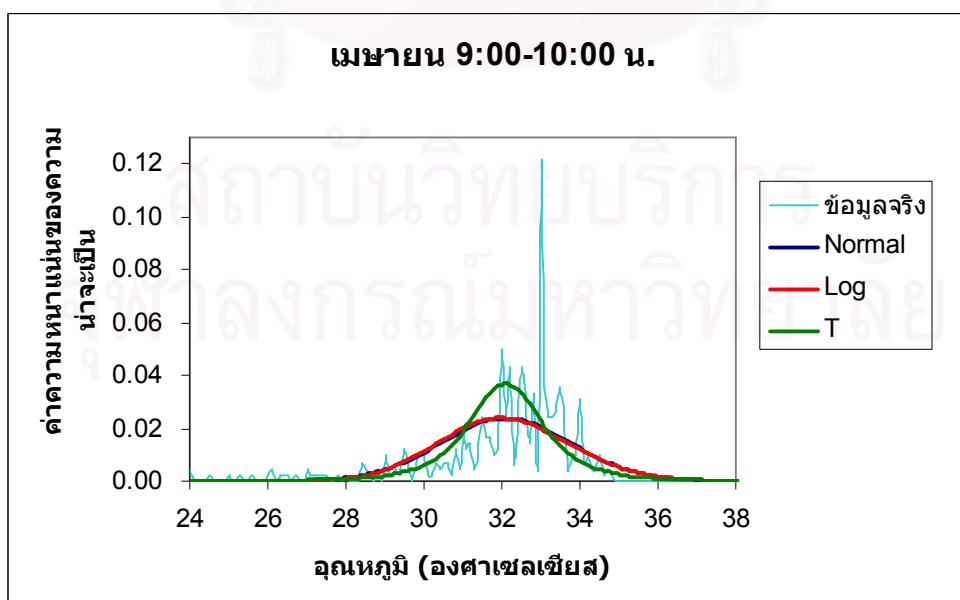
ตารางที่ ก.5: (ต่อ) ค่าความคลาดเคลื่อนไนซ-สแควร์ของรูปแบบการกระจายต่างๆ ของอุณหภูมิภายนอก

| | ก.ย. | | | ต.ค. | | | พ.ย. | | | ธ.ค. | | |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | Nor | Log | T | Nor | Log | T | Nor | Log | T | Nor | Log | T |
| 0:00 | 0.44 | 0.45 | 0.64 | 0.39 | 0.39 | 0.50 | 0.40 | 0.44 | 0.92 | 0.51 | 0.59 | 2.06 |
| 1:00 | 0.23 | 0.24 | 0.33 | 0.18 | 0.19 | 0.28 | 0.37 | 0.43 | 0.93 | 0.47 | 0.49 | 1.96 |
| 2:00 | 0.21 | 0.20 | 0.26 | 0.17 | 0.17 | 0.24 | 0.41 | 0.44 | 0.94 | 0.39 | 0.46 | 1.93 |
| 3:00 | 0.25 | 0.25 | 0.28 | 0.36 | 0.35 | 0.42 | 0.54 | 0.58 | 1.25 | 0.70 | 0.78 | 2.86 |
| 4:00 | 0.21 | 0.21 | 0.22 | 0.24 | 0.25 | 0.29 | 0.32 | 0.37 | 0.85 | 0.41 | 0.48 | 2.01 |
| 5:00 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.34 | 0.35 | 0.33 | 0.41 | 0.47 | 0.99 | 0.40 | 0.48 | 2.22 |
| 6:00 | 0.20 | 0.19 | 0.23 | 0.30 | 0.28 | 0.29 | 0.50 | 0.57 | 1.24 | 0.45 | 0.54 | 2.42 |
| 7:00 | 0.29 | 0.30 | 0.31 | 0.21 | 0.21 | 0.39 | 0.40 | 0.42 | 1.05 | 0.48 | 0.54 | 2.33 |
| 8:00 | 0.34 | 0.37 | 0.41 | 0.43 | 0.43 | 0.66 | 0.39 | 0.42 | 1.03 | 0.42 | 0.48 | 1.79 |
| 9:00 | 0.36 | 0.38 | 0.47 | 0.32 | 0.36 | 0.48 | 0.40 | 0.42 | 1.15 | 0.53 | 0.58 | 2.06 |
| 10:00 | 0.21 | 0.23 | 0.32 | 0.37 | 0.42 | 0.59 | 0.45 | 0.46 | 1.15 | 0.47 | 0.54 | 1.90 |
| 11:00 | 0.22 | 0.24 | 0.28 | 0.46 | 0.52 | 0.78 | 0.33 | 0.36 | 0.88 | 0.58 | 0.66 | 1.87 |
| 12:00 | 0.33 | 0.37 | 0.40 | 0.46 | 0.52 | 0.83 | 0.41 | 0.41 | 1.06 | 0.40 | 0.43 | 1.38 |
| 13:00 | 0.50 | 0.56 | 0.82 | 0.52 | 0.56 | 1.32 | 0.35 | 0.29 | 0.80 | 0.40 | 0.45 | 1.24 |
| 14:00 | 0.47 | 0.52 | 0.97 | 0.51 | 0.51 | 1.07 | 0.38 | 0.41 | 0.97 | 0.38 | 0.42 | 1.10 |
| 15:00 | 0.43 | 0.43 | 0.88 | 0.55 | 0.57 | 0.97 | 0.34 | 0.38 | 0.80 | 0.42 | 0.43 | 1.20 |
| 16:00 | 0.46 | 0.49 | 0.88 | 0.46 | 0.51 | 0.92 | 0.30 | 0.33 | 0.65 | 0.54 | 0.59 | 1.23 |
| 17:00 | 0.48 | 0.52 | 0.90 | 0.44 | 0.46 | 0.84 | 0.44 | 0.48 | 0.85 | 0.46 | 0.49 | 1.14 |
| 18:00 | 0.45 | 0.48 | 0.86 | 0.46 | 0.52 | 0.92 | 0.45 | 0.47 | 0.88 | 0.48 | 0.53 | 1.20 |
| 19:00 | 0.49 | 0.53 | 0.93 | 0.40 | 0.44 | 0.66 | 0.45 | 0.48 | 0.94 | 0.33 | 0.35 | 0.93 |
| 20:00 | 0.54 | 0.56 | 1.07 | 0.41 | 0.44 | 0.71 | 0.39 | 0.42 | 0.91 | 0.41 | 0.45 | 1.28 |
| 21:00 | 0.31 | 0.32 | 0.67 | 0.36 | 0.37 | 0.64 | 0.38 | 0.41 | 0.97 | 0.59 | 0.64 | 1.64 |
| 22:00 | 0.37 | 0.37 | 0.65 | 0.39 | 0.40 | 0.71 | 0.37 | 0.40 | 0.94 | 0.46 | 0.51 | 1.62 |
| 23:00 | 0.32 | 0.33 | 0.54 | 0.34 | 0.38 | 0.50 | 0.41 | 0.46 | 1.00 | 0.50 | 0.51 | 1.66 |
| เฉลี่ย | 0.35 | 0.37 | 0.57 | 0.38 | 0.40 | 0.64 | 0.40 | 0.43 | 0.96 | 0.47 | 0.52 | 1.71 |

รูปที่ ก.7: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นของความน่าจะเป็นแบบต่างๆ กับอุณหภูมิภายนอก ในเดือน ตุลาคม



รูปที่ ก.8: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นของความน่าจะเป็นแบบต่างๆ กับอุณหภูมิภายนอก ในเดือน เมษายน



ตัวอย่างการคำนวณ

ที่เวลา 9:00-10:00 น. เดือน เมษายน

1. การกลั่นกรองข้อมูล

หาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของข้อมูลอุณหภูมิภายนอก ได้จากสมการ 3.37 และ 3.38 โดยการแทนค่าข้อมูลอุณหภูมิ ณ เวลาที่กำหนดจะได้

$$\mu_t = \frac{(31.8 + 31.5 + \dots + 24 + \dots + 34.6 + 33.0)}{420} = 31.99 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\sigma_t^2 = \frac{(31.8 - 31.99)^2 + \dots + (24 - 31.99)^2 + \dots + (33.0 - 31.99)^2}{420} = 3.54 \text{ } ^\circ\text{C}^2$$

เมื่อ $(31.8 + 31.5 + \dots + 24 + \dots + 34.6 + 33.0)$ คือ ข้อมูลจริง
420 คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

ทำการกลั่นกรองข้อมูลโดยกำหนดความคลาดเคลื่อนไว้ที่ความเชื่อมั่น 99.9% จะได้ขอบเขตของข้อมูลคือ 3.29σ

$$3.29\sigma = 3.29 \times \sqrt{3.54} = 6.19 \text{ } ^\circ\text{C}$$

แสดงว่า ถ้าอุณหภูมิมีค่าน้อยกว่า $31.99 - 6.19 = 25.80 \text{ } ^\circ\text{C}$

หรือมากกว่า $31.99 + 6.19 = 38.18 \text{ } ^\circ\text{C}$

ให้ตัดข้อมูลนั้นทิ้ง ซึ่งมีจำนวน 6 ข้อมูล คือ 24.0, 25.3, 25.0, 24.5, 25.6, 24.0

จากนั้นหาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของข้อมูลอุณหภูมิภายนอกใหม่อีกครั้งได้ดังนี้

$$\mu_t = \frac{(31.8 + 31.5 + \dots + 34.6 + 33.0)}{414} = 32.10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\sigma_t^2 = \frac{(31.8 - 31.99)^2 + \dots + (33.0 - 31.99)^2}{414} = 2.81 \text{ } ^\circ\text{C}^2$$

เมื่อ $(31.8 + 31.5 + \dots + 34.6 + 33.0)$ คือ ข้อมูลที่ได้รับการกลั่นกรองแล้ว

2. การทดสอบแบบ ไช-สแควร์

แบ่งช่วงข้อมูลอุณหภูมิภายนอกตั้งแต่ 13.5 องศาเซลเซียสถึง 39.4 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดและสูงสุดของข้อมูลอุณหภูมิภายนอก โดยให้มีช่วงระยะการเพิ่มของอุณหภูมิเท่ากับ 0.1 องศาเซลเซียส

หาความน่าจะเป็นจากข้อมูลจริง โดยใช้อัตราส่วนความถี่ของข้อมูลจะได้

| อุณหภูมิ | ความถี่ของข้อมูล | ความน่าจะเป็น |
|----------|------------------|-------------------------|
| 13.5 | 0 | 0 |
| ... | ... | ... |
| 32 | 21 | $\frac{21}{414} = 0.05$ |
| ... | ... | ... |
| 39.4 | 0 | 0 |

แทนค่า ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนลงในสมการรูปแบบการกระจายของความน่าจะเป็นแบบปกติ แบบล็อก และแบบ T จากนั้น อินทิเกรตสมการเพื่อหาค่าความน่าจะเป็นแบบต่างๆ

อุณหภูมิ 13.5 องศาเซลเซียส

การกระจายแบบปกติ
$$p(X) = \int_{13.45}^{13.55} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \times 2.81} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{X - 32.1}{2.81}\right)^2\right) dX = 4.88 \times 10^{-29}$$

การกระจายแบบล็อก
$$p(X) = \int_{13.45}^{13.55} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \times 0.052X} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln X - 3.46}{0.052}\right)^2\right) dX = 0$$

การกระจายแบบ T
$$p(X) = \int_{13.45}^{13.55} \frac{\Gamma(2.05)}{\Gamma(0.5)\Gamma(1.55)} \left(1 + \frac{X^2}{3.10}\right)^{-2.05} \frac{1}{\sqrt{3.10}} dX = 2.28 \times 10^{-6}$$

...

...

...

อุณหภูมิตั้งที่ 32 องศาเซลเซียส

การกระจายแบบปกติ
$$p(X) = \int_{31.95}^{32.05} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot 2.81} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{X - 32.1}{2.81}\right)^2\right) dX = 2.37 \times 10^{-2}$$

การกระจายแบบล็อก
$$p(X) = \int_{31.95}^{32.05} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot 0.052X} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln X - 3.46}{0.052}\right)^2\right) dX = 2.38 \times 10^{-2}$$

การกระจายแบบ T
$$p(X) = \int_{31.95}^{32.05} \frac{\Gamma(2.05)}{\Gamma(0.5)\Gamma(1.55)} \left(1 + \frac{X^2}{3.10}\right)^{-2.05} \frac{1}{\sqrt{3.10}} dX = 3.66 \times 10^{-2}$$

...

อุณหภูมิตั้งที่ 39.4 องศาเซลเซียส

การกระจายแบบปกติ
$$p(X) = \int_{39.35}^{39.45} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot 2.81} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{X - 32.1}{2.81}\right)^2\right) dX = 1.82 \times 10^{-6}$$

การกระจายแบบล็อก
$$p(X) = \int_{39.35}^{39.45} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot 0.052X} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln X - 3.46}{0.052}\right)^2\right) dX = 7.78 \times 10^{-6}$$

การกระจายแบบ T
$$p(X) = \int_{39.35}^{39.45} \frac{\Gamma(2.05)}{\Gamma(0.5)\Gamma(1.55)} \left(1 + \frac{X^2}{3.10}\right)^{-2.05} \frac{1}{\sqrt{3.10}} dX = 9.59 \times 10^{-5}$$

หาค่าการทดสอบแบบ ไช-สแควร์ของรูปแบบการกระจายต่างๆ

อุณหภูมิตั้งที่ 13.5 องศาเซลเซียส

การกระจายแบบปกติ
$$C_{fn,13.5} = \frac{(0 - 4.88 \times 10^{-29})^2}{4.88 \times 10^{-29}} = 4.88 \times 10^{-29}$$

การกระจายแบบล็อก
$$C_{fl,13.5} = 0$$

การกระจายแบบ T
$$C_{ft,13.5} = \frac{(0 - 2.28 \times 10^{-6})^2}{2.28 \times 10^{-6}} = 2.28 \times 10^{-6}$$

...

อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส

$$\text{การกระจายแบบปกติ } C_{fn,32} = \frac{(0.05 - 2.37 \times 10^{-2})^2}{2.37 \times 10^{-2}} = 0.0292$$

$$\text{การกระจายแบบล็อก } C_{fl,32} = \frac{(0.05 - 2.38 \times 10^{-2})^2}{2.38 \times 10^{-2}} = 0.0288$$

$$\text{การกระจายแบบ T } C_{ft,32} = \frac{(0.05 - 3.66 \times 10^{-2})^2}{3.66 \times 10^{-2}} = 0.0049$$

... ..

อุณหภูมิ 39.4 องศาเซลเซียส

$$\text{การกระจายแบบปกติ } C_{fn,39.4} = \frac{(0 - 1.82 \times 10^{-6})^2}{1.82 \times 10^{-6}} = 1.82 \times 10^{-6}$$

$$\text{การกระจายแบบล็อก } C_{fl,39.4} = \frac{(0 - 7.78 \times 10^{-6})^2}{7.78 \times 10^{-6}} = 7.78 \times 10^{-6}$$

$$\text{การกระจายแบบ T } C_{ft,39.4} = \frac{(0 - 9.59 \times 10^{-5})^2}{9.59 \times 10^{-5}} = 9.59 \times 10^{-5}$$

รวมค่าการทดสอบแบบ ไช-สแควร์ของรูปแบบการกระจายต่างๆ ทั้งหมดตั้งแต่ 13.5 องศาเซลเซียส ถึง 39.4 องศาเซลเซียส

$$\text{การกระจายแบบปกติ } C_{fn} = \sum_{i=13.5}^{39.4} C_{fn,i} = 4.88 \times 10^{-29} + \dots + 0.0292 + \dots + 1.82 \times 10^{-6} = 0.84$$

$$\text{การกระจายแบบล็อก } C_{fl} = \sum_{i=13.5}^{39.4} C_{fl,i} = 0 + \dots + 0.0288 + \dots + 7.78 \times 10^{-6} = 0.89$$

$$\text{การกระจายแบบ T } C_{ft} = \sum_{i=13.5}^{39.4} C_{ft,i} = 2.28 \times 10^{-6} + \dots + 0.0049 + \dots + 9.59 \times 10^{-5} = 0.90$$

การคำนวณทั้งหมดสามารถทำได้โดยใช้โปรแกรม Parameter.for ซึ่งจะแสดงไว้ในภาคผนวก ข

จากตารางที่ ก.5 จะพบว่าค่าเฉลี่ยทั้งปีของความคลาดเคลื่อนไซ-สแควร์ของการกระจายรูปแบบปกติ รูปแบบล็อก และรูปแบบที มีค่า 0.40 0.42 และ 0.73 ตามลำดับ ดังนั้นถ้าพิจารณาจากค่าเฉลี่ยทั้งปีแล้วพบว่า รูปแบบฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นที่เหมาะสมคือ รูปแบบปกติ โดยมีสมการคือ

$$f(t_{o,\theta}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{t,\theta}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{t_{o,\theta} - \mu_{t,\theta}}{\sigma_{t,\theta}}\right)^2\right) \quad \text{---(ก.1)}$$

โดยที่ค่า $\mu_{t,\theta}$ และ $\sigma_{t,\theta}^2$ ใช้ค่าจากจากตารางที่ ก.3 และ ก.4 ตามลำดับ

รูปที่ ก.7 และ ก.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นของความน่าจะเป็นแบบต่างๆ กับอุณหภูมิภายนอกในเดือน ตุลาคม เวลา 2:00-3:00 น. และเดือน เมษายน เวลา 9:00-10:00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มียค่าความคลาดเคลื่อนไซ-สแควร์ของการกระจายรูปแบบปกติ น้อยที่สุดและมากที่สุด ตามลำดับ

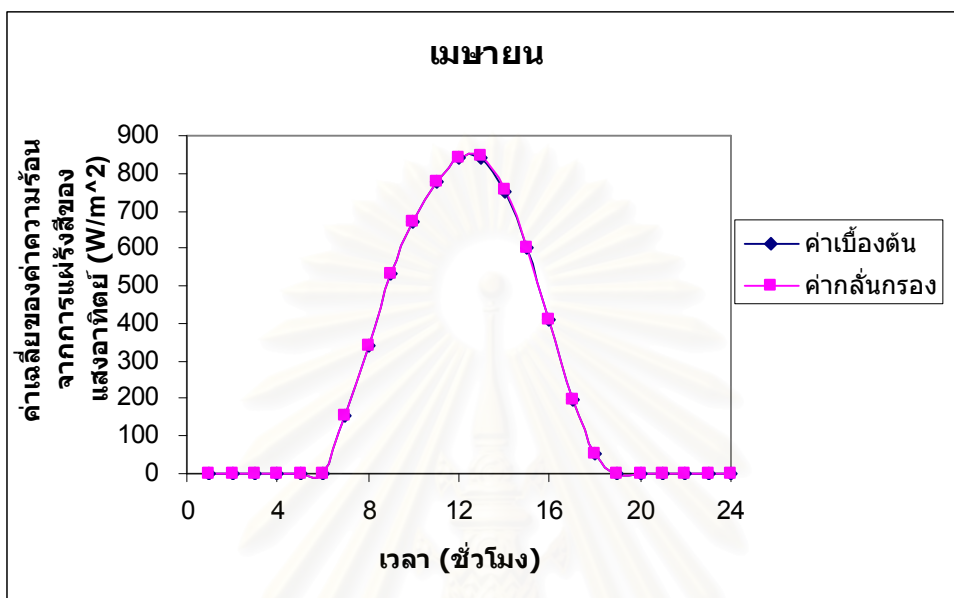
2. ค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์

จากข้อมูลทั้งหมด สามารถหาค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนเบื้องต้นได้ดังตารางที่ ก.6 และ ก.7 จากนั้นทำการถ่วงน้ำหนัก โดยกำหนดให้ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนจากค่าเฉลี่ยไม่เกิน 3.29 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (หรือที่ความมั่นใจ 99.9% เมื่อเทียบกับการกระจายแบบปกติ) ซึ่งจะได้ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนใหม่ ดังตารางที่ ก.8 และ ก.9

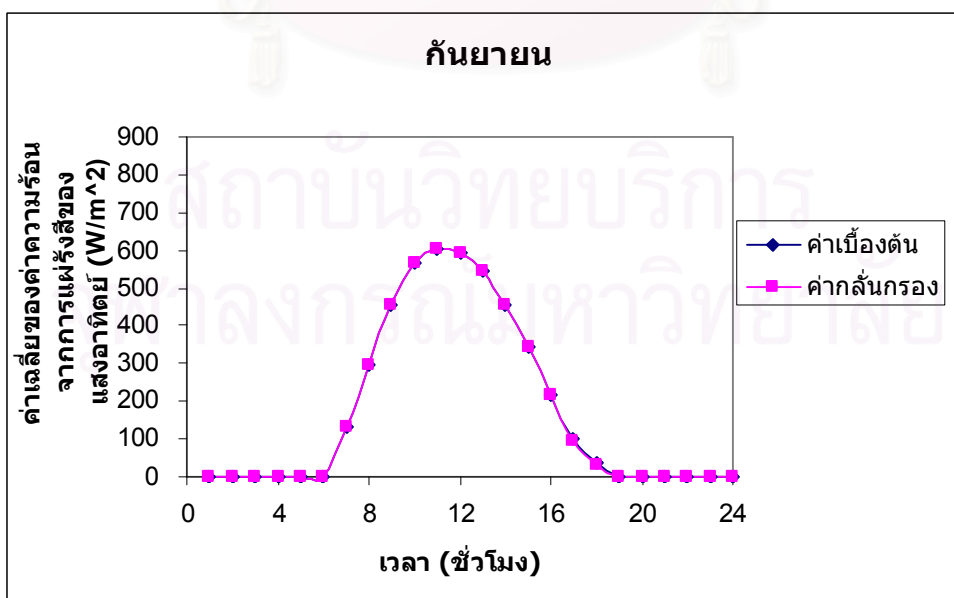
หารูปแบบการกระจายของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นที่เหมาะสม โดยใช้วิธีการทดสอบการกระจาย แบบไซ-สแควร์ ทดสอบการกระจายตามรูปแบบปกติ รูปแบบล็อก และรูปแบบที ที่เป็นรูปแบบไม่จำกัดเขต โดยทดสอบที่ความมั่นใจ 99.9% จากการทดสอบพบว่าจะได้ค่าความคลาดเคลื่อนไซ-สแควร์ ดังตารางที่ ก.10

รูปที่ ก.9 และรูปที่ ก.10 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความร้อนจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ ในเดือน เมษายน และเดือน กันยายน ซึ่งมีค่าสูงสุดและต่ำสุดตามลำดับ รูปที่ ก.11 และรูปที่ ก.12 แสดงการเปรียบเทียบค่าความแปรปรวนกับเวลาของข้อมูลเบื้องต้นกับข้อมูลที่ทำกรถ่วงน้ำหนักแล้วในเดือน พฤษภาคม และเดือน กุมภาพันธ์ ซึ่งมีค่าสูงสุดและต่ำสุดตามลำดับ

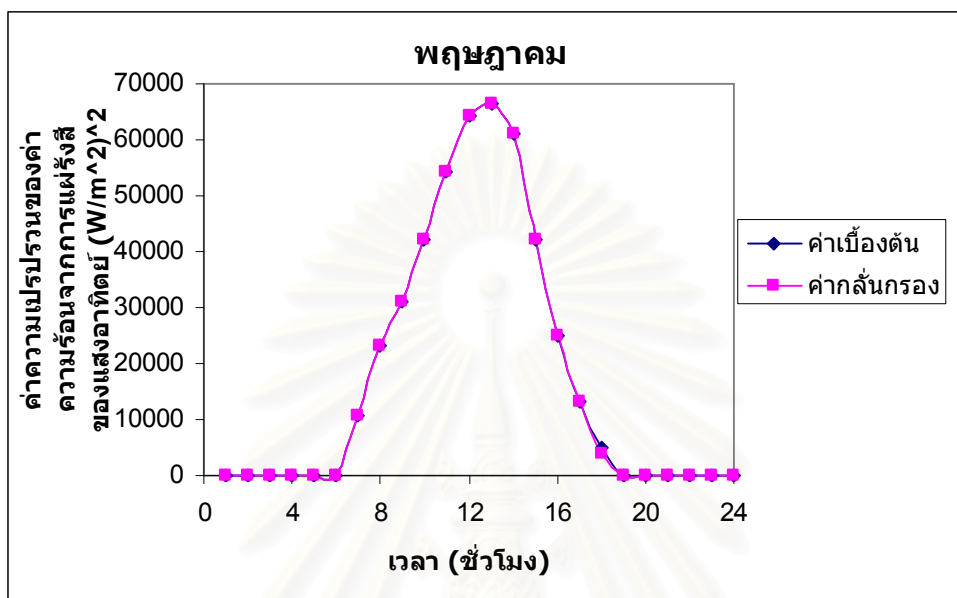
รูปที่ ก.9: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์กับเวลาของข้อมูลเบื้องต้นกับข้อมูลที่ทำกรกลั่นกรองแล้วของ เดือน เมษายน



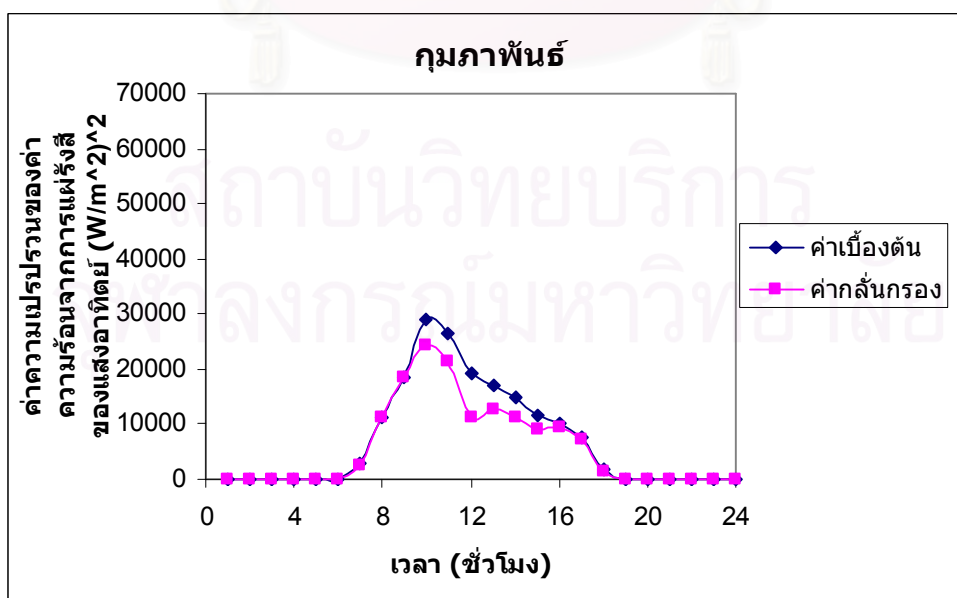
รูปที่ ก.10: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์กับเวลาของข้อมูลเบื้องต้นกับข้อมูลที่ทำกรกลั่นกรองแล้วของ เดือน กันยายน



รูปที่ ก.11: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแปรปรวนของค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์กับเวลา ของข้อมูลเบื้องต้นกับข้อมูลที่ทำกรกลั่นกรองแล้วของ เดือน พฤษภาคม



รูปที่ ก.12: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแปรปรวนของค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์กับเวลา ของข้อมูลเบื้องต้นกับข้อมูลที่ทำกรกลั่นกรองแล้วของ เดือน กุมภาพันธ์



ตารางที่ ก.10: ค่าความคลาดเคลื่อนไนซ-สแควร์ของรูปแบบการกระจายต่างๆ ของค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์

| | ม.ค. | | | ก.พ. | | | มี.ค. | | | เม.ย. | | |
|--------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|-------|-------|------|------|
| | Nor | Log | T | Nor | Log | T | Nor | Log | T | Nor | Log | T |
| 0:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7:00 | 1.80 | 2.17 | 3.94 | 1.90 | 2.59 | 3.17 | 1.65 | 2.21 | 1.75 | 1.40 | 1.57 | 1.81 |
| 8:00 | 1.66 | 1.95 | 2.35 | 1.52 | 1.77 | 2.22 | 2.05 | 2.56 | 1.28 | 1.30 | 1.70 | 1.45 |
| 9:00 | 1.37 | 1.50 | 2.24 | 1.49 | 1.77 | 1.96 | 1.84 | 2.13 | 1.18 | 1.32 | 1.67 | 0.97 |
| 10:00 | 1.14 | 1.28 | 1.89 | 1.48 | 1.70 | 1.88 | 1.54 | 1.74 | 1.44 | 1.53 | 1.86 | 0.81 |
| 11:00 | 1.28 | 1.49 | 1.57 | 0.98 | 0.96 | 3.42 | 1.90 | 2.14 | 1.25 | 1.69 | 2.06 | 0.92 |
| 12:00 | 2.34 | 2.63 | 6.66 | 1.08 | 1.16 | 4.41 | 2.23 | 2.51 | 2.15 | 1.56 | 1.96 | 1.63 |
| 13:00 | 0.93 | 1.11 | 2.53 | 1.47 | 1.63 | 6.91 | 1.66 | 1.92 | 1.84 | 1.38 | 1.66 | 1.45 |
| 14:00 | 0.93 | 1.00 | 3.90 | 1.14 | 1.10 | 3.79 | 1.45 | 1.64 | 4.88 | 1.14 | 1.35 | 3.25 |
| 15:00 | 1.69 | 1.57 | 6.46 | 1.25 | 1.33 | 6.68 | 1.44 | 1.43 | 2.27 | 1.18 | 1.25 | 1.40 |
| 16:00 | 2.52 | 1.90 | 18.12 | 1.49 | 1.21 | 6.85 | 2.59 | 1.88 | 15.34 | 1.44 | 1.32 | 4.23 |
| 17:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| เฉลี่ย | 1.57 | 1.66 | 4.97 | 1.38 | 1.52 | 4.13 | 1.84 | 2.02 | 3.34 | 1.39 | 1.64 | 1.79 |

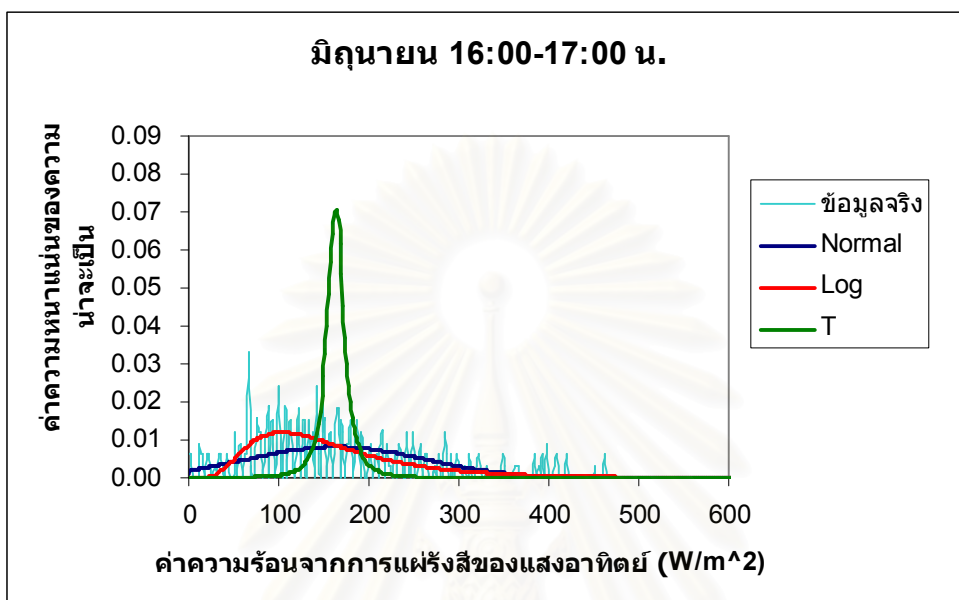
ตารางที่ ก.10: (ต่อ) ค่าความคลาดเคลื่อนไน-สแควร์ของรูปแบบการกระจายต่างๆ ของค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์

| | พ.ค. | | | มิ.ย. | | | ก.ค. | | | ส.ค. | | |
|--------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|
| | Nor | Log | T | Nor | Log | T | Nor | Log | T | Nor | Log | T |
| 0:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7:00 | 1.23 | 1.51 | 2.25 | 1.65 | 2.21 | 1.75 | 0.98 | 1.29 | 1.62 | 1.35 | 1.33 | 3.65 |
| 8:00 | 1.36 | 1.69 | 1.92 | 2.05 | 2.56 | 1.28 | 1.15 | 1.32 | 1.34 | 1.56 | 1.50 | 1.91 |
| 9:00 | 1.43 | 1.41 | 2.00 | 1.84 | 2.13 | 1.18 | 1.38 | 1.53 | 1.34 | 1.66 | 1.67 | 1.45 |
| 10:00 | 1.56 | 1.67 | 1.08 | 1.54 | 1.74 | 1.44 | 1.35 | 1.47 | 1.70 | 1.47 | 1.50 | 0.99 |
| 11:00 | 1.51 | 1.83 | 0.83 | 1.90 | 2.14 | 1.25 | 1.20 | 1.28 | 1.01 | 1.77 | 1.78 | 0.94 |
| 12:00 | 1.64 | 1.86 | 1.73 | 2.23 | 2.51 | 2.15 | 1.53 | 1.62 | 1.39 | 1.64 | 1.65 | 1.23 |
| 13:00 | 1.63 | 1.87 | 1.72 | 1.66 | 1.92 | 1.84 | 1.46 | 1.60 | 0.90 | 1.77 | 1.87 | 1.89 |
| 14:00 | 1.38 | 1.44 | 0.67 | 1.45 | 1.64 | 4.88 | 1.21 | 1.39 | 1.48 | 1.32 | 1.52 | 3.24 |
| 15:00 | 1.21 | 1.32 | 1.11 | 1.44 | 1.43 | 2.27 | 1.08 | 1.17 | 1.16 | 1.24 | 1.33 | 1.91 |
| 16:00 | 1.16 | 1.14 | 2.47 | 2.59 | 1.88 | 15.34 | 0.88 | 0.91 | 3.29 | 1.12 | 1.01 | 2.95 |
| 17:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| เฉลี่ย | 1.41 | 1.57 | 1.58 | 1.84 | 2.02 | 3.34 | 1.22 | 1.36 | 1.52 | 1.49 | 1.52 | 2.02 |

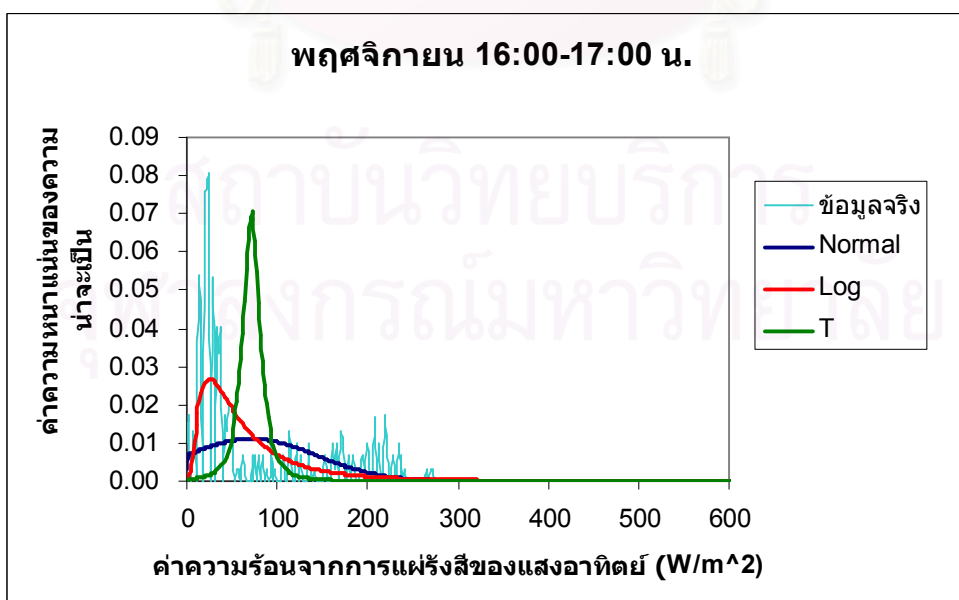
ตารางที่ ก.10: (ต่อ) ค่าความคลาดเคลื่อนไน-สแควร์ของรูปแบบการกระจายต่างๆ ของค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์

| | ก.ย. | | | ต.ค. | | | พ.ย. | | | ธ.ค. | | |
|--------|------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|
| | Nor | Log | T | Nor | Log | T | Nor | Log | T | Nor | Log | T |
| 0:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7:00 | 1.18 | 1.33 | 1.97 | 1.72 | 2.21 | 1.00 | 1.84 | 2.55 | 1.21 | 2.03 | 2.61 | 1.46 |
| 8:00 | 1.62 | 1.72 | 2.44 | 1.58 | 1.82 | 1.30 | 1.51 | 1.75 | 1.04 | 1.55 | 1.72 | 1.15 |
| 9:00 | 1.58 | 1.71 | 0.83 | 1.72 | 1.95 | 0.98 | 1.82 | 2.19 | 1.21 | 1.37 | 1.49 | 2.03 |
| 10:00 | 1.71 | 1.78 | 1.16 | 2.19 | 2.27 | 1.40 | 1.75 | 2.05 | 1.16 | 1.25 | 1.50 | 2.67 |
| 11:00 | 1.42 | 1.54 | 0.62 | 1.74 | 2.12 | 0.89 | 1.63 | 1.79 | 1.35 | 1.14 | 1.21 | 1.68 |
| 12:00 | 1.67 | 1.93 | 1.37 | 1.85 | 2.15 | 0.90 | 1.52 | 1.79 | 1.37 | 1.48 | 1.63 | 3.36 |
| 13:00 | 2.05 | 1.78 | 2.17 | 1.99 | 2.39 | 3.00 | 1.44 | 1.63 | 1.02 | 1.37 | 1.71 | 2.06 |
| 14:00 | 1.64 | 1.99 | 3.27 | 1.37 | 1.57 | 2.82 | 1.30 | 1.44 | 2.46 | 1.31 | 1.37 | 2.15 |
| 15:00 | 1.07 | 1.12 | 2.14 | 1.13 | 1.29 | 2.74 | 1.20 | 1.16 | 1.99 | 1.38 | 1.40 | 4.28 |
| 16:00 | 1.32 | 1.24 | 8.76 | 1.63 | 2.41 | 11.46 | 3.25 | 1.74 | 21.18 | 2.50 | 1.90 | 21.30 |
| 17:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| เฉลี่ย | 1.53 | 1.61 | 2.47 | 1.69 | 2.02 | 2.65 | 1.73 | 1.81 | 3.40 | 1.54 | 1.65 | 4.21 |

รูปที่ ก.13: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นของความน่าจะเป็นแบบต่างๆ กับค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ของ เดือน มิถุนายน



รูปที่ ก.14: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นของความน่าจะเป็นแบบต่างๆ กับค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ของ เดือน พฤศจิกายน



ตัวอย่างการคำนวณ

ที่เวลา 12:00-13:00 น. เดือน กุมภาพันธ์

1. การกลั่นกรองข้อมูล

หาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของข้อมูลค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ ได้จากสมการ 3.37 และ 3.38 โดยการแทนค่าข้อมูลค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ ณ เวลาที่กำหนดจะได้

$$\mu_I = \frac{(419 + 650 + \dots + 200 + \dots + 711 + 830)}{224} = 767 \text{ W/m}^2$$

$$\sigma_I^2 = \frac{(419 - 767)^2 + \dots + (200 - 767)^2 + \dots + (830 - 767)^2}{224} = 16893 \text{ W}^2/\text{m}^4$$

เมื่อ $(419 + 650 + \dots + 200 + \dots + 711 + 830)$ คือ ข้อมูลจริง
 224 คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

ทำการกลั่นกรองข้อมูลโดยกำหนดความคลาดเคลื่อนไว้ที่ความเชื่อมั่น 99.9% จะได้ขอบเขตของข้อมูลคือ 3.29σ

$$3.29\sigma = 3.29 \times \sqrt{16893} = 236 \text{ W/m}^2$$

แสดงว่า ถ้าค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์

มีค่าน้อยกว่า $767 - 236 = 531 \text{ W/m}^2$

หรือมากกว่า $767 + 236 = 1003 \text{ W/m}^2$

ให้ตัดข้อมูลนั้นทิ้ง ซึ่งจะมีจำนวน 4 ข้อมูล คือ 200, 317, 253, 294

จากนั้นหาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของข้อมูลค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ใหม่อีกครั้ง ได้ดังนี้

$$\mu_I = \frac{(419 + 650 + \dots + 711 + 830)}{220} = 776 \text{ W/m}^2$$

$$\sigma_I^2 = \frac{(419 - 776)^2 + \dots + (830 - 776)^2}{220} = 12521 \text{ W}^2/\text{m}^4$$

เมื่อ $(419 + 650 + \dots + 711 + 830)$ คือ ข้อมูลที่กลั่นกรองแล้ว

2. การทดสอบแบบ ไช-สแควร์

แบ่งช่วงข้อมูลค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ ตั้งแต่ 0 W/m^2 ถึง 1400 W/m^2 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดและสูงสุดของข้อมูลค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ โดยให้มีช่วงระยะการเพิ่มของค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ เท่ากับ 2 W/m^2

หาความน่าจะเป็นจากข้อมูลจริง โดยใช้อัตราส่วนความถี่ของข้อมูลจะได้

| ค่าการแผ่รังสีความร้อน ของแสงอาทิตย์ | ความถี่ของข้อมูล | ความน่าจะเป็น |
|---|------------------|--------------------------|
| 0 | 0 | 0 |
| ... | ... | ... |
| 776 | 2 | $\frac{2}{224} = 0.0089$ |
| ... | ... | ... |
| 1400 | 0 | 0 |

แทนค่า ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนลงในสมการรูปแบบการกระจายของความน่าจะเป็นแบบปกติ แบบล็อก และแบบ T จากนั้น อินทิเกรตสมการเพื่อหาค่าความน่าจะเป็นแบบต่างๆ

ค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ 0 W/m^2

การกระจายแบบปกติ
$$p(X) = \int_0^1 \frac{1}{\sqrt{2\pi \cdot 12521}} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{X - 776}{12521}\right)^2\right) dX = 1.33 \times 10^{-13}$$

การกระจายแบบล็อก
$$p(X) = \int_0^1 \frac{1}{\sqrt{2\pi \cdot 0.14X}} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln X - 6.64}{0.14}\right)^2\right) dX = 0$$

การกระจายแบบ T
$$p(X) = \int_0^1 \frac{\Gamma(1.5)}{\Gamma(0.5)\Gamma(1)} \left(1 + \frac{X^2}{2}\right)^{-1.5} \frac{1}{\sqrt{2}} dX = 2.03 \times 10^{-7}$$

...

...

...

ค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ 776 W/m²

การกระจายแบบปกติ $p(X) = \int_{775}^{777} \frac{1}{\sqrt{2\pi \times 12521}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{X-776}{12521}\right)^2\right) dX = 7.13 \times 10^{-3}$

การกระจายแบบล็อก $p(X) = \int_{775}^{777} \frac{1}{\sqrt{2\pi \times 0.14X}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln X - 6.64}{0.14}\right)^2\right) dX = 7.15 \times 10^{-3}$

การกระจายแบบ T $p(X) = \int_{775}^{777} \frac{\Gamma(1.5)}{\Gamma(0.5)\Gamma(1)} \left(1 + \frac{X^2}{2}\right)^{-1.5} \frac{1}{\sqrt{2}} dX = 7.06 \times 10^{-3}$

...

ค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ 1400 W/m²

การกระจายแบบปกติ $p(X) = \int_{1399}^{1401} \frac{1}{\sqrt{2\pi \times 12521}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{X-776}{12521}\right)^2\right) dX = 1.39 \times 10^{-9}$

การกระจายแบบล็อก $p(X) = \int_{1399}^{1401} \frac{1}{\sqrt{2\pi \times 0.14X}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln X - 6.64}{0.14}\right)^2\right) dX = 6.52 \times 10^{-7}$

การกระจายแบบ T $p(X) = \int_{1399}^{1401} \frac{\Gamma(1.5)}{\Gamma(0.5)\Gamma(1)} \left(1 + \frac{X^2}{2}\right)^{-1.5} \frac{1}{\sqrt{2}} dX = 7.92 \times 10^{-7}$

หาค่าการทดสอบแบบ ไช-สแควร์ของรูปแบบการกระจายต่างๆ

ค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ 0 W/m²

การกระจายแบบปกติ $C_{fn,0} = \frac{(0 - 1.33 \times 10^{-13})^2}{1.33 \times 10^{-13}} = 1.33 \times 10^{-13}$

การกระจายแบบล็อก $C_{fl,0} = 0$

การกระจายแบบ T $C_{ft,0} = \frac{(0 - 2.03 \times 10^{-7})^2}{2.03 \times 10^{-7}} = 2.03 \times 10^{-7}$

...

ค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ 776 W/m²

$$\text{การกระจายแบบปกติ } C_{fn,776} = \frac{(8.9 \times 10^{-3} - 7.13 \times 10^{-3})^2}{7.13 \times 10^{-3}} = 2.48 \times 10^{-4}$$

$$\text{การกระจายแบบลึอก } C_{fl,776} = \frac{(8.9 \times 10^{-3} - 7.15 \times 10^{-3})^2}{7.15 \times 10^{-3}} = 2.45 \times 10^{-4}$$

$$\text{การกระจายแบบ T } C_{ft,776} = \frac{(8.9 \times 10^{-3} - 7.06 \times 10^{-3})^2}{7.15 \times 10^{-3}} = 2.61 \times 10^{-4}$$

... ..

ค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ 1400 W/m²

$$\text{การกระจายแบบปกติ } C_{fn,1400} = \frac{(0 - 1.39 \times 10^{-9})^2}{1.39 \times 10^{-9}} = 1.39 \times 10^{-9}$$

$$\text{การกระจายแบบลึอก } C_{fl,1400} = \frac{(0 - 6.52 \times 10^{-7})^2}{6.52 \times 10^{-7}} = 6.52 \times 10^{-7}$$

$$\text{การกระจายแบบ T } C_{ft,1400} = \frac{(0 - 7.92 \times 10^{-7})^2}{7.92 \times 10^{-7}} = 7.92 \times 10^{-7}$$

รวมค่าการทดสอบแบบ ไช-สแควร์ของรูปแบบการกระจายต่างๆ ทั้งหมดตั้งแต่ 0 W/m² ถึง 1400 W/m²

$$\text{การกระจายแบบปกติ } C_{fn} = \sum_{i=0}^{1400} C_{fn,i} = 1.33 \times 10^{-13} + \dots + 2.48 \times 10^{-4} + \dots + 1.39 \times 10^{-9} = 1.08$$

$$\text{การกระจายแบบลึอก } C_{fl} = \sum_{i=0}^{1400} C_{fl,i} = 0 + \dots + 2.45 \times 10^{-4} + \dots + 6.52 \times 10^{-7} = 1.16$$

$$\text{การกระจายแบบ T } C_{ft} = \sum_{i=0}^{1400} C_{ft,i} = 2.03 \times 10^{-7} + \dots + 2.61 \times 10^{-4} + \dots + 7.92 \times 10^{-7} = 4.41$$

การคำนวณทั้งหมดสามารถทำได้โดยใช้โปรแกรม Parameter.for ซึ่งจะแสดงไว้ในภาคผนวก ข

ตารางที่ ก.10 จะพบว่าค่าเฉลี่ยทั้งปีของความคลาดเคลื่อนไซ-สแควร์เฉลี่ยของการกระจายรูปแบบปกติ รูปแบบล็อก และรูปแบบที มีค่า 1.50 1.65 และ 2.78 ตามลำดับ ดังนั้นถ้าพิจารณาจากค่าเฉลี่ยทั้งปีแล้วพบว่า รูปแบบฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นที่เหมาะสมคือ รูปแบบปกติ โดยมีสมการคือ

$$f(I_{th,\theta}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{I,\theta}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{I_{th,\theta} - \mu_{I,\theta}}{\sigma_{I,\theta}}\right)^2\right) \quad \text{---(ก.2)}$$

โดยที่ค่า $\mu_{I,\theta}$ และ $\sigma_{I,\theta}^2$ ใช้ค่าจากจากตารางที่ ก.8 และ ก.9 ตามลำดับ

รูปที่ ก.13 และ ก.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นของความน่าจะเป็นแบบต่างๆ กับค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ในเดือน มิถุนายน เวลา 16:00-17:00 น. และเดือน พฤศจิกายน เวลา 16:00-17:00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีความค่าความคลาดเคลื่อนไซ-สแควร์ของการกระจายรูปแบบปกติ น้อยที่สุดและมากที่สุด ตามลำดับ

3. ข้อมูลของอัตราส่วนความชื้นภายนอก

จากข้อมูลทั้งหมด สามารถหาค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนเบื้องต้นได้ดังตารางที่ ก.11 และ ก.12 จากนั้นทำการถ่วงน้ำหนักข้อมูล โดยกำหนดให้ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนจากค่าเฉลี่ยไม่เกิน 3.29 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (หรือที่ความมั่นใจ 99.9% เมื่อเทียบกับการกระจายแบบปกติ) ซึ่งจะได้ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนใหม่ ดังตารางที่ ก.13 และ ก.14

หารูปแบบการกระจายของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นที่เหมาะสม โดยใช้วิธีการทดสอบการกระจาย แบบไซ-สแควร์ ทดสอบการกระจายตามรูปแบบปกติ รูปแบบล็อก และรูปแบบที ที่เป็นรูปแบบไม่จำกัดเขต โดยทดสอบที่ความมั่นใจ 99.9% จากการทดสอบพบว่าจะได้ค่าความคลาดเคลื่อนไซ-สแควร์ ดังตารางที่ ก.15

รูปที่ ก.15 และรูปที่ ก.16 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนความชื้นภายนอกในเดือน พฤษภาคม และเดือน ธันวาคม ซึ่งมีค่าสูงสุดและต่ำสุดตามลำดับ รูปที่ ก.17 และรูปที่ ก.18 แสดงการเปรียบเทียบค่าความแปรปรวนกับเวลาของข้อมูลเบื้องต้นกับข้อมูลที่ทำกรถ่วงน้ำหนักแล้วในเดือน มกราคม และเดือน กันยายน ซึ่งมีค่าสูงสุดและต่ำสุดตามลำดับ

ตารางที่ ก.11: ค่าเฉลี่ยเบื้องต้นของอัตราส่วนความชื้น ภายนอก

| | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0:00 | 0.0163 | 0.0178 | 0.0194 | 0.0205 | 0.0203 | 0.0195 | 0.0192 | 0.0189 | 0.0191 | 0.0191 | 0.0168 | 0.0148 |
| 1:00 | 0.0162 | 0.0177 | 0.0193 | 0.0205 | 0.0202 | 0.0194 | 0.0191 | 0.0188 | 0.0191 | 0.0190 | 0.0167 | 0.0147 |
| 2:00 | 0.0161 | 0.0176 | 0.0193 | 0.0204 | 0.0201 | 0.0193 | 0.0190 | 0.0187 | 0.0190 | 0.0189 | 0.0166 | 0.0146 |
| 3:00 | 0.0160 | 0.0175 | 0.0192 | 0.0203 | 0.0200 | 0.0192 | 0.0189 | 0.0186 | 0.0189 | 0.0188 | 0.0165 | 0.0145 |
| 4:00 | 0.0159 | 0.0173 | 0.0191 | 0.0202 | 0.0199 | 0.0191 | 0.0189 | 0.0186 | 0.0188 | 0.0187 | 0.0164 | 0.0143 |
| 5:00 | 0.0158 | 0.0172 | 0.0190 | 0.0201 | 0.0198 | 0.0191 | 0.0188 | 0.0186 | 0.0188 | 0.0187 | 0.0163 | 0.0142 |
| 6:00 | 0.0156 | 0.0171 | 0.0190 | 0.0202 | 0.0201 | 0.0193 | 0.0190 | 0.0187 | 0.0190 | 0.0188 | 0.0163 | 0.0142 |
| 7:00 | 0.0157 | 0.0173 | 0.0192 | 0.0203 | 0.0201 | 0.0195 | 0.0191 | 0.0189 | 0.0191 | 0.0191 | 0.0165 | 0.0143 |
| 8:00 | 0.0159 | 0.0173 | 0.0191 | 0.0201 | 0.0201 | 0.0194 | 0.0191 | 0.0189 | 0.0192 | 0.0192 | 0.0165 | 0.0144 |
| 9:00 | 0.0159 | 0.0172 | 0.0188 | 0.0199 | 0.0200 | 0.0193 | 0.0190 | 0.0188 | 0.0192 | 0.0191 | 0.0164 | 0.0146 |
| 10:00 | 0.0158 | 0.0170 | 0.0187 | 0.0197 | 0.0199 | 0.0194 | 0.0190 | 0.0187 | 0.0192 | 0.0189 | 0.0164 | 0.0146 |
| 11:00 | 0.0158 | 0.0168 | 0.0186 | 0.0197 | 0.0199 | 0.0194 | 0.0191 | 0.0188 | 0.0192 | 0.0188 | 0.0163 | 0.0146 |
| 12:00 | 0.0157 | 0.0168 | 0.0185 | 0.0196 | 0.0198 | 0.0195 | 0.0192 | 0.0189 | 0.0192 | 0.0188 | 0.0163 | 0.0147 |
| 13:00 | 0.0158 | 0.0168 | 0.0183 | 0.0195 | 0.0199 | 0.0196 | 0.0193 | 0.0190 | 0.0193 | 0.0187 | 0.0164 | 0.0146 |
| 14:00 | 0.0157 | 0.0167 | 0.0182 | 0.0194 | 0.0199 | 0.0197 | 0.0194 | 0.0192 | 0.0194 | 0.0188 | 0.0163 | 0.0147 |
| 15:00 | 0.0157 | 0.0166 | 0.0181 | 0.0193 | 0.0199 | 0.0197 | 0.0194 | 0.0192 | 0.0194 | 0.0187 | 0.0164 | 0.0147 |
| 16:00 | 0.0158 | 0.0166 | 0.0181 | 0.0194 | 0.0198 | 0.0197 | 0.0195 | 0.0192 | 0.0195 | 0.0188 | 0.0165 | 0.0148 |
| 17:00 | 0.0160 | 0.0168 | 0.0184 | 0.0195 | 0.0199 | 0.0196 | 0.0195 | 0.0193 | 0.0195 | 0.0188 | 0.0166 | 0.0150 |
| 18:00 | 0.0162 | 0.0173 | 0.0188 | 0.0198 | 0.0200 | 0.0196 | 0.0194 | 0.0193 | 0.0194 | 0.0190 | 0.0168 | 0.0151 |
| 19:00 | 0.0164 | 0.0176 | 0.0192 | 0.0202 | 0.0202 | 0.0197 | 0.0195 | 0.0194 | 0.0194 | 0.0191 | 0.0169 | 0.0151 |
| 20:00 | 0.0165 | 0.0177 | 0.0193 | 0.0203 | 0.0203 | 0.0197 | 0.0195 | 0.0193 | 0.0195 | 0.0191 | 0.0170 | 0.0150 |
| 21:00 | 0.0164 | 0.0179 | 0.0194 | 0.0205 | 0.0203 | 0.0197 | 0.0195 | 0.0192 | 0.0195 | 0.0192 | 0.0169 | 0.0149 |
| 22:00 | 0.0164 | 0.0179 | 0.0194 | 0.0205 | 0.0203 | 0.0197 | 0.0195 | 0.0192 | 0.0194 | 0.0192 | 0.0169 | 0.0149 |
| 23:00 | 0.0164 | 0.0179 | 0.0194 | 0.0205 | 0.0203 | 0.0196 | 0.0193 | 0.0190 | 0.0193 | 0.0191 | 0.0169 | 0.0148 |

ตารางที่ ก.12: ค่าความปรวนแปรเบื้องต้นของอัตราส่วนความชื้นภายนอก ($\times 10^{-3}$)

| | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0:00 | 0.0094 | 0.0084 | 0.0025 | 0.0021 | 0.0020 | 0.0024 | 0.0023 | 0.0020 | 0.0014 | 0.0027 | 0.0062 | 0.0091 |
| 1:00 | 0.0092 | 0.0086 | 0.0024 | 0.0021 | 0.0020 | 0.0020 | 0.0021 | 0.0016 | 0.0013 | 0.0028 | 0.0060 | 0.0092 |
| 2:00 | 0.0093 | 0.0089 | 0.0026 | 0.0022 | 0.0020 | 0.0019 | 0.0019 | 0.0015 | 0.0012 | 0.0028 | 0.0063 | 0.0097 |
| 3:00 | 0.0097 | 0.0100 | 0.0029 | 0.0026 | 0.0021 | 0.0019 | 0.0019 | 0.0015 | 0.0012 | 0.0029 | 0.0064 | 0.0096 |
| 4:00 | 0.0097 | 0.0093 | 0.0031 | 0.0027 | 0.0020 | 0.0018 | 0.0017 | 0.0014 | 0.0012 | 0.0029 | 0.0068 | 0.0096 |
| 5:00 | 0.0094 | 0.0094 | 0.0033 | 0.0028 | 0.0022 | 0.0017 | 0.0017 | 0.0013 | 0.0012 | 0.0029 | 0.0072 | 0.0096 |
| 6:00 | 0.0096 | 0.0096 | 0.0038 | 0.0031 | 0.0019 | 0.0020 | 0.0016 | 0.0013 | 0.0012 | 0.0032 | 0.0073 | 0.0098 |
| 7:00 | 0.0105 | 0.0106 | 0.0043 | 0.0035 | 0.0022 | 0.0023 | 0.0018 | 0.0016 | 0.0016 | 0.0037 | 0.0078 | 0.0102 |
| 8:00 | 0.0107 | 0.0107 | 0.0046 | 0.0038 | 0.0021 | 0.0025 | 0.0020 | 0.0016 | 0.0015 | 0.0041 | 0.0079 | 0.0102 |
| 9:00 | 0.0103 | 0.0101 | 0.0052 | 0.0035 | 0.0020 | 0.0025 | 0.0021 | 0.0015 | 0.0017 | 0.0042 | 0.0077 | 0.0097 |
| 10:00 | 0.0092 | 0.0093 | 0.0052 | 0.0039 | 0.0018 | 0.0024 | 0.0021 | 0.0014 | 0.0016 | 0.0038 | 0.0070 | 0.0085 |
| 11:00 | 0.0087 | 0.0092 | 0.0053 | 0.0043 | 0.0019 | 0.0021 | 0.0022 | 0.0015 | 0.0015 | 0.0038 | 0.0064 | 0.0077 |
| 12:00 | 0.0087 | 0.0092 | 0.0056 | 0.0045 | 0.0017 | 0.0023 | 0.0021 | 0.0012 | 0.0016 | 0.0035 | 0.0061 | 0.0078 |
| 13:00 | 0.0092 | 0.0094 | 0.0053 | 0.0040 | 0.0016 | 0.0021 | 0.0021 | 0.0013 | 0.0015 | 0.0036 | 0.0061 | 0.0072 |
| 14:00 | 0.0089 | 0.0102 | 0.0051 | 0.0038 | 0.0017 | 0.0023 | 0.0021 | 0.0012 | 0.0014 | 0.0036 | 0.0063 | 0.0069 |
| 15:00 | 0.0086 | 0.0089 | 0.0049 | 0.0038 | 0.0016 | 0.0020 | 0.0022 | 0.0013 | 0.0014 | 0.0036 | 0.0063 | 0.0069 |
| 16:00 | 0.0083 | 0.0081 | 0.0047 | 0.0031 | 0.0018 | 0.0021 | 0.0022 | 0.0015 | 0.0013 | 0.0035 | 0.0063 | 0.0070 |
| 17:00 | 0.0070 | 0.0073 | 0.0039 | 0.0027 | 0.0016 | 0.0020 | 0.0020 | 0.0013 | 0.0013 | 0.0032 | 0.0061 | 0.0070 |
| 18:00 | 0.0061 | 0.0068 | 0.0033 | 0.0025 | 0.0015 | 0.0019 | 0.0020 | 0.0014 | 0.0013 | 0.0030 | 0.0057 | 0.0070 |
| 19:00 | 0.0069 | 0.0068 | 0.0029 | 0.0023 | 0.0017 | 0.0020 | 0.0021 | 0.0015 | 0.0013 | 0.0027 | 0.0057 | 0.0074 |
| 20:00 | 0.0072 | 0.0069 | 0.0027 | 0.0021 | 0.0017 | 0.0023 | 0.0021 | 0.0018 | 0.0014 | 0.0028 | 0.0058 | 0.0076 |
| 21:00 | 0.0077 | 0.0074 | 0.0027 | 0.0021 | 0.0018 | 0.0025 | 0.0021 | 0.0019 | 0.0013 | 0.0028 | 0.0060 | 0.0083 |
| 22:00 | 0.0085 | 0.0076 | 0.0026 | 0.0021 | 0.0018 | 0.0024 | 0.0022 | 0.0019 | 0.0013 | 0.0028 | 0.0060 | 0.0086 |
| 23:00 | 0.0087 | 0.0078 | 0.0026 | 0.0021 | 0.0019 | 0.0024 | 0.0023 | 0.0020 | 0.0014 | 0.0027 | 0.0063 | 0.0089 |

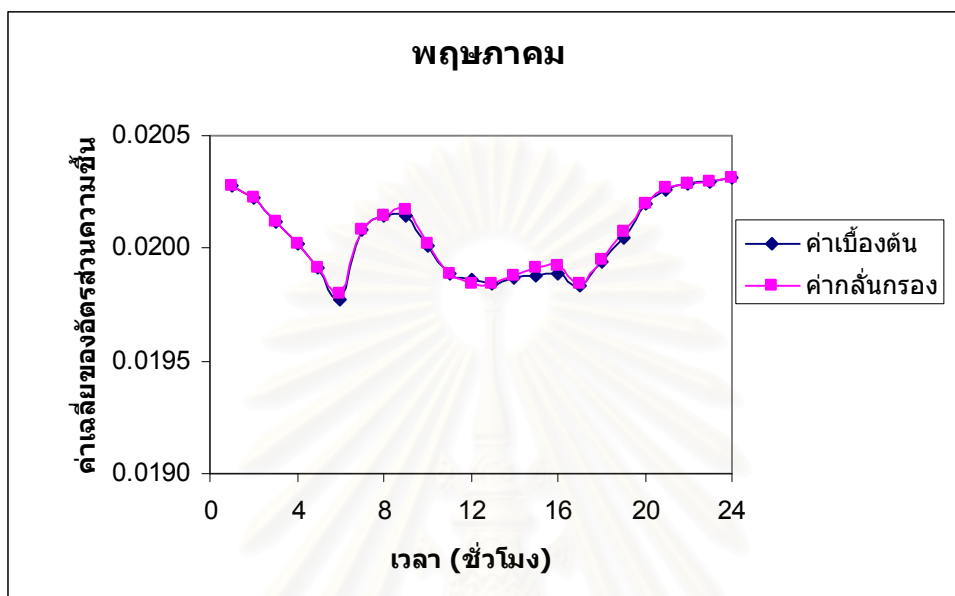
ตารางที่ ก.13: ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนความชื้นภายนอกที่ได้หลังทำการกลั่นกรองข้อมูลแล้ว

| | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0:00 | 0.0163 | 0.0178 | 0.0195 | 0.0205 | 0.0203 | 0.0195 | 0.0192 | 0.0189 | 0.0191 | 0.0192 | 0.0168 | 0.0148 |
| 1:00 | 0.0162 | 0.0177 | 0.0194 | 0.0205 | 0.0202 | 0.0194 | 0.0191 | 0.0188 | 0.0191 | 0.0191 | 0.0167 | 0.0147 |
| 2:00 | 0.0161 | 0.0176 | 0.0194 | 0.0204 | 0.0201 | 0.0193 | 0.0190 | 0.0187 | 0.0190 | 0.0190 | 0.0166 | 0.0146 |
| 3:00 | 0.0160 | 0.0175 | 0.0193 | 0.0203 | 0.0200 | 0.0192 | 0.0189 | 0.0186 | 0.0189 | 0.0189 | 0.0165 | 0.0145 |
| 4:00 | 0.0159 | 0.0173 | 0.0192 | 0.0203 | 0.0199 | 0.0191 | 0.0189 | 0.0186 | 0.0188 | 0.0188 | 0.0164 | 0.0143 |
| 5:00 | 0.0158 | 0.0172 | 0.0191 | 0.0201 | 0.0198 | 0.0191 | 0.0188 | 0.0186 | 0.0188 | 0.0188 | 0.0163 | 0.0142 |
| 6:00 | 0.0156 | 0.0171 | 0.0191 | 0.0203 | 0.0201 | 0.0194 | 0.0190 | 0.0187 | 0.0189 | 0.0189 | 0.0163 | 0.0142 |
| 7:00 | 0.0157 | 0.0173 | 0.0193 | 0.0203 | 0.0201 | 0.0195 | 0.0191 | 0.0189 | 0.0191 | 0.0192 | 0.0164 | 0.0143 |
| 8:00 | 0.0159 | 0.0173 | 0.0192 | 0.0202 | 0.0202 | 0.0195 | 0.0191 | 0.0189 | 0.0192 | 0.0193 | 0.0165 | 0.0144 |
| 9:00 | 0.0159 | 0.0172 | 0.0189 | 0.0199 | 0.0200 | 0.0194 | 0.0190 | 0.0188 | 0.0192 | 0.0191 | 0.0165 | 0.0146 |
| 10:00 | 0.0159 | 0.0170 | 0.0187 | 0.0198 | 0.0199 | 0.0194 | 0.0190 | 0.0187 | 0.0192 | 0.0190 | 0.0163 | 0.0146 |
| 11:00 | 0.0158 | 0.0168 | 0.0186 | 0.0198 | 0.0198 | 0.0194 | 0.0191 | 0.0188 | 0.0192 | 0.0189 | 0.0163 | 0.0146 |
| 12:00 | 0.0157 | 0.0168 | 0.0185 | 0.0197 | 0.0198 | 0.0195 | 0.0192 | 0.0189 | 0.0192 | 0.0189 | 0.0163 | 0.0146 |
| 13:00 | 0.0158 | 0.0168 | 0.0183 | 0.0195 | 0.0199 | 0.0196 | 0.0193 | 0.0190 | 0.0193 | 0.0188 | 0.0163 | 0.0146 |
| 14:00 | 0.0157 | 0.0167 | 0.0182 | 0.0194 | 0.0199 | 0.0197 | 0.0194 | 0.0192 | 0.0194 | 0.0188 | 0.0163 | 0.0147 |
| 15:00 | 0.0157 | 0.0166 | 0.0181 | 0.0193 | 0.0199 | 0.0197 | 0.0194 | 0.0192 | 0.0194 | 0.0188 | 0.0164 | 0.0147 |
| 16:00 | 0.0158 | 0.0166 | 0.0182 | 0.0194 | 0.0198 | 0.0198 | 0.0195 | 0.0192 | 0.0195 | 0.0189 | 0.0164 | 0.0148 |
| 17:00 | 0.0160 | 0.0169 | 0.0184 | 0.0196 | 0.0199 | 0.0196 | 0.0194 | 0.0193 | 0.0195 | 0.0189 | 0.0166 | 0.0150 |
| 18:00 | 0.0162 | 0.0173 | 0.0188 | 0.0199 | 0.0201 | 0.0196 | 0.0194 | 0.0193 | 0.0194 | 0.0191 | 0.0168 | 0.0151 |
| 19:00 | 0.0164 | 0.0176 | 0.0192 | 0.0202 | 0.0202 | 0.0197 | 0.0195 | 0.0194 | 0.0194 | 0.0192 | 0.0169 | 0.0151 |
| 20:00 | 0.0165 | 0.0177 | 0.0193 | 0.0204 | 0.0203 | 0.0197 | 0.0195 | 0.0193 | 0.0195 | 0.0192 | 0.0170 | 0.0150 |
| 21:00 | 0.0164 | 0.0179 | 0.0194 | 0.0205 | 0.0203 | 0.0197 | 0.0195 | 0.0192 | 0.0195 | 0.0193 | 0.0169 | 0.0149 |
| 22:00 | 0.0164 | 0.0179 | 0.0194 | 0.0206 | 0.0203 | 0.0197 | 0.0195 | 0.0192 | 0.0194 | 0.0193 | 0.0169 | 0.0149 |
| 23:00 | 0.0164 | 0.0179 | 0.0195 | 0.0205 | 0.0203 | 0.0196 | 0.0193 | 0.0190 | 0.0193 | 0.0192 | 0.0169 | 0.0148 |

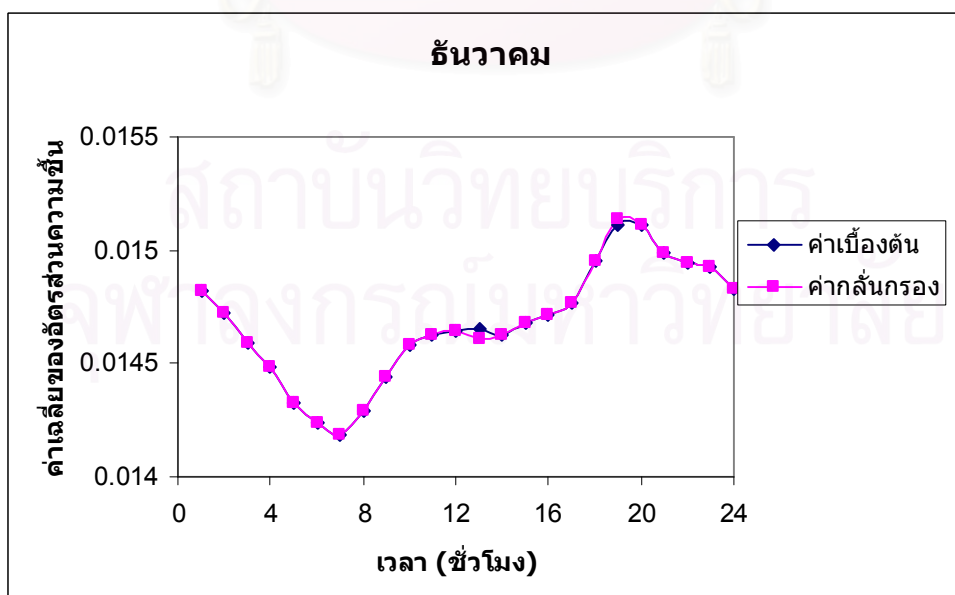
ตารางที่ ก.14: ค่าความแปรปรวนของอัตราส่วนความชื้นภายนอกที่ได้หลังทำการกลั่นกรองข้อมูลแล้ว ($\times 10^{-3}$)

| | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0:00 | 0.0090 | 0.0084 | 0.0021 | 0.0020 | 0.0020 | 0.0024 | 0.0023 | 0.0019 | 0.0014 | 0.0019 | 0.0061 | 0.0091 |
| 1:00 | 0.0092 | 0.0086 | 0.0020 | 0.0021 | 0.0020 | 0.0020 | 0.0020 | 0.0016 | 0.0013 | 0.0020 | 0.0060 | 0.0092 |
| 2:00 | 0.0093 | 0.0089 | 0.0021 | 0.0022 | 0.0020 | 0.0019 | 0.0019 | 0.0015 | 0.0012 | 0.0020 | 0.0061 | 0.0097 |
| 3:00 | 0.0097 | 0.0092 | 0.0022 | 0.0025 | 0.0021 | 0.0019 | 0.0019 | 0.0015 | 0.0012 | 0.0022 | 0.0064 | 0.0096 |
| 4:00 | 0.0097 | 0.0093 | 0.0024 | 0.0025 | 0.0020 | 0.0018 | 0.0017 | 0.0014 | 0.0011 | 0.0021 | 0.0068 | 0.0096 |
| 5:00 | 0.0094 | 0.0094 | 0.0029 | 0.0027 | 0.0019 | 0.0017 | 0.0015 | 0.0012 | 0.0011 | 0.0022 | 0.0069 | 0.0096 |
| 6:00 | 0.0096 | 0.0096 | 0.0031 | 0.0030 | 0.0018 | 0.0019 | 0.0016 | 0.0013 | 0.0011 | 0.0022 | 0.0073 | 0.0098 |
| 7:00 | 0.0105 | 0.0106 | 0.0034 | 0.0035 | 0.0022 | 0.0023 | 0.0018 | 0.0014 | 0.0013 | 0.0027 | 0.0077 | 0.0102 |
| 8:00 | 0.0107 | 0.0107 | 0.0034 | 0.0032 | 0.0020 | 0.0024 | 0.0020 | 0.0016 | 0.0014 | 0.0031 | 0.0079 | 0.0102 |
| 9:00 | 0.0103 | 0.0101 | 0.0039 | 0.0033 | 0.0020 | 0.0023 | 0.0021 | 0.0015 | 0.0016 | 0.0035 | 0.0075 | 0.0097 |
| 10:00 | 0.0090 | 0.0093 | 0.0042 | 0.0037 | 0.0018 | 0.0023 | 0.0021 | 0.0013 | 0.0014 | 0.0033 | 0.0067 | 0.0085 |
| 11:00 | 0.0085 | 0.0092 | 0.0043 | 0.0038 | 0.0018 | 0.0020 | 0.0021 | 0.0014 | 0.0014 | 0.0033 | 0.0061 | 0.0077 |
| 12:00 | 0.0087 | 0.0092 | 0.0045 | 0.0041 | 0.0016 | 0.0022 | 0.0021 | 0.0012 | 0.0014 | 0.0029 | 0.0057 | 0.0072 |
| 13:00 | 0.0092 | 0.0094 | 0.0044 | 0.0039 | 0.0015 | 0.0020 | 0.0020 | 0.0013 | 0.0014 | 0.0030 | 0.0057 | 0.0072 |
| 14:00 | 0.0089 | 0.0092 | 0.0044 | 0.0034 | 0.0015 | 0.0020 | 0.0021 | 0.0012 | 0.0013 | 0.0031 | 0.0059 | 0.0069 |
| 15:00 | 0.0086 | 0.0089 | 0.0041 | 0.0033 | 0.0014 | 0.0019 | 0.0021 | 0.0013 | 0.0013 | 0.0031 | 0.0058 | 0.0069 |
| 16:00 | 0.0083 | 0.0081 | 0.0038 | 0.0028 | 0.0017 | 0.0019 | 0.0022 | 0.0013 | 0.0012 | 0.0028 | 0.0060 | 0.0070 |
| 17:00 | 0.0065 | 0.0072 | 0.0034 | 0.0025 | 0.0015 | 0.0018 | 0.0019 | 0.0013 | 0.0012 | 0.0025 | 0.0059 | 0.0070 |
| 18:00 | 0.0060 | 0.0068 | 0.0027 | 0.0024 | 0.0014 | 0.0018 | 0.0019 | 0.0014 | 0.0012 | 0.0022 | 0.0057 | 0.0068 |
| 19:00 | 0.0066 | 0.0068 | 0.0024 | 0.0023 | 0.0017 | 0.0020 | 0.0020 | 0.0015 | 0.0013 | 0.0023 | 0.0057 | 0.0074 |
| 20:00 | 0.0072 | 0.0069 | 0.0023 | 0.0020 | 0.0016 | 0.0023 | 0.0021 | 0.0018 | 0.0014 | 0.0022 | 0.0058 | 0.0076 |
| 21:00 | 0.0077 | 0.0074 | 0.0025 | 0.0020 | 0.0018 | 0.0025 | 0.0021 | 0.0019 | 0.0013 | 0.0020 | 0.0060 | 0.0083 |
| 22:00 | 0.0085 | 0.0076 | 0.0024 | 0.0019 | 0.0018 | 0.0024 | 0.0022 | 0.0019 | 0.0013 | 0.0020 | 0.0058 | 0.0086 |
| 23:00 | 0.0087 | 0.0078 | 0.0021 | 0.0020 | 0.0019 | 0.0024 | 0.0023 | 0.0020 | 0.0013 | 0.0020 | 0.0061 | 0.0089 |

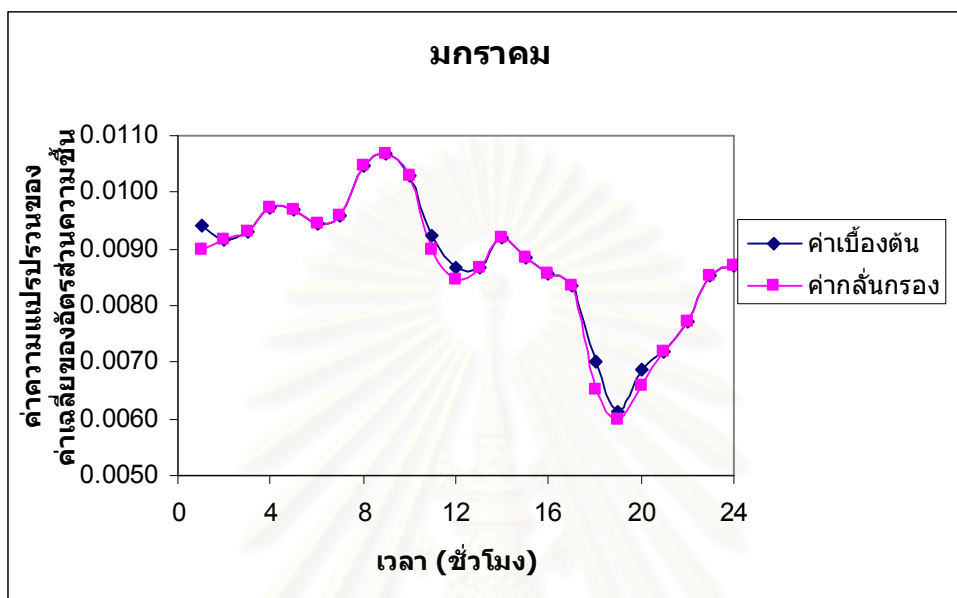
รูปที่ ก.15: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนความชื้นภายนอกกับเวลา ของข้อมูลเบื้องต้นกับข้อมูลที่ทำกรกลั่นกรองแล้วในเดือน พฤษภาคม



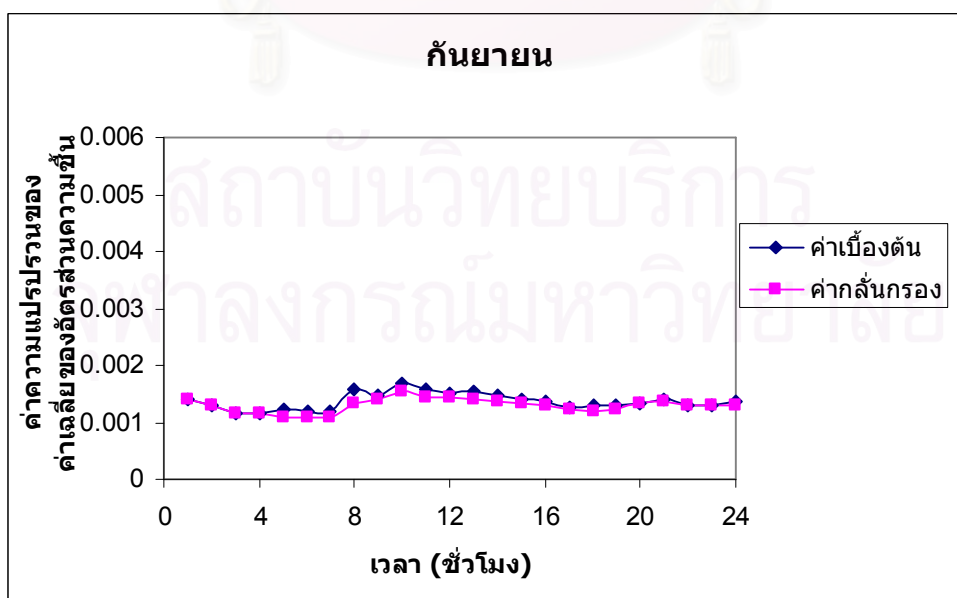
รูปที่ ก.16: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนความชื้นภายนอกกับเวลา ของข้อมูลเบื้องต้นกับข้อมูลที่ทำกรกลั่นกรองแล้วในเดือน ธันวาคม



รูปที่ ก.17: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแปรปรวนของอัตราส่วนความชื้นภายนอกกับเวลาของข้อมูลเบื้องต้นกับข้อมูลที่ทำการกลั่นกรองแล้วในเดือน มกราคม



รูปที่ ก.18: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแปรปรวนของอัตราส่วนความชื้นภายนอกกับเวลาของข้อมูลเบื้องต้นกับข้อมูลที่ทำการกลั่นกรองแล้ว ในเดือนกันยายน



ตารางที่ ก.15: ค่าความคลาดเคลื่อนไน-สแควร์ของรูปแบบการกระจายต่างๆ ของอัตราส่วน
ความชื้นภายนอก

| | ม.ค. | | | ก.พ. | | | มี.ค. | | | เม.ย. | | |
|--------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|
| | Nor | Log | T | Nor | Log | T | Nor | Log | T | Nor | Log | T |
| 0:00 | 0.50 | 0.58 | 2.43 | 0.74 | 0.75 | 1.57 | 0.26 | 0.31 | 0.36 | 0.26 | 0.32 | 0.34 |
| 1:00 | 0.50 | 0.62 | 2.59 | 0.70 | 0.80 | 1.58 | 0.25 | 0.25 | 0.35 | 0.30 | 0.24 | 0.39 |
| 2:00 | 0.40 | 0.51 | 2.59 | 0.86 | 1.00 | 1.61 | 0.25 | 0.25 | 0.48 | 0.37 | 0.43 | 0.48 |
| 3:00 | 0.47 | 0.58 | 2.96 | 0.80 | 0.97 | 1.73 | 0.38 | 0.44 | 0.44 | 0.47 | 0.48 | 0.60 |
| 4:00 | 0.62 | 0.70 | 3.21 | 0.69 | 0.95 | 2.22 | 0.25 | 0.24 | 0.32 | 0.36 | 0.44 | 0.50 |
| 5:00 | 0.49 | 0.64 | 3.07 | 0.77 | 1.00 | 1.88 | 0.21 | 0.24 | 0.32 | 0.35 | 0.43 | 0.57 |
| 6:00 | 0.51 | 0.64 | 3.15 | 0.67 | 0.93 | 1.87 | 0.23 | 0.27 | 0.43 | 0.25 | 0.31 | 0.57 |
| 7:00 | 0.44 | 0.55 | 3.32 | 0.90 | 1.16 | 2.63 | 0.28 | 0.33 | 0.53 | 0.29 | 0.33 | 0.72 |
| 8:00 | 0.52 | 0.62 | 4.07 | 0.84 | 1.18 | 2.27 | 0.24 | 0.32 | 0.51 | 0.23 | 0.26 | 0.55 |
| 9:00 | 0.54 | 0.69 | 3.90 | 0.74 | 0.92 | 2.03 | 0.26 | 0.30 | 0.47 | 0.29 | 0.35 | 0.61 |
| 10:00 | 0.38 | 0.46 | 2.72 | 0.73 | 0.89 | 2.66 | 0.32 | 0.35 | 0.71 | 0.32 | 0.30 | 0.66 |
| 11:00 | 0.37 | 0.40 | 2.26 | 0.52 | 0.61 | 2.48 | 0.34 | 0.38 | 0.83 | 0.33 | 0.33 | 0.70 |
| 12:00 | 0.40 | 0.49 | 2.51 | 0.46 | 0.60 | 2.59 | 0.35 | 0.43 | 0.84 | 0.23 | 0.26 | 0.64 |
| 13:00 | 0.31 | 0.38 | 2.13 | 0.41 | 0.46 | 1.91 | 0.31 | 0.34 | 0.71 | 0.21 | 0.25 | 0.65 |
| 14:00 | 0.29 | 0.41 | 1.75 | 0.43 | 0.51 | 2.40 | 0.28 | 0.36 | 0.78 | 0.24 | 0.30 | 0.58 |
| 15:00 | 0.29 | 0.38 | 1.79 | 0.39 | 0.52 | 1.84 | 0.19 | 0.23 | 0.51 | 0.21 | 0.25 | 0.57 |
| 16:00 | 0.37 | 0.46 | 1.96 | 0.43 | 0.56 | 1.94 | 0.27 | 0.31 | 0.65 | 0.23 | 0.27 | 0.45 |
| 17:00 | 0.24 | 0.32 | 1.46 | 0.55 | 0.71 | 1.61 | 0.20 | 0.25 | 0.56 | 0.35 | 0.39 | 0.61 |
| 18:00 | 0.32 | 0.34 | 1.51 | 0.59 | 0.77 | 2.19 | 0.30 | 0.34 | 0.47 | 0.17 | 0.19 | 0.34 |
| 19:00 | 0.30 | 0.38 | 1.59 | 0.62 | 0.75 | 2.22 | 0.19 | 0.19 | 0.30 | 0.25 | 0.20 | 0.37 |
| 20:00 | 0.38 | 0.47 | 1.93 | 0.44 | 0.60 | 1.45 | 0.27 | 0.32 | 0.35 | 0.28 | 0.32 | 0.37 |
| 21:00 | 0.35 | 0.41 | 1.83 | 0.42 | 0.50 | 1.43 | 0.28 | 0.34 | 0.40 | 0.29 | 0.33 | 0.45 |
| 22:00 | 0.43 | 0.56 | 2.20 | 0.51 | 0.55 | 1.51 | 0.29 | 0.37 | 0.40 | 0.23 | 0.23 | 0.28 |
| 23:00 | 0.52 | 0.60 | 2.62 | 0.56 | 0.65 | 1.46 | 0.23 | 0.28 | 0.35 | 0.21 | 0.25 | 0.25 |
| เฉลี่ย | 0.41 | 0.51 | 2.48 | 0.62 | 0.76 | 1.96 | 0.27 | 0.31 | 0.50 | 0.28 | 0.31 | 0.51 |

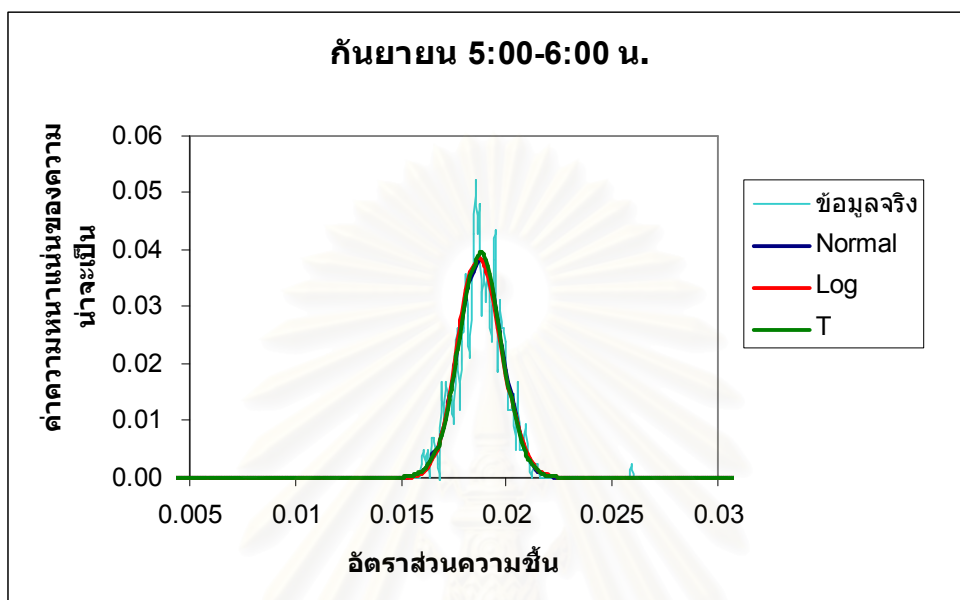
ตารางที่ ก.15 (ต่อ) ค่าความคลาดเคลื่อนไซ-สแควร์ของรูปแบบการกระจายต่างๆ ของอัตราส่วน
ความชื้นภายนอก

| | พ.ค. | | | มิ.ย. | | | ก.ค. | | | ส.ค. | | |
|--------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | Nor | Log | T | Nor | Log | T | Nor | Log | T | Nor | Log | T |
| 0:00 | 0.17 | 0.19 | 0.32 | 0.20 | 0.23 | 0.51 | 0.21 | 0.20 | 0.44 | 0.16 | 0.16 | 0.33 |
| 1:00 | 0.18 | 0.19 | 0.34 | 0.19 | 0.18 | 0.37 | 0.16 | 0.17 | 0.33 | 0.13 | 0.12 | 0.22 |
| 2:00 | 0.16 | 0.17 | 0.30 | 0.14 | 0.15 | 0.27 | 0.18 | 0.18 | 0.32 | 0.11 | 0.10 | 0.17 |
| 3:00 | 0.18 | 0.17 | 0.37 | 0.14 | 0.15 | 0.28 | 0.18 | 0.18 | 0.30 | 0.14 | 0.14 | 0.20 |
| 4:00 | 0.17 | 0.19 | 0.33 | 0.15 | 0.16 | 0.26 | 0.20 | 0.20 | 0.31 | 0.15 | 0.15 | 0.19 |
| 5:00 | 0.19 | 0.18 | 0.30 | 0.17 | 0.19 | 0.26 | 0.16 | 0.16 | 0.22 | 0.18 | 0.19 | 0.20 |
| 6:00 | 0.15 | 0.14 | 0.25 | 0.18 | 0.21 | 0.33 | 0.17 | 0.19 | 0.26 | 0.13 | 0.15 | 0.16 |
| 7:00 | 0.21 | 0.20 | 0.42 | 0.19 | 0.18 | 0.48 | 0.19 | 0.19 | 0.30 | 0.11 | 0.12 | 0.17 |
| 8:00 | 0.18 | 0.19 | 0.37 | 0.20 | 0.20 | 0.46 | 0.18 | 0.18 | 0.37 | 0.15 | 0.15 | 0.23 |
| 9:00 | 0.16 | 0.19 | 0.34 | 0.23 | 0.23 | 0.47 | 0.24 | 0.23 | 0.41 | 0.19 | 0.18 | 0.26 |
| 10:00 | 0.11 | 0.12 | 0.20 | 0.17 | 0.17 | 0.38 | 0.30 | 0.24 | 0.41 | 0.15 | 0.14 | 0.17 |
| 11:00 | 0.17 | 0.19 | 0.26 | 0.18 | 0.20 | 0.35 | 0.27 | 0.22 | 0.39 | 0.15 | 0.15 | 0.18 |
| 12:00 | 0.12 | 0.12 | 0.20 | 0.17 | 0.18 | 0.36 | 0.39 | 0.31 | 0.50 | 0.14 | 0.13 | 0.15 |
| 13:00 | 0.13 | 0.16 | 0.19 | 0.17 | 0.17 | 0.34 | 0.24 | 0.22 | 0.32 | 0.14 | 0.14 | 0.15 |
| 14:00 | 0.12 | 0.14 | 0.14 | 0.12 | 0.14 | 0.27 | 0.27 | 0.28 | 0.38 | 0.17 | 0.17 | 0.17 |
| 15:00 | 0.13 | 0.15 | 0.18 | 0.26 | 0.31 | 0.40 | 0.27 | 0.24 | 0.33 | 0.15 | 0.14 | 0.14 |
| 16:00 | 0.23 | 0.27 | 0.30 | 0.13 | 0.13 | 0.23 | 0.25 | 0.24 | 0.31 | 0.13 | 0.12 | 0.13 |
| 17:00 | 0.16 | 0.19 | 0.21 | 0.15 | 0.18 | 0.26 | 0.15 | 0.14 | 0.23 | 0.12 | 0.13 | 0.12 |
| 18:00 | 0.14 | 0.16 | 0.19 | 0.15 | 0.17 | 0.28 | 0.23 | 0.24 | 0.28 | 0.14 | 0.16 | 0.18 |
| 19:00 | 0.13 | 0.15 | 0.22 | 0.22 | 0.25 | 0.36 | 0.18 | 0.23 | 0.23 | 0.22 | 0.24 | 0.24 |
| 20:00 | 0.13 | 0.15 | 0.21 | 0.17 | 0.20 | 0.34 | 0.22 | 0.25 | 0.39 | 0.18 | 0.18 | 0.27 |
| 21:00 | 0.16 | 0.20 | 0.25 | 0.26 | 0.25 | 0.53 | 0.24 | 0.29 | 0.41 | 0.18 | 0.19 | 0.31 |
| 22:00 | 0.19 | 0.23 | 0.28 | 0.19 | 0.18 | 0.45 | 0.14 | 0.18 | 0.39 | 0.17 | 0.17 | 0.34 |
| 23:00 | 0.19 | 0.21 | 0.32 | 0.22 | 0.24 | 0.52 | 0.20 | 0.21 | 0.42 | 0.13 | 0.13 | 0.31 |
| เฉลี่ย | 0.16 | 0.18 | 0.27 | 0.18 | 0.19 | 0.36 | 0.22 | 0.22 | 0.34 | 0.15 | 0.15 | 0.21 |

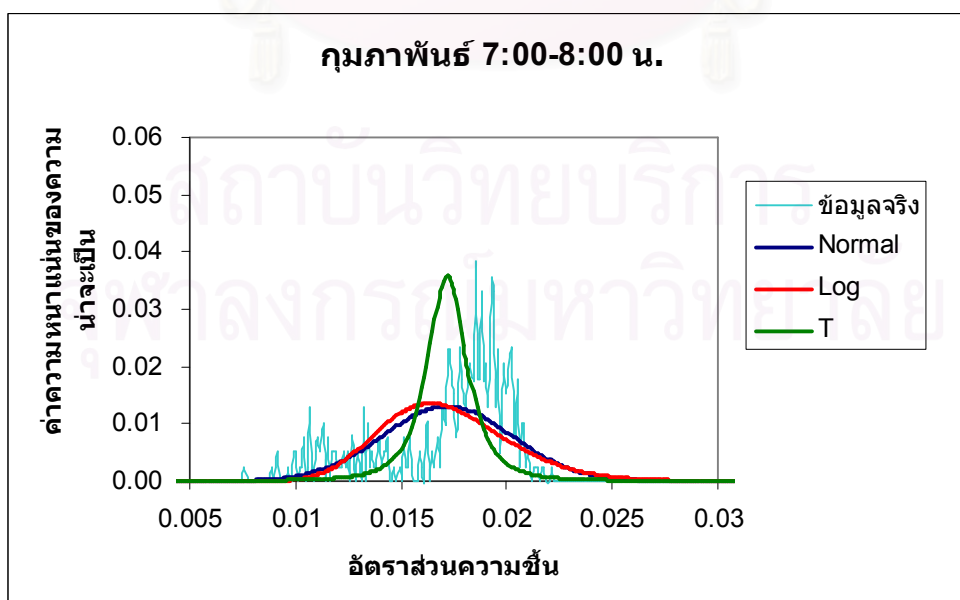
ตารางที่ ก.15 (ต่อ) ค่าความคลาดเคลื่อนไนซ-สแควร์ของรูปแบบการกระจายต่างๆ ของอัตราส่วน
ความชื้นภายนอก

| | ก.ย. | | | ต.ค. | | | พ.ย. | | | ธ.ค. | | |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | Nor | Log | T | Nor | Log | T | Nor | Log | T | Nor | Log | T |
| 0:00 | 0.20 | 0.17 | 0.21 | 0.23 | 0.23 | 0.24 | 0.32 | 0.39 | 1.60 | 0.31 | 0.35 | 2.45 |
| 1:00 | 0.14 | 0.14 | 0.15 | 0.23 | 0.26 | 0.24 | 0.27 | 0.33 | 1.58 | 0.32 | 0.34 | 2.21 |
| 2:00 | 0.18 | 0.20 | 0.20 | 0.18 | 0.19 | 0.25 | 0.31 | 0.33 | 1.70 | 0.27 | 0.27 | 2.03 |
| 3:00 | 0.19 | 0.20 | 0.20 | 0.31 | 0.25 | 0.35 | 0.28 | 0.31 | 1.71 | 0.32 | 0.33 | 2.31 |
| 4:00 | 0.17 | 0.19 | 0.18 | 0.17 | 0.20 | 0.22 | 0.29 | 0.33 | 1.86 | 0.23 | 0.25 | 2.10 |
| 5:00 | 0.10 | 0.12 | 0.11 | 0.20 | 0.25 | 0.28 | 0.28 | 0.33 | 1.89 | 0.32 | 0.36 | 2.09 |
| 6:00 | 0.15 | 0.16 | 0.15 | 0.27 | 0.33 | 0.31 | 0.35 | 0.42 | 2.28 | 0.32 | 0.35 | 2.26 |
| 7:00 | 0.11 | 0.11 | 0.13 | 0.28 | 0.32 | 0.37 | 0.31 | 0.37 | 2.46 | 0.32 | 0.36 | 2.14 |
| 8:00 | 0.17 | 0.17 | 0.23 | 0.26 | 0.31 | 0.48 | 0.30 | 0.31 | 2.32 | 0.34 | 0.31 | 1.83 |
| 9:00 | 0.17 | 0.17 | 0.24 | 0.28 | 0.29 | 0.56 | 0.27 | 0.28 | 1.92 | 0.33 | 0.34 | 1.81 |
| 10:00 | 0.16 | 0.15 | 0.20 | 0.37 | 0.33 | 0.56 | 0.25 | 0.28 | 1.68 | 0.28 | 0.32 | 1.75 |
| 11:00 | 0.15 | 0.14 | 0.17 | 0.30 | 0.38 | 0.59 | 0.24 | 0.24 | 1.36 | 0.28 | 0.31 | 1.48 |
| 12:00 | 0.18 | 0.17 | 0.19 | 0.27 | 0.29 | 0.47 | 0.28 | 0.28 | 1.36 | 0.28 | 0.31 | 1.70 |
| 13:00 | 0.14 | 0.14 | 0.16 | 0.23 | 0.27 | 0.40 | 0.23 | 0.23 | 1.22 | 0.31 | 0.35 | 1.80 |
| 14:00 | 0.14 | 0.16 | 0.18 | 0.26 | 0.33 | 0.53 | 0.22 | 0.22 | 1.12 | 0.26 | 0.31 | 1.61 |
| 15:00 | 0.13 | 0.15 | 0.14 | 0.23 | 0.29 | 0.43 | 0.35 | 0.37 | 1.43 | 0.24 | 0.26 | 1.43 |
| 16:00 | 0.20 | 0.20 | 0.21 | 0.18 | 0.20 | 0.35 | 0.23 | 0.25 | 1.21 | 0.32 | 0.33 | 1.64 |
| 17:00 | 0.13 | 0.13 | 0.12 | 0.23 | 0.29 | 0.42 | 0.26 | 0.30 | 1.25 | 0.22 | 0.25 | 1.39 |
| 18:00 | 0.14 | 0.16 | 0.15 | 0.19 | 0.19 | 0.27 | 0.22 | 0.28 | 1.26 | 0.26 | 0.30 | 1.61 |
| 19:00 | 0.13 | 0.13 | 0.15 | 0.16 | 0.19 | 0.23 | 0.26 | 0.31 | 1.33 | 0.28 | 0.33 | 1.79 |
| 20:00 | 0.17 | 0.17 | 0.21 | 0.24 | 0.17 | 0.26 | 0.27 | 0.34 | 1.31 | 0.24 | 0.27 | 1.58 |
| 21:00 | 0.14 | 0.14 | 0.16 | 0.27 | 0.25 | 0.34 | 0.24 | 0.30 | 1.31 | 0.22 | 0.30 | 1.61 |
| 22:00 | 0.12 | 0.14 | 0.15 | 0.26 | 0.27 | 0.31 | 0.25 | 0.33 | 1.38 | 0.27 | 0.32 | 1.81 |
| 23:00 | 0.13 | 0.12 | 0.16 | 0.26 | 0.27 | 0.27 | 0.30 | 0.39 | 1.51 | 0.25 | 0.28 | 2.07 |
| เฉลี่ย | 0.15 | 0.16 | 0.17 | 0.24 | 0.26 | 0.36 | 0.27 | 0.31 | 1.59 | 0.28 | 0.31 | 1.85 |

รูปที่ ก.19: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นของความน่าจะเป็นแบบต่างๆ กับ อัตราส่วนความชื้นภายนอก ในเดือน กันยายน



รูปที่ ก.20: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นของความน่าจะเป็นแบบต่างๆ กับ อัตราส่วนความชื้นภายนอก ในเดือน กุมภาพันธ์



ตัวอย่างการคำนวณ

ที่เวลา 12:00-13:00 น. เดือน พฤษภาคม

1. การกลั่นกรองข้อมูล

หาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของข้อมูลอัตราส่วนความชื้นภายนอก ได้จากสมการ 3.37 และ 3.38 โดยการแทนค่าอัตราส่วนความชื้นภายนอก ณ เวลาที่กำหนดจะได้

$$\mu_w = \frac{(0.0181 + 0.0199 + \dots + 0.151 + \dots + 0.0193 + 0.0179)}{434} = 0.0198$$

$$\sigma_w^2 = \frac{(0.0181 - 0.0198)^2 + \dots + (0.0151 - 0.0198)^2 + \dots + (0.0179 - 0.0198)^2}{434} = 1.7 \times 10^{-6}$$

เมื่อ $\frac{(0.0181 + 0.0199 + \dots + 0.151 + \dots + 0.0193 + 0.0179)}{434}$ คือ ข้อมูลจริง
คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

ทำการกลั่นกรองข้อมูล โดยกำหนดความคลาดเคลื่อนไว้ที่ความเชื่อมั่น 99.9% จะได้ขอบเขตของข้อมูลคือ 3.29σ

$$3.29\sigma = 3.29 \times \sqrt{1.7 \times 10^{-6}} = 4.29 \times 10^{-3} \text{ W / m}^2$$

แสดงว่า ถ้าอัตราส่วนความชื้นภายนอก มีค่าน้อยกว่า $0.0198 - 0.0043 = 0.0155$

หรือมากกว่า $0.0198 + 0.0043 = 0.0241$

ให้ตัดข้อมูลนั้นทิ้ง ซึ่งจะมีจำนวน 2 ข้อมูล คือ 0.0151, 0.0256

จากนั้นหาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของข้อมูลอัตราส่วนความชื้นภายนอก ใหม่อีกครั้งได้ดังนี้

$$\mu_w = \frac{(0.0181 + 0.0199 + \dots + 0.0193 + 0.0179)}{432} = 0.0197$$

$$\sigma_w^2 = \frac{(0.0181 - 0.0198)^2 + \dots + (0.0179 - 0.0198)^2}{432} = 1.6 \times 10^{-6}$$

เมื่อ $(0.0181 + 0.0199 + \dots + 0.0193 + 0.0179)$ คือ ข้อมูลที่กลั่นกรองแล้ว

2. การทดสอบแบบ ไช-สแควร์

แบ่งช่วงข้อมูลอัตราส่วนความชื้นภายนอก ตั้งแต่ 0.002 ถึง 0.038 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดและสูงสุดของข้อมูลอัตราส่วนความชื้นภายนอก โดยให้มีช่วงระยะเวลาเพิ่มของอัตราส่วนความชื้นเท่ากับ 0.0001

หาความน่าจะเป็นจากข้อมูลจริง โดยใช้อัตราส่วนความถี่ของข้อมูลจะได้

| อัตราส่วนความชื้น | ความถี่ของข้อมูล | ความน่าจะเป็น |
|-------------------|------------------|---------------------------|
| 0.0020 | 0 | 0 |
| ... | ... | ... |
| 0.0197 | 12 | $\frac{12}{434} = 0.0276$ |
| ... | ... | ... |
| 0.0380 | 0 | 0 |

แทนค่า ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนลงในสมการรูปแบบการกระจายของความน่าจะเป็นแบบปกติ แบบล็อก และแบบ T จากนั้น อินทิเกรตสมการเพื่อหาค่าความน่าจะเป็นแบบต่างๆ

อัตราส่วนความชื้นภายนอก 0.0020

การกระจายแบบปกติ
$$p(X) = \int_{0.0019}^{0.0021} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \times 1.6 \times 10^{-6}} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{X - 0.0197}{1.6 \times 10^{-6}}\right)^2\right) dX = 6 \times 10^{-39}$$

การกระจายแบบล็อก
$$p(X) = \int_{0.0019}^{0.0021} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \times 0.064 X} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln X + 3.93}{0.064}\right)^2\right) dX = 0$$

การกระจายแบบ T
$$p(X) = \int_{19}^{21} \frac{\Gamma(3.17)}{\Gamma(0.5)\Gamma(2.67)} \left(1 - \frac{X^2}{5.33}\right)^{-0.5} \frac{1}{\sqrt{5.33}} dX = 4.32 \times 10^{-7}$$

...

...

...

อัตราส่วนความชื้นภายนอก 0.0197

$$\text{การกระจายแบบปกติ } p(X) = \int_{0.019}^{0.021} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \times 1.6 \times 10^{-6}} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{X - 0.0197}{1.6 \times 10^{-6}}\right)^2\right) dX = 0.0288$$

$$\text{การกระจายแบบล็อก } p(X) = \int_{0.019}^{0.021} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \times 0.064 X} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln X + 3.93}{0.064}\right)^2\right) dX = 0.0292$$

$$\text{การกระจายแบบ T } p(X) = \int_{0.019}^{0.021} \frac{\Gamma(3.17)}{\Gamma(0.5)\Gamma(2.67)} \left(1 - \frac{X^2}{5.33}\right)^{-0.5} \frac{1}{\sqrt{5.33}} dX = 0.0371$$

... ..

อัตราส่วนความชื้นภายนอก 0.0380

$$\text{การกระจายแบบปกติ } p(X) = \int_{0.0375}^{0.0385} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \times 1.6 \times 10^{-6}} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{X - 0.0197}{1.6 \times 10^{-6}}\right)^2\right) dX = 1 \times 10^{-39}$$

$$\text{การกระจายแบบล็อก } p(X) = \int_{0.0375}^{0.0385} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \times 0.064 X} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln X + 3.93}{0.064}\right)^2\right) dX = 1 \times 10^{-21}$$

$$\text{การกระจายแบบ T } p(X) = \int_{0.0375}^{0.0385} \frac{\Gamma(3.17)}{\Gamma(0.5)\Gamma(2.67)} \left(1 - \frac{X^2}{5.33}\right)^{-0.5} \frac{1}{\sqrt{5.33}} dX = 4.1 \times 10^{-7}$$

หาค่าการทดสอบแบบ ไช-สแควร์ของรูปแบบการกระจายต่างๆ

อัตราส่วนความชื้นภายนอก 0.0020

$$\text{การกระจายแบบปกติ } C_{fi,0.002} = \frac{(0 - 6 \times 10^{-39})^2}{6 \times 10^{-39}} = 6 \times 10^{-39}$$

$$\text{การกระจายแบบล็อก } C_{fi,0.002} = 0$$

$$\text{การกระจายแบบ T } C_{fi,0.002} = \frac{(0 - 4.32 \times 10^{-7})^2}{4.32 \times 10^{-7}} = 4.32 \times 10^{-7}$$

... ..

อัตราส่วนความชื้นภายนอก 0.0197

$$\text{การกระจายแบบปกติ} \quad C_{fn,0.0197} = \frac{(0.0276 - 0.0288)^2}{0.0288} = 5.00 \times 10^{-5}$$

$$\text{การกระจายแบบล็อก} \quad C_{fl,0.0197} = \frac{(0.0276 - 0.0292)^2}{0.0292} = 8.77 \times 10^{-5}$$

$$\text{การกระจายแบบ T} \quad C_{ft,0.0197} = \frac{(0.0276 - 0.0371)^2}{0.0371} = 2.43 \times 10^{-3}$$

... ..

อัตราส่วนความชื้นภายนอก 0.0380

$$\text{การกระจายแบบปกติ} \quad C_{fn,0.038} = \frac{(0 - 1 \times 10^{-39})^2}{1 \times 10^{-39}} = 1 \times 10^{-39}$$

$$\text{การกระจายแบบล็อก} \quad C_{fl,0.038} = \frac{(0 - 1 \times 10^{-21})^2}{1 \times 10^{-21}} = 1 \times 10^{-21}$$

$$\text{การกระจายแบบ T} \quad C_{ft,0.038} = \frac{(0 - 4.1 \times 10^{-7})^2}{4.1 \times 10^{-7}} = 4.10 \times 10^{-7}$$

รวมค่าการทดสอบแบบ ไช-สแควร์ของรูปแบบการกระจายต่างๆ ทั้งหมดตั้งแต่ 0.002 ถึง 0.038

$$\text{การกระจายแบบปกติ} \quad C_{fn} = \sum_{i=0}^{1400} C_{fn,i} = 6 \times 10^{-39} + \dots + 5.00 \times 10^{-5} + \dots + 1 \times 10^{-39} = 0.12$$

$$\text{การกระจายแบบล็อก} \quad C_{fl} = \sum_{i=0}^{1400} C_{fl,i} = 0 + \dots + 8.77 \times 10^{-5} + \dots + 1 \times 10^{-21} = 0.12$$

$$\text{การกระจายแบบ T} \quad C_{ft} = \sum_{i=0}^{1400} C_{ft,i} = 4.32 \times 10^{-7} + \dots + 2.43 \times 10^{-3} + \dots + 4.10 \times 10^{-7} = 0.20$$

การคำนวณทั้งหมดสามารถทำได้โดยใช้โปรแกรม Parameter.for ซึ่งจะแสดงไว้ในภาคผนวก ข

จากตารางที่ ก.15 จะพบว่าค่าเฉลี่ยทั้งปีของความคลาดเคลื่อนไซ-สแควร์เฉลี่ยของการกระจายรูปแบบปกติ รูปแบบล็อก และรูปแบบที มีค่า 0.27 0.31 และ 0.88 ตามลำดับ ดังนั้นถ้าพิจารณาจากค่าเฉลี่ยทั้งปีแล้วพบว่า รูปแบบฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นที่เหมาะสมคือ รูปแบบปกติ โดยมีสมการคือ

$$f(w_{o,\theta}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{w,\theta}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{w_{o,\theta} - \mu_{w,\theta}}{\sigma_{w,\theta}}\right)^2\right) \quad \text{---(ก.3)}$$

โดยที่ค่า $\mu_{w,\theta}$ และ $\sigma_{w,\theta}^2$ ใช้ค่าจากตารางที่ ก.13 และ ก.14 ตามลำดับ

รูปที่ ก.19 และ ก.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นของความน่าจะเป็นแบบต่างๆ กับอัตราส่วนความชื้น ในเดือน กันยายน เวลา 5:00-6:00 น. และเดือน กุมภาพันธ์ เวลา 7:00-8:00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีความต่างของค่าความคลาดเคลื่อนไซ-สแควร์รูปแบบปกติ น้อยที่สุดและมากที่สุด ตามลำดับ

4. ข้อมูลจำนวนคน

จากข้อมูลทั้งหมด สามารถหาค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนเบื้องต้นได้ดังตารางที่ ก.16 และ ก.17 จากนั้นทำการกลั่นกรองข้อมูล โดยกำหนดให้ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนจากค่าเฉลี่ยไม่เกิน 3.29 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (หรือที่ความมั่นใจ 99.9% เมื่อเทียบกับการกระจายแบบปกติ) ซึ่งจะได้ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนใหม่ ดังตารางที่ ก.18 และ ก.19

หารูปแบบการกระจายของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นที่เหมาะสม โดยใช้วิธีการทดสอบการกระจาย แบบไซ-สแควร์ ทดสอบการกระจายตามรูปแบบปกติ รูปแบบล็อก และรูปแบบที ที่เป็นรูปแบบไม่จำกัดเขต โดยทดสอบที่ความมั่นใจ 99.0% จากการทดสอบพบว่าจะได้ค่าความคลาดเคลื่อนไซ-สแควร์ ดังตารางที่ ก.20

รูปที่ ก.21 และรูปที่ ก.22 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนคน ในเดือน กันยายน และเดือน มีนาคม ซึ่งมีค่าสูงสุดและต่ำสุดตามลำดับ รูปที่ ก.23 และรูปที่ ก.24 แสดงการเปรียบเทียบค่าความแปรปรวนกับเวลาของข้อมูลเบื้องต้นกับข้อมูลที่ทำการกลั่นกรองแล้วในเดือน กันยายน และเดือน มีนาคม ซึ่งมีค่าสูงสุดและต่ำสุดตามลำดับ

ตารางที่ ก.16: ค่าเฉลี่ยเบื้องต้นของจำนวนคน

| เวลาเข้า | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. |
|-------------|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|
| 6:00-8:00 | 0 | 55 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 93 | 0 | 0 | 0 |
| 8:00-16:00 | 1479 | 1927 | 1431 | 1145 | 1170 | 1494 | 1808 | 1697 | 2229 | 1404 | 1571 | 1930 |
| 16:00-19:00 | 1018 | 1202 | 757 | 638 | 610 | 989 | 1354 | 1230 | 1489 | 739 | 1056 | 1323 |
| 19:00-21:00 | 469 | 691 | 373 | 301 | 330 | 475 | 663 | 592 | 702 | 371 | 507 | 686 |

ตารางที่ ก.17: ค่าความแปรปรวนเบื้องต้นของจำนวนคน

| เวลาเข้า | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. |
|-------------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|
| 6:00-8:00 | 0 | 1099 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3352 | 0 | 0 | 0 |
| 8:00-16:00 | 39072 | 324912 | 171740 | 37020 | 51978 | 79561 | 164649 | 33886 | 683981 | 72431 | 134815 | 115471 |
| 16:00-19:00 | 34510 | 218594 | 152243 | 10938 | 7221 | 26683 | 76776 | 17777 | 356783 | 58439 | 58975 | 135539 |
| 19:00-21:00 | 11926 | 109927 | 33442 | 6720 | 4842 | 15432 | 36254 | 11154 | 165559 | 22904 | 13876 | 34024 |

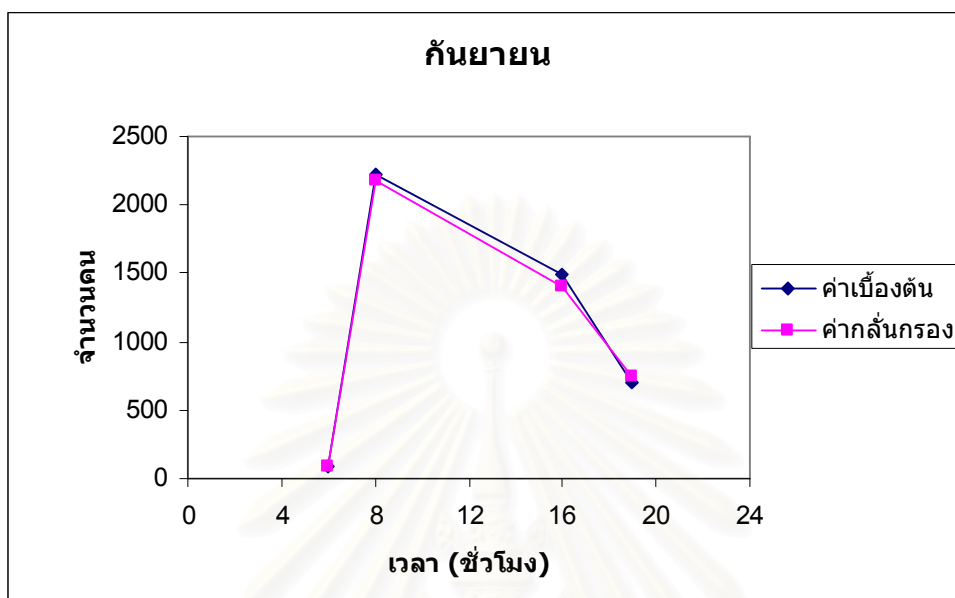
ตารางที่ ก.18: ค่าเฉลี่ยของจำนวนคนที่ได้หลังทำการกั้นกรองข้อมูลแล้ว

| เวลาเข้า | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. |
|-------------|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|
| 6:00-8:00 | 0 | 53 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 86 | 0 | 0 | 0 |
| 8:00-16:00 | 1479 | 1927 | 1431 | 1123 | 1142 | 1471 | 1808 | 1697 | 2178 | 1404 | 1504 | 1930 |
| 16:00-19:00 | 1018 | 1202 | 757 | 628 | 610 | 989 | 1354 | 1218 | 1489 | 739 | 1056 | 1323 |
| 19:00-21:00 | 469 | 691 | 373 | 301 | 322 | 475 | 663 | 592 | 702 | 371 | 517 | 686 |

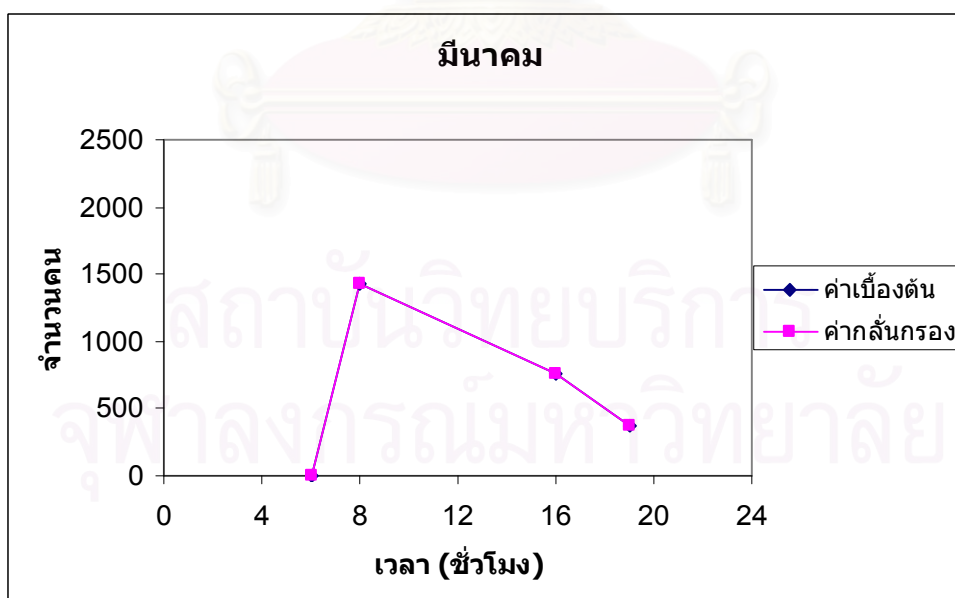
ตารางที่ ก.19: ค่าความแปรปรวนของจำนวนคนที่ได้หลังทำการกั้นกรองข้อมูลแล้ว

| เวลาเข้า | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. |
|-------------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|
| 6:00-8:00 | 0 | 867 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1841 | 0 | 0 | 0 |
| 8:00-16:00 | 39072 | 324912 | 171740 | 19613 | 25138 | 58378 | 164649 | 33886 | 544083 | 72431 | 47986 | 115471 |
| 16:00-19:00 | 34510 | 218594 | 152243 | 7733 | 7221 | 26683 | 76776 | 12308 | 356783 | 58439 | 58975 | 135539 |
| 19:00-21:00 | 11926 | 109927 | 33442 | 6720 | 2623 | 15432 | 36254 | 11154 | 165559 | 22904 | 9995 | 34024 |

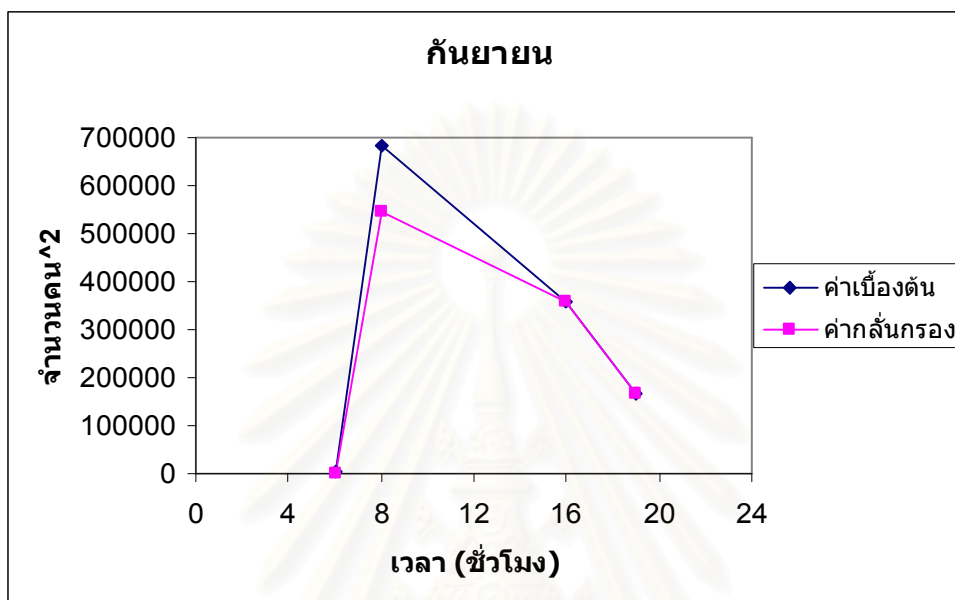
รูปที่ ก.21: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของจำนวนคนกับเวลาในเดือน กันยายน



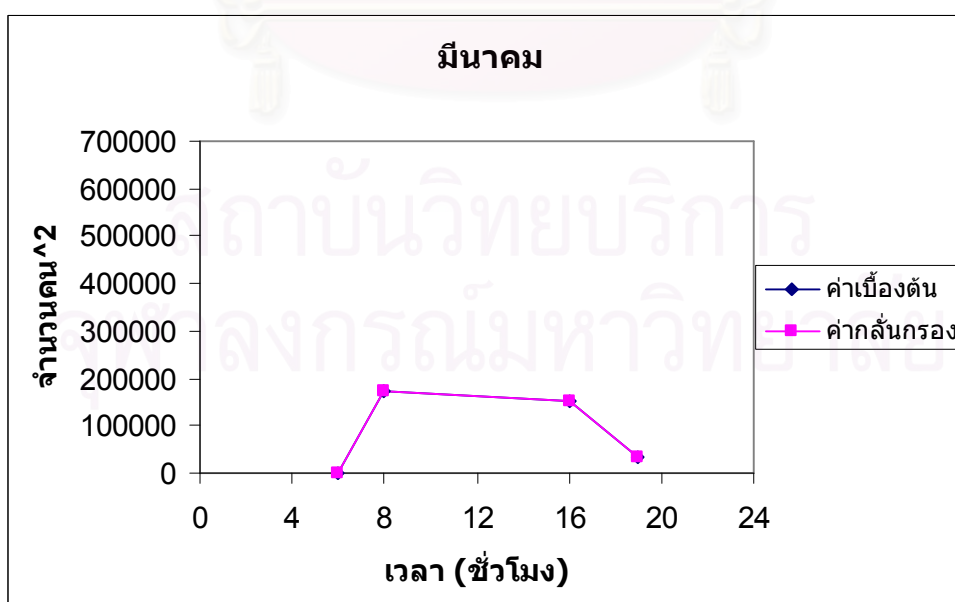
รูปที่ ก.22: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของจำนวนคนกับเวลาในเดือน มีนาคม



รูปที่ ก.23: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแปรปรวนของจำนวนคนกับเวลาในเดือน กันยายน



รูปที่ ก.24: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแปรปรวนของจำนวนคนกับเวลาในเดือน มีนาคม



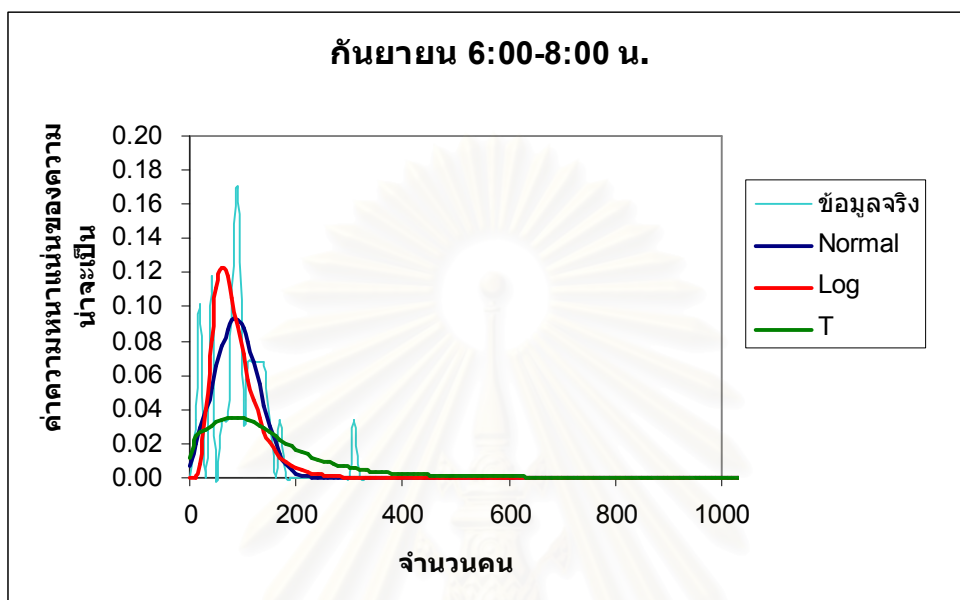
ตารางที่ ก.20: ค่าความคลาดเคลื่อนไข-สแควร์ของรูปแบบการกระจายต่างๆ ของจำนวนคน

| เวลา เข้า | ม.ค. | | | ก.พ. | | | มี.ค. | | | เม.ย. | | |
|--------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|------|------|
| | Nor | Log | T | Nor | Log | T | Nor | Log | T | Nor | Log | T |
| 6:00-8:00 | | | | 1.02 | 0.59 | 2.19 | | | | | | |
| 8:00-16:00 | 2.00 | 1.36 | 4.33 | 3.67 | 2.72 | 3.11 | 5.18 | 4.82 | 17.97 | 3.24 | 2.96 | 3.31 |
| 16:00-19:00 | 1.51 | 2.49 | 2.98 | 4.50 | 4.56 | 7.06 | 3.16 | 4.10 | 11.70 | 0.65 | 0.81 | 1.35 |
| 19:00-21:00 | 1.40 | 0.55 | 1.33 | 2.46 | 2.95 | 8.86 | 1.68 | 2.12 | 3.11 | 0.92 | 1.66 | 1.33 |
| เฉลี่ย | 1.64 | 1.47 | 2.88 | 3.54 | 3.41 | 6.34 | 3.34 | 3.68 | 10.93 | 1.60 | 1.81 | 2.00 |

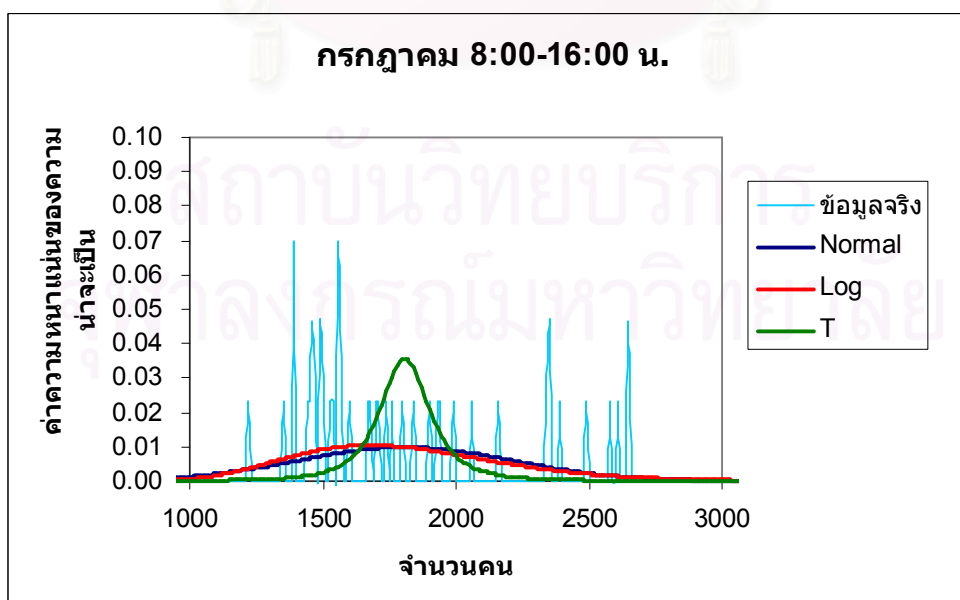
| เวลา เข้า | พ.ค. | | | มี.ย. | | | ก.ค. | | | ธ.ค. | | |
|--------------|------|------|------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|------|
| | Nor | Log | T | Nor | Log | T | Nor | Log | T | Nor | Log | T |
| 6:00-8:00 | | | | | | | | | | | | |
| 8:00-16:00 | 1.58 | 1.66 | 2.82 | 2.11 | 2.52 | 6.31 | 5.64 | 5.15 | 14.49 | 1.57 | 1.49 | 2.76 |
| 16:00-19:00 | 1.19 | 1.38 | 1.03 | 1.82 | 2.54 | 3.33 | 3.52 | 3.17 | 10.65 | 1.18 | 1.12 | 1.22 |
| 19:00-21:00 | 1.03 | 0.62 | 1.40 | 1.18 | 1.02 | 1.45 | 2.10 | 1.81 | 1.65 | 2.08 | 1.99 | 1.87 |
| เฉลี่ย | 1.27 | 1.22 | 1.75 | 1.70 | 2.03 | 3.70 | 3.75 | 3.38 | 8.93 | 1.61 | 1.53 | 1.95 |

| เวลา เข้า | ก.ย. | | | ต.ค. | | | พ.ย. | | | ธ.ค. | | |
|--------------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| | Nor | Log | T | Nor | Log | T | Nor | Log | T | Nor | Log | T |
| 6:00-8:00 | 0.48 | 1.41 | 1.44 | | | | | | | | | |
| 8:00-16:00 | 4.80 | 2.99 | 3.61 | 2.33 | 3.09 | 7.52 | 1.80 | 1.70 | 4.26 | 3.87 | 3.77 | 8.56 |
| 16:00-19:00 | 4.13 | 4.00 | 2.26 | 4.79 | 4.92 | 6.20 | 2.61 | 3.55 | 4.49 | 4.46 | 3.82 | 10.05 |
| 19:00-21:00 | 2.25 | 3.45 | 11.85 | 5.49 | 5.66 | 6.00 | 1.06 | 0.80 | 1.36 | 2.27 | 2.02 | 4.31 |
| เฉลี่ย | 3.73 | 3.48 | 5.91 | 4.20 | 4.56 | 6.57 | 1.82 | 2.02 | 3.37 | 3.53 | 3.20 | 7.64 |

รูปที่ ก.25: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นของความน่าจะเป็นแบบต่างๆ กับจำนวนคนในเดือน กันยายน



รูปที่ ก.26: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นของความน่าจะเป็นแบบต่างๆ จำนวนคนในเดือน กรกฎาคม



ตัวอย่างการคำนวณ

ที่เวลา 8:00-16:00 น. เดือน กันยายน

1. การกลั่นกรองข้อมูล

หาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของข้อมูลจำนวนคน ได้จากสมการ 3.37 และ 3.38 โดยการแทนค่าจำนวนคน ณ เวลาที่กำหนดจะได้

$$\mu_h = \frac{(1728 + 1701 + \dots + 5170 + \dots + 804 + 2316)}{59} = 2229 \quad \text{คน}$$

$$\sigma_h^2 = \frac{(1728 - 2229)^2 + \dots + (5170 - 2229)^2 + \dots + (2316 - 2229)^2}{59} = 683918 \quad \text{คน}^2$$

เมื่อ $\frac{(1728 + 1701 + \dots + 5170 + \dots + 804 + 2316)}{59}$ คือ ข้อมูลจริง
คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

ทำการกลั่นกรองข้อมูลโดยกำหนดความคลาดเคลื่อนไว้ที่ความเชื่อมั่น 99% จะได้ขอบเขตของข้อมูลคือ 2.33σ

$$2.33\sigma = 2.33 \times \sqrt{683918} = 1927$$

แสดงว่า ถ้าจำนวนคน มีค่าน้อยกว่า $2229 - 1927 = 302$

หรือมากกว่า $2229 + 1927 = 4156$

ให้ตัดข้อมูลนั้นทิ้ง ซึ่งจะมีจำนวน ข้อมูล คือ 5170

จากนั้นหาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของข้อมูลอัตราส่วนความชื้นภายนอก ใหม่อีกครั้งได้ดังนี้

$$\mu_h = \frac{(1728 + 1701 + \dots + 804 + 2316)}{58} = 2178 \quad \text{คน}$$

$$\sigma_h^2 = \frac{(1728 - 2178)^2 + \dots + (2316 - 2178)^2}{58} = 544083 \quad \text{คน}^2$$

เมื่อ $(1728 + 1701 + \dots + 804 + 2316)$ คือ ข้อมูลที่กลั่นกรองแล้ว

2. การทดสอบแบบ ไช-สแควร์

แบ่งช่วงข้อมูลจำนวนคน ตั้งแต่ 0 ถึง 4000 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดและสูงสุดของข้อมูลจำนวนคน โดยให้มีช่วงระยะการเพิ่มของจำนวนคน เท่ากับ 10

หาความน่าจะเป็นจากข้อมูลจริง โดยใช้อัตราส่วนความถี่ของข้อมูลจะได้

| อัตราส่วนความถี่ | ความถี่ของข้อมูล | ความน่าจะเป็น |
|------------------|------------------|-------------------------|
| 0 | 0 | 0 |
| ... | ... | ... |
| 2180 | 1 | $\frac{1}{59} = 0.0169$ |
| ... | ... | ... |
| 4000 | 0 | 0 |

แทนค่า ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนลงในสมการรูปแบบการกระจายของความน่าจะเป็นแบบปกติ แบบล็อก และแบบ T จากนั้น อินทิเกรตสมการเพื่อหาค่าความน่าจะเป็นแบบต่างๆ

จำนวนคน 0 คน

$$\text{การกระจายแบบปกติ } p(X) = \int_0^5 \frac{1}{\sqrt{2\pi \times 544083}} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{X - 2178}{544083}\right)^2\right) dX = 3.48 \times 10^{-5}$$

$$\text{การกระจายแบบล็อก } p(X) = \int_0^5 \frac{1}{\sqrt{2\pi \times 0.33X}} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln X + 7.52}{0.33}\right)^2\right) dX = 0$$

$$\text{การกระจายแบบ T } p(X) = \int_{19}^{21} \frac{\Gamma(1.5)}{\Gamma(0.5)\Gamma(1)} \left(1 - \frac{X^2}{2}\right)^{-1.5} \frac{1}{\sqrt{2}} dX = 4.48 \times 10^{-6}$$

...

...

...

จำนวนคน 2180 คน

$$\text{การกระจายแบบปกติ } p(X) = \int_{2175}^{2185} \frac{1}{\sqrt{2\pi \times 544083}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{X-2178}{544083}\right)^2\right) dX = 5.41 \times 10^{-3}$$

$$\text{การกระจายแบบล็อก } p(X) = \int_{2175}^{2185} \frac{1}{\sqrt{2\pi \times 0.33X}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln X + 7.52}{0.33}\right)^2\right) dX = 5.47 \times 10^{-3}$$

$$\text{การกระจายแบบ T } p(X) = \int_{2175}^{2185} \frac{\Gamma(1.5)}{\Gamma(0.5)\Gamma(1)} \left(1 - \frac{X^2}{2}\right)^{-1.5} \frac{1}{\sqrt{2}} dX = 3.54 \times 10^{-2}$$

...

จำนวนคน 4000 คน

$$\text{การกระจายแบบปกติ } p(X) = \int_{3995}^{4005} \frac{1}{\sqrt{2\pi \times 544083}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{X-2178}{544083}\right)^2\right) dX = 2.65 \times 10^{-4}$$

$$\text{การกระจายแบบล็อก } p(X) = \int_{3995}^{4005} \frac{1}{\sqrt{2\pi \times 0.33X}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln X + 7.52}{0.33}\right)^2\right) dX = 4.09 \times 10^{-4}$$

$$\text{การกระจายแบบ T } p(X) = \int_{3995}^{4005} \frac{\Gamma(1.5)}{\Gamma(0.5)\Gamma(1)} \left(1 - \frac{X^2}{2}\right)^{-1.5} \frac{1}{\sqrt{2}} dX = 1.56 \times 10^{-5}$$

หาค่าการทดสอบแบบ ไช-สแควร์ของรูปแบบการกระจายต่างๆ

จำนวนคน 0 คน

$$\text{การกระจายแบบปกติ } C_{fn,0} = \frac{(0 - 3.48 \times 10^{-5})^2}{3.48 \times 10^{-5}} = 3.48 \times 10^{-5}$$

$$\text{การกระจายแบบล็อก } C_{fl,0} = 0$$

$$\text{การกระจายแบบ T } C_{ft,0} = \frac{(0 - 4.48 \times 10^{-6})^2}{4.48 \times 10^{-6}} = 4.48 \times 10^{-6}$$

...

จำนวนคน 2180 คน

$$\text{การกระจายแบบปกติ } C_{fn,2180} = \frac{(0.0169 - 5.41 \times 10^{-3})^2}{5.41 \times 10^{-3}} = 0.0244$$

$$\text{การกระจายแบบล็อก } C_{fl,2180} = \frac{(0.0169 - 5.47 \times 10^{-3})^2}{5.47 \times 10^{-3}} = 0.0239$$

$$\text{การกระจายแบบ T } C_{ft,2180} = \frac{(0.0169 - 3.54 \times 10^{-2})^2}{3.54 \times 10^{-2}} = 0.0097$$

... ..

จำนวนคน 4000 คน

$$\text{การกระจายแบบปกติ } C_{fn,4000} = \frac{(0 - 2.65 \times 10^{-4})^2}{2.65 \times 10^{-4}} = 2.65 \times 10^{-4}$$

$$\text{การกระจายแบบล็อก } C_{fl,4000} = \frac{(0 - 4.09 \times 10^{-4})^2}{4.09 \times 10^{-4}} = 4.09 \times 10^{-4}$$

$$\text{การกระจายแบบ T } C_{ft,4000} = \frac{(0 - 1.56 \times 10^{-5})^2}{1.56 \times 10^{-5}} = 1.56 \times 10^{-5}$$

รวมค่าการทดสอบแบบ ไช-สแควร์ของรูปแบบการกระจายต่างๆ ทั้งหมดตั้งแต่ 0.002 ถึง 0.038

$$\text{การกระจายแบบปกติ } C_{fn} = \sum_{i=0}^{4000} C_{fn,i} = 3.48 \times 10^{-5} + \dots + 0.0244 + \dots + 2.65 \times 10^{-4} = 4.80$$

$$\text{การกระจายแบบล็อก } C_{fl} = \sum_{i=0}^{4000} C_{fl,i} = 0 + \dots + 0.0239 + \dots + 4.09 \times 10^{-4} = 2.99$$

$$\text{การกระจายแบบ T } C_{ft} = \sum_{i=0}^{4000} C_{ft,i} = 4.48 \times 10^{-6} + \dots + 0.0097 + \dots + 1.56 \times 10^{-5} = 3.61$$

การคำนวณทั้งหมดสามารถทำได้โดยใช้โปรแกรม Parameter.for ซึ่งจะแสดงไว้ในภาคผนวก ข

ตารางที่ ก.21: ข้อมูลการกระจายของจำนวนคนในแต่ละชั่วโมง

| | ม.ค. ,มี.ค.-ส.ค. และ ต.ค.-ธ.ค. | | | | ก.พ. และ ก.ย. | | | |
|-------|--------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | $K_{h1,\theta}$ | $K_{h2,\theta}$ | $K_{h3,\theta}$ | $K_{h4,\theta}$ | $K_{h1,\theta}$ | $K_{h2,\theta}$ | $K_{h3,\theta}$ | $K_{h4,\theta}$ |
| | 6:00-8:00 | 8:00-16:00 | 16:00-19:00 | 19:00-21:00 | 6:00-8:00 | 8:00-16:00 | 16:00-19:00 | 19:00-21:00 |
| 0:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.33 | 0 | 0 | 0 |
| 7:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 8:00 | 0 | 0.16 | 0 | 0 | 1 | 0.31 | 0 | 0 |
| 9:00 | 0 | 0.26 | 0 | 0 | 1 | 0.51 | 0 | 0 |
| 10:00 | 0 | 0.4 | 0 | 0 | 1 | 0.63 | 0 | 0 |
| 11:00 | 0 | 0.44 | 0 | 0 | 1 | 0.65 | 0 | 0 |
| 12:00 | 0 | 0.52 | 0 | 0 | 0.9 | 0.72 | 0 | 0 |
| 13:00 | 0 | 0.75 | 0 | 0 | 0.9 | 0.93 | 0 | 0 |
| 14:00 | 0 | 0.79 | 0 | 0 | 0.86 | 0.93 | 0 | 0 |
| 15:00 | 0 | 0.84 | 0 | 0 | 0.86 | 0.96 | 0 | 0 |
| 16:00 | 0 | 0.6 | 0.48 | 0 | 0.81 | 0.86 | 0.68 | 0 |
| 17:00 | 0 | 0.47 | 0.71 | 0 | 0.76 | 0.82 | 0.74 | 0 |
| 18:00 | 0 | 0.32 | 0.83 | 0 | 0.76 | 0.72 | 0.97 | 0 |
| 19:00 | 0 | 0.27 | 0.72 | 1 | 0.71 | 0.65 | 0.94 | 0 |
| 20:00 | 0 | 0.21 | 0.38 | 1 | 0.62 | 0.51 | 0.77 | 1 |
| 21:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.52 | 0.27 | 0.52 | 1 |
| 22:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.52 | 0.13 | 0.35 | 0.5 |
| 23:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.29 | 0.11 | 0.19 | 0.5 |

จากตารางที่ ก.20 จะพบว่าค่าเฉลี่ยทั้งปีของความคลาดเคลื่อนไซ-สแควร์ของการกระจายรูปแบบปกติ รูปแบบล็อก และรูปแบบที มีค่า 2.54 2.56 และ 4.99 ตามลำดับ ดังนั้นถ้าพิจารณาจากค่าเฉลี่ยทั้งปีแล้วพบว่า รูปแบบฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นที่เหมาะสมคือ รูปแบบปกติ

รูปที่ ก.25 และ ก.26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นของความน่าจะเป็นแบบต่างๆ กับจำนวนคนใน เดือน กันยายน เวลาเช้า 8:00-9:00 น. และเดือน กรกฎาคม เวลาเช้า 8:00-16:00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีความต่างของค่าความคลาดเคลื่อนไซ-สแควร์รูปแบบปกติ น้อยที่สุดและมากที่สุด ตามลำดับ

เนื่องจากข้อมูลจำนวนคนไม่ใช่ข้อมูลรายชั่วโมง ดังนั้นจึงต้องปรับข้อมูลให้เป็นข้อมูลรายชั่วโมง ตามสมการที่ 4.1 ถึง 4.3 โดยใช้ข้อมูลการกระจายของจำนวนคนในแต่ละชั่วโมง ซึ่งได้มาจากการบันทึกเวลาของผู้ใช้บริการ ในรูปอัตราส่วนต่อจำนวนคนทั้งหมดในแต่ละชั่วโมง ดังตารางที่ ก.21 ดังนั้นจะได้ว่าสมการฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของจำนวนคนในแต่ละชั่วโมง คือ

$$f(N_{h,\theta}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{h,\theta}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{N_{h,\theta} - \mu_{h,\theta}}{\sigma_{h,\theta}}\right)^2\right) \quad \text{---(ก.4)}$$

$$\text{เมื่อ } \mu_{h,\theta} = K_{h1,\theta}\mu_{h1,\theta} + K_{h2,\theta}\mu_{h2,\theta} + K_{h3,\theta}\mu_{h3,\theta} + K_{h4,\theta}\mu_{h4,\theta}$$

$$\sigma_{h,\theta}^2 = K_{h1,\theta}^2\sigma_{h1,\theta}^2 + K_{h2,\theta}^2\sigma_{h2,\theta}^2 + K_{h3,\theta}^2\sigma_{h3,\theta}^2 + K_{h4,\theta}^2\sigma_{h4,\theta}^2$$

$$\mu_{h1,\theta}, \mu_{h2,\theta}, \mu_{h3,\theta}, \mu_{h4,\theta} \text{ ใช้ค่าจากตารางที่ ก.18}$$

$$\sigma_{h1,\theta}^2, \sigma_{h2,\theta}^2, \sigma_{h3,\theta}^2, \sigma_{h4,\theta}^2 \text{ ใช้ค่าจากตารางที่ ก.19}$$

$$K_{h1,\theta}, K_{h2,\theta}, K_{h3,\theta}, K_{h4,\theta} \text{ ใช้ค่าจากตารางที่ ก.21}$$

ตัวอย่างการคำนวณ

ที่เวลา 8:00 น. เดือน กันยายน

$$\mu_{h,8} = 1 \times 86 + 0.31 \times 2178 + 0 + 0 = 761 \quad \text{คน}$$

$$\sigma_{h,8}^2 = 1^2 \times 1841 + 0.31^2 \times 544083 + 0 + 0 = 54127 \quad \text{คน}^2$$

5. ข้อมูลจำนวนหลอดไฟที่ใช้งาน

เนื่องจากข้อมูลจำนวนหลอดไฟที่ใช้งาน จะเป็นข้อมูลเฉลี่ยของใช้งานรายเดือน หรือค่าตัวประกอบการใช้งาน ไม่มีรายละเอียดการกระจายของข้อมูล ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีตัวประกอบการใช้งานตามสมการที่ 4.4 ถึง 4.11 ในการหาค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น นั่นคือกำหนดให้การกระจายเป็นแบบสุ่ม โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับค่าตัวประกอบการใช้งาน

จากข้อมูลทั้งหมด จำนวนหลอดไฟแต่ละชนิดที่เปิดตลอดเวลาการใช้งานในแต่ละชั่วโมงจะแสดงดังตารางที่ ก.22 เมื่อคำนวณออกมาเป็นพลังงานความร้อนสูญเสียจากหลอดไฟที่เปิดตลอดเวลาการใช้งานทั้งหมด ตามสมการที่ 4.7 จะได้ค่าออกมาแสดงดังตารางที่ ก.23 ส่วนจำนวนหลอดไฟส่วนที่เปิดเฉพาะเวลาที่ใช้งานในแต่ละชั่วโมงนั้น (ตั้งแต่เวลา 8:00-21:00 น.) จะแสดงดังตารางที่ ก.24 เมื่อคำนวณออกมาเป็นพลังงานความร้อนสูญเสียจากหลอดไฟและค่าตัวประกอบใช้งานรวมของหลอดไฟส่วนที่เปิดเฉพาะเวลาที่ใช้งานทั้งหมด ตามสมการที่ 4.8 และ 4.9 จะได้ค่าออกมาแสดงดังตารางที่ ก.25

ดังนั้นเมื่อรวมความร้อนจากทั้งสองส่วน ตามสมการที่ 4.11 และ 4.10 จะสามารถคำนวณค่าพลังงานความร้อนสูญเสียและค่าตัวประกอบการใช้งานรวมของหลอดไฟทั้งหมด ที่ใช้งานในแต่ละเวลาได้ดังตารางที่ ก.26

ตารางที่ ก.22: ข้อมูลหลอดไฟที่เปิดตลอดเวลาการใช้งาน

| | หลอดฟลูออเรสเซนต์ 4x40 วัตต์ | หลอดฟลูออเรสเซนต์ 2x40 วัตต์ | หลอดฟลูออเรสเซนต์ 1x40 วัตต์ | หลอดไส้ 200 วัตต์ |
|--|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------|
| ความร้อนสูญเสีย ต่อหน่วย (วัตต์/หน่วย) | 160 | 80 | 40 | 200 |
| ตัวประกอบการยอมรับจำเพาะ (SAF) | 1.15 | 1.15 | 1.15 | 1.25 |
| 6:00-8:00 | | | | |
| จำนวน | 137 | 263 | 14 | 0 |
| ความร้อนสูญเสีย (วัตต์) | 25208 | 24196 | 644 | 0 |
| 8:00-19:00 | | | | |
| จำนวน | 411 | 3013 | 61 | 136 |
| ความร้อนสูญเสีย (วัตต์) | 75624 | 277196 | 2806 | 34000 |
| 19:00-21:00 | | | | |
| จำนวน | 343 | 2667 | 51 | 0 |
| ความร้อนสูญเสีย (วัตต์) | 63112 | 245364 | 2346 | 0 |
| 21:00-24:00 | | | | |
| จำนวน | 137 | 263 | 14 | 0 |
| ความร้อนสูญเสีย (วัตต์) | 25208 | 24196 | 644 | 0 |

ตารางที่ ก.23: ความร้อนสูญเสียจากหลอดไฟที่เปิดตลอดเวลาการใช้งาน

| เวลา | 6:00-8:00 | 8:00-19:00 | 19:00-21:00 | 21:00-24:00 |
|-------------------------|-----------|------------|-------------|-------------|
| ความร้อนสูญเสีย (วัตต์) | 50048 | 389626 | 310822 | 50048 |

ตารางที่ ก.24: ข้อมูลหลอดไฟที่เปิดเฉพาะเวลาที่ใช้งาน

| พื้นที่ | จำนวน | ความร้อนสูญเสีย (วัตต์) | ตัวประกอบการใช้งาน |
|-----------------------------------|-------|----------------------------|--------------------|
| จำนวนหลอดฟลูออโรสเซนต์ 2x40 วัตต์ | | | |
| ห้องประชุม 1 | 27 | 2484 | 0.375 |
| ห้องประชุม 2 | 10 | 920 | 0.375 |
| ห้องประชุม 3 | 3 | 276 | 0.05 |
| ห้องประชุม 4 | 16 | 1472 | 0.1 |
| ห้องประชุม 5 | 21 | 1932 | 0.425 |
| ห้องประชุม 7 | 8 | 736 | 0.25 |
| ห้องคอมพิวเตอร์ 2 | 31 | 2852 | 0.25 |
| ห้องคอมพิวเตอร์ 3 | 28 | 2576 | 0.025 |
| หลอดไส้ 200 วัตต์ | | | |
| ห้องประชุมใหญ่ | 68 | 17000 | 0.125 |

ตารางที่ ก.25: ความร้อนสูญเสียและตัวประกอบการใช้งานของหลอดไฟที่เปิดเฉพาะเวลาที่ใช้งาน

| ความร้อนสูญเสีย(วัตต์) | ตัวประกอบการใช้งาน |
|------------------------|--------------------|
| 30248 | 0.1767 |

ตารางที่ ก.26: ความร้อนสูญเสียและตัวประกอบการใช้งานของหลอดไฟ

| เวลา | 6:00-8:00 | 8:00-19:00 | 19:00-21:00 | 21:00-24:00 |
|----------------------------|-----------|------------|-------------|-------------|
| ความร้อนสูญเสีย (วัตต์) | 50048 | 419874 | 341070 | 50048 |
| ตัวประกอบการ ใช้งาน | 1.00 | 0.94 | 0.93 | 1.00 |

ตัวอย่างการคำนวณ

ที่เวลา 8:00-19:00 น.

ความร้อนรวมจากหลอดไฟที่เปิดใช้งานตลอดเวลาทั้งหมด

$$\begin{aligned} W_{loss,1} &= 411 \times 160 \times 1.15 + 3013 \times 80 \times 1.15 + 61 \times 40 \times 1.15 + 136 \times 200 \times 1.25 \\ &= 75624 + 277196 + 2806 + 34000 = 389626 \text{ Watts} \end{aligned}$$

ความร้อนรวมจากหลอดไฟที่เปิดเฉพาะเวลาที่ใช้งานทั้งหมด

$$W_{loss,2} = 2484 + 920 + 276 + 1472 + 1932 + 736 + 2852 + 2576 + 17000 = 30248 \text{ Watts}$$

ตัวประกอบการใช้งานของหลอดไฟที่เปิดเฉพาะเวลาที่ใช้งาน

$$\begin{aligned} U_{f,2} &= \frac{(2484 \times 0.375 + 920 \times 0.375 + 276 \times 0.05 + 1472 \times 0.1 + 1932 \times 0.425 + 736 \times 0.25 \\ &\quad + 2852 \times 0.25 + 2576 \times 0.025 + 17000 \times 0.125)}{30248} \\ &= 0.1767 \end{aligned}$$

ความร้อนรวมจากหลอดไฟทั้งหมด

$$Q_{l,total} = W_{loss,1} + W_{loss,2} = 389626 + 30248 = 419874$$

ตัวประกอบการใช้งานของหลอดไฟทั้งหมด

$$U_{fl} = \frac{389626 \times 1 + 30248 \times 0.1767}{389626 + 30248} = 0.94$$

ดังนั้นรูปแบบฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของอัตราความร้อนที่เกิดจากหลอดไฟที่ใช้งาน คือ

$$f_{Q_i}(Q_{i,\theta}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} U_{fl} Q_{l,total} (1-U_{fl})} \exp\left(\frac{-(Q_{i,\theta} - Q_{l,total} U_{fl})^2}{2 Q_{l,total} U_{fl} (1-U_{fl})}\right) \quad (ก.5)$$

เมื่อ โดยที่ค่า U_{fl} และ $Q_{l,total}$ ใช้ค่าจากตารางที่ ก.26

6. ข้อมูลจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งาน

เนื่องจากข้อมูลจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งาน จะเป็นข้อมูลเฉลี่ยของใช้งานรายเดือนหรือค่าตัวประกอบการใช้งาน เช่นเดียวกับข้อมูลของหลอดไฟ ไม่มีรายละเอียดการกระจายของข้อมูล ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีตัวประกอบการใช้งานตามสมการที่ 4.4 ถึง 4.11 ในการหาค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น นั่นคือกำหนดให้การกระจายเป็นแบบสุ่ม โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับค่าตัวประกอบการใช้งาน

จากข้อมูลทั้งหมด สามารถคำนวณออกมาเป็นพลังงานความร้อนสูญเสียจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปิดตลอดเวลาการใช้งานตลอดเวลา ตามสมการที่ 4.7 จะได้ค่าออกมาแสดงดังตารางที่ ก.27 ส่วนจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าส่วนที่เปิดเฉพาะเวลาที่ใช้งานในแต่ละชั่วโมงนั้น (ตั้งแต่เวลา 8:00-21:00 น.) จะแสดงดังตารางที่ ก.28 เมื่อคำนวณออกมาเป็นพลังงานความร้อนสูญเสียจากอุปกรณ์ไฟฟ้าและค่าตัวประกอบการใช้งานรวมของอุปกรณ์ไฟฟ้า ส่วนที่เปิดเฉพาะเวลาที่ใช้งานทั้งหมด ตามสมการที่ 4.8 และ 4.9 จะได้ค่าออกมาแสดงดังตารางที่ ก.29

ดังนั้นเมื่อรวมความร้อนจากทั้งสองส่วน ตามสมการที่ 4.11 และ 4.10 จะสามารถคำนวณค่าพลังงานความร้อนสูญเสียและค่าตัวประกอบการใช้งานรวมของอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมด ที่ใช้งานในแต่ละเวลาได้ดังตารางที่ ก.30

ตารางที่ ก.27: ข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปิดตลอดเวลาการใช้งาน

| คอมพิวเตอร์ | |
|---------------------------------------|-------|
| ความร้อนสูญเสียต่อหน่วย (วัตต์/หน่วย) | 135 |
| 6:00-8:00 | |
| จำนวน | 18 |
| ความร้อนสูญเสีย(วัตต์) | 2430 |
| 8:00-19:00 | |
| จำนวน | 182 |
| ความร้อนสูญเสีย(วัตต์) | 24570 |
| 19:00-21:00 | |
| จำนวน | 144 |
| ความร้อนสูญเสีย(วัตต์) | 19440 |
| 21:00-24:00 | |
| จำนวน | 18 |
| ความร้อนสูญเสีย(วัตต์) | 2430 |

ตารางที่ ก.28: ข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปิดเฉพาะเวลาที่ใช้งาน

| พื้นที่ | จำนวน | ความร้อนสูญเสีย(วัตต์) | ตัวประกอบการใช้งาน |
|-------------------|-------|------------------------|--------------------|
| คอมพิวเตอร์ | | | |
| ชั้น 3 | 20 | 2700 | 0.385 |
| ห้องคอมพิวเตอร์ 2 | 40 | 5400 | 0.25 |
| ห้องคอมพิวเตอร์ 3 | 20 | 2700 | 0.025 |
| โพรเจกเตอร์ | | | |
| ห้องประชุม 1 | 1 | 1000 | 0.375 |
| ห้องประชุม 2 | 1 | 1000 | 0.375 |
| ห้องประชุม 3 | 1 | 1000 | 0.05 |
| ห้องประชุม 4 | 1 | 1000 | 0.1 |
| ห้องประชุม 5 | 1 | 1000 | 0.425 |
| ห้องประชุม 7 | 1 | 1000 | 0.25 |

| พื้นที่ | จำนวน | ความร้อนสูญเสีย(วัตต์) | ตัวประกอบการใช้งาน |
|-------------------|-------|------------------------|--------------------|
| ห้องคอมพิวเตอร์ 2 | 1 | 1000 | 0.25 |
| ห้องคอมพิวเตอร์ 3 | 1 | 1000 | 0.025 |
| ห้องประชุมใหญ่ | 2 | 2000 | 0.125 |
| โทรทัศน | | | |
| ชั้น 3 | 60 | 12000 | 0.385 |
| เครื่องถ่ายเอกสาร | | | |
| ทุกชั้น | 11 | 22000 | 0.8 |

หมายเหตุ: ความร้อนสูญเสียต่อหน่วยของโปรเจกเตอร์และเครื่องถ่ายเอกสารเท่ากับ 1000 Watts
ความร้อนสูญเสียต่อหน่วยของโทรทัศนเท่ากับ 200 Watts

ตารางที่ ก.29: ความร้อนสูญเสียและตัวประกอบการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปิดเฉพาะเวลาที่ใช้งาน

| ความร้อนสูญเสีย(วัตต์) | ตัวประกอบการใช้งาน |
|------------------------|--------------------|
| 54800 | 0.4886 |

ตารางที่ ก.30: ความร้อนสูญเสียและตัวประกอบการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้า

| เวลา | 6:00-8:00 | 8:00-19:00 | 19:00-21:00 | 21:00-24:00 |
|----------------------------|-----------|------------|-------------|-------------|
| ความร้อนสูญเสีย (วัตต์) | 2430 | 79370 | 74240 | 2430 |
| ตัวประกอบ ใช้งาน | 1.00 | 0.6469 | 0.6225 | 1.00 |

ตัวอย่างการคำนวณ

ที่เวลา 8:00-19:00 น.

ความร้อนรวมจากอุปกรณ์ที่เปิดใช้งานตลอดเวลาทั้งหมด

$$W_{loss,1} = 182 \times 135 = 24570 \text{ Watts}$$

ความร้อนรวมจากหลอดไฟที่เปิดเฉพาะเวลาที่ใช้งานทั้งหมด

$$W_{loss,2} = 2700 + 5400 + 2700 + 1000 + 1000 + 1000 + 1000 + 1000 + 1000 + 1000 + 1000 + 2000 + 12000 + 22000 = 54800 \text{ Watts}$$

ตัวประกอบการใช้งานของหลอดไฟที่เปิดเฉพาะเวลาที่ใช้งาน

$$U_{f,2} = \frac{(2700 \times 0.385 + 5400 \times 0.25 + 2700 \times 0.025 + 1000 \times 0.375 + 1000 \times 0.375 + 1000 \times 0.05 + 1000 \times 0.1 + 1000 \times 0.425 + 1000 \times 0.25 + 1000 \times 0.25 + 1000 \times 0.025 + 2000 \times 0.125 + 12000 \times 0.385 + 22000 \times 0.8)}{54800} = 0.4886$$

ความร้อนรวมจากหลอดไฟทั้งหมด

$$Q_{e,total} = W_{loss,1} + W_{loss,2} = 24570 + 54800 = 79370$$

ตัวประกอบการใช้งานของหลอดไฟทั้งหมด

$$U_{fe} = \frac{24570 \times 1 + 54800 \times 0.4886}{24570 + 54800} = 0.6469$$

ดังนั้นรูปแบบฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของอัตราความร้อนที่เกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งาน คือ

$$f_{Q_e}(Q_{e,\theta}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi U_{fe} Q_{e,total} (1-U_{fe})}} \exp\left(\frac{-(Q_{e,\theta} - Q_{e,total} U_{fe})^2}{2Q_{e,total} U_{fe} (1-U_{fe})}\right) \quad (ก.6)$$

เมื่อ โดยที่ค่า U_{fe} และ $Q_{e,total}$ ใช้ค่าจากตารางที่ ก.30

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ในสมการการทำความเย็น

ค่าสัมประสิทธิ์ในสมการการทำความเย็นในสมการที่ 3.36 บทที่ 3 จะขึ้นอยู่กับหลายส่วนประกอบด้วยกันคือ คุณสมบัติและพื้นที่ของกรอบอาคาร อัตราการระบายอากาศ ค่าคุณสมบัติต่างๆ ของอากาศและน้ำ เงื่อนไขการปรับอากาศภายใน จากแบบพิมพ์เขียวของอาคาร และการสำรวจพื้นที่จริงจะได้ว่าอาคารมีพื้นที่ทั้งหมด 13,068 ตารางเมตร มีคุณสมบัติและพื้นที่ของกรอบอาคารดังตารางที่ ก.31

ตารางที่ ก.31: คุณสมบัติและพื้นที่ของกรอบอาคารสถาบันวิทยบริการ

| กรอบอาคาร | วัสดุ | พื้นที่ (ตร.ม.) |
|-----------------------|---------------|-----------------|
| ทิศเหนือ | กระจกใส 6 มม. | 688 |
| | ผนัง 1 | 1081 |
| ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ | กระจกใส 6 มม. | 286 |
| | ผนัง 1 | 332 |
| ทิศตะวันตก | กระจกใส 6 มม. | 98 |
| | ผนัง 1 | 307 |
| ทิศตะวันตกเฉียงใต้ | กระจกใส 6 มม. | 286 |
| | ผนัง 1 | 332 |
| ทิศใต้ | กระจกใส 6 มม. | 688 |
| | ผนัง 1 | 1081 |
| ทิศตะวันออกเฉียงใต้ | กระจกใส 6 มม. | 247 |
| | ผนัง 1 | 299 |
| ทิศตะวันออก | กระจกใส 6 มม. | 139 |
| | ผนัง 1 | 495 |
| ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ | กระจกใส 6 มม. | 247 |
| | ผนัง 1 | 299 |
| พื้น | พื้น 1 | 392 |
| หลังคา | หลังคา 1 | 2433 |
| ผนังภายใน | กระจกใส 6 มม. | 198 |
| | ผนัง 2 | 1997 |

หมายเหตุ: ผนังที่ 1 คือ กระเบื้องโมเสต+ปูนฉาบ 2 ซม. +อิฐมวลเบา 4 นิ้ว+ ปูนฉาบ 2 ซม.

(F01 F14 E01 M01 E01 F02)

ผนังที่ 2 คือ ปูนฉาบ 2 ซม. +อิฐมวลเบา 4 นิ้ว+ ปูนฉาบ 2 ซม.

(F01E01 M01 E01 F02)

พื้น 1 คือ คอนกรีตหนา 20 ซม. +พื้นยาง

(F01 M13 A06 F03)

หลังคา 1 คือ คอนกรีตหนา 20 ซม. +ฉนวนหนา 65 มม.

(F01 M13 B23 F03)

อุปกรณ์บังแดดมีระยะในแนวตั้งต่ำกว่าขอบกระจกด้านบน 80 ซม. และห่างจากกระจก 3 เมตร

อัตราการระบายอากาศ 9.44 ลบ.ม. ต่อ วินาที

อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายใน 24 องศาเซลเซียส

ความชื้นสัมพัทธ์ภายใน 50 % (อัตราส่วนความชื้น 0.00933)

จากข้อมูลทั้งหมด และค่าคงที่ต่างๆ ที่ต้องการ แทนค่าต่างๆ ทั้งหมดลงในสมการ 3.1 ถึงสมการที่ 3.36 ในบทที่ 3

$$Q_{CL,\theta} = K_{CL-t,\theta} t_{o,\theta} + K_{CL-i,\theta} I_{th,\theta} + Q_{CL-c,\theta} + K_{CL-h,\theta} N_{h,\theta} + K_{CL-l,\theta} N_{l,\theta} + K_{CL-e,\theta} N_{e,\theta} + K_{CL-w,\theta} W_{o,\theta}$$

จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ในสมการค่าภาระการทำความเย็น แสดงดังตารางที่ ก.32

จากสมการจะเห็นว่า ค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้ในแต่ละช่วงเวลามีได้มีเพียงค่าตอบเดียว แต่จะสามารถแปรผันได้ ขึ้นอยู่กับค่าของปัจจัยทั้ง 6 ประการที่มีผลต่อค่าภาระการทำความเย็นตามที่กล่าวมา ซึ่งแต่ละค่าจะมีโอกาสในการเกิดมากขึ้นน้อยแตกต่างกันไป ซึ่งวิธีการหาค่าความน่าจะเป็นของค่าภาระการทำความเย็นในแต่ละค่าในแต่ละช่วงเวลานั้น จะแสดงในหัวข้อการคำนวณค่าความน่าจะเป็นของค่าภาระการทำความเย็นต่อไป

ตารางที่ ก.32: ค่าสัมประสิทธิ์ในสมการการทำความเย็น เดือน มกราคม

| ชั่วโมงที่ | $K_{CL-i,\theta}$ | $K_{CL-i,\theta}$ | $K_{CL-h,\theta}$ | $K_{CL-l,\theta}$ | $K_{CL-e,\theta}$ | $K_{CL-w,\theta}$ | $Q_{CL-C,\theta}$ |
|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 51361.03 | 287.92 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1283898 |
| 2 | 51361.03 | 257.15 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1303207 |
| 3 | 51361.03 | 217.14 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1316985 |
| 4 | 51361.03 | 183.39 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1330806 |
| 5 | 51361.03 | 149.87 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1345394 |
| 6 | 51361.03 | 117.76 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1358370 |
| 7 | 51361.03 | 2031.34 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1467525 |
| 8 | 51361.03 | 1761.93 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1651155 |
| 9 | 51361.03 | 1525.78 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1956778 |
| 10 | 51361.03 | 1303.46 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1951114 |
| 11 | 51361.03 | 1167.54 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1949216 |
| 12 | 51361.03 | 1074.75 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1915004 |
| 13 | 51361.03 | 1038.07 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1857830 |
| 14 | 51361.03 | 1082.13 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1804321 |
| 15 | 51361.03 | 1205.29 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1719212 |
| 16 | 51361.03 | 1463.58 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1612834 |
| 17 | 51361.03 | 1861.92 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1450597 |
| 18 | 51361.03 | 2617.49 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1343021 |
| 19 | 51361.03 | 861.06 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1263544 |
| 20 | 51361.03 | 566.76 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1257066 |
| 21 | 51361.03 | 432.34 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1272317 |
| 22 | 51361.03 | 358.55 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1158633 |
| 23 | 51361.03 | 316.35 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1225878 |
| 24 | 51361.03 | 297.83 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1260412 |

ตารางที่ ก.32: (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์ในสมการการกระจายการทำความเย็น เดือน กุมภาพันธ์

| ชั่วโมงที่ | $K_{CL-i,\theta}$ | $K_{CL-i,\theta}$ | $K_{CL-h,\theta}$ | $K_{CL-l,\theta}$ | $K_{CL-e,\theta}$ | $K_{CL-w,\theta}$ | $Q_{CL-C,\theta}$ |
|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 51361.03 | 245.86 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1269984 |
| 2 | 51361.03 | 218.35 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1297821 |
| 3 | 51361.03 | 185.01 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1318886 |
| 4 | 51361.03 | 156.32 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1334280 |
| 5 | 51361.03 | 127.45 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1351461 |
| 6 | 51361.03 | 98.34 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1362900 |
| 7 | 51361.03 | 1705.28 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1511908 |
| 8 | 51361.03 | 1524.51 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1682152 |
| 9 | 51361.03 | 1317.14 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1932809 |
| 10 | 51361.03 | 1124.58 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1919371 |
| 11 | 51361.03 | 968.4 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1895393 |
| 12 | 51361.03 | 880.99 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1876650 |
| 13 | 51361.03 | 841.81 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1814796 |
| 14 | 51361.03 | 874.46 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1771762 |
| 15 | 51361.03 | 1007.59 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1723286 |
| 16 | 51361.03 | 1229.55 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1620237 |
| 17 | 51361.03 | 1570.68 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1467335 |
| 18 | 51361.03 | 2120.51 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1328995 |
| 19 | 51361.03 | 722.53 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1274718 |
| 20 | 51361.03 | 474.26 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1260225 |
| 21 | 51361.03 | 363.43 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1294498 |
| 22 | 51361.03 | 302.23 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1201095 |
| 23 | 51361.03 | 266.81 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1244296 |
| 24 | 51361.03 | 253.67 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1277513 |

ตารางที่ ก.32: (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์ในสมการการกระจายการทำความเย็น เดือน มีนาคม

| ชั่วโมงที่ | $K_{CL-i,\theta}$ | $K_{CL-i,\theta}$ | $K_{CL-h,\theta}$ | $K_{CL-l,\theta}$ | $K_{CL-e,\theta}$ | $K_{CL-w,\theta}$ | $Q_{CL-C,\theta}$ |
|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 51361.03 | 203.92 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1308363 |
| 2 | 51361.03 | 180.31 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1326956 |
| 3 | 51361.03 | 154.35 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1340587 |
| 4 | 51361.03 | 130.86 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1356577 |
| 5 | 51361.03 | 106.76 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1370374 |
| 6 | 51361.03 | 81.77 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1379140 |
| 7 | 51361.03 | 1291.53 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1523548 |
| 8 | 51361.03 | 1211.87 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1685870 |
| 9 | 51361.03 | 1057.72 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1928392 |
| 10 | 51361.03 | 911.74 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1896926 |
| 11 | 51361.03 | 783.82 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1857024 |
| 12 | 51361.03 | 683.68 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1800870 |
| 13 | 51361.03 | 649.86 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1765163 |
| 14 | 51361.03 | 714.41 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1759408 |
| 15 | 51361.03 | 842.36 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1715680 |
| 16 | 51361.03 | 1034.1 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1620178 |
| 17 | 51361.03 | 1321.75 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1481126 |
| 18 | 51361.03 | 1766.37 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1343254 |
| 19 | 51361.03 | 603 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1269210 |
| 20 | 51361.03 | 393.06 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1265273 |
| 21 | 51361.03 | 300.37 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1294436 |
| 22 | 51361.03 | 249.2 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1177819 |
| 23 | 51361.03 | 219.43 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1244814 |
| 24 | 51361.03 | 209.73 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1283848 |

ตารางที่ ก.32: (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์ในสมการการกระจายการทำความเย็น เดือน เมษายน

| ชั่วโมงที่ | $K_{CL-t,\theta}$ | $K_{CL-i,\theta}$ | $K_{CL-h,\theta}$ | $K_{CL-l,\theta}$ | $K_{CL-e,\theta}$ | $K_{CL-w,\theta}$ | $Q_{CL-C,\theta}$ |
|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 51361.03 | 192.91 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1320302 |
| 2 | 51361.03 | 169.84 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1338169 |
| 3 | 51361.03 | 146.54 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1353666 |
| 4 | 51361.03 | 125.21 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1365741 |
| 5 | 51361.03 | 102.41 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1378486 |
| 6 | 51361.03 | 77.31 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1385826 |
| 7 | 51361.03 | 1240.62 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1571627 |
| 8 | 51361.03 | 1133.37 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1696865 |
| 9 | 51361.03 | 948.54 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1893745 |
| 10 | 51361.03 | 784.88 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1830198 |
| 11 | 51361.03 | 662.57 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1789953 |
| 12 | 51361.03 | 543.02 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1734618 |
| 13 | 51361.03 | 529.85 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1740651 |
| 14 | 51361.03 | 604.96 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1742486 |
| 15 | 51361.03 | 719.39 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1695890 |
| 16 | 51361.03 | 939.09 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1636305 |
| 17 | 51361.03 | 1289.95 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1515096 |
| 18 | 51361.03 | 1820.73 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1364726 |
| 19 | 51361.03 | 597.77 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1285600 |
| 20 | 51361.03 | 380.55 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1285794 |
| 21 | 51361.03 | 286.74 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1309220 |
| 22 | 51361.03 | 235.37 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1198974 |
| 23 | 51361.03 | 205.46 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1261903 |
| 24 | 51361.03 | 197.48 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1297763 |

ตารางที่ ก.32: (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์ในสมการการทำความเย็น เดือน พฤษภาคม

| ชั่วโมงที่ | $K_{CL-i,\theta}$ | $K_{CL-i,\theta}$ | $K_{CL-h,\theta}$ | $K_{CL-l,\theta}$ | $K_{CL-e,\theta}$ | $K_{CL-w,\theta}$ | $Q_{CL-C,\theta}$ |
|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 51361.03 | 219.51 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1325153 |
| 2 | 51361.03 | 187.46 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1342416 |
| 3 | 51361.03 | 161.89 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1357602 |
| 4 | 51361.03 | 137.99 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1369341 |
| 5 | 51361.03 | 112.6 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1379424 |
| 6 | 51361.03 | 1777.06 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1389979 |
| 7 | 51361.03 | 1637.53 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1635208 |
| 8 | 51361.03 | 1391.22 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1757722 |
| 9 | 51361.03 | 1152.11 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1927145 |
| 10 | 51361.03 | 959.93 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1864389 |
| 11 | 51361.03 | 796.33 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1798169 |
| 12 | 51361.03 | 665.85 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1720260 |
| 13 | 51361.03 | 632.42 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1696056 |
| 14 | 51361.03 | 720.88 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1692817 |
| 15 | 51361.03 | 873.04 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1664877 |
| 16 | 51361.03 | 1107.06 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1612738 |
| 17 | 51361.03 | 1464.61 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1507037 |
| 18 | 51361.03 | 1940.33 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1368337 |
| 19 | 51361.03 | 670.38 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1291627 |
| 20 | 51361.03 | 439.83 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1294762 |
| 21 | 51361.03 | 339.79 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1316839 |
| 22 | 51361.03 | 284.76 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1207878 |
| 23 | 51361.03 | 252.86 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1269451 |
| 24 | 51361.03 | 244.23 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1303943 |

ตารางที่ ก.32: (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์ในสมการการทำความเย็น เดือน มิถุนายน

| ชั่วโมงที่ | $K_{CL-t,\theta}$ | $K_{CL-i,\theta}$ | $K_{CL-h,\theta}$ | $K_{CL-l,\theta}$ | $K_{CL-e,\theta}$ | $K_{CL-w,\theta}$ | $Q_{CL-C,\theta}$ |
|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 51361.03 | 226.87 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1330655 |
| 2 | 51361.03 | 193.81 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1347432 |
| 3 | 51361.03 | 166.97 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1361947 |
| 4 | 51361.03 | 141.99 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1372848 |
| 5 | 51361.03 | 115.78 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1384951 |
| 6 | 51361.03 | 1777.67 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1394693 |
| 7 | 51361.03 | 1687.55 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1651909 |
| 8 | 51361.03 | 1454.16 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1760243 |
| 9 | 51361.03 | 1215.35 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1925132 |
| 10 | 51361.03 | 1020.43 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1849158 |
| 11 | 51361.03 | 854.76 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1784251 |
| 12 | 51361.03 | 727.98 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1711819 |
| 13 | 51361.03 | 681.97 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1675500 |
| 14 | 51361.03 | 764.65 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1679435 |
| 15 | 51361.03 | 912.84 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1656296 |
| 16 | 51361.03 | 1139.9 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1600761 |
| 17 | 51361.03 | 1483.3 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1499233 |
| 18 | 51361.03 | 1930.27 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1374118 |
| 19 | 51361.03 | 679.84 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1305868 |
| 20 | 51361.03 | 449.09 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1305300 |
| 21 | 51361.03 | 348.88 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1325280 |
| 22 | 51361.03 | 293.55 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1208749 |
| 23 | 51361.03 | 261.16 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1271738 |
| 24 | 51361.03 | 252.18 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1306819 |

ตารางที่ ก.32: (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์ในสมการการทำความเย็น เดือน กรกฎาคม

| ชั่วโมงที่ | $K_{CL-i,\theta}$ | $K_{CL-i,\theta}$ | $K_{CL-h,\theta}$ | $K_{CL-l,\theta}$ | $K_{CL-e,\theta}$ | $K_{CL-w,\theta}$ | $Q_{CL-C,\theta}$ |
|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 51361.03 | 213.12 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1337369 |
| 2 | 51361.03 | 187.34 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1349937 |
| 3 | 51361.03 | 160.8 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1363680 |
| 4 | 51361.03 | 136.45 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1374147 |
| 5 | 51361.03 | 111.06 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1385911 |
| 6 | 51361.03 | 83.66 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1395559 |
| 7 | 51361.03 | 1348.8 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1593332 |
| 8 | 51361.03 | 1279.73 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1723320 |
| 9 | 51361.03 | 1099.42 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1906548 |
| 10 | 51361.03 | 931.82 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1825139 |
| 11 | 51361.03 | 788.7 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1763449 |
| 12 | 51361.03 | 658.56 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1697839 |
| 13 | 51361.03 | 603.37 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1667705 |
| 14 | 51361.03 | 683.44 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1670552 |
| 15 | 51361.03 | 826.24 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1646642 |
| 16 | 51361.03 | 1044.76 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1592916 |
| 17 | 51361.03 | 1377.75 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1512001 |
| 18 | 51361.03 | 1837.93 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1401016 |
| 19 | 51361.03 | 631.66 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1319579 |
| 20 | 51361.03 | 408.56 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1319726 |
| 21 | 51361.03 | 311.81 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1337609 |
| 22 | 51361.03 | 258.35 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1212734 |
| 23 | 51361.03 | 226.96 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1279793 |
| 24 | 51361.03 | 218.5 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1317360 |

ตารางที่ ก.32: (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์ในสมการการทำความเย็น เดือน สิงหาคม

| ชั่วโมงที่ | $K_{CL-i,\theta}$ | $K_{CL-i,\theta}$ | $K_{CL-h,\theta}$ | $K_{CL-l,\theta}$ | $K_{CL-e,\theta}$ | $K_{CL-w,\theta}$ | $Q_{CL-C,\theta}$ |
|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 51361.03 | 196.2 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1343721 |
| 2 | 51361.03 | 172.62 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1357901 |
| 3 | 51361.03 | 148.47 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1369849 |
| 4 | 51361.03 | 126.42 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1378778 |
| 5 | 51361.03 | 103.12 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1389596 |
| 6 | 51361.03 | 77.76 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1401140 |
| 7 | 51361.03 | 1268.99 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1535960 |
| 8 | 51361.03 | 1175.17 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1646169 |
| 9 | 51361.03 | 991.28 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1849523 |
| 10 | 51361.03 | 825.55 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1808137 |
| 11 | 51361.03 | 691.03 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1750263 |
| 12 | 51361.03 | 569.46 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1693690 |
| 13 | 51361.03 | 547.12 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1683863 |
| 14 | 51361.03 | 619.62 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1681795 |
| 15 | 51361.03 | 740.56 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1663505 |
| 16 | 51361.03 | 957.04 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1619427 |
| 17 | 51361.03 | 1296.11 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1532145 |
| 18 | 51361.03 | 1784.87 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1429945 |
| 19 | 51361.03 | 597.09 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1338658 |
| 20 | 51361.03 | 382.27 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1334854 |
| 21 | 51361.03 | 289.43 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1348891 |
| 22 | 51361.03 | 238.42 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1228237 |
| 23 | 51361.03 | 208.71 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1290391 |
| 24 | 51361.03 | 200.87 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1324045 |

ตารางที่ ก.32: (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์ในสมการการทำความเย็น เดือน กันยายน

| ชั่วโมงที่ | $K_{CL-i,\theta}$ | $K_{CL-i,\theta}$ | $K_{CL-h,\theta}$ | $K_{CL-l,\theta}$ | $K_{CL-e,\theta}$ | $K_{CL-w,\theta}$ | $Q_{CL-C,\theta}$ |
|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 51361.03 | 210.6 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1313783 |
| 2 | 51361.03 | 186.85 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1340078 |
| 3 | 51361.03 | 161.55 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1358431 |
| 4 | 51361.03 | 137.67 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1370726 |
| 5 | 51361.03 | 112.82 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1385440 |
| 6 | 51361.03 | 87.63 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1397510 |
| 7 | 51361.03 | 1193.87 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1569802 |
| 8 | 51361.03 | 1149.23 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1687000 |
| 9 | 51361.03 | 1015.11 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1886088 |
| 10 | 51361.03 | 884.18 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1844022 |
| 11 | 51361.03 | 764.66 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1774663 |
| 12 | 51361.03 | 682.47 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1721560 |
| 13 | 51361.03 | 664.97 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1686285 |
| 14 | 51361.03 | 750.79 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1666019 |
| 15 | 51361.03 | 893.68 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1623732 |
| 16 | 51361.03 | 1106.66 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1553952 |
| 17 | 51361.03 | 1418.42 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1479335 |
| 18 | 51361.03 | 1931.41 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1408161 |
| 19 | 51361.03 | 640.09 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1355811 |
| 20 | 51361.03 | 414.33 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1334241 |
| 21 | 51361.03 | 314.07 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1359808 |
| 22 | 51361.03 | 259.07 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1258842 |
| 23 | 51361.03 | 227.68 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1294075 |
| 24 | 51361.03 | 216.71 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1322972 |

ตารางที่ ก.32: (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์ในสมการการทำความเย็น เดือน ตุลาคม

| ชั่วโมงที่ | $K_{CL-t,\theta}$ | $K_{CL-i,\theta}$ | $K_{CL-h,\theta}$ | $K_{CL-l,\theta}$ | $K_{CL-e,\theta}$ | $K_{CL-w,\theta}$ | $Q_{CL-C,\theta}$ |
|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 51361.03 | 205.73 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1328309 |
| 2 | 51361.03 | 177.99 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1347869 |
| 3 | 51361.03 | 147.96 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1359173 |
| 4 | 51361.03 | 119.44 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1372642 |
| 5 | 51361.03 | 90.04 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1384164 |
| 6 | 51361.03 | 80.7 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1394003 |
| 7 | 51361.03 | 1364.74 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1572788 |
| 8 | 51361.03 | 1302.73 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1713082 |
| 9 | 51361.03 | 1143.4 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1933938 |
| 10 | 51361.03 | 991.17 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1896750 |
| 11 | 51361.03 | 887.14 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1834414 |
| 12 | 51361.03 | 818.11 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1764101 |
| 13 | 51361.03 | 833.66 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1726214 |
| 14 | 51361.03 | 914.27 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1690846 |
| 15 | 51361.03 | 1087.52 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1622635 |
| 16 | 51361.03 | 1360.06 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1521926 |
| 17 | 51361.03 | 1762.15 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1408172 |
| 18 | 51361.03 | 635.96 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1320418 |
| 19 | 51361.03 | 417.69 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1328721 |
| 20 | 51361.03 | 320.26 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1319665 |
| 21 | 51361.03 | 265.63 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1336974 |
| 22 | 51361.03 | 232.77 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1216706 |
| 23 | 51361.03 | 221.55 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1274351 |
| 24 | 51361.03 | 213.83 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1309436 |

ตารางที่ ก.32: (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์ในสมการการกระทำความเย็น เดือน พฤศจิกายน

| ชั่วโมงที่ | $K_{CL-t,\theta}$ | $K_{CL-i,\theta}$ | $K_{CL-h,\theta}$ | $K_{CL-l,\theta}$ | $K_{CL-e,\theta}$ | $K_{CL-w,\theta}$ | $Q_{CL-C,\theta}$ |
|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 51361.03 | 241.03 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1299527 |
| 2 | 51361.03 | 209.3 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1316960 |
| 3 | 51361.03 | 173.64 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1332366 |
| 4 | 51361.03 | 140.32 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1344391 |
| 5 | 51361.03 | 106.7 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1360041 |
| 6 | 51361.03 | 95.08 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1371220 |
| 7 | 51361.03 | 1618 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1543223 |
| 8 | 51361.03 | 1529.37 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1733460 |
| 9 | 51361.03 | 1341.12 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1994581 |
| 10 | 51361.03 | 1169.78 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1967655 |
| 11 | 51361.03 | 1076.95 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1927379 |
| 12 | 51361.03 | 1003.93 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1865381 |
| 13 | 51361.03 | 1023.22 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1787513 |
| 14 | 51361.03 | 1095.96 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1721781 |
| 15 | 51361.03 | 1276.16 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1649997 |
| 16 | 51361.03 | 1586.88 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1533601 |
| 17 | 51361.03 | 2051.56 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1378122 |
| 18 | 51361.03 | 740.45 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1277779 |
| 19 | 51361.03 | 489.57 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1289454 |
| 20 | 51361.03 | 376.55 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1284916 |
| 21 | 51361.03 | 313.1 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1300657 |
| 22 | 51361.03 | 275.05 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1180693 |
| 23 | 51361.03 | 260.89 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1241373 |
| 24 | 51361.03 | 251.17 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1276056 |

ตารางที่ ก.32: (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์ในสมการการกระจายการทำความเย็น เดือน ธันวาคม

| ชั่วโมงที่ | $K_{CL-i,\theta}$ | $K_{CL-i,\theta}$ | $K_{CL-h,\theta}$ | $K_{CL-l,\theta}$ | $K_{CL-e,\theta}$ | $K_{CL-w,\theta}$ | $Q_{CL-C,\theta}$ |
|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 51361.03 | 255.03 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1280440 |
| 2 | 51361.03 | 222.03 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1297588 |
| 3 | 51361.03 | 182.14 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1312511 |
| 4 | 51361.03 | 146.64 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1327083 |
| 5 | 51361.03 | 111.14 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1342387 |
| 6 | 51361.03 | 98.32 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1353243 |
| 7 | 51361.03 | 1889.23 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1500013 |
| 8 | 51361.03 | 1716.4 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1702241 |
| 9 | 51361.03 | 1496.74 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -2000114 |
| 10 | 51361.03 | 1301.38 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1991250 |
| 11 | 51361.03 | 1189.24 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1984317 |
| 12 | 51361.03 | 1104.1 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1928703 |
| 13 | 51361.03 | 1107.38 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1843690 |
| 14 | 51361.03 | 1177.22 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1764574 |
| 15 | 51361.03 | 1322.87 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1680344 |
| 16 | 51361.03 | 1620.62 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1563178 |
| 17 | 51361.03 | 2073.95 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1401688 |
| 18 | 51361.03 | 764.53 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1268047 |
| 19 | 51361.03 | 511.29 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1275514 |
| 20 | 51361.03 | 396.21 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1275037 |
| 21 | 51361.03 | 331.08 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1286929 |
| 22 | 51361.03 | 291.58 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1157116 |
| 23 | 51361.03 | 276.57 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1217027 |
| 24 | 51361.03 | 265.92 | 130 | 1 | 1 | 28320000 | -1256137 |

ตัวอย่างการคำนวณ

ที่เวลา 15:00-16:00 น. เดือนกุมภาพันธ์

อ้างอิงจาก 2001 ASHRAE Handbook Fundamentals จะได้

$$LAT = 100.6^\circ \quad LON = 13.92^\circ \quad ET = -13.9 \text{ นาที} \quad \delta = -10.8 \text{ นาที}$$

$$C = 0.058 \quad \rho_g = 0.1 \quad K_{Sen} = 75 \text{ W/Person} \quad K_{Lat} = 75 \text{ W/Person}$$

$$U_w = 2.936 \text{ W/m}^2\text{K} \quad U_{roof} = 2.936 \text{ W/m}^2\text{K} \quad U_g = 2.936 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3 \quad c_p = 1.0 \text{ kJ/kg-K} \quad h_{fg} = 2500 \text{ kJ/kg}$$

$$f_{cp} = 0.37 \quad f_{cn} = 0.52 \quad f_{cl} = 0.33 \quad f_{ce} = 0.33$$

$$a_0 = 0.01154 \quad a_1 = 0.77674 \quad a_2 = -3.94657 \quad a_3 = 8.57811$$

$$a_4 = -8.38135 \quad a_5 = 3.01188$$

$$t_0 = -0.00885 \quad t_1 = 2.71235 \quad t_2 = -0.662062 \quad t_3 = -7.07329$$

$$t_4 = 9.75995 \quad t_5 = -3.89922$$

แทนค่าที่ได้ลงในสมการต่อไปนี้ จะได้

$$AST = LST - 4(LAT - LON) + ET = 391.2 \quad \text{นาที}$$

$$H = 0.25 * (AST - 720) = -52.8 \quad \text{นาที}$$

$$\beta = \sin^{-1}(\cos H \cos L \cos \delta + \sin L \sin \delta) = 0.491 \quad \text{เรเดียน}$$

$$\cos(\phi) = \frac{(\sin \beta \sin L - \sin \delta)}{(\cos \beta \cos L)} = 1.014 \quad \text{เรเดียน}$$

แทนค่าที่ได้และค่า ψ ($= 0^\circ$ สำหรับทิศใต้, $= 45^\circ$ สำหรับตะวันตกเฉียงใต้, $= 90^\circ$ สำหรับทิศตะวันตก, $= 135^\circ$ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ, $= 180^\circ$ สำหรับทิศเหนือ, $= 225^\circ$ สำหรับทิศตะวันออกเฉียงเหนือ, $= 270^\circ$ สำหรับทิศตะวันออก, $= 315^\circ$ สำหรับทิศตะวันออกเฉียงใต้) ลงในสมการ

$$\theta = \cos^{-1}(\cos \beta \cos(\phi - \psi) \sin \Sigma + \sin \beta \cos \Sigma)$$

จะได้ค่ามุมตกกระทบ (θ) ของแสงตามทิศทางต่างๆ (ψ) ดังนี้

| | | | |
|-------------|---------------|-----------------------|---------------|
| ทิศเหนือ | 1.571 เรเดียน | ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ | 1.369 เรเดียน |
| ทิศตะวันตก | 0.725 เรเดียน | ทิศตะวันตกเฉียงใต้ | 0.538 เรเดียน |
| ทิศใต้ | 1.086 เรเดียน | ทิศตะวันออกเฉียงใต้ | 1.571 เรเดียน |
| ทิศตะวันออก | 1.571 เรเดียน | ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ | 1.571 เรเดียน |
| แนวระดับ | 1.079 เรเดียน | | |

แทนค่ามุมตกกระทบ (θ) เพื่อหาค่า Y ตามเงื่อนไขต่างๆ ได้ดังนี้

| | |
|--|---------------------------------------|
| $Y = 1$ | ในแนวระดับ |
| $Y = 0.55 + 0.437 \cos \theta + 0.313 \cos^2 \theta$ | ในแนวตั้ง สำหรับ $\cos \theta > -0.2$ |
| $Y = 0.45$ | ในแนวตั้ง สำหรับค่าอื่นๆ |

จะได้ค่า Y ตามทิศทางต่างๆ ดังนี้

| | | | |
|-------------|-------|-----------------------|-------|
| ทิศเหนือ | 0.550 | ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ | 0.650 |
| ทิศตะวันตก | 1.052 | ทิศตะวันตกเฉียงใต้ | 1.156 |
| ทิศใต้ | 0.821 | ทิศตะวันออกเฉียงใต้ | 0.550 |
| ทิศตะวันออก | 0.550 | ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ | 0.550 |
| แนวระดับ | 0.826 | | |

แทนค่าลงในสมการ

$$K_{w,j,\theta} = \left(\frac{1}{(\cos \theta_H + C)} \left(\cos \theta + CY + (C + \sin \beta) \rho_g \frac{1 - \cos \Sigma}{2} \right) \right)$$

จะได้ค่า $K_{w,j,\theta}$ ตามทิศทางต่างๆ ดังนี้

| | | | |
|-------------|--------|-----------------------|-------|
| ทิศเหนือ | 0.1602 | ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ | 0.548 |
| ทิศตะวันตก | 1.628 | ทิศตะวันตกเฉียงใต้ | 1.847 |
| ทิศใต้ | 1.069 | ทิศตะวันออกเฉียงใต้ | 0.160 |
| ทิศตะวันออก | 0.160 | ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ | 0.160 |
| แนวระดับ | 1.000 | | |

แทนค่าลงในสมการ

$$K_{a,j,\theta} = \frac{\cos\theta}{(\cos\theta_H + C)} \sum_{k=0}^5 a_k \cos^k \theta + \frac{2}{(\cos\theta_H + C)} \\ \times \left(CY + (C + \sin\beta)\rho_g \frac{1 - \cos\Sigma}{2} \right) \sum_{k=0}^5 \left(\frac{a_k}{j+2} \right)$$

จะได้ค่า $K_{w,j,\theta}$ ตามทิศทางต่างๆ ดังนี้

| | | | |
|-------------|-------|-----------------------|-------|
| ทิศเหนือ | 0.090 | ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ | 0.030 |
| ทิศตะวันตก | 0.090 | ทิศตะวันตกเฉียงใต้ | 0.102 |
| ทิศใต้ | 0.059 | ทิศตะวันออกเฉียงใต้ | 0.090 |
| ทิศตะวันออก | 0.090 | ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ | 0.090 |
| แนวระดับ | 0.055 | | |

แทนค่าลงในสมการ

$$K_{t,j,\theta} = \frac{\cos\theta}{(\cos\theta_H + C)} \sum_{k=0}^5 t_k \cos^k \theta + \frac{2}{(\cos\theta_H + C)} \\ \times \left(CY + (C + \sin\beta)\rho_g \frac{1 - \cos\Sigma}{2} \right) \sum_{k=0}^5 \left(\frac{t_k}{j+2} \right)$$

จะได้ค่า $K_{t,j,\theta}$ ตามทิศทางต่างๆ ดังนี้

| | | | |
|-------------|-------|-----------------------|-------|
| ทิศเหนือ | 0.128 | ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ | 0.432 |
| ทิศตะวันตก | 1.277 | ทิศตะวันตกเฉียงใต้ | 1.449 |
| ทิศใต้ | 0.840 | ทิศตะวันออกเฉียงใต้ | 0.128 |
| ทิศตะวันออก | 0.128 | ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ | 0.128 |
| แนวระดับ | 0.784 | | |

จากการสำรวจข้อมูลพบว่า $t_{rc} = 24 \text{ } ^\circ\text{C}$ $w_{rc} = 0.00933$

อัตราการระบายอากาศได้จากการประมาณจากจำนวนคน 1000 คน โดยมีอัตราการระบายอากาศ 20 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อคน

$$\dot{Q} = 1000 \times 20 \times 0.3048^3 / 60 = 9.44 \text{ } m^3 / s$$

แทนค่าพื้นที่ผนังจากตารางที่ ก.31 และค่าคงที่ต่างๆ ลงในสมการ เพื่อหาค่า $K_{CV-t,\theta}$ และ $K_{CV-i,\theta}$ จะได้

$$K_{CV-t,\theta} = f_{cp} \sum_{j=1}^6 (A_{w,j} U_{w,j} + A_{g,j} U_{g,j}) = 14906.13 \text{ W/K}$$

$$K_{CV-i,\theta} = f_{cp} \sum_{j=1}^6 \left(A_{w,j} \frac{\alpha_j}{h_o} U_{w,j} K_{w,j,\theta} + A_{g,j} \frac{1}{h_o} U_{g,j} K_{a,j,\theta} \right) = 95.31 \text{ m}^2$$

จากตารางที่ ก.3 จะได้

$$\Delta t_{15-1} = 31.49 - 32.36 = -0.87 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{15-2} = 31.49 - 32.54 = -1.05 \text{ } ^\circ\text{C}$$

... ..

$$\Delta t_{15-23} = 31.49 - 30.08 = 1.41 \text{ } ^\circ\text{C}$$

จากตารางที่ ก.8 จะได้

$$\Delta I_{th,15-1} = 354 - 702 = -348 \text{ W/m}^2$$

$$\Delta I_{th,15-2} = 354 - 560 = -206 \text{ W/m}^2$$

... ..

$$\Delta I_{th,15-23} = 354 - 149 = 205 \text{ W/m}^2$$

แทนค่าที่ได้ รวมถึงค่าพื้นที่ผนังจากตารางที่ ก.31 ค่า $Y_{w,p,j}$ ของผนังด้านต่างๆ และกระจกจากการคำนวณโดยใช้โปรแกรม ASHRAE Load Principles ของ ASHRAE และค่าคงที่ต่างๆ ลงในสมการต่อไปนี้จะได้

$$\begin{aligned} Q_{CV-c,\theta} &= f_{cp} \sum_{j=1}^6 \left(A_{w,j} \left(\sum_{p=0}^{23} Y_{w,p,j} (\Delta t_{\theta-p} + \frac{\alpha_j}{h_o} K_{w,j,\theta-p} \Delta I_{th,\theta-p}) - U_{w,j} (4 \cos \Sigma + t_{rc}) \right) \right. \\ &\quad \left. + A_{g,j} \left(\sum_{p=0}^{23} Y_{g,p,j} (\Delta t_{\theta-p} + \frac{1}{h_o} K_{a,j,\theta-p} \Delta I_{th,\theta-p}) - U_{g,j} (4 \cos \Sigma + t_{rc}) \right) \right) \\ &= -373975.38 \text{ W} \end{aligned}$$

$$K_{Rd-t,15} = \frac{f_{rp}}{f_{cp}} K_{CV-t,15} = 1.7027 \times 14906.13 = 25380.67 \quad \text{W/K}$$

$$K_{Rd-i,15} = \frac{f_{rp}}{f_{cp}} K_{CV-i,15} = 1.7027 \times 95.31 = 162.28 \quad \text{m}^2$$

$$Q_{Rd-c,15} = \frac{f_{rp}}{f_{cp}} Q_{CV-c,15} = 1.7027 \times (-373975.38) = -636363.88 \quad \text{W}$$

แทนค่าที่ได้ และค่า r_i หรือค่า r_{Si} จากการคำนวณ โดยใช้โปรแกรม ASHRAE Load Principles ของ ASHRAE พร้อมด้วยค่าคงที่ต่างๆ ลงในสมการต่อไปนี้ จะได้

$$K_{CR-t,15} = r_0 K_{Rd-t,15} + r_1 K_{Rd-t,14} + r_2 K_{Rd-t,13} + \dots + r_{23} K_{Rd-t,16} = 25126.90 \quad \text{W/K}$$

$$K_{CR-i,\theta} = r_0 K_{Rd-i,15} + r_1 K_{Rd-i,14} + r_2 K_{Rd-i,13} + \dots + r_{23} K_{Rd-i,16} = 133.24 \quad \text{m}^2$$

$$\begin{aligned} Q_{CR-c,15} &= (r_1 K_{Rd-t,14} \Delta t_{14} + r_2 K_{Rd-t,13} \Delta t_{13} + \dots + r_{23} K_{Rd-t,16} \Delta t_{16}) \\ &\quad + (r_1 K_{Rd-i,14} \Delta I_{th,14} + r_1 K_{Rd-i,13} \Delta I_{th,3} + \dots + r_1 K_{Rd-i,16} \Delta I_{th,16}) \\ &\quad + (r_1 K_{Rd-h,14} \Delta N_{h,14} + r_2 K_{Rd-h,13} \Delta N_{h,13} + \dots + r_{23} K_{Rd-h,16} \Delta N_{h,16}) \\ &\quad + (r_1 K_{Rd-l,14} \Delta N_{l,14} + r_2 K_{Rd-l,13} \Delta N_{l,13} + \dots + r_{23} K_{Rd-l,16} \Delta N_{l,16}) \\ &\quad + (r_1 K_{Rd-e,14} \Delta N_{e,14} + r_2 K_{Rd-e,13} \Delta N_{e,13} + \dots + r_{23} K_{Rd-e,16} \Delta N_{e,16}) \\ &\quad + (r_0 Q_{Rd-c,15} + r_1 Q_{Rd-c,14} + r_2 Q_{Rd-c,13} + \dots + r_{23} Q_{Rd-c,16}) \\ &= -692140.19 \quad \text{W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{CRT-i,15} &= r_{S0} \sum_{j=1}^6 K_{t,j,15} A_{g,j} + r_{S1} \sum_{j=1}^6 K_{t,j,14} A_{g,j} + r_{S2} \sum_{j=1}^6 K_{t,j,14} A_{g,j} \\ &\quad + \dots + r_{S23} \sum_{j=1}^6 K_{t,j,16} A_{g,j} = 1001.00 \quad \text{m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{CRT-c,15} &= r_{S1} \sum_{j=1}^6 K_{t,j,14} \Delta I_{th,14} A_{g,j} + r_{S2} \sum_{j=1}^6 K_{t,j,13} \Delta I_{th,13} A_{g,j} \\ &\quad + \dots + r_{S23} \sum_{j=1}^6 K_{t,j,16} \Delta I_{th,16} A_{g,j} = -18872.88 \quad \text{W} \end{aligned}$$

แทนค่าทั้งหมดที่ได้ลงในสมการต่อไปนี เพื่อหาค่า $K_{CL-t,\theta}$, $K_{CL-i,\theta}$, $K_{CL-h,\theta}$, $K_{CL-l,\theta}$, $K_{CL-w,\theta}$, และ $Q_{CL-c,\theta}$ จะได้

$$K_{CL-t,15} = K_{CV-t,15} + K_{CR-t,15} + \rho \dot{Q}_\theta c_p = 51361.03 \quad \text{W/K}$$

$$K_{CL-i,15} = K_{CV-i,15} + K_{CR-i,15} + K_{CRT-i,15} = 1229.55 \quad \text{m}^2$$

$$K_{CL-h,15} = K_{sen} + K_{lat} = 130$$

$$K_{CL-l,15} = W_{l-loss} = 1$$

$$K_{CL-e,15} = W_{e-loss} = 1$$

$$K_{CL-w,15} = \rho \dot{Q} h_{fg} = 2.832 \times 10^7 \quad \text{W}$$

$$\begin{aligned} Q_{CL-c,15} &= Q_{CV-c,15} + Q_{CR-c,15} + Q_{CRT-c,15} - \rho \dot{Q} c_p t_{rc} - \rho \dot{Q} h_{fg} w_{rc} \\ &= -1.62 \times 10^6 \quad \text{W} \end{aligned}$$

การคำนวณทั้งหมดสามารถทำได้โดยใช้โปรแกรม Coef.for ซึ่งจะแสดงไว้ในภาคผนวก ข

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การคำนวณค่าความน่าจะเป็นของค่าการกระทำความเย็น

จากการใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นเข้ากับการคำนวณค่าการกระทำความเย็น ในบทที่ 4 เราสามารถหาค่าความน่าจะเป็นของค่าการกระทำความเย็นได้ โดยใช้สมการที่ 4.16 สำหรับการหาค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของค่าการกระทำความเย็นที่เวลาต่างๆ

$$f_Q(Q_{CL,\theta}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sqrt{(K_{CL-t}^2 \sigma_t^2 + K_{CL-l}^2 \sigma_l^2 + K_{CL-h}^2 \sigma_h^2 + K_{CL-i}^2 \sigma_i^2 + K_{CL-e}^2 \sigma_e^2 + K_{CL-c}^2 \sigma_c^2)_\theta}} \exp\left(-\frac{(Q_{1,\theta} - K_{CL-t}\mu_t - K_{CL-l}\mu_l - K_{CL-h}\mu_h - K_{CL-i}\mu_i - K_{CL-e}\mu_e - K_{CL-w}\mu_w - Q_{CL-c})^2}{2(K_{CL-t}^2 \sigma_t^2 + K_{CL-l}^2 \sigma_l^2 + K_{CL-h}^2 \sigma_h^2 + K_{CL-i}^2 \sigma_i^2 + K_{CL-e}^2 \sigma_e^2 + K_{CL-c}^2 \sigma_c^2)_\theta}\right)$$

และสมการที่ 4.15 สำหรับการหาค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความถี่สะสมที่เวลาต่างๆ

$$CDF(Q_{CL,\theta} < Q_0) = \int_{-\infty}^{Q_0} f_Q(Q_{CL,\theta}) dQ_{CL,\theta}$$

แทนค่า $K_{CL-t,\theta}, K_{CL-l,\theta}, K_{CL-c,\theta}, K_{CL-h,\theta}, K_{CL-i,\theta}, K_{CL-e,\theta}, Q_{CL-w,\theta}$ จากตารางที่ ก.32

แทนค่าฟังก์ชัน $f_t(t_{o,\theta}), f_l(I_{th,\theta}), f_{Nh}(N_{h,\theta}), f_{Nl}(N_{l,\theta}), f_{Ne}(N_{e,\theta}), f_w(w_{o,\theta})$ จากสมการที่ ก.1 ถึง ก.6

ค่า $\mu_{t,\theta}, \mu_{l,\theta}, \mu_{w,\theta}$ สามารถหาได้จากตารางที่ ก.3, ก.8 และ ก.13 ตามลำดับ

ค่า $\sigma_{t,\theta}^2, \sigma_{l,\theta}^2, \sigma_{w,\theta}^2$ สามารถหาได้จากตารางที่ ก.4, ก.9 และ ก.14 ตามลำดับ

ค่า $\mu_{h,\theta}$ คำนวณได้จากสมการที่ 4.2 โดยใช้ค่า $\mu_{h1,\theta}, \mu_{h2,\theta}, \mu_{h3,\theta}, \mu_{h4,\theta}$ จากตารางที่ ก.18 และใช้

ค่า $K_{h1,\theta}, K_{h2,\theta}, K_{h3,\theta}, K_{h4,\theta}$ จากตารางที่ ก.21

ค่า $\sigma_{h,\theta}^2$ คำนวณได้จากสมการที่ 4.3 โดยใช้ค่า $\sigma_{h1,\theta}^2, \sigma_{h2,\theta}^2, \sigma_{h3,\theta}^2, \sigma_{h4,\theta}^2$ จากตารางที่ ก.19 และใช้

ค่า $K_{h1,\theta}, K_{h2,\theta}, K_{h3,\theta}, K_{h4,\theta}$ จากตารางที่ ก.21

ค่า $\mu_{l,\theta}$ คำนวณได้จากสมการ $\mu_{l,\theta} = Q_{l,total} U_{fl}$

เมื่อ $Q_{l,total}$ และ U_{fl} หาได้จาก ตารางที่ ก.26

ค่า $\sigma_{l,\theta}^2$ คำนวณได้จาก $\sigma_{l,\theta}^2 = U_{f,l} Q_{l,total} (1 - U_{fl})$

เมื่อ $Q_{l,total}$ และ U_{fl} หาได้จาก ตารางที่ ก.26

ค่า $\mu_{e,\theta}$ คำนวณได้จาก $\mu_{e,\theta} = Q_{e,total} U_{fe}$

เมื่อ $Q_{e,total}$ และ U_{fe} หาได้จาก ตารางที่ ก.30

ค่า $\sigma_{e,\theta}^2$ คำนวณได้จาก $\sigma_{e,\theta}^2 = U_{fe} Q_{e,total} (1 - U_{fe})$

เมื่อ $Q_{e,total}$ และ U_{fe} หาได้จาก ตารางที่ ก.30

ผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงอยู่ในรูปของค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความถี่สะสมที่ 80%, 85%, 90%, 95%, 96%, 97%, 98%, 99% และ 99.9% ในแต่ละเวลาของทุกเดือน ดังตารางที่ ก.33



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.33: ค่าภาระการทำความเย็น ที่ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความถี่สะสมต่างๆ ในเดือน มกราคม

| ชั่วโมง ที่ | ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความถี่สะสม | | | | | | | | |
|----------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| | 80% | 85% | 90% | 95% | 96% | 97% | 98% | 99% | 99.9% |
| 1 | 165 | 172 | 181 | 194 | 198 | 203 | 209 | 219 | 247 |
| 2 | 156 | 163 | 172 | 186 | 190 | 195 | 201 | 211 | 240 |
| 3 | 146 | 154 | 163 | 177 | 182 | 187 | 193 | 204 | 234 |
| 4 | 138 | 145 | 155 | 170 | 174 | 179 | 186 | 197 | 227 |
| 5 | 129 | 136 | 146 | 161 | 165 | 170 | 177 | 188 | 218 |
| 6 | 121 | 129 | 139 | 153 | 158 | 163 | 170 | 181 | 212 |
| 7 | 122 | 131 | 142 | 159 | 164 | 170 | 179 | 191 | 227 |
| 8 | 160 | 172 | 188 | 211 | 218 | 226 | 237 | 254 | 302 |
| 9 | 306 | 319 | 335 | 360 | 367 | 376 | 387 | 405 | 457 |
| 10 | 375 | 388 | 405 | 430 | 437 | 446 | 458 | 476 | 529 |
| 11 | 419 | 431 | 445 | 468 | 474 | 482 | 492 | 509 | 555 |
| 12 | 443 | 454 | 468 | 488 | 494 | 502 | 511 | 527 | 570 |
| 13 | 457 | 467 | 479 | 498 | 504 | 510 | 519 | 534 | 573 |
| 14 | 476 | 485 | 497 | 515 | 520 | 526 | 534 | 547 | 584 |
| 15 | 478 | 488 | 500 | 518 | 524 | 530 | 539 | 552 | 590 |
| 16 | 473 | 484 | 497 | 517 | 523 | 530 | 539 | 554 | 596 |
| 17 | 455 | 466 | 480 | 501 | 507 | 514 | 524 | 540 | 583 |
| 18 | 418 | 425 | 433 | 446 | 450 | 454 | 460 | 470 | 496 |
| 19 | 379 | 385 | 392 | 402 | 405 | 409 | 414 | 422 | 444 |
| 20 | 362 | 368 | 375 | 386 | 389 | 393 | 398 | 406 | 429 |
| 21 | 333 | 339 | 347 | 358 | 362 | 366 | 371 | 380 | 403 |
| 22 | 213 | 219 | 227 | 239 | 242 | 246 | 252 | 260 | 284 |
| 23 | 192 | 198 | 206 | 218 | 222 | 226 | 231 | 240 | 265 |
| 24 | 176 | 183 | 191 | 203 | 207 | 211 | 217 | 227 | 253 |

ตารางที่ ก.33 (ต่อ): ค่าภาระการทำความเย็น ที่ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความถี่สะสมต่างๆ
ในเดือน กุมภาพันธ์

| ชั่วโมง ที่ | ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความถี่สะสม | | | | | | | | |
|----------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| | 80% | 85% | 90% | 95% | 96% | 97% | 98% | 99% | 99.9% |
| 1 | 190 | 197 | 204 | 216 | 219 | 223 | 229 | 238 | 262 |
| 2 | 179 | 186 | 194 | 206 | 209 | 214 | 220 | 229 | 254 |
| 3 | 170 | 177 | 185 | 198 | 201 | 206 | 212 | 221 | 248 |
| 4 | 162 | 169 | 177 | 190 | 194 | 199 | 205 | 215 | 242 |
| 5 | 154 | 161 | 171 | 184 | 188 | 193 | 199 | 209 | 237 |
| 6 | 146 | 154 | 163 | 177 | 181 | 186 | 192 | 203 | 232 |
| 7 | 162 | 171 | 183 | 200 | 205 | 211 | 219 | 232 | 267 |
| 8 | 207 | 219 | 234 | 256 | 262 | 270 | 281 | 297 | 343 |
| 9 | 354 | 366 | 382 | 406 | 412 | 421 | 432 | 449 | 499 |
| 10 | 421 | 434 | 449 | 472 | 479 | 487 | 498 | 515 | 563 |
| 11 | 461 | 472 | 486 | 506 | 512 | 519 | 529 | 544 | 586 |
| 12 | 475 | 484 | 495 | 511 | 516 | 522 | 530 | 542 | 577 |
| 13 | 488 | 497 | 508 | 524 | 529 | 535 | 543 | 555 | 590 |
| 14 | 512 | 521 | 532 | 549 | 553 | 559 | 567 | 580 | 615 |
| 15 | 512 | 521 | 532 | 549 | 554 | 560 | 568 | 580 | 616 |
| 16 | 508 | 518 | 530 | 549 | 554 | 561 | 569 | 583 | 622 |
| 17 | 508 | 519 | 532 | 551 | 557 | 564 | 573 | 587 | 628 |
| 18 | 475 | 484 | 495 | 511 | 515 | 521 | 528 | 540 | 574 |
| 19 | 448 | 454 | 463 | 476 | 480 | 485 | 491 | 501 | 528 |
| 20 | 412 | 419 | 428 | 440 | 444 | 448 | 455 | 464 | 491 |
| 21 | 408 | 415 | 424 | 437 | 440 | 445 | 451 | 461 | 488 |
| 22 | 312 | 318 | 326 | 339 | 342 | 346 | 352 | 361 | 386 |
| 23 | 262 | 268 | 276 | 287 | 290 | 294 | 300 | 308 | 331 |
| 24 | 240 | 246 | 254 | 265 | 269 | 273 | 278 | 287 | 311 |

ตารางที่ ก.33 (ต่อ): ค่าภาระการทำความเย็น ที่ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความถี่สะสมต่างๆ
ในเดือน มีนาคม

| ชั่วโมง ที่ | ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความถี่สะสม | | | | | | | | |
|----------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| | 80% | 85% | 90% | 95% | 96% | 97% | 98% | 99% | 99.9% |
| 1 | 205 | 209 | 214 | 222 | 224 | 227 | 230 | 236 | 252 |
| 2 | 196 | 200 | 205 | 213 | 215 | 218 | 221 | 227 | 243 |
| 3 | 188 | 193 | 198 | 206 | 208 | 211 | 215 | 221 | 238 |
| 4 | 183 | 187 | 193 | 201 | 203 | 206 | 210 | 216 | 233 |
| 5 | 175 | 180 | 186 | 194 | 197 | 200 | 204 | 210 | 228 |
| 6 | 169 | 174 | 180 | 189 | 191 | 195 | 199 | 206 | 225 |
| 7 | 179 | 186 | 195 | 208 | 212 | 217 | 223 | 233 | 260 |
| 8 | 225 | 234 | 246 | 263 | 268 | 275 | 283 | 296 | 333 |
| 9 | 368 | 379 | 392 | 411 | 417 | 424 | 433 | 448 | 489 |
| 10 | 422 | 432 | 445 | 463 | 468 | 475 | 484 | 497 | 536 |
| 11 | 457 | 466 | 477 | 494 | 499 | 505 | 513 | 526 | 561 |
| 12 | 471 | 480 | 491 | 507 | 512 | 517 | 525 | 537 | 571 |
| 13 | 477 | 485 | 495 | 510 | 514 | 520 | 527 | 538 | 570 |
| 14 | 493 | 502 | 512 | 527 | 531 | 537 | 544 | 555 | 587 |
| 15 | 500 | 508 | 519 | 535 | 539 | 545 | 553 | 564 | 598 |
| 16 | 499 | 508 | 520 | 538 | 543 | 549 | 557 | 570 | 607 |
| 17 | 490 | 501 | 514 | 534 | 540 | 547 | 556 | 571 | 613 |
| 18 | 460 | 470 | 481 | 499 | 504 | 510 | 518 | 532 | 568 |
| 19 | 414 | 419 | 426 | 435 | 437 | 441 | 445 | 452 | 471 |
| 20 | 390 | 395 | 401 | 410 | 412 | 416 | 420 | 426 | 445 |
| 21 | 369 | 373 | 379 | 387 | 389 | 392 | 396 | 402 | 419 |
| 22 | 247 | 251 | 256 | 264 | 266 | 269 | 272 | 278 | 294 |
| 23 | 227 | 231 | 236 | 244 | 246 | 248 | 252 | 258 | 274 |
| 24 | 214 | 218 | 223 | 231 | 233 | 236 | 239 | 245 | 261 |

ตารางที่ ก.33 (ต่อ): ค่าการกระทำความเย็น ที่ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความถี่สะสมต่างๆ
ในเดือน เมษายน

| ชั่วโมง ที่ | ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความถี่สะสม | | | | | | | | |
|----------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| | 80% | 85% | 90% | 95% | 96% | 97% | 98% | 99% | 99.9% |
| 1 | 227 | 230 | 235 | 242 | 244 | 247 | 250 | 256 | 271 |
| 2 | 219 | 223 | 228 | 235 | 237 | 240 | 243 | 249 | 264 |
| 3 | 211 | 215 | 221 | 228 | 230 | 233 | 237 | 242 | 258 |
| 4 | 206 | 210 | 216 | 224 | 226 | 229 | 233 | 239 | 256 |
| 5 | 199 | 204 | 209 | 218 | 220 | 223 | 227 | 233 | 250 |
| 6 | 192 | 196 | 202 | 211 | 213 | 216 | 220 | 227 | 245 |
| 7 | 213 | 221 | 231 | 246 | 251 | 256 | 263 | 275 | 306 |
| 8 | 264 | 274 | 287 | 307 | 313 | 320 | 329 | 344 | 385 |
| 9 | 398 | 410 | 424 | 446 | 452 | 460 | 470 | 486 | 531 |
| 10 | 442 | 453 | 467 | 488 | 494 | 502 | 512 | 528 | 572 |
| 11 | 468 | 479 | 492 | 511 | 517 | 524 | 533 | 547 | 588 |
| 12 | 475 | 484 | 496 | 513 | 518 | 524 | 532 | 545 | 581 |
| 13 | 476 | 484 | 495 | 511 | 515 | 521 | 528 | 540 | 573 |
| 14 | 491 | 500 | 510 | 526 | 530 | 536 | 544 | 555 | 588 |
| 15 | 496 | 504 | 515 | 530 | 535 | 541 | 548 | 560 | 593 |
| 16 | 498 | 507 | 519 | 535 | 540 | 546 | 554 | 567 | 602 |
| 17 | 490 | 499 | 511 | 529 | 534 | 540 | 549 | 562 | 599 |
| 18 | 460 | 469 | 479 | 494 | 498 | 503 | 511 | 522 | 553 |
| 19 | 417 | 421 | 426 | 434 | 436 | 439 | 443 | 449 | 465 |
| 20 | 395 | 399 | 403 | 410 | 412 | 415 | 418 | 424 | 438 |
| 21 | 372 | 376 | 381 | 388 | 390 | 393 | 396 | 401 | 416 |
| 22 | 268 | 271 | 276 | 283 | 285 | 288 | 291 | 296 | 311 |
| 23 | 248 | 252 | 257 | 264 | 266 | 268 | 271 | 277 | 291 |
| 24 | 235 | 239 | 243 | 250 | 252 | 255 | 258 | 263 | 278 |

ตารางที่ ก.33 (ต่อ): ค่าภาระการทำความเย็น ที่ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความถี่สะสมต่างๆ
ในเดือน พฤษภาคม

| ชั่วโมง ที่ | ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความถี่สะสม | | | | | | | | |
|----------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| | 80% | 85% | 90% | 95% | 96% | 97% | 98% | 99% | 99.9% |
| 1 | 221 | 227 | 233 | 243 | 245 | 249 | 253 | 260 | 281 |
| 2 | 212 | 217 | 224 | 233 | 235 | 239 | 243 | 250 | 270 |
| 3 | 205 | 209 | 216 | 225 | 228 | 231 | 235 | 242 | 262 |
| 4 | 197 | 202 | 209 | 218 | 221 | 224 | 228 | 235 | 255 |
| 5 | 188 | 193 | 199 | 208 | 211 | 214 | 218 | 225 | 244 |
| 6 | 181 | 186 | 192 | 200 | 203 | 206 | 210 | 217 | 235 |
| 7 | 227 | 238 | 251 | 271 | 276 | 283 | 293 | 307 | 348 |
| 8 | 285 | 297 | 314 | 338 | 345 | 353 | 365 | 383 | 433 |
| 9 | 414 | 426 | 442 | 466 | 472 | 481 | 492 | 509 | 559 |
| 10 | 458 | 471 | 486 | 509 | 515 | 523 | 534 | 551 | 599 |
| 11 | 483 | 495 | 510 | 532 | 538 | 546 | 556 | 572 | 618 |
| 12 | 487 | 498 | 512 | 533 | 539 | 546 | 556 | 572 | 615 |
| 13 | 489 | 500 | 514 | 535 | 542 | 549 | 559 | 575 | 619 |
| 14 | 505 | 517 | 533 | 555 | 562 | 570 | 581 | 598 | 646 |
| 15 | 508 | 520 | 536 | 559 | 566 | 574 | 585 | 602 | 651 |
| 16 | 505 | 518 | 533 | 555 | 562 | 570 | 581 | 598 | 645 |
| 17 | 490 | 501 | 516 | 538 | 544 | 552 | 562 | 579 | 624 |
| 18 | 456 | 466 | 477 | 495 | 500 | 506 | 514 | 527 | 564 |
| 19 | 413 | 419 | 426 | 437 | 440 | 443 | 448 | 456 | 479 |
| 20 | 391 | 397 | 404 | 414 | 416 | 420 | 425 | 432 | 454 |
| 21 | 367 | 373 | 379 | 389 | 392 | 395 | 400 | 407 | 428 |
| 22 | 263 | 268 | 275 | 285 | 288 | 291 | 296 | 303 | 324 |
| 23 | 243 | 248 | 255 | 264 | 267 | 271 | 275 | 282 | 303 |
| 24 | 231 | 236 | 242 | 252 | 255 | 258 | 263 | 270 | 290 |

ตารางที่ ก.33 (ต่อ): ค่าภาระการทำความเย็น ที่ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความถี่สะสมต่างๆ
ในเดือน มิถุนายน

| ชั่วโมง ที่ | ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความถี่สะสม | | | | | | | | |
|----------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| | 80% | 85% | 90% | 95% | 96% | 97% | 98% | 99% | 99.9% |
| 1 | 208 | 212 | 218 | 227 | 230 | 233 | 237 | 244 | 262 |
| 2 | 198 | 202 | 208 | 216 | 218 | 221 | 225 | 231 | 248 |
| 3 | 189 | 193 | 199 | 206 | 209 | 211 | 215 | 221 | 237 |
| 4 | 182 | 186 | 191 | 198 | 201 | 203 | 207 | 213 | 229 |
| 5 | 174 | 177 | 182 | 189 | 192 | 194 | 198 | 203 | 218 |
| 6 | 167 | 171 | 175 | 182 | 184 | 187 | 190 | 195 | 210 |
| 7 | 215 | 224 | 236 | 254 | 259 | 265 | 274 | 287 | 324 |
| 8 | 273 | 286 | 301 | 325 | 331 | 340 | 351 | 368 | 417 |
| 9 | 409 | 422 | 439 | 464 | 471 | 480 | 492 | 511 | 563 |
| 10 | 450 | 463 | 479 | 502 | 509 | 518 | 529 | 546 | 596 |
| 11 | 475 | 487 | 502 | 525 | 531 | 539 | 550 | 566 | 613 |
| 12 | 478 | 489 | 502 | 523 | 529 | 536 | 546 | 561 | 604 |
| 13 | 476 | 487 | 500 | 519 | 524 | 531 | 540 | 554 | 594 |
| 14 | 494 | 504 | 518 | 537 | 543 | 550 | 560 | 575 | 616 |
| 15 | 498 | 508 | 521 | 541 | 547 | 554 | 563 | 578 | 619 |
| 16 | 495 | 505 | 518 | 537 | 542 | 549 | 558 | 573 | 612 |
| 17 | 483 | 493 | 505 | 523 | 528 | 535 | 544 | 557 | 596 |
| 18 | 454 | 462 | 472 | 488 | 492 | 498 | 505 | 517 | 549 |
| 19 | 414 | 420 | 427 | 437 | 440 | 443 | 448 | 456 | 477 |
| 20 | 396 | 401 | 407 | 417 | 420 | 424 | 428 | 436 | 456 |
| 21 | 368 | 374 | 380 | 390 | 393 | 396 | 401 | 408 | 429 |
| 22 | 251 | 256 | 262 | 272 | 275 | 278 | 283 | 290 | 311 |
| 23 | 230 | 235 | 242 | 251 | 254 | 257 | 261 | 268 | 288 |
| 24 | 217 | 221 | 228 | 237 | 239 | 243 | 247 | 254 | 273 |

ตารางที่ ก.33 (ต่อ): ค่าภาระการทำความเย็น ที่ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความถี่สะสมต่างๆ
ในเดือน กรกฎาคม

| ชั่วโมง ที่ | ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความถี่สะสม | | | | | | | | |
|----------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| | 80% | 85% | 90% | 95% | 96% | 97% | 98% | 99% | 99.9% |
| 1 | 199 | 203 | 209 | 217 | 220 | 223 | 227 | 233 | 250 |
| 2 | 189 | 193 | 198 | 206 | 209 | 212 | 215 | 221 | 238 |
| 3 | 181 | 185 | 190 | 198 | 200 | 203 | 206 | 212 | 228 |
| 4 | 174 | 178 | 183 | 190 | 192 | 195 | 198 | 204 | 219 |
| 5 | 167 | 171 | 176 | 183 | 185 | 187 | 191 | 196 | 211 |
| 6 | 160 | 163 | 168 | 175 | 177 | 179 | 183 | 188 | 202 |
| 7 | 184 | 191 | 200 | 214 | 218 | 223 | 230 | 240 | 269 |
| 8 | 239 | 249 | 262 | 282 | 287 | 294 | 303 | 318 | 358 |
| 9 | 377 | 388 | 402 | 424 | 430 | 437 | 447 | 463 | 508 |
| 10 | 423 | 434 | 448 | 469 | 476 | 483 | 493 | 509 | 554 |
| 11 | 450 | 461 | 474 | 494 | 500 | 507 | 517 | 532 | 574 |
| 12 | 454 | 464 | 476 | 493 | 499 | 505 | 513 | 527 | 564 |
| 13 | 457 | 466 | 478 | 495 | 500 | 506 | 514 | 526 | 562 |
| 14 | 478 | 488 | 501 | 519 | 525 | 531 | 540 | 554 | 594 |
| 15 | 486 | 497 | 510 | 530 | 536 | 543 | 552 | 567 | 609 |
| 16 | 487 | 497 | 511 | 531 | 537 | 545 | 554 | 569 | 612 |
| 17 | 484 | 495 | 509 | 529 | 535 | 542 | 551 | 566 | 609 |
| 18 | 461 | 470 | 482 | 499 | 504 | 510 | 518 | 531 | 567 |
| 19 | 421 | 426 | 434 | 445 | 448 | 452 | 458 | 466 | 489 |
| 20 | 407 | 413 | 420 | 430 | 433 | 437 | 442 | 450 | 472 |
| 21 | 374 | 380 | 386 | 396 | 399 | 402 | 407 | 414 | 434 |
| 22 | 241 | 246 | 252 | 261 | 264 | 267 | 272 | 279 | 298 |
| 23 | 222 | 227 | 233 | 242 | 244 | 247 | 252 | 258 | 277 |
| 24 | 208 | 213 | 218 | 227 | 229 | 232 | 236 | 243 | 260 |

ตารางที่ ก.33 (ต่อ): ค่าภาระการทำความเย็น ที่ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความถี่สะสมต่างๆ
ในเดือนสิงหาคม

| ชั่วโมง ที่ | ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความถี่สะสม | | | | | | | | |
|----------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| | 80% | 85% | 90% | 95% | 96% | 97% | 98% | 99% | 99.9% |
| 1 | 187 | 191 | 197 | 205 | 207 | 210 | 214 | 221 | 238 |
| 2 | 178 | 182 | 188 | 195 | 198 | 200 | 204 | 210 | 226 |
| 3 | 170 | 174 | 179 | 187 | 189 | 191 | 195 | 200 | 216 |
| 4 | 163 | 167 | 172 | 179 | 181 | 184 | 187 | 193 | 208 |
| 5 | 156 | 160 | 165 | 171 | 173 | 176 | 179 | 184 | 198 |
| 6 | 151 | 155 | 159 | 166 | 168 | 170 | 173 | 178 | 192 |
| 7 | 169 | 175 | 184 | 196 | 200 | 204 | 210 | 219 | 245 |
| 8 | 210 | 219 | 230 | 246 | 251 | 257 | 265 | 277 | 311 |
| 9 | 340 | 350 | 362 | 379 | 384 | 390 | 399 | 412 | 449 |
| 10 | 388 | 398 | 411 | 429 | 435 | 441 | 450 | 464 | 503 |
| 11 | 414 | 423 | 435 | 452 | 457 | 463 | 471 | 484 | 519 |
| 12 | 421 | 429 | 440 | 455 | 460 | 465 | 473 | 484 | 517 |
| 13 | 426 | 434 | 445 | 460 | 465 | 470 | 478 | 489 | 522 |
| 14 | 447 | 456 | 467 | 484 | 489 | 495 | 503 | 515 | 551 |
| 15 | 457 | 466 | 478 | 495 | 500 | 506 | 515 | 527 | 564 |
| 16 | 464 | 474 | 487 | 506 | 512 | 519 | 528 | 543 | 583 |
| 17 | 459 | 470 | 483 | 502 | 508 | 515 | 524 | 539 | 579 |
| 18 | 439 | 447 | 458 | 473 | 478 | 483 | 491 | 502 | 535 |
| 19 | 402 | 407 | 414 | 424 | 427 | 430 | 435 | 442 | 463 |
| 20 | 388 | 393 | 400 | 410 | 413 | 416 | 421 | 428 | 448 |
| 21 | 357 | 362 | 369 | 378 | 381 | 385 | 389 | 396 | 416 |
| 22 | 231 | 235 | 241 | 251 | 253 | 256 | 261 | 267 | 286 |
| 23 | 210 | 215 | 220 | 229 | 232 | 235 | 239 | 245 | 263 |
| 24 | 197 | 201 | 207 | 216 | 218 | 221 | 225 | 232 | 250 |

ตารางที่ ก.33 (ต่อ): ค่าภาระการทำความเย็น ที่ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความถี่สะสมต่างๆ
ในเดือนกันยายน

| ชั่วโมง ที่ | ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความถี่สะสม | | | | | | | | |
|----------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| | 80% | 85% | 90% | 95% | 96% | 97% | 98% | 99% | 99.9% |
| 1 | 184 | 189 | 194 | 202 | 204 | 207 | 211 | 216 | 233 |
| 2 | 174 | 178 | 183 | 190 | 192 | 195 | 198 | 204 | 219 |
| 3 | 165 | 168 | 173 | 180 | 182 | 185 | 188 | 193 | 208 |
| 4 | 157 | 160 | 165 | 172 | 174 | 176 | 179 | 184 | 198 |
| 5 | 150 | 154 | 158 | 164 | 166 | 168 | 172 | 176 | 190 |
| 6 | 145 | 149 | 153 | 159 | 161 | 163 | 166 | 171 | 184 |
| 7 | 174 | 181 | 189 | 201 | 205 | 209 | 215 | 225 | 250 |
| 8 | 226 | 236 | 248 | 266 | 272 | 278 | 287 | 300 | 338 |
| 9 | 369 | 380 | 394 | 415 | 421 | 428 | 438 | 453 | 497 |
| 10 | 430 | 442 | 457 | 479 | 485 | 493 | 504 | 520 | 567 |
| 11 | 458 | 468 | 482 | 503 | 509 | 516 | 526 | 541 | 584 |
| 12 | 464 | 474 | 487 | 506 | 511 | 518 | 527 | 542 | 582 |
| 13 | 470 | 481 | 494 | 513 | 519 | 526 | 535 | 550 | 591 |
| 14 | 494 | 505 | 520 | 542 | 549 | 557 | 567 | 584 | 630 |
| 15 | 495 | 507 | 522 | 545 | 551 | 559 | 570 | 586 | 633 |
| 16 | 488 | 500 | 515 | 537 | 543 | 551 | 561 | 577 | 623 |
| 17 | 498 | 508 | 520 | 539 | 545 | 551 | 560 | 575 | 614 |
| 18 | 477 | 485 | 496 | 512 | 517 | 522 | 530 | 542 | 575 |
| 19 | 457 | 464 | 474 | 489 | 493 | 498 | 505 | 516 | 546 |
| 20 | 422 | 429 | 438 | 452 | 456 | 461 | 468 | 478 | 507 |
| 21 | 418 | 425 | 434 | 447 | 451 | 456 | 462 | 472 | 501 |
| 22 | 316 | 322 | 330 | 341 | 344 | 349 | 354 | 363 | 387 |
| 23 | 261 | 266 | 272 | 281 | 284 | 287 | 292 | 299 | 318 |
| 24 | 237 | 241 | 247 | 256 | 258 | 261 | 265 | 272 | 290 |

ตารางที่ ก.33 (ต่อ): ค่าภาระการทำความเย็น ที่ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความถี่สะสมต่างๆ
ในเดือนตุลาคม

| ชั่วโมง ที่ | ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความถี่สะสม | | | | | | | | |
|----------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| | 80% | 85% | 90% | 95% | 96% | 97% | 98% | 99% | 99.9% |
| 1 | 181 | 185 | 191 | 199 | 201 | 204 | 208 | 215 | 232 |
| 2 | 173 | 177 | 183 | 191 | 193 | 196 | 200 | 206 | 222 |
| 3 | 164 | 168 | 174 | 181 | 184 | 187 | 190 | 196 | 213 |
| 4 | 158 | 162 | 167 | 175 | 178 | 180 | 184 | 190 | 206 |
| 5 | 150 | 154 | 160 | 167 | 169 | 172 | 176 | 181 | 197 |
| 6 | 144 | 148 | 153 | 160 | 162 | 165 | 169 | 174 | 190 |
| 7 | 165 | 173 | 183 | 197 | 201 | 206 | 213 | 224 | 254 |
| 8 | 223 | 235 | 249 | 271 | 278 | 286 | 296 | 313 | 359 |
| 9 | 363 | 375 | 391 | 415 | 422 | 430 | 442 | 459 | 509 |
| 10 | 412 | 424 | 439 | 462 | 468 | 476 | 487 | 503 | 550 |
| 11 | 447 | 460 | 475 | 499 | 506 | 514 | 525 | 543 | 592 |
| 12 | 455 | 467 | 483 | 506 | 513 | 521 | 532 | 550 | 599 |
| 13 | 465 | 477 | 492 | 515 | 522 | 530 | 541 | 558 | 606 |
| 14 | 478 | 491 | 506 | 529 | 535 | 543 | 554 | 571 | 619 |
| 15 | 473 | 485 | 499 | 521 | 528 | 536 | 546 | 563 | 609 |
| 16 | 460 | 471 | 485 | 505 | 511 | 519 | 528 | 544 | 587 |
| 17 | 434 | 443 | 455 | 472 | 477 | 483 | 491 | 504 | 540 |
| 18 | 400 | 406 | 413 | 424 | 427 | 431 | 437 | 445 | 468 |
| 19 | 378 | 384 | 391 | 401 | 404 | 408 | 413 | 421 | 442 |
| 20 | 360 | 365 | 372 | 382 | 385 | 389 | 393 | 401 | 422 |
| 21 | 338 | 343 | 350 | 359 | 362 | 366 | 370 | 378 | 398 |
| 22 | 225 | 230 | 236 | 245 | 248 | 251 | 255 | 262 | 281 |
| 23 | 205 | 209 | 215 | 224 | 227 | 230 | 234 | 241 | 259 |
| 24 | 192 | 196 | 202 | 211 | 213 | 216 | 220 | 227 | 245 |

ตารางที่ ก.33 (ต่อ): ค่าภาระการทำความเย็น ที่ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความถี่สะสมต่างๆ
ในเดือนพฤศจิกายน

| ชั่วโมง ที่ | ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความถี่สะสม | | | | | | | | |
|----------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| | 80% | 85% | 90% | 95% | 96% | 97% | 98% | 99% | 99.9% |
| 1 | 172 | 178 | 186 | 198 | 201 | 206 | 211 | 220 | 245 |
| 2 | 162 | 169 | 177 | 189 | 192 | 196 | 202 | 211 | 236 |
| 3 | 153 | 160 | 168 | 180 | 183 | 187 | 193 | 202 | 227 |
| 4 | 145 | 151 | 159 | 171 | 175 | 179 | 185 | 194 | 219 |
| 5 | 138 | 144 | 153 | 165 | 168 | 173 | 179 | 188 | 214 |
| 6 | 129 | 136 | 144 | 157 | 160 | 165 | 171 | 180 | 206 |
| 7 | 145 | 154 | 167 | 185 | 191 | 197 | 206 | 220 | 258 |
| 8 | 201 | 215 | 232 | 257 | 265 | 274 | 286 | 305 | 359 |
| 9 | 345 | 359 | 376 | 401 | 408 | 417 | 430 | 449 | 502 |
| 10 | 408 | 421 | 438 | 462 | 469 | 478 | 490 | 508 | 560 |
| 11 | 447 | 460 | 477 | 502 | 509 | 518 | 530 | 549 | 601 |
| 12 | 463 | 476 | 491 | 514 | 520 | 529 | 539 | 557 | 604 |
| 13 | 477 | 490 | 505 | 529 | 535 | 544 | 555 | 572 | 621 |
| 14 | 494 | 506 | 522 | 546 | 553 | 562 | 573 | 591 | 642 |
| 15 | 487 | 499 | 515 | 538 | 545 | 553 | 564 | 581 | 630 |
| 16 | 474 | 486 | 502 | 524 | 531 | 539 | 550 | 567 | 615 |
| 17 | 445 | 455 | 469 | 488 | 494 | 501 | 510 | 525 | 566 |
| 18 | 407 | 413 | 421 | 433 | 437 | 441 | 447 | 456 | 481 |
| 19 | 385 | 391 | 399 | 411 | 414 | 418 | 424 | 433 | 458 |
| 20 | 370 | 377 | 385 | 396 | 400 | 404 | 410 | 418 | 443 |
| 21 | 343 | 349 | 357 | 369 | 372 | 376 | 382 | 391 | 416 |
| 22 | 221 | 228 | 236 | 247 | 251 | 255 | 261 | 269 | 294 |
| 23 | 199 | 205 | 213 | 225 | 229 | 233 | 238 | 247 | 272 |
| 24 | 184 | 190 | 198 | 210 | 213 | 217 | 223 | 232 | 257 |

ตารางที่ ก.33 (ต่อ): ค่าภาระการทำความเย็น ที่ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความถี่สะสมต่างๆ
ในเดือนธันวาคม

| ชั่วโมง ที่ | ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความถี่สะสม | | | | | | | | |
|----------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| | 80% | 85% | 90% | 95% | 96% | 97% | 98% | 99% | 99.9% |
| 1 | 155 | 163 | 174 | 190 | 195 | 200 | 208 | 220 | 253 |
| 2 | 144 | 153 | 163 | 180 | 184 | 190 | 198 | 210 | 243 |
| 3 | 134 | 142 | 153 | 170 | 174 | 180 | 188 | 200 | 234 |
| 4 | 125 | 134 | 145 | 162 | 167 | 172 | 180 | 193 | 227 |
| 5 | 115 | 124 | 135 | 152 | 157 | 163 | 171 | 183 | 218 |
| 6 | 105 | 114 | 125 | 141 | 146 | 152 | 160 | 173 | 208 |
| 7 | 113 | 124 | 138 | 158 | 164 | 172 | 181 | 197 | 240 |
| 8 | 160 | 174 | 192 | 219 | 227 | 237 | 250 | 270 | 327 |
| 9 | 310 | 324 | 342 | 368 | 376 | 386 | 398 | 418 | 474 |
| 10 | 378 | 392 | 409 | 434 | 441 | 450 | 462 | 481 | 534 |
| 11 | 425 | 437 | 452 | 474 | 480 | 488 | 499 | 516 | 563 |
| 12 | 447 | 458 | 472 | 492 | 498 | 505 | 515 | 530 | 573 |
| 13 | 470 | 482 | 496 | 518 | 525 | 532 | 543 | 559 | 605 |
| 14 | 492 | 505 | 520 | 544 | 550 | 559 | 570 | 587 | 636 |
| 15 | 492 | 504 | 520 | 543 | 550 | 558 | 569 | 586 | 635 |
| 16 | 480 | 493 | 509 | 533 | 540 | 548 | 560 | 577 | 628 |
| 17 | 455 | 466 | 481 | 503 | 509 | 517 | 527 | 543 | 589 |
| 18 | 411 | 418 | 427 | 441 | 445 | 450 | 456 | 466 | 494 |
| 19 | 384 | 391 | 400 | 414 | 418 | 422 | 429 | 439 | 467 |
| 20 | 375 | 382 | 392 | 406 | 410 | 415 | 421 | 432 | 461 |
| 21 | 340 | 348 | 357 | 371 | 375 | 380 | 387 | 397 | 426 |
| 22 | 205 | 212 | 222 | 236 | 240 | 245 | 252 | 263 | 292 |
| 23 | 181 | 189 | 199 | 214 | 218 | 224 | 231 | 242 | 273 |
| 24 | 166 | 174 | 184 | 200 | 204 | 209 | 217 | 228 | 260 |

ตัวอย่างการคำนวณ

ที่เวลา 15:00-16:00 น. เดือนกุมภาพันธ์

ตารางที่ ก.32 จะได้ $K_{CL-t,15} = 51361.03 \text{ W/K}$ $K_{CL-i,15} = 1229.55 \text{ m}^2$

$$K_{CL-h,15} = 130 \qquad K_{CL-l,15} = 1$$

$$K_{CL-l,15} = 1 \qquad K_{CL-w,15} = 2.832 \times 10^7 \text{ W}$$

จากตารางที่ ก.3 จะได้ $\mu_{t,\theta} = 32.36 \text{ } ^\circ\text{C}$

จากตารางที่ ก.4 จะได้ $\sigma_{t,\theta}^2 = 1.87 \text{ } ^\circ\text{C}^2$

จากตารางที่ ก.8 จะได้ $\mu_{l,\theta} = 354 \text{ W/m}^2$

จากตารางที่ ก.9 จะได้ $\sigma_{l,\theta}^2 = 9499 \text{ W}^2/\text{m}^4$

จากตารางที่ ก.13 จะได้ $\mu_{w,\theta} = 0.0166$

ตารางที่ ก.14 จะได้ $\sigma_{w,\theta}^2 = 8.9 \times 10^{-6}$

แทนค่าจากตารางที่ ก.18 ก.19 และ ก.21 ลงในสมการ 4.2 และ สมการ 4.3 เพื่อหาค่า $\mu_{h,\theta}$

$$\mu_{h,\theta} = K_{h1,\theta} \mu_{h1,\theta} + K_{h2,\theta} \mu_{h2,\theta} = 0.81 \times 53 + 0.86 \times 1927 = 1700 \quad \text{คน}$$

$$\sigma_{h,\theta}^2 = K_{h1,\theta}^2 \sigma_{h1,\theta}^2 + K_{h2,\theta}^2 \sigma_{h2,\theta}^2 = 0.81^2 \times 867 + 0.86^2 \times 324912 = 240873 \quad \text{คน}^2$$

แทนค่าจากตารางที่ ก. 26 เพื่อหาค่า $\mu_{l,\theta}$ และ $\sigma_{l,\theta}^2$ จะได้

$$\mu_{l,\theta} = Q_{l,\text{total}} U_{fl} = 419874 \times 0.94 = 394682 \text{ W}$$

$$\sigma_{l,\theta}^2 = U_{f,l} Q_{l,\text{total}} (1 - U_{fl}) = 0.94 \times 419874 \times (1 - 0.94) = 23681 \text{ W}^2$$

แทนค่าจากตารางที่ ก. 30 เพื่อหาค่า $\mu_{e,\theta}$ และ $\sigma_{e,\theta}^2$ จะได้

$$\mu_{e,\theta} = Q_{e,\text{total}} U_{fe} = 79370 \times 0.647 = 51344 \text{ W}$$

$$\sigma_{e,\theta}^2 = U_{fe} Q_{e,\text{total}} (1 - U_{fe}) = 0.647 \times 79370 \times (1 - 0.647) = 18127 \text{ W}^2$$

แทนค่าที่ได้ทั้งหมดลงในสมการ 4.16 จะได้ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของค่า
การกระทำทำความเย็น คือ

$$f_Q(Q_{CL,15}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sqrt{(K_{CL-t}^2 \sigma_t^2 + K_{CL-l}^2 \sigma_l^2 + K_{CL-h}^2 \sigma_h^2 + K_{CL-i}^2 \sigma_i^2 + K_{CL-e}^2 \sigma_e^2 + K_{CL-c}^2 \sigma_c^2)_\theta}} \exp\left(-\frac{(Q_{CL,15} - K_{CL-t}\mu_t - K_{CL-l}\mu_l - K_{CL-h}\mu_h - K_{CL-i}\mu_i - K_{CL-e}\mu_e - K_{CL-w}\mu_w - Q_{CL-c})^2}{2(K_{CL-t}^2 \sigma_t^2 + K_{CL-l}^2 \sigma_l^2 + K_{CL-h}^2 \sigma_h^2 + K_{CL-i}^2 \sigma_i^2 + K_{CL-e}^2 \sigma_e^2 + K_{CL-c}^2 \sigma_c^2)_\theta}\right)$$

$$f_Q(Q_{CL,15}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sqrt{51361^2 \times 1.87^2 + 1230^2 \times 9499^2 + 130^2 \times 240873^2 + 1^2 \times 23681^2 + 1^2 \times 18127^2 + (2.83 \times 10^7)^2 \times (8.9 \times 10^{-6})^2}} \exp\left(-\frac{(Q_{CL,15} - 51361 \times 32.26 + 1230 \times 354 + 130 \times 1700 + 1 \times 394682 + 1 \times 51344 + (2.83 \times 10^7) \times 0.0166)^2}{2(251361^2 \times 1.87^2 + 1230^2 \times 9499^2 + 130^2 \times 240873^2 + 1^2 \times 23681^2 + 1^2 \times 18127^2 + (2.83 \times 10^7)^2 \times (8.9 \times 10^{-6})^2)}\right)$$

$$f_Q(Q_{CL,15}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sqrt{2548}} \exp\left(-\frac{(Q_{CL,15} - 465.8)^2}{2 \times 2548}\right)$$

หาค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นที่ 80% ได้จากสมการ

$$0.80 = \int_{-\infty}^Q \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sqrt{2548}} \exp\left(-\frac{(Q_{CL,15} - 465.8)^2}{2 \times 2548}\right) dQ_{CL,15}$$

ใช้วิธีการเชิงเลขแก้สมการ จะได้คำตอบของค่าการกระทำทำความเย็น คือ 508 ต้นความเย็น

...

หาค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นที่ 99.9% ได้จากสมการ

$$0.999 = \int_{-\infty}^Q \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sqrt{2548}} \exp\left(-\frac{(Q_{CL,15} - 465.8)^2}{2 \times 2548}\right) dQ_{CL,15}$$

ใช้วิธีการเชิงเลขแก้สมการ จะได้คำตอบของค่าการกระทำทำความเย็น คือ 622 ต้นความเย็น

การคำนวณทั้งหมดสามารถทำได้โดยใช้โปรแกรม Prob.for ซึ่งจะแสดงไว้ในภาคผนวก ข

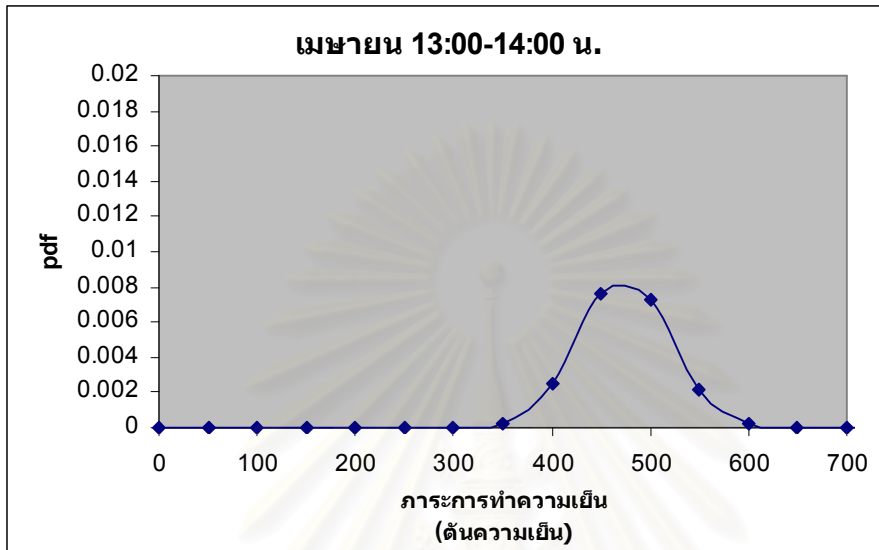
เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้มีถึง 288 ช่วงเวลา (12 เดือน เดือนละ 24 ชม.) จึงแสดงผลด้วยกราฟเฉพาะบางช่วงเวลา คือ

- เดือน กุมภาพันธ์ 13:00-14:00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ค่าภาระการทำความเย็นเฉลี่ยมีค่ามากที่สุด คือ 473 ต้นความเย็น โดยมีค่าความแปรปรวน 2111 ต้นความเย็น² ซึ่งสามารถแสดงผลลัพธ์ที่ได้ ดังรูปที่ ก.25 และ ก.26
- เดือน กุมภาพันธ์ 6:00-7:00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ค่าภาระการทำความเย็นเฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดคือ 123 ต้นความเย็น โดยมีค่าความแปรปรวน 2178 ต้นความเย็น² ซึ่งสามารถแสดงผลลัพธ์ที่ได้ ดังรูปที่ ก.29 และ ก.30
- เดือน ธันวาคม 8:00-9:00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ความแปรปรวนของค่าภาระการทำความเย็นมีค่ามากที่สุด คือ 5349 ต้นความเย็น² โดยมีค่าเฉลี่ย 248 ต้นความเย็น ซึ่งสามารถแสดงผลลัพธ์ที่ได้ ดังรูปที่ ก.31 และ ก.32
- เดือน เมษายน 20:00-21:00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ความแปรปรวนของค่าภาระการทำความเย็นมีค่าน้อยที่สุด คือ 374 ต้นความเย็น² โดยมีค่าเฉลี่ย 356 ต้นความเย็น ซึ่งสามารถแสดงผลลัพธ์ที่ได้ ดังรูปที่ ก.33 และ ก.34

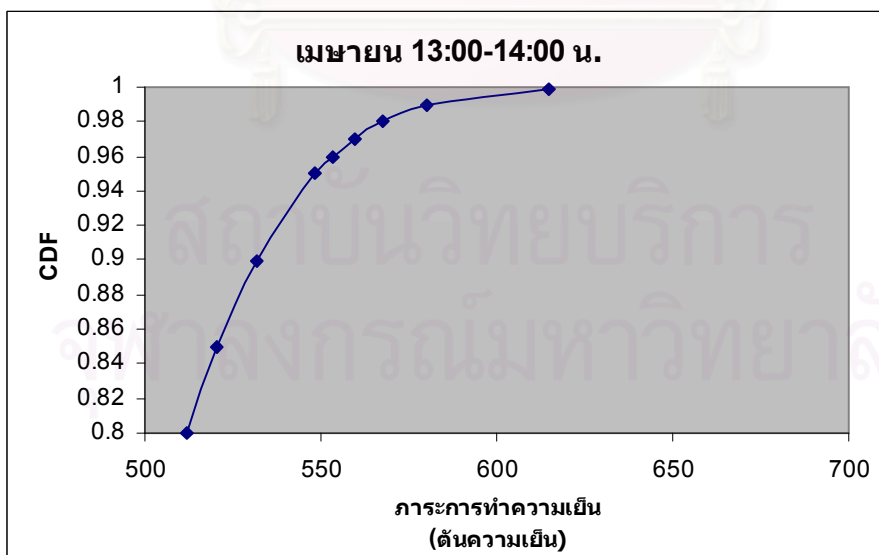
จากกราฟทั้งหมดจะเห็นว่า ผลลัพธ์ของค่าภาระการทำความเย็นที่ได้ในแต่ละช่วงเวลา จะไม่ออกมาเป็นคำตอบค่าเดียวที่เฉพาะเจาะจงเหมือนวิธีการคำนวณที่ผ่านมาในอดีต แต่จะออกมาเป็นค่าภาระการทำความเย็นที่เป็นไปได้ทุกค่าพร้อมกับโอกาสในการเกิดหรือความน่าจะเป็นของค่านั้นๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

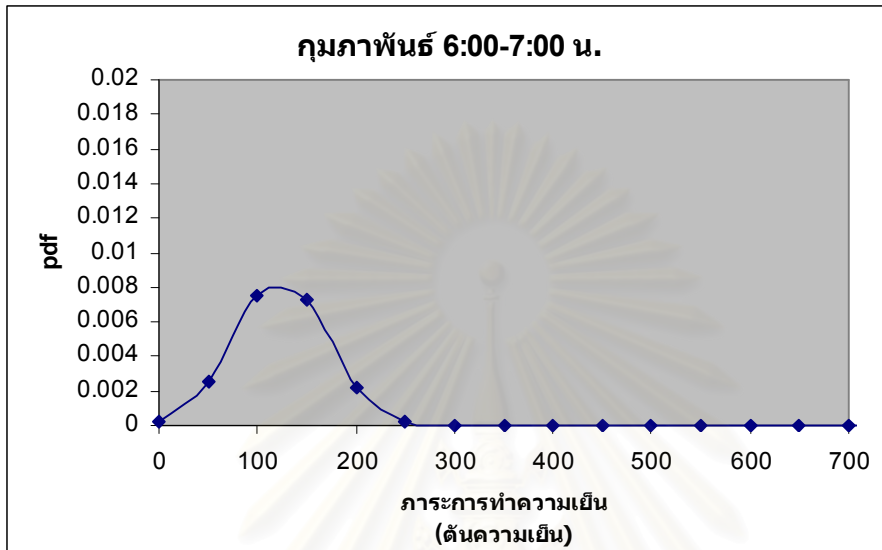
รูปที่ ก.27: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นกับ ค่า
การทำความเย็น ในเดือน เมษายน 13:00-14:00 น.



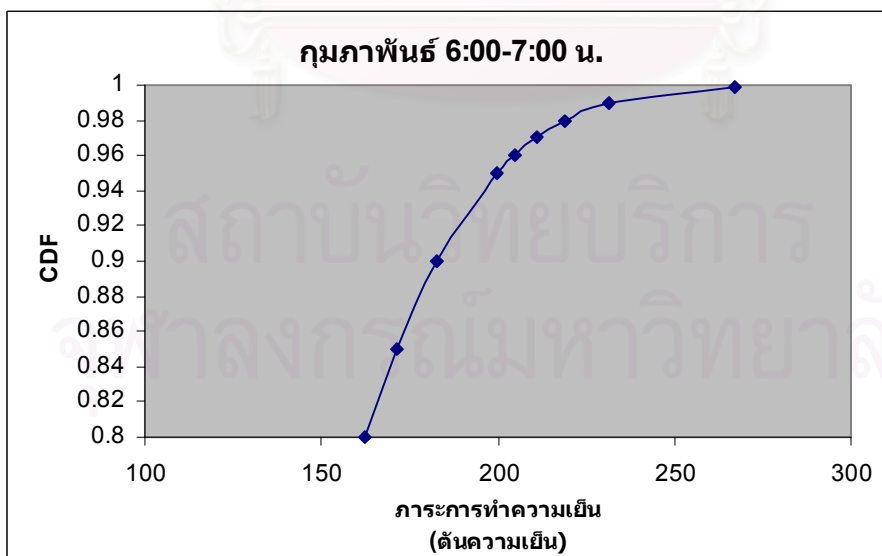
รูปที่ ก.28: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมกับ ค่าการ
การทำความเย็น ในเดือน เมษายน 13:00-14:00 น.



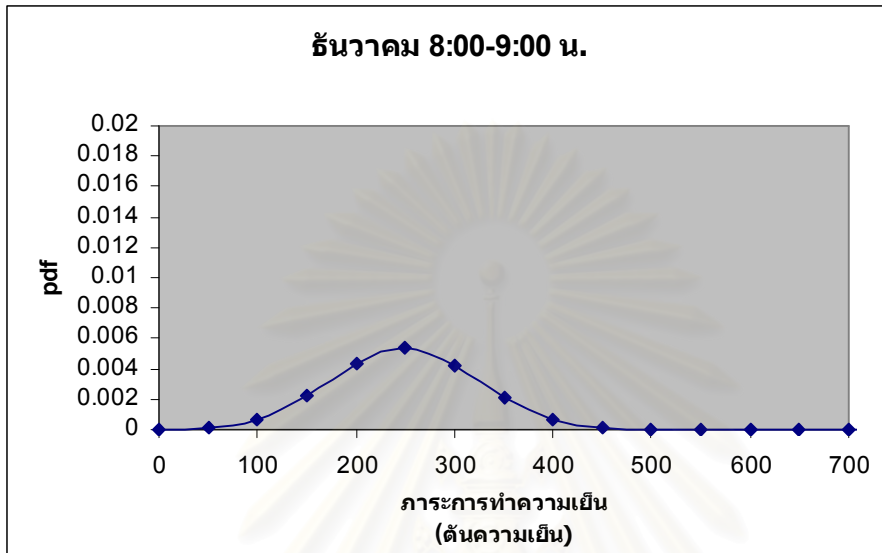
รูปที่ ก.29: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นกับ ค่าการทำความเย็น ในเดือน กุมภาพันธ์ 6:00-7:00 น.



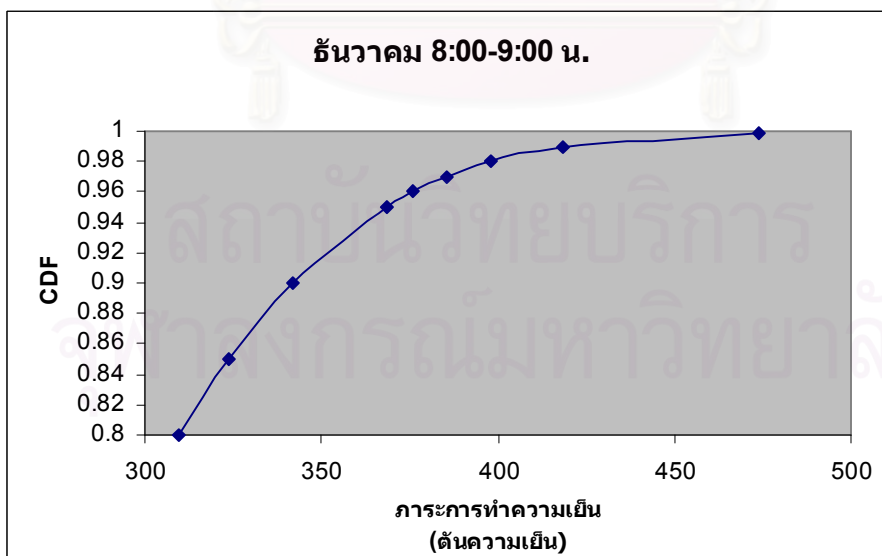
รูปที่ ก.30: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมกับ ค่าการทำความเย็น ในเดือน กุมภาพันธ์ 6:00-7:00 น.



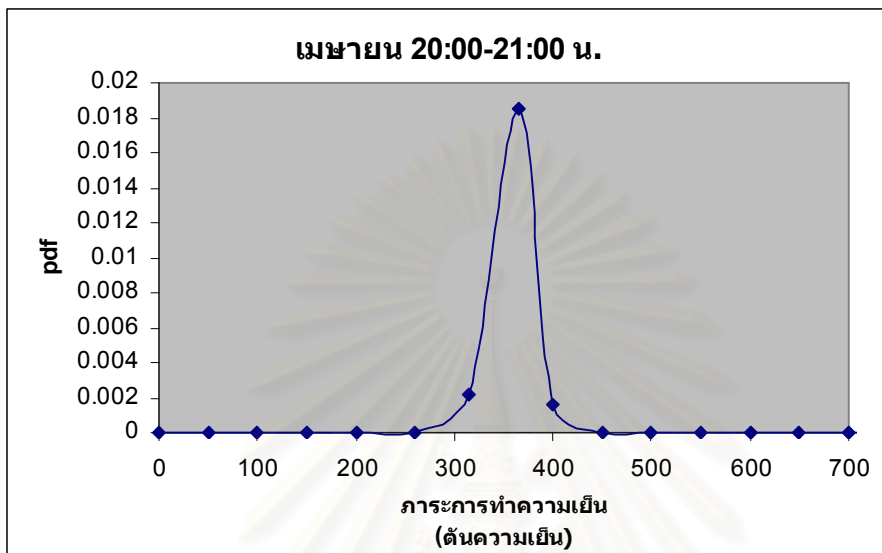
รูปที่ ก.31: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นกับ ค่า
การทำความเย็น ในเดือนธันวาคม 8:00-9:00 น.



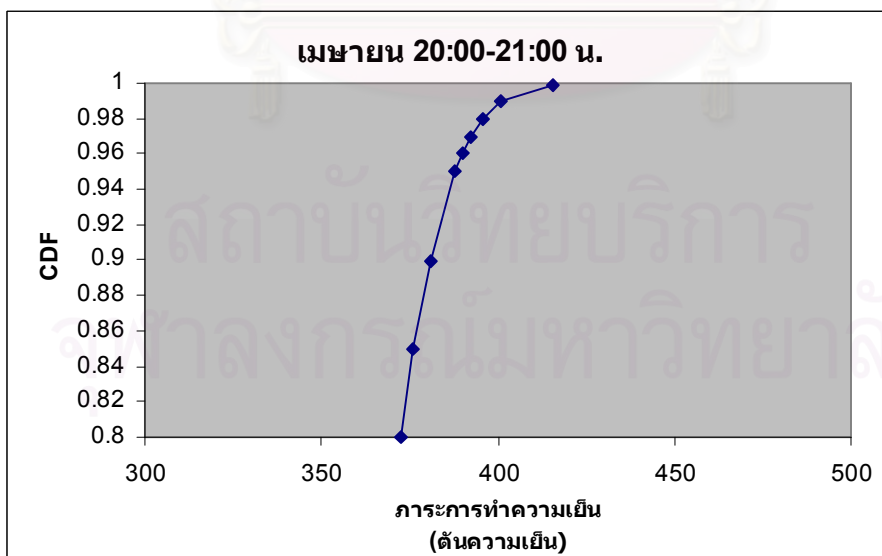
รูปที่ ก.32: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมกับ ค่าภาระ
การทำความเย็น ในเดือนธันวาคม 8:00-9:00 น.



รูปที่ ก.33: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นกับ ค่า
การทำความเย็น ในเดือน เมษายน 20:00-21:00 น.



รูปที่ ก.34: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมกับ ค่าการ
การทำความเย็น ในเดือน เมษายน 20:00-21:00 น.



การประยุกต์ใช้งานของค่าความนำจะเป็นของค่าภาระการทำความเย็น

โดยปกติแล้วการเลือกขนาดเครื่องปรับอากาศ จะอ้างอิงจากค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดที่คำนวณได้ ซึ่งการคำนวณโดยทั่วไปนั้นจะต้องมีการกำหนดเงื่อนไขการออกแบบ (Design Condition) ของสภาพภูมิอากาศและค่ามาตรฐานต่างๆ ไว้ เช่น เงื่อนไขการออกแบบที่ค่าสูงสุดที่ 2% ของปัจจัยต่างๆ ซึ่งหมายความว่า โอกาสที่ค่าของปัจจัยต่างๆ จะมีค่าเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ไม่เกิน 2% ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณโดยทั่วไปนั้น มักจะสูงกว่าค่าภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นจริงและแทบไม่มีโอกาสเกิดขึ้น เพราะโอกาสที่ค่าของปัจจัยต่างๆ จะเป็น 2% สูงสุดพร้อมกันจะมีค่าน้อยมาก ในกรณีศึกษาจะเปรียบเทียบให้เห็นการคำนวณ 3 แบบ คือ

1. การคำนวณตามวิธีวิจัย โดยใช้ค่าภาระการทำความเย็น ที่ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมที่ 80%, 90% และ 98%
2. การคำนวณตามปกติ โดยใช้ค่าภาระการทำความเย็น ที่เงื่อนไขการออกแบบที่ค่าสูงสุดที่ 2% ของปัจจัยทั้งหมด
3. การคำนวณค่าภาระการทำความเย็น โดยใช้ข้อมูลของปัจจัยต่างๆ โดยตรง ของ ปี พ.ศ. 2546 โดยแสดงผลเปรียบเทียบเฉพาะวันที่มีค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดของแต่ละเดือน

ค่าที่ได้จะแสดงดังตารางที่ ก.34 โดยมีการแสดงผลเป็นกราฟดังรูปที่ ก.33 ถึงรูปที่ ก.34 เฉพาะเดือนที่ค่าภาระการทำความเย็นมีค่าสูงสุดจากการคำนวณทั้ง 5 เงื่อนไข

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.34: ค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้ภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ในเดือน มกราคม

| เวลา | ค่าภาระการทำความเย็น (ตันความเย็น) | | | | คำนวณโดยตรง |
|-------|------------------------------------|----------|----------|---------------|-------------|
| | 80 % CDF | 90 % CDF | 98 % CDF | ค่าสูงสุด 2 % | |
| 0:00 | 165 | 181 | 209 | 240 | 177 |
| 1:00 | 156 | 172 | 201 | 232 | 167 |
| 2:00 | 146 | 163 | 193 | 226 | 157 |
| 3:00 | 138 | 155 | 186 | 219 | 150 |
| 4:00 | 129 | 146 | 177 | 210 | 142 |
| 5:00 | 121 | 139 | 170 | 203 | 131 |
| 6:00 | 122 | 142 | 179 | 246 | 127 |
| 7:00 | 160 | 188 | 237 | 324 | 129 |
| 8:00 | 306 | 335 | 387 | 477 | 276 |
| 9:00 | 375 | 405 | 458 | 547 | 324 |
| 10:00 | 419 | 445 | 492 | 577 | 375 |
| 11:00 | 443 | 468 | 511 | 593 | 411 |
| 12:00 | 457 | 479 | 519 | 600 | 460 |
| 13:00 | 476 | 497 | 534 | 614 | 524 |
| 14:00 | 478 | 500 | 539 | 620 | 537 |
| 15:00 | 473 | 497 | 539 | 623 | 520 |
| 16:00 | 455 | 480 | 524 | 608 | 525 |
| 17:00 | 418 | 433 | 460 | 523 | 495 |
| 18:00 | 379 | 392 | 414 | 449 | 433 |
| 19:00 | 362 | 375 | 398 | 437 | 388 |
| 20:00 | 333 | 347 | 371 | 409 | 345 |
| 21:00 | 213 | 227 | 252 | 279 | 218 |
| 22:00 | 192 | 206 | 231 | 259 | 198 |
| 23:00 | 176 | 191 | 217 | 246 | 187 |

ตารางที่ ก.34 (ต่อ): ค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้ภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ในเดือน กุมภาพันธ์

| เวลา | ค่าภาระการทำความเย็น (ตันความเย็น) | | | | คำนวณโดยตรง |
|-------|------------------------------------|----------|----------|---------------|-------------|
| | 80 % CDF | 90 % CDF | 98 % CDF | ค่าสูงสุด 2 % | |
| 0:00 | 190 | 204 | 229 | 256 | 221 |
| 1:00 | 179 | 194 | 220 | 248 | 209 |
| 2:00 | 170 | 185 | 212 | 241 | 201 |
| 3:00 | 162 | 177 | 205 | 235 | 193 |
| 4:00 | 154 | 171 | 199 | 230 | 182 |
| 5:00 | 146 | 163 | 192 | 224 | 174 |
| 6:00 | 162 | 183 | 219 | 289 | 179 |
| 7:00 | 207 | 234 | 281 | 368 | 197 |
| 8:00 | 354 | 382 | 432 | 531 | 339 |
| 9:00 | 421 | 449 | 498 | 601 | 387 |
| 10:00 | 461 | 486 | 529 | 629 | 417 |
| 11:00 | 475 | 495 | 530 | 619 | 470 |
| 12:00 | 488 | 508 | 543 | 633 | 483 |
| 13:00 | 512 | 532 | 567 | 660 | 526 |
| 14:00 | 512 | 532 | 568 | 662 | 528 |
| 15:00 | 508 | 530 | 569 | 668 | 548 |
| 16:00 | 508 | 532 | 573 | 674 | 542 |
| 17:00 | 475 | 495 | 528 | 618 | 520 |
| 18:00 | 448 | 463 | 491 | 544 | 466 |
| 19:00 | 412 | 428 | 455 | 507 | 425 |
| 20:00 | 408 | 424 | 451 | 504 | 397 |
| 21:00 | 312 | 326 | 352 | 401 | 304 |
| 22:00 | 262 | 276 | 300 | 340 | 274 |
| 23:00 | 240 | 254 | 278 | 317 | 254 |

ตารางที่ ก.34 (ต่อ): ค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้ภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ในเดือน มีนาคม

| เวลา | ค่าภาระการทำความเย็น (ตันความเย็น) | | | | คำนวณ โดยตรง |
|-------|------------------------------------|----------|----------|---------------|-----------------|
| | 80 % CDF | 90 % CDF | 98 % CDF | ค่าสูงสุด 2 % | |
| 0:00 | 205 | 214 | 230 | 247 | 226 |
| 1:00 | 196 | 205 | 221 | 238 | 214 |
| 2:00 | 188 | 198 | 215 | 232 | 204 |
| 3:00 | 183 | 193 | 210 | 228 | 194 |
| 4:00 | 175 | 186 | 204 | 222 | 179 |
| 5:00 | 169 | 180 | 199 | 219 | 168 |
| 6:00 | 179 | 195 | 223 | 274 | 178 |
| 7:00 | 225 | 246 | 283 | 344 | 196 |
| 8:00 | 368 | 392 | 433 | 503 | 324 |
| 9:00 | 422 | 445 | 484 | 555 | 388 |
| 10:00 | 457 | 477 | 513 | 588 | 461 |
| 11:00 | 471 | 491 | 525 | 599 | 472 |
| 12:00 | 477 | 495 | 527 | 600 | 479 |
| 13:00 | 493 | 512 | 544 | 622 | 505 |
| 14:00 | 500 | 519 | 553 | 633 | 503 |
| 15:00 | 499 | 520 | 557 | 642 | 509 |
| 16:00 | 490 | 514 | 556 | 642 | 501 |
| 17:00 | 460 | 481 | 518 | 598 | 478 |
| 18:00 | 414 | 426 | 445 | 482 | 452 |
| 19:00 | 390 | 401 | 420 | 455 | 417 |
| 20:00 | 369 | 379 | 396 | 428 | 386 |
| 21:00 | 247 | 256 | 272 | 289 | 273 |
| 22:00 | 227 | 236 | 252 | 269 | 257 |
| 23:00 | 214 | 223 | 239 | 256 | 238 |

ตารางที่ ก.34 (ต่อ): ค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้ภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ในเดือน เมษายน

| เวลา | ค่าภาระการทำความเย็น (ตันความเย็น) | | | | คำนวณโดยตรง |
|-------|------------------------------------|----------|----------|---------------|-------------|
| | 80 % CDF | 90 % CDF | 98 % CDF | ค่าสูงสุด 2 % | |
| 0:00 | 227 | 235 | 250 | 266 | 237 |
| 1:00 | 219 | 228 | 243 | 259 | 225 |
| 2:00 | 211 | 221 | 237 | 254 | 220 |
| 3:00 | 206 | 216 | 233 | 251 | 218 |
| 4:00 | 199 | 209 | 227 | 245 | 210 |
| 5:00 | 192 | 202 | 220 | 239 | 202 |
| 6:00 | 213 | 231 | 263 | 317 | 203 |
| 7:00 | 264 | 287 | 329 | 390 | 227 |
| 8:00 | 398 | 424 | 470 | 536 | 364 |
| 9:00 | 442 | 467 | 512 | 580 | 399 |
| 10:00 | 468 | 492 | 533 | 600 | 410 |
| 11:00 | 475 | 496 | 532 | 597 | 442 |
| 12:00 | 476 | 495 | 528 | 594 | 474 |
| 13:00 | 491 | 510 | 544 | 611 | 496 |
| 14:00 | 496 | 515 | 548 | 614 | 486 |
| 15:00 | 498 | 519 | 554 | 623 | 514 |
| 16:00 | 490 | 511 | 549 | 614 | 519 |
| 17:00 | 460 | 479 | 511 | 569 | 513 |
| 18:00 | 417 | 426 | 443 | 466 | 456 |
| 19:00 | 395 | 403 | 418 | 442 | 406 |
| 20:00 | 372 | 381 | 396 | 418 | 388 |
| 21:00 | 268 | 276 | 291 | 307 | 289 |
| 22:00 | 248 | 257 | 271 | 287 | 264 |
| 23:00 | 235 | 243 | 258 | 274 | 248 |

ตารางที่ ก.34 (ต่อ): ค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้ภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ในเดือนพฤษภาคม

| เวลา | ค่าภาระการทำความเย็น (ตันความเย็น) | | | | คำนวณโดยตรง |
|-------|------------------------------------|----------|----------|---------------|-------------|
| | 80 % CDF | 90 % CDF | 98 % CDF | ค่าสูงสุด 2 % | |
| 0:00 | 221 | 233 | 253 | 271 | 270 |
| 1:00 | 212 | 224 | 243 | 261 | 263 |
| 2:00 | 205 | 216 | 235 | 253 | 255 |
| 3:00 | 197 | 209 | 228 | 247 | 257 |
| 4:00 | 188 | 199 | 218 | 236 | 250 |
| 5:00 | 181 | 192 | 210 | 228 | 241 |
| 6:00 | 227 | 251 | 293 | 347 | 243 |
| 7:00 | 285 | 314 | 365 | 427 | 275 |
| 8:00 | 414 | 442 | 492 | 557 | 416 |
| 9:00 | 458 | 486 | 534 | 599 | 434 |
| 10:00 | 483 | 510 | 556 | 622 | 492 |
| 11:00 | 487 | 512 | 556 | 624 | 490 |
| 12:00 | 489 | 514 | 559 | 631 | 500 |
| 13:00 | 505 | 533 | 581 | 658 | 541 |
| 14:00 | 508 | 536 | 585 | 663 | 517 |
| 15:00 | 505 | 533 | 581 | 658 | 522 |
| 16:00 | 490 | 516 | 562 | 637 | 527 |
| 17:00 | 456 | 477 | 514 | 579 | 508 |
| 18:00 | 413 | 426 | 448 | 471 | 477 |
| 19:00 | 391 | 404 | 425 | 449 | 443 |
| 20:00 | 367 | 379 | 400 | 422 | 419 |
| 21:00 | 263 | 275 | 296 | 313 | 324 |
| 22:00 | 243 | 255 | 275 | 293 | 305 |
| 23:00 | 231 | 242 | 263 | 280 | 291 |

ตารางที่ ก.34 (ต่อ): ค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้ภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ในเดือนมิถุนายน

| เวลา | ค่าภาระการทำความเย็น (ตันความเย็น) | | | | |
|-------|------------------------------------|----------|----------|---------------|-------------|
| | 80 % CDF | 90 % CDF | 98 % CDF | ค่าสูงสุด 2 % | คำนวณโดยตรง |
| 0:00 | 208 | 218 | 237 | 255 | 229 |
| 1:00 | 198 | 208 | 225 | 242 | 216 |
| 2:00 | 189 | 199 | 215 | 232 | 202 |
| 3:00 | 182 | 191 | 207 | 223 | 194 |
| 4:00 | 174 | 182 | 198 | 213 | 183 |
| 5:00 | 167 | 175 | 190 | 205 | 176 |
| 6:00 | 215 | 236 | 274 | 321 | 181 |
| 7:00 | 273 | 301 | 351 | 404 | 207 |
| 8:00 | 409 | 439 | 492 | 550 | 344 |
| 9:00 | 450 | 479 | 529 | 590 | 396 |
| 10:00 | 475 | 502 | 550 | 612 | 425 |
| 11:00 | 478 | 502 | 546 | 609 | 455 |
| 12:00 | 476 | 500 | 540 | 606 | 454 |
| 13:00 | 494 | 518 | 560 | 630 | 487 |
| 14:00 | 498 | 521 | 563 | 635 | 493 |
| 15:00 | 495 | 518 | 558 | 630 | 522 |
| 16:00 | 483 | 505 | 544 | 614 | 531 |
| 17:00 | 454 | 472 | 505 | 570 | 511 |
| 18:00 | 414 | 427 | 448 | 477 | 455 |
| 19:00 | 396 | 407 | 428 | 458 | 421 |
| 20:00 | 368 | 380 | 401 | 430 | 399 |
| 21:00 | 251 | 262 | 283 | 302 | 276 |
| 22:00 | 230 | 242 | 261 | 280 | 255 |
| 23:00 | 217 | 228 | 247 | 266 | 241 |

ตารางที่ ก.34 (ต่อ): ค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้ภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ในเดือนกรกฎาคม

| เวลา | ค่าภาระการทำความเย็น (ตันความเย็น) | | | | คำนวณโดยตรง |
|-------|------------------------------------|----------|----------|---------------|-------------|
| | 80 % CDF | 90 % CDF | 98 % CDF | ค่าสูงสุด 2 % | |
| 0:00 | 199 | 209 | 227 | 244 | 211 |
| 1:00 | 189 | 198 | 215 | 232 | 196 |
| 2:00 | 181 | 190 | 206 | 223 | 181 |
| 3:00 | 174 | 183 | 198 | 214 | 172 |
| 4:00 | 167 | 176 | 191 | 206 | 160 |
| 5:00 | 160 | 168 | 183 | 197 | 153 |
| 6:00 | 184 | 200 | 230 | 273 | 154 |
| 7:00 | 239 | 262 | 303 | 354 | 184 |
| 8:00 | 377 | 402 | 447 | 506 | 324 |
| 9:00 | 423 | 448 | 493 | 555 | 381 |
| 10:00 | 450 | 474 | 517 | 583 | 437 |
| 11:00 | 454 | 476 | 513 | 581 | 453 |
| 12:00 | 457 | 478 | 514 | 584 | 453 |
| 13:00 | 478 | 501 | 540 | 620 | 471 |
| 14:00 | 486 | 510 | 552 | 636 | 492 |
| 15:00 | 487 | 511 | 554 | 642 | 497 |
| 16:00 | 484 | 509 | 551 | 636 | 518 |
| 17:00 | 461 | 482 | 518 | 595 | 488 |
| 18:00 | 421 | 434 | 458 | 493 | 439 |
| 19:00 | 407 | 420 | 442 | 478 | 401 |
| 20:00 | 374 | 386 | 407 | 440 | 380 |
| 21:00 | 241 | 252 | 272 | 290 | 276 |
| 22:00 | 222 | 233 | 252 | 270 | 256 |
| 23:00 | 208 | 218 | 236 | 254 | 239 |

ตารางที่ ก.34 (ต่อ): ค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้ภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ในเดือนสิงหาคม

| เวลา | ค่าภาระการทำความเย็น (ตันความเย็น) | | | | คำนวณโดยตรง |
|-------|------------------------------------|----------|----------|---------------|-------------|
| | 80 % CDF | 90 % CDF | 98 % CDF | ค่าสูงสุด 2 % | |
| 0:00 | 187 | 197 | 214 | 231 | 205 |
| 1:00 | 178 | 188 | 204 | 220 | 193 |
| 2:00 | 170 | 179 | 195 | 210 | 181 |
| 3:00 | 163 | 172 | 187 | 202 | 170 |
| 4:00 | 156 | 165 | 179 | 193 | 162 |
| 5:00 | 151 | 159 | 173 | 186 | 154 |
| 6:00 | 169 | 184 | 210 | 249 | 176 |
| 7:00 | 210 | 230 | 265 | 309 | 196 |
| 8:00 | 340 | 362 | 399 | 450 | 344 |
| 9:00 | 388 | 411 | 450 | 503 | 400 |
| 10:00 | 414 | 435 | 471 | 523 | 419 |
| 11:00 | 421 | 440 | 473 | 526 | 450 |
| 12:00 | 426 | 445 | 478 | 532 | 459 |
| 13:00 | 447 | 467 | 503 | 565 | 471 |
| 14:00 | 457 | 478 | 515 | 578 | 499 |
| 15:00 | 464 | 487 | 528 | 597 | 501 |
| 16:00 | 459 | 483 | 524 | 593 | 439 |
| 17:00 | 439 | 458 | 491 | 552 | 475 |
| 18:00 | 402 | 414 | 435 | 459 | 452 |
| 19:00 | 388 | 400 | 421 | 447 | 416 |
| 20:00 | 357 | 369 | 389 | 415 | 382 |
| 21:00 | 231 | 241 | 261 | 278 | 256 |
| 22:00 | 210 | 220 | 239 | 256 | 233 |
| 23:00 | 197 | 207 | 225 | 243 | 217 |

ตารางที่ ก.34 (ต่อ): ค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้ภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ในเดือนกันยายน

| เวลา | ค่าภาระการทำความเย็น (ตันความเย็น) | | | | คำนวณโดยตรง |
|-------|------------------------------------|----------|----------|---------------|-------------|
| | 80 % CDF | 90 % CDF | 98 % CDF | ค่าสูงสุด 2 % | |
| 0:00 | 184 | 194 | 211 | 226 | 205 |
| 1:00 | 174 | 183 | 198 | 213 | 197 |
| 2:00 | 165 | 173 | 188 | 201 | 192 |
| 3:00 | 157 | 165 | 179 | 193 | 186 |
| 4:00 | 150 | 158 | 172 | 184 | 176 |
| 5:00 | 145 | 153 | 166 | 179 | 162 |
| 6:00 | 174 | 189 | 215 | 149 | 180 |
| 7:00 | 226 | 248 | 287 | 142 | 199 |
| 8:00 | 369 | 394 | 438 | 504 | 325 |
| 9:00 | 430 | 457 | 504 | 581 | 401 |
| 10:00 | 458 | 482 | 526 | 606 | 418 |
| 11:00 | 464 | 487 | 527 | 607 | 436 |
| 12:00 | 470 | 494 | 535 | 619 | 454 |
| 13:00 | 494 | 520 | 567 | 667 | 474 |
| 14:00 | 495 | 522 | 570 | 671 | 469 |
| 15:00 | 488 | 515 | 561 | 663 | 487 |
| 16:00 | 498 | 520 | 560 | 654 | 498 |
| 17:00 | 477 | 496 | 530 | 608 | 467 |
| 18:00 | 457 | 474 | 505 | 554 | 436 |
| 19:00 | 422 | 438 | 468 | 515 | 407 |
| 20:00 | 418 | 434 | 462 | 510 | 386 |
| 21:00 | 316 | 330 | 354 | 396 | 285 |
| 22:00 | 261 | 272 | 292 | 325 | 253 |
| 23:00 | 237 | 247 | 265 | 295 | 232 |

ตารางที่ ก.34 (ต่อ): ค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้ภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ในเดือนตุลาคม

| เวลา | ค่าภาระการทำความเย็น (ตันความเย็น) | | | | คำนวณโดยตรง |
|-------|------------------------------------|----------|----------|---------------|-------------|
| | 80 % CDF | 90 % CDF | 98 % CDF | ค่าสูงสุด 2 % | |
| 0:00 | 181 | 191 | 208 | 225 | 204 |
| 1:00 | 173 | 183 | 200 | 217 | 197 |
| 2:00 | 164 | 174 | 190 | 207 | 191 |
| 3:00 | 158 | 167 | 184 | 201 | 186 |
| 4:00 | 150 | 160 | 176 | 192 | 178 |
| 5:00 | 144 | 153 | 169 | 185 | 177 |
| 6:00 | 165 | 183 | 213 | 260 | 173 |
| 7:00 | 223 | 249 | 296 | 354 | 203 |
| 8:00 | 363 | 391 | 442 | 511 | 343 |
| 9:00 | 412 | 439 | 487 | 559 | 404 |
| 10:00 | 447 | 475 | 525 | 602 | 439 |
| 11:00 | 455 | 483 | 532 | 613 | 439 |
| 12:00 | 465 | 492 | 541 | 623 | 466 |
| 13:00 | 478 | 506 | 554 | 643 | 476 |
| 14:00 | 473 | 499 | 546 | 636 | 468 |
| 15:00 | 460 | 485 | 528 | 616 | 462 |
| 16:00 | 434 | 455 | 491 | 567 | 435 |
| 17:00 | 400 | 413 | 437 | 478 | 407 |
| 18:00 | 378 | 391 | 413 | 447 | 390 |
| 19:00 | 360 | 372 | 393 | 428 | 363 |
| 20:00 | 338 | 350 | 370 | 402 | 348 |
| 21:00 | 225 | 236 | 255 | 273 | 253 |
| 22:00 | 205 | 215 | 234 | 252 | 233 |
| 23:00 | 192 | 202 | 220 | 238 | 221 |

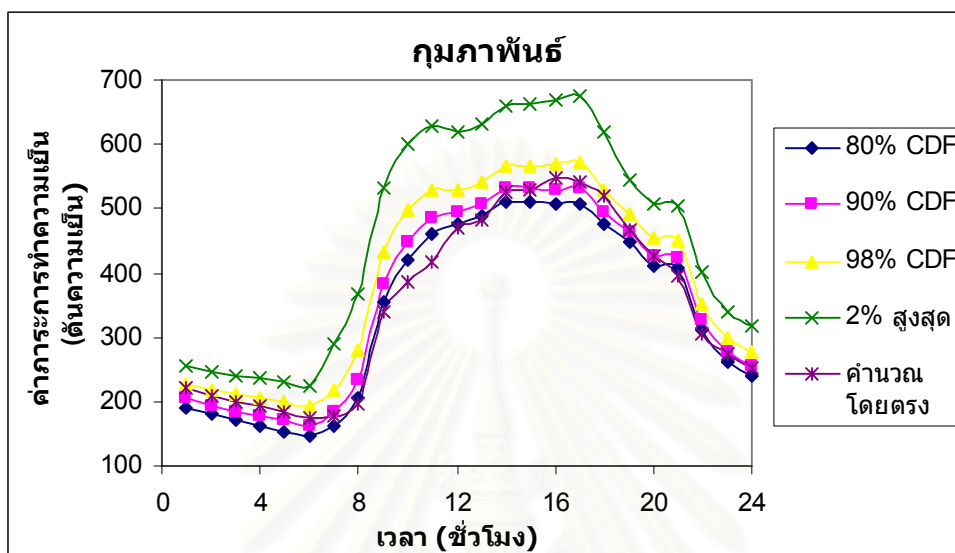
ตารางที่ ก.34 (ต่อ): ค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้ภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ในเดือนพฤศจิกายน

| เวลา | ค่าภาระการทำความเย็น (ตันความเย็น) | | | | คำนวณโดยตรง |
|-------|------------------------------------|----------|----------|---------------|-------------|
| | 80 % CDF | 90 % CDF | 98 % CDF | ค่าสูงสุด 2 % | |
| 0:00 | 172 | 186 | 211 | 238 | 214 |
| 1:00 | 162 | 177 | 202 | 229 | 200 |
| 2:00 | 153 | 168 | 193 | 220 | 191 |
| 3:00 | 145 | 159 | 185 | 212 | 183 |
| 4:00 | 138 | 153 | 179 | 207 | 175 |
| 5:00 | 129 | 144 | 171 | 199 | 169 |
| 6:00 | 145 | 167 | 206 | 278 | 165 |
| 7:00 | 201 | 232 | 286 | 370 | 204 |
| 8:00 | 345 | 376 | 430 | 516 | 340 |
| 9:00 | 408 | 438 | 490 | 578 | 390 |
| 10:00 | 447 | 477 | 530 | 620 | 440 |
| 11:00 | 463 | 491 | 539 | 625 | 462 |
| 12:00 | 477 | 505 | 555 | 641 | 489 |
| 13:00 | 494 | 522 | 573 | 665 | 529 |
| 14:00 | 487 | 515 | 564 | 655 | 539 |
| 15:00 | 474 | 502 | 550 | 641 | 530 |
| 16:00 | 445 | 469 | 510 | 595 | 494 |
| 17:00 | 407 | 421 | 447 | 491 | 442 |
| 18:00 | 385 | 399 | 424 | 464 | 406 |
| 19:00 | 370 | 385 | 410 | 450 | 369 |
| 20:00 | 343 | 357 | 382 | 419 | 345 |
| 21:00 | 221 | 236 | 261 | 287 | 250 |
| 22:00 | 199 | 213 | 238 | 265 | 231 |
| 23:00 | 184 | 198 | 223 | 250 | 217 |

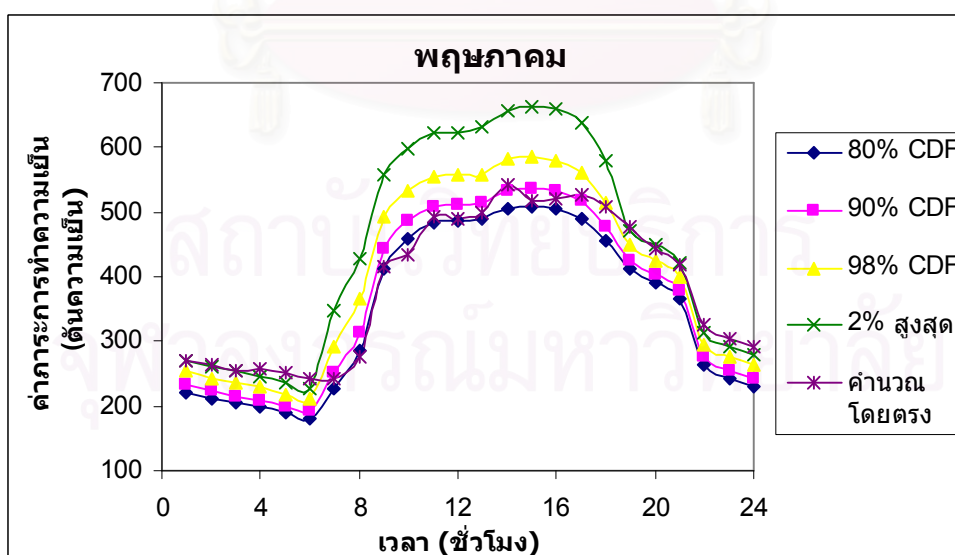
ตารางที่ ก.34 (ต่อ): ค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้ภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ในเดือนธันวาคม

| เวลา | ค่าภาระการทำความเย็น (ตันความเย็น) | | | | คำนวณโดยตรง |
|-------|------------------------------------|----------|----------|---------------|-------------|
| | 80 % CDF | 90 % CDF | 98 % CDF | ค่าสูงสุด 2 % | |
| 0:00 | 155 | 174 | 208 | 243 | 164 |
| 1:00 | 144 | 163 | 198 | 233 | 145 |
| 2:00 | 134 | 153 | 188 | 224 | 137 |
| 3:00 | 125 | 145 | 180 | 216 | 128 |
| 4:00 | 115 | 135 | 171 | 207 | 118 |
| 5:00 | 105 | 125 | 160 | 196 | 109 |
| 6:00 | 113 | 138 | 181 | 263 | 100 |
| 7:00 | 160 | 192 | 250 | 350 | 98 |
| 8:00 | 310 | 342 | 398 | 500 | 282 |
| 9:00 | 378 | 409 | 462 | 563 | 342 |
| 10:00 | 425 | 452 | 499 | 595 | 390 |
| 11:00 | 447 | 472 | 515 | 605 | 429 |
| 12:00 | 470 | 496 | 543 | 637 | 440 |
| 13:00 | 492 | 520 | 570 | 670 | 465 |
| 14:00 | 492 | 520 | 569 | 669 | 486 |
| 15:00 | 480 | 509 | 560 | 662 | 481 |
| 16:00 | 455 | 481 | 527 | 623 | 453 |
| 17:00 | 411 | 427 | 456 | 511 | 431 |
| 18:00 | 384 | 400 | 429 | 478 | 402 |
| 19:00 | 375 | 392 | 421 | 472 | 365 |
| 20:00 | 340 | 357 | 387 | 434 | 334 |
| 21:00 | 205 | 222 | 252 | 284 | 227 |
| 22:00 | 181 | 199 | 231 | 264 | 204 |
| 23:00 | 166 | 184 | 217 | 251 | 187 |

รูปที่ ก.35: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าภาระการทำความเย็นกับเวลา ภายใต้เงื่อนไขการคำนวณแบบต่างๆ ในเดือน กุมภาพันธ์



รูปที่ ก.36: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าภาระการทำความเย็นกับเวลา ภายใต้เงื่อนไขการคำนวณแบบต่างๆ ในเดือน พฤษภาคม



ตัวอย่างการคำนวณ

ที่เวลา 15:00-16:00 น. เดือนกุมภาพันธ์

ตารางที่ ก.33 จะได้ค่าการกระจายความเย็นที่คำนวณได้ภายใต้เงื่อนไข

80 % CDF คือ 508 ต้นความเย็น

90 % CDF คือ 532 ต้นความเย็น

80 % CDF คือ 573 ต้นความเย็น

จากสมการ ก.1 แทนค่า $\mu_{t,\theta}$ และ $\sigma_{t,\theta}^2$ ใช้ค่าจากตารางที่ ก.3 และ ก.4 จะได้ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของค่าอุณหภูมิคือ

$$f(t_{o,\theta}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \times 1.87} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{t_{o,\theta} - 32.36}{1.87}\right)^2\right)$$

หาค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความถี่สะสมที่ 98.0% (มีค่าเท่ากับ 2% สูงสุด) ได้จากสมการ

$$0.98 = \int_{-\infty}^t \frac{1}{\sqrt{2\pi} \times 1.87} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{t_{o,\theta} - 32.36}{1.87}\right)^2\right) dt_{o,\theta}$$

ใช้วิธีการเชิงเลขแก้สมการ จะได้คำตอบของค่าอุณหภูมิคือ 35.2 องศาเซลเซียส

ใช้วิธีการเดียวกันสำหรับข้อมูลค่าความร้อนจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ จำนวนคน หลอดไฟส่องสว่าง อุปกรณ์ไฟฟ้า และอัตราส่วนความชื้น จะได้ค่า 2% สูงสุดดังนี้

| | | |
|--|--------|------------------|
| ค่าความร้อนจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ | 554 | W/m ² |
| จำนวนคน | 3021 | คน |
| หลอดไฟส่องสว่าง | 394998 | W |
| อุปกรณ์ไฟฟ้า | 41481 | W |
| อัตราส่วนความชื้น | 0.0227 | |

ตารางที่ ก.32 จะได้

$$K_{CL-t,15} = 51361.03 \text{ W/K} \quad K_{CL-i,15} = 1229.55 \text{ m}^2$$

$$K_{CL-h,15} = 130 \quad K_{CL-l,15} = 1$$

$$K_{CL-l,15} = 1 \quad K_{CL-w,15} = 2.832 \times 10^7 \text{ W}$$

$$Q_{CL-c,15} = -1.62 \times 10^6 \text{ W}$$

แทนค่าทั้งหมดลงในสมการค่าภาระการทำความเย็น(สมการที่ 3.36) จะได้ ค่าภาระการทำความเย็นที่เงื่อนไขการออกแบบที่ค่าสูงสุดที่ 2% คือ

$$Q_{CL,15} = K_{CL-t,15}t_{o,15} + K_{CL-i,15}I_{th,15} + K_{CL-h,15}N_{h,15} + K_{CL-l,15}N_{l,15} + K_{CL-e,15}N_{e,15} + K_{CL-w,15}W_{o,15} + Q_{CL-c,15}$$

$$Q_{CL,15} = 51361 \times 35.2 + 1230 \times 554 + 130 \times 3021 + 1 \times 394998 + 1 \times 41481 + 2.832 \times 10^7 \times 0.0227 - 1.62 \times 10^6$$

$$Q_{CL,15} = \frac{2348478}{3516} = 668 \text{ ตันความเย็น}$$

จากการสำรวจข้อมูลจริง ณ เวลาที่กำหนด(ในวันที่มีค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดของเดือน) จะได้ ข้อมูลของปัจจัยต่างๆ ดังนี้ คือ

| | | |
|--|--------|------------------|
| อุณหภูมิภายนอก | 34.5 | องศาเซลเซียส |
| ค่าความร้อนจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ | 460 | W/m ² |
| จำนวนคน | 1510 | คน |
| หลอดไฟส่องสว่าง | 419874 | W |
| อุปกรณ์ไฟฟ้า | 79370 | W |
| อัตราส่วนความชื้นภายนอก | 0.0186 | |

แทนค่าทั้งหมดลงในสมการค่าภาระการทำความเย็น(สมการที่ 3.36) จะได้ ค่าภาระการทำความเย็นที่เงื่อนไขการออกแบบที่ค่าสูงสุดที่ 2% คือ

$$Q_{CL,15} = K_{CL-t,15}t_{o,15} + K_{CL-i,15}I_{th,15} + K_{CL-h,15}N_{h,15} + K_{CL-l,15}N_{l,15} + K_{CL-e,15}N_{e,15} + K_{CL-w,15}W_{o,15} + Q_{CL-c,15}$$

$$Q_{CL,15} = 51361 \times 34.5 + 1230 \times 460 + 130 \times 1456 + 1 \times 419874 \\ + 1 \times 79370 + 2.832 \times 10^7 \times 0.0186 - 1.62 \times 10^6$$

$$Q_{CL,15} = \frac{1926768}{3516} = 548 \quad \text{ตันความเย็น}$$

การคำนวณทั้งหมดสามารถทำได้โดยใช้โปรแกรม Prob.for ซึ่งจะแสดงไว้ในภาคผนวก ข

จากผลลัพธ์ที่ได้พบว่า จุดสูงสุดของค่าภาระการทำความเย็นจะเกิดขึ้นในเวลาที่แตกต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขการคำนวณ

1. ใช้ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมที่ 80% จุดสูงสุดของค่าภาระการทำความเย็น จะมีขนาด 512 ตันความเย็น
2. ใช้ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมที่ 90% จุดสูงสุดของค่าภาระการทำความเย็น จะมีขนาด 536 ตันความเย็น
3. ใช้ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมที่ 98% จุดสูงสุดของค่าภาระการทำความเย็น จะมีขนาด 585 ตันความเย็น
4. ใช้ค่าเงื่อนไขการออกแบบที่ค่าสูงสุดที่ 2% จุดสูงสุดของค่าภาระการทำความเย็น จะมีขนาด 674 ตันความเย็น
5. ใช้ข้อมูลของปีจัยต่างๆ คำนวณค่าภาระการทำความเย็นโดยตรง จุดสูงสุดของค่าภาระการทำความเย็น จะมีขนาด 548 ตันความเย็น

ค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด จากเงื่อนไขการออกแบบที่ค่าสูงสุดที่ 2% จะมีค่ามากกว่าค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดที่คำนวณโดยตรงอยู่ 23% และผลการคำนวณค่าความถี่สะสม ดังแสดงในตารางที่ ก.33 ในเวลาเดียวกัน พบว่า ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสม จุดดังกล่าวมีค่ามากกว่า 99.9% ซึ่งหมายความว่า การเลือกขนาดเครื่องปรับอากาศนั้นมีค่าสูงเกินไป

เมื่อพิจารณาค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด จากใช้ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมที่ 80% และ 90% พบว่า มีค่าน้อยกว่าค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณโดยตรง ส่วน

ที่ 98% พบว่ามีค่ามากกว่าค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดที่คำนวณโดยตรง 6.8% แสดงว่าค่าภาระการทำความเย็นดังกล่าวสามารถครอบคลุมค่าจริงได้ทั้งหมด

เมื่อพิจารณาค่าภาระการทำความเย็นทั้งปีพบว่า เพื่อตรวจสอบย้อนกลับพบว่าค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณโดยตรงจะมีค่าน้อยกว่าค่าภาระการทำความเย็นที่ใช้ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมที่ 80%, 90% และ 98% อยู่ทั้งหมด 80.33 %, 90.35 % และ 98.4 % ลำดับ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าความน่าจะเป็นที่ได้จากการคำนวณตามวิธีวิจัยนั้นมีถูกต้องตามทฤษฎี



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

โปรแกรม

โปรแกรมต่อไปนี้ ใช้อ้างอิงสำหรับการคำนวณค่าต่างๆ ที่ต้องการ สำหรับงานวิจัย
นี้ ที่ได้กล่าวไว้ในผนวก ก

โปรแกรม Parameter.For

โปรแกรมนี้ใช้คำนวณค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของข้อมูล อุณหภูมิภายนอก
ค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ อัตราส่วนความชื้นภายนอก และจำนวนคน เบื้องต้นและ
หลังจากทำการกลั่นกรองข้อมูลแล้ว และหาค่าความคลาดเคลื่อนแบบไซ-สแควร์ ของรูปแบบการ
กระจายแบบปกติ การกระจายแบบล็อก และการกระจายแบบที โดยมีข้อมูลที่ป้อนเข้าโปรแกรม
คือ เพิ่มข้อมูลจริงของอุณหภูมิภายนอก ค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ อัตราส่วน
ความชื้นภายนอก และจำนวนคน โปรแกรมที่แสดงเป็นการหาค่าของอุณหภูมิภายนอก ส่วนค่าของ
ข้อมูลอื่นๆ ก็ใช้โปรแกรมเดียวกัน โดยการเปลี่ยนเพิ่มข้อมูลที่ป้อนเข้าโปรแกรม

```
!=== DECLARE VARIABLE ===!  
    DIMENSION PARA (500, 12, 24), N (12), N0 (12, 24), M (12), FB (15), &  
    FZ (0:5000, 12, 24), F (0:5000, 12, 24), FT (12, 24), MF (15), ML (15)  
    DIMENSION ZT (12, 24), ZT2 (12, 24), AVG (12, 24), AVG2 (12, 24), VAR (12, 24)  
    DIMENSION FX1 (0:5000, 12, 24), PX1 (0:5000, 12, 24), VARL (12, 24), &  
    AVGL (12, 24), FX2 (0:5000, 12, 24), PX2 (0:5000, 12, 24)  
    DIMENSION ALP (12, 24), FG1 (0:100000), FG2 (0:100000), FG3 (0:100000), &  
    GAMMA1 (12, 24), GAMMA2 (12, 24), GAMMA3 (12, 24)  
    DIMENSION FX3 (0:5000, 12, 24), PX3 (0:5000, 12, 24), FX4 (0:5000, 12, 24), &  
    PX4 (0:5000, 12, 24), FG4 (0:100000), GAMMA4 (12, 24)  
    DIMENSION ALP2 (12, 24), CK (12, 24), CHI1 (12, 24), CHI2 (12, 24),  
    CHI3 (12, 24), CHI4 (12, 24)  
    COMMON PI  
    PI=3.14159  
  
!=== OPEN FILES TO READ DATA ===!  
    OPEN (1, FILE='TEMP.TXT')
```

```

!=== OPEN FILES TO WRITE DATA ===!
      OPEN (2, FILE=' TEMP A&V1.TXT')
      OPEN (3, FILE=' TEMP A&V2.TXT')
      OPEN (4, FILE=' TEMP PROB1.TXT')
      OPEN (5, FILE='TEMP PROB2.TXT')

!=== INPUT CONSTANT DATA TO SET ARRAY OF PARAMETER ===!
      DATA M (1), M(2), M (3), M (4), M (5), M (6), M (7), M (8), M (9), M (10),
      M (11), M (12) /31, 28, 31, 30, 31, 30, 31, 31, 30, 31, 30, 31/
      DATA N (1), N (2), N (3), N (4), N (5), N (6), N (7), N (8), N (9), N (10),
      N (11), N (12) / 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0/
      DATA FB (1), FB (2),FB (3), FB (4), FB (5), FB (6), FB (7), FB (8), FB (9) , &
      FB (10), FB (11), FB (12), FB (13), FB (14), FB (15) &
      / 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0/
      DATA MF (1), MF (2), MF (3), MF (4), MF (5), MF (6), MF (7), MF (8), &
      MF (9), MF (10), MF (11), MF (12), MF (13), MF (14), MF (15) &
      / 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1/
      DATA ML (1), ML (2), ML (3), ML (4), ML (5), ML (6), ML (7), ML (8), &
      ML (9), ML (10), ML (11), ML (12), ML (13), ML (14), ML (15) &
      / 12, 12, 0, 12, 12, 12, 12, 12, 12, 12, 12, 12, 12, 12, 12/
      DATA STHR, SPHR, STSTEP, SPSTEP, RANGE, ERROR / 1, 24, 13.5, 39.5, 0.1, 3.29/

!=== RAED DATA ===!
!--- START YEAR, MONTH AND DAY ---!
      DO YEAR=1, 15
      DO MONTH=MF (YEAR), ML (YEAR)
      DO DAY=1, M (MONTH)
      N (MONTH) =N (MONTH) +1
      READ (1,*) (PARA (N (MONTH), MONTH, HR), HR=STHR, SPHR)
      ENDDO
      ENDDO
      ENDDO
!--- END DAY, MONTH AND YEAR ---!

!=== FIND FREQUENCY ===!
!--- SET ZERO ---!
      DO MONTH=1, 12
      DO HR=STHR, SPHR
      FT (MONTH, HR) =0
      ZT (MONTH, HR) =0
      ZT2 (MONTH, HR) =0

```

```

DO STEP=STSTEP, SPSTEP, RANGE
RANGEI= (STEP-STSTEP)/RANGE
FZ (RANGEI, MONTH, HR) =0
ENDDO
ENDDO
ENDDO

!--- START MONTH AND HOUR ---!
DO MONTH=1, 12
DO HR=STHR, SPHR

!--- START DATA ---!
DO I=1, N (MONTH)

!--- START TEMPERATURE STEP ---!
DO STEP=STSTEP, SPSTEP, RANGE
RANGEI= (STEP-STSTEP)/RANGE
IF (PARA (I, MONTH, HR)>STEP-RANGE/2.AND.PARA (I, MONTH, HR) &
<=STEP+RANGE/2)
FZ (RANGEI, MONTH, HR) =FZ (RANGEI, MONTH, HR) +1
ENDDO
!--- END OF TEMPERATURE STEP ---!

ZT (MONTH, HR) =ZT (MONTH, HR) +PARA (I, MONTH, HR)
ZT2(MONTH,HR)=ZT2(MONTH,HR)+(PARA(I,MONTH,HR))**2
FT (MONTH, HR) = FT (MONTH, HR) +1
ENDDO
!--- END OF DATA ---!

ENDDO
ENDDO
!--- END OF HOUR AND MONTH ---!

!=== FIND PROBABILITY, AVERAGE AND VARIANCE ===!
!--- START MONTH AND HOUR ---!
DO MONTH=1, 12
DO HR=STHR, SPHR
AVG (MONTH, HR) =ZT (MONTH, HR) / (FT (MONTH, HR)-N0 (MONTH, HR))
AVG2 (MONTH, HR) =ZT2 (MONTH, HR) / (FT (MONTH, HR)-N0 (MONTH, HR))
VAR (MONTH, HR) =AVG2 (MONTH, HR) - (AVG (MONTH, HR)) **2

```



```

!--- START TEMPERATURE STEP ---!
    DO STEP = STSTEP, SPSTEP, RANGE
    RANGEI = (STEP - STSTEP) / RANGE
    F (RANGEI, MONTH, HR) = FZ (RANGEI, MONTH, HR) / (FT (MONTH, HR) - &
    N0 (MONTH, HR))
    ENDDO
!--- END TEMPERATURE STEP ---!

    ENDDO
    ENDDO
!--- END HOUR AND MONTH ---!

!=== WRITE DATA ===!
    DO MONTH=1, 12
    WRITE (2, 10) (AVG (MONTH, HR), HR=STHR, SPHR)
    ENDDO
    DO MONTH=1, 12
    WRITE (2, 10) (VAR (MONTH, HR), HR=STHR, SPHR)
    ENDDO
10  FORMAT (24 (2X F8.2))

!=== SYSTEM IDENTIFICATION ===!
    DO MONTH=1, 12
    DO HR=1, 24

!--- START DATA ---!
    DO I=1, N (MONTH)
    IF (VAR (MONTH, HR)>0) THEN
        ERR=ABS((PARA(I,MONTH,HR)- &
        AVG(MONTH,HR)))/(VAR(MONTH,HR)**0.5)
        IF (ERR>ERROR) THEN
            ZT (MONTH, HR) = ZT (MONTH, HR)-PARA (I, MONTH, HR)
            ZT2 (MONTH, HR) = ZT2 (MONTH, HR)-PARA (I, MONTH, HR) **2
            FT (MONTH, HR) = FT (MONTH, HR)-1
        ENDIF
    ENDIF
    ENDDO
!--- END DATA ---!

    AVG(MONTH,HR)=ZT(MONTH,HR)/(FT(MONTH,HR)-N0(MONTH,HR))
    AVG2(MONTH,HR)=ZT2(MONTH,HR)/(FT(MONTH,HR)-N0(MONTH,HR))

```

```

VAR (MONTH, HR) =AVG2 (MONTH, HR)-(AVG (MONTH, HR)) **2
ENDDO
ENDDO

!=== WRITE DATA ===!
DO MONTH=1, 12
WRITE (3, 10) (AVG (MONTH, HR), HR=STHR, SPHR)
ENDDO
DO MONTH=1, 12
WRITE (3, 10) (VAR (MONTH, HR), HR=STHR, SPHR)
ENDDO

!=== END SYSTEM IDENTIFICATION ===!

!=== FIND PROB ===!
DO MONTH=1, 12
WRITE (4,*) MONTH
WRITE (5,*) MONTH
DO HR=1, 24
WRITE (4,*) HR
CHI1 (MONTH, HR) =0
CHI2 (MONTH, HR) =0
GAMMA1 (MONTH, HR) =0
GAMMA2 (MONTH, HR) =0
GAMMA3 (MONTH, HR) =0
IF (AVG (MONTH, HR)>0) THEN
    VARL(MONTH,HR)=LOG(1+VAR(MONTH,HR)/(AVG(MONTH,HR)**2))
    & AVGL (MONTH, HR) =LOG (AVG (MONTH, HR))-0.5*
    & VARL (MONTH, HR)
ENDIF
ALP (MONTH, HR) =2*VAR (MONTH, HR)/ (VAR (MONTH, HR)-1)
IF (ALP (MONTH, HR)>30) ALP (MONTH, HR) =30.0
IF (ALP (MONTH, HR) <2) ALP (MONTH, HR) =2

!--- FIND GAMMA FUNCTION ---!
DO X=0, 100000
FG1(X) =(X/1000) ** ((ALP (MONTH, HR) +1)/2-1)*EXP (-(X/1000))
IF(X==0) THEN
    FG2(X) =0
ELSE
    FG2(X)=(X/1000)**(-0.5)*EXP(-(X/1000))

```

```

ENDIF
FG3(X) =(X/1000) ** (ALP (MONTH, HR)/2-1)*EXP -(X/1000)
GAMMA1 (MONTH, HR) =GAMMA1 (MONTH, HR) +2*FG1(X)
GAMMA2 (MONTH, HR) =GAMMA2 (MONTH, HR) +2*FG2(X)
GAMMA3 (MONTH, HR) =GAMMA3 (MONTH, HR) +2*FG3(X)
ENDDO
GAMMA1 (MONTH, HR) = (GAMMA1 (MONTH, HR)-FG1 (0)-FG1 &
(100000))/2*0.001
GAMMA2 (MONTH, HR) = (GAMMA2 (MONTH, HR)-FG2 (0)-FG2 &
(100000))/2*0.001
GAMMA3 (MONTH, HR) = (GAMMA3 (MONTH, HR)-FG3 (0)-FG3 &
(100000))/2*0.001
!--- END GAMMA FUNCTION ---!

!--- FIND PROBABILITY ---!
DO STEP=STSTEP, SPSTEP, RANGE
RANGEI= (STEP-STSTEP)/RANGE
PX1 (RANGEI, MONTH, HR) =0
PX2 (RANGEI, MONTH, HR) =0
PX3 (RANGEI, MONTH, HR) =0
DO X=0, 1000
IF (AVG (MONTH, HR)>0.AND.STEP+X*RANGE/1000-RANGE/2>0) THEN
FX1 (X, MONTH, HR) = (1 / (VAR (MONTH, HR)*2*PI) **0.5)* &
EXP (-0.5*((STEP+X*RANGE/1000-RANGE/2) – AVG (MONTH, HR)) &
**2/VAR (MONTH, HR))
FX2 (X, MONTH, HR) = (1/ (((STEP+X*RANGE/1000-RANGE/2))* &
(VARL (MONTH, HR)*2*PI) **0.5)) *EXP (-0.5*(LOG ((STEP+ X*&
RANGE/1000-RANGE/2))-AVGL (MONTH, HR)) **2/VARL (MONTH, HR))
FX3 (X, MONTH, HR) = GAMMA1 (MONTH, HR) / (GAMMA2 &
(MONTH, HR)*GAMMA3 (MONTH, HR))*((1+(((STEP+X*RANGE/1000- &
RANGE/2)-AVG(MONTH,HR))**2)&
PX1 (RANGEI, MONTH, HR) = PX1 (RANGEI, MONTH, HR) &
+2*FX1 (X, MONTH, HR)
PX2 (RANGEI, MONTH, HR) = PX2 (RANGEI, MONTH, HR) &
+2*FX2 (X, MONTH, HR)
PX3 (RANGEI, MONTH, HR) = PX3 (RANGEI, MONTH, HR) &
+2*FX3 (X, MONTH, HR)
ENDIF
ENDDO

```

```
PX1 (RANGEI, MONTH, HR) = (PX1 (RANGEI, MONTH, HR) - FX1 &
(0, MONTH, HR) - FX1 (1000, MONTH, HR)) / 2*0.001*RANGE
PX2 (RANGEI, MONTH, HR) = (PX2 (RANGEI, MONTH, HR) - FX2 &
(0, MONTH, HR) - FX2 (1000, MONTH, HR)) / 2*0.001*RANGE
PX3 (RANGEI, MONTH, HR) = (PX3 (RANGEI, MONTH, HR) - FX3 &
(0, MONTH, HR) - FX3 (1000, MONTH, HR)) / 2*0.001*RANGE
```

!--- CHI SQUARE TEST ---!

```
CHI1 (MONTH, HR) = CHI1 (MONTH, HR) + ((PX1 (RANGEI, MONTH, HR) - &
F (RANGEI, MONTH, HR)) **2) / PX1 (RANGEI, MONTH, HR)
CHI2 (MONTH, HR) = CHI2 (MONTH, HR) + ((PX2 (RANGEI, MONTH, HR) - &
F (RANGEI, MONTH, HR)) **2) / PX2 (RANGEI, MONTH, HR)
CHI3 (MONTH, HR) = CHI3 (MONTH, HR) + ((PX3 (RANGEI, MONTH, HR) - &
F (RANGEI, MONTH, HR)) **2) / PX3 (RANGEI, MONTH, HR)
```

```
WRITE (4, *) STEP, F (RANGEI, MONTH, HR), PX1 (RANGEI, MONTH, HR), &
PX2 (RANGEI, MONTH, HR), PX3 (RANGEI, MONTH, HR)
ENDDO
WRITE (5,*) HR, CHI1 (MONTH, HR), CHI2 (MONTH, HR), CHI3 (MONTH, HR)
ENDDO
ENDDO
END
```

!=== END OF PRPGRAM ===!

โปรแกรม Cooling. For

โปรแกรมนี้ใช้คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ $K_{CL-t,\theta}$, $K_{CL-i,\theta}$, $K_{CL-h,\theta}$, $K_{CL-l,\theta}$, $K_{CL-i,\theta}$, $K_{CL-w,\theta}$ และ $Q_{CL-c,\theta}$ ในสมการการทำความเย็น โดยมีข้อมูลที่ป้อนเข้าโปรแกรม คือ พื้นที่ของคุณสมบัติและพื้นที่ของกรอบอาคาร อัตราการระบายอากาศ ค่าคุณสมบัติต่างๆ ของอากาศและน้ำ เงื่อนไขการปรับอากาศภายใน เพิ่มข้อมูลค่าเฉลี่ยของข้อมูลอุณหภูมิภายนอก ค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ อัตราส่วนความชื้นภายนอก จำนวนคนจำนวนหลอดไฟที่ใช้งาน และจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งาน เพิ่มข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ในการคำนวณค่าการแผ่รังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์

```

!=== DECLARE VARIABLE ===!
COMMON PI
  DIMENSION EQT (12), DEC (12), ASC (12), BSC (12), CSC (12)
  DIMENSION Z (24), ID (24), IDS (24), IDG (24), IT (24), AA (6), TA (6)
  DIMENSION CTDR (24), CTDF (24), SHGF (24, 9, 12), SCH (9), SCW (9),
  SC (9), KA (24, 11, 12), KT (24, 11, 12), KW (24, 11, 12)
  REAL L, D, ID, IDN, IDS, IDG, IT, KA, KT, KW
  INTEGER M
  DATA WW, HW, PH, RH, PW, RW /10, 5.1, 3, -.8, 0, 0/
  DIMENSION TP (24, 12), IR (24, 12), PEO (24, 12), LIG (24, 12), EQU (24, 12),
  HR (24, 12)
  DIMENSION TPM (24, 12), IRM (24, 12), PEOM (24, 12), LIGM (24, 12),
  EQU (24, 12), HRM (24, 12)
  REAL IR, LO
  CHARACTER (8), DIMENSION (24):: TMP
  CHARACTER (8), DIMENSION (12):: MONTH
  DIMENSION UW (11), AW (11), YPW (24, 11), UG (11), AG (11), YPG (24, 11),
  ABSW (11), ZYKW (11), ZYKA (11) ZCYW (11), ZCYG (11)
  DIMENSION AC (24, 12), BC (24, 12), CC (24, 12), DC (24, 12), EC (24, 12),
  FC (24, 12)
  DIMENSION AR (24, 12), BR (24, 12), CR (24, 12), DR (24, 12), ER (24, 12),
  FR (24, 12)
  DIMENSION RTFA (24), RTFS (24)
  DIMENSION ACR (24, 12), BCR (24, 12), CCR (24, 12), DCR (24, 12), ECR (24, 12),
  FCR (24, 12), BCRS (24, 12), CCRS (24, 12)
  DIMENSION ACCL (24, 12), BCCL (24, 12), CCCL (24, 12), DCCL (24, 12),
  ECCL (24, 12), FCCL (24, 12), GCCL (24, 12)
  DIMENSION CLOAD (24, 12), CLOADM (24, 12)
  DIMENSION DAY (12)
  PI=3.14159
  DATA (AA (I), I=1, 6) / .01154, 0.77674, -3.94657, 8.57811, -8.38135, 3.01188 /
  DATA (TA (I), I=1, 6) / -.00885, 2.71235, -0.62062, -7.07329, 9.75995, -3.89922 /
  DATA (DAY (I), I=1, 12) / 31, 28, 31, 30, 31, 30, 31, 31, 30, 31, 30, 31 /

!=== SPEP 1: FIND SOLAR COEFFICIENT ===!
!--- WRITE OUTPUT FILE ---!
  OPEN (11, FILE='COEF.TXT')
  OPEN (21, FILE='KW.TXT')
  OPEN (31, FILE='KA.TXT')
  OPEN (41, FILE='KT.TXT')

```

```

WRITE (21, 5)
WRITE (31, 5)
WRITE (41, 5)
5  FORMAT("TIME" 4X "S" 9X "SW" 8X "W" 9X "NW" 8X "N" 9X "NE" 8X "E"
      9X "SE"7X "HORZ")

!--- START MONTH ---!
  READ (11,*) (TMP (I), I=1, 6)
  DO M=1, 12
    READ (11,*) MONTH (M), EQT (M), DEC (M), ASC (M), BSC (M), CSC (M)
    WRITE (21,*) MONTH (M)
    WRITE (31,*) MONTH (M)
    WRITE (41,*) MONTH (M)
    DO DN=1, DAY (M)

!--- START HOUR ---!
    DO I=1, 24

!--- FIND SOLAR TIME ---!
      T=I*60-4*(105-100.6) +EQT (M)
      H=0.25*(720-T)

!--- START DIRECTION ---!
      DO N=1, 9
        J=45*(N-1)

!--- FIND SOLAR ATITUDE ---!
        B=ASIN(C (13.59)*C (DEC (M))*C (H) +S (13.59)*S (DEC (M)))
        IF (B<0) B=0

!--- FIND SOLAR AZIMUTHE ---!
        P=ACOS ((SIN (B)*S (13.59)-S (DEC (M)))/(COS (B)*C (13.59)))
        IF (T<720.) P=-P
        IF (B==0) P=0
        PP=P*180/PI

!--- FIND INCIDENT ANGLE ---!
        SS=PP-J
        IF (((SS>=90).AND. (SS<=270)).OR. ((SS<=-90).AND. (SS>=-270))) SS=90
        IF (N==9) THEN
          Z (N) =ACOS (SIN (B))
        ELSE

```

```

        Z (N) =ACOS (COS (B)*C (SS))
    ENDIF
    IF (B==0) Z (N) =0

!--- FIND DIRECT SOLAR IRRADIANCE ---!
    IF (B>=0) IDN=ASC (M)*EXP (-BSC (M)/SIN (B))
    ID (N) =COS (Z (N))
    IF (SS==90) ID (N) =0

!--- FIND DIFFUSE SOLAR IRRADIANCE COEFFICIENT ---!
    IF (COS (Z (N))>0.2) THEN
        Y=0.55+0.437*COS (Z (N)) +0.313*(COS (Z (N))) **2
    ELSE
        Y=0.45
    ENDIF
    IF (N==9) Y=1
    IDS (N) =CSC (M)*Y
    IDG (N) =0.1*(CSC (M) +SIN (B))
    IF (N==9) IDG (N) =0

!--- FIND SC FOR OVERHANG ---!
    OMH=ATAN (TAN (B)/C (SS))
    SH=PH*TAN (OMH)
    SW=PW*ABS (TAN (SS*PI/180))
    SCH (N) = (HW-(SH-RH))/ (HW)
    IF (SCH (N)>1) THEN
        SCH (N) =1
    ENDIF
    IF (SCH (N) <0) THEN
        SCH (N) =0
    ENDIF
    SCW (N) = (WW-(SW-RW))/ (WW)
    IF (SCW (N)>1) THEN
        SCW (N) =1
    ENDIF
    IF (SCW (N) <0) THEN
        SCW (N) =0
    ENDIF
    SC (N) =SCH (N)*SCW (N)
    IF (B==0) SC (N) =0
    IF (N==9) SC (N) =1

```

```

!--- FIND TOTAL SOLAR IRRADIANCE ---!
      IT (N) = (ID (N) +IDS (N) +IDG (N))*IDN

!--- FIND SOLAR HEAT GAIN FACTOR ---!
      ZA1=0.0
      ZA2=0.0
      ZT1=0.0
      ZT2=0.0
      SHGF (I, N, M) =0
      DO K=0, 5
      T1=TA (K+1)*(COS (Z (N))) **K
      T2=TA (K+1)/ (K+2)
      A1=AA (K+1)*(COS (Z (N))) **K
      A2=AA (K+1)/ (K+2)
      ZT1=ZT1+T1
      ZT2=ZT2+T2
      ZA1=ZA1+A1
      ZA2=ZA2+A2
      ENDDO

      ZT=ID (N)*ZT1+2*(IDS (N) +IDG (N))*ZT2
      ZA=ID (N)*ZA1+2*(IDS (N) +IDG (N))*ZA2
      SHGF (I, N, M) = (ZT+0.268*ZA)*IDN
      ENDDO

!--- CONVERT REAL IRRADIANCE ---!
      DO N=1, 9
      CTDR (N) =0
      CTDF (N) =0
      IF (B>0) CTDR (N) =ID (N)/ (COS (Z (9)) +CSC (M))
      IF(B>0) CTDF(N)=1/(COS(Z(9))+CSC(M))*(IDS(N)+IDG(N))
      KW (I, N, M) = (CTDR (N)*SC (N) +CTDF (N))
      KT (I, N, M) =CTDR (N)*ZT1*SC (N) +2*CTDF (N)*ZT2
      KA (I, N, M) =CTDR (N)*ZA1*SC (N) +2*CTDF (N)*ZA2
      ENDDO
      KW (I, 10, M) =0
      KT (I, 10, M) =0
      KA (I, 10, M) =0
      KW (I, 11, M) =0
      KT (I, 11, M) =0

```



```

      KA (I, 11, M) =0
!--- END OF DIRECTION ---!

      WRITE(21,10) I,KW(I,1,M),KW(I,2,M),KW(I,3,M),KW(I,4,M),KW(I,5,M),
      KW(I,6,M),KW(I,7,M),KW(I,8,M),KW(I,9,M)
      WRITE(31,10) I,KA(I,1,M),KA(I,2,M),KA(I,3,M),KA(I,4,M),KA(I,5,M),
      KA(I,6,M),KA(I,7,M),KA(I,8,M),KA(I,9,M)
      WRITE(41,10) I,KT(I,1,M),KT(I,2,M),KT(I,3,M),KT(I,4,M),KT(I,5,M),
      KT(I,6,M),KT(I,7,M),KT(I,8,M),KT(I,9,M)
10  FORMAT (I2, 9(2X, F8.4))
      ENDDO

!--- END OF HOUR ---!

      ENDDO
      ENDDO

!--- END OF MONTH ---!

!=== STEP II: CALCULATE CONVECTIVE AND RADIANT COEFFICIENT ===!

!---  READ AVERAGE TEMPERATURE, IRRADIANT, PEOPLE, LIGHTING,
      EQUIPMENT ---!
      OPEN (12, FILE='PROFILE.TXT')

!--- START HOUR ---!
      READ (12,*) (TMP (I), I=1, 24)
      READ (12,*) TMP (1)
      READ (12,*) (TMP (1), (TP (I, M), I=1, 24), M=1, 12)
      READ (12,*) TMP (1)
      READ (12,*) (TMP (1), (IR (I, M), I=1, 24), M=1, 12)
      READ (12,*) TMP (1)
      READ (12,*) (TMP (1), (PEO (I, M), I=1, 24), M=1, 12)
      READ (12,*) TMP (1)
      READ (12,*) (TMP (1), (LIG (I, M), I=1, 24), M=1, 12)
      READ (12,*) TMP (1)
      READ (12,*) (TMP (1), (EQU (I, M), I=1, 24), M=1, 12)
      READ (12,*) TMP (1)
      READ (12,*) (TMP (1), (HR (I, M), I=1, 24), M=1, 12)
!--- END OF HOUR ---!

```

```

!--- OPEN FILES TO READ DATA AND WRITE COEFFICIENT ---!
      OPEN (22, FILE='INPUT.TXT')
      OPEN (32, FILE='C-COEF.TXT')
      OPEN (42, FILE='R-COEF.TXT')
      WRITE (32, 15)
      WRITE (42, 16)
15   FORMAT ("TIME" 5X "AC" 8X "BC" 6X "CC" 10X "DC" 8X "EC" 8X "FC")
16   FORMAT ("TIME" 5X "AR" 8X "BR" 6X "CR" 10X "DR" 8X "ER" 8X "FR")

!--- READ INPUT DATA ---!
      READ (22,*) (TMP (I), I=1, 11)
      READ (22,*) TMP (1), (UW (J), J=1, 11)
      READ (22,*) TMP (1), (AW (J), J=1, 11)

      DO I=1, 24
      READ (22,*) TMP (1), (YPW (I, J), J=1, 11)
      ENDDO
      READ (22,*) TMP (1), (ABSW (J), J=1, 11)
      READ (22,*) (TMP (I), I=1, 11)
      READ (22,*) TMP (1), (UG (J), J=1, 11)
      READ (22,*) TMP (1), (AG (J), J=1, 11)

      DO I=1, 24
      READ (22,*) TMP (1), (YPG (I, J), J=1, 10)
      ENDDO
      READ (22,*) TMP (1), H0
      READ (22,*) TMP (1), LO
      READ (22,*) TMP (1), CP
      READ (22,*) TMP (1), HFG
      READ (22,*) TMP (1), QV
      READ (22,*) TMP (1), FCP
      READ (22,*) TMP (1), FCN
      READ (22,*) TMP (1), FCL
      READ (22,*) TMP (1), FCE
      READ (22,*) TMP (1), KSEN
      READ (22,*) TMP (1), KLAT
      READ (22,*) TMP (1), WLLOSS
      READ (22,*) TMP (1), WELOSS
      READ (22,*) TMP (1), TRC
      READ (22,*) TMP (1), WRC

```

```

!--- CALCULATE COEFFICIENT ---!
      DO M=1, 12
!--- START TIME ---!
      DO I=1, 24
        ZAC=0
        ZBC=0
        ZCC=0

!--- START DIRECTION ---!
      DO J=1, 11
        ZCYW (J) = 0
        ZCYG (J) = 0
        ZAC = ZAC + FCP*(UW (J)*AW (J) + UG (J)*AG (J))
        ZBC = ZBC+ FCP*(UW (J)*AW (J)*ABSW (J) / H0*KW (I, J, M) + UG (J) &
        *AG (J) / H0*KA (I, J, M))
        IY=0
        DO K=I, I+23
          IY=IY+1
          L=I-IY+1
          IF (L<1) L=L+24
          ZCYW (J) = ZCYW (J) + YPW (IY, J)*((TP (L, M) - TP (I, M)) + ABSW (J) &
          /H0*(KW (L, J, M)*IR (L, M) - KW (I, J, M)*IR (I, M)))
          ZCYG (J) = ZCYG (J) + YPG (IY, J)*((TP (L, M) - TP (I, M)) + 1 / H0*(IR (L, M) &
          *KA (L, J, M) - IR (I, M)*KA (I, J, M)))
        ENDDO
        IF (J==9)      THEN
                        TSK=4
        ELSE
                        TSK=0
        ENDIF
        ZBC = ZBC + FCP*(AW (J)*ABSW (J)/H0*ZYSKW (J) + AG (J)/H0*ZYSKA (J))
        ZCC = ZCC + FCP*(AW (J)*(ZCYW (J) - UW (J)*(TRC+TSK)) + AG (J)* &
        (ZCYG (J)-UG (J)*(TRC+TSK)))
      ENDDO
!--- END OF DIRECTION ---!

      AC (I, M) =ZAC
      BC (I, M) =ZBC
      CC (I, M) =ZCC
      DC (I, M) =FCN*KSEN
      EC (I, M) =FCL

```

```

FC (I, M) =FCE
AR (I, M) = (1-FCP)/FCP*AC (I, M)
BR (I, M) = (1-FCP)/FCP*BC (I, M)
CR (I, M) = (1-FCP)/FCP*CC (I, M)
DR (I, M) = (1-FCN)/FCN*DC (I, M)
ER (I, M) = (1-FCL)/FCL*EC (I, M)
FR (I, M) = (1-FCE)/FCE*FC (I, M)
WRITE (32, 20) I, AC (I, M), BC (I, M), CC (I, M), DC (I, M), EC (I, M), FC (I, M)
WRITE (42, 20) I, AR (I, M), BR (I, M), CR (I, M), DR (I, M), ER (I, M), FR (I, M)
20  FORMAT (I2, 6(2X F8.2))
      ENDDO
!--- END OF TIME ---!
      ENDDO

!====  STEP 3: CALCULATE THE COVERTION OF RADIANT TO CONVECTIVE
        COEFFICIENT ====!
!--- READ RTF VALUES AND WRITE CR COEFFICIENT ---!
      OPEN (13, FILE='CR-COEF.TXT')
      READ (22,*) (TMP (I), I=1, 3)
      DO I=1, 24
      READ (22,*) TMP (1), RTFA (I), RTFS (I)
      ENDDO
      WRITE (13, 25)
25  FORMAT ("TIME" 5X "ACR" 8X "BCR" 6X "CCR" 10X "DCR" 8X "ECR" &
          8X "FCR")

!--- CALCULATE CR AND CRS COEFFICIENT ---!
      DO M=1, 12
      DO I=1, 24
      ZACR=0
      ZBCR=0
      ZCCR=0
      ZBCRS=0
      ZCCRS=0
      IRTF=0
      DO K=I, I+23
      IRTF=IRTF+1
      L=I-IRTF+1
      IF (L<1) L=L+24
      ZACR = ZACR + RTFA (IRTF)*AR (L, M)
      ZBCR = ZBCR + RTFA (IRTF)*BR (L, M)

```

```

ZCCR = ZCCR + RTFA (IRTF)*AR (L, M)*(TP (L, M) – TP (I, M)) + RTFA &
(IRTF)*BR (L, M)*(IR (L, M) – IR (I, M)) + RTFA (IRTF)*CR (L, M) + &
RTFA (IRTF)*DR (L, M)*(PEO (L, M) – PEO (I, M)) +RTFA (IRTF)* &
ER (L, M)*(LIG (L, M) – LIG (I, M)) + RTFA (IRTF)*FR (L, M)*(EQU (L, M) - &
EQU (I, M))
DO J=1, 11
ZBCRS = ZBCRS + AG (J)*RTFS (IRTF)*KT (L, J, M)
ZCCRS = ZCCRS + AG (J)*RTFS (IRTF)*(KT (L, J, M)*IR (L, M) – KT (I, J, M)* &
IR (I, M))
ENDDO
ENDDO

ACR (I, M) = ZACR
BCR (I, M) = ZBCR
CCR (I, M) = ZCCR
BCRS (I, M) = ZBCRS
CCRS (I, M) = ZCCRS
WRITE (13, 30) I, ACR (I, M), BCR (I, M), CCR (I, M), BCRS (I, M), CCRS (I, M)
30  FORMAT (I2, 5(2X F8.2))
ENDDO
ENDDO

!=== STEP 4: CALCULATE COOLING LOAD COEFFICIENT ===!
OPEN (14, FILE='CL-COEF.TXT')
OPEN (15, FILE='COOLING_LOAD.TXT')
OPEN (16, FILE='COOLING_LOAD_M.TXT')
WRITE (16, 41)
40  FORMAT("TIME" 4X "ACL" 7X "BCL" 7X "CCL" 7X "DCL" 7X "ECL" 7X "FCL" &
7X "GCL")
41  FORMAT ("TIME" 4X "COOLING LOAD")

DO M=1, 12
WRITE (14,*) MONTH (M)
WRITE (15,*) MONTH (M)
WRITE (16,*) MONTH (M)

DO I=1, 24
ACCL (I, M) = AC (I, M) + ACR (I, M) +LO*QV*CP
BCCL (I, M) = BC (I, M) + BCR (I, M) + BCRS (I, M)
CCCL (I, M) = CC (I, M) + CCR (I, M) + CCRS (I, M) - LO*QV*CP*TRC - &
LO*QV*HFG*WRC

```

```

DCCL (I, M) = DC (I, M) + DR (I, M) + KLAT
ECCL (I, M) = EC (I, M) + ER (I, M)
FCCL (I, M) = FC (I, M) + FR (I, M)
GCCL (I, M) = LO*QV*HFG
CLOAD (I, M) = (ACCL (I, M)*TP (I, M) + BCCL (I, M)*IR (I, M) + CCCL (I, M) + &
DCCL (I, M)*PEO (I, M) + ECCL (I, M)*LIG (I, M) + FCCL (I, M)*EQU (I, M) + &
GCCL (I, M)*HR (I, M)) / 3516

WRITE (14, 45) I, AC (I, M), BC (I, M), CC (I, M), ACR (I, M), BCR (I, M), &
CCR (I, M), BCRS (I, M), CCRS (I, M)
WRITE (15, 46) CLOAD (I, M)
45  FORMAT (I2, 6(2X F16.2), 2X 2F16.2)
46  FORMAT (I2, 2X F16.2)
ENDDO
ENDDO
END
!--- END OF PRPGRAM ---!

!--- COS FUNCTION ---!
FUNCTION C(X)
COMMON PI
C=COS (PI/180*X)
RETURN
END
!--- END OF COS FUNCTION ---!

!--- SIN FUNCTION ---!
FUNCTION S(X)
COMMON PI
S=SIN (PI/180*X)
RETURN
END
!--- END OF SIN FUNCTION ---!

```

โปรแกรม Prob.For

โปรแกรมนี้ใช้คำนวณค่าภาระการทำความเย็น ภายใต้เงื่อนไขค่าของฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมตั้งแต่ 80% ถึง 99.9% เงื่อนไขการออกแบบที่ค่าสูงสุด 2% และใช้ข้อมูลของปัจจัยต่างๆ ในการคำนวณโดยตรง โดยมีข้อมูลที่ป้อนเข้าโปรแกรม คือ เพิ่มข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ในสมการค่าภาระการทำความเย็น เพิ่มข้อมูลค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของข้อมูลอุณหภูมิภายนอก ค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ อัตราส่วนความชื้นภายนอก จำนวนคนจำนวนหลอดไฟที่ใช้งาน และจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งาน เพิ่มข้อมูลจริงของอุณหภูมิภายนอก ค่าการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ อัตราส่วนความชื้นภายนอก จำนวนคน จำนวนหลอดไฟที่ใช้งาน และจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งาน ในปี พ.ศ. 2546

```

!=== DECLARE VARIABLE ===!
    DIMENSION KTCL (12, 24), KICL (12, 24), KPCL (12, 24), KLCL (12, 24), &
    KECL (12, 24), KHCL (12, 24), QCCL (12, 24)
    DIMENSION ATMP (12, 24), AIRR (12, 24), APEO (12, 24), ALIG (12, 24), &
    AEQU (12, 24), AHUM (12, 24)
    DIMENSION VTMP (12, 24), VIRR (12, 24), VPEO (12, 24), VLIG (12, 24), &
    VEQU (12, 24), VHUM (12, 24)
    DIMENSION RTMP (31, 12, 24), RIRR (31, 12, 24), RPEO (31, 12, 24), &
    RLIG (31, 12, 24), REQU (31, 12, 24), RHUM (31, 12, 24), QCLR (31, 12, 24)
    DIMENSION CDF (9), AQ (12, 24), VQ (12, 24), QCLM (12, 24)
    DIMENSION FX (100000, 12, 24), FX1 (100000, 12, 24), FX2 (100000, 12, 24)
    DIMENSION TMPM (12, 24), IRRM (12, 24), PEOM (12, 24), LIGM (12, 24), &
    EQU (12, 24), HUMM (12, 24)
    DIMENSION CDF (9), NDAY (12)

    DATA CDF (1), CDF (2), CDF (3), CDF (4), CDF (5), CDF (6), CDF (7), CDF (8),
    CDF (9) /80, 85, 90, 95, 96, 97, 98, 99, 99.9/
    DATA (NDAY (MONTH), MONTH=1, 12) / 31, 28, 31, 30, 31, 30, 31, 31,
    30, 31, 30, 31 /
    COMMON PI
    PI=3.14159

!=== OPEN FILES TO READ AND WRITE DATA ===!
    OPEN (1, FILE='KCOEF.TXT')
    OPEN (2, FILE='AVG&VAR.TXT')
    OPEN (3, FILE='DATA46.TXT')
  
```

```

OPEN (4, FILE='CDF.TXT')
OPEN (5, FILE='MAX.TXT')
OPEN (6, FILE='REAL.TXT')

```

```
!=== READ DATA ===!
```

```

DO MONTH=1, 12
DO HR=1, 24
READ (1,*) KTCL (MONTH, HR), KICL (MONTH, HR), KPCL (MONTH, HR), &
KLCL (MONTH, HR), KECL (MONTH, HR), KHCL (MONTH, HR), &
QCCL (MONTH, HR)
READ (2,*) ATMP (MONTH, HR), AIRR (MONTH, HR), APEO (MONTH, HR), &
ALIG (MONTH, HR), AEQU (MONTH, HR), AHUM (MONTH, HR), &
VTMP (MONTH, HR), VIRR (MONTH, HR), VPEO (MONTH, HR), &
VLIG (MONTH, HR), VEQU (MONTH, HR), VHUM (MONTH, HR)

DO N=1, NDAY (MONTH)
READ (3,*) RTMP (N, MONTH, HR), RIRR (N, MONTH, HR), &
RPEO (N, MONTH, HR), RLIG (N, MONTH, HR), REQU (N, MONTH, HR), &
RHUM (N, MONTH, HR)
ENDDO

ENDDO
ENDDO

```

```
!=== CALCULATE COOLING LOAD AT 80% - 99.9% OF CDF ===!
```

```

DO MONTH=1, 12
DO HR=1, 24
AQ (MONTH, HR) = (ATMP (MONTH, HR)*KTCL (MONTH, HR) + &
AIRR (MONTH, HR)*KICL (MONTH, HR) + APEO (MONTH, HR)* &
KPCL (MONTH, HR) + ALIG (MONTH, HR)*KLCL (MONTH, HR) + &
AEQU (MONTH, HR)*KECL (MONTH, HR) + AHUM (MONTH, HR)* &
KHCL (MONTH, HR) + QCCL (MONTH, HR)) / 3516
VQ (MONTH, HR) = (VTMP (MONTH, HR)*KTCL (MONTH, HR) **2 + &
VIRR (MONTH, HR)*KICL (MONTH, HR) **2 + VPEO (MONTH, HR)* &
KPCL (MONTH, HR) **2 + VLIG (MONTH, HR)*KLCL (MONTH, HR) **2 + &
VEQU (MONTH, HR)*KECL (MONTH, HR) **2 + VHUM (MONTH, HR)* &
KHCL (MONTH, HR) **2)/3516**2

DO I=1, 9
SUM=0
DO QCL = 100, 800, 1

```



```

FX1 (QCL, MONTH, HR) = (1/ (VQ (MONTH, HR)*2*PI) **0.5)*EXP &
(-0.5*((QCL - 0.5)-AQ (MONTH, HR)) **2/VQ (MONTH, HR))
FX2 (QCL, MONTH, HR) = (1/ (VQ (MONTH, HR)*2*PI) **0.5)*EXP &
(-0.5*((QCL + 0.5)-AQ (MONTH, HR)) **2/VQ (MONTH, HR))
FX (QCL, MONTH, HR) = (FX2 (QCL, MONTH, HR) + FX1 (QCL, MONTH, HR)) *
& 1/2
SUM = SUM+FX (QCL, MONTH, HR)
IF (SUM>=CDF (I)) GOTO 10
ENDDO
10 WRITE (4,*) CDF (I), QCL
ENDDO

!=== CALCUCATE 2% MAX OF EACH PARAMETER ===!
!=== TEMP ===!
SUM=0
DO TMP = 1, 40, 0.1
FX1 (TMP, MONTH, HR) = (1/ (ATMP (MONTH, HR)*2*PI) **0.5)*EXP &
(-0.5*((TMP - 0.05)-ATMP (MONTH, HR)) **2/VTMP (MONTH, HR))
FX2 (TMP, MONTH, HR) = (1/ (ATMP (MONTH, HR)*2*PI) **0.5)*EXP &
(-0.5*((TMP + 0.05)-ATMP (MONTH, HR)) **2/VTMP (MONTH, HR))
FX (TMP, MONTH, HR) = (FX2 (TMP, MONTH, HR) + FX1 (TMP, MONTH, HR)) &
*0.1/2
SUM = SUM+FX (TMP, MONTH, HR)
IF (SUM>=0.98) GOTO 20
ENDDO
20 TPM (MONTH, HR) = SUM

!=== IRRADIANT ===!
SUM=0
DO IRR = 1, 1400, 5
FX1 (IRR, MONTH, HR) = (1/ (AIRR (MONTH, HR)*2*PI) **0.5)*EXP &
(-0.5*((IRR - 2.5)-AIRR (MONTH, HR)) **2/VIRR (MONTH, HR))
FX2 (IRR, MONTH, HR) = (1/ (AIRR (MONTH, HR)*2*PI) **0.5)*EXP &
(-0.5*((IRR + 2.5)-AIRR (MONTH, HR)) **2/VIRR (MONTH, HR))
FX (IRR, MONTH, HR) = (FX2 (IRR, MONTH, HR) - FX1 (IRR, MONTH, HR)) &
*5 / 2
SUM = SUM+FX (IRR, MONTH, HR)
IF (SUM>=0.98) GOTO 30
ENDDO
30 IRRM (MONTH, HR) = SUM

```

```

!=== PEOPLE ===!
    SUM=0
    DO PEO = 1, 4000, 10
    FX1 (PEO, MONTH, HR) = (1/ (APEO (MONTH, HR)*2*PI) **0.5)*EXP &
    (-0.5*((PEO - 5)-APEO (MONTH, HR)) **2/VPEO (MONTH, HR))
    FX2 (PEO, MONTH, HR) = (1/ (APEO (MONTH, HR)*2*PI) **0.5)*EXP &
    (-0.5*((PEO + 5)-APEO (MONTH, HR)) **2/VPEO (MONTH, HR))
    FX (PEO, MONTH, HR) = (FX2 (PEO, MONTH, HR) + FX1 (PEO, MONTH, HR)) &
    * 10 / 2
    SUM = SUM+FX (PEO, MONTH, HR)
    IF (SUM>=0.98) GOTO 40
    ENDDO
40  PEOM (MONTH, HR) = SUM

!=== LIGHTING ===!
    SUM=0
    DO LIG = 50000, 500000, 1000
    FX1 (LIG, MONTH, HR) = (1/ (ALIG (MONTH, HR)*2*PI) **0.5)*EXP &
    (-0.5*((LIG - 500)-ALIG (MONTH, HR)) **2/VLIG (MONTH, HR))
    FX2 (LIG, MONTH, HR) = (1/ (ALIG (MONTH, HR)*2*PI) **0.5)*EXP &
    (-0.5*((LIG + 500)-ALIG (MONTH, HR)) **2/VLIG (MONTH, HR))
    FX (LIG, MONTH, HR) = (FX2 (LIG, MONTH, HR) + FX1 (LIG, MONTH, HR)) &
    * 1000 / 2
    SUM = SUM+FX (LIG, MONTH, HR)
    IF (SUM>=0.98) GOTO 50
    ENDDO
50  LIGM (MONTH, HR) = SUM

!=== EQUIPMENT ===!
    SUM=0
    DO EQU = 2000, 80000, 100
    FX1 (EQU, MONTH, HR) = (1/ (AEQU (MONTH, HR)*2*PI) **0.5)*EXP &
    (-0.5*((EQU - 50)-AEQU (MONTH, HR)) **2/VEQU (MONTH, HR))
    FX2 (EQU, MONTH, HR) = (1/ (AEQU (MONTH, HR)*2*PI) **0.5)*EXP &
    (-0.5*((EQU + 50)-AEQU (MONTH, HR)) **2/VEQU (MONTH, HR))
    FX (EQU, MONTH, HR) = (FX2 (EQU, MONTH, HR) - FX1 (EQU, MONTH, HR)) &
    100 / 2
    SUM = SUM+FX (EQU, MONTH, HR)
    IF (SUM>=0.98) GOTO 60
    ENDDO
60  EQU (MONTH, HR) = SUM

```

```

!=== HUMIDITY RATIO ===!
SUM=0
DO HUM = 0.002, 0.038, 0.0005
FX1 (HUM, MONTH, HR) = (1/ (AHUM (MONTH, HR)*2*PI) **0.5)*EXP &
(-0.5*((HUM - 0.00025)-AHUM (MONTH, HR)) **2/VHUM (MONTH, HR))
FX2 (HUM, MONTH, HR) = (1/ (AHUM (MONTH, HR)*2*PI) **0.5)*EXP &
(-0.5*((HUM + 0.00025)-AHUM (MONTH, HR)) **2/VHUM (MONTH, HR))
FX (HUM, MONTH, HR) = (FX2 (HUM, MONTH, HR) - FX1 (HUM, MONTH, HR))
& *0.0005 / 2
SUM = SUM+FX (HUM, MONTH, HR)
IF (SUM>=0.98) GOTO 70
ENDDO
70 IRRM (MONTH, HR) = SUM

!=== CALCULATE 2% MAX ===!
QCLM (MONTH, HR) = (TMPM (MONTH, HR)*KTCL (MONTH, HR) + &
IRRM (MONTH, HR)*KICL (MONTH, HR) + PEOM (MONTH, HR)* &
KPCL (MONTH, HR) + LIGM (MONTH, HR)*KLCL (MONTH, HR) + &
EQUM (MONTH, HR)*KECL (MONTH, HR) + HUMM (MONTH, HR)* &
KHCL (MONTH, HR) + QCCL (MONTH, HR)) / 3516
WRITE (5,*) HR, QCLM (MONTH, HR)

!=== CALCULATE DIRECT 46 ===!
DO N=1, NDAY (MONTH)
QCLR (MONTH, HR) = (RTMP (N, MONTH, HR)*KTCL (MONTH, HR) + &
RIRR (N, MONTH, HR)*KICL (MONTH, HR) + RPEO (N, MONTH, HR)* &
KPCL (MONTH, HR) + RLIG (N, MONTH, HR)*KLCL (MONTH, HR) + &
REQU (N, MONTH, HR)*KECL (MONTH, HR) + RHUM (N, MONTH, HR)* &
KHCL (MONTH, HR) + QCCL (MONTH, HR)) / 3516
WRITE (6,*) HR, QCLR (N, MONTH, HR)
ENDDO
ENDDO
ENDDO
END

!=== END OF PRPROGRAM ===!

```

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายเทพฤทธิ์ ทองชุบ เกิดที่ อำเภอ เมือง จังหวัด ปัตตานี เมื่อวันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2516 สำเร็จการศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2536 และ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2540 และเข้าศึกษาต่อ ในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2544



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย