# รายการอ้างอิง


1. Bejan , A. , Heat Transfer ,Singapore : John Wiley & Sons, Inc. , 1993.
2. Kakac , S. , and Yener , Y. , "Basic of Heat Transfer", Handbook of Single Phase Convective Heat Transfer": John Wiley & Sons, Inc., 1987.
3. Chapra, S., C. and Canale, R., P., Numerical Method For Engineers, 2nd ed. John Wiley &Sons, Inc. , 1987
4. Greenspan, D. and Casulli , V. , Numerical Analysis for applied Mathematics,Science, and Engineering : Addison-Wesley,1988.
5. Hutchison, R., C. and Just, S.,B., Programming Using the C Language, International ed. Singapore: MaGraw-Hill,1988.
6. ASHRAE. Foundamentals Handbook. (n.p.),1981
7. วิทยา เรืองพรวิสุทธิ์, ผศ.ดร. คู่มือโปรแกรมภาษา C. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2537
8. ยงยศ แย้มพวง. การเขียนโปรแกรมกราฟฟิคด้วยภาษา C : ม.ป.ท , ม.ป.ป.


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ภาคผนวก ก.
## รูปแบบจำลองที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## แบบจำลองใช้ในการคำนวณ

ห้องขนาดกว้าง 5 เมตร ยาว 5 เมตร สูง 3 เมตรตั้งอยู่ที่ละติจูดที่ 14 องศาเหนือ ต้องการปรับอากาศภายในที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 50% โดยที่อากาศภายนอกมีอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส(อุณหภูมิกระเปาะแห้ง) 28 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิกระเปาะเปียก) พิจารณาที่เวลา 14.00 น. โดยมีลักษณะของโครงสร้างดังนี้

กำแพงแบบ common brick หนา 0.1016 เมตร มีค่าส.ป.ส.การถ่ายเทความร้อนรวม $U = 2.356 \frac{w}{m^2 \circ c}$ และค่าการนำความร้อน $k = 0.72 \frac{w}{m \circ c}$

เพดานหนา 0.1016 เมตร ทำด้วย คอนกรีต มีค่า $U = 1.209 \frac{w}{m^2 \circ c}$

พื้นคอนกรีตหนา 0.1016 เมตร มีค่า $U = 1.209 \frac{w}{m^2 \circ c}$

กระจกขนาด 1.5x2 เมตร single glass,no shade 3 มม. มีค่า $u = 5.9 \frac{w}{m^2 \circ c}$

หลอกไฟ 40 วัตต์ จำนวน 6 หลอด

คนทำงาน 4 คน

1. <u>ความร้อนที่ผ่านทางผนัง</u>

จากสมการหาค่าความร้อนผ่านผนัง ของ Ashrae

$$q = U \times A \times CLTDc$$

จากตารางของ Ashrae ค่า CLTDc ของกำแพงมีค่าดังนี้

$CLTDc = [(CLTD+LM) \times K + (25.5-Tr) + (To-29.4)] \times f$

ดังนั้น

CLTDc (ทิศเหนือ) $= [(6-0.1)x1+(25.5-24)+(35-29.4)]x1 = 13 \circ c$

CLTDc (ทิศใต้) $= [(9-3.4)x1+(25.5-24)+(35-29.4)]x1 = 12.7 \circ c$

CLTDc (ทิศตะวันตก) $= [(6-0.5)x1+(25.5-24)+(35-29.4)]x1 = 12.6 \circ c$

TD (ทิศตะวันออก) $= 11 \circ c$

จะได้ค่าความร้อนที่ผ่านผนังดังนี้

$q_N = 2.356 \times 15 \times 13 = 459.42$ w

$q_S = 2.356 \times 12 \times 12.7 = 359.05$ w

$q_W = 2.356 \times 15 \times 12.6 = 445.28$ w

$q_E = 2.356 \times 15 \times 11 = 388.74$ w

2. <u>ความร้อนผ่านทางหลังคาและพื้น</u>

ความร้อนที่ผ่านเข้ามาทางพื้น $q = U \times A \times TD$ $TD = 11^{\circ}c$

ดังนั้น

$q_{FLOOR} = 1.209 \times 25 \times 11 = 332.48$ w

ความร้อนผ่านทางเพดาน $q = U \times A \times TD$

ดังนั้น $q_{CELING} = 1.209 \times 25 \times 11 = 332.48$ w

3. <u>ความร้อนจากหลอดไฟ</u>

จากสมการหาค่าของความร้อนจากหลอดไฟฟูลออเรสเซนท์ของ Ashrae

$q$ = Total light Watt x 1.2

ดังนั้น

$q = 240 \times 1.2 = 288$ w

4. <u>ความร้อนที่ผ่านกระจก</u>

$q = (A \times SC \times SHGF \times CLF) + (U \times A \times CLTD)$

จากตารางของ Ashrae มีค่าแฟคเตอร์ต่างๆ ดังนี้

$SC = 1$, $SHGF = 134$ , $CLF = 0.58$ , $U = 5.9 \frac{w}{m^{2} \circ k}$ ,$CLTD = 7^{\circ}c$

ดังนั้น

$q = (3 \times 1 \times 134 \times 0.58) + (5.9 \times 3 \times 7) = 357.06$ w

5. <u>ความร้อนจากบุคคล</u>

จากสมการของ Ashrae

$q$ = จำนวนคน x ตัวประกอบความร้อนสัมผัส

จากตารางมีค่าความร้อนสัมผัส(sensible heat gain) = 65 watts และ ความร้อนแฝง (laten heat gain)= 55 watts ดังนั้น

$q_S = 4 \times 65 = 260$ w

$q_L = 4 \times 55 = 220$ w

6. <u>ความร้อนจากอากาศถ่ายเท</u>

จากตาราง Ashrae อัตราอากาศถ่ายเทสำหรับห้องเท่ากับ 7 L/s ต่อคน

จากสมการหาค่าความร้อนจากอากาศถ่ายเทของ Ashrae

$q_S$ = 1.232 x (L/s) x TD

$q_L$ = 3012 x (L/s) x $\Delta w$

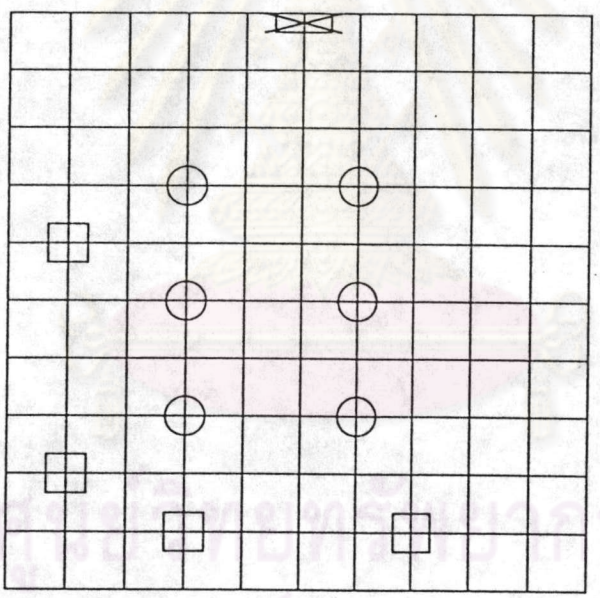
อัตราการถ่ายเทอากาศ 4x7 = 28 L/s TD = 11 องศาเซลเซียส และ ค่าความแตกต่างของอัตราส่วนความชื้นของอากาศภายในและนอก $\Delta w$ = 0.0118 แทนในสมการจะได้

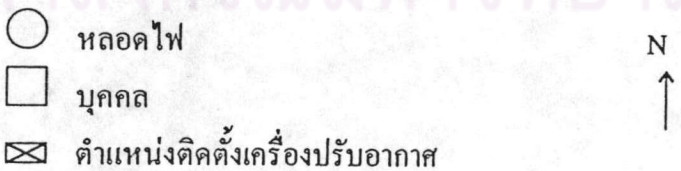
$q_S$ = 1.232 x (28) x 11 = 379.456 w

$q_L$ = 3012 x (28) x 0.0118 = 995.16 w

ภาระความร้อนทั้งหมด = 5817.126 w

ใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 5865 w 1 เครื่อง

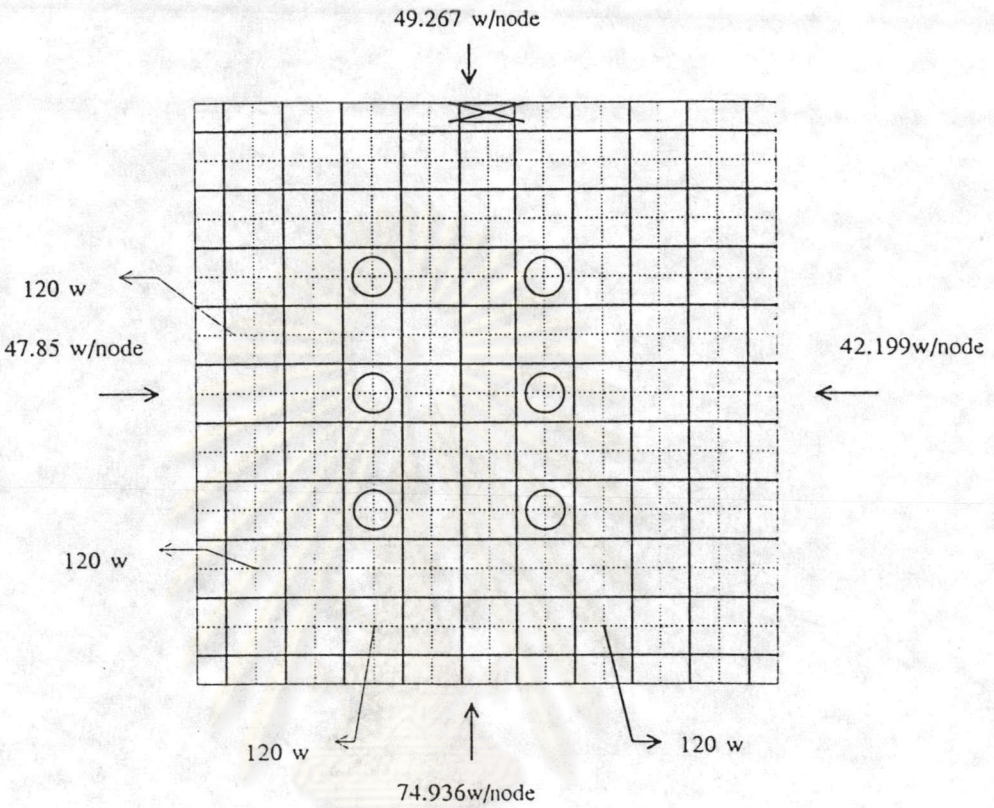





ภาพแสดงตำแหน่งของโหลดความร้อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

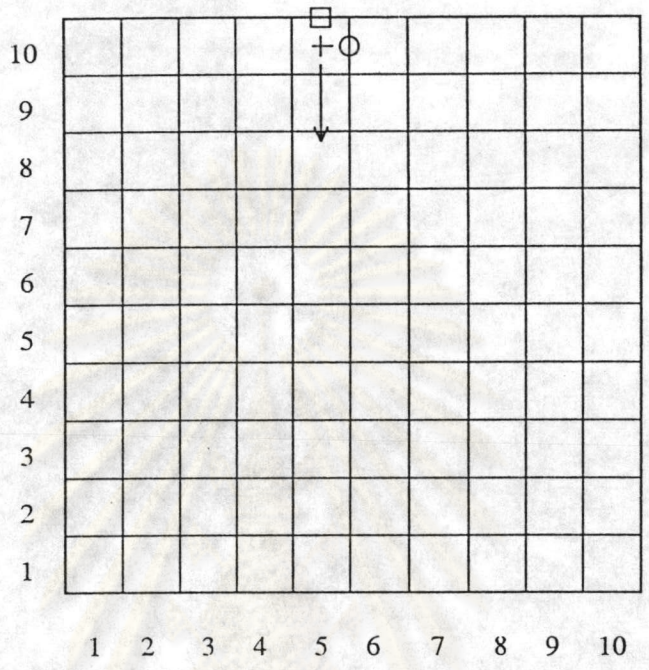
ปริมาณความร้อนที่เข้าสู่แต่ละโหนดแสดงได้ดังนี้




บริเวณโหนดภายในจะมีปริมาณความร้อนเฉลี่ยจากเพดานและพื้นต่อโหนดเท่ากับ 6.65 w/node และที่บริเวณหลอดไฟมีค่าความร้อนเท่ากับ 48 w/node

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. ตำแหน่งตรงกลาง กำหนดให้ที่ตำแหน่งติดตั้งเครื่องปรับอากาศมีความเร็ว 2.7 m/s และให้มีทิศทางตรงเข้าสู่บริเวณกลางห้องดังแสดงในรูปต่อไปนี้




□ ตำแหน่งของเวกเตอร์ความเร็ว v ในทิศทาง y ที่กำหนด

○ ตำแหน่งของเวกเตอร์ความเร็ว u ในทิศทาง x ที่กำหนด

+ ตำแหน่งของเวกเตอร์ลัพธ์ของความเร็วจาก u และ v ที่กำหนดมีค่า 2.7 m/s

รูปที่ ก.1 รูปแสดงตำแหน่งของความเร็วลมที่กำหนด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Distance between node in x axis = 0.500 m.
Distance between node in y axis = 0.500 m.
Area = 5.00x5.00 sq.m.
error =0.001  w =0.125

Approximate Velocity

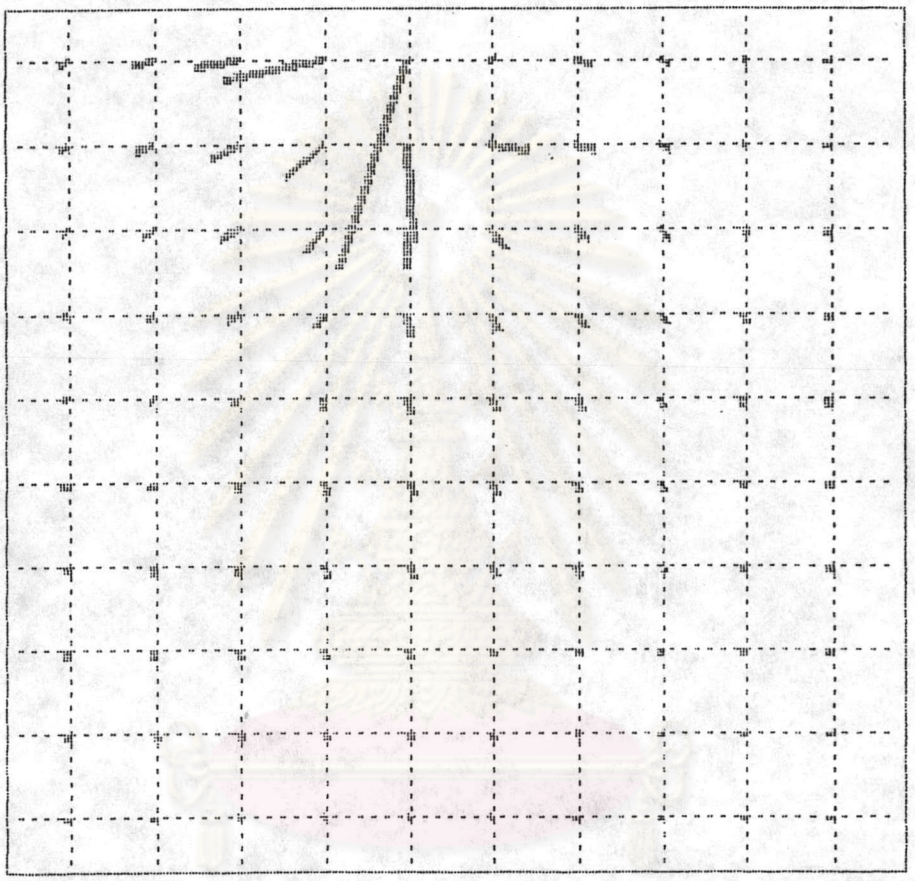
| | i=1 | i=2 | i=3 | i=4 | i=5 | i=6 | i=7 | i=8 | i=9 | i=10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| j=10 | 0.06 | 0.22 | 0.52 | 1.21 | 2.70 | 0.12 | 0.20 | 0.14 | 0.07 | 0.01 |
| j=9 | 0.06 | 0.18 | 0.35 | 0.57 | 1.18 | 0.50 | 0.27 | 0.15 | 0.08 | 0.04 |
| j=8 | 0.04 | 0.12 | 0.21 | 0.32 | 0.47 | 0.31 | 0.23 | 0.15 | 0.09 | 0.06 |
| j=7 | 0.03 | 0.07 | 0.12 | 0.17 | 0.26 | 0.24 | 0.19 | 0.14 | 0.09 | 0.08 |
| j=6 | 0.02 | 0.04 | 0.07 | 0.13 | 0.19 | 0.19 | 0.16 | 0.12 | 0.09 | 0.08 |
| j=5 | 0.04 | 0.06 | 0.09 | 0.13 | 0.17 | 0.16 | 0.13 | 0.11 | 0.08 | 0.08 |
| j=4 | 0.07 | 0.08 | 0.11 | 0.14 | 0.15 | 0.13 | 0.11 | 0.09 | 0.07 | 0.06 |
| j=3 | 0.08 | 0.09 | 0.11 | 0.12 | 0.12 | 0.10 | 0.08 | 0.06 | 0.05 | 0.05 |
| j=2 | 0.07 | 0.08 | 0.09 | 0.09 | 0.08 | 0.07 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.03 |
| j=1 | 0.03 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.01 | 0.01 |

ตารางที่ 1 ผลการคำนวณค่าความเร็ว

Approximate Temperature

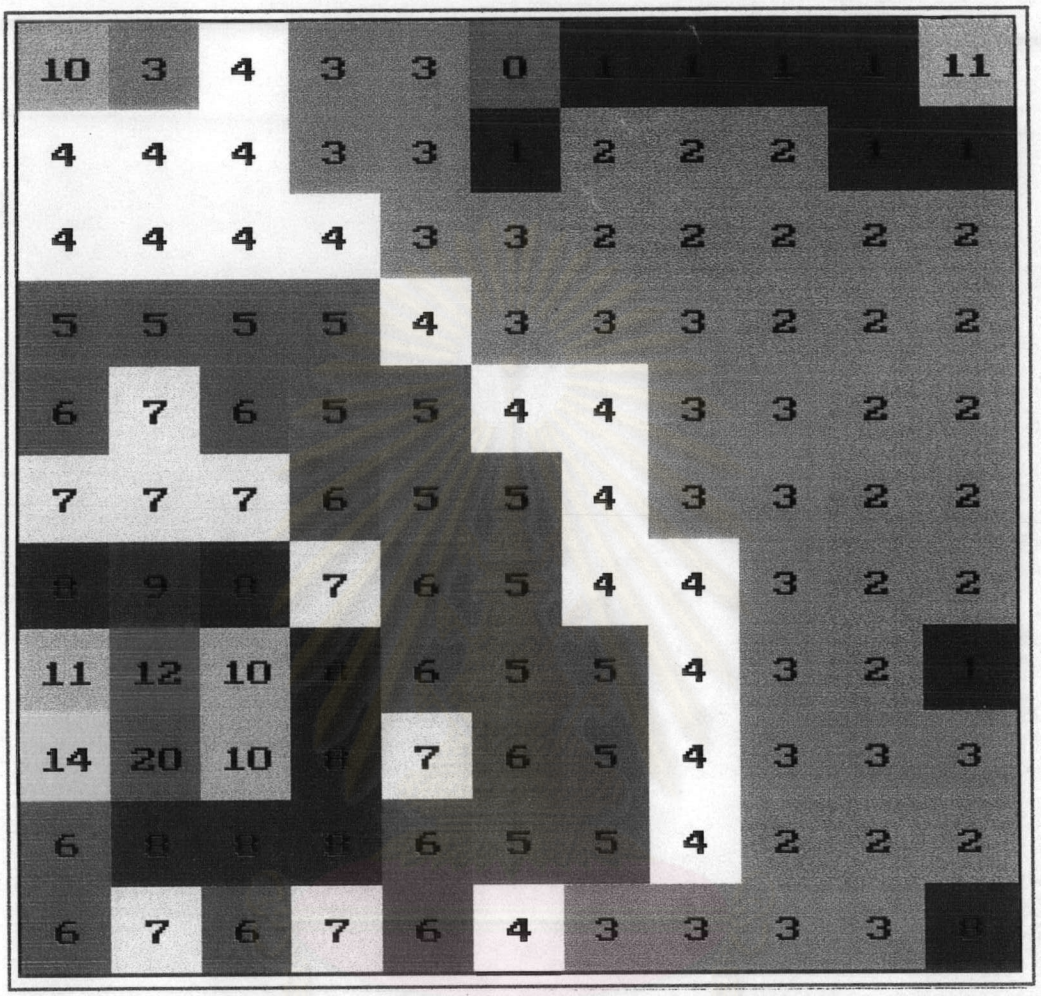
| | i=1 | i=2 | i=3 | i=4 | i=5 | i=6 | i=7 | i=8 | i=9 | i=10 | i=11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| j=11 | 29.07 | 25.25 | 25.26 | 25.10 | 24.74 | 22.83 | 23.98 | 23.75 | 23.84 | 23.72 | 30.09 |
| j=10 | 25.34 | 25.38 | 25.31 | 25.12 | 24.74 | 23.95 | 24.06 | 24.07 | 24.06 | 24.02 | 23.94 |
| j=9 | 25.74 | 25.80 | 25.69 | 25.47 | 25.13 | 24.71 | 24.55 | 24.43 | 24.32 | 24.23 | 24.17 |
| j=8 | 26.27 | 26.36 | 26.19 | 25.94 | 25.56 | 25.19 | 24.97 | 24.73 | 24.53 | 24.36 | 24.28 |
| j=7 | 26.93 | 27.07 | 26.74 | 26.41 | 25.99 | 25.58 | 25.28 | 24.96 | 24.67 | 24.42 | 24.32 |
| j=6 | 27.28 | 27.47 | 27.27 | 26.95 | 26.38 | 25.92 | 25.59 | 25.15 | 24.75 | 24.41 | 24.28 |
| j=5 | 28.05 | 28.30 | 27.93 | 27.44 | 26.73 | 26.21 | 25.78 | 25.28 | 24.78 | 24.34 | 24.18 |
| j=4 | 30.01 | 30.54 | 29.11 | 28.04 | 27.04 | 26.42 | 25.98 | 25.38 | 24.75 | 24.20 | 24.02 |
| j=3 | 31.30 | 34.93 | 29.21 | 28.11 | 27.17 | 26.48 | 25.96 | 25.47 | 24.65 | 24.95 | 24.79 |
| j=2 | 26.76 | 28.08 | 28.02 | 27.99 | 27.06 | 26.35 | 25.87 | 25.71 | 24.43 | 24.56 | 24.32 |
| j=1 | 26.72 | 27.42 | 26.50 | 27.25 | 26.49 | 25.76 | 25.23 | 25.02 | 24.75 | 24.87 | 27.91 |

ตารางที่ 2 ผลการคำนวณอุณหภูมิ



รูปที่ 1 กราฟแสดงทิศทางการกระจายความเร็ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



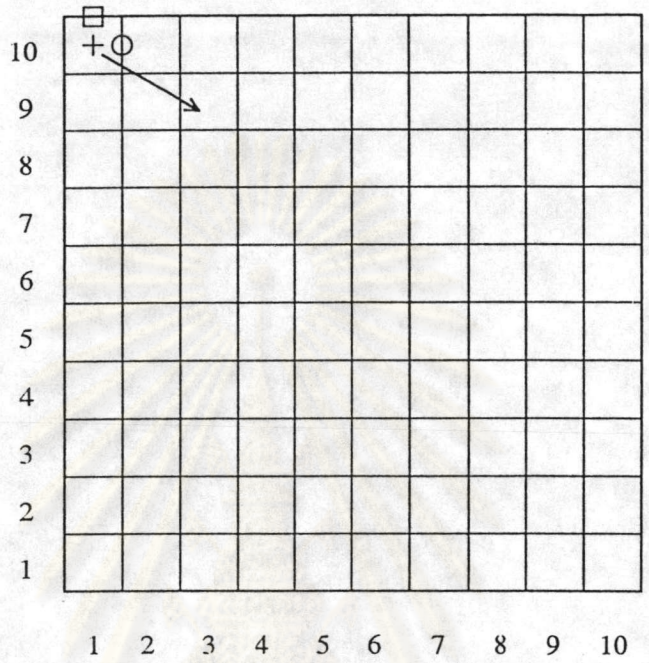

Max Temperature = 34.934 °C
Min Temperature = 22.832 °C
diff. temp range = 0.605 °C
Average Temperature = 25.889 °C

Average temperature each number(Celcius) :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 0=23.135 | 1=23.740 | 2=24.345 | 3=24.950 | 4=25.555 |
| 5=26.160 | 6=26.765 | 7=27.370 | 8=27.975 | 9=28.581 |
| 10=29.186 | 11=29.791 | 12=30.396 | 13=31.001 | 14=31.606 |
| 15=32.211 | 16=32.816 | 17=33.421 | 18=34.026 | 19=34.632 |
| 20=35.237 | | | | |

รูปที่ 2 กราฟแสดงการกระจายอุณหภูมิ

2. ตำแหน่งด้านซ้าย กำหนดให้ที่ตำแหน่งติดตั้งเครื่องปรับอากาศมีความเร็ว 2.7 m/s และให้มีทิศทางตรงเข้าสู่บริเวณกลางห้องดังแสดงในรูปต่อไปนี้




□ ตำแหน่งของเวกเตอร์ความเร็ว v ในทิศทาง y ที่กำหนด

○ ตำแหน่งของเวกเตอร์ความเร็ว u ในทิศทาง x ที่กำหนด

+ ตำแหน่งของเวกเตอร์ลัพธ์ของความเร็วจาก u และ v ที่กำหนดมีค่า 2.7 m/s

รูปที่ ก.2 รูปแสดงตำแหน่งของความเร็วลมที่กำหนด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Distance between node in x axis = 0.500 m.
Distance between node in y axis = 0.500 m.
Area = 5.00x5.00 sq.m.
error =0.001  w =0.125

Approximate Velocity

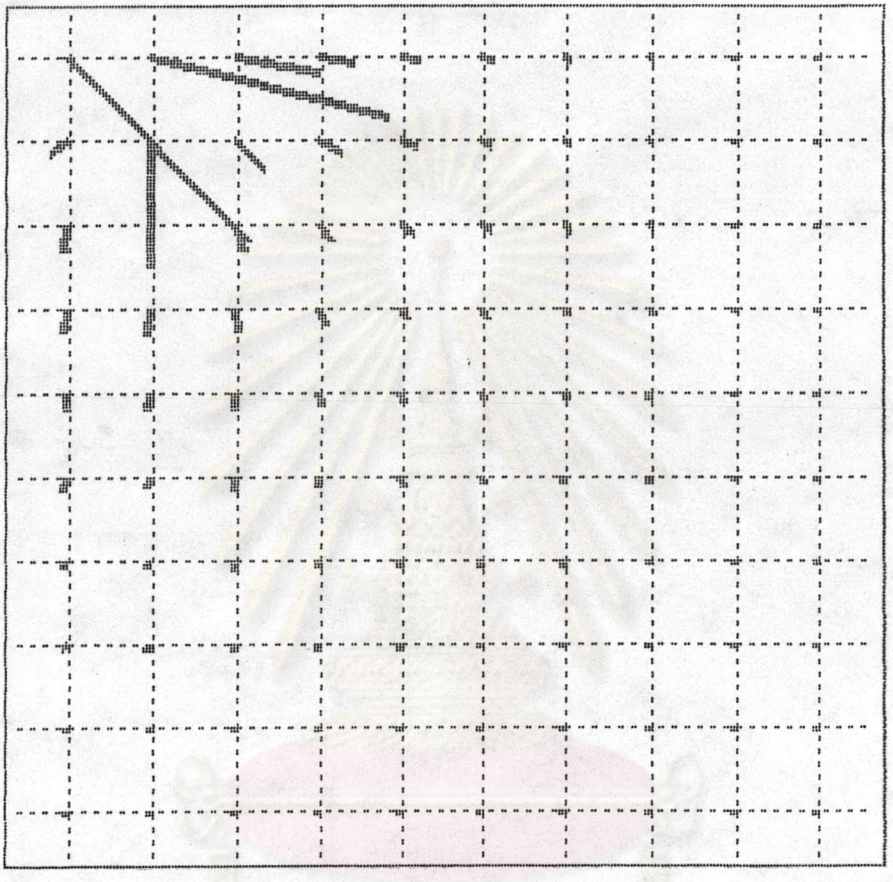
| | i=1 | i=2 | i=3 | i=4 | i=5 | i=6 | i=7 | i=8 | i=9 | i=10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| j=10 | 2.70 | 2.60 | 0.88 | 0.39 | 0.22 | 0.14 | 0.09 | 0.06 | 0.03 | 0.00 |
| j=9 | 0.21 | 0.89 | 0.41 | 0.27 | 0.19 | 0.13 | 0.09 | 0.06 | 0.03 | 0.01 |
| j=8 | 0.25 | 0.41 | 0.27 | 0.22 | 0.16 | 0.12 | 0.08 | 0.05 | 0.03 | 0.02 |
| j=7 | 0.21 | 0.24 | 0.21 | 0.16 | 0.13 | 0.10 | 0.07 | 0.05 | 0.03 | 0.03 |
| j=6 | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.12 | 0.10 | 0.08 | 0.06 | 0.05 | 0.03 | 0.03 |
| j=5 | 0.08 | 0.08 | 0.09 | 0.09 | 0.08 | 0.07 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.03 |
| j=4 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.02 |
| j=3 | 0.02 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| j=2 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 |
| j=1 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 |

ตารางที่ 3 ผลการคำนวณค่าความเร็ว

Approximate Temperature

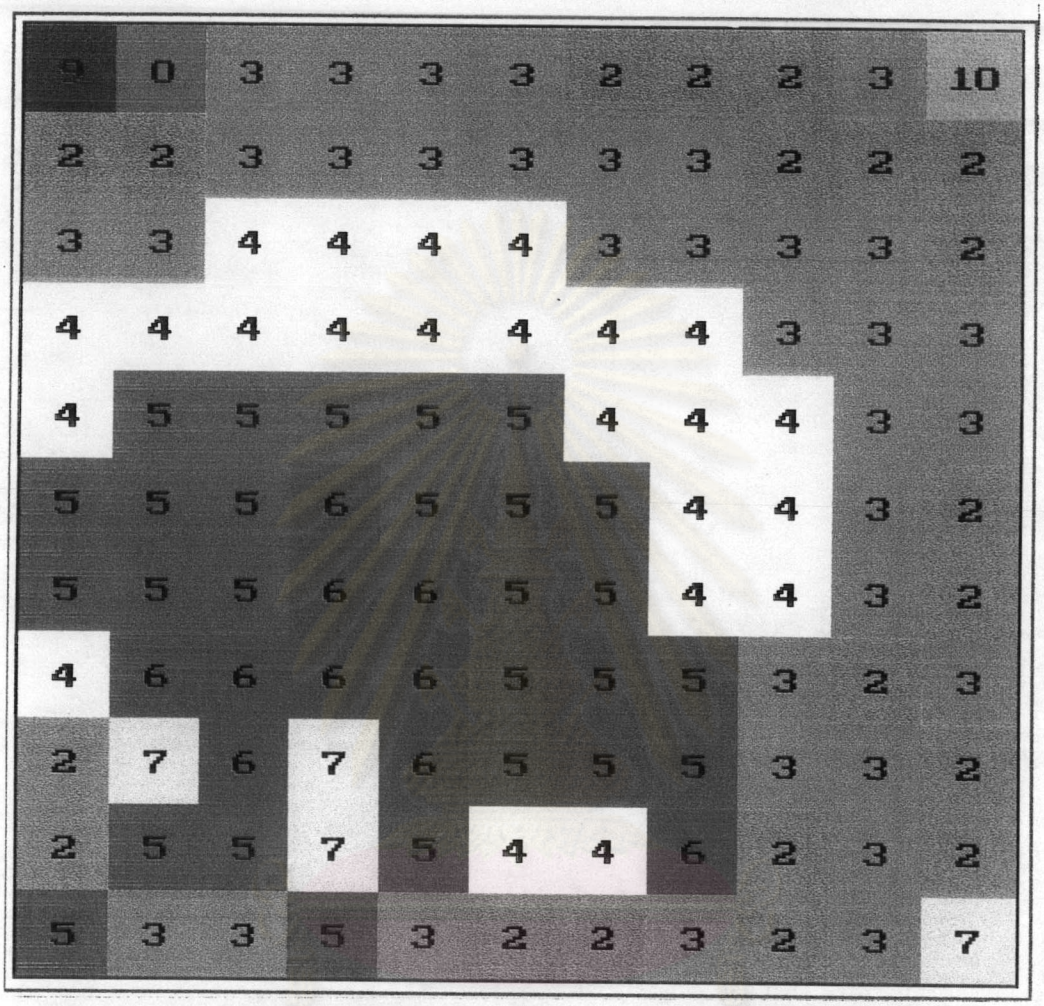
| | i=1 | i=2 | i=3 | i=4 | i=5 | i=6 | i=7 | i=8 | i=9 | i=10 | i=11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| j=11 | 29.75 | 22.06 | 24.97 | 25.11 | 25.01 | 24.77 | 24.44 | 24.08 | 23.74 | 24.72 | 30.17 |
| j=10 | 24.40 | 24.40 | 24.98 | 25.15 | 25.13 | 25.03 | 24.88 | 24.69 | 24.48 | 24.22 | 23.95 |
| j=9 | 25.10 | 25.14 | 25.39 | 25.51 | 25.49 | 25.42 | 25.30 | 25.12 | 24.90 | 24.66 | 24.43 |
| j=8 | 25.61 | 25.74 | 25.83 | 25.99 | 25.92 | 25.84 | 25.78 | 25.48 | 25.18 | 24.88 | 24.58 |
| j=7 | 26.00 | 26.34 | 26.27 | 26.44 | 26.31 | 26.18 | 26.04 | 25.71 | 25.34 | 24.95 | 24.58 |
| j=6 | 26.22 | 26.59 | 26.63 | 26.95 | 26.67 | 26.50 | 26.41 | 25.91 | 25.40 | 24.88 | 24.45 |
| j=5 | 26.44 | 26.89 | 26.88 | 27.28 | 26.93 | 26.69 | 26.52 | 26.01 | 25.36 | 24.68 | 24.22 |
| j=4 | 26.01 | 27.37 | 26.97 | 27.69 | 27.09 | 26.77 | 26.75 | 26.11 | 25.20 | 24.30 | 24.88 |
| j=3 | 24.49 | 28.10 | 26.97 | 27.80 | 27.04 | 26.59 | 26.46 | 26.24 | 24.89 | 24.69 | 24.47 |
| j=2 | 24.34 | 26.39 | 26.50 | 28.37 | 26.70 | 26.04 | 26.07 | 26.99 | 24.28 | 24.64 | 24.45 |
| j=1 | 26.89 | 24.82 | 24.98 | 26.70 | 25.08 | 24.36 | 24.18 | 24.80 | 24.29 | 24.66 | 28.42 |

ตารางที่ 4 ผลการคำนวณอุณหภูมิ



รูปที่ 3 กราฟแสดงทิศทางการกระจายความเร็ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




Max Temperature = 30.167 °C
Min Temperature = 22.058 °C
diff. temp range = 0.811 °C
Average Temperature = 25.677 °C

Average temperature each number(Celcius) :

0=22.463 1=23.274 2=24.085 3=24.896 4=25.707
5=26.518 6=27.329 7=28.140 8=28.951 9=29.762
10=30.573

รูปที่ 4 กราฟแสดงการกระจายอุณหภูมิ

จากผลของการคำนวณหาค่าการกระจายของอุณหภูมิและความเร็วของอากาศที่กระจายอยู่ภายในบริเวณพื้นที่ปรับอากาศของรูปแบบจำลองที่ 1 เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งติดตั้งเครื่องปรับอากาศตามผลการคำนวณจะเห็นได้ว่า ลักษณะการกระจายลมของการติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ตำแหน่งที่ 1 (ตำแหน่งตรงกลาง) จากภาพแสดงการทิศทางการกระจายของความเร็วรูปที่ 1 จะมีการกระจายของอากาศที่ค่อนข้างสม่ำเสมอมากกว่าที่ตำแหน่งที่ 2 (ตำแหน่งด้านซ้าย) จากรูปที่ 3 เนื่องจากการติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ตำแหน่งที่ 2 จะมีการกระจายของความเร็วด้านหนึ่งมากกว่าอีกด้านหนึ่งทำให้การกระจายลมไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นการพิจารณาติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ตำแหน่งที่ 1 จะเป็นตำแหน่งที่มีลักษณะของการกระจายลมที่ดีกว่า โดยจากการคำนวณค่าของความเร็วของอากาศที่บริเวณกลางห้องจากตารางที่ 1 จะมีค่าความเร็วลมอยู่ในช่วง 0.06 - 0.47 เมตรต่อวินาที โดยจะมีลักษณะการกระจายของความเร็วลดลงตามระยะทางที่มีการเปลี่ยนแปลงไป บริเวณที่อยู่ห่างจากตำแหน่งติดตั้งเครื่องปรับอากาศจะมีค่าความเร็วลมต่ำกว่าโหนดที่อยู่ใกล้บริเวณติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

จากผลการคำนวณของการกระจายอุณหภูมิที่ตำแหน่งติดตั้งเครื่องปรับอากาศตรงกลางภายในบริเวณกลางพื้นที่ปรับอากาศจากตารางที่ 2 จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งห้องประมาณ 25.89 องศาเซลเซียส และผลการคำนวณการกระจายอุณหภูมิที่ตำแหน่งที่ 2 (ตำแหน่งด้านซ้าย) จากตารางที่ 4 จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 25.68 องศาเซลเซียส ซึ่งจากผลการคำนวณจะเห็นได้ว่าลักษณะการกระจายของอุณหภูมิของตำแหน่งที่ 2 จะมีค่าของอุณหภูมิที่บริเวณที่มีโหลดความร้อนดีกว่าตำแหน่งที่ 1 เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่ติดตั้งใกล้โหลดความร้อนมากกว่าและมีขนาดของความเร็วลมที่บริเวณด้านซ้ายมากกว่าตำแหน่งที่ 1 ซึ่งขนาดของความเร็วจะมีผลต่อการพาความร้อนที่ดีด้วย และในบริเวณที่มีโหลดความร้อนน้อยจะมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าบริเวณที่มีโหลดความร้อนมากกว่า โดยจากรูปแสดงตำแหน่งของโหลดความร้อนนั้นตำแหน่งของโหลดความร้อนส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณด้านซ้ายของพื้นที่ปรับอากาศ ดังนั้นอุณหภูมิที่บริเวณปรับอากาศทางด้านซ้ายจะมีอุณหภูมิที่สูงกว่าทางด้านขวาตามปริมาณของโหลดความร้อนที่อยู่บริเวณนั้น และที่บริเวณใกล้เคียงกันแต่ค่าของอุณหภูมิที่คำนวณได้มีค่าแตกต่างกันมาก โดยจากผลการคำนวณจะเป็นตำแหน่งที่อยู่ใกล้กับบริเวณมุมห้องหรือเป็นตำแหน่งที่มีโหลดความร้อนอยู่ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีค่าของความเร็วต่ำอาจเป็นผลทำให้การถ่ายเทความร้อนไม่ดีทำให้ค่าของอุณหภูมิสูงกว่าที่บริเวณอื่น

จากตำแหน่งที่พิจารณาเลือกติดตั้งเครื่องปรับอากาศเนื่องจากมีลักษณะของการกระจายของลมที่ดีได้ทำการเปลี่ยนแปลงขนาดของความเร็วจาก 2.7 m/s เป็น 3.2 m/s และเพิ่มขนาดของเครื่องปรับอากาศขึ้น พร้อมกับพิจารณาการเปลี่ยนแปลงที่ขึ้น ผลที่ได้จากการคำนวณแสดงไว้ในตารางต่อไปนี้

Distance between node in x axis : 0.500 m.
Distance between node in y axis : 0.500 m.
Area : 5.00x5.00 sq.m.
error :0.001  w :0.125

Approximate Velocity

| | i=1 | i=2 | i=3 | i=4 | i=5 | i=6 | i=7 | i=8 | i=9 | i=10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| j=10 | 3.20 | 3.09 | 1.06 | 0.48 | 0.27 | 0.17 | 0.11 | 0.07 | 0.03 | 0.01 |
| j=9 | 0.25 | 1.05 | 0.51 | 0.34 | 0.24 | 0.16 | 0.11 | 0.07 | 0.03 | 0.02 |
| j=8 | 0.30 | 0.49 | 0.33 | 0.26 | 0.20 | 0.15 | 0.10 | 0.07 | 0.04 | 0.03 |
| j=7 | 0.26 | 0.29 | 0.25 | 0.20 | 0.16 | 0.12 | 0.09 | 0.06 | 0.04 | 0.03 |
| j=6 | 0.19 | 0.19 | 0.18 | 0.15 | 0.13 | 0.10 | 0.08 | 0.06 | 0.04 | 0.04 |
| j=5 | 0.12 | 0.11 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.08 | 0.07 | 0.05 | 0.04 | 0.04 |
| j=4 | 0.07 | 0.07 | 0.08 | 0.08 | 0.07 | 0.06 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.03 |
| j=3 | 0.03 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.02 |
| j=2 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 |
| j=1 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.00 |

ตารางที่ 5 ผลการคำนวณค่าความเร็ว

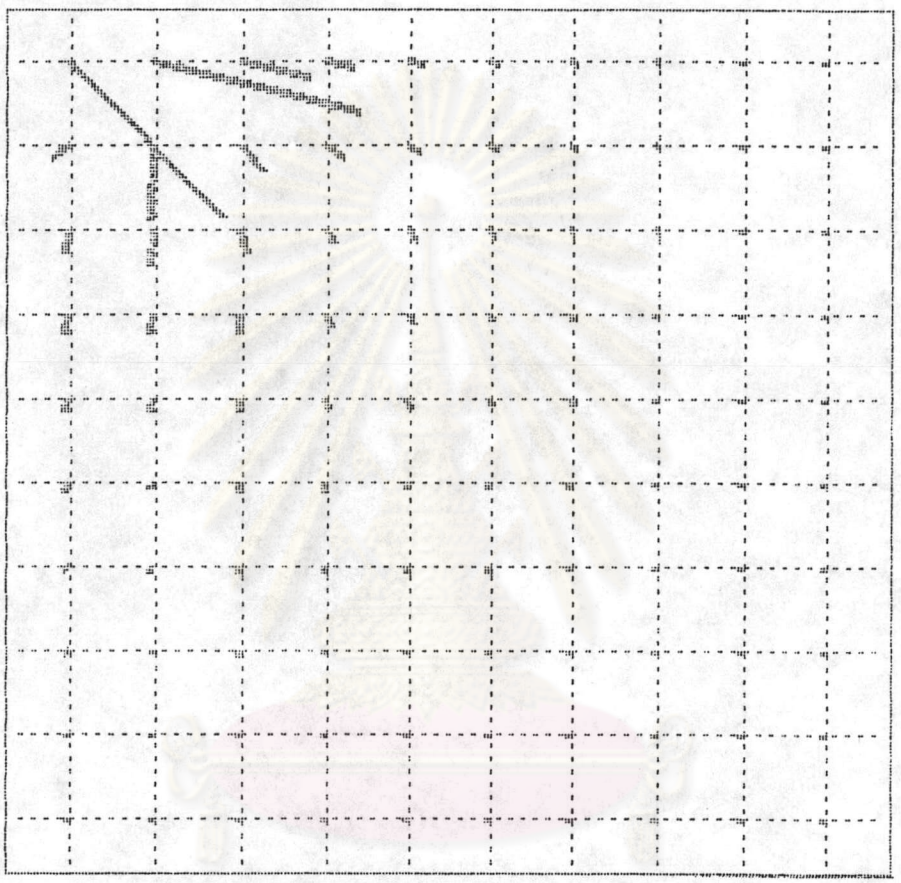
( เมื่อเพิ่มความเร็วเป็น 3.2 m/s )

Approximate Temperature

| | i=1 | i=2 | i=3 | i=4 | i=5 | i=6 | i=7 | i=8 | i=9 | i=10 | i=11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| j=11 | 30.23 | 20.45 | 23.76 | 24.01 | 24.05 | 23.98 | 23.83 | 23.63 | 23.43 | 24.04 | 30.25 |
| j=10 | 23.09 | 23.09 | 23.76 | 24.03 | 24.13 | 24.15 | 24.12 | 24.06 | 23.96 | 23.81 | 23.62 |
| j=9 | 23.83 | 23.85 | 24.16 | 24.37 | 24.46 | 24.49 | 24.48 | 24.41 | 24.30 | 24.17 | 24.04 |
| j=8 | 24.36 | 24.45 | 24.60 | 24.81 | 24.84 | 24.86 | 24.89 | 24.71 | 24.54 | 24.36 | 24.18 |
| j=7 | 24.74 | 25.03 | 25.02 | 25.24 | 25.21 | 25.18 | 25.13 | 24.93 | 24.69 | 24.43 | 24.20 |
| j=6 | 24.92 | 25.32 | 25.39 | 25.72 | 25.56 | 25.48 | 25.47 | 25.11 | 24.75 | 24.39 | 24.12 |
| j=5 | 25.33 | 25.63 | 25.67 | 26.08 | 25.83 | 25.68 | 25.59 | 25.22 | 24.73 | 24.22 | 23.94 |
| j=4 | 25.59 | 25.99 | 25.77 | 26.50 | 26.02 | 25.79 | 25.81 | 25.34 | 24.62 | 23.91 | 23.66 |
| j=3 | 24.08 | 26.66 | 25.73 | 26.67 | 26.04 | 25.69 | 25.62 | 25.48 | 24.37 | 23.40 | 23.30 |
| j=2 | 23.21 | 25.37 | 25.40 | 27.23 | 25.81 | 25.29 | 25.34 | 26.15 | 23.89 | 23.53 | 23.25 |
| j=1 | 27.19 | 24.11 | 24.25 | 25.97 | 24.59 | 24.00 | 23.88 | 24.44 | 23.29 | 23.89 | 28.39 |

ตารางที่ 6 ผลการคำนวณค่าอุณหภูมิ

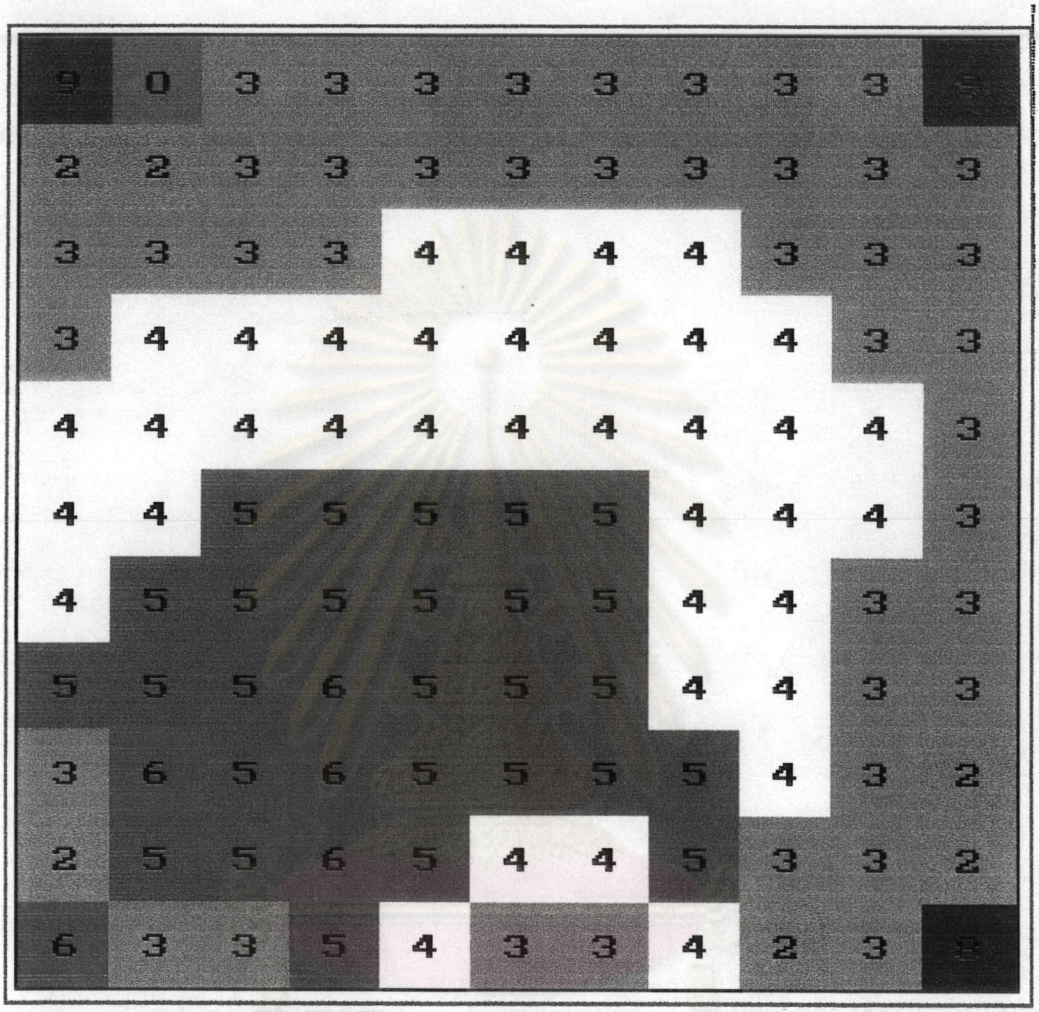
( เมื่อเพิ่มความเร็วเป็น 3.2 m/s )



รูปที่ 5 กราฟแสดงทิศทางการกระจายความเร็ว

( เมื่อเพิ่มความเร็วเป็น 3.2 m/s )

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




Max Temperature = 30.250 °C
Min Temperature = 20.453 °C
diff. temp range = 0.980 °C
Average Temperature = 24.819 °C

Average temperature each number(Celcius) :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 0=20.942 | 1=21.922 | 2=22.902 | 3=23.882 | 4=24.862 |
| 5=25.841 | 6=26.821 | 7=27.801 | 8=28.781 | 9=29.761 |

รูปที่ 6 กราฟแสดงการกระจายอุณหภูมิ

( เมื่อเพิ่มความเร็วเป็น 3.2 m/s )

Approximate Temperature

| | i=1 | i=2 | i=3 | i=4 | i=5 | i=6 | i=7 | i=8 | i=9 | i=10 | i=11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| j=11 | 29.81 | 22.05 | 24.51 | 24.65 | 24.60 | 24.43 | 24.20 | 23.93 | 24.66 | 24.63 | 30.18 |
| j=10 | 24.02 | 24.03 | 24.52 | 24.68 | 24.69 | 24.63 | 24.53 | 24.40 | 24.24 | 24.05 | 23.84 |
| j=9 | 24.61 | 24.64 | 24.86 | 24.98 | 24.99 | 24.95 | 24.87 | 24.74 | 24.59 | 24.41 | 24.25 |
| j=8 | 25.02 | 25.13 | 25.22 | 25.37 | 25.34 | 25.30 | 25.27 | 25.04 | 24.81 | 24.59 | 24.38 |
| j=7 | 25.27 | 25.62 | 25.58 | 25.75 | 25.67 | 25.58 | 25.48 | 25.23 | 24.94 | 24.64 | 24.38 |
| j=6 | 25.37 | 25.83 | 25.89 | 26.18 | 25.98 | 25.85 | 25.79 | 25.39 | 24.98 | 24.58 | 24.27 |
| j=5 | 25.74 | 26.07 | 26.11 | 26.49 | 26.21 | 26.02 | 25.88 | 25.48 | 24.94 | 24.39 | 24.06 |
| j=4 | 25.93 | 26.37 | 26.17 | 26.87 | 26.36 | 26.10 | 26.08 | 25.56 | 24.80 | 24.06 | 23.76 |
| j=3 | 24.23 | 26.98 | 26.08 | 27.00 | 26.34 | 25.96 | 25.86 | 25.68 | 24.54 | 24.52 | 23.69 |
| j=2 | 24.37 | 25.65 | 25.71 | 27.52 | 26.09 | 25.53 | 25.55 | 26.32 | 24.03 | 24.64 | 23.87 |
| j=1 | 27.12 | 24.37 | 24.52 | 26.24 | 24.83 | 24.22 | 24.07 | 24.59 | 24.41 | 24.98 | 28.36 |

ตารางที่ 7 ผลการคำนวณค่าอุณหภูมิ

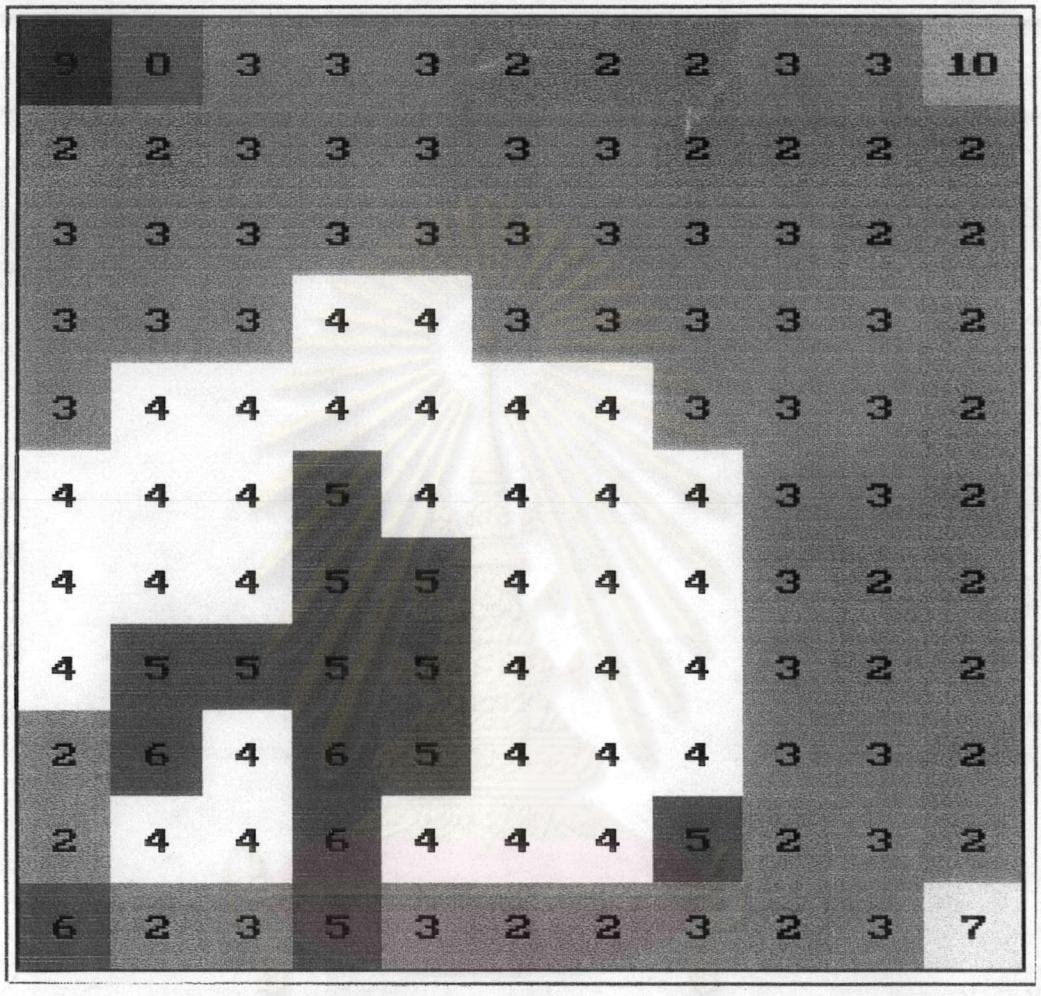
( เมื่อเพิ่มความเร็วเป็น 3.2 m/s ไม่เพิ่มขนาดทำความเย็น)

Approximate Temperature

| | i=1 | i=2 | i=3 | i=4 | i=5 | i=6 | i=7 | i=8 | i=9 | i=10 | i=11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| j=11 | 30.22 | 20.25 | 24.15 | 24.42 | 24.44 | 24.30 | 24.07 | 23.80 | 23.52 | 23.94 | 30.23 |
| j=10 | 23.37 | 23.37 | 24.16 | 24.46 | 24.54 | 24.53 | 24.46 | 24.35 | 24.20 | 23.99 | 23.74 |
| j=9 | 24.26 | 24.29 | 24.64 | 24.86 | 24.93 | 24.94 | 24.89 | 24.78 | 24.62 | 24.43 | 24.24 |
| j=8 | 24.91 | 25.02 | 25.17 | 25.40 | 25.40 | 25.39 | 25.40 | 25.15 | 24.91 | 24.66 | 24.40 |
| j=7 | 25.43 | 25.72 | 25.68 | 25.90 | 25.84 | 25.77 | 25.69 | 25.41 | 25.09 | 24.75 | 24.42 |
| j=6 | 25.74 | 26.07 | 26.12 | 26.47 | 26.24 | 26.12 | 26.09 | 25.64 | 25.18 | 24.71 | 24.32 |
| j=5 | 26.04 | 26.45 | 26.43 | 26.85 | 26.55 | 26.35 | 26.22 | 25.77 | 25.16 | 24.52 | 24.10 |
| j=4 | 25.72 | 27.00 | 26.58 | 27.32 | 26.75 | 26.47 | 26.49 | 25.89 | 25.03 | 24.17 | 23.79 |
| j=3 | 23.40 | 27.78 | 26.63 | 27.47 | 26.74 | 26.33 | 26.23 | 26.05 | 24.74 | 23.57 | 23.40 |
| j=2 | 24.15 | 26.11 | 26.20 | 28.09 | 26.44 | 25.81 | 25.88 | 26.83 | 24.16 | 22.55 | 22.39 |
| j=1 | 26.96 | 24.57 | 24.71 | 26.45 | 24.85 | 24.16 | 24.02 | 24.66 | 23.19 | 22.58 | 28.44 |

ตารางที่ 8 ผลการคำนวณค่าอุณหภูมิ

( เมื่อเพิ่มขนาดทำความเย็นที่ความเร็ว 2.7 m/s )



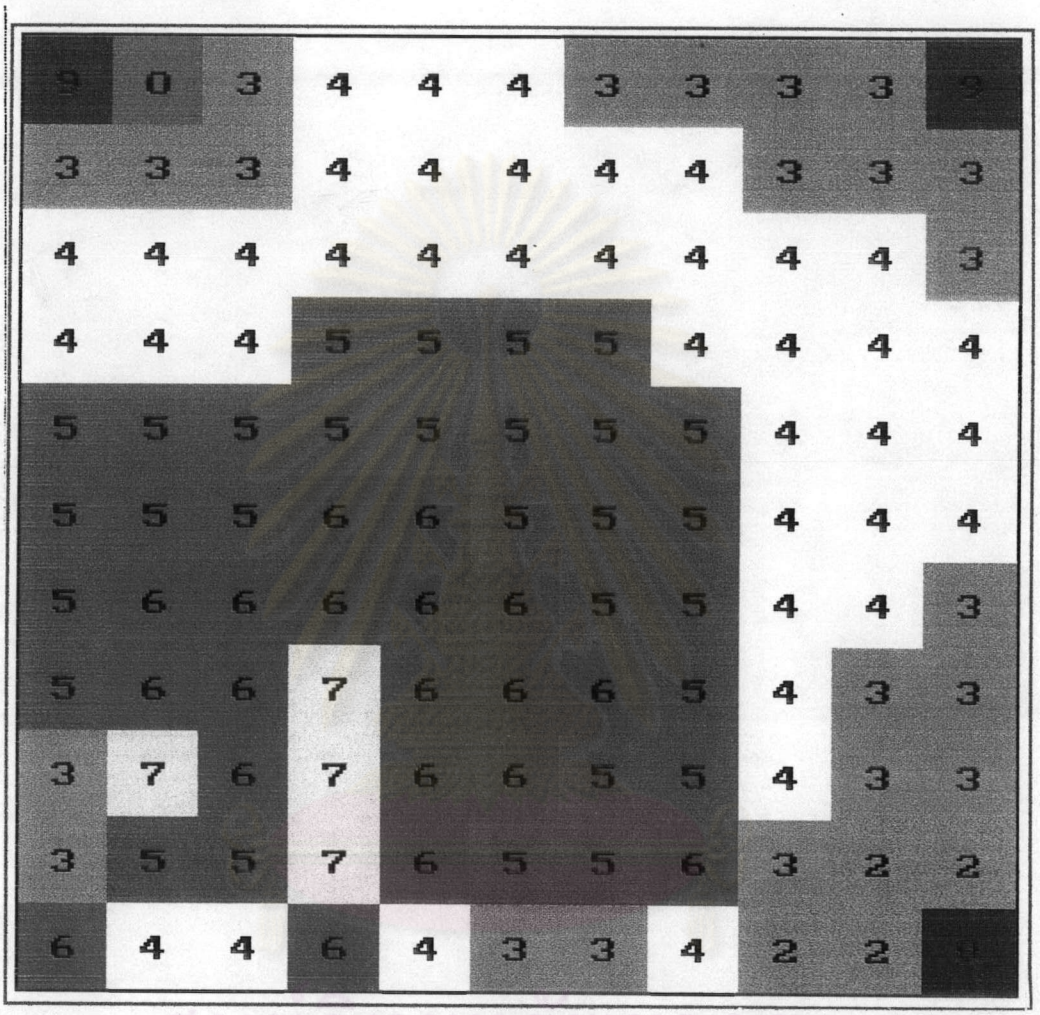

Max Temperature = 30.182 °C
Min Temperature = 22.047 °C
diff. temp range = 0.814 °C
Average Temperature = 25.225 °C

Average temperature each number(Celcius) :

0=22.454 1=23.267 2=24.081 3=24.894 4=25.708
5=26.521 6=27.335 7=28.148 8=28.962 9=29.776
10=30.589

รูปที่ 7 กราฟแสดงการกระจายอุณหภูมิ

( เมื่อเพิ่มความเร็วเป็น 3.2 m/s ไม่เพิ่มขนาดทำความเย็น )




Max Temperature = 30.230 °C
Min Temperature = 20.248 °C
diff. temp range = 0.998 °C
Average Temperature = 25.230 °C

Average temperature each number(Celcius) :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 0=20.748 | 1=21.746 | 2=22.744 | 3=23.742 | 4=24.740 |
| 5=25.738 | 6=26.736 | 7=27.735 | 8=28.733 | 9=29.731 |

รูปที่ 8 กราฟแสดงการกระจายอุณหภูมิ

( เมื่อเพิ่มขนาดทำความเย็นที่ความเร็ว 2.7 m/s )

จากผลการคำนวณเมื่อทำการเปลี่ยนค่าของความเร็วลมที่ตำแหน่งติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้นเป็น 3.2 เมตรต่อวินาที ค่าของความเร็วลมภายในบริเวณพื้นที่ปรับอากาศจะเพิ่มขึ้นจากผลการคำนวณค่าของความเร็วที่บริเวณกลางห้องจากตารางที่ 5 จะมีค่าของความเร็วอยู่ในช่วง 0.03-0.33 เมตรต่อวินาที จากการเพิ่มขึ้นของความเร็วนี้ เมื่อนำมาพิจารณาการกระจายของอุณหภูมิจากตารางที่ 7 อุณหภูมิที่คำนวณได้จะมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับค่าของอุณหภูมิที่ความเร็ว 2.7 เมตรต่อวินาที และเมื่อเพิ่มขนาดของเครื่องทำความเย็นเป็น 2 ตัน โดยที่ความเร็วอยู่ที่ 2.7 เมตรต่อวินาที จากตารางที่ 8 ค่าของอุณหภูมิจะมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับค่าอุณหภูมิของการทำความเย็นจากตาราง 4 และจากการเพิ่มขนาดของความเร็วและขนาดของเครื่องทำความเย็นจะมีผลทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจากตารางที่ 6 เมื่อเพิ่มค่าของความเร็วพร้อมกับค่าของขนาดเครื่องทำความเย็นปรากฏว่า อุณหภูมิภายในบริเวณปรับอากาศจะมีค่าลดลงอยู่ในช่วง 23.09 - 26.66 องศาเซลเซียส และมีค่าของอุณหภูมิเฉลี่ย 24.819 องศาเซลเซียส ซึ่งจากผลของการคำนวณการกระจายของอุณหภูมิที่ความเร็ว 3.2 เมตรต่อวินาที เป็นการกระจายอุณหภูมิที่ดี เนื่องจากค่าอุณหภูมิโดยเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ออกแบบ และค่าอุณหภูมิที่แตกต่างกันในแต่ละบริเวณประมาณ 1-2 องศาเซลเซียสนั้นผู้คนที่อยู่บริเวณนั้นยังรู้สึกสบาย

ดังนั้นจากผลการคำนวณจะเห็นได้ว่า ในส่วนของการกระจายความเร็วนั้นทิศทางลมที่กระจายสู่พื้นที่ปรับอากาศดังเช่น ลักษณะการกระจายของรูปที่ 1 นั้นจะมีทิศทางดังรูป เนื่องจากรูปแบบในการกำหนดตำแหน่งของความเร็วที่ใช้ในการคำนวณที่ตำแหน่งติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ซึ่งมีผลต่อการกำหนดทิศทางในการกระจายความเร็ว เมื่อมีการเพิ่มขนาดของความเร็วและขนาดของเครื่องปรับอากาศขึ้นจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่อยู่ภายในบริเวณปรับอากาศ โดยจากผลการคำนวณจะมีผลทำให้อุณหภูมิที่กระจายอยู่ภายในห้องปรับอากาศมีค่าลดลงโดยรวม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ภาคผนวก ข.
# รูปแบบจำลองที่ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## แบบจำลองใช้ในการคำนวณ

ห้องปรับอากาศภายในอาคารมีขนาดกว้าง 8 เมตร ยาว 8 เมตร สูง 3 เมตร ตั้งอยู่ที่ละติจูดที่ 14 องศาเหนือ อุณหภูมิในการออกแบบภายในที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส โดยมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ 50%โดยที่อากาศภายนอกมีอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ( อุณหภูมิกระเปาะแห้ง) และ 28 องศาเซลเซียส ( อุณหภูมิกระเปาะเปียก ) พิจารณาที่เวลา 14.00 น. โดยมีลักษณะของโครงสร้างดังนี้

กำแพงแบบ concrete h.w. หนา 0.1016 เมตร มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม U = 3.321 $\frac{w}{m^2 \circ c}$ และค่าการนำความร้อน k = 1.4$\frac{w}{m \circ c}$

เพดานหนา 0.1016 เมตร ทำด้วย คอนกรีต มีค่า U = 1.209$\frac{w}{m^2 \circ c}$

พื้นคอนกรีตหนา 0.1016 เมตร มีค่า U =1.209$\frac{w}{m^2 \circ c}$

หลอกไฟ 40 วัตต์ จำนวน 12 หลอด

คนทำงาน 15 คน

1. <u>ความร้อนที่ผ่านทางผนัง</u>

จากสมการหาค่าความร้อนที่ผ่านผนังภายในของ Ashrae

$$q = U \times A \times TD$$

โดยค่าของ TD = 11 องศาเซลเซียส ดังนั้นเมื่อแทนค่าลงในสมการจะได้ค่าความร้อนที่ผ่านผนังแต่ละด้านมีค่าดังนี้

$q_N = 3.321 \times 24 \times 11 = 876.744$ w

$q_S = 3.321 \times 24 \times 11 = 876.744$ w

$q_W = 3.321 \times 24 \times 11 = 876.744$ w

$q_E = 3.321 \times 24 \times 11 = 876.744$ w

2. <u>ความร้อนผ่านทางเพดานและพื้น</u>

ความร้อนที่ผ่านเข้ามาทางพื้น $q = U \times A \times TD$ $TD = 11 \circ c$

ดังนั้น

$q_{FLOOR} = 1.209 \times 64 \times 11 = 851.136$ w

ความร้อนผ่านทางเพดาน $q = U \times A \times TD$

ดังนั้น $q_{CELING} = 1.209 \times 64 \times 11 = 851.136$ w

3. <u>ความร้อนจากหลอดไฟ</u>

จากสมการหาค่าของความร้อนจากหลอดไฟฟูลออเรสเซนท์ของ Ashrae

q = Total light Watt x 1.2

ดังนั้น

q = 480 x 1.2 = 576 w

4. <u>ความร้อนจากบุคคล</u>

จากสมการของ Ashrae

q = จำนวนคน x ตัวประกอบความร้อนสัมผัส

จากตารางมีค่าความร้อนสัมผัส(sensible heat gain) = 65 watts และ ความร้อนแฝง (laten heat gain)= 55 watts ดังนั้น

$q_S$ = 15 x 65 = 975 w

$q_L$ = 15 x 55 = 825 w

5. <u>ความร้อนจากอากาศถ่ายเท</u>

จากตาราง Ashrae อัตราอากาศถ่ายเทสำหรับห้องเท่ากับ 7 L/s ต่อคน

จากสมการหาค่าความร้อนจากอากาศถ่ายเทของ Ashrae

$q_S$ = 1.232 x (L/s) x TD

$q_L$ = 3012 x (L/s) x $\Delta w$

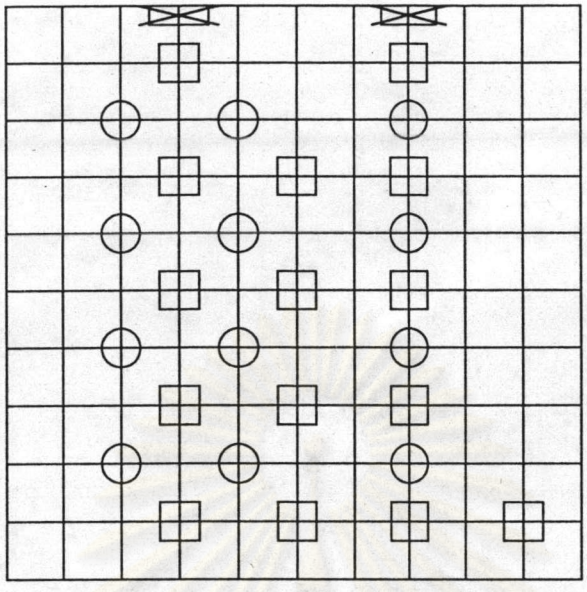
อัตราการถ่ายเทอากาศ 15x7 = 105 L/s TD = 11 องศาเซลเซียส และ ค่าความแตกต่างของอัตราส่วนความชื้นของอากาศภายในและนอก $\Delta w$ = 0.0118 แทนในสมการจะได้

$q_S$ = 1.232 x (105) x 11 = 1422.96 w

$q_L$ = 3012 x (105) x 0.0118 = 3731.868 w

ภาระความร้อนทั้งหมด = 12740.076 w

ใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 7331.37 w 2 เครื่อง



หลอดไฟ

บุคคล

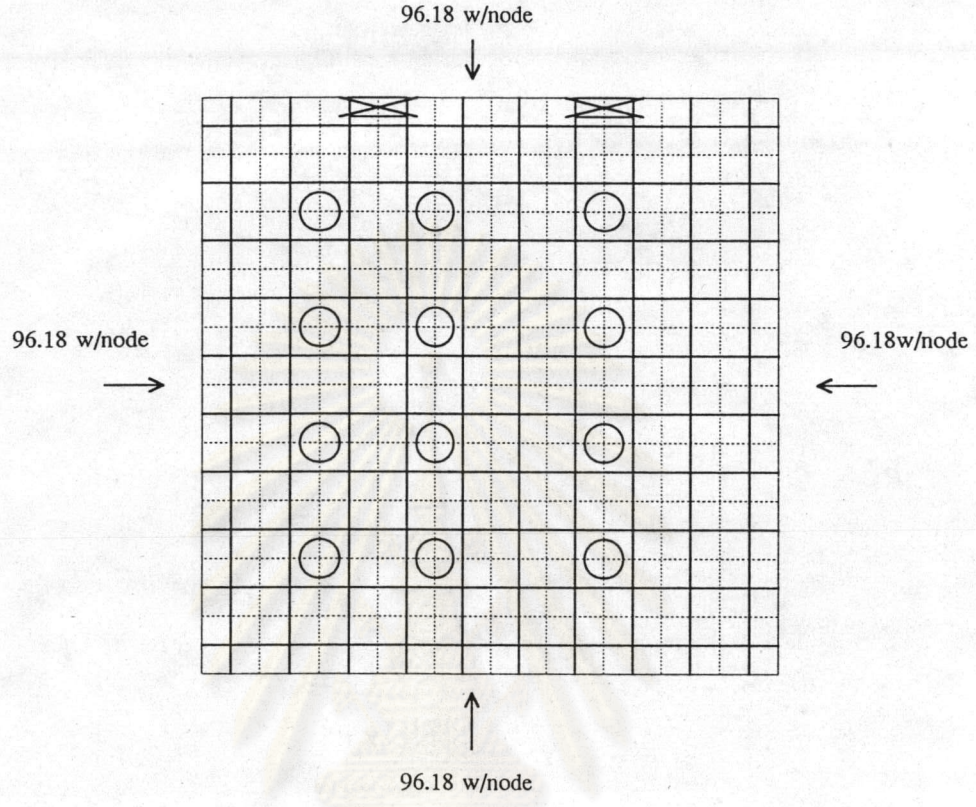
ตำแหน่งติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

N

ภาพแสดงตำแหน่งของโหลดความร้อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

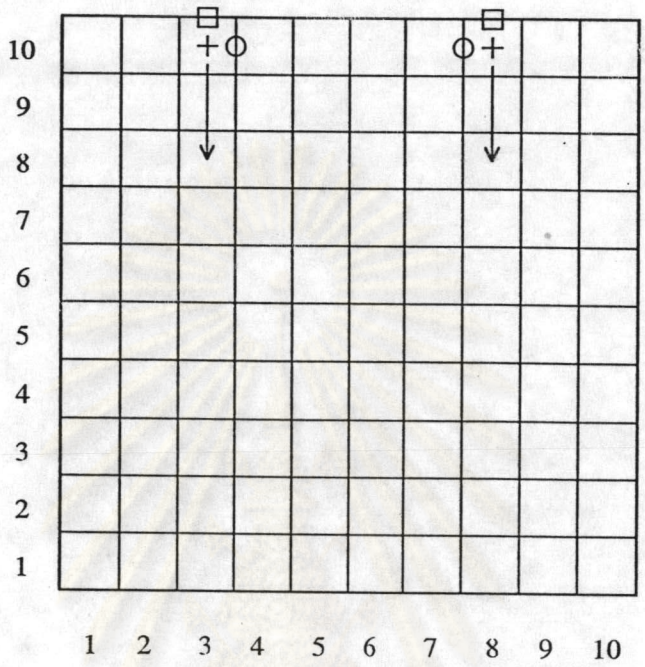
ปริมาณความร้อนที่เข้าสู่แต่ละโหนดแสดงได้ดังนี้




บริเวณโหนดภายในจะมีปริมาณความร้อนเฉลี่ยจากพื้นและเพดานต่อโหนดเท่ากับ 17.02 w/node ที่บริเวณหลอดไฟมีค่าความร้อนเท่ากับ 48 w/node และบุคคลมีค่าความร้อนเท่ากับ 120 w/node

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. ตำแหน่งระหว่างกลาง กำหนดให้ที่ตำแหน่งติดตั้งเครื่องปรับอากาศมีความเร็ว 2.7 m/s และให้มีทิศทางตรงเข้าสู่บริเวณกลางห้องดังแสดงในรูปต่อไปนี้




□ ตำแหน่งของเวกเตอร์ความเร็ว v ในทิศทาง y ที่กำหนด

○ ตำแหน่งของเวกเตอร์ความเร็ว u ในทิศทาง x ที่กำหนด

\+ ตำแหน่งของเวกเตอร์ลัพธ์ของความเร็วจาก u และ v ที่กำหนดมีค่า 2.7 m/s

รูปที่ ข.1 รูปแสดงตำแหน่งของความเร็วลมที่กำหนด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Distance between node in x axis = 0.800 m.
Distance between node in y axis = 0.800 m.
Area = 8.00x8.00 sq.m.
error =0.001  w =0.125

Approximate Velocity

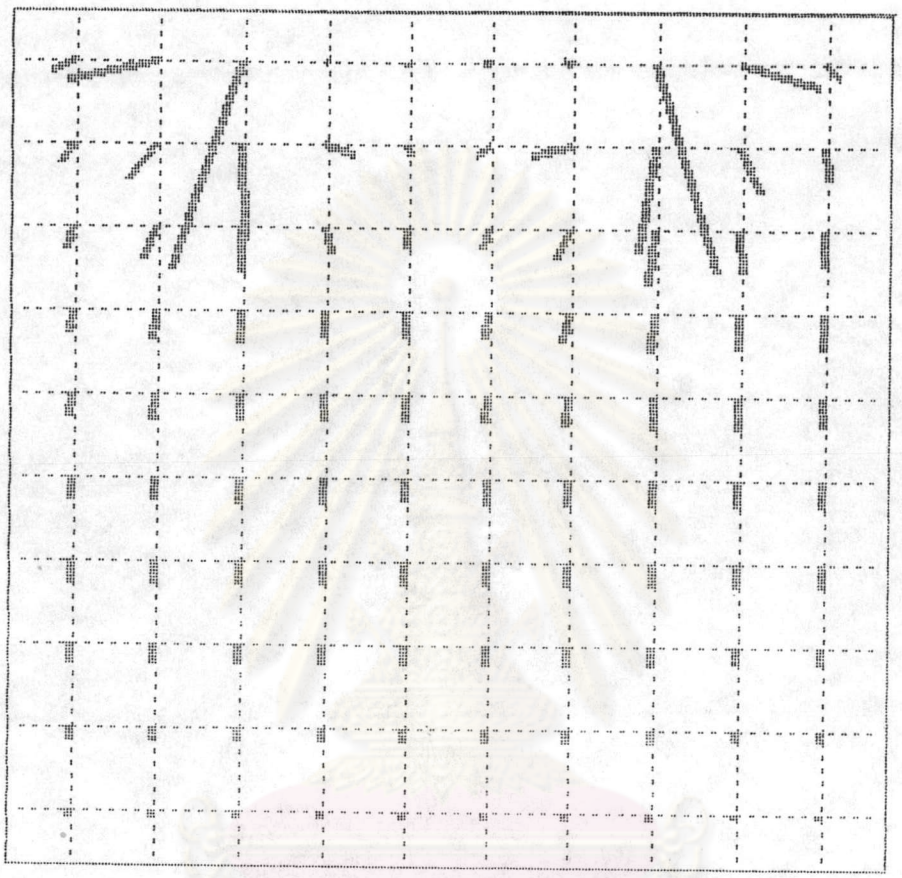
| | i=1 | i=2 | i=3 | i=4 | i=5 | i=6 | i=7 | i=8 | i=9 | i=10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| j=10 | 0.28 | 1.10 | 2.70 | 0.05 | 0.02 | 0.08 | 0.08 | 2.70 | 0.99 | 0.24 |
| j=9 | 0.28 | 0.56 | 1.21 | 0.36 | 0.12 | 0.18 | 0.47 | 1.31 | 0.59 | 0.39 |
| j=8 | 0.29 | 0.40 | 0.55 | 0.31 | 0.23 | 0.25 | 0.37 | 0.64 | 0.50 | 0.44 |
| j=7 | 0.25 | 0.30 | 0.36 | 0.30 | 0.27 | 0.29 | 0.35 | 0.44 | 0.42 | 0.40 |
| j=6 | 0.23 | 0.26 | 0.29 | 0.28 | 0.27 | 0.29 | 0.32 | 0.35 | 0.35 | 0.35 |
| j=5 | 0.22 | 0.24 | 0.25 | 0.26 | 0.26 | 0.27 | 0.28 | 0.30 | 0.30 | 0.29 |
| j=4 | 0.20 | 0.21 | 0.23 | 0.23 | 0.23 | 0.24 | 0.25 | 0.25 | 0.24 | 0.24 |
| j=3 | 0.17 | 0.18 | 0.18 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.18 | 0.17 | 0.17 |
| j=2 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
| j=1 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 |

ตารางที่ 9 ผลการคำนวณค่าความเร็ว

Approximate Temperature

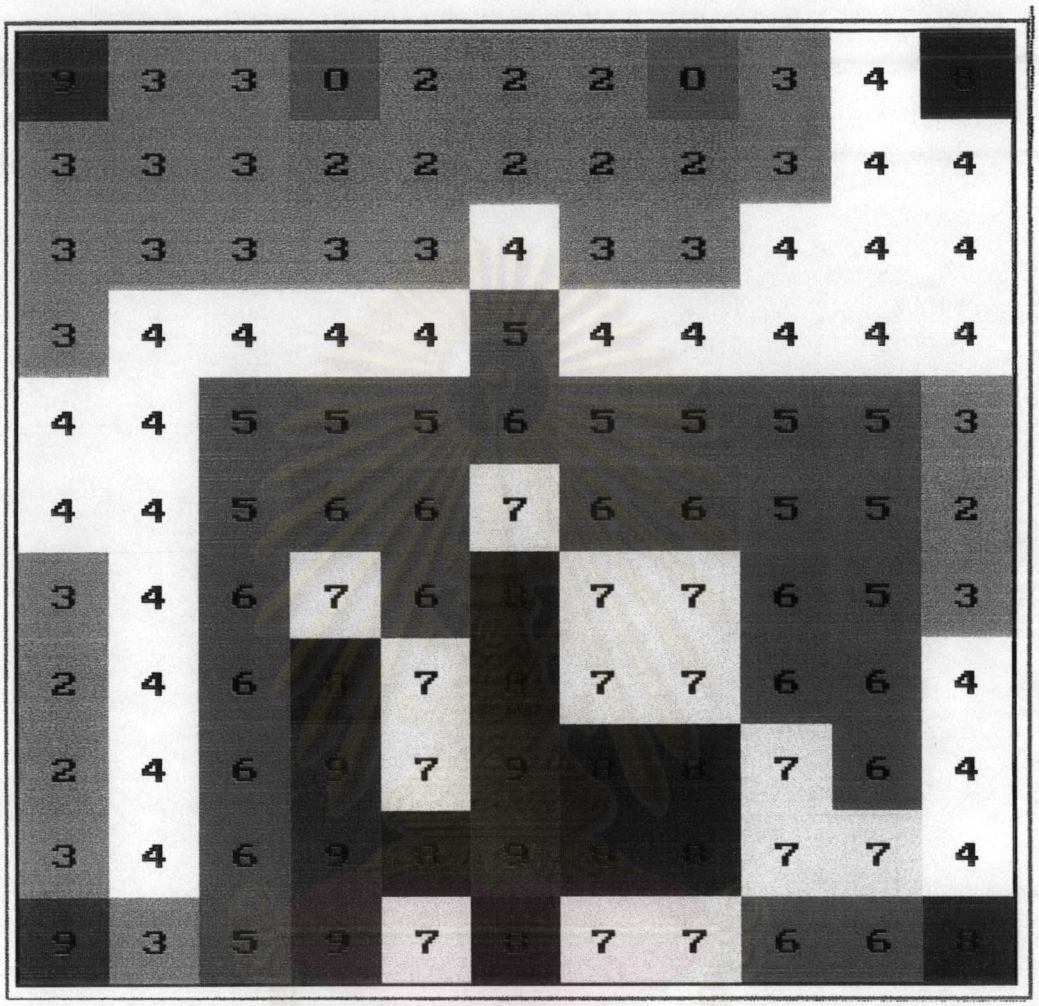
| | i=1 | i=2 | i=3 | i=4 | i=5 | i=6 | i=7 | i=8 | i=9 | i=10 | i=11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| j=11 | 29.33 | 26.59 | 26.48 | 25.05 | 26.05 | 26.07 | 26.27 | 25.30 | 26.81 | 27.01 | 29.27 |
| j=10 | 26.59 | 26.61 | 26.48 | 26.02 | 26.27 | 26.42 | 26.40 | 26.27 | 26.82 | 27.02 | 26.99 |
| j=9 | 26.75 | 26.78 | 26.79 | 26.70 | 26.79 | 26.99 | 26.93 | 26.92 | 27.08 | 27.17 | 27.08 |
| j=8 | 26.88 | 26.96 | 27.11 | 27.26 | 27.22 | 27.53 | 27.40 | 27.41 | 27.36 | 27.34 | 27.01 |
| j=7 | 26.98 | 27.11 | 27.43 | 27.75 | 27.61 | 28.01 | 27.80 | 27.83 | 27.62 | 27.51 | 26.67 |
| j=6 | 27.00 | 27.21 | 27.69 | 28.25 | 27.97 | 28.48 | 28.14 | 28.24 | 27.88 | 27.69 | 26.42 |
| j=5 | 26.83 | 27.22 | 27.91 | 28.66 | 28.28 | 28.86 | 28.43 | 28.55 | 28.11 | 27.87 | 26.71 |
| j=4 | 26.32 | 27.18 | 28.04 | 29.14 | 28.53 | 29.19 | 28.69 | 28.80 | 28.31 | 28.07 | 27.02 |
| j=3 | 26.14 | 27.10 | 28.11 | 29.47 | 28.73 | 29.32 | 28.90 | 28.92 | 28.46 | 28.27 | 27.21 |
| j=2 | 26.70 | 26.99 | 28.00 | 29.79 | 28.84 | 29.40 | 28.99 | 29.01 | 28.52 | 28.50 | 27.30 |
| j=1 | 29.62 | 26.80 | 27.77 | 29.51 | 28.61 | 29.18 | 28.79 | 28.83 | 28.35 | 28.33 | 29.14 |

ตารางที่ 10 ผลการคำนวณค่าอุณหภูมิ



รูปที่ 9 กราฟแสดงทิศทางการกระจายความเร็ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



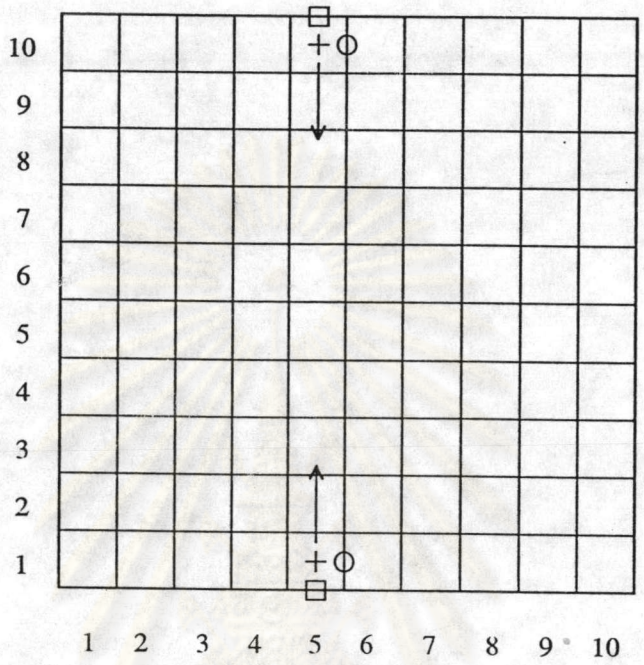

Max Temperature = 29.788 °C
Min Temperature = 25.045 °C
diff. temp range = 0.474 °C
Average Temperature = 27.630 °C

Average temperature each number(Celcius) :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 0=25.283 | 1=25.757 | 2=26.231 | 3=26.705 | 4=27.180 |
| 5=27.654 | 6=28.128 | 7=28.602 | 8=29.077 | 9=29.551 |

รูปที่ 10 กราฟแสดงการกระจายอุณหภูมิ

2. ตำแหน่งตรงข้ามกัน กำหนดให้ที่ตำแหน่งติดตั้งเครื่องปรับอากาศมีความเร็ว 2.7 m/s และให้มีทิศทางตรงเข้าสู่บริเวณกลางห้องดังแสดงในรูปต่อไปนี้




□ ตำแหน่งของเวกเตอร์ความเร็ว v ในทิศทาง y ที่กำหนด

○ ตำแหน่งของเวกเตอร์ความเร็ว u ในทิศทาง x ที่กำหนด

+ ตำแหน่งของเวกเตอร์ลัพธ์ของความเร็วจาก u และ v ที่กำหนดมีค่า 2.7 m/s

รูปที่ ข.2 รูปแสดงตำแหน่งของความเร็วลมที่กำหนด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Distance between node in x axis = 0.800 m.
Distance between node in y axis = 0.800 m.
Area = 8.00x8.00 sq.m.
error =0.001  w =0.125

Approximate Velocity

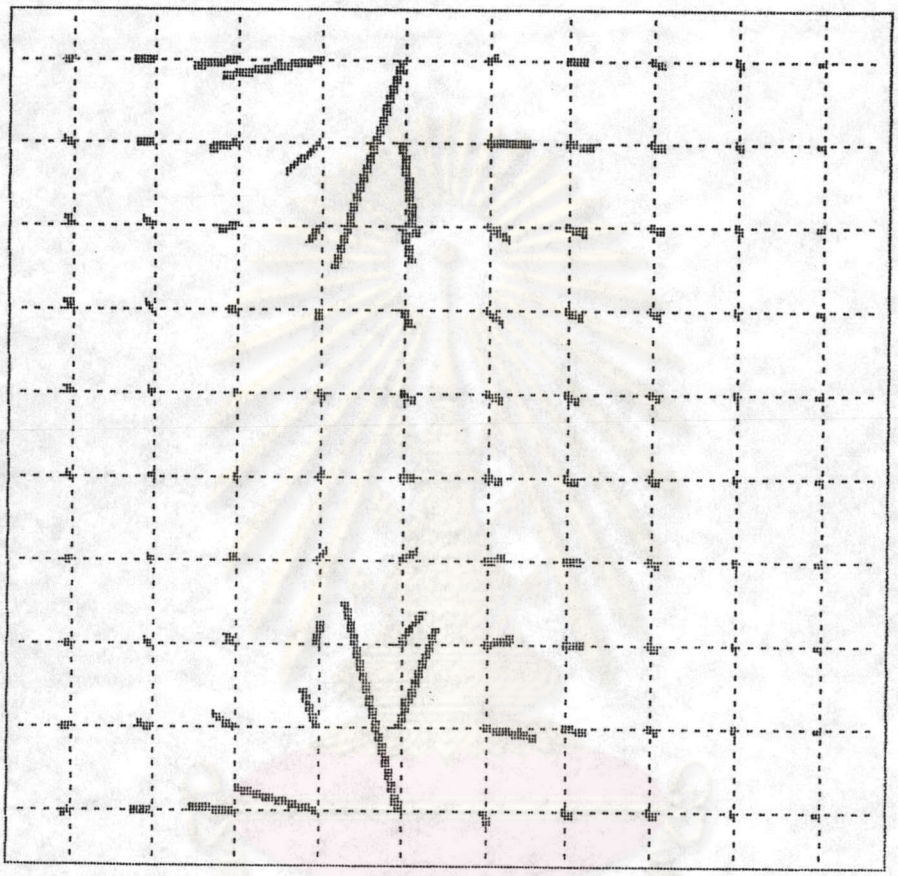
| | i=1 | i=2 | i=3 | i=4 | i=5 | i=6 | i=7 | i=8 | i=9 | i=10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| j=10 | 0.07 | 0.23 | 0.51 | 1.20 | 2.70 | 0.16 | 0.25 | 0.18 | 0.09 | 0.02 |
| j=9 | 0.08 | 0.18 | 0.32 | 0.50 | 1.15 | 0.58 | 0.34 | 0.19 | 0.09 | 0.03 |
| j=8 | 0.13 | 0.14 | 0.16 | 0.22 | 0.43 | 0.35 | 0.28 | 0.18 | 0.09 | 0.03 |
| j=7 | 0.13 | 0.11 | 0.05 | 0.09 | 0.23 | 0.27 | 0.23 | 0.16 | 0.08 | 0.03 |
| j=6 | 0.09 | 0.07 | 0.04 | 0.08 | 0.18 | 0.23 | 0.20 | 0.14 | 0.07 | 0.03 |
| j=5 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.12 | 0.20 | 0.23 | 0.19 | 0.13 | 0.07 | 0.03 |
| j=4 | 0.03 | 0.05 | 0.10 | 0.19 | 0.27 | 0.27 | 0.21 | 0.14 | 0.07 | 0.02 |
| j=3 | 0.03 | 0.08 | 0.16 | 0.31 | 0.52 | 0.37 | 0.25 | 0.15 | 0.07 | 0.02 |
| j=2 | 0.05 | 0.15 | 0.27 | 0.52 | 1.33 | 0.69 | 0.29 | 0.15 | 0.07 | 0.02 |
| j=1 | 0.06 | 0.22 | 0.50 | 1.04 | 2.70 | 0.17 | 0.15 | 0.12 | 0.06 | 0.02 |

ตารางที่ 11 ผลการคำนวณค่าความเร็ว

Approximate Temperature

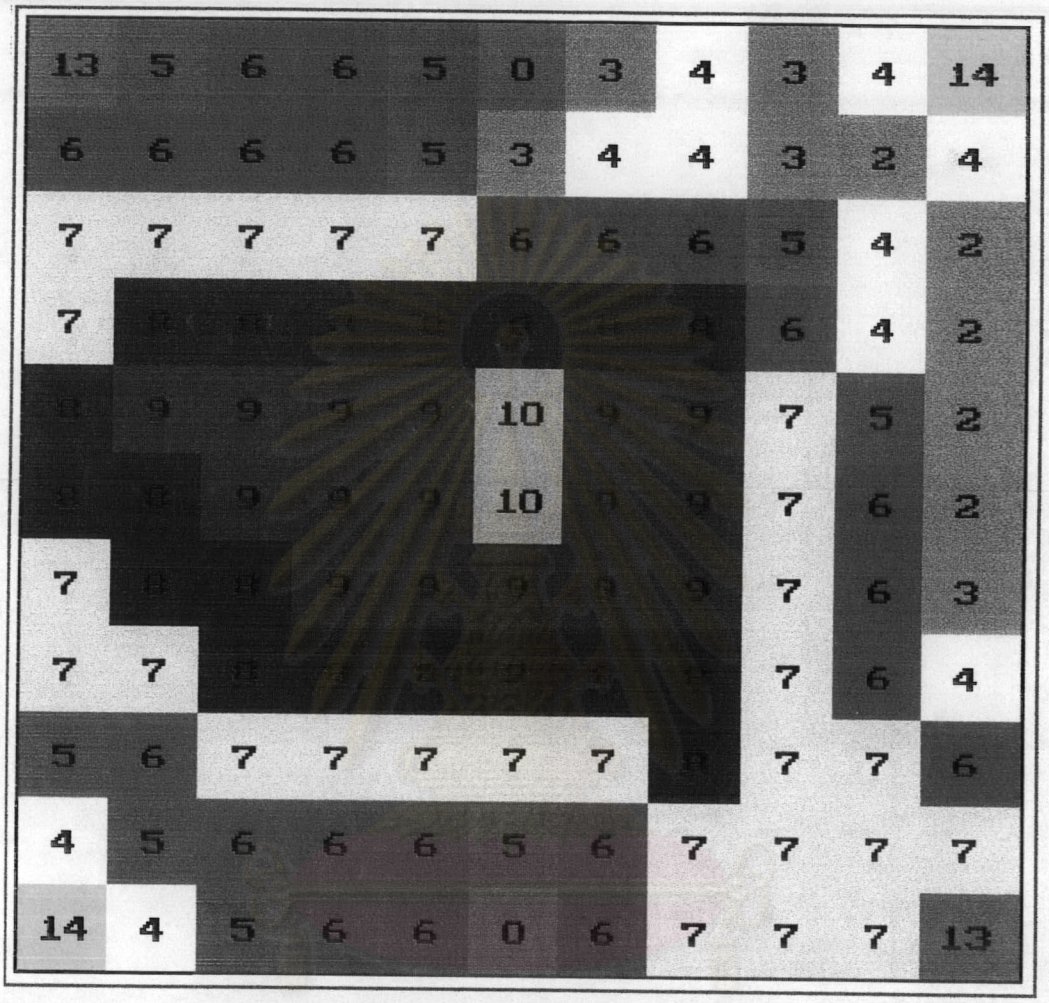
| | i=1 | i=2 | i=3 | i=4 | i=5 | i=6 | i=7 | i=8 | i=9 | i=10 | i=11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| j=11 | 29.24 | 27.11 | 27.33 | 27.38 | 27.22 | 25.72 | 26.70 | 26.85 | 26.51 | 26.97 | 29.48 |
| j=10 | 27.33 | 27.39 | 27.43 | 27.41 | 27.23 | 26.70 | 26.85 | 26.88 | 26.61 | 26.33 | 26.98 |
| j=9 | 27.58 | 27.65 | 27.69 | 27.67 | 27.59 | 27.44 | 27.41 | 27.35 | 27.09 | 26.76 | 26.36 |
| j=8 | 27.79 | 27.89 | 27.96 | 28.02 | 27.99 | 28.02 | 27.97 | 28.01 | 27.49 | 27.01 | 26.48 |
| j=7 | 27.95 | 28.07 | 28.21 | 28.26 | 28.31 | 28.38 | 28.27 | 28.18 | 27.66 | 27.16 | 26.43 |
| j=6 | 27.87 | 27.99 | 28.13 | 28.27 | 28.31 | 28.40 | 28.21 | 28.30 | 27.75 | 27.28 | 26.36 |
| j=5 | 27.75 | 27.86 | 28.00 | 28.09 | 28.14 | 28.18 | 28.08 | 28.19 | 27.77 | 27.39 | 26.58 |
| j=4 | 27.55 | 27.66 | 27.81 | 27.93 | 27.92 | 27.95 | 27.91 | 28.03 | 27.77 | 27.50 | 27.02 |
| j=3 | 27.26 | 27.43 | 27.60 | 27.64 | 27.64 | 27.62 | 27.73 | 27.84 | 27.74 | 27.61 | 27.36 |
| j=2 | 26.77 | 27.11 | 27.34 | 27.49 | 27.37 | 27.08 | 27.54 | 27.71 | 27.71 | 27.71 | 27.56 |
| j=1 | 29.63 | 26.97 | 27.10 | 27.36 | 27.32 | 25.97 | 27.53 | 27.69 | 27.67 | 27.65 | 29.18 |

ตารางที่ 12 ผลการคำนวณค่าอุณหภูมิ



รูปที่ 11 กราฟแสดงทิศทางการกระจายความเร็ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




Max Temperature = 29.630 °C
Min Temperature = 25.717 °C
diff. temp range = 0.261 °C
Average Temperature = 27.575 °C

Average temperature each number(Celcius) :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 0=25.848 | 1=26.109 | 2=26.369 | 3=26.630 | 4=26.891 |
| 5=27.152 | 6=27.413 | 7=27.674 | 8=27.934 | 9=28.195 |
| 10=28.456 | 11=28.717 | 12=28.978 | 13=29.239 | 14=29.499 |

**รูปที่ 12 กราฟแสดงการกระจายอุณหภูมิ**

จากผลของการคำนวณหาค่าการกระจายของอุณหภูมิและความเร็วของอากาศที่กระจายอยู่ภายในบริเวณพื้นที่ปรับอากาศของรูปแบบจำลองที่ 2 เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งติดตั้งเครื่องปรับอากาศตามผลการคำนวณจะเห็นได้ว่า ลักษณะการกระจายลมของการติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ตำแหน่งที่ 1 (ตำแหน่งระหว่างกลาง) จากภาพแสดงทิศทางการกระจายของความเร็วรูปที่ 9 จะมีการกระจายที่ค่อนข้างสม่ำเสมอเช่นเดียวกันกับที่ตำแหน่งที่ 2 (ตำแหน่งตรงข้ามกัน) จากรูปที่ 11 ถ้าพิจารณาจากตำแหน่งการติดตั้งแล้วที่ตำแหน่งติดตั้งตรงข้ามกันน่าจะดีกว่า เนื่องจากตำแหน่งของการทำความเย็นกระจายอยู่ใกล้กับโหลดความร้อนมากกว่า ซึ่งจะมีผลในการทำให้อุณหภูมิใกล้เคียงลดลง และจากตำแหน่งที่ติดตั้งจะเห็นว่าทิศทางของการกระจายลมจะเฉียงเล็กน้อยแทนที่จะตรงดิ่งสู่กลางห้อง เนื่องจากการกำหนดตำแหน่งของความเร็วของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจะมีผลต่อการกำหนดทิศทางของความเร็วลม ส่วนลักษณะของการกระจายของความเร็วจะลดลงตามระยะทางที่มีการเปลี่ยนแปลงไป โหนดที่อยู่ห่างจากตำแหน่งติดตั้งเครื่องปรับอากาศจะมีค่าความเร็วลมต่ำกว่าโหนดที่อยู่ใกล้บริเวณติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

ผลของการกระจายอุณหภูมิที่ตำแหน่งติดตั้งเครื่องปรับอากาศระหว่างกลางภายในบริเวณกลางพื้นที่ปรับอากาศจากตารางที่ 10 จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 27.63 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาที่ตำแหน่งตรงข้ามกันจะมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 27.57 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเห็นว่าการกระจายของอุณหภูมิของการติดตั้งตำแหน่งตรงข้ามกันจะดีกว่า และจากผลการคำนวณนี้จะเห็นว่า ในบริเวณที่มีโหลดความร้อนน้อยจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณที่มีโหลดความร้อนมากกว่า เนื่องจากตำแหน่งของโหลดความร้อนวางอยู่กระจายทั่วบริเวณ ดังนั้นลักษณะของการกระจายของอุณหภูมิจะกระจายอยู่ใกล้เคียงกัน

จากตำแหน่งที่พิจารณาเลือกติดตั้งเครื่องปรับอากาศได้ทำการเปลี่ยนแปลงขนาดของความเร็วจาก 2.7 m/s เป็น 3.2 m/s และเพิ่มขนาดของเครื่องปรับอากาศขึ้น พร้อมกับพิจารณาการเปลี่ยนแปลงที่ขึ้น โดยกำหนดให้มีทิศทางลมเข้าสู่บริเวณกลางห้อง ผลการคำนวณดังแสดงในตารางต่อไปนี้

Distance between node in x axis = 0.800 m.
Distance between node in y axis = 0.800 m.
Area = 8.00x8.00 sq.m.
error =0.001  w =0.125

Approximate Velocity

| | i=1 | i=2 | i=3 | i=4 | i=5 | i=6 | i=7 | i=8 | i=9 | i=10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| j=10 | 0.09 | 0.29 | 0.63 | 1.45 | 3.20 | 0.15 | 0.23 | 0.17 | 0.08 | 0.02 |
| j=9 | 0.08 | 0.23 | 0.41 | 0.64 | 1.33 | 0.56 | 0.31 | 0.18 | 0.08 | 0.02 |
| j=8 | 0.10 | 0.16 | 0.24 | 0.31 | 0.44 | 0.29 | 0.25 | 0.16 | 0.08 | 0.02 |
| j=7 | 0.18 | 0.19 | 0.18 | 0.11 | 0.13 | 0.20 | 0.20 | 0.14 | 0.07 | 0.02 |
| j=6 | 0.28 | 0.27 | 0.21 | 0.11 | 0.11 | 0.18 | 0.17 | 0.12 | 0.06 | 0.02 |
| j=5 | 0.30 | 0.28 | 0.24 | 0.20 | 0.21 | 0.22 | 0.18 | 0.13 | 0.06 | 0.02 |
| j=4 | 0.25 | 0.26 | 0.28 | 0.31 | 0.35 | 0.30 | 0.22 | 0.14 | 0.07 | 0.02 |
| j=3 | 0.19 | 0.23 | 0.32 | 0.48 | 0.68 | 0.45 | 0.28 | 0.16 | 0.08 | 0.02 |
| j=2 | 0.11 | 0.21 | 0.37 | 0.69 | 1.64 | 0.82 | 0.34 | 0.18 | 0.08 | 0.02 |
| j=1 | 0.07 | 0.25 | 0.58 | 1.21 | 3.20 | 0.19 | 0.17 | 0.14 | 0.07 | 0.02 |

ตารางที่ 13 ผลการคำนวณค่าความเร็ว

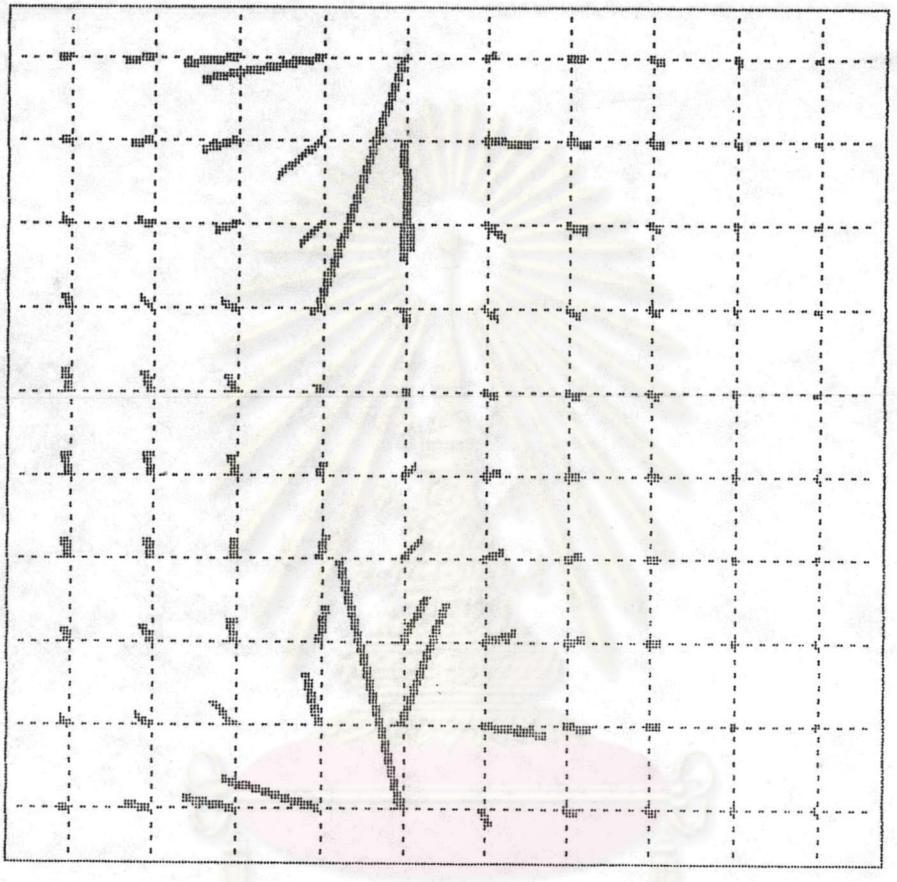
( เมื่อเพิ่มความเร็วเป็น 3.2 m/s )

Approximate Temperature

| | i=1 | i=2 | i=3 | i=4 | i=5 | i=6 | i=7 | i=8 | i=9 | i=10 | i=11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| j=11 | 29.43 | 25.88 | 25.96 | 25.93 | 25.72 | 24.53 | 25.35 | 25.72 | 25.42 | 25.57 | 29.60 |
| j=10 | 25.99 | 26.02 | 26.02 | 25.95 | 25.72 | 25.13 | 25.43 | 25.60 | 25.50 | 25.37 | 25.13 |
| j=9 | 26.19 | 26.24 | 26.25 | 26.20 | 26.08 | 25.91 | 25.98 | 26.06 | 25.94 | 25.75 | 25.47 |
| j=8 | 26.39 | 26.45 | 26.49 | 26.51 | 26.46 | 26.47 | 26.48 | 26.68 | 26.31 | 25.97 | 25.56 |
| j=7 | 26.57 | 26.65 | 26.73 | 26.75 | 26.78 | 26.85 | 26.77 | 26.93 | 26.47 | 26.10 | 25.46 |
| j=6 | 26.64 | 26.73 | 26.82 | 26.91 | 26.90 | 26.94 | 26.83 | 27.08 | 26.55 | 26.21 | 25.31 |
| j=5 | 26.58 | 26.66 | 26.74 | 26.77 | 26.77 | 26.79 | 26.75 | 26.96 | 26.58 | 26.30 | 25.57 |
| j=4 | 26.47 | 26.54 | 26.59 | 26.64 | 26.60 | 26.59 | 26.60 | 26.80 | 26.58 | 26.39 | 26.04 |
| j=3 | 26.32 | 26.38 | 26.43 | 26.40 | 26.35 | 26.29 | 26.43 | 26.60 | 26.55 | 26.48 | 26.32 |
| j=2 | 26.12 | 26.22 | 26.22 | 26.23 | 26.05 | 25.70 | 26.24 | 26.47 | 26.53 | 26.56 | 26.46 |
| j=1 | 29.41 | 26.09 | 25.53 | 26.11 | 26.02 | 24.61 | 26.24 | 26.46 | 26.50 | 26.52 | 29.35 |

ตารางที่ 12 ผลการคำนวณค่าอุณหภูมิ

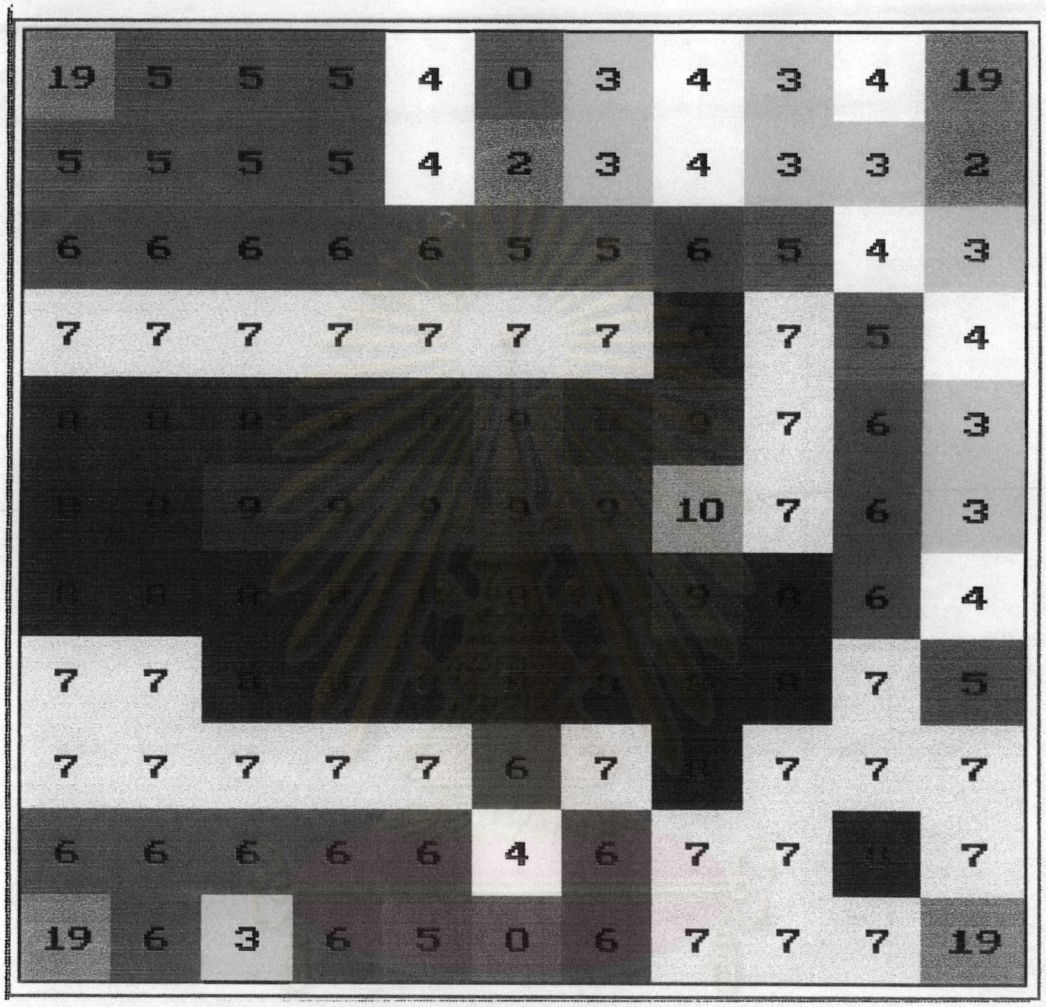
( เมื่อเพิ่มความเร็วเป็น 3.2 m/s )



รูปที่ 13 กราฟแสดงทิศทางการกระจายความเร็ว

( เมื่อเพิ่มความเร็วเป็น 3.2 m/s )

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




Max Temperature = 29.602 °C
Min Temperature = 24.530 °C
diff. temp range = 0.254 °C
Average Temperature = 26.350 °C

Average temperature each number(Celcius) :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 0=24.657 | 1=24.910 | 2=25.164 | 3=25.418 | 4=25.671 |
| 5=25.925 | 6=26.178 | 7=26.432 | 8=26.686 | 9=26.939 |
| 10=27.193 | 11=27.446 | 12=27.700 | 13=27.954 | 14=28.207 |
| 15=28.461 | 16=28.714 | 17=28.968 | 18=29.222 | 19=29.475 |

รูปที่ 14 กราฟแสดงการกระจายอุณหภูมิ

( เมื่อเพิ่มความเร็วเป็น 3.2 m/s )

Approximate Temperature

| | i=1 | i=2 | i=3 | i=4 | i=5 | i=6 | i=7 | i=8 | i=9 | i=10 | i=11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| j=11 | 29.24 | 27.10 | 27.23 | 27.26 | 27.11 | 25.84 | 26.64 | 26.95 | 26.62 | 26.94 | 29.49 |
| j=10 | 27.24 | 27.28 | 27.31 | 27.28 | 27.12 | 26.66 | 26.77 | 26.78 | 26.54 | 26.67 | 26.95 |
| j=9 | 27.42 | 27.48 | 27.52 | 27.50 | 27.41 | 27.27 | 27.25 | 27.22 | 26.98 | 26.67 | 26.29 |
| j=8 | 27.58 | 27.67 | 27.73 | 27.77 | 27.74 | 27.76 | 27.71 | 27.84 | 27.35 | 26.88 | 26.33 |
| j=7 | 27.72 | 27.83 | 27.93 | 27.97 | 28.01 | 28.09 | 28.00 | 28.10 | 27.52 | 27.02 | 26.54 |
| j=6 | 27.77 | 27.88 | 27.99 | 28.10 | 28.11 | 28.16 | 28.06 | 28.26 | 27.60 | 27.14 | 26.90 |
| j=5 | 27.71 | 27.81 | 27.91 | 27.96 | 27.99 | 28.02 | 27.98 | 28.14 | 27.64 | 27.25 | 26.27 |
| j=4 | 27.60 | 27.69 | 27.77 | 27.84 | 27.83 | 27.85 | 27.84 | 27.97 | 27.64 | 27.36 | 26.90 |
| j=3 | 27.44 | 27.53 | 27.61 | 27.63 | 27.61 | 27.58 | 27.68 | 27.77 | 27.63 | 27.46 | 27.25 |
| j=2 | 27.23 | 27.35 | 27.40 | 27.47 | 27.37 | 27.13 | 27.52 | 27.65 | 27.61 | 27.56 | 27.44 |
| j=1 | 29.24 | 27.19 | 26.65 | 27.29 | 27.32 | 25.92 | 27.52 | 27.64 | 27.58 | 27.51 | 29.20 |

ตารางที่ 15 ผลการคำนวณค่าอุณหภูมิ

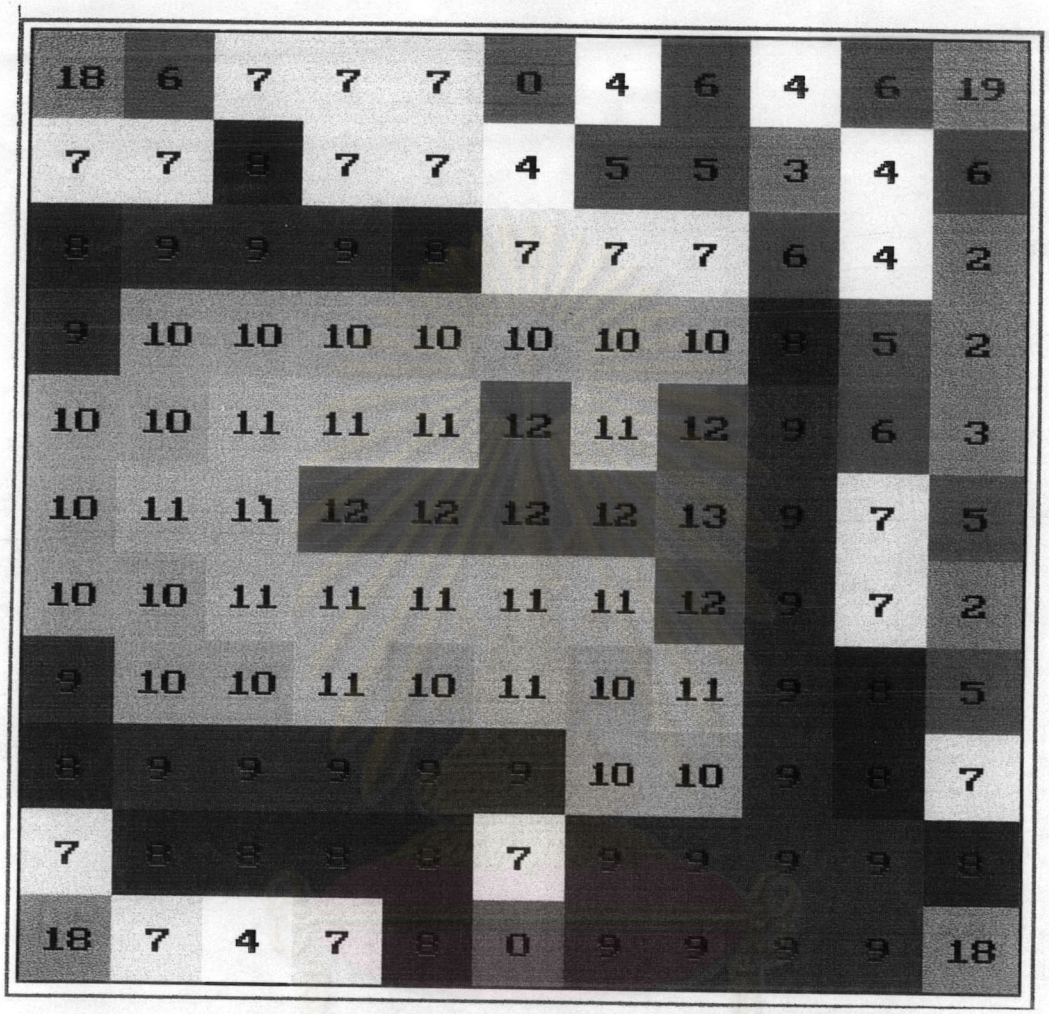
( เมื่อเพิ่มความเร็วเป็น 3.2 m/s ไม่เพิ่มขนาดทำความเย็น)

Approximate Temperature

| | i=1 | i=2 | i=3 | i=4 | i=5 | i=6 | i=7 | i=8 | i=9 | i=10 | i=11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| j=11 | 29.39 | 26.13 | 26.26 | 26.24 | 26.00 | 24.00 | 25.55 | 25.05 | 26.69 | 24.69 | 29.58 |
| j=10 | 26.29 | 26.33 | 26.33 | 26.26 | 26.00 | 25.31 | 25.65 | 25.82 | 26.70 | 25.55 | 25.28 |
| j=9 | 26.56 | 26.62 | 26.64 | 26.58 | 26.44 | 26.25 | 26.30 | 26.34 | 26.19 | 25.97 | 25.67 |
| j=8 | 26.84 | 26.92 | 26.96 | 26.98 | 26.91 | 26.91 | 26.91 | 27.02 | 26.60 | 26.23 | 25.82 |
| j=7 | 27.09 | 27.19 | 27.30 | 27.29 | 27.29 | 27.36 | 27.25 | 27.20 | 26.77 | 26.38 | 25.81 |
| j=6 | 27.00 | 27.11 | 27.21 | 27.31 | 27.32 | 27.38 | 27.16 | 27.30 | 26.85 | 26.48 | 25.76 |
| j=5 | 26.87 | 26.96 | 27.07 | 27.12 | 27.13 | 27.14 | 27.02 | 27.18 | 26.86 | 26.58 | 25.93 |
| j=4 | 26.67 | 26.76 | 26.86 | 26.94 | 26.89 | 26.87 | 26.83 | 27.02 | 26.85 | 26.67 | 26.28 |
| j=3 | 26.39 | 26.53 | 26.65 | 26.63 | 26.57 | 26.49 | 26.63 | 26.82 | 26.81 | 26.76 | 26.55 |
| j=2 | 25.95 | 26.22 | 26.39 | 26.46 | 26.23 | 25.79 | 26.40 | 26.69 | 26.78 | 26.85 | 26.72 |
| j=1 | 29.67 | 26.85 | 26.21 | 26.36 | 26.20 | 24.28 | 26.40 | 26.67 | 26.74 | 26.79 | 29.31 |

ตารางที่ 16 ผลการคำนวณค่าอุณหภูมิ

( เมื่อเพิ่มขนาดทำความเย็นที่ความเร็ว 2.7 m/s )



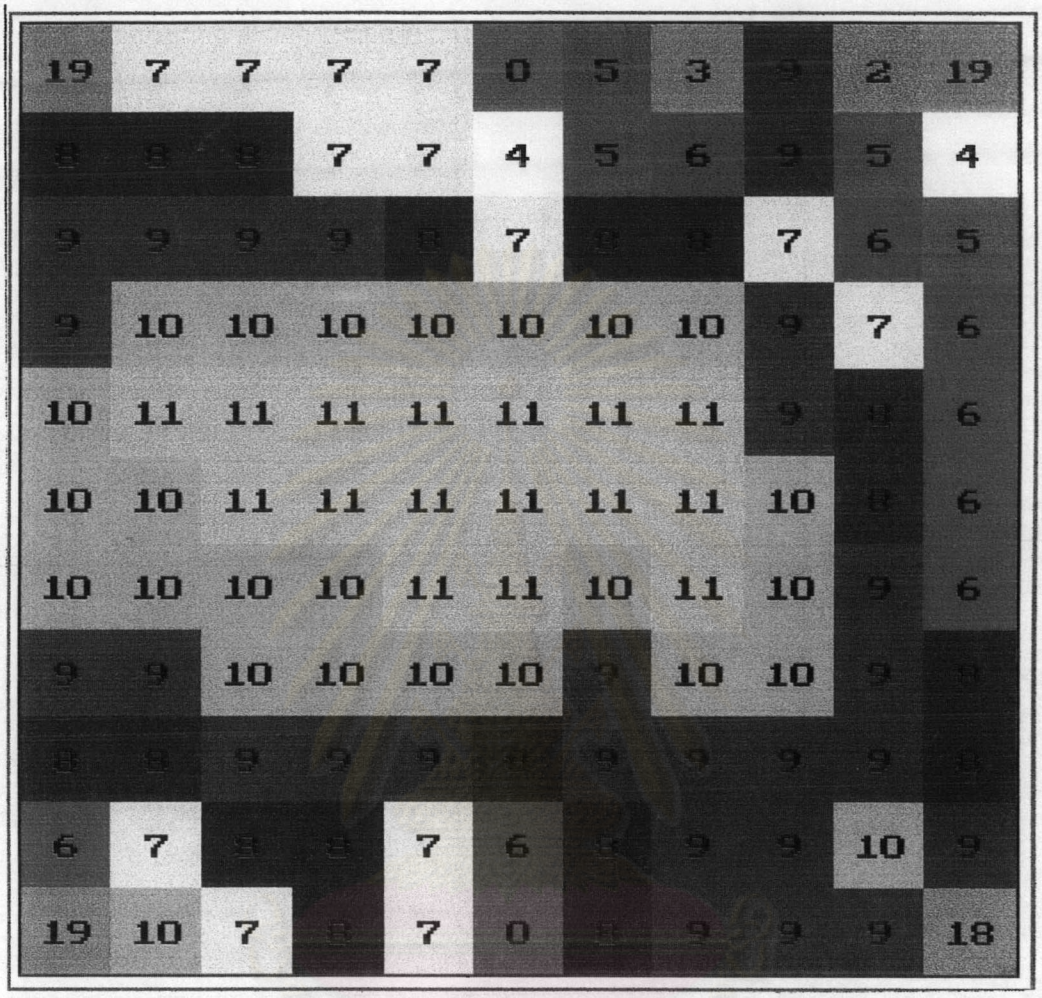

Max Temperature = 29.487 °C
Min Temperature = 25.835 °C
diff. temp range = 0.183 °C
Average Temperature = 27.488 °C

Average temperature each number(Celcius) :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 0=25.927 | 1=26.109 | 2=26.292 | 3=26.474 | 4=26.657 |
| 5=26.840 | 6=27.022 | 7=27.205 | 8=27.387 | 9=27.570 |
| 10=27.753 | 11=27.935 | 12=28.118 | 13=28.300 | 14=28.483 |
| 15=28.666 | 16=28.848 | 17=29.031 | 18=29.213 | 19=29.396 |

**รูปที่ 15 กราฟแสดงการกระจายอุณหภูมิ**

**( เมื่อเพิ่มความเร็วเป็น 3.2 m/s ไม่เพิ่มขนาดทำความเย็น)**




Max Temperature = 29.672 °C
Min Temperature = 24.005 °C
diff. temp range = 0.283 °C
Average Temperature = 26.627 °C

Average temperature each number(Celcius) :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 0=24.147 | 1=24.430 | 2=24.713 | 3=24.997 | 4=25.280 |
| 5=25.563 | 6=25.847 | 7=26.130 | 8=26.413 | 9=26.697 |
| 10=26.980 | 11=27.263 | 12=27.547 | 13=27.830 | 14=28.113 |
| 15=28.397 | 16=28.680 | 17=28.963 | 18=29.247 | 19=29.530 |

รูปที่ 16 กราฟแสดงการกระจายอุณหภูมิ

( เมื่อเพิ่มขนาดทำความเย็นที่ความเร็ว 2.7 m/s )

จากผลการคำนวณเมื่อทำการเปลี่ยนค่าของความเร็วลมที่ตำแหน่งติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้นเป็น 3.2 เมตรต่อวินาที ค่าของความเร็วลมภายในบริเวณพื้นที่ปรับอากาศจะเพิ่มขึ้นจากผลการคำนวณค่าของความเร็วที่บริเวณกลางห้องดังแสดงไว้ในตารางที่ 13 จากการเพิ่มขึ้นของความเร็วนี้ เมื่อนำมาพิจารณาการกระจายของอุณหภูมิจากตารางที่ 15 อุณหภูมิที่คำนวณได้จะมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับค่าของอุณหภูมิที่ความเร็ว 2.7 เมตรต่อวินาที และเมื่อเพิ่มขนาดของเครื่องทำความเย็นเป็น 5.6 ตัน โดยที่ความเร็วอยู่ที่ 2.7 เมตรต่อวินาที จากตารางที่ 16 ค่าของอุณหภูมิจะมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับค่าอุณหภูมิของการทำความเย็นจากตาราง 12 และจากการเพิ่มขนาดของความเร็วและขนาดของเครื่องทำความเย็นจะมีผลทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจากตารางที่ 14 เมื่อเพิ่มค่าของความเร็วพร้อมกับค่าของขนาดเครื่องทำความเย็นปรากฏว่า มีผลทำให้อุณหภูมิภายในบริเวณปรับอากาศจะมีค่าลดลงโดยมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 26.35 องศาเซลเซียส

ดังนั้นจากผลการคำนวณจะเห็นได้ว่า เมื่อมีการเพิ่มขนาดของความเร็วและขนาดของเครื่องปรับอากาศขึ้นจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่อยู่ภายในบริเวณปรับอากาศ โดยจากผลการคำนวณจะมีผลทำให้อุณหภูมิที่กระจายอยู่ภายในห้องปรับอากาศมีค่าเย็นลง และจากตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ถ้ากำหนดให้ตำแหน่งติดตั้งกระจายอยู่ใกล้กับโหลดความร้อนจะมีผลช่วยให้บริเวณโหลดความร้อนมีอุณหภูมิลดลง เนื่องจากความเร็วลมในบริเวณนั้นจะมีค่ามากทำให้มีการพาความร้อนที่ดี และจะทำให้ได้การกระจายของลมได้อย่างทั่วถึงในบริเวณปรับอากาศ

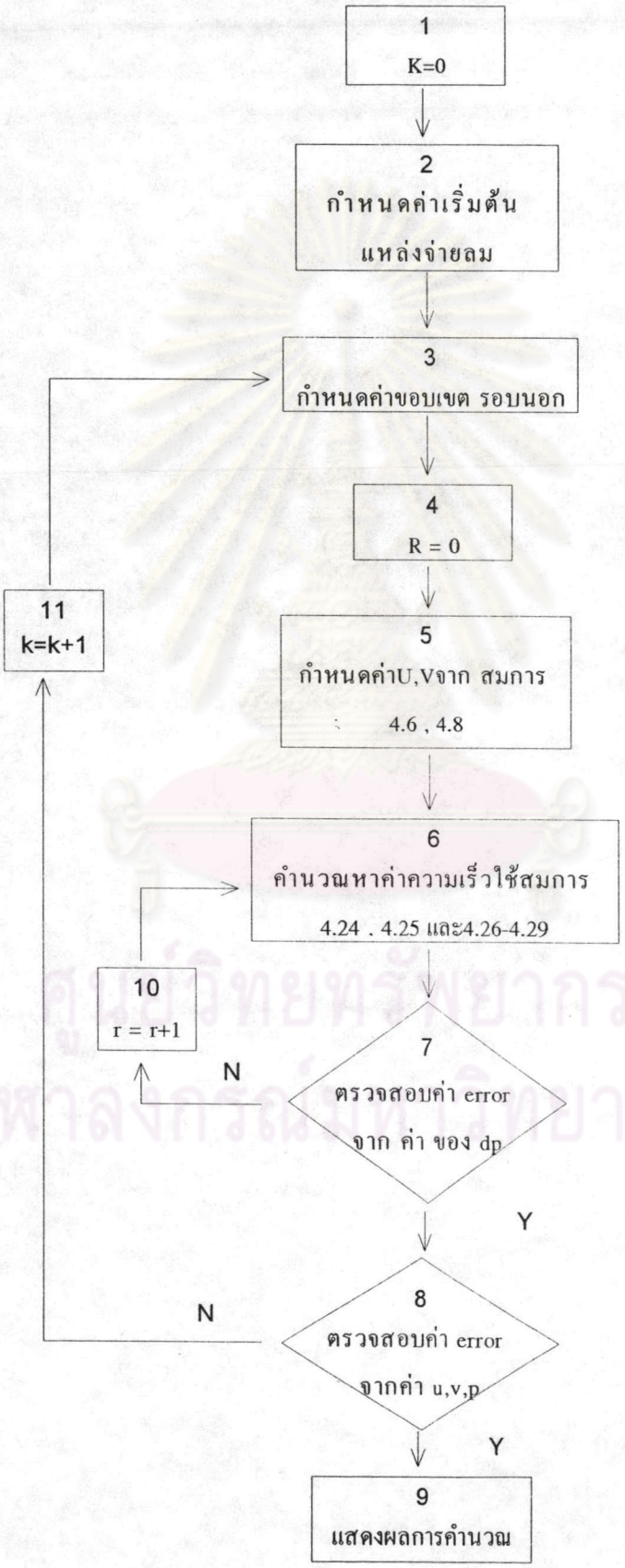
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.

แผนผังแสดงการคำนวณ

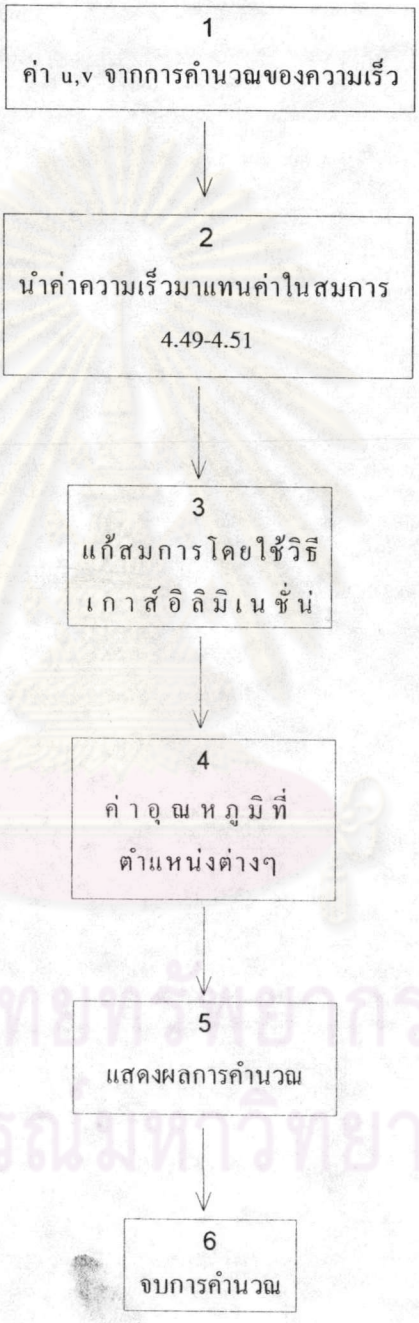
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนผังแสดงการคำนวณหาค่าความเร็ว




ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนผังแสดงการคำนวณอุณหภูมิ




ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ประวัติผู้เขียน

นายมาโนช กิจเจริญศักดิ์กุล เกิดวันที่ 27 มิถุนายน พ.ศ. 2512 ที่อำเภอเมือง จังหวัด ขอนแก่น สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตเทเวศน์ ในปีการศึกษา 2533 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2534

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย