

ภาคผนวก จ
การคำนวณอนุกรมการแผ่รังสีเฉื่อย

ตัวอย่าง การคำนวณสถานะที่เหมาะสมเชิงอุณหภาพบริเวณชั้นล่าง สำนักบรรณสาร สถาบัน
บัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ ระยะ 1 เมตร เวลา 10:00 น. โด๊ะที่ 3 ดังตารางที่ ข.1

1. ข้อมูลตัวแปรทางด้านบุคคล

เพศ	=	Male	
อายุ	=	31 ปี	
น้ำหนัก (w)	=	50 kg.	
ความสูง (h)	=	1.65 m.	
กิจกรรมที่ทำในขณะทดสอบ (M)	=	60 W/m ²	
ผลรวมของค่าความต้านทานความร้อนของเสื้อผ้า (I_{cl})	=	0.79 clo	

2. ข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อม

อุณหภูมิอากาศ (t_a)	=	26.70 °C	
ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (RH)	=	66.5%	
ความเร็วลม (V_a)	=	0.19 m/s	
T_{North}	=	27 °C	$\phi_{p-North}$ = 0.0534
T_{East}	=	44 °C	ϕ_{p-East} = 0.0234
T_{West}	=	27 °C	ϕ_{p-West} = 0.1039
T_{South}	=	28 °C	$\phi_{p-South}$ = 0.0689
$T_{Ceiling}$	=	28 °C	$\phi_{p-Ceiling}$ = 0.2073
T_{Floor}	=	30 °C	$\phi_{p-Floor}$ = 0.2920

ข้อมูลอุณหภูมิ (T) จากตารางที่ ง.1 และข้อมูล View Factor (ϕ_p) จากตารางที่ ค.16 โดยใช้โปรแกรมคำนวณโดยคำนวณตามวิธีการเชิงตัวเลข (Numerical Method) (Kubaha K., 2004) ลักษณะการสุ่มกลุ่มตัวอย่างเป็นการสุ่มแบบไม่ใช้ความน่าจะเป็น (Non-probability Sampling) เนื่องจากวิธีการดำเนินการวิจัยคือ ติดตั้งเครื่องมือวัดความสบายเชิงอุณหภาพในตำแหน่งกรณีนั่ง โดยมีความสูงจากพื้นประมาณ 0.6 เมตร

3. การคำนวณค่าต่างๆ

1) อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ย (t_r)

$$\begin{aligned}
 T_{mrt}^4 \varphi_{p-total} &= t_1^4 \varphi_{p-1} + t_2^4 \varphi_{p-2} + \dots + t_n^4 \varphi_{p-n} && (K^4) \\
 T_{mrt}^4 (0.7489) &= (300^4 \times 0.0534) + (317^4 \times 0.0234) + (300^4 \times 0.1039) + (301^4 \times 0.0689) \\
 &\quad + (301^4 \times 0.2073) + (303^4 \times 0.2920) && (K^4) \\
 T_{mrt} &= 29.11 \text{ } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

2) ค่าความต้านทานความร้อนของเสื้อผ้า (I_{cl})

$$\begin{aligned}
 I_{cl} &= 0.73 \times \sum i_{cl} + 0.17 && \text{Clo} \\
 I_{cl} &= 0.73 \times (0.79) + 0.17 && \text{Clo} \\
 I_{cl} &= 0.75 && \text{Clo} \\
 I_{cl} &= 0.75 \times 0.155 && \text{m}^2\text{ } ^\circ\text{C/W} \\
 I_{cl} &= 0.1163 && \text{m}^2\text{ } ^\circ\text{C/W}
 \end{aligned}$$

3) ความดันไอน้ำย่อยในอากาศ (P_a)

$$\begin{aligned}
 P_a &= e^{\left(\frac{18.956 - \frac{4030}{t_a + 235}}{t_a + 235}\right)} \times RH && \text{mbar} \\
 P_a &= e^{\left(\frac{18.956 - \frac{4030}{26.7 + 235}}{26.7 + 235}\right)} \times 0.665 && \text{mbar} \\
 P_a &= 27.75 && \text{mbar}
 \end{aligned}$$

4) อัตราส่วนของพื้นผิวของรูปร่างเสื้อผ้ากับพื้นผิวคนเปลือย (f_{cl})

$$\begin{aligned}
 f_{cl} &= 1.00 + 1.290 I_{cl} && \text{for } I_{cl} < 0.078 \quad \text{m}^2\text{ } ^\circ\text{C/W} && (1) \\
 f_{cl} &= 1.05 + 0.645 I_{cl} && \text{for } I_{cl} > 0.078 \quad \text{m}^2\text{ } ^\circ\text{C/W} && (2)
 \end{aligned}$$

จากการคำนวณค่า $I_{cl} = 0.1163$ ซึ่งมีค่ามากกว่า $0.078 \text{ m}^2\text{ } ^\circ\text{C/W}$ จึงใช้สมการที่ (2)

$$f_{cl} = 1.05 + 0.645(0.1163)$$

$$f_{cl} = 1.125$$

5) ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (h_c)

$$h_c = 2.38(t_{cl} - t_a)^{0.25} \quad \text{เมื่อ} \quad 2.38(t_{cl} + t_a)^{0.25} \geq 12.1 \times \sqrt{V_a} \quad \text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \quad (1)$$

$$h_c = 12.1 \sqrt{V_a} \quad \text{เมื่อ} \quad 2.38(t_{cl} + t_a)^{0.25} \leq 12.1 \times \sqrt{V_a} \quad \text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \quad (2)$$

Convective Heat Transfer Coefficient

เป็นค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากผิวร่างกายทั้งหมด ซึ่งการพา มี 2 แบบคือ แบบการพาแบบธรรมชาติ และการพาแบบบังคับ สำหรับห้องทดลองนี้ใช้พัดลมดูดหมุนเวียนอากาศภายในห้อง ดังนั้นจึงเป็นการพาแบบบังคับ Force convection เนื่องจากสภาวะในห้อง วัดความเร็วลมได้ค่า 0.19 m/s ดังนั้นจึงใช้สูตร $h_c = 12.1(0.19)^{0.5}$

ซึ่งในที่นี้จะนำค่า $h_c = 12.1(0.19)^{0.5}$ ไปแทนในสูตรของ t_{cl} เพื่อหาค่าของ t_{cl} และ h_c

$$\therefore h_c = 5.27 \quad \text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

6) อุณหภูมิผิวของเสื้อผ้า

$$t_{cl} = 35.7 - 0.028(M - W) - I_{cl} \{ 3.96 \times 10^{-8} \times f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] + f_{cl} \times h_c (t_{cl} - t_a) \} \quad ^\circ\text{C}$$

$$\text{แทนค่า } h_c = 12.1 \sqrt{V_a} = 5.27 \quad \text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \quad , \quad I_{cl} = 0.1163 \quad \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W} \quad , \quad f_{cl} = 1.125,$$

$$t_{mrt} = 29.11 \quad ^\circ\text{C} \quad , \quad t_a = 26.7 \quad ^\circ\text{C} \quad \text{ในสมการอุณหภูมิผิวของเสื้อผ้า}$$

แทนค่า t_{cl} จนได้ค่า t_{cl} ที่เท่ากันทั้งสองด้วยวิธีการ Trial-error จะได้ค่า

$$t_{cl} = 30.54 \quad ^\circ\text{C}$$

7) ดัชนีการไหลเวียน (PMV)

จากสมการ

$$PMV = (0.303e^{-0.036M} + 0.028) \{ (M - W) - 3.05 \times 10^{-3} [5733 - 6.99 M - W - P_a] \\ - 0.42 \times [(M - W) - 58.15] - 1.7 \times 10^{-5} M (5867 - P_a) - 0.0014M (34 - t_a) \\ - 3.96 \times 10^{-8} f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \}$$

แทนค่าต่างๆ ลงในสมการ

$$PMV = (0.303e^{-0.036M} + 0.028) \{ (60 - 0) - 3.05 \times 10^{-3} [5733 - 6.99 \cdot 60 - 0 - 2775] \\ - 0.42 \times [(60 - 0) - 58.15] - 1.7 \times 10^{-5} (60) (5867 - 2775) - 0.0014(60) (34 \\ - 26.7) - 3.96 \times 10^{-8} (1.125) \times [(30.54 + 273)^4 - (29.11 + 273)^4] - \\ (1.125)(5.27)(30.54 - 26.7) \}$$

$$PMV = 1.12$$

8) เปอร์เซ็นต์ทำนายความรู้สึกไม่สบาย (PPD)

$$PPD = 100 - 95e^{-(0.03353PMV^4 + 0.2179(PMV)^2)} \quad \%$$

$$PPD = 100 - 95e^{-(0.03353(1.09)^4 + 0.2179(1.09)^2)} \quad \%$$

$$PPD = 31.66$$

9) อุณหภูมิแอฟเฟคทีฟ (ET*)

$$ET^* = 0.492t_a + 0.19P_a + 6.47 \quad ^\circ\text{C}$$

$$P_a = e^{\left(\frac{18.856 - \frac{4030}{t_a + 235}}{1} \right)} \times RH \quad \text{mbar}$$

$$P_a = 27.75 \quad \text{mbar}$$

แทนค่า $P_a = 27.75$ ในสมการหาค่า ET^*

$$ET^* = 24.88 \quad ^\circ\text{C}$$

10) Thermal sensation vote

$$T_s = 0.245t_a + 0.248P_a - 6.475$$

$$t_a = 26.7 \quad ^\circ\text{C}$$

$$P_a = 2775 \quad \text{kPa}$$

แทนค่าในสมการ

$$T_s = 0.75$$

AB	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
3	Input data					Initial conditions of Plane					Tilt angle of the Plane and dZ					Azimuth angle of the Body										
4						The Plane is assumed as Floor (tilt angle = 0). (see figure below)					0-180 deg, and rotates in Y-Axis. dZ = distance of the plane above the floor.					0-360 deg, due to North and Clockwise										
5	Body posture					2 (Standing = 1) (Sedentary = 2)																				
6	Dimensions of the Plane					Width of the plane (Y-axis) (m.) 0.6					Height/length of the plane (X-axis) (m.) 1.0					Plane above the floor (dZ) (m.) 1.0 (default = 0)					Tilt angle of the plane (α) (deg.) 90.0 (default = 0)					
7	Resolutions of the Plane					No. of subdivision in Y-axis - 20					No. of subdivision in X-axis - 20					Area of each element (m2) 0.00										
8	Coordinates of the Body					Distance in X-axis (m.) 0.5					Distance in Y-axis (m.) 0.3					Azimuth angle of the body (α) (deg.) 0 (default = 0)										
9	No. of subdivision in Y-axis - 20					No. of subdivision in X-axis - 20					Area of each element (m2) 0.00					Initial conditions of Body					Coordinates of the Body					
10	Distance in X-axis (m.) 0.5					Distance in Y-axis (m.) 0.3					Azimuth angle of the body (α) (deg.) 0 (default = 0)					The coordinates must be signed (+ or -). (see figure below)										
11	Press 'Ctrl+a' to calculate VF					Press 'Esc' to terminate the calculation					Note: For Vertical Wall, Tilt angle = 90. For Floor and Ceiling, Tilt angle = 0.															
12																										
13																										
14																										
15																										
16																										
17																										
18																										
19																										
20																										
21																										
22																										
23																										
24																										
25																										
26																										
27																										
28																										
29																										
30																										
31																										
32																										
33																										
34																										
35																										
36																										
37																										
38																										
39																										
40																										
41																										
42																										
43																										
44																										
45																										
46																										
47																										
48																										
49																										
50																										
51																										
52																										
53																										
54																										
55																										
56																										
57																										
58																										
59																										
60																										
61																										
62																										
63																										
64																										
65																										
66																										
67																										
68																										
69																										
70																										
71																										
72																										
73																										
74																										
75																										
76																										
77																										
78																										
79																										
80																										
81																										
82																										
83																										
84																										
85																										
86																										
87																										
88																										
89																										
90																										
91																										
92																										
93																										
94																										
95																										
96																										
97																										
98																										
99																										
100																										

