บทที่ 8

ข้ออภิปราย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการถดถอยพหุคูณในบทที่แล้ว บอกให้ทราบว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าการโหวตกับอุณหภูมิอากาศ การแต่งกายของคนทดสอบ และระดับการทำงานของคนไทย มีประมาณ 47 % และอีก 53 % มาจากปัจจัยอื่นที่มิใช่ตัวแปรอิสระทั้งสาม

การที่จะนำผลการวิจัย มาเปรียบเทียบผลการทดลองในห้องทดลองของชาวต่างประเทศที่เคยดำเนินการมาแล้ว ไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบโดยตรงได้ เนื่องจากข้อมูลงานวิจัยเก็บจากสถานที่ทำงานจริง แต่พอที่จะนำมาเทียบเคียงให้เห็นเป็นแนวทางเพื่อดูว่าผลที่ได้นั้นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ ดังนั้นในบทนี้จะเป็นการนำเสนอผลงานวิจัยที่มีการแปลงค่าข้อมูลมาที่สภาพอากาศเดียวกันกับการทดลองของชาวต่างประเทศ ซึ่งจะอ้างอิงกับแนวทางการทดลองของ P.O.Fanger

8.1 การแปลงค่า(Conversion)ข้อมูลงานวิจัยมาที่ภาวะสิ่งแวดล้อมของการทดลองของFanger

การที่จะวิเคราะห์ผลเทียบกับผลการทดลองของชาวต่างประเทศได้นั้น เราจำเป็นต้องแปลงค่ามาอยู่ที่เงื่อนไขเดียวกันก่อน จากสมการถดถอยของ Fanger ในภาคผนวก ที่ได้จากคนทดสอบชาย-หญิง คือ

$$Y = - 3.836 + 0.3048\ T \qquad (8.1)$$

เมื่อ Y = Estimated population mean vote

T = Modified temp (°c)

Modified temp คือ อุณหภูมิที่ 50 %Rh, 0.1 m/s, 58.2 W/m^2(หรือ 50 kcal/hr.m^2 หรือ 1.0 met), 0.6 clo(หรือ 0.093 $m^2 \cdot c/W$) และ $t_a = t_{mrt}$ ซึ่งคนทดสอบมีความรู้สึกทางความร้อนเท่ากับที่อยู่ในห้องทดสอบจริง

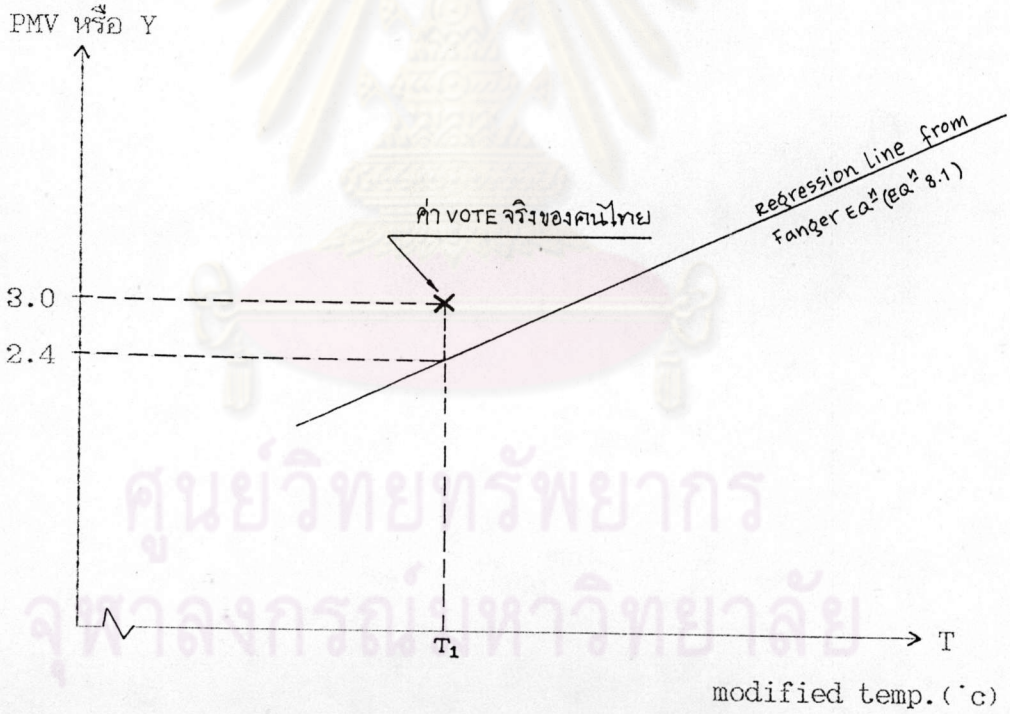
ขั้นตอนการวิเคราะห์การโหวตมีดังนี้

8.1.1 จากสมการ(8.1) สร้างกราฟเส้นถดถอยที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ T

8.1.2 หา PMV โดยแทนค่าตัวแปรอิสระของ Field test data ในสมการ 3.6

8.1.3 ที่ค่า PMV ลากเส้นในแนวราบมาพบเส้นถดถอยจะได้ T_1

8.1.4 พล็อตค่าโหวตจริง(x)ของคนไทยทดสอบที่ T_1 ดังตัวอย่างในรูป 8.1 ดังนั้น จุด x ที่ได้จึงเป็นค่าการโหวตของคนไทยบนเงื่อนไข T เดียวกันกับชาวต่างประเทศเนื่องจากอยู่ในสภาพอากาศเดียวกัน



รูปที่ 8.1 ตัวอย่างการพล็อตค่าการโหวต

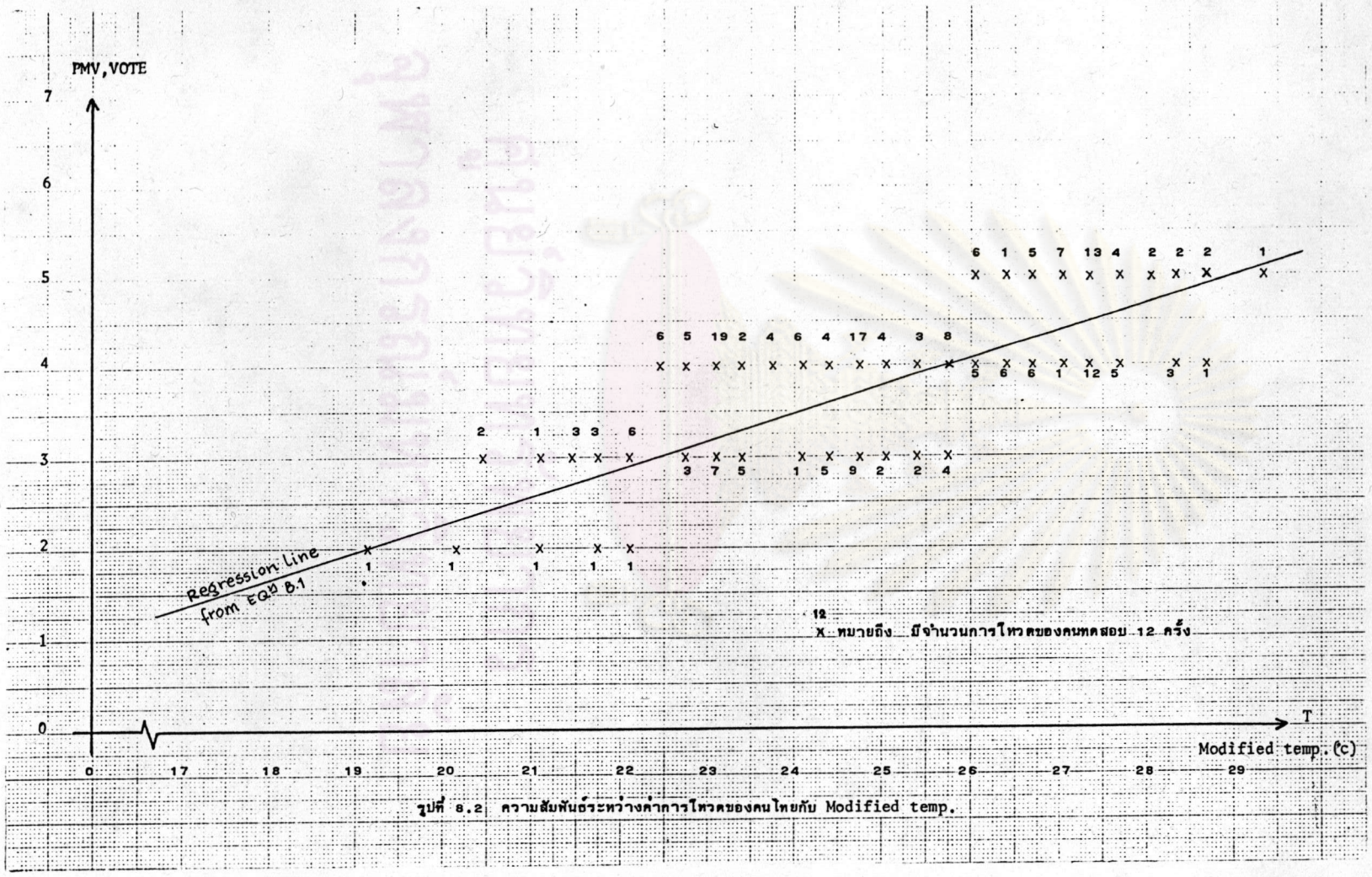
เช่น จากสมการที่ 3.6 ที่ 60.5 W/m^2, W = 0, I_{cl} = 0.079 $m^2 \cdot c/W$, t_a = 20.7 °c, t_{mrt} = 21.4 °c, v_a = 0.05 m/s, Pa = 1500 Pa จะได้ PMV = -1.6 หรือ 2.4 เมื่อเป็นสเกล 1 ถึง 7 (ในที่นี้ใช้สเกล 1 ถึง 7) แต่จากการ

โหวตจริงของคนไทยที่เงื่อนไขนี้ Y หรือ PMV = 3

จากวิธีการดังกล่าว จะได้จุด x (ค่า vote ที่ convert มาที่ modified temp. เดียวกันกับเงื่อนไขการทดลองของ Fanger) 219 จุด ดังรูปที่ 8.2 เมื่อเฉลี่ยกลุ่ม x จะได้จุด,กราฟและสมการดังตารางที่ 8.1 และรูปที่ 8.3

เพื่อความรวดเร็วในการคำนวณ PMV จากสมการ 3.6 จึงเขียนโปรแกรม PMV ภาษา Pascal ขึ้นมาและได้เพิ่มการหาค่า PPD จากสมการ 3.7 ดังมี Program list ผลการคำนวณ และสมการถดถอยในภาคผนวก ฉ.

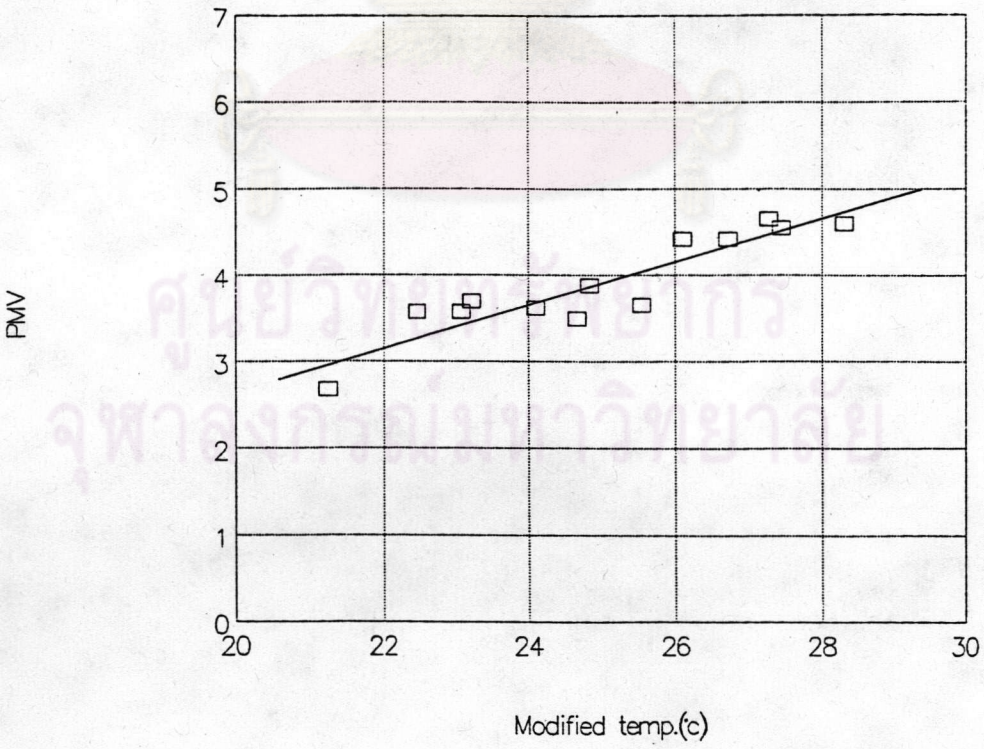
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 8.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการโหวตของคนไทยกับ Modified temp.

ตารางที่ 8.1 ค่าการโหวตจริงเฉลี่ยและ Modified temp.
(จุดหนึ่ง ๆ เป็นค่าเฉลี่ยของการโหวต 16-17 จุด)

pts	PMV	Modified temp. (c)
1	2.68	21.25
2	3.58	22.47
3	3.58	23.08
4	3.70	23.23
5	3.62	24.10
6	3.50	24.66
7	3.88	24.83
8	3.65	25.55
9	4.42	26.10
10	4.42	26.72
11	4.65	27.27
12	4.55	27.44
13	4.60	28.30



รูปที่ 8.3 เส้นถดถอยที่ได้จากการโหวตจริงเฉลี่ยกับ Modified temp.

สมการเส้นถดถอยที่ได้จากการโหวตของคนไทยชาย-หญิงในที่ทำงานจริงแบบoffice work คือ

$$Y = -2.3380 + 0.2499\ T, \qquad (8.2)$$

ในทำนองเดียวกันก็จะได้ตาราง กราฟ และ สมการถดถอย สำหรับการโหวตของคนทดสอบที่เป็นชาย หรือ หญิง ดังนี้

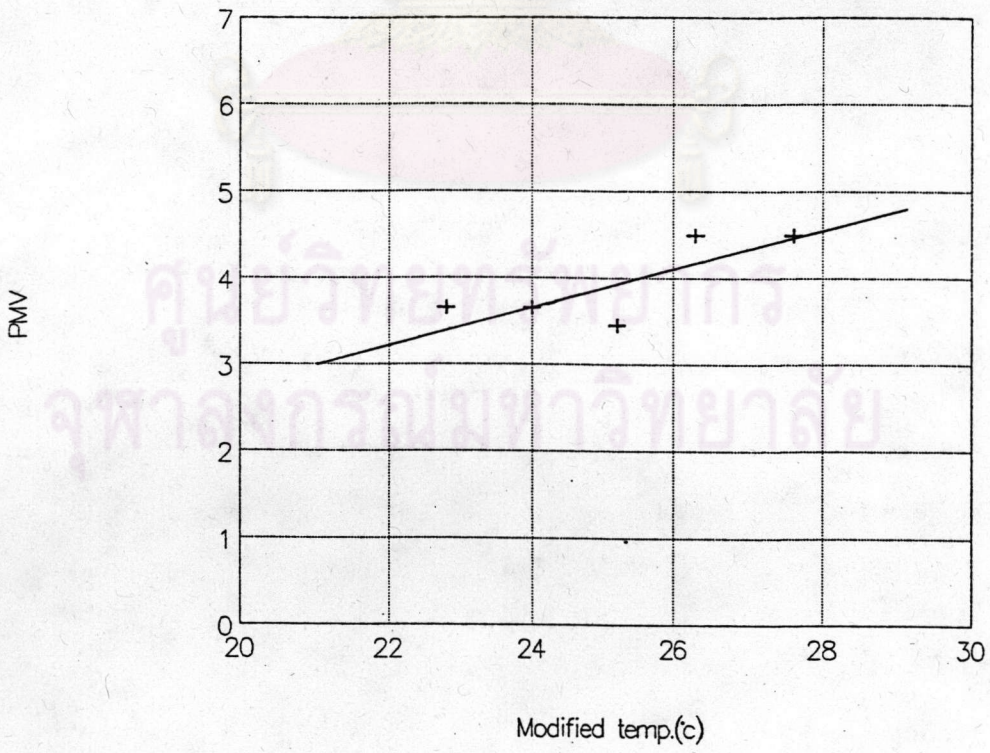
สำหรับชาย $Y = -1.3906 + 0.2121\ T$ (8.3)

สำหรับหญิง $Y = -2.4435 + 0.2544\ T$ (8.4)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8.2 ค่าการโหวตจริงเฉลี่ยของคนทดสอบชายกับ Modified temp.
(จุดหนึ่ง ๆ เป็นค่าเฉลี่ยของการโหวต 14-15 จุด)

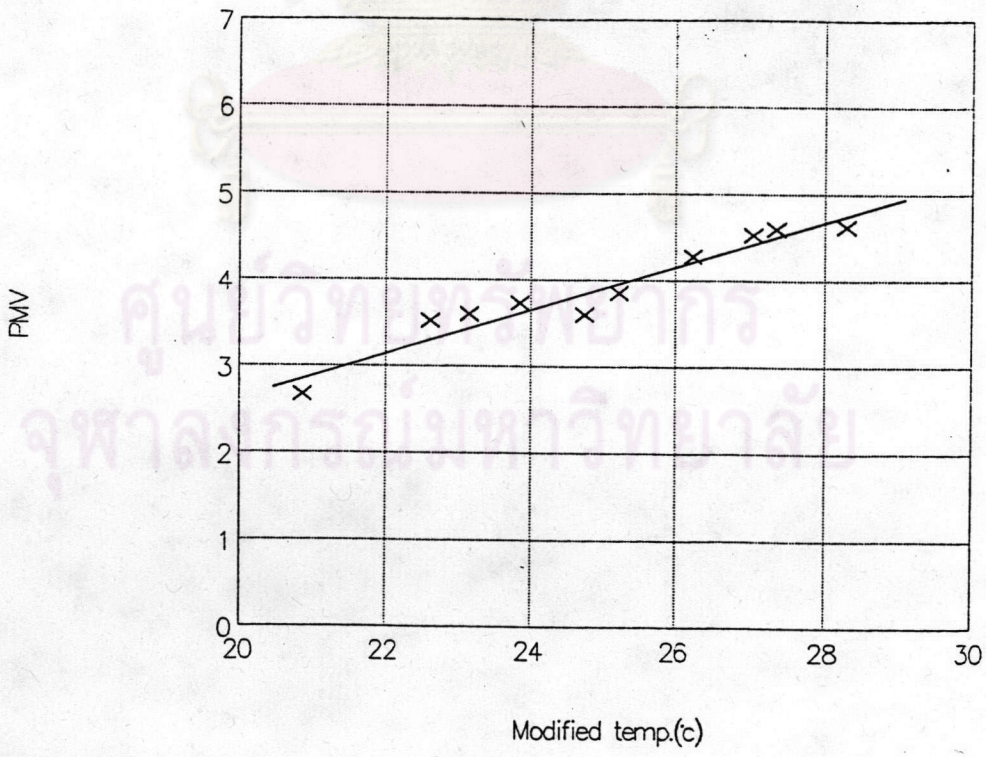
pts	PMV	Modified temp. (c)
1	3.65	22.80
2	3.65	24.00
3	3.45	25.20
4	4.50	26.30
5	4.50	27.60



รูปที่ 8.4 เส้นถดถอยที่ได้จากการโหวตจริงเฉลี่ยของคนทดสอบชายกับ Modified temp.

ตารางที่ 8.3 ค่าการโหวตจริงเฉลี่ยของคนทดสอบหญิงกับ Modified temp.
(จุดหนึ่ง ๆ เป็นค่าเฉลี่ยของการโหวต 14-15 จุด)

pts	PMV	Modified temp. (c)
1	2.67	20.87
2	3.52	22.63
3	3.60	23.15
4	3.73	23.85
5	3.60	24.75
6	3.85	25.23
7	4.28	26.24
8	4.53	27.05
9	4.60	27.35
10	4.63	28.28



รูปที่ 8.5 เส้นถดถอยที่ได้จากการโหวตจริงเฉลี่ยของคนทดสอบหญิงกับ Modified temp.

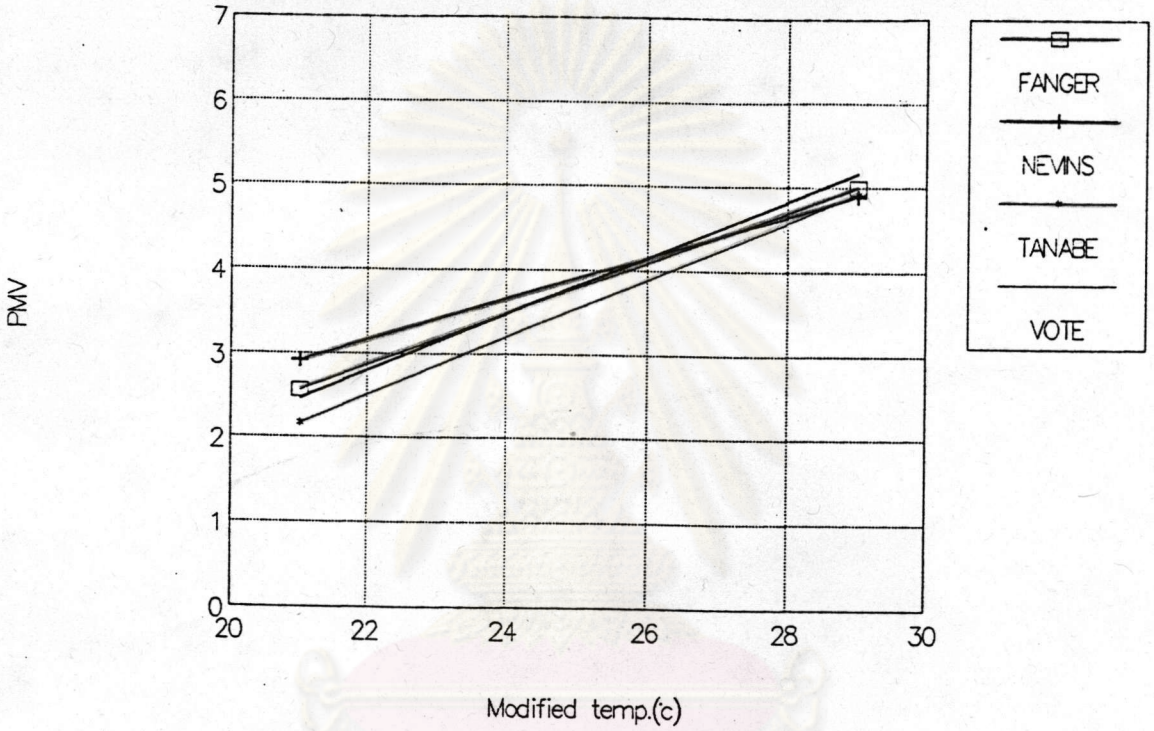
8.2 ผลการวิเคราะห์และผลการทดลองของชาวต่างประเทศ

ภาวะสิ่งแวดล้อมทางความร้อนของการทดลองของชาวต่างประเทศไม่ว่าจะเป็นของ Fanger , Nevins หรือ Tanabe ได้ใช้เงื่อนไขของ Modified temp. ดังนั้น เมื่อนำข้อมูลที่แปลงค่ามาแล้วใส่ในตารางเดียวกันจะได้ผลดังนี้

ตารางที่ 8.4 ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการแปลงค่ากับผลการทดลองของชาวต่างประเทศ

วิธีการ	เพศ	โหวต	สมการถดถอย	อุณหภูมิสบาย	หมายเหตุ
Fanger	M+W	128	Y = -3.836 + 0.3048 T	25.7 °c	ได้จากการทดลองในห้องทดลองประเทศเดนมาร์ค
	M	64	Y = -5.963 + 0.3907 T	25.5 °c	
	W	64	Y = -1.709 + 0.2190 T	26.0 °c	
Nevins	M+W	720	Y = -4.625 + 0.3376 T	25.6 °c	ได้จากการทดลองในห้องทดลองประเทศอเมริกา
	M	360	Y = -3.574 + 0.3019 T	25.1 °c	
	W	360	Y = -5.678 + 0.3735 T	25.9 °c	
Tanabe	M+W	172	Y = -5.080 + 0.3448T	26.3 °C	ได้จากการทดลองในห้องทดลองประเทศญี่ปุ่น
	M	88	Y= -5.821 + 0.3663T	26.8 °C	
	W	84	Y= -4.337 + 0.3130T	25.8 °C	
VOTE	M+W	219	Y = -2.3380 + 0.2499T	25.4 °c	ได้จากสถานที่ทำงานจริงในประเทศไทย (ข้อมูลผ่านการแปลงค่าแล้ว)
	M	71	Y = -1.3906 + 0.2121T	25.4 °c	
	W	148	Y = -2.4435 + 0.2544T	25.3 °c	

เมื่อนำเส้นถดถอยทั้ง 4 เส้นมาพล็อตจะได้กราฟดังนี้



รูปที่ 8.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง PMV กับ Modified temp.จากการทดลองของชาวต่างประเทศในห้องทดลองกับการทดสอบของงานวิจัยในสถานที่ทำงานจริง

จากตารางที่ 8.4 อุณหภูมิสบายเชิงความร้อนตามเงื่อนไขของ Modified temp. คือ 25.4 ˚c ซึ่งให้ค่าต่ำกว่าชาวเดนมาร์ก ชาวอเมริกัน และชาวญี่ปุ่น = 0.3 , 0.2 และ 0.9 ˚c ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้เพราะ ข้อมูลที่เก็บในภาคสนามมีองค์ประกอบที่ทำให้เกิดความผิดพลาดได้ เช่น การประมาณค่าความต้านทานความร้อนของชุดแต่งกายของคนทดสอบที่สวมใส่ เนื่องจากเนื้อผ้าและวัสดุที่ใช้มาจากหลายแหล่ง ไม่ได้อยู่ในมาตราฐานเดียวกัน การให้ข้อมูลลักษณะการทำงานของคนทดสอบอาจจะให้ไม่ครบหรือให้เพียงค่าประมาณเท่านั้น

8.3 การใช้ Comfort meter 1212 กับงานวิจัย

Comfort meter เมื่อนำมาใช้ร่วมกับเครื่องมือวัดอื่น ๆ จะอ่านข้อมูลได้ดังตารางที่ 8.5 (หากต้องการหาค่า t_a จาก Comfort meter สามารถประมาณได้จาก t_o ซึ่งจะให้ค่าที่ใกล้เคียงกัน) เมื่อต้องการเปรียบเทียบผลกับการคำนวณซึ่งใช้เครื่องมือวัดตัวแปรเฉพาะเช่น WBGT จะต้องเฉลี่ยค่า I_{cl}, M แต่ละการทดสอบและได้ค่า PMV,PPD ดังตารางที่ 8.6

Table 8.5 Data and Result from 1212.

NO	setting value			reading value					
	Icl (clo)	M (met)	Pa (kPa)	to (c)	te (c)	tc (c)	td (c)	PMV	PPD (%)
1	0.5	1.2	1.5	21.3	19.3	24.6	5.3	-1.50	53.5
2	0.5	1.2	1.5	22.3	21.0	24.6	3.6	-1.10	32.0
3	0.5	1.2	2.1	24.4	23.9	24.1	0.2	-0.11	5.5
4	0.5	1.2	2.1	25.2	24.2	24.1	-0.1	0.07	5.3
5	0.6	1.4	1.5	22.6	21.2	22.9	1.7	-0.39	8.4
6	0.6	1.4	1.5	24.5	22.9	22.9	0.0	0.05	5.4
7	0.5	1.4	2.1	26.0	25.0	22.3	-2.7	0.65	15.0
8	0.6	1.4	1.8	22.8	21.3	22.6	1.3	-0.35	8.2
9	0.6	1.4	1.8	24.4	22.9	22.6	-0.3	0.09	5.6
10	0.6	1.4	1.8	26.3	25.2	22.6	-2.6	0.64	15.0
11	0.5	1.2	1.8	22.1	20.1	24.4	4.3	-1.20	40.0
12	0.5	1.2	1.8	22.7	20.6	24.4	3.8	-1.10	34.0
13	0.5	1.2	1.8	25.4	23.9	24.4	0.5	-0.11	5.6

Table 8.6 Data and Result from WBGT,Hot wire and Vote form.

No	WBGT & Hot wire			Vote form		calculation value		
	ta (c)	tg (c)	Va (m/s)	Icl (clo)	M (met)	tr (c)	PMV	PPD (%)
1	20.7	21.2	0.05	0.57	1.17	21.4	-1.00	27.0
2	21.6	22.2	0.05	0.59	1.13	22.5	-0.79	19.0
3	24.1	24.3	0.05	0.58	1.16	24.4	0.05	5.0
4	24.8	25.1	0.05	0.57	1.17	25.2	0.29	6.6
5	21.7	22.3	0.05	0.63	1.20	22.6	-0.56	11.3
6	23.6	24.1	0.05	0.63	1.14	24.3	-0.07	5.0
7	25.7	25.8	0.05	0.55	1.10	25.8	0.59	12.1
8	22.0	22.7	0.05	0.54	1.12	23.0	-0.76	17.0
9	23.5	24.2	0.05	0.54	1.18	24.5	-0.13	5.3
10	25.8	26.6	0.05	0.53	1.19	26.9	0.40	8.6
11	21.2	22.0	0.05	0.65	1.09	22.4	-0.75	17.0
12	21.9	22.8	0.05	0.61	1.14	23.2	-0.51	10.0
13	25.0	25.1	0.05	0.64	1.11	25.1	0.27	6.5

ตารางที่ 8.7 PMV error ที่เกิดจากการตั้งค่าบน front panel ผิดพลาดไป

No	Icl (clo)	M (met)	PMV	Remarks
1-4	-0.1	-	-0.33	- is lower setting
5-7	-	+0.2	+0.12	+ is higher setting
8-10	+0.1	+0.2	+0.29	
11-13	-0.1	-	-0.40	

หมายเหตุ

ข้อ 1-4 เป็นข้อมูลทดสอบที่ บริษัท A

ข้อ 5-7 เป็นข้อมูลทดสอบที่ บริษัท B

ข้อ 8-10 เป็นข้อมูลทดสอบที่ บริษัท C

ข้อ 11-13 เป็นข้อมูลทดสอบที่ บริษัท D

จากตารางที่ 8.7 เมื่อนำ PMV ของตารางที่ 8.5,8.6 มาเปรียบเทียบ จะเห็นได้ว่า PMV จะใกล้เคียงกัน เมื่อมีการตั้งค่า I_{cl} ที่ถูกต้อง ส่วนค่า M ถึงแม้จะผิดพลาดไปถึง 0.2 met ก็มีผลต่อ PMV ไม่มากนัก ผิดกับ I_{cl} ถ้าตั้งค่าผิดพลาดไปแค่ 0.1 clo จะทำให้ PMV ที่อ่านได้ผิดพลาดไปถึง 0.4 ดังตารางที่ 8.7

ดังนั้นการใช้ 1212 ในการหาภาวะความสบายเชิงความร้อนของคนควรมีอุปกรณ์เพิ่มเติมดังนี้

1. เครื่องมือวัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ เพื่อ convert เป็น kPa บน front panel

2. แบบสอบถามถึงการแต่งกายของคนที่ทำงานในอาคารนั้น เพื่อตั้งค่า I_{cl} , M ได้ถูกต้อง.