การศึกษาสภาวะน่าสบาย แบบ Field Study ในฤดูหนาวที่กรุงเทพมหานคร

A Field Study of Thermal Comfort in the Cool Season of Bangkok, Thailand

กิจชัย จิตขจรวานิช*

บทคัดย่อ

จากการสำรวจบุคคล 4 กลุ่ม อันประกอบไปด้วย กลุ่มคนผู้อยู่ในอาคารปรับอากาศ [A/C-indoor], กลุ่มคนผู้อยู่ในอาคารรับลมตามธรรมชาติ [N/V-indoor], กลุ่มคนผู้อยู่นอกอาคารซึ่งออกมาจากอาคารปรับอากาศ [(A/C)-outdoor] และกลุ่มคนผู้อยู่นอกอาคารซึ่งออกมาจากอาคารรับลมตามธรรมชาติ [(N/V)-outdoor] โดยทั้งหมดนี้เป็นการศึกษาสภาวะน่าสบาย ณ บริเวณทางเชื่อมของอาคาร (Transitional Spaces) เช่น โถงอาคาร ทางเดินสัญจร บริเวณ lift lobby และบริเวณหน้าอาคารในที่ร่ม หรือ canopy การศึกษานี้ได้กระทำเมื่อเดือนธันวาคม 2539 และเดือนมกราคม 2540 ซึ่งเป็นฤดูหนาวในกรุงเทพมหานคร

รายงานฉบับนี้จะเสนอผล สภาวะน่าสบาย (Thermal Comfort) โดยเรียบเรียงตามลำดับของการตอบรับสภาพอากาศ เป็น 4 ลำดับขั้นตอน อันได้แก่ การคาดหวังกับสภาพอากาศ (Expectation), ความรู้สึกถึงสภาพอากาศในภาวะจริง (Sensation), ความชอบความอยากที่จะอยู่ในสภาวะอากาศ (Preference) และการปรับตัวเพื่อให้เกิดสภาวะน่าสบาย (Adaptation)

ผลลัพธ์ที่สำคัญ 2 ประการ ที่ได้จากการศึกษา คือ

ประการแรก อิทธิพลของความคุ้นกับสภาพอากาศที่บุคคลแต่ละกลุ่มอยู่ หรือทำกิจกรรม มีผลอย่างมากต่อผลการตอบรับกับสภาพอากาศของแต่ละกลุ่ม

ประการที่สอง อุณหภูมิกลาง (Neutral Temperature) ของทุกกลุ่มตัวอย่างอยู่ที่ 27.1°C. และสภาพอากาศที่ยอมรับได้ (Thermal Acceptability) อยู่ระหว่างอุณหภูมิที่ 25.5°C. และ 31.5°C. ในขณะที่อุณหภูมิที่คาดหวังไว้อยู่ ณ 26.7°C. และกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ ชอบหรืออยากที่จะอยู่ในสภาพอากาศที่ "เย็นลง" กว่าปัจจุบัน

---

* *อาจารย์ประจำภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร*

Abstract

A field survey of four groups of subjects both indoors (air-conditioned and naturally- ventilated) and outdoors (leaving those indoors) environments was carried out in transitional spaces in a cool season of Bangkok, Thailand. The paper presents the results of the survey compiled and analysed in the following order: Expectation, Sensation, Preference and Adaptation. The data are also compared with the previous research of office environments in Bangkok.

The results from the analysis show two important aspects. Firstly, thermal responses of each group are influenced by the acclimatised characteristics of their environmental conditions. Secondly, the neutral temperature of the whole sample is 27.1°C and the thermal acceptabiltiy is between 25.5°C and 31.5°C, whereas the expected temperature is 26.7°C and the majority prefer to be in a "cooler" environment.

Introduction

This field study is the following research from Busch's thermal comfort study in Bangkok, Thailand[1, 2, 3]. The aim is to consider the thermal comfort conditions when nearly decade has past and what the comfort of the people are, due to the global and regional climatic changes. Amounts of energy resources have been consumed for cooling the built-environments to merely justify thermal comfort conditions for the occupants in those environments.

This study is to pursue four groups of subjects, responding to their individual thermal environment in transitional spaces namely entrace halls, lobby areas, foyers or canopies of the buildings. These four groups are those in air-conditioned indoor environments [A/C-indoor]; those in naturally-ventilated indoor environments [N/V-indoor]; those leaving air-conditioned environments to outdoor [(A/C)-outdoor]; and those leaving naturally-ventilated environments to outdoor [(N/V)-outdoor].

Thermal responses are arranged in forms of Expectation, Sensation, Preference and Adaptation. These four concepts are the interplay of complexity in thermal comfort research, thereby searching for the resolute structure of thermal comfort prediction. Fountain et al[4] also suggest the research of people influenced by their culture and climate, associated with these four-issue concepts.

In addition, the predicted neutral temperature and thermal acceptability in the conditions of transitional spaces in this field study are analysed. The basis of thermal comfort will eventually provide a wider contribution of knowledge to be applied for a better state in the built-environments.

Method

Respondents

This study is based on the transverse design survey, when a large number of respondents were used. All respondents in the survey are Thai, who are in the actual environments of the buildings surveyed. The survey has no restriction on ages, genders and other individual factors of the respondents. This includes the freedom to change the clothes they wear and the activities they perform. They are asked to come near the equipment used for taking environmental parameters measurements, when filling in their questionnaires.

Building choices and areas studied

All buildings selected are in Bangkok. There are five buildings of two types in the study: two naturally-ventilated and three air-conditioned. The functions of two N/V buildings are a school of architecture and a medium-rise government office. Three A/C buildings are a small architect office, a high-rise office building and a complex shopping centre.

The areas surveyed are "transitional spaces" both inside and outside the buildings namely entrance hall, foyer, lobby or circulation zones, and canopy, which are in the shaded area. These areas have the characters like "transient conditions" in thermal comfort[5, 6, 7] because of the changeable environmental variables effecting comfort.

Equipment and measurement

The measurements of the environmental parameters were done and later plotted into climatic data charts. These physical quantities are air temperature (Ta), globe temperature (Tg), relative humidity (RH) and air velocity (v).

The main equipment used in the survey are the Skye Data Hog SLD, a data-logger with the readings of air temperatures and relative humidities are gathered and stored, automatically. Outdoor globe temperatures were also taken by using one channel of the data-logger and using a 38-mm-diameter Ping-Pong ball as the glove. Air velocities are also measured by Solomat MPM 500e, an air flow meter.

The individual parameters of clothing insulation and activity level were also observed and recorded into the questionnaires. These data are later used in analysing process. Each item of clothes will be transferred to be clo-value according to table E2 (Thermal insulation of individual pieces of garments) and also each activity will be met-value according to table A1 (Metabolic rate) of International Standard ISO 7730[8].

Questionnaires

The questionnaires used contains a cover letter explaining the aim of the survey and every question is translated into Thai language, based on Busch's survey in 1988. Furthermore, this field survey does include an additional question of the thermal expectation, as the first question. Therefore, the questions are arranged in the order of expectation, thermal sensation, preference and adaptability to achieve comfort of the respondents.

The questionnaires are separated into two types. The first type is to be used by the respondents entering the buildings (indoor type) and the second one for those leaving the buildings (outdoor type). Other sections in the questionnaires are asking the activities, clothes and personal information of the respondents. Most questions required the respondents to tick the appropriate choices. (See Appendix A).

Procedure

This field survey was conductd in six days in the cool season month of 1996/1997 in Bangkok, Thailand. The spaces used in the survey are transitional spaces both indoors and outdoors of the selected buildings. The procedure used for every building is the same and is based on the field study methodology [9, 10]; the respondents perform their normal activities in the actual environments, which have no any control.

It is because of various functions of the buildings surveyed, the appropriate time for the survey in each building is not the same. Time of the survey, however, in each day was within the day-time between 9:00 and 18:00.

Areas of transitional spaces for outdoor conditions are also taken a special consideration. They must be in the shaded areas, such as under the trees, in the canopy, or the building itself acting as a shading device. This is to avoid the direct solar radiation which effects human sensation.

Teams of the survey have five persons at each time. Two are in indoors and other two are in outdoors to hand out the questionnaires, and the last one takes the environmental measurements. These members are able to give the explanation of each question, if the respondents are in doubt. However, there is no persuasive suggestion from the members to vote any thermal scales on the survey forms.

Results

Profile of the respondents

The total number of the respondents in this survey are 593 subjects, categorising into four groups: 121 A/C-indoor, 181 N/V-indoor, 133 (A/C)-outdoor and 158 (N/V)-outdoor. The last two groups actually are in the naturally-ventilated conditions but (A/C) implies the respondents leaving air-conditioned buildings and (N/V) implies those leaving naturally-ventilated buildings.

The individual parameters of both clothing insulation values and activities levels are gathered from the observation at the time the respondents filling their questionnaires. The summary is in figure 1 and 2.

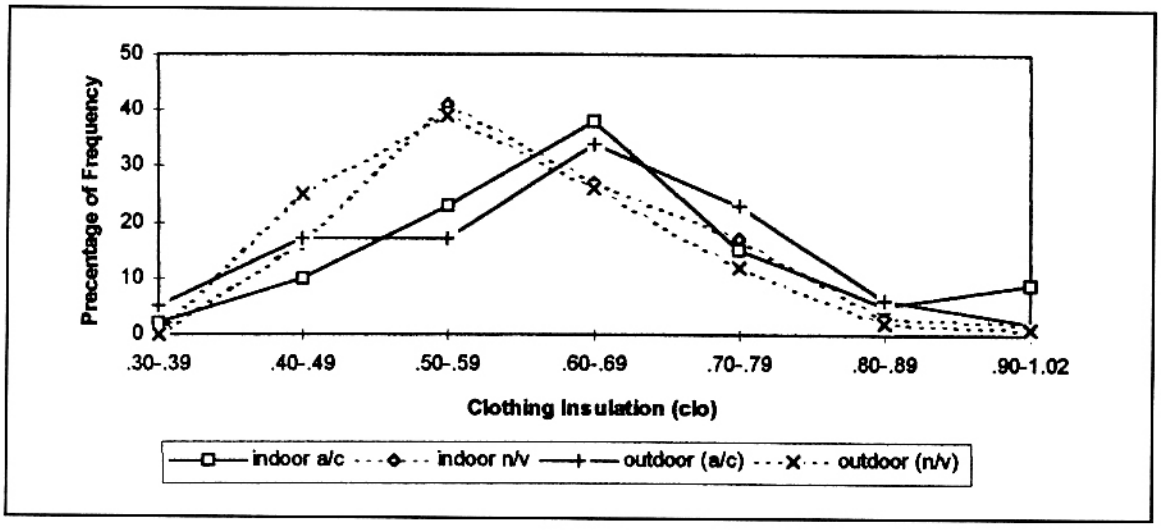

Figure 1 Relative frequency distribution of clothing insulation values.

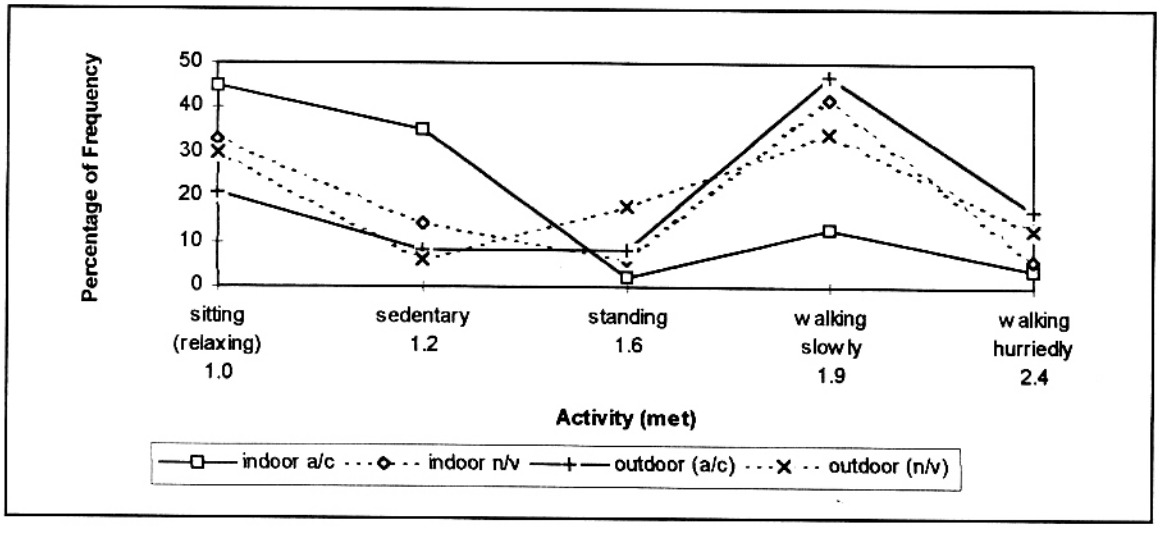

Figure 2 Relative frequency distribution of metabolic rates.

From figure 1, the distribution lines of clothing insulation of A/C-indoor and (A/C)-outdoor are in the same direction and their peaks are at 0.60-0.69 clo. Mean clo-value of A/C-indoor case is 0.65 and that of (A/C)-outdoor case is 0.61. Other two lines, the distributions fo clothing insulation of N/V-indoor and (N/V)-outdoor, are also in the same direction and their peaks are at 0.50-0.59 clo. Mean clo-value of N/V-indoor case is 0.59 and that of (N/V)-outdoor is 0.57. It seems that the indoor or outdoor environmental conditions have little effect on the clothing the respondents wear, but the A/C or N/V buildings, where the respondents intend to visit or to work, have an influence on the decision of the choices of clothes.

Refer to figure 2, the activities in the field survey are varied because the areas are transitional spaces. Furthermore, the respondents are free to do any activities as in the everyday life. The two major activities are "sitting (relaxing)" and "walking slowly". The observations in the field survey suggest that the environmental conditions of indoor or outdoor, air-conditioned or naturally-ventilated, do not relate to the activities the respondents perform, but the activities themselves are the intention of the respondents to perform.

Table 1 Distribution of climatic data from the field survey.

	Mean and Range			
	A/C-indoor	N/V-indoor	(A/C)-outdoor	(N/V)-outdoor
Ta (°C)	25.0 (23.1-26.3)	28.5 (26.3-30.0)	27.6 (25.0-29.7)	30.1 (28.0-31.8)
Tg (°C)	-	-	27.9 (24.8-30.6)	30.3 (28.2-32.1)
RH (%)	49.0 (38.1-59.2)	55.6 (49.8-62.9)	45.4 (37.7-56.5)	51.8 (41.6-62.0)
v (m/s)	0.21 (0.1-0.5)	0.17 (0.0-0.8)	0.63 (0.2-1.9)	0.44 (0.1-1.4)

Profile of the climatic environments

Environmental parameters of air temperature (Ta), globe temperature (Tg), relative humidity (RH) and air velocity (v) are summarised in table 1.

Air temperatures of the first three days (N/V) are higher than those of the last three days (A/C) and the condition of A/C-indoor is the distinctively coolest with mean Ta of 25.0°C and range of 23.1-26.3°C. The condition of N/V-indoor has mean Ta of 28.5°C which is 3.5°C higher than that of A/C-indoor. The condition of (N/V)-outdoor is the warmest one with mean Ta of 30.1°C, while (A/C)-outdoor has a lower mean Ta of 27.6°C. The range of air temperatures in the naturally-ventilated environments are 25.0-31.8°C.

Globe temperatures of the first three days (N/V) are higher than those of the last three days (A/C). While mean Tg (A/C)-outdoor is 27.9°C with a range of 24.8-30.6°C, mean Tg (N/V)-outdoor is 30.3°C with a range of 28.2-32.1°C. The difference of both means Tg is 2.4°C. For the indoor cases, there is no measurement on Tg because of the lack of the equipment. Therefore, the analysis will only use air temperature as the index.

Relative humidities of the whole cases are 37.7-62.9%. This range is in the comfort zone of 30-70% suggested by Brooks[11]. The means RH of all cases are not significantly different. The only interesting result of relative humidity is that RH in outdoor conditions has slightly lower values than RH in indoor conditions.

Air velocities of indoor and outdoor cases are totally different. Lower air velocities in indoor are 0.0-0.8 m/s, but in the outdoor cases, they can be up to 1.4 m/s for (N/V)-outdoor and to 1.9 m/s for (A/C)-outdoor cases. Mean air velocities of indoors are 0.21 and 0.17 m/s, but those of outdoors are 0.63 and 0.44 m/s.

Distribution of thermal responses

The seven-point ASHRAE Scale was used for the respondents' thermal expectation and their actual thermal sensation responses and the three-point McIntyre Scale is used for their thermal preferences. The distributions of votes for Expectation, Sensation and Preference Scales are shown in figure 3, 4 and 5, respectively.

The first group of the respondents [A/C-indoor], at mean air temperature of 25°C, has thermal expectation and sensation bias on the cool side, apparently. More than half of the respondents in this group indicate -1 to -3 (slightly cool, cool and cold) and about 36-40% vote 0 (neutral) in both Expectation and Sensation Scales. However, when considering at their thermal preference, one third of this group would like yet to be in a "cooler" environment, and about half voting "no change". Only 11% vote for "warmer".

The second group [N/V-indoor], at mean air temperature of 28.5°C, has the largest number of votes on 0 (neutral) in both Expectation and Sensation Scales, and on "cooler" in Preference Scale. More than 90% indicate the central three categories (slightly cool, neutral and slightly warm) for their thermal

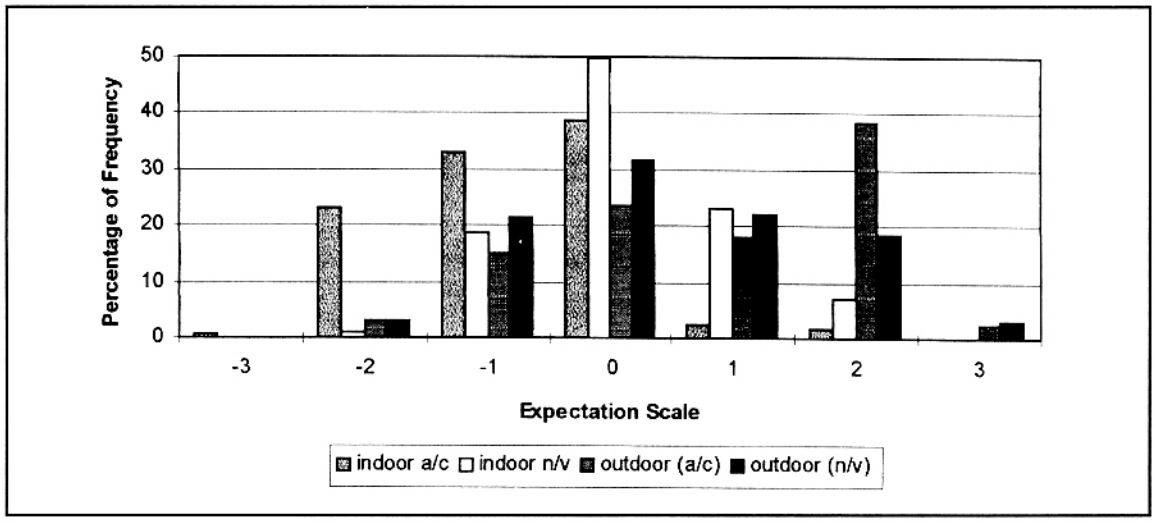

Figure 3 Relative frequency distribution of Expectation Votes.

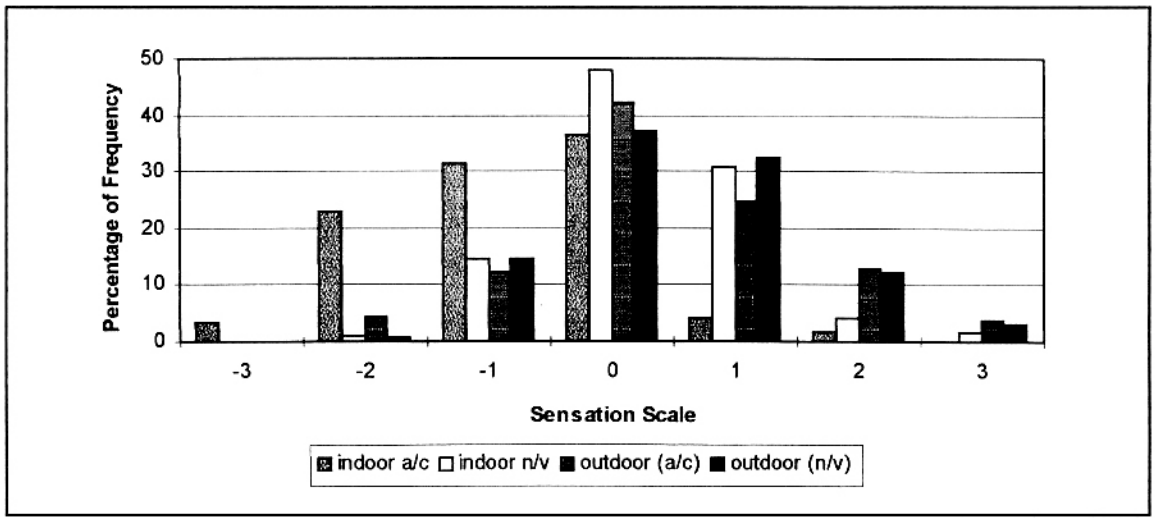

Figure 4 Relative frequency distribution of Sensation Votes.

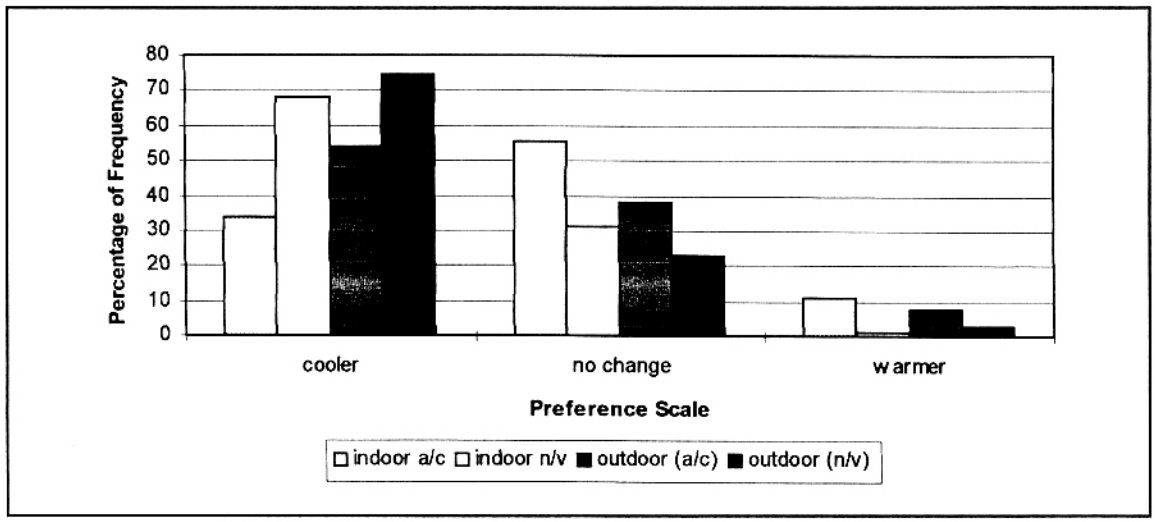

Figure 5 Relative frequency distribution of Preference Votes.

expectation and sensation. Moreover, only 5% move from the cool side of expectation to the warm side of sensation. Thermal preference of this group is chiefly on "cooler", where a number of votes is two-third. One-third indicate "no change", and there is 1% or two persons who would like to be in a "warmer" environment.

The third group [(A/C)-outdoor], at mean air temperature of 27.6°C, has thermal responses bias on the warm side, although the mean air temperature of this group is lower than that of the second group. The major votes of thermal expectation are 2 (warm) of 38% and 0 (neutral) of 23%. However, in thermal sensation, vote of 0 (neutral) is 42%, while that of 2 (warm) is mere 13%. The total responses of the warm side 1 to 3 (slightly warm, warm and hot) of 59% in expectation also move down to 41% in thermal sensation. The explanation of this situation is that the respondents are leaving A/C environments, which are cool, think the outdoor conditions would be too warm, but they are not. Thermal preference of this group is able to be considered as a justification of thermal sensation as well. A number of votes for "cooler" is 54% and that for "no change" is 38%. 8% or ten persons would like to be in a "warmer" environment.

The last group [(N/V)-outdoor], at mean air temperature of 30.1°C, is in the warmest environment of this field study. Both thermal expectation and sensation have bias distributions on the warm side. 44% votes of 1 to 3 (slightly warm, warm and hot) in Expectation Scale, move slightly up to 48% votes in Sensation Scale. However, when considering the percentages of thermal responses on the central three categories (slightly cool, neutral and slightly warm), 75% of thermal expectation become 84% of thermal sensation. This implies that the respondents in this group also expect the outdoor environments being warmer than the actual sensation they feel. Three quarters of this group strongly indicate in Preference Scale as they would like to be in a "cooler" environment. It is also surprising that there are 3% or four persons vote for a "warmer" environment, although mean air temperature is as high as 30.1°C, and the range is between 28.0°C and 31.8°C.

It is interesting to note that the majority of the respondents vote their thermal expectation and sensation fof 0 (neutral), regardless of what air temperatures in the environments are, except for the case of (A/C)-outdoor, voting for 2 (warm) as a priority. The majority of the votes in thermal preference are "cooler", except he case of A/C-indoor, voting for "no change". It is obvious that the results have the influence of air-conditioning, which can effect the respondents' responses to their thermal environments.

Adaptation to achieve comfort

The methods of adaptation to achieve comfort are suggested by the respondents themselves writing down on the survey forms. The results shown in table 2, are roughly estimated, but they can demonstrate the ideas to obtain a better environments when they feel too warm or too cool.

When the environments are too warm, the first idea comes as "using air-conditioning", and the second is "staying in a shaded area and being exposed to natural ventilation". The results may have been affected by the acclimatisation of the respondents to their thermal environments. It seems that if the respondents are in the air-conditioned environments, the method to achieve comfort is "using A/C". On the other hand, if the respondents are in naturally-ventilated environments, the method to achieve comfort is "providing natural ventilation."

When the environments are too cool, the most popular idea is to increase clothing insulation by putting on their jackets or casual suits or some other clothes. The result shows that the adaptation by using clothing is very relevant only for the cool environments, not for the warm ones.

Considering at the first place of the adaptation for both warm and cool conditions, one can ironically see that, in the warm environment like Bangkok, the respondents will use A/C unit for achieving their cool comfort and set the temperature, sometimes, too cool, then they will put on their jackets or their casual suits to achieve their warm comfort.

Table 2 The adaptation suggested by the respondents when too warm and too cool.

When too warm		When too cool	
Adaptation	point	Adaptation	point
1. use A/C	150	1. increase clothing insulation	163
2. stay in a shaded area and expose to N/V	103	2. increase activity level, such as walking or exercise	54
3. take a bath or wash a face	100	3. stay in warm area or in the sun	43
4. increase air movement by waving hand or book, or use electric fan	91	4. close window or avoid air movement	30
5. have cool drink or ice-cream	81	5. have hot drink or food	26
6. change clothes or take some clothes off	50	6. sleep	16
7. open window	5		

Table 3 Regression analysis of each group in Mean Sensation Scale responses and air temperatures. The mark (x) after the category votes means those regression analysis are not statistically significant.

Sensation Scale Votes	Slope	Intercept	R^2	Tn (°C)
All	0.21	-5.60	0.75	27.1
Indoors	0.24	-6.66	0.84	27.6
Outdoors (x)	0.10	-2.38	0.21	24.1 (x)
A/C (indoor) (x)	0.17	-4.95	0.46	29.3 (x)
N/V (indoor) (x)	-0.06	2.07	0.32	32.8 (x)

Regression analysis and neutral temperature

Simple linear regression analysis, performed on Sensation Scale of each group against air temperatures (Ta), provides the information of slope, intercept, goodness of fit (R^2) and predicted neutral temperature (Tn). Mean Sensation Votes are used as dependent variables for the reason of the best goodness of fit and level of significant. All results are shown in table 3.

Table 3 shows that most results are not statistically significant. Thus the comparisons between each group will not be valid. Only the results of all groups and indoors are statistically significant.

The values of indoors of slope of 0.24/°C with y-intercept of -6.66 and R^2 of 0.84, are higher than those of all subjects, slope or 0.21/°C with y-intercept of -5.60 and R^2 of 0.75. The predicted neutral temperature (Tn) of indoor cases of 27.6°C is also higher than Tn of all subjects of 27.1°C. This is surprising because indoor environment contain of both air-conditioned and naturally-ventilated conditions, where total temperatures must be lower than those of all cases.

In addition, the regression analysis are used for all groups, regarding neither indoor nor outdoor, air-conditioned nor naturally-ventilated conditions, to make a comparison among Expectation, Sensation and Preference Scales. Mean votes of each scale are used as dependent variables against air temperatures (Ta). The results are shown in table 4.

All values in Expectation Scale are lower than those in Sensation, but the results are in similar pattern and the difference is small. This supports the logical application of the scales used in the survey.

A regression coefficient (slope) in Expectation Votes of 0.16/°C is lower than that in Sensation

Table 4 Regression analysis of Mean votes of Expectation, Sensation and Preference Scales against air temperatures.

Scale Votes	Slope	Intercept	R^2	Tn (°C)
Expectation	0.16	-4.39	0.53	26.7
Sensation	0.21	-5.60	0.75	27.1
Preference	-0.09	1.87	0.83	21.6

Table 5 Crosstabulation of Sensation Scale and McIntyre (Preference) Scale for all samples. Percentages are calculated by row, (e.g. within each Sensation Scale category).

Sensation Scale	% McIntyre Scale (Preference)			TOTAL
	"cooler"	"no change"	"warmer"	
-3	0	50	50	0.7
-2	18.9	54.1	27	6.3
-1	34.0	59.2	6.8	17.4
0	53.9	43.7	2.4	41.4
1	86.2	11.7	2.1	24.5
2	91.1	6.7	2.2	7.6
3	100	0	0	2.2
TOTAL	59.6	35.5	4.9	100

Votes of 0.21/°C, and both slopes are also less steeper than the values of 0.22/°C found by Humphreys[10] and 0.32/°C by Fanger[12]. The value of a regression coefficient suggests that the smaller value it is, the better the respondents are able to adapt to their thermal variations[10].

The predicted neutral temperature (Tn), at which the respondents vote "neutral" category, is also estimated from the regression analysis. Tn in expectation of 26.7°C is slightly lower than Tn in sensation fo 27.1°C. The result implies the respondents expect lower temperatures than the actual environment.

The results in Preference Scale only indicate that the respondents prefer to be in cooler environments, and this supports the result of Expectation and Sensation Scale Votes. However, the predicted neutral temperature of preference cannot be taken into account because of two reasons. Firstly, the frequency of the votes is not a normal distribution but a bias towards "cooler" category, which is not applicable by linear regression analysis, and secondly, its scale is three-point McIntyre Scale which are not appropriate to compare with seven-point Expectation and Sensation Scales.

Thermal acceptability

The notion of establishing thermal acceptability is to provide a standard or a range of "right" temperatures for a particular environment. It gives a broader scope of the acceptable temperatures than a single predicted neutral temperature. The idea of thermal acceptability is really close to that of comfort zone. The discrepancy can be claimed that while thermal acceptability is concentrated upon only the "right" temperatures, comfort zone is the consideration of the complex of environmental parameters as a whole. Another difference is expressed in many literature reviews in which thermal acceptability has been widely debated[2], but comfort zone was firmly established by Olgyay[13], who inscribed the "Comfort Zone" in a Bioclimatic Chart, and later was developed by[14] in a Building-Bioclimatic Chart.

Regarding both Sensation and Preference Scales, the interplay by crosstabulation can be used

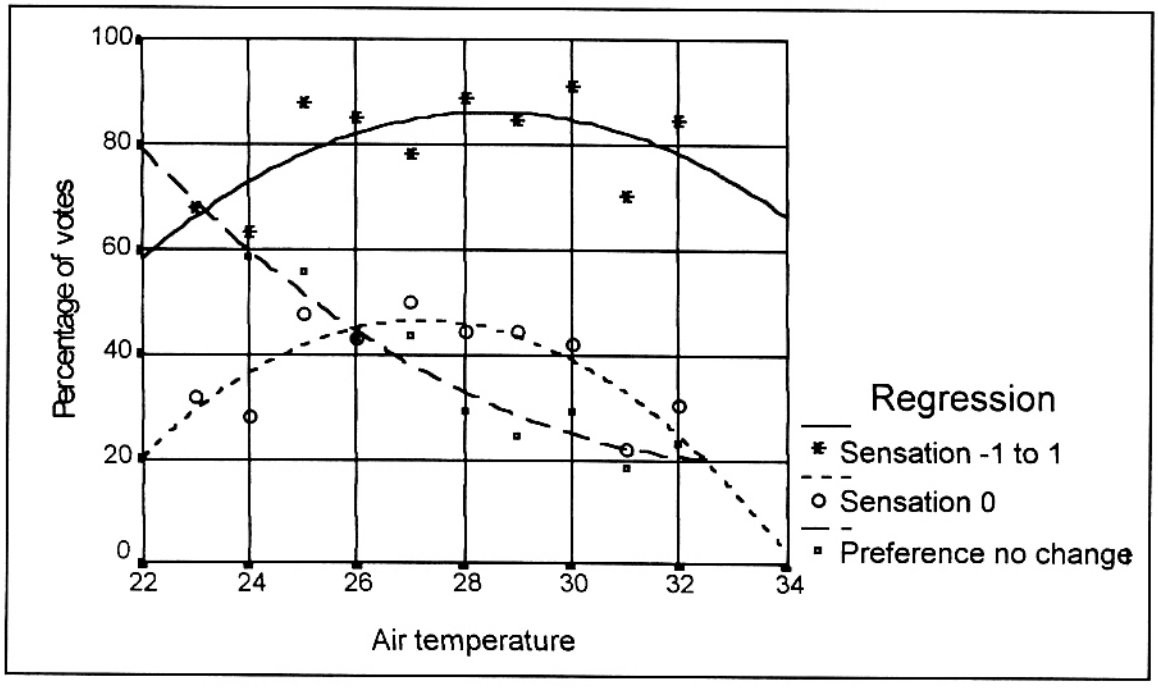

Figure 6 Thermal acceptability of the subjects in transitional space.

to examine the percentage of the respondents' votes in their thermal acceptability. This crosstabulation is shown in table 5.

From table 5, the respondents indicate "no change" in Mclntyre Scale only 35.5%, while the votes for "neutral" (0 in Sensation Scale) is 41.4% and for the central three categories (-1 to 1 of Sensation Scale) are much higher 83.3%. It seems that most of the subjects would not prefer their actual thermal environments and also would prefer "cooler" environments. One can see that the subjects indicate "cooler" at 59.6%, which is a high percentage. Furthermore, if considering within each row of Sensation Scale, the percentage of "no change" category takes bias on the cool side (-1 to -3).

Thermal acceptability in this field study will be assumed by using 80% of the respondents voting within the central three categories at each one degree celsius. The relative frequency plot of the percentage of votes and the regression line by Quadratic regression are shown in figure 6.

The "thermal acceptability" curve crosses the 80% line at roughly 25.5°C and 31.5°C. The upper boundary of this acceptabiltiy is 1.5°C beyond comfort by Olgyay[13] and 5.5°C beyond the warm boundary of summer comfort by ISO 7730. However, the ISO Standard is in operative temperature, which is a different index from this result, using air temperature.

The percentage of votes for "neutral" category is much lower at near 50% and less over a range of air temperatures. The highest percentage of votes can be projected to estimate the neutral temperature at about 27°C, which is in agreement with the prediction by simple linear regression analysis. The characteristics of both "thermal acceptability" and "neutral" curves are very similar to each other.

The Preference "no change" curve also crosses the 80% line at near 22°C, which is quite similar to the preference temperature predicted by linear regression analysis too.

Conclusion

A field survey of thermal comfort is conducted in transitional spaces of indoors and outdoors, and air-conditioned and naturally-ventilated environments in a cool season of Bangkok, Thailand. Four groups of the subjects, [A/C-indoor, N/V-indoor, (A/C)-outdoor and (N/V)-outdoor], give the results of thermal comfort as follows:

1. The interplay of four concepts, Expectation, Sensation, Preference and Adaptation, influence thermal comfort condition. The actual thermal sensation is determined by the expected and preferred environments and is able to adjust by the adaptability.

2. Only A/C-indoor has bias in thermal expectation and thermal sensation on the cool side, while the rest has bias on the warm side. In Preference Scale, A/C-indoor has the chief votes in "no change", but the rest in "cooler". However, the most favourite environment the subjects vote for is N/V-indoor, which has 48% in "neutral" and 93% in central-three-category.

3. The subjects expect the neutral temperature of 26.7°C which is lower than the predicted neutral temperature of thermal sensation of 27.1°C. The preference votes also supports this situation, because 60% of the respondents vote for "cooler".

4. Thermal acceptability of 25.5°C to 31.5°C is found by Quadratic regression analysis. This upper boundary is 5.5°C beyond the upper limit of summer comfort recommended by International Standard ISO 7730.

5. The first places of suggested adaptation for too warm environments are "using A/C" and "providing N/V", and for too cool environments is "increasing clothing insulation". These suggestions are based on the subjects" acclimatisation to their main characteristics of the environments they occupy.

References

[1] J.F. Busch, A Field Manual: Procedures for Thai Comfort Survey, unpublished paper, 1988.

[2] J.F. Busch, Thermal response to the Thai office environment, ASHRAE Trans., 96(1) (1990) 859-872.

[3] J.F. Busch, A table of two populations: thermal comfort in air-conditioned and naturally ventilated offices in Thailand, Energy Build., 18(1992) 235-249.

[4] M. Fountain, G. Brager, and R.J. de Dear, Expectation of indoor climate control, Energy Build., 94 (1996) 179-182.

[5] K. Jitkhajornwanich, Design for Thermal Comfort in Buildings in Thailand, M.Arch. Dissertation submitted to School of Architectural Studies, The University of Sheffield, September 1995.

[6] E.A. Pearce and C.G.Smith, The World Weather Guide, Hutchinson, London, 1984.

[7] J.L.M. Hensen, Literature Reviews on Thermal Comfort in Transient Conditions, Building and Environment, 25 (4) (1990) 309-316.

[8] Moderate thermal environments -- Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort, 2nd ed. International Organization for Standardization ISO 7730, Geneva, Switzerland, 1994.

[9] J.F. Nicol, Thermal Comfort - A Handbook for Field Studies toward An Adaptive Model, University of East London, 1993.

[10] M.A. Humphreys, Field studies of thermal comfort compared and applied, Build. Serv. Eng., 44 (1976) 5-27.

[11] C.E.P Brooks, Climate in Everyday Life, Ernest Bemm, London, 1950, Quoted by Olgyay.

[12] P.O. Fanger, Thermal Comfort, Danish Technical Press, Copenhagen, 1970.

[13] V. Olgyay, Design with Climate, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1963.

[14] B. Givoni, Man, Climate and Architecture, Applied Science Publishers Ltd., Barking, Essex, 1969.

[15] ASHRAE Handbook, Chapter 8: Physiological Principles, Comfort, and Health, ASHRAE Publication, Atlanta, 1989.

แบบสอบถามเกี่ยวกับความรู้สึกของท่าน ต่อสภาวะอากาศ TYPE A

ชื่อ ..... วันที่ .....

อาคาร ..... เวลา .....

โปรดทำเครื่องหมาย "X" ในช่องว่างที่สอดคล้องกับความรู้สึกของท่าน

1.1 ก่อนที่ท่านจะเข้ามาในอาคารนี้ ท่านคาดหวังว่าท่านจะรู้สึกอย่างไร

หนาวมาก	หนาว	หนาวเล็กน้อย	กลาง	ร้อนเล็กน้อย	ร้อน	ร้อนมาก

1.2 ในขณะนี้ ท่านรู้สึกอย่างไร

หนาวมาก	หนาว	หนาวเล็กน้อย	กลาง	ร้อนเล็กน้อย	ร้อน	ร้อนมาก

1.3 ในขณะนี้ ท่านอยากจะให้อุณหภูมิเป็นอย่างไร

เย็นลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ร้อนขึ้น

1.4 ท่านรู้สึกอย่างไรเกี่ยวกับ เรื่องการเคลื่อนไหวของอากาศ

อากาศนิ่งมากเกินไป	อากาศนิ่งเกินไป	อากาศนิ่งไปเล็กน้อย	กำลังพอดี	อากาศเคลื่อนไหวไปเล็กน้อย	อากาศเคลื่อนไหวเกินไป	อากาศเคลื่อนไหวมากเกินไป

1.5 ท่านรู้สึกอย่างไร เกี่ยวกับ เรื่องความชื้นในอากาศ

แห้งมากเกินไป	แห้งเกินไป	แห้งไปเล็กน้อย	กำลังพอดี	ชื้นไปเล็กน้อย	ชื้นเกินไป	ชื้นมากเกินไป

1.6 ถ้าหากท่านรู้สึกร้อนเกินไปหรือหนาวเกินไป ท่านจะทำอย่างไรเพื่อให้รู้สึกสบายขึ้น และ โปรดทำเครื่องหมาย "X" หลังคำตอบ ที่ท่านได้กระทำไปในวันนี้ด้วย

ร้อนเกินไป

1.....

2.....

3.....

หนาวเกินไป

1.....

2.....

3.....

1.7 ท่านคิดว่า มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างสภาพอากาศ ภายในและภายนอก อย่างไร

เปลี่ยนทันที	ค่อยๆเปลี่ยน	เปลี่ยนเล็กน้อย/ไม่เปลี่ยนแปลง

2.1 ท่านเดินทางมาที่อาคารนี้โดยวิธีใด

☐เดิน
☐รถยนต์หรือรถโดยสารปรับอากาศ
☐รถยนต์หรือรถโดยสาร ไม่ติดเครื่องปรับอากาศ
☐เรือ
☐อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

2.2 ท่านใช้เวลาในการเดินทางนานเท่าไร

..... นาที

2.3 โดยปกติ ท่านทำกิจกรรมอะไรต่อไปนี้ ในอาคารนี้

☐นั่งเล่น ☐เดินเล่น
☐นั่งทำงาน ☐เดินอย่างรีบเร่ง
☐ยืน ☐ทำงานหนัก
☐ยืนทำงาน ☐อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

3.1 โปรดทำเครื่องหมาย "X" หน้ารายการเครื่องแต่งกาย ที่ ท่านกำลังสวมใส่อยู่ ขณะนี้ โปรดดูรายการทั้งหมด ก่อนตอบ

☐เสื้อยืด ☐กางเกงขาสั้น
☐เสื้อเชิ้ตแขนสั้น ☐กางเกงขายาว
☐เสื้อเชิ้ตแขนยาว ☐กระโปรงสั้น
☐เสื้อเสวตเตอร์ ☐กระโปรงยาว
☐เสื้อแจ็คเก็ต ☐ถุงเท้าสั้น
☐สูทลำลอง ☐ถุงเท้ายาว
☐สูทมาตรฐาน ☐ถุงน่อง
☐เน็คไท ☐รองเท้าแตะ
☐หมวก ☐รองเท้าผ้าใบ
☐เสื้อกล้าม ☐รองเท้าหนัง
☐อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

3.2 ท่านรู้สึกสบายกับเครื่องแต่งกายที่สวมใส่อยู่ ใช่หรือไม่

☐ใช่ ☐ไม่ใช่

3.3 หากท่านรู้สึกไม่สบายกับเสื้อผ้าที่สวมใส่อยู่ท่านคิดว่าเครื่องแต่งกายชิ้นใดที่ท่านจะถอดออกหรือสวมใส่เพิ่ม

ถอดออก..... ใส่เพิ่ม.....
....
....

4.1 อายุ.....(ปี)

4.2 เพศ.....(ชาย,หญิง)

4.3 น้ำหนัก.....(กิโลกรัม)

4.4 ส่วนสูง.....(เซ็นติเมตร)

4.5 อาชีพ

☐นักเรียน/นักศึกษา ☐ประกอบอาชีพส่วนตัว/เจ้าของกิจการ
☐ข้าราชการ รัฐวิสาหกิจ ☐แม่บ้าน
☐พนักงานบริษัทเอกชน ☐อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

4.6 รายได้ต่อเดือน

☐ต่ำกว่า 5,000 บาท ☐25,000 - 50,000 บาท
☐5,000 - 10,000 บาท ☐50,000 - 100,000 บาท
☐10,000 - 25,000 บาท ☐มากกว่า 100,000 บาท

4.7 การศึกษาสูงสุด

☐การศึกษาภาคบังคับ ☐ปริญญาตรี
☐มัธยมปลาย/ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ☐ปริญญาโท/เอก

4.8 ท่านใช้เครื่องปรับอากาศที่บ้านหรือไม่

☐ไม่ได้ใช้
☐ใช้เพียงเล็กน้อย
☐ใช้ตลอดเวลา

แบบสอบถามเกี่ยวกับความรู้สึกของท่าน ต่อสภาวะอากาศ TYPE B

ชื่อ ..... วันที่ .....

อาคาร ..... เวลา .....

โปรดทำเครื่องหมาย "X" ในช่องว่างที่สอดคล้องกับความรู้สึกของท่าน

1.1 ก่อนที่ท่านจะออกมาจากอาคารนี้ ท่านคาดหวังว่าท่านจะรู้สึกอย่างไร

หนาวมาก	หนาว	หนาวเล็กน้อย	กลาง	ร้อนเล็กน้อย	ร้อน	ร้อนมาก

1.2 ในขณะนี้ ท่านรู้สึกอย่างไร

หนาวมาก	หนาว	หนาวเล็กน้อย	กลาง	ร้อนเล็กน้อย	ร้อน	ร้อนมาก

1.3 ในขณะนี้ ท่านอยากจะให้อุณหภูมิเป็นอย่างไร

เย็นลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ร้อนขึ้น

1.4 ท่านรู้สึกอย่างไรเกี่ยวกับ เรื่องการเคลื่อนไหวของอากาศ

อากาศนิ่งมากเกินไป	อากาศนิ่งเกินไป	อากาศนิ่งไปเล็กน้อย	กำลังพอดี	อากาศเคลื่อนไหวไปเล็กน้อย	อากาศเคลื่อนไหวเกินไป	อากาศเคลื่อนไหวมากเกินไป

1.5 ท่านรู้สึกอย่างไรเกี่ยวกับ เรื่องความชื้นในอากาศ

แห้งมากเกินไป	แห้งเกินไป	แห้งไปเล็กน้อย	กำลังพอดี	ชื้นไปเล็กน้อย	ชื้นเกินไป	ชื้นมากเกินไป

1.6 ถ้าหากท่านรู้สึกร้อนเกินไปหรือหนาวเกินไป ท่านจะทำอย่างไรเพื่อให้รู้สึกสบายขึ้น และ โปรดทำเครื่องหมาย "X"หลังคำตอบ ที่ท่านได้กระทำไปในวันนี้ด้วย

ร้อนเกินไป

1.....

2.....

3.....

หนาวเกินไป

1.....

2.....

3.....

1.7 ท่านคิดว่า มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างสภาพอากาศ ภายในและภายนอก อย่างไร

เปลี่ยนทันที	ค่อยๆเปลี่ยน	เปลี่ยนเล็กน้อย/ไม่เปลี่ยนแปลง

2.1 ท่านทำกิจกรรมอะไรต่อไปนี้ ในอาคาร เมื่อ 15 นาทีที่ผ่านา

☐นั่งเล่น ☐เดินเล่น

☐นั่งทำงาน ☐เดินอย่างรีบเร่ง

☐ยืน ☐ทำงานหนัก

☐ยืนทำงาน ☐อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

2.2 ท่านทำกิจกรรมอะไรต่อไปนี้ เมื่อท่านออกมาจากอาคาร

☐นั่งเล่น
☐นั่งทำงาน
☐ยืน
☐ยืนทำงาน
☐เดินเล่น
☐เดินอย่างรีบเร่ง
☐ทำงานหนัก
☐อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

3.1 โปรดทำเครื่องหมาย "X" หน้ารายการเครื่องแต่งกาย ที่ ท่านกำลังสวมใส่อยู่ ขณะนี้ โปรดดูรายการทั้งหมด ก่อนตอบ

☐เสื้อยืด
☐เสื้อเชิ้ตแขนสั้น
☐เสื้อเชิ้ตแขนยาว
☐เสื้อเสวตเตอร์
☐เสื้อแจ็คเก็ต
☐สูทลำลอง
☐สูทมาตรฐาน
☐เน็คไท
☐หมวก
☐เสื้อกล้าม
☐กางเกงขาสั้น
☐กางเกงขายาว
☐กระโปรงสั้น
☐กระโปรงยาว
☐ถุงเท้าสั้น
☐ถุงเท้ายาว
☐ถุงน่อง
☐รองเท้าแตะ
☐รองเท้าผ้าใบ
☐รองเท้าหนัง
☐อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

3.2 ท่านรู้สึกสบายกับเครื่องแต่งกายที่สวมใส่อยู่ ใช่หรือไม่

☐ใช่
☐ไม่ใช่

3.3 หากท่านรู้สึกไม่สบายกับเสื้อผ้าที่สวมใส่อยู่ท่านคิดว่าเครื่องแต่งกายชิ้นใดที่ท่านจะถอดออกหรือสวมใส่เพิ่ม

ถอดออก.....
.....
.....

ใส่เพิ่ม.....
.....
.....

4.1 อายุ.....(ปี)

4.2 เพศ.....(ชาย,หญิง)

4.3 น้ำหนัก.....(กิโลกรัม)

4.4 ส่วนสูง.....(เซ็นติเมตร)

4.5 อาชีพ

☐นักเรียน/นักศึกษา
☐ข้าราชการ รัฐวิสาหกิจ
☐พนักงานบริษัทเอกชน
☐ประกอบอาชีพส่วนตัว/เจ้าของกิจการ
☐แม่บ้าน
☐อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

4.6 รายได้ต่อเดือน

☐ต่ำกว่า 5,000 บาท
☐5,000 - 10,000 บาท
☐10,000 - 25,000 บาท
☐25,000 - 50,000 บาท
☐50,000 - 100,000 บาท
☐มากกว่า 100,000 บาท

4.7 การศึกษาสูงสุด

☐การศึกษาภาคบังคับ
☐มัธยมปลาย/ประกาศนียบัตรวิชาชีพ
☐ปริญญาตรี
☐ปริญญาโท/เอก

4.8 ท่านใช้เครื่องปรับอากาศที่บ้านหรือไม่

☐ไม่ได้ใช้
☐ใช้เพียงเล็กน้อย
☐ใช้ตลอดเวลา