

การศึกษาการเพิ่มขอบเขตภาวะนำสลายในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น



นางสาว วราภรณ์ กาญจนวิโรจน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-334-932-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 192 62668

๒๘ ๐๑.๕

AN INVESTIGATION OF EXTENDED COMFORT ZONE IN HOT-HUMID CLIMATE

Miss Waraporn Karnchanawiroj

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master in Architecture in Building Technology

Department of Architecture

Faculty of Architecture

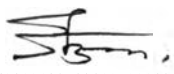
Chulalongkorn University

Academic Year 1999


ISBN 974-334-932-4


หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาการขยายขอบเขตภาวะน่าสบายในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น
โดย	นางสาว วราภรณ์ กาญจนวิโรจน์
ภาควิชา	สถาปัตยกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ศาสตราจารย์ ดร. วิมลสิทธิ์ หรยางกูร


คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



.....รองคณบดีฝ่ายวิจัยรักษาราชการแทน
คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. วีระ สังกุล)


คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปัตานนท์)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ)


.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ศาสตราจารย์ ดร. วิมลสิทธิ์ หรยางกูร)


.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. วรสันต์ บูรณากาญจน์)


.....กรรมการ
(นายปราโมทย์ เขี่ยมศิริ)

วารสาร กานูจนาวิโรจน์ : การศึกษาการเพิ่มขอบเขตภาวะนำสบายในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น (An Investigation of Extended Comfort Zone in Hot-Humid climate) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ, อ.ที่ปรึกษา
ร่วม : ศ.ดร.วิมลสิทธิ์ ทรายงกูร, 128 หน้า. ISBN974-334-932-4

การศึกษาภาวะนำสบายที่มีมาในอดีตส่วนใหญ่ เป็นการวิจัยในห้องปฏิบัติการภายใต้การควบคุมสภาพแวดล้อมซึ่งไม่ว่าจะควบคุมอย่างไรก็ตามกับสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ นอกจากนี้ยังมักเป็นการวิจัยในเขตหนาวแห้ง ซึ่งมีสภาพภูมิอากาศแตกต่างจากเขตร้อนชื้นค่อนข้างมาก การที่จะกำหนดอิทธิพลของตัวแปรในการทำนายสภาวะนำสบายของคนในเขตภูมิอากาศร้อนชื้นได้โดยผลการวิจัยที่ผ่านมา เนื่องจากตัวแปรที่เกิดขึ้นเป็นตัวแปรที่ปรากฏตามธรรมชาติมีความแตกต่างกัน การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อภาวะนำสบาย และการกำหนดขอบเขตความสบายอันเนื่องมาจากตัวแปรต่างๆ ที่ปรากฏในสภาพแวดล้อมของเขตร้อนชื้น

แนวทางการวิจัยเป็นรูปแบบที่ทำการศึกษาค้นคว้าจากสภาพภูมิอากาศจริง โดยวิธีการสัมภาษณ์ ซึ่งได้จัดเก็บข้อมูลโดยมีการเปรียบเทียบความถูกต้อง จากการควบคุมที่อาศัยการเก็บข้อมูลการตอบคำถามของกลุ่มตัวอย่าง การตอบคำถามของผู้วิจัยและการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อมไปพร้อมกัน ทำให้ได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือมากขึ้น เก็บข้อมูลจากสถานที่ทั้งที่มีการปรับอากาศและไม่มีการปรับอากาศ ข้อมูลที่ได้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลส่วนบุคคล คือ ค่าความต้านทานความร้อนของเครื่องแต่งกาย และข้อมูลสภาพแวดล้อม คือ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ย จากนั้นจึงนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ คือ การวิเคราะห์ สหสัมพันธ์และการวิเคราะห์การถดถอย

ผลการวิจัยพบว่า ในการตรวจสอบสภาวะนำสบายของคนที่อยู่ในสถานที่ไม่ปรับอากาศที่แต่งกายด้วยเสื้อผ้าที่มีค่าความต้านทานความร้อนเท่ากับ ค่าเฉลี่ยของคนไทย หรือ 0.5 clo ได้อุณหภูมิสบาย คือ 28.06 °C เมื่อมีการแผ่รังสีความร้อนน้อย ความเร็วลมต่ำ ในขณะที่อุณหภูมิสบายของคนที่อยู่ในสถานที่ปรับอากาศ ในกิจกรรมการพักผ่อนจะอยู่ที่ประมาณ 24.7 °C ในเงื่อนไขเดียวกัน และจากการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรหุ่น ทำให้ได้สมการทำนายความรู้สึกร้อนหนาว

เมื่ออยู่ในสภาพปรับอากาศ $Y = -3.013 + 0.416 \cdot clo + 0.147 \cdot DB + 0.006 \cdot Rh + 0.085 \cdot MRT - 0.695 \cdot wind$

เมื่ออยู่ในสภาพไม่ปรับอากาศ $Y = -3.851 + 0.416 \cdot clo + 0.147 \cdot DB + 0.006 \cdot Rh + 0.085 \cdot MRT - 0.695 \cdot wind$

สรุปได้ว่ามีความแตกต่างของอุณหภูมิสบายในสถานที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศอย่างมีนัยสำคัญ โดยแตกต่างกันถึง 3.3 องศาเซลเซียส แต่ทั้งนี้อุณหภูมิสบายก็ขึ้นอยู่กับตัวแปรอื่นด้วย เช่น ความเคยชินในสภาพอากาศก็เป็นสาเหตุหนึ่ง และพบว่าความเร็วลมภายนอกถึงแม้ว่าจะมีปริมาณเพียงเล็กน้อยแต่มีผลต่อความรู้สึกร้อนหนาวได้ การวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ในการออกแบบสถาปัตยกรรมที่เป็นสถานที่พักผ่อน ซึ่งสามารถใช้การระบายอากาศแบบธรรมชาติได้ในสถานที่ที่มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยไม่เกิน 28 °C ในขณะที่ความเร็วลมและปัจจัยอื่นเป็นไปตามธรรมชาติ

4174160125 : MAJOR BUILDING TECHNOLOGY

KEYWORD: THERMAL COMFORT / EXTENDED COMFORT ZONE

WARAPORN KARNCHANAWIROJ : AN INVESTIGATION OF EXTENDED COMFORT ZONE IN HOT-HUMID CLIMATE. THESIS ADVISOR : PROF. DR. SOONTORN BOONYATIKARN, THESIS COADVISOR : PROF.DR. WIMOLSIDDHI HORAYANGKURA, 128 PP. ISBN 974-334-932-4

In former researches of thermal comfort, most of them tested in thermal-chamber which was fully controlled, the conditions however were still different from natural environment. Each research was investigated in temperate climatic zone that is unlike hot-humid zone. Hence the former variables and equations to predict thermal comfort may not be suit for hot-humid climatic zone. The objective of this study is to investigate the influences of variables and define the limitations of comfort arising in condition of hot-humid climatic zone.

The methodology of this research is an environmental field survey by using the questionnaire. To corrected the data for the comparison of thermal sensation from respondents the physical data from the thermal equipment measurement are important. The data were obtained from both natural ventilation and air-conditioning spaces. Two groups of variables can be identified. The first is the physical parameters include dry bulb temperature(DB), relative humidity(Rh), mean radiant temperature(MRT), and wind velocity(wind). Another is the individual parameter of thermal insulation of clothing(clo). The statistical techniques used to analyze the data are Pearson correlation coefficient and multiple linear regression.

The analysis result shows that when the relative humidity is 50 percent, still air and air temperature is equal to Mean Radiant Temperature. The comfort temperature for respondents wearing clothing which is 0.5clo is 28.06°C in natural ventilation and is 24.7°C in air-conditioning. The comfort equation employing dummy variable is used to compare the difference between the comfort temperature in natural ventilation and in air-conditioning space. The equation is :

$$Y = -3.851 + 0.416 \cdot \text{clo} + 0.147 \cdot \text{DB} + 0.006 \cdot \text{Rh} + 0.005 \cdot \text{MRT} - 0.695 \cdot \text{wind} \quad \text{for air-conditioning space}$$

$$Y = -3.851 + 0.416 \cdot \text{clo} + 0.147 \cdot \text{DB} + 0.006 \cdot \text{Rh} + 0.005 \cdot \text{MRT} - 0.695 \cdot \text{wind} \quad \text{for natural ventilation space}$$

where Y is the respondent's thermal sensation.

The conclusion of this research shows the significant differences between the comfort temperature for natural ventilation and air-conditioning space at 0.05 level. The comfort temperature in natural ventilation is higher than in air-conditioning space. However, it depends on other variables such as acclimatized characteristic of the environment. The application of this research is provided as a design guideline for casual function in natural ventilation.

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์
สาขาวิชา เทคโนโลยีอาคาร
ปีการศึกษา 2542

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้เป็นอย่างดี ด้วยความช่วยเหลือของ ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ และ ศาสตราจารย์ ดร. วิมลสิทธิ์ นรยางกูร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำและคำปรึกษาอันเป็นประโยชน์ ตลอดจนสนใจใส่ใจในการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ตั้งแต่ต้นจนสำเร็จ นอกจากนี้ยังได้รับความกรุณาเป็นอย่างสูงจากรองศาสตราจารย์เลอสม สถาปิตานนท์ อาจารย์ ดร. วรทัศน์ บูรณากาญจน์ และนายปราโมทย์ เอี่ยมศิริ รองอธิบดีกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์และการพลังงาน ซึ่งเป็นกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์

ขอบคุณคุณพ่อ คุณแม่ และน้องทั้งสอง รวมทั้งเพื่อนศิลปินกร ที่ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจในการทำงาน

ขอบคุณฝ่ายกฎหมาย ธนาคารกรุงเทพ และ ฝ่ายก่อสร้างอาคาร บริษัทธนอมวงศ์บริการ ที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามเป็นอย่างดี

และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับมาจาก ทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญรูปประกอบ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตในการศึกษา	3
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
บทที่ 2 ทฤษฎีและแนวความคิดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย.....	7
2.1 เงื่อนไขในการรับรู้สภาวะแวดล้อมทางอุณหภูมิ	8
2.2 หลักการของภาวะความสบาย	9
2.3 พัฒนาการของดัชนีภาวะความสบาย	26
2.4 ความเข้าใจในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น	31
2.5 การศึกษาภาวะน่าสบายในประเทศไทย	32
2.6 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล	34
2.7 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับการวิเคราะห์การถดถอย	46
บทที่ 3 เครื่องมือและวิธีการในการเก็บข้อมูล	62
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล	62
3.2 วิธีการเก็บข้อมูล	67
บทที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล	68
4.1 ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ.....	68
4.2 การวิเคราะห์ข้อมูล	69
บทที่ 5 การอภิปรายผล	92
5.1 อิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีผลต่อความรู้สึกสบาย	92
5.2 อิทธิพลของตัวแปรอิสระในสถานที่ไม่ปรับอากาศ	93
5.3 อิทธิพลของตัวแปรอิสระในสถานที่ปรับอากาศ.....	95

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.4 การทำนายคุณสมบัติสลายจากสมการพหุนามที่ได้	96
บทที่ 6 การสรุปผลการวิจัย	97
รายการอ้างอิง	102
ภาคผนวก	104
ภาคผนวก ก	
ตัวอย่างแบบสอบถาม.....	105
ภาคผนวก ข	
คำอธิบายอักษรย่อ.....	110
ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ.....	111
ประวัติผู้วิจัย	129

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 อัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกายและประสิทธิภาพเชิงกลในการทำกิจกรรม.....	13
2.2 ค่าความต้านทานความร้อนของเครื่องแต่งกาย (ชุด).....	19
2.3 ค่าความต้านทานความร้อนของเครื่องแต่งกาย (แยกชิ้น)	20
2.4 ตัวอย่างแบบสอบถามชนิดต่างๆ.....	40
2.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อวิเคราะห์ค่า F ของสมการถดถอยเชิงเส้น.....	51
2.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อวิเคราะห์ค่า F เมื่อใช้ตัวแปรหุ่น.....	55
2.7 ความเชื่อมั่นของค่าสัมประสิทธิ์.....	60
4.1 การแจกแจงข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ	69
4.2 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์.....	70
แผนภูมิที่	
4.1 แสดงการพยากรณ์ความรู้สึกร้อนหนาวของคนที่อยู่ในสภาพปรับอากาศ และไม่ปรับอากาศ.....	80
4.3 แสดงค่าความรู้สึกร้อนหนาวที่ได้จากการสำรวจกับค่าที่ได้จากการพยากรณ์	84

สารบัญรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
1.1	แผนภูมิแสดงขั้นตอนในการดำเนินการศึกษา.....5
2.1	สมมุติฐานทางพลังงานของร่างกายมนุษย์10
2.2	การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างร่างกายมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม 11
2.3	การรักษาสมมุติฐานพลังงานของร่างกาย12
2.4	อุณหภูมิผิวกายที่เหมาะสมกับความสบายเมื่อทำกิจกรรมที่แตกต่างกัน16
2.5	อัตราการระเหยของเหงื่อในการทำกิจกรรมที่มีอัตราการเผาผลาญพลังงานแตกต่างกัน16
2.6	ผลกระทบของการเคลื่อนที่ของอากาศต่อความดันไอน้ำในบรรยากาศ21
2.7	การหาค่าความดันไอน้ำในบรรยากาศเมื่อทราบอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์22
2.8	แสดงความรู้สึกสบาย เมื่ออุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ยเปลี่ยนไป...25
2.9	แผนภูมิ ไบโอบีโกลเมตริก 28
2.10	แผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์ความรู้สึกสบายของคนในพื้นที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ จากการวิจัยที่กรุงเทพฯ โดย จอห์น เอฟ บุษ33
2.11	โมเดลการทดถอยเชิงเส้น.....48
2.12	ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามในรูปแบบต่างๆ.....52
2.13	ลักษณะของค่าความคลาดเคลื่อนกรณีความแปรปรวน (n) คงที่ (ซ) เพิ่มขึ้น (ค) ลดลง.....59
2.14	ค่าความคลาดเคลื่อน e เมื่อมีการแจกแจง (n) เป็นอิสระต่อกัน (ซ) ไม่เป็นอิสระต่อกัน.....60
2.15	ตัวอย่างการกระจายของข้อมูลที่มีค่าผิดปกติ.....61
3.1	เครื่องมือวัดความเร็วลมและอุณหภูมิอากาศ Thermal-Anemometer..... 62
3.2	Globe Thermometer ซึ่งใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบ Digital Thermo-Hygrometer..... 63
3.3	หลักการคำนวณหาค่า MRT โดยใช้Globe Thermometer64