อิทธิพลของระยะเวลาของการอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายต่อการรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศ

โดย

นางสาวณัฐกาญจน์ อุดมสัจจพันธุ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Ref. code: 25595816030299ODZ

อิทธิพลของระยะเวลาของการอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายต่อการรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศ

โดย

นางสาวณัฐกาญจน์ อุดมสัจจพันธุ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Ref. code: 25595816030299ODZ

INFLUENCE OF TIMING IN TRANSITIONAL SPACE ON THERMAL PERCEPTION IN AIR-CONDITIONED SPACE

BY

MISS NATTAKAN UDOMSAJJAPHAN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF MASTER OF ARCHITECTURE

ARCHITECTURE

FACULTY OF ARCHITECTURE AND PLANNING

THAMMASAT UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2016

COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

Ref. code: 25595816030299ODZ

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง

วิทยานิพนธ์

ของ

นางสาวณัฐกาญจน์ อุดมสัจจพันธุ์

เรื่อง

อิทธิพลของระยะเวลาของการอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายต่อการรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศ

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 10 สิงหาคม พ.ศ. 2560

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(รองศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ _____
(อาจารย์ ดร. ดารณี จารีมิตร)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(อาจารย์ ดร. มานัส ศรีวณิช)

คณบดี _____
(รองศาสตราจารย์ เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์)

Ref. code: 25595816030299ODZ

หัวข้อวิทยานิพนธ์	อิทธิพลของระยะเวลาของการอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายต่อการรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศ
ชื่อผู้เขียน	นางสาวณัฐกาญจน์ อุดมสัจจพันธุ์
ชื่อปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สถาปัตยกรรม สถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	อาจารย์ ดร. ดารณี จารีมิตร
ปีการศึกษา	2559

บทคัดย่อ

เครื่องปรับอากาศมีความจำเป็นต่อการใช้งานอาคารในเขตร้อนชื้นเพื่อให้เกิดสภาวะน่าสบายต่อการใช้งาน อาคารส่วนใหญ่จะตั้งค่าอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศให้ต่ำกว่าค่าอุณหภูมิมาตรฐานหรือต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส เพื่อให้คนรู้สึกเย็นทันทีเมื่อเข้าใช้งาน เมื่อผู้ใช้อาคารอยู่ในสภาพแวดล้อมดังกล่าวนาน ๆ จะเกิดความรู้สึกหนาว หรือปรากฏการณ์โอเวอร์คูลลิ่ง (overcooling) ซึ่งส่งผลให้ผู้ใช้งานมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม เช่น สวมเสื้อผ้าทับอีกชั้น เปลี่ยนอุณหภูมิให้สูงเพื่อให้เกิดความรู้สึกสบายต่ออุณหภูมิ ดังนั้นการตั้งค่าอุณหภูมิในห้องปรับอากาศให้ต่ำจะส่งผลให้เกิดการบริโภคพลังงานสูง และยังทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกไม่สบายต่ออุณหภูมิด้วย จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าประสบการณ์ทางความร้อนของคนส่งผลต่อการรับรู้อุณหภูมิ โดยพื้นที่เปลี่ยนถ่ายเป็นการเปลี่ยนแปลงประสบการณ์ทางความร้อนของผู้ใช้งานอย่างหนึ่ง โดยพื้นที่เปลี่ยนถ่ายสามารถช่วยลดความต่างของอุณหภูมิภายนอกและห้องปรับอากาศได้

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมาย (1) เพื่อศึกษาระยะเวลาที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายที่ส่งผลต่อระยะเวลาที่การรับรู้อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงที่ และการรับรู้อุณหภูมิอากาศ และ (2) เพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการใช้ห้องปรับอากาศหลังการรับรู้อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงที่ของกลุ่มตัวอย่างที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย 10 และ 30 นาที เพื่อศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาของการอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายที่ส่งผลต่อการรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศ โดยทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 16 คน หลังจากกลุ่มตัวอย่างอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย 10 และ 30 นาที จะต้องย้ายไปยังห้องปรับอากาศที่ตั้งค่าอุณหภูมิไว้ 25 องศาเซลเซียส และกลุ่มตัวอย่างต้องทำแบบสอบถามในด้านการรับรู้อุณหภูมิ คือ ความรู้สึกต่ออุณหภูมิ ความพึงพอใจต่ออุณหภูมิ และความรู้สึกสบายต่ออุณหภูมิ ทั้งในพื้นที่เปลี่ยน

Ref. code: 25595816030299ODZ

ถ่ายและห้องปรับอากาศ โดยทำแบบสอบถามทุก 1 นาทีหลังจากกลุ่มตัวอย่างเข้าสู่ห้องปรับอากาศ ทำแบบสอบถามทุก 3 นาที หลังจากอยู่ในห้อง 5 นาที ทำแบบสอบถามทุก 5 นาที หลังจากอยู่ในห้อง 10 นาที และทำแบบสอบถามทุก 10 นาที หลังจากอยู่ในห้อง 60 นาที ซึ่งในการทดลองแรกใช้เวลาในการทำการทดลองรวม 3 ชั่วโมง ในการทดลองที่ 2 กลุ่มตัวอย่างที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายทั้ง 2 เงื่อนไข ย้ายเข้าสู่ห้องปรับอากาศที่มีการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 22 25 และ 28 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเปลี่ยนอุณหภูมิทุก ๆ 20 นาที โดยใน 20 นาทีนี้กลุ่มตัวอย่างจะทำแบบสอบถามทุก 1 นาทีหลังจากมีการเปลี่ยนอุณหภูมิ ทำแบบสอบถามทุก 3 นาที หลังจากผ่านไป 5 นาที และทำแบบสอบถามทุก 5 นาที หลังจากผ่านไป 10 นาที จนครบ 20 นาที ซึ่งใช้เวลาในการทำการทดลองรวม 3 ชั่วโมงเช่นเดียวกัน ในการทดลองนี้ทำการวัดค่าดัชนีสภาวะน่าสบาย Predicted Mean Vote (PMV) and Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD) เพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในห้องปรับอากาศ และช่วงอุณหภูมิที่อยู่ในช่วงสบาย

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายนานกว่า ใช้ระยะเวลาในการเข้าสู่สภาวะคงที่ 7 นาที ซึ่งเร็วกว่ากลุ่มที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายในระยะเวลาสั้น ที่ใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะคงที่ 50 นาที นอกจากนี้พื้นที่เปลี่ยนถ่ายยังช่วยให้กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจและยอมรับในอุณหภูมิ โดยกลุ่มตัวอย่างที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย 30 นาที มีการยอมรับในช่วงอุณหภูมิ 24 – 27.4 องศาเซลเซียส ซึ่งกว้างกว่ากลุ่มตัวอย่างที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย 10 นาที ที่มีการยอมรับอุณหภูมิอยู่ในช่วง 24.5 – 26 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองกล่าวได้ว่าการออกแบบสภาพแวดล้อมทางอุณหภูมิในห้องปรับอากาศ สามารถตั้งค่าอุณหภูมิได้สูงถึง 27.4 องศาเซลเซียส ในกรณีที่ผู้ใช้งานอาศัยอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย อุณหภูมิดังกล่าวเป็นอุณหภูมิที่สูงกว่าค่ามาตรฐานถึง 2.4 องศาเซลเซียส ซึ่งช่วยในการประหยัดพลังงานในพื้นที่ปรับอากาศได้

จากผลงานวิจัยนี้นำเสนอการรับรู้อุณหภูมิ และช่วงสภาวะน่าสบายของกลุ่มตัวอย่าง 16 คน การศึกษาในอนาคตควรเพิ่มจำนวนการสำรวจ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความแม่นยำและถูกต้องมากขึ้น

คำสำคัญ: การรับรู้อุณหภูมิ, พื้นที่ปรับอากาศ, พื้นที่เปลี่ยนถ่าย, สภาวะน่าสบาย

Ref. code: 25595816030299ODZ

Thesis Title	THE INFLUENCE OF TIMING IN TRANSITIONAL SPACE ON THERMAL PERCEPTION IN AIR-CONDITIONED SPACE
Author	Miss Nattakan Udomsajjaphan
Degree	Master of Architecture
Major Field/Faculty/University	Architecture Architecture and Planning Thammasat University
Thesis Advisor	Daranee Jareemit, Ph.D
Academic Years	2016

ABSTRACT

In hot and humid region, an air conditioner is typically used for providing indoor thermal comfort. Most of buildings usually set a room thermostat lower than 25 $^{\circ}$C, which is promoted energy saving campaign. Such lower temperature makes occupants feel cool immediately when they get into the conditioned room. However, this could cause overcooling effect when the occupants live in the conditioned room for a long period. Previous studies have investigated that transitional space could affect occupant's perception and thermal sensation when living in the conditioned room.

This research aims 1) to investigate the time period that occupants living in transitional space, which influences occupant's thermal perception at steady state and 2) to determine the room air temperatures, which provide comfort range after reaching the steady-state condition for the occupants who had lived in the transitional space for 10 and 30 minutes. To determine the influence of time period in the transitional space on the thermal perception in the conditioned space, sixteen students after living in the transitional space for 10 and 30 minutes moved into the conditioned room with controlled air temperature at 25 °C. The surveys regarding to thermal perception, thermal sensation, thermal satisfaction, and thermal comfort

Ref. code: 25595816030299ODZ

were performed in the transitional space and conditioned room. These surveys were conducted every 1 minute after the occupants came in the space, every 3 minutes after living in the space for 5 minutes, every 5 minutes after living in the space for 10 minutes and every 10 minutes after living in the space for 60 minutes. Totally, the first experiment took three hours. For the second experiment, the students who had lived in both transitional space conditions moved into the test room with three step changed air temperatures of 22, 25, and 28 °C, which were adjusted every 20 minutes. These surveys were conducted every 1 minute after the occupants came in the space or temperature was change, every 3 minutes after living in the space for 5 minutes and every 5 minutes after living in the space for 10 minutes until the temperature has change. The second experiment consumed 3 hours. The Predicted Mean Vote (PMV) and Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD) were used to determine the indoor neutral temperature and thermal comfort range.

The results showed that the students who stayed longer in the transitional space could reach the steady state within 7 minutes, which was faster than who stayed in the transitional space shortly whose took 50 minutes. In addition, the transitional space could provide occupants having better satisfaction and acceptance on thermal conditions. Occupants who lived 30 minutes in the transitional space had a wider comfort range between 24 - 27.4 °C while who lived 10 minutes in transitional space felt comfortable when the air temperature ranging from 24.5 - 26 °C. It is possible that the design air temperature in the conditioned room could be increased up to 27.4 °C in the environments where the people spend more time in the transitional space. The increase of air temperature by 2.4 °C could save energy consumption from the space cooling.

The results of this present study represent the thermal perception and comfort range for sixteen students. In order to get more accurate results, future studies should increase the number of surveys.

Keywords: thermal perception, space-conditioning, transition space, thermal comfort

Ref. code: 25595816030299ODZ

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาอย่างดียิ่งจาก อาจารย์ ดร.ดารณี จารีมิตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.มานัส ศรีวณิช และรองศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร ที่คอยให้ความรู้ ให้คำปรึกษาด้านวิชาการ ตลอดจนข้อคิดเห็นและคำชี้แนะสำหรับแนวทางในการทำงานต่าง ๆ เพื่อแก้ไขปัญหาและอุปสรรคในการศึกษาวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับทุนอุดหนุน จากเงินกองทุนมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ทุนวิจัยทั่วไป สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ปีงบประมาณ 2560 ซึ่งผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณในความกรุณาของคณะกรรมการเป็นอย่างสูง

นางสาวณัฐกาญจน์ อุดมสัจจพันธุ์

Ref. code: 25595816030299ODZ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญตาราง	(9)
สารบัญภาพ	(10)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ตัวแปร	2
1.4 ขอบเขตงานวิจัย	2
1.5 ระเบียบวิธีวิจัย	3
1.6 สมมติฐานงานวิจัย	4
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.8 นิยามศัพท์	4
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานในอาคาร	5

Ref. code: 25595816030299ODZ

2.1.1 สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ (site and climate) 5
2.1.2 อาคาร (building) 6
2.1.3 ระบบอาคาร (building system) 6
2.1.4 ผู้ใช้อาคารและลักษณะการใช้งาน (user and operation) 6

2.2 ลักษณะทางภูมิศาสตร์และภูมิอากาศ 6
2.2.1 ลักษณะทางภูมิศาสตร์และภูมิอากาศของประเทศไทย 6

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายในอาคาร 8
2.3.1 อุณหภูมิอากาศ (ambient air temperature) 9
2.3.2 ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) 9
2.3.3 อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบ (Mean Radiant Temperature) 9
2.3.4 ความเร็วลม (velocity) 10
2.3.5 เสื้อผ้า (clothing value) 10
2.3.6 อัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย (metabolism rate) 11

2.4 การวัดค่าดัชนีสภาวะน่าสบาย 13

2.5 ความเคยชินต่อสภาพอากาศ 16

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17
2.6.1 ตัวแปรในการศึกษา 17
2.6.2 วิธีการทดลอง 18
2.6.3 การประเมินความสบายด้านอุณหภูมิ 22
2.6.4 ผลการทดลอง 22

บทที่ 3 วิธีการวิจัย 24

3.1 ประเภทของงานวิจัย 24
3.2 วิธีการทดลอง 24

Ref. code: 25595816030299ODZ

3.2.1 อาคารที่ศึกษา 24
3.2.2 กลุ่มตัวอย่าง 25
3.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 25
3.2.3.1 เครื่องมือวัดสภาพแวดล้อมทางอุณหภูมิ 26
3.2.3.2 แบบสอบถาม 28
3.2.4 การทำการทดลอง **29**
3.2.5 การคำนวณทางสถิติ **34**

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 35

4.1 ระยะเวลาที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย ที่ส่งผลต่อระยะเวลาที่การรับรู้อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงที่ และการรับรู้อุณหภูมิอากาศ 35
4.2 หาอุณหภูมิที่เหมาะสมในห้องปรับอากาศหลังการรับรู้อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงที่ 46

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 57

5.1 สรุปผลการทดลอง 58
5.1.1 ระยะเวลาที่การรับรู้อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงที่ และการรับรู้อุณหภูมิอากาศ 58
5.1.2 อุณหภูมิที่เหมาะสมในห้องปรับอากาศหลังการรับรู้อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงที่ 58
5.2 นำเสนอการประยุกต์ใช้ 59
5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต 59

รายการอ้างอิง 61

ภาคผนวก 65

ประวัติผู้เขียน 81

Ref. code: 25595816030299ODZ

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงค่าความต้านทานความร้อนของเสื้อผ้าชนิดต่าง ๆ	10
2.2 อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกายที่ระดับกิจกรรมต่าง ๆ	11
2.3 แสดงตัวเลือกความรู้สึกในสภาพอากาศแบบ 7 ตัวเลือก	14
2.4 แสดงตัวเลือกความรู้สึกในสภาพอากาศแบบ 9 ตัวเลือก	14

Ref. code: 25595816030299ODZ

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 แสดงสถิติอุณหภูมิของกรุงเทพฯ 7

2.2 แสดงBioclimatic chart แสดงตำแหน่ง comfort zone ที่ขึ้นกับ 6 ปัจจัย 13

2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง PMV และ PPD 15

2.4 ภาพแสดงการจำลองเส้นทางในการสำรวจภาคสนามของงานวิจัยที่ศึกษา 20

3.1 แสดงเครื่องมือวัดอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิโกลบ และความชื้นสัมพัทธ์ 26

3.2 แสดงเครื่องมือวัดความเร็วลม 26

3.3 แสดงเครื่องมือวัดอุณหภูมิ 27

3.4 แสดงเครื่องมือวัดอุณหภูมิผิว 27

3.5 แสดงการทดลอง 4 กรณี 28

3.6 แสดงแผนผังอาคารที่ทำการทดลอง และตำแหน่งการทดลอง 30

3.7 แสดงตำแหน่งที่นั่ง และตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์ 32

3.8 แสดงตำแหน่งที่นั่ง ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายและภายในห้องทดลอง 33

4.1 แสดงอุณหภูมิผิวหนังของกลุ่มตัวอย่างในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม A และ B 36

4.2 แสดงความรู้สึกต่ออุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่างในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม A และ B 38

4.3 แสดงความแตกต่างของการรับรู้อุณหภูมิของกลุ่ม A และ B จากการวิเคราะห์ทางสถิติในแต่ละช่วงเวลา 39

4.4 แสดงความรู้สึกต่ออุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม A 39

4.5 แสดงความรู้สึกสบายจากอุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม A 40

4.6 แสดงความต้องการต่ออุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม A 41

4.7 แสดงการยอมรับต่ออุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม A 42

4.8 แสดงความรู้สึกต่ออุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม B 43

4.9 แสดงความรู้สึกสบายจากอุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม B 43

4.10 แสดงความต้องการต่ออุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม B 44

4.11 แสดงการยอมรับต่ออุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม B 45

4.12 แสดงอุณหภูมิในห้องปรับอากาศในการทดลองกลุ่ม C และ กลุ่ม D 46

4.13 แสดงความแตกต่างของการรับรู้อุณหภูมิของกลุ่ม C และ D จากการวิเคราะห์ทางสถิติในแต่ละช่วงเวลา 47

Ref. code: 25595816030299ODZ

4.14 แสดงจำนวนของกลุ่มตัวอย่างในกลุ่ม C ที่มีความต้องการอุณหภูมิหนาวและร้อน ในแต่ละช่วงอุณหภูมิ 48
4.15 แสดงความรู้สึกต่ออุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม C 49
4.16 แสดงความรู้สึกสบายจากอุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม C 50
4.17 แสดงความต้องการต่ออุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม C 50
4.18 แสดงการยอมรับต่ออุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม C 51
4.19 แสดงจำนวนของกลุ่มตัวอย่างในกลุ่ม D ที่มีความต้องการอุณหภูมิหนาวและร้อน ในแต่ละช่วงอุณหภูมิ 52
4.20 แสดงความรู้สึกต่ออุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม C 53
4.21 แสดงความรู้สึกสบายจากอุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม C 54
4.22 แสดงความต้องการต่ออุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม C 54
4.23 แสดงการยอมรับต่ออุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม C 55

Ref. code: 25595816030299ODZ

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

การสร้างสภาวะน่าสบายในอาคารที่อยู่ในสภาพภูมิอากาศเขตร้อนชื้น ได้มีการแก้ไขปัญหาสภาพอากาศที่ร้อนโดยการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ทำให้ปัจจุบันมีอาคารปรับอากาศเพิ่มขึ้นและมีผู้ใช้งานอาคารปรับอากาศสูงขึ้นตาม ซึ่งผู้ใช้งานที่เจอกับสภาพอากาศที่ร้อน มีคาดหวังว่าจะได้รับความเย็นเมื่อเข้าสู่อาคาร (Qi Jie Kwong Nor Mariah Adam, 2011) จึงมีการตั้งค่าอุณหภูมิให้ต่ำ เพื่อให้เกิดความรู้สึกสบายทันทีที่เข้าสู่อาคาร รวมถึงเพื่อชดเชยความเย็นที่สูญเสียไปจากการถ่ายเทความร้อน ดังนั้นเมื่อใช้งานไประยะหนึ่งผู้ใช้งานอาจจะรู้สึกหนาว หรือเกิดปรากฏการโอเวอร์คูล (overcooling) (Ailu Chen, Victor W.-C. Chang, 2012) ส่งผลให้อุณหภูมินั้นอยู่นอกขอบเขตสภาวะน่าสบาย และจากการประเมินของสำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติวิเคราะห์สถานภาพความต้องการใช้พลังงานและการจัดหาพลังงานในประเทศไทยได้มีการประเมินว่า อัตราการใช้พลังงานในประเทศจะสูงมากขึ้นถึงร้อยละ 96 ในปี พ.ศ. 2568 โดยร้อยละ 60 เป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ของอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด และมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อย ๆ

จากการตั้งค่าอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศต่ำในอาคารที่กล่าวมาในข้างต้น ส่งผลให้มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูง เนื่องจากเครื่องปรับอากาศมีภาระการทำงานมากขึ้น โดยเฉพาะในสภาพอากาศเขตร้อนชื้นที่มีอุณหภูมิต่างกันระหว่างภายในอาคารที่เย็น และภายนอกอาคารที่ร้อนเกิดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร ดังนั้นการควบคุมสภาพอากาศไม่ให้มีความแตกต่างกันมาก จะช่วยในการลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งทำได้โดยเพิ่มอุณหภูมิภายในอาคารไม่ให้เย็นจนเกินไป และลดอุณหภูมิในส่วนที่เชื่อมต่อกับพื้นที่ปรับอากาศ นอกจากการควบคุมอุณหภูมิจะช่วยในการประหยัดค่าไฟฟ้าแล้ว ยังช่วยให้ผู้ใช้อาคารมีความรู้สึกสบายมากขึ้นอีกด้วย

พื้นที่เปลี่ยนถ่าย (transition space) คือพื้นที่ที่อยู่ระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งเป็นปัจจัยที่ช่วยลดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างพื้นที่ที่ติดกับส่วนปรับอากาศ และพื้นที่ปรับอากาศ ลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่พื้นที่ปรับอากาศโดยตรง และช่วยให้พื้นที่ภายในอาคารไม่ได้รับการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยตรง อีกทั้งยังช่วยในการปรับตัวของผู้ใช้งานทางกายภาพ และทางความรู้สึก ในการเดินผ่านพื้นที่เปลี่ยนถ่ายแม้เพียงระยะเวลาสั้น ๆ ก็ส่งผลต่อ

Ref. code: 25595816030299ODZ

การรับรู้อุณหภูมิของผู้ใช้งาน (Hong Liu และคณะ, 2009) โดยผู้ใช้งานจะยอมรับช่วงอุณหภูมิที่กว้างขึ้นในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย (Hui, SCM; Jiang, J, 2014)

จากความคาดหวังของผู้ใช้งานต่ออุณหภูมิในพื้นที่ปรับอากาศว่าจะต้องมีอากาศที่เย็น เนื่องจากความเคยชินในการอยู่ในพื้นที่ปรับอากาศ และมีความพึงพอใจในอากาศเย็นมากกว่า ด้วยสภาพอากาศในเขตร้อนชื้น ส่งผลให้ผู้ใช้งานมีความต้องการอุณหภูมิที่เย็นมากกว่าช่วงสภาวะน่าสบาย (Jitkhajornwanich; Pitts, 2001) ซึ่งการตอบสนองความต้องการความเย็น อาคารส่วนใหญ่จึงตั้งค่าอุณหภูมิต่ำ ซึ่งเมื่อผู้ใช้งานอยู่ในพื้นที่นั้นเป็นเวลานาน ร่างกายจะปรับตัวจนเข้าสู่สภาวะคงที่ (steady state) อุณหภูมิที่ตั้งค่าไว้ในตอนแรกอาจจะส่งผลให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกหนาว การนำพื้นที่เปลี่ยนถ่ายเข้ามาช่วยอาจสามารถปรับเปลี่ยนการรับรู้อุณหภูมิ และความต้องการอุณหภูมิในห้องปรับอากาศ ให้มีความต้องการความเย็นน้อยลง โดยที่ระยะเวลาที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายของแต่ละบุคคลจะแตกต่างกันไป ซึ่งอาจจะส่งผลต่อการรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศด้วยเช่นกัน

ในงานวิจัยนี้จะศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาของการอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย ที่จะส่งผลต่อการรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาระยะเวลาที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายที่ส่งผลต่อระยะเวลาที่การรับรู้อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงที่ และการรับรู้อุณหภูมิอากาศ

1.2.2 เพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการใช้ห้องปรับอากาศหลังการรับรู้อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงที่

1.3 ตัวแปร

1.3.1 การทดลองที่ 1 (กลุ่ม A และ B)

1) ตัวแปรต้น	คือ	ระยะเวลาในการอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย
2) ตัวแปรตาม	คือ	อุณหภูมิที่เหมาะสมในการใช้ห้องปรับอากาศ
		ระยะเวลาการปรับตัวในห้องปรับอากาศ
3) ตัวแปรควบคุม	คือ	เสื้อผ้าของกลุ่มตัวอย่าง
		อายุของกลุ่มตัวอย่าง
		ความชื้นสัมพันธ์

Ref. code: 25595816030299ODZ

ดัชนีมวลกายของกลุ่มตัวอย่าง
อัตราการเผาผลาญของร่างกาย
อุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศ

1.3.2 การทดลองที่ 2 (กลุ่ม C และ D)

1) ตัวแปรต้น คือ ระยะเวลาในการอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย
อุณหภูมิในห้องปรับอากาศ

2) ตัวแปรตาม คือ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการใช้ห้องปรับอากาศ
ระยะเวลาการปรับตัวในห้องปรับอากาศ

3) ตัวแปรควบคุม คือ เสื้อผ้าของกลุ่มตัวอย่าง
อายุของกลุ่มตัวอย่าง
ความชื้นสัมพันธ์
ดัชนีมวลกายของกลุ่มตัวอย่าง
อัตราการเผาผลาญของร่างกาย

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีขอบเขตดังต่อไปนี้

1.4.1 ทำการศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาของการอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย ที่ส่งผลต่อการรับรู้อุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศ

1.4.2 ทำการเปรียบเทียบการรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศในแต่ละกรณี

1.4.3 ศึกษาระยะเวลาที่การรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศ

1.4.4 ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการใช้งานในห้องปรับอากาศ

1.5 ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาของการอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย ที่ส่งผลต่อการรับรู้อุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศ และสภาวะน่าสบายของผู้ใช้งาน โดยทำการทดลองผ่านกลุ่มตัวอย่าง และประเมินค่าการรับรู้อุณหภูมิ ความรู้สึกต่ออุณหภูมิด้วยแบบสอบถาม

Ref. code: 25595816030299ODZ

1.6 สมมติฐานงานวิจัย

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าพื้นที่เปลี่ยนถ่ายช่วยในการปรับตัวของคนจากภายนอก ก่อนจะเข้าสู่ภายในห้องปรับอากาศที่มีอุณหภูมิต่างกันสูง ส่งผลให้การรับรู้อุณหภูมิเป็นไปในทิศทางที่ดีขึ้น โดยมีการยอมรับอุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิที่กว้างมากขึ้น ดังนั้นแล้วสมมติฐานในงานวิจัยนี้ คาดว่าการอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายในระยะเวลาที่นานกว่า จะมีการรับรู้อุณหภูมิที่ดีกว่า

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ทราบถึงระยะเวลาของการอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายที่จะส่งผลต่อการรับรู้ทางอุณหภูมิในห้องปรับอากาศที่ดีที่สุด

1.7.2 ทราบถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการใช้งานในอาคารปรับอากาศที่ทำให้เกิดสภาวะน่าสบาย ณ เวลาที่การรับรู้อุณหภูมิอยู่ในสภาวะคงที่ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการตั้งค่าอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ

1.8 นิยามศัพท์

1.8.1 สภาวะน่าสบาย (thermal comfort) หมายถึง การที่สภาวะทางจิตใจพึงพอใจสภาพแวดล้อมที่เป็นอยู่ (กิจชัย จิตขจรวานิช, สภาวะสบายและการปรับตัวเพื่ออยู่แบบสบายของคนในท้องถิ่น, 2547) เป็นสภาวะที่สมดุลทางอุณหภูมิ หรือ สมดุลระหว่างความร้อนของร่างกายกับสภาพแวดล้อม (Stein B., and Reynolds, J.S., 1992) ซึ่งเป็นการแสดงออกทางความรู้สึกนึกคิดจากการะบวนการรับรู้ที่ ได้รับอิทธิพลจากประสบการณ์ทางสภาพร่างกาย และสภาพจิตใจ

1.8.2 ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) หมายถึง อัตราส่วนของจำนวนไอน้ำในอากาศกับจำนวนไอน้ำสูงสุด ที่อากาศในอุณหภูมินั้นสามารถอุ้มอยู่ได้

1.8.3 อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบ (mean radiant temperature) หมายถึง อุณหภูมิที่เกิดจากการแผ่รังสีความร้อนของสิ่งแวดล้อม และมุมกระทบระหว่างมนุษย์กับพื้นผิวนั้น ๆ

1.8.4 PMV (predicted mean vote) คือ ค่าสมมติทางคณิตศาสตร์ที่ได้มาจากการเฉลี่ยค่าคำตอบความรู้สึกต่อสภาพอากาศ

1.7.5 PPD (predicted percentage of dissatisfied) คือ ค่าที่แสดงถึงจำนวนคนที่มีความไม่พอใจต่อสภาพอากาศ โดยแสดงผลเป็นร้อยละ

Ref. code: 25595816030299ODZ

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาการรับรู้อุณหภูมิ และการหาขอบเขตสภาวะน่าสบายนั้น มีทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำการศึกษา แบ่งออกเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

2.1 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานในอาคาร

2.2 ลักษณะทางภูมิศาสตร์และภูมิอากาศ

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายในอาคาร

2.4 การวัดค่าดัชนีสภาวะน่าสบาย

2.5 ความเคยชินต่อสภาพอากาศ

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานในอาคาร

การใช้พลังงานในอาคารขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กัน สามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม (สมสิทธิ์ นิตยะ, 2541, น. 133) คือ

2.1.1 สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ (site and climate)

2.1.2 อาคาร (building)

2.1.3 ระบบอาคาร (building system)

2.1.4 ผู้ใช้อาคารและลักษณะการใช้งาน (user and operation)

2.1.1 สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ (site and climate)

สภาพแวดล้อมในแต่ละที่มีลักษณะต่างกัน ดังนั้นการศึกษาและวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและที่ตั้งของอาคาร ทำให้ทราบถึงข้อจำกัดของที่ตั้ง สภาพภูมิอากาศ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและปรับปรุงอาคารที่ประหยัดพลังงาน เช่น การวางผังอาคารให้สัมพันธ์กับทิศทางของลม ทิศทางของแสงอาทิตย์ และรังสีจากดวงอาทิตย์ รวมถึงความชื้น

Ref. code: 25595816030299ODZ

2.1.2 อาคาร (building)

อาคารจะได้รับอิทธิพลจากสภาพอากาศภายนอก ที่ส่งผลต่อสภาพอากาศภายในอาคาร โดยการจัดวางพื้นที่ใช้สอยในอาคาร และรูปแบบของกรอบอาคาร มีส่วนช่วยในการควบคุมอิทธิพลจากภายนอก ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร ทั้งนี้การจัดวางพื้นที่ภายในอาคารและการออกแบบกรอบอาคารควรมีลักษณะที่เหมาะสม ระบบอาคาร (building system) ของอาคารนั้น ๆ ด้วย

2.1.3 ระบบอาคาร (building system)

ระบบปรับอากาศสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ ระบบไม่ปรับอากาศ และระบบปรับอากาศ โดยในอาคารขนาดเล็ก สามารถออกแบบระบบอาคารเป็นแบบพาสซีฟ (passive cooling) หรือไม่จำเป็นต้องใช้ระบบปรับอากาศได้ เนื่องจากสามารถควบคุมการระบายอากาศและอุณหภูมิได้ง่าย เมื่อเทียบกับอาคารขนาดใหญ่ ในการทำให้เกิดสภาวะน่าสบายนั้น จะต้องใช้พื้นที่จำนวนมากเพื่อให้เกิดการถ่ายเทอากาศ จึงมีการแก้ไขปัญหาโดยการใช้ระบบปรับอากาศเข้ามาช่วยในการควบคุมคุณภาพอากาศ แต่ก็ส่งผลให้อาคารมีการใช้พลังงานมากขึ้น ดังนั้นการใช้พลังงานจะมากหรือน้อยจึงขึ้นอยู่ระบบอาคารที่ใช้เช่นกัน

2.1.4 ผู้ใช้อาคารและลักษณะการใช้งาน (user and operation)

กิจกรรมของผู้ใช้อาคารและลักษณะการใช้งานมีผลโดยตรงต่อตัวอาคารและระบบอาคาร และส่งผลมาถึงการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่ด้วย เช่น ในอาคารพื้นที่เขตร้อนชื้นที่มีจำนวนผู้ใช้งานในอาคารสูง จะส่งผลต่อการรับรู้อุณหภูมิในอาคาร โดยรู้สึกว่าอาคารมีอุณหภูมิสูงขึ้น (Qi Jie Kwong, Nor Mariah Adam, 2011) ซึ่งต้องใช้เครื่องปรับอากาศเพื่อปรับอุณหภูมิให้อยู่สบาย ทำให้การใช้พลังงานสูงขึ้นด้วย

2.2 ลักษณะทางภูมิศาสตร์และภูมิอากาศ

ลักษณะทางภูมิศาสตร์และภูมิอากาศที่แตกต่างกันในแต่ละท้องที่ เป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการรับรู้อุณหภูมิ และการออกแบบอาคาร เพื่อให้เกิดสภาวะน่าสบายในการใช้งาน

2.2.1 ลักษณะทางภูมิศาสตร์และภูมิอากาศของประเทศไทย

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีค่อนข้างสูง โดยสามารถแบ่งฤดูกาลออกเป็น 3 ฤดู ดังนี้ ฤดูร้อน (ระหว่างกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม) ฤดูฝน (ระหว่างกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม) ฤดูหนาว (ระหว่างกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์) ซึ่งอุณหภูมิในช่วงของวันและฤดูกาล ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยที่อุณหภูมิฤดูร้อนเมื่อ

Ref. code: 25595816030299ODZ

พิจารณาจากอุณหภูมิสูงสุดของแต่ละวัน แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คืออากาศร้อน มีอุณหภูมิระหว่าง 35-39.9 องศาเซลเซียส และ อากาศร้อนจัด มีอุณหภูมิตั้งแต่ 40 องศาเซลเซียสขึ้นไป มีลมมรสุมพัดผ่าน 2 ช่วง คือ มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พัดปกคลุมประเทศไทยระหว่างกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม มรสุมนี้จะนำมวลอากาศชื้นจากมหาสมุทรอินเดียมาสู่ประเทศไทย ทำให้มีเมฆมากและฝนชุกทั่วไป และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พัดปกคลุมประเทศไทยระหว่างกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ มรสุมนี้มีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูงในซีกโลกเหนือแถบประเทศมองโกเลียและจีน จึงพัดพาเอามวลอากาศเย็นและแห้งจากแหล่งกำเนิดเข้ามาปกคลุมประเทศไทย ทำให้ท้องฟ้าโปร่ง อากาศหนาวเย็นและแห้งแล้งทั่วไป ความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยตลอดปีร้อยละ 73-75 และจะลดต่ำลงในช่วงฤดูร้อน (กรมอุตุนิยมวิทยา , 2558)

CLIMATOLOGICAL DATA FOR PERIOD 2006-2010

index: 48455 (Station: 455201-BANGKOK METROPOLIS)

Latitude : 13.43.35 N Longitude : 100.33.36 E Elevation above MSL : 3.01 Meters

Elements		N-Years	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	Annual
Pressure(hPa)	Mean	5	1012.7	1011.3	1009.6	1008.6	1007.3	1006.9	1007.1	1007	1007.9	1008.5	1011.1	1011.7	1009.3
	Mean Daily Range	5	4.7	4.7	4.8	4.8	4.2	3.8	3.8	3.9	4.5	4.5	4.5	4.6	4.4
	Ext.Max.	5	1022.9	1020.5	1019.3	1014.3	1012.7	1011.5	1012	1012.8	1014	1016.8	1018.7	1019.2	1022.9
	Ext.Min.	5	1008.5	1008.7	1005.4	1004.7	1003.3	1003	1003.6	1002.2	1003.2	1005.1	1006.3	1007.7	1002.2
Temperature(Celcius)	Mean Max.	5	32.8	33.9	35.3	36.1	34.7	34.5	33.6	33.7	33.7	33.3	33.2	33	34
	Ext.Max.	5	36.9	38.8	38	39.4	39.7	37.9	37.9	36.7	37.2	37.9	38.8	36.7	39.7
	Mean Min.	5	23.1	25.2	26.7	27.3	26.8	26.5	26.1	25.9	25.5	25.3	24.4	23.4	25.5
	Ext.Min.	5	21.1	24.1	23.9	25.4	24.9	25	24.9	24.9	24	24.4	23	21.3	21.1
	Mean	5	27.4	28.8	30.1	30.8	29.9	29.8	29.1	29.1	28.8	28.6	28.2	27.7	29
Dew Point Temp.(Celcius)	Mean	5	19.7	22.4	23.6	24.5	24.8	24.7	24.2	24.1	24.4	24	21	19.9	23.1
Relative Humidity(%)	Mean	5	65	70	70	71	75	75	76	76	78	78	66	64	72
	Mean Max.	5	81	86	85	85	88	88	89	89	91	90	80	80	86
	Mean Min.	5	47	51	50	51	59	59	62	60	61	62	51	47	55
	Ext.Min.	5	40	55	42	42	47	54	53	54	53	52	43	40	40
Visibility(Km.)	07.00LST	5	7	8	10	10	10	11	10	10	10	9	9	9	9
Cloud Amount(1-10)	Mean	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	6	5	7
Wind (Knots)	Prev.Wind	5													
	Mean	5												1.3	2
	Max.	5	17	18	25		31	31	30	31	23	29	21	14	
Pan Evaporation(mm.)	Mean	5	114	112	159	158	136	134	121	122	115	111	112	113	126
Rainfall(mm)	Mean	5	46.2	37	27.1	147.7	312	225.6	232.8	217.5	335.2	296.5	34.9	10.3	160.4
	Mean Rainy Day	5	3	5	4	10	18	19	18	19	22	18	5	3	12
	Daily Max.	5	62.1	26.9	63.6	216.8	122.9	94.6	60.6	96.6	117.9	132.9	38.7	19.1	216.8
Phenomena(Days)	Fog	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Haze	5	21	15	10	7	3	0	1	1	2	7	14	18	8
	Hail	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ThunderStorm	5	0	1	3	10	11	13	10	10	13	12	2	0	7
	Squal	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ภาพที่ 2.1 แสดงสถิติอุณหภูมิของกรุงเทพฯ พ.ศ. 2549-2553 จาก กรมอุตุนิยมวิทยา

Ref. code: 25595816030299ODZ

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายในอาคาร

สภาวะน่าสบาย (thermal comfort) หมายถึง การที่สภาวะทางจิตใจพึงพอใจสภาพแวดล้อมที่เป็นอยู่ (กิจชัย จิตขจรวานิช, สภาวะสบายและการปรับตัวเพื่ออยู่แบบสบายของคนในท้องถิ่น, 2547) เป็นสภาวะที่สมดุลทางอุณหภูมิ หรือ สมดุลระหว่างความร้อนของร่างกายกับสภาพแวดล้อม (Stein B. , and Reynolds, J.S., 1992) ซึ่งเป็นการแสดงออกทางความรู้สึกนึกคิดจากการะบวนการรับรู้ที่ ได้รับอิทธิพลจากประสบการณ์ทางสภาพร่างกาย และสภาพจิตใจ

ในสภาพปกติร่างกายมนุษย์มีอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และจะมีการสร้างพลังงานในร่างกาย รวมถึงเกิดความร้อนขึ้นในร่างกาย เมื่อเกิดการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย ซึ่งเกิดจากกิจกรรมที่กระทำอยู่ และอาจทำให้ร่างกายรู้สึกหนาว เนื่องจากเกิดการถ่ายเทพลังงานจากร่างกายออกสู่สภาพแวดล้อมภายนอก โดยการถ่ายเทความร้อนระหว่างมนุษย์และสิ่งแวดล้อมสามารถแบ่งเป็น 5 ประเภท ดังนี้

1) การแผ่รังสีความร้อน (radiation) ร่างกายถ่ายเทความร้อนออกทางผิวหนัง

2) การพาความร้อน (convection) ร่างกายถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยลมเย็นที่พัดมาถูกร่างกายเป็นตัวกลาง

3) การระเหย (evaporative) ร่างกายถ่ายเทความร้อนออกทางผิวหนังในรูปของเหงื่อ

4) การหายใจ (respiration) ร่างกายถ่ายเทความร้อนออกทางการหายใจ

5) การนำความร้อน (conduction) ร่างกายถ่ายเทความร้อนผ่านสิ่งที่สัมผัสกับร่างกายโดยตรง ซึ่งเป็นการถ่ายเทความร้อนที่มีผลเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

จากการศึกษาเกี่ยวกับความรู้สึกน่าสบายของมนุษย์พบว่า มีปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกสบายของคนในสภาวะที่ร่างกายปกติ สามารถแบ่งออกเป็น 6 ปัจจัย มีด้านสภาพแวดล้อม 4 ปัจจัย และด้านตัวบุคคล 2 ปัจจัย (Fanger,1967)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกสบาย

ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม

2.3.1 อุณหภูมิอากาศ (ambient air temperature)

2.3.2 ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity)

2.3.3 อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบ (mean radiant temperature)

2.3.4 ความเร็วลม (velocity)

Ref. code: 25595816030299ODZ

ปัจจัยทางด้านบุคคล

2.3.5 เสื้อผ้า (clothing Value)

2.3.6 อัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย (metabolism)

2.3.1 อุณหภูมิอากาศ (ambient air temperature)

เป็นปัจจัยสำคัญในการบ่งบอกถึงสภาวะน่าสบาย (thermal comfort) โดยอุณหภูมิอากาศจะแปรเปลี่ยนตามสภาพอากาศและการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์

2.3.2 ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity)

ความชื้น สัมพัทธ์ คือ อัตราส่วนของจำนวนไอน้ำในอากาศกับจำนวนไอน้ำสูงสุด ที่อากาศในอุณหภูมินั้นสามารถอุ้มอยู่ได้ ความชื้นสัมพัทธ์ 0% หมายถึง อากาศที่แห้งสนิท ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ 100% หมายถึง ณ อุณหภูมิที่อากาศไม่สามารถอุ้ม น้ำได้อีกต่อไปจึงกลั่นตัวเป็นฝน หมอก หรือน้ำค้าง ในที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง และอุณหภูมิสูง ด้วยจะทำให้ร่างกายรู้สึกไม่สบายและเหนียวตัว เนื่องในสภาวะที่มีความชื้นสัมพันธ์ในอากาศ มีผลต่ออัตราการระเหยของเหงื่อ โดยความชื้นสัมพันธ์สูงอากาศไม่สามารถรับปริมาณความชื้นได้มาก ทำให้เหงื่อที่เกิดจากการระบายความร้อนของร่างกายไม่สามารถระเหยออกมาได้ยาก ดังนั้นอากาศที่มีปริมาณความชื้นสัมพันธ์ต่ำ ก็จะทำให้รู้สึกสบายตัว

2.3.3 อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบ (mean radiant temperature)

อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ หรือ MRT คือ อุณหภูมิที่เกิดจากการแผ่รังสีความร้อนของสิ่งแวดล้อม และมุมกระทบระหว่างมนุษย์กับพื้นผิวนั้น ๆ ซึ่ง MRT มีผลต่อสภาวะน่าสบายถึงร้อยละ 40 สามารถอธิบายได้ว่า ถ้าตั้งค่าอุณหภูมิห้องที่ 26 องศาเซลเซียส แต่ MRT จะมีค่า 32 องศาเซลเซียส ก็จะเกิดการแผ่รังสีความร้อน ทำให้ผู้อยู่อาศัยรู้สึกร้อนกว่า 26 องศาเซลเซียส

การคำนวณหาค่า MRT สามารถคำนวณได้จาก อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิโกลบ และความเร็วลม โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้ (ASHRAE, 2001)

$$t_r = [\ (t_g+273)^4+((1.10\times10^8 V_a^{0.6})/(\varepsilon \times D^{0.4})\times(t_g-t_a))^{1/4} - 273 \quad \text{.....(1)}$$

โดยที่ t_r = อุณหภูมิพื้น ผิวเฉลี่ยโดยรอบ (mean radiant temperature) (^{O}C)

t_g = อุณหภูมิของ Globe Thermometer (^{O}C) V_a = ความเร็วลม (m/s^2)

t_a = อุณหภูมิอากาศ (^{O}C)

Ref. code: 25595816030299ODZ

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของ Globe Thermometer (m)

ε = ค่าการดูดซับความร้อน (emissivity = 0.95 ในกรณี Globe Thermometer เป็นสีดำ)

2.3.4 ความเร็วลม (wind speed)

ลมเป็นปัจจัยที่ช่วยในการเพิ่มขอบเขตของความสบาย เนื่องจากเมื่อ ความเร็วลมพัดผ่านผิวกายมนุษย์ จะช่วยพัดพาความร้อนออกไปจากร่างกาย โดยการเพิ่มอัตราระเหยของเหงื่อ ทำให้ร่างกายระบายความร้อนได้ดี ดังนั้น ความเร็วลมที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญ หากความเร็วลมน้อยเกินไปก็ไม่ได้ช่วยในการระเหยของเหงื่อ ลมแรงเกินไปจะทำให้เกิดความรำคาญรบกวนการทำงาน

2.3.5 เสื้อผ้า (clo value)

เสื้อผ้าที่สวมใส่ทำหน้าที่เป็นฉนวนป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากความร้อนระหว่างร่างกายกับสภาพแวดล้อมภายนอก โดยค่าความต้านทานความร้อนขึ้นอยู่กับเนื้อผ้า ในประเทศเขตร้อน การสวมเสื้อที่บางจะช่วยให้การระเหยของเหงื่อดีขึ้นอีกด้วย

ตารางที่ 2.1

แสดงค่าความต้านทานความร้อนของเสื้อผ้าชนิดต่าง ๆ

เครื่องแต่งกาย	Clo value
กางเกงขาสั้น เสื้อเชิ้ตแขนสั้น	0.36
กางเกงขายาว เสื้อเชิ้ตแขนสั้น	0.57
กางเกงขายาว เสื้อเชิ้ตแขนยาว	0.61
กางเกงขายาว เสื้อเชิ้ตแขนยาว สวมเสื้อยืดข้างใน และสวมเสื้อกันหนาวแขนยาว	1.14
กางเกงกีฬาขายาว เสื้อกีฬาแขนยาว	0.74
กางเกงทำงานหลวม ๆ สวมเสื้อยืดคอกลมทับข้างใน	0.89

หมายเหตุ. จาก American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineering. 2002 ASHRAE Handbook of Fundamental. L-P Edition. (n.p.,2002), p.8.9

Ref. code: 25595816030299ODZ

2.3.6 อัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย (metabolism)

ร่างกายของมนุษย์จะผลิตความร้อนออกมาตลอด ซึ่งได้มาจากการย่อยอาหาร ที่เปลี่ยนแปลงสารอาหารที่บริโภคเข้าไปเป็นพลังงาน ซึ่งอัตราการเผาผลาญจะมากปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่ทำ ชนิดของอาหารที่บริโภค และอาจจะขึ้นอยู่กับสถานที่ที่อยู่ ณ เวลานั้น โดยความร้อนที่ผลิตออกมามีหน่วยเป็น Metabolic หรือ Met ซึ่ง 1 Met มีค่าเท่ากับ 58.2 w/m^2 ตารางที่ 2.2

อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกายที่ระดับกิจกรรมต่าง ๆ

กิจกรรม	W/m^2	Met
<u>กิจกรรมการพักผ่อนร่างกาย (การเผาผลาญพลังงานไม่เกิน 65 W/m^2)</u>		
นอนหลับ	40	0.7
เอกเขนก	45	0.8
นั่ง	60	1.0
<u>กิจกรรมที่เผาผลาญพลังงานต่ำ (66 - 130 W/m^2)</u>		
นั่งอ่านหนังสือ	55	1.0
นั่งเขียนหนังสือ	60	1.0
ยืนสบาย ๆ	70	0.2
ทำอาหาร	95-115	1.6-2.0
ยกของเบา	115	2.0
เดิน (ทางราบ) ที่ความเร็ว 0.9 เมตรต่อวินาที	120	2.1

Ref. code: 25595816030299ODZ

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

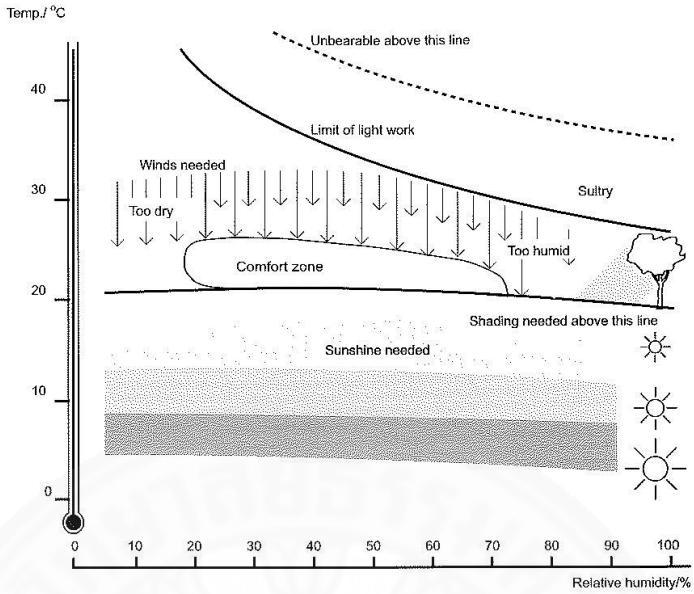
อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกายที่ระดับกิจกรรมต่าง ๆ

<u>กิจกรรมที่เผาผลาญพลังงานปานกลาง (131 - 200 W/m2)</u>		
ทำความสะอาดบ้าน	115-120	2.0-3.4
เดิน (ทางราบ) ที่ความเร็ว 1.2 เมตรต่อวินาที	150	2.6
<u>กิจกรรมที่เผาผลาญพลังงานสูง (201 - 260 W/m2)</u>		
เต้นรำ	140-255	2.4-4.4
ออกกำลังกาย	175-235	3.0-4.0
เดิน (ทางราบ) ที่ความเร็ว 1.8 เมตรต่อวินาที	220	3.8
ยกของหนัก (50 กิโลกรัม)	235	4.0
<u>กิจกรรมที่เผาผลาญพลังงานสูงมาก (มากกว่า 260 W/m^2)</u>		
เล่นเทนนิส	210-270	3.6-4.0
เล่นบาสเกตบอล	290-440	5.0-7.6

หมายเหตุ. จาก American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineering. 2002 ASHRAE Handbook of Fundamental. L-P Edition. (n.p.,2002), p.8.9

เมื่อนำปัจจัยทั้ง 6 มากำหนดขอบเขตสภาวะน่าสบาย โดยแสดงเป็นแผนภูมิที่เรียกว่า Bioclimatic Chart (Olgyay, 1963) ในขอบเขตของสภาวะน่าสบาย (Comfort Zone) อยู่ในอุณหภูมิระหว่าง 21-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างร้อยละ 30-65 ไม่มีลมพัดผ่าน และไม่ได้รับรังสีความร้อนใดๆ ระดับของกิจกรรมที่ทำมีอัตราการเผาผลาญเท่ากับ 1.2 Met-Value และค่าความเป็นฉนวนของเสื้อผ้าที่สวมใส่เท่ากับ 1.0 Clo-Value

Ref. code: 25595816030299ODZ



ภาพที่ 2.2 แสดงBioclimatic chart แสดงตำแหน่ง comfort zone ที่ขึ้นกับ 6 ปัจจัย , Olgyay

อย่างไรก็ตาม ยังมีปัจจัยอื่น ๆ เช่น อายุ เพศ ประเภทของอาหารที่รับประทาน ความคุ้นเคยต่อสภาพอากาศ รวมถึงสรีระของแต่ละคน เหล่านี้ล้วนมีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบาย จึงไม่อาจกำหนดขอบเขตของสภาวะน่าสบายที่แน่นอนได้ การกำหนดขอบเขตใด ๆ จึงเป็นเพียงสมมติฐานในสภาพแวดล้อมหนึ่ง ๆ เท่านั้น

2.4 การวัดค่าดัชนีสภาวะน่าสบาย

ค่าดัชนีภาวะน่าสบาย เป็นค่าที่ใช้ประเมินความรู้สึกต่อสภาพอากาศในสภาพแวดล้อมใด ๆ มีผลออกมาในรูปแบบของตัวเลข โดยดูพื้นฐานของบุคคลที่มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายร่วมด้วย เช่น สภาพแวดล้อมของที่อยู่อาศัย และรูปร่างของผู้ใช้งาน และนำตัวเลขเหล่านั้นมาประเมินหาค่าความรู้สึกผ่านแบบสอบถาม ซึ่งคำตอบจะเป็นแบบตัวเลือก ซึ่งนิยมใช้แบบ 7 ตัวเลือก และ 9 ตัวเลือก

ดัชนีสภาวะน่าสบายที่สำคัญ คือ PMV (Predicted Mean Vote) และ PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) ค่า PMV คือ ค่าสมมติทางคณิตศาสตร์ที่ได้มาจากการเฉลี่ยค่าคำตอบความรู้สึกต่อสภาพอากาศ ค่า PMV เป็นตัวบ่งชี้สภาวะอากาศในสภาพแวดล้อม และมีประโยชน์ในการวิเคราะห์สภาวะน่าสบาย ค่า PMV แบบ 7 ตัวเลือกมีค่าอยู่ระหว่าง -3 ถึง +3 และค่า PMV แบบ 9 ตัวเลือกมีค่าอยู่ระหว่าง -4 ถึง +4 โดยมีความหมายตามค่าที่แสดงในตารางที่ 3 และ 4 ตามลำดับ

Ref. code: 25595816030299ODZ

ตารางที่ 2.3

แสดงตัวเลือกความรู้สึกในสภาพอากาศแบบ 7 ตัวเลือก

Sensation Value	Description
+3	Hot
+2	Warm
+1	Slightly warm
0	Neutral
-1	Slightly cool
-2	Cool
-3	Cold

ตารางที่ 2.4

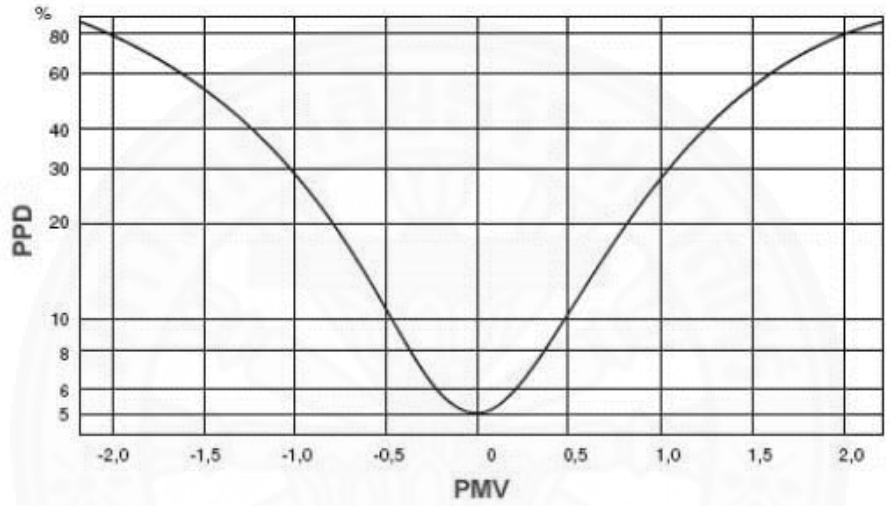
แสดงตัวเลือกความรู้สึกในสภาพอากาศแบบ 9 ตัวเลือก

Sensation Value	Description
+4	Very hot
+3	Hot
+2	Warm
+1	Slightly warm
0	Neutral
-1	Slightly cool
-2	Cool
-3	Cold
-4	Very cold

หมายเหตุ. จาก EnergyPlus Manual Documentation Version 2.2, “Occupant Thermal Comfort”, Engineer Reference, (2008).

Ref. code: 25595816030299ODZ

ส่วนค่า PPD คือ ค่าที่แสดงถึงจำนวนคนที่มีความไม่พอใจต่อสภาพอากาศ โดยแสดงผลเป็นร้อยละ โดยการกำหนดขอบเขตของสภาวะน่าสบายด้วยดัชนี PMV และ PPD ไม่ได้ระบุอุณหภูมิที่แน่นอน เพราะช่วงของสภาวะน่าสบายจะมีช่วงกว้างเท่าไหร่ก็ได้ แต่จะขึ้นอยู่กับจำนวนผู้ที่รู้สึกไม่สบายในสภาพอากาศเป็นจำนวนน้อย ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างค่า PMV และ PPD ได้มีการกำหนดไว้ว่า ที่ค่า PMV = 0 ซึ่งหมายถึงรู้สึกสบาย และค่า PPD = 5% คือ ที่การประเมินค่าความรู้สึกว่าสบายจะมีค่าความไม่พอใจอยู่ร้อยละ 5



ภาพที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง PMV และ PPD จาก Fanger and P O, Thermal Comfort(Copenhagen : Danish Technical Press, 1970).

โดยมีสมการดังนี้

$$PMV = \{0.303 \ \exp(-0.036M) + 0.028\} \times L \quad \text{.....(2)}$$

$$L = (M - W) - 3.96 \times 10^{-8} f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] - f_{cl} h_c(t_{cl} - t_a) - 3.05[5.73 - 0.007 (M - W) - p_a] - 0.42[(M - W) - 58.15] \quad \text{.....(3)}$$

โดยที่ L = ความร้อนของร่างกาย (W/m^2)

M = อัตราการเผาผลาญของร่างกาย (W/m^2)

W = พลังงาน (W/m^2)

Ref. code: 25595816030299ODZ

t_a = อุณหภูมิอากาศ

t_r = อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบ

f_{cl} = ปัจจัยของเครื่องแต่งกาย

t_{cl} = อุณหภูมิพื้นผิวภายนอกของเครื่องแต่งกาย

h_c = สัมประสิทธิการพาความร้อน [W/(m^2 x °C)

โดยสามารถหาค่า t_{cl} ได้จากสมการต่อไปนี้

$$t_{cl} = 35.7 - 0.028(M - W) - R_{cl}\{ 39.6 \times 10^{-9} f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] + f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a)\} \quad \text{.....(4)}$$

โดยที่ R_{cl} = ค่าความต้านทานความร้อนของเครื่องแต่งกาย

2.5 ความเคยชินต่อสภาพอากาศ

การปรับตัวของร่างกายให้เข้ากับสภาพแวดล้อม นอกจากปัจจัยส่วนบุคคลแล้ว ยังมีอีกปัจจัยหนึ่งที่มองในมุมกว้างคือ ปัจจัยทางด้านความเคยชินต่อสภาพอากาศในท้องที่นั้น ที่แบ่งตามเชื้อชาติ เช่น คนในเมืองหนาวจะสามารถต้านทานอากาศหนาวได้ดีกว่าคนในเขตร้อน เนื่องจากสภาพร่างกายมีการปรับตัวให้เหมาะสมกับสภาพอากาศที่เจอเป็นประจำ หรืออาจเป็นในเรื่องของการอยู่ในอาศัยในพื้นที่ใด ๆ เป็นเวลานานจนร่างกายปรับสภาพตามสภาพอากาศของพื้นที่นั้น ๆ หากมองให้แคบลง ร่างกายจะมีการปรับตัวให้เคยชินกับสภาพอากาศที่เจอ ณ ช่วงเวลาหนึ่ง หากอยู่ในสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิใกล้เคียงกันเป็นเวลานาน ร่างกายจะทำการปรับตัวให้เข้ากับสภาพอากาศนั้น โดยการขยายตัวหรือหดตัวของเส้นเลือด ทำให้การรับรู้อุณหภูมิเปลี่ยนไป จนเกิดความเคยชินต่ออุณหภูมินั้น ๆ ทั้งนี้จะมีช่วงอุณหภูมิที่ร่างกายจะไม่รู้สึกร้อนหรือหนาว ช่วงอุณหภูมินี้เรียกว่า “ช่วงอุณหภูมิที่เป็นกลาง หรือ ศูนย์สรีระ” ซึ่งอาจจะมีช่วงของอุณหภูมิตั้งแต่ 0.01 ถึง 8 องศาเซลเซียส (รัตน์พันธ์ นันทวิจารณ์, 2547) (รัจรี นพเกตุ, 2539)

Ref. code: 25595816030299ODZ

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อวิจัยได้แบ่งการศึกษาเป็นหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

2.6.1 ตัวแปรในการศึกษา

ในการศึกษาการตอบสนองที่เกิดจากการรับรู้อุณหภูมิของมนุษย์ ภายใต้สภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศอย่างเฉียบพลัน (step change condition) สามารถศึกษาได้จากหลายตัวแปร ซึ่งงานวิจัยส่วนใหญ่จะศึกษาตัวแปรต้นในเรื่องของอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยจะแบ่งเป็นอุณหภูมิที่ตั้งค่าไว้ให้แตกต่างกันระหว่างภายในและภายนอก กับอุณหภูมิตามฤดูกาล และมีบางส่วนที่มีการนำตัวแปรอื่นมาเป็นตัวแปรต้นร่วมด้วย เช่น ทางด้านความชื้น (Yufeng Zhang, Jun Zhang, Huimei Chen, Xiaohan Du, Qinglin Meng , 2014) การเปรียบเทียบการรับรู้อุณหภูมิของคนต่างเพศกัน (Jing Xiong, Zhiwei Lian, Xin Zhou, Jianxiong You, Yanbing Lin, 2015) การเปรียบเทียบผู้ใช้งานในอาคารระหว่างพนักงานที่ใช้งานระยะยาวและแขกที่อยู่ในระยะเวลาสั้น ๆ (Ruey-Lung Hwang, Kuan-Hsung Yang, Chen-Peng Chen, Sheng-Tzu Wang, 2007) และรูปแบบของอาคารระหว่างอาคารที่มีพื้นที่เปลี่ยนถ่าย (transitional space) และอาคารที่ไม่มีพื้นที่เปลี่ยนถ่าย ในส่วนของตัวแปรตามจะขึ้นกับผลลัพธ์ที่ต้องการจะศึกษา ซึ่งแบ่งได้เป็น ด้านกายภาพและทางด้านความรู้สึก

ทางด้านกายภาพ ในบางงานวิจัยให้ความสำคัญในเรื่องสุขภาพ ดังนั้นตัวแปรตามในการวิจัยจะมีตัวแปรตามที่เกี่ยวกับความผิดปกติในการทำงานของร่างกาย เช่น อาการคัดจมูก ปวดหัว คลื่นไส้ ฯลฯ (Ailu Chen, Victor W.-C. Chang , 2012) ซึ่งแต่ละงานวิจัยก็มีตัวแปรตามที่นำมาใช้ศึกษาในเรื่องสุขภาพต่างกัน เช่น อาคารปวดตา การเวียนหัว อัตราการหายใจ หารไหลของเหงื่อ ฯลฯ (Jing Xiong, Zhiwei Lian, Xin Zhou, Jianxiong You, Yanbing Lin, 2015) นอกจากเรื่องสุขภาพแล้ว ตัวแปรตามทางด้านกายภาพได้นำมาศึกษาในเรื่องของการตอบสนองของร่างกายต่ออุณหภูมิ ว่ามีผลต่อการทำงานของร่างกายด้านใดบ้าง โดยจะมีตัวแปรตามในเรื่องปฏิกริยาของระบบร่างกาย เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ การไหลของเหงื่อ อุณหภูมิผิวหนัง (Jing Xiong, Zhiwei Lian, Xin Zhou, Jianxiong You, Yanbing Lin, 2015) และในงานวิจัยที่มีความชื้นสัมพันธ์เป็นตัวแปรต้นจะมีตัวแปรตามเป็นการศึกษาความชุ่มชื้นของผิวหนัง (skin moisture และ skin wettedness) ซึ่งนำไปวิเคราะห์การระเหยของเหงื่อ (Hitomi Tsutsumi, Shin-ichi Tanabe, Junkichi Harigaya, Yasuo Iguchi, Gen Nakamura , 2007)

Ref. code: 25595816030299ODZ

ในส่วนของตัวแปรตามทางด้านความรู้สึกของมนุษย์ ซึ่งเป็นตัวแปรตามที่เกิดจากการโหวตความรู้สึกที่มีต่อสภาพอากาศ ณ เวลานั้น ๆ โดยส่วนมากจะมีการศึกษาด้านการรับรู้ถึงอุณหภูมิ (thermal sensation) การตอบสนองต่ออุณหภูมิ (thermal respond) การตั้งค่าความต้องการในอุณหภูมิ (thermal preference) การยอมรับอุณหภูมิ (thermal acceptability) และ การคาดหวังต่ออุณหภูมิ (thermal expectation) เพื่อนำไปหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเหล่านี้และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และนำไปพัฒนาการออกแบบสภาวะน่าสบาย ทั้งนี้ในบางงานวิจัยได้มีการศึกษาตัวแปรตามทั้งทางด้านกายภาพ และ ความรู้สึก ควบคู่กันไปด้วย

การศึกษางานวิจัยนอกจากตัวแปรต้นและตัวแปรตามแล้วยังต้องมีตัวแปรควบคุม เพื่อควบคุมให้ตัวแปรอื่น ๆ ในการศึกษามีค่าที่ถูกต้องมากขึ้น จากการศึกษาตัวแปรควบคุมจะเป็นในเรื่องของการควบคุมอัตราการเผาผลาญของร่างกายในกลุ่มทดลอง โดยการไม่ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองรับประทานอาหารก่อนเข้าร่วมการทดลอง ห้ามสูบบุหรี่ก่อนการทำการทดลอง ห้ามออกกำลังกายอย่างหนักก่อนทำการทดลอง กำหนดกิจกรรมให้ทำกิจกรรมเบา ๆ เช่น นั่งอ่านหนังสือ กำหนดเสื้อผ้าให้มีค่าความต้านทานความร้อน (clo value) ที่ใกล้เคียงกัน รวมถึงกำหนดความเร็วลมให้คงที่ (J.L.M. Hensen, 1990) ซึ่งการกำหนดตัวแปรตามในลักษณะนี้สอดคล้องกับงานวิจัยหลาย ๆ งาน

ในงานวิจัยครั้งนี้จะศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับด้านความรู้สึกของกลุ่มทดลอง ที่เกิดจากระยะเวลาที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย เพื่อนำมาหาค่าอุณหภูมิที่อยู่สบายภายในห้องปรับอากาศ

2.6.2 วิธีการทดลอง

ในการทดลองเพื่อศึกษาอุณหภูมิที่ทำให้เกิดสภาวะน่าสบาย ในสภาวะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ที่พบจากการศึกษางานวิจัย สามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบใหญ่ ๆ คือ การทดลองแบบตั้งค่าอุณหภูมิ และการทดลองแบบการสำรวจตามอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจริง

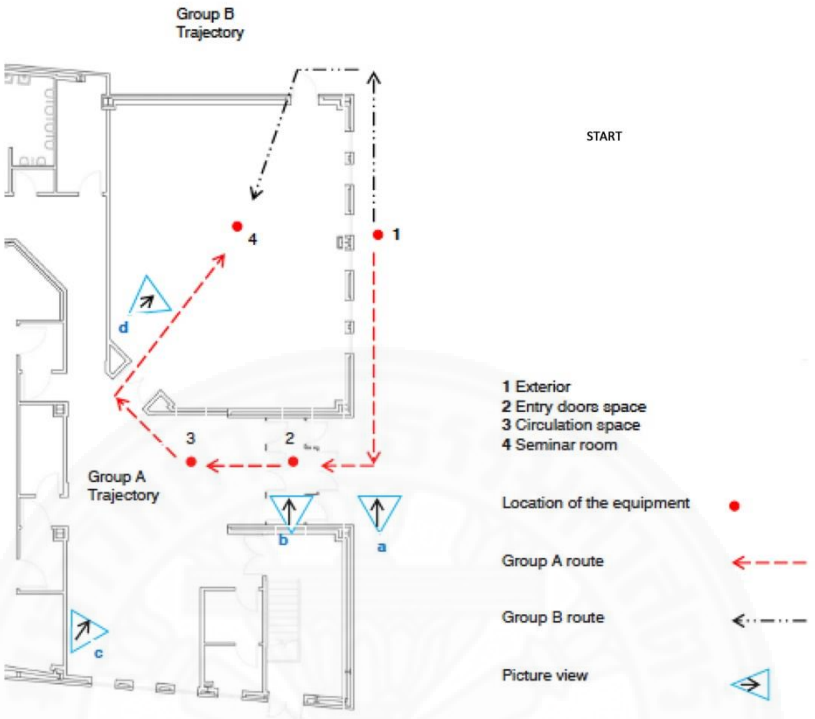
การทดลองแบบตั้งค่าอุณหภูมิจะเป็นการกำหนดค่าอุณหภูมิในห้องทดลองให้แตกต่างกัน เรียกห้องนั้นว่า climate chamber ในแต่ละห้องจะถูกแทนค่าอุณหภูมิกลาง และอุณหภูมิที่ต่ำกว่าหรือสูงกว่าอุณหภูมิกลาง จากนั้นจะให้กลุ่มทดลองที่ทำการนัดหมายและชี้แจงถึงข้อกำหนดต่าง ๆ ในการทดลองให้ทราบแล้ว เข้ามาอยู่ในห้องดังกล่าวเป็นระยะเวลาหนึ่ง และทำแบบสอบถามที่เกี่ยวข้องกับความรู้สึกต่าง ๆ ต่ออุณหภูมิ ซึ่งการตั้งค่าอุณหภูมินั้นจะขึ้นอยู่กับงานวิจัยแต่ละงาน รวมถึงเส้นทางของผู้ที่เข้าร่วมการทดลองด้วย เช่น (Nur Dalilah Dahlan, Yakubu Yau Gital, 2015) ได้ทำการตั้งค่ากลางไว้ที่ 24 องศาเซลเซียส และตั้งค่าอุณหภูมิที่สูงกว่าในอีกห้องหนึ่งเป็น 35 องศาเซลเซียส ผู้เข้าร่วมจะต้องอยู่ห้องที่ร้อนก่อน จากนั้นจึงย้ายห้องไปห้องที่มีอุณหภูมิค่ากลาง จากนั้นจึงกลับมายังห้องที่ร้อนอีกครั้ง กล่าวคือ การทดลองนี้ถูกแบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ จากร้อนไป

Ref. code: 25595816030299ODZ

ค่ากลาง และค่าค่ากลางไปร้อน ซึ่งใช้เวลาในการอยู่ในห้องครั้งละประมาณ 20 นาที เพื่อให้ร่างกายเกิดการปรับตัว และมีการทำแบบสอบในเวลาที่กำหนด สำหรับการทดลองให้ทำประมาณทุก ๆ 5 นาที หรือน้อยกว่า (Chen-Peng Chen, Ruey-Lung Hwang, Shih-Yin Chang, Yu-Ting Lu, 2011) ที่ทำการตั้งค่าอุณหภูมิกลางไว้ที่ 24 องศาเซลเซียส และทำการทดลอง 2 ครั้ง แบ่งเป็นครั้งที่อุณหภูมิอีกห้องหนึ่งสูงขึ้นเป็น 28 และ 32 องศาเซลเซียส เพื่อทำการทดลองแบบอุณหภูมิจากร้อนไปค่ากลาง และอีกครั้งจะตั้งค่าอุณหภูมิให้ต่ำลงเป็น 20 องศาเซลเซียส เพื่อทดลองแบบอุณหภูมิจากเย็นไปค่ากลาง โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บค่าต่าง ๆ ทางด้านกายภาพของร่างกายตลอดการทดลอง และมีอีกหลายงานวิจัยที่มีการทดลองในทำนองเดียวกัน แต่จะมีการกำหนดค่าของอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศของพื้นที่และฤดูที่ต้องการจะศึกษา เช่น (Kazuo Nagano, Akira Takaki, Megumi Hirakawa, Yutaka Tochihara, 2005) ได้แทนค่าห้องอุณหภูมิในฤดูร้อนของญี่ปุ่นเป็น 34 และ 37 องศา และอีกห้องเป็นอุณหภูมิในห้องปรับอากาศเป็น 22, 25, 28 และ 31 องศา ซึ่งจะทำการทดลองที่มีความต่างของอุณหภูมิเป็น 6, 9 และ 12 องศา เพื่อจำลองสถานการณ์จากภายนอกสู่ภายใน โดยให้อยู่ในห้องที่อุณหภูมิสูงกว่าเป็นเวลา 50 นาที และทำแบบสอบถามทุก ๆ 2 นาที จากนั้นจึงย้ายเข้าสู่ห้องที่อุณหภูมิต่ำกว่าอีก 50 นาที และทำแบบสอบถามเช่นเดียวกัน ในการทดลองแบบตั้งค่าอุณหภูมินี้ช่วยในการกำจัดตัวแปรที่ควบคุมได้ยากออกไป เช่น สภาพอากาศที่มีอุณหภูมิแปรปรวน แรงลม รวมถึงความชื้นสัมพันธ์

การสำรวจภาคสนาม หรือทำการสำรวจภายใต้สภาพอากาศจริง โดยในการทดลองจะมีการวัดค่าสภาพอากาศต่าง ๆ และทำการเก็บบันทึกไว้ตลอด จากนั้นจึงให้ผู้ที่อยู่บริเวณนั้นร่วมทำการทดลอง และทำการอธิบายวิธีการ ขั้นตอนในการทดลอง ชี้แจงเส้นทางการเดิน และให้ทำแบบสอบถามในแต่ละจุดที่กำหนดไว้ เช่น (Gloria Angelica Vargas Palma, 2015) ได้ทำการสำรวจการรับรู้อุณหภูมิของผู้ใช้งานในอาคารเรียนที่มีพื้นที่เปลี่ยนถ่าย โดยแบ่งกลุ่มผู้เข้าร่วมออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกจะให้เดินผ่านในเส้นทางที่มีพื้นที่เปลี่ยนถ่าย คือ จากภายนอกอาคาร เข้าสู่ประตูทางเข้า (ประตูทางเข้า 2 ชั้น) ไปยังล็อบบี้ และจึงเข้าห้องสัมมนา และอีกกลุ่มจะไม่มีพื้นที่เปลี่ยนถ่าย กล่าวคือ เดินจากภายนอกเข้าไปในห้องสัมมนาโดยตรง และในได้ทำการกำหนดตำแหน่งที่ให้ผู้เข้าร่วมทำแบบสอบถาม ซึ่งเป็นตำแหน่งเดียวกับที่ติดตั้งอุปกรณ์วัดสภาพอากาศ

Ref. code: 25595816030299ODZ



ภาพที่ 2.4 แสดงการจำลองเส้นทางในการสำรวจภาคสนามของงานวิจัยที่ศึกษา จาก Short-term thermal history in transitional lobby spaces (Gloria Angelica Vargas Palma, 2015)

นอกจากนี้ในการสำรวจภาคสนามยังมีการศึกษาในเชิงเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม เช่น (Kitchai Jitkhajornwanich, Adrian C. Pitts, 2001) ได้ทำการศึกษาการรับรู้อุณหภูมิจากเงื่อนไขการรับรู้ที่ต่างกัน 4 รูปแบบ คือ การรับรู้ของคนที่มาจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร และ การรับรู้ของคนที่จากภายในออกสู่ภายในอาคาร และแบ่งเป็นอาคารปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ โดยให้ผู้ที่สัญจรผ่านไปมา เข้าร่วมทำการทดลองและทำแบบสอบถาม และ ในงานวิจัยของ (Ruey-Lung Hwang, Kuan-Hsung Yang, Chen-Peng Chen, Sheng-Tzu Wang, 2007) ได้ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบการรับรู้อุณหภูมิระหว่างพนักงานที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายของอาคารตลอดทั้งวัน และผู้ใช้อาคารที่สัญจรผ่านไปมา หรืออยู่ชั่วคราว โดยพนักงานทุกคนจะทำแบบสอบถาม 2 ครั้งต่อวัน และทำการสุ่มเลือกผู้ที่สัญจรผ่านไปมา ให้เข้าร่วมทำแบบสอบถาม อีกทั้งการศึกษาการรับรู้อุณหภูมิภายในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย ได้มีการศึกษาความแตกต่างของรูปแบบที่พื้นที่เปลี่ยนถ่ายที่ส่งผลต่อการรับรู้ด้วย (Sam C. M. Hui, Miss JIANG Jie, 2014) ได้แบ่งพื้นที่เปลี่ยนถ่ายเป็น 2 รูปแบบเป็นพื้นที่

Ref. code: 25595816030299ODZ

เปลี่ยนถ่ายกึ่งเปิดโล่ง (semi-opened area) และพื้นที่เปลี่ยนถ่ายแบบปิดล้อม (fully enclosed corridor) ซึ่งได้ทำการสำรวจสภาพอากาศ ได้ให้ผู้เข้าร่วมทำแบบสอบถาม ทั้งการสอบถามในพื้นที่จริงและการสอบถามความคิดเห็นผ่านอินเตอร์เน็ต ซึ่งงานวิจัยนี้มีความคล้ายคลึงกับ (Adrian Pitts, Jasmi bin Saleh, Steve Sharples, 2008) ที่ทำการศึกษาสภาวะน่าสบายในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายแต่ละรูปแบบ แบ่งเป็น 6 รูปแบบ และทำการเก็บข้อมูลด้านสภาพอากาศ พร้อมทั้งทำแบบสอบถามเช่นเดียวกัน และมีการสำรวจผ่านการทำแบบสอบถามผ่านทางอินเตอร์เน็ต

(Ailu Chen, Victor W.C. Chang, 2012) โดยคัดเลือกอาคารสำนักงานมา 6 อาคาร และทำการเก็บวัดค่าสภาพอากาศในอาคารนั้น ๆ จากนั้นจึงขอความร่วมมือผู้ใช้งานอาคารร่วมทำแบบสอบถามออนไลน์ โดยให้ทำแบบสอบถามอาทิตย์ละครั้ง เป็นเวลา 3 อาทิตย์ ซึ่งในแต่ละครั้งจำนวนผู้ที่ร่วมทำแบบสอบถามจะลดลงไปด้วย

นอกจากการสำรวจภาคสนามที่สำรวจภายใต้สภาพอากาศจริงแล้ว ในบางงานวิจัยได้มีการตั้งค่าอุณหภูมิในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายไว้ด้วย (Qi Jie Kwong Nor Mariah Adam, 2011) ในการทดลองนี้ศึกษาการรับรู้อุณหภูมิในบริเวณพื้นที่เปลี่ยนถ่ายของผู้ใช้งานที่มากจากพื้นที่ภายใน ซึ่งมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่า โดยตั้งค่าอุณหภูมิในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายไว้ 26 องศา และพื้นที่ภายในมีอุณหภูมิประมาณ 16 – 20 องศา เพื่อหาสภาวะน่าสบายในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย

ระยะเวลาในการทำการทดลองของการทดลองแบบตั้งค่าอุณหภูมิ และการสำรวจภาคสนามจะแตกต่างกัน โดยที่การทำการทดลองแบบตั้งค่าอุณหภูมิจะใช้เวลาประมาณ 50 – 180 นาที เนื่องจากต้องใช้เวลาในการปรับตัวให้คุ้นชินกับสภาพแวดล้อมที่ตั้งค่าไว้ก่อน โดยระยะเวลาที่การรับรู้อุณหภูมิในด้านความรู้สึกและทางด้านกายภาพจะคงที่ คือ 20 – 30 นาที ดังนั้นจึงต้องใช้เวลาในการปรับตัวตั้งแต่เริ่มการทดลอง และในการย้ายห้อง เพื่อให้ได้ค่าความรู้สึกที่แท้จริงต่ออุณหภูมินั้น ๆ ในส่วนของการสำรวจภาคสนามจะใช้เวลาในการสำรวจที่น้อยกว่า เนื่องจากต้องการทราบถึงความรู้สึกที่เกิดขึ้นตามความจริง ซึ่งจะมีความแปรปรวนของผลการสำรวจ เพราะผู้ที่ทำแบบสอบถามมีประสบการณ์ทางความร้อนที่ต่างกัน เช่น พื้นที่ที่อยู่ก่อนหน้านี้ เสื้อผ้าที่สวมใส่ การรับประทานอาหารและการออกกำลังกายที่ส่งผลต่ออัตราการการเผาผลาญของร่างกายให้ต่างกัน ฯลฯ โดยระยะเวลาของการสำรวจขึ้นอยู่กับระยะการเดินทางของตำแหน่งที่สำรวจแต่ละตำแหน่ง จำนวนตำแหน่งและจำนวนครั้งที่ต้องทำแบบสอบถาม ซึ่งในการทำแบบสอบถามหนึ่งครั้งใช้เวลาประมาณ 2 – 3 นาที แต่ทำการเก็บข้อมูลนานหลายชั่วโมง หรือหลายวัน นอกจากนี้จำนวนผู้ที่เข้าร่วมทำการทดลองก็ต่างกัน ในการทดลองแบบตั้งค่าอุณหภูมิจะมีจำนวนผู้เข้าร่วมที่น้อยกว่า โดยจะมีประมาณ 24 – 40 คน แต่ในส่วนของการสำรวจภาคสนามจะมีจำนวนที่มากกว่า ตั้งแต่ 100 – 1,000 คน เพื่อให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง

Ref. code: 25595816030299ODZ

2.6.3 การประเมินความสบายด้านอุณหภูมิ

จากการสำรวจความรู้สึกต่ออุณหภูมิผ่านการทางแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่าง จะถูกนำมาวิเคราะห์ผ่านดัชนีชี้วัดสำหรับการประเมินสภาวะน่าสบาย และจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ในงานวิจัยส่วนใหญ่จะใช้ PMV (Predicted Mean Vote) และ PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) เป็นดัชนี ซึ่งพบในงานวิจัยของ Adrian Pitts, Jasmi bin Saleh, Steve Sharples (2008), Nur Dalilah Dahlan, Yakubu Yau Gital (2015), Yu-Chi Wu, Ardeshir Mahdavi (2014), Qi Jie Kwong, Nor Mariah Adam (2011), Yu-Chi Wu, Ardeshir Mahdavi (2014), Adrian Pitts (2013) และ Adrian Pitts, Jasmi Bin Saleh (2007) รองลงมาจะใช้ดัชนี SET หรือ standard effective temperature เป็นตัวประเมิน ถัดมาจะเป็นดัชนี ET

2.6.4 ผลการทดลอง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเรื่องของการตอบสนองการรับรู้อุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว พบว่าคนมีการรับรู้ด้านความรู้สึกตั้งแต่นาทีแรกมีการเปลี่ยนพื้นที่ที่มีอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป แต่ทางการรับรู้ด้านกายภาพจะแสดงผลในนาทีที่ 30 – 40 (Yufeng Zhang, Jun Zhang, Huimei Chen, Xiaohan Du, Qinglin Meng, 2014) มีผลไปในทำนองเดียวกับ (Nagano, Kazuo; Takaki, Akira; Hirakawa, Megumi; Tochihara, Yutaka, 2005) ที่พบว่าร่างกายจะใช้เวลาในการปรับตัวทางด้านการรับรู้และทางกายภาพ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ต่ำลงประมาณ 20 นาที และจะใช้เวลาในการปรับตัวเมื่อกลับมาในสภาพอุณหภูมิกลางที่เคยอยู่ก่อนหน้าประมาณ 50 นาที ซึ่งสอดคล้องกับ (Hong Liu, Jianke Liao, Dong Yang, Xiuyuan Du, Pengchao Hu, Yu Yang, Baizhan Li, 2013) ที่พบว่า มนุษย์จะมีการตอบสนองต่ออากาศที่เย็นมากกว่าอากาศร้อน และอาจจะเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์โอเวอร์คูลลิ่ง (over cooling) จาก (Ailu Chen, Victor W.-C. Chang, 2012) พบว่า ปรากฏการณ์โอเวอร์คูลลิ่ง หรือ ปรากฏการณ์ที่อุณหภูมิภายในอาคารต่ำเกินไป โดยมีความแตกต่างกับอุณหภูมิภายนอกถึง 6.5 องศาเซลเซียส มักจะเกิดขึ้นบ่อยในอาคารที่อยู่ในเขตร้อนชื้น

ในงานวิจัยที่มีการศึกษาการตอบสนองปละรับรู้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็วในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย พบว่า การสำรวจภาคสนามและวิเคราะห์ผลในงานวิจัยของ (Gloria Angelica Vargas Palma ,2015) มีผลสรุปว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะส่งผลต่อการรับรู้ก็ต่อเมื่อ อุณหภูมิที่เปลี่ยนไปแตกต่างกัน 4 องศาเซลเซียสขึ้นไป และอุณหภูมิที่เจอมาก่อนหน้าจะมีผลต่อการรับรู้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงครั้งต่อไป เช่นเดียวกับผลการทดลองที่ตั้งค่าอุณหภูมิในห้องทดลองของ (Nur Dalilah Dahlan, Yakubu Yau Gital, 2015) ที่ทำการย้ายห้องจากอุณหภูมิกลางไปยังอุณหภูมิที่

Ref. code: 25595816030299ODZ

เย็นกว่า แล้วกลับไปยังห้องอุณหภูมิกลางอีกครั้ง พบว่า การรับรู้อุณหภูมิค่ากลางหลังจากที่ออกมาจากห้องอุณหภูมิที่เย็นกว่าแล้ว ต่างจากการรับรู้อุณหภูมิในตอนแรก เนื่องจากประสบการณ์ทางอุณหภูมิที่เจอมาก่อนหน้า (ห้องเย็น) ทำให้การรับรู้เปลี่ยนไป และอุณหภูมิผิวหนังที่มีการเปลี่ยนแปลง 2 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ช่วงสภาวะน่าสบายลดลง อาจกล่าวได้ว่าพื้นที่เปลี่ยนถ่ายมีผลต่อการรับรู้อุณหภูมิโดยตรง ซึ่งจะส่งผลมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับรูปแบบของพื้นที่เปลี่ยนถ่ายด้วยปัจจัยหนึ่ง จากการศึกษารูปแบบพื้นที่เปลี่ยนถ่ายที่ปิดทึบ กับรูปแบบที่มีกึ่งช่องเปิด (semi-opened area) (Sam C. M. Hui, Miss JIANG Jie, 2014) พบว่าพื้นที่เปลี่ยนถ่ายที่มีช่องเปิดมีสภาพอากาศที่ใกล้เคียงกับสภาพแวดล้อมภายนอก ส่วนพื้นที่เปลี่ยนถ่ายที่ปิดทึบจะมีสภาพอากาศที่แยกกับสภาพแวดล้อมภายนอกอย่างชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามคนที่ใช้งานในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายจะมีช่วงที่ยอมรับอุณหภูมิกว้างขึ้น นอกจากนี้พื้นที่เปลี่ยนถ่ายยังส่งผลต่อการรับรู้อุณหภูมิในด้านการคาดหวัง จากการศึกษาของ (Kitchai Jitkhajornwanich, Adrian C. Pitts, 2001) พบว่า ในพื้นที่เขตร้อนชื้นจะมีความพึงพอใจในอากาศที่เย็นมากกว่า และใช้เครื่องปรับอากาศทำให้คนเคยชิน จนทำให้เกิดความไม่พอใจเมื่อต้องออกไปเจอความร้อนภายนอก เนื่องจากคาดหวังไว้แล้วว่าภายนอกอากาศจะร้อน โดยที่ความเป็นจริงอากาศอาจจะไม่ได้ร้อนเท่าที่คาดเดาไว้ ซึ่งการรับรู้อุณหภูมิก็จะแตกต่างกันไปตามประสบการณ์ที่แต่ละคนมี จากผลการทดลองของ (Ruey-Lung Hwang, Kuan-Hsung Yang, Chen-Peng Chen, Sheng-Tzu Wang, 2007) ที่ทำการเปรียบเทียบการรับรู้ของพนักงานและผู้ที่สัญจรในบริเวณพื้นที่เปลี่ยนถ่าย พบว่า การรับรู้ของคน 2 กลุ่มนี้ต่างกัน เนื่องจากประสบการณ์ทางอุณหภูมิต่างกัน โดยที่กลุ่มผู้ที่สัญจรสามารถทนต่อความร้อนได้ดีกว่า เพราะมีประสบการณ์ทางความร้อนจากภายนอกมากก่อน ในขณะที่พนักงานมีค่าอุณหภูมิกลางที่สูงกว่าผู้ที่สัญจร เนื่องจากพนักงานมีประสบการณ์ที่อยู่ในบริเวณพื้นที่เปลี่ยนถ่ายมานานจึงเคยชินกับอุณหภูมิ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยในด้านจำนวนผู้ใช้งานในพื้นที่ที่ส่งผลต่อการรับรู้อุณหภูมิ โดยจำนวนคนใช้งานในพื้นที่เยอะ ยิ่งทำให้คนรู้สึกร้อนขึ้นด้วย (Qi Jie Kwong Nor Mariah Adam, 2011)

ในงานวิจัยนี้จะศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาของการอยู่ในพื้นทีเปลี่ยนถ่าย ที่ส่งผลต่อการรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศ โดยทำการสำรวจแบบตั้งค่าอุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศควบคุมอัตราเร็วลม ความชื้นสัมพันธ์ แต่อุณหภูมิ ณ พื้นที่เปลี่ยนถ่าย และภายนอกอาคารจะเป็นอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจริง อีกทั้งมีการควบคุมตัวแปรในด้านการร่างกายของผู้เข้าร่วมการทดลอง เช่น อัตราการเผาผลาญ การกำหนดชนิดของเสื้อผ้า พร้อมกับการเก็บข้อมูล และทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสม

Ref. code: 25595816030299ODZ

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

3.1 ประเภทของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาระยะเวลาที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายที่ส่งผลต่อการรับรู้อุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่างในห้องปรับอากาศ โดยจะนำตัวแปรด้านระยะเวลาที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับการรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศ โดยเป็นการศึกษาเชิงการทดลอง

3.2 วิธีการทดลอง

ในการศึกษาเชิงการทดลอง จะทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง และใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการทดลอง โดยการทดลองมีรายละเอียดดังหัวข้อต่อไปนี้

3.2.1 อาคารที่ศึกษา

3.2.2 กลุ่มตัวอย่าง

3.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.4 การทำการทดลอง

3.2.1 อาคารที่ศึกษา

อาคารที่จะนำมาใช้ในการศึกษางานวิจัยนี้เป็นอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เขตรังสิต ประเทศไทย โดยลักษณะของอาคารเป็นอาคารที่มีพื้นที่เปลี่ยนถ่ายแบบเปิดโล่ง ไม่ปรับอากาศ เชื่อมอยู่ระหว่างพื้นที่กลางแจ้งภายนอกอาคารกับห้องปรับอากาศที่อยู่ภายในอาคาร

3.2.2 กลุ่มตัวอย่าง

งานวิจัยนี้จะทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 16 คน แบ่งเป็นเพศชาย 8 คน และเพศหญิง 8 คน ที่เป็นนักศึกษาที่ใช้งานในอาคาร มีค่าดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์ปกติ มีสุขภาพร่างกายที่ปกติ และได้กำหนดเครื่องแต่งกายของกลุ่มตัวอย่าง โดยให้ใส่เสื้อยืดแขนสั้น กางเกงขายาว เพื่อควบคุมค่าความเป็นฉนวนของเสื้อผ้า (clo value) รวมถึงกำหนดไม่ให้กลุ่มตัวอย่างออกกำลังกายหนัก ดื่มแอลกอฮอล์ ทานอาหารรสจัด เพื่อควบคุมอัตราการเผาผลาญของร่างกายให้คงที่

Ref. code: 25595816030299ODZ

3.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาเชิงทดลองแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 เครื่องมือวัดสภาพแวดล้อมทางอุณหภูมิ

1. วัดอุณหภูมิอากาศ
2. วัดอุณหภูมิโกลบ (globe temperature)
3. วัดความชื้นสัมพัทธ์
4. วัดอุณหภูมิร่างกาย

กลุ่มที่ 2 แบบสอบถามวัดค่าความรู้สึกต่ออุณหภูมิ

1. วัดค่าความรู้สึกต่ออุณหภูมิ โดยแบบสอบถาม PMV ของ ASHREA
2. วัดอัตราการเผาผลาญ โดยแบบสอบถาม
3. วัดค่าดัชนีมวลกาย โดยแบบสอบถาม

3.2.3.1 เครื่องมือวัดสภาพแวดล้อมทางอุณหภูมิ

1) Lutron WBGT-2010SD นำมาใช้วัดอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิโกลบ และความชื้นสัมพันธ์ ซึ่งได้รับมาตรฐาน ISO 7243

ภาพที่ 3.1 แสดงเครื่องมือวัดอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิโกลบ และความชื้นสัมพัทธ์ จาก www.test-measurement-australia.com

Ref. code: 25595816030299ODZ

2) Testo 435-2 data logger นำมาใช้วัดอุณหภูมิอากาศ และความชื้น

ภาพที่ 3.2 แสดงเครื่องมือวัดความเร็วลม จาก www.testo.org

3) Extech TM500: 12-Channel Datalogging Thermometer นำมาใช้วัดอุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิโกลบ โดยใช้ลูกปิงปองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ทาสีดำครอบที่ตัวเซนเซอร์ เพื่อวัดค่าอุณหภูมิโกลบ

ภาพที่ 3.3 แสดงเครื่องมือวัดอุณหภูมิ จาก http://www.extech.com

Ref. code: 25595816030299ODZ

4) Flir E4 กล้องรังสีอินฟราเรด นำมาใช้วัดอุณหภูมิผิว

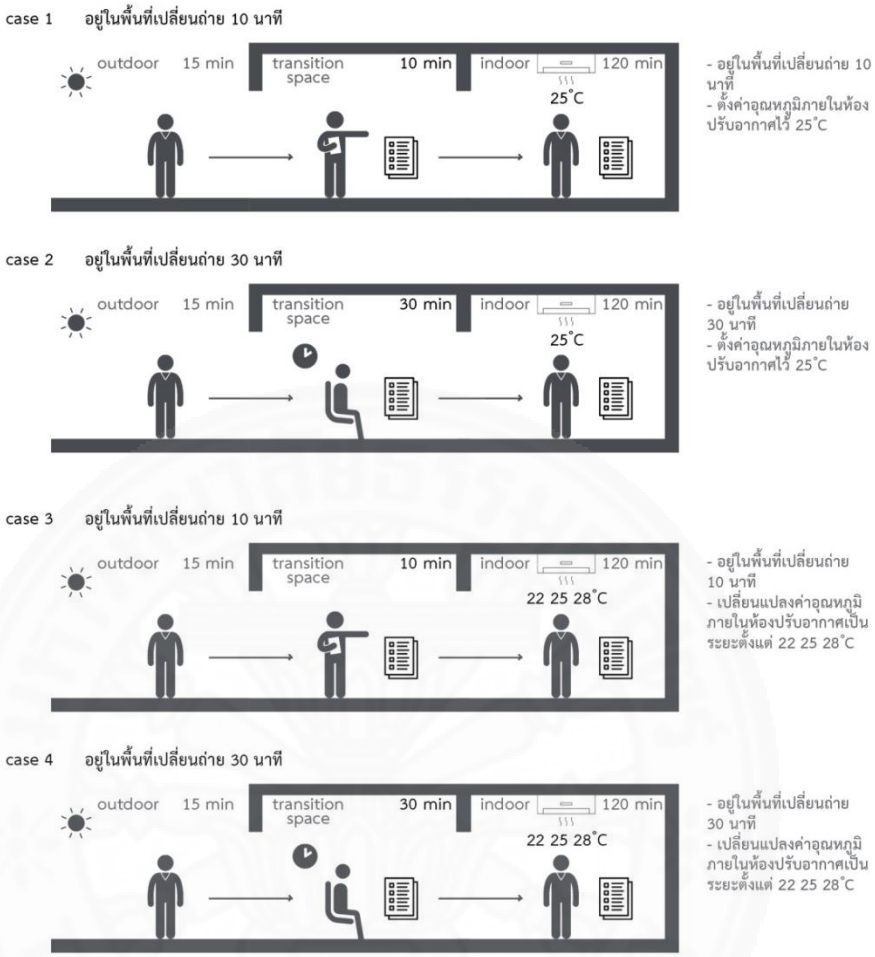
ภาพที่ 3.4 แสดงเครื่องมือวัดอุณหภูมิผิว จาก http://www.flir.com

ในการติดตั้งอุปกรณ์จะติดตั้ง 2 ตำแหน่ง คือ บริเวณพื้นที่เปลี่ยนถ่าย และในห้องปรับอากาศที่ทำการทดลอง ซึ่งจะติดตั้งอุปกรณ์ ณ กึ่งกลางของแต่ละพื้นที่ อีกทั้งผู้วิจัยได้ตั้งค่าเวลาการบันทึกข้อมูลของเครื่องมือโดยอัตโนมัติทุก ๆ 10 วินาที และได้ตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือที่ทำการวัดสภาพอากาศก่อนทำการทดลองให้เครื่องมือทั้ง 3 เครื่องมีค่าเท่ากัน แต่ไม่ได้ทำการตรวจสอบความแม่นยำของเครื่องมือว่ามีค่าตรงกับสภาพอากาศจริงหรือไม่

3.2.3.2 แบบสอบถาม

การออกแบบสอบถามจะแบ่งออกเป็น 4 ชุด สำหรับ 4 กรณีที่ทำการทดลอง โดยแบ่งออกเป็น 2 กรณีใหญ่ คือ กรณีที่อยู่ในห้องปรับอากาศคงที่ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และอยู่ในห้องที่อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ซึ่งก่อนเข้าสู่ห้องปรับอากาศจะต้องอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายเป็นระยะเวลาที่ต่างกันในทั้ง 2 กรณี คือ 10 นาที และ 30 นาที ดังภาพที่ 3.5

Ref. code: 25595816030299ODZ



ภาพที่ 3.5 แสดงการทดลอง 4 กรณี จาก ผู้เขียน

ในแต่ละชุดจะแบ่งแบบสอบถามออกเป็น 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 เกี่ยวกับข้อมูลส่วนตัวของกลุ่มตัวอย่าง เช่น เพศ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง เพื่อนำมาคำนวณหาค่าดัชนีมวลกาย

ส่วนที่ 2 เกี่ยวกับความรู้สึกต่ออุณหภูมิ ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย

ส่วนที่ 3 เกี่ยวกับความรู้สึกต่ออุณหภูมิ ในห้องปรับอากาศ

โดยในส่วนที่ 2 และส่วนที่ 3 จะใช้แบบสอบถาม ดังนี้

- Thermal perception vote แบบ 7-point scale ซึ่งอ้างอิงมาจากวิธีการของ ASHRAE 55 (2010) ในการหาค่าความรู้สึกต่ออุณหภูมิอากาศ โดยแบ่งมาตรวัดความรู้สึกออกเป็น 7 ระดับ ได้แก่ -3 หนาว (Cold), -2 เย็น (Cool), -1 เย็นเล็กน้อย (Slightly cool), 0 ปกติ (Neutrality), +1 ร้อนเล็กน้อย (Slightly warm), +2 ร้อน (Warm) และ +3 ร้อนมาก (Hot)

Ref. code: 25595816030299ODZ

- thermal comfort vote แบบ 4-point scale ซึ่งอ้างอิงจากมาตรฐาน ISO 10551 ในการหาความสบายต่ออุณหภูมิ โดยแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ 0 สบาย (comfortable), 1 ไม่สบายเล็กน้อย (slightly uncomforted), 2 ไม่สบาย (uncomfortable) และ 3 ไม่สบายมาก (very uncomforted)

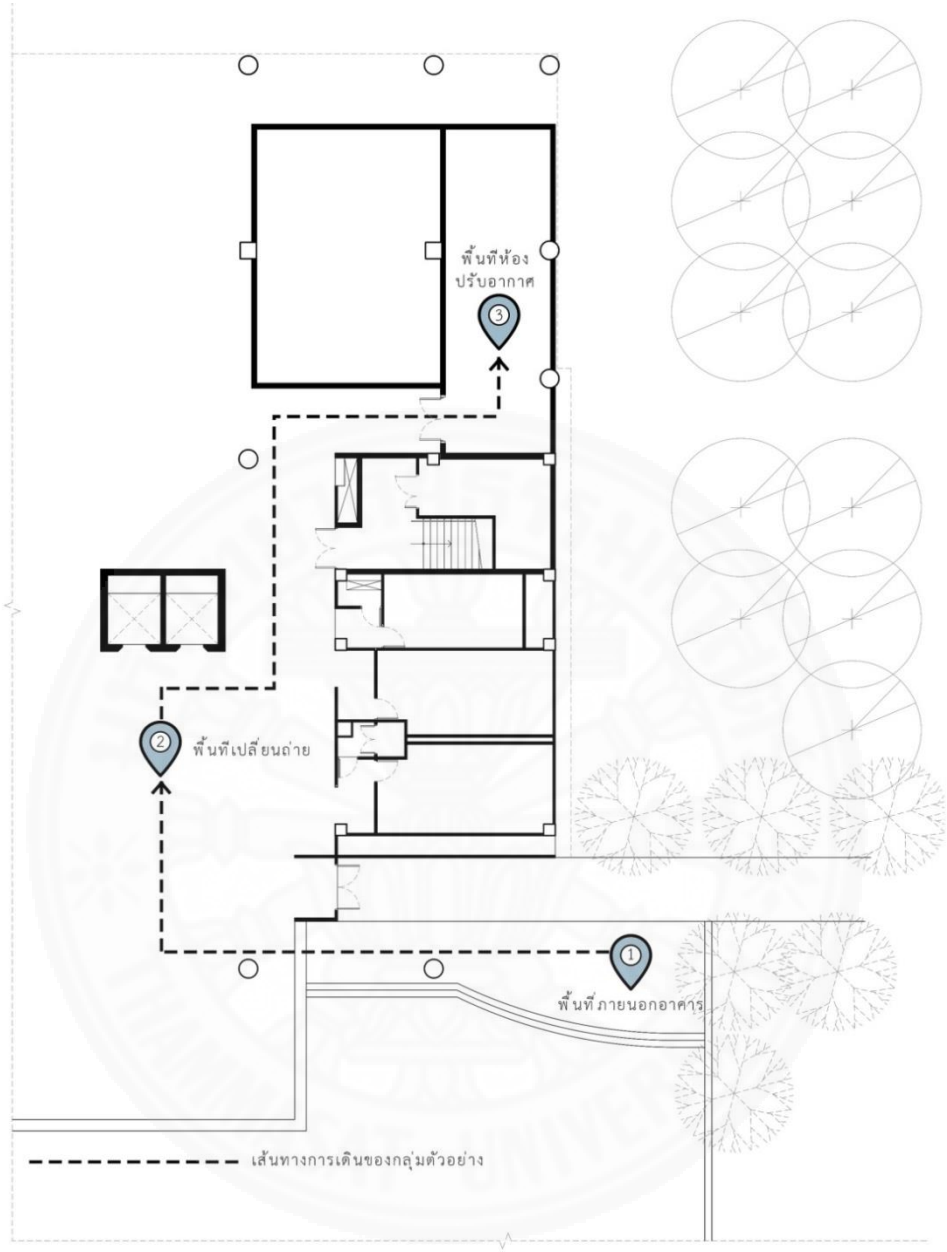
- thermal preference vote แบบ 3-point scale โดยอ้างอิงจาก McIntyre (1980) ในการหาค่าความรู้สึกที่ต้องการ แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ -1 เย็นลงกว่านี้ (cooler), 0 ไม่เปลี่ยนแปลง (no change) และ +1 ร้อนขึ้นกว่านี้ (warmer)

- thermal acceptability vote ในการหาการยอมรับต่ออุณหภูมิ ประกอบด้วย 0 ยอมรับได้ (acceptable) และ 1 ยอมรับไม่ได้ (unacceptable)

3.2.4 การทำการทดลอง

การทำการทดลองจะทดลองในอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เขตรังสิต ซึ่งแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 4 กลุ่ม คือกลุ่ม A กลุ่ม B กลุ่ม C และกลุ่ม D กลุ่มละ 16 คน ซึ่งแต่ละกลุ่มจะทำการทดลองที่ต่างกัน โดยแบ่งออกเป็น 2 กรณีใหญ่ คือ กรณีที่อยู่ในห้องปรับอากาศคงที่ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (กลุ่ม A และ B) และอยู่ในห้องที่อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา (กลุ่ม C และ D) ซึ่งก่อนเข้าสู่ห้องปรับอากาศจะต้องอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายเป็นระยะเวลาที่ต่างกันในทั้ง 2 กรณี คือ 10 นาที และ 30 นาที ก่อนทำการทดลองกลุ่มตัวอย่างจะได้รับข้อตกลงในการทำการทดลอง คือ การแต่งกาย เป็นเสื้อแขนสั้น และกางเกงขายาว ห้ามดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ ห้ามสูบบุหรี่ ห้ามรับประทานอาหารในช่วง 30 นาที ก่อนเข้าร่วมการทดลอง ห้ามทานอาหารรสจัด และห้ามออกกำลังกายในช่วง 30 นาที ก่อนเข้าร่วมการทดลอง ในขั้นตอนการทำการทดลองจะให้แต่ละกลุ่มนั่งอยู่ภายนอกอาคาร 15 นาที เพื่อปรับอุณหภูมิร่างกายให้เท่ากัน พร้อมทั้งทำแบบสอบถามในส่วนที่ 1 จากนั้นจึงเดินเข้าสู่พื้นที่เปลี่ยนถ่ายของอาคาร (จุดที่ 2) พร้อมทำแบบสอบถามในส่วนที่ 2 และเดินเข้าสู่ห้องปรับอากาศ (จุดที่ 3) พร้อมทำแบบสอบถามในส่วนที่ 3

Ref. code: 25595816030299ODZ



ภาพที่ 3.6 แสดงแผนผังอาคารที่ทำการทดลอง และตำแหน่งการทดลอง จาก ผู้เขียน

จากการที่แต่ละกลุ่มอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายในระยะเวลาที่ไม่เท่ากัน จึงมีการทำแบบสอบถามที่ต่างกันด้วย โดยกลุ่ม A จะอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย 10 นาที พร้อมทำแบบสอบถามทุก 3 นาที กลุ่ม B ให้อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย 30 นาที และทำแบบสอบถามทุก 3 นาที ในช่วง 10 นาทีแรก และทำทุก 5 นาที ในช่วง 20 นาทีที่เหลือ จากนั้นจึงเข้าสู่ห้องปรับอากาศที่ตั้งค่าอุณหภูมิไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส และอยู่เป็นระยะเวลา 120 นาที ซึ่งมีการทำแบบสอบถามเช่นกัน ดังนี้

Ref. code: 25595816030299ODZ

นาทีที่ 1-4 ทำแบบสอบถามทุก 1 นาที

นาทีที่ 5-10 ทำแบบสอบถามทุก 3 นาที

นาทีที่ 11-60 ทำแบบสอบถามทุก 5 นาที

นาทีที่ 61-120 ทำแบบสอบถามทุก 10 นาที

ส่วนกลุ่ม C จะอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย 10 นาที พร้อมทำแบบสอบถามทุก 3 นาที เช่นเดียวกับกลุ่ม A และกลุ่ม D จะอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย 30 นาที และทำแบบสอบถามเช่นเดียวกับกลุ่ม B และเข้าสู่ห้องปรับอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตลอดเวลา ซึ่งอยู่เป็นระยะเวลา 120 นาที และมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทุก 20 นาที ในช่วงระยะเวลา 20 นาทีแรก จะตั้งค่าอุณหภูมิไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส ก่อนจะเปลี่ยนอุณหภูมิต่อไป จะมีการทำแบบสอบถาม ดังนี้

นาทีที่ 1-4 ทำแบบสอบถามทุก 1 นาที

นาทีที่ 5-10 ทำแบบสอบถามทุก 3 นาที

นาทีที่ 11-20 ทำแบบสอบถามทุก 5 นาที

จากนั้นเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 28 องศาเซลเซียส และทำแบบสอบถามเช่นเดียวกับ 20 นาทีแรก คือ นาทีที่ 21-24 ทำแบบสอบถามทุก 1 นาที

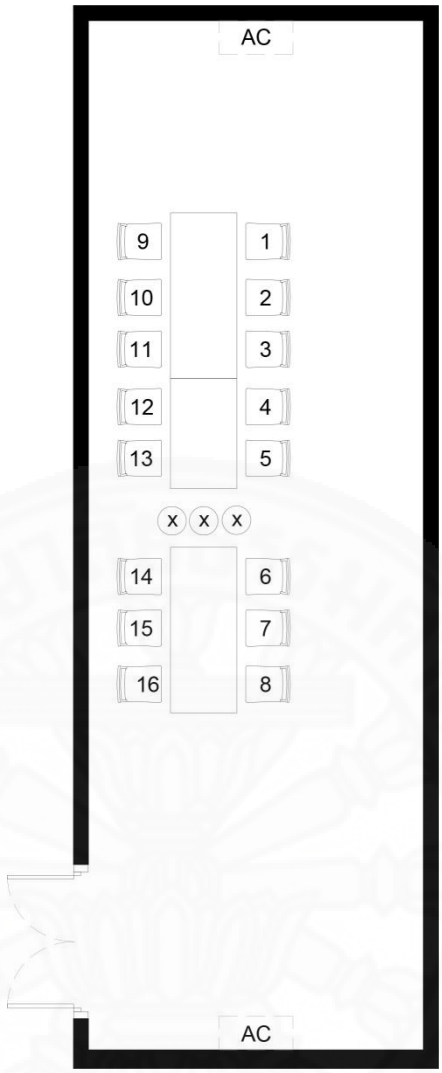
นาทีที่ 25-30 ทำแบบสอบถามทุก 3 นาที

นาทีที่ 31-40 ทำแบบสอบถามทุก 5 นาที

และเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 25 องศาเซลเซียสอีกครั้ง ทำแบบสอบถามจนครบ 20 นาที ก็จะทำการเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 22 องศาเซลเซียส ทำแบบสอบถามจนครบ 20 นาที และเปลี่ยนอุณหภูมิกลับมาที่ 25 องศาเซลเซียสอีกครั้ง ทำแบบนี้ จนครบ 120 นาที ซึ่งในขณะที่ทำการทดลองได้ทำการบันทึกข้อมูลด้านสภาพอากาศตลอดการทดลอง และเก็บค่าอุณหภูมิผิวหนังของกลุ่มตัวอย่างทุกครั้งที่ทำแบบสอบถาม

ในห้องทดลองได้วางตำแหน่งเครื่องมือที่เก็บค่าสภาพอากาศไว้กลางห้อง ดังภาพที่ 3.7 เครื่องมือได้ถูกติดตั้งในตำแหน่งที่แสดงเครื่องหมาย (X) มีความสูงอยู่ที่ความสูง 6.6 เมตร โดยที่กลุ่มตัวอย่างนั่งทำแบบสอบถาม ในตำแหน่งที่แสดงหมาย 1-16 แทนกลุ่มตัวอย่างทั้ง 16 คน ภายในและแสดงตำแหน่งของเครื่องปรับอากาศภายในห้องปรับอากาศ (AC) 2 จุด

Ref. code: 25595816030299ODZ



ภาพที่ 3.7 แสดงตำแหน่งที่นั่ง (หมายเลข 1-12) และตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์ (X) ในห้องทดลอง

Ref. code: 25595816030299ODZ

ภาพที่ 3.8 แสดงตำแหน่งที่นั่ง ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายและภายในห้องทดลอง

Ref. code: 25595816030299ODZ

เมื่อได้ข้อมูลการรับรู้อุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่างในแต่ละกรณีแล้ว จะนำเอาข้อมูลมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับระยะเวลาที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายด้วยโปรแกรมคำนวณทางสถิติ

3.2.5 การคำนวณทางสถิติ

โปรแกรม SPSS เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับจัดการและวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงสถิติ ซึ่งมีความน่าเชื่อถือ และสามารถนำไปใช้วิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัย ในงานวิจัยนี้ได้นำมาใช้วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวแปร ระหว่างการรับรู้อุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง และระยะเวลาที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย โดยจะใช้การวิเคราะห์ต่างกันในแต่ละชุดข้อมูล

- ใช้การทดสอบแบบ one sample T-test ในการหาค่าเฉลี่ยของการโหวตค่าความรู้สึกของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 16 คน
- ใช้การทดสอบแบบ paired-sample T-test ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการโหวตความรู้สึกต่ออุณหภูมิของการทดลองครั้งที่ 1 กับ 2 และ 3 กับ 4 เนื่องจาก paired sample T-test เป็นการทดสอบค่าเฉลี่ยสำหรับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน ซึ่งตรงกับการทดลองนี้ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่เป็นคนเดียวกัน

Ref. code: 25595816030299ODZ

บทที่ 4
ผลการศึกษา

ในงานวิจัยนี้จะศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาของการอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย ที่จะส่งผลต่อการรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศ โดยแบ่งผลการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนคือ

4.1 ระยะเวลาที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย ที่ส่งผลต่อระยะเวลาที่การรับรู้อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงที่ และการรับรู้อุณหภูมิอากาศ

4.2 อุณหภูมิที่เหมาะสมในห้องปรับอากาศหลังการรับรู้อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงที่

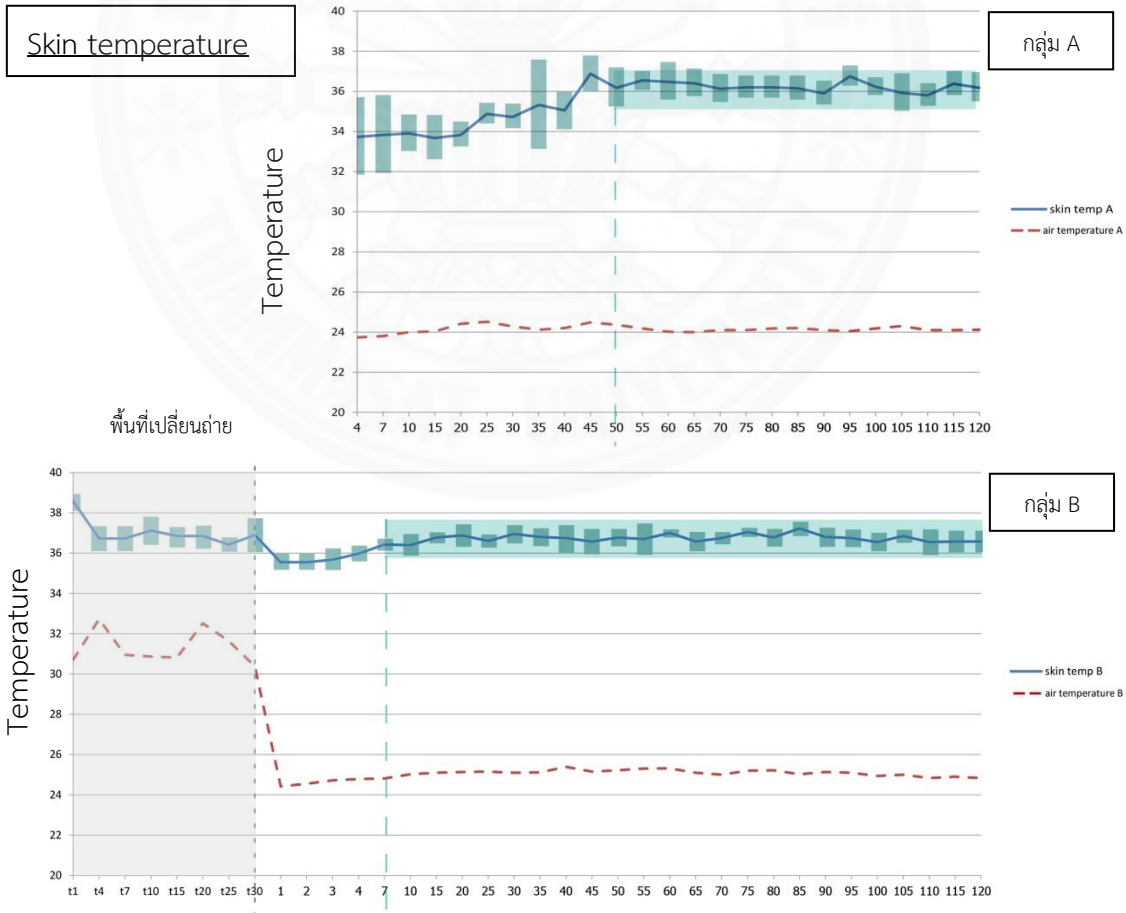
4.1 ระยะเวลาที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย ที่ส่งผลต่อระยะเวลาที่การรับรู้อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงที่

การศึกษาระยะเวลาที่การรับรู้อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงที่ และการรับรู้อุณหภูมิอากาศของกลุ่มตัวอย่างจะศึกษาจากการทดลองในกลุ่ม A และกลุ่ม B เนื่องจากการเป็นการทดลองที่มีการตั้งค่าอุณหภูมิไว้คงที่ โดยศึกษาระยะเวลาที่การรับรู้อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงที่จะแบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ ศึกษาการตอบสนองทางด้านกายภาพ และศึกษาการรับรู้ทางด้านความรู้สึก

การศึกษาการตอบสนองทางกายภาพ คือ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวหนังของกลุ่มตัวอย่างเมื่อเข้าสู่สภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลง จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิผิวหนังของกลุ่มตัวอย่างในกลุ่ม A และ B มีอุณหภูมิต่ำลงทันทีที่เข้าสู่ห้องปรับอากาศ ซึ่งมีผลเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Hong Liu et al.,2013; Junta Nakano et al.,2006; Jorn Toftum et al.,2008; และ Charlie Huizenga et al.,2001 โดยเรียกปรากฏการณ์แบบนี้ว่า ปรากฏการณ์ overshot ซึ่งจะเกิดขึ้นเฉพาะสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิให้ต่ำลง โดยในการทดลองนี้กลุ่ม A และ B มีอุณหภูมิอากาศภายในห้องต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอก 4.22 และ 5.97 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งทั้งสองการทดลองมีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายในห้อง และภายนอกที่แตกต่างกัน และส่งผลให้มีการรับรู้เข้าสู่สภาวะคงที่ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน โดยกลุ่ม B ที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิมากกว่ามีการปรับตัวของอุณหภูมิเร็วกว่า ซึ่งต่างจากผลการวิจัยของ Nagano Kazuo et al.,2005; Yufeng Zhang et al.,2014; Hong Liu et al.,2013; และ Jing Xiong et al.,2015 ที่พบว่าในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบ down step หรือการลดอุณหภูมิให้ต่ำลง ยิ่งมีอุณหภูมิที่ต่างกันมากยิ่งมีใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะคงที่นาน แต่จากการทดลองของ Hong Liu และคณะ พบว่าการตอบสนองทางกายภาพในสภาพแวดล้อมที่มีความต่างของอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกต่างกัน มีระยะเวลาในการเข้าสู่สภาวะคงที่ที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้น ความแตกต่างของอุณหภูมิ

Ref. code: 25595816030299ODZ

ระหว่างภายในและภายนอก จึงไม่ส่งผลต่อการตอบสนองทางกายภาพ และหลังจากปรากฏการณ์ overshot อุณหภูมิผิวหนังจะค่อย ๆ สูงขึ้น เนื่องจากร่างกายมีการปรับตัวให้มีความสมดุลกับสภาพอากาศจนเข้าสู่สภาวะคงที่ โดยอุณหภูมิผิวหนังของกลุ่มตัวอย่างจากการทดลองกลุ่ม A (อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย 10 นาที) เข้าสู่สภาวะคงที่ในนาทีที่ 50 ซึ่งใกล้เคียงกับการทดลองของ Nagano Kazuo et al.,2005 ที่พบว่าการรับรู้ด้านกายภาพจะใช้เวลาในการปรับตัว 50 นาที ส่วนการทดลองในกลุ่ม B (อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย 30 นาที) อุณหภูมิผิวหนังเข้าสู่สภาวะคงที่ในนาทีที่ 7 ซึ่งมีผลใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Chen-Peng Chen et al.,2011 ที่พบว่าอุณหภูมิผิวหนังคงที่ภายในช่วง 10 นาทีแรก ดังที่แสดงในภาพที่ 4.1 และจากภาพที่ 4.1 จะเห็นว่าอุณหภูมิในการทดลอง A มีค่าต่ำกว่าการทดลอง B ประมาณ 1 องศาเซลเซียส โดยกลุ่ม A และ B มีค่าอุณหภูมิที่วัดได้ คือ 24.13 และ 25.09 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แต่จากงานวิจัยของ Chen-Peng Chen et al.,2011 พบว่าอุณหภูมิที่มีความแตกต่างกันต่ำกว่า 4 จะไม่ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ดังนั้นอุณหภูมิที่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม A และ B จึงไม่ส่งผลต่อการตอบสนองทางกายภาพ และสามารถสรุปได้ว่าการอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายนานกว่าช่วยให้การปรับตัวทางกายภาพเร็วขึ้น



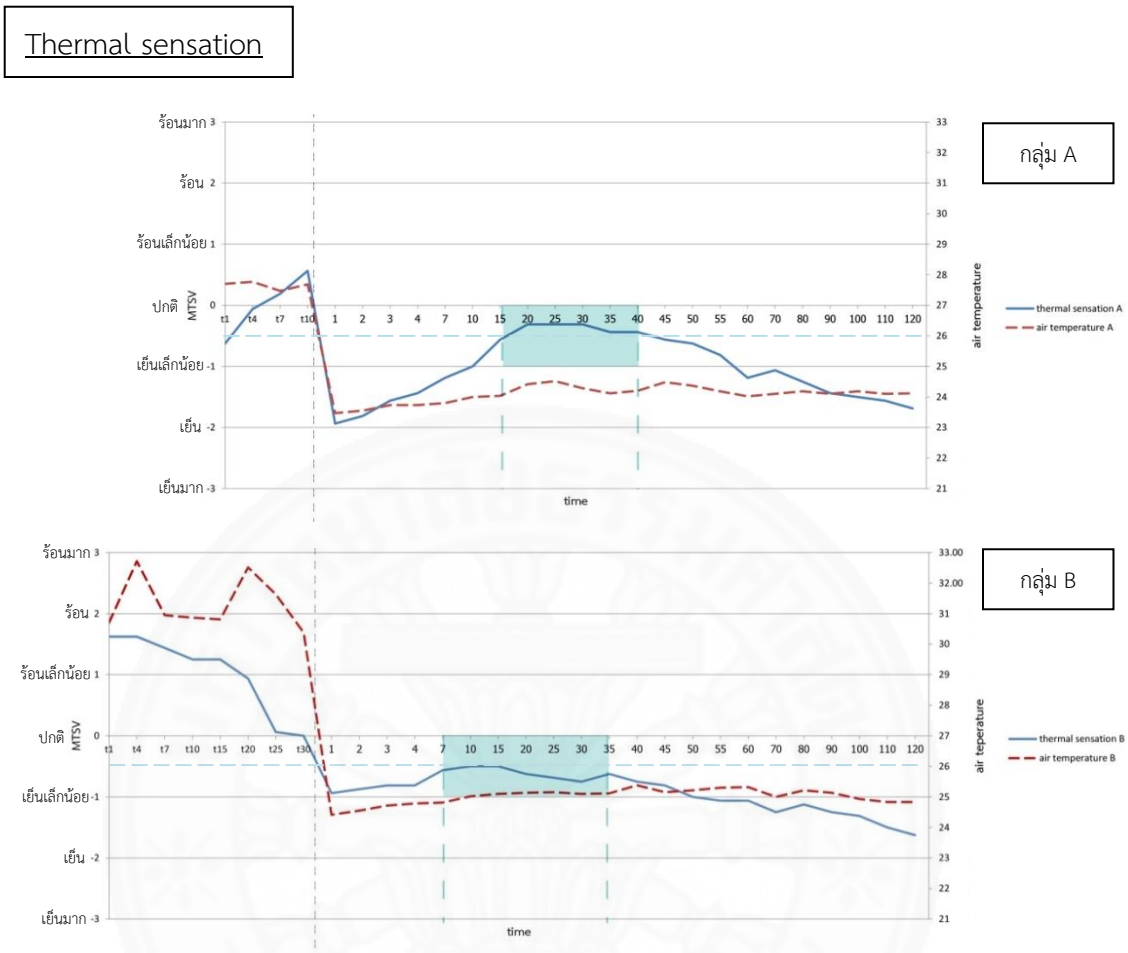
ภาพที่ 4.1 แสดงอุณหภูมิผิวหนังของกลุ่มตัวอย่างในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม A และ B

Ref. code: 25595816030299ODZ

การศึกษาการรับรู้ทางด้านความรู้สึก คือ ศึกษาความรู้สึกของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่ออุณหภูมิอากาศ โดยความรู้สึกจะเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา ซึ่งจะสามารถสื่อถึงความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างได้มากกว่า จากการทดลองของกลุ่ม A และ B พบว่าความรู้สึกในห้องปรับอากาศของกลุ่มตัวอย่างในทั้ง 2 กลุ่ม รู้สึกเย็นทันทีที่เข้าสู่ห้องปรับอากาศ หรือปรากฏการณ์ overshot ซึ่งมีผลเหมือนกับงานวิจัยของ Hong Liu et al.,2013; Junta Nakano et al.,2006; Jorn Toftum et al.,2008 และ Charlie Huizenga et al.,2001 เช่นเดียวกับการรับรู้ทางกายภาพ เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างเฉียบพลัน จากนั้นความรู้สึกของกลุ่มตัวอย่างค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงจนเกือบรู้สึกสบาย (เข้าใกล้ 0) และคงที่ในระยะเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นความรู้สึกจะเปลี่ยนไปเป็นรู้สึกหนาวอีกครั้ง ดังภาพที่ 4.2 โดยกลุ่ม A มีการโหวตค่าความรู้สึกเย็น (-2) ในนาทีแรกที่เข้าสู่ห้องปรับอากาศ และมีการเปลี่ยนแปลงความรู้สึกต่อสภาพอากาศเรื่อย ๆ จนคงที่ในนาทีที่ 15 ที่ค่าการโหวตอยู่ในช่วง comfort zone และเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงที่นาทีที่ 40 โดยมีการโหวตค่าความรู้สึกเป็นเย็นขึ้นเรื่อย ๆ จนจบการทดลอง ส่วนกลุ่ม B ในนาทีแรก มีค่าการโหวตความรู้สึกต่อสภาพอากาศเป็นเย็นเล็กน้อย (-1) ซึ่งมีค่าการโหวตหนาวน้อยกว่ากลุ่ม A เนื่องจากมีอุณหภูมิภายในห้องที่สูงกว่า และมีค่าการโหวตสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนอยู่ในช่วง comfort zone และคงที่ในนาทีที่ 7 จนถึงนาทีที่ 35 แต่มีระยะเวลาหลังนาทีที่ 20 มีค่าอยู่นอกช่วงสภาวะน่าสบายเล็กน้อย หลังนาทีที่ 35 ค่าการโหวตความรู้สึกเปลี่ยนแปลงอีกครั้ง เป็นความรู้สึกเย็นลงเรื่อย ๆ จนสิ้นสุดการทดลอง เช่นเดียวกับกลุ่ม A

จากผลที่ได้ พบว่า กลุ่ม B (อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย 30 นาที) เข้าสู่สภาวะคงที่เร็วกว่ากลุ่ม A (อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย 10 นาที) ทั้งการตอบสนองทางกายภาพและการรับรู้ด้านความรู้สึก และกลุ่ม B ยังมีการรับรู้อุณหภูมิที่คงที่นานกว่ากลุ่ม A แต่กลุ่ม A อยู่ช่วงที่มีการโหวตค่าความรู้สึกเข้าใกล้ความรู้สึกสบายนานกว่า และทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าการโหวตเปลี่ยนแปลงไปเป็นรู้สึกหนาวในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกันคือ นาทีที่ 40 และ 35 แต่อย่างไรก็ตาม วันที่ทำการทดลองของกลุ่ม A มีสภาพอากาศต่างไปจากการทดลองของกลุ่มอื่น ๆ เนื่องจากมีฝนตกในขณะทำการทดลอง และอุณหภูมิห้องปรับอากาศต่ำกว่ากลุ่ม B ประมาณ 1 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจส่งผลต่อการรับรู้อุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง

Ref. code: 25595816030299ODZ



ภาพที่ 4.2 แสดงความรู้สึกต่ออุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่างในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม A และ B

จากการวิเคราะห์ผ่านโปรมแกรมทางสถิติ SPSS โดยใช้ Paired-sample T-test เพื่อหาความแตกต่างของการรับรู้อุณหภูมิระหว่าง กลุ่ม A กับกลุ่ม B ในการรับรู้เป็น 4 ด้าน ดังภาพที่ 4.3 พบว่า กลุ่มตัวอย่างของทั้ง 2 กลุ่มมีความรู้สึกต่ออุณหภูมิแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในนาทีที่ 1-7 เท่านั้น ในความรู้สึกสบายจากอุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเลย ส่วนความต้องการต่ออุณหภูมิมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในนาทีที่ 1-7 และ นาทีที่ 60 ส่วนการยอมรับอุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเลย ซึ่งอาจเกิดจากกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนน้อยจึงทำให้ไม่เห็นความแตกต่างทางสถิติ หากเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างอาจจะเห็นความแตกต่างของทั้ง 2 กลุ่ม ชัดเจนขึ้น

Ref. code: 25595816030299ODZ

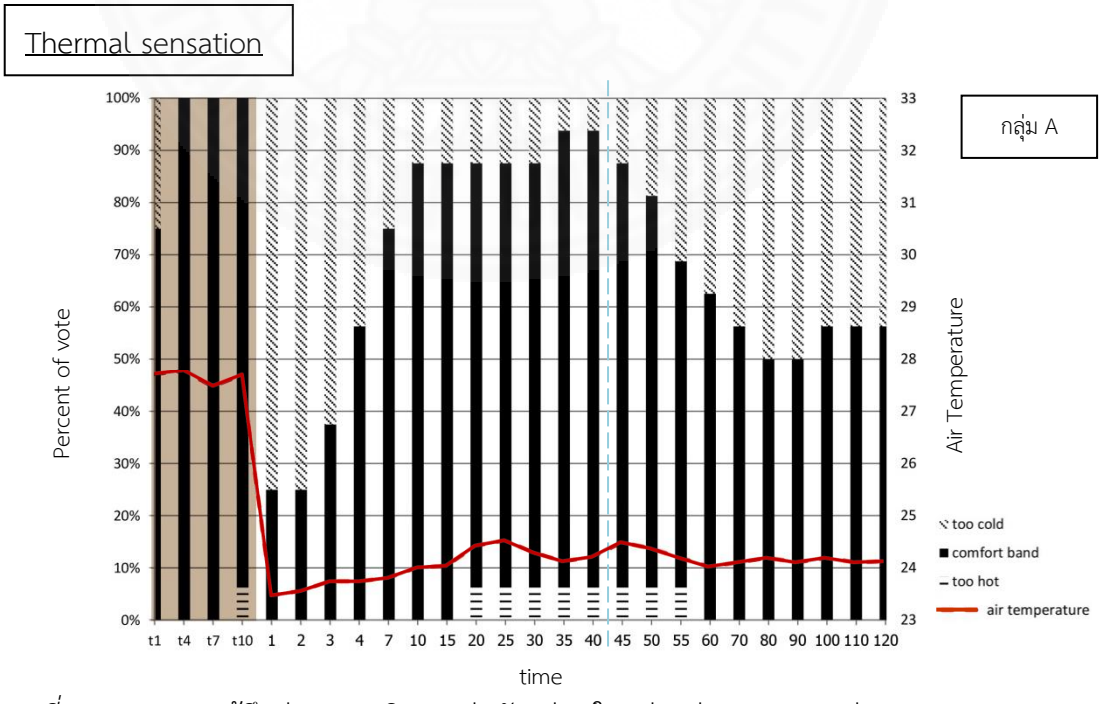
	time (min) 1	2	3	4	7	10	15	20	25	30	35
sensation	0.002*	0.008*	0.041*	0.02*	0.013*	0.072	0.864	0.312	0.232	0.249	0.594
comfort	0.072	0.056	0.089	0.136	0.136	0.173	0.718	0.718	0.432	0.164	0.27
preference	0.001*	0.006*	0.006*	0.004*	0.029*	0.333	0.718	0.669	0.669	1	0.669
accept	0.164	0.164	0.164	0.164	0.164	0.164	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333

	time (min) 40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120
sensation	0.386	0.523	0.319	0.544	0.708	0.58	0.697	0.566	0.566	0.855	0.835
comfort	0.164	0.333	0.456	0.456	0.718	0.432	0.261	0.261	0.264	0.13	0.11
preference	0.432	1	0.58	0.669	0.02*	0.718	0.497	0.27	0.104	0.104	0.104
accept	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333

ภาพที่ 4.3 แสดงความแตกต่างของการรับรู้อุณหภูมิของกลุ่ม A และ B จากการวิเคราะห์ทางสถิติในแต่ละช่วงเวลา

เนื่องจากการเปรียบเทียบทางสถิติไม่พบความแตกต่างระหว่าง 2 กลุ่ม จึงทำการศึกษาและเปรียบเทียบความแตกต่างของการตอบสนองทางอุณหภูมิในทั้ง 2 กลุ่ม จากข้อมูลดังต่อไปนี้

การรับรู้อุณหภูมิอากาศ จะศึกษาจากความรู้สึก 4 ด้าน ที่กลุ่มตัวอย่างโหวต โดยอุณหภูมิในห้องปรับอากาศมีการตั้งค่าที่เทอร์โมสตัท (thermostat) ที่ 25 องศาเซลเซียส แต่ค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากการทดลองจริงมีค่าเฉลี่ยของกลุ่ม A และ B เท่ากับ 24.13 และ 25.09 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

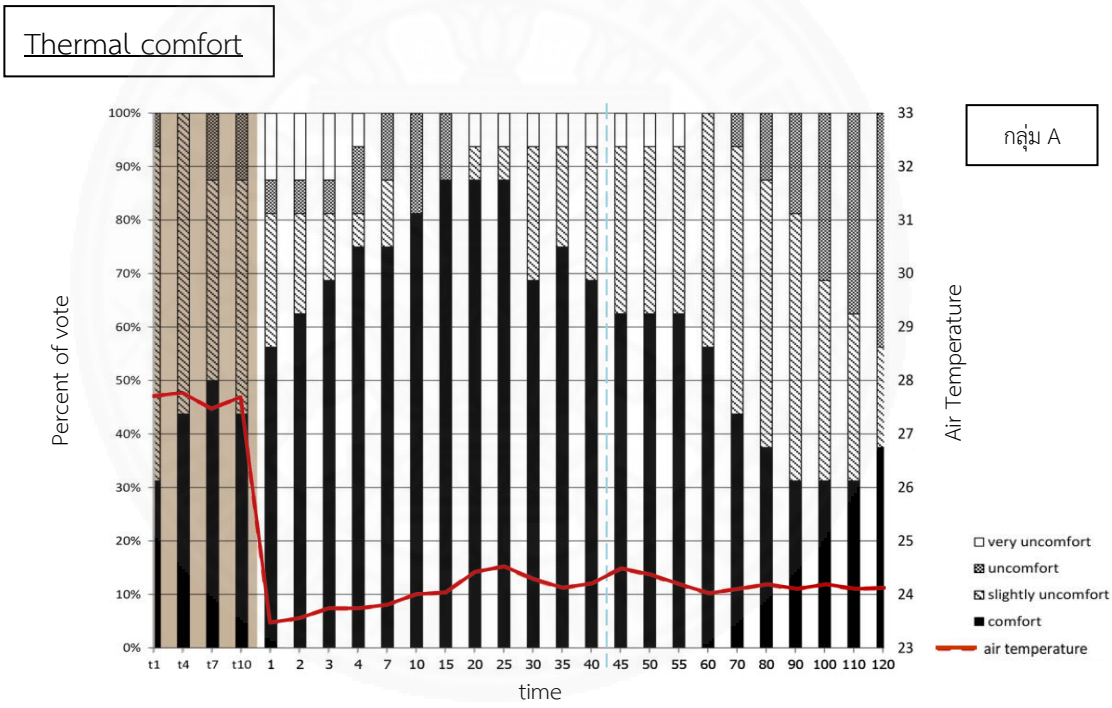


*ภาพที่ 4.4*แสดงความรู้สึกต่ออุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม A

Ref. code: 25595816030299ODZ

ในกลุ่ม A ที่มีการอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย 10 นาที มีการโหวตค่าความรู้สึกต่ออุณหภูมิ (thermal sensation) ช่วงนาทีที่ 1 – 7 มีความรู้สึกหนาว (too cold : -2, -3) ในช่วงนาทีที่ 10 – 45 อยู่ในช่วงสภาวะน่าสบาย (comfort band : -1, 0, +1) มีจำนวนมากกว่า ร้อยละ 80 ซึ่งหมายถึงมีผู้ที่พึงพอใจต่อสภาพอากาศมากกว่าร้อยละ 80 ซึ่งเป็นช่วงสภาวะน่าสบาย และหลังจากนาทีที่ 45 หรือช่วงที่การรับรู้ไม่อยู่ในสภาวะคงที่แล้ว มีจำนวนการโหวตหนาวสูงขึ้นเรื่อย ๆ หรือปรากฏการณ์ overcooling ดังภาพที่ 4.4

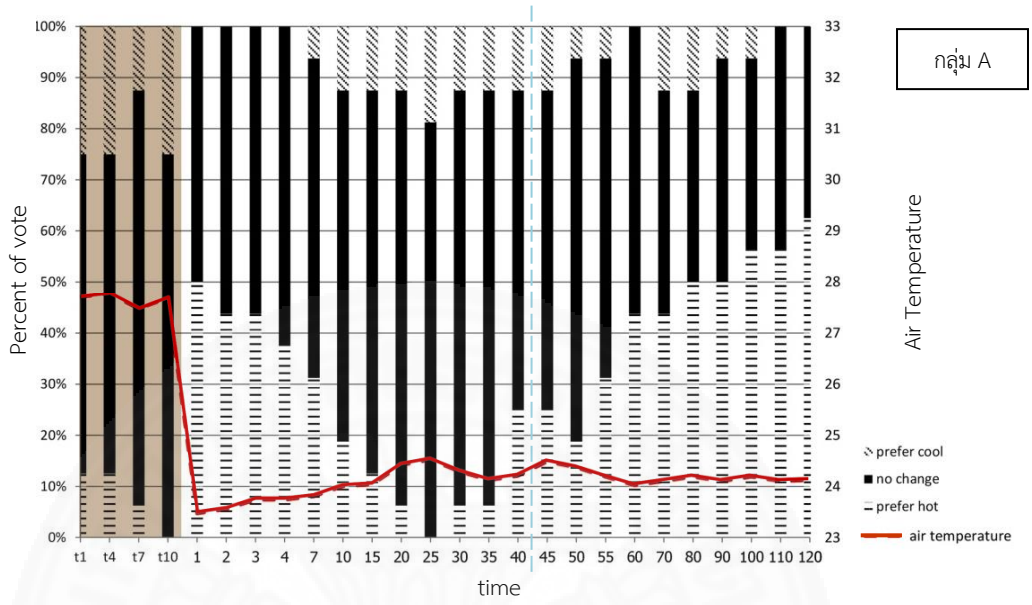
ในส่วนการโหวตค่าความรู้สึกสบาย (thermal comfort) มีความสอดคล้องกับการโหวตค่าความรู้สึกต่ออุณหภูมิ คือมีการโหวต uncomforted ในช่วงที่มีการโหวตหนาว แต่มีการโหวต comfort มากกว่าร้อยละ 80 แค่ในช่วงนาทีที่ 10 – 25 ดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 แสดงความรู้สึกสบายต่ออุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม A

Ref. code: 25595816030299ODZ

Thermal preference

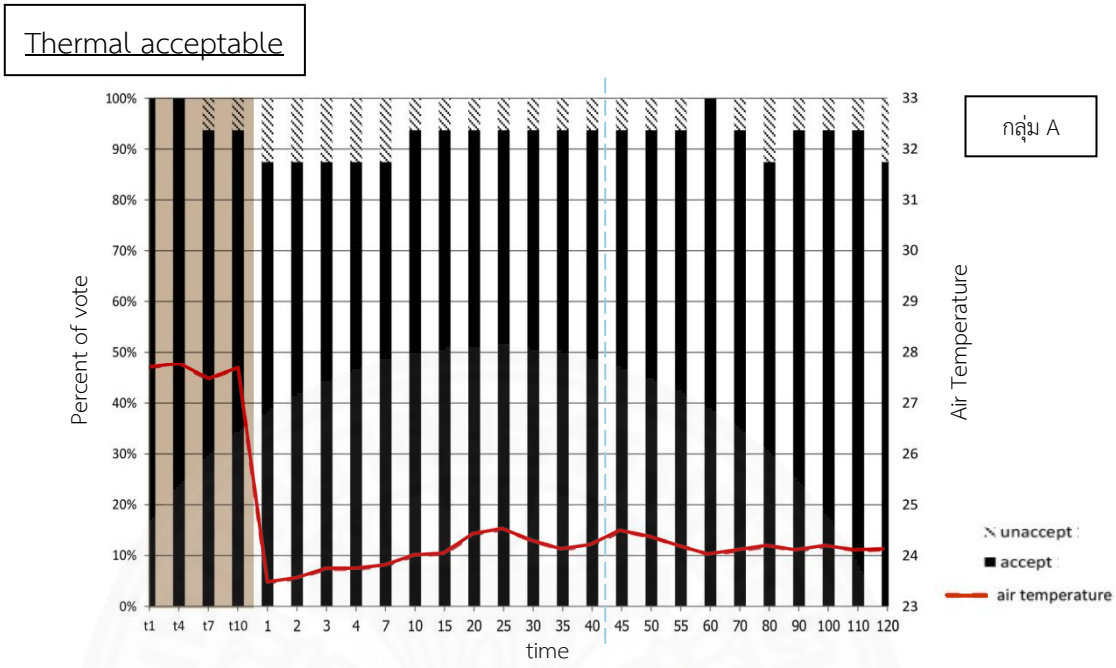


ภาพที่ 4.6 แสดงความต้องการต่ออุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม A

การโหวตความต้องการต่ออุณหภูมิ (thermal preference) มีความสอดคล้องกับการโหวตความรู้สึกใน ความรู้สึกต่ออุณหภูมิ โดยมีการโหวต prefer hot ในช่วงที่กลุ่มตัวอย่างรู้สึกหนาว และโหวต no change ในช่วงที่กลุ่มตัวอย่างมีการโหวตอยู่ใน comfort band ยกเว้นในช่วงที่การรับรู้เริ่มออกจากสภาวะคงที่ (นาทีที่ 40 - 45) ที่กลุ่มตัวอย่างยังโหวตอยู่ในช่วงสบายสูงกว่าร้อยละ 80 แต่มีความต้องการโหวต no change ต่ำกว่าร้อยละ 80 ซึ่งไม่อยู่ในสภาวะน่าสบาย โดยมีการโหวต prefer hot เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งมีความสอดคล้องกับการโหวตค่าความรู้สึกสบายต่ออุณหภูมิ ที่มีการโหวต comfort ต่ำลง ดังภาพที่ 4.6

แต่การโหวตความยอมรับต่ออุณหภูมิ (thermal acceptable) มีผลต่างจากการโหวตทั้ง 3 ด้าน ถึงแม้ว่าการโหวตทั้ง 3 ด้าน มีการโหวตที่แสดงความรู้สึกไม่สบาย และมีความต้องการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในช่วงต้น และช่วงท้ายของการอยู่ในห้องปรับอากาศ แต่กลุ่มตัวอย่างมีการโหวตว่ายอมรับในอุณหภูมิได้มากกว่าร้อยละ 80 ในทุกช่วงเวลา ดังภาพที่ 4.7 หรือกล่าวได้ว่าแม้ว่ากลุ่มตัวอย่างมีความไม่พอใจต่ออุณหภูมิ และไม่ได้อยู่ในช่วงสภาวะน่าสบาย แต่มีความทนต่ออุณหภูมิดังกล่าวได้

Ref. code: 25595816030299ODZ



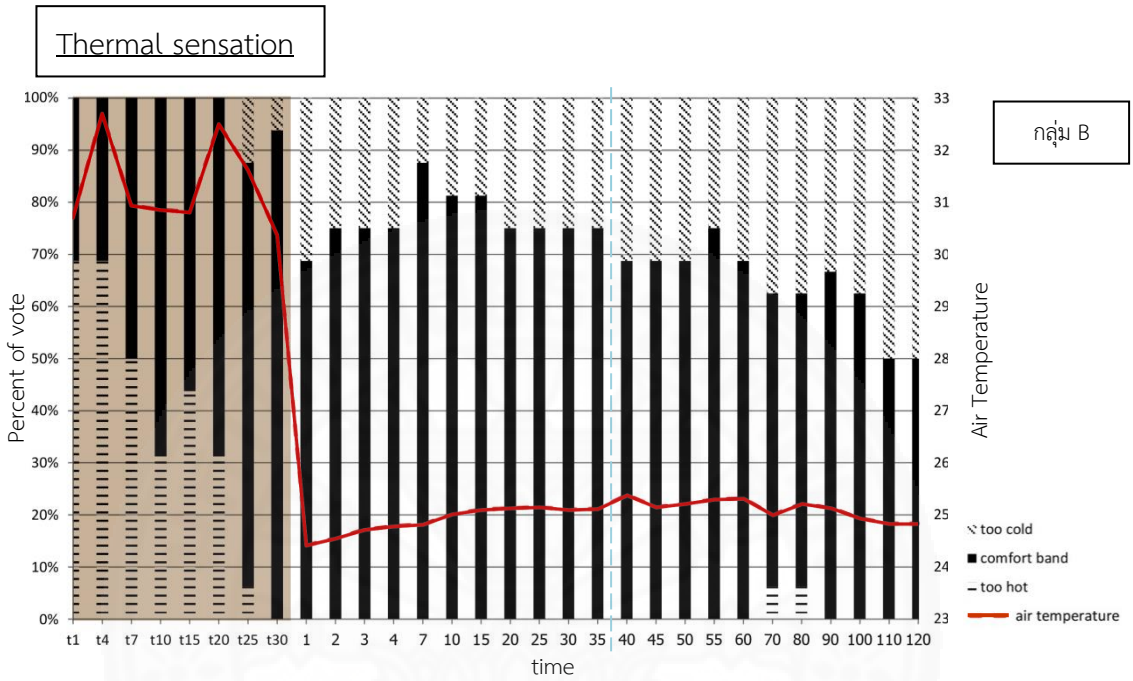
ภาพที่ 4.7 แสดงความยอมรับต่ออุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม A

จากภาพที่ 4.4 – 4.7 จะเห็นได้ว่ากราฟที่แสดงถึงความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่ออุณหภูมิในแต่ละด้านมีจำนวนการโหวตเปลี่ยนแปลงตลอด โดยในช่วงต้นที่มีการโหวตความรู้สึกต่ออุณหภูมิเป็น too cold, uncomforted และ prefer hot สูงกว่าในช่วงเวลาอื่น ๆ ทั้งที่อุณหภูมิอากาศภายในห้องมีค่าคงที่ ซึ่งเกิดจากตอนอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายมีฝนตก และมีสภาพอากาศอบอ้าว จึงทำให้กลุ่มตัวอย่างมีเหงื่อไหลตามผิวหนัง เมื่อเข้าสู่ห้องปรับอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำ จึงทำให้อุณหภูมิผิวหนังต่ำลง เช่นเดียวกับการทดลองของ Hong Liu et al.,2013 ที่พบว่าอุณหภูมิผิวหนังของกลุ่มตัวอย่างที่ย้ายจากสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส ไปสู่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิผิวหนังภายในห้อง 25 องศาเซลเซียส ต่ำกว่าการทดลองที่ย้ายจากอุณหภูมิ 30 และ 28 องศาเซลเซียส เนื่องจากในกลุ่มที่อยู่ในสภาพแวดล้อม 32 องศาเซลเซียส มีเหงื่อมากกว่า จึงเกิด heat loss มากกว่า และส่งผลให้กลุ่มตัวอย่างรู้สึกหนาวมากกว่า เช่นเดียวกับกลุ่มตัวอย่างในกลุ่ม A ที่มีความรู้สึกหนาวมากกว่ากลุ่ม B ในช่วงต้นที่เข้าสู่ห้องปรับอากาศ จากภาพที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าการโหวตความรู้สึกต่ออุณหภูมิของกลุ่ม B ในช่วงต้นมีจำนวนการโหวต too cold ที่ใกล้เคียงกับช่วงเวลาอื่น เนื่องจากก่อนเข้าห้องทดลองมีลมพัดมาในบริเวณพื้นที่เปลี่ยนถ่ายระยะหนึ่ง ทำให้เหงื่อบริเวณผิวหนังของกลุ่มตัวอย่างลดลง

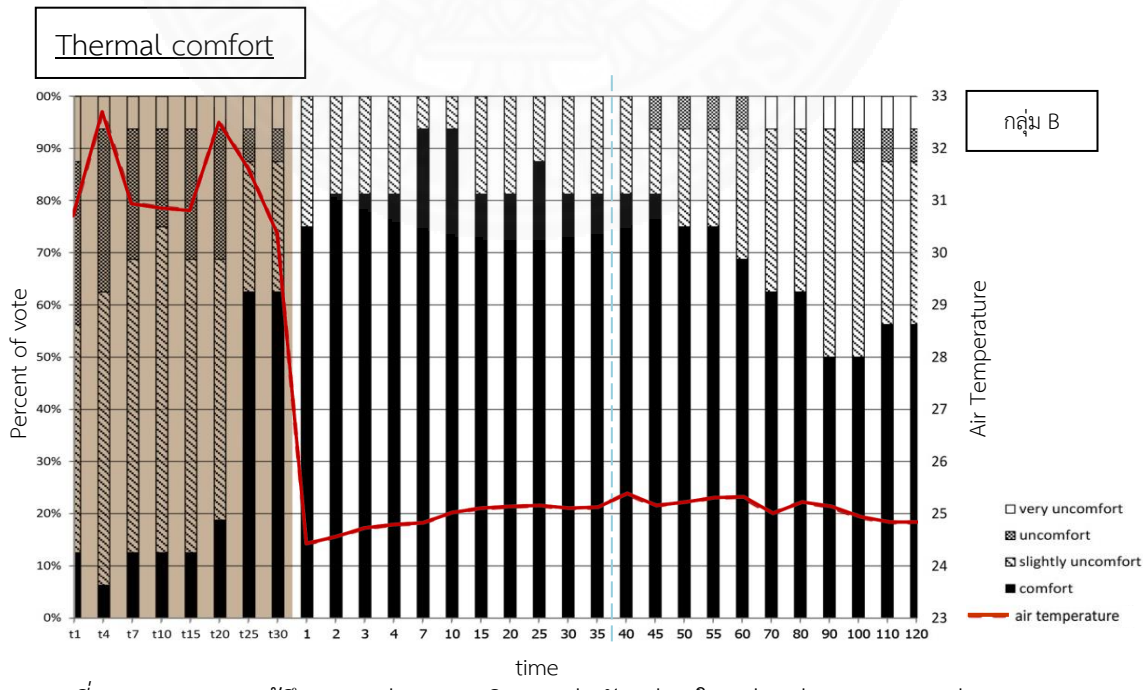
ในกลุ่ม B ที่มีการอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย 30 นาที มีการโหวตค่าความรู้สึกต่ออุณหภูมิช่วงนาทีที่ 1 – 4 เป็น too cold และในช่วงนาทีที่ 7 – 15 อยู่ในช่วง comfort band มีจำนวน

Ref. code: 25595816030299ODZ

มากกว่า ร้อยละ 80 ซึ่งมีระยะเวลาที่กลุ่มตัวอย่างอยู่ในสภาวะน่าสบายสั้นกว่ากลุ่ม A แต่ความรู้สึกต่ออุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่างในกลุ่ม B ยังคงที่ถึงนาทีที่ 35 จากนั้นจึงมีจำนวนการโหวต too cold ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอีกครั้ง แต่มีจำนวนน้อยกว่ากลุ่ม A ดังภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 แสดงความรู้สึกต่ออุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม B

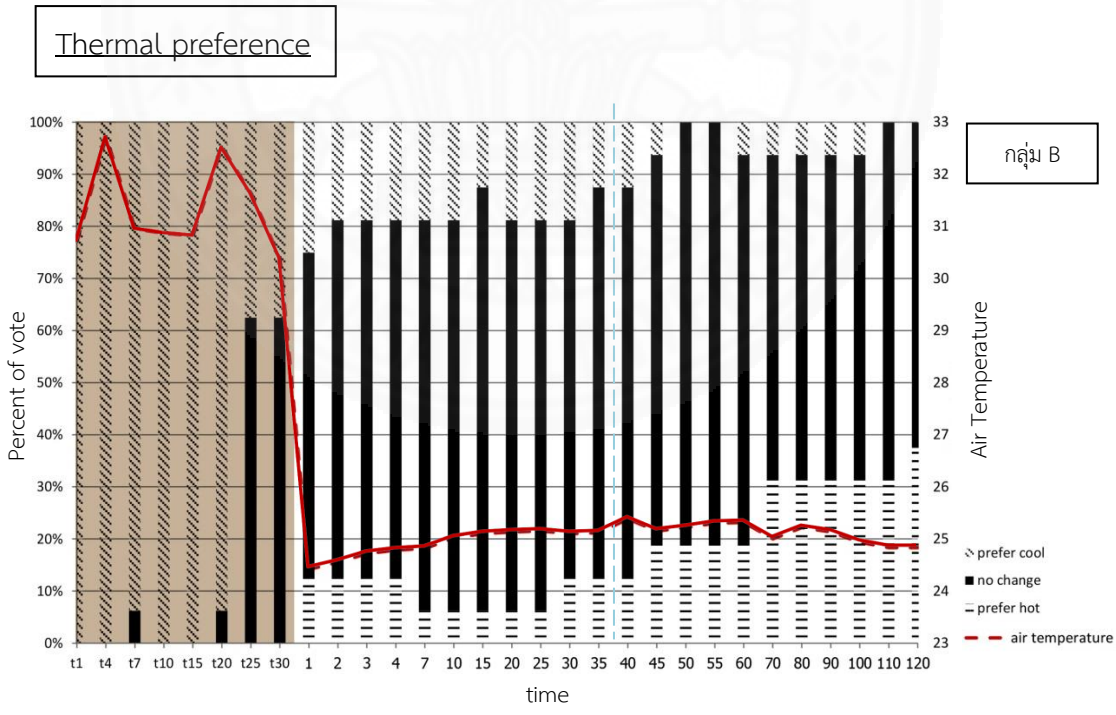


ภาพที่ 4.9 แสดงความรู้สึกสบายต่ออุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม B

Ref. code: 25595816030299ODZ

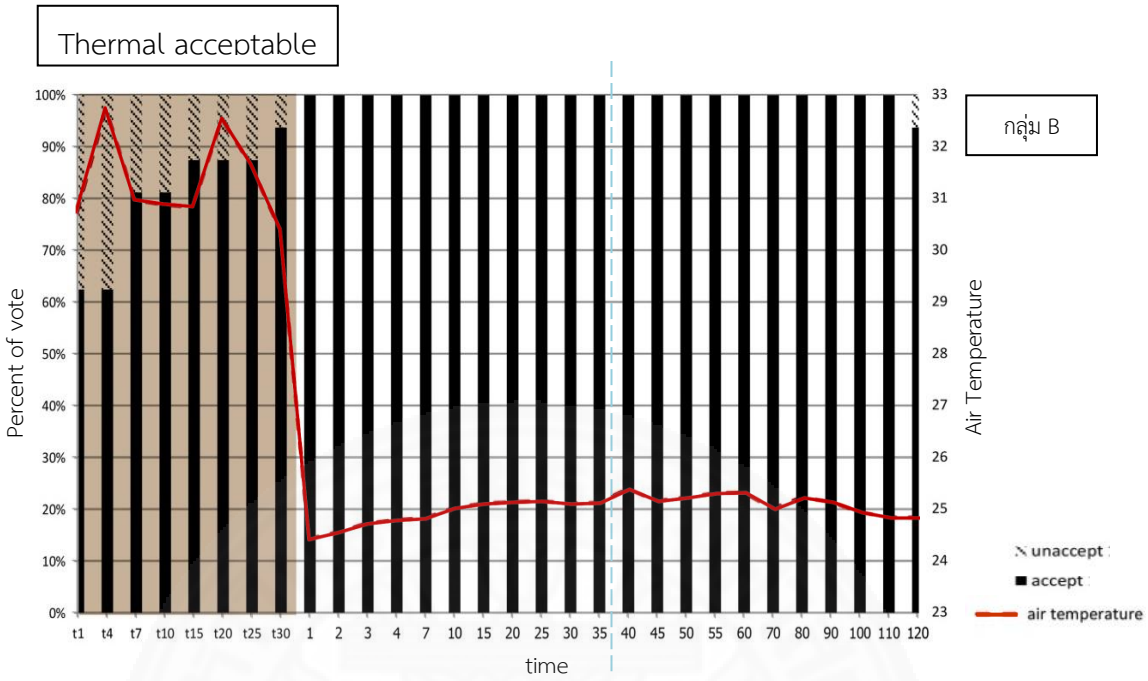
ในส่วนการโหวตค่าความรู้สึกสบาย ของกลุ่ม B มีความสอดคล้องกับการโหวตค่าความรู้สึกต่ออุณหภูมิ แต่มีผู้ที่รู้สึก comfort เกินร้อยละ 80 ในนาทีที่ 2 – 45 ซึ่งนานกว่าการโหวต comfort band ในการโหวตค่าความรู้สึกต่ออุณหภูมิ โดยหลังจากที่การโหวต comfort band สิ้นสุดลง ที่ในนาทีที่ 20 - 45 กลุ่มตัวอย่างเริ่มโหวต too cold สูงขึ้น แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างเริ่มรู้สึกหนาวในนาทีที่ 20 – 45 แต่ยังรู้สึกสบายกับสภาพแวดล้อมในเวลาดังกล่าวอยู่ ดังภาพที่ 4.9

จากการค่าความรู้สึกต่ออุณหภูมิ ในช่วงนาทีที่ 1 – 45 กลุ่มตัวอย่างมีการโหวต too cold และ comfort ซึ่งแสดงว่ากลุ่มตัวอย่างมีความรู้สึกหนาว และมีรู้สึกสบายต่ออุณหภูมิ แต่ก็ยังมีการโหวตความต้องการต่ออุณหภูมิ เป็น prefer cool หรือต้องการให้อากาศเย็นขึ้น ซึ่งงานวิจัยของ Kitchai Jitkhajornwanich and Adrian C. Pitts, 2001 พบว่าคนไทยมีความเคยชินต่อสภาพอากาศในห้องปรับอากาศ และมีความคาดหวังที่จะเจออุณหภูมิที่ต่ำในห้องปรับอากาศของคนไทย จึงทำให้การรับรู้อุณหภูมิเปลี่ยนไป โดยชื่นชอบอากาศที่เย็นมากกว่า และกลุ่มตัวอย่างมีการโหวตความรู้สึกหนาว แต่มีความต้องการให้อากาศเย็นขึ้นเช่นเดียวกัน และหลังจากนาทีที่ 45 จึงมีจำนวนผู้ที่โหวต prefer hot สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับความรู้สึกต่ออุณหภูมิ และความรู้สึกสบายต่ออุณหภูมิที่มีการโหวต too cold สูงขึ้น และช่วง comfort ที่ต่ำลง ดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 แสดงความต้องการต่ออุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม B

Ref. code: 25595816030299ODZ



ภาพที่ 4.11 แสดงความยอมรับต่ออุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม B

ในส่วนของการยอมรับต่ออุณหภูมิมีผลต่างจากการโหวตทั้ง 3 ด้าน เช่นเดียวกับกลุ่ม A ที่การโหวตทั้ง 3 ด้าน มีการโหวตที่แสดงความรู้สึกไม่สบาย และมีความต้องการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในห้องปรับอากาศ แต่กลุ่มตัวอย่างมีการโหวตว่ายอมรับในอุณหภูมิได้เกือบ ร้อยละ 100 ในทุกช่วงเวลาหรือกล่าวได้ว่า กลุ่มตัวอย่างมีความไม่พอใจต่ออุณหภูมิ และไม่ได้อยู่ในช่วงสภาวะน่าสบาย แต่สามารถทนต่ออุณหภูมิได้ ดังภาพที่ 4.11

จากภาพที่ 4.8 – 4.11 ที่แสดงการรับรู้อุณหภูมิของกลุ่ม B จะเห็นได้ว่าในช่วงแรก การรับรู้อุณหภูมิจะค่อนข้างคงที่และขนานไปกับอุณหภูมิอากาศ โดยมีการโหวตเป็น too cold เล็กน้อย และอยู่ในช่วง comfort band แต่ก็ยังมีการโหวตเป็น prefer cool ซึ่งเกิดจากความเคยชินต่อสภาพอากาศในห้องปรับอากาศ และความคาดหวังต่ออากาศในห้องปรับอากาศ ทำให้กลุ่มตัวอย่างต้องการอากาศที่เย็นมากขึ้น ถึงแม้ว่าจะรู้สึกสบายต่ออุณหภูมิดังกล่าวก็ตาม แต่ในนาทีที่ 40 เป็นต้นไป ที่การรับรู้อุณหภูมิไม่อยู่ในสภาวะคงที่แล้ว เริ่มมีความรู้สึกหนาว รู้สึกไม่สบาย และต้องการอุณหภูมิที่สูงขึ้น ทั้งที่อุณหภูมิอากาศมีค่าเท่ากับ 25 องศาเซลเซียสเท่ากับตอนแรก และเป็นอุณหภูมิ neutral ซึ่งจากการทดลองของ Hong Liu et al., 2013 มีการระบุว่ามีการโหวตค่าความรู้สึกหนาว แม้ว่าค่าอุณหภูมิจะใกล้เคียงกับช่วง neutral ก็ตาม

เมื่อนำการรับรู้อุณหภูมิของกลุ่ม A และ กลุ่ม B มาเปรียบเทียบกัน พบว่า กลุ่ม B มีจำนวนการโหวต comfort ที่สูงกว่า และอยู่ในสภาวะคงที่ที่นานกว่า รวมถึงมีการยอมรับต่อสภาพอากาศที่สูงกว่า แต่กลุ่ม B มีอุณหภูมิอากาศภายในห้องสูงกว่ากลุ่ม A ซึ่งอาจจะส่งผลต่อการรับรู้

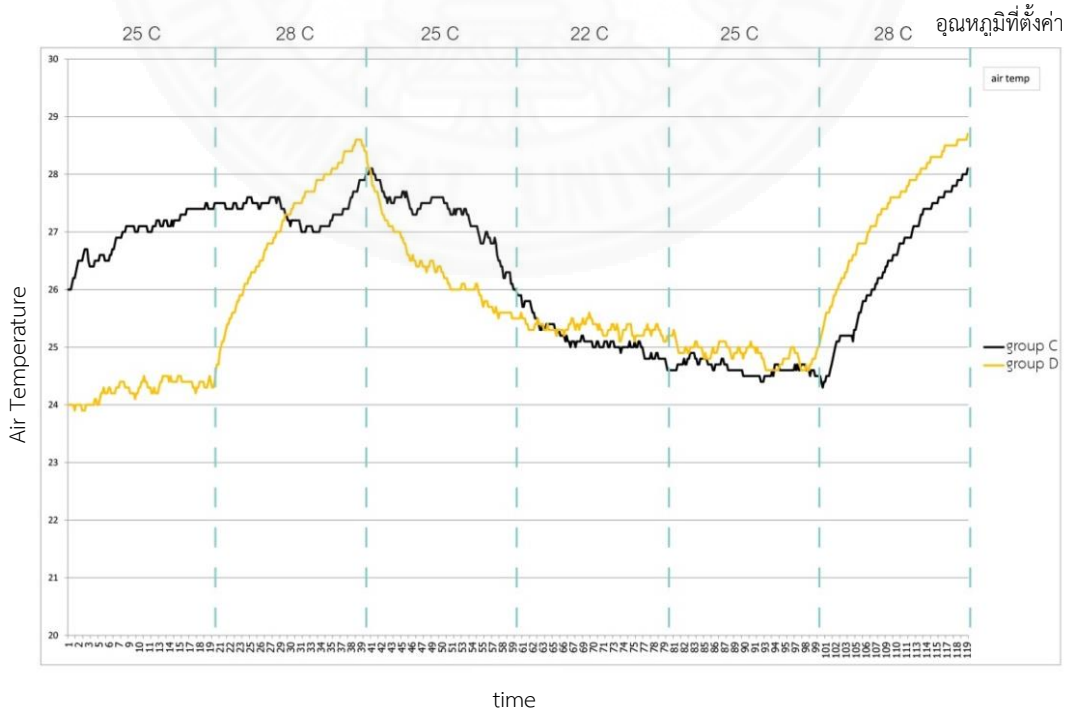
Ref. code: 25595816030299ODZ

กลุ่ม A จึงมีจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่โหวต too cold สูงกว่า แต่อย่างไรก็ตามทั้ง 2 กลุ่ม มีความรู้สึกเปลี่ยนแปลงไปหลังจากช่วงสภาวะคงที่ โดยมีจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่มีความรู้สึกหนาวสูงขึ้น ถึงแม้ว่าอุณหภูมิจะคงที่ก็ตาม โดยเฉพาะกลุ่ม B ที่มีอุณหภูมิ เท่ากับอุณหภูมิมาตรฐานสำหรับห้องปรับอากาศ

4.2 หาอุณหภูมิที่เหมาะสมในห้องปรับอากาศหลังการรับรู้อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงที่

จากการทดลองในกลุ่ม A และ B พบว่ามีการรับรู้อุณหภูมิหลังสภาวะคงที่ของกลุ่มตัวอย่างรู้สึกค่อนไปทางหนาว ดังนั้นจึงหาอุณหภูมิที่เหมาะสมภายในห้องปรับอากาศจากการทดลองของกลุ่ม C และ D โดยหาจากความต้องการทางอุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง (thermal preference)

การทดลองกลุ่ม C และกลุ่ม D เป็นการทดลองที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศ โดยเปลี่ยนอุณหภูมิทุก 20 นาที โดยการที่อุณหภูมิห้องจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิที่ได้ตั้งค่าไว้นั้น จะต้องใช้ระยะเวลาในการเปลี่ยนอุณหภูมิทั้งห้อง ดังนั้นอุณหภูมิภายในห้องจึงไม่ได้มีค่าเท่ากับที่อุณหภูมิที่ผู้วิจัยตั้งค่าไว้ในทันที โดยอุณหภูมิในห้องปรับอากาศขณะทดลองมีค่าตามที่ปรากฏในภาพที่ 4.12 ซึ่งจะเห็นได้ว่าในช่วงที่ต้องการให้อุณหภูมิเป็น 22 องศาเซลเซียส มีค่าประมาณ 24 - 25 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมิภายนอกมีค่าสูงมาก ทำให้เครื่องปรับอากาศไม่สามารถทำให้อุณหภูมิภายในห้องเป็นไปตามที่ตั้งค่าไว้ได้



ภาพที่ 4.12 แสดงอุณหภูมิในห้องปรับอากาศในการทดลองกลุ่ม C และ กลุ่ม D

Ref. code: 25595816030299ODZ

จากการวิเคราะห์ผ่านโปรมแกรมทางสถิติ SPSS โดยใช้ Paired-sample T-test เพื่อหาความแตกต่างของการรับรู้อุณหภูมิระหว่าง กลุ่ม C และ D ดังภาพที่ 4.13 พบว่า กลุ่มตัวอย่างของทั้ง 2 กลุ่มมีความรู้สึกต่ออุณหภูมิแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในบางช่วงเวลาเท่านั้น ซึ่งอาจเกิดจากกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนน้อยจึงทำให้ไม่เห็นความแตกต่างทางสถิติเช่นเดียวกับกลุ่ม A และ B หากเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างอาจจะเห็นความแตกต่างของทั้ง 2 กลุ่ม ชัดเจนขึ้น

	time (min) 1	2	3	4	7	10	15	20
sensation	0.252	0.111	0.138	0.173	0.333	0.083	0.111	0.261
comfort	0.58	0.58	0.58	0.58	0.333	0.083	0.083	0.083
preference	1	1	1	1	0.333	0.041*	0.083	.041*
accept	-	-	-	-	-	-	-	-

	time (min) 21	22	23	24	27	30	35	40
sensation	0.27	0.544	1	0.216	0.056	0.006*	0.001**	0.007*
comfort	0.58	0.58	0.669	0.432	0.432	0.055	0.055	0.333
preference	0.083	0.669	0.432	0.497	0.718	0.669	0.164	0.333
accept	-	-	-	-	0.333	0.333	0.333	1

	time (min) 41	42	43	44	47	50	55	60
sensation	0.014*	0.054	0.27	0.432	1	0.423	0.173	0.111
comfort	0.188	0.188	0.083	0.164	0.58	0.333	0.58	0.333
preference	0.58	1	1	1	1	0.164	.041*	0.333
accept	-	-	-	-	-	-	-	-

	time (min) 61	62	63	64	67	70	75	80
sensation	0.072	0.069	0.206	0.206	0.485	0.261	0.136	0.216
comfort	0.58	0.58	1	1	1	0.718	0.718	0.432
preference	0.333	0.333	0.432	0.188	0.104	0.669	0.669	0.333
accept	-	-	-	-	-	-	-	-

	time (min) 81	82	83	84	87	90	95	100
sensation	0.423	0.173	.007*	.007*	.011*	.045*	0.232	0.232
comfort	0.27	0.27	0.27	0.497	0.27	0.333	0.333	0.164
preference	0.58	0.333	0.188	0.188	0.164	0.104	0.104	0.188
accept	-	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333

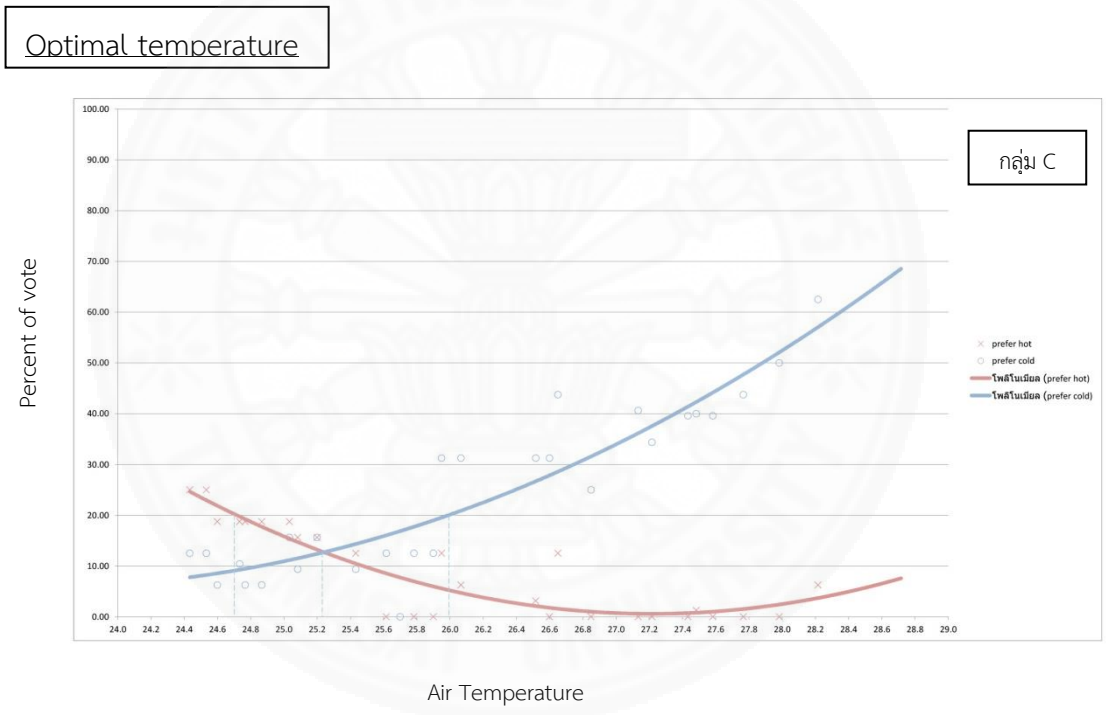
	time (min) 101	102	103	104	107	110	115	120
sensation	0.566	0.27	0.53	0.312	0.609	1	1	0.817
comfort	0.096	0.096	0.096	0.497	0.333	.029*	0.136	0.096
preference	0.432	0.432	0.432	0.27	0.669	1	0.669	0.333
accept	0.333	0.333	-	0.333	0.333	1	1	0.333

ภาพที่ 4.13 แสดงความแตกต่างของการรับรู้อุณหภูมิของกลุ่ม A และ B จากการวิเคราะห์ทางสถิติในแต่ละช่วงเวลา

Ref. code: 25595816030299ODZ

ดังนั้นการศึกษาความแตกต่างของทั้ง 2 กลุ่ม จึงศึกษาและเปรียบเทียบจากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยมีผลดังนี้

จากภาพที่ 4.12 จะเห็นได้ว่า ในช่วงนาทีที่ 1 – 60 อุณหภูมิในทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าไม่เท่ากัน ดังนั้นการวิเคราะห์รายละเอียดการรับรู้ของอุณหภูมิของทั้ง 2 กลุ่ม ได้ทำการวิเคราะห์ในช่วงเวลาหลังนาทีที่ 60 เป็นต้นไป แต่ในการหาอุณหภูมิที่เหมาะสมจะหาจากอุณหภูมิ และความรู้สึกของกลุ่มตัวอย่าง จึงใช้ข้อมูลทั้งหมดในการหา โดยแต่ละช่วงอุณหภูมิจะมีการโหวตค่าความต้องการทางอุณหภูมิ (thermal preference) ต่างกัน จึงนำข้อมูลความต้องการทางอุณหภูมิมาแปลงเป็นกราฟ เพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมจากจุดตัดของความต้องการความเย็นและความร้อน ดังที่ปรากฏในภาพที่ 4.14 และ 4.19 ซึ่งเป็นกราฟของกลุ่ม C และ D ตามลำดับ

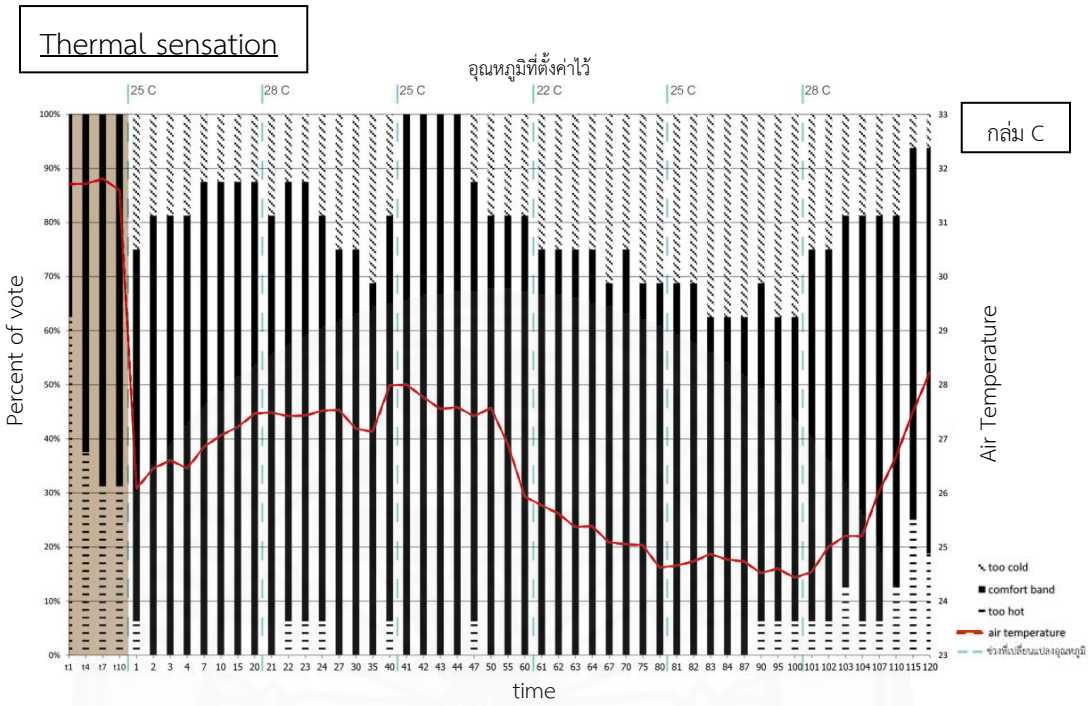


ภาพที่ 4.14 แสดงจำนวนของกลุ่มตัวอย่างในกลุ่ม C ที่มีความต้องการอุณหภูมิหนาวและร้อน ในแต่ละช่วงอุณหภูมิ

จากภาพที่ 4.14 ที่แสดงจำนวนความต้องการอุณหภูมิของกลุ่ม C ซึ่งมีจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการให้อากาศร้อนขึ้นมากกว่าร้อยละ 20 ที่อุณหภูมิ 24.4 องศาเซลเซียส และมีจำนวนลดลงเรื่อย ๆ ตามอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสวนทางกับจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการให้อากาศเย็นลงที่มีจำนวนเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น โดยมีจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการให้อุณหภูมิต่ำลงประมาณร้อยละ 60 ที่อุณหภูมิ 28.2 องศาเซลเซียส ซึ่งจุดตัดของกราฟความต้องการอุณหภูมิทั้ง 2 เส้น ตัดกันในตำแหน่งที่อุณหภูมิเท่ากับ 25.2 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสม และมีช่วงสบาย

Ref. code: 25595816030299ODZ

หรือช่วงที่มีคนต้องการให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงต่ำกว่าร้อยละ 20 ซึ่งตรงกับอุณหภูมิช่วง 24.5 - 26.0 องศาเซลเซียส โดยมีรายละเอียดการรับรู้อุณหภูมิในแต่ละด้านของกลุ่ม C ดังภาพที่ 4.15 – 4.18

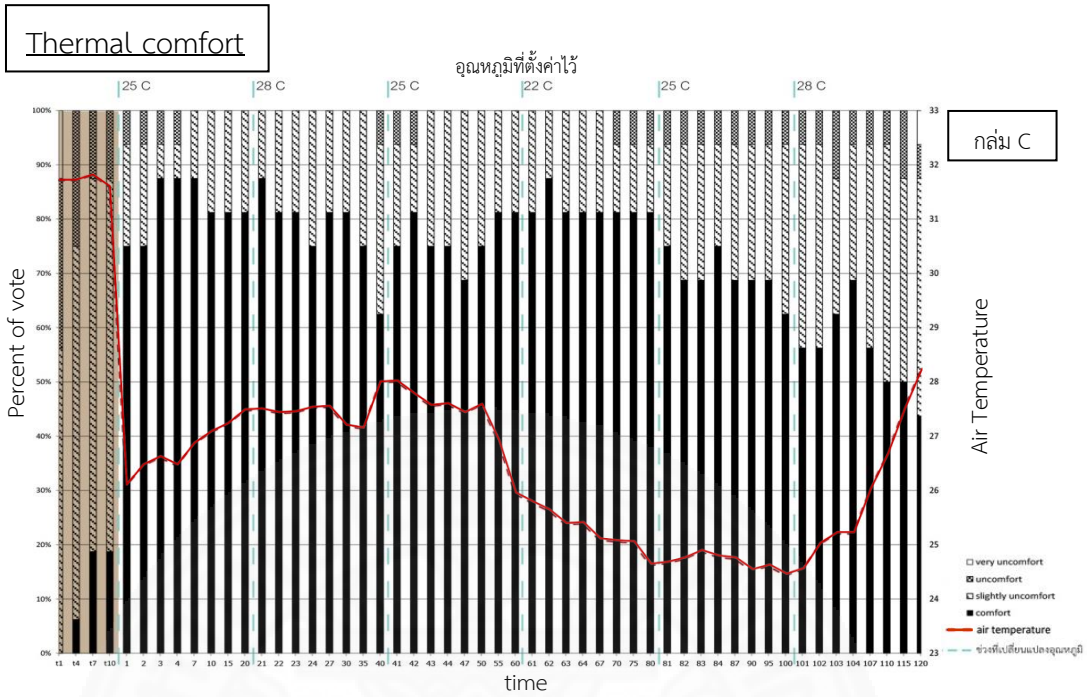


ภาพที่ 4.15 แสดงความรู้สึกต่ออุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม B

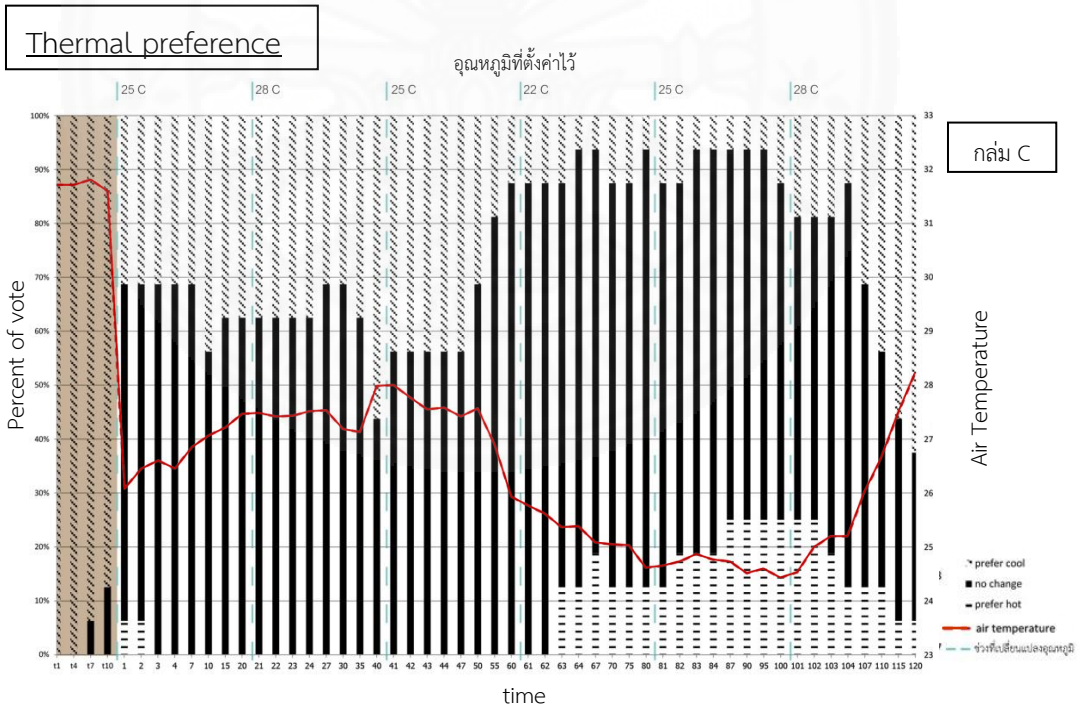
ในด้านความรู้สึกต่ออุณหภูมิของกลุ่ม C นั้นมีการโหวตค่าความรู้สึกที่สอดคล้องกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป ช่วงที่อุณหภูมิต่ำจะมีการโหวต too cold ช่วงที่มีอุณหภูมิสูงจะโหวต too hot โดยเฉพาะในช่วงนาทีที่ 101 – 120 มีจำนวนการโหวต too hot สูงกว่านาทีที่ 21- 40 ทั้งที่มีอุณหภูมิประมาณ 28 องศาเซลเซียส เท่ากัน แสดงให้เห็นว่าการรับรู้อุณหภูมิมีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาแม้ว่าจะมีอุณหภูมิเท่ากัน ดังภาพที่ 4.15

การรับรู้ด้านความรู้สึกสบายต่ออุณหภูมิมีจำนวนการโหวต comfort ในช่วงต้นใกล้เคียงกับช่วง comfort band ในการโหวตความรู้สึกต่ออุณหภูมิ แต่ในนาทีที่ 41 – 44 มีการโหวต uncomforted สูงถึงร้อยละ 20 ในขณะเดียวกัน การโหวตความต้องการอุณหภูมิมีการโหวต prefer cool สูงกว่าร้อยละ 40 (จากภาพที่ 4.17) แม้ว่าในด้านความรู้สึกต่ออุณหภูมิมีการโหวตอยู่ในช่วง comfort band ถึงร้อยละ 100 ก็ตาม ซึ่งอธิบายได้ว่าการโหวตความรู้สึกต่ออุณหภูมิในช่วงเวลาดังกล่าว กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่โหวตค่าความรู้สึกเป็นร้อนเล็กน้อย (+1) ซึ่งรวมอยู่ในช่วง comfort band ด้วย และหลังจากนาทีที่ 80 เป็นต้นไป มีจำนวนการโหวต comfort ต่ำลงเรื่อย ๆ โดยเฉพาะในช่วงนาทีที่ 101 – 120 ซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ในช่วงที่เปลี่ยนจาก 24.5 องศาเซลเซียส เป็น 28 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับการโหวตความรู้สึกต่ออุณหภูมิ ที่มีการโหวต too hot สูงขึ้นเรื่อย ๆ ดังภาพที่ 4.16

Ref. code: 25595816030299ODZ



ภาพที่ 4.16 แสดงความรู้สึกสบายจากอุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม C

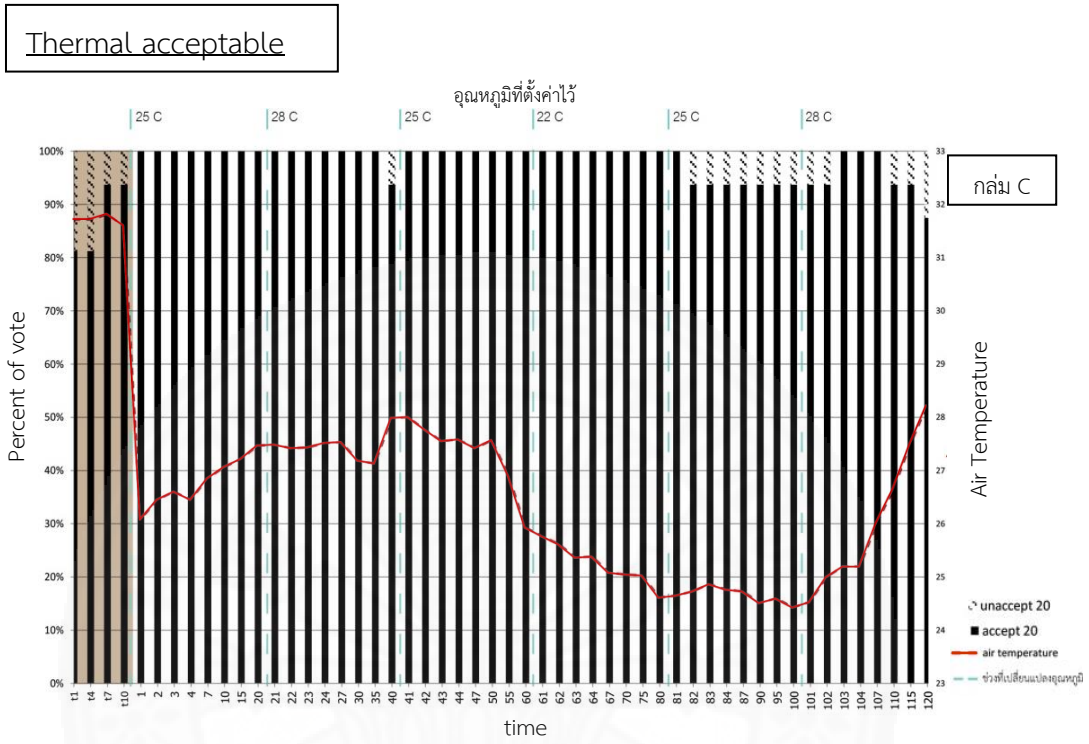


ภาพที่ 4.17 แสดงความต้องการต่ออุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม C

ในด้านความต้องการต่ออุณหภูมิไม่สอดคล้องกับการโหวตในด้านความรู้สึกต่ออุณหภูมิและการรับรู้ความสบายต่ออุณหภูมิ จากภาพที่ 4.17 จะเห็นว่าในช่วงนาทีที่ 1 – 50 มีจำนวนการโหวต prefer cool สูง ทั้งที่ความรู้สึกต่ออุณหภูมิ และการรับรู้ความสบายต่ออุณหภูมิมีการโหวตอยู่

Ref. code: 25595816030299ODZ

ในช่วง comfort band, too cold และ comfort แต่ในช่วงนาทีที่ 60 เป็นต้นไป มีการโหวตที่สอดคล้องกับการรับรู้ในด้านความรู้สึกต่ออุณหภูมิ และความรู้สึกสบายต่ออุณหภูมิ



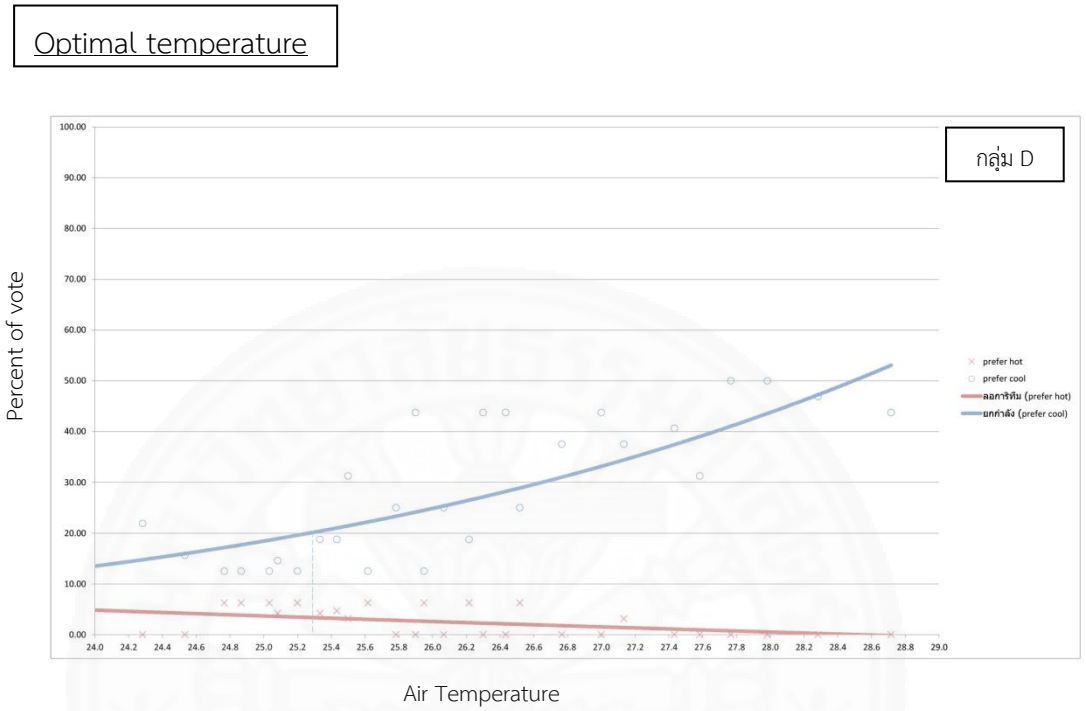
ภาพที่ 4.18 แสดงการยอมรับต่ออุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม C และ D

ถึงแม้ว่าอุณหภูมิอากาศในห้องปรับอากาศจะมีการเปลี่ยนแปลง และกลุ่มตัวอย่างรู้สึกไม่สบายกับอุณหภูมิในบางช่วง รวมถึงต้องการให้อุณหภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลง แต่กลุ่มตัวอย่างก็สามารถยอมรับอุณหภูมิดังกล่าวได้ โดยมีจำนวนการโหวตการยอมรับต่ออุณหภูมิสูงกว่าร้อยละ 90 ในทุกช่วงเวลา ดังภาพที่ 4.18

จากภาพที่ 4.15 – 4.18 พบว่าในช่วงแรกของการอยู่ในห้องปรับอากาศนั้น การรับรู้อุณหภูมิจะมีความทนทานต่อความร้อนได้ดีกว่าในช่วงท้าย เนื่องจากเจอสภาพอากาศที่ร้อนกว่าในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย และมีความต้องการอากาศเย็นในช่วงที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายยังคงอยู่ แต่ในช่วงนาทีที่ 60 เป็นต้นไปร่างกายเริ่มปรับตัวให้มีการรับรู้อุณหภูมิที่เป็นอยู่ได้ดีขึ้น และได้อยู่ในสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิต่ำลง จึงส่งผลให้ความทนทานต่อความร้อนลดลง เมื่อเจออุณหภูมิที่สูงขึ้นอีกครั้ง

Ref. code: 25595816030299ODZ

ในกลุ่ม D จากการโหวตความต้องการต่ออุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่างที่โหวต prefer cool และ prefer hot จะได้กราฟดังที่แสดงในภาพที่ 4.19

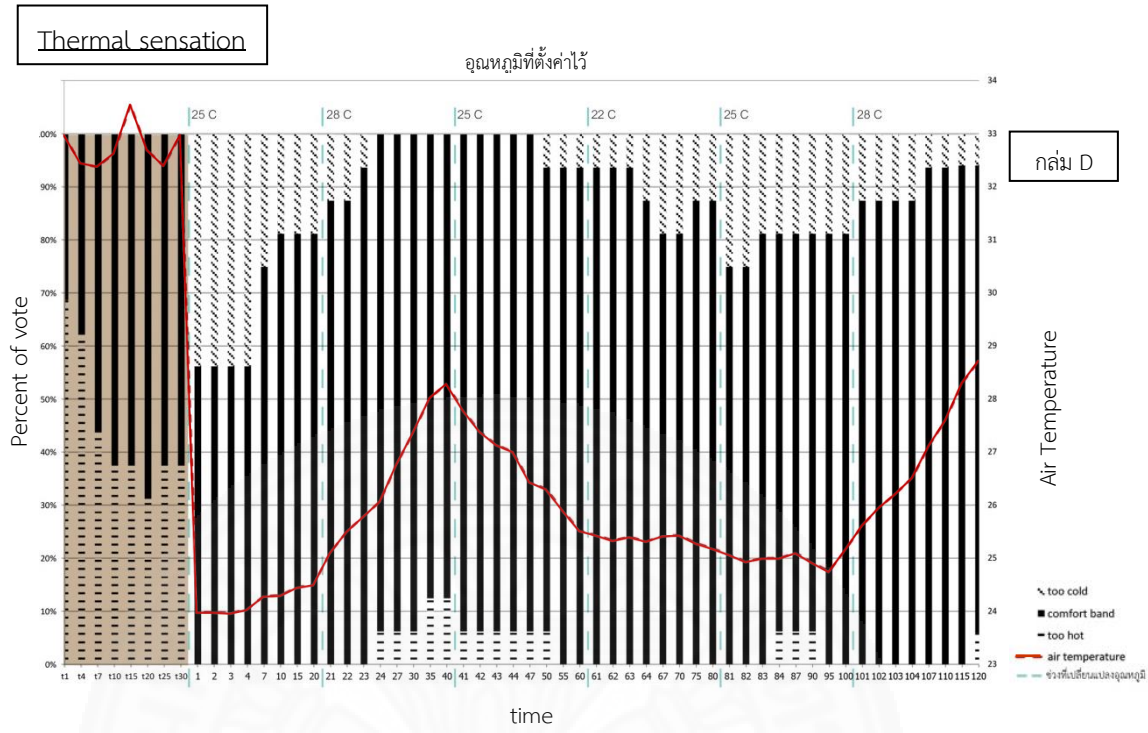


ภาพที่ 4.19 แสดงจำนวนของกลุ่มตัวอย่างในกลุ่ม D ที่มีความต้องการอุณหภูมิหนาวและร้อน ในแต่ละช่วงอุณหภูมิ

จากภาพที่ 4.19 ไม่พบจุดตัดของกราฟที่แสดงความต้องการอุณหภูมิ เนื่องจากการโหวตความรู้สึกต่ออุณหภูมิส่วนใหญ่มีการโหวตที่แสดงถึงความพึงพอใจในอุณหภูมิที่เป็นอยู่ และเนื่องจากกลุ่ม D มีการอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายนานกว่ากลุ่ม C ซึ่งส่งผลให้กลุ่มตัวอย่างในกลุ่ม D สัมผัสอากาศร้อนนานกว่า จึงมีความต้องการอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 24 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียสในกลุ่ม D มีจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการให้อุณหภูมิสูงขึ้นไม่ถึงร้อยละ 10 และยังมีจำนวนที่ต้องการให้อุณหภูมิต่ำลงมากกว่าร้อยละ 10 ที่ ซึ่งมีจำนวนสูงกว่ากลุ่ม C ที่อุณหภูมิ 24.4 องศาเซลเซียส โดยจากกราฟของกลุ่ม D แสดงถึงอุณหภูมิที่อยู่ในช่วงสบาย คือ ต่ำกว่า 24 - 25.3 องศาเซลเซียส

แต่จากการรับรู้อุณหภูมิด้านอื่น ๆ กลุ่มตัวอย่างในกลุ่ม D มีการยอมรับต่ออุณหภูมิได้มากกว่ากลุ่ม C ดังที่ปรากฏในภาพที่ 4.20 - 4.23

Ref. code: 25595816030299ODZ

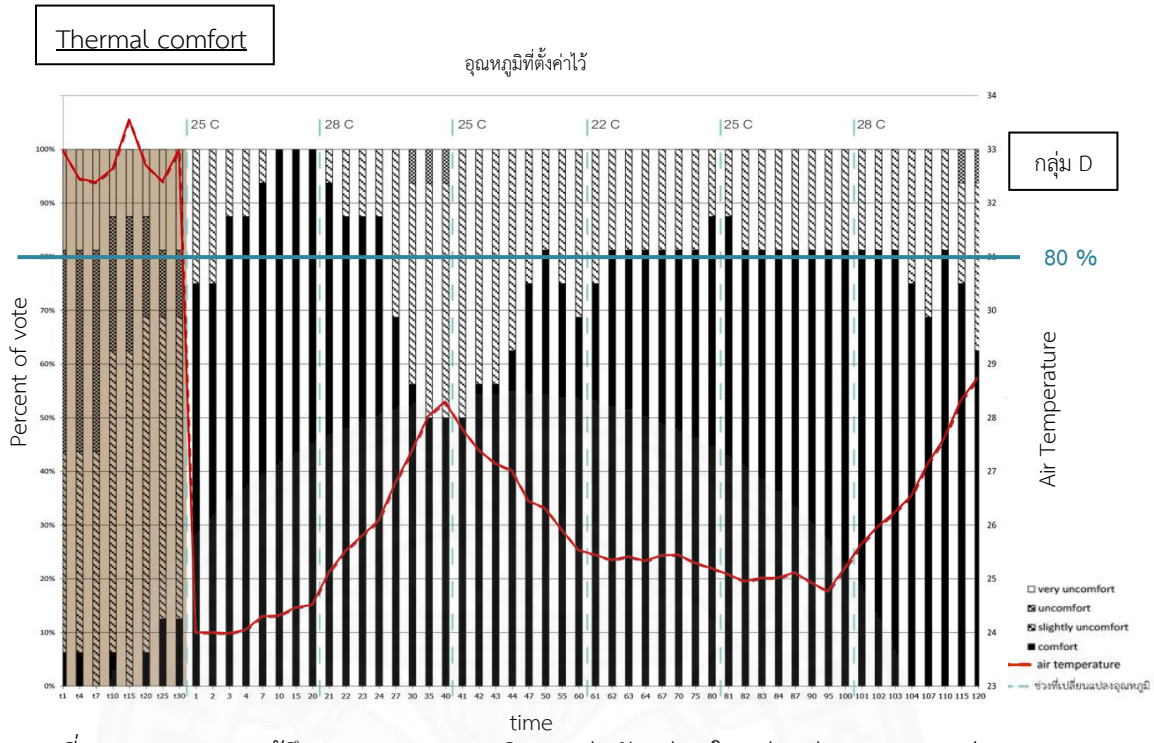


ภาพที่ 4.20 แสดงความรู้สึกต่ออุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม D

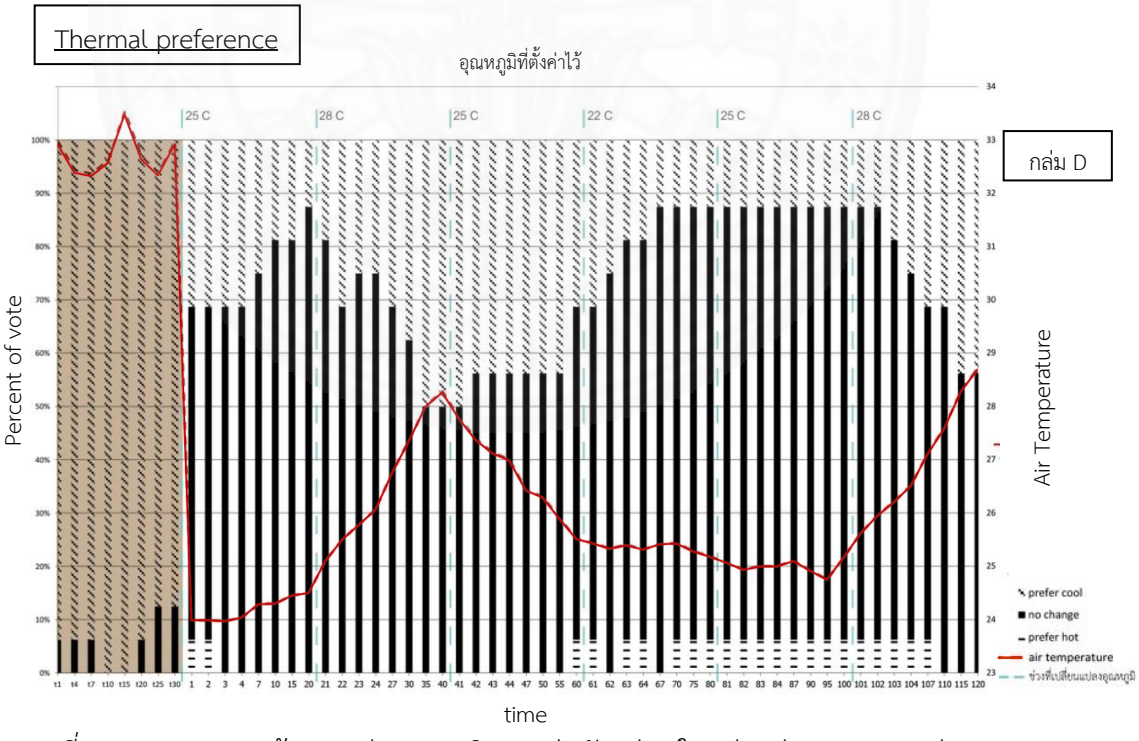
จากภาพที่ 4.20 ที่แสดงความรู้สึกต่ออุณหภูมิของกลุ่ม D ในช่วงแรกที่เข้าสู่ห้องปรับอากาศจะมีการโหวต too cold ที่สูง เนื่องจากมีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายในห้องสูง จึงเกิดปรากฏการณ์ overshot หลังจากนั้นช่วง comfort band มีจำนวนสูงขึ้นและเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง โดยช่วงอุณหภูมิที่อยู่ในช่วง comfort band มากที่สุดอยู่ในช่วงที่อุณหภูมิเข้าใกล้ 28 องศาเซลเซียส (นาทีที่ 24 - 47) และในช่วงนาทีที่ 55 – 100 ที่อุณหภูมิต่ำลงมีจำนวนการโหวต too cold สูงขึ้น แต่น้อยกว่ากลุ่ม C และในนาทีที่ 101 – 120 มีอุณหภูมิสูงขึ้น แต่ไม่มีการโหวต too hot เลย ในขณะที่กลุ่ม C มีการโหวต too hot กล่าวได้ว่ากลุ่ม D มีความทนทานต่ออากาศเย็นและร้อนได้ดีกว่ากลุ่ม C

ในการรับรู้ด้านความรู้สึกสบายต่ออุณหภูมิ จากภาพที่ 4.21 พบว่า ในช่วงนาทีที่ 3 – 20 มีจำนวนการโหวต comfort มากกว่าร้อยละ 80 แต่ความรู้สึกต่ออุณหภูมิ มีการโหวต too cold สูงกว่าร้อยละ 20 ซึ่งเกิดจากการที่กลุ่มตัวอย่างอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายที่มีอุณหภูมิสูง จึงรู้สึกไม่สบายและเมื่อเข้าห้องปรับอากาศเจออากาศเย็นจึงรู้สึกหนาว ในขณะเดียวกันก็รู้สึกสบายด้วย เมื่อเวลาผ่านไปการโหวต comfort มีจำนวนลดลงเรื่อย ๆ ตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น (นาทีที่ 27 - 41) จนมีการปรับให้อุณหภูมิต่ำลงอีกครั้งในนาทีที่ 42 จึงมีจำนวนผู้ที่โหวต comfort สูงถึงร้อยละ 80 อีกครั้ง และเมื่อมีการปรับอุณหภูมิให้สูงขึ้นอีกครั้งในนาทีที่ 100 จำนวนผู้ที่โหวต comfort ลดลงเพียงเล็กน้อยในช่วงนาทีที่ 104 – 120 แสดงว่ากลุ่ม D มีความทนทานต่ออุณหภูมิสูงได้ดี

Ref. code: 25595816030299ODZ



ภาพที่ 4.21 แสดงความรู้สึกสบายจากอุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม D

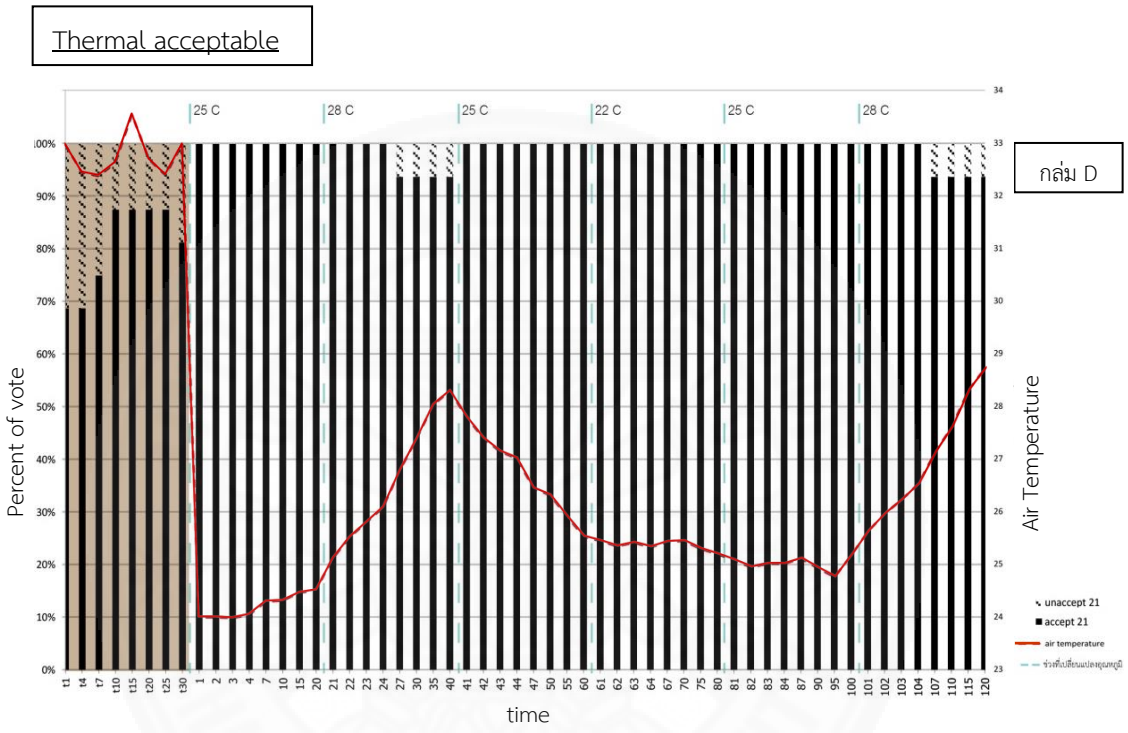


ภาพที่ 4.22 แสดงความต้องการต่ออุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม D

และในการโหวตความรู้สึกด้านความต้องการอุณหภูมิซึ่งนำมาใช้หาอุณหภูมิที่เหมาะสม นั้น มีจำนวนการโหวต no change สูง ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ไม่พบจุดตัด จากภาพที่ 4.22 จะเห็นว่ามี

Ref. code: 25595816030299ODZ

จำนวนการโหวต no change มากกกว่าร้อยละ 80 ในนาทีที่ 10 – 21 และ 67 – 102 ดังนั้น ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมของกลุ่ม D จะสามารถหาได้จากช่วงอุณหภูมิที่กลุ่มตัวอย่างพึงพอใจ โดยหาจากการโหวตความรู้สึกสบายต่ออุณหภูมิ ในภาพที่ 4.20 พบว่า ในนาทีที่มีการโหวต comfort เกินร้อยละ 80 อยู่ในช่วงนาทีที่ 3 – 24 และ 62 – 103 และในช่วงเวลาดังกล่าวมีอุณหภูมิห้องอยู่ในช่วง 24 – 27.4 องศาเซลเซียส ซึ่งถือเป็นช่วงอุณหภูมิที่เป็น comfort range ของกลุ่ม D



ภาพที่ 4.23 แสดงการยอมรับต่ออุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่ม D

ในส่วนของการยอมรับต่ออุณหภูมิมีผลเช่นเดียวกับกลุ่ม C คือในสภาพอุณหภูมิห้องปรับอากาศที่กลุ่มตัวอย่างรู้สึกไม่สบาย และต้องการให้อุณหภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลง แต่ก็ยังโหวต accept สูงกว่าร้อยละ 90 ในทุกช่วงเวลา ดังภาพที่ 4.23

เมื่อนำผลจากกลุ่ม C และ D มาเปรียบเทียบกัน โดยเปรียบเทียบในช่วงหลังนาทีที่ 60 เนื่องจากเป็นช่วงที่อุณหภูมิอากาศภายในห้องของทั้ง 2 กลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน จะพบว่ากลุ่ม D มีความทนทานต่ออุณหภูมิได้ดีกว่า จากการโหวตความรู้สึกต่ออุณหภูมิกลุ่ม D มีการโหวต too cold จำนวนน้อยกว่ากลุ่ม C ในช่วงที่อุณหภูมิเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส และในช่วงอุณหภูมิเปลี่ยนจาก 25 องศาเซลเซียส ไปเป็น 28 องศาเซลเซียส (นาทีที่ 101 – 120) แทบจะไม่มีการโหวต too hot เลย ในขณะที่กลุ่ม C มีการโหวต too hot สูงขึ้นเรื่อย ๆ เช่นเดียวกับการรับรู้ในด้านความรู้สึกสบายต่ออุณหภูมิ ที่ในช่วงนาทีที่ 80 เป็นต้นไป กลุ่ม C เริ่มมีการโหวต comfort ลดลงเรื่อย ๆ ในขณะที่กลุ่ม D มีจำนวนการโหวต comfort มากกว่าร้อยละ 80 จนถึงนาทีที่ 103 และผลจากการรับรู้ด้าน

Ref. code: 25595816030299ODZ

ความต้องการอุณหภูมิมีผลในทำนองเดียวกัน โดยหลังนาทีที่ 60 ช่วงที่อุณหภูมิเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส กลุ่ม C มีจำนวนการโหวต prefer hot เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนมากกว่าร้อยละ 20 แต่กลุ่ม D มีการโหวตต่ำกว่าร้อยละ 10 และในขณะที่อุณหภูมิกำลังขึ้นสูง กลุ่ม C มีจำนวนการโหวต prefer cool มากกว่ากลุ่ม D เช่นกัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่ากลุ่ม D มีความทนทานต่ออุณหภูมิได้ดี โดยเฉพาะอุณหภูมิสูง

จากผลของกลุ่ม A B C และ D มีผลที่ได้ต่างกันแม้ว่าจะอยู่ในเงื่อนไขสภาพแวดล้อมที่กำหนดไว้ใกล้เคียงกัน เนื่องจากตัวแปรควบคุมมีค่าไม่ตรงกับที่กำหนดไว้ ด้วยข้อจำกัดในด้านต่าง ๆ เช่น สภาพอากาศในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย ที่เป็นสภาพอากาศตามธรรมชาติ ทั้งอุณหภูมิอากาศ ความเร็วลม ซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ และยังส่งผลกระทบต่อสภาพอากาศภายในห้องปรับอากาศด้วย ทำให้ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิในห้องปรับอากาศให้ตรงตามเทอร์โมสตัทได้

แต่อย่างไรก็ตามจากผลที่ได้พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมของกลุ่ม C มีค่าอยู่ที่ 25.2 องศาเซลเซียส และมีช่วงสบายที่ช่วงอุณหภูมิเท่ากับ 24.5 - 26.0 องศาเซลเซียส ส่วนของกลุ่ม D ไม่พบค่าอุณหภูมิที่แน่ชัด แต่มีช่วงสบายจากการโหวตค่าความรู้สึกสบายต่ออุณหภูมิ อยู่ในช่วงอุณหภูมิเท่ากับ 24 – 27.4 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่ากลุ่มที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายนานกว่า มีช่วงของอุณหภูมิที่เหมาะสมที่กว้างกว่า ซึ่งมีค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่างจากงานวิจัยอื่น ๆ เล็กน้อย ทั้งของ Kitchai Jitkhajornwanich and Adrian C. Pitts, 2001 ที่มีช่วงอุณหภูมิเท่ากับ 26.1 - 27.6 องศาเซลเซียส และ Ruey-Lung Hwang et al., 2007 มีช่วงอุณหภูมิเท่ากับ 26.3 - 27.1 องศาเซลเซียส แต่มีค่าใกล้เคียงกับค่าอุณหภูมิมาตรฐานจาก ASHREA standard 55 - 2010 คือช่วงอุณหภูมิ 23 - 26 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิที่ตั้งค่าในการทดลองของกลุ่ม A และ B มีค่าเท่ากับ 24.26 และ 25.09 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิของกลุ่ม A มีค่าต่ำกว่าสภาวะน่าสบายเล็กน้อย ส่วนกลุ่ม B มีค่าอุณหภูมิอยู่ในช่วงสบาย แต่มีการโหวตการรับรู้อุณหภูมิที่รู้สึกหนาว ซึ่งจากการทดลองของ Hong Liu et al., 2013 มีการระบุว่ามีการโหวตค่าความรู้สึกติดลบ แม้ว่าค่าอุณหภูมิจะใกล้เคียงกับช่วง neutral ก็ตาม

Ref. code: 25595816030299ODZ

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในปัจจุบันมีการตั้งค่าอุณหภูมิในห้องปรับอากาศให้ต่ำกว่ามาตรฐานเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน ที่มีความเคยชินและความคาดหวังอากาศที่เย็นในห้องปรับอากาศ จึงทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกหนาวเมื่ออยู่ในห้องปรับอากาศเป็นระยะเวลานาน หรือเกิดปรากฏการณ์ overcooling จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการรับรู้อุณหภูมิของคนในห้องปรับอากาศนั้น จะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพอากาศที่เจอมาก่อนหน้า หรือประสบการณ์ทางความร้อน ซึ่งพื้นที่เปลี่ยนถ่ายจะส่งผลต่อการรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศ งานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย ที่ส่งผลต่อการรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศ โดยมีจุดประสงค์ดังนี้

1. เพื่อศึกษาระยะเวลาที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย ที่ส่งผลต่อระยะเวลาที่การรับรู้อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงที่ และการรับรู้อุณหภูมิอากาศ
2. เพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการใช้ห้องปรับอากาศหลังการรับรู้อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงที่

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผ่านการทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่มีสุขภาพที่ดี มีดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์ปกติจำนวน 16 คน ในอาคารคณะสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่มีพื้นที่เปลี่ยนถ่ายแบบไม่ปรับอากาศ และให้กลุ่มตัวอย่างเดินจากภายนอกอาคารเข้าสู่พื้นที่เปลี่ยนถ่ายโดยอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายในระยะเวลาที่กำหนด คือ 10 และ 30 นาที จากนั้นจึงเข้าสู่ห้องปรับอากาศและอยู่ในห้องปรับอากาศ 120 นาที ซึ่งมีการตั้งค่าอุณหภูมิ 2 แบบ คือ ตั้งค่าอุณหภูมิในห้องปรับอากาศแบบคงที่ที่ 25 องศาเซลเซียส และตั้งค่าอุณหภูมิในห้องปรับอากาศแบบมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทุก ๆ 20 นาที (22 – 25 – 28 องศาเซลเซียส) ดังนั้นจึงมีการทดลองทั้งหมด 4 กลุ่ม (4 วัน) แบ่งได้ดังนี้

กลุ่ม A อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย 10 นาที ในห้องปรับอากาศมีอุณหภูมิคงที่
กลุ่ม B อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย 30 นาที ในห้องปรับอากาศมีอุณหภูมิคงที่
กลุ่ม C อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย 10 นาที ในห้องปรับอากาศมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ
กลุ่ม D อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย 30 นาที ในห้องปรับอากาศมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

ซึ่งกลุ่มตัวอย่างจะต้องทำแบบสอบถามตามระยะเวลาที่กำหนดตลอดการทดลอง และจากการบันทึกสภาพอากาศในวันที่ทำการทดลองพบว่า กลุ่ม A มีอุณหภูมิในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายอยู่ที่ 27 – 28 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าต่ำกว่าการทดลองกลุ่มอื่น ๆ เนื่องจากมีฝนตกก่อนทำการทดลอง เช่นเดียวกับในห้องปรับอากาศที่มีอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่ากลุ่ม B ประมาณ 1 องศา

Ref. code: 25595816030299ODZ

เซลเซียส ในกลุ่มอื่น ๆ มีอุณหภูมิในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายประมาณ 31 - 34 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิในห้องปรับอากาศของกลุ่ม C และ D มีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาที่มีการเปลี่ยนอุณหภูมิ แต่มีค่าต่างจากค่าที่ไว้เล็กน้อย และทั้งสองกลุ่มมีอุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศที่ใกล้เคียงกันในนาทีที่ 60 จากการทดลองได้ผลสรุปดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ระยะเวลาที่การรับรู้อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงที่ และการรับรู้อุณหภูมิอากาศ

ผลทางการทดลองในกลุ่ม A และ B พบว่า การอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายในระยะเวลาที่ต่างกัน ส่งผลให้การตอบสนองและการรับรู้ต่ออุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่างในทั้ง 2 กลุ่มเข้าสู่สภาวะคงที่ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน โดยกลุ่มที่มีระยะเวลาในการอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายมากกว่า มีการรับรู้อุณหภูมิที่เข้าสู่สภาวะคงที่เร็วกว่าทั้งทางกายภาพ และทางความรู้สึก โดยกลุ่ม B ที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย 30 นาที มีการตอบสนองทางกายภาพ และทางความรู้สึกเข้าสู่สภาวะคงที่ในนาทีที่ 7 แต่ในส่วนของการรับรู้ทางความรู้สึกอยู่ในสภาวะคงที่ 28 นาที (นาทีที่ 7 - 35) หลังจากนาทีที่ 35 กลุ่มตัวอย่างมีความรู้สึกต่ออุณหภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงไปเป็นความรู้สึกหนาว และในกลุ่ม A ที่ใช้เวลาในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย 10 นาที ใช้เวลาการตอบสนองทางกายภาพ 50 นาที จึงเข้าสู่สภาวะคงที่ แต่ในด้านรับรู้ใช้เวลาเข้าสู่สภาวะคงที่เพียง 15 นาที และอยู่ในสภาวะคงที่ 25 นาที (นาทีที่ 15 - 40) หลังจากนาทีที่ 40 กลุ่มตัวอย่างมีความรู้สึกต่ออุณหภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงไปเป็นความรู้สึกหนาวเช่นเดียวกัน

ในการรับรู้อุณหภูมิทั้ง 4 ด้าน พบว่า ในช่วงหลังจากสภาวะน่าสบายของทั้ง 2 กลุ่ม มีการโหวตค่าความรู้สึกต่ออุณหภูมิในแต่ละด้านแตกต่างกัน โดยกลุ่ม B ที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายนานกว่า มีผลการโหวตค่าความรู้สึกที่ดีกว่าในทุกด้าน คือมีจำนวนการโหวตที่แสดงถึงความพึงพอใจต่ออุณหภูมิสูงกว่ากลุ่ม A ในขณะที่กลุ่ม A มีการโหวตรู้สึกหนาว ไม่สบาย และต้องการให้อากาศร้อนขึ้นจำนวนมากกว่า ซึ่งอาจเกิดจากอุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศของกลุ่ม B มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าประมาณ 1 องศาเซลเซียส จึงทำให้รู้สึกสบายมากกว่า แต่อย่างไรก็ตามทั้ง 2 กลุ่ม มีความรู้สึกเปลี่ยนแปลงไปหลังจากช่วงสภาวะคงที่ โดยมีจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่มีความรู้สึกหนาวสูงขึ้น

5.1.2 อุณหภูมิที่เหมาะสมในห้องปรับอากาศหลังการรับรู้อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงที่

ผลจากการทดลองกลุ่ม C และ D พบว่า กลุ่มที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย 10 และ 30 นาที มีอุณหภูมิที่เหมาะสมในห้องปรับอากาศใกล้เคียงกัน อุณหภูมิที่เหมาะสมของกลุ่มที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย 10 นาที มีค่าอยู่ที่ 25.2 องศาเซลเซียส และมีช่วงสบายที่ช่วงอุณหภูมิเท่ากับ 24.5 - 26.0 องศา

Ref. code: 25595816030299ODZ

เซลเซียส ส่วนกลุ่มที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย 30 นาที ไม่พบค่าอุณหภูมิที่แน่ชัด เนื่องจากไม่พบจุดตัด แต่มีช่วงสบายที่หาได้จากการโหวตค่าความรู้สึกสบาย (thermal comfort) อยู่ในช่วงอุณหภูมิเท่ากับ 24 – 27.4 องศาเซลเซียส ซึ่งสรุปได้ว่ากลุ่ม D ที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายนานกว่า มีความทนทานต่ออุณหภูมิได้มากกว่า โดยเฉพาะอุณหภูมิสูง และมีช่วงอุณหภูมิที่เป็นช่วงสภาวะน่าสบายกว้างกว่า

5.2 นำเสนอการประยุกต์ใช้

ผลจากการทดลองพบว่าการรับรู้อุณหภูมิของคนในห้องปรับอากาศจะมีการเปลี่ยนแปลงจากสภาวะคงที่ในนาทีที่ 35 – 40 โดยมีความรู้สึกหนาวขึ้น ซึ่งควรปรับอุณหภูมิในช่วงเวลาดังกล่าวให้สูงขึ้น โดยช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายในระยะเวลา 10 นาที จะอยู่ในช่วงอุณหภูมิเท่ากับ 24.5 - 26.0 องศาเซลเซียส หากอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายนานถึง 30 นาที จะมีช่วงอุณหภูมิที่จะรู้สึกสบายที่กว้างกว่า คือ 24 – 27.4 องศาเซลเซียส ดังนั้นคนที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย แล้วเข้ามาอยู่ในห้องปรับอากาศจะมีความรู้สึกหนาวในช่วงนาทีที่ 35 – 40 จึงควรปรับอุณหภูมิให้สูงขึ้น โดยไม่ควรตั้งอุณหภูมิให้สูงกว่า 26 องศาเซลเซียส สำหรับการอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายในระยะเวลาสั้น (ประมาณ 10 นาที) และ 27.4 องศาเซลเซียส สำหรับการอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายนาน (ประมาณ 30 นาที)

เนื่องจากผลการทดลองพบว่า การอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายในระยะเวลาที่นานกว่า จะทำให้การรับรู้อุณหภูมิของคนในห้องปรับอากาศเข้าสู่สภาวะคงที่เร็วกว่า และมีช่วงอุณหภูมิที่รู้สึกสบายกว้างกว่า ซึ่งการตั้งค่าอุณหภูมิในห้องประอากาศให้สูงขึ้นจะช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงานในอาคารมากกว่า ดังนั้นการออกแบบอาคารให้มีการดึงดูดให้คนมีการใช้งานในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายเป็นระยะเวลานาน อาจจะช่วยลดการใช้พลังงานในอาคารได้ และหากออกแบบพื้นที่เปลี่ยนถ่ายให้มีคุณภาพอากาศที่อยู่ในสภาวะน่าสบาย อาจจะส่งผลให้การรับรู้และความต้องการอุณหภูมิของคนในห้องปรับอากาศเปลี่ยนไป และลดการใช้พลังงานให้ต่ำลงได้อีกด้วย

5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

จากงานวิจัยครั้งนี้ พบว่ายังมีประเด็นอื่น ๆ ที่น่าสนใจที่ยังไม่ได้ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านระยะเวลา และอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา โดยสามารถสรุปประเด็นสำหรับแนวทางการศึกษาในอนาคตได้ดังนี้

Ref. code: 25595816030299ODZ

1) การควบคุมตัวแปรในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย เนื่องจากการทดลองในงานวิจัยนี้ไม่ได้ทำการควบคุมตัวแปรด้านสภาพอากาศในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย จึงทำให้มีผลที่แตกต่างกันไปในแต่ละวัน จึงไม่สามรถระบุผลการทดลองที่แน่ชัดได้

2) การใช้เครื่องมือ เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านเครื่องมือที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิผิวหนังและสภาพอากาศ จึงต้องประยุกต์ใช้เครื่องมือที่มีอยู่มาใช้ในการทดลอง

3) จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา เนื่องจากการมีจำนวนที่กลุ่มตัวอย่างที่จำกัด ซึ่งอาจจะไม่เพียงพอต่อการหาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับคนทั้งหมด ดังนั้นหากเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างอาจจะมีค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมเปลี่ยนไป

4) รูปแบบของพื้นที่เปลี่ยนถ่าย เนื่องจากพื้นที่เปลี่ยนถ่ายส่งผลต่อการรับรู้อุณหภูมิ หากพื้นที่เปลี่ยนถ่ายมีการออกแบบคุณภาพอากาศให้อยู่ในสภาวะน่าสบาย อาจจะส่งผลต่อการรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศที่เปลี่ยนไป

Ref. code: 25595816030299ODZ

รายการอ้างอิง

บทความวารสาร

Adrian Pitts, Jasmi Bin Saleh (2007). Potential for energy saving in building transition spaces. *Energy and Buildings, 39*, 815–822

Adrian Pitts, Jasmi bin Saleh, Steve Sharples (2008). Building Transition Spaces, Comfort and Energy Use. Conference on Passive and Low Energy Architecture

Adrian Pitts (2013). Thermal Comfort in Transition Spaces. *Buildings 2013*, 122-142

Ailu Chen, Victor W.-C. Chang (2012). Human health and thermal comfort of office workers in Singapore. *Building and Environment, 58*, 172-178

Charlie Huizenga, Zhang Hui, Edward Arens (2001). A model of human physiology and comfort for assessing complex thermal environments. *Building and Environment, 36,* 691-699

Chungyoon Chuna, Akihiro Tamura (2004). Thermal comfort in urban transitional spaces. *Building and Environment, 40,* 633-639

Chen-Peng Chen, Ruey-Lung Hwang, Shih-Yin Chang, Yu-Ting Lu (2011). Effects of temperature steps on human skin physiology and thermal sensation response. *Building and Environment*, 46, 2387-2397

Chungyoon Chuna, Alison Kwokb, Akihiro Tamura (2004). Thermal comfort in transitional spaces—basic concepts: literature review and trial measurement. *Building and Environment, 39*, 1187 – 1192

H. Zhang, C. Huizenga, E. Arens, D. Wang (2004). Thermal sensation and comfort in transient non-uniform thermal environments. *Eur J Appl Physiol, 92,* 728-733

Hitomi Tsutsumia, Shin-ichi Tanabea, Junkichi Harigayaa, Yasuo Iguchib, Gen Nakamura (2007). Effect of humidity on human comfort and productivity after step changes from warm and humid environment. *Building and Environment, 42,* 4034-4042

Ref. code: 25595816030299ODZ

Hong Liu, Jianke Liao, Dong Yang, Xiuyuan Du, Pengchao Hua, Yu Yang , Baizhan Li (2015). The response of human thermal perception and skin temperature to step-change transient thermal environments. *Building and Environment, 73,* 232-238

J.L.M. Hensen (1990). Literature review in thermal comfort in transient conditions. *Building and Environment, 25,* 309-316

Jing Xiong, Zhiwei Lian, Xin Zhou, Jianxiong You, Yanbing Lin (2015). Investigation of gender difference in human response to temperature step changes. *Physiology & Behavior, 151,* 426–440

Jing Xiong, Zhiwei Lian, Xin Zhou, Jianxiong You, Yanbing Lin (2015). Potential indicators for the effect of temperature steps on human health and thermal comfort. *Energy and Buildings, 113,* 87-98

Jing Xiong, Zhiwei Lian, Huibo Zhang (2016). Physiological response to typical temperature step-changes in winter of China. *Energy and Buildings, 138,* 687-694

Jørn Toftum (2008). Central automatic control or distributed occupant control for better indoor environment quality in the future. *Building and Environment, 45,* 23-28

Kitchai Jitkhajornwanicha, Adrian C. Pitts (2001). Interpretation of thermal responses of four subject groups in transitional spaces of buildings in Bangkok. *Building and Environment, 37,* 1193-1204

Nur Dalilah Dahlan, Yakubu Yau Gital (2015). Thermal sensations and comfort investigations in transient conditions in tropical office. *Applied Ergonomics, 54,* 169-176

Qi Jie Kwong, Nor Mariah Adam and Sai Hong Tang (2009). Effect of Environmental Comfort Factors in Enclosed Transitional Space toward Work Productivity. *American Journal of Environmental Sciences, 5,* 315-324

Qi Jie Kwong, Nor Mariah Adam (2011). Perception of Thermal Comfort in the Enclosed Transitional Space of Tropical Buildings. *Indoor Built Environ, 2011,* 524–533

Ref. code: 25595816030299ODZ

Ricardo Forgiarini Ruppa, Natalia Giraldo Vásquezb, Roberto Lamberts (2015). A review of human thermal comfort in the built environment. *Energy and Buildings, 105,* 178-205

Ruey-Lung Hwanga, Kuan-Hsung Yangb, Chen-Peng Chena, Sheng-Tzu Wanga (2007). Subjective responses and comfort reception in transitional spaces for guests versus staff. *Energy and Buildings, 43*, 2013-2021

Wenjie Ji, Bin Cao, Maohui Luo, Yingxin Zhu (2016). Subjective responses and comfort reception in transitional spaces for guests versus staff. *Energy and Buildings, 43,* 2013-2021

Xiuyuan Du, Baizhan Li, Hong Liu, Dong Yang, Wei Yu, Jianke Liao, Zhichao Huang, Kechao Xia (2014). The response of human thermal sensation and its prediction to temperature step-change (cool-neutral-cool). *Energy and Buildings, 76,* 30-36

Yu-Chi Wu, Ardeshir Mahdavi (2014). Assessment of thermal comfort under transitional conditions. *Energy and Buildings, 76,* 30-36

Yufeng Zhang, Jun Zhang, Huimei Chen, Xiaohan Du, Qinglin Meng (2014). Effects of step changes of temperature and humidity on human responses of people in hot-humid area of China. *PLOS ONE*

วิทยานิพนธ์

Nagano Kazuo, Takaki Akira, Hirakawa Megumi, Tochihara Yutaka (2005*). Effects of ambient temperature steps on thermal comfort requirements*. Shimane University, Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering

Sam C. M. Hui, Jliang Jie (2014). *Assessment of thermal comfort in transitional spaces*. The University of Hong Kong, Department of Mechanical Engineering

Ref. code: 25595816030299ODZ

สื่ออิเล็กทรอนิกส์

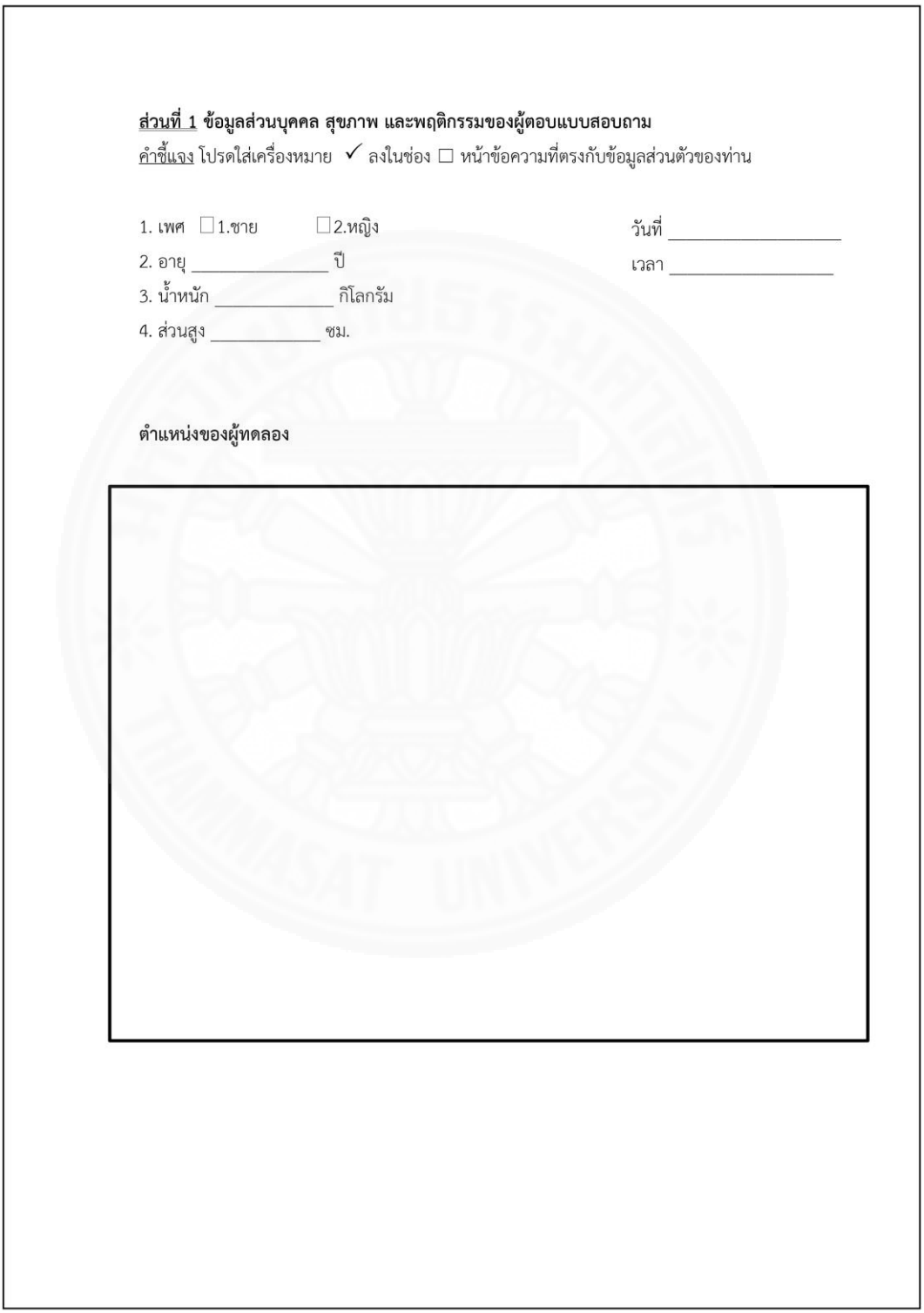
Junta Nakano, Kiyoshi Sakamoto, Tadashi Iino, Shin-ichi Tanabe (2006, January). Thermal comfort conditions in train stations for transit and short-term occupancy. สืบค้นจาก https://www.researchgate.net/publication/237612457

Ref. code: 25595816030299ODZ

ภาคผนวก

Ref. code: 25595816030299ODZ

ภาคผนวก ก
แบบสอบถามที่ใช้ในการทดลอง



ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล สุขภาพ และพฤติกรรมของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง โปรดใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ หน้าข้อความที่ตรงกับข้อมูลส่วนตัวของท่าน

1. เพศ ☐1.ชาย ☐2.หญิง วันที่ _____
2. อายุ _____ ปี เวลา _____
3. น้ำหนัก _____ กิโลกรัม
4. ส่วนสูง _____ ซม.

ตำแหน่งของผู้ทดลอง

ภาพที่ ก.1 แสดงแบบสอบถามในส่วนของข้อมูลส่วนบุคคล

Ref. code: 25595816030299ODZ

กลุ่ม 1 (อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย 10 นาที | ตั้งค่าอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส)

ส่วนที่ 2 ภาวะความสบายเชิงความร้อนของผู้ตอบแบบสอบถาม ณ พื้นที่เปลี่ยนถ่าย เวลา _____น.

คำชี้แจง โปรดใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ หน้าข้อความที่ตรงกับข้อมูลส่วนตัวของท่าน

พื้นที่เปลี่ยนถ่าย 10 นาที (กลุ่ม 1)

ท่านรู้สึกอย่างไรตอนนี้ (thermal sensation)

	นาทีที่	1	4	7	10
+3	ร้อนมาก				
+2	ร้อน				
+1	ร้อนเล็กน้อย				
0	ปกติ				
-1	เย็นเล็กน้อย				
-2	เย็น				
-3	หนาว				

ความสบายจากสภาพแวดล้อมโดยรอบเป็นอย่างไร (thermal comfort)

	นาทีที่	1	4	7	10
0	สบาย				
1	ไม่สบายเล็กน้อย				
2	ไม่สบาย				
3	ไม่สบายมาก				
4	ไม่สบายเลย				

ท่านต้องการให้ตอนนี้ (thermal preference)

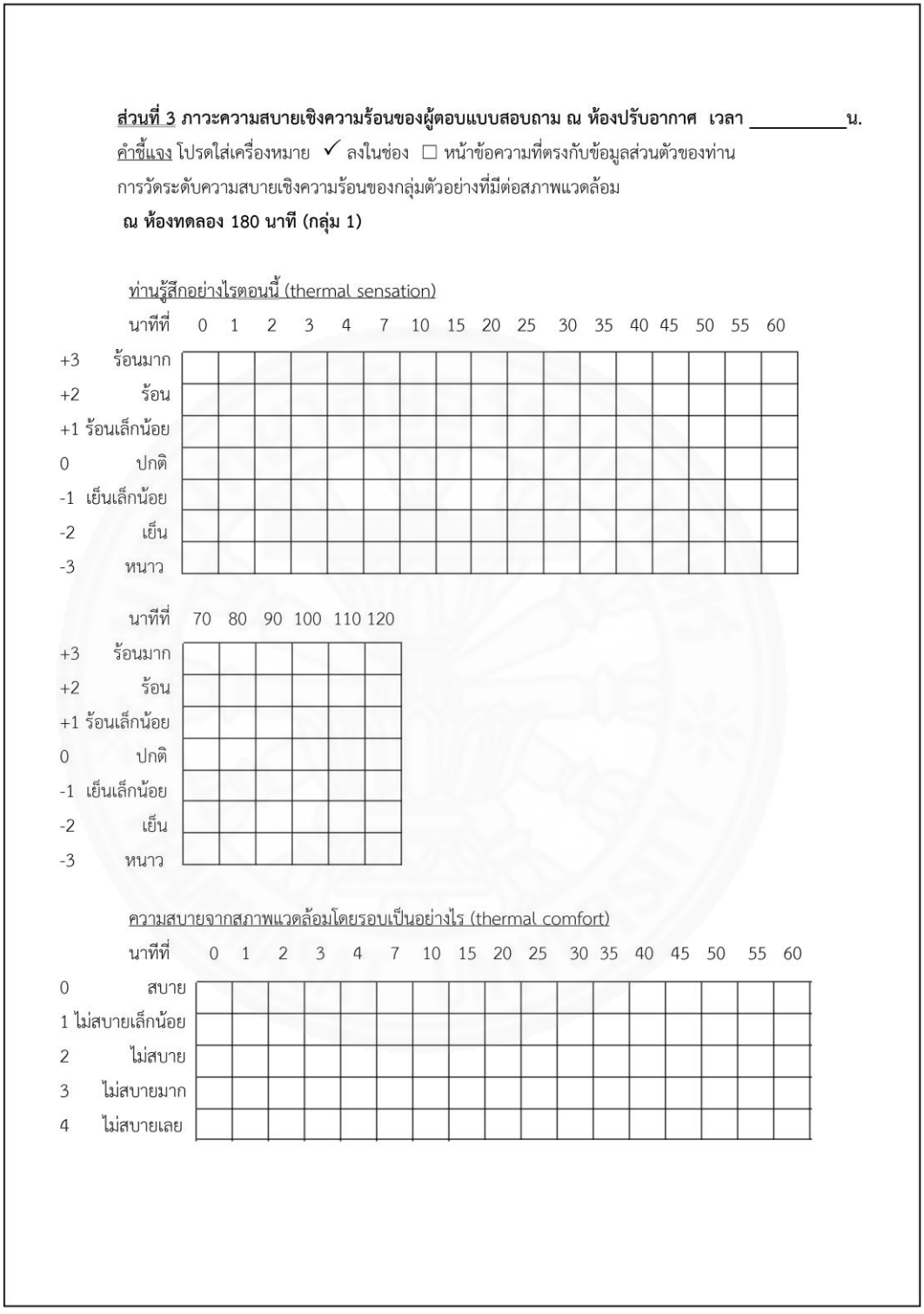
	นาทีที่	1	4	7	10
+1	ร้อนขึ้นกว่านี้				
0	ไม่เปลี่ยนแปลง				
-1	เย็นลงกว่านี้				

ท่านสามารถยอมรับสภาพแวดล้อมเช่นนี้ได้หรือไม่ (thermal acceptability)

	นาทีที่	1	4	7	10
0	รับได้				
1	รับไม่ได้				

ภาพที่ ก.2 แสดงแบบสอบถามในส่วนของการรับรู้อุณหภูมิในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายของกลุ่ม A

Ref. code: 25595816030299ODZ



ส่วนที่ 3 ภาวะความสบายเชิงความร้อนของผู้ตอบแบบสอบถาม ณ ห้องปรับอากาศ เวลา _____น.

คำชี้แจง โปรดใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ หน้าข้อความที่ตรงกับข้อมูลส่วนตัวของท่าน

การวัดระดับความสบายเชิงความร้อนของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อสภาพแวดล้อม

ณ ห้องทดลอง 180 นาที (กลุ่ม 1)

ท่านรู้สึกอย่างไรตอนนี้ (thermal sensation)

นาทีที่	0	1	2	3	4	7	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
+3 ร้อนมาก																	
+2 ร้อน																	
+1 ร้อนเล็กน้อย																	
0 ปกติ																	
-1 เย็นเล็กน้อย																	
-2 เย็น																	
-3 หนาว																	

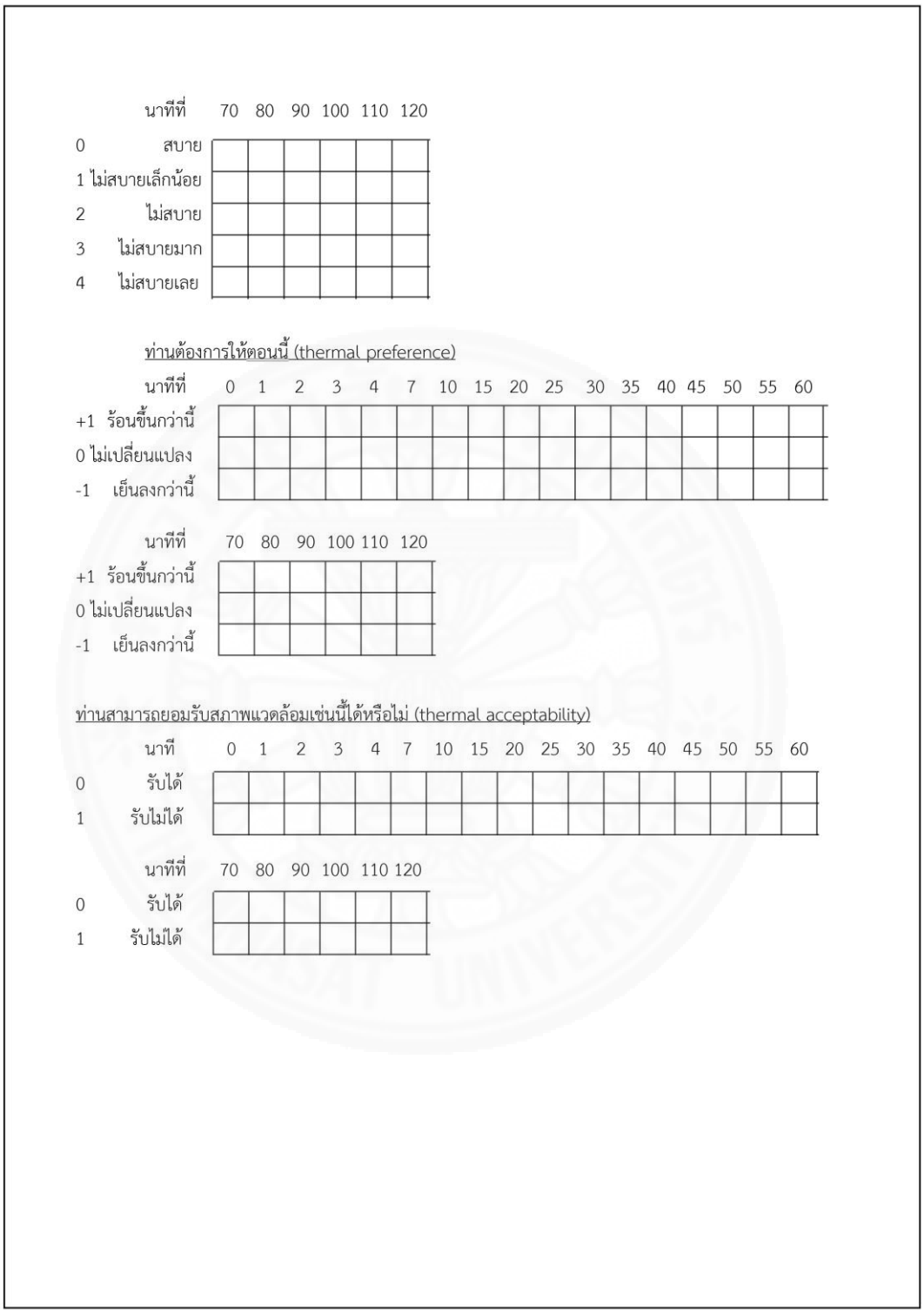
นาทีที่	70	80	90	100	110	120
+3 ร้อนมาก						
+2 ร้อน						
+1 ร้อนเล็กน้อย						
0 ปกติ						
-1 เย็นเล็กน้อย						
-2 เย็น						
-3 หนาว						

ความสบายจากสภาพแวดล้อมโดยรอบเป็นอย่างไร (thermal comfort)

นาทีที่	0	1	2	3	4	7	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
0 สบาย																	
1 ไม่สบายเล็กน้อย																	
2 ไม่สบาย																	
3 ไม่สบายมาก																	
4 ไม่สบายเลย																	

ภาพที่ ก.3 แสดงแบบสอบถามในส่วนของการรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศของกลุ่ม A

Ref. code: 25595816030299ODZ



ภาพที่ ก.4 แสดงแบบสอบถามในส่วนของการรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศของกลุ่ม A (ต่อ)

Ref. code: 25595816030299ODZ

กลุ่ม 2 (อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย 30 นาที | ตั้งค่าอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส)

ส่วนที่ 2 ภาวะความสบายเชิงความร้อนของผู้ตอบแบบสอบถาม ณ พื้นที่เปลี่ยนถ่าย เวลา _____น.

คำชี้แจง โปรดใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ หน้าข้อความที่ตรงกับข้อมูลส่วนตัวของท่าน

พื้นที่เปลี่ยนถ่าย 30 นาที (กลุ่ม 2)

ท่านรู้สึกอย่างไรตอนนี้ (thermal sensation)

นาทีที่		1	4	7	10	15	20	25	30
+3	ร้อนมาก								
+2	ร้อน								
+1	ร้อนเล็กน้อย								
0	ปกติ								
-1	เย็นเล็กน้อย								
-2	เย็น								
-3	หนาว								

ความสบายจากสภาพแวดล้อมโดยรอบเป็นอย่างไร (thermal comfort)

นาทีที่		1	4	7	10	15	20	25	30
0	สบาย								
1	ไม่สบายเล็กน้อย								
2	ไม่สบาย								
3	ไม่สบายมาก								
4	ไม่สบายเลย								

ท่านต้องการให้ตอนนี้ (thermal preference)

นาทีที่		1	4	7	10	15	20	25	30
+1	ร้อนขึ้นกว่านี้								
0	ไม่เปลี่ยนแปลง								
-1	เย็นลงกว่านี้								

ท่านสามารถยอมรับสภาพแวดล้อมเช่นนี้ได้หรือไม่ (thermal acceptability)

นาทีที่		1	4	7	10	15	20	25	30
0	รับได้								
1	รับไม่ได้								

ภาพที่ ก.5 แสดงแบบสอบถามในส่วนของการรับรู้อุณหภูมิในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายของกลุ่ม B

Ref. code: 25595816030299ODZ

<u>ส่วนที่ 3</u> ภาวะความสบายเชิงความร้อนของผู้ตอบแบบสอบถาม ณ ห้องปรับอากาศ เวลา _____น.

<u>คำชี้แจง</u> โปรดใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ หน้าข้อความที่ตรงกับข้อมูลส่วนตัวของท่าน

การวัดระดับความสบายเชิงความร้อนของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อสภาพแวดล้อม

ณ ห้องทดลอง 180 นาที (กลุ่ม 2)

<u>ท่านรู้สึกอย่างไรตอนนี้ (thermal sensation)</u>

นาทีที่	0	1	2	3	4	7	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
+3 ร้อนมาก																	
+2 ร้อน																	
+1 ร้อนเล็กน้อย																	
0 ปกติ																	
-1 เย็นเล็กน้อย																	
-2 เย็น																	
-3 หนาว																	

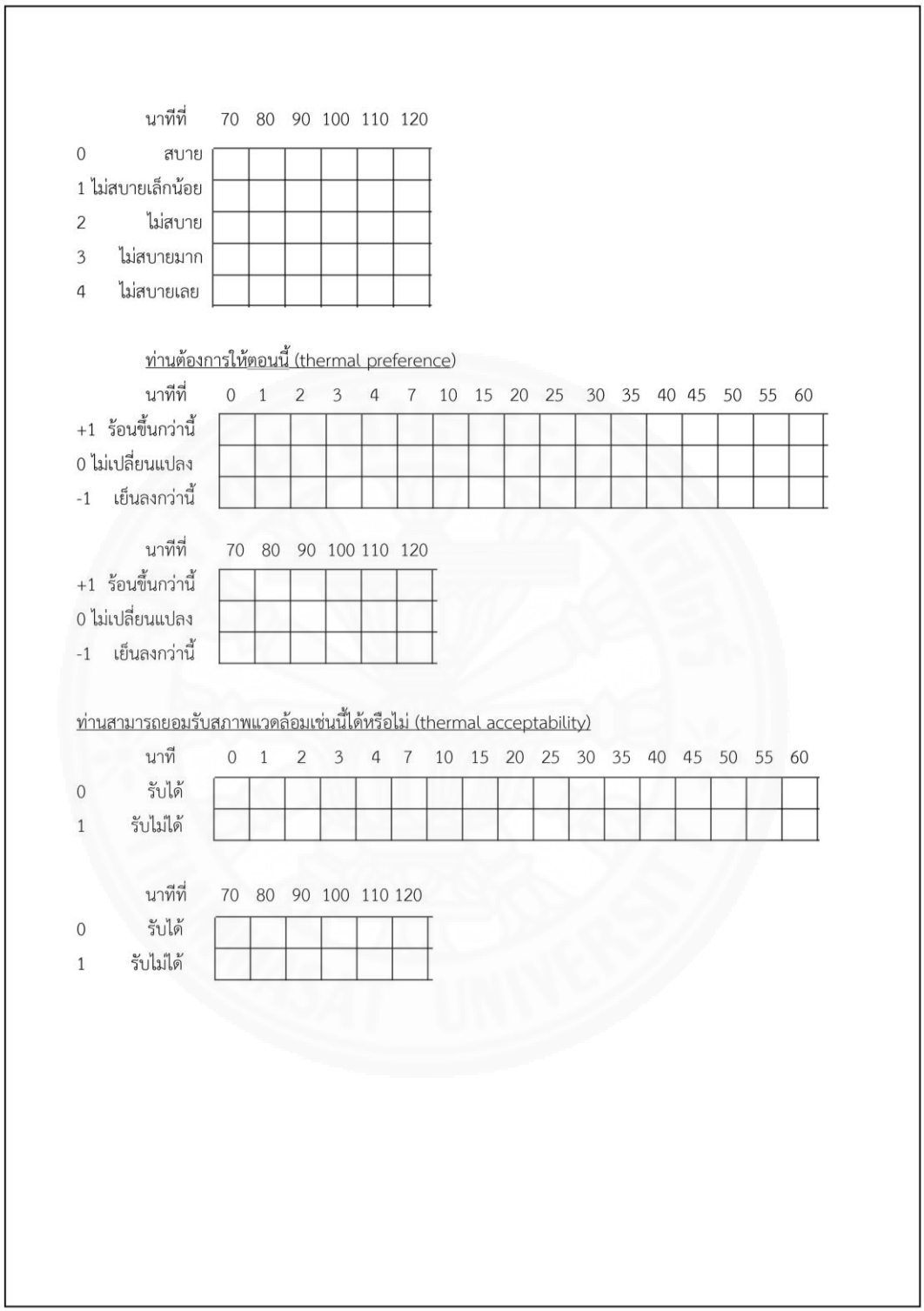
นาทีที่	70	80	90	100	110	120
+3 ร้อนมาก						
+2 ร้อน						
+1 ร้อนเล็กน้อย						
0 ปกติ						
-1 เย็นเล็กน้อย						
-2 เย็น						
-3 หนาว						

<u>ความสบายจากสภาพแวดล้อมโดยรอบเป็นอย่างไร (thermal comfort)</u>

นาทีที่	0	1	2	3	4	7	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
0 สบาย																	
1 ไม่สบายเล็กน้อย																	
2 ไม่สบาย																	
3 ไม่สบายมาก																	
4 ไม่สบายเลย																	

ภาพที่ ก.6 แสดงแบบสอบถามในส่วนของการรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศของกลุ่ม B

Ref. code: 25595816030299ODZ



ภาพที่ ก.7 แสดงแบบสอบถามในส่วนของการรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศของกลุ่ม B (ต่อ)

Ref. code: 25595816030299ODZ

กลุ่ม 3 (อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย 10 นาที | ตั้งค่าอุณหภูมิ 22-25-28 องศาเซลเซียส)

ส่วนที่ 2 ภาวะความสบายเชิงความร้อนของผู้ตอบแบบสอบถาม ณ พื้นที่เปลี่ยนถ่าย เวลา _____น.

คำชี้แจง โปรดใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ หน้าข้อความที่ตรงกับข้อมูลส่วนตัวของท่าน

พื้นที่เปลี่ยนถ่าย 10 นาที (กลุ่ม 3)

ท่านรู้สึกอย่างไรตอนนี้ (thermal sensation)

	นาทีที่	1	4	7	10
+3	ร้อนมาก				
+2	ร้อน				
+1	ร้อนเล็กน้อย				
0	ปกติ				
-1	เย็นเล็กน้อย				
-2	เย็น				
-3	หนาว				

ความสบายจากสภาพแวดล้อมโดยรอบเป็นอย่างไร (thermal comfort)

	นาทีที่	1	4	7	10
0	สบาย				
1	ไม่สบายเล็กน้อย				
2	ไม่สบาย				
3	ไม่สบายมาก				
4	ไม่สบายเลย				

ท่านต้องการให้ตอนนี้ (thermal preference)

	นาทีที่	1	4	7	10
+1	ร้อนขึ้นกว่านี้				
0	ไม่เปลี่ยนแปลง				
-1	เย็นลงกว่านี้				

ท่านสามารถยอมรับสภาพแวดล้อมเช่นนี้ได้หรือไม่ (thermal acceptability)

	นาทีที่	1	4	7	10
0	รับได้				
1	รับไม่ได้				

ภาพที่ ก.8 แสดงแบบสอบถามในส่วนของการรับรู้อุณหภูมิในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายของกลุ่ม C

Ref. code: 25595816030299ODZ

ส่วนที่ 3 ภาวะความสบายเชิงความร้อนของผู้ตอบแบบสอบถาม ณ ห้องปรับอากาศ เวลา _____น.

คำชี้แจง โปรดใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ หน้าข้อความที่ตรงกับข้อมูลส่วนตัวของท่าน

การวัดระดับความสบายเชิงความร้อนของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อสภาพแวดล้อม

ณ ห้องทดลอง 180 นาที (กลุ่ม 3)

ท่านรู้สึกอย่างไรตอนนี้ (thermal sensation)

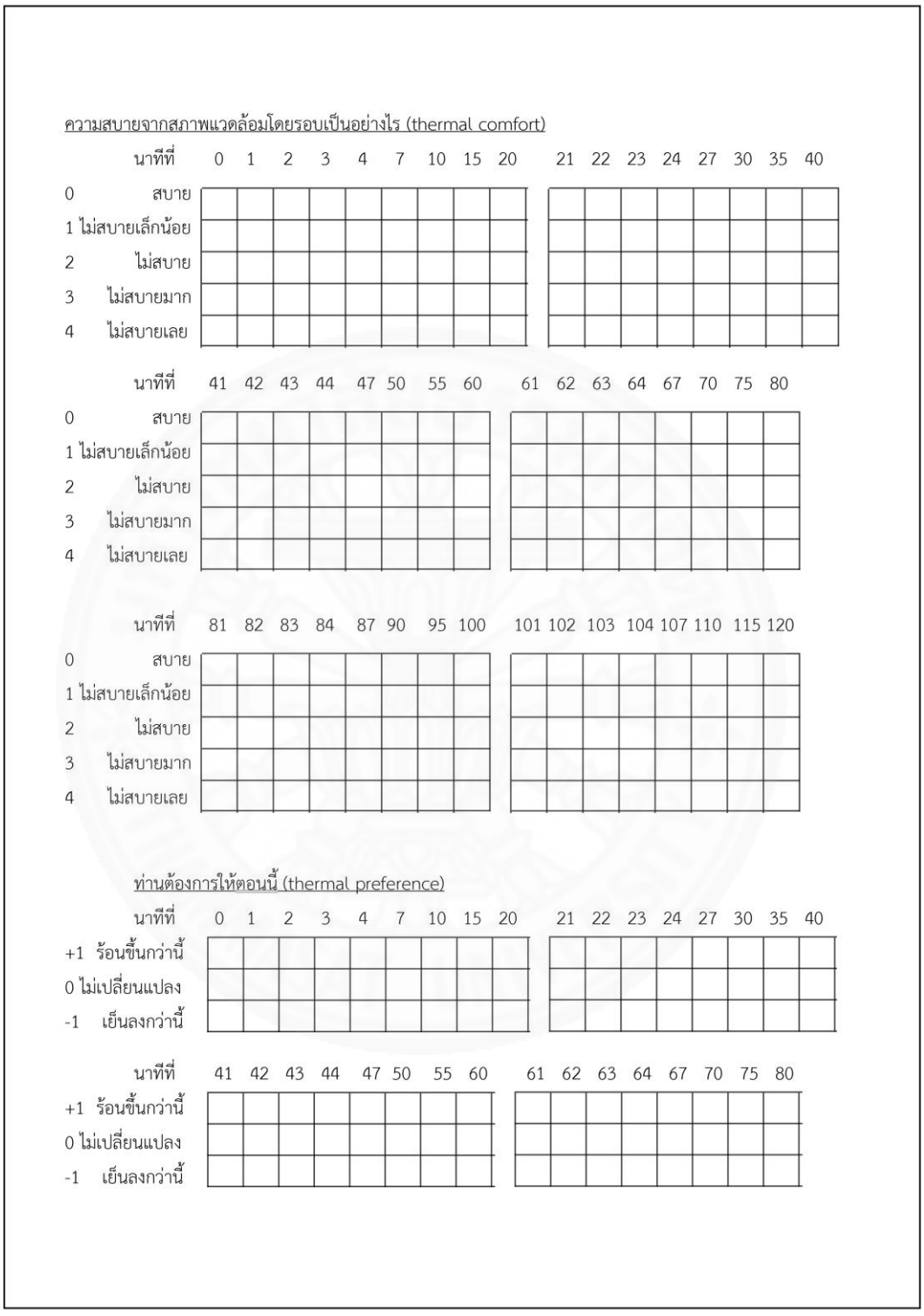
นาทีที่	0	1	2	3	4	7	10	15	20	21	22	23	24	27	30	35	40
+3 ร้อนมาก																	
+2 ร้อน																	
+1 ร้อนเล็กน้อย																	
0 ปกติ																	
-1 เย็นเล็กน้อย																	
-2 เย็น																	
-3 หนาว																	

นาทีที่	41	42	43	44	47	50	55	60	61	62	63	64	67	70	75	80
+3 ร้อนมาก																
+2 ร้อน																
+1 ร้อนเล็กน้อย																
0 ปกติ																
-1 เย็นเล็กน้อย																
-2 เย็น																
-3 หนาว																

นาทีที่	81	82	83	84	87	90	95	100	101	102	103	104	107	110	115	120
+3 ร้อนมาก																
+2 ร้อน																
+1 ร้อนเล็กน้อย																
0 ปกติ																
-1 เย็นเล็กน้อย																
-2 เย็น																
-3 หนาว																

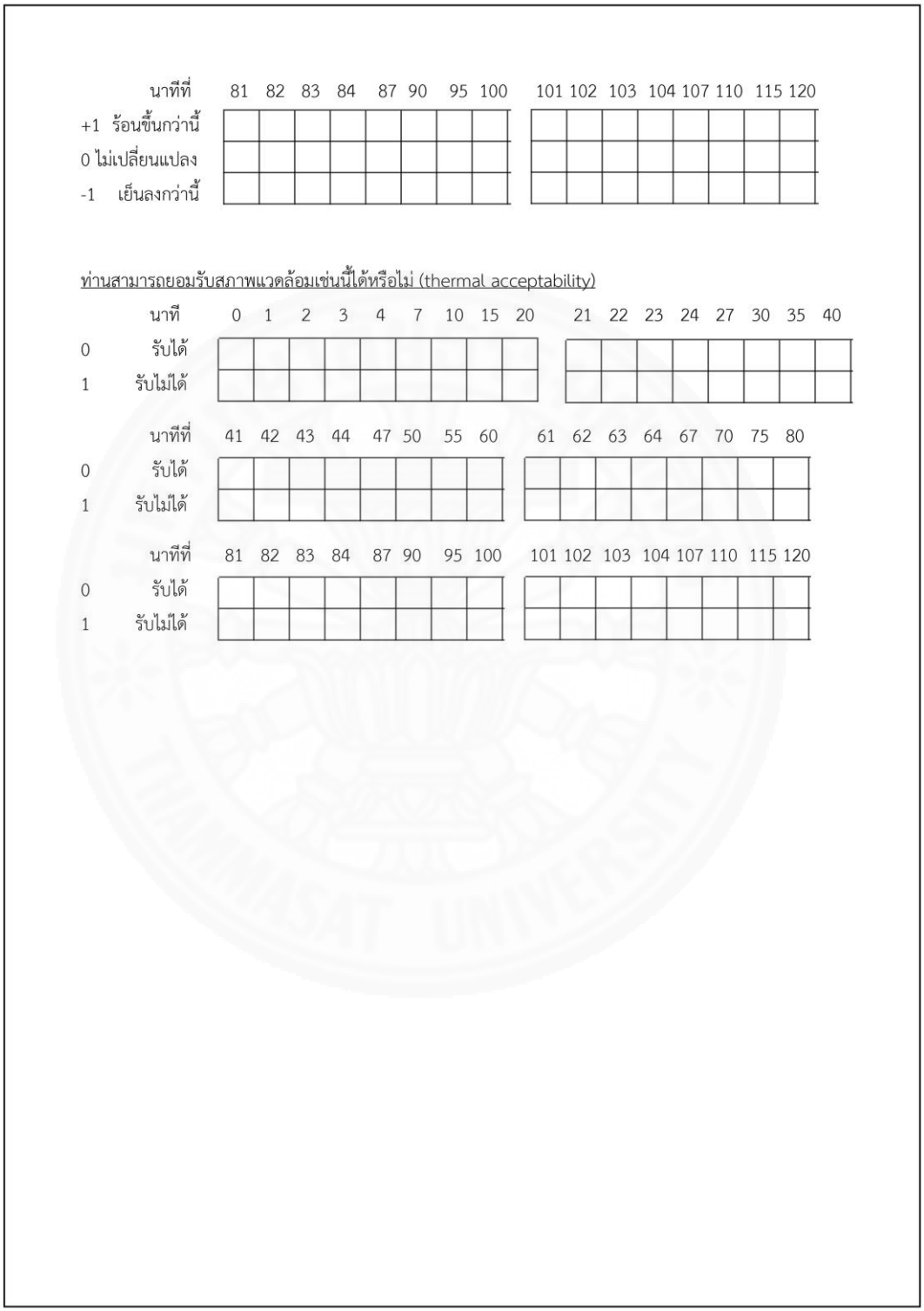
ภาพที่ ก.9 แสดงแบบสอบถามในส่วนของการรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศของกลุ่ม C

Ref. code: 25595816030299ODZ



ภาพที่ ก.10 แสดงแบบสอบถามในส่วนของการรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศของกลุ่ม C (ต่อ)

Ref. code: 25595816030299ODZ



ภาพที่ ก.11 แสดงแบบสอบถามในส่วนของการรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศของกลุ่ม C (ต่อ)

Ref. code: 25595816030299ODZ

กลุ่ม 4 (อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย 30 นาที | ตั้งค่าอุณหภูมิ 22-25-28 องศาเซลเซียส)

ส่วนที่ 2 ภาวะความสบายเชิงความร้อนของผู้ตอบแบบสอบถาม ณ พื้นที่เปลี่ยนถ่าย เวลา _____น.

คำชี้แจง โปรดใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ หน้าข้อความที่ตรงกับข้อมูลส่วนตัวของท่าน

พื้นที่เปลี่ยนถ่าย 30 นาที (กลุ่ม 4)

ท่านรู้สึกอย่างไรตอนนี้ (thermal sensation)

นาทีที่	1	4	7	10	15	20	25	30
+3 ร้อนมาก								
+2 ร้อน								
+1 ร้อนเล็กน้อย								
0 ปกติ								
-1 เย็นเล็กน้อย								
-2 เย็น								
-3 หนาว								

ความสบายจากสภาพแวดล้อมโดยรอบเป็นอย่างไร (thermal comfort)

นาทีที่	1	4	7	10	15	20	25	30
0 สบาย								
1 ไม่สบายเล็กน้อย								
2 ไม่สบาย								
3 ไม่สบายมาก								
4 ไม่สบายเลย								

ท่านต้องการให้ตอนนี้ (thermal preference)

นาทีที่	1	4	7	10	15	20	25	30
+1 ร้อนขึ้นกว่านี้								
0 ไม่เปลี่ยนแปลง								
-1 เย็นลงกว่านี้								

ท่านสามารถยอมรับสภาพแวดล้อมเช่นนี้ได้หรือไม่ (thermal acceptability)

นาทีที่	1	4	7	10	15	20	25	30
0 รับได้								
1 รับไม่ได้								

ภาพที่ ก.12 แสดงแบบสอบถามในส่วนของการรับรู้อุณหภูมิในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายของกลุ่ม D

Ref. code: 25595816030299ODZ

ส่วนที่ 3 ภาวะความสบายเชิงความร้อนของผู้ตอบแบบสอบถาม ณ ห้องปรับอากาศ เวลา _____น.

คำชี้แจง โปรดใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ หน้าข้อความที่ตรงกับข้อมูลส่วนตัวของท่าน

การวัดระดับความสบายเชิงความร้อนของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อสภาพแวดล้อม

ณ ห้องทดลอง 180 นาที (กลุ่ม 4)

ท่านรู้สึกอย่างไรตอนนี้ (thermal sensation)

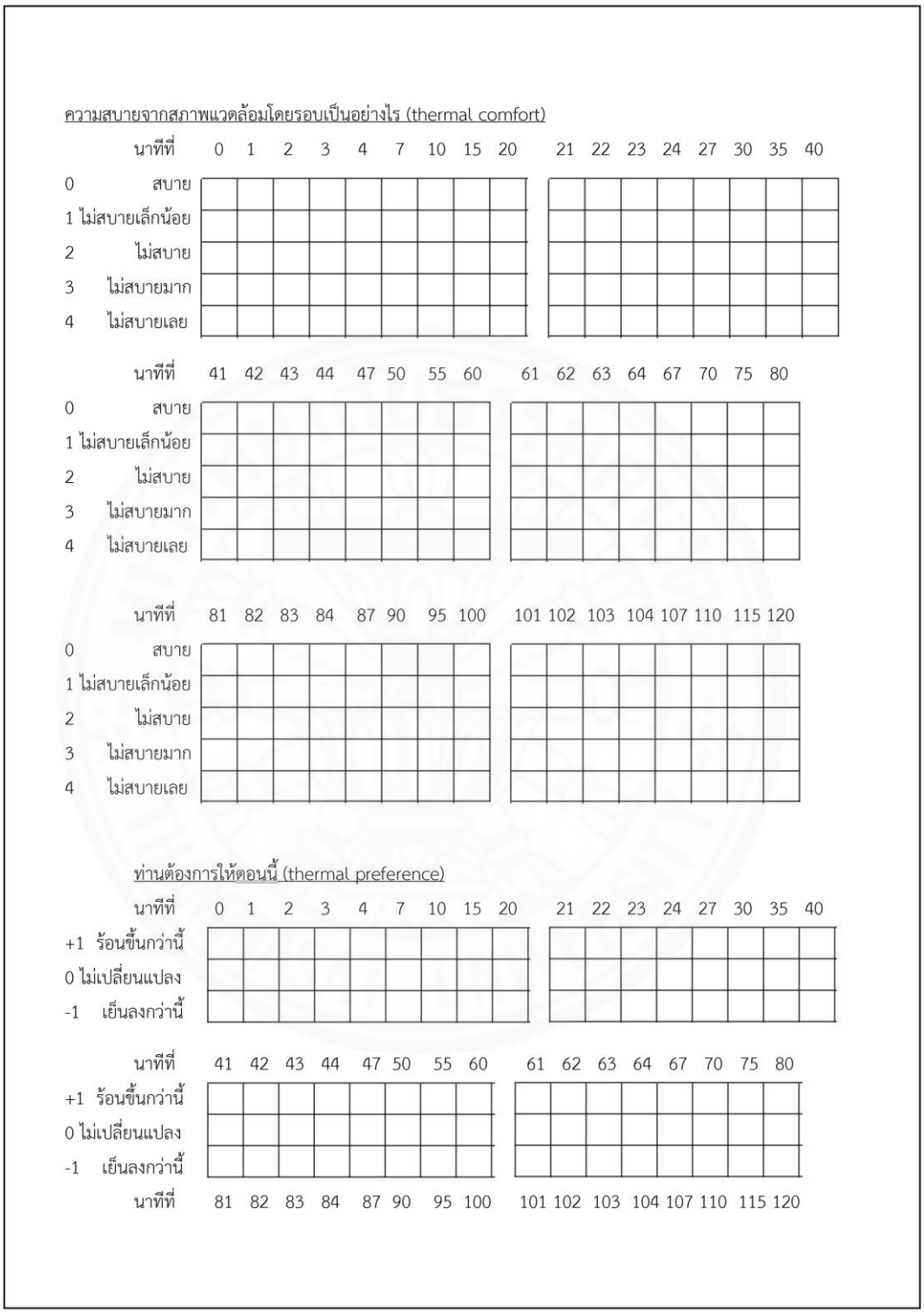
นาทีที่	0	1	2	3	4	7	10	15	20	21	22	23	24	27	30	35	40
+3 ร้อนมาก																	
+2 ร้อน																	
+1 ร้อนเล็กน้อย																	
0 ปกติ																	
-1 เย็นเล็กน้อย																	
-2 เย็น																	
-3 หนาว																	

นาทีที่	41	42	43	44	47	50	55	60	61	62	63	64	67	70	75	80
+3 ร้อนมาก																
+2 ร้อน																
+1 ร้อนเล็กน้อย																
0 ปกติ																
-1 เย็นเล็กน้อย																
-2 เย็น																
-3 หนาว																

นาทีที่	81	82	83	84	87	90	95	100	101	102	103	104	107	110	115	120
+3 ร้อนมาก																
+2 ร้อน																
+1 ร้อนเล็กน้อย																
0 ปกติ																
-1 เย็นเล็กน้อย																
-2 เย็น																
-3 หนาว																

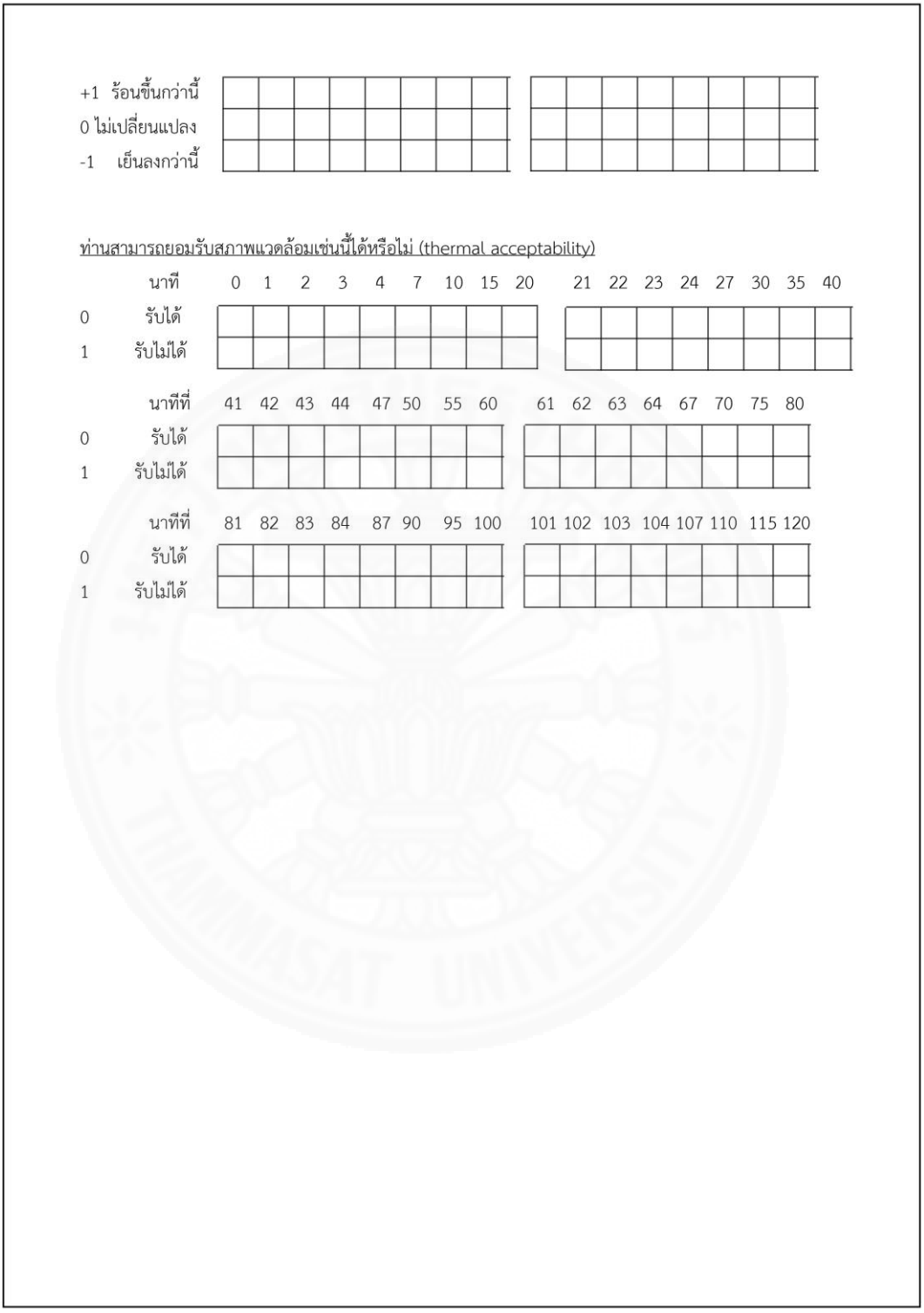
ภาพที่ ก.13 แสดงแบบสอบถามในส่วนของการรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศของกลุ่ม D

Ref. code: 25595816030299ODZ



ภาพที่ ก.14 แสดงแบบสอบถามในส่วนของการรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศของกลุ่ม D (ต่อ)

Ref. code: 25595816030299ODZ



ภาพที่ ก.15 แสดงแบบสอบถามในส่วนของการรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศของกลุ่ม D (ต่อ)

Ref. code: 25595816030299ODZ

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวณัฐกาญจน์ อุดมสัจจพันธุ์
วันเดือนปีเกิด	21 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2536
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถาปัตยกรรม) คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Ref. code: 25595816030299ODZ