การรับรู้ของผู้ใช้ต่อการใช้งานการแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิในเขตร้อน

USER PERCEPTIONS OF THERMAL FEEDBACK IN THE TROPICS

กฤตวรรณ จันทร์แจ้ง

KITTAWAN JANJENG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2558

KMITL-2015-IT-M-001-011

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การรับรู้ของผู้ใช้ต่อการใช้งานการแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิในเขตร้อน

USER PERCEPTIONS OF THERMAL FEEDBACK IN THE TROPICS

T143966

กฤตวรรณ จันทร์แจ้ง

KITTAWAN JANJENG

.b 00267011
.i

เลขหมู่
เลขทะเบียน 143966
วัน.เดือน.ปี 10 ต.ค. 2559

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2558

KMITL-2015-IT-M-001-011

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

USER PERCEPTIONS OF THERMAL FEEDBACK IN THE TROPICS

KITTAWAN JANJENG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN INFORMATION TECHNOLOGY

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2015

KMITL-2015-IT-M-001-011

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2015

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การรับรู้ของผู้ใช้ต่อการใช้งานการแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิในเขตร้อน

User perceptions of thermal feedback in the tropics

นักศึกษา นางสาวกฤตวรรณ จันทร์แจ้ง

รหัสประจำตัว 55660451

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา เทคโนโลยีสารสนเทศ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงศ์ ลีลานุภาพ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันต์พงษ์ วรรัตน์ปัญญา	
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทิพยา จินตโกวิท	
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงศ์ ลีลานุภาพ	
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณฐพล พันธุวงศ์	
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กิติ์สุชาต พสุภา	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันจันทร์ที่ 30 พฤศจิกายน 2558 เวลา 13.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้อง M21 คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.จันทรัปพรณ์ สถิตวิริยวงศ์)

คณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

วันที่ 21 **เดือน** ธันวาคม **พ.ศ.** 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ	การรับรู้ของผู้ใช้ต่อการใช้งานการแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิในเขตร้อน
นักศึกษา	นางสาวกฤตวรรณ จันทร์แจ้ง
รหัสนักศึกษา	55660451
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ
แขนงวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2558
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงศ์ ลีลานุภาพ

บทคัดย่อ

การแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิ (Thermal Feedback) เป็นการแจ้งและตอบสนองทางการสัมผัส จึงสามารถให้ความเป็นส่วนตัว ให้ความรู้สึกด้านอารมณ์ และถือว่าเป็นงานวิจัยใหม่ในแขนงการปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ (Human-Computer Interaction) โดยการมีปฏิสัมพันธ์หรือการโต้ตอบจำเป็นต้องมีการตอบสนอง เพื่อให้ผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์รับรู้และเข้าใจข้อมูลที่ระบบส่งมา ซึ่งในปัจจุบันการแจ้งและตอบสนองที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลาย คือ การตอบสนองด้วยภาพหรือแสงไฟ การตอบสนองด้วยเสียง และการตอบสนองด้วยแรงสั่นสะเทือน แต่ในบางสถานการณ์การแจ้งเตือนต่างๆเหล่านี้อาจไม่มีความเหมาะสม

ในวิทยานิพนธ์นี้มีจุดประสงค์เพื่อทำการทดลองศักยภาพของการใช้งานการแจ้งเตือนโดยใช้อุณหภูมิในบริบทของประเทศไทยที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง และศึกษาผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงฉับพลันของอุณหภูมิแวดล้อมของผู้ใช้ในเขตร้อนต่อการรับรู้การแจ้งเตือนโดยใช้อุณหภูมิ เนื่องจากพฤติกรรมของคนไทยส่วนใหญ่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมหรือสถานที่จากที่ร้อน (อุณหภูมิภายนอก) ไปยังสภาพแวดล้อมที่เย็น (อุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศ) และในทิศทางกลับกัน รวมทั้งศึกษาอิริยาบถการใช้งานขณะหยุดนิ่งและเคลื่อนที่

ผลจากงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่า การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิที่ประกอบไปด้วย*ความเข้ม อัตราการเปลี่ยนแปลง*และ*ทิศทางของอุณหภูมิ*ทั้ง 8 ชนิด สามารถนำมาใช้เป็นการแจ้งเตือนได้ โดยที่การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิในทิศทางความเย็นรู้สึกทางบวกหรือรู้สึกชอบมากกว่าทิศทางร้อน นอกจากนี้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิสามารถใช้เป็นทางเลือกหรือใช้แทนการแจ้งเตือนด้วยเสียงและแรงสั่นที่ซึ่งอาจไม่เหมาะสมในสถานการณ์ที่มีเสียงดังและมีแรงสั่นมากตามลำดับ นอกจากนี้การแจ้งเตือนหลายมีมิติสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการรับรู้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	User Perceptions of Thermal Feedback in the Tropics
Student	Ms. Kittawan Janjeng
Student ID.	55660451
Degree	Master of Science
Program	Information Technology
Major	Information Technology
Academic Year	2015
Advisor	Asst.Prof. Dr. Teerapong Leelanupab

ABSTRACT

Thermal feedback is one of haptic feedbacks, providing a novel emotive, private and salient communication channel. It is an ongoing research area in Human-Computer Interaction (HCI). Interaction and feedback are required so that the users are aware and perceive information sent by the system. At present, visual, audio and vibrotactile feedbacks are more commonly used in computing devices to send notifications or information to users. However, they are often unsuitable in some situations that are, for example, too noisy and bumpy. Since users can perceive when ambient temperature changes, we study and develop a new notification and interaction channel.

This thesis investigated the potential use of thermal feedback in the context of Thailand where environmental temperature and humidity is high. We also studied the influence of sudden change of ambient temperature on users' perceptions of thermal stimuli. This is, in particular, the case of tropical areas, where users are likely or forced to frequently go from outdoor (i.e., a boiling hot environment) to indoor (i.e., a chill air conditioned one), or vice versa. Moreover, we studied users' perception when moving and stationary.

From our study, it was shown that *thermal intensities* and *rates of change*, could be used to create thermal stimuli for delivering thermal feedback in tropical climate. An interesting finding was found on *directions of thermal change*, where users prefer cold feedback to warm one. Furthermore, thermal feedback can be an alternative if audio and vibrotactile feedback is not suitable and practical for use like audio and vibrotactile feedback that more widely use. Finally, more dimensions of feedback can enhance user perception to mobile notification

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ "การรับรู้ของผู้ใช้ต่อการใช้งานการแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิในเขตร้อน" สำเร็จได้เพราะได้รับความช่วยเหลือและการสนับสนุนจากครอบครัว เพื่อนๆ และอาจารย์ที่ปรึกษา รวมไปทั้งคณาจารย์คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ธีรพงศ์ ลีลานุภาพ ในคำแนะนำในการพัฒนาอุปกรณ์ และให้แนวทางในการทำวิจัย ขอขอบคุณในความดูแลเอาใจใส่ และให้อิสระและโอกาสในการทำวิจัยนี้จนทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ไปด้วยดีและขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่มอบทุนสำหรับการทำวิจัยครั้งนี้รวมทั้งขอขอบคุณพี่ๆเพื่อนๆในห้องปฏิบัติการ KMAKE ที่คอยให้ความช่วยเหลือเกื้อกูลมาโดยตลอด รวมไปถึงเพื่อนๆ จากคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา และครอบครัว ผู้ซึ่งเป็นที่เคารพและรักยิ่ง

กฤตวรรณ จันทร์แจ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ IV

ABSTRACT V

กิตติกรรมประกาศ VI

สารบัญ VII

สารบัญตาราง X

สารบัญรูป XIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 3

1.3 ขอบเขตการวิจัย 3

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย 4

1.5 คำถามงานวิจัยของวิทยานิพนธ์ 4

1.6 การมีส่วนร่วมต่องานวิจัยในสาขาวิชา 5

1.7 ขั้นตอนของการศึกษา 5

1.8 ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์ 6

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 7

2.1.1 การรับรู้ 7

2.1.1.1 ทฤษฎีการรับรู้ 8

2.1.2 ปรากฏการณ์เพลเทียร์เอฟเฟ็กต์ 9

2.1.3 บอร์ดโยโย่ 10

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.1 การรับรู้ทางอุณหภูมิของมนุษย์.....10
2.2.2 ผลทางจิตวิทยาต่อการรับรู้ด้านอุณหภูมิ.....11
2.2.3 การแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิในการปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์กับมนุษย์.....12
2.2.3.1 งานวิจัยด้านของการนำอุณหภูมิใช้ประโยชน์อย่างไรในชีวิตประจำวัน.....12
2.2.3.2 งานวิจัยด้านความเหมาะสมของอุณหภูมิที่ใช้ในการแจ้งเตือน.....14
2.2.3.3 งานวิจัยด้านอิทธิพลที่มีผลต่อการใช้งานการแจ้งเตือน.....15
บทที่ 3 การศึกษาหาผลกระทบของปัจจัยสิ่งแวดล้อมและบริบทของผู้ใช้ต่อการแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิในประเทศไทย.....17
3.1 การพัฒนาเครื่องมือและอุปกรณ์.....17
3.1.1 พัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ.....18
3.1.1.1 การพัฒนาให้มีเซ็นเซอร์สามารถวัดอุณหภูมิ.....20
3.1.1.2 การสวมใส่อุปกรณ์การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ.....21
3.1.2 การพัฒนาซอฟต์แวร์.....22
3.2 สมมุติฐานงานวิจัย.....22
3.3 รูปแบบของการกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ.....23
3.4 ประชากรกลุ่มตัวอย่าง.....24
3.5 ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย.....24
3.6 ระเบียบวิธีการทดลอง.....25
3.7 สภาพแวดล้อมการทดลอง.....27
3.8 ผลการทดลอง.....29
3.9 อภิปรายผลการทดลอง.....48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การศึกษาการใช้งานการตอบสนองด้วยอุณหภูมิร่วมกับมิติการรับรู้อื่นๆ ให้เหมาะสมในแต่ละสถานการณ์.....53

4.1 สมมุติฐานงานวิจัย.....53

4.2 รูปแบบของการกระตุ้น.....54

4.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....55

4.4 ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย.....55

4.5 ระเบียบวิธีการทดลอง.....55

4.6 การวิเคราะห์ข้อมูล.....57

4.7 ผลการทดลอง.....57

4.8 อภิปรายผลการทดลอง.....67

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย.....71

5.1 การตอบสนองด้วยอุณหภูมิสามารถนำประยุกต์กับการใช้งานแก่ผู้ใช้ในเขตร้อนหรือในประเทศไทยหรือไม่.....71

5.2 พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมของผู้ใช้ในเขตร้อน (การเปลี่ยนสภาพแวดล้อมอย่างฉับพลัน) ส่งผลกระทบต่อการรับรู้การแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิหรือไม่.....72

5.3 การใช้งานการแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิสามารถใช้ในทุกๆสถานการณ์ หรือใช้ทดแทนการแจ้งเตือนอื่นๆได้หรือไม่.....72

5.4 การตอบสนองด้วยอุณหภูมิสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานควบคู่กับการตอบสนองการรับรู้อื่นๆ เช่น เสียง หรือการสั่นสะเทือน เป็นต้นได้หรือไม่.....73

บรรณานุกรม.....74

ภาคผนวก ก. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์.....79

ภาคผนวก ข. แบบสอบถามการทดลอง.....88

ภาคผนวก ค. ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง.....102

ประวัติผู้เขียน.....122

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ 3.1 รูปแบบค่าการกระตุ้น 23
ตารางที่ 3.2 กลุ่มการทำการทดลอง 24
ตารางที่ 3.3 ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด ของอัตราการรับรู้การกระตุ้นขณะอยู่นิ่งในแต่ละปัจจัยที่วิเคราะห์ (หน่วยเปอร์เซ็นต์) 31
ตารางที่ 3.4 ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด ของระยะเวลาการรับรู้การกระตุ้น ขณะอยู่นิ่งในแต่ละปัจจัยที่วิเคราะห์ (หน่วยวินาที) 34
ตารางที่ 3.5 ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด ของความพอใจและสบายในการรับรู้การกระตุ้นขณะอยู่นิ่งในแต่ละปัจจัยที่วิเคราะห์ 36
ตารางที่ 3.6 ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด ของการรับรู้ความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้น ขณะอยู่นิ่งในแต่ละปัจจัยที่วิเคราะห์ 39
ตารางที่ 3.7 ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด ของอัตราการรับรู้การกระตุ้นขณะเคลื่อนที่ในแต่ละปัจจัยที่วิเคราะห์ (หน่วยเปอร์เซ็นต์) 41
ตารางที่ 3.8 ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด ของระยะเวลาการรับรู้การกระตุ้น ขณะเคลื่อนที่ในแต่ละปัจจัยที่วิเคราะห์ (หน่วยวินาที) 43
ตารางที่ 3.9 แสดงค่าเฉลี่ยในแต่ละครั้ง ของการทดลองทำซ้ำ 2 ครั้ง 45
ตารางที่ 3.10 แสดงค่าเฉลี่ยในแต่ละครั้ง ของการทดลองทำซ้ำ 3 ครั้ง 45
ตารางที่ 3.11 แสดงค่าเฉลี่ยของการทดลองเพียง 1 ครั้งและการทดลองทำซ้ำ 2 ครั้ง 47
ตารางที่ 3.12 แสดงค่าเฉลี่ยของการทดลองครั้งเดียวและการทดลองทำซ้ำ 3 ครั้ง 47
ตารางที่ 3.13 แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการรับรู้ เวลาในการรับรู้ ความพอใจและสบายใจ และความเข้มในการรับรู้การกระตุ้น ในแต่ละช่วงอุณหภูมิ ของงานวิจัยนี้ 49
ตารางที่ 3.14 แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการรับรู้ เวลาในการรับรู้ ความพอใจและสบายใจ และความเข้มในการรับรู้การกระตุ้น ในแต่ละช่วงอุณหภูมิ ของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 49
ตารางที่ 3.15 แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการรับรู้ เวลาในการรับรู้ ความพอใจและสบายใจ และความเข้มในการรับรู้การกระตุ้น ในแต่ละช่วงความชื้น ของงานวิจัยนี้ 49
ตารางที่ 3.16 แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการรับรู้ เวลาในการรับรู้ ความพอใจและสบายใจ และความเข้มในการรับรู้การกระตุ้น ในแต่ละช่วงความชื้น ของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ 3.17 แสดงค่าเฉลี่ยของการทดลองครั้งเดียวและการทดลองทำซ้ำ 1 ครั้ง (ผลของกลุ่มทดลองทำซ้ำ 2 ครั้งแสดงที่พื้นหลังสีเทา การทดลอง 1 ครั้งแสดงที่พื้นหลังสีขาว).....51

ตารางที่ 3.18 แสดงค่าเฉลี่ยของการทดลองครั้งเดียวและการทดลองทำซ้ำ 3 ครั้ง (ผลของกลุ่มทดลองทำซ้ำ 3 ครั้งแสดงที่พื้นหลังสีเทา การทดลอง 1 ครั้งแสดงที่พื้นหลังสีขาว).....52

ตารางที่ 3.19 แสดงค่าเฉลี่ยของการทดลองครั้งเดียวและการทดลองทำซ้ำ 5 ครั้ง (ผลของกลุ่มทดลองทำซ้ำ 5 ครั้งแสดงที่พื้นหลังสีเทา การทดลอง 1 ครั้งแสดงที่พื้นหลังสีขาว).....52

ตารางที่ 4.1 รูปแบบของค่าการกระตุ้น.....54

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการรับรู้การแจ้งเตือนรูปแบบ 1 มิติ ในสถานการณ์ที่มีเสียงดัง (หน่วยเปอร์เซ็นต์).....57

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการรับรู้การแจ้งเตือนรูปแบบ 2 มิติ ในสถานการณ์ที่มีเสียงดัง (หน่วยเปอร์เซ็นต์).....58

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการรับรู้การแจ้งเตือนรูปแบบ 3มิติ ในสถานการณ์ที่มีเสียงดัง (หน่วยเปอร์เซ็นต์).....58

ตารางที่ 4.5 แสดงข้อมูลเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนรูปแบบ 1 มิติ ในสถานการณ์ที่มีเสียงดัง (หน่วยวินาที).....60

ตารางที่ 4.6 แสดงข้อมูลเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนรูปแบบ 2 มิติ ในสถานการณ์ที่มีเสียงดัง (หน่วยวินาที).....60

ตารางที่ 4.7 แสดงข้อมูลเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนรูปแบบ 3 มิติ ในสถานการณ์ที่มีเสียงดัง (หน่วยวินาที).....60

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการรับรู้การแจ้งเตือนในสถานการณ์ที่มีแรงสั่นสะเทือน (หน่วยเปอร์เซ็นต์).....62

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการรับรู้การแจ้งเตือนรูปแบบ 2 มิติ ในสถานการณ์ที่มีแรงสั่นสะเทือน (หน่วยเปอร์เซ็นต์).....62

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการรับรู้การแจ้งเตือนรูปแบบ 3 มิติ ในสถานการณ์ที่มีแรงสั่นสะเทือน (หน่วยเปอร์เซ็นต์).....63

ตารางที่ 4.11 แสดงข้อมูลเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนในสถานการณ์ที่มีแรงสั่นสะเทือน (หน่วยวินาที).....64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ 4.12 แสดงข้อมูลเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนรูปแบบ 2 มิติ ในสถานการณ์ที่มีแรงสั่นสะเทือน (หน่วยวินาที) 65

ตารางที่ 4.13 แสดงข้อมูลเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนรูปแบบ 3 มิติ ในสถานการณ์ที่มีแรงสั่นสะเทือน (หน่วยวินาที) 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

รูปที่ 2.1 กระบวนการรับรู้ 8
รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะของแผ่นร้อนเย็น 10
รูปที่ 3.1 แผ่นร้อนเย็น (Peltier) 18
รูปที่ 3.2 บอร์ดโยโย่ทำงานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ 19
รูปที่ 3.3 ตัวกำเนิดอุณหภูมิด้วยไฟฟ้า ต่อพ่วงกับชุดแผงวงจรบอร์ดโยโย่และแบตเตอรี่ เพื่อสามารถพกพาได้ 19
รูปที่ 3.4 อุปกรณ์ต้นแบบจะบรรจุในกระเป๋าสะพายข้างเพื่อสะดวกต่อการพกพาในขณะทำการทดลอง 19
รูปที่ 3.5 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ 20
รูปที่ 3.6 ส่วนแสดงผลหน้าจอเพื่อการทดสอบการควบคุมตัวสร้างอุณหภูมิและแสดงค่าอุณหภูมิจากเซ็นเซอร์ 20
รูปที่ 3.7 สวมใส่อุปกรณ์บริเวณอุ้งมือ 21
รูปที่ 3.8 สวมใส่อุปกรณ์บริเวณข้อมือ 21
รูปที่ 3.9 หน้าจอแสดงผลสำหรับการโต้ตอบกับผู้เข้าร่วมการทดลอง 22
รูปที่ 3.10 แสดงโครงสร้างการทดลองโดยรวม 26
รูปที่ 3.11 แสดงขั้นตอนการทดลองของแต่ละการทดลองย่อย 27
รูปที่ 3.12 แสดงกลุ่มตัวอย่างในแต่ละช่วงสภาพแวดล้อมโดยรอบ 29
รูปที่ 4.1 สถานการณ์ที่มีเสียงดัง 56
รูปที่ 4.2 สถานการณ์ที่มีแรงสั่นสะเทือน 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทำให้มีการพัฒนาคิดค้นสิ่งอำนวยความสะดวกสบายต่อการดำรงชีวิตเป็นอันมาก เทคโนโลยีได้เข้ามาเสริมปัจจัยพื้นฐานการดำรงชีวิตได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทมากขึ้นต่อสังคมของมนุษย์เราในปัจจุบัน แทบทุกวงการล้วนนำคอมพิวเตอร์เข้าไปเกี่ยวข้องกับการใช้งาน จนกล่าวได้ว่าคอมพิวเตอร์เป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งต่อการดำเนินชีวิตและช่วยอำนวยความสะดวกในการดำรงชีวิตในแต่ละวัน ฉะนั้นการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ (Human-Computer Interaction, HCI) หรือการสื่อสารกันระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์จึงเป็นอีกหนึ่งองค์ประกอบที่จะช่วยให้การนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาใช้งานให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

การสื่อสารหรือการตอบสนองระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์แยกเป็น 3 ประเภท คือ การแจ้งและตอบสนองด้วยภาพหรือแสงไฟ การแจ้งและตอบสนองด้วยเสียง และการแจ้งและตอบสนองด้วยการสัมผัส ซึ่งการแจ้งและตอบสนองด้วยการสัมผัสนี้สามารถแบ่งเป็น 3 รูปแบบ คือ การแจ้งและตอบสนองด้วยแรงสั่นสะเทือน การแจ้งและตอบสนองด้วยแรงบีบหรือแรงกด และการแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิ โดยรูปแบบการแจ้งและตอบสนองต่างๆเหล่านี้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการตอบสนองระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ได้ ตัวอย่างเช่นการแจ้งและตอบสนองด้วยเสียงหรือแรงสั่นสะเทือน เมื่อมนุษย์สั่งการไปยังคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์จะตอบสนองด้วยเสียงและแรงสะเทือนมายังมนุษย์เพื่อให้แน่ชัดว่าคอมพิวเตอร์รับคำสั่งที่ได้สั่งการไป หรือการแจ้งเตือนต่างๆจากคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์จะแจ้งเตือนให้มนุษย์ได้รับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงของคอมพิวเตอร์ได้อย่างไม่พลาด นอกจากนี้การแจ้งและตอบสนองสามารถเพิ่มอรรถรสในด้านความบันเทิง อย่างไรก็ตามการแจ้งและตอบสนองในรูปแบบต่างๆ ในบางสถานการณ์อาจมีข้อจำกัดหรือในบางอุปกรณ์ก็อาจมีข้อจำกัดด้วยเช่นกัน

บทนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึง ความเป็นมาและความสำคัญของวิทยานิพนธ์ ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา ขอบเขตการวิจัยทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย คำถามงานวิจัย การมีส่วนร่วมต่องานวิจัยในสาขา ขั้นตอนของการศึกษา และในส่วนสุดท้ายคือ ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

การใช้งานคอมพิวเตอร์ในยุคปัจจุบันไม่สามารถปฏิเสธได้ว่าเป็นสิ่งที่มนุษย์ส่วนใหญ่จำเป็นต้องโต้ตอบหรือมีปฏิสัมพันธ์ด้วยเพราะ คอมพิวเตอร์ช่วยให้การดำรงชีวิตสะดวกสบาย และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีความสุขมากขึ้น โดยการมีปฏิสัมพันธ์จำเป็นต้องมีการตอบสนองกลับ เพื่อให้ผู้ใช้งานรับรู้ถึงข้อมูลที่ส่งจากระบบอย่างทันที [1] ซึ่งปัจจุบันการแจ้งและตอบสนองที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ การแจ้งเตือนด้วยภาพหรือแสงไฟ การแจ้งเตือนด้วยเสียง และการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นสะเทือน

การแจ้งเตือนด้วยภาพหรือแสงไฟ เป็นการตอบสนองทางด้านการมองเห็น โดยการรับรู้ผ่านทางสายตา เช่น การแสดงแสงสว่างทางหน้าจอโทรศัพท์เคลื่อนที่เมื่อมีการแจ้งเตือน หรือการแสดงหน้าต่างแสดงผลทางคอมพิวเตอร์เมื่อมีการตอบสนองคำสั่งการจากผู้ใช้ [2] อีกทั้งการแจ้งเตือนด้วยภาพหรือแสงไฟมีประสิทธิภาพมากกว่าการแจ้งเตือนด้วยเสียงในด้านความแม่นยำในการใช้งาน เพราะการแจ้งเตือนด้วยเสียงมีระยะเวลาการแจ้งเตือนแค่ชั่วคราว อย่างไรก็ตามหากกระทำกิจกรรมใดๆอยู่บนหน้าจอแสดงผลการแจ้งเตือนด้วยภาพก็จะรบกวนสมาธิของผู้ใช้งาน [3][4]

การแจ้งเตือนด้วยเสียง เป็นการตอบสนองทางด้านการได้ยิน โดยการรับรู้ผ่านโสตสัมผัส และความโดดเด่นของการแจ้งเตือนด้วยเสียง คือ สามารถมีได้หลายรูปแบบ ซึ่งจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้านมากกว่าการแจ้งเตือนด้วยภาพหรือแสงไฟ [5] อีกทั้งการแจ้งเตือนด้วยเสียงมีประโยชน์อย่างมากแก่ผู้มีความบกพร่องทางสายตา [6] ในปัจจุบันการแจ้งเตือนด้วยเสียงจึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ในหลายโปรแกรมประยุกต์ใช้ในกรณีที่การแจ้งเตือนด้วยภาพหรือแสงไฟไม่มีความเหมาะสม [7]

การแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นสะเทือน เป็นการตอบสนองทางด้านการสัมผัสชนิดหนึ่งที่ได้รับความสนใจในการใช้งานในปัจจุบัน เพราะการใช้งานสมาร์ทโฟน หรือแท็บเล็ตถูกใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น เมื่อมีการสัมผัสกับปุ่มกดบนหน้าจอแสดงผล จะมีการตอบสนองด้วยแรงสั่นกลับมายังผู้ใช้งานเพื่อความแน่ชัดว่าระบบมีการรับคำสั่งจากผู้ใช้ [8][9]

แต่ในบางสถานการณ์หรือบางสภาพแวดล้อมการแจ้งและตอบสนองเหล่านี้อาจมีความไม่เหมาะสมหรือมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอแก่ผู้ใช้งาน ตัวอย่างเช่น ในสถานการณ์ที่มีเสียงดัง การแจ้งและตอบสนองด้วยเสียงผู้ใช้อาจไม่สามารถรับรู้ถึงการแจ้งเตือนได้ หรือแม้แต่ในสถานการณ์ที่มีแรงสั่นสะเทือนมาก การแจ้งและตอบสนองด้วยแรงสั่นสะเทือนอาจจะไม่มีความเหมาะสมด้วยเช่นกัน ยิ่งไปกว่านั้นการแจ้งและตอบสนองต่างๆเหล่านี้ผู้ใช้อาจไม่มีความเป็นส่วนตัว หมายถึง การแจ้งและตอบสนองด้วยภาพหรือแสงไฟบุคคลรอบข้างผู้ใช้จะมองเห็นการแจ้งเตือนได้ การแจ้งเตือนด้วยเสียงบุคคลรอบข้างผู้ใช้จะได้ยินถึงการแจ้งเตือนได้ ในการแจ้งและตอบสนองด้วยแรงสั่นสะเทือนบุคคลรอบข้างผู้ใช้จะได้ยินหรือรู้สึกถึงการแจ้งและตอบสนองได้ และเนื่องจากการรับรู้ทางการสัมผัส อุณหภูมิสามารถเป็นส่วนติดต่อกับผู้ใช้โดยตรงทางผิวสัมผัส ผู้ใช้สามารถรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้ ด้วยเหตุนี้จึงเป็นแนวทางให้มีการพัฒนาการแจ้งและตอบสนองทางเลือกใหม่ คือการใช้อุณหภูมิเป็นตัวสื่อสารในการแจ้งและตอบสนองระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ คือ การใช้อุณหภูมิร้อนหรือเย็นเป็นสื่อกลางในการสื่อสาร เพราะฉะนั้นจึงได้มีการศึกษาชนิดของอุณหภูมิที่นำมาใช้ในการแจ้งเตือน ไม่ว่าจะเป็นทิศทางของอุณหภูมิ อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความเข้มของอุณหภูมิ และศึกษาปัจจัยต่างๆที่อาจส่งผลกระทบต่อการรับรู้การแจ้งเตือน เพื่อให้สามารถนำการแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิไปประยุกต์ใช้ในวงกว้างได้ [10]

ดังนั้นในวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาผลกระทบจากอุณหภูมิโดยรอบในบริบทสภาพแวดล้อมในเขตร้อน และด้วยลักษณะของคนเขตร้อน ส่วนใหญ่จะต้องเปลี่ยนสภาพแวดล้อมอย่างบ่อยครั้ง เช่นการเปลี่ยนสภาพแวดล้อมจากนอกอาคารไปยังในอาคาร หรือจากในอาคารไปยังนอกอาคาร ทั้งนี้สภาพแวดล้อมโดยรอบในเขตร้อนระหว่างในอาคารและนอกอาคารนี้แตกต่างกันโดยสิ้นเชิง เพราะโดยส่วนใหญ่สภาพแวดล้อมในอาคารจะถูกปรับสภาพอากาศอยู่ที่ประมาณ 25 องศาเซลเซียส แต่สภาพแวดล้อมนอกอาคารในเขตเมืองร้อน (ประเทศไทย) มีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยที่สูงกว่าอุณหภูมิในอาคารที่ถูกปรับสภาพอากาศ เพราะฉะนั้นในวิทยานิพนธ์นี้จึงศึกษาการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ หากผู้ใช้มีการเปลี่ยนสภาพแวดล้อมอย่างฉับพลันด้วย

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อวิจัยและศึกษาหาผลกระทบของปัจจัยสิ่งแวดล้อมและบริบทของผู้ใช้ ต่อการใช้การแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิในประเทศไทย เช่น สภาพอากาศร้อนชื้น และพฤติกรรมการใช้งานของผู้ใช้ในไทย
2. เพื่อวิจัยและวิเคราะห์หาอุณหภูมิที่เหมาะสำหรับแจ้งเตือน เพื่อความเหมาะสมแก่ผู้ใช้และพฤติกรรมการใช้งานอุปกรณ์ในประเทศไทย
3. เพื่อรวบรวมข้อมูลและประยุกต์ใช้การแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิ ต่อการใช้งานเพื่อการเตือนที่เหมาะสมต่อสถานการณ์หรือเหตุการณ์
4. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการรับรู้เมื่อเพิ่มมิติในการแจ้งเตือน

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. งานวิจัยนี้พัฒนาอุปกรณ์การตอบสนองด้วยอุณหภูมิ สำหรับการทดลองใช้งานในสภาพแวดล้อมของประเทศไทย
2. ทำการทดลองในระดับควบคุมซึ่งดำเนินการภายใต้การดูแลของนักวิจัยอย่างใกล้ชิดและสภาพแวดล้อมที่จำลองขึ้น
3. การศึกษาหาผลกระทบของปัจจัยสิ่งแวดล้อมและบริบทของผู้ใช้ต่อการใช้งานการแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิ เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างคนปกติเป็นจำนวน 28 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การศึกษาการใช้งานการตอบสนองด้วยอุณหภูมิร่วมกับมิติอื่นๆให้เหมาะสมในแต่ละสถานการณ์ เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างคนปกติเป็นจำนวน 24 คน
5. กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดต้องเป็นคนสุขภาพปกติ

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย

การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ถือเป็นอีกศาสตร์หนึ่งที่ควรให้ความสำคัญ เพราะปัจจุบันคอมพิวเตอร์มีบทบาทในการดำรงชีวิตมาก ดังนั้นการใช้งานการแจ้งและตอบสนองจึงมีความสำคัญอีกเช่นกัน ทั้งนี้เพื่อการไม่พลาดในการรับรู้การแจ้งและตอบสนอง ในปัจจุบันจึงมีหลากหลายรูปแบบการแจ้งและตอบสนอง (notification and feedback) ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ตัวอย่างเช่น การแจ้งเตือนด้วยภาพหรือแสงไฟ การแจ้งเตือนด้วยเสียง และการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นสะเทือน แต่ในบางสถานการณ์การแจ้งเตือนบางรูปแบบอาจไม่มีความเหมาะสม ดังนั้นจึงมีการประยุกต์ใช้อุณหภูมิมาใช้เป็นอีกหนึ่งรูปแบบการแจ้งเตือนเพราะอุณหภูมิสามารถเป็นส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานได้ และเมื่ออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงผู้ใช้งานสามารถรู้รับถึงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้ นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสามารถเปลี่ยนแปลงได้หลายรูปแบบ ได้แก่อัตราในการเปลี่ยนแปลง ความเข้มของการเปลี่ยนแปลง และทิศทางของการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ด้วยเหตุนี้ในอนาคตหากสามารถประยุกต์อุณหภูมิมาใช้งานเป็นการแจ้งและตอบสนองระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานการแจ้งเตือนได้

1.5 คำถามงานวิจัยของวิทยานิพนธ์

1. การตอบสนองด้วยอุณหภูมิสามารถนำมาประยุกต์กับการใช้งานแก่ผู้ใช้ในเขตร้อนหรือในประเทศไทยหรือไม่
2. พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมของผู้ใช้ในเขตร้อน (การเปลี่ยนสภาพแวดล้อมอย่างฉับพลัน) ส่งผลกระทบต่อการรับรู้การแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิหรือไม่
3. การใช้งานการแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิสามารถใช้ในทุกๆสถานการณ์ หรือใช้ทดแทนการแจ้งเตือนอื่นๆได้หรือไม่
4. การตอบสนองด้วยอุณหภูมิสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานควบคู่กับการตอบสนองการรับรู้อื่นๆ เช่น เสียง หรือการสั่นสะเทือน เป็นต้นได้หรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 การมีส่วนร่วมต่องานวิจัยในสาขาวิชา

1. งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยแรกที่ศึกษาและเผยแพร่การใช้งานการแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิในเขตร้อน
2. งานวิจัยนี้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน และศึกษาประสิทธิที่ภาพในการแจ้งเตือนเมื่อมีมากกว่า 1 มิติ
3. องค์ความรู้สามารถนำไปต่อยอดในการพัฒนาอุปกรณ์ชนิดอื่นๆ เพื่อเพิ่มมิติในการรับรู้ข้อมูลทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและปรับให้เหมาะสมกับการใช้งานในประเทศไทย

1.7 ขั้นตอนของการศึกษา

1. จัดหาอุปกรณ์ เครื่องมือ และพัฒนาซอฟต์แวร์บนตัวอุปกรณ์ตอบสนองด้วยอุณหภูมิสำหรับใช้ในการควบคุมตัวสร้างอุณหภูมิด้วยไฟฟ้า และบันทึกข้อมูลของเซ็นเซอร์ต่างๆ โดยเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนา ได้แก่ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์ และต้นแบบอุปกรณ์การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิที่ถูกออกแบบโดยนักวิจัย
2. สำรวจและรวบรวมฐานความรู้ที่เกี่ยวข้องกับแหล่งต่างๆ
    1. ทบทวนวรรณกรรมของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (literature review) ในสาขา
        1. การรับรู้การสัมผัส
        2. จิตวิทยา
        3. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์
    2. รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนาอุปกรณ์ทางวิศวกรรม จากหนังสือ ตำรา เอกสาร และเว็บไซต์
3. ออกแบบแผนการทดลองและวิจัย โดยอยู่ใต้กรอบของความเห็นชอบ ของคณะกรรมการหลักจริยธรรม
4. ทดสอบและปรับปรุงการทำงานของอุปกรณ์จากการทำการศึกษาแบบทดสอบเบื้องต้น (pilot study)
5. ทำการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างคนปกติ จำนวน 28 คน ภายในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
6. สรุปรายงาน และนำเสนอผลการวิจัยระยะแรกเขียนบทความวิจัยระดับนานาชาติ และสรุปรายงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.8 ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์

[1] *User Experiences and Perceptions of Thermal Feedback in the Tropics*; **K. Janjeng** and T. Leelanupab; in Proceedings of the 20th International Symposium on Artificial Life and Robotics; AROB 2015; Beppu, Japan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่สำคัญซึ่งเกี่ยวข้องกับการพัฒนาการแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิ โดยจุดประสงค์ของเนื้อหาในบทนี้ เพื่ออธิบายประเด็นสำคัญซึ่งจำเป็นในการศึกษาและออกแบบงานวิจัย ซึ่งเนื้อหาแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้ ส่วนแรกอธิบายถึงทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ และส่วนที่สองจะกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

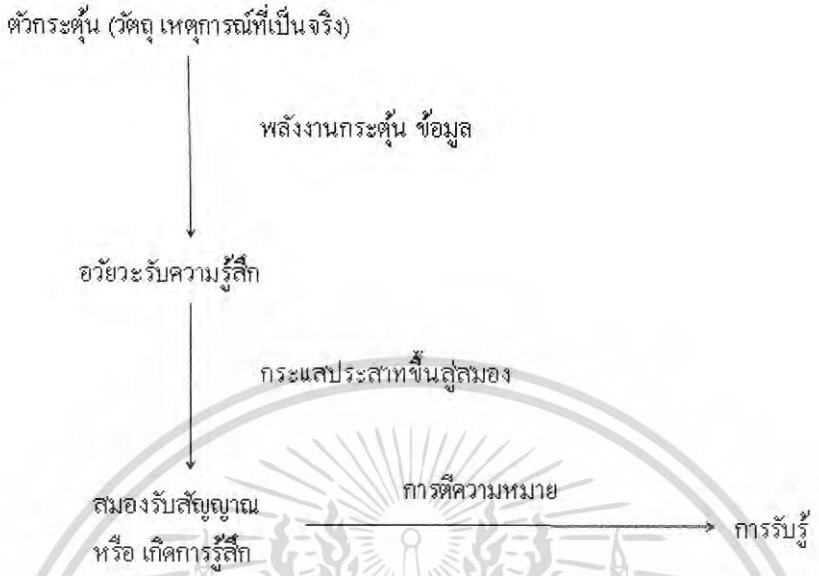
2.1.1 การรับรู้

การรับรู้ หมายถึง การตีความหมายจากกระบวนการที่ได้รับสิ่งกระตุ้นหรือสิ่งเร้า และการมีปฏิกิริยาตอบสนอง ความรู้สึกเป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการรับรู้ เกิดจากตัวกระตุ้นหรือสิ่งเร้าส่งพลังงานการกระตุ้นมายังอวัยวะทางระบบสัมผัส ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น ผิวหนัง เพื่อส่งความรู้สึกจาก การมองเห็น การฟัง การดมกลิ่น การสัมผัสรส และการสัมผัสทางผิวหนัง จากนั้นสมองจะรับสัญญาณความรู้สึกจากอวัยวะและตีความหมายจึงทำให้เกิดการรับรู้ รูปที่ 2.1 แสดงกระบวนการรับรู้ [11][12]

พลังงานจากสิ่งเร้าหรือตัวกระตุ้นส่งมายังอวัยวะทำให้เกิด การได้เห็น การได้ฟัง การได้กลิ่น การรู้รส การรู้สัมผัส ซึ่งการได้เห็นจากตาเป็นอวัยวะที่รับรู้ได้ดีกว่าการรับรู้จากอวัยวะอื่นๆ เนื่องจากตาสามารถมองเห็นรูปทรง ขนาด สี การเคลื่อนที่ ระยะทาง ฯลฯ การได้ยินสามารถรับรู้ระยะทางและการเคลื่อนที่ได้เช่นกัน การได้กลิ่นเป็นระบบรับรู้ที่ยังไม่สามารถวิเคราะห์การตีความหมายของการรับรู้ได้อย่างเด็ดขาด การรับรู้รสจากต่อมรับรู้จะรับสารเคมีจากสิ่งเร้า ทำให้สามารถตีความหมายรสชาติจากสิ่งเร้า ได้ทั้งสิ้น 4 รส ได้แก่ เค็ม หวาน เปรี้ยว และขม การรู้สัมผัสเกิดจากปลายประสาทที่อยู่ใต้ผิวหนังรับพลังงานการกระตุ้นจากสิ่งเร้าส่งไปยังสมองเพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหมายของความรู้สึก ปลายประสาทใต้ผิวหนังสามารถทำให้รู้สึกสัมผัส รู้สึกอุณหภูมิร้อน รู้สึกอุณหภูมิเย็น รู้สึกความเจ็บปวด [11][12][13]



รูปที่ 2.1 กระบวนการรับรู้

2.1.1.1 ทฤษฎีการรับรู้

ทฤษฎีการรับรู้อุณหภูมิ มี 2 ทฤษฎีที่สำคัญ คือ

1) ทฤษฎีประสาทรับความรู้สึกโดยเฉพาะ (Specific receptor theory) มีการเชื่อว่าประสาทรับความรู้สึกเย็นและความรู้สึกร้อนเป็นคนละชนิด เพราะว่าเมื่อมีการกระตุ้นสิ่งเร้าให้แก่ประสาทรับความรู้สึกทั้งสองชนิดได้ผลรับในการตีความหมายที่แตกต่างกัน ระยะเวลาในการรับรู้ความรู้สึกร้อนและเย็นไม่เท่ากัน ความรู้สึกร้อนจะเกิดขึ้นช้ากว่าเย็น เมื่อมีการกระตุ้นสิ่งเร้าเย็นและร้อนจะรู้สึกเย็นไปยังผิวสัมผัส บางผิวสัมผัสรู้สึกร้อนบางผิวสัมผัสรู้สึกเย็น จึงทำให้เกิดแผนผังประสาทรับความรู้สึกร้อนเย็น อย่างไรก็ตามทฤษฎีนี้ยังมีข้อคัดค้าน คือ การรับรู้อุณหภูมิสามารถรู้สึกได้บางบริเวณถึงแม้ว่าบริเวณนั้นจะไม่มีประสาทรับความรู้สึก เช่น สามารถรับความรู้สึกจากการะกระตุ้นที่ขน และสามารถรับรู้ร้อนเย็นได้หากมีการกระตุ้นบริเวณกระจกตา ทั้งๆที่บริเวณนั้นไม่มีประสาทรับความรู้สึก

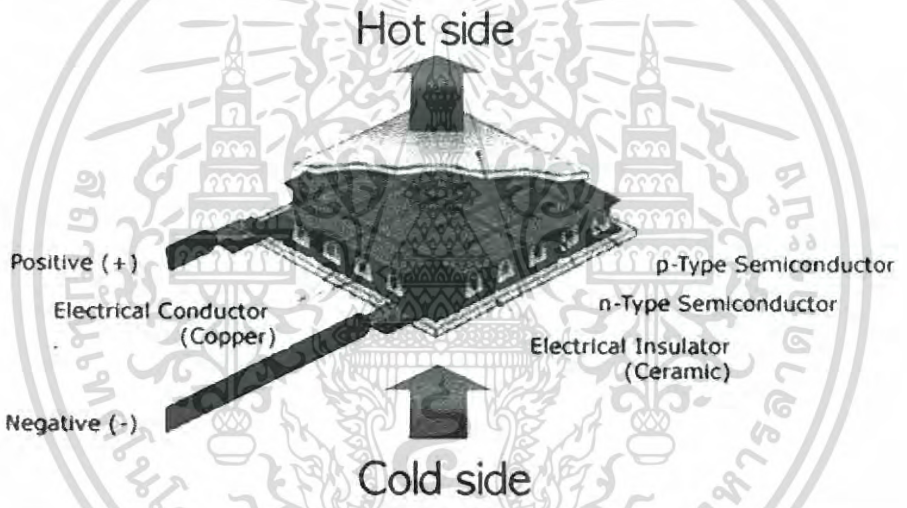
2) ทฤษฎีเส้นโลหิต (Vascular Theory) ทฤษฎีนี้เชื่อว่า การรับรู้อุณหภูมิมีความสัมพันธ์กับระบบประสาทร่วมหลอดเลือด (Neurovascular system) เกิดจากการหดและคลายตัวของกล้ามเนื้อเรียบเมื่อเย็นและร้อนตามลำดับ โดยการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อเรียบนี้จะทำให้เกิดกระแสประสาทที่กล้ามเนื้อทำให้เกิดการรับรู้อุณหภูมิ แต่ทฤษฎีนี้ก็ยังมีข้อคัดค้าน คือ หากห้าม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ให้มีการหดและขยายตัวของกล้ามเนื้อเรียบบริเวณแขนสิ่งเร้าหรืออุณหภูมิที่กระตุ้นมายังคงรับรู้และจากทฤษฎีประสาทรับความรู้สึกโดยเฉพาะที่กล่าวมาข้างต้น ทฤษฎีนี้ไม่สามารถอธิบายประสาทรับความร้อนและเย็นที่แยกกันได้ [14]

2.1.2 ปรากฏการณ์เพลเทียร์เอฟเฟ็กต์

ปรากฏการณ์เพลเทียร์เอฟเฟ็กต์ (Peltier effect) เกิดขึ้นจากนักวิทยาศาสตร์ทดลองนำกระแสไฟฟ้าไหลผ่านโลหะสองชนิด (บิสมัท (Bi) และเทลลูเรียม (Te)) หรือเรียกอีกอย่างว่าสารกึ่งตัวนำชนิด พี-เอ็น (P-N type) ที่เชื่อมต่อกัน เมื่อกระแสไหลผ่านสารกึ่งตัวนำดังกล่าวจะส่งผลให้ด้านหนึ่งจะปล่อยความร้อนและอีกด้านหนึ่งจะปล่อยความเย็น เนื่องจากการเคลื่อนที่ของกลุ่มอิเล็กตรอนทำให้ด้านหนึ่งจะปล่อยความร้อนและอีกด้านหนึ่งจะดูดกลืนความร้อนดังรูปที่ 2.2 แสดงลักษณะของแผ่นร้อนเย็น (Peltier) [15]



รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะของแผ่นร้อนเย็น

2.1.3 บอร์ดโยโย่

ด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีสมาร์ตโฟนในปัจจุบัน นักพัฒนาทางด้านอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์จึงคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ให้มีการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และสมาร์ตโฟนเพื่อให้สามารถพัฒนาทำให้เกิดนวัตกรรมใหม่ๆได้ ดังนั้น จึงมีการคิดค้นไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด หรือ บอร์ดโยโย่นี้ขึ้นมา

บอร์ดโยโย่ (IOIO Broad) คือไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ดเบอร์ PIC24FJ128DA หรือ PIC24FJ256DA ที่มีการพัฒนาโดยการบรรจุเฟิร์มแวร์สำหรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยพอร์ตยูเอสบี (Universal Serial Bus, USB) ซึ่งทำให้ไม่จำเป็นต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เขียนโปรแกรมสำหรับตัวบอร์ดโยโย่ เขียนโปรแกรมเพียงสำหรับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยคุณสมบัติของบอร์ดโยโย่นี้มีขาอินพุตเอาต์พุต 48 ขา มีทั้งการสื่อสารแบบ อนาลอก (Analog), พีดับเบิลยูเอ็ม (Pulse Width Modulation, PWM), อนุกรมยูอาร์ท (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter, UART) และบัสไอสแควร์ซี (I^2C) มีวงจรควบคุมด้วยไฟเลี้ยง ทั้ง +5 โวลต์ และ +3.3 โวลต์ และสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้า 500 มิลลิแอมแปร์ ถึง 1 แอมแปร์ [16]

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 การรับรู้ทางอุณหภูมิของมนุษย์

การใช้อุณหภูมิในการสื่อสารต่อการรับรู้และสัมผัสของมนุษย์ถูกนำเสนอในงานวิจัย [17] ว่าอุณหภูมิโดยปกติบริเวณผิวสัมผัสของมนุษย์มีช่วงอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 28-40 องศาเซลเซียส การรู้สึกถึงสิ่งเร้าหรือสิ่งกระตุ้นร้อนหรือเย็นก็ต่อเมื่ออุณหภูมินั้นต่ำกว่า (เย็น) หรือสูงกว่า (อุ่น/ร้อน) ช่วงอุณหภูมิโดยปกติของมนุษย์ [18][19] การรับรู้อุณหภูมิของมนุษย์นั้นขึ้นอยู่กับจำนวนอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป (thermal threshold) และอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (rate of thermal change) ซึ่งจะไปกระตุ้นการรับรู้ของมนุษย์ให้รู้สึกการเปลี่ยนไปของอุณหภูมิได้

นอกจากนี้การศึกษาในด้านปัจจัยที่มีผลต่อการรับรู้อุณหภูมิในงานวิจัย [20] สรุปว่าอุณหภูมิโดยรอบมีผลกระทบต่ออุณหภูมิของร่างกาย โดยได้ทำการทดลองในช่วงอุณหภูมิ 5-25 องศาเซลเซียส และปัจจัยจากอุณหภูมิของบริเวณผิวสัมผัสกับอุปกรณ์การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ และในงานวิจัย [21] นำเสนอว่าปัจจัยจากอุณหภูมิของบริเวณผิวสัมผัสกับอุปกรณ์การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ และอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิร่างกาย มีผลกระทบต่อการรับรู้

การศึกษาการรับรู้อุณหภูมิในงานวิจัย [22] ศึกษาพลังงานอุณหภูมิร้อนและเย็นที่น้อยที่สุดที่สามารถทำให้มนุษย์รับรู้ได้ ผลสรุปว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิร้อนมีผลกระทบต่อการรับรู้มากกว่าอุณหภูมิเย็น กล่าวคือ การรับรู้อุณหภูมิเย็นสามารถรับรู้ได้รวดเร็วกว่าอุณหภูมิร้อน เช่นเดียวกันกับในงานวิจัย [23] ที่สนับสนุนว่าการรับรู้ความรู้สึกอุณหภูมิเย็นสามารถรับรู้ได้ดีกว่าอุณหภูมิร้อนการศึกษาการรับรู้ในแต่ละบริเวณผิวหนังในงานวิจัย [24] นำเสนอการรับรู้ที่บริเวณ อุ้งมือ ฝ่ามือ ข้อมือ และฝ่าเท้า ผลของการศึกษาแสดงว่าบริเวณอุ้งมือเป็นบริเวณที่ไวต่อการกระตุ้นมากกว่าบริเวณฝ่ามือ และฝ่าเท้า โดยที่บริเวณอุ้งมือจะสามารถรู้สึกได้ไวต่ออุณหภูมิความร้อน แต่ในส่วนของอุณหภูมิเย็นนั้นมีความรู้สึกรับรู้ที่เท่ากันกับบริเวณฝ่ามือ และความสามารถในการบ่งบอกชนิดของการกระตุ้นด้วยอุณหภูมิถูกนำมาศึกษาในงานวิจัย [25] การเปรียบเทียบการรับรู้ระหว่างการแจ้งเตือนด้วยภาพกับการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิในขณะเล่นเกมถูกนำมาทดลองในงานวิจัย [26] โดยผลสรุปออกมาว่าการแจ้งเตือนด้วยภาพเรียกร้องหรือได้รับความสนใจจากผู้ใช้งานได้ดีกว่าการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ อย่างไรก็ตามการแจ้งเตือนด้วยภาพให้ความรู้สึกที่รบกวน ในขณะที่การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิให้ความรู้สึกที่ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ผลทางจิตวิทยาต่อการรับรู้ด้านอุณหภูมิ

จิตวิทยาการรับรู้อุณหภูมิในงานวิจัย [27] ทดลองการรับรู้อุณหภูมิบริเวณนิ้วมือ โดยทดลองบน 3 นิ้วมือ ใช้แผ่นร้อนเย็นกระตุ้นหรือปล่อยอุณหภูมิ 3 แผ่น โดยผลสรุปว่า หากปล่อยอุณหภูมิร้อน (หรือเย็น) ไปยังนิ้วมือ 2 นิ้วด้านข้าง นิ้วมือที่อยู่ตรงกลางจะรู้สึกถึงอุณหภูมินั้นด้วย และหากปล่อยอุณหภูมิที่เหมือนกันไปยังทั้ง 3 นิ้ว นิ้วมือที่อยู่ตรงกลางจะรู้สึกถึงอุณหภูมินั้นมากกว่านิ้วมือด้านข้างทั้งสอง แต่หากปล่อยอุณหภูมิที่ไม่เหมือนกันระหว่างนิ้วมือตรงกลางกับ 2 นิ้วมือด้านข้าง การรับรู้ถึงอุณหภูมิจะรู้สึกได้จากนิ้วมือด้านข้างแทน เพราะฉะนั้นหากอุณหภูมิโดยรอบมีค่ามาก หรือในขณะที่มีการเดินเกิดขึ้น อาจทำให้อุณหภูมิร่างกายสูงขึ้นจะทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิร่างกายกับอุณหภูมิความร้อนที่กระตุ้นภายนอกแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย แต่หากเป็นอุณหภูมิความเย็นจะมีความแตกต่างกันมาก การตีความหมายจากความรู้สึกขณะรับรู้อุณหภูมิ เมื่อมนุษย์รับรู้ถึงอุณหภูมิความร้อนจะรู้สึกถึงความเอาใจใส่ ความเชื่อใจ จะรับรู้ว่าเป็นความรู้สึกที่ดี และได้มีการทดลองโดยการให้จับสิ่งของร้อน เช่น แก้วหรือแผ่นความร้อนช่วยบำบัดผู้เข้าร่วมการทดลอง (ผู้รับ) ก็กล่าวเช่นกันว่า รู้สึกถึงความเอาใจใส่จากผู้ส่งข้อมูล [28]

2.2.3 การแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิในการปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์กับมนุษย์

การแจ้งเตือนและการตอบสนองด้วยอุณหภูมิถือว่าเป็นงานวิจัยใหม่ในแขนงการปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์กับมนุษย์ โดยช่วงแรกศึกษาการนำการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิไปใช้ประโยชน์ และในปัจจุบันมีหลายงานวิจัย [10][29][30][31][32] ที่มีการศึกษาในเรื่อง อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการแจ้งเตือน บริเวณของร่างกายที่เหมาะสมสำหรับการแจ้งเตือน และอิทธิพลหรือปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบกับการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ ไม่ว่าจะเป็นการเคลื่อนไหว ลักษณะของเนื้อผ้า หรือ สภาพแวดล้อมโดยรอบ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัย [33] ศึกษาการประยุกต์ใช้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนด้วยมิติอื่นๆ คือการแจ้งเตือนด้วยเสียง และการแจ้งเตือนด้วยระบบสั่น โดยผู้วิจัยจะแบ่งการศึกษาการแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิในการปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์กับมนุษย์ออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) งานวิจัยด้านของการนำอุณหภูมิใช้ประโยชน์อย่างไรในชีวิตประจำวัน 2) งานวิจัยด้านความเหมาะสมของอุณหภูมิที่ใช้ในการแจ้งเตือน และ 3) งานวิจัยด้านอิทธิพลที่มีผลต่อการใช้งานการแจ้งเตือน

2.2.3.1 งานวิจัยด้านของการนำอุณหภูมิใช้ประโยชน์อย่างไรในชีวิตประจำวัน

งานวิจัยในช่วงแรกของการแจ้งเตือนและตอบสนองด้วยอุณหภูมิ ศึกษาในด้านของการนำอุณหภูมิใช้ประโยชน์อย่างไรในชีวิตประจำวัน ประโยชน์จากการนำอุณหภูมิใช้ในการสื่อสารทางอารมณ์ได้มีการทำวิจัยโดย Nakashige et al. [34] นำเสนอการพัฒนาสื่อกับอุณหภูมิ มีเป้าหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มุ่งเน้นความสอดคล้องกันของความหมายจากรูปภาพและความรู้สึกของอุณหภูมิ โดยการพัฒนาให้เม้าส์สามารถปล่อยอุณหภูมิได้เพื่อทดสอบว่าสามารถใช้อุณหภูมิเป็นสิ่งกระตุ้นในการบอกความหมายได้หรือไม่ การทดลองมีทั้งสิ้น 3 การทดลอง คือ เมื่อรู้สึกถึงอุณหภูมิร้อนหรือเย็นจากการจับเม้าส์แล้วให้นำเม้าส์ไปชี้ยังบริเวณในรูปภาพให้ตรงกับความรู้สึก เช่นหากรู้สึกเย็นจะต้องนำเม้าส์ไปชี้บนรูปหิมะ หรือหากรู้สึกร้อนจะนำเม้าส์ไปชี้บนรูปปล่องไฟ การทดลองที่สองคือ การหาสิ่งของที่ซ่อนอยู่ภายในรูปภาพ หากเข้าใกล้สิ่งของที่ซ่อนอยู่ความเข้มของอุณหภูมิจะเพิ่มมากขึ้น และการทดลองที่สามคือ การจับคู่อุณหภูมิต่างๆให้เข้ากับรูปอาหาร เช่น พิซซ่าจะคู่กับอุณหภูมิร้อน และน้ำส้มคู่กับอุณหภูมิเย็น ผลสรุปจากการทดลองแสดงให้เห็นว่านอกจากจะสามารถทำการส่งข้อมูลโดยใช้อุณหภูมิได้ และยังสามารถทำให้เห็นถึงการจินตนาการของผู้ใช้จากอุณหภูมิได้อีกด้วย ในงานวิจัย [35] ศึกษาการรับรู้อุณหภูมิโดยนำอุปกรณ์ปล่อยอุณหภูมิร้อน/เย็น ในที่ปิดหูกันหนาว โดยมีอุณหภูมิ 5 ระดับ คือ ร้อนมาก ร้อน เย็นมาก เย็น และอุณหภูมิกลาง ในการทดลองนี้ผู้ทดลองจะต้องเดินในอาคารโล่งกว้าง โดยในแต่ละบริเวณพื้นที่โล่งกว้างจะมีการกำหนดประเภทของอุณหภูมิที่ปล่อยไว้แล้ว ผลปรากฏว่าผู้ทดลองอยู่ในบริเวณที่มีความอบอุ่นมากกว่า เพราะว่าช่วงฤดูการทดลองคือฤดูหนาว อย่างไรก็ตามสามารถบ่งบอกได้ว่าสามารถนำการแจ้งเตือนและตอบสนองด้วยอุณหภูมิไปใช้ประโยชน์ได้

งานวิจัยของ Fujita และ Nishimoto [36] ได้ทำการศึกษาการแจ้งเตือนและตอบสนองอุณหภูมิ โดยมีการรับส่งกันเพื่อเข้าใจถึงสภาพแวดล้อมของผู้อื่น และสามารถใช้อุณหภูมิเป็นสื่อช่วยทำให้อารมณ์ของคนนั้นดีขึ้น การศึกษานี้ได้พัฒนาอุปกรณ์ที่สามารถรับอุณหภูมิโดยรอบด้วยเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ และส่งหรือปล่อยอุณหภูมิด้วยแผ่นร้อน/เย็น การทดลองทำโดยการสำรวจและเก็บอุณหภูมิโดยรอบของบุคคลหนึ่งและส่งไปยังอีกบุคคลหนึ่ง เช่น ผู้เข้าร่วมการทดลองคนที่ 1 มีสภาพแวดล้อมโดยรอบที่หนาวมาก ผู้ทดลองคนที่ 2 จะรับรู้ถึงสภาพอากาศของคนที่ 1 จากแผ่นปล่อยอุณหภูมิ ดังนั้นผู้ทดลองคนที่ 2 จึงส่งอุณหภูมิความร้อนไปยังผู้ทดลองคนที่ 1 เพื่อให้รู้สึกดีขึ้น เปรียบเสมือนเป็นการปลอบ ดังเช่น การพูดคุย หรือการพิมพ์ข้อความ Leeและ Lim [37] ได้ทำการศึกษาการใช้อุณหภูมิที่หลากหลายในการแจ้งจุดประสงค์จากผู้ส่งไปถึงผู้รับ การระบุความหมายของผู้รับค่าการกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ และการแสดงออกด้วยอุณหภูมิสามารถใช้ในการสื่อสารใดได้บ้าง โดยได้ทำการทดลองกับกลุ่มบุคคลที่มีความสัมพันธ์กันมาก (เครือญาติ) และกลุ่มบุคคลที่มีความสัมพันธ์กันน้อย (เพื่อนร่วมงาน) โดยการให้ผู้เข้าร่วมการทดลอง ทดลองใช้อุปกรณ์ปล่อยอุณหภูมิ (อุปกรณ์ต้นแบบ) จากนั้นสัมภาษณ์ผู้ใช้งานอุปกรณ์ ผลที่ได้จากการสัมภาษณ์ถูกแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ 1) ลักษณะของการแสดงด้วยอุณหภูมิ หมายถึง หากอุณหภูมิเย็นจะแสดงถึงความเป็นลบและหากอุณหภูมิร้อนจะแสดงถึงความเป็นบวก 2) ประเภทการนำไปใช้งาน สามารถนำไปใช้เช่น การแจ้งเตือน, การแสดงอารมณ์ และการหยอกล้อ และ 3) ประสิทธิภาพหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ของการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ คือ มีความเป็นส่วนตัว บุคคลรอบข้างไม่สามารถรับรู้ถึงการแจ้งเตือนได้

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่คล้ายกันในงานวิจัย [38] มีวัตถุประสงค์ในการทำงานวิจัยคือการศึกษาประสบการณ์ ความคาดหวังและแนวคิดของการใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิที่ใช้ในการสื่อสารซึ่งได้ทำการสัมภาษณ์ผู้เข้าร่วมทดลองจากการใช้การแจ้งเตือนและตอบสนองด้วยอุณหภูมิและการใช้การแจ้งเตือนและตอบสนองด้วยแรงสั่นสะเทือน โดยให้ผู้เข้าร่วมการทดลองระบุความหมายหรือความรู้สึกด้านอารมณ์ของแต่ละชนิดของการกระตุ้นเพื่อนำไปใช้ในสถานการณ์ต่างๆในชีวิตประจำวัน เริ่มจากให้ผู้เข้าร่วมทดลองใช้การแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นสะเทือนและการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิก่อน หลังจากนั้นสัมภาษณ์ผู้เข้าร่วมการทดลองถึงเหตุการณ์จำลองที่จะสามารถนำการแจ้งเตือนเหล่านี้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ โดยผลการทดลอง แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ 1) ผลจากประสบการณ์ใช้งาน สรุปได้ว่าความเย็นให้ความรู้สึกที่ดีกว่าความร้อนและในขณะที่ได้รับอุณหภูมิจะรับรู้ถึงความเข้มจึงทำให้ไม่ค่อยพึงพอใจ แต่หลังจากที่ความเข้มของอุณหภูมิได้ลดลง จะทำให้รู้สึกดี 2) เหตการณ์หรือสถานการณ์ที่สามารถนำการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิไปใช้งานได้ในชีวิตประจำวัน และ 3) ผลความคาดหวังในการนำการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิไปใช้ คือ คาดว่าสามารถใช้เป็นทางเลือกใหม่ในการแจ้งเตือนและเพิ่มมิติในการรับรู้ได้

การประยุกต์ใช้อุณหภูมิมานำเสนอเพื่อสื่อไปถึงความหมายในการรับรู้ ในงานวิจัย [39] นำเสนอการทดลองในการแยกแยะอุณหภูมิในแต่ละชนิด (ความเข้มของอุณหภูมิ) เพื่อสามารถสื่อความหมายให้ตรงกับชนิดของผ้าได้ และในงานวิจัย [40] ศึกษาอุณหภูมิที่สามารถเป็นได้ทั้งตัวรับและตัวส่งความหมาย โดยทดลองนำน้ำที่มีอุณหภูมิร้อนและเย็นนำมาวาดภาพสื่อ และภาพเหล่านั้นสามารถสื่อความหมายทางด้านอุณหภูมิได้ด้วย

2.2.3.2 งานวิจัยด้านความเหมาะสมของอุณหภูมิที่ใช้ในการแจ้งเตือน

การใช้การแจ้งเตือนและตอบสนองด้วยอุณหภูมิ ในด้านของความเหมาะสมของอุณหภูมิสำหรับการแจ้งเตือน ถือว่าเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญในการศึกษา เพื่อให้การแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิใช้งานได้มีประสิทธิภาพ โดยตัวแปรอิสระที่คำนึงถึง คือ ความเข้มของอุณหภูมิ อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และทิศทางของอุณหภูมิ ส่วนตัวแปรไม่อิสระ คือ ค่าการรับรู้การแจ้งเตือน ระยะเวลาการรับรู้การแจ้งเตือน และความรู้สึกพอใจหรือสบายใจ

1) ความเข้มของอุณหภูมิที่เหมาะในการแจ้งเตือน: ซึ่งความเข้มของอุณหภูมินี้หมายถึง อุณหภูมิที่ใช้สำหรับการแจ้งเตือนมีความต่างมากน้อยเพียงใดจากอุณหภูมิกลางหรืออุณหภูมิของผิวมนุษย์ Wettach et al. [41] ทำการทดลองโดยให้ผู้เข้าร่วมการทดลองเรียนรู้ความแตกต่างของแต่ละอุณหภูมิร้อน ซึ่งมี 5 ระดับ จากนั้นทดลองความสามารถในการแยกแยะระดับของอุณหภูมิ โดยช่วงเริ่มต้นของการทดลอง ในการทดลองแรกทดสอบการแยกแยะอุณหภูมิเพียง 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับก่อน คือ 32, 37 และ 42 องศาเซลเซียส ผลสรุปออกมาว่าความแม่นยำในการแยกอุณหภูมิที่มี 3 ระดับ อยู่ที่ 75 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นจึงทดลองโดยให้ผู้เข้าร่วมการทดลองเรียนรู้ความแตกต่างของแต่ละอุณหภูมิ มีทั้งสิ้น 5 ระดับ ก่อนเป็นเวลา 10 วัน โดยได้ผลสรุปว่ามีความแม่นยำถึง 75 เปอร์เซ็นต์ เช่นกัน และสุดท้ายได้จำลองสถานการณ์ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองทำการหาสถานที่ ซึ่งหากเข้าใกล้สถานที่เป้าหมาย อุณหภูมิความร้อนจะมีความเข้มมากขึ้น ในทางกลับกันหากอยู่ห่างจากสถานที่เป้าหมาย อุณหภูมิจะลดลง แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเพียงอุณหภูมิความร้อนเท่านั้น และในงานวิจัย [10][29] มีทั้งสิ้น 6 ค่า คือ ความเข้มของอุณหภูมิที่มากหรือน้อยกว่าอุณหภูมิกลาง (32 องศาเซลเซียส) 1 องศาเซลเซียส 3 องศาเซลเซียส และ 6 องศาเซลเซียส โดยผลที่ได้จากการทดลอง แสดงให้เห็นว่า ความเข้มของอุณหภูมิที่มากกว่าหรือน้อยกว่าอุณหภูมิกลาง 1 องศาเซลเซียส เปลี่ยนแปลงน้อยมากและค่าของการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิดังกล่าวมีค่าที่น้อยมาก ในงานวิจัย [30][31] จึงไม่นำอุณหภูมินี้มาพิจารณาในการทดลอง

2) อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่เหมาะสมในการแจ้งเตือน: ในงานวิจัย [22] ก่อนหน้านี้นำเสนอว่า 1 องศาเซลเซียสต่อวินาที ก็เพียงพอสำหรับการแจ้งเตือนและตอบสนองแล้ว และอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มีค่าน้อย มีผลกระทบกับระดับที่รู้สึกถึงอุณหภูมิร้อนมากกว่าระดับที่รู้สึกถึงอุณหภูมิเย็นในงานวิจัย [10][29] ได้มีการทดลองการรับรู้การแจ้งเตือนด้วย 2 อัตราที่ใช้ในการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ คือ 1 องศาต่อวินาที และ 3 องศาต่อวินาที โดยค่าการกระตุ้นที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลง 1 องศาต่อวินาที มีระยะเวลาการรับรู้ที่ช้ากว่า แต่ความรู้สึกพอใจหรือสบายใจที่มากกว่า ส่วนอัตราการเปลี่ยนแปลง 3 องศาต่อวินาที มีระยะเวลาการรับรู้ที่เร็วกว่า แต่ความรู้สึกพอใจหรือสบายใจมีค่าน้อยกว่า

3) ทิศทางของอุณหภูมิ: มีทั้งสิ้น 2 ทิศทาง คืออุณหภูมิร้อน และอุณหภูมิเย็น ในผลการศึกษา [28] ได้นำเสนอว่า อุณหภูมิเย็นมีค่าการรับรู้ที่มากกว่า ระยะเวลาการรับรู้ที่เร็วกว่า และความรู้สึกพอใจหรือสบายใจ มากกว่าอุณหภูมิร้อน

4) บริเวณร่างกายที่เหมาะสมสำหรับการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ: จากปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการรับรู้ความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ บริเวณส่วนต่างๆของร่างกายมีการรับรู้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน จึงทำให้มีการศึกษาการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิของบริเวณร่างกายที่ต่างกัน ในการทดลอง [10] ได้ทำการศึกษาการรับรู้ค่าการกระตุ้นบริเวณอุ้งมือ นิ้วมือ หลังมือ และต้นแขน จากการทดลองสรุปว่า บริเวณอุ้งมือมีการรับรู้ที่ดีที่สุด ส่วนบริเวณข้อมือและต้นแขน ถึงแม้การรับรู้จะน้อยกว่าและช้ากว่าบริเวณอุ้งมือ แต่ยังมีประสิทธิภาพที่สามารถรับรู้การกระตุ้นด้วยอุณหภูมิได้ ส่วนบริเวณนิ้วมือมีการรับรู้ที่น้อยและช้าที่น้อยที่สุด โดยการพิจารณาการรับรู้การกระตุ้น พิจารณาจาก ค่าการรับรู้การกระตุ้น เวลาการรับรู้การกระตุ้น ความพอใจและความสบายใจต่อการรับรู้การกระตุ้นรวมทั้งงานในวิจัย [29] ได้ศึกษาการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิในบริบทภายนอกอาคาร โดยศึกษาบริเวณอุ้งมือ และข้อมือนอกจากนี้ในการทดลอง [31] พิจารณาในด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานอุปกรณ์ในชีวิตประจำวันและให้ความสำคัญจากผลในงานวิจัย [29] โดยเลือกบริเวณอุ้งมือเพื่อศึกษาการรับรู้ค่าการกระตุ้น ซึ่งเปรียบเสมือนการใช้งานขณะถืออุปกรณ์สื่อสารแบบเคลื่อนที่ ณ บริบทที่ต่างออกไป เพื่อสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ นอกจากนี้ Iwasaki et al. [42] ก็ศึกษาการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิที่บริเวณอุ้งมือด้วยเช่นกัน โดยนำแผ่นร้อนเย็นติดไว้ด้านหลังของโทรศัพท์เคลื่อนที่ แต่ผลสรุปเสนอเพียงว่าการใช้อุณหภูมิแจ้งเตือนและตอบสนองอาจจะมีประสิทธิภาพมากกว่าการพูดหรือการแสดง โดยไม่มีสรุปและผลการทดลองอย่างแน่ชัด

2.2.3.3 งานวิจัยด้านอิทธิพลที่มีผลต่อการใช้งานการแจ้งเตือน

การศึกษาอิทธิพลที่มีผลต่อการแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิ เป็นงานวิจัยแขนงใหม่เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การศึกษาอิทธิพลต่างๆจึงถือว่าเป็นสิ่งสำคัญ

1) ด้านการเคลื่อนไหว: ในงานวิจัย [10][43] ศึกษาถึงผลกระทบจากการเคลื่อนไหวขณะใช้งานอุปกรณ์การแจ้งเตือน โดยมีการทดลองขณะอยู่นิ่งและการทดลองขณะเคลื่อนที่ ผลแสดงออกมาให้เห็นว่า การเคลื่อนไหวขณะใช้อุปกรณ์แจ้งเตือนมีผลกระทบต่อการรับรู้การแจ้งเตือน อย่างไรก็ตามในงานวิจัย [31] ศึกษาปัจจัยด้านการเคลื่อนที่ที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อการใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ แต่จากผลงานวิจัยนี้นำเสนอว่าการเคลื่อนที่ไม่มีผลกระทบต่อการรับรู้

2) ลักษณะของเสื้อผ้า: จากงานวิจัย [32] ทดลองลักษณะของผ้าว่ามีผลกระทบกับการใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ (Thermal Feedback) อย่างไรผู้วิจัยทำการทดลองที่บริเวณ อุ้งมือ ต้นขา และเอว โดยบริเวณอุ้งมือไม่มีผ้าปกคลุมเพื่อจำลองจากลักษณะของผู้ใช้ในขณะถือโทรศัพท์เคลื่อนที่ บริเวณต้นขาได้ทำการทดลองกับผ้าคอตตอน (Cotton) โดยผ้าจะอยู่ระหว่างผิวหนังและเครื่องปล่อยการกระตุ้นหรืออุณหภูมิเพื่อจำลองลักษณะของผู้ใช้เมื่อนำโทรศัพท์ใส่ในกระเป๋ากางเกง และบริเวณเอวจะทดลองกับผ้าไนลอน (Nylon) เพื่อจำลองจากลักษณะของผู้ใช้เมื่อนำโทรศัพท์เคลื่อนที่ติดที่บริเวณหูเข็มขัดโดยวิธีการทดลองได้ทำ เหมือนกันกับการทดลองของ Wilson et al. [10] จากผลการทดลองสรุปได้ว่าบริเวณที่ไม่มีผ้าปกคลุมจะสามารถรับรู้ได้ดีที่สุด และบริเวณเอวที่มีผ้าไนลอนปกคลุมรับรู้ได้ ดีกว่าบริเวณต้นขาที่มีผ้าคอตตอนปกคลุม

3) สภาพแวดล้อมโดยรอบ: การศึกษาในงานวิจัย [29] ได้ทำการวิจัยอุณหภูมิและความชื้นโดยรอบว่ามีผลกระทบกับการใช้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิหรือไม่ โดยทำการทดลองนอกอาคาร บริเวณในสวน และบริเวณทางเข้าอาคาร ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ช่วงอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสถึง 20 องศาเซลเซียสเป็นช่วงที่มีค่าการรับรู้ที่ดีที่สุด และในช่วงที่มีความชื้นน้อยๆ และมากๆ การรับรู้ ความรู้สึกจะไม่ค่อยดีนัก ผลการทดลองสรุปได้ว่าอุณหภูมิและความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มี ผลกระทบต่อการรับรู้ ระยะเวลาที่สามารถรับรู้ ความสบายของการรับรู้ แต่ไม่มีผลกระทบต่อค่าของอุณหภูมิที่ปล่อยออกมา

4) พฤติกรรมการเรียนรู้การใช้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ: ในงานวิจัย [29] ได้ศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ โดยแบ่งผู้ทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ทำการทดลองเพียง 1 ครั้ง และกลุ่มที่ทำการทดลองทุกๆเดือนเป็นเวลา 5 เดือน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า พฤติกรรมการเรียนรู้การใช้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิไม่มีผลกระทบทางด้านค่าการรับรู้ แต่มีผลกระทบต่อระยะเวลาในการรับรู้ คือมีระยะเวลาที่เร็วขึ้น

ดังนั้นจากผลงานวิจัยก่อนหน้านี้ทำให้ได้สมมุติฐานได้ว่า การตอบสนองด้วยอุณหภูมิสามารถนำมา ใช้งานในการปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์กับมนุษย์ และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการเตือนได้ อย่างไรก็ตามงานวิจัยก่อนหน้านี้ยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้งานการตอบสนองด้วยอุณหภูมิในประเทศไทย ซึ่งอาจมีผลกระทบจาก สภาพแวดล้อมซึ่งแตกต่างกัน เช่น อุณหภูมิเฉลี่ยและค่าความชื้นที่สูงกว่า และลักษณะพฤติกรรมการใช้งานของผู้ใช้ที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่ 3
การศึกษาหาผลกระทบของปัจจัยสิ่งแวดล้อมและบริบทของผู้ใช้ต่อการแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิในประเทศไทย

การใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิถือเป็นการแจ้งและตอบสนองทางเลือกใหม่ ซึ่งยังคงอยู่ในช่วงการศึกษาพัฒนาและยังไม่ได้นำไปใช้กันอย่างแพร่หลาย ดังนั้นก่อนที่จะเป็นที่ยอมรับในการใช้งานและสามารถนำไปใช้งานได้อย่างแพร่หลายจึงควรต้องมีการศึกษาการใช้งาน รวมถึงศึกษาผลกระทบที่อาจส่งผลต่อการใช้งาน งานวิจัยนี้จึงศึกษาผลกระทบจากสภาพแวดล้อม คือ อุณหภูมิและความชื้นโดยรอบในเขตร้อน และศึกษาผลกระทบจากพฤติกรรมการการใช้งาน คือ ความบ่อยครั้งในการใช้งาน รวมไปถึงศึกษาพฤติกรรมของคนในเขตร้อนที่จะมีการเปลี่ยนสภาพแวดล้อมจากร้อนไปเย็น หรือเย็นไปร้อนว่ามีผลกระทบต่อการใช้งานการแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิหรือไม่

ในบทนี้ผู้วิจัยจะอธิบายขั้นตอนการศึกษาผลกระทบของปัจจัยสิ่งแวดล้อมและบริบทของผู้ใช้ต่อการใช้งานการแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิในประเทศไทยโดยเริ่มจากการพัฒนาเครื่องมือและอุปกรณ์การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิที่ใช้สำหรับการทดลอง จากนั้นจะกล่าวถึงสมมุติฐานของงานวิจัย วิธีการดำเนินงานวิจัย ซึ่งประกอบไปด้วย รูปแบบของการกระตุ้นประชากรกลุ่มตัวอย่าง ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย ระเบียบวิธีการทดลอง การวิเคราะห์ผลข้อมูล และในส่วนสุดท้ายจะกล่าวถึงผลการทดลองและการอภิปรายผลการทดลอง

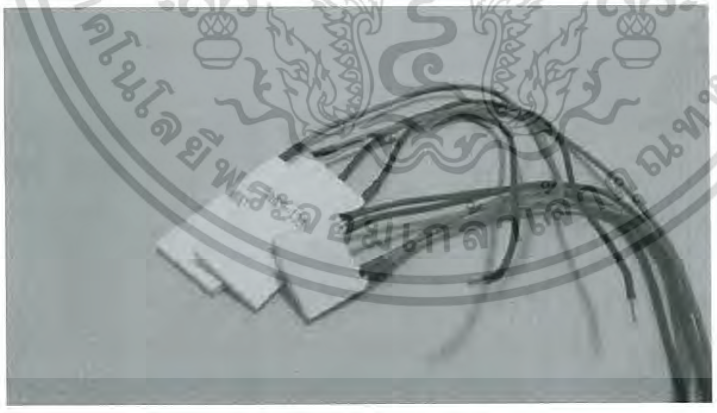
3.1 การพัฒนาเครื่องมือและอุปกรณ์

ก่อนที่จะทำการศึกษาการใช้งานการแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิ ผู้วิจัยจะต้องมีการพัฒนาอุปกรณ์ให้สามารถปล่อยอุณหภูมิเพื่อนำมาทดลองในการรับรู้การใช้งาน โดยการศึกษาลักษณะอุปกรณ์บอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์เพื่อพัฒนาให้สามารถควบคุมในการปล่อยอุณหภูมิด้วยการเชื่อมต่อกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบปฏิบัติการแอนดรอย (Android) ผ่านเทคโนโลยีระบบไร้สายบลูทูธ (Bluetooth) ด้วยบลูทูธดองเกิล (Bluetooth Dongle) และศึกษาลักษณะของอุปกรณ์แผ่นร้อน/เย็น (Peltier) รวมไปถึงการศึกษาลักษณะของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิในหัวข้อนี้ผู้วิจัยจึงทำการรวบรวมและอธิบายการพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ และการพัฒนาเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ รวมไปถึงการสวมใส่อุปกรณ์ให้มีความเหมาะสมและสะดวกต่อการทำการทดลอง และการพัฒนาซอฟแวร์เพื่อสั่งการแจ้งเตือนและเก็บข้อมูลการรับรู้ในการทำการทดลอง ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
143966

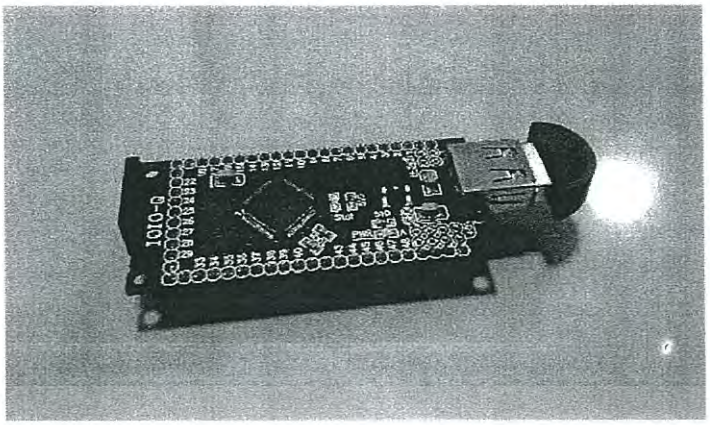
3.1.1 พัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ

พัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ ให้สามารถกำเนิดอุณหภูมิด้วยไฟฟ้า (Thermoelectric heat pump หรือ Peltier cooler/heater) จากทฤษฎีเพลเทียร์เอฟเฟ็กต์จึงประยุกต์นำแผ่นร้อนเย็น (Peltier cooler/heater) (รูปที่ 3.1) ต่อเข้ากับชุดแผงวงจรโยโย่บอร์ด (IOIO Board) (รูปที่ 3.2) เข้าขาเอาต์พุตพีดับเบิลยูเอ็ม (PWM) ของชุดแผงวงจรบอร์ดโยโย่ (รูปที่ 3.3) โดยวงจรการทำงานของตัวกำเนิดอุณหภูมิด้วยไฟฟ้ากับชุดแผงวงจรบอร์ดโยโย่ ประกอบด้วย มอสเฟต (TRF3710), ออฟโต้ (LH1056), หลอดไฟแอลอีดี (LED) 3 มิลลิเมตร, ตัวต้านทาน 10, 220 และ 1000 โอห์ม เนื่องจากตัวกำเนิดอุณหภูมิด้วยไฟฟ้าต้องการใช้กระแสไฟฟ้ามากแต่กระแสไฟฟ้าจากบอร์ดโยโย่มีไม่เพียงพอ จึงจำเป็นต้องใช้ออฟโต้เพื่อให้ได้กระแสไฟที่สามารถทำให้เกิดแรงดันที่มอสเฟต จากนั้นออฟโต้จะส่งแรงดันให้แก่มอสเฟตเพื่อทำให้ตัวกำเนิดอุณหภูมิด้วยไฟฟ้าทำงานได้ และใช้หลอดแอลอีดีเพื่อทดสอบการทำงานของตัวกำเนิดอุณหภูมิด้วยไฟฟ้า ซึ่งหมายถึงหากตัวกำเนิดอุณหภูมิด้วยไฟฟ้าปล่อยความเข้มของอุณหภูมิมากไฟจากแอลอีดีสว่างมาก แต่หากตัวกำเนิดอุณหภูมิด้วยไฟฟ้าปล่อยความเข้มของอุณหภูมิน้อยไฟจากแอลอีดีสว่างน้อย การควบคุมการปล่อยอุณหภูมิโดยระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) ผ่านระบบสื่อสารไร้สายบลูทูธ (Bluetooth) ด้วยบลูทูธดองเกิล (Bluetooth Dongle) ซึ่งมีขนาดเล็กและมีไฟแอลอีดีเพื่อบ่งบอกสถานะการทำงาน และเพื่อความสะดวกในการพกพาจึงต่อเข้ากับแบตเตอรี่ จากนั้นชุดแผงวงจรอุปกรณ์ต้นแบบจะบรรจุในกระเป๋าสะพายข้างเพื่อสะดวกต่อการพกพาในขณะทำการทดลอง (รูปที่ 3.4)

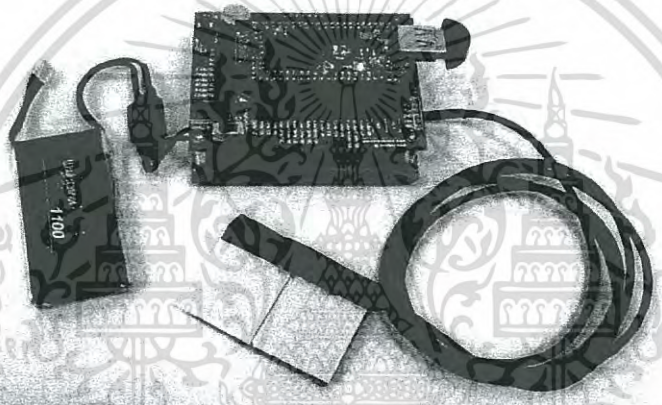


รูปที่ 3.1 แผ่นร้อนเย็น (Peltier)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 บอร์ดโยโย่ทำงานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์



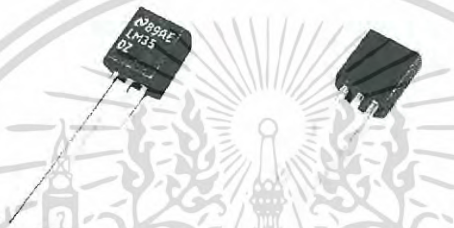
รูปที่ 3.3 ตัวกำเนิดอุณหภูมิด้วยไฟฟ้า ต่อพ่วงกับชุดแผงวงจรบอร์ดโยโย่และแบตเตอรี่ เพื่อสามารถพกพาได้

รูปที่ 3.4 อุปกรณ์ต้นแบบจะบรรจุในกระเป๋าสะพายข้างเพื่อสะดวกต่อการพกพาในขณะทำการทดลอง

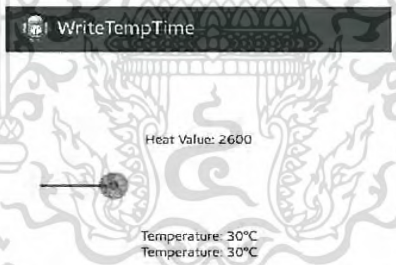
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.1 การพัฒนาให้มีเซ็นเซอร์สามารถวัดอุณหภูมิ

การพัฒนาให้มีเซ็นเซอร์สามารถวัดอุณหภูมิ โดยทดลองนำเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (LM35 และ TMP36) (รูปที่ 3.5) มาต่อเข้ากับชุดแผงวงจรบอร์ดโยโย่และรับสัญญาณอนาล็อกแบบอินพุตเข้าบอร์ด จากนั้นแสดงผลบนหน้าจอระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ แต่เนื่องจากตัวกำเนิดอุณหภูมิทางไฟฟ้า (Peltier cooler/heater) มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เร็วมาก เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (LM35 และ TMP36) จึงไม่สามารถนำมารับรู้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากตัวกำเนิดไฟฟ้าได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ รูปที่ 3.6 ส่วนแสดงผลหน้าจอเพื่อการทดสอบการควบคุมตัวสร้างอุณหภูมิ และ แสดงค่าอุณหภูมิจากเซ็นเซอร์



รูปที่ 3.5 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ



รูปที่ 3.6 ส่วนแสดงผลหน้าจอเพื่อการทดสอบการควบคุมตัวสร้างอุณหภูมิและแสดงค่าอุณหภูมิจากเซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.2 การสวมใส่อุปกรณ์การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ

การสวมใส่อุปกรณ์การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ ผู้เข้าร่วมการทดลองจะสวมอุปกรณ์แผ่นร้อนเย็นที่บริเวณข้อมือและอุ้งมือ ดังรูปที่ 3.7 และ 3.8 ด้วยเทปตีนตุ๊กแก (Velcro tap) การทดลองสวมใส่บริเวณข้อมือนั่นเปรียบเสมือนการใช้งานสวมใส่อุปกรณ์ให้เข้ากับชีวิตประจำวัน สะดวกในการพกพา และการทดลองสวมใส่บริเวณอุ้งมือเพราะบริเวณอุ้งเมืองเป็นบริเวณที่สามารถรับรู้ค่าการกระตุ้นที่ดีที่สุด

รูปที่ 3.7 สวมใส่อุปกรณ์บริเวณอุ้งมือ

รูปที่ 3.8 สวมใส่อุปกรณ์บริเวณข้อมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การพัฒนาซอฟต์แวร์

พัฒนาซอฟต์แวร์บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) เพื่อเก็บข้อมูล พัฒนาด้วยภาษาจาวา (JAVA) บนโปรแกรมพัฒนาอีคลิปส์ (eclipse) และใช้ไฟล์ไลบรารีสำหรับบอร์ดโยโย่ โดยมีชื่อดังนี้ IOIOLib, IOIOLibAccessory, IOIOLibBT และเก็บข้อมูลบนฐานข้อมูลเอสคิวไลท์ (SQLite database)

เมื่อผู้เข้าร่วมการทดลองรู้สึกถึงค่าการกระตุ้นที่ปล่อยออกมา ผู้เข้าร่วมการทดลองจะกดที่ปุ่ม "I feel it" บนหน้าจอแสดงผล ดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 หน้าจอแสดงผลสำหรับการโต้ตอบกับผู้เข้าร่วมการทดลอง

3.2 สมมุติฐานงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิในเขตร้อน และเปรียบเทียบการใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิในเขตหนาวโดยจะเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งนี้เพื่อสามารถนำการใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิในวงกว้างและใช้กันอย่างแพร่หลาย ดังนั้นจึงเกิดสมมติฐานวิจัย ดังนี้

1. สภาพแวดล้อม (อุณหภูมิและความชื้น) โดยรอบในเขตร้อน ส่งผลกระทบต่อการใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ
2. การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมโดยรอบอย่างฉับพลันไม่มีผลต่องานใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ช่วงระยะเวลาการใช้งาน หรือการใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิแบบซ้ำๆ ไม่เพิ่มหรือลดประสิทธิภาพการเรียนรู้

3.3 รูปแบบของการกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ

จากงานวิจัยของ [4] ได้ศึกษาการใช้งานการแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิ ในเขตหนาวเย็น โดยรูปแบบของการกระตุ้นมีทั้งสิ้น 12 รูปแบบ ซึ่งประกอบด้วย 2 อัตราการเปลี่ยนแปลง (1 องศาเซลเซียสต่อ 1 วินาทีและ 3 องศาเซลเซียสต่อ 1 วินาที), 3 ความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้น (1 องศาเซลเซียส, 3 องศาเซลเซียส และ 6 องศาเซลเซียส) และ 2 ทิศทางการเปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตามจากผลงานวิจัยดังกล่าว นำเสนอว่าการเปลี่ยนแปลงที่ความเข้มในการกระตุ้นเพียง 1 องศาเซลเซียส มีการรับรู้ถึงการกระตุ้นที่น้อยมาก

เพื่อการศึกษาผลกระทบจากสภาพแวดล้อมโดยรอบให้ครอบคลุมทุกสภาพอากาศ งานวิจัยนี้จึงออกแบบรูปแบบของอุณหภูมิการกระตุ้นที่ปล่อยออกมาเพื่อแจ้งเตือนทั้งสิ้น 8 รูปแบบ ดังตารางที่ 3.1 ซึ่งประกอบด้วยการรวมกันของ

1) อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ประกอบด้วย 1 องศาเซลเซียสต่อ 1 วินาที และ 3 องศาเซลเซียสต่อ 1 วินาที
2) ความเข้มของอุณหภูมิ ประกอบด้วย 3 องศาเซลเซียส และ 6 องศาเซลเซียส
3) ทิศทางของอุณหภูมิ ประกอบด้วย ร้อนและเย็น

ซึ่งจะคล้ายกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเนื่องจากมีวัตถุประสงค์ในการเปรียบเทียบการใช้งานการแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิในสภาพแวดล้อมโดยรอบที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 3.1 รูปแบบค่าการกระตุ้น

ชนิดของการกระตุ้น	อัตราการเปลี่ยนแปลง	ความเข้มของอุณหภูมิ	ทิศทางของอุณหภูมิ
1	1 องศาเซลเซียสต่อวินาที	±3 องศาเซลเซียส	ร้อน
2	1 องศาเซลเซียสต่อวินาที	±3 องศาเซลเซียส	เย็น
3	1 องศาเซลเซียสต่อวินาที	±6 องศาเซลเซียส	ร้อน
4	1 องศาเซลเซียสต่อวินาที	±6 องศาเซลเซียส	เย็น
5	3 องศาเซลเซียสต่อวินาที	±3 องศาเซลเซียส	ร้อน
6	3 องศาเซลเซียสต่อวินาที	±3 องศาเซลเซียส	เย็น
7	3 องศาเซลเซียสต่อวินาที	±6 องศาเซลเซียส	ร้อน
8	3 องศาเซลเซียสต่อวินาที	±6 องศาเซลเซียส	เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ประชากรกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นบุคคลทั่วไปที่มีความสนใจการใช้การแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิและมีสุขภาพปกติ กลุ่มตัวอย่างของงานวิจัย จำนวน 28 คน อายุอยู่ในช่วง 21-30 ปี แบ่งเป็น 3 กลุ่ม เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้การใช้การแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิ โดยแบ่งออกเป็น (ดังตารางที่ 3.2)

1) กลุ่มที่ 1 (Monthly Repeated User) ทดลอง 3 ครั้ง เดือนละ 1 ครั้ง จำนวน 4 คน

2) กลุ่มที่ 2 (Bi-weekly Repeated User) ทดลอง 2 ครั้ง 1 สัปดาห์เว้น 1 สัปดาห์ จำนวน 12 คน

3) กลุ่มที่ 3 (Single Test User) ทดลอง 1 ครั้ง จำนวน 12 คน

ตารางที่ 3.2 กลุ่มการทำการทดลอง

	จำนวนทั้งหมด	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3
กลุ่มที่ 1	4	4		
กลุ่มที่ 2	12	4	4	4
กลุ่มที่ 3	12	4	4	4

3.5 ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย

การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกระตุ้นและการตอบสนองในทางจิตวิทยาการทดลองจะเปรียบค่าการกระตุ้นหรือตัวกระตุ้นเสมือนตัวแปรอิสระ และเปรียบการตอบสนองในการรับรู้เสมือน ตัวแปลตาม [4] ในงานวิจัยเพื่อการทดลองประสิทธิภาพการการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิจึงมี ตัวแปรอิสระ และตัวแปรตาม ดังนี้

ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ได้แก่ ทิศทางของอุณหภูมิ (ร้อนและเย็น), ระดับความเข้มของอุณหภูมิ (±3°C และ ±6°C), อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (1°C/sec และ 3°C/sec), บริเวณผิวสัมผัส (ข้อมือและอุ้งมือ), พฤติกรรมการเรียนรู้การใช้การแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิ และการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม (จากภายในอาคารไปภายนอกอาคาร และจากภายนอกอาคารไปภายในอาคาร)

ตัวแปรตาม (Dependent Variables) ได้แก่ ค่าการรับรู้การแจ้งเตือน, เวลาการรับรู้การแจ้งเตือน (เวลาหลังจากที่อุณหภูมิค่าการกระตุ้นปล่อยออกมา), ความพอใจและสบายใจเมื่อรับรู้การแจ้งเตือนและความเข้มของอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ระเบียบวิธีการทดลอง

ระเบียบวิธีการทดลองนี้จะแบ่งเป็น 2 ครั้ง เพื่อศึกษาบริเวณผิวสัมผัสการรับรู้การแจ้งเตือนที่บริเวณข้อมือและอุ้งมือ โดยการทดลองแต่ละครั้งจะแบ่งออกเป็น 2 การทดลองย่อย (Task) คือ การทดลองขณะอยู่นิ่ง (Task 1) และขณะเคลื่อนที่ (Task 2) เพื่อต้องการศึกษาพฤติกรรมการใช้งานของผู้ใช้ คือ ขณะอยู่นิ่ง และขณะเคลื่อนที่ และศึกษาภายใต้สภาพแวดล้อม 2 แบบ ภายนอกอาคาร (Outdoor) ภายในอาคาร (Indoor) ทั้งนี้เพื่อศึกษาผลกระทบจากสภาพแวดล้อมโดยรอบกับการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ

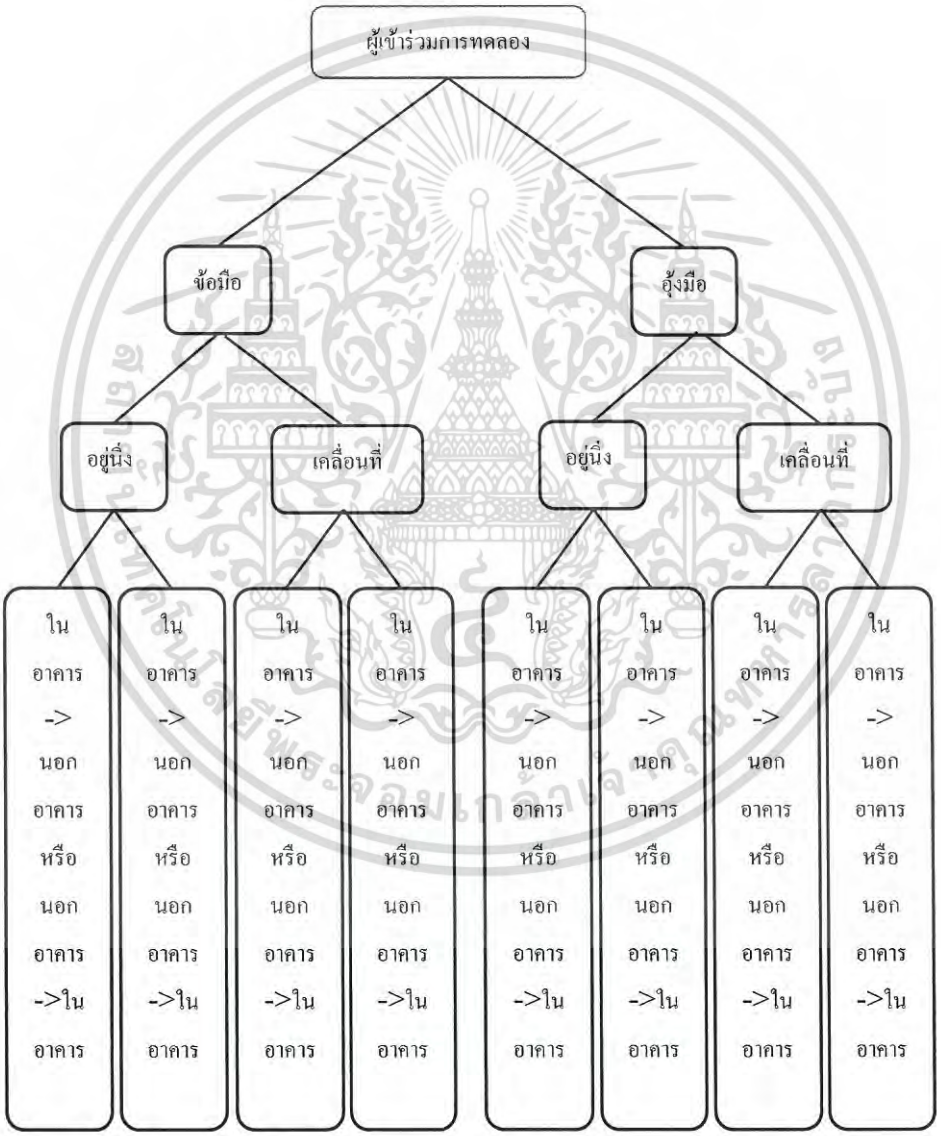
ในแต่ละการทดลองย่อยผู้เข้าร่วมทดลองจะเปลี่ยนสภาพแวดล้อมขณะทดลอง คือ ผู้ทดลองเปลี่ยนสภาพแวดล้อมจากภายในอาคารเป็นภายนอกอาคาร หรือเปลี่ยนสภาพแวดล้อมจากภายนอกอาคารเป็นสภาพแวดล้อมภายในอาคาร เพื่อการศึกษาอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมอย่างฉับพลันต่อการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ แต่เนื่องจากงานวิจัยของ [20][29] ได้เสนอว่าสภาพอุณหภูมิโดยรอบมีผลกระทบต่อการรับรู้อุณหภูมิที่เปลี่ยนไป

ดังนั้น จึงได้ตั้งค่าอุณหภูมิกลางในการเพิ่มหรือลดความเข้มและอัตราการเปลี่ยนแปลงที่ไม่เหมือนกันในแต่ละสภาพแวดล้อม (ในอาคารและนอกอาคาร) นอกจากนี้จะทำซ้ำการทดลองทั้งสองการทดลองย่อย เพื่อศึกษาบริเวณผิวสัมผัสการรับรู้การแจ้งเตือน โดยเริ่มจากการสวมใส่อุปกรณ์แจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิที่บริเวณข้อมือ ตามด้วยสวมใส่อุปกรณ์บริเวณอุ้งมือหรือเริ่มจากการสวมใส่อุปกรณ์แจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิที่บริเวณอุ้งมือ ตามด้วยสวมใส่อุปกรณ์บริเวณข้อมือ รูปที่ 3.10 แสดงโครงสร้างการทดลองโดยรวม

ผู้เข้าร่วมการทดลองจะสวมใส่อุปกรณ์ โดยใส่แผ่นปล่อยความร้อน/เย็นบริเวณข้อมือและบริเวณอุ้งมือ ส่วนชุดแผนวงจรและแบตเตอรี่จะอยู่ในกระเป๋าซึ่งง่ายต่อการพกพา และผู้เข้าร่วมการทดลองจะได้รับโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อกดปุ่มในแอปพลิเคชั่นเมื่อรับรู้ถึงอุณหภูมิที่ปล่อยออกมาอุณหภูมิที่ปล่อยออกมาจะมีทั้งสิ้น 8 รูปแบบ โดยจะปล่อยในรูปแบบสุ่ม หลังจากการสวมใส่และเปลี่ยนสภาพแวดล้อม ในแต่ละการทดลองจะใช้เวลา 30 วินาทีก่อนที่ค่าการกระตุ้นรูปแบบแรกจะปล่อยออกมาเพื่อปรับสภาพผิวระหว่างผิวของแผ่นร้อน/เย็นและผิวของผู้เข้าร่วมการทดลอง โดยแต่ละรูปแบบการกระตุ้นจะถูกปล่อยเป็นเวลา 10 วินาที หากผู้เข้าร่วมการทดลองรับรู้หรือรู้สึกถึงอุณหภูมิที่ปล่อยออกมาในแต่ละครั้ง ผู้เข้าร่วมการทดลองจะต้องกดปุ่ม “I feel it” ในแอปพลิเคชั่นบนโทรศัพท์เคลื่อนที่และหลังจากนั้นแผ่นร้อนเย็นจะหยุดปล่อยอุณหภูมิการกระตุ้นเป็นเวลา 30 วินาที เพื่อให้แผ่นร้อนเย็นและอุณหภูมิผิวสัมผัสของผู้เข้าร่วมการทดลองปรับอุณหภูมิมายังอุณหภูมิกลางหรืออุณหภูมิผิวหนัง จากนั้นแผ่นร้อนเย็นจะปล่อยอุณหภูมิการกระตุ้นที่ได้จากการสุ่มค่าถัดไปจนครบทั้ง 8 รูปแบบรูปที่ 3.11 แสดงขั้นตอนการทดลองของแต่ละการทดลองย่อย

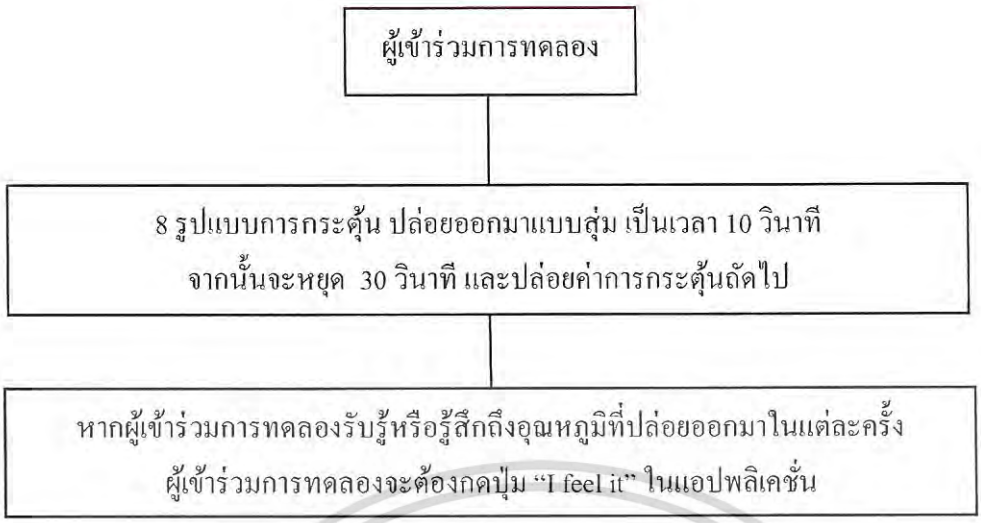
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองใช้ระยะเวลาทั้งหมด 95 นาที ก่อนทำการทดลอง ผู้เข้าร่วมการทดลองจะต้องตอบแบบสอบถาม (Entry questionnaire) จากนั้นจะได้รับอุปกรณ์การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิโทรศัพท์เคลื่อนที่พร้อมคำแนะนำการใช้อุปกรณ์จากผู้วิจัยและลองใช้อุปกรณ์เป็นเวลา 5 นาที ซึ่งการทดลองในแต่ละการทดลองย่อยจะใช้เวลาประมาณ 12 นาที หลังจากนั้นเมื่อผู้ทดลองสิ้นสุดการทดลองในแต่ละการทดลองย่อย ให้ผู้ทดลองตอบแบบสอบถามหลังการทดลองย่อย (Post questionnaire) และเมื่อเสร็จสิ้นทั้ง 2 การทดลองย่อย และทุกเงื่อนไขการทำการทดลองผู้ทดลองจะต้องตอบแบบสอบถามหลังการทดลอง (Exit questionnaire)



รูปที่ 3.10 แสดงโครงสร้างการทดลองโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 แสดงขั้นตอนการทดลองของแต่ละการทดลองย่อย

3.7 สภาพแวดล้อมการทดลอง

การทดลองใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น 3 เดือน สภาพแวดล้อมโดยรอบในการทดลองมีอุณหภูมิเฉลี่ยมากกว่า 25 องศาเซลเซียสและความชื้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 50 ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ โดยสถานที่ทำการทดลองมี 2 สถานที่ต่างกัน คือ ในอาคาร ซึ่งอุณหภูมิถูกควบคุมโดยเครื่องปรับอากาศ มีค่าอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียสและนอกอาคารมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 27 ถึง 40 ซึ่งทั้งสองสถานที่ที่ทำการทดลองมีอุณหภูมิที่ต่างกันโดยสิ้นเชิง

จากรูปที่ 3.12 แสดงกลุ่มตัวอย่างในแต่ละช่วงสภาพโดยรอบขณะหยุดนิ่งและเคลื่อนที่ บริเวณผิวสัมผัสทั้งข้อมือและอุ้งมือ โดยทั้งหยุดนิ่งและเคลื่อนที่ และทั้งบริเวณข้อมือและอุ้งมือจะมีอุณหภูมิที่อยู่ในช่วงเดียวกันของแต่ละครั้งที่ทำการทดลอง โดยจากกราฟแนวตั้งแสดงถึงจำนวนครั้งในการทดลองในแต่ละช่วงอุณหภูมิ แนวนอนแสดงช่วงอุณหภูมิและความชื้นโดยรอบที่ทำการทดลองช่วงของอุณหภูมิที่ทำการทดลองถูกแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วง อุณหภูมิโดยรอบที่น้อยกว่า 30 องศาเซลเซียส, อุณหภูมิโดยรอบที่มีค่าตั้งแต่ 30 ถึง 35 องศาเซลเซียส และช่วงอุณหภูมิที่มีค่ามากกว่า 35 องศาเซลเซียสและช่วงความชื้นที่ทำการทดลองถูกแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ความชื้นโดยรอบที่มีค่าน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์, ช่วงความชื้นโดยรอบที่มีค่า 50 ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ และช่วงความชื้นโดยรอบที่มีค่ามากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์โดยในแต่ละช่วงอุณหภูมิและความชื้นจะแบ่งข้อมูลเป็น 3 ข้อมูล คือ ข้อมูลจำนวนการทดลองของกลุ่มผู้เข้าร่วมทดลองเพียงหนึ่งครั้ง, ข้อมูลจำนวนการทดลองของกลุ่มทดลอง 2 ครั้ง และข้อมูลจำนวนการทดลองของกลุ่มทดลอง 3 ครั้งในการทำการทดลองแต่ละการทดลอง ไม่ว่าจะเป็นครั้งที่ทำการทดลองบริเวณข้อมือขณะหยุดนิ่ง, บริเวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมือขณะเคลื่อนที่, บริเวณอุ้งมือขณะหยุดนิ่ง และบริเวณอุ้งมือขณะเคลื่อนที่ จะมีจำนวนครั้งในการทำการทดลองในแต่ละช่วงอุณหภูมิที่เหมือนกัน

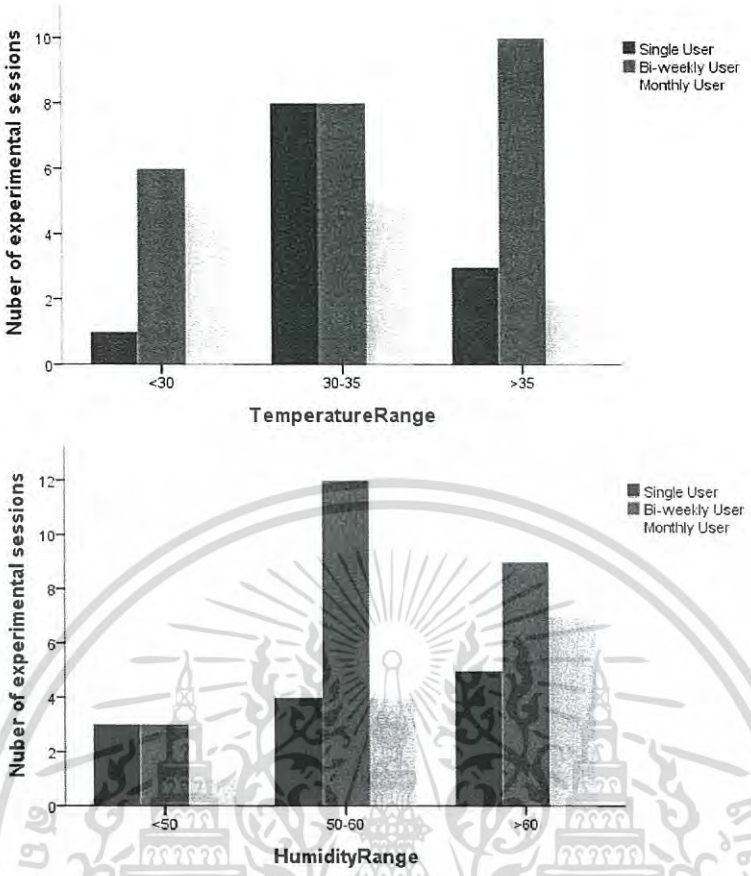
จำนวนการทดลองของกลุ่มทดลองเพียงครั้งมีจำนวนการทดลองของแต่ละการทดลองดังนี้ (ทดลองบริเวณข้อมือขณะหยุดนิ่ง, บริเวณข้อมือขณะเคลื่อนที่, บริเวณอุ้งมือขณะหยุดนิ่ง และบริเวณอุ้งมือขณะเคลื่อนที่) ดังนี้ ในช่วงอุณหภูมิโดยรอบที่น้อยกว่า 30 องศาเซลเซียส มีการทำการทดลอง 1 ครั้ง, ในช่วงอุณหภูมิมีค่าตั้งแต่ 30 ถึง 35 องศาเซลเซียส มีการทำการทดลอง 8 ครั้ง และในช่วงอุณหภูมิที่น้อยกว่า 30 องศาเซลเซียส มีการทพการทดลอง 3 ครั้งซึ่งรวมทั้งสิ้นจะมีค่าเท่ากับจำนวนผู้เข้าร่วมการทดลอง คือ 12 ครั้ง

จากรูปที่ 3.12 จะสามารถอ่านจำนวนการทดลองของกลุ่มทดลอง 2 ครั้งมีจำนวนการทดลองต่อช่วงอุณหภูมิโยรอบดังนี้ ในช่วงอุณหภูมิโดยรอบที่น้อยกว่า 30 องศาเซลเซียส มีการทำการทดลอง 6 ครั้ง, ในช่วงอุณหภูมิมีค่าตั้งแต่ 30 ถึง 35 องศาเซลเซียส มีการทำการทดลอง 8 ครั้ง และในช่วงอุณหภูมิที่น้อยกว่า 30 องศาเซลเซียส มีการทำการทดลอง 10 ครั้ง ซึ่งทั้งหมดรวมได้ 24 ครั้ง และจำนวนการทดลองของกลุ่มทดลอง 3 ครั้งมีจำนวนการทดลองต่อช่วงอุณหภูมิโยรอบดังนี้ ในช่วงอุณหภูมิโดยรอบที่น้อยกว่า 30 องศาเซลเซียส มีการทำการทดลอง 5 ครั้ง, ในช่วงอุณหภูมิมีค่าตั้งแต่ 30 ถึง 35 องศาเซลเซียส มีการทำการทดลอง 5 ครั้ง และในช่วงอุณหภูมิที่น้อยกว่า 30 องศาเซลเซียส มีการทพการทดลอง 2 ครั้ง ซึ่งทั้งหมดรวมได้ 12

จำนวนการทดลองในแต่ละช่วงความชื้นของกลุ่มการทำการทดลอง 1 ครั้ง มีดังนี้ ความชื้นที่มีค่าน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์คือ 3 ครั้งช่วงความชื้นที่มีค่า 50 ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ คือ 4 ครั้ง และช่วงความชื้นที่มีค่ามากว่า 60 เปอร์เซ็นต์ คือ 5 ครั้ง ซึ่งจำนวนทั้งหมดเท่ากับ 12 ครั้ง จำนวนการทดลองในแต่ละช่วงความชื้นของกลุ่มการทำการทดลอง 2 ครั้ง สามารถอ่านค่าได้จากรูปที่ 3.12 ดังนี้ ความชื้นที่มีค่าน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์คือ 3 ครั้งช่วงความชื้นที่มีค่า 50 ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ คือ 12ครั้ง และช่วงความชื้นที่มีค่ามากว่า 60 เปอร์เซ็นต์ คือ 9 ครั้ง ซึ่งจำนวนทั้งหมดเท่ากับ 24ครั้ง และจำนวนการทดลองในแต่ละช่วงความชื้นของกลุ่มการทำการทดลอง 3 ครั้ง มีดังนี้ ความชื้นที่มีค่าน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์คือ 1 ครั้งช่วงความชื้นที่มีค่า 50 ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ คือ 4 ครั้ง และช่วงความชื้นที่มีค่ามากว่า 60 เปอร์เซ็นต์ คือ 7 ครั้ง ซึ่งจำนวนทั้งหมดเท่ากับ 12 ครั้ง

เพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมการเรียนรู้ กลุ่มผู้ทดลองกลุ่มการทดลองครั้งเดียว ทดลองในช่วงอุณหภูมิที่น้อยที่สุดอยู่ที่ 29 องศาเซลเซียสและมากที่สุดที่ 37 องศาเซลเซียสความชื้น 45-67 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง ทดลองในช่วงอุณหภูมิที่น้อยที่สุดอยู่ที่ 28 องศาเซลเซียสและมากที่สุดที่ 44 องศาเซลเซียสความชื้นช่วง 42-68 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มการทำซ้ำ 3 ครั้งทดลองในช่วงอุณหภูมิ 27-40 องศาเซลเซียสความชื้นช่วง 38-90 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 แสดงกลุ่มตัวอย่างในแต่ละช่วงสภาพแวดล้อมโดยรอบ

3.8 ผลการทดลอง

การวิจัยเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิในเขตร้อน อิทธิพลภายนอกด้านอุณหภูมิและด้านความชื้นต่อการใช้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ และศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะต่อการใช้งานการแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิโดยศึกษาบริเวณข้อมือ อุ้งมือ และการวิเคราะห์ผลการทดลองถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้การใช้งาน และแบ่งย่อยอีก 2 ส่วน เพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้งาน (อยู่นิ่งและเคลื่อนที่) การวิเคราะห์ผลทางสถิติวิเคราะห์จากข้อมูล อัตราการรับรู้ เวลาที่รับรู้ในขณะหยุดนิ่งและเคลื่อนที่ และการตอบแบบสอบถามในเรื่องของความพอใจและสบายใจในการรับรู้การกระตุ้น และความเข้มของการกระตุ้นในขณะหยุดนิ่งนอกอาคาร การวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้การใช้งานนำข้อมูลการรับรู้จากพฤติกรรมขณะหยุดนิ่งบริเวณข้อมือและอุ้งมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลอัตราการรับรู้ที่ได้นำมาวิเคราะห์ผลจะเป็นหน่วยเปอร์เซ็นซึ่งคำนวณจากจำนวนการรับรู้ดังสมการที่ 3.1 และ 3.2

$$\overline{D_u} = \frac{\sum_{s=1}^{|S|} D(s)}{|S|} \tag{3.1}$$

$$\overline{D} = \frac{\sum_{u=1}^{|U|} \overline{D_u}}{|U|} \tag{3.2}$$

เมื่อ s คือ การกระตุ้นหรือการแจ้งเตือนที่สนใจในเซ็ต S

$|S|$ คือ จำนวนการแจ้งเตือนทั้งหมด 8 ชนิด ที่ส่งให้ผู้เข้าร่วมการทดลอง อันดับที่ u

$D(s)$ คือ การรับรู้การแจ้งเตือนของผู้เข้าร่วมการทดลอง หากรู้สึกถึงการกระตุ้นที่แจ้งโดยระบบ (โดยที่หากรู้สึกภายใน 10 วินาที = 1, ไม่รู้สึกภายใน 10 วินาที = 0)

D_u คือ ค่าเฉลี่ยการแจ้งเตือนต่อการรับรู้ของผู้ใช้ที่ได้รับชนิดของการกระตุ้นทั้งหมด

u คือ ผู้เข้าร่วมการทดลองใดๆที่สนใจในเซ็ต U

$|U|$ คือ จำนวนผู้เข้าร่วมการทดลองในแต่ละเงื่อนไข

ในส่วนข้อมูลของความพอใจและสบายใจในการรับรู้การกระตุ้น และความเข้มของการกระตุ้น ได้มาจากการตอบแบบสอบถามหลังจากผู้เข้าร่วมการทดลองได้รับค่าการกระตุ้นในแต่ละค่า ทั้งหมด 8 ค่า โดยความพอใจและสบายใจในการรับรู้การกระตุ้นมีช่วงในการให้คะแนน (rate) คือ 0-4 (0 หมายถึง ความพอใจและสบายใจในการรับรู้น้อย, 4 หมายถึง ความพอใจและสบายใจในการรับรู้มาก) เพราะความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้นมี 2 ค่า (3 และ 6 องศาเซลเซียส) และทิศทางของอุณหภูมิการกระตุ้นมี 2 ค่า (ร้อนและเย็น) และความเข้มของการกระตุ้นอยู่ในช่วงการให้คะแนน คือ 0-2 (0 หมายถึง ความเข้มของการกระตุ้นน้อย, 2 หมายถึง ความเข้มของการกระตุ้นมาก) เพราะความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้นมี 2 ค่า (3 และ 6 องศาเซลเซียส) สามารถดูแบบสอบถามผู้เข้าร่วมการทดลองได้จากภาคผนวก

หลังจากเก็บข้อมูลจากตัวอย่างการทดลองครบถ้วนแล้ว พบว่าข้อมูลเป็นแบบนอนพาราเมตริกเนื่องจากมีการทดลองที่หลากหลายสภาพแวดล้อม ดังนั้นจึงทำให้ผลของการทดลองมีข้อมูลไม่มีการแจกแจงแบบปกติ อัตราการรับรู้ที่คำนวณจากจำนวนการรับรู้ และระยะเวลาที่ถูกเก็บมาจะถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติการทดสอบฟรีดแมน (Friedman analysis) โดยมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลจากสภาพแวดล้อมโดยรอบไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิโดยรอบและความชื้นโดยรอบ เพราะการทดสอบฟรีดแมนเป็นการทดสอบแบบนอนพาราเมตริกที่วิเคราะห์ข้อมูลหลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มตัวอย่างที่มีความสัมพันธ์กัน คือ อุณหภูมิและความชื้นโดยรอบแบ่งช่วงได้ 3 ช่วงดังนั้นจึงต้องเปรียบเทียบ 3 กลุ่มตัวอย่าง นอกจากนี้การทดสอบวิลคอกซัน (Wilcoxon T comparison) ถูกนำมาวิเคราะห์ การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมอย่างฉับพลัน และความเหมาะสมของอุณหภูมิ ในเรื่องของอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความเข้มของอุณหภูมิ บริเวณร่างกาย โดยมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ใช้การทดสอบวิลคอกซันเพราะว่าเป็นการทดสอบกรณี 2 กลุ่มตัวอย่างที่มีความสัมพันธ์กัน และสถิติการทดสอบแมนวิทนี (Mann-Whitney) นำมาทดสอบความแตกต่างระหว่างความบ่อยครั้งในการใช้งานระหว่างกลุ่มการทดลอง 1 ครั้งและกลุ่มการทดลอง 2 และ 3 ครั้ง เพราะ แมนวิทนี เป็นสถิติการทดสอบกรณี 2 กลุ่มตัวอย่างที่ไม่มีความสัมพันธ์กัน

หากผลของการวิเคราะห์ผลจากเครื่องมือสถิติทดสอบฟรีดเมน วิลคอกซัน และแมนวิทนี พบว่ามีผลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 แสดงว่า ปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์มีผลกระทบต่อการใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณภูมิ

1) กลุ่มการทดลองครั้งเดียว

1.1 ขณะอยู่นิ่ง

1.1.1 อัตราการรับรู้การกระตุ้น

ตารางที่ 3.3 ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด ของอัตราการรับรู้การกระตุ้นขณะอยู่นิ่งในแต่ละปัจจัยที่วิเคราะห์ (หน่วยเปอร์เซ็นต์)

ปัจจัยที่วิเคราะห์		ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
การเปลี่ยนสภาพแวดล้อม	สภาพแวดล้อมในอาคาร	86.71	50	100
	สภาพแวดล้อมนอกอาคาร	84.63	50	100
ช่วงอุณหภูมิ	น้อยกว่า 30 องศาเซลเซียส	79.17	62.50	87.50
	30 ถึง 35 องศาเซลเซียส	85.17	50.00	100.00
	มากกว่า 35 องศาเซลเซียส	95.00	87.50	100.00
ช่วงความชื้น	น้อยกว่า 50 เปอเซ็นต์	83.33	62.50	100.00
	50 ถึง 60 เปอเซ็นต์	93.75	62.50	100.00
	มากกว่า 60 เปอเซ็นต์	82.50	50.00	100.00
พื้นผิวสัมผัส	ข้อมือ	83.33	50.00	100.00
	อุ้งมือ	89.58	75.00	100.00
ความเข้มของอุณหภูมิกระตุ้น	3 องศาเซลเซียส	78.13	66.67	91.67
	6 องศาเซลเซียส	94.79	87.50	100.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด ของอัตราการรับรู้การกระตุ้นขณะอยู่นิ่งในแต่ละปัจจัยที่วิเคราะห์ (หน่วยเปอร์เซ็นต์) (ต่อ)

ปัจจัยที่วิเคราะห์		ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกระตุ้น	1 องศาเซลเซียสต่อวินาที	86.46	66.67	100.00
	3 องศาเซลเซียสต่อวินาที	86.46	70.83	100.00
ทิศทางของอุณหภูมิกระตุ้น	ร้อน	88.55	83.34	91.67
	เย็น	84.38	66.67	100.00

จากตารางที่ 3.3 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด ของอัตราการรับรู้การกระตุ้นขณะอยู่นิ่งในแต่ละปัจจัยที่วิเคราะห์ ได้แก่ ปัจจัยด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมโดยรอบ อุณหภูมิโดยรอบ ความชื้นโดยรอบ พื้นผิวสัมผัส ความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้น อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิการกระตุ้น และทิศทางของอุณหภูมิการกระตุ้น โดยอัตราการรับรู้มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ อัตราการรับรู้ที่ดีที่สุด คือ อัตราการรับรู้ที่มีค่าเฉลี่ยมากซึ่งแสดงว่าการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิมีค่ามาก

การวิเคราะห์การรับรู้เมื่อผู้ใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิการเปลี่ยนสภาพแวดล้อมจากในอาคารไปยังนอกอาคารหรือนอกอาคารไปยังในอาคาร ด้วยเครื่องมือสถิติ Wilcoxon T comparison แสดงออกมาว่า การใช้งานเมื่อมีการเปลี่ยนสภาพแวดล้อมอย่างฉับพลันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (z=-1.255, p=0.210) หรือแสดงว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมอย่างฉับพลันไม่มีผลกระทบอัตราการรับรู้ การอยู่ในสภาพแวดล้อมในอาคารจะมีค่าเฉลี่ยในการรับรู้ คือ 86.71 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเปรียบเทียบสภาพแวดล้อมนอกอาคารจะมีค่าเฉลี่ยในการรับรู้ คือ 84.63 เปอร์เซ็นต์

อัตราการรับรู้การแจ้งเตือนหรือความแม่นยำในการรับรู้ของแต่ละช่วงอุณหภูมิ ในช่วงอุณหภูมิโดยรอบที่มากกว่า 35 องศาเซลเซียส มีอัตราการรับรู้ที่ดีที่สุด คิดเป็น 95 เปอร์เซ็นต์ อัตราการรับรู้ที่รองลงมาอยู่ในช่วง 30 ถึง 35 องศาเซลเซียส และน้อยกว่า 30 องศาเซลเซียส โดยอัตราการรับรู้คิดเป็น 85.17 เปอร์เซ็นต์ และ 79.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ผลด้วยสถิติ Friedman's analysis แสดงให้เห็นว่าอัตราการรับรู้การกระตุ้นในแต่ละช่วงอุณหภูมิโดยรอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (χ^2 (2)=11.697, p=0.003) และทดสอบหาความแตกต่างกันในแต่ละช่วงระหว่าง <30 องศาเซลเซียสกับ 30-35 องศาเซลเซียสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (z=-2.565, p=0.005), ช่วง <30 องศาเซลเซียสกับ >35 องศาเซลเซียสไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (z=-0.707, p=0.24) และ ช่วง 30-35 องศาเซลเซียสกับ >35 องศาเซลเซียส มีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (z=-2.534, p=0.005) จากการวิเคราะห์ผลพบว่าแต่ละช่วงอุณหภูมิมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าอุณหภูมิโดยรอบมีผลกระทบกับอัตราในการรับรู้

อัตราการรับรู้การแจ้งเตือนของแต่ละช่วงความชื้น การรับรู้ในช่วง 50 ถึง 60 องศาเซลเซียส การรับรู้ที่ดีที่สุด มีความแม่นยำ คิดเป็น 93.75 เปอร์เซ็นต์รองลงมา คือ การรับรู้ในช่วงน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ และมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการรับรู้ คิดเป็น 83.33 เปอร์เซ็นต์ และ 82.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับและผลการทดลองในแต่ละช่วงความชื้น Friedman's analysis ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์อัตราการรับรู้การกระตุ้นในแต่ละช่วงความชื้นพบว่าอัตราการรับรู้การกระตุ้นในแต่ละช่วงความชื้นไม่มีความแตกต่างกัน แสดงว่าความชื้นโดยรอบไม่มีผลกระทบต่ออัตราการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ

อัตราการรับรู้ของแต่ละพื้นผิวสัมผัส บริเวณข้อมือและบริเวณอุ้งมือพบว่า บริเวณอุ้งมือมีอัตราการรับรู้ที่ดีกว่า คือ 89.58 เปอร์เซ็นต์ ส่วนบริเวณข้อมือมีอัตราการรับรู้ คือ 83.33 เปอร์เซ็นต์

อัตราการรับรู้ของแต่ละความเข้มของค่าอุณหภูมิการกระตุ้น ที่ความเข้ม 6 องศาเซลเซียส และ 3 องศาเซลเซียส ที่ความเข้ม 6 องศาเซลเซียส มีอัตราการรับรู้ที่ดีกว่า 3 องศาเซลเซียส คิดเป็น 94.79 เปอร์เซ็นต์ โดยความเข้ม 3 องศาเซลเซียส มีอัตราการรับรู้คิดเป็น 78.13 เปอร์เซ็นต์

อัตราการรับรู้ของแต่ละอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิการกระตุ้น 1 องศาต่อวินาที และ 3 องศาต่อวินาที มีอัตราการรับรู้การกระตุ้นด้วยอุณหภูมิที่เท่ากัน คือ 86.46 เปอร์เซ็นต์

อัตราการรับรู้ของทิศทางการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิการกระตุ้น อุณหภูมิร้อน และอุณหภูมิเย็น อุณหภูมิร้อนมีอัตราการรับรู้ คิดเป็น 88.55 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการเปลี่ยนแปลง 3 องศาต่อวินาที มีอัตราการรับรู้คิดเป็น 84.38 เปอร์เซ็นต์

Wilcoxon T comparison ถูกนำมาวิเคราะห์ พื้นผิวสัมผัสในการรับรู้ ความเข้มของการกระตุ้น อัตราการเปลี่ยนแปลงของการกระตุ้น ทิศทางของการกระตุ้น และบริเวณผิวสัมผัส ผลแสดงออกมาว่า พื้นผิวสัมผัสในการรับรู้ ความเข้มของการกระตุ้น อัตราการเปลี่ยนแปลงของการกระตุ้น ทิศทางของการกระตุ้น และบริเวณผิวสัมผัสไม่มีผลกระทบกับอัตราการรับรู้การกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่า พื้นผิวสัมผัสในการรับรู้ทั้งสองมีอัตราในการรับรู้ที่เหมือนกัน, ความเข้มของการกระตุ้นทั้ง 3 องศาเซลเซียส และ 6 องศาเซลเซียส มีอัตราในการรับรู้ที่เหมือนกัน, อัตราการเปลี่ยนแปลงของการกระตุ้นทั้ง 1 องศาเซลเซียสต่อวินาที และ 3 องศาเซลเซียสต่อวินาที มีอัตราการรับรู้ที่เหมือนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.2 เวลาที่รับรู้การกระตุ้น

ตารางที่ 3.4 ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด ของระยะเวลาการรับรู้การกระตุ้น ขณะอยู่นิ่งในแต่ละปัจจัยที่วิเคราะห์ (หน่วยวินาที)

ปัจจัยที่วิเคราะห์		ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
การเปลี่ยนสภาพแวดล้อม	สภาพแวดล้อมในอาคาร	4.20	2.58	6.97
	สภาพแวดล้อมนอกอาคาร	4.51	1.99	7.22
ช่วงอุณหภูมิ	น้อยกว่า 30 องศาเซลเซียส	4.49	3.91	5.38
	30 ถึง 35 องศาเซลเซียส	4.54	2.65	7.22
	มากกว่า 35 องศาเซลเซียส	3.68	1.99	5.51
ช่วงความชื้น	น้อยกว่า 50 เปอเซ็นต์	4.23	2.65	5.51
	50 ถึง 60 เปอเซ็นต์	3.70	2.00	5.47
	มากกว่า 60 เปอเซ็นต์	4.96	2.99	7.22
พื้นผิวสัมผัส	ข้อมือ	4.93	1.99	7.22
	อุ้งมือ	2.79	2.65	5.51
ความเข้มของอุณหภูมิกระตุ้น	3 องศาเซลเซียส	4.59	2.08	8.36
	6 องศาเซลเซียส	4.04	3.02	8.46
อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกระตุ้น	1 องศาเซลเซียสต่อวินาที	4.61	3.02	8.46
	3 องศาเซลเซียสต่อวินาที	3.96	0.89	7.32
ทิศทางของอุณหภูมิกระตุ้น	ร้อน	4.19	3.60	7.47
	เย็น	4.38	3.02	8.46

จากตารางที่ 3. แสดงค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด ของเวลาที่รับรู้การกระตุ้นขณะอยู่นิ่งในแต่ละปัจจัยที่วิเคราะห์ ได้แก่ ปัจจัยด้านอุณหภูมิโดยรอบ ความชื้นโดยรอบ พื้นผิวสัมผัส ความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้น อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิการกระตุ้น และทิศทางของอุณหภูมิการกระตุ้น โดยเวลาที่รับรู้การกระตุ้นมีหน่วยเป็นวินาที หากใช้เวลาในการรับรู้ยิ่งน้อยยิ่งดี

เวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนได้ถูกนำมาวิเคราะห์การใช้งานมีการเปลี่ยนสภาพแวดล้อมจากในอาคารไปยังนอกอาคารหรือนอกอาคารไปยังในอาคารด้วยเครื่องมือสถิติ Wilcoxon T comparison โดยผลแสดงออกมาว่า การเปลี่ยนสภาพแวดล้อมอย่างฉับพลันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของทั้งสองสภาพแวดล้อม ($z=-1.651$, $p=0.099$) ซึ่งหมายถึง การเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาพแวดล้อมอย่างฉับพลันไม่ส่งผลกระทบต่อเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ โดยการอยู่ในสภาพแวดล้อมในอาคารจะมีค่าเฉลี่ยในการรับรู้ คือ 4.20 วินาที และเมื่อเปรียบสภาพแวดล้อมนอกอาคารที่ค่าเฉลี่ยในการรับรู้ คือ 4.51 วินาที

เวลาที่รับรู้การกระตุ้นของการรับรู้ของในแต่ละช่วงอุณหภูมิช่วงอุณหภูมิโดยรอบที่มากกว่า 35 องศาเซลเซียส มีเวลาการรับรู้ที่ดีที่สุด โดยเฉลี่ยคือ 3.68 วินาทีเวลาที่รับรู้รองลงมาอยู่ในช่วง 30 ถึง 35 องศาเซลเซียส และ น้อยกว่า 30 องศาเซลเซียส โดยเวลาเฉลี่ย คือ 4.49 วินาที และ 4.54 วินาที ตามลำดับจากการวิเคราะห์ผลด้วยสถิติ Friedman's analysis เวลาที่รับรู้ในแต่ละช่วงอุณหภูมิโดยรอบการกระตุ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (χ^2 (2)=11.697, p=0.003) และทดสอบหาความแตกต่างกันในแต่ละช่วงระหว่าง <30 องศาเซลเซียสกับ 30-35 องศาเซลเซียสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (z=-3.309, p<0.001) แสดงว่าช่วงอุณหภูมิโดยรอบระหว่าง <30 องศาเซลเซียสกับ 30-35 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการรับรู้ที่ต่างกัน, ช่วง <30 องศาเซลเซียสกับ >35 องศาเซลเซียสไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (z=-2.023, p=0.022) แสดงว่าใช้เวลาในการรับรู้ที่ไม่ต่างกันและ ช่วง 30-35 องศาเซลเซียสกับ >35 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (z=-2.741, p=0.003) แสดงว่าใช้เวลาการรับรู้ที่ต่างกัน และจากการวิเคราะห์ทั้งสามช่วงผลแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งหมายถึง อุณหภูมิโดยรอบมีผลกระทบต่อเวลาในการรับรู้

เวลาที่รับรู้การกระตุ้นของการรับรู้ของแต่ละช่วงความชื้น การรับรู้ในช่วง 50 ถึง 60 องศาเซลเซียส การรับรู้ที่ดีที่สุดและมีเวลาเฉลี่ยคือ 3.70 วินาที และช่วงความชื้นที่รองลงมาอยู่ในช่วงน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ และมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ มีเวลาเฉลี่ย คือ 4.23 และ 4.96 ตามลำดับเวลาที่รับรู้ของแต่ละช่วงความชื้นโดยรอบถูกวิเคราะห์ด้วย Friedman's analysis ผลแสดงว่าแต่ละช่วงความชื้น เวลาที่รับรู้การกระตุ้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าความชื้นโดยรอบไม่ส่งผลกระทบต่อเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือน

เวลาที่รับรู้การกระตุ้นของการรับรู้ของแต่ละสัมผัส บริเวณอุ้งมือมีความสามารถในการรับรู้การกระตุ้นด้วยอุณหภูมิมากกว่าบริเวณข้อมือ โดยมีเวลาเฉลี่ย คือ 3.79 วินาที และ 4.93 วินาที แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติ Wilcoxon T comparison ผลแสดงออกมาว่า อัตราการรับรู้บริเวณข้อมือและอุ้งมือไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าบริเวณผิวสัมผัสไม่มีผลกระทบต่อเวลาในการรับรู้

ในแต่ละค่าความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้น ที่ค่าความเข้ม 6 องศาเซลเซียส มีระยะเวลาการรับรู้ที่ดีกว่า คือ 4.04 วินาที และ ที่ค่าความเข้ม 3 องศาเซลเซียส มีระยะเวลาเฉลี่ยคือ 4.59 วินาที เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติ Wilcoxon T comparison ผลแสดงว่า อัตราการรับรู้ที่ค่าความเข้ม 6 และ 3 องศาเซลเซียสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (z=-4.675, p<0.001) ซึ่งหมายถึงค่าความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้นมีผลกระทบต่อเวลาในการรับรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในแต่ละอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิการกระตุ้น 1 องศาเซลเซียสต่อวินาที และ 3 องศาเซลเซียสต่อวินาที มีเวลาการรับรู้การกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ คือ 4.61 และ 3.96 วินาที ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ด้วย Wilcoxon T comparison แสดงออกมาว่า อัตราการรับรู้ที่อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ 2 อัตรา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (z=-3.103, p=0.001) หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิการกระตุ้นมีผลกระทบต่อเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ

ทิศทางการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิการกระตุ้น อุณหภูมิร้อนและอุณหภูมิเย็น อุณหภูมิร้อน มีเวลาการรับรู้โดยเฉลี่ยที่ดีกว่าอุณหภูมิเย็น คือ 4.38 วินาที และอุณหภูมิเย็นมีเวลาการรับรู้โดยเฉลี่ย คือ 4.19 วินาที อย่างไรก็ตามเมื่อนำผลการทดลองมีวิเคราะห์ด้วย Wilcoxon T comparison แล้ว ผลแสดงออกมาว่า ทิศทางการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิไม่มีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าทิศทางการเปลี่ยนแปลงร้อนและเย็นไม่ส่งผลกระทบต่อเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือน

1.1.3 ความพอใจและสบายใจในการรับรู้การกระตุ้น

ตารางที่ 3.5 ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด ของความพอใจและสบายในการรับรู้การกระตุ้นขณะอยู่นิ่งในแต่ละปัจจัยที่วิเคราะห์

ปัจจัยที่วิเคราะห์		ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ช่วงอุณหภูมิ	น้อยกว่า 30 องศาเซลเซียส	2.00	1.00	3.00
	30 ถึง 35 องศาเซลเซียส	2.11	1.00	4.00
	มากกว่า 35 องศาเซลเซียส	2.27	1.00	4.00
ช่วงความชื้น	น้อยกว่า 50 เปอเซ็นต์	2.12	1.00	4.00
	50 ถึง 60 เปอเซ็นต์	2.21	1.00	4.00
	มากกว่า 60 เปอเซ็นต์	2.08	1.00	4.00
พื้นผิวสัมผัส	ข้อมือ	2.03	1.58	3.00
	อุ้งมือ	2.43	1.58	3.00
ความเข้มของอุณหภูมิกระตุ้น	3 องศาเซลเซียส	2.22	1.00	4.00
	6 องศาเซลเซียส	2.02	1.00	4.00
อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกระตุ้น	1 องศาเซลเซียสต่อวินาที	2.16	1.00	4.00
	3 องศาเซลเซียสต่อวินาที	2.10	1.00	4.00
ทิศทางของอุณหภูมิกระตุ้น	ร้อน	1.52	1.00	4.00
	เย็น	2.74	1.00	4.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความพอใจและสบายใจ (อยู่ในช่วง 0-4; ซึ่ง 0 หมายถึงความไม่พอใจและไม่สบายใจเมื่อรับรู้การกระตุ้น และ 4 หมายถึงความพอใจและสบายใจเมื่อรับรู้การกระตุ้น ถ้ามีค่ามากจะดี) จากตารางที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด ของความพอใจและสบายใจในการรับรู้การกระตุ้นขณะอยู่นิ่ง ในแต่ละปัจจัยที่วิเคราะห์ ได้แก่ ปัจจัยด้านอุณหภูมิโดยรอบ ความชื้นโดยรอบ พื้นผิวสัมผัส ความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้น อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิการกระตุ้น และทิศทางของอุณหภูมิการกระตุ้น

ความพอใจและสบายใจในการรับรู้การกระตุ้นในแต่ละช่วงอุณหภูมิ ช่วงอุณหภูมิโดยรอบที่มากกว่า 35 องศาเซลเซียสมีความพอใจและสบายใจต่อการรับรู้การกระตุ้นที่มากที่สุด โดยเฉลี่ยคือ 2.27 และในช่วง 30 ถึง 35 องศาเซลเซียส มีค่าความพอใจและสบายใจโดยเฉลี่ย คือ 2.11 และในช่วงน้อยกว่า 30 องศาเซลเซียส มีค่าความพอใจและสบายใจโดยเฉลี่ย คือ 2 และ Friedman's analysis ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ความพอใจและสบายใจในแต่ละช่วงอุณหภูมิพบว่า ในแต่ละช่วงอุณหภูมิโดยรอบความพอใจและสบายใจมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (χ^2 (2)=8.211, p=0.016) และจากการวิเคราะห์ผลด้วยสถิติ Wilcoxon T comparison ผลแสดงให้เห็นว่า <30 องศาเซลเซียสกับ 30-35 องศาเซลเซียสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (z=-3.414, p<0.001), ช่วง <30 องศาเซลเซียสกับ >35 องศาเซลเซียสไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (z=-0.405, p=0.343) และ ช่วง 30-35 องศาเซลเซียสกับ >35 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (z=-2.534, p<0.001) ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลพบว่าความพอใจและสบายใจที่ได้รับการแจ้งเตือนในแต่ละช่วงอุณหภูมิแวดล้อมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าสภาพอุณหภูมิโดยรอบส่งผลกระทบต่อความพอใจและสบายใจเมื่อได้รับการแจ้งเตือนด้วยอุณภูมิ

ในแต่ละช่วงความชื้นโดยรอบ ช่วงความชื้นโดยรอบที่ 50 ถึง 60 เปอร์เซ็นต์มีความพอใจและสบายใจต่อการรับรู้การกระตุ้นที่มากที่สุด โดยเฉลี่ยคือ 2.21 ในช่วงน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์มีค่าความพอใจและสบายใจโดยเฉลี่ย คือ 2.12 และ มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ค่าความพอใจและสบายใจโดยเฉลี่ย คือ 2.08 ความพอใจและสบายใจของการรับรู้การกระตุ้นในแต่ละช่วงความชื้นโดยรอบถูกวิเคราะห์ด้วย Friedman's analysis ผลแสดงว่าความพอใจและสบายใจในแต่ละช่วงความชื้นโดยรอบการกระตุ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (χ^2 (2)=8.211, p=0.016) และ จากการวิเคราะห์ผลด้วยสถิติ Wilcoxon T comparison ผลแสดงให้เห็นว่า <50 เปอร์เซ็นต์กับ >60 เปอร์เซ็นต์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (z=-2.09, p=0.019), ช่วง 50-60 เปอร์เซ็นต์กับ >60 เปอร์เซ็นต์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (z=-1.989, p=0.024) จากการวิเคราะห์ผลด้วยเครื่องมือทางสถิติพบถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าความชื้นโดนรอบมีผลกระทบต่อความพอใจและสบายใจเมื่อรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นผิวสัมผัสการรับรู้การกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ ความพอใจและสบายใจ บริเวณอุ้งมือมีค่าความพอใจและสบายใจต่อการรับรู้การกระตุ้นที่มากกว่า คือ 2.23 โดยบริเวณข้อมือมีค่าความพอใจและสบายใจ คือ 2.03

ในแต่ละค่าความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้น ที่ค่าความเข้ม 3 องศาเซลเซียส มีค่าความพอใจและสบายใจในการรับรู้ที่ดีกว่า คือ 2.22 และ ที่ค่าความเข้ม 6 องศาเซลเซียส มีค่าความพอใจและสบายใจในการรับรู้คือ 2.04

ในแต่ละอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิการกระตุ้น 1 องศาเซลเซียส ต่อวินาที และ 3 องศาเซลเซียสต่อวินาที 1 องศาเซลเซียส ต่อวินาทีมีความพอใจและสบายเมื่อรับรู้ถึงการกระตุ้นมากกว่า การเปลี่ยนแปลง 3 องศาเซลเซียสต่อวินาที โดยมีค่าความพอใจและสบายใจในการรับรู้คือ 2.16 และค่าความพอใจและสบายใจของการเปลี่ยนแปลง 3 องศาเซลเซียสต่อวินาที คือ 2.10

ทิศทางการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิการกระตุ้น อุณหภูมิเย็น มีค่าความพอใจและสบายใจในการรับรู้ที่ดีกว่าอุณหภูมิร้อน คือ 2.74 และอุณหภูมิร้อนมีค่าความพอใจและสบายใจในการรับรู้คือ 1.52

Wilcoxon T comparison ถูกนำมาวิเคราะห์ ความเข้มของการกระตุ้น อัตราการเปลี่ยนแปลงของการกระตุ้น ทิศทางของการกระตุ้น และบริเวณผิวสัมผัส ผลแสดงออกมาว่า ความเข้มของการกระตุ้น อัตราการเปลี่ยนแปลงของการกระตุ้น และบริเวณผิวสัมผัส ไม่มีผลกระทบต่อความพอใจและสบายใจในการรับรู้การกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่ทิศทางของการกระตุ้นมีผลกระทบต่อความพอใจและสบายใจในการรับรู้การกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($z=-6.342$, $p<0.001$) แสดงว่าทิศทางของอุณหภูมิร้อนและเย็นส่งผลกระทบต่อความพอใจและสบายใจต่อการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.4 การรับรู้ความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้น

ตารางที่ 3.6 ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด ของการรับรู้ความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้น ขณะอยู่นิ่งในแต่ละปัจจัยที่วิเคราะห์

ปัจจัยที่วิเคราะห์		ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ช่วงอุณหภูมิ	น้อยกว่า 30 องศาเซลเซียส	1.35	1.00	2.00
	30 ถึง 35 องศาเซลเซียส	1.28	1.00	2.00
	มากกว่า 35 องศาเซลเซียส	1.43	1.00	2.00
ช่วงความชื้น	น้อยกว่า 50 เปอเซ็นต์	1.34	1.00	2.00
	50 ถึง 60 เปอเซ็นต์	1.38	1.00	2.00
	มากกว่า 60 เปอเซ็นต์	1.26	1.00	2.00
พื้นผิวสัมผัส	ข้อมือ	1.34	1.00	2.00
	อุ้งมือ	1.34	1.00	2.00
ความเข้มของอุณหภูมิกระตุ้น	3 องศาเซลเซียส	1.00	1.00	1.00
	6 องศาเซลเซียส	1.64	1.00	2.00
อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกระตุ้น	1 องศาเซลเซียสต่อวินาที	1.24	1.00	2.00
	3 องศาเซลเซียสต่อวินาที	1.40	1.00	2.00
ทิศทางของอุณหภูมิกระตุ้น	ร้อน	1.35	1.00	2.00
	เย็น	1.28	1.00	2.00

ความเข้มของการกระตุ้น (อยู่ในช่วง 0-2; ซึ่ง 0 หมายถึงความเข้มของการกระตุ้นมีค่าน้อย และ 2หมายถึงความเข้มของอุณหภูมิมีค่ามาก หากมีค่าน้อยจะดีแก่ผู้ใช้งาน)จากตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของการรับรู้ความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้นขณะอยู่นิ่ง ในแต่ละปัจจัยที่วิเคราะห์ ได้แก่ ปัจจัยด้านอุณหภูมิโดยรอบ ความชื้นโดยรอบ พื้นผิวสัมผัส ความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้น อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิการกระตุ้น และทิศทางของอุณหภูมิการกระตุ้น

การรับรู้ความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้นในแต่ละช่วงอุณหภูมิ ช่วงอุณหภูมิโดยรอบที่มากกว่า 35 องศาเซลเซียส มีค่าการรับรู้ความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้นที่มากที่สุด โดยค่าเฉลี่ยคือ 1.43 และในช่วงน้อยกว่า 30 องศา มีค่าความพอใจและสบายใจโดยเฉลี่ย คือ 1.35 และในช่วง 50 ถึง 60 องศาเซลเซียส มีค่าความพอใจและสบายใจโดยเฉลี่ย คือ 1.28 จากการวิเคราะห์ผลด้วยสถิติ Friedman's analysis เวลาที่รับรู้ในแต่ละช่วงอุณหภูมิโดยรอบการกระตุ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (χ^2 (2)=27.118, p<0.001) และทดสอบหาความแตกต่างกันในแต่ละช่วงระหว่าง มากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

30 กับ 30 ถึง 35 องศาเซลเซียสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (z=-3.538, p<0.001), ช่วงมากกว่า 30 กับ น้อยกว่า35 องศาเซลเซียสไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (z=-0.674, p=0.25) และ ช่วง 30 ถึง 35 องศาเซลเซียสกับ มากกว่า 35 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (z=-3.313, p<0.001) แสดงว่าอุณหภูมิโดยรอบมีผลกระทบต่อการรับรู้ความเข้มของการกระตุ้นหรือการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ

ในแต่ละช่วงความชื้นโดยรอบ ช่วงความชื้นโดยรอบ 50 ถึง 60 เปอร์เซ็นต์เซลเซียส มีค่าการรับรู้ความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้นที่มากที่สุดมีค่าเฉลี่ย คือ 1.38 ในช่วงน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการรับรู้ความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้น คือ 1.34 และในช่วงมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการรับรู้ความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้น คือ 1.26

ความเข้มของการกระตุ้นในแต่ละช่วงความชื้นโดยรอบถูกวิเคราะห์ด้วย Friedman's analysis ผลแสดงว่าความเข้มของการกระตุ้นในแต่ละช่วงความชื้นโดยรอบการกระตุ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (χ^2 (2)=7.818, p=0.02) และ จากการวิเคราะห์ผลด้วยสถิติ Wilcoxon T comparison ผลแสดงให้เห็นว่า <50 เปอร์เซ็นต์กับ >60 เปอร์เซ็นต์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (z=-2.312, p=0.01), ช่วง 50-60 เปอร์เซ็นต์กับ >60 เปอร์เซ็นต์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (z=-2.316, p=0.01) จากการเปรียบเทียบของแต่ละช่วงความชื้นพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแสดงว่าความชื้นมีผลกระทบต่อการรับรู้ความเข้มของการแจ้งเตือนด้วยอุณภูมิ

พื้นผิวสัมผัสการรับรู้การกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ การรับรู้ความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้นบริเวณอุ้งมือและข้อมือมีค่าเฉลี่ยที่เท่ากัน คือ 1.34

ในแต่ละค่าความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้น ที่ค่าความเข้ม 6 องศาเซลเซียส มีค่าการรับรู้ความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้นที่มากกว่า คือ 1.64 และ ที่ค่าความเข้ม 3 องศาเซลเซียส มีค่าการรับรู้ความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้นคือ 1

ในแต่ละอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิการกระตุ้น 1 องศาเซลเซียส ต่อวินาที และ 3 องศาเซลเซียสต่อวินาที 3 องศาเซลเซียส ต่อวินาทีมีค่าการรับรู้ความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้นมากกว่า การเปลี่ยนแปลง 1 องศาเซลเซียสต่อวินาที โดยมีค่าการรับรู้ความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้นคือ 1.4 และค่าการรับรู้ความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้น1 องศาเซลเซียสต่อวินาที คือ 1.24

ทิศทางการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิการกระตุ้น อุณหภูมิร้อน มีค่าการรับรู้ความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้น ที่มากกว่าอุณหภูมิร้อน คือ 1.35 และอุณหภูมิเย็นมีค่าการรับรู้ความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้น คือ 1.28

เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของพื้นผิวสัมผัส ความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้นอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิการกระตุ้น และทิศทางการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิด้วยสถิติ Wilcoxon T comparison ผลแสดงว่า ความเข้มของการกระตุ้น อัตราการเปลี่ยนแปลงของการกระตุ้น และทิศทางการเปลี่ยนแปลง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (z=-7.810, p<0.001), (z=-2.785, p=0.003)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ (z=-1.698, p=0.045) ตามลำดับ โดยที่บริเวณผิวสัมผัส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จากผลการวิเคราะห์ผลด้วยเครื่องมือทางสถิติแสดงว่า ความเข้มของการกระตุ้น อัตรการเปลี่ยนของการกระตุ้น และทิศทางของการเปลี่ยนแปลงส่งผลกระทบต่อการรับรู้ความเข้มของค่าการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ

1.2 ขณะเคลื่อนที่

1.2.1 อัตราการรับรู้การกระตุ้น

ตารางที่ 3.7 ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด ของอัตราการรับรู้การกระตุ้นขณะเคลื่อนที่ในแต่ละปัจจัยที่วิเคราะห์ (หน่วยเปอร์เซ็นต์)

ปัจจัยที่วิเคราะห์		ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ช่วงอุณหภูมิ	น้อยกว่า 30 องศาเซลเซียส	78.13	50.00	100.00
	30 ถึง 35 องศาเซลเซียส	83.33	75.00	87.50
	มากกว่า 35 องศาเซลเซียส	87.50	62.50	100.00
ช่วงความชื้น	น้อยกว่า 50 เปอเซ็นต์	77.10	50.00	100.00
	50 ถึง 60 เปอเซ็นต์	75.00	62.50	100.00
	มากกว่า 60 เปอเซ็นต์	87.50	87.50	100.00
พื้นผิวสัมผัส	ข้อมือ	79.18	62.50	100.00
	อุ้งมือ	82.29	50.00	100.00
ความเข้มของอุณหภูมิกระตุ้น	3 องศาเซลเซียส	65.62	54.16	75.00
	6 องศาเซลเซียส	95.84	91.67	100.00
อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกระตุ้น	1 องศาเซลเซียสต่อวินาที	80.21	54.16	100.00
	3 องศาเซลเซียสต่อวินาที	81.25	62.50	100.00
ทิศทางของอุณหภูมิกระตุ้น	ร้อน	82.29	70.83	91.67
	เย็น	79.17	54.16	100.00

จากตารางที่ 3. แสดงค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอัตราการรับรู้การกระตุ้นขณะเคลื่อนที่ ในแต่ละปัจจัยที่วิเคราะห์ ได้แก่ ปัจจัยด้านอุณหภูมิโดยรอบ ความชื้นโดยรอบ พื้นผิวสัมผัส ความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้น อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิการกระตุ้น และทิศทางของอุณหภูมิการกระตุ้น (ยิ่งมีอัตราการรับรู้มากยิ่งดี)

อัตราการรับรู้การแจ้งเตือนหรือความแม่นยำในการรับรู้ของแต่ละช่วงอุณหภูมิ ในช่วงอุณหภูมิโดยรอบที่มากกว่า 35 องศาเซลเซียส มีอัตราการรับรู้ที่ดีที่สุด คิดเป็น 87.5 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการรับรู้ที่รองลงมาอยู่ในช่วง 30 ถึง 35 องศาเซลเซียส และน้อยกว่า 30 องศาเซลเซียส โดยอัตราการรู้รับคิดเป็น 83.33 เปอร์เซ็นต์ และ 78.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับจากการวิเคราะห์ผลด้วยสถิติ Friedman's analysis ผลแสดงให้เห็นว่าอัตราการรับรู้การกระตุ้นในแต่ละช่วงอุณหภูมิโดยรอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (χ^2 (2)=21.547, p<0.001) และทดสอบหาความแตกต่างกันในแต่ละช่วงระหว่าง มากกว่า 30 องศาเซลเซียสกับ 30 ถึง 35 องศาเซลเซียสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (z=-2.956, p<0.001), และ ช่วง 30 ถึง 35 องศาเซลเซียสกับ มากกว่า 35 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (z=-2.820, p=0.003) แสดงว่าอุณหภูมิส่งผลกระทบต่อการอัตรารับรู้การแจ้งเตือน

อัตราการรับรู้การแจ้งเตือนของแต่ละช่วงความชื้น การรับรู้ในช่วงมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ มีความแม่นยำในการรับรู้ คิดเป็น 87.5 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ การรับรู้ในช่วงน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ และ 50 ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการรับรู้ คิดเป็น 77.1 เปอร์เซ็นต์ และ 75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับอย่างไรก็ตาม เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติ Friedman's analysis ผลแสดงออกมาว่า อัตราการรับรู้การกระตุ้นด้วยอุณหภูมิไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าความชื้นโดยรอบไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ

อัตราการรับรู้ของแต่ละพื้นผิวสัมผัสการกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ บริเวณข้อมือและบริเวณอุ้งมือ บริเวณอุ้งมือมีอัตราการรับรู้ที่ดีกว่า คือ 82.29 เปอร์เซ็นต์ ส่วนบริเวณข้อมือมีอัตราการรับรู้ คือ 79.18 เปอร์เซ็นต์

อัตราการรับรู้ของแต่ละความเข้มของค่าอุณหภูมิการกระตุ้น ที่ความเข้ม 6 องศาเซลเซียส และ 3 องศาเซลเซียส ที่ความเข้ม 6 องศาเซลเซียส มีอัตราการรับรู้ที่ดีกว่า 3 องศาเซลเซียส คิดเป็น 95.84 เปอร์เซ็นต์ โดยความเข้ม 3 องศาเซลเซียส มีอัตราการรับรู้คิดเป็น 65.62 เปอร์เซ็นต์

อัตราการรับรู้ของแต่ละอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิการกระตุ้น 1 องศาต่อวินาที และ 3 องศาต่อวินาที มีอัตราการรับรู้การกระตุ้นด้วยอุณหภูมิที่ คือ 80.21 และ 81.25 ตามลำดับ

อัตราการรับรู้ของทิศทางการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิการกระตุ้น อุณหภูมิร้อน และอุณหภูมิเย็น อุณหภูมิร้อน มีอัตราการรับรู้ คิดเป็น 82.29 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการเปลี่ยนแปลง 3 องศาต่อวินาที มีอัตราการรับรู้คิดเป็น 79.17 เปอร์เซ็นต์

เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของพื้นผิวสัมผัส ความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้นอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิการกระตุ้น และทิศทางการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิด้วยสถิติ Wilcoxon T comparison ผลแสดงว่า ความเข้มของการกระตุ้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (z=-1.826, p=0.034) โดยที่บริเวณผิวสัมผัส อัตราการเปลี่ยนแปลงของการกระตุ้น และทิศทางการเปลี่ยนแปลง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าความเข้มของการกระตุ้นส่งผลกระทบต่ออัตราการรับรู้ แต่บริเวณผิวสัมผัส อัตราการเปลี่ยนแปลงของการกระตุ้น และทิศทางการเปลี่ยนแปลง ไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการรับรู้การแจ้งเตือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้พฤติกรรมการใช้งาน เดิน นั่ง ถูกวิเคราะห์ด้วยเพื่อเปรียบเทียบการรับรู้ในการใช้งานผลแสดงว่า พฤติกรรมการใช้งานไม่มีผลผลกระทบกับอัตราการรับรู้การกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ

1.2.2 เวลาที่รับรู้การกระตุ้น

ตารางที่ 3.8 ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด ของระยะเวลาการรับรู้การกระตุ้น ขณะเคลื่อนที่ในแต่ละปัจจัยที่วิเคราะห์ (หน่วยวินาที)

ปัจจัยที่วิเคราะห์		ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ช่วงอุณหภูมิ	น้อยกว่า 30 องศาเซลเซียส	5.33	5.00	5.51
	30 ถึง 35 องศาเซลเซียส	4.66	2.91	7.07
	มากกว่า 35 องศาเซลเซียส	3.94	2.82	5.14
ช่วงความชื้น	น้อยกว่า 50 เปอเซ็นต์	4.31	3.20	5.14
	50 ถึง 60 เปอเซ็นต์	4.32	2.82	7.07
	มากกว่า 60 เปอเซ็นต์	4.98	3.47	6.95
พื้นผิวสัมผัส	ข้อมือ	3.86	2.82	5.47
	อุ้งมือ	5.33	4.26	7.07
ความเข้มของอุณหภูมิกระตุ้น	3 องศาเซลเซียส	5.15	2.04	9.47
	6 องศาเซลเซียส	4.24	1.49	8.77
อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกระตุ้น	1 องศาเซลเซียสต่อวินาที	5.20	2.42	9.14
	3 องศาเซลเซียสต่อวินาที	4.02	1.49	9.47
ทิศทางของอุณหภูมิกระตุ้น	ร้อน	4.67	2.12	8.91
	เย็น	4.54	1.49	9.47

จากตารางที่ 3. แสดงค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด ของเวลาที่รับรู้การกระตุ้นขณะเคลื่อนที่ ในแต่ละปัจจัยที่วิเคราะห์ ได้แก่ ปัจจัยด้านอุณหภูมิโดยรอบ ความชื้นโดยรอบ พื้นผิวสัมผัส ความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้น อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิการกระตุ้น และทิศทางของอุณหภูมิการกระตุ้น (ยิ่งมีเวลาในการรับรู้น้อยยิ่งดี)

เวลาที่รับรู้การกระตุ้นของการรับรู้ของในแต่ละช่วงอุณหภูมิ ช่วงอุณหภูมิโดยรอบที่มากกว่า 35 องศาเซลเซียส มีเวลาการรับรู้ที่ดีที่สุด โดยเฉลี่ยคือ 3.94 วินาที เวลาที่รับรู้รองลงมาอยู่ในช่วง 30 ถึง 35 องศาเซลเซียส และ น้อยกว่า 30 องศาเซลเซียส โดยเวลาเฉลี่ย คือ 4.66 วินาที และ 5.33 วินาที ตามลำดับ Friedman's analysis ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์เวลาที่รับรู้การกระตุ้นในแต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละช่วงอุณหภูมิพบว่า ในแต่ละช่วงอุณหภูมิโดยรอบความพอใจและสบายใจมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (χ^2 (2)=17.526, p<0.001) และ จากการวิเคราะห์ผลด้วยสถิติ Wilcoxon T comparison ผลแสดงให้เห็นว่า น้อยกว่า 30 องศาเซลเซียสกับ 30 ถึง 35 องศาเซลเซียสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (z=-3.516, p<0.001), ช่วงน้อยกว่า 30 องศาเซลเซียสกับ มากกว่า 35 องศาเซลเซียสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (z=-2.023, p=0.022) และ ช่วง 30 ถึง 35 องศาเซลเซียสกับ มากกว่า 35 องศาเซลเซียสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (z=-3.206, p<0.001) แสดงว่าอุณหภูมิโดยรอบส่งผลกระทบต่อเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือน

เวลาที่รับรู้การกระตุ้นของการรับรู้ของแต่ละช่วงความชื้น การรับรู้ในช่วงน้อยกว่า 50 องศาเซลเซียส การรับรู้ที่ดีที่สุดและ มีเวลาเฉลี่ย คือ 4.31 วินาที และช่วงความชื้นที่รองลงมาอยู่ในช่วง 50 ถึง 60 องศาเซลเซียส และมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ มีเวลาเฉลี่ย คือ 4.32 และ 4.98 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเวลาที่รับรู้การกระตุ้นในแต่ละช่วงความชื้นโดยรอบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าความชื้นโดยรอบมีส่งผลกระทบต่อเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือน

เวลาที่รับรู้การกระตุ้นของการรับรู้ของแต่ละสัมผัส บริเวณข้อมือมีความสามารถในการรับรู้การกระตุ้นด้วยอุณหภูมิมากกว่าบริเวณอุ้งมือ โดยมีเวลาเฉลี่ย คือ 3.86 วินาที และ 5.33 วินาที

ในแต่ละค่าความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้น ที่ค่าความเข้ม 6 องศาเซลเซียส มีระยะเวลาการรับรู้ที่เร็วกว่าคือ 4.24 วินาที และที่ค่าความเข้ม 3 องศาเซลเซียส มีระยะเวลาเฉลี่ยคือ 5.15 วินาที

ในแต่ละอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิการกระตุ้น 1 องศาเซลเซียสต่อวินาที และ 3 องศาเซลเซียสต่อวินาที มีเวลาการรับรู้การกระตุ้นด้วยอุณหภูมิคือ 5.20 และ 4.02 วินาที ตามลำดับ

ทิศทางการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิการกระตุ้น คือ อุณหภูมิร้อนและอุณหภูมิเย็น โดยอุณหภูมิเย็น มีเวลาการรับรู้โดยเฉลี่ยที่เร็วกว่าอุณหภูมิร้อน คือ 4.54 วินาที และอุณหภูมิร้อนมีเวลาการรับรู้โดยเฉลี่ย คือ 4.67 วินาที

บริเวณผิวสัมผัส ความเข้มของการกระตุ้น อัตราการเปลี่ยนแปลงของการกระตุ้น และทิศทางของการกระตุ้น วิเคราะห์ความแตกต่างด้วย Wilcoxon T comparison ผลแสดงว่า ความเข้มของการกระตุ้น อัตราการเปลี่ยนแปลงของการกระตุ้น และบริเวณผิวสัมผัส มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (z=-5.748, p<0.001), (z=-4.334, p<0.001) และ (z=-2.903, p=0.002) ตามลำดับ แสดงว่าความเข้มของการกระตุ้น อัตราการเปลี่ยนแปลงของการกระตุ้น และบริเวณผิวสัมผัสส่งผลกระทบต่อเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ โดยที่ทิศทางของการกระตุ้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือแสดงว่าไม่ส่งผลกระทบต่อเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือน นอกจากนี้ พฤติกรรมการใช้งาน ผลแสดงว่า พฤติกรรมการใช้งานขณะอยู่นิ่งและเคลื่อนที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือแสดงว่าไม่ส่งผลกระทบต่อเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) กลุ่มการทดลองซ้ำ

2.1 กลุ่มการทดลอง 2 ครั้ง (Bi-weekly session)

ตารางที่ 3.9 แสดงค่าเฉลี่ยในแต่ละครั้ง ของการทดลองทำซ้ำ 2 ครั้ง

	session 1	session 2
Detection Rate (Accuracy %)	79.17	79.17
Detection Time (sec.)	84.37	82.81
Comfort (Scale 0-4)	2.01	1.98
Intensity (Scale 0-2)	1.23	1.25

กลุ่มการทดลอง 2 ครั้ง (Bi-weekly session) ทำการทดลองสัปดาห์เว้นสัปดาห์ ตารางที่ 3.9 แสดงค่าเฉลี่ยในแต่ละครั้ง โดย session 1 หมายถึง การทดลองครั้งแรก และ session 2 หมายถึง การทดลองครั้งที่สอง จากนั้น Wilcoxon T comparison ถูกนำมาวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้ ผลแสดงว่า จำนวนครั้งในการใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิไม่มีผลกระทบต่ออัตราการรับรู้ และเวลาของการรับรู้การกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ (z=-0.941, p=0.173), (z=-0.264, p=0.396) ตามลำดับ นอกจากนี้ความพอใจและสบายใจในการรับรู้การกระตุ้น และความเข้มของการกระตุ้นไม่ได้รับผลกระทบจากจำนวนครั้งในการใช้งานอย่างมีนัยสำคัญ (z=-0.118, p=0.453), (z=-0.157, p=0.438) ตามลำดับ

2.2 กลุ่มการทดลอง 3 ครั้ง (Monthly session)

ตารางที่ 3.10 แสดงค่าเฉลี่ยในแต่ละครั้ง ของการทดลองทำซ้ำ 3 ครั้ง

	session 1	session 2	session 3
Detection Rate (Accuracy %)	4.18	4.26	4.83
Detection Time (sec.)	85.93	85.93	87.50
Comfort (Scale 0-4)	2.33	2.02	2.05
Intensity (Scale 0-2)	1.34	1.34	1.28

กลุ่มการทดลอง 3 ครั้ง (Monthly session) ทำการทดลองเดือนละ 1 ครั้ง เป็นระยะเวลา 3 เดือน ตารางที่ 3.10 แสดงค่าเฉลี่ยในแต่ละครั้ง โดย session 1 หมายถึง การทดลองครั้งแรก session 2 หมายถึง การทดลองครั้งที่สอง และ session 3 หมายถึง การทดลองครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Friedman's analysis ถูกนำมาวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้ ผลแสดงว่า จำนวนครั้งในการใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิไม่มีผลต่ออัตราการรับรู้ และเวลาของการรับรู้การกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ (χ^2 (2)=0.5, p=0.779), (χ^2 (2)=0.545, p=0.761) ตามลำดับ นอกจากนี้ความพอใจและสบายใจในการรับรู้การกระตุ้น และความเข้มของการกระตุ้นไม่ได้รับผลกระทบจากการจำนวนครั้งในการใช้งานอย่างมีนัยสำคัญ (χ^2 (2)=1.2, p=0.549), (χ^2 (2)=2.364, p=0.307) ตามลำดับ

2.3 เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการทดลอง 1 ครั้งกับกลุ่มทดลองทำซ้ำ

Mann-Whitney U ถูกนำมาวิเคราะห์ระหว่างกลุ่มการทดลอง 1 ครั้งกับกลุ่มทดลองทำซ้ำ ตารางที่ 3.11 แสดงถึงค่าเฉลี่ยของอัตราการรับรู้ เวลาการรับรู้ ความพอใจและสบายใจในการรับรู้การกระตุ้น และความเข้มของการกระตุ้น ของกลุ่มการทดลองครั้งเดียวและกลุ่มทดลองทำซ้ำ 2 ครั้ง (Bi-weekly users) โดยผลของกลุ่มทดลองทำซ้ำ 2 ครั้งจะแสดงที่แถวบน (พื้นหลังสีเทา) สถิติแสดงว่า ในการทดลองครั้งแรก (session 1) ช่วงอุณหภูมิ >35 องศาเซลเซียสอัตราการรับรู้การกระตุ้นและเวลาที่รับรู้การกระตุ้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (U=0, Z=-2.121, p=0.017), (U=0, Z=-1.964, p=0.045) ตามลำดับในการทดลองครั้งที่ 2 (session 2) ช่วงอุณหภูมิ >35 องศาเซลเซียส สถิติแสดงว่า อัตราการรับรู้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (U=3, Z=-1.732, p=0.0315) นอกจากนั้น ในช่วงอุณหภูมิ 30-35 องศาเซลเซียส ความรู้สึกพอใจและสบายใจในการรับรู้การกระตุ้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (U=3, Z=-1.858, p=0.0315)

ตารางที่ 3.2 แสดงถึงค่าเฉลี่ยของอัตราการรับรู้ เวลาการรับรู้ ความพอใจและสบายใจในการรับรู้การกระตุ้น และความเข้มของการกระตุ้น ของกลุ่มการทดลองครั้งเดียวและกลุ่มทดลองทำซ้ำ 3 ครั้ง (Monthly users) อย่างไรก็ตามการทดลองครั้งที่ 1 ไม่มีผู้ใดทดลองในช่วงอุณหภูมิ >35 องศาเซลเซียส, การทดลองครั้งที่ 2 ไม่มีผู้ใดทดลองในช่วงอุณหภูมิ 30-35 องศาเซลเซียสและการทดลองครั้งที่ 3 ไม่มีผู้ใดทดลองในช่วงอุณหภูมิ <30 องศาเซลเซียสการวิเคราะห์สถิติแสดงว่าเวลาการรับรู้อุณหภูมิในการทดลองครั้งที่ 1 ช่วงอุณหภูมิ 30-35 องศาเซลเซียสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (U=2, Z=-1.779, p=0.0375) และอัตราการรับรู้การกระตุ้นในการทดลองครั้งที่ 2 ในช่วงอุณหภูมิ >35 องศาเซลเซียสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (U=0, Z=-1.732, p=0.0425) อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในด้านของความพอใจและสบายใจในการรับรู้การกระตุ้น และความเข้มของค่าการกระตุ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.11 แสดงค่าเฉลี่ยของการทดลองเพียง 1 ครั้งและการทดลองทำซ้ำ 2 ครั้ง (ผลของกลุ่มทดลองทำซ้ำ 2 ครั้งแสดงที่พื้นหลังสีเทา การทดลอง 1 ครั้งแสดงที่พื้นหลังสีขาว)

	session 1			session 2		
Temp.	<30	30-35	>35	<30	30-35	>35
Detection Rate	84.38	92.50	83.34*	87.50	83.34	87.50*
(Accuracy %)	79.17	85.17	95.00	79.17	85.17	95.00
Detection Time	4.86	4.32	4.45*	4.86	4.39	3.95
(sec.)	4.49	5.54	3.68	4.49	5.54	3.68
Comfort	3.12	2.80	2.60	3.12	3.15*	1.87
(Scale 0-4)	2.00	2.11	2.27	2.00	2.11	2.27
Intensity	1.26	1.67	1.34	1.14	1.92	1.27
(Scale 0-2)	1.35	1.28	1.43	1.35	1.28	1.43

ตารางที่ 3.12 แสดงค่าเฉลี่ยของการทดลองครั้งเดียวและการทดลองทำซ้ำ 3 ครั้ง (ผลของกลุ่มทดลองทำซ้ำ 3 ครั้งแสดงที่พื้นหลังสีเทา การทดลอง 1 ครั้งแสดงที่พื้นหลังสีขาว)

	session 1		session 2		session 3	
Temp.	<30	30-35	<30	>35	30-35	>35
Detection Rate	100.00	75.00	83.34	37.50*	83.34	100.00
(Accuracy %)	79.17	85.17	79.17	95.00	85.17	95.00
Detection Time	4.15	4.43*	3.66	5.70	4.65	5.75
(sec.)	4.49	5.54	4.49	3.68	5.54	3.68
Comfort	2.51	3.28	3.11	2.21	2.65	1.69
(Scale 0-4)	2.00	2.11	2.00	2.27	2.11	2.27
Intensity	1.73	1.30	1.51	1.50	1.26	1.18
(Scale 0-2)	1.35	1.28	1.35	1.43	1.28	1.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 อภิปรายผลการทดลอง

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิในเขตร้อน และเปรียบเทียบการใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิในเขตหนาวโดยจะเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งนี้เพื่อสามารถนำการใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิในวงกว้างและใช้กันอย่างแพร่หลาย ดังนั้นจากการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองจึงสามารถพิสูจน์สมมุติฐานดังต่อไปนี้

1. สภาพแวดล้อม (อุณหภูมิและความชื้น) โดยรอบในเขตร้อน ส่งผลกระทบต่อการใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ

การวิเคราะห์ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิโดยรอบมีผลกระทบต่อการใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิทั้งขณะหยุดนิ่งและเคลื่อนที่ โดยในขณะหยุดนิ่ง อุณหภูมิโดยรอบมีผลกระทบต่อการรับรู้ เวลาในการรับรู้ ความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้นและความพอใจและสบายใจในการรับรู้ นอกจากนี้ ผลจากการวิเคราะห์การใช้งานในขณะเคลื่อนที่แสดงว่าอุณหภูมิโดยรอบมีผลต่อเวลาในการรับรู้ จากตารางที่ 3.13 แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการรับรู้ เวลาในการรับรู้ ความพอใจและสบายใจ และความเข้มในการรับรู้การกระตุ้น ในแต่ละช่วงอุณหภูมิ ของงานวิจัยนี้ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ [29] ซึ่งเป็นงานวิจัยผลกระทบจากสภาพอุณหภูมิโดยรอบต่อการใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิโดยทำการทดลองอยู่ในสภาพอากาศเมืองหนาว จากตารางที่ 3.14 แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการรับรู้ เวลาในการรับรู้ ความพอใจและสบายใจ และความเข้มในการรับรู้การกระตุ้น ในแต่ละช่วงอุณหภูมิ ของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สรุปผลได้ว่าอุณหภูมิโดยรอบมีผลกระทบต่อการรับรู้การแจ้งเตือน ดังนั้นผลการทดลองของงานวิจัยนี้ได้เป็นไปตามทิศทางของงานวิจัยก่อนหน้านี้ คือ อุณหภูมิโดยรอบมีผลกระทบต่อการรับรู้ จึงสรุปและสามารถอภิปรายผลได้ว่าสภาพอุณหภูมิโดยรอบมีผลต่อการใช้งานการแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิ

จากตารางที่ 3.15 แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการรับรู้ เวลาในการรับรู้ ความพอใจและสบายใจ และความเข้มในการรับรู้การกระตุ้น ในแต่ละช่วงความชื้น ของงานวิจัยนี้ และจากการวิเคราะห์ผลแสดงให้เห็นว่า ความชื้นโดยรอบมีผลกระทบต่อการรับรู้ถึงความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้นและการรับรู้ถึงความพอใจและสบายใจเมื่อรับรู้การแจ้งเตือน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ [29] จากตารางที่ 3.16 แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการรับรู้ เวลาในการรับรู้ ความพอใจและสบายใจและความเข้มในการรับรู้การกระตุ้น ในแต่ละช่วงความชื้น ของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้นำเสนอว่าความชื้นโดยรอบในช่วงที่มีความชื้นต่ำและช่วงที่มีความชื้นสูงมีผลกระทบต่อการใช้งานการแจ้งเตือน อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนี้รายงานผลการทดลองว่า ความชื้นโดยรอบมีผลกระทบต่ออัตราการรับรู้ เวลาในการรับรู้และความพอใจและสบายใจในการรับรู้ ซึ่งไม่ได้ระบุว่าช่วงความชื้นใดบ้างที่มีผลกระทบหรือไม่มีผลกระทบต่อการรับรู้ โดยงานวิจัยนี้ได้ทดลองอยู่ในช่วงที่มีความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปานกลาง ผลจากการทดลองจึงเป็นได้ในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสภาพแวดล้อม (อุณหภูมิและความชื้น) โดยรอบ ส่งผลกระทบต่อการใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐาน

ตารางที่ 3.13 แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการรับรู้ เวลาในการรับรู้ ความพอใจและสบายใจ และความเข้มในการรับรู้การกระตุ้น ในแต่ละช่วงอุณหภูมิ ของงานวิจัยนี้

	<30°C	30-35°C	>35°C
Detection Rate (%)	79.17	85.17	95.00
Detection Time (sec.)	4.49	4.54	3.68
Comfort (0-6)	2.00	2.11	2.27
Intensity (0-3)	1.35	1.28	1.43

ตารางที่ 3.14 แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการรับรู้ เวลาในการรับรู้ ความพอใจและสบายใจ และความเข้มในการรับรู้การกระตุ้น ในแต่ละช่วงอุณหภูมิ ของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

	<10°C	10-15°C	15-20°C	20-25°C	>25°C
Detection Rate (%)	82.29	74.7	84.25	79.84	35.56
Detection Time (sec.)	3.46	3.23	3.03	4.14	3.70
Comfort (0-6)	3.11	2.09	1.82	2.71	2.38
Intensity (0-3)	1.24	1.52	1.67	1.72	1.38

ตารางที่ 3.15 แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการรับรู้ เวลาในการรับรู้ ความพอใจและสบายใจ และความเข้มในการรับรู้การกระตุ้น ในแต่ละช่วงความชื้น ของงานวิจัยนี้

	<50%	50-60%	>60%
Detection Rate (%)	83.33	93.75	82.50
Detection Time (sec.)	4.23	3.70	4.96
Comfort (0-4)	2.12	2.21	2.08
Intensity (0-2)	1.34	1.38	1.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.16 แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการรับรู้ เวลาในการรับรู้ ความพอใจและสบายใจ และความเข้มในการรับรู้การกระตุ้น ในแต่ละช่วงความชื้น ของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
Detection Rate (%)	57.41	77.45	81.44	81.22	79.09	82.11	34.37
Detection Time (sec.)	2.91	2.99	3.69	3.06	3.22	3.26	4.99
Comfort (0-6)	2.30	1.82	2.67	2.42	1.74	1.27	1.63
Intensity (0-3)	1.53	1.67	1.61	1.47	1.69	1.71	1.60

2. การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมโดยรอบอย่างฉับพลันไม่มีผลต่องานใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ

จากสมมุติฐานการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมโดยรอบอย่างฉับพลันไม่มีผลต่องานใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ จึงได้วิเคราะห์ข้อมูลการรับรู้การแจ้งเตือนและเวลาในการรับรู้ โดยทำการเปรียบเทียบก่อนและหลังจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมจากสภาพแวดล้อมอุณหภูมิห้องที่มีการปรับสภาพอุณหภูมิที่อุณหภูมิห้องไปยังสภาพแวดล้อมนอกอาคาร หรือการเปลี่ยนจากสภาพแวดล้อมนอกอาคารไปยังสภาพแวดล้อมในอาคารหรืออุณหภูมิห้อง โดยที่สภาพแวดล้อมนอกอาคารอยู่ในช่วง 29 ถึง 37 องศาเซลเซียส และในอาคาร 25 องศาเซลเซียส

ผลจากการวิเคราะห์แสดงออกมาว่า ทั้งการรับรู้ในการใช้งานและเวลาในการรับรู้การใช้งานมีผลการใช้งานที่เหมือนกัน กล่าวคือ จากการทดลองนี้สามารถพิสูจน์สมมุติฐานที่ได้ตั้งไว้ว่าเป็นจริง เนื่องจากการตั้งค่าอุปกรณ์ที่กล่าวไว้ข้างต้น คือ การตั้งค่าอุปกรณ์ในการปล่อยอุณหภูมิในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันจะมีการตั้งค่าการปล่อยอุณหภูมิที่ต่างกัน เพราะว่างานวิจัยของ Hirosawa et al. [20] ได้เสนอว่าสภาพอุณหภูมิโดยรอบมีผลกระทบต่อการรับรู้อุณหภูมิที่เปลี่ยนไป โดยงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ตั้งค่าการปล่อยอุณหภูมิที่เหมือนกัน ในขณะที่ทดลองสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน

3. ช่วงระยะเวลาการใช้งาน หรือการใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิแบบซ้ำๆ ไม่เพิ่มหรือลดประสิทธิภาพการเรียนรู้

การวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อพิสูจน์สมมุติฐานการใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิแบบบ่อยครั้งหรือแบบใช้งานซ้ำๆไม่เพิ่มหรือลดประสิทธิภาพในการเรียนรู้ แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการใช้งานโดยการวิเคราะห์การใช้งานแบบสัปดาห์เว้นสัปดาห์ (bi-weekly) และการใช้งานแบบเดือนละครั้ง (monthly) ไม่มีผลกระทบต่อการใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ และหากวิเคราะห์โดยการเปรียบเทียบการใช้งานเพียงครั้งเดียว กับการใช้งานแบบสัปดาห์เว้นสัปดาห์และการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบเดือนละครั้ง ผลแสดงออกมาว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญบ้างแต่ไม่ได้เป็นความแตกต่างที่ออกมาเป็นรูปแบบ (pattern) ซึ่งผลจากการทดลองของเรานี้ได้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ [29] (ตารางที่ 3.19 แสดงค่าเฉลี่ยของการทดลองครั้งเดียวและการทดลองทำซ้ำ 5 ครั้ง ของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง) ดังนั้นจากการวิเคราะห์ในด้านการเรียนรู้การใช้งานการแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิจึงสามารถพิสูจน์สมมุติฐานได้ว่าเป็นไปตามสมมุติฐาน

ตารางที่ 3.17 แสดงค่าเฉลี่ยของการทดลองครั้งเดียวและการทดลองทำซ้ำ 1 ครั้ง (ผลของกลุ่มทดลองทำซ้ำ 2 ครั้งแสดงที่พื้นหลังสีเทา การทดลอง 1 ครั้งแสดงที่พื้นหลังสีขาว)

	session 1			session 2		
Temp.	<30°C	30-35°C	>35°C	<30°C	30-35°C	>35°C
Detection Rate	84.38	92.50	83.34*	87.50	83.34	87.50*
(Accuracy %)	79.17	85.17	95.00	79.17	85.17	95.00
Detection Time	4.86	4.32	4.45*	4.86	4.39	3.95
(sec.)	4.49	5.54	3.68	4.49	5.54	3.68
Comfort	3.12	2.80	2.60	3.12	3.15*	1.87
(Scale 0-4)	2.00	2.11	2.27	2.00	2.11	2.27
Intensity	1.26	1.67	1.34	1.14	1.92	1.27
(Scale 0-2)	1.35	1.28	1.43	1.35	1.28	1.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.18 แสดงค่าเฉลี่ยของการทดลองครั้งเดียวและการทดลองทำซ้ำ 3 ครั้ง (ผลของกลุ่มทดลองทำซ้ำ 3 ครั้งแสดงที่พื้นหลังสีเทา การทดลอง 1 ครั้งแสดงที่พื้นหลังสีขาว)

	session 1		session 2		session 3	
Temp.	<30°C	30-35°C	<30°C	>35°C	30-35°C	>35°C
Detection Rate	100.00	75.00	83.34	37.50*	83.34	100.00
(Accuracy %)	79.17	85.17	79.17	95.00	85.17	95.00
Detection Time	4.15	4.43*	3.66	5.70	4.65	5.75
(sec.)	4.49	5.54	4.49	3.68	5.54	3.68
Comfort	2.51	3.28	3.11	2.21	2.65	1.69
(Scale 0-4)	2.00	2.11	2.00	2.27	2.11	2.27
Intensity	1.73	1.30	1.51	1.50	1.26	1.18
(Scale 0-2)	1.35	1.28	1.35	1.43	1.28	1.43

ตารางที่ 3.19 แสดงค่าเฉลี่ยของการทดลองครั้งเดียวและการทดลองทำซ้ำ 5 ครั้ง (ผลของกลุ่มทดลองทำซ้ำ 5 ครั้งแสดงที่พื้นหลังสีเทา การทดลอง 1 ครั้งแสดงที่พื้นหลังสีขาว)

	session 1	session 2	session 3	session 4	session 5
Temp.	10-15°C	0-15°C	0-15°C	15-20°C	15-20°C
Detection Rate	89.58*	83.33	89.58*	83.33	89.36
(Accuracy %)	74.7	74.7	74.7	84.25	84.25
Detection Time	2.35*	3.13	2.5*	2.53*	2.52*
(sec.)	3.23	3.23	3.23	3.03	3.03
Comfort	0.77*	1.11*	1.53	1.28	1.43
(Scale 0-4)	2.09	2.09	2.09	1.82	1.82
Intensity	1.30	1.27	1.35	1.23*	1.14*
(Scale 0-2)	1.52	1.52	1.52	1.67	1.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การศึกษาการใช้งานการตอบสนองด้วยอุณหภูมิร่วมกับมิติการรับรู้อื่นๆ ให้เหมาะสมในแต่ละสถานการณ์

การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิเป็นงานวิจัยให้ในแขนงการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ โดยปัจจุบันการแจ้งเตือนที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในโทรศัพท์เคลื่อนที่ หรืออุปกรณ์เทคโนโลยีได้แก่ การแจ้งเตือนด้วยเสียงและการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นสะเทือนอย่างไรก็ตามบางงานวิจัยได้กล่าวว่า การแจ้งเตือนด้วยเสียงและด้วยแรงสั่นสะเทือนอาจมีความไม่เหมาะสมในบางสถานการณ์ คือ สถานการณ์ที่มีเสียงดัง เช่น คอนเสิร์ตหรือโรงงาน และสถานการณ์ที่มีแรงสั่นสะเทือน เช่น ขณะออกกำลังกายหรือขณะโดยสารบนยานพาหนะ ดังนั้นการทดลองนี้จึงได้จำลองสถานการณ์ทั้ง 2 สถานการณ์ คือ จำลองสถานการณ์ที่มีเสียงดัง และจำลองสถานการณ์ที่มีแรงสั่นสะเทือน โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงและแรงสั่นสะเทือน นอกจากนี้ยังศึกษามิติในการแจ้งเตือนว่าหากเพิ่มมิติในการแจ้งเตือนจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการรับรู้ได้หรือไม่

ในบทนี้ผู้วิจัยจะเริ่มกล่าวจากสมมุติฐานของงานวิจัย และจากนั้นกล่าวถึงวิธีการดำเนินงานวิจัย ซึ่งประกอบไปด้วย รูปแบบของการกระตุ้น ประชากรกลุ่มตัวอย่าง ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย ระเบียบวิธีการทดลอง การวิเคราะห์ผลข้อมูล และในส่วนสุดท้ายจะกล่างถึงผลการทดลองและการอภิปรายผลการทดลอง

4.1 สมมุติฐานงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการใช้งานการตอบสนองด้วยอุณหภูมิร่วมกับมิติการรับรู้อื่นๆ คือ เสียง และแรงสั่นสะเทือน ให้เหมาะสมในแต่ละสถานการณ์ทั้งนี้เพื่อสามารถนำการใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิในวงกว้างและใช้กันอย่างแพร่หลาย ดังนั้นจึงเกิดสมมุติฐานวิจัยดังนี้

1. การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิสามารถทดแทนการแจ้งเตือนด้วยเสียงได้และมีประสิทธิภาพดีกว่าเมื่ออยู่ในสถานการณ์ที่ไม่เหมาะสม
2. การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิสามารถใช้งานในสถานการณ์ที่มีแรงสั่นสะเทือนได้
3. การแจ้งเตือนในรูปแบบหลายมิติหรือการเพิ่มประสิทธิภาพในการแจ้งเตือนสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการรับรู้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 รูปแบบของการกระตุ้น

รูปแบบของการกระตุ้นที่ปล่อยออกมาในการทดลองนี้ มีทั้งสิ้น 11 รูปแบบ ซึ่งประกอบด้วย การแจ้งเตือนด้วยเสียง การแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นสะเทือน การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ และการรวมกันของการแจ้งเตือนหรือการเพิ่มมิติในการแจ้งเตือน ดังตารางที่ 4.1

โดยปัจจุบันการแจ้งเตือนด้วยเสียงถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในอุปกรณ์เทคโนโลยี โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ ดังนั้นการทดลองนี้จึงนำเสียงเรียกเข้าจากโทรศัพท์เคลื่อนที่นำมาใช้เป็นเสียงแจ้งเตือน เสียงที่นำมาทดลองมีทั้งสิ้น 2 รูปแบบ ซึ่งได้แก่ เสียงเรียกเข้าพื้นฐานจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ไอโฟน (R1) และเสียงพื้นฐานจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ซัมซุง (R2) และการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นสะเทือนเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการแจ้งเตือนที่ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในโทรศัพท์เคลื่อนที่ ดังนั้นรูปแบบของการแจ้งเตือนที่ใช้ในการทดลองนี้คือ การปล่อยเป็นจังหวะ ปล่อย 3 วินาที หยุด 1 วินาที

รูปแบบของการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิที่นำมาใช้ในการทดลองนี้อ้างอิงจากผลจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากการศึกษาการแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิโดยผลงานวิจัยสรุปว่าการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิในรูปแบบทิศทางความเย็น ความเข้ม 6 องศาเซลเซียส และอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ 3 องศาเซลเซียสต่อ 1 วินาที ดังนั้นการทดลองนี้จึงนำรูปแบบการแจ้งเตือนนี้มาเป็นรูปแบบการกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ

ตารางที่ 4.1 รูปแบบของค่าการกระตุ้น

	เสียง	แรงสั่นสะเทือน	อุณหภูมิ
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	R1	0	0
5	R1	0	1
6	R1	1	0
7	R1	1	1
8	R2	0	0
9	R2	0	1
10	R2	1	0
11	R2	1	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นบุคคลทั่วไปที่มีความสนใจการใช้การแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิด้วยอุณหภูมิ กลุ่มตัวอย่างของงานวิจัย จำนวน 24 คน อายุตั้งแต่ 21 ถึง 30 โดยมีอายุเฉลี่ยที่ 24.5 อายุมากสุด คือ 30 ปี และอายุน้อยสุด คือ 21 ปี เพศหญิง 12 คน เพศชาย 12 คน

4.4 ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย

ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ได้แก่ การแจ้งเตือนด้วยเสียง, การแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นสะเทือน, การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ และบริเวณผิวสัมผัส (ข้อมือและอุ้งมือ)

ตัวแปรตาม (Dependent Variables) ได้แก่ ค่าการรับรู้การแจ้งเตือน, เวลาการรับรู้การแจ้งเตือน (เวลาหลังจากที่ค่าการกระตุ้นส่งออกมา)

4.5 ระเบียบวิธีการทดลอง

ระเบียบวิธีการทดลองนี้ แบ่งออกเป็น 2 การทดลองย่อย (Task) คือ การทดลองในสถานการณ์ที่มีเสียงดัง (Task A) ที่ระดับเสียง 120 เดซิเบล ดังรูปที่ 4.1 และสถานการณ์ที่มีแรงสั่นสะเทือน (Task B) ที่ระดับแรงสั่น 30 เฮิรตซ์ เพราะเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับผู้ที่เริ่มใช้งานอุปกรณ์ออกกำลังกายที่ได้นำมาใช้เป็นอุปกรณ์ทดลอง ดังรูปที่ 4.2 ทั้งนี้เพื่อศึกษาการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิกับการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยมิติอื่นๆในสถานการณ์ที่ต่างกัน และในแต่ละการทดลองย่อยจะแบ่งเป็น 2 ครั้งหรือ 2 เงื่อนไข เพื่อศึกษาบริเวณผิวสัมผัสการรับรู้การแจ้งเตือน ที่บริเวณข้อมือ และอุ้งมือ

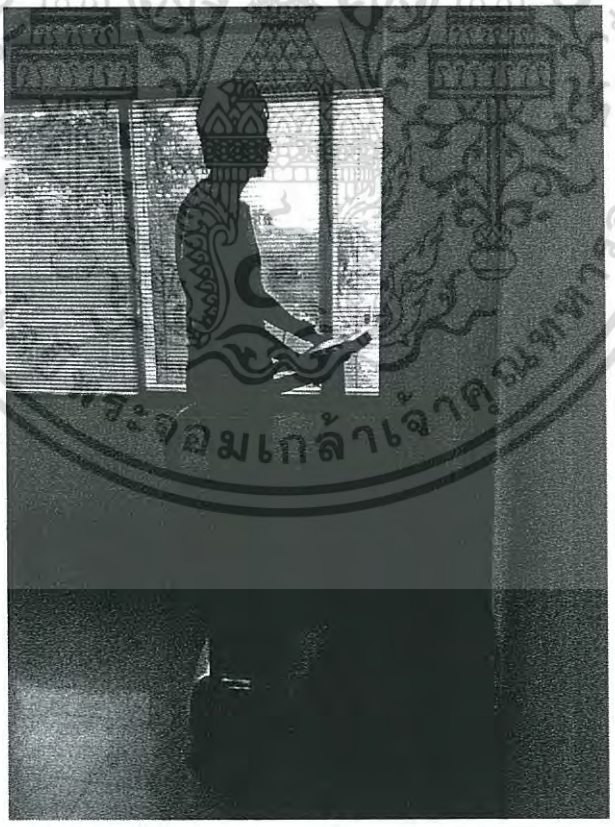
การทดลองใช้ระยะเวลาทั้งหมด 77 นาที ก่อนทำการทดลอง ผู้เข้าร่วมการทดลองจะได้รับอุปกรณ์การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ ซึ่งประกอบไปด้วย แผ่นร้อน/เย็น ไมโครคอนโทรลเลอร์ แบตเตอรี่ และโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยโทรศัพท์เคลื่อนที่จะแจ้งเตือนด้วยเสียงและแรงสั่นสะเทือน จากนั้นจะได้รับคำแนะนำการใช้อุปกรณ์จากผู้วิจัยและให้ตอบคำถามก่อนเริ่มทำการทดลอง (Entry questionnaire) ซึ่งถามเกี่ยวข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมการทดลองและประสบการณ์ของการใช้อุปกรณ์ลักษณะใกล้เคียงซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อผลการทดลอง การทดลองในแต่ละการทดลองย่อยจะใช้เวลาประมาณ 10 นาที นอกจากนั้นเมื่อสิ้นสุดการทดลองในแต่ละการทดลองย่อย ผู้เข้าร่วมทดลองจะต้องตอบแบบสอบคำถามหลังการทดลองย่อย (Post questionnaire) และเมื่อเสร็จสิ้นทั้ง 2 การทดลองย่อยผู้ทดลองจะต้องตอบแบบสอบถามหลังการทดลอง (Exit questionnaire) โดยชุดแบบสอบถามการทดลองทั้งหมดสามารถดูได้ที่ภาคผนวก

ในแต่ละการทดลองย่อยหรือแต่ละสถานการณ์จำลอง ผู้เข้าร่วมการทดลองจะสวมใส่อุปกรณ์การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ โดยแผ่นปล่อยความร้อน/เย็นจะใส่ที่บริเวณข้อมือหรืออุ้งมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นค่าการกระตุ้นหรือการแจ้งเตือนแต่ละรูปแบบจะปล่อยออกมา เมื่อผู้เข้าร่วมการทดลองรู้สึกถึงการกระตุ้นหรือการแจ้งเตือนผู้เข้าร่วมการทดลองจะต้องกดปุ่มในส่วนแสดงผลโทรศัพท์เคลื่อนที่

รูปที่ 4.1 สถานการณ์ที่มีเสียงดัง



รูปที่ 4.2 สถานการณ์ที่มีแรงสั่นสะเทือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากเก็บข้อมูลจากตัวอย่างการทดลองครบถ้วนแล้ว ระยะเวลาที่ถูกเก็บมาจะถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติการทดสอบแบบสองหาง (two-tailed t-test) เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของการรับรู้ในการเปรียบเทียบการแจ้งเตือนแต่ละรูปแบบในแต่ละสถานการณ์ นอกจากนี้การทดสอบแมคนีมาร (McNemar) ถูกนำมาวิเคราะห์อัตราหรือความแม่นยำในการรับรู้ เพราะเนื่องจากแมคนีมาร เป็นสถิติวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าสัดส่วน โดยเปรียบเทียบการรับรู้ของแต่ละรูปแบบการกระตุ้นด้วยเช่นกันโดยระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องมือทางสถิติหากวิเคราะห์แล้วพบว่าคู่การแจ้งเตือนที่นำมาเปรียบเทียบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแสดงว่า ความแม่นยำในการรับรู้หรือเวลาในการรับรู้ของการแจ้งเตือนที่นำมาเปรียบเทียบกัน ให้ประสิทธิภาพการแจ้งเตือนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่หากพบว่าคู่การแจ้งเตือนที่นำมาเปรียบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแสดงว่าการแจ้งเตือนทั้งคู่ให้ประสิทธิในการใช้งานที่เหมือนหรือคล้ายกัน

4.7 ผลการทดลอง

การวิจัยเพื่อศึกษาการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิกับการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยมิติอื่นๆ ในสถานการณ์ที่มีเสียงดัง และในสถานการณ์ที่มีแรงสั่นสะเทือนโดยศึกษาบริเวณข้อมือ และอุ้งมือ ผลการทดลองถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือการศึกษาการรับรู้การแจ้งเตือนในสถานการณ์ที่มีเสียงดัง และการศึกษาการรับรู้การแจ้งเตือนในสถานการณ์ที่มีแรงสั่นสะเทือนโดยวิเคราะห์ผลการรับรู้การแจ้งเตือนจาก อัตราการรับรู้และเวลาที่รับรู้การแจ้งเตือน

1) การศึกษาการรับรู้การแจ้งเตือนในสถานการณ์ที่มีเสียงดัง

1.1 อัตราการรับรู้การแจ้งเตือน

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการรับรู้การแจ้งเตือนรูปแบบ 1 มิติ ในสถานการณ์ที่มีเสียงดัง (หน่วยเปอร์เซ็นต์)

รูปแบบการกระตุ้น 1 มิติ			
เสียง 1	เสียง 2	แรงสั่น	อุณหภูมิ
43.75	54.17	77.08	89.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการรับรู้การแจ้งเตือนรูปแบบ 2 มิติ ในสถานการณ์ที่มีเสียงดัง (หน่วยเปอร์เซ็นต์)

รูปแบบการกระตุ้น 2 มิติ				
เสียง 1+สั่น	เสียง 2+สั่น	เสียง 1+อุณหภูมิ	เสียง 2+อุณหภูมิ	สั่น+อุณหภูมิ
72.92	79.17	83.34	83.34	89.58

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการรับรู้การแจ้งเตือนรูปแบบ 3มิติ ในสถานการณ์ที่มีเสียงดัง (หน่วยเปอร์เซ็นต์)

รูปแบบการกระตุ้น 3 มิติ	
เสียง 1+สั่น+อุณหภูมิ	เสียง 2+สั่น+อุณหภูมิ
93.75	93.75

จากตารางที่ 4.1-4.4 แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการรับรู้การแจ้งเตือนทั้ง 11 รูปแบบ หากมีค่าเฉลี่ยที่มากจะแสดงว่าการแจ้งเตือนนั้นมีประสิทธิภาพในการแจ้งเตือนมาก โดยอัตราการรับรู้ที่มากที่สุด คือ การแจ้งเตือนแบบ 3 มิติ หรือการแจ้งเตือนแบบร่วมกัน 3 รูปแบบ ได้แก่ 1) การแจ้งเตือนด้วยเสียง (*a*) 2) การแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นสะเทือน (*v*) และ 3) การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ (*t*) ซึ่งมีอัตราการรับรู้ คือ 93.75 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการรับรู้ที่น้อยที่สุด คือการแจ้งเตือนด้วยเสียงที่มีอัตราการรับรู้ คือ 43.75 เปอร์เซ็นต์

เปรียบเทียบการแจ้งเตือน 1 มิติ: การเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยเสียง (*a*) การแจ้งเตือนด้วยแรงสั่น (*v*) และการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ (*t*) การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิสามารถรับรู้ได้ดีที่สุด รองลงมา คือ การแจ้งเตือนด้วยแรงสั่น และการแจ้งเตือนด้วยเสียง โดยเมื่อวิเคราะห์ผลด้วยสถิติ McNemar Test เปรียบเทียบระหว่างการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นกับการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ ผลแสดงออกมาว่า การรับรู้การแจ้งเตือนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (sig = 0.143) แต่เมื่อเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยเสียงกับการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ (*a* vs. *t*) และเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยเสียงกับการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่น (*a* vs. *v*) ผลแสดงออกมาว่าการรับรู้การแจ้งเตือนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (sig <0.001) และ (sig = 0.001) ตามลำดับ

การเปรียบเทียบการแจ้งเตือนแบบ 2 มิติ: มีทั้งหมด 3 รูปแบบ ได้แก่ การแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ (*a*+*t*), การแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่น (*a*+*v*) และการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิร่วมกับการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่น (*t*+*v*) เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยสถิติ McNemar Test ผลแสดงออกมาว่า การเปรียบเทียบระหว่างการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับสั่นกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับอุณหภูมิ (*v*+*t* vs. *a*+*t*), การเปรียบเทียบระหว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับสั่นกับการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นร่วมกับอุณหภูมิ (*a+t* vs. *v+t*) และการเปรียบเทียบระหว่างการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นกับอุณหภูมิ (*a+t* vs. *v+t*) ผลแสดงออกมาว่าการเปรียบเทียบกันระหว่างการแจ้งเตือนแบบ 2 มิติ ไม่มีการรับรู้ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (sig = 0.454, sig = 0.092 และ sig = 0.508) ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามรูปแบบของการแจ้งเตือนแบบ 2 มิติ ที่รับรู้ที่ดีที่สุด คือ การแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นร่วมกับอุณหภูมิ (*v+t*) โดยมีค่าความแม่นยำหรือค่าความถูกต้อง คือ 89.58 เปอร์เซ็นต์

การเปรียบเทียบการรับรู้เมื่อเพิ่มมิติในการแจ้งเตือนโดยการเปรียบเทียบการแจ้งเตือนรูปแบบ 1 มิติ กับการแจ้งเตือนแบบ 2 มิติ เมื่อเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยเสียงกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับแรงสั่น (*a* vs. *a+v*), เปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยเสียงกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับอุณหภูมิ (*a* vs. *a+t*) และเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยเสียงกับการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นร่วมกับอุณหภูมิ (*a* vs. *v+t*) ผลจากการวิเคราะห์ด้วยสถิติ McNemar Test แสดงว่า การเปรียบเทียบทั้ง 3 คู่ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (sig = 0.001, sig < 0.001 และ sig < 0.001) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับแรงสั่น (*v* vs. *a+v*), เปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับอุณหภูมิ (*v* vs. *a+t*) และเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นกับการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นร่วมกับอุณหภูมิ (*v* vs. *v+t*) ผลจากการวิเคราะห์ด้วยสถิติ McNemar Test แสดงว่าการเปรียบเทียบทั้ง 3 คู่ ไม่มีการรับรู้ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (sig = 1, sig = 0.629 และ sig = 0.180) ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับแรงสั่น (*t* vs. *a+v*), เปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับอุณหภูมิ (*t* vs. *a+t*) และเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นร่วมกับอุณหภูมิ (*t* vs. *v+t*) จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติแสดงว่า ทั้ง 3 คู่ ไม่มีการอัตราการรับรู้ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (sig = 0.057, sig = 0.344 และ sig = 1) ตามลำดับ

การวิเคราะห์ความแตกต่างของการแจ้งเตือนระหว่าง 1 มิติ กับการแจ้งเตือน 3 มิติ โดยผลแสดงให้เห็นว่าการแจ้งเตือนด้วยเสียงกับการแจ้งเตือนรูปแบบ 3 มิติ (*a* vs. *a+v+t*) และการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นกับการแจ้งเตือนแบบ 3 มิติ (*v* vs. *a+v+t*) มีการรับรู้ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (sig < 0.001 และ sig = 0.039) แต่การรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนรูปแบบ 3 มิติ (*t* vs. *a+v+t*) ไม่มีความแตกต่างกัน นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการแจ้งเตือนรูปแบบ 2 มิติ และรูปแบบ 3 มิติ โดยเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับแรงสั่นกับการแจ้งเตือนรูปแบบ 3 มิติ (*a+v* vs. *a+v+t*) มีความแตกต่างกัน (sig = 0.022) แต่เมื่อเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนรูปแบบ 3 มิติ มิติ (*a+t* vs. *a+v+t*) และเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นร่วมกับอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนรูปแบบ 3 มิติ มิติ (*v+t* vs. *a+v+t*) การเปรียบเทียบทั้ง 2 คู่ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 เวลาที่รับรู้การแจ้งเตือน

ตารางที่ 4.5 แสดงข้อมูลเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนรูปแบบ 1 มิติ ในสถานการณ์ที่มีเสียงดัง (หน่วยวินาที)

	รูปแบบการกระตุ้น 1 มิติ			
	เสียง 1	เสียง 2	แรงสั่น	อุณหภูมิ
ค่าเฉลี่ย	4.79	4.79	4.03	5.27
ค่าต่ำสุด	2.50	1.38	1.97	1.21
ค่าสูงสุด	8.22	8.42	8.86	8.78
ค่าเบี่ยงเบน	1.51	1.67	1.57	1.51

ตารางที่ 4.6 แสดงข้อมูลเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนรูปแบบ 2 มิติ ในสถานการณ์ที่มีเสียงดัง (หน่วยวินาที)

	รูปแบบการกระตุ้น 2 มิติ				
	เสียง 1+สั่น	เสียง 2+สั่น	เสียง 1+ อุณหภูมิ	เสียง 2 + อุณหภูมิ	สั่น+อุณหภูมิ
ค่าเฉลี่ย	4.05	3.81	4.73	4.73	4.16
ค่าต่ำสุด	2.10	1.9	2.44	2.03	1.77
ค่าสูงสุด	7.97	9.12	7.23	9.21	7.10
ค่าเบี่ยงเบน	1.38	1.56	1.36	1.70	1.49

ตารางที่ 4.7 แสดงข้อมูลเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนรูปแบบ 3 มิติ ในสถานการณ์ที่มีเสียงดัง (หน่วยวินาที)

	รูปแบบการกระตุ้น 3 มิติ	
	เสียง 1+สั่น+อุณหภูมิ	เสียง 2+สั่น+อุณหภูมิ
ค่าเฉลี่ย	3.04	3.09
ค่าต่ำสุด	1.54	1.51
ค่าสูงสุด	4.77	6.44
ค่าเบี่ยงเบน	0.85	0.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.5-4.7 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่าเบี่ยงเบนของเวลาที่รับรู้การแจ้งเตือนทั้ง 7 รูปแบบ โดยการแจ้งเตือนรูปแบบ 3 มิติ ใช้เวลาในการรับรู้ที่น้อยที่สุด คือ 3.04 วินาที ส่วนการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ 1 มิติ ใช้เวลาในการรับรู้มากที่สุด คือ 5.27 วินาที

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการแจ้งเตือนรูปแบบ 1 มิติ การเปรียบเทียบกันระหว่างการแจ้งเตือนด้วยเสียงกับการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ (*a* vs. *t*) และเปรียบเทียบเวลาที่รับรู้การแจ้งเตือนด้วยเสียงกับแรงสั่น (*a* vs. *v*) ด้วยสถิติ two-tailed t-test ผลแสดงว่าเวลาในรับรู้การแจ้งเตือนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (t=-0.069, p=0.493) และ (t=1.467, sig.=0.158) ตามลำดับอย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบเวลาที่รับรู้การแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นกับอุณหภูมิ (*v* vs. *t*) เวลาในการรับรู้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (t=3.531, sig.=0.001) โดยเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นใช้เวลาที่น้อยกว่า คือ 4.027 วินาทีในขณะที่เวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ คือ 5.27 วินาที

การเปรียบเทียบเวลาที่รับรู้การแจ้งเตือนระหว่าง 2 มิติ การเปรียบเทียบระหว่างการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับสั่นกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับอุณหภูมิ (*a+v* vs. *a+t*), การเปรียบเทียบระหว่างการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับสั่นกับการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นร่วมกับอุณหภูมิ (*a+v* vs. *v+t*) และการเปรียบเทียบระหว่างการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นกับอุณหภูมิ (*a+t* vs. *v+t*), จากการวิเคราะห์ผลแสดงว่า การเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับแรงสั่นกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงรวมกับอุณหภูมิ (*a+v* vs. *a+t*) และการเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นร่วมกับอุณหภูมิ (*a+t* vs. *v+t*) ทั้ง 2 คู่ มีเวลาที่ใช้ในการรู้สึกที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (t=-2.138, sig.=0.04) และ (t=2.492, sig.=0.017) ตามลำดับ โดยการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับแรงสั่นใช้เวลาในการรับรู้ที่น้อยกว่าการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับอุณหภูมิ และการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นร่วมกับอุณหภูมิใช้เวลาในการรับรู้น้อยกว่าการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับอุณหภูมิ แต่เมื่อเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับแรงสั่นกับการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นร่วมกับอุณหภูมิ (*a+v* vs. *v+t*) ผลแสดงออกมาว่า การแจ้งเตือนทั้ง 2 รูปแบบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

การวิเคราะห์ความแตกต่างในเวลาในการรับรู้เมื่อเพิ่มมิติในการแจ้งเตือน โดยการเปรียบเทียบการแจ้งเตือนรูปแบบ 1 มิติ กับการแจ้งเตือนแบบ 2 มิติ เมื่อเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยเสียงกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับแรงสั่น (*a* vs. *a+v*), เปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยเสียงกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับอุณหภูมิ (*a* vs. *a+t*) และเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยเสียงกับการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นร่วมกับอุณหภูมิ (*a* vs. *v+t*) ผลจากการวิเคราะห์ด้วยสถิติ two-tailed t-test แสดงว่า การเปรียบเทียบทั้ง 3 คู่ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับแรงสั่น (*v* vs. *a+v*), เปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับอุณหภูมิ (*v* vs. *a+t*) และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นกับการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นร่วมกับอุณหภูมิ (*v* vs. *v+t*) ผลจากการวิเคราะห์ด้วยสถิติ two-tailed t-testแสดงว่าเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับอุณหภูมิ (*v* vs. *a+t*) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (t=-2.142, p=0.039) แต่เวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับแรงสั่น (*v* vs. *a+v*) และเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นกับการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นร่วมกับอุณหภูมิ (*v* vs. *v+t*) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเปรียบเทียบเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับแรงสั่น (*t* vs. *a+v*) และเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นร่วมกับอุณหภูมิ (*t* vs. *v+t*) จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติแสดงว่า ทั้ง 2 คู่ มีการเวลาในรับรู้ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (t=4.177, sig.<0.001) และ (t=3.826, sig.<0.001) ตามลำดับ แต่เมื่อเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับอุณหภูมิ (*t* vs. *a+t*) ผลการวิเคราะห์แสดงออกมาว่า เวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

การวิเคราะห์ความแตกต่างของเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนระหว่าง 1 มิติ กับการแจ้งเตือน 3 มิติ โดยผลแสดงให้เห็นว่าการแจ้งเตือนรูปแบบ 1 มิติ กับการแจ้งเตือนรูปแบบ 3 มิติ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการแจ้งเตือนรูปแบบ 2 มิติ และรูปแบบ 3 มิติ ผลจากการวิเคราะห์ผลแสดงว่า ทั้ง 3 คู่ มีเวลาในการรับรู้ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

2) การศึกษาการรับรู้การแจ้งเตือนในสถานการณ์ที่มีแรงสั่นสะเทือน

2.1 อัตราการรับรู้การแจ้งเตือน

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการรับรู้การแจ้งเตือนในสถานการณ์ที่มีแรงสั่นสะเทือน (หน่วยเปอร์เซ็นต์)

รูปแบบการกระตุ้น 1 มิติ			
เสียง 1	เสียง 2	แรงสั่น	อุณหภูมิ
72.92	68.75	27.08	75.00

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการรับรู้การแจ้งเตือนรูปแบบ 2 มิติ ในสถานการณ์ที่มีแรงสั่นสะเทือน (หน่วยเปอร์เซ็นต์)

รูปแบบการกระตุ้น 2 มิติ				
เสียง 1+สั่น	เสียง 2+สั่น	เสียง 1+อุณหภูมิ	เสียง 2+อุณหภูมิ	สั่น+อุณหภูมิ
83.33	81.25	85.42	85.42	70.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการรับรู้การแจ้งเตือนรูปแบบ 3 มิติ ในสถานการณ์ที่มีแรงสั่นสะเทือน (หน่วยเปอร์เซ็นต์)

รูปแบบการกระตุ้น 3 มิติ	
เสียง1 +สั่น+อุณหภูมิ	เสียง2 +สั่น+อุณหภูมิ
89.58	87.50

จากตารางที่ 4.8-4.10 แสดงอัตราการรับรู้การแจ้งเตือนทั้ง 11 รูปแบบ โดยอัตราการรับรู้ที่มากที่สุด คือ การแจ้งเตือนแบบ 3 มิติ ซึ่งมีอัตราการรับรู้ คือ 89.58 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการรับรู้ที่น้อยที่สุด คือการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นที่มีอัตราการับรู้ คือ 27.08 เปอร์เซ็นต์

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการแจ้งเตือนรูปแบบ 1 มิติ การเปรียบเทียบกันระหว่างการแจ้งเตือนด้วยเสียงและการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ (*a* vs. *t*) ด้วยสถิติ McNemar Test ผลแสดงว่าการรับรู้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่การรับรู้การแจ้งเตือนด้วยเสียงกับการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่น (*a* vs. *v*) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (sig < 0.001) และการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่น (*t* vs. *v*) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (sig < 0.001) ด้วยเช่นกัน โดยการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิมีอัตราการรับรู้ที่มากที่สุด คือ 75 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการแจ้งเตือนด้วยเสียงและแรงสั่นมีอัตราการรับรู้ที่รองลงมาคือ 72.92 และ 27.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การเปรียบเทียบการรับรู้การแจ้งเตือนระหว่าง 2 มิติ การเปรียบเทียบระหว่างการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับสั่นกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับอุณหภูมิ (*a+v* vs. *a+t*), การเปรียบเทียบระหว่างการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับสั่นกับการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นร่วมกับอุณหภูมิ (*a+v* vs. *v+t*) และการเปรียบเทียบระหว่างการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นกับอุณหภูมิ (*a+t* vs. *v+t*) ผลแสดงออกมาว่าการเปรียบเทียบกันระหว่างการแจ้งเตือนแบบ 2 มิติ ทั้ง 3 คู่ ไม่มีการรับรู้ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (sig = 1, sig = 0.143 และ sig = 0.065) ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามรูปแบบของการแจ้งเตือนแบบ 2 มิติ ที่รับรู้ที่ดีที่สุด คือ การแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับอุณหภูมิ (*a+t*) โดยมีค่าความแม่นยำหรือค่าความถูกต้อง คือ 85.42 เปอร์เซ็นต์

การวิเคราะห์ความแตกต่างในการรับรู้เมื่อเพิ่มมิติในการแจ้งเตือน โดยการเปรียบเทียบการแจ้งเตือนรูปแบบ 1 มิติ กับการแจ้งเตือนแบบ 2 มิติ เมื่อเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยเสียงกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับแรงสั่น (*a* vs. *a+v*), เปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยเสียงกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับอุณหภูมิ (*a* vs. *a+t*) และเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยเสียงกับการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นร่วมกับอุณหภูมิ (*a* vs. *v+t*) ผลจากการวิเคราะห์ด้วยสถิติ McNemar Test แสดงว่า การเปรียบเทียบทั้ง 3 คู่ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (sig = 0.359, sig = 0.302

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ sig = 0.791) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับแรงสั่น (*v* vs. *a+v*), เปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับอุณหภูมิ (*v* vs. *a+t*) และเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นกับการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นร่วมกับอุณหภูมิ (*v* vs. *v+t*) ผลจากการวิเคราะห์ด้วยสถิติ McNemar Test แสดงว่าการเปรียบเทียบทั้ง 3 คู่ มีการรับรู้ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (sig <0.001 ทั้ง 3 คู่) และเมื่อเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับแรงสั่น (*t* vs. *a+v*), เปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับอุณหภูมิ (*t* vs. *a+t*) และเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นร่วมกับอุณหภูมิ (*t* vs. *v+t*) จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติแสดงว่า ทั้ง 3 คู่ ไม่มีการอัตราการรับรู้ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (sig = 0.388, sig = 0.332 และ sig = 0.832) ตามลำดับ

การวิเคราะห์ความแตกต่างของการแจ้งเตือนระหว่าง 1 มิติ กับการแจ้งเตือน 3 มิติ โดยผลแสดงให้เห็นว่าการแจ้งเตือนด้วยเสียงกับการแจ้งเตือนรูปแบบ 3 มิติ (*a* vs. *a+v+t*) และการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนแบบ 3 มิติ (*t* vs. *a+v+t*) มีการรับรู้ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (sig = 0.118 และ sig = 0.143) แต่การรับรู้การแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นกับการแจ้งเตือนรูปแบบ 3 มิติ (*v* vs. *a+v+t*) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (sig < 0.001) นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการแจ้งเตือนรูปแบบ 2 มิติ และรูปแบบ 3 มิติ โดยเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับแรงสั่นกับการแจ้งเตือนรูปแบบ 3 มิติ (*a+v* vs. *a+v+t*), เปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนรูปแบบ 3 มิติ (*a+t* vs. *a+v+t*) และเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นร่วมกับอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนรูปแบบ 3 มิติ (*v+t* vs. *a+v+t*) การเปรียบเทียบทั้ง 3 คู่ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

2.2 เวลาที่รับรู้การแจ้งเตือน

ตารางที่ 4.11 แสดงข้อมูลเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนในสถานการณ์ที่มีแรงสั่นสะเทือน (หน่วยวินาที)

	รูปแบบการกระตุ้น 1 มิติ			
	เสียง 1	เสียง 2	แรงสั่น	อุณหภูมิ
ค่าเฉลี่ย	4.42	4.48	5.93	5.47
ค่าต่ำสุด	1.16	2.06	3.19	2.87
ค่าสูงสุด	7.43	7.88	9.53	7.93
ค่าเบี่ยงเบน	1.48	1.45	2.34	1.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 แสดงข้อมูลเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนรูปแบบ 2 มิติ ในสถานการณ์ที่มีแรงสั่นสะเทือน (หน่วยวินาที)

	รูปแบบการกระตุ้น 2 มิติ				
	เสียง 1+สั่น	เสียง 2+สั่น	เสียง 1+ อุณหภูมิ	เสียง 2+ อุณหภูมิ	สั่น+อุณหภูมิ
ค่าเฉลี่ย	4.70	4.92	4.55	4.44	5.14
ค่าต่ำสุด	2.11	1.77	1.90	2.17	1.78
ค่าสูงสุด	8.61	8.69	8.48	7.65	8.51
ค่าเบี่ยงเบน	1.65	2.06	1.52	1.40	1.51

จากตารางที่ 4.11-4.13 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่าเบี่ยงเบนของเวลาที่รับรู้การแจ้งเตือนทั้ง 7 รูปแบบ โดยการแจ้งเตือนรูปแบบ 3 มิติ ใช้เวลาในการรับรู้ที่น้อยที่สุด คือ 4.26 วินาที ส่วนการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นเพียงมิติเดียว ใช้เวลาในการรับรู้มากที่สุด คือ 5.93 วินาที

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการแจ้งเตือนรูปแบบ 1 มิติ การเปรียบเทียบกันระหว่างการแจ้งเตือนด้วยเสียงกับการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ (*a* vs. *t*) ด้วยสถิติ two-tailed t-test ผลแสดงว่าเวลาที่รับรู้การแจ้งเตือนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (t=-3.352, sig.=0.002) โดยการแจ้งเตือนด้วยเสียงมีการรับรู้ที่เร็วกว่าการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ คือ 4.42 วินาที และการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิมีเวลาที่รับรู้การแจ้งเตือน คือ 5.47 วินาที อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบเวลาที่รับรู้การแจ้งเตือนด้วยเสียงกับแรงสั่น (*a* vs. *v*) และเปรียบเทียบเวลาที่รับรู้การแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นกับอุณหภูมิ (*v* vs. *t*) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (t=-2.042, sig.=0.064) และ (t=1.403, sig.=0.186) ตามลำดับ

ตารางที่ 4.13 แสดงข้อมูลเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนรูปแบบ 3 มิติ ในสถานการณ์ที่มีแรงสั่นสะเทือน (หน่วยวินาที)

	รูปแบบการกระตุ้น 3 มิติ	
	เสียง 1+สั่น+อุณหภูมิ	เสียง 2+สั่น+อุณหภูมิ
ค่าเฉลี่ย	4.26	4.14
ค่าต่ำสุด	1.04	1.74
ค่าสูงสุด	7.75	7.53
ค่าเบี่ยงเบน	1.55	1.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปรียบเทียบเวลาที่รับรู้การแจ้งเตือนระหว่าง 2 มิติ การเปรียบเทียบระหว่างการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับสั่นกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับอุณหภูมิ (*a+v* vs. *a+t*), การเปรียบเทียบระหว่างการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับสั่นกับการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นร่วมกับอุณหภูมิ (*a+v* vs. *v+t*) และการเปรียบเทียบระหว่างการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นกับอุณหภูมิ (*a+t* vs. *v+t*) ผลแสดงออกมาว่าการเปรียบเทียบกันระหว่างการแจ้งเตือนแบบ 2 มิติ ทั้ง 3 คู่ ไม่มีการรับรู้ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (t=0.448, sig.=0.657), (t=-0.689, sig.=0.495) และ (t=-1.468, sig.=0.151) ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามรูปแบบของการแจ้งเตือนแบบ 2 มิติ ที่มีเวลาการรับรู้ที่ดีที่สุด คือ การแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับอุณหภูมิ (*a+t*) โดยมีเวลาในการรับรู้คือ 4.14 วินาที

การวิเคราะห์ความแตกต่างในเวลาในการรับรู้เมื่อเพิ่มมิติในการแจ้งเตือน โดยการเปรียบเทียบการแจ้งเตือนรูปแบบ 1 มิติ กับการแจ้งเตือนแบบ 2 มิติ เมื่อเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยเสียงกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับแรงสั่น (*a* vs.*a+v*), เปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยเสียงกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับอุณหภูมิ (*a* vs. *a+t*) และเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยเสียงกับการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นร่วมกับอุณหภูมิ (*a* vs. *v+t*) ผลจากการวิเคราะห์ด้วยสถิติ two-tailed t-test แสดงว่า การเปรียบเทียบทั้ง 3 คู่ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (t=-0.873, p=0.389), (t=-0.703, sig.=0.487) และ (t=-1.87, p=0.07) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับแรงสั่น (*v* vs.*a+v*), เปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับอุณหภูมิ (*v* vs. *a+t*) และเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นกับการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นร่วมกับอุณหภูมิ (*v* vs. *v+t*) ผลจากการวิเคราะห์ด้วยสถิติ two-tailed t-test แสดงว่าเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับอุณหภูมิ (*v* vs. *a+t*) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (t=2.697, sig.=0.019) แต่เวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับแรงสั่น (*v* vs. *a+v*) และเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นกับการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นร่วมกับอุณหภูมิ (*v* vs. *v+t*) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (t=1.238, sig.=0.239) และ (t=1.458, sig.=0.17) ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับแรงสั่น (*t* vs. *a+v*) และเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นร่วมกับอุณหภูมิ (*t* vs. *v+t*) จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติแสดงว่า ทั้ง 2 คู่ เวลาในการรับรู้ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (t=1.923, sig.=0.063) และ (t=1.032, sig.=0.309) ตามลำดับแต่เมื่อเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับอุณหภูมิ (*t* vs. *a+t*) ผลการวิเคราะห์แสดงออกมาว่า เวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (t=3.09, sig.=0.004)

การวิเคราะห์ความแตกต่างของเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนระหว่าง 1 มิติ กับการแจ้งเตือน 3 มิติ โดยผลแสดงให้เห็นว่าการแจ้งเตือนด้วยเสียงกับการแจ้งเตือนรูปแบบ 3 มิติ (*a* vs.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

a+v+t) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นกับการแจ้งเตือนรูปแบบ 3 มิติ (*v* vs. *a+v+t*) และเวลาในรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนแบบ 3 มิติ (*t* vs. *a+v+t*) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (t=3.379, sig.=0.005) และ (t=5.196, sig.<0.001) ตามลำดับ

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการแจ้งเตือนรูปแบบ 2 มิติ และรูปแบบ 3 มิติ โดยเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับแรงสั่นกับการแจ้งเตือนรูปแบบ 3 มิติ (*a+v* vs. *a+v+t*) และเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนรูปแบบ 3 มิติ (*a+t* vs. *a+v+t*) ไม่มีความแตกต่างกัน (t=1.80, sig.=0.80) และ (t=1.30, sig.=0.201) ตามลำดับ แต่เมื่อเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นร่วมกับอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนรูปแบบ 3 มิติ (*v+t* vs. *a+v+t*) การเปรียบเทียบทั้ง 2 คู่ มีเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (t=3.041, sig.=0.004)

4.8 อภิปรายผลการทดลอง

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการรับรู้การแจ้งเตือนในแต่ละสถานการณ์ ได้แก่ สถานการณ์ที่มีเสียงดัง และสถานการณ์ที่แรงสั่นสะเทือนดังนั้นจากการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองจึงสามารถพิสูจน์สมมุติฐาน ดังต่อไปนี้

1. การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิสามารถทดแทนการแจ้งเตือนด้วยเสียงได้และมีประสิทธิภาพดีกว่าเมื่ออยู่ในสถานการณ์ที่ไม่เหมาะสม

จากการเปรียบเทียบความแม่นยำในการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยเสียงกับการแจ้งเตือนด้วยรูปแบบต่างๆ ได้แก่ การแจ้งเตือนแบบ 1 มิติ, 2 มิติ และ 3 มิติ การรับรู้การแจ้งเตือนด้วยเสียงมีประสิทธิภาพที่มีความแตกต่างจากการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยรูปแบบต่างๆ และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนด้วยรูปแบบต่างๆ ผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิมีประสิทธิภาพที่ไม่แตกต่างกันกับการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยแรงสั่น และการรับรู้การแจ้งเตือนรูปแบบ 2 มิติและ 3 มิติ

จากการวิเคราะห์เวลาในการรับรู้การแจ้งเตือน ถึงแม้ว่าระยะเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิจะมีค่าเฉลี่ยที่น้อยที่สุด แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุปกรณ์เทคโนโลยีปัจจุบันนั้น เวลาในการรับรู้ในสถานการณ์ที่มีเสียงดังนี้ไม่มีความแตกต่างกัน

ผลจากการวิเคราะห์จึงสามารถพิสูจน์ได้ว่า การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิมีประสิทธิในการแจ้งเตือนในด้านความแม่นยำที่มากกว่าการแจ้งเตือนด้วยเสียง และมีประสิทธิภาพที่คล้ายกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือไม่ต่างกันกับการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันส่วนในด้านระยะเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิมีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกับการแจ้งเตือนด้วยเสียง เพราะฉะนั้นการแจ้งเตือนด้วยเสียงจึงสามารถนำไปใช้งานในสถานการณ์ที่มีเสียงดังได้

2. การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิสามารถใช้งานในสถานการณ์ที่มีแรงสั่นสะเทือนได้

ผลวิเคราะห์จากการทดลองความแม่นยำในการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นในสถานการณ์ที่มีแรงสั่นสะเทือน ผลแสดงออกมาว่าการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นมีประสิทธิภาพในการรับรู้การแจ้งเตือนที่มีความแตกต่างไปจากการแจ้งเตือนในรูปแบบอื่นๆ และการวิเคราะห์ผลการทดลองการเปรียบเทียบการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนด้วยรูปแบบต่างๆ เพื่อพิสูจน์ว่าการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิมีประสิทธิภาพความแม่นยำในการรับรู้ที่ไม่ต่างกันกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงซึ่งในกันอย่างแพร่หลาย

เมื่อวิเคราะห์เวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยแรงสั่น ผลแสดงออกมาว่า เวลาในการรับรู้มีประสิทธิภาพไม่แตกต่างจากการแจ้งเตือนด้วยเสียงและอุณหภูมิ แต่เมื่อวิเคราะห์เวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนด้วยเสียง ผลสรุปว่าการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิใช้ระยะเวลาในการรับรู้ที่มากกว่าการแจ้งเตือนด้วยเสียง

ดังนั้นตามสมมุติฐานจึงพิสูจน์ได้ว่า การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิสามารถใช้งานในสถานการณ์ที่มีแรงสั่นสะเทือนได้แต่อาจมีระยะเวลาในการรับรู้ที่มากกว่าการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยเสียง แต่อย่างไรก็ตามการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิจะสามารถใช้แทนการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันได้

3. การแจ้งเตือนในรูปแบบหลายมิติสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการรับรู้ได้

เพื่อพิสูจน์ว่าการแจ้งเตือนในรูปแบบหลายมิติสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการรับรู้ ดังนั้นจึงวิเคราะห์ผลโดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแจ้งเตือนด้วยเสียง แรงสั่น และอุณหภูมิ กับการแจ้งเตือนรูปแบบ 2 มิติ ในสถานการณ์ที่มีเสียงดังผลแสดงว่าการแจ้งเตือนแบบ 1 มิติ มีประสิทธิภาพในการแจ้งเตือนที่ใกล้เคียงหรือไม่แตกต่างกับการแจ้งเตือนในรูปแบบ 2 มิติ แต่หากเปรียบเทียบระหว่างการแจ้งเตือนรูปแบบ 1 มิติ กับ 3 มิติ การแจ้งเตือนด้วยเสียงและแรงสั่นจะมีประสิทธิภาพในการแจ้งเตือนที่แตกต่างหรือน้อยกว่าการแจ้งเตือนรูปแบบ 3 มิติ อย่างไรก็ตามการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิมีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกับการแจ้งเตือนรูปแบบ 3 มิติ และเมื่อเปรียบเทียบการแจ้งเตือนแบบ 2 มิติ กับ 3 มิติ การแจ้งเตือนแบบ 2 มิติที่เกิดจากการแจ้งเตือนด้วยเสียงร่วมกับแรงสั่นจะมีประสิทธิภาพที่แตกต่างจากการแจ้งเตือนรูปแบบ 3 มิติ แต่การแจ้งเตือนรูปแบบ 2 มิติในรูปแบบที่มีอุณหภูมิร่วมด้วยจะไม่มีความแตกต่างกันกับรูปแบบ 3 มิติ ในสถานการณ์ที่มีแรงสั่นสะเทือน ผลแสดงให้เห็นว่าการแจ้งเตือนรูปแบบ 1 มิติ กับ รูปแบบหลายมิติ มีการรับรู้ที่เหมือนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเวลาในการรับรู้ในแต่ละมิติในสถานการณ์ที่มีเสียงดัง การจับคู่เปรียบเทียบระหว่างการแจ้งเตือนแบบ 1 มิติ กับ 2 มิติ ส่วนใหญ่จะใช้เวลาในการรับรู้ที่ไม่แตกต่างกัน แต่หากเปรียบเทียบระหว่าง 1 มิติ กับ 3 มิติ และเปรียบเทียบระหว่าง 2 มิติ กับ 3 มิติจะมีเวลารับรู้ที่ต่างกัน

เวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนในสถานการณ์ที่มีแรงสั่น หากเปรียบเทียบระหว่างการแจ้งเตือนด้วยเสียง, แรงสั่นและอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนรูปแบบ 2 มิติ การแจ้งเตือน 1มิติ ยังมีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกันกับการแจ้งเตือนรูปแบบ 2มิติ และเมื่อเปรียบเทียบการแจ้งเตือนระหว่าง 2 มิติกับ 3 มิติ ผลได้แสดงออกมาว่าเวลาในการรับรู้ไม่มีความแตกต่างกัน แต่หากเปรียบเทียบการแจ้งเตือนระหว่าง 1 มิติ กับ 3 มิติ ระยะเวลาที่รับรู้การแจ้งเตือนแบบ 1 มิติ จะใช้ระยะเวลาที่มากกว่า 3 มิติ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ผลสรุปจากการเปรียบเทียบจึงสามารถอภิปรายผลได้ว่าการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิและการแจ้งเตือนด้วยเสียงมีประสิทธิภาพในการแจ้งเตือนในด้านการรับรู้ที่คล้ายกับการแจ้งเตือนด้วยรูปแบบ 3 มิติ แต่หากพิจารณาการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นจะสามารถอภิปรายได้ว่า การเพิ่มประสิทธิภาพในการแจ้งเตือนสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการรับรู้ได้ และในด้านระยะเวลาในการรับรู้การแจ้งเตือนในรูปแบบ 3 มิติสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการแจ้งเตือนมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยเรื่อง การรับรู้และประสบการณ์ของผู้ใช้ต่อการใช้งานการแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิในเขตร้อนเป็นการศึกษาเพื่อให้ทราบถึงผลกระทบจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมและบริบทของผู้ใช้ต่อการใช้การแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิในประเทศไทย การใช้งานให้เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ การใช้งานร่วมกับมิติในการแจ้งเตือนอื่นๆ รวมถึงเพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพในการใช้งานการแจ้งเตือนอีกด้วย โดยงานวิจัยได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลองเพื่อศึกษาการใช้งานการแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิ

การทดลองที่ 1 ทดสอบในด้านปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อการใช้งานในด้านสภาพแวดล้อมโดยรอบและพฤติกรรมการใช้งาน โดยตัวแปรต้นในการศึกษานี้ ได้แก่ ทิศทางของอุณหภูมิ (ร้อนและเย็น), ระดับความเข้มของอุณหภูมิ (±3°C และ ±6°C), อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (1°C/sec และ 3°C/sec), บริเวณผิวสัมผัส (ข้อมือ และอุ้งมือ), พฤติกรรมการเรียนรู้การใช้การแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิ และการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม (จากภายในอาคารไปภายนอกอาคาร และจากภายนอกอาคารไปภายในอาคาร) และตัวแปรตามที่ศึกษา ได้แก่ อัตราการรับรู้การแจ้งเตือน, เวลาการรับรู้การแจ้งเตือน (เวลาหลังจากที่อุณหภูมิค่าการกระตุ้นปล่อยออกมา), ความพอใจและสบายใจเมื่อรับรู้การแจ้งเตือนและความเข้มของอุณหภูมิ ทั้งนี้การทดลองนี้สามารถตอบคำถามงานวิจัยในข้อที่ 1 และ 2 ได้

ในส่วนของการทดลองที่ 2 จะศึกษาด้านในใช้งานการแจ้งเตือนในสถานการณ์ต่างๆและการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิกับการแจ้งเตือนที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน รวมไปถึงการศึกษาประสิทธิภาพในการแจ้งเตือนเมื่อการแจ้งเตือนเป็นการแจ้งเตือนแบบหลายมิติ โดยตัวแปรต้นในการทดลองนี้ ได้แก่ การแจ้งเตือนด้วยเสียง, การแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นสะเทือน, การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ และบริเวณผิวสัมผัส (ข้อมือและอุ้งมือ) และตัวแปรตาม ได้แก่ ค่าการรับรู้การแจ้งเตือน, เวลาการรับรู้การแจ้งเตือน (เวลาหลังจากที่ค่าการกระตุ้นส่งออกมา) จากการศึกษาการทดลองที่ 2 นี้ จะนำไปสู่การตอบคำถามงานวิจัยในข้อ 3 และ 4

บทนี้จะกล่าวถึงบทสรุปของงานวิจัยที่ได้ทำมา โดยจะสรุปตามคำถามงานวิจัยที่ได้ตั้งไว้ คำถามงานวิจัยจะมีทั้งสิ้น 4 คำถาม ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1 การตอบสนองด้วยอุณหภูมิสามารถนำมาประยุกต์กับการใช้งานแก่ผู้ใช้ในเขตร้อนหรือในประเทศไทยหรือไม่

การศึกษาปัจจัยต่างๆของการใช้การแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิครั้งนี้ สามารถสรุปได้ว่า ภายใต้บริบทเขตร้อนที่มีอุณหภูมิโดยรอบสูง การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิมีประสิทธิภาพที่สามารถนำไปใช้งานได้ ถึงแม้ว่าการรับรู้ในแต่ละช่วงอุณหภูมิโดยรอบจะมีการรับรู้ที่แตกต่างกัน แต่หากเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ [29] ผลของการรับรู้จะคล้ายกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการตั้งค่าอุณหภูมิกลางหรืออุณหภูมิเริ่มต้นในการกระตุ้น และในด้านความชื้นโดยรอบจะมีผลที่คล้ายกันกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ คือ ความชื้นที่เป็นความชื้นระดับกลางๆจะไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ ซึ่งประเทศในเขตร้อนอย่างประเทศไทยก็มีความชื้นเฉลี่ยอยู่ในช่วงกลางๆเช่นเดียวกัน จึงสามารถสรุปได้ว่าสามารถใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิในประเทศในเขตร้อนได้

โดยทิศทางของอุณหภูมิที่เหมาะสมในการมาใช้งานเป็นการแจ้งเตือนสามารถใช้ได้ทั้ง 2 ทิศทาง ไม่ว่าจะเป็นร้อนหรือเย็น เพราะทั้งอัตราหรือความแม่นยำในการรับรู้และเวลาในการรับรู้ไม่ต่างกัน ความเข้มของอุณหภูมิที่ใช้ในการกระตุ้นมีความแม่นยำที่ไม่แตกต่างกันด้วยเช่นกัน แต่ระยะเวลาในการรับรู้หากมีความเข้มมากจะใช้เวลาที่น้อยกว่าความเข้มน้อย ซึ่งก็เช่นเดียวกันกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในการกระตุ้นจะมีความแม่นยำที่คล้ายกันของทั้งสองอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ แต่หากมีอัตราการเปลี่ยนแปลงเร็วจะใช้เวลาที่น้อยกว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงช้า นอกจากนี้ผลจากการศึกษาบริเวณผิวสัมผัสกับอุปกรณ์การแจ้งเตือน ข้อมือและอุ้งมือ ข้อมือมีความเหมาะสมมากกว่าอุ้งมือ ในด้านความสะดวกต่อการพกพา และในอนาคตการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิอาจจะฝังอยู่ในรูปแบบนาฬิกาข้อมือก็เป็นไปได้ ส่วนของอุ้งมือสามารถรับรู้การแจ้งเตือนได้ดีกว่าบริเวณข้อมือ การศึกษาอิริยาบถการอยู่นิ่งและเคลื่อนที่ได้นำมาเป็นปัจจัยในการศึกษาของงานวิจัยนี้ด้วย โดยสามารถสรุปได้ว่าการเคลื่อนที่และหยุดนิ่งไม่มีผลกระทบต่อการใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิในด้านความแม่นยำในการรับรู้แต่จะมีผลกระทบต่อการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิในด้านเวลาในการรับรู้ คือ จะมีเวลาในการรับรู้ที่มากกว่าการรับรู้การแจ้งเตือนในขณะอยู่นิ่ง

การใช้งานการแจ้งเตือนแบบซ้ำหรือบ่อยครั้ง และช่วงระยะเวลาในการใช้งานถือเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ได้ศึกษา เพราะเนื่องจากหากมีความพัฒนาในการใช้งานอาจทำให้เกิดความเคยชินในการใช้งานในได้แต่ผลจากการวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่า การใช้งานการแจ้งเตือนแบบซ้ำหรือบ่อยครั้งไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้งานการแจ้งเตือน จะสามารถรับรู้หรือรู้สึกถึงอุณหภูมิการแจ้งเตือนได้อย่างสม่ำเสมอ ไม่มีการชินกับการรับรู้การแจ้งเตือน

นอกจากนี้จากแบบสอบถามและสัมภาษณ์ผู้เข้าร่วมการทดลองได้คำตอบว่าผู้เข้าร่วมการทดลองคิดว่าสามารถใช้การแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิในเขตร้อนได้ โดยการให้คะแนนเฉลี่ยที่ 4.04 จากช่วงคะแนน 0-5 ยิ่งไปกว่านั้นผู้เข้าร่วมการทดลองยังแสดงความคิดเห็นว่าการแจ้งและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอบสนองด้วยอุณหภูมิควรจะนำไปใช้ควบคู่กับโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยอาจจะพัฒนาอุปกรณ์ให้อยู่ในรูปแบบนาฬิกาหรือสายรัดข้อมือ

5.2 พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมของผู้ใช้ในเขตร้อน (การเปลี่ยนสภาพแวดล้อมอย่างฉับพลัน) ส่งผลกระทบต่อการรับรู้การแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิหรือไม่

ปัจจุบันประเทศในเขตร้อนหรือในประเทศไทยผู้คนส่วนมากมีวิถีชีวิตส่วนใหญ่ในแต่ละวันอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ถูกปรับสภาพอากาศด้วยเครื่องปรับอากาศ โดยส่วนใหญ่จะปรับอากาศให้อยู่ ประมาณ 25 องศาเซลเซียส ทั้งๆที่สภาพแวดล้อมโดยรอบหรือนอกอาคารจะมีอุณหภูมิที่แตกต่างกันโดยสิ้นเชิง และพฤติกรรมของคนส่วนมากจะต้องมีการเปลี่ยนสภาพแวดล้อมคือจากในอาคารไปยังนอกอาคารหรือนอกอาคารไปยังในอาคาร เช่น การเดินทางออกจากอาคารไปยังสถานที่ต่างๆ ซึ่งจะเห็นว่าภายในหนึ่งวันจะต้องมีการเปลี่ยนสภาพแวดล้อม ดังนี้จึงศึกษาการใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิหากมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างกันโดยสิ้นเชิง และจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งได้เสนอว่าอุณหภูมิโดยรอบมีผลกระทบต่อการใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ตั้งค่าการทดลองให้เหมาะสมต่อการใช้งานการแจ้งเตือน ซึ่งจากการตั้งค่าการทดลอง จึงสามารถสรุปได้ว่า พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมของผู้ใช้ในเขตร้อน (การเปลี่ยนสภาพแวดล้อมอย่างฉับพลัน) ไม่ส่งผลกระทบต่อการรับรู้การแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิ

5.3 การใช้งานการแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิสามารถใช้ในทุกๆสถานการณ์ หรือใช้ทดแทนการแจ้งเตือนอื่นๆได้หรือไม่

จากการวิจัยในบทที่ 4 สามารถสรุปผลได้ว่า การแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิมีประสิทธิภาพในการใช้งานในทุกๆสถานการณ์ เมื่อเปรียบเทียบกับการแจ้งเตือนที่ได้รับการนิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่การแจ้งและตอบสนองด้วยเสียง และการแจ้งและตอบสนองด้วยแรงสั่นสะเทือน ซึ่งจากการศึกษาพบว่าการใช้การแจ้งและตอบสนองดังกล่าวอาจมีข้อจำกัดในบางสถานการณ์ คือ สถานการณ์ที่มีเสียงดัง และสถานการณ์ที่มีแรงสั่นสะเทือน นอกจากนั้นในสถานการณ์ในที่เงียบ เช่น ห้องสมุด ห้องประชุม การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิยังได้รับการเสนอให้นำมาใช้งาน เนื่องจากมีความเป็นส่วนตัว เมื่อได้รับการแจ้งเตือนบุคคลรอบข้างจะไม่สามารถรับรู้ได้ ซึ่งตรงกันข้ามกับการแจ้งเตือนด้วยเสียงบุคคลรอบข้างสามารถได้ยินได้ และการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นสะเทือนบุคคลรอบข้างสามารถรู้สึกได้

จากแบบสอบถามผู้เข้าร่วมการทดลอง โดยผู้เข้าร่วมการทดลองให้คะแนนว่าการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิสามารถใช้ในสถานการณ์ที่มีเสียงดังได้ (4.46, จาก 0-5) และให้คะแนนว่าการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิสามารถใช้ในสถานการณ์ที่มีแรงสั่นได้ (3.80, จาก 0-5) นอกจากนี้จากการสัมภาษณ์ผู้เข้าร่วมการทดลอง พวกเขาได้เสนอว่านอกจากสถานการณ์ที่มีเสียงดังและมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงสั่นสะเทือนมาก สถานการณ์ที่มีความเงียบ เช่น ห้องประชุม ห้องสมุด การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิจะมีความเหมาะสมอีกด้วย และกลุ่มบุคคลที่เหมาะสมหรือมีความสนใจในการใช้งานการแจ้งและตอบสนองด้วยอุณหภูมิ คือ ผู้พิการและนักกีฬา

5.4 การตอบสนองด้วยอุณหภูมิสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานควบคู่กับการตอบสนองการรับรู้อื่นๆ เช่น เสียง หรือการสั่นสะเทือน เป็นต้นได้หรือไม่

จากการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการแจ้งและตอบสนองด้วยการใช้งานการแจ้งและตอบสนองร่วมกัน ไม่ว่าจะเป็นในรูปแบบ 2 มิติ หรือ 3 มิติ ผลแสดงให้เห็นว่าการใช้งานการแจ้งและตอบสนองหลายมิติร่วมกัน ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการรับรู้ในด้านของระยะเวลาในการรับรู้ได้ดียิ่งขึ้น แต่ในด้านของการรับรู้การแจ้งเตือนถึงความแม่นยำในการรับรู้ในรูปแบบ 3 มิติจะมีค่ามากกว่า อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างกันมีนัยสำคัญ และจากการวิจัยพบว่า หากใช้งานการแจ้งและตอบสนองแบบร่วมกันในรูปแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ จะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรับรู้ได้ หากอยู่ในสถานการณ์ที่ไม่เหมาะสม เช่น ในสถานการณ์ที่มีเสียงดัง การใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิและแรงสั่นจะสามารถช่วยทดแทนการแจ้งเตือนด้วยเสียงทำให้ผู้ใช้รับรู้ถึงการแจ้งเตือนได้ หรือแม้แต่ในสถานการณ์ที่มีแรงสั่นสะเทือน การใช้งานการแจ้งเตือนด้วยเสียงและอุณหภูมิจะสามารถช่วยทดแทนการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นได้ หากมีการใช้งานในรูปแบบ 2 มิติ หรือ 3 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] K. Renaud and R. Cooper, "Feedback in human-computer interaction-characteristics and recommendations," *South African Comput. J.*, pp. 105–114, 2000.

[2] L. Anthony, Q. Brown, J. Nias, and B. Tate, "Examining the need for visual feedback during gesture interaction on mobile touchscreen devices for kids," in *Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children - IDC '13*, 2013, pp. 157–164.

[3] S. Ferguson, A. Johnston, K. Ballard, C. T. Tan, and D. Perera-Schulz, "Visual feedback of acoustic data for speech therapy," in *Proceedings of the 7th Audio Mostly Conference on A Conference on Interaction with Sound - AM '12*, 2012, pp. 135–140.

[4] K. Yatani, D. Gergle, and K. Truong, "Investigating effects of visual and tactile feedback on spatial coordination in collaborative handheld systems," in *Proceedings of the ACM 2012 conference on Computer Supported Cooperative Work - CSCW '12*, 2012, p. 661.

[5] S. Garzonis, S. Jones, T. Jay, and E. O'Neill, "Auditory Icon and Earcon Mobile Service Notifications: Intuitiveness, Learnability, Memorability and Preference," in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2009, pp. 1513–1522.

[6] I. Hussain, L. Chen, H. T. Mirza, A. Majid, and G. Chen, "Hybrid Auditory Feedback: A New Method for Mobility Assistance of the Visually Impaired," in *Proceedings of the 14th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, 2012, pp. 255–256.

[7] K. Seko and K. Fukuchi, "A guidance technique for motion tracking with a handheld camera using auditory feedback," in *Adjunct proceedings of the 25th annual ACM symposium on User interface software and technology - UIST Adjunct Proceedings '12*, 2012, p. 95.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[8] Y. Yang, Y. Zhang, Z. Hou, and B. Lemaire-Semail, "Adding haptic feedback to touch screens at the right time," in *Proceedings of the 13th international conference on multimodal interfaces - ICMI '11*, 2011, pp. 73–80.

[9] M. Pfeiffer, S. Schneegass, F. Alt, and M. Rohs, "Let Me Grab This: A Comparison of EMS and Vibration for Haptic Feedback in Free-Hand Interaction," in *Proceedings of the 5th Augmented Human International Conference on - AH '14*, 2014, pp. 1–8.

[10] G. Wilson, M. Halvey, S. A. Brewster, and S. A. Hughes, "Some Like It Hot: Thermal Feedback for Mobile Devices." in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2011, pp. 2555–2564.

[11] โรเบิร์ต อี.ซิลเวอร์แมน. 2539. **จิตวิทยาทั่วไป**. แปลและเรียบเรียงโดย สุปาณี สนธิรัตน, อารี เพชรผุด, พวงเพรช วัชรอยู่, วิภา ภักดี.เสาวภา วัชรกิตติ, บัวทอง สว่างโสภากุล, ศิรินภา จามรมาน, จำรอง เงินดี, บังอร ชินกุลกิจนิวัฒน์. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : เนติกุลการพิมพ์

[12] รัจรี นพเกตุ. 2539. **จิตวิทยาทั่วไป เรื่อง การรับรู้**. กรุงเทพฯ : ประกายพรึก

[13] จิราภา เต็งไตรรัตน์ และคนอื่นๆ. 2542. **จิตวิทยาทั่วไป**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

[14] รัจรี นพเกตุ. 2540. **จิตวิทยาเพื่อการรับรู้**. กรุงเทพฯ : ประกายพรึก

[15] K. P. Pipe.2003 "Bipolar Thermoelectric Devices." Ph.D. in Electrical Engineering, Massachusetts Institute of Technology.

[16] สมเกียรติ กิจวงศ์วัฒนะ. 2555. **Android กับการเชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์**. กรุงเทพฯ : อินโนเวตีฟเอ็กเพอริเมนต์

[17] J.C. Stevens, *Thermal Sensibility*. 1991.

[18] J.C. Stevens and K. Choo, "Temperature sensitivity of the body surface over the life span," in *Somatosensory and Motor Research*, 1998, pp. 13–28.

[19] D. K. and H. Scott, "Temporal course of thermal adaptation," in *Science*, 1966, pp. 1095–6.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[20] I. Hirosawa, H. Dodo, M. Hosokawa, S. Watanabe, K. Nishiyama, and Y. Fukuchi, "Physiological variations of warm and cool sense with shift of environmental temperature.," *Int. J. Neurosci.*, vol. 24, no. 3–4, pp. 281–288, 1984.

[21] J. Harrison and K. Davis, "Cold-evoked pain varies with skin type and cooling rate: a psychophysical study in humans," *Pain*, vol. 83, pp. 123–135, 1999.

[22] D. R. Kenshalo, C. E. Holmes, and P. B. Wood, "Warm and cool thresholds as a function of rate of stimulus temperature change," *Percept. Psychophys.*, vol. 3, no. 2, pp. 81–84, 1968.

[23] L. a. Jones and H. N. Ho, "Warm or cool, large or small? The challenge of thermal displays," in *IEEE Transactions on Haptics*, 2008, vol. 1, no. 1, pp. 53–70.

[24] L. G. Hagander, H. a Midani, M. a Kuskowski, and G. J. Parry, "Quantitative sensory testing: effect of site and skin temperature on thermal thresholds.," *Clin. Neurophysiol.*, vol. 111, no. 1, pp. 17–22, 2000.

[25] L. A. Jones and M. Berris, "The Psychophysics of Temperature Perception and Thermal-Interface Design," in *Proceedings of the 10th Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems*, 2002, pp. 137–142.

[26] E. Arroyo and T. Selker, "Self-Adaptive Multimodal-Interruption Interfaces," in *Intelligent User Interfaces*, 2000, pp. 6–11.

[27] B. G. Green, "Localization of thermal sensation: An illusion and synthetic heat," *Percept. Psychophys.*, vol. 22, no. 4, pp. 331–337, 1977.

[28] L. E. Williams and J. a Bargh, "Experiencing physical warmth promotes interpersonal warmth.," *Science*, vol. 322, no. 5901, pp. 606–607, 2008.

[29] M. Halvey, G. Wilson, S. Brewster, and S. Hughes, "'Baby It's Cold Outside': The Influence of Ambient Temperature and Humidity on Thermal Feedback," in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2012, pp. 715–724.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[30] G. Wilson, S. Brewster, M. Halvey, and S. Hughes, "Thermal Icons: Evaluating Structured Thermal Feedback for Mobile Interaction," in *Proceedings of the 14th International Conference on Human-computer Interaction with Mobile Devices and Services*, 2012, pp. 309–312.

[31] G. Wilson, S. Brewster, M. Halvey, and S. Hughes, "Thermal feedback identification in a mobile environment," in *Proceedings of the 8th International Workshop on Haptic and Audio Interaction Design - HAID '13*, 2013, vol. 7989 LNCS, pp. 10–19.

[32] M. Halvey, G. Wilson, Y. Vazquez-Alvarez, S. A. Brewster, and S. A. Hughes, "The Effect of Clothing on Thermal Feedback Perception," in *Proceedings of the 13th International Conference on Multimodal Interfaces*, 2011, pp. 217–220.

[33] E. Hoggan and S. Brewster, "Designing Audio and Tactile Crossmodal Icons for Mobile Devices," in *Proceedings of the 9th International Conference on Multimodal Interfaces*, 2007, pp. 162–169.

[34] M. Nakashige, S. Higashino, M. Kobayashi, Y. Suzuki, and H. Tamaki, "' Hiya-Atsu ' Media : Augmenting Digital Media with Temperature," in *Proceedings of the 13th international conference on multimodal interfaces - ICMI '11 CHI '09 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 2009, pp. 3181–3186.

[35] T. Narumi, T. Akagawa, Y. A. Seong, and M. Hirose, "Thermotaxis," in *SIGGRAPH '09: Posters*, 2009, pp. 18:1–18:1.

[36] H. Fujita and Nishimoto, "Lovelet: a heartwarming communication tool for intimate people by constantly conveying situation data," in *Proceedings of CHI 2004*, 2004, no. 2001, p. 1553.

[37] W. Lee, S. Korea, and Y. Lim, "Thermo-Message : Exploring the Potential of Heat as a Modality of Peripheral Expression," in *CHI '10 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 2010, pp. 4231–4236.

[38] K. Suhonen, K. Väänänen-Vainio-Mattila, and K. Mäkelä, "User Experiences and Expectations of Vibrotactile, Thermal and Squeeze Feedback in Interpersonal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Communication," in *Proceedings of the 26th Annual BCS Interaction Specialist Group Conference on People and Computers*, 2012, pp. 205–214.

[39] L. A. Jones and M. Berris, "Material discrimination and thermal perception," in *Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, 2003. HAPTICS 2003. Proceedings. 11th Symposium on*, 2003, pp. 171–178.

[40] D. Iwai, "Heat Sensation in Image Creation with Thermal Vision," in *Proceedings of the 2005 ACM SIGCHI International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, 2005, pp. 213–216.

[41] T. Wettach, Reto and Behrens, Christian and Danielsson, Adam and Ness, "A Thermal Information Display for Mobile Applications," in *Proceedings of the 9th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, 2007, pp. 182–185.

[42] k.Iwasaki, "AffectPhone: A Handset Device to Present User's Emotional State with Warmth/Coolness.," in *Proceedings of the 1st International Workshop on Bio-inspired Human-Machine Interfaces and Healthcare Applications-BIOSTEC 2010*, 2010, pp. 1–6.

[43] A. Ng and S. Brewster, "The Relationship Between Encumbrance and Walking Speed on Mobile Interactions," in *CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 2013, pp. 1359–1364.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

[1] User Experiences and Perceptions of Thermal Feedback in the Tropics, **K. Janjeng** and T. Leelanupab: in Proceedings of the 20th International Society on Artificial Life and Robotics. ISAROB 2015, Beppú, Japan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROCEEDINGS OF THE TWENTIETH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ARTIFICIAL LIFE AND ROBOTICS

(AROB 20th 2015)

AROB 20th ANNIVERSARY

January 21 – 23, 2015

B-Con Plaza, Beppu, Oita, JAPAN

Publication Date: January 21, 2015
ISBN 978-4-9907582-1-9
ISSN 2185-3797

International Society of Artificial Life and Robotics

助成　日本万国博覧会記念基金
Supported by the Japan World Exposition 1970 Commemorative Fund.
この助成金は、日本万国博覧会の収益を基にしています。
公益財団法人　関西・大阪21世紀協会

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The 20th International Symposium on

ARTIFICIAL LIFE AND ROBOTICS

(AROB 20th 2015)

AROB 20th Anniversary

January 21 -23, 2015

B-con Plaza, Beppu, Japan

International Society of Artificial Life and Robotics (ISAROB)

Submission No. : 2010049

October 27, 2014

LETTER OF ACCEPTANCE

Dear Authors:

Paper Title:

User Experiences and Perceptions of Thermal Feedback in the Tropics

Author(s):

Kittawan Janjeng, Teerapong Leelanupab

Presentation method: Oral Presentation

As general chair of AROB, I am pleased to inform you that your paper has been accepted for presentation at the symposium. If you have any questions, please don't hesitate to contact us.

We are looking forward to meeting you at the conference.

Sincerely yours,

Hiroshi Tanaka

Prof. Hiroshi Tanaka
General Chair of AROB,
Tokyo Medical and Dental University

AROB Secretariat

International Society of Artificial Life and Robotics

A-101, 8-7 Hatakenaka, Oita,870-0856 Japan,
Tel: +81-97-594-0181,
Fax: +81-97-547-9242
E-mail: arobsecr@isarob.org URL: http://isarob.org/symposium/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

User Experiences and Perceptions of Thermal Feedback in the Tropics

Kittawan Janjeng, Teerapong Leelanupab

Faculty of Information Technology
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Bangkok, Thailand. 10520

k.janjeng@gmail.com, teerapong@it.kmitl.ac.th

Abstract: Thermal feedback provides a novel emotive, private and salient communication channel between human and computer. It could be used as an alternative to or replacement for common notification channels (e.g., visual, vibrotactile and audio feedback) for situations that are too bright, bumpy, and noisy. Until now, little investigation has been conducted on the use of thermal feedback in various situations. This paper presents the first investigation of how environmental factors affect the use of thermal feedback in a tropical area where temperature and humidity are high; relative to previous studies mostly conducted in temperate or rather cold areas. We also studied the effect of sudden change of ambient temperature that often happens in daily life situations of tropical users. Furthermore, the learning of the use of thermal feedback was examined as well as subjective comfort and intensity of each stimulus. Experimental results showed that thermal stimuli have potentials to be used for providing feedback to the users in the tropics. In addition, the transition of ambient temperatures has very little effect on thermal perception of the same stimuli. Within this context, strong stimuli with respect to intensity and rate-of change are reported to be more suitable than other weak stimuli. This is because they are relatively easier and faster, though less comfortable, to be detected by users. Moreover, the cold feedback is preferred to the warm.

Keywords: Thermal feedback, mobile interaction, non-visual feedback

1 INTRODUCTION

The tactile modality provides a potential communication channel for delivering information through the sense of touch. Thermal feedback is a new type of tactile modalities, considered in Human Computer Interaction (HCI) as an emotive, private and salient channel for computer-to-human communication [16]. At present the modalities of seeing, hearing and discriminative touching, i.e. visual, audio and vibrotactile feedbacks, are the most widely used in computing device. However, they are often not suitable in some situations. Audio feedback, for example, may be heard by other people or cannot be perceived by users in silent and noisy locations (e.g., in library, pub, cinema, etc.). Vibrotactile feedback may be felt by other people and hardly be recognized in bumpy places such as on moving vehicles, during exercise or in some working conditions. Whereas thermal feedback cannot be seen, heard and felt by others.

Previous research mostly focused on abstract uses of thermal output, on physical stimuli and their perception in virtual reality, or on peripheral expressions as thermal messages. Nevertheless, so far thermal feedback has not been fully investigated for its use in a broader scenario. For instance, the effect on user perception of clothing and different locations of human body (i.e., fingers, thenar, forearm and upper-arm) was previously studied [16]. Although the influence of ambient factors was also investigated, the conditions of these past experiments were restricted in cold areas where, for example, the range of ambient temperature was between 6°C and 25°C [4].

Inspired by previous works, this research aims to expand the investigation of the use of thermal feedback, leading to its more practical usage in real-world situations. This is, in particular, the case of tropical areas, where users are likely or forced to frequently go from outdoor (i.e., a boiling hot environment) to indoor (i.e., a chill air-conditioned one), or vice versa. The sudden change in ambient temperature from extremely hot to cold may affect users' perception of thermal feedback. Importantly, this paper is the first to look at how the transition of environmental temperatures might affect the user perception and therefore the usability of thermal feedback. Furthermore, we present a comprehensive study on the influence of high environmental temperature and humidity, such as in a tropical country, on the use of thermal feedback. The difference in ambient temperature and humidity ranges can provide an insight into the application of thermal feedback.

2 RELATEDWORK

Thermal display was introduced by psychologists [8, 13] for studying aspects on human temperature perception. Human skin temperature is normally in a range of 28-40°C and the neutral thermal zone is rather stable, ranging between 6-8°C. It, however, usually varies in each

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

individual according to his condition and thermal sensitivity (e.g., 30-36°C or 28-34°C). Kenshalo [9] reported that human sensitivity towards cold temperature is faster than that towards warm temperature. In addition, while a sensation of cold is immediately perceived, a perception of warmth is gradually increased. Hagander *et al.* [3] found that thenar eminence is more sensitive to warmth sensation than the dorsal surface of hand and foot. Yet, there is no difference of the sensitivity to cold temperature for these body locations.

Temperature perception of human is detected when temperature is below or above their neutral thermal zone, in accordant with the thermal threshold and the rate of thermal change [6, 8]. Green [2] conducted the experiment on temperature sensation with three fingers using three stimulators attached on each finger. His experiment suggested that a sensation of middle finger differs from that of the two outer adjacent fingers. The magnitude of warmth or cold sensed at the middle finger is greater than that at the other two, when all three stimulators release the same thermal stimuli (i.e., warmth or cold).

An HCI community has just paid much attention to research on the use of thermal feedback recently. Nakashige *et al.* [11] conducted a small formal study on the addition of digital media, e.g., photographs, by temperature. They found that photographs with corresponding thermal feedback (pictures of food such as soup with a warm stimulus and ice cream with a cold one) are more appealing and feeling to subjects. Narumi *et al.* [12] studied the use of thermal information to identify different areas. This studied is the baseline for further mobile scenario studies.

Also, was studied the use of various thermal messages for feeling and meaning expression from one to others. Thermal stimuli were meant to be meaning of message [1, 10]. Meanwhile, there is another related research [14], studying those who experience the vibrotactile and thermal feedback. The users were requested to express the meanings or emotions for each stimulus before doing a questionnaire. The studies showed that warm temperature refers to positive feelings while cold temperature refers to negative feelings. In addition, Wilson *et al.* [15] developed intramodal that was combined between thermal feedback and vibrotactile feedback to convey information to user. Thermal identification was studied [17], aiming to examine the perception and identification of thermal stimuli while moving in outdoor environment.

Wilson *et al.* [16] showed the study of body location perception and mobility of use of thermal feedback. Body locations that they examined are fingertips, palm, dorsal surface of forearm and dorsal surface of upper arm. Furthermore, they evaluated which thermal stimulus was the most suitable. The results showed that the palm can perceive stimulus the most and that cold feedback is more likely or comfortable than warm.

The Influence on the use of thermal feedback was more widely studied. Helvey *et al.* [5] presented the effect of clothing material on thermal feedback perception. They also evaluated [4] the effect of ambient temperature and humidity on thermal feedback perception. This evaluation was conducted in cold area where the ambient temperature between a minimum 8.45°C to maximum 27.75°C, ambient humidity between 31.4% to 93.2%.

3 EVALUATION

The aim of this evaluation is to study user experiences and perceptions of thermal feedback in the tropical area. We have to aim to answer the following research questions:

•RQ1: How does the immediate transition of environmental temperatures affect the user perception and therefore the usability of thermal feedback?

•RQ2: Does high ambient temperature in the tropics have an effect on people's ability to detect and perceive thermal stimuli?

•RQ3: Does ambient humidity in tropics have an impact on the detection of thermal feedback?

• RQ4: Do repeated uses of thermal interfaces and time interval of repetition increase the ability of users to detect and perceive thermal feedback?

3.1 Stimuli

This evaluation replicated the experiment design of Helvey *et al.* and Wilson *et al.* [4, 5, 16]. The presented thermal stimuli were a combination of two thermal direction of change (warm and cold), two thermal intensities ($\triangle$ 3°C, $\triangle$ 6°C) and two different rates of change (ROC) (1°C/sec, 3°C/sec), giving a total of 8 stimuli.

3.2 Variables

We studied the effect of transition, temperature, humidity and training. Five independent variables were: i) two directions of change, ii) two rates of change, iii) two thermal intensities, iv) transition of environmental temperature and v) user experience. Four dependent variables were: i) detection rate (number of detection) ii) detection time (how long after stimulus was detected) iii) subjective stimulus comfort iv) subjective stimulus intensity.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Participants were asked to rate scale of subjective comfort of stimulus and subjective intensity of stimulus. The scale of comfort stimulus was 7-point Likert scale from very uncomfortable to very comfortable. The intensity scale also was a 7-point Likert scale from very cold to very warm, with zero being neutral.

3.3 Participants

Twenty-eight participants were divided into three groups to study training effect: single, bi-weekly repeated and monthly repeated. Single session users took part in one session of the study only, bi-weekly users participated in a session twice a month and monthly users took part once a month for three months. Each month four participants in each group took part. Single-user group was composed of 5 males and 7 females, bi-weekly repeated group consisted of 2 males and 10 females and monthly repeated group consisted of 2 males and 2 females. Most subjects are students or employees of a university.

3.4 Environmental Conditions

Evaluation was carried out in Thailand over a period of 3 months, where the average of outdoor temperature was over 25°C and the average humidity was in the range 50-60%. In contrast, indoor temperature was controlled by air conditioners at approximately 25°C, which is a common temperature, set by Thai people.

Two very different temperature and humidity environment were conducted for the evaluation. The first was in the room where temperature was set by air conditioners. Outdoor locations were i) covered entrance way on roof-deck and ii) pathway adjacent to a university building where ambient temperature ranges from a minimum of 27°C to a maximum of 44°C and humidity from a minimum of 41% to a maximum of 68%. Both of outdoor locations were quiet and not affected by wind. Fig. 1 presents the number of experimental sessions at each (a) temperature and (b) humidity range.

Single-use session users were tested in ambient temperature from minimum of 29°C to maximum of 37°C. Temperature data were managed on three groups of range in block of 5°C, there was <30°C, 30-35°C and >35°C. Also humidity data were grouped into three groups humidity range in a block of 10%, which were <50%, 50-60% and >60%. Bi-weekly users were participated in temperature range 28-44°C and humidity range 42-68%. Monthly users were tested in temperature and humidity from 27-40°C and 38-90% respectively.

3.5 Design and Procedure

Custom micro-controller board that could drive Peltier heat pumps by an android mobile device through Bluetooth

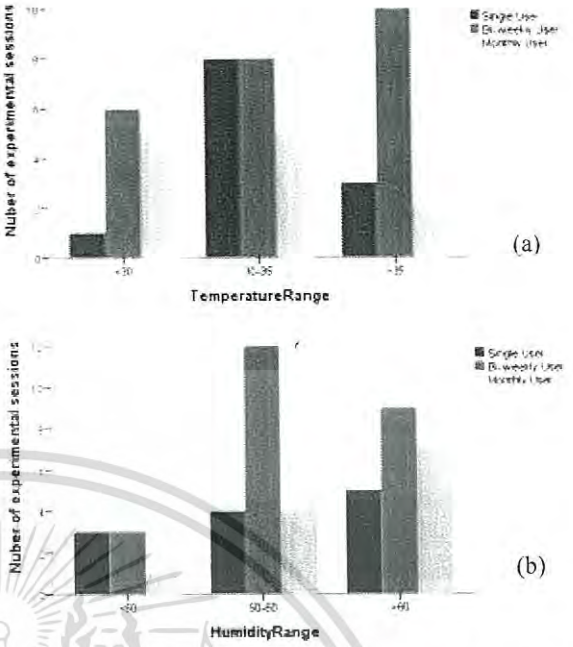


Fig. 1. The number of experimental sessions conducted at difference ranges of (a) temperature and (b) humidity.

Fig. 2. Participant sitting outdoor (left), stimulator was held against the forearm (right).

connection was developed. There are two Peltier heat pumps as warm stimulus and cool stimulus and battery for mobility use. The range of temperature that we used in the experiment was controlled in between 26°C and 38°C.

By following the research questions, participants were instructed to immediately change environmental temperature from indoor to outdoor and from outdoor to indoor (Fig. 2-(left) participant sitting outdoor). Each participant was asked to wear a Peltier stimulator on his/her forearm (Fig. 2-(right)). Forearm was chosen for this evaluation as more suitable than palm as participant might wear watch or exercise arm band; so they do not feel annoyed to.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The thermal stimulator was held against the forearm with a velcro strap. Participants also carried a mobile device for providing their response to given thermal stimuli in our developed mobile application. The tasks start with the fact that The Peltier adapted to human body temperature for 60 seconds. After that all 8 stimuli were presented in a random order. Each stimulus presentation consisted of 10 seconds and returned to human body temperature for 30 seconds for adaptation followed by stimulus presentation and 30 seconds of adaptation. If participant detect a given stimulus, they will press the button "I feel it" on mobile device screen.

4 RESULTS

4.1 Single Session

Number of Detection

Table 1 presents the average performance relative to temperature and Table 2 shows the average performance of different ambient humidity. Friedman's analysis showed ambient temperature had a significant effect on detection rate ($\chi^2(2)=8.4$, $p=0.015$). Furthermore there were significant effect between <30°C vs. 30-35°C ($Z=-1.826$, $p=0.034$) and 30-35°C vs. >35°C ($Z=-2.032$, $p=0.021$). Ambient humidity was found to have a significant effect on number of detection ($\chi^2(2)=8$, $p=0.018$). Post-hoc Wilcoxon T comparisons showed significant differences between <50% vs.>60% ($Z=-1.841$, $p=0.033$) and 50-60% vs.>60% ($Z=-1.841$, $p=0.033$). However, there were no significant effects of immediately change of environment, intensity, ROC and direction.

Time to Detection

Friendman's analysis of variance by ranks revealed that ambient temperature had a significant effect on detection time ($\chi^2(2)=8.222$, $p=0.016$). Pairwise Wilcoxon T tests revealed a significant effect between <30°C vs. 30-35°C ($Z=-2.521$, $p=0.006$) and 30-35°C vs. >35°C ($Z=-1.68$, $p=0.046$). There was no significant effect of ambient humidity. Statistical tests also showed that transition did not have an effect on time to detection. Intensity of change was found to have a significant effect on Time to detection ($Z=-2.267$, $p=0.0115$) with the higher intensity (6°C) having better detection time (mean=4.63s.) than the lower intensity (3°C) (mean=5.01s.). Rate of change significantly affected ($Z=-2.579$, $p=0.005$) the higher ROC (3°C/sec.) being detected more quickly (mean=4.36s.) than the lower ROC (1°C/sec.) (mean=5.27s.). Direction of change did not have an effect on detection time.

Table 1. Average performance relative to temperature.

	<30	30-35	>35
Detection Rate (Accuracy %)	62.5	79.69	100
Detection Time (sec.)	5.38	5.47	3.31
Comfort (Scale 0-6)	2.38	2.96	3.46
Intensity (Scale 0-3)	2.13	1.88	2.13

Table 2. Average performance relative to humidity.

	<50	50-60	>60
Detection Rate (Accuracy %)	87.5	90.63	75
Detection Time (sec.)	4.69	3.99	5.81
Comfort (Scale 0-6)	3.35	2.94	2.93
Intensity (Scale 0-3)	2.08	1.97	1.89

Subjective Stimulus Comfort

Ambient temperature was found to have a significant effect on perceived comfort ($\chi^2(2)=10.889$, $p=0.004$). Wilcoxon T comparisons showed a significant difference in subjective stimulus comfort between <30°C vs. 30-35°C ($Z=-2.383$, $p=0.0085$) and 30-35°C vs. >35°C ($Z=-2.521$, $p=0.006$). Ambient humidity did not have significant differences in perceived comfort. Statistical test also showed that intensity of change and ROC did not have significant differences. Wilcoxon T comparisons showed significant differences of direction of change in subjective comfort ($Z=-3.262$, $p<0.001$). Cold stimulus had a significantly higher average subjective comfort rating (mean= 3.67) than warm stimulus (mean=2.35).

Subjective Stimulus Intensity

Ambient Temperature had a significant effect on perceived intensity ($\chi^2(2)=10.692$, $p=0.005$) between <30°C vs. 30-35°C ($Z=-2.384$, $p=0.085$) and 30-35°C vs. >35°C ($Z=-2.243$, $p=0.013$). Humidity did not have a significant differences in perceived intensity. Intensity of change significantly affected perceived intensity ($Z=-4.81$, $p<0.001$). Perceived intensity increased as 1°C (mean=1.48) and 3°C (mean=2.44) intensity respectively. Statistical test showed that ROC had a significant differences in intensity ($Z=-3.104$, $p=0.001$). With higher ROC (3°C/sec.) (mean=2.17) being more intense than lower ROC (1°C/sec.) (mean=1.77). Direction of change was found to have a significant effect on subjective intensity ($Z=-1.8$, $p=0.036$) with cold stimulus (mean=1.89) being less intense than warm stimulus (mean=2.04).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 Repeated Session

Bi-weekly Session

Wilcoxon T comparisons were used to analyze an effect of repeated use of the thermal stimuli or training. There was no effect of bi-weekly repeated session on detection time (Z=-0.941, p=0.173). The different sessions did not have effect on detection rate (Z=-0.264, p=0.396). Subjective stimulus comfort and intensity also did not have a significant effect on bi-weekly repeated session (Z=-0.118, p=0.453) and (Z=-0.157, p=0.438) respectively.

Monthly Session

Friedman's analysis of variance by ranks was used to analyze effect of training between monthly sessions. There was no effect of monthly repeated session on detection time ($\chi^2(2)=0.5$, p=0.779). The different monthly repeated sessions did not have an effect on detection rate ($\chi^2(2)=0.545$, p=0.761). Subjective stimulus comfort and intensity also did not have a significant effect on monthly repeated session ($\chi^2(2)=1.2$, p=0.549) and ($\chi^2(2)=2.364$, p=0.307) respectively.

Comparison between Single and Repeated Session

Single and repeated user performances were analyzed by Mann-Whitely U test for comparison. Table 3 presents the data of means of single users and bi-weekly users of detection rate, time to detection, comfort and intensity between bi-weekly users and single users. Data on top rows (highlighted in grey) are performance from bi-weekly repeated users and below are single users performance. Statistical tests provided that biweekly user performance had a significant difference on detection rate and detection time in session 1 in the range >35 (U=0, Z=-2.121, p=0.017), (U=0, Z=-1.964, p=0.025) respectively. The results also showed a significant effect on detection rate in session 2 in the range >35 (U=3, Z=-1.732, p=0.0451). In session 2 in the range 30-35, the results showed a significant effect on subjective comfort of stimulus (U=3, Z=-1.858, p=0.0315). However, training effect did not have a significant effect on intensity.

Table 4 also presents comparison between class of users at the same temperature range (no monthly users in session 1, 2 and 3 participated in the range >35, 30-35 and <30 respectively). Mann-Whitely U test showed that the learning effect had significant effect on detection time in session 1 in the range 30-35 (U=2, Z=-1.779, p=0.0375) and detection rate in session 2 in the range >35 (U=0, Z=-1.732, p=0.0425). Nevertheless, there was no significant effect on comfort and intensity.

Table 3. Single and bi-weekly users average performance. (Statistical significance between single and repeated user performances is indicated by *.)

	session 1			session 2		
Temp.	<30	30-35	>35	<30	30-35	>35
Detection Rate	84.38	92.5	83.34*	87.5	83.34	87.5*
(Accuracy %)	62.5	79.69	100	62.5	79.69	100
Detection Time	4.86	4.32	4.45*	4.86	4.39	3.95
(sec.)	5.38	5.47	3.31	5.38	5.47	3.31
Comfort	3.44	3.4	3.79	3.5	4*	3.06
(Scale 0-6)	2.38	2.96	3.46	2.38	2.96	3.46
Intensity	2.04	1.9	2.04	2.19	1.92	1.97
(Scale 0-3)	2.13	1.88	2.13	2.13	1.88	2.13

Table 4. Single and monthly users average performance.

	session 1		session 2		session 3	
Temp.	<30	30-35	<30	>35	30-35	>35
Detection Rate	100	75	83.34	37.5*	83.34	100
(Accuracy %)	62.5	79.69	62.5	100	79.69	100
Detection Time	4.15	4.43*	3.66	5.7	4.65	5.75
(sec.)	5.38	5.47	5.38	3.31	5.47	3.31
Comfort	2.89	4.13	3.49	3.4	3.5	2.88
(Scale 0-6)	2.38	2.96	2.38	3.46	2.96	3.46
Intensity	2.51	1.88	2.29	2.2	1.89	1.88
(Scale 0-3)	2.13	1.88	2.13	2.13	1.88	2.13

5 DISCUSSION AND CONCLUSION

RQ1: Transition of Ambient Temperature

However, users in tropics area are likely or forced to frequently change environment from too hot (real ambient temperature) to too chill (air-conditioned one), or vice versa. The results of the number of detection and time to detection showed that transition of ambient temperatures did not have significant effect on thermal perception of the same stimuli. Whereas Hirosawa *et al.* [7] examined the relationships between warm threshold or cool threshold of the middle fingertips and room temperature. They reported that room temperature change affects the warm and cool threshold.

RQ2: Effect of Tropical Temperature

Halvey *et al.* [4] studied the effect of temperature in cold environment, the range of temperature was between 6°C and 25°C. They found that ambient temperature had significant effect to user perception. Green [2] also reported ambient feeling perception affected actually feeling perception. The results of this evaluation showed ambient temperature had a significant effect on detection rate, detection time, comfort and intensity. Our results also indicated that the optimal perception performance is in greater than 35°C in term of detection rate and detection time.

RQ3: Effect of Ambient Humidity

Ambient humidity had a significant effect on number of detection. Our results showed the optimal performance in

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

term of number of detection and detection time was in the humidity range 50-60%. However humidity did not have a significant effect on detection time, comfort and intensity. Humidity range that examined was 41-68%. Halvey *et al.* [4] found extreme humidity had a negligible effect of sense.

RQ4: Training Effect

Comparison between monthly session results indicated that training effect did not have an impact on the use of thermal feedback. The results from comparison between bi-weekly sessions also presented that there was no significant effect. Furthermore to offer more deep investigation, previous research [4] reported that the repeated user sessions (monthly repeated session) had an effect on thermal feedback perception. Our results from comparison between single user and monthly user performance implied that training had an effect on detection time and detection rate in session 1 and 2 in 30-35°C and >35°C respectively. In addition, comparison between single user and bi-weekly user performance indicated that there was effect on number of detection and time to detection in session 1 and also have significant effect on detection rate and comfort in session 2.

In conclusion, this paper studied how environmental factors affect the use of thermal feedback in a tropical ambient. Ambient temperature influence on perception and ambient humidity was a negligible effect on its use. In addition, we presented the results of the sudden transition of environment. It was shown that there was no significant effect to perceive the thermal stimuli. Training effects had some difference but did not follow any patterns.

In consequence, thermal feedback is practical for use with people living in tropical area. Stimuli that are more preferable to be perceived in tropical climate are both intensities and both rates of change because strong intensity and large rate of change are much faster to detect but not much comfortable. Moreover, cold is more likely to be detected than warm. Future work will investigate the use of tactile modality in some situations to assure that thermal feedback can be used as an alternative to or a replacement for common feedback.

Acknowledgments. This research is fully supported by the National Research Council of Thailand, with a grant awarded to T. Leelanupab (NRCT funded project 2013).

REFERENCES

[1] H. Fujita and K. Nishimoto. Lovelet: A Heartwarming Communication Tool for Intimate People by Constantly Conveying Situation Data. In CHI '04, pages 1553–1553, Vienna, Austria.

[2] B. G. Green. Localization of Thermal Sensation: An Illusion and Synthetic Heat. In Perception and Psychophysics 1997, pages 331-337.

[3] L. G. Hagander, H. A. Midani, M. A. Kuskowski, and G. J. Parry. Quantitative sensory testing: effect of site and skin temperature on thermal thresholds. In Clinical Neurophysiology 2000, pages 17-22.

[4] M. Halvey, G. Wilson, S. Brewster, and S. Hughes. "Baby It's Cold Outside": The Influence of Ambient Temperature and Humidity on Thermal Feedback. In CHI '12, pages 715-724, Austin, Texas, USA.

[5] M. Halvey, G. Wilson, Y. Vazquez-Alvarez, S. A. Brewster, and S. A. Hughes. The Effect of Clothing on Thermal Feedback Perception. In ICMI '11, pages 217-220, Alicante, Spain.

[6] J. Harrison and K. Davis. Cold-evoked pain varies with skin type and cooling rate: a psychophysical study in humans. In Pain 1999, pages 123-135.

[7] I. Hirosawa, H. Dodo, M. Hosokawa, S. Watanabe, K. Nishiyama, and Y. Fukuicji. Physiological variations of warm and cool sense with shift of environmental temperature. In International Journal Neurosci 1984, pages 281-288.

[8] L. A. Jones and M. Berris. The Psychophysics of Temperature Perception and Thermal-Interface Design. In HAPTICS '02, pages 137-142, Orlando, Florida, USA.

[9] D. R. Kenshalo. Somesthetic sensitivity in young and elderly humans. In Journal of Gerontology 1986, page 11.

[10] W. Lee and Y.-k. Lim. Thermo-message: Exploring the Potential of Heat As a Modality of Peripheral Expression. In CHI EA '10, pages 4231-4236, Atlanta, Georgia, USA.

[11] M. Nakashige, M. Kobayashi, Y. Suzuki, H. Tamaki, and S. Higashino. "Hiya-Atsu"Media: Augmenting Digital Media with Temperature. In CHI EA '09, pages 3181-3186, Boston, MA, USA.

[12] T. Narumi, T. Akagawa, Y. A. Seong, and M. Hirose. Thermotaxis. In SIGGRAPH '09, pages 18:1-18:1, New Orleans, Louisiana, USA.

[13] J. Stevens. Thermal Sensibility. The Psychology of Touch. Lawence Erlbaum, 1991.

[14] K. Suhonen, K. Vaananen-Vainio-Mattila, and K. Makela. User Experiences and Expectations of Vibrotactile, Thermal and Squeeze Feedback in Interpersonal Communication. In BCS-HCI '12, pages 205-214, Birmingham, UK.

[15] G. Wilson, S. Brewster, M. Halvey, and S. Hughes. Thermal Icons: Evaluating Structured Thermal Feedback for Mobile Interaction. In MobileHCI '12, pages 309-312, San Francisco, California, USA.

[16] G. Wilson, M. Halvey, S. A. Brewster, and S. A. Hughes. Some Like It Hot: Thermal Feedback for Mobile Devices. In CHI '11, pages 2555-2564, Vancouver, BC, Canada.

[17] G. Wilson, M. Halvey, S. A. Brewster, and S. A. Hughes. Thermal Feedback Identification in a Mobile Environment. In HAID '13, pages 10-19. Daejeon, Korea.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

แบบสอบถามการทดลอง

แบบสอบถามจะทั้งสิ้น 2 การทดลอง โดยการทดลองที่ 1 จะประกอบด้วย แบบสอบถามแรก (Entry questionnaire) แบบสอบถามหลังจากทำการทดลองแต่ละเงื่อนไข (Post questionnaire) และแบบสอบถามจบ (Exit questionnaire) โดยแบบสอบถาม Entry questionnaire ผู้เข้าร่วมการทดลองจะตอบแบบสอบถามก่อนทำการทดลอง ข้อมูลที่ถามเป็นข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมการทดลองและข้อมูลเกี่ยวกับการทดลองเบื้องต้น แบบสอบถาม Post questionnaire จะถามข้อมูลความเข้มของอุณหภูมิและความรู้สึกสบายเมื่อรับรู้อุณหภูมิ การรับรู้การแจ้งเตือน และความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมในการทำการทดลอง และสุดท้าย Exit questionnaire ถามเกี่ยวกับการใช้งานการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ

แบบสอบถามการทดลองที่ 2 จะประกอบไปด้วย ประกอบด้วย แบบสอบถามแรก (Entry questionnaire) แบบสอบถามหลังจากทำการทดลองแต่ละเงื่อนไข (Post questionnaire) และแบบสอบถามจบ (Exit questionnaire) เช่นกันกับแบบสอบถามของการทดลองที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ENTRY QUESTIONNAIRE

โปรดตอบคำถามที่เกี่ยวกับการทดลอง เพื่อประเมินผลกระทบจากสภาพแวดล้อมกับการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ ทั้งนี้ทั้งนั้นการตอบคำถามของคุณไม่ได้คำนึงว่าถูกหรือผิด เพราะเพียงต้องการประเมินประสิทธิภาพของการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ ไม่ใช่การประเมินผู้ทดลอง

User ID:	

โปรดทำเครื่องหมาย ☑ หรือเติมข้อความลงในช่องว่างตรงตามความเป็นจริง

Part 1: ข้อมูลส่วนบุคคลทั่วไป

1. อายุ:	

2. เพศ:	
ชาย..... 1 ☐	หญิง..... 2 ☐

3. อาชีพ:	

4. สายงานหรือเรียน:	
คอมพิวเตอร์ หรือเทคโนโลยีสารสนเทศ..... 1 ☐	วิศวกร..... 2 ☐
การตลาด บัญชี หรือการเงิน..... 3 ☐	กฎหมาย..... 4 ☐
งานบันเทิง..... 5 ☐	อื่นๆ โปรดระบุ..... 6 ☐

5. ระดับการศึกษาหรือกำลังศึกษาสูงสุด:	
ต่ำกว่าปริญญาตรี..... 1 ☐	ปริญญาตรี..... 2 ☐
ปริญญาโท..... 3 ☐	ปริญญาเอก..... 4 ☐

6. คุณมีโรคประจำตัวหรือไม่:	
มี..... 1 ☐	ไม่มี..... 2 ☐
ถ้ามี โปรดระบุ.....	

7. ปัจจุบันคุณกินยาประจำหรือไม่:	
กิน..... 1 ☐	ไม่กิน..... 2 ☐

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้ามี โปรดระบุ .....

Part 2: ข้อมูลเกี่ยวกับการทดลอง

1. คุณเคยมีประสบการณ์การทดลองด้าน HCI (ปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์หรือไม่):

เคย..... 1 ☐ | ไม่เคย..... 2 ☐

ถ้าเคย โปรดระบุ .....

2. สภาพแวดล้อมการอยู่อาศัยและการทำงานของคุณในแต่ละวัน (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ):

2.1 สภาพโดยรอบ:

ภายในอาคาร..... 1 ☐ | ภายนอกอาคาร..... 2 ☐

บนยานพาหนะ..... 3 ☐

2.2 สภาพเสียง:

เสียงดัง..... 1 ☐ | เงียบ..... 2 ☐

3. ในแต่ละวัน คุณทำงานทั้งภายในอาคารและภายนอกอาคารหรือไม่:

ใช่..... 1 ☐ | ไม่ใช่..... 2 ☐

3.1 ถ้าใช่ คุณเปลี่ยนสภาพแวดล้อมบ่อยครั้งแค่ไหน:

บ่อยครั้ง ☐5 ☐4 ☐3 ☐2 ☐1 ไม่บ่อยครั้ง

4. ปกติคุณพกโทรศัพท์เคลื่อนที่ไว้ที่ไหน:

กระเป๋ากางเกง/กระโปรง..... 1 ☐ | กระเป๋าถือ/กระเป๋าเป้..... 2 ☐

วางบนโต๊ะ..... 3 ☐ | อื่นๆ ระบุ..... 4 ☐

5. ระบบแจ้งเตือนบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ของคุณ (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ):

ระบบภาพหรือแสงไฟ..... 1 ☐ | ระบบเสียง..... 2 ☐ | ระบบสั่น..... 3 ☐

6. หากคุณใช้การแจ้งเตือนด้วยระบบเสียง ความดังของเสียงมีมากน้อยเพียงใด?

ไม่ดัง ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 ดัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. หากคุณใช้การแจ้งเตือนด้วยระบบสั่น ความแรงของระบบมีมากน้อยเพียงใด?
แรง ☐5 ☐4 ☐3 ☐2 ☐1 ไม่แรง

8. คุณให้ความสำคัญกับการแจ้งเตือนหรือไม่?	
ให้ความสำคัญ..... 1☐	ไม่ให้ความสำคัญ..... 2☐

9. คุณพลาดการแจ้งเตือนจากโทรศัพท์เคลื่อนที่บ่อยครั้งหรือไม่?
บ่อยครั้ง ☐5 ☐4 ☐3 ☐2 ☐1 ไม่บ่อยครั้ง

10. ส่วนใหญ่คุณพลาดการแจ้งเตือนเพราะอะไร?	
ให้ความสนใจกับสิ่งอื่น..... 1☐	สภาพแวดล้อมโดยรอบ..... 2☐
พฤติกรรมการเคลื่อนที่..... 3☐	อื่นๆ ระบุ..... 4☐

11. คุณเคยมีประสบการณ์การใช้อุณหภูมิในการแจ้งเตือนหรือไม่?	
ไม่เคย..... 1☐	เคย..... 2☐

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Post-Task Questionnaire

โปรดตอบคำถามที่เกี่ยวกับการทดลอง เพื่อประเมินผลกระทบจากสภาพแวดล้อมกับการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ ทั้งนี้ทั้งนั้นการตอบคำถามของคุณไม่ได้คำนึงว่าถูกหรือผิด เพราะเพียงต้องการประเมินประสิทธิภาพของการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ ไม่ใช้การประเมินผู้ทดลอง

User ID:	

โปรดทำเครื่องหมาย ☑ หรือเติมข้อความลงในช่องว่างตรงตามความเป็นจริง

Part 1: ความเข้มของอุณหภูมิและความรู้สึกสบายเมื่อรับรู้อุณหภูมิ

ในส่วนนี้ต่อไปนี้จะเป็นคำถามที่ต้องทำระหว่างการทดลอง นั่งอยู่ภายนอกอาคาร และสวมใส่อุปกรณ์บริเวณข้อมือ โปรดเลือกระดับความเข้มของอุณหภูมิและความรู้สึกสบาย ในแต่ละการแจ้งเตือนดังต่อไปนี้

1. การแจ้งเตือนที่ 1:
1.1 ระดับความรู้สึก:
เย็นมาก ☐2 ☐1 ☐0 ☐1 ☐2 ร้อนมาก
1.2 รู้สึกพอใจและสบายต่อการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ:
ไม่พอใจและไม่สบาย ☐0 ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 พอใจและสบาย

2. การแจ้งเตือนที่ 2:
2.1 ระดับความรู้สึก:
เย็นมาก ☐2 ☐1 ☐0 ☐1 ☐2 ร้อนมาก
2.2 รู้สึกพอใจและสบายต่อการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ:
ไม่พอใจและไม่สบาย ☐0 ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 พอใจและสบาย

3. การแจ้งเตือนที่ 3:
3.1 ระดับความรู้สึก:
เย็นมาก ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ร้อนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 1 0 1 2

3.2 รู้สึกพอใจและสบายต่อการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ:

ไม่พอใจและไม่สบาย พอใจและสบาย

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

0 1 2 3 4

4. การแจ้งเตือนที่ 4:

4.1 ระดับความรู้สึก:

เย็นมาก ร้อนมาก

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

2 1 0 1 2

4.2 รู้สึกพอใจและสบายต่อการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ:

ไม่พอใจและไม่สบาย พอใจและสบาย

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

0 1 2 3 4

5. การแจ้งเตือนที่ 5:

5.1 ระดับความรู้สึก:

เย็นมาก ร้อนมาก

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

2 1 0 1 2

5.2 รู้สึกพอใจและสบายต่อการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ:

ไม่พอใจและไม่สบาย พอใจและสบาย

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

0 1 2 3 4

6. การแจ้งเตือนที่ 6:

6.1 ระดับความรู้สึก:

เย็นมาก ร้อนมาก

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

2 1 0 1 2

6.2 รู้สึกพอใจและสบายต่อการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ:

ไม่พอใจและไม่สบาย พอใจและสบาย

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0 1 2 3 4

7. การแจ้งเตือนที่ 7:
7.1 ระดับความรู้สึก:
เย็นมาก ร้อนมาก ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 2 1 0 1 2
7.2 รู้สึกพอใจและสบายต่อการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ:
ไม่พอใจและไม่สบาย พอใจและสบาย ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 0 1 2 3 4

8. การแจ้งเตือนที่ 8:
8.1 ระดับความรู้สึก:
เย็นมาก ร้อนมาก ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 2 1 0 1 2
8.2 รู้สึกพอใจและสบายต่อการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ:
ไม่พอใจและไม่สบาย พอใจและสบาย ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 0 1 2 3 4

Part 2: *การรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ*

1. คุณรับรู้ทุกๆการแจ้งเตือนที่ปล่อยออกมาหรือไม่:
ไม่รับรู้เลย รับรู้ทั้งหมด ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 1 2 3 4 5

2. คุณสามารถแยกระดับความแตกต่างของแต่ละอุณหภูมิได้หรือไม่::
ไม่สามารถแยกได้ สามารถแยกได้ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 1 2 3 4 5

3. คุณคิดว่าอุณหภูมิการแจ้งเตือนแบบไหนที่คุณสามารถรู้สึกได้เร็ว:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิร้อน..... 1 ☐	อุณหภูมิเย็น..... 2 ☐

4. คุณคิดว่าอุณหภูมิการแจ้งเตือนแบบไหนที่คุณจะรู้สึกพอใจและสบายเมื่อได้รับรู้:	
อุณหภูมิร้อน..... 1 ☐	อุณหภูมิเย็น..... 2 ☐

Part *3*: *สภาพแวดล้อมโดยรอบ*

1. สภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันไม่มีผลต่อการรับรู้การแจ้งเตือน:
ไม่เห็นด้วย ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 เห็นด้วย

2. สภาพแวดล้อมภายนอกอาคารไม่มีผลต่อการรับรู้การแจ้งเตือน:
ไม่เห็นด้วย ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 เห็นด้วย

3. สภาพแวดล้อมภายในอาคารไม่มีผลต่อการรับรู้การแจ้งเตือน:
ไม่เห็นด้วย ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 เห็นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Exit-Experiment 1 Questionnaire/Interview

โปรดตอบคำถามที่เกี่ยวกับการทดลอง เพื่อประเมินผลกระทบจากสภาพแวดล้อมกับการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ ทั้งนี้ทั้งนั้นการตอบคำถามของคุณไม่ได้คำนึงว่าถูกหรือผิด เพราะเพียงต้องการประเมินประสิทธิภาพของการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ ไม่ใช้การประเมินผู้ทดลอง

User ID:	

โปรดทำเครื่องหมาย ☑ หรือเติมข้อความลงในช่องว่างตรงตามความเป็นจริง

Part 1: *การรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ*

1. คุณคิดว่าอุณหภูมิโดยรอบมีผลกระทบต่อการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิหรือไม่:

ไม่มีผลกระทบ ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 มีผลกระทบ

2. คุณคิดว่าการเปลี่ยนสภาพแวดล้อมอย่างฉับพลันมีผลกระทบต่อการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิหรือไม่:

ไม่มีผลกระทบ ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 มีผลกระทบ

3. การใช้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิขณะอยู่นิ่งและขณะเคลื่อนที่มีการรับรู้ที่เหมือนกัน:

เห็นด้วย ☐5 ☐4 ☐3 ☐2 ☐1 ไม่เห็นด้วย

5. คุณคิดว่าอุณหภูมิการแจ้งเตือนแบบไหนที่คุณสามารถรู้สึกได้เร็ว:

อุณหภูมิร้อน..... 1☐ | อุณหภูมิเย็น..... 2☐

6. คุณคิดว่าอุณหภูมิการแจ้งเตือนแบบไหนที่คุณจะรู้สึกสบายเมื่อได้รับ:

อุณหภูมิร้อน..... 1☐ | อุณหภูมิเย็น..... 2☐

7. การสวมใส่อุปกรณ์การแจ้งเตือนบริเวณอุ้งมือและข้อมือมีการรับรู้ที่เหมือนกัน:

เห็นด้วย ☐5 ☐4 ☐3 ☐2 ☐1 ไม่เห็นด้วย

Part 2: *การใช้อุปกรณ์การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คุณไม่รู้สึกรำคาญที่จะสวมใส่อุปกรณ์การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ:

ไม่เห็นด้วย เห็นด้วย

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

2. อุปกรณ์การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิสามารถนำไปใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน:

เห็นด้วย ไม่เห็นด้วย

☐ 5 ☐ 4 ☐ 3 ☐ 2 ☐ 1

Part 3: *การทดลอง*

1. คุณคิดว่าการทดลองที่ให้ทำมีความซับซ้อนหรือไม่:

ซับซ้อน ไม่ซับซ้อน

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

2. คุณคิดว่าการทดลองที่ให้ทำต้องใช้สมาธิหรือไม่:

ไม่ใช่สมาธิ ใช้สมาธิ

☐ 5 ☐ 4 ☐ 3 ☐ 2 ☐ 1

3. คุณคิดว่าการทดลองที่ให้ทำทำให้คุณเกิดความเครียดหรือไม่:

เครียด ไม่เครียด

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Post-Task Questionnaire

โปรดตอบคำถามที่เกี่ยวกับการทดลอง เพื่อประเมินผลกระทบจากสภาพแวดล้อมกับการแจ้งเตือนด้วยณหภูมิ ทั้งนี้ทั้งนั้นการตอบคำถามของคุณไม่ได้คำนึงว่าถูกหรือผิด เพราะเพียงต้องการประเมินประสิทธิภาพของการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ ไม่ใช้การประเมินผู้ทดลอง

User ID:	

โปรดทำเครื่องหมาย ☑ หรือเติมข้อความลงในช่องว่างตรงตามความเป็นจริง

Part 1: *การรับรู้การแจ้งเตือน*

1. รู้สึกพอใจและสบายเมื่อรับรู้การแจ้งเตือนด้วยเสียง:

พอใจและสบาย ☐5 ☐4 ☐3 ☐2 ☐1 ไม่พอใจและสบาย

2. รู้สึกพอใจและสบายเมื่อรับรู้การแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นสะเทือน:

พอใจและสบาย ☐5 ☐4 ☐3 ☐2 ☐1 ไม่พอใจและสบาย

3. รู้สึกพอใจและสบายเมื่อรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ:

พอใจและสบาย ☐5 ☐4 ☐3 ☐2 ☐1 ไม่พอใจและสบาย

4. ระดับความแรงของการแจ้งเตือนด้วยเสียง:

น้อย ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 มาก

5. ระดับความแรงของการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นสะเทือน:

น้อย _____ มาก _____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

6. ระดับความแรงของการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ:
น้อย มาก ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

Part 2: *สภาพแวดล้อมโดยรอบ*

1. ในสถานการณ์การที่มีเสียงดัง คุณคิดว่าการแจ้งเตือนแบบไหนที่คุณสามารถรู้สึกได้เร็ว:		
การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ... 1☐	การแจ้งเตือนด้วยเสียง..... 2☐	การแจ้งเตือนด้วยสั่น..... 3☐

2. ในสถานการณ์การที่มีเสียงดัง คุณสามารถรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิได้มากกว่าการแจ้งเตือนด้วยเสียง:
ไม่เห็นด้วย เห็นด้วย ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

3. ในสถานการณ์การที่มีเสียงดัง คุณสามารถรับรู้การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิได้มากกว่าการแจ้งเตือนด้วยแรงสั่นสะเทือน:
ไม่เห็นด้วย เห็นด้วย ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

4. คุณคิดว่าเสียงมีผลกระทบต่อการรับรู้การแจ้งเตือนหรือไม่:
ไม่เห็นด้วย เห็นด้วย ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Exit-Experiment 2 Questionnaire/Interview

โปรดตอบคำถามที่เกี่ยวกับการทดลอง เพื่อประเมินผลกระทบจากสภาพแวดล้อมกับการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ ทั้งนี้ทั้งนั้นการตอบคำถามของคุณไม่ได้คำนึงว่าถูกหรือผิด เพราะเพียงต้องการประเมินประสิทธิภาพของการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ ไม่ใช้การประเมินผู้ทดลอง

User ID:	

โปรดทำเครื่องหมาย ☑ หรือเติมข้อความลงในช่องว่างตรงตามความเป็นจริง

Part 1: *การรับรู้การแจ้งเตือน*

1. คุณคิดว่าการแจ้งเตือนแบบใดที่ให้ความเป็นส่วนตัวแก่คุณมากที่สุด: (ผู้อื่นไม่สามารถรับรู้การแจ้งเตือนนั้นๆได้):		
การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิ... 1 ☐	การแจ้งเตือนด้วยเสียง..... 2 ☐	การแจ้งเตือนด้วยสั่น..... 3 ☐

1. คุณคิดว่า<u>สถานการณ์เสียงดัง</u> การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิเหมาะสมหรือไม่?:

ไม่เหมาะสม — เหมาะสม

☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5

2. คุณคิดว่า<u>สถานการณ์ที่มีแรงสั่นสะเทือน</u> การแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิเหมาะสมหรือไม่?:

เหมาะสม — ไม่มีเหมาะสม

☐5 ☐4 ☐3 ☐2 ☐1

4. คุณคิดว่าการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิจะสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้มากน้อยเพียงใด?

ใช้ได้ — ใช้ไม่ได้

☐5 ☐4 ☐3 ☐2 ☐1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. หากนำการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิในไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ คุณคิดว่าบุคคลกลุ่มไหนจะสนใจเป็นพิเศษ?

6. คุณคิดว่านอกเหนือจากสถานการณ์ทั้ง 2 แล้ว มีสถานการณ์ไหนบ้างที่จะสามารถนำการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมิมาใช้ได้?

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

ข้อมูลจะแบ่งออกเป็น ข้อมูลที่ได้จากการทดลองในอาคาร นอกอาคาร ขณะอยู่นิ่ง ขณะเคลื่อนที่ ผิวสัมผัสบริเวณอุ้งมือและข้อมือ จากตารางที่จะแสดง จะบ่งบอกถึงข้อมูลระยะเวลาหน่วยเป็นวินาที ที่ผู้เข้าร่วมการทดลองได้รับรู้การแจ้งเตือนนั้นๆ โดยคอลัมน์แรกแสดงรหัสของผู้เข้าร่วมการทดลองและคอลัมน์ถัดมาแสดงชนิดของอุณหภูมิการกระตุ้นดังนี้

1 หมายถึง อุณหภูมิเย็น ความเข้มของอุณหภูมิ คือ 6 องศาเซลเซียส อัตราการเปลี่ยนแปลง คือ 1 องศาเซลเซียสต่อวินาที

2 หมายถึง อุณหภูมิเย็น ความเข้มของอุณหภูมิ คือ 6 องศาเซลเซียส อัตราการเปลี่ยนแปลง คือ 3 องศาเซลเซียสต่อวินาที

3 หมายถึง อุณหภูมิเย็น ความเข้มของอุณหภูมิ คือ 3 องศาเซลเซียส อัตราการเปลี่ยนแปลง คือ 1 องศาเซลเซียสต่อวินาที

4 หมายถึง อุณหภูมิเย็น ความเข้มของอุณหภูมิ คือ 3 องศาเซลเซียส อัตราการเปลี่ยนแปลง คือ 3 องศาเซลเซียสต่อวินาที

5 หมายถึง อุณหภูมิร้อน ความเข้มของอุณหภูมิ คือ 6 องศาเซลเซียส อัตราการเปลี่ยนแปลง คือ 1 องศาเซลเซียสต่อวินาที

6 หมายถึง อุณหภูมิร้อน ความเข้มของอุณหภูมิ คือ 6 องศาเซลเซียส อัตราการเปลี่ยนแปลง คือ 3 องศาเซลเซียสต่อวินาที

7 หมายถึง อุณหภูมิร้อน ความเข้มของอุณหภูมิ คือ 3 องศาเซลเซียส อัตราการเปลี่ยนแปลง คือ 1 องศาเซลเซียสต่อวินาที

8 หมายถึง อุณหภูมิร้อน ความเข้มของอุณหภูมิ คือ 3 องศาเซลเซียส อัตราการเปลี่ยนแปลง คือ 3 องศาเซลเซียสต่อวินาที

และช่องที่ว่างในตารางหมายถึงผู้เข้าร่วมการทดลองไม่รับรู้การกระตุ้นหรือการแจ้งเตือนด้วยอุณหภูมินั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ข้อมูลจากการทดลองนอกอาคาร ขณะอยู่นิ่ง บริเวณผิวสัมผัสข้อมือ

USER_ID	1	2	3	4	5	6	7	8
SU1	6.29	4.53		3.22			5.26	3.57
SU2	5.85	5.05		4.76			5.19	4.79
SU3	6.08	7.32				5.62		6.68
SU4	6.77	4.91	8.35	2.72	4.15	4.03	8.50	4.30
SU5	8.46	6.51		8.84	7.46	4.19	6.75	
SU6	8.24	4.22	7.67	8.32	6.90	5.12	8.23	9.04
SU7	7.99	2.40			7.32	3.39	5.76	
SU8	3.01	0.88	2.08	1.83	3.59	1.63	1.87	1.04
SU9	2.39	2.58	4.55	2.62	4.90	4.28	4.57	5.43
SU10	3.43	4.61	4.14	4.03	6.14	4.22	6.49	6.40
SU11	4.91	3.27	3.50	7.49	3.56	1.83	5.28	2.23
SU12	3.41	2.62	4.01		1.37	3.58	1.09	4.78
BU1_1	2.06	2.07	3.24	2.42	2.07	2.42	3.23	2.22
BU1_2	2.79	4.01	8.65	4.99		2.51	3.73	4.77
BU2_1	8.54	4.49	3.46	7.69	8.39	7.47	8.65	4.15
BU2_2	3.18	2.79	7.40	5.28	6.52	2.88	4.54	4.48
BU3_1		4.62	4.84	2.72	4.12	2.84	4.76	3.95
BU3_2	8.92	3.22	7.38		6.10	5.38		8.66
BU4_1	6.03	4.15	3.70		3.81	4.44	4.51	3.15
BU4_2	1.98	1.75	3.40	1.49	6.56	2.38	3.62	3.66
BU5_1	7.38	3.03		2.57	6.92	3.83	6.23	3.46
BU5_2	3.27	1.03	2.52	1.55	6.74	3.09		3.07
BU6_1	5.39	3.11		2.47	3.77	3.14	4.17	3.15
BU6_2	3.55	2.47	2.58	3.36	4.68	2.88	4.21	1.87
BU7_1		2.94		9.24	5.28	4.88	4.64	3.59
BU7_2	7.18	2.98	3.48	4.93		5.38		
BU8_1	9.38	2.94	5.95		6.15	6.61	6.28	4.44
BU8_2	2.24	2.69	1.73	0.63	4.02	2.22		3.18
BU9_1	3.37	2.39		5.78	3.72	2.54	6.02	
BU9_2	5.94	3.03	5.94	1.86	5.66	3.48	4.24	3.31
BU10_1	4.28	2.36	6.80		6.79	7.47		5.83
BU10_2	2.91	3.48	4.25	2.56	7.90	2.71		3.99
BU11_1	7.81	1.92	2.72		5.70	1.23	4.68	4.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

USER_ID	1	2	3	4	5	6	7	8
BU11_2	4.15	2.42	7.80	1.68		4.07		
BU12_1	7.96	1.69		5.23	2.75	3.45	6.58	2.26
BU12_2	3.93	2.32		7.10	6.33	1.88	7.03	6.13
MU1_1	6.17	3.19	5.61	4.76	6.51	2.27	9.47	4.96
MU1_2	3.99	3.98		6.99		3.12		
MU1_3	5.77	2.50	5.34		4.69	3.79	4.47	7.71
MU2_1	6.56	3.12	5.01	2.98		3.12	5.26	5.65
MU2_2	8.69	3.50	4.90					
MU2_3	3.40	2.91	3.30	4.20	6.79	3.34		4.35
MU3_1		3.97	6.18		3.79	3.24		4.50
MU3_2	3.70	1.75	2.05	3.60	2.75	7.54	4.17	2.00
MU3_3	3.75	4.85	4.53		8.86	4.09		3.87
MU4_1	3.68	3.13	3.87	1.95	2.24	2.04	3.36	1.91
MU4_2	3.02	2.30	3.98	2.29	3.67	2.62	3.49	2.72
MU4_3	5.85	2.41	4.21	8.91	8.08	3.38	9.40	3.69

2. ข้อมูลจากการทดลองนอกอาคาร ขณะอยู่นิ่ง บริเวณผิวสัมผัสอุ้งมือ

USER_ID	1	2	3	4	5	6	7	8
SU1	4.69	3.30	3.49	4.25	3.63	2.65	3.33	4.23
SU2	3.51	1.88	2.24		3.79	1.99	2.49	
SU3	5.18	3.21		6.58	4.38	3.54	5.68	3.75
SU4	3.33	2.05	3.96	2.30	4.74	2.83	4.03	2.91
SU5	4.49	3.52	3.58		4.27	3.27	4.14	4.09
SU6	4.08	3.21	3.94	5.44	2.94	2.32	3.76	3.41
SU7	4.52	3.06		5.48	4.77	3.16	4.81	3.56
SU8	3.42	2.63	4.02		1.38	3.58	1.10	4.78
SU9	3.57	3.00	4.02	4.80	3.34	3.21	4.40	2.99
SU10	2.32	1.66	4.55		3.92	2.92	3.63	
SU11	6.95	2.61	7.76	6.32	6.06	4.18		4.69
SU12	4.51	3.06		4.41	3.77	3.71	4.84	4.78
BU1_1	8.95	2.45	3.13		3.85			4.19
BU1_2	5.38	8.31				9.20		7.34
BU2_1	5.21		5.31	9.79	9.79	3.15	4.07	6.88
BU2_2	3.17	4.05	8.01	6.51	4.94	3.27	8.61	4.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

USER_ID	1	2	3	4	5	6	7	8
BU3_1	5.22	6.07	8.09	3.79	7.22	4.10	6.79	4.43
BU3_2	8.24	4.22	7.67	8.33	6.90	5.12		9.05
BU4_1	8.07	4.16	5.80	7.12		5.45	6.04	6.68
BU4_2	3.01	2.74	2.32	2.25	7.03	3.44		4.45
BU5_1	3.92	2.36	2.97	3.04	3.20	5.65	1.86	2.71
BU5_2		1.90	3.45	6.59	8.47	2.58	6.20	
BU6_1	7.04	1.76	6.14	2.95	4.09	10.00	1.49	9.51
BU6_2	6.08	4.35	4.15	4.78	3.34	3.04	5.22	3.78
BU7_1	6.20	6.17	3.95	3.77	3.87	1.78	5.72	4.56
BU7_2		2.24	3.54	4.62	6.46	2.76	10.00	4.25
BU8_1	7.54	1.24	3.33	2.52	3.53	2.04	6.53	4.61
BU8_2	6.26	1.35	2.11	3.51	2.68	2.86	6.62	2.01
BU9_1	7.46	9.08		2.69		5.78		
BU9_2		3.55		3.32	9.32	3.98		
BU10_1		1.68	2.77		3.94	2.41	1.95	6.21
BU10_2	3.01	2.74	2.32	2.25	7.03	3.44		4.45
BU11_1	2.43	1.73			7.15	4.73	2.99	
BU11_2	6.74	3.31	9.06	1.77	9.62	6.19		
BU12_1	6.15	5.49			6.70	2.59		1.63
BU12_2	4.94	5.06			8.83	9.56		
MU1_1		5.31			4.14	8.63	7.76	5.75
MU1_2	7.58	4.47		4.88	6.05		8.19	
MU1_3	6.97	2.46		8.18	7.36	8.76	5.33	4.61
MU2_1	3.73	1.76	1.70	2.44	3.04	1.42	1.66	1.15
MU2_2	9.90	2.54	7.85		2.47	3.15	4.55	1.98
MU2_3	6.53			8.19	2.37	3.78	3.78	3.59
MU3_1	5.58	1.86	2.33	0.90	5.69	1.33	6.14	2.09
MU3_2	4.84	1.62	3.57	2.85	3.01	3.98		1.96
MU3_3	2.53	2.53	3.15	3.92	5.81	3.93		2.10
MU4_1	5.59	4.88	3.75	1.17	9.50	3.05		
MU4_2	3.70	1.76	2.06	3.61	2.75	7.55	4.18	2.01
MU4_3	3.75	4.85	4.54	5.42	5.21	4.09	5.44	3.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ข้อมูลจากการทดลองนอกอาคาร ขณะเคลื่อนที่ บริเวณผิวสัมผัสข้อมือ

USER_ID	1	2	3	4	5	6	7	8
SU1	3.00	2.88	6.65		3.24	2.60		
SU2	3.89	4.86	6.34		5.10	3.82		
SU3	2.42	2.36	4.44		4.36	3.03	4.51	3.18
SU4	3.30	1.91			3.08	2.62	3.63	
SU5	4.78	3.19		3.21	5.28	3.53	3.54	4.56
SU6	4.74	2.15	4.18	2.97	6.23	4.18		4.18
SU7	5.18	3.21		8.58	5.38	3.54	8.68	3.75
SU8	5.36	1.53	2.90	2.07	2.59	2.17	2.92	3.01
SU9	5.22	3.15	4.37	2.27	5.41	3.38	5.01	3.39
SU10	2.75	1.49		4.38	6.33	3.34		
SU11	5.07	1.93	4.52	2.04	2.75	2.12	3.06	4.13
SU12	3.01	2.47		3.12	3.27	3.42	7.61	6.46
BU1_1	2.31	1.65	4.55	1.93	5.92	2.91	3.63	3.21
BU1_2	2.26	1.95	1.89	2.00	3.81	2.32	4.29	2.25
BU2_1	4.15		1.67	2.28		5.21	2.74	1.65
BU2_2	2.89	2.90	2.33	2.22	5.22	2.02	4.28	2.20
BU3_1	4.66	1.85	2.91	1.8	2.71	2.21	2.83	2.30
BU3_2	6.57	3.09	3.03	2.84	6.35	3.51	4.83	2.52
BU4_1	3.55	2.69	2.89	3.09	4.83	3.08		
BU4_2	8.24	4.22	7.67	8.32	6.90	5.12		9.04
BU5_1	3.21	2.81	2.22	2.60	4.18	3.31	2.33	3.55
BU5_2	4.74	2.14	4.18	2.97	6.22	4.17		4.18
BU6_1	4.50	3.60	3.59	7.25	4.13	3.46	2.08	4.94
BU6_2	5.37	2.13		3.50	6.62	4.07	4.29	5.97
BU7_1	3.13	2.69	3.61	2.68	3.45	3.18	3.21	3.48
BU7_2	4.73	1.93	4.10	3.04	8.45	4.03		4.41
BU8_1	3.98	3.68	3.35	5.05	6.49	4.10	5.19	4.46
BU8_2	5.04	1.46	4.89	2.52	6.45	3.36	4.05	
BU9_1	5.39	6.59			6.01	4.53		6.34
BU9_2	3.39	3.76		3.68	8.18		8.50	4.32
BU10_1	2.90	3.59	5.18	3.35	5.02	2.09	2.03	3.45
BU10_2	3.17	1.65	9.62	1.24	1.99	2.17	2.78	2.22
BU11_1	3.49	4.33	3.95	3.54	5.56	3.12		3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

USER_ID	1	2	3	4	5	6	7	8
BU11_2	3.39	3.31		3.4	8.08	2.77		5.27
BU12_1		3.00	2.49	2.65		3.46		3.6
BU12_2	3.08	2.40			4.71	3.00	3.05	3.37
MU1_1	4.25	3.12	2.93	3.56	8.32	3.83	4.85	5.31
MU1_2	5.91	2.22	2.85	2.22	4.98	3.53	4.53	3.86
MU1_3	2.95	2.51		3.47	5.00	2.94	6.79	3.79
MU2_1	3.05	2.97	2.07	2.93	4.09	2.99	3.61	3.26
MU2_2	3.04	9.07			3.28	5.39		
MU2_3	2.17	1.68	4.21	2.74		3.93	1.81	4.93
MU3_1	3.19	2.94	3.52	2.98	3.73	2.64	1.08	3.15
MU3_2	3.46	2.87	2.48	2.00	4.36	2.51	4.11	3.21
MU3_3	3.08	0.11		3.61	8.37	2.97	5.65	3.43
MU4_1	4.96	2.89	6.07	2.97	3.67	1.95	3.47	2.92
MU4_2	5.58	1.85	2.33	0.90	5.69	1.33	6.13	2.09
MU4_3	4.84	1.62	3.57	2.85	3.00	3.97		1.96

4. ข้อมูลจากการทดลองนอกอาคาร ขณะเคลื่อนที่ บริเวณผิวสัมผัสอุ้งมือ

USER_ID	1	2	3	4	5	6	7	8
SU1	8.59	7.18		5.79			6.59	7.23
SU2	8.13	3.33					4.66	2.36
SU3	6.34	6.37	8.25	8.91	7.92	4.29	4.65	4.99
SU4	3.89	4.86	6.34	2.78	5.10	3.82	4.66	4.67
SU5	4.23	2.55		7.30	5.67	5.43		8.56
SU6	7.57	5.00	5.37		4.34	3.21	4.40	
SU7	3.61	3.07	9.14	8.12	3.56	3.12	8.15	
SU8	4.23	2.06	6.32	2.34	6.49	3.13		8.91
SU9	6.99	7.48			5.17	4.16	4.27	
SU10	2.88	2.34	3.85	5.96	6.70	2.94	5.65	4.64
SU11	4.48	3.94		5.62	5.62	4.09	7.96	5.24
SU12	8.52	4.06	7.87	9.48	8.77	4.16	5.81	5.43
BU1_1	1.98	2.36	2.4	1.59	3.62	2.34		
BU1_2	3.01	2.74	2.31	2.24	7.02	3.44		4.44
BU2_1	4.72	2.86	3.98	3.13	5.9	3.03	3.95	2.79
BU2_2	6.86	3.45	5.04	4.3	4.54	2.31	3.71	2.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

USER_ID	1	2	3	4	5	6	7	8
BU3_1	3.82	2.56	4.31	3.05	3.19	2.76	3.49	2.44
BU3_2	5.82	3.18	4.46	3.46	5.78	6.11		3.53
BU4_1	3.91	2.35	2.96	3.04	3.2	5.65	1.85	2.71
BU4_2	2.75	1.49		4.37	6.33	3.33		
BU5_1	3.21	2.81	2.22	2.6	4.18	3.31	2.33	3.55
BU5_2	6.94	2.70		3.79	6.36	4.01	5.21	4.19
BU6_1	4.52	3.31	3.36	4.14	4.69	4.18	3.81	3.58
BU6_2	9.44	4.01	6.08	5.75	5.52	5.27	4.25	5.66
BU7_1	3.45	2.96	2.71	2.83	4.16	3.22	2.52	3.33
BU7_2	6.25	1.34	5.46	3.5	2.67	2.85	6.61	2.00
BU8_1	4.25	2.78	2.47	2.8	5.88	3.35	5.54	4.00
BU8_2	3.94	1.78	3.60	2.67	8.24	4.04		4.35
BU9_1	4.89	5.4	6.45	1.2	4.6	2.82		3.38
BU9_2	7.61	3.65		4.33	6.95	2.67	4.53	4.46
BU10_1	5.39	3.11		2.47	3.77	3.14	4.17	3.15
BU10_2	4.74	2.147	4.18	2.97	6.22	4.17		4.18
BU11_1	5.28	3.85			3.12	5.11	4.07	3.61
BU11_2	2.88	3.71		4.53	7.86	3.09		4.71
BU12_1		6.06			6.10	4.84	8.17	5.18
BU12_2	3.81	2.91		3.87				
MU1_1	5.07	5.69	4.60	4.13	4.78	3.52	4.08	7.11
MU1_2	7.58	3.00			5.78	3.94	1.38	3.72
MU1_3	3.49	7.60		5.4	6.04	3.47	8.9	6.41
MU2_1	5.75	3.94	4.01	5.23	5.26	4.03	3.44	3.53
MU2_2	3.93	4.86	5.57	5.08	2.87	2.51	3.44	3.35
MU2_3	5.57	4.16		2.01	5.7	2.93	4.5	2.36
MU3_1	3.73	3.21	3.18	3.58	4.83	3.11	3.29	3.21
MU3_2	2.75	2.47	2.22	9.51	5.88	3.23	3.35	
MU3_3	2.76	1.69		3.24	7.63	3.47		3.69
MU4_1	3.86	4.11	6.55	5.89	6.84	4.65	2.92	4.69
MU4_2	2.90	3.59	5.18	3.35	5.02	2.09	2.03	3.45
MU4_3	3.17		9.62	1.24	1.99	2.17	2.78	2.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ข้อมูลจากการทดลองในอาคาร ขณะอยู่นิ่ง บริเวณผิวสัมผัสข้อมือ

USER_ID	1	2	3	4	5	6	7	8
SU1	2.31	4.65		5.93	5.92	2.91	3.63	3.21
SU2	2.12	1.98		3.41	2.90	3.00	6.54	5.09
SU3	5.05	2.00		2.35	4.25	3.14	6.48	2.95
SU4	4.37	2.54	6.09	2.29	3.39	2.66	4.48	2.73
SU5	3.99	2.09		1.67	3.60	2.98	3.62	3.02
SU6	2.65	1.90	4.90	5.43	4.32	4.43	5.96	4.09
SU7	6.08	3.14	5.93		5.93	3.31		3.40
SU8	1.95	1.30	3.49	3.31	2.74	2.14	3.37	2.35
SU9	4.74	4.60		3.00	4.17	3.26	4.40	3.07
SU10	2.31	1.65	4.55	1.93	5.92	2.91	3.63	3.21
SU11	2.00	2.30	2.47	5.72	3.96		4.26	2.48
SU12	3.23	2.09	4.43	5.64	3.23	2.90	4.32	3.44
BU1_1	3.59		6.40	2.03	2.86	2.13	3.13	2.24
BU1_2	3.55	1.48	2.93	1.65	4.00	2.07	4.10	3.10
BU2_1		1.96	3.26	2.23	6.52	4.57		3.29
BU2_2	3.70		4.96	2.03	4.61	3.12		4.02
BU3_1	2.80	1.63	5.22	1.58	2.83	2.23	2.51	2.16
BU3_2	4.11	2.15	4.02	1.95	5.08	2.47	3.22	2.66
BU4_1	7.21	2.62			4.10	2.77	4.36	2.94
BU4_2	4.20	2.90		4.40	5.43	4.67	3.95	3.95
BU5_1	5.46	2.39		2.84	5.88	3.28	4.53	3.83
BU5_2	1.59	2.07	3.63	1.72	5.81	3.82		3.66
BU6_1	4.36	2.89	2.89	5.28	4.46	4.13		
BU6_2	1.75	1.97	5.32	1.53	3.38	2.95	2.98	2.38
BU7_1	3.17	1.65	9.62	1.24	1.99	2.17	2.78	2.22
BU7_2	2.70	2.85		2.61	8.78			4.83
BU8_1	4.35	2.97		2.49	6.00	5.16		3.55
BU8_2	1.98	1.75	3.40	1.49	6.56	2.38	3.62	3.66
BU9_1	4.48	8.35	3.80	6.63	5.09		5.01	3.35
BU9_2	3.38	2.74	4.58	2.58	5.05	3.59	7.63	3.42
BU10_1	3.46	2.52	5.92	2.23	3.02	2.63	5.03	2.74
BU10_2	4.81	3.56	4.99	2.54	5.91	3.24		5.43
BU11_1	5.95	2.92	3.84	2.60	5.24	3.56	4.05	3.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

USER_ID	1	2	3	4	5	6	7	8
BU11_2	4.41	3.03	4.15	2.45		3.48		
BU12_1	3.34	1.91		3.54	3.74	3.19	3.76	3.45
BU12_2		2.82			3.76	2.99	5.41	2.98
MU1_1	5.67	2.82		2.87	4.88	2.96	5.59	3.29
MU1_2	4.41	2.01	3.88	4.12	4.71	2.87	7.99	5.65
MU1_3	6.40	2.27		2.34	5.46	3.34	4.82	3.25
MU2_1	5.46	5.96		1.72	7.19	3.17	8.63	5.76
MU2_2	3.31	2.16	3.32	2.05	5.48	3.16	7.30	5.00
MU2_3	7.03	1.89		2.06	7.99		6.73	
MU3_1	5.39	4.01				2.93		3.12
MU3_2	3.02	2.30	3.98	2.29	3.67	2.62	3.49	2.72
MU3_3	5.85	2.41		8.91	8.08	3.38	9.40	3.69
MU4_1	1.85	3.90	3.87	1.99	2.74	2.26	2.85	2.24
MU4_2	4.52	2.24	3.25	2.66		4.02		
MU4_3	5.32	1.87	6.97	2.01	3.71	3.13	6.10	2.96

6. ข้อมูลจากการทดลองในอาคาร ขณะอยู่นิ่ง บริเวณผิวสัมผัสอุ้งมือ

USER_ID	1	2	3	4	5	6	7	8
SU1	6.06	2.97	6.81	3.68	6.34	3.42	4.51	3.61
SU2	3.00	2.88	6.65	2.84	3.24	2.60	2.72	2.42
SU3	5.43	2.46	4.09	2.67	4.42	3.19	5.87	3.48
SU4	5.13	2.27		2.14	3.89	2.62	4.43	2.73
SU5	4.77	3.38		1.75	2.92	2.55	5.87	3.01
SU6	4.11	2.16	4.02	1.95	5.08	2.47	3.22	2.67
SU7	3.42	2.63	4.02		1.38	3.58	1.10	4.78
SU8	4.73	2.10	5.01		4.59	2.98	8.53	3.15
SU9					3.41	2.80	3.78	2.97
SU10	4.51	2.56		2.41	6.77	3.71	4.84	2.78
SU11	3.01	2.47	3.73	3.12	3.27	3.42	7.61	6.46
SU12	2.32	1.66	4.55	1.93	5.92	2.92	3.63	3.22
BU1_1	3.51	2.15	4.10		6.33	2.92	3.29	3.04
BU1_2	4.49	4.40			4.66	3.40		2.68
BU2_1	6.06	2.75			4.69	3.70	6.09	2.86
BU2_2	4.93	3.16		3.26	4.04	2.65	4.30	2.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

USER_ID	1	2	3	4	5	6	7	8
BU3_1	5.54	2.40		2.65	4.07	2.88	3.82	2.56
BU3_2	5.60	3.29		2.86	5.65	4.13	7.02	
BU4_1	5.39	3.12		2.48	3.77	3.15	4.17	3.16
BU4_2	4.74	2.15	4.18	2.97	6.23	4.18		4.18
BU5_1	3.59	1.79		1.72	4.91	3.09	5.86	4.30
BU5_2	2.91	3.48	4.25	2.57	7.90	3.71		4.00
BU6_1	8.56	6.74		3.44	3.11	2.77	3.16	2.80
BU6_2	6.15	3.84	4.59	4.17	4.64	6.68	3.85	2.62
BU7_1	3.47	2.52	5.93	2.24	3.03	2.64	5.04	2.75
BU7_2	4.82	3.56	4.99	2.54	5.91	3.24		5.43
BU8_1	3.76	2.87		2.32	3.89	3.02	4.41	3.28
BU8_2	2.89	2.25		1.64	4.94	2.99	8.02	3.60
BU9_1	5.82	7.43		5.20	4.82	3.52		
BU9_2	6.99	3.49			5.13	2.63	4.98	
BU10_1	4.48	8.35	3.80	6.64	5.09		5.02	3.35
BU10_2	3.38	2.75	4.58	2.58	5.06	3.60	7.63	3.42
BU11_1		3.37		4.89	3.25	3.43	3.83	2.46
BU11_2	3.79			2.76		3.59		
BU12_1	6.78	5.99			6.57	3.65	5.95	4.22
BU12_2	6.02	3.65		3.67	8.07			
MU1_1		3.54		3.43	6.08	2.77	7.58	5.71
MU1_2	6.96	2.09	4.09	3.40	3.17	3.97	7.73	3.36
MU1_3	2.16	4.17	5.98	3.02	8.08	3.86		2.87
MU2_1	5.26	3.60		2.35	5.74	2.45	4.67	3.07
MU2_2	4.53	2.25	3.25	2.66		4.03		
MU2_3	5.33	1.87	6.97	2.02	3.71	3.13	6.11	2.96
MU3_1	4.10	2.79		4.62	4.81	2.18	5.06	3.01
MU3_2	2.60	2.09	6.79	3.30	4.70	3.01	4.40	3.54
MU3_3	5.69	2.25		2.74		4.19		3.60
MU4_1	3.09	2.28	2.91	2.54	4.31	3.22	7.93	3.42
MU4_2	3.73	1.76	1.70	2.44	3.04	1.42	1.66	1.15
MU4_3	9.90	2.54	7.85		2.47	3.15	4.55	1.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ข้อมูลจากการทดลองในอาคาร ขณะเคลื่อนที่ บริเวณผิวสัมผัสข้อมือ

USER_ID	1	2	3	4	5	6	7	8
SU1	7.00	3.87			3.87	2.94		3.99
SU2	4.52	4.52	7.41		3.52	2.49	7.10	6.07
SU3	3.41	3.90			4.21	4.90	6.58	5.86
SU4	3.06	1.00			2.76	3.68	5.12	1.59
SU5	3.62	3.56		6.37	3.42	5.53	7.24	4.64
SU6	3.34	2.13	5.02	3.42	4.49	5.12	6.97	5.67
SU7		3.68		8.31	6.41	3.78	6.06	3.23
SU8	5.58	6.61	5.89	4.41				3.70
SU9	3.24	2.78	3.64	2.80	5.42	3.29	4.31	3.38
SU10	8.29	2.80	3.63		5.27	2.04	2.30	
SU11	5.97	1.17	5.05	5.90	4.16	2.77	3.43	5.53
SU12	3.2	2.09	3.44	5.69	4.54	2.9	3.32	5.92
BU1_1	3.21	1.57		3.70	3.28	2.30	4.18	2.52
BU1_2	3.64	1.56	2.45		3.67	3.14		
BU2_1	2.84	2.59	5.1	2.34	3.96	3.73	7.07	4.79
BU2_2	3.01	1.50	3.71	2.43	4.65	2.15	3.26	1.98
BU3_1	5.13	2.10	4.06	4.63	3.19	4.97	6.03	2.58
BU3_2		2.02	3.46	2.55	4.01	2.49	3.17	2.99
BU4_1		2.87		4.23	5.24	3.70		
BU4_2	3.43	3.24	4.39	5.21	4.57	3.42		7.70
BU5_1	3.37	1.73	3.37	1.76	3.89	2.45	3.30	2.60
BU5_2	2.96	1.87	3.40	2.17	6.37	3.13		7.19
BU6_1	3.91	2.04	3.98	4.65	2.96	2.88	2.64	1.78
BU6_2	2.72	1.72	2.31	1.61	7.54	2.87	4.29	3.36
BU7_1	2.01	1.45	2.31	1.41	0.55	2.06	2.90	2.04
BU7_2	2.31	2.20		1.71	7.02	3.56	5.43	4.59
BU8_1	3.00	1.95		1.97	5.86	3.35	5.65	3.73
BU8_2	4.73	1.83	3.57	1.40	6.74	2.19		3.62
BU9_1	4.03	3.05		4.58	5.42	2.97	5.68	3.30
BU9_2	4.66	1.99	4.21	2.10				
BU10_1	4.67	2.09	3.20	6.58	5.61	3.10		4.09
BU10_2	4.32	3.21		6.90	5.34	3.38	6.72	3.76
BU11_1	2.70	2.28	3.77	2.11	6.23	2.89	4.90	3.62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

USER_ID	1	2	3	4	5	6	7	8
BU11_2	5.54	2.16	4.92	2.49	9.07	3.82	6.12	3.96
BU12_1	3.84					6.26		
BU12_2	8.39	2.30	4.38	2.51	7.11	3.02	5.59	3.19
MU1_1	5.00	2.06	3.35	3.02	5.09	3.96	1.09	0.77
MU1_2	1.81	1.48		1.24	2.33	1.92	2.60	2.55
MU1_3	5.00	2.47	2.75	2.68	5.73	3.67		
MU2_1	5.32	2.41						
MU2_2	4.72	2.26	3.15	2.25	7.08	3.21		
MU2_3	3.37	1.70	1.87	1.55	7.62	3.94	5.00	
MU3_1		5.05		2.55	2.12	2.12	3.84	2.71
MU3_2	3.87	2.2	3.54	3.42	4.12	2.75	4.42	2.41
MU3_3	5.69	2.75	1.95	2.3	7.91	3.86		
MU4_1		1.42	2.71	1.91	3.72	1.96	2.18	2.33
MU4_2	2.13	2.09	3.67	4.21	3.2	2.09	5.4	4.34
MU4_3	3.85	2.43	3.21	5.12	3.09	2.23	5.63	3.42

8. ข้อมูลจากการทดลองในอาคาร ขณะเคลื่อนที่ บริเวณผิวสัมผัสอุ้งมือ

USER_ID	1	2	3	4	5	6	7	8
SU1	5.28	7.94		5.97			6.59	7.85
SU2	8.15	3.15				3.27	4.03	3.35
SU3	6.02	6.03	4.98	4.09	4.72	4.9	6.39	4.20
SU4	4.45	2.23	5.51	5.76	3.85	4.85	6.81	2.64
SU5	6.78	2.98		3.17	3.42	3.02	3.28	3.08
SU6	7.02	5.2	4.53	4.30	4.03	3.09	4.94	5.25
SU7	9.43	5.98	9.60		6.46	4.38	7.30	5.68
SU8	4.87	2.85			6.55	2.5		
SU9		3.47	8.91	4.06	3.42	3.43	5.96	5.92
SU10	3.23	4.75		5.72	3.69	2.79	5.24	3.99
SU11	3.85	2.36	5.30	5.97		3.35	4.96	4.28
SU12	8.54	4.36	6.54	4.95	4.39	3.98	5.09	4.81
BU1_1	2.16	2.14		1.65	3.44	2.13	2.85	2.37
BU1_2	4.20	2.58			4.47	3.71	4.01	3.26
BU2_1		3.65			8.11	2.86	4.73	3.61
BU2_2	5.12	2.36	6.93		3.46	2.29	3.64	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

USER_ID	1	2	3	4	5	6	7	8
BU3_1	6.43	2.95			3.31	4.8	6.22	2.56
BU3_2	6.48	2.66	3.69	2.25	5.62	3.01	5.96	3.2
BU4_1	3.21	3.09		4.90	3.19	2.9	5.21	4.8
BU4_2	4.76	3.09	4.90	5.21	4.34	3.46	4.26	5.46
BU5_1	2.89	1.31	2.1	1.73	4.56	2.51	3.74	2.28
BU5_2	2.88	2.47	5.08	2.47	5.97	3.76	9.65	3.26
BU6_1	3.01	2.69	4.64	2.45	4.17	3.29	3.43	4.22
BU6_2		4.28			4.57	2.93	3.25	3.46
BU7_1	2.47	1.97	4.06	1.75	2.58	2.16	2.66	1.84
BU7_2	2.48	2.09	4.58	4.06	2.96	2.22	3.2	3.01
BU8_1		1.98	3.93	2.18	2.94	2.68	3.84	2.77
BU8_2	3.61	2.40	3.76	1.91	4.17	2.98		3.03
BU9_1	2.13	2.69			5.68	2.42	4.77	2.64
BU9_2	6.53	3.01		4.7	4.17	2.48	4.48	2.8
BU10_1	2.40	1.72	3.67	3.12	3.01	2.21	3.42	3.99
BU10_2	2.88	2.47	5.08	2.47	5.97	3.76	9.65	3.26
BU11_1	8.04	3.3			7.63	3.29	3.02	3.10
BU11_2		2.37	4.51	2.12		5.82		5.28
BU12_1					5.53			3.35
BU12_2						5.75		
MU1_1	5.70	2.38	3.65	5.04	4.12	2.84	2.74	3.22
MU1_2	4.85	3.29		4.06	4.97	3.10	6.52	3.95
MU1_3	7.21	3.72	7.20	3.35	8.5	3.42		4.52
MU2_1	5.89	2.72	6.15	2.54	4.55	3.22	5.64	2.86
MU2_2	5.51	3.44			6.8	2.71	3.49	2.45
MU2_3	5.79	3.51		4.55	6.1	3.5	4.55	3.75
MU3_1	4.42			3.14	5.67	2.58	3.32	4.47
MU3_2	2.86	2.11	3064	3.36	3.14	0.79	3.84	3.29
MU3_3	4.89	1.84	2.79	2.32	5.46	3.66		3.4
MU4_1	4.75	2.94	3.47	1.70	9.19	3.73		4.43
MU4_2	2.30	2.09	4.52	4.20	2.87	3.32	4.09	4.45
MU4_3	3.26	2.29	6.55	5.32	3.38	3.12	4.09	3.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ข้อมูลความพอใจและสบายใจเมื่อรับรู้การแจ้งเตือนจากการทดลองนอกอาคาร บริเวณ ผิวสัมผัสข้อมือ

USER_ID	1	2	3	4	5	6	7	8
SU1	3	3	2	3	2	1	2	1
SU2	3	3	2	3	2	2	2	1
SU3	3	1	2	3	2	1	2	1
SU4	2	2	2	3	1	2	3	1
SU5	3	3	4	3	2	3	3	4
SU6	3	3	2	3	2	2	2	1
SU7	3	3	2	3	1	1	1	1
SU8	3	2	2	3	2	2	2	2
SU9	4	3	3	3	2	1	2	2
SU10	3	1	2	2	1	1	1	4
SU11	2	4	2	2	2	1	3	4
SU12	3	3	2	2	2	1	2	1
BU1_1	4	4	4	3	1	1	2	1
BU1_2	4	2	4	2	2	4	4	2
BU2_1	4	3	4	3	1	1	2	1
BU2_2	4	1	4	1	1	4	4	1
BU3_1	4	2	1	4	1	1	2	1
BU3_2	3	3	3	3	3	3	2	3
BU4_1	4	4	4	4	3	4	3	3
BU4_2	3	4	2	4	1	1	2	2
BU5_1	3	3		3	3	4	3	4
BU5_2	4	4	3	4	1	2	2	3
BU6_1	2	3	2	3	3	2	3	3
BU6_2	4	4	2	2		1	1	1
BU7_1	4	4		4	1	1	1	1
BU7_2	4	4	4	4		1		3
BU8_1	4	4	3	2	1	1		1
BU8_2	4	3	3	3	1	1	2	2
BU9_1	4	1	4	4	4	1	4	4
BU9_2	1	1	1	1	2	1	1	2
BU10_1	4	4	4	2	1	1	1	1
BU10_2	4	4	3	4	1	2	2	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

USER_ID	1	2	3	4	5	6	7	8
BU11_1	2	3	2		4	4	2	3
BU11_2	4	3	2	3	3	3		
BU12_1	2	3		3	1	1	2	3
BU12_2	3	1		1	1	1	3	2
MU1_1	2	1	2	3	1	1	1	1
MU1_2	3	4	2	3		1	1	
MU1_3	2	3	4	3	1	1	1	
MU2_1	4	4	3	4	4	3	4	4
MU2_2	1	4	3		2	2		
MU2_3	4	4	3	3	2	2	3	2
MU3_1	2	4	2	4	2	1	2	1
MU3_2	4	4	4	4			1	1
MU3_3	4	4	4			1	1	1
MU4_1	3	1	4		4	2	2	1
MU4_2	3	1	3	3	4	1	1	1
MU4_3	4	1	4	1	3	1	2	1

10. ข้อมูลความพอใจและสบายใจเมื่อรับรู้การแจ้งเตือนจากการทดลองนอกอาคาร บริเวณผิวสัมผัสขอุ้งมือ

USER_ID	1	2	3	4	5	6	7	8
SU1	3	4	3	3	2	1	2	2
SU2	3	4	3	3	2	1	2	2
SU3	3	3	2	3	2	1	2	1
SU4	3	4	3	3	2	1	2	2
SU5	3	3	4	2	1	1	2	2
SU6	4	3	3	3	1	2	2	2
SU7	3	3	3	3	1	2	3	2
SU8	4	2	4	3	2	2	4	2
SU9	4	4	4	3	1	1	4	3
SU10	4	2	2	2	1	2	1	2
SU11	2	4	1	2	2	2	1	3
SU12	4	3	3	3	1	2	2	4
BU1_1	1	4	4		1		3	3
BU1_2	3	2	2	2	2	4	2	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

USER_ID	1	2	3	4	5	6	7	8
BU2_1	4	2	3	1	1	1	2	1
BU2_2	4	1	4	1	1	4	4	1
BU3_1	3	1	1	3	1	1	1	1
BU3_2	3	3	3	3	1	1	1	1
BU4_1	3	4	4		1	2	3	4
BU4_2	3	4	3	2	1	2	2	1
BU5_1	2	3		2	3			
BU5_2	4	3	3	2	1	1	2	
BU6_1	4	4	2	3	1		2	2
BU6_2	2	2	2	2	1	1	1	1
BU7_1	4	4	2	4	1		1	1
BU7_2	4	3	2	4		1		1
BU8_1	3	4	3	3		1	2	2
BU8_2	4	4	4	2			1	1
BU9_1	4	4	2	2	1	1	2	1
BU9_2		2		2	1	2		
BU10_1	4	4	3	2	1	1	1	2
BU10_2	4	1	2	2	3	3	1	2
BU11_1		3	2		4	4	3	3
BU11_2	4	4	3	4	4	4	2	
BU12_1	1	3			2	1		1
BU12_2	3	2			3	2		
MU1_1	2	4	1	4	1	1	2	1
MU1_2	4	4	2	3	1		1	1
MU1_3	2	2	3	3	1	1	1	
MU2_1	4	4	3	4	1	1	2	2
MU2_2	3	4	2		2	2	2	2
MU2_3	4	2	3	2	2	1	2	3
MU3_1	4	4	4	4	2	1	2	2
MU3_2	4	4	4	4	2	1	3	1
MU3_3	4	4	3	3	1	1		1
MU4_1	3	4	4	4	3	2		2
MU4_2	4	4	4	3	3	2		2
MU4_3	3	3	3	3	3	2	3	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. ข้อมูลความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้นจากการทดลองนอกอาคาร บริเวณผิวสัมผัส

ข้อมือ

USER_ID	1	2	3	4	5	6	7	8
SU1	1	2	1	1	2	2	1	1
SU2	2	2	1	1	1	2	1	1
SU3	1	2	1	1	1	2	1	1
SU4	1	2	1	1	1	2	1	1
SU5	1	1	1	1	1	2	1	1
SU6	1	2	1	1	1	2	1	1
SU7	2	2	1	1	2	2	1	1
SU8	2	2	1	1	1	2	1	1
SU9	2	2	1	1	1	2	1	1
SU10	2	1	1	1	2	1	1	1
SU11	2	2	1	1	2	2	1	1
SU12	2	2	1	1	2	1	1	1
BU1_1	1	1	1	1	1	2	1	1
BU1_2	1	1	1	1	1	1	1	1
BU2_1	1	1	1	1	1	2		1
BU2_2	1	1	2	1	1	2	1	2
BU3_1	2	1	1	1	1	2	1	1
BU3_2	1	1	1	1	1	2	1	1
BU4_1	1	2	1	1	1	1	1	1
BU4_2	1	2	1	1	2	2	1	1
BU5_1	1	2		1	1	1	1	1
BU5_2	2	2	2	2	2	1	1	1
BU6_1	1	1	1	1	1	2	1	1
BU6_2	2	2	1	2	2	1	1	2
BU7_1	1	1		2	2	2	1	1
BU7_2	1	1	1	1		1		1
BU8_1	2	2	1	1	1	2	1	1
BU8_2	2	1	1	1	2	1	1	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

USER_ID	1	2	3	4	5	6	7	8
BU9_1	2	1	1	1	1	2	2	1
BU9_2	1	1	1	1	2	2	1	1
BU10_1	1	1	1	1	1	1	1	1
BU10_2	2	1	1	1	1	1	1	1
BU11_1	1	1	1		2	2	1	1
BU11_2	2	1	1	1	1	1		
BU12_1	1	2		1	2	2	1	1
BU12_2	2	1		1	2	2	1	1
MU1_1	2	2	1	2	1	2	1	2
MU1_2	1	2	1	1		1	1	2
MU1_3	2	1	1	1	2	1	1	2
MU2_1	1	1	1	1	1	1	1	1
MU2_2	1	2	1		2	1		
MU2_3	1	2	1	1	1	1	1	1
MU3_1	1	2	1	2	1	2	1	2
MU3_2	1	2	1	1	2	2	2	1
MU3_3	1	2	1			1	2	1
MU4_1	1	2	2	2	1	1	2	2
MU4_2	2	2	2	1	2	1	1	2
MU4_3	1	1	2	1	1	1	2	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. ข้อมูลความเข้มของอุณหภูมิการกระตุ้นจากการทดลองนอกอาคาร บริเวณผิวสัมผัสอุ้งมือ

USER_ID	1	2	3	4	5	6	7	8
SU1	1	2	1	1	1	2	1	1
SU2	1	2	1	1	1	2	1	1
SU3	1	1	1	1	1	2	1	1
SU4	1	2	1	1	1	2	1	1
SU5	1	2	1	1	2	2	1	1
SU6	1	2	1	1	2	1	1	1
SU7	2	1	1	1	2	2	1	1
SU8	1	1	1	1	2	2	1	1
SU9	2	2	1	1	2	2	1	1
SU10	1	1	1	1	2	2	1	1
SU11	1	2	1	1	2	2	1	1
SU12	2	1	1	1	2	2	1	1
BU1_1	1	2	1		1		1	1
BU1_2	1	1		1		1	1	1
BU2_1	1		1	2	1	2		1
BU2_2	1	1	1	1	1	2	1	2
BU3_1	1	1	1	1	2	2	1	2
BU3_2	1	1	1	1	2	1	1	1
BU4_1	1	2	1		2	2	1	1
BU4_2	1	2	1	1	2	1	1	1
BU5_1	1	1		1	1			
BU5_2	2	1	1	1	2	2	2	2
BU6_1	1	1	1	1	2	2	1	1
BU6_2	1	2	1	1	2	2	1	2
BU7_1	1	2	1	1	1	2	1	1
BU7_2	1	1	1	1	2	1		1
BU8_1	1	1	1	1	2	2	1	1
BU8_2	1	1	1	1	2	2	1	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

USER_ID	1	2	3	4	5	6	7	8
BU9_1	1	1	1	1	1	2	1	1
BU9_2		1		1	1	1		
BU10_1	1	2	1	1	2	2	1	1
BU10_2	1	1	1	1	1	1	2	1
BU11_1		1	1		1	1	1	1
BU11_2	2	2	1	1	2	1	1	
BU12_1	1	1			1	2		1
BU12_2	1	1			1	1		
MU1_1	1	1	1	1	2	2	1	1
MU1_2	1	2	1	1	1	2	1	1
MU1_3	1	2	2	2	1	2	1	2
MU2_1	1	1	1	1	2	2	1	1
MU2_2	1	2	1		1	2	1	1
MU2_3	1	1	1	1	1	2	1	1
MU3_1	1	2	1	1	1	2	1	1
MU3_2	1	1	1	1	1	2	1	1
MU3_3	2	1	1	1	1	2		1
MU4_1	1	2	2	1	1	1		1
MU4_2	1	2	2	1	1	1		1
MU4_3	1	1	1	1	1	2	1	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อผู้เขียน	นางสาวกฤตวรรณ จันทร์แจ้ง
วันเกิด	16 กรกฎาคม 2533
สถานที่เกิด	สุรินทร์
วุฒิการศึกษาระดับปริญญาตรี	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมการสื่อสารและสารสนเทศ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
ประสบการณ์	
พ.ศ.2554	Internship Student Airports of Thailand Public Company Limited Mae FahLuang, Chiang Rai

ผลงานตีพิมพ์

[1] User Experiences and Perceptions of Thermal Feedback in the Tropics, **K. Janjeng** and T. Leelanupab; in Proceedings of the 20th International Society on Artificial Life and Robotics, ISAROB 2015, Beppu, Japan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้