

เครื่องมือวิเคราะห์สภาวะน่าสบายเชิงอุณหภูมิ
ที่เหมาะสมในสถานบริการออกกำลังกายแบบปรับอากาศ
Suitable Tools for Thermal Comfort Evaluation
in Air-conditioned Exercise Facilities

รับบทความ	10/04/2567
แก้ไขบทความ	25/06/2567
ยอมรับบทความ	08/07/2567

นัทธมน แสงผล สุพัฒน์ บุญยฤทธิ์กิจ ชนินทร์ ทิพย์โสภาส ปุณณ์ ขวัญสุวรรณ
ภาควิชาสถาปัตยกรรมและการวางแผน คณะสถาปัตยกรรม ศิลปะและการออกแบบ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
Nuttamon Swangphol, Suphat Bunyarittikit, Chanin Thipyophas, Poon Khwansuwan
Department of Architecture and Planning, School of Architecture, Art, and Design,
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
66026021@kmitl.ac.th, suphat.bu@kmitl.ac.th, chanin.th@kmitl.ac.th, poon.kh@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องมือวิจัยขึ้นสำหรับการศึกษาสภาวะน่าสบายเชิงอุณหภูมิของผู้ออกกำลังกายในสถานบริการออกกำลังกายแบบปรับอากาศ โดยใช้สถานบริการออกกำลังกาย 1 แห่งเพื่อทดสอบเครื่องมือ ซึ่งดำเนินการวิจัยด้วยการทบทวนวรรณกรรม สร้างและทดสอบเครื่องมือวัดสภาวะน่าสบายของผู้ออกกำลังกายด้วยแบบสอบถาม ควบคู่ไปกับการตรวจวัดสภาวะอากาศภายในสถานบริการออกกำลังกาย กรณีศึกษา ผลจากการสำรวจสภาวะอากาศในสถานบริการออกกำลังกาย โดยตรวจวัดเป็นจำนวน 1 วัน ในช่วงเวลา 15:00-19:00 น. ตรวจวัดเป็นรายชั่วโมง มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยที่ 27°C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 53%RH ความเร็วลมเฉลี่ย 0.35 เมตร/วินาที ประกอบกับการทดสอบเครื่องมือวิจัย หรือการทำแบบสอบถาม จากผลการทดสอบเครื่องมือวิจัยสรุปได้ว่า เครื่องมือวิจัยของ ANSI/ASHRAE Standard 55 (2023) ได้แก่ Thermal sensation scale และ Preference scale รวมถึง เครื่องมือวิจัยของกิจชัย จิตขจรวานิช (2556) ได้แก่ Acceptability scale และ Velocity scale มีความสอดคล้องระหว่างกันแบบไปในทิศทางเดียวกัน เครื่องมือทั้งสองจึงควรนำไปพัฒนาต่อ ในส่วนของ Humidity scale พบว่า ไม่สอดคล้องกับ Acceptability scale เนื่องจากได้คำตอบของแบบสอบถามในทางตรงกันข้าม จึงไม่น่านำไปพัฒนาต่อ เมื่อดูความสอดคล้องระหว่างเครื่องมือทั้งหมด พบว่า Thermal sensation scale, Acceptability scale และ Velocity scale มีความสอดคล้องกันแบบไปในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นจากผลการทดสอบเครื่องมือทั้งหมด สรุปได้ว่า Thermal sensation scale, Preference scale, Acceptability scale และ Velocity scale มีความน่าสนใจในการนำไปพัฒนาต่อ

คำสำคัญ: สภาวะน่าสบายเชิงอุณหภูมิ สถานบริการออกกำลังกาย ผู้ออกกำลังกาย ปัจจัยทางสภาวะน่าสบาย
กรุงเทพมหานคร

Abstract

This research aims to create a research tool for studying the thermal comfort conditions of exercisers in air-conditioned exercise facilities. Using 1 exercise facility to test the tool, the research is conducted by reviewing the literature creating and testing a tool to measure the comfortable state of exercisers using a questionnaire. Along with measuring the air condition inside the exercise facility, results from a survey of the weather conditions in the exercise facility are analysed. Measurement is done hourly for 1 day during 15:00-19:00 hrs. There is an average air temperature of 27°C, average relative humidity of 53%RH, and average wind speed of 0.35 m/s, along with testing of research tools or questionnaires. From the results of testing the research tools, it can be concluded that the research tools of ANSI/ASHRAE Standard 55 (2023) including the thermal sensation scale and preference scale are consistent with each other and are consistent with the measurement results in the same direction. The research tools of Kitchai Jitkhajornwanich (2013) including the acceptability scale and the velocity scale, are consistent with each other in the same direction. These research tools are worth developing further. As for the humidity scale, it was found to be inconsistent with acceptability scale due to the opposite answers to the questionnaire. Therefore, it is not worth for a further development. When looking at the consistency between all the tools, it was found that the thermal sensation scale, acceptability scale and velocity scale were consistent in the same direction. Therefore, from the test results of all tools, it can be concluded that the thermal sensation scale, preference scale, acceptability scale and velocity scale are worth for further development.

Keywords: *thermal comfort, fitness center, exerciser, thermal comfort factors, Bangkok*

บทนำ

กรมพลศึกษา กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา (2565) ได้สรุปผลของการสำรวจการออกกำลังกายของคนไทยในปี พ.ศ. 2565 พบว่า ประชาชนอายุตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป มีการออกกำลังกาย หรือเล่นกีฬาอย่างสม่ำเสมอ คิดเป็นร้อยละ 40.38 โดยการกีฬาแห่งประเทศไทย (2564) ได้สำรวจพฤติกรรมการออกกำลังกายและเล่นกีฬาของประชาชน พบว่า ประชาชนเลือกออกกำลังกายที่ฟิตเนสมากที่สุด คิดเป็น 63.4% โดยประชาชนสนใจการออกกำลังกายในฟิตเนสสูงจากช่วงก่อน COVID-19 แพร่ระบาด จากกระแสนิยมด้านการออกกำลังกายนี้ทำให้ภาครัฐและภาคเอกชนจัดให้มีสถานที่และเครื่องมือออกกำลังกายไว้คอยบริการเพื่อรองรับผู้ใช้บริการที่เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่ง “ฟิตเนสเซ็นเตอร์” เป็นสถานที่ออกกำลังกายที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในปัจจุบัน โดยธุรกิจฟิตเนสส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานคร คิดเป็น 41.67 %

จากการสำรวจสถานบริการออกกำลังกาย 3 แห่ง ได้แก่ Fitzilla Gym 40 ร่มเกล้า, Jett Fitness Robinson ลาดกระบัง และ FBT Fitness Center ลาดกระบัง โดยทำการตรวจเช็คการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ ตรวจวัดอุณหภูมิอากาศ ความชื้น และความเร็วลม เป็นจำนวน 1 วัน ในช่วงเวลา 15:00-19:00 น. โดยทำการตรวจวัดเป็นรายชั่วโมง ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีคนออกกำลังกายจำนวนมาก ได้ผลสำรวจ ดังนี้

ตาราง 1 แสดงผลสำรวจอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลมของสถานบริการออกกำลังกายตัวอย่าง

สถานบริการออกกำลังกาย	ประเภท	อุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ (°C)	อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (%)	ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)
Fitzilla Gym 40 ร่มเกล้า	Cardio	25	25.2	40.8	0.2
	Weight		25.5	42.5	0.18
Jett Fitness Robinson ลาดกระบัง	Cardio	19	20.9	43.2	0.15
	Weight		23.4	28.6	0.17
FBT Fitness Center ลาดกระบัง	Cardio	20	26.8	52.3	0.36
	Weight		27.2	53.8	0.34

ผลการสำรวจพบว่า สถานบริการออกกำลังกายทั้ง 3 แห่ง ไม่ได้มีการตั้งมาตรฐานอุณหภูมิสำหรับสถานบริการออกกำลังกายที่แน่นอน เนื่องจากสถานบริการออกกำลังกายแต่ละแห่งมีการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย และความเร็วลมเฉลี่ยที่ต่างกัน โดย Fitzilla Gym 40 ร่มเกล้า ตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศไว้ที่ 25°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิสูงที่สุดจากสถานบริการออกกำลังกายที่ทำการสำรวจทั้งหมด Jett Fitness Robinson ลาดกระบัง ตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศไว้ที่ 20°C เป็นอุณหภูมิต่ำที่สุดจากสถานบริการออกกำลังกายที่ทำการสำรวจทั้งหมด และ FBT Fitness Center ลาดกระบัง ตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศไว้ที่ 20°C ในส่วนของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย Fitzilla Gym 40 ตรวจวัดอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในบริเวณ Cardio ได้ 25.2°C บริเวณ Weight 25.5°C Jett Fitness Robinson ลาดกระบัง ตรวจวัดอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในบริเวณ Cardio ได้ 20.9°C บริเวณ Weight 23.4°C และ FBT Fitness Center ลาดกระบัง ตรวจวัดอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในบริเวณ Cardio ได้ 26.8°C บริเวณ Weight 27.2°C ในส่วนของความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย และความเร็วลมเฉลี่ย จะเห็นได้ว่า FBT Fitness Center ลาดกระบัง มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยและความเร็วลมเฉลี่ยมากที่สุด

เครื่องมือวัดความสบายที่มีอยู่เดิมต้องประกอบ 6 ตัว พื้นฐานมาจากผู้ทำงานในออฟฟิศ ซึ่งในผู้ออกกำลังกายมีบริบทที่ไม่เหมือนกัน เนื่องจากการออกกำลังกายมีอัตราการเผาผลาญร่างกายสูงทำให้เกิดเหงื่อและความเหนียวล้าที่มากกว่า เครื่องมือเดิมที่มีอยู่จึงควรนำมาปรับให้เข้ากับผู้ออกกำลังกาย จึงเป็นที่มาของการสร้างเครื่องมือวิจัยขึ้นเพื่อศึกษาสภาวะน่าสบายเชิงอุณหภูมิของผู้ออกกำลังกายในสถานบริการออกกำลังกายแบบปรับอากาศ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อสร้างเครื่องมือวิจัยขึ้นสำหรับการศึกษาสภาวะนำสบายเชิงอุณหภูมิของผู้ออกกำลังกายในสถานบริการออกกำลังกายแบบปรับอากาศ

ทบทวนวรรณกรรมและกรอบแนวคิด

สภาวะนำสบาย (Thermal comfort)

ASHRAE Standard 55 (2023) ได้ให้ความหมายสภาวะนำสบาย (thermal comfort) ไว้ว่า “The condition of mind which expresses satisfaction with the surrounding thermal environment and is assessed by subjective evaluation” หรือก็คือ สภาวะทางจิตใจซึ่งแสดงความพอใจในสภาพแวดล้อมที่อยู่และได้รับการประเมินโดยการประเมินตามอัตวิสัย สภาวะนำสบายจะถูกประเมินโดยค่าความรู้สึกเชิงความร้อนที่เกิดจากตัวแปร 6 ประการ ใน 2 ปัจจัยหลัก ดังที่ ASHRAE Standard 55 (2023) ระบุไว้ คือปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งจะมี 4 ตัวแปร ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ (Air temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบร่างกาย (Mean radiant temperature) และความเร็วลม (Air velocity) และปัจจัยด้านบุคคลซึ่งจะมี 2 ตัวแปร ได้แก่ ค่าความเป็นฉนวนจากเสื้อผ้า (clothing insulation, clo value) และอัตราการเผาผลาญของร่างกาย (metabolic rate, met) รวมถึง สโซโคเลย์ (Szokolay, 1987) ได้พูดถึงตัวแปรเสริมของสภาวะนำสบาย ได้แก่ อาหารและเครื่องดื่ม การปรับตัวเข้า ไขมันใต้ผิวหนัง อายุและเพศ ซึ่งในการออกกำลังกายจะมีอัตราการเผาผลาญของร่างกายและค่าความเป็นฉนวนจากเสื้อผ้าที่สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือแบบสอบถามสภาวะนำสบายของผู้ออกกำลังกายในบทความนี้ได้ ดังนี้

ตาราง 2 แสดงค่าความเป็นฉนวนเสื้อผ้าในสถานบริการออกกำลังกาย

ฉนวนเสื้อผ้า	I _{cl} (clo value)	ฉนวนเสื้อผ้า	I _{cl} (clo value)
บรา/ชุดชั้นใน	0.01	เสื้อกีฬาแขนสั้น (ผ้าฝ้าย)	0.17
กางเกงชั้นในผู้หญิง	0.03	กางเกงขาสั้น	0.06
กางเกงชั้นในผู้ชาย	0.04	กางเกงวอร์มขายาว	0.28
เสื้อยืดแขนสั้น	0.08	ถุงเท้ากีฬาหุ้มข้อ	0.02
เสื้อแขนกุด/เสื้อคอลึก	0.12	รองเท้าผ้าใบ/กีฬา	0.02

ที่มา: ANSI/ASHRAE standard 55, thermal environmental conditions for human occupancy โดย American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers [ASHRAE], 2023.
(<https://webstore.ansi.org/standards/ashrae/ansiashraestandard552023>).

ตาราง 3 แสดงอัตราการเผาผลาญของร่างกายของแต่ละกิจกรรมในสถานบริการออกกำลังกาย

Activities	Metabolic Rate(met)
Walking 4.3 kph (ASHRAE Fundamentals)	2.6
Weightlifting (ACSM)	6.0
Stationary bike 100 watts (ACSM)	6.8
rowing, stationary, 100 watts (ACSM)	7.0
Running 9.7 kph (ACSM)	9.2
Running 13.8 kph (ACSM)	12.3

ที่มา: ANSI/ASHRAE standard 55, thermal environmental conditions for human occupancy โดย American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers [ASHRAE], 2023.
(<https://webstore.ansi.org/standards/ashrae/ansiashraestandard552023>); ACSM's guidelines for exercise testing and prescription โดย American College of Sports Medicine [ACSM], 2000. Lippincott Williams & Wilkins.

ดัชนีวัดความสบายทางอุณหภูมิ

ดัชนีสภะวน่าสบายที่สำคัญ คือ PMV (Predicted Mean Vote) คือค่าสมมติทางคณิตศาสตร์ที่ได้มาจากการเฉลี่ยค่าคำตอบความรู้สึกต่อสภาพอากาศ ค่า PMV เป็นตัวบ่งชี้สภาวะอากาศในสภาพแวดล้อม และมีประโยชน์ในการวิเคราะห์สภะวน่าสบาย ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลาย อย่าง ANSI/ASHRAE Standard 55 (2023) ได้สร้าง ASHRAE Thermal Sensation Votes 7 ระดับ และเบดฟอร์ด (Bedford, 1950) สร้าง Bedford scale 7 ระดับ ซึ่งทั้งสองแบบนี้มีผลลัพธ์ที่ไปในทิศทางเดียวกันและบางครั้งสามารถใช้เป็นการทดแทนกัน หรือใช้เปรียบเทียบกันได้ โดยตัวเลอิกมีค่าอยู่ระหว่าง -3 ถึง +3 เพื่อบ่งชี้ระดับความสบายคือ -3 หนาว (cold), -2 เย็น (cool), -1 เย็นเล็กน้อย (slightly cool), 0 ปกติ/สบาย (neutrality), +1 อบอุ่นเล็กน้อย (slightly warm), +2 อบอุ่น (warm), +3 ร้อน (hot) ดังในตาราง 4

ตาราง 4 การเปรียบเทียบเกณฑ์วัดระดับความสบาย

ASHRAE scale		Bedford scale	
Hot	-3	Much too warm	-3
Warm	-2	Too warm	-2
Slightly warm	-1	Comfortably warm	-1
Neutral	0	Comfortable	0
Slightly cool	1	Comfortably cool	1
Cool	2	Too cool	2
Cold	3	Much too cool	3

ที่มา: Thermal sensation scale โดย ANSI/ASHRAE standard 55, thermal environmental conditions for human occupancy โดย American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers [ASHRAE], 2023.
(<https://webstore.ansi.org/standards/ashrae/ansiashraestandard552023>).

ANSI/ASHRAE Standard 55 (2023) ได้พัฒนาตัวชี้วัดความต้องการในสภาพอากาศ (preference scale) โดยมีตัวเลือก 3 ระดับ ได้แก่ ร้อนขึ้น (warmer) ไม่เปลี่ยนแปลง (no change) และเย็นลง (cooler)



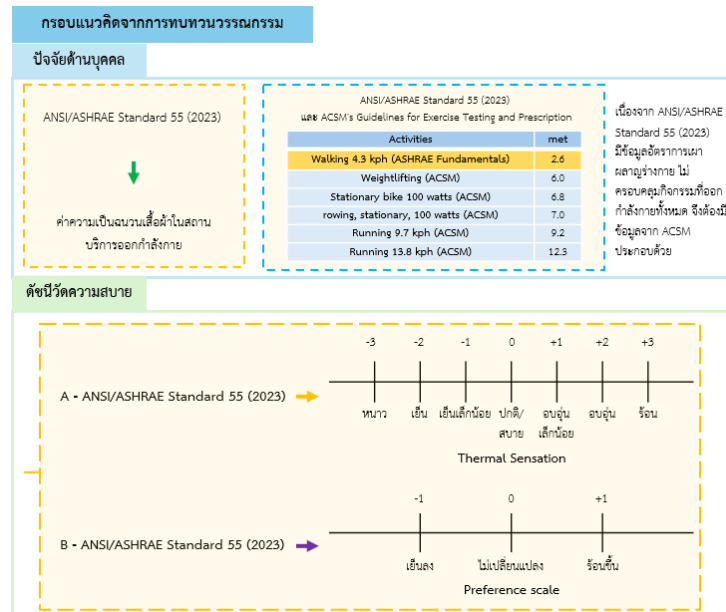
ภาพ 1 Preference scale

ที่มา: ANSI/ASHRAE standard 55, thermal environmental conditions for human occupancy โดย American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers [ASHRAE], 2023.
(<https://webstore.ansi.org/standards/ashrae/ansiashraestandard552023>).

กิจชัย จิตขจรวานิช (2556) สร้างคำถามการยอมรับสภาพอากาศ (acceptability scale) ว่า ยอมรับหรือไม่ยอมรับสภาพอากาศในขณะนั้น รวมถึงความรู้สึกถึงความชื้น (humidity scale) 5 ระดับ ได้แก่ ชื้นมาก (เหงื่อออก) ชื้น (เหนียวตัว) แห้ง (กำลังสบาย) แห้ง (ไม่สบาย) และแห้งมาก ความรู้สึกถึงความเร็วลม (velocity scale) ได้แก่ ไม่มีลม (อบอ้าวมาก) ไม่มีลม (อบอ้าว) ไม่มีลม (กำลังสบาย) มีลมเล็กน้อย (กำลังสบาย) ลมแรงเกินไป (รบกวน) ซึ่งดัชนีวัดความสบายทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้นล้วนมีงานวิจัยรองรับและมีการนำไปใช้ในงานวิจัยสภาวะน่าสบายก่อนหน้านี้

จากการทบทวนวรรณกรรม ได้นำเอาดัชนีวัดความสบายของ ANSI/ASHRAE Standard 55 (2023) และกิจชัย จิตขจรวานิช (2556) รวมถึงปัจจัยด้านบุคคลของผู้ออกกำลังกาย ได้แก่ ค่าความเป็นฉนวนเสื้อผ้าผู้ออกกำลังกายของ ANSI/ASHRAE Standard 55 (2023) และอัตราการเผาผลาญของร่างกายผู้ออกกำลังกายของ ANSI/ASHRAE Standard 55 (2023) และ ACSM (2000) ซึ่ง ANSI/ASHRAE Standard 55 (2023) มีข้อมูลอัตราการเผาผลาญร่างกาย ไม่ครอบคลุมกิจกรรมที่ออกกำลังกายทั้งหมด จึงต้องมีข้อมูลจาก ACSM ประกอบด้วย นำทั้งหมดมาสร้างเป็นกรอบแนวคิดเพื่อให้ได้เครื่องมือสภาวะน่าสบาย โดยการเลือกเครื่องมือที่ใช้ประเมินสภาวะน่าสบายนั้น ได้อ้างอิงมาจากปัจจัยของสภาวะน่าสบาย ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบร่างกาย ความเร็วลม ค่าความเป็นฉนวนจากเสื้อผ้า และอัตราการเผาผลาญของร่างกาย

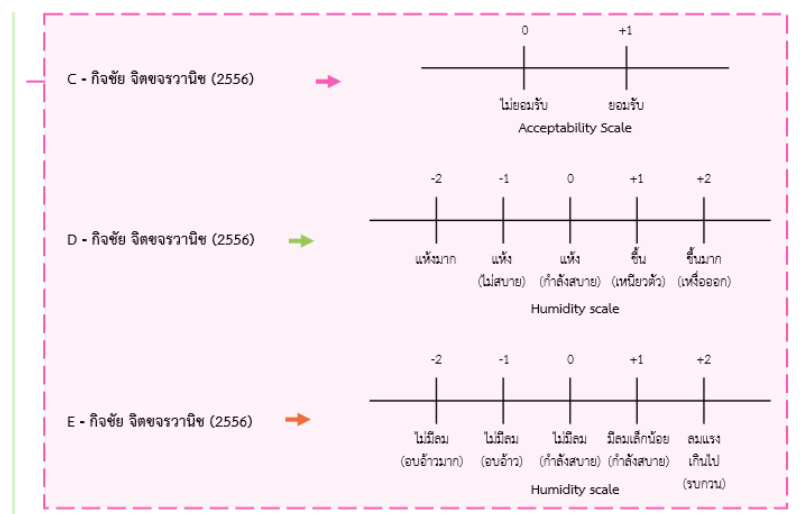
โดยแบ่งกลุ่มเป็นคำถามของ ANSI/ASHRAE Standard 55 (2023) ได้แก่ Thermal sensation vote ที่ถามถึงความรู้สึกเพื่อวิเคราะห์สภาวะน่าสบาย Preference scale ที่ถามถึงความต้องการในสภาพอากาศเพื่อให้อยู่ในสภาวะน่าสบาย ซึ่งทั้งสองดัชนีวัดเกี่ยวข้องกับปัจจัยสภาวะน่าสบายที่เป็นอุณหภูมิอากาศ ค่าความเป็นฉนวนเสื้อผ้าผู้ออกกำลังกายของ ANSI/ASHRAE Standard 55 (2023) ซึ่งเกี่ยวข้องกับปัจจัยสภาวะน่าสบายที่เป็นค่าความเป็นฉนวนเสื้อผ้า อัตราการเผาผลาญของร่างกายผู้ออกกำลังกายของ ANSI/ASHRAE Standard 55 (2023) และ ACSM (2000) ซึ่งเกี่ยวข้องกับปัจจัยสภาวะน่าสบายที่เป็นอัตราการเผาผลาญของร่างกาย



ภาพ 2 กรอบแนวคิด

คำถามของกิจชัย จิตขจรวานิช (2556) ได้แก่ คำถามการยอมรับสภาพอากาศ (acceptability scale) ที่ถามถึงความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ายอมรับ หรือไม่ยอมรับ สภาพอากาศในขณะนั้น ซึ่งเป็นดัชนีวัดที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยสภาวะน่าสบายที่เป็นอุณหภูมิอากาศ ความรู้สึกถึงความชื้น (humidity scale) ที่ถามถึงความรู้สึกต่อความชื้น ซึ่งเป็นดัชนีวัดที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยสภาวะน่าสบายที่เป็นความชื้นสัมพัทธ์ ความรู้สึกถึงความเร็วลม (velocity scale) ที่ถามถึงความรู้สึกต่อความเร็วลม ซึ่งเป็นดัชนีวัดที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยสภาวะน่าสบายที่เป็นความเร็วลม ดังภาพ 3 จากนั้นนำทั้งหมดมาสร้างเป็นเครื่องมือ หรือแบบสอบถาม ดังภาพ 4

โดยในการทดสอบเครื่องมือ จะนำเครื่องมือแบบสอบถามนี้ไปทดลองใช้กับผู้ออกกำลังกาย เมื่อได้ผลจากการตอบแบบสอบถามแล้ว นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ว่า เครื่องมือตัวไหนที่มีความน่าสนใจนำไปพัฒนาต่อ ด้วยการดูความสอดคล้องกันของแต่ละเครื่องมือโดยดูเทียบระหว่างกันและดูเทียบกับค่าที่ตรวจวัดได้ควบคู่ไปด้วย ว่ามีความสอดคล้องกันหรือไม่ สอดคล้องกันในทิศทางใด ไปในทางเดียวกัน หรือผกผันกันอย่างไร



ภาพ 3 กรอบแนวคิด

Thermal environment survey

การสำรวจความสบายของผู้ออกกำลังกายในสถานบริการออกกำลังกาย

1. เพศ/กัณธิ์ (biological sex) ☐ ชาย (Male) ☐ หญิง (Female)

2. อายุ (age) _____

3. ขณะทำแบบสอบถามอยู่

4. กิจกรรมการออกกำลังกายที่ปฏิบัติ(Activity level)
เดิน/วิ่ง (walking) 2.6 met ☐ ยกน้ำหนัก (weight lifting) 6.0 met ☐
ปั่นจักรยาน (stationary bike) 6.8 met ☐ ว่ายน้ำ (rowing) 7.0 met ☐
วิ่งเร็ว (running) 9.7 kph 9.2 met ☐ วิ่งเร็ว (running) 13.8 kph 12.3 met ☐
5. อธิบายระดับความสบายของท่านในขณะที่ใช้บริการออกกำลังกาย
+3 Hot (ร้อน) ☐ -1 slightly cool (เย็นเล็กน้อย) ☐
+2 warm (อบอุ่น) ☐ -2 cool (เย็น) ☐
+1 slightly warm (อบอุ่นเล็กน้อย) ☐ -3 cold (หนาว) ☐
0 Neutral (ปกติ/สบาย) ☐
6. ในขณะที่ท่านต้องการให้อากาศเป็นอย่างไร
เย็นลง ☐ ไม่เปลี่ยนแปลง ☐ ร้อนขึ้น ☐
7. ท่านชอบสภาพอากาศในขณะนี้หรือไม่
ชอบ ☐ ไม่ชอบ ☐
8. ท่านรู้สึกอย่างไรเกี่ยวกับตัวท่านเอง
อากาศดี (กำลังสบาย) ☐ อากาศเย็น (หนาว) ☐ ร้อนเกินไป ☐
แห้ง (ไม่สบาย) ☐ เหนียว ☐
9. ท่านรู้สึกอย่างไรเกี่ยวกับตัวท่านเอง
ไม่ร้อนเกินไป ☐ ไม่ร้อน (สบาย) ☐ ร้อนเกินไป ☐
ไม่แห้งเกินไป ☐ ไม่แห้ง (สบาย) ☐ แห้งเกินไป ☐

ASHRAE

ค่าความเป็นอันตรายต่อสุขภาพในสถานบริการออกกำลังกาย จาก ANSI/ASHRAE Standard 55 (2023)

อัตราความเหมาะสมของร่างกายของแต่ละกิจกรรมในสถานบริการออกกำลังกาย จาก ASHRAE Fundamentals (2023) และ ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription (2000)

ASHRAE Thermal Sensation Vote 7 ระดับ จาก ANSI/ASHRAE Standard 55 (2023)

Preference scale 3 ระดับ จาก ANSI/ASHRAE Standard 55 (2023)

Acceptability Scale จาก กิจชัย จิตจรรยาวิช

Humidity scale 5 ระดับ จาก กิจชัย จิตจรรยาวิช

Velocity scale 5 ระดับ จาก กิจชัย จิตจรรยาวิช

กิจชัย จิตจรรยาวิช

ภาพ 4 เครื่องมือวิจัย

วิจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาวะน่าสบาย

ผู้วิจัยได้คัดเลือกงานวิจัยที่มีเนื้อหาใกล้เคียงกับบทความฉบับนี้ และมีการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับสภาวะน่าสบายของผู้ออกกำลังกายดังตาราง 5 วิทยาลัยแพทย์เวชศาสตร์การกีฬาอเมริกัน American College of Sports Medicine [ACSM] (2012) ได้นำอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดสำหรับพื้นที่ในฟิตเนส ควรมีอุณหภูมิ 20-22 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 60% และ International Fitness Association [IFA] (2016) แนะนำอุณหภูมิที่ดีที่สุดสำหรับการออกกำลังกายแบบแอโรบิก เวทเทรนนิ่ง และพิลาทิส ที่ 18.3-20 องศาเซลเซียส ความชื้น 40-60% หวง และคณะ (Huang et al., 2021) ได้ผลสรุปว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดคือ 24 องศาเซลเซียส ความชื้นประมาณ 50% และความเร็วลมไม่เกิน 0.2 m/s เจีย และคณะ (Jia et al., 2022) ศึกษาสภาวะน่าสบายของฟิตเนสในเขตหนาว ได้ข้อสรุปว่า การใช้อากาศธรรมชาติเหมาะกับการออกกำลังกายในฟิตเนสมากกว่าการใช้เครื่องปรับอากาศ ทั้งในเรื่องของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ และเครื่องปรับอากาศที่ไม่สามารถควบคุมให้อยู่ในสภาวะน่าสบายของทุกคนได้เท่ากัน ดังนั้นจึงควรมุ่งเน้นในเรื่องของการถ่ายเทของอากาศที่มีประสิทธิภาพมากพอ ไม่น้อยไปกว่าการใช้เครื่องปรับอากาศ แต่เนื่องด้วยสภาพแวดล้อมในการวิจัยก่อนหน้านี้ ล้วนวิจัยในสภาพแวดล้อมที่เป็นเขตหนาว ซึ่งไม่สามารถยืนยันได้ว่า ผลลัพธ์ของวิจัยดังกล่าวสามารถนำมาปรับใช้ให้กับประเทศไทยที่เป็นเขตร้อนชื้น จึงทำการทดสอบเครื่องมือวิจัยเพื่อที่จะสามารถนำไปหาเกณฑ์สภาวะน่าสบายของผู้ออกกำลังกายในสถานบริการออกกำลังกายแบบปรับอากาศของประเทศไทยกับวิจัยในอนาคต

ตาราง 5 แสดงการรวบรวมวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาวะน่าสบายของผู้ออกกำลังกาย

งานวิจัยและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง	ประเภท	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (%)	ความเร็วลม (m/s)
American College of Sports Medicine (2012)	ปรับอากาศ	20-22	ไม่เกิน 60	-
International Fitness Association (2016)	ปรับอากาศ	18.3-20	40-60	-
Chongyun Huang et al. (2021)	ปรับอากาศ	22-24	50	0.2
Chenyang Jia et al. (2022)	ปรับและไม่ปรับอากาศ	ใช้อากาศธรรมชาติ	ใช้อากาศธรรมชาติ	ใช้อากาศธรรมชาติ

ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตการวิจัยจะศึกษาด้วยการทดสอบเครื่องมือวัดสภาวะนำสบายของผู้ออกกำลังกาย ควบคู่ไปกับการตรวจวัดสภาวะอากาศ โดยจะทำแบบสอบถามกับผู้ออกกำลังกายที่มาใช้บริการที่ FBT Fitness Center ลาดกระบัง ทั้งหมด 25 คน โดยจำนวนกลุ่มตัวอย่าง คิดเป็นจำนวน 15-30 % ของจำนวนผู้ใช้งานที่สามารถรองรับได้ในช่วงเวลา 15:00-19:00 น.



ภาพ 5 FBT Fitness Center ลาดกระบัง

วิธีดำเนินงานวิจัย

ตรวจวัดตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อสภาวะนำสบายของผู้ออกกำลังกาย

โดยทำการตรวจวัดบริเวณที่ผู้ออกกำลังกายกำลังทำกิจกรรม

- อุณหภูมิอากาศ (air temperature) ใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้น testo
- ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) ใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้น testo
- ความเร็วลม (air velocity) ใช้เครื่องมือวัดความเร็วลม

ตาราง 6 แสดงรายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัดตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อสภาวะนำสบายของผู้ออกกำลังกาย

	ยี่ห้อ	ช่วงการวัด	ค่าความคลาดเคลื่อน	การใช้งาน	ค่าความละเอียด
	Testo	-20 to +70 °C	±0.5 °C	วัดอุณหภูมิอากาศ	0.1 °C
	Testo	0 to 100 %RH	±3 %RH @2 to 98 %RH	วัดความชื้นสัมพัทธ์	0.1 %RH
	KIMO	0.15 to 30 m/s	From 0.15 to 3 m/s ± 3% of reading ± 0.05 m/s	วัดความเร็วลม	0.01 m/s
			From 3.1 to 30m/s: ±3% of reading ±0.2m/s		0.1 m/s

ที่มา: Testo 174 H - Temperature and humidity mini data logger, (n.d.). (<https://www.testo.com/en-TH/testo-174-h/p/0572-6560>); Technical data sheet hotwire thermo-anemometer VT 110 – VT 115, (n.d.). (<https://sauermann-group.com/fr-FR/instruments-de-mesure/appareils-portables/anemometres/vt-110-vt-115>).

แบบสอบถามสภาวะนำสบาย

คำถามที่ใช้ในการสอบถาม เก็บข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ข้อมูลส่วนตัวของกลุ่มตัวอย่าง เช่น เพศ อายุ (ไม่เปิดเผยชื่อผู้ทำแบบสอบถาม) ข้อมูลอัตราการเผาผลาญร่างกายและค่าความเป็นฉนวนเสื้อผ้าของผู้ออกกำลังกาย และ ข้อมูลดัชนีประเมินความรู้สึกที่ใช้ในแบบสอบถาม มีดังนี้

- เครื่องมือของ ANSI/ASHRAE Standard 55 (2023) คือ Thermal sensation scale 7 ระดับ ได้แก่ -3 หนาว (cold), -2 เย็น (cool), -1 เย็นเล็กน้อย (slightly cool), 0 ปกติ/สบาย (neutrality), +1 อบอุ่นเล็กน้อย (slightly warm), +2 อบอุ่น (warm), +3 ร้อน (hot) และ Preference scale 3 ระดับ ได้แก่ +1 ร้อนขึ้น (warmer), 0 ไม่เปลี่ยนแปลง (no change), -1 เย็นลง (cooler)
- เครื่องมือของ กิจชัย จิตจรรยาวิช (2556) คือ Acceptability scale 2 ตัวเลือก ได้แก่ +1 ยอมรับ และ 0 ไม่ยอมรับ Humidity scale 5 ระดับ ได้แก่ +2 ซื้นมาก (เหงื่อออก), +1 ซื้น (เหนียวตัว), 0 แห้ง (กำลังสบาย), -1 แห้ง (ไม่สบาย) และ -2 แห้งมาก และ Velocity scale 5 ระดับ ได้แก่ -2 ไม่มีลม (อบอ้าวมาก), -1 ไม่มีลม (อบอ้าว), 0 ไม่มีลม (กำลังสบาย), +1 มีลมเล็กน้อย (กำลังสบาย), +2 ลมแรงเกินไป (รบกวน)

สรุปและอภิปรายผล

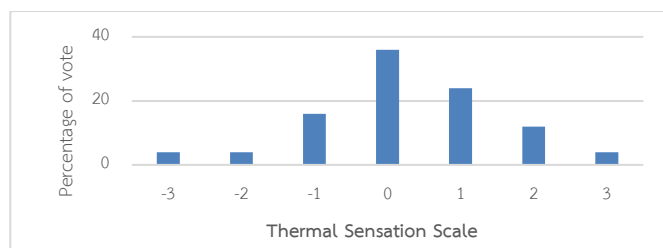
จากการสำรวจเก็บข้อมูลด้วยเครื่องมือในสถานบริการออกกำลังกาย ภูมิศึกษา FBT Fitness Center ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร โดยทำการตรวจวัดอุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม เป็นจำนวน 1 วัน ในช่วงเวลา 15:00-19:00 น. ตรวจวัดเป็นรายชั่วโมง ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีคนออกกำลังกายจำนวนมาก ได้ค่าดังนี้ อุณหภูมิอากาศ (air temperature) โดยเฉลี่ยที่ 27°C ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) เฉลี่ยที่ 53%RH ความเร็วลม (air velocity) เฉลี่ยที่ 0.35 เมตร/วินาที จากการตอบแบบสอบถามในสถานบริการออกกำลังกายภูมิศึกษา FBT Fitness Center ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร โดยทำแบบสอบถามหลังจากออกกำลังกายเสร็จ ผู้ตอบแบบสอบถามเป็นเพศชายร้อยละ 80 และเป็นเพศหญิงร้อยละ 20 อายุ 18-35 ปี โดยได้ผลของแบบสอบถาม ดังนี้

- ผลของแบบสอบถามจากเครื่องมือของ ANSI/ASHRAE Standard 55 (2023)

ผลจากแบบสอบถาม อัตราการเผาผลาญของร่างกายผู้ออกกำลังกาย พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถาม วิ่งบนลู่วิ่ง (running 9.7 kph) 9.2 met ร้อยละ 44 ยกน้ำหนัก (weight lifting) 6.0 met ร้อยละ 36 และ เดินบนลู่วิ่ง (walking) 2.6 met ร้อยละ 20 โดยอัตราเผาผลาญร่างกายของผู้ออกกำลังกายเฉลี่ยคือ 6.73 met

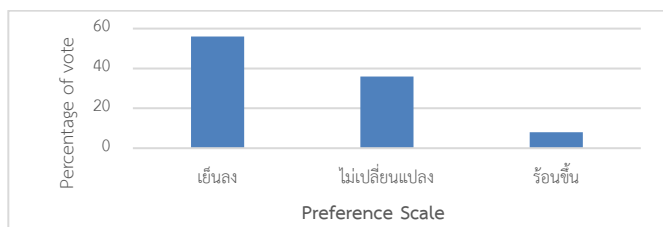
ผลจากแบบสอบถาม ค่าความเป็นฉนวนเสื้อผ้าผู้ออกกำลังกาย ผู้ตอบแบบสอบถามมีค่าความเป็นฉนวนเสื้อผ้าอยู่ที่ 0.20–0.29 clo คิดเป็นร้อยละ 48 รองลงมาค่าฉนวนเสื้อผ้าอยู่ที่ 0.30–0.39 clo คิดเป็นร้อยละ 36 และน้อยที่สุดคือ 0.40–0.49 clo ร้อยละ 16 ค่าฉนวนเสื้อผ้าเฉลี่ยคือ 0.31 clo

ผลจากแบบสอบถาม Thermal sensation scale พบว่า หลังจากผู้ออกกำลังกายทำกิจกรรมเสร็จ มีคำตอบอยู่ในความรู้สึก "ปกติ/สบาย" ร้อยละ 36 รู้สึก "อบอุ่นเล็กน้อย" ร้อยละ 24 รู้สึก "เย็นเล็กน้อย" ร้อยละ 16 รู้สึก "อบอุ่น" เป็นร้อยละ 12 รู้สึก ร้อน เย็นและหนาว ร้อยละ 4 โดยผลของ Thermal sensation scale มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ +0.24 SD. 1.33 หมายความว่า ผู้ตอบแบบสอบถามรู้สึกปกติ/สบาย ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 27°C ซึ่งคำตอบของแบบสอบถามมีการกระจายของข้อมูลมาก ด้วยปัจจัยหลายอย่าง โดยผู้ที่รู้สึกเย็นเล็กน้อยจนถึงหนาวสวมใส่เสื้อผ้าที่มีค่าฉนวนเสื้อผ้า หรืออัตราการเผาผลาญร่างกายต่ำ เช่น สวมใส่เสื้อผ้าบาง ออกกำลังกายด้วยการเดิน และ ผู้ที่รู้สึกอบอุ่นเล็กน้อยจนถึงร้อนสวมใส่เสื้อผ้าที่มีค่าฉนวนเสื้อผ้า หรืออัตราการเผาผลาญร่างกายสูง เช่น สวมใส่เสื้อผ้านานา ออกกำลังกายด้วยการวิ่ง หรือยกน้ำหนัก สรุปได้ว่า อัตราการเผาผลาญของร่างกายและค่าความเป็นฉนวนเสื้อผ้ามีผลกับ Thermal sensation scale



แผนภูมิ 1 แสดงร้อยละของความพอใจในสภาพอากาศแบบ Thermal sensation scale

ผลจากแบบสอบถาม Preference scale พบว่า หลังจากผู้ออกกำลังกายทำกิจกรรมเสร็จ ร้อยละ 56 ต้องการให้สภาพอากาศเย็นลง ร้อยละ 36 ต้องการให้สภาพอากาศ "ไม่เปลี่ยนแปลง" ร้อยละ 8 ต้องการให้สภาพอากาศ "ร้อนขึ้น" โดยเฉลี่ยของ Preference scale อยู่ที่ -0.48 SD. 0.65 คำตอบของแบบสอบถามมีการกระจายของข้อมูลน้อย หมายความว่า ผู้ตอบแบบสอบถามต้องการให้สภาพอากาศเย็นลง สอดคล้องมาจากผู้ที่รู้สึกอบอุ่นเล็กน้อยถึงร้อน (+1 ถึง +3) จาก Thermal sensation scale มีจำนวนมากกว่าผู้ที่รู้สึกปกติสบาย ส่งผลให้คำตอบมีผู้ที่ต้องการให้สภาพอากาศเย็นลงจึงมีจำนวนมากกว่า ซึ่งสรุปได้ว่า Thermal sensation scale และ Preference scale มีความสอดคล้องในทิศทางเดียวกัน



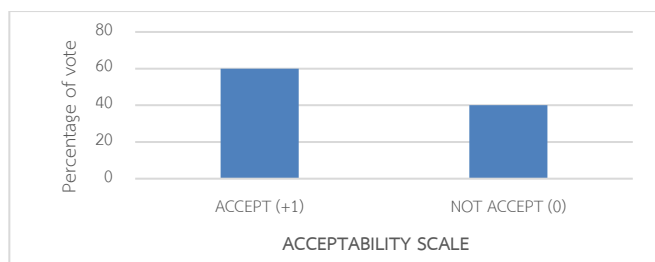
แผนภูมิ 2 แสดงร้อยละของความต้องการสภาพอากาศ

ตาราง 7 แสดงผลสรุปจากการทดลอง

ANSI/ASHRAE Standard 55 (2023)			
Met	Icl (clo)	Thermal sensation	Preference
6.73	0.31	0.24	-0.48

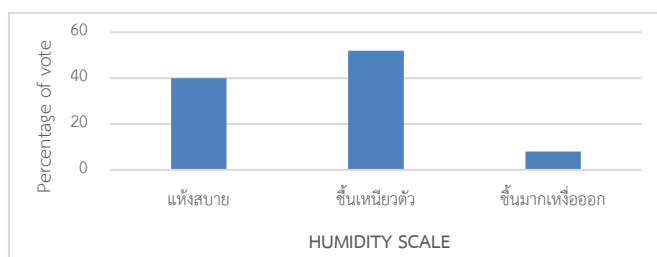
- ผลของแบบสอบถามจากเครื่องมือของ กิจชัย จิตขจรวานิช (2556)

ผลจากแบบสอบถามในเรื่องการยอมรับสภาพอากาศ หรือ Acceptability scale พบว่า หลังจากผู้ออกกำลังกายทำกิจกรรมเสร็จ ร้อยละ 60 ยอมรับว่า สภาพอากาศอยู่ในสภาวะน่าสบาย ร้อยละ 40 ไม่ยอมรับว่าสภาพอากาศอยู่ในสภาวะน่าสบาย โดยเฉลี่ยของ Acceptability scale อยู่ที่ $+0.60$ SD. 0.50 คำตอบของแบบสอบถามมีการกระจายของข้อมูลน้อย หมายความว่า ผู้ตอบแบบสอบถามยอมรับสภาพอากาศอยู่ในสภาวะน่าสบาย สอดคล้องกับ Thermal sensation scale ที่ผู้ตอบแบบสอบถามมีความรู้สึกอบอุ่นเล็กน้อย ปกติ/สบาย และเย็นเล็กน้อย (-1 ถึง +1) มากกว่าผู้ที่รู้สึกอบอุ่นถึงร้อน (+2 ถึง +3) และเย็นถึงหนาว (-2 ถึง -3) ซึ่งสรุปได้ว่า Thermal sensation scale และ Acceptability scale มีความสอดคล้องกันแบบไปในทิศทางเดียวกัน



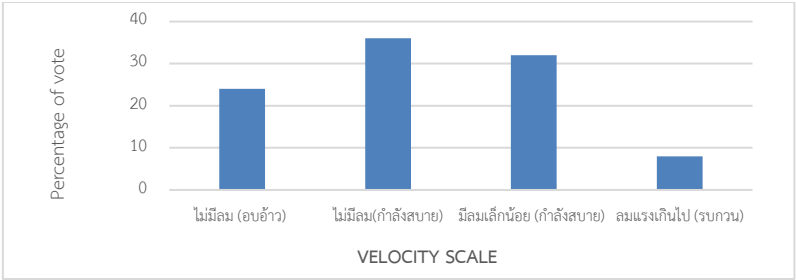
แผนภูมิ 3 แสดงร้อยละของการยอมรับสภาพอากาศ

ผลจากแบบสอบถามในเรื่องของความชื้น หรือ Humidity scale พบว่า หลังจากผู้ออกกำลังกายทำกิจกรรมเสร็จ รู้สึก "ชื้นเหนียวตัว" มากที่สุดโดยมีจำนวนถึงร้อยละ 52 ถัดมาผู้ตอบแบบสอบถามรู้สึก "แห้งสบาย" เป็นจำนวนร้อยละ 40 และรู้สึก "ชื้นมากเหงื่อออก" เป็นจำนวนร้อยละ 8 และไม่มีผู้ที่รู้สึกว่าการแห้ง และแห้งมาก โดยเฉลี่ยของ Humidity scale อยู่ที่ $+0.68$ SD. 0.63 คำตอบของแบบสอบถามมีการกระจายของข้อมูลน้อย หมายความว่า ผู้ตอบแบบสอบถามรู้สึกชื้น (เหนียวตัว) ที่ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย $53\%RH$ SD. 1.10 ซึ่งในการออกกำลังกาย ผู้ออกกำลังกายยอมรับว่า ต้องมีเหงื่ออยู่แล้ว Humidity scale จึงไม่เหมาะในการนำไปพัฒนาต่อ ประกอบกับผลของแบบสอบถามของ Humidity scale ไม่สอดคล้องกับ Acceptability scale ที่ผู้ตอบแบบสอบถาม ยอมรับสภาพอากาศอยู่ในสภาวะน่าสบาย แต่ Humidity scale กลับได้คำตอบของแบบสอบถามในทางตรงกันข้ามคือ รู้สึกชื้น (เหนียวตัว) แทนที่จะรู้สึกแห้ง (สบาย) สรุปได้ว่า Humidity scale ไม่สอดคล้องกับ Acceptability scale



แผนภูมิ 4 แสดงร้อยละของความรู้สึกถึงความชื้น

ผลจากแบบสอบถามในเรื่องของความเร็วลม หรือ Velocity scale พบว่า หลังจากผู้ออกกำลังกายทำกิจกรรมเสร็จ รู้สึก "ไม่มีลม (กำลังสบาย)" ร้อยละ 36 รู้สึก "มีลมเล็กน้อย (กำลังสบาย)" ร้อยละ 32 รู้สึก "ไม่มีลม (อบอ้าว)" ร้อยละ 24 และรู้สึก "ลมแรงเกินไป (รบกวน)" ร้อยละ 8 ซึ่งไม่มีผู้ที่รู้สึกไม่มีลม (อบอ้าวมาก) โดยผลเฉลี่ยของ Velocity scale อยู่ที่ $+0.24$ SD. 0.93 คำตอบของแบบสอบถามมีการกระจายของข้อมูลปานกลาง หมายความว่า ผู้ตอบแบบสอบถามรู้สึกไม่มีลม (กำลังสบาย) ที่ความเร็วลมเฉลี่ย 0.35 เมตร/วินาที SD. 0.16 ซึ่งสอดคล้องกับ Thermal sensation scale และ Acceptability scale ที่ผู้ตอบแบบสอบถามรู้สึกปกติ/สบาย และยอมรับว่า สภาพอากาศอยู่ในสภาวะน่าสบาย ซึ่งสรุปได้ว่า Velocity scale, Thermal sensation scale และ Acceptability scale มีความสอดคล้องแบบไปในทิศทางเดียวกัน



แผนภูมิ 5 แสดงร้อยละของความรู้สึกถึงความเร็วลม

ตาราง 8 แสดงผลสรุปจากการทดลอง

กิจชัย จิตขจรวานิช (2556)		
acceptability	Humidity	Air velocity
0.6	0.68	0.24

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการทดสอบเครื่องมือวิจัย เพื่อสร้างเครื่องมือวิจัยขึ้นสำหรับการศึกษาสภาวะน่าสบายเชิงอุณหภูมิของผู้ออกกำลังกายในสถานบริการออกกำลังกายแบบปรับอากาศ จากผลการทดสอบเครื่องมือวิจัยสรุปได้ว่า เครื่องมือวิจัยของ ANSI/ASHRAE Standard 55 (2023) ได้แก่ Thermal sensation scale และ Preference scale มีความสอดคล้องกันแบบไปในทิศทางเดียวกัน มีความน่าสนใจในการนำไปพัฒนาต่อ เครื่องมือวิจัยของกิจชัย จิตขจรวานิช (2556) ได้แก่ Acceptability scale และ Velocity scale มีความสอดคล้องกันแบบไปในทิศทางเดียวกัน มีความน่าสนใจในการนำไปพัฒนาต่อ ในส่วนของ Humidity scale พบว่า ไม่มีความน่าสนใจในการนำไปพัฒนาต่อ เนื่องจากในการออกกำลังกาย ผู้ออกกำลังกายยอมรับว่า ต้องมีเหงื่ออยู่แล้ว Humidity scale จึงไม่เหมาะในการนำไปพัฒนาต่อ ประกอบกับผลของแบบสอบถามของ Humidity scale ไม่สอดคล้องกับ Acceptability scale ที่ผู้ตอบแบบสอบถาม ยอมรับสภาพอากาศอยู่ในสภาวะน่าสบาย แต่ Humidity scale กลับได้คำตอบของแบบสอบถามในทางตรงกันข้ามคือ รู้สึกชื้น (เหนียวตัว) แทนที่จะรู้สึกแห้ง (สบาย) สรุปได้ว่า Humidity scale ไม่สอดคล้องกับ Acceptability scale เมื่อดูความสอดคล้องระหว่างเครื่องมือทั้งหมด พบว่า Thermal sensation scale, Acceptability scale และ Velocity scale มีความสอดคล้องกันแบบไปในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นจากผลการทดสอบเครื่องมือทั้งหมด สรุปได้ว่า Thermal sensation scale, Preference scale, Acceptability scale และ Velocity scale มีความน่าสนใจในการนำไปพัฒนาต่อ

บรรณานุกรม

- กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. กรมพลศึกษา. (2565). *การสำรวจข้อมูลการออกกำลังกายเล่นกีฬาและนันทนาการของประชาชน ประจำปี 2565*. กรม.
- การกีฬาแห่งประเทศไทย. (2564). *พฤติกรรมการออกกำลังกายและเล่นกีฬาของประชาชนประจำปี พ.ศ. 2564*. กทท.
- กิจชัย จิตขจรวานิช. (2540). การศึกษาสภาวะน่าสบาย แบบ Field Study ในฤดูหนาวที่กรุงเทพมหานคร. *วารสารหน้าจั่ว*, (5), 102-116.
- กิจชัย จิตขจรวานิช (2556). *สภาวะสบายของคนท้องถิ่นในเขตที่ราบสูงและทิวเขาภาคตะวันตกยามหนาว : รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์*. สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม.
- ดิษฐชัย จันทรคุณา. (2561). การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยันของฟิตเนสเซ็นเตอร์ที่มีประสิทธิภาพในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. *วารสารวิชาการ สถาบันการพลศึกษา*, 10(1), 65-76.
- พิมลศิริ ประจางสาร. (2017). บทความปริทัศน์ วิธีการศึกษาการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ เพื่อเพิ่มความสะดวกสบาย. *NAJUA: Architecture, Design and Built Environment*, 30, F-03.
<https://so04.tci-thaijo.org/index.php/NAJUA-Arch/article/view/74092>
- American College of Sports Medicine [ACSM]. (2012). *ACSM's health/fitness facility standards and guidelines* (5th ed.). ACSM.
- American College of Sports Medicine [ACSM]. (2000). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Lippincott Williams & Wilkins.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers [ASHRAE]. (2023). *ANSI/ASHRAE standard 55, thermal environmental conditions for human occupancy*.
<https://webstore.ansi.org/standards/ashrae/ansiashraestandard552023>
- Bedford, T. (1950). Environmental warmth and human comfort. *British Journal of Applied Physics*, 1(2), 33.
- Huang, C., Que, J., Liu, Q., & Zhang, Y. (2021). On the gym air temperature supporting exercise and comfort. *Building and Environment*, 206, 108313.
- International Fitness Association [IFA]. (2016). *Gym temperature and noise limits*.
<https://www.ifafitness.com/health/temperature.htm>
- Jia, C., Zhao, S., Gao, S., & Zhai, Y. (2022). *Field study of thermal comfort of indoor fitness places in cold region*. In E3S Web of Conferences (Vol. 356, p. 03010). EDP Sciences.
- Szokolay, S. V. (1987). *Thermal design of buildings*. RAI Education Division.
- Technical data sheet hotwire thermo-anemometer VT 110 – VT 115*. (n.d.).
<https://sauermanngroup.com/fr-FR/instruments-de-mesure/appareils-portables/anemometres/vt-110-vt-115>
- Testo 174 H - *Temperature and humidity mini data logger*. (n.d.).
<https://www.testo.com/en-TH/testo-174-h/p/0572-6560>