

การสำรวจภาวะสบายของคน ในโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอในจังหวัดสมุทรสาคร A Survey on Thermal Comfort of People in Textile Factories in Samut Sakhon Province



นักวิจัย ไชยนา, พิชญ์ชา อมรศรีนภา, กสพล วัฒนจนการ
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาภาวะสบายของคนในโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มในจังหวัดสมุทรสาคร ประเทศไทย จำนวน 3 โรงงาน โดยสุ่มสำรวจกลุ่มตัวอย่างจำนวน 368 คน จากจำนวนประชากรทั้งหมด 488 คน เพื่อให้ได้ระดับความเชื่อมั่น 95% ที่ค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 5\%$ ตามหลักทางสถิติ ทำการสำรวจด้วยแบบสอบถามและตรวจวัดปัจจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งได้แก่ อุณหภูมิอากาศ (Air temperature, T_a) ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (Relative humidity, %RH) ความเร็วลม (Air speed, v) และอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ย (Mean radiant temperature, T_r) รวมถึงค่าความเป็นฉนวนของเสื้อผ้าที่สวมใส่ (Clothing insulation, I_{cl}) ระดับการเผาผลาญพลังงานจากกิจกรรมที่ทำ (Metabolic rate, M) และ

ความรู้สึกรู้สึกของกลุ่มตัวอย่างในขณะนั้น โดยประเมินภาวะสบายใน 2 แนวทาง คือ ตามแนวทางของ ASHRAE ซึ่งประเมินโดยอาศัยค่าดัชนีทำนายการโหวตเฉลี่ย (Predicted mean vote, PMV) ที่คำนวณจากปัจจัยที่เกี่ยวข้อง และตามแนวทางของ Adaptive comfort ซึ่งจะประเมินโดยอาศัยค่าดัชนีการโหวตภาวะสบาย (Comfort vote, CV) ซึ่งเป็นความรู้สึกรู้สึกจริงของผู้ทำงาน รวมทั้งวิเคราะห์ปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อภาวะสบาย อันได้แก่ เพศ อายุ การอยู่ในพื้นที่ปรับอากาศหรือไม่ปรับอากาศ และดัชนีมวลกาย โดยได้ทำการประเมินอุณหภูมิภาวะสบายในรูปแบบของอุณหภูมิกระเปาะแห้ง ($T_{a,d}$) และอุณหภูมิโอเปอเรทีฟ (T_o) พบว่า การประเมินตามแนวทางของ ASHRAE ได้ค่า $T_{a,d} = 26.10^\circ\text{C}$ และ $T_o = 25.71^\circ\text{C}$

ส่วนในแนวทางของ Adaptive comfort นั้นได้ค่า $T_a = 26.99^\circ\text{C}$ และ $T_o = 26.60^\circ\text{C}$ หมายความว่า อุณหภูมิภาวะสบายตามแนวทางของ ASHRAE จะต่ำกว่าความเป็นจริงอยู่ประมาณ 0.89°C โดยสามารถใช้ T_a หรือ T_o เป็นตัวชี้วัดก็ได้ เพราะมีค่าใกล้เคียงกัน และปัจจัยที่พบว่าส่งผลต่อภาวะสบาย ได้แก่ เพศ อายุ และการอยู่ในพื้นที่ปรับอากาศหรือไม่ปรับอากาศ ส่วนดัชนีมวลกายเป็นปัจจัยที่ไม่มีผลต่อภาวะสบาย

คำสำคัญ: ภาวะสบาย, โรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอ, Adaptive comfort, ค่าดัชนีทำนายการไหลเวียน (PMV)

1. บทนำ

การปรับอากาศเป็นกระบวนการควบคุมภาวะอากาศโดยมีปัจจัยที่ต้องควบคุม คือ อุณหภูมิ ความชื้น ความสะอาด การกระจายลม และปริมาณลม โดยทั่วไประบบปรับอากาศในอาคารใช้พลังงานสูงถึง 60% ของการใช้พลังงานทั้งหมด [1] โดยการปรับอากาศในอาคารนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อมุ่งเน้นให้ผู้อยู่อาศัยเกิดภาวะสบาย (Thermal comfort) ส่วนการปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรมมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้พนักงานรู้สึกสบาย และมุ่งเน้นเพื่อประสิทธิภาพในการทำงานและผลผลิตของงาน [2] ซึ่งปัจจัยต่างๆ อาจมีค่าสูงกว่า เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และระดับกิจกรรม เป็นต้น ดังนั้น จึงควรมีการออกแบบระบบปรับอากาศและระบบควบคุมที่เหมาะสมเพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและผลผลิตของงาน

ASHRAE ได้ประเมินภาวะความรู้สึกรู้สึกสบายของมนุษย์ โดยกล่าวว่าภาวะสบายของมนุษย์อยู่ที่อุณหภูมิประมาณ 25°C และอยู่ในช่วงความชื้นสัมพัทธ์

ประมาณ 30-60% [3] โดยภาวะสบายจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลม ซึ่งถือเป็นปัจจัยแวดล้อม ส่วนเสื้อผ้า และกิจกรรม เป็นปัจจัยด้านบุคคล โดยหากปัจจัยดังกล่าวไม่เหมาะสมอาจจะทำให้มนุษย์รู้สึกหงุดหงิด อึดอัด และเสียสมาธิในการทำงานได้ [4]

การศึกษาเกี่ยวกับภาวะสบายแบ่งเป็น 2 แนวทางแนวทางแรก คือ แนวทางตาม ASHRAE ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของการทดลองโดยทำการสำรวจกลุ่มตัวอย่างที่อยู่ในห้องที่มีการควบคุมปัจจัยต่างๆ ส่วนแนวทางที่สองคือ Adaptive comfort ที่อยู่บนพื้นฐานของการสำรวจกลุ่มตัวอย่างในสภาพภูมิอากาศจริงที่ไม่มีการควบคุมปัจจัยสิ่งแวดล้อม โดยเชื่อว่าคนสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ที่อยู่อาศัยได้

ในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการปรับอากาศในพื้นที่ทั้งหมดจะสิ้นเปลืองพลังงานมาก เพราะต้องรับภาระจากเครื่องจักรและกระบวนการผลิต วิธีที่สามารถลดการใช้พลังงานได้ คือ การปรับอากาศเฉพาะจุด (Spot cooling) [5] ซึ่งเป็นการจ่ายลมเย็นไปที่ตัวพนักงานหรือพื้นที่ที่ต้องการโดยตรง โดยอาจจะลดการใช้พลังงานได้ถึง 60% [6]

อีกแนวทางหนึ่งในการประหยัดพลังงานของโรงงานอุตสาหกรรมจะใช้ระบบระบายอากาศโดยธรรมชาติเป็นหลัก ซึ่งจะใช้พัดลมช่วยในการหมุนเวียนอากาศ การระบายอากาศโดยธรรมชาตินี้จะสามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้อยู่ในระดับที่พนักงานรู้สึกสบายได้ เช่น de Dear and Brager ได้ทำการศึกษาข้อมูลจำนวน 21,000 ชุด ใน 4 ทวีป ได้แก่ ยุโรป อเมริกาเหนือ ออสเตรเลีย และเอเชีย ซึ่งมีภูมิอากาศแบบอบอุ่น ในช่วงฤดูร้อน โดยได้อุณหภูมิสบายอยู่ในช่วง $26-27^\circ\text{C}$ [7]

งานวิจัยการสำรวจภาวะสบายที่ผ่านมา ส่วนใหญ่เป็นการสำรวจภาวะสบายของคนในอาคาร [7-35] แต่การสำรวจภาวะสบายของคนในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นมีการศึกษาค่อนข้างน้อย [36-39] คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะทำการศึกษภาวะสบายของคนในโรงงานอุตสาหกรรมในจังหวัดสมุทรสาคร โดยจะเลือกศึกษาในโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม เนื่องจากอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มมีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของไทย มีสัดส่วนมูลค่าเพิ่มต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศเป็นอันดับ 4 รองจากอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมเครื่องจักรสำนักงาน และอุตสาหกรรมยานยนต์ ตามลำดับ คิดเป็นมูลค่า 245,000 ล้านบาท หรือร้อยละ 2.2 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมทั้งประเทศ ซึ่งถือว่าเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจไทยสูง [40] เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับสภาพแวดล้อมและออกแบบระบบปรับอากาศภายในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพเพื่อประหยัดพลังงานและเพิ่มผลผลิตของงานได้ โดยได้วิเคราะห์ภาวะสบายตามแนวทางของ ASHRAE และ Adaptive comfort แล้วเปรียบเทียบผลกับงานวิจัยที่ผ่านมา

2. มาตรฐานความสบายทางความร้อน

ในการศึกษาเรื่องภาวะความรู้สึกรู้สึกสบายของมนุษย์นั้นจำเป็นที่จะต้องศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อภาวะความสบาย ซึ่งอาจแบ่งได้เป็น 2 แนวทาง คือ การประเมินภาวะความรู้สึกรู้สึกสบายในแนวทางของ ASHRAE และการประเมินภาวะความรู้สึกรู้สึกสบายในแนวทางของ Adaptive comfort

2.1 ภาวะสบายตามแนวทางของ ASHRAE

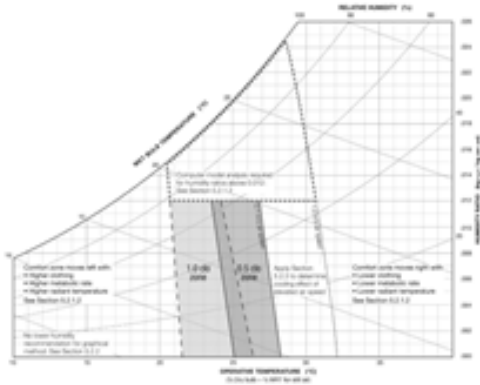
ในปี ค.ศ. 1923 Houghten และ Yagloglou [41] ได้ทำการทดลองหาความรู้สึกรู้สึกสบายที่มีผลมาจากอุณหภูมิและความชื้น โดยทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างในห้องที่มีการควบคุมปัจจัยต่างๆ ถือเป็นจุดเริ่มต้นของงานวิจัยในแนวทางนี้ และในงานวิจัยต่อๆ มา เช่น งานวิจัยของ Fanger ถือเป็นพื้นฐานที่สำคัญของการพัฒนามาเป็นมาตรฐาน ANSI/ASHRAE Standard 55 [3] ซึ่งเป็นมาตรฐานด้านภาวะสบายตามแนวทางของ ASHRAE โดยปัจจัยแวดล้อมที่มีผลต่อภาวะสบายจะประกอบด้วย อุณหภูมิอากาศ (Air temperature, T_a) ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (Relative humidity, %RH) ความเร็วลม (Air speed, v) และอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ย (Mean radiant temperature, T_r) ส่วนปัจจัยด้านบุคคลที่มีผลต่อภาวะสบาย ประกอบด้วย ระดับการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย (Metabolic rate, M) ซึ่งขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่ทำ และค่าความเป็นฉนวนของเสื้อผ้าที่สวมใส่ (Clothing insulation, I_{clo})

นอกจากนี้ยังมีการนิยามอุณหภูมิโอเปอเรทีฟขึ้นมา (Operative temperature, T_o) เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ภาวะสบาย โดยรวมอุณหภูมิกระเปาะแห้งและอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ยของผนังห้องเข้าด้วยกัน ดังแสดงในสมการที่ 1

$$T_o = \frac{(h_c T_a + h_r T_r)}{(h_c + h_r)} \quad (1)$$

โดย h_c คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (W/m^2-K)

และ h_r คือ สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน (W/m^2-K)



รูปที่ 1 ช่วงขอบเขตภาวะสบายใน ASHRAE Standard 55 - 2010 [42]

จากรูปที่ 1 ขอบเขตภาวะสบายตามแนวทางของ ASHRAE จะอยู่ในช่วงอุณหภูมิโอเปอเรทีฟ 21-28°C และความชื้นสัมพัทธ์ 10-80%

ระดับความรู้สึกเชิงความร้อน (Thermal sensation scale) เป็นตัวเลขที่กำหนดขึ้นเพื่อบอกถึงระดับความรู้สึกที่มีต่อสภาวะอากาศในขณะนั้น เป็นค่าที่ได้จากการทดลองของ Fanger โดยปัจจุบัน ASHRAE นำมาใช้อย่างแพร่หลายโดยเรียกว่า ASHRAE thermal sensation scale ซึ่งมี 7 ระดับดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระดับความรู้สึกเชิงความร้อน [43]

ค่า PMV	ความรู้สึก
+3	ร้อน
+2	อุ่น
+1	ค่อนข้างอุ่น
0	พอดี
-1	ค่อนข้างเย็น
-2	เย็น
-3	หนาว

ค่าดัชนีทำนายการโหวตเฉลี่ย (Predicted mean vote, PMV) คำนวณได้จากสมการที่ 2 ซึ่งเป็นสมการที่คำนึงถึงปัจจัยแวดล้อมและปัจจัยด้านบุคคลเอาไว้แล้ว โดยจะแฝงอยู่ในตัวแปร L แต่จะไม่ได้นำชุดสมการที่ใช้คำนวณตัวแปร L มาแสดงไว้ในที่นี้ เนื่องจากมีเนื้อที่จำกัด

$$PMV = [0.303\exp(-0.036M) + 0.028]L \quad (2)$$

โดย M คือ อัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย (met)

และ L คือ ความร้อนสูญเสียจากร่างกาย (W/m^2)

2.2 ภาวะสบายตามแนวทาง Adaptive comfort

แนวทางนี้เป็นการศึกษาภาวะสบายของคนภายใต้สภาวะแวดล้อมทั่วไปที่ไม่มีการควบคุมปัจจัยใดๆ ซึ่งในแต่ละวัน ปัจจัยทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นมีความแตกต่างกันออกไป ไม่สามารถควบคุมหรือกำหนดได้ โดยเชื่อว่าผู้ที่อยู่อาศัยในสภาพแวดล้อมต่างๆ นั้นจะสามารถปรับตัวเองให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ หรือที่เรียกว่า Adaptive comfort แนวทางนี้มีผู้ศึกษากันอย่างกว้างขวาง การศึกษาในแต่ละครั้งจะมีสมการแบบจำลองอ้างอิงอุณหภูมิต่างๆ ในการหาอุณหภูมิสบาย (Neutral temperature, T_n) ซึ่งการศึกษาภาวะสบายของคนภายในอาคารมีเป็นจำนวนมาก และอาจจัดกลุ่มไม่ได้ เช่น บางงานวิจัยแสดงอุณหภูมิสบายโดยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเอฟเฟคทีฟ (ET^* , อุณหภูมิที่คำนวณจากอุณหภูมิโอเปอเรทีฟและความชื้นสัมพัทธ์)

$$\text{งานที่ 1 [7]} \quad T_n = 22.6 + 0.04ET^* \quad (\text{พื้นที่ปรับอากาศ})$$

$$T_n = 18.9 + 0.225ET^* \quad (\text{พื้นที่ไม่ปรับอากาศ})$$

อุณหภูมิสบายขึ้นกับอุณหภูมิโอเปอเรทีฟ

$$\text{งานที่ 2 [22]} \quad T_n = 0.59T_o - 17.21$$

$$\text{งานที่ 3 [33]} \quad T_n = 0.12T_o - 2.78$$

อุณหภูมิสบายขึ้นกับอุณหภูมิภายนอก

$$\text{งานที่ 4 [18]} \quad T_n = 18.303 + 0.158T_{\text{outdoor}}$$

อุณหภูมิสบายขึ้นกับอุณหภูมิกระเปาะแห้ง

$$\text{งานที่ 4 [30]} \quad T_n = 0.407T_a - 9.855$$

(เมืองยาฮูเนเด)

$$T_n = 0.355T_a - 8.843$$

(เมืองอาลา)

$$\text{งานที่ 5 [32]} \quad T_n = 0.1148T_a - 4.7913$$

(ฤดูหนาว)

$$T_n = 0.1847T_a - 6.6027$$

(ฤดูฝน)

ส่วนงานวิจัยที่ศึกษาภาวะสบายของคนภายใน โรงงานอุตสาหกรรมยังมีการศึกษาค่อนข้างน้อย ยกตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Wijewardane and Jayasinghe [36] ได้ทำการสำรวจในโรงงานประเทศ ศรีลังกา โดยใช้สมการจำลองดังนี้ $T_n = 17.6 + 0.31T_o$ อุณหภูมิภาวะสบายที่ได้ คือ 30°C และสามารถเพิ่ม เป็น 34°C เมื่อมีความเร็วลมที่ 0.6 m/s ส่วนงานวิจัย ของ Kosala et al. [37] ได้ทำการสำรวจภาวะสบาย ของคนในโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอ ประเทศศรีลังกา ซึ่งเป็นพื้นที่ไม่ปรับอากาศ อุณหภูมิภาวะสบายที่ได้ คือ 30°C และควรลดความชื้นสัมพัทธ์ให้เหลือ 70% อีกรงานวิจัยหนึ่งเป็นของ พรเจตน์ ลุ่มยิ้ม และ วัชรพงษ์ ทองหล้า [38] ได้ทำการสำรวจในโรงงานอุตสาหกรรม สิ่งทอในประเทศไทย โดยได้สมการจำลองภาวะสบาย ในรูปแบบของอุณหภูมิกระเปาะแห้งและอุณหภูมิ โอเปอเรทีฟ เป็น $T_n = 0.2641T_a - 6.6863$ และ $T_n = 0.2518T_o - 6.2845$ ตามลำดับ

3. ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการสำรวจและสอบถาม กลุ่มตัวอย่างในโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอและ เครื่องนุ่งห่มทั้งหมด 3 โรงงานในจังหวัดสมุทรสาคร ประเทศไทย โดยการตอบแบบสอบถามและตรวจวัด ค่าตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อรวบรวมข้อมูลจาก กลุ่มตัวอย่างจำนวน 368 คน จากจำนวนประชากร ทั้งหมด 488 คน เพื่อให้ได้ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 5\%$ ซึ่งเมื่อคำนวณตามหลัก สถิติแล้วต้องใช้จำนวนกลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 220 คน ขึ้นไป โดยทั้งหมดเป็นพนักงานที่อยู่ในสภาพอากาศ แวดล้อมทั่วไปของโรงงานอุตสาหกรรม การสำรวจ ทำหลังจากที่กลุ่มตัวอย่างอยู่ในโรงงานเป็นเวลา อย่างน้อย 1 ชั่วโมง เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างได้มีเวลาปรับ ตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม [3] พื้นที่ที่ทำการสำรวจนั้น มีทั้งส่วนที่มีการปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ ในการ สำรวจแต่ละพื้นที่จะทำการตรวจวัดปัจจัยสิ่งแวดล้อม ตามแนวทางของ ASHRAE Standard 55 [43] ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ และความเร็วลม วัดที่ระดับ 0.1, 1.1 และ 1.7 เมตรเหนือพื้น โดยตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 3 นาที ก่อนที่จะเก็บค่า ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศวัดที่เหนือ ระดับพื้น 1.1 เมตร และอุณหภูมิโกลบ ตั้งเครื่องมือ วัดในตำแหน่งกลางห้องที่ทำการสำรวจเหนือระดับ พื้น 1.5 เมตร โดยตั้งเครื่องมือทิ้งไว้เป็นเวลาประมาณ 15-20 นาที ก่อนที่จะเก็บค่า เพื่อให้การถ่ายเท ความร้อนอยู่ในภาวะสมดุล

ส่วนปัจจัยด้านบุคคลและข้อมูลอื่นๆ จะใช้ แบบสอบถามในการรวบรวม ประกอบด้วย เสื้อผ้า กิจกรรมที่ทำ เพศ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และค่าดัชนี การโหวตภาวะสบาย (Comfort vote, CV) ซึ่งอิงกับ ค่าตัวเลขระดับความรู้สึกสบาย และถือเป็นความรู้สึก จริงของกลุ่มคนตัวอย่าง

ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจจะนำมาวิเคราะห์และแจกแจงหาปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสบาย อันได้แก่ เพศ อายุ การอยู่ในพื้นที่ปรับอากาศหรือไม่ปรับอากาศ และดัชนีมวลกาย แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาภาวะสบายทั้งในแนวทางของ ASHRAE และในแนวทาง Adaptive comfort เพื่อเปรียบเทียบกัน

การประเมินภาวะสบายในแนวทางของ ASHRAE จะนำค่าที่ได้จากการสำรวจและการตรวจวัดมาคำนวณหาค่าดัชนีทำนายการโหวตเฉลี่ย (PMV) โดยจะสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีทำนายการโหวตเฉลี่ยกับอุณหภูมิทั้ง 2 รูปแบบ คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (T_a) และอุณหภูมิโอเปอเรทีฟ (T_o) จากนั้นทำการหาเส้นตรงตัวแทนข้อมูล (Curve fitting) ที่จุดตัดของเส้นตัวแทนกับแกนนอน (ค่า PMV = 0) จะเป็นอุณหภูมิภาวะสบายในแนวทางของ ASHRAE ส่วนการประเมินภาวะสบายในแนวทาง Adaptive comfort จะนำค่า CV ที่ได้จากการสำรวจมาวิเคราะห์ โดยจะสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการโหวตจากแบบสอบถามกับอุณหภูมิทั้ง 2 ชนิดเช่นกัน จากนั้นทำการหาเส้นตัวแทนข้อมูล ที่จุดตัดของเส้นตัวแทนกับแกนนอน (ค่า CV = 0) จะเป็นอุณหภูมิภาวะสบายในแนวทางของ Adaptive comfort

4. ผลการดำเนินการและอภิปรายผล

การสำรวจได้ดำเนินการในช่วงระหว่างเดือนมีนาคม 2560 ถึงเดือนเมษายน 2560 ซึ่งถือว่าเป็นช่วงฤดูร้อนของไทย [44] ทำการสำรวจในช่วงเวลา 8:30-16:00 น. โดยทำการสำรวจตรวจวัดและสอบถามคนที่อยู่ในพื้นที่ที่มีการปรับอากาศและไม่ปรับอากาศทั่วทั้งโรงงาน โดยมีจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่นำข้อมูลมาใช้งานได้จริง 360 คน จากจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่สำรวจทั้งหมด 368 คน เนื่องจากไม่ได้นำข้อมูลของ

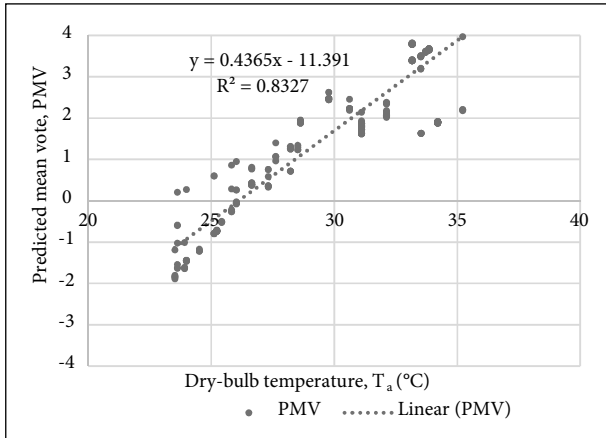
กลุ่มตัวอย่างที่มีอาการป่วยหรือเป็นไข้หวัดมาวิเคราะห์ เพื่อหลีกเลี่ยงความผิดพลาดของผลลัพธ์ โดยได้ทำการตรวจวัดในบริเวณที่มีผู้คนทำงานอยู่ แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณและวิเคราะห์ผล โดยข้อมูลที่ได้จากการสำรวจสรุปได้ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปข้อมูลตัวแปรต่างๆ จากการสำรวจ

ตัวแปร	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
T_a ($^{\circ}\text{C}$)	23.50	35.20	30.81	3.52
T_o ($^{\circ}\text{C}$)	23.12	35.00	30.41	3.49
T_r ($^{\circ}\text{C}$)	22.80	34.80	30.07	3.49
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	37.30	74.68	57.63	9.14
ความเร็วลม (m/s)	0.01	0.51	0.17	0.11
เสื้อผ้า (clo)	0.22	0.88	0.56	0.12
อัตราการเผาผลาญ (met)	1.00	2.10	1.52	0.43

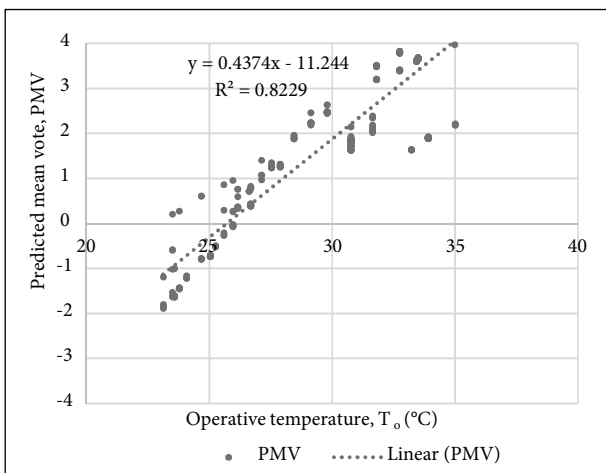
จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิกระเปาะแห้งเฉลี่ยมีค่า 30.81°C ซึ่งค่าที่ได้แทบจะไม่แตกต่างจากค่าของอุณหภูมิโอเปอเรทีฟ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยมีค่า 57.63% และความเร็วลมเฉลี่ยมีค่า 0.17 m/s ส่วนค่าความเป็นฉนวนของเสื้อผ้าเฉลี่ยมีค่า 0.56 clo สำหรับการเผาผลาญพลังงานของร่างกายกำหนดให้เท่ากับ 1.0, 1.2, 1.4 และ 2.1 met ซึ่งเทียบเท่ากับระดับกิจกรรมการทำงานในสำนักงาน กิจกรรมนั่งทำงานในไลน์การผลิต กิจกรรมยืนทำงานในไลน์การผลิต และกิจกรรมเดินหรือยกของ ตามลำดับ

4.1 การวิเคราะห์อุณหภูมิภาวะสบาย



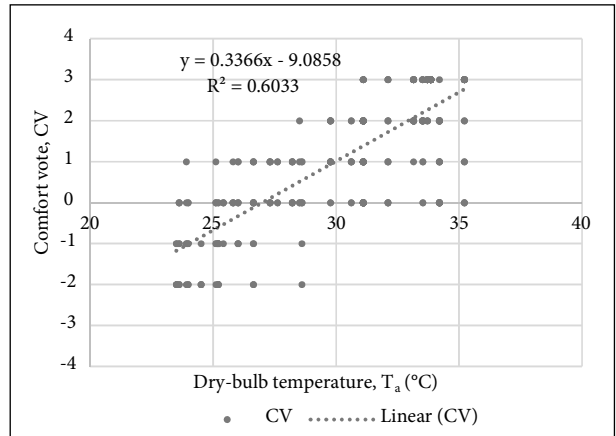
รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า PMV และอุณหภูมิ กระเปาะแห้ง

รูปที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ภาวะสบายตามแนวทางของ ASHRAE โดยภาวะสบายหมายถึงจุดที่เส้นตัวแทนของข้อมูลตัดกับแกนนอนซึ่งตรงกับค่า $PMV = 0$ จากรูปจะเห็นว่า ภาวะสบายในรูปของอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (T_a) มีค่าเท่ากับ $26.10^{\circ}C$



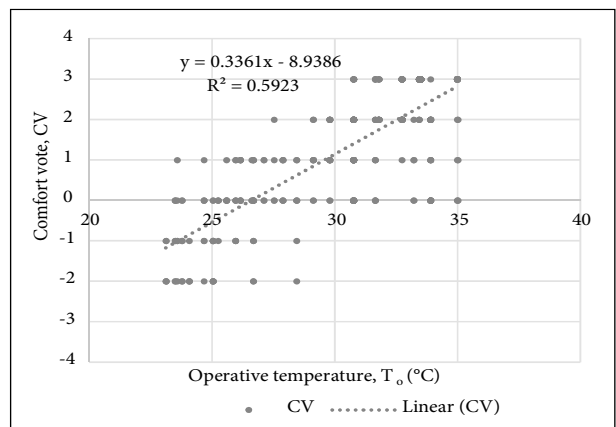
รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า PMV และอุณหภูมิ โอเปอเรทีฟ

รูปที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ภาวะสบายตามแนวทางของ ASHRAE โดยภาวะสบายหมายถึงจุดที่เส้นตัวแทนของข้อมูลตัดกับแกนนอนซึ่งตรงกับค่า $PMV = 0$ จากรูปจะเห็นว่า ภาวะสบายในรูปของอุณหภูมิโอเปอเรทีฟ (T_o) มีค่าเท่ากับ $25.71^{\circ}C$



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า CV และอุณหภูมิ กระเปาะแห้ง

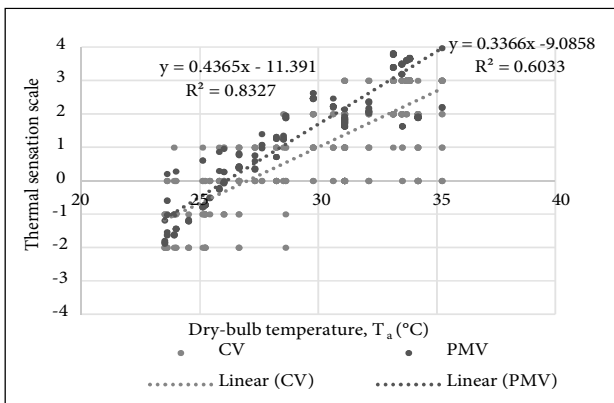
รูปที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์ภาวะสบายตามแนวทางของ Adaptive comfort ที่อาศัย CV ซึ่งเป็นการรับรู้สัจจริงของกลุ่มตัวอย่างในการวิเคราะห์ โดยภาวะสบายเป็นจุดตัดของเส้นตัวแทนข้อมูลกับแกนนอนที่ตรงกับค่า $CV = 0$ จากรูปจะพบว่า อุณหภูมิภาวะสบายในรูปของอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (T_a) มีค่าเท่ากับ $26.99^{\circ}C$



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า CV และอุณหภูมิ โอเปอเรทีฟ

รูปที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์ภาวะสบายตามแนวทางของ Adaptive comfort ที่อาศัย CV ซึ่งเป็นความรู้สึกจริงของกลุ่มตัวอย่างในการวิเคราะห์ โดยภาวะสบายเป็นจุดตัดของเส้นตัวแทนข้อมูลกับแกนนอนที่ตรงกับค่า $CV = 0$ จากรูปจะพบว่า อุณหภูมิภาวะสบายในรูปของอุณหภูมิโอเปอเรทีฟ (T_o) มีค่าเท่ากับ $26.60^\circ C$

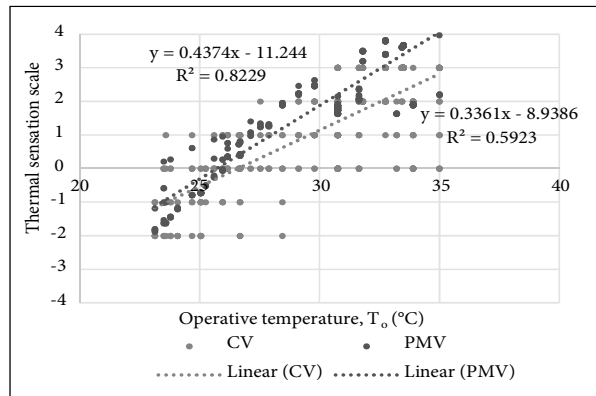
รูปที่ 2 ถึง 5 แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิภาวะสบายตามแนวทางของ ASHRAE มีค่า $T_a = 26.10^\circ C$ และ $T_o = 25.71^\circ C$ ตามลำดับ และอุณหภูมิภาวะสบายตามแนวทาง Adaptive comfort มีค่า $T_a = 26.99^\circ C$ และ $T_o = 26.60^\circ C$ ตามลำดับ โดยอุณหภูมิภาวะสบายในรูปแบบของอุณหภูมิกระเปาะแห้งและอุณหภูมิโอเปอเรทีฟแทบไม่มีความแตกต่างกันเมื่อพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัดที่ $\pm 0.5^\circ C$



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า PMV, CV และอุณหภูมิกระเปาะแห้ง

รูปที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์ภาวะสบายตามแนวทางของ ASHRAE เทียบกับผลการวิเคราะห์ภาวะสบายตามแนวทางของ Adaptive comfort ซึ่งจะเห็นว่าอุณหภูมิภาวะสบายในรูปของอุณหภูมิกระเปาะแห้งที่วิเคราะห์ตามแนวทางของ ASHRAE

จะต่ำกว่าในแนวทางของ Adaptive comfort อยู่ประมาณ $0.89^\circ C$



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า PMV, CV และอุณหภูมิโอเปอเรทีฟ

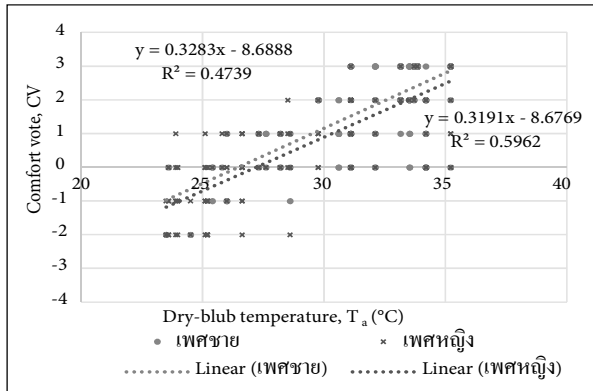
รูปที่ 7 แสดงผลการวิเคราะห์ภาวะสบายตามแนวทางของ ASHRAE เทียบกับผลการวิเคราะห์ภาวะสบายตามแนวทางของ Adaptive comfort จะเห็นว่าอุณหภูมิภาวะสบายในรูปของอุณหภูมิโอเปอเรทีฟที่วิเคราะห์ตามแนวทางของ ASHRAE จะต่ำกว่าในแนวทางของ Adaptive comfort อยู่ประมาณ $0.89^\circ C$

การวิเคราะห์ต่อจากนี้จะยึดอุณหภูมิภาวะสบายตามแนวทางของ Adaptive comfort เป็นหลัก เนื่องจากการเก็บค่าจากความรู้สึกจริงของกลุ่มตัวอย่าง ณ ขณะนั้น และจะพิจารณาเฉพาะอุณหภูมิภาวะสบายในรูปของอุณหภูมิกระเปาะแห้งเท่านั้น เนื่องจากเมื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัดที่ $\pm 0.5^\circ C$ แล้วอาจกล่าวได้ว่าอุณหภูมิภาวะสบายในรูปของ T_a และ T_o ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

4.2 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสบาย

ในหัวข้อนี้จะเป็นการวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อภาวะสบาย ได้แก่ เพศ อายุ การอยู่ในพื้นที่ปรับอากาศหรือไม่ปรับอากาศ และดัชนีมวลกาย

4.2.1 IWC



รูปที่ 8 อุณหภูมิภาวะสบายของเพศชายและเพศหญิง

ตารางที่ 3 อุณหภูมิภาวะสบายของเพศชายและเพศหญิง

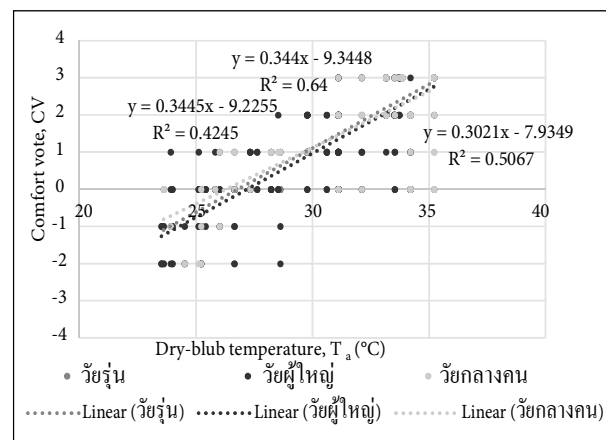
ผู้วิจัย	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (คน)			อุณหภูมิภาวะสบาย (°C)		ผลต่างอุณหภูมิภาวะสบาย (°C)
	ชาย	หญิง	รวม	ชาย	หญิง	
Beshir and Ramsey [46]	31	15	46	23.40	24.90	1.50
Karyono [13]	345	227	569	25.20	26.30	1.10
Busch [9]			1,100	24.60	25.40	0.80
พรเจตน์ ลุ่มอ้อม และ วัชรพงษ์ ทองหล้า [38]	204	195	399	25.44	25.68	0.30
งานวิจัยนี้	165	195	360	26.47	27.19	0.72

4.2.2 อายุ

ตารางที่ 4 ระยะพัฒนาการของมนุษย์ [47]

ช่วงวัย	ช่วงอายุ
ระยะ ก่อนเกิด	ตั้งแต่เริ่มปฏิสนธิ - ระยะคลอด
วัยทารก	ตั้งแต่เกิด - 2 ปี
วัยเด็ก	2 - 12 ปี
วัยย่างเข้าสู่วัยรุ่น	12 - 14 ปี
วัยรุ่น	14-21 ปี
วัยผู้ใหญ่	21 - 40 ปี
วัยกลางคน	40 - 60 ปี
วัยผู้สูงอายุ	60 ปีขึ้นไป

การวิเคราะห์เกี่ยวกับปัจจัยเพศ พบว่าในงานนี้ เพศมีผลต่ออุณหภูมิภาวะสบายอย่างมีนัยสำคัญ โดยเพศหญิงมีอุณหภูมิภาวะสบายที่สูงกว่าเพศชาย อยู่ 0.72°C หรือมีอุณหภูมิภาวะสบายอยู่ที่ 27.19°C ในขณะที่เพศชายมีอุณหภูมิภาวะสบายอยู่ที่ 26.47°C ดังแสดงไว้ในรูปที่ 8 ซึ่งสาเหตุที่เพศหญิงมีอุณหภูมิภาวะสบายสูงกว่าเพศชาย อาจจะอธิบายได้ว่าเสื้อผ้าที่สวมใส่ของเพศหญิงบางกว่า [45] และมีอัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกายต่ำกว่าเพศชาย [13] ซึ่งผลของงานวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3



รูปที่ 9 อุณหภูมิภาวะสบายของคนแต่ละช่วงวัย

ผลของการวิเคราะห์เกี่ยวกับปัจจัยอายุได้แบ่งกลุ่มอายุดังแสดงไว้ในตารางที่ 4 พบว่าในงานนี้อายุมีผลต่ออุณหภูมิภาวะสบายอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอุณหภูมิภาวะสบายของวัยรุ่น วัยผู้ใหญ่ และวัยกลางคนอยู่ที่ 26.78°C , 27.17°C และ 26.27°C ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 9 โดยเมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิภาวะสบายระหว่างวัยรุ่นกับวัยผู้ใหญ่ พบว่ามีอุณหภูมิภาวะสบายไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยจะต่างกันประมาณ 0.39°C และเมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิภาวะสบายของวัยรุ่นกับวัยกลางคน และวัยผู้ใหญ่กับวัยกลางคน พบว่า มีอุณหภูมิต่างกันประมาณ 0.51°C และ 0.90°C ตามลำดับ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าวัยรุ่นและวัยผู้ใหญ่มีอุณหภูมิภาวะสบายที่แตกต่างกับวัยกลางคนอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งในงานวิจัยนี้อาจอธิบายสาเหตุได้ว่าร้อยละ 49 ของผู้ที่อยู่ในวัยกลางคนมีระดับการทำงานที่หนัก จึงส่งผลให้มีอุณหภูมิภาวะสบายที่ต่ำกว่าวัยรุ่นและวัยผู้ใหญ่ โดยผลของงานวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าดังแสดงไว้ในตารางที่ 5

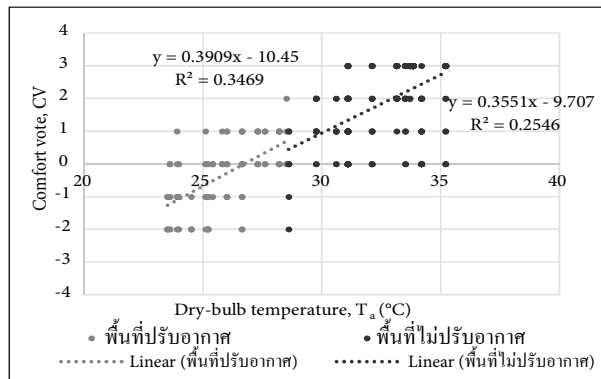
ตารางที่ 5 อุณหภูมิภาวะสบายของคนแต่ละช่วงวัย

ผู้วิจัย	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (คน)			รวม	อุณหภูมิภาวะสบาย ($^{\circ}\text{C}$)			ผลต่างอุณหภูมิภาวะสบาย ($^{\circ}\text{C}$)
	วัยรุ่น	วัยผู้ใหญ่	วัยกลางคน		วัยรุ่น	วัยผู้ใหญ่	วัยกลางคน	
Karyono [13]				596	26.5		26.4	0.1
ASHRAE [48]								0.6
Marincic et al. [49]				150				0.6
งานวิจัยนี้	34	247	79	360	26.78	27.17	26.27	0.51-0.9

ตารางที่ 6 อุณหภูมิภาวะสบายของคนในพื้นที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ

ผู้วิจัย	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (คน)			อุณหภูมิภาวะสบาย ($^{\circ}\text{C}$)		ผลต่างอุณหภูมิภาวะสบาย ($^{\circ}\text{C}$)
	ปรับ	ไม่ปรับ	รวม	ปรับ	ไม่ปรับ	
พรเจตน์ ลุ่มย์ม และ วัชรพงษ์ ทองหล้า [38]	62	337	399	25.41	26.51	1.10
งานวิจัยนี้	100	260	360	26.73	27.34	0.61

4.2.3 การอยู่ในพื้นที่ปรับอากาศหรือพื้นที่ไม่ปรับอากาศ



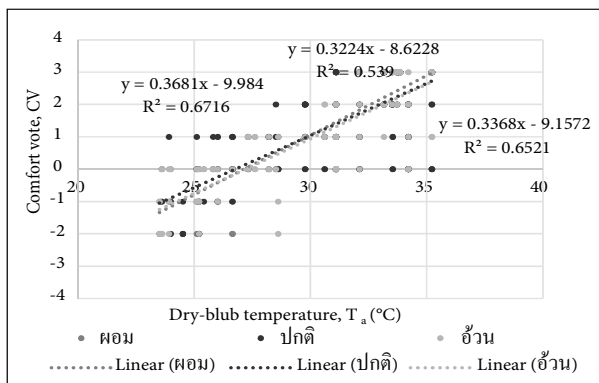
รูปที่ 10 อุณหภูมิภาวะสบายในพื้นที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ

ผลของการวิเคราะห์เกี่ยวกับปัจจัยพื้นที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ พบว่าในงานนี้การอยู่ในพื้นที่ปรับอากาศหรือไม่ปรับอากาศมีผลต่ออุณหภูมิภาวะสบายอย่างมีนัยสำคัญ โดยผู้ที่อยู่ในพื้นที่ปรับอากาศมีอุณหภูมิภาวะสบายที่ต่ำกว่าผู้ที่ไม่อยู่ในพื้นที่ไม่ปรับอากาศอยู่ประมาณ 0.61°C หรือมีอุณหภูมิภาวะสบายอยู่ที่ 26.73°C ในขณะที่ผู้ที่ไม่อยู่ในพื้นที่ไม่ปรับอากาศมีอุณหภูมิภาวะสบายอยู่ที่ 27.34°C ดังแสดงไว้ในรูปที่ 10 ซึ่งผลของงานวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าดังแสดงไว้ในตารางที่ 6

4.2.4 ดัชนีมวลกาย (BMI)

ตารางที่ 7 ดัชนีมวลกาย (BMI) ตามเกณฑ์สำหรับประชากรเอเชีย [49]

ดัชนีมวลกาย (kg/m ²)	
กลุ่ม	เกณฑ์สำหรับประชากรเอเชีย
น้ำหนักน้อย	< 18.5
น้ำหนักปกติ	18.5 - 22.99
น้ำหนักเกิน	≥ 23



รูปที่ 11 อุณหภูมิภาวะสบายของแต่ละช่วงดัชนีมวลกาย

การวิเคราะห์เกี่ยวกับปัจจัยดัชนีมวลกาย (น้ำหนักในหน่วย kg หหารด้วยส่วนสูงในหน่วย m ยกกำลังสอง) ได้แบ่งกลุ่มดัชนีมวลกายดังแสดงไว้ในตารางที่ 7 พบว่าในงานนี้ดัชนีมวลกายไม่มีผลต่ออุณหภูมิภาวะสบาย ซึ่งอุณหภูมิสบายของกลุ่มคนผอม กลุ่มคนปกติ และกลุ่มคนอ้วนอยู่ที่ 27.12°C, 26.75°C และ 27.19°C ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 11 ซึ่งพบว่ามี

ตารางที่ 8 อุณหภูมิภาวะสบายของแต่ละช่วงดัชนีมวลกาย

ผู้วิจัย	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (คน)				อุณหภูมิภาวะสบาย (°C)			ผลต่างอุณหภูมิภาวะสบาย (°C)
	ผอม	ปกติ	อ้วน	รวม	ผอม	ปกติ	อ้วน	
Karyono [13]	199	273	49	521				0.7-1.0
Marincic et al. [49]				150	33.0		32.5	0.5
Blaza and Garrow [50]	5		5	10	23.2-26.4	23.3-26.2		0.1-3.1
Fanger [8]	128		128	256				0.17-0.26
งานวิจัยนี้	58	189	113	360	27.12	26.75	27.19	0.07-0.44

ค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผลของงานวิจัยนี้มีทั้งที่สอดคล้องและไม่สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าดังแสดงไว้ในตารางที่ 8

4.3 อุณหภูมิภาวะสบายของคนในอาคารและโรงงานอุตสาหกรรม

จากตารางที่ 6 จะพบว่าอุณหภูมิภาวะสบายในงานวิจัยที่ผ่านมามีค่า อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (T_a) อยู่ในช่วง 25.1-30.0°C และอุณหภูมิโอเปอเรทีฟ (T_o) อยู่ในช่วง 24.7-30.0°C ส่วนอุณหภูมิภาวะสบายของงานวิจัยนี้มีค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (T_a) เท่ากับ 26.99°C และอุณหภูมิโอเปอเรทีฟ (T_o) เท่ากับ 26.60°C เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมาก็ได้ทำการสำรวจภาวะสบายในโรงงานอุตสาหกรรมของประเทศศรีลังกา 2 งานวิจัย และงานวิจัยของประเทศไทย 1 งานวิจัย พบว่า งานวิจัยในประเทศศรีลังกา 2 งานวิจัยมีค่าอุณหภูมิภาวะสบายในรูปของอุณหภูมิโอเปอเรทีฟ (T_o) เท่ากับ 30.0°C และ 31.0°C ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิภาวะสบายที่ได้จากงานวิจัยนี้ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิภาวะสบายที่ทำการสำรวจในประเทศไทย พบว่า งานวิจัยที่ผ่านมามีค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (T_a) เท่ากับ 25.1°C และอุณหภูมิโอเปอเรทีฟ (T_o) เท่ากับ 24.7°C ซึ่งมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิภาวะสบายที่ได้จากงานวิจัยนี้ จึงควรจะต้องมีการสำรวจกลุ่มตัวอย่างในโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นต่อไป

ตารางที่ 9 ผลจากงานวิจัยนี้เทียบกับผลจากงานวิจัยที่ผ่านมา

ผู้วิจัย	อุณหภูมิสบาย(°C)		ประเทศ	สถานที่สำรวจ
	T _a	T _o		
Sekhar [10]	28.9	28.9	สิงคโปร์	อาคาร
de Dear and Brager [51]		28.5	สิงคโปร์	อาคาร
Wong et al. [15]		28.9	สิงคโปร์	อาคาร
Wong and Khoo [19]		28.8	สิงคโปร์	อาคาร
Karyono [13]	26.4	26.7	อินโดนีเซีย	อาคาร
Feriadi and Wong [22]	29.1	29.2	อินโดนีเซีย	อาคาร
Khedari et al. [14]	29.5		ไทย	อาคาร
Tun [24]		27.0	ไทย	อาคาร
มานิตย์ ศรีประเสริฐ และคณะ [26]	28.1	28.3	ไทย	อาคาร
พงศ์ตะวัน นันทศิริ และ สักการ ราชสุทธิ [32]	28.9 - 29.0		ไทย	อาคาร
Memon et al. [27]		29.3	ปากีสถาน	อาคาร
Nguyen et al. [28]		29.8	เอเชียตะวันออกเฉียงใต้	อาคาร
de Dear et al. [33]		25.1	ออสเตรเลีย	อาคาร
Zhao et al. [52]	30.0		จีน	อาคาร
Wijewardane and Jayasinghe [36]		31.0	ศรีลังกา	โรงงาน
Kosala et al. [37]		30.0	ศรีลังกา	โรงงาน
พรเจตน์ ลุ่มยิ้ม และ วัชรพงษ์ ทองหล้า [38]	25.1	24.7	ไทย	โรงงาน
งานวิจัยนี้	27.25	26.81	ไทย	โรงงาน

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

จากการประเมินภาวะสบายของคนในโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอด้วยวิธีการสำรวจกลุ่มตัวอย่างในจังหวัดสมุทรสาครจำนวน 3 โรงงาน รวมทั้งหมด 368 คน จากจำนวนประชากรทั้งหมด 488 คน เพื่อให้ได้ระดับความเชื่อมั่น 95% ที่ความคลาดเคลื่อน $\pm 5\%$ ตามหลักทางสถิติ พบว่า อุณหภูมิภาวะสบายในรูปของอุณหภูมิกระเปาะแห้งที่ประเมินตามแนวทาง ASHRAE มีค่าเท่ากับ 26.10°C ต่ำกว่าภาวะสบายตามความเป็นจริงที่ประเมินตามแนวทาง Adaptive comfort ที่มีค่าเท่ากับ 26.99°C จะเห็นได้ว่าภาวะสบายตามแนวทาง ASHRAE มีอุณหภูมิภาวะสบายต่ำกว่าแนวทาง Adaptive comfort ประมาณเกือบ

1°C ซึ่งภาวะสบายตามแนวทาง Adaptive comfort มีความน่าเชื่อถือมากกว่า เนื่องจากการเก็บค่าจากความรู้สึกจริงของกลุ่มตัวอย่างในขณะนั้น นอกจากนั้นแล้วยังพบอีกว่าอุณหภูมิภาวะสบายในรูปแบบของอุณหภูมิกระเปาะแห้งและอุณหภูมิโอเปอเรทีฟไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัดเท่ากับ $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$

เมื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่ออุณหภูมิภาวะสบาย อันได้แก่ เพศ อายุ การอยู่ในพื้นที่ปรับอากาศหรือไม่ปรับอากาศ และดัชนีมวลกาย พบว่า ปัจจัยเพศ อายุ และการอยู่ในพื้นที่ปรับอากาศ

หรือไม่ปรับอากาศ เป็นปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิภาวะสบาย โดยเพศหญิงมีอุณหภูมิภาวะสบายที่สูงกว่าเพศชายอยู่ประมาณ 0.72°C คนที่อยู่ในช่วงวัยรุ่นกับวัยกลางคน และวัยผู้ใหญ่กับวัยกลางคน มีอุณหภูมิภาวะสบายต่างกันประมาณ 0.51°C และ 0.9°C ตามลำดับ โดยที่วัยกลางคนมีอุณหภูมิภาวะสบายต่ำกว่าช่วงวัยอื่น และผู้ที่อยู่ในพื้นที่ที่ไม่ปรับอากาศมีอุณหภูมิภาวะสบายสูงกว่าผู้ที่อยู่ในพื้นที่ปรับอากาศอยู่ประมาณ 0.61°C ส่วนปัจจัยดัชนีมวลกายเป็นปัจจัยที่ไม่มีผลต่ออุณหภูมิภาวะสบาย

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) จากผลการวิเคราะห์ปัจจัยอายุพบว่ากลุ่มคนวัยรุ่นกับวัยผู้ใหญ่มีอุณหภูมิภาวะสบายที่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้น ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาวัยในครั้งต่อไป คือ ให้แบ่งช่วงอายุในการสำรวจออกเป็น 2 ช่วง ได้แก่ อายุมากกว่า 40 ปี และน้อยกว่า 40 ปี ก็น่าจะเพียงพอ

2) สำหรับการสำรวจตรวจวัดค่าต่างๆ นั้นควรทำทุกช่วงฤดู ได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว เพื่อนำมาเปรียบเทียบกัน จะทำให้ได้ข้อมูลครบถ้วนตลอดทั้งปี

3) ควรเลือกกลุ่มตัวอย่างของประเภทโรงงานอุตสาหกรรมที่มีความหลากหลาย และทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย เพื่อให้ได้ค่าอุณหภูมิภาวะสบายของคนในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

4) โรงงานควรเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่เหมาะสมเพื่อที่จะทำให้เกิดประโยชน์ในการใช้งานได้สูงสุด ในที่นี้อาจใช้เป็นระบบปรับความเย็นเฉพาะจุด [53] ซึ่งจะให้ความเย็นคล้ายระบบปรับอากาศทั่วไปแต่จะเป็นการให้ความเย็นเฉพาะจุดที่มีพนักงานทำงานอยู่

เท่านั้น เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายของโรงงาน เมื่อพนักงานอยู่ในภาวะสบายก็จะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานและผลผลิตของงานเพิ่มสูงขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), 2554. "โครงการศูนย์แสดงเทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงาน".
- [2] G. Kats, L. Alevantis, A. Berman, E. Mills, and J. Perlman, 2003. "The costs and financial benefits of green buildings," A Report to California's Sustainable Building Task Force, USA.
- [3] ASHRAE, 2005. ASHRAE Handbook - Fundamentals.
- [4] H. Ohashi, H. Tsutsumi, S. Tanabe, K. Kimura, H. Murakami, and K. Kiyohara, 2007. "Subjective thermal comfort in the environment with spot cooling system," in Clima 2007 Well-Being Indoor Congress, Helsinki, Finland.
- [5] N. Azer, 1982. "Design guidelines for spot cooling systems: Part 1: Assessing the acceptability of the environment," ASHRAE Transaction, vol. 88.
- [6] S. Atthajariyakul, 2012. "Thermal comfort for air-conditioning in Thailand," KUU Engineering Journal, vol. 34, pp. 141-150.
- [7] R. J. De Dear and G. S. Brager, 2002. "Thermal comfort in naturally ventilated buildings: Revisions to ASHRAE Standard 55," Energy and Buildings, vol. 34, pp. 549-561.

- [8] P. O. Fanger, 1970. "Thermal comfort: Analysis and applications in environmental engineering".
- [9] J. Busch, 1992. "Thermal responses to the Thai office environment," ASHRAE Transactions, vol. 96.
- [10] S. Sekhar, 1995. "Higher space temperatures and better thermal comfort - A tropical analysis," Energy and Buildings, vol. 23, pp. 63-70.
- [11] F. Nicol and S. Roaf, 1996. "Pioneering new indoor temperature standards: the Pakistan project," Energy and Buildings, vol. 23, pp. 169-174.
- [12] A. G. Kwok, J. Reardon, and K. Brown, 1998. "Thermal comfort in tropical classrooms/ Discussion," ASHRAE Transactions, vol. 104, p. 1031.
- [13] T. H. Karyono, 2000. "Report on thermal comfort and building energy studies in Jakarta - Indonesia," Building and Environment, vol. 35, pp. 77-90.
- [14] J. Khedari, N. Yamtraipat, N. Pratintong, and J. Hirunlabh, 2000. "Thailand ventilation comfort chart," Energy and Buildings, vol. 32, pp. 245-249.
- [15] N. Wong, H. Feriadi, P. Lim, K. Tham, C. Sekhar, and K. Cheong, 2002. "Thermal comfort evaluation of naturally ventilated public housing in Singapore," Building and Environment, vol. 37, pp. 1267-1277.
- [16] J. F. Nicol and M. A. Humphreys, 2002. "Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings," Energy and Buildings, vol. 34, pp. 563-572.
- [17] J. Nakano, S. Tanabe, and K. Kimura, 2002. "Differences in perception of indoor environment between Japanese and non-Japanese workers," Energy and Buildings, vol. 34, pp. 615-621.
- [18] K. W. H. Mui and W. T. D. Chan, 2003. "Adaptive comfort temperature model of air-conditioned building in Hong Kong," Building and Environment, vol. 38, pp. 837-852.
- [19] N. H. Wong and S. S. Khoo, 2003. "Thermal comfort in classrooms in the tropics," Energy and Buildings, vol. 35, pp. 337-351.
- [20] นุภาพ แยมไตรพัฒน์, โจเซฟ เคตารี และ จงจิตร หิรัญลาภ, 2547. "อิทธิพลของปัจจัยทางกายภาพที่มีต่อความรู้สึกทางความร้อนของคนไทยในสภาพแวดล้อมแบบสำนักงาน (Effect of Physical Factors on Thermal Sensation of Thai People in Office Environment)".
- [21] S. Chirarattananon, P. Rakwamsuk, V. D. Hien, J. Taweekun, and V. Mettanant, 2004. "Development of a building energy code for new buildings in Thailand," in Proceedings of the Joint International Conference on Sustainable Energy and Environment (SEE), Thailand.

- [22] H. Feriadi and N. H. Wong, 2004. "Thermal comfort for naturally ventilated houses in Indonesia," *Energy and Buildings*, vol. 36, pp. 614-626.
- [23] C. Bouden and N. Ghrab, 2005. "An adaptive thermal comfort model for the Tunisian context: A field study results," *Energy and Buildings*, vol. 37, pp. 952-963.
- [24] N. N. N. M. Tun, 2005. "Field assessment of thermal comfort in common spaces in Asian Institute of Technology".
- [25] S. P. Corgnati, M. Filippi, and S. Viazzo, 2007. "Perception of the thermal environment in high school and university classrooms: Subjective preferences and thermal comfort," *Building and Environment*, vol. 42, pp. 951-959.
- [26] มานิตย์ ศรีประเสริฐ, วิชชุทิพย์ สบายสุข และ ศิริลักษณ์ ใจอุ่น, 2550. "การประเมินความรู้สึกรับสบายของคนในมหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์".
- [27] R. A. Memon, S. Chirattananon, and P. Vangtook, 2008. "Thermal comfort assessment and application of radiant cooling: A case study," *Building and Environment*, vol. 43, pp. 1185-1196.
- [28] A. T. Nguyen, M. K. Singh, and S. Reiter, 2012. "An adaptive thermal comfort model for hot humid South-East Asia," *Building and Environment*, vol. 56, pp. 291-300.
- [29] สุภาร์ตน์ รัตนวิจิตร, 2555. "ความไม่สบายเชิงอุณหภูมิของผู้โดยสารในอาคารสนามบิน".
- [30] M. K. Nematchoua, R. T. Chinda, and J. A. Orosa, 2014. "Adaptation and comparative study of thermal comfort in naturally ventilated classrooms and buildings in the wet tropical zones," *Energy and Buildings*, vol. 85, pp. 321-328.
- [31] M. C. Katafygiotou and D. K. Serghides, 2014. "Thermal comfort of a typical secondary school building in Cyprus," *Sustainable Cities and Society*, vol. 13, pp. 303-312.
- [32] พงศ์ตะวัน นันทศิริ และ ลักการ ราชสีสุทธิ, 2558. "การศึกษาสภาวะสบายของผู้มีรายได้น้อย: กรณีศึกษาโครงการบ้านมั่นคงชุมชนโนนหนองวัด 2," *วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, vol. 14, pp. 127-141.
- [33] R. de Dear, J. Kim, C. Candido, and M. Deuble, 2015. "Adaptive thermal comfort in Australian school classrooms," *Building Research & Information*, vol. 43, pp. 383-398.
- [34] Y. Liu, J. Jiang, D. Wang, and J. Liu, 2016. "The indoor thermal environment of rural school classrooms in Northwestern China," *Indoor and Built Environment*, p. 1420326X16634826.
- [35] S. Manu, Y. Shukla, R. Rawal, L. E. Thomas, and R. de Dear, 2016. "Field studies of thermal comfort across multiple climate zones for the subcontinent: India Model for Adaptive Comfort (IMAC)," *Building and Environment*, vol. 98, pp. 55-70.

- [36] S. Wijewardane and M. T. R. Jayasinghe, 2008. "Thermal comfort temperature range for factory workers in warm humid tropical climates," *Renewable Energy*, vol. 33, pp. 2057-2063.
- [37] W. V. R. Kosala, P. N. Vilasini, and J. R. Gamage, 2011. "Comfort study of work environment of apparel industry," in *Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 2011 IEEE International Conference, pp. 789-793.
- [38] พรเจตน์ ลุ่มยิ้ม และ วัชรพงษ์ ทองหล้า, 2556. "การสำรวจภาวะสบายของคนในโรงงานอุตสาหกรรม".
- [39] N. D. M. Pinto, A. A. D. P. Xavier, and K. Hatakeyama, 2015. "Thermal Comfort in Industrial Environment: Conditions and Parameters," *Procedia Manufacturing*, vol. 3, pp. 4999-5006.
- [40] สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (สสว.), 2554. "แผนปฏิบัติการส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมรายสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม".
- [41] P. S. Chirarattananon, 2005. *Buildings for Energy Efficiency*, Asian Institute of Technology.
- [42] ASHRAE, 2010. "Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy," ANSI/ASHRAE Standard 55.
- [43] ASHRAE, 2003. "Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy," ANSI/ASHRAE Standard 55.
- [44] กรมอุตุนิยมวิทยา, 2559. "ฤดูกาลของไทย".
- [45] J. Spagnolo and R. De Dear, 2003. "A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical Sydney, Australia," *Building and Environment*, vol. 38, pp. 721-738.
- [46] M. Beshir and J. Ramsey, 1981. "Comparison between male and female subjective estimates of thermal effects and sensations," *Applied Ergonomics*, vol. 12, pp. 29-33.
- [47] สุชา จันทน์เอม, 2542. "พัฒนาการของมนุษย์," *จิตวิทยาพัฒนาการ*, หน้า 50-57.
- [48] ASHRAE, 1989. "Chapter 8: Physiological Principles, Comfort and Health," *ASHRAE Handbook - Fundamentals*.
- [49] I. Marincic, J. Ochoa, M. Alpuche, and G. Gomez-Azpeitia, 2009. "Adaptive Thermal Comfort in Warm Dry Climate".
- [50] S. Blaza and J. Garrow, 1983. "Thermogenic response to temperature, exercise and food stimuli in lean and obese women, studied by 24 h direct calorimetry," *British Journal of Nutrition*, vol. 49, pp. 171-180.
- [51] R. J. De Dear, G. S. Brager, J. Reardon, and F. Nicol, 1998. "Developing an adaptive model of thermal comfort and preference / Discussion," *ASHRAE Transactions*, vol. 104, p. 145.
- [52] L. Zhao, X. Zhou, L. Li, S. He, and R. Chen, 2016. "Study on outdoor thermal comfort on a campus in a subtropical urban area in summer," *Sustainable Cities and Society*, vol. 22, pp. 164-170.
- [53] สาวิตรี ระงับพิช, 2552. "ระบบปรับอากาศ Airtemp Fresh Air," *Engineering Today*.