# บทที่ 5

# การอภิปรายผล

จากการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับตัวแปรที่มีผลต่อความรู้สึกสบายของคนที่อยู่ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น ซึ่งทำกิจกรรมที่เป็นการพักผ่อน ในสถานที่ทั้งปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ พบว่า

## 5.1 อิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีผลต่อความรู้สึกสบาย

อิทธิพลของตัวแปรจากข้อมูลชุดนี้ สามารถเรียงลำดับโดยดูจากค่าความน่าจะเป็น P-Value ในการวิเคราะห์การถดถอย คือ ตัวแปรที่มีค่า P-Value ยิ่งน้อยจะมีผลต่อตัวแปรตามมาก (ในเงื่อนไขที่มีตัวแปรอิสระทุกตัวอยู่ในสมการทำนาย)

เมื่อพิจารณาโดยรวมทั้งตัวอย่างที่อยู่ในสถานที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ เรียงลำดับตัวแปรอิสระตามความสำคัญได้ดังนี้

- อุณหภูมิอากาศ
- ความเร็วลม
- อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ย
- ค่าความต้านทานความร้อนของเครื่องแต่งกาย
- และความชื้นสัมพัทธ์

แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะกลุ่มตัวอย่างที่อยู่ในสถานที่ไม่ปรับอากาศพบว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลมากที่สุดคือ

- ความเร็วลม
- อุณหภูมิอากาศ
- อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ย
- ความชื้นสัมพัทธ์

โดยค่าความต้านทานความร้อนของเครื่องแต่งกายไม่มีผลต่อการทำนาย

ในสถานที่ปรับอากาศตัวแปรที่มีอิทธิพลเรียงลำดับได้ดังนี้

- ค่าความต้านทานความร้อนของเครื่องแต่งกาย
- อุณหภูมิอากาศ
- ความชื้นสัมพัทธ์

โดยความเร็วลมและอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ยไม่มีผลต่อการทำนาย

## 5.2 อิทธิพลของตัวแปรอิสระในสถานที่ไม่ปรับอากาศ

ความเร็วลม

จากการศึกษาอิทธิพลของความเร็วลม โดยพิจารณาจากแผนภูมิไบโอไคลแมติก ทำให้ทราบได้ว่า การที่ความเร็วลมมีอิทธิพลสูงต่อความรู้สึกสบายในสถานที่ไม่ปรับอากาศ เนื่องจาก

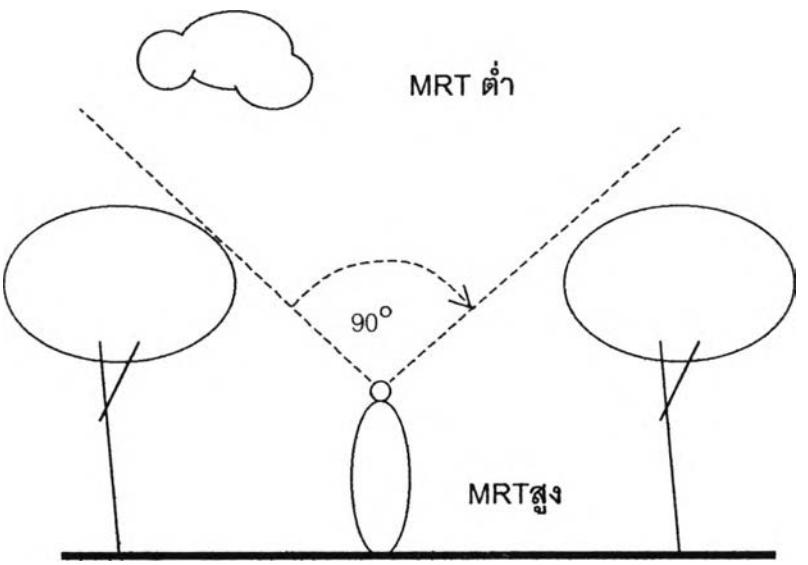
- สภาพภูมิอากาศที่มีอุณหภูมิสูงและความชื้นสัมพัทธ์สูงนั้น การทำให้เหงื่อที่ผิวกายระเหยเพื่อเป็นการระบายความร้อนออกจากร่างกายเป็นไปได้ยาก เพราะไอน้ำที่มีอยู่มากในบรรยากาศจะทำให้อัตราการระเหยเป็นไปอย่างช้าๆ ดังนั้นเมื่อต้องการเพิ่มอัตราเร่งการระเหยของเหงื่อจึงจำเป็นต้องใช้การเคลื่อนที่ของอากาศช่วย เมื่อมีลมพัดผ่านคนจึงรู้สึกสบาย
- การเคลื่อนที่ของอากาศที่มีในสถานที่จริงนั้นมักเป็นการเคลื่อนที่แบบไม่สม่ำเสมอ ซึ่งมีผลทำให้คนรู้สึกเย็นสบายได้มากกว่าลมที่เคลื่อนที่แบบสม่ำเสมอ
- เมื่อบรรยากาศมีความดันไอน้ำอยู่สูง เราจะรู้สึกว่าสภาพภูมิอากาศในเวลานั้นไม่สบาย การเคลื่อนที่ของอากาศช่วยให้ความรู้สึกอึดอัดเนื่องจากการมีความดันไอน้ำในบรรยากาศสูงคลายลงได้

อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อน

อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเกิดขึ้นเนื่องจาก พื้นผิววัสดุได้รับความร้อนเข้าไปสะสมอยู่ ทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยวัสดุนั้นจะแผ่รังสีออกไปรอบๆตัว เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับวัตถุอื่นและมวลอากาศ หากอุณหภูมินั้นต่างจากอุณหภูมิผิวกายคนย่อมเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อน ระหว่างผิวกายกับวัสดุนั้นๆ ไม่ว่าอุณหภูมิด้านใดจะสูงกว่าก็ตาม หากผิวกายคนมีอุณหภูมิสูงกว่าวัสดุก็จะสูญเสียความร้อนให้แก่วัสดุนั้น เราจึงรู้สึกเย็นขึ้นได้ แต่หากผิวกายคนมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิผิววัสดุโดยรอบ ร่างกายมนุษย์จะแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการรับรังสีความร้อนจากวัตถุเข้ามา เราจึงรู้สึกร้อนขึ้น อิทธิพลของอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนที่มีต่อความรู้สึกร้อนหนาวสำหรับข้อมูลชุดนี้ มีข้อสังเกตดังนี้

- เนื่องจากเป็นการหาข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างซึ่งอยู่ในสภาพแวดล้อมนั้นจริง บริเวณที่มีการแผ่รังสีความร้อนสูงจึงไม่ถูกเลือกเป็นที่ทำกิจกรรมมากนัก ทำให้โดยเฉลี่ย ข้อมูลมีช่วงของอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ย สูงหรือต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศประมาณ 0.2-0.5 $^{o}$C
- การเก็บข้อมูลของคนที่สถานที่เก็บข้อมูลที่ไม่ปรับอากาศนั้น ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ร่มเงา ภายนอกอาคาร ไม่มีหลังคาคลุม ซึ่งร่างกายคนจะแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนกับสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่างไป ได้แก่ พื้นผิว วัสดุทึบแสงบริเวณใกล้เคียง เช่น หิน และส่วนที่สำคัญคือ การแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนกับท้องฟ้า ซึ่งท้องฟ้านั้นมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งประมาณ 50-60 $^{o}$C ดังนั้นคนเราที่มีอุณหภูมิผิวกายประมาณ 32 $^{o}$C จึงสามารถถ่ายเทความร้อนให้แก่ท้องฟ้าได้มากตลอดเวลาไม่ว่าจะเป็นกลางวันหรือกลางคืน แต่หากเราอยู่ใต้ร่มเงาของวัตถุใดๆ ก็ตาม วัตถุนั้นย่อมไม่สามารถมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของท้องฟ้าได้ และยังอาจมีอุณหภูมิมากกว่าหรือเท่ากับอุณหภูมิผิวกายคนเสียอีก ประโยชน์ของหลังคาจึง

เป็นเพียงการบังรังสีตวงอาทิตย์ที่ส่องมาโดยตรงเท่านั้น ดังนั้นคนที่อยู่ในร่มเงา ที่โล่งแจ้ง จึงรู้สึกสบายได้ในอุณหภูมิสูงกว่าคนที่อยู่ภายใต้หลังคาใดๆ เมื่อมีอุณหภูมิอากาศ ความชื้น สัมพัทธ์และความเร็วลมเท่ากัน แต่มีข้อแม้ว่า การแลกเปลี่ยนความร้อนกับดวงอาทิตย์นั้น จะต้องมีมุมsolid angle ที่กว้างพอสมควรจึงจะได้ผล เนื่องจากสภาพแวดล้อมที่อยู่ใกล้ตัวคน คือ พื้น ผนัง หรือเพดานก็ตาม ในเวลากลางวันมักจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิผิวกายคนเสมอ ดังนั้นการแลกเปลี่ยนความร้อนที่ทำให้รู้สึกเย็น จึงควรจะมีการแลกเปลี่ยนกับท้องฟ้ามากกว่า ซึ่งหนทางในการแลกเปลี่ยนให้ได้มากที่สุดสำหรับคนก็คือ การเปิดเผยร่างกายให้มีมุมที่เห็นท้องฟ้าได้อย่างน้อย 90° เพื่อความสมดุลย์กับอุณหภูมิของวัสดุอื่น เช่น ผิวดิน ผิวถนนคอนกรีต ฯลฯ




<u>ค่าความต้านทานความร้อนของเสื้อผ้า</u>

การที่ตัวแปรค่าความต้านทานความร้อนของเสื้อผ้าไม่มีผลต่อความสบาย เนื่องจาก

- การเก็บข้อมูลในสถานที่จริง ทำให้กลุ่มตัวอย่างเลือกแต่งกายตามความคาดหมายในสภาพอากาศ คือ เมื่ออากาศร้อนก็จะแต่งกายด้วยเสื้อผ้าที่มีค่าความต้านทานความร้อนต่ำ เมื่ออุณหภูมิสูงก็เลือกสวมเสื้อผ้าที่ค่าความต้านทานความร้อนสูง
- อีกส่วนหนึ่งการเก็บข้อมูลจะเป็นคนที่นั่งเก้าอี้สนามหรือเก้าอี้ไม่มีพนักเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นค่าความต้านทานความร้อนที่จะเพิ่มขึ้นเนื่องจากเก้าอี้จึงไม่มี

## 5.3 อิทธิพลของตัวแปรอิสระในสถานที่ปรับอากาศ

ข้อมูลที่ได้จากสถานที่ปรับอากาศ ส่วนใหญ่ได้จากอาคารสำนักงาน ซึ่งมีการควบคุมปริมาณและความเร็วลม เพื่อความสะดวกสบายในการทำงาน ทำให้มีช่วงของข้อมูลความเร็วลมน้อยมาก หรือเรียกได้ว่าไม่มีเลย เหตุผลนี้ทำให้ความเร็วลมไม่มีผลต่อการทำนาย ทั้งที่ตามความจริงแล้วความเร็วลมน่าจะเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่ง เนื่องจากในลมที่ออกมาจากเครื่องปรับอากาศ จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิผิวกาย หากลมพัดเข้าปะทะร่างกายน่าจะรู้สึกเย็นขึ้น

<u>ค่าความต้านทานความร้อนของเครื่องแต่งกาย</u>

- เนื่องจาก การเก็บข้อมูลจากสถานที่ทำงานจริง กลุ่มตัวอย่างแต่งกายชุดทำงาน คือ เสื้อเชิ้ตแขนยาว กางเกงขายาวหรือกระโปรง ถุงน่องหรือถุงเท้า และรองเท้าหุ้นส้น เป็นเครื่องแต่งกายที่นิยมกัน เนื่องจากเห็นว่าเป็นชุดที่สุภาพเป็นสากล แต่มีค่าความต้านทานความร้อนค่อนข้างสูง คือ ประมาณ 0.5-0.6 clo
- เก้าอี้ที่นั่งในขณะตอบคำถามก็มักเป็นเก้าอี้สำนักงานที่มีพนัก บุด้วยผ้าหรือหนังซึ่งไม่สามารถส่งผ่านความร้อนได้ดี ทำให้คนรู้สึกร้อนเพิ่มขึ้นจากค่าความต้านทานความร้อนจากเสื้อผ้าได้ถึง 0.5 clo

<u>อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อน</u>

- อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนไม่มีผลต่อความสบายเนื่องจากในพื้นที่ปรับอากาศ เพราะความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศกับอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนที่ไม่แตกต่างกันมากสำหรับพื้นผิวอาคารโดยทั่วไป ยกเว้นแต่จะอยู่บริเวณที่เป็นบริเวณขอบนอกอาคารหรือส่วนที่เป็นช่องเปิดสู่ภายนอก อาจได้รับแสงแดดจากภายนอก แต่ก็เป็นส่วนน้อย

<u>ความชื้นสัมพัทธ์</u>

- ความชื้นสัมพัทธ์มีผลต่อความรู้สึกสบาย เนื่องจากในพื้นที่ปรับอากาศจะมีการเคลื่อนที่ของอากาศเป็นอัตราน้อย (ไม่เกิน 0.05 กม./ชม.) จึงทำให้เมื่อมีค่าความดันไอในบรรยากาศมาก คนจะรู้สึกอึดอัด และเมื่อพบกับอุณหภูมิสูง ในขณะที่ความชื้นสูง ร่างกายก็ไม่สามารถระเหยเหงื่อบนผิวกายช่วยให้รู้สึกเย็นขึ้นได้

## 5.4 การทำนายอุณหภูมิสบายจากสมการพยากรณ์ที่ได้

5.4.1 อุณหภูมิสบาย เปรียบเทียบระหว่างคนที่อยู่ในสภาพปรับอากาศและไม่ได้ปรับอากาศ มีค่าแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพอากาศที่ ความเร็วลมสงบ (0-0.05 กม./ชม.) ความชื้นสัมพัทธ์ 50 % และอุณหภูมิอากาศเท่ากับอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ย พบว่า คนที่อยู่ในพื้นที่ไม่ปรับอากาศรู้สึกสบายที่อุณหภูมิ 28.06°C และคนที่อยู่ในพื้นที่ปรับอากาศสามารถยอมรับรู้สึกสบายที่อุณหภูมิ 24.7°C โดยอุณหภูมิอากาศที่ทำให้รู้สึกสบาย อาจต่ำกว่านี้ได้ถ้าอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ หรือความเร็วลมเพิ่มขึ้น หรือความชื้นสัมพัทธ์ลดลง

เมื่อเปรียบเทียบแล้วพบว่า มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิที่ได้จากการวิจัยในอดีต ซึ่งทำในเขตภูมิอากาศอบอุ่น (Temperate Zone) โดยมาตรฐานอุณหภูมิสบายของเยอรมัน[1] คือ 21.1°C เมื่อมีความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ หรือจากกากรวิจัยที่ประเทศอังกฤษ[2] พบว่าอุณหภูมิสบายเมื่อมีลมน้อย (ไม่เกิน 50 fpm) .ในฤดูร้อนคือ 18.9 °C จะเห็นว่าเมื่ออยู่ในเงื่อนไขเดียวกัน คือ มีความเร็วลมต่ำและมีความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ คนไทยจะรู้สึกสบายที่อุณหภูมิ 28.26 °C วิเคราะห์ได้ว่าอุณหภูมิสบายของคนที่อยู่ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น และอยู่ในกิจกรรมพักผ่อนในสถานที่จริง จะสูงกว่าอุณหภูมิสบายของคนที่อยู่ในเขตภูมิอากาศอบอุ่น เนื่องจากความคุ้นเคยกับสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูงเกือบตลอดทั้งปี การได้อยู่ในสถานที่ที่มีความคุ้นเคย และการทำกิจกรรมที่ไม่เคร่งเครียดก็ทำให้สามารถยอมรับอุณหภูมิสูงได้เช่นกัน

แต่ในขณะเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบกับการวิจัยภาวะน่าสบาย ซึ่งทำในกรุงเทพมหานครเช่นเดียวกัน[3] พบว่า มีค่าของอุณหภูมิสบายที่ได้จากการวิจัยทั้งในที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศไม่แตกต่างกันมากนัก

5.4.2 เมื่อความเร็วลมเท่ากับ 1 กม./ชม. และความชื้นสัมพัทธ์ 50%

อุณหภูมิสบายที่ได้จากการทำนาย คือ 30.91 °C ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิสบายเมื่อลมสงบ (0-0.05 กม./ชม.) ประมาณ 3 °C หรือสรุปได้ว่า เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น 1 กม./ชม. คนจะรู้สึกว่า

---

[1] Koppen-Geiger. Handbook der Klimatologie. Volume 1. อ้างถึงใน Victor Olgyay. Design with Climate : Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism. (New York : Van Nostrand Reinhold, 1992.) p.17.

[2] T. Bedford, Environmental Warmth and Human Comfort. อ้างถึงใน Victor Olgyay, Ibid. p.17.

[3] J.F. Busch, From Comfort to Kilowatts : An Integrated Assesment of Electricity Conservation in Thailand Commercilal Sector. California : Doctorail Dissertation Energy analysis program ,Lawrence Berkeley Laboratory , University of California, p.26.

อุณหภูมิลดลง 3°C ทั้งนี้เมื่อพิจารณาการวิจัยในอดีต[4]ซึ่งพบว่า เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น 1 กม./ชม. คนจะรู้สึกเสมือนอุณหภูมิต่ำลง 0.4 °C เปรียบเทียบแล้วมีความแตกต่างกันอย่างมาก อาจมีผลจากการเก็บข้อมูลส่วนใหญ่กลุ่มตัวอย่างไม่เคยชินกับการมีลมแรงพัดผ่านผิวกายมากนัก จึงทำให้ความรู้สึกร้อนหนาวมีผลเกี่ยวเนื่องจากความเร็วลมค่อนข้างมาก อิทธิพลของลมที่เกิดขึ้นอย่างไม่สม่ำเสมอมักจะทำให้คนรู้สึกเย็นลงได้มากกว่าลมที่พัดอย่างสม่ำเสมอ การที่ในบรรยากาศมีความดันไอสูงทำให้คนรู้สึกอึดอัดไม่สบาย ลมแม้เพียงเล็กน้อยที่ช่วยพัดให้ความดันไอลดลง ก็ทำให้คนรู้สึกสบายได้มากขึ้น และอีกส่วนหนึ่งอาจเป็นที่สถานที่เก็บข้อมูลเป็นที่ซึ่งมี Microclimate ดี คือ มีต้นไม้เยอะ อุณหภูมิสภาพแวดล้อมจึงต่ำ เมื่อลมพัดผ่านบริเวณนั้น จึงพาเอาความเย็นมาด้วย มีส่วนช่วยให้กลุ่มตัวอย่างรู้สึกเย็นขึ้นได้มาก

5.4.3 ช่วงของอุณหภูมิที่คนในสถานที่ปรับอากาศรู้สึกยอมรับได้ (ตั้งแต่ร้อนเล็กน้อย- เย็นเล็กน้อย หรือ โหวตตั้งแต่ -1 ถึง 1) คือ ช่วงอุณหภูมิอากาศที่ 23.62°-32.24 °C หรือช่วงอุณหภูมิที่ยอมรับได้ 8.6° C โดยที่อุณหภูมิอากาศเท่ากับอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ย ความเร็วลมเป็นศูนย์ และความชื้นสัมพัทธ์ 50%

5.4.4 เมื่อพิจารณาจากสมการทำนายระดับความสบายแล้วพบว่า ความรู้สึกร้อนจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น แต่เมื่อมีความเร็วลมในบริเวณนั้นเพิ่มขึ้น ระดับความสบายจะเป็นไปในทางตรงข้าม นั่นคือ จะรู้สึกเย็นมากขึ้น

และเมื่อความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น เราก็จะรู้สึกว่าต้องการอุณหภูมิสบายที่ต่ำกว่าเมื่ออากาศมีความชื้นสัมพัทธ์น้อย

---

[4] ศุนทร บุญญาธิการ, การออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า , (กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542) หน้า 35.