บทที่ 2

ทฤษฎีและแนวความคิดที่เกี่ยวข้องกับภาวะน่าสบาย

ชีวิตประจำวันของมนุษย์มักดำเนินไปเป็นวงจร เมื่อตื่นขึ้นเราทำกิจกรรมที่ก่อให้เกิดความเหนื่อยล้า จนกระทั่งถึงขีดสุดของข้อจำกัดทางพลังกาย ก็จะต้องมีการพักผ่อน เช่น การทำกิจกรรมนันทนาการ หรือการนอนหลับ เพื่อฟื้นฟูกำลังกายให้กลับมาอีกครั้งหนึ่ง นอกจากปัจจัยทางกายภาพนี้แล้ว สภาวะอากาศที่เลวร้ายยังสามารถเพิ่มความเครียดให้แก่ร่างกาย กระทบต่อประสิทธิภาพในการดำรงชีวิต และบางครั้งยังนำไปสู่ความป่วยไข้อีกด้วย

วัตถุประสงค์ของสถาปนิกผู้ออกแบบอาคารนั้น ก็เพื่อสร้างสรรค์สภาพอากาศภายในอาคารให้ดีที่สุด และผู้ใช้อาคารจะตัดสินคุณภาพของการออกแบบ จากความรู้สึกทางกายเท่ากับความรู้สึกต่อจิตใจ สิ่งเหล่านี้ท้าทายให้ผู้ออกแบบต้องพยายามหาจุดที่เหมาะสม สำหรับความรู้สึกสบายทั้งหมด คือ ทั้งทางกายภาพที่เกิดขึ้นจากอาคารโดยตรง และผลของความสุนทรีย์ของอาคารต่อสภาพจิตใจ

จากการศึกษาพบว่า ตัวแปรหรือปัจจัยที่ก่อให้เกิดความรู้สึกสบายของมนุษย์ ในสภาวะที่ร่างกายปกติ มีอยู่ถึง 6 ตัวแปร ได้แก่

1. อุณหภูมิอากาศ
2. ความดันไอน้ำในบรรยากาศหรือความชื้นสัมพัทธ์
3. อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อน
4. ความเร็วลม
5. เสื้อผ้าที่สวมใส่
6. อัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย[1]

โดย 4 ตัวแปรแรกนั้นจะเกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมทางกายภาพและสถาปัตยกรรม และตัวแปรหลัง 2 ตัวแปร เป็นสิ่งที่มีผลโดยตรงจากมนุษย์

The American Society of Heating Refrigerating and Air - Conditioning Engineers (ASHRAE) ได้ให้คำนิยามในมาตรฐาน ASHRAE ข้อ 55 – 74 ดังนี้ **สภาวะสบายทางอุณหภูมิ (Thermal Comfort) คือ " สภาวะทางจิตใจที่แสดงออกซึ่งความพึงพอใจในสภาพแวดล้อมทางอุณหภูมิ "** (The conditions of mind that expresses satisfaction with the thermal environment) ทั้งนี้ผู้ทดสอบจะต้องไม่เกิด *ความเครียดทางความร้อน (heat stress) หรือความเค้นทางอุณหภูมิ (thermal strain)* นั่นหมายความว่า สภาพร่างกายและจิตใจของผู้

---

[1] P.O. Fanger, Thermal Comfort : Analysis and Application in Environmental Engineering (New York : McGraw-Hill, 1970), p.15.

ทดสอบเป็นปกติ ซึ่งเนื่องมาจาก ร่างกายและจิตใจไม่มีความรู้สึกไม่สบาย อาทิ ไม่มีเหงื่อที่ผิวหนัง จิตใจไม่กระวนกระวายเนื่องจากความรู้สึกร้อนหนาว หรือไม่ตระหนักถึงสภาพแวดล้อมทางอุณหภูมิใดๆเลย

ความสนใจในการสร้างเงื่อนไขสำหรับสภาวะสบายทางความร้อน เริ่มต้นขึ้นในยุโรปตั้งแต่ 150 ปีที่ผ่านมา จากการเริ่มต้นปฏิรูปสภาพแวดล้อมในงานอุตสาหกรรมและเคหการ เริ่มแรกในอุตสาหกรรมเหมืองแร่เหล็ก และสิ่งทอ ซึ่งอุบัติเหตุและความเจ็บป่วยที่มีผลมาจากความเครียดเนื่องจากความร้อนและความชื้น เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นเป็นปกติ จึงได้มีการศึกษาเพื่อหาขอบเขตการยอมรับอุณหภูมิ[2]

การตอบสนองของมนุษย์ต่อสภาพแวดล้อมทางอุณหภูมิ ไม่ได้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิอากาศเพียงอย่างเดียว แต่เป็นผลรวมของ อุณหภูมิอากาศ ความชื้น อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อน และความเคลื่อนไหวของอากาศ ซึ่งร่วมสร้างผลกระทบทางอุณหภูมิในเวลาเดียวกัน ถึงแม้ว่าบางครั้งเงื่อนไขต่างๆ ไม่เลวร้ายพอที่จะทำให้เกิดความรู้สึกไม่สบายในทันทีทันใด แต่ในระยะยาวความไม่สบายก็อาจเกิดขึ้นได้เนื่องจากการสะสมของความรู้สึก แม้ระบบควบคุมทางกายภาพจะปรับตัวเพื่อทำให้ร่างกายสามารถดำรงอยู่ได้ (อาทิ อัตราการไหลของเหงื่อที่สูงอย่างคงที่ และการขยายตัวของท่อต่างๆอย่างถาวร) แต่อาจทำให้คุณภาพในการดำรงชีวิตลดลง

2.1 เงื่อนไขในการรับรู้สภาวะแวดล้อมทางอุณหภูมิ

เงื่อนไขการรับรู้สภาวะแวดล้อมทางอุณหภูมิ ขึ้นอยู่กับ

เงื่อนไขทางสังคม (Sociological Condition) ขึ้นอยู่กับประเพณี วัฒนธรรม ค่านิยมทางสังคมในการดำรงชีวิตและความประพฤติ รวมทั้งการแสดงออกทางสังคมที่แตกต่างกันไปในแต่ละที่ สิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งที่วัดได้ยากในเชิงปริมาณ และเป็นที่ยอมรับกันว่ามนุษย์สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมในการดำรงชีวิตได้ จึงไม่มีอุณหภูมิใดที่เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับคนทุกคนในทุกพื้นที่ ที่มีสภาพแวดล้อมและสภาพสังคมต่างกันไปได้

เงื่อนไขทางกายภาพ (Physiological Condition) ร่างกายของมนุษย์เปรียบได้กับเครื่องกลทางความร้อน เมื่อมีการบริโภคอาหารเข้าไปในร่างกาย ต้องมีการเผาผลาญอาหารเพื่อเป็นพลังงานในการดำรงชีวิต (body metabolism) เกิดความร้อนที่ร่างกายต้องขับออกมาเพื่อรักษาความสมดุลย์ ความร้อนจะถูกนำออกจากร่างกายโดยการแผ่รังสี การนำความร้อนและการระเหยของความชื้น ทั้งนี้การแลกเปลี่ยนความร้อน โดยการแผ่รังสี (Radiation) จะถ่ายเทระหว่างร่างกายมนุษย์ กับสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าหรือสูงกว่าอุณหภูมิผิวเฉลี่ยของร่างกาย

---

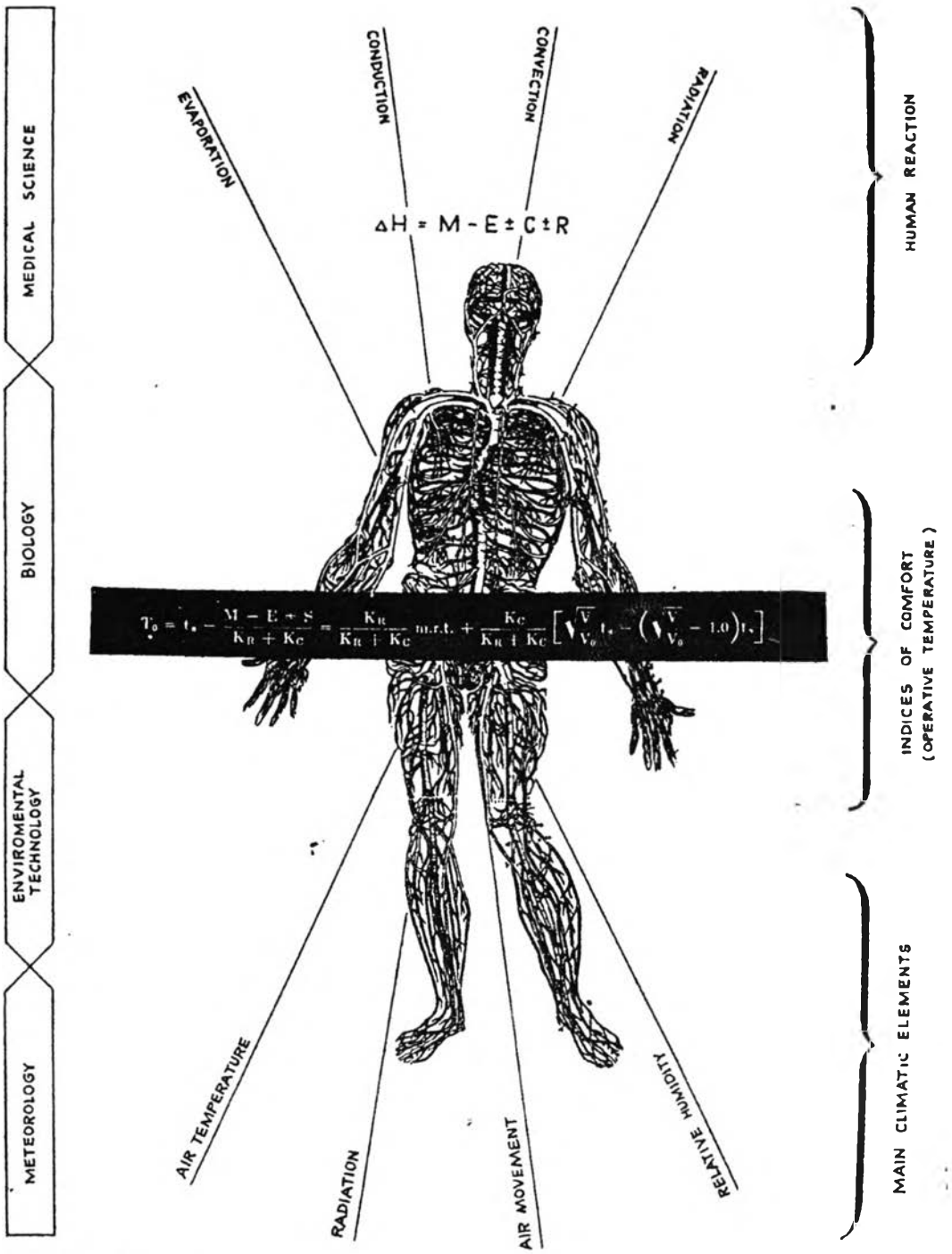
[2] Donald Watson and Kenneth Labs ,Climatic design :Energy efficient building principles and practices (New York :Mcgraw-Hill,1994), p.26.

การแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการพา (Convection) เกิดขึ้นเมื่อมีกระแสลมพัดผ่านผิวกาย และช่วยพาความร้อนที่ร่างกายขับออกไป กระบวนการนี้เกิดขึ้นพร้อมกับการที่ความชื้นบนผิวหนัง (เหงื่อ) ระเหยไป (Evaporative Heat Transfer) ซึ่งเป็นการถ่ายเทความร้อนของร่างกายอีกทางหนึ่ง ซึ่งอัตราในการผลิตความร้อนของร่างกาย ยังขึ้นอยู่กับลักษณะของกิจกรรม (Activity Level) อาหารที่บริโภค ค่าความต้านทานความร้อนของเครื่องแต่งกาย รวมถึงสภาพแวดล้อมทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิอากาศ ความชื้นในอากาศ อีกด้วย

2.2 หลักการของสภาวะน่าสบาย
(Principles Of Thermal Comfort)

ร่างกายมนุษย์เปรียบได้กับระบบเครื่องจักร ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนวัตถุดิบให้เป็นพลังงานกลและพลังงานความร้อน โดยการผลิตพลังงานกลและพลังงานความร้อนในอุณหภูมิต่ำ อาศัยอาหารและออกซิเจนเป็นวัตถุดิบ ในสภาวะร่างกายปกติ เมื่อมีการเผาผลาญอาหารเพื่อผลิตพลังงานในการดำรงชีวิต ซึ่งก่อให้เกิดพลังงานความร้อนขึ้นภายในร่างกาย ระบบของร่างกายจะต้องรักษาอุณหภูมิภายในไว้ที่ $37 \pm 0.5^{\circ}$ c เพื่อมิให้การทำงานของอวัยวะภายใน อาทิ ตับ ม้าม ต้องถูกทำลาย ในความพยายามที่จะรักษาสภาวะสมดุลย์ของร่างกาย ทำให้อัตราการผลิตความร้อนของร่างกายจะต้องเท่ากับอัตราการระบายความร้อนออกไปด้วย แต่การระบายความร้อนออกจากร่างกายนั้นขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมภายนอกที่มีผลต่อความสบาย คือ อุณหภูมิอากาศ ความชื้น ความเร็วลมและอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อน ต้องอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมที่สุดด้วย ทั้งหมดนี้คือ หลักการพื้นฐานในการดำรงชีวิต และเป็นสิ่งสำคัญ (แต่มิใช่ทั้งหมด) สำหรับภาวะความสบาย

จากรูปสมดุลย์พลังงานของร่างกายมนุษย์อาจอธิบายได้ว่า พลังงานความร้อนที่ผลิตโดยร่างกายมนุษย์ (ΔH) จะต้องสมดุลย์กับอัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย (M) อัตราการสูญเสียความร้อนจากการระเหย (E) การสูญเสียความร้อนโดยการพา (C) และการสูญเสียความร้อนโดยการแผ่รังสี (R) โดยมีปัจจัยภายนอกที่มีผลกระทบต่อการเกิดสมดุลย์พลังงาน คือ อุณหภูมิอากาศ การแผ่รังสีความร้อน การเคลื่อนที่ของอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์



รูปที่ 2.1 สมดุลย์ทางพลังงานของร่างกายมนุษย์

ที่มา : Victor Olgyay , Design with Climate : Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism. (New York :Van Nostrand Reinhold,1992), p.15.

2.1.1 ปัจจัยภายในร่างกายมนุษย์ที่มีผลต่อสภาวะน่าสบาย

ความสมดุลย์ทางความร้อนระหว่างร่างกายมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม ต่อหน่วยพื้นที่ผิวกาย สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$S = M - W_k - E_{sk} - E_t - C - R - C_k \quad [Wm^{-2}] \quad \text{----------(1)}$$

โดย S = สมดุลย์พลังงานของร่างกายมนุษย์

M = อัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย

W_k = ลักษณะของกิจกรรมที่ทำ

E_{sk} = การสูญเสียความร้อนโดยการระเหยของเหงื่อจากผิวหนัง

E_t = การสูญเสียความร้อนโดยการหายใจ

C = การสูญเสียความร้อนโดยการนำความร้อนจากผิวกายสู่อากาศ

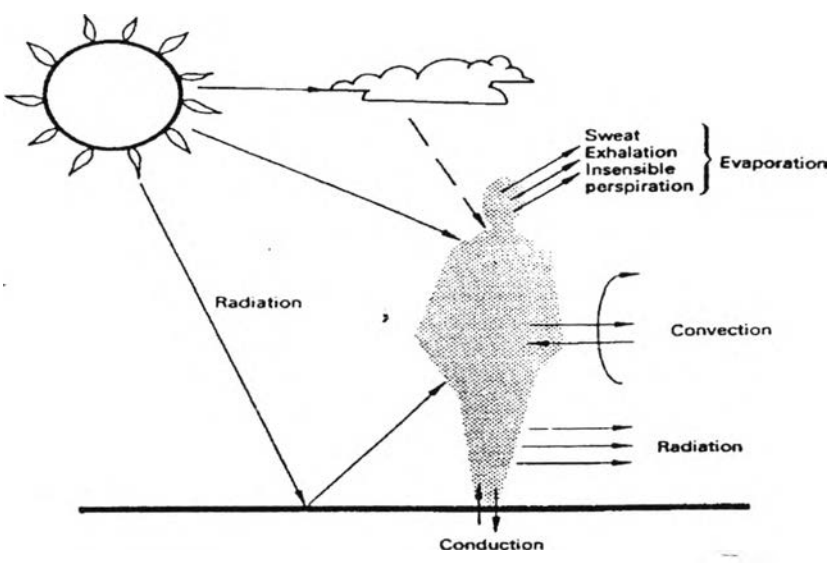
R = การสูญเสียความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนจากผิวกายสู่อากาศ

C_k = การสูญเสียความร้อนโดยการพาความร้อนจากการสัมผัสผิววัตถุร้อน

เงื่อนไขสำหรับสมการ (1) นี้ คือ ใช้สำหรับหนึ่งหน่วยของพื้นที่ผิวกาย ซึ่งมีค่าเทียบเท่าสำหรับทุกคนไม่ว่าจะมีรูปร่างหรือขนาดใดๆ โดยการประมาณพื้นที่ผิวกาย (Dubois Area , A_{DU})

$$A_{DU} = 0.203 * (W_b)^{0.425} * (h_b)^{0.725} \quad [m^2]$$

โดย W_b = น้ำหนักเป็นกิโลกรัม h_b = ความสูงเป็นเมตร



รูปที่ 2.2 การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างร่างกายมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม

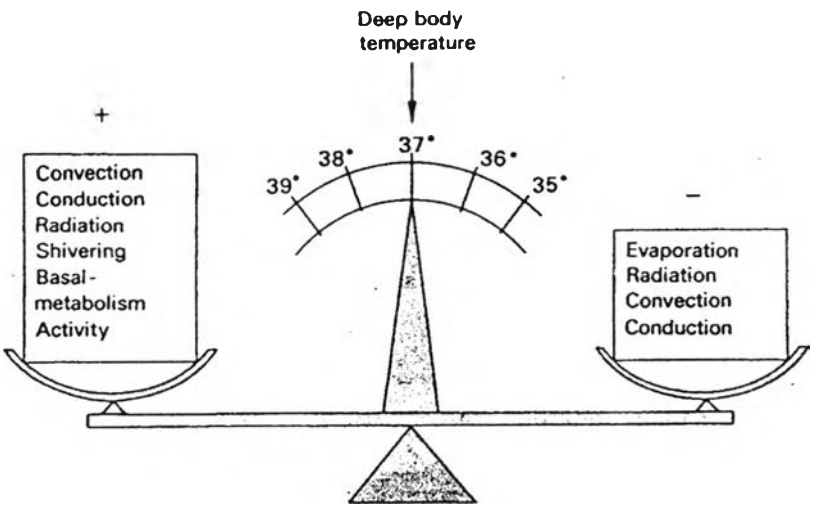
ที่มา : O.H. Koenigsberger,T.G. Ingersol, Alan Meyhew and S.V. Szokolay, Manual of Tropical Housing and Building . Part one : Climatic Design (London : Longman group,1974), p.43.

ก. สมดุลย์พลังงานของร่างกายมนุษย์

(Instantaneous Energy Balance)

ระบบการควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย จะพยายามให้สมดุลย์พลังงานมีค่าคงที่เป็นศูนย์ (S = 0) หรือมีความเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด ถ้า S น้อยกว่า 0 คือ ร่างกายปลดปล่อยพลังงานออกมามากกว่าที่ผลิต และอุณหภูมิภายในร่างกายลดลง สิ่งแรกที่ร่างกายจะเริ่มต้นปฏิบัติการ คือ การเพิ่มกระบวนการหดตัวของท่อต่างๆ นั่นคือ การลดอัตราการไหลเวียนของโลหิต เพื่อเพิ่มค่าความต้านทานความร้อนของผิวหนัง เลือดจะไปเลี้ยงร่างกายส่วนนั้นน้อยลง และทำให้อุณหภูมิผิวกายลดลงไปตามอัตราการสูญเสียความร้อน ในกรณีที่กระบวนการข้างต้นไม่ประสบผลสำเร็จ ร่างกายจะเริ่มปฏิบัติการเพิ่มการผลิตพลังงานเป็นขั้นต่อไป โดยการเพิ่มแรงดึงในกล้ามเนื้อ ซึ่งถ้ายังไม่เพียงพอก็จะปรากฏอาการสั่นขึ้น

อีกด้านหนึ่ง ถ้า S มากกว่า 0 คือ การสูญเสียความร้อนที่ไม่สมดุลย์กับการผลิตความร้อนของร่างกาย สิ่งแรกของปฏิบัติการของร่างกาย คือ การขยายตัวของท่อต่างๆ ทำให้เลือดไหลเวียนมากขึ้น , อุณหภูมิผิวกายสูงขึ้น และเป็นการเพิ่มอัตราการสูญเสียความร้อน ภาพรวมทั้งหมดก็คือการลดความต้านทานความร้อนของผิวหนังนั้นเอง ถ้ากระบวนการนี้ไม่สำเร็จ เหงื่อจะเริ่มออก ซึ่งเหงื่อจะช่วยเพิ่มอัตราการสูญเสียความร้อน จากการระเหยของน้ำด้วย



รูปที่ 2.3 การรักษาสมดุลย์พลังงานของร่างกาย

ที่มา: O. H. Koenigsberger ,T.G. Ingersoll ,Alan Mayhew and S.V. Szokolay , Ibid., p.43.

ข. อัตราการเผาผลาญพลังงาน

(Metabolic Rate)

อัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกายขึ้นอยู่กับลักษณะของกิจกรรมที่กระทำ ซึ่งแต่ละกิจกรรมจะมีค่าไม่เท่ากัน มีหน่วยวัดเป็น met (1 met = 50 kCal $h^{-1} m^{-2}$) เมื่อทำกิจกรรมที่ใช้พลังงานแตกต่างกันจะทำให้เกิดการเผาผลาญพลังงานภายในร่างกายไม่เท่ากัน พลังงานที่ร่างกายใช้ไปนั้นก่อให้เกิดความร้อนภายในร่างกาย และต้องมีการถ่ายเทพลังงานนั้นออกไป เพื่อรักษาอุณหภูมิภายในร่างกายให้เหมาะสม (ประมาณ 37-38 องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 2.1 อัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกายและประสิทธิภาพเชิงกลในการกิจกรรม

ที่มา : P.O. Fanger , Thermal Comfort : Analysis and Application in Environmental Engineering. (New York : McGraw-Hill ,1970) ,p.p. 24 - 26.

กิจกรรม	อัตราการเผาผลาญพลังงาน M / A_{DU} KCal / hr. m^2	ประสิทธิภาพเชิงกล η	ความเร็วลมสัมพัทธ์ขณะอากาศนิ่ง m. / s.
พักผ่อน			
นอนหลับ	35	0	0
เอกเขนก	40	0	0
นั่ง ,เงียบๆ	50	0	0
ยืนสบายๆ	60	0	0
เดิน			
ทางราบ km./hr.			
3.2	100	0	0.9
4.0	120	0	1.1
4.8	130	0	1.3
เดินทางลาด			
% ความลาด km./hr.			
5 1.6	120	0.07	0.6
5 3.2	150	0.10	0.9
15 1.6	145	0.15	0.4
15 3.2	230	0.19	0.9

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

กิจกรรม	อัตราการเผาผลาญพลังงาน M / A_{DU} kCal / hr.m^2	ประสิทธิภาพเชิงกล η	ความเร็วลมสัมพัทธ์ขณะอากาศนิ่ง m./ s.
งานในสำนักงาน			
พิมพ์ดีด (ไฟฟ้า)	45-50	0	0.05
พิมพ์ดีด (ธรรมดา)	55-60	0	0.05
งานสำนักงานทั่วไป	50-60	0	0-0.1
พนักงานขาย	100	0-0.1	0.2-0.5
ครู	80	0	0
ซ่อมนาฬิกา	55	0	0
ขับขี่ยานพาหนะ			
รถยนต์ (การจราจรเบาบาง)	50	0	0
รถยนต์ (การจราจรติดขัด)	100	0	0
รถบรรทุก	160	0-0.1	0.05
บินเวลากลางคืน	60	0	0
งานหนัก			
แบกของหนัก 50 กก.	200	0.2	0.5
เข็นรถเข็น (57 กก.ที่4.5 กม./ชม.)	125	0.2	1.4
งานบ้าน			
ทำอาหาร	80-100	0	0
ยืนล้างจาน	80	0	0-0.2
ซักผ้าด้วยมือและรีดผ้า	100-150	0-0.1	0-0.2
ซื้อของ	80	0	0.2-1
กิจกรรมนันทนาการ			
เต้นรำ	120-220	0	0.2-2
เทนนิส	230	0-0.1	0.5-2
สควอทช์	360	0-0.1	0.5-2
บาสเก็ตบอล	380	0-0.1	1-3
ยิมนาสติก	150-200	0-0.1	0.5-2

ค. การสูญเสียความร้อนโดยการระเหย

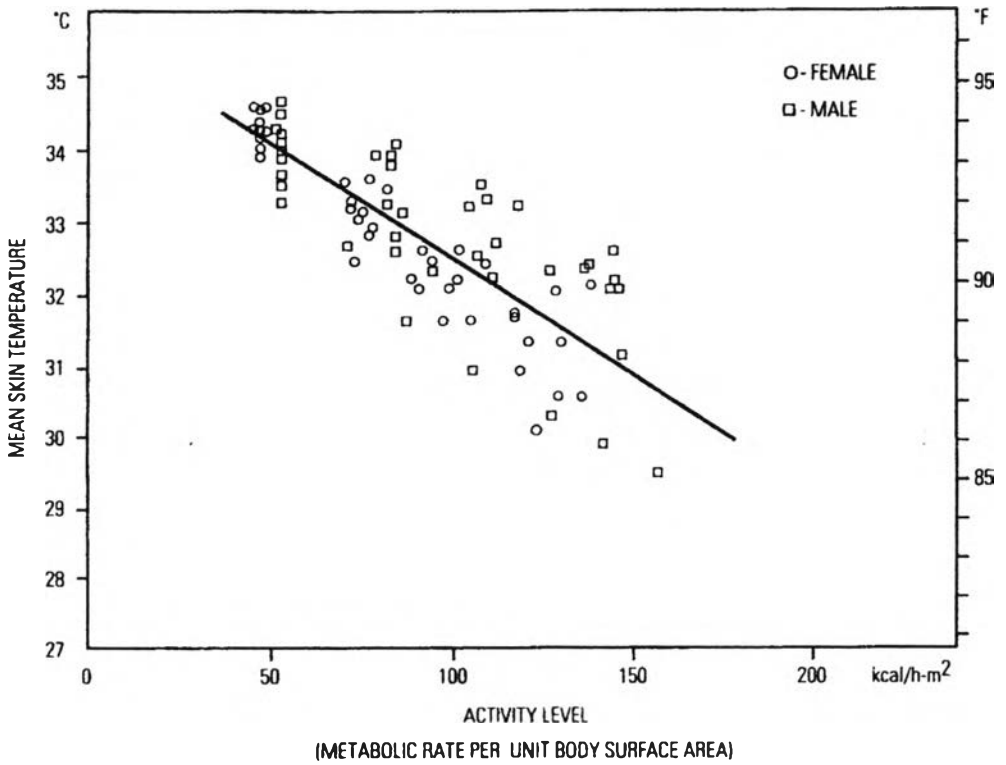
(Evaporative Heat Loss)

การสูญเสียความร้อนโดยการระเหย เป็นไปได้ 2 กระบวนการ กระบวนการแรกเกิดจากการที่น้ำภายในร่างกายกลายเป็นไอ และแพร่ผ่านผิวกายออกมา ซึ่งมิได้ควบคุมโดยระบบการรักษาความร้อนของร่างกาย คือ ไม่ว่าร่างกายจะอยู่ในสภาพใดก็ตาม น้ำที่แพร่ผ่านผิวกายออกมาจะเป็นอัตราเดียวกัน กระบวนการต่อมา คือ การที่เหงื่อออกจากผิวหนัง ซึ่งควบคุมด้วยต่อมเหงื่อ

การสูญเสียความร้อนโดยการระเหยของเหงื่อ ขึ้นอยู่กับ

- ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ
- อุณหภูมิอากาศ
- ความเร็วลมสัมพัทธ์
- อุณหภูมิผิวกาย
- เครื่องแต่งกาย (ทั้งค่าความต้านทานความร้อนและความสามารถในการส่งผ่านไอน้ำของเนื้อผ้า)
- ความเปียกชื้นของผิวกาย (คือ ส่วนของผิวกายที่ปกคลุมไปด้วยเหงื่อที่ไม่ระเหย)

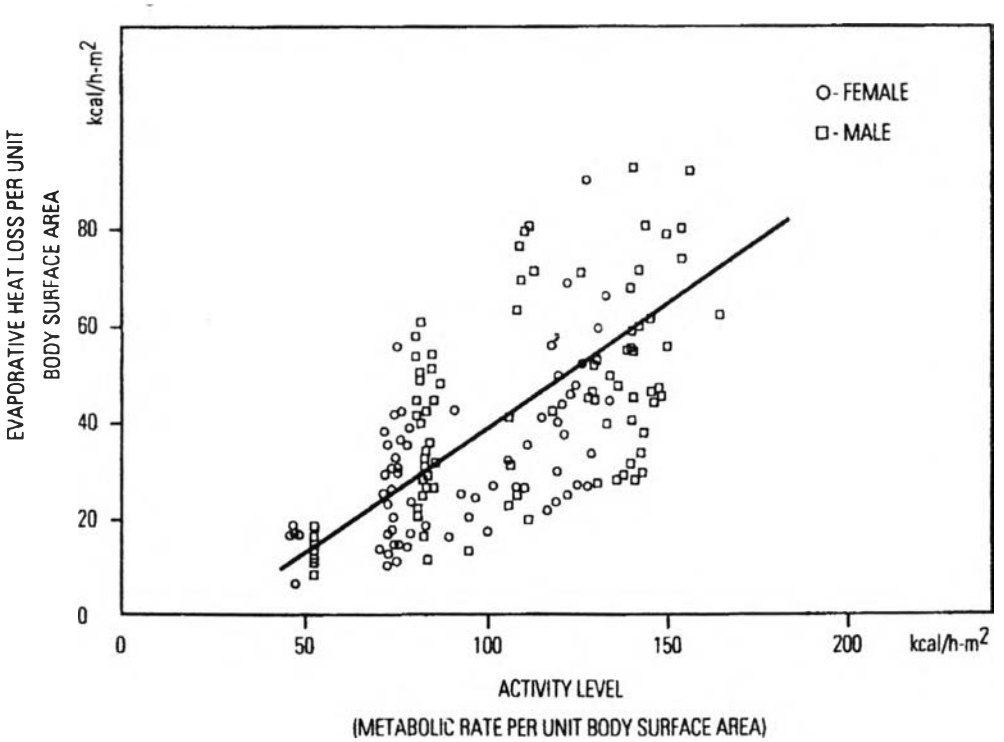
เมื่อควบคุมให้ตัวแปรสภาพแวดล้อมและตัวแปรเครื่องแต่งกายคงที่แล้ว สิ่งที่จะมีผลต่อการสูญเสียความร้อนโดยการระเหย คือ อุณหภูมิผิวกาย ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีค่าเกี่ยวเนื่องกับลักษณะการทำกิจกรรมในขณะนั้น โดยการวิเคราะห์จากรูปที่ 2.4 ซึ่งแสดงอุณหภูมิผิวกายที่เหมาะสมต่อความรู้สึกสบาย ในการทำกิจกรรมต่างๆ แล้ว พบว่า เมื่อทำกิจกรรมซึ่งมีอัตราการเผาผลาญพลังงานมากขึ้น อุณหภูมิภายในร่างกายเพิ่มขึ้น อุณหภูมิผิวกายยิ่งต้องลดลงเพื่อให้ความรู้สึกในขณะนั้นกลับไปอยู่ในเขตสบายอีกครั้ง ดังนั้นอัตราการระเหยของเหงื่อจึงต้องเพิ่มขึ้น เพื่อให้การใช้ความร้อนในการระเหยของเหงื่อที่ผิวกาย (Latent heat) ช่วยให้อุณหภูมิผิวกายลดลงได้ (ดูรูปที่ 2.5)



รูปที่2.4 อุณหภูมิผิวกายที่เหมาะสมกับความรู้สึกสบาย เมื่อทำกิจกรรมต่างกัน

ที่มา : E SOURCE, Air Conditioning Comfort : Behavioral and Cultural Issues.

(Colorado : E SOURCE,1992) p.10.



รูปที่ 2.5 อัตราการระเหยของเหงื่อในการทำกิจกรรมที่มีอัตราการเผาผลาญพลังงานต่างกัน

ที่มา : Ibid., P.10.

ง. การสูญเสียความร้อนจากการหายใจ

(Respiration Heat Loss)

เมื่อเราหายใจออก อากาศที่ออกมานั้นจะประกอบด้วย ไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิภายในของร่างกาย พลังงานความร้อนในการกลายเป็นไอได้มาจากปอด ซึ่งนี้ก็คือ การสูญเสียความร้อนแฝงของร่างกาย ในขณะที่อีกส่วนหนึ่ง (Dry Heat Loss) มาจากการเปลี่ยนอุณหภูมิ เนื่องจากอากาศที่หายใจเข้ามีอุณหภูมิต่างจากอากาศที่หายใจออก

ทั้งหมดนี้ขึ้นอยู่กับ

- ระดับของกิจกรรมที่กระทำ
- ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ
- อุณหภูมิอากาศ

จ. การสูญเสียความร้อนโดยการพา

(Convective Heat Loss)

อัตราการพาความร้อนจากร่างกายสู่สภาพแวดล้อม คือ

$$C = f_{cl} * h_c * A_{DU} * (t_{cl} - t_a) \qquad [W / m^{-2}]$$

โดย f_{cl} = อัตราส่วนของผิวที่มีเสื้อผ้าห่อหุ้ม

h_c = ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนโดยการพาของผิวหนังกับอากาศ

t_{cl} = อุณหภูมิผิวของเสื้อผ้า

t_a = อุณหภูมิอากาศ

ทั้งหมดนี้ขึ้นอยู่กับ

- อุณหภูมิอากาศ
- อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวที่มีเสื้อผ้าห่อหุ้ม
- ชนิดของเสื้อผ้า
- ความเร็วลมสัมพัทธ์

ฉ. การสูญเสียความร้อนโดยการแผ่รังสี

(Radiative Heat Loss)

อัตราการแลกเปลี่ยนพลังงานการแผ่รังสี ระหว่างร่างกายมนุษย์กับสภาพแวดล้อม คือ

$$R = 3.96 * 10^{-8} f_{cl} A_{DU} [(t_{cl} + 273)^4 - (t_{mrt} + 273)^4] \qquad [W / m^{-2}]$$

โดย t_{mrt} = อุณหภูมิเฉลี่ยการแผ่รังสีซึ่งได้จากผิววัตถุดำ ที่อยู่ในสภาพปิดล้อมเดียวกัน และมีการแลกเปลี่ยนความร้อนจากการแผ่รังสีเท่ากัน เมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อน

และสามารถคำนวณได้จาก

$$t_{mr} = \sum t_i F_{p,i} \quad [^{o}c]$$

โดย t_i = อุณหภูมิของพื้นผิววัตถุที่แผ่รังสีความร้อนด้านที่เห็นมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นผนัง หน้าต่าง เครื่องเรือนหรือ คนอื่น ก็ตาม

$F_{p,i}$ = Angle Factor ระหว่างวัตถุ p และพื้นผิว I

ทั้งหมดนี้ขึ้นอยู่กับ

- อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวที่มีเสื้อผ้าห่อหุ้ม
- อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อน
- ชนิดของเสื้อผ้า

ช. การสูญเสียความร้อนโดยการนำ

(Conductive Heat Loss)

การสูญเสียความร้อนโดยการนำจะเกิดขึ้นเมื่อ มีการสัมผัสระหว่างพื้นผิวที่มีอุณหภูมิต่างกัน ซึ่งเป็นค่าที่ประมาณได้ยาก จึงมักจะพิจารณาไปพร้อมกับค่าความต้านทานความร้อนของเครื่องแต่งกาย มากกว่าที่จะพิจารณาเป็นตัวแปรเดี่ยว

ซ. ค่าความต้านทานความร้อนของเสื้อผ้า

(Thermal Resistance of Clothing)

กระบวนการนำความร้อนผ่านเสื้อผ้าเป็นเรื่องซับซ้อน คือ ต้องรวมการส่งผ่านความร้อนผ่านช่องว่างอากาศ การนำความร้อนผ่านวัตถุที่เป็นของแข็ง ซึ่งสามารถเปลี่ยนค่าไปตามความเปียกของเสื้อผ้า คุณสมบัติในด้านการกัมมันตรังสีของเนื้อผ้า และความสามารถในการส่งผ่านอากาศของเนื้อผ้า ดังนั้นด้วยเหตุแห่งความยุ่งยากในการรวมปัจจัยทั้งหมด ทำให้เกิดการพัฒนาเป็นคุณสมบัติของชุดแต่งกาย ที่รวมค่าความต้านทานความร้อนทั้งหมด โดยการวัดจากผิวกายสู่ผิวนอกของเสื้อผ้า แต่ไม่รวมค่าความต้านทานความร้อนภายนอก

มีค่า *1 clo = 0.155 m^2 K/W*

จากการวัดค่าความต้านทานความร้อนของชุดสูทเต็มยศและชุดชั้นใน โดยค่าความต้านทานความร้อน I_{cl} ของชุดแต่งกายบางชุด มีแสดงในตาราง 2 มีหน่วยเป็น m^2 K/Wและ clo ซึ่งเสื้อผ้าแบบแยกชิ้นจะแสดงในตาราง 3 และค่ารวมของความต้านทานความร้อนเฉลี่ย สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$I_{cl} = 0.82 \sum I_{clo}$$

ตารางที่ 2.2 ค่าความต้านทานความร้อนของเครื่องแต่งกาย (ชุด)

ที่มา : ASHRAE Handbook of Fundamentals 1997, (Atlanta : The American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers ,1997) , p.8.8

รายละเอียดชุดแต่งกาย	I_{cl} (clo)	I_t^c (clo)	f_{cl}	i_{cl}
กางเกงขาสั้น เสื้อเชิ้ตแขนสั้น	0.36	1.02	1010	0.34
กางเกงขายาว เสื้อเชิ้ตแขนสั้น	0.57	1.20	1.15	0.36
กางเกงขายาว เสื้อเชิ้ตแขนยาว	0.61	1.21	1.20	0.41
เหมือนข้างบน และสวมแจ็คเก็ต	0.96	1.54	1.23	
กางเกงขายาว เสื้อเชิ้ตแขนยาว เสื้อกันหนาวแขนยาว และเสื้อยืด	1.01	1.56	1.28	
ชุดนอน เสื้อแขนยาว กางเกงขายาว เสื้อคลุม และสวมรองเท้าแตะ	0.96	1.50	1.32	0.37
กระโปรงสั้น เสื้อแขนสั้น ชุดชั้นใน และรองเท้าโปร่ง	0.54	1.10	1.26	
กระโปรงสั้น เสื้อแขนยาว สลิปเต็มตัว และชุดชั้นใน	0.67	1.22	1.29	
กระโปรงยาว เสื้อแขนยาว แจ็คเก็ตและชุดชั้นใน	1.10	1.59	1.46	
ชุดหมีแขนยาว เสื้อยืดคอกลม	0.72	1.30	1.23	
กางเกงขายาว เสื้อแขนยาว เสื้อยืดคอกลม	0.89	1.46	1.27	0.35

ตารางที่ 2.3 ค่าความต้านทานความร้อนของเครื่องแต่งกาย (แยกชิ้น)

ที่มา : Ibid., p.8.9.

รายละเอียดเครื่องแต่งกาย	I_{clo} / clo	เครื่องแต่งกาย	I_{clo} /clo
ชุดชั้นใน		*ชุดเดรสและกระโปรง*	
กางเกงในชาย	0.04	กระโปรง (บาง)	0.14
กางเกงในหญิง	0.03	กระโปรง (หนา)	0.23
เสื้อชั้นใน	0.01	เสื้อแขนยาว (บาง)	0.33
เสื้อยืดคอกลม	0.08	เสื้อแขนยาว (หนา)	0.47
สลิปแบบเต็มตัว	0.16	เสื้อแขนสั้น (บาง)	0.29
สลิปแบบครึ่งตัว	0.14	เสื้อแขนกุด คอคว้าน (บาง)	0.23
รองเท้า		เสื้อแขนกุด คอคว้าน (หนา)	0.27
ถุงเท้ากีฬาสั้นแค่ตาตุ่ม	0.02	*เสื้อขนสัตว์ (sweaters)*	
ถุงเท้าสั้นแค่หน้าแข้ง	0.03	ไม่มีแขน (บาง)	0.13
ถุงเท้าแค่เข่า (หนา)	0.06	ไม่มีแขน (หนา)	0.22
ถุงน่อง	0.02	แขนยาว (บาง)	0.25
รองเท้าสานโปร่ง	0.02	แขนยาว (หนา)	0.36
รองเท้าแตะ	0.03	*เสื้อสูทและเสื้อกั๊ก*	
รองเท้าบู๊ต	0.10	เสื้อสูทชั้นเดียว (บาง)	0.36
เสื้อเชิ้ต		เสื้อสูทชั้นเดียว (หนา)	0.44
ไม่มีแขน ,คอคว้าน	0.12	เสื้อสูทมีซับใน (บาง)	0.42
เดรสเชิ้ตแขนสั้น	0.19	เสื้อสูทมีซับใน (หนา)	0.45
เดรสเชิ้ตแขนยาว	0.25	เสื้อกั๊กไม่มีแขน (บาง)	0.10
เสื้อถักแบบกีฬาแขนสั้น	0.17	*ชุดนอนและชุดคลุม*	
เสื้อเชิ้ตแขนยาว	0.34	เสื้อคลุมสั้นไม่มีแขน (บาง)	0.18
กางเกง		เสื้อคลุมยาวไม่มีแขน (บาง)	0.20
กางเกงขาสั้นแบบสั้น	0.06	เสื้อคลุมแขนสั้น แบบโรงพยาบาล	0.31
กางเกงขาสั้นแค่เข่า	0.08	ชุกนอนแขนยาว (หนา)	0.46
กางเกงขายาว (บาง)	0.15	ชุดนอนแขนสั้น (บาง)	0.42
กางเกงขายาว (หนา)	0.24	ชุดคลุมแขนยาว (หนา)	0.69
กางเกงทรงหลวม	0.30	ชุดคลุมแขนสั้น (หนา)	0.48
ชุดหมี	0.49		

2.1.2 ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อสภาวะน่าสบาย

ปัจจัยที่มีผลต่อการแลกเปลี่ยนความร้อน ระหว่างร่างกายมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม เพื่อให้เกิดความรู้สึกสบาย ประกอบด้วย

ก. ความดันไอน้ำในอากาศ

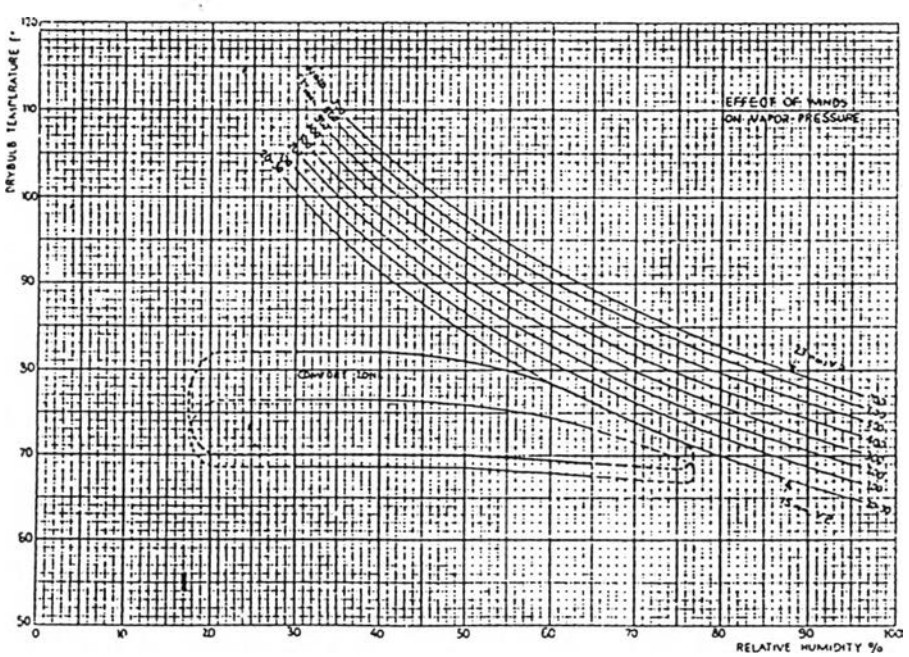
ข. ค่าความต้านทานความร้อนของเครื่องแต่งกายและอุณหภูมิพื้นผิวที่สัมผัสผิวกาย

ค. ค่าความต้านทานความร้อนของเครื่องแต่งกาย อุณหภูมิอากาศและความเร็วลม

ง. อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบและพื้นที่ผิวของร่างกาย

ก. ผลกระทบจากความดันไอน้ำในบรรยากาศ

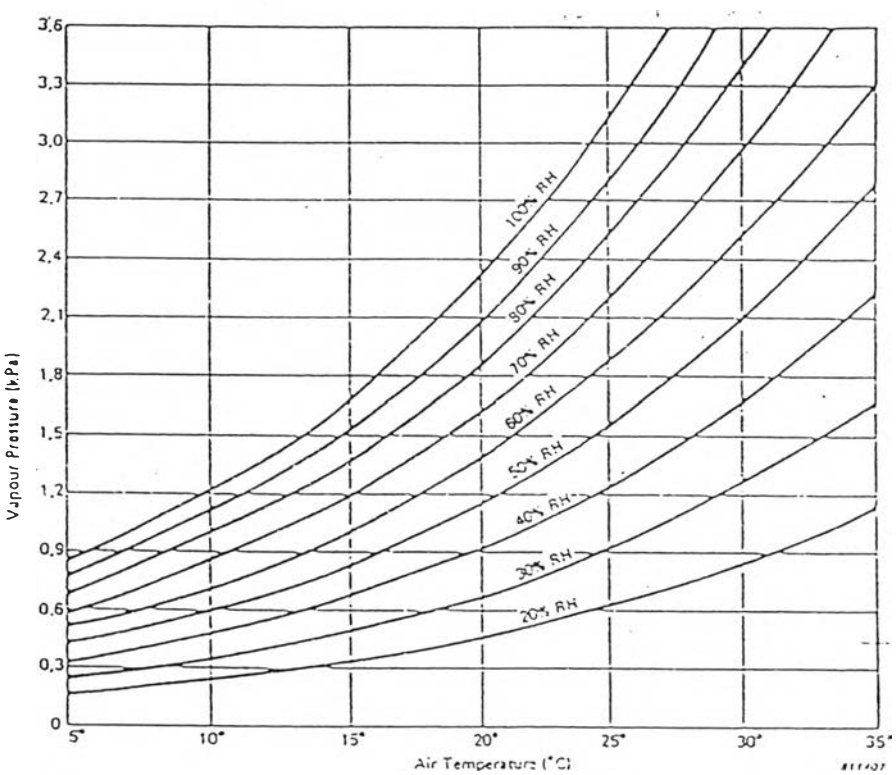
เมื่อความดันไอน้ำในบรรยากาศขึ้นไปถึง 15 มม. ปรอท มนุษย์จะรู้สึก "กดดัน" หรือรู้สึกอึดอัด โดย Dr. Paul Siple แสดงให้เห็นว่า ในบรรยากาศที่มีความดันไอน้ำสูงกว่า 15 มม.ปรอท นั้น การจะลดความดันไอลง 1 มม. จะต้องใช้การเคลื่อนที่ของอากาศถึง 1 mph (88 fpm) และ The John B.Pierce Foundation , Yale University ได้คิดค้นการคำนวณที่ละเอียดเพิ่มขึ้น ดังที่แสดงในรูป 6.1 ซึ่งแสดงความสามารถในการขยายขอบเขตภาวะน่าสบายของอากาศที่มีความดันไอขึ้นไปถึง 15 – 23 มม.ปรอท ที่ถูกกระทำโดยลมที่มีอัตราเร็วตั้งแต่ชั้น อากาศนิ่ง (20-30 fpm) จนกระทั่งถึง 700 fpm.



รูปที่ 2.6 ผลกระทบของการเคลื่อนที่ของอากาศต่อความดันไอน้ำในบรรยากาศ

ที่มา : Victor Olgyay, Design with Climate, p.20.

โดยค่าความดันไอน้ำในบรรยากาศเป็นฟังก์ชั่นของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งสามารถหาได้จากการใช้รูปที่ 2.7 เมื่อทราบค่าอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์



รูปที่ 2.7 การหาค่าความดันไอน้ำในบรรยากาศเมื่อทราบอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์

ที่มา : ประพนธ์ วงษ์ท่าเรือ, <u>การศึกษาสภาวะสบายเชิงความร้อนของคนในอาคาร,</u> วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535, น.39.

ข. ผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของอากาศ

การเคลื่อนไหวของอากาศ มีผลต่อสมดุลย์ทางความร้อนของร่างกายและความรู้สึกสบาย โดยมีผลกับอัตราการนำ – การพาความร้อน ระหว่างผิวกายกับอากาศ และมีผลต่อการทำความเย็นของร่างกายจากการเพิ่มอัตราการระเหยของน้ำ โดยพบว่า เมื่อกระแสลมที่พัดผ่านผิวกายมีความเร็วเพิ่มขึ้น มนุษย์เราจะรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิที่วัดได้จริง ความรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิอากาศนี้เป็นเพราะอัตราการระบายความร้อนออกจากผิวกาย แปรผันตามความเร็วของกระแสลม กล่าวคือ ถ้ากระแสลมมีความเร็วสูงขึ้นร่างกายจะระบายความร้อนได้เร็วขึ้น จึงทำให้มีความรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิอากาศที่วัดได้จริง ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่วัดได้จริงกับความรู้สึกเมื่อมีลมพัดผ่านผิวกายนี้ (ในที่นี้เรียกว่าความรู้สึกเย็นลง) เมื่อนำมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์โดยการใช้สมการถดถอย (Regression Analysis) พบว่า

ความรู้สึกเย็นลง (^{o}c) = 0.381 v + 0.016 rh[3]

v = ความเร็วลม (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

rh = ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)

จากสมการสรุปคร่าวๆได้ว่า มนุษย์จะรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิอากาศ 0.4 องศาเซลเซียส เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แต่ความเร็วของกระแสลมนี้ก็ถูกจำกัดด้วยผลกระทบที่จะเกิดขึ้น คือ[4]

ความเร็วลม	ความรู้สึกในการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ	ผลที่อาจเกิดขึ้น
0-50 fpm	ไม่มีความเปลี่ยนแปลงในความรู้สึกน่าสบาย	ไม่สามารถสังเกตได้
50-100 fpm	ต่ำลง 2-3 ^{o}F	สบาย
100-200 fpm	ต่ำลง 4-5 F	โดยทั่วไปรู้สึกสบาย แต่รับรู้ว่ามีการเคลื่อนไหวของอากาศ
200-300 fpm	ต่ำลง 5-7 F	รู้สึกมีลมพัดเล็กน้อย จนถึงรู้สึกถูกรบกวน
สูงกว่า 300 fpm	ต่ำลงมากกว่า 5-7 F	ถ้าจะให้การทำงานมีประสิทธิภาพและถูกสุขลักษณะ จะต้องมีการแก้ไข

---

[3] สุนทร บุญญาธิการ, การออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. (กรุงเทพ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541) หน้า.35.

[4] Victor Olgyay, , Design with Climate : Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism, p.20.

แต่อย่างไรก็ตามยังมีการถ่ายเทความร้อนในอีกด้านหนึ่ง คือ การนำ – พาความร้อน ระหว่างอากาศกับผิวกายทิศทางในการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ – พาความร้อน ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิอากาศจะมากหรือน้อยกว่าอุณหภูมิผิวกาย (90 –95 ^{o}F) ความร้อนจะออกจากร่างกายโดยการนำ – พาความร้อนเมื่ออุณหภูมิอากาศต่ำกว่า 90 ^{o}F แต่ความร้อนจะเข้าสู่ร่างกายเมื่ออุณหภูมิอากาศสูงกว่าอุณหภูมิผิวกาย

ค. ผลกระทบจากอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อน

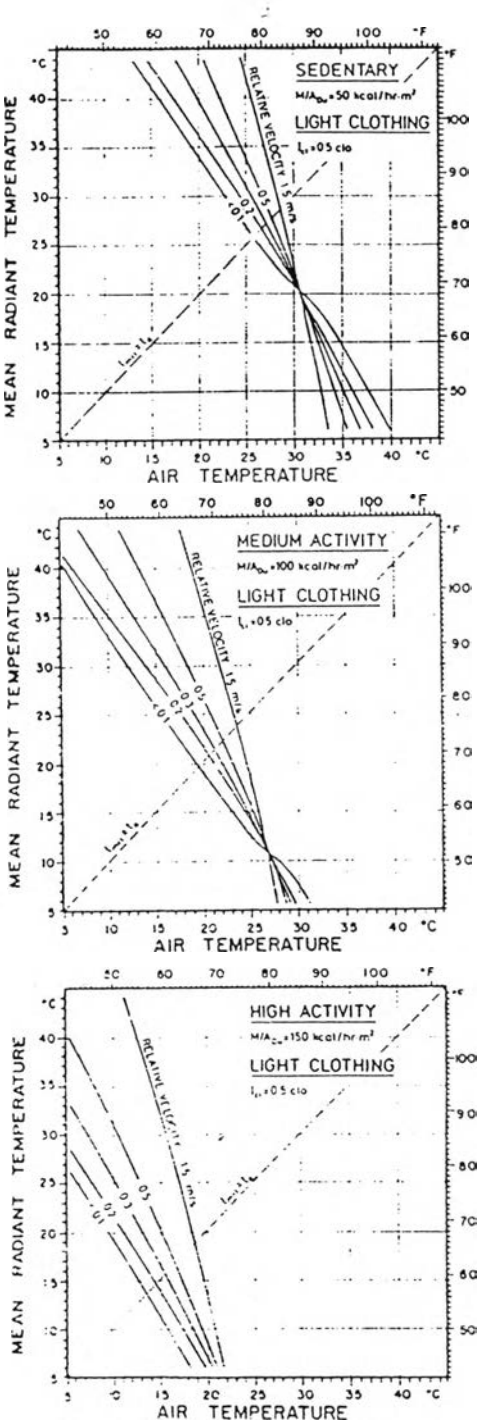
ความร้อนถูกแลกเปลี่ยนระหว่างร่างกายกับสิ่งแวดล้อม โดยการแผ่รังสีความร้อนให้แก่กันและกัน สิ่งที่มนุษย์รู้สึกได้ คือ อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อน ซึ่งอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนนี้ได้ถูกนิยามว่า คือ "*อุณหภูมิผิวที่คงที่ของสิ่งปิดล้อมสีดำ ที่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการแผ่รังสีในอัตราเท่ากับมนุษย์ ในสภาวะแวดล้อมจริง*" หรือในอีกแง่หนึ่ง อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ยเป็นค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิผิวผนังห้อง ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าการแผ่รังสีของวัสดุ (Emissivity) ความสามารถในการทำความร้อนหรือความเย็นโดยการแผ่รังสีของทุกพื้นผิว โดยจะต้องเปรียบเทียบพื้นที่และอุณหภูมิกับพื้นผิวอื่นในห้องเดียวกัน นอกจากนี้มุมของพื้นผิวที่กระทำกับร่างกาย และตำแหน่งของส่วนที่เปิดเผยของร่างกาย ก็เป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงเช่นกัน

ในการทำนายมาตรฐานความสบายส่วนใหญ่ อุณหภูมิผิวของสิ่งรอบข้างมักถูกสมมติให้เท่ากับอุณหภูมิอากาศ แต่ภายใต้สภาพที่เป็นจริง อุณหภูมิผิวผนังจะมีค่าไม่แน่นอน และมักจะต่างกับอุณหภูมิอากาศ โดยสังเกตได้ง่ายเป็นพิเศษ เมื่อมีการใช้ Trombe Wall และการทำความร้อนโดยการแผ่รังสีจากพื้นหรือเพดาน หรือในด้านความเย็นที่ผิวกระจก (เมืองหนาว)และผนังห้องใต้ดิน ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของร่างกายมนุษย์ ทำให้ร่างกายแผ่รังสีความร้อนออกไป

ถึงแม้ว่า อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการแผ่รังสี ระหว่างร่างกายมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิผิวของสิ่งเหล่านั้น แต่ยังมีอีกหลายตัวแปรที่จะต้องพิจารณาในการวิเคราะห์สมดุลย์ทางความร้อน คือ อุณหภูมิอากาศ ความเร็วลม และเครื่องแต่งกาย

จากแผนภูมิของ Fanger สำหรับผู้ใหญ่ที่อยู่นิ่ง ในชุดแต่งกายที่มีค่าความต้านทานความร้อน 0.5 clo และอากาศนิ่ง (ความเร็วลมต่ำกว่า 20 fpm , 0.1 m/s.) เมื่ออุณหภูมิอากาศเพิ่มจาก 78 ^{o}F ไปถึง 88^{o}F จะต้องทำให้อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนลดลงจาก 78^{o}F เป็น 68 ^{o}F ถึงจะรักษาสภาวะสบายไว้ได้ แต่ในขณะที่มีลมในความเร็วต่ำ (40 fpm , 0.2 m/s.) การเพิ่มอุณหภูมิขึ้น 10 F จาก 80 ^{o}F เป็น 90 ^{o}F จะต้องลดอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนถึง 14 ^{o}F หรือจาก 80 ^{o}F เป็น 66 ^{o}F ดังนั้นภายใต้ภาวะอากาศใกล้เคียงอากาศนิ่ง ถ้าอุณหภูมิอากาศลดลง 1^{o}F จะต้องเพิ่มอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนขึ้น 0.8^{o} F อย่างไรก็ตาม การลดอุณหภูมิการแผ่รังสีเพื่อ

ผลในด้านการปรับสภาวะอากาศก็มีขีดจำกัด เนื่องจากในทางปฏิบัติ เรามักไม่พบความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศกับอุณหภูมิผิวผนังเกิน 4-5 ^{o}F



รูปที่ 2.8 เส้นแสดงความรู้สึกสบาย เมื่ออุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเปลี่ยนไป (โดยลักษณะการทำกิจกรรมเป็นแบบเบา ปานกลางและหนัก)

ที่มา . P.O Fanger. Thermal Comfort : Analysis and Application. p.53

ง. ผลกระทบจากเครื่องแต่งกาย

นอกเหนือจากการเพิ่มของอัตราการเผาผลาญพลังงาน หรือการรับประทานอาหารเครื่องดื่มที่มีอุณหภูมิสูงหรือต่ำมากแล้ว ในการรักษาระดับความสบายที่บุคคลสามารถกระทำได้ คือ การเลือกสวมเสื้อผ้า จากกฎของ Goldman ที่ว่า บุคคลที่สวมใส่เสื้อผ้าที่มีค่าความต้านทานความร้อน 0.6 clo และมีการทำงานแบบสำนักงาน (100 – 200 kcal / hr.) จะรู้สึกถึงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ 1 ^{o}F เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานความร้อนของชุดแต่งกายลง 0.1 clo แต่ถ้าทำงานในระดับที่หนักขึ้น อุณหภูมิที่รู้สึกได้จะเปลี่ยนไป 1^{o}F ก็ต่อเมื่อเปลี่ยนค่าความต้านทานความร้อนของชุดแต่งกาย 0.2 clo ซึ่งคนที่สวมใส่ชุดสูทธุรกิจธรรมดา และชุดชั้นในผ้าฝ้าย (มีค่าความต้านทานความร้อน = 1 clo) จะต้องการอุณหภูมิต่ำกว่าคนที่ไม่สวมเสื้อผ้าประมาณ 9^{o} c

2.2 พัฒนาการของดัชนีภาวะความสบาย

มีนักวิชาการหลายท่านได้สร้างเกณฑ์ เพื่อวัดระดับภาวะความสบาย (The Principle of Comfortability) ตัวอย่างเช่น ลาวัวซิเอร์ (Lavoisier) นักเคมี ได้อธิบายไว้เมื่อปี ค.ศ. 1777 ว่า การเพิ่มความหนาแน่นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องจากการหายใจของคน ทำให้คนรู้สึกอึดอัด ในปี ค.ศ. 1858 แมกซ์ ฟอน แพทเทนโคเฟอร์ (Max Von Pattenkofer) นักสุขศาสตร์ เสนอเกณฑ์ของการวัดค่าความสบายที่ต่างกันออกไปว่า คนหายใจเอาสารที่เป็นพิษออกมาเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และต่อมาในปี ค.ศ. 1905 นักสุขศาสตร์ ชื่อ ฟรูกเก (Frugge) ได้เสนอทฤษฎีที่ยังคงใช้ได้อยู่จนถึงปัจจุบันว่า ร่างกายคนเปรียบได้กับเครื่องยนต์สันดาปภายใน ที่ต้องถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากการทำงาน ถ้าความร้อนนี้ไม่สามารถระบายออกไปจากร่างกายได้ เนื่องจากอุณหภูมิโดยรอบสูงก็จะมีผลทำให้รู้สึกอึดอัดไม่สบาย

ความพยายามในการค้นหามาตรฐานของภาวะน่าสบาย ได้ดำเนินสืบเนื่องกันมาเป็นเวลานานแล้ว ซึ่งเป็นความพยายามที่จะค้นหามาตรฐานอันหนึ่ง ซึ่งรวมผลกระทบขององค์ประกอบต่างๆกัน ซึ่งมีอิทธิพลต่อภาวะความสบายของมนุษย์ มาตรฐานนี้ถูกเรียกรวมๆกันว่า **ดัชนีอุณหภูมิ** (Thermal Indices) **หรือ มาตรฐานความสบาย** (Thermal Scale)

การทดลองเหล่านี้ เริ่มต้นด้วยการสร้างห้องพิเศษซึ่งสามารถปรับระดับภาวะของอากาศภายในห้องได้ ปฏิกิริยาของผู้ถูกทดลองซึ่งอยู่ภายในห้องดังกล่าว ซึ่งมีอุณหภูมิตั้งแต่ร้อนจัดจนกระทั่งหนาวจัด ข้อมูลจะถูกบันทึกในรูปกราฟ และประเมินค่าออกมาโดยระเบียบวิธีทางสถิติ มาตรฐานดัชนีที่ชี้ถึงขนาดของอุณหภูมิที่เหมาะสม เท่าที่มีการค้นคว้ากันมานั้นมีประมาณ 30 แบบ แต่ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะแบบที่สำคัญๆเท่านั้น

1. มาตรฐานอันแรกถูกสร้างขึ้นโดย Houghton และ Yaglou[5] ในปี ค.ศ. 1923 โดยทำการทดลองที่ ASHRAE (American Society of Heating , Refrigerating and Air – Conditioning Engineers) ผลของการทดลองได้ถูกร่างลงไปใน chart ซึ่งใช้วัดในด้านของจิตใจ และทำให้เกิดเส้น " Equal Comfort Lines " มาตรฐานดังกล่าวนี้ถูกเรียกว่า **"อุณหภูมิสมประสงค์"** (Effective Temperature) กล่าวอย่างง่ายๆ อุณหภูมิดังกล่าวได้มาโดยการปรับสภาวะอากาศ (อุณหภูมิ ความชื้น และการเคลื่อนไหวของอากาศ) ในห้องทดลองตามความรู้สึกสบายของคน ซึ่งเดิมอยู่ในห้องที่มีอากาศนิ่งและมีความชื้น 100 %

2. ในขณะที่อุณหภูมิสมประสงค์คำนึงถึงผลการทบของตัวแปร 3 ตัว คือ อุณหภูมิ ความชื้นและการเคลื่อนไหวของอากาศ มาตรฐาน **"อุณหภูมิสมประสงค์แท้"** (Corrected Effective Temperature) จะคำนึงถึงอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนด้วย

3. มาตรฐาน Resultant Temperature (RT) ซึ่งได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยMissinard ในประเทศฝรั่งเศส มาตรฐานดังกล่าวนี้เป็นการปรับปรุงเล็กน้อยจากมาตรฐาน ET มีค่าของความเชื่อมั่นสูงต่อเมื่ออยู่ภายใต้อุณหภูมิในระดับปานกลาง แต่ไม่ใช่สภาพแบบเมืองร้อน ทั้งนี้เนื่องจากมาจรฐานนี้ ไม่อนุญาตให้ผลกระทบจากความเย็นของการเคลื่อนไหวของอากาศเกินกว่า 35°c และความชื้นสัมพัทธ์ 80 %

7. มาตรฐาน Predicted Four Hour Sweat Rate (P 4 S R) เป็นมาตรฐานที่ได้มาจากการหาความสัมพันธ์ระหว่าง ความรู้สึกของผู้ถูกทดลองกับการวัดอุณหภูมิ เป็นการตัดสินการถูกกระทำของร่างกาย โดยอาศัยอัตราการไหลของเหงื่อจากร่างกายเป็นเครื่องบ่งชี้ประการหนึ่ง และนอกจากนี้ยังดูที่การเต้นของชีพจร และอุณหภูมิภายในร่างกายอีกด้วย มาตรฐานดังกล่าวเชื่อถือกันได้มากที่สุดสำหรับภาวะที่มีอุณหภูมิสูง แต่ไม่เหมาะกับอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 28°c และไม่คำนึงถึงผลกระทบจากความเย็นของการเคลื่อนไหวของอากาศภายใต้ความชื้นระดับสูง

8. มาตรฐาน Heat Stress Index[6] (H S I) ก็เป็นอีกมาตรฐานหนึ่งที่ได้พัฒนาขึ้นในสหรัฐอเมริกา ข้อสมมติฐานทางด้านกายภาพได้ถูกตั้งขึ้นมา รวมตลอดถึงวิธีการในการคำนวณค่าก็เข้ามาเกี่ยวข้อง กับการค้นหาตัวชี้ถึงกรกดดันของความร้อน บนพื้นฐานของการวัดสภาพแวดล้อม มีการ

---

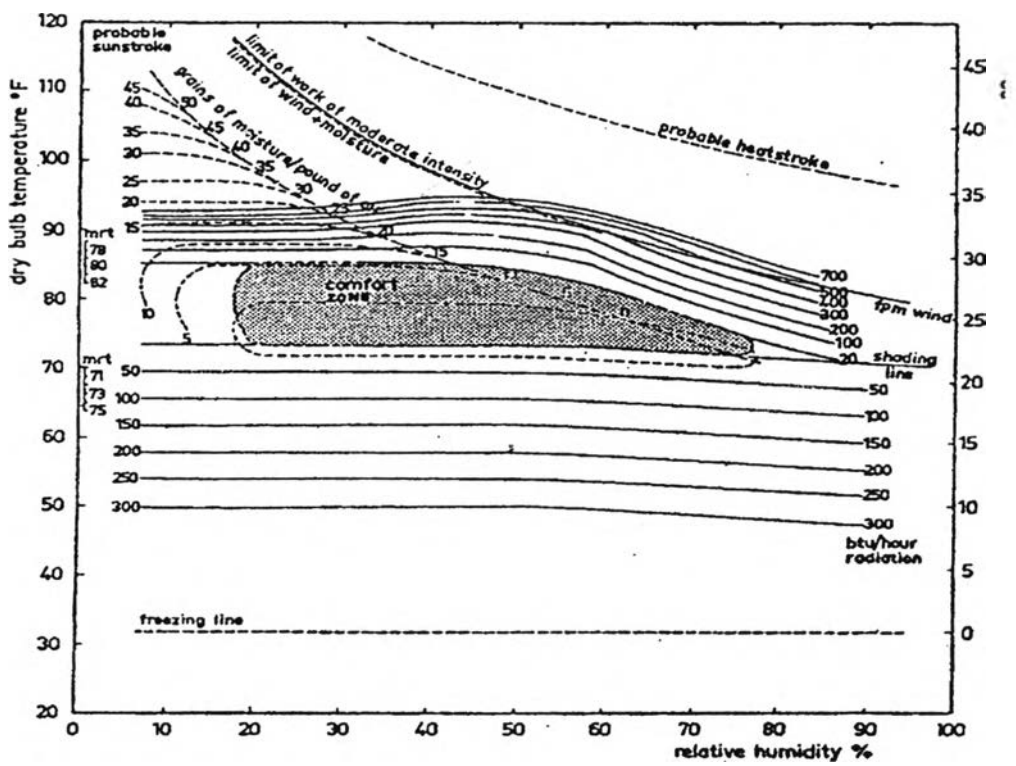
[5] Houghten ,F.C. and Yaglou , C.P. , Determining Lines of Equal Comfort Zone. 29.163.361.

[6] Belding ,H.S. , Hatch ,T.E. .Index for Evaluating Heat Stress in Terms of Resulting Physiological Strains. 62:213.

วัดผลผลิตของความร้อนจากก กระบวนการ Metabolism ของผู้ถูกทดลอง ซึ่งถูกให้ทำงานหลายต่อหลายชนิดและนำเอามาเป็นการชี้ถึง Heat Strain มาตรฐานนี้เชื่อถือได้สำหรับอากาศระหว่าง 27 - 35°c ภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 30 – 80 % และสำหรับความชื้นในระดับต่ำถ้าอุณหภูมิสูง แต่ไม่เหมาะสมกับระดับความสบาย (Thermal Comfort Zone)

9. Victor Olgyay มายังจุดหนึ่งของแนวความคิดที่ว่า ไม่มีจุดหนึ่งจุดใดเพียงจุดเดียว ในความพยายามสร้างดัชนีซึ่งมีรูปลักษณ์หนึ่งเดียว ทั้งนี้เนื่องมาจากว่า องค์ประกอบทั้ง 4 ประการ ที่มีผลต่อระดับความสบายของอากาศ ถูกควบคุมได้ด้วยวิถีทางที่แตกต่างกัน

ดังนั้นเขาจึงได้สร้าง " Bioclimatic Chart " ขึ้น เป็นมาตรฐานใหม่ ซึ่งช่วงความสบาย (Comfort Zone) ถูกนิยามในรูปของอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature) และความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) และแสดงให้เห็นอิทธิพลของสภาพแวดล้อมได้โดย Additional Lines จากการที่ระดับของภาวะความสบายนี้ถูกดันขึ้น โดยผลของการเคลื่อนไหวของอากาศประการหนึ่ง และอีกประการหนึ่งโดยวิธีการที่ถูกทำให้ต่ำลงโดยผลของการแผ่รังสี



รูปที่ 9.1 แผนภูมิไบโอไคลแมติก

ที่มา : Victor Olgyay , Design with Climate : Bioclimatic Approch to Architectural Regionalism ,p.22

ดัชนีในกลุ่มที่หนึ่ง ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการประมาณค่าความเครียดทางความร้อน (heat stress) ได้แก่ มาตรฐาน Predicted Four Hour Sweat Rate (McArdle , 1947) มาตรฐาน Heat Stress Index (Belding and Hatch , 1956) ดัชนีเหล่านี้คิดค้นมาเพื่อเป็นมาตรฐานในการประเมินความรุนแรงที่มีผลทางสรีระวิทยาของสภาพแวดล้อมที่มีอากาศร้อน แต่ไม่เหมาะสมในการประเมินสภาพแวดล้อมที่ไม่มีความรุนแรงทางอุณหภูมิ

ดัชนีอีกกลุ่มหนึ่งได้จากการทดลองในสภาพจำกัด เพื่อที่จะรวบรวมผลกระทบของตัวแปร (ทั้งที่เป็นตัวแปรเดียวและหลายตัวแปร) ดัชนีในกลุ่มนี้ คือ Effective Temperature (Haughten and Yaglou , 1923) The Equivalent Temperature (Dufton , 1932) The Equivalent Warmth (Bedford , 1936)

ซึ่งการที่จะได้ดัชนีเหล่านี้มา ก็ได้มีการพัฒนาเครื่องมือวิจัยมากมาย ที่จะรวบรวมตัวแปรมากกว่าหนึ่ง ให้แสดงผลเป็นตัวเดียว ตัวอย่าง คือ Katathermometer Globe Thermometer และ The Directional Thermometer

เพื่อที่จะประเมินสภาพอากาศที่ได้รับ ว่ามีผลต่อเงื่อนไขความพึงพอใจของมนุษย์เพียงใด จำเป็นต้องมีดัชนีที่สามารถทำนายความรู้สึกทางอุณหภูมิของผู้ถูกทดลอง แต่ดัชนีเหล่านี้ก็มีอยู่น้อยเต็มที

เริ่มแรก Bedford ได้จัดทำดัชนีขึ้นจากการศึกษาภาคสนาม ในกลุ่มผู้หญิงซึ่งทำงานในโรงงานในประเทศอังกฤษ ดัชนีนี้ได้จากการหาสหสัมพันธ์จากตัวแปรทางสภาพแวดล้อม 4 ตัวแปร แต่ไม่รวมผลของลักษณะกิจกรรมที่กระทำและค่าความต้านทานความร้อนของเสื้อผ้าด้วย ดังนั้นจึงใช้ได้กับการวัดที่ไม่เจาะจงลักษณะเครื่องแต่งกายและมีกิจกรรมในลักษณะเดียวกับที่กระทำในงานวิจัย ดัชนีในลักษณะเดียวกันนี้ ได้ถูกจัดทำขึ้นอีกโดย van Zuilen ซึ่งทั้งดัชนีของ Bedford และ van Zuilen นี้ จะต้องมีเงื่อนไขที่มีกระแสลมต่ำ และอุณหภูมิอากาศที่ 16 – 17 ^{o}c.

ดัชนีซึ่ง Webb จัดทำขึ้น ชื่อ Equatorial Comfort Index โดยการศึกษาภาคสนามในสิงคโปร์ ซึ่งดัชนีนี้ไม่ได้บ่งบอกลักษณะกิจกรรมและค่าความต้านทานความร้อนของเสื้อผ้า และยังมีข้อจำกัดในการนำไปใช้ภายใต้สภาวะแวดล้อมอื่นด้วย

P.O. Fanger เป็นผู้ริเริ่มการพัฒนาดัชนีที่จะคาดการภาวะความสบายทางอุณหภูมิ โดยวิธีการที่สามารถคำนวณได้จากความเป็นจริง ซึ่งมีการคิดค้นดัชนีที่เชื่อมโยงไปสู่สมการความสบายไว้ 2 ดัชนี คือ Predicted Mean Vote (PMV) และ Predicted Percentage Dissatisfy (PPD) [7]

---

[7] P.O. Fanger , Thermal Comfort : Analysis and Application , p.110.

PMV เป็นการแสดงถึงความแตกต่างของอัตราการเผาผลาญพลังงานขณะนั้น กับสิ่งที่ร่างกายต้องการเพื่อรักษา "ความรู้สึกสบาย" โดยการคำนวณสมการสมดุลย์ทางความร้อน

PPD ได้มาจากค่าการกระจายในการ Vote จากการทดลองในห้องทดลอง โดยเป็นค่าของอุณหภูมิจาก PMV กับ ค่าการยอมรับได้ของ ASHRAE Vote ที่มากกว่า2 หรือน้อยกว่า- 2

ซึ่ง Fanger มีแนวความคิดว่า ความรู้สึกทางอุณหภูมิของมนุษย์ขึ้นอยู่กับสถานะของร่างกายมากกว่าผลจากสิ่งแวดล้อม สมการความสบายของเขาจะแสดงค่าสมดุลย์ทางความร้อนระหว่างร่างกายมนุษย์และสิ่งแวดล้อม จากการเฝ้าสังเกตการณ์ 2 อย่าง คือ อุณหภูมิผิวกายและการสูญเสียความร้อนจากการระเหย ณ ภาวะสบาย ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย

ดังที่ได้กล่าวไปข้างต้น เงื่อนไขประการสำคัญของภาวะความสบาย คือ ความพึงพอใจในสมดุลย์พลังงานของร่างกายมนุษย์ เช่น ความพอใจในเงื่อนไข S = 0 ซึ่งเมื่อพิจารณาทั้งตัวแปรส่วนบุคคลและสภาพแวดล้อม ภาวะสมดุลย์ทางอุณหภูมิของร่างกายจะเกิดขึ้นเมื่อ

$$f (M , W , I_{cl} , t_a , rh , t_{mrt} , t_{sk} , E_{sw}) = 0 \quad \text{----------} \quad (1)$$

$$E_{sw} = 0.42 \{ (M - w) / A_{DU} - 58.15 \} \quad [W] \quad \text{----------} \quad (2)$$

$$T_{sk} = 35.7 - 0.0275 (M - W) / A_{DU} \quad [^{o}c] \quad \text{----------} \quad (3)$$

แต่เงื่อนไขส่วนบุคคลและสภาพแวดล้อมที่จะสอดคล้องเป็นดังสมการ (1) – (3) สำหรับกลุ่มคนเป็นสิ่งที่เป็นไปได้ยาก ส่วนใหญ่อัตราการไหลของเหงื่อและอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวกายในแต่ละคนมักจะใกล้เคียงแต่ไม่เท่ากันทั้งหมด ซึ่งในกรณีเช่นนี้ก็น่าสงสัยว่าความไม่สบายที่คนส่วนใหญ่จะรู้สึกนั้นจะเป็นเท่าไหร่

เพื่อตอบปัญหานี้ Fanger ได้เสนอ Comfort Index ชื่อว่า Predicted Mean Vote (PMV) ซึ่งเป็นดัชนีที่ใช้ทำนายค่ากลางของการลงคะแนนของกลุ่มคนขนาดใหญ่ โดยการใช้มาตราส่วนความรู้สึกทางอุณหภูมิแบบ 7 จุด (seven-points Thermal Sensation Scale)

ดัชนี PMV จะหาค่าได้เมื่อมีการประมาณกิจกรรม (อัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย) และเครื่องแต่งกาย (ค่าความต้านทานความร้อนของเสื้อผ้า) และมีการวัดสภาวะแวดล้อมดังนี้

อุณหภูมิอากาศ

อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ย

ความเร็วลมสัมพัทธ์

และค่าความดันไอน้ำบางส่วน

โดยสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$PMV = (0.303_{c}^{-0.036 M} + 0.028) \{ (M - W) - 3.05 * 10^{-3} [5733 - 6.99 (M - W) - P_a \}$$
$$- \quad 0.42 [(M - W) - 58.15] - 1.7 * 10^{-5} M (5867 - p_a) - 0.0014 M (34 - t_a)$$
$$- \quad 3.96 * 10^{-8} f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (t_{mr} + 273)^4 - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_{cl}) \}$$

โดย P_a = ความดันไอน้ำในบรรยากาศ (Pascal)

ดัชนี PMV จะใช้ได้เป็นอย่างดีก็ต่อเมื่อสภาพแวดล้อมอยู่ในภาวะ steady state แต่ก็สามารถประยุกต์ใช้ในการประมาณการได้อย่างดีเช่นกัน ถ้าเป็นการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยของตัวแปรหนึ่งตัวหรือมากกว่า ที่มีเงื่อนไขของเวลาที่มีการถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยในแต่ละตัวแปร

โดยแนะนำให้ใช้ดัชนี PMV สำหรับค่าการ vote ตั้งแต่ –2 ถึง +2 และเมื่อตัวแปรหลักมีค่าอยู่ในช่วง

$M = 46 - 232 \ W m^{-2}$ (0.8 – 4 met)

$I_{cl} = 0 - 0.31 \ m^2CW^{-1}$ (0 – 2 clo)

$T_a = 10 - 30 \ C$

$T_{mr} = 10 - 40 \ C$

$V_{ar} = 0 - 1 \ m / s$

$P_a = 0 - 2700 \ Pa$

ซึ่งจะเห็นได้ว่า วิธีการ PMV นี้ มีข้อเสียที่ผลที่ได้จากการคาดการ จะมีความแม่นยำน้อยลงเมื่อตัวแปรมีค่าต่างจากภาวะสบายมาก เช่น ในอุณหภูมิ , ความชื้นสัมพัทธ์ หรือมีการทำงานในอัตราการเผาผลาญพลังงานสูง และเนื่องจากข้อมูลที่ได้ในการทำนายมาจากกลุ่มคนผิวขาวในวัยเรียน (college age) ทำให้ไม่สามารถอ้างอิงไปถึงความเป็นไปได้ในทุกกรณี

จากการศึกษาดัชนีอุณหภูมิทั้งหมดที่ผ่านมาพบว่า เป็นการวิจัยที่ทำในประเทศซึ่งอยู่ในเขตภูมิอากาศอบอุ่นทั้งสิ้น แต่เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้นซึ่งมีปัจจัยต่างทางสภาพอากาศที่แตกต่างไป จึงควรจะมีการศึกษาในแนวทางที่เน้นในด้านเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้นโดยเฉพาะ

2.3 ความเข้าใจในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น

ในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นเช่นในประเทศไทยนั้น ก็เป็นที่รู้กันดีว่าจะมีอุรหภูมิค่อนข้างสูงตลอดทั้งปีและมีช่วงของความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในเกณฑ์สูงถึง 6-7 เดือนใน 1 ปี นอกจากนี้ยังมีสิ่งที่ต้องคำนึงถึงอีก ก็คือ

1) ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิน้อย ไม่ว่าจะเป็นความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิใน 1 ปี เพียง 22 ^{o}F และในแต่ละวัน ในฤดูร้อนจะมีอุณหภูมิที่แตกต่าง 6^{o} F และฤดูหนาว 13^{o} F

2) มีแสงแดดตลอดทั้งปี โดยชั่วโมงที่มีแดดมีถึงประมาณ 66 เปอร์เซ็นต์ของชั่วโมงที่มีดวงอาทิตย์ใน 1 ปี

3) ความชื้นสัมพัทธ์และความดันไอน้ำในบรรยากาศ เฉลี่ยที่ 18 mm.Hg และสามารถขึ้นสูงถึง 20 mm.Hg ในเดือนกรกฎาคม – ตุลาคม (ซึ่งเป็นสภาพอากาศที่ยากจะทนได้)

จากที่กล่าวมาแล้ว พบว่าการทำให้สภาพอากาศเย็นขึ้นก็ไม่ใช่เรื่องง่าย เนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์ซึ่งมีอยู่มากมายในอากาศ ทำให้อัตราการระเหยของเหงื่อเป็นไปได้ยาก จึงต้องการกระแสลมเข้ามาช่วยเร่งอัตราการระเหยของเหงื่อให้เพิ่มมากขึ้น รวมทั้งการที่มีแสงแดดมากทำให้เกิดการสะสมความร้อนในวัสดุต่างๆ เพิ่มอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนให้มากขึ้นไปอีก

สิ่งที่ต้องให้ความสำคัญรองลงมาจากอุณหภูมิ คือ ความชื้นสัมพัทธ์และความดันไอน้ำในอากาศ ซึ่งต้องการลมมาช่วยพัดพาให้ความรู้สึกกดดันเนื่องจากสภาพอากาศปิดน้อยลง ถึงแม้ว่ากระแสลมจะไม่สามารถช่วยให้เย็นขึ้นได้จริงก็ตาม

ดังนั้นแนวทางซึ่งเป็นหลักในการออกแบบสถาปัตยกรรมในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้น จึงได้แก่

- การลดอุณหภูมิอากาศ
- การลดอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อน
- การลดความชื้นสัมพัทธ์
- และการเพิ่มอัตราเร็วของลม

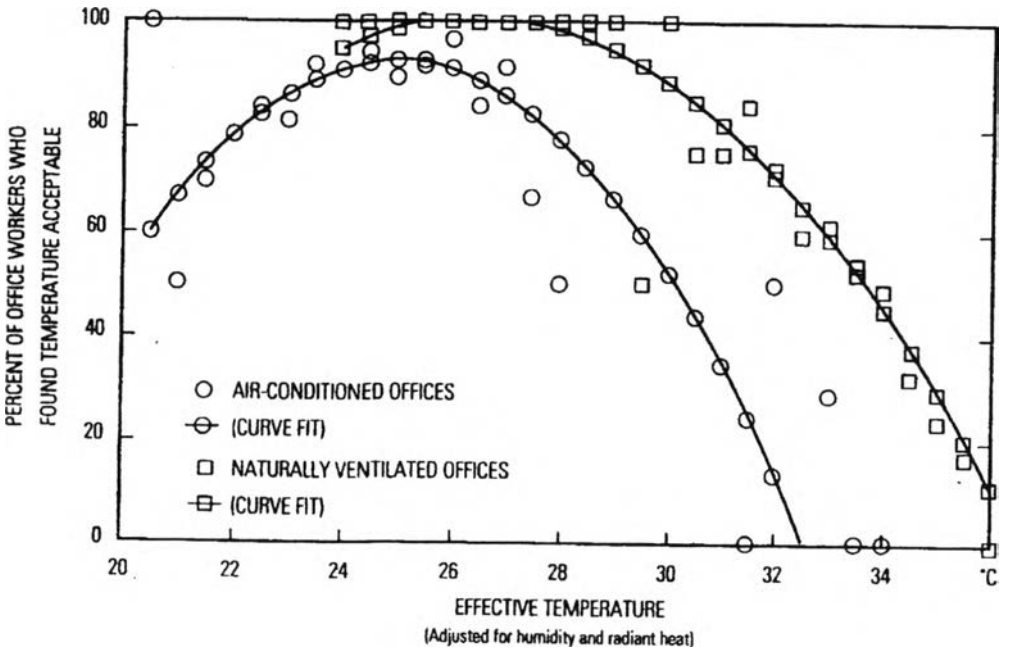
2.4 การศึกษาภาวะน่าสบายในประเทศไทย

มีผู้ศึกษาภาวะน่าสบายของประเทศไทย คือ John Franklin Busch โดยทำการศึกษากลุ่มตัวอย่าง 1146 คน ซึ่งอยู่ในกิจกรรมการทำงานในสำนักงาน ทั้งที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ

โดยค่าการต้านทานความร้อนของเสื้อผ้าเป็นไปตามที่เป็นจริง คือ 0.24-1.19 clo เฉลี่ย 0.53 clo อุณหภูมิอากาศต่ำสุดในห้องปรับอากาศที่ 19.5 ^{o}C และสูงสุดในห้องไม่ปรับอากาศที่ 34.2 ^{o}C

โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 26^{o} C :ซึ่งหลังจากนั้นได้ทำเป็นอุณหภูมิสมประสงค์แล้วได้ค่าเฉลี่ยที่ 27.5 ^{o}C สูงสุด ที่ 36^{o} C และต่ำสุดที่ 20.5 ^{o}C

การวิเคราะห์ข้อมูลทำโดยวิธีการวิเคราะห์ Probit Analysis ได้ผลดังนี้



รูปที่ 2.9 แผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์ความรู้สึกต่อสภาพอากาศของคนในสภาพปรับอากาศและไม่ปรับอากาศจากการวิจัยที่กรุงเทพ ของ J.F. Busch

ที่มา : E SOURCE, Air-Conditioning Comfort : Behavioral and Cultural Issues. p.15.

จากการวิเคราะห์โดยอาศัยหลักการของ ASHRAE แล้ว พบว่า กลุ่มตัวอย่างซึ่งทำงานในสภาพไม่ปรับอากาศ สามารถยอมรับอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 26.1° –31 °C โดยมีอุณหภูมิกลาง (Neutral Temperature) ที่ 28.5° C และสำหรับสภาพแวดล้อมที่มีการปรับอากาศจะยอมรับอุณหภูมิ 23.5°- 28 °C โดยมีอุณหภูมิกลางที่ 24.5 °C ทั้งหมดนี้เมื่อเปรียบเทียบกับ ASHRAE Standard แล้วจะพบว่า มีค่ามากกว่าที่กำหนดไว้โดย ASHRAE ทั้งในสภาพที่มีการปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ โดยสูงสุดของอุณหภูมิกลางในสภาพปรับอากาศของ ASHRAE คือ 26.1 °C และอุณหภูมิสูงสุดของอุณหภูมิกลางในสภาพไม่ปรับอากาศ คือ 28 °C

ซึ่งคาดว่าจะเกิดจากความเคยชินในสภาพแวดล้อมแล้ว และผลมาจากการที่ภายในสถานที่ทำงานในประเทศไทย มีความสามารถในการลดความร้อนได้มาก โดยไม่รบกวนต่อความรู้สึกสบาย

ทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่า นอกจากจะมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพอากาศที่แตกต่างจากการศึกษาภาวะน่าสบายในอดีต ซึ่งทำในภูมิอากาศแบบอบอุ่นแล้ว ยังมีผลเกี่ยวเนื่องมาจากสภาพทางสังคมและวัฒนธรรมที่เกี่ยวข้อง ทำให้ผลการศึกษาภาวะน่าสบายในอดีต ไม่สามารถนำมาใช้ในการพยากรณ์ความสบายสำหรับประเทศไทยได้เหมาะสมนัก นอกจากจะใช้เป็นเพียงแนวทางในการประเมินเท่านั้น

2.5 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการศึกษาวิจัยนั้น มีอยู่หลายวิธีการด้วยกัน การเลือกใช้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆในการศึกษา ทั้งในด้านความครอบคลุม ความละเอียดและเนื้อหาสาระในการศึกษา วิธีการหลักที่ใช้มีอยู่ 3 วิธีด้วยกัน คือ

ค. การสัมภาษณ์

ค. การใช้แบบสอบถาม

ค. การสังเกต[1]

ซึ่งแต่ละวิธีจะมีหลักในการเลือกใช้ ข้อจำกัด และวิธีดำเนินการแตกต่างกัน ดังนี้

ก. การสัมภาษณ์

การสัมภาษณ์เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย การสัมภาษณ์ไม่ใช้เป็นการถามเพื่อหาคำตอบอย่างผิวเผิน และไม่ใช้การแลกเปลี่ยนความคิดกัน แต่การสัมภาษณ์เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยที่ได้กำหนดจุดมุ่งหมายไว้ล่วงหน้า มักเป็นการหาข้อเท็จจริงอย่างลึกซึ้ง ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากผู้ให้สัมภาษณ์โดยปราศจากการตีความโดยผู้สัมภาษณ์เอง หรือโดยไม่ได้รับผลกระทบจากผู้สัมภาษณ์

- **เหตุผลในการใช้วิธีการสัมภาษณ์**

การสัมภาษณ์สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนมากอย่างรวดเร็ว มีความคล่องตัวในการดำเนินงาน เพราะสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้เลยทันทีเมื่อโอกาสอำนวย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง (unstructured interview) ซึ่งเหมาะสมสำหรับการศึกษาเบื้องต้นเพื่อค้นหาประเด็นสำคัญๆ มากกว่าที่จะค้นหารายละเอียด

การใช้วิธีการสัมภาษณ์เป็นการค้นหาข้อมูลกันซึ่งหน้า ระหว่างผู้สัมภาษณ์กับผู้ให้สัมภาษณ์ย่อมมีผลดีในหลายประการ กล่าวคือ ผู้สัมภาษณ์มีโอกาสทำความเข้าใจกับข่าวสารที่คลุมเครือหรือที่ขัดแย้งได้ โดยการขอร้องให้ผู้ให้สัมภาษณ์ชี้แจงในข้อสงสัยต่างๆ และสามารถค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมในทันทีในส่วนที่ขาดไปหรือในส่วนที่คิดว่าจำเป็น โดยเป็นข้อมูลต่อเนื่องที่ควรจะเก็บรวบรวมในขณะสัมภาษณ์แต่ไม่ได้กำหนดไว้ก่อน นอกจากนี้ในปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สัมภาษณ์กับผู้ให้สัมภาษณ์ ผู้สัมภาษณ์มีโอกาสสังเกตการแสดงออกทางสีหน้าของผู้ตอบได้พร้อมๆกับการได้ยินคำตอบ ย่อมสามารถบันทึกความจริงใจและอารมณ์ของผู้ตอบ ซึ่งมีประโยชน์ในการประเมินความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของข้อมูล การสัมภาษณ์กับที่ย่อมมีโอกาสสังเกตสภาพแวดล้อมในสถานการณ์จริง ซึ่ง

---

[1] วิมลสิทธิ์ หรยางกูร, การจัดทำรายละเอียดโครงการเพื่อการออกแบบงานสถาปัตยกรรม (กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541) หน้า 355

นอกจากจะเป็นการให้ข้อมูลเพิ่มเติมโดยการสังเกต ยังทำให้ผู้สัมภาษณ์สามารถตั้งคำถามเพิ่มเติมเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม และพฤติกรรมในสภาพแวดล้อมซึ่งอาจสอดคล้องหรือขัดแย้งกับข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์

การสัมภาษณ์สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นประโยชน์ โดยไม่คำนึงถึงขีดจำกัดความสามารถของผู้ให้สัมภาษณ์ กล่าวคือ การสัมภาษณ์สามารถใช้กับบุคคลทุกระดับไม่เฉพาะแต่ผู้มีการศึกษาอย่างในการใช้แบบสอบถาม

กล่าวได้ว่า การสัมภาษณ์เป็นวิธีการค้นหาข้อมูลที่ทำให้เข้าถึงผู้ให้สัมภาษณ์และเข้าถึงปัญหาที่แท้จริงได้ สามารถควบคุมตัวอย่าง (ผู้ให้สัมภาษณ์) ได้ดีกว่าเพราะอยู่กันซึ่งหน้า ย่อมเป็นการช่วยลดความผิดพลาดลงได้ และผู้ตอบมักไม่ต้องใช้ความพยายามมากเท่าวิธีอื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสัมภาษณ์ที่ค้นหาความในใจในด้านความคิดเห็น ทัศนคติ บุริมนิยม ความคาดหมายต่อบุคคลอื่น ต่อสภาพแวดล้อมกายภาพ ต่อการใช้สอยและกิจกรรมที่เกิดขึ้น สามารถค้นหาปัญหาและข้อขัดแย้งตลอดจนความคิดใหม่และการคาดคะเนถึงปัญหาใหม่ๆ

- **ข้อจำกัดในการใช้วิธีการสัมภาษณ์**

วิธีการสัมภาษณ์มีข้อจำกัดอยู่หลายประการ ที่สำคัญได้แก่ การเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ หากต้องเก็บข้อมูลจำนวนมากจากกลุ่มตัวอย่างที่อยู่กระจัดกระจาย ต้องใช้ทรัพยากรทั้งเงินทุนและกำลังคน ตลอดจนระยะเวลามาก โดยทั่วไปการสัมภาษณ์มักกระทำกันระหว่างผู้สัมภาษณ์ 1 คน กับผู้ให้สัมภาษณ์ 1 คน ซึ่งจะให้ผลดีมาก แต่บางครั้งการสัมภาษณ์อาจเกิดขึ้นระหว่างผู้สัมภาษณ์กับผู้ให้สัมภาษณ์เป็นกลุ่ม ซึ่งอาจมีหัวหน้ากลุ่มหรือผู้แทนกลุ่มในฐานะผู้ประสานงานของกลุ่ม ส่วนฝ่ายผู้สัมภาษณ์อาจมีผู้ร่วมงานเป็นผู้ทำหน้าที่จดบันทึกข้อมูล การสัมภาษณ์จำนวนมากรายซึ่งต้องใช้ทรัพยากรมากมักไม่อาจเกิดขึ้นได้ จึงมีการใช้วิธีการสัมภาษณ์อย่างจำกัด โดยใช้กับผู้ที่สามารถให้ข้อมูลข่าวสารที่ครอบคลุมที่สุดหรือให้ข่าวสารเฉพาะ และใช้วิธีสัมภาษณ์ร่วมกับการใช้แบบสอบถาม หรือใช้แบบสอบถามอย่างเดียวสำหรับผู้ที่สามารถให้ข้อมูลที่มีความสำคัญรองลงมา

การสัมภาษณ์ซึ่งเกิดการกระทำกันต่อหน้าระหว่างผู้สัมภาษณ์กับผู้ให้สัมภาษณ์ ย่อมก่อให้เกิดผลกระทบต่อกันได้ ผู้สัมภาษณ์อาจเผลอแสดงความคิดเห็นหรืออารมณ์ซึ่งมีอิทธิพลต่อข้อมูลที่ได้จากผู้ให้สัมภาษณ์ อคติมักเกิดขึ้นกับผู้ให้สัมภาษณ์ได้ ผู้ตอบนั้นโดยทั่วไปมักตอบในสิ่งที่ผู้ถามอยากฟัง ความเชื่อถือได้ของข้อมูลจึงลดลง นอกจากนี้ยังอาจมีอุปสรรคต่อการให้สัมภาษณ์อันเนื่องมาจากการปรากฏตัวของผู้สัมภาษณ์

ดังนั้น ปัญหาสำคัญประการหนึ่งที่เกิดจากการใช้วิธีการสัมภาษณ์ คือ การให้คำตอบที่มีความเป็นอัตนัย (subjectivivity) ซึ่งหมายความว่า ข้อมูลที่ได้มานั้นได้รับอิทธิพลส่วนบุคคลจากผู้ให้ข้อมูลและอาจรวมทั้งอคติที่เกิดขึ้นจากผู้รับข้อมูลไป อคติต่างๆเกิดขึ้นได้ง่าย อย่างไรก็ตาม หากทำการสัมภาษณ์จากกลุ่มตัวอย่างมากพอย่อมได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้

I19262668

- **วิธีดำเนินการสัมภาษณ์**

ก.ขั้นเตรียมการสัมภาษณ์

ก่อนการออกสัมภาษณ์ จำเป็นต้องมีการดำเนินการล่วงหน้าเกี่ยวกับการกำหนดผู้ให้สัมภาษณ์ ผลข้อมูลที่คาดว่าจะได้รับ การเตรียมผู้สัมภาษณ์และการเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการสัมภาษณ์ ดังนี้

1. *การกำหนดผู้ให้สัมภาษณ์และข้อมูลที่คาดว่าจะได้รับ* เนื่องจากบุคคลต่างๆมีความสามารถและความพร้อมในการให้ข้อมูล แตกต่างกันไปตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล ดังนั้นจึงต้องกำหนดข้อมูลที่ต้องการจะได้ตามจุดมุ่งหมายก่อน แล้วจึงนำไปสู่การกำหนดผู้ให้สัมภาษณ์ได้ สำหรับกรณีที่เป็นการศึกษาแบบศึกษาสำรวจ เพื่อทราบความคิดเห็นหรือความต้องการของส่วนรวมนั้น ก็จำต้องกำหนดกลุ่มตัวอย่างของประชากรที่จะทำการสำรวจ ต้องเป็นกลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดีของประชากร ถ้ามีหลายๆกลุ่ม ต้องมีเกณฑ์ที่ชัดเจนแสดงถึงความแตกต่างในลักษณะเฉพาะของกลุ่ม กลุ่มตัวอย่างต้องให้ข้อมูลตามที่คาดหมายไว้ได้ และเพื่อความสะดวกและประหยัดในการดำเนินการสัมภาษณ์ กลุ่มตัวอย่างไม่ควรอยู่อย่างกระจัดกระจายมากเกินไป

2.การเตรียมผู้ทำการสัมภาษณ์ ผู้สัมภาษณ์ต้องเป็นผู้ได้รับการอบรมฝึกฝนมาก่อน เพื่อจะได้ปฏิบัติได้ถูกต้องตามขั้นตอน และเพื่อจะได้วางตัวได้อย่างเหมาะสมในขณะทำการสัมภาษณ์ เช่น การสร้างบรรยากาศคุ้นเคยเมื่อเปิดการสัมภาษณ์ การพยายามสร้างบรรยากาศการสัมภาษณ์เป็นการสนทนา ทั้งที่การสัมภาษณ์ไม่ใช่การสนทนาทั่วไปที่มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน การพยายามไม่สอดแทรกความติดเห็นหรืออารมณ์ใดๆแก่ผู้ให้สัมภาษณ์ ฯลฯ ผู้สัมภาษณ์จะต้องได้รับการฝึกฝนให้มีความว่องไวต่อการรับรู้ข้อมูลที่ขัดแย้ง ที่ไม่ชัดเจนหรือที่ขาดไป เพื่อจะได้ขอให้ผู้ให้สัมภาษณ์ให้ข้อมูลเพิ่มเติม

กล่าวโดยสรุปได้ว่า ผู้สัมภาษณ์ทำหน้าที่ไม่เพียงแต่การตั้งคำถามและจดบันทึกเท่านั้น แต่ยังต้องพยายามดึงเอาข้อมูลที่ถูกต้องเชื่อถือได้และเหมาะสมทั้งหมดจากผู้ให้สัมภาษณ์

3.การเตรียมเครื่องมือ เครื่องมือที่ใช้ในการสัมภาษณ์แตกต่างกันตามประเภทของการสัมภาษณ์ ซึ่งมี 2 ประเภท คือ การสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (structured interview) และการสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง (unstructured interview)

สำหรับการสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง ผู้สัมภาษณ์ต้องเตรียมแนวการสัมภาษณ์โดยการกำหนดขอบเขตของข้อมูลเป็นสังเขป ตามจุดมุ่งหมายของการเก็บข้อมูล กล่าวคือ ไม่ได้กำหนดรายละเอียดของคำถาม เพียงแต่กำหนดประเด็นหรือเรื่องราวไว้เท่านั้น คำถามที่ใช้มักเป็นคำถามกว้างๆ

แต่สำหรับการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง ซึ่งมีจุดมุ่งหมายที่จะเก็บรวบรวมรายละเอียดข้อมูลที่สามารถจะนำไปวิเคราะห์เป็นข้อสรุปที่ชัดเจนได้นั้น จำเป็นต้องมีการเตรียมคำถามจากการกำหนดข่าวสารที่ต้องการหรือดัชนีข่าวสาร (information index) คำถามที่จัดทำขึ้นปรากฏในแบบสัมภาษณ์ (interview schedule) แบบสัมภาษณ์นี้เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์มาก เพราะทำให้เกิดความสะดวกในการสัมภาษณ์ ทั้งการถามและการบันทึก และย่อมมีความสะดวกต่อการนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์

ด้วย เพราะว่าในแบบสัมภาษณ์ได้กำหนดคำถามและคำตอบที่เลือกตอบได้ในกรณีที่เป็นแบบปลายปิด หรือได้เตรียมที่ว่างสำหรับการตอบคำถามในแต่ละหัวข้อในกรณีที่เป็นแบบปลายเปิด อาจทำเป็นแบบตรวนสอบรายการ (check list) ที่ได้กำหนดรายการไว้พร้อม เช่น รายการกิจกรรมต่างๆที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมนั้นๆ ฯลฯ คำตอบยังอาจจัดเป็นแบบประเมินค่า (rating) เพื่อให้ผู้ตอบเลือกตอบได้จากระดับมากถึงน้อย มีข้อน่าสังเกตว่า การใช้แบบสัมภาษณ์โดยปกติมักมีผู้ใช้ด้วยกันหลายคน เพราะต้องใช้ผู้สัมภาษณ์จำนวนหนึ่งในการดำเนินการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง ดังนั้นในการสร้างแบบสัมภาษณ์จำเป็นต้องให้ผู้สัมภาษณ์ทั้งหมดเข้าใจจุดประสงค์และความหมายต่างๆตรงกัน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีมาตรฐานเดียวกัน ต้องออกแบบแบบสัมภาษณ์ไว้ให้ใช้ได้อย่างคล่อง และมีความต่อเนื่องจากเรื่องหนึ่งไปยังอีกเรื่องหนึ่ง กล่าวคือ เป็นแบบสัมภาษณ์ที่ง่ายก่อการถาม การบันทึก และมีการจักลำดับเรื่องอย่างเหมาะสม

ข.ขั้นการสัมภาษณ์

เมื่อได้มีการวางแผนและเตรียมการไว้อย่างดีในข้อมูลที่คาดว่าจะได้ รวมทั้งในผู้ให้สัมภาษณ์ ผู้สัมภาษณ์และเครื่องมือที่ใช้ การดำเนินการสัมภาษณ์ในขั้นต่อไปควรได้ข้อมูลตามที่ต้องการ หากมีการสร้างความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างผู้ให้สัมภาษณ์กับผู้สัมภาษณ์ตั้งแต่เริ่มต้นจนจบการสัมภาษณ์ รวมทั้งการสื่อสารที่เกิดความเข้าใจกันอย่างถูกต้อง

1.ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สัมภาษณ์และผู้ให้สัมภาษณ์ สถานที่ที่ใช้ในการสัมภาษณ์ควรเป็นสภาพแวดล้อมของผู้ให้สัมภาษณ์เอง ซึ่งนอกจากจะใช้อ้างอิงได้แล้ว ยังเป็นสภาพแวดล้อมที่ผู้ให้สัมภาษณ์คุ้นเคยและไม่รู้สึกตื่นเต้น ผู้สัมภาษณ์ต้องพยายามสร้างบรรยากาศเป็นกันเอง ทำให้ผู้ให้สัมภาษณ์รู้สึกสบายใจและเกิดความรู้สึกว่าผู้สัมภาษณ์ไม่ได้วางแผนล่วงหน้ามากนัก ความตึงเครียดใจจึงไม่เกิดขึ้น และประการที่สำคัญคือ ผู้สัมภาษณ์ต้องแสดงเจตนาของการสัมภาษณ์อย่างชัดเจน ผู้ให้สัมภาษณ์โดยทั่วไปยินดีให้ความร่วมมืออย่างดี หากเป็นที่เชื่อถือได้ว่าไม่มีการเปิดเผยคำตอบเป็นรายบุคคล ที่จะทำให้ผู้ให้สัมภาษณ์ได้รับความเสื่อมเสียหรือเดือดร้อน

ในการสัมภาษณ์ ผู้สัมภาษณ์ต้องไม่แนะนำหรือสั่งสอนผู้ให้สัมภาษณ์ ซึ่งเป็นการสอดแทรกความคิดเห็นหรือค่านิยมของตน ผู้สัมภาษณ์ต้องมีความแน่ใจว่าผู้ให้สัมภาษณ์เข้าใจคำถาม และขณะเดียวกันผู้สัมภาษณ์ต้องเข้าใจคำตอบ และพยายามตรวจสอบความถูกต้องครบถ้วนของคำตอบโดยไม่ให้ผู้ให้สัมภาษณ์รู้ตัว และให้ผู้ให้สัมภาษณ์ชี้แจงข้อสงสัยหรือข้อขัดแย้งในระหว่างการสัมภาษณ์ หากผู้ให้สัมภาษณ์พูดนอกประเด็น ผู้สัมภาษณ์ควรตะล่อมให้ตรงจุด และอาจมีการถามซ้ำในเวลาต่างกันเฉพาะในเรื่องที่สำคัญ เพื่อให้แน่ใจว่าผู้ให้สัมภาษณ์ไม่ได้เผลอพูดผิดไป

2.การบันทึกข้อมูล การบันทึกที่ดีย่อมมีส่วนช่วยให้ได้ข่าวสารที่มีคุณสมบัติที่ดี การบันทึกลงในแบบบันทึกคำตอบหรือลงไปในแบบสัมภาษณ์ ย่อมเป็นการสะดวกในการบันทึก และมักไม่ทำให้ผู้ให้สัมภาษณ์เกิดความกังวลใจดังเช่นการบันทึกด้วยเครื่องบันทึกเสียง สามารถบันทึกเฉพาะข้อมูลที่จำเป็น ทำให้ได้ข่าวสารจำนวนมากโดยไม่เกิดความคลุมเครือ แต่หากใช้เครื่องบันทึกเสียง ควรเป็นเครื่องบันทึกเสียงขนาดเล็กที่สามารถซ่อนได้จะเป็นการดีกว่าเปิดเผย การใช้เครื่องบันทึกเสียงอย่างเปิด

เผยต้องมีการขออนุญาตผู้ให้สัมภาษณ์เสียก่อน และอาจเป็นอุปสรรคต่อการเปิดเผยข้อมูลบางประการ ซึ่งผู้ให้สัมภาษณ์ไม่อยากผูกมัดตัวเอง อาจทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างผู้สัมภษษณ์กับผู้ให้สัมภาษณ์ไม่ดีเท่าที่ควร นอกจากนี้การใช้เครื่องบันทึกเสียงยังทำให้มีงานถอดเทปเพิ่มขึ้นอีก ซึ่งควรจะได้กระทำในทันทีหลังจากการสัมภาษณ์

การจดบันทึกอาจกระทำโดยผู้จดซึ่งแยกจากผู้ถาม ซึ่งย่อมเป็นการสะดวก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีการสัมภาษณ์กลุ่มบุคคล ผู้บันทึกต้องมีความสามารถในการจับประเด็นและบันทึกเฉพาะข้อความสำคัญ มิฉะนั้น จะเต็มไปด้วยข้อมูลที่ไม่มีประโยชน์ ในบางกรณี อาจเป็นการเหมาะสมกว่าที่จะทำการบันทึกด้วยแผนภาพหรือการแสดงทางเรขาอื่นๆ ซึ่งจะสื่อความเข้าใจได้ดีกว่า เช่น ในกรณีที่เกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ฯลฯ ในการบันทึก บางครั้งอาจจำเป็นต้องบันทึกคำพูดโดยตรง เช่น ในกรณีที่ตัวอย่างผู้หนึ่งมีความเห็นขัดแย้งกับคนอื่นๆ และยังหาข้อยุติไม่ได้ ฯลฯ อาจกล่าวโดยสรุปได้ว่า ในการบันทึกข้อมูลนั้นต้องพยายามให้มีลักษณะเป็นปรนัยมากที่สุด

ข. การใช้แบบสอบถาม

การใช้แบบสอบถามนั้นเป็นวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กัน ในการค้นหาข่าวสารที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัย การใช้แบบสอบถามมุ่งหวังที่จะหาคำตอบเฉพาะที่ได้จากคำถามเฉพาะ

- **เหตุผลในการใช้แบบสอบถาม**

การใช้แบบสอบถามสามารถรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ หรือจากบุคคลหลายๆกลุ่ม โดยประหยัดค่าใช้จ่าย แรงงาน และเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีกลุ่มตัวอย่างอยู่อย่างกระจัดกระจาย การส่งแบบสอบถามให้ผู้ตอบทางไปรษณีย์ย่อมมีความเป็นไปได้มากกว่า เมื่อพิจารณาข้อจำกัดทางทรัพยากรที่มีอยู่ ผู้เก็บรวบรวมข้อมูลไม่จำเป็นต้องมีทักษะเฉพาะที่ต้องฝึกฝนอย่างดี ดังในกรณีผู้เก็บรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์

ข้อได้เปรียบประการหนึ่งของการใช้แบบสอบถามที่เกี่ยวข้องกับวิธีการ คือ การได้ข้อมูลที่มีลักษณะเป็นมาตรฐานเดียวกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีใช้แบบสอบถามแบบปลายปิด ซึ่งได้กำหนดคำตอบไว้หลายๆคำตอบให้เลือกตอบ แบบสอบถามจึงเป็นเครื่องมือที่สามารถวัดความคงที่มากน้อยของข้อมูลของสภาพการณ์ที่ต่างกันได้โดยบุคคลกลุ่มเดียวกัน หรือว่าสามารถวัดความคงที่มากน้อยของบุคคลหลายกลุ่มในสภาพการณ์เดียวกัน ทำให้นำข้อมูลของต่างสภาพการณ์หรือของต่างกลุ่มมาเปรียบเทียบกันได้ แบบสอบถามให้คำตอบที่เป็นข้อมูลที่พร้อมที่จะทำการวิเคราะห์ได้ทันที ไม่ต้องนำมาทำรายงานสรุปประเด็นอย่างในกรณีใช้วิธีการสัมภาษณ์

การใช้แบบสอบถามสามารถให้ข่าวสารที่เป็นประโยชน์ ต่องานที่ต้องการข่าวสารที่มีลักษณะเฉพาะ เช่น เกี่ยวกับลักษณะทางประชากรของผู้ใช้อาคารหรือผู้อาศัย เกี่ยวกับความคิดเห็น ฯลฯ กล่าวโดยสรุปได้ว่า การใช้แบบสอบถามทำให้สามารถได้ข่าวสารที่เป็นข้อเท็จจริง และข่าวสารที่เป็นความคิดเห็นหรือทัศนคติที่ต่างก็สามารถวัดในเชิงปริมาณได้

เหตุผลอีกประการหนึ่งของการใช้แบบสอบถาม คือ การที่สามารถได้ข้อมูลโดยไม่รู้ว่าผู้ตอบเป็นใคร ผู้ตอบโดยทั่วไปมักให้ความร่วมมือมากขึ้น หากทราบว่าไม่สามารถเปิดเผยตัวผู้ตอบหรือมีความเชื่อมั่นว่าจะไม่มีการเปิดเผยตัวผู้ตอบ

- **ข้อจำกัดในการใช้แบบสอบถาม**

การใช้แบบสอบถามต้องคำนึงถึงระดับการศึกษาของกลุ่มตัวอย่าง ผู้ตอบนอกจากจะสามารถอ่านหนังสือออก จะต้องมีความเข้าใจคำถามด้วยตนเอง เพราะว่าการใช้แบบสอบถามเป็นวิธีการที่ผู้ตอบต้องพึ่งพาตนเองและตอบด้วยตัวเอง ไม่มีผู้อื่นมาชี้แจงข้อสงสัยในคำถามอย่างในกรณีการใช้วิธีการสัมภาษณ์ ผู้ตอบจึงต้องทำความเข้าใจคำถาม แต่หากในการทำความเข้าใจนั้น ผู้ตอบแต่ละคนสามารถตีความไปได้ต่างๆนานา ย่อมได้ข้อมูลที่ไม่ตรงข้อเท็จจริง คุณภาพของข้อมูลจึงขึ้นอยู่อย่างมากกับการตั้งคำถาม นอกจากนี้ ในคำถามแบบปลายปิดที่กำหนดคำตอบให้เลือกตอบนั้น ผู้ตอบต้องเข้าใจคำตอบที่เลือกตอบได้ถูกต้อง อีกทั้งยังอาจไม่มีคำตอบที่สอดคล้องกับความคิดเห็นที่แท้จริงของผู้ตอบได้

ความจริงใจในการตอบแบบสอบถามเป็นปัญหาสำคัญอีกประการหนึ่ง ที่ทำให้ความเชื่อถือได้ของข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามลดลง ผู้ตอบที่ทราบว่าผู้ได้คำตอบคืนไปไม่รู้ว่าใครเป็นผู้ตอบ มักขาดความจริงใจในการตอบ หรืออาจให้ผู้อื่นตอบแทน เช่น ผู้จัดการอาจให้เลขานุการเป็นผู้ตอบแทน ฯลฯ การที่ผู้ตอบมีแนวโน้มที่จะขาดความจริงใจในการตอบ พิจารณาได้จากการมีผู้ส่งแบบสอบถามคืนเป็นจำนวนน้อย มักไม่ถึงครึ่งหนึ่งของจำนวนผู้ที่ได้รับแบบสอบถาม ในสหรัฐอเมริกาประมาณว่ามีผู้คอบแบบสอบถามเพียงร้อยละ 20-40 ทำให้ต้องมีการติดตามทวงแบบสอบถามคืน และต้องตรวจสอบความเป็นตัวแทนของกลุ่มประชากรของผู้ได้รับแบบสอบถาม หรือจะต้องลองสุ่มตัวอย่างจากผู้ที่ไม่ได้ตอบเพื่อศึกษาว่าให้ข้อมูลแตกต่างจากผู้ที่ตอบหรือไม่ โดยอาจใช้การสัมภาษณ์แทน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสัมภาษณ์ทางโทรศัพท์

- **วิธีดำเนินการใช้แบบสอบถาม**

ก่อนการใช้แบบสอบถามโดยการส่งหรือแจกแบบสอบถาม ย่อมต้องสร้างแบบอสบถามเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ต้องกำหนดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมจะเป็นผู้ตอบ และรวมทั้งกำหนดวิธีการส่งแบบสอบถาม

1.*การกำหนดแบบอย่างและข้อมูลที่ได้* (ตารางที่ 2.4) การเก็บรวบรวมข้อมูลดว้ยการใช้แบบสอบถามนั้นมีแบบอย่างที่ใช้กันทั่วไป 2 แบบ คือ แบบปลายปิดและแบบปลายเปิด

สำหรับแบบปลายปิดนั้น นอกจากเป็นแบบที่มีคำตอบหลายๆคำตอบไว้เลือกได้ทั้งคำตอบเดียวหรือหลายคำตอบ และแบบมีคำตอบให้เลือกระหว่าง 2 อย่างตรงกันข้ามแล้ว ยังอาจใช้แบบที่ให้จัดอันดับความสำคัญจากรายการคำตอบที่กำหนดไว้ ทั้งจากรายการคำตอบทั้งหมดหรือเพียงบางรายการที่มีความสำคัญที่สุด เช่น รายการที่อยู่อาศัยประเภทต่างๆ ที่มีความต้องการเข้าอยู่อาศัยตามลำดับ

ความพอใจ ฯลฯ แบบสอบถามยังอาจเป็นแบบประเมินค่า (rating scale) ทั้งแบบเป็นข้อความที่บอกระดับจากมากถึงน้อยดังเช่นในมาตราลิเคอร์ท (Likert scale) หรือแบบเป็นตัวเลขที่เป็นระดับค่าดังเช่นในมาตราซีแมนติก (semantic differntial scale) มาตราประเมินค่าดังกล่าวเหมาะสำหรับใช้ค้นหาข่าวสารประเภทความคิดเห็น ทัศนคติหรือความรู้สึก ซึ่งทำให้สามารวัดข้อมูลอัตนัยในเชิงปริมาณได้ รายละเกียดของการใช้แบบอย่างต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นในการจัดทำแบบสอบถาม ขึ้นอยู่กับลักษณะข้อมูลที่ต้องการ ส่วนรายละเอียดเนื้อหาของข้อคำถามและของข้อมูลที่คาดว่าจะได้นั้น มักพิจารณาจากผลของการศึกษาเบื้องต้นที่ใช้วิธีการสัมภาษณ์

ตารางที่ 2.4 แสดงตัวอย่างแบบสอบถามแบบต่างๆ
ที่มา : วิมลสิทธิ์ หรยางกูร, **การจัดทำรายละเอียดโครงการเพื่อการออกแบบงานสถาปัตยกรรม**, หน้า367.

ก.แบบเลือกตอบ	
โปรดกาเครื่องหมาย x ลงในช่อง ☐ หรือกรอกข้อความลงในช่องว่างที่กำหนดให้ 1.ท่านคิดว่าควรจะมีการปรับปรุงในส่วนทำงานของท่านในประการใด (ตอบได้มากกว่า 1 คำตอบ)	สำหรับเจ้าหน้าที่
☐ขยายพื้นที่ทำงานให้กว้างขวางกว่าเดิม	☐19
☐กั้นพ้นที่ทำงานขนาดใหญ่ให้เกิดความเป็นสัดเป็นส่วนตามหน้าที่การงาน	☐20
☐จัดให้มีบริเวณสำหรับแขกที่มาติดต่อได้นั่งพักคอยอยู่นอกพื้นที่ทำงาน	☐21
☐เพิ่มตู้เก็บเอกสารสำหรับแต่ละบุคคล	☐22
☐เพิ่มดวงไฟเพื่อให้แสงสว่างอย่างเพียงพอในส่วนด้านในของพื้นที่ทำงาน	☐23
☐อื่นๆ โปรดระบุ	☐24

ข.แบบจัดอันดับ	
3.ท่านคิดว่าบริการชุมชนในหมู่บ้านจัดสรรที่ท่านคิดว่าจะย้ายเข้าอยู่ ควรประกอบด้วยอะไรบ้าง โปรดเขียนหมายเลข 1, 2, หรือ 3 ลงในช่อง ☐ หน้าข้อความ เพื่อแสดงลำดับความสำคัญที่สุดและรองลงมา รวมเฉพาะ 3 อันดับแรก	สำหรับเจ้าหน้าที่
☐สวนสาธารณะขนาดเล็ก	☐51
☐สนามเด็กเล่น	☐52
☐สระว่ายน้ำและสนามเทนนิส	☐53
☐สถานรับเลี้ยงเด็กอ่อน	☐54
☐โรงเรียนอนุบาล	☐55
☐ยามตรวจทั่วหมู่บ้านในเวลากลางวันและกลางคืน	☐56

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

ค.แบบมาตราประเมินค่า

4.ท่านคิดว่ามีปัญหารบกวนห้องทำงานของท่านในประการต่างๆ มากน้อยเพียงใด โปรดกาเครื่องหมาย x ลงในช่องตามสภาพการรบกวน

สำหรับเจ้าหน้าที่

รายการปัญหา	น้อย	ค่อนข้างน้อย	ปานกลาง	ค่อนข้างมาก	มาก
1.เสียงรบกวนจากถนนสาธารณะ					
2.เสียงรบกวนจากเครื่องพิมพ์ดีด					
3.แสงสะท้อนจากอาคารข้างเคียง					
4.ความร้อนและแสงแดด					
5.ผู้คนเดินผ่านหน้าโต๊ะ					
6.ผู้ร่วมงานมักชวนคุย					

6.ท่านคิดว่าการจัดตำแหน่งขององค์ประกอบในห้องอ่านหนังสือ มีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด โปรดกาเครื่องหมาย x ลงในช่องที่ตรงกับคะแนนความเหมาะสม

(1) เหมาะสมน้อยที่สุด
(2) เกือบเหมาะสม
(3) เหมาะสมดี
(4) เหมาะสมมาก
(5) เหมาะสมที่สุด

	1	2	3	4	5
1.การจัดตำแหน่งที่นั่งแบบโต๊ะเดี่ยว					
2.การจัดตำแหน่งที่นั่งแบบโต๊ะรวม					
3.การจัดตำแน่งชั้นเก็บหนังสือ					
4.การจัดตำแหน่งตู้บัตรรายการ					
5.การจัดตำแหน่งโต๊ะเจ้าหน้าที่					
6.....					

2..หลักเกณฑ์ในการสร้างแบบสอบถาม เนื่องจากแบบสอบถามโดยทั่วไปใช้โดยผู้คนจำนวนมากและตอบด้วยตนเอง จึงต้องคำนึงถึงประเด็นนี้ในการจัดทำแบบสอบถาม ซึ่งควรจะต่างจากแบบสัมภาษณ์ที่ผู้สัมภาษณ์ใช้เอง แบบสอบถามที่ดีควรตรงไปตรงมา ไม่ควรมีศัพท์เทคนิคหรือศัพท์ที่ใช้ในวิชาชีพเฉพาะสำหรับผู้ตอบ ทั้งคำถามและคำตอบที่กำหนดให้เลือกมีความหมายชัดเจน ซึ่งจะลดการตีความที่ไม่ตรงกันได้ ข้อความควรมีความกะทัดรัด เพื่อให้เกิดความสนใจในประเด็นสำคัญๆ คำถามควรมีประเด็นของคำตอบที่ชัดเจนหรือมุ่งที่คำตอบเฉพาะ หากสามารถตอบได้ในสาระกว้างๆ ย่อมได้ข้อมูลที่ใช้ประโยชน์ได้ไม่มากนัก ลักษณะที่สำคัญอีกประการหนึ่งของคำถาม คือ คำถามที่ดีต้องไม่มีลักษณะการถามนำ หรือให้ความเห็นที่เป็นการโน้มน้าวคำตอบ และควรจัดลำดับของคำถามให้เหมาะสม โดยระวังไม่ให้คำตอบหนึ่งมีผลกระทบต่ออีกคำตอบหนึ่ง และให้จัดคำถามเป็นกลุ่มเพื่อให้เกิดความเข้าใจและตอบคำถามได้เป็นเรื่องๆ จะได้เกิดเอกภาพในคำตอบ

แม้ว่าการใช้แบบสอบถามมุ่งหวังที่จะได้ข้อมูลจำนวนมาก แต่แบบสอบถามก็ไม่ควรยาวเกินไป เพราะจะทำให้ผู้ตอบหมดกำลังใจเสียก่อนและพาลไม่ตอบเลย อย่างไรก็ตาม แบบสอบถามต้องมีเนื้อหาสาระที่ครอบคลุมวัตถุประสงค์ของการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการใช้แบบสอบถาม โดยที่ให้ข้อมูลเพียงพอและสอดคล้องกับการเอาไปใช้ในการศึกษา

ในการพิจารณาเลือกใช้แบบสอบถามปลายเปิดนั้น มีข้อควรระวัง คือ หากมีคำถามปลายเปิดจำนวนมาก ผู้ตอบต้องคิดคำตอบขึ้นมาเองมากตามไปด้วย อาจก่อให้เกิดความเครียดและขาดความสนใจที่จะตอบ และที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ คำถามแบบปลายเปิดมักให้ข้อมูลเชิงพรรณนา (descriptive data) เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นในด้านการใช้สอยของอาคาร ฯลฯ ขอ้มูลเชิงพรรณนาเหล่านี้มักเป็นปัญหาในการวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงปริมาณ เพราะลักษณะการกระจายในเนื้อหาสาระของข้อมูล จึงควรใช้แบบสอบถามปลายเปิดเท่าที่จำเป็นเท่านั้น หากต้องการข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์เปรียบเทียบเป็นสำคัญ

ในการจัดทำแบบสอบถามควรที่จะได้มีการทดลองใช้ดูก่อน (tryout) กับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก เพื่อจะได้ทำการปรับปรุงแบบสอบถามในส่วนที่ผู้ตอบมักไม่เข้าใจ หรือเข้าใจไม่ถูกต้อง หรือก่อให้เกิดอคติ เพื่อให้แบบสอบถามมีข้อคำถามที่มีความเป็นปรนัยมากยิ่งขึ้น ในกรณีที่ใช้วิธีการเฉพาะ อย่างเช่น วิธีการซีแมนติก ดิฟเฟอเรนเชียล จำเป็นต้องมีการทดสอบความเชื่อถือได้ของข้อมูลในเชิงสถิติเพิ่มขึ้นอีก โดยการทดสอบกับผู้ตอบชุดเดิมของกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก นอกจากนี้ ในแบบสอบถามควรมีการแทรกคำถามทำนองเดียวกันปนอยู่ในแบบสอบถาม เพื่อจะได้ตรวจสอบความเชื่อถือได้ของข้อมูล มีข้อน่าสังเกตว่า การใช้แบบสอบถามแบบปลายปิดที่มีคำตอบกำหนดไว้ให้เลือกพร้อมอยู่แล้ว มักทำให้ผู้ตอบขาดความตั้งใจในการตอบ

3.การเสนอแบบสอบถาม โดยทั่วไปแบบสอบถามประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ ส่วนนำ ส่วนคำถามและส่วนคำถามด้านข้อมูลส่วนบุคคล ในส่วนคำถามหลัก ควรที่จะขึ้นต้นด้วยคำถามที่ตอบได้ง่ายก่อน เพื่อเป็นการจูงใจผู้ตอบ ส่วนข้อมูลส่วนบุคคลซึ่งเกี่ยวข้องกับสถานภาพทั่วไปของผู้ตอบ เป็นข้อมูลที่ตอบง่าย จึงควรจัดไว้ส่วนท้ายของแบบสอบถาม

แบบสอบถามต้องมีจดหมายนำเป็นส่วนนำ เพื่อชี้แจงจุดมุ่งหมายของการรวบรวมข้อมูล พร้อมกันนี้ให้อธิบายถึงสาระสำคัญของแบบสอบถาม ลักษณะของคำถามและแนะนำวิธีการตอบ และหากจำเป็นให้กล่าวถึงการรักษาคำตอบส่วนบุคคลเป็นความลับ เพื่อให้ผู้ตอบเกิดความมั่นใจว่าจะไม่เกิดผลเสียหายต่อตนเอง

การเสนอข้อคำถามให้มีรูปแบบที่ชัดเจน เข้าใจได้ง่ายและน่าสนใจ โดยหารแยกกลุ่มคำถามหลักและคำถามรองออกด้วยการใช้หัวข้อตัวหนา ตัวใหญ่หรือขีดเส้นใต้ตามความเหมาะสม และมีเนื้อที่ให้กรอกอย่างเพียงพอ ในกรณีที่ต้องกำหนดช่องใส่รหัสสำหรับการถอดข้อมูล เพื่อการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์ ต้องแยกส่วนให้ชัดเจน ไม่ทำให้ผู้ตอบสับสน

4.การกำหนดผู้ตอบและการส่งแบบสอบถาม ผู้ตอบต้องเป็นผู้มีความเหมาะสมที่คาดว่าสามารถให้ข้อมูลที่มีความตรงและความเที่ยงตามความต้องการมากที่สุด แบบสอบถามที่จัดทำขึ้นต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมทางด้านประสบการณ์ของผู้ตอบ ทั้งความยากง่ายของแบบสอบถามและรายละเอียดเนื้อหาสาระที่เป็นข้อมูล ที่จะต้องสอดคล้องกับความสามารถของผู้ตอบและมีส่วนเกี่ยวข้องกับผู้ตอบ[2] ซึ่งผู้ตอบโดยทั่วไปมักตอบจากประสบการณ์เดิม ส่วนการกำหนดกลุ่มตัวอย่างนั้นเป็นไปตามหลักการเลือกหรือสุ่มตัวอย่าง แต่ให้กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างใหญ่เพียงพอ โดยคาดว่าเฉพาะผู้ที่ส่งแบบสอบถามมีจำนวนเท่ากับจำนวนตัวอย่างที่ต้องการ

สำหรับการสุ่มตัวอย่างที่อยู่อย่างกระจัดกระจาย ย่อมเป็นการประหยัดกว่าที่จะส่งทางไปรษณีย์ ส่วนในกรณีที่จำเป็นต้องอธิบายแบบสอบถามโดยตรงแก่ผู้ตอบ อย่างเช่น อยู่ภายในหมู่บ้านจัดสรรเดียวกัน หรืออยู่ในหมู่บ้านจัดสรรที่อยู่ใกล้กัน ฯลฯ ย่อมเป็นไปได้ที่จะไปส่งและอธิบายการใช้แบบสอบถาม หรือแม้แต่ไปรับคืนโดยผู้เก็บรวบรวมข้อมูลเอง

ค. การสังเกต

การสังเกตเป็นวิธีเก็บรวบรวมข้อมูลจากสภาพแวดล้อม และพฤติกรรมของตัวอย่างในสภาพแวดล้อมที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เพื่อให้ได้ข่าวสารที่เป็นประโยชน์ต่องานในกระบานการวิจัย

ประเภทต่าง ๆของการสังเกตและความเหมาะสมในการใช้

- **การสังเกตโดยทางตรงและทางอ้อม**

การเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการสังเกตสภาพแวดล้อมหรือสภาพการณ์ใดสภาพการณ์หนึ่ง เป็นการสังเกตโดยตรง (direct observation) ผู้สังเกตสามารถสังเกตและบันทึกสิ่งที่สังเกตได้โดยอาศัยประสาทสัมผัสของผู้สังเกตเป็นสำตัญ เช่น การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสังเกตโดยตรงเกี่ยวกับความถี่ของการใช้อุปกรณ์เครื่องเล่นต่างๆ ในสนามเด็กเล่น หรือเกี่ยวกับประเภทกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้น

---

[2] Berdie, D.R. and Anderson J.F. Questionaires : Design and use. (New Jersey : The Scarecrow Press, 1974) อ้างถึงใน วิมลสิทธิ์ หรยางกูร, การจัดทำรายละเอียดโครงการเพื่อการออกแบบสถาปัตยกรรม, หน้า 371.

ในสวนสาธารณะ ฯลฯ การสังเกตโดยตรงดังกล่าวเป็นการสังเกตที่ผู้สังเกตบันทึกปรากฏการณ์หรือพฤติกรรมตามที่สังเกตได้จริง ไม่ต้องอนุมานหรือมีการสอดแทรกความคิดใดๆ ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลปรนัย

อย่างไรก็ตาม บางครั้งหรือในบางสภาพการณ์อาจไม่ได้ใช้หรือไม่สามารถใช้การสังเกตโดยตรงได้ แต่ใช้การสังเกตโดยการดูร่องรอย (tracking) เช่น การสังเกตรอยเปื้อนบนพื้นและผนัง รอยสึกบนพรม ฯลฯ เหล่านี้เป็นการสังเกตที่ใช้สัญญาณชี้แนะที่มีอยู่ ซึ่งอาจแยกเป็นสองประเภทใหญ่ๆ คือ สภาพการสึกหรอ (erosion) และสภาพการสะสม (accretion) การหาข้อสรุปจากข้อมูลดังกล่าวเกี่ยวกับเส้นทางสัญจรหรือบริเวณที่มีกิจกรรมเกิดขึ้น ย่อมต้องอาศัยการอนุมานหรือการคาดคะเนตามหลักเหตุผล เพราะเป็นการสังเกตในขณะที่ไม่มีพฤติกรรมมนุษย์เกิดขึ้น การสังเกตจึงเป็นการสังเกตทางอ้อม (indirect observation) ที่ผู้สังเกตต้องตีความจากข้อมูลบางส่วนที่ได้

การสังเกตโดยใช้เครื่องมือในการบันทึกเป็นสำคัญ (instrumented observation) มักเป็นการสังเกตที่ไม่สามารถใช้การสังเกตโดยตรง เช่น ในการหาข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบของการสัญจร หรือความหนาแน่นของการสัญจรภายในพิพิธภัณฑ์ หากต้องการข้อมูลปรนัย จำเป็นต้องใช้เครื่องมือโฮโดมิเตอร์ (hodometer) เครื่องมือนี้ประกอบด้วยชุดแผ่นพื้นที่ต่อไว้กับเครื่องนับ ซึ่งจะนับทุกครั้งที่แผ่นพื้นได้รับแรงกดจากน้ำหนักของผู้เดินผ่านทุกหนึ่งตารางฟุต หรือในการหาข้อมูลที่ลำดับของเหตุการณ์หรือของพฤติกรรมมีความหมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ขนาดใหญ่ ที่มีกิจกรรมมากมายและจำเป็นต้องสังเกตต่อเนื่องเป็นเวลานาน อย่างเช่น การสังเกตพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในโถงพักคอยในสถานีรถไฟหรือท่าอากาศยาน จำเป็นต้องใช้เครื่องบันทึก เช่น กล้องถ่ายภาพ กล้องถ่ายวิดีโอ ฯลฯ ในการเก็บรวบรวมข้อมูล การสังเกตที่บันทึกข้อมูลด้วยเครื่องมือเป็นสำคัญ จัดได้ว่าเป็นการสังเกตทางอ้อม

- **การสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วมและมีส่วนร่วม**

สำหรับการสังเกตโดยตรงเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากสภาพแวดล้อมและพฤติกรรมในสภาพแวดล้อม โดยทั่วไปผู้สังเกตเป็นผู้ที่อยู่นอกเหตุการณ์ เพื่อสังเกตดูปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น "ภายในเหตุการณ์" ผู้สังเกตไม่ได้เข้าร่วมในกิจกรรมที่เกิดขึ้นตามปกติ , แม้ว่าอาจเข้าไปอยู่ในสภาพแวดล้อมนั้นๆก็ตาม เช่น ผู้สังเกตอาจเข้าไปในอาคารโรงพยาบาลเพื่อสังเกตการทำงานของพยาบาลประจำสถานีพยาบาลในแต่ละชั้น การสังเกตดังกล่าวคงถือว่าเป็นการสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม (non-participant observation) เพราะว่าผู้สังเกตไม่ได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมของกลุ่มตัวอย่าง และมักไม่ได้ข่าวสารที่มีรายละเอียดลึกซึ้ง โดยทั่วไปการสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วมนี้ มักเป็นการสังเกตแบบมีโครงสร้าง (structured observation) โดยที่ผู้สังเกตได้กำหนดข้อมูลที่จะรวบรวมโดยการสังเกตไว้ล่วงหน้า ได้กำหนดสิ่งที่จะสังเกตและบันทึกไว้ชัดเจนพอสมควร ข้อมูลที่ได้จึงมีลักษณะเฉพาะเจาะจง

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการสังเกต อาจจำเป็นที่ผู้สังเกตต้องเข้ามีส่วนร่วมในกิจกรรมในฐานะสมาชิกของกลุ่ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเก็บรวบรวมข้อมูลทางพฤติกรรม กิจกรรมที่เกี่ยวข้องความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม ตลอดจนข่าวสารเฉพาะด้านต่างๆที่จะได้มาก็ต่อเมื่อได้มีส่วนร่วมอยู่ใน

ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม ตลอดจนข่าวสารเฉพาะด้านต่างๆที่จะได้มาก็ต่อเมื่อได้มีส่วนร่วมอยู่ในเหตุการณ์ ฯลฯ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข่าวสารเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมที่มีลักษณะเฉพาะมาก เช่น คุก โรงพยาบาลโรคจิต ฯลฯ การสังเกตดังกล่าวเป็นการสังเกตแบบมีส่วนร่วม (participant observation) วิธีการแบบนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากในการศึกษาทางมนุษยวิทยา เหมาะสำหรับการหาข้อมูลในการศึกษาเบื้องต้น และมักเป็นการสังเกตแบบไม่มีโครงสร้าง (unstructured observation) โดยที่ผู้สังเกตมักไม่ได้กำหนดรายละเอียดเฉพาะที่จะสังเกต เพียงแต่กำหนดแนวทางข้อมูลที่ต้องการไว้อย่างกว้างๆ เท่านั้น ทั้งนี้ เพื่อค้นหาประเด็นปัญหาที่จะค้นหาข้อมูลอย่างละเอียดต่อไปด้วยการสังเกตแบบมีโครงสร้าง หรือด้วยวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลวิธีอื่น การสังเกตแบบมีส่วนร่วมทำให้ผู้สังเกตมีโอกาสอยู่ใกล้ชิดเหตุการณ์และมีประสบการณ์โดยตรง ย่อมทำให้ได้ข้อมูลสำคัญๆ เกี่ยวกับพฤติกรรมในสภาพแวดล้อม ปัญหาและรูปแบบในการใช้สอยสภาพแวดล้อม ฯลฯ แต่ผู้สังเกตแบบมีส่วนร่วมต้องได้รับการฝึกฝนอย่างดี ผู้สังเกตต้องมีข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับผู้ถูกสังเกต กิจกรรมและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องล่วงหน้าก่อนเข้าทำกิจกรรม

เมื่อพิจารณาวิธีการในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้ง 3 วิธีแล้ว พบว่า การวิจัยเพื่อหาขอบเขตของสภาวะน่าสบายนี้ จำเป็นต้องมีการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความรู้สึกและสภาพทางจิตใจ ของกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ที่มีทั้งผู้ที่มีการศึกษาและผู้ที่มีการศึกษาน้อย ในสภาพการทำกิจกรรมจริง และต้องการข้อมูลเฉพาะด้านสภาพแวดล้อมทางอุณหภูมิ ซึ่งมีลักษณะเฉพาะอย่างมาก ดังนั้น จึงเลือกใช้วิธีการรวบรวมข้อมูล โดยการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถามส่วนหนึ่ง อีกส่วนหนึ่งเป็นการใช้แบบสอบถามโดยตรง เนื่องจาก

1. การใช้แบบสอบถามต้องการเวลาในการตอบ อาจเป็นการรบกวนกลุ่มตัวอย่างมากเกินไป เนื่องจากบางครั้งกิจกรรมที่กลุ่มตัวอย่างทำอยู่ต้องการสมาธิในการทำสูง เช่น การทำงานในสำนักงาน การอ่านหนังสือ ฯลฯ

2. การสอบถามข้อมูลจากผู้มีการศึกษาน้อย ต้องทำความเข้าใจในการตอบให้ละเอียดที่สุด และกลุ่มตัวอย่างอาจไม่มีความสามารถในการทำความเข้าใจโดยการอ่านได้ การใช้วิธีการสัมภาษณ์จึงเป็นสิ่งที่เหมาะสม

3. ข้อมูลที่ต้องการได้รับ เป็นข้อมูลที่มีแนวทางในการวิเคราะห์อยู่แล้ว จึงต้องเก็บรวบรวมข้อมูลให้ได้มาซึ่งคำตอบที่เที่ยงตรงและเหมาะสมกับการวิเคราะห์

4. การสัมภาษณ์เป็นโอกาสที่ทำให้สามารถถามย้ำ หรือสังเกตลักษณะการตอบแบบสอบถามได้ เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

2.6 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับการวิเคราะห์การถดถอย

การวิเคราะห์การถดถอยเป็นวิธีการทางสถิติอีกวิธีหนึ่งที่จะศึกษาถึง ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ประเภท โดยสามารถนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์นั้น ไปใช้ในการพยากรณ์ค่าตัวแปรตัวหนึ่งเมื่อค่าตัวแปรอีกตัวหนึ่งเปลี่ยนไป ซึ่งจะกำหนดให้ตัวแปรที่เมื่อเปลี่ยนค่าไปแล้ว กระทบต่อค่าของตัวแปรอีกตัวหนึ่งว่า ตัวแปรอิสระ (Independent Variable : X) ส่วนตัวแปรที่มีการเปลี่ยนแปลงตามค่าของตัวแปรอิสระนั้นจะเรียกว่า ตัวแปรตาม (Dependent Variable : Y)

การวิเคราะห์การถดถอยเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยมุ่งเน้นพยากรณ์ตัวแปรตาม ซึ่งต้องอาศัยการประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองตัวแปร โดยจะเรียกความสัมพันธ์นี้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficient) ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยนั้นจะทำได้หลังจากที่ได้สร้างรูปแบบความสัมพันธ์ (Model) ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามแล้ว ซึ่งรูปแบบความสัมพันธ์อาจจะมีลักษณะเป็นเส้นแบบตรง แบบเส้นโค้ง ฯลฯ ได้ [1]

หรือสามารถบรรยายการวิเคราะห์การถดถอยได้อีกรูปแบบหนึ่ง คือ การวิเคราะห์ที่ใช้ในการพิจารณาถึงรูปแบบที่เป็นไปได้ของความสัมพันธ์ของตัวแปร และมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประโยชน์ในการทำนาย (Predict) หรือคาดประมาณ (Estimate) ค่าค่าหนึ่งซึ่งสัมพันธ์กับค่าที่กำหนดให้อีกค่าหนึ่ง นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษชื่อ Sir Francis Galtom เป็นคนแรกที่ได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ซึ่งนำไปสู่การค้นคิดเรื่องการวิเคราะห์ความถดถอย โดยเขาได้กล่าวถึงแนวโน้มของลักษณะพันธุกรรมที่บุตรหลานสืบต่อจากบิดามารดา ในรายงานการวิจัยเกี่ยวกับพันธุกรรมของเขา เมื่อปี ค.ศ. 1899

ส่วนการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation Analysis) จะเกี่ยวข้องกับการวัดขนาดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร การคำนวณค่าสหสัมพันธ์จากข้อมูลชุดใดชุดหนึ่ง คือ การคำนวณดูว่าตัวแปรที่ได้จากข้อมูลชุดนั้น มีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด แนวความคิดและศัพท์ต่างๆในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ก็มาจาก Galtom เช่นกัน [2]

เมื่อได้รูปแบบความสัมพันธ์แล้ว จะใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์สร้างสมการเพื่อประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย เช่น ถ้าได้รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองประเภทเป็นแบบเส้นตรง ก็จะสามารถสร้างสมการเชิงเส้นตรงที่เรียกว่า สมการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Equations)

---

[1] ศิริชัย พงษ์วิชัย, การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์ (กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540) หน้า 293.

[2] Draper, N.R. and H. Smith. Applied Regression Analysis (New York : John Wiley & Sons, 1981) p.6.

แต่ถ้าได้รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองเป็นเชิงเส้นโค้ง ก็จะสามารถสร้างสมการเชิงเส้นโค้งได้ (Curvilinear Regression Equations) ซึ่งมีอยู่หลายชนิด เช่น

- รูปแบบความสัมพันธ์พาลาโบลา (Parabola or Quadratic Form)
- รูปแบบความสัมพันธ์โพลีโนเมียล (Polynomial Form)
- รูปแบบความสัมพันธ์เอกซ์โปเนนเชียล (Exponential Form)

2.6.1 **สมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย** (Simple Linear Regression Equation)

การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่ายนี้ เป็นการวิเคราะห์การถดถอยเพื่อที่จะอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามด้วยตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียว และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามมีรูปเชิงเส้นโดยตรง กำหนดให้ X เป็นตัวแปรอิสระ และ Y เป็นตัวแปรตาม

สมการในรูปของประชากร $Y = \beta_0+\beta_1x+\varepsilon$

สมการประมาณค่า $\hat{Y} = a + bx$

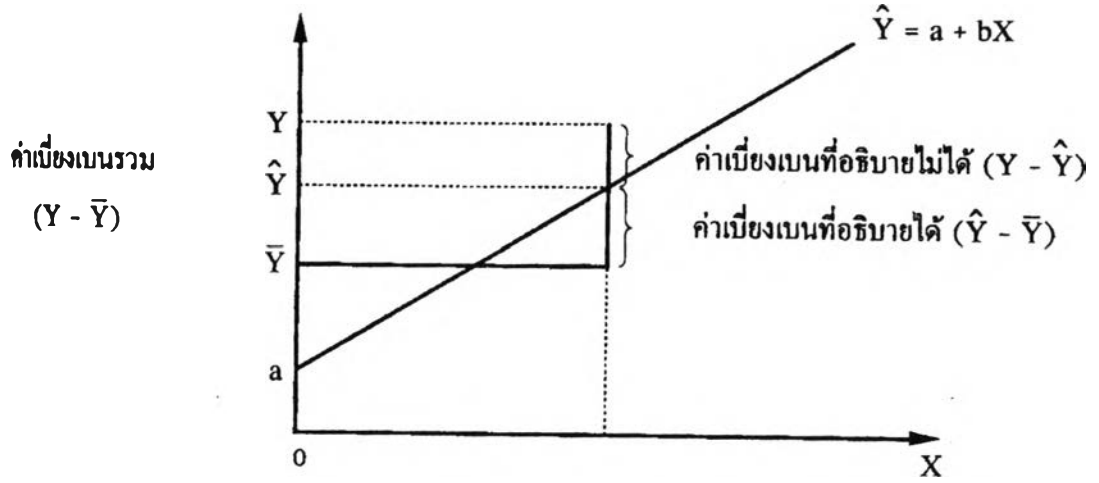
โดยที่ Y = ค่าของตัวแปรตาม

X = ค่าของตัวแปรอิสระ

β_1 = ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระ X และยังเป็นค่าที่ใช้แสดงความชันของสมการถดถอยนี้ด้วย

β_0 = ค่าคงที่ สำหรับสมการถดถอยในรูปของตัวอย่าง a จะเป็นจุดตัด (Intercept) ของสมการถดถอยเชิงเส้น

ε = ค่าความแตกต่างหรือค่าความคลาดเคลื่อน (Error or Residual) ที่เกิดจากผลต่างของค่าสังเกต Yi กับค่าประมาณ Yi



รูปที่ 2.11 โมเดลการถดถอยเชิงเส้น

ที่มา : วัฒนา สุนทรธัย, เรียนสถิติด้วย SPSS ภาคสถิติอิงพารามิเตอร์ (กรุงเทพมหานคร : วิทยพัฒน์, 2542) หน้า 185.

$Y-\hat{Y}$ = ความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่าที่ไม่สามารถที่จะอธิบายได้ด้วยสมการถดถอย (Error of Estimation Unexplained by Regression)

$\hat{Y}-\bar{Y}$ = ความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่าที่สามารถที่จะอธิบายได้ด้วยสมการถดถอย (Error of Estimation Explained by Regression)

$Y-\bar{Y}$ = ความคลาดเคลื่อนทั้งหมดของการประมาณค่า (Total Error of Estimation)

ความคลาดเคลื่อนทั้งหลายสามารถที่จะนำมาเขียนในรูปของความแปรปรวนได้ดังนี้

	Total variation	=	Unexplained variation + Explained Variation
	$\Sigma(Y-\bar{Y})^2$	=	$\Sigma(\hat{Y}-\bar{Y})^2 + \Sigma(Y-\hat{Y})^2$
หรือ	SST	=	SSE + SSR

การประมาณค่าตัวแปรตาม Y โดยตัวแปรอิสระ X นั้น จะใช้วิธีการที่เรียกกันว่า วิธีกำลังสองที่น้อยที่สุด ซึ่งเป็นวิธีการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ a และค่าคงที่ b โดยพยายามทำให้ผลต่างของค่าตัวแปรตามที่ได้จากการสังเกตและประมาณค่า คือ e หรือ $\hat{Y}-Y$ เมื่อนำมายกกำลังสองแล้วมีค่าน้อยที่สุด โดยสมการเส้นตรงจะมีคุณสมบัติดังนี้

1. ค่า X Y จะต้องอยู่บนเส้นสมการถดถอยนี้ด้วย
2. $\Sigma (Y-\bar{Y}) = 0$
3. $\Sigma (\square-\bar{Y})^2$ มีค่าน้อยที่สุด

นอกจากสมการถดถอยจะมีคุณสมบัติดังกล่าวแล้ว ยังมีข้อสมมติเกี่ยวกับการแจกแจงความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนนี้ ซึ่งมีข้อสมมติเบื้องต้น ดังนี้

1. การแจกแจงของ e เป็นแบบปกติ (Normality) โดยมีค่าเฉลี่ยเป็น 0 คือ E(e) = 0
2. ความแปรปรวนของ e มีค่าคงที่และเท่ากับค่าความแปรปรวนหรือที่เรียกว่าเป็นเอกภาพ (Homoskedasticity)
3. ความคลาดเคลื่อนของแต่ละค่าสังเกตเป็นอิสระต่อกัน นั่นคือ e_i และ e_j ของข้อมูลที่ i และ j เป็นอิสระต่อกัน

2.6.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ออกมาจากสมการจะมีค่าต่าง ๆ ที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับการคำนวณสมการถดถอย ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องทราบเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลที่ได้ออกมาอย่างถูกต้อง ซึ่งค่าที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

1. n — จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง
2. STD — ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า Y โดยตัวแปร X (Standard Error of Estimation Y on X)

   ค่า STD นี้ จะแสดงการกระจายของข้อมูลในความหมายดังนี้

   ค่า STD น้อย แสดงว่าค่า Y จะอยู่ใกล้กับเส้นถดถอยมาก ดังนั้นสมการที่ใช้ประมาณค่านี้มีความน่าเชื่อถือมาก

   ค่า STD มาก แสดงว่าค่า Y จะอยู่ห่างกับเส้นถดถอยมาก ดังนั้นสมการที่ใช้ประมาณค่านี้มีความน่าเชื่อถือน้อย

   ค่า STD มีค่า 0 แสดงว่าค่า Y จะอยู่บนเส้นถดถอยมาก ดังนั้นสมการที่ใช้ประมาณค่านี้มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด
3. R^2 — ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coeficient of Detemination) เป็นค่าที่ใช้ในการอธิบายความเปลี่ยนแปลงของค่า Y ที่เกิดขึ้นจากค่า X กล่าวคือ เป็นการบอกร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของค่า Y ที่เกิดจากอิทธิพลของค่า X ถ้าค่า R^2 มีค่าสูงมากก็แสดงว่า สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของค่าตัวแปรตาม Y จากตัวแปรอิสระ X ที่อยู่ในสมการถดถอยนั้นได้เป็นอย่างดี และ

ตัวแปรทั้งสองนี้มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างสูง สมการถดถอยที่ใช้ประมาณค่าย่อมมีความน่าเชื่อถือได้สูง แต่ถ้าค่าต่ำ แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม Y ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยค่า X ที่มีอยู่ในสมการถดถอยและตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันน้อยมาก เช่น ถ้า $R^2 = 0.03$ หมายความว่า ตัวแปรที่นำมาสร้างสมการถดถอยสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร Y ได้ 30% และปัจจัยอื่น ๆ ที่ไม่ได้นำมาพิจารณามีผลอีก 70%

ค่า R^2 สามารถที่จะบอกความแตกต่างระหว่างเส้นสมการถดถอยได้กล่าวคือ

ถ้าค่า $R^2 = 1$ ค่า Y จะอยู่บนเส้นสมการถดถอยทุกจุด โดยมีค่า $e = 0$ นั่นคือ สมการถดถอยที่ใช้อยู่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง 100%

ถ้าค่า R^2 มากหรือเข้าใกล้ 1 ค่า Y จะอยู่ใกล้เส้นสมการถดถอยมาก นั่นคือ จะมีค่าความคลาดเคลื่อนค่า e คือสมการถดถอยที่ใช้อยู่ มีแนวโน้มใกล้เป็นเส้นตรงมาก

ถ้าค่า R^2 น้อยหรือเข้าใกล้ 0 ค่า Y จะอยู่ไกลเส้นสมการถดถอยมาก นั่นคือจะมีค่าความคลาดเคลื่อนค่า e มาก คือสมการถดถอยที่ใช้อยู่มีแนวโน้มไม่ใช่เป็นเส้นตรงมากถ้าค่า R^2 เท่ากับ 0 ค่า Y จะกระจายไปจนไม่สามารถที่จะหาแนวโน้มที่แน่นอนได้ ความคลาดเคลื่อนจะมี 100% ซึ่งไม่ควรใช้สมการถดถอยนี้ในการประมาณค่า

4. Adjust R Square เนื่องจากจำนวนตัวอย่างที่ศึกษามีน้อย (น้อยกว่า 15 ตัวอย่าง) อาจส่งผลให้ค่า R^2 มีความคลาดเคลื่อนได้ คือ สูงเกินความเป็นจริง จึงต้องมีการนำค่า R^2 มาปรับปรุงใหม่โดยเรียกค่าที่ปรับปรุงนี้ว่า Adjust R Square

5. ค่าสถิติ F-Test เป็นค่าที่ได้จากตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance หรือ ANOVA ซึ่งได้จากสมการแปรปรวน คือ

$$\sum (Y - \bar{Y})^2 = \sum (\hat{Y} - \bar{Y})^2 + \sum (Y - \hat{Y})^2$$

โดยสามารถที่จะนำมาสร้างเป็นตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อคำนวณค่าสถิติ F ดังนี้

แหล่งของความผันแปร Source of Variation	**ชั้นความเป็นอิสระ** df	**ผลบวกกำลังสอง** Sum of Square : SS	**ค่าเฉลี่ยกำลังสอง** Mean Square : MS
จากการถดถอย (Due to regression)	1	SSR $\Sigma(\hat{Y}-\bar{Y})^2$	MSR $\Sigma(\hat{Y}-\bar{Y})^2$
จากแหล่งอื่นที่อธิบายไม่ได้ (error or residuel)	n-2	SSE $(Y-\hat{Y})^2$	MSE $[\Sigma(Y-\hat{Y})^2]/(n-2)$
รวม (Total)	n-1	SST $(Y-\hat{Y})^2$	MST $[\Sigma(Y-\hat{Y})^2]/(n-1)$

ตารางที่ 2.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อวิเคราะห์ค่า F ของสมการถดถอยเชิงเส้น

ที่มา : ทรงศิริ แต้สมบัติ, การวิเคราะห์การถดถอย.
(กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2541) หน้า 44.

โดยที่ F = SSR/SSE(n-2) = MSR/MSE

นำค่า F ที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่า F จากตารางที่ระดับนัยสำคัญที่อัลฟา df = (n-2)

6. **ค่าสถิติ T-Test คำนวณได้จากสมการ คือ**

$$t = b - 0 \;/\; S(b)$$

นำค่า t ที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่า t จากตารางที่ระดับนัยสำคัญที่อัลฟา (α) df = (n-2)

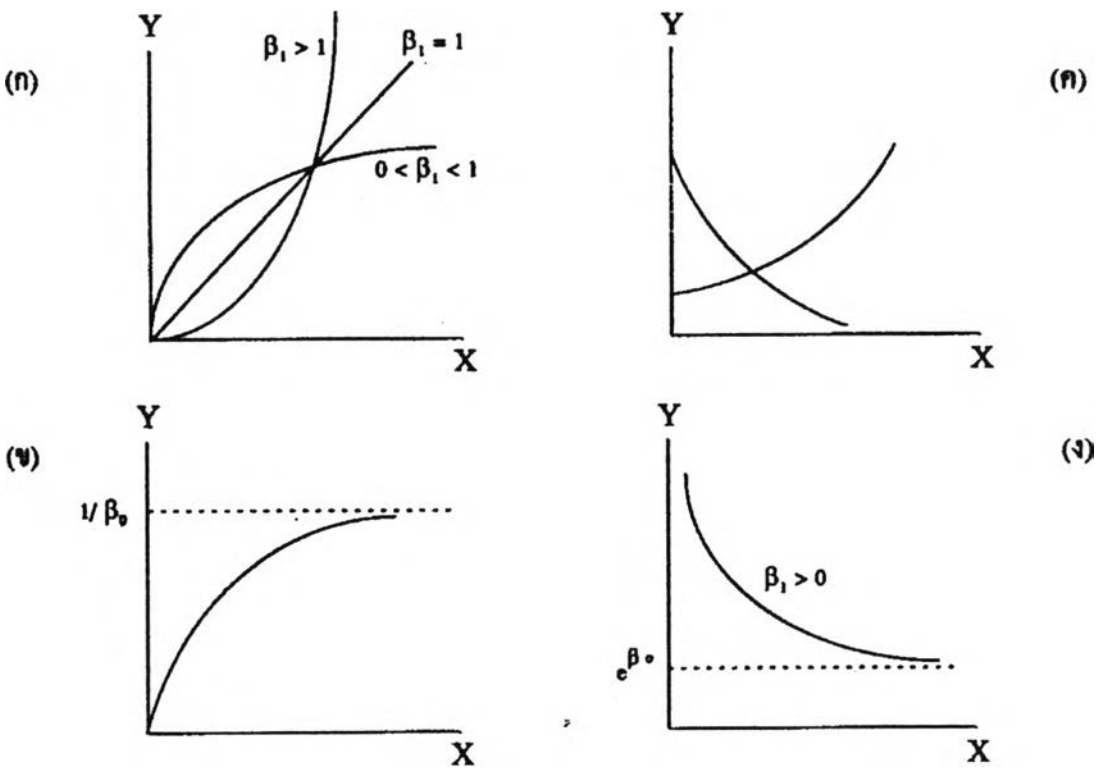
ทั้งนี้ ไม่ว่าจะเป็นค่า F หรือค่า t จะสรุปผลทำนองเดียวกัน คือ จะปฏิเสธสมมติฐานว่าง H_o เมื่อค่าที่คำนวณได้มากกว่าค่าที่เปิดจากตารางที่ระดับนัยสำคัญ α นั่นคือ a ไม่เท่ากับ 0 หรือแสดงว่าตัวแปรอิสระ X ไม่มีผลต่อตัวแปรตาม Y หรือจะพิจารณาจากค่า P ถ้าค่า P น้อยกว่าหรือเท่ากับค่าα ก็จะปฏิเสธสมมติฐานว่างเช่นเดียวกัน

2.6.3 **การวิเคราะห์สมการพหุคูณ** (Multiple Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระนั้น จุดประสงค์ก็เพื่อที่จะอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามด้วยตัวแปรอิสระ และนำไปสู่การพยากรณ์หรือการประมาณค่าตัวแปรตามนั้น ๆ อาจที่จะต้องใช้ตัวแปรอิสระมากกว่า 1 ตัว ซึ่งจะช่วยให้การ

พยากรณ์มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น เพราะในความเป็นจริงนั้นการศึกษาเรื่องต่าง ๆ ในทางเศรษฐศาสตร์ ทางวิทยาศาสตร์ หรือธุรกิจมักมีตัวแปรที่เข้ามาเกี่ยวข้องมากกว่า 1 ตัวแปรเสมอ การใช้เพียงตัวแปรเดียวมาอธิบายการเปลี่ยนแปลงตามนั้นอาจจะไม่พอเพียง เช่น การพยากรณ์ราคาสินค้าที่จะขึ้นอยู่กับรายได้ประชาชาติ ต้นทุนราคา ฯลฯ ลักษณะการวิเคราะห์โดยการใช้ตัวแปรอิสระมากกว่า 1 ตัวนั้น เรียกว่า การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณนั่นเอง

ตัวแปรอิสระที่นำมาใช้มีได้ตั้งแต่ 2 ตัวแปรขึ้นไป โดยที่ตัวแปรอิสระที่นำมาทำนายอาจมีสหสัมพันธ์ระหว่างกันหรือไม่ก็ได้ ความแม่นยำในการพยากรณ์ขึ้นอยู่กับตัวแปรอิสระที่นำมาใช้จะสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตามได้มากเท่าไร (ค่า R Square หรือ สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ เป็นสัดส่วนของความแปรปรวนร่วมกัน ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม)



รูปที่ 2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามในรูปแบบต่างๆ
(ก) กำลัง (ข) เอกซ์โปเนนเชียล (ค) ไฮเปอร์โบล่า และ (ง) เอกโปเนนเชียลผกผัน
ที่มา : ทรงศิริ แต้สมบัติ. การวิเคราะห์การถดถอย. หน้า 95.

ก. สมการถดถอยพหุคูณเชิงเส้นตรง Multiple Linear Regression Equations

การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณในรูปสมการเชิงเส้นตรง เป็นการวิเคราะห์การถดถอยเพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามด้วยตัวแปรอิสระตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป โดยถือว่ารูปแบบความสัมพันธ์อยู่ในรูปของเส้นตรง ซึ่งมีรูปแบบของสมการถดถอยดังต่อไปนี้

สมการในรูปของประชากร $Y = \beta_0+\beta_1x_1+\beta_2x_2+\beta_3x_3+.....+\beta_nx_n+\varepsilon$

สมการประมาณค่า $\hat{Y} = b_0+b_1x1+b_2x_2+b_3x_3+.....+b_n x_n$

โดยที่ n = จำนวนตัวแปรอิสระที่ใช้ในสมการถดถอย

Y = ค่าตัวแปรตามสำหรับประมาณค่าหรือทำนาย

X_i = ค่าของตัวแปรอิสระตัวที่ i จะใช้แทนตัวแปรอิสระตัวที่ i ที่ได้จากตัวอย่าง

β = ค่าคงที่ของสมการถดถอย

β_i = ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระตัวที่ i (x_i) ซึ่งค่านี้จะแสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า X หน่วยที่ 1 ต่อค่า Y ดังนี้ คือ ถ้าค่า X ตัวที่ i เปลี่ยนไป 1 หน่วย จะทำให้ค่า Y เปลี่ยนแปลงไป b_i หน่วย โดยคำนึงถึงว่า ตัวแปรอิสระตัวอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวที่ i มีค่าคงที่ ดังนั้นค่านี้อาจจะเรียกได้ว่า Partial Regression Coefficient

ε = ค่าความแตกต่างหรือความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่า Y โดยค่า Y จะใช้สัญลักษณ์ e สำหรับความคลาดเคลื่อนของสมการ ในรูปตัวอย่างการประมาณค่าตัวแปรตามY โดยตัวแปรอิสระ X ยังคงใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดเพื่อนำไปคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์

STD = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า Y โดยตัวแปร X (Standard Error of Estimation Y on X) ค่า STD นี้ จะแสดงการกระจายของข้อมูลในความหมายดังนี้

ค่า STD น้อย แสดงว่าค่า Y จะอยู่ใกล้กับเส้นถดถอยมาก ดังนั้นสมการที่ประมาณค่านี้มีความเหมาะสมมาก

ค่า STD มาก แสดงว่าค่า Y จะอยู่ใกล้กับเส้นถดถอยมาก ดังนั้นสมการที่ใช้ประมาณค่านี้มีความเหมาะสมน้อย

ค่า STD มีค่า 0 แสดงว่าค่า Y จะอยู่บนเส้นถดถอย ดังนั้นสมการที่ใช้ประมาณค่านี้มีความเหมาะสมดีมาก

R^2 = ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination) เป็นค่าที่ใช้ในการอธิบายความเปลี่ยนแปลงของค่า Y ที่เกิดจากค่า X กล่าวคือ เป็นการบอกร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของค่า Y ที่เกิดจากอิทธิพลของค่า X ถ้าค่า R^2 มีค่าสูงมากก็แสดงว่า สามารถอธิบายการถดถอยนั้นได้เป็นอย่างดี และตัวแปรทั้งสองนี้มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างสูง สมการถดถอยที่ใช้ประมาณย่อมมีความน่าเชื่อถือได้สูง แต่ถ้าค่า R^2 ต่ำ แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม Y ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยค่า X ที่มีอยู่ในสมการถดถอย และตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันน้อยมาก เช่น ถ้า $R^2 = 0.30$ หมายความว่า ตัวแปรที่นำมาสร้างสมการถดถอยสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร Y ได้ 30% และปัจจัยที่ไม่ได้นำมาใช้มีผล 70%

ค่า R^2 สามารถที่จะบอกความแตกต่างระหว่างเส้นสมการถดถอยได้ กล่าวคือ

ถ้าค่า $R^2 = 1$ ค่า Y จะอยู่บนเส้นสมการถดถอยทุกจุด โดยมีค่า $e = 0$ นั่นคือ สมการถดถอยที่ใช้อยู่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง 100%

ถ้าค่า R^2 มากหรือเข้าใกล้ 1 ค่า Y จะอยู่ใกล้เส้นสมการถดถอยมาก นั่นคือจะมีค่าความคลาดเคลื่อน คือสมการถดถอยที่ใช้อยู่ หรือมีแนวโน้มใกล้เป็นเส้นสมการมาก

ถ้าค่า R^2 น้อยหรือเข้าใกล้ 0 ค่า Y จะอยู่ไกลเส้นสมการถดถอยมาก นั่นคือจะมีค่าความคลาดเคลื่อนมาก คือสมการถดถอยที่ใช้อยู่มีแนวโน้มไม่ใช่เป็นเส้นตรงมาก

ถ้าค่า R^2 เท่ากับ 0 ค่า Y จะกระจายไปจนไม่สามารถที่จะหาแนวโน้มที่แน่นอนได้ ความคลาดเคลื่อนจะมี 100% ซึ่งไม่ควรใช้สมการถดถอยนี้ในการประมาณค่า

Adjust R Square เนื่องจากจำนวนตัวอย่างที่ศึกษามีน้อย อาจส่งผลให้ค่า R^2 มีความคลาดเคลื่อนได้ คือ สูงเกินความเป็นจริง จึงต้องมีการนำค่า R^2 มาปรับปรุงใหม่โดยเรียกค่าที่ปรับปรุงนี้ว่า Adjust R Square

ค่าสถิติ F-Test เป็นค่าที่ได้จากตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน หรือ Analysis Variance หรือ ANOVA ซึ่งได้จากสมการแปรปรวน คือ

$$\sum (Y - \bar{Y})^2 = \sum (\hat{Y} - \bar{Y})^2 + \sum (Y - \hat{Y})^2$$

หรือ $$SST = SSE + SSR$$

โดยสามารถที่จะนำมาสร้างเป็นตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อคำนวณค่าสถิติ F ดังนี้ คือ

แหล่งของความแปรปรวน Source of Variation	**ชั้นความเป็นอิสระ** df	**ผลบวกกำลังสอง** Sum of Square	**ค่าเฉลี่ยกำลังสอง** Mean Square
จากการถดถอย (Due to regression)	k	SSR $\sum (y - y)^2$	MSR $\sum (y - y)^2 / k$
จากแหล่งที่อธิบายไม่ได้ (error or residuel)	n-(k+1)	SSE $\sum (y - y)^2$	MSE $\sum (y - y)^2 / (n-k-1)$
รวม (Total)	n-1	SST $\sum (y - y)^2$	MST $\sum (y - y)^2 / (n-1)$

ตารางที่ 2.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อคำนวณค่า F เมื่อใช้ตัวแปรหุ่น

ที่มา : ทรงศิริ แต้สมบัติ, การวิเคราะห์การถดถอย.

(กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2541) หน้า 44.

โดยที่ F = (SSR/k)/SSE(n-k-1)

นำค่า F ที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่า F จากตารางที่ระดับนัยสำคัญที่อัลฟา

df = (n-k-1)

ค่าสถิติ T-Test คำนวณได้จากสมการคือ

$$t = b_i - 0 / S(b_i)$$

นำค่า t ที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่า t จากตารางที่ระดับนัยสำคัญที่อัลฟา

df = (n-k-1)

ทั้งนี้ไม่ว่าจะเป็นค่า F หรือค่า t จะสรุปผลทำนองเดียวกัน คือ ปฏิเสธสมมติฐานว่าง Ho เมื่อค่าที่คำนวณได้มากกว่าค่าที่เปิดจากตารางที่ระดับนัยสำคัญ อัลฟา นั่นคือ a ไม่เท่ากับ 0 หรือแสดงว่าตัวแปรอิสระ X ไม่มีผลต่อตัวแปรตาม Y หรือจะพิจารณาจากค่า P ถ้าค่า P น้อยกว่าหรือเท่ากับค่าอัลฟาก็จะปฏิเสธสมมติฐานว่างเช่นเดียวกัน นั่นคือไม่ควรที่จะนำมาใช้ในการพยากรณ์ตัวแปร Y

ข. การวิเคราะห์สมการถดถอยโดยตัวแปรหุ่น

การวิเคราะห์การถดถอย ซึ่งเป็นการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระนั้น โดยทั่วไปแล้วตัวแปรที่จะนำมาพิจารณาจะต้องเป็นตัวแปรที่ได้จากข้อมูล มีการวัดที่ระดับอัตราส่วน (Ratio Scale) หรืออย่างน้อยที่ระดับช่วง (Interval Scale) ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ แต่ในบางครั้งตัวแปรที่ได้จากข้อมูลที่มีการวัดในระดับเรียงลำดับ (Ordinal Scale) หรือระดับนามบัญญัติ (Nominal Scale) ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยเฉพาะตัวแปรอิสระนั้นมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามสูง ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการพยากรณ์ตัวแปรตามที่ดีได้ เช่น ตัวแปรอิสระเพศ ใช้ในการพยากรณ์รายจ่ายต่อสัปดาห์ ฯลฯ ดังนั้น ถ้านำตัวแปรเหล่านี้มาใช้ในการวิเคราะห์การถดถอยเพื่อสร้างสมการถดถอยแล้ว จะทำให้สามารถพยากรณ์ได้อย่างแม่นยำมากขึ้น แต่ข้อจำกัดอย่างหนึ่งก็คือ ตัวแปรเชิงคุณภาพที่จะกำหนดตัวแปรอิสระนั้นจะต้องมีค่าที่เป็นไปได้แค่ 2 ค่า เช่น เพศชายและหญิง เป็นต้น ตัวแปรเชิงคุณภาพที่มีได้แค่ 2 ค่านี้ เรียกว่า ดัวแปรหุ่น (Dummy Variable)

การวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรหุ่นนี้ กำหนดค่าหนึ่งเป็นตัวแปรมีค่าเท่ากับ 0 และอีกหนึ่งตัวแปรนั้นกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1 ตัวอย่างเช่น

กำหนดให้ฤดูร้อนมีค่าเท่ากับ 0
กำหนดให้ฤดูหนาวมีค่าเท่ากับ 1 เป็นต้น

เนื่องจากตัวแปรหุ่นเป็นตัวแปรที่มีค่าความแปรปรวนน้อยมาก อยู่ระหว่าง 0 กับ 1 ดังนั้นถ้าไม่จำเป็นหรือตัวแปรนี้มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามสูงจริง ๆ แล้ว ควรที่จะหลีกเลี่ยงการใช้ตัวแปรหุ่นนี้

การวิเคราะห์การถดถอยส่วนใหญ่นั้น จะมีข้อสมมติฐานที่ว่า ตัวแปรเชิงอิสระและตัวแปรตามมีความสัมพันธ์เชิงเส้นต่อกัน แต่ถ้าไม่เป็นไปตามข้อสมมติฐาน การนำตัวแปรหุ่นมาใช้จะช่วยให้เกิดประโยชน์ เนื่องจากการแบ่งตัวแปรอิสระออกเป็นตัวแปรหุ่นหลาย ๆ ตัว เปรียบเสมือนเป็นการตัดช่วงความสัมพันธ์เชิงเส้นออกไปเป็นช่วง ๆ แต่ละช่วงที่ได้จะมีความเป็นเส้นตรงมากกว่าการวิเคราะห์ถดถอยแบบปกติ

2.6.4 การคัดเลือกสมการถดถอยที่ดีที่สุด Selecting the Best Regression Equation

สมการถดถอยที่ดีที่สุด คือ สมการที่สามารถพยากรณ์ค่าตัวแปรตามได้แม่นยำที่สุด ซึ่งอาจพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณ ถ้ามีค่าน้อยแสดงว่า สมการถดถอยที่ใช้เป็นรูปแบบนั้นมีความเหมาะสมดี หรือพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-Square) ว่ามีค่ามากหรือน้อย ถ้ามีค่ามากแสดงว่าตัวแปรอิสระที่ใช้อยู่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามส่วนใหญ่แล้วสมการถดถอยที่ดีจะพยายามหาตัวแปรอิสระให้ได้มากที่สุด เพื่อที่จะมาอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม ซึ่งโดยปกติแล้วถ้ามีตัวแปรอิสระมากขึ้นย่อมจะทำให้ค่า R-Square สูง

ขึ้นด้วย ในกรณีนี้ผู้ใช้ต้องมีความระมัดระวังในการสรุปผลจากค่า R-Square เพราะเมื่อค่า R-Square สูงขึ้น ทำให้ดูเหมือนว่าตัวแปรอิสระเหล่านั้นมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามมาก ซึ่งน่าที่จะดีเพราะทำให้การพยากรณ์มีความแม่นยำมากขึ้น แต่บางครั้งตัวแปรอิสระที่นำมาใช้ในสมการอันเดียวกันนั้นมีความสัมพันธ์กันสูง จะส่งผลกระทบต่อตัวแปรตามให้มีค่า R-Square สูงไปด้วย เช่น เมื่อมีการใช้ตัวแปรอายุและตัวแปรส่วนสูงไปพยากรณ์น้ำหนักนั้น ตัวแปรอายุและตัวแปรส่วนสูงอาจมีความสัมพันธ์กันสูง และทั้งสองตัวแปรจะส่งผลต่อตัวแปรน้ำหนักพร้อมกัน ทำให้ค่า R-Square ซึ่งเป็นค่าที่เกิดจากความซ้ำซ้อนของค่าความสัมพันธ์ ปัญหาเช่นนี้ นักสถิติเรียกว่าเกิด Multicolinearity

ดังนั้นก่อนจะนำตัวแปรอิสระใดมาสร้างเป็นสมการถดถอย ควรจะแก้ปัญหานี้โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระทั้งหมดก่อน ซึ่งทำได้โดยการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) กล่าวคือ ถ้าตัวแปรอิสระคู่ใดมีความสัมพันธ์กันสูง แสดงว่าตัวแปรทั้งสองนั้นสามารถทดแทนกันได้ จึงควรตัดออกไปโดยนำมาใช้เพียงตัวเดียว ซึ่งในการเลือกตัวแปรใดนั้นพิจารณาจากตัวแปรอิสระตัวที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามสูงกว่า

การคัดเลือกตัวแปรอิสระที่เหมาะสมกับสมการถดถอย มีวิธีการที่ใช้พิจารณาอยู่ 3 วิธีคือ

1.วิธี FORWARD SELECTION

วิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระวิธี Forward Selection นี้ เป็นการคัดเลือกตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามสูงสุดเข้าไปไว้ในสมการเป็นอันดับแรก แล้วจึงทดสอบความมีนัยสำคัญของตัวแปรอิสระนั้นภายใต้สมมติฐาน Ho = $\beta_1 = 0$ ถ้ามีนัยสำคัญหรือปฏิเสธสมมติฐานก็จะทำการเลือกตัวแปรอิสระตัวต่อไปโดยวิธีการเดียวกัน จนกระทั่งตัวแปรอิสระไม่มีนัยสำคัญ แสดงว่าสมการถดถอยที่ได้เป็นสมการที่เหมาะสมแล้ว

2.วิธี BACKWARD ELIMINATION

วิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระโดยการใช้วิธี Backward Elimination นี้ เป็นวิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระออกจากสมการถดถอยทีละตัวแปร โดยสร้างรูปแบบของสมการถดถอยที่รวมเอาตัวแปรทุกอย่างที่กำหนดเอาไว้ในสมการ แล้วพิจารณาเลือกตัวแปรอิสระออกจากสมการถดถอยทีละตัวแปรจนกระทั่งไม่มีตัวแปรใดต้องถูกคัดออกจากสมการอีก แสดงว่าสมการถดถอยที่มีตัวแปรอิสระเหลืออยู่ในสมการนั้นเป็นสมการที่เหมาะสมแล้ว การพิจารณาคัดตัวแปรอิสระออกจากสมการนั้นใช้ค่าสถิติที่เรียกว่า Partial F-Test ทดสอบสมมติฐาน Ho : β_1 / β_1 ,β_2 ,...

3.**วิธี** STEPWISE REGRESSION

วิธีการนี้เป็นการคัดเลือกตัวแปรอิสระที่ซับซ้อน โดยขั้นแรกเป็นการเลือกตัวแปรอิสระเข้าไปในสมการทีละตัวแปร โดยพิจารณาเลือกตัวแปรอิสระที่มีค่าความสัมพันธ์สูงสุดกับตัวแปรตาม เข้าไปในสมการ แล้วจึงพิจารณาตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์เชิงส่วน ความสัมพันธ์ที่กำหนดให้ตัวแปรอิสระที่เข้าไปในสมการแล้วคงที่ กับตัวแปรตามที่มากที่สุดเข้าไปในสมการ และพร้อมกันนั้นก็พิจารณาว่าตัวแปรอิสระที่เข้าไปในสมการก่อนหน้านั้นทุกตัวแปรยังควรจะอยู่ในสมการอีกหรือไม่ ถ้าไม่อยู่ก็ตัดออกและดำเนินการคัดเลือกตัวแปรอิสระใหม่ ถ้าควรอยู่ก็ดำเนินการคัดเลือกตัวแปรอิสระใหม่ การคัดเลือกตัวแปรอิสระจะดำเนินการไปจนกระทั่ง ไม่มีตัวแปรอิสระใดเข้าไปหรือถูกตัดออกจากสมการได้อีก

2.6.5 **การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อน** (RESIDUAL ANALYSIS)

การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ โดยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยนั้น การพยากรณ์ที่แม่นยำเนื่องมาจากค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ผลจากการใช้สมการถดถอยมาประมาณค่า Y โดยจะเป็นการพิจารณาความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นระหว่างค่าสังเกตที่มีอยู่กับค่าประมาณที่เกิดจากการพยากรณ์ การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนจึงเป็นการวิเคราะห์ถึงการแจกแจงความน่าจะเป็นของ e โดยพิจารณาจากข้อสมมติเบื้องต้นของสมการถดถอย ดังนี้

- การแจกแจงของ e เป็นแบบปกติ (Normaltility) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0
- ความแปรปรวนของ e มีค่าคงที่ หรือที่เรียกว่าเอกภาพ (Homoscedasticity)
- ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในแต่ละค่าสังเกตเป็นอิสระต่อกัน Non (Autoregression or Nonauto Correlation)

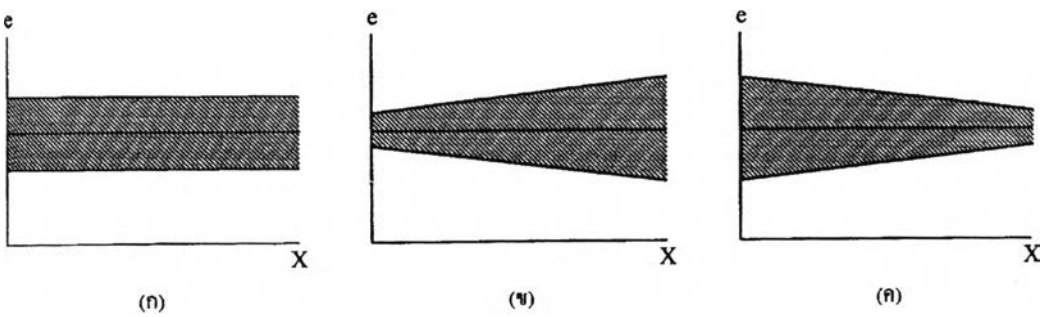
ดังนั้นการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนอาจจะกล่าวได้ว่า เป็นการตรวจสอบผลที่ได้ของสมการถดถอยว่าเป็นไปตามข้อตกลง หรือข้อสมมติที่กำหนดขึ้นหรือไม่ ถ้าสมการถดถอยที่ได้นำมาคำนวนหาค่าความคลาดเคลื่อนแล้วไม่เป็นไปตามข้อสมมติดังกล่าวนี้แสดงว่ารูปแบบของสมการไม่เหมาะสม

- **การวิเคราะห์การแจกแจงของความคลาดเคลื่อน**

จากข้อสมมติฐานข้อแรกที่กล่าวไว้ว่า การแจกแจงของความคลาดเคลื่อน จะต้องเป็นการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวน พิจารณาโดยการนำค่าความคลาดเคลื่อนทั้งหมดมาเขียนกราฟที่ได้ว่ามีลักษณะใกล้เคียงโค้งปกติหรือไม่ ซึ่งวิธีนี้เป็นการพิจารณาแบบกว้าง ๆ พอประมาณเท่านั้น อีกวิธีหนึ่งคือใช้วิธีการทางสถิติมาทดสอบสมมติฐานว่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติค่าเฉลี่ย 0 โดยการใช้วิธีแบบนอนพาราเมตริก เช่น ไคสแคว ฯลฯ

- **การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน**

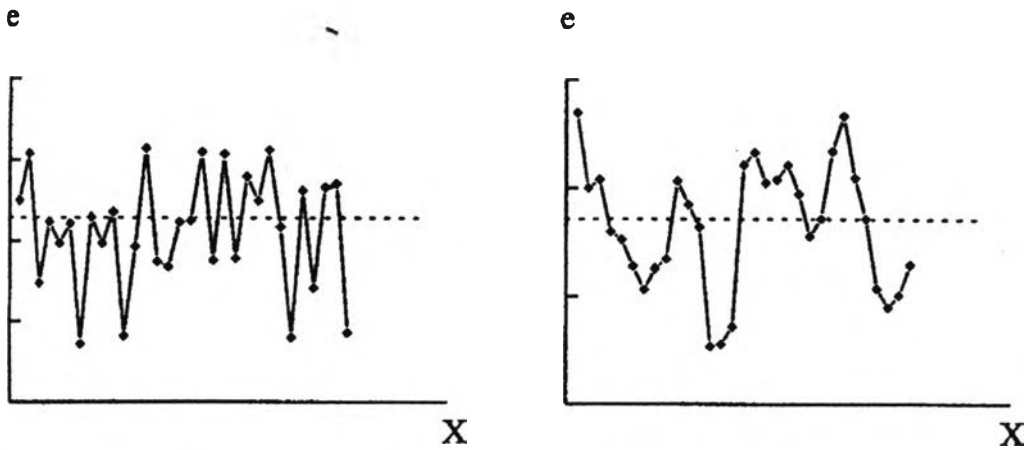
ต้องมีความเป็นเอกภาพหรือมีค่าคงที่ กล่าวคือ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนทุกค่าสังเกตจะมีค่าเท่ากันหมด ซึ่งสามารถทดสอบได้โดยเขียนกราฟ ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าประมาณตัวแปรตาม โดยค่าที่นำมาเขียนแผนภูมิควรจะนำค่าที่ถูกเปลี่ยนเป็นคะแนนมาตรฐานแล้วเพื่อตัดปัญหาเรื่องหน่วยและขอบเขตของข้อมูล



รูปที่ 2.13 ลักษณะของค่าความคลาดเคลื่อน
กรณีค่าความแปรปรวน (ก) คงที่ (ข) เพิ่มขึ้น (ค) ลดลง
ที่มา : ทรงศิริ แต้สมบัติ. การวิเคราะห์การถดถอย, หน้า 163.

- **การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อน**

ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากแต่ละค่าสังเกตต้องเป็นอิสระต่อกันหรือเรียกว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน แต่ถ้าความคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันจะเรียกว่า มีความสัมพันธ์แบบ Auto Correlation ซึ่งมักจะเกิดในกรณีที่เก็บข้อมูลตามระยะเวลา หรือที่เรียกว่า Time Series การเกิด Auto Correlation นี้จะมีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยขาดความแม่นยำ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยอาจจะต่ำกว่าความเป็นจริงทำให้การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับ ai ผิดพลาดได้ ดังนั้นถ้าข้อมูลมีการเก็บตามระยะเวลาควรจะมีการทดสอบด้วยค่าสถิติ Durbin-Watson



รูปที่ 2.14 ค่าความคลาดเคลื่อน e_i เมื่อมีการแจกแจง (ก) เป็นอิสระต่อกัน (ข) ไม่เป็นอิสระต่อกัน

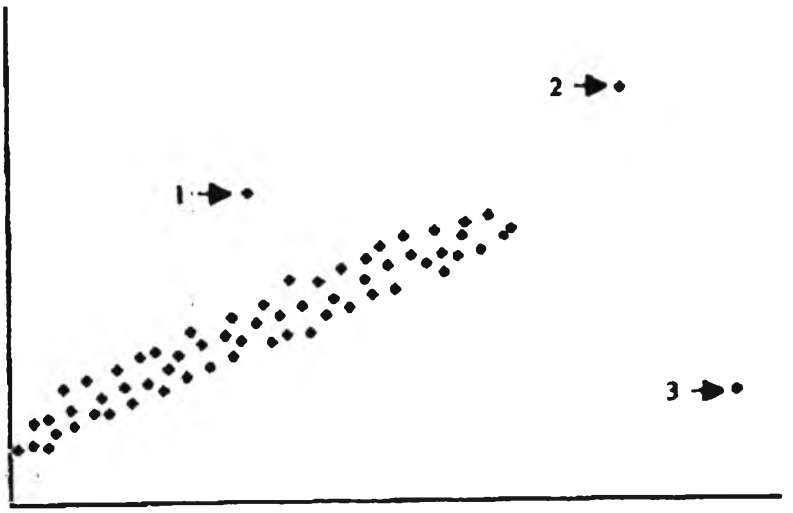
ที่มา : ทรงศิริ แต้สมบัติ, การวิเคราะห์การถดถอย. หน้า 155.

- **ความเชื่อมั่นของค่าสัมประสิทธิ์**

หลังจากการพิจารณาในเรื่องของวิธีการใดที่เหมาะสมที่ใดในการคัดเลือกสมการทั้ง 3 วิธีนั้น ส่วนที่ต้องนำมาพิจารณาอีกประเด็นก็คือ ข้อมูลที่รวบรวมได้เมื่อนำมาแปลงเป็น Residual Plot แล้ว ข้อมูลบางตัวจะมีความแตกต่างมากกว่าข้อมูลที่กระจายโดยทั่วไป หรือมีลักษณะพิเศษในตัว อาจเรียกได้ว่าเป็นตัวแปรพิเศษ Out Liner เช่น เมื่อมีการทำการศึกษาเรื่องระดับการเรียนกับความร่ำรวย ผลที่ได้อาจมีข้อมูลบางตัวที่มีลักษณะขัดแย้งกัน เช่น ปกติการเรียนสูงจะมีรายได้มาก แต่ในกรณีนี้ข้อมูลที่ได้ระบุว่าการเรียนต่ำแต่มีรายได้สูง นั่นหมายความว่าข้อมูลชุดนั้นมีความพิเศษกว่าปกติ จึงต้องมีการพิจารณาถึงความเป็นพิเศษอันนั้น แต่ในการวิจัยครั้งนี้เพื่อความถูกต้องสมบูรณ์จึงได้ทำการตัดชุดข้อมูลที่มีความพิเศษเหล่านั้นออก โดยการพิจารณาความเชื่อมั่นของค่าสัมประสิทธิ์ ดังนี้

ระดับความเชื่อมั่น	จำนวนข้อมูล	ช่วงรอบ ๆ ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยที่ให้ความเชื่อมั่นระดับ
95%	5 หรือมากกว่า	+ หรือ -3.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
95%	15 หรือมากกว่า	+ หรือ -2.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
95%	30 หรือมากกว่า	+ หรือ -2.0 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
95%	5 หรือมากกว่า	+ หรือ -4.5 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
95%	15 หรือมากกว่า	+ หรือ -2.7 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
95%	30 หรือมากกว่า	+ หรือ -2.5 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 2.7 ความเชื่อมั่นของค่าสัมประสิทธิ์



รูปที่ 2.15 ตัวอย่างการกระจายของข้อมูลที่มีค่าผิดปกติ
ที่มา : ทรงศิริ แต้สมบัติ. การวิเคราะห์การถดถอย. หน้า 175

- **ความเชื่อมั่นของค่าการพยากรณ์**

หลังจากที่คำนวณค่า A และ B ได้แล้วนั้น นำมาแทนค่าตัวแปรอิสระเพื่อหาค่าตัวแปรตาม แต่จะสามารถทราบได้อย่างไรว่าค่าที่แท้จริงของค่า Y นั้นใกล้เคียงกับที่ประมาณค่าเอาไว้ ในกรณีนี้ต้องมีการหาค่าผิดพลาดมาตรฐานของการพยากรณ์ (Standard Error of Estimation) สมมติว่า ค่าผิดพลาดมาตรฐานของการพยากรณ์จากการใช้สมการเท่ากับ 14.9 และค่าที่สมมติว่าค่าผิดพลาดมาตรฐานของการพยากรณ์จากการใช้สมการเท่ากับ 14.9 และค่าที่พยากรณ์ไว้จากสมการนั้นเท่ากับ 166.6 ที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% ค่าจริงของการพยากรณ์ควรที่จะอยู่ระหว่าง 166.6 + 2(14.9) หรือระหว่าง 136.8 และ 196.4 ตามลำดับ

หากแต่มีข้อสังเกตคือ จำนวนข้อมูลที่ใช้มีอิทธิพลต่อช่วงหรือพิสัยของค่าพยากรณ์ที่ระดับความเชื่อมั่นต่าง ๆ ถ้าข้อมูลมีมาก ความกว้างของช่วงความเชื่อมั่นก็จะแคบลง สิ่งที่พึงระวังในการใช้สมการถดถอย คือ หากมีเหตุผลที่จะเชื่อว่าได้มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นแล้ว และการเปลี่ยนแปลงนั้นมีผลต่อสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ควรได้มีการใช้ข้อมูลใหม่มาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์