บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์การใช้พลังงานของหน่วยงานราชการต่างๆที่ปฏิบัติงานภายในอาคารศาลากลางจังหวัดเชียงใหม่ เพื่อวิเคราะห์หาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสม และเพื่อทราบถึงระดับความพึงพอใจในการปฏิบัติตามมาตรการประหยัดพลังงาน ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจในการปฏิบัติตามมาตรการประหยัดพลังงานต่อค่าดัชนีการใช้พลังงาน ดังนั้นในการศึกษานี้ได้ทำการค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ครอบคลุมเนื้อหาในการศึกษา ดังต่อไปนี้

2.1 มติคณะรัฐมนตรีที่เกี่ยวข้องกับมาตรการประหยัดพลังงาน

2.2 ดัชนีการใช้พลังงาน

- 2.2.1 ความหมายของดัชนีการใช้พลังงาน
- 2.2.2 ดัชนีการใช้พลังงานของอาคารควบคุมประเภทสำนักงาน
- 2.2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับดัชนีการใช้พลังงาน

2.3 ความพึงพอใจในการปฏิบัติตามมาตรการประหยัดพลังงาน

- 2.3.1 ความหมายของความพึงพอใจในการปฏิบัติงาน
- 2.3.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการสร้างความพึงพอใจ
- 2.3.3 การวัดความพึงพอใจ
- 2.3.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจในการการปฏิบัติตามมาตรการประหยัดพลังงาน

2.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

- 2.4.1 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Correlation Coefficient)
- 2.4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบมีปัจจัยเดียว (1-way ANOVA)
- 2.4.3 การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis)
- 2.4.4 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ (Multiple Regression Analysis)
- 2.4.5 การวิเคราะห์ความถดถอยเมื่อความสัมพันธ์ไม่เป็นแบบเส้นตรง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1 มติคณะรัฐมนตรีที่เกี่ยวข้องกับมาตรการประหยัดพลังงาน

รัฐบาลได้ออกมติคณะรัฐมนตรีในการขอความร่วมมือให้ภาครัฐประหยัดพลังงานตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2543 แต่ไม่ได้กำหนดเป็นตัวชี้วัดในการปฏิบัติราชการ ซึ่งมติมติคณะรัฐมนตรีที่ออกมาบังคับให้หน่วยงานราชการลดใช้พลังงานและกำหนดเป็นตัวชี้วัดในการปฏิบัติงาน (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2550 ข) มีดังนี้

2.1.1 . มติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม 2548 เรื่อง ยุทธศาสตร์การแก้ไขปัญหาด้านพลังงานของประเทศ

คณะรัฐมนตรีเห็นชอบยุทธศาสตร์การแก้ไขปัญหาด้านพลังงานของประเทศ ตามที่กระทรวงพลังงานเสนอ และมอบหมายให้กระทรวงพลังงานเป็นหน่วยงานหลักประสานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการตามยุทธศาสตร์การแก้ไขปัญหาด้านพลังงานของประเทศต่อไป โดยมีสาระสำคัญในส่วนของภาครัฐสรุปได้ดังนี้

ภาครัฐ : ลดการใช้พลังงานร้อยละ 10-15 ทันที กำหนดให้เป็น KPI ของทุกหน่วยงาน และนำเงินส่วนหนึ่งที่ประหยัดได้นำไปเป็นเงินรางวัล (Bonus) และให้ทุกหน่วยงานจัดตั้งคณะกรรมการรณรงค์และประเมินผลการประหยัดพลังงาน และคณะทำงานด้านเทคนิค เพื่อเป็นกลไกการประสานงาน กำกับ และติดตามประเมินผล โดยมีกระทรวงพลังงานเป็นเจ้าภาพหลัก และส่งทีมงานเทคนิคเข้าช่วยเหลือ

<u>มาตรการสนับสนุนจากหน่วยงาน</u>

- **ทุกหน่วยราชการและรัฐวิสาหกิจ** : ให้ปฏิบัติตามมาตรการอย่างเคร่งครัด และให้มีผลปฏิบัติทันที พร้อมทั้งให้มีการการเสริมสร้างจิตสำนึกประหยัดพลังงานให้กับข้าราชการ ลูกจ้าง และพนักงานรัฐวิสาหกิจทุกแห่งเป็นประจำและต่อเนื่อง โดยประสานการดำเนินการกับกระทรวงพลังงาน
- **กระทรวงการคลัง** : พิจารณาหลักเกณฑ์การคิดเงินรางวัล (Bonus) ให้กับหน่วยราชการที่สามารถประหยัดพลังงานได้ตามเป้าหมาย
- **กระทรวงพลังงาน** : เป็นเจ้าภาพหลักในการรณรงค์ประหยัดพลังงาน กำกับดูแล และติดตามประเมินผลการประหยัดพลังงานอย่างต่อเนื่อง และให้มีการจัดตั้งคณะกรรมการรณรงค์และติดตามผลการประหยัดพลังงาน และคณะทำงานด้านเทคนิคเพื่อการประหยัดพลังงาน โดยพัฒนา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เป็นเครือข่ายร่วมกับหน่วยราชการและรัฐวิสาหกิจอื่น ๆ โดยมีปลัดกระทรวงพลังงานเป็นประธาน กระทรวงพลังงานสุ่มตรวจสอบผลการประหยัดพลังงาน (Pre-Audit / Post-Audit) ของหน่วยราชการและรัฐวิสาหกิจ และรายงานผลการดำเนินงานต่อคณะรัฐมนตรีทราบทุก 3 เดือน

2.1.2 . มติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2548 เรื่อง มาตรการบังคับเพื่อการแก้ไขปัญหาด้านพลังงานของประเทศ

คณะรัฐมนตรีพิจารณามาตรการบังคับเพื่อการแก้ไขปัญหาด้านพลังงานของประเทศตามที่กระทรวงพลังงานเสนอ แล้วมีมติเห็นชอบมาตรการบังคับเพื่อการแก้ไขปัญหาด้านพลังงานของประเทศ โดยมอบหมายให้กระทรวงพลังงานเป็นหน่วยงานหลักประสานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการตามมาตรการแก้ไขปัญหาด้านพลังงานของประเทศ โดยมาตรการบังคับเพื่อการแก้ไขปัญหาด้านพลังงานของประเทศ ในส่วนของภาครัฐ มีดังนี้

ห้ามหน่วยงานของรัฐเบิกจ่ายค่าน้ำมันเบนซิน ถ้าใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ได้ โดยมอบหมายให้กระทรวงการคลังกำหนดหลักเกณฑ์การเบิกจ่ายเงินค่าน้ำมันเชื้อเพลิง สำหรับรถยนต์เบนซินของหน่วยราชการและรัฐวิสาหกิจให้เติมน้ำมันแก๊สโซฮอล์แทนน้ำมันเบนซินเท่านั้น เว้นแต่ไม่สามารถหาสถานีบริการน้ำมันแก๊สโซฮอล์ได้ หรือเป็นรถยนต์รุ่นเก่าที่ผลิตก่อนปี พ.ศ. 2538 ซึ่งไม่สามารถใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ได้

2.1.3 . มติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 9 พฤษภาคม 2549 เรื่อง มาตรการประหยัดพลังงาน

มติคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 9 พฤษภาคม 2549 เรื่อง มาตรการประหยัดพลังงาน ได้เห็นชอบให้ส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ และหน่วยงานอื่นของรัฐที่เกี่ยวข้องถือปฏิบัติตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม 2548 เรื่องยุทธศาสตร์การแก้ปัญหาพลังงานของประเทศอย่างเคร่งครัด โดยเน้นมาตรการ ปรับอัตราการพิจารณาค่างาน (น้ำมันเชื้อเพลิง)

1. ใช้ระบบ e-government ให้มากขึ้น เช่น การส่งหนังสือ การประชุมทางไกล
2. เข้มงวดการใช้งบประมาณและงบรัฐวิสาหกิจไปดูงานต่างประเทศผ่อนผันเฉพาะการประชุม การไปเสนอรายงาน โดยจำกัดจำนวนที่ไป จำกัดวัน
3. งดรถหลวงนำขบวน (เว้นแต่เป็นขบวนเสด็จ และแขกเมือง)
4. ห้ามโอนงบประมาณที่เหลือไปดูงาน
5. บังคับใช้มาตรการปิด - เปิดแอร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6. ให้รถราชการใช้ NGV โดยตั้งเป้ากี่คัน ในกี่กรม ภายในเวลาเท่าใด

7. การเรียกประชุมข้าราชการ ไม่ควรเรียกในวันหยุด และควรประสานกันเอง

8. การไปราชการ บางครั้งใช้รถแท็กซี่ จะประหยัดกว่าใช้รถหลวง

9. ยอมให้ข้าราชการบางหน่วยงาน และบางหน้าที่ทำงานที่บ้านโดยกำหนดจำนวนงานและผลสำเร็จ

10. อย่าเน้นการประหยัด ให้เน้นการขจัดความสูญเปล่า

11. อย่าสร้างภาระแก่ประชาชนประเภทต้องเสียค่าพลังงาน

12. นำมาตรการศูนย์ย้ายงานใกล้บ้านมาใช้อีกครั้ง

13. การประหยัดพลังงานเป็นตัววัดประสิทธิภาพอย่างหนึ่ง

14. ทบทวนและประมวลมติ ครม. เกี่ยวกับการประหยัดพลังงานที่ยังมีผลอยู่ แล้วทำเป็นคู่มือ

2.1.4 . มติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 6 มิถุนายน 2549 เรื่อง มาตรการประหยัดพลังงาน

คณะรัฐมนตรีพิจารณาการปรับปรุงมติคณะรัฐมนตรีเกี่ยวกับเรื่องมาตรการประหยัดพลังงานตามที่สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรีเสนอ แล้วมีมติดังนี้ อนุมัติให้ยกเลิกมติคณะรัฐมนตรีเกี่ยวกับเรื่องมาตรการประหยัดพลังงาน จำนวน 21 ฉบับ เห็นชอบให้ส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ และหน่วยงานของรัฐถือปฏิบัติตามมติคณะรัฐมนตรีเกี่ยวกับเรื่องมาตรการประหยัดพลังงาน คือ มติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2548 เรื่อง มาตรการบังคับเพื่อการแก้ไขปัญหาด้านพลังงานของประเทศและมติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 9 พฤษภาคม 2549 เรื่อง มาตรการประหยัดพลังงาน เห็นชอบให้คงถือว่ามาตรการประหยัดพลังงานและการใช้พลังงานทดแทนเป็นวาระแห่งชาติที่มีความสำคัญ และเร่งด่วนที่ทุกฝ่ายจะต้องดำเนินการให้เกิดผลเป็นรูปธรรมและต่อเนื่องต่อไป

2.1.5 . มติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 13 มีนาคม 2550 เรื่อง มาตรการประหยัดพลังงาน

คณะรัฐมนตรีอนุมัติตามมติคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ ครั้งที่ 6/2549 เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2549 ตามที่กระทรวงพลังงานเสนอ ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. ให้นำ "ค่ามาตรฐานการจัดการใช้พลังงานในส่วนราชการ" มาใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินผลด้านการประหยัดพลังงานของส่วนราชการตั้งแต่ปี 2551 เป็นต้นไป โดยมอบหมายสำนักงาน ก.พ.ร. และสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) ร่วมกันพิจารณากำหนดปัจจัยต่างๆ ที่เป็นตัวแปรให้เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับของส่วนราชการ และให้สำนักงบประมาณนำ "ค่ามาตรฐานการจัดการใช้พลังงานในส่วนราชการ" ไปใช้ประกอบการพิจารณาจัดสรรงบประมาณรายจ่ายประจำปีในส่วนค่าไฟฟ้าและค่าน้ำมันเชื้อเพลิงให้แต่ละส่วนราชการ โดยเริ่มใช้ตั้งแต่ปีงบประมาณ 2552 เป็นต้นไป

2. ในปีงบประมาณ 2550 ให้คงกำหนดเป้าหมายลดใช้พลังงานของส่วนราชการจาก "ร้อยละ 10-15 เมื่อเทียบกับการใช้พลังงานในปีงบประมาณ 2546" ไปก่อน และขณะเดียวกันให้ สนพ. ทำความเข้าใจกับส่วนราชการเรื่องเกณฑ์ใหม่ "ค่ามาตรฐานการจัดการใช้พลังงานในส่วนราชการ" เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมในการใช้งานต่อไป

3. ให้กระทรวงการคลังกำหนดให้ทุกส่วนราชการจัดซื้ออุปกรณ์และครุภัณฑ์โดยคำนึงถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานระดับดีมาก (ฉลากเบอร์ 5) ตลอดจนจัดสรรงบประมาณรายจ่ายประจำปีในส่วนค่าบำรุงดูแลรักษาเครื่องปรับอากาศและรถยนต์ที่เป็นครุภัณฑ์ของส่วนราชการให้แต่ละส่วนราชการด้วย

2.2. ดัชนีการใช้พลังงาน

2.2.1 ความหมายของดัชนีการใช้พลังงาน

ดัชนีการใช้พลังงาน หมายถึง ปริมาณการใช้พลังงานต่อหนึ่งหน่วยการผลิต หรือบริการ ซึ่งอาจแตกต่างกันออกไป เช่น สำนักงาน ศูนย์การค้า และสถานศึกษา จะใช้ในรูปแบบของการใช้พลังงานต่อตารางเมตรของพื้นที่ (MJ/m^2) ส่วนโรงแรมจะใช้ในรูปของการใช้พลังงานต่อห้องต่อวันที่มีแขกเข้าพัก (MJ/ห้อง-วัน) และโรงพยาบาลจะใช้ในรูปของการใช้พลังงานต่อเตียงต่อวันที่มีผู้ป่วยในเข้าพัก (MJ/เตียง-วัน) (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2546)

ดัชนีการใช้พลังงาน (Energy Utilization Index –EUI) คือ อัตราส่วนของพลังงานที่ใช้กับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงาน ซึ่งปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานนี้จะแตกต่างกันตามกิจกรรมในการใช้พลังงาน (วัชระ มั่งวิทิตกุล , 2544) ประโยชน์ของค่าดัชนีการใช้พลังงานมีดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1) ใช้เปรียบเทียบการใช้พลังงานในอดีตกับปัจจุบันของอาคาร

2) ใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการใช้พลังงานเบื้องต้นของอาคารประเภทเดียวกันและมีกิจกรรมการใช้พลังงานเหมือนกัน

3) ใช้ประเมินศักยภาพการประหยัดพลังงานเบื้องต้นของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่ติดตั้งเพื่อใช้ในการประหยัดพลังงาน

2.2.2 ดัชนีการใช้พลังงานของอาคารควบคุมประเภทสำนักงาน

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้รวบรวมดัชนีการใช้พลังงานของอาคารควบคุมในประเทศไทยจำนวน 781 อาคาร พบว่า อาคารสำนักงานมีค่าดัชนีการใช้พลังงานเฉลี่ยเท่ากับ 499 MJ/m^2 อาคารศูนย์การค้ามีค่าดัชนีการใช้พลังงานเฉลี่ยเท่ากับ 1,277 MJ/m^2 อาคารโรงแรมมีค่าดัชนีการใช้พลังงานเฉลี่ยเท่ากับ 358 MJ/m^2 อาคารโรงพยาบาลมีค่าดัชนีการใช้พลังงานเฉลี่ยเท่ากับ 423 MJ/m^2 อาคารสถานศึกษามีค่าดัชนีการใช้พลังงานเฉลี่ยเท่ากับ 200 MJ/m^2 และอาคารอื่นๆมีค่าดัชนีการใช้พลังงานเฉลี่ยเท่ากับ 747 MJ/m^2 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2546)

2.2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับดัชนีการใช้พลังงาน

ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของการใช้พลังงาน ได้มีการนำมาใช้วัดระดับประสิทธิภาพของการบริโภคพลังงานของหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชน ซึ่งมีผู้ทำการศึกษา ดังนี้

Monts and Blisset (1982) ได้ศึกษาการใช้พลังงานของอาคารพาณิชย์ โดยเขาให้ความเห็นว่า น่าจะมีปัจจัยอื่นๆอีกนอกจากการใช้แค่พื้นที่การใช้งาน อย่างเช่น สภาพอากาศ รูปแบบของผู้ใช้อาคาร การออกแบบระบบการปรับอากาศ (HVAC) และชนิดของอาคาร น่าจะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานดังกล่าว

Sharp T.(1996) ได้ทำการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นการใช้พลังงาน (Energy Use Intensities : EUI) ของอาคาร พบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้า (kwhsf) มีค่าเพิ่มขึ้นตามขนาดพื้นที่ใช้งาน มีความสัมพันธ์กับปัจจัยจำนวนคนทำงาน (NWKERSF) จำนวนคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (PCTRMC) ลักษณะการใช้อาคาร (OCCTYP1) จำนวนชั่วโมงการทำงาน (WKHRS) Economizer (ECN) Chiller (CHILLR) ดังสมการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$Log (kwhsf) = a + b*log (NWKERSF) + c*PCTRMC + d*OCCTYP1 + e*WKHRS + f*ECN + g*CHILLR$$

โดย a , b, c, d, e, f เป็นค่าสัมประสิทธิ์คงที่

Deng, S.M., and Burnett J. (2000) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงแรมในฮ่องกง จำนวน 16 โรงแรม โดยทำการศึกษาจากการรวบรวมข้อมูลค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานของปี 1995 รวมทั้งทำการสำรวจและบันทึกการปฏิบัติงานต่างๆ แล้วทำการวิเคราะห์การใช้พลังงานด้วยดัชนีการใช้พลังงาน (Energy Use Index : EUI) กับปัจจัย ปีที่ก่อสร้าง ระดับของโรงแรม ระดับของผู้พัก พื้นที่ทั้งหมดของโรงแรม อายุของโรงแรม จำนวนห้องพัก จำนวนภัตตาคาร แต่การใช้ EUI ในการประเมินการใช้พลังงานของโรงแรมบนพื้นฐานหน่วยพื้นที่นั้นไม่เพียงพอ โดยเขาเสนอว่าในการศึกษาควรทำการแยกอาคารโรงแรมออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่แขกเข้าพัก และส่วนที่ไม่มีแขกเข้าพัก ซึ่งการประเมินค่าการใช้พลังงานสำหรับ 2 ส่วนจะแยกออกจากกัน ทั้งนี้ การประเมินการใช้พลังงานของโรงแรมต้องได้รับการพัฒนาต่อไป

Filippin C. (2000) ได้ใช้ข้อมูลการบริโภคพลังงานและพื้นที่ใช้งานของโรงเรียนทั้งหมด 15 โรงเรียน ในประเทศอาร์เจนติน่า เพื่อคำนวณหาค่า Energy Use Intensity (EUI) หน่วยเป็น kWh/ ft^2 หรือ MJ/m^2 จากนั้นก็นำค่า EUI ที่ได้มาจัดเรียงลำดับเป็นตารางจุดอ้างอิงการใช้พลังงาน

Signor R, Westphal F.S. , Lamberts R (2001) ได้ศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานใน 14 เมืองของประเทศบราซิล พบว่าการใช้พลังงานของอาคารมีความสัมพันธ์กับปัจจัยต่างๆ ดังสมการ

$$C = a + b1\ (A_{roof} / A_{total}) + b2\ (A_{roof}*U_{roof}*\alpha_{roof} / A_{total}) + b3\ (A_{facade}/A_{total}) + b4\ (A_{facade}*WWR*SC / A_{total}) - b5\ (A_{facade}*WWR*SC*PF / A_{total}) + b6\ (WWR) - b7\ (WWR*SC) - b8\ (PF) + b9\ (ILD)$$

เมื่อ

C	=	การใช้พลังงานใน 1 ปี ; kWh / m^2
A_{roof}	=	พื้นที่หลังคา
A_{total}	=	พื้นที่ทั้งหมด
A_{facade}	=	พื้นที่ผนังกระจก
WWR	=	อัตราส่วนของหน้าต่างกับผนัง
PF	=	projection factor ของส่วนที่ยื่นของหน้าต่าง
SC	=	สัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก
U_{roof}	=	การกระจายความร้อนของหลังคา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

α_{roof} = การดูดความร้อนของหลังคา

ILD = ความเข้มของกำลังไฟฟ้าภายในอาคาร

โดย a , b1, b2, b3, b4, …,b9 เป็นค่าสัมประสิทธิ์คงที่

Chung W. , Hui Y.V. และ **Lam Y. M** (2006) ได้ศึกษาการทำจุดอ้างอิงมาตรฐานของประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Benchmarking the energy efficiency)ของอาคารพาณิชย์ในฮ่องกง จำนวน 30 อาคาร โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นการใช้พลังงาน (Energy Use Intensities : EUI) กับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงาน โดยใช้ Multiple Regression model และค่า EUI ที่ได้จะนำมา Normalization เพื่อกำจัดปัจจัยที่มีนัยสำคัญผิดปกติก่อน ซึ่งพบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงาน ของอาคารพาณิชย์ได้แก่ อายุของอาคาร พื้นที่ภายในอาคาร เวลาการปฏิบัติงาน จำนวนลูกค้า พฤติกรรมของผู้ใช้อาคาร ดังนี้

$$\begin{aligned} EUI_{norm} = EUI_o &- 972.7 \times \left(\frac{\text{building age} - 21.13}{11.29}\right) + 1519.2 \\ &\times \left(\frac{\text{floor area} - 219.37}{175.76}\right) - 588.4 \\ &\times \left(\frac{\text{operation schedule} - 7071.9}{1777.9}\right) - 470.3 \\ &\times \left(\frac{\text{number of customers} - 441350}{229057}\right) + 411.5 \\ &\times \left(\frac{\text{occupants behaviour} - 1.97}{1.73}\right). \end{aligned}$$

จากหลักการและทฤษฎีที่มีการศึกษา จะเห็นว่าการใช้พลังงานไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับตัวแปรต่างๆหลายตัวแปรแตกต่างกันไป ดังนั้นในการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อหาค่าดัชนีการใช้พลังงานของหน่วยงานที่ปฏิบัติงานในอาคารศาลากลางจังหวัดเชียงใหม่นี้ จะได้วิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ของดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยใช้ตัวแปรจากทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.1 ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า

ตัวแปร	ทฤษฎี/การศึกษาของ
สภาพอากาศ - ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (X1) - อุณภูมิเฉลี่ย (X2) - ทิศที่ตั้งของหน่วยงาน (X3)	Monts and Blissett (1982)
พื้นที่ - พื้นที่ใช้สอย (X4)	Signor R, Westphal F.S. , Lamberts R(2001) , Deng S.M., and Burnett J.(2000), Chung W. , Hui Y.V. และ Lam Y. M (2006)
จำนวนคนทำงาน / บุคลากร - จำนวนคนทำงาน/ บุคลากร (X5)	Sharp T (1996)
จำนวนชั่วโมงการทำงาน/ เวลาการปฏิบัติงาน - จำนวนชั่วโมงการทำงาน (X6)	Sharp T(1996) , Chung W. , Hui Y.V. และ Lam Y. M(2006)
จำนวนลูกค้า/ผู้มาใช้บริการ - จำนวนผู้มาใช้บริการ (X7) - เวลาที่ให้บริการเฉลี่ย (X8)	Chung W., Hui Y.V. และ Lam Y. M (2006)
ความเข้มกำลังไฟฟ้าภายในอาคาร - เครื่องปรับอากาศ (X9) - คอมพิวเตอร์ (X10) - เครื่องพิมพ์ (X11) - หลอดไฟฟ้า (X12) - เครื่องถ่ายเอกสาร/ โรเนียว (X13) - กาต้มน้ำไฟฟ้า (X14) - ตู้เย็น (X15) - เครื่องทำน้ำเย็น (X16)	Signor R, Westphal F.S. , Lamberts R (2001)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3 ความพึงพอใจในการปฏิบัติตามมาตรการประหยัดพลังงาน

2.3.1 ความหมายของความพึงพอใจในการปฏิบัติงาน

ธงชัย สันติวงษ์ (2522) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ความพึงพอใจในการทำงาน หมายถึง การที่บุคคลใดบุคคลหนึ่งมองเห็นช่องทาง หรือโอกาสที่ตนจะสามารถตอบสนองแรงจูงใจที่ตนมีอยู่แล้ว ก็จะทำให้เกิดความพึงพอใจของเขาดีขึ้นหรืออยู่ในระดับสูง หากฝ่ายบริหารจัดให้คนทำงานได้มีโอกาสตอบสนองแรงจูงใจของตนแล้ว ความพึงพอใจของคนทำงานจะสูงและผลงานก็จะดีตามไปด้วย

นิราศ วัฒนานิวิต (2530) กล่าวว่า ความพึงพอใจในการทำงาน หมายถึง ความรู้สึกรักยินดี ชอบ เต็มใจ อันเป็นทัศนคติที่ดีต่องาน เพราะว่า งานที่ทำได้ตอบสนองความต้องการของผู้ทำงาน แต่ถ้าผู้ทำงานรู้สึกไม่ยินดี ไม่ชอบ ไม่เต็มใจ อันเป็นทัศนคติที่ไม่ดีต่องาน เพราะว่างานนั้นไม่ได้สนองตอบความต้องการของผู้ทำงาน ก็จะเกิดความรู้สึกไม่พึงพอใจในการทำงาน

ประสิทธิ สินธุปี (2537) กล่าวว่า ความพึงพอใจเป็นความรู้สึกหรือทัศนคติในทางที่ดีของบุคคลที่มีต่อกิจกรรมที่มีอยู่ ถ้าบุคคลใดมีความพึงพอใจในกิจกรรมมากก็จะเสียสละอุทิศแรงกาย แรงใจ แรงปัญญา ให้แก่กิจกรรมมาก ส่วนผู้ที่มีความพึงพอใจในกิจกรรมน้อยก็จะทำเพียงกิจกรรมตามหน้าที่ที่มีอยู่เท่านั้น

กรองแก้ว อยู่สุข (2542) ให้ความหมายของความพึงพอใจในการทำงานว่า หมายถึง ทัศนคติ โดยทั่วไปของพนักงานที่มีต่องานของเขา ถ้าเขาได้รับการปฏิบัติที่ดีตอบสนองความต้องการของเขาตามสมควร เช่น สภาพการทำงานที่มั่นคงปลอดภัย ได้เงินเดือนค่าจ้างตอบแทนเพียงพอแก่การยังชีพ ฯลฯ จะทำให้พนักงานพอใจและมีความรู้สึก (ทัศนคติ) ที่ดีต่อองค์การ

จากความพึงพอใจในการปฏิบัติงานที่กล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า เป็นผลที่เกิดจากความรู้สึกทัศนคติที่มีต่องานที่เขาปฏิบัติว่ามีมากน้อยเพียงใด และถ้าพบว่าดีก็จะเกิดความพึงพอใจในการปฏิบัติงาน แต่ถ้าหากพบว่าไม่ดีก็จะเกิดความไม่พึงพอใจในการปฏิบัติงาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.2 การวัดความพึงพอใจ

บุญเรือง ขจรศิลป์ (อ้างในประสิทธิ์ สินธุปี , 2537) กล่าวว่า ความพึงพอใจหรือทัศนคติหรือเจตคติ เป็นนามธรรม เป็นการแสดงออกค่อนข้างสลับซับซ้อน จึงเป็นการยากที่จะวัดทัศนคติได้โดยตรง แต่ก็สามารถวัดได้โดยทางอ้อม โดยการวัดความคิดเห็นและใช้เทคนิคของ Likert ในการวัด ซึ่งกำหนดหัวข้อให้เลือกโดยทั่วไปจะกำหนดไว้ 5 ข้อ เมื่อวัดทัศนคติในทุกประเด็นแล้ว ก็จะนำผลของคะแนนที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย และผลออกมาเป็นค่าของทัศนคติ

สิน พันธุ์พินิจ (2547) กล่าวว่า เทคนิคการวัดทัศนคติของลิเกิร์ตเป็นเทคนิคการวัดที่มีความเชื่อถือและนิยมใช้กันมากที่สุดวิธีหนึ่ง เพราะใช้ง่ายและเน้นการวัดในด้านความเป็นมิติเดียวกัน โดยแบ่งคะแนนทัศนคติหรือความรู้สึกออกเป็น 5 ช่วงเท่าๆกัน ถ้าหากใช้ข้อความเชิงบวกก็เรียงลำดับมาตรวัดจาก 5 – 1 ในทางตรงกันข้าม ถ้าหากเป็นข้อความเชิงลบก็เรียงลำดับมาตรวัดจาก 1 – 5 รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การแบ่งคะแนนทัศนคติหรือความรู้สึก

ข้อความเชิงบวก	ข้อความเชิงลบ
5 = เห็นด้วยอย่างยิ่ง	5 = ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
4 = เห็นด้วย	4 = ไม่เห็นด้วย
3 = ไม่แน่ใจ	3 = ไม่แน่ใจ
2 = ไม่เห็นด้วย	2 = เห็นด้วย
1 = ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	1 = เห็นด้วยอย่างยิ่ง

2.3.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจในการปฏิบัติตามมาตรการประหยัดพลังงาน

ฉัตรชัย เจียมอมรรัตน์ (2531) ได้ศึกษาค่านิยมในการประหยัดพลังงานของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 เขตการศึกษา 5 พบว่า

1. นักเรียนมีค่านิยมในการประหยัดพลังงานเชิงบวก ร้อยละ 98.44 มีค่าเฉลี่ย 68.75 จากคะแนนเต็ม 88

2. เมื่อเปรียบเทียบค่านิยมในการประหยัดพลังงานตามตัวแปรต่างๆ พบว่า

- นักเรียนที่มีความแตกต่างด้านเพศ ผลสัมฤทธิ์การเรียน และความทันสมัย มีค่านิยมในการประหยัดพลังงานแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- นักเรียนที่มีความแตกต่างด้านระดับการศึกษาของบิดามารดา, รายได้ของครอบครัว การอบรมเลี้ยงดู การรับข่าวสาร พฤติกรรมนอกชั้นเรียน มีค่านิยมในการประหยัดพลังงานแตกต่างกัน อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

- ความรู้ด้านพลังงานมีความสัมพันธ์กับค่านิยมในการประหยัดพลังงาน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

จันทรัสม์ แสงทอง (2539) ได้ศึกษาความคิดเห็นในการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในชีวิตประจำวันของพนักงานในองค์การเอกชน พบว่า พนักงานที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเกือบทั้งหมดเห็นด้วยกับการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในชีวิตประจำวันและควรส่งเสริมให้มีสิ่งแวดล้อมศึกษาในเรื่องอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าตั้งแต่เด็ก ข้าราชการควรเป็นตัวอย่างที่ดีให้ประชาชนในเรื่องนี้ และโฆษณาประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าผ่านสื่อต่างๆควรมีหลายรูปแบบและอย่างสม่ำเสมอ

วีระ ธีระวงศ์สกุล (2540) ได้ศึกษาความรู้และพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยของประชาชนในเขตเทศบาลเมืองลำปาง ผลการศึกษา พบว่า

1. ประชาชนในเขตเทศบาลมีความรู้และพฤติกรรมการประหยัดพลังงานในที่อยู่อาศัยในระดับปานกลาง

2. ประชาชนที่มีระดับการศึกษา อาชีพ ที่แตกต่างกัน มีความรู้เกี่ยวกับการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ประชาชนที่มีรายได้เฉลี่ยของครัวเรือนต่อเดือน รายจ่ายค่าไฟฟ้าโดยเฉลี่ยต่อเดือน การรับรู้ข่าวสารที่แตกต่างกันมีความรู้เกี่ยวกับการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยไม่แตกต่างกัน

3. ประชาชนที่มีระดับการศึกษา อาชีพ ที่แตกต่างกัน มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .01 ตามลำดับ แต่ประชาชนที่มีรายได้เฉลี่ยของครัวเรือนต่อเดือน รายจ่ายค่าไฟฟ้าโดยเฉลี่ยต่อเดือน การรับรู้ข่าวสารที่แตกต่างกัน มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยไม่แตกต่างกัน

4. ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้กับพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในที่อยู่อาศัย มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ฐิฑารีย์ ถมยา (2541) ศึกษาความพึงพอใจในการปฏิบัติงานตามมาตรการการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในภาครัฐของบุคลากรในวิทยาลัยเทคนิคลำปาง พบว่า

1. บุคลากรวิทยาลัยเทคนิคลำปางที่เป็นกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ มีระดับความพึงพอใจในการปฏิบัติตามมาตรการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระดับปานกลาง โดยเฉพาะความพึงพอใจในการปิดสวิทช์ไฟฟ้าแสงสว่างทุกครั้งที่ไม่ใช้งาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. ความพึงพอใจในการปฏิบัติงานตามมาตรการการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ไม่มีความแตกต่างกันตามสถานภาพของบุคลากรและระดับการศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนบุคลากรที่ประจำอยู่ในแผนกวิชาหรือหน่วยงานที่สังกัดที่แตกต่างกัน มีความพึงพอใจในการปฏิบัติตามมาตรการประหยัดพลังงานไฟฟ้าแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ในการรับรู้ข่าวสารการประหยัดพลังงานไฟฟ้ากับความพึงพอใจในการปฏิบัติตามมาตรการประหยัดพลังงานไฟฟ้า มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกในระดับต่ำ

รวิวรรณ สิเนหะสาร (2542) ได้ศึกษาความพึงพอใจและทัศนคติที่มีต่อการเปิดรับข่าวสารโครงการรณรงค์ “ไทยช่วยไทย ร่วมใจประหยัดพลังงาน” ของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า

1. เพศ อายุ อาชีพ ระดับการศึกษา และรายได้ครัวเรือนต่อเดือน มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการเปิดรับข่าวสารเกี่ยวกับการประหยัดพลังงาน

2. ความถี่ในการเปิดรับข่าวสารโครงการรณรงค์จากสื่อหนังสือพิมพ์ วิทยุ นิตยสารและแผ่นพับ/โปสเตอร์ มีความสัมพันธ์กับความพึงพอใจต่อข่าวสารที่ได้รับ

วรประภา พินิจสุวรรณ (2542) ได้ศึกษาความตระหนักต่อชิ้นงานการอนุรักษ์พลังงานจากสื่อมวลชนของเยาวชนในเขตเทศบาลเมืองลำปาง พบว่า

1. เยาวชนส่วนใหญ่มีความตระหนักในการอนุรักษ์พลังงานหลังจากรับชมชิ้นงานโฆษณารณรงค์ให้อนุรักษ์พลังงานในระดับปานกลาง

2. เยาวชนที่มีระดับความสนใจในการเปิดรับโฆษณารณรงค์ให้อนุรักษ์พลังงานทางสื่อมวลชนจะมีความตระหนักในการอนุรักษ์พลังงาน และมีแนวโน้มที่จะมีพฤติกรรมเพื่อการแก้ไข ป้องกัน ในเรื่องพลังงาน

3. ระดับความรู้ความเข้าใจในการอนุรักษ์พลังงานของเยาวชนมีความสัมพันธ์กับความตระหนักในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

สัญญา แสนทวี (2547) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของการรณรงค์ประหยัดพลังงานกับพฤติกรรมการใช้พลังงานของกองทัพอากาศไทย พบว่า

1. หลังจากได้รับการรณรงค์ประหยัดพลังงาน บุคลากรในกองทัพอากาศมีพฤติกรรมการใช้พลังงานดีขึ้น

2. เพศหญิงมีค่าเฉลี่ยพฤติกรรมการใช้พลังงานสูงกว่าเพศชาย

3. ระดับการศึกษา และรายได้ต่อเดือนที่แตกต่างกันมีผลทำให้พฤติกรรมการใช้พลังงานแตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากเอกสารและงานวิจัยที่ผู้ศึกษาได้รวบรวมในส่วนที่เกี่ยวข้องในการศึกษาครั้งนี้ จะเห็นว่า ปัจจัยด้านบุคคลและปัจจัยทางสังคมที่ต่างกัน มีผลต่อความพึงพอใจในการทำงานที่ต่างกัน ดังนั้นในการศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความพึงพอใจในการปฏิบัติตามมาตรการประหยัดพลังงาน จะได้วิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ของตัวแปร ดังนี้

ปัจจัยด้านบุคคล

- เพศ
- สถานภาพของบุคลากร
- อายุ
- อายุราชการ
- วุฒิการศึกษา
- ระดับตำแหน่ง
- ระยะเวลาที่ปฏิบัติหน้าที่ปัจจุบัน

ปัจจัยทางสังคม

- หน่วยงานที่สังกัด
- การรับรู้ข้อมูลข่าวสาร

ว่ามีผลต่อความพึงพอใจในการปฏิบัติตามมาตรการประหยัดพลังงานมากน้อยเพียงใด โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการวัดความพึงพอใจในการปฏิบัติตามมาตรการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

2.4.1 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Correlation Coefficient) (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2548 ข)

เป็นค่าที่ใช้วัดความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรเชิงปริมาณ 2 ตัว แต่ไม่มีการกำหนดว่าตัวแปรใดเป็นตัวแปรอิสระ หรือตัวแปรใดเป็นตัวแปรตาม และเป็นค่าที่ไม่มีหน่วย โดยมีสูตรดังนี้

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^{n}(Y_i - \bar{Y})^2}}$$

ใช้สัญลักษณ์ r สำหรับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างระหว่างตัวแปร X และตัวแปร Y เมื่อ X และ Y มีการแจกแจงแบบปกติ และ $-1 < r < 1$ ค่าของ r เป็นบวก แสดงว่าข้อมูลสองชุดนั้นมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน แต่ถ้า r เป็นลบ แสดงว่าข้อมูลสองชุดมีความสัมพันธ์ในมางตรงกันข้าม เช่น ค่าข้อมูลชุดหนึ่งเพิ่มขึ้น ค่าข้อมูลอีกชุดหนึ่งจะลดลง ถ้า $r = 0$ แสดงว่าข้อมูลสองชุดนั้นไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้น แต่ถ้า r เป็นบวก หรือ ลบ แต่มีค่าใกล้ๆ 0 แสดงว่าข้อมูลสองชุดนั้นมีความสัมพันธ์กันน้อยมาก

- **การทดสอบความสัมพันธ์**

บางครั้งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้มาไม่สามารถตัดสินได้ว่า ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ จึงต้องมีการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของประชากร (ρ) โดยตั้งสมมติฐานดังนี้

H_0 : ตัวแปรทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นต่อกัน

H_1 : ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์เชิงเส้นต่อกัน

หรือ $H_0 : \rho = 0$

$H_1 : \rho \neq 0$

สถิติที่ใช้ในการคำนวณสมมติฐานคือ student "t" ซึ่งคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$t = r\sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$$

เมื่อ n = จำนวนชุดตัวอย่าง

การตัดสินใจปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อ t ที่คำนวณได้จากสูตรมีค่ามากกว่า t ที่ได้จากตารางโดยอาศัย df ซึ่งเท่ากับ (n-2) และระดับนัยสำคัญ α (ใน output คอมพิวเตอร์จะปฏิเสธสมติฐานเมื่อค่า Sig. t < ค่าระดับนัยสำคัญ α)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบมีปัจจัยเดียว (1-way ANOVA) (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2549 ก)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวเป็นการวิเคราะห์ที่คาดว่ามีเพียงปัจจัยเดียวที่ทำให้ข้อมูลแตกต่างกัน หรือเป็นการวิเคราะห์ความแตกต่างกันของระดับที่ต่างกันของปัจจัยที่คาดว่ามีอิทธิพลต่อข้อมูล ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวคือ การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรที่รับปัจจัยที่ต่างระดับกันตั้งแต่ 3 ระดับขึ้นไป นั่นคือเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3 ประชากร/กลุ่มขึ้นไป โดยถือว่าหน่วยที่ได้รับปัจจัยระดับเดียวกันเป็นประชากรเดียวกันหรือกลุ่มประชากรเดียวกัน และหน่วยที่ได้รับปัจจัยต่างๆ กันเป็นคนละประชากรหรือคนละกลุ่ม เช่น คาดว่าปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้รายได้ค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน คืออาชีพ จึงแบ่งคนแยกตามอาชีพ ถ้าแบ่งเป็น 5 อาชีพ แสดงว่ามี 5 กลุ่ม หรือ 5 ประชากร แล้วนำรายได้เฉลี่ยของแต่ละกลุ่มมาเปรียบเทียบกัน เป็นต้น

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3 ประชากร/กลุ่มนั้น จะต้องเก็บข้อมูลตัวอย่างจากแต่ละกลุ่มแล้วนำข้อมูลตัวอย่างมาทดสอบเพื่ออ้างอิงถึงประชากร

- **เงื่อนไขการวิเคราะห์ความแปรปรวน**

การวิเคราะห์ความแปรปรวนมีเงื่อนไข 3 ประการ ดังนี้

1. การสุ่มตัวอย่างแต่ละชุดจะต้องสุ่มอย่างเป็นอิสระกัน
2. สุ่มตัวอย่างจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ
3. ค่าแปรปรวนของแต่ละประชากรต้องเท่ากัน

- **ตารางการวิเคราะห์แปรปรวนแบบทางเดียว (1 – WAY ANOVA)**

ในรูปทั่วไปถ้าปัจจัยที่สนใจมี k ระดับ เช่น เปรียบเทียบวิธีการสอน 4 วิธี ในที่นี้ $k = 4$ จะต้องสุ่มตัวอย่าง k ชุดที่เป็นอิสระกันจาก k ประชากร

โดยที่ X_{ij} = ข้อมูลตัวอย่างหน่วยที่ j ที่ได้รับปัจจัยระดับที่ i

; i = 1,2,3,…,k ; j = 1,2,3,…,n_i

ค่าเฉลี่ยตัวอย่างชุดที่ i = $\bar{X}_i = \frac{\sum X_{ij}}{n_i}$ ขนาดตัวอย่างทั้งหมด n = $\sum_{i=1}^{k} n_i$

ความผันแปรทั้งหมด = ความผันแปรระหว่างกลุ่ม + ความผันแปรภายในกลุ่ม

$$SST = SSTrt + SSE$$

โดยที่ SST = ความผันแปรทั้งหมด (Total Sum Square)

SSB = SSTrt = ความผันแปรระว่างกลุ่ม (Between - Groups Sum Square)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

SSW = SSE = ความผันแปรภายในกลุ่ม (Within -Groups Sum Squareหรือ Residual Sum Square)

หรือเขียนเป็นแผนภาพได้ดังนี้

สมมติฐานการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบมีปัจจัยเดียว

H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \ldots = \mu_k$

H_1 : มี $\mu_i \neq \mu_j$ อย่างน้อย 1 คู่ ; $i \neq j$

<u>สถิติทดสอบ</u> $\mathbf{F} = \frac{MSTrt}{MSE} = \frac{MSB}{MSW}$

ตารางที่ 2.3 ตารางการวิเคราะห์แปรปรวนแบบทางเดียว (1 – WAY ANOVA)

แหล่งความแปรผัน	Df	Sum Square	Mean Square	F
Between – Groups	k – 1	SSB	MSB	$\frac{MSB}{MSW}$
Within - Groups	n - k	SSW	MSW	
Total	n - 1	SST		

- **ขั้นตอนการวิเคราะห์ความแปรปรวน**

<u>ขั้นที่ 1</u> ตรวจสอบเงื่อนไข

1.1) การตรวจสอบเงื่อนไขว่า ตัวแปรตามของแต่ละกลุ่มย่อยมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่

ตัวอย่าง เช่น การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอาชีพกับค่าเครื่องสำอางของผู้หญิง ถ้ามี 3 กลุ่มอาชีพ (k = 3) โดยอาชีพเป็นแปรอิสระ ซึ่งเป็นตัวแปรเชิงกลุ่ม ส่วนค่าเครื่องสำอางเป็นตัวแปรตามซึ่งเป็นเชิงปริมาณ จะต้องตรวจสอบค่าใช้จ่ายด้านเครื่องสำอางของผู้หญิงแต่ละกลุ่มอาชีพว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่

H_0 : ค่าเครื่องสำอางของอาชีพที่ i มีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ค่าเครื่องสำอางของอาชีพที่ i ไม่มีการแจกแจงแบบปกติ ; = 1,2,3

สถิติทดสอบ Kolmogorov- Smirnov หรือ Shapiro - Wilk

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.2) การตรวจสอบเงื่อนไขว่า ค่าแปรปรวนของตัวแปรตามของทุกกลุ่มแตกต่างกันหรือไม่

$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2$

$H_1 :$ มี $\sigma_i^2 \neq \sigma_j^2$ อย่างน้อย 1 คู่ ; $i \neq j$

สถิติทดสอบ Levene Test

ถ้าผลทดสอบคือยอมรับ H_0 หรือสรุปว่า H_0 จริง นั่นคือค่าแปรปรวนไม่ต่างกันในขั้นที่ 2 จะใช้สถิติทดสอบ F Test ในตาราง ANOVA แต่ถ้าผลการทดสอบสรุปว่า H_1 จริง นั่นคือ ค่าแปรปรวนต่างกัน จะใช้สถิติทดสอบ Welch Test หรือ Brown's Test

<u>ขั้นที่ 2</u> การทดสอบความสัมพันธ์ หรือทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

$H_0 :$ ค่าเครื่องสำอางไม่ขึ้นกับอาชีพ

$H_1 :$ ค่าเครื่องสำอางขึ้นกับอาชีพ

หรือ $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$

$H_1 :$ มี $\mu_i \neq \mu_j$ อย่างน้อย 1 คู่ ; $i \neq j$

ถ้าใน 1.2) สรุปว่า H_0 จริง จะใช้สถิติทดสอบ F Test

ถ้าใน 1.2) สรุปว่า H_1 จริง จะใช้สถิติทดสอบ Welch Test หรือ Brown's Test

<u>การสรุปผลการทดสอบของขั้นที่ 2</u>

1) ถ้าสรุปว่า H_0 จริง นั่นคือ ค่าเฉลี่ยไม่ต่างกัน หรือค่าเครื่องสำอางไม่ขึ้นกับอาชีพ ไม่ต้องทำต่อในขั้นที่ 3

2) ถ้าสรุปว่า H_1 จริง นั่นคือ ค่าเครื่องสำอางขึ้นกับอาชีพ หรือ $\mu_i \neq \mu_j$ จะต้องทำต่อในขั้นที่ 3 เพื่อตรวจสอบว่า อาชีพใดบ้างที่มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยด้านเครื่องสำอางแตกต่างกัน

<u>ขั้นที่ 3</u> การเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multple Comparisons) หรือการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละคู่

การทดสอบค่าเฉลี่ย k ประชากร ในขั้นที่ 2 ซึ่งมีสมมติฐานของการทดสอบเป็น

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \ldots = \mu_k$

$H_1 :$ มี $\mu_i \neq \mu_j$ อย่างน้อย 1 คู่ ; $i \neq j$

ผลการทดสอบอาจจะเป็น

- ยอมรับ H_0 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของทั้ง k ประชากรเท่ากัน

- ปฏิเสธ H_0 (ยอมรับ H_1) แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 2 ประชากรแตกต่างกัน

เมื่อปฏิเสธ H_0 จะไม่ทราบว่าค่าเฉลี่ยประชากรใดบ้างที่ไม่เท่ากัน ผู้วิเคราะห์จะต้องทำการทดสอบต่อไปว่าค่าเฉลี่ยใดบ้างไม่เท่ากัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กรณีที่ตัวแปรอิสระมี k กลุ่ม จะต้องทดสอบสมมติฐานทั้งหมด ${}^{k}C_{2}$ คู่ เช่น มี 3 อาชีพ (k = 3) จะมี ${}^{3}C_{2}$ คู่ นั่นคือ มีการทดสอบสมมติฐาน

(1) $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ (2) $H_0 : \mu_1 = \mu_3$ (3) $H_0 : \mu_2 = \mu_3$

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$ $H_1 : \mu_1 \neq \mu_3$ $H_1 : \mu_2 \neq \mu_3$

สถิติทดสอบที่ใช้ในการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ

<u>กลุ่มที่ 1</u> กรณีที่ขั้นที่ 1 สรุปว่า H_0 จริง นั่นคือค่าแปรปรวนของทุกกลุ่มไม่แตกต่างกัน จะใช้ สถิติทดสอบ

1. LSD
2. Bonferroni
3. Sidak
4. Scheffe
5. RE-G-WF
6. R- E-G-WQ
7. S-N-K
8. Tukey
9. Tukey's – b
10. Duncan
11. Hochberg's GT2
12. Gabriel
13. Waller - Duncan
14. Dunnett

<u>กลุ่มที่ 2</u> กรณีที่ขั้นที่ 1 สรุปว่า H_1 จริง นั่นคือค่าแปรปรวนแตกต่างกัน จะใช้

1. Tamhane's T2
2. Dunnett's T3
3. Games – Howell
4. Dunnett's C

- **Least –Significant Different (LSD)**

LSD หรือ Fisher's Least – Significant Difference ใช้ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประชากรได้ครั้งละหลายคู่ โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1. คำนวณหาค่า LSD

$$LSD = t_{1-\frac{\alpha}{2};n-k}\sqrt{MSE}\sqrt{\frac{1}{n_i}+\frac{1}{n_j}}$$ (ค่า MSE ได้จาก 1 – WAY ANOVA)

ถ้า $n_i = n_j$ จะทำให้ $LSD = t_{1-\frac{\alpha}{2};n-k}\sqrt{\frac{2MSE}{n_i}}$

ขั้นที่ 2. คำนวณความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย xi - xj

ขั้นที่ 3. นำค่า $|\bar{X}_i - \bar{X}_j|$ เปรียบเทียบกับค่า LSD

3.1 ถ้า $|\bar{X}_i - \bar{X}_j| >$ LSD แสดงว่า $\mu_i \neq \mu_j$ หรือ sig. $< \alpha$

3.2 ถ้า $|\bar{X}_i - \bar{X}_j| \leq$ LSD แสดงว่า μ_i ไม่แตกต่างจาก μ_j หรือ sig. $> \alpha$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.3 การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) (สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์, 2540)

การวิเคราะห์ปัจจัยเป็นเทคนิคการจัดกลุ่มของตัวแปร ซึ่งเกิดขึ้นจากความสัมพันธ์ระหว่างกันและกันของตัวแปรทำให้ทราบถึงโครงสร้างและแบบแผนของข้อมูล และหาปัจจัยร่วมของตัวแปรได้กล่าวคือเมื่อผู้วิจัยมีจำนวนตัวแปรมากๆ หลายตัว และมีความไม่สะดวกในการที่จะใช้ตัวแปรจำนวนมากดังกล่าวมาวิเคราะห์ เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยจะลดจำนวนตัวแปรเหล่านั้นให้เหลือน้อยตัวโดยอาศัยโครงสร้างและแบบแผน (Structure and Pattern of Data) ของความสัมพันธ์ที่มีอยู่ในข้อมูลหรือระหว่างตัวแปร ตัวแปรที่นำมาวิเคราะห์เป็นตัวแปรเชิงปริมาณที่มีการแจกแจงแบบปกติ หรืออาจมีตัวแปรหุ่น (Dummy Variable) ได้บ้าง

การวิเคราะห์ปัจจัยยึดหลักที่ว่าการที่ตัวแปรหรือข้อมูลต่างๆ มีความสัมพันธ์กันก็เพราะตัวแปรต่างๆ เหล่านี้มีปัจจัยร่วมกัน (common factors) สังเกตได้จากการจับกลุ่มของตัวแปรหรือค่าความสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร สมมุติว่ามีตัวแปร 20 ตัว และตัวแปรเหล่านี้มีความสัมพันธ์กันแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มหรือ 2 ปัจจัย ในแต่ละกลุ่มตัวแปรจะมีความสัมพันธ์กันสูง การที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าตัวแปรเหล่านี้มีปัจจัยร่วมกัน ถ้าพบว่าปัจจัยร่วมและตัวแปรเหล่านี้มีความสัมพันธ์กันสูง แทนที่จะใช้ตัวแปรจำนวนมากๆ อาจใช้ปัจจัยร่วมแทนตัวแปรเหล่านี้ได้ เป็นการลดจำนวนตัวแปรให้น้อยลง

หลังจากที่หาปัจจัยร่วมของแต่ละกลุ่มได้แล้ว ยังสามารถที่จะหาคะแนนของแต่ละปัจจัยได้จากค่าของตัวแปรและอันตราของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกันปัจจัยร่วมแต่ละปัจจัยและสามารถนำคะแนนปัจจัยเหล่านี้ไปวิเคราะห์เพื่อศึกษาต่อเพิ่มเติมได้

- **การหมุนปัจจัย** (วิยะดา ตันวัฒนากูล, 2543)

เป็นการแปลงเมทริกซ์เบื้องต้นให้เป็นเมทริกซ์ปัจจัย (Factor Transformation Matrix) ที่ง่ายต่อการตีความและการเข้าใจ การหมุนปัจจัยทำให้ตัวแปรบางตัวซึ่งแต่เดิมเป็นสมาชิกของหลายปัจจัยกลายเป็นสมาชิกของปัจจัยไดปัจจัยหนึ่งอย่างเด่นชัดขึ้นมากกว่าเดิม การที่ตัวแปรใดเป็นสมาชิกของปัจจัยใดจะดูจากน้ำหนักปัจจัยของตัวแปรนั้น ถ้าตัวแปรนั้นมีน้ำหนักปัจจัยบนหลายปัจจัยจะทำให้ยากต่อการตีความหรือระบุว่าตัวแปรนั้นเป็นสมาชิกของปัจจัยใด น้ำหนักปัจจัยของตัวแปรที่มีค่ามากที่สุดอยู่ในปัจจัยใด จะจัดว่าเป็นตัวแปรที่มีปัจจัยนั้นมาก

- **วิธีการหมุนปัจจัย**

1. Varimax เป็นวิธีการหมุนปัจจัยแบบมุมฉาก (Orthogonal) โดยพยายามลดจำนวนตัวแปรที่มีน้ำหนักมากบนแต่ละปัจจัยให้เหลือน้อยที่สุด

2. Quartimax เป็นวิธีการหมุนปัจจัยแบบมุมฉาก (Orthogonal) ที่เน้นความง่ายในการตีความหมายของตัวแปร โดยพยายามหาตัวแปรให้น้อยที่สุดมาอธิบายตัวแปรแต่ละตัว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. Equamax เป็นวิธีการหมุนปัจจัยแบบมุมฉาก (Orthogonal) ที่ผสมระหว่าง 2 วิธีข้างต้น

4. Oblimin เป็นวิธีการหมุนปัจจัยแบบมุมฉาก คือยอมให้ปัจจัยมีความสัมพันธ์กันโดยวิธีน้ำหนักปัจจัยและความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยและตัวแปรจะไม่เหมือนกัน

- **การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก**

กระบวนการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) เป็นความเป็นไปได้ทางคณิตศาสตร์ที่จะลดชุดข้อมูลของตัวแปรอิสระทั้งหมด Aij ของตัวอย่าง เมื่อข้อมูลถูกนำเข้ากระบวนการเต็มรูปแบบโดยใช้ PCA จะลดลงเหลือเมทริกซ์หลักเพียง 2 เมทริกซ์ คือ เมทริกซ์ของปัจจัยกับตัวแปร (factor loading) แสดงสมการโมเดลดังต่อไปนี้

$$A = \mu + LF + \varepsilon$$

(pxn) (pxn)(pxm)(mxn)(pxn)

เมื่อ A คือ เมทริกซ์ของตัวแปรอิสระทั้งหมด ขนาด p x n

μ คือ ค่าเฉลี่ยของการดูดกลืนที่มีความยาวคลื่นต่างๆ

L คือ เมทริกซ์ของน้ำหนักปัจจัยขนราด p x m

λ_{ij} = น้ำหนักปัจจัย หรือสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ i ปัจจัยร่วมที่ j

i = 1,2…….,p และ j = 1,2……,m

F คือ เมทริกซ์ของปัจจัยร่วมขนาด m x m,

ε คือ เมทริกซ์ ความคลาดเคลื่อนของตัวแปรอิสระทั้งหมดและมีมิติเหมือนกับเมทริกซ์ A ในกรณีของการวิเคราะห์ eigenvectors มักจะเรียก เมทริกซ์ ε ว่า เป็นเมทริกซ์ ของตัวแปรอิสระ residual eigenvector หาได้จาก eigenvalue eigenvalue เป็นการผันแปรรวมของตัวแปรทั้งหมดที่อธิบายได้โดยแกนแต่ละแกน

n คือ จำนวนของตัวอย่าง

p คือ จำนวนตัวแปรอิสระ

m คือ จำนวนปัจจัยร่วม

โดยมีข้อสมมติว่า (Johnson R.A. Wichern D.W.,1992)

F และ ε เป็นอิสระต่อกัน

E(F) = 0, Cov(F) = I (เมทริกซ์เอกลักษณ์)

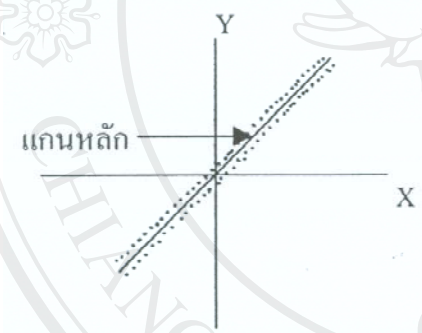
E (ε) = 0, Cov (ε) = Ψ เมื่อ Ψ เป็นเมทริกซ์ที่มีสมาชิกตัวอื่นๆ เป็น 0 ยกเว้นสมาชิกแนวทแยงมุม (diagonal matrix)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

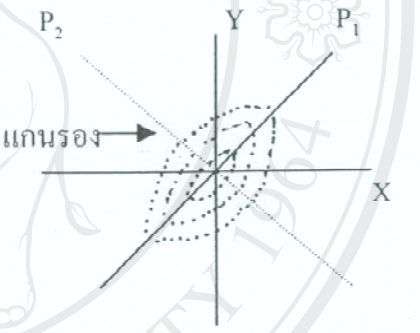
h^2_i คือ ค่าความร่วมกันหรือ อัตราร่วมของปัจจัย (communality) เป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหนึ่งกับตัวแปรอื่นๆ ทั้งหมด (R^2) ในปัจจัยนั้น ถ้าตัวแปรใดมีค่าความร่วมกันน้อยตัวแปรนั้นก็ควรถูกตัดออก (จากโปรแกรม SPSS ดูได้จาก Initial Statistics สูตรการคำนวณคือ

$$h^2_i = l^2_{il} + l^2_{i2} + l^2_{i3} .. + l^2_{im}$$

(สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์, 2540) การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักเป็นวิธีการลดข้อมูล (ตัวแปร) ให้น้อยลงโดยอาศัยหลักความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปร (linear combination of the observed data) ที่ใช้เป็นข้อมูลแต่ไม่มีการสมมติเกี่ยวกับความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและผลระหว่างปัจจัยและตัวแปร เช่น การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักที่ใช้เมื่อมีตัวแปร 2 ตัวคือ x กับ y ก่อนการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักเริ่มจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสมมุติว่า x และ y มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งความสัมพันธ์กันนี้อาจดูได้จากการลงจุดบนกระดาษกราฟดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.1 และรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 ภาพแสดงx และ y มีความสัมพันธ์กันมาก



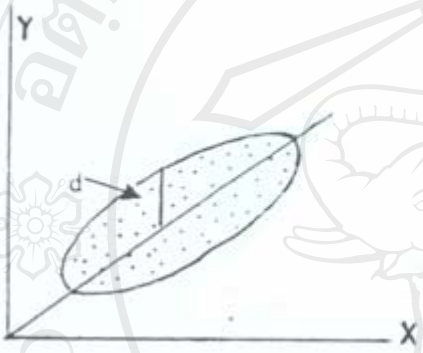
รูปที่ 2.2 ภาพแสดง x และ y มีความสัมพันธ์กันน้อย

ตามรูปที่ 2.1 x และ y มีความสัมพันธ์กันมาก และเป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทางบวก โดยที่ แกนหลัก (principal axis) คือ แกนที่สามารถกำหนดค่าของ x เมื่อทราบค่าของ y และกำหนดค่าของ y เมื่อทราบค่าของ x ถ้าสามารถกำหนดความลาดชันของเส้นตรงนั้นได้ เส้นนี้คือ แกนหลัก ดังรูปที่ 10 ถ้าจุดต่างๆ อยู่บนเส้นแกนหลักทั้งหมด แกนหลักก็สามารถที่จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับ x และ y ได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ทุกค่า แต่ถ้าจุดแสดงค่า x และ y กระจายออกไปมากต้องอาศัยแกนเพิ่มอีก 1 แกน ซึ่งแกนที่เพิ่มขึ้นนี้จะต้องมีจุดเริ่มต้นตั้งฉากกับแกนหลักดังรูปที่ 2.2 แกนหลักจะลากผ่านจุดต่างๆ ที่ทำให้ระยะระหว่างจุดกับแกนหลัก (โดยการลากเส้นจากจุดมาตั้งฉากกับแกนหลัก) สั้นที่สุด และทำให้ผลรวมของระยะทางยกกำลังสองมีค่าต่ำสุด การหาค่าต่ำสุดของแกนหลักนี้แตกต่างจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (The least squares method) ซึ่งพยายามหาเส้นตรง Y=a+bx และ ให้ค่าที่ประมาณได้ y' ต่างจาก Y เดิมน้อยที่สุด กล่าวคือ $(Y-Y')^2$ หรือ d^2_i น้อยที่สุด การลากเส้นระยะทางตามแบบของวิธีการยกกำลังสองต่ำสุด เป็น

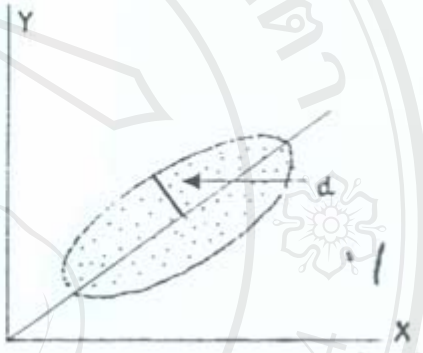
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การลากเส้นขนานกับแกน Y (แทนที่จะตั้งฉากกับแกนหลัก) รูปที่ 2.3 และ รูปที่ 2.4 แสดงความแตกต่าง แตกต่างระหว่างการหาค่าต่ำสุดของทั้ง 2 วิธี แม้ว่าทั้งสองวิธีจะพยายามทำให้ระยะทางต่ำสุดเช่นกัน (คือ พยายามทำให้ $\sum d^2_i = 0$)

ถ้ามีจำนวนตัวแปรเพิ่มขึ้นจำนวนมิติของแผนภาพจะเพิ่มขึ้น เช่นถ้ามี 3 ตัวแปร ต้องเพิ่มเส้นแสดงมิติอีก 1 เส้น และการลดจุดต้องคำนึงถึงค่าของตัวแปร 3 ตัว พร้อมๆ กันและหาแกนหลักที่สามารถอธิบายการผันแปรของตัวแปรทั้ง 3 ตัวให้ได้มากที่สุด และแกนต่อๆ ไป เพื่ออธิบายการผันแปรที่เหลือให้ได้มากที่สุด



รูปที่ 2.3 แสดงเส้นระยะทางต่ำสุดของวิธีการยกค่ากำลังสองต่ำสุด



รูปที่ 2.4 แสดงเส้นระยะทางต่ำสุดจากแกนหลักวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ

John R. A. and Wichem D. W. (1992) ได้กล่าวว่า ในการวิเคราะห์ PCA โควาเรียนซ์เมทริกซ์ ของตัวอย่าง S จะจัดอยู่ในรูปอันดับของ eigenvalue $(\hat{\lambda}_i)$ และ eigenvector $(\hat{e}_i)$ $(\hat{\lambda}_1, \hat{e}_1), (\hat{\lambda}_2, \hat{e}_2), ..., (\hat{\lambda}_p, \hat{e}_p)$ เมื่อ $\hat{\lambda}_1 \geq \hat{\lambda}_2 \geq ... \geq \hat{\lambda}_p$ กำหนดให้ m < p จะสามารถประมาณค่าน้ำหนักของปัจจัย $\tilde{\lambda}_{ij}$ ได้จาก

$$L = \left[\sqrt{\hat{\lambda}_1}\hat{e}_1 \middle| \sqrt{\hat{\lambda}_2}\hat{e}_2 \middle| ... \middle| \sqrt{\hat{\lambda}_m}\hat{e}_m \right]$$

เมื่อ p คือ จำนวนของชุดข้อมูลหรือจำนวนตัวแปร

m คือ จำนวนของปัจจัยร่วม

ประมาณค่าความร่วมกันของปัจจัยได้เท่ากับ $\hat{h}^2_i = \tilde{\lambda}^2_{il} + \tilde{\lambda}^2_{i2} + ... + \tilde{\lambda}^2_{im}$

สำหรับการวิเคราะห์ PCA โดยเมทริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สัมพันธ์ของตัวอย่าง (correlation matrix) จะใช้ จะใช้เมทริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แทน โควาเรียนซ์เมทริกซ์

ค่า eigenvalue ของปัจจัยตัวที่ j หาได้จาก

$$\hat{\lambda}_i = \lambda^2_{1j} + \lambda^2_{2j} + ... + \lambda^2_{im}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สัดส่วนของการผันแปรรวมที่อธิบายได้โดย

แกนแต่ละแกน (Proportion of total sample variance) = $\left(\hat{\lambda}_j / p\right)$

% of variance = $\left(\hat{\lambda}_j / p\right)$x100

ตัวอย่าง การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของ 5 ตัวแปรซึ่งมีเมทริกซ์สหสัมพันธ์ดังนี้

ตารางที่ 2.4 เมทริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (correlation matrix)

ตัวแปร	V1	V2	V3	V4	V5
V1	1.00	0.02	0.96	0.42	0.11
V2		1.00	0.13	0.71	0.85
V3			1.00	0.50	0.11
V4				1.00	0.74
V5					1.00

จากตารางที่ 2.4 พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันสูงสุดคือ V1 กับ V3 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.96 รองลงมาคือ V2 กับ V5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.85 ทำการสกัดปัจจัยด้วยวิธี PCA ได้ค่าสถิติดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ค่าสถิติจากการวิเคราะห์เมื่อสกัดปัจจัยได้ 2 ปัจจัย

ตัวแปร	น้ำหนักปัจจัย $1^2_{ij} = \sqrt{\hat{\lambda}_i \hat{e}_i}$		Communalities
	F1	F2	h^2_i
V1	0.56	0.82	0.98
V2	0.78	-0.53	0.88
V3	0.65	0.75	0.98
V4	0.94	-0.11	0.89
V5	0.80	-0.54	0.93
Eigenvalue	2.85	1.81	
% of variance	57.00	36.20	
Cumulative %	57.00	93.20	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการสกัดปัจจัยด้วยวิธี PCA ได้ปัจจัย 2 ปัจจัย พิจารณาค่าน้ำหนักปัจจัยในแต่ละปัจจัยตัวแปรใดมีค่าน้ำหนักปัจจัยในปัจจัยใดมากกว่า แสดงว่าตัวแปรนั้นควรอยู่ในปัจจัยนั้น และควรมีน้ำหนักปัจจัยในปัจจัยมากกว่า 0.3 จากตารางพบว่าปัจจัย F1 มีค่าน้ำหนักปัจจัยของแต่ละตัวแปรมากกว่า 0.3 แสดงว่าปัจจัย F1 ประกอบด้วยตัวแปร V2, V4 และ V5 ส่วนปัจจัย F2 ประกอบด้วยตัวแปร V1 และ V3

ค่าความร่วมกันในตารางเป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหนึ่งกับตัวแปรอื่นๆ ทั้งหมด ถ้ามีค่าต่ำตัวแปรนั้นก็ควรถูกตัดออก ซึ่งในตารางค่าความร่วมกันแจะมีค่าสูงแสดงว่าไม่ควรตัดตัวแปรใดออกจากการวิเคราะห์

ค่า ejgenvalue ของปัจจัย F1 และ F2 ม่ค่ามากกว่า 1 เป็นค่าการผันแปรรวมของตัวแปรทั้งหมดที่อธิบายได้ โดยแต่ละปัจจัยแสดงว่าตัวแปรเหล่านี้แยกกลุ่มออกเป็น 2 ปัจจัย ได้ดี สัดส่วนของการผันแปรที่อธิบายได้โดย F1 เท่ากับ 2.85/5 = 0.57 หรือร้อยละ 57 ซึ่งแสดงว่าอัตราความสามารถของปัจจัย F1 สามารถอธิบายความผันแปรระหว่างตัวแปรทั้งหมดได้เท่ากับร้อยละ 57.00 อัตราความสามารถของปัจจัย F2 อธิบายความผันแปรระหว่างตัวแปรทั้งหมดได้ร้อยละ 36.20 และ มีสัดส่วนความผันแปรสะสมของปัจจัย F2 ได้ร้อยละ 93.20

ค่า KMO เป็นดัชนีที่ใช้เปรียบเทียบขนาดของผลรวมของค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ ที่ได้จากข้อมูลและค่าผลรวมของสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์เชิงส่วน ถ้าค่าผลรวมของสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์เชิงส่วนมีค่าน้อยเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ ทีได้จากข้อมูลแล้ว ค่า KMO จะมีค่าใกล้ 1 ค่าของ KMO น้อยแสดงว่าข้อมูลที่ใช้อาจไม่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์ปัจจัยหรือการวิเคราะห์ปัจจัยไม่เหมาะหับข้อมูล ค่าที่ดี คือ 0.9 ขึ้นไป ค่าที่เหมาะสมดี คือ 0.80 – 0.89 ค่ากลางๆ คือ 0.70-0.79 ค่าที่ไม่ดี คือ 0.60-0.69 ค่าที่ไม่ดีที่สุด คือ .60 ลงไป

ค่าทดสอบ Bartlett's test Sig เป็นค่าที่แสดงให้ทราบว่า ตัวแปรในปัจจัยเดียวกันมีความสัมพันธ์กันมากเพียงพอหรือไม่ หรือสัมพันธ์กับตัวของมันเอง หากค่าสถิติดังกล่าวไม่มีน้อยสำหรับก็แสดงว่าตัวแปรต่าง ๆ ไม่มีความสัมพันธ์กันเพียงพอ

ค่า Componetnt Score Covaiance Matrix เป็นเมทริกส์ความแปรปรวนร่วมของคะแนนปัจจัย ถ้าเป็นเมทริกส์เอกภาพ แสดงว่าปัจจัยที่ได้เป็นอิสระต่อกัน

- **การสร้างคะแนนปัจจัยหรือสเกลปัจจัย** (สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์, 2540)

เนื่องจากคะแนนปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัจจัย เป็นคะแนนที่ได้จากค่าของตัวแปรต่างๆ หลายตัวที่รวมกลุ่มกันและมีปัจจัยร่วมกัน คะแนนของปัจจัยได้จึงเปรียบเทียบเสมือนค่าของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวแปรส่วนผสม (composite variable) โดยมีการให้น้ำหนักของตัวแปรแต่ละตัวตามน้ำหนักเชิงปัจจัยของตัวแปรนั้น

ประเภทของคะแนน

คะแนนที่สร้างได้จากการวิเคราะห์ปัจจัยสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. คะแนนปัจจัย (Component scores) เป็นคะแนนที่สร้างจากน้ำหนักเชิงปัจจัยของตัวแปรทุกตัวที่มีปัจจัยร่วมกัน ที่ได้จากการวิเคราะห์ปัจจัย โดยอาศัยน้ำหนักของตัวแปรที่มีต่อแกนองค์ประกอบคูณกับค่าของตัวแปรในสมการดังตารางที่ 2.5

2. สเกลที่มีฐานทางปัจจัย (Factor-based scale) เป็นคะแนนที่สร้างโดยอาศัยการวิเคราะห์ปัจจัยเป็นฐานแต่ไม่ได้เอาน้ำหนักเชิงปัจจัยของตัวแปรมาคิด เพียงแต่เอาค่าของตัวแปรที่มีน้ำหนักเชิงปัจจัยมากกว่า 0.3 มารวมกันเป็นคะแนน

โดยทั่วไปจะใช้คะแนนประเภทแรกเท่านั้น เช่น ในโปรแกรม SPSS for Windows เพราะมีการให้น้ำหนักต่างกันแต่ตัวแปรแต่ละตัว

- **วิธีการสร้างคะแนนปัจจัยด้วย การประมาณแบบถดถอย** (regression estimates)

น้ำหนักเชิงปัจจัยที่จะใช้จากเมทริกซ์ค่าสัมประสิทธิ์คะแนนปัจจัย (Component score coefficient matrix) ในโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ดังตารางที่ 2.6 เป็นตารางตัวอย่างแสดงเมทริกซ์ค่าสัมประสิทธิ์คะแนนปัจจัยที่ใช้ในการหาคะแนนปัจจัย

ตารางที่ 2.6 เมทริกซ์ค่าสัมประสิทธิ์คะแนนปัจจัย (Standardized Component score coefficient matrix)

ตัวแปร	ปัจจัยที่ 1	ปัจจัยที่ 2
V1	0.751	-0.322
V2	0.323	0.002
V3	0.212	0.637
V4	0.301	0.581
V5	0.004	0.782

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คะแนนปัจจัยในแต่ละกรณี (case) ได้จากผลรวมของผลคูณระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรกับค่าของตัวแปร ซึ่งจะมี 2 ตัว เนื่องจากมี 2 ปัจจัย เมื่อ

$S_{1,I}$: คะแนนของปัจจัยที่ 1 ของกรณีที่ i

S_{2i} : คะแนนของปัจจัยที่ 2 ของกรณีที่ i

Z_1 : คะแนนมาตรฐานของ V1

Z_2 : คะแนนมาตรฐานของ V2

Z_3 : คะแนนมาตรฐานของ V3

Z_4 : คะแนนมาตรฐานของ V4

Z_5 : คะแนนมาตรฐานของ V5

$S_{1,1}$ = $0.751Z_1+0.323Z_2+0.212Z_3-0.301Z_4+0.004Z_5$

$S_{1,2}$ = $-0.322Z_1+0.002Z_2+0.637Z_3+0.581Z_4+0.782Z_5$

จะได้คะแนนปัจจัยในแต่ละกรณี เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์การถดถอยต่อไป

2.4.4 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ (Multiple Regression Analysis) (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2549 ก)

การวิเคราะห์ถดถอย เป็นวิธีการทางสถิติที่ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป ในลักษณะของสมการเชิงเส้นเพื่อประมาณค่าของตัวแปรตัวหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า ตัวแปรตาม จากตัวแปรอื่นๆ ที่เหลือซึ่งเรียกว่า ตัวแปรอิสระ โดยถ้ามีตัวแปรอิสระ k ตัว ($X_1, X_2, \ldots, X_k$) ที่มีความสัมพันธ์อยู่ในรูปเชิงเส้น จะได้สมการความถดถอยเชิงซ้อน ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y และ $X_1, X_2, \ldots, X_k$ ดังนี้

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \ldots + \beta_k X_{ki} + e$$

เมื่อ β_0 คือ ส่วนตัดแกน Y เมื่อกำหนดให้ $X_1 = X_2 = \ldots = X_k = 0$

$\beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_k$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงส่วน (Partial Regression Coefficient)

โดยที่ β_i เป็นค่าที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม Y เมื่อตัวแปรอิสระ X_i เปลี่ยนไป 1 หน่วย โดยที่ตัวแปรอิสระ X ตัวอื่นๆมีค่าคงที่ เช่น ถ้า X_1 เปลี่ยนไป 1 หน่วย ค่า Y จะเปลี่ยนไป β_1 หน่วย โดยที่ $X_2, X_3, \ldots, X_k$ มีค่าคงที่

สมมติฐานของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ มีดังนี้

1) ความคลาดเคลื่อน e เป็นตัวแปรที่มีการแจกแจงแบบปกติ
2) ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนเป็นศูนย์ นั่นคือ $E(e) = 0$
3) ค่าแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเป็นค่าคงที่ที่ไม่ทราบค่า $V(e) = \sigma_e^2$
4) e_i และ e_j เป็นอิสระต่อกัน ; $i \neq j$ นั่นคือ coverance $(e_i, e_j) = 0$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- **การประมาณค่าพารามิเตอร์ของสมการความถดถอยเชิงพหุ** (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2549 ข)

จากสมการความถดถอยเชิงซ้อน ซึ่งมีพารามิเตอร์ k + 1 ตัวคือ $\beta_0, \beta_1, \beta_2 \ldots \beta_k$ การประมาณค่า $\beta_0, \beta_1, \beta_2 \ldots \beta_k$ จะต้องใช้ข้อมูลตัวอย่างของตัวแปร $Y, X_1, X_2, \ldots X_k$ โดยใช้ตัวอย่างขนาด n จาก สมการความถดถอยเชิงซ้อน

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \ldots + \beta_k X_{ki} + e_i \quad \ldots\ldots\ldots(2.1)$$

จะประมาณค่า Y หรือ ประมาณ สมการที่ (2.1) ด้วยสมการที่ (2.2)

$$\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_1 + \hat{\beta}_2 X_2 + \ldots + \hat{\beta}_k X_{ki} \quad \ldots\ldots\ldots(2.2)$$

หรือ $$\hat{Y}_i = a + b_1X_{1i} + b_2X_{2i} + \ldots\ldots b_kX_{ki} \quad \ldots\ldots\ldots(2.3)$$

โดยที่ $\hat{\beta}_0 = a$, $\hat{\beta}_1 = b_1$, $\hat{\beta}_2 = b_2 \ldots\ldots \hat{\beta}_k = b_k$

ดังนั้นค่าคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า Y_i ด้วย $\hat{Y}_i$ คือ $Y_i - \hat{Y}_i = e_i$ (สมการที่ (2.3)-(2.1))

การประมาณค่า $\beta_0, \beta_1, \beta_2 \ldots \beta_k$ ด้วยค่า $a, b_1, b_2, \ldots b_k$ ตามลำดับนั้นมีเป้าหมายเพื่อทำให้ผลบวกของค่าคลาดเคลื่อนยกกำลังสองมีค่าน้อยที่สุด โดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด นั่นคือหาค่า $a, b_1, b_2, \ldots b_k$ ที่ทำให้ $\sum_{i=1}^{n} e_i^2 = \sum_{i=1}^{n} (Y_i - \hat{Y}_i)^2$ มีค่าต่ำสุด

ในกรณีที่มีตัวแปรอิสระ 2 ตัว (X_1, X_2) ที่มีความสัมพันธ์กับ Y สมการความถดถอยคือ

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + e_i \quad \ldots\ldots\ldots(2.4)$$

ค่าประมาณของ Y_i คือ

$$\hat{Y}_i = a + b_1X_{1i} + b_2X_{2i} \quad \ldots\ldots\ldots(2.5)$$

และความคลาดเคลื่อน $ei = Y_i - \hat{Y}_i$

ต้องการ $\min \sum_{i=1}^{n} e_i^2 = \min \sum_{i=1}^{n} (Y_i - \hat{Y}_i)^2$ จึงใช้อนุพันธ์เชิงส่วน (Partial Derivative) เทียบกับ a, b_1 และ b_2 แล้วให้เท่ากับศูนย์ดังนี้ :

$$\frac{\partial}{\partial a}\left[\sum_{i=1}^{n} (Y_i - \hat{Y}_i)^2\right] = \frac{\partial}{\partial a}\left[\sum_{i=1}^{n} (Y_i - a - b_1X_{1i} - b_2X_{2i})^2\right]$$

$$= -2\sum_{i=1}^{n} (Y_i - a - b_1X_{1i} - b_2X_{2i}) = 0$$

หรือ $$-2\sum_{i=1}^{n} Y_i + 2na + 2b_1 \sum_{i=1}^{n} X_{1i} + 2b_2 \sum_{i=1}^{n} X_{2i} = 0$$

$$na + b_1 \sum_{i=} X_{1i} + b_2 \sum_{i=1}^{n} X_{2i} = \sum_{i=1}^{n} Y_i \quad \ldots\ldots\ldots(2.6)$$

$$\frac{\partial}{\partial b_1}\left[\sum_{i=1}^{n} (Y_i - \hat{Y}_i)^2\right] = \frac{\partial}{\partial b_1}\left[\sum_{i=1}^{n} (Y_i - a - b_1X_{1i} - b_2X_{2i})^2\right]$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$= -2X_{1i}\sum_{i=1}^{n}(Y_i - a - b_1X_{1i} - b_2X_{2i}) = 0$$

หรือ $$-2\sum X_{1i}Y_i + 2a\sum X_{1i} + 2b_1\sum X_{1i}^2 + 2b_2\sum X_{1i}X_{2i} = 0$$

$$a\sum X_{1i} + b_1\sum X_{1i}^2 + b_2\sum X_{1i}X_{2i} = \sum X_{1i}Y_i \quad \text{.....(2.7)}$$

ในทำนองเดียวกัน

$$\frac{\partial}{\partial b_2}\left[\sum_{i=1}^{n}(Y_i - \hat{Y}_i)^2\right] = 0 \quad \text{จะได้}$$

$$-2\sum X_{2i}Y_i + 2a\sum X_{2i} + 2b_1\sum X_{1i}X_{2i} + 2b_2\sum X_{2i}^2 = 0$$

$$a\sum X_{2i} + b_1\sum X_{1i}X_{2i} + b_2\sum X_{2i}^2 = \sum X_{2i}Y_i \quad \text{.....(2.8)}$$

สมการ (2.6) , (2.7) และ (2.8) เรียกว่าชุดของสมการปกติ ดังนี้

$$\left.\begin{aligned} na + b_1\sum_{i=}^{n}X_{1i} + b_2\sum_{i=1}^{n}X_{2i} &= \sum_{i=1}^{n}Y_i \\ a\sum X_{1i} + b_1\sum X_{1i}^2 + b_2\sum X_{1i}X_{2i} &= \sum X_{1i}Y_i \\ a\sum X_{2i} + b_1\sum X_{1i}X_{2i} + b_2\sum X_{2i}^2 &= \sum X_{2i}Y_i \end{aligned}\right\} \quad \text{.....(2.9)}$$

- **ขั้นตอนการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ** (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2548 ข)

กรณีที่มีตัวแปรอิสระหลายตัว มีขั้นตอนการวิเคราะห์ ดังนี้

ขั้นที่ 1 การพิจารณาว่าตัวแปรอิสระตัวใดบ้างที่จะมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามซึ่งผู้วิจัยที่มีความรู้ในเรื่องที่ศึกษาอยู่ จะเข้าใจและเลือกได้ถูกต้อง เช่น คาดว่าตัวแปรอิสระอยู่ k ตัว ($x_1, x_2 \ldots\ldots x_k$) ที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม

ขั้นที่ 2 การสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ ถ้าคาดว่าตัวแปรตามและตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับในรูปเชิงเส้นจะได้สมการดังนี้

กรณีที่ใช้ประชากร : $Y = \beta_o + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots + \beta_k X_k + e$

กรณีที่ใช้ตัวอย่าง : $\hat{Y} = a + b_1 x_1 + b_2 X_2 + \ldots\ldots\ldots + b_K X X_k$

ขั้นที่ 3 การใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (1 –way ANOVA) ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ $X_1, \ldots\ldots\ldots, X_k$ โดยตั้งสมมติฐานดังนี้

H_o : ตัวแปรตามไม่ขึ้นกับตัวแปรอิสระทั้ง k ตัว

H_1 : ตัวแปรตามขึ้นกับตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัว

หรือ

$H_o : \beta_1 = \beta_2 = \ldots\ldots\ldots\ldots = \beta_k = O$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

H_1 : มี $\beta_1 \neq O$ อย่างน้อย 1 ค่า ; i = 1,2,...., k

สถิติทดสอบ $F = \frac{MS\,\mathrm{Re}\,gression}{MSError} = \frac{MS\,\mathrm{Re}\,gression}{MS\,\mathrm{Re}\,sidual}$

ซึ่งค่า MS Regression และ MS Error ได้จากตาราง 1 – WAY ANOVA ดังแสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 1 - WAY ANOVA สำหรับการวิเคราะห์ความถดถอย

แหล่งแปรปรวน	องศาอิสระ DF	ผลบวกกำลังสอง SS	ผลบวกกำลังสองเฉลี่ย MS = SS/DF	F
ตัวแปรอิสระทั้ง k ตัว	K	SS Regression	MS Regression	MS Regression / MS Residual
ค่าคลาดเคลื่อน	n-k-1	SS Residual	MS Residual	
ผลรวม	n-1	SS Total		

การสรุปผลการทดสอบ

- ถ้ายอมรับสมมติฐาน Ho แสดงว่าไม่มีตัวแปรอิสระตัวใดมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม หรือ ตัวแปรตามไม่ขึ้นกับตัวแปรอิสระทั้ง k ตัว จึงไม่ต้องทำต่อในขั้นที่ 4
- ถ้าปฏิเสธสมมุติฐาน H_o (ยอมรับสมมติฐาน H_1) แสดงว่ามีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวที่ มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม หรือ กล่าวได้ว่าตัวแปรตามขึ้นกับตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัว จึงต้องทำการทดสอบต่อไปในขั้นที่ 4 ว่าตัวแปรขึ้นกับตัวแปรอิสระตัวใดบ้าง

ขั้นที่ 4 การตรวจความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระครั้งละ 1 ตัว โดยต้องทำการทดสอบสมมติฐาน k ครั้ง สำหรับตัวแปรอิสระ k ตัว สำหรับการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ X_i สามารถตั้งสมมติฐานเพื่อการทดสอบได้ดังนี้

H_o : ตัวแปรตาม (Y) ไม่ขึ้นกับตัวแปรอิสระตัวที่ i (X_i) ; i=1,2 ,..... ,k

H_1 : ตัวแปรตาม (Y) ขึ้นกับตัวแปรอิสระตัวที่ i (X_i)

หรือ $H_o : \beta_i = 0$

$H_1 : \beta_i \neq 0$

สถิติทดสอบ $t = \frac{b_i - 0}{SE(b_i)}$

$SE(b_i)$ = ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของ b_i

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สรุปผลการทดสอบ

- ถ้ายอมรับสมมติฐาน H_o แสดงว่าตัวแปรตามไม่ขึ้นกับตัวแปรอิสระ X_i
- ถ้าปฏิเสธสมมติฐาน H_o แสดงว่าตัวแปรตามขึ้นกับตัวแปรอิสระ X_i

ถ้า k = 10 และผลการทดสอบพบว่าจากตัวแปรอิสระ 10 ตัว มีเพียง 4 ตัวที่มีความสัมพันธ์ กับ Y คือ X_1, X_4, X_7, X_9 สมการความถดถอยจะเป็น $\hat{Y} = a + b_1 X_1 + b_4 X_4 + b_7 X_7 + b_9 X_9$

ขั้นที่ 5 ศึกษาระดับความสัมพันธ์

จากขั้นตอนที่ 4 ทำให้ทราบว่ามีตัวแปรอิสระใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม Y จากนั้นจะต้องศึกษาระดับความสัมพันธ์ ในที่นี้จะใช้ R^2 หรือ Adjusted R^2 ในการหาระดับความสัมพันธ์ โดยที่

$$R^2 = \frac{SS\,\mathrm{Re}\,gression}{SSTotal} \quad \text{และ} \quad 0 \leq R^2 \leq 1$$

$$\text{Adjusted } R^2 = 1 + \frac{(n-1)}{n-k-1} R^2$$

- ถ้าค่า R^2 หรือ Adjusted R^2 มีค่าใกล้ 1 แสดงว่าตัวแปรอิสระชุดนั้นมี ความสัมพันธ์กับตัวแปรตามมาก
- แต่ถ้า R^2 หรือ Adjusted R^2 มีค่าใกล้ 0 แสดงว่าตัวแปรอิสระชุดนั้นไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปร ตามหรือมีความสัมพันธ์น้อยมาก

ขั้นที่ 6 การตรวจสอบสมมติฐานของการวิเคราะห์ ความถดถอยเชิงพหุ (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2549 ก)

การที่จะพยากรณ์ค่า Y โดยใช้สมการความถดถอย โดยกำหนดค่า X ได้นั้น ความคลาดเคลื่อน (e) จะต้องมีคุณสมบัติตามสมมติฐาน ถ้าไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่กล่าวไว้ก็ไม่สามารถนำสมการความถดถอยไปพยากรณ์ค่า Y ได้ ดังนั้นก่อนที่ประมาณหรือพยากรณ์ค่า Y ควรจะต้องตรวจสอบเงื่อนไขของการวิเคราะห์ความถดถอยเกี่ยวกับค่าคลาดเคลื่อน ($e_i = Y_i - \hat{Y}_i$) ดังนี้

1) <u>การตรวจสอบค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อน</u>

การหาค่า a และ b โดยทำให้ผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อนมีค่าต่ำสุด จะทำให้ $\sum e_i = 0$ และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน = $E(e) = \frac{\sum e_i}{n} = \frac{0}{n} = 0$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดังนั้น เงื่อนไขข้อนี้จึงเป็นจริงเสมอเมื่อใช้เทคนิคกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square) ในการหาค่า a และ b

การตรวจสอบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนเท่ากับศูนย์

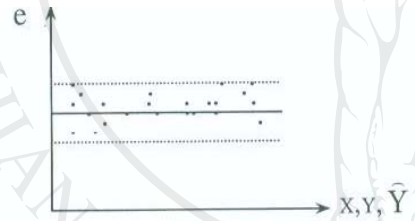
H_o : ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนเท่ากับศูนย์

H_1 : ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากับศูนย์

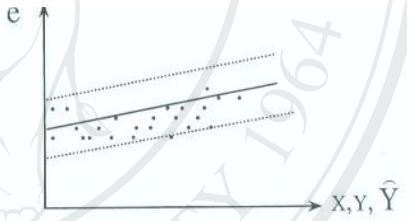
ทดสอบโดยใช้วิธี One Sample t-test ถ้าผลการทดสอบให้ค่า t ที่มีค่า Sig. > α ถือว่าค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนเท่ากับศูนย์

2) <u>การตรวจสอบแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน</u>

เป็นการตรวจสอบว่า Var(e) = σ^2 = ค่าคงที่ทุกค่าของ X นั้น กรณีที่ Var(e) ไม่เท่ากันทุกค่าของ X จะเรียกว่าเกิดปัญหา Heteroscedastic เนื่องจาก Var(e) = Var($\hat{Y}$) ดังนั้น การตรวจสอบความคงที่ของค่าแปรปรวนจึงอาจพิจารณาจากกราฟ X กับ e หรือกราฟของ Y กับ e หรือระหว่าง e กับ $\hat{Y}$ ก็ได้

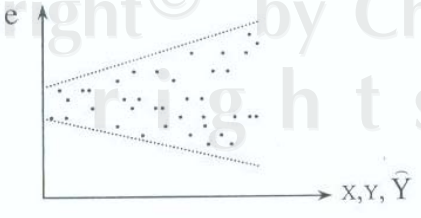


รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง e กับ X, Y, $\hat{Y}$ (ก)

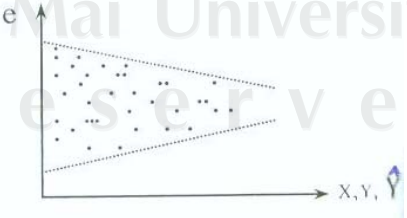


รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่าง e กับ X, Y, $\hat{Y}$ (ข)

ถ้าพล็อตความสัมพันธ์ระหว่าง e กับ X หรือ e กับ $\hat{Y}$ หรือ Y ได้แสดงดังในรูปที่ 2.5 และรูปที่ 2.6 คือ ค่า e จะกระจายอยู่รอบๆศูนย์ หรือค่า e มีค่าในช่วงใดช่วงหนึ่งแคบๆ ไม่ว่า X หรือ Y หรือ $\hat{Y}$ จะเปลี่ยนไปอย่างไร ในกรณีนี้จะถือว่า Var(e) มีค่าคงที่ และมีความสัมพันธ์ระหว่าง X กับ Y เป็น $\hat{Y}$ = a + b x จึงเหมาะสม



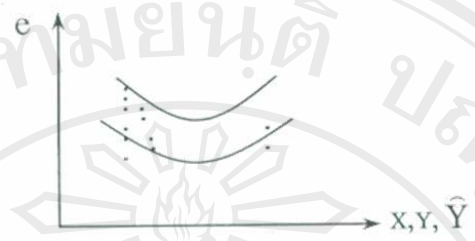
รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง e กับ X, Y, $\hat{Y}$ (ค)



รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง e กับ X, Y, $\hat{Y}$ (ง)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่2.7 แสดงว่าค่าแปรปรวนของ e จะมากขึ้น เมื่อ X หรือ Y มีค่ามากขึ้น ส่วนรูปที่ 2.8 แสดงถึงเมื่อ X หรือ Y มีค่ามากขึ้น ค่าแปรปรวนของ e จะลดลง นั่นคือ Var(e) มีค่าไม่คงที่ ดังนั้น สมการ $\hat{Y} = a + b\,x$ จึงไม่เหมาะสม



รูปที่ 2.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง e กับ X, Y, $\hat{Y}$ (จ)

รูปที่ 2.9 แสดงถึงความสัมพันธ์ของ X และ Y ไม่ได้อยู่ในรูปเชิงเส้น ดังนั้นสมการ $\hat{Y} = a + b\,x$ จึงไม่เหมาะสม

การตรวจสอบค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนคงที่(Heteroscedastic)

H_o : ค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน เท่ากับ σ^2

H_1 : ค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน ไม่เท่ากับ σ^2

ทดสอบโดยแบ่งข้อมูลออกเป็น2 กลุ่มขึ้นไป แล้วทดสอบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน โดยใช้ Test of Homogeneity of Variance หาค่า Levene Statistic ถ้าค่า Levene Statistic ที่ได้มีค่า Sig > α ถือว่าค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนคงที่

3) <u>การตรวจสอบความเป็นอิสระกันของค่าคลาดเคลื่อน</u>

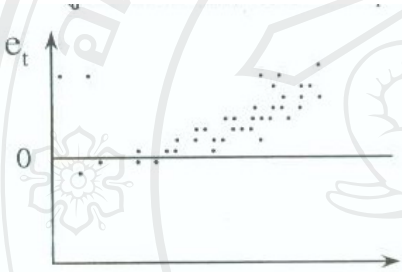
กรณีที่ค่าความคลาดเคลื่อนมีสหสัมพันธ์ต่อเนื่องจะมีผลทำให้ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณ (s) และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวประมาณ b_j (s_{bj}) มีค่าต่ำ ซึ่งจะมีผลต่อการทดสอบสมมติฐาน สาเหตุที่ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนของการประมาณมีการแจกแจงที่ไม่เป็นอิสระกันมีหลายประการ ตัวอย่างเช่น ไม่มีตัวแปรอิสระที่สำคัญบางตัวแปรในรูปแบบ รูปแบบที่กำหนดไม่ถูกต้อง ข้อมูลมีความเกี่ยวข้องกับเวลา การตรวจสอบสหสัมพันธ์ต่อเนื่องของค่าความคลาดเคลื่อนทำได้ทั้งจากการพล๊อตและการทดสอบสมมติ

การตรวจสอบความเป็นอิสระกันของ e_i และ e_j โดยที่ $e_i = Y_i - \hat{Y}_i$ และ $e_j = Y_j - \hat{Y}_j$ ทำได้ 2 วิธี คือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

I. โดยการเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง e_i กับ t

รูปที่ 2.10 No Autocorrelation



รูปที่ 2.11 Positive Autocorrelation

รูปที่ 2.12 Negative Autocorrelation

- รูปที่ 2.10 แสดงว่า e_i และ e_j เป็นอิสระกัน หรือเรียกว่า No Autocorrelation
- รูปที่ 2.11 แสดงว่า e_i และ e_j มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน หรือเรียกว่า Positive Autocorrelation
- รูปที่ 2.12 แสดงว่า e_i และ e_j มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้าม หรือเรียกว่า Negative Autocorrelation

II. ใช้สถิติทดสอบ Durbin – Watson (DW)

การทดสอบสหสัมพันธ์ต่อเนื่องของ Durbin – Watson เพื่อทดสอบว่าไม่มีสหสัมพันธ์ต่อเนื่องของค่าความคลาดเคลื่อน โดยกำหนดให้ $H_0 : \rho = 0$ กับ $H_1 : \rho > 0$ ใช้ตัวทดสอบสถิติ

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^{n}(e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^{n} e_t^2}$$

การทดสอบว่าค่า e_i และ e_j เป็นอิสระกันหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบ Durbin – Watson จะพิจารณาจากค่า Durbin – Watson (DW)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- ถ้าค่า Durbin – Watson มีค่าใกล้ 2 (นั่นคือ มีค่าในช่วง 1.5 ถึง 2.5) จะสรุปว่า e_i และ e_j เป็นอิสระกัน

- ถ้าค่า Durbin – Watson < 1.5 แสดงว่าความสัมพันธ์ของ e_i และ e_j อยู่ในทิศทางบวก และถ้า Durbin – Watson มีค่าใกล้ศูนย์ แสดงว่า e_i และ e_j มีความสัมพันธ์กันมาก

- ถ้าค่า Durbin – Watson > 2.5 แสดงว่าความสัมพันธ์ของ e_i และ e_j อยู่ในทิศทางลบ และถ้า Durbin – Watson มีค่าใกล้ 4 แสดงว่า e_i และ e_j มีความสัมพันธ์กันมาก

- หรือจะพิจารณาจากค่า Significance ของสถิติทดสอบ Durbin – Watson ถ้าค่า Significance น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 หรือสรุปได้ว่า e_i และ e_j มีความสัมพันธ์กัน

4) <u>การตรวจสอบว่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่</u>

ในการทำวิจัยข้อมูลที่ได้มาส่วนใหญ่เป็นข้อมูลตัวอย่าง ผู้วิจัยต้องคำนวณค่าสถิติหรือใช้เทคนิคการวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อสรุปลักษณะของประชากร จึงจำเป็นที่จะต้องมีการตรวจสอบการแจกแจงหรือลักษณะของข้อมูลตัวอย่างเพื่อที่จะได้อ้างอิงถึงลักษณะของประชากรต่อไป

การตรวจสอบว่าค่าคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่โดยใช้โปรแกรม SPSS มีหลายวิธี เช่น Boxplot หรือ Kolmogorov-Smirnov Test

การตรวจสอบความเป็นปกติ (Normality)

H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

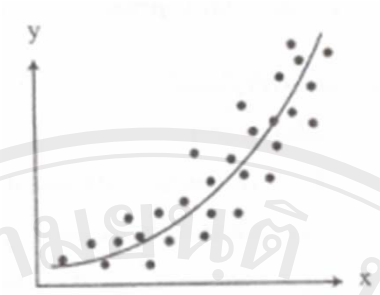
ทดสอบโดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov ถ้าผลการทดสอบให้ค่า K – S Statistic ที่มีค่า Sig. > α ถือว่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

2.4.5 การวิเคราะห์ความถดถอยเมื่อความสัมพันธ์ไม่เป็นแบบเส้นตรง (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2548)

การวิเคราะห์ความถดถอยที่ไม่ได้อยู่ในรูปเชิงเส้นนั้น สามารถแบ่งประเภทของรูปแบบ Nonlinear Regression เป็น 2 ประเภท คือ

1). เมื่อตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระในรูปแบบไม่เชิงเส้น เช่น $Y = \beta X^2 + E$ ถ้าหากนำไปพล็อตกราฟความสัมพันธ์จะได้กราฟดังรูปที่ 2.13 ซึ่งจะพบว่า Y และ X มีความสัมพันธ์ในรูป Quadratic และถ้าหากแปลงเป็นสมการเชิงเส้น โดยให้ $W = X^2$ ก็จะได้สมการเชิงเส้น $Y = \beta W + E$ ซึ่งสามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ β โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นได้ตามปกติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 2.13 ความสัมพันธ์ของ X และ Y แบบ Quadratic

2). เมื่อตัวแปรตามกับสัมประสิทธิ์ความถดถอยมีความสัมพันธ์ในรูปไม่เชิงเส้น เช่น $Y = e^{\beta X} + E$ ในกรณีเช่นนี้อาจทำการแปลงให้ความสัมพันธ์ของ Y และ β อยู่ในรูปเชิงเส้นได้ โดยการ take Natural log ได้เป็น $\ln(Y) = \beta X + E$ จะพบว่าความสัมพันธ์ของ ln(Y) กับ X และ β ในรูปเชิงเส้น โดยจะสามารถประมาณค่า β ได้โดยใช้การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นปกติ ถ้าค่าคลาดเคลื่อน (E) เป็นไปตามเงื่อนไข

2.4.6 เทคนิคการเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการความถดถอย

กรณีที่ผู้วิจัยคาดว่าตัวแปรอิสระหลายตัวที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม ในการพิจารณาว่าตัวแปรอิสระใดบ้างที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามนั้นมีเทคนิคที่ใช้หลายเทคนิค โดยทุกเทคนิคก็ต้อง การที่จะเลือกตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม เนื่องจากค่าพยากรณ์จะถูกต้องหรือไม่ขึ้นกับตัวแปรอิสระที่เลือก สมการความถดถอยที่ดีจะต้องเป็นสมการที่ประกอบด้วยตัวแปรอิสระที่จะทำให้ค่าพยากรณ์ของตัวแปรตาม Y ใกล้เคียงกับค่าจริงของ Y มากที่สุด ในที่นี้จะกล่าวถึงเทคนิคการเลือกตัวแปรอิสระ 4 เทคนิคดังนี้

1) Enter
2) Forward Selection
3) Backward Elimination
4) Stepwise

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

i. <u>Enter</u>

เป็นวิธีการเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการความถดถอย โดยผู้วิจัยจะต้องทำการทดสอบสมมติฐานเพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม โดยใช้ F test จากตาราง ANOVA และ t-test ดัง ได้กล่าวแล้วในหัวข้อ 9.5 ผู้วิจัยจะต้องสรุปผลการทดสอบเอง

ว่าควรจะมีตัวแปรอิสระใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม โดยใช้ผลการทดสอบ F - test และ T - test ตามลำดับ

ii. <u>Forward Selection</u>

เป็นวิธีการพิจารณาว่าตัวแปรอิสระที่ใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามโดยจะเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการความถดถอยครั้งละ 1 ตัว ซึ่งจะทำการเลือกหลาย ๆ ครั้ง ในแต่ละครั้งจะเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการเพียง 1 ตัว โดยเลือกตัวแปรอิสระตัวที่ทำให้ความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม Y เพิ่มขึ้นมากที่สุด และจะหยุดนำตัวแปรอิสระเข้าสมการ เมื่อถ้านำเข้ามาเพิ่มแล้วไม่ได้ทำให้ความสัมพันธ์กับตัวแปรตามเพิ่มมากขึ้น ดังนั้น Forward Selection จึงเป็นการเลือกตัวแปรอิสระหลาย ๆ ขั้นตอน

ขั้นที่ 1 เลือกตัวแปรอิสระ 1 ตัว จากทั้งหมด k ตัว โดยการทำการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย k ครั้ง

$$\hat{Y} = a + b_1X_1 \; ; \; i=1,2,\ldots\ldots, k$$

แล้วทดสอบว่า X_1 มีความสัมพันธ์กับ Y หรือไม่โดยทำการทดสอบ

$H_0 : \beta_i = 0$ หรือ H_0 : ตัวแปรตามไม่ขึ้นกับตัวแปรอิสระตัวที่ X_i

$H_1 : \beta_i \neq 0$ H_1 : ตัวแปรตามขึ้นกับตัวแปรอิสระตัวที่ X_i

โดยใช้ t – test กรณีที่มี $\beta_i \neq O$ มากกว่า 1 ตัว หรือมีตัวแปรอิสระมากกว่า 1 ตัว ที่มีความสัมพันธ์กับ Yในกรณีนี้จะเลือกตัวแปรอิสระ X iที่มีความสัมพันธ์กับ Y มากที่สุด โดยพิจารณาจากเลือ X_i ที่มีค่า t ที่มากที่สุดหรือมี R^2 ที่สูงสุดหรือ MSE ต่ำสุด เช่น ถ้าได้ว่า X_5 มีค่า t สูงสุด สมการความถดถอยจะเป็น $\hat{Y} = a + b_5X_5$ แล้วทำต่อไปในขั้นที่ 2

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรอิสระ 1 ตัว จากที่เหลือ k - 1 ตัวเข้าสมการ โดยทำการทดสอบความสัมพันธ์โดยพิจารณาจากค่า partial F

- ถ้าไม่มีตัวใดมีความสัมพันธ์กับ Y อีกก็จะหยุด และสรุปว่ามีตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียวที่มีความสัมพันธ์กับ Y

- ถ้ามีตัวแปรอิสระมากกว่า 1 ตัวที่ทดสอบแล้วพบว่ามีความสัมพันธ์กับ Y ให้เลือกตัวที่มีความสัมพันธ์สูงสุด เช่น ได้ X_7 จะได้สมการเป็น $\hat{Y} = a + b_1 X_1 X_5 + b_7X_7$ และให้ทำต่อขั้นที่ 3

จะทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนไม่มีการเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการอีกก็จะหยุด

iii. <u>Backward Elimination</u>

เป็นวิธีการเลือกตัวอย่างที่ตรงข้ามกับวิธี Forward Selection โดยจะทำการตัดตัวแปรอิสระที่ไม่มีความสัมพันธ์กับ Y ออกจากสมการความถดถอยครั้งละ 1 ตัว โดยมีขั้นตอนดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ขั้นที่ 1 นำตัวแปรอิสระทั้ง k ตัว เข้าสมการโดยสมการความถดถอยจะเป็น

$\hat{Y} = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \ldots\ldots\ldots + b_k X_k$

แล้วทำการทดสอบสมมติฐานว่ามี X ตัวใด บ้างที่ไม่มีความสัมพันธ์กับ Y และจะตัด X ที่ไม่มีความสัมพันธ์จากสมการ 1 ตัว จะเหลือตัวแปรอิสระในสมการ $k-1$ ตัว

ขั้นที่ 2 ตรวจสอบว่าควรตัดตัวแปรอิสระตัวใดออกจากสมการอีกหรือไม่ โดยอาจจะไม่มีการตัดออกก็ได้ ถ้าตัวแปรอิสระที่เหลือในสมการที่ความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม หรืออาจจะตัดออก 1 ตัว ถ้าพบว่าตัวแปรนั้นไม่สัมพันธ์กับ Y

ทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนไม่สามรถตัดตัวแปรอิสระตัวใดออกจากสสมการแล้วก็จะหยุด ดังนั้นตัวแปรอิสระที่เหลือในสมการจึงมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม Y ทุกตัว

iv. <u>Stepwise</u>

เป็นวิธีการเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการ โดยใช้หลักการทั้งวิธี Forward Selection และวิธี Backward Elimination ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ใช้หลักการของ Forward โดยเลือกตัวแปรอิสระที่สัมพันธ์กับตัวแปรตามมากที่สุดและทดสอบแล้วพบว่ามีความสัมพันธ์จริง (ยอมรับ H_1) ดังนั้นจึงมีตัวแปรอิสระในสมการ 1 ตัว เช่น จาก $k = 10$ เลือกได้ X_5 สมการจะเป็น $\hat{Y} = a + b_5 X_5$

ขั้นที่ 2 ใช้หลักการของวิธี Forward โดยเลือกตัวแปรอิสระตัวที่สองเข้าสมการซึ่งพิจารณาจากตัวแปรที่เหลือทั้งหมดว่าตัวใดมีความสัมพันธ์กับ Y มากที่สุด และทำการทดสอบความสัมพันธ์ด้วย ถ้าพบว่า X_7 มีความสัมพันธ์กับ Y มากที่สุดและทดสอบแล้วถ้ายอมรับ H_1 นั้นคือมีความสัมพันธ์กับ Y จึงทำ X_7 เข้าสมการ $Y = a + b_5 X_5 + b_7 X_7$

ขั้นต่อไปจะทำซ้ำ ขั้นที่ 2 คือเลือกตัวแปรอิสระจากที่เหลือเข้าสมการในขณะเดียวกันก็จะใช้หลักการของวิธี Backward ในการตรวจสอบว่าควรตัดตัวแปรอิสระใดที่ในสมการออกจากสมการความถดถอยบ้าง สำหรับหลักเกณฑ์ในการพิจารณาว่าควรตัดตัวแปรตัวใดออกจะตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้วยกันเองที่อยู่ในสมการ ความถดถอย เช่น ถ้าในขั้นที่ 2 มีตัวแปรอิสระในสมการ 2 ตัวคือ X_5 และ X_7 จะมีการศึกษาว่าตัวแปร X_5 และ X_7 มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ ถ้ามีความสัมพันธ์กันมากจะพิจารณาตัดตัวในตัวหนึ่งออกจากสมการ ซึ่งถือว่าเป็นการใช้หลักการของเทคนิคอิสระเข้าสมการ และใช้หลักการของ Backward ในการตัดตัวแปรอิสระใดออกจากสมการ จนกระทั่งไม่สามารถเลือกตัวแปรอิสระใดเข้าและไม่สามารถตัดตัวแปรอิสระใดออกจากสมการได้อีก ก็จะหยุดและจะได้สมการความถดถอยที่เหมาะสม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved