

การวิเคราะห์ตัวแบบสมการโครงสร้างชนิด Non - recursive model

Analytical method for Non-recursive Structural Equation Model

มนตรี พิริยะกุล

บทคัดย่อ

ในการศึกษาอิทธิพลเชิงสาเหตุเราอาจพัฒนาตัวแบบให้ตัวแปรกระทบถึงกันทางเดียวเรียกว่า Recursive model เราสามารถวิเคราะห์ได้ด้วย Covariance-Based SEM หรือ Variance-Based SEM ได้ตามปกติ แต่ถ้าเหตุผลเชิงทฤษฎีและสถานการณ์เชิงประจักษ์ชี้ว่า ในระหว่างตัวแปรที่มาก่อน (antecedent variable) ด้วยกัน หรือระหว่างตัวแปรตาม (internal endogenous variable) กับตัวแปรที่มาก่อนมีความเชื่อมโยงต่อกันในลักษณะสาเหตุและผล ซึ่งเป็นเรื่องที่เป็นไปได้ เรียกว่า non-recursive model กรณีนี้ Covariance-Based SEM สามารถวิเคราะห์ให้ได้แต่ Variance-Based SEM ต้องรัน 2 จังหวะคือรัน SEM ตามปกติ และรันอีกครั้งโดยใช้ 2 stage least square

คำสำคัญ: ตัวแบบความสัมพันธ์ทางเดียว ตัวแบบความสัมพันธ์ 2 ทางวิธีกำลังสองน้อยที่สุด 2 ชั้น การวิเคราะห์ตัวแบบสมการโครงสร้างโดยใช้ความผันแปร การวิเคราะห์ตัวแบบสมการโครงสร้างโดยใช้ความผันแปรร่วม

Abstract

In causal study, models can be classified in either uni-direction flow called recursive model or reciprocal direction flow called non-recursive model. For recursive relations, CBSEM or VBSEM can be employed as a usual analysis tools. But for non-recursive model in which were conceptualized through some specific empirical evidences, an analysis must be utilized the VBSEM- 2SLS algorithm.

Keyword: Recursive model, Non-recursive model, Two-Stage Least Square (2SLS), VBSEM, CBSEM

ความหมายและตัวอย่างงานวิจัย

ตัวแบบสมการโครงสร้าง (Structural equation modeling--SEM) อาจแยกได้เป็น

2 กลุ่ม คือ

1. Recursive model เป็นตัวแบบที่ทิศทางความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางเดียว (Uni-dimensional causal flow) โดยที่ตัวแปรปลายทางไม่ส่งผลกระทบกลับคืนไปหาตัวแปรต้นทาง (antecedent variable)

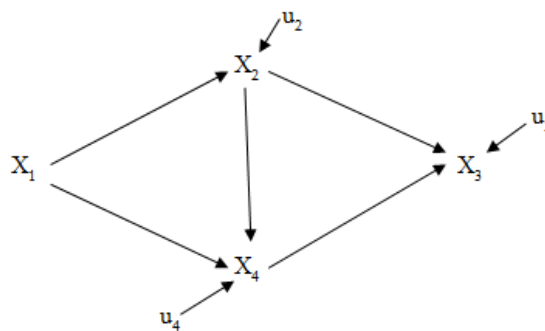
2. Non-recursive model เป็นตัวแบบที่ทิศทางความสัมพันธ์อาจเป็นไปได้มากกว่า 1 ทิศทาง โดยที่ตัวแปรปลายทางสามารถส่งผลกระทบกลับคืนไปหาตัวแปรต้นทางได้ เราอาจเรียกดั้งเดิมว่า feedback model หรือ simultaneous model หรือ reciprocal หรือ causality

ตัวแบบ Recursive มีข้อดีคือ ประมวลค่าพารามิเตอร์ง่าย และเป็นตัวแบบที่มักจะ identify เสมอ โดยตัวแบบจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้คือ

1. เป็นตัวแบบเชิงลำดับชั้น (Hierarchical model) คือมีทิศทางของความสัมพันธ์ในทิศทางเดียว (unidirectional) ที่ค่อย ๆ ส่งผลกระทบสู่ตัวแปรภายในที่ตามมา

2. ไม่มี Error in variable (หรือไม่มี measurement error) คือตัวแปรอิสระในสมการถดถอยจะต้องไม่สัมพันธ์กับ disturbance

3. ส่วนเหลือของตัวแปรภายใน (endogenous variable) เป็นอิสระต่อกัน
พิจารณาภาพเส้นทางต่อไปนี้



จากภาพข้างต้นส่วนเหลือคือ u_1, u_2, u_3 จะต้องเป็นอิสระต่อกัน และจะมีสมการโครงสร้าง 3 สมการดังนี้ คือ

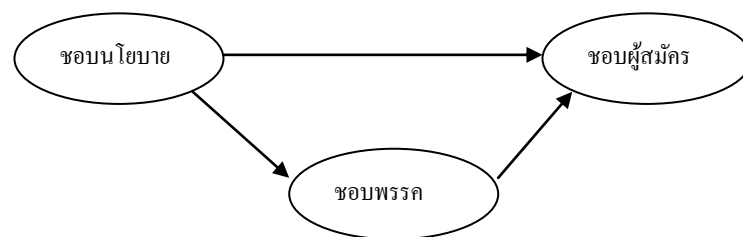
$$X_2 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + u_2 \quad \dots(1)$$

$$X_3 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + u_3 \quad \dots(2)$$

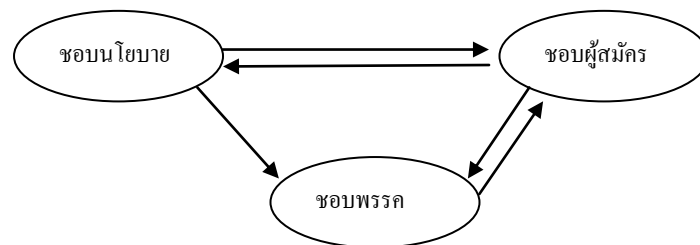
$$X_4 = \beta_0 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + u_4 \quad \dots(3)$$

ดังนั้นสมการ (1) u_2 ต้องไม่สัมพันธ์กับ X_1 จากสมการ (2) u_3 ต้องไม่สัมพันธ์กับ X_1 และ X_2 และจากสมการ (3) u_4 ต้องไม่สัมพันธ์กับ X_2 และ X_3 ส่วนเหลือ u_2, u_3, u_4 ต้องไม่สัมพันธ์กัน และอิทธิพลของตัวแปรจะส่งผลสู่ตัวแปรที่ตามมาในทิศทางเดียว โดยมากจะพุ่งจากซ้ายมือไปทางขวามือและจากบนลงล่าง ไม่พุ่งสวนกลับ แต่ในสถานการณ์จริงเราอาจพบว่าตัวแบบสมการโครงสร้างอาจไม่เป็น recursive model เช่น

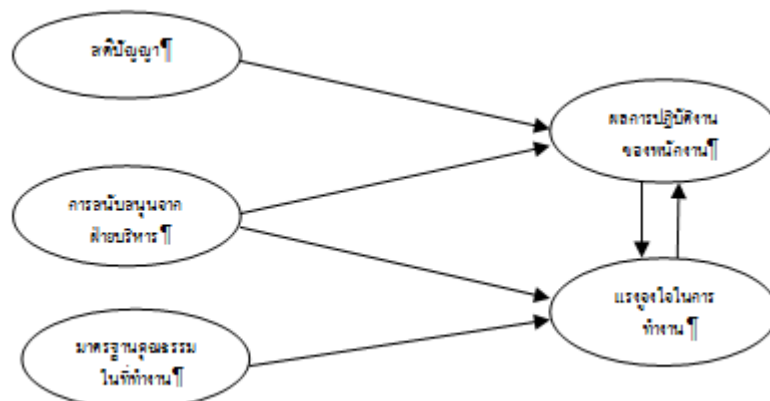
ในทางการเมือง นโยบายส่งผลสู่การเลือกพรรค และเลือกผู้สมัคร ขณะเดียวกัน การเลือกพรรคส่งผลให้เลือกผู้สมัคร ดังนี้



แต่ในความเป็นจริงถ้าเราชอบผู้สมัครเราก็อาจจะชอบนโยบายและพรรคที่ผู้สมัครสังกัดไปด้วย ภาพโครงสร้างจึงเป็นดังนี้

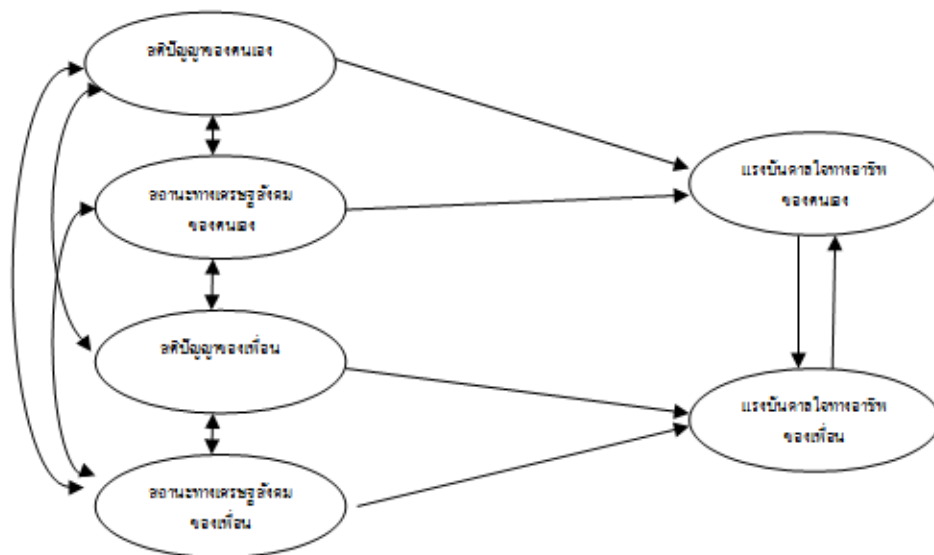


ในการศึกษาเรื่องผลปฏิบัติงาน (Work performance) ผลกระทบทวนวรรณกรรมพบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อผลการปฏิบัติงานคือ สติปัญญา (intelligence) การให้การสนับสนุนจากฝ่ายบริหาร มาตรฐานคุณธรรมในจิตทำงาน แรงจูงใจในการทำงาน และผลการทำงาน



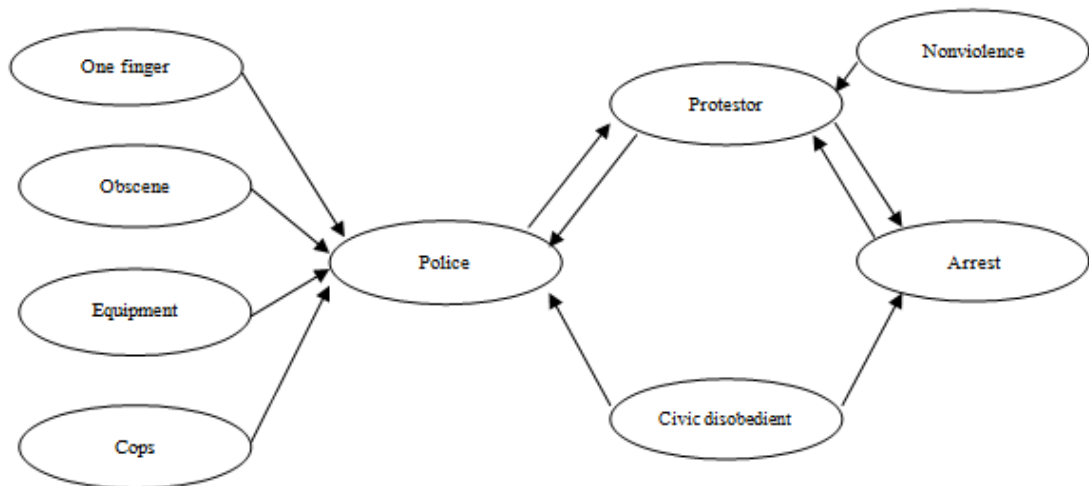
(supervisory support) แรงจูงใจในการทำงาน (motivation) และมาตรฐานคุณธรรมในที่ทำงาน (work place norms) ภาพกรอบแนวความคิดปรากฏ ดังนี้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าแรงจูงใจในการทำงานส่งผลให้มีผลปฏิบัติงานที่ดีและผลการปฏิบัติงานที่ดีก็จะย้อนสร้างกำลังใจให้พนักงานกลายเป็นปัจจัยผลักดันให้มีแรงจูงใจในการทำงาน

จากการศึกษาอิทธิพลของเพื่อนในการสร้างแรงบันดาลใจ (Duncan, Haller, Portest, 1968) ดังภาพกรอบแนวความคิดต่อไปนี้ โดยมีสถานภาพทางเศรษฐกิจสังคมและระดับสติปัญญาและของทั้งตัวเราและของเพื่อนเป็นปัจจัยสาเหตุ มีแรงบันดาลใจทางอาชีพเป็นปัจจัยผลลัพธ์



พบว่าแรงบันดาลใจทางอาชีพของตนเองจะส่งผลให้เกิดแรงบันดาลใจแก่เพื่อน ขณะที่แรงบันดาลใจของเพื่อนก็ส่งผลกระทบต่อแรงบันดาลใจแก่เราด้วย

ในการศึกษาเรื่องการประท้วงทางการเมืองและความขัดแย้งทางการเมือง (Kritzer, 2004) ดังภาพกรอบแนวความคิดต่อไปนี้ที่พบว่า การประท้วงของกลุ่มผู้ประท้วงทำให้ตำรวจต้องใช้อาวุธเข้าปราบปราม กลับกันคือถ้าตำรวจใช้อาวุธเข้าปราบปรามการประท้วงก็จะเกิดขึ้น รุนแรงขึ้น และเมื่อมีการชุมนุมประท้วงขึ้นตำรวจก็จะเข้าทำการจับกุม กลับกันคือถ้าตำรวจเข้าจับกุมผู้ชุมนุมประท้วงก็จะเกิดการชุมนุมประท้วงมากขึ้น รุนแรงขึ้น



นิยามศัพท์ปฏิบัติการเป็นดังนี้

One finger = การชูนิ้วกลาง เป็นการแสดงการดูถูกเหยียดหยาม

Obscene = การตะโกนคำด่าด้วยคำหยาบ

Equipment = อุปกรณ์หนักสำหรับปราบปรามที่มองเห็นได้ เช่น อาวุธ รถตำรวจ
รถหุ้มเกราะ

Cops = การปรากฏตัวของหน่วยปราบปรามจากทั้งทหารและตำรวจ

Police = อาวุธที่ตำรวจใช้ เช่น ไม้ตะบอง แก้วน้ำตา สุนัข อาวุธอื่นๆ

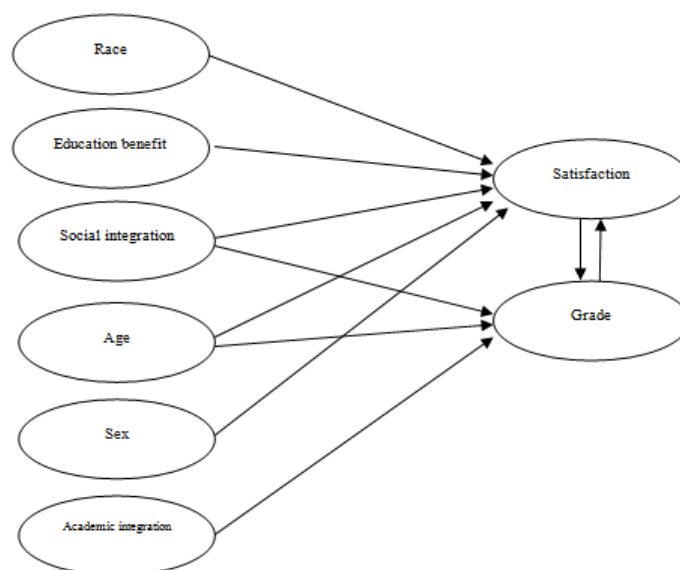
Protestor = การต่อต้านของกลุ่มผู้ประท้วง อาจเป็น ตะโกนต่อต้าน ทำร้ายร่างกาย

Arrest = การจับกุม เช่น จับทุกคน จับลุ่ม ๆ จับผู้ที่ยอมให้จับโดยดี

Civil disobedient = การต่อต้านการสลายชุมนุม เช่น ปฏิเสธการขอร้อง ขัดขวาง
การจับกุม ยึดพื้นที่โดยไม่ยอมเคลื่อนย้าย (sit-in)

Non-violence = ความพยายามจะไม่ประท้วงด้วยความรุนแรง

ในการศึกษาความพึงพอใจสภาพแวดล้อมด้านต่าง ๆ ของสถานศึกษาและผลการเรียนของนักเรียน โดยกำหนดให้เชื่อชาติ สิ่งที่เราคาดว่าจะได้รับจากการมีการศึกษาที่สูงขึ้น (Education benefit) ความเกื้อกูลจากสังคมรอบข้าง (social integration) การมีส่วนร่วม



ในกิจกรรมการเรียนรู้ (Academic integration) อายุ และเพศ เป็นปัจจัยสาเหตุ (Rebecca, 2004) พบว่าความพึงพอใจในชื่อเสียงและสภาพแวดล้อมที่ดีของสถานศึกษามีผลให้นักเรียนมีผลการเรียนที่ดีขึ้น ในทางกลับกันก็พบว่าเมื่อมีผลการเรียนที่ดีขึ้นนักเรียนต่างพากันสนับสนุนและช่วยกันบำรุงรักษาสภาพแวดล้อมที่ดีของสถานศึกษา ช่วยกันป้องกันรักษาชื่อเสียงของโรงเรียน ดังภาพกรอบแนวความคิด ต่อไปนี้

นิยามศัพท์เชิงปฏิบัติการ มีดังนี้

Race = เชื้อชาติ คือ ผิวดำ ผิวดำขาว

Sex = เพศชาย หญิง

Age = อายุผู้ตอบ

Education benefit = ผลดีของการมีการศึกษา เช่น รู้เรื่องต่าง ๆ ได้งานดี อ่านเขียนได้ถูกต้อง เป็นต้น

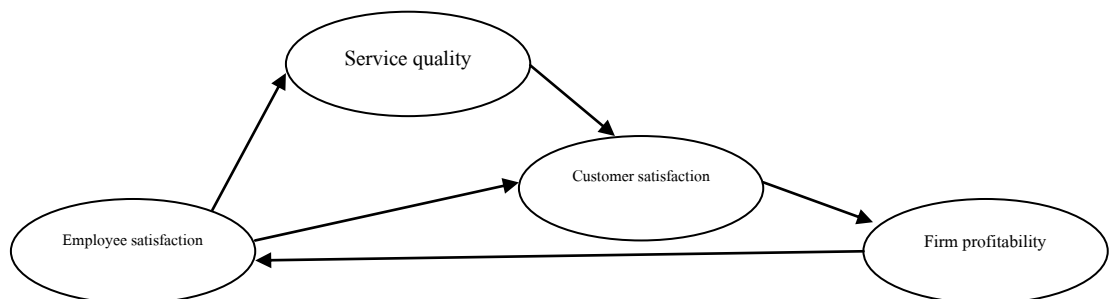
Social integration = การที่สังคมรอบข้างให้การช่วยเหลือ เช่น ช่วยให้ได้ทำในสิ่งที่ต้องการ ช่วยให้เข้าสมาคม ช่วยปกป้อง ช่วยค้ำจุน

Academic integration = การมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางการศึกษาของชั้นเรียน หรือของโรงเรียน เช่น ถาถามตอบ อภิปรายในประเด็นที่เรียน ทำงานร่วมกับกลุ่ม

Satisfaction = ความพึงพอใจในสภาพแวดล้อมของโรงเรียน ชื่อเสียงของโรงเรียน

ในการศึกษาของ ความพึงพอใจของพนักงานในคุณภาพและผลกำไรของสถานประกอบการ (Yee, Yeung and Cheng, 2008) โดยกำหนดให้ความพึงพอใจของพนักงาน

(Employee satisfaction) คุณภาพบริการ (Service quality) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภค (Customer satisfaction) เป็นปัจจัยสาเหตุ และกำหนดให้ผลการดำเนินงานขององค์กรที่พนักงานทำงานอยู่เป็นปัจจัยผลลัพธ์ พบว่าความพึงพอใจของพนักงานที่มีต่อองค์กรมีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อผลการดำเนินงานขององค์กร ขณะเดียวกันที่ผลการดำเนินงานที่ดีขององค์กรนำสู่การปรับปรุงระบบเงินเดือนสวัสดิการและการจัดการทรัพยากรมนุษย์ซึ่งย้อนส่งผลกระทบกลับมาเพิ่มความพึงพอใจในองค์กรของพนักงาน ดังภาพกรอบแนวคิดต่อไปนี้



นิยามศัพท์เชิงปฏิบัติการมีดังนี้

Employee Satisfaction = ความพึงพอใจของพนักงานที่มีต่อองค์กรในด้านต่าง ๆ เช่น เงินเดือน การเลื่อนขั้นเลื่อนตำแหน่ง ลักษณะงาน เพื่อนร่วมงาน ผู้บริหาร

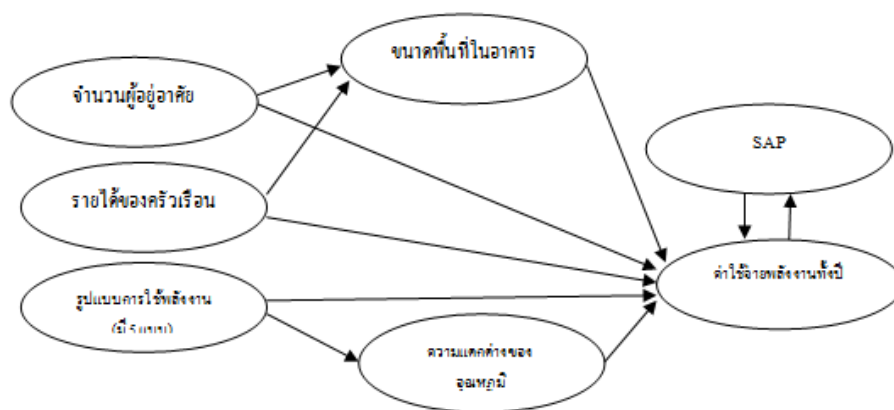
Service Quality = คุณภาพบริการของพนักงาน (พนักงานประเมินตนเอง) เช่น การแต่งกายสุภาพเรียบร้อย ความรวดเร็วในการบริการคือตอบสนองฉับพลันต่อความต้องการของลูกค้า ใจกว้างใจได้ เข้าใจความต้องการของลูกค้า มีอัธยาศัยไมตรีต่อลูกค้า

Customer Satisfaction = ความพึงพอใจของลูกค้า (พนักงานประเมินลูกค้า) เช่น ความพึงพอใจในราคาสินค้า การให้คำอธิบายในปัญหาที่ไม่เข้าใจ ชูรกรรม ดูแลแก้ไขเมื่อลูกค้าไม่พอใจ

Firm Profitability = ผลดำเนินงานของกิจการ โดยวัดด้วยตัวชี้วัดต่าง ๆ เช่น ผลกำไร ROA, ROS, ROI

ในการศึกษาเกี่ยวกับการใช้พลังงานระดับครัวเรือนอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมุ่งศึกษาว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ครัวเรือนที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงานจะเสียค่าใช้จ่ายด้านพลังงานต่ำกว่าครัวเรือนที่มี

ประสิทธิภาพพลังงานต่ำกว่าหรือไม่ การศึกษาครั้งนี้กำหนดให้จำนวนสมาชิกครัวเรือน รายได้ของครัวเรือน รูปแบบการใช้พลังงาน ขนาดพื้นที่ภายในอาคาร ระดับความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคาร เป็นปัจจัยสาเหตุ และกำหนดให้ดัชนีวัดประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Standard Assessment Procedure--SAP) และค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเป็นตัวแปรผลลัพธ์ พบว่าครัวเรือนที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงาน (energy efficient) สูงจะเสียค่าใช้จ่ายด้านพลังงานน้อยลง ในทางกลับกัน ครัวเรือนที่เสียค่าใช้จ่ายด้านพลังงานมากเกินความเหมาะสมก็จะหาทางเพิ่มประสิทธิภาพด้านพลังงานให้สูงขึ้น (Kelly, 2010) ภาพกรอบแนวคิดปรากฏดังนี้



นิยามศัพท์เชิงปฏิบัติการปรากฏดังนี้

จำนวนผู้อยู่อาศัย (Number of occupants) = จำนวนผู้อยู่อาศัยในครัวเรือนในช่วงสำรวจ

รายได้ครัวเรือน (Household income) = รายได้ครัวเรือนหลังจากหักภาษีแล้ว

ขนาดพื้นที่ (Floor area) = พื้นที่ภายในอาคารที่มีฝารอบด้าน ไม่นับรวมโรงรถหรือพื้นที่นอกอาคารบริเวณอื่น

อุณหภูมิที่แตกต่าง (Temperature difference) = ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในบ้านกับอุณหภูมิภายนอกบ้าน

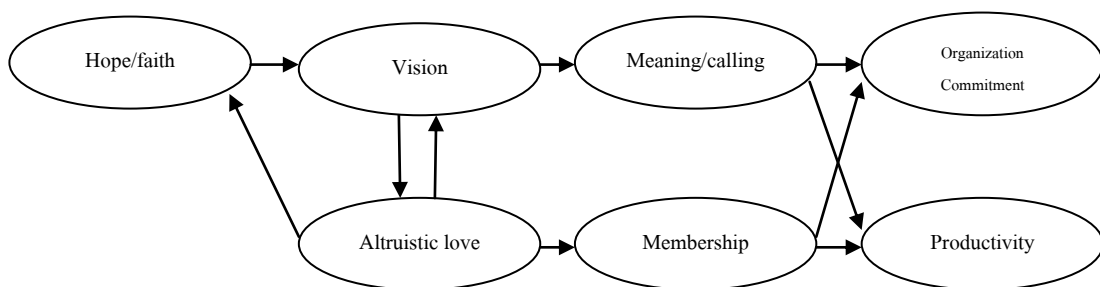
รูปแบบการใช้พลังงาน (Energy pattern) = ความถี่การใช้พลังงาน (เครื่องทำความร้อน) แยกเป็น 5 ตัวเลือกที่ตอบได้มากกว่า 1 คือ 1) ทำความร้อนห้องนอนในช่วงวันทำการ 2) ทำความร้อนห้องนอนในช่วงสุดสัปดาห์ 3) ทำความร้อนห้องนั่งเล่นในช่วงวัน

ทำการ 4) ทำความร้อนห้องนั่งเล่นสุดสัปดาห์ 5) ทำความร้อนในบ้านทุกวันตลอดสัปดาห์

ค่าใช้จ่ายพลังงาน (Dwelling energy expenditure) = ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในช่วง 2 ปี
สำหรับด้านพลังงาน

SAP = Standard Assessment Procedure ใช้วัด energy efficient ของบ้านอาศัย

Fry and Motherly (2007) ศึกษาผลกระทบของภาวะผู้นำที่มีต่อผลการดำเนินงานขององค์กร พบว่าการถ่าพนักงานยอมรับวิสัยทัศน์ของผู้บริหารองค์กรก็จะรักองค์กรทั้งหมดไม่ว่าจะเป็นผู้บริหารหรือพนักงานด้วยกันรวมถึงตัวองค์กรด้วย ในทางกลับกัน ถ่าพนักงานรักองค์กรทั้งหมดก็จะยอมรับวิสัยทัศน์ของผู้บริหารองค์กรด้วย และวนเวียนไปก่อตัวเป็นความศรัทธา ความหวัง แล้ววนมายอมรับวิสัยทัศน์ของผู้บริหาร ผลจากตรงนี้จะส่งต่อไปสู่ผลิตภาพของตัวพนักงานและความผูกพันต่อองค์กรในที่สุด ภาพกรอบแนวความคิดปรากฏดังนี้



นิยามศัพท์เชิงปฏิบัติการมีดังนี้

Hope/faith = ความศรัทธาต่อผู้นำ ต่อเป้าหมายขององค์กรและตัวองค์กร ทำให้ทำงานด้วยความมุ่งมั่นเพื่อให้องค์กรก้าวเข้าสู่เป้าหมาย

Vision = ความเข้าใจ ความผูกพัน การยอมรับและศรัทธาต่อวิสัยทัศน์ขององค์กร

Altruistic love = ความรักองค์กร รักผู้นำและผู้ร่วมงาน มององค์กรและบุคลากรในทางดี

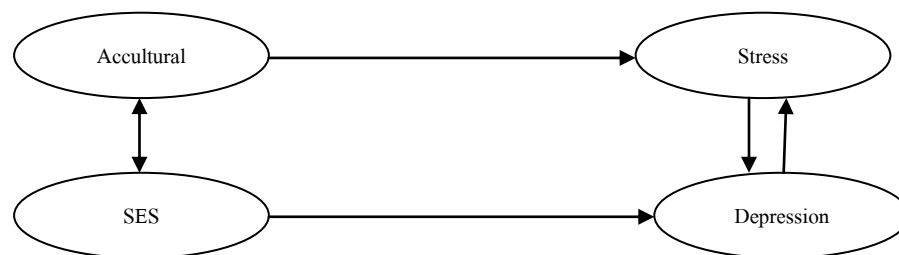
Meaning/calling = การเห็นคุณค่าของงานที่ทำและคุณค่าขององค์กรที่ทำงานอยู่

Membership = ความสำนึกในคุณค่าของตนที่มีต่อองค์กร รู้สึกถึงความเป็นบุคลากรที่องค์กรต้องการ

Organizational Commitment = ความรักผูกพัน ต้องการคงอยู่และจำเป็นต้องคงอยู่ในองค์การ

Productivity = ความรู้สึกรัก ความเชื่อมั่นและความทุ่มเทร่างกาย แรงใจทำงานให้องค์การตามภารกิจของตน

การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเครียดและความซึมเศร้า (Kline, 2009) พบว่าการปรับตัวให้เข้ากับวัฒนธรรมอเมริกันของคนต่างชาติรวมถึงระยะเวลาที่อาศัยอยู่ในสหรัฐอเมริกาส่งผลกระทบต่อความเครียด ขณะที่สถานะทางเศรษฐกิจสังคมของคนต่างชาติจะส่งผลกระทบต่อความซึมเศร้า ทั้งความเครียดและความซึมเศร้าต่างก็กระทบต่อกันคือ เมื่อเกิดความซึมเศร้ามากก็จะเครียดมาก ขณะเดียวกันเมื่อเกิดความเครียดมากก็จะส่งผลให้เกิดความซึมเศร้ามากตามมาด้วย ภาพกรอบแนวคิดปรากฏดังนี้



ผลกระทบจาก Reciprocal relation

ในการวิเคราะห์สมการถดถอยเรามีข้อตกลงหลายข้อเพื่อควบคุม u (disturbance) และตัวแปรอิสระ คือ u ต้องเป็นตัวแปรสุ่มที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และมีความผันแปรคงที่ไม่มี covariance ระหว่าง u_i กับ u_j และ X 's กับ u ต้องไม่เกี่ยวข้องกัน รวมทั้ง X 's ต้องไม่สัมพันธ์กันมากเกินไป

ใน Reciprocal model ดังภาพ จะพบว่าเรามีสมการถดถอย 2 สมการคือ

$$u \rightarrow X_1 \rightleftarrows X_2 \leftarrow v$$

$X_1 = \beta X_2 + u$ และ $X_2 = \beta X_1 + v$ (สังเกตด้วยว่า disturbance เป็นความคลาดเคลื่อนในตัวแปรตาม) และเนื่องจาก u กระทบต่อ X_1 จึงผ่านมากกระทบต่อ X_2 ด้วย ขณะเดียวกัน v กระทบ X_2 ก็จะผ่านเส้นทางไปกระทบต่อ X_1 ด้วย ทั้ง X_1 และ X_2 ในสมการข้างต้นจึงสัมพันธ์กับ error หรือมีความคลาดเคลื่อนในการวัดค่าตัวแปรอิสระ

สมมุติสมการจริงคือ $x_1 = \beta x_2 + \varepsilon$ และ $x_2 = \beta x_1 + \varepsilon$

เรากำหนดให้ $X_1 = x_1 + u$ และให้ $X_2 = x_2 + v$ คือ X_1 และ X_2 มี measurement error และจากข้อตกลงสมการถดถอย คือ $E(u) = E(v) = 0$, $V(u) = \sigma_u^2$, $V(v) = \sigma_v^2$ และ $E(uv) = 0$, $E(X_2, u) = 0$, $E(X_1, v) = 0$, $E(X_2, v) = 0$, $E(X_1, u) = 0$ ดังนั้น

จาก $x_1 = \beta x_2 + \varepsilon$ จะพบว่า

$$X_1 - u = \beta(X_2 - v) + \varepsilon$$

$$X_1 = \beta X_2 + u + \varepsilon - \beta v$$

$$X_1 = \beta X_2 + w$$

สมการนี้จะประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย β ด้วย OLS ไม่ได้เพราะ $E(X_2, w) \neq 0$ กล่าวคือ $E(X_2, w) = E(X_2, u + \varepsilon - \beta v) = E(x_2 + v, u + \varepsilon - \beta v) = -\beta \sigma_v^2 \neq 0$ แสดงว่าสมการดังกล่าวมี measurement error ซึ่งขัดแย้งกับข้อตกลงการถดถอย

และจากสมการ $X_1 = \beta X_2 + w$ หากคูณตลอดด้วย X_2 แล้ว Take expectation และเนื่องจาก X_2 ไม่เป็นอิสระกับ w ดังนั้น

$$E(X_1 X_2) = \beta E(X_1^2) + E(X_2 w)$$

$$\sigma_{12} = \beta \sigma_1^2 + \sigma_{2w}$$

ดังนั้น
$$\beta = \frac{\sigma_{12}}{\sigma_1^2} - \frac{\sigma_{2w}}{\sigma_1^2}$$

แต่
$$\hat{\beta} = \frac{s_{12}}{s_1^2}$$
 เป็นตัวประมาณค่าของ $\frac{\sigma_{12}}{\sigma_1^2}$

ดังนั้น $E(\hat{\beta}) = \beta + \frac{\sigma_{2w}}{\sigma_1^2}$ หรือ $E(\hat{\beta} - \frac{\sigma_{2w}}{\sigma_1^2}) = \beta$ แสดงว่าการประมาณค่า β ด้วย $\hat{\beta} = \frac{s_{12}}{s_1^2}$ จะ

ก่อให้เกิดปริมาณความเอนเอียง (bias) เท่ากับ $\frac{\sigma_{2w}}{\sigma_1^2}$

การประมาณค่า Non-recursive model และการแปลผล

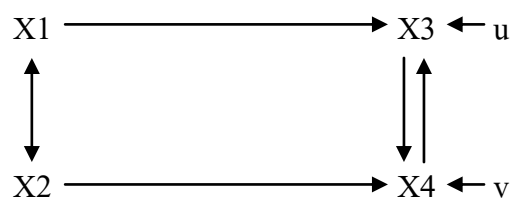
เนื่องจาก non-recursive model เป็นตัวแบบที่ก่อให้เกิด error in variable ซึ่งมีผลให้ค่าประมาณเอนเอียงและไม่ consistency คือถึงแม้จะเพิ่มขนาดตัวอย่างก็ไม่มีผลให้ความเอนเอียงหายไป การประมาณค่าตัวแบบโดยวิธี OLS จึงกระทำไม่ได้ หากฝืนกระทำจะนำสู่การสรุปผลผิด (misleading) วิธีประมาณค่าที่ใช้ได้คือวิธี 2 SLS (Two stage least square) หรือ 3SLS (three stage least square) วิธี 2SLS คือวิธีที่เราประมาณค่า

สมการถดถอย 2 ชั้นคือ ประมาณค่าตัวแปรตามในสมการโครงสร้างด้วยวิธี OLS โดยอาศัย Instrumental variable (predetermined variable) (ชั้นที่ 1) แล้วใช้ค่าประมาณนั้นเป็นตัวแปรอิสระเพื่อประมาณสัมประสิทธิ์เส้นทาง (ชั้นที่ 2) ขณะที่ 3SLS เป็นการรวมทำ 2SLS กับทุกสมการโครงสร้างพร้อมกันในคราวเดียว

การแปลผลกระทำเช่นเดียวกับ Recursive model คือแปลผลตามลูกศร ให้ยึดหลักว่าตัวแปรใดคือตัวแปรก่อน (antecedent variable) หากตัวแปรตาม (internal endogenous) มีลูกศรย้อนชี้กลับมาหาตัวแปรก่อนก็ยังคงยึดหลักเดิมเพียงแต่แปลผลเพิ่มว่าตัวแปรตามย้อนส่งผลกระทบต่อตัวแปรใดบ้าง ที่ต้องยึดหลักการนี้ให้ดีก็เพราะไม่ว่าอย่างไรงานวิจัยจะต้องมีตัวแปรตาม เมื่อตัวแปรตามย้อนส่งผลกระทบต่อตัวแปรอิสระหรือตัวแปรก่อนก็มีได้หมายความว่าไม่มีตัวแปรตาม

วิธีประมาณค่าแบบ 2SLS

การประมาณค่าสมการถดถอยโดยวิธี 2SLS คือวิธีประมาณค่าสมการถดถอยเพื่อแก้ปัญหาที่ตัวแปรอิสระในสมการถดถอยมีความคลาดเคลื่อนในการวัด (error in variable) จากภาพต่อไปนี้ X_1 และ X_2 เป็นตัวแปรอิสระซึ่งเราจะใช้เป็นตัวแปรเครื่องมือ (instrumental variable--IV หรือเรียกอีกอย่างว่า predetermined variable) ของ X_3 และ X_4 แต่ X_3 จะไม่เป็นตัวกำหนดของ X_4 และ X_4 จะไม่เป็นตัวกำหนดของ X_3 เนื่องจากส่งผลสู่กันและกัน (simultaneously determined)



จากภาพเราใช้ X_1 และ X_2 เป็น IV ให้หาค่า \hat{X}_3 และ \hat{X}_4 จากชั้นที่ 1 แล้วใช้ \hat{X}_3 และ \hat{X}_4 เป็นตัวแปรอิสระในชั้นที่ 2 ดังนี้

$$\text{ชั้นที่ 1 วิเคราะห์การถดถอย } X_3 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + u \text{ ได้ } \hat{X}_3$$

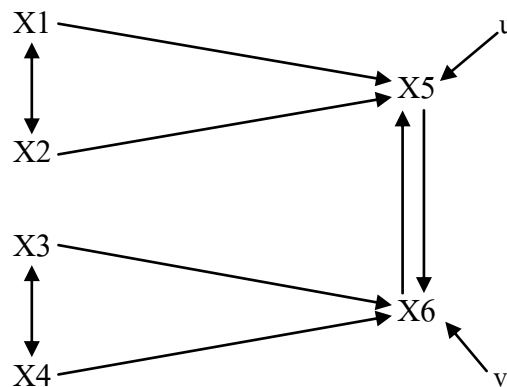
$$\text{วิเคราะห์สมการถดถอย } X_4 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + v \text{ ได้ } \hat{X}_4$$

ขั้นที่ 2 วิเคราะห์สมการเส้นทาง $X_3 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_4 X_4 + u$ ได้สัมประสิทธิ์เส้นทาง $\hat{\beta}_1$ และ $\hat{\beta}_4$

วิเคราะห์เส้นทาง $X_4 = \beta_0 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + v$ ได้สัมประสิทธิ์เส้นทาง $\hat{\beta}_2$ และ $\hat{\beta}_3$

ในที่นี้ X_1 และ X_2 เป็น IV ทำหน้าที่ช่วยสร้างค่าประมาณให้แก่ X_3 และ X_4 คือ \hat{X}_3 และ \hat{X}_4 และเนื่องจาก X_1 ไม่เกี่ยวข้องกับ u และ X_2 ไม่เกี่ยวข้องกับ v จึงทำให้ \hat{X}_3 และ \hat{X}_4 ไม่มี measurement error เหตุที่เราใช้ทุกตัวแปรในกรอบแนวคิดเป็น IV เพราะเราต้องการสร้างค่า \hat{X}_3 และ \hat{X}_4 ให้ใกล้ค่าของ X_3 และ X_4 มากที่สุด เรื่องนี้หากมีปัญหา multicollinearity หรือ under-identification เราค่อยหาทางแก้ไข ดูจากตัวอย่างต่อไปที่ผู้เขียนจะอธิบายประกอบภาพเส้นทางเป็นหลายกรณี

พิจารณาภาพเส้นทางต่อไปนี้เราสามารถวิเคราะห์สมการโครงสร้างได้ดังนี้



ขั้นที่ 1 1) วิเคราะห์สมการถดถอย $X_5 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + u$ ได้ \hat{X}_5

2) วิเคราะห์สมการถดถอย $X_6 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + v$ ได้ \hat{X}_6

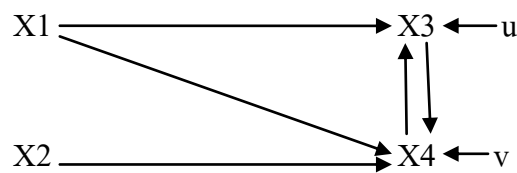
ขั้นที่ 2 1) วิเคราะห์สมการเส้นทาง $X_6 = \beta_0 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 \hat{X}_5 + v$ ได้

สัมประสิทธิ์เส้นทาง $\hat{\beta}_3, \hat{\beta}_4, \hat{\beta}_5$

2) วิเคราะห์สมการเส้นทาง $X_5 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_6 \hat{X}_6 + u$ ได้สัมประสิทธิ์เส้นทาง $\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \hat{\beta}_6$

การวิเคราะห์ภาพเส้นทางทั้ง 2 ภาพข้างต้นเป็นแบบเดียวกันคือไม่มีปัญหาอื่นใดไม่ว่าจะเป็น Multicollinearity หรือ under-identification

พิจารณาภาพต่อไปนี้จะพบว่ามีปัญหา Under-estimate และปัญหา multicollinearity



จากภาพเส้นทางเราสามารถวิเคราะห์สมการโครงสร้างได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 1) วิเคราะห์สมการถดถอย $X_3 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + u$ ได้ \hat{X}_3

2) วิเคราะห์สมการถดถอย $X_4 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + v$ ได้ \hat{X}_4

ขั้นที่ 2 1) วิเคราะห์สมการเส้นทาง $X_4 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 \hat{X}_3 + v$

สมการนี้มีปัญหา perfect multicollinearity เพราะ \hat{X}_3 ก็คือ linear combination (หรือ weighted sum) ของ X_1 , X_2 เมื่อทั้ง X_1 , X_2 และ \hat{X}_3 มานำหน้าที่เป็นตัวแปรอิสระด้วยกันจึงเกิดปัญหา multicollinearity สมบูรณ์ เมทริกซ์ $(X'X)^{-1}$ หาค่าไม่ได้ เนื่องจากเป็น Singular matrix

2) วิเคราะห์สมการเส้นทาง $X_3 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_4 \hat{X}_4 + u$ จะได้ค่าประมาณ $\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_4$

พิจารณาสมการ $X_4 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 \hat{X}_3 + v$ เมื่อคูณตลอดด้วย X_1 แล้ว take expectation และคูณตลอดด้วย X_2 แล้ว take expectation โดยที่ X_1, X_2 เป็น IV จะได้

$$\sigma_{14} = \beta_1 \sigma_1^2 + \beta_2 \sigma_{12} + \beta_3 \sigma_{13}$$

$$\sigma_{24} = \beta_1 \sigma_{12} + \beta_2 \sigma_2^2 + \beta_3 \sigma_{23}$$

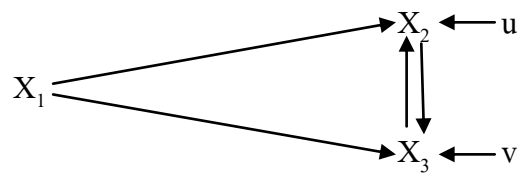
ระบบสมการนี้มีพารามิเตอร์ 3 ตัว ($G = \text{จำนวนพารามิเตอร์} = 3$) แต่มีสมการเพียง 2 สมการ (คือ $H = 2 = \text{จำนวนสมการ} = \text{จำนวน IV}$) จึงแก้สมการที่ให้คำตอบที่ Unique ไม่ได้ เรียกกรณีนี้ว่า Under-identification แต่ในสมการ $X_3 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_4 \hat{X}_4 + u$ เมื่อคูณตลอดด้วย IV แล้ว take expectation จะได้สมการ

$$\sigma_{13} = \beta_1 \sigma_1^2 + \beta_4 \sigma_{14}$$

$$\sigma_{23} = \beta_1 \sigma_{12} + \beta_4 \sigma_{24}$$

ซึ่งมีจำนวนสมการเท่ากับจำนวนพารามิเตอร์ กรณีนี้หา Unique Solution ของ β_1 และ β_4 ได้ เรียกกรณีนี้ว่า Just-identify

สรุปได้ว่าถ้าจำนวนสมการ (H) มากกว่าจำนวนพารามิเตอร์ (G) เราสามารถหาคำตอบได้ จำนวนสมการเท่ากับจำนวนพารามิเตอร์ เรียกว่า Just-identify จำนวนสมการมากกว่าจำนวนพารามิเตอร์เรียกว่า Over-identify กรณีนี้ก็สามารถหาคำตอบได้ ถ้าจำนวนสมการน้อยกว่าจำนวนพารามิเตอร์เรียกว่า Under-identify กรณีนี้จะหาคำตอบไม่ได้
พิจารณาภาพต่อไปนี้



กรณีนี้ X_2 และ X_3 สัมพันธ์กับ error (เรียกว่ามี measurement error หรือมี error in variable) เพราะ u ส่งผลสู่ X_2 แล้ว X_2 ส่งผลกระทบสู่ X_3 ดังนี้ X_3 จึงสัมพันธ์กับ u เช่นกันกับที่ v ส่งผลกระทบสู่ X_3 แล้ว X_3 ส่งผลกระทบต่อไปยัง X_2 ทำให้ X_2 สัมพันธ์กับ v เราจะให้ X_1 เป็น IV เพราะ X_1 ไม่เกี่ยวข้องกับ error โดยจะวิเคราะห์ 2SLS คือ

ขั้นที่ 1 1) วิเคราะห์สมการถดถอย $X_2 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + u$ ได้ \hat{X}_2

2) วิเคราะห์สมการถดถอย $X_3 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + v$ ได้ \hat{X}_3

ขั้นที่ 2 1) วิเคราะห์สมการเส้นทาง $X_2 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_3 \hat{X}_3 + u$

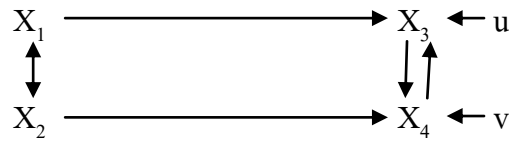
2) วิเคราะห์สมการเส้นทาง $X_3 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 \hat{X}_2 + v$

จะเห็นว่าทั้ง 2 สมการนี้มี Perfect multicollinearity หรือมี Under-identification

จากตัวอย่างข้างต้นจะเห็นได้ว่า 2SLS มิใช่เป็นวิธีประมาณค่าที่จะใช้โดยง่ายคือ นี้จะใช้ก็ใช้โดยไม่ต้องพิจารณาอะไรให้รอบคอบ ที่จริงเราต้องดูว่าในขั้นที่ 2 ว่าสมการโครงสร้างมีปัญหา Perfect multicollinearity หรือไม่ มีปัญหา Under-identification หรือไม่ ถ้ามีให้แก้ไข

วิธีแก้ไข Under-identification

กำหนดให้ X_i และ X_j เป็นตัวแปรปลายทาง วิธีแก้ปัญหามีแนวความคิดมาจากหลักการที่ว่า ตัวแปรต้นทางที่มีอิทธิพลทางตรงต่อ X_j อย่างน้อย 1 ตัวต้องไม่มีอิทธิพลทางตรงต่อ X_i ที่เป็นตัวแปรตาม ขณะเดียวกันต้องมีตัวแปรต้นทางอย่างน้อย 1 ตัวที่มีผลทางตรงต่อ X_i แต่ไม่มีอิทธิพลทางตรงต่อ X_j ที่เป็นตัวแปรตาม เช่น จากภาพเส้นทางต่อไปนี้คือ



จะเห็นได้ว่า X_1 มีอิทธิพลทางตรงต่อ X_3 แต่ไม่มีอิทธิพลทางตรงต่อ X_4 และ X_2 มีอิทธิพลทางตรงต่อ X_4 แต่ไม่มีอิทธิพลทางตรงต่อ X_3 ดังนั้นจากสมการโครงสร้าง $X_3 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_4 X_4 + u$ และ $X_4 = \beta_0 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + v$ เมื่อนำ X_1 และ X_2 คูณตลอด แล้ว take expectation จะได้สมการ normal รวม 2 ชุดดังนี้คือ

$$\sigma_{13} = \beta_1 \sigma_1^2 + \beta_4 \sigma_{14}$$

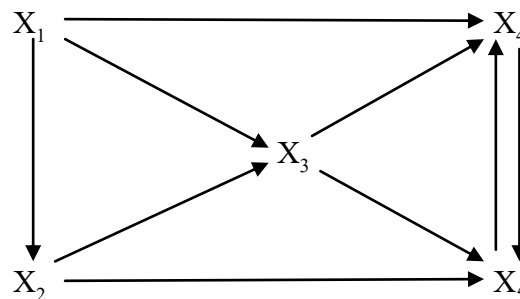
$$\sigma_{23} = \beta_1 \sigma_{12} + \beta_4 \sigma_{24}$$

และ $\sigma_{14} = \beta_2 \sigma_{12} + \beta_3 \sigma_{13}$

$$\sigma_{24} = \beta_2 \sigma_2^2 + \beta_3 \sigma_{23}$$

ทั้ง 2 ระบบสมการนี้เป็น Just-identify สามารถแก้สมการได้

พิจารณาตัวแบบเส้นทางต่อไปนี้



จะเห็นว่า X_1 มีอิทธิพลทางตรงต่อ X_4 แต่ไม่มีอิทธิพลทางตรงต่อ X_5 และ X_2 มีอิทธิพลทางตรงต่อ X_5 แต่ไม่มีอิทธิพลทางตรงต่อ X_4 แต่เมื่อทำการวิเคราะห์ 2 SLS โดยกำหนดให้ X_1, X_2, X_3 เป็น IV คือ

$$X_4 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + u$$

และ $X_5 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + v$

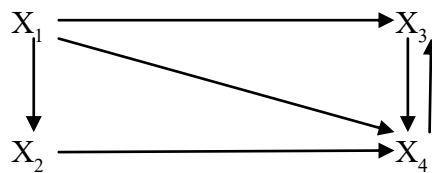
จะเห็นว่า

$$X_4 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_5 \hat{X}_5 + u$$

$$X_5 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 \hat{X}_4 + v$$

มี Perfect multicollinearity กรณีนี้ซอฟต์แวร์สำหรับ 2SLS บางตัว เช่น STATA จะตัดตัวแปร X_4 และ X_5 ที่ใส่โปรแกรม SPSS คำนวณให้แต่ค่าสัมประสิทธิ์ปรับมาตรฐานอาจสูงกว่า 1 ซึ่งมักเกิดขึ้นเนื่องจากตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันสูงมาก เราต้องจะตรวจสอบ multicollinearity เอง

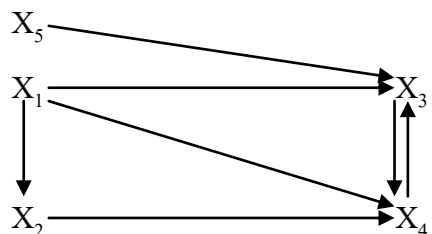
จากภาพเส้นทางต่อไปนี้



จะพบว่า X_2 มีอิทธิพลทางตรงต่อ X_4 แต่ไม่มีอิทธิพลทางตรงต่อ X_3 ด้วยเหตุนี้สมการ $X_3 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_4 X_4 + u$ จึงหาคำตอบได้ แต่ X_1 มีอิทธิพลทางตรงต่อทั้ง X_3 และ X_4 สมการ $X_4 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + v$ จะ under-identify คือมีสมการน้อยกว่าจำนวนพารามิเตอร์ กรณีนี้ซอฟต์แวร์สถิติจะไม่รับคำนวณให้

จากสถานการณ์ทั้ง 3 ข้างต้นเราจึงต้องระมัดระวังเรื่องการกำหนด IV วิธีแก้ปัญหาจึงกระทำโดย

1. กำหนด IV น้อยลง ไม่กำหนดตัวแปรต้นทางทุกตัวเป็น IV คือไม่นำตัวแปรต้นทางที่มีอิทธิพลทางตรงต่อ X_1 แต่ก็มีอิทธิพลทางตรงต่อ X_1 ด้วยมาเป็น IV ของ X_1
2. การเพิ่มตัวแปรต้นทางให้แก่ตัวแปรตามในสมการเส้นทางอื่น เช่น เพิ่ม X_5 ให้พุ่งอิทธิพลทางตรงไปที่ X_3 แต่ไม่พุ่งมาที่ X_4 ดังภาพ ทำให้มี IV ทั้งหมด 3 ตัวสำหรับสร้าง X_3 และ X_4



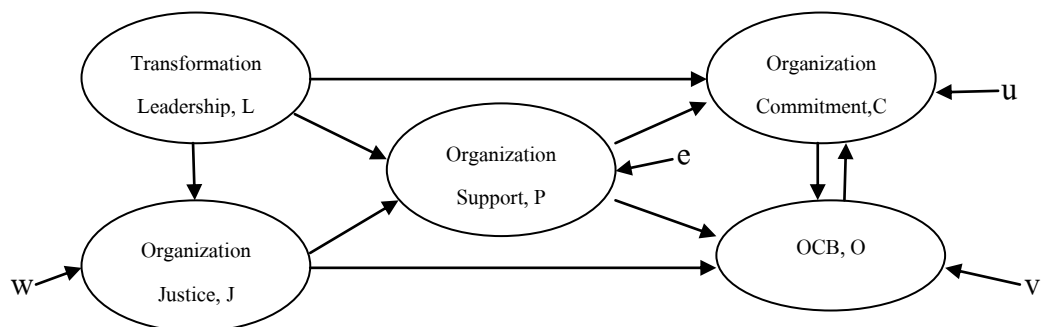
$$\text{สมการ } X_3 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_5 X_5 + \beta_4 X_4 + u$$

$$\text{และ } X_4 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + v$$

จึงใช้เป็นสมการประมาณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง $X_4 \rightarrow X_3$ และ $X_3 \rightarrow X_4$ ได้ตามต้องการ และ just-identified

ขอให้สังเกตว่าในการแปลงสมการเพื่อสร้างสมการนอร์มอลของสัมประสิทธิ์ β ในรูปข้อมูลที่เป็น Variance และ Covariance เพื่อพิสูจน์ว่า Under-identify หรือไม่ให้นำเอาเฉพาะ IV เท่านั้นมาคูณตลอด

พิจารณากรอบแนวคิดต่อไปนี้ (มนตรี พิริยะกุล และบุญทวรรณ วิงวอน, 2553) ในที่นี้ผู้เขียนเพิ่มเส้นโยงจาก OCB ไปยัง Organization Commitment เพื่อแสดงให้เห็นตัวอย่าง



ตัวแบบสมการ โครงสร้างข้างต้นอธิบายว่า ความเป็นพนักงานที่ดีขององค์กร (OCB) ได้รับอิทธิพลมาจากความผูกพันต่อองค์กร (C) การรับรู้ถึงการสนับสนุนขององค์กร (POS) และความยุติธรรมขององค์กร (J) ได้รับอิทธิพลจากภาวะผู้นำ (L) เฉพาะที่เป็นอิทธิพลทางอ้อม ทั้งนี้ภาวะผู้นำมีอิทธิพลทางตรงต่อปัจจัยทั้ง 3 ดังกล่าวมาก่อนแล้ว ขณะเดียวกันความผูกพันต่อองค์กรก็ได้รับอิทธิพลมาจากความเป็นพนักงานที่ดีด้วยเช่นกัน หมายความว่าถ้าพนักงานมีพฤติกรรมเป็นพนักงานที่ดีก็就会有ความผูกพันต่อองค์กร ขณะเดียวกันถ้าหากพนักงานมีความผูกพันต่อองค์กรก็จะมีพฤติกรรมเป็นพนักงานที่ดีไปด้วย

สมการ โครงสร้างมี 4 สมการดังนี้

$$O = \beta_0 + \beta_1 J + \beta_2 P + \beta_3 C + v \quad \dots (1)$$

$$C = \beta_0 + \beta_4 L + \beta_5 P + \beta_6 O + u \quad \dots (2)$$

$$P = \beta_0 + \beta_7 L + \beta_8 J + e \quad \dots (3)$$

$$J = \beta_0 + \beta_9 L + w \quad \dots (4)$$

สมการ (1) และ (2) ต้องรันด้วย 2SLS ส่วนสมการ (3) และ (4) รันด้วย OLS เพิ่มข้อมูลคือ ocb_cp_cb.sav ซึ่งเป็นงานวิจัยของผู้เขียน คำสั่งต่อไปนี้เป็นคำสั่งใน SPSS

สำหรับสมการ (1) คำสั่งใน 2SLS ปกติดังนี้ โดยเราจะกำหนดให้ตัวแปรทุกตัว ยกเว้น O เป็น IV และใช้ตัวแปรในเส้นทางและค่าพยากรณ์ของ C คือ C (แต่ในโปรแกรม จะเขียนเป็น C ไม่มี hat) สิ่งที่ต้องระวังคือตัวแปรหลัง WITH ส่วนชื่อตัวแปร IV อยู่ในคำสั่ง ย่อย /INSTRUMENTS

* 2 Stage Least Square

TSET NEWVAR = NONE

2SLS O WITH J P C

/INSTRUMENTS L J P

/CONSTANT.

สมการ (2) สั่งดังนี้

* 2 Stage Least Square

TSET NEWVAR = NONE

2SLS C WITH P L O

/INSTRUMENTS L J P

/CONSTANT.

สมการ (3) ปกติดังนี้

REGRESSION

/MISSING LISTWISE

/STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA

/CRITERIA = PIN (.05) POUT (.10)

/NOORIGIN

/DEPENDENT P

/METHOD = ENTER L J.

และสมการ (4) ปกติดังนี้

REGRESSION

/MISSING LISTWISE

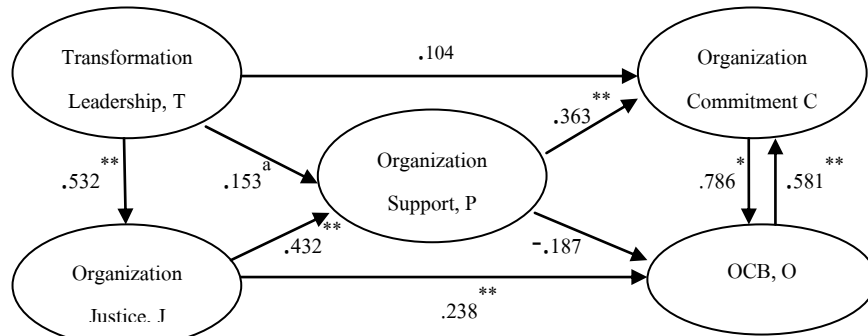
/STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA

/CRITERIA = PIN(.05) POUT(.10)

/NOORIGIN

/DEPENDENT J

/METHOD = ENTER L.



a หมายถึง p-value ≤ 0.10 * หมายถึง p-value ≤ 0.05 ** หมายถึง p-value ≤ 0.01

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลสรุปได้ว่า ความยุติธรรมในองค์กร การสนับสนุนขององค์กร และความผูกพันต่อองค์กรของพนักงานมีอิทธิพลต่อความเป็นพนักงานที่ดี โดยพบว่าความผูกพันต่อองค์กรมีอิทธิพลสูงที่สุด ความยุติธรรมในองค์กรมีอิทธิพลรองลงไป ขณะที่ข้อมูลเชิงประจักษ์ยังไม่สนับสนุนว่าการสนับสนุนจากองค์กรมีอิทธิพลทางตรง หากแต่มีอิทธิพลทางอ้อมสูงมาก เช่นกันกับที่ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงก็มีเฉพาะอิทธิพลทางอ้อมและสูงมาก ในขณะเดียวกัน ข้อมูลเชิงประจักษ์สนับสนุนว่าความเป็นพนักงานที่ดีย้อนกลับไปที่มีอิทธิพลทางตรงต่อความผูกพันต่อองค์กรด้วยแต่น้อยกว่าที่ความผูกพันต่อองค์กรมีอิทธิพลต่อความเป็นพนักงานที่ดี

ข้อควรทราบคือ การรัน โปรแกรมตามคำสั่งทั้ง 4 ข้างต้นเราทำได้ใน interactive mode อยู่แล้ว ในที่นี้ต้องการแสดงให้เห็นว่าเราจะต้องทำอะไรบ้างเท่านั้น ไม่ต้องเขียนคำสั่งใน syntax window และถ้าจะทำ OLS ต่อเนื่องกัน 2 ครั้งคือประมาณค่า C ด้วย C และประมาณค่า O ด้วย O แล้วค่อยรัน OLS ของเส้นทางตามปกติก็ทำได้โดยไม่ต้องอาศัย 2SLS

สำหรับการรันด้วยซอฟต์แวร์ SEM พบว่าโปรแกรม LISREL และ SPSS-AMOS สามารถรัน non-recursive model ได้ แต่โปรแกรม PLS ไม่ว่าจะป็น PLS-Graph 3, Visual PLS หรือ Smart PLS รัน feedback model ไม่ได้ทันที ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์เป็น 2 ขั้นตอน

คือรันด้วย PLS-PM ตามปกติก่อนเพื่อจะได้รับค่า Latent score จากนั้นจึงนำเอา Latent score มาวิเคราะห์สมการโครงสร้างที่เป็น non-recursive model ตามวิธี 2SLS ตามที่กล่าวข้างต้น

เหตุที่เราสามารถใช้ PLS ทำการวิเคราะห์ได้ตามปกติเพราะค่า loading, weight, CR, AVE, Average Commuality, Average Redundancy, Latent correlation, cross loading และ Latent score (factor score) ยังคงใช้ได้เพราะเป็นการวิเคราะห์ในระดับสมการมาตรฐาน เป็น outer model แต่สัมประสิทธิ์เส้นทางต้องทำตามวิธีข้างต้น โดยนำเอาค่า Latent score เป็นข้อมูลของตัวแปรแฝง

สรุป

เรื่องการวิเคราะห์ reciprocal model นี้เราถือว่า 2SLS เป็นสิ่งจำเป็นเพราะสามารถแก้ปัญหาได้ทั้งปัญหา error in variable และปัญหา bias เช่น จากภาพข้างต้น ถ้าผู้วิจัยจะรันสมการ $C = f(L, P, O)$ และ $O = f(J, P, C)$ โดยไม่สนใจ 2SLS ผลลัพธ์คือ สัมประสิทธิ์เส้นทาง $O \rightarrow C$ และ $C \rightarrow O$ จะต่ำกว่าเป็นจริง (Under estimate หรือ downward bias) ส่วนการรันตัวแบบ SEM ถ้าสมการใช้ LISREL หรือ AMOS (คือ Convergent) ก็ถือว่าหมดปัญหาเพราะโปรแกรมแก้ปัญหาให้ทั้งหมด แต่ถ้าจะใช้ PLS ให้รันตามปกติจะใช้ reciprocal เส้นทางใดก็ได้ เพราะผลลัพธ์ในส่วนของ outer model รวมทั้ง AVE, CR, AvCommun และ AvRedun ใช้ได้เหมือนกัน แต่สัมประสิทธิ์เส้นทางและต้องวิเคราะห์ใหม่ด้วย 2SLS และ OLS ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น

เอกสารอ้างอิง

บุญทวารณ วิงวอน และ มนตรี พิริยะกุล (2553). ตัวแบบเส้นทาง PLS ของบุพปัจจัยและผลลัพธ์ของการรับรู้ในการสนับสนุนจากองค์กรของพนักงานวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม จังหวัดลำปาง (PLS Path Model for Antecedents and Consequences of Perceived Organizational Support (POS) for Employees in Small and Medium Enterprise in Lampang Province), วารสารสมาคมนักวิจัย ปีที่ 15 ฉบับที่ 3 กันยายน - ธันวาคม 2553 หน้า 15-38

Kritzer, Aterbert M. (2004). Political Protest and Political Violence: A Non-recursive Causal Model, *Social Force*, Vol. 55, No.3pp. 630-640

Rebecca Liu (2004). Satisfaction and Performance: A Reciprocal Model, *Cornell University, Urban and Regional Studies*.

Yee, Rachel W. W., Yeung, Andy C.L. and Cheng, Edwin, T.C. (2008), The Impact of Employee Satisfaction on Quality and Profitability in High-Contact Service Industries, *Journal of Operation Management*, 26 (2008), pp. 651-668.

Fry, Louis W. and Matherly, Laura L. (2007). Spiritual leadership and Organizational performance: An Exploratory Study, Tarlatan State University, Central Texas

Kline, Rex B. (2009). Reversed Arrow Dynamics: Feedback Loops and Formative Measurement, Concordia University, Montreal, Canada.