# การทดสอบอิทธิพลของตัวแปรกำกับในตัวแบบสมการโครงสร้าง

**มนตรี พิริยะกุล***

## บทคัดย่อ

การประมาณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางของตัวแบบสมการโครงสร้างที่มีตัวแปรกำกับสามารถกระทำได้โดยการสร้างตัวแปรปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นทางกับตัวแปรกำกับที่มีตัวชี้วัดเกิดจากผลคูณของตัวชี้วัดจากตัวแปรแฝงคู่ดังกล่าวเพิ่มเข้ามาในตัวแบบเพื่อส่งผลกระทบสู่ตัวแปรปลายทางแต่ละตัวที่เส้นทางถูกกำกับ วิธีวิเคราะห์มีหลายวิธีขึ้นอยู่กับตัวแบบว่าเป็น second order model หรือ first order model และตัวแบบมาตรวัดเป็นแบบ formative measurement model หรือ reflective measurement model หรือแบบผสม

**คำสำคัญ :** ตัวแปรกำกับ ตัวแปรคั่นกลาง ตัวแบบสมการโครงสร้าง

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
* ผู้ติดต่อ, อีเมล์: mpiriyakul@yahoo.com รับเมื่อ 10 เมษายน 2558 ตอบรับเมื่อ 18 พฤศจิกายน 2558

# Test of moderation effect in Structural Equation Modeling

**Montree Piriyakul***

## Abstract

Estimation and significant test of path coefficients in SEM with moderators must be started from creating interaction term, multiplication between indicators of antecedent variable from specific path and its moderator's indicators, before usual SEM analysis. There are several methods of moderation analysis depended on types of SEM model, second order model or first order model, formative measurement model or reflective measurement model or mixed model.

**Keywords :** Moderator, Mediator, Structural equation modelling

Department of Statistic, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University.

* Corresponding author, E-mail: mpriyakul@yahoo.com Received 10 April 2015, Accepted 18 November 2015

## 1. บทนำ

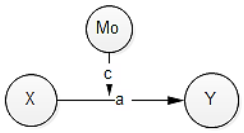
การวิเคราะห์ตัวแบบสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling; SEM) สามารถกระทำได้ด้วยซอฟท์แวร์เฉพาะซึ่งแยกเป็น 2 กลุ่มคือกลุ่ม covariance based SEM (CB-SEM) ซึ่งพัฒนาขั้นตอนวิธีด้วยวิธี maximum likelihood estimation (MLE) เช่น LISREL, AMOS, EQS, MPLUS, CALIS และกลุ่ม variance based SEM (VB-SEM) ซึ่งพัฒนาขั้นตอนวิธีด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (วิธีกำลังสองน้อยที่สุดเป็นวิธีการที่ใช้ในการพัฒนาตัวแบบทางเศรษฐมิติและการถดถอย) เช่น PLS-Graph, Smart PLS, Visual PLS, WARP, XLSTAT ซึ่งโดยปกติแล้วจะให้ผลลัพธ์ตรงกัน อาจต่างกันที่ค่าตัวเลข ทั้งนี้ซอฟท์แวร์ในกลุ่ม VB-SEM จะใช้งานง่ายกว่ามาก

การรันโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ SEM ต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจในหลักเกณฑ์และวิธีตัดสินซึ่งต้องผ่านการใช้งานโปรแกรมเหล่านี้มาบ้าง และหากตัวแบบมีตัวแปรกำกับ (moderator) หรือตัวแปรคั่นกลาง(mediator) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองอย่าง เช่นในตัวแบบ moderated mediation model และ mediated moderation model การวิเคราะห์ก็จะยากขึ้น เฉพาะกรณีตัวแปรคั่นกลางต้องมีซอฟท์แวร์เสริมเข้ามาอีก ที่ใช้ง่ายคือ Indirect module การออกแบบงานวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูลกรณีเหล่านี้จึงต้องอาศัยความเข้าใจทั้งทางวิชาการและทางเทคนิคเพิ่มขึ้น ในที่นี้ผู้เขียนจะแนะนำการวิเคราะห์ด้วยภาพกรอบแนวความคิด ซึ่งหากมีความรู้ความเข้าใจทางวิชาการและทางเทคนิคดีพอก็จะเข้าใจได้โดยง่าย หากยังไม่เคยวิเคราะห์ตัวแบบ SEM มาก่อนขอแนะนำให้ศึกษาหาความรู้พื้นฐานในส่วนนั้นเสียก่อน

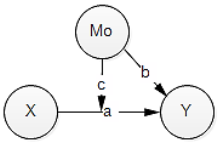
บทความนี้กล่าวถึงเฉพาะวิธีวิเคราะห์ข้อมูลด้วยตัวแบบสมการโครงสร้าง โดยจะนำเสนอด้วยภาพกรอบแนวความคิดแยกเป็นการวิเคราะห์การกำกับตามปกติในตอนที่ 2 และการวิเคราะห์การกำกับพหุในตอนที่ 3 อนึ่งSEM พัฒนาขั้นตอนวิธี (algorithm) มาจากการวิเคราะห์การถดถอยพหุ (multiple regression; MRA) จึงต้องกล่าวถึง MRA และ SEM ไปในที่เดียวกัน โดยภาพที่แสดงจะเป็นภาพในบริบทของ SEM ขณะที่วิธีวิเคราะห์จะอธิบายด้วยรูปและ SEM/MRA ซึ่งแสดงด้วยสมการถดถอยเดียวกัน

## 2. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยด้วย SEM

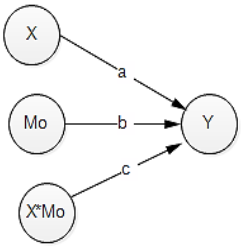
จากรูปที่ 1 สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ด้วยการถดถอยแบบเชิงชั้นซึ่งจัดรูปได้ดังรูปที่ 2 และรูปที่ 3 ดังต่อไปนี้




**รูปที่ 1** ตัวแบบการกำกับของ Mo




**รูปที่ 2** ตัวแบบการกำกับของ Mo ก่อนวิเคราะห์




**รูปที่ 3** ตัวแบบการกำกับเพื่อวิเคราะห์ด้วย SEM/MRA

การวิเคราะห์ด้วยการถดถอยแบบเชิงชั้นจะต้องทำเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้คือ จากสมการที่ (1) ให้เพิ่มปฏิสัมพันธ์ $X*M_o$ ลงในสมการ ได้สมการที่ (2)

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์สมการถดถอย

$$Y = f(X, M_o) + \varepsilon \quad (1)$$

ขั้นที่ 2 วิเคราะห์การถดถอย

$$Y = f(X, M_o, X * M_o) + \varepsilon \quad (2)$$

ซึ่งกระบวนการนี้จะเป็นต้นแบบของสมการโครงสร้าง คือเมื่อ X, Mo และY เป็นตัวแปรแฝง เรายังคงจัดรูปเป็นรูปที่ 3 แล้วอาจรันด้วยซอฟท์แวร์สำหรับสมการโครงสร้างในกลุ่ม variance-based SEM หรือในกลุ่ม covariance-based SEM และเมื่อทราบค่าประมาณของ a, b และ c คือ $\hat{a}, \hat{b}$ และ $\hat{c}$ แล้วให้นำไปวางกำกับภาพเส้นทางในรูปที่ 1 ซึ่ง $\hat{c}$ คือสัมประสิทธิ์ของการกำกับ

การวิเคราะห์ข้อมูลมีกระบวนการดังนี้

### 2.1. เมื่อตัวแปรกำกับและตัวแปรต้นทางมีตัวชี้วัดเป็น reflective indicator

กรณีนี้ให้วิเคราะห์ด้วย product indicator approach หรือวิเคราะห์ด้วย orthogonal approach [3, 6] แยกเป็น 2 กรณีดังนี้

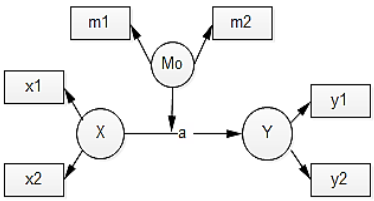
#### 2.1.1 กรณี first order SEM

กรณีนี้คือกรณีที่แต่ละตัวแปรแฝงมีตัวชี้วัดของตนเองดังรูปที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูลสามารถวิเคราะห์ได้ด้วยวิธีการดังนี้

**2.1.1.1 Product indicator approach**

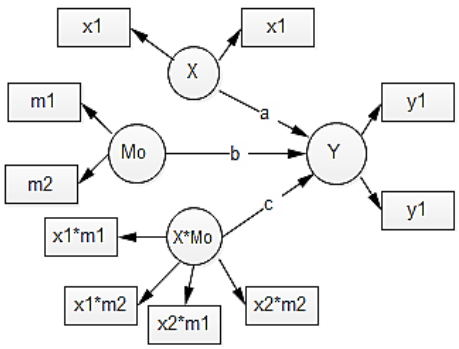
ให้ดำเนินการดังนี้

1) แปลงตัวชี้วัดทุกตัวให้เป็น mean-centered indicator หรือ standardized indicator เช่น แปลง $X_1$ เป็น $X_1 - \overline{X}$ หรือเป็น $Z_1 = \frac{X_1 - \overline{X}}{s_X}$ ตัวชี้วัดของตัวแปรแฝงอื่นก็ปฏิบัติเช่นเดียวกัน แต่ตัวแปรตามจะไม่แปลงก็ได้ [9]




**รูปที่ 4** first order construct

2) หาตัวชี้วัดของ moderation effect คือ $X*M_0$ โดยการหาผลคูณดังภาพต่อไปนี้ เรียกว่า paired product indicator [7] ดังรูปที่ 5 แต่อาจไม่ต้องสร้างเป็นผลคูณของทุกคู่ (all possible pair) คือสร้างโดยยึดหลักว่าต้องไม่มีตัวซ้ำ [7] ในรูปที่ 5 คือผลคูณ $x_1m_1$, $x_2m_2$, $x_1m_2$, $x_2m_1$ แต่ถ้าไม่มีตัวซ้ำจะมีเพียง $x_1m_1$, $x_2m_2$ [3]




**รูปที่ 5** วิธี paired product indicator

3) สั่งรันด้วย PLS หรือซอฟท์แวร์อื่น

**2.2.1.2 Orthogonal approach**

ให้ดำเนินการดังนี้

1) หาผลคูณระหว่างตัวชี้วัดของตัวแปรต้นทางคือ X กับตัวชี้วัดของตัวแปรกำกับคือ Mo แบบเดียวกับในรูปที่ 5 คือ $x_1m_1, x_1m_2, x_2m_1, x_2m_2$ ในสมการที่ (3) - (6)

2) วิเคราะห์สมการถดถอย

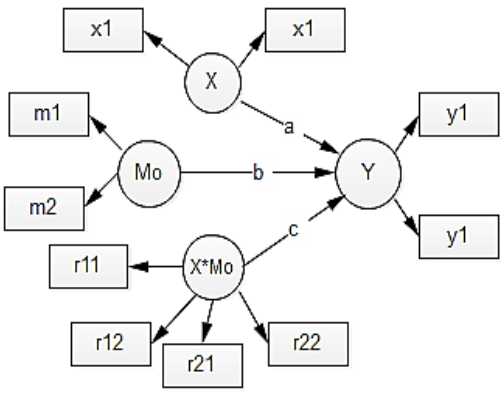
$$x_1m_1 = f(x_1, x_2, m_1, m_2) + \varepsilon \quad (3)$$

$$x_1m_2 = f(x_1, x_2, m_1, m_2) + \varepsilon \quad (4)$$

$$x_2m_1 = f(x_1, x_2, m_1, m_2) + \varepsilon \quad (5)$$

$$x_im_2 = f(x_1, x_2, m_1, m_2) + \varepsilon \quad (6)$$

จากสมการถดถอยสมการ (3)-(6) ให้วิเคราะห์แล้วสั่ง save ค่า residual เอาไว้คือ $r_{ij}$ เพื่อใช้เป็นตัวชี้วัดของ $X * M_0$ แล้ววิเคราะห์ SEM ดังรูปที่ 6



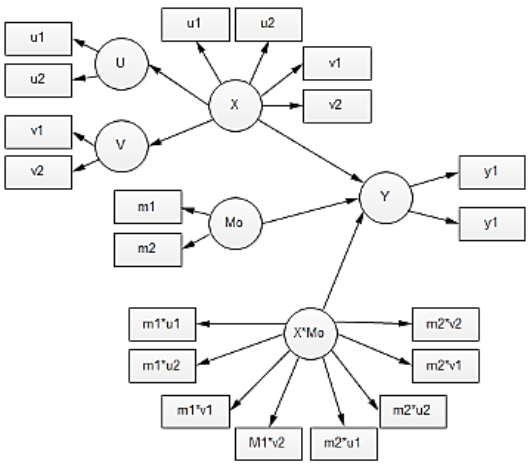

**รูปที่ 6** วิธี Orthogonal approach

**2.1.2 กรณี Second order SEM**

การวิเคราะห์ Second order SEM สามารถกระทำได้ 2 วิธีคือวิธี repeated-indicator approach และวิธี build-up approach ดังนี้

**2.1.2.1 วิธี repeated-indicator approach**

วิธีนี้ให้นำเอาตัวชี้วัดของ first order construct มาใช้เป็นตัวชี้วัดของ second order construct ก่อนแล้วจึงวิเคราะห์ข้อมูล สมมุติตัวแปรแฝง X มี 2 ตัวแปรแฝงย่อย คือ U และV โดยที่ U และ V มีตัวชี้วัด 2 ตัว และเนื่องจาก X ไม่มีตัวชี้วัดของตนเองจึงให้นำตัวชี้วัดของ U และ V มาเป็นตัวชี้วัดของ X (รูปที่ 7) สำหรับ Mo เป็น first order construct จึงไม่ต้องปฏิบัติเช่นเดียวกับ X ส่วน $X * M_0$ คือตัวแปรแสดงอิทธิพลกำกับให้ใช้ paired--product indicator ตามปกติ

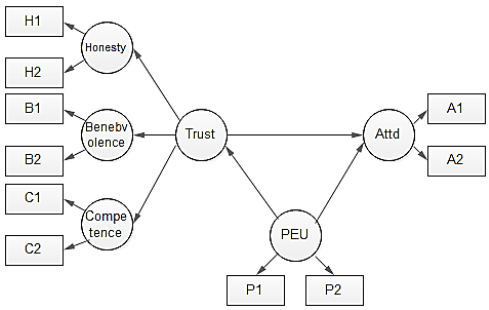



**รูปที่ 7** วิธี repeated-indicator approach

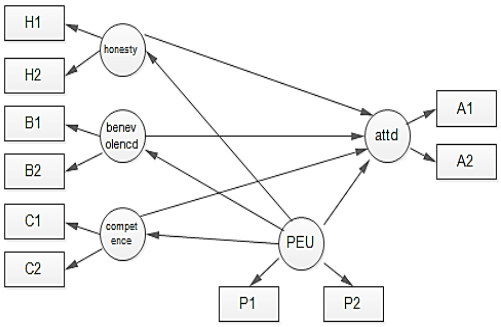
**2.1.2.2 วิธี build-up approach**

วิธีนี้ใช้แก้ปัญหาของวิธี repeated-product approach ที่มักจะพบว่าตัวแปรแฝงอื่นที่เชื่อมโยงมาถึง second

order construct ไม่มีนัยสำคัญ [8] หลักการสำคัญคือให้ใช้ construct score (ซึ่งก็คือ factor score) ของ first order construct มาเป็นตัวชี้ วัดของ second order construct โดยที่ก่อนการวิเคราะห์เพื่อหาค่า construct score ให้ย้ายเส้นโยงทุกเส้นที่เคยเป็นเส้นโยงของ second order construct มาเป็นเส้นโยงของ first order construct เสียก่อนแล้วรันโปรแกรม SEM ตามปกติและ save ค่า construct score เอาไว้เพื่อใช้เป็นตัวชี้วัด เช่น จากรูปที่ 8 ให้ดำเนินการเป็น 2 ขั้นตอน คือขั้นตอนการสร้างข้อมูลหรับ first order construct ด้วยคะแนนปัจจัย (factor score หรือ construct score) แล้วใช้เป็นตัวชี้วัดของ second order construct จากนั้นให้ดำเนินการตามปกติ จากรูปที่ 8 ดังต่อไปนี้ให้ดำเนินการดังนี้



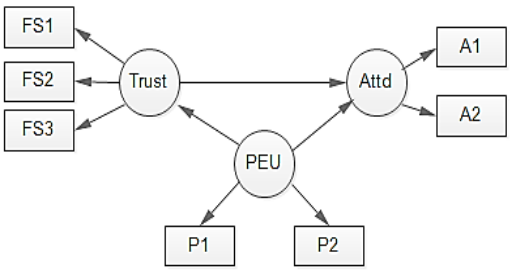

**รูปที่ 8** ตัวอย่างกรอบแนวความคิดเพื่อการวิเคราะห์ด้วย build up approach




**รูปที่ 9** ตัวอย่างวิธีวิเคราะห์ด้วย build up approach ขั้นที่ 1

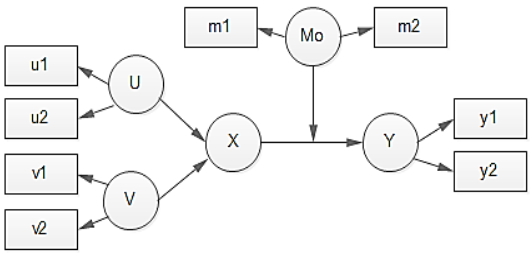
ขั้นที่ 1 ให้ทิ้ง trust ไปก่อนแล้วโยงเส้นทางจาก PEU ไปยังตัวแปรแฝงย่อยของ trust และโยงจาก ตัวแปรแฝงย่อยของ trust มาที่ attitude ดังรูปที่ 9 จากนั้นให้สั่งรันโปรแกรม PLS หรือโปรแกรมอื่นใน Covariance-based SEM แล้วสั่ง save ค่า construct score (คือ factor score) เอาไว้เพื่อใช้เป็นตัวชี้วัด

ขั้นที่ 2 เปลี่ยนตัวแปรแฝงย่อยของ trust เป็น $FS_1$, $FS_2$ และ $FS_3$ ดังรูปที่ 10 ซึ่งก็คือ factor score ของ Honesty, Benevolence และ Competence ตามลำดับ จากนั้นจึงสั่งรัน SEM ตามปกติ




**รูปที่ 10** ตัวอย่างวิธีวิเคราะห์ด้วย build up approach ขั้นที่ 2

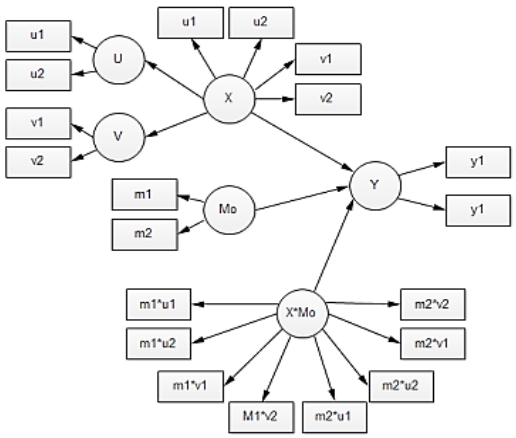
สำหรับกรณี second order model ที่มีตัวแปรกำกับดังรูปที่ 11 ก็กระทำได้เช่นเดียวกันคือดำเนินการเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้



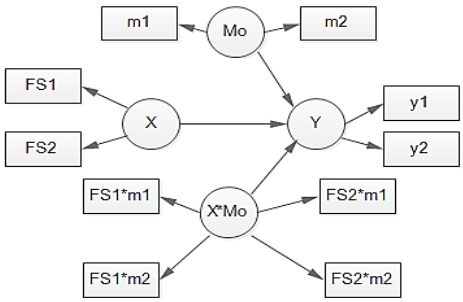

**รูปที่ 11** second order model มีตัวแปรกำกับ

ขั้นที่ 1 เปลี่ยนรูปที่ 11 เป็นรูปที่ 12 คล้ายกับที่ได้กระทำผ่านมา ให้สั่งรัน PLS แล้วสั่ง save ค่า construct score ของ U และ V เอาไว้เพื่อใช้เป็น indicator สมมุติชื่อว่า $FS_1$ และ$FS_2$

ขั้นที่ 2 ใช้ $FS_1$ และ $FS_2$ เป็นค่า indicator ของ X แล้วดำเนินการแบบเดิมคือแปลงตัวแปรมาตรวัดเป็น mean-center indicator หรือ standardized indicator และคำนวณหาค่าตัวชี้วัดของ X*Mo ซึ่งปรากฏดังรูปที่ 13 จากนั้นให้สั่งรัน SEM ตามปกติ




**รูปที่ 12** การวิเคราะห์ตัวแบบการกำกับกรณี second order model มีตัวแปรกำกับ ขั้นที่ 1



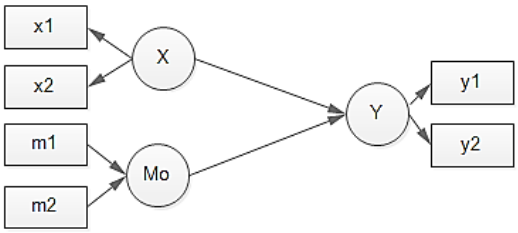

**รูปที่ 13** การวิเคราะห์ตัวแบบการกำกับกรณี second order model มีตัวแปรกำกับ ขั้นที่ 2

**2.2 เมื่อตัวแปรกำกับหรือตัวแปรต้นทางหรือทั้งคู่เป็น Formative indicator construct**

กรณีนี้ให้รันโดยวิธี two- stage approach หากตัวแปรแฝงเป็น second order construct ให้ดำเนินตามที่ผ่านมาก่อน

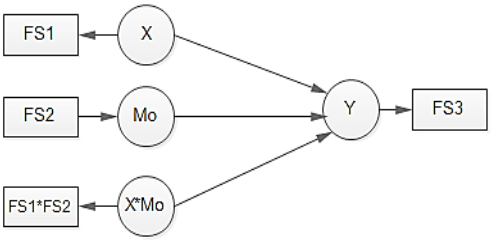
วิธี two-stage approach มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 สั่งวิเคราะห์ตัวแบบสมการโครงสร้างรูปที่ 14 แล้วสั่ง save ค่า construct score ของตัวแปร X, Mo และY ได้ $FS_1$, $FS_2$ และ $FS_3$ ตามลำดับ




**รูปที่ 14** two-stage approach ขั้นที่ 1

ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ข้อมูลในตัวแบบสมการโครงสร้างตามรูปที่ 15 โดยใช้ $FS_1$ ,$FS_2$ และ $FS_3$ เป็นตัวชี้วัดของ X, $M_0$ และY ส่วนตัวชี้วัดของอิทธิพลการกำกับให้ใช้ผลคูณ construct score ของ X กับ $M_0$




**รูปที่ 15** two-stage approach ขั้นที่ 2

จากรูปที่ 15 อาจมีคำถามว่าตัวชี้วัด(indicator) ของอิทธิพลการกำกับควรจะใช้เป็น formative indicator หรือ reflective indicator ในกรณีนี้จะเห็นได้ว่ารูปที่ 15คือ MRA ซึ่ง indicator ก็คือค่าของตัวแปรใน MRA ลูกศรจะชี้ไปทางใดก็ยังคงเป็น MRA อยู่เช่นเดิมเพราะขั้นตอนวิธีของ SEM จะวนเวียน ประมาณค่าตามวิธี MRA จนกระทั่งคำตอบอยู่ในสภาวะเสถียร

อนึ่งนักวิจัยอาจสนใจอีกว่าหากจะเพิ่มตัวแปรร่วม (covariate) เพื่อควบคุมตัวแปรอื่นลงในตัวแบบ (ตัวแปรควบคุมคือตัวแปรอื่นที่ไม่ใช่ main effect นิยมใช้เมื่อผลการศึกษามี่ power of test ต่ำ) เพื่อดูว่าเมื่อเพิ่มตัวแปรร่วมเข้ามาแล้ว $R^2$ จะสูงขึ้นหรือไม่ power จะเพิ่มขึ้นหรือไม่ ตัวแปรผลลัพธ์ (dependent variable , outcome variable, endogenous variable) จะแปรค่าไป ตามกาลหรือไม่ ก็ให้เพิ่มตัวแปรนี้ลงในตัวแบบก่อน เช่นให้ Co เป็นตัวแปรควบคุม X คือตัวแปรต้นทาง Mo คือตัวแปรกำกับ Y คือตัวแปรตาม ยังคงวิเคราะห์ด้วยการถดถอยแบบเชิงชั้น คือวิเคราะห์สมการถดถอยที่ (7)

$$Y = f(C_0, X, M_0) + \varepsilon \quad (7)$$

และสมการถดถอยที่ (8)

$$Y = f(C_0, X, M_0, X * M_0) + \varepsilon \quad (8)$$

เรื่องนี้ Frazier, Baron and Tix [5] และ Cohen and Cohen [4] แนะนำว่าควรเพิ่ม $C_0 * M_0$ ลงในสมการที่ (8) ด้วย กลายเป็นสมการที่ (9)

$$Y = f(C_0, X, M_0, X * M_0, C_0 * M_0) + \varepsilon \quad (9)$$

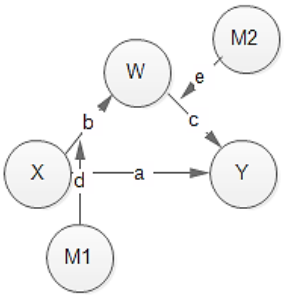
ทั้งนี้เพื่อจะได้ใช้เป็นข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัย แต่ไม่จำเป็นต้องทดสอบนัยสำคัญของ $C_0 * M_0$ [5]

## 3. การวิเคราะห์การกำกับพหุ

ในหลายกรณีเราอาจจะมีตัวแปรกำกับมากกว่า 1 ตัว เรียกว่าตัวแบบการกำกับพหุ (multiple moderation model) ซึ่งอาจมีคำถามว่าจะวิเคราะห์อย่างไร ตอบว่าเรื่องนี้ยังคงยึดหลักเกณฑ์เดิมคือให้วิเคราะห์เป็น 2 ขั้น คือ ขั้นที่ 1 ให้วิเคราะห์ตัวแบบสมการโครง สร้างที่มีตัวแปรสาเหตุและตัวแปรกำกับทุกตัวเพื่อตรวจ สอบอิทธิพลของตัวแปรกำกับและจากนั้นในขั้นที่ 2 ให้เพิ่มอิทธิพลกำกับ (mediation effect) ทุกตัวลงในตัวแบบซึ่งยังคงปฏิบัติแบบเดียวกันทั้งเมื่อตัวแปรกำกับเป็นตัวแปรต่อเนื่องและตัวแปรกลุ่ม กรณีเป็นตัวแปรกลุ่มอาจใช้วิธีสร้างตัวแปรหุ่น (dummy variable) หรือวิเคราะห์พหุกลุ่ม (multi-group analysis)

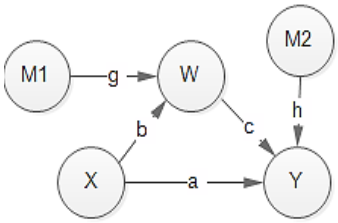
การวิเคราะห์การกำกับพหุอาจดูสับสนแต่ถ้ายึดหลักเกณฑ์ที่ได้กล่าวผ่านมาแล้วตั้งแต่ต้นก็จะเข้าใจได้โดยง่าย ขอยกตัวอย่างเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ดีขึ้นดังนี้

ตัวอย่างที่ 1 สมมุติตัวแบบการกำกับพหุปรากฏในรูปที่ 16 ให้เลียนแบบตามหลักเกณฑ์ที่ผ่านกล่าวมาคือวิเคราะห์เป็น 2 ขั้นตอน โดยให้วิเคราะห์ตัวแบบตาม

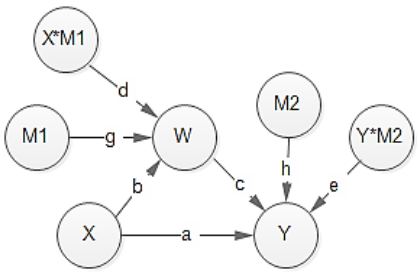



**รูปที่ 16** ตัวแบบที่มีตัวแปรกำกับ 2 ตัว 2 เส้นทาง

รูปที่ 17 และรูปที่ 18 ค่าประมาณของ d และ e ใช้เป็นค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลกำกับ ส่วนค่าของสัมประสิทธิ์เส้นทางอื่นให้เป็นไปตามผลของการวิเคราะห์ SEM

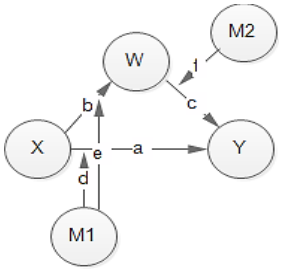



**รูปที่ 17** การวิเคราะห์ตัวแบบการกำกับพหุขั้นที่ 1

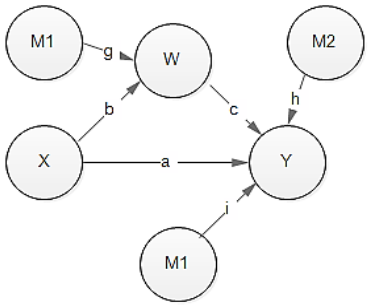



**รูปที่ 18** การวิเคราะห์ตัวแบบการกำกับพหุขั้นที่ 2

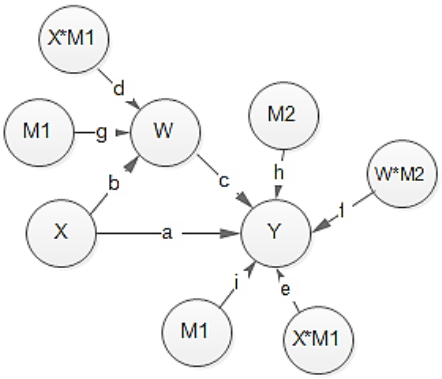
ตัวอย่างที่ 2 รูปที่ 19 คือตัวแบบการกำกับพหุ การวิเคราะห์ตัวแบบที่ปรากฏในรูปที่ 20 กระทำเพื่อศึกษาอิทธิพลของ main effect การวิเคราะห์ตัวแบบในรูปที่ 21 กระทำเพื่อศึกษาอิทธิพลกำกับ ผลจากการวิเคราะห์จากภาพทั้ง 2 นี้ซึ่งจะได้รับค่าประมาณสัมประสิทธิ์เส้นทางตามต้องการให้นำค่าประมาณของ a, b, c, d, e, f ไปใช้สำหรับกำกับเส้นทางในรูปที่ 19 สำหรับรายละเอียดวิธีวิเคราะห์กรณี second order SEM ก็เพียงแต่เลือกใช้ repeated indicator approach วิธี build-up approach หรือวิธี two-stage approach แล้วแต่ว่าตัวชี้วัดเป็นตัวชี้วัดชนิด reflective indicator หรือชนิด formative indicator จากนั้นให้นำค่า construct score มาใช้วิเคราะห์อิทธิพลกำกับ ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้ให้ใช้เป็นค่าอิทธิพลของตัวแปรกำกับซึ่งก็คือค่าที่ใช้กำกับลูกศรที่พุ่งตรงไปยังลูกศรที่เชื่อมโยงตัวแปร




**รูปที่ 19** ตัวแบบที่มีตัวแปรกำกับ 2 ตัว 3 เส้นทาง



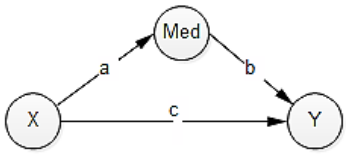

**รูปที่ 20** การวิเคราะห์ตัวแบบการกำกับพหุขั้นที่ 1




**รูปที่ 21** การวิเคราะห์ตัวแบบการกำกับพหุขั้นที่ 2

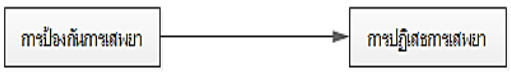
**3.1 Moderated mediation model**

ตัวแบบนี้คือตัวแบบที่เดิมเป็นตัวแบบที่มีตัวแปรคั่นกลาง (mediation model) เช่นในรูปที่ 22 ซึ่งใช้เป็นภาพเริ่มต้น แต่มีตัวแปรตัวที่ 4 เพิ่มเข้ามาคือ Mo เพื่อช่วย



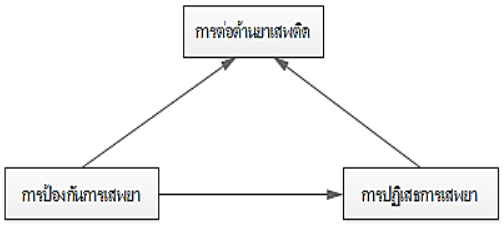

**รูปที่ 22** ตัวแบบตัวแปรคั่นกลาง

อธิบาย เป็นการขยายความว่า Med ที่เชื่อมโยงระหว่างตัวแปร X กับตัวแปร Y นั้นทำหน้าที่การถ่ายทอดอิทธิพลจาก X สู่ Y ไปตามระดับของ Mo ได้ดีเพียงใด โดย Mo อาจเข้ามาช่วยให้อิทธิพลตามเส้นทาง X → Med หรือ X → Y หรือ Med → Y เปลี่ยนแปลงไป หรือกลับเครื่องหมาย เป็นการเสริมคำอธิบาย mediation effect ให้เชื่อมั่นได้มากขึ้นว่ามี Med อยู่จริง ตัวอย่างเช่นในการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลิกเสพยาเสพติด เช่น การกวาดล้างขบวนการค้ายาเสพติด การประชาสัมพันธ์ถึงโทษทั้งทางร่างกาย จิตใจและสังคมหากเสพยาเสพติด ในรูปที่ 23



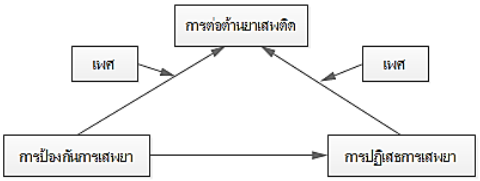

**รูปที่ 23** ตัวแบบเส้นทางแสดงอิทธิพลของการป้องกันการเสพยาที่มีต่อการปฏิเสธยา

ซึ่งพบว่าปัจจัยเชื่อมโยงที่เหมาะสมคือการต่อต้านยาเสพติด ตัวแบบที่มีตัวแปรคั่นกลาง (mediation effect model) จึงขยายเป็นรูปที่ 24 ดังต่อไปนี้




**รูปที่ 24** ตัวแบบเส้นทางแสดงอิทธิพลของการป้องกันการเสพยาที่มีต่อการปฏิเสธยามีการต่อต้านยาเสพติดเป็นตัวแปรคั่นกลาง

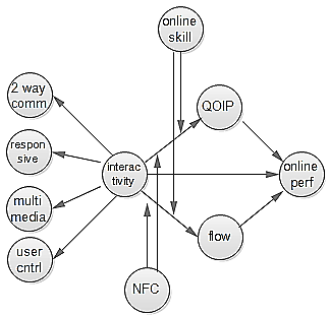
แต่นักวิจัยอาจพบจากวรรณกรรมหรือจากหลักฐานเชิงประจักษ์ว่าความเข้มหรือทิศทางของความสัมพันธ์ขึ้นอยู่กับเพศของผู้ถูกชักชวน ภาพของตัวแบบจึงเปลี่ยนแปลงเป็นรูปที่ 25




**รูปที่ 25** ตัวแบบเส้นทางแสดงอิทธิพลของการป้องกันการเสพยาที่มีต่อการปฏิเสธยามีการต่อต้านยาเสพติดเป็นตัวแปรคั่นกลาง มีเพศผู้ถูกชักชวนเป็นตัวแปรกำกับ

Braekhuizen and Hoffmann [12] ศึกษาผลการดำเนินธุรกิจออนไลน์ (online performance) ในรูปที่ 26 พบว่าคุณภาพของการสื่อสารต้องอาศัยคุณภาพการประมวลผลสารสนเทศ (quality of information processing; QOIP) และการลื่นไหลของข่าวสาร (flow) (คำว่า flow หมายถึงการติดตามข่าวสารโดยคลิกดูไปเรื่อย ๆ ต่อเนื่องจากเพจหนึ่งสู่เพจหนึ่งไม่ออกจากเว็บง่าย ๆ) แต่ก็พบว่าคุณภาพของการสื่อสารที่ต้องผ่านตัวแปรคั่นกลางคือ QOIP

และ flow นั้นจะดีมากน้อยเพียง ใดขึ้นอยู่กับระดับของความใฝ่รู้ (need for cognition; NFC) และความสามารถใช้งานระบบออนไลน์ (online skill) เป็นต้น

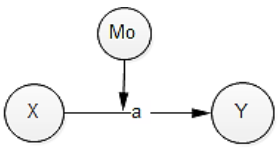



**รูปที่ 26** กรอบแนวความคิดผลดำเนินงานธุรกิจออนไลน์ มีความสามารถใช้งานระบบออนไลน์และระดับของความใฝ่รู้เป็นตัวแปรกำกับ

ข้อแนะนำก็คือนักวิจัยต้องมีทฤษฎีที่แข็งแรง ถ้าไม่มีทฤษฎีก็ต้องมีหลักฐานเชิงประจักษ์ว่าตัวแปรใดเป็นตัวแปรกำกับและตัวแปรกำกับควรชี้ไปที่เส้นทางใด การวิเคราะห์ข้อมูลยังคงใช้หลักเกณฑ์ 2 ขั้นตอนเดิม ซอฟท์แวร์ทางเลือกคือ MODMED ของ Andrew , F. Hayes ซึ่งเป็นมาโครที่ใช้รันใน SPSS [9]

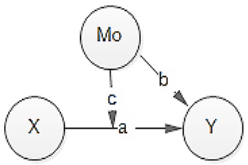
### 3.2 Mediated moderation model

ตัวแบบนี้คือตัวแบบที่เดิมเป็นตัวแบบที่มีตัวแปรกำกับ (moderation model) แต่มีตัวแปรตัวที่ 4 เข้าแทรกกลางระหว่างอิทธิพลกำกับ (moderation effect) กับตัวแปรผลลัพธ์ (outcome variable) กล่าวคือจากรูปที่ 27

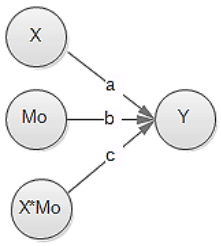



**รูปที่ 27** ตัวแบบการกำกับของ Mo

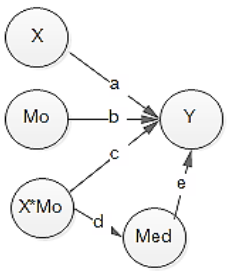
จัดรูปได้เป็นรูปที่ 28 รูปที่ 29 และรูปที่ 30 ดังนี้




**รูปที่ 28**ตัวแบบการกำกับก่อนวิเคราะห์




**รูปที่ 29** ตัวแบบการกำกับเพื่อวิเคราะห์ด้วย SEM/MRA




**รูปที่ 30** ตัวแบบ mediated moderation model

ตัวแบบในรูปที่ 30 คือ mediated moderation model มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบว่ามีปัจจัยใดคั่นกลางระหว่างอิทธิกำกับกับตัวแปรผลลัพธ์หรือไม่ เช่น ในด้านการศึกษาเราอยากทราบว่าคุณภาพของวิธีสอนแบบใหม่ (X) จะมีผลต่อคุณภาพการเรียนรู้ของนักเรียน (Y) มากน้อยเพียงใด และพบว่าถ้าผู้ปกครองให้ความร่วมมือช่วยสนับสนุนการศึกษาที่บ้านด้วย (Mo) และถ้ามีความ

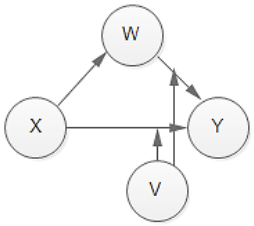
ร่วมมือระหว่างครูกับผู้ปกครอง (Med) ก็จะยิ่งส่งผลดีต่อผลการเรียนของนักเรียนมากขึ้น จากรูปที่ 30 ค่า c คืออิทธิพลของการกำกับและผลคูณของ d*e คืออิทธิพลของ Med ซึ่งเป็นตัวแปรคั่นกลางเรียกว่า mediated moderation effect ผู้สนใจติดตามศึกษาได้จาก Wu and Zumbo [10]

การรันโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ mediated moderation model และ moderated mediation model ยังคงใช้ SEM ตามปกติโดยต้องวิเคราะห์เป็น 2 ขั้นตอนเหมือนที่ อธิบายผ่านมา กรณี mediated moderation เฉพาะในรูปที่ 30 นักวิจัยสามารถทดสอบ mediation effect ได้ด้วยซอฟท์-แวร์ชื่อ Indirect หรือ Process ซึ่งเป็นมาโครที่พัฒนาโดย Andrew, F. Hayes ที่เพิ่มลงใน SPSS [9] คือให้วิเคราะห์ตัวแบบในรูปที่ 28 เพื่อวิเคราะห์ main effect ของ X และ Mo รวมทั้ง $R^2$ จากนั้นให้วิเคราะห์ตัวแบบที่มีตัวแปร X*Mo ในรูปที่ 30 เพื่อทดสอบอิทธิพลกำกับโดยวิเคราะห์ระดับอิทธิพล c และ $R^2$ ที่เพิ่มขึ้น ($R^2$ changed) ส่วนการวิเคราะห์ mediated moderation ให้พิจารณาจากนัยสำคัญของอิทธิพลทางอ้อมจากผลการทดสอบสมมุติฐานดังต่อไปนี้คือ

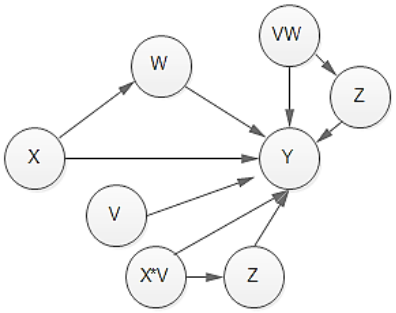
$$H_0: d * e = 0 \text{ vs } H_1: d * e \neq 0$$

ถ้าสมมุติฐานการวิจัย (คือ H1) มีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่าMed เป็นตัวแปรคั่นกลางจริง การทดสอบสมมุติฐานให้ใช้ซอฟท์แวร์ Indirect หรือ Process สำหรับกระบวนการวิเคราะห์ Mediated moderation model ที่ซับซ้อนขึ้นผู้เขียนจะแสดงเป็นภาพตัวแบบ SEM ให้พิจารณา 2 ตัวอย่างดังนี้

ตัวอย่างที่ 1 ให้ Z เป็น mediator ของ moderation model วิเคราะห์ดังนี้

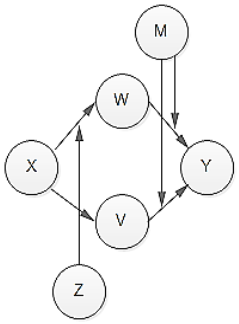



**รูปที่ 31** ตัวแบบการกำกับของ V ใน 2 เส้นทาง

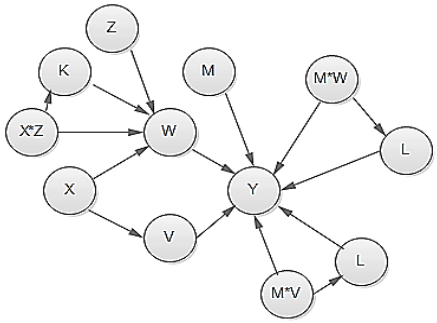



**รูปที่ 32** ตัวแบบการกำกับของ V ใน 2 เส้นทาง มี Z เป็นตัวแปรคั่นกลาง

ตัวอย่างที่ 2 ให้ K และ L เป็น mediator ของ moderation model โดย K คั่นกลางที่ Z และ L คั่นกลางที่ M วิเคราะห์ได้จากภาพที่ 33 ไปภาพที่ 34 การวิเคราะห์ข้อมูลยังคงดำเนินการเป็น 2 ขั้นตอนตามที่กล่าวผ่านมา กรณีตรวจสอบอิทธิพลทางอ้อมต้องใช้วิธี bootstrapping ในซอฟท์แวร์ Indirect




**รูปที่ 33** ตัวแบบการกำกับของ Z และ M ใน 3 เส้นทาง




**รูปที่ 34** ตัวแบบการกำกับของ Z และ M ใน 2 เส้นทาง มี K และ L เป็นตัวแปรคั่นกลาง

## 4. สรุปผล

อิทธิพลกำกับคืออิทธิพลของตัวแปรที่ 3 ที่เข้ามาเปลี่ยนแปลงเครื่องหมายซึ่งใช้อธิบายทิศทางของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามเส้นทาง (sign) หรือเปลี่ยนแปลงขนาดของค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางซึ่งใช้อธิบายความเข้มหรือพลังที่ตัวแปรสาเหตุมีต่อตัวแปรผล (size) หรือเปลี่ยนแปลงนัยสำคัญทางสถิติของสัมประสิทธิ์เส้นทางซึ่งใช้อธิบายว่าตัวแปรสาเหตุมีอิทธิพลต่อตัวแปรผลลัพธ์จริงหรือไม่ในบริบทของการศึกษา (significant)

โดยมากมักจะพบตัวจริงของตัวแปรกำกับได้ยาก เพราะปัจจัยที่เห็นอาจเป็นเพียงปัจจัยที่สัมพันธ์กับปัจจัยตัวจริงที่เรายังไม่รู้จักและอาจแฝงตัวอยู่ที่ใดที่หนึ่ง และตัวแบบที่มีตัวแปรกำกับ (moderation effect model) มักให้ค่า effect size ต่ำ ดังนั้นการวิจัยที่ตัวแปรกำกับเป็นตัวแปรกลุ่มจึงต้องคำนวณหา effect size เพื่อใช้เป็นเกณฑ์กำหนดขนาดตัวอย่างย่อยที่มีผลให้มี power of test สูงพอตรวจจับ moderation effect ซึ่งกระทำได้โดยกำหนดให้มีขนาดตัวอย่างย่อยเท่า ๆ กันและมีขนาดใหญ่ เรื่องขนาดตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ SEM นี้ผู้เขียนจะได้นำมาเผยแพร่ในโอกาสต่อไป

ตัวแปรกำกับอาจเป็นตัวแปรกลุ่มหรือตัวแปรต่อเนื่องก็ได้ หากเป็นตัวแปรกลุ่มอาจวิเคราะห์โดยกำหนดให้ตัวแปรกำกับเป็นตัวแปรหุ่น (dummy variable) แล้วหาอิทธิพลกำกับ หรืออาจวิเคราะห์ด้วยวิธีพหุกลุ่ม (multi-group analysis) แต่ถ้าเป็นตัวแปรต่อเนื่องให้วิเคราะห์เป็น 2 ขั้นตอน ขั้นที่ 1 ให้ตัวแบบ SEM มีตัวแปรทุกตัวยกเว้นอิทธิพลกำกับ ขั้นที่ 2 ให้เพิ่มอิทธิพลกำกับลงในตัวแบบของขั้นที่ 1

ซอฟท์แวร์ที่ใช้ควรเป็น PLS เพราะง่ายและมักจะหาคำตอบได้ (convergent) เสมอ ผลลัพธ์ตรงกันกับ LISREL หรือ AMOS หรือ CB-SEM อื่นส่วนรายละเอียดที่เพิ่มเข้ามา เช่น การเป็นตัวแบบ second order model การเป็นตัวแบบชนิด reflective การเป็นตัวแบบ ชนิด formative การเป็นตัวแบบชนิด moderated mediation หรือการเป็นตัวแบบ mediate moderation ยังคงวิเคราะห์ 2 ขั้นตอนเช่นเดิมแต่อาจใช้วิธีจัดการกับตัวชี้วัดที่มีให้เลือกหลายวิธี

การวิจัยด้วย SEM กับตัวแบบชนิด mediation model หรือ moderation model เป็นการวิจัยที่มีความเด่น (saliency) ทำให้งานวิจัยน่าสนใจและแสดงถึงความเป็นนักวิจัยที่ช่างสังเกตและช่างเฉลียวใจ กล่าวคือไม่ปล่อยให้ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่สูงมากหรือต่ำมากจนผิดสังเกต หรือไม่มีนัยสำคัญผ่านตาไปเฉย ๆ หากแต่สงสัยว่าน่าจะมีปัจจัยบางอย่างแฝงตัวซักใยอยู่เบื้องหลัง แล้วตามเข้าไปศึกษาหรือสังเกตจนได้ตัวแปรกำกับหรือตัวแปรคั่นกลางมาเพิ่มในตัวแบบ ทำให้ตัวแบบถูกต้องขึ้น

## 5. เอกสารอ้างอิง

[1] A.D. Wu and B.D. Zumbo, "Understanding and using Mediators and Moderators", Social Indicator Research, 87, 2008, pp. 367-392.

[2] D.A. Kenny, "Mediation", Available: http:// davidakenny.net/cm/mediate. htm, 13 December 2014.

[3] D.A. Kenny and C.M. Judd, "Estimating the linear and interactive effects of latent variables", Psychological Bulletin 105, 1984, pp. 361–373.

[4] J. Cohen and P. Cohen, Applied multiple regress-ion/correlation analysis for the behavioral sciences (2nd Ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1983.

[5] J.A. Manzano, "Introduction to Structural Equation Modelling Advances in PLSPM", Available http:// www.uv.es/aldas/resources/Docencia/PLSPM_ UOG/5E.PLSPM_ADVANCES.pdf, 10 December 2014.

[6] K. Preacher and A. Hayes, "SPSS and SAS procedures for estimating indirect effects in simple mediation models", Behavior Research Methods, Instruments, and Computers 36, 2004, pp. 717–731.

[7] L.S. Aiken and S.G. West, "Multiple Regression: Testing and Interpreting Interactions", Newbury Park, CA: Sage. 1991.

[8] P.A. Frazier, A.P. Tix and K.A. Barron, "Testing Moderator and Mediator Effects in Counseling Psychology Research", Journal of Counseling Psychology 51(1), 2014, pp. 115-134

[9] T. Braekhuizen and A. Hoffmann, "Interactivity Perceptions and Online Newspaper Preference", Journal of Interactive Advertising 12(2) (Spring), 2012, pp. 29-43.

[10] W.W. Chin, B. Marcolin and P. Newsted, "A Partial Least Squares Latent Variable Modeling Approach for Measuring Interaction Effects: Results from a Monte Carlo Simulation Study and an Electronic-Mail Emotion/Adoption Study", Information Systems Research 14, 2003, pp.189-217.