

ตัวแปรกำกับและตัวแปรคั่นกลางในตัวแบบสมการโครงสร้าง

มนตรี พิริยะกุล*

บทคัดย่อ

ตัวแปรกำกับ คือตัวแปรตัวที่ 3 ที่ส่งผลกระทบต่ออิทธิพลของตัวแปรคู่ใดๆ ในภาพเส้นทาง เปลี่ยนแปลงขนาดและ/หรือเครื่องหมายไปใช้ศึกษาว่าเมื่อไรและกับใครที่อิทธิพลตามภาพเส้นทางนั้นจึงจะเปลี่ยนแปลงไป ตัวแปรกำกับและตัวแปรคั่นกลางสามารถศึกษาร่วมกันไปได้ เรียกว่า moderated mediation model หรือ mediated moderation model การศึกษาตามแนวทางนี้ จะมีผลให้งานวิจัยถูกต้องมิใช่ความสัมพันธ์ปลอม โดยที่ตัวแปรกำกับมักเป็นสิ่งที่ติดตัวมนุษย์มาแต่กำเนิด เช่น เพศ เชื้อชาติ หรือเป็นปัจจัยที่ค่อนข้างเสถียร เช่น อุปนิสัย บุคลิกภาพ นิสัยใจคอ และใช้เมื่อความสัมพันธ์ของคู่ตัวแปรอ่อนแอจนผิดสังเกต หรือเครื่องหมายผิด หรือไม่มีนัยสำคัญ

คำสำคัญ : ตัวแปรกำกับ, ตัวแปรคั่นกลาง, ตัวแบบสมการ โครงสร้าง

Moderator and mediator in Structural Equation Modeling

Montree Piriyaikul*

Abstract

Mediator is a third variable added to modify causal effect of some specific paths by changing strength of path coefficients or their sign on who and/or when context. Moderation and mediation can be combined concurrently, under specific research questions, as moderated mediation model or mediated moderation model. Researches that follow moderation context lead to correct findings, not spurious. Moderators are generally innate (i.e. sex, race) and relatively stable (i.e. trait, personality or disposition) and, is often sought after, when a hypothesize relationship is weak or not found empirically.

Keywords : Moderator, Mediator, Structural equation modelling

1. บทนำ

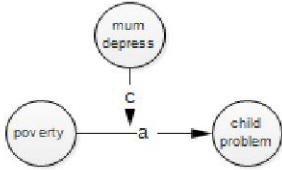
ในการศึกษาตัวแบบสมการ โครงสร้าง (structural equation modeling; SEM) นักวิจัยมักสนใจเฉพาะอิทธิพลของตัวแปรแฝงที่มีต่อกันตามทฤษฎีหรือตามผลการศึกษาในบริบทที่หลากหลาย หรือในการวิเคราะห์การถดถอยนักวิจัยมักจะนึกถึงแต่อิทธิพลของตัวแปรที่ทำหน้าที่เป็นสาเหตุ คือตัวแปรอิสระ (independent variable) แต่นักวิจัยมักไม่เฉลียวใจว่าระดับอิทธิพลเหล่านั้นอาจสูงเกินไปหรืออาจต่ำเกินไป ซึ่งเป็นต้นทางของแนวความคิดเรื่องตัวแปรคั่นกลาง (mediator variable) หรือตัวแปร กำกับ (moderator variable) หรือแม้แต่การผสมผสานระหว่างตัวแปรคั่นกลางกับตัวแปรกำกับ คือ moderated mediation model หรือ mediated moderation model

ตัวแปรคั่นกลาง (mediator variable) คือตัวแปรตัวที่ 3 ที่เข้ามาแทรกกลางระหว่างตัวแปรต้นทาง (X) กับตัวแปรปลายทาง (Y) ทำหน้าที่สร้างความเชื่อมโยงระหว่าง X กับ Y หมายความว่า X กับ Y เดิมอาจไม่ค่อยเกี่ยวข้องกันมาก คือ X อาจมีอิทธิพลต่อ Y ไม่มาก แต่เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลกลับพบว่าอิทธิพลมาก นักวิจัยจึงเฉลียวใจว่าน่าจะมีปัจจัยบางอย่างที่อาจมีเพียงปัจจัยเดียว (single mediator) หรือหลายปัจจัย (multiple mediator) แอบแฝงชักใยสร้างความสัมพันธ์อยู่ [2] ซึ่งจะต้องพยายามตามหาให้พบ (โดยการทบทวนวรรณกรรม) เมื่อพบแล้วให้ทดลองนำข้อมูลมาวิเคราะห์ใหม่ หากปัจจัยนั้นหรือเหล่านั้นเป็นตัวแปรคั่นกลางจริงค่าอิทธิพลรวม (total effect) คือ a ในเส้นทาง $X \rightarrow Y$ (เรียกว่า a-path) จะต้องลดค่าลง อาจลดลงเหลือ 0 หรือลดลงจนเข้าสู่ระดับ ไม่มีนัยสำคัญ แสดงว่าตัวแปรคั่นกลางมีอิทธิพลเต็มที่หรือสมบูรณ์ (full mediation effect) หรืออาจเพียงลดลง แต่

ไม่ลดมาถึง 0 หรือลดลงแต่ยังคงมีนัยสำคัญ แสดงว่าตัวแปรคั่นกลางมีอิทธิพลบางส่วน (partial mediation effect) การทดสอบนัยสำคัญอิทธิพลของตัวแปรคั่นกลางเรียกว่าการทดสอบอิทธิพลทางอ้อม (indirect effect) วิธีทดสอบที่ง่ายคือ Bootstrapping ซึ่งมีผู้พัฒนาซอฟต์แวร์หลายคน ผู้เขียนแนะนำให้ใช้ของ Preacher and Heys [9] (ดูเพิ่มใน Piriyakul [8])

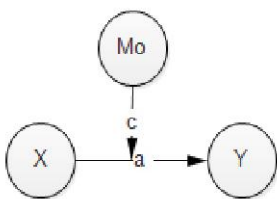
ตัวแปรกำกับ (moderator variable) คือตัวแปรที่ 3 (ต่อไปนี้จะเรียกตัวแปรกำกับว่า Mo) ที่เข้ามาร่วมมือกับตัวแปรต้นทาง โดยเป็น auxiliary independent variable ที่เปลี่ยนแปลงอิทธิพลที่ X มีต่อ Y หรือก่อให้เกิดการเปรียบเทียบอิทธิพลที่ X มีต่อ Y ระหว่างกลุ่มของตัวแปรคั่นกลาง ในกรณีที่เป็นตัวแปรกลุ่ม [2] กรณีนี้เกิดเพราะเราเฉลียวใจว่าทำไมอิทธิพลที่ X มีต่อ Y จึงน้อยเกินกว่าที่ควรจะเป็น [2] แสดงว่าเส้นทางความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X กับตัวแปร Y (คือเส้นทาง $X \rightarrow Y$ ในภาพเส้นทาง) อาจเหมาะสมกับคนบางพวก เช่น เฉพาะเพศ เฉพาะกลุ่มอายุ หรืออื่นๆ ที่เป็นปัจจัยเชิงกลุ่ม (categorical variable) หรือ ณ สถานการณ์บางอย่าง เช่น วิธีสอนอาจส่งผลกระทบต่อผลการเรียนของนักเรียนไปในทางดีเมื่อ (when) ผู้ปกครองเข้ามามีส่วนร่วมในการเรียนของบุตร การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการเรียนของบุตรเป็นตัวแปรกำกับ การเข้าร่วมของผู้ปกครองจะทำให้ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างวิธีสอนกับผลการเรียนรู้อันนักเรียนเปลี่ยนแปลงไป อาจทำให้ความแข็งแกร่งของความสัมพันธ์ (strength) คือสัมประสิทธิ์เส้นทางอาจมีค่ามากขึ้น และ/หรือ ทิศทางของความสัมพันธ์ (direction) เปลี่ยนแปลงไป อาจเปลี่ยนค่าจากค่าบวกเป็นค่าลบหรือกลับกัน หรือความยากจนก่อให้เกิดผลกระทบ

คู่ปัญหาวัยรุ่นน้อยมากจนเราเหลียวใจว่าคงจะมีสาเหตุอื่นมาเบี่ยงเบนหรือลดทอนอิทธิพล และต่อมาพบว่าความซึมเศร้าของมารดาคือปัจจัยที่มัลคพลึงดังรูปที่ 1



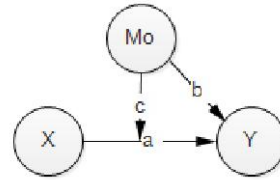
รูปที่ 1 ตัวแบบการกำกับ

หรือในการศึกษาเกี่ยวกับการให้คำปรึกษา นอกจากจะทราบว่าการให้คำปรึกษา (X) สร้างความสุขแก่ผู้รับคำปรึกษา (Y) แล้วเรายังควรรู้ว่าการให้คำปรึกษานั้นเป็นผลดีกับใครที่สุด เช่น เป็นผลดีกับชายหรือหญิงมากกว่า หากทราบแล้วนักจิตวิทยาช่วยให้คำปรึกษาที่เกิดผลดีและป้องกันมิให้เกิดผลร้ายเพราะให้คำปรึกษาผิดคน (เพศ)

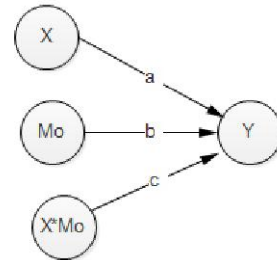


รูปที่ 2 ตัวแบบการกำกับ

การศึกษาอิทธิพลเชิงสาเหตุ โดยมีตัวแปรกำกับคือ Mo นั้นจะมีรูปแบบการแสดงผลการรอบแนวความคิดการวิจัยปรากฏดังรูป 2 สามารถเสนอเป็นรูปที่ 3 และรูปที่ 4 ต่อไปนี้ ส่วนการเสนอผลอาจเสนอในลักษณะของรูปที่ 2 หรือรูปที่ 4 ก็ได้



รูปที่ 3 ตัวแบบการกำกับก่อนวิเคราะห์



รูปที่ 4 ตัวแบบการกำกับวิเคราะห์ด้วย SEM/MRA

ภาพลักษณะนี้คือกรอบแนวความคิดการวิจัยกรณีมีตัวแปรกำกับตัวเดียว ลักษณะสำคัญคือการมีลูกศรพุ่งจากตัวแปรกำกับมายังเส้นทางที่เชื่อมโยงระหว่างตัวแปรคู่หนึ่ง หรือ หลายคู่ กรณีที่มีตัวแปรกำกับมากกว่า 1 ตัวก็กระทำได้ทำนองเดียวกันคือเพิ่มตัวแปรที่อิงสมรมาที่เส้นทางที่เราสนใจศึกษา

จากรูปที่ 3 และรูปที่ 4 นักวิจัยสามารถนำเสนอด้วยการถดถอยแบบเชิงชั้น (hierarchical regression model) ซึ่งดำเนินการต่อเนื่องเป็น 2 ขั้นตอนด้วยการวิเคราะห์การถดถอย 2 สมการคือ

$$Y = f(X, M_0) + \epsilon \quad (1)$$

$$Y = f\{X, M_0, X * M_0\} + \epsilon \quad (2)$$

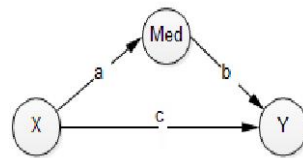
เราเรียกอิทธิพลของ X และ M_0 ว่าอิทธิพลหลัก (main effect หรือ simple effect) และเรียกอิทธิพลของ $X \cdot M_0$ ว่าอิทธิพลการกำกับ (moderation effect) สัมประสิทธิ์ของอิทธิพลการกำกับคือ c ในรูปที่ 4 ใช้ตัดสินใจว่า M_0 มีอิทธิพลการกำกับหรือไม่ คือ M_0 เข้ามาเปลี่ยนแปลงอิทธิพลหลักที่ X มีต่อ Y (คือ a) หรือไม่ โดยทั่วไปถ้ามีอิทธิพลการกำกับ ค่าสัมประสิทธิ์ของ X และค่า R^2 ในสมการถดถอยที่ (1) จะมีค่าน้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ของ X และ ค่าของ R^2 ในสมการถดถอยที่ (2)

การกำกับ (moderation) เป็นกรณีเฉพาะหนึ่งของปฏิสัมพันธ์ (interaction) กล่าวคือปฏิสัมพันธ์จะศึกษาในเชิงทดลอง ตัวแบบจึงไม่ใช่ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุตามธรรมชาติ ขณะที่การกำกับเป็นกรณีที่เราสวมนไว้เพื่อศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ [11]

การกำกับคือการศึกษาว่าระดับความสัมพันธ์ระหว่าง X กับ Y ขึ้นอยู่กับ M_0 มากน้อยเพียงใด อาจเทียบบทบาทของ M_0 ได้กับเครื่องหรี่ไฟ (dimmer) ที่ถ้าค่อย ๆ หมุนไปทางขวาความสว่างจะเพิ่มขึ้น ถ้าหมุนอีกทางความสว่างจะค่อย ๆ ลดลง กล่าวคือเมื่อตัวแปรกำกับมีค่าเพิ่มขึ้นความสัมพันธ์ตามเส้นทางอาจเพิ่มมากขึ้น

ตัวแปรกำกับและตัวแปรคั่นกลางมีที่ใช้ต่างกัน การนำตัวแปรกำกับเข้ามาเพราะพบว่ามีความสัมพันธ์ตามเส้นทาง $X \rightarrow Y$ ที่อ่อนแอผิดปกติหรือไม่มีนัยสำคัญสาเหตุของการไม่มีนัยสำคัญหรือมีความสัมพันธ์ที่อ่อนแออาจเป็นเพราะความสัมพันธ์ $X \rightarrow Y$ เหมาะกับเฉพาะคนบางกลุ่ม (เช่น เพศ อายุ การเป็นสมาชิก) หรือสัมพันธ์กันมากน้อยตามระดับของตัวแปรอื่นที่กำกับความสัมพันธ์เอาไว้ ในทางตรงข้ามหากพบว่าความสัมพันธ์ตามเส้นทาง $X \rightarrow Y$ แข็งแรงมากจนผิดสังเกตให้นำตัวแปรคั่นกลาง (Mediator ย่อเป็น Med)

เข้ามาแทรกในระหว่างตัวแปรดังรูปที่ 5 เพราะต้องการทราบถึงเหตุผลเบื้องหลังความสัมพันธ์นั้น ข้อแตกต่างอื่นคือตัวแปรคั่นกลาง ทำหน้าที่เป็นตัวแปรอิสระตัวหนึ่ง



รูปที่ 5 ตัวแบบตัวแปรคั่นกลาง

จากรูปที่ 5 จะมีสมการ 2 สมการคือ

$$Y = f(X, M_{ed}) + \epsilon \tag{3}$$

$$M_{ed} = f(X) + \epsilon \tag{4}$$

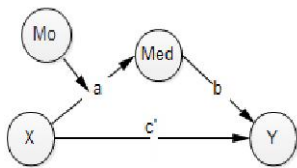
แต่ตัวแปรกำกับคือ M_0 เป็นตัวแปรที่ทำหน้าที่เป็นตัวแปรช่วย (auxiliary independent variable) การวิเคราะห์จะมีสมการถดถอย 2 สมการเช่นกันคือสมการที่ (1) กับสมการที่ (2) แต่ M_0 มีสถานะเป็นตัวแปรอิสระเท่านั้น และเป็นไปได้ที่การศึกษาตัวแบบสมการโครงสร้างหรือตัวแบบสมการถดถอยที่ตัวแปรบางตัวอาจถูกกำหนดให้เป็นตัวแปรคั่นกลางก็ได้หรือกำหนดให้เป็นตัวแปรกำกับก็ได้จึงต้องทบทวนวรรณกรรมให้ดี

2. ลักษณะและรูปแบบของ moderation model

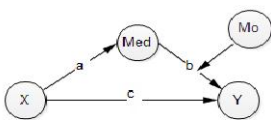
ตัวแปรกำกับโดยทั่วไปจะมีลักษณะของลูกศรที่ชี้ไปบนตัวลูกศรที่เชื่อมโยงระหว่างตัวแปรคู่ที่เราสนใจดัง

รูปที่ 2 เพื่อแสดงถึงการเข้าไปกำกับความสัมพันธ์ตามเส้นทางนั้นโดยอาจเข้าไปเพิ่มหรือลดระดับความสัมพันธ์หรืออาจเปลี่ยนทิศทางความสัมพันธ์จากทิศทางบวกเป็นทิศทางลบหรือกลับกัน และตัวแปรกำกับดังรูปที่ 2 และตัวแปรคั่นกลาง ดังรูปที่ 5 สามารถผสมกันได้ (ตรงนี้จะขอให้นักไว้ในใจเสมอว่าตัวแปรคั่นกลางมีหน้าที่คั่นกลางระหว่างตัวแปรเพื่อถ่ายทอดอิทธิพลของตัวแปรต้นทางไปยังตัวแปรปลายทาง ตัวแปรกำกับมีหน้าที่กำกับความสัมพันธ์เดิมให้เปลี่ยนแปลงไปตามค่าหรือระดับของตน) ความสัมพันธ์ของตัวแปรตามภาพเส้นทางหรือสมการโครงสร้าง (SEM) เกิดขึ้นได้หลายลักษณะ ขึ้นอยู่ที่วัตถุประสงค์ของการศึกษา อาจเป็น Moderated mediation model ในรูปที่ 6 เรียกว่า first stage moderation model เพราะ Mo เข้าทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงอิทธิพลของ a-path (คืออิทธิพลที่ X มีต่อ Med) [10]

หรือ Mo ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงอิทธิพลของ b-path ของ Mediation model ในรูปที่ 7 เรียกว่า second stage moderation model [10]

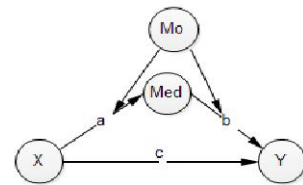


รูปที่ 6 First stage moderation model



รูปที่ 7 Second stage moderation model

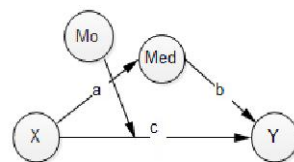
หรือ Mo ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงอิทธิพลของทั้ง a-path และ b-path ใน Mediation model ดังรูปที่ 8 เรียกว่า First stage and second stage moderation model การเปลี่ยนแปลงอิทธิพลของ a-path และ b-path ในรูปที่ 8 [10] นี้ อาจมีผลกระทบให้อิทธิพลทางอ้อมของ Med เปลี่ยนไป คือ ab อาจมีค่าเท่ากับ 0 หรือไม่เท่ากับ 0



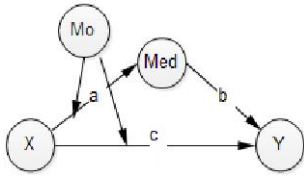
รูปที่ 8 First stage and second stage moderation model

หรือ Mo มาทำหน้าที่เปลี่ยน direct effect ที่ X มีต่อ Y หลังจากเพิ่ม Med เข้ามาในเส้นทาง $X \rightarrow Y$ แล้ว ดังรูปที่ 9 เรียกว่า direct effect moderation model [10]

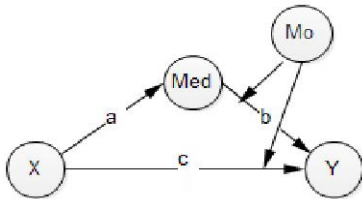
หรือ Mo อาจทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงอิทธิพลของ a-path และ c-path (c-path คือ direct effect) ดังรูปที่ 10 เรียกว่า direct effect and first stage moderation model หรืออาจเข้ามาเปลี่ยนอิทธิพลของ b-path และ c-path ดังรูปที่ 11 เรียกว่า direct effect and second stage moderation model สุดท้ายคือ total effect moderation model ดังรูปที่ 12 ซึ่งมีลูกศร 3 ลูกพุ่งมาจากตัวแปรกำกับสู่ทุกเส้นทาง



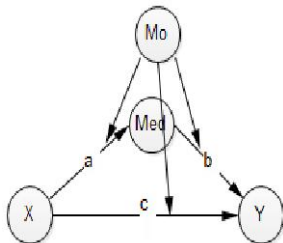
รูปที่ 9 Direct effect moderation model



รูปที่ 10 Direct effect and first stage moderation model



รูปที่ 11 Direct effect and second stage moderation model

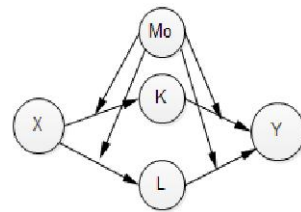


รูปที่ 12 Total effect moderation model

กรณีทั้งหมดที่กล่าวมานี้คือตัวแปรกำกับทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงอิทธิพลของตัวแปรต้นกลางคือตัวแปรที่เข้ามาแทรกระหว่างตัวแปรต้นทางกับปลายทางเพราะสัมประสิทธิ์เส้นทางมีค่าสูงผิดปกติ การทดสอบสมมุติฐานว่าตัวแปรต้นกลางมีอิทธิพลจริงหรือไม่เรียกว่าการทดสอบอิทธิพลทางอ้อม ($H_0: ab = 0$ vs $H_1: ab \neq 0$) ถ้าพบว่า $ab = 0$ ก็แสดงว่า Med ไม่ใช่ตัวแปรต้นกลาง อาจจะเป็นตัวแปรอื่น การที่ a และ b ในภาพต่อไปนี้มีค่าต่ำจนอาจมีผลให้ $ab \cong 0$ ก็สร้างความ

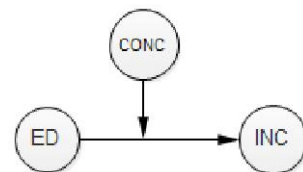
สงสัยว่าที่ต่ำมากขนาดนั้นคงมีสาเหตุแฝงเร้น ปัจจัยที่แฝงเร้นคงจะเป็นตัวแปรใดสักตัวหนึ่งหรือหลายตัวที่เข้ามากำกับ การศึกษา moderated mediation model จึงเกิดขึ้นเพื่อที่จะศึกษาว่าตัวแปรต้นกลางที่ถ่ายทอดอิทธิพลจาก X สู่ Y นั้นทำหน้าที่ได้ดีเพียงใด ขึ้นอยู่กับระดับของตัวแปรกำกับหรือไม่ [11]

นอกเหนือจาก moderated mediation model แล้วยังมี moderation model ตามเส้นทางปกติที่ไม่ใช่เป็นเรื่องของการศึกษา mediation effect ดังรูปที่ 13 [10] คือการศึกษาที่มุ่งไปยังบทบาทของ Mo ที่เข้ามาเปลี่ยนแปลงอิทธิพลตามเส้นทาง แต่ทั้งนี้การมากำกับเส้นทางไม่จำเป็นต้องกำกับทุกเส้นทางแต่ต้องขึ้นอยู่กับวรรณกรรม



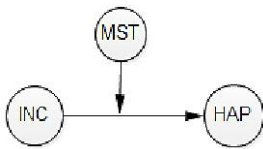
รูปที่ 13 Moderation model

ตัวอย่างเช่น การเป็นผู้มีการศึกษาดี (ED) น่าจะมีผลให้มีรายได้สูง (INC) แต่สัมประสิทธิ์เส้นทางมีค่าต่ำ แสดงว่าอาจมีตัวแปรกำกับบางตัวที่เข้ามาเปลี่ยนแปลงความสัมพันธ์นี้ เช่น การมีเครือข่าย (connection; CON) คือการรู้จักผู้คนมาก ดังรูปที่ 14 [10]

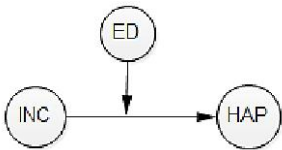


รูปที่ 14 เครือข่ายเป็นตัวแปรกำกับของเส้นทางที่การศึกษามีอิทธิพลต่อรายได้

หรือการมีรายได้ (income; INC) มากน่าจะเป็นสาเหตุให้มีความสุข (happiness; HAP) มากแต่ก็ไม่พบว่าสัมประสิทธิ์เส้นทางมีค่าสูง ตัวแปรกำกับจึงอาจเป็นสถานภาพการสมรส (marital status; MST) หรือการมีการศึกษา (education; ED) ก็ได้ ดังรูปที่ 15 และรูปที่ 16 [11]



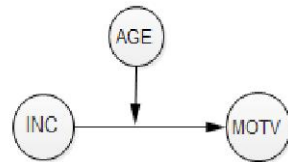
รูปที่ 15 สถานภาพสมรสเป็นตัวแปรกำกับกับเส้นทางที่รายได้มีอิทธิพลต่อการมีความสุข



รูปที่ 16 การศึกษาเป็นตัวแปรกำกับกับเส้นทางที่รายได้มีอิทธิพลต่อการมีความสุข

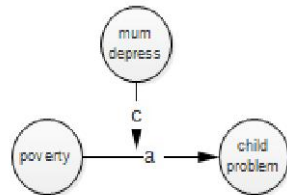
จากทั้ง 2 ภาพนี้เป็นข้อเตือนใจว่าตัวแปรกำกับอาจมีได้หลายตัว บางตัวอาจไม่ได้เป็นตัวแปรกำกับโดยตรง หากแต่เป็นตัวแปรที่สัมพันธ์กับตัวแปรกำกับจริงที่แฝงตัวอยู่และเรายังไม่รู้จัก เช่น การมีรายได้มากและได้รับสวัสดิการที่ดีน่าผลักดันให้พนักงานมีแรงจูงใจทำงาน (motivation ; MOTV) [7] แต่ก็ไม่ใช่เช่นนั้นเพราะอาจมีตัวแปรกำกับคืออายุ (AGE) เข้าไปกำกับความสัมพันธ์นั้น เพราะการมีอายุมากขึ้นมีภาวะรับผิดชอบในครอบครัวมากขึ้นอาจมีผลกระทบสู่ความสัมพันธ์ระหว่างรายได้กับแรงจูงใจในการทำงาน หรือความมั่ง

คั่งอาจเป็นตัวแปรที่สัมพันธ์กับอายุ ทำให้อายุมีบทบาทมาเปลี่ยนอิทธิพลของเส้นทางดังรูปที่ 17 เพราะอายุมีสหสัมพันธ์กับความมั่งคั่ง



รูปที่ 17 อายุเป็นตัวแปรกำกับกับเส้นทางที่รายได้มีอิทธิพลต่อการมีแรงจูงใจในการทำงาน

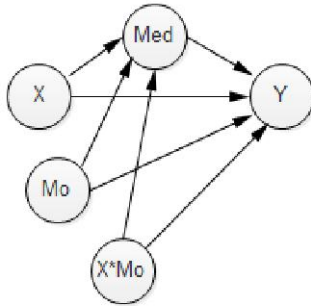
หรือความยากจน (poverty) มีผลให้เด็กมีพฤติกรรมที่เป็นปัญหา (child problem) แต่อาจไม่เป็นจริงเสมอไป เพราะความซึมเศร้าของแม่ (mum depress) น่าจะเป็นตัวแปรกำกับที่ผลักดันให้เกิดปัญหา [1] ดังรูปที่ 18



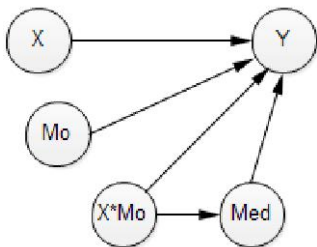
รูปที่ 18 ความซึมเศร้าของแม่เป็นตัวแปรกำกับกับเส้นทางที่ความยากจนมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมที่เป็นปัญหาของเด็ก

นอกจากตัวแบบ Moderated mediation model นี้ยังมี Mediated moderation model ดังรูปที่ 19 และรูปที่ 20 ต่อไปนี้ กรณีนี้คือการศึกษารูป moderation model แต่มีตัวแปรคั่นกลางคือ Med เข้ามาแทรกกลางทางระหว่างตัวแปรกำกับกับตัวแปรผลลัพธ์และระหว่างตัวแปรต้น

ทางกับตัวแปรผลลัพธ์ ดังรูปที่ 19 หรืออาจเข้ามาแทรก ระหว่างตัวแปรกำกับกับตัวแปรตามดังรูปที่ 20 ผู้สนใจสามารถศึกษาเรื่องราวเหล่านี้ได้จาก [5, 10-11]



รูปที่ 19 Med เข้าแทรกระหว่างตัวแปรต้นทางกับตัวแปรผลลัพธ์และระหว่างตัวแปรกำกับกับตัวแปรผลลัพธ์



รูปที่ 20 Med เข้าแทรกระหว่างแปรกำกับกับตัวแปรผลลัพธ์

3. แผนการวิจัยด้วย Moderation model

ตัวแปรคั่นกลางโดยปกติจะเป็นตัวแปรที่เป็นไปตามธรรมชาติ คือมีมาแต่กำเนิด เช่น เพศชาติพันธุ์ หรือเป็นอุปนิสัย บุคลิกภาพ วิธีคิด ภูมิหลัง สภาพแวดล้อม หรือบริบทอื่น เช่น การศึกษาของบิดามารดา ตัวแปรพวกนี้ จะใช้เป็นส่วนหนึ่งของการตอบคำถามว่าการกระทำนั้น หรือการทดลองนั้นหรือความสัมพันธ์นั้นมีผลดีกับใคร

คำว่าใคร (who) ตามวรรณกรรมของตัวแปรกำกับ หมายถึงลักษณะทางประชากร จิตวิทยา และภูมิศาสตร์ของหน่วยวิเคราะห์ เช่น เพศ ชาติพันธุ์ เชื้อชาติ สัญชาติ รสนิยม คุณภาพชีวิต บุคลิกภาพ ฯลฯ เราศึกษาการกำกับ เพราะความสงสัยว่าเพราะเหตุใดความสัมพันธ์ตามเส้นทาง $X \rightarrow Y$ จึงมีค่าน้อยเกินไปหรือไม่มีนัยสำคัญ เพราะที่จริงแล้วความสัมพันธ์อาจไม่ได้มีค่าน้อยหรือไม่มีนัยสำคัญ แต่ความสัมพันธ์นั้นอาจเป็นจริงในบางกลุ่มบางพวกของประชากร เช่น วิธีสอนคณิตศาสตร์แนวใหม่อาจมีผลดีกับเฉพาะเด็กเก่งไม่ใช่เด็กทั่วไป หรือการส่งเสริมการเข้าสมาคมแก่นักศึกษาโดยใช้วิธีเข้าพบปะเป็นส่วนตัวพบว่าได้ผลดีเฉพาะนักศึกษาหญิงเท่านั้น การออกแบบการวิจัยจึงต้องพิจารณาคู่กันไป ระหว่างตัวแปรคั่นกลางและตัวแปรกำกับ

อิทธิพลของตัวแปรกำกับเป็นเรื่องของ observed control design เป็นสิ่งที่ต้องมีหลักฐานจากการสังเกต หรือจะให้ง่ายกว่าก็คือผลจากการทบทวนวรรณกรรม [3] ตัวแปรกำกับจากการสังเกตอาจมีบทบาทใน 3 บทบาทคือ บทบาทในทางเสริมปฏิสัมพันธ์ (enhancing effect) กล่าวคือ ทั้ง X และ Mo มีอิทธิพลต่อ Y ไปในทางเดียวกัน และเมื่อมีอิทธิพลการกำกับคือ X*Mo เพิ่มเข้ามา ก็จะมีอิทธิพลมากกว่าเมื่อมีเฉพาะ X หรือ Mo หรืออาจมีบทบาทในทางผ่อนคลาย (buffering effect) คือ Mo เข้ามาลดหรือผ่อนความสัมพันธ์ระหว่าง X กับ Y ตามเส้นทาง $X \rightarrow Y$ หรืออาจมีบทบาทในทางขัดขวาง (antagonistic effect) คือ X และ Mo มีอิทธิพลต่อ Y ในทางเดียวกัน แต่ X*Mo มีอิทธิพลในทางตรงข้าม ทำนองเดียวกัน เมื่อ X หรือ Mo เป็นตัวแปรกลุ่ม X อาจมีอิทธิพล

ทางบวกต่อ Y ในกลุ่มหนึ่งและอาจไม่มีความสัมพันธ์ หรือมีความสัมพันธ์ในทางลบในกลุ่มอื่น

การออกแบบเพื่อศึกษาอิทธิพลการกำกับกระทำได้ 3 วิธีคือ

1. ตัวแปรกำกับเป็นตัวแปรกลุ่ม (categorical variable) เช่น เพศ ระดับการศึกษา อายุของสถานประกอบการ การวิเคราะห์ในกรณีนี้ใช้

1) การวิเคราะห์ความผันแปร 2 ทาง (two way ANOVA) หรือการวิเคราะห์ความผันแปร 3 ทาง (three way ANOVA) หรืออื่น ๆ แล้วแต่ระดับของตัวแปรกำกับ ผลทดสอบอิทธิพลของการกำกับ (ซึ่งก็คือ ปฏิสัมพันธ์ (interaction effect) นั่นเอง) และนัยสำคัญของตัวแปรดูได้จากตาราง ANOVA

2) ใช้สมการถดถอยพหุ (multiple regression analysis: MRA) โดยกำหนดรหัสให้แก่วัตัวแปรกลุ่ม เช่น ถ้ากำหนดให้ $M_0 = \text{sex}$ และเรากำหนดรหัสดังนี้คือ 1 = ชาย 0 = หญิง แล้วถ้อยหาผลคูณ $X * M_0$ แล้ววิเคราะห์การถดถอยจากสมการที่ (1) และ (2) สัมประสิทธิ์ของ $X * M_0$ คืออิทธิพลการกำกับ กรณีนี้สามารถวิเคราะห์โดยวิธี SEM ได้เช่นกัน

3) ใช้ตัวแบบสมการโครงสร้าง (structural equation modeling: SEM) โดยวิเคราะห์ในลักษณะพหุกลุ่ม (multi-group) เช่น วิเคราะห์ตัวแบบ $X \xrightarrow{a_1} Y$ กรณี $M_0 = \text{ชาย}$ และวิเคราะห์ตัวแบบ $X \xrightarrow{a_2} Y$ กรณี $M_0 = \text{หญิง}$ จากนั้นทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสัมประสิทธิ์เส้นทางระหว่างตัวแบบ แต่ในกรณีนี้ต้องทดสอบความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ของค่าประมาณ a_1 และ a_2 เสียก่อน ถ้ายอมรับสมมติฐานว่ามีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานต่างกันจึงคือ

ทำ multi-group analysis มิเช่นนั้นให้รวมเป็นกลุ่มเดียวกัน

สมมติฐานสำหรับเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์เส้นทางใด ๆ (คือระหว่าง a_1 กับ a_2) คือ

$H_0: a_1 = a_2$ vs $H_1: a_1 \neq a_2$
 ทดสอบด้วย Chow test ดังสมการที่ (5) ต่อไปนี้

$$t = \frac{\hat{a}_1 - \hat{a}_2}{\sqrt{\frac{(m-1)^2 s_1^2 + (n-1)^2 s_2^2}{m+n-2} \sqrt{\frac{1}{m} + \frac{1}{n}}}} \quad (5)$$

โดยที่ m คือขนาดตัวอย่างย่อย (sub-group) ที่ 1 และ n = ขนาดตัวอย่างย่อยที่ 2 s_1 = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error; SE) ของสัมประสิทธิ์เส้นทางในตัวอย่างย่อยที่ 1 และ s_2 = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error; SE) ของสัมประสิทธิ์เส้นทางในตัวอย่างย่อยที่ 2 ถ้าพบว่า $H_1: a_1 \neq a_2$ เป็นจริงก็แสดงว่าตัวแปรกำกับมีอิทธิพลการกำกับ (moderation effect) จริง

กรณีตัวแปรกำกับเป็นตัวแปรกลุ่มมีข้อควรระวังคือ

1) ถ้าจำนวนตัวอย่างสำหรับแต่ละกลุ่มไม่เท่ากัน จะมีผลให้อำนาจทดสอบของตัวทดสอบ (power of test) มีค่าต่ำ อำนาจทดสอบของตัวทดสอบคือความสามารถ (วัดในรูปความน่าจะเป็น) ของตัวทดสอบที่สามารถตรวจจับอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ (interaction effect) ได้ ผลการศึกษาพบว่าถ้าขนาดตัวอย่างย่อย 2 กลุ่ม (เช่นกลุ่มชายกับกลุ่มหญิง) เท่ากันได้ค่าอำนาจทดสอบเท่ากับ 0.80 แต่ถ้าขนาดตัวอย่างย่อยไม่เท่ากันคือเป็นอัตราส่วน 1: 9 จะมีผลให้ค่าอำนาจทดสอบลดลงเหลือเพียง 0.40 ซึ่งหากพบว่าค่าอำนาจทดสอบต่ำมากเรามีทางออกคือให้เพิ่มตัวแปรร่วม (covariate) ลงในตัวแบบ [6] เรียกว่าตัวแปร

ควบคุมซึ่งคงหาพรรณกรรมได้ง่ายกว่าการหาว่าตัวแปรใดเป็นตัวแปรกำกับ

2) ถ้าจำนวนตัวอย่างไม่เท่ากัน หากกลุ่มที่ใหญ่กว่าให้ค่า SE สูงกว่า ค่าของ t จะ over-estimate (คือค่า t ที่คำนวณได้มีค่าสูงเกินความเป็นจริง ที่จริงแล้วอาจต่ำกว่านั้น) ทำให้สรุปผลว่าสัมพันธ์เส้นทางที่ศึกษาของกลุ่มที่ 1 (คือ $\beta_{กลุ่ม1}$) ต่างจากสัมพันธ์เส้นทางที่ศึกษาในกลุ่มที่ 2 (คือ $\beta_{กลุ่ม2}$) คือสรุปผลว่ามีอิทธิพลการกำกับทั้ง ๆ ที่อาจไม่เป็นเช่นนั้น แต่ถ้าหากกลุ่มตัวอย่างย่อยที่ใหญ่กว่าให้ค่า SE ต่ำกว่า ค่า t จะ under-estimate ทำให้สรุปว่าสัมพันธ์เส้นทางที่ศึกษาของกลุ่มที่ 1 ไม่แตกต่างจากสัมพันธ์เส้นทางที่ศึกษาในกลุ่มที่ 2 คือสรุปผลว่า $\beta_{กลุ่ม1} = \beta_{กลุ่ม2}$ หรือไม่มีอิทธิพลการกำกับทั้ง ๆ ที่อาจไม่เป็นเช่นนั้น SE ในที่นี้ก็คือ $\sqrt{V(\beta)}$

2. ตัวแปรกำกับที่เป็นตัวแปรต่อเนื่อง การวิเคราะห์ในกรณีนี้ใช้ Hierarchical Regression หรือ SEM การวิเคราะห์กรณีนี้มีสิ่งที่จะต้องระมัดระวังคือ

1) ความเชื่อถือได้ (reliability) ของตัวแปรแฝง เพราะความคลาดเคลื่อนจากการวัด (measurement error) ของตัวชี้วัดย่อมส่งผลในทางลดความเชื่อถือได้ของตัวแปรแฝงและของผลคูณ $X \cdot M_0$ ผลที่ตามมาคือ SE มีค่าสูงขึ้นและอำนาจทดสอบลดลง ซึ่งอาจลดลงถึงครึ่ง [1]

2) การกระจายตัวของตัวอย่าง ถ้ากลุ่มตัวอย่างกระจายไม่ทั่วกลุ่มประชากรหรือก็คือหน่วยสำรวจได้รับโอกาสเลือกไม่เท่ากัน (เรียกว่า range restriction) จะส่งผลกระทบต่ออำนาจทดสอบ

3) ความหยابละเอียดไม่เท่ากันระหว่างค่าตัวแปรผลลัพธ์กับตัวแปร $X \cdot M_0$ กล่าวคือถ้า X และ M_0 วัดค่าใน 5 point Likert type ผลคูณ $X \cdot M_0$ จะมีค่าได้ 1-

25 แต่ตัวแปรผลลัพธ์วัดได้ 5 ค่าคือ 1-5 จึงหยابกว่า ถ้าเป็นไปได้ตัวแปรผลลัพธ์จะต้องมีค่า 1-25 เช่นเดียวกับอิทธิพลการกำกับ (คือ $X \cdot M_0$) ผลของเหตุการณ์นี้อาจทำให้อำนาจทดสอบลดลง แต่หากทำไม่ได้ก็ขอให้ระมัดระวังเรื่องความเชื่อถือได้และความเที่ยงตรงของตัวแปรมาตรวัด ซึ่งแม้จะระมัดระวังแล้วอำนาจทดสอบก็ยังคงถูกระทบจากความหยاب (coarseness) ของมาตรวัดอยู่เช่นเดิม

ในกรณี M_0 เป็นตัวแปรต่อเนื่องบางครั้งอาจจำเป็นต้องแปลงให้เป็นตัวแปรกลุ่ม ในกรณีนี้เราอาจแบ่งเป็น 2 กลุ่มตามค่ามัธยฐาน เรียกว่า median split (การแบ่งกลุ่มค่าสังเกตออกเป็น 2 กลุ่มแบบนี้ถือว่าเป็นการแบ่งเป็น 2 กลุ่มเทียม (artificial dichotomizing) หรือแม้แต่การแบ่งกลุ่มด้วยเกณฑ์อื่นที่กำหนดขึ้นเองที่เรียกว่า cut point split เช่น แบ่งกลุ่มตามเปอร์เซ็นต์ไทล์ (percentile split) ซึ่งถือว่าเป็นการแบ่งกลุ่มเทียมเช่นกัน แล้วทดสอบอิทธิพลการกำกับด้วย ANOVA การกระทำเช่นนี้จะเสียสารสนเทศเพราะการแปลงมาตรวัดที่ละเอียดมาเป็นมาตรวัดที่หยابและเสียอำนาจทดสอบที่จะตรวจพบอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ และการแบ่งกลุ่มเทียม (artificial dichotomizing) ที่กระทำทั้งกับ X และ M_0 ที่เป็นตัวแปรต่อเนื่องอาจทำให้ได้คำตอบที่ตรงกันข้ามกับที่เป็นจริง หรือได้ความสัมพันธ์ปลอม (spurious effect) ผลการศึกษาโดยวิธีจำลองแบบพบว่าถ้า X และ M_0 เป็นตัวแปรต่อเนื่องและวิเคราะห์ด้วยการถดถอยแบบเชิงชั้น (hierarchical regression) จะมี α -error และ β -error ต่ำกว่าเมื่อไปทำ Median split หรือเมื่อใช้ cut point อย่างอื่นกับ X และ/หรือ M_0

กรณีนี้นักสถิติแนะนำว่ากรณีที่ M_0 เป็นตัวแปรกลุ่มตามธรรมชาติให้ใช้การถดถอยแบบเชิงชั้น และเมื่อ M_0

เป็นตัวแปรต่อเนื่องแล้วถูกสร้างเป็นตัวแปรกลุ่มเทียม โดยอาจแบ่งกลุ่มด้วยค่ามัธยฐานก็สามารถใช้การถดถอยแบบเชิงชั้นวิเคราะห์อิทธิพลการกำกับได้

การแบ่งกลุ่มค่าสังเกตที่เป็นการแบ่งกลุ่มเทียมเช่น แบ่งด้วยค่ามัธยฐานขึ้นอยู่กับความจำเป็น เช่น ในบริการทางการแพทย์ของโรงพยาบาลเอกชนยังไม่มีเกณฑ์สากลระบุว่ามีความเสี่ยงในขั้นใดเพียงจึงจะนับว่าเป็นโรงพยาบาลขนาดเล็กหรือมีเพียงคนไข้ในขั้นใดเพียงจึงจะนับว่าเป็นโรงพยาบาลขนาดใหญ่ การใช้ค่ามัธยฐานเป็นเกณฑ์แบ่งกลุ่มจึงเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้เป็นทางเลือกการจัดกลุ่มและหากต้องจัดมากกว่า 2 กลุ่มก็อาจใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์เป็นเครื่องมือแบ่งกลุ่ม โดยทั่วไปนิยมใช้ค่ามัธยฐานเป็นเกณฑ์แบ่งกลุ่มในงานวิเคราะห์ ANOVA

อำนาจทดสอบคือความน่าจะเป็นที่ตัวทดสอบจะยอมรับสมมุติฐานหลักที่เป็นจริง นอกจากถูกกระทบจาก 1) ขนาดตัวอย่างย่อยที่ไม่เท่ากัน 2) จากความเชื่อถือได้ของมาตรวัด 3) จากความหยาบของตัวแปรผลลัพธ์ และ 4) จากการจัดตัวแปรต่อเนื่องเป็นตัวแปรกลุ่มด้วยค่ามัธยฐานแทนที่จะใช้กลุ่มตามธรรมชาติ แล้วยังมีสิ่งที่ส่งผลกระทบต่ออีกประการหนึ่งคือ 5) ขนาดตัวอย่างขั้นต่ำที่สูงพอจะตรวจพบอิทธิพลการกำกับได้ เรียกว่า effect size ซึ่งวัดได้ดังสมการที่ (6) ต่อไปนี้คือ

$$f^2 = \frac{R^2_{\text{ตัวแบบมี } M_0} - R^2_{\text{ตัวแบบไม่มี } M_0}}{R^2_{\text{ตัวแบบมี } M_0}} \quad (6)$$

คำว่าตัวแบบตามสูตร f^2 ในสมการที่ (4) หมายถึงตัวแปรผลลัพธ์ที่เกี่ยวข้องกับตัวแปร M_0 เท่านั้น

โดยทั่วไป effect size มักจะมีค่าต่ำ ซึ่ง Cohen [4] แนะนำเกณฑ์ตัดสินใจค่า f^2 ไว้ดังนี้

$f^2 = 0.02$ แสดงว่า effect size ต่ำ แสดงว่าตัวอย่างมีขนาดเล็กไม่พอที่จะตรวจพบอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ (ค่าเฉลี่ย คือ 0.005)

$f^2 = 0.15$ แสดงว่า effect size มีค่าปานกลาง แสดงว่าตัวอย่างมีขนาดใหญ่ปานกลาง สูงพอที่จะตรวจพบอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ (ค่าเฉลี่ยคือ 0.01)

$f^2 = 0.35$ แสดงว่า effect size สูง แสดงว่าตัวอย่างมีขนาดใหญ่สามารถตรวจพบอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ได้ (ค่าเฉลี่ย คือ 0.025)

ถึงตรงนี้อาจมีผู้สงสัยว่า อิทธิพลการกำกับต่างจากคำว่าอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์อย่างไรบ้าง ที่จริงคำทั้ง 2 ต่างกันเพียงวิธีตีความ กล่าวคือในกรณีอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ ถ้ามีตัวแปร X_1 และ X_2 ตามสมการที่ (7) คือ

$$Y = f(X_1, X_2) + \epsilon \quad (7)$$

นักวิจัยสนใจว่า non-linear effect คือ $X_1 * X_2$ มีผลต่อการอธิบายความผันแปรของ Y หรือไม่จึงเพิ่ม $X_1 * X_2$ ลงในสมการที่ (7) ปรากฏเป็นสมการที่ (8) ดังนี้

$$Y = f(X_1, X_2, X_1 * X_2) + \epsilon \quad (8)$$

กรณีอิทธิพลการกำกับนักวิจัยจะสนใจว่าตัวแปรตัวที่ 3 ใดบ้างที่อาจเข้ามาเปลี่ยนหรือกลั่นกรองอิทธิพลที่ X มีต่อ Y (ดูสมการที่ (2))

กรณีทั้ง 2 คือปฏิสัมพันธ์และอิทธิพลการกำกับมีรูปแบบสมการแบบเดียวกัน แสดงว่าอิทธิพลการกำกับเป็นกรณีเฉพาะของอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ อาจพบว่ามีการใช้คำทั้ง 2 สลับกันไปมาในบางครั้ง แต่ในวารสารทางวิชาการก็ใช้คำว่าอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ได้ในทั้ง 2 กรณี

4. สรุปผล

ตัวแปรกำกับ (moderator) คือตัวแปรที่นักวิจัยเพิ่มเข้ามาในตัวแบบเส้นทางหรือตัวแบบสมการ โครงสร้าง เพื่อเปลี่ยนทิศทางและ/หรือขนาดของความสัมพันธ์ตามเส้นทางที่ศึกษาเนื่องจากมีข้อสงสัยว่าเพราะเหตุใดอิทธิพลของตัวแปรสาเหตุจึงส่งผลกระทบต่อตัวแปรผลลัพธ์น้อยเกินกว่าที่ควรจะเป็น โดยที่การกำกับอาจกระทำบนเส้นทางบางเส้นทางหรือทุกเส้นทางขึ้นอยู่กับวรรณกรรม ทั้งสามารถมีตัวแปรกำกับได้หลายตัว การวิเคราะห์ข้อมูลสามารถใช้ได้ทั้ง MRA และ SEM แต่ขอแนะนำให้ใช้ SEM เพราะเป็นตัวแบบที่ขยายมาจาก MRA หรืออาจมองว่าข้อย่อยเป็น MRA ก็ได้ เหมาะสำหรับงานวิจัยทางสังคมศาสตร์ที่ศึกษาอิทธิพลเชิงสาเหตุของตัวแปรที่เป็นตัวแปรแฝงหรือตัวแปรที่เป็นตัวแปรการวัดธรรมดาเช่น รายได้ การออม อัตราส่วนทางการเงิน และอื่น ๆ ที่เคยวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอย ตัวแปรกำกับและตัวแปรคั่นกลางสามารถผสมผสานกันเป็นแบบเดียวกันได้ ทำให้ได้ตัวแบบ moderated mediation model หรือ mediated moderation model ซึ่งนำไปสู่ผลการศึกษาที่รอบคอบระมัดระวังและเป็นเรื่องใหม่

SEM คือตัวแบบเส้นทาง (path model) ที่ประกอบด้วยสมการ โครงสร้าง (structural equation) จำนวนหนึ่งซึ่งเกิดจากเส้นทางที่เชื่อมโยงระหว่างตัวแปรแฝง (latent variable construct) เป็นเครือข่ายตามหลักฐานทางทฤษฎี และผลการวิจัยในอดีต เราเสนอตัวแปรแฝงในรูปวงรีหรือวงกลม และตัวแบบสมการมาตรวัด (measurement model) จำนวนหนึ่งมักน้อยกลุ่มตามจำนวนตัวแปรแฝง ใช้สะท้อนภาพตัวแปรแฝงหรือร่วมกันสร้างตัวแปรแฝง ใช้สัญลักษณ์รูปสี่เหลี่ยม การวิเคราะห์ใช้หลักการของ

MRA แต่จะวนเวียนคำนวณซ้ำ (iterate) ตามขั้นตอนวิธีที่กำหนดจนกระทั่งค่าสัมประสิทธิ์ทุกเส้นทางเสถียร

ในบทความลำดับต่อไปที่ต่อจากเรื่องนี้ ผู้เขียนจะแนะนำวิธีวิเคราะห์ตัวแบบสมการ โครงสร้างที่มีตัวแปรกำกับและที่มีทั้งตัวแปรกำกับและตัวแปรคั่นกลาง ซึ่งการวิเคราะห์ดังกล่าวมีรายละเอียดค่อนข้างมากอาจต้องมีความรู้เกี่ยวกับซอฟต์แวร์สำหรับ SEM เช่น LISREL AMOS PLS-graph smart PLS รวมทั้ง SPSS

5. เอกสารอ้างอิง

[1] L.S. Aiken and S.G. West, Multiple regression: Testing and interpreting interactions. Newbury Park, CA: Sage. 1991.

[2] R.M. Baron and D.A. Kenny, The moderator-mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. Journal of Personality and Social Psychology 51, 1986, 1173–1182.

[3] J. Cohen and P. Cohen, Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences (2nd ed.), 1983 Hillsdale, NJ: Erlbaum

[4] J. Cohen, A power primer, Psychological Bulletin 112, 1992, pp.55–159.

[5] P.A. Frazier, A.P. Tix, and K.A. Barron, Testing Moderator and Mediator Effects in Counseling Psychology Research, American Psychological Association, Inc. 51 (1), 2004, pp.115–134.

- [6] J. Jaccard and C.K. Wan, Measurement error in the analysis of interaction effects between continuous predictors using multiple regression : Multiple indicator and structural equation indicator and Structural equation approaches. *Psychological Bulletin* 117, 1995, pp. 348–357.
- [7] D. Kenny, Mediation, Retrieved Dec, from <http://davidakenny.net/cm/mediate.htm>, 2014.
- [8] M. Piriyaikul, Mediator5 and Test of Indirect Effect, Department of Statistics, Faculty of Science, Ramkhamheang University, 2015. (in Thai)
- [9] K. Preacher and A. Hayes, SPSS and SAS procedures for estimating indirect effects in simple mediation models. *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers* 36 (4), 2004, pp. 717–731.
- [10] S.W. Hsueh, “How to model mediating and moderating effects”, CFDR Workshop Series. Center for Family and Demographic Research, 2011.
- [11] A.D. Wu and B.D. Zumbo, Understanding using Mediators and moderators, *Social Indicators Research* 87, DOI 10.1007/s11205-007-9143-1, 2007, pp. 367-392.