

Moderated mediation modeling

บรรยายที่ศูนย์จัดการความรู้และถ่ายทอดผลงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

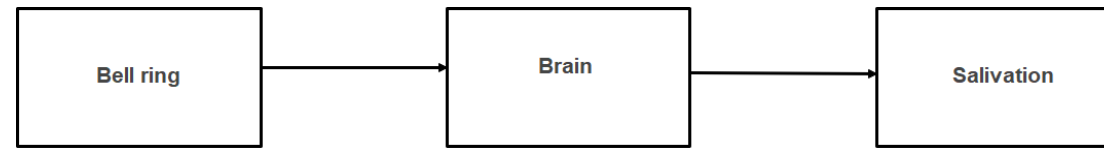
วันที่ 7 กันยายน 2566

รองศาสตราจารย์ ดร. มন্ত্রী พิริยะกุล ภาควิชาสถิติ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

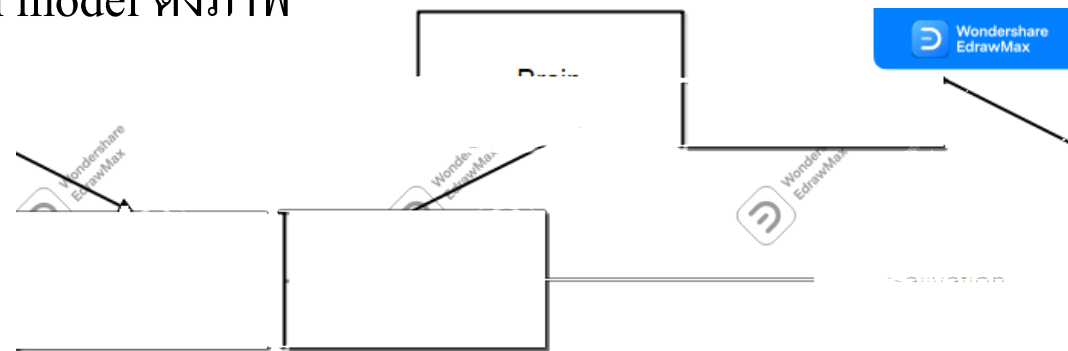
E-mail: mpiriyakul@yahoo.com

ตัวแบบการค้นกลาง

ในตัวแบบ S-O-R ซึ่งเป็นตัวแบบ mediation by design นั้นตัวแปร O มีหน้าที่ถ่ายทอดหรือรับผลกระทบจาก S แล้วส่งต่อไปยัง R แปลว่าต้องมี O ทำหน้าที่ถ่ายทอดอิทธิพลจากต้นทางสู่ปลายทาง เช่น ในการทดลองทางจิตวิทยา เสียงเคาะระฆังส่งผลให้สมองสุนัขรับรู้และประมวลผลว่าจากประสบการณ์ตนจะได้กินอาหาร ผลสนองคือสุนัขน้ำลายไหล แสดงว่าไม่ว่าอย่างไรต้องมีปัจจัยค้นกลาง เรียกว่าอิทธิพลทางอ้อม ดังภาพ



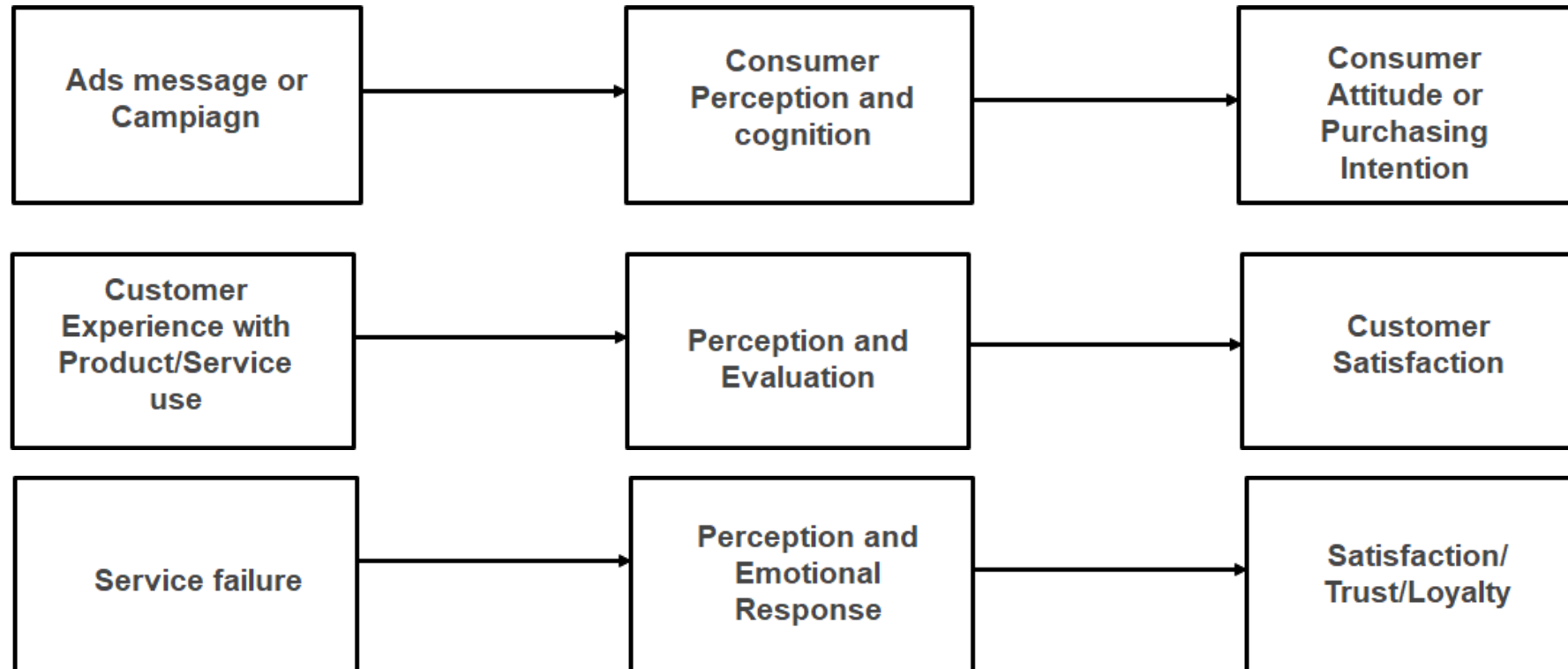
แต่เมื่อเงื่อนไขนี้ดำเนินไปนาน ๆ เสียงระฆังอาจมีผลให้สุนัขน้ำลายไหลได้โดยตรง เรียกว่าอิทธิพลทางตรง เรียกตัวแบบนี้ว่า mediation model ดังภาพ



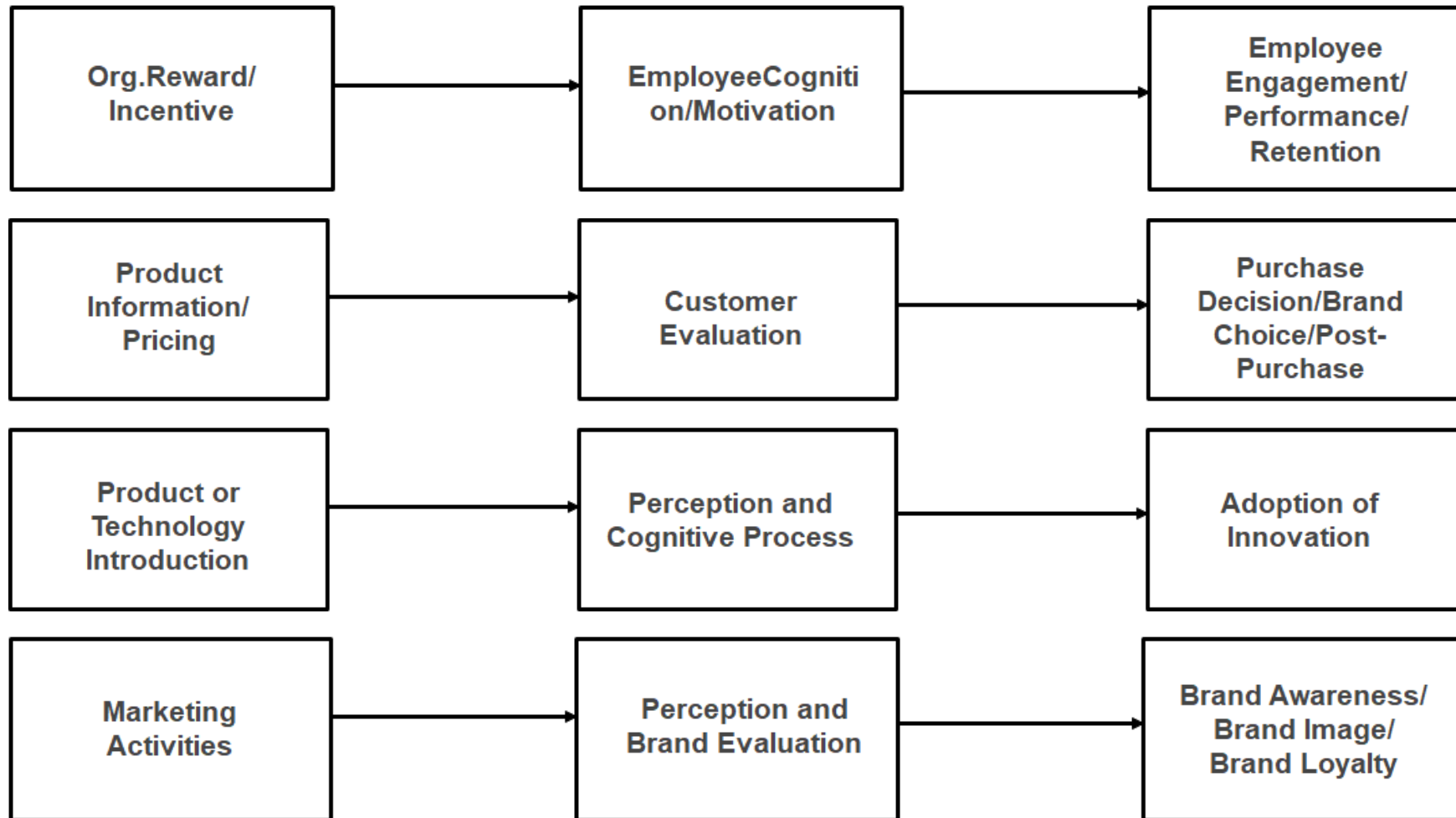
ตัวแบบ S-O-R

S-O-R (Stimulus-Organ-Response) คือตัวแบบที่ปัจจัยสาเหตุจะส่งผลกระทบต่อปัจจัยคั่นกลางก่อนแล้วค่อยส่งผลกระทบต่อปัจจัยผลลัพธ์ได้ เป็นการส่งผลกระทบเป็นทอด ๆ ต่อเนื่องกัน เรียกว่าห่วงโซ่สาเหตุ (causal chain) หรือห่วงโซ่เส้นทาง (path chain) นิยมใช้ในการทดลองทางจิตวิทยาทางการแพทย์ ทางกายภาพ ทางด้านโภชนาการ

ตัวแบบ S-O-R ในทางธุรกิจ

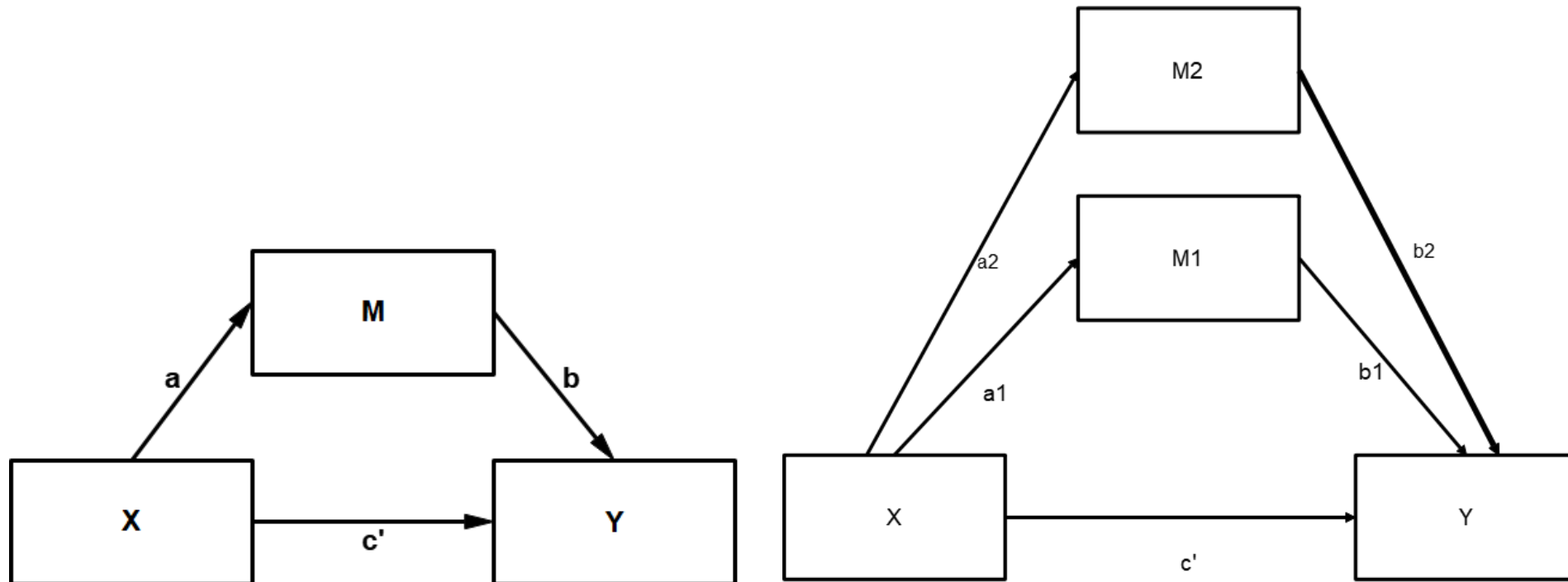


ตัวแบบ S-O-R ในทางธุรกิจ



Mediation model

การเพิ่มเส้นทางตรง S → R ลงในแบบ S-O-R จะได้ภาพกรอบตัวแบบการค้นกลางที่มี a-path, b-path และ c'-path ดังภาพ (Baron and Kenny, 1986)



Mediation model

การวิเคราะห์การค้นกลางมีดังนี้คือ

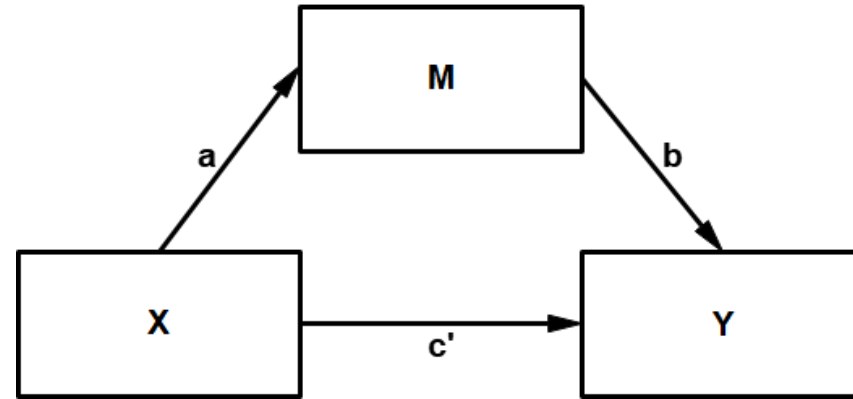
1) a, b และ ab มีนัยสำคัญ

ถ้า a มีนัยสำคัญแสดงว่า X ส่งผลกระทบต่อ M

ถ้า b มีนัยสำคัญแสดงว่า M ส่งผลกระทบต่อ Y

ถ้า ab มีนัยสำคัญแสดงว่า X ส่งผลต่อ M และ M ส่งผลกระทบต่อไปยัง Y อีกทอดหนึ่ง แสดงว่า M ทำหน้าที่เป็นปัจจัยที่ถ่ายทอดอิทธิพล (transmitting variable) ของ X สู่ Y ผ่าน M ตามเส้นทาง $X \rightarrow M \rightarrow Y$

ในการศึกษาอิทธิพลการค้นกลางเราสนใจศึกษาการส่งกระทบกันเป็นทอด ๆ (causal chain) คืออิทธิพลตามเส้นทาง $X \rightarrow M \rightarrow Y$ ที่ถ้าอิทธิพลทางอ้อมมีนัยสำคัญแสดงว่า X ต้องผ่าน M ก่อนแล้วจึงค่อยส่งผลกระทบต่อไปยัง Y และสรุปว่า X เป็น underlying mechanism ของ $X \rightarrow Y$



Mediation model

2) c' อาจมีนัยสำคัญหรือไม่มีนัยสำคัญก็ได้ มีผลดีทั้ง 2 ประการ

(1) ถ้า c' ไม่มีนัยสำคัญขณะที่ ab มีนัยสำคัญแสดงว่า Y ได้รับอิทธิพลจาก X ที่ต้องผ่านมาทาง M เท่านั้น เรียกว่า full mediation

(2) ถ้า c' มีนัยสำคัญขณะที่ ab มีนัยสำคัญแสดงว่า Y ได้รับอิทธิพลจากทั้ง X โดยตรงและที่ผ่านอ้อมมาทาง M เรียกว่า partial mediation แสดงว่านอกเหนือจาก M แล้วอาจยังมีตัวแปรคั่นกลางอื่น ๆ อีกที่ซ่อนตัวถ่ายทอดอิทธิพลของ X ไปยัง Y ให้นักวิจัยค้นหาปัจจัยคั่นกลางเพิ่มในโอกาสต่อไป

Mediation

การตรวจสอบนัยสำคัญทางสถิติ

(1) การตรวจสอบนัยสำคัญของ a-path และ b-path ใช้ t-test ตามปกติ

(2) การตรวจสอบนัยสำคัญของ ab ใช้วิธี Bootstrapping เพราะฟังก์ชัน

การแจกแจงของ ab ไม่ใช่การแจกแจงปกติและ/หรือพัฒนาตัวทดสอบได้ยาก
ตัวทดสอบยาวซับซ้อนไม่สะดวกใช้ (<https://stats.oarc.ucla.edu/other/mult-pkg/seminars/spss-process/>)

Mediation

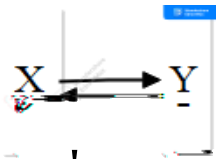
วิธีการ Bootstrapping มีดังนี้คือ

1. สุ่มตัวอย่าง n หน่วยมาจากที่มีอยู่ n หน่วยเดิมแบบสุ่มแล้วใส่คืน (sampling with replacement) ซึ่งอาจสุ่มซ้ำหน่วยเดิมได้ โดยจะสุ่มมากชุดเพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยของตัวประมาณค่าที่ต้องแลกกับการสุ่มได้หน่วยเดิมซ้ำ โดยปกติจะสุ่ม 5,000 ชุด แต่ที่แนะนำไว้ในซอฟต์แวร์คือให้สุ่ม 10,000 ชุด
2. แต่ละชุดให้วิเคราะห์หาค่า ab และค่าสถิติอื่น
3. เรียงลำดับค่า ab จากน้อยไปหามากแล้วตัดหัวท้ายทิ้งไปรวม 1%, 5%, 10% เหลือเป็นช่วงเชื่อมั่น 99% หรือ 95% หรือ 90%
4. ถ้าช่วงเชื่อมั่นนี้คลุม 0 ก็แสดงว่า $ab = 0$ หรือ ab ไม่นัยสำคัญ หรือ M ไม่ใช่ตัวแปรคนกลาง

Mediator, Suppressor, confounder, controlled variable, Moderator

ถ้าเพิ่มตัวแปรอื่นเข้ามาในตัวแบบ $X \rightarrow Y$ คือกลางทางระหว่าง X กับ Y ตัวแปรที่เพิ่มเข้ามาอาจเป็นตัวแปรต่อไปนี้ (MacKinnon, Krull & Lockwood, 2000)

1. Suppressors
2. Confounders
3. Controlled Variables
4. Mediator ตัวที่ 1, 2, 3, ...
5. Moderator ตัวที่ 1, 2, 3, ...

หมายเหตุ 1. ถ้าตัวแบบ $X \rightarrow Y$ มีปัญหา endogeneity คือ  ให้พิจารณาใช้ค่าของ Instrumental Variable(s) สร้างเป็นค่าใหม่ของการแปรสาเหตุตามวิธี 2SLS เพื่อลดพลังของ confounder

2. การศึกษา Mediation model ควรวิเคราะห์ตัวแปรคั่นกลางในฐานะ Surrogate Endpoint ด้วย

เพิ่มเติมเรื่อง Endogeneity

Endogeneity เกิดจาก

1. การไม่บรรจุตัวแปรสำคัญลงในตัวแบบ (omitted variable bias) ดังนั้นตัวแปรสำคัญจึงยังอยู่แต่ปน ๆ ไปด้วยปัจจัยอื่นๆใน residual ถ้ากราฟระหว่าง residual กับตัวแปรอิสระ และกราฟระหว่าง residual กับตัวแปรตามมีรูปแบบเช่นมีแนวโน้มแสดงว่ามีปัญหา endogeneity
2. ตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามมีความสัมพันธ์ย้อนกลับ (reverse causality) คือ X ส่งผลกระทบ Y ขณะที่ Y ก็ส่งผลกระทบ X เช่น การศึกษากับรายได้
3. ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันเองแบบสาเหตุและผลลัพท์ (two-way causality) ก่อให้เกิด feedback loop

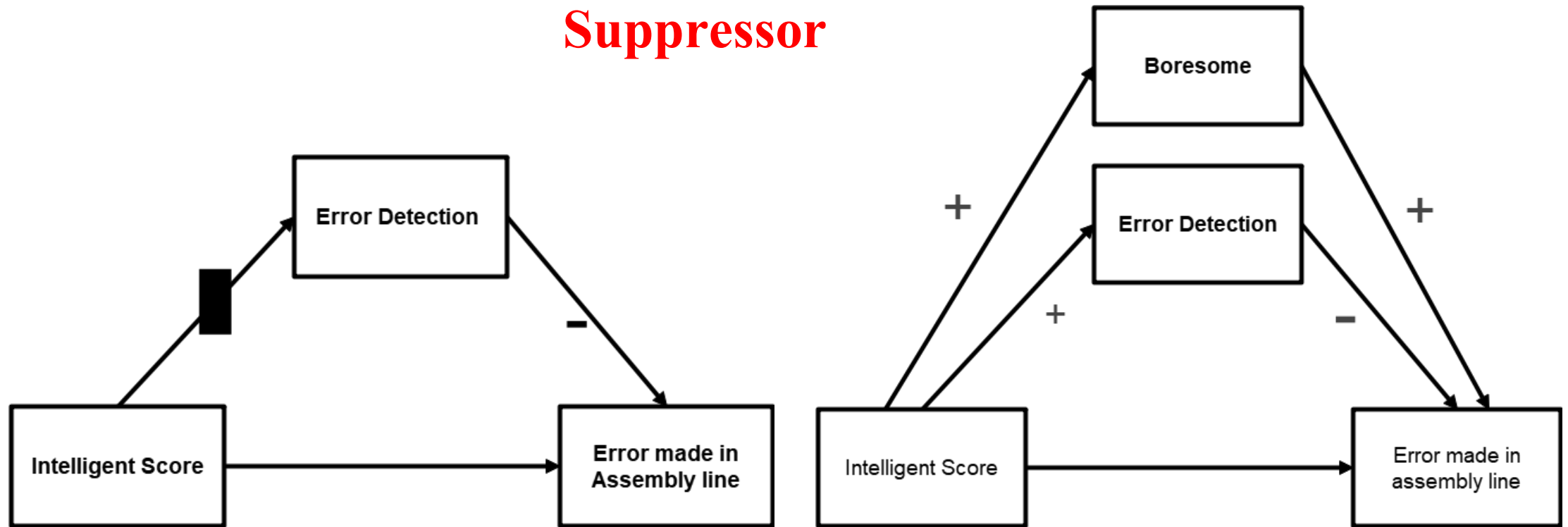
มีวิธีทดสอบหลายวิธี ศึกษาเพิ่มเติมเอกสารอื่นๆ

Suppressor

suppressor คือตัวแปรอิสระอื่นที่สัมพันธ์กับตัวแปรตามเพียงเล็กน้อยแต่มีผลในทางทำให้อิทธิพลของตัวแปรอื่นที่มีอยู่เดิมเปลี่ยนแปลงไป การเปลี่ยนแปลงมีดังนี้ (Watson et al., 2013)

1. ทำให้สัมประสิทธิ์เส้นทางของตัวแปรที่มีอยู่เดิมที่มีค่าสูงอยู่แล้วมีค่าสูงขึ้น ทำให้สัมประสิทธิ์เส้นทางของตัวแปรที่มีอยู่เดิมที่มีค่าน้อยอยู่แล้วมีค่าติดลบ (เรียกว่า cross-over suppression)
2. มีความสัมพันธ์ทางบวกกับตัวแปรอิสระอื่นและตัวแปรตาม (เรียกว่า cooperative suppression) หรือสัมพันธ์ทางบวกกับตัวแปรตามแต่สัมพันธ์ทางลบกับกับตัวแปรอิสระ (เรียกว่า reciprocal suppression)
3. ไม่สัมพันธ์กับตัวแปรตามหรือสัมพันธ์น้อยมาก (เรียกว่า classical suppression)
4. ทำให้ R-sq เพิ่มขึ้น (ทั้ง ๆ ที่ตัวเองไม่สัมพันธ์กับตัวแปรตาม)
5. ทำให้ตัวแบบแปลผลไม่ได้ (ดูภาพ)

Suppressor



จากภาพคือการศึกษาว่าในสายการประกอบซึ่งมีความผิดพลาดเกิดขึ้นได้เสมอ แต่ถ้าพนักงานมีความเฉื่อยฉลาดรอบคอบ มีคะแนนความเฉื่อยฉลาดสูงน่าจะส่งผลข้างความผิดพลาดน้อยลง คำถามวิจัยคือปริมาณความผิดพลาดที่พบและความเบื่อหน่ายงานที่ซ้ำซากน่าจะเป็นปัจจัยกั้นกลางที่ซ่อนตัวส่งผลกระทบต่อความผิดพลาด ผลการวิเคราะห์พบว่าเมื่อเพิ่ม Boresome เป็นตัวแปรกั้นกลางตัวที่ 2 มีผลให้ Intelligent score ส่งผลทั้งทางเพิ่มและทางลดต่อความผิดพลาดในสายการประกอบ

Mediator, Suppressor, confounder, controlled variable, Moderator

suppressor อาจมีฐานะเป็นตัวแปรอิสระอื่นหรือเป็นตัวแปรคั่นกลางก็ได้ ในภาพจะเห็นว่า suppressor วางอยู่ในตำแหน่งเดียวกับตัวแปรควบคุม

ตัวแปรใด (คือตัวแปรอิสระตัวอื่นและตัวแปรคั่นกลาง) จะเป็น suppressor ก็ต่อเมื่อเมื่อนำตัวแปรนั้นเข้าสู่ตัวแบบแล้วทำให้ สปส. เส้นทาง (ก็คือ สปส. ถดถอย) ของตัวแปรที่มีอยู่เดิมมีค่าสูงขึ้นหรือมีเครื่องหมายเปลี่ยนไปหรือความมีนัยสำคัญเปลี่ยนไป จึงเป็นสิ่งที่นักวิจัยต้องทบทวนวรรณกรรมให้ละเอียดรอบคอบในระหว่างพัฒนากรอบแนวความคิดการวิจัย

Mediator, Suppressor, confounder, controlled variable, Moderator

ตัวแปรควบคุมคือตัวแปรที่เราควบคุมให้มีค่าคงที่ (ในงานทดลอง เช่น ควบคุมอุณหภูมิในห้องทดลอง ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในห้องทดลอง ควบคุมสายพันธุ์พืชให้มาจากสายพันธุ์เดียวกัน หรือควบคุมสัตว์ทดลองให้มาจากพ่อแม่เดียวกัน หรือควบคุมให้คนไข้ได้รับยาจริงหรือยาหลอกเดิมตลอดการศึกษา) หรือหักค่าออกจากค่าตัวแปรตาม (ใน ANCOVA) หรือเพิ่มเป็นตัวแปรอิสระลงในตัวแบบ MRA/PA

ในเรื่องของตัวแปรควบคุมเราจะดูว่าตัวแปรควบคุมเองมีนัยสำคัญหรือไม่ ขณะที่ suppressor เราจะดูที่ความเปลี่ยนแปลงของสัมประสิทธิ์เส้นทางของตัวแปรอื่นที่มีอยู่เดิม

Conceptual Model

Independent Variable: Parental Involvement

M1: Academic Self-Efficacy

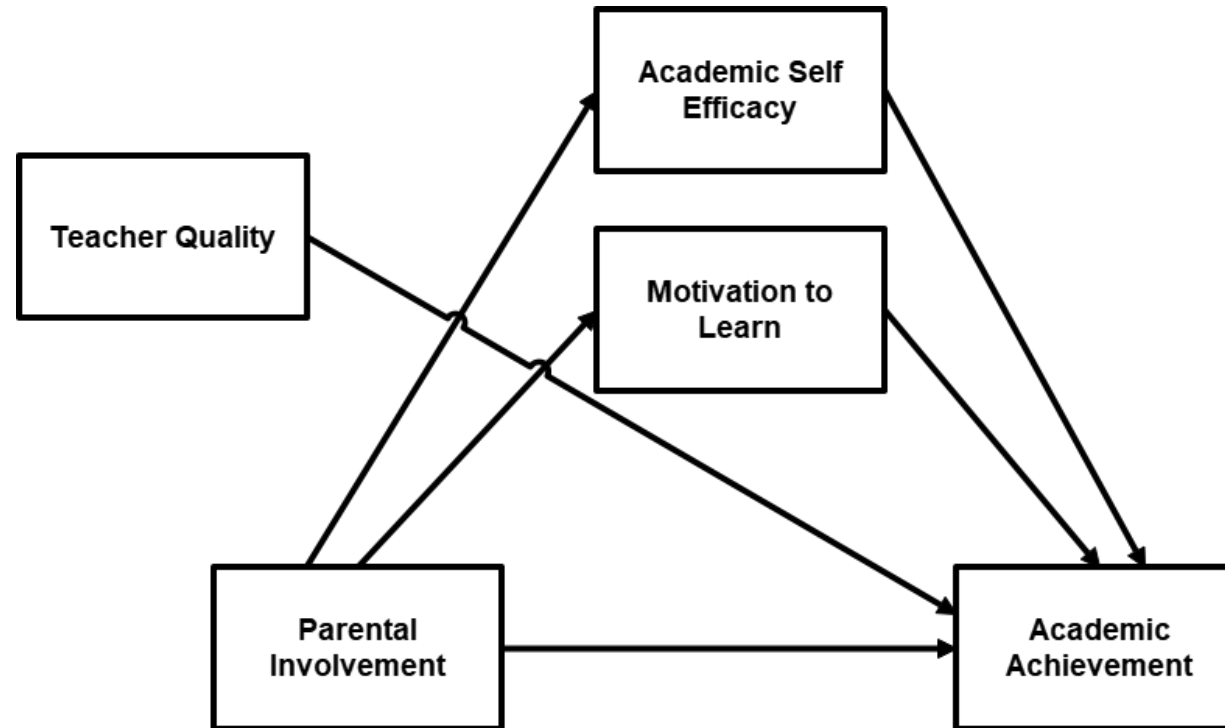
M2: Motivation to Learn

Suppressor 1: Teacher Quality

Dependent Variable (DV): Academic Achievement

ขอให้สังเกตว่าใน**ภาพกรอบการวิจัย** ตัวแปรควบคุมและ suppressor จะวางไว้ในตำแหน่งเดียวกันคือ
ส่งผลกระทบต่อตัวแปรผลลัพธ์

Mediator, Suppressor, confounder, controlled variable, Moderator



ในภาพ Teacher Quality อาจได้รับการพิจารณาว่าเป็น controlled variable หรือ suppressor ก็ได้เพราะวางอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน ต่างกันที่ผลกระทบต่อตัวแปรอื่น นักวิจัยอาจจัดให้มีบทบาทเป็น moderator ถ้าสนใจศึกษาว่าคุณภาพของครูที่แปรไปจะมีผลต่อ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนอย่างไร

เพิ่มเติมเรื่อง Framework

Framework แยกเป็น

1. **Conceptual Framework** เป็นภาพแสดงการเชื่อมโยงระหว่างตัวแปรแฝงกับตัวแปรแฝง และระหว่างตัวแปรแฝงกับตัวแปรแฝงย่อย (sub-construct/sub-domain) ด้วยทฤษฎีและตัวแบบจากงานวิจัยในอดีต ใช้เป็นแนวทางกำหนดสมมุติฐานต่าง ๆ เพื่อการตอบคำถามวิจัย กรอบจะยืดหยุ่นปรับได้ตามผลการทบทวนวรรณกรรม
2. **Research Framework** เรียกอีกอย่างว่า Research Design คือ Conceptual Framework ที่เราปรับจนลงตัวแล้วว่าใช้เป็นแนวทางตอบคำถามวิจัยได้ ในกรอบนี้จะนำเสนอสมมุติฐาน กำหนดประชากรและหน่วยวิเคราะห์ กำหนดแผนการสุ่มตัวอย่าง ขนาดตัวอย่าง นิยามมโนทัศน์ นิยามเชิงปฏิบัติการ แผนการวิเคราะห์ข้อมูลและแนวทางการแปลผล

Mediator, Suppressor, confounder, controlled variable, Moderator

Independent Variable: Employee Training

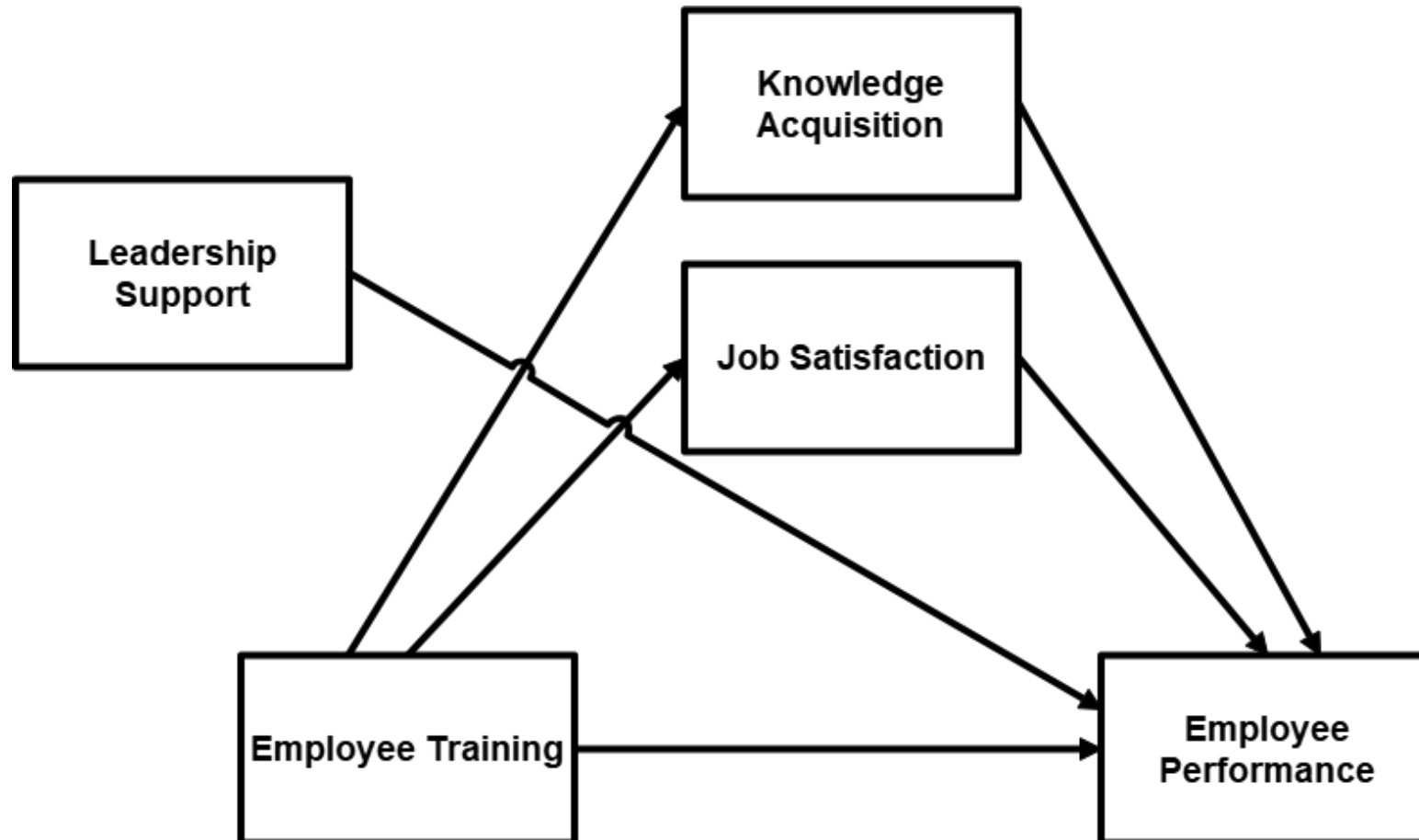
M1: Knowledge Acquisition

M2: Job Satisfaction

Suppressor: Leadership Support

Dependent Variable (DV): Employee Performance

Mediator, Suppressor, confounder, controlled variable, Moderator



Mediator, Suppressor, confounder, controlled variable, Moderator

Independent Variable: Leadership Style

M1: Employee Empowerment

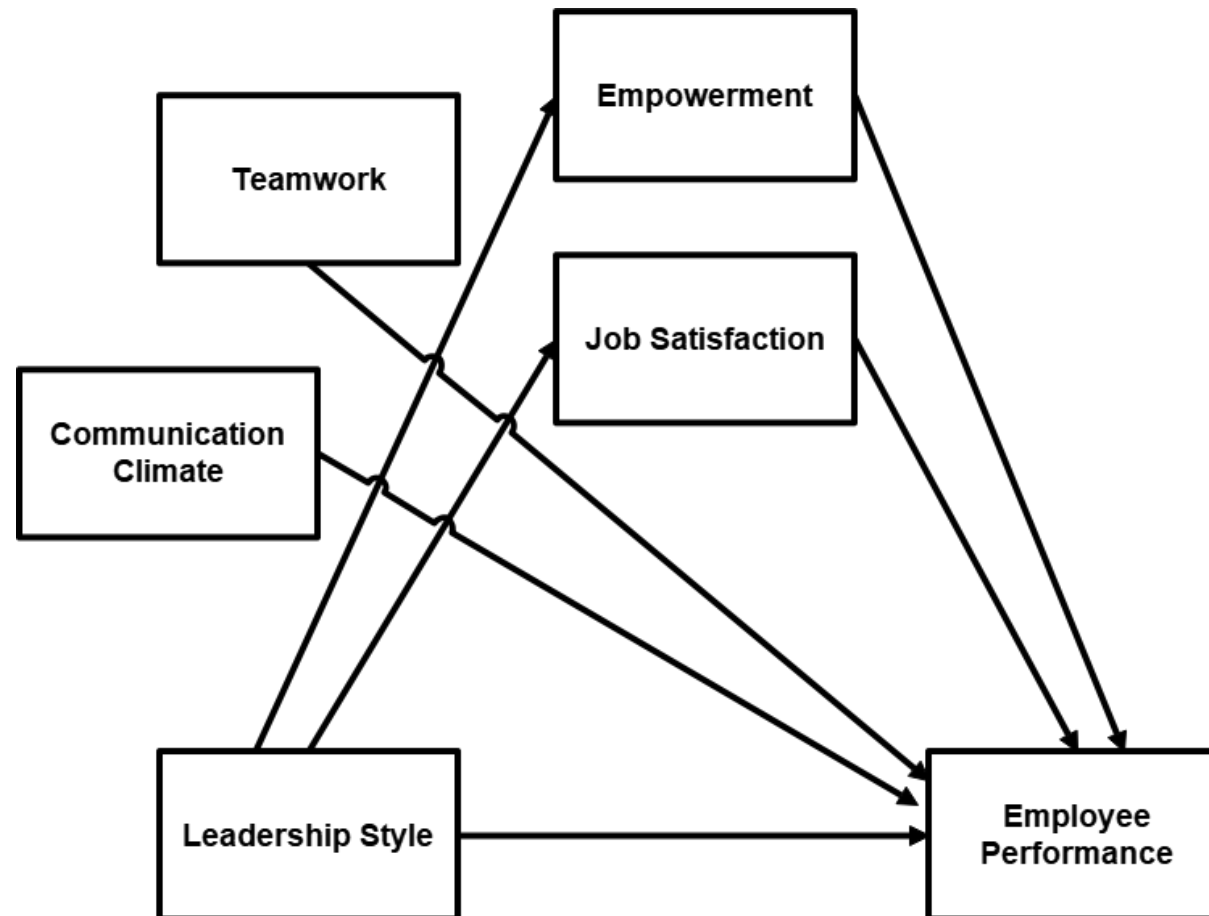
M2: Job Satisfaction

Suppressor 1: Teamwork

Suppressor 2: Communication Climate

Dependent Variable (DV): Employee Performance

Mediator, Suppressor, confounder, controlled variable, Moderator



Mediator, Suppressor, confounder, controlled variable, Moderator

วิธีแก้ปัญหา suppressor

1. เปลี่ยน suppressor ให้มีบทบาทเป็นตัวแปรควบคุม
2. ตัดทิ้งไป
3. ถ้าเป็นมาตรวัดแบบโลเกอร์ทให้ตรวจสอบ content validity และทำ data cleaning
4. รวบรวมตัวแปรอิสระที่สัมพันธ์กันสูงเป็นตัวแปรเดียวกันด้วย Factor Analysis ข้อมูลที่นำมาใช้คือ factor score (วิธีนี้คือแนวทางของ PLS Regression Analysis)
5. แก้ปัญหาแบบ multicollinearity คือ
 - 1) ตัวแปรอนุกรมเวลาให้ใช้วิธี Differencing
 - 2) ตัวแปรใช้ข้อมูลภาคตัดขวางให้ใช้วิธี mean center

เพิ่มเติมเรื่อง Data Cleaning

บ่อยครั้ง (มาก) ในกรณี SEM และ Path model ที่ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผิดพลาด เช่น

- 1.

เพิ่มเติมเรื่อง Data Cleaning

Data Cleaning สามารถกระทำได้ดังนี้

1. ตรวจสอบแผนการสุ่มตัวอย่างและขนาดตัวอย่าง
2. ตรวจสอบ data entry error ให้ทำ data verification ซ้ำ
3. ตรวจสอบ outlier (Trimming, Box plot, Winzorizing) และจัดการ outlier
4. Missing data replacement (listwise deletion, pairwise deletion, mean substitution, nearest neighbor mean substitution by row/by column, categorization etc.)
5. ตรวจสอบ SD และ CV รายเรคคอร์ด (แถว) แล้วพิจารณาตัดเรคคอร์ดทิ้งถ้าพบ $CV < 0.1$ หรือ $CV > 0.3$ หรือ 0.4 หรือ 0.5
6. ตรวจสอบ Convergent validity แล้วพิจารณาตัดตัวชี้วัดที่มีค่า loadings ตกเกณฑ์ทิ้ง กรณีนี้ให้ดำเนินการหลังสุด อาจไม่ต้องตัดทิ้งเลยก็ได้ถ้าดำเนินการข้ออื่นแล้วทำให้ผลการวิเคราะห์ถูกต้อง
7. ตรวจสอบ multicollinearity อาจกระทำโดยพิจารณาว่า correlation () ต้องไม่สูงมาก VIF ไม่ควรสูงกว่า 4 หรือ 5 (แต่บางครั้งก็ยอมให้มีค่าไม่เกิน 10)

เพิ่มเติมเรื่อง Data Cleaning

8. แปลงข้อมูลโดย standardization คือ $Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$ จะมี mean = 0, SD = 1 ข้อมูลใหม่จึงค่าระหว่าง -3.5 ถึง +3.5 ด้วยความน่าจะเป็น 0.99 หรือทำ normalization เช่น

_____ จะมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 (_____ ก็คือพิสัยที่อาจใช้แทน _____ ได้)

_____ จะมีค่าระหว่าง -3.5 ถึง +3.5 ด้วยความน่าจะเป็น 0.99

_____ จะมีค่าระหว่าง a ถึง b

9. ตรวจสอบและแก้ปัญหาข้อมูลเบ้ (log transformation, square root transformation กรณิเบ้ขวา, inverse transformation กรณิเบ้ซ้าย, Box-Cox transformation) ถ้า $-2 \leq \text{SKEW} \leq +2$ พอจะยอมรับได้ และตรวจสอบและแก้ปัญหา kurtosis (square transformation, cube transformation) ถ้า $-7 \leq \text{KUR} \leq +7$ พอจะยอมรับได้ (Hair et al., 2010; Bryne, 2010; West, S.G., Finch, J. F. and Curran, P. J., 1995)

Mediator

ตัวแปรคนกลาง คือตัวแปรที่ทำหน้าที่ถ่ายทอดอิทธิพลของปัจจัยสาเหตุไปยังปัจจัยผลลัพธ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อยืนยันตัวแปรจากทฤษฎีหรือเพื่อค้นหาตัวแปรที่ซ่อนตัวเชื่อมโยงให้เกิดความสัมพันธ์ตามเส้นทาง $X \rightarrow M \rightarrow Y$

การคนกลางมี 2 แบบคือ

Mediator

1. Mediation by design คือการออกแบบกรอบการวิจัยเพื่อมุ่งด้านการดูแลรักษาความเจ็บไข้ (intervention) อาจเป็นเรื่องราวการแพทย์ ทางโภชนาการ ทางยา ทางจิตวิทยา กรณีนี้จะมีทฤษฎีหรืองานวิจัยในอดีตบ่งชี้ว่าตัวแปรที่ซ่อนเร้นเชื่อมโยงตัวแปรสาเหตุและตัวแปรผลลัพธ์คือใคร (who) ผลการศึกษาตามวิธีนี้จะเป็นการย้าความรู้เดิมในบริบททางสังคม เศรษฐกิจ เวลา ที่แตกต่าง

หมายเหตุ

1. เป้าหมายของ mediation analysis คือ who เป็นการค้นหาว่าใคร (ตัวแปร) คือปัจจัยที่แอบถ่ายทอดอิทธิพลทำให้ปัจจัยสาเหตุส่งผลกระทบต่อปัจจัยผลลัพธ์มากผิดปกติ เพราะผิคสังเกตุว่าอิทธิพลรวม (total effect) มีค่าสูงมาก (มากกว่า 0.2)
2. เป้าหมายของ moderation analysis คือ when คือเมื่อ moderator แปรค่าไปจะทำให้อิทธิพลทางตรงหรืออิทธิพลทางอ้อมมีค่าเปลี่ยนแปลงตาม ค่าที่เปลี่ยนแปลงไปนั้นสูงมากหรือต่ำมากเมื่อ moderator มีค่าเท่าไร

Mediator

2. Mediation by explanation คือกรอบการวิจัยทั่วไปที่มุ่งค้นหาปัจจัยที่คอยเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสาเหตุกับปัจจัยผลลัพธ์ ตัวแปรคั่นกลางตามแนวทางนี้อาจได้มาจาก

1) การทบทวนวรรณกรรม

2) การสัมภาษณ์เชิงลึกที่กระทำกับบุคคลที่มีประสบการณ์ บุคคลที่เป็นผู้ปฏิบัติ เช่น ผู้ที่ทำงานด้านนั้นมานาน นักท่องเที่ยวที่เดินทางไปท่องเที่ยวมาก

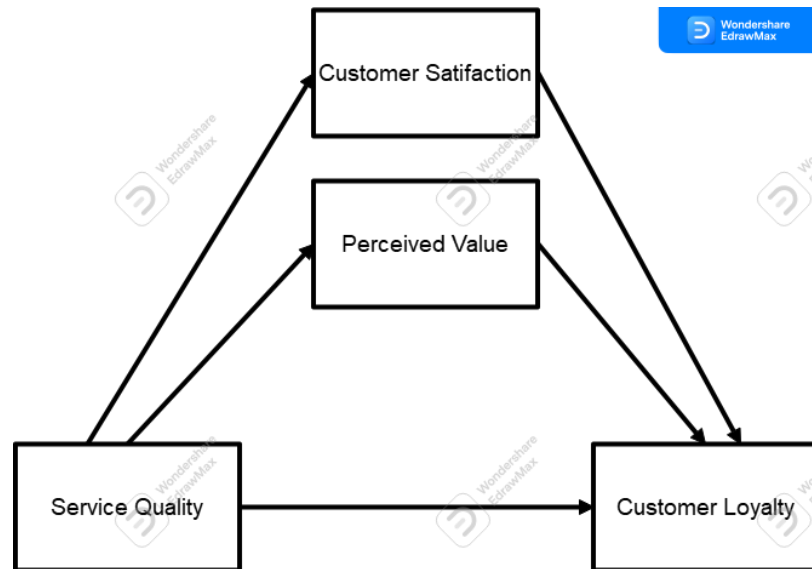
ผลการศึกษาตามแนวทางที่ 1) จะเป็นการย้าความรู้เดิมในบริบทที่แตกต่าง ขณะที่ผลการศึกษาตามแนวทางที่ 2) จะเป็นความรู้ใหม่

Mediator

ตัวแบบการค้นกลางประกอบด้วย

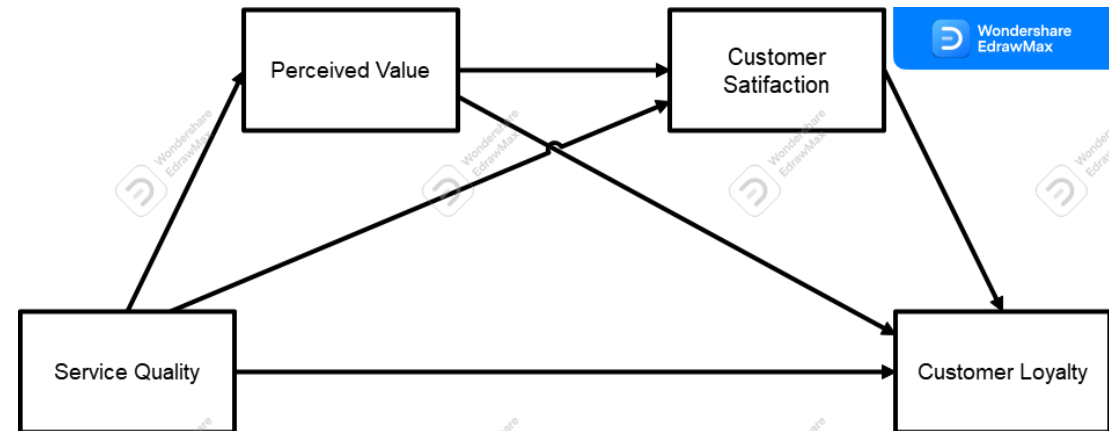
1. การค้นกลางเดี่ยว 2. การค้นกลางพหุ (multiple mediation) แยกเป็น

(1) การค้นกลางขนาน (parallel mediation) (2) การค้นกลางอนุกรม (serial mediation)



ตัวแบบนี้มี 2 path chain คือ

SQ PV LY และ SQ CS LY



ตัวแบบนี้มี 3 path chain คือ

SQ PV LY, SQ CS LY และ SQ PV CS LY

Moderation Analysis

ในตัวอย่างการค้นกลางพบ สิ่งที่นักวิจัยสนใจคือการเลือกนำโซ่เส้นทาง (causal chain/path chain) ไปใช้งาน อิทธิพลของโซ่เส้นทางใดมีนัยสำคัญและมีค่าสูงกว่า ควรได้รับการพิจารณานำไปใช้ เพราะอิทธิพลทางอ้อมใดสูงกว่าแสดงว่าปัจจัยค้นกลางนั้นมีอิทธิพลเชื่อมโยงสูงกว่า ในกรณี โซ่เส้นทางยาวไม่เท่ากันจะพบว่าโซ่เส้นทางที่ยาวกว่าจะมีค่าอิทธิพลทางอ้อมต่ำกว่า กรณีนี้ให้นำต้นทุน เช่นค่าใช้จ่าย หรือเวลาและความรอบคอบถี่ถ้วนครบถ้วนมาประกอบการพิจารณา

การวิเคราะห์การคั่นกลาง

การวิเคราะห์ตัวแบบการคั่นกลาง สามารถวิเคราะห์ได้ด้วยโปรแกรม PROCESS macro หรือ SEM software (แนะนำให้ใช้ Smart PLS4)

โปรแกรม PROCESS macro มีแผ่นแบบให้เลือก 92 แผ่นแบบ โปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์ภาพเส้นทาง ดังนั้นข้อมูลที่ใช้จึงต้องเป็น aggregated data (ยกเว้น Smart PLS4 ที่ใช้เป็น manifest variable ได้ แต่ผลการวิเคราะห์จะไม่ตรงกับเมื่อใช้ aggregated data) ถ้าเป็นข้อมูลจากการวัดแบบไลเกอร์ทให้แปลงข้อมูลเป็นยอดรวม ค่าเฉลี่ย คะแนนปัจจัย (factor score, construct score) คะแนนมาตรฐาน (standardized score) แนะนำให้แปลงข้อมูลรวมเป็นคะแนนมาตรฐานเพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐาน

การวิเคราะห์การค้นกลาง

วิธีวิเคราะห์ข้อมูลด้วย PROCESS macro

1. เลือกแผ่นแบบที่ตรงกับกรอบแนวความคิดการวิจัยแล้วสั่งรันตามเลขที่ของตัวแบบนั้น ถ้าไม่มีแผ่นแบบใดตรงกับกรอบแนวคิดของเราให้พัฒนาเป็นตัวแบบกำหนดเองแล้วสั่งรันด้วยคำสั่งชนิดกำหนดเอง (customized model syntax)
2. จากภาพเส้นทางให้แปลง conceptual model เป็น statistical model จะได้จำนวนสมการมากเท่าจำนวนตัวแปรตามคือตัวแปรตามคือ endogenous variable และ external endogenous variable (คือตัวแปรที่โดนลูกศรพุ่งใส่) เหตุที่ต้องแปลงเพราะซอฟต์แวร์ PROCESS macro จะแสดงผลการรันเรียงตามตัวแปรตามใน statistical model

การวิเคราะห์การคั่นกลาง

3. การอ่านผลให้อ่านผลจาก a-path, b-path, c'-path และ c-path เป้าหมายคือ

1) a, b, c ควรมีนัยสำคัญ c' ไม่ควรมีนัยสำคัญหรือควรมีค่าต่ำ หมายความว่าจากเส้นทาง $X \rightarrow Y$ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางคือ c จะมีนัยสำคัญเสมอและมีค่าสูง แต่เมื่อแทรก M คั่นกลาง กลายเป็น mediation model ถ้า M เป็นกลไกพื้นฐาน (underlying mechanism) ของความสัมพันธ์ตามเส้นทาง $X \rightarrow Y$ นั้นค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางของอิทธิพลทางตรงคือ c' (direct effect; DI) จะลดลงเสมอจนใกล้ 0 หรือจนไม่มีนัยสำคัญ แต่ c' อาจมีค่ามากและมีนัยสำคัญก็ได้

2) อิทธิพลทางอ้อมคือ ab ถ้ามีนัยสำคัญแสดงว่า M เป็นปัจจัยที่เป็นกลไกพื้นฐานที่เชื่อมโยงให้ X มีอิทธิพลต่อ Y

มีเรื่องราวที่สืบเนื่องอีกหลายประการดังนี้

การวิเคราะห์การคั่นกลาง

(1) — เรียกว่า Variance Account For (VAF) (Hair, Hult, Ringle, and Sarstedt, 2017; Soon-Chee and Maria Abdul Rahman, 2019) หรือ Mediation effect ใช้ร่วมบ่งชี้ว่า M เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลลักษณะใด

ถ้า $VAF < 0.2$ แสดงว่า M ไม่น่าจะเป็นปัจจัยคั่นกลาง

ถ้า $0.20 \leq VAF \leq 0.80$ แสดงว่า M เป็นปัจจัยหนึ่งที่คั่นกลางหรือถ่ายทอดอิทธิพลของปัจจัยสาเหตุสู่ปัจจัยผลลัพธ์ เรียกว่า partial mediation effect และจะยังมีปัจจัยอื่นอีกที่ซ่อนตัวทำหน้าที่นี้อยู่

ถ้า $VAF > 0.80$ แสดงว่า M เป็นเพียงปัจจัยเดียวที่ถ่ายทอดอิทธิพลของปัจจัยสาเหตุสู่ปัจจัยผลลัพธ์ได้อย่างครบถ้วน เรียกว่า full mediation effect

การวิเคราะห์การคั่นกลาง

(2) Surrogate endpoint เป็นการวิเคราะห์ว่าตัวแปรคั่นกลางใช้แทนปัจจัยผลลัพธ์ได้ดีเพียงใด ทั้งนี้เพราะปัจจัยผลลัพธ์เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นช้า (เช่น การดำเนินโรค, ความมั่นคงของกิจการ, ความภักดีของลูกค้า) ถ้ารอจนเกิดขึ้นจะมีความสูญเสีย เสียโอกาส แก้ไขหรือปรับตัวไม่ทัน จึงให้ดูจากตัวแทน (surrogate) คือถ้าสามารถแทนได้ก็ให้ไปดำเนินการที่ตัวแทนเพื่อเป็นการป้องกันความสูญเสีย/การเสียโอกาส/การปรับกลยุทธ์ มีวิธีประเมิน (assessment) ดังนี้

การวิเคราะห์การกั้นกลาง (การวิเคราะห์ Surrogate Endpoint/True Endpoint)

ให้วิเคราะห์สมการต่อไปนี้ (ในทางการแพทย์ใช้ Z, S, T แทน X, M, Y โดยที่ Z คือ Treatment, S คือ surrogate endpoint และ T คือ true endpoint)


$$W = b_0 + aX + u \quad (\text{สมการของ a-path}) \quad \dots 1$$

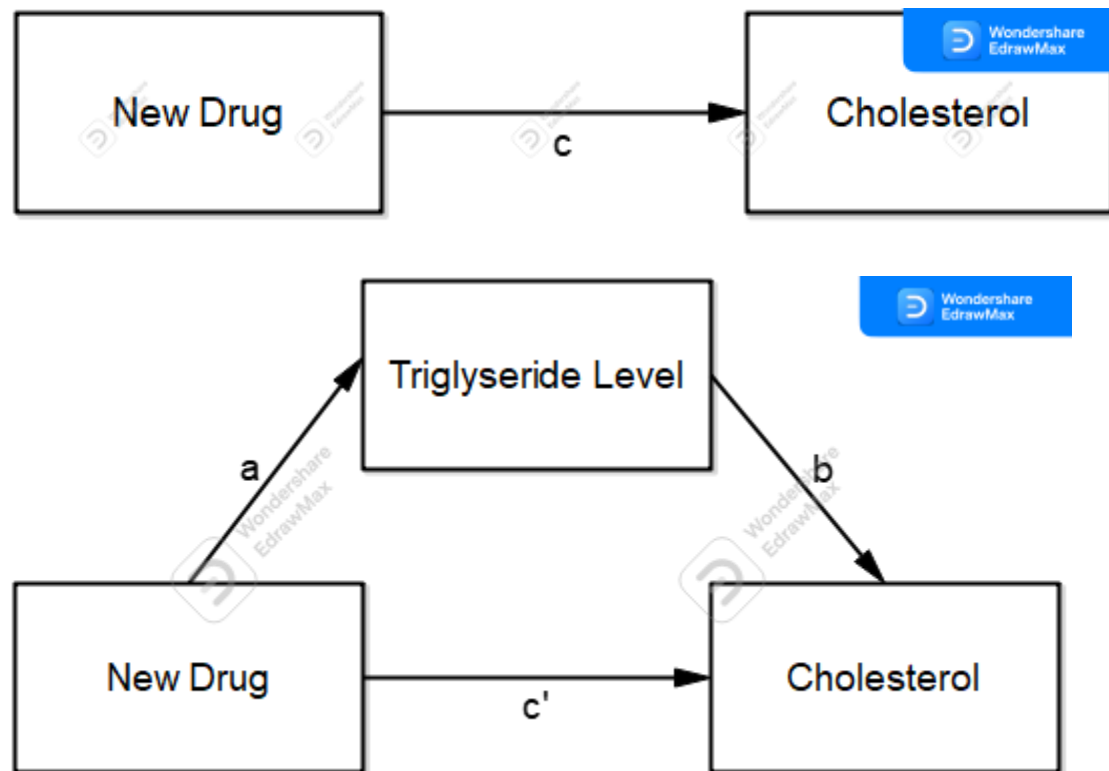
$$Y = b_0 + cX + u \quad (\text{สมการของอิทธิพลรวม})$$

วิธีวิเคราะห์ Surrogate Endpoint

- Surrogate Threshold Effect Fraction (STEF) หรือ Proportion Explained (PE) = $\frac{\text{STE}}{\text{STE} + \text{SPE}}$
- Relative Effect (RE) = $\frac{\text{STE}}{\text{STE} + \text{SPE}}$
- Surrogate Adjusted Treatment Effect (SATE) = $\text{STE} + \text{SPE}$
- Surrogate Threshold Effect (STE) = $\frac{\text{STE}}{\text{STE} + \text{SPE}}$
- Surrogate Prediction Effect (SPE) = $\frac{\text{SPE}}{\text{STE} + \text{SPE}}$
- สปส. ของ M ใน moderation model (สมการที่ 5)

$$Y = b_0 + c'X + dM + eX*M + u \quad (\text{Buyse and Molenberghs, 1998})$$

การวิเคราะห์การค้นกลาง (การวิเคราะห์ Surrogate Endpoint)



สมมุติว่า $c = -0.20, c' = -0.15, c_{\max} = -0.30, c_{\min} = -0.5, a = -0.15$ ($c_{\max}$ และ $c_{\min}$ ได้มาจากวรรณกรรมหรือจากคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ)

หมายเหตุ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางเหล่านี้คือค่าสหสัมพันธ์ การแปลผลให้แปลแบบการแปลผลสหสัมพันธ์

การวิเคราะห์การค้นกลาง (การวิเคราะห์ Surrogate Endpoint)

สมมติว่า $c = -0.20$, $c' = -0.15$, $c_{\max} = -0.30$, $c_{\min} = -0.5$, $a = -0.15$

$$\text{STEF} = \frac{c + c'}{c_{\max} - c_{\min}} = \frac{-0.20 + (-0.15)}{-0.30 - (-0.5)} = 0.25$$

$$\text{RE} = \frac{c}{c'} = \frac{-0.20}{-0.15} = 1.33$$

$$\text{SATE} = \frac{c}{c'} \times a = 1.33 \times (-0.15) = -0.20$$

$$\text{STE} = \frac{c}{c'} \times a = 1.33 \times (-0.15) = -0.20$$

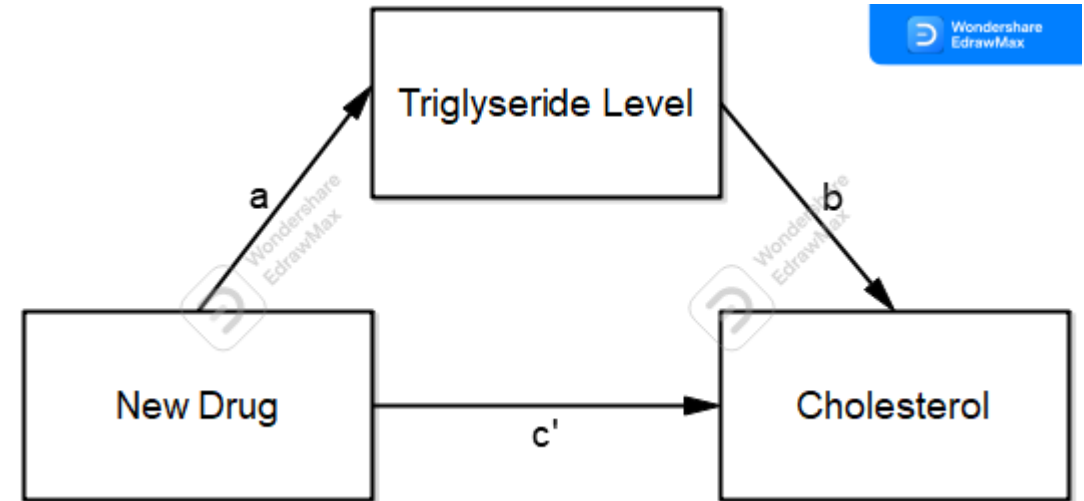
$$\text{SPE} = \frac{c}{c'} \times a = 1.33 \times (-0.15) = -0.20$$

การวิเคราะห์การค้นกลาง (การวิเคราะห์ Surrogate Endpoint/True Endpoint)

$RE = \frac{c}{a} = \frac{1.33}{1} = 1.33$ แปลว่าฤทธิ์ยาตัวใหม่มีอิทธิพล (total effect) ต่อการลดคอเลสเตอรอลมากกว่าส่งผลต่อการลดไตรกลีเซอไรด์ (surrogate endpoint) 1.33 เท่า

1. ถ้า $RE = \frac{c}{a} = 1$ คือ $c = a$ แสดงว่าไตรกลีเซอไรด์ (M) มีแนวโน้มที่จะเป็น Surrogate endpoint ของคอเลสเตอรอล (Y)
2. ถ้า $RE = \frac{c}{a} < 1$ คือ $a > c$ แสดงว่าไตรกลีเซอไรด์ (M) เป็น Surrogate endpoint ของคอเลสเตอรอล (Y)

$RE = \frac{c}{a} > 1$ หรือ $a < c$ แสดงว่าไตรกลีเซอไรด์ (M) ไม่น่าจะเป็น Surrogate endpoint ของคอเลสเตอรอล



การวิเคราะห์การค้นกลาง (การวิเคราะห์ Surrogate Endpoint)

$RE > 1$ แสดงว่าผลกระทบของยาที่มีต่อการลดลงของไตรกลีเซอไรด์น้อยกว่าที่มีต่อการลดลงของไขมัน หรือไตรกลีเซอไรด์สนองตอบต่อยาได้น้อยกว่าไขมัน ไตรกลีเซอไรด์อาจสามารถใช้เป็น surrogate endpoint เพื่อใช้แทนหรือคาดคะเน true endpoint ได้บ้างและ ยิ่ง RE มีค่าสูงก็ยิ่งแทนไม่ดี

$RE < 1$ แสดงว่าไตรกลีเซอไรด์สนองตอบต่อยาได้มากกว่าไขมัน หรือไตรกลีเซอไรด์สามารถใช้เป็น surrogate endpoint ที่คาดคะเน true endpoint ได้ดีและ ยิ่ง RE มีค่าต่ำก็ยิ่งแทนได้ดี

การวิเคราะห์การค้นกลาง (การวิเคราะห์ Surrogate Endpoint)

$$\text{STEF} = \frac{\text{---}}{\text{---}} = \frac{\text{---}}{\text{---}} = 0.25 \text{ แปลว่า}$$

1. ยามีผลต่อการลดคอเลสเตอรอล
2. ไตรกลีเซอไรด์สามารถคาดการณ์การลดลงของคอเลสเตอรอลได้ร้อยละ 25

การวิเคราะห์การกั้นกลาง (การวิเคราะห์ Surrogate Endpoint)

$SATE = c - c' = 0$ แปลว่าการลดลงของไตรกลีเซอไรด์ไม่ได้ช่วยในเรื่องของการลดคอเลสเตอรอล (คือเดิมอิทธิพลรวมเท่ากับ c เมื่อเพิ่มตัวแปรกั้นกลางลงในตัวแบบผลลัพธ์ที่ปัจจัยสาเหตุมีต่อ ปัจจัยผลลัพธ์ก็ยังคงเท่าเดิม แสดงว่าปัจจัยที่แทรกกลางระหว่างปัจจัยทั้งสองไม่ใช่ปัจจัยกั้นกลาง)

$SATE$ ยิ่งใกล้ 0 ยิ่งแสดงว่าปัจจัยกั้นกลางยิ่งไม่ใช่ surrogate endpoint

$SATE \neq 0$ แปลว่าไตรกลีเซอไรด์เป็น Surrogate endpoint ได้บางระดับขึ้นอยู่กับว่าไกลจาก 0 เพียงใด

กรณีตัวอย่าง $SATE = -0.20 - (-0.15) = -0.05$ เห็นได้ว่า c และ c' สูงมาก และ $SATE$ ก็สูงมาก แสดงว่าการลดลงของไตรกลีเซอไรด์สามารถใช้เป็นปัจจัยสำหรับคาดคะเนการลดลงของไขมัน ($\rightarrow 1$ แสดงว่าการลดลงของไตรกลีเซอไรด์มีผลให้คอเลสเตอรอลลดลงอย่างมาก)

การวิเคราะห์การค้นกลาง (การวิเคราะห์ Surrogate Endpoint)

$$STE = \frac{\text{—————}}{\text{(—————)}} = -0.5 \text{ แปลว่าการลดลงของไตรกลีเซอไรด์}$$

สามารถอธิบายอิทธิพลรวมได้ 50%

หมายเหตุ $c-c' = a*b = \text{indirect effect}$

การวิเคราะห์การค้นกลาง (การวิเคราะห์ Surrogate Endpoint)

$$SPE = \frac{\text{Slope of the regression line of the surrogate endpoint on the treatment}}{\text{Slope of the regression line of the outcome on the treatment}} = \frac{1.75}{1} = 1.75$$

1. $SPE > 1$ แปลว่าการลดลงของไตรกลีเซอไรด์จากฤทธิ์ของยาตัวใหม่มีผลดีกว่าฤทธิ์ยาตัวอื่นที่ทดลองใช้ในอดีตที่ผ่านมา (คือช่วงอิทธิพลทางตรงในอดีต)
2. ถ้า $SPE = 1$ แปลว่าการลดลงของไตรกลีเซอไรด์จากฤทธิ์ของยาตัวใหม่มีผลไม่ต่างจากฤทธิ์ยาตัวอื่นที่ทดลองใช้ในอดีตที่ผ่านมา
3. ถ้า $SPE < 1$ แปลว่าการลดลงของไตรกลีเซอไรด์จากฤทธิ์ของยาตัวใหม่มีผลแย่กว่าฤทธิ์ยาตัวอื่นที่ทดลองใช้ในอดีตที่ผ่านมา

การวิเคราะห์การค้นกลาง (การวิเคราะห์ Surrogate Endpoint)

กรณีตัวแบบการค้นกลางคือพฤติกรรมผู้นำ (X) ส่งผลกระทบต่อพันธะทางจริยธรรมของพนักงาน (moral obligation: M) แล้วค่อยส่งผลกระทบต่อผลการปฏิบัติงานของพนักงาน (Y)

ถ้า $RE = -$ มีค่าน้อยกว่า 1 เป็นอย่างมากแสดงว่าพันธะทางจริยธรรมของพนักงานใช้เป็นตัวแทนของผลการปฏิบัติงานของพนักงานได้ เมื่อทราบเช่นนี้ องค์กรต้องเร่งสร้างพันธะทางจริยธรรมของพนักงานให้สมบูรณ์ ซึ่งอาจจะใช้คาดคะเนผลการปฏิบัติงานที่พึงประสงค์ของพนักงานได้

Moral obligation คือการปฏิบัติตนเป็นพลเมืองดี ทำตามกฎหมาย กฎ ระเบียบ และข้อบังคับของสังคมอย่างเคร่งครัด

ตัวอย่าง Surrogate Endpoint ในทางการจัดการ

1. ปัจจัยสาเหตุ: Implementation of Employee Training Program
Surrogate Endpoint: Employee Skill Assessment Scores
ปัจจัยผลลัพธ์: Productivity Levels of Employees
2. ปัจจัยสาเหตุ: Introduction of New Product Features
Surrogate Endpoint: User Engagement Metrics (e.g., Click-Through Rate--CRT, Time Spent on Page)
ปัจจัยผลลัพธ์: Customer Satisfaction Levels

หมายเหตุ 1. Surrogate Endpoint ในที่นี้ก็คือตัวแปรคั่นกลาง

2. ถ้าตัวแปรคั่นกลางสามารถใช้คาดคะเนตัวแปรผลลัพธ์ได้ดีก็จะทำหน้าที่เป็น Surrogate Endpoint
3. ขอให้ผู้อ่านวาดภาพตัวแบบการคั่นกลางจากตัวอย่างเอง

ตัวอย่าง Surrogate Endpoint ในทางการจัดการ

3 ปัจจัยสาเหตุ:	Adoption of Supply Chain Automation Technology
Surrogate Endpoint:	Inventory Turnover Rate
ปัจจัยผลลัพธ์:	Supply Chain Efficiency and Cost Reduction
4. ปัจจัยสาเหตุ:	Customer Loyalty Program Implementation
Surrogate Endpoint:	Customer Retention Rate
ปัจจัยผลลัพธ์:	Customer Lifetime Value and Profitability

ตัวอย่าง Surrogate Endpoint ในทางการจัดการ

5. ปัจจัยสาเหตุ:	Introduction of Green Initiatives in Operations
Surrogate Endpoint:	Carbon Footprint Reduction
ปัจจัยผลลัพธ์:	Corporate Social Responsibility (CSR) Reputation

ตัวอย่าง Surrogate Endpoint ในทางการตลาด

- ปัจจัยสาเหตุ: Launch of Social Media Advertising Campaign
Surrogate Endpoint: Click-Through Rate (CTR) on Advertisements
ปัจจัยผลลัพธ์: Conversion Rate and Sales of the Advertised Product
- ปัจจัยสาเหตุ: Influencer Marketing Collaboration
Surrogate Endpoint: Social Media Engagement (likes, shares, comments)
ปัจจัยผลลัพธ์: Brand Awareness and Perception among Target Audience

หมายเหตุ CTR คือ $\frac{\text{จำนวนคลิกเข้าดู}}{\text{จำนวนคอนเทนต์ที่ส่งออกสื่อ}} \times 100$ ถ้า CTR ต่ำแปลว่ากลุ่มเป้าหมายไม่สนใจ หรือตั้งกลุ่มเป้าหมายผิด หรือกำหนดคีย์เวิร์ดไม่ดี
กูเกิลคิดเงินต่อคลิก (pay per click: ppc) ถ้า CTR สูงแต่ยอดขายต่ำเราจะเสียค่า ppc ไม่คุ้ม

ตัวอย่าง Surrogate Endpoint ในทางการตลาด

3. ปัจจัยสาเหตุ: Use of Personalized Email Marketing
Surrogate Endpoint: Email Open Rate and Click Rate
ปัจจัยผลลัพธ์: Customer Purchase Behavior and Sales Conversions
4. ปัจจัยสาเหตุ: Change in Packaging Design for a Product
Surrogate Endpoint: Shelf Placement and In-Store Visibility
ปัจจัยผลลัพธ์: Product Sales and Market Share

ตัวอย่าง Surrogate Endpoint ในทางการตลาด

5. ปัจจัยสาเหตุ: Implementation of Search Engine Optimization (SEO) Strategy

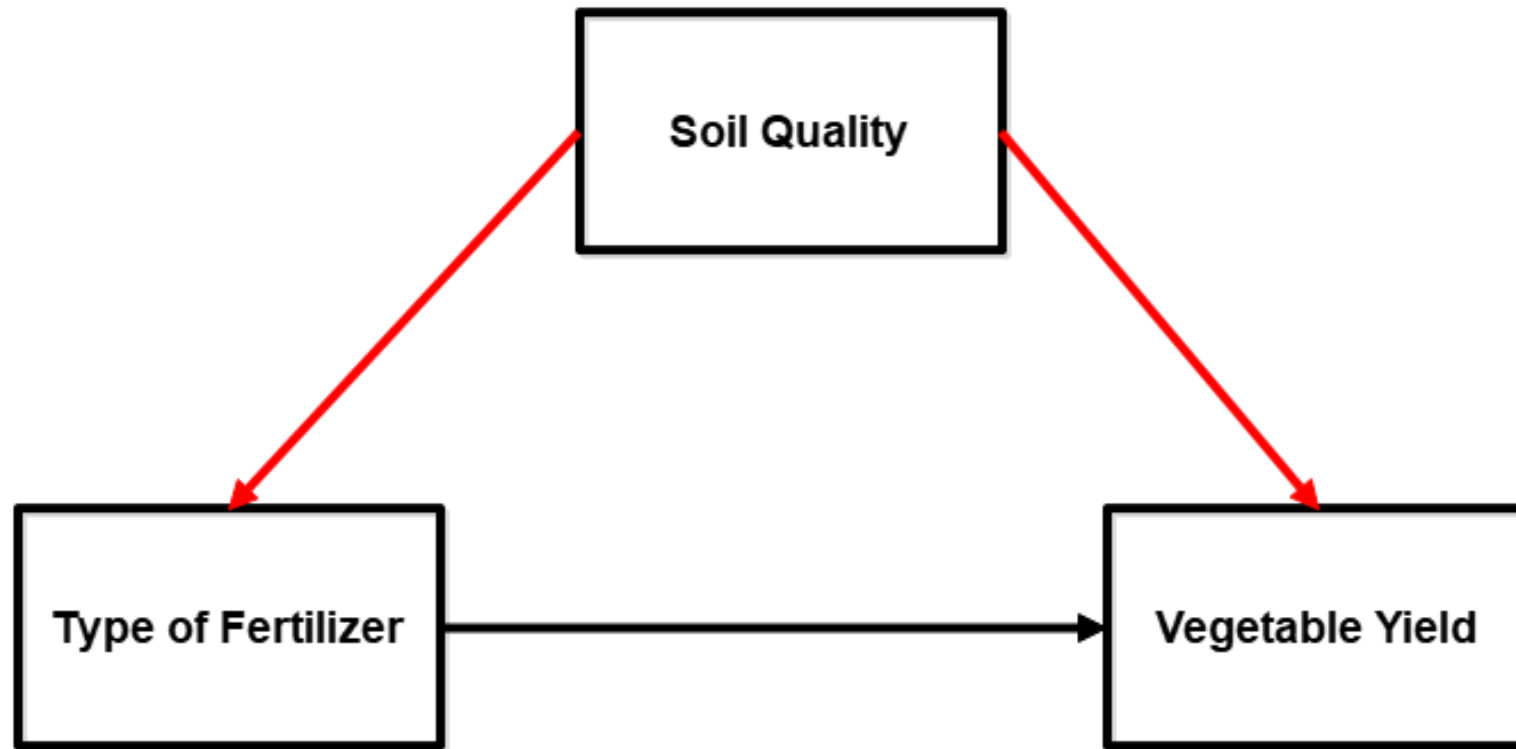
Surrogate Endpoint: Website Traffic and Page Views

ปัจจัยผลลัพธ์: Online Sales and Revenue from Website Visitors

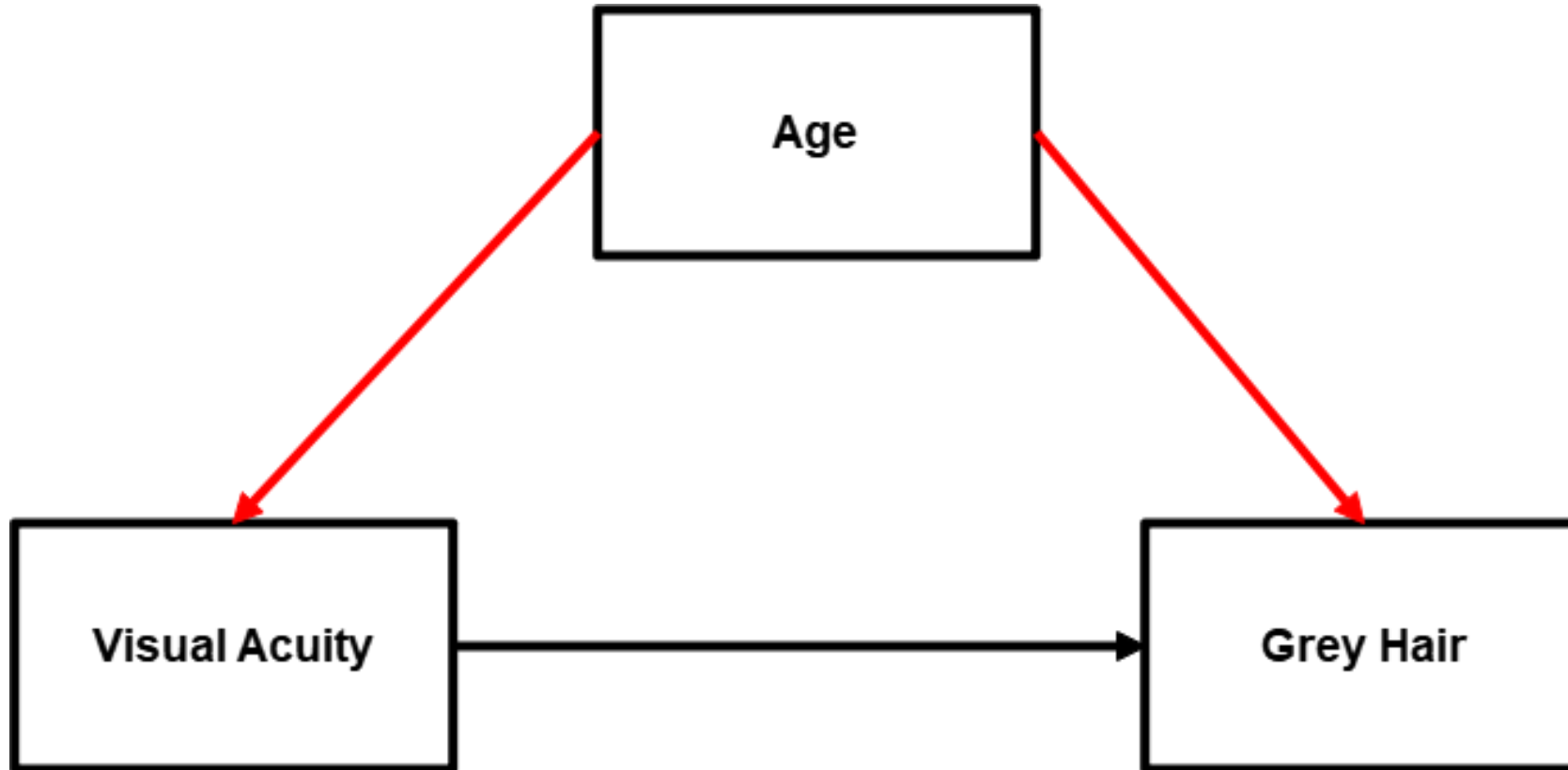
confounder

confounder คือตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อทั้งตัวแปรสาเหตุและตัวแปรผลลัพธ์ (เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า extraneous variable) ตัวแปรนี้ไม่ใช่เป็นปัจจัยที่เราสนใจ ศึกษาหรือต้องการจะควบคุม เป็นปัจจัยที่อยู่เดิมตามธรรมชาติแต่ทำให้เราไม่ อาจแน่ใจว่าตัวแปรใดกันแน่ที่ส่งผลต่อตัวแปรผลลัพธ์ คือเป็นเพราะตัวแปร สาเหตุส่งผลต่อตัวแปรผลลัพธ์ หรือว่าเป็นเพราะตัวแปร confounder ส่งผลต่อ ตัวแปรผลลัพธ์

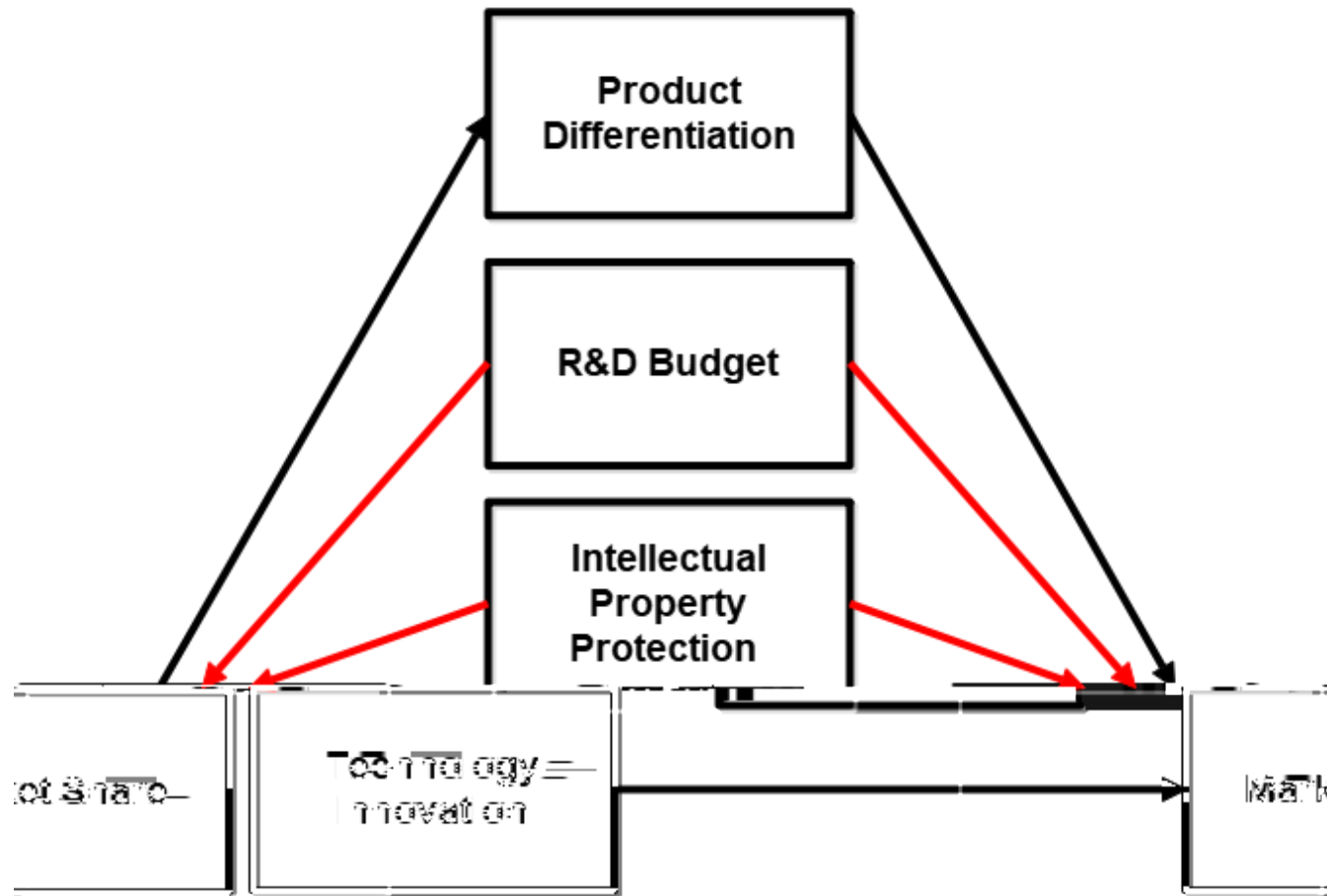
confounder



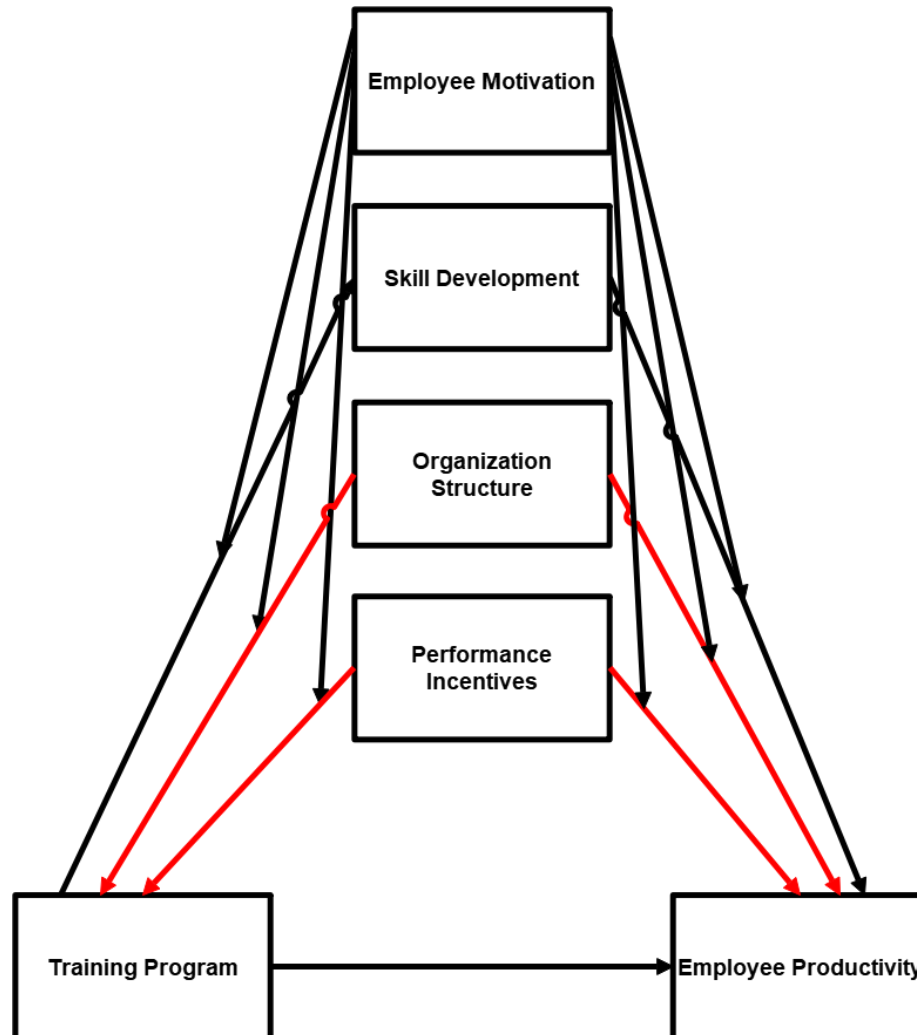
confounder



Confounder, mediator



Confounder, mediator, moderator



วิธีแก้ปัญหา Confounder

วิธีแก้ปัญหา confounder

1. กำหนดให้เป็นตัวแปรควบคุม
2. กำหนดให้เป็นตัวแปรจำแนกกลุ่มการทดลอง (เช่น แยกตามอายุ, ระดับการศึกษา)
กำหนดให้เป็น moderator เพื่อแยกตามระดับค่า (สูง ปานกลาง ต่ำ) ตามแนวทาง Moderation Analysis
3. ใช้ Confounder เป็นส่วนหนึ่งของแผนทดลอง เช่น (ควบคุมดินปลูกให้เป็นแบบเดียวกัน หรือควบคุมดินปลูกให้แตกต่างกันเพื่อเปรียบเทียบผลผลิตตามคุณภาพดินปลูกด้วย)
4. ใช้ Instrumental variable (IV) เพื่อลดพลังของ confounder โดยใช้เทคนิค Two-Stage Least Square: 2SLS ในการสร้างค่าตัวแปรสาเหตุ (Pokropek, 2016)
ตามปกติเราจะใช้ instrumental variable มาช่วยกันสร้างค่าให้แก้ปัจจัยสาเหตุก็เฉพาะเมื่อมีปัญหา endogeneity แต่ confounder(s) และปัจจัยสาเหตุเป็นคู่ขัดแย้งกัน ถ้าสร้างค่าใหม่ให้แก้ปัจจัยสาเหตุด้วย instrumental variable(s) อำนาจแย่งของ confounder ย่อมลดลง

Confounder และ Instrumental variable

Confounder เป็นตัวแปรหรือปัจจัยที่มีผลให้ผลการศึกษาเอนเอียง ทำให้นักวิจัยสับสนว่า ปัจจัยผลลัพธ์ผันแปรไปเพราะปัจจัยสาเหตุหรือว่าแปรไปเพราะ confounder ที่สัมพันธ์อยู่กับทั้งปัจจัยสาเหตุและปัจจัยผลลัพธ์ (เรียกว่า extraneous)

Instrumental variable คือปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยสาเหตุเท่านั้น (เรียกว่า relevance) ไม่สัมพันธ์กับปัจจัยผลลัพธ์ (เรียกว่า exogeneity) จะสัมพันธ์กับปัจจัยผลลัพธ์ก็เฉพาะต้องผ่านปัจจัยสาเหตุ เราใช้ instrumental variable ช่วยแก้ปัญหา endogeneity และช่วยลดอิทธิพลของ confounder ลง

Confounder และ Instrumental variable

Instrumental variable ใช้แก้ปัญหา endogeneity คือปัญหาที่ตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามต่างเป็นสาเหตุของกันและกันเรียกว่า bidirectional relationship หรือ non-recursive model หรือ reciprocal relationship (ไม่ใช่ double-headed relationship) เช่น รายได้-การศึกษา (คุณภาพ), การสูบบุหรี่-ปัญหาชีวิตและสุขภาพ, การใช้จ่ายของภาครัฐ-การเติบโตทางเศรษฐกิจ, การโฆษณาสินค้า-ยอดขายสินค้า, ความพึงพอใจในงาน-ผลการปฏิบัติงาน ตัวแปร Instrumental variable จึงถูกนำมาใช้เพื่อสร้างข้อมูลแทนข้อมูลเดิมของตัวแปรอิสระ



วิธีแก้ปัญหา Confounder ด้วย 2SLS

วิธีนำ Instrumental variable มาใช้คือวิธี 2-Stage Least Square (2SLS) พยากรณ์ค่าของตัวแปรอิสระด้วย Instrumental variable(s) แล้วใช้ค่าพยากรณ์นี้เป็นค่าของตัวแปรอิสระ กล่าวคือ

ให้ Z 's เป็น instrumental variable

ให้รันสมการ $X = f(Z's) + u$ และหาค่าพยากรณ์ของ X จากสมการนี้ได้

นำ ไปใช้ในสมการ $Y = f(X)$ คือ $Y = f(\quad)$

ตัวอย่างตัวแบบที่มี confounder และวิธีแก้ปัญหาด้วย Instrumental Variable

Independent Variable: Smoking Status

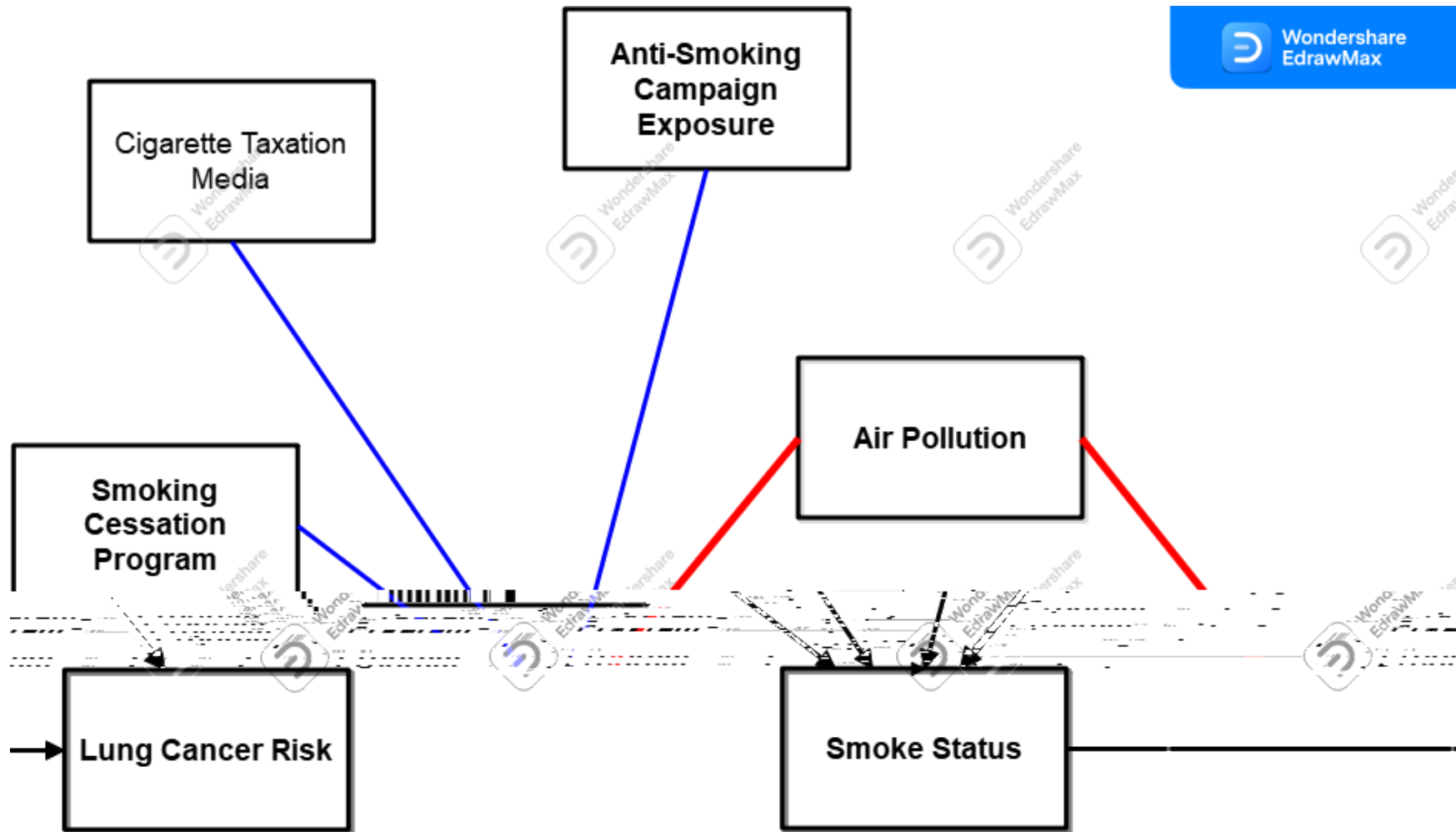
Dependent Variable: Lung Cancer Risk

Confounder: Exposure to Air Pollution

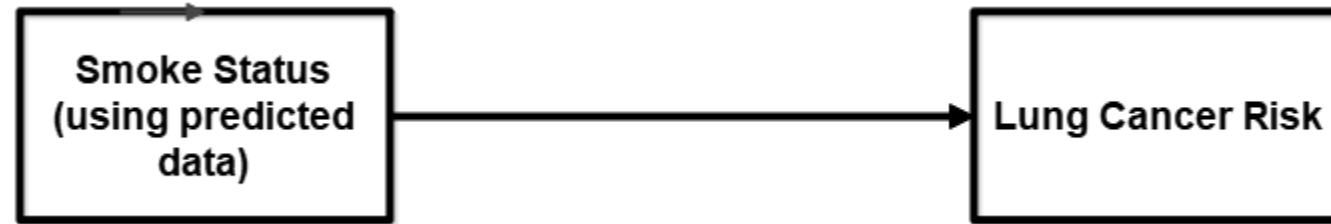
Instrumental Variables: Smoking Cessation Programs, Cigarette

Taxation, Media Anti-smoking Campaign Exposure

ตัวอย่างตัวแบบที่มี confounder และวิธีแก้ปัญหาคด้วย Instrumental Variable



ตัวอย่างตัวแบบที่มี confounder และวิธีแก้ปัญหาคด้วย Instrumental Variable



Stage 1. รันสมการต่อไปนี้โดยใช้ Instrumental Variable เป็นตัวแปรอิสระ ส่วน confounder ให้ทิ้งไปหรือจะเปลี่ยนให้ทำหน้าที่ controlled variable ก็ได้

$$\text{Smoking Status} = + \text{Smoking Cessation Programs} + \text{Cigarette Taxation} \\ + \text{Media Anti-smoking Campaign Exposure} + u$$

Stage 2. ใช้ค่าพยากรณ์จากขั้นที่ 1 เป็นข้อมูลของ Smoking Status
เรียกว่าวิธี 2-stage Least Square

ตัวอย่างตัวแบบที่มี confounder และวิธีแก้ปัญหาคด้วย Instrumental Variable

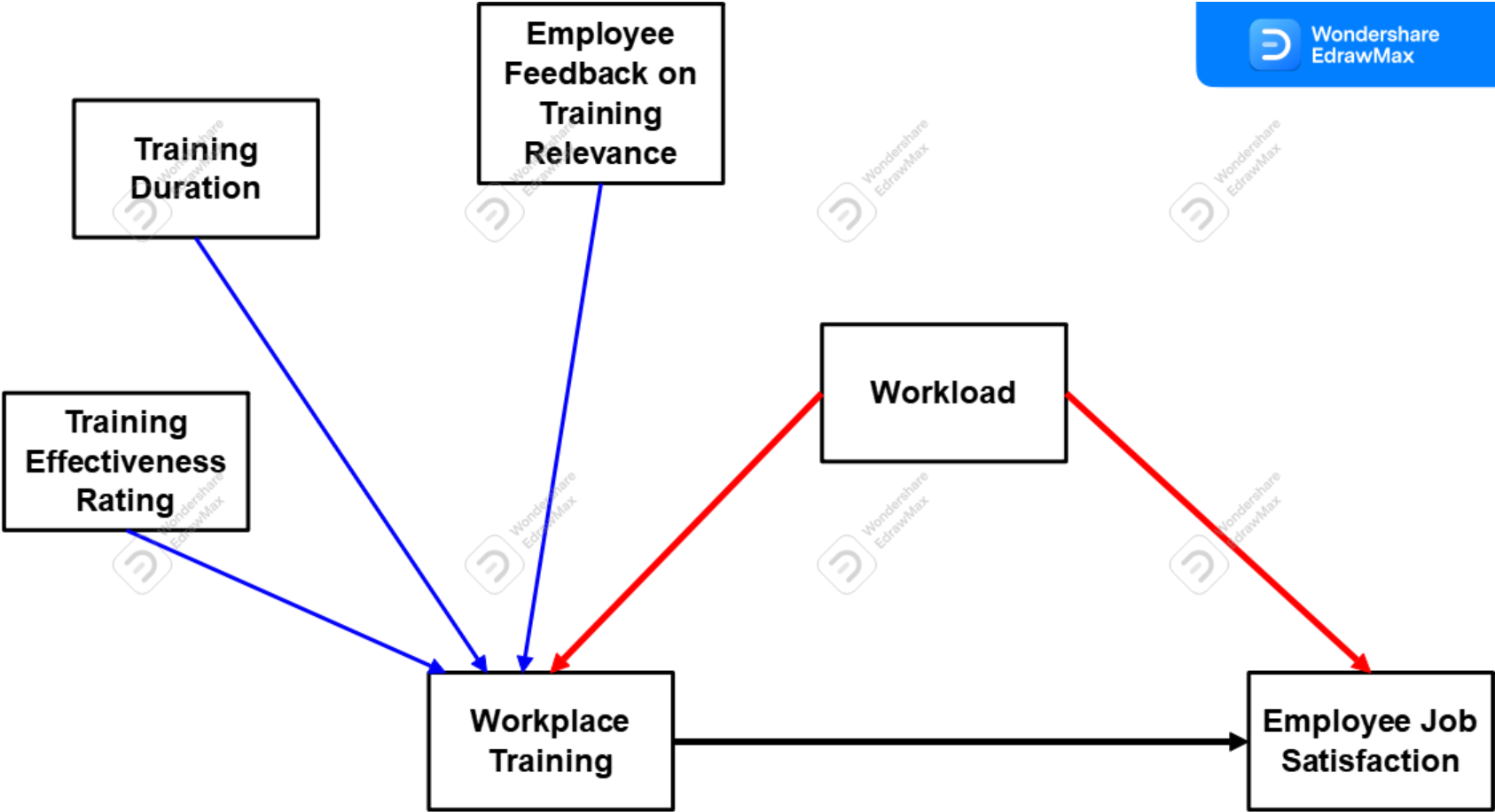
Independent Variable: Workplace Training

Dependent Variable: Employee Job Satisfaction

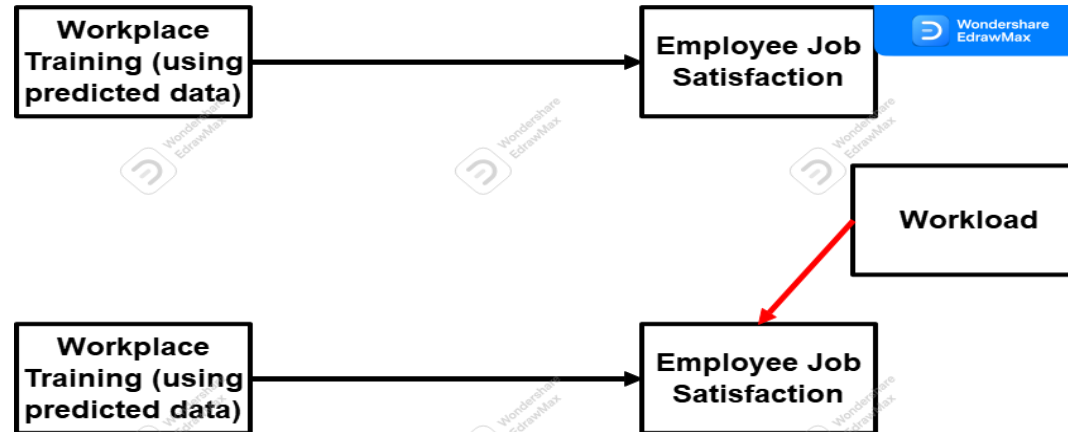
Confounder: Workload

Instrumental Variables: Training Effectiveness Ratings, Training Duration,
Employee Feedback on Training Relevance

ตัวอย่างตัวแบบที่มี confounder และวิธีแก้ปัญหาด้วย Instrumental Variable และ Controlled variable



ตัวอย่างตัวแบบที่มี confounder และวิธีแก้ปัญหาคด้วย Instrumental Variable



Stage 1. รันสมการต่อไปนีโดยใช้ Instrumental Variable เป็นตัวแปรอิสระ ส่วน confounder ให้ทิ้งไป (ภาพบน) หรือส่งไปเป็นตัวแปรควบคุม (ภาพล่าง)

$$\begin{aligned} \text{Workplace Training} = & + \text{Training Effectiveness Rating} + \text{Training Duration} \\ & + \text{Employee Feedback on Training Relevance} + u \end{aligned}$$

Stage 2. ใช้ค่าพยากรณ์จากขั้นที่ 1 เป็นข้อมูลของ Workplace Training

ตัวอย่างตัวแบบที่มี confounder และวิธีแก้ปัญหาคด้วย Instrumental Variable

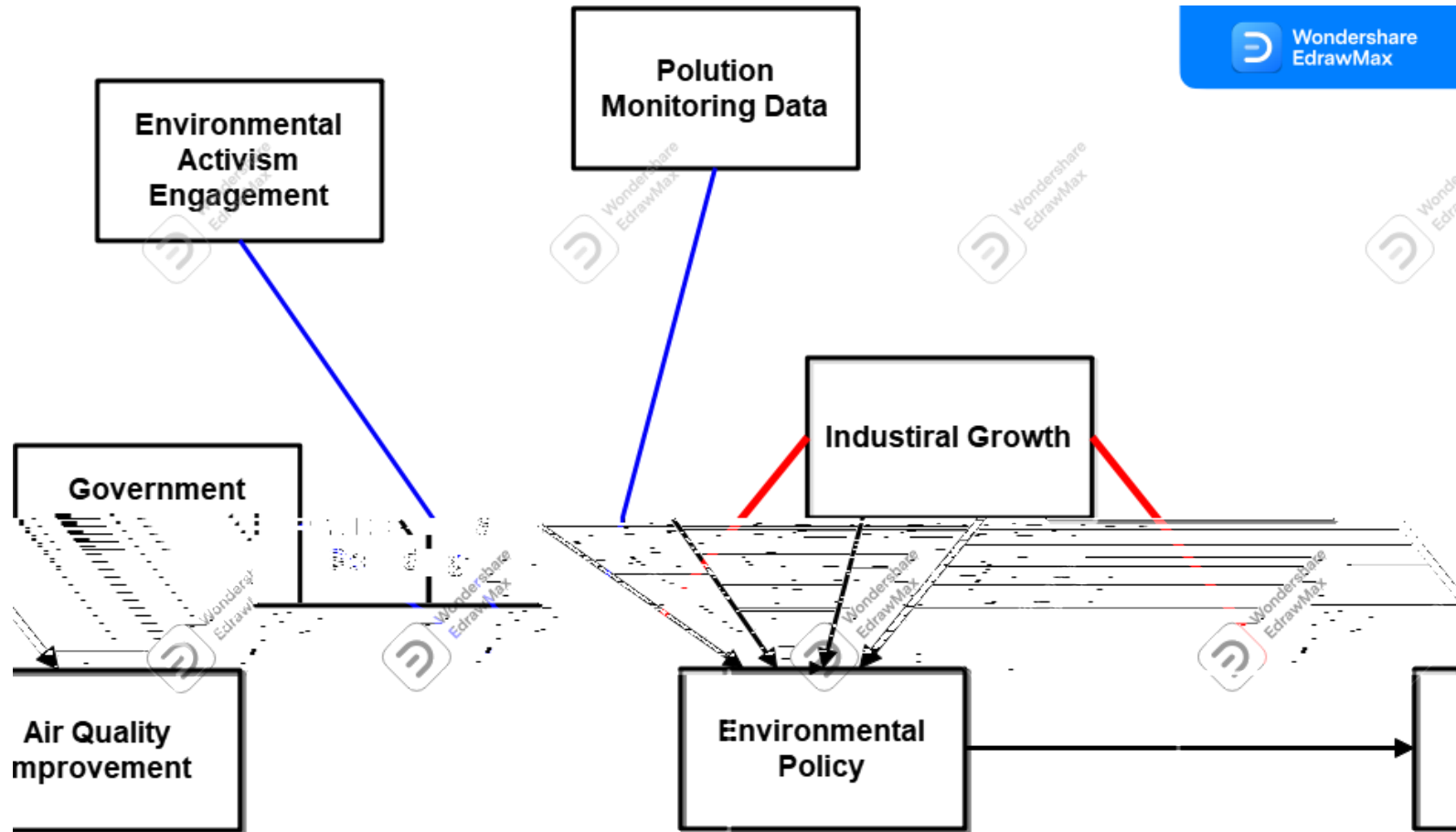
Independent Variable: Environmental Policy

Dependent Variable: Air Quality Improvement

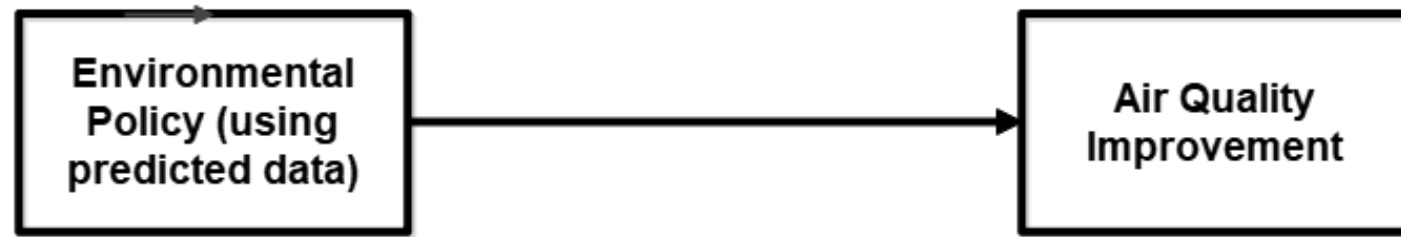
Confounder: Industrial Growth

Instrumental Variables: Government Environmental Spending, Environmental Activism Engagement, Pollution Monitoring Data

ตัวอย่างตัวแบบที่มี confounder และวิธีแก้ปัญหาคด้วย Instrumental Variable



ตัวอย่างตัวแบบที่มี confounder และวิธีแก้ปัญหาคด้วย Instrumental Variable



Stage 1. รันสมการต่อไปนี้โดยใช้ Instrumental Variable เป็นตัวแปรอิสระ ส่วน confounder ให้ทิ้งไป

$$\text{Environmental Policy} = \text{Govt Environmental Spending} + \text{Environmental Activism Engagement} + \text{Pollution Monitoring Data} + u$$

Stage 2. ใช้ค่าพยากรณ์จากขั้นที่ 1 เป็นข้อมูลของ Environmental Policy

ตัวแปรควบคุม

ตัวแปรควบคุมคือตัวแปรที่นำเข้าสู่ตัวแบบเพื่อให้ปัจจัยสาเหตุอธิบายปัจจัยผลลัพธ์ได้ตามที่เป็นจริง เป็นตัวแปรสำคัญและเกี่ยวข้องกับตัวแปรผลลัพธ์แต่ไม่ใช่ตัวแปรที่มุ่งสนใจ การควบคุมตัวแปรอาจเป็นการตรึงด้วยการกำหนดให้มีค่าคงที่ การหักค่าออกจากตัวแปรตาม หรือเพิ่มลงในตัวแบบ MRA/PA

การควบคุมตัวแปรช่วยให้ผลการศึกษชัดเจนขึ้น ถูกต้องขึ้น ไม่มี confounding Effect ให้ใส่ตัวแปรนี้ลงตรง ๆ ในตัวแบบเหมือนตัวแปรอิสระ มีก็ตัวก็ได้แต่ไม่ควรมากเกินไปเพราะจะทำให้ผลการศึกษาคาดความทั่วไป เราไม่หวังว่าตัวแปรควบคุมจะมีนัยสำคัญหรือไม่มีนัยสำคัญ เพราะมีผลดีต่อตัวแบบด้วยกันทั้งสองกรณี

ตัวแปรควบคุม

1. ถ้าตัวแปรควบคุมมีนัยสำคัญแสดงว่าผลการศึกษาของเราชัดเจนว่าปัจจัยผลลัพธ์ได้รับผลกระทบอย่างแน่นอนจากตัวแปรตัวแปรสาเหตุ ไม่ต้องพะวงว่าจะเกิดจากสาเหตุอื่นเพราะได้ควบคุมปัจจัยที่เป็นไปได้เอาไว้แล้ว

2. ถ้าตัวแปรควบคุมไม่มีนัยสำคัญก็เป็นการยืนยันว่าตัวแปรอื่นที่เราตั้งใจควบคุมไว้แล้วนั้นแท้จริงแล้วไม่สร้างปัญหา confounding ให้เรา

ไม่ว่าตัวแปรควบคุมจะมีนัยสำคัญหรือไม่มีนัยสำคัญอิทธิพลของตัวแปรควบคุมก็ยังส่งผลต่อตัวแปรผลลัพธ์ไม่มากนักน้อย สืบเนื่องจากค่าของสัมประสิทธิ์เส้นทางที่เปลี่ยนแปลงไป

ตัวอย่างแบบ **parallel mediation model** ที่มีตัวแปรควบคุม

Independent Variable: Exercise frequency

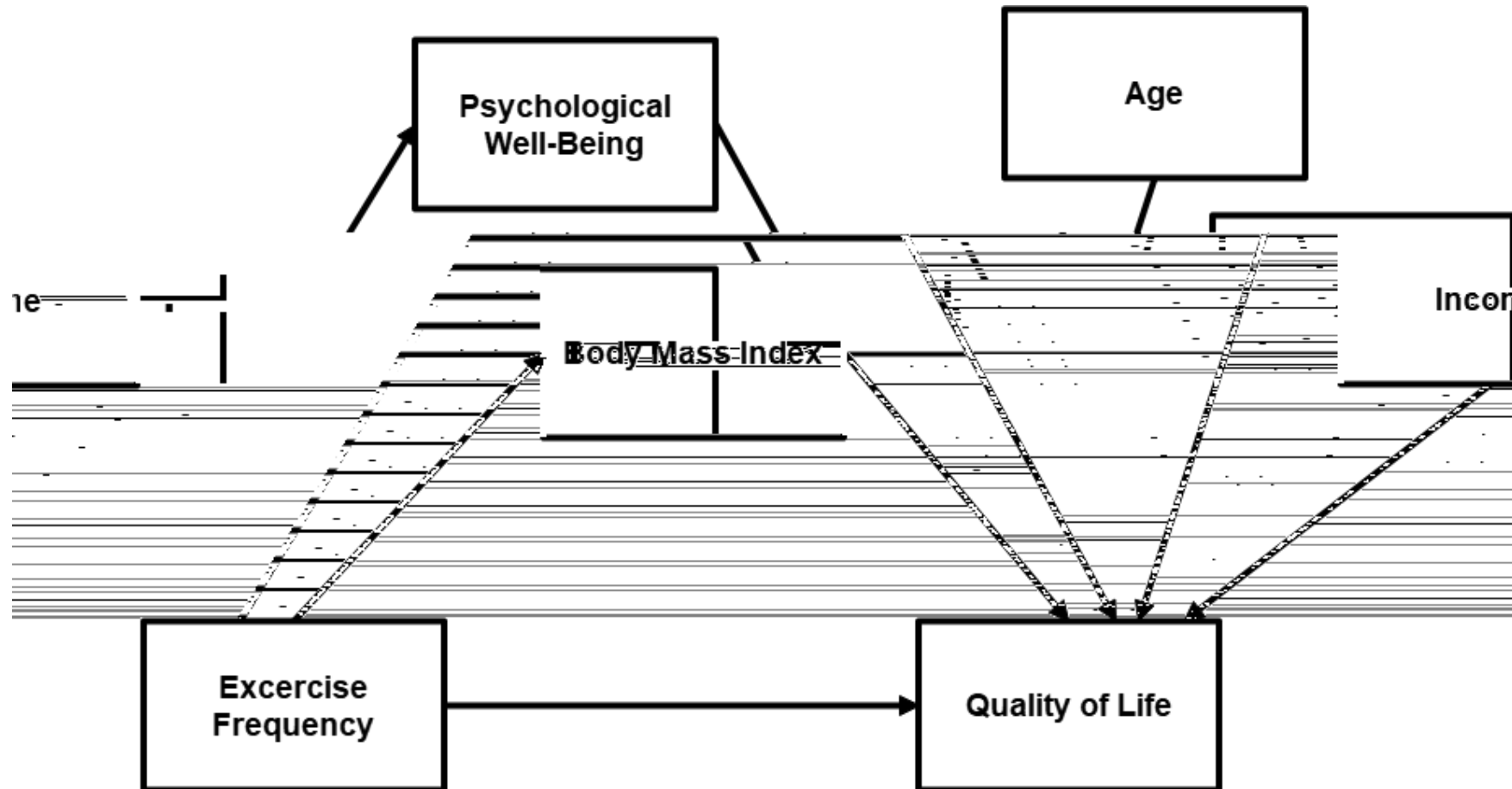
Mediator 1: Body mass index (BMI)

Mediator 2: Psychological well-being

Dependent Variable: Quality of life

Controlled Variables: Age, Income

ตัวอย่างตัวแบบ parallel mediation model ที่มีตัวแปรควบคุม



ตัวอย่างตัวแบบ parallel mediation model ที่มีตัวแปรควบคุม

Independent Variable: : Leadership style

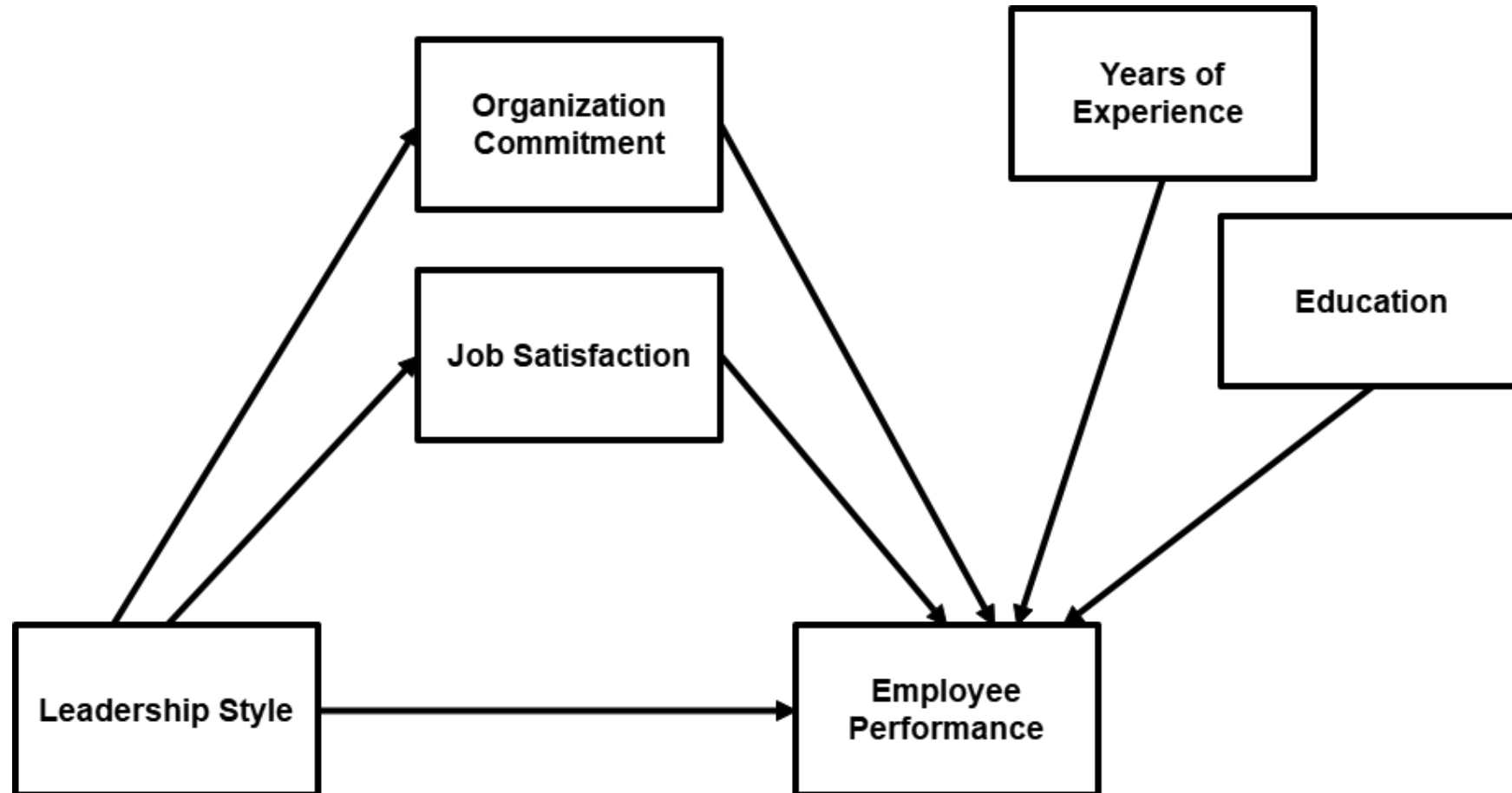
Mediator 1 : Employee job satisfaction

Mediator 2 : Organizational commitment

Dependent Variable : Employee performance

Controlled Variables: Years of experience, Education level

ตัวอย่างตัวแบบ parallel mediation model ที่มีตัวแปรควบคุม



ตัวอย่างตัวแบบ parallel mediation model ที่มีตัวแปรควบคุม

Independent Variable: Workload

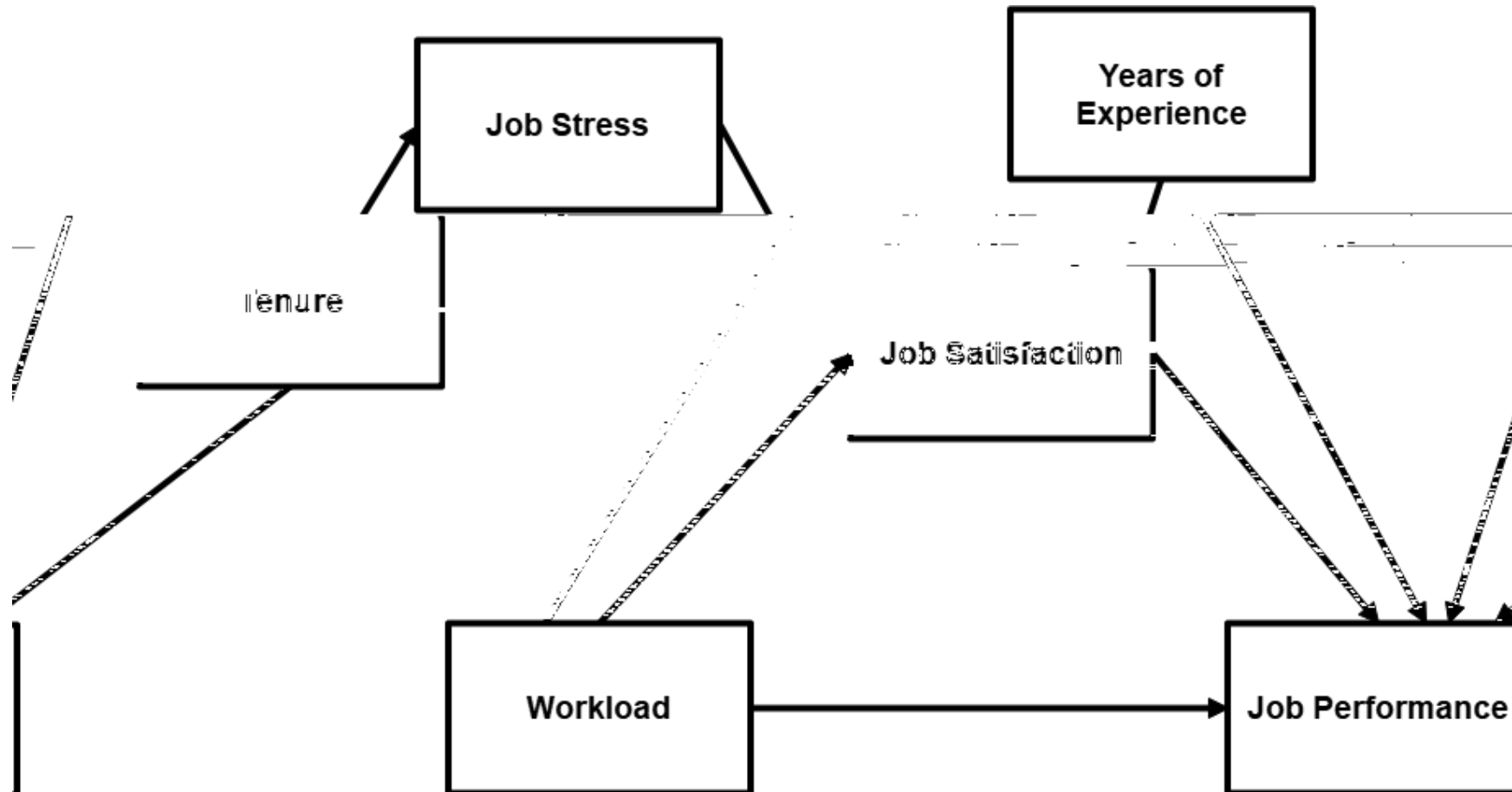
Mediator 1 : Job stress

Mediator 2 : Job satisfaction

Dependent Variable : Work performance

Controlled Variables: Years of experience, Job
tenure

ตัวอย่างรูปแบบ parallel mediation model ที่มีตัวแปรควบคุม



ตัวอย่างตัวแบบ parallel mediation model ที่มีตัวแปรควบคุม

Independent Variable : Advertising expenditure

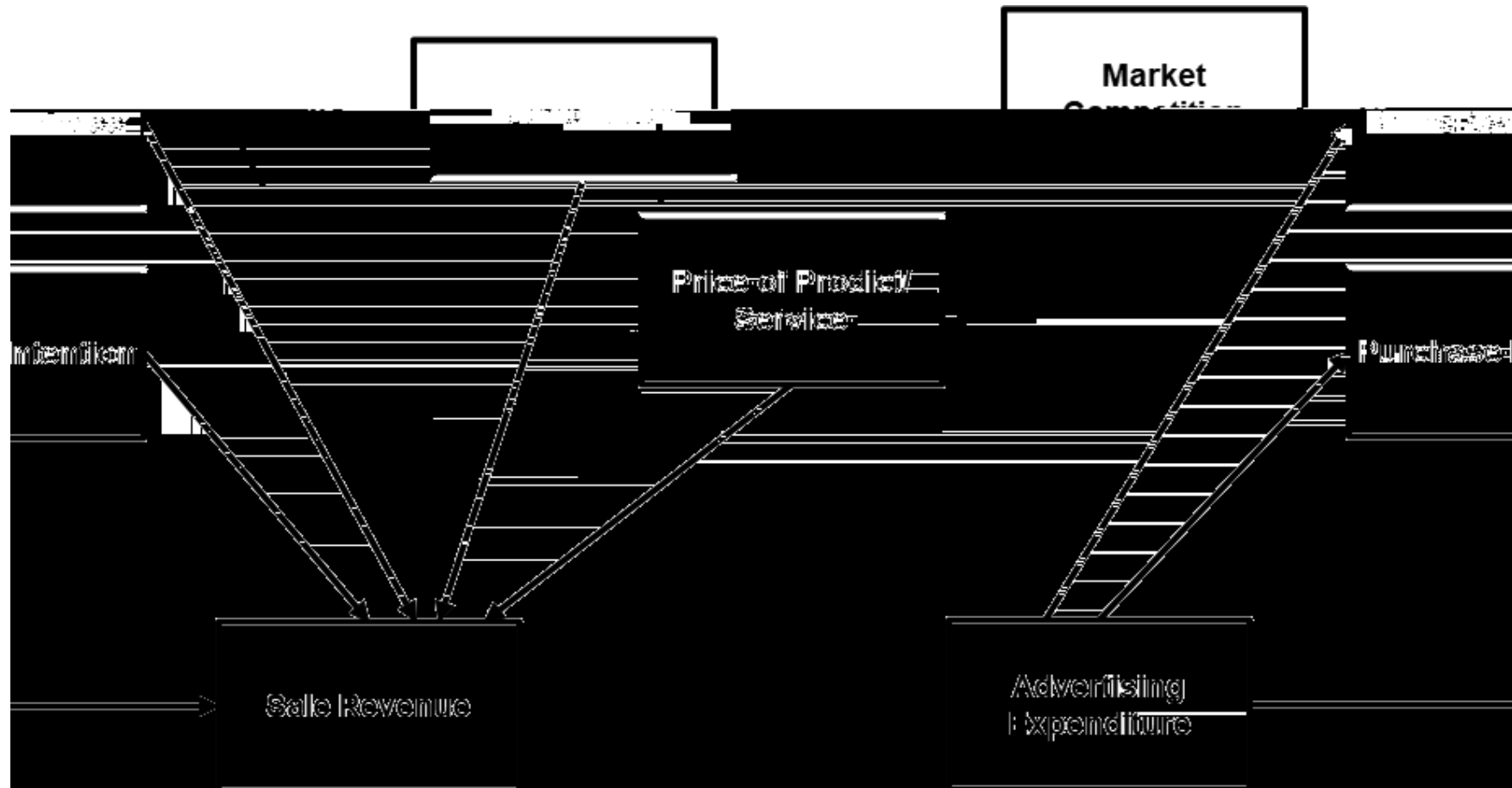
Mediator 1 : Brand awareness

Mediator 2 : Purchase intention

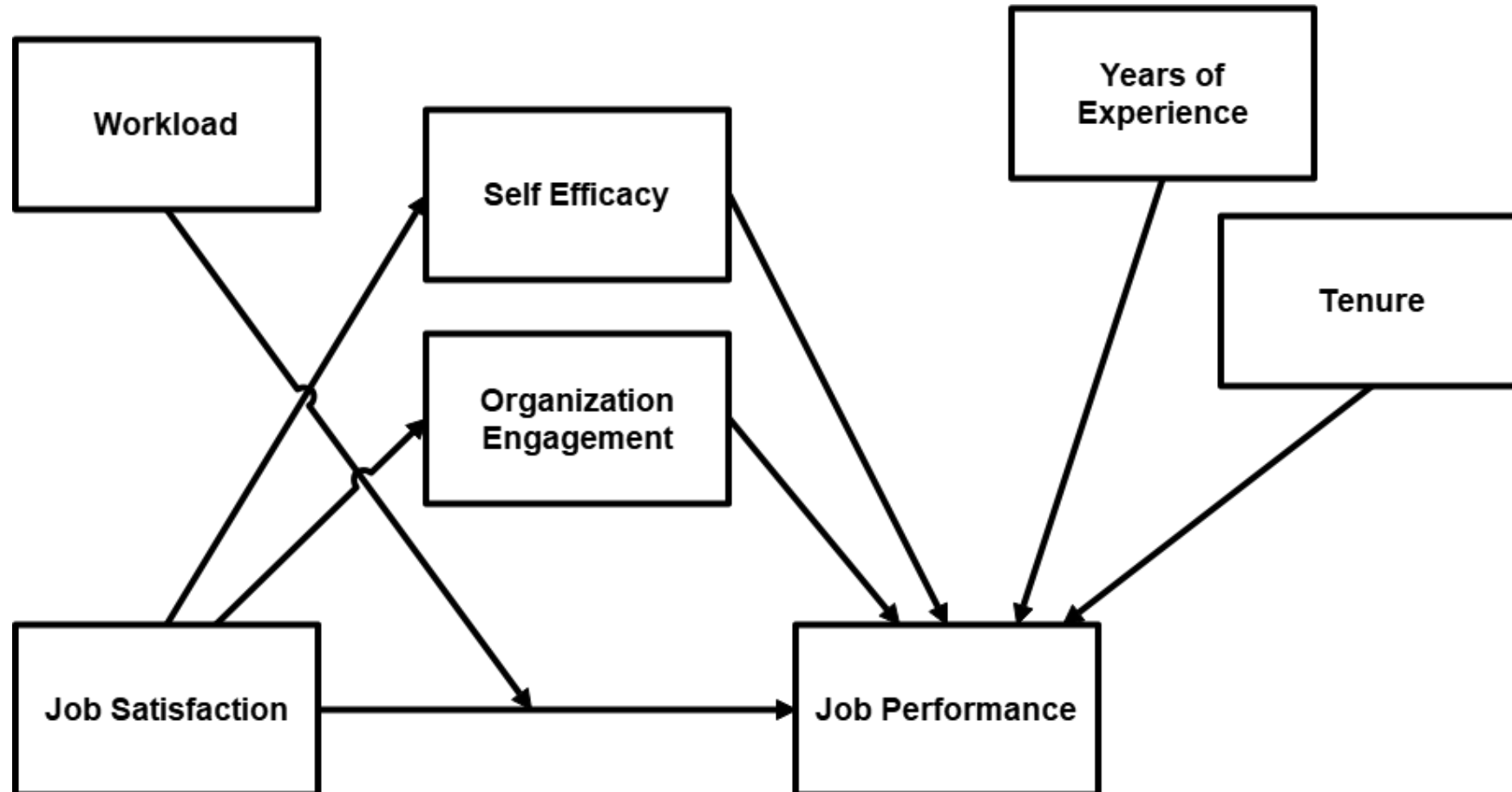
Dependent Variable : Sales revenue

Controlled Variables: Market competition, Product price

ตัวอย่างตัวแบบ parallel mediation model ที่มีตัวแปรควบคุม



ตัวอย่างรูปแบบ parallel moderated mediation model ที่มีตัวแปรควบคุม



Moderate Mediation Model

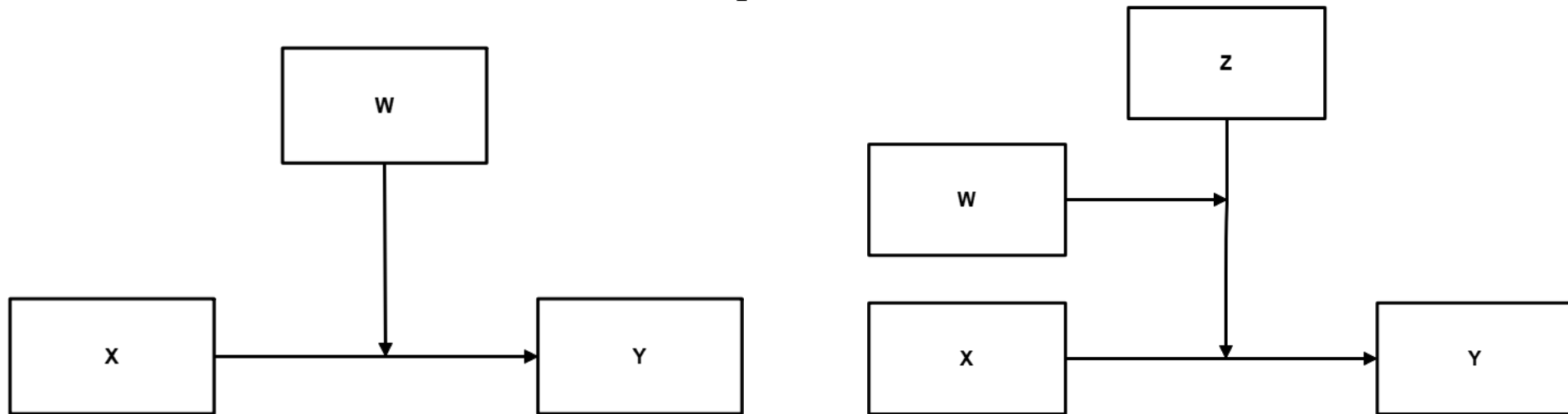
Moderate Mediation Model คือตัวแบบการค้นกลางที่มีการกำกับบางเส้นทางเพื่อศึกษาว่าเงื่อนไขใดของตัวแปรกำกับมีผลต่อการแปรของ **ง** **อ** **ล** **ต** **น**

Moderate Mediation Model

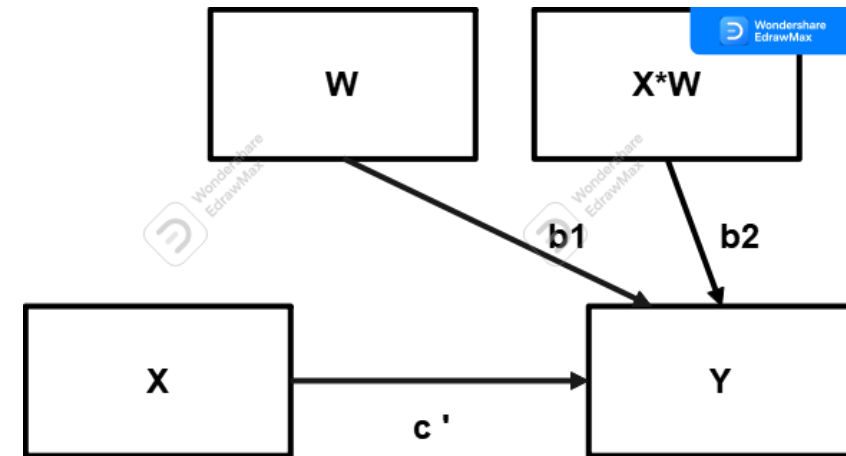
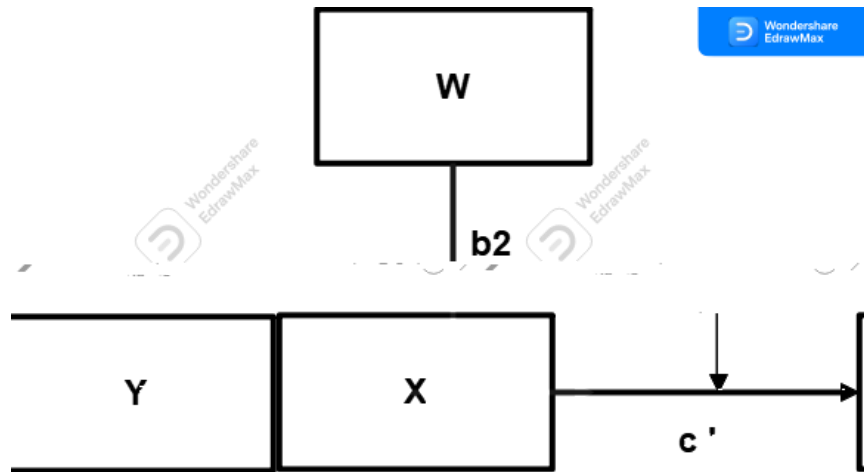
การกำกับเส้นทางในภาพคือเส้นทาง X → Y อาจเป็น 2-way interaction หรือ 3-way interaction ขึ้นอยู่กับความสนใจของนักวิจัย

2-way interaction คืออิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสาเหตุกับตัวแปรกำกับคือ $X*W$ ที่มีต่อตัวแปรผลลัพธ์ (model 1 ใน PROCESS template)

3-way interaction คืออิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสาเหตุกับตัวแปรกำกับ 2 ตัวคือ $X*W*Z$ ที่มีต่อตัวแปรผลลัพธ์ (model 3 ใน PROCESS template)



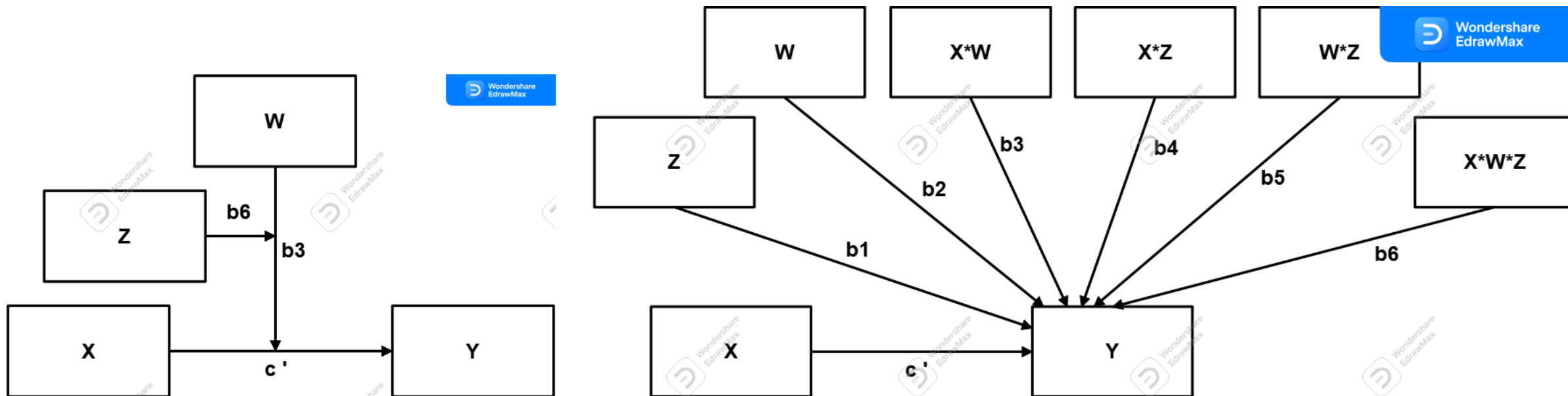
Two-way Mediation Model



$$= b_0 + b_1W + (c' + b_2W)X + u$$

$(c' + b_2W)$ คือ conditional direct effect

Three-way Moderation Model



$$= b_0 + b_1Z + b_2W + b_5W*Z + (\quad + b_3W + b_4Z + b_6W*Z)X + u$$

($\quad + b_3W + b_4Z + b_6W*Z$) คือ conditional direct effect

ตัวอย่าง Moderated Mediation Modeling

Independent Variable: Exercise Frequency

Dependent Variable: Physical Fitness

Mediators: Self-Efficacy, Motivation

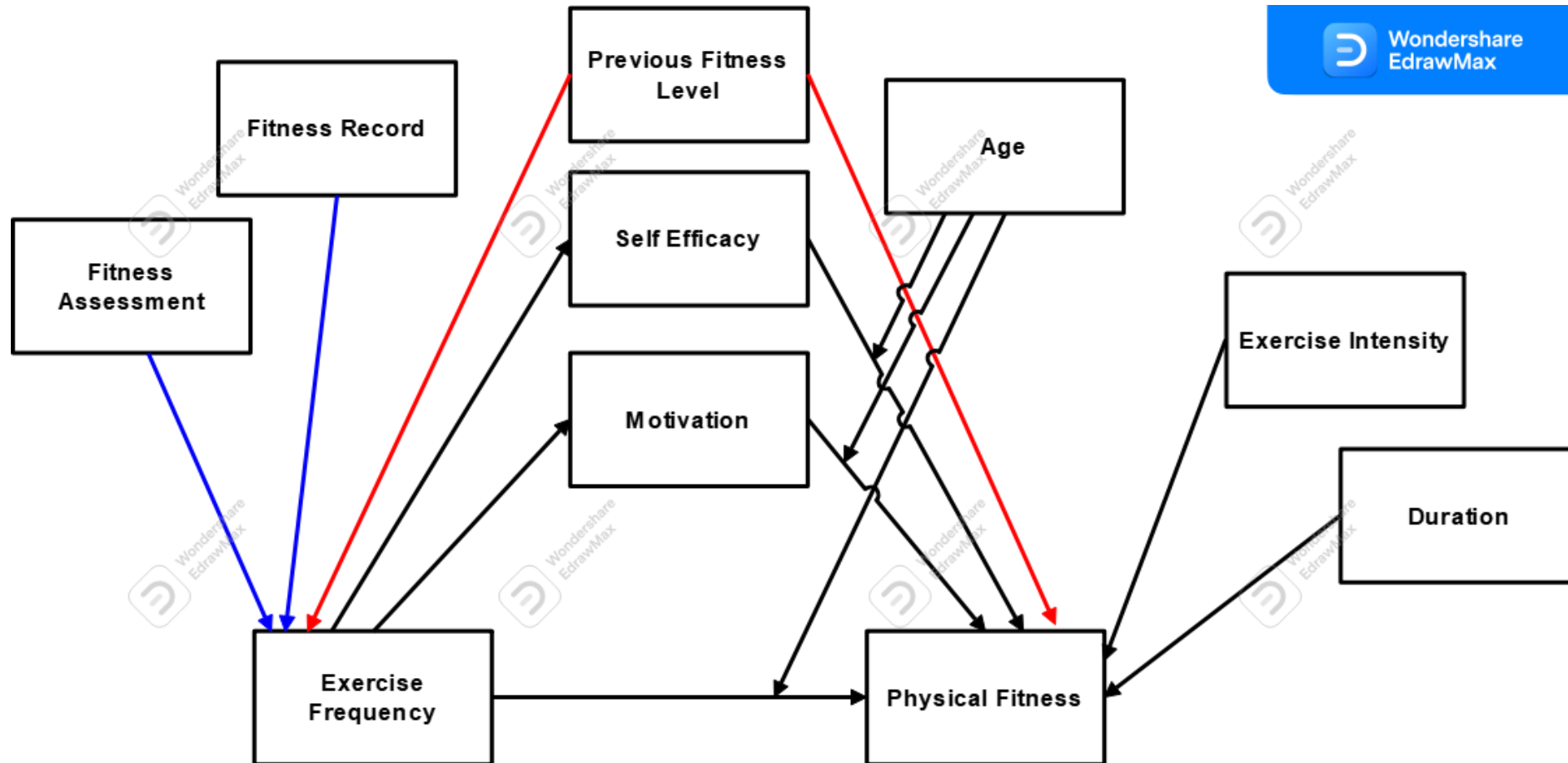
Moderators: Age

Confounders: Previous Fitness Level

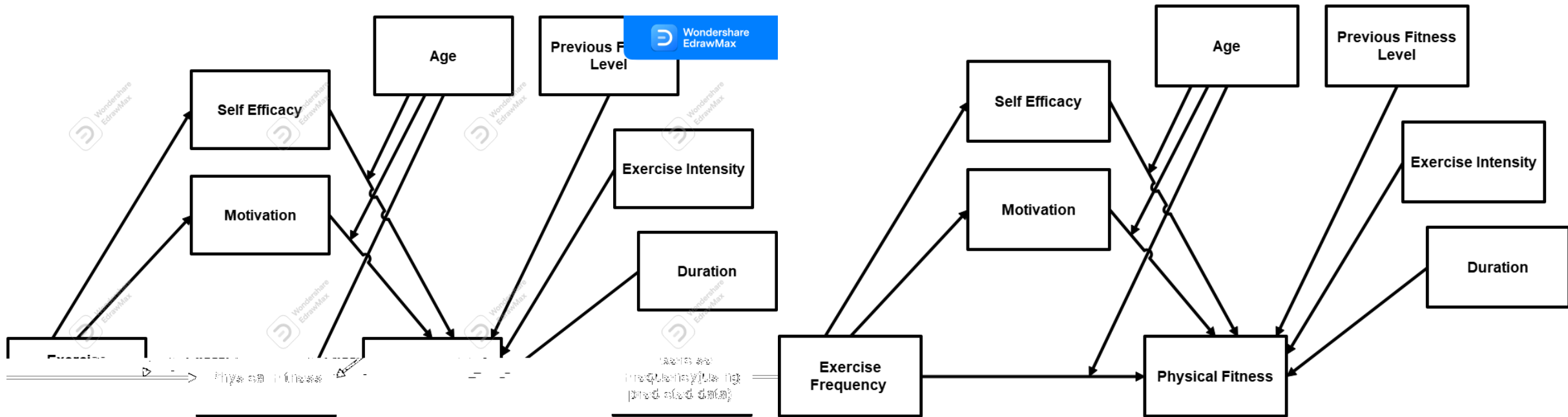
Controlled Variables: Exercise Intensity, Duration

Instrumental Variable: Fitness record, fitness assessment

ตัวแบบ moderated mediation มี confounder, controlled Variable และมี Instrumental Variables ที่สามารถลดพลังของ confounder



แก้ปัญหา confounder ด้วยการเปลี่ยนบทบาท confounder เป็น controlled Variable
จะใช้ประโยชน์จาก Instrumental Variables หรือไม่ขึ้นอยู่กับการพิจารณา endogeneity



มีปัญหา endogeneity และจัดให้ confounder เป็นตัวแปรควบคุม

ไม่มีปัญหา endogeneity และจัดให้ confounder เป็นตัวแปรควบคุม

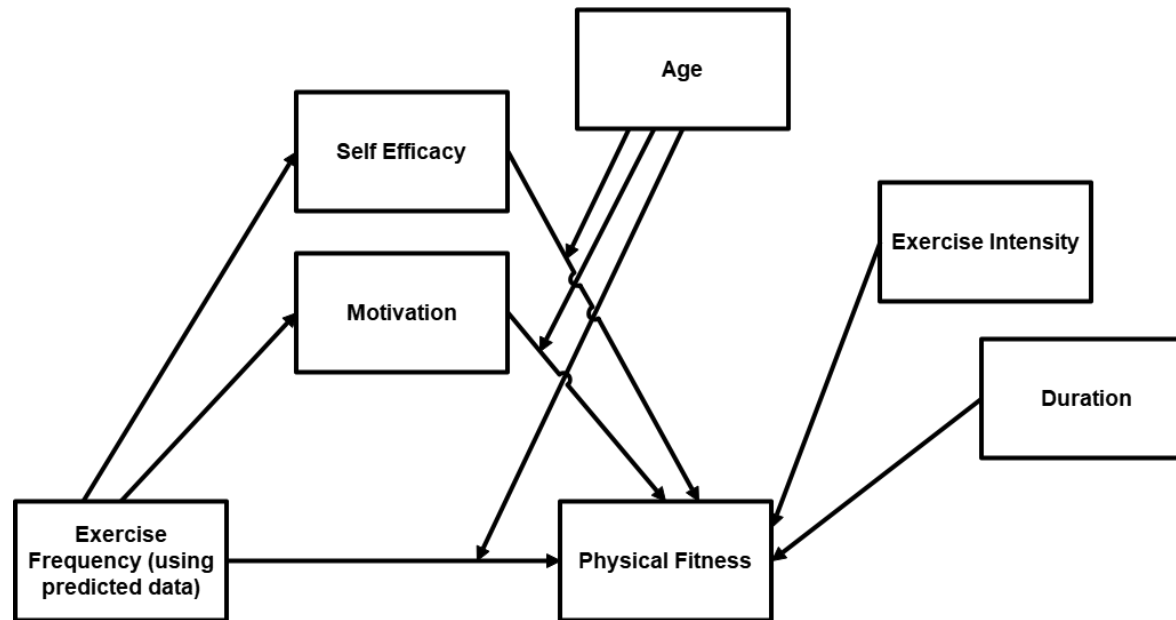
การแก้ปัญหา confounder ด้วย Instrumental Variable

Stage 1. รันสมการต่อไปนี้โดยใช้ Instrumental Variable เป็นตัวแปรอิสระ ส่วน confounder พังไป

$$\text{Exercise Frequency} = + \text{Fitness Assessment} + \text{Fitness Record} + u$$

Stage 2. ใช้ค่าพยากรณ์จากขั้นที่ 1 เป็นข้อมูลของ Exercise Frequency

กรณีทางเลือกนี้ใช้ประโยชน์จาก Instrumental Variables เพราะพิจารณาเรื่อง Exercise Addiction และพัง confounder ไปเพราะการมีตัวแปรควบคุมมากจะมีผลให้ขาดความทั่วไป และจะมีปัญหา multicollinearity



มีปัญหา endogeneity และพัง confounder

วิธีวิเคราะห์ moderated mediation model ด้วย PROCESS macro

1. เลือกแผ่นแบบจาก <https://osf.io/29c8p/download> หรือจากสิ่งอื่น หากแผ่นแบบไม่ตรงตามกรอบแนวความคิดให้ดัดแปลงเพิ่มตัวแปรตามที่ต้องการจะได้ customized conceptual model
2. สร้าง statistical model จาก conceptual model ให้ได้จำนวนสมการถดถอยมากเท่าจำนวนตัวแปรผลลัพธ์
3. สั่งรันด้วยเลขที่แผ่นแบบ รันด้วย aggregated data (แนะนำให้ใช้ standardized data)
4. ตรวจสอบผล ถ้าผลลัพธ์ไม่ถูกต้อง (ขนาด เครื่องหมาย นัยสำคัญ) ให้ทำ data cleaning แล้วทำข้อ 3.
5. ถ้าเป็นตัวแบบที่พัฒนา/ดัดแปลงไม่เหมือนแผ่นแบบใดให้รันด้วย customized modeling แล้วไปทำข้อ 4.

วิธีวิเคราะห์ moderated mediation model ด้วย PROCESS macro

6. ลอกผลลัพธ์จาก print out (สปส. เส้นทาง, t-value, p-value, R-sq, f-sq, Q-sq, LLCI-ULCI) ไปกำกับภาพตัวแบบ

LLCI คือ lower limit confident interval ULCI คือ upper limit confident interval ถูกนำมาตัดสินใจเมื่อต้องทดสอบสมมติฐาน โดยวิธี bootstrapping ถ้าช่วงเชื่อมั่นคลุม 0 ให้สรุปว่าสมมติฐานไม่มีนัยสำคัญ

7. เสนอ total effect, direct effect, conditional direct effect, conditional indirect effect, index of moderated mediation

8. เสนอผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

9. วาดกราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสาเหตุกับตัวแปรผลลัพธ์ตามเงื่อนไขค่าของตัวแปรกำกับ

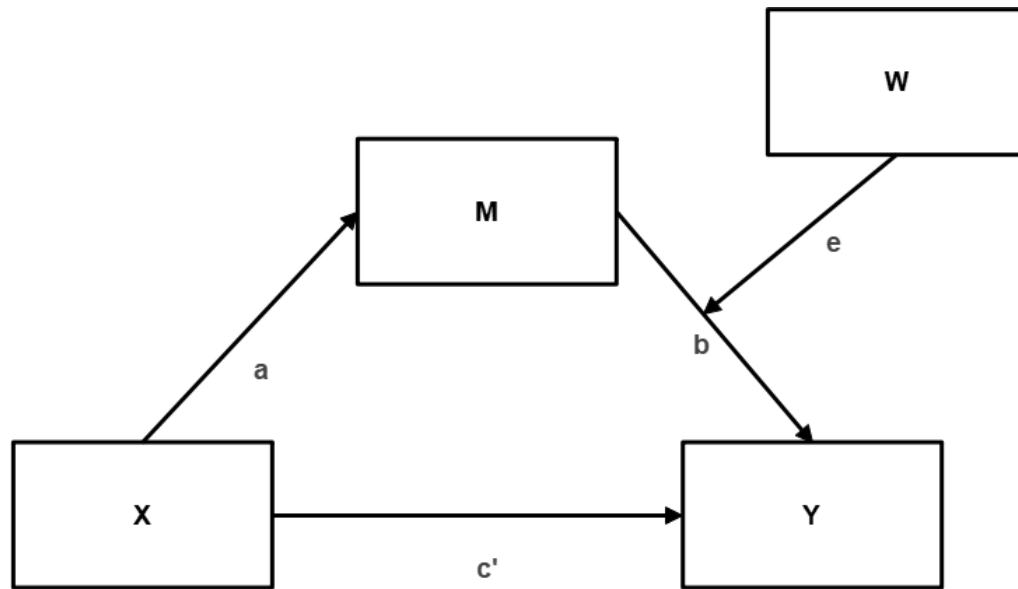
วิธีวิเคราะห์ moderated mediation model ด้วย Smart PLS4

1. ใช้ข้อมูลเดิมที่เป็นมาตรวัดแบบโลเกอร์ท หรือจะใช้ aggregated data ก็ได้
2. Smart PLS 4 มี 3 ออปชั่นให้เลือกคือ PLS-SEM, REGRESSION และ PROCESS ให้เลือก PROCESS เพื่อจะได้ดูผลการวิเคราะห์ conditional effects
3. วาดรูปตาม conceptual framework (ไม่ต้องแปลงเป็น statistical model)
4. สั่ง calculate และ สั่งแสดง report
5. การวิเคราะห์ conditional direct effect และ conditional indirect effect และการทดสอบ Index of moderated mediation ให้สั่งทำ bootstrapping และเลือกดู report ในหัวข้อ specific indirect effect

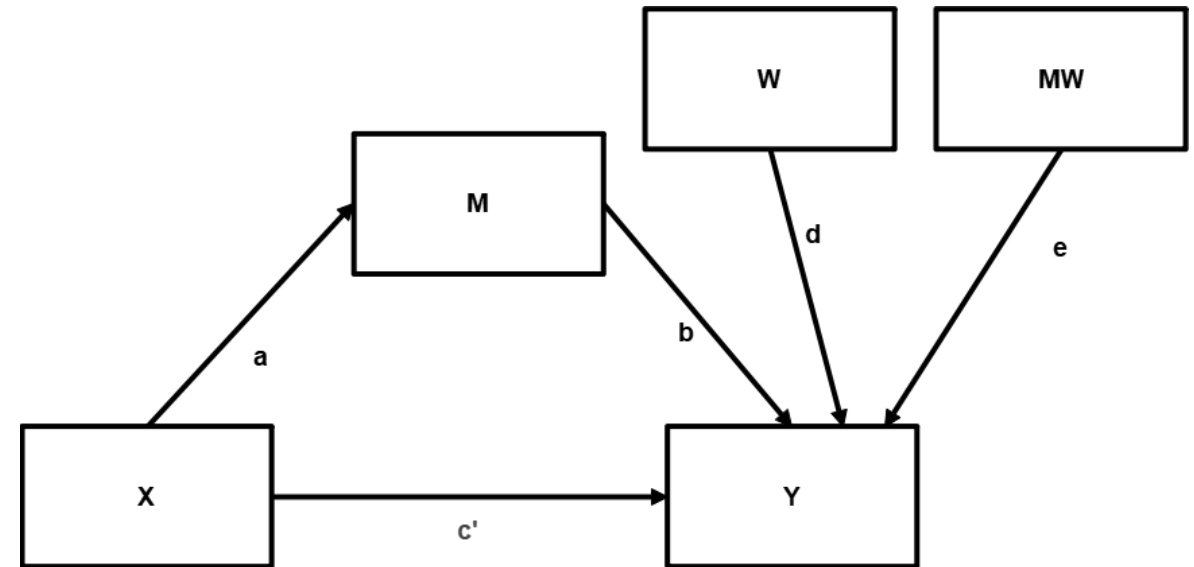
หมายเหตุ Smart PLS4 สามารถโยกถูกรูทจากตัวแปรกำกับไปบนตัวถูกรูทที่เชื่อมระหว่างตัวแปรได้เลย คือวาดตาม conceptual model ไม่ต้องวาดเป็นแบบ statistical model

วิธีวิเคราะห์ moderated mediation model

Conceptual model 14



Statistical model 14

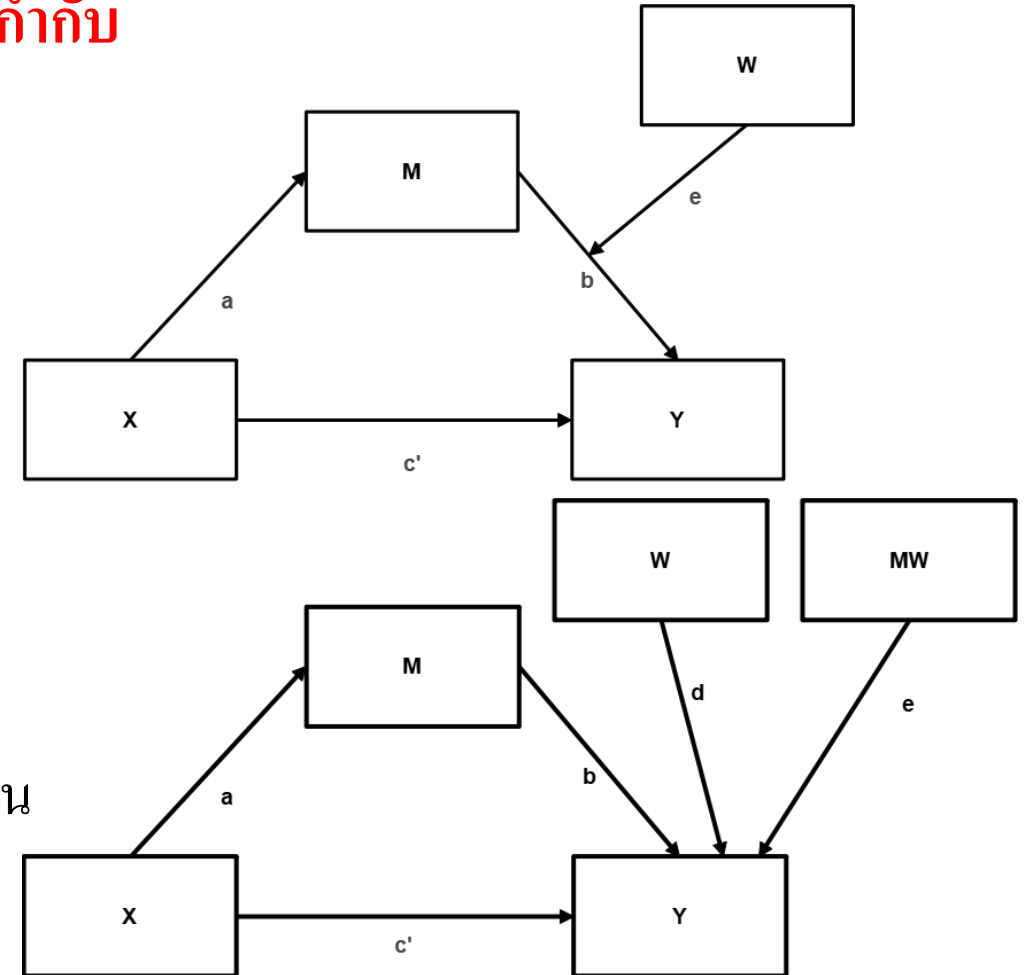


- หมายเหตุ
1. ในที่นี้ขอใช้ model 14 ของ PROCESS template เป็นตัวอย่าง
 2. ขอให้สังเกตว่า e คือ สปส. ของปฏิสัมพันธ์ $M*W$ การอ่านผลค่าของ e ให้พิจารณาเรื่องปฏิสัมพันธ์

การแปลผลตัวแปรกำกับ

จากกรอบแนวความคิดต่อไปนี้ การอ่านผลอิทธิพลของ W
ให้อ่านว่า MW ร่วมมือกัน (มีปฏิสัมพันธ์) แล้วส่งผลกระทบต่อ Y
เท่ากับ e

1. ถ้า e เป็นปริมาณ**บวก**ให้แปลว่า ถ้า W มีค่าเพิ่มขึ้นๆ ขณะที่ M มีค่าเพิ่มขึ้น จะมีผลให้ Y มีค่าเพิ่มขึ้น
2. ถ้า e เป็นปริมาณ**ลบ**ให้แปลว่า 1) ถ้า W มีค่าเพิ่มขึ้นๆ และ M มีค่าลดลงจะมีผลให้ Y มีค่าเพิ่มขึ้น หรือ 2) ถ้า W มีค่าลดลงๆ ขณะที่ M มีค่าเพิ่มขึ้นจะมีผลให้ Y มีค่าเพิ่มขึ้น



วิธีวิเคราะห์ moderated mediation model

จาก statistical model เสนอสมการถดถอยได้ 2 สมการดังนี้

จัดรูปสมการที่ 2 เป็นสมการที่ 3 และ 4

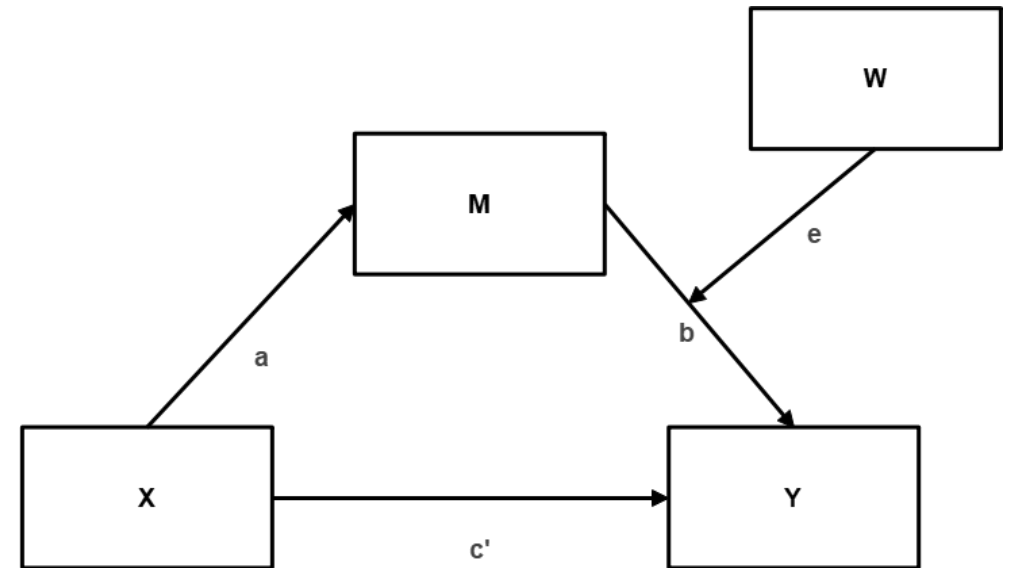
()

... 1

... 2

... 3

... 4

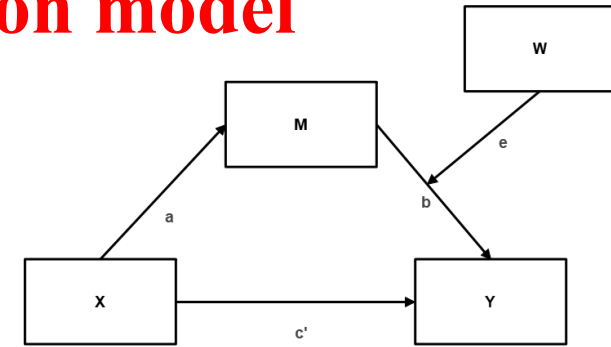


หมายเหตุ หลักการจัดรูปสมการคือให้ดูว่าสมการเดิมมีตัวแปรใดตามกรอบ mediation model เป็นตัวแปรสาเหตุ

วิธีวิเคราะห์ moderated mediation model

1. a คือ direct effect ของ X ที่มีต่อ M
2. () คือ conditional direct effect ของตัวแปร M ที่มีต่อ Y คือตามเงื่อนไขค่าของ W
 W ค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงค่าไปจากน้อยไปมาก เรียกว่า Johnson-Neyman Output
 W เปลี่ยนแปลงจากค่าน้อย ($\text{mean}-\text{sd}$) ไปสู่ค่าปานกลาง (mean) และสู่ค่าสูง ($\text{mean}+\text{sd}$)
เรียกว่า pick-a-point
3. $a(b + eW)$ คือ conditional indirect effect ของตัวแปร X ที่มีต่อ Y ผ่านตัวแปรคั่นกลาง M

วิธีวิเคราะห์ moderated mediation model

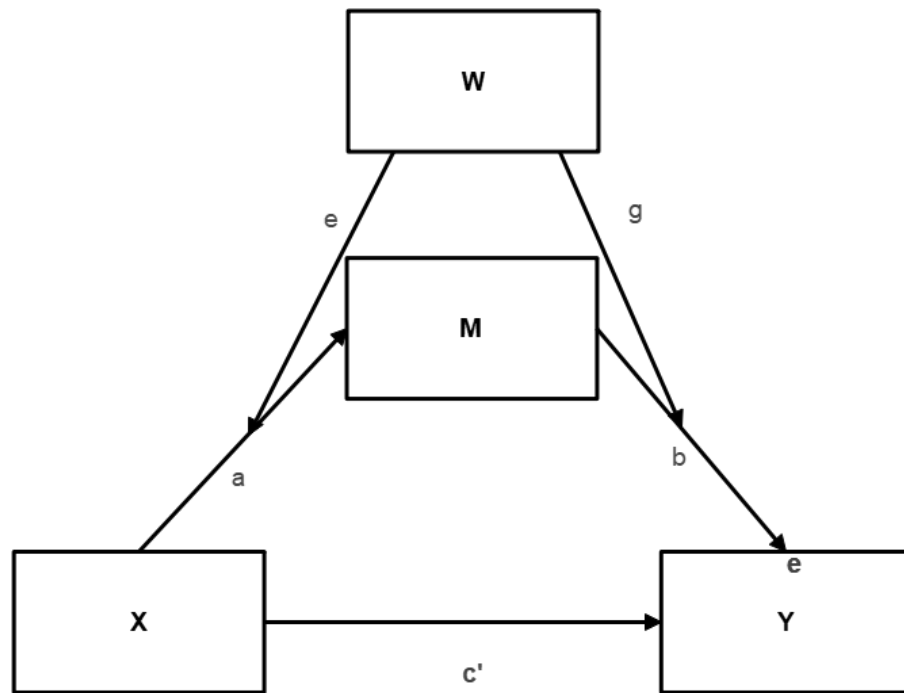


จาก Conditional Indirect Effect = $a($)

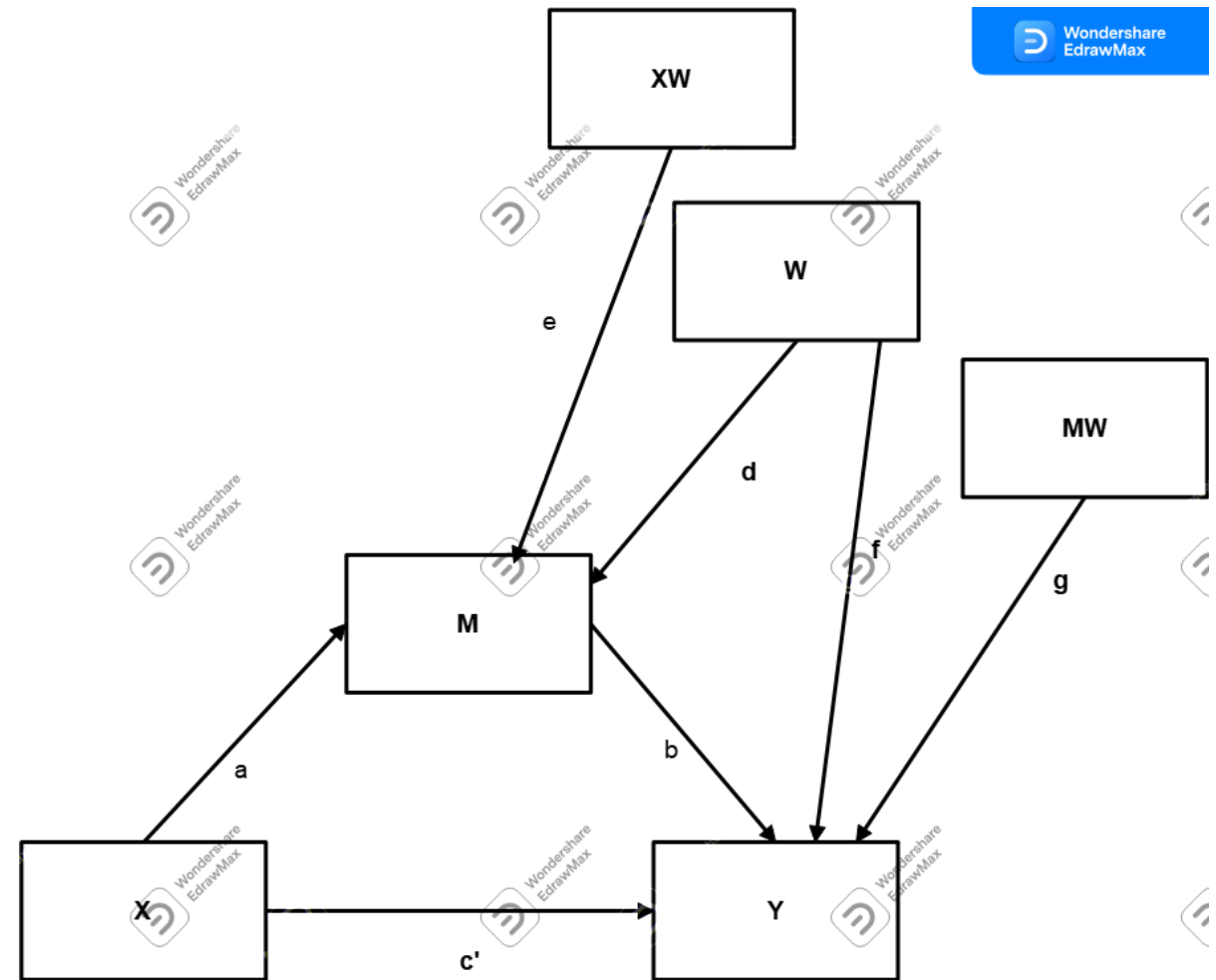
ae เรียกว่า Index of moderated mediation เราจะต้องตรวจสอบว่ามีนัยสำคัญหรือไม่

1. ถ้า ae ไม่มีนัยสำคัญ (คือ $ae = 0$) แสดงว่าอิทธิพลทางอ้อมมีเฉพาะ ab ไม่เกี่ยวข้องกับ W นัยหนึ่งไม่ว่า W จะมีค่าเท่าไรก็ไม่ช่วยให้อิทธิพลทางอ้อมเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติม
2. ถ้า ae มีนัยสำคัญ (คือ $ae \neq 0$) แสดงว่าอิทธิพลทางอ้อมเปลี่ยนแปลงค่าตาม W คือมีค่าเท่ากับ $ab + aeW$ การเปลี่ยนค่าของ W จะมีผลให้อิทธิพลทางอ้อมเปลี่ยนแปลงตาม

Conceptual model 58



Statistical model 58



สมการจากตัวแบบ moderated mediation

จากภาพ statistical model จะได้สมการ

จัดรูปได้เป็น

()

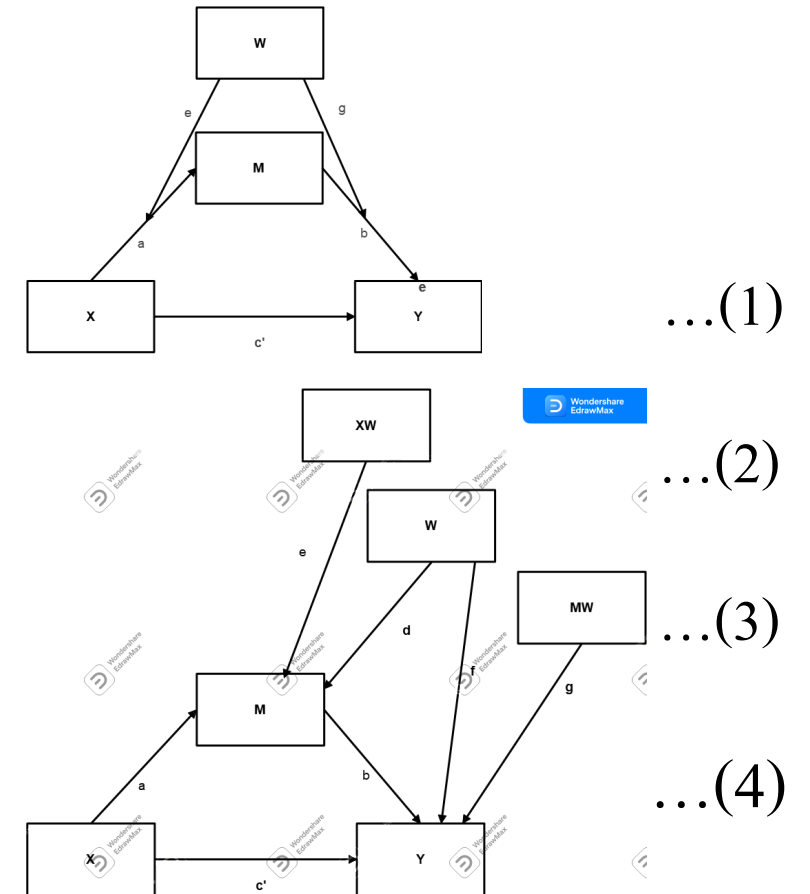
+

จัดรูปได้เป็น

+

()

หมายเหตุ หลักการจัดรูปสมการคือให้ดูว่าสมการเดิมมีตัวแปรใดตามกรอบ mediation model เป็นตัวแปรสาเหตุ



Conditional indirect effect และ Index of moderated mediation

$$\text{Conditional Indirect Effect} = (a+eW)(b+gW) = ab + agW + beW + egWW$$

เรียก ag , be และ eg ว่า partial Index of moderated mediation model

1. ถ้า ag , be และ eg ไม่มีนัยสำคัญ แสดงว่าอิทธิพลทางอ้อมมีเพียง ab เท่านั้น
นัยหนึ่ง W ไม่เป็นเงื่อนไขอะไรต่อการทำหน้าที่เชื่อมโยงของ M
2. ถ้า ag , be และ eg มีนัยสำคัญบางส่วน แสดงว่าอิทธิพลทางอ้อมคือ ab รวม
กับอิทธิพลของ W ที่กำกับเส้นทางที่มีนัยสำคัญนั้น
3. ถ้า ag , be และ eg มีนัยสำคัญทั้งหมด แสดงว่าอิทธิพลทางอ้อมเกิดจาก ab
รวมกับอิทธิพลของ W

ตัวอย่าง Conceptual Model

Independent Variable: Environmental Awareness

Dependent Variable: Pro-environmental Behavior

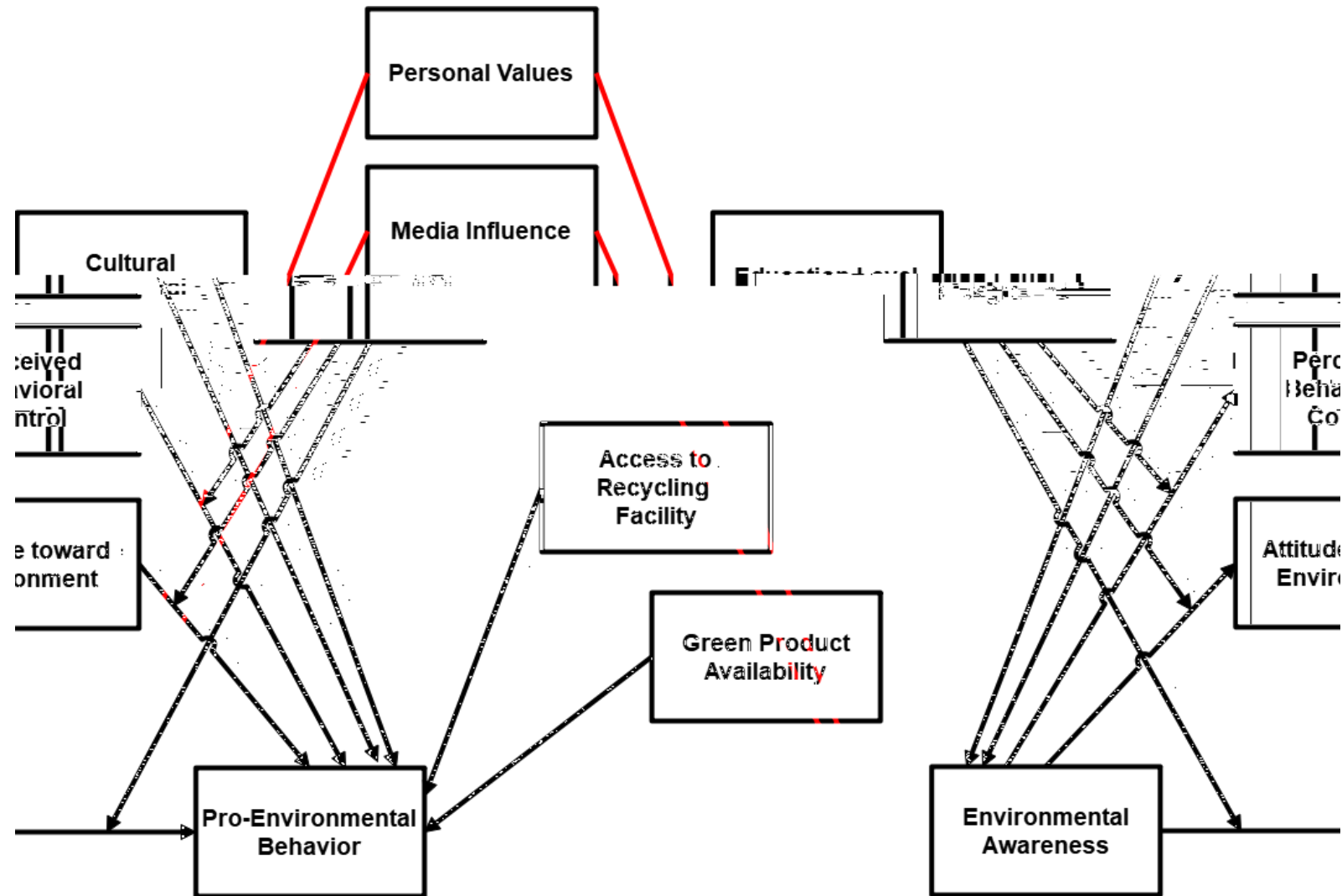
Mediators: Attitude towards Environment, Perceived Behavioral Control

Moderators: Education Level, Cultural Background

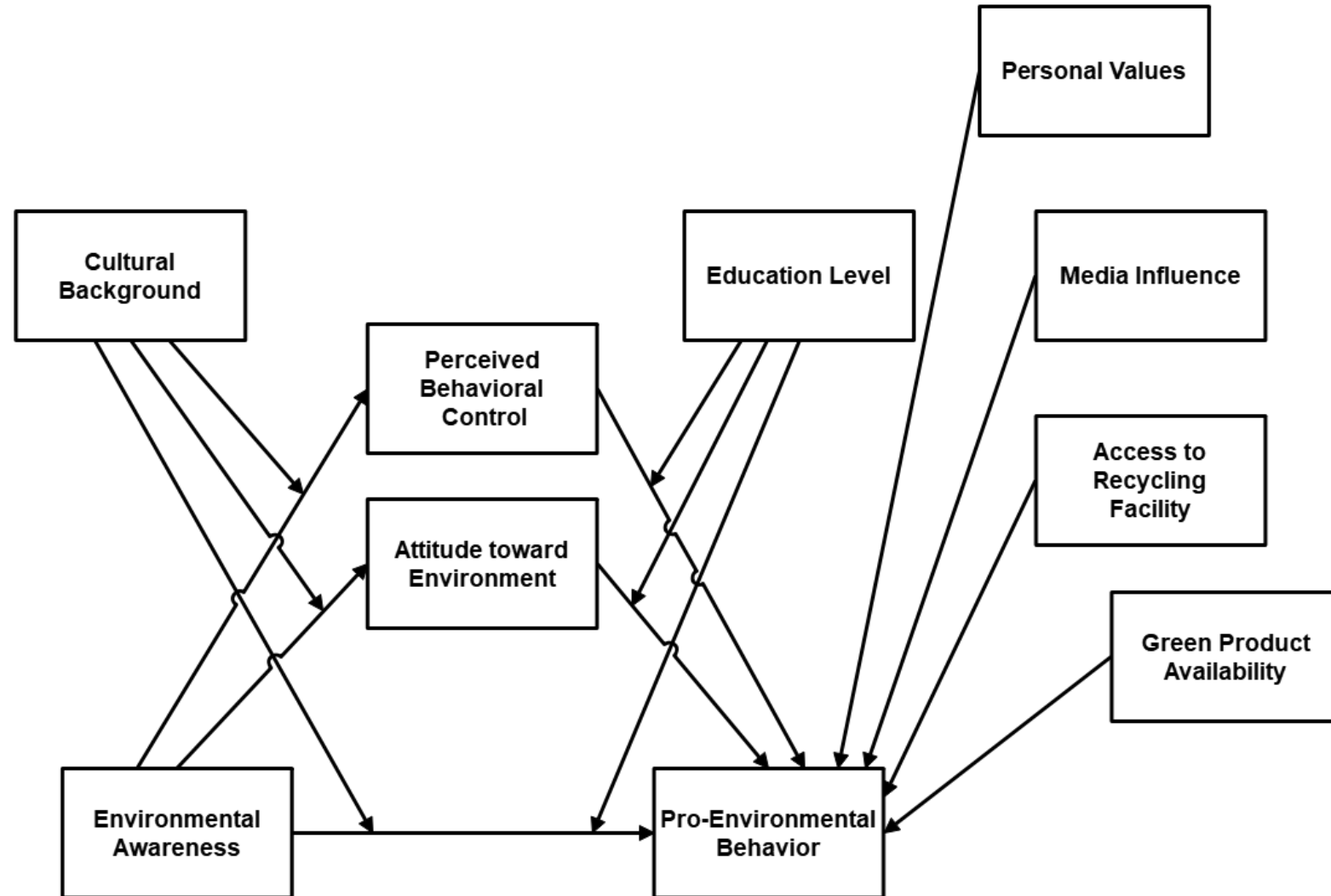
Confounders: Media Influence, Personal Values

Controlled Variables: Access to Recycling Facilities, Green Product Availability

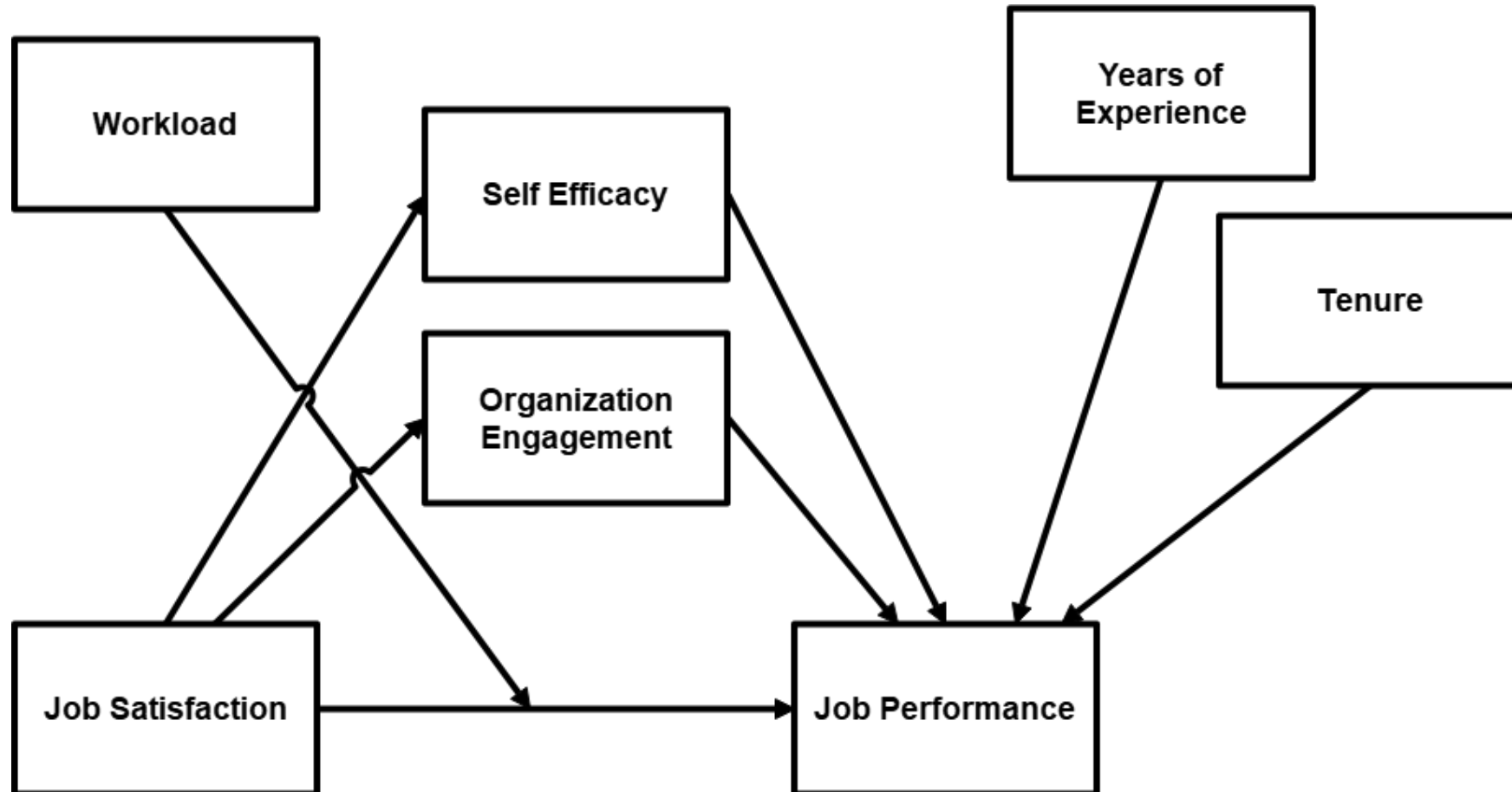
ภาพตัวแบบการวิจัย



ภาพตัวแบบการวิจัยที่ปรับปรุงแล้ว



ตัวอย่าง Conceptual Model



ตัวอย่าง Conceptual Model

Independent Variable (IV): Service Quality

Mediator 1 (M1): Perceived Value

Mediator 2 (M2): Customer Satisfaction

Confounders: Customer Expectations, Customer Loyalty

Instrumental Variables: Customer Reviews, Customer Referrals

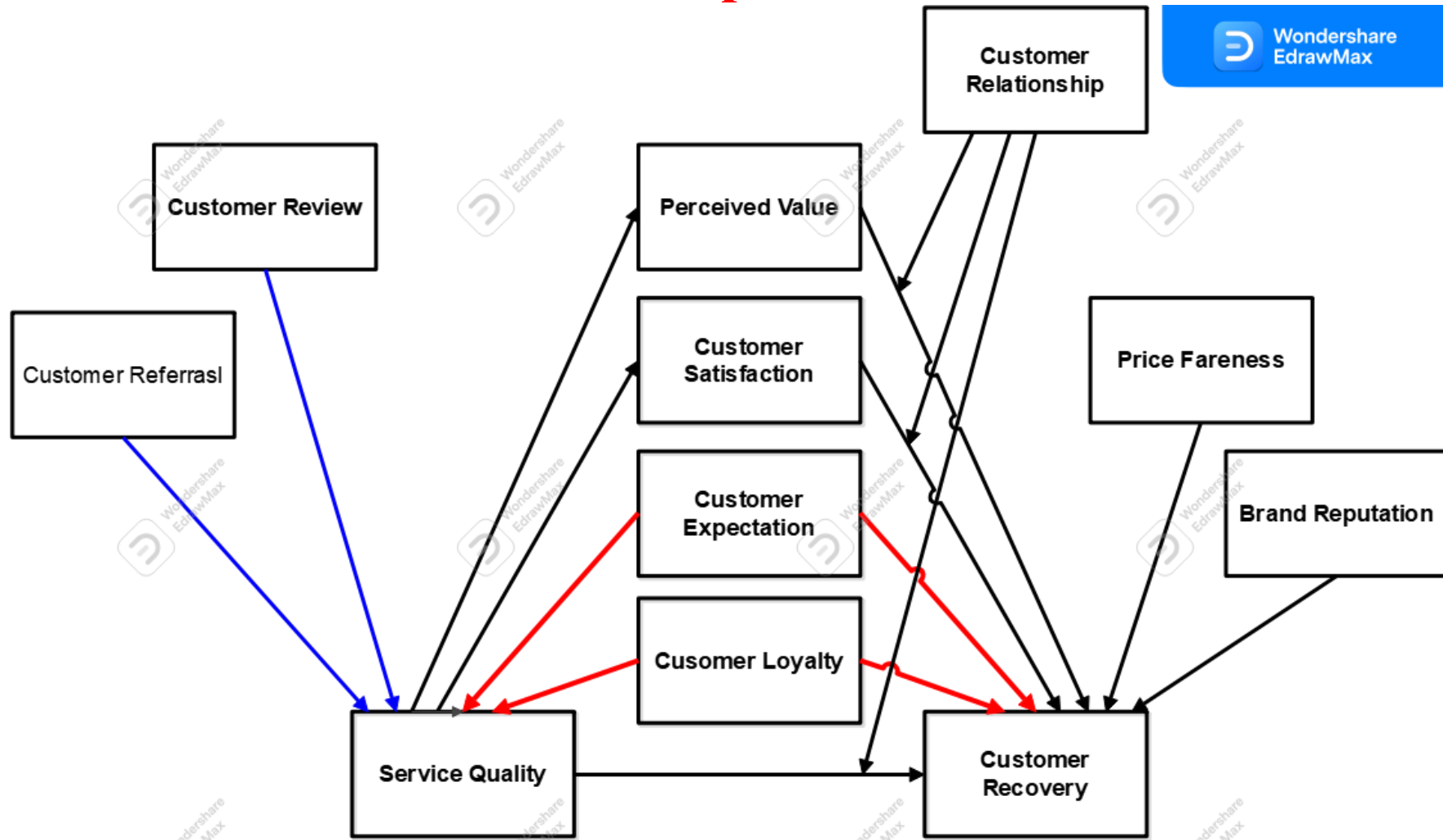
Controlled Variables: Price, Brand Reputation

Moderator: Customer Relationship Strength

Dependent Variable (DV): Customer Recovery

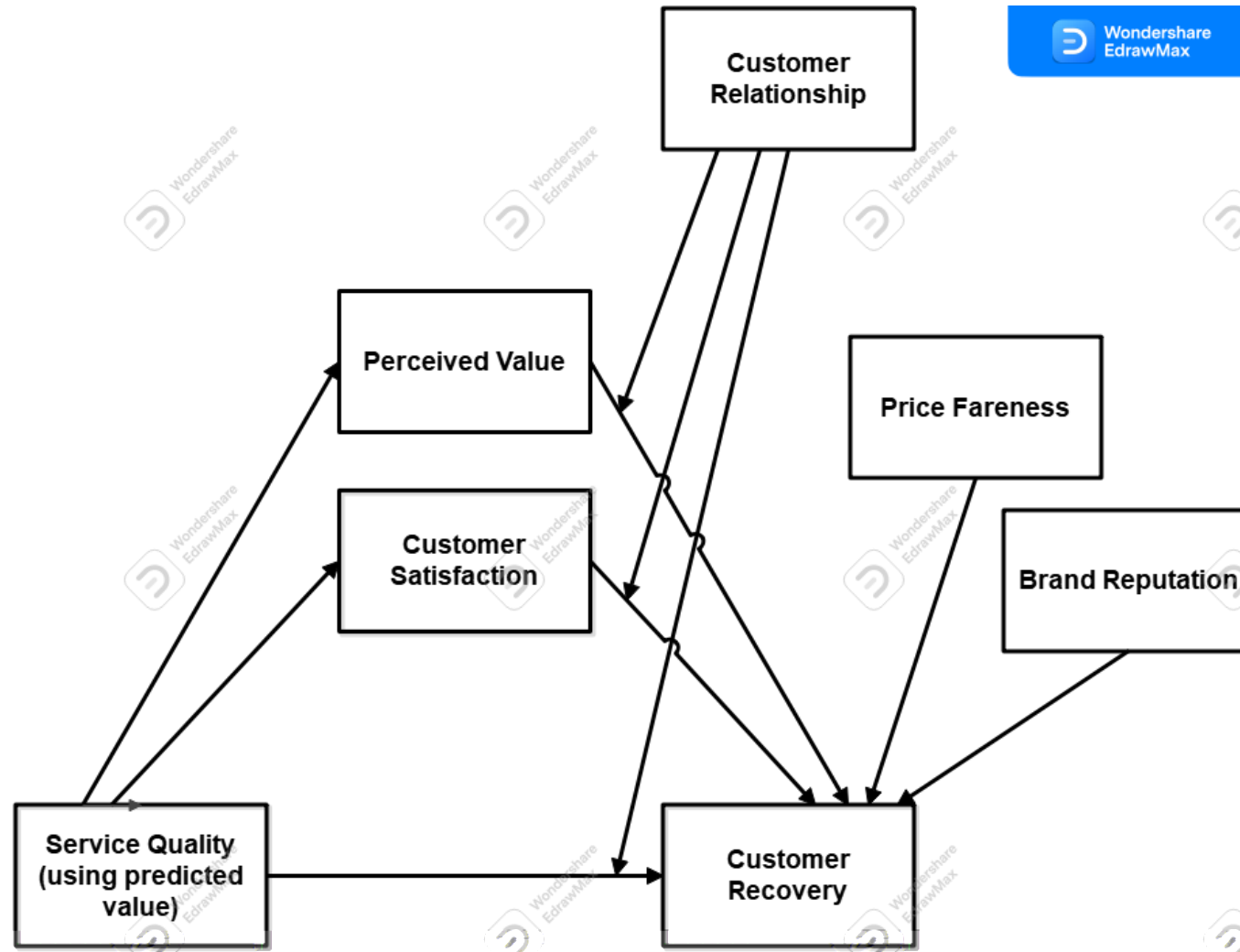
c

ตัวอย่าง Conceptual Model



นักวิจัยอาจจัดการปัญหาได้ดังนี้ 1. ส่ง confounder ไปเป็นตัวแปรควบคุมหรือ 2. ทิ้ง confounder ไป ส่วนปัญหา endogeneity ให้สร้างค่าใหม่ให้แก่ตัวแปรอิสระตามวิธี 2SLS จาก Instrumental Variable

ตัวอย่าง Conceptual Model



ตัวอย่าง Conceptual Model

Independent Variable (IV): Training Frequency

Mediator 1 (M1): Muscular Strength

Mediator 2 (M2): Endurance Capacity

Confounder: Prior Fitness Level

Instrumental Variables: Heart Rate, Oxygen Consumption

Controlled Variables: Training Intensity, Nutrition

Moderator: Age

Dependent Variable (DV): Athletic Performance

ตัวอย่าง Conceptual Model

นักวิจัยอาจจัดการปัญหาได้ดังนี้ 1. ส่ง confounder ไปเป็นตป

ตัวอย่าง Conceptual Model

IV: Mental Skills Training

M1: Focus and Concentration

M2: Stress Management

Confounder: Athlete's Personality Traits

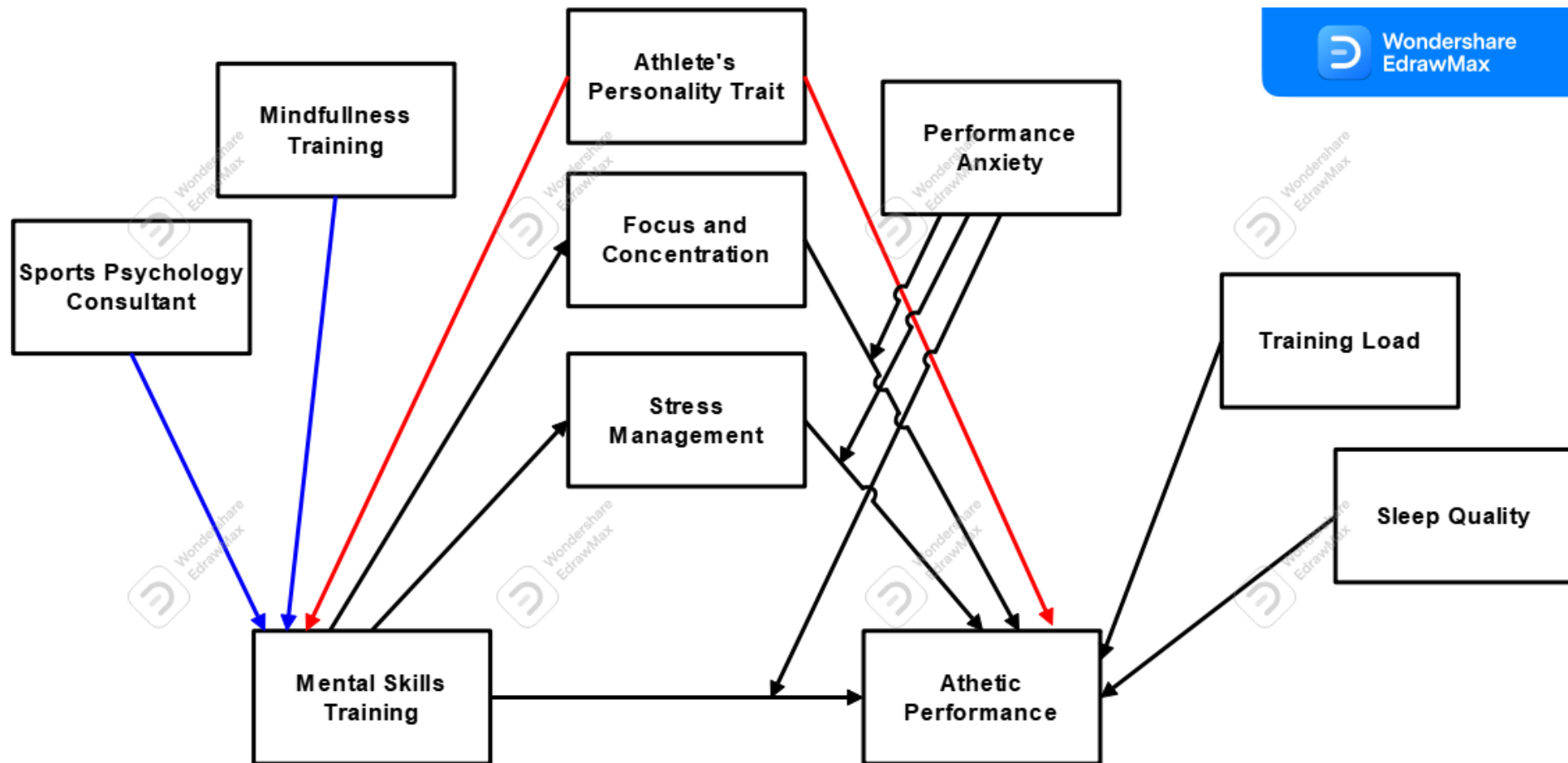
Instrumental Variables: Sports Psychology Consultation, Mindfulness Training

Controlled Variables: Training Load, Sleep Quality

Moderator: Performance Anxiety

DV: Athletic Performance

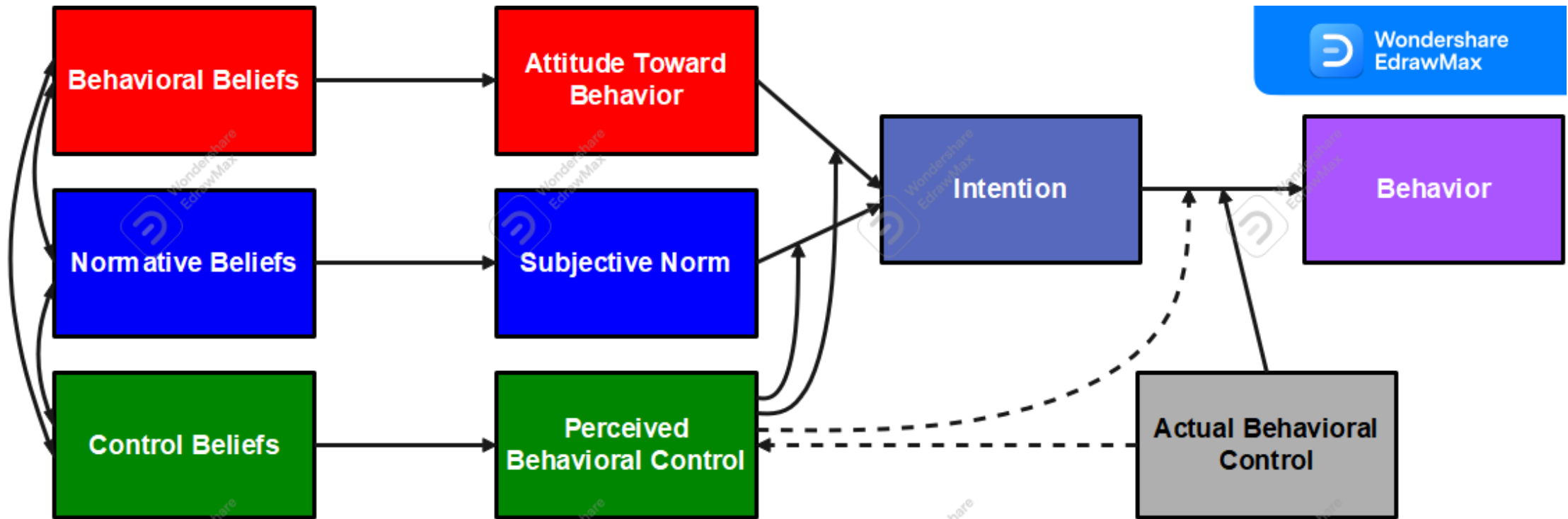
ตัวอย่าง Conceptual Model



นักวิจัยอาจจัดการปัญหาได้ดังนี้ 1. ส่ง confounder ไปเป็นตัวแปรควบคุมหรือ 2. ทิ้ง confounder ไป ส่วนปัญหา endogeneity ให้สร้างค่าใหม่ให้แก่ตัวแปรอิสระตามวิธี 2SLS จาก Instrumental Variable

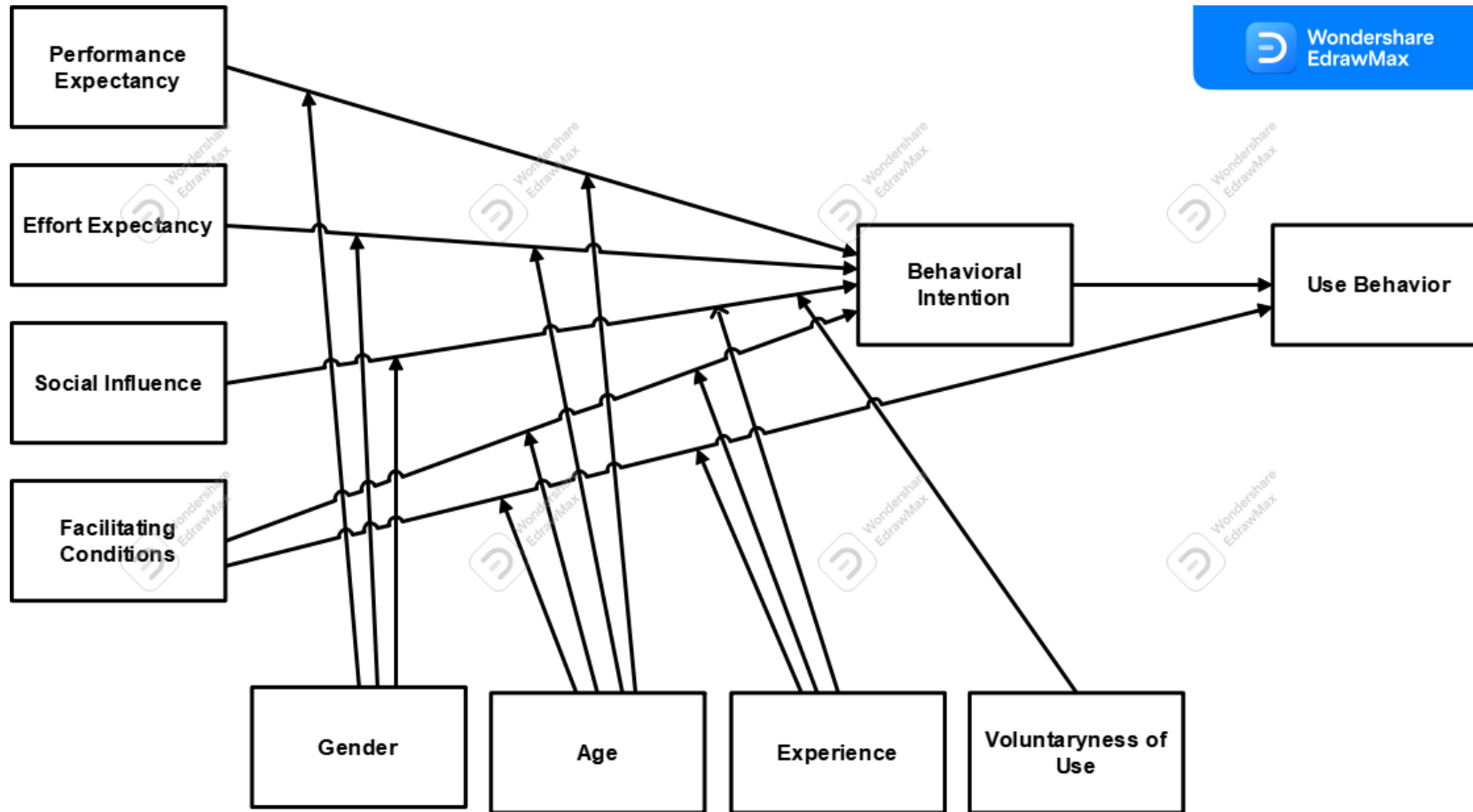
ตัวอย่าง Conceptual Model

Theory of Planned Behavior (Icek Ajzen, 2019)



ถ้ามีตัวแปรอิสระมากกว่า 1 ตัวหรือมีตัวแปรตามมากกว่า 1 ตัวแนะนำให้ใช้ Smart PLS4 เพราะสามารถบริหาร moderators ได้ดี
หมายเหตุ นักวิจัยไม่นิยมนำ beliefs มาเป็นตัวแปรในตัวแบบ TPB

Unified Theory of Acceptant and Use of Technology (UTAUT)



ตัวแบบมีตัวแปรสาเหตุเกิน 1 ตัว ไม่ตรงเงื่อนไขของ moderated mediation analysis ใน PROCESS macro รวมถึง Customized modeling ใน PROCESS macro เงื่อนไขคือต้องมีตัวแปรสาเหตุ 1 ตัว ตัวแปรผลลัพธ์ 1 ตัว ต้องมีลูกศรไปทางเดียวแบบ recursive model สำหรับ UTAUT แนะนำให้วิเคราะห์ด้วย Smart PLS4

ตัวอย่าง Conceptual Model 1

IV: Service Quality

DV: Customer Loyalty

Parallel Mediator 1: Perceived Value

Parallel Mediator 2: Customer Engagement

Moderator: Customer Expectations

Confounder 1: Brand Reputation (Instrumental Variables: Brand Evaluation, Brand Awareness, Brand Image)

Confounder 2: Perceived Risk (Instrumental Variables: Risk Perception)

Controlled Variable 1: Price

Controlled Variable 2: Service Recovery Strategies

ตัวอย่าง Conceptual Model 2

IV: Leadership Style

DV: Job Performance

Parallel Mediator 1: Job Satisfaction

Parallel Mediator 2: Employee Engagement

Moderator: Organizational Culture

Confounder 1: Job Autonomy (Instrumental Variables: Self-Reported Autonomy, Task Characteristics)

Confounder 2: Job Complexity (Instrumental Variables: Task Difficulty, Objective Performance)

Confounder 3: Perceived Organizational Support (Instrumental Variables: Employee Perceptions, Social Exchange)

Controlled Variable 1: Compensation Package

Controlled Variable 2: Training and Development Opportunities

ตัวอย่าง Conceptual Model 3

IV: Website Design

DV: Purchase Intention

Parallel Mediator 1: Perceived Trust

Parallel Mediator 2: Perceived Convenience

Moderator: Product Involvement

Confounder 1: Perceived Risk (Instrumental Variables: Risk Perception)

Confounder 2: Perceived Security (Instrumental Variables: Security, Trust, Security Perception)

Confounder 3: Social Influence (Instrumental Variables: Reference Group Influence, Social Media Influence, Word-of-Mouth)

Controlled Variable 1: Product Price

Controlled Variable 2: Website Loading Speed

ตัวอย่าง Conceptual Model 4

IV: Advertising Message

DV: Brand Attitude

Parallel Mediator 1: Emotional Appeal

Parallel Mediator 2: Cognitive Appeal

Moderator: Consumer Involvement

Confounder 1: Source Credibility (Instrumental Variables: Source Expertise, Source Trustworthiness, Credibility)

Confounder 2: Message Context (Instrumental Variables: Message Format, Message Framing, Message Relevance)

Confounder 3: Cultural Factors (Instrumental Variables: Cultural Values, Cultural Identification, Acculturation)

Controlled Variable 1: Advertising Frequency

Controlled Variable 2: Target Audience Segmentation

ตัวอย่าง Conceptual Model 5

IV: Leadership Style

DV: Organizational Performance (e.g., productivity, profitability)

Serial Mediator 1: Employee Satisfaction

Serial Mediator 2: Organizational Commitment

Moderator: Job Autonomy

Confounder 1: Organizational Culture (Instrumental Variables: Organizational Culture, Climate, Cultural Values)

Confounder 2: Employee Motivation (Instrumental Variables: Motivation, Intrinsic and Extrinsic Motivation)

Confounder 3: Work-Life Balance (Instrumental Variables: Work-Life Balance, Time Allocation)

Controlled Variable 1: Employee Training and Development

Controlled Variable 2: Compensation and Benefits

ตัวอย่าง Conceptual Model 6

IV: Perceived Innovation Attributes

DV: Adoption Intention

Serial Mediator 1: Perceived Usefulness

Serial Mediator 2: Perceived Ease of Use

Moderator: Individual Innovativeness

Confounder 1: Perceived Risk (Instrumental Variables: Risk Perception)

Confounder 2: Social Norms (Instrumental Variables: Normative Beliefs, Subjective Norm)

Confounder 3: Information Availability (Instrumental Variables: Information Sources, Information Seeking Behavior, Information Overload Measures)

Controlled Variable 1: Price of Innovation

Controlled Variable 2: Compatibility with Existing Technology

ตัวอย่าง Conceptual Model 7

IV: Brand Awareness

DV: Purchase Behavior

Serial Mediator 1: Brand Image

Serial Mediator 2: Perceived Quality

Moderator: Brand Loyalty

Confounder 1: Advertising Effectiveness (Instrumental Variables: Advertising Recall, Advertising Attitudes, Advertising Expenditure)

Confounder 2: Perceived Value (Instrumental Variables: Value Perceptions, Price-Quality Perceptions, Value-for-Money Assessments)

Confounder 3: Consumer Personality (Instrumental Variables: Personality, Brand Personality, Personality Traits)

Controlled Variable 1: Competitive Environment

Controlled Variable 2: Distribution Channel Strategy

วิธีอ้างอิงเอกสารนี้

มนตรี พิริยะกุล (2566). Moderated Mediation Modeling, บรรยายที่โรงแรมเซนทาราแกรนด์ และบางกอกคอนเวนชันเซ็นเตอร์ เซนทรัลเวิลด์ กรุงเทพมหานคร ในงานมหกรรมวิจัยแห่งชาติ 2566 วันที่ 9 สิงหาคม 2566.
<http://www.research.ru.ac.th/ArticleMr/>

เอกสารอ้างอิง

Baker, S.G. (2018). Five criteria for using a surrogate endpoint to predict treatment effect based on data from multiple previous trials, *Stat Med.* 2018 Feb 20;37(4):507-518.

Baron, R. M., & Kenny, D. A. (1986). The moderator–mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 5, 1173-1182.

Byrne, B. M. (2010). *Structural equation modeling with AMOS: Basic concepts, applications, and programming*. New York: Routledge.

Buyse M. & Molenberghs, G. (1998). Criteria for the validation of surrogate endpoints in randomized experiments, *Biometrics*, 54(3):1014-29.

Hair, J., Black, W. C., Babin, B. J. & Anderson, R. E. (2010) *Multivariate data analysis* (7th ed.). Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Educational International.

เอกสารอ้างอิง

Hair, J.F., Hult, G.T.M., Ringle, C.M. & Sarstedt, M. (2017). A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM). 2nd Edition, Sage Publications Inc., Thousand Oaks, CA.

Introduction to mediation model with the PROCESS macro in SPSS, Retrieved June 15/ 2023 from <https://stats.oarc.ucla.edu/other/mult-pkg/seminars/spss-process/>

MacKinnon, D.P., Krull, J.L. & Lockwood, C.M. (2000). Equivalence of the Mediation, Confounding and Suppression Effect. *Prev Sci* 1, 173–181.

Pokropek, Artur (2016). Introduction to instrumental variables and their application to large-scale assessment data, *Large-scale Assess Educ* (2016) 4:4.

Soon-Chee, Leong & Maria Abdul Rahman (2019). Customer Loyalty and the Effects of Commitment towards Suppliers in Malaysian, *Advances in Economics and Business* 7(5): 209-221.

Suppressor variable, retrieved 2 June 2023 from https://en.wikipedia.org/wiki/Suppressor_variable.

West, S.G., Finch, J.F. and Curran, P.J. (1995) Structural Equation Models with Non Normal Variables: Problems and remedies. In: *Hoy Equation Modeling: Concepts, Issues, and Applications*, Sage, Thousand Oaks,le, R.H., Ed., Structural 56-75.

Watson, D., Clark, L. A., Chmielewski, M. & Kotov, R. (2013). The Values of Suppressors Effects in Explicating the Construct Validity of Symptom Measures, *Psychol Assess*, 25(3), 929-941.