บทวิจารณ์บทความ (Article review)

Rose, Sarah A., Markman B., & Sawilowsky, S. (2017). Limitations in the Systematic Analysis of Structural Equation Model Fit Indicies. **Journal of Modern Applied Statistical Methods**, 16(1), 69-85 doi: 10.22237/jmasm/149357040.

ณัฐพล ขันธไชย[1]

I

ตัวแบบสมการโครงสร้าง (Structural Equation Models, SEM) เป็นวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ซับซ้อน (Complex methods of data analysis) ประกอบด้วยวิธีการทางสถิติ เช่น การวิเคราะห์การแปรปรวนร่วม (Covariance), การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุ, (Multiple regression analysis), การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor analysis) การวิเคราะห์เส้นทาง (Path analysis) และ การวิเคราะห์ไคสแคว์ (Chi-square analysis) เป็นต้น

SEM นำมาใช้ในการทดสอบตัวแบบความสัมพันธ์เชิงเหตุ-ผล (Causal relationship) ระหว่างตัวแปร โดยเฉพาะอย่างยิ่งระหว่างตัวแปรแฝง (Latent variables) ซึ่งเรียกว่าเป็นตัวแบบเชิงโครงสร้าง (Structural model)

ตัวแปร (Variable) ในระบบของ SEM แบ่งเป็น 2 ประเภท ประเภทที่ 1 ได้แก่ ตัวแปรซึ่งสังเกตหรือวัด (Measure) ได้โดยตรง หรือ Observable variables หรือ Manifest variables ซึ่งอาจมีความสำคัญในตัวของตนเอง หรือเป็นตัวชี้แสดง (Variable indicator) ของตัวแปรประเภทที่ 2 เรียกว่า ตัวแปรแฝง (Latent variables) ซึ่งไม่สามารถสังเกตหรือวัดได้โดยตรง

ตัวแบบในระบบของ SEM มี 2 ประเภท ได้แก่ ตัวแบบการวัด (Measurement model) และตัวแบบโครงสร้าง (Structural model) ตัวแบบการวัดเป็นตัวแบบแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝง และตัวแปรที่สังเกตได้โดยตรง ซึ่งอาจเป็นตัวแบบเชิงสะท้อน (Reflective model) หรือตัวแบบเชิงองค์ประกอบ (Formative model) โดยมีข้อสมมติ (Assumption) ว่าตัวแปรแฝงเป็นเหตุ (Cause) และตัวแปรชี้แสดง หรือตัวแปรที่สังเกตได้โดยตรงเป็นผล (Effect) ส่วนตัวแบบโครงสร้าง เป็นตัวแบบความสัมพันธ์เชิงเหตุ-ผล (causal model) ระหว่างตัวแปรแฝง

การทดสอบตัวแบบใน SEM เป็นการทดสอบตัวแบบการวัดและตัวแบบโครงสร้างไปพร้อม ๆ กัน (Simultaneous) โดยใช้ χ^2-test และดัชนีความเหมาะสมดี (Goodness of fit indices)

[1]รองศาสตราจารย์ (เศรษฐศาสตร์) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
ที่อยู่: 1767 ถนนพัฒนาการ เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ
E-mail: Khanthachai@gmail.com

II

Dr. Sarah A. Rose, Dr. Barry Markman และ Dr. Shlomo Sawilowsky ผู้เขียนบทความเรื่อง limitations in the Systematic Analysis of Structural Equation Model Fit Indices. เป็นอาจารย์พิเศษ(Adjunct Instructor) ทางด้านการวิจัยและประเมินผลทางการศึกษา ศาสตราจารย์ทางด้านจิตวิทยาการศึกษา และ การวิจัย และประเมินผลทางการศึกษา และศาสตราจารย์ทางด้านการวิจัยและประเมินผลทางการศึกษา ตามลำดับ แห่ง Wayne State University เมือง Detroit รัฐ Michigan ประเทศสหรัฐอเมริกา

ในการเรียบเรียงบทความ ผู้เขียนทั้ง 3 ที่กล่าวแล้ว เริ่มด้วย การกล่าวถึง ประวัติความเป็นมาของ SEM โดยสรุปตั้งแต่ความคิดทฤษฎีพื้นฐาน (Foundational theory) ตั้งแต่ 1918 โดย Wright บนพื้นฐานของการวิเคราะห์เส้นทาง (Path analysis) ตามลำดับ จนถึง 2014 โดย Ewing, Hamidi, Gallivan, Nelson และ Grace (2014) ซึ่งปรากฏว่า SEM ได้มีการนำมาประยุกต์แพร่หลายขึ้นในการวิจัยทางด้าน Physical Science อย่างไรก็ดี วัตถุประสงค์สำคัญของบทความ หรือประเด็น (Problem statement) คือการประเมินความอ่อนไหว (Sensitivity) ของการเลือกใช้ดัชนีทางสถิติในการกำหนดความเหมาะสมของตัวแบบ (Model fit)

III

ในทัศนของผู้เขียนบทความทั้ง 3 ท่าน ดัชนีความเหมาะสมของตัวแบบจำแนกออกเป็น 2 ประเภท คือ สถิติทดสอบตัวแบบ (Model Test Statistic) และดัชนีประมาณค่าความเหมาะสม (Approximate Fit Index)

สถิติทดสอบตัวแบบได้แก่การทดสอบ x^2 จากสูตร

$$x^2 = \sum \left(\frac{Observed - Expeted}{Expected} \right)^2$$

โดยที่สมมติฐานที่ทดสอบ (Null hypothesis) คือ Observed frequencies เท่ากับ Expected frequencies ดังนั้นถ้าค่า x^2 ทำให้ไม่ปฏิเสธ Null hypothesis แสดงว่ามีความเหมาะสมดีของตัวแบบหรืออีกนัยหนึ่งข้อมูลเชิงประจักษ์ (Empirical data) สอดคล้องกับตัวแบบที่ต้องการทดสอบ

อย่างไรก็ดีแม้ว่าสถิติ x^2 เป็นสถิติประเภท Nonparametric หรือไม่อยู่บนข้อสมมติ (Assumption) ของการกระจายแบบปกติ (Normal distribution) ก็ตาม แต่การทดสอบด้วย x^2 อาจไม่ได้ผลดีที่ถูกต้อง ถ้าตัวแปรมีสหสัมพันธ์กันสูง (ทำให้ x^2 มีค่าสูง) ค่าความแปรปรวนของตัวแปรเท่ากับ 1 (ทำให้อำนาจทางสถิติหรือ statistical power ลดลง) และค่า x^2 มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้น (ทำให้โอกาสปฏิเสธ Null hypothesis สูงขึ้น)

ในส่วนที่เกี่ยวกับดัชนีประเมินค่าความเหมาะสม ดัชนีที่นิยมนำมาใช้เป็นเกณฑ์ประเมินความเหมาะสมดีของตัวแบบ ได้แก่ Root Mean Square Error Approximation (RMSEA) Standard Root Mean Square Residual (SRMR) และ Comparative Fit Index (CFI)

RMSEA คำนวณมาจากค่า x^2 จากสูตร

$$\text{RMSEA} = \sqrt{\frac{x_m^2 - df_m}{df_m(N-1)}}$$

เมื่อ df_m คือ Degree of Freedom ของ SEM N= ขนาดตัวอย่าง และ x_m^2 คือค่าสถิติ x^2

ดังนั้นค่า RMSEA จึงขึ้นอยู่กับค่า x^2 และหากขนาดตัวอย่าง N มีขนาดใหญ่ และ Degree of freedom มีค่าสูง จะทำให้การทดสอบผ่านเกณฑ์ RMSEA ซึ่งกำหนดไว้เป็นเกณฑ์ขั้นต่ำ (Low value) ต้องน้อยกว่า 0.05 ส่วนเกณฑ์ขั้นสูง (High value) ต้องน้อยกว่า 0.10

SRMR มีความแตกต่างจาก RMSEA โดยที่ SRMA เป็นค่าคำนวณจากค่ามาตรฐานจากสูตร

$$\text{SRMR} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{i}\left[\frac{(sij-\hat{\sigma}\,ij)}{(sii\;sij)}\right]^2}{\frac{k(k+1)}{2}}}$$

โดยที่ ค่า SRMR ใกล้ศูนย์หรือไม่เกิน 0.09 แสดงว่าตัวแบบมีความเหมาะสมดี

ค่า CFI เป็นค่าที่คำนวณมาจากค่า x^2 จากสูตร

$$\text{CFI} = 1\text{-}\frac{x_m^2 - df_m}{x_B^2 - df_B}$$

ค่า CFI ก็จะแปรผันไปตามค่า x^2 และ degree of freedom เมื่อค่า CFI มีค่าสูง แสดงถึงความเหมาะสมของตัวแบบ หลักโดยทั่วไปกำหนดว่าค่า CFI อย่างต่ำ 0.95

โดยหลักการ การทดสอบความเหมาะสมดีของตัวแบบ ดัชนีความเหมาะสมดี (Model fit indices) อยู่บนพื้นฐานของข้อสมมติ (Assumption) ของการกระจากแบบปกติของหลายตัวแปร (Multivariate normality) แต่จากสูตรคำนวณดัชนีความเหมาะสมดีเป็นแบบไม่มีข้อสมมติของการกระจายแบบปกติ (Nonparametric)

ผู้เขียนบทความทดสอบความเหมาะสมของดัชนีต่าง ๆ ดังกล่าวแล้วในการใช้เป็นเกณฑ์การทดสอบตัวแบบ SEM โดยใช้ Monte Carlo Simulations 24 การทดสอบจากตารางแมตริกของสหสัมพันธ์เริ่มต้นที่ 0.04, 0.05, ..., 0.26 และ 0.27 ด้วยขนาดตัวอย่าง (n) เท่ากับ 50, 100, 150, 200, 300, และ 500

ผลการทดสอบโดยวิธี Monte Calo Simulations แสดงว่าดัชนีต่าง ๆ บ่งชี้ถึงความเหมาะสมดีของตัวแบบที่ไม่สอดคล้องกัน เช่น ผลจากการทดสอบโดยค่าสหสัมพันธ์ในช่วง 0.1 ∓ 0.015 และตัวอย่างขนาด 500 ได้ x^2 ที่ p = 0.003 แสดงว่าตัวแบบไม่เหมาะสมดี ค่า RMSEA (ค่าบน) เท่ากับ 0.133 แสดงว่าตัวแบบมีความไม่เหมาะสม ค่า RMSEA (ค่าล่าง) เท่ากับ 0.044 แสดงว่าตัวแบบมีความเหมาะสมดี ค่า CFI เท่ากับ 0.505 แสดงว่าตัวแบบไม่เหมาะสมดี แต่ค่า SRMR เท่ากับ 0.055 แสดงว่าตัวแบบมีความเหมาะสมดี

นอกจากการประเมินความน่าเชื่อถือของดัชนีความเหมาะสมดีของ SEM แล้ว Sarah, Markman และ Sawilowsky กล่าวถึงข้อควร

ระวัง (Caveats) เกี่ยวกับการประยุกต์ SEM อีกด้วยดังนี้

SEMที่ใช้กับข้อมูลที่มิได้มาจากการทดลอง (Non-experimental data) ไม่สามารถแสดงความสัมพันธ์เชิงเหตุ-ผล (Causation) ได้

อาจมีการปรับแก้สมมติฐานเพื่อพิสูจน์ตัวแบบ ยังมีตัวแบบทางเลือกที่เหมาะสมซึ่งมิได้พิสูจน์

เป็นเทคนิคที่ต้องใช้ตัวอย่างขนาดใหญ่

มีการดำเนินการค่อนข้างอัตนัย (Subjectivity)

การทดสอบทางสถิติสำหรับค่า parameters ที่คาดคะเนขึ้นอยู่กับวิธีการคำนวณที่ใช้

การประมาณค่าโดยวิธีความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum likelihood) ไม่สามารถดำเนินการได้เมื่อมีข้อมูลที่ขาดหายไป (Missing data)

แมตริกการแปรผันร่วมซึ่งไม่เหมาะสมไม่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ได้

และแมตริกสหสัมพันธ์ซึ่งไม่คำนึงถึงค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน หรือใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.0

เหล่านี้เป็นประเด็นปัญหาสำคัญด้วย (Kline, 2011)

IV

นักวิชาการหลายคนเช่น Tomarken and Waller(2005), Davcit (2014), Bagozzi (2010), Kerlinger and Lee(2000), Werner and Schermelleh-Engel (2009), Xie (2008), และ Khanthachai (2019) ให้ความเห็นเกี่ยวกับปัญหา (Problems) ข้อจำกัด(Limitations)ความเข้าใจที่ผิด (Misconceptions) ความคลุมเครือ (Ambiguities) และการสงวนท่าที(Reservations) ในการนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการวิจัยเชิงพฤติกรรมศาสตร์

ในทัศนของผู้วิจารณ์บทความ ซึ่งได้พยายามติดตามการวิเคราะห์สมการโครงสร้างทั้งในทางด้านทฤษฎีจากเอกสาร ตำรา (Textbooks) บทความทางวิชาการดังกล่าวแล้ว และผลงานการนำ SEM มาประยุกต์ในงานวิจัย และดุษฎีนิพนธ์มีความคิดเห็นสอดคล้องกับนักวิชาการที่อ้างถึงเป็นส่วนใหญ่เกี่ยวกับข้อจำกัดต่าง ๆ ของเทคนิค SEM ทั้งทางด้านข้อสมมติ (Assumption) พื้นฐานของ SEM และวิธีการทางสถิติที่นำมาใช้ รวมทั้ง ดัชนีเกณฑ์ความเหมาะสมดีของตัวแบบ

References

Bagozzi, Richard P. (2010). Structural Equation Models Are Modelling tools with Man Ambiguities: Comments Acknowledging the need for Caution and Humility in Their Use. **Journal of consumer Psychology** 20(2010) 208-214.

Ewing, R. Hamidi, S., Gallivan, F., Nelson, A.C., & Grace, J.B. (2014). Structural eauation models of VMT growth in us urbanized areas. Urban Studies, 51(14), 3079-3096 doi: 10.117/0042018013516521.

Davcit, Nebojsa S. (2014). The Use and Misuse of Structural Equation Modeling (SEM) in Management Research: A Review and Critique, **Journal of Advance in Management Research**, 11(1), 47-81.

Kerlinger, F.N. and Lee, Howard B. (2000). **Foundations of Behavioral Research (4th ed.)** New yourk: Harcourt College Publishers.

Khanthachai, N. (2019). Article Review: Tomarken Andrew J and Waller, Niels G. (2005). Structural Equation Modeling: Strengths, Limitations, and Misconceptions. **Ann. Rev. Clin. Psychol** 1: 31-36. **Kasem Bundit Journal,** Vol. 20 (Special Edition), April-May 2019

Kline, R.B. (2011). **Principles and Practice of Structural Equation Modeling (3rd ed.)** .New York, NY : The Guildford Press.

Tomarken, Andrew J. & Waller, Niels G. (2005). Structural Equation Modeling: Strengths, Limitations, and Misconceptions. **Ann.Rev. Clin. Psychol**. 1:31-65.

Xie, Yihui (2008). **Strutural Equation Modeling: Where Are Advantages**? Retrieved form: http://yihui.name/en/2008/01/structural-equation-modeling-where-are advantages /(20/2/2019).

Werner, Christina and Schermelleh-Engel, Karin (2009). **Structural Equation Modeling: Advantages, Challenges and Problems**. Frankfurt: Goethe University.