



วารสารอิเล็กทรอนิกส์
ทางการศึกษา

OJED, Vol. 12, No. 4, 2017, pp. 1 - 15

OJED

An Online Journal
of Education
<http://www.edu.chula.ac.th/ojed>

การกำหนดขนาดตัวอย่างแบบมอนติคาร์โลในโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน
สำหรับข้อมูลที่ไม่มีการแจกแจงปกติ

MONTE CARLO SAMPLE SIZE DETERMINATION IN CONFIRMATORY FACTOR ANALYSIS
MODEL FOR NON-NORMAL OBSERVED DATA

นายยมล คงเจริญ *

Yamol Kongjareon

ดร.สิวะโชติ ศรีสุทธียากร**

Siwachoat Srisuttiyakorn, Ph.D.

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือ (1) เพื่อพัฒนาวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างแบบมอนติคาร์โลในโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน และ (2) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่าง 3 วิธีการได้แก่ วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างแบบมอนติคาร์โล วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยกฎอย่างง่าย และวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยอำนาจการทดสอบสมมติฐานของสถิติความสอดคล้องเชิงประจักษ์ของโมเดล ข้อมูลในการศึกษาเป็นข้อมูลจำลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลจำนวน 12 สถานการณ์ กำหนดจาก (1) ระดับของการระบุพารามิเตอร์น้ำหนักองค์ประกอบในโมเดลผิดพลาด 3 ระดับ คือ ต่ำ (RMSEA=.02) ปานกลาง (RMSEA=.04) และสูง (RMSEA=.06) และ (2) ความโด่งของการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสังเกตได้ คือ แบนราบกว่าปกติระดับน้อย ($ku=-1$) ปกติ ($ku=0$) โด่งกว่าปกติระดับน้อย ($ku=1$) และโด่งกว่าปกติระดับมาก ($ku=2$) ประสิทธิภาพของวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างแต่ละวิธี พิจารณาจากขนาดตัวอย่างที่ประมาณได้และอำนาจของการทดสอบความสอดคล้องเชิงประจักษ์ของโมเดลด้วยสถิติทดสอบไคสแควร์

ผลการวิจัย พบว่า (1) วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างแบบมอนติคาร์โลที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 4 ขั้นตอนคือ การกำหนดโมเดลการวิเคราะห์ การประมาณโมเดลประชากร การกำหนดเงื่อนไขของการจำลอง และการกำหนดขนาดตัวอย่าง และ (2) วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างแบบมอนติคาร์โลเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดเนื่องจากสามารถคำนวณขนาดตัวอย่างได้ต่ำที่สุดและยังรับประกันอำนาจของการทดสอบความสอดคล้องเชิงประจักษ์ได้ใกล้เคียงกับระดับที่กำหนด

* นิสิตมหาบัณฑิตสาขาสถิติการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E-mail Address: yamol.k@gmail.com

**อาจารย์ประจำสาขาวิชาสถิติการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E-mail Address: choat.cu@gmail.com

ISSN1905-4491

Abstract

The purposes of this research were: (1) to develop the Monte Carlo sample size determination method in confirmatory factor analysis, and (2) to compare the efficiency between three sample size determination methods included the Monte Carlo method, the rule of thumb method, and the power based method. Data was generated by using the Monte Carlo technique under 12 simulated conditions via the R program from (1) the misspecification level including low (RMSEA=.02), moderate (RMSEA=.04), and high (RMSEA=.06), and (2) the kurtosis level of the observed variables distribution including low platykurtic ($ku=-1$), normal ($ku=0$), moderate leptokurtic ($ku=1$), and high leptokurtic ($ku=2$). The efficiency of each method was considered by estimating the sample size and power of goodness of fit test via chi-square statistic.

The research results were: (1) The developed Monte Carlo sample size determination method consisted of four steps; the first step was the research model specification, the second step was the population model estimation, the third step was the specification of the simulation conditions, and the final step was the determination of sample size; and (2) the Monte Carlo sample size determination method was the most efficient method because it gave the lowest sample size and guaranteed the desired power of the goodness of fit test via chi-square statistic.

คำสำคัญ: การกำหนดขนาดตัวอย่าง/ การจำลองแบบมอนติคาร์โล

KEYWORDS: SAMPLE SIZE/ MONTE CARLO SIMUATION

บทนำ

ขนาดตัวอย่างเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน การกำหนดขนาดตัวอย่างที่ไม่เพียงพอ จะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ทั้งในด้านความแม่นยำ ความถูกต้องของค่าประมาณพารามิเตอร์และอำนาจในการทดสอบสมมติฐานทั้งในส่วนของการทดสอบอิทธิพลและความสอดคล้องเชิงประจักษ์ของโมเดล ในทางกลับกันการกำหนดขนาดตัวอย่างที่ใหญ่เกินไปก็จะส่งผลให้อำนาจการทดสอบสมมติฐานของสถิติทดสอบโดยเฉพาะสถิติทดสอบไคสแควร์ในการตรวจสอบความสอดคล้องเชิงประจักษ์ของโมเดลมีมากซึ่งจะเพิ่มโอกาสในการปฏิเสธโมเดลวิจัยของนักวิจัยถึงแม้ว่าโมเดลวิจัยนั้นจะมีความคลาดเคลื่อนในเชิงทฤษฎีที่ต่ำแล้วก็ตาม (Pornprasertmanit, 2014; Jöreskog & Sörbom, 1996; Bollen, 1990; Bentler & Bonnet, 1980) การกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยวิธีการที่ทำให้ได้ขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมจึงมีความจำเป็นสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

ในปัจจุบันมีวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอยู่ด้วยกัน 3 วิธี วิธีการแรกคือการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยกฎเกณฑ์อย่างง่าย (Rule of thumb) ซึ่งมีผู้พัฒนาเอาไว้หลายเกณฑ์ เช่น การใช้ขนาดตัวอย่างขั้นต่ำสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Kline, 2015) การใช้อัตราส่วนระหว่างจำนวนตัวแปรสังเกตได้ต่อจำนวนตัวแปรแฝง (Marsh, English, Crawley, & Peshu, 1996) แต่เกณฑ์การกำหนดขนาดตัวอย่างที่เป็นที่นิยมคือการใช้อัตราส่วนระหว่างขนาดตัวอย่างต่อจำนวน

พารามิเตอร์ในโมเดล (Kline, 2015) ซึ่งในกรณีที่แย่ที่สุดก็คือใช้อัตราส่วน 20 เท่าของจำนวนพารามิเตอร์ หรือ ขั้นต่ำที่สุดก็คือ 10 เท่าของจำนวนพารามิเตอร์ (Lindeman, Merenda & Gold, 1980; Nunnally, & Bernstein, 1994; Hair, 2009; Kline, 2015) ข้อเด่นของการใช้กฎเกณฑ์อย่างง่ายคือคำนวณได้ง่ายและรวดเร็ว แต่ก็มีข้อจำกัดมากโดยเฉพาะในด้านการรับประกันประสิทธิภาพของผลการวิเคราะห์ที่ได้จากขนาดตัวอย่างที่กำหนด และการคำนวณที่ง่ายเกินไปขาดการนำข้อมูลจำเพาะที่สำคัญของโมเดลวิจัยไปรวมในการคำนวณขนาดตัวอย่างที่ได้จึงเป็นเพียงการคาดการณ์อย่างคร่าว ๆ โดยที่ผู้วิจัยไม่อาจทราบได้ว่าในความเป็นจริงแล้วขนาดตัวอย่างที่คำนวณได้นี้มีความเหมาะสมจริงหรือไม่

วิธีการที่สองพัฒนาขึ้นเพื่อลดข้อจำกัดของวิธีการแรก เป็นวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันที่อิงกับอำนาจการทดสอบสมมติฐานของการทดสอบความสอดคล้องเชิงประจักษ์ของโมเดล (MacCallum, Browne, & Sugawara, 1996; Kim, 2005; Preacher & Coffman, 2006) ซึ่งมีผู้พัฒนาไว้หลายวิธีการ วิธีการหนึ่งที่ได้รับการนิยมนักวิจัยคือวิธีการของ Preacher and Coffman (2006) ซึ่งกำหนดขนาดตัวอย่างโดยพิจารณาจากอำนาจการทดสอบของดัชนี root mean square of approximation (RMSEA) วิธีการนี้มีการนำข้อมูลจำเพาะของโมเดลวิจัยไปรวมในการกำหนดขนาดตัวอย่างมากขึ้นได้แก่ ระดับการระบุโมเดลผิดพลาด (level of misspecification) ความซับซ้อนของโมเดลวิจัย (complexity) ทำให้นักวิจัยสามารถคำนวณขนาดตัวอย่างได้อย่างเหมาะสมมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ การใช้กฎเกณฑ์อย่างง่าย อย่างไรก็ตามปัจจัยที่ส่งผลต่อขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันยังมีอีกหลายปัจจัย เช่น ระดับความเที่ยง (reliability) ของตัวแปรสังเกตได้ การแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสังเกตได้ ข้อมูลสูญหาย (missing value) และวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดล (Fan, Thompson, and Wang, 1999; Muthen & Muthen, 2002; Wang & Wang, 2012) นอกจากนี้เกณฑ์การเลือกขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมคือประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ในด้านอำนาจการทดสอบสมมติฐานเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องเชิงประจักษ์จากสถิติทดสอบไคสแควร์แต่ในความเป็นจริงประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ยังมีในด้านการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วย

จากข้อจำกัดของวิธีการดังกล่าวจึงมีผู้เสนอวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยวิธีการจำลองแบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation approach) ซึ่งกำหนดขนาดตัวอย่างโดยอาศัยผลการวิเคราะห์ที่สร้างจากข้อมูลที่จำลองขึ้นจากโมเดลประชากรที่ผู้วิจัยคาดว่าจะมีความใกล้เคียงกับสภาพจริงมากที่สุด การจำลองนี้จะกระทำซ้ำหลายรอบและนำผลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ เพื่อใช้ตัดสินใจเลือกขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมตามที่นักวิจัยต้องการ วิธีการนี้ทำให้นักวิจัยสามารถศึกษาประสิทธิภาพของผลการวิเคราะห์ที่ได้จากขนาดตัวอย่างต่าง ๆ ได้อย่างละเอียดและรอบด้านมากกว่าวิธีการอื่น ๆ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังสามารถเพิ่มปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดขนาดตัวอย่างเข้าไปในกระบวนการได้เองตามต้องการ (Muthen & Muthen, 2002; Wang & Wang, 2012; Beaujean, 2014) ดังนั้นในเชิงทฤษฎีแล้วการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยวิธีการมอนติคาร์โลจึงน่าจะให้ขนาดตัวอย่างที่มีความเหมาะสมได้มากกว่าวิธีการอื่น ๆ

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่าในปัจจุบันมีงานวิจัยที่ใช้วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างแบบมอนติคาร์โลในการวิเคราะห์หองค์ประกอบเชิงยืนยันน้อย และยังไม่มียวิธีปฏิบัติที่เป็นมาตรฐาน โดยเฉพาะในขั้นตอนของการกำหนดโมเดลประชากรสำหรับสร้างข้อมูลจำลอง นอกจากนี้ยังไม่มีการศึกษาเปรียบเทียบอย่างชัดเจนว่าการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยวิธีการจำลองแบบมอนติคาร์โลจะทำให้ได้ขนาดตัวอย่างที่มีความเหมาะสมกับวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างแบบอื่น ๆ หรือไม่ อย่างไร ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างแบบมอนติคาร์โลในโมเดลการวิเคราะห์หองค์ประกอบเชิงยืนยันสำหรับข้อมูลที่ไม่มีการแจกแจงปกติ และศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างแบบมอนติคาร์โลที่พัฒนาขึ้นโดยเปรียบเทียบกับวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยกฎเกณฑ์อย่างง่าย และวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยอำนาจการทดสอบสมมติฐานของการตรวจสอบความสอดคล้องเชิงประจักษ์ของโมเดลการวิเคราะห์หองค์ประกอบเชิงยืนยัน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างแบบมอนติคาร์โลในโมเดลการวิเคราะห์หองค์ประกอบเชิงยืนยันสำหรับข้อมูลที่ไม่มีการแจกแจงปกติ
2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างแบบมอนติคาร์โลกับวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยกฎเกณฑ์อย่างง่าย กับวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยอำนาจการทดสอบสมมติฐานของการตรวจสอบความสอดคล้องเชิงประจักษ์ของโมเดลการวิเคราะห์หองค์ประกอบเชิงยืนยัน เมื่อตัวแปรสังเกตได้ไม่มีการแจกแจงปกติ

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองที่แท้จริง (True experimental) โดยใช้แบบแผนการทดลองแบบ 3x3x4 แฟคทอเรียล (3x3x4 factorial designs) ประกอบด้วยปัจจัยได้แก่ 1) วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่าง 3 วิธี ประกอบไปด้วย วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างแบบมอนติคาร์โล วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยกฎเกณฑ์อย่างง่าย และวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยอำนาจการทดสอบสมมติฐานของการตรวจสอบความสอดคล้องเชิงประจักษ์ของโมเดล 2) การระบุโมเดลผิดพลาด 3 ระดับ ประกอบไปด้วย ระดับต่ำ ระดับปานกลาง และระดับสูง 3) ความโค้ง 4 ระดับ ประกอบไปด้วยค่าสัมประสิทธิ์ความโค้งเท่ากับ -1, 0, 1 และ 2 โดยแบ่งการวิจัยออกเป็นสองระยะ ระยะที่หนึ่งคือการพัฒนาวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างแบบมอนติคาร์โลในโมเดลสมการการวิเคราะห์หองค์ประกอบเชิงยืนยัน โดยพัฒนาต่อยอดจากวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างแบบมอนติคาร์โลสำหรับการวิเคราะห์หโมเดลสมการเชิงโครงสร้างที่นำเสนอในงานวิจัยของ Muthen and Muthen (2002) และวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์หโมเดลเชิงเส้นในงานวิจัย Beaujean (2014) ด้วยการปรับปรุงในขั้นตอนของการระบุโมเดลประชากรสำหรับใช้ในการจำลองข้อมูลให้มีความเป็นไปได้ และรูปธรรมสามารถใช้กำหนดขนาดตัวอย่างได้จริงในเชิงปฏิบัติ และระยะที่สองผู้วิจัยใช้การวิจัยเชิงทดลองด้วย

การจำลองแบบมอนติคาร์โลเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างแบบมอนติคาร์โลที่พัฒนาขึ้นกับวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยกฎเกณฑ์อย่างง่าย กับวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยอำนาจการทดสอบสมมติฐานของการตรวจสอบความสอดคล้องเชิงประจักษ์ของโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน เมื่อตัวแปรสังเกตได้ไม่มีการแจกแจงปกติ โดยที่แผนการทดลองประกอบไปด้วย 3 ส่วนได้แก่ เงื่อนไขการจำลองข้อมูล สถานการณ์ที่ทำการศึกษา และเกณฑ์การพิจารณาประสิทธิภาพของวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่าง มีรายละเอียดดังนี้

1. เงื่อนไขการจำลองข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาผู้วิจัยดำเนินการจำลองโดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โลโดยจำลองจากโมเดลประชากร (population model: M_{pop}) คือโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (confirmatory factor analysis: CFA) ดังสมการที่ (1) และรูป 1

$$y_i = \Lambda \xi_i + \delta_i \quad (1)$$

โดยที่ y_i คือเวกเตอร์ของตัวแปรสังเกตได้ (observed variable) ขนาด $p \times 1$, Λ คือเมทริกซ์ของน้ำหนักองค์ประกอบ (factor loadings matrix) ขนาด $p \times q$, ξ_i คือเวกเตอร์ของตัวแปรแฝง (latent variable) ขนาด $q \times 1$ และ δ_i คือเวกเตอร์ของความคลาดเคลื่อนจากการวัด (measurement errors) ขนาด $p \times 1$ รายละเอียดของการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในโมเดลเป็นดังนี้

- 1) ตัวแปรแฝงที่ใช้ในการศึกษากำหนดให้มีจำนวน 3 ตัวแปร ($q=3$)
- 2) จำนวนตัวแปรสังเกตที่ใช้ในการศึกษามีจำนวน 12 ตัวแปร ($p=12$) โดยในแต่ละตัวแปรแฝงกำหนดให้มีตัวแปรสังเกตได้จำนวน 4 ตัวแปร

- 3) เมทริกซ์ของน้ำหนักองค์ประกอบขนาด 12×3 กำหนดให้มีค่าเท่ากับ

$$\Lambda^T = \begin{pmatrix} 0.7 & 0.7 & 0.7 & 0.7 & 0.133 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.7 & 0.7 & 0.7 & 0.7 & 0.235 & 0 & 0 & 0 \\ 0.32 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.7 & 0.7 & 0.7 & 0.7 \end{pmatrix}$$

- 4) กำหนดให้ $\Phi = \begin{pmatrix} 1 & & \\ 0.3 & 1 & \\ 0.3 & 0.3 & 1 \end{pmatrix}$ คือเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรแฝง (covariance matrix of latent variables) ขนาด 3×3 และ $\Psi_d = \text{diag}(0.45)$ คือเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของความคลาดเคลื่อนจากการวัด (covariance matrix of measurement errors) ขนาด 12×12

- 5) การออกแบบการแจกแจงของข้อมูลตัวแปรสังเกตได้ในการวิจัยนี้อ้างอิงจากผลการวิจัยของ Mardia (1974) กับ Olsson et.al (2000) ที่พบว่าความโด่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง แต่ไม่พบหลักฐานที่สนับสนุนว่าความเบ้เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อเช่นเดียวกับความโด่ง Olsson et.al (2000) ให้เหตุผลว่าความโด่งของตัวแปรเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อโดยตรงต่อค่าความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมซึ่งใช้เป็นข้อมูลสำหรับการประมาณค่าและคำนวณค่าสถิติทดสอบในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง ในขณะที่ความเบ้เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าเฉลี่ย

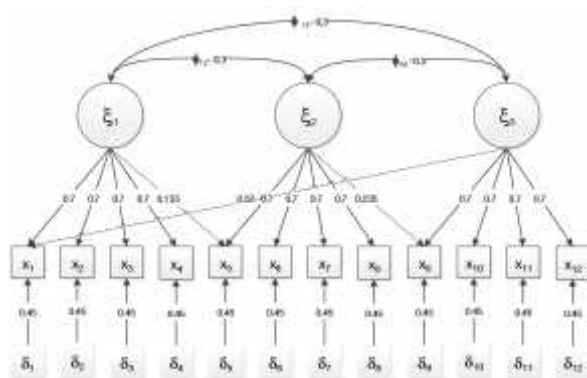
ซึ่งไม่ได้ใช้เป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง ดังนั้นในการวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงกำหนดให้การแจกแจงของตัวแปรสังเกตได้มีความเบ้คงที่โดยกำหนดให้มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 และกำหนดให้มีความโด่งที่แตกต่างกัน 4 ระดับ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ -1, 0, 1 และ 2 ตามลำดับ

การจำลองข้อมูลในการวิจัยตามเงื่อนไขการจำลองข้างต้นผู้วิจัยใช้วิธีมอนติคาร์โลโดยใช้ package “simsem” ในโปรแกรม R เป็นเครื่องมือสำหรับสร้างข้อมูลจำลองให้มีคุณสมบัติที่ต้องการในข้างต้น (Pornprasertmanit, Miller, Schoemann, Quick, Jorgensen & Pornprasertmanit, 2016)

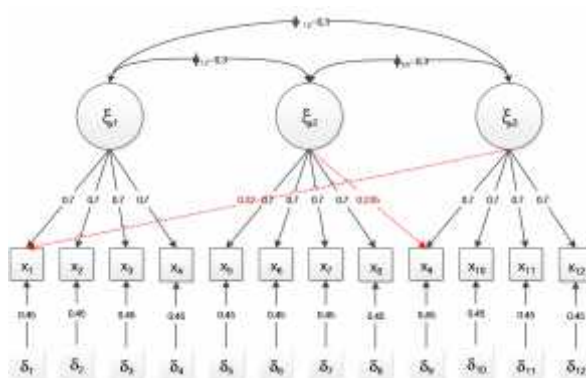
2. สถานการณ์ที่ทำการศึกษา

2.1 โมเดลและระดับของการระบุโมเดลผิดพลาด

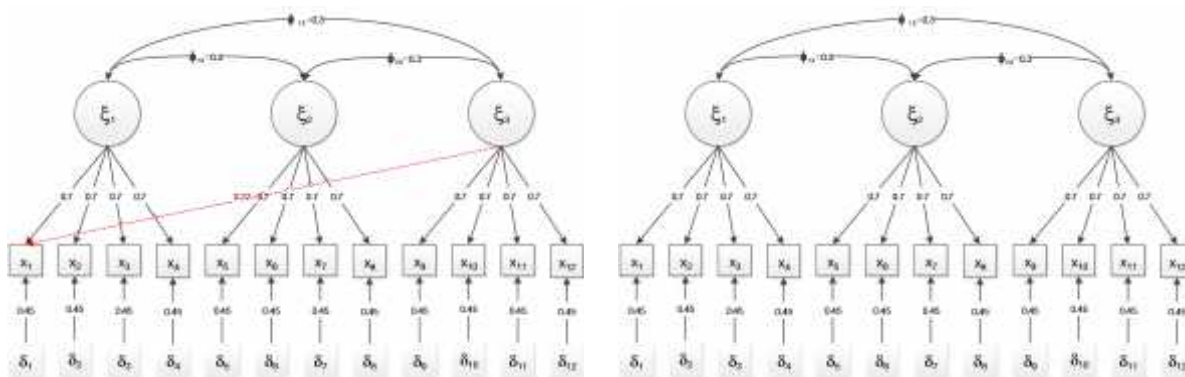
วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาคือวิธีภาวะความควรจะเป็นสูงสุด (maximum likelihood: ML) ในการประมาณค่าพารามิเตอร์จะประมาณภายใต้สถานการณ์ที่โมเดลวิจัยมีการระบุผิดพลาด กล่าวคือผู้วิจัยศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างภายใต้สถานการณ์ที่โมเดลประชากรที่กำหนดในสมการที่ (1) กับโมเดลวิจัยมีความไม่สอดคล้องกันในลักษณะที่โมเดลวิจัยระบุพารามิเตอร์น้ำหนักองค์ประกอบไม่ครบ งานวิจัยนี้กำหนดให้การระบุโมเดลผิดพลาดมี 3 ระดับ โมเดลที่ระบุผิดพลาดระดับต่ำคือโมเดลวิจัยที่กำหนดให้พารามิเตอร์น้ำหนักองค์ประกอบ $\lambda_{51} = 0$ ดังรูป 1 ข. โมเดลที่ระบุผิดพลาดระดับปานกลางคือโมเดลวิจัยที่กำหนดให้พารามิเตอร์น้ำหนักองค์ประกอบ $\lambda_{51} = \lambda_{92} = 0$ ดังรูป 1 ค. และโมเดลที่ระบุผิดพลาดระดับสูงคือโมเดลวิจัยที่กำหนดให้พารามิเตอร์น้ำหนักองค์ประกอบ $\lambda_{51} = \lambda_{92} = \lambda_{13} = 0$ ดังรูป 1 ง. และในแต่ละสถานการณ์ที่ศึกษาจะกระทำซ้ำจำนวน 1000 รอบ



ก. โมเดลประชากร



ข. โมเดลวิจัยที่มีการระบุผิดพลาดระดับต่ำ



ค. โมเดลวิจัยที่มีการระบุผิดพลาดระดับปานกลาง

ง. โมเดลวิจัยที่มีการระบุผิดพลาดระดับสูง

รูป 1: โมเดลประชากรและโมเดลวิจัยที่มีการระบุผิดพลาดในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ศึกษา

2.2 วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่าง

ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างประกอบไปด้วย 3 วิธี ได้แก่ (1) วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างแบบมอนติคาร์โล (2) วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยกฎเกณฑ์อย่างง่าย จะใช้อัตราส่วนระหว่างขนาดตัวอย่างต่อจำนวนพารามิเตอร์ในโมเดล (Kline, 1998) คืออัตราส่วน 20 เท่าของจำนวนพารามิเตอร์ โดยจำนวนพารามิเตอร์ที่ใช้ในการระบุโมเดลผิดพลาด 3 ระดับ ระดับต่ำ ระดับปานกลาง และระดับสูง จะมีค่าเท่ากับ 29, 28 และ 27 ตามระดับ และ (3) วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยอำนาจการทดสอบสมมติฐานของการตรวจสอบความสอดคล้องเชิงประจักษ์ของโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Preacher & Coffman, 2006) โดยระบุเงื่อนไขในการกำหนดขนาดตัวอย่างครั้งนี้ได้แก่ ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .05 อำนาจในการทดสอบเท่ากับ .8 องศาอิสระจะกำหนดตามการระบุโมเดลผิดพลาดระดับต่ำ ระดับปานกลาง และระดับสูง โดยมีค่า 49, 50 และ 51 ตามลำดับ และขนาดอิทธิพล โดยที่ Null RMSEA กำหนดค่าที่ 0 และ Alt. RMSEA จะมีค่า .013, .033 และ .055 ที่ได้จากการประมาณโมเดลประชากรโดยใช้ข้อมูลจำลองหรือข้อมูลที่ใช้สำหรับตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ วิธีการคือนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันตามโมเดลวิจัยที่กำหนดไว้ในขั้น 1.1) จากนั้นดำเนินการปรับโมเดลให้มีความสอดคล้องเชิงประจักษ์ การระบุโมเดลผิดพลาดในแต่ละระดับดังรูป 1 ข. 1ค. และ 1 ง. ซึ่งขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมของแต่ละวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างจะมีดังตาราง 1 และรูป 3 ก.

3. เกณฑ์การพิจารณา

เกณฑ์การพิจารณาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างในการวิจัยนี้ประกอบด้วย (1) ขนาดตัวอย่างที่คำนวณได้จากแต่ละวิธีการ และ (2) อำนาจการทดสอบสมมติฐานการทดสอบความสอดคล้องเชิงประจักษ์ของโมเดลวิจัยซึ่งคำนวณได้จากจำนวนครั้งที่การทดสอบความสอดคล้องเชิงประจักษ์ของโมเดลวิจัยปฏิเสธสมมติฐานหลักภายใต้สถานการณ์ที่โมเดลวิจัยมีการระบุผิดพลาดในระดับต่าง ๆ ต่อจำนวนการกระทำซ้ำในแต่ละสถานการณ์

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยประกอบด้วย (1) วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างแบบมอนติคาร์โลสำหรับโมเดลการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบเชิงยืนยันเมื่อข้อมูลไม่มีการแจกแจงแบบปกติ และ (2) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างแบบมอนติคาร์โลที่พัฒนาขึ้นโดยเปรียบเทียบกับวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยกฎเกณฑ์อย่างง่าย และวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยอำนาจการทดสอบสมมติฐานของการตรวจสอบความสอดคล้องเชิงประจักษ์ของโมเดลการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบเชิงยืนยัน

1. วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างแบบมอนติคาร์โลสำหรับโมเดลการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบเชิงยืนยันเมื่อข้อมูลไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างที่พัฒนาขึ้นผู้วิจัยปรับปรุงจากวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างที่นำเสนอโดย Muthen and Muthen (2002) and Beaujean (2014) ในส่วนของการกำหนดโมเดลประชากรสำหรับสร้างข้อมูลจำลอง วิธีการที่พัฒนาขึ้นนี้ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนประกอบด้วยขั้นตอนการกำหนดโมเดลการวิจัย (specification of research model) การประมาณโมเดลประชากร (estimation of population model) การกำหนดเงื่อนไขของการจำลอง (specification of simulation condition) และการกำหนดวิเคราะห์ผลเพื่อเลือกขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม (data analysis) รายละเอียดเป็นดังนี้

1.1 การกำหนดโมเดลการวิจัย ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนปกติสำหรับการทำงานวิจัยที่ผู้วิจัยต้องกำหนดโมเดลเชิงทฤษฎี (theoretical model) หรือโมเดลการวิจัย (research model) ที่คาดว่าจะใช้สำหรับอธิบายสภาพปรากฏการณ์ที่สนใจในประชากรเป้าหมายได้ งานวิจัยนี้กำหนดขอบเขตให้โมเดลการวิจัยคือโมเดลการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบเชิงยืนยันดังสมการที่ (1)

1.2 การประมาณโมเดลประชากร เงื่อนไขหนึ่งที่ทำให้การศึกษาด้วยการจำลองข้อมูลเป็นไปได้คือนักวิจัยจำเป็นต้องมีโมเดลที่ใช้เป็นฐานสำหรับการสร้างข้อมูลจำลอง เงื่อนไขนี้มีก่อกำเนิดในการนำวิธีการจำลองข้อมูลเข้ามาใช้ในเชิงปฏิบัติ เนื่องจากผู้วิจัยจะไม่ทราบโมเดลประชากรที่เป็นกลไกก่อกำเนิดค่าสังเกตของตัวแปรที่ต้องการศึกษา ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงเสนอแนวทางการประมาณโมเดลประชากรโดยใช้ข้อมูลนำร่อง (pilot study) หรือข้อมูลที่ใช้สำหรับตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ วิธีการคือนำข้อมูลดังกล่าวมา

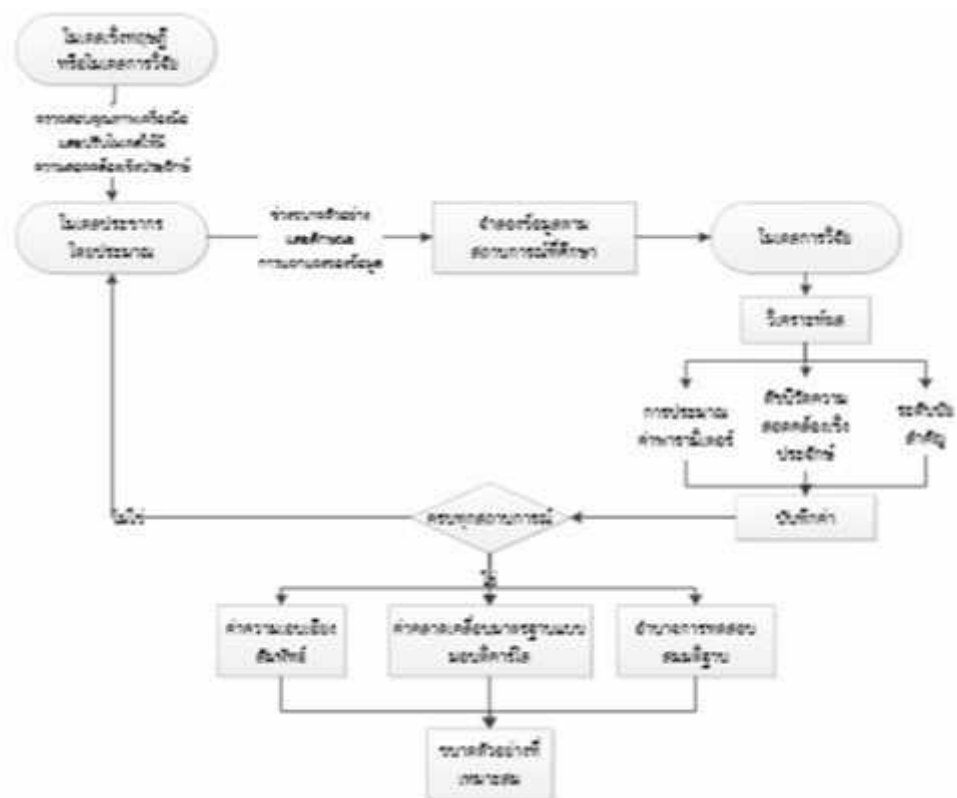
วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันตามโมเดลการวิจัยที่กำหนดไว้ในชั้น 1.1) จากนั้นดำเนินการปรับโมเดลให้มีความสอดคล้องเชิงประจักษ์โดยพิจารณาจากดัชนี RMSEA ให้มีค่าเท่ากับ .000 เรียกโมเดลนี้ว่า โมเดลประชากรโดยประมาณ (estimated population model)

1.3 การกำหนดเงื่อนไขของการจำลอง ผู้วิจัยสามารถกำหนดเงื่อนไขการจำลองข้อมูลได้อย่างหลากหลายขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้วิจัย ในงานวิจัยนี้กำหนดเงื่อนไขของการจำลองข้อมูลเอาไว้ทั้งหมด 5 เงื่อนไขได้แก่ 1) ลักษณะการแจกแจงของข้อมูลตัวแปรในการวิจัย 2) วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ 3) ดัชนีวัดความสอดคล้องเชิงประจักษ์ที่ใช้เป็นเกณฑ์สำหรับกำหนดขนาดตัวอย่าง 4) ระดับนัยสำคัญ และ 5) ช่วงของขนาดตัวอย่างที่ใช้พิจารณา

1.4 การวิเคราะห์ผลที่ได้จากการจำลอง การวิเคราะห์ผลลัพธ์เพื่อพิจารณาเลือกขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมจะพิจารณาในสองด้านได้แก่ ด้านประสิทธิภาพของการประมาณค่าพารามิเตอร์ในแต่ละขนาดตัวอย่างซึ่งพิจารณาจาก ค่าความเอนเอียงสัมพัทธ์ (relative biased: RB) ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานแบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo standard error: MCSE) ซึ่งจะทำให้อยู่ในรูปของสัมประสิทธิ์ความแปรผันเพื่อให้สามารถแปลความหมายได้สะดวก และด้านประสิทธิภาพของการทดสอบความสอดคล้องเชิงประจักษ์ของโมเดลการวิจัยซึ่งพิจารณาจาก อำนาจการทดสอบสมมติฐาน (power of the test: POWER) ของสถิติทดสอบไคสแควร์ Muthén and Muthén (2002) เสนอว่าการกำหนดขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมนั้นให้เลือกขนาดตัวอย่างที่ทำให้ (1) ค่าความเอนเอียงสัมพัทธ์และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานแบบมอนติคาร์โลมีค่าไม่เกิน 10% และ (2) อำนาจการทดสอบสมมติฐานของสถิติทดสอบไคสแควร์มีค่าไม่ต่ำกว่า .8 อย่างไรก็ตามการใช้เกณฑ์การพิจารณานี้ในสถานการณ์ที่โมเดลการวิจัยมีการระบุผิดพลาดน้อยหรือมีความใกล้เคียงกับโมเดลประชากรจะทำให้นักวิจัยต้องใช้ขนาดตัวอย่างมากเกินไป เพราะเกณฑ์บังคับให้ผู้วิจัยคงระดับของอำนาจการทดสอบสมมติฐานให้มีค่าอย่างต่ำไว้ที่ .8 ให้ได้ งานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงปรับปรุงเกณฑ์การพิจารณาเลือกขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมใหม่โดยกำหนดให้ขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมคือขนาดตัวอย่างที่ทำให้

(1) ค่าความเอนเอียงสัมพัทธ์และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานแบบมอนติคาร์โลมีค่าไม่เกิน 10%

หรือ (2) อำนาจการทดสอบสมมติฐานของสถิติทดสอบไคสแควร์มีค่าไม่ต่ำกว่า .8



รูป 2: ขั้นตอนการกำหนดขนาดตัวอย่างแบบมอนติคาร์โลสำหรับโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน
เมื่อข้อมูลไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

2. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่าง

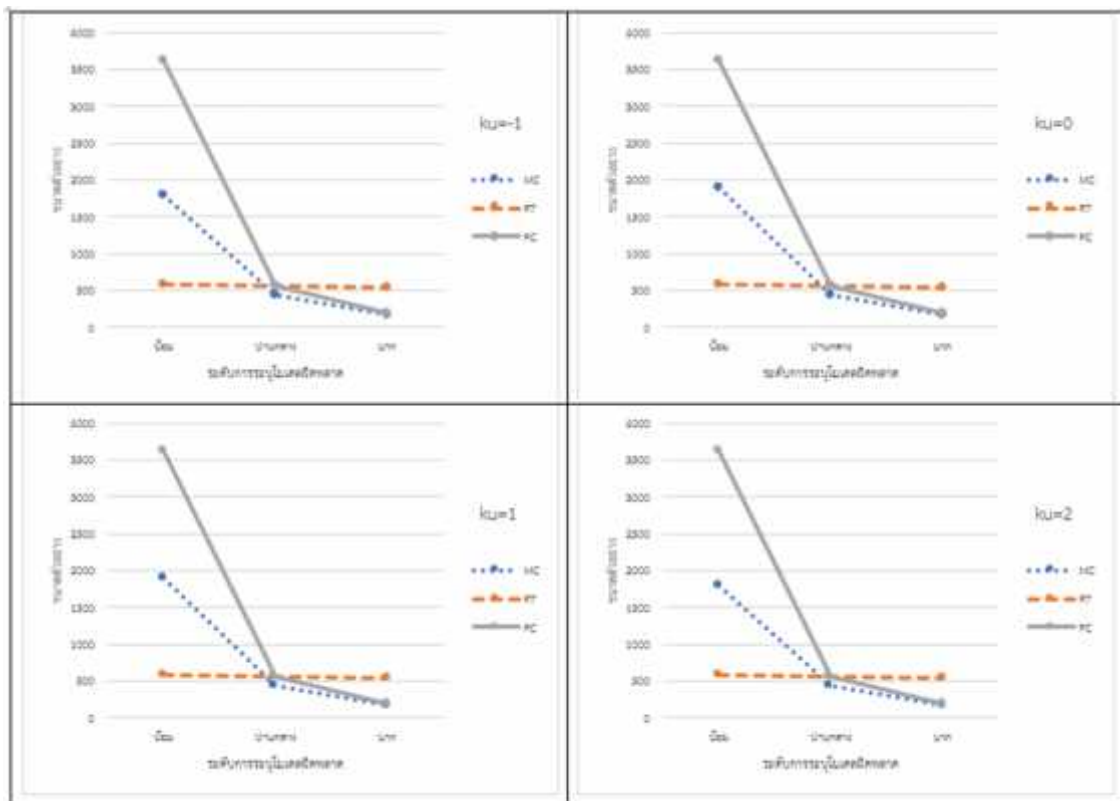
ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างประกอบไปด้วย 3 วิธี ได้แก่ (1) วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างแบบมอนติคาร์โล (2) วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยกฎเกณฑ์อย่างง่าย และ (3) วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยอำนาจการทดสอบสมมติฐานของการตรวจสอบความสอดคล้องเชิงประจักษ์ของโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน จะมีผลดังตาราง 1 และรูป 3

ตาราง 1: ขนาดตัวอย่างและอำนาจการทดสอบสมมติฐานของสถิติทดสอบไคสแควร์ จำแนกตามระดับของการระบุโมเดลผิดพลาด วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่าง และค่าสัมประสิทธิ์ความโค้ง

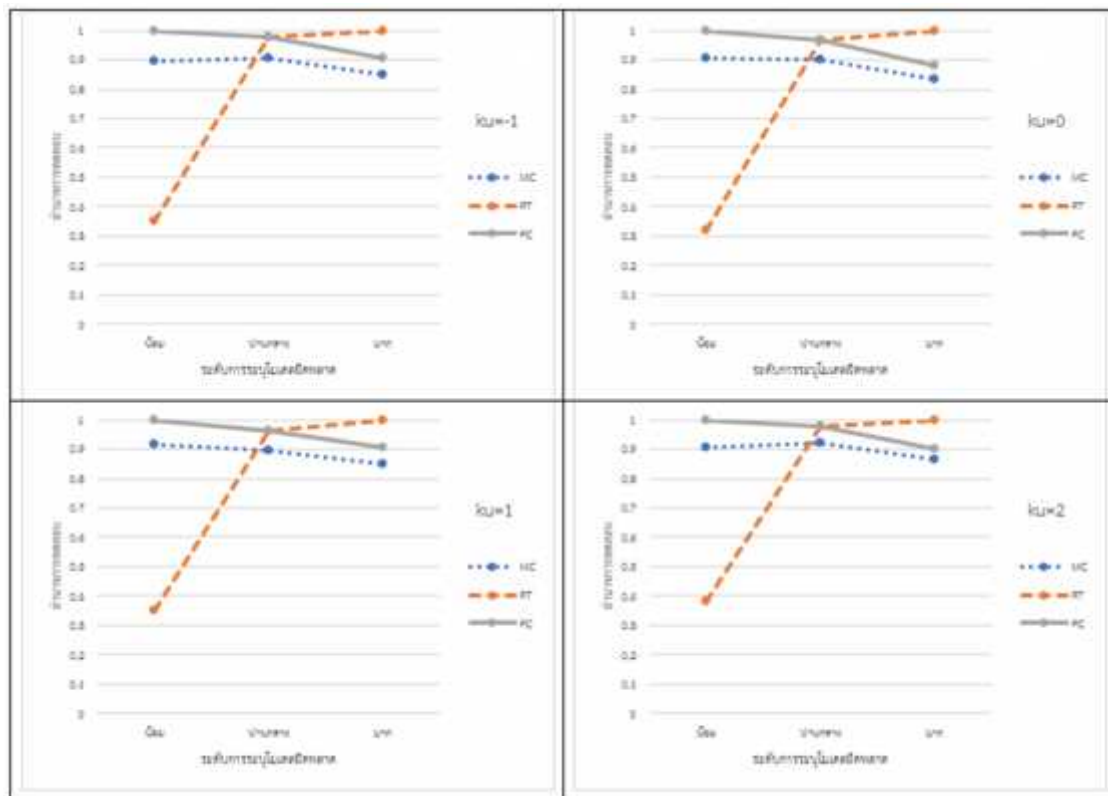
การระบุโมเดลผิดพลาด	วิธีการ กำหนดขนาดตัวอย่าง	ค่าสัมประสิทธิ์ความโค้ง			
		-1	0	1	2
ระดับ ต่ำ	MC	1800	1900	1900	1800
		(.895)	(.904)	(.917)	(.905)
	RT	580	580	580	580
		(.350)	(.319)	(.351)	(.382)
	PC	3613	3613	3613	3613
		(.999)	(1.00)	(1.00)	(1.00)

ระดับปานกลาง	MC	435 (.904)	440 (.901)	440 (.893)	440 (.920)
	RT	560 (.976)	560 (.966)	560 (.964)	560 (.979)
	PC	556 (.978)	556 (.966)	556 (.964)	556 (.976)
ระดับสูง	MC	170 (.850)	170 (.835)	170 (.849)	170 (.862)
	RT	540 (1.00)	540 (1.00)	540 (1.00)	540 (1.00)
	PC	199 (.906)	199 (.882)	199 (.905)	199 (.903)

หมายเหตุ MC=วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างแบบมอนติคาร์โล, RT=วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยกฎเกณฑ์อย่างง่าย, PC = วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยอำนาจการทดสอบสมมติฐานของการตรวจสอบความสอดคล้องเชิงประจักษ์



รูป 3: ขนาดตัวอย่างที่คำนวณได้จากวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่าง MC, RT และ PC
จำแนกตามระดับการระบุโมเดลผิดพลาดและระดับความโด่งของตัวแปรสังเกตได้



รูป 4: อำนาจการทดสอบสมมติฐานที่ได้จากวิธีกำหนดขนาดตัวอย่าง MC, RT และ PC

จำแนกตามระดับการระบุโมเดลผิดพลาดและระดับความโด่งของตัวแปรสังเกตได้

จากตาราง 1 รูป 3 และรูป 4 พบว่าผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างแบบมอนติคาร์โลที่พัฒนาขึ้นโดยเปรียบเทียบกับวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยกฎเกณฑ์อย่างง่าย และวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยอำนาจการทดสอบสมมติฐานของการตรวจสอบความสอดคล้องเชิงประจักษ์ของโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน กรณีโมเดลที่ระบุผิดพลาดระดับ ในทุกค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างแบบมอนติคาร์โลให้ขนาดตัวอย่างน้อยสุดได้แก่ 1800, 1900, 1900 และ 1800 ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง ที่ให้อำนาจการทดสอบสมมติฐานการทดสอบความสอดคล้องเชิงประจักษ์ของโมเดลใกล้เคียง .8 ที่ .895, .904, .917 และ .905 ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง กรณีโมเดลที่ระบุผิดพลาดระดับปานกลาง ในทุกค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างแบบมอนติคาร์โลให้ขนาดตัวอย่างน้อยสุดได้แก่ 435, 440, 440 และ 440 ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง ที่ให้อำนาจการทดสอบสมมติฐานการทดสอบความสอดคล้องเชิงประจักษ์ของโมเดลใกล้เคียง .8 ที่ .904, .901, .893 และ .92 ตามลำดับค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง และกรณีโมเดลที่ระบุผิดพลาดระดับสูง ในทุกค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยอำนาจการทดสอบสมมติฐานของการตรวจสอบความสอดคล้องเชิงประจักษ์ให้ขนาดตัวอย่างน้อยสุดที่ 170 อำนาจการทดสอบสมมติฐานการทดสอบความสอดคล้องเชิงประจักษ์ของโมเดลใกล้เคียง .8 ที่ .85, .835, .849 และ .862 ตามลำดับค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง

อภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยแยกประเด็นการอภิปรายผลการวิจัยออกเป็น 2 ประเด็นคือ 1) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดขนาดตัวอย่าง และ 2) การประมาณโมเดลประชากร รายละเอียดในแต่ละประเด็นดังต่อไปนี้

ประเด็นที่ 1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดขนาดตัวอย่าง

ผลจากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่าง พบว่าวิธีที่นำปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดขนาดตัวอย่างมาคำนวณ หากมีหลายปัจจัยก็จะสามารถคำนวณขนาดตัวอย่างได้อย่างเหมาะสมมากขึ้น ซึ่งปัจจัยดังกล่าว อาทิ ระดับการระบุโมเดลผิดพลาด ความซับซ้อนของโมเดลวิจัย การแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสังเกตได้ วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดล อำนาจการทดสอบสมมติฐาน จะเห็นได้ว่าวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างแบบมอนติคาร์โล จะได้ขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมมากกว่าวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างอื่น ๆ ซึ่งไปเป็นตามทฤษฎีวิธีการจำลองแบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation approach)

ประเด็นที่ 2 การประมาณโมเดลประชากร

ในเชิงปฏิบัตินักวิจัยจะไม่ทราบโมเดลประชากร ซึ่งเป็นเงื่อนไขหนึ่งที่สำคัญสำหรับการกำหนดขนาดตัวอย่างแบบมอนติคาร์โล ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เสนอแนวทางแก้ไขโดยใช้ข้อมูลสำรองหรือข้อมูลที่ใช้สำหรับตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือมาประมาณโมเดลประชากรดังกล่าว โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันตามโมเดลวิจัย แล้วปรับโมเดลให้มีความสอดคล้องเชิงประจักษ์มากที่สุดโดยพิจารณาจากดัชนี RMSEA ให้มีค่าน้อยที่สุด โมเดลดังกล่าวเรียกว่า โมเดลประชากรโดยประมาณ (estimated population model) แนวทางนี้สามารถแก้ไขปัญหาการไม่ทราบโมเดลประชากรได้จริง แต่มีข้อควรระวังในส่วนของการปรับโมเดลให้มีความสอดคล้องเชิงประจักษ์โดยพิจารณาจากดัชนี RMSEA ให้มีค่าน้อยที่สุด ซึ่งมีความเป็นไปได้ในบางโมเดลจะต้องปรับเส้นพารามิเตอร์มากเกินไป (over parameters) ส่งผลให้โมเดลประชากรโดยประมาณที่ได้มีลักษณะผิดรูปแบบจากโมเดลการวิจัยที่กำหนดขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ในส่วนของการข้อเสนอแนะผู้วิจัยแบ่งออกเป็นส่วนของ ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้และ ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. กำหนดช่วงของขนาดตัวอย่างกับจำนวนรอบของการจำลอง โดยที่ในการหาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมในตอนแรกนักวิจัยจะไม่รู้ช่วงของขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม ผู้วิจัยแนะนำให้ระบุเป็นช่วงกว้างกว่าในตอนแรกโดยอาจจะเว้นระยะห่างหลักร้อยได้ และใช้จำลองรอบเพียง 200 รอบก็เพียงพอในการหาช่วงของขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมได้ จากนั้นพอนักวิจัยทราบช่วงของขนาดตัวอย่างแล้วจะจงลงไปในช่วงลดระยะห่างของขนาดตัวอย่างและเพิ่มรอบในการจำลองเป็น 1000 รอบ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่แท้จริงออกมาแล้วนักวิจัยจะได้ขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมมา

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1.วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างแบบมอนติคาร์โลที่พัฒนาขึ้นสามารถประยุกต์ใช้ในโมเดลการวิเคราะห์แบบอื่น ๆ ได้ เช่น การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling: SEM) หรือการวิเคราะห์สาเหตุ (Path Analysis)

2.การนำวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างแบบมอนติคาร์โลไปใช้สามารถกำหนดปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดขนาดตัวอย่างได้ตามความต้องการของผู้วิจัย ระดับความเที่ยงของตัวแปรสังเกตได้ การแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสังเกตได้ ข้อมูลสูญ และวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดล

3.เกณฑ์การพิจารณาเลือกขนาดในการนำวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างแบบมอนติคาร์โลไปใช้หากผู้วิจัยต้องการขนาดตัวอย่างที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ผู้วิจัยควรนำค่าความเอนเอียงสัมพัทธ์กับค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานแบบมอนติคาร์โลมาเป็นเกณฑ์หนึ่งในการเลือกขนาดตัวอย่างพร้อมกับอำนาจการทดสอบสมมติฐานของสถิติทดสอบไคสแควร์

4.การกำหนดขนาดตัวอย่างแบบมอนติคาร์โลในงานวิจัยนี้กำหนดโมเดลประชากรสำหรับการสร้างข้อมูลจำลอง ด้วยข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบเครื่องมือ อย่างไรก็ตามขนาดตัวอย่างก็เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความถูกต้องต่อการประมาณโมเดลประชากร ดังนั้นการวิจัยครั้งต่อไปจึงควรมีการศึกษา เพื่อพัฒนาเกณฑ์หรือวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างสำหรับการประมาณโมเดลประชากร

รายการอ้างอิง

- Beaujean, A. A. (2014). Sample size determination for regression models using Monte Carlo methods in R. *Practical Assessment, Research & Evaluation, 19*(12), 2.
- Bentler, P. M. & Bonnet, D.C. (1980), "Significance Tests and Goodness of Fit in the Analysis of Covariance Structures," *Psychological Bulletin, 88* (3), 588-606.
- Bollen, K. A. (1990), "Overall Fit in Covariance Structure Models: Two Types of Sample Size Effects," *Psychological Bulletin, 107*(2), 256-59.
- Fan, X., Thompson, B., & Wang, L. (1999). Effects of sample size, estimation methods, and model specification on structural equation modeling fit indexes. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal, 4*(1), 56-83.
- Hair, J. F. (2009). *Multivariate data analysis*.
- Kim, K. H. (2005). The relation among fit indexes, power, and sample size in structural equation modeling. *Structural Equation Modeling, 12*(3), 368-390.
- Kline, R. B. (1998). *Methodology in the social sciences*.
- Kline, R. B. (2015). *Principles and practice of structural equation modeling*. Guilford publications.

- Jöreskog, K. G. & Sörbom, D. (1996). *LISREL 8 User's reference guide*. Chicago: Scientific Software.
- Lindeman, R., Merenda, P., & Gold, R. (1980). *Introduction to Bivariate and Multivariate Analysis Scott*. New York: Foresman, & Co,
- MacCallum, R. C., Browne, M. W., & Sugawara, H. M. (1996). Power analysis and determination of sample size for covariance structure modeling. *Psychological methods*, 1(2), 130.
- Mardia, K.V. (1974). Applications of some measures of multivariate skewness and kurtosis in testing normality and robustness studies. *Sankhya, Series B*, 36, 115–128.
- Marsh, K., English, M., Crawley, J., & Peshu, N. (1996). The pathogenesis of severe malaria in African children. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology*, 90(4), 395-402.
- Muthén, L. K., & Muthén, B. O. (2002). How to use a Monte Carlo study to decide on sample size and determine power. *Structural Equation Modeling*, 9(4), 599-620.
- Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H.. (1994). *Psychometric theory* (3rd ed.). New York: McGraw-Hill.
- Olsson, U. H., Foss, T., Troye, S. V., & Howell, R. D. (2000). The performance of ML, GLS, and WLS estimation in structural equation modeling under conditions of misspecification and nonnormality. *Structural equation modeling*, 7(4), 557-595.
- Pornprasertmanit, S. (2014). The Unified Approach for Model Evaluation in Structural Equation Modeling.
- Pornprasertmanit, S., Miller, P., Schoemann, A., Quick, C., Jorgensen, T., & Pornprasertmanit, M. S. (2016). Package 'simsem'.
- Preacher, K. J., & Coffman, D. L. (2006). *Computing power and minimum sample size for RMSEA*. Retrieved from <http://quantpsy.org/>.
- Wang, W. S., Xiang, Y. Y., Wang, Q. H., Wang, F., Yang, F., & Lee, D. H. (2012). Functional renormalization group and variational Monte Carlo studies of the electronic instabilities in graphene near 1/4 doping. *Physical Review B*, 85(3), 035414.