

CONSTRUCT VALIDITY: หลักการ และแนวทางการวิเคราะห์ ด้วย CONFIRMATORY FACTOR ANALYSIS

ดร.พรพิพิชัย ไชยโส!

1. หลักการ

CONSTRUCT VALIDITY เป็นคำว่าที่แสดงถึงความสมบัติของเครื่องมือถึงความสามารถในการวัดสิ่งที่ต้องการวัด โดยเฉพาะสิ่งที่ต้องการวัดนั้นเป็นคุณลักษณะ (traits) ทางจิตวิทยาหรือทางการศึกษาที่เป็นสาเหตุของพฤติกรรมค่างๆ ซึ่งบุคคลที่ครอบครองคุณลักษณะเหล่านี้แสดงออกมา แต่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง คุณลักษณะเหล่านี้ เช่น เจตคติ ความคิดสร้างสรรค์ แรงจูงใจ ความสนใจ และอื่นๆ ซึ่งสามารถวัดได้ตามนิยามที่ถูกกำหนดโดยทฤษฎี ซึ่งใช้อธิบายคุณลักษณะนั้น ในการสร้างเครื่องมือเพื่อวัดคุณลักษณะดังกล่าวจะจำเป็นต้องสร้างเครื่องมือตามที่กำหนดนิยามไว้ และการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่สร้างก็จำเป็นที่จะต้องตอบคำถามให้ได้ว่าเครื่องมือที่สร้างขึ้นวัดคุณลักษณะที่ต้องการวัดได้หรือไม่ และวัดได้เพียงใด การตอบคำถามเพื่อตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือดังกล่าวจะเป็นการตรวจสอบ CONSTRUCT VALIDITY หรือที่เรียกว่าความตรงตามทฤษฎีของเครื่องมือวัดหรือความตรงนั้นเอง

วิธีการตรวจสอบความตรงตามทฤษฎีของเครื่องมือวัดมีแนวทางในการตรวจสอบหลายวิธี ทั้งวิธีการตรวจสอบเชิงเหตุผลและวิธีการตรวจสอบเชิงประจักษ์จากกลุ่มที่รู้สัมผัสด้วย วิธีการตรวจสอบความสอดคล้องภายในของเครื่องมือ และวิธีการตรวจสอบความสอดคล้องกับเกณฑ์ภายนอกที่ได้รับการย้างอิงว่ามีความสัมพันธ์กับคุณลักษณะที่วัดด้วยเครื่องมือนั้น สำหรับ Campbell และ Fiske (1959) ได้เสนอแนวทางในการตรวจสอบความตรงตามทฤษฎีซึ่งวางแผนอยู่บนพื้นฐานของหลักการคังนี

1. ความตรงของการวัดที่วัดด้วยเครื่องมือที่วัดคุณลักษณะหนึ่งลักษณะใด เมื่อถึงความสอดคล้อง (converge) ของผลการวัด แม้ว่าจะวัดด้วยวิธีการวัดหรือเครื่องมือวัดที่ต่างกัน คุณสมบัตินี้แสดงถึง convergent validity ของเครื่องมือวัดนั้น (แตกต่างจากการตรวจสอบความเที่ยงของการวัดที่จะให้ผลการวัดที่สอดคล้องกันด้วยวิธีการวัดที่เหมือนกันมากที่สุด หรือการใช้เครื่องมือชุดเดียวกันในการวัดซ้ำ)

¹ รร. สาขาวิชามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กทม. 10903

2. เมื่อคุณลักษณะที่ต้องการวัดเป็นสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่เป็นคุณลักษณะที่ต้องการอธิบายด้วยแนวคิดเชิงทฤษฎี การพิจารณาถึงความตรงตามทฤษฎีของการวัดคุณลักษณะนั้น ควรพิจารณาถึง discriminant validity ของการวัดนั้น ซึ่ง discriminant validity นี้เป็นคุณสมบัติที่แสดงถึง ความสามารถของเครื่องมือวัดที่ให้ผลการวัด ที่ไม่สอดคล้องกันหรือแตกต่างกันในการวัดคุณลักษณะที่แตกต่างกันแม้จะวัดด้วยวิธีการเดียวกันหรือวิธีการที่ต่างกันก็ตาม

3. คุณลักษณะที่เครื่องมือต้องการจะวัด ได้ถูกกำหนดโดยของเครื่องมือวัดนั้น แต่ผลที่ได้จากการวัดหรือคะแนนที่ได้มาด้วยเครื่องมือวัดนั้น เป็นผลมาจากการวัดของเครื่องมือและรูปแบบหรือวิธีการของเครื่องมือที่เรา拿来ใช้ นั่นคือ ผลการวัดเป็นหน่วยที่มีส่วนประกอบร่วมทั้งผลที่มาจากการวัดคุณลักษณะและวิธีการวัด การพิจารณาผลการวัดที่ได้มาเพื่อถังอิงถึงความตรงตามทฤษฎีของการวัด จึงต้องพิจารณาถึง ความเบปรับร่วมของผลการวัดที่ได้มาจากคุณลักษณะ (trait variance) โดยแยกออกจากความแปรปรวนของผลการวัดที่ได้มาจากการวัด (method variance)

4. เพื่อตรวจสอบถึงความตรงตามทฤษฎีทั้งในส่วนของ convergent validity และ discriminant validity ตลอดจนการแยกคุณสมบัติของเครื่องมือวัด จากผลที่ได้มาจากการวัด ตามเนื้อหาในเครื่องมือที่กำหนด และผลที่ได้มาจากการวัดตามวิธีการที่นำมาใช้วัด กระบวนการในการหาความตรงตามทฤษฎีจึงต้องได้มาจากการใช้วิธีการวัดมากกว่า 1 วิธี วัดคุณลักษณะที่แตกต่างกันมากกว่า 1 คุณลักษณะ ซึ่งสามารถพิจารษาร่วมกันในการศึกษาความตรงตามทฤษฎีผ่านเมตริกซ์ลักษณะพหุ-วิธีพหุ (multitrait-multimethod matrix) ซึ่งเป็นเมตริกซ์ซึ่งประกอบด้วยค่าสหสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดคุณลักษณะต่างๆด้วยวิธีต่างๆ มากกว่า 1 ลักษณะและมากกว่า 1 วิธี

ตารางที่ 1 แสดงเมตริกซ์ลักษณะพหุ-วิธีพหุ ซึ่งมีลักษณะ 3 ลักษณะและวิธี 3 วิธี

trait	method 1			method 2			method 3		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
method 1	A	()							
	B		()						
	C			()					
method 2	A			()					
	B				()				
	C					()			
method 3	A				()				
	B					()			
	C						()		

Campbell และ Fiske ได้ยกตัวอย่างเมตริกซ์ที่มีลักษณะที่วัดแตกต่างกัน 3 ลักษณะ และวิธีการวัดที่แตกต่างกัน 3 วิธี ดังตารางที่ 1 ส่วนประกอบต่างๆของ MTMM matrix เป็นดังนี้

1. สัมประสิทธิ์ความเที่ยง สามารถกำหนดได้จากค่าสัมประสิทธิ์สาหสัมพันธ์ตามแนวเส้นทะเบียนในไชยุ่งเมตริกซ์ทั้งหมด แสดงด้วย monotrait-monomethod value (MTMM values) ซึ่งแสดงค่าบนเส้นทะเบียนของสามเหลี่ยมกรอบที่บีบเป็นค่าสาหสัมพันธ์ที่เกิดจากผลการวัดคุณลักษณะเดียวกันด้วยวิธีการเดียวกัน

2. ค่าสัมประสิทธิ์ความตรง สามารถกำหนดได้จากค่าความเส้นทะเบียนนูนในกรอบเส้นประชึงค่าความตรงนี้สามารถแสดงได้ด้วยค่าที่เรียกว่า monotrait-heteromethod values (MTHM values) เป็นค่าสาหสัมพันธ์ที่เกิดจากผลการวัดคุณลักษณะเดียวกันด้วยวิธีที่แตกต่างกัน

3. ค่าสัมประสิทธิ์สาหสัมพันธ์ในสามเหลี่ยมกรอบที่บีบเป็นค่าที่เรียกว่า heterotrait-monomethod values (HTMM values) ซึ่งเป็นค่าสาหสัมพันธ์ที่เกิดจากผลการวัดลักษณะต่างกันด้วยวิธีการเดียวกัน และค่าสัมประสิทธิ์สาหสัมพันธ์ที่อยู่ในกรอบประเรียงกว่า heterotrait-heteromethod values ซึ่งเป็นค่าสาหสัมพันธ์ที่เกิดจากการวัดคุณลักษณะต่างกันด้วยวิธีการที่ต่างกัน

Campbell และ Fiske (1959) ได้แนะนำเกณฑ์เพื่อการตรวจสอบความตรงตามทฤษฎีของการวัดจากการตรวจสอบ MTMM matrix ดังนี้

1) สัมประสิทธิ์ความตรงของวิธีการวัดที่แสดงด้วยค่าความเส้นทะเบียนนูนของกรอบเส้นประคือสาหสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดที่ได้จากการวัดคุณลักษณะเดียวกัน ด้วยวิธีการที่ต่างกัน ค่าสัมประสิทธิ์ความตรงนี้ควรจะมีนัยสำคัญและมีค่าสูงพอที่จะทำการตรวจสอบต่อไป ข้อกำหนดนี้เป็นหลักฐานของ convergent validity ของวิธีการวัดนั้น

2) ค่าสัมประสิทธิ์ความตรงควรมีค่าสูงกว่าค่าสาหสัมพันธ์ที่อยู่ในกรอบเส้นประชึงอูฐในแคลา และคอลัมน์เดียวกัน ซึ่งเป็นค่าสาหสัมพันธ์ที่ได้มาจากการวัดด้วยวิธีการต่างกันในการวัดคุณลักษณะต่างกัน ซึ่งหมายความว่า ค่าความตรงที่วัดคุณลักษณะหนึ่งควรจะสูงกว่าสาหสัมพันธ์ที่ได้มาจากการวัดคุณลักษณะนั้นกับคุณลักษณะอื่นๆ

3) ค่าสัมประสิทธิ์ความตรงควรจะมีค่าสูงกว่าค่าสาหสัมพันธ์ที่อยู่ในสามเหลี่ยมกรอบเส้นที่บีบ เป็นค่าที่ได้มาจากการวัดคุณลักษณะต่างกันแม้จะวัดด้วยวิธีการเดียวกัน

4) แบบแผนความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะต่างกัน ควรเหมือนกัน ไม่ว่าจะวัดด้วยวิธีเดียวกัน หรือวิธีการที่ต่างกันก็ตาม ซึ่งสามารถสังเกตได้จากค่าสัมประสิทธิ์สาหสัมพันธ์ในสามเหลี่ยมกรอบเส้นที่บีบและในกรอบเส้นประ ที่ควรจะมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งเป็นหลักฐานที่แสดงถึงการไม่มีความล้าอึดในวิธีวัด (method bias)

สำหรับเกณฑ์ข้อ 2 ข้อ 3 และ ข้อ 4 นี้เป็นหลักฐานที่แสดงถึง convergent validity

เกณฑ์การตรวจสอบความตรงตามทฤษฎีของการวัดจาก MTMM matrix ที่ Campbell และ Fiske เสนอได้รับการยอมรับและนำมาใช้ตรวจสอบคุณสมบัติของเครื่องมือในงานต่างๆ แต่ในขณะเดียวกันผู้วิจัยบางส่วนก็ถึงปัญหาในการใช้เกณฑ์ดังกล่าว พอสูปไปดังนี้

1) เกณฑ์ดังกล่าวไม่ได้แสดงถึงระดับในเชิงปริมาณที่จะสามารถตัดสินใจว่าค่าความตรงเท่าใดจริง จะเห็นว่าสมนึกที่ต่างๆ ใน MTMM matrix จะให้ข่าวสารที่พิจารณาได้หมายความก็ต่อเมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงของการวัด แต่ละวิธีที่แสดงด้วยค่าสหสัมพันธ์ตามแนวเส้นทางแยงมนุนของ matrix จะต้องมีค่าสูงพอที่จะแสดงถึงคุณภาพของเครื่องมือ ในด้านความเที่ยงที่จะนำมาใช้วัดคุณลักษณะที่ต้องการ ซึ่ง Campbell และ Fiske ชี้ว่าการประเมินค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ ใน MTMM matrix ต้องสนใจค่าความเที่ยงของวิธีการวัดแต่ละวิธีด้วย ด้วยวิธีวัดหนึ่งมีความเที่ยงต่ำมากเสี้ยวจะทำให้ method variance ของวิธีการวัดที่เหลือสูงขึ้น (inflat) ซึ่ง Jackson (1969) และ Althausu, and Herberlein (1970 ถึงใน Schmitt and Stults, 1986) ได้แนะนำให้มีการแก้ attenuation เกี่ยวกับความไม่เที่ยงของวิธีวัดใน MTMM matrix

2) จะต้องใช้การตรวจสอบจำนวนมาก ในการเบริชเที่ยบค่าสัมประสิทธิ์ความตรงกับค่าสหสัมพันธ์ในส่วนต่างๆ ของ MTMM matrix เพื่อตรวจสอบ convergent และ discriminant validity

3) ข้อตกลงเบื้องต้นที่แยกแฟรงค์อยู่ในเกณฑ์ดังกล่าว คือการไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างผลที่มาจากการวัดคุณลักษณะที่ต้องการวัดและผลที่มาจากการวัด นั่นคือผลการวัดคุณลักษณะต่างๆ ที่ได้นานั้นควรจะได้รับอิทธิพลมาจากวิธีการต่างๆเท่ากัน และวิธีการต่างๆไม่ควรจะมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งหากไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นนี้แล้วการตรวจสอบความตรงตามทฤษฎี ตามเกณฑ์นี้จะให้ข้อสรุปที่คลาดเคลื่อนได้

4) ผู้วิจัยต้องการแยกความแปรปรวนของผลการวัดที่มาจากการวัดคุณลักษณะที่วัด (trait variance) ออกจากความแปรปรวนที่มาจากการวัด (method variance) ทั้งนี้เพื่อที่จะสามารถให้คำตอนเกี่ยวกับผลการวัดที่รักษาไว้วิธีการใดดีกว่ากันที่จะนำมาใช้วัดคุณลักษณะที่สนใจ ซึ่งวิธีการวัดที่ดีกว่าควรจะให้ผลการวัดที่ได้รับอิทธิพลมาจากผลของวิธีการวัดน้อยกว่า啻ได้รับอิทธิพลมาจากคุณลักษณะที่ต้องการวัดมากกว่า ซึ่งนักวิจัยในระยะแรกๆ หลักคน เช่น Guilford (1954) Stanley (1961) Boruch, and Wolinns (1970) และ Borouch, Larkking, and Mackinney (1979) (ถึงใน Schmitt, and Stults, 1986) ได้แยกความแปรปรวนของผลการวัดที่มาจากการวัดคุณลักษณะที่ต้องการวัดและวิธีการวัดด้วยการใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน แต่การตรวจสอบ MTMM matrix ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนสามารถหาค่าตอบในภาพรวมของอิทธิพลจากคุณลักษณะและวิธีการวัดเท่านั้น ไม่สามารถประเมินถึงผลการวัดแต่ละส่วน (trait-method unit) ซึ่งผู้วิจัยบางคนต้องการหาค่าตอบให้ Marsh และ Hocever (1983), Widaman (1985) และ Schmitt, and Stults (1986) ได้ตรวจสอบวิธีการที่นำมาใช้วิเคราะห์ MTMM matrix วิธีต่างๆแล้วได้ให้ข้อเสนอแนะ

วิธี Confirmatory factor analysis (CFA) เป็นวิธีการที่เหมาะสมในปัจจุบัน สำหรับการวิเคราะห์ถึงความตรงตามทฤษฎีจาก MTMM matrix

2. Confirmatory Factor Analysis (CFA)

CFA เป็นวิธีการวิเคราะห์ตัวประกอบวิธีหนึ่งที่มีไม้เดสแทกต่างจากการวิเคราะห์ตัวประกอบที่ใช้กันโดยทั่วไป ซึ่งเป็นลักษณะแบบ Exploratory factor model การใช้ Exploratory factor model ใน การวิเคราะห์ตัวประกอบเพื่อศึกษาถึงจำนวนตัวประกอบ (เป็นคุณลักษณะเชิงทฤษฎีหรือที่เรียกว่าตัวแปร fenced) และจำนวนตัวแปรที่สามารถลดอิทธิภาพได้ด้วยตัวประกอบต่างๆ ผลการวิเคราะห์ที่ได้ผู้วิจัยจะไม่สามารถกำหนดได้ นอกจากนี้ Exploratory factor model ยังเป็นไม้เดสที่มีข้อตกลงเมื่องต้นที่จำกัด เช่น common factor ทุกตัวไม่สัมพันธ์กัน (หรือสัมพันธ์กัน) ตัวแปรที่สังเกตได้ทุกตัวถูกกระบวนการโดยตรงจาก common factor ทุกตัว unique factor ไม่สัมพันธ์กับ unique factor ของตัวแปรตัวอื่นๆ ตัวแปรที่สังเกตได้ทุกตัวถูกกระบวนการโดย unique factor และตัวแปร fenced (δ) ทุกตัวไม่สัมพันธ์กับ unique factor (δ) ทุกตัว ข้อตกลงที่จำกัดของ Exploratory factor model นี้สามารถลดหย่อนได้ด้วย Confirmatory factor model และในขณะเดียวกันก็ขอนให้มีการทดสอบว่าข้อมูลที่เก็บมาด้วยวิธีการเชิงประจักษ์สามารถยืนยันไม้เดสที่กำหนดขึ้น ตามทฤษฎีที่อยู่เบื้องหลังความสนใจของคุณวิจัยหรือไม่

ขั้นตอนของ Confirmatory factor analysis ประกอบด้วยขั้นตอนดังๆ ดังนี้

- 1) Specification
- 2) Identification
- 3) Estimation
- 4) Assessment of fit

1) Specification

ขั้นตอนแรกที่จำเป็นใน CFA ก็คือการกำหนดรูปแบบของโครงสร้างของตัวแปรตามทฤษฎีที่คุณวิจัยสนใจที่ต้องการตรวจสอบ ซึ่งได้แก่การกำหนดจำนวนของ common factor, จำนวนของ observed variables, ความแปรปรวน และความแปรปรวนร่วมระหว่าง common factor, ความสัมพันธ์ระหว่าง observed variable และ latent factor, ความสัมพันธ์ระหว่าง unique factor และ observed variables, ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมระหว่าง unique factor ใน การวิเคราะห์ตัวประกอบมีเป้าหมายที่จะอธิบายถึงความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมจากชุดของตัวแปรที่สังเกตได้ในรูปของตัวประกอบ หรือคุณลักษณะเชิงทฤษฎีที่ไม่สามารถสังเกตหรือวัดได้โดยตรง และมีจำนวนน้อยกว่าตัวแปรที่สังเกตได้ โดยตัวแปรที่สังเกตได้แต่ละตัวจะถูกมองว่าเป็นพังชั้นเชิงเส้นของตัวประกอบตัวหนึ่งหรือนากกว่าหนึ่ง ซึ่งตัวประกอบเหล่านี้มีอยู่ 2 ชนิด คือ ตัวประกอบร่วม (common factor) ซึ่งเป็นตัวที่กระทบต่อตัว

แปรที่สังเกตมากกว่า 1 ตัว ส่วนชนิดที่สองเป็นตัวประกอบที่เหลือ (unique หรือ residual factor) เป็นตัวประกอบที่ทราบโดยตรงกับคุณภาพที่สังเกตได้เพียงหนึ่งตัวเท่านั้น ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรที่สังเกตได้ และ ตัวประกอบสามารถแสดงได้ดังนี้

$$X = \Delta \xi + \delta \quad (1)$$

เมื่อ X คือ เวคเตอร์ของตัวแปรที่สังเกตได้ขนาด $q \times 1$

ξ คือ เวคเตอร์ของ common factor ขนาด $s \times 1$

Δ คือ เมตริกซ์ของ factor loadings ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่สังเกตได้ (x) กับ ตัวประกอบหรือตัวแปร fenced (ξ) ขนาด $q \times s$ ซึ่งกำหนดให้ $q > s$

δ คือ เวคเตอร์ของ unique factor ขนาด $q \times 1$

เนื่องจาก factor equation ในสมการที่ (1) ไม่สามารถจะประมาณค่าที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง เช่นที่ปฏิบัติในสมการลดด้อยธรรมชาติ จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบจากโครงสร้างของความแปรปรวนร่วม (structure of covariance) ระหว่างตัวแปรที่สังเกตได้จาก covariance equation ดังนี้

$$\Sigma = \Delta \Phi \Delta' + \varepsilon \quad (2)$$

เมื่อ Σ คือ เมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรที่สังเกตได้ ($\Sigma = E(xx')$) มีลักษณะเป็น symmetric matrix มีขนาด $q \times q$ สมมูลิกตัวที่ i และ j ของ Σ เผยแพร่ได้ว่าเป็น σ_{ij} ถ้า x เป็น คะแนนมาตรฐานแล้ว $E(x_i x_j)$ จะแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง x_i และ x_j ในขณะที่ Σ จะเป็นเมตริกซ์ของสหสัมพันธ์

Δ คือ เมตริกซ์ของ factor loadings และ

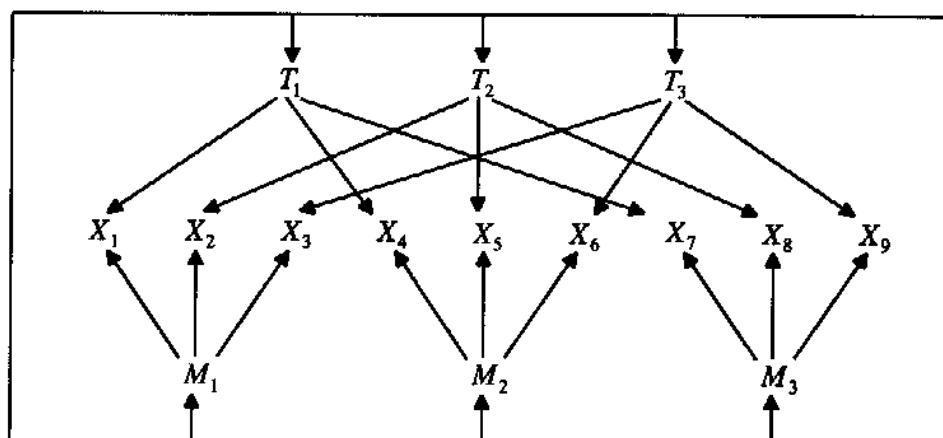
Δ' คือ transpose ของเมตริกซ์ของ factor loadings

Φ คือ เมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมระหว่าง common factor (ξ) ซึ่งมีลักษณะเป็น symmetric matrix ขนาด $s \times s$ สามารถในเมตริกซ์ Φ คือ Φ_{ij} และแสดงถึงค่าความแปรปรวนร่วมระหว่าง ตัวแปร fenced ξ_i และ ξ_j ในกรณีที่ common factor ไม่สัมพันธ์กัน สามารถออกเส้นทางแบ่งบุน ของ Φ จะเป็นศูนย์ และถ้า common factor ถูกกระทำให้เป็นมาตรฐานมีอีก variance เป็น 1 Φ จะเป็น correlation matrix ที่มีค่าตามเส้นทางแบ่งบุนเป็น 1 และสหสัมพันธ์ระหว่าง common factor นอกเส้นทางแบ่งบุนเป็นศูนย์

ε คือ ความแปรปรวนระหว่าง residual factor ซึ่งเป็น symmetric matrix ขนาด $q \times q$ สมมูลิก ตัวที่ i, j ของ ε คือ ε_{ij} เป็นความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวประกอบที่เหลือ และในกรณีที่ ตัวประกอบคลาดเคลื่อนไม่สัมพันธ์กันสามารถออกเส้นทางแบ่งบุนของเมตริกซ์ ε จะเป็น ศูนย์

covariance equation นี้เป็นโมเดลในการวิเคราะห์สำหรับ CFA สำหรับการกำหนดโครงสร้างของตัวแปรใน MTMM matrix สำหรับโมเดลเต็ม (full model) ของตัวแปรที่สังเกตได้แต่ละตัวประกอบด้วยตัวประกอบ 3 ตัว คือ ตัวประกอบลักษณะ (trait factor) ตัวประกอบวิธี (method factor) ซึ่งเป็นส่วนของ common factor และตัวประกอบคลาดเคลื่อน (error factor) ซึ่งเป็นส่วนของ residual หรือ unique factor ในโมเดลเต็มของ MTMM matrix ตัวประกอบลักษณะที่สัมพันธ์กันจะสัมพันธ์กันและตัวประกอบวิธีที่สัมพันธ์กันอาจจะสัมพันธ์กัน แต่ตัวประกอบวิธีและตัวประกอบลักษณะจะไม่สัมพันธ์กัน ในขณะที่ตัวประกอบคลาดเคลื่อนที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรแต่ละตัวไม่สัมพันธ์กัน และไม่สัมพันธ์กับตัวประกอบวิธี ดังแสดงในรูป 1

รูปที่ 1 แสดงตัวประกอบในเชิงทฤษฎีที่ส่งผลต่อตัวแปรที่วัดได้ 9 ตัว ตัวประกอบเหล่านี้ ประกอบด้วย ตัวประกอบที่เกี่ยวกับ trait, method, และ random error ซึ่งมีความสัมพันธ์ภายใน trait และ method และสัมพันธ์กันระหว่าง trait และ method



รูปที่ 1 แสดงตัวประกอบในเชิงทฤษฎีที่ส่งผลต่อตัวแปรที่วัดได้ 9 ตัว

จากโครงสร้างตัวแปรดังกล่าวสามารถกำหนดค่าที่ต้องประมาณและค่าที่กำหนดให้คงที่ในเมทริกซ์ต่าง ๆ จากสมการ covariance equation ได้ดังตารางที่ 2 ซึ่งค่าใน 2A เป็น factor loading และค่าในตาราง 2B แทน intercorrelation ระหว่าง trait และ method factor สำหรับค่าต่างๆ ในตาราง 2C เป็น unique หรือ error factor ค่า 0.0 และ 1.0 เป็นค่าคงที่ที่ผู้วิจัยกำหนดแทนสมมติฐานที่เกี่ยวกับ structure ของ MTMM Matrix พารามิเตอร์ที่ปล่อยให้เป็นค่าอิสระหรือค่าที่จะถูกประมาณจากพื้นฐานของเมทริกซ์สหสัมพันธ์ที่สังเกตได้ คือจำนวนเลขที่แสดงต่อ ๆ กันในตารางที่ 2 ตั้งแต่ 1-42 ค่าซึ่งมีสามชิ้นที่เป็นค่าเดียว ๆ ไม่ซ้ำกันใน MTMM Matrix จำนวน $q(q+1)/2$ คือ $9 \times (9+1)/2 = 45$ ตัว คันน์ในโมเดลนี้จะมีชั้นของความเป็นอิสระเท่ากับ 3 สำหรับใช้ในการทดสอบความเหมาะสมของโมเดลที่กำหนด

ตารางที่ 2 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่จะต้องถูกประมาณใน confirmatory analysis ของ MTMM Matrix ในรูปที่ 1

2A: TRAIT AND METHOD FACTOR LOADING (Δ)

	T_1	T_2	T_3	M_1	M_2	M_3
X_1	1	0.0	0.0	2	0.0	0.0
X_2	0.0	3	0.0	4	0.0	0.0
X_3	0.0	0.0	5	6	0.0	0.0
X_4	7	0.0	0.0	0.0	8	0.0
X_5	0.0	9	0.0	0.0	10	0.0
X_6	0.0	0.0	11	0.0	12	0.0
X_7	13	0.0	0.0	0.0	0.0	14
X_8	0.0	15	0.0	0.0	0.0	16
X_9	0.0	0.0	17	0.0	0.0	18

2B: INTERCORRELATION OF TRAIT AND METHOD FACTORS (Φ)

	T_1	T_2	T_3	M_1	M_2	M_3
T_1	1.0					
T_2	19	1.0				
T_3	20	21	1.0			
M_1	22	23	24	1.0		
M_2	25	26	27	28	1.0	
M_3	29	30	31	32	33	1.0

2C: RANDOM ERRORS ASSOCIATED WITH EACH MEASURED VARIABLES (ϵ)

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9
34	35	36	37	38	39	40	41	42

จากตัวอย่างการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆในการให้พารามิเตอร์บางตัวเป็นค่าคงที่และบางตัวเป็นอิสระขึ้นอยู่กับไม้เดลเชิงทฤษฎีที่ศึกษาให้เป็นหลัก และไม้เดลที่เสนอเป็นไม้เดลทั่วไปที่จะสามารถทดสอบได้ บางครั้งผู้วิจัยอาจจะต้องข้อตกลงบางประการที่สามารถนำมาใช้ทดสอบแมตริกซ์ที่เล็กกว่านี้ เช่น ในกรณีที่ให้ trait และ method factor ไม่สัมพันธ์กัน ตารางที่ 2 ก็จะเทียบกับ การ fix พารามิเตอร์ 22-27 และ 29-31 ให้เป็นศูนย์ หรือ การกำหนดข้อตกลงถึงการไม่มีความสัมพันธ์ระหว่าง method

factor และระหว่าง trait และ method factor และการที่ method factor มีผลเท่ากันในทุก trait ในกรณีนี้จะเท่ากับการ fix พารามิเตอร์ 1-33 ให้เท่ากับศูนย์

2) Identification

หลังจากที่ศูนย์ก้าหนดไม่เคลต์โครงสร้างของตัวแปรตามที่ทฤษฎีที่สนใจตรวจสอบแล้ว โดยการก้าหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ใน matrix ด้านขวาของ covariance equation ค่าตามต่อไปที่ศูนย์ต้องพิจารณาคือค่าพารามิเตอร์ที่จะประมาณได้จากไม่เคลต์ก้าหนดสามารถตั้งประมาณได้หรือไม่ และค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณได้นั้นสามารถตั้งประมาณได้ค่าที่ unique หรือไม่ นั่นคือค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณจะได้ค่าพารามิเตอร์เดียวกันเดียวที่ให้ผลที่ได้จากค่าประมาณสองคัน covariance equation เริ่มแรก ถ้าไม่เคลต์ไม่ถูก identify ก็เป็นไปไม่ได้ที่จะก้าหนดค่าพารามิเตอร์ให้อย่าง unique เสื่อนไปที่ทำให้ไม่เคลต์ identify อย่างน้อยก็คือ ค่าพารามิเตอร์ที่จะถูกประมาณจะต้องมีจำนวนน้อยกว่า หรือเท่ากับจำนวนค่าสังเกตในเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรที่วัดมาได้ (Σ) ซึ่งหากมีตัวแปร q ตัว ก็จะมีค่าสังเกตที่เป็นความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปร $q(q+1)/2$ ตัว ในขณะที่เมตริกซ์ทางซ้ายของ covariance equation เมตริกซ์ด้านซ้ายของสมการคือ Δ , Φ , และ ε มีค่าพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณถึง $(qs + s(s+1)/2 + q(q+1)/2)$ ตัว ดังนั้นไม่เคลต์ที่ถูก identify ก็เมื่อมีพารามิเตอร์อย่างน้อยที่สุด $(qs + s(s+1)/2)$ ตัวจะต้องถูกก้าหนดค่าให้จากตัวอย่างตามแผนภาพที่ 1 ของ MTMM matrix และการก้าหนดค่าของพารามิเตอร์ต่างๆ ในเมตริกซ์ด้านซ้ายของ covariance equation พนว่าไม่เคลต์ที่เสื่อนไปที่จำเป็นที่จะทำให้ไม่เคลต์ identify ก็คือ มีค่าพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณ 42 ค่า ในขณะที่มีค่าสังเกตที่จะต้องใช้ในการประมาณอยู่ 45 ค่า

สำหรับ identification ใน MTMM Matrix นอกจากเสื่อนไปที่จำเป็นดังที่กล่าวมาแล้วข้างมีเสื่อนไหสำคัญอื่นๆ อีกที่ไม่เคลต์จะ identify เช่น เมตริกซ์ Φ ต้องเป็น symmetric positive definite matrix มีสมบัติกับเส้นทะแยงมุมเป็นหนึ่ง เมตริกซ์ ε เป็น diagonal matrix และ Δ อย่างน้อย $(s-1)$ ตัวถูก fix ให้เท่ากับ 0 ในแต่ละคอลัมน์ นั่นคือ Δ จะต้องไม่เป็น full rank เป็นคัน

3) Estimation

หลังจากที่ไม่เคลต์ identify แล้ว กระบวนการประมาณค่าพารามิเตอร์จะถูกกระทำต่อไป โดยการใช้ข้อมูลตัวอย่างที่อยู่ในรูป S (sample covariance matrix) และ สารสนเทศที่เกี่ยวกับโครงสร้างของไม่เคลต์ ซึ่งคือความรู้เกี่ยวกับข้อจำกัดของพารามิเตอร์ที่จะถูกประมาณ เป็นข้อมูลที่จะนำมาใช้หาค่าประมาณ Δ , Φ , และ ε ของพารามิเตอร์ประชากร ค่าประมาณเหล่านี้ให้ผลในการคำนวณแบบเบื้องต้น ($\hat{\Delta}$) น้ำหนักของค่าประมาณคือ การหา Δ , Φ , และ ε ที่ทำให้ เมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมที่ถูกกำหนด ($\hat{\Sigma}$) เข้าใกล้สุดที่จะเป็นไปได้กับความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมที่สังเกตได้ในเมตริกซ์ของค่าสังเกต (S) ซึ่งวิธีการประมาณค่า

ต่างๆ มีหลักวิธี และเป็นตัวเลือกที่ผู้วิจัยสามารถเลือกใช้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ LISREL7 เช่น Unweighted least squares (ULS), Generalized least squares (GLS), และ Maximum likelihood (ML)

4) Assessment of fit

หลังจากที่ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในโมเดลได้ถูกประมาณแล้วกระบวนการการต่อไปก็คือการประเมินถึงความเหมาะสมของโมเดลหลังการประมาณค่า ในการตรวจสอบว่า Σ ที่ประมาณไว้มีค่าใกล้เคียงกับ Σ ที่ได้จากค่าสังเกตสักพึ่งได้ มีเทคนิควิธีการหลักวิธีที่จะเป็นตัวปัจจัยดึงความเหมาะสมของโมเดล สถิติที่ใช้ทดสอบความเหมาะสมของโมเดลทั้งหมด จากข้อมูลที่รวมรวมมาด้วยค่าสังเกตที่วัดได้ คือ Chi-square - goodness of fit ค่า Chi-square ที่เสียและไม่มีนัยสำคัญ จะแสดงถึงความเหมาะสมของโมเดล ในขณะเดียวกันก็สามารถทดสอบความเหมาะสมของค่าพารามิเตอร์ต่อตัวค่าที่ประมาณได้ โดยการใช้สถิติ t-test ซึ่งโปรแกรม LISREL7 ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถให้สารสนเทศอื่นๆ ที่แสดงความเหมาะสมของโมเดลและค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้อย่างชัดเจน

Nested model and difference of Chi-square tests

ในหลักการพื้นฐานที่จะเปรียบเทียบสมมติฐานที่ถูกอธิบายโดยโมเดลที่กำหนดกับสมมติฐานที่ถูกอธิบายโดยโมเดลที่เขามาเปรียบเทียบกัน การทดสอบเรื่องนี้เป็นไปได้ เมื่อโมเดล 2 โมเดลนี้เกี่ยวพันกัน (nest) ยกตัวอย่างโมเดลที่ M_1 nest ใน M_2 ถ้า M_1 ได้มาจากการ fix ในพารามิเตอร์บางตัวให้เท่ากัน ดังนั้น M_1 จึงสามารถเรียกได้ว่าเป็นกรณีพิเศษคือ nest ใน M_2 โมเดลที่ nest กัน สามารถที่จะนำมามเปรียบเทียบกันได้ในเชิงสถิติ ถ้า M_1 nest ใน M_2 ความแตกต่างของค่าสถิติทดสอบ Chi-square สามารถนำมาเปรียบเทียบระหว่างโมเดล M_1 และ M_2 ว่าโมเดลใดจะเหมาะสมมากกว่า ถ้าโมเดล M_2 เป็นโมเดลที่อยู่ในรูปทั่วไปมากกว่า M_1 ที่ถูกวางแผนไว้มากเพื่อรองรับจำนวนน้อยพารามิเตอร์ที่ไม่ได้ถูกวางแผนไว้ที่เพิ่มเข้าไปหนึ่งดัวเป็นเครื่องช่วยในการสร้างเมตริกซ์ ความแปรปรวนร่วม (Σ) เมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมที่ถูกประมาณจากโมเดลังก์ล่า จะเข้าใกล้แม่เมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมจากค่าที่สังเกตได้ (S) มากกว่าแม่เมตริกซ์ความแปรปรวนที่ถูกประมาณจากโมเดลที่ถูกวางแผนไว้มากกว่า ดังนั้น Chi-square (df_1) ที่ได้มาจากการทดสอบโมเดล M_1 จะใหญ่กว่า Chi-square (df_1) ที่ได้มาจากการทดสอบโมเดล M_2 การปรับปรุงความเหมาะสมที่ได้มา โดยการเพิ่มพารามิเตอร์เข้าไปใน M_1 จะมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ พิจารณาได้จากความแตกต่างของการทดสอบแบบ Chi-square

ยกตัวอย่างโมเดลที่ nest กันลักษณะหนึ่งใน MTMM Model ในโมเดลรูปแบบทั่วไปที่ทุก trait factor และทุก method factor สัมพันธ์กัน เว้นค่า 1 บนเส้นทางแห่งบุญของเมตริกซ์ Φ จะไม่ถูกวางแผนไว้เรียก MTMM Model นี้ว่า M_A แต่ตัวบทดูคล่องของการนำไปใช้งานประการที่มีเหตุผลพอจะสมนติเอาก็ได้ว่า trait factor เป็นอิสระจาก method factor ซึ่งสามารถเขียนอธิบายได้ดังนี้

$1 \quad \Phi_{45} \quad \Phi_{46}$	$\Phi_{54} \quad 1 \quad \Phi_{56}$	$\Phi_{64} \quad \Phi_{45} \quad 1$	$0 \quad 0 \quad 0$	$=$	trait/trait	trait/method
$0 \quad 0 \quad 0$	$0 \quad 0 \quad 0$	$0 \quad 0 \quad 0$	$1 \quad \Phi_{45} \quad \Phi_{46}$	$\Phi_{54} \quad 1 \quad \Phi_{56}$	method/trait	method/method

จากเมตริกซ์แสดงความสัมพันธ์ของตัวประกอบที่กำหนดให้ตัวประกอบลักษณะและตัวประกอบวิธีไม่สัมพันธ์กันข้างต้น จะเรียกว่า MTMM model นี้ว่า M_B และเรียกไม่เคลต์ MTMM ซึ่งไม่ขอนให้ทุกแฟคเตอร์สัมพันธ์กันว่า M_C นั้นคือ $\Phi = 1$ เป็น identity matrix ในกลุ่ม method/trait และ trait/method ของ Φ ให้เท่ากับศูนย์ M_B จึง nest ใน M_A ส่วน M_C nest ใน M_A และ M_C ที่ nest ใน M_B ด้วย เพราะสามารถสร้างรูปแบบมากจาก M_B โดยการวางแผนไข่ว่าสามารถนอกเส้นทางแข่งขันที่เหลืออยู่ของ Φ เท่ากับศูนย์ ในกรณีนี้เราสามารถที่จะทดสอบความแตกต่างของการทดสอบ Chi-square ใน MTMM Model ได้โดยใช้ (Chi-square) A, (Chi-square) B, และ (Chi-square) C เป็นสถิติ Chi-square ที่เกี่ยวข้องกับไม่เคลต์ M_A , M_B , และ M_C ซึ่งมีขั้นแห่งความเป็นอิสระ df_A , df_B , และ df_C ตามลำดับ สำหรับ M_A เมตริกซ์ Φ ในอุปกรณ์เด่นไม่ใช่ค่าตามเส้นทางแข่งขันที่เป็น 1 และใน M_B กลุ่ม method/trait ของ Φ จะถูกวางแผนไข่ให้เท่ากับศูนย์ และใน M_C เมตริกซ์ Φ ถูกวางแผนไข่ให้เท่ากับ 1 สมมติฐานที่ว่าแฟคเตอร์ทุกแฟคเตอร์ไม่สัมพันธ์กับสามารถทดสอบได้โดยการเปรียบเทียบ M_A กับ M_C สถิติทดสอบคือ Chi-square ถ้าค่า Chi-square มากกว่าค่าวิกฤติสมมติฐานที่ว่า แฟคเตอร์ไม่สัมพันธ์กันได้รับการปฏิเสธ สมมติฐานที่ว่าสหสัมพันธ์ระหว่าง method factor และ trait factor เป็นศูนย์ สามารถทดสอบได้โดยการเปรียบเทียบ M_A และ M_B สถิติทดสอบที่เหมาะสมคือ Chi-square

Specification searches

ถ้าไม่เคลต์ที่ถูกกำหนดเป็นสมมติฐานไม่ fit น้อยกว่าที่ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะหาไม่เคลต์ที่เหมาะสมต่อไป นั้นคือ ถ้าไม่เคลต์ที่ถูกแนะนำในทางทฤษฎีได้รับการปฏิเสธไปอาจจะมีข้อแนะนำในเชิงทฤษฎีบางประการที่กล่าวถึงวิธีการในการปรับปรุงความ fit ของไม่เคลต์ให้ดีขึ้น ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มาจากการประมาณไม่เคลต์ที่ได้ถูกปฏิเสธไปแล้วจะได้นำเข้าใช้เป็นข้อแนะนำเพิ่มเติมในการทำให้ไม่เคลต์ fit ดีขึ้น กระบวนการนี้เรียกว่า Specification Search ซึ่งเป็นกระบวนการที่ช่วยให้ผู้วิจัยค้นหาไม่เคลต์ที่เหมาะสมกับข้อมูลมากขึ้น

3. การนำ CFA ไปใช้ในการตรวจสอบความตรงตามทฤษฎีจาก MTMM matrix

CFA เป็นการวิเคราะห์ทางสถิติที่สามารถตรวจสอบความเหมาะสมของไม่เคลต์ตามโครงสร้างเชิงทฤษฎีที่กำหนดไว้ (specific structure) สำหรับการวิเคราะห์ MTMM matrix Schmitt, and Stults (1986)

ได้ทบทวนวิธีการที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ MTMM Matrix พบว่า CFM เป็นโมเดลที่นำมาใช้มากที่สุด ในเดือนนี้และมีความเหมาะสมในการตอบปัญหาที่สามารถประเมินได้ในแต่ละ trait/method unit, trait-method interaction, method intercorrelation, และ trait & method factor ซึ่งสามารถทำให้ทดสอบคุณลักษณะต่างๆที่เกี่ยวกับ convergent validity และ discriminant validity Widaman (1985) ได้เสนอเกี่ยวกับวิธีการประเมิน convergent และ discriminant validity ใน MTMM Matrix โดยเจาเสนอว่า เมื่อได้ identify ถึง model ที่ fit ที่สูงในครั้งแรกแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็คือการทำการเปรียบเทียบโน้มเดลอื่นๆ ที่ nest ภายในโมเดลที่ 1 ที่สูงนี้ จากการสร้างชุดของ Structure model ที่เป็นระบบที่ nest กัน Widaman ได้พิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบลักษณะ และ ตัวประกอบวิธี ที่สนใจแยกกัน จากตารางที่ 2 พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบลักษณะสามารถวัดค่าพารามิเตอร์ 28, 32, และ 33 ในกรณีนี้โครงสร้างของตัวแปรที่เป็นไปได้ 3 โมเดล คือ (1) ไม่มี trait factor (หรือ ไม่มี method factor) (2) trait factor (หรือ method factor) ถูก fix ไม่เป็นคุณอย่างหนึ่ง ค่าศูนย์ซึ่งระดับที่สูงของ discriminant validity และค่าหนึ่งซึ่งการขาดซึ่ง discriminant validity อย่างสมบูรณ์ และ (3) trait factor (หรือ method factor) กำหนดให้ค่าสหสัมพันธ์ถูกประมาณอย่างอิสระกัน ข้อเสนอของ Widaman ได้เสนอถึงวิธีการที่เป็นระบบให้กับ confirmatory analysis ในเมตริกซ์ MTMM ในโมเดลที่ 3 ของเขานี้เป็นโมเดลที่มีข้อจำกัดน้อยที่สุด ที่ได้รับการ identify คือไม่มีการประมาณค่าพารามิเตอร์ทุกตัว ดังภาพที่ให้ไว้ ในตารางที่ 2 ข้างต้น ยกเว้นแต่พารามิเตอร์ 22-24, 25-27, และ 29-31 ซึ่งแสดงถึง trait method intercorrelation ซึ่งไม่เดลต่อมาจะถูก fix ให้เท่ากับศูนย์ เมื่อนำไปข้อจำกัดที่ไปนี้จะใช้ทดสอบ convergent validity, discriminant validity และ method bias สำหรับเมตริกซ์ทั้งหมดได้คือ

1) การเปรียบเทียบโมเดลเต็ม (full model) กับโมเดลที่มีเพียงตัวประกอบ วิธีที่สัมพันธ์กันแต่ไม่มีตัวประกอบลักษณะ จะให้การทดสอบ convergent validity ความแตกต่างในการทดสอบ χ^2 ของความเหมาะสมเกี่ยวกับโมเดลทั้ง 2 จะมีการแจกแจงแบบ Chi-square ที่มีขั้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับความแตกต่างของขั้นแห่งความเป็นอิสระที่เกี่ยวกับโมเดลทั้ง 2 นี้ จากโมเดลที่บรรยายในตารางที่ 2 ตัวประกอบลักษณะ 3 ตัว จะถูกตัดทิ้งไปจะไม่มีการประมาณสหสัมพันธ์ระหว่าง trait (ซึ่งมีพารามิเตอร์ 3 ตัวอยู่) ในกรณีนี้การทดสอบ convergent validity จะมีขั้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ 12

2) การเปรียบเทียบโมเดลเต็มกับโมเดลที่มีสหสัมพันธ์ระหว่าง trait factor อย่างสมบูรณ์ได้ให้การทดสอบ discriminant validity สำหรับเมตริกซ์ทั้งหมดการเปรียบเทียบนี้จะมีขั้นแห่งความเป็นอิสระ 3 ในเมตริกซ์ที่แสดงในตารางที่ 2 ซึ่งพารามิเตอร์ตัวที่ 19-21 จะถูกกำหนดให้เท่ากับ 1.0

3) การทดสอบ method bias จะได้มาจากการเปรียบเทียบโมเดลเต็มๆ กับโมเดลที่ไม่มีตัวประกอบ วิธี เช่นเดียวกับการทดสอบ convergent validity การเปรียบเทียบนี้จะมีขั้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ 12 ซึ่งตัวประกอบวิธีและน้ำหนักของตัวประกอบวิธีนั้นและสหสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบวิธีจะถูกตัดออก

Widaman (1985) ได้กล่าวถึงข้อคิดของ CFA ใน การแยกส่วนของความแปรปรวนของตัวแปรที่วัดได้แต่ละตัวออก สมมติว่าผู้วัดยังสนใจในการประเมินในระดับที่แสดงถึงความแตกต่างเพื่อตัวในตัวแปรที่ถูกวัดได้ตัวแรก (x_1) ในตารางที่ 2 ที่เกี่ยวกับ ความแปรปรวนลักษณะ ความแปรปรวนวิธี และความแปรปรวน คลาดเคลื่อน trait variance จะถูกประมาณโดยการยกกำลังสองของพารามิเตอร์ตัวแรกในตารางที่ 2 (ซึ่งเป็น factor loading ของ X_1 บน T_1) method variance จะถูกประมาณด้วยการยกกำลังสองของพารามิเตอร์ตัวที่สอง (factor loading ของ X_1 บน M_1) ส่วน unique variance เกี่ยวกับ X_1 จะถูกประมาณจากพารามิเตอร์ตัวที่ 34 (โดยที่ไม่มีสหสัมพันธ์ระหว่าง trait-method คือ พารามิเตอร์ตัวที่ 22) การแยกส่วนของความแปรปรวนในแต่ละตัวแปรจะทำให้ผู้วัดจัดได้ข้อสรุปเกี่ยวกับการวัดแต่ละวิธีใน MTMM Matrix

Schriesheim, Solomon, and Kopelman (1989) ได้นำวิธีการ CFA ไปใช้วิเคราะห์เมตริกซ์ลักษณะ พฤติ-วิธีพหุ โดยผู้วัดต้องการตรวจสอบว่ารูปแบบของการจัดข้อคำถามในแบบสอบถาม 2 รูปแบบ คือรูปแบบการจัดกลุ่มข้อคำถามเป็นกลุ่ม โดยมีหัวข้อกำหนดลักษณะที่วัด กับรูปแบบการจัดข้อคำถามแบบสุ่ม ว่า 2 รูปแบบนี้จะมีผลต่อ convergent validity และ discriminant validity และความเที่ยงของการวัดที่อาจมาใช้หรือไม่ เขาใช้แบบสอบถาม 2 ชุด ชุดแรกวัดความพึงพอใจ (satisfaction scales) และแบบสอบถาม ชุดที่ 2 วัดลักษณะของงาน (job Characteristics scale) สำหรับนماตรัศน์ความพึงพอใจมีคุณลักษณะที่วัด 4 ชนิดคือ ความพอใจในชีวิต (life satisfaction) วัดด้วยข้อคำถาม 2 ข้อ ความพอใจในตนเอง (self satisfaction) วัดด้วยข้อคำถาม 2 ข้อ ความพอใจในงาน (job satisfaction) วัดด้วยข้อคำถาม 2 ข้อ ความพอใจในครอบครัว (family satisfaction) วัดด้วยข้อคำถาม 3 ข้อ กำหนดเป็นแบบลิคเกอร์ 5 ช่วง ตั้งแต่เห็นด้วยมากที่สุดจนถึงไม่เห็นด้วยมากที่สุด สำหรับนماตรัศน์ความพึงพอใจมีคุณลักษณะการทำงานประกอบด้วยนิคิของงาน 5 แบบ คือ Autonomy, Variety, Significance, Identity, และ Feedback อัตราส่วน 3 ข้อ ในมาตรฐานวัดทั้ง 2 นักศึกษาจะได้รับการสุ่มให้ทำแบบสอบถาม เพื่อโอกาสที่แต่ละชุดของแบบสอบถามได้มีอันดับเท่ากันในการกำหนดให้นักศึกษาได้ตอบ การวิเคราะห์ข้อมูลได้คำนวณหาค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภาย ในอางมาตรวัดทุกชุด พบว่าความเที่ยงของมาตรที่จัดกลุ่มข้อคำถามและจัดข้อคำถามแบบสุ่มไม่แตกต่างกัน ทั้งมาตรฐานวัดความพอใจและมาตรฐานวัดลักษณะของงาน วิเคราะห์ convergent validity และ discriminant validity จากตารางเมตริกซ์ลักษณะพหุ - วิธีพหุ โดยใช้ LISREL maximum likelihood confirmatory factor analysis พบว่า

สำหรับนماตรัศน์ความพอใจในงานซึ่งความหมายส่วนของไม่เดลเดิมที่ แสดงถึง convergent validity และ discriminant validity ที่มีอยู่ของ การวัด และผลกระทบของ method bias โดยของค์ประกอบของลักษณะที่วัด (trait factor variance) อธิบาย 75% ของความแปรปรวนทั้งหมด ความแปรปรวนจากตัวประกอบวิธี (method factor variance) อธิบายได้เพียง 12 % และ ความแปรปรวนคลาดเคลื่อน (error factor variance) อธิบายเพียง 14 % ของความแปรปรวน ทั้งหมด ในมาตรฐานแบบจัดกลุ่ม มีปอร์เซนต์เฉลี่ย

ของความแปรปรวนลักษณะมากกว่ามาตรฐานแบบสุ่มข้อคำถาน (78 % และ 71 % ตามลำดับ) และความแปรปรวนของวิธีน้อยกว่า (17 % และ 18 % ตามลำดับ) แม้ไม่มีความแปรปรวนคลาดเคลื่อนมากกว่า (16 % และ 12 % ตามลำดับ) โดยทั่วไปในการวิเคราะห์มาตรฐานที่จัดข้อคำถานแบบสุ่มในการวัดความพองจะมีผลจากความแปรปรวนลักษณะสูงกว่า และผลจากความแปรปรวนวิธีน้อยกว่ามาตรฐานที่จัดข้อคำถานแบบสุ่ม

ส่วนมาตรฐานการวัดลักษณะของการทำงาน ผลการวิเคราะห์ว่าในโมเดลเดิมเหมาะสมเดียวกับข้อมูลซึ่งชี้แจงความมีอยู่ของ convergent validity และ discriminant validity และ ความสำเร็จของวิธี ความแปรปรวนของลักษณะ อธิบายความแปรปรวนทั้งหมด 43 % ความแปรปรวนวิธีอธิบาย 35 % และ ความแปรปรวนคลาดเคลื่อนอธิบาย 23 % เมื่อเปรียบเทียบการจัดข้อคำถานแบบสุ่มกับแบบสุ่มในด้านความแปรปรวนของลักษณะในการจัดข้อคำถานแบบสุ่มจะมากกว่า (51 % & 35 %) และมีความแปรปรวนวิธีพอ ๆ กัน (36 % & 34 %) ในขณะที่มาตรฐานการจัดกลุ่มนี้เพียง 16 % ของความแปรปรวนคลาดเคลื่อนและมาตรฐานจัดข้อคำถานแบบสุ่มนี้ 30 % ซึ่งชี้ว่ามาตรฐานการวัดคุณลักษณะของงานที่จัดกลุ่มนี้จะค่อนข้างกว่า

ผลการวิจัยนี้ พบว่าการวิเคราะห์ด้วย confirmatory factor analysis แนะนำว่าการจัดกลุ่มของมาตรฐานการวัดจะให้ผลในด้าน convergent validity แต่ไม่ช่วยให้เกิดผลใน discriminant validity มากรักและยังมีผลของความสำเร็จของวิธี นอกจากนี้ การจัดกลุ่มข้อคำถานไม่ส่งเสริมความเที่ยงแบบความสอดคล้องภาย ในให้เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการจัดข้อคำถานแบบสุ่ม มีหลักฐานที่ปรากฏว่ามาตรฐานการจัดกลุ่มข้อคำถานจะช่วยปรับปรุงการวัดให้ได้ผลดีขึ้น แต่ยังไหร่ก็ตามควรได้มีการศึกษาโดยเฉพาะการจัดรูปแบบของข้อคำถาน ในปริเขตของ การวัดด้านอื่นๆต่อไป งานวิจัยนี้สนับสนุน Schmitt, and other (1986); Widaman (1985) และ คนอื่นๆว่า confirmatory factor analysis เป็นเทคนิคที่ไว (sensitive) ในการวิเคราะห์ความตรงตามทฤษฎี จากการวิเคราะห์ MTMM matrix สำหรับรูปแบบการวิจัยเช่นนี้ และแนะนำการวิจัยต่อไปที่จะใช้การวิเคราะห์ในลักษณะเช่นนี้ Marsh, and Hocevar (1983) ได้ศึกษาถึงการวิเคราะห์เมทริกซ์ลักษณะพหุ-วิธีพหุ โดยการวิเคราะห์ด้วย ANOVA MODEL เปรียบเทียบกับ confirmatory factor analysis model เขายังสรุปถึงความเห็นอีกว่าของการใช้ CFA ใน การวิเคราะห์เมทริกซ์ลักษณะพหุ-วิธีพหุ ดังนี้

- 1) ให้การทดสอบที่ถูกต้องถูกตัวแปรแต่ละตัวที่สนใจมากกว่าตัวแปรที่สังเกตได้
- 2) แยกความแตกต่างของความแปรปรวนที่เกี่ยวกับลักษณะ และวิธี ออกจากกัน
- 3) ยอมให้มีการเปรียบเทียบโมเดลอื่นๆกับโมเดลพื้นฐานที่ nest กัน และการทดสอบความเหมาะสมของ โมเดลทั้งหมดกับโมเดลที่เสนอแต่ละกุ่
- 4) ให้การทดสอบทางสถิติแยกกันในค่าพารามิเตอร์ที่ประเมินได้แต่ละตัว
- 5) ให้ค่าสถิติสรุปของปริมาณของความแปรปรวนที่เกี่ยวกับลักษณะและวิธีในการวัดแต่ละอันที่แยกกัน ในแต่ละชุดของการวัดและทั้งหมดของข้อมูล

- 6) ยอนให้มีการแยกส่วนของค่าสหสัมพันธ์ที่หมายได้จากค่าปัจมานิเควอร์เดลักษณะที่แสดงถึงองค์ประกอบที่ให้แสดงลักษณะของลักษณะและวิธี
- 7) ให้ค่าปัจมานิ *uniqueness* ใน การวัดแต่ละอันที่ได้มาจากการวิเคราะห์
- 8) ทำให้มีการทดสอบเชิงประจักษ์ดึงความนิอยู่ในสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะและระหว่างวิธี
- 9) ทำให้มีการทดสอบเชิงประจักษ์ของจำนวนของตัวประกอบลักษณะและตัวประกอบวิธีที่ให้ความหมายสนับสนุนกันข้อมูล

ด้วยประโยชน์และข้อดีของ CFA ใน การวิเคราะห์ MTMM Matrix ซึ่งเป็นวิธีตรวจสอบความตรงตามทฤษฎี ผู้วิจัยที่ต้องการศึกษางานที่มุ่งคำตอบตั้งกล่าวถึงควรให้ความสนใจและเลือกใช้แนวทางการวิเคราะห์ที่เหมาะสมนี้

บรรณานุกรม

- Campbell, D.T., and Fiske, D.W. *Convergent and Discriminant Validation by the Multitrait-Multimethod Matrix.* in W.A. Mehrens, and R.L. Ebel (eds.), *Educational and Psychological Measurement.* Michigan: Rand McNally & Company., 1967.
- Joreskog, K.G., and Sorbom, p. *LISREL VI Analysis of Linear Structural Relationships by Maximum Likelihood, Instrumental Variables, and Least Squares Methods (2 printing).* Upsala: University of Upsala, 1985.
- _____. *LISREL 7 User's Reference Guide (1 st. ed.).* Mooresville: Scientific Software, 1989.
- _____. *A General Approach to Confirmatory Maximum Likelihood Factor Analysis.* Psychometrika 34(June 1969): 183-202.
- Long, J.S. *Confirmatory Factor Analysis: A Preface to LISREL.* Beverly Hills: SAGE Publications, 1983.
- Marsh, H.W. *Multitrait-Multimethod analysis.* In J.P. Keeves (ed.), *Educational Research, Methodology and Measurement: An International Handbook.* pp 570-586. Oxford: Pergamon press, 1988.
- Wain, H., and Braun, H.I. *Test Validity.* New Jersey: Lawrence Erebaum Associates, 1988.
- Bachelar, P.A. *A Comparison of the Multitrait-Multimethod and Factor Analytic Methods in the Determination of the Discriminant Validity of three tests of Creativity.* Educational and Psychological Measurement 4 (1989): 815-825.
- Boruch, R.F., Larkin, J.D., Wolins, L., and MacKINNEY, A.C. *Alternative Methods of Analysis: Multitrait-Multimethod Data.* Educational and Psychological measurement 30(1970): 833-853.
- Kalleberg, A.L., and Kluegel, J.R. *Analysis of the Multitrait-Multimethod Matrix: Some Limitations and An Alternative.* Journal of Applied Psychological 60(1975): 1-9.
- Lamb, R.R., and Prediger, D.J. *Construct Validity of Raw Score and Standard Score Reports of Vocational Interests.* Journal of Educational Measurement 17(Summer 1980): 107-191.
- Lomax, R.G., and Algina, J. *Comparison of two Procedures for Analyzing Multitrait-Multimethod Matrices.* Paper presented at the annual meeting of American Educational Research Association, San Francisco, (April 1979).

- Marsh, H., and Hoccevar, D. *Confirmatory Factor Analysis of Multitrait Multimethod Matrices*. Journal of Educational Measurement 20(Fall 1983): 231-248.
- Mellan, P.M., and Crano, W.D. *An Extension and Application of the Multitrait-Multimethod Technique*. Journal of Educational Psychology 69(1977): 716-723.
- Schriesheim, C.A., Solomon, E.S., and Kopelmen, R.E., *Grouped Versus Randomized Format: An Investigation of Scale Convergent and Discriminant Validity Using LISREL Confirmatory Factor Analysis*. Applied Psychological Measurement 13 (March 1989): 19-32.
- Schmitt, N., and Stults, D.M. *Methodology Review: Analysis of Multitrait-multimethod Matrices*. Applied Psychological Measurement 10(March 1986): 1-22.
- Widaman, K.I. *Hierarchically nested Covariance Structure Models for Multitrait-Multimethod Data*. Applied Psychological Measurement 9 (1985): 1-26.