

การประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน พหุระดับ เพื่อศึกษาภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษา Applying Multilevel Confirmatory Factor analysis Techniques to the study of School's Principal Academic Leadership.

ดร. สุชุม มูลเมือง*

บทคัดย่อ

การวัดภาวะผู้นำมักจะทำการวัดจากผู้ทำงานภายใต้ผู้นำนั้น แทนที่จะวัดจากตัวผู้นำโดยตรงทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงความลำเอียงในการวัด แต่การศึกษาเช่นนี้ก็ทำให้เกิดประชากรขึ้น 2 กลุ่มที่ลดหลั่นกันอยู่ 2 ระดับคือผู้ให้ข้อมูลเป็นระดับบุคคลและผู้สนใจศึกษาซึ่งเป็นระดับกลุ่ม ทำให้ประชากรทั้ง 2 กลุ่มไม่เป็นอิสระต่อกันส่งผลให้ต้องใช้เทคนิคเฉพาะในการวิเคราะห์เพื่อให้สอดคล้องกับโครงสร้างของข้อมูลเทคนิคที่ว่านี้ก็คือเทคนิคการวิเคราะห์พหุระดับ ในการศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะศึกษาโมเดลการวัดภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารโรงเรียนประถมศึกษาโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพหุระดับ (MCFA) เพื่อศึกษาว่าการวิเคราะห์โมเดลการวัดดังกล่าวเหมาะสมหรือไม่ ผลการศึกษาพบว่ารูปแบบการวิเคราะห์ดังกล่าวเหมาะสมเป็นอย่างยิ่งในการวิเคราะห์โมเดลทางการศึกษา เช่น โมเดลการวัดภาวะผู้นำทางวิชาการ

คำสำคัญ : ภาวะผู้นำทางวิชาการ ผู้บริหารโรงเรียน การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน การวิเคราะห์พหุระดับ

Abstracts

To measure leadership, data normally collected from those working under the leaders themselves, in order to avoid the measurement bias. In effect, two hierarchical subpopulation occur, i.e., the individual and group levels. To cope with this population structure, an appropriate technique such as multilevel analysis technique is needed. The purpose of this study was to verify the appropriateness of the application of the Multilevel Confirmatory Factor (MCFA) in modeling the academic leadership of the primary school principals. The finding strongly supported the suitability of the model by the empirical data of both individual and group levels.

Keywords : multilevel confirmatory factor analysis, MCFA

*อาจารย์ประจำสาขาวิชาบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

บทนำ

แม้ว่าในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาเทคนิคในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพหุระดับในการวิเคราะห์ปรากฏการณ์ทางการศึกษาอย่างกว้างขวางดังเช่นผลงานของ Hall & Lord, 1995, 1998; Hanges & Dickson, 2004; Hanges, Dickson, & Sipe, 2004; House, Hanges, Javidan, Dorfman, & Gupta, 2004; House et al., 1999; Yammarino & Bass, 1991 (อ้างใน Dyer, et. al., 2005: 150) แต่เป็นที่น่าเสียดายว่าองค์ความรู้ดังกล่าวกลับยังไม่เป็นที่รับรู้กันมากนักโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการวิจัยทางการศึกษาของบ้านเรา ทั้งนี้อาจจะสืบเนื่องมาจากเทคนิคดังกล่าวนอกจากจะมีความสลับซับซ้อนเป็นอย่างมากแล้วยังจำเป็นต้องอาศัยความรู้พื้นฐานทางสถิติที่ลึกซึ้งประสบการณ์และความชำนาญของผู้วิจัยในการวัดผลประเมินผลรวมทั้งการจัดกระทำกับข้อมูลอย่างเพียงพอและยังต้องอาศัยซอฟต์แวร์โดยเฉพาะในการวิเคราะห์อีกด้วยนอกเหนือจากองค์ความรู้พื้นฐานในการออกแบบการวิจัยที่ถูกต้องและที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือองค์ความรู้ที่ถูกพัฒนาขึ้นมานั้นเกือบทั้งหมดจะเป็นภาษาอังกฤษทั้งในรูป journal หรือตำราซึ่งมักจะเป็นอุปสรรคสำหรับคนไทยส่วนใหญ่ในการเข้าถึงองค์ความรู้เหล่านั้น

วัตถุประสงค์ของบทความนี้มุ่งที่จะนำเสนอเทคนิคในการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งที่อยู่ในรูปแบบการวัดเช่นการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) และเทคนิคการวิเคราะห์พหุระดับ (Multilevel Analysis) ซึ่งเทคนิคทั้งสองเองก็ยังเป็นเรื่องใหม่และจำกัดเฉพาะในนักวิจัยบางท่านเท่านั้นและการนำเทคนิคทั้งสองมาวิเคราะห์ร่วมกันก็ยิ่งทวีความซับซ้อน

มากยิ่งขึ้น ดังนั้นในบทความครั้งนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเน้นที่ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เทคนิคทั้งสองร่วมกันเพื่อให้สามารถเข้าใจในเทคนิคและขั้นตอนของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพหุระดับผู้เขียนจะใช้ข้อมูลที่เป็นดัชนีชี้ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษา 4 ตัว คือภาวะผู้นำด้านหลักสูตรด้านกิจกรรมการเรียนการสอน ด้านสื่อการเรียนการสอนและด้านการวัดผลประเมินผล โดยใช้ฐานข้อมูลของสุวัจน์ กุดกันยา (2555) ซึ่งเป็นแบบสอบถามวัดการรับรู้ภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารโรงเรียนในสังกัดเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาปทุมธานีโดยสอบถามจากครูจำนวน 821 คน จาก 149 โรงเรียน เพื่อนำมาสร้างเป็นโมเดลการวัดภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารในลักษณะที่เป็นตัวแปรองค์ประกอบ (Factor) ที่มีตัวแปรสังเกตทั้ง 4 ตัว

เป็นดัชนีโดยทำการวิเคราะห์โมเดลการวัดนี้ในสองระดับคือระดับบุคคล (Within group) ในที่นี้คือครูและในระดับกลุ่ม (Between group) ในที่นี้คือโรงเรียนการนำเอาความรู้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) มารวมกับการวิเคราะห์พหุระดับ (Multilevel analysis) นี้ทำให้ได้เทคนิคการวิเคราะห์ใหม่ขึ้นมาเรียกว่าการวิเคราะห์องค์ประกอบพหุระดับ (Multilevel Factor Analysis: MFA) โดยการนำเสนอขั้นตอนของการวิเคราะห์ที่ละเอียดขั้นตอนเพื่อให้เกิดความเข้าใจในเทคนิควิธีการวิเคราะห์ต่อไป

ภาวะผู้นำทางวิชาการ

ผู้นำ (Leadership) หมายถึงบุคคลที่มีความรู้ความสามารถในการใช้ปัญญาชี้นำเพื่อปฏิบัติงานให้เกิดประโยชน์บรรลุตามเป้าหมายและวัตถุประสงค์ต่อองค์กรและต่อตนเองโดยอาศัยเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมให้เกิดการ

เปลี่ยนแปลงไปสู่ในทิศทางที่พึงประสงค์ดังนั้น ผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารโรงเรียนจึงหมายถึงผู้บริหารโรงเรียนที่มีความรู้ความสามารถในการชี้นำแก้ปัญหาในทางวิชาการเพื่อนำกระบวนการเรียนการสอนไปสู่เป้าประสงค์ของการจัดการศึกษาและภาวะผู้นำทางวิชาการจึงหมายถึงสภาพความสามารถของผู้บริหารโรงเรียนในการนำความรู้แนวคิดวิธีการตลอดจนเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพมาใช้ในการบริหารจัดการให้เกิดประโยชน์กับคณะครูและนักเรียน

เนื่องจากภาวะผู้นำทางวิชาการเป็นสภาพนามธรรมจึงทำให้ยากต่อการวัดค่าโดยตรงในทางปฏิบัติเพื่อให้การวัดค่าเป็นไปอย่างเป็นปรนัยจึงมักจะใช้ตัวแปรสังเกต (Observed variables) หรือตัวแปรที่เป็นรูปธรรมเพื่อเป็นดัชนีชี้วัดสภาพที่เป็นนามธรรมหรือที่เรียกว่าตัวแปรแฝง (Latent variables) หรือตัวแปรองค์ประกอบ (Factors) จากวรรณคดีที่เกี่ยวข้องได้มีผู้สร้างดัชนีต่างๆ เพื่อใช้วัดภาวะผู้นำทางวิชาการมากมายแตกต่างกันไปในการศึกษาเฉพาะกรณีครั้งนี้ได้ใช้ดัชนี 4 ตัวเพื่อวัดภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารโรงเรียน ได้แก่ ความสามารถของผู้บริหารในการชี้นำในเรื่อง 1) หลักสูตร 2) กิจกรรมการเรียนการสอน 3) สื่อเทคโนโลยีการเรียนการสอน และ 4) การติดตามประเมินผลการเรียนการสอนโดยใช้โมเดลการวัดเป็นโมเดลองค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) องค์ประกอบเดียว

การวิเคราะห์พหุระดับ

โดยทั่วไปแล้วการวัดภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารโรงเรียนมักจะไม่วัดโดยตรงจากตัวผู้บริหารเนื่องจากจะมีอคติจากการปกป้องตัวเองเข้ามาเกี่ยวข้องซึ่งจะส่งผลให้เกิด

ความคลาดเคลื่อนในการวัดสูงการวัดตัวแปรนี้จึงมักจะวัดจากการรับรู้ภาวะผู้นำทางวิชาการของครูในโรงเรียนจึงทำให้ประชากรที่ทำการศึกษากลายเป็นสองระดับคือระดับครูและระดับโรงเรียนนั้นคือคะแนนที่วัดได้จึงประกอบด้วยความแปรปรวนสองส่วนคือส่วนที่เป็นความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Within group) หรือครูและส่วนที่เป็นความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (Between group) มิวเทน (Muthen 1990) ได้ให้ข้อตกลงในการวิเคราะห์ให้ว่าประชากร (ครู) จะถูกแบ่งให้ลงในแต่ละกลุ่ม (โรงเรียน) ดังนั้นข้อมูลตัวแปรของครูแต่ละคนจึงสามารถเขียนในรูปเวกเตอร์เป็น Y_{ig} เมื่อ i แทนครูแต่ละคนและ g แทนโรงเรียนแต่ละโรงเรียนผ่านแปรของคะแนน Y_{ig} สามารถแยกออกได้เป็นสองส่วน ส่วนระหว่างกลุ่ม (Between groups component) $Y_B = Y_g$ และส่วนภายในกลุ่ม (Within groups component) $Y_w = Y_{ig} - Y_g$ หรือคะแนนของแต่ละคนสามารถแสดงในรูปคะแนนความเบี่ยงเบนและเวกเตอร์คะแนนรวมเป็น $Y_T = Y_{ig}$ ส่วนความแปรปรวนและ Y_B และ Y_w ต่างก็ไม่สัมพันธ์กัน (Orthogonal) และเป็นลักษณะบวก (Additive) จึงสามารถเขียนในรูปสมการได้ดังนี้

$$Y_T = Y_B + Y_w \quad (\text{Hox, Joop J. 2010 : 290}) \quad (1)$$

การแยกส่วนคะแนนเช่นนี้เมื่อนำไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนร่วม (Covariance) เพื่อใช้เป็นตัวบ่อนข้อมูลในการวิเคราะห์สมการโครงสร้างจะได้ Σ_B คือ เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมระหว่างกลุ่มของประชากรและ Σ_w คือ เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมภายในกลุ่มของประชากรดังนั้นสมการความแปรปรวน ร่วมจึงเขียนในรูปเมทริกซ์เป็นดังนี้

$$\Sigma_T = \Sigma_B + \Sigma_W$$

(Hox, Joop J. 2010 : 291) (2)

โดยอาศัยตรรกะเดียวกันเราก็สามารถแยกส่วนความแปรปรวนร่วมของตัวอย่างที่ใช้เป็นค่าประมาณที่ไม่มีอคติได้เช่นกันเช่นในกรณีขนาดตัวอย่างของแต่ละคนเป็น N ถูกจัดลงใน G กลุ่ม กลุ่มละ n เท่าๆ กัน (ในที่นี้จะใช้สัญลักษณ์ i แทนครูแต่ละคนตั้งแต่ 1 ถึง N และ g คือโรงเรียนตั้งแต่ 1 ถึง G) เราจะได้สมการความแปรปรวนร่วมของค่าประมาณเป็น

$$S_T = S_B + S_W$$

(Hox, Joop J. 2010 : 291) (3)

เมทริกซ์ Σ_W ซึ่งเป็นเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมภายในกลุ่มของประชากรสามารถประมาณค่าได้จากเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม (Pooled within group covariance matrix) S_{PW} ซึ่งคำนวณจากสูตรดังนี้

$$(Hox, Joop J. 2010: 291)$$

$$S_{PW} = \frac{\sum_g \sum_n (Y_{ig} - \bar{Y}_g)(Y_{ig} - \bar{Y}_g)'}{N-G} \quad (4)$$

ส่วนการประมาณค่าพารามิเตอร์ของ Σ_B นั้นไม่สามารถประมาณค่าได้โดยตรงแต่จะประมาณค่าจากเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของตัวอย่าง S_B แทนโดยคำนวณจากสูตร (Hox, Joop J. 2010: 292)

$$S_B = \frac{\sum_g n (\bar{Y} - \bar{Y}_g)(\bar{Y} - \bar{Y}_g)'}{G-1} \quad (5)$$

เมื่อ $\bar{Y}$ คือเวกเตอร์ค่าเฉลี่ยรวม (Grand mean) และ $\bar{Y}_g$ คือเวกเตอร์ค่าเฉลี่ยแต่ละกลุ่ม

(Group means) มิวเทน (Muthen 1990) ได้แสดงให้เห็นว่า S_{PW} เป็นค่าประมาณที่ดีที่สุดของ Σ_W ที่ขนาดตัวอย่าง N-G และเป็นค่าประมาณที่ดีที่สุดของ $\Sigma_W + c\Sigma_B$ ที่ขนาดตัวอย่าง G และ c คือค่าคงที่ขึ้นอยู่กับขนาดของกลุ่มดังนั้นจึงทำได้ (Hox, Joop J. 2010: 292)

$$S_{PW} = \hat{\Sigma}_W \quad (6)$$

และ

$$S_B = \hat{\Sigma}_W + c\hat{\Sigma}_B \quad (7)$$

เมื่อ c คือค่า scaling factor ซึ่งสะท้อนขนาดของกลุ่ม (Muthén, 1994; Muthén & Muthén, 1998 อ้างใน Heck, and Thomas, 2000:119) และในสมการ (6) และ (7) ได้แสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์องค์ประกอบพหุระดับสามารถทำได้โดยการประมาณค่าเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมในระดับบุคคลและในระดับกลุ่มใช้วิธีวิเคราะห์กลุ่มพหุ (Multi-group analysis) ของโปรแกรมการวิเคราะห์ SEM โดยทั่วไป เช่น LISREL AMOS หรือโปรแกรม EQS เป็นต้นวิเคราะห์โมเดลทั้งสองระดับแบบพร้อมกัน (Simultaneously) ในบทความนี้ผู้วิจัยจะได้ใช้โปรแกรม EQS เพื่อประมาณค่าเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของทั้งหมดในระดับบุคคล (ครู) และในระดับกลุ่ม (โรงเรียน) แล้วจึงใช้โปรแกรม AMOS เพื่อวิเคราะห์เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมทั้งหมดระหว่างกลุ่มและภายในกลุ่มโดยวิเคราะห์แบบกลุ่มพหุสำหรับเมทริกซ์ระหว่างกลุ่มและภายในกลุ่ม

ค่าคงที่ c คือค่า scaling factor หรือ Ad Hoc Estimator constant ใน EQS หาได้จากสูตร (Heck, & Thomas, 2000:120)

$$c = [N^2 - \sum_{g=1}^G N_g^2] [N(G-1)]^{-1} \quad (8)$$

ในกรณีที่ขนาดของกลุ่มเท่ากันค่า c จะประมาณขนาดของกลุ่มและถ้าขนาดของกลุ่มไม่เท่ากันค่า c จะมีค่าประมาณค่าเฉลี่ยของขนาดกลุ่ม

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

การนำเสนอครั้งนี้ได้ใช้โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) ที่เป็นแบบองค์ประกอบร่วม (Common factor) ที่มีองค์ประกอบเดียว (Singlefactor model) โดยมีเวกเตอร์ของดัชนีของแต่ละบุคคลเป็นดังนี้ (Hox, Joop J. 2010: 297)

$$Y_{wig} = \Lambda_w \eta_{wig} + \varepsilon_{wig} \quad (9)$$

เมื่อ Y_{wig} คือเวกเตอร์ตัวแปรสังเกตภาวะผู้นำทางการในระดับบุคคล (ครู)

Λ_w คือเวกเตอร์ค่าน้ำหนักองค์ประกอบในระดับบุคคล (ครู)

คือตัว η_{wig} แปรองค์ประกอบภาวะผู้นำทางการในระดับบุคคล (ครู)

ε_{wig} คือเวกเตอร์ของส่วนที่เหลือในระดับบุคคล (ครู)

ในระดับบุคคลจะบังคับให้ intercept (ค่าเฉลี่ย) มีค่าเป็นศูนย์ในทุกตัวแปรสังเกตเพราะไม่ต้องการให้มีความแปรปรวนในระดับกลุ่มมาปนอยู่ในระดับนี้ซึ่งจะส่งผลให้ความแปรปรวนเป็นความแปรปรวนในระดับบุคคลอย่างเดียว (Hox, Joop J. 2010: 297)

$$Y_{Bg} = \nu_B + \Lambda_B \eta_{Bg} + \varepsilon_{Bg} \quad (10)$$

เมื่อ Y_{Bg} คือเวกเตอร์ตัวแปรเชิงสัมพันธ์ภาวะผู้นำทางการในระดับกลุ่ม (โรงเรียน)

ν_B คือเวกเตอร์ intercept (ค่าเฉลี่ย) ในระดับกลุ่ม (โรงเรียน)

Λ_B คือเวกเตอร์ค่าน้ำหนักองค์ประกอบในระดับกลุ่ม (โรงเรียน)

η_{Bg} คือตัวแปรองค์ประกอบภาวะผู้นำทางการในระดับกลุ่ม (โรงเรียน)

ε_{Bg} คือเวกเตอร์ของส่วนที่เหลือในระดับกลุ่ม (โรงเรียน)

เมื่อเขียนรวมกันได้ดังนี้ (Hox, Joop J. 2010: 297)

$$Y_{ig} = \nu_B + \Lambda_B \eta_{Bg} + \varepsilon_{Bg} + \Lambda_w \eta_{wig} + \varepsilon_{wig} \quad (11)$$

ค่าประมาณเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมเป็น (Heck, & Thomas, 2000:118)

$$V(Y_{ig}) = \Sigma_w + \Sigma_B \quad (12)$$

ค่าประมาณความแปรปรวนร่วมในแต่ละระดับคือ (Heck, & Thomas, 2000:118)

$$\Sigma_B = \Lambda_B \Psi_B \Lambda_B' + \theta_B \quad (13)$$

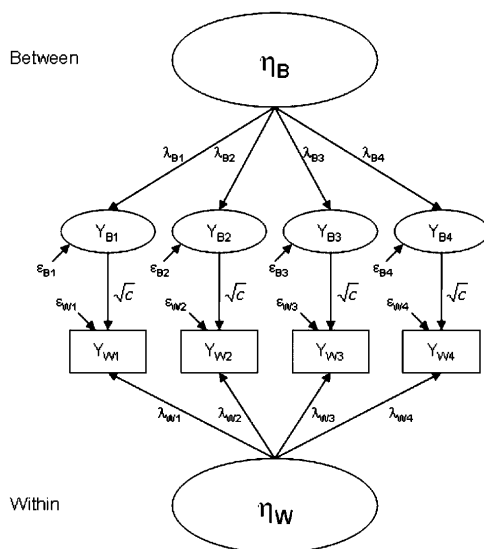
$$\Sigma_w = \Lambda_w \Psi_w \Lambda_w' + \theta_w \quad (14)$$

เมื่อนำมาคำนวณค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น (Intraclass correlation) จะได้ดังนี้ (Heck, 2001:9)

$$\rho = \frac{\sigma_B^2}{\sigma_B^2 + \sigma_w^2} \quad (15)$$

เมื่อ σ_B^2 คือความแปรปรวนในระดับกลุ่ม และ σ_W^2 คือความแปรปรวนภายในกลุ่ม

เพื่อให้เข้าใจสมการข้างต้นได้ดีขึ้นจะใช้ แผนภูมิข้างล่างนี้เพื่ออธิบายวิธีคิดดังกล่าว แผนภูมิข้างล่างเป็นการแสดงโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพหุระดับที่เป็นแบบองค์ประกอบเดียว (Single factor) ในที่กลางที่เขียนว่า “within” คือระดับบุคคลจะมีตัวแปรสังเกต 4 ตัว ($Y_{w1} - Y_{w4}$) ซึ่งแสดงอยู่ในรูปสี่เหลี่ยมและมีเป็นตัวแปรองค์ประกอบในระดับบุคคลและมีเป็นความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่มในระดับบุคคลในที่กลางที่เขียนว่า “Between” คือโมเดลในระดับกลุ่มมีเป็นตัวแปรองค์ประกอบในระดับกลุ่มและเป็นความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่มในระดับกลุ่มและ $Y_{B1} - Y_{B4}$ คือค่าเฉลี่ยของกลุ่ม (Group mean) ของ $Y_{w1} - Y_{w4}$ ตามลำดับ ซึ่งในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพหุระดับ จำเป็นจะต้องรันโมเดลในทั้งสองระดับพร้อมกัน (Simultaneously)



แผนภูมิที่ 1

กรอบความคิดการวิเคราะห์องค์ประกอบ
เชิงยืนยันพหุระดับ

มิธเน (Muthen, 1994) ได้เสนอขั้นตอนในการวิเคราะห์ MCFA ไว้ 5 ขั้นตอนดังนี้

1. วิเคราะห์โมเดลภาพรวม (Total model) โดยการวิเคราะห์ CFA ตามปกติระดับเดียว (1-level) โดยใช้เมทริกซ์ประมาณค่าความแปรปรวนร่วม S_T ใน (3)

2. วิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น (Intraclass correlation: ICC) จุดมุ่งหมายเพื่อตอบคำถามว่าข้อมูลนี้จำเป็นต้องวิเคราะห์เป็นแบบพหุระดับหรือไม่ค่า ICC จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 ยิ่งค่า ICC มีค่ามากขึ้นเท่าใดก็จะแสดงให้เห็นว่าข้อมูลนั้นมีความจำเป็นต้องวิเคราะห์โดยวิธีพหุระดับ แต่ถ้ามีค่าน้อยมากก็จะแสดงว่าไม่มีความจำเป็นต้องวิเคราะห์โดยวิธีนี้แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีเกณฑ์ที่ชัดเจนว่าค่า ICC ขนาดใดจึงจะตัดสินใจวิเคราะห์แบบพหุระดับเฮคและโฮมส์ (Heck, 2001:99) ได้เสนอว่าค่า ICC น้อยกว่า .05 ก็ไม่จำเป็นต้องวิเคราะห์เป็นพหุระดับในกรณีที่ตัวแปรหลายตัวจะใช้ค่าเฉลี่ย ICC ของตัวแปรเหล่านั้นเพื่อตัดสิน

3. วิเคราะห์โมเดลโดยใช้เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของผลรวมภายในกลุ่ม (Pooled-within covariance matrix: S_{PW}) ใน (6) เป็นข้อมูล

4. วิเคราะห์โมเดลโดยใช้เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของผลรวมระหว่างกลุ่ม (Between covariance matrix: S_B)

5. วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพหุระดับโดยใช้เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมทั้งภายในกลุ่ม (S_{PW}) และระหว่างกลุ่ม (S_B) ที่ปรับค่าโดยใช้ scaling factor (c) และ S_{PW} แล้วในการวิเคราะห์ครั้งเดียว (Simultaneously)

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลของสุรตน์

กุดกันยา (2555) ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลแบบปฐมนิเทศจากโรงเรียนประถมศึกษาขนาดเล็กในจังหวัดบึงกาฬและจังหวัดหนองคายทั้งหมด 149 โรงเรียน โดยเก็บข้อมูลจากครูและบุคลากรทางการศึกษา จำนวนทั้งสิ้น 821 คน หรือโดยเฉลี่ยโรงละ 5.51

คน และมีค่า scaling factor = 5.3963 โดยการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage Random Sampling) ในการประมาณค่าเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมที่จำเป็นใน 2 ระดับใช้โปรแกรม EQS ได้เมทริกซ์ ความแปรปรวนร่วมเป็นดังนี้

$$\begin{aligned}
 & 5.3963 \times \begin{bmatrix} 0.1817 & & & \\ 0.1993 & 0.2300 & & \\ 0.1814 & 0.2073 & 0.1949 & \\ 0.2059 & 0.2363 & 0.2147 & 0.2458 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.9806 & & & \\ 1.0756 & 1.2413 & & \\ 0.9790 & 1.1188 & 1.0518 & \\ 1.1112 & 1.2753 & 1.1587 & 1.3265 \end{bmatrix} \\
 & \begin{bmatrix} 0.1041 & & & \\ 0.0711 & 0.1275 & & \\ 0.0592 & 0.0725 & 0.1133 & \\ 0.0514 & 0.0679 & 0.0731 & 0.103 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.9806 & & & \\ 1.0756 & 1.2413 & & \\ 0.9790 & 1.1188 & 1.0518 & \\ 1.1112 & 1.2753 & 1.1587 & 1.3265 \end{bmatrix} \\
 & = \begin{bmatrix} 1.0846 & & & \\ 1.1465 & 1.3686 & & \\ 1.0379 & 1.1910 & 1.1652 & \\ 1.1628 & 1.3432 & 1.232 & 1.4297 \end{bmatrix} \\
 & = S_B
 \end{aligned}$$

ใช้ข้อมูลเมทริกซ์ทั้งข้างต้นเพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 2 ถึงขั้นตอนที่ 5 โดยถ้าวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Mplus 5.2 โปรแกรมจะวิเคราะห์ค่า scaling factor และปรับเมทริกซ์ S_B ให้สามารถประมาณค่าเมทริกซ์ Σ_B ได้อย่างถูกต้องโดยอัตโนมัติถ้าใช้โปรแกรมอื่นเช่น LISREL 7.8, EQS 6.1, หรือ AMOS 16.0 ก็สามารถใช้ค่าตั้ง Multi-group โดยกำหนดให้กลุ่มที่ 1 เป็นระดับที่ 1 (Within) ใช้ข้อมูลในเมทริกซ์

S_{PW} และกลุ่มที่ 2 เป็นระดับที่ 2 (Between) ใช้ข้อมูลในเมทริกซ์ S_B และกำหนดบังคับ (Constrained) ให้ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวแปรส่วนที่เหลือ (Residual) เท่ากับ $\sqrt{c}$ ค่า c คือค่า scaling factor เพื่อไม่ให้เกิดการประมาณค่าพารามิเตอร์มีความคลาดเคลื่อนมากเกินไปในการศึกษากรณีตัวอย่างครั้งนี้สร้างเมทริกซ์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม EQS 6.1 และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม AMOS 16 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังในตารางที่ 1-2 ดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการประเมินโมเดลในขั้นตอนที่ 1 ถึงที่ 5

โมเดล	χ^2	df	χ^2/df	CFI	RMSEA	AIC
1.รวม	38.376	2	19.188	0.990	0.149	35.104
2.ภายใน กลุ่ม	49.056	2	24.528	0.967	0.169	64.972
3.ระหว่าง กลุ่ม	4.379	2	2.190	0.985	0.090	20.380
4.พหุระดับ	50.737	4	12.684	0.984	0.110	85.332

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้นค่าน้ำหนักองค์ประกอบของโมเดลระดับเดียวและโมเดล 2 ระดับค่าไอเกนวาเลและค่าเฉลี่ยความแปรปรวนสกัด

Indicators	ICC	single-level CFA			Two-level CFA					
					Within			Between		
		B	SE	z	B	SE	z	B	SE	z
curr	0.647	0.887			0.697			0.955		
activ	0.655	0.925	0.028	41.596	0.778	0.064	22.311	0.978	0.036	32.065
media	0.644	0.923	0.026	41.314	0.812	0.061	27.23	0.968	0.035	29.863
eva	0.715	0.935	0.027	42.723	0.782	0.057	24.104	0.982	0.036	33.011
eigenvalues		3.369			2.362			3.770		
AVE		0.842			0.590			0.942		

หมายเหตุ B คือ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบซึ่งแสดงในรูปคะแนนมาตรฐาน SE คือ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน z คือ สถิติทดสอบ

ผลการวิเคราะห์ขั้นตอนที่ 1

ในขั้นตอนที่ 1 เป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) ตามปกติหรือเป็นการวิเคราะห์ที่ไม่มีการแยกความแปรปรวนในแต่ละระดับออกจากกันว่าเป็นระดับบุคคลและระดับกลุ่มหรือการวิเคราะห์ระดับเดียว (Single level) จึงทำให้ไม่สามารถแปลผลได้อย่างชัดเจนว่าความแตกต่างของคะแนนนั้นเป็นความแตกต่างเนื่องจากความแปรปรวนในระดับบุคคลหรือในระดับกลุ่มซึ่งเป็นประเด็นปัญหาที่ทำให้ต้องมีการวิเคราะห์พหุระดับ

ผลการวิเคราะห์พบว่าค่า χ^2 เท่ากับ 38.376 ที่องศาอิสระเท่ากับ 2 ค่า $\chi^2/df = 19.188$ ดังใน

ตารางที่ 1 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 บ่งบอกว่าโมเดลยังไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีนักแต่เนื่องจากค่า χ^2 มักจะมีแนวโน้มมีนัยสำคัญเมื่อขนาดตัวอย่างมากขึ้น แต่เมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีประเมินโมเดล CFI เท่ากับ .990 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าโมเดลสอดคล้องเป็นอย่างดีกับข้อมูลเชิงประจักษ์แต่อย่างไรก็ตามการแปลผลค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในโมเดลนี้ จะไม่สามารถทำได้อย่างถูกต้องเนื่องจากไม่ได้มีการแยกความแปรปรวนกันระหว่างระดับบุคคลและระดับกลุ่มดังได้กล่าวมาแล้ว

เมื่อพิจารณาที่ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ

พบว่าทุกตัวมีนัยสำคัญทางสถิติและมีค่าสูงมาก คือมีค่าตั้งแต่ .887 ถึง .935 และส่งผลให้ค่าไอเกนวาลู (ค่าไอเกนวาลูที่ยอมรับว่าเป็นองค์ประกอบได้จะต้องไม่น้อยกว่า 1) และค่าเฉลี่ยความแปรปรวนสกัด (AVE) สูงไปด้วย (แสดงในตารางที่ 2) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าตัวแปรสังเกตที่ 4 ตัวเป็นเป็นดัชนีวัดตัวแปรแฝงภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารโรงเรียนได้เป็นอย่างดีและทำให้โมเดลการวัดมีความเที่ยงตรงเชิงลู่เข้า (Convergent validity) ด้วย (พิจารณาจากการมีนัยสำคัญของค่าน้ำหนักองค์ประกอบทุกตัวและค่า AVE มากกว่า .50) และทำให้โมเดลการวัดภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารนี้มีความเป็นเอกมิติ (Unidimensionality) อีกด้วย

ผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 2

ผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น (Intraclass Correlation Coefficient: ICC) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงสัดส่วนความแปรปรวนระหว่างกลุ่มกับความแปรปรวนทั้งหมดของตัวแปรสังเกตแต่ละตัวถ้านี้ไม่เป็นศูนย์ก็แสดงว่ามีความแปรปรวนระหว่างกลุ่มถ้าหากมีค่ามาก (.10 ขึ้นไป) ก็จะแสดงให้เห็นว่ามีความจำเป็นต้องวิเคราะห์เป็นแบบพหุระดับมิเช่นนั้นแล้วจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการแปลผล

ผลการวิเคราะห์ค่า ICC ของตัวแปรสังเกตทั้ง 4 ตัวพบว่ามีความค่อนข้างสูงคือมีค่าตั้งแต่ .644 ถึง .715 หรือเฉลี่ยเท่ากับ .665 (รายละเอียดในตารางที่ 3) ซึ่งบอกให้ทราบว่าความแปรปรวนของตัวแปรสังเกตถึงร้อยละ 66.5 เป็นของระดับกลุ่มหรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งว่าค่าคะแนนภายในกลุ่มแตกต่างกันน้อยหรือไม่เป็นอิสระ แต่ขึ้นอยู่กับกลุ่มจึงเป็นการยืนยันว่าในการวิเคราะห์

องค์ประกอบครั้งนี้มีความจำเป็นต้องวิเคราะห์เป็นพหุระดับหรือแยกความแปรปรวนออกเป็นภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่มก่อนการวิเคราะห์

ผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 3

เป็นการวิเคราะห์ที่มีการแยกความแปรปรวนระหว่างกลุ่มออกไปก่อนให้เหลือเฉพาะความแปรปรวนภายในกลุ่มหรือความแปรปรวนเฉพาะบุคคลเท่านั้นซึ่งสามารถทำได้โดยการบังคับให้ค่าเฉลี่ยของตัวแปรสังเกตแต่ละตัวมีค่าเป็นศูนย์ในเมทริกซ์ S_{PW} หรือทำให้ความแปรปรวนระหว่างกลุ่มเป็นศูนย์

ผลการวิเคราะห์ประเมินโมเดลพบว่าค่า $X^2 = 49.056$ องศาอิสระเท่ากับ 2 ค่า $X^2/df = 24.528$ และค่า CFI = .967 ดังในตารางที่ 2 จึงสรุปว่าโมเดลนี้สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์เป็นอย่างดีจะเห็นว่าโมเดลนี้เมื่อเทียบกับโมเดลรวมโดยพิจารณาจากค่า X^2 ค่า X^2/df และค่า CFI จะพบว่าโมเดลรวมมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีกว่าทั้งนี้ก็เนื่องจากโมเดลรวมเป็นโมเดลที่มีทั้งความผันแปรระดับบุคคลและระดับกลุ่มรวมกันอยู่ส่วนโมเดลในขั้นตอนที่ 3 นี้มีเฉพาะความผันแปรระดับบุคคลเท่านั้นจึงมีความแปรปรวนน้อยกว่าและส่งผลให้โมเดลที่มีความแปรปรวนมากกว่าสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่านั่นเองในขณะเดียวกันเมื่อพิจารณาจากค่าน้ำหนักองค์ประกอบค่าไอเกนวาลูและค่า AVE ก็พบว่าโมเดลรวมมีค่าดีกว่าซึ่งเป็นการยืนยันอีกครั้งว่าโมเดลการวัดในโมเดลรวมดีกว่าในโมเดลในขั้นตอนที่ 3 ซึ่งเป็นโมเดลระดับบุคคลผลการค้นพบดังกล่าวเป็นหลักฐานสำคัญว่าการวิเคราะห์พหุระดับมีความจำเป็นเนื่องจากโมเดลภาพรวมให้ผลเกินความเป็นจริง (Over estimate) เพราะในโมเดลนี้มีทั้งความแปรปรวนในระดับบุคคล

และในระดับกลุ่มส่วนโมเดลในขั้นตอนที่ 3 มีเฉพาะความแปรปรวนระดับบุคคลเท่านั้นจึงส่งผลให้การประมาณค่ามีความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error) มากเกิดความเป็นจริง (Type I error inflation) ดังนั้นการวิเคราะห์เป็นภาพรวมระดับเดียวจึงไม่เหมาะสม

ผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 4

ในขั้นตอนนี้ข้อมูลที่น่าไปวิเคราะห์คือเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม S_B ซึ่งเป็นเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมที่คำนวณได้จากค่าเฉลี่ยแต่ละกลุ่มของแต่ละตัวแปรสังเกตสุทธที่ (5) เป็นที่น่าสังเกตว่าเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมตัวอย่างไม่ได้เป็นค่าประมาณที่ดี (Bias estimate) ของเมทริกซ์ Σ_B แต่เป็นค่าประมาณที่ไม่มีอคติ (Unbias) ของเมทริกซ์ $\Sigma_W + c\Sigma_B$ ดังได้กล่าวไว้ใน (7)

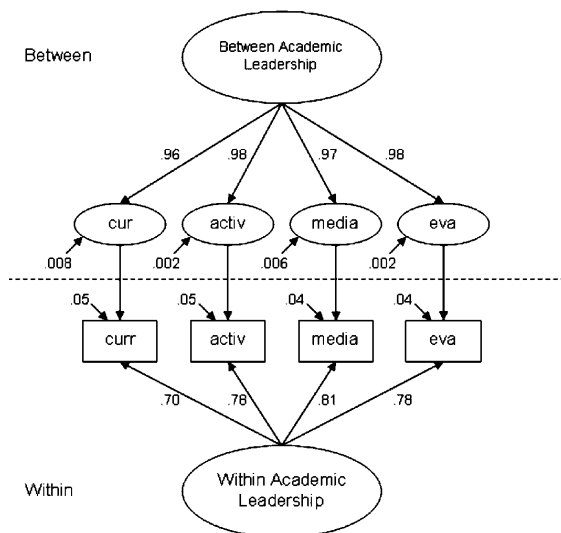
ผลการวิเคราะห์ประเมินโมเดลพบว่าค่า $X^2=4.379$ องศาอิสระเท่ากับ 2 ค่า $X^2/df=2.190$ และค่า CFI=.985 ดังในตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าโมเดลที่ 3 นี้เป็นโมเดลที่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ค่อนข้างสูงมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเทียบกับโมเดลอื่นๆ ทั้งนี้ก็เนื่องจากโมเดลนี้มีขนาดตัวอย่างน้อยกว่าโมเดลอื่นๆ นั่นเอง (จำนวนตัวอย่างที่มากมักจะมีความโน้มทำให้ X^2 มีค่ามากและนัยสำคัญทางสถิติ) การที่โมเดลนี้สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์สูงก็จะสอดคล้องกับค่า ICC ที่ค่อนข้างสูงซึ่งบ่งบอกให้ทราบว่าความแปรปรวนในระดับกลุ่มสูงและเมื่อได้พิจารณาในรายค่าน้ำหนักองค์ประกอบก็พบว่ามีความน้ำหนักสูงมากทุก

ตัวแปรสังเกตซึ่งก็เป็นการยืนยันอีกครั้งว่าโมเดลระหว่างกลุ่มนี้มีความจำเป็นต้องแยกวิเคราะห์จากโมเดลที่ 1 และยังเป็นที่น่าสังเกตอีกว่าการที่ดัชนีประเมินชี้ให้เห็นว่าโมเดลนี้ดีกว่าทุกโมเดลก็เพราะว่า $S_B = \Sigma_W + c\Sigma_B$ เมทริกซ์ดังในสูตรที่ (7)

ผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 5

ในขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์โมเดลที่ 2 (ภายในกลุ่ม) กับโมเดลที่ 3 (ระหว่างกลุ่ม) ของขั้นตอนที่ 3 และที่ 4 พร้อมกันโดยไม่แยกวิเคราะห์โดยการปรับเมทริกซ์ S_B ให้เป็นค่าประมาณที่ไม่มีอคติ (Unbias) แล้วแม้ว่าผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักองค์ประกอบจะให้ผลไม่แตกต่างกันกับการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 3 และที่ 4 แต่สิ่งที่แตกต่างกันมากก็คือการวิเคราะห์พร้อมกันจะมีจำนวนองศาอิสระมากกว่าซึ่งส่งผลให้ค่า X^2/df น้อยกว่าโมเดลที่ 1 และที่ 2 ซึ่งบ่งบอกว่าการวิเคราะห์พร้อมกันทำให้โมเดลสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าและที่สำคัญมากกว่านี้ก็คือไม่ทำให้ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ในการประมาณค่าพารามิเตอร์สูงกว่าความเป็นจริง (Type 1 error inflation) เมื่อเปรียบเทียบความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ระหว่างโมเดลภายในกลุ่มกับโมเดลระหว่างกลุ่มโดยพิจารณาจากค่าดัชนี RMSR พบว่าโมเดลระหว่างกลุ่มมีค่าเท่ากับ .001 ส่วนโมเดลภายในกลุ่มมีค่าเท่ากับ .034 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าโมเดลทั้งสองสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์แต่โมเดลระหว่างกลุ่มสอดคล้องมากกว่า (ดูตารางที่ 2)

ผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 5 ยังสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังในแผนภูมิที่ 2 ดังนี้



แผนภูมิที่ 2

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพหุระดับ

จากแผนภูมิที่ 2 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานในระดับภายในกลุ่มมีค่าตั้งแต่ .70 - .81 และในระดับระหว่างกลุ่มมีค่าตั้งแต่ .96 - .98 จะเห็นว่าโมเดลการวัดในระดับระหว่างกลุ่มดีกว่าโมเดลการวัดภายในกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับความเชื่อที่ว่าโมเดลการวัดครั้งนี้มุ่งวัดที่ตัวผู้บริหารโรงเรียนซึ่งเป็นระดับกลุ่มมากกว่าที่จะมุ่งวัดที่ครูหรือระดับบุคคล อนึ่งการที่ตัวแปรดัชนีในระดับกลุ่มมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบสูงมาก (มากกว่า .9) ก็ยังแสดงให้เห็นว่าดัชนีเหล่านี้เพียงลำพังตัวเดียวก็อาจใช้เป็นตัวชี้วัดตัวแปรองค์ประกอบภาวะผู้นำทางวิชาการได้แล้วเป็นที่น่าสังเกตว่าค่าน้ำหนักองค์ประกอบของโมเดลที่วิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 3 และ 4 จะมีค่าเท่ากันกับค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่ได้ในการวิเคราะห์ขั้นตอนที่ 5 แต่สิ่งที่แตกต่างกันอย่างมากก็คือความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณ

ค่า (Residual variance) ในโมเดลที่วิเคราะห์พหุระดับในขั้นตอนที่ 5 ต่ำกว่าที่ได้ในขั้นตอนที่ 3 และ 4 เป็นอย่างมากซึ่งแสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 5 เป็นการวิเคราะห์ที่เหมาะสมที่สุด

อภิปรายผล

เป็นที่ทราบกันทั่วไปแล้วว่าการวัดภาวะผู้นำด้านต่างๆ นั้นควรจะวัดจากผู้ที่เป็นผู้ปฏิบัติมากกว่าที่จะวัดจากตัวผู้นำโดยตรงเพื่อหลีกเลี่ยงอคติจากตัวผู้นำเองการวัดภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารโรงเรียนก็มักจะวัดจากครูหรือนักเรียนมากกว่าที่จะวัดจากตัวผู้บริหารโดยตรงการวัดเช่นนี้จึงทำให้เกิดประชากร 2 กลุ่มที่มีลักษณะลดหลั่นกัน (Hierarchical) และอาจเป็นเหตุให้ประชากรครูซึ่งเป็นประชากรผู้ให้ข้อมูลไม่เป็นอิสระจากประชากรผู้บริหารซึ่งเป็นประชากรที่สนใจศึกษาความเป็นอิสระนี้สามารถวัดได้จากค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น (ICC) ถ้าค่า ICC มีค่ามากก็จะบอกให้ทราบว่าประชากรกลุ่มบุคคลไม่เป็นอิสระจากกลุ่มยิ่งค่า ICC มากก็ยิ่งแสดงให้เห็นว่าประชากรในระดับบุคคลขึ้นอยู่กับการประชากรระดับกลุ่มหรืออีกนัยหนึ่งก็คือประชากรในระดับบุคคลมีลักษณะเหมือนกันในกลุ่มเดียวกันแต่จะแตกต่างกันระหว่างกลุ่มนั่นคือค่าที่วัดได้จากประชากรระดับบุคคลจะประกอบด้วยความแปรปรวนทั้งของระดับบุคคลและระดับกลุ่มไม่ใช่มีเฉพาะระดับบุคคลอย่างเดียวดังนั้นการที่เราใช้ข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ในระดับบุคคลจึงมีความแปรปรวนในระดับกลุ่มปนอยู่ด้วยเสมอถ้าหากไม่แยกความแปรปรวนในระดับกลุ่มออกไปก่อนการวิเคราะห์ก็จะทำให้เกิดการประมาณค่าสูงเกินจริง (Over estimation) และส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าความเป็นจริงด้วยเทคนิคในการวิเคราะห์

เพื่อแยกระดับบุคคลและระดับกลุ่มเรียกว่าการวิเคราะห์พหุระดับ (Multilevel analysis) ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อช่วยในการวิเคราะห์เทคนิคนี้ขึ้นมามากมาย เช่น Mplus, EQS, LISREL, MLwin เป็นต้นค่า ICC ที่ถือว่ามีความจำเป็นที่ต้องวิเคราะห์เป็นแบบพหุระดับคือต้องมีค่าตั้งแต่ .1 ขึ้นไป

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลที่เก็บรวบรวมโดยสุรรัตน์กุดกัญญาเป็นข้อมูลที่เก็บจากครูจำนวน 821 คนจาก 149 โรงเรียนโดยใช้โปรแกรม AMOS 16 และ EQS 6.0 ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงประจักษ์ผลการวิเคราะห์พบว่าสอดคล้องกับความเชื่อข้างต้นกล่าวคือค่า ICC โดยเฉลี่ยสูงมากและทำให้โมเดลการวัดมีแนวโน้มวัดในระดับกลุ่มมากกว่าในระดับบุคคล (มากกว่าร้อยละ 60) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของไดเออร์ (Dyer et. al. 2005) ที่ทำการศึกษาระดับองค์ประกอบเชิงยืนยันของภาวะผู้นำโดยศึกษาจากตัวแปรสังเกต 4 ตัวคือ 1) ความมีรูปแบบ 2) กระบวนการ 3) นิสัย 4) พิธีกรรมและ 5) ความรอบคอบพบว่าค่า ICC ของตัวแปรทั้ง 5 อยู่ระหว่าง .10-.26 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการวิเคราะห์องค์ประกอบภาวะผู้นำมีความจำเป็นต้องวิเคราะห์เป็นแบบพหุระดับและยังพบเช่นเดียวกันว่าโมเดลในการวิเคราะห์แบบพหุระดับมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานน้อยกว่าโมเดลอื่นๆ ซึ่งเป็นการยืนยันว่าการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันภาวะผู้นำจำเป็นต้องวิเคราะห์เป็นแบบพหุระดับ

บรรณานุกรม

- Dyer, N.G., Hanges, P.J., & Hall, R.J. (2005). Applying multilevel confirmatory factor analysis techniques to the study of leadership. *Leadership Quarterly*, 16, 149-167.
- Heck, R and Thomas, Scott L. (2000), *An Introduction to Multilevel Modeling Techniques*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Heck, R. (2001). Multilevel modeling with SEM. In G.A. Marcoulides & R.E. Schumacker (eds.), *New Developments and Techniques in Structural Equation Modeling* (pp. 89-127). Lawrence Erlbaum Associates
- Hox, J. J. (2010), *Multilevel Analysis: Techniques and Applications*. New York (2nd ed.): Routledge.