

การใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเพื่อพัฒนาเครื่องมือวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์

THE USE OF FACTOR ANALYSIS FOR INSTRUMENT DEVELOPMENT IN BEHAVIORAL SCIENCES

รองศาสตราจารย์ ดร.สุภมาส อังศุโชติ

สำนักทะเบียนและวัดผล

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช

E-mail : supamas.ang@stou.ac.th

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์องค์ประกอบเป็นเทคนิคทางสถิติที่ช่วยให้นักวิจัยลดจำนวนตัวแปรให้น้อยลง โดยจัดรวมตัวแปรที่สัมพันธ์กันในรูปของมิติของตัวแปร ซึ่งเรียกว่าองค์ประกอบ องค์ประกอบหนึ่งๆ จะแทนตัวแปรแฝงอันเป็นคุณลักษณะที่นักวิจัยต้องการศึกษา การวิเคราะห์องค์ประกอบแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน การวิเคราะห์องค์ประกอบทั้งสองประเภทสามารถใช้ประโยชน์เพื่อพัฒนาเครื่องมือวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์ได้ โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจใช้เมื่อต้องการทราบว่าคุณลักษณะนั้นมีกี่องค์ประกอบ ส่วนการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันใช้เพื่อตรวจสอบว่าเครื่องมือที่สร้างมีความตรงเชิงโครงสร้างตามทฤษฎีของคุณลักษณะนั้นๆ บางครั้งนักวิจัยจะใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบทั้งสองประเภทร่วมกัน คือ เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างชุดที่ 1 แล้ววิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจเพื่อค้นหาจำนวนองค์ประกอบของเรื่องนั้น แล้วใช้เครื่องมือชุดเดิมเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างชุดที่ 2 แล้ววิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเพื่อตรวจสอบว่าองค์ประกอบที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจมีความตรงข้ามกลุ่มหรือไม่

คำสำคัญ: การวิเคราะห์องค์ประกอบ การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน การสร้างเครื่องมือวิจัย

ABSTRACT

Factor analysis is the statistical method used to reduce the number of variables by grouping correlated variables into the variable dimension form. This is called a "factor". Each factor stands for a latent variable which the researchers need to study. Factor analysis can be divided into 2 types, namely, exploratory factor analysis and confirmatory factor analysis. Both types of factor analysis are used to develop instruments in the field of behavioral science. Exploratory factor analysis is used when the researchers want to know the amount of common factors in each trait. Confirmatory factor analysis is used to examine the factor's construct validity. Sometimes researchers combine both types together: collecting data from the sample set 1 for the exploratory factor analysis and then using the same instrument to collect data from the sample set 2 for the confirmatory factor analysis to examine the validity across groups.

KEYWORDS : Factor analysis, Exploratory factor analysis, Confirmatory factor analysis, Research instrument development

บทนำ

ตัวแปรในการวิจัยทางวิทยาศาสตร์จะเป็นตัวแปรที่สามารถสร้างเครื่องมือมาวัดเพื่อบอกปริมาณมากน้อยได้โดยตรง เช่น ส่วนสูง น้ำหนัก ความเร็ว อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต ปริมาณไขมันในเลือด แต่ตัวแปรในการวิจัยทางสังคมศาสตร์ หรือพฤติกรรมศาสตร์ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาลักษณะภายในของบุคคล ซึ่งเป็นตัวแปรที่ไม่สามารถวัดได้โดยตรง เช่น ความจงรักภักดี ความซื่อสัตย์ ความขยัน ความอดทน ความรับผิดชอบ ภาวะผู้นำ การจะวัดตัวแปรเหล่านี้ต้องศึกษาจากพฤติกรรมบ่งชี้หลายๆ อย่าง โดยการสังเกตหรือให้บุคคลกรายงานว่าตนเองมีพฤติกรรมบ่งชี้เหล่านั้นมากน้อยเพียงใด แล้วนำคำตอบที่ได้ไปประมวลผลด้วยสถิติเพื่อให้ได้ค่าของตัวแปรที่ต้องการศึกษา เช่น ผู้วิจัยต้องการศึกษาตัวแปร "ภาวะผู้นำ" ผู้วิจัยต้องศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับภาวะผู้นำ แล้วรวบรวมพฤติกรรมบ่งชี้ที่แสดงว่าบุคคลนั้นมีภาวะผู้นำมาให้ครบถ้วน สมมติว่าหาได้ 25 พฤติกรรม ผู้วิจัยจะไปเฝ้าสังเกตหรือสัมภาษณ์บุคคลนั้นโดยตรง หรือบุคคลรอบข้างว่าเขา มีพฤติกรรมบ่งชี้บ้าง 25 พฤติกรรมเพียงใด และถ้าผู้วิจัยต้องการนำตัวแปร ภาวะผู้นำไปเป็นตัวแปรต้นหรือตัวแปรตาม การนำสิ่งที่วัดได้จากพฤติกรรมบ่งชี้ทั้ง 25 พฤติกรรมไปวิเคราะห์ต่อจะยุ่งยากในการวิเคราะห์ เนื่องจากมีตัวแปรจำนวนมาก เทคนิควิธีที่จะทำให้พฤติกรรมบ่งชี้ทั้ง 25 พฤติกรรมมีจำนวนตัวแปรลดลงคือ เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบ หรือ Factor analysis

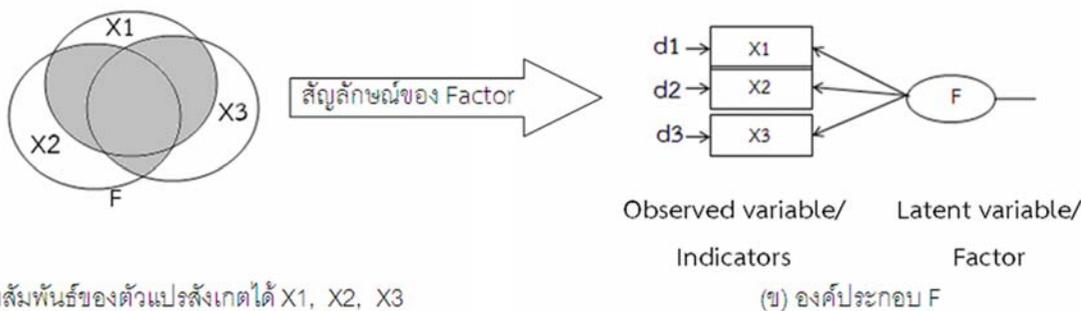
ความหมายของการวิเคราะห์องค์ประกอบ

การวิเคราะห์องค์ประกอบ เป็นวิธีการทางสถิติที่ช่วยให้นักวิจัยลดจำนวนตัวแปรให้น้อยลง โดยจัดรวมตัวแปรที่สัมพันธ์กันในรูปของมิติ (Dimension) ของตัวแปร ซึ่งเรียกว่าองค์ประกอบหรือปัจจัย (Factor) องค์ประกอบหนึ่งๆ จะแทนตัวแปรแฝง (Latent variable) อันเป็นคุณลักษณะที่นักวิจัยต้องการศึกษา และเรียกตัวแปรเดิมที่มารวมกันว่า ตัวแปรสังเกตได้ (Observed variable) หรือตัวบ่งชี้ (Indicators) (Rosen, 2013) ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างทฤษฎี หรือข้อค้นพบ เช่น ตัวอย่างในภาพที่ 1 (ก) ตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัว X_1 , X_2 และ X_3 มีความสัมพันธ์กันดังส่วนที่แรเงา เรียกส่วนนี้ว่าตัวแปรแฝง (Latent variable) หรือองค์ประกอบ (Factor: F) และเรียกส่วนที่อยู่นอก F ว่า ความคลาดเคลื่อนในการวัด (Measurement errors) และสามารถเขียนเป็นกรอบแนวคิดการวิจัยดังภาพที่ 1 (ข)

ประเภทของการวิเคราะห์องค์ประกอบ

การวิเคราะห์องค์ประกอบแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis) หรือ EFA และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) หรือ CFA (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542: 121-122 ; Bollen, 1989: 226-227)

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ หรือ EFA เป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบเพื่อสร้างแบบจำลองของคุณลักษณะ



แผนภาพที่ 1 แนวคิดของการวิเคราะห์องค์ประกอบ

ที่สนใจศึกษาตามโครงสร้างสมมุติฐาน โดยใช้ตัวแปรหลาย ๆ ตัว หรือตัวบ่งชี้ที่สามารถวัดได้โดยตรงเป็นตัวแทนของคุณลักษณะที่สนใจ เพื่อต้องการทราบว่าคุณลักษณะนั้นมีองค์ประกอบโดยผู้วิจัยไม่ทราบจำนวนองค์ประกอบที่จำเป็นของสิ่งนั้น/เรื่องนั้นมาก่อน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจเพื่อค้นหา (explore) จำนวนองค์ประกอบของคุณลักษณะที่สนใจนั้น

2. การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบที่มีสมมติฐานก่อนว่าคุณลักษณะที่ต้องการศึกษามีองค์ประกอบแล้วใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลเชิงประจักษ์มีความสอดคล้องกลมกลืนกับองค์ประกอบตามสมมติฐานเพียงใด การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันจะใช้ในกรณีที่นักวิจัยมีความรู้เรื่องที่กำลังศึกษานั้นมีองค์ประกอบ นักวิจัยมักใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเพื่อตรวจสอบว่าองค์ประกอบที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจมีความตรงข้ามกลุ่มหรือไม่ หรือใช้ทดสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct validity) ขององค์ประกอบว่าเป็นไปตามทฤษฎีหรือไม่

ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์องค์ประกอบ

ข้อตกลงเบื้องต้นที่สำคัญของการวิเคราะห์องค์ประกอบคือ ตัวแปรสังเกตได้ต้องมีความสัมพันธ์กัน เนื่องจากวัตถุประสงค์หลักของการวิเคราะห์องค์ประกอบคือ การรวมกลุ่มของตัวแปรที่สัมพันธ์กัน ดัชนีแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรพิจารณาจาก (1) เมทริกซ์สหสัมพันธ์ (2) Bartlett test of sphericity และ (3) Measure of Sampling Adequacy (MSA) ดังนี้

1. เมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรชุดนั้นต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 0.30 และไม่ควรมีค่าเท่ากันทั้งเมทริกซ์ ถ้าพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าต่ำ (น้อยกว่า 0.30) หรือมีค่าเท่ากันทั้งเมทริกซ์ การวิเคราะห์จะไม่เกิดองค์ประกอบ (Hair & others, 2010: 103) และค่าสหสัมพันธ์บางส่วน (Partial correlations) ควรมีค่าต่ำ ในโปรแกรม SPSS พิจารณาได้จากเมทริกซ์สหสัมพันธ์แอนติอิมเมจ (Anti-image correlation matrix) ซึ่งเป็นส่วนกลับของค่าสหสัมพันธ์บางส่วน ชุดของตัวแปรที่เหมาะสมจะวิเคราะห์องค์ประกอบควรมีค่าสหสัมพันธ์แอนติอิมเมจมากกว่า 0.70 (Hair & others, 2010: 104)

2. Bartlett test of sphericity ซึ่งเป็นสถิติทดสอบความมีนัยสำคัญของเมทริกซ์สหสัมพันธ์ในภาพรวม ถ้าพบว่า Bartlett test of sphericity มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าชุดของตัวแปรนั้นมีความสัมพันธ์กันเพียงพอที่จะทำการวิเคราะห์องค์ประกอบ แต่ถ้า Bartlett test of sphericity ไม่มีนัยสำคัญหมายความว่า ตัวแปรชุดนั้นไม่มีความสัมพันธ์กัน จึงไม่เหมาะที่จะทำการวิเคราะห์องค์ประกอบ

3. Measure of Sampling Adequacy (MSA) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ และตัวแปรแต่ละตัวเหมาะสมที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบหรือไม่ ในโปรแกรม SPSS เรียกว่า KMO (Kaiser - Meyer - Olkin Measure of sampling adequacy) ชุดของตัวแปรที่เหมาะสมจะวิเคราะห์องค์ประกอบควรมีค่า MSA มากกว่า 0.50 และมีเกณฑ์การบอกระดับความเหมาะสม ดังนี้ (Hair & others, 2010: 104)

ค่า MSA	ความหมาย
.80 ขึ้นไป	เหมาะสมดีมาก
.70 - .79	เหมาะสมดี
.60 - .69	เหมาะสมปานกลาง
.50 - .59	เหมาะสมน้อย
น้อยกว่า .50	ไม่เหมาะสม

ประโยชน์ของการวิเคราะห์องค์ประกอบ

1. ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเป็นเครื่องมือวัดตัวแปรแฝงโดยนำผลการวิเคราะห์องค์ประกอบมาสร้างตัวแปรแฝงแล้วนำตัวแปรแฝงนี้ไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

2. ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเป็นเครื่องมือตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct validity) ของตัวแปรแฝงว่ามีโครงสร้างตามนิยามทางทฤษฎีหรือไม่และสอดคล้องกับสภาพที่เป็นจริงอย่างไร

3. ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบแก้ปัญหาการที่ตัวแปรอิสระของการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณมีความสัมพันธ์กัน (Multicollinearity) โดยการนำตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันไว้ด้วยกัน ด้วยการสร้างตัวแปรใหม่จากคะแนนองค์ประกอบแล้วนำองค์ประกอบนั้นไปเป็นตัวแปรอิสระในการวิเคราะห์ถดถอยต่อไป

ขั้นตอนการวิเคราะห์องค์ประกอบ

1. ขั้นตอนการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ

1.1 กำหนดคุณลักษณะที่ต้องการวัด
1.2 ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดพฤติกรรมบ่งชี้ของคุณลักษณะที่ต้องการวัด

1.3 ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวัดด้านความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) และความเที่ยง (Reliability) ของเครื่องมือวัด

1.4 กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างและเก็บรวบรวมข้อมูล มีผู้กล่าวถึงขนาดของกลุ่มตัวอย่างในการวิเคราะห์องค์ประกอบไว้หลายประการ ดังนี้

(1) Kline (1986) กล่าวว่าขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่ใช้สำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบ คือ 100 คน

(2) Nunnally (1978) กล่าวว่าขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่น้อยที่สุดต้องกำหนดเป็นอัตราส่วนต่อจำนวนตัวแปร คือ 10:1

(3) Hair & Others (2010: 102) กล่าวว่าขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่น้อยที่สุดต้องไม่น้อยกว่า 50 และควรมีขนาด 100 หรือมากกว่า กฎทั่วไปคือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่างต้องกำหนดเป็นอัตราส่วนต่อจำนวนตัวแปร เท่ากับ 5:1 ถึง 20:1

1.5 เลือกวิธีการสกัดองค์ประกอบ วิธีหมุนแกนองค์ประกอบ และกำหนดจำนวนองค์ประกอบ ในโปรแกรม SPSS มีวิธีสกัดองค์ประกอบให้เลือก 7 วิธี คือ Principal components, Unweighted least squares, Generalized least squares, Maximum likelihood, Principal Axis factoring, Alpha factoring และ Image factoring วิธีที่ใช้ทั่วไปในการวิเคราะห์ EFA คือ วิธี Principal components เนื่องจากเป็นวิธีที่ได้จำนวนองค์ประกอบไม่มาก (Tabachnick & Fidell, 2007)

การหมุนแกนองค์ประกอบเป็นกระบวนการหมุนแกนอ้างอิง เพื่อให้การวิเคราะห์องค์ประกอบเกิด Simple structure คือตัวแปรตัวหนึ่งมีน้ำหนักองค์ประกอบสูงบนองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งเพียงองค์ประกอบเดียว และมีน้ำหนักองค์ประกอบต่ำ (น้อยกว่า 0.30) บนองค์ประกอบอื่นทุกองค์ประกอบ และผลการวิเคราะห์ที่มีความหมายเชิงทฤษฎี (Pett & Others, 2003: 132) วิธีหมุนแกนองค์ประกอบทำได้ 2 แบบคือการหมุนแกนแบบมุมฉาก (Orthogonal rotation) และการหมุน

แกนแบบมุมแหลม (Oblique rotation)

การหมุนแกนแบบมุมฉากองค์ประกอบที่ได้จะมีความเป็นอิสระกัน หรือไม่สัมพันธ์กัน ใน SPSS มีวิธีหมุนแกนแบบมุมฉากให้เลือก 3 วิธี คือวิธี Varimax, Quartimax และ Equamax วิธีที่ใช้ทั่วไปสำหรับการหมุนแกนแบบมุมฉาก คือ วิธี Varimax เนื่องจากเป็นวิธีที่ทำให้เกิด Simple structure ได้ดี

การหมุนแกนแบบมุมแหลมในโปรแกรม SPSS มี 2 วิธีคือวิธี Promax และ Direct Oblimin วิธีที่ใช้ทั่วไปสำหรับการหมุนแกนแบบมุมแหลมคือวิธี Promax วิธีนี้จะเริ่มจากการหมุนแกนด้วยวิธี Varimax แล้วยกกำลังน้ำหนักองค์ประกอบทำให้น้ำหนักองค์ประกอบที่มีค่าน้อยเข้าใกล้ศูนย์ เพื่อให้เกิด Simple structure

การวิเคราะห์ EFA จะได้จำนวนองค์ประกอบเท่ากับจำนวนตัวแปรที่นำมาวิเคราะห์ เช่น นำตัวแปร 7 ตัวมาวิเคราะห์องค์ประกอบก็จะได้ 7 องค์ประกอบ ผู้วิจัยจะเป็นผู้กำหนดจำนวนองค์ประกอบที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากค่าไอเกน (Eigenvalue) ซึ่งค่าไอเกน คือ สัดส่วนของความแปรปรวนในองค์ประกอบที่เกิดจากตัวแปรสังเกตทุกตัวมาสะสมอยู่ร่วมกัน ถ้ามีค่าสูงก็แสดงว่าเพียงพอที่จะรวมตัวกันเป็น องค์ประกอบได้ โดยทั่วไปจะกำหนดเป็นองค์ประกอบที่ค่าไอเกนมากกว่า 1 และพิจารณาร่วมกับร้อยละของความแปรปรวนที่อธิบายได้ ไม่น้อยกว่า 60 (Hair & Others, 2010: 109)

1.6 ตั้งชื่อองค์ประกอบ มีหลักการตั้งชื่อคือ ควรตั้งชื่อให้สอดคล้องกับลักษณะของตัวแปรสังเกตได้ในองค์ประกอบนั้น ชื่อที่ใช้ควร กระชับ จำง่าย และมีเอกลักษณ์ กรณีที่หมุนแกนแบบมุมฉาก ต้องระวังไม่ให้ชื่อของแต่ละองค์ประกอบ คล้ายคลึงกัน

ตัวอย่างการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ

"คุณลักษณะของครูที่มีประสิทธิภาพ" จากงานวิจัย เรื่อง Assessment of Charisma as a Factor in Effective Teaching (Huang, Y.-C., & Lin, S.-H., 2014.)

กรณีผู้วิจัยต้องการสร้างเครื่องมือวัดคุณลักษณะของครูที่มีประสิทธิภาพโดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ ผู้วิจัยต้องดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดคุณลักษณะที่ต้องการวัดคือ "คุณลักษณะของครูที่มีประสิทธิภาพ"

ขั้นที่ 2 ทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนเพื่อกำหนดพฤติกรรมบ่งชี้ของครูที่มีประสิทธิภาพ ได้คุณลักษณะของครูที่มีประสิทธิภาพตามทฤษฎีการสอนประกอบด้วย 4 ด้านคือ อุปนิสัย ความรู้ อารมณ์ขัน และเทคนิคการสอน ได้พฤติกรรมบ่งชี้จำนวน 36 ข้อ

ขั้นที่ 3 ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวัดด้านความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยนำพฤติกรรมบ่งชี้ทั้ง 36 ข้อ ไปประดมสมองกับนักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 40 คน ปรับการใช้ภาษาให้ชัดเจนเข้าใจง่าย แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางจิตวิทยาและแนะแนว 4 คน ให้ความเห็น ผู้เชี่ยวชาญตัดพฤติกรรมบ่งชี้ที่ไม่ชัดเจนออก 6 ข้อ และเพิ่มพฤติกรรมบ่งชี้ใหม่อีก 2 ข้อ ได้พฤติกรรมบ่งชี้ทั้งหมด 32 ข้อ นำพฤติกรรมบ่งชี้ทั้ง 32 ข้อมาออกแบบเป็นเครื่องมือวิจัยที่มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 5 ระดับ (5 หมายถึง ผู้สอนมีพฤติกรรมนั้นมากที่สุด และ 1 หมายถึง ผู้สอนมีพฤติกรรมนั้นน้อยที่สุด)

ขั้นที่ 4 กำหนดกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ของมหาวิทยาลัยในภาคกลางของได้วัน 4 แห่ง จำนวน 283 คน จาก 8 ชั้นเรียน ที่สมัครใจเข้าร่วมตอบแบบสอบถาม

ขั้นที่ 5 สกัดองค์ประกอบ หมุนแกนองค์ประกอบ และเลือกองค์ประกอบ

ก่อนสกัดองค์ประกอบผู้วิจัยได้นำคำตอบเกี่ยวกับพฤติกรรมบ่งชี้ทั้ง 32 ข้อมาหาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมบ่งชี้รายข้อกับคะแนนรวมทั้งฉบับ (item-total correlation: r) พบว่าพฤติกรรมบ่งชี้ที่มีค่า r น้อยกว่า 0.30 มีอยู่ 3 ข้อจึงตัดออกเหลือ 29 ข้อ คำนวณได้ค่า $MSA = 0.95$ Bartlett's test of sphericity มีนัยสำคัญ โดยมีค่า $\chi^2 = 6630.32$, $p < .0001$ แสดงว่าพฤติกรรมบ่งชี้ทั้ง 29 ข้อมีความสัมพันธ์กันเหมาะสมที่จะทำการวิเคราะห์องค์ประกอบในระดับดีมาก

การวิเคราะห์ EFA ครั้งนี้ใช้การสกัดองค์ประกอบด้วยวิธี Principal Component (PC) หมุนแกนแบบหมุนแหลมด้วยวิธี Promax ได้องค์ประกอบที่มีค่าไอเกนเกิน 1.00 จำนวน 4 องค์ประกอบ อธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 68 มีพฤติกรรมบ่งชี้ที่มีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบ (น้ำหนักองค์ประกอบ:

factor loading) ไม่ถึง 0.40 กับองค์ประกอบใดเลย จำนวน 6 ข้อ จึงตัดออก เหลือพฤติกรรมบ่งชี้ทั้งหมด 23 ข้อ แล้ววิเคราะห์ EFA ด้วยวิธี PC และหมุนแกนด้วยวิธี Promax ใหม่อีกครั้ง โดยกำหนดให้มี 4 องค์ประกอบ พบว่าองค์ประกอบทั้ง 4 อธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 70 องค์ประกอบที่ได้มีความสัมพันธ์กันโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ และค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงของเครื่องมือวัดแต่ละองค์ประกอบมีค่ามากกว่า 0.70 ทุกองค์ประกอบ ดังตารางที่ 2

ขั้นที่ 6 ตั้งชื่อองค์ประกอบโดยพิจารณาจากพฤติกรรมบ่งชี้ที่มารวมกันเป็นองค์ประกอบ ได้องค์ประกอบที่ 1 อุปนิสัย ประกอบด้วย พฤติกรรมบ่งชี้ 6 ข้อ องค์ประกอบที่ 2 ความรู้ ประกอบด้วย พฤติกรรมบ่งชี้ 7 ข้อ องค์ประกอบที่ 3 อารมณ์ขัน ประกอบด้วย พฤติกรรมบ่งชี้ 6 ข้อ และองค์ประกอบ ที่ 4 เทคนิคการสอน ประกอบด้วยพฤติกรรมบ่งชี้ 4 ข้อ

รายละเอียดของการวิเคราะห์ขั้นที่ 5-6 แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ คุณลักษณะของครูที่มีประสิทธิภาพ (n=283)

ข้อความ	องค์ประกอบ			
	1	2	3	4
อุปนิสัย				
1. ครูของฉันมีความอดทนมาก (CHAR1)	.93	-.10	-.21	.19
2. ครูของฉันเป็นธรรมและให้เกรดอย่างเป็นปรนัย (CHAR2)	.81	.09	.03	-.23
3. ครูของฉันเป็นผู้รับผิดชอบสูง (CHAR3)	.81	.02	.14	-.09
4. ครูของฉันเป็นผู้มีศีลธรรมอันดี (CHAR4)	.79	.02	.23	-.20
5. ครูของฉันเป็นประชาธิปไตยมากและยอมรับความคิดเห็นที่ต่างกักันของนักเรียน (CHAR5)	.73	.07	-.09	.22
6. ครูของฉันเป็นแบบอย่างที่ดีสำหรับพวกเรา (CHAR6)	.72	.05	.23	-.15
ความรู้				
7. ครูของฉันสามารถแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนได้ทุกเรื่อง (KNOWL1)	-.04	.94	-.11	-.06
8. ครูของฉันเป็นผู้เชี่ยวชาญในสาขานี้ (KNOWL2)	-.03	.91	-.12	.02
9. ฉันชื่นชมว่าครูของฉันมีความสามารถสูงในสาขานี้ (KNOWL3)	.07	.82	-.02	-.13
10. ครูของฉันเตรียมวัสดุสำหรับการเรียนอย่างเพียงพอ (KNOWL4)	.09	.63	.04	.21
11. ครูของฉันมีความรู้มากมาย (KNOWL5)	.61	.19	-.04	
12. ครูของฉันใช้วิธีการสอนที่ทำให้เรื่องยากเป็นเรื่องง่าย (KNOWL6)	.01	.59	.09	.24
13. ครูของฉันมีความรู้ที่หลากหลายและครอบคลุมหลายด้าน (KNOWL7)	.10	.57	.11	.04
อารมณ์ขัน				
14. ฉันไม่เคยเบื่อตอนที่ครูสอน (HUMOR1)	-.03	.85	.01	
15. ครูของฉันเป็นครูที่มีอารมณ์ขัน (HUMOR2)	.10	-.09	.82	.13
16. ครูของฉันมักจะเล่าเรื่องตลกในชั้นเรียน (HUMOR3)	-.04	-.03	.80	-.02
17. ครูของฉันมีวิธีการสอนที่สนุก (HUMOR4)	.05	.74	.17	
18. ครูของฉันสอนได้อย่างน่าตื่นเต้นมาก (HUMOR5)	-.05	.15	.65	.22
19. ครูของฉันจะสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่สนุกสนานและสภาพแวดล้อมที่ผ่อนคลาย (HUMOR6)	.13	-.11	.59	.16
เทคนิคการสอน				
20. ครูของฉันจะใช้วัสดุการเรียนการสอนบางอย่างที่แปลกใหม่และน่าสนใจ (TECH1)	.03	.02	-.08	.93
21. ครูของฉันมักจะใช้วิธีการเรียนการสอนที่ใหม่ไม่ซ้ำแบบเดิมในบางโอกาส (TECH2)	-.14	.00	.19	.80
22. ครูของฉันสามารถใช้ความคิดใหม่และความคิดสร้างสรรค์เพื่อกระตุ้นการเรียนรู้ของพวกเรา (TECH3)	.06	.02	.12	.75
23. ครูของฉันใช้เทคนิคการสอนที่สร้างสรรค์ (TECH4)	-.10	-.08	.28	.67

MSA = .95, Bartlett's test of sphericity มีนัยสำคัญ โดยมีค่า $\chi^2 = 6630.32$, $p < .0001$

ข้อสังเกต จากตารางที่ 1 พฤติกรรมบ่งชี้แต่ละพฤติกรรมจะมีน้ำหนักองค์ประกอบสูงกับองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งเพียงองค์ประกอบเดียว ส่วนน้ำหนักองค์ประกอบกับองค์ประกอบอื่นน้อยกว่า 0.30 เรียกลักษณะนี้ว่า simple structure

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงของเครื่องมือวัดแต่ละองค์ประกอบ (n=283)

องค์ประกอบ	อุปนิสัย	ความรู้	อารมณ์ขัน	เทคนิคการสอน	α
อุปนิสัย	-				.90
ความรู้	.73**	-			.90
อารมณ์ขัน	.54**	.65**	-		.93
เทคนิคการสอน	.35**	.50**	.74**	-	.89

** p<.01

2. ขั้นตอนการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

2.1 กำหนดโครงสร้างขององค์ประกอบ โดยต้องศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะที่ต้องการศึกษาแล้วกำหนดว่าคุณลักษณะที่ต้องการวัดนั้นมีกี่องค์ประกอบ

2.2 กำหนดตัวบ่งชี้ หรือตัวแปรสังเกตได้ของแต่ละองค์ประกอบ (โมเดลการวัด)

2.3 สร้างเครื่องมือวัดตัวบ่งชี้ พร้อมทั้งหาคุณภาพเครื่องมือ

2.4 เก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง โดยมีการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างเช่นเดียวกับการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ

2.5 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อยืนยันองค์ประกอบ โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้กันทั่วไปได้แก่โปรแกรม LISREL, AMOS, และ Mplus ซึ่งโปรแกรมเหล่านี้มีขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญเหมือนกันคือการตรวจสอบว่าโครงสร้างองค์ประกอบ หรือโมเดลการวัดที่พัฒนาขึ้นตามกรอบแนวคิด หรือทฤษฎีการวัดคุณลักษณะนั้นสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่ โดยใช้แนวคิดการทดสอบความเท่าเทียมกันของเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม (Variance-covariance matrix) ที่มาจากสองแหล่ง คือ แหล่งที่หนึ่งคำนวณจากข้อมูลดิบที่ผู้วิจัยเก็บรวบรวมมา และแหล่งที่สองจากการนำค่าประมาณที่โปรแกรมประมาณลงไปโครงสร้างองค์ประกอบแล้วคำนวณกลับไปเป็นเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม ถ้าเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมจากทั้งสองแหล่งนี้ต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ หรือต่างกันเพียงเล็กน้อย หมายความว่าโครงสร้างองค์ประกอบมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ หรือกล่าวได้ว่าเครื่องมือมีความตรงเชิงทฤษฎี

(Construct validity) ดัชนีที่ใช้บอกว่าโครงสร้างองค์ประกอบมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ใช้กันทั่วไป ประกอบด้วย (Bollen, 1989: 278; Diamantopoulos & Siguaw, 2000: 98; Kaplan, 2000: 110, สุภมาส อังสุโชติ และคณะ, 2557: 29)

(1) ค่าสถิติทดสอบไค-สแควร์ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)

(2) $\chi^2 / df < 2.00$

(3) CFI (Comparative Fit Index), GFI (Goodness of Fit Index) AGFI (Adjusted Goodness of Fit Index) 0.95

(4) RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation) น้อยกว่า 0.05, SRMR (Standardized Root Mean Square Residual) น้อยกว่า 0.05,

2.6 ประเมินความตรงของโมเดลการวัด โดยพิจารณาจากค่าต่อไปนี้ (Hair & Others, 2010: 708-710, Diamantopoulos & Siguaw, 2000: 98)

(1) ค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (Standardized factor loading) มีค่าอย่างน้อย 0.50 และที่ตีควรมากกว่าหรือเท่ากับ 0.70 และมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงถึงตัวบ่งชี้มีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบอย่างมาก ซึ่งเป็นดัชนีบอกความตรงเชิงทฤษฎี ถ้าค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานต่ำกว่า 0.50 ผู้วิจัยอาจตัดตัวบ่งชี้ที่ออกจากโมเดลการวัด

(2) ค่า R^2 (Squared multiple correlation) คือความแปรปรวนของตัวบ่งชี้ที่อธิบายด้วยองค์ประกอบ หรือค่า Commundality ใน EFA หรือ เรียกว่า ความเที่ยงของตัวบ่งชี้ควรมีค่า ตั้งแต่ 0.50

(3) ค่าเฉลี่ยความแปรปรวนที่สกัดได้ (Average Variance Extracted: AVE) หรือค่าไอเกนในการวิเคราะห์ EFA ควรมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ค่า AVE คำนวณได้จากสูตร

$$AVE = \frac{(\sum \lambda^2)}{(\sum \lambda^2) + \sum(\theta)}$$

โดยที่

AVE = ค่าเฉลี่ยของความแปรปรวนที่ถูกสกัดได้

λ = น้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน

θ = ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

(4) ค่าความเที่ยงของตัวแปรแฝง (Composite reliability: ρ_c) ควรมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.60 ค่า ρ_c คำนวณได้จากสูตร

$$\rho_c = \frac{(\sum \lambda)^2}{(\sum \lambda)^2 + \sum(\theta)}$$

ตัวอย่างการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

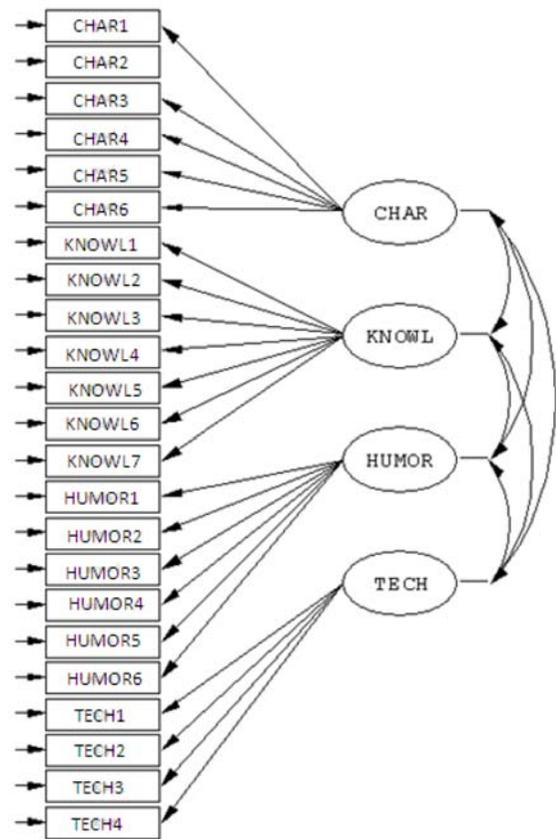
"คุณลักษณะของครูที่มีประสิทธิภาพ" จากงานวิจัย เรื่อง Assessment of Charisma as a Factor in Effective Teaching (Huang, Y.-C., & Lin, S.-H. 2014.)

กรณีนี้ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน เพื่อตรวจสอบความตรงข้ามกลุ่มของเครื่องมือวัดคุณลักษณะของครูที่มีประสิทธิภาพโดยผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาทฤษฎีการสอน แล้วกำหนดคุณลักษณะที่ต้องการวัดคือ **คุณลักษณะของครูที่มีประสิทธิภาพ** งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยต่อเนื่อง คือหลังจากวิเคราะห์ EFA แล้วผู้วิจัยพบว่าคุณลักษณะของครูที่มีประสิทธิภาพมี 4 องค์ประกอบ คือ อุปนิสัย (CHAR) ความรู้ (KNOWL) อารมณ์ขัน (HUMOR) และเทคนิคการสอน (TECH)

ขั้นที่ 2 กำหนดตัวบ่งชี้ของแต่ละองค์ประกอบ เพื่อให้เกิดโมเดลการวัด โดยนำผลการวิจัยจากตารางที่ 1 มากำหนดเป็นโมเดลการวัดองค์ประกอบทั้ง 4 ดังภาพที่ 2

ขั้นที่ 3 สร้างเครื่องมือวัดตัวบ่งชี้ พร้อมทั้งหาคุณภาพเครื่องมือ (ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือเดิม)



แผนภาพที่ 2 โครงสร้างองค์ประกอบของ "คุณลักษณะของครูที่มีประสิทธิภาพ"

ขั้นที่ 4 นำเครื่องมือไปเก็บรวบรวมข้อมูลกับประชากรกลุ่มเดิม แต่ต่างกลุ่มเรียน (class) จำนวน 1078 คน

ขั้นที่ 5 วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) ด้วยโปรแกรม LISREL พบว่าโมเดลคุณลักษณะของครูที่มีประสิทธิภาพซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ คือ อุปนิสัย (CHAR) ความรู้ (KNOWL) อารมณ์ขัน (HUMOR) และเทคนิคการสอน (TECH) และมีตัวบ่งชี้ 23 ตัว ตามภาพที่ 2 สอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์พอใช้ได้ ด้วยค่าดัชนีต่อไปนี้

(1) ค่าสถิติทดสอบไค-สแควร์ เท่ากับ 1388.41, $df = 224$, $p < .00$ (มีนัยสำคัญทางสถิติ)

(2) $\chi^2/df = 1388.41/224 = 6.19 > 2.00$

(3) CFI = 0.98 (≥ 0.90) GFI = 0.90 ($\geq .90$)

AGFI = 0.88 (ใกล้เคียง .90) NNFI = 0.98 (≥ 0.90) เป็นไปตามเกณฑ์

ตารางที่ 3 สรุปผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (n=1078)

	น้ำหนัก องค์ประกอบ มาตรฐาน	t	R ²	ρ_c	AVE
อุปนิสัย				.91	.64
1. ครูของฉันมีความอดทนมาก (CHAR1)	.80	31.33**	.65		
2. ครูของฉันเป็นธรรมและให้เกียรติอย่างเป็นปรนัย (CHAR2)	.86	34.71**	.74		
3. ครูของฉันเป็นผู้รับผิดชอบสูง (CHAR3)	.79	30.77**	.63		
4. ครูของฉันเป็นผู้มีศีลธรรมอันดี (CHAR4)	.84	33.76**	.71		
5. ครูของฉันเป็นประชาธิปไตยมากและยอมรับความคิดเห็นที่แตกต่างกัน ของนักเรียน (CHAR5)	.74	27.85**	.55		
6. ครูของฉันเป็นแบบอย่างที่ดีสำหรับพวกเรา (CHAR6)	.76	28.84**	.65		
ความรู้				.91	.58
7. ครูของฉันสามารถแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนได้ทุกเรื่อง (KNOWL1)	.78	29.69**	.60		
8. ครูของฉันเป็นผู้เชี่ยวชาญในสาขานี้ (KNOWL2)	.78	29.83**	.61		
9. ฉันชื่นชมว่าครูของฉันมีความสามารถสูงในสาขานี้ (KNOWL3)	.70	25.83**	.49		
10. ครูของฉันเตรียมวัสดุสำหรับการเรียนอย่างเพียงพอ (KNOWL4)	.75	28.16**	.56		
11. ครูของฉันมีความรู้มากมาย (KNOWL5)	.75	28.28**	.57		
12. ครูของฉันใช้วิธีการสอนที่ทำให้เรื่องยากเป็นเรื่องง่าย (KNOWL6)	.80	31.19**	.64		
13. ครูของฉันมีความรู้ที่หลากหลายและครอบคลุมหลายด้าน (KNOWL7)	.78	29.90**	.61		
อารมณ์ขัน				.92	.67
14. ฉันไม่เคยเบื่อตอนที่ครูสอน (HUMOR1)	.67	24.57**	.45		
15. ครูของฉันเป็นครูที่มีอารมณ์ขัน (HUMOR2)	.79	30.68**	.62		
16. ครูของฉันมักจะเล่าเรื่องตลกในชั้นเรียน (HUMOR3)	.87	35.87**	.76		
17. ครูของฉันมีวิธีการสอนที่สนุก (HUMOR4)	.87	35.91**	.76		
18. ครูของฉันสอนได้อย่างน่าตื่นเต้นมาก (HUMOR5)	.86	35.28**	.75		
19. ครูของฉันจะสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่สนุกสนานและสภาพแวดล้อม ที่ผ่อนคลาย (HUMOR5)	.82	32.47	.67		
เทคนิคการสอน				.88	.66
20. ครูของฉันจะใช้วัสดุการเรียนการสอนบางอย่างที่แปลกใหม่และ น่าสนใจ (TECH1)	.75	27.95**	.56		
21. ครูของฉันมักจะใช้วิธีการเรียนการสอนที่ใหม่ไม่ซ้ำแบบเดิมใน บางโอกาส (TECH2)	.85	33.59**	.72		
22. ครูของฉันสามารถที่จะใช้ความคิดใหม่และความคิดสร้างสรรค์เพื่อ กระตุ้นการเรียนรู้ของเรา (TECH3)	.86	34.02**	.73		
23. ครูของฉันใช้เทคนิคการสอนที่สร้างสรรค์ (TECH4)	.78	29.75**	.61		

(4) RMSEA = 0.07 (\leq 0.08) SRMR= 0.05 (\leq 0.08)

ขั้นที่ 6 ประเมินความตรงของโมเดลการวัด โดยพิจารณาจาก

6.1 ค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานมากกว่า 0.50 และถ้ามากกว่า 0.70 จะดีมาก และมีนัยสำคัญทางสถิติ (Hair & Others, 2010: 709) พบว่าค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานมีค่าอยู่ระหว่าง 0.67-0.87 (มีเพียงค่าเดียวที่ต่ำกว่า 0.70 แต่มากกว่า 0.50 ทุกค่า) และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ทุกค่า ดังตารางที่ 3

6.2 ค่า R^2 มีค่าระหว่าง 0.45-0.76 (มีเพียงค่าเดียวที่ต่ำกว่า 0.50) ดังตารางที่ 3

6.3 ค่าเฉลี่ยความแปรปรวนที่สกัดได้ (AVE) มีค่าระหว่าง 0.58-0.67 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มากกว่า 0.50 ทุกค่า ดังตารางที่ 3

6.4 ค่าความเที่ยงของตัวแปรแฝง (C) มีค่าระหว่าง 0.88-0.92 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มากกว่า 0.60 ทุกค่า ดังตารางที่ 3

องค์ประกอบทั้ง 4 มีความสัมพันธ์กัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ ระหว่าง 0.44-0.80 อารมณ์ขันจะมีความสัมพันธ์ มากกับทุกองค์ประกอบ และความรู้กับเทคนิคการสอน มีความสัมพันธ์กันมาก ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบจากกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 2 (n=1078)

องค์ประกอบ	อุปนิสัย	ความรู้	อารมณ์ขัน	เทคนิคการสอน	α
อุปนิสัย	-				.95
ความรู้	.51**	-			.91
อารมณ์ขัน	.64**	.68**	-		.91
เทคนิคการสอน	.44**	.75**	.80**	-	.92

** p<.01

สรุป

เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการสร้างเครื่องมือวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์ ซึ่งแบ่งออกเป็นสองแนวทางคือ แนวทางแรก หลังจากผู้วิจัยศึกษา ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้วไม่สามารถระบุได้แน่ชัดว่า คุณลักษณะที่ต้องการวัดมีองค์ประกอบผู้วิจัยจะรวบรวมพฤติกรรม บ่งชี้คุณลักษณะนั้นให้ครบถ้วนแล้วใช้เทคนิคการวิเคราะห์ องค์ประกอบเชิงสำรวจ เพื่อจัดกลุ่มตัวแปรที่สัมพันธ์กันเป็น องค์ประกอบ จากนั้นตั้งชื่อองค์ประกอบให้สอดคล้องสัมพันธ์กับ พฤติกรรมบ่งชี้ที่มารวมกันเป็นองค์ประกอบนั้น ในกรณีที่คุณลักษณะที่ต้องการศึกษามีทฤษฎีชัดเจนว่าประกอบด้วย กี่องค์ประกอบ เมื่อผู้วิจัยสร้างเครื่องมือเพื่อวัดคุณลักษณะนั้น ผู้วิจัยจะเริ่มด้วยการนิยามตัวบ่งชี้องค์ประกอบต่างๆ แล้วพัฒนา เป็นโมเดลการวัด ของคุณลักษณะนั้นๆ แล้วเก็บข้อมูล วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเพื่อสนับสนุนว่าเครื่องมือที่สร้างขึ้นวัดคุณลักษณะนั้นๆ ได้จริง งานวิจัยจำนวนมากใช้เทคนิค การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจเพื่อค้นหาจำนวนองค์ประกอบของ คุณลักษณะนั้น แล้วใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน เพื่อตรวจสอบว่าองค์ประกอบที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบ เชิงสำรวจ มีความตรงข้ามกลุ่มโดยใช้กลุ่มตัวอย่างอีกกลุ่มหนึ่ง

เอกสารอ้างอิง

- นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542 โมเดลลิสเรล: สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุภมาส อังศุโชติ และคณะ. 2557. สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์: เทคนิคการใช้โปรแกรม LISREL. พิมพ์ครั้งที่ 4 (ฉบับปรับปรุง) กรุงเทพฯ: เจริญดีมีนคังการพิมพ์.
- Bollen, K. A. 1989. *Structural Equations with Latent Variables*. New York: Wiley.
- Diamantopoulos, A. & Siguaw, A.D. 2000. *Introducing LISREL: A guide for the uninitiated*. Sage Publications, London.
- Hair, J. F. & others. 2010. *Multivariate Data Analysis*. 7th ed. New Jersey: Pearson Prentice-Hall.
- Huang, Y.-C., & Lin, S.-H. 2014. Assessment of Charisma as a Factor in Effective Teaching. *Educational Technology & Society*, 17 (2), 284-295.

- Kaplan, D. 2000. *Structural Equation model: foundation and extensions*. Sage Publications, Thousand Oake.
- Kline, P. 1986. *A Handbook of Test Construction: Introduction to Psychometric Design*. Volume 931 of University paperbacks. New York: Methuen.
- Nunnally, J. C. 1978. *Psychometric theory*. (2nd ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
- Pett, M. A., Lackey, N. R., & Sullivan, J. J. 2003. *Making sense of factor analysis: The use of factor analysis for instrument development in health care research*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Rosen, B. L. 2013. Understanding statistics in health science: Exploratory factor analysis extraction methods. *The Health Education Monograph Series*. Volume 30, Number 2. (In Press)
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. 2007. *Using multivariate statistics*. Boston, MA: Pearson.



>> รองศาสตราจารย์ ดร.สุภมาส อังศุโชติ

จบการศึกษา ครุศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 1) สาขาวิชาการสอนคณิตศาสตร์ ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา และครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง อาจารย์ประจำสำนักทะเบียนและวัดผล มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช สาขาที่เชี่ยวชาญ ได้แก่ สถิติ วิจัย วัดและประเมินผลการศึกษา