การพิจารณาจำนวนองค์ประกอบที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ตัวประกอบด้วยวิธีการ Parallel Analysis

Determining the Optimal Component Numbers in Factor Analysis by Parallel Analysis Method

อาฟีฟี ลาเต๊ะ
อาจารย์ประจำภาควิชาประเมินผลและวิจัยทางการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
E-mail: afifi-l@bunga.pn.psu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เสนอวิธีการพิจารณาจำนวนองค์ประกอบที่เหมาะสมจากวิธีการ Parallel Analysis (PA) โดยใช้โปรแกรม SPSS ซึ่งได้นำข้อมูลจากงานวิจัยทางการศึกษาทั้งหมด 4 เรื่องมาวิเคราะห์ ผลที่ได้พบว่า วิธี PA ให้จำนวนองค์ประกอบจากงานวิจัยของชบา ไกรนรา (2549) ศิริญญา ศรีประมวล (2549) กำพล ธนะนิมิต (2550) และอัสมะ หะยีมอหะมะสอและ (2550) ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 เท่ากับ 1 11 8 และ 1 องค์ประกอบ ตามลำดับ ในขณะที่งานวิจัยดังกล่าวได้ใช้กฎของ Kaiser หรือใช้เกณฑ์ของผู้วิจัยเองให้ผลของจำนวนองค์ประกอบเท่ากับ 3 10 8 และ 2 องค์ประกอบ ตามลำดับ

คำสำคัญ: จำนวนองค์ประกอบ การวิเคราะห์ตัวประกอบ Parallel Analysis

Abstract

The purpose of this research was to determine the optimal component numbers from the Parallel Analysis (PA) method using 4 educational research data by SPSS program. The results, by PA method, providing component numbers at .05 statistically significant level from the research of Chaba Krainara (2006), Sirinya Sripramual (2006), Kampol Tananimit (2007) and Asmaa Hayimohamasoleh (2007), were 1, 11, 8 and 1 components

respectively. When they used Kaiser's rule or their own criterion, the results of the component numbers were 3, 10, 8 and 2 components respectively.

Keywords: Component Number, Factor Analysis, Parallel Analysis

บทนำ

งานวิจัยที่มีการศึกษาเกี่ยวกับตัวแปรหลายๆ ตัวแปรซึ่งต้องการค้นหาลักษณะของตัวแปรหลายๆ ตัวนั้นว่ามีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันหรือไม่ และมีผลต่อปัญหาที่ต้องการศึกษาอย่างไร รวมทั้งต้องการลดจำนวนข้อมูลให้น้อยลงโดยสูญเสียสารสนเทศที่มีอยู่ในข้อมูลน้อยที่สุด เช่น งานวิจัยทางการศึกษาซึ่งประกอบด้วยตัวแปรหรือข้อคำถามเป็นจำนวนมาก ผู้วิจัยต้องการศึกษาว่าตัวแปรดังกล่าวมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร และหากสามารถลดจำนวนข้อมูลลงได้ จะทำให้สามารถอธิบายลักษณะของข้อมูลเหล่านั้นได้ง่ายขึ้น วิธีการทางสถิติที่นิยมใช้ คือ การวิเคราะห์ตัวประกอบ (Factor Analysis) และการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis) ซึ่งเป็นวิธีการทางสถิติของตัวแปรพหุที่อธิบายความสัมพันธ์ของความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรหลายๆ ตัวด้วยตัวประกอบหรือปัจจัย (Factor) หรือองค์ประกอบ (Component) เพียง 2–3 องค์ประกอบ ซึ่งเป็นปริมาณสุ่ม (Random Quantities) ที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง โดยองค์ประกอบที่ได้จะสามารถอธิบายลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรดังกล่าว รวมทั้งอาจรวมลักษณะเฉพาะกลุ่มของตัวแปรได้ด้วย อาจกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ เป็นวิธีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหลายๆ ตัว ที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน เพื่อนำไปสู่การจัดกลุ่มตัวแปรให้เป็นองค์ประกอบเพียงไม่กี่องค์ประกอบ โดยที่ตัวแปรในแต่ละองค์ประกอบจะมีความสัมพันธ์กับตัวแปรในองค์ประกอบนั้นๆ มากกว่าตัวแปรในองค์ประกอบอื่น รวมทั้งเพื่อช่วยตีความหมายของกลุ่มตัวแปรที่รวมอยู่ในองค์ประกอบเดียวกันตามความหมายของตัวแปรที่มีความสัมพันธ์สูงกับองค์ประกอบนั้น โดยทั้ง 2 วิธีการมีจุดมุ่งหมายที่คล้ายกัน แตกต่างกันที่การวิเคราะห์ตัวประกอบมีพื้นฐานของตัวแบบเชิงสถิติเพื่อใช้ในการประมาณค่าน้ำหนักขององค์ประกอบ (Factor Loading) และค่าความแปรปรวนเฉพาะ (Specific Variance) ที่ต้องอาศัยวิธีการประมาณด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Method) หรือวิธีองค์ประกอบหลัก (Principal Component Method) ในขณะที่การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักไม่มีตัวแบบเชิงสถิติเข้ามาเกี่ยวข้อง เพียงแต่เป็นการสร้างเซตของตัวแปรใหม่ (องค์ประกอบ) ให้อยู่ในรูปผลรวมเชิงเส้น (Linear Combination) ของตัวแปรเดิม เพื่อตีความลักษณะของกลุ่มตัวแปรได้ง่ายขึ้น

อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่สำคัญประการหนึ่งในการวิเคราะห์ตัวประกอบ หรือการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก คือ การพิจารณาถึงจำนวนองค์ประกอบว่าควรจะประกอบไปด้วยกี่องค์ประกอบ และจะใช้เกณฑ์ใดในการพิจารณาถึงจำนวนองค์ประกอบที่เหมาะสม หากมีการตัดองค์ประกอบบางองค์ประกอบไป หรือองค์ประกอบที่ใช้ในการสรุปมากเกินจำเป็นจะทำให้ผลสรุปที่ได้ไม่สามารถอธิบายลักษณะตัวแปรจากงานวิจัยที่ศึกษาได้อย่างชัดเจน

และถูกต้อง โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาถึงจำนวนองค์ประกอบที่เหมาะสมมีหลายเกณฑ์ เช่น

1. กฎของ Kaiser (Kaiser's Eigenvalue Greater than 1.0 Rule)

เป็นกฎที่เสนอโดย Kaiser (1960) ซึ่งพิจารณาจำนวนองค์ประกอบจากค่าไอเกนที่มีค่ามากกว่า 1 กล่าวคือ หากองค์ประกอบใดมีค่าไอเกนน้อยกว่า 1 แล้วแสดงว่าองค์ประกอบนั้นไม่ควรนำไปอธิบายตัวแปรทั้งหมดที่ศึกษา

2. การทดสอบโดย Cattell's Scree Test

เป็นแผนภาพที่เสนอโดย Cattell (1966) ซึ่งพิจารณาจำนวนองค์ประกอบที่เหมาะสมจากแผนภาพ Scree Plot กล่าวคือ แผนภาพจะพลอตกราฟเส้นระหว่างค่าไอเกนแต่ละค่า (แกน y) กับลำดับขององค์ประกอบที่สัมพันธ์กับค่าไอเกนดังกล่าว (แกน x) โดยเรียงจากค่าไอเกนที่มากที่สุดถึงค่าไอเกนที่น้อยที่สุด แนวคิดของ Scree Plot คือ ค่าไอเกนในตำแหน่งท้ายๆ จะมีค่าน้อยมากซึ่งสามารถพิจารณาจากจุดที่มีลักษณะที่เรียกว่า ข้อศอก (elbow) ซึ่งจากจุดนั้นค่าไอเกนจะค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ (ความชันเริ่มน้อยลง) ซึ่งองค์ประกอบที่สัมพันธ์กับค่าไอเกนเหล่านั้นจะให้ค่าความแปรปรวนที่เพิ่มขึ้นน้อยมากจึงสามารถละทิ้งได้

3. การทดสอบโดย Bartlett's Chi-square Test

เป็นวิธีการที่เสนอโดย Bartlett (1950) ซึ่งมีการทดสอบสมมติฐานโดยใช้ตัวสถิติทดสอบแบบไคว์สแควร์เพื่อทดสอบการเท่ากันของกลุ่มค่าไอเกนโดยมีการแบ่งกลุ่มค่าไอเกนอย่างคร่าวๆ ระหว่างค่าไอเกนที่มีขนาดใหญ่ และค่าไอเกนที่มีขนาดเล็ก และทดสอบสมมติฐานการเท่ากันของกลุ่มค่าไอเกนที่มีขนาดเล็ก หากไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานดังกล่าวได้ แสดงว่ากลุ่มองค์ประกอบที่สัมพันธ์กับกลุ่มค่าไอเกนที่มีขนาดใหญ่ควรนำไปใช้ในการสรุปและแปลผลต่อไป ในขณะที่กลุ่มองค์ประกอบที่สัมพันธ์กับกลุ่มไอเกนที่มีขนาดเล็กก็จะสามารถละทิ้งองค์ประกอบนั้นไปได้

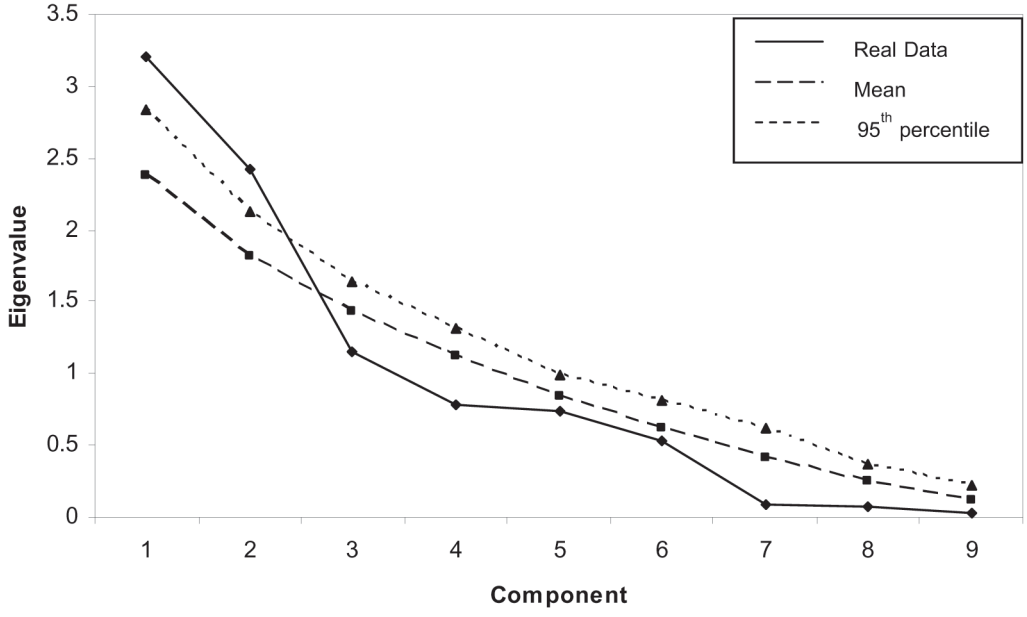
4. วิธี Velicer's Minimum Average Partial (MAP)

เป็นวิธีการที่เสนอโดย Velicer (1976) ซึ่งมีการประยุกต์หลักการของการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักกับการวิเคราะห์ลำดับที่ของเมทริกซ์สหสัมพันธ์บางส่วน นั่นคือ เป็นการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์บางส่วนระหว่าง 2 ตัวแปรในทุกคู่ของตัวแปรที่เป็นไปได้ในองค์ประกอบที่พิจารณา ซึ่งจะคงองค์ประกอบดังกล่าวไว้เมื่อค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างน้อย 2 ค่าในองค์ประกอบมีสหสัมพันธ์กันสูง ด้วยวิธีการนี้เป็นการพยายามหาองค์ประกอบหลักที่ดีที่สุดมากกว่าการหาจุดตัดเพื่อตัดองค์ประกอบที่ให้ผลของความแปรปรวนต่ำ

5. วิธี Horn's Parallel Analysis (PA)

เป็นวิธีการที่เสนอโดย Horn (1965) ซึ่งมีการจำลองข้อมูลจากการแจกแจงแบบปกติที่มีลักษณะเดียวกับข้อมูลจริง เพื่อให้ได้ค่าไอเกนในแต่ละครั้งของการจำลองแบบ จากนั้นหาค่าเฉลี่ยของค่าไอเกนและหาค่าไอเกนตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่ 95 เพื่อเปรียบเทียบกับค่าไอเกนจากข้อมูลจริง นั่นคือ หากค่าไอเกนจากข้อมูลจริงมีค่ามากกว่าทั้งค่าเฉลี่ยของค่าไอเกน และค่าไอเกนตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่ 95

แสดงว่าองค์ประกอบนั้นเหมาะสมที่จะใช้ในการอธิบายตัวแปรที่ศึกษา ดังตัวอย่างจากรูปที่ 1 ซึ่งเป็นการพลอตกราฟเส้นระหว่างค่าไอเกน และลำดับขององค์ประกอบที่สัมพันธ์กับค่าไอเกน โดยจะเห็นได้ว่ามีเพียง 2 ค่าแรกของค่าไอเกนจากข้อมูลจริง (Real Data) ที่อยู่เหนือเส้นประยาว และเส้นประซึ่งเป็นกราฟเส้นของค่าเฉลี่ยของค่าไอเกน (Mean) และกราฟเส้นของค่าไอเกนตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่ 95 (95th Percentile) ตามลำดับ จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้ควรประกอบไปด้วย 2 องค์ประกอบที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่ง Glorfeld (1995) ได้เสนอว่าเพียงแค่ใช้ค่าไอเกนตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่ 95 ก็เพียงพอต่อการพิจารณาว่ามีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



รูปที่ 1 กราฟเส้นค่าไอเกนจากข้อมูลจริง ค่าเฉลี่ยของค่าไอเกน และค่าไอเกนตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่ 95

งานวิจัยที่มีการศึกษาถึงเกณฑ์ต่างๆ ที่ใช้ในบทความการวิจัย เช่น งานวิจัยของ Ford, MacCallum, and Tait (1986) ซึ่งได้สำรวจเกณฑ์ที่ใช้ในงานวิจัยเพื่อพิจารณาถึงจำนวนองค์ประกอบที่เหมาะสมจำนวน 152 บทความในช่วง ค.ศ. 1975-1984 พบว่า 21.7% ใช้เกณฑ์จากกฎของ Kaiser 11.2% ใช้การทดสอบโดย Cattell's Scree Test และ 13.8% ใช้หลายๆ เกณฑ์ร่วมกัน ในขณะที่มีจำนวนงานวิจัย 30.9% ที่ไม่มีเกณฑ์ใดๆ ในการพิจารณาจำนวนองค์ประกอบที่เหมาะสม ส่วน Fabrigar, et al. (1999) ได้สำรวจบทความจำนวน 217 บทความในช่วง ค.ศ. 1991-1995 พบว่าให้ผลที่คล้ายกับ Ford, MacCallum, and Tait (1986) แต่การใช้เกณฑ์จากกฎของ Kaiser เริ่มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้การทดสอบโดย Cattell's Scree Test นั่นคือ 19.0% ใช้เกณฑ์จากกฎของ

Kaiser และ 15.5% ใช้การทดสอบโดย Cattell's Scree Test ในขณะที่ยังพบว่า 20.7% ใช้หลายๆ เกณฑ์ร่วมกัน และมีจำนวนงานวิจัย 37.9% ที่ไม่มีเกณฑ์ใดๆ ในการพิจารณาจำนวนองค์ประกอบที่เหมาะสม

Conway and Huffcutt (2003) ได้สำรวจบทความจำนวน 371 บทความในช่วง ค.ศ. 1985-1999 ซึ่งเป็นบทความจากแหล่งข้อมูลที่แตกต่างจากงานวิจัยของ Ford, MacCallum, and Tait (1986) และ Fabrigar, et al. (1999) พบว่า 15.4% ใช้เกณฑ์จากกฎของ Kaiser 5.9% ใช้การทดสอบโดย Cattell's Scree Test และ 21.6% ใช้หลายๆ เกณฑ์ร่วมกัน ในขณะที่มีจำนวนงานวิจัย 37.7% ที่ไม่มีเกณฑ์ใดๆ ในการพิจารณาจำนวนองค์ประกอบที่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม พบว่ามีงานวิจัย 2.7% (10 บทความ) ที่พิจารณาจากค่าไอเกนที่มีขนาดใหญ่โดยไม่มีเกณฑ์ใดๆ ตัดสิน 1.9% (7 บทความ) ที่พิจารณาจากสัดส่วนสะสมของความแปรปรวน 1.1% (4 บทความ) ได้ใช้วิธี PA และ .5% (2 บทความ) ใช้การทดสอบโดย Bartlett's Chi-square Test ในการพิจารณาจำนวนองค์ประกอบที่เหมาะสม

เมื่อพิจารณาถึงข้อมูลจำลองแบบเพื่อตัดสินว่าเกณฑ์ใดเป็นเกณฑ์ที่เหมาะสมในการพิจารณาถึงจำนวนองค์ประกอบ ดังเช่น งานวิจัยของ Humphreys and Montanelli (1975) ได้ประเมินความถูกต้องของเกณฑ์ในการพิจารณาจำนวนองค์ประกอบโดยเปรียบเทียบระหว่างวิธี MAP และวิธี PA โดยจำลองข้อมูลจากเมทริกซ์สหสัมพันธ์ที่มีจำนวนตัวแปรเท่ากับ 20 และ 40 ตัว ค่าสังเกตขนาด 100 และ 500 ค่า เพื่อพิจารณาจำนวนองค์ประกอบ 3 และ 7 องค์ประกอบ ได้ทำซ้ำ 40 และ 50 ซ้ำในแต่ละเงื่อนไข ผลการศึกษาพบว่า วิธี MAP ให้ผลของจำนวนองค์ประกอบที่มากเกินจำเป็นและยิ่งให้ผลที่แย่ลงอีกเมื่อขนาดของกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้น ในขณะที่วิธี PA ให้ผลของจำนวนองค์ประกอบได้ถูกต้องเกือบทุกกรณีที่ศึกษา

Zwick and Velicer (1986) ได้ประเมินความถูกต้องของเกณฑ์ในการพิจารณาจำนวนองค์ประกอบโดยเปรียบเทียบเกณฑ์ทั้งหมด 5 เกณฑ์ คือ กฎของ Kaiser การทดสอบโดย Cattell's Scree Test การทดสอบโดย Bartlett's Chi-square Test วิธี MAP และวิธี PA โดยจำลองข้อมูลจากเมทริกซ์สหสัมพันธ์ที่มีจำนวนตัวแปรเท่ากับ 36 และ 72 ตัว ค่าสังเกตขนาด (72, 144) และ (180, 360) ค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ .5 และ .8 รวมทั้งสัดส่วนจำนวนตัวแปรและจำนวนองค์ประกอบหลักเท่ากับ 6 และ 12 ได้ประเมินความถูกต้องจากค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างจำนวนองค์ประกอบหลักที่ได้จากการใช้เกณฑ์นั้นๆ กับจำนวนองค์ประกอบหลักที่ได้จากผลที่ศึกษาทั้งหมดโดยอ้างอิงจากค่าไอเกนที่มีค่ามากกว่า 1 และมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมากกว่า .3 ผลการศึกษาเปรียบเทียบพบว่า วิธี PA ให้ผลของความถูกต้องได้ดีที่สุด คิดเป็นร้อยละ 92 รองลงมา คือ วิธี MAP ให้ผลของความถูกต้องร้อยละ 84 การทดสอบโดย Cattell's Scree Test ให้ผลของความถูกต้องร้อยละ 57 ในขณะที่การทดสอบโดย Bartlett's Chi-square Test ให้ผลของความถูกต้องเพียงร้อยละ 30 ส่วนกฎของ Kaiser ให้ผลของความถูกต้องเพียงร้อยละ 22 และยังพบว่าให้จำนวนองค์ประกอบที่มากเกินความจำเป็น

Silverstein (1987) ได้ประเมินความถูกต้องของเกณฑ์ในการพิจารณาจำนวนองค์ประกอบโดย

เปรียบเทียบกฎของ Kaiser กับวิธี PA โดยจำลองข้อมูล 24 เซตข้อมูลที่มีการแจกแจง จำนวนค่าสังเกต และจำนวนตัวแปรต่างกัน โดยประเมินความถูกต้องจากค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างจำนวนองค์ประกอบหลักที่ได้จากการใช้กฎ Kaiser หรือวิธี PA กับจำนวนองค์ประกอบหลักที่ได้จากผลที่ศึกษาทั้งหมดโดยอ้างอิงจากค่าไอเกนที่มีค่ามากกว่า 1 และร้อยละสะสมของความแปรปรวนที่อธิบายได้ตั้งแต่ 70% ขึ้นไป ผลการศึกษาพบว่าวิธี PA ให้ผลของความถูกต้องได้ดีกว่ากฎของ Kaiser

Zwick and Velicer (1986) ยังพบว่ากฎของ Kaiser จะให้ผลของความถูกต้องเมื่อจำนวนองค์-ประกอบหลักต่อจำนวนตัวแปรที่ศึกษาอยู่ในอัตราส่วน 1 : 3 หรือ 1 : 5 หรือ 1: 6 และ Fabrigar, et al. (1999) พบว่าหากค่าไอเกนที่ได้มีค่าใกล้เคียง 1 มากๆ เช่น 1.01 หรือ .99 ย่อมเกิดปัญหาในการตัดสินใจต่อผู้วิจัยได้ สำหรับการทดสอบโดย Cattell's Scree Test นั้นหากค่าความชันระหว่าง 2 จุด มีอยู่หลายช่วงในแผนภาพ (ดังเช่นรูปที่ 1 ซึ่งอาจจะต้องเลือกระหว่าง 4 หรือ 7 องค์ประกอบ) จะเป็นการยากในการตัดสินใจว่าควรจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบแต่หากเปรียบเทียบระหว่างวิธีการนี้กับกฎของ Kaiser จะพบว่าวิธีการนี้ให้ผลของความถูกต้องมากกว่า และไม่มีข้อกำหนดในเรื่องจำนวนตัวแปรที่ศึกษาอีกด้วย

เมื่อพิจารณาจากงานวิจัยข้างต้นพบว่า งานวิจัยหลายๆ งานวิจัยยังใช้เกณฑ์ที่ไม่เหมาะสมในการพิจารณาถึงจำนวนองค์ประกอบที่เหมาะสม เช่น ใช้กฎของ Kaiser หรือทดสอบโดย Cattell's Scree Test โดยทราบอยู่แล้วว่าให้ผลของจำนวนองค์ประกอบที่ไม่เหมาะสมนัก แต่หากจะใช้วิธีที่ให้ผลที่ดี เช่น วิธี PA นั้น ยังไม่มีโปรแกรมสำเร็จรูปที่รองรับวิธีการดังกล่าวได้ อย่างไรก็ตาม มีความพยายามจากนักวิจัยหลายท่านที่นำเสนอตารางสำเร็จรูปเพื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของค่าไอเกน หรือค่าไอเกนตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ต่างๆ โดยนำมาเปรียบเทียบกับค่าไอเกนของข้อมูลจริง เช่น Lautenschlager (1989) ได้สร้างตารางค่าไอเกนระหว่างจำนวนค่าสังเกต และจำนวนตัวแปร ประกอบด้วยจำนวนค่าสังเกตตั้งแต่ 50 75 100 150 200 300 400 500 750 1000 1500 และ 2000 จำนวนตัวแปรตั้งแต่ 5 10 15 20 25 30 35 40 45 และ 50 และตารางค่าไอเกนที่ประกอบด้วยจำนวนค่าสังเกตตั้งแต่ 100 150 200 300 400 500 750 1000 1500 และ 2000 จำนวนตัวแปรตั้งแต่ 60 70 และ 80 โดยได้คำนวณเฉพาะค่าเฉลี่ยของค่าไอเกนเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับค่าไอเกนของข้อมูลจริง ส่วน Buja and Eybogla (1992) สร้างตารางค่าไอเกนที่ประกอบไปด้วยจำนวนค่าสังเกตตั้งแต่ 20 30 และ 40 และจำนวนตัวแปรตั้งแต่ 5 7 10 15 และ 20 ตารางค่าไอเกนที่ประกอบด้วยจำนวนค่าสังเกต 50 จำนวนตัวแปรตั้งแต่ 5 7 10 15 20 และ 30 รวมทั้งตารางค่าไอเกนที่ประกอบด้วยจำนวนค่าสังเกตตั้งแต่ 75 100 และ 200 จำนวนตัวแปรตั้งแต่ 5 7 10 15 20 30 40 และ 50 โดยได้คำนวณค่ามัธยฐานของค่าไอเกน ค่าไอเกนตำแหน่ง Quantiles ที่ 90 95 และ 99 ในขณะที่ Cota, et al. (1993) สร้างตารางค่าไอเกนที่ประกอบไปด้วยจำนวนค่าสังเกตตั้งแต่ 5 10 15 20 25 35 และ 50 และจำนวนตัวแปรตั้งแต่ 50 75 100 125 150 175 200 300 400 และ 500 โดยได้คำนวณเฉพาะค่าไอเกนตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์

ที่ 95 เป็นต้น และยังมีนักวิจัยหลายๆ ท่านได้เสนอการคำนวณด้วยโปรแกรมต่างๆ เช่น โปรแกรม SPSS (Hayton, Allen, and Scarpello, 2004; O'Conner, 2000) โปรแกรม SAS (O'Conner, 2000) หรือ โปรแกรม FORTRAN (Kaufman and Dunlap, 2000; Longman, et al, 1989)

วิธี PA โดยใช้โปรแกรม SPSS

เนื่องจากการใช้ตารางระหว่างจำนวนค่าสังเกตกับจำนวนตัวแปรไม่ครอบคลุมทุกค่าที่ต้องการศึกษา งานวิจัยนี้จึงจำลองข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชั่น 15.0 (รุ่นทดลอง) เพื่อหาค่าไอเกนตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 95 และ 99 และนำไปเปรียบเทียบกับค่าไอเกนจากข้อมูลจริงของงานวิจัยทางการศึกษาทั้งหมด 4 เรื่อง ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวมีข้อมูลเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) จำนวน 5 ระดับ อย่างไรก็ตาม โปรแกรม SPSS ไม่มีคำสั่งให้เลือกวิธี PA โดยตรง จึงต้องเขียน Syntax Command เพื่อจำลองข้อมูลและคำนวณค่าไอเกนดังรูปที่ 2

ขั้น 1 จำลองข้อมูล

กำหนดจำนวนค่าสังเกต และจำนวนตัวแปรที่สอดคล้องกับข้อมูลจริงเพื่อจำลองข้อมูล

⇩

ขั้น 2 คำนวณค่าไอเกน

ให้โปรแกรม SPSS คำนวณค่าไอเกนจากเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของข้อมูลจำลองแบบ

⇩

ขั้น 3 กระบวนการทำซ้ำ

ทำซ้ำขั้น 1 และขั้น 2 จำนวน 50 ซ้ำ

⇩

ขั้น 4 คำนวณตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ของค่าไอเกน

คำนวณค่าไอเกนตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 95 และ 99 จากข้อมูลที่ได้ในขั้น 3

Syntax Command เพื่อจำลองข้อมูลและคำนวณค่าไอเกน (ขั้น 1 และขั้น 2) ด้วยโปรแกรม SPSS (ดัดแปลงจาก Hayton, Allen, and Scarpello, 2004)

```
1)      INPUT PROGRAM.
        LOOP LOOP#1=1 TO 100.
        DO REPEAT V=V1 TO V9.
        COMPUTE V=RND(NORMAL(5/6)+3).
5)      IF (V LT 1)V =1.
        IF (V GT 5)V=5.
        END REPEAT.
        END CASE.
        END LOOP#1.
10)     END FILE.
        END INPUT PROGRAM.
        FACTOR
         /VARIABLES v1 v2 v3 v4 v5 v6 v7 v8 v9
                  /MISSING LISTWISE
15)     /ANALYSIS v1 v2 v3 v4 v5 v6 v7 v8 v9
        /PRINT INITIAL EXTRACTION
        /CRITERIA MINEIGEN(0) ITERATE(25)
        /EXTRACTION PC
        /ROTATION NOROTATE
```

รูปที่ 2 ขั้นตอนวิธี และ Syntax Command เพื่อจำลองข้อมูลและคำนวณค่าไอเกนด้วยโปรแกรม SPSS

ในขั้น 1 เป็นการกำหนดจำนวนค่าสังเกต (n) และจำนวนตัวแปร (v) ที่สอดคล้องกับข้อมูลจริง เพื่อจำลองข้อมูล โดยบรรทัดที่ 2-3 จาก Syntax Command เป็นการกำหนดจำนวนค่าสังเกตทั้งหมด 100 ค่า (1 ถึง 100) และจำนวนตัวแปร 9 ตัว (v1 ถึง v9) บรรทัดที่ 4 เป็นการจำลองข้อมูลให้สอดคล้องกับข้อมูลจริงที่มีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งหากงานวิจัยที่นำมาศึกษาเป็นมาตราส่วนประมาณค่าจำนวน 7 ระดับ สามารถแทนค่าสูงสุด และค่ากลางของข้อมูล จาก 5 และ 3 เป็น 7 และ 4 ได้ตามลำดับ ส่วนบรรทัดที่ 5 และ 6 เป็นค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของข้อมูลที่ใช้ในการจำลอง ขั้น 2 เป็นขั้นตอนการคำนวณค่าไอเกนจากเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของข้อมูลจำลองแบบ (บรรทัดที่ 12-20 จาก Syntax Command) ซึ่งในขั้นตอนนี้ได้กำหนดเกณฑ์ค่าเริ่มต้นของค่าไอเกนเท่ากับ 0 และทำซ้ำ 25 ซ้ำ เพื่อให้ได้ค่าไอเกนในแต่ละตัวแปรที่ได้จำลองโดยมีการสกัดองค์ประกอบด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก และไม่มีการหมุนแกนขององค์ประกอบ ขั้น 3 เป็นกระบวนการทำซ้ำขั้น 1 และขั้น 2 ตามจำนวนซ้ำที่ต้องการ ส่วนขั้น 4 เป็นการคำนวณค่าไอเกนในตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ต่างๆ ของข้อมูลจากขั้น 3

วิธีดำเนินการวิจัย

1. จำลองข้อมูลเพื่อคำนวณค่าไอเกนตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 95 และ 99 จากวิธี PA ในแต่ละลักษณะข้อมูลที่อ้างอิงจากงานวิจัยที่นำมาศึกษา

2. นำค่าไอเกนที่ได้จากข้อ 1 เปรียบเทียบกับค่าไอเกนจากข้อมูลจริงจากงานวิจัยที่นำมาศึกษา

3. วิเคราะห์และสรุปผล

ผลการวิจัย

งานวิจัยของชบา ไกรนรา (2549) ได้วิเคราะห์ตัวประกอบกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 500 คน โดยพิจารณาตัวแปร 13 ตัวแปร และพิจารณาจำนวนองค์ประกอบจากค่าไอเกนที่มีค่ามากกว่า 1 (กฎของ Kaiser) ผลจากข้อมูลจริงพบว่าประกอบไปด้วย 3 องค์ประกอบ แต่หากพิจารณาจากค่าไอเกนด้วยวิธี PA พบว่ามีเพียง 2 องค์ประกอบแรกเท่านั้นที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .10 เนื่องจากค่าไอเกนจากข้อมูลจริงที่มีค่ามากกว่าค่าไอเกนตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 มีเพียง 2 องค์ประกอบแรก และหากพิจารณา ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 และ .01 พบว่า มีเพียงองค์ประกอบแรกองค์ประกอบเดียวที่สามารถอธิบายผลลัพธ์จากการศึกษาได้ (เห็นได้จากส่วนแรเงาในตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ค่าไอเกนจากข้อมูลจริง และค่าไอเกนตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ต่างๆ จากข้อมูลของชบา ไกรนรา (2549)

Eigenvalue	Real Data	90th percentile	95th percentile	99th percentile
1	3.122	1.335	1.371	1.380
2	1.239	1.234	1.247	1.260
3	1.038	1.177	1.186	1.195
4	0.997	1.137	1.142	1.150
5	0.916	1.096	1.098	1.122
6	0.895	1.033	1.061	1.077
7	0.804	1.015	1.019	1.025
8	0.748	0.974	0.981	0.986
9	0.722	0.939	0.941	0.946
10	0.684	0.903	0.905	0.915
11	0.668	0.867	0.873	0.880
12	0.638	0.836	0.838	0.840
13	0.528	0.784	0.794	0.809

งานวิจัยของศิริญญา ศรีประมวล (2549) ได้วิเคราะห์ตัวประกอบกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 700 คน โดยพิจารณาตัวแปร 106 ตัวแปร จากตารางที่ 2 แสดงเฉพาะค่าไอเกนที่มีค่ามากกว่า 1 โดยได้เลือกเพียง 10 องค์ประกอบจาก 15 องค์ประกอบเพื่อสรุปและตีความ แต่หากพิจารณาจากค่าไอเกนด้วยวิธีการ PA พบว่าควรจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 11 องค์ประกอบซึ่งจะทำให้ผลสรุปที่ได้มีนัยสำคัญทางสถิติในทุกระดับที่ศึกษา เนื่องจากค่าไอเกนจากข้อมูลจริงในองค์ประกอบที่ 11 ยังมีค่ามากกว่าทุกค่าไอเกนในตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ต่างๆ ที่ศึกษา (เห็นได้จากส่วนแรเงาในตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าไอเกนจากข้อมูลจริง และค่าไอเกนตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ต่างๆ จากข้อมูลของศิริญญา ศรีประมวล (2549)

Eigenvalue	Real Data	90th percentile	95th percentile	99th percentile
1	10.739	1.923	1.928	1.964
2	9.704	1.875	1.885	1.903
3	9.176	1.870	1.875	1.903
4	8.462	1.870	1.875	1.903
5	5.013	1.870	1.875	1.903
6	4.681	1.870	1.875	1.903
7	4.417	1.870	1.875	1.903
8	3.686	1.870	1.875	1.903
9	3.221	1.870	1.875	1.903
10	3.162	1.870	1.875	1.903
11	2.321	1.870	1.875	1.903
12	1.684	1.870	1.875	1.903
13	1.214	1.870	1.875	1.903
14	1.202	1.870	1.875	1.903
15	1.112	1.870	1.875	1.903

งานวิจัยของกำพล ธนะนิมิต (2550) ได้วิเคราะห์ตัวประกอบกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 314 คน โดยพิจารณาตัวแปร 90 ตัวแปร ซึ่งจากตารางที่ 3 แสดงเฉพาะค่าไอเกนที่มีค่ามากกว่า 1 โดยได้เลือกเพียง 8 องค์ประกอบจาก 14 องค์ประกอบเพื่อสรุปและตีความ เมื่อพิจารณาจากตารางพบว่าผลสรุปที่ได้สอดคล้องกับผลจากวิธี PA อย่างไรก็ตาม หากงานวิจัยนี้มีเกณฑ์ที่ชัดเจนก็จะสามารถสรุปผลได้อย่างถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น (เห็นได้จากส่วนแรเงาในตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ค่าไอเกนจากข้อมูลจริง และค่าไอเกนตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ต่างๆ จากข้อมูลของกำพล ธนะนิมิต (2550)

Eigenvalue	Real Data	90th percentile	95th percentile	99th percentile
1	12.465	2.328	2.339	2.370
2	8.825	2.228	2.249	2.277
3	7.260	2.148	2.162	2.179
4	6.875	2.077	2.095	2.105
5	4.996	2.023	2.028	2.035
6	4.178	1.986	1.995	2.001
7	4.130	1.947	1.954	1.976
8	2.442	1.897	1.910	1.925
9	1.757	1.848	1.850	1.866
10	1.689	1.814	1.820	1.835
11	1.645	1.779	1.786	1.798
12	1.533	1.744	1.748	1.766
13	1.422	1.714	1.718	1.726
14	1.229	1.665	1.671	1.676

สำหรับงานวิจัยของอัสมะ หะยีมอหะมะสอและ (2550) ได้วิเคราะห์ตัวประกอบกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 500 คน โดยพิจารณาตัวแปร 7 ตัวแปร และพิจารณาจำนวนองค์ประกอบจากค่าไอเกนที่มีค่ามากกว่า 1 (กฎของ Kaiser) ผลจากข้อมูลจริงพบว่าประกอบไปด้วย 2 องค์ประกอบ แต่หากพิจารณาจากค่าไอเกนด้วยวิธี PA พบว่ามีเพียงองค์ประกอบแรกองค์ประกอบเดียวเท่านั้นที่มีนัยสำคัญทางสถิติในทุกระดับที่ศึกษา (เห็นได้จากส่วนแรเงาในตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ค่าไอเกนจากข้อมูลจริง และค่าไอเกนตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ต่างๆ จากข้อมูลของอัสมะ หะยีมอหะมะสอและ (2550)

Eigenvalue	Real Data	90th percentile	95th percentile	99th percentile
1	2.525	1.223	1.236	1.260
2	1.110	1.119	1.126	1.141
3	0.831	1.066	1.079	1.094
4	0.764	1.020	1.025	1.032
5	0.694	0.977	0.980	0.980
6	0.587	0.930	0.936	0.943
7	0.507	0.876	0.881	0.891

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การพิจารณาจำนวนองค์ประกอบที่เหมาะสมจากวิธี PA โดยนำข้อมูลจากงานวิจัยทางการศึกษามาพิจารณาถึงจำนวนองค์ประกอบที่เหมาะสม ผลการวิจัยพบว่า บางงานวิจัยให้ผลของจำนวนองค์ประกอบที่เหมาะสมแล้ว แต่ยังไม่มีเกณฑ์ในการพิจารณาจำนวนองค์ประกอบได้อย่างถูกต้องและชัดเจน ในขณะที่บางงานวิจัยยังใช้จำนวนองค์ประกอบที่น้อยหรือมากจนเกินไป จึงไม่สามารถอธิบายหรือสรุปผลได้อย่างถูกต้องนัก เห็นได้จากตารางที่ 5 ซึ่งเป็นตารางสรุปถึงจำนวนค่าสังเกต จำนวนตัวแปร จำนวนองค์ประกอบที่ได้จากเกณฑ์ที่ผู้วิจัยใช้ รวมทั้งจำนวนองค์ประกอบที่ได้จากวิธี PA ซึ่งหากงานวิจัยดังกล่าวใช้วิธี PA เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาจำนวนองค์ประกอบจะทำให้สามารถอธิบาย หรือสรุปผลที่ได้อย่างถูกต้อง และชัดเจน ณ ระดับนัยสำคัญต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้อีกด้วย

ตารางที่ 5 สรุปจำนวนค่าสังเกต จำนวนตัวแปร จำนวนองค์ประกอบที่ได้จากเกณฑ์ที่ผู้วิจัยใช้ และจากวิธี PA

ชื่อผู้วิจัย	จำนวนค่าสังเกต	จำนวนตัวแปร	จำนวนองค์ประกอบที่ได้จากเกณฑ์ที่ผู้วิจัยใช้	จำนวนองค์ประกอบที่ได้จากวิธี PA
ชบา ไกรนรา	500	13	3 องค์ประกอบ (กฎของ Kaiser)	2 องค์ประกอบที่ระดับ .10 และ 1 องค์ประกอบที่ระดับ .05 และ .01
ศิริญญา ศรีประมวล	700	106	10 องค์ประกอบ (เกณฑ์ของผู้วิจัย)	11 องค์ประกอบ ในทุกระดับที่ศึกษา
กำพล ธนะนิมิต	314	90	8 องค์ประกอบ (เกณฑ์ของผู้วิจัย)	8 องค์ประกอบ ในทุกระดับที่ศึกษา
อัสมะ หะยีมอหะมะสอและ	500	7	2 องค์ประกอบ (กฎของ Kaiser)	1 องค์ประกอบ ในทุกระดับที่ศึกษา

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้เป็นการนำงานวิจัยทางการศึกษาเพียงแค่ 4 เรื่อง และข้อมูลทุกเรื่องมีลักษณะข้อมูลเป็นมาตราส่วนประมาณค่าจึงอาจจะสรุปได้ไม่ดีนักว่าวิธี PA ให้ผลที่ดีกว่าวิธีอื่นๆ แต่จากการศึกษางานวิจัยในต่างประเทศหลายฉบับที่ได้ใช้การจำลองข้อมูล รวมทั้งนำข้อมูลจริงมาเปรียบเทียบ ผลที่ได้พบว่าวิธี PA ให้ผลที่ดีกว่าอย่างเห็นได้ชัด จึงน่าจะมีการนำข้อมูลจากหลายสาขาของงานวิจัยที่มีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก หรือการวิเคราะห์ตัวประกอบ ไม่ว่าจะเป็นทางธุรกิจ จิตวิทยา หรือชีววิทยา เพื่อพิจารณาจำนวนองค์ประกอบที่เหมาะสมด้วยวิธี PA เปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ หรือวิธีที่งานวิจัยเหล่านั้นได้เสนอไว้

งานวิจัยนี้จึงน่าจะเป็นจุดเริ่มต้นให้นักวิจัยในประเทศไทยได้ใช้วิธี PA มาเป็นเกณฑ์ตัดสินใจถึงจำนวนองค์ประกอบในการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก หรือการวิเคราะห์ตัวประกอบได้เป็นอย่างดี ซึ่งหากเป็นข้อมูลจริงที่ได้จากงานวิจัยสามารถใช้วิธี PA ในการพิจารณาจำนวนองค์ประกอบที่เหมาะสม

ได้จากโปรแกรม ViSta-PARAN ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สามารถดาวน์โหลดได้จาก http://mdp.edu.ar/psicologia/vista/ (Young, 2003b) และ http://forrest.psych.unc.edu/research/index.html (Young, 2003a) สำหรับการหาจำนวนองค์ประกอบที่เหมาะสมจากโปรแกรม ViSta-PARAN สามารถเลือกคำสั่ง PA เพื่อการคำนวณซึ่งสามารถป้อนให้โปรแกรมมีการทำซ้ำกี่ซ้ำก็ได้ หรือเลือกค่าไอเกนตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่ต้องการได้

อีกทางเลือกหนึ่งในการคำนวณค่าเฉลี่ยของค่าไอเกน และค่าไอเกนตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่ต้องการ เพียงแค่ป้อนจำนวนค่าสังเกต และจำนวนตัวแปร ในโปรแกรมการคำนวณ Web-Based Parallel Analysis จาก http://ires.ku.edu/~smishra/parallelengine.htm (Patil, et al., 2007) เพื่อคำนวณค่าเฉลี่ยของค่าไอเกน และค่าไอเกนตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่ต้องการและนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าไอเกนของข้อมูลจริงโดยสามารถเปลี่ยนจำนวนซ้ำจาก 100 ซ้ำและตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์จากตำแหน่งที่ 95 รวมทั้งสามารถกำหนดค่าเริ่มต้นในการจำลองเมทริกซ์สหสัมพันธ์ได้อีกด้วย

บรรณานุกรม

กำพล ธนะนิมิต. 2550. “การวิเคราะห์องค์ประกอบของประสิทธิภาพการสอนของครูวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนประถมศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาปัตตานี.” วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ชบา ไกรนรา. 2549. “การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.” วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ศิริญญา ศรีประมวล. 2549. “การวิเคราะห์องค์ประกอบของประสิทธิภาพการสอนของครูประถมศึกษา.” วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อัสมะ หะยีมอหะมะสอและ. 2550. “การวิเคราะห์องค์ประกอบความคิดวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น.” วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Bartlett, M.S. 1950. “Tests of Significance in Factor Analysis.” **British Journal of Psychology, Statistician Section** 3: 77-85.

Buja, A., and Eybogla, N. 1992. “Remarks on Parallel Analysis.” **Multivariate Behavioral Research** 27: 509-540.

Cattell, R.B. 1966. “The Scree Test for the Number of Factors.” **Multivariate Behavioral Research** 1: 245-276.

Conway, J.M., and Huffcutt, A.I. 2003. “A Review and Evaluation of Exploratory Factor Analysis Practices in Organizational Research.” **Organizational Research Methods** 6: 147-168.

Cota, A.A., et al. 1993. “Interpolating 95th Percentile Eigenvalues from Random

Data: An Empirical Example." **Educational and Psychological Measurement** 53: 585-596.

Fabrigar, L.R., et al. 1999. "Evaluating the Use of Exploratory Factor Analysis in Psychological Research." **Psychological Methods** 4: 272-299.

Ford, J.K., MacCallum, R.C., and Tait, M. 1986. "The Applications of Exploratory Factor Analysis in Applied Psychology: A Critical Review and Analysis." **Personnel Psychology** 39: 291-314.

Glorfeld, L.W. 1995. "An Improvement on Horn's Parallel Analysis Methodology for Selecting the Correct Number of Factors to Retain." **Educational and Psychological Measurement** 55: 377-393.

Hayton, J.C., Allen, D.G., and Scarpello, V. 2004. "Factor Retention Decisions in Exploratory Factor Analysis: A Tutorial on Parallel Analysis." **Organizational Research Methods** 7: 191-205.

Horn, J.L. 1965. "A Rational and Test for the Number of Factors in Factor Analysis." **Psychometrika** 30: 179-185.

Humphreys, L.G., and Montanelli, R.G. 1975. "An Investigated of the Parallel Analysis Criterion for Determining the Number of Common Factors." **Multivariate Behavioral Research** 10: 193-205.

Kaiser, H.F. 1960. "The Application of Electronic Computers to Factor Analysis." **Educational and Psychological Measurement** 20: 141-151.

Kaufman, J.D., and Dunlap, W.P. 2000. "Determining the Number of Factors to Retain: A Windows-Based FORTRAN-IMSL. Program for Parallel Analysis." **Behavior Research Methods, Instruments & Computers** 32: 389-395.

Lautenschlager, G.J. 1989. "A Comparison of Alternatives to Conducting Monte Carlo Analyses for Determining Parallel Analysis Criteria." **Multivariate Behavioral Research** 24: 365-395.

Longman, R.S., et al. 1989. "PAM: A Double Precision FORTRAN Routine for the Parallel Analysis Method in Principal Components Analysis." **Behavior Research Methods, Instruments & Computers** 21: 477-480.

O'Conner, B.P. 2000. "SPSS and SAS Programs for Determining the Number of Components Using Parallel Analysis and Velicer's MAP Test." **Behavior Research Methods, Instruments & Computers** 32: 396-402.

Patil, R.A., et al. 2007. **Parallel Analysis Engine to Aid in Determining Number of Factors to Retain** [On-line]. Available: http://ires.ku.edu/~smishra/parallelengine.htm

Silverstein, A.B. 1987. "Note on the Parallel Analysis Criterion for Determining the

Number of Common Factors or Principal Components." **Psychological Reports** 61: 351-354.

Velicer, W.F. 1976. "Determining the Number of Components from the Matrix of Partial Correlations." **Psychometrika** 41: 321-327.

Young, F.W. 2003a. **ViSta: The Visual Statistics Systems** [On-line]. Available: http://forrest.psych.unc.edu/research/index.html

_____. 2003b. **ViSta: The Visual Statistics Systems** [On-line]. Available: http://mdp.edu.ar/psicologia/vista/

Zwick, W.R., and Velicer, W.F. 1986. "Comparison of Five Rules for Determining the Number of Components to Retain." **Psychological Bulletin** 99: 432-442.

Mr. Afifi Lateh received his Master of Science in Applied Statistics from Silpakorn University, and Bachelor of Science in Education of Mathematics from Prince of Songkla University. He is currently working as a lecturer in the Department of Educational Evaluation and Research, Faculty of Education, Prince of Songkla University. His research focuses on Educational Research, Mathematical Programming, Data Envelopment Analysis and Multivariate Analysis.