

องค์ประกอบทั้ง 3 องค์ประกอบ ดังกล่าวนี้อาจเกิดขึ้นได้โดยการที่บุคคลแต่ละคน ได้รับความรู้ การปลูกฝังถ่ายทอดความรู้ ตลอดเวลาให้เห็นแบบอย่างของจริยธรรม ได้มีการฝึกฝนปฏิบัติ สม่ำเสมอที่เป็นความเคยชินที่เรียกว่า คุณธรรม (virtue)

ดวงเดือน พันธุมนาวิน (2524, หน้า 7) ได้เสนอองค์ประกอบของจริยธรรม มี 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. องค์ประกอบด้านความรู้หรือทางปัญญา หมายถึง สิ่งที่เป็นความรู้ ความคิด ความเข้าใจ หรือความเชื่อต่างๆ อันจะทำให้บุคคลสามารถที่จะประเมินแยกแยะว่าพฤติกรรมใดดีหรือไม่ดี ถูกหรือผิด มโนทัศน์ที่ใช้เรียกองค์ประกอบนี้คือ ความเชื่อทางจริยธรรม ค่านิยมทางจริยธรรม

2. องค์ประกอบทางด้านอารมณ์ หมายถึง ทักษะคิด ความรู้สึก หรือปฏิกิริยาที่มีต่อพฤติกรรม เช่น ความพึงพอใจ หรือความไม่พึงพอใจ ความชอบหรือไม่ชอบ มโนทัศน์ที่ใช้เรียกองค์ประกอบนี้คือ ทักษะคิดทางจริยธรรม

3. องค์ประกอบด้านการให้เหตุผลเชิงจริยธรรม หมายถึง เป็นการให้เหตุผลของบุคคล ในการตัดสินใจเลือกที่จะปฏิบัติอย่างใดอย่างใดอย่างหนึ่ง เป็นสิ่งสูงใจที่อยู่เบื้องหลังการกระทำต่าง ๆ ของบุคคล เป็นเครื่องชี้ให้เห็นว่าบุคคลมีจริยธรรมอยู่ในระดับใด

4. องค์ประกอบทางพฤติกรรม หมายถึง การที่บุคคลแสดงพฤติกรรมอย่างจริงจัง โดยแสดงออกในด้านที่สังคมนิยมชมชอบหรือคensureการแสดงออกทางพฤติกรรมที่ฝ่าฝืนกฎเกณฑ์ หรือค่านิยมในสังคม พฤติกรรมเชิงจริยธรรมที่สังคมเห็นชอบนั้น เช่น การให้ทาน การช่วยเหลือผู้ตกทุกข์ได้ยาก ความซื่อสัตย์สุจริต

การให้เหตุผลเชิงจริยธรรม เป็นองค์ประกอบหนึ่งของความเชื่ออำนาจภายในตน ทั้งนี้ ในการส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงจริยธรรมกับเด็กนั้นเด็กก็จะจะมีจริยธรรมมากจะเป็นคนที่มีความเห็นแก่ประโยชน์ส่วนรวมมากขึ้น คนที่มีจริยธรรมสูงเป็นลักษณะที่สังคมต้องการเพราะสามารถที่จะคิด หรือเข้าใจหลักการที่เป็นสากล เช่น ความยุติธรรม เป็นต้น ดังนั้น การส่งเสริมให้เด็กมีการให้เหตุผลเชิงจริยธรรมสูงนั้นจะเป็นการส่งเสริมให้เด็กมีการตัดสินใจต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมกับสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

### เหตุผลเชิงจริยธรรม

พิชาญ ลำอาจศรี (2527, หน้า 14) กล่าวว่า เหตุผลเชิงจริยธรรมหมายถึง เหตุผลที่บุคคลใช้ในการตัดสินใจหรืออยู่เบื้องหลังการตัดสินใจหรืออยู่เบื้องหลังการตัดสินใจที่จะกระทำหรือไม่กระทำพฤติกรรมต่าง ๆ เมื่อบุคคลได้ให้เหตุผลเราสามารถวินิจฉัยความได้ว่าเป็นเหตุผลชั้นไหนตามทฤษฎีของโคลเบอร์ก ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับใหญ่ ๆ คือ ระดับต่ำมีลักษณะยึดความ

ต้องการของตนเองเป็นศูนย์กลาง ระดับปานกลาง มีลักษณะยึดความต้องการของกลุ่มคนเป็นหลัก ระดับสูง มีลักษณะยึดความต้องการและประโยชน์ส่วนรวมเป็นหลัก เหตุผลเชิงจริยธรรมระดับต่ำสุด มีลักษณะเป็นบุคคลที่มีความเห็นแก่ตัวมากที่สุดและบ่อย ๆ ลดความเห็นแก่ตัวตามลำดับขั้น เปลี่ยนเป็นเห็นแก่พวกพ้องในที่สุดยึดหลักอันเป็นอุดมคติ โดยเห็นแก่ส่วนรวม อันหมายถึงมนุษยชาติ ฉะนั้นบุคคลที่มีเหตุผลเชิงจริยธรรมอยู่ในระดับสูง ย่อมเป็นที่ต้องการของสังคม ดังนั้นนักวิชาการจึงได้ศึกษาพฤติกรรมมนุษย์เพื่อจุดประสงค์ที่จะหาทางควบคุมพฤติกรรมนั้นคือส่งเสริมให้เกิดการทำดีให้มากทำชั่วให้น้อยลง ดังที่ สวัสดิ์ สุวรรณอักษร (2535, หน้า 69 – 72) ได้กล่าวว่านับตั้งแต่ปีการศึกษา 2534 เป็นต้นมากระทรวงศึกษาธิการได้กำหนดบทบาทของสถานศึกษาในการดำเนินการตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตรฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2533 โดยให้มีการสอดแทรกการอบรมจริยธรรมด้านต่าง ๆ เช่น ความรับผิดชอบ ขยัน ประหยัด ซื่อสัตย์ อุดมทุน มีวินัย พึ่งตนเองได้ เสียสละ ตรงเวลา เป็นต้น ควบคู่ไปกับการจัดการเรียนการสอน และกิจกรรมต่างๆ อย่างสม่ำเสมอ

อิศรา รัตตศิริ (2540, หน้า 4) กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงจริยธรรม หมายถึง เหตุผลที่บุคคลใช้ตัดสินใจในการกระทำ หรือไม่กระทำพฤติกรรมอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมเชิงจริยธรรมและถือเป็นตัวบ่งชี้แนวโน้ม หรือสาเหตุของพฤติกรรมที่จะนำไปสู่พฤติกรรมการเป็นคนดีและคนเก่งได้

จากการศึกษาความหมายของการให้เหตุผลเชิงจริยธรรม พอสรุปได้ว่า การให้เหตุผลเชิงจริยธรรมหมายถึง เหตุผลที่บุคคลใช้ในการตัดสินใจ ในการเลือกที่จะทำหรือไม่ทำสิ่งต่าง ๆ ซึ่งเหตุผลนั้นจะแสดงให้เห็นถึงพัฒนาการทางจริยธรรมของบุคคลนั้น

#### ทฤษฎีการพัฒนาการทางสติปัญญา

โคลเบอร์ก (Kohlberg, 1997, pp. 15-18 อ้างอิงใน ทุ่มเวลา ดวงประเสริฐ, 2539, หน้า 52) ได้แบ่งการให้เหตุผลเชิงจริยธรรมของมนุษย์ออกเป็น 3 ระดับ 6 ขั้น คือ

ระดับที่ 1 ระดับก่อนมีจริยธรรมของตนเอง ระดับนี้บุคคลจะเลือกและตัดสินใจกระทำในสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อตนเอง ไม่คำนึงถึงผลที่จะเกิดขึ้นกับบุคคลอื่น มักพบในเด็กอายุ 2 – 10 ปี ในระดับนี้แบ่งออกเป็น 2 ขั้น

ขั้นที่ 1 การเชื่อฟังเพื่อหลบหลีกการลงโทษ

ขั้นที่ 2 การแสวงหารางวัลและการเปลี่ยนแปลง

ระดับที่ 2 ระดับจริยธรรมตามเกณฑ์ ระดับนี้บุคคลจะปฏิบัติตามกฎเกณฑ์ของกลุ่มย่อยของตนเอง ทำตามกฎหมาย หรือทำตามกฎเกณฑ์ของศาสนา รู้จักการเอาใจเขามาใส่ใจเรา แสดงบทบาททางสังคมได้ มักพบในช่วงอายุ 10 – 16 ปี ระดับนี้แบ่งเป็น 2 ขั้น

ขั้นที่ 3 การทำตามผู้อื่นเห็นชอบ คล้อยตามผู้อื่นโดยเฉพาะเพื่อน

ขั้นที่ 4 การทำตามกฎเกณฑ์ทางสังคม บุคคลจะรับรู้บทบาทและหน้าที่ของคนในฐานะเป็นส่วนหนึ่งของสังคม

ระดับที่ 3 ขั้นที่ทำตามคำมั่นสัญญา ระดับนี้บุคคลจะเห็นความสำคัญของคนหมู่มาก เคารพในสิทธิของผู้อื่นควบคุมบังคับใจตนเองได้ พบในช่วงอายุ 16 ปีขึ้นไป ระดับนี้แบ่งเป็น 2 ขั้น

ขั้นที่ 5 การมีเหตุผลและเคารพตนเอง ใช้สัญญาทางสังคมในการตัดสินใจ

ขั้นที่ 6 การยึดอุดมคติสากล ทำความดีเพื่อความดี มีจิตใจกว้างขวาง

โคลเบอร์กเชื่อว่าพัฒนาการทางการใช้เหตุผลเชิงจริยธรรม จะเป็นไปตามขั้นจากขั้นที่ 1 ผ่านไปแต่ละขั้นไปจนถึงขั้นที่ 6 บุคคลจะพัฒนาข้ามขั้นมิได้ เพราะการใช้เหตุผลในขั้นที่สูงขึ้นไปจะเกิดด้วยการมีความสามารถในการใช้เหตุผลในขั้นที่ต่ำกว่าอยู่ก่อนแล้ว และต่อมาบุคคลได้รับประสบการณ์ทางสังคมใหม่ ๆ หรือสามารถเข้าใจความหมายของประสบการณ์เก่า ๆ ได้ดีขึ้นตามลำดับ ส่วนบ่อเกิดของเหตุผลเชิงจริยธรรมนั้น โคลเบอร์กมีความเห็นว่ามาจากการพัฒนาการเรียนรู้ขณะเด็กที่ได้มีโอกาสติดต่อสัมพันธ์กับผู้อื่น การได้เข้ากลุ่มทางสังคมประเภทต่าง ๆ จะช่วยให้ผู้ที่มีความฉลาดได้เรียนรู้บทบาทของตนเองและของผู้อื่น อันจะช่วยให้เขาพัฒนาทางจริยธรรมในขั้นที่สูงขึ้นไปได้อย่างรวดเร็ว โคลเบอร์กเชื่อว่าการพัฒนาทางจริยธรรมนั้น มิใช่การรับรู้จากการพร่ำสอนของผู้อื่นด้วยรวมทั้งข้อเรียกร้องและกฎเกณฑ์ของกลุ่มต่าง ๆ ซึ่งอาจจะขัดแย้งกันแต่ในขณะเดียวกันก็ผลักดันให้บุคคลพัฒนาไปตามขั้นตอนในทิศทางเดียวกันเสมอไม่ว่าบุคคลจะอยู่กลุ่มใดหรือสังคมใดก็ตาม

#### การวัดระดับการให้เหตุผลเชิงจริยธรรม

ดวงเดือน พันธุมนาวิน (2528, หน้า 61 – 68) กล่าวว่า การวัดระดับการให้เหตุผลเชิงจริยธรรม เป็นวิธีการวัดแบบเพียเจท์ และโคลเบอร์กโดยเน้นที่พัฒนาการทางการคิดและการตัดสินใจทางจริยธรรม วิธีการที่นิยมใช้การวัดระดับการให้เหตุผลเชิงจริยธรรมมี 3 วิธีการ ดังนี้

1. วิธีการตอบโดยอิสระ โดยวิธีการเล่าเรื่องให้ผู้ถูกวัดที่ละเรื่องเป็นเรื่องที่มีการขัดแย้งระหว่างความต้องการส่วนบุคคลกับกฎเกณฑ์ของหมู่คณะหรือสังคม เช่น การให้ยาเพื่อทำลายชีวิตแก่ผู้เจ็บป่วยทรมานที่อยากตาย หรือผู้ขัดสนทรัพย์ ขโมยยารักษาโรคมะเร็งมาให้มารดา เป็นต้น ผู้ถูกวัดจะต้องให้เหตุผลในการตัดสินใจให้ตัวเองในเรื่อง การกระทำหรือไม่กระทำอย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นเหตุผลที่ผู้ให้เกี่ยวกับเรื่องเล่าให้ฟังทั้งหมด 6 ถึง 9 เรื่อง นั้นจะถูกนำมาวิเคราะห์เนื้อหาโดยผู้ชำนาญการเพื่อจัดเข้ากิจกรรม 1 ถึง 6 ขั้น ตามทฤษฎีพัฒนาการของการให้เหตุผลเชิงจริยธรรมของโคลเบอร์ก วิธีนี้มีประโยชน์ในการศึกษาความคิดเห็นและธรรมชาติของจริยธรรมของผู้ตอบแต่ละคนได้อย่างละเอียด แต่มีข้อจำกัดหลายอย่างเกี่ยวกับความไม่มีแบบแผน

ของคำถาม การตรวจให้คะแนนค่อนข้างยากและซับซ้อนอาจเกิดความลำเอียงง่าย การรายงานผลมีหลายระดับซึ่งยากแก่การตีความและต้องการเวลามากในการวัดด้วยวิธีนี้ จึงทำให้เกิดความจำกัดในการใช้และไม่เหมาะสมในการวิจัยที่ต้องการวัดตัวแปรอื่น ๆ อีกด้วย

2. วิธีการวัดแบบมีตัวเลือกวิธีนี้ใช้วิธีการวัดที่กระตุ้นความคิดของผู้ตอบด้วยเรื่องขัดแย้งทางจริยธรรมและวัดหาคำตอบให้ผู้ตอบได้เลือกข้อใดข้อหนึ่งในคำตอบที่ใกล้เคียงกับความคิดของตนมากที่สุดเพียงคำตอบเดียวในแต่ละเรื่อง ฮาน และ คณะ (Hann et al., 1968, p. 2) เป็นผู้ริเริ่มใช้โดยมีคำตอบให้เลือก 5 คำตอบ ในแต่ละเรื่อง (ดวงเดือน พันธุมนาวิน และ เพ็ญแข ประจักษ์ปัญญานิก, 2521, หน้า 24) ทำการวิจัยเชิงจริยธรรมของเยาวชนไทยโดยใช้แบบวัดระดับการให้เหตุผลเชิงจริยธรรมด้วยวิธีนี้ โดยใช้เรื่อง 10 เรื่อง แต่ละเรื่องมีตัวเลือกเหตุผลที่จะกระทำหรือไม่กระทำ 6 ตัวเลือก ซึ่งเป็นตัวเลือกในแต่ละขั้นตอนตามทฤษฎีของโคลเบอร์ก วิธีการวัดแบบนี้มีหลายลักษณะเป็นปรนัยซึ่งสามารถใช้ได้อย่างมีมาตรฐานสูง ยัสเซน (Yussen, 1976, p. 21) ได้รายงานผลการวิจัยที่ใช้ในการวิจัยการวัดแบบปรนัย 6 ตัวเลือก หรือ 12 ตัวเลือกนี้ ยังมีข้อจำกัดในการใช้โดยอาจมีปัญหาเกี่ยวกับเนื้อหาของตัวเลือกที่ตรงกับขั้นทั้ง 6 ขั้น ตามทฤษฎีของ โคลเบอร์กหรือไม่และการที่มีคำตอบให้เลือกนั้นจะเป็นการเร้าให้ผู้เลือกตอบขั้นที่สูงหรือต่ำกว่าขั้นจริยธรรมของตนมากนักน้อยเพียงใด เรสต์ และ คณะ (Rest et al., 1976, p. 12) ได้ทำการวิจัยพบว่า ผู้ตอบจะเข้าใจประโยคที่ใช้หลักจริยธรรมต่ำกว่าขั้นของตนทุกขั้น รวมทั้งเข้าใจประโยคที่ใช้ตรงกับขั้นจริยธรรมของตนเอง นอกจากนี้ยังเข้าใจประโยคที่มีจริยธรรมสูงกว่าขั้นจริยธรรมของตนเองอีกหนึ่งถึงสองขั้น และผู้ที่เข้าใจประโยคที่ใช้หลักจริยธรรมที่สูงกว่าขั้นจริยธรรมของตนที่ได้ก็จะเลือกประโยคที่ใช้หลักจริยธรรมสูงกว่าในหนึ่งถึงสองขั้น แทนที่จะเลือกประโยคที่ตรงกับขั้นจริยธรรมที่แท้จริงของตนไปได้ประมาณหนึ่งขั้นทฤษฎีของโคลเบอร์ก

3. วิธีการประเมินค่าและเรียงอันดับความสำคัญของประเด็นปัญหาเป็นวิธีการปรับปรุงวิธีการตอบจากวิธีการวัดแบบจัดหาคำตอบให้เลือกในขั้นที่สอง โดยเรสต์ (Rest, 1976, p. 12) เห็นว่าวิธีการที่มีผู้ใช้เดิมอยู่นั้นตัวเลือกมีลักษณะการชักจูงใจให้ยอมรับเหตุผลในขั้นตอนต่าง ๆ แต่พิจารณาเหตุผลเชิงจริยธรรมและยังขึ้นอยู่กับภาระปัญหาที่เกี่ยวข้องซึ่งทำให้เห็นความสำคัญของประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในเรื่องนั้นได้อย่างกว้างขวาง เรสต์ และ คณะ (Rest et al., 1976, p. 12) จึงได้พัฒนาแบบทดสอบวัดชื่อ The Defining Issue Test (DIT) ซึ่งสามารถในการวัดประเด็นเชิงจริยธรรมในเรื่องประเด็นที่สำคัญหนึ่ง ๆ โดยให้คำตอบมาหลายประเด็นที่เข้าอยู่ในขั้นของการให้เหตุผลเชิงจริยธรรมต่าง ๆ แต่ละเรื่องจะให้ผู้ตอบประเมินค่าประเด็นต่าง ๆ ทุกประเด็นให้ไว้แล้วนำ 4 ประเด็นที่เห็นว่าสำคัญที่สุดมาจัดเรียงลำดับความสำคัญอีกครั้งหนึ่ง วิธีการให้คะแนนแก่ผู้ถูกวัดแต่ละคนนั้น เรสต์ได้ให้คำแนะนำไว้ 3 ประการ คือ การใช้ดัชนีประเมินค่า

ดัชนีเรียงลำดับ. และดัชนีชั้นพัฒนาการ จากการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของดัชนีทั้ง 3 ประการนี้ทำให้ได้ทราบว่าดัชนีเรียงลำดับให้ความน่าเชื่อถือมากที่สุด และมีความสัมพันธ์ทางบวกกับอายุมากพอ ๆ กับดัชนีประเมินค่าและมีความสัมพันธ์ทางบวกสูงที่สุดกับความสามารถในการเข้าใจเรื่องด้วย ดังนั้นจึงควรใช้ดัชนีเรียงลำดับมากที่สุด

#### วิธีการยกระดับการให้เหตุผลเชิงจริยธรรม

ดวงเดือน พันธุมนาวิน (2522, หน้า 45-52 อ้างอิงใน บุญกร คำคง, 2542, หน้า 51)

บอกว่ามีวิธีการยกระดับการให้เหตุผลเชิงจริยธรรม 4 วิธี ดังนี้คือ

1. การให้ความรู้ขั้นสูงขึ้น วิธีการฝึกฝนเด็กให้เหตุผลเชิงจริยธรรมขั้นต่ำให้สามารถใช้หลักเหตุผลเชิงจริยธรรมในขั้นสูงขึ้นไปนั้น เริ่มจากศึกษาพัฒนาการทางจริยธรรมของเด็กเล็กตามทฤษฎีของเพียเจต์นักจิตวิทยาได้ใช้วิธีการให้เหตุผลที่เหนือกว่าที่เด็กใช้ในทั้งนี้เพื่อให้เด็กได้ความรู้ในขั้นสูงขึ้นกว่าที่ตนมีอยู่ เมื่อเด็กได้รับเหตุผลใหม่ เด็กจะนำไปใช้เปรียบเทียบกับเหตุผลเดิมของตน ซึ่งทำให้เด็กเข้าใจและยอมรับเหตุผลมากขึ้น

2. การให้แสดงบทบาทวิธีการนี้เกิดจากความเข้าใจที่ว่า การที่คนเราจะเข้าใจผู้อื่นได้คตินั้น ต้องให้เขาได้มีโอกาสสวมบทบาทอื่น ๆ นอกเหนือจากที่ตนเองเป็นอยู่ซึ่ง คอลลินส์ (Collins, 1978, pp. 25 – 26) กล่าวว่า วิธีการเดียวที่จะทำให้คนได้คิดหรือรู้สึกแตกต่างจากที่เขาเป็นอยู่คือให้เขาได้แสดงออกแตกต่างไปจากบทบาทเดิมและบทบาทนั้นควรเกี่ยวข้องกับจริยธรรมโคลเบอร์กได้กล่าวว่า การสวมบทบาทนั้นได้รับเอาการรับเอาทัศนคติของคนอื่นการรับรู้ในความคิดและความรู้สึกของบุคคลอื่น การนำตนเองไปอยู่ในฐานะของคนอื่นด้วย กระบวนการดังกล่าวจะทำให้เกิดความคิดกว้างขวาง และเกิดความคิดเข้าใจแตกต่างไปจากเดิม

3. การใช้อิทธิพลของกลุ่มให้เกิดความคล้อยตาม การแสดงเหตุผลเชิงจริยธรรมเพื่อเป็นการยกระดับจิตใจของเด็กนั้น อาจทำให้โดยการใช้อิทธิพลของกลุ่มเพื่อน ซึ่งแสดงออกทางจริยธรรมในระดับเดียวกัน เด็กจะยึดถือเพื่อนเป็นแบบอย่างและคล้อยตามลักษณะของเพื่อนไปอย่างง่ายดาย เพื่อนนับเป็นคนที่มอิทธิพลต่อเด็กมาก สารระสำคัญทฤษฎีพัฒนาการของเพียเจต์ได้เน้นที่การปฏิสัมพันธ์กับกลุ่มเพื่อนแบบเสมอภาคกัน ว่าเป็นแหล่งสำคัญที่มีอิทธิพลต่อความรู้และระดับจริยธรรม

4. การให้เลียนแบบจากตัวแบบการใช้ตัวแบบแสดงพฤติกรรมต่างๆ ให้ผู้ถูกทดลองเห็นจะเป็นวิธีการหนึ่งที่จะทำให้ผู้ถูกทดลองทำพฤติกรรมนั้น ๆ ตามตัวแบบได้ การจัดตัวแบบให้นี้ก็เป็นการให้ความรู้แก่ผู้ถูกทดลองวิธีหนึ่งนอกเหนือจากการเขียนให้อ่านแบบวิธีแรกที่กำลังกล่าวมาแล้ว หรือการให้แสดงบทบาทเพื่อรับคำแนะนำจากเพื่อน หรือการให้แสดงความคิดเห็นที่เหมือนกัน เป็นเอกลักษณ์อันทำให้ผู้ถูกทดลองคล้อยตามกลุ่มเพื่อนได้มาก การจัดตัวแบบให้เกิดการเลียนแบบ

เป็นวิธีการที่ศึกษาค้นคว้ามาพอสมควร เพราะเป็นวิธีการที่นักจิตวิทยาเชื่อว่า จะเรียนรู้จากสังคมได้มากที่สุด และเป็นวิธีการเดียวที่เด็กอาจทำโดยไม่รู้สีกว่ากำลังถูกชักจูง

จะเห็นว่าการวัดการใช้เหตุผลเชิงจริยธรรมแต่ละวิธีมีวิธีการตอบการให้คะแนนและการดำเนินการเก็บข้อมูลที่แตกต่างกันออกไป และแต่ละวิธีก็มีข้อดีและข้อด้อยแตกต่างกันออกไป ดังนั้นในการจะเลือกใช้วิธีการใดเพื่อวัดการให้เหตุผลเชิงจริยธรรมนอกจากจะต้องพิจารณาข้อดีและข้อด้อยของแต่ละวิธีการแล้วยังต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของวิธีการวัดกับกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาด้วย

จากการศึกษาพอสรุปได้ว่าการให้เหตุผลเชิงจริยธรรม หมายถึง การที่บุคคลใช้เหตุผลในการเลือกกระทำหรือไม่กระทำพฤติกรรมใด ๆ โดยมีความรู้สึกผิดชอบชั่วดี ประพฤติ ปฏิบัติตามศีลธรรมอันดีงามบุคคลจะมีการพัฒนาพฤติกรรมนี้ขึ้นเรื่อย ๆ จนเป็นพฤติกรรมของตนเอง คนที่มีลักษณะการให้เหตุผลเชิงจริยธรรมจะมีพฤติกรรมดังนี้ เช่น

1. ไม่กลุ่มหลงเพราะความเชื่อถืออย่างงมงาย
2. ไม่ยึดถือตนเองหรือบุคคลเป็นใหญ่
3. ไม่สรุปสิ่งต่าง ๆ ง่าย ๆ โดยไร้เหตุผล
4. มีสติ ยับยั้งชั่งใจ
5. รู้จักห่มความโลภ ความโกรธ ความหลงผิด
6. มีเหตุผลรู้จักกาลเทศะ
7. ไม่เป็นคนหูเบา เชื่อคนง่าย

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเชื่ออำนาจภายในตน

### งานวิจัยภายในประเทศ

กรุณา กิจขยัน (2517, หน้า 97) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ความมีวินัยแห่งตน ความเชื่ออำนาจภายใน – ภายนอกตน และคุณธรรมแห่งพลเมืองดี ซึ่งพบว่าความมีวินัยแห่งตน คุณธรรมแห่งพลเมืองดี มีความสัมพันธ์กับความเชื่ออำนาจภายใน – ภายนอกตน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า บุคคลที่มีวินัยแห่งตน มีคุณธรรมแห่งพลเมืองดี จะเป็นคนที่มีความเชื่ออำนาจภายในตนสูงกว่าคนที่มีความมีวินัยแห่งตนและคุณธรรมแห่งพลเมืองดีต่ำกว่า

วิเชียร รักการ (2522, หน้า 89) ได้ทำการวิจัยเปรียบเทียบลักษณะทางจิตของนิสิต และนิสิตอาสาสมัครโดยศึกษาเฉพาะกรณีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในส่วนที่เกี่ยวกับความเชื่อในอำนาจในตนกับพฤติกรรมการทำงานอาสาพัฒนา พบว่า ความเชื่ออำนาจในตนจะทำให้คนมี

พฤติกรรมไม่ชอบอยู่เฉย ๆ ชอบทำกิจกรรมต่าง ๆ มีความอยากรู้อยากเห็น พยายามใฝ่ใจเรียนรู้เกี่ยวกับสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ดี มีความกระตือรือร้น มีลักษณะผู้นำ มีวินัยแห่งตน และมีคุณธรรมแห่งการเป็นพลเมืองดีสูง

ดวงเดือน พันธุมนาวิน และ คณะ (2529, หน้า 2) ได้ทำการวิจัยเรื่องการควบคุมสื่อมวลชนของครอบครัวเกี่ยวกับจิตลักษณะของเยาวชนไทย ซึ่งพบว่าความเชื่ออำนาจภายในตนมีความสัมพันธ์กับการถูกอบรมเลี้ยงดูแบบใช้เหตุผลของเด็กทุกกลุ่ม แต่มีบางกลุ่มเช่น กลุ่มเด็กชนบท และเด็กที่มีฐานะครอบครัวต่ำมีความสัมพันธ์ค่อนข้างต่ำ

ดวงเดือน แซ่ตั้ง (2532, หน้า 4) ศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลการให้การเสริมด้วยเบียร์รางวัลต่อความเชื่ออำนาจภายในตนของเด็กก่อนวัยรุ่น มีวัตถุประสงค์ที่สำคัญคือ ต้องการหาวิธีการฝึกเพื่อพัฒนาความเชื่ออำนาจภายในตน ต้องการหาประมาณฝึกที่เหมาะสม และต้องการทราบว่าบุคคลที่มีลักษณะใดจึงเหมาะสม และได้รับประโยชน์จากการฝึกมากที่สุด และจุดมุ่งหมายจากการวิจัยมี 3 ข้อ คือ ประการแรก เป็นการศึกษาเกี่ยวกับผลการให้ระยะเวลาของการให้เสริมด้วยเบียร์รางวัลที่มีผลต่อการพัฒนาจิตลักษณะความเชื่ออำนาจภายในตน และสุขภาพจิตของนักเรียนประถมปลาย ประการที่ 2 เพื่อศึกษว่านักเรียนที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในปริมาณที่ต่างกัน เมื่ออยู่ในสภาพการใช้เบียร์รางวัลและไม่อยู่ในสภาพการใช้เบียร์รางวัลจะมีความเชื่ออำนาจภายในตน และสุขภาพจิตต่างกันหรือไม่ และประการที่ 3 เพื่อศึกษว่านักเรียนที่ได้รับการอบรมเลี้ยงดูแบบใช้เหตุผลมากน้อย เมื่อได้รับการให้การเสริมแรงด้วยเบียร์รางวัล จะมีความเชื่ออำนาจภายในตน และสุขภาพจิตต่างกันอย่างไร กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชายหญิงชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 154 คน อายุระหว่าง 10 -13 ปี จากโรงเรียน 2 แห่งในจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่านักเรียนที่อยู่ในสภาวะการใช้เบียร์รางวัล มีความเชื่ออำนาจภายในตนสูงทั่วไปสูงขึ้น ผลการวิจัยแสดงว่า สภาพการใช้เบียร์รางวัลให้ผลดีที่สุดต่อความเชื่ออำนาจภายในและสุขภาพจิตของนักเรียน และนอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์สูงมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์สูงและมีความเชื่ออำนาจในตนเองสูง

ศักดิ์ชัย นิรัญทวี (2532, หน้า 292 -294) ได้ทำการวิจัยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความแปลกแยกกับพฤติกรรมการทำงานของครูสังกัดกรุงเทพมหานคร กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ สุ่มเลือกมาจากครูโรงเรียนประถมศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร ชั้นใน เขต 9 จำนวน 405 คน จากการศึกษพบว่า ความแปลกแยกกับพฤติกรรมการทำงานของครูสังกัดกรุงเทพมหานครมีความสัมพันธ์กัน และจิตลักษณะที่เป็นองค์ประกอบด้านบวกของความแปลกแยก 4 ด้าน ได้แก่ ความเชื่ออำนาจภายในตน ความภาคภูมิใจในตนเอง ความรู้สึกเกี่ยวกับการสนับสนุนจากสังคม และ

ทัศนคติที่ดีต่อสภาพการทำงาน ด้านใดด้านหนึ่งสูงแล้วโดยเฉพาะความเชื่ออำนาจภายในตน จะเป็นผู้ที่มีจิตลักษณะด้านอื่นสูงตามด้วย

พจน์ เอมะนาวัน (2536, หน้า 2) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอำนาจความเชื่อวิชาญ ความเชื่ออำนาจภายในตน ภูมิหลังกับความพึงพอใจในงานพยาบาล โรงพยาบาลศูนย์ สังกัด กระทรวงสาธารณสุข ศึกษาตัวพยากรณ์ความพึงพอใจในงานพยาบาลประจำการ ตัวพยากรณ์คือ อำนาจความเชื่อวิชาญ ความเชื่ออำนาจภายในตน ประสบการณ์ในวิชาชีพ การเข้าร่วมโครงการ วิชาการและการเข้ารับการอบรมเฉพาะทางการพยาบาล ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจในงานของพยาบาลอยู่ในระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ยของการแสดงออกใช้อำนาจความเชื่อวิชาญอยู่ในระดับปฏิบัติเป็นบางครั้ง และค่าเฉลี่ยความเชื่ออำนาจภายในตนเองอยู่ในระดับมาก

วันชัย คณัยคโมนุท (2536, หน้า 125) ได้ทำการวิจัยคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในจังหวัดปทุมธานี กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 300 คน จากการศึกษาพบว่า นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง มีการมุ่งอนาคต ความเชื่ออำนาจภายในตน แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ สมาธิ ขันติ อิทธิบาท 4 รายได้ของครอบครัว ระดับการศึกษาของบิดา มารดา และความมุ่งหวังของผู้ปกครอง มีความสัมพันธ์กัน

อ้อมเดือน สดมณี (2536, หน้า 110) ได้ทำการศึกษาวิจัยผลการฝึกอบรมทางพฤติกรรมศาสตร์ต่อจิตลักษณะและประสิทธิผลของครู เพื่อค้นหาวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงในการพัฒนาประสิทธิภาพผลการทำงานของครู และต้องการทราบว่าคุณลักษณะใดที่จะได้รับประโยชน์จากการฝึกทางพุทธและพฤติกรรมศาสตร์แบบใดมากที่สุด จากการศึกษาพบว่า กลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบพุทธจะมีคะแนนความเชื่ออำนาจภายในตน เหตุผลเชิงจริยธรรม สุขภาพจิต และความเชื่อทางพุทธสูงกว่ากลุ่มอื่น

กุลนทีกร น้อยโนนทอง (2537, หน้า 12) ได้ศึกษาความเชื่ออำนาจภายใน-ภายนอกตน เกี่ยวกับสุขภาพกับพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยเบาหวาน โรงพยาบาลน้ำทอง อำเภอ น้ำพอง จังหวัดขอนแก่น พบว่าผู้ป่วยที่มีความเชื่ออำนาจในตนเองสูงจะมีพฤติกรรมการดูแลตนเองที่ดีไปด้วย และผู้ป่วยที่มีความเชื่ออำนาจของบุคคลอื่นสูงจะมีพฤติกรรมการดูแลตนเองดีไปด้วยและผู้ป่วยมีความเชื่ออำนาจความบังเอิญจะมีพฤติกรรมการดูแลตนเองต่ำ

นภเกตุ สุสมเพียร (2539, หน้า 129) ศึกษาเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ ระหว่างความเชื่ออำนาจภายในตน ลักษณะมุ่งอนาคต และพฤติกรรมการทำงานของกำนันผู้ใหญ่บ้าน ผลก็คือกลุ่มกำนัน-ผู้ใหญ่บ้านที่มีอายุ การศึกษา ต่างกันมีความเชื่ออำนาจภายในตนเองต่างกันและด้านการมีประสบการณ์ต่างกัน ไม่มีผลต่อความเชื่ออำนาจภายในตนเองของกำนันและผู้ใหญ่บ้าน

นิลบล ฐิต (2539, หน้า 15) ศึกษาเกี่ยวกับแรงงูใจใฝ่สัมฤทธิ์และความเชื่ออำนาจภายในตนกับพฤติกรรมการทำงานของพนักงานสินเชื่อธนาคารพาณิชย์ในจังหวัดขอนแก่น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ เปรียบเทียบและหาปริมาณการทำงานพฤติกรรมการทำงานของพนักงานสินเชื่อธนาคารพาณิชย์ในจังหวัดขอนแก่น ผลการวิจัยพบว่า คนที่มีแรงงูใจใฝ่สัมฤทธิ์สูงจะมีพฤติกรรมการทำงานที่เหมาะสมซึ่งแสดงว่าแรงงูใจใฝ่สัมฤทธิ์มีความสัมพันธ์กับความเชื่ออำนาจภายในตน

ทัศนาศา ทองภักดี (2539, หน้า 3) ศึกษาเปรียบเทียบความเชื่ออำนาจภายในตน ความคิดเกี่ยวกับตนเองของเด็กวัยรุ่นที่อยู่ในเมืองและชนบทที่มีเพศ ภูมิหลังทางครอบครัว และปริมาณการได้รับการอบรมเลี้ยงดูแบบต่าง ๆ แตกต่างกัน และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อภายในตนเกี่ยวกับความคิดเกี่ยวกับตนเองของเด็กวัยรุ่นที่อยู่ในเมืองและชนบท ผลการวิจัยพบว่า การอบรมเลี้ยงดูแบบรักสนับสนุนมีผลต่อความเชื่ออำนาจภายใน ด้านการเรียนการสอนมีผลต่อการมีความเชื่ออำนาจภายในตนเองของนักเรียน

ปรีชญานันท์ เทียงจรรยา (2539, หน้า 121) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นอิสระแห่งตน ความเชื่ออำนาจภายในตน พฤติกรรมการดูแลของอาจารย์พยาบาล กับความเป็นอิสระแห่งวิชาชีพของนักศึกษาพยาบาล ผลการวิจัยพบว่า ความเชื่ออำนาจภายในตน ความเป็นอิสระแห่งตน พฤติกรรมการดูแลของอาจารย์พยาบาล มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความเป็นอิสระแห่งวิชาชีพพยาบาล

วณิชชา ฤกษ์ศิริ (2540, หน้า 154) ได้ทำการวิจัยผลการใช้ตัวแบบนิทานที่มีต่อการพัฒนาความเชื่ออำนาจภายในตน ของเด็กชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ที่มีระดับสติปัญญาต่างกัน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 48 คน จากนั้นทำการวัดระดับสติปัญญาของนักเรียนทั้งหมดแล้วแบ่งระดับสติปัญญาของนักเรียนทั้งหมดแบ่ง เป็น 3 ระดับ สติปัญญาสูง สติปัญญาปานกลาง และสติปัญญาต่ำ กลุ่มนักเรียนที่มีระดับสติปัญญาแต่ละระดับเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างละเท่า ๆ กัน กลุ่มทดลองเป็นกลุ่มที่ได้ฟังนิทานที่มีตัวแบบความเชื่ออำนาจภายในตน ส่วนกลุ่มควบคุมได้ฟังนิทานที่ไม่มีตัวแบบความเชื่ออำนาจภายในตน จากการวิจัยพบว่า นักเรียนที่มีระดับสติปัญญาที่ต่างกัน มีการพัฒนาความเชื่ออำนาจภายในตนไม่ต่างกัน นักเรียนที่ได้ฟังนิทานที่มีตัวแบบความเชื่ออำนาจภายในตน มีความเชื่ออำนาจภายในตนสูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้ฟังนิทานที่มีตัวแบบความเชื่ออำนาจภายในตน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

วรารักษ์ นารินรักษ์ (2540, หน้า 11) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล ความเชื่ออำนาจภายใน - ภายนอกตน ด้านสุขภาพในการดูแลตนเองของผู้สูงอายุ ที่มีภาวะความดันโลหิตสูง แขวงรอบเมือง เขตปทุมวันกรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยพบว่าผู้ป่วยความดันโลหิตสูง

จะมีการดูแลตนเองอยู่ในระดับปานกลาง เพศ สถานภาพ รายได้ ระดับการศึกษา ระยะเวลาที่ได้รับรู้ภาวะความดันโลหิตสูง ความเชื่ออำนาจภายใน – ภายนอกคน ด้านสุขภาพ ความเชื่ออำนาจผู้อื่นด้านสุขภาพไม่มีความสัมพันธ์กับการดูแลตนเองของผู้สูงอายุที่มีภาวะความดันโลหิตสูง

ศิริพร สถิตย์ถาวร (2540, หน้า 18) ได้ศึกษาผลการใช้ข้อมูลและการสนับสนุนทางอารมณ์ต่อความวิตกกังวลก่อนการผ่าตัดของผู้ป่วยต่ำกว่าผู้ป่วยที่ไม่ได้ให้ข้อมูลที่เป็นเช่นนี้ เพราะการที่ผู้ป่วยได้รับข้อมูลก่อนผ่าตัดทำให้เกิดการเรียนรู้ มีการเปลี่ยนแปลงการรับรู้สถานการณ์ได้ถูกต้อง ไม่คาดการณณ์ล่วงหน้าอย่างผิด ๆ ถูก ๆ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความวิตกกังวล

วิลาสินี แฝ่วชนะ (2541, หน้า 8) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลความเชื่ออำนาจภายใน – ภายนอกคน การปฏิบัติตนเพื่อควบคุมความรุนแรง ของโรคเบาหวานกับคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุที่มารับบริการในคลินิกโรคเบาหวาน โรงพยาบาลมหาราช นครศรีธรรมราช ผลการวิจัยพบว่า ความเชื่ออำนาจภายในคนด้านสุขภาพมีความสัมพันธ์ทางลบระดับปานกลางและความเชื่ออำนาจผู้อื่นด้านสุขภาพไม่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุที่มารับบริการในคลินิกโรคเบาหวาน

สมสุข โฉวเจริญ (2541, หน้า 113) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักศึกษาพยาบาล วิทยาลัยพยาบาลพระบรมราชชนนีกาฬได้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาพยาบาล 336 คน จากการศึกษาพบว่านักศึกษาพยาบาลที่มีความเชื่ออำนาจภายในตนเองมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่านักศึกษาพยาบาลที่มีความเชื่ออำนาจภายนอกคน

บุษกร คำคง (2542, หน้า 108) ได้ศึกษาปัจจัยบางประการที่เกี่ยวกับความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มัธยมศึกษาปีที่ 3 และมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดสงขลา จากการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความเชื่ออำนาจภายในคน การอบรมเลี้ยงดูแบบสนุก การอบรมเลี้ยงดูแบบควบคุม และการอบรมเลี้ยงดูแบบใช้เหตุผล มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

คารุณี บุญวิก (2543, หน้า 120) ได้ศึกษาปัจจัยบางประการที่สัมพันธ์กับการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า ปัจจัยด้านความเชื่ออำนาจภายในคน ความใจกว้าง การอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย บุคลิกภาพในการแสดงตัว ความสามารถในการอ่าน มีความสัมพันธ์กับการคิดอย่างมีวิจารณญาณอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และปัจจัยด้านความสามารถในการอ่าน ส่งผลต่อความคิดอย่างมีวิจารณญาณอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนปัจจัยด้านบุคลิกภาพในการแสดงตัวและความเชื่อ

อำนาจภายในต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นอกนั้น  
ส่งผลต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

อุษา ธนาบุญฤทธิ์ (2544, หน้า 106) ศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยบางประการที่สัมพันธ์เกี่ยวกับ  
ความเชื่ออำนาจภายในตนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดนครปฐม มีจุดมุ่งหมายใน  
การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยบางประการ คือ บุคลิกภาพในการแสดงตัว การอบรมเลี้ยง  
ดูแบบใช้เหตุผล และการคิดอย่างมีวิจารณญาณกับความเชื่ออำนาจภายในตน และศึกษานำหนัก  
ความสำคัญของปัจจัยแต่ละด้านที่ส่งผลต่อความเชื่ออำนาจภายในตน โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการ  
วิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2543 จังหวัดนครปฐม  
จำนวน 435 คน วิเคราะห์ข้อมูลด้วย โปรแกรม SPSS ผลการวิจัยพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์  
พหุคูณระหว่างปัจจัยบางประการ กับความเชื่ออำนาจภายในตนมีค่าเท่ากับ .690 ซึ่งสัมพันธ์กัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และค่านำหนักความสำคัญของปัจจัยด้านบุคลิกภาพในการ  
แสดงตัว การอบรมเลี้ยงดูแบบใช้เหตุผลและการคิดอย่างมีวิจารณญาณส่งผลต่อความเชื่ออำนาจ  
ภายในตน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

#### งานวิจัยต่างประเทศ

แวร์ฮาย และวูดสัน (Werhime & Woodson, 1971, p. 28) กล่าวว่า เด็กชายที่มีความ  
เชื่ออำนาจภายในตนสูง จะมีความรู้สึกเป็นอิสระ พอใจกับงานที่ตนทำอยู่ในปัจจุบัน ตื่นตัว  
ว่องไว มีกระบวนการในการคิดอย่างมีขั้นตอนและแจ่มชัด ยอมรับและกล้าแสดงออกในความ  
ต้องการของตน รู้สึกปลอดภัยและพอใจในความสามารถของตน สำหรับเพศหญิงมีความเชื่อ  
อำนาจภายในตน มีความสงบ ปราศจากความวิตกกังวล รู้สึกร่าเริงและปราศจากความเสียใจ

สแพน (Span, 1977, p. 2) ได้ศึกษาทัศนคติแบบความเชื่ออำนาจภายใน – ภายนอกตน  
กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อต้องการดูว่าความเชื่ออำนาจภายใน – ภายนอกตน ใช้ทำนายผล  
สัมฤทธิ์ทางการเรียนได้หรือไม่ โดยศึกษากลุ่มตัวอย่างซึ่งกำลังเป็นนักศึกษาวิชาที่ San Antonio  
College ใน San Antonio มลรัฐ Texas เครื่องมือที่ใช้ในการวัดความเชื่ออำนาจภายใน – ภายนอก  
ตน คือ Nowicki – Strickland Internal – External Scale (ANS – IE) ผลพบว่า ความเชื่ออำนาจภายใน-  
ภายนอกตน สามารถทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญ

บิงค์, ซิดนีย์, และวอลเตอร์ (Binks, Sydney, & Walter, 1994, p. 122) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ  
การอธิบายกระบวนการสร้างความภาคภูมิใจในตนเอง อารมณ์โกรธ ความเครียด ความกลัว  
จิตใจห่อเหี่ยว ความไวของรู้สึก กับความเชื่ออำนาจภายในตนของพวกเขาที่ร่วมเพศซึ่งมีวัตถุ  
ประสงค์เพื่อเปรียบเทียบระหว่างระดับของความภาคภูมิใจในตนเอง ความโมโหร้าย ความเครียด

ความกลัว จิตใจห่อเหี่ยว ความไวของรู้สึก กับความเชื่ออำนาจภายในคนระหว่างพวกกรักร่วมเพศ กับคนปกติ ประชากรที่ใช้ในการวิจัยส่วนใหญ่เป็นพวกเกย์และเลสเบียน ชาวอวจิณตัน อายุ 18-61 ปีแบ่งเป็นเพศชาย 231 คนและเพศหญิง 21 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถามที่เป็น Rating Scale 5 ระดับ ผลการวิจัยพบว่า พวกกรักร่วมเพศมีความภาคภูมิใจในตนเอง น้อยกว่าคนปกติ และมีความเครียด ความกลัว จิตใจห่อเหี่ยว ความไวของรู้สึก สูงกว่าคนปกติ

มิเชล (Michelle, 1995, p. 105) ศึกษาเกี่ยวกับ พฤติกรรมแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ความรับผิดชอบ และความเชื่ออำนาจภายในคนที่ได้รับจากโรงเรียนของนักเรียนเป็นนักศึกษาเกี่ยวกับความสำเร็จและความล้มเหลวในผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในกิจกรรมที่โรงเรียนจัดสรรค้ให้นักเรียนมีความสัมพันธ์กับความเชื่ออำนาจภายในคนมากเพียงใดผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมต่าง ๆ ที่โรงเรียนจัดให้นักเรียนนั้นมีผลต่อการที่นักเรียนที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ความรับผิดชอบ และความเชื่ออำนาจภายในคนสูงจะเป็นเด็กที่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงด้วย

มารา (Marra, 1997, p. 125) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ รูปแบบการเรียน ความเชื่ออำนาจภายใน - ภายนอกคน ผลการศึกษาพบว่า ความเชื่ออำนาจภายในคนมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยผู้ที่มีความเชื่ออำนาจภายในคนจะมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูง นอกจากนี้ยังพบว่า รูปแบบการเรียนที่ใช้การคิดและลงมือปฏิบัติจะทำให้ผู้เรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูง และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงด้วย

แดเนียล (Daniel, 1997, p. 1) ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของประเภทบุคลิกภาพของเด็กที่มีต่อการพัฒนาและพฤติกรรมของวัยรุ่น : การศึกษาระยะยาวของเด็กในประเทศไอซ์แลนด์ เป็นการศึกษาที่ต้องการอธิบายบุคลิกภาพด้านความยืดหยุ่น , บุคลิกภาพด้านที่เหนืออำนาจการควบคุม และบุคลิกภาพด้านภายใต้การควบคุม ในเด็กอายุ 7 ปี สิ่งที่พบคือเด็กที่มีบุคลิกภาพที่ยืดหยุ่น รวมทั้งเด็กวัยรุ่นที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงจะมีการพัฒนาได้เร็วในด้านของสัมพันธภาพกับบุคคลและมีความเชื่ออำนาจภายในคนมากกว่าเด็กที่มีบุคลิกภาพด้านอื่น ๆ

มัลคัส และมัสเซอร์ (Malkus & Musser, 1999, p. 12) ศึกษาเกี่ยวกับการประเมินความวิตกกังวลของนักเรียนในโรงเรียนกับความเชื่ออำนาจภายใน- ภายนอกคนของนักเรียน โดยศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 138 คน ที่ศึกษาในเกรด 1, 3 และ 5 จากการศึกษพบว่านักเรียนที่มีความวิตกกังวลน้อยจะมีความเชื่ออำนาจภายในคนสูงกว่านักเรียนที่มีความเครียดมาก

หยาง - เอียน, คิม เชียง, และเจอ มิน (Yuang - Elean, Kim Sheang, & jae min, 2000, p. 2) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์เชิงสาเหตุสิ่งตอบสนองต่อพฤติกรรมกับสภาพแวดล้อมของวัยรุ่นในการศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลจากแขกผู้มาเยือนในเมืองกวางรุ่งใช้การทดสอบของเกาหลีเป็นตัว

แบบ ซึ่งสิ่งที่แสดงให้เห็นนั่นคือสภาพแวดล้อมมีผลต่อพฤติกรรมวัยรุ่น , สภาพการศึกษาสภาพแวดล้อม และระบบการแปลความสิ่งต่าง ๆ รอบตนเองมีผลต่อความเชื่ออำนาจภายในตนของบุคคล

นิวเบอรี่ และ ลินเซ (Newberry & Linsay, 2000, p. 1) ศึกษาเกี่ยวกับผลของการใช้หลักสูตรทักษะทางสังคมและการฝึกการทำทนายความสามารถของนักเรียนกับความเชื่ออำนาจภายใน – ภายในนอกตน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนจำนวน 40 คน ในเกรด 5 - 8 ได้รับการปฏิบัติ 4 วิธีในการฝึกหลังจากการผ่านการฝึกพบว่านักเรียนที่ได้รับการฝึกกลุ่มที่ทำทนายความสามารถจะมีความเชื่ออำนาจภายในตนสูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับการฝึกแบบทำทนายความสามารถ

อลวิน และ ไมเคิล (Alvin & Michael, 2000, p. 2) ได้ศึกษาเกี่ยวกับบุคลิกลักษณะในการลงทะเบียนเรียนของนักเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในการวิชาจิตวิทยา ซึ่งมีการเปรียบเทียบ แรงจูงใจด้านความรู้ความเข้าใจและบุคลิกลักษณะในการลงทะเบียนเรียนวิชาจิตวิทยาของนักเรียน พบว่า นักเรียนที่ร่วมกิจกรรม มีความต้องการในการเรียนรู้สูง จะมีความเชื่ออำนาจภายในตนสูง และจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงด้วย

อัลราวดันโจกิ และ เอสา (Alaraudanjoki & Esa, 2001, p. 1) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาทางจิตของบุตรของผู้ใช้แรงงาน ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาการพัฒนาทางจิตของบุตรผู้ใช้แรงงานชาวเนปาล ในการวิจัยครั้งนี้ต้องการตอบคำถามในด้านต่าง ๆ คือ สิ่งที่เกิดขึ้นในการเรียนรู้ว่าเป็นอย่างไรและเกิดจากที่ไหน , มีทักษะในการทำกิจกรรมหรือไม่ , ชีวิตความเป็นอยู่ของบุตรผู้ใช้แรงงานเป็นอย่างไร ซึ่งผู้ใช้แรงงานเหล่านี้มีอาชีพทำงานในโรงเรียนอุตสาหกรรมพรหมซึ่งเป็นผู้ที่ไม่ได้รับการศึกษาในชั้นเรียนที่เป็นการศึกษาตามหลักสูตรของทางราชการ จากการศึกษาพบว่าบุตรของผู้ใช้แรงงานที่มีการเรียนรู้ทางด้านจิตวิทยาทางสังคมที่เรียนรู้ด้วยตนเองจะมีความเชื่ออำนาจภายในตนที่ต่ำกว่ากลุ่มที่ได้เรียนในโรงเรียน

จากการศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยต่าง ๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศนั้น ผู้วิจัยมีความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวโน้มการทำวิจัยเกี่ยวกับความเชื่ออำนาจภายในตนว่า ผู้วิจัยส่วนใหญ่มีความสนใจเกี่ยวกับว่าความเชื่ออำนาจภายในตนของเด็กและเยาวชนนั้นมีความเกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของเด็กหรือไม่ หรือศึกษาว่าความเชื่ออำนาจภายในตนนั้นมีความสัมพันธ์กับบุคลิกภาพ ลักษณะของบุคคลด้านใดบ้าง และในงานวิจัยใหม่ ๆ พบว่าเริ่มมีการศึกษาเกี่ยวกับโมเดล และความสัมพันธ์เชิงสาเหตุเกี่ยวกับสาเหตุของการเกิดความเชื่ออำนาจภายในตนของบุคคล หรือ มีปัจจัยใดบ้างที่มีความเกี่ยวข้องกับการเกิดความเชื่ออำนาจภายใน – ภายในนอกตนของบุคคล เช่น เพศ การศึกษา สภาพแวดล้อม เป็นต้น ซึ่งประชากรที่ใช้ในการศึกษา

ส่วนใหญ่เป็นเด็ก และวัยรุ่น ทั้งอาจจะเป็นเพราะงานวิจัยส่วนใหญ่ยังคงที่มีความสนใจในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเชื่ออำนาจภายในตนเอง

จากการศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยต่าง ๆ ผู้วิจัยได้ตั้งแะระห์องค์ประกอบทั้ง 9 องค์ประกอบมาจากสิ่งที่ศึกษาทั้งหมดโดยการตั้งแะระห์มาจากแนวคิดของผู้วิจัย ในด้านแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยจากจำนวน 20 ท่าน และทำให้ผู้วิจัยคัดเลือกองค์ประกอบทั้ง 9 องค์ประกอบที่สำคัญออกมา เป็นองค์ประกอบที่มีความจำเป็นในการนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบโดยทั้ง 9 องค์ประกอบนี้ผู้วิจัยจะนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ และวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน เกี่ยวกับความเชื่ออำนาจภายในตนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา การที่นักเรียนมีบุคลิกภาพใน 9 องค์ประกอบมากเท่าไรก็เป็นการบ่งบอกว่านักเรียนมีความเชื่ออำนาจภายในตนมากเท่านั้นที่จะเป็นบุคลิกภาพหนึ่งที่สามารถทำให้นักเรียนดำเนินชีวิตในสังคมในปัจจุบันได้อย่างมีความสุขมากขึ้นและเป็นแนวทางในการเสริมสร้างลักษณะของความเชื่ออำนาจภายในตนของนักเรียนต่อไป การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สรุปองค์ประกอบที่จำเป็นของความเชื่ออำนาจภายในตนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา ดังตารางที่ 1 ดังนี้



ตารางที่ 1 (ต่อ)

| องค์ประกอบ/แนวคิด<br>ทฤษฎีงานวิจัย | การคิดอย่าง<br>มีวิจารณญาณ | ความเชื่อมั่น<br>ในตนเอง | บุคลิกภาพใน<br>การแสดงตัว | ความวิตกกังวล | ความเป็นผู้นำ | การให้เหตุผล<br>เชิงจริยธรรม | ความภาคภูมิใจ<br>ในตนเอง | แรงจูงใจไม่<br>สัมฤทธิ์ | ความมีวินัย<br>ในตนเอง |
|------------------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------|---------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|
| 10. วิเชียร รักการ<br>(2522)       |                            |                          |                           |               | ✓             |                              |                          |                         | ✓                      |
| 11. ศักดิ์ชัย นิรัฐทวี<br>(2532)   |                            |                          |                           |               |               |                              | ✓                        |                         |                        |
| 12. ดวงเดือน แซ่ตั้ง<br>(2536)     |                            |                          |                           |               |               |                              |                          | ✓                       |                        |
| 13. วันชัย คณิตโมโนท<br>(2536)     |                            |                          |                           |               |               |                              |                          | ✓                       |                        |
| 14. อ้อมเดือน สดมณี<br>(2536)      |                            |                          |                           |               |               | ✓                            |                          |                         |                        |
| 15. นิอุบล รุ่งคุณ<br>(2539)       |                            |                          |                           |               |               |                              |                          | ✓                       |                        |
| 16. ศิริพร สติชัยถาวร<br>(2542)    |                            |                          |                           | ✓             |               |                              |                          |                         |                        |



จากการศึกษา สังเคราะห์ แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเชื่ออำนาจภายในคนนั้น สามารถที่จะสรุปเป็นกรอบแนวคิดขององค์ประกอบของความเชื่ออำนาจภายในคนและตัวอย่างพฤติกรรมแต่ละองค์ประกอบได้ดังนี้

ตารางที่ 2 ตัวอย่างพฤติกรรมในแต่ละองค์ประกอบ

| ข้อที่ | องค์ประกอบ<br>ความเชื่ออำนาจภายในคน | ตัวอย่างพฤติกรรม                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.     | การคิดอย่างมีวิจารณญาณ              | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. สามารถให้เหตุผลและตอบคำถามที่เป็นการอธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้</li> <li>2. สามารถจำแนกเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้</li> <li>3. เชื่อในวิทยาศาสตร์มากกว่าเรื่องโชคลางหรือจิตวิญญาณ</li> <li>4. ยอมรับการเปลี่ยนแปลงหรือความคิดที่เกิดขึ้นใหม่ ๆ เมื่อมีหลักฐานที่น่าเชื่อถือ</li> <li>5. สามารถแยกแยะข้อเท็จจริงและความคิดเห็นได้</li> <li>6. เป็นบุคคลที่ช่างสังเกต ควบคุมและแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้</li> <li>7. ไม่สรุปหรือลงความเห็นเรื่องที่เกิดขึ้นหรือประสบเกินความเป็นจริง</li> </ol> |
| 2.     | แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์                 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. มีความพยายามและอดทนในการกระทำการต่าง ๆ</li> <li>2. มีความกล้าเสี่ยงพอสมควร</li> <li>3. มีการยอมรับในตนเองและต้องการการยอมรับจากสังคมด้วย</li> <li>4. ชอบกระทำการต่าง ๆ ด้วยความคิดของตนเองไม่ใ้ใครมาบงการ</li> <li>5. มีการวางแผนระยะยาวในเหตุการณ์และสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ตนกระทำ</li> <li>6. มีความพึงพอใจในความสำเร็จที่เป็นงานยาก</li> </ol>                                                                                                                                                |

## ตารางที่ 2 (ต่อ)

| ข้อที่ | องค์ประกอบ<br>ความเชื่ออำนาจภายในคน | ตัวอย่างพฤติกรรม                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3.     | บุคลิกภาพในการแสดงตัว               | 1. ชอบเข้าสังคมและการสังสรรค์<br>2. เป็นคนที่แสดงอารมณ์และความรู้สึกอย่างเปิดเผย<br>3. ไม่โกรธ เกลียด หรือรักใคร่ง่าย ๆ<br>4. ไม่ชอบคิดถึงอดีตและไม่ชอบคิดถึงเรื่องที่ผ่านมาแล้ว<br>5. เป็นคนทันสมัยและยอมรับสิ่งใหม่ ๆ ได้เสมอ                         |
| 4.     | ความภาคภูมิใจในตนเอง                | 1. สามารถทำสิ่งต่าง ๆ ได้ตามความต้องการ<br>2. อารมณ์ดี สนุกสนาน<br>3. มุ่งหวังในชัยชนะในการแข่งขันสิ่งต่าง ๆ<br>4. สามารถทำสิ่งต่าง ๆ ด้วยความรู้สึกภาคภูมิใจ<br>5. มีความกระตือรือร้น<br>6. อยากเรียนรู้ในสิ่งใหม่ ๆ อยู่เสมอ                          |
| 5.     | ความเป็นผู้นำ                       | 1. ได้รับการยอมรับจากเพื่อนและสังคม<br>2. เข้ากับบุคคลอื่นได้ดี<br>3. ชอบการแสดงออกและการแสดงความคิดเห็น<br>4. สามารถควบคุมพฤติกรรมของผู้อื่นได้<br>5. มีความกล้าตัดสินใจ<br>6. ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นเสมอ<br>7. เป็นคนมีความเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ |

## ตารางที่ 2 (ต่อ)

| ข้อที่ | องค์ประกอบ<br>ความเชื่ออำนาจภายในตน | ตัวอย่างพฤติกรรม                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6.     | ความมีวินัยในตนเอง                  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ปฏิบัติตนตามกฎระเบียบของสังคม</li> <li>2. สามารถควบคุมอารมณ์ได้</li> <li>3. ประพฤติตนอย่างมีเหตุผล</li> <li>4. มีความซื่อสัตย์ จริงใจ และมีเหตุผล</li> <li>5. สามารถพึ่งตนเองได้</li> </ol>                                                                                                               |
| 7.     | ความวิตกกังวล                       | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. มีความเครียดน้อย</li> <li>2. มีความยืดหยุ่นในการแก้ปัญหา</li> <li>3. มีความมั่นคงทางอารมณ์</li> <li>4. มีความรอบคอบในการกระทำสิ่งต่าง ๆ</li> <li>5. ไม่กลัวในสิ่งที่ยังไม่เกิดขึ้น</li> </ol>                                                                                                             |
| 8.     | ความเชื่อมั่นในตนเอง                | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. กล้าพูด กล้าแสดงออก</li> <li>2. ชอบช่วยเหลือผู้อื่น</li> <li>3. ชอบอิสระ ไม่โอ้อวด</li> <li>4. มีความเกรงใจ และเห็นใจผู้อื่น</li> <li>5. มีจิตใจเด็ดเดี่ยว แน่วแน่</li> <li>6. กล้าเผชิญความจริง</li> <li>7. เป็นตัวของตัวเอง</li> </ol>                                                                  |
| 9.     | การให้เหตุผลเชิงจริยธรรม            | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ไม่ลุ่มหลงเพราะความเชื่อถืออย่างมมาย</li> <li>2. ไม่ยึดถือตนเองหรือบุคคลเป็นใหญ่</li> <li>3. ไม่สรุปสิ่งต่าง ๆ ง่าย ๆ โดยไร้เหตุผล</li> <li>4. มีสติ ยับยั้งชั่งใจ</li> <li>5. รู้จักข่มความโลภ ความโกรธ ความหลงผิด</li> <li>6. มีเหตุผลรู้จักกาลเทศะ</li> <li>7. ไม่เป็นคนหุนเหยา เชื่อคนง่าย</li> </ol> |

## ตอนที่ 2 แนวคิด และทฤษฎีเกี่ยวกับการวิเคราะห์องค์ประกอบ

### ประวัติความเป็นมา

การวิเคราะห์องค์ประกอบเป็นผลงานของนักจิตวิทยาชื่อ สเปียร์แมน (Spearman, 1904, p. 15) เขาได้รับการยกย่องว่าเป็นบิดาของการวิเคราะห์องค์ประกอบในปี ค.ศ. 1904 สเปียร์แมน (Spearman, 1904, p. 15) ได้ศึกษาเกี่ยวกับสติปัญญาของมนุษย์ในรูปของ องค์ประกอบทั่วไป และ องค์ประกอบเฉพาะ โดยเรียกชื่อว่า ทฤษฎีสององค์ประกอบ (two factor theory) และในปี ค.ศ.1901 เพียร์สัน (Pearson, 1901, p. 21) ได้เสนอวิธีการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร สังกัดได้และตัวแปรแฝง โดยการรวมกลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันเป็นองค์ประกอบเดียวกัน และแต่ละองค์ประกอบคือตัวแปรแฝงอันเป็นคุณลักษณะที่นักวิจัยต้องการศึกษานั้นเอง

ในการวิเคราะห์องค์ประกอบมีข้อตกลงเบื้องต้นที่สำคัญ 3 ข้อคือ

1. ข้อตกลงเบื้องต้นว่าด้วยความสัมพันธ์เชิงสาเหตุขององค์ประกอบ ตามข้อตกลงเบื้องต้นนี้ตัวแปรสังเกตได้แต่ละตัวมีความแปรผันเนื่องจากองค์ประกอบร่วม (common factor = F) และ องค์ประกอบเฉพาะ (unique factor = U) กล่าวอีกอย่างหนึ่งคือ ความแปรปรวนในตัวแปรสังเกตได้นั้นเป็นผลมาจากตัวแปรสาเหตุ คือองค์ประกอบร่วมและองค์ประกอบเฉพาะ การที่ตัวแปรสังเกต ได้มีความสัมพันธ์กันนั้นเนื่องมาจากตัวแปรเหล่านั้นมีองค์ประกอบร่วมเป็นตัวเดียวกัน เมื่อพิจารณาค่าของตัวแปรสังเกตได้แต่ละตัวที่จัดในรูปคะแนนมาตรฐาน (standard score) จะได้โมเดล สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบในรูปสมการ ดังนี้

$$Z = (a_1)(F_1) + (a_2)(F_2) + \dots + U = \sum aF + U$$

ตัวแปร Z คือผลบวกเชิงเส้นขององค์ประกอบร่วม  $F_1, F_2, \dots$  และองค์ประกอบเฉพาะ U โดยมี  $a_1, a_2, \dots$  เป็นน้ำหนัก (Weight) ขององค์ประกอบร่วมแต่ละองค์ประกอบเรียกว่าน้ำหนักองค์ประกอบ (factor loading)

2. ข้อตกลงเบื้องต้นว่าด้วยความเป็นอิสระระหว่างองค์ประกอบ ตามข้อตกลงเบื้องต้นข้อนี้องค์ประกอบร่วมและองค์ประกอบเฉพาะของตัวแปรสังเกตได้แต่ละตัวเป็นอิสระต่อกัน หรือ ความแปรปรวนร่วมระหว่างองค์ประกอบร่วมและองค์ประกอบเฉพาะเป็นศูนย์

3. ข้อตกลงเบื้องต้นว่าด้วยคุณสมบัติด้านการบวกของความแปรปรวนขององค์ประกอบ ตามข้อตกลงเบื้องต้นข้อนี้จะวิเคราะห์ความแปรปรวนในตัวแปรสังเกตได้ออกเป็นผลบวกของความแปรปรวนขององค์ประกอบเฉพาะ และความแปรปรวนขององค์ประกอบร่วม นั่นคือ เมื่อมีตัวแปรสังเกตได้ในรูปคะแนนมาตรฐานมีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์และมีความแปรปรวนเป็นหนึ่ง จาก

โมเดลสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบนำสมการมายกกำลังสองและหาผลรวม จะให้ความแปรปรวนของตัวแปร  $Z$  ซึ่งมีค่าเท่ากับหนึ่งมีค่าเท่ากับผลบวกของความแปรปรวนจากแหล่งต่าง ๆ ดังนี้ (เทอมความแปรปรวนร่วมทุกเทอมเป็นศูนย์ตามข้อ 2)

$$V(Z) = 1 = (a_1)^2 V(F_1) + (a_2)^2 V(F_2) + \dots + V(U)$$

เนื่องจากองค์ประกอบ  $F_1, F_2, \dots$  อยู่ในรูปคะแนนมาตรฐานด้วย ดังนั้นค่าความแปรปรวนจึงเป็นหนึ่ง ส่วนความแปรปรวนขององค์ประกอบเฉพาะนั้นประกอบด้วยส่วนที่เป็นความแปรปรวนเนื่องจากการวัด หรือความคลาดเคลื่อนในการวัด แทนด้วย  $e^2$  และส่วนที่เป็นความแปรปรวนเนื่องจากลักษณะแกนमुखสำคัญ (principal axes) ต่อมาในปี ค.ศ.1933 ฮอทเทลลิง (Hotelling, 1933, p. 25) ก็ได้พัฒนาวิธีสร้างแกนमुखสำคัญที่สมบูรณ์ขึ้น

### แนวคิดพื้นฐานของการวิเคราะห์องค์ประกอบ

ในการวิจัยทางสังคมศาสตร์ และพฤติกรรมศาสตร์ นักวิจัยมักสนใจศึกษาคุณลักษณะที่กำหนดว่าไม่สามารถวัดได้โดยตรงซึ่งเรียกว่าตัวแปรแฝง นักวิจัยสามารถศึกษาคุณลักษณะภายในดังกล่าวนี้จากพฤติกรรมที่บุคคลแสดงออกมา โดยการวัดการสังเกตพฤติกรรมเหล่านั้นแทนคุณลักษณะที่ต้องการศึกษา ในทางปฏิบัติ นักวิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลได้เป็นตัวแปรสังเกตได้หลายตัว และใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบมาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ได้องค์ประกอบอันเป็นคุณลักษณะของบุคคลที่นักวิจัยต้องการศึกษา กล่าวได้ว่าวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเป็นวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ใช้ในการหาค่าความแปรปรวนต้องเป็นหนึ่ง ส่วนความแปรปรวนขององค์ประกอบเฉพาะนั้นประกอบด้วยส่วนที่เป็นความแปรปรวนเนื่องจากการวัด หรือความคลาดเคลื่อนในการวัด แทนด้วย  $e^2$  และส่วนที่เป็นความแปรปรวนเนื่องจากลักษณะเฉพาะของตัวแปร แทนด้วย  $p^2$  ดังนั้นจะได้สมการแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปร  $Z$  ดังนี้

$$\begin{aligned} 1 &= [(a_1)^2 + (a_2)^2 + \dots] + p^2 + e^2 \\ &= [h^2] + p^2 + e^2 \end{aligned}$$

จากสมการข้างต้นจะเห็นได้ว่าความแปรปรวนในตัวแปรแยกออกได้เป็น 3 ส่วน ซึ่งในการวัดค่าความเที่ยงของตัวแปร สามารถวัดได้จากอัตราส่วนระหว่าง  $(h^2 + p^2)$  กับความแปรปรวนทั้งหมดของตัวแปร ส่วนค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ของตัวแปรคือ อัตราส่วนระหว่าง  $(h^2)$  กับความแปรปรวนของตัวแปรทั้งหมด เมื่อเทอม  $h^2$  แทนความแปรปรวนของตัวแปรร่วมของตัวแปรส่วนที่เป็นองค์ประกอบร่วมกับตัวแปรที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการวัด

ในการวิเคราะห์องค์ประกอบนั้น เทอม  $h^2$  มีชื่อเรียกว่าค่าการร่วม (communality) ของตัวแปร ค่าการร่วมของตัวแปรใดหมายถึง ปริมาณความแปรปรวนของตัวแปรนั้นที่สามารถอธิบายได้ด้วยองค์ประกอบร่วมนั่นเอง เมื่อเปรียบเทียบค่าความแปรปรวนของคะแนนจริงในตัวแปรกับค่า

การรวม จะเห็นว่าถ้าตัวแปรนั้นมีค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบเฉพาะเป็นศูนย์แล้วค่าการรวมก็จะเท่ากับค่าความแปรปรวนของคะแนนจริง

ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบจะมีตัวแปรสังเกตได้หลายตัว ดังนั้นจึงมีสมการแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรแต่ละตัวเท่ากับจำนวนตัวแปรเมื่อนำค่า  $(a_1)^2$  จากทุกสมการมารวมกันจะได้สัดส่วนของความแปรปรวนในองค์ประกอบรวม  $F_1$  ที่อธิบายได้ด้วยตัวแปรสังเกตได้ทุกตัว ค่าความแปรปรวนนี้เรียกว่าค่าไอเกนหรือค่าเฉพาะ (eigen value) ขององค์ประกอบ  $F_1$  นั้นเอง (Lindeman Merenda, Gold, 1980 ; Everitt and Dunn, 1991; นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2537)

วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์องค์ประกอบมีอยู่ 2 ประการคือ ประการแรกเป็นการใช้วิธี วิเคราะห์องค์ประกอบเพื่อสำรวจและสืบหารูปแบบการรวมกลุ่มของตัวแปรให้ได้องค์ประกอบภายใต้ความสัมพันธ์ของตัวแปร ที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบช่วยให้นักวิจัยลดจำนวนตัวแปรลง และได้องค์ประกอบซึ่งทำให้เข้าใจลักษณะข้อมูลได้ง่าย และสะดวกในการแปลความหมาย รวมทั้งได้ทราบแบบแผน (pattern) และโครงสร้าง (structure) ความสัมพันธ์ของข้อมูลด้วย วัตถุประสงค์ประการที่สองเป็นการใช้การวิเคราะห์ องค์ประกอบเพื่อทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับแบบแผน และ โครงสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูล กรณีนี้นักวิจัยต้องมีสมมติฐานอยู่ก่อนแล้ว และใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลเชิงประจักษ์มีความสอดคล้องกลมกลืนกับสมมติฐานเพียงใด ซึ่งการวิเคราะห์ทั้ง 2 แบบมีขั้นตอนที่เหมือนกันทั้ง 4 ขั้นตอน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจและเชิงยืนยัน ดังจะกล่าวดังต่อไปนี้

#### การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ

วัตถุประสงค์สำคัญการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ คือ การวิเคราะห์เพื่อสำรวจและระบุองค์ประกอบรวมที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบ ทำให้นักวิจัยลดจำนวนตัวแปรสังเกตได้ในการวิเคราะห์ต่อไปโดยการสร้างตัวแปรใหม่ในรูปขององค์ประกอบรวม ขั้นตอนการดำเนินการวิเคราะห์องค์ประกอบและวิธีการแต่ละขั้นตอนทั้ง 4 ขั้นตอนมีดังนี้

##### 1. การเตรียมเมทริกซ์สหสัมพันธ์

เมทริกซ์สหสัมพันธ์ที่จะใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจและการวิเคราะห์องค์ประกอบประเภทอื่น มี 2 แบบ คือ แบบอาร์ (R-type) และแบบคิว (Q - type) เมทริกซ์สหสัมพันธ์แบบอาร์ หมายถึง เมทริกซ์ของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างหน่วยตัวอย่างแต่ละคู่จำนวนหน่วยของคะแนนที่นำมาหาค่าสหสัมพันธ์แต่ละคู่ คือ จำนวนตัวแปรหรือ

คุณลักษณะของหน่วยตัวอย่างแต่ละคนโดยปกติการวิเคราะห์องค์ประกอบที่ใช้กันอยู่ในงานวิจัยทั่วไป ใช้ข้อมูลที่เป็นเมทริกซ์สหสัมพันธ์แบบอาร์ เพื่อศึกษาตัวแปรแฝงที่แสดงออกเป็นตัวแปรสังเกตได้ แต่การวิเคราะห์องค์ประกอบควรใช้ เมทริกซ์สหสัมพันธ์แบบควัดวีย เคอร์ลิเจอร์ (Kerlinger, 1973, pp. 678-681) เสนอว่าผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยใช้เมทริกซ์แบบอาร์ และแบบควว ให้ผลการวิเคราะห์สอดคล้องกันการวิเคราะห์องค์ประกอบเมื่อใช้ เมทริกซ์แบบควว ทำให้เห็นการรวมกลุ่มของคนที่มีลักษณะร่วมกัน

เมทริกซ์สหสัมพันธ์ที่นักวิจัยเตรียมไว้เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบนั้นควรจะมีค่า

สหสัมพันธ์แตกต่างจากศูนย์ ถ้าตัวแปรไม่มีความสัมพันธ์กันแสดงว่าไม่มีองค์ประกอบร่วม และไม่มีประโยชน์ที่จะนำเมทริกซ์สหสัมพันธ์นั้นไปวิเคราะห์ ในโปรแกรม SPSS จึงจัดให้มีการทดสอบสมมติฐานว่าเมทริกซ์ สหสัมพันธ์นั้นเป็นเมทริกซ์เอกลักษณ์ (identity matrix) หรือไม่โดยใช้ Bartlett's test of sphericity ซึ่งเป็นการทดสอบค่าโค-สแควร์ของดีเทอร์มิแนนท์ (determinant) ของเมทริกซ์สหสัมพันธ์ นอร์ซิส (Norusis, 1988, p. B-44) นอกจากนี้โปรแกรม SPSS ยังมีการทดสอบโดยการคำนวณค่าสถิติเรียกว่า ค้านีไกเซอร์-ไมเยอร์-ฮอลคิน (Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy) ซึ่งเป็นดัชนีบอกความแตกต่างระหว่างเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้ กับเมทริกซ์สหสัมพันธ์แอนติอิมเมจหรือปฏิภาพ (anti-image correlation matrix) ซึ่งเป็นเมทริกซ์ของสหสัมพันธ์พาร์เซียระหว่างตัวแปรแต่ละคู่ เมื่อขจัดความแปรปรวนของตัวแปรอื่น ๆ ออกไปแล้ว ค่าค้านีไกเซอร์-ไมเยอร์-ฮอลคินควรมีค่าเข้าใกล้หนึ่ง ถ้ามีค่าน้อยแสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมีน้อยและไม่เหมาะสมที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบ

## 2. การสกัดองค์ประกอบขั้นต้น (extraction of the initial factors)

เป้าหมายของการสกัดองค์ประกอบขั้นต้นในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ คือ การแยกองค์ประกอบร่วมให้มีจำนวนองค์ประกอบน้อยที่สุด ที่สามารถนำค่าน้ำหนักองค์ประกอบไปคำนวณค่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ได้ค่าใกล้เคียงกับเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้อันเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ กระบวนการสกัดองค์ประกอบนั้น คอมพิวเตอร์มีการคำนวณทวนซ้ำหลายรอบ เริ่มจากการตั้งสมมติฐานว่ามีองค์ประกอบเพียงองค์ประกอบเดียวแล้วนำค่าแฟคเตอร์เมทริกซ์ไปคำนวณหาเมทริกซ์สหสัมพันธ์เปรียบเทียบกับเมทริกซ์ข้อมูลเชิงประจักษ์ถ้ายังมีความแตกต่างกันมากจะตั้งสมมติฐานว่ามีสององค์ประกอบ แล้วดำเนินการวิเคราะห์ใหม่เรื่อย ๆ ไปจนกว่าจะได้เมทริกซ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณได้นั้นมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลเชิงประจักษ์

วิธีการสกัดองค์ประกอบขั้นต้นทำได้หลายวิธี (Kim & Mueller, 1978, pp. 12-19 ;

Tatsuoka, 1971, pp. 145-149 ; Cooley & Lohnes, 1971, pp. 96-113, Johnson & Wichern,

1988, pp. 346-350, 385-400, Stevens, 1986, pp. 338-342; Norusis, 1988, pp. B-46, B-52) Kim และ Mueler แยกออกเป็น 6 กลุ่ม คือ 1) การวิเคราะห์ส่วนประกอบमुखสำคัญ 2) การหาองค์ประกอบแกนमुखสำคัญ 3) วิธีกำลังสองน้อยที่สุด 4) วิธีไลต์ลิตซ์สูงสุด 5) วิธีวิเคราะห์ภาพและ 6) การหาองค์ประกอบแบบแอลฟา แต่ละกลุ่มมีหลักการคล้ายคลึงกัน แต่มีวิธีการแตกต่างกัน วิธี การ 5 วิธีหลังต่างจากวิธีแรกคือ วิธี การวิเคราะห์ส่วนประกอบमुखสำคัญ เพราะ 5 วิธีหลังเป็นวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบร่วม (common factor analysis) วิธีการวิเคราะห์ส่วนประกอบमुखสำคัญ แม้จะต่างจากการวิเคราะห์องค์ประกอบร่วมในรายละเอียด แต่มีหลักการแบบเดียวกันการทำความเข้าใจวิธีการวิเคราะห์ส่วนประกอบमुखสำคัญจะช่วยให้ เข้าใจวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบร่วมได้ดีขึ้นด้วย

## 2.1 วิธีการวิเคราะห์ส่วนประกอบमुखสำคัญ (principal component analysis)

ตามหลักการวิเคราะห์ส่วนประกอบमुखสำคัญ ตัวแปรสังเกตได้จะถูกเปลี่ยนรูปให้เป็นตัวแปรส่วนประกอบ ซึ่งเขียนในรูปผลบวกเชิงเส้นของตัวแปรสังเกตได้ทั้งหมด โดยที่ตัวแปรส่วนประกอบตัวแรกต้องอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรสังเกตได้มากที่สุดจากนั้นจึงจะสร้างตัวแปรส่วนประกอบตัวที่สองที่ไม่สัมพันธ์กับตัวแรกให้อธิบายความแปรปรวนของตัวแปรสังเกตได้ที่เหลืออยู่ให้มากที่สุดเรื่อยๆ ไป ผลจากการวิเคราะห์ส่วนประกอบमुखสำคัญจะได้ตัวแปรส่วนประกอบชุดหนึ่งที่ไม่สัมพันธ์กันแยกจากข้อมูลตัวแปรสังเกตได้ซึ่งมีความสัมพันธ์กัน ถ้าข้อมูลตัวแปรสังเกตได้ไม่มีความสัมพันธ์กันการวิเคราะห์ส่วนประกอบमुखสำคัญจะทำได้

การวิเคราะห์ส่วนประกอบमुखสำคัญ แตกต่างจากการวิเคราะห์องค์ประกอบร่วมที่ได้กล่าวถึงไว้ในหัวข้อการสกัดองค์ประกอบขั้นต้น โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบที่กล่าวไว้แล้วนั้นแสดงว่าตัวแปรสังเกตได้คือ ผลบวกเชิงเส้นขององค์ประกอบร่วมหลายองค์ประกอบ และองค์ประกอบเฉพาะนั้นคือ องค์ประกอบร่วมอธิบายความแปรปรวนในตัวแปรสังเกตได้เฉพาะส่วนที่มีความแปรผันร่วมกัน กับองค์ประกอบ แต่โมเดลการวิเคราะห์ส่วนประกอบमुखสำคัญตัวแปรสังเกตได้คือ ผลบวกเชิงเส้นของส่วนประกอบमुखสำคัญ (องค์ประกอบ) นั่นคือ ตัวแปรส่วนประกอบอธิบายความแปรปรวนในตัวแปรสังเกตได้ทั้งหมด ดังสมการ

$$Z = (b_1)(F_1) + (b_2)(F_2) + \dots + (b_K)(F_K)$$

ข้อแตกต่างระหว่างการวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญ และการวิเคราะห์องค์ประกอบร่วมอีกประการหนึ่ง คือ ทฤษฎีพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์ นักวิจัยที่ใช้การวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญเพื่อสร้างตัวแปรชุดใหม่ให้มีจำนวนน้อย ไม่จำเป็นต้องมีทฤษฎีพื้นฐาน แต่นักวิจัยที่ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบร่วม จำเป็นต้องมีทฤษฎี มีสมมติฐานเป็นแนวทางในการวิเคราะห์การ

วิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญนี้เป็นวิธีการสกัดองค์ประกอบแบบแรกที่ Hotelling พัฒนาขึ้นเมื่อ ค.ศ.1933 และเป็นพื้นฐานของการสกัดองค์ประกอบด้วยวิธีอื่น ๆ

เพื่อให้เป็นที่เข้าใจชัดเจนถึงหลักการวิเคราะห์ส่วนประกอบमुखสำคัญผู้เขียนแสดงตัวอย่างกรณีตัวแปรสังเกตได้ 2 ตัวแปร คือ Z1 และ Z2 มีความสัมพันธ์กัน 0.40 ดังแสดงในแผนภาพกระจายกระจาย ดังภาพที่ 4 (ก) ตัวแปร Z1 และ Z2 แทนด้วยแกนในภาพ ตัวแปรส่วนประกอบमुखสำคัญจะแทนด้วยแกนใหม่ ซึ่งเรียกว่า แกนमुखสำคัญ (principal axes) F1 และ F2 แกนमुखสำคัญแกนแรกจะเป็นแกนที่ลากผ่านจุดต่าง ๆ ในภาพให้มากที่สุด วิธีการลากทำได้ด้วยการลากเส้นตรงให้ผลบวกกำลังสองของระยะตั้งฉากจากแต่ละจุดมายังแกนमुखสำคัญ มีค่าน้อยที่สุด (วิธีการนี้คล้ายกับการลากเส้นถดถอยให้ผ่านจุดต่าง ๆ ในแผนภาพกระจาย แต่เส้นถดถอยลากโดยใช้ผลบวกกำลังสองของคะแนนเบี่ยงเบนจากค่าพยากรณ์ หรือผลบวกกำลังสองของเศษเหลือมีค่าน้อยที่สุด) เมื่อได้แกนमुखสำคัญแกนแรกแล้ว จะลากแกนमुखสำคัญที่สองให้ตั้งฉากกับแกนแรก ดังแสดงในภาพ ผู้อ่านจะสังเกตได้ว่าถ้าตัวแปร Z1 และ Z2 ไม่มีความสัมพันธ์กันดังภาพที่ 4 (ข) การลากแกนमुखสำคัญแกนแรกมิได้หลายแบบ และถ้าตัวแปร Z1 และ Z2 มีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ ดังภาพที่ 4 (ค) จะมีแกนमुखสำคัญเพียงแกนเดียว ในที่นี้แสดงการคำนวณการวิเคราะห์ส่วนประกอบमुखสำคัญที่ต้องใช้การคำนวณโดยอาศัยความรู้เรื่องพีชคณิต เมทริกซ์เฉพาะกรณีความสัมพันธ์ตามภาพที่ 4 (ก)

จากการคำนวณหาค่าเมทริกซ์องค์ประกอบที่แสดงไว้ตอนล่างของภาพที่ 4 จะเห็นว่าตัวแปรส่วนประกอบตัวแรกมีค่าไอเกน 1.4 ตัวที่สองมีค่าไอเกน 0.6 จะสังเกตได้ว่าผลรวมของค่าไอเกนเท่ากับจำนวนตัวแปรคือ 2.0 ในที่นี้คือค่าผลรวมของความแปรปรวนทั้งสองตัวแปร เพราะตัวแปร Z1 และ Z2 เป็นตัวแปรในรูปคะแนนมาตรฐาน ซึ่งมีความแปรปรวนเป็น 1.0 ค่าของแฟกเตอร์เมทริกซ์หรือน้ำหนักองค์ประกอบสำหรับตัวแปรส่วนประกอบ F1 เป็น 0.84 และ 0.84 สังเกตได้ว่า ถ้าเอาน้ำหนักองค์ประกอบนี้มายกกำลังสองแล้วรวมกัน จะได้ค่าเท่ากับค่าไอเกนของ F1 คือ 1.4 หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่ง คือ เอาน้ำหนักองค์ประกอบยกกำลังสองรวมในแนวตั้งจะได้ค่าไอเกนของตัวแปร F1 และ F2 และถ้ารวมตามแนวนอนจะได้ค่าการรวมของตัวแปร Z1 และ Z2 นั่นเอง ค่าไอเกนนี้เมื่อนำมาคูณกันจะได้ค่าเท่ากับดีเทอร์มิแนนต์ของเมทริกซ์ R ด้วย นอกจากนี้การคำนวณปริมาณความแปรปรวนที่อธิบายได้ด้วย F1 และ F2 จะคำนวณจากค่าไอเกนหารด้วยจำนวนตัวแปรนั่นเอง

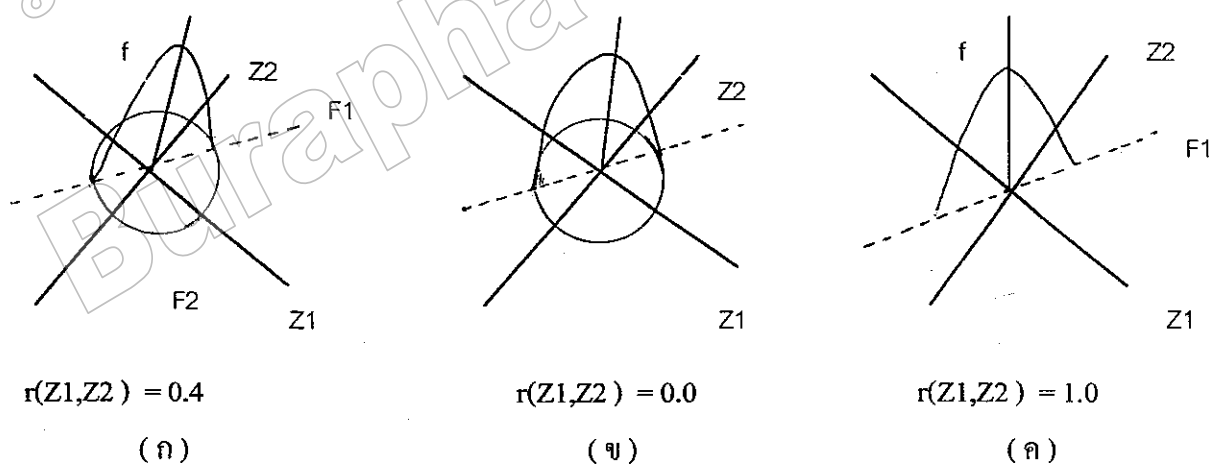
เมื่อนำวิธีการคำนวณนี้มาใช้กับกรณีตัวแปรไม่มีความสัมพันธ์ตามภาพที่ 4 (ข) จะได้ว่าค่าไอเกนของตัวแปรส่วนประกอบमुखสำคัญ F1 มีค่าเท่ากับตัวแปรส่วนประกอบमुखสำคัญ F2 คือมีค่าเท่ากับ 1.0 ซึ่งไม่ได้อธิบายความแปรปรวนเพิ่มขึ้นจากตัวแปร Z1 และ Z2 แต่อย่างใด ดังนั้นถ้าข้อ

มุกต์ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรจึงไม่เหมาะสมที่จะวิเคราะห์ส่วนประกอบमुखสำคัญเมื่อนำวิธีการคำนวณให้กับกรณีตัวแปรมีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ ตามภาพ ที่ 4 (ค) จะได้ค่าไอเกนของ  $F1$  มีค่าเป็น  $I+r = 2.0$  และค่าไอเกน  $F2$  มีค่าเป็น 0 หมายความว่า  $F1$  อธิบายความแปรปรวนในตัวแปรทั้งสองได้หมด 100%

## 2.2 การหาองค์ประกอบแกนमुखสำคัญ (principal axis factoring)

การหาองค์ประกอบแกนमुखสำคัญเป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบร่วมแบบหนึ่งที่ใช้หลักการแบบเดียวกันกับการวิเคราะห์ส่วนประกอบमुखสำคัญที่กล่าวในหัวข้อ 2.1 ข้อแตกต่างคือวิธีการหาองค์ประกอบแกนमुखสำคัญมิได้ใช้ค่าการร่วม (communality) ของตัวแปรเป็น 1.0 เหมือนในการวิเคราะห์ส่วนประกอบमुखสำคัญ นั่นคือ สมาชิกในแนวทแยงของเมทริกซ์สหสัมพันธ์แทนที่จะเป็น 1.0 จะใช้ค่ากำลังสองของ สหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างตัวแปรแต่ละตัวกับตัวแปรที่เหลือเป็นค่าประมาณของค่าการร่วม หรือใช้ค่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละตัวกับตัวแปรที่เหลือที่มีค่าสูงที่สุด เป็นค่าประมาณค่าการร่วมวิธีการนี้แม้จะมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในระยะแรก แต่ปัจจุบันนักวิจัยเริ่มสนใจวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด และนำมาใช้แทนวิธีนี้

การหาองค์ประกอบแกนमुखสำคัญได้รับการพัฒนาให้ทำงานดีขึ้น โดยมีการคำนวณทวนซ้ำ (iteration) โดยมีการทำงานเป็นขั้นตอนดังนี้ ขั้นแรกจะใช้กำลังสองของสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับตัวแปรที่เหลือเป็นค่าประมาณของค่าการร่วมที่เป็นค่าตั้งต้น ทำการสกัดองค์ประกอบร่วม



ภาพที่ 4 แกนमुखสำคัญและการคำนวณกรณีสองตัวแปร

เมื่อ  $R$  = เมทริกซ์สหสัมพันธ์,  $V$  = เวกเตอร์ไอเกน,  $\lambda$  = ค่าไอเกน  
จะได้สมการแคเรคเตอร์ิสติก และสมการคิเทอร์มิแนนท์ซึ่งใช้ในการแก้สมการดังนี้

$$RV = \lambda V \text{ หรือสมการในรูปเมทริกซ์คือ } [R - I\lambda] = \begin{bmatrix} 1-\lambda & r \\ r & 1-\lambda \end{bmatrix} = (1-\lambda)^2 - r^2 = 0$$

$$\text{แก้สมการได้ } 1 - 2\lambda + \lambda^2 - r^2 = [\lambda - (1-r)] [\lambda - (1+r)] = 0; \lambda = 1+r, 1-r$$

$$\text{กรณี } r(Z1, Z2) = 0.4 \text{ จะได้ } \lambda = 1.4, 0.6$$

สำหรับ  $\lambda_1 = 1.4$  และ  $\lambda_2 = 0.6$  จะหาค่าไอเกนเวกเตอร์ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} 1.0 & 0.4 \\ 0.4 & 1.0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{11} \\ X_{21} \end{bmatrix} = 1.4 \begin{bmatrix} X_{11} \\ X_{21} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1.0 & 0.4 \\ 0.1 & 1.0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{12} \\ X_{22} \end{bmatrix} = 0.6 \begin{bmatrix} X_{12} \\ X_{22} \end{bmatrix}$$

$$X_{11} = X_{21}$$

$$X_{12} = -X_{22}$$

กำหนดให้  $X_{11} = X_{21} = X_{12} = 1$  และ  $X_{22} = -1$

ไอเกนเวกเตอร์  $V$  จะได้จากการทำเวกเตอร์  $X$  ให้เป็นปกติ (normalize) ดังสมการ

$$V = X / \sqrt{X'X}$$

$$\text{นั่นคือ } \begin{bmatrix} V_{11} \\ V_{21} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/\sqrt{2} \\ 1/\sqrt{2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.71 \\ 0.71 \end{bmatrix}; \begin{bmatrix} 1/\sqrt{2} \\ -1/\sqrt{2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.71 \\ -0.71 \end{bmatrix}$$

|     |             |                            |                      |           |
|-----|-------------|----------------------------|----------------------|-----------|
| จาก | $r(F1, Z1)$ | $= V_{11}\sqrt{\lambda_1}$ | $\sqrt{1.4} = 0.71$  | $= 0.84$  |
|     | $r(F1, Z2)$ | $= V_{21}\sqrt{\lambda_1}$ | $\sqrt{1.4} = 0.71$  | $= 0.84$  |
|     | $r(F2, Z1)$ | $= V_{12}\sqrt{\lambda_2}$ | $\sqrt{0.6} = 0.71$  | $= 0.55$  |
|     | $r(F2, Z2)$ | $= V_{22}\sqrt{\lambda_2}$ | $\sqrt{0.6} = -0.71$ | $= -0.55$ |

$$\text{นั่นคือเมทริกซ์องค์ประกอบ} = \begin{bmatrix} 0.84 & 0.55 \\ 0.84 & -0.55 \end{bmatrix}$$

เป็นขั้นที่สอง ทำการคำนวณทวนซ้ำเรื่อย ๆ ไปจนกว่าค่าประมาณของค่าการร่วมจะไม่เปลี่ยนแปลง  
จึงนำผลของการสักรงค์ประกอบรวมเป็นผลการวิเคราะห์ขั้นสุดท้าย

### 2.3 วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (least squares method)

วิธีกำลังสองน้อยที่สุด เป็นการสกัดองค์ประกอบสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบร่วมแบบหนึ่ง ประกอบด้วยวิธีการแตกต่างกัน 3 แบบ คือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุดไม่ถ่วงน้ำหนัก (unweighted least squares method) วิธีกำลังสองน้อยที่สุดทั่วไป (generalized least squares method) และวิธีเศษเหลือน้อย ที่สุด (MINimum RESiduals method = MINRES) ซึ่งพัฒนาโดย (Harman, 1976) ทั้งสามวิธีใช้หลักการเหมือนกับการหาองค์ประกอบแกนमुखสำคัญที่มีการคำนวณทวนซ้ำ สิ่งที่แตกต่างกัน คือ เกณฑ์ในการตัดสินใจหยุดการคำนวณทวนซ้ำซึ่งวิธีการหาองค์ประกอบแกนमुखสำคัญใช้เกณฑ์ว่าจะคำนวณ ทวนซ้ำ จนกว่าค่าประมาณของค่าการร่วมไม่เปลี่ยนแปลง สำหรับเกณฑ์ในวิธีกำลังสองน้อยที่สุดมีแตกต่างกันตามวิธีที่ใช้ กล่าวคือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุดไม่ถ่วงน้ำหนักจะหยุดเมื่อกำลังสองของผลต่างระหว่างเมทริกซ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณ ได้กับเมทริกซ์สหสัมพันธ์จากตัวแปรสังเกตได้มีค่าน้อยที่สุด วิธีกำลังสองน้อยที่สุดทั่วไปใช้เกณฑ์เดียวกันกับวิธีกำลังสองน้อยที่สุดไม่ถ่วงน้ำหนัก แต่จะถ่วงน้ำหนักสมาชิกใน เมทริกซ์สหสัมพันธ์ด้วยค่าองค์ประกอบเฉพาะของตัวแปรแต่ละตัว นั่นคือ ค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีองค์ประกอบเฉพาะสูงจะถูกถ่วงน้ำหนักน้อยกว่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีองค์ประกอบเฉพาะต่ำ ส่วนวิธีเศษเหลือน้อยที่สุด ใช้การทดสอบไค-สแควร์สำหรับกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ทดสอบความสอดคล้องกลมกลืนระหว่างเมทริกซ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณ ได้กับเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้

### 2.4 วิธีไลค์ลิฮูดสูงสุด (maximum likelihood method)

การสกัดองค์ประกอบด้วยวิธี ไลค์ลิฮูดสูงสุด มีหลักการเช่นเดียวกับวิธีกำลังสองน้อยที่สุด สหสัมพันธ์ของตัวแปรถูกถ่วงน้ำหนักด้วยอินเวอร์สขององค์ประกอบเฉพาะของส่วนตัวแปรเช่นเดียวกับวิธีกำลังสองน้อยที่สุดทั่วไป สิ่งที่แตกต่างกันคือ เกณฑ์ที่จะใช้หยุดการคำนวณทวนซ้ำ ซึ่งมีแตกต่างกัน 3 แบบ คือ วิธีหาองค์ประกอบคาโนนิคัล (canonical factoring) ของ (Rao, 1955) วิธีดีเทอร์มิแนนท์ของเมทริกซ์สหสัมพันธ์เศษเหลือมีค่าสูงสุด (maximum residual correlation matrix) พัฒนาโดย (Joreskog, 1967) เกณฑ์ของวิธีหาองค์ประกอบคาโนนิคัล คือ ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคัลระหว่างองค์ประกอบร่วมกับตัวแปรสังเกตได้ต้องมีค่าสูงสุด เกณฑ์ของวิธีดีเทอร์มิแนนท์ เมทริกซ์ผลต่างระหว่างเมทริกซ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณ ได้ และเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้มีค่าสูงสุด ส่วนเกณฑ์ของวิธีการวิเคราะห์โมเดลลิสเรลใช้การทดสอบไค-สแควร์ ตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนระหว่างเมทริกซ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณ ได้กับเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้

องค์ประกอบยังซับซ้อนและตีความได้ยาก จึงจำเป็นต้องมีการปรับให้การจัดรวมกลุ่มของตัวแปรดูง่ายขึ้น และแปลความหมายได้ง่ายโดยเทคนิคที่เรียกว่าการหมุนแกน ซึ่งจะกล่าวต่อไป

### 3. วิธีการหมุนแกน (method of rotation)

เทคนิคการหมุนแกนในการวิเคราะห์องค์ประกอบพัฒนาโดย (Thurstone, 1947)

Thurstone ใช้หลักการหมุนแกนอ้างอิง (reference axes) ซึ่งเป็นแกนแทนองค์ประกอบให้แกนอ้างอิงผ่านจุดพิกัดของตัวแปรให้มากที่สุด เพื่อให้ได้องค์ประกอบที่มีโครงสร้างง่าย (simple structure) ไม่ซับซ้อน ลักษณะการจัดกลุ่มของตัวแปรให้เป็นองค์ประกอบมีโครงสร้างง่ายในอุดมคติจะมีลักษณะดังเมทริกซ์ขององค์ประกอบที่แสดงในภาพที่ 5 (ก) ตามภาพแสดงการลงกราฟของพิกัดตัวแปรโดยมีองค์ประกอบ F1 และ F2 เป็นแกนอ้างอิง แกน F1 ผ่านพิกัดของตัวแปรที่ 1 และ 2 ในขณะที่แกน F2 ผ่านพิกัดของตัวแปรที่ 3 และ 4 วิธีการที่จะหมุนแกนอ้างอิงให้มีการจัดกลุ่มตัวแปรได้ องค์ประกอบมีโครงสร้างง่ายดังกล่าวทำได้ 3 วิธี คือ การหมุนแกนโดยใช้กราฟ การหมุนแกนโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ให้ได้ผลตามเกณฑ์ที่กำหนด และวิธีการหมุนแกนให้เมทริกซ์ขององค์ประกอบมีลักษณะตามเมทริกซ์เป้าหมายที่กำหนด แต่ละวิธีมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 3.1 การหมุนแกนโดยใช้กราฟ (graphic rotation)

วิธีการหมุนแกนโดยทั่วไปมี 2 แบบ คือ แบบตั้งฉาก (orthogonal rotation) และแบบมุมแหลม (oblique rotation) แกนอ้างอิงขององค์ประกอบก่อนหมุนแกนมีลักษณะเป็นแกนตั้งฉากกันซึ่งแสดงว่าองค์ประกอบทั้งสองเป็นอิสระต่อกัน การหมุนแกนแบบตั้งฉากคือ การหมุนแกนอ้างอิงทั้งสองแกนไปพร้อม ๆ กัน โดยแกนทั้งสองยังคงตั้งฉากกันเหมือนเดิม ส่วนการหมุนแกนแบบมุมแหลมนั้น นักวิจัยอาจเลื่อนหมุนแกนทั้งสองด้วยมุมที่ต่างกันทำให้แกนอ้างอิงทั้งสองทำมุมแหลมต่อกัน ผลจากการหมุนแกนแบบมุมแหลมจะทำให้องค์ประกอบทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน และสัมพันธ์ในเมทริกซ์แบบแผน จะไม่ตรงกับเมทริกซ์โครงสร้างดังที่ได้กล่าวแล้วในหัวข้อ สังกัปพื้นฐานของการวิเคราะห์องค์ประกอบเพื่อให้เห็นภาพชัดเจนจึงขอยกตัวอย่างเมทริกซ์ขององค์ประกอบ มาลงกราฟโดยมีแกนอ้างอิงเป็น F1 และ F2 จะได้จุดพิกัดของตัวแปร Z1 วัดไปตามแกน F1 เป็นระยะทาง 0.9 หน่วย และวัดไปตามแกน F2 เป็นระยะทาง 0.2 หน่วย จุดพิกัด Z เป็น (0.9, 0.2) ในทำนองเดียวกันจะได้จุดพิกัดของ Z2 และ Z3 เป็น (0.6, 0.7) และ (0.7, 0.7) ตามลำดับดังภาพที่ 4 (ข) ในภาพจะเห็นว่าแกนอ้างอิงไม่ผ่านจุดพิกัดของตัวแปร ถ้าจะหมุนแกนอ้างอิงทั้งสองตามเข็มนาฬิกาให้ทำมุม ( $-15^\circ$ ) กับแกนเดิม จะได้แกนอ้างอิงใหม่ เรียกชื่อว่า FI และ FII โดยที่แกนทั้งสองยังคงตั้งฉากกันตามแบบการหมุนแกนแบบตั้งฉาก จะได้จุดพิกัดของตัวแปรทั้งสามใหม่ตามสูตรดังนี้

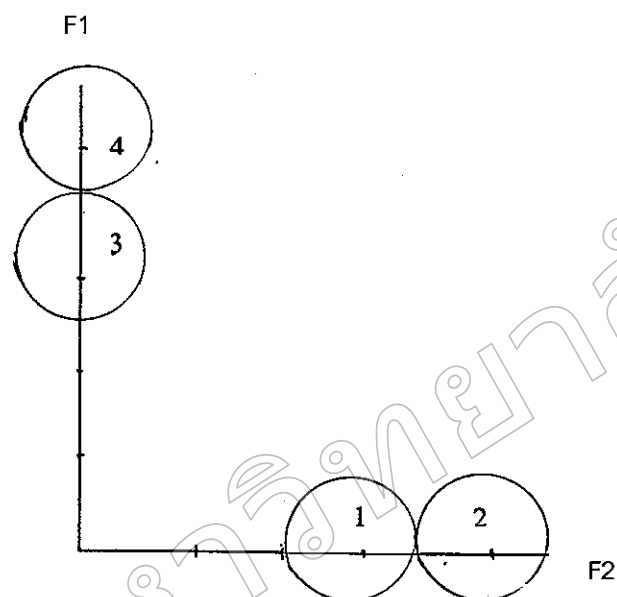
พิกัดที่ 1 :  $b_1 = (a_1)\cos(-15^\circ) + (a_2)\sin(-15^\circ)$

พิกัดที่ 2 :  $b_2 = (a_2)\cos(-15^\circ) - (a_1)\sin(-15^\circ)$

พิกัดของ Z1 :  $b_1 = (.90)(.97) + (.20)(-.26) = .87 - .05 = .82$

$b_2 = (.20)(.97) - (.90)(-.26) = .19 + .23 = .42$

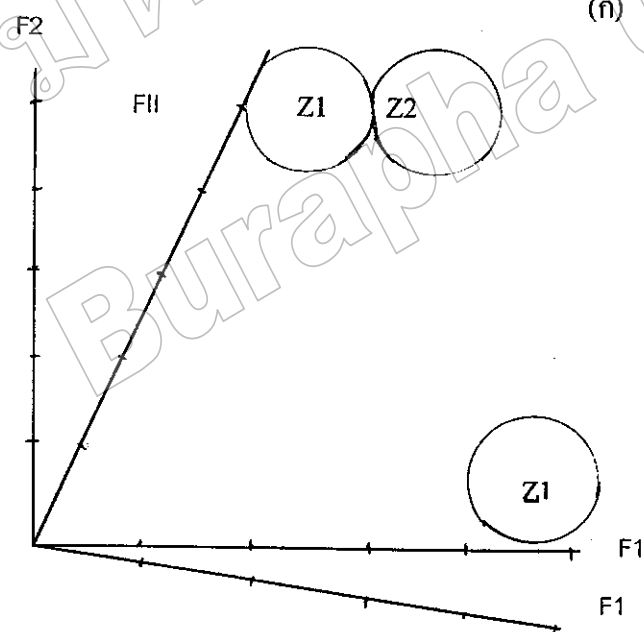
พิกัดของ Z2 :  $b_1 = (.60)(.97) + (.70)(-.26) = .58 - .18 = .42$



(ก)

เมทริกซ์องค์ประกอบในอุดมคติ

| ตัวแปร | F1  | F2  | F3  |
|--------|-----|-----|-----|
| 1      | 0.8 | 0.0 | 0.0 |
| 2      | 0.9 | 0.0 | 0.0 |
| 3      | 0.0 | 0.7 | 0.0 |
| 4      | 0.0 | 0.8 | 0.0 |
| 5      | 0.0 | 0.0 | 0.0 |



(ข)

แกนอ้างอิง F1, F2

พิกัดของ Z1 = (0.9, 0.2)

พิกัดของ Z2 = (0.6, 0.7)

พิกัดของ Z3 = (0.7, 0.7)

แกนอ้างอิง FI, FII

พิกัดของ Z1 = (0.82, 0.42)

พิกัดของ Z2 = (0.40, 0.84)

พิกัดของ Z3 = (0.50, 0.86)

ภาพที่ 5 พิกัดของตัวแปรและการหมุนแกนโดยใช้กราฟ

$$\text{พิกัดของ } Z3 : b1 = (.70)(.97) + (.70)(-.26) = .68 - .18 = .50$$

$$b2 = (.70)(.97) - (.70)(-.26) = .68 + .18 = .86$$

ผลจากการหมุนแกนจะเห็นว่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปร Z2 และ Z3 เน้นไปทางองค์ประกอบ FII มากขึ้นกว่าเดิม ลักษณะพิกัดของตัวแปรทั้งสามแสดงว่าการหมุนแกนแบบมุมฉากอาจไม่เหมาะสม ควรมีการหมุนแกนแบบมุมแหลมจะทำให้องค์ประกอบดูง่ายขึ้นเพราะตัวแปร Z2 และ Z3 จะอยู่ชิดกับแกนอ้างอิงที่สองได้ เนื่องจากสูตรการคำนวณการหมุนแกนแบบมุมแหลมยุ่งยากและซับซ้อน ประกอบกับการกำหนดมุมที่จะใช้ในการหมุนแกนจากการดูกราฟอาจคลาดเคลื่อนได้ง่าย จึงไม่ผู้จะเป็นที่นิยมใช้เท่าไรนัก

### 3.2 การหมุนแกนโดยใช้การวิเคราะห์ (analytical rotation)

หลักการหมุนแกนโดยใช้การวิเคราะห์เป็นผลงานของนักสถิติหลายท่าน โดยนำหลักการของ Thurstone มาสร้างเกณฑ์เพื่อปรับค่าสัมประสิทธิ์ในเมทริกซ์องค์ประกอบ ให้ตีความได้ง่ายขึ้นตามหลักข้อหนึ่งของ Thurstone องค์ประกอบจะมีโครงสร้างง่ายเมื่อพิกัดของตัวแปรอยู่บนแกนอ้างอิงแกนเดียว นั่นคือ สมาชิกในแต่ละแถวของเมทริกซ์องค์ประกอบควรมีค่าสูงเฉพาะองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งเท่านั้น และควรมีค่าต่ำสำหรับทุกองค์ประกอบที่เหลือถ้ากำลังสองของน้ำหนักองค์ประกอบเฉพาะองค์ประกอบหนึ่งมีค่าเท่ากับค่าการรวมของตัวแปรนั้นหมายความว่าตัวแปรนั้นวัดองค์ประกอบเดียว ซึ่งจะตีความหมายของตัวแปรนั้นได้ง่ายการหมุนแกนวิธีนี้เป็นการหมุนแกนเชิงวิเคราะห์ให้กำลังสองของน้ำหนักองค์ประกอบแต่ละแถวมีค่าสูงสุด และทำให้ได้องค์ประกอบทั่วไป (general factor) รวมทั้งตีความหมายตัวแปรแต่ละตัวได้ง่ายอีกวิธีหนึ่งเป็นการหมุนแกนเชิงวิเคราะห์โดยให้กำลังสองของน้ำหนักองค์ประกอบแต่ละสดมภ์ (column) ของเมทริกซ์องค์ประกอบมีค่าสูงสุด ทำให้ได้องค์ประกอบเฉพาะ (specific factor) ซึ่งจะตีความหมายขององค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบได้ง่ายตามแบบของ Thurstone จากเกณฑ์สองประการนี้นำไปสู่การหมุนแกนเชิงวิเคราะห์แบบต่าง ๆ ซึ่งจัดแยกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ แบบตั้งฉากและแบบมุมแหลมดังนี้

#### 3.2.1 การหมุนแกนแบบตั้งฉาก (orthogonal rotation)

การหมุนแกนเชิงวิเคราะห์แบบตั้งฉากแบ่งออกเป็นวิธีย่อยตามเกณฑ์ที่ใช้ดังนี้

##### 3.2.1.1 การหมุนแกนแบบควอร์ติแมกซ์ (quartimax rotation) เป็นวิธีที่พัฒนา

โดยนักสถิติหลายคน โดยที่แต่ละคนต่างทำงานโดยอิสระในช่วงเวลาเดียวกัน คือ J.B. Carroll ค.ศ. 1953 D.R. Saunders ค.ศ. 1953 G. Ferguson ค.ศ. 1954 J.O. Neuhaus และ C. Wrigley ค.ศ. 1954 (Lindeman, Merenda and Gold, 1980, pp. 271-272) วิธีนี้เป็นการหมุนแกนโดยให้กำลังสองของน้ำหนักองค์ประกอบแต่ละแถวใน เมทริกซ์องค์ประกอบมีค่าสูงสุด แต่ในสูตรการคำนวณต้องใช้

ค่าน้ำหนักองค์ประกอบยกกำลังสี่ ผู้พัฒนาสูตรจึงตั้งชื่อวิธีนี้ว่า วิธีควอร์ติแมกซ์คือ การทำค่าผลรวมของกำลังสี่ของน้ำหนักองค์ประกอบในแต่ละแถวให้มีค่าสูงสุด ผลจากวิธีนี้จะได้องค์ประกอบที่มีน้ำหนักองค์ประกอบมีค่าสูงบางตัวแปร และมีน้ำหนักองค์ประกอบมีค่าสูงบางตัวแปร และมีน้ำหนักองค์ประกอบปานกลางและต่ำบางตัวแปรที่เหลือ เป็นผลให้ได้องค์ประกอบทั่วไป

3.2.1.2 การหมุนแกนแบบแวร์ริแมกซ์ (varimax rotation) เป็นวิธีที่พัฒนาโดย (Kaiser, 1958, p.12) วิธีนี้เป็นการหมุนแกนโดยให้กำลังสองของน้ำหนักองค์ประกอบแต่ละสตรัม (column) ในเมทริกซ์องค์ประกอบมีค่าสูงสุดวิธีได้องค์ประกอบที่มีโครงสร้างง่ายตามแบบของ Thurstone และได้้องค์ประกอบเฉพาะ (specific factor) ซึ่งทำให้การแปลความหมายขององค์ประกอบสะดวกขึ้น (Kim & Mueller, 1978, pp. 36-37) กล่าวว่าสูตรการคำนวณในการหมุนแกนแบบแวร์ริแมกซ์ ซับซ้อนและยากกว่าวิธีควอร์ติแมกซ์ แต่แบบแวร์ริแมกซ์ให้องค์ประกอบมีโครงสร้างง่ายมากกว่า และแบบแผนขององค์ประกอบมีแนวโน้มที่จะคงที่มากกว่าแบบควอร์ติแมกซ์เมื่อมีการวิเคราะห์องค์ประกอบในกลุ่มตัวอย่างหลาย ๆ กลุ่ม

3.2.1.3 การหมุนแกนแบบอีควแมกซ์ (equamax rotation) เป็นวิธีการหมุนแกนที่พัฒนาโดย (Saunders, 1962, pp.12-15) วิธีนี้เป็นวิธีที่ผสมผสานวิธีควอร์ติแมกซ์และวิธีแวร์ริแมกซ์ องค์ประกอบที่ได้จะมีลักษณะกลาง ๆ ระหว่างสองวิธีนี้

การหมุนแกนโดยใช้การวิเคราะห์และเป็นการหมุนแกนแบบตั้งฉาก นอกจาก 3 วิธีที่กล่าวแล้ว ยังมีวิธีทรานส์วาริแมกซ์ (transvarimax) พัฒนาโดย (Saunders, 1962) วิธีพาร์ซิแมกซ์ (parsimax) พัฒนาโดย (Crawford, 1967) ซึ่งมีได้กล่าวถึงในที่นี้เนื่องจากการเลือกใช้วิธีดังกล่าวยังไม่สะดวก ต่างจากวิธีทั้งสามที่กล่าวแล้ว ซึ่งมีอยู่ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS ให้เลือกใช้ได้

### 3.2.2 การหมุนแกนแบบมุมแหลม (oblique rotation)

การหมุนแกนเชิงวิเคราะห์แบบมุมแหลม แบ่งออกเป็นวิธีย่อยตามเกณฑ์ที่ใช้ดังนี้

3.2.2.1 การหมุนแกนแบบควอร์ติมิน (quartimin rotation) เป็นวิธีหมุนแกนพัฒนาโดย (Carroll, 1953, pp.15-20) ใช้หลักการเดียวกับวิธีการหมุนแกนแบบควอร์ติแมกซ์ แต่ยอมให้องค์ประกอบมีความสัมพันธ์กัน และที่ได้จากการหมุนแกนวิธีนี้ได้องค์ประกอบที่เป็นองค์ประกอบทั่วไปและค่อนข้างทำมุมแหลมต่างกันมากกว่าแบบอื่น

3.2.2.2 การหมุนแกนแบบโคแวริมีน (covarimin rotation) เป็นวิธีหมุนแกนพัฒนาโดย (Caroll, 1957, p.45) ใช้หลักการเดียวกับวิธีการหมุนแกนแบบแวริแมกซ์แต่ยอมให้องค์ประกอบมีความสัมพันธ์กัน ผลที่ได้จากการหมุนแกนวิธีนี้ ได้องค์ประกอบที่เป็นองค์ประกอบเฉพาะและค่อนข้างทำมุมกันเป็นมุมแหลมที่มีขนาดเข้าใกล้มุมฉากมากกว่าแบบอื่น

3.2.2.3 การหมุนแกนแบบออบลิมีน (oblimin rotation) เป็นวิธีหมุนแกนพัฒนาโดย (Caroll, 1960, pp. 15) เพื่อแก้ข้อบกพร่องของวิธีควอร์ติมีนและโคแวริมีน ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ให้องค์ประกอบที่ได้สัมพันธ์กันสูงมากไปและน้อยไป วิธีออบลิมีนจึงเป็นวิธีผสมผสานที่ให้ผลการวิเคราะห์ที่ดีขึ้นหลักการของการหมุนแกนแบบออบลิมีนใช้การทำให้ค่าความแปรปรวนร่วมของกำลังสองของสัมประสิทธิ์ที่เป็นภาพฉายน้ำหนักองค์ประกอบบนแกนอ้างอิงมีค่าน้อยที่สุดในที่นี้แกนอ้างอิง ซึ่งแทนองค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบทำมุมแหลมต่อกัน และแกนอ้างอิงแต่ละแกนทำมุมแหลมกับระนาบ (plane) ที่เกิดจากแกนอ้างอิงองค์ประกอบอื่น ๆ ที่เหลือทุกระนาบด้วยวิธีหมุนแกนแบบออบลิมีนของ Caroll ใช้สัมประสิทธิ์ที่เป็นภาพฉายของน้ำหนักองค์ประกอบบนแกนอ้างอิงมาพิจารณา ซึ่งในทางปฏิบัตินักวิจัยพิจารณาจากค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่มีต่อองค์ประกอบบนแกนอ้างอิงมาพิจารณา ซึ่งในทางปฏิบัตินักวิจัยพิจารณาจากค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่มีต่อองค์ประกอบแรก (primary factor) มากกว่าจะพิจารณาจากค่าภาพฉายของน้ำหนักองค์ประกอบบนแกนอ้างอิง (Jennrich & Sampson, 1966) จึงได้พัฒนาการหมุนแกนแบบออบลิมีนให้ดีขึ้น ใน ค.ศ.1966 และเรียกวิธีนี้ว่า การหมุนแกนแบบออบลิมีนตรง (direct oblimin) (Lindeman, Merenda, & Gold, 1980, pp. 278-280) วิธีนี้ใช้หลักการเดียวกับวิธีแบบออบลิมีนแต่ใช้ค่าน้ำหนักองค์ประกอบในเมทริกซ์องค์ประกอบแทนค่าสัมประสิทธิ์ภาพฉายบนแกนอ้างอิงการหมุนแกนเชิงวิเคราะห์แบบออบลิมีนตรงนี้มีในโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS และผู้ใช้สามารถเลือกกำหนดค่าพารามิเตอร์เดลต้า (delta) ได้ ถ้าเดลต้าใกล้ศูนย์ องค์ประกอบจะทำมุมแหลมมากกว่าค่าเดลต้าเป็นลบ ค่าที่เหมาะสมของเดลต้าควรอยู่ระหว่าง 0 และ -5 การหมุนแกนโดยใช้การวิเคราะห์และเป็นการหมุนแกนแบบมุมแหลม นอกจาก 3 วิธีดังกล่าวแล้วยังมีวิธีออร์ทออบลิค (orthoblique) พัฒนาโดย (Harris & Kaiser, 1964) วิธีออบลิแมกซ์ (oblimax) พัฒนาโดย (Saunders, 1961) ซึ่งมีได้กล่าวในที่นี้เนื่องจากการเลือกใช้วิธีดังกล่าวต้องใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เฉพาะ และยังไม่มีใช้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทั่วไป เช่น โปรแกรม SPSS เป็นต้น

สำหรับการหมุนแกนเชิงวิเคราะห์แต่ละวิธีไม่ว่าจะเป็นการหมุนแกนแบบตั้งฉากหรือแบบมุมแหลม มีสูตรหรือสมการของค่าประมาณพารามิเตอร์ที่นักสถิติใช้เป็นเกณฑ์ที่จะ

ทำให้มีค่าสูงสุดหรือน้อยที่สุด แต่มิได้นำเสนอในที่นี้ ผู้ที่สนใจติดตามศึกษาได้จากหนังสือของ (Lindeman, Merenda, & Gold, 1980, pp. 271-280) หนังสือของ (Kim & Mueller, 1978, pp. 34-39)

### 3.3 การหมุนแกนเข้าสู่เมทริกซ์เป้าหมาย (rotation to a target matrix)

การหมุนแกนเพื่อให้ได้องค์ประกอบที่มีโครงสร้างง่ายอาจทำได้โดยการกำหนดเมทริกซ์นำหน้าองค์ประกอบเป็นเมทริกซ์เป้าหมายไว้ล่วงหน้า แล้วหมุนแกนซึ่งอาจเป็นแบบตั้งฉากหรือแบบมุมแหลมจนได้เมทริกซ์องค์ประกอบมีค่าเท่ากับหรือใกล้เคียงกับเมทริกซ์เป้าหมาย และใช้เกณฑ์ค่าถึงสองน้อยที่สุดเป็นเกณฑ์ในการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนระหว่างเมทริกซ์ทั้งสองวิธีการหมุนแกนเข้าสู่เมทริกซ์เป้าหมายนี้ (Kim & Mueller, 1978, pp. 40-41) อธิบายว่านักวิจัยควรจะต้องมีโครงสร้างขององค์ประกอบ เป็นสมมติฐานที่นำมากำหนดเป็นเมทริกซ์เป้าหมายไว้ล่วงหน้าและอาจมีหลายแบบแล้วใช้การหมุนแกนตรวจสอบว่าแบบใดให้ผลกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์นอกจากนี้นักวิจัยอาจใช้วิธี โปรแมกซ์ (promax method) พัฒนาโดย (Hendrecsson & White, 1964) ตามวิธี โปรแมกซ์ เชื่อว่าผลการวิเคราะห์องค์ประกอบและหมุนแกนแบบตั้งฉากกับแบบมุมแหลมให้ผลใกล้เคียงกันให้นำผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบหมุนแกนแบบตั้งฉากมาพิจารณาปรับค่าสัมประสิทธิ์ใน เมทริกซ์องค์ประกอบที่มีค่าต่ำ ๆ ให้เป็นศูนย์แล้วใช้เมทริกซ์องค์ประกอบที่ปรับแล้วเป็นเมทริกซ์เป้าหมายไปทำการวิเคราะห์องค์ประกอบหมุนแกนแบบมุมแหลม ให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่สอดคล้องกับเมทริกซ์เป้าหมายการกำหนดเมทริกซ์เป้าหมายดังกล่าวข้างต้นต้องกำหนดค่าสัมประสิทธิ์แต่ละค่าตามนำหน้าองค์ประกอบที่ควรจะเป็นแต่ (Kim & Mueller, 1978, pp. 40-41) เสนอว่าการกำหนดเมทริกซ์องค์ประกอบเป็นเมทริกซ์เป้าหมายอาจทำได้โดยกำหนดแต่ค่าตัวเลขง่าย ๆ เช่น 0 กับ 1 หรืออาจกำหนดให้มีค่าเป็นศูนย์ และมีค่าแปรผันโดยอิสระได้ตามพื้นฐานสมมติฐานทางทฤษฎี แล้วใช้เป็นเมทริกซ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณได้กลมกลืนสอดคล้องกับเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้อันเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ วิธีการที่กล่าวนี้ก็คือวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเพื่อยืนยันซึ่งจะกล่าวถึงเมื่อจบหัวข้อที่ว่าด้วยการสร้างตัวแปรประกอบหรือสเกลองค์ประกอบการหมุนแกนทำให้ได้ทราบถึงวิธีการแบบต่าง ๆ และหลักการที่ใช้การหมุนแกน เพื่อให้ได้องค์ประกอบที่มีโครงสร้างง่ายกว่าองค์ประกอบที่ได้ก่อนการหมุนแกนผลจากการหมุนแกนไม่ทำให้ค่าการรวม ค่าไอเกน และปริมาณความแปรปรวนที่อธิบายได้ด้วยองค์ประกอบเปลี่ยนแปลง แต่มีผลทำให้สัมประสิทธิ์นำหน้าองค์ประกอบในเมทริกซ์องค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบเปลี่ยนแปลง ผลที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบที่ใช้วิธีการหมุนแกนต่างกัน จึงให้ผลแตกต่างกันได้ในรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบ นักวิจัยควรพิจารณาเลือกวิธีที่ให้ผลการวิเคราะห์สอดคล้องกับทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัยของตน

#### 4. การสร้างตัวแปรประกอบหรือสเกลองค์ประกอบ

เมื่อได้เมตริกองค์ประกอบจากการวิเคราะห์องค์ประกอบหลังจากมีการหมุนแกนแล้ว งานสำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ การสร้างตัวแปรประกอบ (composite variable) หรือสเกลองค์ประกอบ (factor scale) ในที่นี้นักวิจัยต้องพิจารณาก่อนว่าจะสร้างหรือใช้องค์ประกอบ จำนวนมากน้อยเท่าไร (Kim & Mueller, 1987, pp. 42-46) เสนอวิธีการที่ใช้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับ จำนวนองค์ประกอบ รวม 5 วิธีดังนี้

##### 1. การทดสอบนัยสำคัญ (significance tests) เมื่อมีการวิเคราะห์องค์ประกอบ

โดยวิธีสกัดองค์ประกอบแบบไคส์กั๊ตสูงสุด โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะมีการทดสอบความกลมกลืนสอดคล้องระหว่างเมตริกสหสัมพันธ์ที่คำนวณได้จากองค์ประกอบกับเมตริกซ์ที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ ถ้าผลการทดสอบมีความกลมกลืน (ค่าไค - สแควร์ต่ำมากและไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก) ให้ใช้จำนวนองค์ประกอบที่ได้นั้น วิธีนี้มีข้อเสียเนื่องจากจำนวนองค์ประกอบที่ได้มักจะมีมากกว่าจำนวนที่นักวิจัยคาดหมายไว้ นักวิจัยอาจใช้การตรวจสอบนัยสำคัญทางปฏิบัติ หรือทางทฤษฎี (practical, substantive significance) คัดเลือกเฉพาะองค์ประกอบที่สอดคล้องตามทฤษฎีไปใช้ก็ได้

##### 2. การกำหนดค่าไอเกน (eigen value specification) โดยทั่วไปนิยมกำหนดค่า

ไอเกนที่เกินหนึ่งเป็นเกณฑ์ในการเลือกองค์ประกอบไปใช้ วิธีนี้ใช้กรณีที่ใส่เมตริกสหสัมพันธ์เข้าไปวิเคราะห์องค์ประกอบ โดยยังไม่ได้มีการปรับค่าสมาชิกของเมตริกซ์ในแนวทแยงและกรณีที่มีการปรับแก้ด้วยค่าประมาณค่าการรวม สำหรับกรณีหลังต้องเพิ่มเกณฑ์ว่าผลรวมของค่าไอเกนขององค์ประกอบที่เลือกไว้ไม่ควรมีค่ามากกว่าผลรวมของค่าประมาณค่าการรวมของตัวแปร

##### 3. ความสำคัญเชิงทฤษฎี (substantive importance) วิธีนี้นักวิจัยต้องมีทฤษฎีพื้นฐาน

ในการวิเคราะห์องค์ประกอบ และทราบความสำคัญของแต่ละองค์ประกอบนำมากำหนดเป็นเกณฑ์ในการเลือกองค์ประกอบ เช่น กำหนดว่าจะเลือกองค์ประกอบที่อธิบายความแปรปรวนได้ 1, 5 หรือ 10 เปอร์เซ็นต์ของความแปรปรวนทั้งหมด เป็นต้น สำหรับกรณีการวิเคราะห์ส่วนประกอบमुखสำคัญ และกำหนดอัตราส่วนของค่าไอเกนต่อผลรวมของค่าไอเกนเป็น 1, 5 หรือ 10 เปอร์เซ็นต์ สำหรับกรณีการวิเคราะห์องค์ประกอบร่วมที่มีการปรับแก้สมาชิกในแนวทแยงของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ด้วยค่าประมาณค่าการรวม

##### 4. การทดสอบสกรี (scree-test) เมื่อนำค่าไอเกนและหมายเลขอันดับขององค์ประกอบ

มาลงกราฟจะได้กราฟสกรี แสดงความแตกต่างของค่าไอเกน เส้นกราฟจะมีความชัน และค่อย ๆ ลาดลงในตอนองค์ประกอบอันดับหลัง วิธีการตัดสินใจเลือกองค์ประกอบให้เลือกองค์ประกอบ

อันดับต้น ๆ ที่เส้นกราฟมีความชัน วิธีนี้ค่อนข้างเป็นอัตนัยแต่เป็นวิธีที่ดีเมื่อนักวิจัยสนใจศึกษาองค์ประกอบร่วมที่สำคัญ

5. เกณฑ์การไม่แปรค่า (invariance criteria) วิธีนี้เป็นวิธีผสมผสานจากเกณฑ์ที่ใช้ทุกวิธีข้างต้นประกอบกับเหตุผลของนักวิจัย โดยเลือกองค์ประกอบที่เกณฑ์ทุกข้อให้ผลสอดคล้องกัน และมีเหตุผลเพียงพอตามที่นักวิจัยต้องการ

เมื่อนักวิจัยตัดสินใจได้แล้วว่าจะสร้างองค์ประกอบใหม่จำนวนเท่าใด โดยใช้เกณฑ์ข้างต้นแล้วสิ่งที่จะต้องพิจารณาก่อนการสร้างสเกลองค์ประกอบยังมีเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสเกลอีก 3 เรื่อง คือ ส่วนที่กำหนดไม่ได้ของสเกลองค์ประกอบ (identifiability of factor scales) ความเที่ยงของสเกลองค์ประกอบ และความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มตัวอย่าง ซึ่ง คิม และมูเลอร์ (Kim & Mueller, 1978, pp. 61-67) ได้อธิบายให้เห็นว่าทั้งสามเรื่องเกี่ยวข้องกันและเป็นเรื่องที่นักวิจัยต้องนำมาพิจารณาในการสร้างสเกลองค์ประกอบดังต่อไปนี้

ส่วนที่กำหนดไม่ได้ของสเกลองค์ประกอบ ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์องค์ประกอบที่สำคัญ คือ ข้อตกลงที่ว่าด้วยความสัมพันธ์เชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่กล่าวตัวแปรสังเกตได้ มีความแปรผันเนื่องมาจากองค์ประกอบร่วม (F) และองค์ประกอบเฉพาะ (U) ดังนั้นองค์ประกอบร่วม ควรจะเป็นส่วนที่เกิดจากความแปรปรวนร่วมกันของตัวแปรสังเกตได้ไม่รวมส่วนที่เป็นองค์ประกอบเฉพาะแต่ในการสร้างสเกลองค์ประกอบ (F scales) จากตัวแปรสังเกตได้นั้น สเกลองค์ประกอบสร้างจากค่าผลบวกเชิงเส้นของตัวแปรสังเกตได้ ดังนั้นสเกลองค์ประกอบจึงมีทั้งส่วนที่เป็นความแปรปรวนร่วมกันของตัวแปรสังเกตได้ และส่วนที่เป็นองค์ประกอบเฉพาะกล่าวอีกอย่างหนึ่งคือในสเกลองค์ประกอบจะมีส่วนที่กำหนดไม่ได้ หรือส่วนที่เป็นองค์ประกอบเฉพาะของตัวแปรสังเกตได้รวมมาด้วยเสมอ

1. ความเที่ยงของสเกลองค์ประกอบ เนื่องจากในสเกลองค์ประกอบมีส่วนที่กำหนดไม่ได้หรือมีองค์ประกอบเฉพาะรวมอยู่ด้วย ดังที่ได้กล่าวในข้อ ก. แล้ว ดังนั้นความแปรปรวนของสเกลองค์ประกอบและความแปรปรวนขององค์ประกอบร่วมจึงไม่เท่ากัน ส่วนที่เป็นความแปรปรวนร่วมกัน คือส่วนที่เกิดจากความแปรปรวนร่วมกันของตัวแปรสังเกตได้เมื่อนำสเกลองค์ประกอบ (F scales) และองค์ประกอบร่วม (F) มาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แล้วนำมายกกำลังสอง ค่าที่ได้ก็คือค่าความเที่ยงของสเกลองค์ประกอบนั่นเอง โดยที่สเกลองค์ประกอบสร้างจากผลบวกเชิงเส้นของตัวแปรสังเกตได้ ดังนั้นตัวแปรสังเกตได้ตัวที่มีน้ำหนัก องค์ประกอบสูงจึงมีความสำคัญต่อค่าความเที่ยงของสเกลองค์ประกอบ การที่สเกลองค์ประกอบที่สร้างขึ้นมีตัวแปรสังเกตได้เป็นจำนวนน้อย แต่มีน้ำหนักองค์ประกอบสูงจะดีกว่ามีตัวแปรสังเกตได้จำนวนมากแต่น้ำหนักองค์ประกอบน้อย ค่าของความเที่ยงของสเกลองค์ประกอบขึ้นอยู่กับน้ำหนักองค์ประกอบ ของ

ตัวแปรสังเกตได้

2. ความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มตัวอย่างในการวิจัยโดยทั่วไป นักวิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างและอ้างอิงผลไปสู่กลุ่มประชากร การเลือกกลุ่มตัวอย่างมาใช้ในการวิจัยย่อมมีความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มตัวอย่าง ด้วยเหตุนี้แม้ว่าโมเดลองค์ประกอบจะสอดคล้องกับข้อมูลในกลุ่มประชากร แต่อาจจะไม่สอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลในกลุ่มตัวอย่างได้ นักวิจัยจึงต้องสร้างเกณฑ์ขึ้นเพื่อสร้างสเกลองค์ประกอบให้ใกล้เคียงกับองค์ประกอบร่วมตามที่คาดว่าจะเป็น โมเดลองค์ประกอบที่ถูกต้องให้มากที่สุด เกณฑ์ที่สร้างขึ้นแตกต่างกันตามลักษณะของวิธีการสร้างสเกลองค์ประกอบ ซึ่งจะได้นำเสนอต่อไป

เนื่องจากวิธีการวิเคราะห์ส่วนประกอบมีหลายวิธี แตกต่างจากวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบอื่น ๆ ดังที่ได้กล่าวแล้วในหัวข้อที่ 2.1 และ 2.2 ความแตกต่างโดยสรุปคือ ในการวิเคราะห์ส่วนประกอบมีค่าการร่วมแต่ละตัวแปรมีค่าเป็นหนึ่ง หรือตัวแปรสังเกตได้แต่ละตัว เขียนได้ในรูปผลบวกเชิงเส้นของตัวแปรส่วนประกอบ โดยไม่มีส่วนที่เป็นองค์ประกอบเฉพาะ หรือความคลาดเคลื่อนของตัวแปร แต่ในการวิเคราะห์องค์ประกอบค่าการร่วมของตัวแปรมีค่าน้อยกว่าหนึ่ง ตัวแปรสังเกตได้เป็นผลบวกเชิงเส้นของตัวแปรองค์ประกอบร่วม องค์ประกอบเฉพาะ และค่าความคลาดเคลื่อน ด้วยเหตุนี้เรื่องของส่วนที่กำหนดไม่ได้ของตัวแปรประกอบและเรื่องความเที่ยงของตัวแปรประกอบเมื่อมีการสร้างตัวแปรประกอบจึงไม่ปัญหา เหมือนในการสร้างสเกลองค์ประกอบ ดังนั้นการสร้างตัวแปรประกอบและการสร้างสเกลองค์ประกอบจึงใช้วิธีการแตกต่างกัน ดังจะแยกแยะออกดังนี้

### 1. การสร้างตัวแปรประกอบ (component variables)

ตัวแปรประกอบเป็นผลบวกเชิงเส้นของตัวแปรสังเกตได้ และในการสกัดองค์ประกอบโดยวิธีการวิเคราะห์ส่วนประกอบมีค่าการร่วมไม่มีทฤษฎีเป็นพื้นฐานของการรวมกลุ่มตัวแปรเข้าเป็นตัวแปรประกอบ ดังนั้นการสร้างตัวแปรประกอบจึงสร้างจากผลบวกเชิงเส้นของตัวแปรสังเกตได้ดังสมการในการสร้างตัวแปรประกอบ  $F$  ตัวใดตัวหนึ่งดังนี้

$$F = (w_1)(Z_1) + (w_2)(Z_2) + \dots + (w_n)(Z_n)$$

ในที่นี้  $n$  คือจำนวนตัวแปรสังเกตได้ และ  $w_1, w_2, \dots, w_n$  คือ สัมประสิทธิ์คะแนนตัวแปรประกอบ (component score coefficients) ซึ่งเป็นฟังก์ชันของน้ำหนักองค์ประกอบในเมทริกซ์องค์ประกอบที่ได้เสนอไว้ในหัวข้อการวิเคราะห์องค์ประกอบ สำหรับโปรแกรม SPSS จะให้สัมประสิทธิ์คะแนนตัวแปรประกอบในเมทริกซ์ ชื่อ เมทริกซ์สัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบ (factor score coefficient matrix)

ตัวแปรประกอบที่สร้างขึ้นมามีจุดคล้ายสองประการ (Chatfield & Collins, 1980, pp. 87-89) ประการแรก การแปลความหมายตัวแปรประกอบทำได้ยากเพราะการรวมกลุ่มตัวแปรอาจได้ตัวแปรภายในกลุ่มที่ไม่มีความความเกี่ยวข้องกัน แม้ว่าจะมีความสัมพันธ์กันสูง ประการที่สองตัวแปรประกอบยังมีค่าขึ้นอยู่กับสเกลของตัวแปรสังเกตได้ ดังนั้นถ้าในการวิจัยมีการวัดตัวแปรสังเกตได้โดยใช้สเกลคนละแบบ ผลที่ได้ในรูปของน้ำหนักองค์ประกอบและสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบจะแตกต่างกัน ส่วนที่เป็นจุดเด่นของตัวแปรประกอบที่สร้างขึ้นมีอยู่สองประการคือ ประการแรก การสร้างตัวแปรประกอบทำได้ง่ายกว่าการสร้างสเกลองค์ประกอบ ประการที่สองค่าของตัวแปรประกอบที่สร้างขึ้นมีความคงที่มากกว่าสเกลองค์ประกอบ กล่าวคือ เมื่อนักวิจัยกำหนดจำนวนองค์ประกอบรวมต่างกัน ค่าของสเกลองค์ประกอบจะเปลี่ยนแปลงไปแต่ค่าของตัวแปรประกอบที่ได้จะมีความคงที่ไม่ว่าจะกำหนดให้ตัวแปรประกอบมีจำนวนมากน้อยแตกต่างกัน

## 2. การสร้างสเกลองค์ประกอบ (factor scales)

เนื่องจากองค์ประกอบรวมมีส่วนที่กำหนดไม่ได้และในการวิจัยมีความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มตัวอย่าง และสเกลองค์ประกอบที่สร้างขึ้นจะแตกต่างจากองค์ประกอบรวมที่ควรจะเป็นตามทฤษฎี ดังนั้นการสร้างองค์ประกอบต้องมีเกณฑ์การสร้างให้สเกลองค์ประกอบใกล้เคียงกับองค์ประกอบรวมที่ควรจะเป็นมากที่สุด วิธีการสร้างและเกณฑ์ที่ใช้แต่ละวิธีมีดังต่อไปนี้

2.1 วิธีการสร้างสเกลองค์ประกอบตามหลักการถดถอย วิธีนี้เป็นการสร้างสเกลองค์ประกอบ โดยให้ความสัมพันธ์ระหว่างสเกลองค์ประกอบที่สร้างขึ้นกับองค์ประกอบรวมตามทฤษฎีมีค่าสูงสุด หรือให้ค่าผลรวมของกำลังสองของความแตกต่างระหว่างสเกลองค์ประกอบ และองค์ประกอบรวมตามทฤษฎีมีค่าน้อยที่สุดตามหลักการถดถอยค่าของสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบ (factor score coefficient) จะได้จากผลคูณระหว่างเมทริกซ์องค์ประกอบกับอินเวอร์สของเมทริกซ์สหสัมพันธ์จากกลุ่มตัวอย่าง

2.2 วิธีการสร้างสเกลองค์ประกอบตามหลักกำลังสองน้อยที่สุด วิธีนี้เป็นการสร้างสเกลองค์ประกอบ โดยให้ผลรวมของกำลังสองของผลต่างระหว่างตัวแปรสังเกตได้ และส่วนที่เป็นองค์ประกอบรวมคำนวณจากสเกลองค์ประกอบมีค่าน้อยที่สุด กล่าวได้ว่าวิธีนี้ใช้เกณฑ์ความผันแปรเนื่องจากองค์ประกอบเฉพาะในตัวแปรมีค่าน้อยที่สุด ค่าของสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบคล้ายกับวิธีการสร้างสเกลองค์ประกอบตามหลักการถดถอย แต่แทนที่เมทริกซ์สหสัมพันธ์จากกลุ่มตัวอย่างด้วย เมทริกซ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณได้จากเมทริกซ์องค์ประกอบ มีประเด็นที่น่าสังเกตคือกรณีที่ตัวแปรสังเกตได้ เป็นประชากรของตัวแปร ผลการสร้างสเกลองค์ประกอบวิธีนี้จะตรงกับวิธีการถดถอยในข้อ 2.1 และถ้าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้ ไม่ตรงกับเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของประชากร ผลการสร้างสเกลองค์ประกอบสองวิธีนี้จะได้ผล แตกต่างกัน

### 2.3 วิธีสร้างสเกลองค์ประกอบตามเกณฑ์ของ Bartlett

วิธีนี้ Bartlett ได้นำความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มตัวอย่างมาพิจารณาด้วยในการสร้างสเกลองค์ประกอบ ตัวแปรที่มีความคลาดเคลื่อนมากจะถูกถ่วงน้ำหนักด้วยค่าน้อยกว่าน้ำหนักของตัวแปรที่มีความคลาดเคลื่อนน้อย น้ำหนักถ่วงสำหรับตัวแปร ได้จากส่วนกลับของความแปรปรวนเนื่องจากความคลาดเคลื่อนในแต่ละตัวแปร เมื่อเปรียบเทียบกับสร้างสเกลองค์ประกอบตามหลักกำลังสองน้อยที่สุดเรียกได้ว่าวิธีของ Bartlett เป็นการสร้างสเกลองค์ประกอบตามหลักกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนัก

### 2.4 วิธีสร้างสเกลองค์ประกอบตามวิธีของ (Anderson & Rubin, 1985, p. 13)

ผลจากการสร้างองค์ประกอบทั้งสามวิธีที่กล่าวมาส่วนใหญ่จะได้สเกลองค์ประกอบที่สัมพันธ์กัน แม้ว่าจะมีการหมุนแกนแบบหมุนจาก ดังนั้น (Anderson & Rubin, 1985, pp. 13-14) จึงได้พัฒนาวิธีของ Bartlett ให้ดีขึ้น โดยการสร้างสเกลองค์ประกอบตามวิธีของ Bartlett ภายได้ข้อกำหนดว่าสเกลองค์ประกอบต้องเป็นอิสระต่อกัน

การสร้างสเกลองค์ประกอบทั้งสี่วิธีนี้ มีเพียง 3 วิธียกเว้นวิธีการสร้างสเกลองค์ประกอบตามหลักกำลังสองน้อยที่สุดเท่านั้นที่มีอยู่ใน โปรแกรม SPSS จากการวิจัยของ (Kim & Mueller, 1978, pp. 8-70) พบว่า วิธีสร้างสเกลองค์ประกอบทั้งสี่วิธีนี้ไม่มีวิธีใดสมบูรณ์ที่สุด แต่ละวิธีให้ผล การสร้างและความเหมาะสมในการนำไปวิเคราะห์ต่อไปแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาผลการสร้าง 3 ด้าน คือ ความเป็นอิสระของสเกล ความสัมพันธ์ระหว่างสเกลอับองค์ประกอบตามทฤษฎีความสัมพันธ์ระหว่างสเกลกับองค์ประกอบอื่น ๆ ตามทฤษฎี และพิจารณาลักษณะความเหมาะสมในการวิเคราะห์ต่อไป สรุปได้ว่าวิธีของ (Anderson & Rubin, 1985, p.13) ดีมากเมื่อต้องการให้สเกลองค์ประกอบเป็นอิสระต่อกัน วิธีการสร้างตามหลักการถดถอยดีมากเมื่อต้องการให้สเกลองค์ประกอบสัมพันธ์กับองค์ประกอบร่วมตามทฤษฎี วิธีการของ Bartlett ดีมากกรณีที่ไม่ต้องการให้สเกลองค์ประกอบสัมพันธ์กับองค์ประกอบร่วมอื่น ๆ วิธีการสร้างตามหลักการถดถอยดีมากเมื่อต้องการวิเคราะห์ต่อไป โดยให้สเกลองค์ประกอบเป็นตัวแปรทำนายตัวแปรสังเกตได้ ในการวิจัยที่ไม่เกี่ยวกับสเกลองค์ประกอบและมีความเหมาะสมน้อยมากเมื่อต้องการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสเกลองค์ประกอบกับตัวแปรสังเกตได้ตัวอื่น ๆ ดังนี้

| วิธี               | สเกลองค์ประกอบ | สัมพันธ์กับ | สัมพันธ์กับ | เป็นตัวทำนาย | ใช้ศึกษา<br>ความสัมพันธ์ |
|--------------------|----------------|-------------|-------------|--------------|--------------------------|
|                    | เป็นอิสระ      | F           | F อื่น ๆ    |              |                          |
| การถดถอย           | ดี             | ดีมาก       | ดี          | ดีมาก        | ดี                       |
| กำลังสองน้อยที่สุด | ดี             | พอใช้       | ดี          | ดี           | ดีมาก                    |
| Bartlett           | ดี             | ดี          | ดีมาก       | ดี           | ดีมาก                    |
| Anderson, Rubin    | ดีมาก          | พอใช้       | ดี          | ดี           | ดีมาก                    |

### 3. การสร้างสเกลโดยใช้องค์ประกอบเป็นฐาน (factor-based scales)

โดยที่ในการวิจัยมีความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มตัวอย่าง จึงทำให้นักวิจัยหลายคนเชื่อว่าการสร้างสเกลองค์ประกอบจากสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบทุกตัวแปรนั้นไม่จำเป็นแต่ควรเลือกมาเฉพาะบางตัวแปร (Kim & Mueller, pp. 70-71) เสนอว่าตามกฎที่ได้มาจากประสบการณ์ (rule of thumb) ควรจะใช้เฉพาะตัวแปรที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเกิน 0.30 แต่ในทางปฏิบัติควรจะมีการวิเคราะห์ โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเพื่อยืนยันก่อนที่จะสร้างสเกล

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจทั้งหมด รวม 4 หัวข้อย่อย เป็นกระบวนการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจนั้นสรุปได้ว่าการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจแบ่งเป็นการวิเคราะห์สองแบบ คือ การวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก (PCA) และการวิเคราะห์องค์ประกอบร่วม (FA) จุดเด่นของ PCA คือการได้ตัวแปรประกอบที่สร้างง่ายมีข้อดคลงเบื้องต้นน้อย ไม่จำเป็นต้องมีทฤษฎีสนับสนุนในการวิเคราะห์ และตัวแปรประกอบมีค่าคงที่ไม่ว่าจะกำหนดจำนวนตัวแปรประกอบต่างกัน จุดด้อยคือ สเกลของตัวแปรประกอบที่สร้างง่ายมีข้อดคลงเบื้องต้นน้อย ไม่จำเป็นต้องมีทฤษฎีสนับสนุนในการวิเคราะห์ และตัวแปรประกอบมีค่าคงที่ไม่ว่าจะกำหนดจำนวนตัวแปรประกอบต่างกัน จุดด้อยคือ สเกลของตัวแปรประกอบขึ้นอยู่กับตัวแปรสังเกตได้ และการแปลความหมายทำได้ยาก เมื่อเปรียบเทียบกับ FA จุดเด่นของ FA คือ การได้องค์ประกอบที่มีสเกลเป็นอิสระไม่ขึ้นกับสเกลของตัวแปรสังเกตได้ องค์ประกอบแปลความหมายได้ง่ายเพราะอิงกับทฤษฎีสนับสนุน จุดด้อยของ FA คือ การที่สเกลองค์ประกอบไม่คงที่ เปลี่ยนค่าได้เมื่อกำหนดจำนวนองค์ประกอบต่างกัน เมื่อสกัดองค์ประกอบและหมุนแกนด้วยวิธีต่างกัน ค่าขององค์ประกอบที่ประมาณค่าได้แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบในภาพรวมแล้ว แคทฟิลด์ และคอลลินส์ (Chatfield & Collins, 1980, pp. 88-89) สรุปได้ว่า ผู้วิจัยควรจะใช้ PCA มากกว่า FA และถ้าเลี้ยงได้ไม่ควรใช้ FA อย่างไรก็ดี ยังมีผู้วิจัยอีกหลายท่านที่สนับสนุนการใช้ FA เช่น จอห์นสัน และแวย์ไรน์ (Johnson & Wichern, 1988, pp. 415-416) สนับสนุนให้ใช้ทั้ง PCA และ FA ร่วมกัน โดยให้ดำเนินการเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้คือ

1. ทำ PCA เพื่อศึกษาการจัดรวมกลุ่มตัวแปร และผลการวิเคราะห์โดยใช้การหมุนแกนแบบแวกซ์
2. ทำ FA โดยการสกัดองค์ประกอบด้วยวิธีไลค์ลิตซ์สูงสุด (ML) หมุนแกนแบบแวกซ์
3. เปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิเคราะห์ในข้อ 1 และ 2 ว่าสอดคล้องกันเพียงใด
4. ทำข้อ 1-3 ซ้ำโดยเปลี่ยนจำนวนองค์ประกอบรวม และตรวจสอบว่าองค์ประกอบรวมที่เพิ่มมานั้นช่วยให้เข้าใจ และแปลความหมายข้อมูลได้ดีขึ้นหรือไม่

#### การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

ในปัจจุบันเริ่มใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) แทนการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงจำนวน (EFA) กันมากขึ้น สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะ EFA มีรูปแบบวิธีการวิเคราะห์ที่หลากหลาย และได้ผลการวิเคราะห์ไม่สอดคล้องกัน นอกจากนี้ EFA มีข้อดกลงเบื้องต้นที่เข้มงวด และได้ตรงตามความเป็นจริง เช่น ข้อดกลงเบื้องต้นที่ว่าตัวแปรสังเกตได้ทุกตัวเป็นผลมาจากองค์ประกอบร่วมทุกตัว ส่วนที่เป็นความคลาดเคลื่อนของตัวแปรไม่สัมพันธ์กัน รวมทั้งสเกลองค์ประกอบที่สร้างขึ้นแปลความหมายได้ยาก เพราะในบางครั้งสเกลองค์ประกอบเกิดจากการสุ่มตัวแปรที่ไม่น่าจะมีส่วนประกอบร่วมกัน จุดด้อย ของ EFA นี้ทำให้ โลงนน์ (Lone, 1983, p. 12) กล่าวว่า สำหรับนักวิจัยหลายคนเทคนิค EFA เป็น GIGO model (Garbage In and Garbage Out model) และ แคทฟิลด์ และ คอลลินส์ (Chattfield & Collins, 1980, p. 89) เสนอว่า ถ้าทำได้นักวิจัยไม่ควรใช้ EFA เลย

เทคนิค CFA เป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบที่มีการปรับปรุงจุดอ่อนของ EFA ได้เกือบทั้งหมดข้อดกลงเบื้องต้นของ CFA มีความสมเหตุสมผลตรงตามความเป็นจริงมากกว่าใน EFA นักวิจัยต้องมีทฤษฎีสนับสนุนในการกำหนดเงื่อนไขบังคับ (constraints) ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์หาค่าน้ำหนักองค์ประกอบ และเมื่อได้ผลการวิเคราะห์แล้วยังมีการตรวจสอบความกลมกลืนระหว่างโมเดลตามทฤษฎีกับข้อมูลเชิงประจักษ์อีกด้วย รวมทั้งยังมีการตรวจสอบ โครงสร้างของโมเดลว่ามีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มตัวอย่างหลาย ๆ กลุ่มหรือไม่

วัตถุประสงค์ของการใช้ CFA มี 3 ข้อ เช่นเดียวกับ EFA คือ ประการแรก นักวิจัยใช้เทคนิค CFA เพื่อตรวจสอบทฤษฎีที่ใช้เป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์องค์ประกอบ ประการที่สองใช้เพื่อสำรวจและระบุองค์ประกอบ และประการที่สามใช้เป็นเครื่องมือในการสร้างตัวแปรใหม่ แต่เทคนิค CFA นี้สามารถใช้วิเคราะห์ข้อมูลโดยมีข้อดกลงเบื้องต้นน้อยกว่าเทคนิค EFA เช่น ส่วนที่เป็นความคลาดเคลื่อนอาจสัมพันธ์กันได้ เป็นต้น

ขั้นตอนการใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบไม่ว่าจะเป็นเทคนิค EFA และ CFA มี 4 ขั้นตอนเช่นเดียวกัน คือ การเตรียมเมทริกซ์สหสัมพันธ์ การสกัดองค์ประกอบขั้นต้น การหมุนแกน และการสร้างสเกลองค์ประกอบ ในขั้นการเตรียมเมทริกซ์สหสัมพันธ์ หรือเตรียมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ด้วย CFA นอกจากจะเตรียมการตามแบบเดียวกับ EFA แล้วต้องกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดล และระบุความเป็นได้ค่าเดียวของโมเดลก่อนจะวิเคราะห์ข้อมูล ในขั้นการสกัดองค์ประกอบและการหมุนแกนเป็นการทำงานของคอมพิวเตอร์และในขั้นสุดท้าย คือ การสร้างสเกลองค์ประกอบนั้นเป็นแบบเดียวกันกับเทคนิค EFA ดังนั้นในการเสนอสาระการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค CFA นี้ ในที่นี้ผู้วิจัยขอเสนอในส่วนที่แตกต่างกัน คือ เรื่องการกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดล และการระบุความเป็นได้ค่าเดียวของโมเดลเพียงสองหัวข้อเท่านั้น

### 1. การกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดล CFA

ต้องสร้างโมเดลโดยมีทฤษฎีและหลักฐานการวิจัยที่เกี่ยวข้องเป็นเครื่องสนับสนุน เมื่อได้โมเดล CFA แล้วจึงนำโมเดลมากำหนดข้อมูลจำเพาะเพื่อใส่เป็นข้อมูลให้โปรแกรมลิสเรลทำงาน ข้อมูลจำเพาะที่ต้องกำหนดตามโมเดลมีดังนี้

#### 1.1 จำนวนองค์ประกอบรวม

1.2 ค่าของความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างองค์ประกอบรวมหรือค่าของสมาชิกในเมทริกซ์ของโปรแกรมลิสเรล ถ้านักวิจัยต้องการองค์ประกอบที่เป็นอิสระต่อกันค่าของความแปรปรวนระหว่างองค์ประกอบตั้งต้องเป็นศูนย์ ถ้าต้องการองค์ประกอบที่มีความสัมพันธ์กัน ต้องกำหนดค่าสมาชิกระหว่างองค์ประกอบคู่หนึ่งในเมทริกซ์ให้เป็นพารามิเตอร์อิสระให้โปรแกรมลิสเรลประมาณค่า

1.3 เส้นทางแสดงอิทธิพลระหว่างองค์ประกอบรวม และตัวแปรสังเกตได้ หรือค่าของสมาชิกในเมทริกซ์ของโปรแกรมลิสเรล ถ้ามีโมเดล CFA กำหนดค่าตัวแปรสังเกตได้นั้นได้รับอิทธิพลจากองค์ประกอบรวม สมาชิกที่แทนสัมประสิทธิ์การถดถอยขององค์ประกอบรวมบนตัวแปรสังเกตได้ ต้องกำหนดเป็นพารามิเตอร์อิสระ ส่วนตัวแปรสังเกตได้ที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากองค์ประกอบรวมจะมีค่าพารามิเตอร์กำหนดเป็นศูนย์

1.4 ค่าของความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างเทอมความคลาดเคลื่อนของตัวแปรสังเกตได้ หรือค่าของสมาชิกในเมทริกซ์ของโปรแกรมลิสเรล ถ้านักวิจัยมีโมเดล CFA กำหนดว่า ตัวแปร สังเกตได้เป็นตัวแปรที่วัดโดยไม่มีความคลาดเคลื่อน นักวิจัยต้องกำหนดค่าความแปรปรวนของเทอมความคลาดเคลื่อนตัวแปรสังเกตได้ในเมทริกซ์และค่าความแปรปรวนร่วมของเทอมความคลาดเคลื่อนตัวแปร สังเกตได้กับเทอมความคลาดเคลื่อนตัวแปรสังเกตได้ตัวอื่น ๆ เป็นศูนย์ทั้งหมด ในกรณีที่โมเดล CFA ของนักวิจัยมีความคลาดเคลื่อนทั้งหมดเป็นอิสระต่อ

กัน ( ตามข้อตกลงเบื้องต้นที่ใช้ใน EFA ) ต้องกำหนดพารามิเตอร์นอกแนวทแยงของเมทริกซ์เป็นศูนย์ทั้งหมดแต่เทคนิค CFA นักวิจัยผ่อนคลายข้อตกลงเบื้องต้นข้อนี้ และยอมให้เทอมความคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันได้โดยกำหนดให้ พารามิเตอร์ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อนคู่หนึ่งเป็นพารามิเตอร์อิสระ

การกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดล CFA จะช่วยลดจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่าให้น้อยลง ทำให้โปรแกรมลิสเรลสามารถแก้สมการหาค่าตัวไม่ทราบค่า (unknown) ได้เป็นค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ต้องการได้ เพื่อให้เห็นภาพว่าในการวิเคราะห์โมเดล CFA นั้น โปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้องแก้สมการอย่างไรบ้างดังนี้

กำหนดให้

$NX$  = จำนวนตัวแปรสังเกตได้  $X$

$NK$  = จำนวนองค์ประกอบรวม  $K$

$SIGMA$  = เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนรวมของตัวแปร  $X$

$LX$  = เมทริกซ์ สปส. การถดถอยของ  $X$  บน  $K$

$PH$  = เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างองค์ประกอบ  $K$

$TD$  = เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างเทอมความคลาดเคลื่อน  $d$  ของตัวแปร  $X$

ในที่นี้  $SIGMA = (LX)(PH)(LX)' + TD$

ค่าของสมาชิกในเมทริกซ์  $SIGMA$  เป็นค่าที่ได้จากข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง ในที่นี้มีจำนวนสมาชิกประกอบด้วยค่าความแปรปรวน  $NX$  ค่า และค่าความแปรปรวนร่วมซึ่งเป็นสมาชิกนอกแนวทแยงเท่ากับกำลังสองของ  $NX$  ลบด้วย  $NX$  เนื่องจากค่าที่อยู่เหนือและใต้แนวทแยงมีค่าเท่ากัน ดังนั้นจำนวนความแปรปรวนร่วมจึงมีจำนวนเท่ากับครึ่งหนึ่งของผลต่างระหว่างกำลังสองของ  $NX$  กับ  $NX$  เมื่อรวมจำนวนความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมเข้าด้วยกันจะมีจำนวน  $[(NX)(NX-1)/2]$  ค่าซึ่งเป็นเทอมที่ทราบค่า โปรแกรมต้องนำเมทริกซ์  $SIGMA$  นี้มาคำนวณเพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ในเมทริกซ์  $LX, PH, TD$  ทางด้านขวามือของสมการต่อไป

เมทริกซ์  $LX$  มีจำนวนสมาชิกรวมทั้งหมด  $(NX)(NK)$  ค่าเมทริกซ์  $PH$  มีจำนวนสมาชิกทั้งหมด  $[(NK)(NK-1)/2]$  ค่าและเมทริกซ์  $TD$  มีจำนวนสมาชิกทั้งหมด  $[(NX)(NX-1)/2]$  ค่าทั้งหมดนี้ถ้าไม่มีการกำหนดให้เป็นพารามิเตอร์กำหนด ทุกตัวจะเป็นพารามิเตอร์อิสระที่เป็นตัวไม่ทราบค่า และ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้องคำนวณแก้สมการหาค่าตัวไม่ทราบค่าเป็นค่าประมาณพารามิเตอร์แต่ละตัว จำนวนตัวไม่ทราบค่าของเมทริกซ์ด้านขวามือของสมการมีจำนวนถึง  $[(NX)(NK) + (NK)(NK+1)/2 + (NX)(NX+1)/2]$  ค่าซึ่งมีค่ามากกว่าจำนวนสมาชิกในเมทริกซ์  $SIGMA$  อยู่เป็นจำนวน

$[(NX)(NK)+(NK)(NK+1)/2]$  ค่า ดังนั้นนักวิจัยต้องกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดลและเงื่อนไขบังคับเพื่อให้จำนวนสมาชิกในเมทริกซ์ทางซ้ายและขวาของสมการเท่ากันจึงจะสามารถแก้สมการได้รากของสมการเป็นได้ค่าเดียว (unique) ได้

## 2. การระบุความเป็นได้ค่าเดียวของ โมเดล CFA

สำหรับการวิเคราะห์โมเดล CFA และ โมเดลลิสเรลทุกชนิด การระบุความเป็นได้ค่าเดียวของโมเดลมีความสำคัญต่อการประมาณค่าพารามิเตอร์โมเดล เพราะการประมาณค่าพารามิเตอร์จะทำได้ต่อเมื่อโมเดลระบุความเป็นได้ค่าเดียวพอดี ซึ่งหมายความว่า การแก้สมการหาค่าตัวไม่ทราบค่าจะได้รากของสมการที่เป็นได้ค่าเดียว ถ้านักวิจัยประมาณค่าพารามิเตอร์โดยที่โมเดลระบุความเป็นได้ค่าเดียวไม่ได้จะได้อากของสมการที่ไม่มีมีความหมาย การระบุความเป็นได้ค่าเดียวนี้นี้เป็นสิ่งจำเป็นทั้งในการวิเคราะห์ด้วย CFA และ EFA แต่ในการวิเคราะห์ EFA นักสถิติได้กำหนดเงื่อนไขบังคับตายตัวไว้ ทำให้การวิเคราะห์ EFA มีลักษณะระบุความเป็นได้ค่าเดียวพอดี ส่วน CFA การกำหนดเงื่อนไขบังคับทำโดยกำหนดเงื่อนไขแตกต่างกันไปตามโมเดลของแต่ละคนจึงเป็นหน้าที่ของนักวิจัยที่ต้องตรวจสอบเพื่อระบุความเป็นได้ค่าเดียว

การกำหนดเงื่อนไขบังคับ (constraints) ในการวิเคราะห์ด้วย CFA ทำได้ 2 แบบ คือ การตั้ง เงื่อนไขให้พารามิเตอร์เป็นพารามิเตอร์กำหนด และการตั้งเงื่อนไขให้พารามิเตอร์เท่ากันด้วยอย่างเงื่อนไขของพารามิเตอร์กำหนด เช่น กำหนดให้สมาชิกในเมทริกซ์ LX บางตัวเป็น 0 หรือ 1 การตั้งเงื่อนไขให้ พารามิเตอร์เท่ากันได้แก่ การกำหนดขนาดของพารามิเตอร์ให้เป็นตัวเดียวกัน เช่น กำหนดให้  $LX(1,1)=LX(2,2)$  เป็นต้น เงื่อนไขบังคับจะทำให้จำนวนพารามิเตอร์อิสระหรือตัวไม่ทราบค่าลดลงและ โมเดลจะมีโอกาสระบุได้พอดีมากขึ้น

วิธีการตรวจสอบว่า โมเดล CFA ระบุได้ค่าเดียวหรือไม่นั้นเป็นการตรวจสอบตามเงื่อนไข 3 แบบ จะเสนอเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับ โมเดล CFA ดังนี้

2.1 เงื่อนไขจำเป็นของการระบุได้พอดี เงื่อนไขจำเป็นของการระบุได้พอดีของโมเดลลิสเรลคือ กฎที่ ซึ่งมีความว่า โมเดลลิสเรลระบุได้พอดีเมื่อจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่ามีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับจำนวนสมาชิกในเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม  $t$  น้อยกว่าหรือเท่ากับ  $(NI)(NI+1)/2$  เมื่อ  $t$  เป็นจำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า  $NI$  เป็นจำนวนตัวแปรสังเกตได้ของ โมเดลลิสเรล เมื่อนำกฎนี้มาใช้กับ โมเดล CFA ซึ่งมีแต่ตัวแปรสังเกตได้  $X$  ประพจน์เดียวเท่านั้น กฎนี้จะเปลี่ยนเป็น  $t$  น้อยกว่าหรือเท่ากับ  $(NX)(NX+1)/2$

จากการกำหนดข้อมูลจำเพาะของ โมเดลนั้นจำนวนตัวพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า  $t$  นั้นคือ จำนวนค่าของสมาชิกในเมทริกซ์ขวามือของสมการ เมื่อแทนค่าจะได้

$$[(NX)(NK)+(NK)(NK+1)/2+(NX)(NX+1)/2]<[(NX)(NX+1)/2]$$

จากสมการนี้แสดงว่านักวิจัยต้องสร้างเงื่อนไขกำหนด (constraints) ไม่น้อยกว่า

$$[(NX)(NK)+(NK)(NK+1)/2] \text{ ชูค (Long, 1983 , p. 42)}$$

คิม และมุลเลอร์ (Kim & Mueller, 1978, pp. 49-50) เสนอเงื่อนไขกำหนดในการตรวจสอบระบุความเป็นได้จากนั้นนักวิจัยจึงนำผลการวิเคราะห์มาสร้างสเกลองค์ประกอบ การประมาณค่าพารามิเตอร์เป็นการคำนวณทวนซ้ำ และมีวิธีการประมาณค่าหลายแบบ ลอง (Long, 1983, p. 57) อธิบายว่า การประมาณค่าแบบ ULS เทียบได้กับการสกัดองค์ประกอบแบบวิธีกำลังสองน้อยที่สุด โดยวิธีพิเศษเหลือน้อยที่สุด (MINRES) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยการสกัดองค์ประกอบแบบการหาองค์ประกอบแกนमुखสำคัญที่มีการคำนวณทวนซ้ำนั่นเองผลที่ได้จะได้อัตราประมาณพารามิเตอร์ที่ไม่ลำเอียง และ มีความแปรปรวนน้อยเช่นเดียวกับการประมาณค่าแบบ GLS และ ML ข้อที่แตกต่างกันคือ องค์ประกอบที่ได้ตามวิธี ULS นั้น สเกลองค์ประกอบขึ้นอยู่กับหน่วยการวัดของตัวแปรส่วนวิธี ML และ GLS นั้นสเกลเป็นอิสระ

การตรวจสอบความตรงของโมเดล CFA ใช้หลักการเช่นเดียวกับการตรวจสอบความตรงของโมเดลลิสมรทั่วๆ ไป ในกรณีที่นักวิจัยมีความมั่นใจในโมเดล CFA ใช้การทดสอบโมเดลเดียวเพื่อยืนยันโมเดลอย่างเข้มในกรณีที่นักวิจัยมีโมเดลที่มีชุดตัวแปรคงเดิมแต่เส้นทางอิทธิพลแตกต่างกัน เป็น 2 โมเดลอาจใช้การทดสอบเพื่อเลือกโมเดล และในกรณีที่นักวิจัยต้องการใช้เทคนิค CFA ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเพื่อสำรวจอาจใช้การทดสอบเพื่อพัฒนาโมเดลได้ มีประเด็นที่จะเน้นในการตรวจสอบความตรงของ โมเดลโดยใช้การทดสอบเพื่อพัฒนาโมเดลว่า ถ้านักวิจัยใช้ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างในการพัฒนาโมเดลเพื่อให้ได้โมเดลที่สอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูล เชิงประจักษ์แล้วนักวิจัยผู้นี้ไม่ควรใช้กลุ่มตัวอย่างเดิมตรวจสอบความตรงของ โมเดลที่พัฒนาได้ แต่ควรจะใช้ข้อมูลจากอีกกลุ่มตัวอย่างหนึ่งในการตรวจสอบ ดังนั้นในกรณีที่นักวิจัยต้องการใช้เทคนิค CFA เพื่อการสำรวจองค์ประกอบควรมีกกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่และแบ่งเป็น 2 กลุ่มย่อยในการวิเคราะห์กลุ่มแรกให้เพื่อพัฒนา โมเดล และกลุ่มที่สองใช้ตรวจสอบโมเดลที่พัฒนาแล้ว

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมลิสมรแล้ว นักวิจัยต้องนำผลการวิเคราะห์มาสร้างสเกลองค์ประกอบ และแปลความหมายผลการวิเคราะห์ การสร้างสเกลองค์ประกอบมีหลักการเช่นเดียวกันกับเทคนิค EFA ซึ่งได้นำเสนอไปแล้วในที่นี้จึงกล่าวถึงเฉพาะส่วนของผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากโปรแกรมลิสมร ซึ่งมีส่วนที่แตกต่างจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS ผลการวิเคราะห์โมเดล CFA มีดังนี้

1. เมทริกซ์ LX ซึ่งเป็นค่าประมาณพารามิเตอร์นำหน้าองค์ประกอบ พร้อมด้วยค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และค่าสถิติ t ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม SPSS ไม่มีการทดสอบ

นัยสำคัญทางสถิติในส่วนนี้

2. เมทริกซ์ PH ซึ่งเป็นเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ กรณีที่นักวิจัยกำหนดโมเดลให้องค์ประกอบเป็นอิสระต่อกัน ค่าพารามิเตอร์นอกแนวทแยงในเมทริกซ์ PH จะมีค่าเป็นศูนย์ทั้งหมด

3. เมทริกซ์ TD ซึ่งเป็นเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของเทอมความคลาดเคลื่อนและค่ากำลังสองของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ ในกรณีที่ความคลาดเคลื่อนไม่สัมพันธ์กัน เมทริกซ์ TD จะเป็นเมทริกซ์แนวทแยง และค่าพารามิเตอร์รวมกับค่ากำลังสองของสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์พหุคูณจะมีค่าเป็นหนึ่ง นอกจากนี้ค่ากำลังสองของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณยังบอกค่าความตรงของตัวแปรอีกด้วย

4. ค่าดัชนีตรวจสอบความตรงของ โมเดล CFA แบบต่างๆ รวมทั้งการวิเคราะห์เศษเหลือและกราฟของเศษเหลือในรูปคะแนนมาตรฐานด้วย ค่าดัชนีวัดด้วยไค-สแควร์ควรจะมีค่าต่ำและเส้นกราฟของเศษ ในรูปคะแนนมาตรฐานกับควอนไทล์ปกติ จะมีความชันกว่าเส้นทแยงมุมจึงจะสรุปได้ว่า โมเดลสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

5. เมทริกซ์คะแนนองค์ประกอบซึ่งเป็นเมทริกซ์ของค่าสัมประสิทธิ์ที่นักวิจัยต้องนำไปสร้างสเกลองค์ประกอบต่อไป

สาระเรื่องการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันทั้งหมดนี้เป็นการเสนอ โดยอิงกับสาระการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค EFA และการวิเคราะห์โมเดลโครงสร้างส่วนใหญ่เป็นการเสนอสาระในส่วนที่แตกต่างกันสรุปสาระในส่วนที่ต่างกันได้ว่าเทคนิคการวิเคราะห์ CFA มีจุดเด่นเหนือว่าเทคนิค EFA รวม 5 ประการ คือ ประการแรกเทคนิค CFA มีการผ่อนคลายข้อตกลงเบื้องต้น และข้อตกลงเบื้องต้นสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงมากกว่าเทคนิค EFA ประการที่สองเทคนิค CFA เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีพื้นฐานทฤษฎีรองรับการวิเคราะห์และผลการวิเคราะห์มีความหมายแปลความหมายได้ง่ายกว่าเทคนิค EFA ประการที่สาม เทคนิค CFA มีกระบวนการตรวจสอบความตรงของโมเดลที่ชัดเจน ประการที่สี่ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลให้ค่าประมาณพารามิเตอร์ รวมทั้งผลการทดสอบนัยสำคัญของพารามิเตอร์ และประการสุดท้ายจากจุดเด่นทั้งหมดทำให้เทคนิค CFA เป็นเครื่องมือที่นักวิจัยควรนำมาใช้ในการศึกษาคุณภาพของแบบวัดได้เป็นอย่างดี

อย่างไรก็ดี เทคนิค CFA ก็เหมือนกับเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั่วไปที่มีข้อจำกัดอยู่บ้าง ทอง (Long, 1983, pp. 61-62) สรุปว่าจุดด้อยของเทคนิค CFA มี 3 ประการ คือ ประการแรก การประมาณค่า พารามิเตอร์ใช้กระบวนการคำนวณทวนซ้ำ และเมื่อได้ผลการวิเคราะห์ว่าฟังก์ชันความกลมกลืนมีค่าน้อยที่สุด ยังอาจมีปัญหว่าอาจยังมีฟังก์ชันความกลมกลืนเป็นแบบอื่นอีกได้ ประการที่สอง ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวิเคราะห์โมเดล CFA อาจอยู่นอก

พิสัยที่ควรจะเป็นค่าสัมประสิทธิ์ที่คำนวณได้ อาจมีค่ามากกว่าหนึ่ง และความแปรปรวนมีค่าติดลบ ปัญหาเหล่านี้อาจเกิดเนื่องจาก การกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดลไม่ถูกต้อง การแจกแจงของตัวแปรสังเกตได้ไม่เป็นแบบปกติ ขนาดของกลุ่มตัวอย่างเล็กเกินไป และโมเดลเกือบจะระบุไม่ได้พอดี ประการสุดท้ายคือ การวิเคราะห์ก่อนข้างซับซ้อนและใช้เวลาในการวิเคราะห์ก่อนข้างนาน สำหรับ จูค่อนประการสุดท้ายนี้ โปรแกรมลิสเรลได้พัฒนาการกำหนดค่าเริ่มต้นของพารามิเตอร์ ซึ่งช่วยให้ประหยัดเวลาการคำนวณของคอมพิวเตอร์ไปได้มาก

การวิเคราะห์องค์ประกอบเป็นวิธีการที่มีประโยชน์ต่อการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์มากวิธีหนึ่ง ในเนื้อหาสาระที่ผู้วิจัยกล่าวทั้งหมดนี้ได้นำเสนอประวัติความเป็นมา วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ ข้อตกลงเบื้องต้น และสังกัดพื้นฐานของการวิเคราะห์องค์ประกอบ เสนอเป็นขั้นตอนในการวิเคราะห์องค์ประกอบ 4 ขั้นตอน คือ การเตรียมเมทริกซ์สหสัมพันธ์ การสกัดองค์ประกอบขั้นต้น การหมุนแกน และการสร้างตัวแปรประกอบ หรือ สเตลองค์ประกอบ จูค่อนของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ มีผลทำให้ความนิยมในการใช้เทคนิค EFA เริ่มลดน้อยลง และนักวิจัยเริ่มหันมาใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน CFA มากขึ้น โมเดลการวัด และ CFA เป็นโมเดลย่อยแบบหนึ่งของโมเดลลิสเรล และสามารถวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมลิสเรลได้ สำหรับการวิเคราะห์โมเดล CFA นักวิจัยต้องมีสมมติฐานที่สร้างขึ้นจากทฤษฎี และกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดลตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ รวมทั้งต้องมีการตรวจสอบความเป็นได้ค่าเดียวของโมเดลก่อนการวิเคราะห์ด้วย

โมเดลการวัดและ โมเดล CFA ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการวิจัยมีหลายแบบ เช่น วิธีการวิเคราะห์ คือ โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน โมเดลการวัดพหุองค์ประกอบคอนเจนเนอริก โมเดลหลากหลายลักษณะหลายวิธี (MTMM model) เป็นต้น และนอกจากนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในการประมาณค่าความเที่ยงและความตรงได้ จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยต่าง ๆ ทำให้ผู้วิจัยได้ทราบถึงแนวคิด ขั้นตอน เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ในด้านต่าง ๆ คือ ด้านลักษณะความเป็นมา วัตถุประสงค์ ข้อตกลงเบื้องต้น จุดเด่น จุดด้อยของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน วิธีการในการวิเคราะห์ข้อมูล ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ และการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล เป็นต้น จากการศึกษาดังกล่าวผู้วิจัยสามารถสรุปแนวคิดเกี่ยวกับการเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทั้งสองวิธี คือ การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ได้ดังตารางที่ 3 ดังนี้

### ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจและการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

#### การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (EFA)

#### การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA)

##### 1. ความหมาย

EFA เป็นการนำการวิเคราะห์องค์ประกอบมาจัดหมวดหมู่ของกลุ่มตัวแปรเมื่อกลุ่มตัวแปรที่ศึกษานั้น ผู้วิจัยยังไม่มีทฤษฎีหรือแนวคิดสนับสนุนในเรื่องนั้นมาก่อน

##### 2. วัตถุประสงค์

2.1 ผู้วิจัยสามารถตรวจสอบทฤษฎีที่ใช้เป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์องค์ประกอบ

2.2 ใช้สำรวจและระบุองค์ประกอบใช้เป็นเครื่องมือในการสร้างตัวแปรใหม่

##### 3. ข้อตกลงเบื้องต้น

3.1 องค์ประกอบร่วมทุกตัวมีความสัมพันธ์กันหรือองค์ประกอบร่วมทุกตัวเป็นอิสระต่อกัน

3.2 ตัวแปรที่สังเกตค่าได้ทุกตัวได้รับอิทธิพลโดยตรงจากทุกองค์ประกอบ

3.3 ตัวแปรที่สังเกตค่าได้ทุกตัวได้รับอิทธิพลจากองค์ประกอบเฉพาะหรือความคลาดเคลื่อนเพียงตัวเดียว

3.4 ความคลาดเคลื่อนทุกตัวเป็นอิสระต่อกันและเป็นอิสระจากองค์ประกอบทุกตัว

##### 1. ความหมาย

CFA เป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบเมื่อมีสมมติฐานที่แน่นอนว่ามีตัวแปรแฝงระหว่างกลุ่มตัวแปรที่ศึกษา เพื่อเปิดเผยตัวแปรแฝงให้ชัดเจนเท่าที่จะทำได้และเป็นการยืนยันต่อเนื่องจากการวิเคราะห์ EFA

##### 2. วัตถุประสงค์

2.1 ผู้วิจัยสามารถตรวจสอบทฤษฎีที่ใช้เป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์องค์ประกอบ

2.2 ใช้สำรวจและระบุองค์ประกอบใช้เป็นเครื่องมือในการสร้างตัวแปรใหม่

##### 3. ข้อตกลงเบื้องต้น

มีการผ่อนคลายข้อตกลงเบื้องต้นของ EFA และผู้วิจัยสามารถเพิ่มข้อจำกัดบางประการที่สอดคล้องกับแนวคิด / ทฤษฎีที่ต้องการทดสอบได้ เช่น ผู้วิจัยสามารถวางเงื่อนไขให้องค์ประกอบบางคู่มีความสัมพันธ์กัน เลือกตัวแปรที่สังเกตค่าได้บางตัวให้ได้รับอิทธิพลโดยตรงจากบางองค์ประกอบ เลือกตัวแปรที่สังเกตได้เพียงบางตัวที่ได้รับอิทธิพลจากความคลาดเคลื่อน หรือกำหนดให้ความคลาดเคลื่อนของตัวแปรบางคู่มีความสัมพันธ์กัน เป็นต้น

ตารางที่ 3 (ต่อ)

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (EFA)

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA)

4. วิธีการ

4.1 การเตรียมเมทริกซ์สหสัมพันธ์  
หรือการเตรียมข้อมูลสำหรับการ  
วิเคราะห์องค์ประกอบ

4.5 การสกัดองค์ประกอบขั้นต้น

4.6 การหมุนแกน

4.7 การสร้างสเกลองค์ประกอบ

5. ผลการวิจัย

นักวิจัยสามารถลดจำนวนตัวแปร  
สังเกตได้ในการวิเคราะห์ครั้งต่อไป  
โดยสร้างตัวแปรใหม่ในรูปขององค์  
ประกอบร่วม

4. วิธีการ

4.1 การเตรียมเมทริกซ์สหสัมพันธ์  
หรือการเตรียมข้อมูลสำหรับการ  
วิเคราะห์องค์ประกอบในขั้นตอนนี้ต้อง  
กำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดลและระบุ  
ความเป็นได้ค่าเดียวของโมเดลก่อนการ  
วิเคราะห์ข้อมูล

4.2 การสกัดองค์ประกอบขั้นต้น

4.3 การหมุนแกน

4.4 การสร้างสเกลองค์ประกอบ

5. ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์มีความสมเหตุสมผลตาม  
ความเป็นจริงและมีการตรวจสอบความ  
กลมกลืนระหว่างโมเดลตามทฤษฎีกับข้อ  
มูลเชิงประจักษ์ รวมทั้งยังตรวจสอบ  
โครงสร้างของโมเดลว่ามีความแตกต่าง  
กันระหว่างกลุ่มตัวอย่างหลายๆ กลุ่ม  
หรือไม่

### ตอนที่ 3 โมเดลลิสเรล (Lisrel Models)

โมเดลลิสเรลเป็นผลของการสังเคราะห์วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลที่สำคัญ 3 วิธี คือ การวิเคราะห์องค์ประกอบ (factor analysis) การวิเคราะห์อิทธิพล (path analysis) และการประมาณค่าพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์การถดถอย (Bollen, 1989, pp. 4-9 อ้างถึงใน นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2538) โดยได้พัฒนาวิธีการวิเคราะห์สำหรับโมเดลลิสเรล และพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ชื่อ ลิสเรล (LISREL) ในช่วง ปี ค.ศ. 1967-1979 ซึ่งมีจุดเด่นที่สำคัญ คือลดข้อจำกัดในเรื่องข้อตกลงเบื้องต้น โดยเฉพาะข้อที่ว่าด้วยความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนและข้อที่ว่าตัวแปรสังเกตได้ต้องไม่มีความคลาดเคลื่อน ดังนั้น โมเดลลิสเรลจึงเป็นโมเดลการวิจัยที่มีประโยชน์มากใช้ได้กับงานวิจัยเกือบทุกประเภท เพื่อให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาการวิจัยครั้งนี้จึงขอเสนอสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องกับโมเดลลิสเรลเป็น 2 ตอน คือ ลักษณะทั่วไปของโมเดลลิสเรล และวิธีการวิเคราะห์โมเดลลิสเรล

#### ลักษณะทั่วไปของโมเดลลิสเรล

โมเดลลิสเรลประกอบด้วย โมเดลที่สำคัญ 2 โมเดล คือ โมเดลการวัด (measurement model) และ โมเดลสมการโครงสร้าง (structural equation model) โดยโมเดลการวัดคือ โมเดลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงกับตัวแปรสังเกตได้ แบ่งเป็น 2 โมเดลย่อย คือ โมเดลการวัดสำหรับตัวแปรภายนอก (X) และ โมเดลการวัดสำหรับตัวแปรภายใน (Y) ส่วนโมเดลสมการโครงสร้าง คือ โมเดลแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรแฝงในโมเดลการวิจัย สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2538, หน้า 8, เอมอร์ จังศิริพรปกรณ์, 2541, หน้า 44)

สมการ โมเดลโครงสร้าง :

$$\eta = \beta\eta + \Gamma\xi + \zeta$$

สมการ โมเดลการวัดสำหรับตัวแปรสังเกตได้ภายนอก (X) :

$$X = \Lambda_X\xi + \delta$$

สมการ โมเดลการวัดสำหรับตัวแปรสังเกตได้ภายใน (Y) :

$$Y = \Lambda_Y\eta + \varepsilon$$

เวกเตอร์ของตัวแปรในโมเดลมีสัญลักษณ์อักษรกรีก และมีความหมายดังต่อไปนี้

ไปนี้

|                         |   |                                                                       |
|-------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------|
| $X$                     | = | เวกเตอร์ตัวแปรภายนอกสังเกตได้ $X$ ขนาด ( $NX \times 1$ )              |
| $Y$                     | = | เวกเตอร์ตัวแปรภายในสังเกตได้ $Y$ ขนาด ( $NY \times 1$ )               |
| $\xi$                   | = | เวกเตอร์ตัวแปรภายนอกแฝง $K$ ขนาด ( $NK \times 1$ )                    |
| $\xi \quad \eta$        | = | เวกเตอร์ตัวแปรภายในแฝง $E$ ขนาด ( $NE \times 1$ )                     |
| $\xi \quad \delta$      | = | เวกเตอร์ความคลาดเคลื่อน $d$ ในการวัดตัวแปร $X$ ขนาด ( $NX \times 1$ ) |
| $\xi \quad \varepsilon$ | = | เวกเตอร์ความคลาดเคลื่อน $e$ ในการวัดตัวแปร $Y$ ขนาด ( $NY \times 1$ ) |
| $\xi \quad \zeta$       | = | เวกเตอร์ความคลาดเคลื่อน $z$ ในการวัดตัวแปร $E$ ขนาด ( $NE \times 1$ ) |

นอกจากสัญลักษณ์ข้างต้น โปรแกรม LISREL ยังประกอบด้วยเมทริกซ์พารามิเตอร์อิทธิพลเชิงสาเหตุหรือสัมประสิทธิ์การถดถอย (causal effects of regression coefficients) ทั้งหมด 4 เมทริกซ์ และเมทริกซ์พารามิเตอร์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วม (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2538, หน้า 18-19 ; Joreskog & Sorbom, 1996 อ้างถึงใน เอมอร จังศิริพรกรณ์, 2541, หน้า 45) ทั้งหมด 4 เมทริกซ์ ดังมีสัญลักษณ์และความหมายต่อไปนี้

|                           |   |                                                                                           |
|---------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\Lambda_x = LX$          | = | เมทริกซ์สปส. การถดถอยของ $X$ บน $K$ ขนาด ( $NX \times NK$ )                               |
| $\Lambda_y = LY$          | = | เมทริกซ์สปส. การถดถอยของ $Y$ บน $E$ ขนาด ( $NY \times NE$ )                               |
| $\Gamma = GA$             | = | เมทริกซ์อิทธิพลเชิงสาเหตุจาก $K$ ไป $E$ ขนาด ( $NE \times NK$ )                           |
| $\beta = BE$              | = | เมทริกซ์อิทธิพลเชิงสาเหตุระหว่าง $E$ ขนาด ( $NE \times NE$ )                              |
| $\Phi = PH$               | = | เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่าง<br>ตัวแปรภายนอกแฝง $K$ ขนาด ( $NK \times NK$ ) |
| $\Psi = PS$               | = | เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม<br>ระหว่างความคลาดเคลื่อน $z$ ขนาด ( $NE \times NE$ ) |
| $\Theta_\delta = TD$      | = | เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม<br>ระหว่างความคลาดเคลื่อน $d$ ขนาด ( $NX \times NX$ ) |
| $\Theta_\varepsilon = TE$ | = | เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม<br>ระหว่างความคลาดเคลื่อน $e$ ขนาด ( $NY \times NY$ ) |

## วิธีวิเคราะห์โมเดลลิสม์

การวิเคราะห์โมเดลลิสม์มีหลักการเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยวิธีการทางสถิติทั่วไป คือ จะต้องมีความรู้พื้นฐานทางสถิติที่ต้องการทดสอบ และมีข้อมูลเชิงประจักษ์มาวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลเชิงประจักษ์มีความสอดคล้องกับสมมติฐานที่ต้องการทดสอบหรือไม่ แต่สมมติฐานทางสถิติในการวิเคราะห์ด้วยลิสม์ สามารถกำหนดได้จากโมเดลลิสม์ที่แสดงความสัมพันธ์โครงสร้างแบบเส้นระหว่างตัวแปรทั้งหมด ลักษณะที่สำคัญมากในการวิเคราะห์โมเดลลิสม์ที่แตกต่างจากการวิเคราะห์ทางสถิติทั่วไปคือการใช้เมทริกซ์ความแปรปรวน ความแปรปรวนร่วม (variance-covariance matrix) ระหว่างตัวแปร มาเป็นหลักในการเปรียบเทียบ โดยตรวจสอบความแตกต่างระหว่างเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมความแปรปรวนร่วมที่ได้จากข้อมูลเชิงประจักษ์กับเมทริกซ์ที่ได้จากการประมาณค่าตามโมเดลลิสม์ที่เป็นสมมติฐาน ข้อตกลงเบื้องต้นสำหรับโมเดลลิสม์ สรุปได้ 4 ข้อ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2538, หน้า 17) ดังนี้

1. ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งหมดในโมเดล เป็นความสัมพันธ์แบบเส้น (linear) เชิงบวก (additive) และ เป็นความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (causal relationships) ในกรณีที่นักวิจัยพบว่าตามสภาพปรากฏการณ์ที่เป็นจริง ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นความสัมพันธ์แบบเส้นโค้ง นักวิจัยต้องเปลี่ยนรูปตัวแปร เช่น การหาค่าลอการิทึมของตัวแปร หรือการใช้ส่วนกลับของตัวแปรเพื่อให้ความสัมพันธ์เป็นแบบเชิงเส้น

2. ลักษณะการแจกแจงของตัวแปรภายนอกและตัวแปรภายใน และความคลาดเคลื่อน ต้องเป็นการแจกแจงแบบปกติ ความคลาดเคลื่อน  $e, d, z$  ต้องมีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ ข้อตกลงเบื้องต้นข้อนี้มีได้หมายความว่าตัวแปรทวิภาค (dichotomous variables) หรือตัวแปรดัมมี่ (dummy variables) จะใช้ไม่ได้ กรณีตัวแปรทวิภาคที่มีค่าเฉลี่ยใกล้ 0.5 ให้ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่มีความแกร่ง (robust) และสามารถนำมาวิเคราะห์โมเดลลิสม์ได้

3. ลักษณะความเป็นอิสระต่อกัน (independence) ระหว่างตัวแปรกับความคลาดเคลื่อน มีข้อตกลงเบื้องต้นแยกได้เป็น 4 ข้อ ดังนี้

3.1 ความคลาดเคลื่อน  $e$  และตัวแปรแฝง  $E$  เป็นอิสระต่อกัน

3.2 ความคลาดเคลื่อน  $d$  และตัวแปรแฝง  $K$  เป็นอิสระต่อกัน

3.3 ความคลาดเคลื่อน  $z$  และตัวแปรแฝง  $K$  เป็นอิสระต่อกัน

3.4 ความคลาดเคลื่อน  $e, d$  และ  $z$  เป็นอิสระต่อกัน

4. สำหรับกรณีการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลา (time series data) ที่มีการวัดข้อมูลมากกว่า 2 ครั้ง การวัดตัวแปรต้องไม่ได้รับอิทธิพลจากช่วงเหลื่อม (time lag) ระหว่างการวัด

ก่อนที่จะนำเสนอถึงวิธีการวิเคราะห์โมเดลลิสเรล เนื่องจากเมทริกซ์ความแปรปรวน ความแปรปรวนร่วมเป็นหัวใจของการวิเคราะห์โมเดลลิสเรล ดังได้กล่าวในข้างต้น ขอยกตัวอย่างที่ มาของความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรสังเกตได้ภายนอก (X) เมื่อต้องการ วิเคราะห์ประกอบเชิงยืนยัน เพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนขึ้น

ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ซึ่งเป็นโมเดลย่อย 1 ในตอนที่แล้วนั้น จะได้สมการ โมเดลการวัด คือ

$$X = \Lambda \xi + \delta$$

เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) ได้ สมการ

$$Y = \alpha + \beta X + e$$

จะมีความคล้ายคลึงกัน แต่สมการ Regression สามารถหาได้จากข้อมูล เนื่องจากตัวแปร X,Y สังเกตได้ ส่วนสมการวิเคราะห์องค์ประกอบเป็นการหาค่าของตัวแปรสังเกตได้ (X) จากเทอม ของตัวแปรแฝง หรือองค์ประกอบซึ่งสังเกตไม่ได้ ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีการทางสถิติเพื่อนำมา ประมาณค่าพารามิเตอร์ เพื่อให้เมทริกซ์ความแปรปรวน ความแปรปรวนร่วมจากการประมาณค่า ตามโมเดลสมมติฐาน มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยให้  $\sum$  เป็นเมทริกซ์ความ แปรปรวน ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรสังเกตได้ (X) ซึ่งเท่ากับ  $E(XX)$  ในกรณีที่ทำให้ค่าเฉลี่ย เป็น 0 ดังนั้นเมื่อแทนค่าเทอมด้านขวาของสมการจะได้

$$\begin{aligned} \sum &= E(xx) = E[(\Lambda \xi + \delta)(\Lambda \xi + \delta)'] \\ \sum &= E[(\Lambda \xi + \delta)(\xi' \Lambda' + \delta')] \\ &= E[\Lambda \xi \xi' \Lambda' + \Lambda \xi \delta' + \delta \xi' \Lambda' + \delta \delta'] \\ &= E[\Lambda \xi \xi' \Lambda'] + E[\Lambda \xi \delta \delta' \Lambda'] + E[\delta \delta'] \\ &= \Lambda E[\xi \xi'] \Lambda' + \Lambda E[\xi \delta'] + E[\delta \xi'] \Lambda + E[\delta \delta'] \end{aligned}$$

เพราะว่าองค์ประกอบและความคลาดเคลื่อนไม่มีความสัมพันธ์กัน (ตามข้อตกลงเบื้องต้น) และ  $\Theta$  คือ  $E[\xi \xi']$   $\Theta$  คือ  $E[\delta \delta']$  ผลที่ได้คือสมการ เรียกว่า Covariance Equation

$$\sum = \Lambda \Phi \Lambda' + \Theta$$

ดังนั้น covariance equation ที่ได้จึงเป็นสมการที่มีพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่าโดยใช้การวิเคราะห์โมเดลลิสเรลที่จะกล่าวต่อไปในหัวข้อวิธีการวิเคราะห์โมเดลลิสเรล

วิธีการวิเคราะห์โมเดลลิสเรล เมื่อนักวิจัยมีโมเดลลิสเรลสมมติฐานในการวิจัยแล้วสามารถนำมาวิเคราะห์โมเดลลิสเรล แบ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญ 4 ขั้นตอน คือ

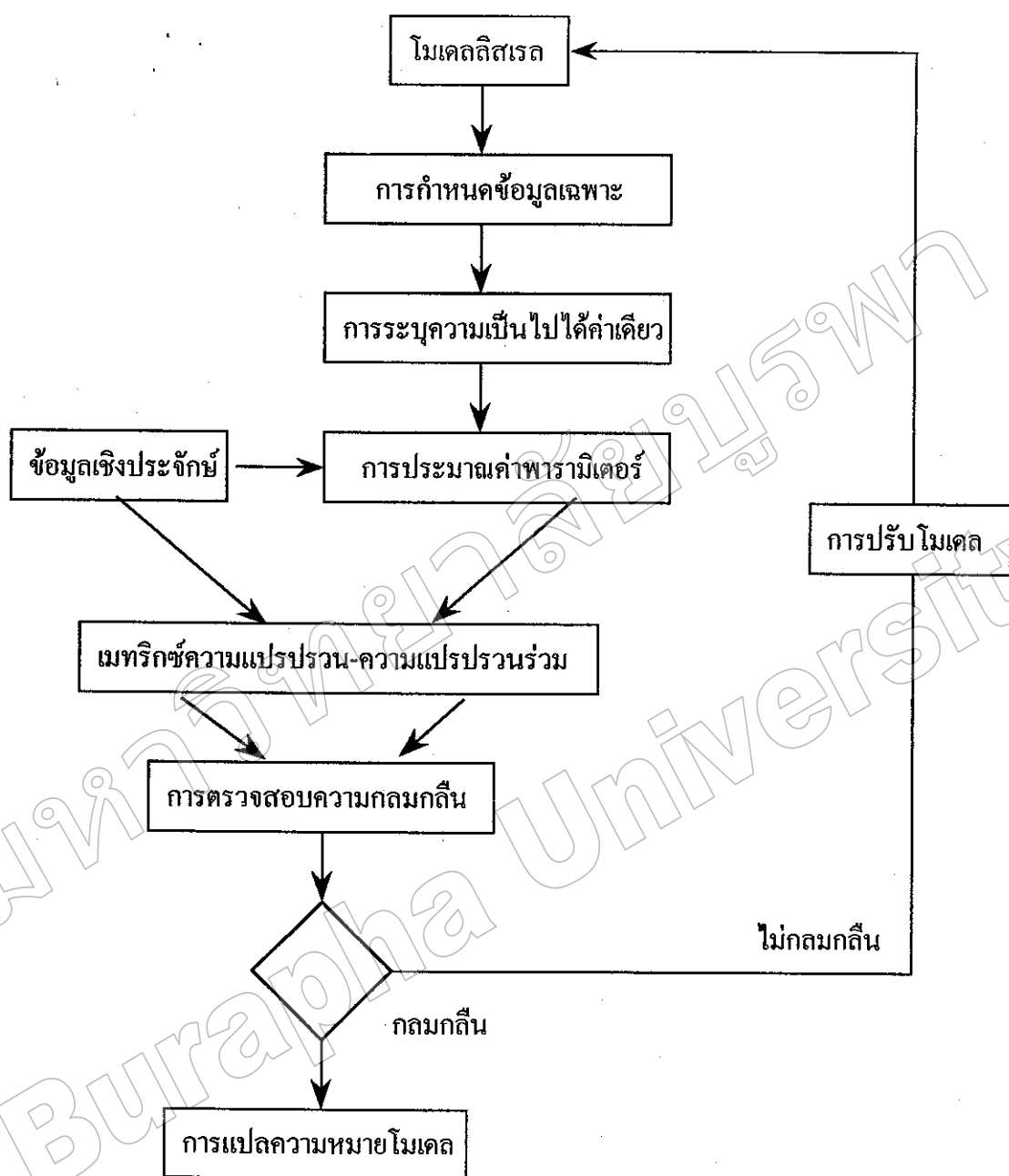
1. การกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดล (specification of the model)
2. การระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดล (identification of the model) การประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดล (parameter estimation of the model)
3. การประมาณค่าพารามิเตอร์จากโมเดล (parameter estimation from the model)
4. การตรวจสอบความตรงของโมเดล (validation of the model)

#### การกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดล

เป็นการกำหนดค่าเมทริกซ์ทั้งหมดที่มีอยู่ให้สอดคล้องกับโมเดลสมมติฐานการวิจัยเพื่อนำไปใช้ในการเขียนคำสั่งในโปรแกรมลิสเรลก่อนที่จะกำหนดค่าจะต้องทราบว่าโมเดลสมมติฐานเป็นโมเดลลักษณะใด คือเป็นโมเดลการวัด หรือโมเดลสมการโครงสร้างเมทริกซ์มีรูปแบบอย่างไร มีเมทริกซ์อะไรบ้างที่ต้องประมาณค่าได้อธิบายไปแล้วบางในเรื่องโมเดลย่อยลิสเรล การกำหนดค่าเมทริกซ์ตามค่าพารามิเตอร์ในโมเดล ซึ่ง Joreskog และ Sorbom กำหนดวิธีให้ค่าได้ 3 แบบ คือ

1. พารามิเตอร์กำหนด (fixed parameters) เป็นพารามิเตอร์ที่ถูกกำหนดไว้ให้มีค่าเป็นศูนย์ ไม่ต้องประมาณค่า ใช้สัญลักษณ์ "0" เขียนในคำสั่ง คือ F1
2. พารามิเตอร์บังคับ (constrained parameters) เป็นพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่า แต่นักวิจัยเงื่อนไขที่ต้องกำหนดให้พารามิเตอร์บางตัวมีค่าเป็นหนึ่ง หรือมีค่าอื่น ๆ
3. พารามิเตอร์อิสระ (free parameters) เป็นพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่าและไม่ได้บังคับให้มีค่าอย่างใดอย่างหนึ่ง ใช้สัญลักษณ์ "\*" เขียนในคำสั่ง คือ FR

ส่วนขั้นตอนรายละเอียดในการวิเคราะห์โมเดลลิสเรล แสดงในภาพที่ 6 (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2538, หน้า 16)



ภาพที่ 6 ขั้นตอนการวิเคราะห์โมเดลลิสเรต

การกำหนดข้อมูลจำเพาะของพารามิเตอร์ที่เขียนในรูปเมทริกซ์สำหรับเมทริกซ์พารามิเตอร์ทั้งแปด ที่ใช้ในโปรแกรมลิสเรต มีรูปแบบ 9 รูปแบบ คือ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2538)

1. เมทริกซ์ (Zero Matrix = ZE) สมาชิกทุกหน่วยมีค่าเป็นศูนย์
2. เมทริกซ์เอกลักษณ์ (Identity Matrix = ID) สมาชิกในเส้นทแยงมุมมีค่าเป็นหนึ่ง สมาชิกนอกเส้นทแยงมุมมีค่าเป็นศูนย์
3. เมทริกซ์เอกลักษณ์, ศูนย์ (Identity, Zero Matrix = IZ) เมื่อแปลงส่วนเมทริกซ์จะได้องค์ประกอบของเมทริกซ์เอกลักษณ์และเมทริกซ์ศูนย์ ดังตัวอย่าง

$$(I \mid 0) \text{ or } \frac{I}{0}$$

4. เมทริกซ์, เอกลักษณ์ (Zero, Identity Matrix = ZI) เมื่อแบ่งส่วนเมทริกซ์จะได้องค์ประกอบของเมทริกซ์ และเมทริกซ์เอกลักษณ์ ให้สังเกตว่าเมทริกซ์ศูนย์, เอกลักษณ์มีรูปแบบตรงกันข้ามกับเมทริกซ์เอกลักษณ์, ศูนย์ดังตัวอย่าง

$$(I \mid 0) \text{ or } \frac{0}{I}$$

5. เมทริกซ์แนวทแยง (Diagonal Matrix = DI) สมาชิกนอกแนวเส้นทแยงมุมมีค่าเป็นศูนย์ แต่สมาชิกในแนวเส้นทแยงมุมมีค่าเป็นตัวเลข ให้สังเกตด้วยว่าถ้าสมาชิกในเมทริกซ์แนวทแยงมุมมีค่าเป็นหนึ่ง เราเรียกว่าเมทริกซ์เอกลักษณ์

6. เมทริกซ์สมมาตร (Symmetric Matrix = SY) สมาชิกใต้และเหนือแนวเส้นทแยงมุมมีค่าตรงกัน

7. เมทริกซ์ใต้แนวทแยง (Subdiagonal Matrix = SD) สมาชิกในแนวเส้นทแยงมุมและเหนือเส้นทแยงมุมมีค่าเป็นศูนย์ แต่สมาชิกใต้แนวเส้นทแยงมุมมีค่าเป็นตัวเลข

8. เมทริกซ์สมมาตรฐาน (Standardized Symmetric Matrix = ST) หมายถึง เมทริกซ์สมมาตรฐานที่สมาชิกในแนวเส้นทแยงมุมมีค่าเป็นหนึ่ง

9. เมทริกซ์เต็มรูป (Full Matrix) หมายถึง เมทริกซ์ที่มีสมาชิกทุกแถว (Row) และทุกหลัก (Column)

การกำหนดรูปแบบและสถานะของเมทริกซ์พารามิเตอร์ นักวิจัยจะกำหนดตามประเภทที่ใกล้เคียงกับเมทริกซ์ที่เขียนไว้ก่อน แล้วจึงใช้คำสั่งเปลี่ยนสถานะของสมาชิกบางตัวในเมทริกซ์สรุปรูปแบบและสถานะของเมทริกซ์พารามิเตอร์ในโปรแกรมลิสเรลในตารางที่ 4 ดังนี้

ตารางที่ 4 รายการสรุปรูปแบบและสถานะของเมทริกซ์พารามิเตอร์ในโปรแกรม LISREL

| Name          | Math              | LISREL |         | Default        | Default | Model |
|---------------|-------------------|--------|---------|----------------|---------|-------|
|               | Symbol            | Name   | Order   | Possible Forms | From    |       |
| LAMBDA-Y      | $\Lambda_y$       | LY     | NY x NE | ID,IZ,ZI,DI,FU | FU      | FI    |
| LAMBDA-X      | $\Lambda_x$       | LX     | NX x NK | ID,IZ,ZI,DI,FU | FU      | FI    |
| BETA          | $\beta$           | BE     | NE x NE | ZE,SD,FU       | ZE      | FI    |
| GAMMA         | $\Gamma$          | GA     | NE x NK | ID,IZ,ZI,DI,FU | FU      | FR    |
| PHI           | $\Phi$            | PH     | NK x NK | ID,DI,SY,ST    | SY      | FR    |
| PSI           | $\psi$            | PS     | NE x NE | ZE,DI,SY       | SY      | FR    |
| THETA EPSILON | $\Theta_\epsilon$ | TE     | NY x NY | ZR,DI,SY       | DI      | FR    |
| THETA-DELTA   | $\Theta_\delta$   | TD     | NX x NX | ZR,DI,SY       | DI      | FR    |

### 1. การระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดล

การระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดลมีความสำคัญและมีการศึกษาตลอดมา ผลการค้นพบสรุปได้ว่ามีเงื่อนไขที่ทำให้ระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวพอดิที่ต้องพิจารณาอยู่ 3 ประเภท (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2538, หน้า 37-39) คือเงื่อนไขจำเป็น (necessary condition) เงื่อนไขพอเพียง (sufficient condition) และเงื่อนไขจำเป็นและพอเพียง (necessary and sufficient conditions) ดังรายละเอียดของแต่ละประเภทต่อไปนี้

1.1 เงื่อนไขจำเป็นของการระบุได้พอดิ โมเดลจะต้องมีลักษณะคือจำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับจำนวนสมาชิกในเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของกลุ่มตัวอย่าง เงื่อนไขนี้เรียกว่ากฎที (t-rule) หรือตรวจสอบได้จากสมการ  $t < (1/2) (NI)$  ( $NI = 1$ ) เมื่อ  $t$  เป็นค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่า และ  $NI$  เป็นจำนวนตัวแปรสังเกตได้

1.2 เงื่อนไขพอเพียงของการระบุได้พอดิสำหรับการระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดลมีความแตกต่างกันไปตามลักษณะเฉพาะในแต่ละโมเดลโดยมีกฎทั่วไปดังนี้

1.2.1 กฎความสัมพันธ์ทางเดียว (recursive rule) สำหรับโมเดล LISREL ที่ไม่มี ความคลาดเคลื่อนในการวัดกล่าวว่าเมทริกซ์ BE ต้องเป็น เมทริกซ์ได้แนวทแยงและเมทริกซ์ PS ต้องเป็นเมทริกซ์แนวทแยง

1.2.2 กฎสามตัวบ่งชี้ (three-indicator rule) สำหรับ โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน กล่าวว่าสมาชิกในเมทริกซ์ LX จะต้องมิต่ำไม่เท่ากับศูนย์อย่างน้อยหนึ่งตัวในแต่ละแถว ในแต่ละองค์ประกอบต้องมีตัวบ่งชี้ หรือตัวแปรสังเกตได้อย่างน้อย 3 ตัว และเมทริกซ์ TD ต้องเป็นเมทริกซ์แนวทแยง

1.2.3 กฎสองขั้นตอน (two-step rule) สำหรับ โมเดลที่มีความคลาดเคลื่อนในการวัด กล่าวว่า ขั้นตอนแรกปรับโมเดลอิสระให้เป็นโมเดลการวิเคราะห์ยืนยันองค์ประกอบโดยการรวมตัวแปรภายในและภายนอกให้เป็นชุดเดียวกันเสมือนเป็นตัวแปรภายนอกอย่างเดียว เช่น ในโมเดลการวิเคราะห์ยืนยันองค์ประกอบ จากนั้นจึงตรวจสอบโดยใช้กฎข้อ ข. หากพบว่าโมเดลระบุได้พอดีให้ตรวจสอบขั้นตอนที่ 2 ต่อไป ในขั้นตอนที่ 2 ให้ปรับโมเดลเป็นโมเดลอิสระที่ไม่มี ความคลาดเคลื่อนในการวัด โดยเฉพาะตัวแปรภายในมารวมเป็นชุดเดียวกัน เสมือนเป็นตัวแปรสังเกตได้ เช่น ในโมเดลอิสระที่ไม่มี ความคลาดเคลื่อนในการวัดแล้วตรวจสอบโดยใช้กฎข้อ ก.

3. เงื่อนไขจำเป็นและพอเพียงเป็นเงื่อนไขที่มีประสิทธิภาพสูงสุด หากเปรียบเทียบกับเงื่อนไขทั้งหมด โดยกล่าวว่าโมเดลระบุได้พอดีก็ต่อเมื่อสามารถแสดงได้โดยการแก้สมการโครงสร้างค่าพารามิเตอร์แต่ละค่าได้จากการแก้สมการที่เกี่ยวข้องกับความแปรปรวนร่วมของประชากร (เนงลักษณ์ วิรัชชัย, 2538)

## 2. การประมาณค่าพารามิเตอร์จากโมเดล

จุดมุ่งหมายของการประมาณค่าพารามิเตอร์ คือการหาค่าพารามิเตอร์ที่จะทำให้เมทริกซ์ S และ Sigma ( $\Sigma$ ) มีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด ซึ่งในที่นี้ S แทนเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมที่คำนวณได้จากกลุ่มตัวอย่าง และ sigma แทนเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมที่สร้างขึ้นจากพารามิเตอร์ที่ประมาณค่าได้จากโมเดลอิสระที่เป็นสมมติฐาน ถ้าหากเมทริกซ์ทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าโมเดลที่เป็นสมมติฐานมีความกลมกลืนกับโมเดลที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ (เนงลักษณ์ วิรัชชัย, 2538, หน้า 39-41)

การกำหนดเงื่อนไขให้เมทริกซ์ S และ sigma มีค่าใกล้เคียงกันนั้น ใช้วิธีการสร้างฟังก์ชันความกลมกลืน (fit or fitting function) เป็นตัวเกณฑ์ในการตรวจสอบและหากจะทำให้ได้ค่าประมาณที่มีความคงเส้นคงวาลักษณะของฟังก์ชันต้องมีคุณลักษณะรวม 4 ประการดังนี้

1. ฟังก์ชันความกลมกลืนต้องเป็นสเกลาร์ (scalar) หรือเป็นเลขจำนวน
2. ฟังก์ชันความกลมกลืนต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0
3. ฟังก์ชันความกลมกลืนมีค่าเป็น 0 เมื่อเมทริกซ์ sigma ( $\Sigma$ ) และ S มีค่าเท่ากัน
4. ฟังก์ชันความกลมกลืนเป็นฟังก์ชันต่อเนื่อง (continuous function)

วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในแต่ละวิธี ให้ผลการประมาณค่าที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ซึ่งในที่นี้จะเสนอวิธีประมาณค่าที่ใช้ความกลมกลืน 5 แบบด้วยกัน ดังนี้

1. วิธีกำลังสองน้อยที่สุดไม่ถ่วงน้ำหนัก (Unweighted Least Squares-ULS) เมื่อดูฟังก์ชันความกลมกลืนในวิธี ULS จะเห็นว่ามีความคล้ายคลึงกับวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Squares = OLS) ในวิธี OLS การประมาณค่าพารามิเตอร์ใช้เงื่อนไขให้ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อนที่ค่าน้อยที่สุด โดยที่ค่าความคลาดเคลื่อนคือผลต่างระหว่างความแปรปรวนที่คำนวณได้จากข้อมูลเชิงประจักษ์กับค่าความแปรปรวนที่พยากรณ์จากค่าประมาณของพารามิเตอร์

ค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธี ULS มีคุณสมบัติเป็นค่าประมาณที่มีความคงเส้นคงวา แต่ไม่มีประสิทธิภาพ กล่าวคือ ความแปรปรวนของค่าประมาณที่ได้จะไม่ใช่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่าประมาณที่ได้จากวิธีอื่น ข้อด้อยอีกประการหนึ่งคือ ค่าพารามิเตอร์ที่ได้ขาดคุณสมบัติของความเป็นอิสระจากมาตรวัด (scale free) คือเป็นพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับหน่วยวัด หากโมเดลลิสม์ตัวแปรที่มีหน่วยการวัดต่างกันจะมีผลต่อค่าพารามิเตอร์ วิธีแก้คือต้องใช้เมทริกซ์สหพันธ์แทนเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม หรือใช้คะแนนมาตรฐาน ข้อเด่นของวิธีการนี้ก็คือความง่ายและความสะดวกในวิธีการประมาณค่า และเป็นวิธีที่เหมาะสมกับข้อมูลที่มีลักษณะการแจกแจงแตกต่างไปจากการแจกแจงแบบปกติพหุคูณ (multivariate normal distribution) (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2538)

2. วิธีกำลังสองน้อยที่สุดถ่วงน้ำหนักสำคัญทั่วไป (Generalized Least Squares = GLS) ในกรณีที่ข้อมูลมีความแปรปรวนของตัวแปรตามไม่เท่ากันทุกค่าของตัวแปรต้น (hetero-scedasty) หรือมีความสัมพันธ์กันระหว่างความคลาดเคลื่อน (auto correlation) จะต้องใช้วิธีการประมาณค่าแบบ GLS ซึ่งเป็นการถ่วงน้ำหนักค่าสังเกตเพื่อปรับแก้ความแปรปรวนที่ไม่เท่ากัน ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ได้จากวิธี GLS จะมีความคงเส้นคงวา มีประสิทธิภาพและเป็นอิสระจากมาตรวัด หรือไม่มีหน่วย

3. วิธีไลค์ลิฮูดสูงสุด (Maximum Likelihood = ML) เป็นวิธีที่ใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลลิสม์ที่แพร่หลายมากที่สุด ค่าที่ได้จะมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับวิธี GLS คือมีความคงเส้นคงวา มีประสิทธิภาพและเป็นอิสระจากมาตรวัด การแจกแจงกลุ่มของค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ได้จากวิธี ML เป็นแบบปกติ และความแปรปรวนของค่าประมาณขึ้นอยู่กับขนาดของค่าพารามิเตอร์

4. วิธีกำลังสองน้อยที่สุดถ่วงน้ำหนักทั่วไป (Generally Weighted Least Squares = WLS) นับเป็นวิธีประมาณค่าที่ครอบคลุมวิธีที่กล่าวมาทั้งหมด ลักษณะการประมาณค่าจะไม่ใช้เมทริกซ์เต็มรูป แต่จะให้เฉพาะสมาชิกในแนวทแยงและได้แนวทแยง โดยถ่วงน้ำหนักด้วยอินเวอร์สของเมทริกซ์ W ข้อเสียคือถ้าหากเมทริกซ์ W มีตัวแปรสังเกตมากเกินไปก็จะทำให้คอมพิวเตอร์ใช้เวลาในการคำนวณมากขึ้น และวิธีนี้ไม่เหมาะสมกับ เมทริกซ์ที่มีการตัดข้อมูลสูญหาย (missing 0) แบบตัดเฉพาะคู่ที่ขาด (Pairwise) ส่วนคุณสมบัติของพารามิเตอร์เหมือนกับวิธี ML

5. วิธีกำลังสองน้อยที่สุดถ่วงน้ำหนักแนวทแยง (Diagonally Weighted Least Squares = DWLS) การประมาณค่าพารามิเตอร์วิธีนี้พัฒนามาจากวิธี WLS โดยพยายามลดเวลาคอมพิวเตอร์ในการคำนวณ คือแทนที่จะคำนวณจากทุกสมาชิกในเมทริกซ์ ก็คำนวณเฉพาะสมาชิกในแนวทแยงเมทริกซ์ ผลที่ได้ทำให้ค่าประมาณพารามิเตอร์ไม่มีประสิทธิภาพ แต่จะมีประโยชน์เพราะค่าประมาณที่ได้จะอยู่ระหว่างค่าที่ได้จากวิธี ULS และ WLS (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2538)

สิ่งที่น่าสังเกตเกี่ยวกับการประมาณค่าพารามิเตอร์ คือ กระบวนการนี้จะไม่ขึ้นกับขนาดของกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากการประมาณค่าใช้ข้อมูลจากเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม หรือเมทริกซ์สหสัมพันธ์ ดังนั้นการประมาณค่าจะใช้เวลานานหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่า และความถูกต้องของค่าตั้งต้นเป็นสำคัญ

### 3. การตรวจสอบความตรงของโมเดล

ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบความตรงของ โมเดลถดถอย ที่เป็นสมมติฐานวิจัยหรือการประเมินผลความถูกต้องของ โมเดล หรือการตรวจสอบความกลมกลืนระหว่างข้อมูลเชิงประจักษ์กับโมเดล ซึ่งจะเสนอค่าสถิติช่วยในการตรวจสอบ 5 วิธี (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2538, หน้า 44) คือ

1. ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและสหสัมพันธ์ของค่าประมาณพารามิเตอร์ (standard errors and correlations of estimates) ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมถดถอยจะให้ค่าประมาณพารามิเตอร์ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ และสหสัมพันธ์ระหว่างค่าประมาณ ถ้าค่าประมาณที่ได้ไม่มีนัยสำคัญ แสดงว่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานมีขนาดใหญ่ และโมเดลวิจัยอาจจะยังไม่ดีพอ ถ้าสหสัมพันธ์ ระหว่างค่าประมาณมีค่าสูงมากเป็นสัญญาณแสดงว่าโมเดลการวิจัยใกล้จะไม่น่าเป็นบวกแน่นอน และเป็นโมเดลที่ไม่ดีพอ

2. สหสัมพันธ์พหุคูณและสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (Multiple correlations and coefficients of determination) สำหรับตัวแปรสังเกตได้แยกทีละตัวและรวมทุกตัวรวมทั้งสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ของสมการ โครงสร้างด้วย ค่าสถิติเหล่านี้ควรมีค่าสูงสุดไม่เกินหนึ่งและค่าที่สูงแสดงว่าโมเดลมีความตรง

3. ค่าสถิติระดับความสอดคล้อง (model fit statistics) โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะให้ค่าสถิติต่าง ๆ สำหรับการพิจารณาค่าความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โปรแกรมลิตรเอลกำหนดค่าสถิติวัดระดับความสอดคล้องให้โดยอัตโนมัติ ผู้วิจัยสามารถเลือกใช้ค่าสถิติเอง ปัจจุบันยังไม่มีข้อยุติว่าค่าสถิติตัวใดเป็นค่าสถิติที่ดีที่สุด

ค่าสถิติวัดระดับความสอดคล้องที่ใช้กันมาก ได้แก่ ดัชนีวัดระดับความสอดคล้อง (goodness of fit index : GFI) และดัชนีวัดระดับความสอดคล้องเปรียบเทียบ (comparative fit index : CFI) ดัชนีทั้งสองมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ในสมัยก่อนโมเดลที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์พิจารณาจากดัชนี GFI และดัชนี CFI มีค่ามากกว่า 0.90 เบนท์เลอร์ และบอนเนตต์ (Bentler & Bonnett, 1980) ค่อยมานำดัชนี GFI มาปรับแก้โดยคำนึงถึงขนาดขององศาอิสระ รวมทั้งจำนวนตัวแปรและขนาดกลุ่มตัวอย่าง เป็นดัชนีวัดระดับความสอดคล้องที่ปรับแก้แล้ว (adjust goodness of fit index : AGFI) ดัชนี AGFI มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับดัชนี GFI (นงลักษณ์วิรัชชัย, 2542) ไคแมนโทพลัส และไซจอร์ (Diamantopoulos & Siguaw, 2000) เสนอแนะว่าดัชนี GFI และดัชนี AGFI มีค่ามากกว่า 0.90 แสดงว่า โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ฮัว และเบนท์เลอร์ (Hu & Bentler, 1999) เสนอแนะว่า ดัชนี CFI มีค่ามากกว่า 0.95 แสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดี อย่างไรก็ตาม การใช้ดัชนีเพียงสามตัวพิจารณาความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์อาจไม่เหมาะสมทุกกรณี เนื่องจากต้องพิจารณาเรื่องของขนาดกลุ่มตัวอย่าง วิธีประมาณค่าพารามิเตอร์และลักษณะการแจกแจงข้อมูล นอกจากนี้ยังมีดัชนีบอกค่าความคลาดเคลื่อนของโมเดล เช่น ดัชนีรากค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือมาตรฐาน (standardized root mean square residual : Standardized RMR) ดัชนี Standardized RMR มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ถ้ามีค่าต่ำกว่า 0.08 แสดงว่า โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดี และดัชนีความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์ (root mean square of error approximation : RMSEA) ดัชนีค่า RMSEA มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 และถ้ามีค่าต่ำกว่า 0.06 แสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

เสรี ชัดแจ้ง และ สุชาดา กรเพชรปณี (2546, หน้า 11) กล่าวว่า ในหลักการทั่วไปของการตรวจสอบความตรงของโมเดลทางทฤษฎีที่เป็นสมมติฐานการวิจัยหรือการประเมินผลความถูกต้องของโมเดลทางทฤษฎีหรือการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อมูลเชิงประจักษ์กับโมเดลทางทฤษฎี ผู้วิจัยสามารถพิจารณาค่าสถิติดังนี้

3.1 ค่าสถิติไค-สแควร์ไม่มีนัยสำคัญ ( $p < .05$ ) ดัชนี GFI , AGFI มีค่ามากกว่า 0.90 ดัชนี GFI มีค่ามากกว่า 0.95 ดัชนี Standardized RMR มีค่าต่ำกว่า 0.08 และดัชนี RMRSEA มีค่าต่ำกว่า 0.06 แสดงว่า โมเดลทางทฤษฎีมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

3.2 ค่าสถิติไค - สแควร์ มีนัยสำคัญ ( $p \leq .05$ ) แต่ค่าอัตราส่วนไค-สแควร์สัมพัทธ์ น้อยกว่า 3.00 ดังนั้น GFI, AGFI มีค่ามากกว่า 0.90 ดังนั้น CFI มีค่ามากกว่า 0.95 ดังนั้น Standardized RMR มีค่าต่ำกว่า 0.06 ถือว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

4. การวิเคราะห์เศษเหลือหรือความคลาดเคลื่อน (analysis of residuals) การตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ควรพิจารณาถึงค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานด้วย ถ้าโมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูล ค่าความคลาดเคลื่อนในรูปคะแนนมาตรฐานไม่ควรมีค่าเกิน 2.00 ถ้ายังมีค่าเกิน 2.00 ต้องปรับโมเดล นอกจากนี้โปรแกรมลิสเรลยังให้ผลในรูปของกราฟ (q-plot) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าควอนไทล์ปกติ (normal quantiles) ถ้าได้เส้นกราฟมีความชันมากกว่าเส้นทแยงมุมอันเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ แสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

5. ดัชนีคัดแปร โมเดล (model modification indices) เป็นค่าสถิติเฉพาะของพารามิเตอร์แต่ละตัว มีค่าเท่ากับค่าไค-สแควร์ที่จะลดลงเมื่อกำหนดให้พารามิเตอร์ตัวนั้นเป็นพารามิเตอร์อิสระ หรือมีการผ่อนคลายข้อกำหนดเงื่อนไขข้อบังคับของพารามิเตอร์นั้นมีประโยชน์ช่วยในการตัดสินใจที่จะปรับโมเดลให้ดีขึ้น

การนำเสนอสาระของโมเดลลิสเรลและวิธีการในตอนนี้เป็นเพียงบางส่วนที่เป็นความรู้พื้นฐานที่สำคัญของโมเดลลิสเรล ในส่วนที่อาศัยข้อมูลเชิงประจักษ์นำมาวิเคราะห์ แล้วจัดกลุ่มตัวแปร โดยใช้หลักเกณฑ์ทางสถิติเป็นพื้นฐาน ซึ่งใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบ พบว่างานวิจัยทั้งหมดให้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ โดยมีกระบวนการดำเนินงานวิจัยสรุปได้ดังนี้คือ เริ่มจากนักวิจัยศึกษา กรอบแนวคิดทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้องในการวิจัย แล้วสร้างเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยหรือโมเดลการวิจัย ต่อจากนั้นจะเป็นการสร้างเครื่องมือที่จะใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล หรือตัวแปรอื่น ๆ ตามกรอบแนวคิดในการวิจัยนั้น ๆ

ในขั้นตอนของการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นการนำตัวแปรนี้มาวิเคราะห์องค์ประกอบโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปลิสเรล (LISREL 8.50) ซึ่งมีขั้นตอนในการวิเคราะห์องค์ประกอบ 4 ขั้นตอน คือขั้นตอนแรก เป็นการเตรียมเมทริกซ์สหสัมพันธ์ ขั้นตอนที่สอง เป็นการสกัดองค์ประกอบขั้นต้น ขั้นตอนที่สามเป็นการหมุนแกน และขั้นตอนสุดท้าย เป็นการสร้างตัวแปรประกอบ หรือสเกลองค์ประกอบ