บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การนำเสนอสาระสำคัญในบทนี้ แยกเป็น 5 ตอน ตอนแรก เป็นการนำเสนอสาระเกี่ยวกับสังกัปเบื้องต้นของตัวบ่งชี้ และการพัฒนาตัวบ่งชี้ สาระในตอนนี้ให้รายละเอียดเกี่ยวกับความหมายและลักษณะสำคัญของตัวบ่งชี้ ประเภทของตัวบ่งชี้ การพัฒนาตัวบ่งชี้ แนวคิดในการพัฒนาตัวบ่งชี้ในระดับต่างๆ ประโยชน์ของตัวบ่งชี้ทางการศึกษา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาตัวบ่งชี้ ตอนที่สอง เป็นการเสนอสาระเรื่องโมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ โดยให้รายละเอียดทั่วไปเกี่ยวกับแนวคิด หลักการวิเคราะห์ การตรวจสอบความตรง ของโมเดลและการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์ของโมเดลระหว่างกลุ่มประชากร รวมทั้งการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์ของโมเดลประสิทธิภาพการใช้ครู ระหว่างกลุ่มโรงเรียนต่างสังกัดในการวิจัยครั้งนี้ ตอนที่สาม เป็นการเสนอสาระเรื่องการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างโดยใช้โมเดล MTMM และการประยุกต์ใช้กับการตรวจสอบความตรงของตัวบ่งชี้ ซึ่งเป็นการให้รายละเอียดเกี่ยวกับแนวคิดทั่วไปในการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง และวิธีการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างวิธีต่างๆ ซึ่งประกอบด้วยวิธีการวิเคราะห์เมทริกซ์สหสัมพันธ์แบบดั้งเดิม (traditional analysis of correlation matrices) วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (confirm atory factor analysis) วิธีการวิเคราะห์ส่วนประกอบความแปรปรวนร่วม (covariance component analysis) และวิธีการวิเคราะห์โมเดลผลคูณโดยตรง (direct product model) ตอนที่สี่ เป็นการเสนอสารสนเทศเกี่ยวกับโครงการวิจัยที่ผู้วิจัยนำข้อมูลมาใช้ และตอนสุดท้ายเป็นการเสนอกรอบแนวคิด โมเดลและสมมุติฐาน ที่ใช้ในการวิจัยรายละเอียดของสาระทั้ง 5 ตอน มีดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 สังกัปเบื้องต้นเกี่ยวกับตัวบ่งชี้และการพัฒนาตัวบ่งชี้

1.1 ความหมายและลักษณะสำคัญของตัวบ่งชี้

ตัวบ่งชี้ (indicators) เป็นสิ่งที่แสดงสภาวะ หรือสภาพการณ์ที่เกิดขึ้นหรือเปลี่ยนแปลงไป หรือสะท้อนลักษณะการดำเนินงานอย่างใดอย่างหนึ่ง ในภาษาไทยมีคำที่นำมาใช้ในความหมายเดียวกับคำว่า "ตัวบ่งชี้" อยู่หลายคำ เช่น ดัชนี ตัวชี้ ตัวชี้นำ ตัวชี้วัด และเครื่องชี้วัด เป็นต้น มีผู้ให้ความหมายของตัวบ่งชี้ไว้ต่างๆ กัน เช่น

Webster's Dictionary (1983) ได้ให้ความหมายของตัวบ่งชี้ไว้ว่าตัวบ่งชี้ เป็นสิ่งที่ชี้บอกหรือชี้ให้เห็นสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ได้ค่อนข้างแม่นยำไม่มากก็น้อย (something which points out or points to with more or less exactness)

Oxford Dictionary (1989) ได้ให้ความหมายของตัวบ่งชี้ไว้ว่า ตัวบ่งชี้ เป็นสิ่งที่บ่งชี้หรือบอกทิศทางไปที่สิ่งใดสิ่งหนึ่ง (indicators as that which points out or directs attention to something)

Johnstone (1981) กล่าวไว้ว่า ตัวบ่งชี้ หมายถึง สารสนเทศที่บ่งบอกปริมาณเชิงสัมพันธ์ หรือสภาวะของสิ่งที่มุ่งวัดในเวลาใดเวลาหนึ่ง โดยไม่จำเป็นต้องบ่งบอกสภาวะที่เจาะจงหรือชัดเจน แต่บ่งบอกหรือสะท้อนภาพของสถานการณ์ที่เราสนใจเข้าไปตรวจสอบอย่างกว้างๆ หรือให้ภาพเชิงสรุปโดยทั่วไป ซึ่งอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ในอนาคต

Burstein, Oakes และ Guiton (1992) ได้ให้ความหมายของตัวบ่งชี้ (indicators) ไว้ว่า ตัวบ่งชี้เป็นค่าสถิติที่ให้สารสนเทศเกี่ยวกับสถานะ คุณภาพ หรือผลการปฏิบัติงานของระบบการศึกษา ซึ่งอาจเป็นค่าสถิติเฉพาะเรื่องหรือค่าสถิติรวม (single or composite statistics) ก็ได้ โดยจะต้องมีเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการตัดสินใจ นอกจากนี้ยังต้องให้สารสนเทศที่สอดคล้องกับคุณลักษณะที่ต้องการจะวัดด้วย

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2530) ได้ให้ความหมายของตัวบ่งชี้ไว้ว่า ตัวบ่งชี้ เป็นสิ่งที่แสดงสภาวะ หรือชี้สถานการณ์ที่เกิดขึ้นหรือเปลี่ยนแปลงไปโดยอาศัยทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ซึ่งตัวบ่งชี้สามารถวินิจฉัย และช่วยชี้บทบาทหน้าที่ รวมทั้งปัญหาอุปสรรคของการดำเนินงานขององค์ประกอบต่างๆ ของการจัดการศึกษาในช่วงเวลาและระดับที่ต้องการวัดหรือตรวจสอบ

พรพันธุ์ บุณยรัตนพันธุ์ และบุญเลิศ เลี้ยวประไพ (2531) กล่าวว่า ตัวบ่งชี้ (indicators) คือตัวแปรหรือกลุ่มของตัวแปรต่างๆ ที่จะวัดสภาวะอย่างหนึ่งออกมาเป็นปริมาณ และเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานอย่างใดอย่างหนึ่ง เพื่อให้ทราบถึงระดับ ขนาด หรือความรุนแรงของปัญหาหรือสถานภาพที่ต้องการวัด

อำรุง จันทวานิช (2535 อ้างถึงใน กฤศวรรณ โอปนพันธ์, 2537) กล่าวว่า ตัวบ่งชี้เป็นสารสนเทศที่ช่วยให้การวินิจฉัยและชี้สภาวะ ตลอดจนปัญหาอุปสรรคของการดำเนินงานทางการศึกษา ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง

ศิริชัย กาญจนวาสี (2537) ได้กล่าวไว้ว่า ตัวบ่งชี้ หมายถึง ตัวประกอบ ตัวแปร หรือค่าที่สังเกตได้ซึ่งใช้บ่งบอกสถานภาพ หรือสะท้อนลักษณะการดำเนินงาน หรือผลการดำเนินงาน

จากความหมายดังกล่าวข้างต้นจึงสรุปได้ว่าตัวบ่งชี้ เป็นสารสนเทศหรือค่าที่สังเกตได้เชิงปริมาณหรือเป็นสารสนเทศเชิงคุณภาพซึ่งใช้บ่งบอกสภาวะของสิ่งที่มุ่งวัด หรือสะท้อนลักษณะรวมทั้งปัญหาอุปสรรคของการดำเนินงานอย่างกว้าง ๆ ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ดังได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้วว่ามีการใช้คำภาษาไทยอยู่หลายคำในความหมายเดียวกับคำว่า "ตัวบ่งชี้" โดยถอดความมาจากศัพท์ภาษาอังกฤษว่า "indicator" และ "index" อย่างไรก็ตาม ในความหมายดั้งเดิมของภาษานั้น คำว่า indicator และ index มีความหมายที่แตกต่างกัน กล่าวคือ index หมายถึง ตัวแปร หรือตัวแปรรวม ที่ใช้แทนปริมาณของการเปลี่ยนแปลงของคุณลักษณะต่างๆ (a variable or composite of variables employed to represent in quantitative form the changes in a trait) ซึ่งเป็นสารสนเทศในเชิงปริมาณเท่านั้น ส่วนลักษณะที่สำคัญของตัวบ่งชี้สรุปได้ 3 ประการ ดังนี้ (Johnstone, 1981)

1) ตัวบ่งชี้เป็นสิ่งที่บ่งบอก / กำหนดเป็นปริมาณ หรือสามารถทำให้เป็นปริมาณได้ มิใช่เป็นการบรรยายข้อความ ในการตีความหมายค่าตัวเลขของตัวบ่งชี้แต่ละตัวจะต้องนำมาเปรียบเทียบกับกฎเกณฑ์ที่สร้างขึ้น จึงจะสามารถบอกได้ว่าค่าตัวเลขที่ได้สูงหรือต่ำมีความหมายว่าอย่างไร และในการกำหนดเกณฑ์การแปลความหมายระบบตัวเลขของตัวบ่งชี้ที่สร้างขึ้นต้องมีความชัดเจน

2) ค่าของตัวบ่งชี้เป็นค่าชั่วคราวไม่ถาวร มีการผันแปรตามเวลาและสถานที่ นั่นคือตัวบ่งชี้จะบ่งบอกความหมายโดยมีเงื่อนไขของเวลาและสถานที่กำกับ กล่าวคือ ตัวบ่งชี้จะบ่งบอกความหมายเฉพาะในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง และเฉพาะเขตพื้นที่หรือบริเวณส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบที่ต้องการตรวจสอบ ตัวบ่งชี้อาจจะมีช่วงเวลาเป็นเดือน หรือเป็นปี ก็ได้ เช่น ตัวบ่งชี้ในช่วง 3 เดือน หรือช่วง 5 ปีของจังหวัด เขต ภูมิภาค หรือประเทศใดๆ ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาและสถานที่ที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการจัดทำตัวบ่งชี้นั้นๆ

3) ตัวบ่งชี้ เป็นสิ่งที่บ่งบอกสภาวะของสิ่งที่มุ่งวัดในลักษณะกว้างๆ หรือให้ภาพเชิงสรุปโดยทั่วไป มากกว่าที่จะเป็นภาพที่เฉพาะเจาะจงในรายละเอียดส่วนย่อย

พรพันธุ์ บุณยรัตนพันธุ์ และบุญเลิศ เลี้ยวประไพ (2531) กล่าวว่า โดยทั่วไปลักษณะของตัวบ่งชี้ (เครื่องชี้วัด) ที่ดี จะต้องประกอบด้วยคุณสมบัติต่อไปนี้

1) มีความตรง สามารถวัดในสิ่งที่ต้องการวัดได้

2) มีความไว สามารถแสดงความแตกต่างได้ แม้สถานการณ์ที่วัด จะเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย

3) มีความเฉพาะเจาะจง จะเปลี่ยนแปลงก็แต่เฉพาะสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรนั้นโดยตรง เท่านั้น

4) มีความเชื่อถือได้ ค่าที่ได้ทั้งปริมาณและคุณภาพควรจะสอดคล้องกัน ถ้าวัดในสิ่งเดียวกัน ไม่ว่าผู้วัดจะเป็นกลุ่มใดก็ตาม

1.2 ประเภทของตัวบ่งชี้

ตัวบ่งชี้มีหลายประเภท ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนก หากจำแนกตามแนวคิดของ Johnstone (1981) สามารถจำแนกประเภทของตัวบ่งชี้ตามเกณฑ์ต่างๆ ได้เป็น 6 วิธี ดังนี้

1.2.1 จำแนกตามตัวแปรที่เข้ามามีส่วนร่วมในการสร้างตัวบ่งชี้ ได้แก่ ตัวบ่งชี้ตัวแทน (representative indicators) ตัวบ่งชี้เดี่ยว (disaggregative indicators) และ ตัวบ่งชี้รวม (composite indicators)

1.2.2 จำแนกตามวิธีการแปลผล ได้แก่ การแปลผลแบบอิงกลุ่ม (norm referenced) การแปลผลแบบอิงเกณฑ์ (criterion referenced) และการแปลผลแบบอิงตนเอง (self referenced)

1.2.3 จำแนกตามลักษณะ/สเกลการวัด ได้แก่ วัดเป็นค่าสัมบูรณ์ (absolute measurement) และวัดเป็นค่าสัมพัทธ์ (relative measurement)

1.2.4 จำแนกตามช่วงเวลา ได้แก่ ตัวบ่งชี้ที่แสดงค่าในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง (measurement of stocks) และตัวบ่งชี้ที่แสดงการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา (measurement of flows)

1.2.5 จำแนกตามระดับในการวัด ได้แก่ วัดลักษณะสภาพรวมๆ ทุกระดับ (measurement of overall level) และวัดลักษณะการแจกแจงหรือการกระจาย (measurement of distribution)

1.2.6 จำแนกตามตัวบ่งชี้เชิงระบบ ได้แก่ ตัวบ่งชี้สภาพทรัพยากร (input indicators) ตัวบ่งชี้กระบวนการ (process indicators) และตัวบ่งชี้ผลผลิต (output indicators)

นอกจากนี้ หากจำแนกประเภทของตัวบ่งชี้ตามทัศนะของนักวางแผนและนักกำหนดตัวบ่งชี้ โดยคำนึงถึงที่มาและประโยชน์ใช้สอยเป็นสำคัญแล้ว อาจจำแนกตัวบ่งชี้ได้ดังนี้คือ ตัวบ่งชี้ที่แสดงลักษณะเฉพาะเรื่อง (single indicator) ตัวบ่งชี้ที่แสดงลักษณะกลุ่มเฉพาะ (compound indicator) และตัวบ่งชี้รวม (composite indicator) (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2530)

ในที่นี้ ผู้วิจัยจะกล่าวถึงเฉพาะตัวบ่งชี้ที่จำแนกประเภทตามตัวแปรที่เข้ามามีส่วนร่วมในการสร้างตัวบ่งชี้ ซึ่งเกี่ยวข้องและสอดคล้องกับเป้าหมายของการศึกษาครั้งนี้ มี 3 ประเภท คือ

1) ตัวบ่งชี้ตัวแทน (representative indicators) เป็นตัวบ่งชี้ที่เป็นตัวแปรเดี่ยวซึ่งนำ

มาใช้บ่งบอกสภาวะของสิ่งที่มุ่งศึกษา นิยมใช้กันมากในงานวิจัย งานบริหารและงานวางแผน

2) ตัวบ่งชี้เดี่ยว (disaggregative indicators) เป็นตัวบ่งชี้ที่นำข้อมูลมาแยกเป็นส่วนๆ แทนที่จะใช้ตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งอธิบายคุณลักษณะหรือมโนทัศน์หนึ่งๆ ตัวบ่งชี้ประเภทนี้ต้องอาศัยคำนิยามของแต่ละตัวแปรเพื่ออธิบายแต่ละส่วน หรือแต่ละองค์ประกอบของระบบ ซึ่งถ้านำไปใช้อธิบายเพียงบางส่วนก็เกิดปัญหาความไม่ถูกต้อง ดังนั้นลักษณะของตัวบ่งชี้ประเภทนี้จึงไม่ช่วยอธิบายคุณลักษณะหรือระบบที่ต้องการศึกษาได้ถูกต้อง

3) ตัวบ่งชี้รวม (composite indicators) เป็นตัวบ่งชี้ที่เกิดจากการรวมตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่มุ่งศึกษาจำนวนหนึ่งเข้าด้วยกันด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่อบ่งบอกสภาวะของสิ่งนั้น ตัวบ่งชี้ประเภทนี้สามารถอธิบายสภาวะ หรือคุณลักษณะของสิ่งที่มุ่งศึกษาได้ดีกว่าการใช้ตัวแปรเดี่ยว

1.3 การพัฒนาตัวบ่งชี้ทางการศึกษา

วิธีการในการพัฒนาตัวบ่งชี้ มีอยู่หลายวิธี และในแต่ละวิธีการส่วนใหญ่จะเน้นการพิจารณาตัดสินใจใน 4 ประเด็นหลัก (Johnstone, 1981) คือ

1) การกำหนดนิยามของตัวบ่งชี้
2) การคัดเลือกตัวแปรที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งที่มุ่งศึกษา
3) การกำหนดวิธีรวมตัวแปร
4) การกำหนดน้ำหนักความสำคัญของตัวแปร

การตัดสินใจในแต่ละขั้นตอนของการพัฒนาตัวบ่งชี้ดังกล่าว ย่อมมีความสัมพันธ์กับค่าของตัวบ่งชี้ที่คำนวณได้ในขั้นสุดท้าย สำหรับนำไปใช้ในการแปลความหมายของสิ่งที่มุ่งศึกษา ดังนั้นในแต่ละขั้นตอนจึงควรได้รับการพิจารณาและตรวจสอบอย่างระมัดระวัง เพื่อให้ตัวบ่งชี้ที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับมโนทัศน์ (concept) ของสิ่งที่มุ่งศึกษา และวัตถุประสงค์ของการนำตัวบ่งชี้ไปใช้ประโยชน์

1.3.1 วิธีการกำหนดนิยามของตัวบ่งชี้

วิธีการกำหนดนิยามของตัวบ่งชี้ จำแนกออกได้เป็น 3 วิธีการหลัก ได้แก่ การนิยามเชิงทฤษฎี การนิยามเชิงประจักษ์ และการนิยามเชิงปฏิบัติการ ซึ่งสามารถสรุปหลักการของแต่ละวิธีได้ดังนี้

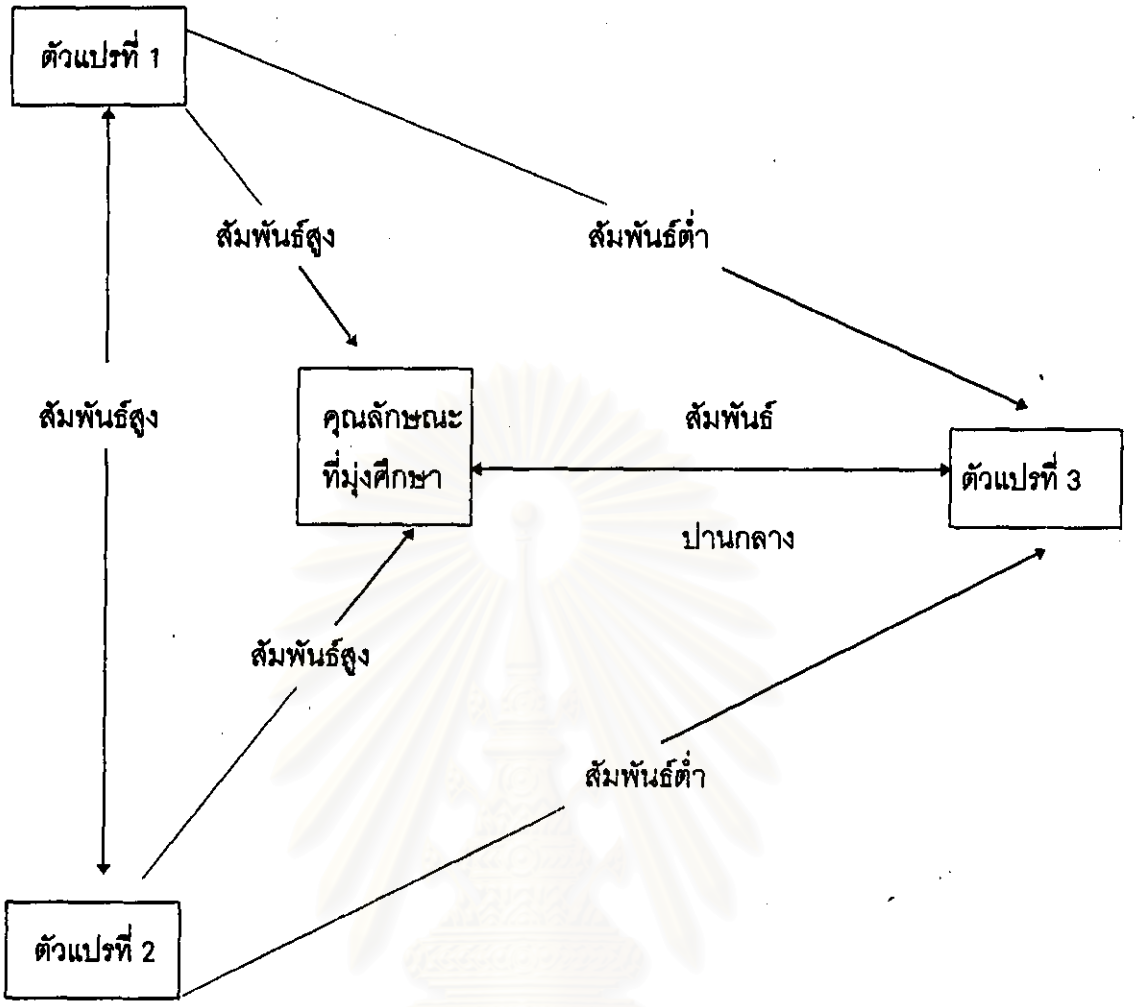
1) การพัฒนาตัวบ่งชี้โดยอาศัยการนิยามเชิงทฤษฎี (the theoretical efinition of an indicators) เป็นการพัฒนาตัวบ่งชี้ โดยการจัดกลุ่มตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับสภาวะหรือคุณลักษณะที่สนใจ และจัดลำดับหรือกำหนดน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรเหล่านั้น โดยอาศัยหลักเหตุผลหรือพื้นฐานทางทฤษฎีเป็นหลัก เพื่อสังเคราะห์ตัวแปรขึ้นเป็นตัวบ่งชี้

2) การพัฒนาตัวบ่งชี้โดยอาศัยการนิยามเชิงประจักษ์ (the empirical definition of an indicators) เป็นการพัฒนาตัวบ่งชี้โดยอาศัยข้อมูลเชิงประจักษ์ที่นำมาวิเคราะห์แล้วจัดกลุ่มความสัมพันธ์ของตัวแปรและกำหนดน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรเหล่านั้น โดยใช้วิธีการทางสถิติเป็นหลัก เช่น การวิเคราะห์องค์ประกอบ (factor analysis) การวิเคราะห์จำแนก (discriminant analysis) และการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล (canonical correlation analysis) เป็นต้น

3) การพัฒนาตัวบ่งชี้โดยอาศัยการนิยามเชิงปฏิบัติ (the pragmatic definition of an indicators) เป็นการพัฒนาตัวบ่งชี้โดยการเลือกตัวแปรจากตัวแปรที่มีอยู่จำนวนหนึ่ง หรือรวมตัวแปรที่มีอยู่จำนวนหนึ่งเข้าด้วยกัน ตามการพิจารณาตัดสินของผู้พัฒนา ซึ่งจะขึ้นอยู่กับเจตคติ (หรืออคติ) ส่วนตัวในการเลือกตัวแปรหนึ่งหรือคุณลักษณะหนึ่งๆ มากกว่าตัวแปรอื่นๆ วิธีการนี้ ถือได้ว่าเป็นวิธีการที่มีจุดอ่อนมากกว่าวิธีการที่ 1 และ 2

1.3.2 <u>การคัดเลือกตัวแปรที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งที่มุ่งศึกษา</u>

การคัดเลือกตัวแปรที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งที่มุ่งศึกษานั้น จะต้องนำตัวแปรสำคัญที่เกี่ยวข้องทั้งหมดมารวมกันสร้างเป็นตัวบ่งชี้ ด้วยการระบุคุณลักษณะของสิ่งที่มุ่งศึกษาอย่างชัดเจน โดยอาศัยข้อเสนอทางทฤษฎี เอกสารต่างๆ หรือการลงความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งควรหลีกเลี่ยงตัวแปรจำนวนมาก เพราะอาจจะทำให้มโนทัศน์ของสิ่งที่มุ่งศึกษามีความซับซ้อน (complex concept) และยากในการแปลความหมาย หลังจากนั้นจึงพิจารณาคัดเลือกตัวแปรที่สามารถใช้วัดแต่ละคุณลักษณะที่มุ่งศึกษา โดยเลือกตัวแปรให้ครอบคลุมแต่ละคุณลักษณะ ในขั้นนี้ควรหลีกเลี่ยงการใช้ตัวแปรหลายตัวที่มุ่งวัดคุณลักษณะเดียวกันและตัวแปรที่มีความคลาดเคลื่อนในการวัดมาก เพื่อให้ตัวบ่งชี้ที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับคุณลักษณะของสิ่งที่มุ่งศึกษามากที่สุด โดยทั่วไป ถ้าตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปมีความสัมพันธ์กันสูงจะไม่นิยมใช้ตัวแปรเหล่านั้นทั้งหมด เพราะผลที่ได้อาจจะมีความคลาดเคลื่อน อีกทั้งยังไม่เป็นการประหยัดด้วย แต่จะคัดเอาตัวแปรที่ไม่มีปัญหาด้านความคลาดเคลื่อนในการวัดไว้เพียงตัวเดียว และหาตัวแปรอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์ภายในต่ำ แต่มีแนวโน้มว่า สามารถอธิบายสภาพการณ์หรือคุณลักษณะที่มุ่งศึกษาได้ในระดับสูง ดังแสดงในแผนภาพที่ 1



แผนภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ภายในระหว่าง 3 ตัวแปร และคุณลักษณะที่มุ่งศึกษา

จากแผนภาพที่ 1 จะเห็นได้ว่าตัวแปรที่ 1 และตัวแปรที่ 2 มีแนวโน้มว่ามีความสัมพันธ์สูงกับคุณลักษณะที่มุ่งศึกษา ในขณะเดียวกันตัวแปรทั้งสองนี้มีความสัมพันธ์กันเองหรือที่เรียกว่าความสัมพันธ์ภายในอยู่ในระดับสูง เนื่องจากตัวแปรทั้งสองอาจจะวัดลักษณะที่คล้าย-คลึงกัน จึงไม่ควรคัดเลือกตัวแปรทั้งคู่ไว้เพื่อสร้างตัวบ่งชี้ ส่วนตัวแปรที่ 3 มีความสัมพันธ์ภายในกับตัวแปรที่ 1 และตัวแปรที่ 2 ในระดับต่ำ แต่มีความสัมพันธ์กับคุณลักษณะที่มุ่งศึกษาในระดับปานกลาง จากกรณีดังกล่าว ควรเลือกตัวแปรที่ 1 หรือตัวแปรที่ 2 ตัวใดตัวหนึ่งร่วมกับตัวแปรที่ 3

สรุปได้ว่า การคัดเลือกตัวแปรโดยอาศัยข้อเสนอทางทฤษฎี เอกสารต่างๆ หรือการลงความเห็นของผู้เชี่ยวชาญนั้น การคัดเลือกตัวแปรควรให้ครอบคลุมแต่ละคุณลักษณะของสิ่งที่มุ่งศึกษา ซึ่งควรหลีกเลี่ยงการใช้ตัวแปรจำนวนมาก ที่มุ่งวัดคุณลักษณะเดียวกันและตัวแปรที่มีความคลาดเคลื่อนในการวัดมาก เพราะอาจจะทำให้มโนทัศน์ของสิ่งที่มุ่งศึกษามีความซับซ้อน (complex concept) และยากในการแปลความหมาย

1.3.3 <u>การกำหนดวิธีรวมตัวแปร</u>

วิธีการรวมตัวแปรองค์ประกอบเข้าด้วยกัน โดยทั่วไปมักจะใช้กันอยู่ 2 วิธี คือ การรวมทางพีชคณิต (additive) และการรวมแบบทวีคูณ (multiplicative) ซึ่งการรวมทั้ง 2 วิธีนี้มีข้อตกลงเบื้องต้นแตกต่างกัน ดังนี้ (Johnstone, 1981)

1) การรวมทางพีชคณิต (additive) มีข้อตกลงเบื้องต้นคือ ความสำคัญของแต่ละตัวแปรสามารถทดแทนหรือชดเชยกันได้ กล่าวคือ ถ้าตัวแปร V_1 มีค่าต่ำก็สามารถทดแทนได้ด้วยค่าของ V_2 ที่สูง เป็นผลให้ค่าตัวบ่งชี้ (I) ไม่เปลี่ยนแปลง เช่นกรณีที่1 V_1 = 20, V_2 = 20 จะมีผลเท่ากับกรณีที่ 2 เมื่อ V_1 = 5, V_2 = 35 ดัชนีที่สร้างขึ้นจากการรวมตัวแปรองค์ประกอบ V_1 และ V_2 เป็นดังสมการ

$$I = V_1 + V_2 \qquad \text{.....(2.1)}$$

เมื่อ I คือ ตัวบ่งชี้

V_1 คือ ค่าของตัวแปรที่ 1

V_2 คือ ค่าของตัวแปรที่ 2

การรวมตัวแปรองค์ประกอบด้วยวิธีการทางพีชคณิตนี้ มักจะมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบระบบตั้งแต่ 2 ระบบขึ้นไปว่าในเรื่องที่มุ่งศึกษานั้นมีความแตกต่างกันกี่หน่วย

2) การรวมแบบทวีคูณ (multiplicative) มีข้อตกลงเบื้องต้นคือ การเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรหนึ่งตั้งอยู่บนพื้นฐานของอีกตัวแปรหนึ่ง ไม่อาจทดแทนหรือชดเชยกันได้ กล่าวคือตัวบ่งชี้ที่พัฒนาขึ้นจะมีค่าสูงได้ก็ต่อเมื่อ ตัวแปรองค์ประกอบทุกตัวมีค่าสูงทั้งหมด และตัวแปรองค์ประกอบแต่ละตัวจะต้องเสริมซึ่งกันและกัน จึงจะส่งผลต่อค่าตัวบ่งชี้ เช่น จากกรณีตัวอย่างที่กล่าวถึงข้างต้น ตัวบ่งชี้ในกรณีที่ 1 มีค่าเท่ากับ 400 ซึ่งได้มาจาก 20 x 20 ส่วนกรณีที่ 2 มีค่าเท่ากับ 175 ซึ่งได้มาจาก 5 x 35 แสดงว่าค่า V_1 ซึ่งมีค่าต่ำในกรณีที่ 2 ไม่สามารถทดแทนด้วยค่า V_2 ได้ สมการการรวมแบบทวีคูณของตัวแปร V_1 และ V_2 เป็นดังนี้

$$I = V_1 \cdot V_2 \qquad \text{.....(2.2)}$$

การรวมตัวแปรองค์ประกอบด้วยวิธีการรวมแบบทวีคูณนี้ มักจะใช้เมื่อต้องการเปรียบเทียบระบบตั้งแต่ 2 ระบบขึ้นไป ว่าระบบหนึ่งมีค่าดัชนีสูงกว่าอีกระบบหนึ่งอยู่กี่เท่า หรือคิดเป็นร้อยละเท่าไร

ความแตกต่างระหว่างวิธีการรวมตัวแปรทั้ง 2 วิธีดังกล่าวข้างต้น นี้นำไปสู่การหาค่าตัวบ่งชี้ในรูปของค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกัน 2 ลักษณะคือ

ก. เมื่อรวมตัวแปรด้วยวิธีการรวมแบบพีชคณิต มักจะนิยมเสนอค่าตัวบ่งชี้ด้วยการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (arithmetic mean) ของตัวแปร ดังสมการ

กรณีตัวแปรมีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากัน ;

$$I = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + \ldots + V_n}{n} \qquad \ldots\ldots\ldots(2.3)$$

กรณีตัวแปรมีค่าน้ำหนักความสำคัญต่างกัน ;

$$I = \frac{W_1V_1 + W_2V_2 + W_3V_3 + \ldots + W_nV_n}{\Sigma W_i} \qquad \ldots\ldots\ldots(2.4)$$

เมื่อ n คือ จำนวนตัวแปร

$\sum Wi$ คือ ผลรวมของน้ำหนักความสำคัญของตัวแปร n ตัว

ข. เมื่อรวมตัวแปรด้วยวิธีการรวมแบบทวีคูณ มักจะนิยมเสนอค่าตัวบ่งชี้ด้วยการหาค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (geometric mean) ของตัวแปร ดังสมการ

กรณีตัวแปรมีน้ำหนักความสำคัญเท่ากัน ;

$$I = (V_1 \cdot V_2 \cdot V_3 \cdot \ldots \cdot V_n)^{1/n} \qquad \ldots\ldots\ldots(2.5)$$

กรณีตัวแปรมีค่าน้ำหนักความสำคัญต่างกัน ;

$$I = (V_1^{W_1} \cdot V_2^{W_2} \cdot V_3^{W_3} \cdot \ldots \cdot V_n^{W_n})^{1/n} \qquad \ldots\ldots\ldots(2.6)$$

การคำนวณค่าในสมการ (2.5) และ (2.6) สามารถคำนวณได้ด้วยวิธีการหาค่า logarithm ได้ดังนี้

$$\log GM = \frac{\sum_{i=1}^{n} \log Vi}{n} \qquad \ldots\ldots\ldots(2.7)$$

$$\log GM = \frac{\sum_{i=1}^{n} Wi \log Vi}{n} \qquad \ldots\ldots\ldots(2.8)$$

อนึ่ง ในการรวมตัวแปรเพื่อสร้างเป็นตัวบ่งชี้ ดังกล่าวข้างต้น เป็นการรวมตัวแปรในรูปคะแนนดิบ (raw score) ซึ่งมักมีปัญหาเกี่ยวกับหน่วยการวัดตัวแปรไม่เท่ากัน เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว และทำให้ค่าที่ได้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น สามารถนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกันได้อย่างมีความหมาย จึงควรแปลงค่าของตัวแปรในรูปคะแนนดิบ ให้เป็นค่าของตัวแปรในรูปคะแนนมาตรฐาน (standard score) ก่อนแล้วจึงนำคะแนนมาตรฐานที่ได้มาถ่วงน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรแต่ละตัว เพื่อสร้างเป็นตัวบ่งชี้รวม โดยทั่วไปมักจะใช้คะแนนมาตรฐาน (z - score) Johnstone, 1981) ดังสมการ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$Z = \frac{X - \bar{X}}{S.D.} \qquad \text{.....(2.9)}$$

เมื่อ Z คือ คะแนนมาตรฐานของตัวแปร

X คือ คะแนนดิบของตัวแปร

$\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของตัวแปร

$S.D.$ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปร

ดังนั้นสมการที่ใช้ในการสร้างตัวบ่งชี้ จึงเป็นดังนี้

$$I = W_1Z_1 + W_2Z_2 + W_3Z_3 + ... + W_nZ_n \qquad \text{.....(2.10)}$$

เมื่อ I คือ ตัวบ่งชี้รวมของตัวแปร n

W_n คือ น้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปร ตัวที่ n

Z_n คือ คะแนนมาตรฐานของตัวแปร ตัวที่ n

สรุปได้ว่า วิธีการรวมตัวแปรเข้าด้วยกันเพื่อสร้างตัวบ่งชี้โดยทั่วไปมักจะใช้กันอยู่ 2 วิธี คือ การรวมทางพีชคณิต (additive) และการรวมแบบทวีคูณ (multiplicative) ซึ่งการรวมทั้ง 2 วิธีนี้มีข้อตกลงเบื้องต้นและวัตถุประสงค์การใช้แตกต่างกัน กล่าวคือ การรวมทางพีชคณิตมีข้อตกลงเบื้องต้นคือความสำคัญของแต่ละตัวแปรสามารถทดแทนหรือชดเชยกันได้ และมักจะมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบระบบตั้งแต่2 ระบบขึ้นไปว่าในเรื่องที่มุ่งศึกษานั้นมี ความแตกต่างกันกี่หน่วย ส่วนการรวมแบบทวีคูณ มีข้อตกลงเบื้องต้นคือ การเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรหนึ่งตั้งอยู่บนพื้นฐานของอีกตัวแปรหนึ่ง ไม่อาจทดแทนหรือชดเชยกันได้ การรวมตัวแปรด้วยวิธีการนี้มักจะใช้เมื่อต้องการเปรียบเทียบระบบตั้งแต่ 2 ระบบขึ้นไป ว่าระบบหนึ่งมีค่าตัวบ่งชี้สูงกว่าอีกระบบหนึ่งอยู่กี่เท่า หรือคิดเป็นร้อยละเท่าไร

1.3.4 <u>การกำหนดน้ำหนักความสำคัญของตัวแปร</u>

การกำหนดน้ำหนักความสำคุณของตัวแปรสามารถทำได้ 2 วิธี คือ กำหนดน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรให้เท่ากัน (equal weight) และให้ต่างกัน (differential weight) สำหรับการกำหนดน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรให้ต่างกันนั้น อาจใช้วิธีการพิจารณาตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญ (expert judgement) วิธีวัดความสำคัญของตัวแปร โดยพิจารณาจากเวลา (time taken) หรือค่าใช้จ่าย (cost) ของการกระทำกิจกรรมใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรนั้น หรือวิธีการใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ (empirical data) ด้วยวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติก็ได้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) วิธีการพิจารณาตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญ (expert judgement) เป็นการพิจารณาลงความเห็นในหมู่ผู้เชี่ยวชาญในเรื่องที่ต้องการศึกษานั้น ๆ ซึ่งอาจจะเป็นนักวิจัยหรือนักวางแผนที่เกี่ยวข้อง โดยให้สมาชิกแต่ละคนเสนอค่าน้ำหนักของตัวแปร แล้วจึงพิจารณาหาข้อยุติด้วยการใช้ค่าเฉลี่ยหรือการอภิปรายลงความเห็น หรืออาจใช้แบบสอบถามเพื่อหาค่าร้อยละที่ผู้ตอบเห็นด้วยกับน้ำหนักความสำคัญของแต่ละตัวแปรที่ระบุ นอกจากนี้อาจใช้วิธีการที่เป็นระบบมากขึ้น เช่น การใช้เทคนิคเดลฟาย (Delphi technique) เพื่อสำรวจหาฉันทามติจากผู้เชี่ยวชาญโดยไม่ต้องเผชิญหน้ากัน แล้วจึงนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้หาค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละตัวแปรต่อไป

2) วิธีวัดความสำคัญของตัวแปร (measure effort required) โดยพิจารณาจากเวลา (time taken) หรือ ค่าใช้จ่าย (cost) ของการกระทำกิจกรรมใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรนั้นวิธีการนี้สมมติว่า ถ้าเวลาหรือค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการกระทำบางสิ่งบางอย่างสำหรับตัวแปรหนึ่งมากกว่าอีกตัวแปรหนึ่ง ตัวแปรนั้นควรจะมีน้ำหนักความสำคัญมากกว่า (หรือน้อยกว่า) อีกตัวแปรหนึ่ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับบริบทของสิ่งที่ต้องการศึกษานั้นๆ

3) วิธีการใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ (empirical data) เป็นการใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดน้ำหนักความสำคัญของแต่ละตัวแปร โดยอาจใช้หลักการวิเคราะห์องค์ประกอบ (factor analysis) การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (multiple regression analysis) การวิเคราะห์จำแนก (discriminant analysis) หรือ การวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล (canonical correlation analysis) เป็นต้น

กล่าวโดยสรุป วิธีการกำหนดน้ำหนักความสำคัญของตัวแปร ไม่มีหลักเกณฑ์ตายตัวว่า ควรใช้วิธีการใดจึงจะมีความเหมาะสมมากที่สุด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการที่ควรต้องพิจารณาถึง เช่น ธรรมชาติของตัวแปรที่จะนำมาใช้พัฒนาตัวบ่งชี้ รวมทั้งธรรมชาติของตัวบ่งชี้ที่จะพัฒนาขึ้น ตลอดจนการนำตัวบ่งชี้ที่พัฒนาขึ้นนั้นไปใช้ประโยชน์ต่อไป ในทางปฏิบัติ มักใช้ทั้งหลักการเชิงทฤษฎี และการวิเคราะห์ข้อมูลควบคู่กันไปกล่าวคือ ในขั้นการวางแผนรวบรวมข้อมูลเพื่อพัฒนาตัวบ่งชี้ ใช้หลักการเชิงทฤษฎีในการระบุคุณลักษณะของสิ่งที่มุ่งศึกษา และคัดเลือกตัวแปรที่สามารถใช้วัดแต่ละคุณลักษณะ เมื่อได้ข้อมูลมาแล้วจึงอาศัยหลักการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อกำหนดน้ำหนักความสำคัญของตัวแปร

1.3.5 การตรวจสอบคุณภาพของตัวบ่งชี้

ในกระบวนการพัฒนาตัวบ่งชี้นั้น สิ่งที่ควรคำนึงถึงและให้ความสำคัญอีกขั้นตอนหนึ่งก็คือ การตรวจสอบคุณภาพของตัวบ่งชี้ ซึ่งประกอบด้วยหลักการกว้างๆ 2 อย่างคือ การตรวจสอบคุณภาพภายใต้กรอบแนวคิดทางทฤษฎี และการตรวจสอบด้วยวิธีการทางสถิติ อย่างไรก็ตาม การตรวจสอบด้วยวิธีการทางสถิติ เป็นเพียงหลักฐานหรือข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนคุณภาพของตัวบ่งชี้เท่านั้น ความสำคัญที่แท้จริงของการตรวจสอบคุณภาพตัวบ่งชี้จึงอยู่ที่ กรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีของผู้พัฒนาเป็นสำคัญ เพราะหากการพัฒนาเริ่มต้นจากกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีที่ขาดคุณภาพแล้ว เทคนิควิธีการทางสถิติก็ไม่อาจทำให้ผลการพัฒนามีคุณภาพดีขึ้นมาได้

จากหลักการพัฒนาตัวบ่งชี้ดังกล่าวข้างต้น สามารถดำเนินการควบคุมและตรวจสอบคุณภาพของตัวบ่งชี้ในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1) การตรวจสอบคุณภาพในเรื่องตัวแปรและการคัดเลือกตัวแปร ผู้พัฒนาตัวบ่งชี้จะต้องมีกรอบแนวคิดในเชิงทฤษฎีที่ชัดเจน และมีคุณภาพมีนิยามเชิงปฏิบัติการที่ถูกต้องรัดกุมสอดคล้องกับเป้าหมายในการนำตัวบ่งชี้ไปใช้ประโยชน์ รวมไปถึงลักษณะ ประเภท ระดับการวัด กรอบแนวคิดในการเลือกตัวแปร และการสร้างโมเดล หรือการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ซึ่งสิ่งเหล่านี้ล้วนแต่จะช่วยให้ข้อมูลที่ได้มีคุณภาพ และได้ตัวบ่งชี้ที่มีความตรงภายใน (internal validity) มากขึ้น โดยมีแหล่งอิทธิพลอย่างน้อย 3 แหล่งที่จะทำให้ความตรงภายในลดลง หากการดำเนินการขาดการตรวจสอบหรือระมัดระวัง (Johnstone, 1981) ได้แก่ ก) ความครอบคลุมในการวัดตัวแปร การวัดตัวแปรเพียงบางส่วน ซึ่งไม่ครอบคลุมมิติต่าง ๆ ของมโนทัศน์ที่ต้องการศึกษา อาจจะเกิดจากการนิยามเชิงปฏิบัติการไม่รัดกุมเพียงพอ หรือเครื่องมือวัดไม่สามารถวัดในสิ่งที่นิยามไว้ได้ ข) ความหมายของมโนทัศน์ที่ต้องการศึกษา มีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพของเวลา หรือระบบ (การศึกษา) ของแต่ละสังคม และ ค) ความเป็นตัวแทนของตัวแปร กล่าวคือ นิยามของตัวแปรที่ใช้ ไม่ได้เป็นตัวแทนที่ดีของมโนทัศน์ที่ต้องการศึกษา นอกจากนี้ยังมีประเด็นสำคัญที่ต้องตรวจสอบเพื่อลดความคลาดเคลื่อนในการวัด และให้ได้ข้อมูลที่มีความเชื่อถือได้ เช่น ความสอดคล้องระหว่างนิยามเชิงปฏิบัติการที่กำหนดไว้กับการนำนิยามเชิงปฏิบัติการไปใช้ในการวัดตัวแปร กระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูล เครื่องมือและคุณภาพของเครื่องมือ และกระบวนการจัดกระทำข้อมูล รวมไปถึงการพิจารณาความเป็นอิสระของมโนทัศน์ต่างๆ ที่อาจจะมีตัวแปรบางตัวร่วมกันอยู่ เพื่อให้ได้ตัวบ่งชี้ที่มีความตรงมากขึ้น

2) การตรวจสอบคุณภาพในเรื่องการรวมตัวแปร เนื่องจากวิธีการในการรวมหรือสังเคราะห์ตัวแปรมีอยู่หลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีมีเงื่อนไขและความเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์แตกต่างกัน การศึกษาและพิจารณารายละเอียดเหล่านี้ เป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้ตัวบ่งชี้ที่ได้

มีคุณภาพ สอดคล้องกับเป้าหมายในการนำไปใช้มากขึ้น

3) การตรวจสอบคุณภาพ ในเรื่องการกำหนดน้ำหนักความสำคัญของตัวแปร แม้ว่าจะไม่มีหลักเกณฑ์ตายตัว แต่การเลือกวิธีการที่เหมาะสมกับธรรมชาติของตัวแปรและเป้าหมายในการนำไปใช้ประโยชน์ เป็นประเด็นที่จะต้องพิจารณาตรวจสอบ

Blank (1993) ได้เสนอกระบวนการในการพัฒนาระบบตัวบ่งชี้ (indicators system) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของกระบวนการที่สามารถนำไปใช้ในการวางแผน และสนับสนุนระบบตัวบ่งชี้ทางการศึกษาได้ทั้งในระดับชาติ ระดับเขตการศึกษา หรือระดับท้องถิ่น โดยแบ่งออกได้เป็น 9 ขั้นตอน และทั้ง 9 ขั้นตอนนี้สามารถจัดแบ่งเป็นกลุ่มกิจกรรมได้ 3 กลุ่ม ดังนี้คือ (Blank, 1993)

1) การคัดเลือกตัวบ่งชี้
   1.1) พัฒนากรอบแนวคิดโดยอาศัยผลการวิจัย และความสนใจของผู้จัดทำนโยบายและนักการศึกษา
   1.2) จัดทำข้อตกลงและการประสานงานของผู้นำ
   1.3) ให้ผู้จัดทำนโยบาย นักการศึกษา นักวิจัย และผู้จัดการข้อมูลเข้ามามีส่วนร่วมในการเลือก/จัดลำดับความสำคัญของตัวบ่งชี้
   1.4) เลือกตัวบ่งชี้ไว้ในจำนวนที่จำกัด และให้มีความยุ่งยากในการรายงานน้อยที่สุด
2) จัดระบบประสานงานการเก็บรวบรวมข้อมูล
   2.1) ตัดสินใจเกี่ยวกับวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล
   2.2) ทำงานกับผู้ใช้ข้อมูลและผู้สนับสนุน เพื่อสร้างมาตรฐานสำหรับเปรียบเทียบข้อมูล
3) การรายงานข้อมูลในรูปของตัวบ่งชี้
   3.1) กำหนดรูปแบบของข้อมูล และกระบวนการตรวจสอบ
   3.2) การรวบรวมและบรรณาธิกรณ์ข้อมูล
   3.3) รายงานตัวบ่งชี้.

1.4 แนวคิดในการพัฒนาตัวบ่งชี้ระดับต่าง ๆ

ภายใต้ระบบการศึกษาระดับชาตินั้น ยังมีระบบที่ย่อยลงไปอีก เช่น ระดับเขตการศึกษา ระดับจังหวัด หรือระดับท้องถิ่น ซึ่งแบ่งโดยยึดพื้นที่เป็นเกณฑ์ ปัจจุบันได้มีความพยายามที่จะมีการกระจายอำนาจจากส่วนกลางไปยังหน่วยงานในระดับท้องถิ่นมากขึ้น รวมทั้ง

การกระจายอำนาจในการจัดการศึกษาด้วย การพัฒนาตัวบ่งชี้ที่จะใช้อธิบายระบบการศึกษาในระดับท้องถิ่นจึงทวีความสำคัญมากขึ้นเรื่อยๆ เพื่อสนองนโยบายดังกล่าวข้างต้น ในการวางแผน การบริหารจัดการ การค้นหาจุดบกพร่อง และการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระบบการศึกษาระดับท้องถิ่น ไม่ว่าจะเป็นตัวบ่งชี้ด้านปัจจัยนำเข้า (input indicators) ด้านกระบวนการ (process indicators) หรือผลผลิตที่เกิดขึ้น (output indicators) ก็ตาม

Johnstone (1981) กล่าวว่า หากมีการดำเนินการอย่างรัดกุมแล้ว การใช้ท้องถิ่นเป็นหน่วยการวิเคราะห์จะมีข้อได้เปรียบในเรื่องข้อมูลทางสถิติ เพราะมีพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ที่แคบกว่าการดำเนินการในระดับชาติ จึงง่ายต่อการเก็บรวบรวมข้อมูล การจัดกระทำข้อมูล ทั้งยังจะได้ข้อมูลที่มีความตรง (valid) และความเที่ยง (reliable) มากกว่า

จากแนวความคิดในการพัฒนาตัวบ่งชี้ทางการศึกษาข้างต้น สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการพิจารณาตามมิติขององค์กรที่รับผิดชอบในการจัดการศึกษาได้ ดังกรณีของประเทศไทย ที่มีหน่วยงานรับผิดชอบจัดการศึกษาอยู่หลายหน่วยงาน หลายระดับ และหลายกระทรวง และมีความต้องการสารสนเทศประกอบการตัดสินใจที่แตกต่างกันออกไป ในการเปรียบเทียบระหว่างเวลา หรือสถานที่ที่เปลี่ยนไป หรือระหว่างผลที่เกิดขึ้นจริงกับเป้าหมายที่วางไว้การใช้ตัวบ่งชี้ทางการศึกษา เพื่อเปรียบเทียบระหว่างองค์กร (สังกัด) และระหว่างภูมิภาคนี้ จะมีผลอย่างมากต่อกระบวนการจัดสรรทรัพยากรทางการศึกษาที่มีอยู่อย่างจำกัด เนื่องจากภาระหน้าที่ของแต่ละสังกัดหรือแต่ละหน่วยงาน มีจุดเน้นและภาระงาน ตลอดจนกลุ่มเป้าหมายที่ไม่เหมือนกัน ทั้งยังมีกฎระเบียบบางอย่างที่มีลักษณะเฉพาะ จึงไม่เป็นการคุ้มค่าที่จะกระจายทรัพยากรที่มีอยู่ไปให้ทุกสังกัด โดยใช้หลักเกณฑ์ที่เหมือนกัน (ชินภัทร ภูมิรัตน , 2539)

การพัฒนาตัวบ่งชี้เพื่อบ่งบอกความพร้อมของโรงเรียนในแต่ละสังกัดขึ้น จึงเป็นแนวคิดที่จะช่วยให้ผู้บริหารการศึกษา สามารถตัดสินใจเลือกทางเลือกที่เหมาะสม ในการแก้ไขปัญหาที่ตรงประเด็น รวมทั้งการจัดสรรทรัพยากรอย่างทั่วถึงและเป็นธรรม เพื่อให้เกิดการพัฒนาคุณภาพศึกษาที่อยู่ในความรับผิดชอบของแต่ละสังกัดได้

1.5 ประโยชน์ของตัวบ่งชี้ทางการศึกษา

การใช้ประโยชน์จากตัวบ่งชี้ทางการศึกษามีหลายด้าน (ชินภัทร ภูมิรัตน, 2539) ได้แก่

1) ใช้ในการกำหนดเป้าหมายของนโยบายทางการศึกษา ซึ่งจะช่วยให้เห็นภาพของผลผลิตที่เกิดจากนโยบายนั้น ตลอดจนสามารถกำกับ ติดตามและประเมินผลการดำเนินงานได้

2) ใช้ประโยชน์ในการติดตามสภาวะทางการศึกษา ในการค้นหาความผิดพลาดของการจัดการศึกษา ซึ่งช่วยให้ผู้บริหารมีความตื่นตัวต่อปัญหาอยู่ตลอดเวลา

3) ใช้เป็นตัวแทนของตัวแปรอิสระหลายๆ ตัว เช่น การใช้ตัวบ่งชี้รวม (composite indicator) เพื่อช่วยให้เห็นภาพที่กว้างขึ้น และลดความซับซ้อนของข้อมูลให้น้อยลง

4) การใช้ตัวบ่งชี้ทางการศึกษา เพื่อเปรียบเทียบระหว่างองค์กร (สังกัด) และระหว่างภูมิภาค ซึ่งจะช่วยชี้ให้เห็นถึงแหล่งของปัญหาที่ต้องการแก้ไขอย่างเร่งด่วน

กล่าวโดยสรุปก็คือ ตัวบ่งชี้ที่พัฒนาขึ้นจะมีประโยชน์ต่อ ผู้บริหาร นักวางแผน และนักวิจัยในการวางแผน และกำหนดนโยบายในอนาคตได้อย่างถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ตัวบ่งชี้ยังมีประโยชน์ในการติดตามตรวจสอบระบบการศึกษา ทั้งในระดับชาติและระดับท้องถิ่น รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงต่างๆที่เกิดขึ้น และมีประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัยและพัฒนาระบบการศึกษา โดยเฉพาะตัวบ่งชี้รวม (composite indicator) ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวแปรแทนคุณลักษณะของสิ่งที่มุ่งศึกษาในการนำไปใช้วิเคราะห์เพื่อศึกษาวิจัย ในแง่มุมต่างๆ ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการได้ถูกต้องและน่าเชื่อถือดีกว่าการใช้ตัวแปรเดี่ยว หรือตัวแปรย่อยแต่ละตัว (Johnstone, 1981) ทั้งนี้ตัวบ่งชี้ที่พัฒนาขึ้นจะเป็นประโยชน์ดังกล่าวข้างต้นได้อย่างแท้จริง ต้องเป็นตัวบ่งชี้ที่มีคุณภาพหรือมีความตรง

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาตัวบ่งชี้

การที่ตัวบ่งชี้ ที่พัฒนาขึ้นจะเป็นตัวบ่งชี้ที่มีคุณภาพได้นั้น ขึ้นอยู่กับวิธีการพัฒนาตัวบ่งชี้ที่มีระบบน่าเชื่อถือได้ โดยปกติการพัฒนาตัวบ่งชี้ในอดีตมักจะใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติแบบเดิม หรืออาจใช้วิธีการวิเคราะห์แบบใหม่ โดยใช้โมเดลความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้น หรือโมเดลลิสเรลซึ่งเป็นการวิเคราะห์แบบโมเดลคงที่สำหรับกลุ่มตัวอย่างหนึ่งกลุ่ม (single group static model) งานวิจัยในอดีต ที่เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาตัวบ่งชี้ด้วยวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติแบบเดิม เช่น งานวิจัยของ อมรรัตน์ ลาคำเสน (2536) เรื่อง การพัฒนาดัชนีรวมเพื่อบ่งชี้สภาพทางการประถมศึกษา ลัดดา ด่านวิริยะกุล (2537) เรื่อง การพัฒนาตัวบ่งชี้รวมของ

ประสิทธิภาพการมัธยมศึกษาตอนต้น กฤศวรรณ โอปนพันธุ์ (2537) เรื่อง การพัฒนาดัชนีรวมชี้คุณลักษณะของนิสิตใหม่ ระดับปริญญาตรี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วิไลวรรณ เหมือนชาติ (2537) เรื่อง การพัฒนาตัวบ่งชี้สภาพความสำเร็จของการนิเทศภายในโรงเรียนประถมศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ และชลันดา อินทร์เจริญ (2538) เรื่อง การศึกษาตัวบ่งชี้ความสำเร็จของการใช้หลักสูตรประถมศึกษา พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) ในโรงเรียนประถมศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ งานวิจัยทั้ง 5 เรื่องดังกล่าวนี้ มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาตัวบ่งชี้รวม สำหรับบ่งชี้คุณลักษณะหรือสภาพทางการศึกษาที่สนใจ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (exploratory factor analysis) ในการสร้างตัวบ่งชี้รวม โดยที่งานวิจัย 3 เรื่องแรก เป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบสกัดองค์ประกอบด้วยวิธีวิเคราะห์ภาพ (image analysis) และหมุนแกนแบบตั้งฉาก (orthogonal rotation) ด้วยวิธีแวร์ริแมกซ์ (varimax) ส่วนงานวิจัย 2 เรื่องหลัง เป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบสกัดองค์ประกอบด้วยวิธีการวิเคราะห์ส่วนประกอบมุขสำคัญ (principal component analysis) และหมุนแกนแบบตั้งฉากด้วยวิธีแวร์ริแมกซ์ โดยใช้โปรแกรม SPSS

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยบางเรื่องที่เป็นการพัฒนาตัวบ่งชี้โดยใช้วิธีการพิจารณาตัดสินของผู้เชี่ยวชาญเป็นหลัก (expert judgement based) เช่น งานวิจัยของกุลธิดา คำบันศักดิ์ (2536) เรื่อง การพัฒนาตัวบ่งชี้สภาพทางการศึกษานอกระบบโรงเรียนในระดับหมู่บ้าน อุไรวรรณ เจนวาณิชยานนท์ (2537 เรื่องการพัฒนาดัชนีสู่ความเป็นเลิศทางวิชาการของคณะพยาบาลศาสตร์ สถาบันอุดมศึกษาเอกชน และ Trocme (1993) ซึ่งเป็นการศึกษาเพื่อพัฒนาและประเมินดัชนีความไม่เอาใจใส่ของเด็ก (child neglect index : CNI) โดยใช้วิธีการอรรถประโยชน์พหุคุณลักษณะ (multiattribute utility : MAU) ของ Gustafson ด้วยวิธีการพัฒนาดัชนีแบบใช้การพิจารณาตัดสินของผู้เชี่ยวชาญ และตรวจสอบความตรงของดัชนี CNI โดยการเปรียบเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานอื่นๆ ด้วยการหาค่าความสัมพันธ์

สำหรับงานวิจัยที่เป็นการพัฒนาตัวบ่งชี้ ด้วยวิธีการวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นหรือโมเดลลิสเรล เช่น การพัฒนาตัวบ่งชี้ของ Hendricks (1996) ได้พัฒนาตัวบ่งชี้ทางการศึกษาสำหรับโรงเรียนมัธยมศึกษาในเพนซิลวาเนีย จากฐานข้อมูลที่มีอยู่และตรวจสอบความตรงของโมเดลที่ใช้ในการสร้างตัวบ่งชี้ ที่สร้างขึ้นตามทฤษฎีกับข้อมูล

เชิงประจักษ์ โดยใช้โมเดลสมการโครงสร้าง (structural equation model) หรือโมเดลลิสเรล ข้อค้นพบชี้ให้เห็นว่าโมเดลที่สร้างขึ้นตามทฤษฎีมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และ พบว่า โมเดลสมการโครงสร้าง เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิผลในการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการพัฒนาตัวบ่งชี้

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2539) ซึ่งได้พัฒนาดัชนีประสิทธิภาพการใช้ครูขึ้น โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ด้วยหลักการวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นหรือโมเดลลิสเรล การพัฒนาดัชนีดังกล่าว เป็นการพัฒนาดัชนีประสิทธิภาพการใช้ครู 2 แบบ คือ แบบแรก เป็นดัชนีประสิทธิภาพการใช้ครูสองมิติ คือมิติด้านกระบวนการใช้ครู และมิติด้านผลผลิตที่เกิดกับตัวครู และแบบที่สอง เป็นดัชนีประสิทธิภาพการใช้ครูในภาพรวม โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบสองขั้นตอน (second order factor analysis) ตามหลักการวิเคราะห์โมเดลลิสเรล โดยใช้โปรแกรมลิสเรล โดยในขั้นตอนแรกเป็นการพัฒนาดัชนีด้านกระบวนการใช้ครู และด้านผลผลิตที่เกิดกับตัวครู จากตัวแปรด้านกระบวนการใช้ครู 6 ตัวแปร และตัวแปรด้านผลผลิตที่เกิดกับตัวครู 10 ตัวแปร และในขั้นที่สอง เป็นการพัฒนาดัชนีประสิทธิภาพการใช้ครูในภาพรวมจากดัชนีที่ได้ในขั้นตอนแรก ผลการพัฒนาดัชนีประสิทธิภาพการใช้ครูด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบทั้งสองขั้นตอน ได้ดัชนีความกลมกลืนวัดในรูปค่าไค-สแควร์ เท่ากับ 0.095 (df = 1, p = 0.76) และ 0.012 (df = 4, p = 1.00) ตามลำดับ และวัดในรูป GFI เท่ากับ 1.00 เท่ากัน แสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และได้ดัชนีประสิทธิภาพการใช้ครูในภาพรวม (E) ดังสมการ

$$E = 0.57(P_A) + 0.15(P_H) + 0.76(P_T) + 0.88(O_H) + 0.36(O_T)$$

เมื่อ P_A, P_H, P_T คือ สเกลองค์ประกอบกระบวนการใช้ครูตามทัศนะของผู้บริหาร หัวหน้าหมวด และครู ตามลำดับ และ O_H, O_T คือ สเกลองค์ประกอบผลผลิตที่เกิดกับตัวครูตามทัศนะของหัวหน้าหมวด และครู ตามลำดับ

นอกจากนี้ วรรณี แกมเกตุ, นงลักษณ์ วิรัชชัย และสมหวัง พิธิยานุวัฒน์ (2540) ได้พัฒนาตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู ตามกรอบแนวคิดของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2539) แต่มีลักษณะต่างกัน ตรงที่การวิจัยของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติใช้กลุ่มประชากรรวมจากโรงเรียนทั้ง 5 สังกัด ทั้งกลุ่มผู้บริหาร หัวหน้าหมวด และครู โดยการวิเคราะห์เป็นการวิเคราะห์โมเดลลิสเรลแบบโมเดลคงที่สำหรับกลุ่มประชากรรวมกลุ่มเดียว และการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลการวัด ไม่มีการกำหนดมาตรสำหรับตัวแปรแฝง แต่การ

วิจัยดังกล่าวใช้กลุ่มตัวอย่างเฉพาะกลุ่มครูในโรงเรียนเพียง 2 สังกัด คือ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ (สปช.) และกรมสามัญศึกษา โดยใช้การวิเคราะห์โมเดลลิสเรล แยกกลุ่มประชากร ตามแบบการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ และการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลการวัดมีการกำหนดมาตรสำหรับตัวแปรแฝงด้วยและทำการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์ในโมเดลประสิทธิภาพการใช้ครู ระหว่างกลุ่มโรงเรียนทั้ง 2 สังกัด ผลการพัฒนาตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู โดยใช้การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ พบว่า โมเดลที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีที่สุด ได้ดัชนีความกลมกลืนวัดในรูปค่าไค-สแควร์เท่ากับ 159.75 (df = 165, p = .60) และวัดในรูปดัชนี GFI เท่ากับ .90 และได้ตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครูทั้ง 2 มิติคือ มิติด้านกระบวนการใช้ครู (P) และมิติด้านผลผลิตที่เกิดกับตัวครู (O) ของกลุ่มโรงเรียนทั้ง 2 สังกัด ดังนี้

ตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครูของโรงเรียนในสังกัด สปช.

P = 0.19*(PARADM) + 0.15**(JOBASS) - 0.01(RELVTE) + 0.55**(SUPERV) + 0.06(DEVELO) + 0.17**(JOEVAL)

O = 0.02(TEHOUR) + 0.02(NTHOUR) + 0.05**(JOBVAR) + 0.07**(JOBQUA) + 0.28**(JOBSAT) - 0.04(SAPROG) - .03(SPPROG) + 0.46**(COPROG) + 1.11**(JOBINV) + 0.27*(INVOLV)

ตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครูของโรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษา

P = 0.07*(PARADM) + 0.22**(JOBASS) - 0.10(RELVTE) + 0.42**(SUPERV) - 0.09(DEVELO) + 0.19**(JOEVAL)

O = -0.02(TEHOUR) - 0.02(NTHOUR) + 0.00(JOBVAR) + 0.15**(JOBQUA) + 0.26**(JOBSAT) - 0.02(SAPROG) - .10(SPPROG) + 0.54**(COPROG) + 1.07**(JOBINV) + 0.28**(INVOLV)

เมื่อเปรียบเทียบผลการพัฒนาตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู โดยใช้โมเดลลิสเรลแบบโมเดลคงที่สำหรับกลุ่มประชากรรวมกลุ่มเดียว ตามที่สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2539) พัฒนาขึ้น กับผลการพัฒนาตัวบ่งชี้โดยใช้การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ พบว่า ตัวแปรที่สำคัญของตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู ส่วนใหญ่มีความสอดคล้องกัน แต่สารสนเทศที่ได้จากตัวบ่งชี้ที่พัฒนาขึ้นด้วยวิธีการวิเคราะห์ทั้ง 2 แบบ มีความแตกต่างกัน กล่าวคือ ตัวบ่งชี้ที่พัฒนาขึ้นโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ สามารถให้สาร

สนเทศที่บ่งชี้ถึงประสิทธิภาพการใช้ครูของโรงเรียนที่มีความเฉพาะเจาะจงในระดับจุลภาค (สังกัด) ได้ อันจะทำให้การนำผลการวิจัยไปใช้ในทางปฏิบัติได้เหมาะสมยิ่งขึ้น ในขณะที่การวิเคราะห์โมเดลลิสเรลแบบโมเดลคงที่สำหรับกลุ่มประชากรรวมกลุ่มเดียว ไม่สามารถให้สารสนเทศที่เฉพาะเจาะจงในระดับจุลภาคได้ แต่สามารถให้สารสนเทศที่เป็นภาพรวมในระดับมหภาคได้

จากงานวิจัยที่กล่าวถึงข้างต้น จะเห็นได้ว่าการพัฒนาตัวบ่งชี้ ในอดีต (งานวิจัยบางเรื่องอาจใช้คำว่า ดัชนี ซึ่งจัดว่าเป็นตัวบ่งชี้ประเภทหนึ่ง) มักจะใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติแบบเดิม หรือใช้วิธีการวิเคราะห์แบบใหม่โดยใช้โมเดลความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้น หรือโมเดลลิสเรล ซึ่งเป็นการวิเคราะห์แบบโมเดลคงที่สำหรับกลุ่มตัวอย่างหนึ่งกลุ่ม (single group static model) แต่ในปัจจุบันวิธีวิทยาการวิเคราะห์ทางสถิติได้รับการพัฒนาและมีความก้าวหน้ามาก สามารถวิเคราะห์ข้อมูลในกรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างมากกว่าหนึ่งกลุ่มได้พร้อมกัน ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนา และตรวจสอบความตรงของตัวบ่งชี้ได้เป็นอย่างดี วิธีการดังกล่าว คือ วิธีการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ (multiple group tructural equation model) ซึ่งผู้วิจัยจะกล่าวถึงรายละเอียดในตอนต่อไปนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 2 โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ (Multiple Group Structural Equation Model)

โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ (multiple group structural equation model) เป็นโมเดลความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นหรือโมเดลลิสเรล (linear structural relationship or LISREL model) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับประชากรหลายกลุ่ม วิธีการนี้มีข้อตกลงเบื้องต้นว่ากลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระจากกัน และได้มาโดยการสุ่มจากกลุ่มประชากรแต่ละกลุ่ม (Bollen, 1989; Joreskog and Sorbom, 1989) จุดเด่นที่สำคัญของการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ สรุปได้ 5 ประการ คือ ประการแรก การวิเคราะห์โมเดลลิสเรลที่เป็นโมเดลการวัด (measurement model) ตามหลักการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (confirmatory factor analysis) ในการประมาณค่าตัวแปรแฝง ตามโมเดลความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นระหว่างตัวแปรสังเกตได้กับตัวแปรแฝง มีการนำความคลาดเคลื่อนในการวัดมาร่วมวิเคราะห์ด้วย โดยไม่ต้องกำหนดข้อตกลงว่าตัวแปรวัดโดยไม่มีความคลาดเคลื่อน ประการที่สอง มีการผ่อนคลายข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับเทอมความคลาดเคลื่อนหลายข้อ เช่น ยอมให้ความคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันได้ เป็นต้น ทำให้ข้อมูลตามสภาพความเป็นจริงสอดคล้องกับข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติวิเคราะห์ และผลการวิเคราะห์มีความถูกต้องมากขึ้น ประการที่สาม มีกระบวนการตรวจสอบความตรงของโมเดลหรือความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ชัดเจน และผลการวิเคราะห์ข้อมูลให้ค่าประมาณพารามิเตอร์ รวมทั้งมีการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของค่าพารามิเตอร์ทุกค่าด้วย (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2537; Bollen, 1989; Joreskog and Sorbom, 1989) จุดเด่นทั้ง 3 ประการนี้เป็นจุดเด่นของการวิเคราะห์โมเดลลิสเรลทั่วไป ส่วนจุดเด่นอีก 2 ประการสุดท้ายเป็นจุดเด่นของการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ ที่เหนือกว่าการวิเคราะห์โมเดลลิสเรลแบบเดิมสำหรับกลุ่มประชากรหนึ่งกลุ่ม (single group) คือ ประการที่สี่ มีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลแต่ละกลุ่มประชากร ค่าพารามิเตอร์นี้เป็นค่าที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลทั้งที่เป็นตัวแปรสังเกตได้และตัวแปรแฝง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการอธิบายความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปร และเป็นประโยชน์ในการพัฒนาตัวบ่งชี้ ประการที่ห้า มีการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยน (invariance) ของค่าพารามิเตอร์ในโมเดลระหว่างกลุ่มประชากรต่างกันได้ การทดสอบดังกล่าวเป็นการทดสอบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่ได้ในแต่ละกลุ่มประชากรที่แตกต่างกันมีความคงที่ทุกกลุ่มประชากรหรือไม่ ผลการทดสอบจะเป็นเครื่องยืนยันว่า โมเดลลิสเรลแต่ละกลุ่มประชากร เป็นโมเดลรูปแบบเดียวกันและมีค่าพารามิเตอร์เท่ากันหรือไม่ (Bollen, 1989; Joreskog and Sorbom, 1989)

จุดเด่นที่สำคัญทั้งสองประการที่กล่าวถึงในกรณีนี้ ทำให้โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ มีประโยชน์มากในการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อเปรียบเทียบหรือทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์ระหว่างกลุ่มประชากรที่มีลักษณะต่างกันได้ เป็นอย่างดี ทั้งนี้เนื่องจากในสภาพปรากฏการณ์การวิจัยทางสังคมศาสตร์ กลุ่มประชากรที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัย มักจะมีความแตกต่างกันในหลายคุณลักษณะ เช่น เชื้อชาติ ศาสนา วัฒนธรรม สถานภาพทางเศรษฐสังคม องค์กร พื้นที่ ภาคภูมิศาสตร์ เป็นต้น ในสถานการณ์ที่ผู้วิจัยต้องการทราบว่าค่าพารามิเตอร์ในโมเดลลิสเรลสำหรับประชากรกลุ่มหนึ่ง มีค่าแตกต่างจากค่าพารามิเตอร์ในโมเดลลิสเรลสำหรับประชากรกลุ่มอื่นหรือไม่ การวิเคราะห์ลิสเรลโดยใช้โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุจึงมีประโยชน์อย่างยิ่ง (เวรรณี แกมเกตุ นงลักษณ์ วิรัชชัย และสมหวัง พิธิยานุวัฒน์, 2540)

สำหรับหลักการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ เพื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์ในโมเดลระหว่างกลุ่มประชากร ผู้วิจัยจะนำเสนอแยกเป็นสองส่วนคือ ส่วนแรกเป็นการเสนอสาระเกี่ยวกับหลักการทั่วไปในการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลระหว่างกลุ่มประชากร ส่วนที่สอง เป็นการเสนอสาระเกี่ยวกับการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลประสิทธิภาพการใช้ครูระหว่างกลุ่มโรงเรียนในการวิจัยในครั้งนี้ รายละเอียดของสาระทั้งสองส่วนมีดังต่อไปนี้

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเขียนภาพโมเดล รวมทั้งตัวแปร และเมทริกซ์พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในโมเดลลิสเรล และผู้วิจัยใช้ในการนำเสนอวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มีคำอ่าน และความหมายดังต่อไปนี้

สัญลักษณ์ในการเขียนภาพโมเดล

รูปวงกลม	○	แทน	ตัวแปรแฝง
รูปสี่เหลี่ยม	□	แทน	ตัวแปรสังเกตได้
รูปลูกศร	→	แทน	สัมประสิทธิ์การถดถอยหรืออิทธิพลจากตัวแปรสาเหตุที่มีต่อตัวแปรที่เป็นผล
รูปลูกศรสองหัว	↑——↑	แทน	ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

เวกเตอร์ของตัวแปร และเมทริกซ์พารามิเตอร์

X = Eks = เวคเตอร์ตัวแปรภายนอกสังเกตได้ X ขนาด (NX x 1)

Y = Wi = เวคเตอร์ตัวแปรภายในสังเกตได้ Y ขนาด (NY x 1)

ξ = Xi = เวคเตอร์ตัวแปรภายนอกแฝง K ขนาด (NK x 1)

η = Eta = เวคเตอร์ตัวแปรภายในแฝง E ขนาด (NE x 1)

δ = Delta = เวคเตอร์ความคลาดเคลื่อน d ในการวัดตัวแปร X ขนาด (NX x 1)

ε = Epsilon = เวคเตอร์ความคลาดเคลื่อน e ในการวัดตัวแปร Y ขนาด (NY x 1)

ζ = Zeta = เวคเตอร์ความคลาดเคลื่อน z ในการวัดตัวแปร E ขนาด (NE x 1)

Λ_X = Lambda-X = เมทริกซ์ สปส.การถดถอยของ K บน X ขนาด (NX x NK)

Λ_Y = Lambda-Y = เมทริกซ์ สปส.การถดถอยของ E บน Y ขนาด (NY x NE)

Γ = Gamma = เมทริกซ์อิทธิพลเชิงสาเหตุจาก K ไป E ขนาด (NE x NK)

β = Beta = เมทริกซ์อิทธิพลเชิงสาเหตุระหว่าง E ขนาด (NE x NE)

Φ = Phi = เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรภายนอกแฝง K ขนาด (NK x NK)

Ψ = Psi = เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อน z ขนาด (NE x NE)

Θ_δ = Theta-delta = เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อน d ขนาด (NX x NX)

Θ_ε = Theta-epsilon = เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อน e ขนาด (NY x NY)

2.1 หลักการทั่วไปเกี่ยวกับการตรวจสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลระหว่างกลุ่มประชากร

การเสนอรายละเอียดในตอนนี้ ประกอบด้วย สังกัปเรื่องความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดล วิธีการวิเคราะห์ และการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลระหว่างกลุ่มประชากร ซึ่งครอบคลุมถึงการตรวจสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัด และโมเดลสมการโครงสร้าง รวมทั้งเสนอตัวอย่าง การประยุกต์ใช้การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุในการพัฒนาตัวบ่งชี้ และการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์ในโมเดลประสิทธิภาพการใช้ครู

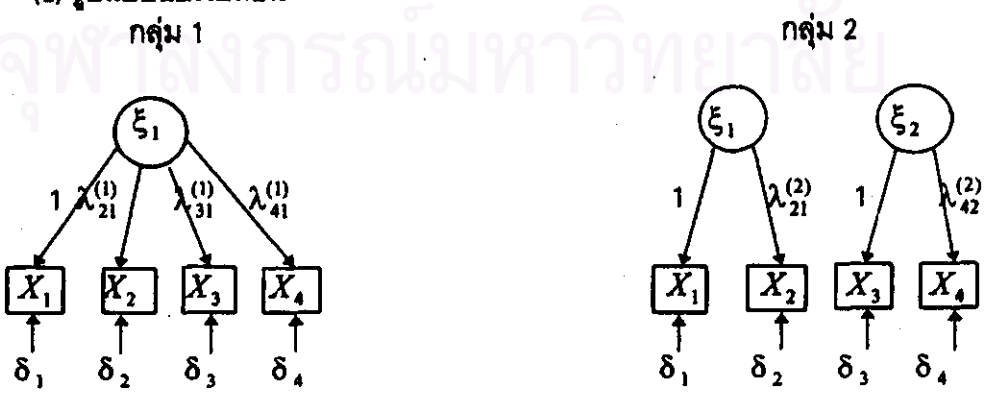
สังกัปเรื่องความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดล เป็นสังกัปสำคัญสำหรับการวิเคราะห์โมเดลลิสเรลเมื่อมีประชากรตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไป Bollen (1989) ได้แบ่งลักษณะความไม่แปรเปลี่ยนในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุออกเป็น 2 มิติซึ่งคาบเกี่ยวกัน คือ ความไม่แปรเปลี่ยนของ**รูปแบบโมเดล** (model form) และความไม่แปรเปลี่ยนของ**ค่าพารามิเตอร์** (parameter values)

โมเดลจากกลุ่มประชากร 2 กลุ่มมีรูปแบบโมเดลไม่แปรเปลี่ยนต่อเมื่อตัวแปรทุกตัวใน

โมเดล และโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลทั้งสองเป็นแบบเดียวกัน กล่าวอีกอย่างหนึ่งคือ เมทริกซ์พารามิเตอร์ของโมเดลทั้งสองเหมือนกัน มีขนาดเมทริกซ์เท่ากัน และสถานะ (mode) ของพารามิเตอรในเมทริกซ์ เป็นพารามิเตอร์กำหนด (fixed) อิสระ (ree) และบังคับ (constrained) เหมือนกัน โดยไม่จำเป็นต้องมีค่าพารามิเตอร์เท่ากัน (Bollen, 1989) แผนภาพที่ 2 (ก) แสดงให้เห็นถึงโมเดลสองโมเดลจากกลุ่มประชากรสองกลุ่มที่มีรูปแบบไม่แปรเปลี่ยน กล่าวคือ โมเดลทั้งในกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีตัวแปรแฝงและพารามิเตอร์เส้นทางอิทธิพลต่างๆ ของตัวแปรเหมือนกันคือ ตัวแปรสังเกตได้ X_1, X_2, X_3 และ X_4 เป็นตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝง ξ_1 เช่นเดียวกัน พารามิเตอร์ $\lambda_{11}^{(1)}$ เป็นพารามิเตอร์กำหนดเท่ากับ 1 และ $\lambda_{21}^{(1)}$, $\lambda_{31}^{(1)}$, $\lambda_{41}^{(1)}$ ในกลุ่มแรกมีสถานะเหมือนกับในกลุ่มที่สอง ส่วนที่แตกต่างกันคือ ค่าพารามิเตอร์ในโมเดลของกลุ่มประชากรทั้ง 2 กลุ่มนั้นแตกต่างกัน แผนภาพที่ 2 (ข) แสดงให้เห็นโมเดลสองโมเดลจากกลุ่มประชากร 2 กลุ่มที่มีรูปแบบแปรเปลี่ยน กล่าวคือ ในกลุ่มที่ 1 ตัวแปรสังเกตได้ X_1, X_2, X_3 และ X_4 เป็นตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝง ξ_1 ในขณะที่กลุ่มที่ 2 ตัวแปรสังเกตได้ X_1 และ X_2 เป็นตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝง ξ_1 และ X_3, X_4 เป็นตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝง ξ_2 จะเห็นได้ว่า ตัวแปรแฝงและพารามิเตอร์เส้นทางอิทธิพลต่างๆ ของตัวแปรของโมเดลในกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 แตกต่างกัน ดังนั้นเมทริกซ์พารามิเตอร์จึงมีขนาดต่างกัน และสถานะของพารามิเตอร์เป็นพารามิเตอร์กำหนด บังคับ และอิสระ ของแต่ละกลุ่มก็แตกต่างกันด้วย

(ก) รูปแบบไม่แปรเปลี่ยน

(ข) รูปแบบแปรเปลี่ยน



แผนภาพที่ 2 การกำหนดรูปแบบและโครงสร้างของโมเดล

โดยทั่วไป โมเดลจากกลุ่มประชากร 2 กลุ่ม มีค่าพารามิเตอร์ในโมเดลไม่แปรเปลี่ยนต่อเมื่อค่าพารามิเตอร์ในโมเดลของประชากรทั้ง 2 กลุ่มมีค่าเท่ากัน ภายใต้รูปแบบโมเดลที่ไม่แปรเปลี่ยน (Bollen, 1989) กล่าวอีกอย่างหนึ่งคือ เมทริกซ์พารามิเตอร์ของโมเดลทั้งสองเท่ากัน นั่นคือ มีขนาดเมทริกซ์เท่ากัน สถานะของพารามิเตอร์ในเมทริกซ์เป็นพารามิเตอร์กำหนด อิสระ และบังคับเหมือนกัน และค่าพารามิเตอร์ในเมทริกซ์มีค่าเท่ากันด้วย จากแผนภาพที่ 2 (ก) ซึ่งแสดงถึงโมเดลจากกลุ่มประชากร 2 กลุ่มที่มีรูปแบบไม่แปรเปลี่ยน โมเดลดังกล่าวนี้ จะเป็นโมเดลที่มีค่าพารามิเตอร์ไม่แปรเปลี่ยนต่อเมื่อ ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในโมเดลทั้งสองกลุ่มมีค่าเท่ากัน เช่น ค่าพารามิเตอร์ในเมทริกซ์สัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรภายนอกแฝงบนตัวแปรสังเกตได้ (Λ_X) มีค่าเท่ากัน นั่นคือ เมทริกซ์ $\left[\lambda_{ij}^{(1)}\right]=\left[\lambda_{ij}^{(2)}\right]$ เป็นต้น ความไม่แปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวนี้มีหลายระดับ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสมมุติฐานที่นักวิจัยต้องการทดสอบ ซึ่งจะมีตั้งแต่สมมุติฐานที่มีความเข้มงวดน้อยที่สุด (least restrictive hypothesis) คือ มีข้อกำหนดน้อยที่สุดเกี่ยวกับความเท่ากันของเมทริกซ์พารามิเตอร์ จนถึงสมมุติฐานที่มีความเข้มงวดมากที่สุด (most restrictive hypothesis) คือ มีข้อกำหนดมากที่สุดเกี่ยวกับความเท่ากันของเมทริกซ์พารามิเตอร์ ดังตัวอย่างสมมุติฐานการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลจากกลุ่มประชากร 2 กลุ่ม ตามแผนภาพที่ 2 (ก) ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

1) H_{form} : รูปแบบไม่แปรเปลี่ยน ไขนาดของเมทริกซ์และสถานะของพารามิเตอร์เป็นแบบกำหนด, อิสระและบังคับในเมทริกซ์ Λ, Φ และ Θ_δ เหมือนกัน)

2) H_{Λ_x} : $\Lambda_x^{(1)}=\Lambda_x^{(2)}$

3) $H_{\Lambda_x\Phi}$: $\Lambda_x^{(1)}=\Lambda_x^{(2)},\ \Phi^{(1)}=\Phi^{(2)}$

4) $H_{\Lambda_x\Phi\Theta_\delta}$: $\Lambda_x^{(1)}=\Lambda_x^{(2)},\ \Phi^{(1)}=\Phi^{(2)},\ \Theta_\delta^{(1)}=\Theta_\delta^{(2)}$

การทดสอบสมมุติฐานที่ 1) คือการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของรูปแบบโมเดล การทดสอบสมมุติฐานที่ 2) คือ การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์ในเมทริกซ์สัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรภายนอกแฝงบนตัวแปรสังเกตได้ (Λ_X) ซึ่งเป็นการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์ในระดับที่มีความเข้มงวดน้อยที่สุด การทดสอบสมุติฐานที่ 3) คือ การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์ตามสมมุติฐานที่ 2) และเพิ่มความเท่ากันของค่าพารามิเตอร์ในเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรภายนอกแฝง (Φ) ซึ่งเป็นการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์ ในระดับที่มีความเข้มงวดเพิ่มมากขึ้น และการทดสอบสมมุติฐานสุดท้าย คือ การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์ตามสมมุติฐานที่ 3) และเพิ่มความเท่ากันของค่าพารามิเตอร์ในของเมทริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อนในการวัดตัวแปรสังเกตได้ (Θ_δ) ซึ่ง

เป็นการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์ในระดับที่มีความเข้มงวดมากที่สุด ดังนั้น การที่จะสรุปว่าค่าพารามิเตอร์ในโมเดลระหว่างกลุ่มประชากรแปรเปลี่ยนหรือไม่ จึงขึ้นอยู่กับระดับความเข้มงวดของสมมุติฐานที่นักวิจัยกำหนด

วิธีการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ เพื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์ระหว่างกลุ่ม ประกอบด้วยวิธีการหลัก 2 ขั้นตอน (Jaccard and Wan, 1996) คือ **ขั้นตอนที่ 1** การวิเคราะห์เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ในแต่ละกลุ่มประชากร และการคำนวณค่าดัชนีวัดความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พร้อมทั้งแสดงค่าดัชนีดัดแปรโมเดล (model modification indices) เพื่อการปรับปรุงโมเดลให้ได้โมเดลที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของทุกกลุ่มประชากร ในตอนนี้เป็นการวิเคราะห์โดยไม่มีข้อกำหนดเกี่ยวกับความเท่ากันของค่าพารามิเตอร์ **ขั้นตอนที่ 2** การวิเคราะห์เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ในแต่ละกลุ่มประชากร และการคำนวณค่าดัชนีวัดความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ในตอนนี้เป็นการวิเคราะห์โดยผู้วิจัยกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ของโมเดลในทุกกลุ่มประชากร มีค่าเท่ากัน สำหรับการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 2 นี้ อาจทำการวิเคราะห์หลายครั้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนสมมุติฐานที่ต้องการทดสอบ

ในการประยุกต์ใช้ Bollen (1989) กล่าวว่า การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลทดสอบได้ทั้งโมเดลลิสเรลเต็มรูป และโมเดลลิสเรลที่เป็นโมเดลย่อย ได้แก่ โมเดลย่อยที่มีเฉพาะโมเดลการวัด ซึ่งเป็นโมเดลที่แสดงความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นระหว่างตัวแปรแฝง (latent variables) และตัวแปรสังเกตได้ (observed variables) และโมเดลย่อยที่มีเฉพาะโมเดลสมการโครงสร้างซึ่งเป็นโมเดลที่แสดงความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นระหว่างตัวแปรแฝง ทั้งนี้สมมุติฐานหรือเมทริกซ์พารามิเตอร์ที่ต้องการทดสอบนั้น ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และเนื้อหาสาระที่ต้องการทดสอบ ซึ่งนักวิจัยต้องตัดสินใจว่าพารามิเตอร์ใด หรือเมทริกซ์พารามิเตอร์ใดควรจะต้องนำมาทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่ม ในการทดสอบ นักวิจัยอาจกำหนดรูปแบบของโมเดลสองโมเดลเหมือนกัน และสนใจที่ความไม่แปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์ ภายใต้รูปแบบของโมเดลที่กำหนด การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนนี้มีลักษณะเป็นเชิงชั้น (hierarchy) และสะสม กล่าวคือ เป็นการทดสอบตามลำดับขั้นของสมมุติฐานที่นักวิจัยต้องการทดสอบ และการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนในสมมุติฐานขั้นสุดท้าย จะต้องทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนในสมมุติฐานที่ทดสอบก่อนหน้านี้สะสมด้วย สมมุติฐานที่ทดสอบไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัวว่าจะต้องทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของเมทริกซ์พารามิเตอร์ใด และมีลำดับก่อนหลังอย่างไร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสนใจของนักวิจัยเอง สมมุติฐานใดที่มีความสำคัญก็ควรได้รับการทดสอบก่อน ตัวอย่างสมมุติฐาน

การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลสมการโครงสร้าง ระหว่างกลุ่มประชากรสองกลุ่ม เป็นดังนี้

1) H_{form} : รูปแบบไม่แปรเปลี่ยน (ขนาดของเมทริกซ์ และสถานะของพารามิเตอร์ เป็นแบบกำหนด, อิสระ และบังคับ ในเมทริกซ์ B, Γ, Ψ และ Φ เหมือนกัน)

2) $H_{B\Gamma}$: $B^{(1)} = B^{(2)}, \Gamma^{(1)} = \Gamma^{(2)}$

3) $H_{B\Gamma\Psi}$: $B^{(1)} = B^{(2)}, \Gamma^{(1)} = \Gamma^{(2)}, \Psi^{(1)} = \Psi^{(2)}$

4) $H_{B\Gamma\Psi\Phi}$: $B^{(1)} = B^{(2)}, \Gamma^{(1)} = \Gamma^{(2)}, \Psi^{(1)} = \Psi^{(2)}, \Phi^{(1)} = \Phi^{(2)}$

การทดสอบสมมุติฐานชุดนี้ เป็นการทดสอบแบบเชิงขั้นสะสม กล่าวคือ การทดสอบสมมุติฐานที่ 2) ต้องรวมคุณสมบัติของสมมุติฐานที่ 1) และการทดสอบสมมุติฐานที่ 3) ต้องรวมคุณสมบัติของสมมุติฐานที่ 1) และ 2) ด้วย เป็นอย่างนี้ต่อไปจนครบสมมุติฐานสุดท้าย การทดสอบตามสมมุติฐานที่ 1) เป็นการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของรูปแบบโมเดลโดยไม่มีการกำหนดว่าค่าพารามิเตอร์ระหว่างกลุ่มมีค่าเท่ากัน ซึ่งก็คือการทดสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในแต่ละกลุ่มประชากรนั่นเอง การทดสอบสมมุติฐานที่ 2) เป็นการกำหนดให้พารามิเตอร์ของเมทริกซ์ B และ Γ เท่ากันทั้งสองกลุ่ม ถ้าหากนักวิจัยสนใจเป็นพิเศษในความไม่แปรเปลี่ยนของเมทริกซ์พารามิเตอร์ B หรือ Γ แยกกัน นักวิจัยสามารถทดสอบสมมุติฐาน H_B หรือ H_Γ แยกกันทีละสมมุติฐาน แทนที่จะทดสอบสมมุติฐานความไม่แปรเปลี่ยนของเมทริกซ์พารามิเตอร์ B และ Γ ($H_{B\Gamma}$) พร้อมกัน การทดสอบสมมุติฐานที่ 3) สมมุติฐานนี้ยังคงกำหนดให้เงื่อนไขในสมมุติฐานที่ 2) ($B^{(1)} = B^{(2)}, \Gamma^{(1)} = \Gamma^{(2)}$) เท่ากันด้วยแต่เพิ่มความเท่ากันของเมทริกซ์ (Ψ) และการทดสอบสมมุติฐานสุดท้ายเป็นการกำหนดเงื่อนไขความเท่ากันของเมทริกซ์พารามิเตอร์ตามสมมุติฐานที่ 3) และเพิ่มเงื่อนไขกำหนดให้เมทริกซ์พารามิเตอร์ Φ เท่ากัน

การทดสอบสมมุติฐานดังกล่าว ใช้หลักการทดสอบฟังก์ชั่นความกลมกลืนของแต่ละกลุ่ม ดังนั้น เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง (S_g) จึงเป็นเป้าหมายของการวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมุติฐาน ซึ่งเป็นการทดสอบความสอดคล้องระหว่างเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของประชากรแต่ละกลุ่ม นั่นคือ $\Sigma_g(\theta_g)$ กับ S_g หากทั้งสองเมทริกซ์มีความใกล้เคียงกันมากก็แสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องกัน Bollen (1989) แสดงค่าฟังก์ชั่นความกลมกลืนทั่วไปของทุกกลุ่มในรูปสมการดังนี้

$$F = \Sigma_{g=1}^{G}(\frac{N_g}{N})F_g(S_g, \Sigma_g(\theta_g)) \quad \text{.....(2.11)}$$

เมื่อ F = ฟังก์ชั่นความกลมกลืนทั่วไป

N_g = ขนาดของกลุ่มตัวอย่างในกลุ่มที่ g เมื่อ g = 1, 2, 3, ... G

N = $N_1 + N_2 + ... + N_G$

$F_g(S_g, \Sigma_g(\theta))$ = ฟังก์ชั่นความกลมกลืนของกลุ่มที่ g

สมการข้างต้น แสดงว่ากลุ่มที่ใหญ่ที่สุด จะได้รับน้ำหนัก (N_g/N) ในการทำให้ฟังก์ชั่น F มีค่าน้อยที่สุด F_g สำหรับวิธีการประมาณค่าแบบไลค์ลิฮู้ดสูงสุด (maximum likelihood = ML) แบบกำลังสองน้อยที่สุดไม่ถ่วงน้ำหนัก (unweighted least squares = ULS) และแบบกำลังสองน้อยที่สุดวางนัยทั่วไป (generalized least squares = GLS) เป็นดังนี้

$$F_{gML} = \log|\Sigma_g| + tr(s_g\Sigma_g^{-1}) - \log|S_g| - (p+q) \quad \text{.....(2.12)}$$

$$F_{gULS} = (\frac{1}{2})tr\left[(S_g - \Sigma_g)^2\right] \quad \text{.....(2.13)}$$

$$F_{gGLS} = (\frac{1}{2})tr\left[(I - \Sigma_g S_g^{-1})^2\right] \quad \text{.....(2.14)}$$

ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างการประมาณค่าเพื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลกับการประมาณค่าของโมเดลเพียงหนึ่งกลุ่ม คือ การรวมพารามิเตอร์ที่กำหนดเงื่อนไขไม่แปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่มและฟังก์ชั่นความกลมกลืนรวมที่น้อยที่สุดไปพร้อม ๆ กันในสองกลุ่มหรือมากกว่า ส่วนการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์นั้น มีความคล้ายคลึงกับการวิเคราะห์ในกลุ่มตัวอย่างหนึ่งกลุ่ม โดยมีสมมุติฐานศูนย์คือ เงื่อนไขบังคับของพารามิเตอร์ในโมเดลในทุกกลุ่มถูกต้อง มีองศาอิสระ (df) เท่ากับ $\frac{1}{2}(G)(p+q)(p+q+1) - t$ เมื่อ t คือ จำนวนพารามิเตอร์อิสระที่ถูกประมาณค่าในทุกกลุ่ม

การตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ใช้หลักการของความสอดคล้องสอดแทรก (nested goodness-of-fit) (Jaccard and Wan, 1996) ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับโมเดลสอดแทรก (nested model) นั่นคือ สมมุติฐานสำหรับการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์ของโมเดลในแต่ละขั้นสอดแทรก (nested) อยู่ภายใต้สมมุติฐานที่ปรากฏก่อน เช่น $H_{\Lambda_x\Phi}$ สอดแทรกอยู่ใน H_{Λ_x} เป็นต้น การทดสอบสมมุติฐาน ทำแยกเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเป็นการทดสอบสมมุติฐาน H_{Λ_x} ส่วนขั้นตอนที่สองเป็นการทดสอบสมมุติฐาน $H_{\Lambda_x\Phi}$ หลักการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ เป็นการทดสอบนัยสำคัญของความแตกต่างของค่าดัชนีวัดความสอดคล้องของโมเดล หรือผลต่างของค่าไค-สแควร์ที่ได้จากการทดสอบสมมุติฐานทั้ง 2 ขั้นตอน ที่องศาอิสระเท่ากับผลต่างขององศาอิสระที่ได้ในขั้นตอน

ดังกล่าว ถ้าผลต่างของค่าไค-สแควร์ที่ได้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าโมเดลมีความไม่แปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์ระหว่างกลุ่มประชากร ในทางกลับกันถ้าผลต่างของค่าไค-สแควร์ที่ได้มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่ามีความแปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์ของโมเดลระหว่างกลุ่มประชากร

เพื่อแสดงให้เห็นถึง การประยุกต์ใช้โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุในการพัฒนาตัวบ่งชี้และการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์ในโมเดล ผู้วิจัยขอยกกรณีตัวอย่างงานวิจัยเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าว ซึ่งเป็นการพัฒนาตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู และการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลประสิทธิภาพการใช้ครู โดยใช้การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ (วรรณี แกมเกตุ, นงลักษณ์ วิรัชชัย และสมหวัง พิธิยานุวัฒน์, 2540) งานวิจัยเรื่องดังกล่าวเป็นการศึกษานำร่องของการวิจัยครั้งนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาตัวบ่งชี้ ประสิทธิภาพการใช้ครูของโรงเรียน และทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของพารามิเตอร์ในโมเดลประสิทธิภาพการใช้ครู ระหว่างกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ (สปช.) และกรมสามัญศึกษา โดยใช้ฐานข้อมูลจากโครงการวิจัยของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ เรื่อง ประสิทธิภาพการใช้ครู : การวิเคราะห์เชิงปริมาณระดับมหภาค (สำนักงานคณะกรรมการศึกษาแห่งชาติ, 2539) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ โรงเรียนกลุ่มตัวอย่างในสองสังกัดดังกล่าว จำนวน 625 โรงเรียน ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย ตัวแปรสังเกตได้ 2 กลุ่มคือ กลุ่มตัวแปรด้านกระบวนการใช้ครู 6 ตัวแปร และกลุ่มตัวแปรด้านผลผลิตที่เกิดกับตัวครู 10 ตัวแปร และตัวแปรแฝง 2 ตัวแปร คือ ประสิทธิภาพการใช้ครูด้านกระบวนการใช้ครู และด้านผลผลิตที่เกิดตัวครู ตามกรอบความคิดของการวิจัยประสิทธิภาพการใช้ครู ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2539) การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับใช้พัฒนาตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู ประกอบด้วย การวิเคราะห์โมเดลลิสเรลแบบโมเดลคงที่สำหรับกลุ่มประชากรรวมกลุ่มเดียวทั้งสองสังกัด และการวิเคราะห์โมเดลลิสเรลแบบการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ โดยมีสมมุติฐานวิจัยที่ใช้ในการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลประสิทธิภาพการใช้ครู ดังนี้ คือ ภายใต้รูปแบบของโมเดลประสิทธิภาพการใช้ครูที่กำหนดเหมือนกัน ค่าพารามิเตอร์ในเมทริกซ์ Λ_X , Φ และ Θ_δ ของโมเดลประสิทธิภาพการใช้ครูน่าจะแตกต่างกันระหว่างกลุ่มโรงเรียนสังกัด สปช. และกรมสามัญศึกษา และมีสมมุติฐานทางสถิติในการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลตามสมมุติฐานวิจัยดังกล่าว รวม 4 สมมุติฐานหลัก โดยให้ความสนใจในการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์ในเมทริกซ์ Λ_X เป็นสำคัญสมมุติฐานหลักทั้ง 4 ซึ่งสอดแทรกกันอยู่ มีดังนี้

1) H_{form} : รูปแบบไม่แปรเปลี่ยน (ขนาดของเมทริกซ์และสถานะของพารามิเตอร์เป็นแบบกำหนด,อิสระและบังคับ ในเมทริกซ์ Λ, Φ และ Θ_δ เหมือนกัน)

2) H_{Λ_x} : $\Lambda_x^{(1)} = \Lambda_x^{(2)}$

3) $H_{\Lambda_x\Phi}$: $\Lambda_x^{(1)} = \Lambda_x^{(2)}$, $\Phi^{(1)} = \Phi^{(2)}$

4) $H_{\Lambda_x\Phi\Theta_\delta}$: $\Lambda_x^{(1)} = \Lambda_x^{(2)}$, $\Phi^{(1)} = \Phi^{(2)}$, $\Theta_\delta^{(1)} = \Theta_\delta^{(2)}$

การทดสอบสมมุติฐานทางสถิติชุดนี้เป็นการทดสอบแบบเชิงชั้นสะสม กล่าวคือ การทดสอบสมมุติฐานที่ 2) ต้องรวมคุณสมบัติของสมมุติฐานที่ 1) และการทดสอบสมมุติฐานที่ 3) ต้องรวมคุณสมบัติของสมมุติฐานที่ 1) และ 2) ด้วย และการทดสอบสมมุติฐานที่ 4) ต้องรวมคุณสมบัติของสมมุติฐานที่ 1), 2) และ 3) การทดสอบสมมุติฐานที่ 1) เป็นการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของรูปแบบโมเดล โดยไม่มีการกำหนดว่าค่าพารามิเตอร์ระหว่างกลุ่มมีค่าเท่ากัน ซึ่งก็คือ การทดสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในแต่ละกลุ่มประชากรนั่นเอง การทดสอบสมมุติฐานที่ 2) เป็นการกำหนดให้เมทริกซ์พารามิเตอร์สัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรภายนอกแฝงบนตัวแปรสังเกตได้ (Λ_x) เท่ากันทั้ง 2 กลุ่ม การทดสอบสมมุติฐานที่ 3) ยังคงกำหนดให้เงื่อนไขตามสมมุติฐานที่ 2) เท่ากัน และเพิ่มความเท่ากันของเมทริกซ์พารามิเตอร์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรภายนอกแฝง (Φ)และการทดสอบสมมุติฐานสุดท้าย เป็นการกำหนดเงื่อนไขตามสมมุติฐานที่ 3) และเพิ่มเงื่อนไขกำหนดให้เมทริกซ์พารามิเตอร์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อนในการวัดตัวแปรสังเกตได้ (Θ_δ) เท่ากัน

ผลการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ เพื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลตามสมมุติฐานดังกล่าว พบว่า โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ทั้ง 3 โมเดลที่มีการกำหนดเงื่อนไขตามสมมุติฐานที่ 1), 2) และ 3) (χ^2 = 148.65, 157.75 และ 165.08,p = .54, .60 และ .55 ตามลำดับ รายละเอียดผลการวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลประสิทธิภาพการใช้ครูระหว่างกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติและกรมสามัญศึกษา

สมมุติฐาน	χ^2	df	χ^2/df	p	GFI	NFI	IFI
1) H_{form}	148.65	151	0.984	0.54	0.97	0.91	1.00
2) H_{Λ_x}	159.75	165	0.968	0.60	0.97	0.90	1.00
3) $H_{\Lambda_x\Phi}$	165.08	168	0.983	0.55	0.97	0.90	1.00
4) $H_{\Lambda_x\Phi\Theta_\delta}$	628.84	184	3.418	0.00	0.90	0.62	0.70

ผลการทดสอบสมมุติฐาน จากตารางที่ 1 พบว่า ไม่ปฏิเสธสมมุติฐาน H_{form} แสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูล จึงเป็นหลักฐานยืนยันว่ารูปแบบของโมเดลยังคงไม่แปรเปลี่ยนทั้งสองสังกัด ผลการทดสอบสมมุติฐานต่อไปคือ H_{Λ_x} พบว่าไม่ปฏิเสธสมมุติฐาน แสดงว่าโมเดลและข้อมูลสอดคล้องดีมาก ความแตกต่างของค่าไค-สแควร์ระหว่างสมมุติฐาน H_{Λ_x} และ H_{form} มีค่าเท่ากับ 11.1 (159.75 - 148.65) ที่องศาอิสระ (df) เท่ากับ 14 ซึ่งไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเพิ่มข้อกำหนดเกี่ยวกับความเท่ากันของ Φ เข้าไป ผลการทดสอบสมมุติฐาน $H_{\Lambda_x\Phi}$ พบว่าไม่ปฏิเสธสมมุติฐาน แสดงว่าโมเดลและข้อมูลสอดคล้องกันดี ความแตกต่างของค่าไค-สแควร์ระหว่างสมมุติฐาน $H_{\Lambda_x\Phi}$ และ H_{Λ_x} มีค่าเท่ากับ 5.33 (165.08 - 159.75) ที่ df เท่ากับ 3 ซึ่งไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน และผลการทดสอบสมมุติฐานสุดท้ายคือ $H_{\Lambda_x\Phi\Theta_\delta}$ พบว่า ปฏิเสธสมมุติฐาน แสดงว่าโมเดลไม่สอดคล้องกับข้อมูล ความแตกต่างของค่าไค-สแควร์ระหว่างสมมุติฐาน $H_{\Lambda_x\Phi\Theta_\delta}$ และ $H_{\Lambda_x\Phi}$ มีค่าเท่ากับ 463.76 (628.84 - 165.08) ที่ df เท่ากับ 16 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลประสิทธิภาพการใช้ครูระหว่างกลุ่มโรงเรียนสังกัด สปช. และกรมสามัญศึกษามีความถูกต้องที่รูปแบบของโมเดล $\Lambda_x^{(1)} = \Lambda_x^{(2)}$ และ $\Phi^{(1)} = \Phi^{(2)}$ แต่ไม่สามารถยอมรับได้ว่า $\Theta_\delta^{(1)} = \Theta_\delta^{(2)}$ อย่างไรก็ตาม โมเดลที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีที่สุด ได้แก่ โมเดลที่มีเงื่อนไขกำหนดตามสมมุติฐาน H_{Λ_x} พิจารณาได้จากอัตราส่วนของค่าไค-สแควร์ต่อองศาอิสระ (χ^2/df ratio) มีค่าน้อยที่สุดและมีค่าความน่าจะเป็นเข้าใกล้ 1 มากที่สุด ดังนั้นการพัฒนาตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู ในการวิจัยครั้งนี้ จึงใช้ผลการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุตามสมมุติฐาน H_{Λ_x} ($\Lambda_x^{(1)} = \Lambda_x^{(2)}$) ซึ่งเป็นโมเดลที่กำหนดให้ค่าพารามิเตอร์น้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรของกลุ่มโรงเรียนทั้งสองสังกัดมีค่าเท่ากัน แต่อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ ยังให้ค่าสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบที่จะนำไปใช้ในการสร้างตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพ-

การใช้ครู มีค่าแตกต่างกันระหว่างกลุ่มโรงเรียนทั้งสองสังกัด จึงทำให้ได้สมการสำหรับสร้างตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครูด้านกระบวนการใช้ครู (P) และด้านผลผลิตที่เกิดกับตัวครู (O) ของกลุ่มโรงเรียน ในแต่ละสังกัด ดังนี้

ตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครูของโรงเรียนในสังกัด สปช.

P = 0.19*(PARADM) + 0.15**(JOBASS) - 0.01(RELVTE) + 0.55**(SUPERV) + 0.06(DEVELO) + 0.17**(JOEVAL)

O = 0.02(TEHOUR) + 0.02(NTHOUR) + 0.05**(JOBVAR) + 0.07**(JOBQUA) + 0.28**(JOBSAT) - 0.04(SAPROG) - .03(SPPROG) + 0.46**(COPROG) + 1.11**(JOBINV) + 0.27*(INVOLV)

ตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครูของโรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษา

P = 0.07*(PARADM) + 0.22**(JOBASS) - 0.10(RELVTE) + 0.42**(SUPERV) - 0.09(DEVELO) + 0.19**(JOEVAL)

O = -0.02(TEHOUR) - 0.02(NTHOUR) + 0.00(JOBVAR) + 0.15**(JOBQUA) + 0.26**(JOBSAT) - 0.02(SAPROG) - .10(SPPROG) + 0.54**(COPROG) + 1.07**(JOBINV) + 0.28**(INVOLV)

ผลการศึกษาวิจัยนำร่องนี้ พบว่า ตัวแปรที่สำคัญของตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครูด้านกระบวนการใช้ครูคือ การนิเทศครู (SUPERV) การประเมินผลการปฏิบัติงาน (JOEVAL) ลักษณะการมอบหมายงาน (JOBASS) และการบริหารแบบมีส่วนร่วม (PARADM) ส่วนตัวแปรที่สำคัญของตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครูด้านผลผลิตที่เกิดกับตัวครูคือ ความพึงพอใจในการทำงาน (JOBSAT) คุณภาพของงาน (JOBQUA) ความก้าวหน้าเทียบกับเพื่อนร่วมรุ่น (COPROG) ความปรารถนาที่จะเป็นครูต่อไปในอนาคต (INVOLV) ความผูกพันกับอาชีพครู (JOBINV) และความหลากหลายของงาน (JOBVAR) โดยที่กลุ่มโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษามีประสิทธิภาพการใช้ครูด้านกระบวนการใช้ครูโดยเฉลี่ยต่ำกว่ากลุ่มโรงเรียนสังกัด สปช. ต่มีประสิทธิภาพการใช้ครูด้านผลผลิตที่เกิดกับตัวครูโดยเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มโรงเรียนสังกัด สปช. และพบว่า โมเดลประสิทธิภาพการใช้ครูมีความแปรเปลี่ยนเฉพาะค่าพารามิเตอร์ในเมทริกซ์ความแปรปรวน- ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อนในการวัดตัวแปรสังเกตได้ ระหว่างกลุ่มโรงเรียนสังกัด สปช. และกรมสามัญศึกษา แต่ไม่มีความแปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์น้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรและค่าพารามิเตอร์ของเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรภายนอกแฝง นอกจากนี้ยังพบว่า ผลการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุแตกต่างจากผลการวิเคราะห์โมเดลลิสเรลแบบโมเดลคงที่สำหรับกลุ่มประชากรกลุ่มเดียว กล่าวคือ ผลการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ มีจำนวนตัวแปรที่มีนัยสำคัญทางสถิติน้อยกว่าผลการวิเคราะห์โมเดล

ลิสเรลแบบโมเดลคงที่สำหรับกลุ่มประชากรกลุ่มเดียว จากข้อค้นพบดังกล่าว ชี้ให้เห็นว่า การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ มีข้อดีเหนือกว่าการวิเคราะห์โมเดลลิสเรลแบบโมเดลคงที่สำหรับกลุ่มประชากรกลุ่มเดียว ที่สำคัญมี 2 ประการคือ ประการแรก ทำให้ได้โมเดลที่มีความประหยัด อันจะนำไปสู่การเป็นโมเดลที่มีอำนาจทางสถิติสูง สะดวกและประหยัดค่าใช้จ่ายในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประการที่สอง ทำให้ได้ค่าประมาณพารามิเตอร์ของตัวแปรที่วัดในแต่ละกลุ่มประชากรแยกกัน อันจะเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้สร้างตัวบ่งชี้ที่มีความเหมาะสมกับบริบทของกลุ่มประชากรแต่ละกลุ่ม และทำให้ได้สารสนเทศที่มีลักษณะเฉพาะสำหรับกลุ่มประชากรแต่ละกลุ่ม อันจะเป็นประโยชน์ในการนำผลวิจัยไปใช้ในทางปฏิบัติได้อย่างเหมาะสมกับลักษณะของกลุ่มประชากรแต่ละกลุ่มอีกด้วย (วรรณี แกมเกตุ, นงลักษณ์ วิรัชชัย และสมหวัง พิธิยานุวัฒน์, 2540)

2.2 การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลประสิทธิภาพการใช้ครูระหว่างกลุ่มโรงเรียนในการวิจัยครั้งนี้

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครูของโรงเรียนจำแนกตามสังกัด และทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของพารามิเตอร์ในโมเดลประสิทธิภาพการใช้ครูระหว่างกลุ่มโรงเรียนต่างสังกัด โดยประยุกต์ใช้โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ กลุ่มโรงเรียนดังกล่าวประกอบด้วย 5 สังกัด คือ สังกัดสำนักการศึกษากรุงเทพมหานคร สำนักงานการศึกษาท้องถิ่น สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ กรมสามัญศึกษา และสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาเอกชน โดยมีสมมุติฐานการวิจัยคือ ภายใต้รูปแบบโมเดลที่กำหนดเหมือนกัน ค่าพารามิเตอร์ของโมเดลประสิทธิภาพการใช้ครู น่าจะแตกต่างกันระหว่างกลุ่มโรงเรียนทั้ง 5 สังกัด ค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวประกอบด้วย ค่าพารามิเตอร์ของเมทริกซ์สัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรภายนอกแฝงบนตัวแปรสังเกตได้ (Λ_X) หรือค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรสังเกตได้ ค่าพารามิเตอร์ของเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรภายนอกแฝง (Φ) และค่าพารามิเตอร์ของเมทริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อนในการวัดตัวแปรสังเกตได้ (Θ_δ) โดยให้ความสำคัญในการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยน ของค่าพารามิเตอร์น้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรสังเกตได้เป็นหลัก ซึ่งเป็นพารามิเตอร์สำหรับการพัฒนาตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู สมมุติฐานทางสถิติในการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์ในโมเดล ตามสมมุติฐานการวิจัยดังกล่าว รวม 5 สมมุติฐานหลัก มีดังนี้

สำหรับวิธีการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ เพื่อทดสอบสมมุติฐานดังกล่าว จะกล่าวถึงรายละเอียดในวิธีดำเนินการวิจัย

1) H_{form} : รูปแบบไม่แปรเปลี่ยน (ขนาดของเมทริกซ์ และสถานะของพารามิเตอร์เป็นแบบกำหนด, อิสระ และบังคับ ในเมทริกซ์ Λ, Φ และ Θ_δ เหมือนกัน)

2) H_{Λ_x} : $\Lambda_x^{(1)} = \Lambda_x^{(2)} = \Lambda_x^{(3)} = \Lambda_x^{(4)} = \Lambda_x^{(5)}$

3) H_{Φ} : $\Phi^{(1)} = \Phi^{(2)} = \Phi^{(3)} = \Phi^{(4)} = \Phi^{(5)}$

4) $H_{\Lambda_x\Phi}$: $\Lambda_x^{(1)} = \Lambda_x^{(2)} = \Lambda_x^{(3)} = \Lambda_x^{(4)} = \Lambda_x^{(5)}$, $\Phi^{(1)} = \Phi^{(2)} = \Phi^{(3)} = \Phi^{(4)} = \Phi^{(5)}$

5) $H_{\Lambda_x\Phi\Theta_\delta}$: $\Lambda_x^{(1)} = \Lambda_x^{(2)} = \Lambda_x^{(3)} = \Lambda_x^{(4)} = \Lambda_x^{(5)}$, $\Phi^{(1)} = \Phi^{(2)} = \Phi^{(3)} = \Phi^{(4)} = \Phi^{(5)}$, $\Theta_\delta^{(1)} = \Theta_\delta^{(2)} = \Theta_\delta^{(3)} = \Theta_\delta^{(4)} = \Theta_\delta^{(5)}$

การทดสอบสมมุติฐานที่ 1) เป็นการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของรูปแบบโมเดล โดยไม่มีการกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ระหว่างกลุ่มโรงเรียนต่างสังกัดมีค่าเท่ากัน ซึ่งก็คือการทดสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในแต่ละกลุ่มประชากรนั่นเอง การทดสอบสมมุติฐานที่ 2) เป็นการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรภายนอกแฝงบนตัวแปรสังเกตได้ (Λ_X) หรือพารามิเตอร์น้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปร โดยการกำหนดให้เมทริกซ์พารามิเตอร์ดังกล่าวมีค่าเท่ากันทั้ง 5 กลุ่ม การทดสอบสมมุติฐานที่ 3) เป็นการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของเมทริกซ์พารามิเตอร์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรภายนอกแฝง (Φ) การทดสอบสมมุติฐานที่ 4) ยังคงกำหนดให้เงื่อนไขตามสมมุติฐานที่ 2) เท่ากัน และเพิ่มความเท่ากันของเมทริกซ์พารามิเตอร์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรภายนอกแฝง(Φ) ตามสมมุติฐานที่ 3) และการทดสอบสมมุติฐานสุดท้าย ยังคงกำหนดให้เงื่อนไขตามสมมุติฐานที่ 4) เท่ากัน และเพิ่มเงื่อนไขกำหนดให้เมทริกซ์พารามิเตอร์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อนในการวัดตัวแปรสังเกตได้ (Θ_δ) เท่ากันด้วย

ตอนที่ 3 การตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างโดยใช้โมเดล MTMM และการประยุกต์ใช้กับการตรวจสอบความตรงของตัวบ่งชี้

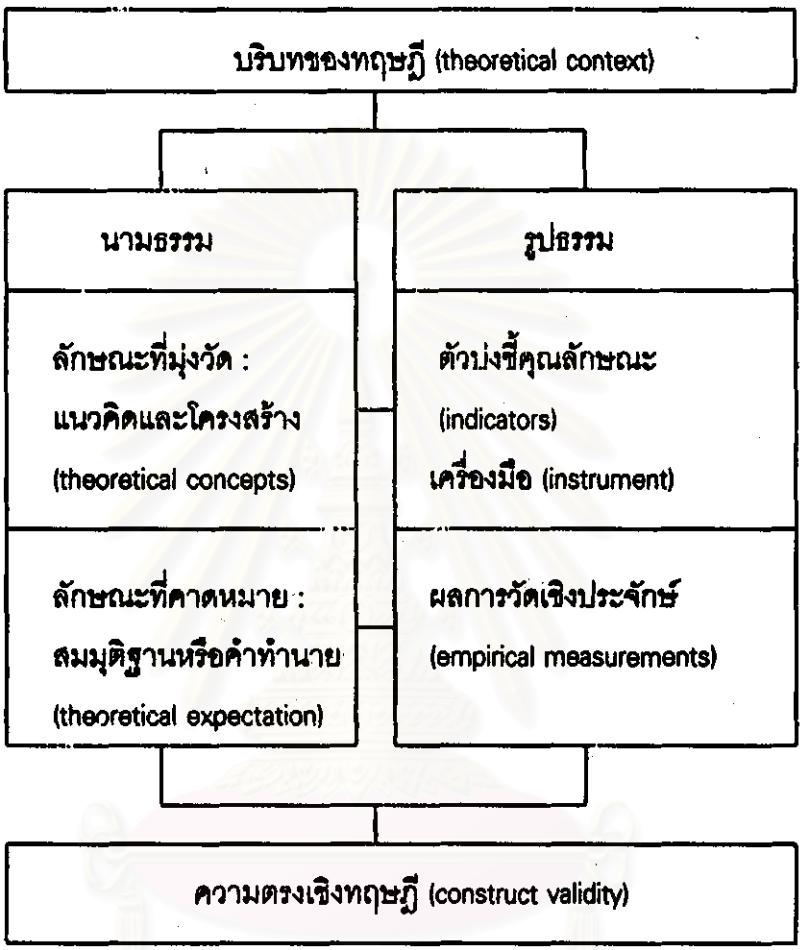
-- ความตรงเชิงโครงสร้าง หรือความตรงเชิงทฤษฎี (construct validity) หมายถึง คุณสมบัติของมาตรวัดที่ให้ผลการวัดสอดคล้องกับคุณลักษณะที่ต้องการวัด ซึ่งนิยามโดยใช้ตัวแปรโครงสร้างตามทฤษฎี ความตรงเชิงโครงสร้างเป็นความตรงที่มีความสำคัญมากที่สุด เพราะเป็นความตรงประเภทที่เชื่อมโยงการวัดในทางปฏิบัติ กับลักษณะที่ต้องการวัดในทางทฤษฎี (บุงลักษณ์ วิรัชชัย, 2537; Allen and Yen, 1979; Kerlinger, 1986) หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่า ความตรงเชิงโครงสร้าง เป็นคุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของมาตรวัด ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของมาตรวัดว่า สามารถวัดคุณลักษณะที่ต้องการวัดได้สอดคล้องตามโครงสร้างทฤษฎีหรือไม่

การตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง เป็นกระบวนการ หรือกิจกรรมที่หาข้อมูลเชิง-ประจักษ์มาสนับสนุนสมมุติฐานหรือโครงสร้างตามทฤษฎีที่ต้องการทดสอบ กล่าวคือ กระบวนการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง จำเป็นต้องนิยามคุณลักษณะที่มุ่งวัดตามแนวคิดเชิงทฤษฎี ซึ่งเป็นนามธรรมให้อยู่ในรูปของตัวบ่งชี้หรือพฤติกรรมที่สามารถวัดได้ จากนั้นจึงนำผลการวัดเชิง-ประจักษ์มาตรวจสอบด้วยวิธีการต่างๆ ว่าสอดคล้องตามคุณลักษณะที่คาดหมาย หรือสมมุติฐานที่กำหนดไว้หรือไม่ ซึ่งสามารถแสดงมโนทัศน์ของการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างดังกล่าวได้ดังแผนภาพที่ 3 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2538)

สำหรับวิธีการในการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างนั้น สามารถทำได้หลายวิธี เช่น ใช้หลักการวิเคราะห์เชิงตรรกะ วิธีการวิจัยเชิงทดลอง วิธีการศึกษาความสัมพันธ์ วิธีการเปรียบเทียบกับกลุ่มที่รู้จักหรือมีหลักฐานอยู่แล้ว วิธีการวิเคราะห์ด้วยทฤษฎีสรุปอ้างอิง วิธีเมทริกซ์หลากลักษณะหลายวิธี วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ รวมทั้งการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (อุทุมพร จามรมาน, 2537) สำหรับในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะวิธีหลากลักษณะหลายวิธี (multitrait-multimethod : MTMM) ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมกับสภาพการณ์การศึกษาวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์ และผู้วิจัยนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้

การตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง ด้วยวิธีหลากลักษณะหลายวิธี ดังกล่าวนี้ สามารถทำได้ทั้งวิธีการวิเคราะห์เมทริกซ์สหสัมพันธ์แบบดั้งเดิม และวิธีการวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้น หรือโมเดลลิสเรล ที่ได้มีผู้พัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขจุดอ่อนของวิธีแบบดั้งเดิม

ได้แก่ การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (confirmatory factor analysis : CFA) การวิเคราะห์ส่วนประกอบความแปรปรวนร่วม (covariance component analysis : CCA) และโมเดลผลคูณโดยตรง (direct product model : DPM) โดยมีรายละเอียดของทั้ง 4 วิธี ดังต่อไปนี้



แผนภาพที่ 3 มโนทัศน์ของการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง
ที่มา : ศิริชัย กาญจนวาสี (2538)

3.1 วิธีการวิเคราะห์เมทริกซ์สหสัมพันธ์แบบดั้งเดิม (Traditional Analysis of Correlation Matrices : TACM)

การวิเคราะห์เมทริกซ์สหสัมพันธ์แบบดั้งเดิมนี้ เป็นวิธีที่เสนอโดย Campbell และ Fiske ในปี ค.ศ. 1959 โดยอาศัยหลักการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงเส้นตรง จากผลการวัดคุณลักษณะหลายอย่างด้วยวิธีการวัดหลายวิธี และแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เหล่านี้ในรูปของเมทริกซ์สหสัมพันธ์ หรือเรียกว่าเมทริกซ์ MTMM ดังตัวอย่างแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างเมทริกซ์ MTMM จากผลการวัดคุณลักษณะ 3 อย่าง ด้วยวิธีการวัด 3 วิธี

		วิธีที่ 1			วิธีที่ 2			วิธีที่ 3		
	คุณลักษณะ	A1	B1	C1	A2	B2	C2	A3	B3	C3
วิธีที่ 1	A1	(MM)								
	B1	HM	(MM)							
	C1		(MM)							
วิธีที่ 2	A2	HH			(MM)					
	B2	MH			HM	(MM)				
	C2	HH				(MM)				
วิธีที่ 3	A3	HH			HH			(MM)		
	B3	MH			MH				(MM)	
	C3	HH			HH			HM		(MM)

หมายเหตุ MM : Monotrait - Monomethod MH : Monotrait -Heteromethod

HM : Heterotrait - Monomethod HH : Heterotrait - Heteromethod

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่า ส่วนประกอบของเมทริกซ์ MTMM สามารถจำแนกได้เป็น 4 ลักษณะ ดังนี้

ก. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลของการวัดคุณลักษณะเดียวกัน ด้วยวิธีการวัดเดียวกัน (monotrait - monomethod : MM)

ข. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลของการวัดคุณลักษณะเดียวกัน ด้วยวิธีการวัดที่ต่างกัน (monotrait - heteromethods : MH)

ค. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลของการวัดคุณลักษณะต่างกัน ด้วยวิธีการวัดเดียวกัน (heterotraits - monomethod : HM)

ง. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลของการวัดคุณลักษณะต่างกัน ด้วยวิธีการวัดต่างกัน (heterotraits - heteromethods : HH)

การตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ดังกล่าว อาศัยหลักการลู่เข้าและการจำแนก (convergent and discriminant principle) โดยมีหลักเกณฑ์ในการพิจารณา ดังนี้ (Campbell and Fisk, 1959; Allen and Yen, 1979; Crocker and Algina, 1986; Kerlinger, 1986; Bollen, 1989; อุทุมพร จามรมาน, 2537; เยาวดี วิบูลย์ศรี, 2539)

1) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดคุณลักษณะเดียวกัน ด้วยวิธีการวัดต่างกัน (MH) ควรมีค่าสูงอย่างมีนัยสำคัญ และสอดคล้องกัน ซึ่งเรียกว่า ความตรงเชิงลู่เข้า (convergent validity)

2) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดคุณลักษณะต่างกัน ด้วยวิธีการวัดเดียวกัน (HM) หรือผลการวัดคุณลักษณะต่างกัน ด้วยวิธีการวัดต่างกัน (HH) ควรมีค่าต่ำ ซึ่งเรียกว่า ความตรงเชิงจำแนก (discriminant validity)

3) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดคุณลักษณะเดียวกัน ด้วยวิธีการวัดต่างกัน (MH) หรือสัมประสิทธิ์ความตรง ควรมีค่าสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดคุณลักษณะต่างกันด้วยวิธีการวัดต่างกัน (HH) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดคุณลักษณะต่างกันด้วยวิธีการวัดเดียวกัน (HM)

4) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดคุณลักษณะต่างกัน ด้วยวิธีการวัดต่างกัน (HH) จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดคุณลักษณะต่างกันด้วยวิธีการวัดเดียวกัน (HM) ซึ่งแสดงถึงการไม่มีความลำเอียงของวิธีการวัด หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่า จะเกิดความลำเอียงของวิธีการวัด (method bias) เมื่อสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ HM มีค่าสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ HH

นอกจากนี้ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดคุณลักษณะเดียวกันด้วยวิธีการวัดเดียวกัน (MM) ซึ่งแสดงถึงค่าความเที่ยง (reliability) ควรมีค่าสูง

การตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างด้วยวิธีการวิเคราะห์เมทริกซ์ MTMM โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างเดียวตามทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมดังกล่าวนี้ นับว่าเป็นวิธีการที่สะดวกและได้รับความนิยมในการนำไปใช้มาก อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้ มีจุดอ่อนที่สำคัญ 2 ประการ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2537; Bollen, 1989) ประการแรกคือ การวิเคราะห์ข้อมูลมิได้นำค่าของตัวแปรคุณลักษณะแฝงมาพิจารณาด้วย ซึ่งต้องมีข้อตกลงเบื้องต้นว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้นั้นใช้แทนสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝง ซึ่งเป็นข้อตกลงเบื้องต้นที่อ่อนมาก ประการที่สอง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้มิใช่ค่าที่บอกค่าความตรงได้ถูกต้อง เพราะตามนิยามค่าความตรงควรจะเป็นค่าที่บอกความ

สัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้กับคุณลักษณะที่ต้องการวัด Bollen (1989) จึงได้เสนอให้ใช้โมเดลลิสเรลในการวิเคราะห์เมทริกซ์ MTMM ซึ่งได้มีผู้พัฒนาวิธีการวิเคราะห์ขึ้นหลายวิธี โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2 วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis : CFA)

วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน เป็นวิธีการที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุด (Millsap, 1995) และเป็นวิธีการที่นับว่ามีความเหมาะสมในการวิเคราะห์ข้อมูล MTMM (Schmitt and Stults, 1986 อ้างถึงใน Wothke, 1996) ซึ่งคิดขึ้นโดย Joreskog (1966, 1971 อ้างถึงใน Wothke, 1996) โดยใช้หลักการวิเคราะห์โมเดลลิสเรล โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล MTMM นี้เป็นโมเดลย่อยโมเดลหนึ่งในโมเดลการวัด ซึ่งเรียกว่าโมเดลหลากลักษณะหลายวิธี (multitrait - multimethod model : MTMM model) เป็นวิธีที่มีประโยชน์ในการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง ด้วยการกำหนดตัวแปรแฝงหรือองค์ประกอบคุณลักษณะที่ต้องการวัดหลายตัว และใช้วิธีการวัดหลายวิธี โดยที่คุณลักษณะที่วัดและวิธีการวัดเป็นอิสระจากกัน (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2537) มีโมเดลทั่วไปของการวิเคราะห์ดังนี้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2538)

MTMM model : $X_{ij} = \Lambda_i T_i + \Lambda_m M_j + E_{ij}$ .....(2.13)

เมื่อ T_i, M_j = องค์ประกอบคุณลักษณะ และองค์ประกอบวิธี

Λ_i, Λ_m = เมทริกซ์น้ำหนักองค์ประกอบคุณลักษณะและองค์ประกอบวิธี

X_{ij} = เวกเตอร์ของตัวแปรสังเกตได้ที่วัดคุณลักษณะที่ i ด้วยวิธีที่ j

E_{ij} = องค์ประกอบความคลาดเคลื่อน

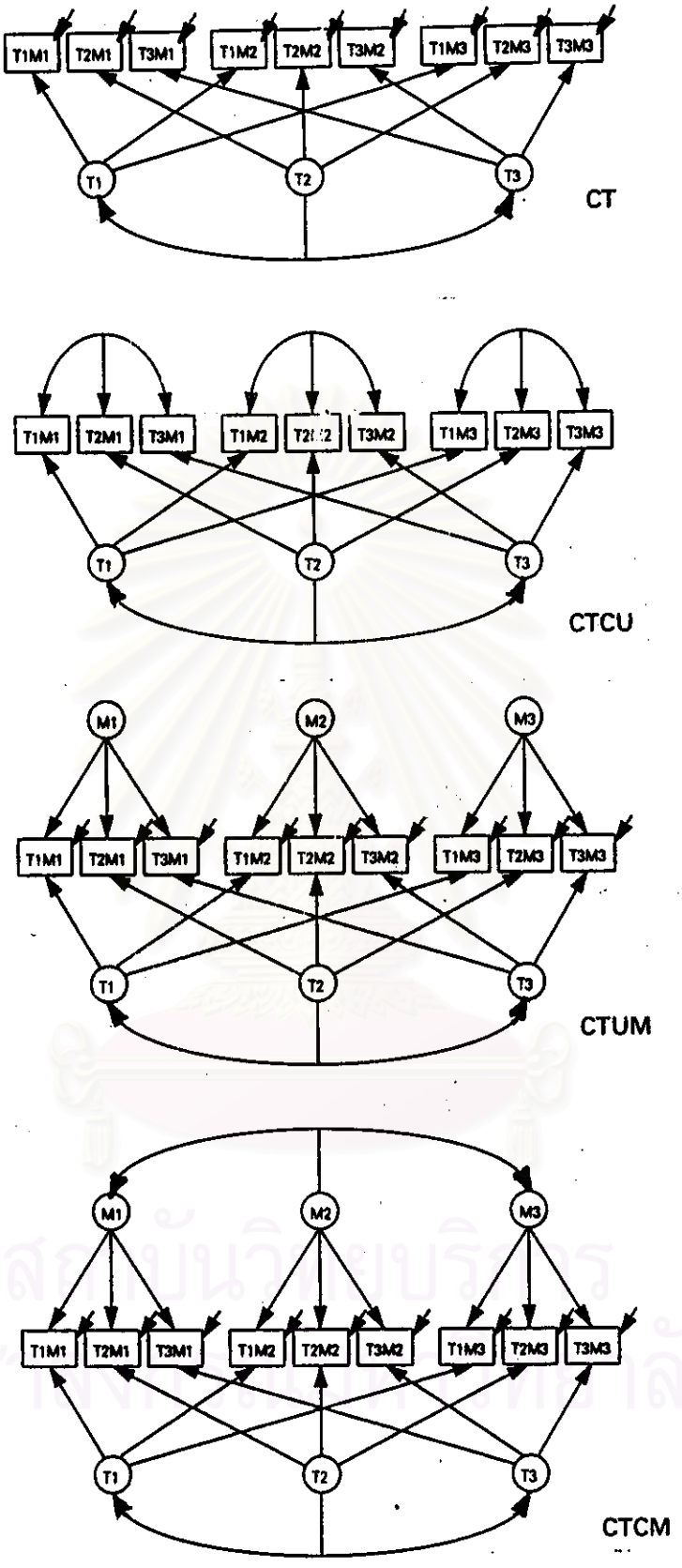
โมเดลทั่วไปของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน สำหรับวิเคราะห์ข้อมูล MTMM ดังกล่าวข้างต้น สามารถจำแนกออกเป็นโมเดลย่อยๆ เพื่อตรวจสอบความแปรปรวนของคุณลักษณะและวิธีหรือลักษณะเฉพาะอื่นๆ ที่ต้องการศึกษาได้อีกหลายโมเดล Widaman (1989 อ้างถึงใน Marsh and Bailey, 1991; Marsh and Grayson, 1995) ได้เสนอสารบบจำแนกโมเดลที่มีลักษณะแตกต่างกันอย่างเป็นระบบตามองค์ประกอบคุณลักษณะและวิธี สารบบจำแนกโมเดลดังกล่าวได้ถูกขยายเพิ่มเติมโดย Marsh (1988, 1989) เพื่อให้มีความเหมาะสมสำหรับการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูล MTMM ทั้งหมด ในการที่จะสรุปอ้างอิงเกี่ยวกับอิทธิพลขององค์ประกอบคุณลักษณะและวิธี (effects of trait and method factors) ที่มีอยู่ในข้อมูล MTMM สำหรับในที่นี้ผู้วิจัยจะนำเสนอเฉพาะชุดของโมเดลทั้งหมดที่มีความเหมาะสมและเป็นไปได้สำหรับวิเคราะห์ข้อมูล MTMM และใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งประกอบด้วยโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ

(trait-only factors analysis model) และโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ - วิธี (trait-method factor analysis model) รวม 4 โมเดลย่อย ดังแผนภาพที่ 4 รายละเอียดของโมเดลดังกล่าว มีดังต่อไปนี้

3.2.1 <u>โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ (Trait-Only Factor analysis Model)</u>

โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ เป็นโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล MTMM ที่มีรูปแบบง่ายที่สุด ซึ่งเสนอขึ้นโดย Joreskog (1966, 1971 อ้างถึงใน Wothke 1996) โมเดลนี้มีข้อตกลงเบื้องต้นคือ การวัดคุณลักษณะ (trait) มีความถูกต้องเชิงประจักษ์ และองค์ประกอบคุณลักษณะ (trait factor) นั้นสามารถอธิบายโครงสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูล MTMM ได้อย่างเพียงพอ หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่า ความแปรปรวนร่วม (common variation) ของการวัดตัวแปรสังเกตได้อธิบายได้ด้วยองค์ประกอบคุณลักษณะเพียงอย่างเดียว ไม่มีความแปรปรวนเนื่องมาจากองค์ประกอบวิธี (method factors) โดยที่คุณลักษณะที่ต่างกันอาจมีความสัมพันธ์กันได้ และความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนในการวัดตัวแปรสังเกตได้ไม่มีความสัมพันธ์กัน นั่นคือเมทริกซ์พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ ซึ่งได้แก่ เมทริกซ์สัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวแปรภายนอกแฝง (องค์ประกอบคุณลักษณะ) บนตัวแปรสังเกตได้ (Λ) เมทริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรภายนอกแฝง (Φ) และเมทริกซ์ความแปรปรวน- ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อนในการวัดตัวแปรสังเกตได้ (Θ_δ) มีลักษณะเป็นเมทริกซ์แนวทแยง (diagonal matrix) โดยมีจำนวนพารามิเตอร์อิสระที่ต้องประมาณค่าเท่ากับ $2mt + t (t-1) / 2$ และมีลักษณะโมเดลดังแผนภาพที่ 4

Wothke (1987 อ้างถึงใน Wothke, 1996) กล่าวว่า โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะดังกล่าวนี้ เป็นโมเดลที่ง่ายที่สุดและมีอำนาจมากที่สุด แต่เป็นโมเดลที่ยังมีข้อจำกัดมากเกี่ยวกับความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์



แผนภาพที่ 4 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล MTMM แบบการวัดคุณลักษณะ 3 อย่าง ด้วยวิธีวัด 3 วิธี

3.2.2 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ-วิธี (Trait- Method Factor Analysis Model)

โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ - วิธี เป็นโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล MTMM (CFA - MTMM model) ที่ขยายมาจากโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ โดยการรวมองค์ประกอบวิธี (method factors) เข้าไปในโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเพื่อให้เป็นทางเลือกที่มีข้อจำกัดน้อยลงสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล MTMM โดยการยอมให้ความแปรปรวนอย่างมีระบบ (systematic variation) ของการวัดตัวแปรสังเกตได้ เป็นผลเนื่องมาจากองค์ประกอบคุณลักษณะและองค์ประกอบวิธี เมื่อองค์ประกอบคุณลักษณะไม่มีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบวิธี (Althauser and Heberlein, 1970; Werts and Linn, 1970 ; Althauser et al., 1971 ; Joreskog, 1971; Werts, Linn and Joreskog, 1971; Werts et al., 1972 ; Althauser, 1974; Kalleberg and Kluegel, 1975 ; Schmitt, 1978 อ้างถึงใน Wothke, 1996) โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ - วิธี ดังกล่าวนี้ สามารถจำแนกเป็นโมเดลย่อยๆ ที่สำคัญได้ 3 โมเดล คือ โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ - วิธีที่มีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคุณลักษณะและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบวิธี (CFA - model with correlated trait factors and correlated method factors : CFA-CTCM) โมเดลการวิเคราะห์การวิเคราะห์องค์ประกอบลักษณะ-วิธี ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคุณลักษณะแต่ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบวิธี (CFA - model with correlated trait factors but uncorrelated method factors : CFA-CTUM) และโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ - วิธีที่มีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคุณลักษณะ และความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเฉพาะ (CFA - model with correlated trait factors and correlated uniquenesses : CFA -CTCU) (Marsh, Byrne, and Craven, 1992; Marsh and Grayson, 1995) โดยมีลักษณะโมเดลดังแสดงในแผนภาพที่ 4 ซึ่งเป็นกรณีตัวอย่างโมเดลการวัดคุณลักษณะ 3 อย่าง (T1 ,T2 และ T3) ด้วยวิธีการวัด 3 วิธี (M1, M2, และ M3) (3 - trait × 3 - method MTMM design)

โมเดล CFA - CTCM หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ - วิธี แบบบล็อคไดอะโกนัล (block-diagonal trait-method factor model) เป็นโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล MTMM ที่ยอมให้มีความสัมพันธ์กันระหว่างองค์ประกอบคุณลักษณะ และความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบวิธี โดยสมมุติว่าอิทธิพลของวิธีที่สัมพันธ์กันในแต่ละวิธีวัดเดียวกันมีความเป็นเอกมิติ โมเดลนี้เป็นโมเดลที่มีความเป็นทั่วไป (general model) สูงกว่าโมเดลอื่น และมีข้อดีคือไม่มีความกำกวมใน

การแปลความหมายความตรงเชิงลู่เข้า ความตรงเชิงจำแนก และอิทธิพลของวิธี กล่าวคือ ถ้าน้ำหนักองค์ประกอบมีค่าสูงบนองค์ประกอบวิธี แสดงว่ามีอิทธิพลของวิธีปรากฏอยู่ และถ้าความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะมีค่าสูง โดยเฉพาะมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าไม่มีความตรงเชิงจำแนก (Marsh and Grayson, 1995)

โมเดล CFA - CTUM เป็นโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันสำหรับการวิเคราะห์เมทริกซ์ MTMM ที่ยอมให้มีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคุณลักษณะแต่ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบวิธี โดยมีข้อตกลงว่าอิทธิพลของวิธีที่สัมพันธ์กันในแต่ละวิธีวัดเดียวกันมีความเป็นเอกมิติและไม่มีความสัมพันธ์กับอิทธิพลวิธีในวิธีวัดอื่นๆ โมเดลนี้แตกต่างจากโมเดล CFA - CTCM ตรงที่โมเดล CFA - CTCM เป็นโมเดลที่มีทั้งความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคุณลักษณะและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบวิธี ส่วนโมเดล CFA - CTUM เป็นโมเดลที่มีเฉพาะความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคุณลักษณะเพียงอย่างเดียว แต่ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบวิธี ดังนั้นการวิเคราะห์เปรียบเทียบโมเดลทั้ง สองโมเดลดังกล่าวนี้จึงเป็นการทดสอบว่า องค์ประกอบวิธีมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ (Marsh and Grayson, 1995)

ในทางทฤษฎีจะเห็นได้ว่าโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ - วิธี แบบ CFA - CTCM และ CFA - CTUM ดังกล่าวข้างต้นเป็นโมเดลที่มีความเป็นกรณีทั่วไปและมีประโยชน์สำหรับการศึกษาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบวิธีในการวิเคราะห์เมทริกซ์ MTMM เนื่องจากในความเป็นจริง เราไม่สามารถละเลยหรือปฏิเสธการศึกษาอิทธิพลของวิธีที่สัมพันธ์กัน ด้วยเหตุผลที่สำคัญ 2 ประการ คือ ประการแรก เราไม่มีความรู้เพียงพอเกี่ยวกับอิทธิพลของวิธีที่จะทำให้สามารถเลือกวิธีที่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของความเป็นอิสระได้ และประการที่สองนักวัดผลคาดหมายว่ามีอิทธิพลของวิธีที่สัมพันธ์กันเกิดขึ้นในบางสถานการณ์ ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ - วิธี ซึ่งมีทั้งความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะและความสัมพันธ์ระหว่างวิธี ดูเหมือนว่าจะเป็นโมเดลที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลดีกว่า (Millsap, 1995) อย่างไรก็ตาม ผลเชิงประจักษ์จากการนำโมเดลนี้ไปใช้ พบว่า มักจะให้ผลที่ไม่ดี (poor performance) กล่าวคือ มีปัญหาเกี่ยวกับการเป็นโมเดลที่ระบุความเป็นได้ค่าเดียวไม่พอดี (underidentification model) และ/ หรือให้ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ไม่สามารถยอมรับได้ (inadmissible parameter estimates) เช่น ค่าความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบมีค่าเกิน 1 ความคลาดเคลื่อนมีขนาดใหญ่ และความแปรปรวนขององค์ประกอบมีค่าเป็นลบ ซึ่งเรียกว่า "Heywood case" (Marsh and Bailey, 1991; Marsh et al, 1991; Marsh and Grayson, 1995; Marsh, 1995; Kiers, Takane, and Berge,1996) ดังเช่น ผลการศึกษาของ Wothke (1987) Brannick

และ Spector (1990) Marsh และ Bailey (1991) และ Kenny และ Kashy (1992) โดยการจำลองข้อมูลและ/หรือการวิเคราะห์ซ้ำ พบว่า มีความถี่สูงในการเกิดปัญหาการระบุความเป็นได้ค่าเดียวไม่พอดี หรือปัญหาการให้ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ไม่สามารถยอมรับได้ สาเหตุอาจเนื่องมาจากการขาดกรอบแนวคิดของโมเดล กล่าวคือ ในขณะที่ชุดขององค์ประกอบคุณลักษณะเป็นอิสระจากชุดขององค์ประกอบวิธี ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทั้ง 2 ชุดนี้ มักจะไม่เป็นค่าเดียว (unique) ความสัมพันธ์ของชุดองค์ประกอบขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์ของเมทริกซ์ MTMM ที่อยู่ในโมเดลและกระบวนการประมาณค่ามีแนวโน้มไม่คงที่ระหว่างองค์ประกอบคุณลักษณะและองค์ประกอบวิธี ซึ่งแสดงถึงการเป็นโมเดลระบุความเป็นได้ค่าเดียวไม่พอดี (Kenny and Kashy, 1992; Millsap, 1992; Grayson and Marsh, 1994) จากปัญหาดังกล่าว ทำให้โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ - วิธีโดยเฉพาะโมเดล CFA – CTCM เป็นโมเดลที่ยังมีจุดอ่อนในทางปฏิบัติ และยังไม่เกิดประโยชน์เท่าที่ควร (Brannick and Spector, 1990; Wothke, 1996) ซึ่ง Millsap (1995) ได้สรุปเงื่อนไขบางประการ ที่เพิ่มความเป็นไปได้ของการเกิดคำตอบ หรือผลการวิเคราะห์ที่ไม่เหมาะสม (improper solutions) ภายใต้โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ- วิธี ซึ่งเป็นโมเดลที่มีทั้งความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะและ/หรือความสัมพันธ์ระหว่างวิธีไว้ 4 ประการ ดังนี้คือ

1) กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก (small sample size) เช่น กลุ่มตัวอย่างมีจำนวนน้อยกว่า 150 อาจทำให้เกิดความแปรปรวนเป็นลบ เพราะความคลาดเคลื่อนในการสุ่มตัวอย่าง (Boomsma, 1982; Anderson and Gerbing, 1984; Dillon, Kumar, and Mulani, 1987 อ้างถึงใน Millsap,1995) ในกรณีนี้พารามิเตอร์ที่ไม่เหมาะสมหรือมีปัญหาอาจจะกำหนดให้เป็นค่าที่เหมาะสม หรืออาจจะปรับปรุงโมเดลเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว (Rindskopf, 1983, 1984 Millsap, 1995) จากผลการศึกษาของ Marsh และ Bailey (1991) โดยใช้ข้อมูลจริงและข้อมูลจำลองด้วยกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดต่างๆ กัน ตั้งแต่ 125, 250, 500, 1000 และ 1556 คน สำหรับข้อมูลจริง และกลุ่มตัวอย่างขนาด 160, 400 และ 1000 คน สำหรับข้อมูลจำลอง พบว่า เปอร์เซนต์ของการเกิดผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องเหมาะสมจะเพิ่มมากขึ้น เมื่อขนาดของกลุ่มตัวอย่างใหญ่ขึ้น

2) จำนวนคุณลักษณะและวิธีมีน้อย (few traits and methods) จำนวนคุณลักษณะ (T) และวิธีวัด (M) ขั้นต่ำสำหรับวิธีการที่เหมาะสมคือ 3 คุณลักษณะ และ 3 วิธี (Marsh and Hocevar, 1983; Marsh and Bailey, 1991) แต่โอกาสที่จะทำให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องกว่าควรมีอย่างน้อย 4 คุณลักษณะ และ 4 วิธี และเปอร์เซนต์ของการเกิดผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีจำนวนคุณลักษณะและวิธีวัดมากขึ้น นั่นคือ MTMM design มีขนาดใหญ่ขึ้นนั่นเอง เช่น 6T x 6M, 7T x 4M เป็นต้น (Marsh and Bailey, 1991) นอกจากนี้จำนวนตัวบ่งชี้ (indicator) ต่อองค์ประกอบ หรือตัวแปรแฝง ยังมีผลต่อโอกาสในการเกิด

ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องด้วย จากผลการศึกษาของ Gerbing และ Anderson (1985, 1987 อ้างถึงใน Marsh and Bailey , 1991) พบว่า โมเดลที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก และมีจำนวนตัวบ่งชี้ต่อองค์ประกอบน้อย จะก่อให้เกิดผลการวิเคราะห์ที่ไม่ถูกต้อง และผลการวิเคราะห์จะไม่ลู่เข้าหากัน (nonconvergence) จากผลการศึกษาดังกล่าว ชี้ให้เห็นว่า นอกจากขนาดของกลุ่มตัวอย่างแล้ว จำนวนตัวบ่งชี้ต่อองค์ประกอบยังมีผลต่อการเกิดผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องด้วย ถ้าจำนวนตัวบ่งชี้ต่อองค์ประกอบมีค่ามาก ก็จะทำให้โอกาสในการเกิดผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องมากขึ้นด้วย Marsh และ Bailey (1991) เสนอแนะว่า ตัวบ่งชี้ควรมีอย่างน้อย 3 ตัวต่อองค์ประกอบสำหรับโครงสร้างที่เป็นอิสระ (independent cluster structure) จำนวนตัวบ่งชี้ต่อองค์ประกอบคำนวณจากอัตราส่วนระหว่างตัวบ่งชี้หรือตัวแปรสังเกตได้ทั้งหมดต่อจำนวนองค์ประกอบทั้งหมด เช่นในกรณี 3T x 3M MTMM design ซึ่งแต่ละองค์ประกอบมีจำนวนตัวบ่งชี้ 3 ตัว จำนวนตัวบ่งชี้ต่อองค์ประกอบเท่ากับ 9 : 6 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.5 เป็นต้น (Marsh and Bailey, 1991)

3) ปัญหาการระบุ (identification problems) การระบุโมเดล ถ้าเงื่อนไขบังคับพอเพียง (sufficient constraint) ถูกเพิ่มเข้าไปในโมเดลเพื่อจะทำให้ค่าพารามิเตอร์ของโมเดลเป็นได้ค่าเดียว (unique) ปัญหานี้เป็นปัญหาทางเทคนิค แต่จะปรากฏเมื่อเป็นโมเดลที่มีทั้งความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะและความสัมพันธ์ระหว่างวิธีไม่ได้ถูกระบุภายใต้เงื่อนไขนี้ (Wothke, 1984; Millsap, 1992 อ้างถึงใน Millsap, 1995 ; Kenny and Kashy, 1992)

4) โมเดลผิด (the model is wrong) ผลการวิเคราะห์ที่ไม่ถูกต้อง (poor solution) อาจจะเกิดขึ้นเพราะโมเดลไม่สอดคล้องกับข้อมูลหรือเกิดจากการรวมพารามิเตอร์ที่ไม่จำเป็น (เช่น องค์ประกอบวิธี) เข้าไปในโมเดล

โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ - วิธี ดังกล่าวรายละเอียดมาข้างต้นแม้ว่าจะมีปัญหาบางประการในการนำไปใช้ แต่ก็มีผู้นิยมนำไปใช้และประสบความสำเร็จหรือสามารถให้ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ยอมรับได้ เช่น Byrne and Shavelson (1986) Byrne (1989) (อ้างถึงใน Millsap, 1995, Bollen, 1989)

จากปัญหาต่างๆ ของโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ-วิธี ซึ่งเป็นโมเดลที่มีทั้งความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคุณลักษณะ และ / หรือ ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบวิธี ดังกล่าวข้างต้น นำไปสู่การพัฒนาโมเดลทางเลือกอีก 2 โมเดล คือ โมเดลองค์ประกอบเฉพาะสัมพันธ์ (correlated uniqueness model) และ โมเดลผลคูณโดยตรง (direct product model) ทั้ง 2 โมเดลดังกล่าวนี้ เป็นโมเดลที่พัฒนามาจากข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบดั้งเดิม และทั้ง 2 โมเดลนี้ แสดงถึงอิทธิพลของวิธีวัดในรูปแบบ

ที่ต่างกัน (Millsap, 1995) ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในตอนต่อไป

โมเดล CFA-CTCU หรือโมเดลองค์ประกอบเฉพาะสัมพันธ์ (the correlated uniqueness model) เป็นโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน สำหรับวิเคราะห์เมทริกซ์ MTMM ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคุณลักษณะ (CT) และมีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเฉพาะ (CU) ซึ่งโมเดลดังกล่าวนี้ พัฒนามาจากข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบดั้งเดิม (traditional factor analysis) โดยยอมให้องค์ประกอบเฉพาะของตัวแปรสังเกตได้มีความสัมพันธ์กันภายใต้วิธีวัดเดียวกัน แต่องค์ประกอบเฉพาะของตัวแปรสังเกตได้ดังกล่าวไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างวิธีวัดต่างกัน นั่นคือ โมเดลนี้สมมุติว่าอิทธิพลวิธีที่สัมพันธ์กันในแต่ละวิธีวัดเดียวกันไม่มีความสัมพันธ์กับอิทธิพลวิธีในวิธีวัดอื่นๆ (Marsh and Bailey 1991; Marsh et al., 1992; Marsh and Grayson, 1995; Millsap , 1995) ดังนั้นความสัมพันธ์ขององค์ประกอบเฉพาะจะมีผลกระทบต่อความสัมพันธ์ระหว่างวิธีวัดเดียวกัน แต่ไม่มีผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างวิธีวัดวัดต่างกันในเมทริกซ์ MTMM โมเดล CFA - CTCU นี้ศึกษาอิทธิพลของวิธีจากความสัมพันธ์ขององค์ประกอบเฉพาะระหว่างตัวแปรสังเกตได้ที่วัดภายใต้วิธีการเดียวกันแทนองค์ประกอบวิธี (Marsh and Bailey , 1991 Kenny and Kashy, 1992; Mashy and Grayson, 1995)

Marsh และ Bailey (1991) Kenny และ Kashy (1992) ชี้ให้เห็นถึงข้อดีที่สำคัญของโมเดล CFA - CTCU ที่เหนือกว่าโมเดล CFA - CTCM ไว้ 3 ประการคือ ประการแรกมีความแกร่ง หรือทนทานต่อการเกิดผลการวิเคราะห์ ที่ไม่ถูกต้องมากกว่าโมเดล CFA - CTCM ประการที่สอง เมื่อมีคุณลักษณะมากกว่า 3 อย่างขึ้นไป โมเดล CFA - CTCU จะให้การทดสอบที่ชัดเจนถึงความเป็นเอกมิติ (unidimensional) ของอิทธิพลของวิธีกล่าวคือ ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบเฉพาะทุกคู่จะต้องสัมพันธ์กันภายใต้วิธีวัดเดียวกัน 1 วิธี ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าว แสดงถึงความเป็นเอกมิติของอิทธิพลของวิธี และประการสุดท้าย เมื่อการแปลความหมายของโมเดล CFA-CTCM และ CFA - CTCU มีความแตกต่างกันในเนื้อหาสาระ การแปลความหมายตามโมเดล CFA-CTCU น่าจะมีความถูกต้องมากกว่า แต่อย่างไรก็ตาม โมเดล CFA - CTCU ก็ยังมีข้อจำกัดที่สำคัญอย่างน้อย 2 ประการ (Marsh et.al., 1992) คือ ประการแรก โมเดล CFA - CTCU ไม่สามารถที่จะรวม (incorporate) อิทธิพลของวิธีที่สัมพันธ์กันได้อย่างง่าย ๆ และการที่อิทธิพลวิธีมีความสัมพันธ์กัน อาจจะทำให้การประมาณค่าพารามิเตอร์อื่นๆ มีความลำเอียง ประการที่สอง การแสดงอิทธิพลวิธีของโมเดล CFA - CTCU ขาดความประหยัด ในทางทฤษฎีอาจทำโดยการเปรียบเทียบระหว่างโมเดลทางเลือกอื่น ๆ ที่สนใจ ตามแผนภาพที่ 4 แต่การเปรียบเทียบดังกล่าวมีข้อจำกัด ถ้าหากโมเดลทางเลือกอื่นๆไม่ให้ผลที่ถูกต้อง Marsh (1989. อ้างถึงใน Marsh et.al., 1992) เสนอแนะว่า อิทธิพลของวิธีที่สัมพันธ์กัน สามารถทดสอบโดยการตรวจสอบจาก

ดัชนีดัดแปรโมเดล (modification indicies) สำหรับเทอมขององค์ประกอบเฉพาะที่สัมพันธ์กัน ซึ่งเป็นเทอมที่ถูกกำหนดให้มีค่าเป็นศูนย์ในโมเดล CFA - CTCU หรือตรวจสอบโดยโมเดลที่ตามมาทีหลัง ซึ่งมีพารามิเตอร์บางค่าเป็นพารามิเตอร์อิสระที่ต้องประมาณค่า ถึงแม้ว่าการทดสอบดังกล่าวนี้จะเป็นวิธีการแบบย้อนกลับ แต่ก็ควรจะตรวจสอบด้วยข้อมูลชุดใหม่

จากผลการศึกษาของ Marsh และ Bailey (1991) ซึ่งได้ตรวจสอบความลำเอียงของการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดล CFA - CTCU ที่มีความสัมพันธ์ของอิทธิพลวิธีโดยการจำลองข้อมูล พบว่ามีความลำเอียงในการประมาณค่าพารามิเตอร์เกิดขึ้นเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม แม้ว่าโมเดล CFA - CTCU จะถูกฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความเป็นเอกมิติของอิทธิพลของวิธีอันมีผลให้ค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณได้มีความลำเอียง และโมเดลไม่สอดคล้องกับข้อมูลอย่างสมบูรณ์ แต่โมเดล CFA - CTCU นี้ก็ยังคงให้ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่มีความแม่นยำ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าพารามิเตอร์ของกลุ่มประชากร มากกว่าโมเดล CFA - CTCM

จากรายละเอียดดังกล่าวถึงข้างต้น เกี่ยวกับการใช้โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันสำหรับวิเคราะห์เมทริกซ์ MTMM เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของข้อมูลซึ่งประกอบด้วยโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะเท่านั้น (trait-only factor analysis model หรือ CFA-CT model) และโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ-วิธี (trait-method factor analysis model) ได้แก่โมเดล CFA - CTCM, CFA - CTUM และ CFA - CTCU จะเห็นได้ว่า โมเดลดังกล่าวมีลักษณะสอดแทรก (nested) กัน กล่าวคือ โมเดล CFA - CT สอดแทรกอยู่ภายใต้โมเดลอื่นๆ ทั้ง 3 โมเดล โมเดล CFA-CTUM สอดแทรกอยู่ภายใต้โมเดล CFA - CTCM และโมเดล CFA-CTCU เมื่อมีคุณลักษณะที่วัดมากกว่า 3 อย่าง (T >3) โมเดล CFA - CTCM และโมเดล CFA-CTCU จะเท่าเทียมกันเมื่อมีคุณลักษณะที่วัด 3 อย่าง (T = 3) แต่โมเดล CFA - CTCM และ CFA - CTCU ไม่มีความเกี่ยวข้องหรือสอดแทรกกัน ดังนั้นการเปรียบเทียบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ระหว่างโมเดล CFA - CT กับโมเดลอื่น ๆ เป็นการทดสอบที่ให้สารสนเทศเกี่ยวกับขนาดอิทธิพลของวิธี การเปรียบเทียบระหว่างโมเดล CFA - CTUM กับ CFA -CTCM เป็นการทดสอบที่ให้สารสนเทศเกี่ยวกับความสัมพันธ์ขององค์ประกอบวิธี การเปรียบเทียบระหว่างโมเดล CFA - CTUM กับ CFA - CTCU เป็นการทดสอบที่ให้สารสนเทศเกี่ยวกับความเป็นเอกมิติของอิทธิพลวิธี นั่นคือ เป็นการทดสอบว่า อิทธิพลของวิธีที่สัมพันธ์กันในแต่ละวิธีวัดเดียวกันมีรูปแบบเป็นองค์ประกอบวิธีเพียงหนึ่งองค์ประกอบ (single latent method factor) หรือไม่ ในขณะที่การเปรียบเทียบระหว่างโมเดล CFA - CTUM กับ CFA - CTCM เป็นการทดสอบว่าอิทธิพลของวิธีระหว่างวิธีวัดที่ต่างกันมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ โดยทั่วไปโมเดล CFA-C TCU และ

CFA - CTCM ไม่สอดแทรกกัน ดังนั้นการเปรียบเทียบระหว่าง 2 โมเดลดังกล่าวนี้ จึงมีความยุ่งยากซับซ้อนเกินไป (Marsh and Grayson, 1995)

มุมมองในทางปฏิบัติเมื่อเปรียบเทียบโมเดล CFA ทั้ง 4 แบบ คือ CFA - CT, CFA - CTCM, CFA - CTUM และ CFA - CTCU พบว่า โมเดล CFA - CT เป็นโมเดลที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลต่ำที่สุด ในขณะที่ 3 โมเดลที่เหลือ เป็นโมเดลที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลดีพอๆ กัน (Marsh and Bailey, 1991) และพบว่า โมเดล CFA - CTCM เป็นโมเดลประเภทที่ให้คำตอบหรือผลการวิเคราะห์ที่ไม่ถูกต้องเหมาะสมมากที่สุด โมเดล CFA - CTUM เป็นโมเดลที่มักจะให้คำตอบหรือผลการวิเคราะห์ที่ไม่ถูกต้องเหมาะสม ในขณะที่ โมเดล CFA - CTCU เป็นโมเดลที่ให้คำตอบหรือผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องเหมาะสมเป็นส่วนใหญ่ (Marsh and Bailey, 1991; Kenny and Kashy, 1992) ดังจะเห็นได้จากผลการวิจัยของ Marsh และ Bailey (1991) ซึ่งได้ทำการวิจัยศึกษาเปรียบเทียบโมเดล CFA แบบต่างๆ โดยใช้ข้อมูลจริงและข้อมูลจำลอง โดยศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับจำนวนคุณลักษณะ (T) จำนวนวิธี (M) หรือขนาดของเมทริกซ์ MTMM และขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะต่างๆ กัน ซึ่งประกอบด้วยขนาดเมทริกซ์ 3T x 3M, 4T x 4M และ 7T x 4M ด้วยกลุ่มตัวอย่างขนาด 125, 250, 500, 1,000 และ 1,556 สำหรับชุดข้อมูลจริง และประกอบด้วยขนาดเมทริกซ์ 3T x 3M, 4T x 4M และ 6T x 6M ด้วยกลุ่มตัวอย่างขนาด 160, 400, และ 1,000 สำหรับชุดข้อมูลจำลอง ผลการวิจัยที่สำคัญพบว่า โมเดล CFA - CTCM เป็นโมเดลที่มีจำนวนครั้งของผลการวิเคราะห์ไม่ถูกต้องเหมาะสมคิดเป็นร้อยละ 77 ในขณะที่โมเดล CFA - CTCU เป็นโมเดลที่มีจำนวนครั้งของผลการวิเคราะห์ถูกต้องเหมาะสมคิดเป็นร้อยละ 98 โดยที่ทั้งสองโมเดล มีร้อยละของการให้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องเหมาะสมสูงขึ้นเมื่อขนาดของกลุ่มตัวอย่างและขนาดของเมทริกซ์ MTMM ใหญ่ขึ้น และภายใต้กลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน โมเดลที่มีขนาดเมทริกซ์ MTMM ใหญ่กว่าจะมีร้อยละของการให้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้อง สูงกว่าความไม่ถูกต้องเหมาะสมของผลการวิเคราะห์ดังกล่าวของโมเดลCFA - CTUM และโมเดล CFA - CTCM เกิดขึ้นเนื่องจากขนาดของเมทริกซ์ MTMM หรือ MTMM design มีขนาดเล็ก (3T x 3M และ 5T x 5M) กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก และข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความเป็นเอกมิติของอิทธิพลวิธีถูกฝ่าฝืน จากผลการวิจัยดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าในการศึกษาวิเคราะห์เมทริกซ์ MTMM แบบ 3T x 3M ด้วยกลุ่มตัวอย่างขนาด 125 เป็นรูปแบบที่ยังไม่มีความเหมาะสมเพียงพอในการประยุกต์ใช้เทคนิค CFA และอาจทำให้มีปัญหาบางประการเกิดขึ้น และโอกาสที่จะทำให้ผลการวิเคราะห์มีความถูกต้องเหมาะสมและคงที่จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อจำนวนคุณลักษณะและวิธีเพิ่มขึ้น ซึ่งในการวิจัยดังกล่าวนี้ พบว่า จำนวนคุณลักษณะและวิธีอย่างน้อยที่สุดควรมีรูปแบบเป็น 7T x 4M และ 6T x 6M (Marsh and Bailey, 1991 อ้างถึงใน Marsh and

Grayson, 1995) ด้วยเหตุผลดังกล่าว Marsh และ Grayson (1995) จึงเสนอแนะว่า จำนวนคุณลักษณะและวิธีขั้นต่ำควรเป็น 4T x 3M โดยใช้กลุ่มตัวอย่างมากกว่า 250 ถ้าเงื่อนไขดังกล่าวยังไม่ประสบผลสำเร็จ แสดงว่าเทคนิค CFA อาจจะไม่เหมาะสมกับข้อมูล และควรแปลความหมายอย่างระมัดระวัง

Marsh และ Hocevar (1983) ได้ศึกษาถึงการวิเคราะห์เมทริกซ์หลากลักษณะหลายวิธี โดยการวิเคราะห์ด้วยโมเดล ANOVA เปรียบเทียบกับโมเดล CFA และได้สรุปถึงข้อดีของการใช้โมเดล CFA ในการวิเคราะห์เมทริกซ์หลากลักษณะหลายวิธี ดังนี้

(1) ให้การทดสอบที่อ้างอิงถึงตัวแปรแฝงที่สนใจ มากกว่าตัวแปรสังเกตได้

(2) มีการแยกความแตกต่างของความแปรปรวนที่เกี่ยวกับลักษณะและวิธีออกจากกัน

(3 มีการเปรียบเทียบโมเดลทางเลือกอื่นๆ ที่ต้องการทดสอบกับโมเดลที่เป็นฐาน และทดสอบความสอดคล้องของโมเดลโดยภาพรวมทั้งโมเดลสำหรับโมเดลที่เสนอแต่ละคู่

(4) ให้การทดสอบทางสถิติในค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณได้แต่ละตัวแยกกัน ซึ่งเป็นการทดสอบสมมุติฐานศูนย์ที่ว่า ค่าสัมประสิทธิ์เป็นศูนย์

(5) ให้ค่าสถิติสรุปปริมาณความแปรปรวนที่เกี่ยวกับลักษณะและวิธีวัด ในแต่ละการวัดแยกกันในแต่ละชุดของการวัด และทั้งหมดของข้อมูล

(6) มีการแยกส่วนของค่าสหสัมพันธ์ที่หามาได้จากค่าประมาณพารามิเตอร์แต่ละตัว ที่แสดงถึงผลขององค์ประกอบลักษณะและองค์ประกอบวิธี

(7) ให้ค่าประมาณขององค์ประกอบเฉพาะ (uniqueness) ในแต่ละการวัด ที่ได้มาจากการวิเคราะห์

(8) ให้การทดสอบเชิงประจักษ์ถึงการมีความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ และระหว่างวิธี

(9) ให้การทดสอบเชิงประจักษ์ของจำนวนองค์ประกอบคุณลักษณะ และองค์ประกอบวิธีที่มีความเหมาะสมที่สุดกับข้อมูล

กล่าวโดยสรุปได้ว่า วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล MTMM มีทั้งจุดดีและจุดอ่อนดังรายละเอียดที่กล่าวแล้วข้างต้น แต่เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมแล้วนับได้ว่าวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน เป็นวิธีที่มีความเหมาะสมและเป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางที่สุดวิธีหนึ่งในการวิเคราะห์ข้อมูล MTMM วิธีการนี้มีหลักการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ดังรายละเอียดที่จะกล่าวต่อไป

การตรวจสอบความตรงของโมเดลลิสเรลที่เป็นสมมุติฐานวิจัย หรือการประเมินผลความถูกต้องของโมเดล หรือการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โปรแกรมลิสเรลให้ค่าสถิติที่จะช่วยตรวจสอบความตรงของโมเดลหลายวิธี (นงลักษณ์ วิรัชชัย , 2537 ; Joreskog and Sorbom, 1989; Bollen, 1989) ที่สำคัญคือ ค่าสถิติไค-แสควร์ (chi-square statistics) และค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืนตัวอื่นๆ เช่น ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (goodness-of-fit index : GFI) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (adjusted goodness-of-fit : AGFI) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่เพิ่มขึ้น (incremental fit indices) ประเภทต่างๆ ได้แก่ normed fit index : NFI (Bentler and Bonett, 1980 อ้างถึงใน Bollen, 1989) non-normed fit index : NNFI (Tucker and Lewis, 1993 อ้างถึงใน Bollen, 1989) และ relative fit index : RFI (Bollen, 1986 อ้างถึงใน Bollen, 1989) เป็นต้น ในการวิเคราะห์โมเดล MTMM สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้ค่าสถิติไค-แสควร์ เป็นหลักในการตรวจสอบความตรงของโมเดล หรือความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และใช้ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) รวมทั้งดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่เพิ่มขึ้น (NNFI, NFI) ประกอบการพิจารณาตรวจสอบด้วยค่าสถิติไค-แสควร์ เป็นค่าสถิติที่ใช้ทดสอบสมมุติฐานหลักทางสถิติว่า ฟังก์ชั่นความกลมกลืนมีค่าเป็นศูนย์ หรือโมเดลตามทฤษฎีที่เป็นสมมุติฐานวิจัยสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ถ้าค่าไค-แสควร์มีค่าสูงมาก แสดงว่า ฟังก์ชั่นความกลมกลืนมีค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือ โมเดลไม่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ถ้าค่าไค-แสควร์มีค่าต่ำมากยิ่งเข้าใกล้ศูนย์เท่าไร แสดงว่าโมเดลสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2537) สำหรับดัชนี GFI, NNFI และ NFI เป็นดัชนีที่ใช้ในการเปรียบเทียบความสอดคล้องของโมเดลสองโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยใช้หลักการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าไค-แสควร์ที่ได้จากโมเดลก่อนปรับและหลังปรับโมเดล หรือโมเดลที่เป็นฐานในการเปรียบเทียบ (baseline model) กับโมเดลที่เป็นสมมุติฐานวิจัย (maintained or hypothesized model) ดัชนีดังกล่าวมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ค่าดัชนีที่เข้าใกล้ 1 แสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และเป็นค่าที่ไม่ขึ้นกับขนาดของกลุ่มตัวอย่าง โดยเฉพาะดัชนี NNFI นอกจากจะไม่ขึ้นกับขนาดของกลุ่มตัวอย่างแล้ว ยังมีค่าไม่แปรเปลี่ยนเมื่อพารามิเตอร์บางค่าที่ไม่สนใจศึกษาในโมเดลถูกกำหนดให้เป็นศูนย์ (Marsh, 1989; McDonald and Marsh, 1990 อ้างถึงใน Marsh et al., 1991) และเป็นดัชนีที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในการตรวจสอบความตรงของโมเดล MTMM (Marsh and Hocevar, 1983; Marsh et al., 1991; Marsh, Byrne and Craven, 1992) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงใช้ดัชนีดังกล่าวในการตรวจสอบความตรงของโมเดล สำหรับการวิจัยครั้งนี้

สำหรับการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลที่สอดแทรกกัน (nested model) นั้น ใช้หลักการทดสอบนัยสำคัญของความแตกต่างของค่าไค-แสควร์ ที่องศาอิสระ (df) เท่ากับผลต่างขององศาอิสระที่ได้ระหว่างโมเดลสองโมเดลที่นำมาเปรียบเทียบ กัน ถ้าผลต่างของค่าไค-แสควร์ที่ได้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างรูปแบบโมเดล แต่ถ้าผลต่างของค่าไค-แสควร์ที่ได้มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่ามีความแตกต่างระหว่างรูปแบบเกิดขึ้น ทั้งนี้การแปลความหมายขึ้นอยู่กับโมเดลที่นำมาเปรียบเทียบกัน

การแปลความหมายเกี่ยวกับน้ำหนักขององค์ประกอบที่ได้ ถ้าน้ำหนักขององค์ประกอบมีค่าสูงบนองค์ประกอบคุณลักษณะ แสดงว่ามีความตรงเชิงสู่เข้า ถ้าน้ำหนักองค์ประกอบมีค่าต่ำบนองค์ประกอบวิธี ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคุณลักษณะมีค่าต่ำ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคุณลักษณะและวิธีมีค่าต่ำ แสดงว่ามีความตรงเชิงจำแนก และถ้าน้ำหนักองค์ประกอบมีค่าสูงบนองค์ประกอบวิธี แสดงว่ามีอิทธิพลของวิธีหรือมีความลำเอียงของวิธีเกิดขึ้น (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2538; Marsh et.al. 1991; Marsh and Grayson, 1995)

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการวิเคราะห์โมเดล MTMM ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน โดยใช้หลักการวิเคราะห์โมเดลลิสเรล จะมีจุดดีหลายประการดังกล่าวข้างต้น แต่ Bollen (1989) ยังเห็นว่าการวัดความตรงโดยใช้การวิเคราะห์ด้วยโมเดลลิสเรล โดยดูจากค่าไค-สแควร์ ยังมีจุดอ่อน และได้พัฒนาการวัดความตรงจากผลการวิเคราะห์โมเดลลิสเรลที่ได้อีก 4 แบบ คือ ความตรงวัดจากสัมประสิทธิ์ LX (สปส. การถดถอยของตัวแปรแฝงภายนอก ξ บนตัวแปรสังเกตได้ X) ในรูปคะแนนดิบ ความตรงวัดจากสัมประสิทธิ์ LX ในรูปคะแนนมาตรฐาน ความแปรปรวนของความตรงเฉพาะ (unique validity variance) และระดับของค่าการร่วม (degree of collinearity) แต่ละวิธีจะนำผลไปวิเคราะห์ต่อด้วยมือ ยกเว้นค่าความตรงวัดจากสัมประสิทธิ์ LX ซึ่งมีในผลการวิเคราะห์โมเดลลิสเรลแล้ว Bollen กล่าวว่า แต่ละวิธีต่างก็มีจุดเด่นจุดด้อย และยังไม่มีวิธีใดสมบูรณ์ที่สุด รายละเอียดของแต่ละวิธีมีดังนี้ (Bollen, 1989)

ก. สัมประสิทธิ์ความตรงวัดในรูปคะแนนดิบ (Unstandardized Validity Coefficient : λ) เป็นวิธีการวัดความตรงจากสัมประสิทธิ์ถดถอย หรือความสัมพันธ์โดยตรงระหว่าง X_i กับ ξ_j หรือ λ_{ij} ซึ่งเป็นพารามิเตอร์โครงสร้าง (structural parameter) ของความสัมพันธ์โดยตรงระหว่าง X_i กับ ξ_j ค่าสัมประสิทธิ์ความตรงวัดในรูปของคะแนนดิบ (λ_{ij}) นี้มี

ความเหมาะสมทั้งในกรณีที่ X_i ขึ้นอยู่กับค่าของตัวแปรแฝงเพียงตัวเดียวหรือมากกว่า นอกจากนี้ ยังมีประโยชน์ในการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตัวอย่าง ที่มาจากประชากรที่แตกต่างกัน การใช้ λ_{ij} ข้อดีคล้ายกับสัมประสิทธิ์การถดถอยที่อยู่ในรูปคะแนนดิบ แต่ก็มีจุดอ่อนตรงที่มันขึ้นอยู่กับตัวแปรแฝงที่มาจากตัวแปรสังเกตได้ซึ่งอาจจะมีหน่วยการวัดที่แตกต่างกัน การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความตรงโดยดูจากขนาดของค่า λ's โดยตรงจึงไม่มีความเหมาะสม และควรจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความตรงในรูปคะแนนมาตรฐานในการเปรียบเทียบแทน

ข. สัมประสิทธิ์ความตรงวัดในรูปคะแนนมาตรฐาน (The Standardized Validity Coefficient : λ^s) ซึ่งนิยามได้ดังนี้

$$\lambda^s_{ij} = \lambda_{ij}\left[\frac{\Phi_{jj}}{VAR(X_i)}\right]^{1/2} \qquad \text{.....(2.16)}$$

เมื่อ สปส. λ^s_{ij} = λ_{ij} เท่าของอัตราส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับตัวแปรแฝง ξ_j และตัวแปรสังเกตได้ X_i

ค่า λ^s_{ij} เปรียบได้กับสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐาน สามารถเปรียบเทียบอิทธิพลของตัวแปรแฝงได้เมื่อตัวแปรสังเกตได้ตัวหนึ่งขึ้นอยู่กับค่าของตัวแปรแฝงหลายๆ ตัว แต่ค่าสัมประสิทธิ์ λ^s_{ij} นี้จะมีประโยชน์ในการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างประชากรน้อยกว่า λ_{ij} เนื่องจากมีหลายสิ่ง ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรในประชากรที่ต่างกัน

ค. ความแปรปรวนของความตรงเฉพาะ (Unique Validity Variance : $U_{x_i\xi_j}$) เป็นค่าที่ใช้วัดส่วนของความแปรปรวนที่ถูกอธิบายใน X_i นั้น ซึ่งไม่เป็นความแปรปรวนร่วมที่เป็นองค์ประกอบเฉพาะขององค์ประกอบ ξ_j โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$U_{x_i\xi_j} = R^2_{x_i} - R^2_{x_i(\xi_j)} \qquad \text{.....(2.17)}$$

เมื่อ $R^2_{x_i}$ = กำลังสองของ สปส.สหสัมพันธ์พหุคูณ หรือสัดส่วนของความแปรปรวนใน X_i ที่ถูกอธิบายโดยตัวแปรทั้งหมดในโมเดลที่มีอิทธิพลโดยตรง ต่อ X_i (ยกเว้น error term)

$R^2_{x_i(\xi_j)}$ = สัดส่วนของความแปรปรวนที่อธิบายได้ใน X_i โดยตัวแปรทั้งหมดที่มีอิทธิพลต่อ X_i ยกเว้น ξ_j

เพื่อให้เข้าใจชัดเจนยิ่งขึ้น อาจยกกรณีตัวอย่างประกอบได้ดังนี้

ถ้า $X_1 = \lambda_1\xi_1 + \delta_1$ ซึ่งมีตัวแปรแฝงตัวเดียวที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อ X_1 คือ ξ_1 ดังนั้น $R^2_{x_1}$ จะเป็นค่าความสัมพันธ์กำลังสองระหว่าง X_1 กับ ξ_1 โดยที่ $R^2_{x_1(\xi_1)}$ ซึ่งเป็นค่า

ความสัมพันธ์กำลังสองที่ไม่มีอิทธิพลของ ξ_1 มีค่าเป็น 0 เมื่อไม่มีตัวแปรแฝง ξ อื่นๆ ที่มีอิทธิพลต่อ X_1 ดังนั้น $U_{x_i\xi_1}$ เท่ากับ $R^2_{x_i}$ และเมื่อไรก็ตามที่การวัด X_i ขึ้นอยู่กับตัวแปรแฝงเพียงตัวเดียวเช่นนี้ $U_{x_i\xi_j}$ จะเท่ากับกำลังสองของค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงกับตัวแปรที่สังเกตได้เสมอ และค่า $U_{x_i\xi_j}$ จะมีความซับซ้อนยิ่งขึ้น ถ้า X_i ขึ้นอยู่กับตัวแปรแฝงมากกว่า 1 ตัว

ง. ระดับของค่าการร่วม (Degree of Collinearity : $R^2_{\xi_j}$) ถ้า X_i ขึ้นอยู่กับตัวแปรแฝงเพียงตัวเดียว หรือถ้าตัวแปรแฝงที่มีอิทธิพลต่อ X_i ไม่มีความสัมพันธ์กัน $U_{x_i\xi_j}$ จะเท่ากับกำลังสองของความสัมพันธ์ระหว่าง X_i กับ ξ_j และความแปรปรวนที่อธิบายได้โดย ξ_j's สามารถแบ่งออกได้โดยปราศจากความกำกวม ในกรณีทั่วๆ ไป ของ X_i ที่ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของตัวแปรแฝงหลายตัว การแบ่งให้เด็ดขาดจากกันจะทำไม่ได้ ปัญหานี้จะรุนแรงมากกว่าปัญหาภาวะร่วมเส้นตรงพหุ (multicollinearity) ของตัวแปรแฝงที่มีอิทธิพลต่อ X_i ดัชนีตัวหนึ่งของระดับของค่าการร่วมที่นักวิจัยใช้ในการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณก็คือ ค่ากำลังสองของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ เมื่อ ξ_j เป็นค่าทำนายที่ได้จาก ξ's อื่นๆ ที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อ X_i ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$R^2_{\xi_j} = \frac{\sigma_{\xi_j\xi_{(j)}}\Phi^{-1}_{(j)}\sigma_{\xi_j\xi_{(j)}}}{\Phi_{jj}} \qquad \text{.....(2.18)}$$

เมื่อ $\sigma_{\xi_j\xi_{(j)}}$ = 1 x (d-1) vector ของ ความแปรปรวนร่วมของ ξ_j กับ ξ's ตัวอื่นๆ ที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อ X_i ยกเว้นตัวมันเอง

$\Phi^*_{(j)}$ = เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของ ξ's ทุกค่าที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อ X_i (ยกเว้น ξ_j)

Φ_{jj} = ความแปรปรวนของ ξ_j และถ้า ξ มีเพียง 2 ค่า (2 ตัวแปร) คือ ξ_1 และ ξ_2 จะคำนวณค่า $R^2_{\xi_j}$ ได้จากสูตร

$$R^2_{\xi_j} = \frac{\Phi^2_{12}}{\Phi_{11}\Phi_{22}} \qquad \text{.....(2.19)}$$

ซึ่งก็คือค่ากำลังสองของความสัมพันธ์ระหว่าง ξ_1 และ ξ_2 นั่นเอง

3.3 วิธีการวิเคราะห์ส่วนประกอบความแปรปรวนร่วม (Covariance Component Analysis : CCA)

การวิเคราะห์ส่วนประกอบความแปรปรวนร่วม (CCA) เสนอโดย Bock และ Bargmann (1966) (อ้างถึงใน Wothke, 1995, 1996) เป็นโมเดลที่ใช้หลักการของการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุนาม (MANOVA) ในการวิเคราะห์รูปแบบการวัดองค์ประกอบ (factorial measurement design) ซึ่งใช้โมเดลอิทธิพลสุ่มของตัวแปรพหุนามเชิงบวก (additive multivariate random effects model) โดยแยกส่วนความแปรปรวนของตัวแปรสังเกตได้ออกเป็น 3 ส่วน คือ องค์ประกอบทั่วไป (a general component) ซึ่งเป็นการวัดแต่ละคนทั้งหมดในทุกลักษณะด้วยวิธีการทุกวิธีที่ศึกษา องค์ประกอบคุณลักษณะ (trait profiles) และองค์ประกอบวิธี (method profiles) CCA เป็นโมเดลที่มีข้อตกลงเบื้องต้นที่เข้มงวดเกี่ยวกับสเกลการวัด และขนาดความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน ทำให้โมเดล CCA ไม่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ด้วยเมทริกซ์สหสัมพันธ์ โมเดล CCA นี้จำแนกออกเป็น 2 ประเภทหลัก คือ การวิเคราะห์ส่วนประกอบความแปรปรวนร่วมที่สเกลขององค์ประกอบคงที่ และการวิเคราะห์ส่วนประกอบร่วมที่ไม่ทราบสเกลองค์ประกอบ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.3.1 การวิเคราะห์ส่วนประกอบความแปรปรวนร่วมที่สเกลขององค์ประกอบคงที่ (Covariance Component Analysis With Fixed Scale Factors)

CCA อธิบายความแปรปรวนในการวัดตัวแปรสังเกตได้ m x t ในรูปฟังก์ชั่นเชิงเส้น ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบทั่วไป (a general component) องค์ประกอบคุณลักษณะ (trait component) และองค์ประกอบวิธี (method component) ฟังก์ชั่นสำหรับการวัด m x t ของคนที่ i เป็นดังนี้

$$\xi_i = (\xi_{ig}, \underbrace{\xi_{i\tau_1}, \ldots \xi_{i\tau_j}}_{traits}, \underbrace{\xi_{i\omega_1}, \ldots, \xi_{i\mu_k}}_{methods}) \qquad \text{.....(2.20)}$$

เมื่อ ξ_{ig} คือ องค์ประกอบทั่วไปสำหรับคนที่ i

$\xi_{i\tau_j}$ คือ องค์ประกอบคุณลักษณะสำหรับคนที่ i คุณลักษณะที่ j

$\xi_{i\mu_k}$ คือ ความลำเอียงของวิธี (method bias) ในการวัดคนที่ i ด้วยวิธีที่ k

สำหรับกลุ่มตัวอย่าง (n) คนที่ i เวกเตอร์พารามิเตอร์ ξ_i ขนาด n x (1+t+m) matrix Ξ กำหนดให้ชุดของการวัด X มีโครงสร้างแฝง แยกออกเป็นดังนี้

$$X_{(nxmt)} = \Xi_{nx(1+t+m} A'_{(1+t+m)xmt} + E_{(nxmt)} \qquad \text{.....(2.21)}$$

เมทริกซ์สัมประสิทธิ์โครงสร้าง (A) และเมทริกซ์องค์ประกอบความคลาดเคลื่อนที่ไม่สัมพันธ์กัน (E) ตัวอย่างเมทริกซ์ A สำหรับการวัดคุณลักษณะ 3 อย่าง ด้วยวิธีวัด 3 วิธี มีรูปดังนี้

$$A = \left[\begin{array}{c|ccc|ccc} 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{array}\right] \quad \text{.....(2.22)}$$

<u>การระบุโมเดล (Model Identification)</u>

พารามิเตอร์ในโมเดล CCA ไม่ได้ถูกระบุโดยไม่มีเงื่อนไขบังคับอื่นๆ เหมือนดังโมเดล ANOVA ประการหนึ่งคือค่าเฉลี่ยรวมของอิทธิพลคุณลักษณะ (trait effect) จะมีเพียง t - 1 และอิทธิพลวิธี (method effect) มีเพียง m - 1 ที่สามารถผันแปรไปภายใต้บุคคลหนึ่งๆ อิทธิพลของคุณลักษณะและวิธีที่เกิดขึ้นในแต่ละบุคคลแม้ว่ามันอาจจะเกิดขึ้นโดยไม่ได้ตั้งใจ แต่ก็มีความจำเป็นที่จะต้องกำหนดอิทธิพลในลักษณะของการเปรียบเทียบรายคู่ (contrast) เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลจริง หลักการในการเปรียบเทียบรายคู่มีลักษณะคล้ายคลึงกับการใช้ตัวแปรดัมมี (dummy variable) เพื่อวิเคราะห์ ANOVA ในการวิเคราะห์ถดถอย ซึ่งการกำหนดการเปรียบเทียบรายคู่มีหลายวิธี แต่ทุกวิธีให้ผลเท่าเทียมกันในเทอมของความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูล

การเปรียบเทียบ (contrasts) สามารถทำได้ 2 แบบคือ การเปรียบเทียบแบบวางแผนไว้ล่วงหน้า (planned contrasts) และการเปรียบเทียบแบบไม่มีเหตุผลทางทฤษฎีกำหนดไว้ล่วงหน้า (arbitrary contrasts) การเปรียบเทียบทั้ง 2 แบบมีความแตกต่างกันในเรื่องการแปลความหมายของผลการวิเคราะห์ที่ได้ กล่าวคือ การแปลความหมายค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบวางแผนไว้ล่วงหน้า เป็นไปอย่างมีความหมายและตรงไปตรงมา ส่วนการแปลความหมายค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบไม่มีเหตุผลทางทฤษฎีกำหนดไว้ล่วงหน้าอย่างตรงไปตรงมามีความเป็นไปได้ยากและไม่มีความหมาย (no meaningful) ดังนั้น การแปลความหมายจึงควรกระทำอย่างระมัดระวัง ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการเปรียบเทียบที่ไม่มีเหตุผลทางทฤษฎีกำหนดไว้ล่วงหน้านี้ สามารถนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบตามวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ เพื่อให้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้สามารถแปลความหมายได้ชัดเจนยิ่งขึ้น (Wothke, 1996)

จำนวนคู่ทั้งหมดของการเปรียบเทียบระหว่างคุณลักษณะและวิธี มีเท่ากับ (t-1)+(m-1) เมื่อรวมเฉพาะพารามิเตอร์องค์ประกอบทั่วไป และมีพารามิเตอร์ทั้งหมดที่ต้องประมาณค่าเท่ากับ t+m-1 สมมุติว่าความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมที่คาดหวังของปริมาณดังกล่าวอยู่ในเมทริกซ์ Φ^* ดังนั้นเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของแถวของ X สามารถเขียนได้ดังสมการ (Millsap, 1995)

$$\Sigma_x = K\Phi^* K' + \Theta \qquad \text{.....(2.23)}$$

เมื่อ K คือ เมทริกซ์ ขนาด mt x (t+m-1) ของการเปรียบเทียบที่เป็นการเปรียบเทียบชนิดตั้งฉาก

Θ คือ เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของความคลาดเคลื่อน

Φ^* คือ เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรแฝง

ประเภทของโครงสร้างความแปรปรวนร่วม (Typology of Covariances)

การแปลความหมายโมเดลมีความแตกต่างกันตามเมทริกซ์ Φ^* ที่กำหนดในโมเดล ซึ่งแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ

1 ตัวแปร (variate) แทนความแปรปรวนร่วมขององค์ประกอบทั่วไป

t - 1 ตัวแปร (variates or profiles) ที่อธิบายความแตกต่างในความแปรปรวนร่วม อันเนื่องมาจากคุณลักษณะ

m - 1 ตัวแปร (variates or profiles) ที่อธิบายความแตกต่างในความแปรปรวนอันเนื่องมาจากวิธี

ในกรณีที่เป็นการวัดคุณลักษณะ 3 ตัวแปร ด้วยวิธีวัด 3 วิธี (3 trait x 3 method measurement design) เมทริกซ์การเปรียบเทียบ K อาจกำหนดเป็นดังนี้

$$K = \left[\begin{array}{c|cc|cc} 1/3 & \sqrt{2}/3 & 0 & \sqrt{2}/3 & 0 \\ 1/3 & -1/\sqrt{18} & 1/\sqrt{6} & \sqrt{2}/3 & 0 \\ 1/3 & -1/\sqrt{18} & -1/\sqrt{6} & \sqrt{2}/3 & 0 \\ \hline 1/3 & \sqrt{2}/3 & 0 & -1/\sqrt{18} & 1/\sqrt{6} \\ 1/3 & -1/\sqrt{18} & 1/\sqrt{6} & -1/\sqrt{18} & 1/\sqrt{6} \\ 1/3 & -1/\sqrt{18} & -1/\sqrt{6} & -1/\sqrt{18} & 1/\sqrt{6} \\ \hline 1/3 & \sqrt{2}/3 & 0 & -1/\sqrt{18} & -1/\sqrt{6} \\ 1/3 & -1/\sqrt{18} & 1/\sqrt{6} & -1/\sqrt{18} & -1/\sqrt{6} \\ 1/3 & -1/\sqrt{18} & -1/\sqrt{6} & -1/\sqrt{18} & -1/\sqrt{6} \end{array}\right] \qquad \text{..(2.24)}$$

g traits methods

คอลัมน์แรก (g) แสดงถึงองค์ประกอบทั่วไป ซึ่งถ่วงน้ำหนักด้วยค่าคงที่ (1/3) คอลัมน์ที่สองเป็นการเปรียบเทียบคุณลักษณะอันดับแรก (first trait contrast) แสดงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลระหว่างคุณลักษณะที่ 1, 2 และ 3 และคอลัมน์ที่สาม การเปรียบเทียบคุณลักษณะอันดับที่สอง (second trait contrast) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างบุคคลระหว่างคุณลักษณะที่ 2 และ 3 ในทำนองเดียวกันการเปรียบเทียบวิธี (method contrast) ก็มีลักษณะเช่นเดียวกับการเปรียบเทียบคุณลักษณะ แสดงไว้ในคอลัมน์ที่ 4 และ 5

ปริมาณความแปรปรวนของตัวแปรสังเกตได้เนื่องมาจากตัวแปรแฝงต่างกันถูกประมาณค่าโดย Φ^* การตรวจสอบความตรงของคุณลักษณะหรืออิทธิพลทั่วไปของวิธี (general method effect) สามารถกำหนดได้จากค่าที่อยู่แนวทแยงของเมทริกซ์ Φ^* ซึ่งมีค่าสูงและเป็นบวก ในทางตรงกันข้าม เมื่อค่าประมาณความแปรปรวนของการเปรียบเทียบคุณลักษณะมีค่าเป็นศูนย์ แสดงว่าคุณลักษณะที่เปรียบเทียบนั้นไม่สามารถจำแนกได้ตามข้อมูลเชิงประจักษ์ในการเปรียบเทียบวิธีการวัด สามารถกล่าวได้ว่ามีความคล้ายคลึงกันเมื่อการเปรียบเทียบวิธีวัดที่เกี่ยวข้องกันมีความแปรปรวนเป็นศูนย์

โมเดลการวิเคราะห์ส่วนประกอบความแปรปรวนร่วม สามารถแบ่งออกได้เป็นประเภทต่างๆ โดยการกำหนดเงื่อนไขของเมทริกซ์ Φ^* ได้ดังนี้ (Wothke, 1995, 1996)

1) เมทริกซ์ Φ^* ที่สัมพันธ์กันเต็มรูปแบบ (Fully correlated Φ^*) เป็นเมทริกซ์ที่มีความสัมพันธ์กันทุกองค์ประกอบ ซึ่งสามารถแสดงได้ในรูปส่วนประกอบความแปรปรวนของคุณลักษณะและวิธีดังนี้

$$\Phi^* = \begin{bmatrix} \sigma^{*2}_{g} & (\text{symm.}) & \\ \sigma^{*}_{gt} & \Phi^{*}_{\tau\tau} & \\ \sigma^{*}_{g\mu} & \Phi^{*}_{\mu\tau} & \Phi^{*}_{\mu\mu} \end{bmatrix} \qquad \text{.....(2.25)}$$

โมเดลดังกล่าวเป็นโมเดลที่องค์ประกอบทั่วไป (g) องค์ประกอบคุณลักษณะ (t) และองค์ประกอบวิธี (m) อธิบายโครงสร้างความแปรปรวนร่วมของตัวแปรสังเกตได้ ทุกองค์ประกอบมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

2) เมทริกซ์ Φ^* ที่มีความแปรปรวนร่วมเป็นอิสระกัน (Independent common variation) เป็นเมทริกซ์ที่สมาชิกนอกแนวทแยงของแถวและคอลัมน์แรก มีค่าเป็น 0 นั่นคือ องค์ประกอบคุณลักษณะและองค์ประกอบวิธีเป็นอิสระจากองค์ประกอบทั่วไป ขณะที่การเปรียบเทียบคุณลักษณะ (trait contrasts) ยังคงมีความสัมพันธ์กับการเปรียบเทียบวิธี (method contrasts)

$$\Phi^* = \left[\begin{array}{c|cc} \sigma_g^{*2} & (\text{symm.}) & \\ \hline 0 & \Phi^*_{\tau\tau} & \\ \hline 0 & \Phi^*_{\mu\tau} & \Phi^*_{\mu\mu} \end{array}\right] \qquad \text{.....(2.26)}$$

3) เมทริกซ์ Φ^* แบบบล็อคไดอะโกนัล (Block diagonal Φ^*) เป็นเมทริกซ์ที่การเปรียบเทียบคุณลักษณะเป็นอิสระจากการเปรียบเทียบวิธี และองค์ประกอบทั่วไปเป็นอิสระจากองค์ประกอบซึ่งเป็นการเปรียบเทียบคุณลักษณะและการเปรียบเทียบวิธี

$$\Phi^* = \left[\begin{array}{c|cc} \sigma_g^{*2} & (\text{symm.}) & \\ \hline 0 & \Phi^*_{\tau\tau} & \\ \hline 0 & 0 & \Phi^*_{\mu\mu} \end{array}\right] \qquad \text{.....(2.27)}$$

สำหรับโครงสร้างส่วนประกอบความแปรปรวนร่วมแบบบล็อคไดอะโกนัล สามารถสรุปได้ดังนี้ ก) รูปแบบของความแตกต่างระหว่างบุคคลในคุณลักษณะ ไม่ทำนายความแตกต่างระหว่างบุคคลในการตอบสนองต่อวิธี ข) การตอบสนองที่แตกต่างกันต่อวิธี ไม่ทำนายระดับค่าเฉลี่ยของแต่ละบุคคลในทุกการวัด และ ค) การเปรียบเทียบคุณลักษณะไม่ทำนายความสัมพันธ์ของแต่ละบุคคลที่ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทั่วไป

4) เมทริกซ์ Φ^* แบบไดอะโกนัล (Diagonal Φ^*) เป็นเมทริกซ์ที่ทุกองค์ประกอบไม่มีความสัมพันธ์กัน โมเดลแบบไดอะโกนัลนี้ออกแบบขึ้นเพื่อใช้เฉพาะในกรณี 2 measurement design เมื่อคุณลักษณะและวิธี ประกอบด้วยสมาชิกมากกว่า 2 อย่างขึ้นไป โมเดลนี้ขึ้นอยู่กับการเลือกการเปรียบเทียบ (contrasts) ที่เฉพาะเจาะจง ในกรณีนี้การเลือกการเปรียบเทียบจะต้องอาศัยเนื้อหาสาระทางทฤษฎี ดังนั้นโมเดลนี้จึงเป็นวิธีการที่ให้คำตอบที่มีความประหยัดมากกว่าโมเดล CCA แบบบล็อคไดอะโกนัล (Block - diagonal CCA model) และการแปลความหมายมีความเข้าใจง่าย โดยไม่ต้องมีข้อสงสัยว่าองค์ประกอบคุณลักษณะและวิธี มีความเป็นอิสระต่อกันหรือไม่

3.3.2 การวิเคราะห์ส่วนประกอบความแปรปรวนร่วมที่ไม่ทราบสเกลองค์ประกอบ

(Covariance Component Analysis With Unknown Scale Factors)

โมเดล CCA ดังกล่าวรายละเอียดข้างต้นนั้น ถูกออกแบบขึ้นสำหรับการศึกษา MTMM ที่หน่วยการวัดสามารถเปรียบเทียบกันได้ ในการประยุกต์ใช้จำนวนมากมักจะทำการศึกษา MTMM ในบริบทที่ไม่ทราบสเกลการวัด หรือไม่ได้ให้ความสนใจ หรือสเกลการวัดอาจไม่มีความหมายในเชิงแนวคิด หรือสเกลการวัดอาจจะสูญเสียไปเนื่องจากการทำให้เป็นคะแนนมาตรฐาน หรือการแปลงเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมไปเป็นเมทริกซ์สหสัมพันธ์ การกระทำในลักษณะดังกล่าว จึงเป็นการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นที่สำคัญของโมเดลการวิเคราะห์ส่วนประกอบความแปรปรวนร่วมที่สเกลองค์ประกอบคงที่ (CCA with fixed scale factors) (ในสมการที่ 2.23) เพื่อที่จะสามารถประมาณค่าส่วนประกอบความแปรปรวนในบริบทดังกล่าวนี้ได้ Wiley at al. (1993 อ้างถึงใน Wothke, 1995, 1996) จึงได้เสนอโมเดลการวิเคราะห์ส่วนประกอบความแปรปรวนร่วมที่ไม่ทราบสเกลองค์ประกอบ (CCA with unknown scale factors) หรือการวิเคราะห์ส่วนประกอบความแปรปรวนร่วมที่สเกลองค์ประกอบเป็นอิสระ (CCA with scale-free factors) ขึ้น เพื่อให้มีความเป็นกรณีทั่วไปมากขึ้น โดยการรวมเมทริกซ์แนวทแยง Dx ของสเกลองค์ประกอบ (diagonal scale-factor matrix Dx) เพื่อที่จะปรับหรือทำให้ความแตกต่างของสเกลการวัดตัวแปรสังเกตได้หมดไป (Wothke, 1995, 1996) โมเดลดังกล่าวแสดงได้ดังสมการ

$$\Sigma_x = D_x K \Phi^* K' D_x + \Theta \qquad \text{.....(2.28)}$$

การระบุโมเดล (Model Identification)

โมเดลการวิเคราะห์ส่วนประกอบความแปรปรวนร่วมที่สเกลองค์ประกอบเป็นอิสระ (CCA with scale-free factors) ต้องการเงื่อนไขบังคับ 2 อย่างในการระบุโมเดล (Wothke, 1995, 1996) ประการแรก คือ เงื่อนไขบังคับไม่ให้เป็นศูนย์ ถูกนำมาใช้ในการกำหนดสเกลของพารามิเตอร์ ตัวอย่างเช่น การกำหนดความแปรปรวนขององค์ประกอบทั่วไปให้มีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งจะทำให้การประมาณค่าส่วนประกอบความแปรปรวนร่วม ของการเปรียบเทียบคุณลักษณะและวิธี (trait and method contrasts) ถูกประมาณโดยเปรียบเทียบกับความแปรปรวนขององค์ประกอบทั่วไป เงื่อนไขกำหนดดังกล่าวเป็นดังนี้

$$\Phi_{1,1} = \sigma_g^2 = 1 \qquad \text{.....(2.29)}$$

ประการที่สอง เนื่องจากปัญหาในการระบุโมเดลการวิเคราะห์ส่วนประกอบความแปรปรวนร่วมที่สัมพันธ์กันเต็มรูปแบบ (fully correlated CCA model) ซึ่งมีพารามิเตอร์ที่ไม่สามารถระบุได้ใน Dx, $\sigma^{*}_{g\mu}$ และ $\sigma^{*}_{g\mu}$ เท่ากับ m+t-2 (Wothke, 1988 อ้างถึงใน Wothke, 1996) การแก้ปัญหาดังกล่าว สามารถทำได้ โดยการกำหนดเงื่อนไขบังคับให้ส่วนประกอบความแปรปรวนทุกตัวที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบทั่วไป ($\sigma^{*}_{g\mu}$ และ $\sigma^{*}_{g\mu}$) มีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้นโมเดลการวิเคราะห์ส่วนประกอบความแปรปรวนร่วมที่สเกลองค์ประกอบเป็นอิสระ (CCA with scale-free factor) ที่สามารถระบุโมเดลและนำมาใช้ได้คือ โมเดลที่เมทริกซ์ Φ^{*} มีความแปรปรวนร่วมเป็นอิสระกัน (independent-common variation), โมเดลที่เมทริกซ์ Φ^{*} แบบบล็อคไดอะโกนัล (block diagonal) และโมเดลที่เมทริกซ์ Φ^{*} แบบไดอะโกนัล (diagonal) ส่วนโมเดลที่เมทริกซ์ Φ^{*} สัมพันธ์กันเต็มรูปแบบ (fully correlated) ไม่สามารถระบุได้ (Wothke, 1995, 1996)

<u>แนวทางสำหรับการแปลความหมาย</u>

กฎเกณฑ์ต่อไปนี้เป็นการประยุกต์ใช้ การแปลความหมายของการวิเคราะห์ส่วนประกอบความแปรปรวนร่วมที่สเกลองค์ประกอบเป็นอิสระ (CCA with scale-free factors) ตามตัวอย่างที่ Wothke (1995, 1996) เสนอไว้

1) องค์ประกอบทั่วไป (δ_g) จะต้องแปลความหมายแยกออกจากการเปรียบเทียบคุณลักษณะและวิธี (trait and method contrasts) ความแปรปรวนที่อธิบายได้ด้วยองค์ประกอบทั่วไป อาจจะมาจากทั้งองค์ประกอบคุณลักษณะและวิธี การยอมรับความจริงดังกล่าวนี้ที่ว่า ความแปรปรวนขององค์ประกอบทั่วไปอันเนื่องมาจากคุณลักษณะ ไม่สามารถแยกออกได้อย่างชัดเจนจากความแปรปรวนขององค์ประกอบทั่วไปอันเนื่องมาจากวิธี ในรูปแบบการวัด MTMM ความรู้ที่อยู่นอกเหนือจากเมทริกซ์ MTMM มีความจำเป็นในการที่จะอธิบายถึงองค์ประกอบทั่วไปเหล่านี้

2) ความแปรปรวนขององค์ประกอบทั่วไป (δ_g) เป็นค่ามาตรฐาน การประมาณค่าพารามิเตอร์อื่นๆ ทั้งหมดมีความสัมพันธ์เชิงเปรียบเทียบกับ σ^{2}_{g}

3) เมื่อการเปรียบเทียบคุณลักษณะและวิธีแบบที่วางแผนไว้ล่วงหน้า (planned contrasts) ถูกนำมาใช้ สมาชิกของเมทริกซ์ความแปรปรวนขององค์ประกอบแฝง (Φ^{*}) สอดคล้องกับส่วนประกอบความแปรปรวน และความแปรปรวนร่วม คำตอบที่ได้สามารถแปลความหมายได้อย่างตรงไปตรงมา โดยเฉพาะเมื่อการประมาณค่าของเมทริกซ์ Φ^{*} เป็นแบบไดอะโกนัล (diagonal) หรือ บล็อคไดอะโกนัล (block diagonal)

4) เมื่อการเปรียบเทียบคุณลักษณะและวิธีเป็นแบบไม่มีเหตุผลทางทฤษฎี แต่กำหนดขึ้นเอง (arbitrary contrasts) การแปลความหมายอย่างตรงไปตรงมาของสมาชิกแต่ละตัว

ในเมทริกซ์ Φ^* เป็นไปได้ยาก คำตอบที่ได้จากโมเดล CCA มีความสัมพันธ์กัน และทิศทางของตัวแปรแฝงขึ้นอยู่กับการเลือกการเปรียบเทียบ วิธีการสกัดองค์ประกอบแกนมุขสำคัญ (principle axes decomposition) และการหมุนแกนแบบแวร์ริแมกซ์ (varimax rotation) สามารถนำมาใช้เพื่อลดอิทธิพลของการเลือกการเปรียบเทียบคุณลักษณะและวิธีที่กำหนดขึ้นเองได้

โมเดล CCA เป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน เมื่อการเปรียบเทียบเป็นแบบการเปรียบเทียบที่วางแผนไว้ล่วงหน้า (planed contrasts) ในกรณีนี้ ค่าประมาณพารามิเตอร์แต่ละตัวที่ได้ทั้งหมด และค่าสถิติวัดความสอดคล้องจะมีความหมายทันที ในการศึกษา MTMM จำนวนมาก ประเด็นหลักที่สนใจขึ้นอยู่กับคำถามที่ว่าการวัดคุณลักษณะที่ปรากฏนั้นมีความเป็นอิสระจากวิธีวัดที่นำมาใช้หรือไม่ ในกรณีดังกล่าวนี้ กระบวนการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันมีข้อจำกัดในการพิจารณาความสอดคล้องและการทดสอบความแตกต่างของค่า G^2 (ซึ่งเป็นสถิติที่ใช้ตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลมีการแจกแจงแบบไค-สแควร์) ระหว่างโมเดลไดอะโกนัลและโมเดลที่ความแปรปรวนร่วมมีอิสระจากกัน (independent-common-variation) การเลือกเมทริกซ์การเปรียบเทียบก็เป็นประเด็นทางเทคนิค และการแปลความหมายของค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ได้ จะต้องเป็นไปตามการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ

นอกจากการแปลความหมายค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ได้ตามกฎเกณฑ์ดังกล่าวข้างต้นแล้ว การพิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงลู่เข้า และความตรงเชิงจำแนกสามารถพิจารณาได้จาก ส่วนประกอบความแปรปรวนขององค์ประกอบคุณลักษณะและองค์ประกอบวิธี กล่าวคือ ถ้าส่วนประกอบความแปรปรวนที่สัมพันธ์กันขององค์ประกอบคุณลักษณะมีค่าสูง แสดงถึงความตรงเชิงลู่เข้า และถ้าส่วนประกอบความแปรปรวนที่สัมพันธ์กันขององค์ประกอบวิธีมีค่าต่ำ แสดงถึง ความตรงเชิงจำแนก (Wothke, 1996)

จากรายละเอียดดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า การวิเคราะห์ส่วนประกอบความแปรปรวนร่วม (CCA) สำหรับวิเคราะห์ข้อมูล MTMM เป็นโมเดลที่ใช้หลักการของ MANOVA ในการวิเคราะห์รูปแบบการวัดองค์ประกอบอิทธิพลสุ่มของตัวแปรพหุนามเชิงบวก โดยแยกส่วนประกอบความแปรปรวนของตัวแปรสังเกตได้ที่วัดในแต่ละบุคคลออกเป็นองค์ประกอบทั่วไป องค์ประกอบคุณลักษณะ และองค์ประกอบวิธี โมเดล CCA เป็นโมเดลที่มีความแกร่ง (rigorous) มากที่สุด เมื่อการเปรียบเทียบองค์ประกอบ (หรือ profiles) เ ป็นการเปรียบเทียบที่วางแผนไว้ล่วงหน้า (priori planned comparisons) ซึ่งจะทำให้การทดสอบและการแปลความหมายของส่วนประกอบความ

แปรปรวนร่วมเป็นไปอย่างตรงไปตรงมา ในลักษณะเดียวกับการเปรียบเทียบในการประยุกต์ใช้ ANOVA เมื่อการเปรียบเทียบคุณลักษณะและวิธีไม่สามารถวางแผนไว้ล่วงหน้าได้ ก็อาจจะเปรียบเทียบทุกคุณลักษณะและทุกวิธี (arbitrary constrasts) โดยใช้การตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลที่ต้องการตรวจสอบด้วยค่าสถิติ G^2 สำหรับการแปลความหมายเกี่ยวกับอิทธิพล (effects) ขององค์ประกอบคุณลักษณะและองค์ประกอบวิธี สามารถอาศัยหลักการแปลงโมเดล CCA โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ เพื่อประมาณช่วงความเชื่อมั่นของการประมาณค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว

การวิเคราะห์เมทริกซ์สหสัมพันธ์ MTMM โดยใช้หลักการของ CCA นั้นสามารถทำได้ใน 2 ลักษณะ คือโมเดลการวิเคราะห์ส่วนประกอบความแปรปรวนร่วมที่มีสเกลองค์ประกอบคงที่ (CCA with fixed - scale factor) และโมเดลการวิเคราะห์ส่วนประกอบความแปรปรวนร่วมที่มีสเกลองค์ประกอบเป็นอิสระ (CCA with scale - free factor) แต่การวิเคราะห์เมทริกซ์สหสัมพันธ์ MTMM สำหรับโมเดล CCA ต้องการใช้องค์ประกอบที่มีสเกลอิสระ (scale -free factor) ถึงแม้ว่าองค์ประกอบที่มีสเกลคงที่ (fixed scale factor) จะยังคงมีความประหยัดและมีอำนาจทางสถิติมากกว่า เมื่อสเกลการวัดมีความหมายและเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมถูกนำมาใช้วิเคราะห์การประมาณค่า scale-factor ในเบื้องต้นสามารถใช้เมทริกซ์สหสัมพันธ์ในการวิเคราะห์ได้

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทั่วไปของโมเดล CCA ซึ่งอาจจะประกอบด้วยองค์ประกอบคุณลักษณะและองค์ประกอบวิธี ต้องยอมรับความจริง ที่ว่าทุก ๆ ค่าการวัดในเมทริกซ์ MTMM จำแนกออกเป็นคุณลักษณะและวิธีซ้ำซ้อนกัน 2 ครั้ง สมมุติว่าทุกคุณลักษณะในเมทริกซ์มีความแปรปรวนร่วม (common variances) บางอย่างร่วมกัน นั่นคือมีความสัมพันธ์กันในระดับหนึ่ง ($\tilde{\sigma}^2_\tau$) และสมมุติว่าทุกวิธีมีความแปรปรวนร่วมกัน ($\tilde{\sigma}^2_\mu$) เนื่องจากการจำแนกออกเป็นคุณลักษณะและวิธีมีความซ้ำซ้อนกันถึง 2 ครั้ง ในแต่ละการวัดก็จะได้รับส่วนประกอบความแปรปรวนร่วมทั้ง ($\tilde{\sigma}^2_\tau$) และ ($\tilde{\sigma}^2_\mu$) ปัญหาคือว่า ภายใต้เงื่อนไขดังกล่าว สมาชิกทุกตัวในเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม MTMM ประกอบด้วยผลรวมของส่วนประกอบความแปรปรวนทั้ง 2 ส่วนดังกล่าว และไม่มีสมาชิกใดในเมทริกซ์ที่สะท้อนให้เห็นถึงส่วนประกอบความแปรปรวนทั้ง 2 ตัวนี้ในสัดส่วนที่แตกต่างกัน ดังนั้น การประมาณค่าส่วนประกอบความแปรปรวน $\tilde{\sigma}^2_\tau$ และ $\tilde{\sigma}^2_\mu$ ของแต่ละบุคคลไม่ได้ถูกระบุไว้

3.4 โมเดลผลคูณโดยตรง (Direct Product Model : DPM)

สำหรับวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) ในการวิเคราะห์ข้อมูล MTMM ดังได้กล่าวรายละเอียดไปแล้วข้างต้นนั้น ถ้าวิธีการวัดองค์ประกอบคุณลักษณะมีความสัมพันธ์ในเมทริกซ์ MTMM แบบบวก (additive) กล่าวคือ การวัดคุณลักษณะที่ต่างกันจะสัมพันธ์กันสูงมากเมื่อใช้วิธีวัดเดียวกัน โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบแสดงผลจากวิธีการวัดดังกล่าวนี้โดยการรวมองค์ประกอบวิธีเข้าไว้ในโมเดล ผลจากวิธีการวัดจะเพิ่มความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่วัดได้ด้วยวิธีการวัดเดียวกัน และเพิ่มความแปรปรวนของตัวแปรเหล่านั้นแบบบวก โดยที่องค์ประกอบวิธีมีความเป็นอิสระจากองค์ประกอบคุณลักษณะ (Marsh and Grayson, 1995; Millsap, 1995) แต่ Campbell และ O'Connell (1967,1982 อ้างถึงใน Millsap, 1995) พบว่าขนาดของความสัมพันธ์ที่เพิ่มขึ้นระหว่างตัวแปรที่วัดได้ด้วยวิธีวัดเดียวกัน นอกจากจะมีลักษณะโมเดลแบบบวกดังกล่าวแล้ว ยังขึ้นอยู่กับระดับของความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะด้วยอันเป็นลักษณะปฏิสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลของวิธีและระดับความสัมพันธ์ของคุณลักษณะที่มีต่อความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะ Campbell และ O'Connell เสนอแนะว่า ข้อมูล MTMM ที่มีลักษณะเป็นปฏิสัมพันธ์ดังกล่าว แสดงถึงอิทธิพลของวิธีแบบคูณ (multiplicative) มากกว่าที่จะเป็นแบบบวกอย่างเช่นในโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบ เขาชี้ให้เห็นว่าเมทริกซ์ MTMM ที่ได้จากข้อมูลเชิงประจักษ์อาจจะมีโครงสร้างสอดคล้องกับความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะที่ถูกปรับให้มีค่าลดลงโดยค่าคงที่แบบคูณ (a multiplicative constant) (ขนาดน้อยกว่า 1) เมื่อวิธีวัดต่างกันถูกนำมาใช้ ดังนั้น Browne (1984) จึงได้พัฒนาโมเดลผลคูณโดยตรง (direct product model : DPM) ขึ้นมา และโมเดลนี้ถูกพัฒนาเป็นโมเดลล่าสุดโดย Swain (1975) โมเดล DPM เหมือนกับโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบตรงที่ เป็นโมเดลที่รวมทั้งองค์ประกอบคุณลักษณะและวิธี แต่องค์ประกอบคุณลักษณะและวิธีเหล่านี้รวมกันในเชิงผลคูณ

ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า DPM เริ่มต้นแนวคิดโดย Campbell และ O'Connell (1967, 1982) และได้ถูกพัฒนาขึ้นโดย Swain (1975) (อ้างถึงใน Wothke, 1966) DPM เป็นโมเดลที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์โมเดลสามองค์ประกอบ (three - modal factor) ของ Tucker ซึ่งเป็นการอธิบายเมทริกซ์ความสัมพันธ์ MTMM ในรูปของผลคูณ รูปแบบที่สมบูรณ์ของโมเดลประกอบด้วย scale factors, scale constants และ error term ซึ่งกำหนดขึ้นโดย Browne (1984, 1992) และ Cudeck (1988) (อ้างถึงใน Wothke, 1996) ดังนี้

$$\Sigma = D_x (\Pi_\mu \otimes \Pi_t + E) D_x \quad \text{.....(2.30)}$$

เมื่อ Π_μ, Π_t = เมทริกซ์สมมาตรแบบบวกขององค์ประกอบการคูณ (symmetric nonnegative definite matrices of multiplicative factors)

D_x = เมทริกซ์แนวทแยงของค่าคงที่ (scale constants)

E = เมทริกซ์แนวทแยงของสัมประสิทธิ์องค์ประกอบเฉพาะแบบบวก (nonnegative uniqueness coefficients) และ

$\otimes$ = right direct (kronecker) product ของ 2 เมทริกซ์

วิธีการนี้ในการประมาณค่าแบบแม็กซิมั่มไลด์ลิฮู้ด และ วิธีกำลังสองน้อยที่สุดทั่วไป ซึ่งเสนอโดย Browne (1980) (อ้างถึงใน Wothke, 1966)

พารามิเตอร์ในสมการ (2.30) นี้ สามารถปรับหรือจำกัดให้ง่ายขึ้นเป็นโมเดลย่อย 2 โมเดลคือโมเดลที่มีความคลาดเคลื่อนวิวิธพันธ์ (heteroscedastic error model) ซึ่งกำหนดดังสมการที่ (2.30) และโมเดลความคลาดเคลื่อนรวม (composite error model) ซึ่งกำหนดโดยการเพิ่มเงื่อนไขจำกัด มีรูปแบบสมการ ดังนี้

$$E = E_\mu \otimes E_T \quad \text{.....(2.31)}$$

โดยที่ E_μ และ E_T เป็น diagonal

สมการที่ (2.30) ยังสามารถแสดงในรูปของสมการควอดราติก และประมาณค่าพารามิเตอร์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น LISREL (Joreskog and Sorbom, 1993)

$$\Sigma = D_x [(C_\mu \otimes I_t)(I_\mu \otimes \Pi_t)(C_\mu \otimes I_t)' + E] D_x \quad \text{.....(2.32)}$$

เมื่อ C_μ เป็น m x m เมทริกซ์ได้แนวทแยงขององค์ประกอบวิธี, $\Pi_\mu = C_\mu C_\mu'$ และ I_t กับ I_μ เป็นเมทริกซ์เอกลักษณ์ของ t กับ μ ตามลำดับ

โมเดลที่มีความคลาดเคลื่อนวิวิธพันธ์ (heteroscedastic error terms) ในสมการที่ (2.30) สามารถแสดงในรูปของโมเดลองค์ประกอบขั้นที่สองได้อีกด้วย ดังสมการ

$$\Sigma = \Lambda\Gamma\Phi\Gamma'\Lambda' \quad \text{.....(2.33)}$$

เมื่อ $\Lambda = D_x$ และ Γ, Φ คือ เมทริกซ์แบ่งรูป (partitioned matrix) ดังสมการที่ (2.34) และ (2.35) ตามลำดับดังนี้

$$\Gamma = (C_\mu \otimes I_\tau | I_{\mu\tau}) = (\Gamma_1 \quad | \Gamma_2) \quad \text{.....(2.34)}$$

$$\Phi = \left(\begin{array}{c|c} I_\mu \otimes \Pi_\tau & 0 \\ \hline 0 & E \end{array}\right)$$

$$= \left(\begin{array}{c|c} \Phi_1 & 0 \\ \hline 0 & \Phi_2 \end{array}\right) \qquad \text{.....(2.35)}$$

พารามิเตอร์ที่ปรับใหม่ของโมเดลความคลาดเคลื่อนรวม (ดูสมการที่ (2.31) โดยการเพิ่มเงื่อนไขจำกัด :

$$E = E_\mu \otimes E_\tau \qquad \text{.....(2.36)}$$

$$= \left(E_\mu^{1/2} \otimes I_\tau\right)\left(I_\mu \otimes E_\tau\right)\left(E_\mu^{1/2} \otimes I_\tau\right)' \qquad \text{.....(2.37)}$$

$$= \Gamma_2 \Phi_2 \Gamma_2' \qquad \text{.....(2.38)}$$

ซึ่งมีตัวปรับ 2 ตัวคือ $\Gamma_2 = E_\mu^{1/2} \otimes I_\tau$ และ $\Phi_2 = I_\mu \otimes E_\tau$

การประมาณค่าของสมการที่ (2.30) และ (2.33) ซึ่งมีเงื่อนไขจำกัดนั้นสามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Amos หรือ LISREL ก็ได้ (Wothke, 1996)

เป้าหมายประการหนึ่งในการใช้โมเดล DPM แบบโมเดลความคลาดเคลื่อนรวม (composite error model) หรือเรียกว่า โมเดลผลคูณโดยตรงรวม (composite direct product model : CDPM) คือ เพื่อประมาณค่าขนาดของส่วนประกอบคุณลักษณะและวิธี ส่วนประกอบวิธี (method components) เป็นตัวกำหนดการลู่เข้าระหว่างวิธีการวัดคุณลักษณะต่างๆ ค่าที่เข้าใกล้ 1 แสดงว่ามีความตรงเชิงลู่เข้า ส่วนประกอบคุณลักษณะ (trait components) เป็นตัวกำหนดความตรงเชิงจำแนก คุณลักษณะที่เป็นอิสระอย่างสมบูรณ์นั้นแสดงว่าส่วนประกอบคุณลักษณะมีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งโดยปกติ เราไม่ได้คาดหวังความเป็นอิสระอย่างสมบูรณ์ของคุณลักษณะ แต่ค่าส่วนประกอบคุณลักษณะควรมีค่าต่ำ ซึ่งแสดงถึงการมีความตรงเชิงจำแนก โมเดลนี้ไม่สามารถแยกความแปรปรวนของการวัดตัวแปรสังเกตได้ ออกเป็นความแปรปรวนของคุณลักษณะและวิธี เนื่องจากโครงสร้างข้อมูล MTMM มีลักษณะเป็นการรวมกันแบบผลคูณ และโมเดลนี้ให้คำตอบที่ไม่ชัดเจน ในกรณีที่ข้อมูล MTMM มีอิทธิพลของวิธีวัดที่สัมพันธ์กัน เนื่องจากเราไม่สามารถแยกการลู่เข้าที่มีค่าสูงๆ ออกจากอิทธิพลของวิธีที่สัมพันธ์กัน ดังนั้น โมเดล CDPM นี้ ควรหลีกเลี่ยงในกรณีที่นักวิจัยคาดว่ามีอิทธิพลของวิธีวัดเกิดขึ้นในข้อมูล แต่โมเดลนี้จะเป็นประโยชน์มากที่สุดในกรณีที่นักวิจัยคาดว่าอิทธิพลของวิธีเพิ่มความสัมพันธ์ของวิธีวัดเดียวกัน (Millsap, 1995)

การแปลความหมายองค์ประกอบ (scale factors) และน้ำหนักองค์ประกอบ (factors loading) ขึ้นอยู่กับกรอบแนวคิดว่า จะแปลความหมายในเชิงผลคูณ (multiplicative interpretation) หรือแปลความหมายในเชิงเส้นตรง (linear interpretation) ในมุมมองเชิงผลคูณ ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบวิธี (Π_μ) และองค์ประกอบคุณลักษณะ (Π_τ) ถูกแปลความหมายเหมือนกับเป็นการรวมแหล่งต่างๆ ที่คล้ายคลึงกันระหว่างการวัดตัวแปรสังเกตได้ โดยไม่ต้องอาศัยแนวคิดเกี่ยวกับการจัดเรียงลำดับของทั้ง 2 เมทริกซ์ แต่ในมุมมองเชิงเส้น ต้องอาศัยแนวคิดเกี่ยวกับการจัดเรียงลำดับของส่วนประกอบคุณลักษณะและวิธี

การแปลความหมายในเชิงผลคูณของพารามิเตอร์ในเมทริกซ์ (Π_μ) และ (Π_τ) ซึ่งเป็นส่วนประกอบเชิงผลคูณของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ถูกปรับค่าแล้ว ค่าพารามิเตอร์แนวทแยงของ Π_μ ชี้ให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงรูปแบบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในเมทริกซ์ MTMM โดยเปรียบเทียบกับวิธีวัดเดียวกัน ค่าพารามิเตอร์นอกแนวทแยงของเมทริกซ์ Π_τ ชี้ให้เห็นถึงขนาดของการเปลี่ยนแปลงโดยเปรียบเทียบกับค่าความตรงในแนวทแยง การตรวจสอบความตรงเชิงลู่เข้า และความตรงเชิงจำแนก จำเป็นต้องประเมินทั้ง 2 เมทริกซ์ดังกล่าว โดยสมาชิกนอกแนวทแยงของเมทริกซ์ Π_μ ควรมีค่าเข้าใกล้ 1 แต่สมาชิกนอกแนวทแยงของเมทริกซ์ Π_τ ควรมีค่าเข้าใกล้ 0 ซึ่งแสดงถึงความตรงเชิงลู่เข้า และความตรงเชิงจำแนก ตามลำดับ สำหรับการแปลความหมายในเชิงเส้นตรง พารามิเตอร์เชิงเส้น (ดูสมการที่ 2.30) ที่ได้จากโมเดล DPM จะให้เมทริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคุณลักษณะ (Π_τ) และเมทริกซ์น้ำหนักองค์ประกอบของวิธี (C_μ) ที่ไม่ได้ถูกปรับค่า (disattenuated) การแปลความหมายของค่าพารามิเตอร์ในเมทริกซ์ Π_τ มีลักษณะเช่นเดียวกับที่กล่าวแล้วข้างต้น ส่วนการแปลความหมายค่าพารามิเตอร์ในเมทริกซ์ C_μ มีลักษณะเช่นเดียวกับการแปลความหมายของค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรแฝงบนตัวแปรสังเกตได้ หรือค่าน้ำหนักองค์ประกอบในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (exploratory factor conalysis) โดยทั่วไปนั่นเอง (Millsap, 1995)

กล่าวโดยสรุป DPM เป็นโมเดลการคูณสำหรับการวิเคราะห์เมทริกซ์ MTMM โดยใช้หลักการของวิธีการคูณโดยตรงระหว่างวิธีการวัด 2 วิธี ซึ่งจะทำให้รูปแบบความสัมพันธ์ของคุณลักษณะ Π_τ น้อยลง โดยองค์ประกอบของค่าคงที่ค่าหนึ่งที่สัมพันธ์กับความสัมพันธ์ของวิธีการวัดเดียวกัน รูปแบบความสัมพันธ์ในวิธีการวัดที่ต่างกันจะเป็นสัดส่วนต่อวิธีการอื่นๆ แต่ละวิธี ผลที่ได้อาจจะแตกต่างจากวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวนร่วมและวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ ที่แสดงอิทธิพลของวิธีโดยการบวกค่าคงที่เข้าไปในรูปแบบความแปรปรวนร่วมในวิธีการวัดต่างกัน การระบุโมเดลภายใต้หลักการของ DPM นี้ scale factors และ error term ของ

ตัวแปรสังเกตได้ อาจจะกำหนดเงื่อนไขเป็นพารามิเตอร์กำหนด อิสระ หรือ บังคับเพื่อเป็นรูปแบบที่ง่ายและสะดวกในการประมาณค่าพารามิเตอร์ การแปลความหมายของผลที่ได้สามารถแปลได้ 2 วิธี คือ การแปลความหมายในเชิงเส้นตรง และการแปลความหมายในเชิงผลคูณ ซึ่งการแปลความหมายทั้ง 2 แบบจากพารามิเตอร์ของโมเดลเดียวกันจะให้ผลเหมือนกัน ถึงแม้ว่าการแปลความหมายเชิงผลคูณจะเน้นไปที่โครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะหรือวิธี แต่ในมุมมองเชิงเส้นจะแปลความหมายค่าประมาณในเทอมขององค์ประกอบ (factorial component) ที่มีผลต่อแหล่งความแปรปรวนที่เป็นอิสระ ทั้งวิธีการเชิงเส้นและเชิงผลคูณในการวิเคราะห์ข้อมูล MTMM ไม่เพียงแต่นำมาใช้เพื่อความสะดวกในหลักการของ DPM เท่านั้น แต่ยังช่วยให้สะดวกในการแปลความหมายแบบ 1 ต่อ 1 ระหว่างชุดของค่าประมาณด้วย ความแตกต่างของทั้ง 2 วิธีนี้อยู่ที่รูปแบบการคิดในรายละเอียด เท่านั้น (Wothke, 1996)

ในทางปฏิบัติโมเดล DPM ยังไม่เป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางเท่ากับโมเดล CFA อย่างไรก็ตาม จากการนำไปใช้พบว่า โมเดล DPM แบบ CDPM เป็นโมเดลที่ให้คำตอบหรือผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีความถูกต้องและสอดคล้องกับข้อมูล MTMM และเป็นโมเดลที่มีความประหยัดสูง แต่โมเดล DPM นี้ ก็มีข้อจำกัดเมื่อข้อมูล MTMM มีอิทธิพลของวิธีที่สัมพันธ์กัน ดังนั้นในการนำไปประยุกต์ใช้ นักวิจัยควรพิจารณาความเหมาะสมระหว่างการเป็นโมเดลที่ประหยัดและจุดแข็งจุดอ่อนของโมเดลนี้ด้วย (Marsh and Grayson, 1995)

การวิเคราะห์ข้อมูล MTMM ด้วยการใช้โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) โมเดลการวิเคราะห์ส่วนประกอบความแปรปรวนร่วม (CCA) และโมเดลผลคูณโดยตรง (DPM) ดังกล่าวข้างต้น มีความแตกต่างกันในเชิงหลักการและข้อตกลงเบื้องต้น ดังนั้นจึงเกิดคำถามว่าวิธีไหนดีที่สุด เมื่อเป็นเช่นนี้การเลือกโมเดลสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงประจักษ์หรือทฤษฎีต่างๆนั้น ควรพิจารณาเกี่ยวกับการเป็นโมเดลที่ประหยัด ความสอดคล้องทางสถิติ อำนาจทางสถิติ และกรอบแนวคิดที่มีความหมายของพารามิเตอร์ต่างๆ ในโมเดล โดยกฎทั่วไปโมเดลที่มีความประหยัดควรจะมีอำนาจทางสถิติสูงด้วย ในทางกลับกันโมเดลมักจะสูญเสียอำนาจทางสถิติ เมื่อมีจำนวนพารามิเตอร์มากขึ้น ดังนั้นการสูญเสียดังกล่าวนี้ จึงเป็นตัวชี้ให้เห็นถึงการใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในเรื่องของการเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่าง และ/หรืออัตราการเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่สอง (type II error) ด้วยเหตุนี้ การศึกษาเปรียบเทียบเกี่ยวกับจำนวนพารามิเตอร์และการจำกัดจำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่สนใจหรือตัวแทรกซ้อน (nuisance) ให้น้อยลง จึงเป็นข้อได้เปรียบที่มีประโยชน์ ดังที่จะกล่าวถึงเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างโมเดลทั้ง 3 โมเดล ต่อไปนี้

ความสัมพันธ์ระหว่าง CFA, CCA และ DPM

ผู้วิจัยนำเสนอจำนวนพารามิเตอร์สำหรับโมเดลมาตรฐานของ MTMM รวม 4 โมเดล และโมเดลเฉพาะที่เพิ่มเงื่อนไขบังคับอีก 2 โมเดล ดังแสดงในตารางที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบจำนวนพารามิเตอร์ระหว่างโมเดลมาตรฐาน 4 โมเดล จะเห็นว่าโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ (trait-only factor analysis model) มีจำนวนพารามิเตอร์น้อยที่สุด ในขณะที่โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ-วิธีแบบบล็อคไดอะโกนัล (block- diagonal trait-method factor analysis model) มีจำนวนพารามิเตอร์มากที่สุดตามองค์ประกอบวิธีที่เพิ่มขึ้น ส่วนอีก 2 โมเดลคือ บล็อคไดอะโกนัล CCA (block-diagonal CCA) และ DPM (ที่ไม่มีเงื่อนไขบังคับความคลาดเคลื่อน) มีจำนวนพารามิเตอร์ m(m-1)/2 มากกว่าโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ และมีพารามิเตอร์ mt น้อยกว่า โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ-วิธีแบบบล็อคไดอะโกนัล สำหรับโมเดลที่เพิ่มเงื่อนไขบังคับอีก 2 โมเดลคือ ไดอะโกนัล CCA (diagonal CCA) และ DPM ที่มีความคลาดเคลื่อนรวม (DPM with composite error) จะมีจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่าน้อยลง เนื่องจากพารามิเตอร์บางส่วนถูกบังคับให้เป็นศูนย์

ตารางที่ 3 จำนวนพารามิเตอร์ของโมเดล MTMM ที่สเกลเป็นอิสระ (Scale-Free MTMM Models)

โมเดล	จำนวนพารามิเตอร์
ก. โมเดลมาตรฐาน (Standard models)	
- โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ	$2mt + t(t-1)/2$
- โมเดล CCA แบบบล็อคไดอะโกนัล	$2mt + t(t-1)/2 + m(m-1)/2$
- โมเดล DPM ที่ไม่มีเงื่อนไขบังคับความคลาดเคลื่อน	$2mt + t(t-1)/2 + m(m-1)/2$
- โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ-วิธีแบบบล็อคไดอะโกนัล	$3mt + t(t-1)/2 + m(m-1)/2$
ข. โมเดลที่เพิ่มเงื่อนไขบังคับ (Models with additional constraints)	
- โมเดล CCA แบบไดอะโกนัล	$2mt + t + m - 2$
- โมเดล DPM ที่มีความคลาดเคลื่อนรวม	$mt + t(t-1)/2 + m(m+1)/2 - 1$

ความสัมพันธ์ระหว่าง CFA และ CCA : โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ (trait-only factor analysis) เป็นกรณีเฉพาะของโมเดล CCA ที่ถูกจำกัดรูปแบบและจะเทียบเท่าโมเดล CCA แบบบล็อคไดอะโกนัลที่สเกลขององค์ประกอบเป็นอิสระ (scale-free block-diagonal CCA) ซึ่งมีพารามิเตอร์ความแปรปรวนร่วมของวิธีเท่ากับ m(m-1)/2 ส่วน $\Phi^{*}_{\mu\mu}$ ถูกกำหนดให้เป็นศูนย์ ส่วนโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ - วิธี (trait-method factor analysis model) มีความเป็นกรณีทั่วไปมากกว่าโมเดล CCA แบบบล็อคไดอะโกนัลที่สเกลขององค์ประกอบเป็นอิสระ (scale-free block-diagonal CCA)

ความสัมพันธ์ระหว่าง CCA และ DPM : Browne (1989 อ้างถึงใน Wothke, 1996) ได้เสนอแนะว่า CCA และ DPM ให้ค่าเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของโมเดลที่ใกล้เคียงกัน และจากประสบการณ์ของ Wothke ในการวิเคราะห์เมทริกซ์ MTMM พบว่ามีความแตกต่างกันระหว่างสองโมเดลนี้ เกี่ยวกับความสามารถในการปฏิเสธความแปรเปลี่ยนในการสุ่มตัวอย่าง โดยเฉพาะเมื่อเมทริกซ์สหสัมพันธ์ MTMM มีค่าเป็นบวกทั้งหมด ซึ่งจากข้อมูลเชิงประจักษ์ของ Lawler (1967 อ้างถึงใน Wothke, 1996) พบว่า ค่าสถิติวัดความสอดคล้องของทั้งสองโมเดลมีค่าใกล้เคียงกันมาก นอกจากนี้ Browne ได้ประมาณค่าระหว่างสองโมเดลนี้ เมื่อค่าสหสัมพันธ์ของเมทริกซ์ MTMM มีทั้งค่าบวกและลบ รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะต่างกันและวิธีวัดต่างกันสามารถเปลี่ยนจากการเป็นค่าบวกทั้งหมดหรือผสมกันทั้งค่าบวกและค่าลบ ไปเป็นค่าลบทั้งหมดหรือพูดอีกอย่างหนึ่งว่า DPM จะเปลี่ยนเฉพาะค่าของความสัมพันธ์ แต่เครื่องหมายไม่เปลี่ยนแปลง จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้เพียงว่า CCA และ DPM เป็นโมเดลที่มีความแตกต่างกัน ทั้งสองโมเดลนี้ไม่เทียบเท่าหรือสอดแทรกกัน แต่เป็นโมเดลที่มีจำนวนองศาอิสระ (df) เท่ากัน

ในการประยุกต์ใช้ CCA และ DPM กับข้อมูล MTMM เชิงประจักษ์ พบว่า โมเดลทั้งสองนี้มีแนวโน้มว่าจะสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีกว่าโมเดล CFA-CT (trait-only factor model) อย่างไรก็ตาม มีกรณีจำนวนมากที่พบว่า CCA และ DPM ยังเป็นวิธีการที่ไม่สามารถยอมรับได้ หรือไม่สอดคล้องกับข้อมูล ปัญหาดังกล่าวนี้อาจจะขึ้นอยู่กับสาเหตุหลายอย่าง เช่น การใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก การเลือกตัวบ่งชี้ที่ไม่ถูกต้องเหมาะสม การวัดในระดับมาตราเรียงลำดับ (ordinal measurement) หรือการระบุโมเดลผิดพลาด ปัญหาเหล่านี้จึงควรให้ความสนใจและระมัดระวังในการวิเคราะห์ MTMM (Wothke, 1987,1993 อ้างถึงใน Wothke, 1996

จากรายละเอียดดังกล่าวข้างต้น เกี่ยวกับวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล MTMM สำหรับใช้ในการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง ซึ่งประกอบด้วย วิธีการวิเคราะห์เมทริกซ์สหสัมพันธ์แบบดั้งเดิม (TACM) การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) การวิเคราะห์ส่วนประกอบความแปรปรวนร่วม (CCA) และการวิเคราะห์โมเดลผลคูณโดยตรง (DPM) จะเห็นได้ว่า วิธีการดังกล่าวมีที่มา หลักการ และข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน ซึ่งพอจะสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 4 วิธีการเหล่านี้ไม่มีวิธีไหนดีที่สุด ถูกต้องที่สุดในทุกสถานการณ์ของการวิเคราะห์ข้อมูล MTMM นักวิจัยจึงควรเลือกวิธีการวิเคราะห์ ที่สามารถแสดงถึงอิทธิพลขององค์ประกอบคุณลักษณะและวิธีที่สอดคล้องกับข้อมูลตามสภาพความเป็นจริง (Marsh and Grayson, 1995; Millsap, 1995) และการที่จะทราบถึงลักษณะของข้อมูลตามสภาพความเป็นจริงได้นั้น Marsh และ Grayson ได้ให้ข้อเสนอแนะว่า นักวิจัยควรใช้วิธีการวิเคราะห์เมทริกซ์สหสัมพันธ์แบบดั้งเดิมตามวิธีการของ Campbell และ Fiske (1959) ในการวิเคราะห์ข้อมูล MTMM ในเบื้องต้นก่อน จากนั้นจึงเลือกวิธีการหรือโมเดลที่คิดว่าเหมาะสมที่สุดกับข้อมูล ซึ่งอาจจะเป็น CFA , CCA หรือ DPM

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้โมเดล CFA (ซึ่งประกอบด้วย 4 โมเดลย่อย), CCA และ DPM ในการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู ที่พัฒนามาจากตัวแปรซึ่งวัดโดยใช้วิธีการทางตรงและทางอ้อม เหตุผลที่ผู้วิจัยเลือกใช้ทั้ง 3 โมเดล เพราะโมเดลทั้ง 3 โมเดลมีความเกี่ยวข้องกัน (Wothke, 1996) กล่าวคือ โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ (CFA-CT) เทียบเท่ากับโมเดลการวิเคราะห์ส่วนประกอบความแปรปรวน-ร่วมแบบบล็อคไดอะโกนัลที่สเกลขององค์ประกอบเป็นอิสระ และโมเดลผลคูณโดยตรง ที่ไม่มีอิทธิพลของวิธี นอกจากนี้โมเดล CFA และ DPM เป็นโมเดลที่มีจุดอ่อนเมื่อเทียบกับเกณฑ์ของ Campbell และ Fiske (1959) ในขณะที่โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ มีความสอดคล้องกับเกณฑ์ของ Campbell และ Fiske ข้อสรุปทั้งหมดนี้เปรียบเทียบกับเกณฑ์ของ Campbell และ Fiske ซึ่งไม่มีอิทธิพลของวิธี แต่แนวคิดของโมเดล DPM เป็นการศึกษาอิทธิพลของวิธี ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาโมเดล MTMM ทั้ง 3 โมเดลดังกล่าว เพื่อนำมาตรวจสอบความตรงของตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู และเปรียบเทียบความสอดคล้องของโมเดลทั้ง 3 โมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ เพื่อจะได้ข้อค้นพบที่เป็นประโยชน์ในการประยุกต์ใช้ต่อไป

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบลักษณะบางประการของวิธีการวิเคราะห์ MTMM 4 วิธี

วิธี / รายการ	TACM	CFA	CCA	DPM
ผู้คิด/ผู้พัฒนา	Campbell และ Fiske (1959)	Joreskog (1966,1971,1974, 1988)	Bock(1960), Bock และ Bargmann (1966)	Campbell และ O'Connell (1967, 1982), Swain (1975), Browne (1984,1992), Cudeck (1988)
ลักษณะโมเดล	เชิงเส้นตรง	เชิงเส้นตรง	เชิงเส้นตรง	เชิงเส้นตรง
หลักการ	ใช้หลักการหาค่า สปส.สหสัมพันธ์เชิงเส้นตรงจากผลการวัดคุณลักษณะหลายอย่างด้วยวิธีการวัดหลายวิธี	ใช้หลักการการวิเคราะห์โมเดลลิสเรล ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์	ใช้หลักการการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม (MANOVA)	ใช้หลักการของ three-modal factor analysis ในการอธิบายเมทริกซ์สหสัมพันธ์ MTMM ในรูปของผลคูณโดยตรง ซึ่งประกอบด้วย scale factor, error term, และ scale constants เหมือนกับ CCA ทั้งสามประการ
ข้อดี	เป็นวิธีการที่ง่ายและสะดวกในการนำไปใช้	-ให้การทดสอบที่อ้างอิงถึงตัวแปรคุณลักษณะแฝงที่สนใจมากกว่าตัวแปรสังเกตได้	- มีการแยกส่วนและระบุปริมาณของส่วนประกอบความแปรปรวนของลักษณะและวิธี	

ตารางที่ 4 (ต่อ)

วิธี / รายการ	TACM	CFA	CCA	DPM
		- แยกความแตกต่างของความแปรปรวนที่เกี่ยวกับลักษณะและวิธี และให้ค่าสถิติสรุปปริมาณความแปรปรวนดังกล่าวแยกจากกัน - มีการแยกส่วนค่าสหสัมพันธ์ที่ได้จากค่าประมาณพารามิเตอร์แต่ละตัวที่แสดงถึงผลขององค์ประกอบลักษณะและวิธี - สามารถทดสอบเชิงประจักษ์ของจำนวนองค์ประกอบลักษณะและองค์ประกอบวิธีที่เหมาะสมที่สุดกับข้อมูล -สามารถเปรียบเทียบระหว่างโมเดลเพื่อหาโมเดลที่ดีที่สุด	- ลดข้อจำกัดเกี่ยวกับเกณฑ์ตามวิธีของ Campbell และ Fiske เนื่องจากวิธีนี้ยอมให้มีอิทธิพลของลักษณะและวิธีเกิดขึ้นในการวัด - มีแนวโน้มว่าจะสอดคล้องกับข้อมูลได้ดีกว่าโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 (ต่อ)

วิธี / รายการ	TACM	CFA	CCA	DPM
ข้อเสีย	- การวิเคราะห์ข้อมูลมิได้นำค่าของตัวแปรคุณลักษณะแฝงมาพิจารณาด้วย ซึ่งต้องมีข้อตกลงเบื้องต้นว่า สปส.สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้นั้นใช้แทน สปส.สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝง ซึ่งเป็นข้อตกลงเบื้องต้นที่อ่อนมาก - สปส.สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้มิใช่ค่าที่บอกความตรงได้ถูกต้อง เพราะตามนิยามค่าความตรงควรเป็นค่าที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้กับคุณลักษณะที่ต้องการวัด	- มีจุดอ่อนเนื่องจากค่าสถิติไค-สแควร์ที่ใช้ในการตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูลกับโมเดล - โมเดล CFA- CTUM และ CFA-CTCM มักจะมีปัญหาค่าประมาณพารามิเตอร์อยู่นอกช่วงค่าที่สามารถยอมรับได้	- ฝ่าฝืนแนวคิดของความตรงเชิงจำแนกและไม่มีการตรวจสอบความตรงเชิงจำแนก	- ฝ่าฝืนแนวคิดของความตรงเชิงจำแนกและไม่มีการตรวจสอบความตรงเชิงจำแนก - ให้ผลการทดสอบที่ไม่ชัดเจนในข้อมูลที่มีอิทธิพลของวิธีวัดมีความสัมพันธ์กัน

ตารางที่ 4 (ต่อ)

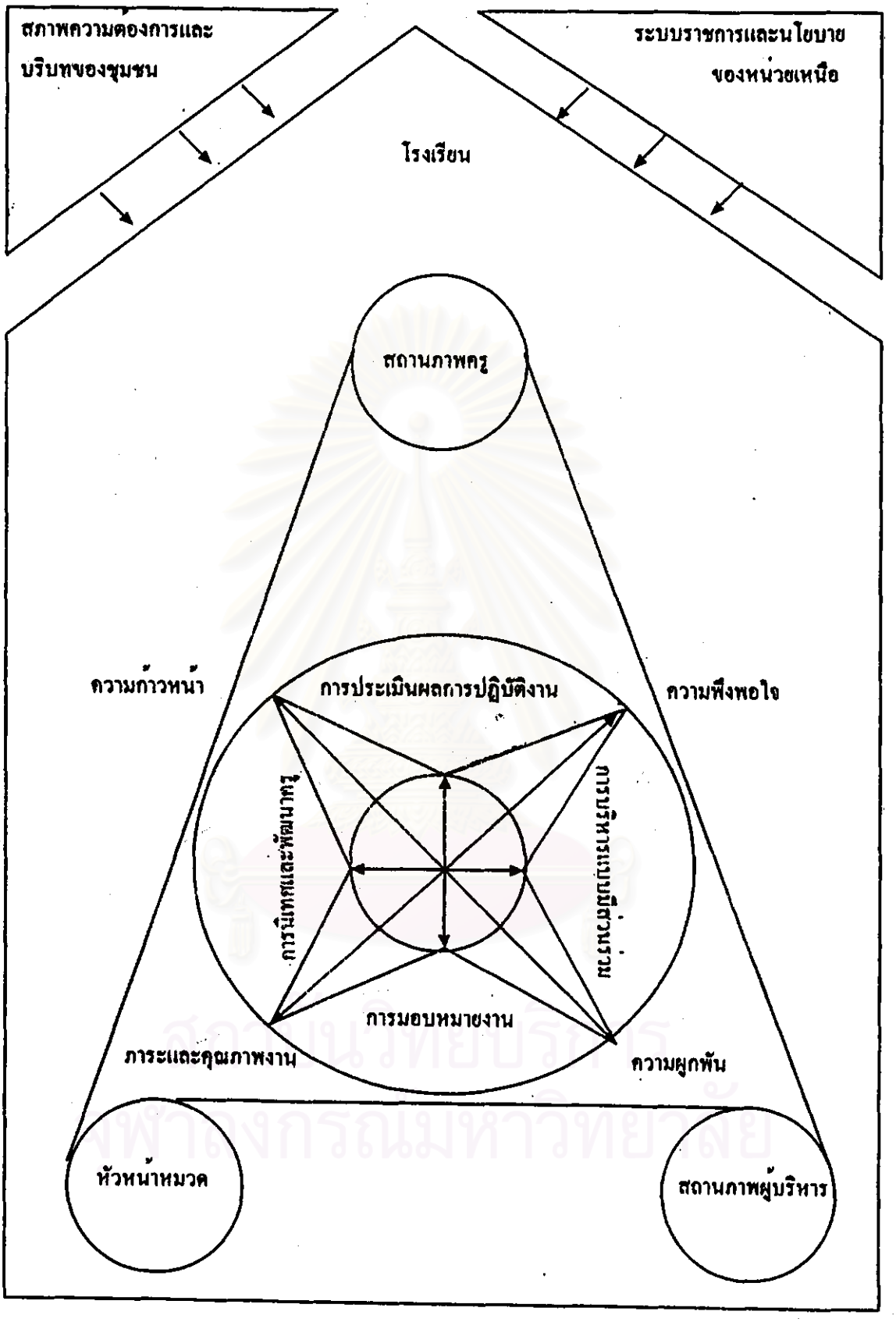
วิธี / รายการ	TACM	CFA	CCA	DPM
	- มีปัญหาต่างๆ เกี่ยวกับเกณฑ์ เช่น Campbell และ Fiske ไม่ได้ระบุถึงระดับของเกณฑ์ในเชิงปริมาณว่าเท่าไรจึงจะมีความเหมาะสมในการตัดสินความตรง และยังใช้เกณฑ์เชิงคุณภาพในการพิจาณาความตรง เป็นต้น			
โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์	-SPSS -วิเคราะห์ด้วยมือ	-LISREL 8 -Amos 3.5	-LISREL 8 -Amos 3.5	-LISREL 8 -Mx 1.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 4 สารสนเทศเกี่ยวกับโครงการวิจัยที่ผู้วิจัยนำข้อมูลมาใช้

การวิจัยเรื่อง "ประสิทธิภาพการใช้ครู : การวิเคราะห์เชิงปริมาณระดับมหภาค" (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2539) เป็นการวิจัยเชิงสหสัมพันธ์ มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อแสวงหานโยบายและแนวทางการใช้ครูอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะนโยบายการให้ครูปฏิบัติพันธกิจที่เหมาะสม และนโยบายการส่งเสริมพัฒนาครูอย่างต่อเนื่อง วัตถุประสงค์เฉพาะของการวิจัยมี 5 ประการ ประการแรก เพื่อศึกษาสภาพทั่วไปของโรงเรียน ผู้บริหารและครู ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างโรงเรียนกับชุมชน ประการที่สอง เพื่อศึกษาสภาพการบริหารครูของโรงเรียน ในด้านกระบวนการใช้ครู และผลผลิตที่เกิดกับตัวครู ว่ามีรายละเอียดของกระบวนการและผลผลิตเป็นอย่างไร เหมาะสมตามหลักการบริหารครูมากน้อยเพียงไร ประการที่สาม เพื่อศึกษาความแตกต่างในเรื่องกระบวนการใช้ครูและผลผลิตที่เกิดกับตัวครู ระหว่างโรงเรียนที่มีขนาดต่างกันและมีสังกัดต่างกัน ประการที่สี่ เพื่อศึกษาวิเคราะห์โมเดลประสิทธิภาพการใช้ครูที่คณะผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ว่ามีความตรงตามทฤษฎีมากน้อยเพียงไร และพัฒนาดัชนีวัดประสิทธิภาพการใช้ครูของโรงเรียน ประการสุดท้าย เพื่อศึกษาความสำคัญของกระบวนการใช้ครูและผลผลิตที่เกิดกับตัวครูตลอดจนปัจจัยด้านโรงเรียนและชุมชน ที่มีต่อดัชนีวัดประสิทธิภาพการใช้ครู

กรอบความคิดเชิงทฤษฎีสำหรับการวิจัย เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการใช้ครูโดยใช้โมเดลกระบวนการผลผลิต (process-product model) กล่าวคือ เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการใช้ครูจากประสิทธิผลของการดำเนินงานของครู และประสิทธิผลของผลผลิตที่เกิดกับตัวครู เมื่อมีการควบคุมปัจจัยด้านบริบท และปัจจัยป้อนของโรงเรียน โดยบูรณาการหลักเศรษฐศาสตร์ ทฤษฎี ระบบ และหลักการบริหารบุคลากร สร้างกรอบความคิดเชิงทฤษฎีว่า ประสิทธิภาพการใช้ครูในโรงเรียนแสดงได้ด้วยลักษณะกระบวนการใช้ครูให้ปฏิบัติงาน และผลผลิตที่เกิดกับตัวครู ทั้งที่เป็นผลผลิตขั้นต้นและผลผลิตขั้นสุดท้าย นั่นคือ เมื่อควบคุมให้บริบทและปัจจัยป้อนของโรงเรียนคงที่ โรงเรียนที่มีการใช้ครูและบริหารครูอย่างเหมาะสมทำให้ครูปฏิบัติงานได้เต็มศักยภาพ ได้ผลงานที่มีคุณภาพ และครูผู้ปฏิบัติงานมีความพอใจและผูกพันกับอาชีพครูแล้ว โรงเรียนนั้นเป็นโรงเรียนที่มีประสิทธิภาพการใช้ครู กรอบความคิดเชิงทฤษฎีดังกล่าวแสดงในแผนภาพที่ 5



แผนภาพที่ 5 กรอบความคิดเชิงทฤษฎีของประสิทธิภาพการใช้ครู

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2539)

จากกรอบความคิดเชิงทฤษฎี คณะผู้วิจัยได้ศึกษารายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยพิจารณาคัดเลือกตัวแปรหลักที่ครอบคลุมกระบวนการและผลผลิต ในการวัดประสิทธิภาพการใช้ครู เพื่อใช้เป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญเพียง 8 ตัวแปรหลัก ประกอบด้วย 16 ตัวแปรย่อย ดังนี้

ตัวแปรด้านกระบวนการใช้ครู

1. การบริหารแบบมีส่วนร่วม (Participatory Administration)

การบริหารแบบมีส่วนร่วม เป็นรูปแบบหนึ่งของการบริหาร ซึ่งกำลังได้รับความนิยมมากขึ้นในปัจจุบัน วิธีการบริหารแบบมีส่วนร่วมมีลักษณะที่สำคัญ คือ การที่ผู้บริหารเปิดโอกาสให้ผู้ปฏิบัติงานเข้ามามีส่วนร่วมในการบริหาร นับตั้งแต่การกำหนดเป้าหมาย การวางแผนการดำเนินงานและการประเมินผลงาน ผู้ปฏิบัติงานมีส่วนร่วมในการเสนอความคิดเห็นทุกขั้นตอนการทำงาน การดำเนินงานมีการประชุมปรึกษาเพื่อตัดสินใจร่วมกันระหว่างผู้บริหาร และผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งวิธีการดังกล่าวนี้ จะทำให้ผู้ปฏิบัติงานมีความสำนึกในหน้าที่รับผิดชอบ มีความผูกพันกับงาน (Sashkin, 1998; Carrell, Kuzmits, and Elbert, 1992 อ้างถึงใน สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2539) และผู้บริหารโรงเรียนสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับครูได้หลายรูปแบบ

ในการวิจัยดังกล่าวนี้ คณะผู้วิจัยให้ความสำคัญกับลักษณะ และปริมาณการมีส่วนร่วมของครูในการบริหารตามการรับรู้ของครู ว่าผู้บริหารได้ใช้วิธีการต่างๆ เปิดโอกาสให้ครูมีส่วนร่วมในการวางแผน การดำเนินงาน และการประเมินผลงานมากน้อยเพียงใด

2. การมอบหมายงาน (Job Assignment)

การมอบหมายงาน หมายถึง การที่ผู้บริหารกำหนดอำนาจหน้าที่ความรับผิดชอบให้ผู้ใต้บังคับบัญชาปฏิบัติ เพื่อให้ภารกิจขององค์กรสำเร็จตามเป้าหมายที่วางไว้ ซึ่งการที่จะให้สมาชิกขององค์กรปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น สมาชิกทุกคนขององค์กรต้องได้งานทำเหมาะสมกับความสามารถ ทักษะ และแรงจูงใจที่จะทำงาน หรือต้องมีการมอบหมายงานให้สมาชิกอย่างมีประสิทธิภาพ

ในการวิจัยประสิทธิภาพการใช้ครู คณะผู้วิจัยได้ให้ความสำคัญกับวิธีการมอบหมายงานมากกว่าปัญหาที่เกิดจากการมอบหมายงาน ภายใต้ความเชื่อที่ว่า การวัดวิธีการมอบหมายงานที่ใช้อยู่จริงในโรงเรียน ตามการรับรู้ของครูและผู้บริหาร จะให้ภาพของการมอบหมายงาน อันเป็นขั้นตอนสำคัญขั้นตอนหนึ่งของกระบวนการใช้ครู ที่จะนำไปสู่การวัดประสิทธิภาพการใช้ครูได้อย่างชัดเจน การวัดตัวแปรนี้แบ่งออกเป็น 2 ตัวแปรย่อย คือ ลักษณะการมอบหมายงาน และการมอบหมายงานตรงตามสาขาที่เรียน

3. การนิเทศและการพัฒนาครู (Teacher Supervision and Development)

หัวใจสำคัญของการบริหารครูส่วนหนึ่งก็คือ การนิเทศครู ให้ปฏิบัติงานได้ผลสัมฤทธิ์สูงสุด และการพัฒนาครูให้มีความรู้ความสามารถ ตลอดจนมีลักษณะนิสัยที่ดีสมกับเป็นครูมืออาชีพ วัตถุประสงค์ในการนิเทศและพัฒนาครูนั้น อาจแบ่งได้ออกเป็นหลายลักษณะ และสามารถจัดกิจกรรมเพื่อตอบสนองวัตถุประสงค์เหล่านั้นได้หลายรูปแบบ แต่ไม่ว่าจะกำหนดวัตถุประสงค์ในรูปแบบใดก็ตาม ประเด็นสำคัญร่วมกันอันหนึ่งของการนิเทศและพัฒนาครู ก็คือ เป็นโครงการที่โรงเรียนจัดขึ้นเพื่อเปลี่ยนแปลง หรือพัฒนาจิตลักษณะ บุคลิกภาพ ความรู้ ความสามารถ พฤติกรรม และวิธีการปฏิบัติของครู เพื่อให้การปฏิบัติของครูเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนด

คณะผู้วิจัยแบ่งตัวแปรในการวิจัยออกเป็น 2 ตัวแปรย่อย คือ การนิเทศครู และการพัฒนาครู การนิเทศครูพิจารณาดำเนินการวัดกระบวนการนิเทศครู เฉพาะเรื่องผลของการนิเทศทั้งการนิเทศภายในและการนิเทศภายนอก และรวมการยอมรับผู้นิเทศของครูไว้ด้วย แต่ไม่รวมรายการปัญหาอุปสรรคในกระบวนการนิเทศ สำหรับการพัฒนาครู ให้ความสำคัญเกี่ยวกับแนวการปฏิบัติ และการส่งเสริมให้ครูเข้าร่วมกิจกรรมการพัฒนา โดยเฉพาะในด้านวิชาการว่าครูมีโอกาสเข้าร่วมการพัฒนาเท่าเทียมกันหรือไม่ และระดับการส่งเสริมกิจกรรมการพัฒนาครูมีมากน้อยเพียงใด

4. การประเมินผลการปฏิบัติงาน (Performance Appraisal or Evaluation)

การประเมินผลการปฏิบัติงาน หมายถึง กระบวนการประเมินคุณค่าการปฏิบัติงานของบุคคล ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ ด้วยวิธีการที่มีระบบ มีมาตรฐานที่ถูกต้อง เที่ยงตรงและเป็นธรรม เพื่อประโยชน์ในการเลื่อนตำแหน่ง การพัฒนาศักยภาพในการปฏิบัติงาน และการบริหารบุคลากรด้านอื่นๆ

คณะผู้วิจัย ได้ให้ความสำคัญกับกระบวนการในการประเมินผลการปฏิบัติงานของครู และให้ความสำคัญกับการดำเนินงานในด้านการมีส่วนร่วมของครู ในการกำหนดวัตถุประสงค์ วิธีการ และหลักเกณฑ์ในการประเมิน คุณลักษณะที่จะประเมิน ความถี่ในการประเมิน และรูปแบบการพิจารณาความดีความชอบเพื่อเลื่อนขั้นเงินเดือนครู

ตัวแปรด้านผลผลิตที่เกิดขึ้นกับตัวครู

1. ภาระงานและคุณภาพของงาน (Work load and Quality)

ผลผลิตที่เกิดขึ้นกับตัวครู ซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับการมอบหมายงานในกระบวนการใช้ครู คือ ภาระงานและคุณภาพงาน ซึ่งตามหลักการบริหารบุคลากร เมื่อมีการมอบหมายงานให้อย่างถูกต้องเหมาะสม ครูย่อมปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ภาระงานเสร็จสิ้นสมบูรณ์เป็นปริมาณมากและมีคุณภาพสูง และทำให้ครูเกิดความพึงพอใจในการทำงาน มีความผูกพันกับงาน (Harris, and Monk, 1992 อ้างถึงใน สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2539)

ในการวิจัยประสิทธิภาพการใช้ครู คณะผู้วิจัยวัดภาระงานในรูปของจำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่ครูปฏิบัติงานสอน และงานสนับสนุนการสอน และวัดคุณภาพของงานในรูปความหลากหลายของงานที่ครูปฏิบัติ ว่ามีจำนวนประเภทของงานมากน้อยแตกต่างกันเพียงไร รวมกับการรับรู้ของครู ว่าในโรงเรียนมีครูเพียงพอที่จะปฏิบัติงานหรือไม่ และตัวครูเองปฏิบัติงานในหน้าที่รับผิดชอบได้ครบถ้วนสมบูรณ์เพียงใด โดยแยกออกเป็น 4 ตัวแปรย่อย คือ จำนวนชั่วมงสอน จำนวนชั่วโมงทำงานสนับสนุนการสอนและอื่นๆ ความหลากหลายของงาน และคุณภาพของงาน

2. ความพึงพอใจในงาน (Job Satisfaction)

ความพึงพอใจในงานเป็นองค์ประกอบสำคัญยิ่งประการหนึ่ง ที่ผู้บริหารจะต้องหาวิธีเสริมสร้างให้เกิดขึ้นกับผู้ปฏิบัติงานในองค์กร เพราะความพึงพอใจในงานเป็นปัจจัยสำคัญที่จะนำไปสู่ความสำเร็จของงาน บุคคลที่มีความพึงพอใจในงาน จะตั้งใจทำงาน ผูกพันกับงาน และปฏิบัติงานด้วยความเสียสละ ทุ่มเทกำลังกายกำลังใจและสติปัญญาให้กับงาน ซึ่งจะก่อให้เกิดผลดีต่องานหรือองค์กรโดยส่วนรวม

ในการวิจัย คณะผู้วิจัยได้วัดความพึงพอใจในงานของครูโดยแยกตามลักษณะต่างๆ คือ สภาพแวดล้อมเกี่ยวกับงาน การได้รับการยอมรับจากผู้ร่วมงาน ความสัมพันธ์กับผู้ร่วมงาน โอกาสในการทำงาน ความก้าวหน้าของงาน ความมั่นคงของงาน และความพึงพอใจตัวบุคคลโดยเฉพาะผู้บังคับบัญชา

3. ความก้าวหน้าในอาชีพ (Career Progress)

ความก้าวหน้าในอาชีพหรือความก้าวหน้าในการทำงาน เป็นสิ่งสำคัญที่ทุกคนปรารถนา สามารถพิจารณาได้จากความสำเร็จในการทำงาน ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบหลายด้านเช่น ความสามารถของบุคคล การได้เห็นประสบการณ์ของคนอื่น การพูดชักจูงจากผู้อื่น และความตื่นตัวทางอารมณ์ รวมทั้งการให้รางวัลตอบแทนในการทำงาน เป็นต้น

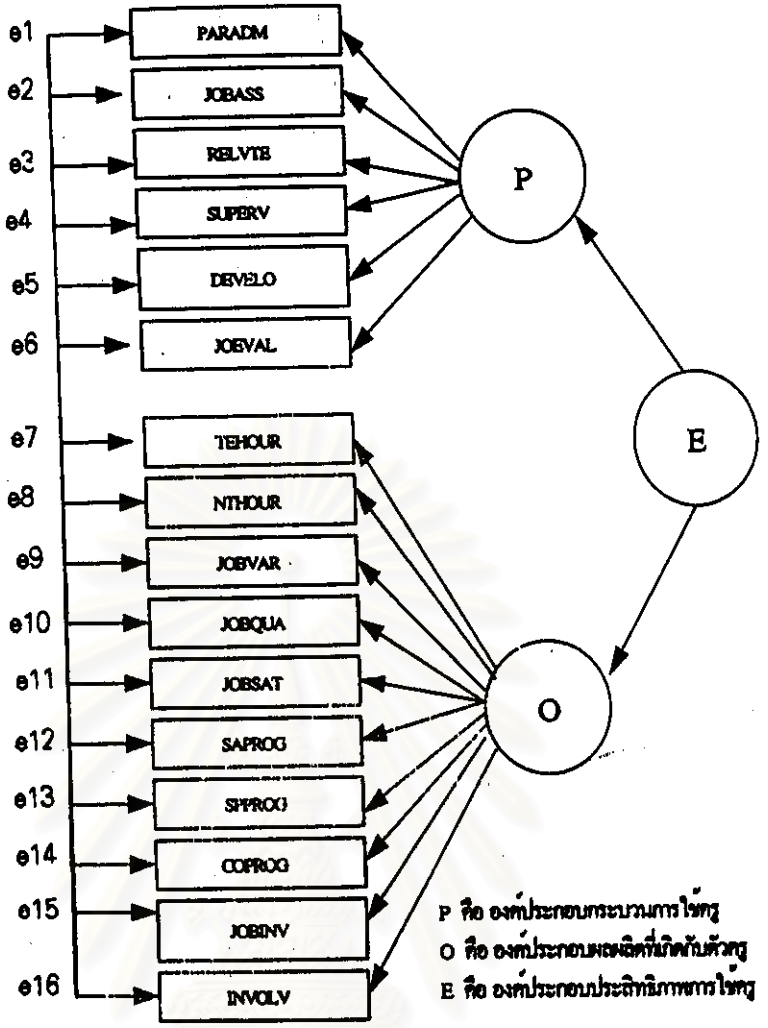
ในการวิจัยเรื่องดังกล่าวนี้ คณะผู้วิจัยให้ความสำคัญกับการรับรู้ของครู ว่าตนเองมีการพัฒนาตามเส้นทางอาชีพครูอย่างไร โดยแบ่งออกเป็น 3 ตัวแปรย่อย ได้แก่ อัตราการเพิ่มเงินเดือน อัตราการเลื่อนเงินเดือนสองขั้น และความก้าวหน้าเทียบกับเพื่อนร่วมรุ่น

4. ความผูกพันกับโรงเรียนและอาชีพครู (School and Profession Commitment)

ความผูกพันเป็นจิตลักษณะสำคัญ ที่เป็นผลผลิตของกระบวนการใช้ครูที่เกิดกับตัวครู ตามหลักการบริหาร ครูที่ผูกพันกับโรงเรียน การสอน นักเรียน หรือกับวิชาที่สอน ย่อมปฏิบัติงานของตนเองได้มีประสิทธิภาพสูงกว่าครูที่มีความผูกพันน้อยกว่า ซึ่งนักการศึกษาได้ให้ความสนใจกับเรื่องนี้มากขึ้นเรื่อยๆ อย่างไรก็ดี ความผูกพันของครูที่สำคัญคือความผูกพันกับโรงเรียนและอาชีพครู ซึ่งหมายถึง ความรู้สึกหรือเจตคติของครูในด้านบวกที่มีต่อโรงเรียนและอาชีพครู แสดงตนอย่างภาคภูมิใจว่าเป็นครู เป็นสมาชิกของโรงเรียน ภาคภูมิใจและชื่นชอบในการประกอบอาชีพครูของตน มีความเชื่อ ความศรัทธา และยอมรับในโรงเรียนและอาชีพ รวมทั้งพร้อมที่จะปฏิบัติงานเต็มตามศักยภาพ เพื่อโรงเรียนด้วยความภักดี

ในการวิจัย คณะผู้วิจัยได้พิจารณาองค์ประกอบของตัวแปรเกี่ยวกับการแสดงตน ว่าเป็นสมาชิกของโรงเรียน และภูมิใจในอาชีพครู ความเต็มใจที่จะปฏิบัติงานของโรงเรียนและปฏิบัติงานในหน้าที่ครู โดยแบ่งออกเป็น 2 ตัวแปรย่อย คือ ความผูกพันกับอาชีพครู และความปรารถนาที่จะเป็นครูต่อไปในอนาคต

จากตัวแปรหลัก 8 ตัวแปร ซึ่งประกอบด้วย 16 ตัวแปรย่อย ดังกล่าวข้างต้น คณะผู้วิจัยได้พัฒนากรอบความคิดสำหรับการวิจัย ในรูปโมเดลความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้น หรือโมเดลลิสเรล (Linear Structural Relationship Model or LISREL Model) แบบมีตัวแปรแฝง (latent variables) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีประสิทธิภาพการใช้ครู กับกลุ่มตัวแปรด้านกระบวนการใช้ครู 6 ตัวแปร ได้แก่ การบริหารแบบมีส่วนร่วม (PARADM) ลักษณะการมอบหมายงาน (JOBASS) การมอบหมายงานตรงสาขาวิชาที่เรียน (RELVTE) การนิเทศครู (SUPERV) การพัฒนาครู (DEVELO) และการประเมินผลการปฏิบัติงาน (JOEVAL) และกลุ่มตัวแปรด้านผลผลิตที่เกิดกับตัวครู 10 ตัวแปรย่อย ได้แก่ จำนวนชั่วโมงสอน (TEHOUR) จำนวนชั่วโมงทำงานสนับสนุนการสอนและอื่นๆ (NTHOUR) ความหลากหลายของงาน (JOBVAR) คุณภาพของงาน (JOBQUA) ความพึงพอใจในการทำงาน (JOBSAT) อัตราการเพิ่มเงินเดือน (SAPROG) อัตราการเลื่อนเงินเดือนสองขั้น (SPPROG) ความก้าวหน้าเทียบกับเพื่อนร่วมรุ่น (COPROG) ความผูกพันกับอาชีพครู (JOBINV) และความปรารถนาที่จะเป็นครูต่อไปในอนาคต (INVOLV) เมื่อควบคุมปัจจัยเกี่ยวกับบริบทและปัจจัยป้อนของโรงเรียน ลักษณะของโมเดลลิสเรลของประสิทธิภาพการใช้ครูดังกล่าว แสดงในแผนภาพที่ 6



แผนภาพที่ 6 โมเดลลิสเรลการวิเคราะห์องค์ประกอบสองขั้นตอนของประสิทธิภาพการใช้ครู
ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2539)

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนภาพที่ 6 มีความหมายดังนี้

(E)	หมายถึง	ตัวแปรแฝงประสิทธิภาพการใช้ครู
(P)	หมายถึง	ตัวแปรแฝงประสิทธิภาพการใช้ครูด้านกระบวนการใช้ครู
(O)	หมายถึง	ตัวแปรแฝงประสิทธิภาพการใช้ครูด้านผลผลิตที่เกิดกับตัวครู
Y_i	หมายถึง	ตัวแปรสังเกตได้ด้านกระบวนการใช้ครูและด้านผลผลิตที่เกิดกับตัวครูตัวที่ i เมื่อ i = 1, 2, 3, ..., 16
e_i	หมายถึง	ความคลาดเคลื่อนของตัวแปรสังเกตได้ Y_i
→	หมายถึง	สัมประสิทธิ์การถดถอยจากตัวแปรสาเหตุที่มีต่อตัวแปรผล
↑—↑	หมายถึง	ความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรสังเกตได้

ในแผนภาพที่ 6 มีประเด็นที่น่าสังเกต คือ คณะผู้วิจัยโครงการประสิทธิภาพการใช้ครู มิได้ใช้สัญลักษณ์↑ ↑ เชื่อมระหว่างความคลาดเคลื่อนทุกตัว แต่ใช้วิธีลากเส้นรวมเป็นเส้นเดียวเชื่อมความคลาดเคลื่อนรวมหมดทุกตัว ซึ่งทำให้ดูง่ายขึ้น แต่อาจทำให้เกิดความเข้าใจผิดว่าเทอมความคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันเฉพาะเทอมที่อยู่ใกล้กัน

โมเดลความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้น ตามแผนภาพที่ 6 เป็นโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบอันดับที่สอง (second order factor analysis model) ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มตัวแปรกระบวนการใช้ครู 6 ตัวแปร และกลุ่มตัวแปรผลผลิตที่เกิดกับตัวครู 10 ตัวแปร รวม 16 ตัวแปร ตัวแปรสังเกตได้ 6 ตัวแปรนี้ เป็นผลที่เกิดขึ้นจากตัวแปรแฝงที่เป็นองค์ประกอบอันดับที่สองของประสิทธิภาพการใช้ครู (E) ซึ่งแสดงอิทธิพลต่อตัวแปรแฝงที่เป็นองค์ประกอบอันดับแรกของประสิทธิภาพการใช้ครูด้านกระบวนการใช้ครู (P) และด้านผลผลิตที่เกิดกับตัวครู (O)

กลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัยเรื่องประสิทธิภาพการใช้ครูดังกล่าวข้างต้น ประกอบด้วยโรงเรียนที่เปิดสอนระดับก่อนประถมศึกษา ระดับประถมศึกษา และระดับมัธยมศึกษาในสังกัดสำนักการศึกษากรุงเทพมหานคร สำนักงานการศึกษาท้องถิ่น สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ กรมสามัญศึกษา และสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาเอกชน ในปีการศึกษา 2535 จำนวน 1,722 โรงเรียน สุ่มเลือกจากประชากร 36,910 โรงเรียน กลุ่มตัวอย่างผู้ให้ข้อมูลประกอบด้วยผู้บริหารโรงเรียน 4,256 คน หัวหน้าหมวด/หัวหน้ากลุ่มประสบการณ์ จำนวน 8,772 คน และครูผู้สอน จำนวน 13,965 คน การเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการสุ่มแบบสองขั้นตอน ขั้นตอนแรกเป็นการเลือกโรงเรียนโดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น โดยใช้ภาคภูมิศาสตร์สังกัด และระดับประสิทธิภาพของโรงเรียนเป็นเกณฑ์ในการแบ่งชั้น จากนั้นสุ่มเลือกโรงเรียนแต่ละชั้นโดยวิธีการสุ่มแบบมีระบบขั้นตอนที่สองเป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างผู้ให้ข้อมูลจากโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง 1,722 โรงเรียน คณะผู้วิจัยใช้ผู้บริหาร/ผู้ช่วยผู้บริหารทุกคนเป็นผู้ให้ข้อมูล และสุ่มเลือกหัวหน้าหมวด/หัวหน้ากลุ่มประสบการณ์ โรงเรียนละ 5 คน สุ่มเลือกครูผู้สอนโรงเรียนละ 5-10 คน ด้วยวิธีสุ่มแบบง่าย

ข้อมูลสำหรับการวิจัยประกอบด้วย ตัวแปรด้านกระบวนการใช้ครู 4 ตัวแปรหลัก (6 ตัวแปรย่อย) ตัวแปรด้านผลผลิตที่เกิดกับตัวครู 4 ตัวแปรหลัก (10 ตัวแปรย่อย) กลุ่มตัวแปรภูมิหลังผู้ให้ข้อมูล 14 ตัวแปร กลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับโรงเรียนและชุมชน รวม 29 ตัวแปร รวมตัวแปรทั้งหมด 59 ตัวแปร ข้อมูลทั้งหมดรวบรวมโดยใช้แบบสอบถาม จำนวน 4 ชุด สำหรับผู้บริหาร หัวหน้าหมวดวิชา/หัวหน้ากลุ่มประสบการณ์ ครูผู้สอน และแบบสอบถาม

ข้อมูลพื้นฐานของโรงเรียนและชุมชน อัตราตอบกลับแบบสอบถาม คิดเป็นร้อยละ 73.2 ของจำนวนแบบสอบถามทั้งหมดที่ส่งทางไปรษณีย์

เนื่องจากหน่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยเรื่องประสิทธิภาพการใช้ครู คือ โรงเรียน และข้อมูลที่รวบรวมมาได้เป็นข้อมูลระดับบุคคลในโรงเรียน การเตรียมข้อมูลในการวิเคราะห์จึงใช้การรวมค่าข้อมูล (data aggregation) โดยการหาค่าเฉลี่ยของตัวแปรจากข้อมูลระดับบุคคลในแต่ละโรงเรียนให้ได้ค่าเฉลี่ยของตัวแปรในแต่ละโรงเรียน ค่าของแต่ละตัวแปรในระดับโรงเรียนจึงมี 2 แบบ แบบแรก เป็นค่าเฉลี่ยของตัวแปรซึ่งวัดในระดับบุคคล นำมารวมค่าโดยใช้โปรแกรม SPSS และแบบที่สอง เป็นค่าของตัวแปรซึ่งวัดในระดับโรงเรียน การวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ สถิติบรรยายเพื่อศึกษาลักษณะการแจกแจงของตัวแปร และสถิติวิเคราะห์เพื่อตอบปัญหาวิจัย สถิติวิเคราะห์ได้แก่ การวิเคราะห์ส่วนประกอบความแปรปรวน (variance component analysis) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบสัดส่วนด้วยค่าสถิติ z และไค-สแควร์ การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (confir matory factor analysis) ด้วยโปรแกรมลิสเรลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ และการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ การวิเคราะห์จำแนก (discriminant analysis) การวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล (canonical correlation analysis) และการวิเคราะห์พหุระดับ (multi-level analysis)

ผลการวิจัยที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับการวิจัยในครั้งนี้ มี 2 ประการ ประการแรก พบว่า ตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู (E) มีการรวมตัวแปรดังนี้

$$E = 0.57(P_A) + 0.15(P_H) + 0.76(P_T) + 0.88(O_H) + 0.36(O_T)$$

เมื่อ P_A, P_H, P_T คือสเกลองค์ประกอบกระบวนการใช้ครูตามทัศนะของผู้บริหาร หัวหน้าหมวด และครู ตามลำดับ และ O_H, O_T คือ สเกลองค์ประกอบผลผลิตที่เกิดกับตัวครูตามทัศนะของหัวหน้าหมวด และครู ตามลำดับ

ประการที่สอง พบว่า สังกัดของโรงเรียน เป็นตัวแปรที่สำคัญตัวหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้ครู ข้อค้นพบดังกล่าวนี้ยืนยันได้ด้วยผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่สำคัญ 3 ส่วน คือ ส่วนแรก ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบความแปรปรวนของตัวแปรสภาพการบริหารครูทั้ง 16 ตัวแปร ประกอบด้วยกลุ่มตัวแปรกระบวนการใช้ครู 6 ตัวแปร และกลุ่มตัวแปรผลผลิตที่เกิดกับตัวครู 10 ตัวแปร แสดงให้เห็นว่า ตัวแปรสภาพการบริหารครูมีสัดส่วนของความแปรปรวนเนื่องมาจากสังกัดของโรงเรียนมากเป็นอันดับสอง รองจากสัดส่วนความแปรปรวนอันเนื่องมาจากโรงเรียน ส่วนที่สอง ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรสภาพการบริหารครูจากข้อมูลชุดรวม ชุดผู้บริหาร ชุดหัวหน้าหมวด และชุดครู ให้ข้อค้นพบสอดคล้องกันคือ ตัวแปรสภาพ

การบริหารครูส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันระหว่างสังกัด ส่วนที่สาม ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้ครู ซึ่งประกอบด้วย วิธีการวิเคราะห์ 3 แบบ วิธีการวิเคราะห์แบบแรกคือ การนำดัชนีประสิทธิภาพการใช้ครูทั้งสองมิติมาวิเคราะห์ และนำเสนอแผนภาพกระจัดกระจาย (Scatter diagram) ดูการกระจายของโรงเรียน และแบ่งกลุ่มโรงเรียนเป็น 4 กลุ่ม ตามระดับประสิทธิภาพการใช้ครู จากนั้นจึงวิเคราะห์ตารางไขว้ ดูว่าโรงเรียนแต่ละกลุ่มประกอบด้วยโรงเรียนสังกัดใดบ้าง เพื่อศึกษาว่า สังกัดของโรงเรียนมีผลต่อประสิทธิภาพการใช้ครูมากน้อยเพียงใด วิธีการวิเคราะห์แบบที่สอง เป็นการวิเคราะห์จำแนก และวิธีการวิเคราะห์แบบที่สาม เป็นการวิเคราะห์สหสัมพันธ์และการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ ผลการวิเคราะห์ทั้ง 3 แบบ ให้ข้อสรุปสอดคล้องกันว่า ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้ครูที่สำคัญตัวหนึ่ง คือ สังกัดของโรงเรียน (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2539) จากข้อค้นพบที่สำคัญทั้ง 2 ประการ แสดงให้เห็นว่า การรวมตัวแปรในการพัฒนาตัวบ่งชี้โดยมีข้อกำหนดในการรวมเป็นแบบเดียวกันอาจไม่เหมาะสม เพราะแต่ละสังกัดมีตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครูแตกต่างกัน จึงน่าจะมีการตรวจสอบว่าการรวมตัวแปรในการพัฒนาตัวบ่งชี้ เป็นแบบเดียวกันจริงหรือไม่ต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 5 กรอบแนวคิด โมเดล และสมมุติฐานที่ใช้ในการวิจัย

5.1 กรอบแนวคิดและโมเดลที่ใช้ในการวิจัย

จากกรอบความคิดของการวิจัย เรื่อง ประสิทธิภาพการใช้ครู และจากผลการวิจัยที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับการวิจัยในครั้งนี้ พบว่า การรวมตัวแปรในการพัฒนาตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู จากประชากรโรงเรียน 5 สังกัด ซึ่งประกอบด้วยโรงเรียนที่เปิดสอนในระดับก่อนประถมศึกษา ระดับประถมศึกษา และระดับมัธยมศึกษา ในสังกัดสำนักการศึกษากรุงเทพมหานคร สำนักงานการศึกษาท้องถิ่น สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ กรมสามัญศึกษา และสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาเอกชน ใช้วิธีการรวมและการกำหนดน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรแต่ละตัวเป็นรูปแบบเดียวกัน สำหรับทุกกลุ่มประชากร ในขณะที่ผลการวิจัย พบว่า สังกัดของโรงเรียนเป็นตัวแปรที่สำคัญตัวหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้ครู และพบว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการใช้ครูในโรงเรียนแต่ละสังกัด มีลักษณะแตกต่างกัน จากผลการวิจัยที่สำคัญ ดังกล่าวรายละเอียดแล้วข้างต้น ชี้ให้เห็นว่า การพัฒนาตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู โดยมีข้อกำหนดในการรวมตัวแปรเป็นแบบเดียวกันทุกสังกัด น่าจะไม่เหมาะสม ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงมุ่งตรวจสอบโมเดลการวัดสำหรับใช้รวมตัวแปรในการพัฒนาตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู ว่ามีความแปรเปลี่ยนระหว่างสังกัดหรือไม่ แล้วนำผลที่ได้มาพัฒนาตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู จำแนกตามสังกัด โดยประยุกต์ใช้หลักการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ

อนึ่ง เนื่องจากโครงการวิจัยเรื่อง ประสิทธิภาพการใช้ครู ดังกล่าวข้างต้นนี้ เป็นการวัดประสิทธิภาพการใช้ครูตามการรับรู้ของครูผู้ตอบแบบสอบถาม ผลการวัดอาจคลาดเคลื่อนจากสภาพความเป็นจริง แม้คณะผู้วิจัยจะได้พิจารณาใช้ดัชนีประสิทธิภาพการใช้ครูเป็นตัวแปรแฝง (latent variable) แสดงผลในรูปของตัวแปรมิติกระบวนการใช้ครู 4 ด้าน และมิติผลผลิตที่เกิดกับตัวครู 4 ด้าน แล้วก็ตาม ซึ่งน่าจะมีการวิจัยที่เป็นการศึกษาระดับประสิทธิภาพการใช้ครูที่เป็นการวัดโดยตรง (direct measure) ด้วย (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2539)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีกรอบแนวคิดในการพัฒนาตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู ในรูปโมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุของตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู ที่ใช้ตัวแปรที่วัดด้วยวิธีการทางตรงและทางอ้อม (ดังแสดงในแผนภาพที่ 7 และ 8 ตามลำดับ) และตรวจสอบความตรงของ

ตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครูที่พัฒนาขึ้น โดยใช้โมเดล MTMM (,multitrait-multimethool model: MTMM model) ด้วยวิธีการวิเคราะห์ 3 วิธีคือ วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (confirmatory factor analysis) วิธีการวิเคราะห์ส่วนประกอบความแปรปรวนร่วม (covariance component analysis) และวิธีการวิเคราะห์โมเดลผลคูณโดยตรง (direct product model)

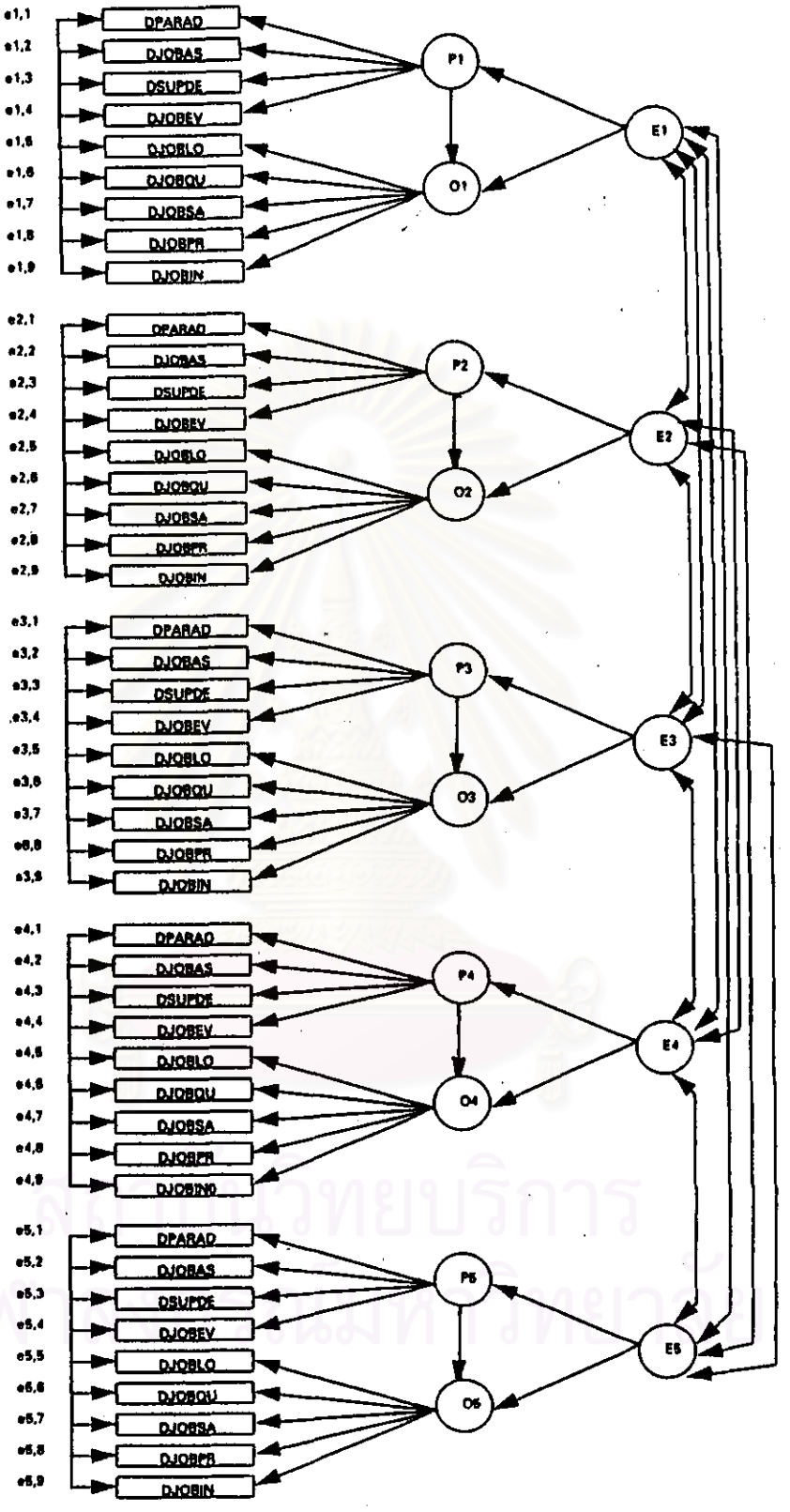
5.1.1 โมเดลที่ใช้ในการพัฒนาตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู

กรอบแนวคิดของการพัฒนาตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครูในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการพัฒนาตัวบ่งชี้ โดยใช้กรอบความคิดการวิจัยของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2539) เรื่อง "ประสิทธิภาพการใช้ครู : การวิเคราะห์เชิงปริมาณระดับมหภาค " เป็นพื้นฐานในการพัฒนา แต่มีลักษณะต่างกันตรงที่ การพัฒนาตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการพัฒนาโดยใช้โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ ทั้งในรูปของโมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุของตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครูของตัวแปรที่วัดโดยใช้วิธีการทางตรงและทางอ้อม โดยโมเดลนี้เป็นโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบอันดับที่สอง กล่าวคือ ตัวแปรแฝงประสิทธิภาพการใช้ครู (E) เป็นตัวบ่งชี้ชนิดองค์ประกอบอันดับที่สอง ที่สร้างขึ้นจากตัวแปรแฝง ประสิทธิภาพการใช้ครูด้านกระบวนการใช้ครู (P) และด้านผลผลิตที่เกิดกับตัวครู (O) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ชนิดองค์ประกอบอันดับที่หนึ่ง ที่สร้างขึ้นจากกลุ่มตัวแปรสังเกตได้ ที่วัดโดยใช้วิธีการทางตรง 9 ตัวแปร และกลุ่มตัวแปรสังเกตได้ที่วัดโดยใช้วิธีการทางอ้อม 16 ตัวแปร โดยที่ตัวแปรแฝงกระบวนการใช้ครู มีผลต่อตัวแปรแฝงผลผลิตที่เกิดกับตัวครูด้วย เนื่องจากผู้วิจัยศึกษากรอบแนวคิดของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2539) พบว่า การที่โรงเรียนมีกระบวนการใช้ครูอย่างมีประสิทธิผลย่อมส่งผลต่อผลผลิตที่เกิดกับตัวครูด้วย ดังนั้นโมเดลของกรอบแนวคิดของการวิจัยครั้งนี้ จึงมีลักษณะดังแสดงในแผนภาพที่ 7 และ 8 ตามลำดับ ทั้งสองโมเดลนี้มีกรอบแนวคิดเป็นแบบเดียวกัน เพียงแต่ต่างกันตรงที่วิธีการวัดตัวแปรเท่านั้น ดังนั้นในที่นี้ ผู้วิจัยจึงขออธิบายรายละเอียดของโมเดลที่ใช้ตัวแปรวัดอ้อมเพียงโมเดลเดียว เนื่องจากเป็นโมเดลที่ครอบคลุมทั้งตัวแปรวัดตรงและวัดอ้อมด้วย กล่าวคือ โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุของตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครูของตัวแปรที่วัดโดยใช้วิธีการทางอ้อม ประกอบด้วย กลุ่มตัวแปรด้านกระบวนการใช้ครู 6 ตัวแปร ได้แก่ การบริหารแบบมีส่วนร่วม ลักษณะการมอบหมายงาน การมอบหมายงานตรงสาขาวิชาที่เรียน การนิเทศครู การพัฒนาครู และการประเมินผลการปฏิบัติงาน และกลุ่มตัวแปรด้านผลผลิตที่เกิดกับตัวครู 10 ตัวแปร ได้แก่ จำนวนชั่วโมงสอน จำนวนชั่วโมงทำงานสนับสนุนการสอนและอื่นๆ ความหลากหลายของงาน คุณภาพของงาน ความพึงพอใจในการทำงาน อัตราการเพิ่มเงินเดือน อัตราการเลื่อนเงินเดือนสองขั้น ความก้าวหน้าเทียบกับเพื่อนร่วมรุ่น ความผูกพันกับอาชีพครู และความปรารถนาที่จะเป็นครูต่อไปในอนาคต โมเดลที่เป็นกรอบแนวคิด

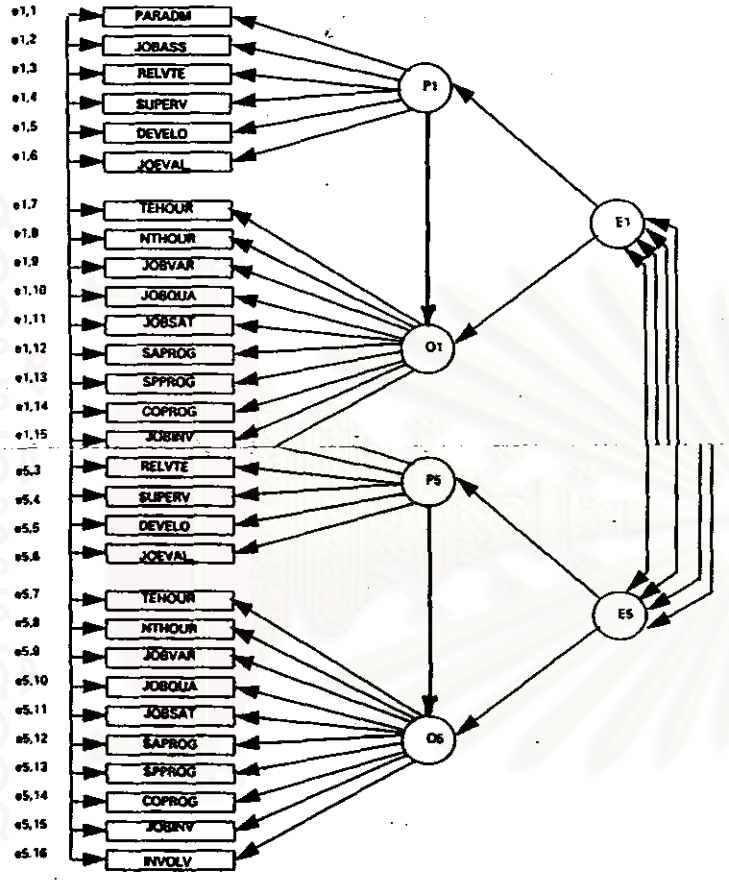
ในการพัฒนาตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครูดังกล่าวนี้ เป็นโมเดลความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นในลักษณะของโมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ จำแนกตามสังกัดของกลุ่มโรงเรียน 5 สังกัด โดยสัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนภาพที่ 7 และ 8 มีความหมายดังนี้

— (E1) ... (E5)	หมายถึง	ตัวแปรแฝงประสิทธิภาพการใช้ครูของโรงเรียนในสังกัดที่ 1,2,...5 ตามลำดับ
(P1) ... (P5)	หมายถึง	ตัวแปรแฝงประสิทธิภาพการใช้ครูด้านกระบวนการใช้ครูของโรงเรียนในสังกัดที่ 1,2,...5 ตามลำดับ
(O1) ... (O5)	หมายถึง	ตัวแปรแฝงประสิทธิภาพการใช้ครูด้านผลผลิตที่เกิดกับตัวครูของโรงเรียนในสังกัดที่ 1,2,...5 ตามลำดับ
$Y_{g,i}$	หมายถึง	ตัวแปรสังเกตได้ด้านกระบวนการใช้ครู และด้านผลผลิตที่เกิดกับตัวครู ของโรงเรียนในสังกัดที่ g ตัวที่ i เมื่อ g =1,2,...5 และ i =1,2,3,...,9 ในกรณีของโมเดลที่วัดตัวแปรด้วยวิธีการทางตรง และ i=1,2,3,...,16 ในกรณีของโมเดลที่วัดตัวแปรด้วยวิธีการทางอ้อม
$e_{g,i}$	หมายถึง	ความคลาดเคลื่อนของตัวแปรสังเกตได้ $Y_{g,i}$
——→	หมายถึง	สัมประสิทธิ์การถดถอยจากตัวแปรสาเหตุที่มีต่อตัวแปรที่เป็นผล
↑——↑	หมายถึง	ความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรสังเกตได้ $Y_{g,i}$

โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุของประสิทธิภาพการใช้ครู ตามแผนภาพที่ 7 และ 8 นั้นเป็นโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบอันดับที่สองจำแนกตามสังกัดซึ่งมี 5 สังกัด ในแต่ละสังกัด ตัวแปรแฝงประสิทธิภาพการใช้ครู (E1.....E5) เป็นตัวบ่งชี้ชนิดองค์ประกอบอันดับที่สองที่สร้างขึ้นจากตัวแปรแฝงประสิทธิภาพการใช้ครูด้านกระบวนการใช้ครู (P1.....P5) และตัวแปรแฝงประสิทธิภาพการใช้ครูด้านผลผลิตที่เกิดกับตัวครู (O1.....O5) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ชนิดองค์ประกอบอันดับที่หนึ่งที่สร้างขึ้นจากกลุ่มตัวแปรสังเกตได้ที่วัดโดยใช้วิธีการทางตรง 9 ตัวแปร และกลุ่มตัวแปรสังเกตได้ที่วัดโดยใช้วิธีการทางอ้อม 16 ตัวแปร ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มตัวแปรสังเกตได้ด้านกระบวนการใช้ครู และกลุ่มตัวแปรสังเกตได้ด้านผลผลิตที่เกิดกับตัวครู ดังกล่าวถึงแล้วข้างต้น



แผนภาพที่ 7 กรอบแนวคิดโมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ ของตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู ของตัวแปรที่วัดโดยใช้วิธีการทางตรง



แผนภาพที่ 8 กรอบแนวคิดโมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ ของตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู ของตัวแปรที่วัดโดยใช้วิธีการทางอ้อม

5.1.2 โมเดลที่ใช้ในการตรวจสอบความตรงของตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู

การตรวจสอบความตรงของตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู ที่พัฒนามาจากตัวแปรซึ่งวัดโดยใช้วิธีการทางตรงและทางอ้อม สำหรับการวิจัยครั้งนี้ เป็นการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง โดยใช้โมเดล MTMM 3 โมเดลหลัก ได้แก่ โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) โมเดลการวิเคราะห์ส่วนประกอบความแปรปรวนร่วม (CCA) และโมเดลผลคูณโดยตรง (DPM) ดังแสดงในแผนภาพที่ 9 ถึง 11 ตามลำดับ

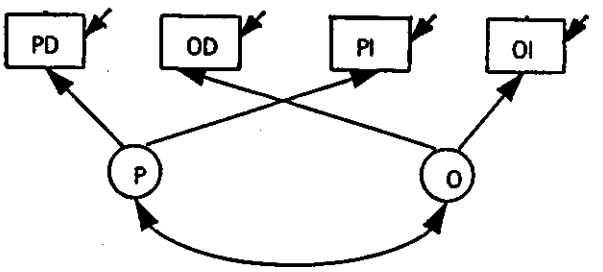
แผนภาพที่ 9 เป็นโมเดล CFA ซึ่งประกอบด้วย 4 โมเดลย่อย คือ CFA-CT, CFA-CTCU, CFA-CTUM และ CFA-CTCM

โมเดล CFA-CT เป็นโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ (trait-only factor model) โดยที่ความแปรปรวนในการวัดตัวแปรสังเกตได้ อธิบายได้ด้วยองค์ประกอบคุณลักษณะเพียงอย่างเดียว ไม่มีความแปรปรวนเนื่องมาจากองค์ประกอบวิธี จากแผนภาพอธิบายได้ว่า ตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครูด้านกระบวนการใช้ครู ที่พัฒนามาจากตัวแปรที่วัดโดยใช้วิธีการทางตรง (PD) และทางอ้อม (PI) เป็นตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบคุณลักษณะแฝงด้านกระบวนการใช้ครู (P) และตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครูด้านผลผลิตที่เกิดกับตัวครู ที่พัฒนามาจากตัวแปรที่วัดโดยใช้วิธีการทางตรง (OD) และทางอ้อม (OI) เป็นตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบคุณลักษณะแฝงด้านผลผลิตที่เกิดกับตัวครู (O) โดยที่องค์ประกอบคุณลักษณะแฝงทั้ง 2 องค์ประกอบนี้มีความสัมพันธ์กัน

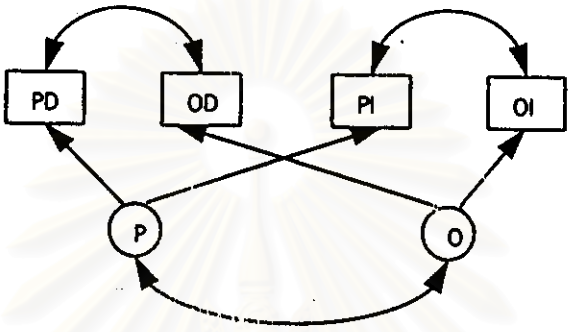
โมเดล CFA-CTCU เป็นโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ-วิธี (trait-method factor model) ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคุณลักษณะแฝงด้านกระบวนการใช้ครู (P) และด้านผลผลิตที่เกิดกับตัวครู (O) และมีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเฉพาะของตัวแปรสังเกตได้ที่วัดภายใต้วิธีการเดียวกัน จากแผนภาพ องค์ประกอบเฉพาะของตัวบ่งชี้ PD มีความสัมพันธ์กับ OD และ PI มีความสัมพันธ์กับ OI

โมเดล CFA-CTUM เป็นโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ-วิธี ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบคุณลักษณะแฝง และองค์ประกอบวิธี ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคุณลักษณะแฝงด้านกระบวนการใช้ครู (P) และด้านผลผลิตที่เกิดกับตัวครู (O) แต่ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบวิธีการวัดตัวแปรทางตรง (D) และทางอ้อม (I)

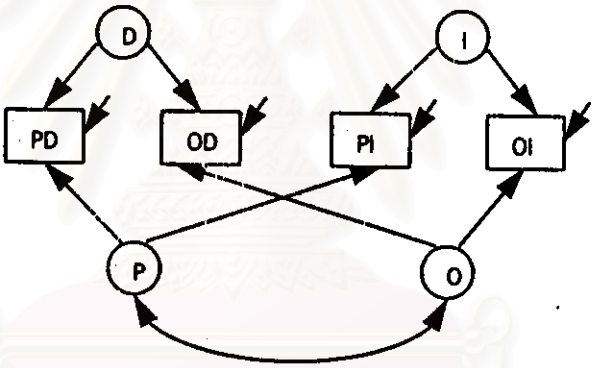
โมเดล CFA-CTCM เป็นโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ-วิธี ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคุณลักษณะแฝงด้านกระบวนการใช้ครู (P) และด้านผลผลิตที่เกิดกับตัวครู (O) และมีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบวิธีการวัดตัวแปรทางตรง (D) และทางอ้อม (I) โดยยอมให้องค์ประกอบเฉพาะของตัวแปรสังเกตได้ที่วัดภายใต้วิธีการเดียวกัน มีความสัมพันธ์กันได้



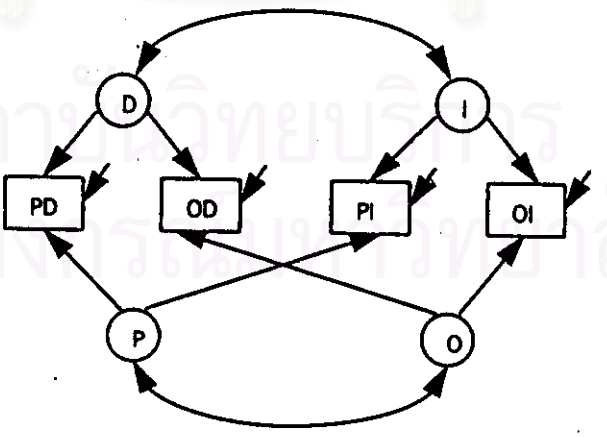
CFA-CT



CFA-CTCU



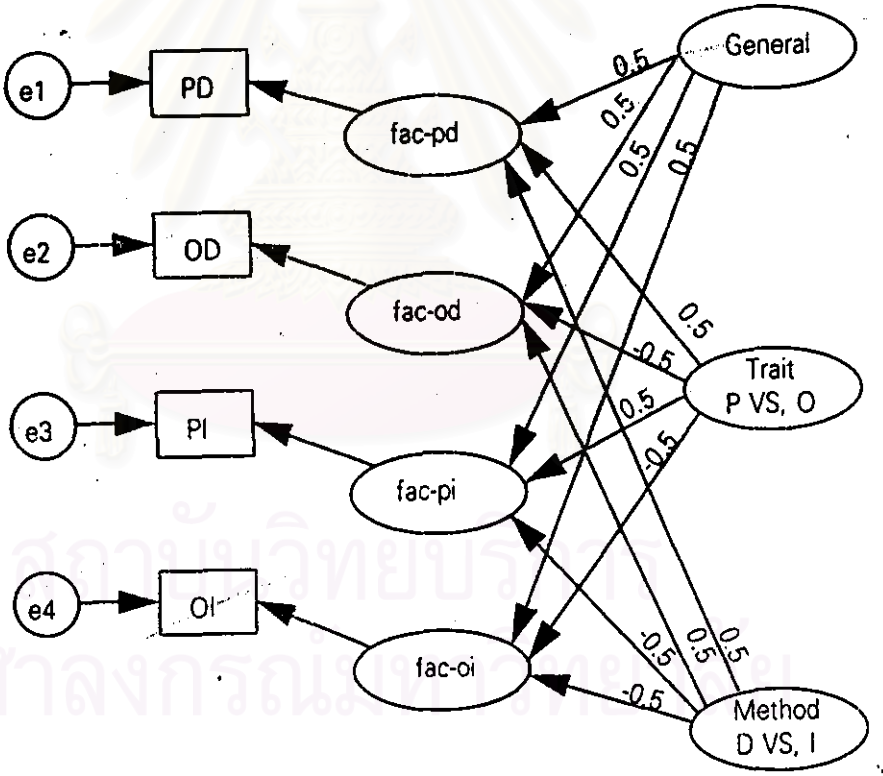
CFA-CTUM



CFA-CTCM

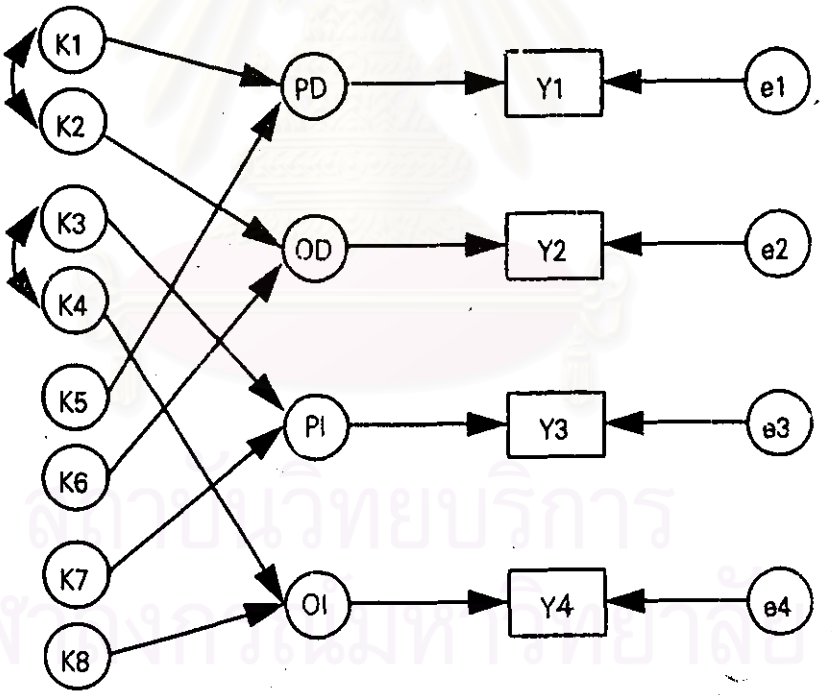
แผนภาพที่ 9 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันที่ใช้ในการตรวจสอบความตรงของตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู

แผนภาพที่ 10 เป็นโมเดลการวิเคราะห์ส่วนประกอบความแปรปรวนร่วม ที่ใช้ในการตรวจสอบความตรงของตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบความแปรปรวนร่วม 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนประกอบทั่วไป (general component) ส่วนประกอบคุณลักษณะ (trait profiles) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคุณลักษณะแฝงด้านกระบวนการใช้ครู (P) กับคุณลักษณะแฝงด้านผลผลิตที่เกิดกับตัวครู (O) และส่วนประกอบวิธี (method profiles) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างวิธีการวัดตัวแปรโดยวิธีการทางตรง (D) และทางอ้อม (I) ส่วนประกอบความแปรปรวนร่วมทั้ง 3 ส่วนประกอบนี้ มีอิทธิพลต่อ fac-pd, fac-od, fac-pi, และ fac-oi ซึ่งเป็น scale factor โดยที่ scale factor เหล่านี้ มีอิทธิพลต่อตัวแปรสังเกตได้ ซึ่งในที่นี้คือ ตัวบ่งชี้ PD, OD, PI, และ OI ตามลำดับ



แผนภาพที่ 10 โมเดลการวิเคราะห์ส่วนประกอบความแปรปรวนร่วมที่ใช้ในการตรวจสอบความตรงของตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู

แผนภาพที่ 11 เป็นโมเดลผลคูณโดยตรง ที่ใช้ในการตรวจสอบความตรงของตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู อีกโมเดลหนึ่ง ซึ่งมีลักษณะเป็นโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบอันดับที่สอง (second order factor analysis model) ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 4 ตัว (Y1, Y2, Y3 และ Y4) อันเป็นผลที่เกิดขึ้นจากตัวแปรแฝงที่เป็นองค์ประกอบอันดับที่สอง (K1, K2, K3,..., K8) ซึ่งแสดงอิทธิพลต่อตัวแปรแฝงที่เป็นองค์ประกอบอันดับแรก ของตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครูด้านกระบวนการใช้ครูและด้านผลผลิตที่เกิดกับตัวครู ที่พัฒนามาจากตัวแปรซึ่งวัดโดยใช้วิธีการทางตรงและทางอ้อม (PD, OD, PI, OI) โดยที่ตัวแปรแฝง K1, K2, K3, ..., K8 ไม่ใช่ตัวแปรแฝงที่มีอยู่จริง แต่เป็นตัวแปรแฝงที่สมมุติขึ้นเพื่อให้โมเดลนี้อยู่ในรูปของโมเดลการวิเคราะห์อันดับที่สอง อันจะทำให้สามารถประมาณค่าโมเดลนี้ได้โดยใช้โปรแกรมลิสเรล



แผนภาพที่ 11 โมเดลผลคูณโดยตรง ที่ใช้ในการตรวจสอบความตรงของตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู

4) $H_{\Lambda_X\Phi}$: $\Lambda_x^{(1)} = \Lambda_x^{(2)} = \Lambda_x^{(3)} = \Lambda_x^{(4)} = \Lambda_x^{(5)}$, $\Phi^{(1)} = \Phi^{(2)} = \Phi^{(3)} = \Phi^{(4)} = \Phi^{(5)}$

5) $H_{\Lambda_X\Phi\Theta_\delta}$: $\Lambda_x^{(1)} = \Lambda_x^{(2)} = \Lambda_x^{(3)} = \Lambda_x^{(4)} = \Lambda_x^{(5)}$, $\Phi^{(1)} = \Phi^{(2)} = \Phi^{(3)} = \Phi^{(4)} = \Phi^{(5)}$, $\Theta_\delta^{(1)} = \Theta_\delta^{(2)} = \Theta_\delta^{(3)} = \Theta_\delta^{(4)} = \Theta_\delta^{(5)}$

การทดสอบสมมุติฐานที่ 1) เป็นการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของรูปแบบโมเดล โดยไม่มีการกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ระหว่างกลุ่มโรงเรียนต่างสังกัดมีค่าเท่ากัน ซึ่งก็คือการทดสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในแต่ละกลุ่มประชากรนั่นเอง การทดสอบสมมุติฐานที่ 2) เป็นการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยน ของพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรภายนอกแฝงบนตัวแปรสังเกตได้ (Λ_X) หรือพารามิเตอร์น้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปร โดยการกำหนดให้เมทริกซ์พารามิเตอร์ดังกล่าวมีค่าเท่ากันทั้ง 5 กลุ่ม การทดสอบสมมุติฐานที่ 3) เป็นการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของเมทริกซ์พารามิเตอร์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรภายนอกแฝง (Φ) การทดสอบสมมุติฐานที่ 4) ยังคงกำหนดให้เงื่อนไขตามสมมุติฐานที่ 2) เท่ากัน และเพิ่มความเท่ากันของเมทริกซ์พารามิเตอร์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรภายนอกแฝง(Φ) ตามสมมุติฐานที่ 3) และการทดสอบสมมุติฐานสุดท้าย ยังคงกำหนดให้เงื่อนไขตามสมมุติฐานที่ 4) เท่ากัน และเพิ่มเงื่อนไขกำหนดให้เมทริกซ์พารามิเตอร์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อนในการวัดตัวแปรสังเกตได้ (Θ_δ) เท่ากันด้วย

5.2.2 จากผลการพัฒนาตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครูของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2539) พบว่า โมเดลตามกรอบความคิดเชิงทฤษฎีของประสิทธิภาพการใช้ครู ซึ่งแสดงออกในรูปของโมเดลความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นของประสิทธิภาพการใช้ครู มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างมีนัยสำคัญ ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการพัฒนาตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครูตามกรอบความคิดเชิงทฤษฎีดังกล่าว โดยใช้ตัวแปรที่วัดด้วยวิธีการทางตรงและทางอ้อม ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีกระบวนการในการตรวจสอบความตรง หรือความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ชัดเจน และสามารถตรวจสอบความไม่แปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์ระหว่างกลุ่มประชากรได้ ผลการตรวจสอบจะเป็นเครื่องยืนยันว่า คุณลักษณะหรือโครงสร้าง (trait / construct) ที่วัดในแต่ละกลุ่มประชากรเป็นคุณลักษณะเดียวกันหรือไม่ (Bollen, 1989; Joreskog, 1989) ดังนั้น ผลการพัฒนาตัวบ่งชี้ด้วยเทคนิคดังกล่าว น่าจะทำให้ได้ตัวบ่งชี้ที่มีความตรงมากยิ่งขึ้น และจากผลการวิจัยเพื่อพัฒนาตัวบ่งชี้ของ Hendricks (1996) โดยใช้โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ พบว่า โมเดลดังกล่าวนี้ เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิผลในการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการ

พัฒนาตัวบ่งชี้ จากผลการวิจัยดังกล่าว ประกอบกับจุดเด่นของเทคนิคการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ ผู้วิจัยจึงตั้งสมมุติฐานของการวิจัยครั้งนี้ ไว้ดังนี้ คือ

ตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครูที่พัฒนาขึ้นในการวิจัยครั้งนี้ น่าจะมีความตรงเชิงโครงสร้าง

5.2.3 จากการศึกษาเอกสาร และรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโมเดล MTMM สรุปได้ว่า ถ้าข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ไม่มีอิทธิพลของวิธีวัดตัวแปร โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน แบบการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ (trait-only factor model : CFA-CT) เป็นโมเดลที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีที่สุด แต่ถ้าข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์มีอิทธิพลของวิธีวัด โมเดลการวิเคราะห์ส่วนประกอบความแปรปรวนร่วม (CCA) และโมเดลผลคูณโดยตรง (DPM) เป็นโมเดลที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีพอๆ กันกับโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคุณลักษณะและความสัมพันธ์องค์ประกอบวิธี (CFA-CTCM) และเนื่องจากวิธีการวัดตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นวิธีวัดที่มีความแตกต่างกันตรงที่ จำนวนข้อคำถาม และจุดเน้นของคำถาม ไม่ใช่เป็นความแตกต่างกันที่รูปแบบของเครื่องมือ ดังนั้นวิธีการวัดทั้งทางตรงและทางอ้อม 2 วิธีนี้ น่าจะมีความสัมพันธ์กันและมีอิทธิพลของวิธีวัดเกิดขึ้นในลักษณะโมเดลแบบบวก ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงมีสมมุติฐานวิจัยดังนี้ คือ

โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันที่มีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคุณลักษณะและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบวิธี (CFA-CTCM) น่าจะเป็นโมเดลที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครูสูงที่สุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย