

การวิเคราะห์โมเดล สมการโครงสร้าง

สำหรับการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์
และสังคมศาสตร์

Structural Equation Modeling for Behavioral
and Social Sciences Research

อิศรภัฏฐ์ รินไธสง
Idsaratt Rinthaisong

พิมพ์ครั้งที่ 4

การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง สำหรับการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์

Structural Equation Modeling for Behavioral and
Social Sciences Research

อิศรัญฐ์ รินไธสง

Idsaratt Rinthaisong

คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

พิมพ์ครั้งที่ 4

ชื่อหนังสือ	การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างสำหรับการวิจัยทาง พฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ Structural Equation Modeling for Behavioral and Social Sciences Research
ผู้เขียน	อิศรวิทย์ รินไธสง
ISBN	978-616-586-368-1
จัดทำโดย	อิศรวิทย์ รินไธสง
พิมพ์ครั้งที่ 1	พ.ศ. 2563
พิมพ์ครั้งที่ 2	(แก้ไขปรับปรุง) พ.ศ. 2564 (200 เล่ม)
พิมพ์ครั้งที่ 3	พ.ศ. 2565 (300 เล่ม)
พิมพ์ครั้งที่ 4	พ.ศ. 2568 (200 เล่ม)
ออกแบบปก	บริษัท นีโอพ้อยท์ (1995) จำกัด
พิมพ์ที่	บริษัท นีโอพ้อยท์ (1995) จำกัด 1/59 ถ.ราษฎร์อุทิศ ต.หาดใหญ่ จ.สงขลา
ราคา	400 บาท

คำนิยาม

การวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์ เป็นวิธีการที่ใช้เพื่อการอธิบาย ทำนายพฤติกรรมของบุคคล โดยใช้ความรู้จากสาขาวิชาการที่ประกอบด้วย จิตวิทยา สังคมวิทยา การเมือง การปกครอง ประสาทวิทยาศาสตร์ เป็นต้น การอธิบายนี้ต้องใช้วิธีการที่มุ่งเน้นความเที่ยงตรง และความแม่นยำที่ตรวจสอบ หรือยืนยันได้ นักวิจัยที่ใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ จึงต้องรู้จักวิธีการทางสถิติขั้นสูงที่จะช่วยให้การอธิบาย หรือทำนายของตนเอง มีคุณสมบัติดังกล่าว

ปัจจุบันนี้ การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่ออธิบาย ทำนาย พฤติกรรม มีความทันสมัย และก้าวหน้ามากขึ้นอยู่ตลอดเวลา การเรียนรู้และใช้ให้เป็น เป็นความมุ่งงของนักวิจัยที่ไม่มีพื้นฐานทางสถิติ หนังสือโมเดลสมการโครงสร้างเล่มนี้ จะช่วยให้ นักวิจัยที่จบการศึกษาระดับปริญญาโท หรือ ปริญญาเอก ก้าวไปเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการวิเคราะห์ข้อมูลทางพฤติกรรมศาสตร์ได้ ถ้าผู้อ่านหนังสือจะทำความเข้าใจ และลงมือปฏิบัติตามตัวอย่างที่เขียนไว้ในทุกโจทย์ของการวิจัย

ความดีงามของหนังสือเล่มนี้ มีหลายจุด คือประการแรก ให้ความรู้ในระดับเนื้อหาและเทคนิค คือ อธิบายสังกัปทางสถิติที่จำเป็นอย่างพอเพียง และแสดงตัวอย่างการทำอย่างเป็นขั้นตอน นอกจากนี้การให้ตัวอย่างของโจทย์วิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์ จะช่วยให้ นักพฤติกรรมศาสตร์ มีความชัดเจนในศาสตร์ยิ่งขึ้น ประการที่สอง การเขียนโดยผู้มีประสบการณ์จริงในการวิเคราะห์ข้อมูล ทำให้ผู้เขียนตั้งข้อสังเกตในเชิงปฏิบัติที่จะทำให้ผู้อ่านได้ติดตาม และมีความเข้าใจลึกซึ้งยิ่งขึ้น ประการสุดท้าย ผู้เขียนมีความรอบคอบ และตรวจสอบความก้าวหน้าในทางวิชาการอย่างสม่ำเสมอ ทำให้ นักศึกษาระดับปริญญาโท และ ปริญญาเอก สามารถต่อยอดและค้นคว้าเพิ่มเติมได้

ข้าพเจ้าขอแสดงความชื่นชมต่อ ดร.อิศรภูมิ รินไธสง ที่ใช้เวลานับสิบปี สังสม และกลั่นกรองผลงานวิชาการทางพฤติกรรมศาสตร์ เล่มนี้เป็นอย่างดี

รองศาสตราจารย์ ดร.ดุขฎิ โยเหลา
สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ความนำ

หนังสือการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างสำหรับการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ (Structural Equation Modeling for Behavioral and Social Sciences Research) ประกอบด้วยแนวคิดพื้นฐาน การประยุกต์ใช้ และการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ทั้งนี้มีความมุ่งหวังที่จะเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาขีดความสามารถของนักวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ โดยการนำเสนอในหนังสือจะพยายามให้อ่านเข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน ดังนั้นหนังสือเล่มนี้จึงเหมาะกับนักวิจัยที่สนใจในการนำเทคนิคการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างไปใช้เพื่อการตอบคำถามวิจัยของตนเองได้หลากหลาย กว้างขวางและลึกซึ้งมากขึ้น ถึงแม้จะมีพื้นฐานทางสถิติไม่มากก็ตาม

เนื้อหาของหนังสือประกอบด้วยแนวคิดพื้นฐานของโมเดลสมการโครงสร้าง สถิติที่เป็นพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง แนวคิดหลักการเกี่ยวกับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง การวิเคราะห์เส้นทางด้วยแนวคิดโมเดลสมการโครงสร้าง การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างมาตรฐาน และการนำโมเดลสมการโครงสร้างไปประยุกต์ต่อยอดอีกสองเรื่องคือ การวิเคราะห์กลุ่มพหุคูณ และโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง โดยผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะช่วยให้นักวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ ตลอดจนสาขาอื่น ๆ สามารถประยุกต์ใช้เพื่อตอบคำถามวิจัยของตนเอง ในการสร้างองค์ความรู้เพื่อการพัฒนาสังคมโดยรวม

หนังสือเล่มนี้แบ่งออกเป็น 10 บท โดยบทที่ 1 เป็นบทนำที่อธิบายเกี่ยวกับพัฒนาการ วัตถุประสงค์ ความสำคัญ ข้อได้เปรียบของโมเดลสมการโครงสร้าง สถิติที่ควรรู้มาก่อน และอธิบายเกี่ยวกับโปรแกรมและคุณสมบัติของโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง ส่วนใน บทที่ 2 กล่าวถึงสถิติพื้นฐานที่จะทำให้ผู้วิจัยหรือผู้อ่านมีความเข้าใจในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากโมเดลสมการโครงสร้างมีพัฒนาการจากแนวคิดสถิติดั้งเดิมหลายอย่างและรวมกันเป็นชุดของสถิติในโมเดลสมการโครงสร้าง ผู้เขียนจึงนำเสนอสถิติพื้นฐาน (foundation statistics) บางตัวเพื่อให้เข้าใจหลักการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างได้ดีขึ้น ซึ่งบทนี้ได้พูดถึง ค่าสหสัมพันธ์ การถดถอยอย่างง่าย การถดถอยพหุคูณ สหสัมพันธ์พาร์เชียลและเซมิพาร์เชียล และการวิเคราะห์เส้นทางแบบดั้งเดิม บทที่ 3 กล่าวถึงแนวคิด หลักการของโมเดลสมการโครงสร้าง ซึ่งบทนี้จะทำให้ผู้วิจัยหรือผู้อ่านเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับการวิเคราะห์ขั้นตอนการวิเคราะห์ ซึ่งจะให้รายละเอียดเพียงพอที่ทำให้ผู้วิจัยมองเห็นภาพรวมของโมเดลสมการโครงสร้าง บทที่ 4 เสนอชุดสถิติสำหรับการวัดระดับความกลมกลืนของโมเดล

การวิจัยที่พัฒนาขึ้นโดยผู้วิจัยกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งครอบคลุมทุกกลุ่มดัชนี บทที่ 5 ผู้เขียนได้นำเสนอโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง โดยนำเสนอวิธีการเตรียมข้อมูลและการเขียนชุดคำสั่งใน Mplus เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่เขียนชุดคำสั่งได้ง่าย กระชับและมีประสิทธิภาพ และได้รับความนิยมแพร่หลายมากขึ้น ในบทที่ 6-8 เป็นการแสดงการวิเคราะห์โดยอาศัยหลักของโมเดลสมการโครงสร้าง ทั้งการวิเคราะห์เส้นทางด้วยแนวคิดโมเดลสมการโครงสร้าง การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน และการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง พร้อมการวิเคราะห์และการแปลความหมาย บทที่ 9-10 เป็นการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างที่เป็นการขยายจากโมเดลมาตรฐาน โดยเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ขั้นสูง ซึ่งผู้วิจัยต้องทำความเข้าใจกระบวนการ ขั้นตอนการวิเคราะห์ โดยเฉพาะการกำหนดลักษณะเฉพาะของโมเดลที่มีความเฉพาะเจาะจง และการแปลความหมาย โดยบทที่ 9 กล่าวถึงการวิเคราะห์กลุ่มพหุคูณ (multiple group analysis) ซึ่งเป็นการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนข้ามกลุ่ม และบทที่ 10 จะเป็นการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง (Latent Growth Curve Model; LGC model) ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้โมเดลสมการโครงสร้างสำหรับการวิเคราะห์การศึกษาระยะยาว (longitudinal study) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์มากกว่าเทคนิคเดิมที่เคยใช้มาก่อน โดยทั้งสองบทจะอธิบายแนวคิด หลักการ การวิเคราะห์และการแปลความหมาย เพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนสำหรับการประยุกต์ใช้ในงานวิจัยของตนเอง

อิศรัฏฐ์ รินไธสง

ประกาศคุณูปการณั้

ผู้เขียนขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ในด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นโดยตรงหรือโดยอ้อม โดยเฉพาะคณาจารย์จากสถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ธรรมสังการ รองศาสตราจารย์ ดร.สงวน ลือเกียรติบัณฑิต และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชณุนพงษ์ โพธิ์พุ่ม ผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทบทวนเนื้อหา และให้ข้อคิดเห็นที่มีประโยชน์ ทำให้หนังสือมีความสมบูรณ์ตามหลักวิชาการยิ่งขึ้น อีกทั้งขอขอบคุณภาควิชารัฐประศาสนศาสตร์ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้สนับสนุนทุนในโครงการแต่งตำรา รวมทั้งอนุเคราะห์ทรัพยากรต่าง ๆ ที่จำเป็นโดยเฉพาะอย่างยิ่งซอฟต์แวร์ลิขสิทธิ์สำหรับการเขียนหนังสือเล่มนี้

ประโยชน์อันใดที่พึงมีจากหนังสือเล่มนี้ ผู้เขียนขอมอบแด่ครูบาอาจารย์ ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ในศาสตร์วิจัยและสถิติสำหรับการวิจัย ในทางกลับกันข้อบกพร่องใด ๆ ที่เกิดจากหนังสือเล่มนี้ ผู้เขียนขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียวและพร้อมที่จะรับข้อคิดเห็นเพื่อแก้ไขปรับปรุงในโอกาสต่อไป

อิศรัฎฐ์ รินโธสง

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ.....	21
1. ความนำ.....	21
2. โมเดลสมการโครงสร้างคืออะไร.....	22
3. การวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์กับโมเดลสมการโครงสร้าง	23
4. ข้อได้เปรียบของโมเดลสมการโครงสร้าง.....	25
5. โปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง	28
6. สรุป	30
เอกสารอ้างอิง	31
บทที่ 2 สถิติพื้นฐานสำหรับโมเดลสมการโครงสร้าง	33
1. ความนำ.....	33
2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	33
2.1 ประเภทของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์.....	34
2.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์.....	36
3. การวิเคราะห์ถดถอย.....	42
3.1 การถดถอยอย่างง่าย.....	42
3.2 การถดถอยพหุคูณ	50
4. สหสัมพันธ์พาร์เชียลและสหสัมพันธ์เซมิพาร์เชียล	56
5. การวิเคราะห์เส้นทางแบบดั้งเดิม	63
5.1 แนวคิดพื้นฐาน.....	63
5.2 ข้อตกลงเบื้องต้น.....	65
5.3 การหาค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง.....	66
5.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์เส้นทาง.....	67
5.5 ส่วนประกอบของค่าสหสัมพันธ์.....	70
6. สรุป	76

เอกสารอ้างอิง	77
บทที่ 3 พื้นฐานโมเดลสมการโครงสร้าง	81
1. ความนำ	81
2. แนวคิดโมเดลสมการโครงสร้าง	82
3. ข้อตกลงเบื้องต้นสำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง	91
4. ขนาดตัวอย่างในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง	92
5. ขั้นตอนการพัฒนาโมเดลสมการโครงสร้าง	96
5.1 การสร้างกรอบความคิดของโมเดล	97
5.2 การสร้างโมเดลการวิจัย	98
5.3 การกำหนดลักษณะเฉพาะของโมเดล	100
5.4 การระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดล	101
5.5 การประมาณพารามิเตอร์	106
5.6 การประเมินความกลมกลืนโมเดล	110
5.7 การปรับโมเดล	114
6. ปัญหาเมทริกซ์ไม่เป็นบวกแน่นอน	118
7. สรุป	120
เอกสารอ้างอิง	122
บทที่ 4 การวัดความกลมกลืนของโมเดล	127
1. ความนำ	127
2. สถิติวัดระดับความกลมกลืน	128
2.1 ดัชนีวัดความกลมกลืนแบบสมบูรณ์	128
2.2 ดัชนีวัดความกลมกลืนเพิ่มขึ้น	132
2.3 การวัดความกลมกลืนแบบประหยัด	134
3. การรายงานดัชนีและเกณฑ์ประเมินความกลมกลืนของโมเดล	135
4. สรุป	139
เอกสารอ้างอิง	140
บทที่ 5 โปรแกรม Mplus	145
1. ความนำ	145
2. การใช้ Mplus สำหรับ SEM	146
2.1 การเตรียมข้อมูล	146

2.2 โครงสร้างคำสั่ง	148
2.3 ตัวอย่างงานเขียนคำสั่งใน mplus.....	155
3.สรุป.....	161
เอกสารอ้างอิง	161
บทที่ 6 การวิเคราะห์เส้นทางด้วยหลักการของโมเดลสมการโครงสร้าง.....	163
1. ความนำ	163
2. การวิเคราะห์เส้นทางด้วยโมเดลสมการโครงสร้าง.....	164
2.1 การสร้างโมเดลเชิงทฤษฎี	164
2.2 การกำหนดลักษณะเฉพาะของโมเดล	168
2.3 การระบุความเป็นไปได้ค่าเดียว	168
2.4 การประมาณพารามิเตอร์	169
2.5 การประเมินโมเดล	170
2.6 การปรับโมเดล	171
3. สรุป	178
เอกสารอ้างอิง	179
บทที่ 7 การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน	183
1. ความนำ	183
2. แนวคิดการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน	184
2.1 CFA และ EFA	184
2.2 ทฤษฎีการวัดกับโมเดล CFA.....	186
3. ขั้นตอนการวิเคราะห์โมเดล CFA.....	194
4. การกำหนดลักษณะเฉพาะของโมเดล	195
5. การระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดล	199
6. การประมาณค่าพารามิเตอร์	206
7. การตรวจสอบความเที่ยงตรงของโมเดล.....	208
7.1 การตรวจสอบความกลมกลืนโมเดลโดยรวม.....	208
7.2 ความเที่ยงตรงของตัวบ่งชี้	209
7.3 การตรวจสอบความเที่ยงตรงของตัวแปรแฝง	210
8. การปรับโมเดล	212

9. การตีความพารามิเตอร์.....	213
10. การทำพาร์เซลข้อคำถาม.....	214
11. ตัวอย่างการวิเคราะห์โมเดลองค์ประกอบเชิงยืนยัน.....	216
11.1 โมเดลการวัดเชิงทฤษฎี.....	216
11.2 การกำหนดลักษณะเฉพาะโมเดล.....	219
11.3 การระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดล.....	221
11.4 การประมาณค่าพารามิเตอร์.....	221
11.5 การประเมินโมเดลโดยรวม.....	223
11.6 การปรับโมเดล.....	224
11.7 ตรวจสอบค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรสังเกตได้.....	231
11.8 การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงสอดคล้อง.....	232
12. การประยุกต์โมเดล CFA สำหรับพัฒนาเครื่องมือการวิจัย.....	235
13. สรุป.....	238
เอกสารอ้างอิง.....	239
ภาคผนวกท้ายบท.....	247

บทที่ 8 การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง..... 249

1. ความนำ.....	249
2. การพัฒนาโมเดลสมการโครงสร้าง.....	250
2.1 โมเดลเชิงทฤษฎี.....	250
2.2 การกำหนดลักษณะเฉพาะของโมเดล.....	251
2.3 การระบุความเป็นไปได้ค่าเดียว.....	253
2.4 การประมาณพารามิเตอร์.....	254
2.5 การปรับโมเดล.....	259
2.6 การหาค่าอิทธิพลโดยรวมและทางอ้อม.....	264
3. สรุป.....	266
เอกสารอ้างอิง.....	267

บทที่ 9 การวิเคราะห์กลุ่มพหุคูณ..... 271

1. ความนำ.....	271
2. การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัด.....	272
2.1 ประเภทของโมเดล.....	272
2.2 ประเภทและขั้นตอนการทดสอบโมเดลความไม่แปรเปลี่ยนของการวัดข้ามกลุ่ม.....	276

2.3 การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนบางส่วน.....	284
2.4 การกำหนดลักษณะเฉพาะของโมเดล.....	285
2.5 การประเมินความกลมกลืนและความไม่แปรเปลี่ยน.....	286
2.6 ตัวอย่างการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัด.....	287
3. การวิเคราะห์ความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลโครงสร้าง.....	308
3.1 แนวคิดการทดสอบ.....	308
3.2 ตัวอย่าง SEM เต็มรูป.....	309
4. สรุป.....	319
เอกสารอ้างอิง.....	320
ภาคผนวกท้ายบท.....	323
1. ชุดคำสั่งสำหรับการวิเคราะห์ความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัด.....	323
2. ชุดคำสั่งสำหรับการวิเคราะห์ความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัดบางส่วน.....	323
บทที่ 10 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง.....	325
1. ความนำ.....	325
2. แนวคิดพื้นฐานของโมเดล LGC.....	326
3. รูปแบบโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง.....	332
3.1 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสององค์ประกอบจากการวัดสองครั้ง.....	333
3.2 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสององค์ประกอบจากการวัดหลายครั้ง.....	335
3.3 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสามองค์ประกอบจากการวัดหลายครั้ง.....	340
4. ข้อตกลงเบื้องต้น.....	342
5. การกำหนดลักษณะเฉพาะของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง.....	343
6. การระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดล.....	343
7. การประเมินความกลมกลืนของโมเดลโค้งพัฒนาการ.....	346
8. การวิเคราะห์โมเดล LGC แบบสองและสามองค์ประกอบ.....	347
8.1 โมเดล LGC เชิงเส้นตรง.....	347
8.2 การวิเคราะห์โมเดล LGC เชิงเส้นโค้ง.....	353
9. โมเดล LGC ที่มีตัวแปรร่วม.....	358
9.1 โมเดล LGC ที่มีตัวแปรร่วมที่ไม่แปรเปลี่ยนไปตามเวลา.....	359
9.2 โมเดล LGC ที่มีตัวแปรร่วมที่ไม่แปรเปลี่ยนและที่แปรเปลี่ยนตามเวลา.....	363

10. โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงพหุตัวแปร	367
11. สรุป	377
เอกสารอ้างอิง	378
ภาคผนวก	383
A. ตารางค่าวิกฤติ chi-square	385
B. ดัชนีผู้แต่ง	389
C. ดัชนีคำสำคัญ	397

สารบัญภาพ

ภาพที่ 2-1 เส้นถดถอย Y บน X	43
ภาพที่ 2-2 โมเดลถดถอยพหุคูณ	52
ภาพที่ 2-3 แผนภูมิวงกลมแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร	58
ภาพที่ 2-4 สหสัมพันธ์พาร์เซียล	60
ภาพที่ 2-5 สหสัมพันธ์เซมิพาร์เซียล	60
ภาพที่ 2-6 โมเดลเส้นทาง	64
ภาพที่ 2-7 แผนภาพเส้นทาง	67
ภาพที่ 2-8 โมเดลเส้นทางตัวอย่าง	73
ภาพที่ 3-1 โมเดลสมการโครงสร้าง	83
ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการพัฒนาโมเดลสมการโครงสร้าง	97
ภาพที่ 3-3 โมเดลการวิจัยจากกรอบความคิดเชิงทฤษฎี	99
ภาพที่ 3-4 โมเดลแสดงการกำหนดลักษณะเฉพาะ	100
ภาพที่ 3-5 โมเดลระบุความเป็นได้ค่าเดียวไม่พอดี	103
ภาพที่ 3-6 โมเดลระบุความเป็นได้ค่าเดียวพอดี	104
ภาพที่ 3-7 โมเดลระบุความเป็นได้ค่าเดียวเกินพอดี	105
ภาพที่ 5-1 การเตรียมข้อมูลสำหรับ Mplus	146
ภาพที่ 5-2 ลักษณะของข้อมูลดิบที่ใช้ใน Mplus	147
ภาพที่ 5-3 แสดงข้อมูลแบบสรุปสำหรับการวิเคราะห์ใน Mplus	147
ภาพที่ 5-4 หน้าต่าง New สำหรับเขียนคำสั่งใน Mplus	155
ภาพที่ 5-5 โมเดลเส้นทาง	156
ภาพที่ 5-6 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน	158
ภาพที่ 5-7 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสอง	159
ภาพที่ 5-8 โมเดลสมการโครงสร้าง	160
ภาพที่ 6-1 โมเดลเชิงทฤษฎีการกระทำด้วยเหตุผลของ Fishbine& Ajzen (1975)	165
ภาพที่ 6-2 โมเดลความสัมพันธ์ระหว่างวัฒนธรรมองค์กรกับการจัดการความรู้	166

ภาพที่ 6-3 ความสัมพันธ์ระหว่างภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลง วัฒนธรรมองค์การและการจัดการความรู้.....	166
ภาพที่ 6-4 ความสัมพันธ์ระหว่างภาวะผู้นำการแลกเปลี่ยน วัฒนธรรมองค์การและการจัดการความรู้.....	167
ภาพที่ 6-5 โมเดลเชิงสาเหตุการจัดการความรู้.....	167
ภาพที่ 6-6 โมเดลเส้นทางการจัดการความรู้.....	168
ภาพที่ 6-7 แสดงผลการวิเคราะห์เส้นทางด้วยค่าสัมประสิทธิ์มาตรฐาน.....	178
ภาพที่ 7-1 โมเดลการวิเคราะห์ EFA และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน.....	185
ภาพที่ 7-2 โมเดลการวัดตาม CTT.....	187
ภาพที่ 7-3 โมเดลการวัดแบบดั้งเดิมในรูปของโมเดล CFA	189
ภาพที่ 7-4 โมเดล CFA.....	195
ภาพที่ 7-5 ลักษณะโมเดลการวัดสะท้อนรูป (7-5A) และโมเดลก่อรูป (7-5B).....	198
ภาพที่ 7-6 ลักษณะเฉพาะของโมเดล CFA ตามกฎสองตัวบ่งชี้	200
ภาพที่ 7-7 ลักษณะการกำหนดลักษณะเฉพาะแบบต่างของโมเดล CFA	205
ภาพที่ 7-8 โมเดลองค์ประกอบเชิงยืนยันตามกรอบความคิด	218
ภาพที่ 7-9 การกำหนดลักษณะเฉพาะให้กับโมเดลการวัด	220
ภาพที่ 7-10 โมเดลองค์ประกอบเชิงยืนยันด้วยคะแนนมาตรฐาน	231
ภาพที่ 7-11 โมเดลการวัดการรับรู้ความยุติธรรม.....	237
ภาพที่ 8-1 โมเดลสมการโครงสร้างของการจัดการความรู้ตามกรอบแนวคิดการวิจัย	251
ภาพที่ 8-2 แผนภูมิเส้นทางเมื่อการกำหนดลักษณะเฉพาะ	252
ภาพที่ 8-3 โมเดลสมการโครงสร้างจากวิเคราะห์ด้วย Mplus.....	264
ภาพที่ 9-1 โมเดล CFA ตามทฤษฎี.....	274
ภาพที่ 9-2 ส่วนประกอบของโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันสำหรับการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยน.....	277
ภาพที่ 9-3 การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนโมเดลการวัดแบบต่าง ๆ.....	282
ภาพที่ 9-4 แสดงแผนภูมิลำดับการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนการวัดข้ามกลุ่ม.....	283
ภาพที่ 9-5 โมเดลการวัดแยกตามกลุ่มเพศ.....	288
ภาพที่ 9-6 โมเดลการวัดกลุ่มเพศชาย.....	290

ภาพที่ 9-7 โมเดลการวัดกลุ่มเพศหญิง.....	292
ภาพที่ 9-8 โมเดลฐานของกลุ่มเพศชาย	296
ภาพที่ 9-9 MIMIC model.....	309
ภาพที่ 9-10 การวิเคราะห์พหุกลุ่มแยกตามกลุ่มเพศ.....	319
ภาพที่ 10-1 โมเดล LGC ในรูปของ SEM	330
ภาพที่ 10-2 แสดงโมเดลLCG แบบสององค์ประกอบจากการวัดสองครั้ง.....	334
ภาพที่ 10-3 เส้นพัฒนาการของแต่ละตัวอย่างจาก 10 คน	336
ภาพที่ 10-4 แสดงคะแนนเฉลี่ยแนวโน้มพัฒนาการจากตัวอย่างจำนวน 10 คน	336
ภาพที่ 10-5 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มี 2 ตัวแปรแฝงจากการวัดหลายครั้ง	337
ภาพที่ 10-6 เส้นพัฒนาการคะแนนจาก 10 ตัวอย่างที่มีลักษณะไม่เป็นเส้นตรง	338
ภาพที่ 10-7 เส้นพัฒนาการเฉลี่ยจากตัวอย่างทั้งหมดที่มีลักษณะไม่เป็นเส้นตรง	338
ภาพที่ 10-8 แนวโน้มพัฒนาการจากตัวอย่างและจากโมเดลเมื่อกำหนดพัฒนาการเป็น เส้นตรง.....	339
ภาพที่ 10-9 แนวโน้มพัฒนาการจากตัวอย่างและโมเดลเมื่อมีพารามิเตอร์อิสระ	340
ภาพที่ 10-10 แนวโน้มพัฒนาการแบบเส้นโค้งของตัวอย่าง 10 หน่วย	341
ภาพที่ 10-11 ค่าเฉลี่ยแนวโน้มพัฒนาการแบบเส้นโค้งจากตัวอย่าง 10 หน่วย.....	341
ภาพที่ 10-12 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแบบเส้นโค้ง	342
ภาพที่ 10-13 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเชิงเส้นตรง.....	348
ภาพที่ 10-14 เส้นประมาณพารามิเตอร์ที่ได้จากตัวอย่างและโมเดล.....	351
ภาพที่ 10-15 ผลการวิเคราะห์โมเดล LGC เชิงเส้นตรง	352
ภาพที่ 10-16 ลักษณะเฉพาะของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเชิงเส้นโค้ง.....	354
ภาพที่ 10-17 ผลการวิเคราะห์โมเดล LGC เชิงเส้นโค้ง.....	358
ภาพที่ 10-18 โมเดล LGC ที่มีตัวแปรร่วม.....	359
ภาพที่ 10-19 โมเดล LGC ที่มีตัวแปรร่วมที่ไม่แปรเปลี่ยนไปตามเวลา	360
ภาพที่ 10-20 ผลการวิเคราะห์ LGCM ที่มีตัวแปรร่วมที่ไม่แปรเปลี่ยนไปตามเวลา	363
ภาพที่ 10-21 โมเดล LGC ที่มีตัวแปรร่วมไม่แปรเปลี่ยนและแปรเปลี่ยนไปตามเวลา....	364

ภาพที่ 10-22 ผลการวิเคราะห์โมเดล LGC ที่มีตัวแปรร่วมไม่แปรเปลี่ยนและแปรเปลี่ยนตามเวลา.....	366
ภาพที่ 10-23 ผลการวิเคราะห์โมเดล LGC พหุตัวแปร.....	373
ภาพที่ 10-24 แสดงโมเดล LGC พหุตัวแปรที่มีตัวแปรร่วม.....	376

สารบัญตาราง

ตาราง 1-1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของ LISREL กับ Mplus.....	30
ตาราง 2-1 แสดงประเภทค่าสหสัมพันธ์.....	36
ตาราง 2-2 คะแนนของ X ในฐานะตัวแปรทำนายและ Y เป็นตัวแปรเกณฑ์.....	45
ตาราง 2-3 ผลการวิเคราะห์ถดถอยแบบทีละขั้นตอน	62
ตาราง 2-4 ผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ	62
ตาราง 2-5 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลเส้นทาง ในภาพที่ 2-8	73
ตาราง 4-1 ค่าดัชนีวัดความกลมกลืนโมเดลสมการโครงสร้าง	137
ตาราง 5-1 โครงสร้างคำสั่งของ Mplus	148
ตาราง 5-2 ตัวอย่างชุดคำสั่งการวิเคราะห์เส้นทาง	157
ตาราง 5-3 ตัวอย่างชุดคำสั่งการวิเคราะห์ประกอบเชิงยืนยัน	158
ตาราง 5-4 ตัวอย่างชุดคำสั่งการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสอง	159
ตาราง 5-5 ตัวอย่างชุดคำสั่งการวิเคราะห์สมการโครงสร้าง.....	160
ตาราง 6-1 คำสั่งการวิเคราะห์เส้นทางโมเดลการจัดการความรู้.....	169
ตาราง 6-2 ชุดคำสั่งการวิเคราะห์เส้นทางโมเดลการจัดการความรู้ที่ปรับเปลี่ยน	172
ตาราง 7-1 ตัวแปรแฝงและตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝง	217
ตาราง 7-2 คำสั่งการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการจัดการความรู้.....	223
ตาราง 7-3 ดัชนีวัดความกลมกลืนตามการปรับโมเดล	225
ตาราง 7-4 ค่าน้ำหนัก (λ) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) และค่าสถิติที (t).....	232
ตาราง 7-5 ค่าค่า CR และ AVE ของตัวแปรแฝง km,org_cul และ transfor	234
ตาราง 7-6 ค่า AVE และ R^2	236
ตาราง 8-1 เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ใน Mplus.....	255
ตาราง 8-2 คำสั่งสำหรับ SEM ด้วย Mplus.....	255
ตาราง 8-3 คำสั่งสำหรับการแก้ปรับโมเดลสมการโครงสร้างด้วย Mplus	260
ตาราง 9-1 คำสั่ง separate each group model สำหรับเพศชาย	288

ตาราง 9-2 คำสั่ง separate each group model สำหรับเพศหญิง	290
ตาราง 9-3 คำสั่ง configural invariance (base line)	292
ตาราง 9-4 คำสั่ง factor loading invariance model.....	296
ตาราง 9-5 ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของน้ำหนักองค์ประกอบ.....	298
ตาราง 9-6 ผลการทดสอบค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่ละตัวแปร	299
ตาราง 9-7 คำสั่ง patial weak invariance.....	299
ตาราง 9-8 ผลการเปรียบเทียบโมเดล 2 partial กับ โมเดล 1.....	301
ตาราง 9-9 คำสั่ง scalar invariance model.....	301
ตาราง 9-10 คำสั่งวิเคราะห์ scalar invariance model.....	303
ตาราง 9-11 คำสั่งวิเคราะห์ความไม่แปรเปลี่ยนของ loading, intercept และ means	304
ตาราง 9-12 คำสั่งค่าน้ำหนักองค์ประกอบและค่าจุดตัดของ y3 ประมาณพารามิเตอร์ อย่างอิสระ.....	306
ตาราง 9-13 สรุปการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัด.....	307
ตาราง 9-14 สรุปผลการทดสอบโมเดลการวัดแบบไม่แปรเปลี่ยนบางส่วน	307
ตาราง 9-15 คำสั่งสำหรับการวิเคราะห์โมเดลกลุ่มเพศชาย	310
ตาราง 9-16 คำสั่งสำหรับการวิเคราะห์โมเดลกลุ่มเพศหญิง	311
ตาราง 9-17 คำสั่งการวิเคราะห์ห้ทุกกลุ่มโมเดลการวัดเมื่อพารามิเตอร์อิสระต่อกัน	313
ตาราง 9-18 คำสั่งการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางเมื่อ กำหนดค่าสัมประสิทธิ์ให้เท่ากัน	316
ตาราง 9-19 ผลการเปรียบเทียบค่าสถิติไค-สแควร์จากขั้นตอนที่ 2 และ 3.....	318
ตาราง 10-1 คำสั่งการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเชิงเส้นตรง.....	349
ตาราง 10-2 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรจากงานวิจัย ของ Jun & Choi (2013).....	355
ตาราง 10-3 คำสั่งใน Mplus สำหรับการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเชิง เส้นโค้ง.....	355
ตาราง 10-4 ชุดคำสั่งโมเดล LGC ที่มีตัวแปรร่วมที่ไม่แปรเปลี่ยนไปตามเวลา.....	361
ตาราง 10-5 โมเดล LGC ที่มีตัวแปรร่วมไม่แปรเปลี่ยนและแปรเปลี่ยนตามเวลา	365

ตาราง 10-6 ค่าสหสัมพันธ์ คะแนนเฉลี่ย และคะแนนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปร Alcohol use, Cigarette use, Marijuana use, Monitor and peer	369
ตาราง 10-7 คำสั่งโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงพหุตัวแปร.....	369
ตาราง 10-8 คำสั่งโมเดล multivariate LGC with covariate.....	374



STRUCTURAL EQUATION MODELING FOR BEHAVIORAL AND SOCIAL SCIENCES RESEARCH



บทที่ 1 บทนำ

1. ความนำ

การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (structural equation modeling; SEM) เป็นสถิติที่พัฒนาจากเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันและการวิเคราะห์เส้นทาง แต่มีความยืดหยุ่นและประสิทธิภาพมากกว่าการวิเคราะห์เส้นทาง พื้นฐานสำคัญของ SEM มาจากการสร้างโมเดลเชิงสาเหตุที่มีความสมเหตุสมผลในทางทฤษฎี ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ในโมเดล การทำความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นฐานของ SEM จะทำให้ผู้วิจัยได้เข้าใจธรรมชาติของโมเดลสมการโครงสร้างมากขึ้น ดังนั้นในบทนี้ผู้เขียนจึงกล่าวถึงว่าด้วยโมเดลสมการโครงสร้างคืออะไร โดยเนื้อส่วนนี้จะเกี่ยวข้องกับความหมายของโมเดลสมการโครงสร้าง SEM มีความสัมพันธ์อย่างไรกับการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ ข้อได้เปรียบของ SEM ที่เหนือกว่าเทคนิคการวิเคราะห์อื่น ๆ คืออะไร ทั้งสองหัวข้อนี้จะทำให้ผู้วิจัยเข้าใจถึงข้อดีของโมเดลสมการโครงสร้างที่นำมาใช้ในการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์

นอกจากนี้ผู้เขียนยังนำเสนอคุณสมบัติต่าง ๆ ของ (features) ของโปรแกรม LISREL ที่มีการใช้อย่างแพร่หลาย กับโปรแกรม Mplus ที่ใช้ประกอบหนังสือเล่มนี้ ทั้งสองโปรแกรมมีจุดเด่นที่ต่างกัน LISREL เป็นโปรแกรมแรกๆ ที่พัฒนาเพื่อใช้ใน SEM ซึ่งมีคุณสมบัติในการวิเคราะห์สมการโครงสร้างที่หลากหลายและเพียงพอ ขณะที่ Mplus เป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นในภายหลังและกำลังได้รับความนิยมมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบคำสั่งที่ง่ายและเป็นมิตรกับผู้ใช้ ดังนั้นผู้เขียนเห็นว่าการนำเสนอวิธีการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Mplus จึงเป็นทางเลือกสำหรับผู้วิจัยที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลของตนเอง

2. โมเดลสมการโครงสร้างคืออะไร

นักวิชาการทางด้านสถิติและวิธีวิทยาการวิจัยได้ให้ความหมายของโมเดลสมการโครงสร้างว่าเป็นชุดของโมเดลทางสถิติหรือแบบแผนสำหรับการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ (observed variables) และตัวแปรแฝง (latent variables) (MacCallum & Austin, 2000) หรือเป็นวิธีวิทยาสำหรับแสดงความเป็นตัวแทน (representing) การประมาณค่า (estimating) และทดสอบ (testing) ความสัมพันธ์เชิงทฤษฎีระหว่างตัวแปร (Rigdon, 1998) นอกจากนี้ Lei and Wu (2007) ได้ให้ความหมายชัดเจนขึ้นโดยให้ความหมายไว้ว่า สมการโครงสร้างเป็นคำทั่วไปที่ใช้เรียกชุดของโมเดลทางสถิติที่ใช้ประเมินความเที่ยงตรง (validity) ระหว่างโมเดลเชิงทฤษฎีกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าโมเดลสมการโครงสร้างมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบหรือประเมินความเที่ยงตรงหรือความสอดคล้องระหว่างโมเดลเชิงทฤษฎีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ที่เก็บรวบรวมจากกลุ่มตัวอย่างโดยใช้หลักการทางสถิตินั่นเอง

การวิเคราะห์สมการโครงสร้างสามารถศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงที่วัดได้จากตัวแปรสังเกตได้หลายตัว ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ทั้งการวิจัยเชิงทดลองและไม่ใช่การวิจัยเชิงทดลอง การศึกษาข้ามกลุ่ม หรือการศึกษาข้อมูลระยะยาวหรืออื่น ๆ SEM จะถูกนำไปใช้เพื่อยืนยันหรือทดสอบสมมติฐานการวิจัยในการวิเคราะห์พหุตัวแปร (multivariate analysis) ตามโครงสร้างทางทฤษฎี เช่น การทดสอบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรต่าง ๆ โดยมีเป้าหมายเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลเชิงทฤษฎีกับข้อมูลเชิงประจักษ์โดยพิจารณาจากความกลมกลืนระหว่างข้อมูลเชิงประจักษ์กับโมเดลเชิงทฤษฎีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น (model – data fit) ซึ่งเทคนิค SEM เป็นเทคนิคที่ต้องใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (Kline, 2005) ขนาดตัวอย่างขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความซับซ้อนของโมเดล (model complexity) วิธีการประมาณพารามิเตอร์ (estimation method) หรือลักษณะการแจกแจงของตัวแปรสังเกต เป็นต้น

แนวคิดเกี่ยวกับ SEM มีหลายลักษณะ ซึ่งพอจะจำแนกได้ 3 แบบด้วยกัน กล่าวคือ แนวคิดการวิเคราะห์โครงสร้างความแปรปรวน (covariance structure analysis; C-SEM) แนวคิดกำลังสองน้อยที่สุดบางส่วน (partial least square; PLS) และการวิเคราะห์ส่วนประกอบโครงสร้างทั่วไป (general structural component; GSCA) (Henseler, 2012; Hwang, Malhotra, Kim, Tomiuk & Hong, 2010) ซึ่งสองแบบแรกเป็นแบบประเพณีนิยมในขณะแบบที่สามเป็นวิธีวิเคราะห์ทางเลือก การวิเคราะห์ C-SEM และ PLS ได้รับความนิยมมากกว่า C-SEM เป็นวิธีการวิเคราะห์ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด

และเป็นวิธีการที่พัฒนามาตั้งแต่แรกเริ่ม ในขณะที่ PLS กำลังได้รับความนิยมมากขึ้น เพราะสามารถแก้ไขข้อจำกัดของ C-SEM บางประการ เช่น ใช้ขนาดตัวอย่างที่เล็กกว่า เป็นต้น ในขณะที่ GSCA ยังไม่ได้รับความนิยมมากนัก ทั้งนี้ส่วนหนึ่งมาจากโปรแกรมการวิเคราะห์ยังมีจำกัด ซึ่งเท่าที่ปรากฏในปัจจุบันมีเพียงโปรแกรม GSCA analysis เท่านั้น ในขณะที่ C-SEM สามารถวิเคราะห์ได้ด้วยโปรแกรมหลากหลาย เช่น LISREL, AMOS EQS และ Mplus ในขณะที่ PLS สามารถวิเคราะห์จากโปรแกรม smartPLS, LVPLS, PLS-graph หรือ VisualPLS เป็นต้น ในการศึกษาเปรียบเทียบของ Henseler (2012) พบว่า C-SEM ให้ผลการประมาณพารามิเตอร์ที่ดีกว่า รวมทั้งเป็นการประมาณพารามิเตอร์ที่ไม่ลำเอียง ในขณะที่ GSCA ให้ค่าประมาณขนาดอิทธิพลทางตรงที่เกินจริงในเทคนิคการวิเคราะห์ตัวแปรคั่นกลาง (mediating analysis) รวมทั้งในค่าประมาณที่ขาดความสอดคล้องและเที่ยงตรงในบางส่วน ส่วน PLS จะเป็นทางเลือกในการวิเคราะห์เมื่อพบว่าไม่สามารถวิเคราะห์ C-SEM ได้ในหลายเหตุผล (Hwang et al., 2010) ซึ่งแสดงว่าควรเลือกการวิเคราะห์แบบ C-SEM ก่อน แต่ถ้าไม่สามารถวิเคราะห์ได้ด้วยเงื่อนไขของมันเอง ผู้วิจัยจึงค่อยเลือก PLS สำหรับ SEM ในหนังสือเล่มนี้จะกล่าวถึงเฉพาะแนวคิด C-SEM เท่านั้น เพราะเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพและมีความแกร่งในการทดสอบมากที่สุด ในบรรดาเทคนิค SEM ได้รับความนิยมและมีการนำไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อการตีพิมพ์ในบทความสูงสุด

3. การวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์กับโมเดลสมการโครงสร้าง

SEM เป็นโมเดลการวิเคราะห์ทางสถิติที่มีการนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ ซึ่งมีเหตุผลด้วยกันหลายประการ

ประการแรก ธรรมชาติของการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ จำเป็นต้องใช้ตัวแปรสังเกตได้จำนวนมาก เพื่อนำมาใช้อธิบายปรากฏการณ์ แต่วิธีการของสถิติพื้นฐานโดยทั่วไปมักจะมีข้อจำกัดเกี่ยวกับจำนวนตัวแปรที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งทำให้ไม่สามารถทดสอบทางทฤษฎีที่มีตัวแปรจำนวนมากในโมเดลการวิจัยได้พร้อม ๆ กัน การใช้จำนวนตัวแปรน้อย ๆ จึงไม่อาจเพียงพอต่อการอธิบายปรากฏการณ์ที่มีความ

ซับซ้อนสูง เช่น การวิเคราะห์ด้วยสถิติสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัว (bivariate correlations) ซึ่งไม่เพียงพอต่อการอธิบายโมเดลเชิงทฤษฎี ในทางตรงข้ามโมเดลสมการโครงสร้างสามารถนำเอาปรากฏการณ์ที่ความซับซ้อนมาอยู่ในรูปของโมเดลทางสถิติและสามารถที่จะทดสอบโมเดลนั้นได้ ดังนั้นการใช้เทคนิค SEM จึงเป็นเทคนิคการวิเคราะห์เพื่อใช้ยืนยันหรือไม่ยืนยันโมเดลเชิงทฤษฎีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ประการที่สอง เป็นเหตุผลที่เกี่ยวข้องกับความเที่ยงตรง (validity) และความเชื่อมั่น (reliability) ของคะแนนสังเกตได้ที่ได้จากเครื่องมือวัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งความคลาดเคลื่อนในการวัด (measurement error) ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญในการวัดตัวแปรทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ แต่ที่ผ่านมามีความคลาดเคลื่อนในการวัด และสถิติสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลมักจะถูกแยกออกจากกัน ในขณะที่โมเดลสมการโครงสร้างได้นำความคลาดเคลื่อนในการวัดเข้ามาคำนวณทุกครั้งที่มีการวิเคราะห์ข้อมูล โดยในโมเดลสมการโครงสร้างจะเป็นการวิเคราะห์ทั้งตัวแปรแฝง (latent variable) และตัวแปรสังเกตได้ (observed variable) ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงเทอมของความคลาดเคลื่อนในการวัด

ประการที่สาม โมเดลสมการโครงสร้างได้ถูกพัฒนามาหลายทศวรรษ และพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จึงสามารถที่จะนำไปใช้ในการทดสอบ โมเดลเชิงทฤษฎีทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ที่หลากหลายและมีการพัฒนาทฤษฎีขึ้นมาใหม่อย่างต่อเนื่อง เช่น การทดสอบความแตกต่างของโมเดลเชิงทฤษฎีระหว่างกลุ่ม โดยใช้หลักการวิเคราะห์กลุ่มพหุคูณ (multiple group) นอกจากนี้ ในโครงสร้างทางสังคมหรือองค์กรที่มีข้อมูลหลายระดับ (multilevel data) ผู้วิจัยสามารถนำโมเดลสมการโครงสร้างไปใช้วิเคราะห์ข้อมูลที่มีหลายระดับ โดยวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ (multilevel structural equation modeling) หรือนำไปใช้ในการศึกษาระยะยาว (longitudinal study) ด้วยการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง (latent growth curve model) ที่ทำให้ผู้วิจัยได้สารสนเทศต่าง ๆ เพิ่มขึ้นจากการวิเคราะห์แบบเดิม และยังมีความสามารถในการวิเคราะห์โมเดล เชิงทฤษฎีอีกมาก ประการที่สี่ ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุแบบดั้งเดิม เช่น การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (multiple regression) หรือการวิเคราะห์เส้นทาง (path analysis) มักจะมีข้อตกลงเบื้องต้นที่เข้มงวด หรืออาจมีข้อตกลงเบื้องต้นที่ยากจะเป็นได้ในปรากฏการณ์จริงในทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ แต่ใน SEM จะมีความยืดหยุ่นในการวิเคราะห์และสอดคล้องกับปรากฏการณ์จริงมากกว่า รวมทั้งยังสามารถที่จะฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นในการวิเคราะห์บางประการโดยยังคงให้ความแม่นยำในการประมาณพารามิเตอร์ ซึ่งข้อดีของสมการโครงสร้างนี้จะกล่าวในลำดับถัดไปในหัวข้อได้เปรียบของ SEM และประการที่ห้า ในปัจจุบันผู้วิจัยสามารถใช้โปรแกรมใน SEM ที่มีอยู่หลากหลายและมีความเป็นมิตรต่อผู้ใช้มากขึ้น ซึ่งแตกต่างจากเมื่อก่อนที่ค่อนข้างใช้ยาก

เช่น โปรแกรม LISREL ในยุคแรก ๆ ผู้วิจัยต้องมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องสัญลักษณ์ภาษากรีกที่แทนถึงเมทริกซ์ แต่ในปัจจุบันโปรแกรมการวิเคราะห์สมการโครงสร้างสามารถใช้ได้ง่ายขึ้น โดยที่ผู้วิจัยไม่ต้องเสียเวลาในการเขียนคำสั่งเหมือนเมื่อก่อน เช่น อาจใช้คำสั่งจากเมนู (pull down menu) หรือสร้างคำสั่งจากแผนภาพโมเดลเชิงทฤษฎีของผู้วิจัย เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีโปรแกรมอื่น ๆ อีกมาก เช่น AMOS Mplus หรือ EQS เป็นต้น ซึ่งมีจุดเด่นแตกต่างกัน แต่โดยรวมแล้วโปรแกรมดังกล่าวได้ถูกออกแบบมาให้ผู้วิจัยใช้ได้ง่ายขึ้น อย่างไรก็ตามผู้วิจัยควรศึกษาค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อที่จะให้การวิเคราะห์ถูกต้องและลดความผิดพลาดในการวิเคราะห์ เนื่องจากโมเดลสมการโครงสร้างมีหลายรูปแบบ แต่ละรูปแบบมีการกำหนดลักษณะเฉพาะและข้อตกลงเบื้องต้นบางประการที่แตกต่างกันไป พัฒนาการของโปรแกรมสำหรับ SEM ทำให้ผู้วิจัยสามารถนำไปใช้เพื่อการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ที่มีความซับซ้อนได้อย่างลึกซึ้งมากขึ้น

จะเห็นได้ว่าโมเดลสมการโครงสร้างเป็นชุดของสถิติที่มีความเหมาะสมในทดสอบโมเดลเชิงทฤษฎีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ที่มีความซับซ้อนเพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธโมเดลเชิงทฤษฎีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ซึ่งทำให้ผู้วิจัยสามารถนำไปใช้ตอบคำถามการวิจัยที่หลากหลาย นอกจากนี้ SEM มีการพัฒนาเทคนิคใหม่ ๆ อยู่เสมอตามศาสตร์ทางด้านสถิติ ทำให้โมเดลสมการโครงสร้างมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว

4. ข้อได้เปรียบของโมเดลสมการโครงสร้าง

ถึงแม้การวิเคราะห์เส้นทางจะมีจุดแข็งโดยสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มีความซับซ้อนสอดคล้องกับปรากฏการณ์ทางสังคมและโมเดลที่ได้มีความน่าเชื่อถือ แต่การวิเคราะห์เส้นทางอยู่บนฐานข้อตกลงเบื้องต้นที่ไม่สอดคล้องกับสภาพจริง (Pedhazur, 1982) ข้อตกลงเบื้องต้นที่สำคัญ เช่น การวัดตัวแปรต่าง ๆ จะต้องปราศจากความคลาดเคลื่อน เทอมของความคลาดเคลื่อนทั้งหมดมีความสัมพันธ์กัน และตัวแปรต่าง ๆ ในโมเดลจะต้องมีความสัมพันธ์กันไปในทิศทางเดียวหรือไม่มีผลย้อนกลับ ถึงแม้เงื่อนไขเหล่านี้แม้จะเป็นสิ่งที่ผู้วิจัยต้องการอย่างยิ่ง แต่ข้อตกลงเบื้องต้นเหล่านี้เป็นจริงได้ยากในสถานการณ์จริง

ตัวแปรส่วนใหญ่ในการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง หรือกล่าวได้ว่าตัวแปรส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของตัวแปรแฝง ดังนั้นการใช้ตัวบ่งชี้เพียงตัวเดียว หรือกำหนดให้เป็นตัวแปรสังเกตได้เพียงตัวเดียว เพื่อใช้วัดตัวแปรที่มีความซับซ้อน และเมื่อมีการใช้การวิเคราะห์เส้นทางจึงไม่ถูกต้องในทางปฏิบัติ และโดยธรรมชาติแล้วควรใช้ตัวบ่งชี้หลายตัว (multiple indicators) สำหรับตัวแปรแฝงแต่ละตัว นอกจากนี้ข้อตกลงเบื้องต้นที่กำหนดไม่ให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่างเทอมของความคลาดเคลื่อนเป็นไปไม่ได้เลยในการศึกษาระยะยาว (longitudinal study) ที่มีการวัดตัวแปรเดียวกันในหลายตำแหน่งเวลาจากคนเดียวกัน

เพื่อให้เห็นจุดเหมือนและจุดต่างของการวิเคราะห์เส้นทางแบบดั้งเดิมและโมเดลสมการโครงสร้าง เราสามารถพิจารณาได้ว่า SEM มีลักษณะเหมือนกับเทคนิคการวิเคราะห์ดั้งเดิมอย่างเช่น การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ การวิเคราะห์ถดถอย หรือการวิเคราะห์ความแปรปรวนบางประการ ได้แก่ ประการแรก เป็นโมเดลทางสถิติเชิงเส้นตรง (linear statistical model) ประการที่สอง การทดสอบทางสถิติทั้งสองแบบจะมีความเที่ยงตรงก็ต่อเมื่อการวิเคราะห์เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น เช่น โดยปกติการวิเคราะห์แบบดั้งเดิมจะมีข้อสมมติในเรื่องการแจกแจงปกติ ในขณะที่การวิเคราะห์สมการโครงสร้าง โดยพื้นฐานแล้วจะมีข้อตกลงเบื้องต้นการแจกแจงปกติพหุตัวแปร หรือข้อตกลงเบื้องต้นอื่นที่เหมือนกัน เช่น ความคลาดเคลื่อนมีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์และมีการกระจายคงที่หรือความแปรปรวนร่วมของเทอมความคลาดเคลื่อนกับตัวแปรสังเกตได้มีค่าเป็นศูนย์ เป็นต้น

ในขณะที่มีความแตกต่างระหว่างการวิเคราะห์แบบดั้งเดิมและการวิเคราะห์ด้วยสมการโครงสร้างมีหลายประการ ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ด้วย SEM มีความยืดหยุ่นและมีการบูรณาการทางวิธีวิทยา ซึ่งทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลายสาขาวิชา 2) วิธีการวิเคราะห์แบบดั้งเดิมกำหนดลักษณะเฉพาะให้โดยอัตโนมัติ (default model) ในขณะที่การวิเคราะห์แบบสมการโครงสร้าง ผู้วิจัยสามารถกำหนดลักษณะเฉพาะของโมเดลตามที่ต้องการทดสอบได้ นอกจากจะไม่กำหนดลักษณะโมเดลให้โดยอัตโนมัติแล้วยังมีข้อจำกัดเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ผู้วิจัยสามารถกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ของตัวแปรในโมเดลโดยใช้ทฤษฎีหรืองานวิจัยเป็นตัวสนับสนุน 3) SEM เป็นเทคนิคการวิเคราะห์แบบพหุตัวแปรที่เป็นการวิเคราะห์พร้อมกันระหว่างตัวแปรสังเกตได้และตัวแปรแฝง ขณะที่การวิเคราะห์แบบดั้งเดิมจะวิเคราะห์เฉพาะตัวแปรสังเกตได้เท่านั้น โดย SEM นั้นเราสามารถวิเคราะห์สมการที่เกี่ยวข้องด้วยการประมาณพารามิเตอร์ทั้งหมดได้พร้อมกัน (simultaneously to determine parameter estimates) 4) ตัวแปรสังเกตได้ที่ใช้ใน SEM สามารถมีความคลาดเคลื่อนในการวัดได้ ในขณะที่การวิเคราะห์แบบดั้งเดิมจะมีข้อตกลงเบื้องต้นว่าในการวัดจะต้องปราศจากความคลาดเคลื่อน 5) การวิเคราะห์แบบ

ดั้งเดิมมีการทดสอบนัยสำคัญที่ตรงไปตรงมาอย่างใดอย่างหนึ่ง เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร หรือปริมาณความแปรปรวนที่อธิบายได้ ในขณะที่ SEM จะมีการประเมินความกลมกลืนของโมเดล โดยตรวจสอบด้วยการทดสอบด้วยการใช้สถิติหลายตัว เช่น χ^2 , RMSEA, CFI, NNFI หรือดัชนีวัดความกลมกลืนอื่น ๆ เป็นต้น โดยสามารถคำนวณไปพร้อมการวิเคราะห์โมเดล 6) SEM สามารถหาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (causal relationship) ทางเดียวหรือสองทางแบบเส้นเชิงบวก (linear additive) ในขณะการวิเคราะห์แบบดั้งเดิมจะเป็นความสัมพันธ์ทางเดียวเท่านั้น 7) SEM สามารถกำหนดให้ความแปรปรวนร่วมระหว่างเทอมของความคลาดเคลื่อน (error term) มีค่าไม่เท่ากับศูนย์ได้ หรือกล่าวได้ว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างเทอมของความคลาดเคลื่อนได้ ในขณะที่การวิเคราะห์แบบดั้งเดิม มีข้อตกลงเบื้องต้นว่าห้ามสัมพันธ์กัน และ 8) SEM สามารถใช้การประมาณค่าพารามิเตอร์หลายแบบ ตามลักษณะของข้อมูลหรือเงื่อนไขอื่น เช่น วิธีกำลังสองน้อยที่สุด ความเป็นไปได้สูงสุด (maximum likelihood; ML) เป็นต้น

นอกจากนั้น ด้วยเหตุ SEM เป็นการนำเอาสถิติหลาย ๆ ตัวมาไว้ในเทคนิควิเคราะห์เดียว จึงเปรียบเหมือนการบูรณาการฟังก์ชันต่าง ๆ (integrative function) อยู่ใต้ร่มเดียว (single umbrella) ซึ่งทำให้ผู้วิจัยสามารถทดสอบสมมติฐานและดำเนินการเพื่อตอบคำถามวิจัยได้หลากหลายมากกว่า (Bagozzi & Yi, 2012; Ringle, Sarstedt & Straub, 2012) โมเดลสมการโครงสร้างได้รวมตัวแปรแฝง ความคลาดเคลื่อนในการวัด ความคลาดเคลื่อนลักษณะเฉพาะ รวมทั้งโครงสร้างความแปรปรวนและทำการประมาณค่าเชิงทฤษฎีไปพร้อม ๆ กัน และยังสามารถตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงตามโมเดลสมมติฐานที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น (Henseler, 2012) ดังนั้นโมเดลสมการโครงสร้างจึงเป็นเทคนิคการวิเคราะห์พหุตัวแปรขั้นสูง (advance multivariate technique) ในการทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรตามหลายตัวพร้อมกัน (Harris & Schaubroeck, 1990; Singh, 2009)

นอกจากนี้นักวิชาการหลายท่าน ได้ชี้ให้เห็นเหตุผลว่าทำไมจึงควรใช้โมเดลสมการโครงสร้าง โดยเห็นว่าโมเดลสมการโครงสร้างเป็นแนวคิดการยืนยัน (confirmatory) มากกว่าการสำรวจ (exploratory) การวิเคราะห์ในเชิงสำรวจส่วนใหญ่เป็นการแยกความคลาดเคลื่อนการวัดออกจากกระบวนการวิเคราะห์ ซึ่งเป็นกระบวนการวิเคราะห์พหุตัวแปรแบบดั้งเดิมซึ่งไม่สามารถประเมินความคลาดเคลื่อนในการวัดได้หรือเป็นการวิเคราะห์ที่ไม่ถูกต้อง อีกทั้งยังง่ายต่อการกำหนดขนาดตัวอย่างสามารถใช้กับข้อมูล

ที่มีลักษณะการแจกแจงที่ไม่ใช่การแจกแจงปกติ การวิเคราะห์ครอบคลุมทั้งตัวแปรสังเกตได้และตัวแปรสังเกตไม่ได้ในการวิเคราะห์คราวเดียวกัน แตกต่างจากเทคนิคอื่นที่วิเคราะห์ได้เฉพาะตัวแปรสังเกตได้เพียงอย่างเดียว (Bryne, 2010; Ringle, Sarstedt & Straub, 2012) นอกจากนี้ ยังมีเทคนิคการวิเคราะห์ที่หลากหลายสำหรับการวิเคราะห์พหุตัวแปร ซึ่ง Yuan, Wu and Bentler (2010) ได้สรุปว่า SEM เป็นโมเดลที่เหมาะสมกับการวิจัยทางสังคมศาสตร์และมีประโยชน์อย่างมากในการสร้างงานวิจัยทางสังคมศาสตร์ และมีแนวโน้มที่จะมากขึ้น

จะเห็นได้ว่า SEM มีข้อได้เปรียบมากกว่าเทคนิคการวิเคราะห์แบบอื่น ๆ ในหลายประการ จากการทบทวนวรรณกรรมดังกล่าว และจากประสบการณ์ของผู้เขียนพอสรุปข้อได้เปรียบได้ 4 ประการ ได้แก่ ประการแรก ความยืดหยุ่นต่อข้อตกลงเบื้องต้นซึ่งทำให้การวิเคราะห์สอดคล้องกับความเป็นจริงกับการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์มากขึ้น ประการที่สอง มีการนำเอาตัวแปรแฝง ตัวแปรสังเกตได้ และความคลาดเคลื่อนเข้ามาในกระบวนการวิเคราะห์พร้อมกันให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่มีความแม่นยำมากขึ้น ประการที่สาม เป็นเทคนิคการวิเคราะห์พหุตัวแปรขั้นสูงที่นำเอาเทคนิคการวิเคราะห์ต่าง ๆ มาอยู่ภายใต้ร่มเดียวกัน ทำให้ผู้วิจัยสามารถนำไปประยุกต์เพื่อตอบคำถามการวิจัยได้อย่างหลากหลาย และ ประการที่สี่มีวิธีการประมาณพารามิเตอร์ที่หลากหลาย ผู้วิจัยสามารถเลือกวิธีการประมาณพารามิเตอร์ที่สอดคล้องกับลักษณะข้อมูลของตนเองได้อย่างเหมาะสม ดังนั้นจึงไม่แปลกใจที่แนวโน้มการใช้ SEM ในการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

5. โปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง

ในปัจจุบันผู้วิจัยสามารถวิเคราะห์ SEM โดยใช้โปรแกรมประยุกต์สำหรับการวิเคราะห์ที่ได้หลากหลายโปรแกรม แต่ละโปรแกรมมีความสามารถในการวิเคราะห์ที่หลากหลาย (features) ในการเลือกใช้โปรแกรมผู้วิจัย ต้องคำนึงถึงความสะดวกในการนำไปใช้ เนื่องจากโปรแกรมวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง มีขีดความสามารถ เพียงพอในความต้องการประมาณพารามิเตอร์ตามที่เราต้องการ โปรแกรมสำหรับการ วิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง ที่นิยมกันแพร่หลายได้แก่ LISREL (Jöreskog & Sörbom, 2004), Mplus (Muthén & Muthén, 2012) และ AMOS (Arbuckle, 2003) หรือโปรแกรมที่กำลังได้รับความนิยมมากขึ้นอย่างเช่น smartPLS เป็นต้น

ในหนังสือเล่มนี้ผู้เขียนใช้โปรแกรม Mplus เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่มีความยืดหยุ่น มีรูปแบบคำสั่งและวิธีการประมาณพารามิเตอร์ที่หลากหลาย ตลอดจนมีชุดคำสั่ง (algorithms) ที่สอดคล้องกับลักษณะของตัวแปรและโมเดลการวิจัยของผู้วิจัย ง่ายต่อความเข้าใจและการนำไปใช้ Mplus มีคำสั่งหลักเพียง 9 คำสั่ง และมีคำสั่งย่อย (options) ของคำสั่งที่หลากหลาย ใน 9 คำสั่งหลักก็ไม่จำเป็นต้องใช้ทุกคำสั่ง แต่จะมีคำสั่งที่ต้องใช้ทุกครั้งเพื่อกำหนดคำสั่ง โปรแกรม Mplus ได้นำเสนอเทคนิคการวิเคราะห์ที่หลากหลาย อันจะนำไปสู่การตอบคำถามวิจัยได้หลากหลายเช่นกัน เช่น เทคนิคการวิเคราะห์ growth mixture modeling, specific produces for growth modeling with ordered categorical outcome, Monte Carlo procedure for power estimate และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเวอร์ชัน 7.0 ขึ้นไป สามารถวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง แบบพหุระดับ ได้ 3 - 4 ระดับ พร้อมทั้งมีโปรแกรม diagrammer สร้างแผนภาพเพิ่ม เข้ามาทำให้สะดวกและใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยสามารถนำมาตอบโจทย์วิจัยได้อย่างลึกซึ้งมากขึ้น นอกจากนี้ Mplus มีความสามารถอื่นอีก เช่น สามารถวิเคราะห์ตัวแปรที่ลักษณะหลากหลาย ทั้งที่วัดเป็นค่าต่อเนื่องและไม่ใช่ว่าต่อเนื่อง และยังสามารถในการวิเคราะห์ อีกมากที่ผู้เขียนไม่ได้กล่าวถึง แต่สามารถเข้าไปดูรายละเอียดและดาวน์โหลด เวอร์ชันทดลองใช้ได้ ที่ www.statmodel.com โดยโปรแกรมจำกัดจำนวนตัวแปรในโมเดล แต่เพียงพอต่อวิเคราะห์โมเดลการวิจัยโดยทั่วไปที่มีความซับซ้อนไม่มาก (Muthén & Muthén, 2017)

Mplus และ LISREL จะให้ดัชนีวัดความกลมกลืนที่ต่างกันโดย จากตาราง 1-1 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบคุณสมบัติของ Mplus กับ LISREL จะเห็นว่า Mplus จะให้ค่าสถิติที่เป็นดัชนีวัดความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์น้อยกว่า แต่ในทางปฏิบัติแล้วการรายงานค่าสถิติวัดความกลมกลืนนี้จะรายงานประมาณ 4-5 เท่านั้น และใน Mplus เองก็ให้ค่าที่จำเป็นและพอเพียงต่อการรายงานผลการวิเคราะห์และการเผยแพร่ผลการวิจัย

ตาราง 1-1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของ LISREL กับ Mplus

Fit index	LISREL	Mplus
Default model chi-square	✓	✓
Independence model chi-square	✓	✓
Saturated model chi-square	✓	✓
Satorra-Bentler scaled chi-square	✓	✓
Akaike information criteria (AIC)	✓	✓
Consistent AIC (CAIC)	✓	
Bayes information criterion (BIC)	✓	✓
Sample-size adjusted BIC		✓
Comparative fit index (CFI)	✓	✓
Goodness of fit index (GFI)	✓	
Adjusted Goodness of fit index (AGFI)	✓	
Incremental fit index (IFI)	✓	
Normed fit index (NFI)	✓	
Non-normed fit index (NNFI)	✓	✓
Parsimony normed fit index (PNFI)	✓	
Relative fit index (RFI)	✓	
Root mean square error of approximation (RMSEA)	✓	✓
Tucker-Lewis index (TLI)	✓	✓

6. สรุป

SEM แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงกับตัวแปรสังเกตได้ของตัวเอง และยังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงในโมเดลเชิงทฤษฎีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผู้วิจัยสามารถนำโมเดลที่สร้างขึ้นจากทฤษฎีมาทดสอบหรือประเมินความเที่ยงตรงหรือความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ที่เก็บรวบรวมจากกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้หลักการทางสถิติ ผลที่ได้จะทำให้ทราบว่าโมเดลของเราได้รับการยืนยันหรือปฏิเสธจากข้อมูล และยังทำให้เราทราบความสัมพันธ์ ทั้งโดยตรงและโดยอ้อมของตัวแปร เทคนิค SEM มีข้อได้เปรียบกว่าเทคนิคการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุแบบดั้งเดิมหลายประการ มีความยืดหยุ่นและประสิทธิภาพในการประมาณพารามิเตอร์ โดยหลัก SEM มีความยืดหยุ่นในข้อตกลงในการวิเคราะห์มากกว่าการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณและการวิเคราะห์

เส้นทางแบบดั้งเดิม ผู้วิจัยสามารถเตรียมเมทริกซ์สหสัมพันธ์หรือเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมที่มีความเหมาะสมกับระดับการวัดของตัวแปรที่อยู่ในโมเดล ซึ่งในปัจจุบันผู้วิจัยสามารถเตรียมเมทริกซ์สหสัมพันธ์ ได้อย่างง่ายด้วยโปรแกรมประยุกต์ที่ใช้สำหรับ SEM โดยเฉพาะโมเดลสมการโครงสร้างเป็นโมเดลที่ถูกนำไปใช้ในการวิจัยหลากหลายสาขา เนื่องจากสามารถใช้ตอบคำถามการวิจัยที่มีความซับซ้อนของตัวแปรได้ดีกว่าการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณและการวิเคราะห์เส้นทางแบบดั้งเดิมดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

เอกสารอ้างอิง

- Arbuckle, J. L. (2003). *Amos (Version 5.0.1) [computer software]*. Spring House: PA Amos Development Corporation.
- Bagozzi, R., & Yi, Y. (2012). Specification, evaluation, and interpretation of structural equation model. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 40, 8-35.
- Bryne, B. M. (2010). *Structural equation modeling with AMOS : Basic concepts, applications and programming* (2nd ed.). Routledge, Taylor and Francis Group.
- Harris, M., & Schaubroeck, J. (1990). Confirmatory modeling in organizational behavior/human resource management: Issues and applications. *Journal of Management*, 16(2), 337-360.
- Henseler, J. (2012). Why generalized structured component analysis is not universally preferable to structural equation modeling. *Journal of Academy of Marketing Science*, 40, 402-413.
- Hwang, H., Malhotra, N. K., Kum, Y., Tomiuk, M. A., & Hong, S. (2010). A comparative study on parameter recovery of three approaches to structural equation modeling. *American Marketing Association*, 48, 699-712.
- Jöreskog, K. G., & Sörbom, D. (2004). *LISREL 8.7 user's reference guide*. Scientific Software International.

- Kline, R. B. (2005). *Principles and practice of structural equation modeling* (3rd ed.). The Guilford Press.
- Lei, P. W., & Wu, Q. (2007). An NCME Instructional module on introduction to structural equation modeling: Issue and practical considerations. *Educational Measurement*, 26(3), 33-44.
- MacCallum, R. C., & Austin, J. T. (2000). Application of structural equation modeling in psychological research. *Annual Review Psychology*, 51, 201-226.
- Muthén, L. K., & Muthén, B. O. (2012). *Mplus : Statistical analysis with latent variables user's guide*. Muthén & Muthén.
- Muthén, L. K., & Muthén, B. O. (2017). *Mplus : Statistical analysis with latent variables user's guide*. Muthén & Muthén.
- Pedhazur, E. J. (1982). *Multiple regression in behavioral research*. Holt Rinehart and Winston.
- Rigdon, E. E. (1998). Structural equation modeling. In: Marcoulides. In G. A. Marcoulides (Ed.), *Modern methods for business research* (pp. 251-294). Lawrence Erlbaum Associates.
- Ringle, C. M., Sarstedt, M., & Straub, D. W. (2012). A critical look at the use of PLS-SEM in MIS quarterly. *MIS Quarterly*, 36(1), 3-16.
- Roberts, N., Thatcher, J. B., & Grover, V. (2010). Advancing operations management theory using exploratory structural equation modeling techniques. *International Journal of Production Research*, 48(15), 4329-4353.
- Singh, R. (2009). Does my structural model represent the real phenomenon? : A review of the appropriate use of structural equation modeling (SEM) model fit indices. *The Marketing Review*, 9(3), 199-212.
- Yuan, K., Wu, R., & Bentler, P. M. (2010). Ridge structural equation modeling with correlation matrices for ordinal and continuous data. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 64, 107-133.

บทที่ 2 สถิติพื้นฐานสำหรับ โมเดลสมการโครงสร้าง

1. ความนำ

เนื่องจาก SEM เป็นชุดของสถิติเพื่อทดสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลเชิงทฤษฎีหรือโมเดลเชิงสมมติฐานการวิจัยกับข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ได้มาจากกลุ่มตัวอย่าง ดังนั้นผู้วิจัยที่ใช้ SEM จำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานทางสถิติหลายตัว แต่ที่จะกล่าวต่อไปนี้จะกล่าวถึงเฉพาะที่จำเป็น ได้แก่ ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (correlations) โดยกล่าวถึงประเภทของค่าสหสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่ได้จากระดับการวัดของตัวแปรที่แตกต่างกัน การวิเคราะห์ถดถอย (regression analysis) ซึ่งเป็นหลักการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่สำคัญ และการวิเคราะห์เส้นทางแบบดั้งเดิม (classical path analysis) ซึ่งเทคนิคนี้เป็นการต่อยอดมาจากการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ แต่จะให้สารสนเทศมากขึ้น เช่น อิทธิพลทางตรง ทางอ้อม และโดยรวม โดยผู้เขียนจะกล่าวถึงโดยสังเขปเท่านั้น ผู้วิจัยจะต้องทำความเข้าใจและศึกษาเพิ่มเติมได้จากเอกสารอื่นที่เกี่ยวข้อง

2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) เป็นสถิติพื้นฐานที่สำคัญใน SEM ดังนั้นผู้วิจัยควรทำความเข้าใจเกี่ยวกับการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ โดยในหัวข้อนี้

ผู้เขียนจะนำเสนอเกี่ยวกับประเภทของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าสหสัมพันธ์หรือเมทริกซ์สหสัมพันธ์ ดังนี้

2.1 ประเภทของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ค่าสหสัมพันธ์เป็นค่าที่ใช้บรรยายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยสถิติในการหาค่าสหสัมพันธ์นั้นมีหลายตัวด้วยกัน (Glass & Hopkins, 1996) แต่สถิติที่มีการนำไปใช้อย่างแพร่หลาย ก็คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's product-moment coefficient) โดยค่าสถิติอธิบายขนาดและทิศทางความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัวที่มีค่าต่อเนื่อง โดยมีพิสัยอยู่ระหว่าง -1.0 ถึง +1.0 โดย -1.0 หมายถึง มีความสัมพันธ์โดยสมบูรณ์ในทางลบ และ +1.0 หมายถึง มีความสัมพันธ์ในทางบวกโดยสมบูรณ์ และหากตัวแปรสองตัวไม่มีความสัมพันธ์กันจะมีค่าสหสัมพันธ์เป็นศูนย์ โดยมีสัญลักษณ์ r หรือ r_{xy} เมื่อ X และ Y หมายถึง ตัวแปรที่เราต้องการหาความสัมพันธ์ โดยสัญลักษณ์นี้เป็นการใช้กับการคำนวณค่าสหสัมพันธ์เมื่อข้อมูลได้จากกลุ่มตัวอย่าง โดย X และ Y มีระดับการวัดตั้งแต่อันดับขึ้นไป โดยหาค่าได้จาก $r_{xy} = S_{xy}/S_x S_y$ เมื่อ S_{xy} เป็นความแปรปรวนร่วมระหว่าง X กับ Y ส่วน S_x และ S_y หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ X และ Y ตามลำดับ หรือเมื่อเปลี่ยน X และ Y เป็นคะแนนมาตรฐาน ก็จะได้จาก $r_{xy} = \sum Z_x Z_y / n$ เมื่อ Z_x และ Z_y หมายถึง คะแนนมาตรฐานของตัวแปร X และ Y ของแต่ละคน ตามลำดับ (Goodwin & Leech, 2006)

อย่างไรก็ตามสมการดังกล่าวจะใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเมื่อวิเคราะห์จากประชากร และจะหารด้วย $n-1$ เมื่อวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์จากตัวอย่าง ค่าสหสัมพันธ์เพียร์สันเป็นค่าสถิติที่มีความสำคัญมากต่อการวิจัยและถูกนำไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย เช่น Frances Gaston ได้นำค่าสหสัมพันธ์และการถดถอยไปใช้ตรวจสอบความแปรปรวนร่วมระหว่างสองคุณลักษณะ (Pearson, 1896 as cited in Schumacker & Lomax, 2004) ได้พัฒนาสถิติสำหรับคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และการถดถอย หลังจากนั้นไม่นาน Spearman (1904) ได้นำค่าสหสัมพันธ์ไปใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบ (factor analysis) เทคนิคการหาค่าสหสัมพันธ์ การถดถอยและการวิเคราะห์องค์ประกอบถูกนำมาใช้ในสร้างและนิยามตัวแปรหลายทศวรรษ ในปัจจุบันได้ขยายการวิเคราะห์องค์ประกอบไปใช้สร้างทฤษฎี การหาองค์ประกอบหรือตัวแปรแฝง (latent variable) โครงสร้าง ความแปรปรวนร่วม (covariance structure) และโมเดลการวัดองค์ประกอบเชิงยืนยัน (confirmatory factor measurement model)

Tankard (1984) ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ในทางสถิติตามแนวคิดของ Galton, Pearson and Spearman ว่าเป็นแนวคิดที่ได้รับความสนใจอย่างยิ่ง โดยเฉพาะเทคนิคการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ การถดถอย และการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Tankard,

1984) ในความเป็นจริงแล้ว พื้นฐานความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัว คือ ค่าสหสัมพันธ์ หรือความแปรปรวนร่วมที่ใช้เป็นหลักในทางสถิติ ค่าสหสัมพันธ์มีความสำคัญในการใช้อธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตามโดยตัวแปรอิสระ หรือใช้ในการทำนายตัวแปรตามโดยตัวแปรอิสระด้วยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น (linear regression) หรือการนำไปหาคุณภาพของเครื่องมือ ได้แก่ ค่าความเชื่อมั่น (reliability) โดยใช้ test – retest และการหาความเที่ยงตรงชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ค่าความเที่ยงตรงเชิงทำนาย (predictive validity) หรือความเที่ยงตรงตามสภาพ (concurrent validity) ค่าสหสัมพันธ์เพียร์สันยังใช้ทดสอบโมเดลระหว่างตัวแปรที่วัดได้กับตัวแปรแฝง ค่าสหสัมพันธ์พาร์เชียล (partial correlation) และสหสัมพันธ์เซมิพาร์เชียล (part correlation or semi-partial correlation) ใช้กำหนดลักษณะเฉพาะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัว โดยกำหนดลักษณะเฉพาะของโมเดลของความแปรปรวนเฉพาะ (unique variance) ที่ร่วมกันระหว่างตัวแปรสองตัว ขณะที่ควบคุมอิทธิพลตัวแปรอื่น ๆ เอาไว้ ค่าสหสัมพันธ์พาร์เชียลและสหสัมพันธ์เซมิพาร์เชียลสามารถทดสอบนัยสำคัญทางสถิติได้ หรือใช้ F-test ในการทดสอบความแตกต่างของค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ (R^2) ระหว่างโมเดลเต็มรูปแบบกับโมเดลลดรูป (restricted model) เป็นต้น

ถึงแม้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันจะนำมาใช้เป็นหลักในการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร แต่ก็ยังมีค่าสหสัมพันธ์อื่น ๆ อีก ขึ้นอยู่กับระดับการวัดของตัวแปร ซึ่ง Stevens (1968) ได้แบ่งระดับการวัดออกเป็น 4 ระดับ คือ ระดับนามบัญญัติ (nominal scale) ระดับเรียงอันดับ (ordinal scale) ระดับอันตรภาค (interval scale) และระดับอัตราส่วน (ratio scale) ซึ่งจากความแตกต่างในระดับการวัดของตัวแปรทำให้สามารถจำแนกประเภทค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นประเภทต่าง ๆ ดังแสดงในตาราง 2-1

โปรแกรมทางสถิติที่เป็นที่นิยม เช่น SPSS หรือ SAS ไม่สามารถคำนวณค่าสหสัมพันธ์ได้ครบทุกประเภท ดังนั้นเราจำเป็นต้องตรวจสอบเบื้องต้นว่าสามารถให้ค่าสถิติตามที่เรากำลังต้องการได้หรือไม่ เพื่อใช้ใน SEM เนื่องจาก Pearson Product Moment, tetrachoric หรือ polychoric และ biserial หรือ polyserial เป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ถูกนำไปใช้ใน SEM อย่างไรก็ตามโปรแกรมที่ใช้ใน SEM โดยเฉพาะสามารถวิเคราะห์และเตรียมเมทริกซ์ค่าสหสัมพันธ์ หรือเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม เพื่อวิเคราะห์ mixed model ซึ่งเป็นโมเดลที่ตัวแปรมีระดับการวัดที่หลากหลายได้

ตาราง 2-1 แสดงประเภทค่าสหสัมพันธ์

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	ระดับการวัดตัวแปร
Pearson Product Moment	อันตรภาคทั้งสองตัวแปร
Spearman rank, Kendal's tau	เรียงอันดับทั้งสองตัวแปร
Phi	นามบัญญัติทั้งสองตัวแปร
Point-biserial	ตัวแปรหนึ่งเป็นเรียงอันดับ-อีกตัวแปรมีระดับการวัดเป็นตัวแปรทวิ (dichotomous)
Gamma, rank biserial	ตัวแปรหนึ่งเป็นเรียงอันดับ อีกตัวแปรเป็นนามบัญญัติ
Contingency	เป็นนามบัญญัติทั้งสองตัวแปร
Biserial	ตัวแปรหนึ่งเป็นอันตรภาค อีกตัวแปรถูกแบ่งให้เป็นสองกลุ่ม (artificial)
Polyserial	ตัวแปรหนึ่งมีระดับการวัดเป็นอันตรภาค อีกตัวแปรเป็นเรียงอันดับ แต่ทำให้เป็นค่าต่อเนื่อง
Tetrachoric	ทั้งสองตัวแปรเป็นตัวแปรที่ถูกแบ่งกลุ่มสองกลุ่ม (nominal - artificial)
Polychoric	ทั้งสองตัวแปรเป็นเรียงอันดับ แต่ทำให้เป็นค่าต่อเนื่อง

ที่มา : Schumacker & Lomax (2004: 39)

2.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

เนื่องจากค่าสหสัมพันธ์มีความสำคัญใน SEM จึงจำเป็นต้องเข้าใจปัจจัยที่มีผลต่อค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ปัจจัยสำคัญได้แก่ ระดับการวัดและปริมาณการผันแปรในตัวแปร การยืดหยุ่นของพิสัยของข้อมูล ความไม่เป็นเส้นตรง ค่าสูญหาย เมทริกซ์ที่ไม่สามารถระบุได้ในทางบวก ค่าผิดพลาด และความคลาดเคลื่อนในการวัด (Goodwin & Leech, 2006; Schumacker & Lomax, 2004)

1) *ระดับการวัดและปริมาณการผันแปรในตัวแปร* (scale of measurement and amount of variability in variables) ใน SEM เราสามารถนำตัวแปรที่มีระดับการวัดต่างกันมาวิเคราะห์ร่วมกันได้ ถ้าหากตัวแปรมีระดับการวัดที่หลากหลาย ใน SEM ไม่ควรใช้เมทริกซ์สหสัมพันธ์หรือเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมโดยตรง แต่ควรใช้เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมอสมิทโพทิก (asymptotic covariance matrix) ในการวิเคราะห์ ซึ่งจะมีความเหมาะสมมากกว่า

โดยปกติ SEM ต้องการตัวแปรที่มีระดับการวัดตั้งแต่อันตรภาค (interval scale) และอัตราส่วน (ratio scale) ขึ้นไป ดังนั้นจึงสามารถนำค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันมาใช้ในการวิเคราะห์ถดถอย การวิเคราะห์เส้นทาง การวิเคราะห์องค์ประกอบ และการวิเคราะห์สมการโครงสร้างได้โดยตรง ตัวแปรที่มีระดับการวัดอันตรภาคหรืออัตราส่วน

จะต้องมีปริมาณความผันแปร (amount of variability) หรือมีค่าพิสัยที่กว้างพอ (Aron & Aron, 2003; Glenberg, 1996; Hopkins, 1998, Schumacker & Lomax, 2004) ค่าพิสัยของตัวแปรที่เหมาะสมคือตัวแปรที่มีความผันแปร แต่ถ้าพิสัยมีค่าจำกัด จะทำให้ขนาดค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรลดลง กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีความเป็นเอกพันธ์สูงหรือมีความผันแปรระหว่างตัวแปรน้อย ความแปรปรวนของคะแนนก็จะลดลง ซึ่งมีผลทำให้ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรลดลง (Goodwin & Leech, 2006) ดังนั้นตัวแปรแต่ละตัวควรมีความผันแปรเพียงพอเพื่อที่จะนำไปหาค่าสหสัมพันธ์ Schumacker and Lomax (2004) เห็นว่าตัวแปรใด ๆ ที่มี จำนวนค่า (category) น้อยกว่า 15 ค่า ควรกำหนดให้เป็นตัวแปรเรียงอันดับ แต่ถ้าจะกำหนดให้เป็นตัวแปรที่มีค่าต่อเนื่อง ควรมีการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเสียก่อน ถ้าตัวแปรมีค่าแตกต่างกันอย่างมาก (widely divergent) จะส่งผลเสียต่อค่าสหสัมพันธ์ ซึ่งอาจต้องมีการปรับเปลี่ยนข้อมูลให้เหมาะสม Ferguson and Takane (1989) ได้เสนอแนวทางการปรับเปลี่ยนข้อมูลเพื่อให้ข้อมูลมีการแจกแจงปกติมากขึ้น เช่น การใช้รากที่สอง (square root) การเทคลอก (logarithmic) การทำให้เป็นส่วนกลับ ($1/X$) การใช้ค่า arcsine (arcsineX) หรือการเปลี่ยนแบบโพรบิท (probit transform) เป็นต้น

ระดับการวัดของตัวแปรมีผลต่อค่าสถิติ เช่น ค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน และค่าสหสัมพันธ์ ขณะเดียวกันพิสัยของค่าสถิติก็ยังมีผลต่อ SEM ซึ่งค่าสถิติเหล่านี้เราสามารถทดสอบได้จากโปรแกรมที่เตรียมข้อมูลสำหรับ SEM โดยตรวจสอบลักษณะของตัวแปรว่ามีการแจกแจงปกติหรือไม่ โดยพิจารณาจากค่าความเบ้ (skewness) ความโด่ง (kurtosis) และในกรณีที่ตัวแปรในโมเดลมีระดับการวัดที่หลากหลาย มีทั้งค่าต่อเนื่องและค่าไม่ต่อเนื่อง เราก็สามารถเตรียมเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมแบบอิมพิโทติก เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ในลำดับต่อไป หรือวิเคราะห์จากข้อมูลดิบ (raw data) โดยผู้วิจัยต้องกำหนดให้โปรแกรมรู้ว่าตัวแปรมีระดับการวัดในระดับใด

2) ความไม่เป็นเส้นตรง (nonlinearity) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน เป็นค่าที่แสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวแปร เป็นไปได้ที่ตัวแปรสองตัวอาจมีความสัมพันธ์ในลักษณะอื่น เช่น ความสัมพันธ์แบบเส้นโค้ง (curve linear) ซึ่งถ้าเป็นเช่นนั้นก็จะไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง ซึ่งก็จะมีผลต่อค่าสหสัมพันธ์ ซึ่งอาจทำให้ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมีค่าต่ำหรือเป็นศูนย์ (Goodwin & Leech, 2006) ดังนั้นก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ควรตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงเสียก่อน ซึ่งอาจตรวจสอบได้จากกราฟของคะแนนระหว่างตัวแปร ถ้าพบว่าตัวแปรมีความสัมพันธ์กันที่ไม่ใช่เส้นตรง สหสัมพันธ์เพียร์สันก็ไม่เหมาะที่จะใช้ แต่อาจไปใช้สถิติตัว

อื่นแทน เช่น อัตราส่วนสหสัมพันธ์ หรือ เอททา (eta; η) ซึ่งเป็นการหาค่าสหสัมพันธ์ที่ไม่มีข้อตกลงเบื้องต้นว่าด้วยความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Vogt, 1999) ซึ่งเป็นสถิติวัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแบบครอบครัว (Nunnally & Bernstein, 1994) เนื่องจากวัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัวโดยไม่พิจารณารูปแบบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงหรือไม่เป็นเส้นตรง จึงสามารถใช้กับตัวแปรที่มีระดับการวัดที่เป็นนามบัญญัติหรือค่าต่อเนื่องก็ได้ โดยค่า η^2 แสดงความแปรปรวนที่ร่วมกันอยู่ของตัวแปรเช่นเดียวกันกับค่า r^2

3) ข้อมูลสูญหาย (missing data) ข้อมูลสูญหาย ซึ่งมาจากความไม่สมบูรณ์ของข้อมูล (incomplete data) จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากตัวอย่าง เมื่อเตรียมเมทริกซ์สหสัมพันธ์ โดยการลบตัวอย่างที่ไม่สมบูรณ์ (listwise deleting) ออกจากตัวแปรใด ๆ จะมีผลทำให้ตัวอย่างที่ไม่สมบูรณ์นั้นถูกลบออกไปด้วย มีผลทำให้ขนาดตัวอย่าง (sample size) ในการวิเคราะห์ลดลงไป การวิเคราะห์กรณีที่มีค่าสูญหายแบบนี้จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าลดลงไปด้วย Beale and Little (1975) ศึกษาเกี่ยวกับข้อมูลที่มีค่าผิดพลาด แล้วทำการวิเคราะห์หลายวิธี ได้แก่ ลบตัวอย่างที่ไม่สมบูรณ์ เป็นการตัดข้อมูลหรือตัวอย่างที่มีตัวแปรบางตัวสูญหายออกจากกระบวนการวิเคราะห์ ซึ่งผลการทดสอบไม่สนับสนุนการใช้วิธีนี้ เนื่องจากทำให้สูญเสียสารสนเทศของตัวแปรอื่น ๆ การประมาณค่าสถิติจะประมาณ โดยใช้ขนาดตัวอย่างแตกต่างกันและเป็นไปได้ที่จะทำให้ขนาดของตัวอย่างลดลงไปค่อนข้างมาก

การใช้วิธีการตัดคู่ตัวแปร (pairwise deletion) วิธีการนี้จะตัดตัวอย่างเฉพาะการคำนวณในคู่ตัวแปรที่มีค่าสูญหายออกจากกระบวนการวิเคราะห์ คือจะทำให้ขนาดตัวอย่างในการประมาณค่าสหสัมพันธ์และค่าสถิติแต่ละค่าต่างกัน และวิธีการแทนด้วยค่าเฉลี่ย (data imputation) เป็นการแทนค่าสูญหายโดยใช้ค่าเฉลี่ยแทนค่าลงไปแทน ในตัวอย่างที่ให้ข้อมูลไม่สมบูรณ์ของตัวแปรนั้น ๆ ซึ่งทำได้ 2 วิธี คือ การนำค่าเฉลี่ยของตัวแปรนั้นมาแทนค่าสูญหาย วิธีนี้เรียกว่า item mean imputation และการนำค่าเฉลี่ยของตัวแปรอื่นของตัวอย่างมาแทนค่าสูญหาย เช่น ในการวัดตัวแปรหนึ่งใช้ข้อคำถาม (items) จำนวน 10 ข้อคำถาม ถ้าหากพบว่าตัวอย่างไม่ได้ตอบข้อคำถาม ข้อใดข้อหนึ่งหรือมากกว่า ให้นำค่าเฉลี่ยที่ได้จากข้อคำถามอื่น ๆ ของตัวอย่างนั้นมาแทนข้อคำถามที่เป็นค่าสูญหาย การแทนด้วยค่าเฉลี่ยด้วยวิธีนี้เรียกว่า person mean imputation จากการศึกษา พบว่าวิธีการแทนค่าด้วยค่าเฉลี่ยของตัวแปรเดียวกันจะมีประสิทธิภาพมากกว่าแทนค่าด้วยค่าเฉลี่ยของตัวแปรอื่น อย่างไรก็ตามการแก้ปัญหาของค่าสูญหายยังมีวิธีการอื่น เช่น expected method (EM) , hot deck method, regression method หรือ multiple imputation เป็นต้น