


การเปรียบเทียบกำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์
โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI

อชฌา ชื่นบุญ

ดุษฎีนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา
วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
มกราคม 2560
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมคุณวุฒิบัณฑิตและคณะกรรมการสอบคุณวุฒิบัณฑิต ได้พิจารณา
คุณวุฒิบัณฑิตของ อัชฌา ขึ้นบุญ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมคุณวุฒิบัณฑิต


.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.เสรี ชัดเข้ม)



.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูลพงศ์ สุขสว่าง)

คณะกรรมการสอบคุณวุฒิบัณฑิต


.....ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี พิริยะกุล)



.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เสรี ชัดเข้ม)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูลพงศ์ สุขสว่าง)


.....กรรมการ
(ดร.ภัทราวดี มากมี)


.....กรรมการ
(ดร.พีร วงศ์อุปราช)

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญาอนุมัติให้รับคุณวุฒิบัณฑิตฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญาของ
มหาวิทยาลัยบูรพา


.....คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี) และวิทยาการปัญญา
วันที่ 19 เดือน มกราคม พ.ศ. 2560

ประกาศคุณูปการ

คุณุภินิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร.เสรี ชัดรัมย์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูนพงศ์ สุขสว่าง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา และแนะนำแนวทางที่ถูกต้องในการแก้ไขข้อบกพร่อง ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอขอบคุณ วิทยาลัยเซนต์หลุยส์ ที่สนับสนุนทุนการศึกษาเพื่อศึกษาต่อในระดับปริญญาเอก และขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ทุกคนที่เป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัย

ผู้วิจัยขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี พิริยะกุล อาจารย์ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ที่ให้คำแนะนำในการวิเคราะห์ข้อมูลเรื่องวิธี PLS-PI และ Prof. Dr. Karin Schermelleh-Engel จาก Department of Psychology, Psychological Research Methods and Evaluation, Goethe University ประเทศเยอรมนี ที่ให้คำแนะนำในการวิเคราะห์ข้อมูลเรื่องวิธี LMS และวิธี LISREL-PI

คุณค่าและประโยชน์ของคุณุภินิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาต่อบุพการี บุรพจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ผู้วิจัยเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

อชฌา ชื่นบุญ

54810010: สาขาวิชา: การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา;

ปร.ด. (การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา)

คำสำคัญ: กำลังการทดสอบ/ อิทธิพลร่วม/ โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง/

LISREL-PI/ LMS/ PLS-PI

อัชฌา ชื่นบุญ: การเปรียบเทียบกำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI (A COMPARISON OF THE POWER OF THE TEST AND THE INTERACTION EFFECT OF LATENT VARIABLES IN ANALYZING NONLINEAR STRUCTURAL EQUATION MODELING WHEN USING LISREL-PI, LMS, AND PLS-PI) คณะกรรมการควบคุมคุณภาพ: เสรี ชัดเข้ม, ค.ด., พูลพงศ์ สุขสว่าง, ค.ด. 225 หน้า. ปี พ.ศ. 2559.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบกำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI ตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง มี 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน) และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 6 ขนาด (2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ตัว) เป็นการศึกษาสถานการณ์จำลองด้วยวิธีมอนติคาร์โล ทดลองซ้ำ 500 ครั้งสำหรับแต่ละกลุ่มตัวอย่าง วิเคราะห์โดยใช้วิธี LISREL-PI และวิธี LMS นำผลมาเปรียบเทียบกับวิธี PLS-PI จากการศึกษาของ Chin, Marcolin, and Newsted (2003) และ Goodhue, Lewis, and Thompson (2007) และเพื่อศึกษาผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กับข้อมูลจริง ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีของวิทยาลัยเซนต์หลุยส์ ปีการศึกษา 2558 จำนวน 500 คน

ผลการศึกษาปรากฏว่า

1. กำลังการทดสอบในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงที่มีค่ามากกว่า 0.80 เรียงลำดับตามวิธีดังนี้ วิธี LISREL-PI (33 เงื่อนไข) วิธี LMS (13 เงื่อนไข) และวิธี PLS-PI (9 เงื่อนไข) และทุกขนาดของจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง (2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ตัว) ทั้ง 3 วิธี ให้ค่ากำลังการทดสอบมากกว่า 0.80 กรณีกลุ่มตัวอย่างขนาด 500 คน และค่าอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงที่มีความลำเอียงสัมพันธ์เฉลี่ยน้อยกว่า 10% เรียงลำดับตามวิธีดังนี้ วิธี LMS (30 เงื่อนไข) วิธี PLS-PI (18 เงื่อนไข) และวิธี LISREL-PI (6 เงื่อนไข) แสดงว่า วิธี LMS ใช้ได้ดี กรณีตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมีจำนวนมาก (8, 10 และ 12 ตัว) และทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง วิธี PLS-PI ใช้ได้ดี กรณีตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มีจำนวนมาก (6, 8, 10 และ 12 ตัว) และกลุ่มตัวอย่างขนาด 20, 50, 100, 150 และ 200 คน และวิธี LISREL-PI ใช้ได้ดีกรณี ตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 2 ตัว และกลุ่มตัวอย่างขนาด 100, 150, 200 และ 500 คน

2. ค่าอิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ วิธี LISREL-PI มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และวิธี PLS-PI มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สำหรับวิธี LMS ค่าอิทธิพลร่วมของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียนไม่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา แสดงว่า วิธี LISREL-PI และวิธี PLS-PI ใช้ได้ดีกับการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ

54810010: MAJOR: RESEARCH AND STATISTICS IN COGNITIVE SCIENCE;

Ph.D. (RESEARCH AND STATISTICS IN COGNITIVE SCIENCE)

KEYWORDS: POWER OF THE TEST / INTERACTION EFFECT/ NONLINEAR STRUCTURAL EQUATION MODELING/ LISREL-PI/ LMS/ PLS-PI

ATHCHA CHUENBOON: A COMPARISON OF THE POWER OF THE TEST AND THE INTERACTION EFFECT OF LATENT VARIABLES IN ANALYZING NONLINEAR STRUCTURAL EQUATION MODELING WHEN USING LISREL-PI, LMS, AND PLS-PI.

ADVISORY COMMITTEE: SEREE CHADCHAM, Ph.D., POONPONG SUKSAWANG, Ph.D., 225 P. 2016.

This research aimed to compare the power of the test and the interaction effects of latent variables in analyzing nonlinear structural equation modeling among LISREL-PI, LMS, and PLS-PI. Monte Carlo simulation was computed with various sample sizes (20, 50, 100, 150, 200, and 500) and number of indicators per latent variables (2, 4, 6, 8, 10, and 12), generating 500 replications for each sample size. The results from LISREL-PI, and LMS techniques were compared to the results from the PLS-PI as reported in Chin, Marcolin, and Newsted (2003) and Goodhue, Lewis, and Thompson (2007). Additionally, the empirical data were also used to test the interaction effect of a causal relationship between psychological well-being and academic performance with academic climate used as a moderator variable, while the LISREL-PI, LMS, and PLS-PI were compared. The sample involved 500 undergraduate students at Saint Louis College in the academic year 2015.

The results were as follows:

1. The power of the test of latent variables in analyzing nonlinear structural equation modeling exceed 0.80; with the LISREL-PI (33 conditions), the LMS (13 conditions), and the PLS-PI (9 conditions) and with all numbers of indicators per latent variables, the power of the test of latent variables in analyzing nonlinear structural equation modeling exceed 0.80 for the three approaches when the sample size was 500. The interaction effect of latent variables in analyzing nonlinear structural equation modeling was assessed by the mean relative bias and it did not exceed 10%; the LMS (30 conditions), the PLS-PI (18 conditions), and the LISREL-PI (6 conditions). The results show that the LMS was suitable for large numbers of indicators per latent variables (8, 10, and 12) and all sample sizes; the PLS-PI was suitable for large numbers of indicators per latent variables (6, 8, 10, and 12) and sample sizes 20, 50, 100, 150, and 200; and the LISREL-PI was suitable for two indicators per latent variables and sample sizes 100, 150, 200, and 500.

2. The interaction effect of academic climate as a moderator in a causal relationship model of psychological well-being and academic performance for the LISREL-PI, and the PLS-PI was statistically significant at the .01 and .05 levels respectively, but the interaction effect for the LMS was not significant. The results also show that the LISREL-PI, and the PLS-PI were suitable for measuring the interaction effect of academic climate as a moderator between a causal relationship model of psychological well-being and academic performance.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	5
สมมติฐานของการวิจัย.....	7
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย.....	7
ขอบเขตของการวิจัย.....	7
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	10
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	13
ตอนที่ 1 การวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง.....	13
ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับโมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง.....	16
ตอนที่ 3 การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงและงานวิจัย ที่เกี่ยวข้อง.....	25
ตอนที่ 4 การจำลองข้อมูลด้วยวิธีมอนติคาร์โล.....	46
ตอนที่ 5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความผาสุกทางจิตใจ บรรยากาศในการเรียน และผลการเรียนรู้ของนักศึกษา.....	49
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	55
ขั้นตอนที่ 1 การเปรียบเทียบกำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่าง วิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI.....	58
ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศ ในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI วิธี LMS และ วิธี PLS-PI.....	73

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	81
ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบกำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI.....	82
ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของ ความพึงพอใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศใน การเรียนรู้เป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI...	121
5 สรุปและอภิปรายผล.....	132
สรุปผลการวิจัย.....	132
อภิปรายผล.....	133
ข้อเสนอแนะ.....	135
บรรณานุกรม.....	137
ภาคผนวก.....	142
ภาคผนวก ก คำสั่ง PRELIS ในการจำลองข้อมูลด้วยวิธีมอนติคาร์โลสำหรับนำข้อมูล ไปวิเคราะห์โดยใช้วิธี LISREL-PI.....	143
ภาคผนวก ข คำสั่งในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงโดยใช้วิธี LISREL-PI (การศึกษาสถานการณ์จำลองด้วยวิธีมอนติคาร์โล).....	154
ภาคผนวก ค คำสั่งในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงโดยใช้วิธี LMS (การศึกษาสถานการณ์จำลองด้วยวิธีมอนติคาร์โล).....	168
ภาคผนวก ง มาตรฐาน เรื่อง ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความพึงพอใจต่อ ผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนรู้เป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI.....	175
ภาคผนวก จ รายชื่อผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเครื่องมือวิจัย.....	182
ภาคผนวก ฉ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติการ.....	184
ภาคผนวก ช ค่าความเชื่อมั่นของมาตรฐาน.....	190
ภาคผนวก ซ เอกสารการพิจารณาจริยธรรมวิจัยในมนุษย์.....	195
ภาคผนวก ฌ คำสั่งและผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของ ความพึงพอใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศใน การเรียนรู้เป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI....	198
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	224

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
1	เมทริกซ์ข้อมูล ลักษณะฟังก์ชัน และฟังก์ชัน Log-Likelihood สำหรับเวกเตอร์ที่ไม่สมบูรณ์และเวกเตอร์ที่สมบูรณ์ของ Moosbrugger et al. (1998).....	29
2	การเปรียบเทียบวิธีการและผลการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงของ Chin et al. (2003), Goodhue et al. (2007) และ Schermelleh-Engel et al. (2010).....	56
3	การกำหนดตัวแปรสังเกตได้ของความผาสุกทางจิตใจ บรรยากาศในการเรียน และผลการเรียนรู้ของนักศึกษา.....	75
4	ผลการเปรียบเทียบกำลังการทดสอบในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI ตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่างและจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง.....	84
5	สรุปผลการเปรียบเทียบกำลังการทดสอบในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI ตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่างและจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง.....	86
6	ผลการเปรียบเทียบอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 2 ตัว และขนาดกลุ่มตัวอย่างมี 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน).....	88
7	ผลการเปรียบเทียบอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 4 ตัว และขนาดกลุ่มตัวอย่างมี 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน).....	94
8	ผลการเปรียบเทียบอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 6 ตัว และขนาดกลุ่มตัวอย่างมี 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน).....	99
9	ผลการเปรียบเทียบอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 8 ตัว และขนาดกลุ่มตัวอย่างมี 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน).....	104

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
10 ผลการเปรียบเทียบอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 10 ตัว และขนาดกลุ่มตัวอย่าง มี 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน).....	109
11 ผลการเปรียบเทียบอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 12 ตัว และขนาดกลุ่มตัวอย่าง มี 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน).....	114
12 สรุปผลการเปรียบเทียบอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง มี 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน) และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 6 ขนาด (2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ตัว).....	119
13 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง.....	122
14 คะแนนเฉลี่ยสะสมของกลุ่มตัวอย่าง.....	122
15 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเบ้ และความโด่งของความผาสุกทางจิตใจ บรรยากาศในการเรียน ผลการเรียนรู้ของนักศึกษา และผลคุณตัวแปรสังเกตได้ของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียน.....	123
16 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความผาสุกทางจิตใจ บรรยากาศในการเรียน ผลการเรียนรู้ของนักศึกษา และผลคุณตัวแปรสังเกตได้ของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียน.....	125
17 อิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI.....	126
18 อิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LMS.....	127
19 อิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี PLS-PI.....	128

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
20	การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจ ต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI.....	130
21	สรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ ของวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI.....	131

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า	
1	กรอบแนวคิดในการวิจัย เรื่อง กำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI.....	6
2	ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X กับ Y โดยมี W เป็นตัวแปรกำกับ.....	10
3	องค์ประกอบของโมเดลสมการโครงสร้าง.....	14
4	โมเดลเส้นทางในการเกิดอิทธิพลแบบไม่เป็นเส้นตรงของตัวแปรสังเกตได้.....	16
5	การถดถอยแบบไม่เป็นเส้นตรง.....	18
6	อิทธิพลแบบไม่เป็นเส้นตรงของตัวแปรแฝง.....	19
7	โมเดลสมการโครงสร้างโมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงแบบมีอิทธิพลร่วมและอิทธิพลกำลังสองของ Moosbrugger et al. (2009).....	19
8	อิทธิพลเชิงสาเหตุโดยมีตัวแปรกำกับ.....	22
9	การสร้าง Product Indicators.....	23
10	ขั้นตอนการประมาณค่าด้วยวิธี LMS-ML.....	30
11	โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วนของตัวบ่งชี้ผลคูณ (Partial Least Squares Product Indicator Approach: PLS-PI).....	36
12	ขั้นตอนการศึกษาด้วยวิธีมอนติคาร์โล ตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง.....	58
13	โมเดลที่ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้ 2 ตัว และมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.70.....	60
14	โมเดลที่ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้ 4 ตัว และมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.70.....	62
15	โมเดลที่ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้ 6 ตัว และมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.70.....	64
16	โมเดลที่ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้ 8 ตัว และมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.70.....	66
17	โมเดลที่ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้ 10 ตัว และมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.70.....	68
18	โมเดลที่ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้ 12 ตัว และมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.70.....	70
19	ขั้นตอนการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI.....	73

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
20 โมเดลสมมติฐานความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ.....	74
21 โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุผลการเรียนรู้ของนักศึกษาที่มีการสร้างตัวแปรอิทธิพลร่วมของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียน.....	75
22 ผลการเปรียบเทียบกำลังการทดสอบในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบมีตัวแปรกำกับ ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ตัว และกลุ่มตัวอย่างมี 20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน.....	85
23 ผลการเปรียบเทียบความลำเอียงสัมพัทธ์อิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 2 ตัว และกลุ่มตัวอย่างมี 20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน.....	90
24 ผลการเปรียบเทียบความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 4 ตัว และกลุ่มตัวอย่างมี 20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน.....	96
25 ผลการเปรียบเทียบความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 6 ตัว และกลุ่มตัวอย่างมี 20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน.....	101
26 ผลการเปรียบเทียบความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 8 ตัว และกลุ่มตัวอย่างมี 20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน.....	106
27 ผลการเปรียบเทียบความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 10 ตัว และกลุ่มตัวอย่างมี 20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน.....	111
28 ผลการเปรียบเทียบความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 12 ตัว และกลุ่มตัวอย่างมี 20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน.....	116

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
29 โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความพึงพอใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI.....	127
30 โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความพึงพอใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี PLS-PI.....	129

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling: SEM) ได้นำมาใช้วิเคราะห์กันมากในช่วงไม่กี่ทศวรรษที่ผ่านมา เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรแฝงแบบเป็นเส้นตรง (Linear Relationship Between Latent Variables) ดังเช่น งานวิจัยของ Geiser, Eid, Nussbeck, Courvoisier, and Cole (2010) Jak, Oort, and Garst (2010) และ King-Kallimanis, Oort, and Garst (2010) และความสัมพันธ์ของตัวแปรแฝงแบบไม่เป็นเส้นตรง (Nonlinear Relationship Between Latent Variables) ดังเช่น งานวิจัยของ Marsh, Wen, and Hau (2004) และ Klein and Muthén (2007) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงแบบไม่เป็นเส้นตรงในโมเดลสมการโครงสร้างที่มีการทดสอบอิทธิพลร่วม (Interaction Effects) ของตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรทำนายหรือตัวแปรอิสระ (Predictor Variables or Independent Variables) กับตัวแปรกำกับ (Moderator variable) ที่มีต่อตัวแปรเกณฑ์หรือตัวแปรตาม (Criterion Variables or Dependent Variables) ถ้าหากอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงดังกล่าวมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า ตัวแปรอิสระกับตัวแปรกำกับร่วมกันทำนายตัวแปรตามในโมเดลสมการโครงสร้าง

Schemelleh-Engel, Werner, Klein, and Moosbrugger (2010) ได้กล่าวถึงบทความที่รวบรวมผลงานการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยมีวิธีการทดสอบอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ได้แก่ วิธี Maximum Likelihood เช่นงานวิจัยของ Marsh et al. (2004), Klein and Muthén (2007), Barendse, Oort, and Garst (2010) วิธี Least Squares เช่นงานวิจัยของ Chin, Marcolin, and Newsted (2003) และวิธี Bayesian เช่นงานวิจัยของ Song and Lee (2007) เป็นต้น

ภายใต้วิธีการวิเคราะห์ที่อาศัยหลักการดังกล่าวมีเทคนิคสำหรับการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงเริ่มจาก Chin et al. (2003) ได้ใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วนของตัวบ่งชี้ผลคุณวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง โดยศึกษาสถานการณ์จำลองด้วยวิธีมอนติคาร์โล ในสองสถานการณ์ ได้แก่ 1) ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (20, 50, 100, 150, 200, 500 คน) และ 2) จำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง (1, 2, 4, 6, 8, 10, 12 ตัว) ทดลองซ้ำ 500 ครั้ง กำหนดค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.70 ปรากฏว่า ในกรณีกลุ่มตัวอย่าง 100 คน สามารถทดสอบอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อตัวแปรแฝงแต่ละตัวมีตัวบ่งชี้ตั้งแต่ 6 ตัวขึ้นไป นอกจากนี้ยังศึกษากับข้อมูลจริงโดยทดสอบอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ได้แก่ การรับรู้ประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยี (Perceived Usefulness) ส่งผลร่วมกันต่อความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยี (IT Adoption Intention) โดยมีการใช้เทคโนโลยีเพื่อความบันเทิง (Enjoyment) เป็นตัวแปรกำกับ ศึกษาในกลุ่มตัวอย่างจำนวน 575 คน ผลปรากฏว่า การวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของการรับรู้ประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยีกับการใช้เทคโนโลยีเพื่อความบันเทิงส่งผลต่อความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยีมากกว่ากรณีไม่มีการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของการรับรู้ประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยีกับการใช้เทคโนโลยีเพื่อ

ความบันเทิงต่อความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยี นอกจากนี้ ผลของค่าความเที่ยงของตัวแปรแฝงที่สูงขึ้น จะทำให้การทดสอบอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงมีความถูกต้องมากขึ้น

ต่อมา Goodhue, Lewis, and Thompson (2007) ได้ใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุ (Multiple Regression Analysis) วิเคราะห์กำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง โดยศึกษาสถานการณ์จำลองด้วยวิธีมอนติคาร์โล ใช้เงื่อนไขในโมเดลสมการโครงสร้างและโมเดลการวัดเดียวกัน คือ กำหนดค่า Standardized Beta หรือค่าอิทธิพลของตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรอิสระ ($X \rightarrow Y$) เท่ากับ 0.3 ค่าอิทธิพลของตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรกำกับ ($Z \rightarrow Y$) เท่ากับ 0.5 โดยที่ตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรอิสระและตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรกำกับ (X และ Z) ไม่มีความสัมพันธ์กัน ค่าอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรอิสระกับตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรกำกับ ($XZ \rightarrow Y$) เท่ากับ 0.3 และค่า β_0 ไม่นำมาคำนวณในโมเดล และเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการศึกษาของ Chin et al. (2003) โดยในตอนแรก ใช้กลุ่มตัวอย่าง 100 คน และจำนวนตัวบ่งชี้ 6 ตัวในแต่ละตัวแปรแฝง กำหนดค่า Factor Loadings 7 ลักษณะ ดังนี้ โมเดลลักษณะที่ 1 (A_1) ตัวแปรแฝงแต่ละตัวกำหนดให้ตัวบ่งชี้สองตัวแรกมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.80 อีกสองตัวมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.70 และสองตัวสุดท้ายค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.60 โมเดลลักษณะที่ 2 (A_2) ตัวแปรแฝงแต่ละตัวกำหนดให้ตัวบ่งชี้สามตัวแรกมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.80 และสามตัวสุดท้ายค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.70 โมเดลลักษณะที่ 3 (A_3) ตัวแปรแฝงแต่ละตัวกำหนดให้ตัวบ่งชี้สามตัวแรกมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.80 และสามตัวสุดท้ายค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.60 โมเดลลักษณะที่ 4 (A_4) ตัวแปรแฝงแต่ละตัวกำหนดให้ตัวบ่งชี้สองตัวแรกมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.80 อีกสองตัวมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.60 และสองตัวสุดท้ายค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.40 โมเดลลักษณะที่ 5 (A_5) ตัวแปรแฝงแต่ละตัวกำหนดให้ตัวบ่งชี้สามตัวแรกมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.80 และสามตัวสุดท้ายค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.40 โมเดลลักษณะที่ 6 (A_6) ตัวแปรแฝงแต่ละตัวกำหนดให้ตัวบ่งชี้สามตัวแรกมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.70 และสามตัวสุดท้ายค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.60 และโมเดลลักษณะที่ 7 (A_7) ตัวแปรแฝงแต่ละตัวกำหนดให้ตัวบ่งชี้สองตัวแรกมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.70 อีกสองตัวมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.60 และสองตัวสุดท้ายค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.30 ปรากฏว่า 1) เมื่อค่าเฉลี่ยของ Factor Loadings เพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความเที่ยงของอิทธิพลหลัก (Reliability of Main Effects) และค่ากำลังการทดสอบของวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วนของตัวบ่งชี้ผลคูณและวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุเพิ่มขึ้นด้วย 2) วิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วนของตัวบ่งชี้ผลคูณ ให้ค่าอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงสูงกว่าวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุ และ 3) วิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุ ให้ค่ากำลังการทดสอบสูงกว่าวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วนของตัวบ่งชี้ผลคูณ แต่ความแตกต่างของค่ากำลังการทดสอบที่ใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุ และวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วนของตัวบ่งชี้ผลคูณลดลงในโมเดลลักษณะที่ 4 (A_4), โมเดลลักษณะที่ 5 (A_5) และโมเดลลักษณะที่ 7 (A_7) จึงได้มีการศึกษาต่อไปอีก โดยใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 6 ขนาด คือ 20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน และตัวแปรแฝงแต่ละตัวมีตัวบ่งชี้เท่ากับ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ตัว กำหนดค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.70 ผลปรากฏว่า 1) เมื่อตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงเพิ่มขึ้น ทำให้ความเที่ยงของอิทธิพลร่วม (Reliability of Interaction Effects) เพิ่มขึ้น 2) วิธี

กำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วนของตัวบ่งชี้ผลคุณให้ค่าอิทธิพลร่วมสูงกว่าวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุ และ 3) วิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุให้ค่ากำลังการทดสอบสูงกว่าวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วนของตัวบ่งชี้ผลคุณ

Schermelleh-Engel et al. (2010) ได้ศึกษาการใช้วิธี Constrained Product Indicator โดยใช้โปรแกรม LISREL (LISREL-PI) และวิธี Latent Moderated Structural Equations (LMS) เปรียบเทียบผลที่ได้จากการใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วนของตัวบ่งชี้ผลคุณของ Chin et al. (2003) และ Goodhue et al. (2007) ศึกษาในสถานการณ์จำลองตามเงื่อนไขสองสถานการณ์ คือ กลุ่มตัวอย่าง 100 คน และตัวบ่งชี้ 6 ตัวในแต่ละตัวแปรแฝง ปรากฏว่าวิธี LISREL-PI และวิธี LMS มีความลำเอียงน้อยที่สุดในการประมาณค่าอิทธิพลหลักของตัวแปรแฝง (Main Effects of Latent Variables) และอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง (Interaction Effects of Latent Variables) และให้ค่ากำลังการทดสอบสูงกว่าวิธี PLS-PI แม้ว่าวิธี PLS-PI จะมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานน้อยที่สุดก็ตาม

จากการศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์กำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI ผู้วิจัยได้รวบรวมประเด็นปัญหาเกี่ยวกับตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง และจำนวนบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการประมาณค่าอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงแต่ละวิธี ดังนี้ 1) วิธี LISREL-PI ใช้ Maximum Likelihood ประมาณค่า มีข้อจำกัดคือ ใช้ตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงได้ไม่มาก เช่นงานวิจัยของ Kelava, Moosbrugger, Dimitruk, and Schermelleh-Engel (2008) และ Moosbrugger, Schermelleh-Engel, Kelava, and Klein (2009) พบว่า ถ้าใช้กลุ่มตัวอย่าง 200 คน ใช้ตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงได้ 3 ตัวหรือน้อยกว่า การศึกษาของ Marsh et al. (2004) พบว่า ถ้าใช้กลุ่มตัวอย่าง 100 คน ใช้ตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงได้ไม่เกิน 3 ตัว และการศึกษาของ Barendse et al. (2010) ถ้าใช้กลุ่มตัวอย่าง 100 คน ใช้ตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงได้ไม่เกิน 6 ตัว นอกจากนี้การสร้างตัวบ่งชี้ผลคุณทุกคู่โดยยึดหลักว่า ต้องใช้ตัวบ่งชี้ซ้ำก่อนนำไปวิเคราะห์อิทธิพลร่วม เช่นแนวคิดของ Kenny and Judd (1984) และ Jöreskog and Yang (1996) ถ้าตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมีมาก วิธีนี้วิเคราะห์ยุ่งยากและความลำเอียงในการประมาณค่าสูง 2) วิธี LMS ใช้ข้อมูลดิบทั้งหมดจากตัวบ่งชี้เพื่อประมาณค่าและไม่จำเป็นต้องใช้ตัวบ่งชี้ผลคุณ ใช้วิธีนำค่าเฉลี่ยของโครงสร้าง (Mean Structure) เข้าไปในโมเดล และใช้อัลกอริธึม Expectation-Maximization ประมาณค่า เนื่องจากวิธี LMS ไม่ฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงปกติเหมือนกับวิธีการอื่น ๆ เมื่อพิจารณาข้อดีโดยทั่วไปแล้ว วิธีการไม่สร้างตัวบ่งชี้ผลคุณ จะเป็นวิธีการที่ให้ผลการประมาณค่าที่แม่นยำมากที่สุด ซึ่งขึ้นอยู่กับวิธีการแจกแจงปกติและขนาดของกลุ่มตัวอย่างด้วย สำหรับข้อด้อยของวิธีการไม่กำหนดค่าผลคุณจะเกิดปัญหาเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงสุด เมื่อตัวบ่งชี้มีการแจกแจงไม่ปกติ และ 3) วิธี PLS-PI เป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์โดยใช้วิธี Least Square ไม่เคร่งครัดข้อตกลงเบื้องต้นเรื่องการแจกแจงปกติ และมีข้อดีที่สามารถใช้ตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงได้จำนวนมาก แต่มีข้อด้อยที่ต้องใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ เพื่อไม่ให้เกิดความลำเอียงในการประมาณค่าพารามิเตอร์

จากปัญหาข้างต้นและผู้วิจัยเห็นว่า ยังไม่มีการศึกษากำลึงการทดสอบและอิทธิพลร่วมของ ตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI ในประเด็น ดังนี้ 1) ตัวแปรด้านขนาดกลุ่มตัวอย่าง และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงแตกต่างกัน ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมา Goodhue et al. (2007) ใช้เพียงวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ของ Chin et al. (2003) ด้วยวิธี PLS-PI และ Schermelleh-Engel et al. (2010) ใช้วิธี LISREL-PI และวิธี LMS เปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์โดยใช้วิธี PLS-PI ของ Chin et al. (2003) และ Goodhue et al. (2007) ขนาดกลุ่มตัวอย่างเพียง 100 คน และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง 6 ตัว ยังไม่ได้ศึกษากับขนาดกลุ่มตัวอย่าง และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงขนาดอื่น และ 2) ยังไม่ได้มีการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยใช้วิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กับข้อมูลจริง

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจกำลึงการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI โดยแบ่งการศึกษาออกเป็นสองขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนแรก การศึกษาด้วยวิธีมอนติคาร์โลในตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง และขั้นตอนที่สอง การประยุกต์กับข้อมูลจริงเพื่อศึกษาผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ ซึ่งความสัมพันธ์เชิงสาเหตุมาจากการสังเคราะห์งานวิจัย ผลปรากฏว่า ความผาสุกทางจิตใจมีอิทธิพลต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา อิทธิพลจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ ดังนั้น ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุข้างต้นจึงเป็นโมเดลสมการโครงสร้างที่สร้างตัวแปรผลคูณของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียน มีการวิเคราะห์อิทธิพลร่วม โดยใช้ 3 วิธี ได้แก่ วิธี LISREL-PI วิธี LMS และ วิธี PLS-PI ผลที่ได้จากการศึกษาจะทำให้ทราบว่า วิธีการใดจะวิเคราะห์อิทธิพลร่วมได้ดีกว่ากันให้เลือกใช้สถิติได้อย่างเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงกับข้อมูลจริง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

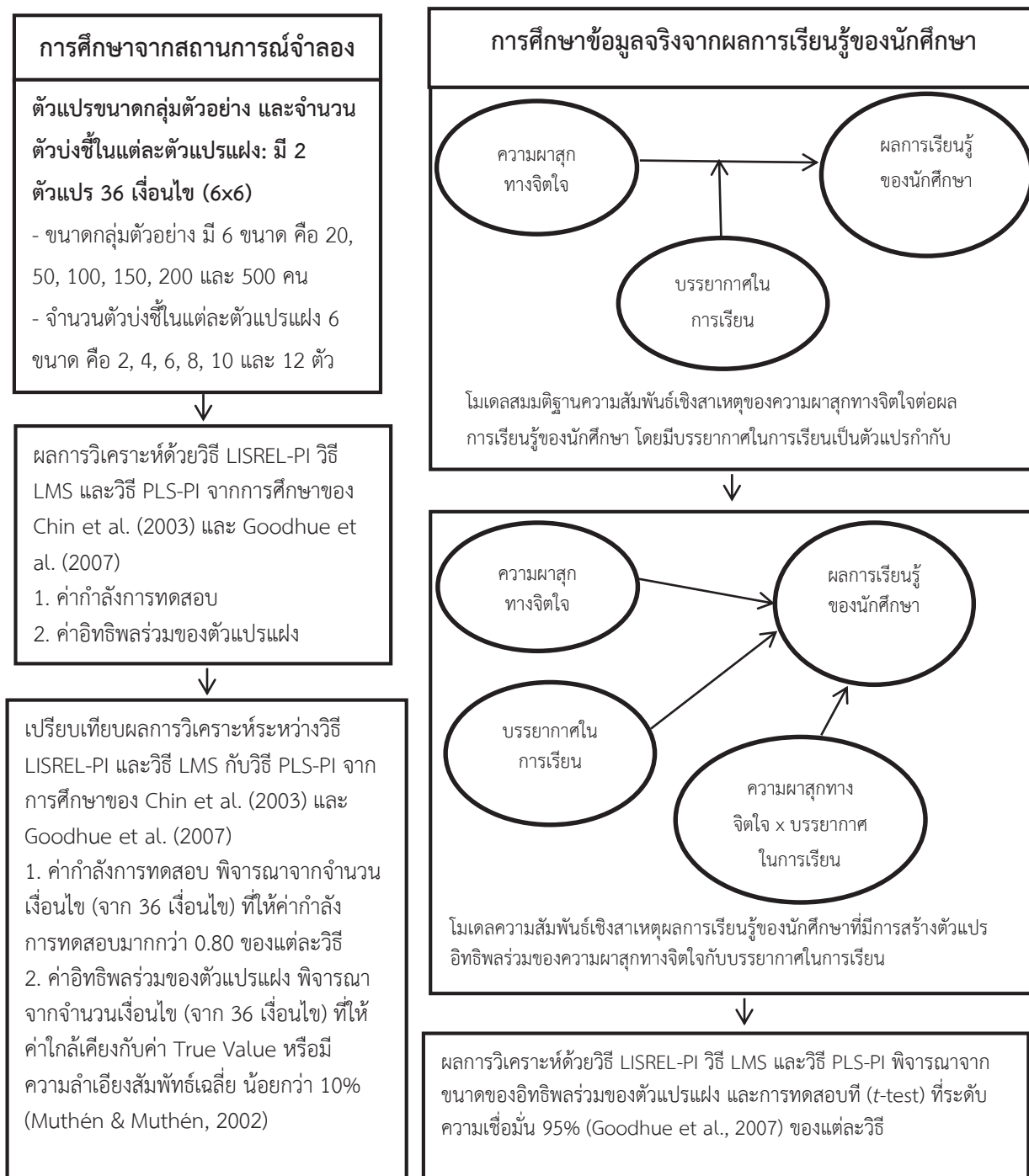
1. เพื่อเปรียบเทียบกำลึงการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI และวิธี LMS กับวิธี PLS-PI จากการศึกษาของ Chin et al. (2003) และ Goodhue et al. (2007) ในตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง
2. เพื่อศึกษาผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผู้วิจัยได้นำผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ของนักวิจัย 3 คน ได้แก่ Chin et al. (2003), Goodhue et al. (2007) และ Schermelleh-Engel et al. (2010) มาสังเคราะห์ได้ข้อค้นพบว่า การศึกษาของ Chin et al. (2003) ใช้วิธี PLS-PI ตรวจสอบอิทธิพลร่วมโดยใช้ตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง และศึกษากับข้อมูลจริง แต่ยังไม่ได้มีการเปรียบเทียบผลการตรวจสอบอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงกับวิธีการอื่น จึงทำให้ไม่สามารถสรุปได้ว่า วิธี PLS-PI จะเป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการตรวจสอบอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงหรือไม่ การศึกษาของ Goodhue et al. (2007) ใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุ (Multiple Regression Analysis: MRA) เปรียบเทียบผลกับวิธี PLS-PI เพื่อตรวจสอบอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง และกำลังการทดสอบในตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงแตกต่างกัน อนุ เจริญวงศ์ระยับ (2554) ระบุว่า วิธีการวิเคราะห์การถดถอยมีข้อจำกัดเรื่องการวัดตัวแปร มีความคลาดเคลื่อนในการวัดปะปนอยู่ด้วย ทำให้สัมประสิทธิ์การถดถอยที่ได้จากการประมาณค่าไม่คงที่ โดยเฉพาะทำให้กำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงมีค่าต่ำกว่าความเป็นจริง และ Schermelleh-Engel et al. (2010) ใช้วิธี LISREL-PI และวิธี LMS เปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์โดยใช้วิธี PLS-PI ของ Chin et al. (2003) และ Goodhue et al. (2007) แต่ใช้กลุ่มตัวอย่างเพียงขนาดเดียว คือ 100 คน จำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง 6 ตัว แต่ไม่มีการตรวจสอบกำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงกับขนาดกลุ่มตัวอย่าง และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงขนาดอื่น และไม่ได้มีการศึกษากับข้อมูลจริง จึงยังสรุปไม่ได้ว่า วิธีการใดดีกว่ากัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาสถานการณ์จำลองด้วยวิธีมอนติคาร์โลในตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง 6 ขนาด คือ 20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน และตัวแปรแฝงแต่ละตัวมีตัวบ่งชี้เท่ากับ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ตัว ใช้วิธี LISREL-PI และวิธี LMS เปรียบเทียบกับวิธี PLS-PI จากการศึกษาของ Chin et al. (2003) และ Goodhue et al. (2007) เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า วิธีการใดดีกว่ากันภายใต้ตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่างและจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละ ตัวแปรแฝงแตกต่างกัน นำไปสู่การนำไปใช้กับข้อมูลจริง

โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ ได้แนวคิดมาจากงานวิจัยของ Rania, Bagnasco, Aleo, and Sasso (2012) ใช้วิเคราะห์การถดถอยพหุ ปรากฏว่า บรรยากาศในการเรียนอธิบายความแปรปรวนของความผาสุกทางจิตใจในกลุ่มของนักศึกษาที่มีผลการเรียนรู้ระดับสูงได้ ร้อยละ 55 ($R^2 = 0.55$) โดยบรรยากาศในการเรียนด้านการเห็นคุณค่าตนเองในการเรียน วิธีการศึกษา (Method of Study) ความสนใจในการเรียน (Academic Interests) ความสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมโรงเรียน และความเชื่ออำนาจภายในตน (Internal Academic Locus of Control) เป็นตัวแปรกำกับทำนายความผาสุกทางจิตใจในกลุ่มของนักศึกษาที่มีผลการเรียนรู้ระดับสูงได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 ตามลำดับ นอกจากนี้ บรรยากาศในการเรียนอธิบายความแปรปรวนของความผาสุกทางจิตใจในกลุ่มของนักศึกษาที่มีผลการเรียนรู้ระดับต่ำได้ ร้อยละ 36 ($R^2 = 0.36$) โดยบรรยากาศในการเรียนด้านความคาดหวังของผู้ปกครองและการเห็นคุณค่าตนเองในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับทำนายความผาสุกทางจิตใจในกลุ่มของนักศึกษาที่มีผลการเรียนรู้ระดับต่ำ ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

ดังนั้น จึงได้กำหนดการศึกษาศถานการณ์จำลองและการศึกษาข้อมูลจริงเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย เรื่อง กำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์ โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI

สมมติฐานของการวิจัย

1. กำลังการทดสอบในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยใช้วิธี LISREL-PI และวิธี LMS มีจำนวนเงื่อนไข (จาก 36 เงื่อนไข) ที่มีกำลังการทดสอบสูงกว่าวิธี PLS-PI จากการศึกษาของ Chin et al. (2003) และ Goodhue et al. (2007)
2. ค่าอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยใช้วิธี LISREL-PI และวิธี LMS มีจำนวนเงื่อนไข (จาก 36 เงื่อนไข) ที่มีความลำเอียงสัมพันธ์เฉลี่ยต่ำกว่าวิธี PLS-PI จากการศึกษาของ Chin et al. (2003) และ Goodhue et al. (2007)
3. ค่าอิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ ของวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ทำให้ทราบว่าวิธี LISREL-PI วิธี LMS หรือวิธี PLS-PI จะสามารถวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงได้ดีกว่ากัน ภายใต้ตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง แตกต่างกัน ซึ่งจะทำให้เลือกใช้วิธีวิเคราะห์ได้อย่างเหมาะสม
2. เป็นแนวทางในการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา เมื่อมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ ของวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI

ขอบเขตของการวิจัย

กำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI จำแนกขอบเขตการศึกษา ดังนี้

1. กำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI และวิธี LMS กับวิธี PLS-PI จากการศึกษาของ Chin et al. (2003) และ Goodhue et al. (2007) ด้วยวิธีมอนติคาร์โลในตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง มี 6 ขนาด ได้แก่ 20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 6 ขนาด ได้แก่ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ตัว สามารถแจกแจงเป็นเงื่อนไข 36 เงื่อนไข ดังนี้

เงื่อนไขที่ 1 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 20 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 2 ตัว

เงื่อนไขที่ 2 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 50 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 2 ตัว

เงื่อนไขที่ 3 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 100 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 2 ตัว

เงื่อนไขที่ 4 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 150 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 2 ตัว

เงื่อนไขที่ 23 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 200 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 8 ตัว

เงื่อนไขที่ 24 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 500 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 8 ตัว

เงื่อนไขที่ 25 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 20 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 10 ตัว

เงื่อนไขที่ 26 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 50 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 10 ตัว

เงื่อนไขที่ 27 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 100 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 10 ตัว

เงื่อนไขที่ 28 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 150 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 10 ตัว

เงื่อนไขที่ 29 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 200 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 10 ตัว

เงื่อนไขที่ 30 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 500 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 10 ตัว

เงื่อนไขที่ 31 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 20 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 12 ตัว

เงื่อนไขที่ 32 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 50 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 12 ตัว

เงื่อนไขที่ 33 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 100 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 12 ตัว

เงื่อนไขที่ 34 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 150 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 12 ตัว

เงื่อนไขที่ 35 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 200 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 12 ตัว

เงื่อนไขที่ 36 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 500 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 12 ตัว

2. การศึกษาผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI มีขอบเขตการศึกษา ดังนี้

2.1 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา มีดังนี้

2.1.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ความผาสุกทางจิตใจ

2.1.2 ตัวแปรกำกับ ได้แก่ บรรยากาศในการเรียน

2.1.3 ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

2.2 ประชากรเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีของวิทยาลัยเซนต์หลุยส์ ปีการศึกษา 2558 จำนวน 816 คน จำแนกเป็นคณะพยาบาลศาสตร์ จำนวน 485 คน คณะจิตวิทยา จำนวน 146 คน และคณะกายภาพบำบัด จำนวน 185 คน

นิยามศัพท์เฉพาะ

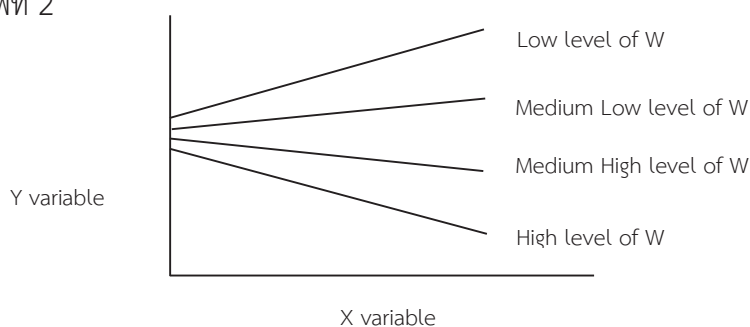
โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model) หมายถึง โมเดลที่ประกอบด้วย ตัวแปรสังเกตได้ (Observed Variables) กับตัวแปรแฝง (Latent Variables) ภายนอกกับ ตัวแปรแฝงภายใน ซึ่งตัวแปรแฝงทั้งสองตัวแปรวัดจากตัวแปรสังเกตได้ (Observed Variables) หรือตัวบ่งชี้ (Indicator Variables) หลาย ๆ ตัว

โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง (Nonlinear Structural Equation Model) หมายถึง โมเดลสมการโครงสร้างที่เกิดอิทธิพลแบบไม่เป็นเส้นตรง (Nonlinear Effects) มี 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) อิทธิพลกำลังสอง (Quadratic Effects) และ 2) อิทธิพลร่วม (Interaction Effects) แสดง ได้ดังสมการ (1)

$$\eta = \alpha + \gamma_{11}\zeta_1 + \gamma_{12}\zeta_2 + \omega_{12}\zeta_1\zeta_2 + \omega_{11}\zeta_1^2 + \omega_{22}\zeta_2^2 + \zeta \quad (1)$$

จากสมการ (1) ตัวแปรแฝงภายนอกหรือตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรอิสระ คือ ζ_1 และ ζ_2 อิทธิพลแบบเป็นเส้นตรง คือ γ_{11}, γ_{12} เทอมอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง คือ $\zeta_1\zeta_2$ ค่าอิทธิพลร่วมของ $\zeta_1\zeta_2$ คือ ω_{12} เทอมอิทธิพลกำลังสองของตัวแปรแฝง คือ ζ_1^2 และ ζ_2^2 ค่าอิทธิพลกำลังสองของ ζ_1^2 และ ζ_2^2 คือ ω_{11} และ ω_{22} ตามลำดับ และตัวแปรแฝงภายในหรือตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรตาม คือ η และเทอมความคลาดเคลื่อน คือ ζ ซึ่งในงานวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงใน โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง

อิทธิพลร่วม (Interaction Effects) หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร อิสระกับตัวแปรตาม จะมีความสัมพันธ์มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับตัวแปรอิสระตัวที่สองหรือเรียกว่า ตัวแปรกำกับ (Moderator Variable) เมื่อกำหนดลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ (X) และ ตัวแปรตาม (Y) ขึ้นอยู่กับระดับของตัวแปรกำกับ (W) มากน้อยต่างกัน กราฟแสดงความสัมพันธ์ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X กับ Y โดยมี W เป็นตัวแปรกำกับ

ขนาดอิทธิพล (Effect Size) หมายถึง ค่าอิทธิพลร่วม ในโมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง Cohen (1992, p. 157) ระบุว่า ขนาดอิทธิพล เท่ากับ 0.02 เป็นขนาดอิทธิพลที่มีขนาดเล็ก 0.15 เป็นขนาดอิทธิพลที่มีขนาดกลาง และ 0.35 เป็นขนาดอิทธิพลที่มีขนาดใหญ่ ซึ่ง Chin et al. (2003, p. 26) กำหนดวิธีการหาขนาดอิทธิพลร่วมจากสูตร ดังนี้

$$f^2 = \frac{R_i^2 - R_m^2}{R_i^2} \quad (2)$$

เมื่อ R_i^2 แทน สัมประสิทธิ์การพยากรณ์ของโมเดลที่เกิดอิทธิพลร่วม

R_m^2 แทน สัมประสิทธิ์การพยากรณ์ของโมเดลที่เกิดอิทธิพลทางตรง

กำลังการทดสอบ (Power of the Test) หมายถึง ความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธ H_0 เมื่อ H_1 เป็นจริง โดยค่ากำลังการทดสอบ ควรมีอย่างน้อย 0.80 (Cohen 1988, p. 56)

อิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง (Interaction Effects of Latent Variables) หมายถึง การประมาณอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรอิสระกับตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรกำกับที่มีต่อตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรตาม จากค่าสถิติ t (t Statistic) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (Goodhue et al., 2007)

วิธี Constrained Product Indicator Approach (LISREL-PI) หมายถึง การวิเคราะห์อิทธิพลร่วมตัวแปรแฝงโดยใช้ตัวบ่งชี้ผลคูณ (Product Indicator) โดยใช้วิธีการจับคู่ (Matched-Pair) คือ ตัวบ่งชี้ทุกตัวของตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรอิสระประกอบด้วย ξ_1 และ ξ_2 ยึดหลักการสร้างตัวบ่งชี้ผลคูณแบบไม่มีตัวซ้ำ เช่น กำหนดตัวแปรอิสระประกอบด้วย ξ_1 และ ξ_2 มีตัวบ่งชี้อย่างละ 6 ตัว ดังนั้น วิธี LISREL-PI ต้องมีตัวบ่งชี้ผลคูณ 6 ตัวสำหรับตัวแปรแฝง $\xi_1\xi_2$

วิธี Latent Moderated Structural Equations (LMS) หมายถึง การประมาณค่าอิทธิพลร่วมโดยตรงจากคะแนนดิบ (Raw Data) ไม่ต้องมี Matrix Input จากตัวบ่งชี้ผลคูณ (Product Indicators) จะใช้ระดับการแจกแจงไม่ปกติจาก Latent Product Terms โดยนำค่าเฉลี่ยของโครงสร้าง (Mean Structure) เข้าไปใช้ในโมเดล และใช้อัลกอริธึม Expectation-Maximization ประมาณค่า

วิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วนของตัวบ่งชี้ผลคูณ (Partial Least Squares Product Indicator Approach: PLS-PI) หมายถึง วิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วนที่ได้นำมาขยายเพื่อการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมตัวแปรแฝงโดยใช้ตัวบ่งชี้ผลคูณ (Product Indicator) ของทุกคู่ (All Possible Pair) ยึดหลักการสร้างตัวบ่งชี้ผลคูณแบบมีตัวซ้ำ เช่น กำหนดตัวแปรอิสระประกอบด้วย ξ_1 และ ξ_2 มีตัวบ่งชี้อย่างละ 6 ตัว ดังนั้น วิธี PLS-PI ต้องมีตัวบ่งชี้ผลคูณ 36 ตัว สำหรับตัวแปรแฝงปฏิสัมพันธ์ $\xi_1\xi_2$

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (Sample Size) หมายถึง จำนวนของข้อมูลที่ได้จากการจำลองข้อมูลในแต่ละแฟ้มข้อมูล มี 6 ขนาด ได้แก่ 20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน โดยขนาด 20, 50, 100 คน เป็นกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาด 150, 200 คน เป็นกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง และ ขนาด 500 คน เป็นกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่

จำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง (Number of Indicators for a Latent Variable) หมายถึง จำนวนของตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรอิสระ (X และ Z) และตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรตาม (Y) ที่จำลองข้อมูล 6 ขนาด ได้แก่ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ตัว โดยจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง 2 และ 4 ตัว เป็นขนาดเล็ก 6 และ 8 ตัว เป็นขนาดกลาง และ 10 และ 12 ตัว เป็นขนาดใหญ่

ความผาสุกทางจิตใจ (Psychological Well-Being) หมายถึง มิติด้านจิตใจ สังคม และจิตวิทยา มี 6 ด้าน ได้แก่ การยอมรับตนเอง (Self-Acceptance) สัมพันธภาพที่ดีกับคนอื่น (Positive Relations with Others) อิสระแห่งตน (Autonomy) ความสามารถในการจัดการสถานการณ์ (Environmental Mastery) เป้าหมายในชีวิต (Purpose in Life) และความงอกงามแห่งตน (Personal Growth)

บรรยากาศในการเรียน (Academic Climate) หมายถึง คุณลักษณะของสภาพแวดล้อมในการเรียนที่แตกต่างกัน มี 6 ด้าน ได้แก่ ความสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมโรงเรียนและผู้สอน (Relationships with Schoolmates and Teachers) การเห็นคุณค่าตนเองในการเรียน (Academic Self-Esteem) วิธีการเรียน (Method of Study) ความคาดหวังของผู้ปกครอง (Parents' Expectations) ด้านโครงสร้างการเรียน (Structural Aspects) และการจ้างงานในอนาคต (Future Employment)

ผลการเรียนรู้ของนักศึกษา (Academic Performance) หมายถึง ผลงานที่ส่งอาจารย์หลังได้รับมอบหมายให้ทำการบ้านโดยรวมของทุกรายวิชา (Take-Home Assignments) คะแนนสอบกลางภาคโดยรวมของทุกรายวิชา (Midterm Tests) ผลการเรียนเฉลี่ยในภาคการศึกษาที่แล้ว (Previous Semesters Examinations) ผลการเรียนวิชาศึกษาทั่วไป (General Educational Courses) ผลการเรียนวิชาแกนหรือวิชาบังคับโดยรวมทุกรายวิชา (Core or Compulsory Courses) และผลการเรียนวิชาเลือกเสรี (Optional Courses)

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดลองและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI และวิธี LMS กับวิธี PLS-PI จากการศึกษาของ Chin et al. (2003) และ Goodhue et al. (2007) ในตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง และการศึกษาผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความพึงพอใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI มีดังนี้

- ตอนที่ 1 การวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง
- ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับโมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง
- ตอนที่ 3 การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างมีตัวแปรกำกับและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- ตอนที่ 4 การจำลองข้อมูลด้วยวิธีมอนติคาร์โล
- ตอนที่ 5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ บรรยากาศในการเรียน และผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง

อนุ เจริญวงศ์ระยับ (2554) ได้อธิบายถึงวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม เริ่มจากการวิเคราะห์ความแปรปรวน อธิบายโดยใช้โมเดลแบบแผนแบบไขว้ (Crossed Design) ดังสมการ (5)

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (3)$$

เมื่อ μ คือค่าเฉลี่ยตัวแปรตามของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด α_i และ β_j คือ ค่าอิทธิพลที่เกิดจากตัวแปรอิสระแต่ละตัว ε_{ijk} คือ ความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม และ $(\alpha\beta)_{ij}$ คือ อิทธิพลร่วมของตัวแปรอิสระต่อตัวแปรตาม หากค่าอิทธิพลดังกล่าวมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า ตัวแปรอิสระแต่ละตัวไม่สามารถอธิบายตัวแปรตามได้อย่างอิสระต่อกัน จากสมการดังกล่าวเป็นการวิเคราะห์ที่มีข้อตกลงว่าตัวแปรอิสระต้องเป็นตัวแปรแบบกลุ่ม (Category) คือ มีระดับการวัดเป็นแบบนามบัญญัติ (Nominal Scale) หรือมาตราเรียงอันดับ (Ordinal Scale) หากตัวแปรอิสระที่ใช้ศึกษามีระดับการวัดแบบต่อเนื่อง (Continuous) คือ มีระดับการวัดในมาตราอันตรภาค (Interval Scale) หรือมาตราอัตราส่วน (Ratio Scale) นักวิจัยต้องลดระดับการวัดตัวแปรลง ซึ่งส่งผลให้อำนาจการทดสอบลดลง ต่อมา วิธีการวิเคราะห์ที่ถดถอยได้มีการนำมาศึกษาปฏิสัมพันธ์ เมื่อตัวแปรอิสระมีลักษณะข้อมูลแบบต่อเนื่อง โดยที่ผู้วิจัยไม่ต้องลดระดับการวัดตัวแปรลงเหมือนวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งจะทำให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าอิทธิพลร่วมในการวิเคราะห์ถดถอยพิจารณาจากสมการต่อไปนี้

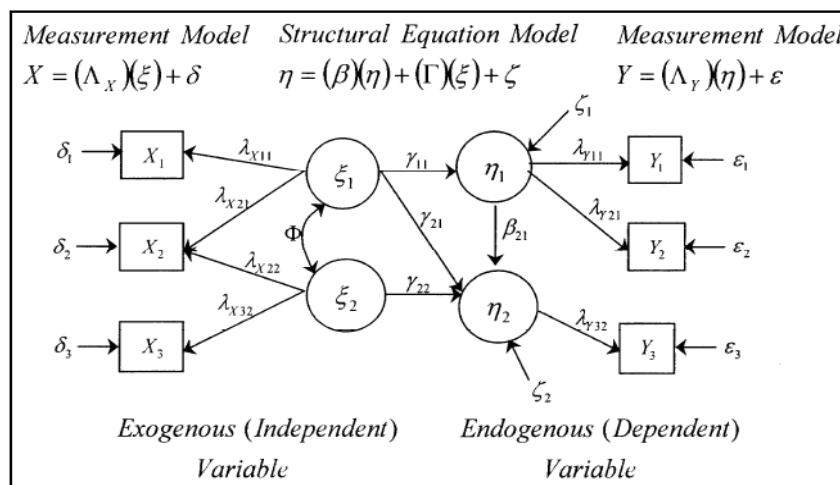
$$Y = b_0 + b_1X + b_2Z + b_3XZ + \varepsilon \tag{4}$$

เมื่อ b_0 คือค่าคงที่หรือค่าเฉลี่ยของ Y , b_1 , b_2 และ b_3 คือ สัมประสิทธิ์ทำนายของตัวแปรอิสระแต่ละตัว X คือตัวแปรอิสระ Z คือตัวแปรกำกับ และ XZ คือ ผลคูณระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรกำกับ หากค่าสัมประสิทธิ์ทำนาย b_3 มีนัยสำคัญทางสถิติหมายความว่า ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ X ที่มีต่อตัวแปรตาม Y จะไม่เท่าเทียมกันในแต่ละระดับของตัวแปรกำกับ Z และ ε คือ ความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม

อย่างไรก็ตาม การศึกษาปฏิสัมพันธ์โดยการวิเคราะห์ถดถอยยังมีข้อจำกัดในการวิเคราะห์ เนื่องจาก การวัดตัวแปรนั้นมีความคลาดเคลื่อนในการวัดปะปนอยู่ด้วยเสมอ ทำให้สัมประสิทธิ์ถดถอยที่ได้จากการประมาณค่านั้นไม่คงที่ ทำให้เกิดอคติในการประมาณค่าเกิดขึ้นโดยเฉพาะทำให้อำนาจการทดสอบหรือความเข้มข้นของอิทธิพลมีน้อย เพื่อแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนของการวัด จึงมีการริเริ่มนำโมเดลสมการโครงสร้าง ซึ่งสามารถแยกความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนออกจากคะแนนจริงโดยการสร้างองค์ประกอบร่วม (Common Factor) ระหว่างตัวแปรสังเกตหรือตัวบ่งชี้ หรือเรียกว่าตัวแปรแฝงมาพัฒนาแนวคิดในการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ขึ้น

Schumacker and Lomax (2010, pp. 2-3) ได้อธิบายว่า โมเดลที่ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ (Observed Variables) กับตัวแปรแฝง (Latent Variables) ภายนอกกับตัวแปรแฝงภายใน ซึ่งตัวแปรแฝงทั้งสองตัวแปรวัดจากตัวแปรสังเกตได้ (Observed Variables) หรือตัวบ่งชี้ (Indicator Variables) หลาย ๆ ตัว

ดังนั้น โมเดลสมการโครงสร้างเป็นโมเดลที่ประกอบด้วย โมเดลการวัด (Measurement Model) ซึ่งเป็นโมเดลที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตได้ โดยมีโมเดลการวัดสำหรับตัวแปรภายนอก (Exogenous Measurement Model) และโมเดลการวัดสำหรับตัวแปรภายใน (Endogenous Measurement Model) และโมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Model) เป็นโมเดลที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงภายนอกและตัวแปรแฝงภายใน โมเดลสมการโครงสร้างดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 องค์ประกอบของโมเดลสมการโครงสร้าง

มนตรี พิริยะกุล (2553, หน้า 1) อธิบายว่า โมเดลสมการโครงสร้างเป็น Second Generation Model คือเป็นตัวแทนที่สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้หลายระดับของ SEM ทั้งวิเคราะห์ความสัมพันธ์ใน Inner Model (Structure Model) และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ใน Outer Model (Measurement Model) ไปในคราวเดียวกัน คือเป็นการวิเคราะห์ที่เบ็ดเสร็จครั้งเดียว ต่างกันกับ First Generation Modeling เช่น Regression Analysis, Probit Analysis, ANOVA, MANOVA ที่วิเคราะห์ได้ครั้งละ 1 ตัวแปร ซึ่งทำให้ต้องใช้เวลามากกว่าที่จะวิเคราะห์ Path Model เดียวกันได้เสร็จ

Schumacker and Lomax (2010, pp. 6-7) กล่าวว่า เหตุผลที่โมเดลสมการโครงสร้างได้รับความนิยมแพร่หลายมี 4 ประการ ดังนี้

1. นักวิจัยต้องการอธิบายปรากฏการณ์ที่มีความซับซ้อนและต้องวัดจากตัวแปรหลาย ๆ ตัว ซึ่งวิธีการทางสถิติแบบพื้นฐาน เช่น การวิเคราะห์ด้วยสหสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple Bivariate Correlation) จะจำกัดจำนวนตัวแปร แต่โมเดลสมการโครงสร้างเป็นวิธีการที่สามารถใช้ได้กรณีวัดตัวแปรหลายตัวได้
2. โมเดลสมการโครงสร้างได้รวมเหตุมความคลาดเคลื่อนของการวัด (Measurement Error) ไว้ด้วย ซึ่งต่างจากสถิติวิเคราะห์บางตัวมีการแยกความคลาดเคลื่อนของการวัดออกจาก การวิเคราะห์ข้อมูล
3. โมเดลสมการโครงสร้างมีเทคนิคการวิเคราะห์ขั้นสูง เช่น การวิเคราะห์ Multiple-Group SEM Model กรณีโมเดลตามทฤษฎีมีความแตกต่างกันของกลุ่ม (Group Difference) การวิเคราะห์พหุระดับ (Multilevel SEM Model) กรณีการเก็บรวบรวมข้อมูลทางการศึกษา กลุ่มตัวอย่างมีหลายระดับ เช่น ระดับของนักเรียน ครู และโรงเรียน เป็นต้น และการวิเคราะห์อิทธิพลร่วม (Interaction Terms) กรณีในโมเดลสมการโครงสร้างประกอบไปด้วยอิทธิพลทางตรง (Main Effects) และอิทธิพลร่วม (Interaction Effects) ดังนั้น นักวิจัยจะเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์ขั้นสูงนี้ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่มีความซับซ้อนมากกว่าการใช้วิธีการวิเคราะห์ขั้นพื้นฐาน
4. นักวิจัยนิยมใช้โปรแกรมซอฟต์แวร์เพื่อวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างมากขึ้น เนื่องจากใช้งานง่าย เช่น โปรแกรม LISREL ที่มีการพัฒนามาตั้งแต่ปีค.ศ. 1993 จนถึงปัจจุบัน

Moosbrugger et al. (2009, p. 103) กล่าวว่า โมเดลสมการโครงสร้างนำมาใช้ในงานวิจัยพฤติกรรมและสังคมศาสตร์กันอย่างแพร่หลาย ทั้งที่เป็นโมเดลสมการโครงสร้างแบบเป็นเส้นตรงและโมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยที่โมเดลสมการโครงสร้างแบบเป็นเส้นตรงจะไม่มีอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงภายนอก ซึ่งถือว่าเป็นข้อจำกัดในการพัฒนาองค์ความรู้ของศาสตร์ต่าง ๆ ดังนั้น โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงจะมี อิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงภายนอกส่งผลร่วมกันต่อตัวแปรตามจึงนำมาใช้ในวงไม่ก็ปีที่ผ่านมา เพราะมีการวิเคราะห์ที่ยากและซับซ้อน

ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับโมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง

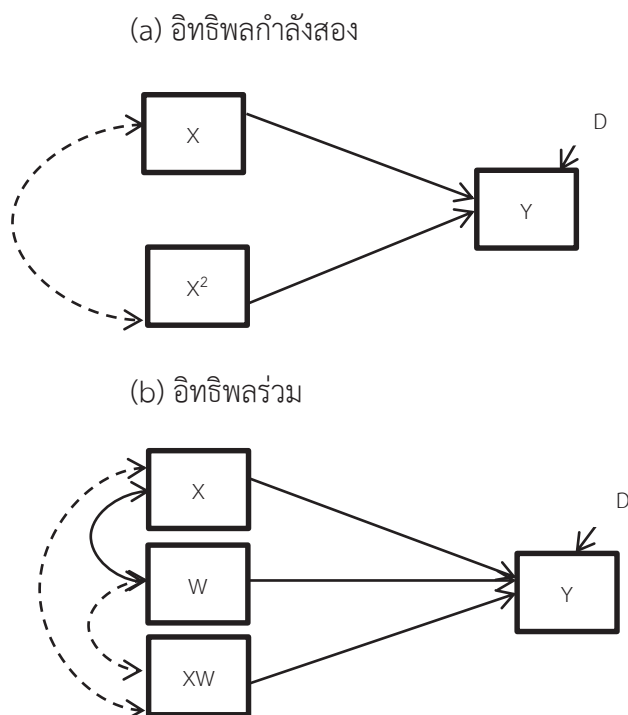
Moosbrugger et al. (2009, p. 103) กล่าวว่า การศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตามแบบไม่เป็นเส้นตรง (Nonlinear Relationships Between Variables) มีความสำคัญต่องานวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์ ซึ่งในทางทฤษฎีความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามจะมีทั้งลักษณะแบบเป็นเส้นตรงและแบบไม่เป็นเส้นตรง นั่นคือความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเส้นตรงจะเกิดอิทธิพลแบบไม่เป็นเส้นตรง (Nonlinear Effects) ซึ่งมี 2 ลักษณะ ได้แก่ อิทธิพลร่วม (Interaction Effects) และอิทธิพลกำลังสอง (Quadratic Effects)

1. อิทธิพลร่วม หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามจะมีความสัมพันธ์มากขึ้นเรื่อยๆ ขึ้นอยู่กับตัวแปรอิสระตัวที่สองหรือตัวแปรกำกับ (Moderator Variable)

2. อิทธิพลกำลังสอง หมายถึง ตัวแปรอิสระเกิดอิทธิพล (Interact) กับตัวเองส่งผลต่อตัวแปรตาม ซึ่งลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรจะมีลักษณะเป็นเส้นโค้ง (Curvilinear)

อิทธิพลแบบไม่เป็นเส้นตรงเรียกตามลักษณะของตัวแปร กรณีเป็นตัวแปรสังเกตได้ เรียกว่า อิทธิพลแบบไม่เป็นเส้นตรงของตัวแปรสังเกตได้ (Nonlinear Effects of Observed Variables) และกรณีเป็นตัวแปรแฝง เรียกว่า อิทธิพลแบบไม่เป็นเส้นตรงของตัวแปรแฝง (Nonlinear Effects of Latent Variables) รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

1. อิทธิพลแบบไม่เป็นเส้นตรงของตัวแปรสังเกตได้ Kline (1998) อธิบายอิทธิพลกำลังสองและอิทธิพลร่วม แสดงดังภาพที่ 4 ตามลำดับต่อไปนี้



ภาพที่ 4 โมเดลเส้นทางในการเกิดอิทธิพลแบบไม่เป็นเส้นตรงของตัวแปรสังเกตได้

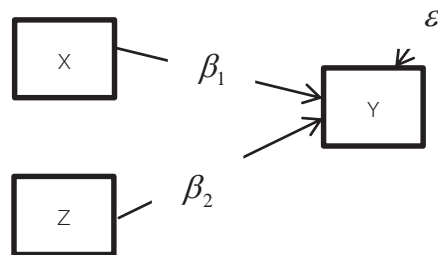
การวิเคราะห์อิทธิพลแบบไม่เป็นเส้นตรงของตัวแปรสังเกตได้ กรณีแบบเป็นตัวแปรต่อเนื่อง (Continuous) ใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุเพื่อตรวจสอบอิทธิพลร่วม และอิทธิพลกำลังสอง การถดถอยแบบไม่เป็นเส้นตรง (Nonlinear Regression) โดยใช้ตัวแปรสังเกตได้ สามารถแสดงได้ดังสมการ (7)

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 Z + \beta_3 XZ + \beta_4 X^2 + \beta_5 Z^2 + \varepsilon \quad (7)$$

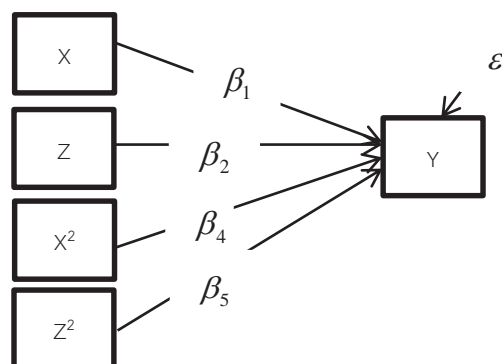
จากสมการ (7) ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุ ปกติจะกำหนดสมมติฐานให้ตัวแปรมีความสัมพันธ์แบบเป็นเส้นตรง นั่นคือ ตัวแปรเกณฑ์หรือตัวแปรตาม (Y) เกิดจากตัวแปรทำนายหรือตัวแปรอิสระ ถ้ากำหนดให้มีตัวแปรทำนาย 2 ตัว ได้แก่ X กับ Z กรณีนี้จะมีการตรวจสอบอิทธิพลแบบเป็นเส้นตรง (Linear Effects) ของ X กับ Z ที่มีต่อ Y อิทธิพลแบบเป็นเส้นตรง คือ β_1, β_2

สำหรับการตรวจสอบอิทธิพลแบบไม่เป็นเส้นตรง ของ X กับ Z ที่มีต่อ Y มี 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) อิทธิพลกำลังสอง หมายถึง อิทธิพลที่เกิดจากตัวแปรทำนายหรือตัวแปรอิสระมีปฏิสัมพันธ์ (Interact) กับตัวเองหรือมีลักษณะยกกำลังสอง $X^2 = X \times X$ หรือ $Z^2 = Z \times Z$ อิทธิพลกำลังสอง คือ β_4, β_5 และ 2) อิทธิพลร่วม หมายถึง อิทธิพลที่เกิดจากการสร้างตัวแปรผลคูณของ X กับ Z ($XZ = X \times Z$) นั่นคือ ตัวแปรทำนาย X ส่งผลต่อตัวแปรเกณฑ์ Y โดยอิทธิพลร่วมจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ Z เป็นตัวแปรกำกับอิทธิพลร่วม คือ β_3 แสดงได้ดังภาพที่ 5 ต่อไปนี้

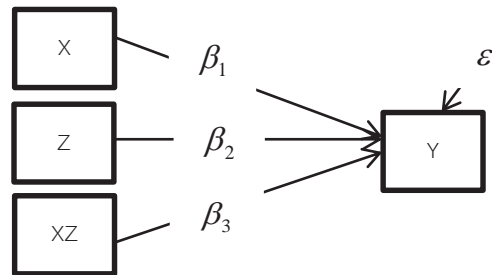
(a) อิทธิพลแบบเป็นเส้นตรง โดยใช้ตัวแปรสังเกตได้



(b) อิทธิพลกำลังสอง โดยใช้ตัวแปรสังเกตได้



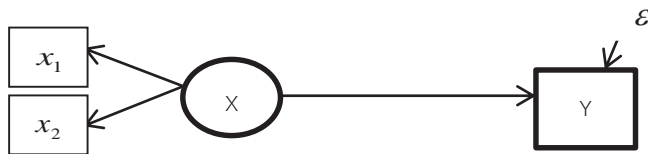
(c) อิทธิพลร่วม โดยใช้ตัวแปรสังเกตได้



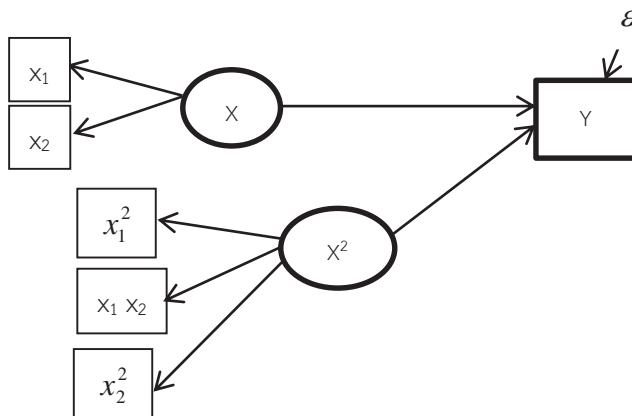
ภาพที่ 5 การถดถอยแบบไม่เป็นเส้นตรง

2. อิทธิพลแบบไม่เป็นเส้นตรงของตัวแปรแฝง Kline (1998) อธิบายอิทธิพลแบบเป็นเส้นตรง อิทธิพลร่วม และอิทธิพลกำลังสอง แสดงดังภาพที่ 6

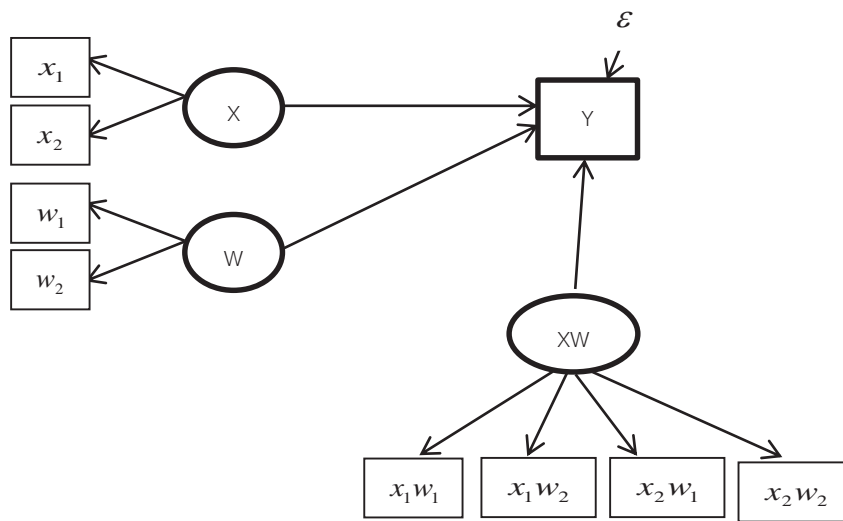
(a) อิทธิพลแบบเป็นเส้นตรง โดยใช้ตัวแปรแฝง



(b) อิทธิพลแบบเป็นเส้นตรง และอิทธิพลกำลังสอง โดยใช้ตัวแปรแฝง

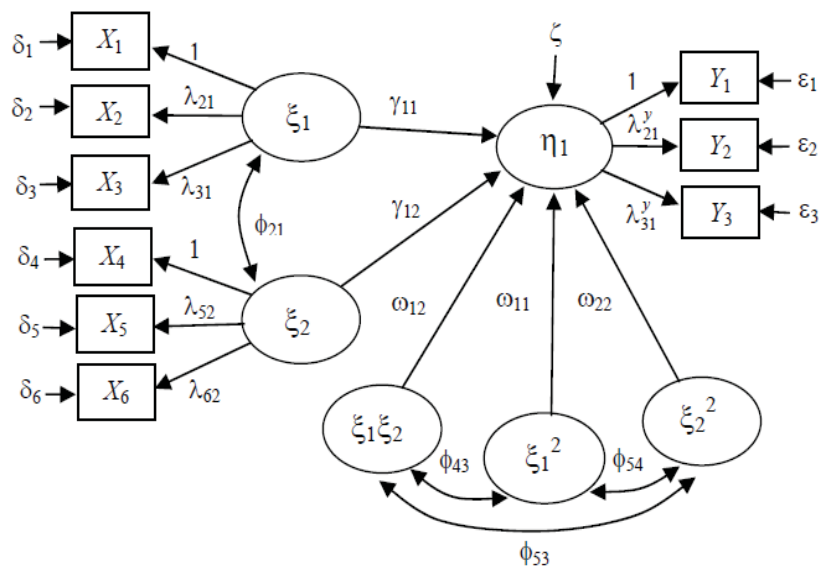


(c) อิทธิพลแบบเป็นเส้นตรง และอิทธิพลร่วม โดยใช้ตัวแปรแฝง



ภาพที่ 6 อิทธิพลแบบไม่เป็นเส้นตรงของตัวแปรแฝง

การวิเคราะห์อิทธิพลแบบไม่เป็นเส้นตรงของตัวแปรแฝงจะใช้การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างเพื่อตรวจสอบอิทธิพลแบบเป็นเส้นตรง อิทธิพลร่วม และอิทธิพลกำลังสอง Moosbrugger et al. (2009, p. 110) แสดงภาพโมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ดังนี้



ภาพที่ 7 โมเดลสมการโครงสร้างแบบมีอิทธิพลร่วมและอิทธิพลกำลังสอง ของ Moosbrugger et al. (2009)

จากภาพที่ 7 อธิบายถึงโมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงที่เกิดอิทธิพลร่วมและอิทธิพลกำลังสอง นั่นคือ ตัวแปรแฝงภายนอก คือ ξ_1 และ ξ_2 เทอมอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง คือ

ξ_1, ξ_2 เทอมอิทธิพลกำลังสองของตัวแปรแฝง คือ ξ_1^2 และ ξ_2^2 ตัวแปรแฝงภายใน คือ η และเทอมความคลาดเคลื่อน คือ ζ ค่าพารามิเตอร์ที่เป็นเส้นตรงคือ γ_{11}, γ_{12} ค่าอิทธิพลร่วมของ ξ_1, ξ_2 คือ ω_{12} ค่าอิทธิพลกำลังสองของ ξ_1^2 และ ξ_2^2 คือ ω_{11} และ ω_{22} ตามลำดับ เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\eta = \alpha + \gamma_{11}\xi_1 + \gamma_{12}\xi_2 + \omega_{12}\xi_1\xi_2 + \omega_{11}\xi_1^2 + \omega_{22}\xi_2^2 + \zeta \quad (8)$$

โดยที่ตัวแปรแฝงภายนอกวัดจากตัวแปรสังเกต x_1, x_2, x_3 และ x_4, x_5, x_6 และตัวแปรแฝงภายในวัดจากตัวแปรสังเกต y_1, y_2, y_3 ดังสมการ (9) และสมการ (10) ต่อไปนี้

โมเดลการวัดของตัวแปรภายนอก ξ คือ

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \lambda_{21} & 0 \\ \lambda_{31} & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & \lambda_{52} \\ 0 & \lambda_{62} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \\ \delta_4 \\ \delta_5 \\ \delta_6 \end{pmatrix} \quad (9)$$

และโมเดลการวัดของตัวแปรภายใน η คือ

$$\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ \lambda_{21}^y \\ \lambda_{31}^y \end{pmatrix} \eta + \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \end{pmatrix} \quad (10)$$

โมเดลการวัดของ ξ_1 และ ξ_2 ประกอบด้วยค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loadings) $\lambda_{21}, \lambda_{31}$ และ $\lambda_{42}, \lambda_{52}$ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของ x_1 (λ_{21} เท่ากับ 1) และ x_4 (λ_{42} เท่ากับ 1) และ ความคลาดเคลื่อน คือ $\delta_1, \dots, \delta_6$ โมเดลการวัดของ η ประกอบด้วยค่าน้ำหนักองค์ประกอบ $\lambda_{21}^y, \lambda_{31}^y$ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของ y_1 (λ_{21}^y เท่ากับ 1) และความคลาดเคลื่อน คือ $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ และ ε_3 สำหรับการวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะโมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง (Nonlinear Structural Equation Model) กรณีนี้มีอิทธิพลร่วม Schermelleh-Engel et al. (2010, pp. 169-170) อธิบายเกี่ยวกับโมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงว่า เป็นโมเดลสมการโครงสร้างที่เกิดอิทธิพลร่วมของตัวแปรอิสระกับตัวแปรกำกับมีผลต่อตัวแปรตาม ดังสมการ (11) ต่อไปนี้

$$\eta = \alpha + \gamma_{11}\xi_1 + \gamma_{12}\xi_2 + \gamma_{13}\xi_1\xi_2 + \zeta \quad (11)$$

เมื่อ η แทน ตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรตามหรือตัวแปรเกณฑ์

- ξ_1 แทน ตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรอิสระหรือตัวแปรทำนาย
- ξ_2 แทน ตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรกำกับ
- $\xi_1\xi_2$ แทน อิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรอิสระกับตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรกำกับ
- α แทน ค่าคงที่
- γ_1, γ_2 แทน อิทธิพลทางตรงของตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรอิสระและ ตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรกำกับที่มีต่อตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรตาม
- $\gamma_1\gamma_2$ แทน อิทธิพลร่วมตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรอิสระกับตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรกำกับที่มีต่อตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรตาม
- ζ แทน เทอมของความคลาดเคลื่อน

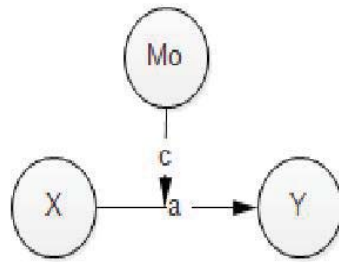
จากสมการที่ (11) ตัวแปรแฝงภายนอกและตัวแปรแฝงภายในวัดจากตัวบ่งชี้หลายตัว แต่ละตัวบ่งชี้มีความคลาดเคลื่อนในการวัด โมเดลการวัดตั้งสมการที่ (12) ต่อไปนี้

$$\begin{aligned} X &= \Lambda_x \xi + \delta, \\ Y &= \Lambda_y \eta + \varepsilon \end{aligned} \quad (12)$$

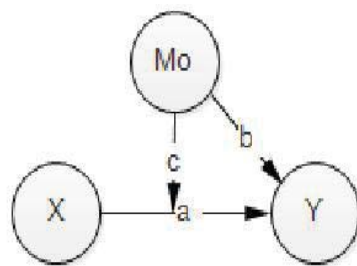
- เมื่อ X แทน เวกเตอร์ค่าจากการวัดที่สังเกตได้ของตัวแปรอิสระ (ตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝงภายใน ξ)
- Λ_x แทน เมทริกซ์ของสัมประสิทธิ์การถดถอยหรือน้ำหนักองค์ประกอบซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง X กับ ξ
- δ แทน เวกเตอร์ความคลาดเคลื่อนในสมการ X
- Y แทน เวกเตอร์ค่าจากการวัดที่สังเกตได้ของตัวแปรตาม (ตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝงภายนอก η)
- Λ_y แทน เมทริกซ์ของสัมประสิทธิ์การถดถอยหรือน้ำหนักองค์ประกอบซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ η
- ε แทน เวกเตอร์ความคลาดเคลื่อนในสมการ Y

มนตรี พิริยะกุล (2558) อธิบายว่า ตัวแปรกำกับ (Moderator Variable) คือ ตัวแปรที่สามที่เข้ามาร่วมมือกับตัวแปรต้นทาง โดยเป็น Auxiliary Independent Variable ที่เปลี่ยนแปลงอิทธิพลที่ X มีต่อ Y การศึกษาอิทธิพลเชิงสาเหตุโดยมีตัวแปรกำกับ (Mo) มีรูปแบบกรอบแนวความคิดการวิจัยปรากฏดังภาพที่ 8 สำหรับการเสนอผลอาจนำเสนอในลักษณะของภาพที่ 8(a) หรือภาพที่ 8(c) ก็ได้

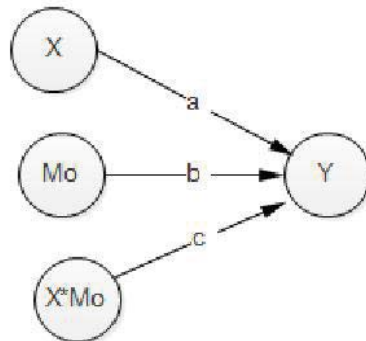
(a) ตัวแบบการกำกับ



(b) ตัวแบบการกำกับก่อนวิเคราะห์



(c) ตัวแบบการกำกับ วิเคราะห์ด้วย SEM/MRA



ภาพที่ 8 อิทธิพลเชิงสาเหตุโดยมีตัวแปรกำกับ

มนตรี พิริยะกุล (2559) ระบุว่า จากภาพที่ 8(a) สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ด้วยการถดถอยแบบเชิงชั้นจะต้องทำเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้ คือ จากสมการที่ (13) ให้เพิ่มอิทธิพลร่วมของ $X*Mo$ ลงในสมการที่ (14)

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์สมการถดถอย

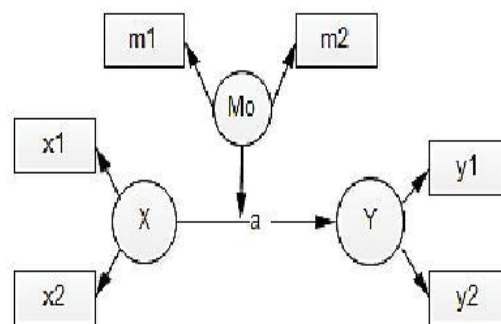
$$Y = f(X, Mo) + \varepsilon \quad (13)$$

ขั้นที่ 2 วิเคราะห์การถดถอย

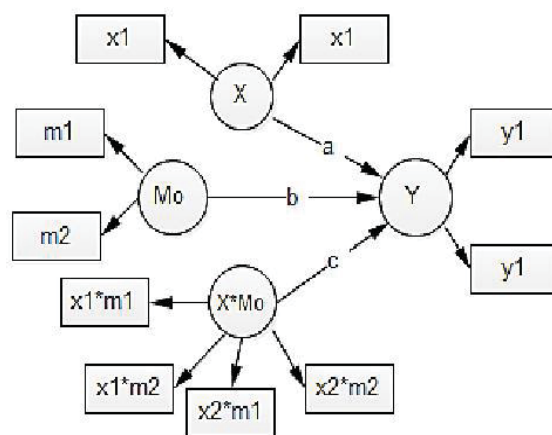
$$Y = f(X, Mo, X*Mo) + \varepsilon \quad (14)$$

กระบวนการนี้จะเป็ต้นแบบของสมการโครงสร้าง คือ เมื่อ X, M₀ และ Y เป็นตัวแปรแฝง ยังคงจัดเป็นภาพที่ 8 (c) แล้วรันด้วยซอฟต์แวร์สำหรับสมการโครงสร้างในกลุ่ม Variance-Based SEM หรือในกลุ่ม Covariance-Based SEM และเมื่อทราบค่าประมาณของ a, b และ c คือ \hat{a} , \hat{b} และ \hat{c} แล้วให้นำไปวางกำกับภาพเส้นทางในภาพที่ 8 (a) ซึ่ง \hat{c} คือ สัมประสิทธิ์ของการกำกับกรณีของแต่ละตัวแปรแฝงมีตัวบ่งชี้ของตนเอง ดังภาพที่ 9(a) และตัวบ่งชี้ของ Moderation Effect ดังภาพที่ 9(b)

(a) First Order Construct



(b) วิธี Paired Product Indicator



ภาพที่ 9 การสร้าง Product Indicators

การวิเคราะห์กรณี Product Indicator Approach ดำเนินการ ดังนี้

1. แปลงตัวบ่งชี้ทุกตัวให้เป็น Mean-centered indicator หรือ Standardized Indicators เช่น แปลง X_1 เป็น $X_1 - \bar{X}$ หรือเป็น $Z = \frac{X_1 - \bar{X}}{S_x}$ ตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝงอื่นก็ปฏิบัติเช่นเดียวกัน แต่ตัวแปรตามจะไม่แปลงก็ได้

2. ท้าวบ่งชี้ของ Moderation Effect คือ $X * M_0$ โดยการหาผลคูณดังภาพที่ 9 (b) เรียกว่า Paired Product Indicator แต่อาจไม่ต้องสร้างเป็นผลคูณของทุกคู่ (All Possible Pair) คือ สร้างโดยยึดหลักต้องมีตัวบ่งชี้ซ้ำ คือ x_{1m_1} , x_{2m_2} , x_{1m_2} , x_{2m_1} แต่ถ้ามีตัวบ่งชี้ไม่ซ้ำจะมีเพียง x_{1m_1} , x_{2m_2} เท่านั้น

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยใช้วิธี Constrained Product Indicator (LISREL-PI) วิธี Latent Moderated Structural Equations (LMS) และวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วนของตัวบ่งชี้ผลคูณ (Partial Least Squares Product Indicator Approach: PLS-PI) เนื่องจาก ยังมีการศึกษากันน้อยและแต่ละวิธีมีข้อดีและข้อด้อยที่แตกต่างกัน ดังนี้ 1) วิธี LISREL-PI เป็นวิธีการกำหนดค่าพารามิเตอร์หรือวิธีกำหนดค่าผลคูณตัวบ่งชี้ นั่นคือ ต้องมีการกำหนดค่าความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเส้นตรง (Nonlinear Constraints) ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์องค์ประกอบและความแปรปรวนที่เกี่ยวข้องกับเทอมปฏิสัมพันธ์ โดยทั่วไปแล้วค่าพารามิเตอร์บางตัวจะถูกกำหนดให้เป็นค่าคงที่ (เช่น 0.0) และให้ค่าอื่น ๆ ยังคงถูกประมาณค่าเหมือนเดิม การกำหนดค่าเหล่านี้ขึ้นอยู่กับพื้นฐานข้อตกลงเบื้องต้นที่ว่า ตัวแปรแฝงทุกตัวมีการแจกแจงปกติ วิธีการนี้มีข้อดีที่ ความลำเอียงในการประมาณค่าค่อนข้างต่ำ เมื่อมีการแจกแจงปกติเท่านั้น แต่ถ้ามีการแจกแจงไม่ปกติความลำเอียงในการประมาณค่าจะไม่ลดลง ถ้าใช้กลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ขึ้น โปรแกรมที่ใช้วิเคราะห์จะใช้ได้เฉพาะโปรแกรมการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างที่สามารถกำหนดค่าความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเส้นตรงได้เท่านั้น 2) วิธี LMS เป็นวิธีการไม่กำหนดค่าผลคูณ ใช้แนวคิดพื้นฐานจากการวิเคราะห์การแจกแจงหลายตัวแปรของการผสมผสานเวกเตอร์ตัวบ่งชี้ (Multivariate Distribution of the Joint Indicator Vector) ซึ่งใช้วิธีเหมือนกับการแจกแจงเป็นโค้งปกติแบบไฟไนต์มิกเซอร์ (Finite Mixture of Normal Distributions) และการวิเคราะห์ที่นำเอาการแจกแจงไม่ปกติของตัวแปรแฝงที่แสดงถึงปฏิสัมพันธ์มาพิจารณาด้วย เนื่องจากวิธี LMS ไม่ฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงปกติเหมือนกับวิธีการอื่น ๆ เมื่อพิจารณาข้อดีโดยทั่วไปแล้ววิธีการไม่กำหนดค่าผลคูณจะเป็นวิธีการที่ให้ผลการประมาณค่าที่แม่นยำมากที่สุด ซึ่งขึ้นอยู่กับ การแจกแจงและขนาดของกลุ่มตัวอย่างด้วย สำหรับข้อด้อยวิธีการไม่กำหนดค่าผลคูณจะเกิดปัญหาเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงสุด เมื่อตัวบ่งชี้มีการแจกแจงไม่ปกติ และ 3) วิธี PLS-PI เป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์โดยใช้วิธี Least Square ไม่เคร่งครัดข้อตกลงเรื่องการแจกแจงปกติ ตัวแปรจะแจกแจงปกติหรือไม่ก็ได้ และมีข้อดีที่สามารถใช้ตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงได้จำนวนมาก แต่มีข้อด้อยที่ต้องใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่เพื่อไม่ให้เกิดความลำเอียงในการประมาณค่าพารามิเตอร์ รายละเอียดมีการอธิบายอยู่ในตอนที่ 3

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงในการวิจัยนี้ใช้ 3 วิธี ได้แก่ วิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI รายละเอียดต่อไปนี้

1. วิธี LISREL-PI

อนุ เจริญวงศ์ระยับ (2554, หน้า 6-7) ได้อธิบายถึงแนวคิดในการวิเคราะห์ห้อธิพจน์ร่วมของตัวแปรแฝงด้วยวิธีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ (Constrained Approach) ว่าเป็นวิธีที่ต้องมีการกำหนดค่าความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้นตรง (Nonlinear Constraints) ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์องค์ประกอบและความแปรปรวนที่เกี่ยวข้องกับเทอมปฏิสัมพันธ์ โดยทั่วไปแล้วค่าพารามิเตอร์บางตัวจะถูกกำหนดให้เป็นค่าคงที่ (เช่น 0.0) และให้ค่าอื่น ๆ ยังคงถูกประมาณค่าเหมือนเดิม การกำหนดค่าเหล่านี้ขึ้นอยู่กับข้อตกลงเบื้องต้นว่าตัวแปรแฝงทุกตัวมีการแจกแจงเป็นแบบปกติ โมเดลดังกล่าวได้แนวคิดพื้นฐานมาจาก Kenny and Judd (1984) ซึ่งใช้วิธีการสร้างตัวแปรผลคูณโดยใช้ตัวบ่งชี้หลายครั้ง (Multiple Indicator Maximum Likelihood Approach) สอดคล้องกับวิธีของ Jaccard and Wan (1995) นั่นคือ ต้องสร้างตัวแปรผลคูณจากตัวบ่งชี้ทุกตัวในโมเดล ซึ่งเป็นวิธีที่ยุ่งยากซับซ้อน โดยเฉพาะเมื่อตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมีจำนวนมากขึ้น ดังนั้น Jöreskog and Yang (1996), Ping (1996) และ Algina and Moulder (2001) จึงปรับโดยใช้วิธีการสร้างตัวแปรผลคูณให้ใช้ตัวบ่งชี้เพียงครั้งเดียว (Single Indicator Maximum Likelihood Approach)

Moosbrugger et al. (2009, pp. 114-116) อธิบายว่า Constrained Approach ในโปรแกรม LISREL ถูกพัฒนาขึ้นมาภายใต้แนวคิดของ Kenny and Judd (1984) ที่อธิบายวิธีการวิเคราะห์ห้อธิพจน์ร่วมและห้อธิพจน์กำลังสองในโมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง จากภาพที่ 7 (หน้า 21) เทอมห้อธิพจน์ร่วมของตัวแปรแฝง คือ $\xi_1 \xi_2$ กำหนดตัวบ่งชี้ผลคูณได้ 9 ตัว ได้แก่ $X_1X_4, X_1X_5, X_1X_6, X_2X_4, X_2X_5, X_2X_6, X_3X_4, X_3X_5, X_3X_6$

ถ้า x_2 คือ ตัวบ่งชี้ของ ξ_1 โดย $x_2 = \lambda_{21}\xi_1 + \delta_2$ และ x_5 คือ ตัวบ่งชี้ของ ξ_2 โดย $x_5 = \lambda_{52}\xi_2 + \delta_5$ ดังนั้น สมการการวัดของตัวบ่งชี้ผลคูณของ x_2x_5 คือ

$$\begin{aligned} x_2x_5 &= (\lambda_{21}\xi_1 + \delta_2)(\lambda_{52}\xi_2 + \delta_5) \\ &= \lambda_{21}\lambda_{52}\xi_1\xi_2 + (\lambda_{21}\xi_1\delta_5 + \lambda_{52}\xi_2\delta_2 + \delta_2\delta_5) \\ &= \lambda_{83}\xi_1\xi_2 + \delta_8 \end{aligned} \quad (15)$$

เนื่องจาก พารามิเตอร์ของสมการการวัดไม่สามารถประมาณค่าได้โดยตรง จึงต้องกำหนดค่าความแปรปรวนในโมเดลสำหรับตัวบ่งชี้ผลคูณ x_2x_5 ดังนี้

$$\text{Var}(x_2x_5) = \lambda_{83}^2 \text{Var}(\xi_1\xi_2) + \text{Var}(\delta_8) \quad (16)$$

และกำหนดให้

$$\begin{aligned}\lambda_{83}^2 &= \lambda_{21}^2 \lambda_{52}^2 \\ \text{Var}(\xi_1 \xi_2) &= \text{Var}(\xi_1) \text{Var}(\xi_2) + \text{Cov}(\xi_1, \xi_2)^2 \\ \text{Var}(\delta_{14}) &= \lambda_{21}^2 \text{Var}(\xi_1) \text{Var}(\delta_5) + \lambda_{52}^2 \text{Var}(\xi_2) \text{Var}(\delta_2) + \text{Var}(\delta_2) \text{Var}(\delta_5) \quad (17)\end{aligned}$$

วิธีการสร้างตัวแปรผลคูณโดยใช้ตัวบ่งชี้หลายครั้งตามแนวคิดของ Kenny and Judd (1984) ต้องกำหนดโมเดลการวัดทุกตัวด้วยสมการวัดหลายสมการ ต่อมา Marsh et al. (2004) เสนอแนะให้ใช้วิธี Matched-Pair ดังนั้น การกำหนดตัวบ่งชี้ผลคูณได้เพียง 3 ตัว ได้แก่ $x_1 x_4$, $x_2 x_5$, $x_3 x_6$ สำหรับเทอมอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ξ_1 ξ_2 ตัวบ่งชี้กำลังสอง ได้แก่ x_1^2, x_2^2, x_3^2 สำหรับเทอมอิทธิพลกำลังสองของตัวแปรแฝง คือ ξ_1^2 ตัวบ่งชี้กำลังสอง ได้แก่ x_4^2, x_5^2, x_6^2 สำหรับเทอมอิทธิพลกำลังสองของตัวแปรแฝง คือ ξ_2^2 โมเดลการวัดสำหรับตัวแปรทำนายในโมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงเป็นดังนี้

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \\ x_1 x_4 \\ x_2 x_5 \\ x_3 x_6 \\ x_1^2 \\ x_2^2 \\ x_3^2 \\ x_4^2 \\ x_5^2 \\ x_6^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \lambda_{21} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \lambda_{31} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_{52} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_{62} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_{21} \lambda_{52} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_{31} \lambda_{62} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \lambda_{21}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \lambda_{31}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda_{52}^2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda_{62}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ \xi_1 \xi_2 \\ \xi_1^2 \\ \xi_2^2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \\ \delta_4 \\ \delta_5 \\ \delta_6 \\ \delta_7 \\ \delta_8 \\ \delta_9 \\ \delta_{10} \\ \delta_{11} \\ \delta_{12} \\ \delta_{13} \\ \delta_{14} \\ \delta_{15} \end{bmatrix} \quad (18)$$

การใช้ Constrained Approach สำหรับ Multiple Nonlinear Terms โดยกำหนดเวกเตอร์ค่าเฉลี่ย และเทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของ ξ_1 , ξ_2 , $\xi_1 \xi_2$, ξ_1^2 และ ξ_2^2 คือ

$$\kappa = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \phi_{21} \\ \phi_{11} \\ \phi_{22} \end{bmatrix}, \Phi = \begin{bmatrix} \phi_{11} & & & & \\ \phi_{21} & \phi_{22} & & & \\ 0 & 0 & \phi_{11} \phi_{22} + \phi_{21}^2 & & \\ 0 & 0 & 2\phi_{11} \phi_{21} & 2\phi_{11}^2 & \\ 0 & 0 & 2\phi_{22} \phi_{21} & 2\phi_{22}^2 & 2\phi_{22}^2 \end{bmatrix} \quad (19)$$

Schermelleh-Engel et al. (2010, pp. 172-173) อธิบายว่า วิธี Constrained Product Indicator Approach (LISREL-PI) เป็นโมเดลสมการโครงสร้างแบบ Covariance-Based วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธี Maximize Similarity ระหว่าง Covariance Structure ตามทฤษฎีกับ Covariance Structure ตามข้อมูลเชิงประจักษ์ การประมาณค่าพารามิเตอร์ใช้วิธี Maximum Likelihood มีข้อตกลงเบื้องต้นว่าตัวแปรแฝงทุกตัวมีการแจกแจงแบบปกติ การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงโดยใช้วิธี Constrained Product Indicator Approach (LISREL-PI) มีการคำนวณ Product Indicator จากตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝงภายใน

2. วิธี LMS

Moosbrugger et al. (1998, pp. 104-106) อธิบายถึงวิธี Latent Moderated Structural Equations (LMS) ว่า เป็นวิธีการที่นำไปใช้กับโมเดลปฏิสัมพันธ์ของตัวแปรแฝงหลายตัวที่มีการแจกแจงไม่ปกติ วิธี LMS คำนวณด้วยอัลกอริธึม Expectation-Maximization ที่สามารถนำไปปรับใช้กับการแจกแจงไม่ปกติและประมาณค่าพารามิเตอร์โดยใช้ Maximum Likelihood นอกจากนี้ วิธี LMS ได้แนวคิดพื้นฐานจากการวิเคราะห์การแจกแจงหลายตัวแปรของการผสมเวกเตอร์ตัวบ่งชี้ (Multivariate Distribution of the Joint Indicator Vector) ซึ่งใช้วิธีเหมือนกับการแจกแจงปกติแบบไฟไนต์มิกเชอร์ (Finite Mixture of Normal Distributions) และการวิเคราะห์ที่นำเอาการแจกแจงแบบไม่ปกติของตัวแปรแฝงที่แสดงถึงปฏิสัมพันธ์มาพิจารณาด้วย วิธี LMS สามารถอธิบายได้ด้วยโมเดลสมการโครงสร้าง ดังนี้

$$\eta = \alpha + \gamma_1 \xi_1 + \gamma_2 \xi_2 + \gamma_3 \xi_1 \xi_2 + \zeta \quad (20)$$

และโมเดลการวัด ดังสมการ

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \lambda_{21} & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & \lambda_{42} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \\ \delta_4 \end{pmatrix} \quad (21)$$

$$y = \eta \quad (22)$$

จากสมการ มีข้อตกลงเบื้องต้นว่า

- x_1, \dots, x_4 มีการแจกแจงปกติหลายตัวแปร โดยค่าคาดหวังเป็น 0
- ξ_1 และ ξ_2 มีการแจกแจงปกติสองตัวแปร โดยค่าคาดหวังเป็น 0
- $\delta_1, \dots, \delta_4$ มีการแจกแจงปกติ โดยค่าคาดหวังเป็น 0
- ζ มีการแจกแจงปกติ โดยค่าคาดหวังเป็น 0
- δ_i และ δ_j เป็นอิสระต่อกัน โดย $i \neq j (i=1, \dots, 4; j=1, \dots, 4)$
- δ_i และ ξ_k เป็นอิสระต่อกัน โดย $i=1, \dots, 4$ และ $k=1, 2$

ζ เป็นอิสระต่อกันกับ δ_i และ ξ_k โดย $i=1,\dots,4$ และ $k=1,2$
ในโมเดลกำหนดเวกเตอร์ของพารามิเตอร์เป็น 14 พารามิเตอร์ ดังนี้

$$\Theta = (\alpha, \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \text{Var}(\xi_1), \text{Var}(\xi_2), \text{Cov}(\xi_1, \xi_2), \lambda_{21}, \lambda_{42}, \\ \text{Var}(\delta_1), \text{Var}(\delta_2), \text{Var}(\delta_3), \text{Var}(\delta_4), \text{Var}(\zeta)) \quad (23)$$

เนื่องจาก ในโมเดลสมการโครงสร้างประกอบไปด้วย เทอมปฏิสัมพันธ์ของตัวแปรแฝง ξ_1, ξ_2 ตัวบ่งชี้ y ที่มีการแจกแจงไม่ปกติ อย่างไรก็ตาม เงื่อนไข $y|\xi_2$ (ξ_2 เป็นตัวแปรกำกับ) การผสมผสานเวกเตอร์ตัวบ่งชี้ $(x_1, x_2, x_3, x_4, y)|\xi_2$ ยังคงมีการแจกแจงปกติ วิธี LMS ได้ประโยชน์จากความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายแบบไม่มีเงื่อนไขและแบบมีเงื่อนไข โดยการประมาณค่าหลายตัวแปรฟังก์ชัน f ของเวกเตอร์ตัวบ่งชี้ $(x, y) = (x_1, x_2, x_3, x_4, y)$ โดยการแจกแจงปกติแบบไฟไนต์มิกเซอร์ (Finite Mixture) ของหลายตัวแปร ดังสมการต่อไปนี้

$$f(X = x, Y = y) = \sum_{j=1}^M \rho_j \psi_{\mu_j \Sigma_j}(x, y) \quad (24)$$

โดยที่ $\rho_j (j=1,\dots,M)$ แทน ความน่าจะเป็นแบบมิกเซอร์ (Mixture Probabilities)

$\psi_{\mu_j \Sigma_j}(x, y) (j=1,\dots,M)$ แทน การแจกแจงปกติมิกเซอร์ของตัวแปรแฝง

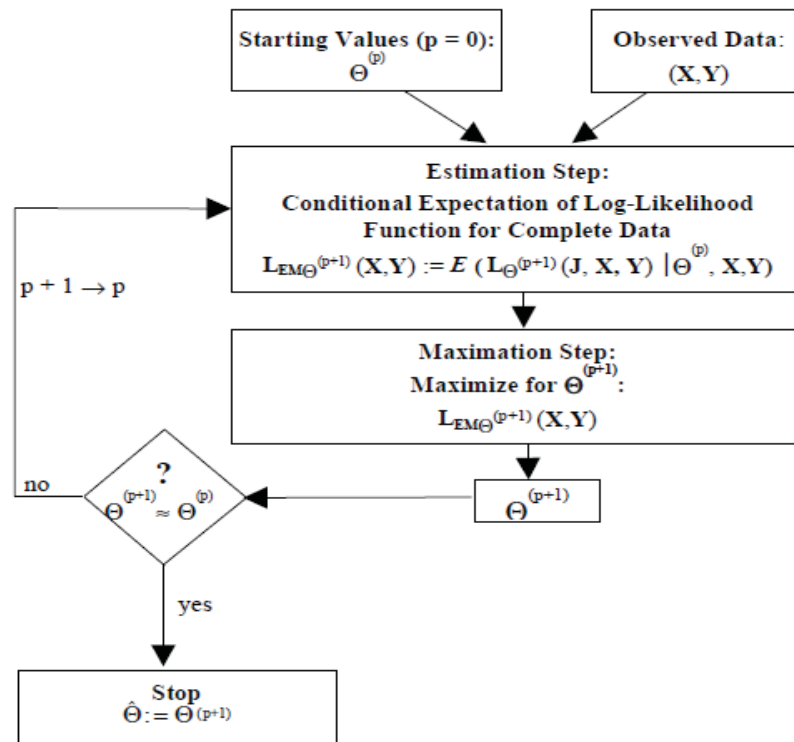
การดำเนินการด้วยวิธี LMS เป็นดังนี้ ค่ามิกเซอร์ (Mixture) มากน้อยพิจารณาจากดัชนีของ $1,\dots,M$ การพิจารณาการแจกแจงปกติของตัวแปร j ด้วยค่า $P(J = j) = \rho_j, j=1,\dots,M$ ข้อมูลในแต่ละแถว $(N \times 5)$ ของเมทริกซ์ข้อมูล (X, Y)

ยกตัวอย่าง $(x_i, y_i) = (x_{i1}, \dots, x_{i4}, y_i), i=1,\dots,N$ แสดงว่าผลลัพธ์ของขั้นตอนการสุ่มมี 2 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนแรก ค่าดัชนีของ j_i จะถูกดึงออกมาจากการแจกแจงปกติของการสุ่มตัวแปร j ขั้นตอนที่สอง ข้อมูลในแถวของ (x_i, y_i) ถูกดึงออกมาจากการแจกแจงปกติด้วยดัชนีของ j_i ทุกข้อมูลในแถวของ (x_i, y_i) ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของเมทริกซ์ (j_i, x_i, y_i) เมื่อ j_i แสดงถึงดัชนีหลักของ i ในแต่ละแถว ดังนั้น ทุกแถวของ (x_i, y_i) แทนเมทริกซ์ข้อมูล (X, Y) และ (j_i, x_i, y_i) แทนเมทริกซ์ข้อมูล (J, X, Y) การประมาณค่าเมทริกซ์ข้อมูลด้วยฟังก์ชัน Log-Likelihood ด้วยเวกเตอร์ไม่สมบูรณ์ของ (x_i, y_i) และเวกเตอร์สมบูรณ์ของ (j_i, x_i, y_i) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เมทริกซ์ข้อมูล ลักษณะฟังก์ชัน และฟังก์ชัน Log-Likelihood สำหรับเวกเตอร์ที่ไม่สมบูรณ์และเวกเตอร์ที่สมบูรณ์ของ Moosbrugger et al. (1998)

Subject Title	Incomplete Vector (Observed)	Complete Vector (Not Fully Observed)
1. Data Matrix (With Sample Size N)	$(X, Y) = \begin{pmatrix} x_{11}, \dots, x_{14}, y_1 \\ x_{i1}, \dots, x_{i4}, y_i \\ x_{N1}, \dots, x_{N4}, y_N \end{pmatrix}$	$(J, X, Y) = \begin{pmatrix} j_i, x_{11}, \dots, x_{14}, y_1 \\ j_i, x_{i1}, \dots, x_{i4}, y_i \\ j_N, x_{N1}, \dots, x_{N4}, y_N \end{pmatrix}$
2. Density Function	$f(X = x, Y = y) = \sum_{j=1}^M \rho_j \psi_{\mu_j \sum_j}(x, y)$	$f(J = j, X = x, Y = y) = \rho_j \psi_{\mu_j \sum_j}(x, y)$
3. Log-Likelihood Function	$L_{\Theta}(X, Y) = \sum_{i=1}^N \ln f(x_{i1}, \dots, x_{i4}, y_i)$	$L_{\Theta}(J, X, Y) = \sum_{i=1}^N \ln g(j_i, x_{i1}, \dots, x_{i4}, y_i)$

จากตารางที่ 1 การประมาณค่าพารามิเตอร์เวกเตอร์ Θ ด้วยวิธี Maximum Likelihood อัลกอริทึม Expectation-Maximization ใช้ฟังก์ชัน Log-Likelihood ของ $L_{\Theta}(J, X, Y)$ เพื่อที่จะ Maximize $L_{\Theta}(X, Y)$ สำหรับค่าพารามิเตอร์เวกเตอร์ $\Theta^{(o)}$ ในขั้นตอนมีความจำเป็นต้องใช้เวกเตอร์ Θ เป็นค่าเริ่มต้นสำหรับพารามิเตอร์และเมทริกซ์ข้อมูล (X, Y) ขั้นตอนการวนซ้ำ (Iterative Procedure) เริ่มจาก $\Theta^{(o)}$ มีการปรับมิเตอร์ของ Θ ในทุกการวนเวียนหาคำตอบและการบรรจบกันได้ (Converge) การประมาณค่าด้วย Maximum Likelihood ของ $\hat{\Theta}$ สำหรับ Θ ในแต่ละรอบประกอบด้วยสองส่วนย่อย ขั้นตอนการประมาณค่าด้วยวิธี LMS และขั้นตอน Maximize แสดงดังภาพที่ 8 ต่อไปนี้



ภาพที่ 10 ขั้นตอนการประมาณค่าด้วยวิธี LMS-ML

จากภาพที่ 10 อัลกอริธึม Expectation-Maximization กำหนด $\Theta^{(p)}$ เป็นค่าเวกเตอร์พารามิเตอร์ j_i คือองค์ประกอบของเมทริกซ์ข้อมูล (J, X, Y) ที่ไม่ได้สังเกต (Unobserved) ดังนั้นฟังก์ชัน Log-Likelihood ของ $L_{\Theta}(J, X, Y)$ ไม่สามารถนำมาใช้ได้โดยตรง และหลักการคำนวณ Expectation-Maximization ในการประมาณค่าขั้นตอน p ฟังก์ชัน Log-Likelihood ของ $L_{EM\Theta^{p+1}}(X, Y)$ สำหรับข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งเป็นเงื่อนไขค่าคาดหวังของ $L_{\Theta^{p+1}}(J, X, Y)$ ภายใต้เงื่อนไข $\Theta^{(p)}$ และเมทริกซ์ข้อมูล (X, Y) ที่สังเกตได้ ผลจากอัลกอริธึมดังกล่าวทำให้ได้ฟังก์ชัน $L_{EM\Theta^{p+1}}$ ซึ่งขึ้นอยู่กับเวกเตอร์พารามิเตอร์ $\Theta^{(p+1)}$ เท่านั้น สำหรับขั้นตอน Maximize คำนวณจากเวกเตอร์พารามิเตอร์ $\Theta^{(p+1)}$ เนื่องจากเป็นเวกเตอร์ที่จะเพิ่มฟังก์ชัน $L_{EM\Theta^{p+1}}(X, Y)$ ดังนั้นการเปรียบเทียบเวกเตอร์ $\Theta^{(p+1)}$ กับเวกเตอร์ $\Theta^{(p)}$ มีเงื่อนไข ดังนี้ ถ้ามีความแตกต่างของทั้งสองเวกเตอร์จะทำให้ไม่เกิดการบรรจบกันได้พอดี (Converge) ขั้นตอนการวนเวียนหาคำตอบ (Iterative Procedure) ในการประมาณค่าจะใช้ เวกเตอร์ $\Theta^{(p+1)}$ เป็นค่าปัจจุบันของเวกเตอร์พารามิเตอร์ $\Theta^{(p)}$ ถ้าใช้เกณฑ์การบรรจบกันพอดีอัลกอริธึมจะหยุดการทำงาน และ $\Theta^{(p+1)}$ ถือได้ว่าเป็นการประมาณค่าของ Θ และ $\hat{\Theta}$ เกิดจาก $\Theta^{(p+1)}$ ที่ทำให้ฟังก์ชัน Log-Likelihood ของ $L_{\Theta}(X, Y)$ จากตัวแปรสังเกตได้มีค่าสูงสุด

ดังนั้น อัลกอริธึม Expectation-Maximization มีขั้นตอนทำซ้ำในการประมาณค่าแบบ Maximum likelihood สำหรับ Θ โดยใช้ฟังก์ชัน Log-Likelihood ของ $L_{EMQ^{p+1}}(X, Y)$ ของตัวแปรสังเกตได้ การแจกแจงไม่ปกติของเวกเตอร์ตัวบ่งชี้จะนำไปพิจารณาในขั้นตอนการประมาณค่า และขั้นตอนการทำให้สูงสุด (Maximization Step) เพื่อประมาณค่าฟังก์ชันมิกเซอร์ (Mixture Density Function) วิธี LMS ใช้ข้อมูลดิบทั้งหมดจากตัวบ่งชี้เพื่อประมาณค่าและไม่จำเป็นต้องใช้ตัวแปรผลคูณ สำหรับการประมาณค่าด้วยวิธี LMS ในสถานการณ์จำลองใช้ได้กับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (เช่น 200 คน) จะทำให้การประมาณค่าพารามิเตอร์มีความแม่นยำอย่างมากและไม่มี ความลำเอียง

Moosbrugger (2009, pp. 113-114) อธิบายว่าวิธี LMS เป็นวิธีการเพื่อใช้ประมาณค่า อิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงหลายตัวและสมการกำลังสอง โนมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงที่เกิดจากอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงหลายตัวและสมการกำลังสอง ดังสมการต่อไปนี้

$$\eta = \alpha + \gamma_{11}\xi_1 + \gamma_{12}\xi_2 + \omega_{12}\xi_1\xi_2 + \omega_{11}\xi_1^2 + \omega_{22}\xi_2^2 + \zeta \quad (25)$$

จากสมการ ตัวแปรแฝงภายนอก คือ ξ_1 และ ξ_2 เทอมปฏิสัมพันธ์ของตัวแปรแฝง คือ $\xi_1 \xi_2$ เทอมสมการกำลังสองของตัวแปรแฝง คือ ξ_1^2 และ ξ_2^2 ตัวแปรแฝงภายใน คือ η และเทอม ความคลาดเคลื่อน คือ ζ ค่าพารามิเตอร์ที่เป็นเส้นตรงคือ γ_{11}, γ_{12} ค่าอิทธิพลร่วมของ $\xi_1 \xi_2$ คือ ω_{12} ค่าอิทธิพลสมการกำลังสองของ ξ_1^2 และ ξ_2^2 คือ ω_{11} และ ω_{22} ตามลำดับ กรณีที่ตัวแปรแฝง ภายนอกวัดจากตัวแปรสังเกตได้ x_1, x_2, x_3 และ x_4, x_5, x_6 และตัวแปรแฝงภายในวัดจากตัวแปร สังเกตได้ y_1, y_2, y_3 ดังสมการต่อไปนี้

โมเดลการวัดของตัวแปรภายนอก ξ คือ

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \lambda_{21} & 0 \\ \lambda_{31} & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & \lambda_{52} \\ 0 & \lambda_{62} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \\ \delta_4 \\ \delta_5 \\ \delta_6 \end{pmatrix} \quad (26)$$

และโมเดลการวัดของตัวแปรภายใน η คือ

$$\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ \lambda_{21}^y \\ \lambda_{31}^y \end{pmatrix} \eta_1 + \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \end{pmatrix} \quad (27)$$

ในวิธี LMS ไม่จำเป็นต้องใช้ตัวบ่งชี้ผลคูณ (Product Indicators) สำหรับการประมาณค่าอิทธิพลแบบไม่เป็นเส้นตรง (Nonlinear Effect) เนื่องจาก ตัวแปรเกณฑ์หรือตัวแปรตาม (Criterion Variables/Dependent Variables) จะไม่มีการแจกแจงแบบปกติ (Non-Normally Distributed) สำหรับตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรทำนาย ในสมการ คือ ξ_1, ξ_2 และความคลาดเคลื่อนทุกตัวมีการแจกแจงแบบปกติ การประมาณค่าพารามิเตอร์โดยใช้ Maximum Likelihood ที่คำนวณด้วยอัลกอริธึม Expectation-Maximization การศึกษาจากสถานการณ์จำลอง ผลการประมาณค่าด้วยวิธี LMS จะมีความถูกต้องและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานไม่มีความลำเอียง (Unbiased) วิธีการ LMS นำมาปรับใช้ในโปรแกรม Mplus และการเขียนคำสั่งในโปรแกรมง่าย การวิเคราะห์ Nonlinear Terms จะใช้คำสั่ง XWITH ตัวอย่างคำสั่งที่ใช้ในโปรแกรมจากโมเดลการวัดสมการ (26) สมการ (27) และโมเดลสมการโครงสร้างสมการ (25) เป็นดังนี้

```
Title: Full Nonlinear Model
DATA: FILE = LMS.dat;
VARIABLE: NAMES ARE Y1 - Y3 X1-X6;
ANALYSIS: TYPE = RANDOM;
ALGORITHM = INTEGRATION;
ITERATIONS = 300;
MODEL: f1 BY X1 X2 X3;
f2 BY X4 X5 X6;
f3 BY Y1 Y2 Y3;
f1f2 | f1 XWITH f2;
f1f1 | f1 XWITH f1;
f2f2 | f2 XWITH f2;
f3 on f1 f2 f1f2 f1f1 f2f2;
OUTPUT: tech1; tech8;
```

Kline (2011, p. 59) อธิบายว่า วิธี LMS ใช้ Maximum Likelihood ในการประมาณค่าโดยกำหนด Nonproduct Variables ให้มีการแจกแจงแบบปกติ และใช้ระดับของการแจกแจงไม่ปกติที่แสดงถึง Latent Product Terms นำค่าเฉลี่ยของโครงสร้าง (Mean Structure) เข้าไปในโมเดล และใช้อัลกอริธึม Expectation-Maximization ประมาณค่า มี 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอน E

(Expectation) คือ ค่าสังเกตที่คาดหวังไปจะถูกใส่ไว้ในคะแนนพยากรณ์ ในชุดของการถดถอยในแต่ละตัวแปรที่ไม่สมบูรณ์ จะถดถอยในตัวแปรที่เหลืออยู่ ขั้นตอน M (Maximization) คือ ชุดข้อมูลทั้งหมดจะถูกส่งไปเพื่อประมาณค่าแบบ Maximum Likelihood ทั้งสองขั้นตอนนี้จะทำซ้ำจนกระทั่งให้ผลคงที่ วิธี LMS วิเคราะห์โดยตรงจากคะแนนดิบ (Raw Data) ไม่มี Matrix Input จากตัวบ่งชี้ผลคูณ ในการประมาณค่าอิทธิพลร่วม วิธี LMS เป็นวิธีที่แม่นยำที่สุด เพราะประมาณค่าอาศัยการแจกแจงไม่ปกติ

3. วิธี PLS-PI

3.1 หลักการของ PLS

มนตรี พิริยะกุล (2553, หน้า 1) อธิบายว่า โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling: SEM) มีการวิเคราะห์ใน 2 รูปแบบ ดังนี้

3.1.1 Covariance-Based SEM (CBSEM) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธี Maximize Similarity ระหว่าง Covariance Structure ตามทฤษฎีกับ Covariance Structure ตามข้อมูลเชิงประจักษ์ เช่น LISREL, AMOS, EQS การวิเคราะห์ตามแนวทางนี้มักจำเป็นต้องปรับโมเดล นานกว่าจะทำให้โครงสร้างทั้งสองทาบกันสนิท การตรวจสอบจากเกณฑ์ (Threshold) ที่กำหนด เช่น ค่า RMSEA Chi-Square และ Fit Index เป็นต้น การปรับโมเดลจะเป็นการโยนให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่าง Error Term ของ Manifest Variable (MV)

3.1.2 Variance-based SEM: VBSEM หรือ Component-Based SEM ใช้วิธีการถดถอยองค์ประกอบหลัก (Principal Component Regression) ในอัลกอริธึมสำหรับประมาณค่า VBSEM จะใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Square Method: OLS) ในการวิเคราะห์ นั่นคือ หาเส้นถดถอยที่ทำให้ผลบวกกำลังสองของผลต่างระหว่างจุดต่าง ๆ กับเส้นถดถอยมีค่าน้อยที่สุด เส้นถดถอยจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด สามารถหาได้โดยการหาค่าประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย b_0 และ b_1 ที่ทำให้ $\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2$ มีค่าน้อยที่สุด ซึ่งทำได้โดยการหาค่าอนุพันธ์ $\sum_{i=1}^n e_i^2$ เทียบกับ b_0 และ b_1 แล้วกำหนดให้เท่ากับศูนย์

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x} \quad (28)$$

$$b_1 = \frac{\sum x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sum x_i^2 - n \bar{x}^2} = \frac{S_{xy}}{S_{xx}} \quad (29)$$

$$S_{xy} = \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum x_i y_i - n \bar{x} \bar{y} \quad (30)$$

$$S_{xx} = \sum (x_i - \bar{x})^2 = \sum x_i^2 - n \bar{x}^2 \quad (31)$$

$$S_{yy} = \sum (y_i - \bar{y})^2 = \sum y_i^2 - n \bar{y}^2 \quad (32)$$

การวิเคราะห์กำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วน (Partial Least Squares: PLS) เป็น Variance Based Model พัฒนาตามวิธีกำลังสองน้อยที่สุดที่ใช้วิธีการถดถอยองค์ประกอบหลัก เป็นเครื่องมือตามวิธี Least Square ซอฟต์แวร์ที่ใช้ เช่น PLS-Graph, Visual PLS, Smart PLS ซึ่งใช้ง่าย และ Convergence เสมอ เมื่อเทียบกับ LISREL ซึ่ง LISREL ใช้วิธี Maximum Likelihood และมุ่ง Maximize ความคล้ายคลึงหรือความสอดคล้องหรือความกลมกลืนระหว่าง Covariance Matrix ของข้อมูลเชิงประจักษ์กับ Covariance Matrix ตามทฤษฎี

PLS เป็น Soft Modeling คือ พัฒนาความสัมพันธ์โดยไม่มีข้อตกลงเรื่องการแจกแจงของ Residual แต่สนใจว่าจะต้องคาดคะเน (Predict) ค่าตัวแปรตามให้แม่นยำที่สุด คือหาค่าประมาณของสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ ที่มีผลให้ $\sum residual^2$ มีค่าต่ำสุด คือ Minimize $\sum e_i^2$, Minimize $\sum \delta_i^2$ และ Minimize $\sum \zeta_i^2$

จากการกล่าวข้างต้นนี้มีความหมาย 2 ประการคือ 1) Soft Modeling และ 2) Prediction Objective ทั้งสองเรื่องมีความสัมพันธ์กัน และเป็นแนวความคิดของ Least Square ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุ คือในวิธีกำลังสองน้อยที่สุดมุ่ง Minimize $\sum e_i^2$ เทียบต่อ $\hat{\beta}$ ผลที่ได้คือ $\hat{\beta}$ ที่ทำให้ $\sum e_i^2$ มีค่าต่ำที่สุด แต่ $e_i = Y_i - \hat{Y}_i$ หมายความว่า การใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดประมาณค่า β จะทำให้ \hat{Y}_i คาดคะเน (Predict) ค่าของ Y_i ได้แม่นยำ ด้วยเหตุนี้คำว่า Soft Modeling และ Prediction Objective ก็คือการพัฒนา Path Model โดยยึดหลักวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุตามปกติทั่วไป

3.2 อัลกอริธึมของ PLS

มนตรี พิริยะกุล (2553, หน้า 9-10) อธิบายว่า อัลกอริธึมของ PLS แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

3.2.1 External Estimation ของ LV (ในที่นี้จะใช้สัญลักษณ์เป็นคือ V_h) โดยที่ V_h คือ Weighted Aggregation จาก MV's ของตนเอง (คือเฉพาะใน Block ของตนเอง)

$$V_h \propto \sum_j W_{jh} O_{jh}; h = 1, 2, \dots, (H + K) \quad (33)$$

H คือ จำนวน LV ที่เป็น Exogenous Variables K คือจำนวน LV ที่เป็น Endogenous Variables สัญลักษณ์ \propto คือพจน์ทางซ้ายเป็น Standardized Value ของพจน์ทางขวา ในที่นี้ V_h คือ Standardized Value ของ $\sum W_{jh} O_{jh}$ (ใช้อักษร O ในความหมายของ X หรือ Y และใช้ V และ Z ในความหมายของ ξ หรือ η)

3.2.2 Internal Estimation ของ LV (คือ Z_h) โดยที่ Z_h คือ Weighted Aggregation ของ LV คือ

$$Z_h \propto \sum_{h'} e_{hh'} V_{h'} \quad (34)$$

การประมาณค่าเริ่มจาก ขั้นที่ 1 โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นให้ w_{jh} ด้วยวิธีที่เหมาะสมได้ V_h และส่งค่า V_h ไปใช้ในขั้นที่ 2 เพื่อหาค่า Z_h โดยกำหนดค่าเริ่มต้นของน้ำหนัก $e_{hh'}$ ด้วยค่าที่เหมาะสม จากนั้นย้อนกลับไปคำนวณ V_h และ Z_h สลับไปมาจนกระทั่ง Convergent อัลกอริธึม ดังนี้

ขั้นที่ 1 ประมาณค่า LV ใน block ที่ h ; $h = 1, 2, \dots, H + K$ ($H + K$ คือ จำนวน LV ทั้งที่เป็น Exogenous Variable และ Endogenous Variable รวมกัน คือ

$$V_h = w_{h1}O_{h1} + w_{h2}O_{h2} + \dots + w_{hp}O_{hp}; h = 1, 2, \dots, (H + K) \quad (35)$$

แล้วแปลงค่าของ V_h เป็นคะแนนมาตรฐาน เมื่อ p คือจำนวน MV (เรียกว่า Indicator หรือ Proxy)

การกำหนดค่าเริ่มต้นของ w_{hi} ; $i = 1, 2, \dots, p$ ทำได้หลายวิธี เช่น

$$1) w_{hi} = \frac{1}{p}$$

2) ใช้ค่าสมาชิกของ Eigen Vector ที่สอดคล้องกับ Eigen Value ค่าที่ใหญ่ที่สุดของอะเรย์ $(X_{hij})_{p \times p}$ เป็นค่าของ w_{hi} วิธีนี้คือ Principal Component Regression

3) กำหนด w_{hi} ด้วยค่าใด ๆ

ขั้นที่ 2 ประมาณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางระหว่าง LV โดยการวิเคราะห์สมการถดถอยของสมการโครงสร้างตามเส้นทาง หรือวิเคราะห์สมการถดถอยของสมการโครงสร้างแต่ใช้ตัวแปรที่เชื่อมโยงถึงกัน (Adjacent Variable) จะเป็นโยงออกไปหรือโยงเข้ามาเป็นตัวแปรอิสระ หรือใช้ Correlation ระหว่าง Adjacent LV

ขั้นที่ 3 ประมาณค่า LV ใหม่โดยใช้น้ำหนักที่ได้ในขั้นที่ 2 แล้วแปลงค่าของ LV เป็นคะแนนมาตรฐาน

ขั้นที่ 4 ประมาณค่า w_{hi} ; $i = 1, 2, \dots, p$; $h = 1, 2, \dots, (H + K)$ แบ่งเป็นกรณี Formative Measurement Model กับ Reflective Measurement Model ดังนี้

1) กรณี Formative Measurement Model ให้ใช้สัมประสิทธิ์การถดถอยจากสมการ

$$\hat{V} = w_{h1}O_{h1} + w_{h2}O_{h2} + \dots + w_{hp}O_{hp}; h = 1, 2, \dots, (H + K) \quad (36)$$

$$\text{โดย } \hat{W} = (O_h' O_h)^{-1} O_h' \hat{V}$$

$$\hat{W} = \begin{bmatrix} \hat{w}_{h1} \\ \hat{w}_{h2} \\ \vdots \\ \hat{w}_{hp} \end{bmatrix}, \hat{V}_h = \begin{bmatrix} \hat{v}_{h1} \\ \hat{v}_{h2} \\ \vdots \\ \hat{v}_{hn_h} \end{bmatrix}, O_h = \begin{bmatrix} o_{h11} & o_{h21} & \dots & o_{hp1} \\ o_{h12} & o_{h22} & \dots & o_{hp2} \\ o_{h13} & o_{h23} & \dots & o_{hp3} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ o_{h1n_1} & o_{h2n_1} & \dots & o_{hp n_h} \end{bmatrix}; h = 1, 2, \dots, (H + K)$$

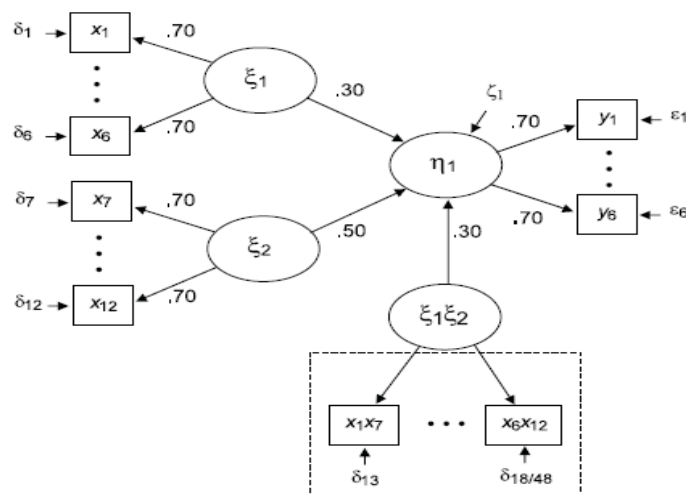
2) กรณี Reflective Measurement Model ให้ใช้สหสัมพันธ์ระหว่าง \hat{V}_h กับ O_{hi} คือ

$$\hat{w} = corr(V_h, O_{hi}); i=1,2,\dots,p; h=1,2,\dots,(H + K) \quad (37)$$

ขั้นที่ 5 ส่งค่า \hat{W} ไปยังขั้นที่ 1 แล้วดำเนินตามขั้นที่ 2 ขั้นที่ 3 และขั้นที่ 4 โดยทำซ้ำ ๆ (Iterate) เรื่อย ๆ ไปจนกว่าจะลู่เข้า (Convergence) เงื่อนไขการลู่เข้า คือค่าประมาณของน้ำหนัก w_{hi} และ สัมประสิทธิ์เส้นทางมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้ก่อนหน้านั้นคือ $|\hat{w}_{hi,t} - \hat{w}_{hi,t-1}| < q$ และ $|\hat{e}_{hh',t} - \hat{e}_{hh',t-1}| < q$ โดยที่ q คือระดับความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับ

3.3 หลักการของ PLS-PI

Schermelleh-Engel et al. (2010, p. 168) อธิบายว่า Chin et al. ได้นำ PLS มาขยายต่อเพื่อวิเคราะห์โมเดลปฏิสัมพันธ์โดยใช้ Product Indicators และเป็นคนแรกที่เสนอให้มีการใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วนของตัวบ่งชี้ผลคูณ (Partial Least Squares Product Indicator Approach: PLS-PI) ในปี 1996 และ 2003 สำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงโดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วนของตัวบ่งชี้ผลคูณ ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงโดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วนของตัวบ่งชี้ผลคูณ (Partial Least Squares Product Indicator Approach: PLS-PI)

จากภาพที่ 11 โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงโดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วนของตัวบ่งชี้ผลคูณมีการคำนวณ Product Indicator จากตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรอิสระหรือตัวแปรทำนาย เช่น ตัวแปรแฝงภายในมี 2 ตัวแต่ละตัวมีตัวบ่งชี้ 6 ตัว ดังนั้น Product Indicator สำหรับการวัดในเทอมของอิทธิพลรวมเท่ากับ 36 เช่น $x_1 \times x_7, x_1 \times x_8, x_1 \times x_9, \dots, x_6 \times x_{10}, x_6 \times x_{11}, x_6 \times x_{12}$) ดังนั้น โมเดลการวัดสำหรับตัวแปรแฝงภายในจะประกอบด้วยสมการการวัด 36 สมการ เช่น $x_2 \times x_8 = \lambda_{14,3} \xi_1 \xi_2 + \delta_{14}$ เป็นต้น

3.4 การตรวจสอบความตรงเชิงเหมือน ความตรงเชิงจำแนก และดัชนี

ความสอดคล้องของ PLS

มนตรี พิริยะกุล (2553, หน้า 11-17) ระบุถึง การตรวจสอบความตรงเชิงเหมือน ความตรงเชิงจำแนก และดัชนีความสอดคล้องของ PLS มีรายละเอียดดังนี้

3.4.1 ความตรงเชิงเหมือน (Convergent Validity) ยกตัวอย่างเช่น ค่าความตรงของข้อสอบตั้งแต่ 2 ฉบับขึ้นไปที่วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนได้เหมือนกัน ในความหมายของมาตรวัด (Measure) จะหมายถึงข้อคำถาม (Item) ต่าง ๆ สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้องค์ประกอบเดียวกันนั้นได้เหมือนกัน สถิติที่ใช้วัดความตรงเชิงเหมือน ดังนี้

3.4.1.1 Loadings ของตัวบ่งชี้ในบล็อกจะต้องมีค่าสูงกว่า 0.707 แต่ไม่ควรต่ำกว่า 0.50 Loadings คือค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัย (Factor) ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรที่ศึกษา เช่น ในสมการปัจจัย $X_j = a_{j1}F_1 + a_{j2}F_2 + a_{j3}F_3 + a_{j4}F_4 + a_{j5}F_5 + v_j$ เรียก a_{ji} ว่า Loadings คือน้ำหนัก (สหสัมพันธ์) ที่ F_i มีต่อ X_j ถ้า a_{jk} มีค่ามากที่สุด แสดงว่า X_j ต้องจัดเข้าเป็นสมาชิกกลุ่ม F_k ในกรณีนี้ $X_j ; j = 1, 2, \dots, m_i$ คือ MV's และ F คือ LV_i ดังนั้น Loadings หมายถึง น้ำหนักของความสัมพันธ์ หากมีค่าสูงก็แสดงว่า MV นั้นควรจัดเข้ากลุ่มของ LV_i

3.4.1.2 ค่า t -test ของ Loadings ต้องมีนัยสำคัญคือ $|t| > 1.96$

3.4.1.3 $AVE_h \geq 0.50$ AVE ย่อมาจากคำว่า Average Variance Extracted คือ

$$AVE_h = \frac{1}{p} \sum_i^p (\text{loading}_{hi})^2 \quad \text{หรือ} \quad AVE_h = \frac{\sum_i^p \lambda_{hi}^2}{\sum_i^p \lambda_{hi}^2 + \sum_i^p (1 - \lambda_{hi}^2)} ; h = 1, 2, \dots, (H+K) \quad (38)$$

AVE_h เป็นดัชนีที่แสดงให้เห็นว่า Construct ที่ h สามารถควบคุมความผันแปรของตัวบ่งชี้ได้มากน้อยเพียงใด

สำหรับกรณี Formative Measurement Model พิจารณาจากเกณฑ์ ดังนี้

3.4.1.3.1 R^2 ซึ่งก็คือ $\frac{\text{SumSquareRegression}}{\text{SumSquareTotal}}$ ของแต่ละบล็อก โดยที่ R^2

ควรมีค่าสูง ถ้าไม่สูงมากแต่ไม่ควรต่ำกว่า 0.20

3.4.1.3.2 ให้พิจารณาตามบริบทและการประกอบกันเข้าของตัวบ่งชี้ว่าเป็น

ตัวบ่งชี้ของ Construct นั้น ๆ หรือไม่ สามารถอธิบายได้หรือไม่ว่า Construct นั้นเกิดจากการรวมกันเข้ามาของตัวบ่งชี้เหล่านี้ ทั้งนี้ ตัวบ่งชี้ใน Formative Measurement Model นั้นถือว่าเป็นเพียงบางส่วนของตัวบ่งชี้ที่มีอยู่มิใช่ทั้งหมด เช่น Human Development เกิดจากการรวมตัวกันของการศึกษา ความรู้ ความสามารถ การมีรายได้ และการมีวิถีชีวิตที่สมเหตุสมผล Social Status เกิดจากการศึกษา อาชีพ รายได้ ถิ่นที่อยู่ ความเป็นอยู่ Performance เกิดจาก Marketing Performance, Financial Performance, Operation Performance เป็นต้น

3.4.1.3.3 พิจารณาค่า Redundancy คือ ความสามารถที่ตัวแปรในโครงสร้างที่มีอิทธิพลตรงต่อ LV_h สามารถอธิบาย MV_{hj} ได้โดยอธิบายผ่าน LV_h หมายถึง LV 's อื่น ๆ ในโครงสร้างที่เกี่ยวข้องทางตรงกับ LV_h มีอิทธิพลต่อ MV ต่าง ๆ ของบล็อกที่ h เพียงใด ขั้นตอนคือ

1) ในบล็อกที่ h วิเคราะห์สมการถดถอย $X_{hj} = aY_h + b$ เมื่อ Y_h คือ

LV ที่ h จะได้ Mean Square total คือ MST_{hj}

2) วิเคราะห์สมการถดถอย $Y_h = f(Y$'s ที่อธิบาย $Y_h)$ ได้ $MST_{\hat{Y}_h}$

$$3) \text{Redundancy}_j = \frac{MST_{\hat{y}_h}}{MST_{hj}} \quad (39)$$

$$4) \text{AvRedundancy} = \frac{1}{p} \sum_i \text{reduncancy}_j \quad (40)$$

3.4.2 ความตรงเชิงจำแนก (Discriminant Validity) คือดัชนีที่ชี้ว่ามาตรวัดของ construct หนึ่ง ต้องแยกขาดจากกันกับมาตรวัดของ Construct อื่น ถ้าเทียบกับการสอบ เช่น ข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ต้องไม่ปนกับวิชาภาษาอังกฤษแต่ต้องแยกวัดความรู้กัน จากแนวคิดนี้มี 2 ระดับ ได้แก่ ข้อถามจากต่าง Construct กัน ต้องถามคนละเรื่อง และในระดับ LV คือคะแนนของ LV ต้องไม่สัมพันธ์กันมากเกณฑ์ตัดสินใจ (Threshold) เรื่องความเที่ยงตรงเชิงจำแนก มีดังนี้

3.4.2.1 ตัวบ่งชี้ในบล็อกเดียวกันมีสหสัมพันธ์ต่อกันสูง แต่ในต่างบล็อกจะมีสหสัมพันธ์ต่อกันต่ำ หรือถ้าจะทำ Exploratory Factor Analysis (EFA) จะพบว่า Loadings ของตัวบ่งชี้ในบล็อกเดียวกันจะมีค่าสูง แต่ Loadings ของตัวบ่งชี้ในบล็อกอื่น (Factor อื่น) จะมีค่าต่ำกว่า เรียกว่า Cross Loading Analysis หรือ Monofactorial Manifest Variable Analysis ปัญหาของ EFA คือ ตัวบ่งชี้ของกลุ่มหนึ่งไปปนอยู่ในกลุ่มอื่น กรณีนี้ถ้าแปลงข้อมูลของทุกตัวบ่งชี้เป็นคะแนนมาตรฐานคือ $N(0,1)$ ก็อาจไม่พบปัญหา แต่ถ้ายังพบอยู่ก็อาจต้องทิ้ง ตัวบ่งชี้ที่เข้ากลุ่มผิดนั้นไป

3.4.2.2 สหสัมพันธ์ระหว่าง LV มีค่าต่ำกว่า \sqrt{AVE} เรียกสหสัมพันธ์ระหว่าง LV ว่า Cross construct correlation เป็นตารางจัตุรัสขนาด $(H+K) \times (H+K)$ โดยทั่วไปจะเสนอในรูปแบบ Lower diagonal เพราะเป็นตารางที่สมมาตร แล้วนำ \sqrt{AVE}_h ; $h = 1, 2, \dots, (H+K)$ ไปวางในตำแหน่งที่ (h, h) แล้วตรวจดูคร่าวละ 1 สดมภ์และ 1 แถว ถ้า \sqrt{AVE}_h มีค่าสูงกว่า ค่าสหสัมพันธ์ของ LV ในแถวที่ h และสดมภ์ที่ h ทุกตัวแสดงว่ามาตรวัดของ LV ที่ h มีความเที่ยงตรงเชิงจำแนกค่า \sqrt{AVE}_h ต้องไม่ต่ำกว่า 0.50 หรือ $\sqrt{AVE}_h > 0.5$

3.4.2.3 ความเที่ยง (Reliability) วัดด้วย 2 ดัชนี คือ Cronbach' α และ Composite Reliability (CR) ค่าทั้งสองใช้วัดว่า Indicator เมื่อรวมกันแล้วสามารถวัดค่าของ LV ได้คงเส้นคงวา (Consistence) เพียงใด คำว่าคงเส้นคงวา หมายถึง จะวัดกี่ครั้งผู้ตอบก็จะได้คะแนนรวมเท่ากับ p% เช่น $\alpha = 0.7$ แสดงว่าถ้าให้ผู้ตอบตอบคำถามชุดนี้ 100 ครั้งจะได้คะแนนรวมเท่าเดิม 70 ครั้ง กำหนดเกณฑ์ (Threshold) ไว้ดังนี้

$$3.4.2.3.1 \text{ Cronbach' } \alpha \geq 0.70 \text{ โดยที่ } \alpha = 1 - \frac{\sum S_i^2}{S^2} \quad (41)$$

เมื่อ S_i^2 คือความผันแปรของคะแนนข้อถามที่ i และ S^2 คือ ความผันแปรของคะแนนรวมทั้งหมด (Block) α จะมี Bias ถ้ามี Item น้อย

3.4.2.3.2 Composite Reliability ≥ 0.60 บางครั้งกำหนดสูงถึง 0.70 หรือ 0.80 โดยที่

$$\text{CR (หรือ } \rho_c) = \frac{\left(\sum_i^p \lambda_{hi}\right)^2}{\left(\sum_i^p \lambda_{hi}\right)^2 + \sum(1-\lambda_{hi}^2)} \quad (42)$$

3.4.3 ดัชนีความสอดคล้องของ PLS (PLS Fit Index)

ความเที่ยงตรงของตัวแบบสามารถวัดได้ 3 วิธี (Tennenhaus, Vinzi, Chatelin and Lauro, 2004) ดังนี้

$$3.4.3.1 \text{ AvCommun}_h = \frac{1}{p_h} \sum_j^{p_h} \lambda_{hj}^2; h = 1, 2, \dots, (H+K) \quad (43)$$

$$\text{และ } \overline{\text{commun}} = \frac{1}{k} \sum_h^k p_h * \text{AvCommun}_h \quad (44)$$

เมื่อ k คือจำนวน LV ทั้งหมด ค่า Commuality จะใช้วัดว่า LV สามารถอธิบาย MV ในบล็อกของตัวได้ดีเพียงใด และ $\overline{\text{commun}}$ ใช้แสดงรวม ๆ ว่า LV's ใช้อธิบาย MV's ได้ดีเพียงใด

3.4.3.2 Redundancy ใช้อธิบายว่าตัวแปรแฝงทุกตัวในสมการโครงสร้างที่สัมพันธ์ทางตรงกับ LV ในบล็อกที่ h สามารถอธิบาย MV ในบล็อก h ได้ดีเพียงใด

$$\text{AvRedund}_h = \text{AvCommun}_j * R^2 \left(\xi_j, \xi_q(\xi_q \rightarrow \xi_h) \right); h = 1, 2, \dots, m_j \quad (45)$$

$$\text{และ } \overline{\text{Redund}} = \frac{1}{H+K} \sum_j^{H+K} \text{AvRedund}_j \quad (46)$$

โดยปกติการนำเสนอค่า Communality และ Redundancy เฉพาะค่าประจำบล็อกซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยจาก MV ในบล็อก ค่าเหล่านี้อยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ยิ่งใกล้ 1 ยิ่งดี ส่วน \overline{Redund} จะเป็นดัชนีที่ใช้วัดคุณภาพโดยรวมคือ Prediction Performance ของตัวแบบ

3.4.3.3 Goodness of Fit (GoF) คือ ดัชนีชี้ความเที่ยงตรงของตัวแบบในภาพรวม เป็นการวัดในภาพรวมทั้งหมด สมการโครงสร้างและสมการมาตรวัดมี Overall Fit เพียงใด

$$GoF = \sqrt{commun * R^2} \text{ โดยที่ } R^2 = \frac{1}{J} \sum_j R^2(\hat{\xi}_j, \hat{\xi}_{q(\xi_j \rightarrow \xi_j)}) \quad (47)$$

เมื่อ J คือ จำนวน Endogenous Variable

เนื่องจาก GoF อาศัย \overline{commun} ดังนั้น GoF จึงใช้ได้ทั้งในกรณี Reflective แต่สามารถใช้ในกรณี Formative โดยต้องยอมรับว่าในกรณีนี้ค่า Commun ต้องต่ำและค่า R^2 ต้องสูงเมื่อเทียบกับกรณี Reflective ดังนั้น GoF จึงใช้ได้ทั้ง 2 กรณี

3.5 การทดสอบสมมติฐาน

การทดสอบสมมติฐานจะทำเพื่อตรวจสอบว่าสัมประสิทธิ์เส้นทางของ Inner Model ไม่เป็น 0 และสัมประสิทธิ์เส้นทางของ Outer model ไม่เป็น 0 (กรณี Formative Model) หรือ Loadings ไม่เป็น 0 (กรณี Reflective Model) และเนื่องจาก t -test ต้องพัฒนาภายใต้ข้อตกลงเรื่อง Normality แต่ PLS เป็น Distribution-Free การจะพัฒนา t -test ขึ้นมาจึงต้องอาศัยวิธีสุ่มซ้ำ (Resampling)

คำว่า Resampling คือการสุ่มซ้ำจากกลุ่มตัวอย่างที่เลือกมาแล้ว โดยถือว่าตัวอย่างเดิมนี้เป็นเสมือนกลุ่มประชากรที่มีขนาด n การสุ่มซ้ำทำได้ 2 วิธีดังนี้

วิธีที่ 1 Bootstrap Resampling วิธีนี้เราจะเลือกตัวอย่างมา n หน่วยโดยวิธีสุ่มแล้วใส่คืน (Sampling with Replacement) คือเลือกตัวอย่างมา 1 หน่วยจากประชากรขนาด n (ตัวอย่างที่เลือกไว้เดิม) บันทึกข้อมูลแล้วใส่คืนที่เก่าแล้วสุ่มใหม่บันทึกข้อมูลแล้วใส่คืนวนทำเช่นนี้จนครบ n ครั้ง จะได้ตัวอย่างขนาด n ซึ่งค่าอาจซ้ำกัน เพราะมีโอกาสเลือกซ้ำได้ โดยทั่วไป PLS จะทำ Bootstrap เพื่อให้ได้ตัวอย่าง 100 กลุ่ม แต่ละกลุ่มจะหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

คำว่า Bootstrap แปลว่าช่วยตนเอง สำเร็จได้ด้วยตนเอง เสมือนเชือกรองเท้าที่ลากที่ปลายก็จะดึงห่วงต่าง ๆ ของตัวเชือกเองให้รั้งเข้ามา ในทางคอมพิวเตอร์ก็คือการช่วยตัวเองโดยในโปรแกรม Bootstrap ซึ่งเป็นโปรแกรมเล็ก ๆ ที่รันเอาโปรแกรมต่าง ๆ เข้ามาเป็นโปรแกรมควบคุมระบบ ในทางสถิติคือการดึงเอาข้อมูลจากตัวอย่างของตนเองมาหาค่าสถิติเพื่อพัฒนาตัวทดสอบหลักการของ Bootstrap Resampling มีดังนี้

1. เลือกตัวอย่างมา n หน่วยจากกลุ่มประชากรที่มีการแจกแจง F ได้ตัวอย่าง X_1, X_2, \dots, X_n

2. เลือกตัวอย่างซ้ำจากกลุ่มตัวอย่างในข้อ 1 ด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งต่อไปนี้คือ

- 2.1 เลือกตัวอย่างแบบใส่คืนจากกลุ่มตัวอย่างในข้อ 1 มา n หน่วย รวม B ชุด หรือ

2.2 นำข้อมูลในข้อ 1 มาหาตารางแจกแจงความถี่ แล้วสร้างข้อมูลเลียนแบบด้วยเลขสุ่มมา n หน่วยรวม B ชุด (เรียกว่าวิธีจำลองแบบ)

2.3 คำนวณหาค่าสถิติ $\hat{\theta}_b = s_b(Y)$ และ

$$SE_b = \sqrt{\frac{1}{B-1} \sum_b^B \left(\hat{\theta}_b - \bar{\theta}_b \right)^2}, t = \frac{\bar{\theta}_b}{SE_b} \sim t_{B-1} \quad (48)$$

b แทน Bootstrap, s แทน Statistics ซึ่งเป็นฟังก์ชันในกรณีที่จะวิเคราะห์สมการถดถอย ซึ่งทำกับทั้งใน Inner Model และ Outer Model จะพบว่าเราจะสุ่มค่าสังเกต

$W_i^{(b)} = (Y_i^{(b)}, X_{1i}^{(b)}, X_{2i}^{(b)}, \dots, X_{ki}^{(b)})$ มา n หน่วย ดังนี้

1. สุ่มตัวอย่างค่าสังเกต W มา n ชุดได้ W_1, W_2, \dots, W_n

2. สุ่มตัวอย่าง W มาจากข้อ (1) แบบใส่คืนมา n หน่วยรวม B ชุดแต่ละชุดหาค่า $\hat{\beta}^{(b)}$ ได้

$$\hat{\beta}^{(bi)} = (X'^{(bi)} X^{(bi)})^{-1} X'^{(bi)} Y^{(bi)}; i = 1, 2, \dots, B$$

3. หาค่าสถิติ $\hat{\beta}^b = \frac{1}{B} \sum_i^B \hat{\beta}^{(bi)}$,

$$V\left(\hat{\beta}^{(b)}\right) = \frac{1}{B-1} \sum_i^B \left\{ \left(\hat{\beta}^{(bi)} - \hat{\beta}^{(b)} \right) \left(\hat{\beta}^{(bi)} - \hat{\beta}^{(b)} \right)' \right\},$$

$$t = \frac{\hat{\beta}_j}{Se\left(\hat{\beta}_j^{(b)}\right)}; j = 1, 2, \dots, k \quad (49)$$

วิธีที่ 2 Jackknife Resampling เป็นการตัดค่าสังเกตออก d หน่วยจากกลุ่มตัวอย่างขนาด n เป็นการตัดซ้ำคราว d อาจเท่ากับ 1 หรือเป็นค่าอื่น PLS จะให้ $d = 1$ ถ้า $d = 1$ จะตัดค่าสังเกตที่ 1 ค่า เช่นตัดค่าที่ 1 ได้ตัวอย่างชุดที่ 1 ขนาด $n - 1$ หน่วย ต่อมาเอาหน่วยที่ 1 คืนที่เก่าแล้วตัดหน่วยที่ 2 ได้ตัวอย่างชุดที่ 2 ขนาด $n - 1$ หน่วย เอาหน่วยที่ 2 คืนที่เก่าแล้วตัดหน่วยที่ 3 เอาหน่วยที่ 3 คืนที่เก่าแล้วตัดหน่วยที่ 4 ทำเช่นนี้ไปจนถึงตัดหน่วยที่ n ถ้า $n = 100$ เราจะได้ตัวอย่างขนาด 99 รวม 100 ตัวอย่าง ถ้า $d = 2$ ก็ทำแบบเดียวกันแต่ตัดคราวละ 2 หน่วย กรณีนี้จะมีตัวอย่างย่อย $\binom{n}{2}$ ชุด ขั้นตอนของ Jackknife Resampling ปรากฏดังนี้

1. จากตัวอย่างเดิมคือ (X_1, X_2, \dots, X_n) ตัดค่าสังเกตทั้งครั้งละ d หน่วย (ใน PLS กำหนดให้ $d = 1$) จะได้ตัวอย่างขนาด $(n - d)$ ทั้งสิ้น $\binom{n}{d}$ ชุด

2. คำนวณหาค่าสถิติ $\hat{\theta}_j = s_j(y)$ และ $SE_j = \sqrt{\frac{n-1}{n} \sum (\hat{\theta}_j - \bar{\theta}_j)^2}$; $j = 1, 2, \dots, m$

โดยที่ $m = \binom{n}{d}$, $t = \frac{\hat{\theta}_j}{SE_j}$

ในกรณีวิเคราะห์การถดถอยจะพบว่าวิธีวิธีการเหมือนกรณี Bootstrap โดยมีตัวสถิติ ดังนี้

$$\hat{\beta}^{(j)} = \frac{1}{s} \sum_i^s \hat{\beta}^{(ji)} \text{ และ}$$

$$V\left(\hat{\beta}^{(j)}\right) = \frac{n-1}{n} \sum \left\{ \left(\hat{\beta}^{(ji)} - \hat{\beta}^j \right) \left(\hat{\beta}^{(ji)} - \hat{\beta}^j \right)' \right\}$$

$$t = \frac{\hat{\beta}_j}{Se\left(\hat{\beta}^{(j)}\right)} \sim t_{n-p} \text{ เมื่อ } p = \text{จำนวนตัวแปรอิสระ} \quad (50)$$

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง

เสน่ห์ พลิจันทร์ และคณะ (2555) ได้พัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของพฤติกรรม การป้องกันโรคอุจจาระร่วงรุนแรงจากเชื้ออีโคไลโดยมีการรับรู้ความสามารถในการควบคุมตนเองเป็น ตัวแปรกำกับ ตัวแปรในโมเดลประกอบด้วย ตัวแปรแฝง 5 ตัว ได้แก่ เจตคติต่อพฤติกรรม การคล้อยตามกลุ่มอ้างอิง การรับรู้ความสามารถในการควบคุมตนเอง ความตั้งใจต่อการกระทำ พฤติกรรม และพฤติกรรมป้องกันโรคอุจจาระร่วง กลุ่มตัวอย่างเป็นประชาชนอายุ 16-60 ปี ใน จังหวัดนครพนม จำนวน 450 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้ แบบสอบถาม วิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุโดยใช้ LISREL ผลการวิจัยปรากฏว่า โมเดล ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของพฤติกรรมป้องกันโรคอุจจาระร่วงรุนแรงจากเชื้ออีโคไลโดยมีการรับรู้ ความสามารถในการควบคุมตนเองเป็นตัวแปรกำกับตามสมมติฐานมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิง ประจักษ์ โดยมีค่า χ^2 เท่ากับ 47.95 ค่า p เท่ากับ .06 ค่า df เท่ากับ 34 ค่า GFI เท่ากับ 0.99 ค่า AGFI เท่ากับ 0.95 ค่า CFI เท่ากับ 1.00 ค่า SRMR เท่ากับ 0.03 ค่า RMSEA เท่ากับ 0.03 และค่า สัมประสิทธิ์การพยากรณ์ เท่ากับ 0.43 แสดงว่าตัวแปรในโมเดลสามารถอธิบายความแปรปรวนของ พฤติกรรมป้องกันโรคอุจจาระร่วงได้ร้อยละ 43 และการรับรู้ความสามารถในการควบคุมตนเอง

กับความตั้งใจต่อการกระทำพฤติกรรม ส่งผลร่วมกันในการกำกับพฤติกรรมการป้องกันโรคอุจจาระร่วง

Chin et al. (2003) ได้ศึกษาโดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วนของตัวบ่งชี้ผลคูณ (Partial Least Squares Product Indicator Approach: PLS-PI) เพื่อตรวจสอบและประมาณค่าอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง โดยใช้วิธีการศึกษาสถานการณ์จำลองด้วยวิธีมอนติคาร์โล ในสองสถานการณ์ ได้แก่ กลุ่มตัวอย่าง 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200, 500 คน) และจำนวนตัวบ่งชี้ 7 ค่า (1, 2, 4, 6, 8, 10, 12 ตัว) โดยการทดลองซ้ำ 500 ครั้ง โดยกำหนดค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.70 ปรากฏว่า กลุ่มตัวอย่าง 100 คน จะสามารถทดสอบค่าอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อตัวบ่งชี้ตั้งแต่ 6 ตัวขึ้นไปในแต่ละตัวแปรแฝง นอกจากนี้ยังศึกษาจากข้อมูลจริงด้วยทดสอบค่าอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ได้แก่ การรับรู้ประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยี (Perceived Usefulness) กับการใช้เทคโนโลยีเพื่อความบันเทิง (Enjoyment) เป็นตัวแปรกำกับ ส่งผลร่วมกันต่อความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยี (IT Adoption Intention) ศึกษาในกลุ่มตัวอย่างจำนวน 575 คน ผลปรากฏว่า ค่าอิทธิพลร่วมของการรับรู้ประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยี กับการใช้เทคโนโลยีเพื่อความบันเทิง ส่งผลต่อความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยี มากกว่ากรณีไม่มีอิทธิพลร่วมของการรับรู้ประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยี กับการใช้เทคโนโลยีเพื่อความบันเทิง ต่อความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยี นอกจากนี้ ผลของค่าความเที่ยงของตัวแปรแฝงที่สูงขึ้น จะทำให้ทดสอบค่าอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง มีความถูกต้องมากขึ้น

Goodhue et al. (2007) ได้ใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุ (Multiple Regression) วิเคราะห์กำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง โดยศึกษาสถานการณ์จำลองด้วยวิธีมอนติคาร์โล ใช้สถานการณ์เดียวกันและเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการศึกษาของ Chin et al. (2003) โดยในตอนแรก ใช้กลุ่มตัวอย่าง 100 คน และจำนวนตัวบ่งชี้ 6 ตัวในแต่ละตัวแปรแฝง กำหนดค่า Factor Loadings 7 ลักษณะ ดังนี้ โมเดลลักษณะที่ 1 (A_1) ตัวแปรแฝงแต่ละตัวกำหนดให้ตัวบ่งชี้สองตัวแรกมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.80 อีกสองตัวมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.70 และสองตัวสุดท้ายค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.60 โมเดลลักษณะที่ 2 (A_2) ตัวแปรแฝงแต่ละตัวกำหนดให้ ตัวบ่งชี้สามตัวแรกมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.80 และสามตัวสุดท้ายค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.70 โมเดลลักษณะที่ 3 (A_3) ตัวแปรแฝงแต่ละตัวกำหนดให้ตัวบ่งชี้สามตัวแรกมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.80 และสามตัวสุดท้ายค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.60 โมเดลลักษณะที่ 4 (A_4) ตัวแปรแฝงแต่ละตัวกำหนดให้ตัวบ่งชี้สองตัวแรกมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.80 อีกสองตัวมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.60 และสองตัวสุดท้ายค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.40 โมเดลลักษณะที่ 5 (A_5) ตัวแปรแฝงแต่ละตัวกำหนดให้ตัวบ่งชี้สามตัวแรกมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.80 และสามตัวสุดท้ายค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.40 โมเดลลักษณะที่ 6 (A_6) ตัวแปรแฝงแต่ละตัวกำหนดให้ตัวบ่งชี้สามตัวแรกมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.70 และสามตัวสุดท้ายค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.60 และโมเดลลักษณะที่ 7 (A_7) ตัวแปรแฝงแต่ละตัวกำหนดให้ตัวบ่งชี้สองตัวแรกมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.70 อีกสองตัวมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.60 และสองตัวสุดท้ายค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.30 ปรากฏว่า 1) เมื่อค่าเฉลี่ยของ Factor Loadings เพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความเที่ยงของอิทธิพลหลัก (Reliability of Main

Effects) และค่ากำลังการทดสอบของวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วนของตัวบ่งชี้ผลคุณและวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุเพิ่มขึ้นด้วย 2) วิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วนของตัวบ่งชี้ผลคุณ ให้ค่าอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงสูงกว่าวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุ และ 3) วิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุ ให้ค่ากำลังการทดสอบสูงกว่าวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วนของตัวบ่งชี้ผลคุณ แต่ความแตกต่างของค่ากำลังการทดสอบที่ใช้วิธีการวิเคราะห์ การถดถอยพหุและวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วนของตัวบ่งชี้ผลคุณลดลงในโมเดลลักษณะที่ 4 (A_4), โมเดลลักษณะที่ 5 (A_5) และโมเดลลักษณะที่ 7 (A_7) และจึงได้มีการศึกษาต่อไปอีก โดยใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 6 ขนาด คือ 20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน และตัวแปรแฝงแต่ละตัวมีตัวบ่งชี้เท่ากับ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ตัว กำหนดค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.70 ผลปรากฏว่า 1) เมื่อตัวบ่งชี้ ในแต่ละตัวแปรแฝงเพิ่มขึ้น ทำให้ความเที่ยงของอิทธิพลร่วม (Reliability of Interaction Effects) เพิ่มขึ้น 2) วิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วนของตัวบ่งชี้ผลคุณให้ค่าอิทธิพลร่วมสูงกว่าวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุ และ 3) การวิเคราะห์การถดถอยพหุ ให้ค่ากำลังการทดสอบสูงกว่าวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วนของตัวบ่งชี้ผลคุณ

Moosbrugger et al. (2009) ได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าในโมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี 1) Latent Moderated Structural Equations (LMS) 2) Quasi-Maximum Likelihood 3) Extended Constrained Approach และ 4) Extended Unconstrained Approach เป็นการศึกษาสถานการณ์จำลอง ผลการศึกษาปรากฏว่า วิธี Latent Moderated Structural Equations (LMS) และวิธี Quasi-Maximum Likelihood ที่วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Mplus สามารถประมาณค่าได้อย่างเชื่อถือได้และมีประสิทธิภาพมากที่สุด และมีความเหมาะสมเท่ากันในการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ตัวแปรแฝงและอิทธิพลสมการกำลังสอง สำหรับวิธี Extended Constrained Approach และ Extended Unconstrained Approach ที่วิเคราะห์โดยใช้ LISREL ค่อนข้างดี เมื่อใช้ตัวแปรทำนายไม่มีความสัมพันธ์กัน และเมื่อข้อมูลมีปัญหา Multicollinearity วิธี Latent Moderated Structural Equations (LMS) และวิธี Quasi-Maximum Likelihood ใช้ได้ดีกว่าวิธี Extended Constrained Approach และ Extended Unconstrained Approach

Schemelleh-Engel et al. (2010) ได้ศึกษาการใช้วิธี Constrained Product Indicator โดยใช้โปรแกรม LISREL (LISREL-PI) และวิธี Latent Moderated Structural Equations (LMS) เปรียบเทียบผลที่ได้จากการใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วนของตัวบ่งชี้ผลคุณของ Chin et al. (2003) และ Goodhue et al. (2007) ศึกษาสถานการณ์จำลองตามเงื่อนไขสองสถานการณ์ คือ กลุ่มตัวอย่าง 100 คน และตัวบ่งชี้ 6 ตัวในแต่ละตัวแปรแฝง ปรากฏว่า การประมาณค่าพารามิเตอร์กรณีที่ตัวบ่งชี้ 6 ตัวในแต่ละตัวแปรแฝงมีค่า Factor Loadings ของทุกตัวบ่งชี้เท่ากับ 0.70 และกรณีที่ตัวบ่งชี้ 6 ตัวในแต่ละตัวแปรแฝงที่มีค่า Factor Loadings แตกต่างกัน จะไม่มีผลต่อการประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยวิธี LISREL-PI และวิธี LMS มีความแม่นยำและความลำเอียงการประมาณค่าพารามิเตอร์ (Bias of Parameter Estimators) ของอิทธิพลหลักของตัวแปรแฝง (Main Effects of Latent Variables) และอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง (Interaction Effects of Latent Variables) น้อยที่สุด และให้ค่ากำลังการทดสอบสูงกว่าวิธี PLS-PI

Barendse et al. (2010) ได้ศึกษาโดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบจำกัดร่วมกับวิธี Latent Moderated Structures เปรียบเทียบกับวิธี Multigroup Factor Analysis (MGFA) เพื่อตรวจสอบความลำเอียงการวัด โดยใช้การจำลองข้อมูลภายใต้เงื่อนไข ขนาดของความลำเอียงแบบเอกลักษณ์กับแบบอนเอกลักษณ์ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง และการกระจายความสามารถ ผลปรากฏว่า ทั้งสามวิธีสามารถตรวจสอบความลำเอียงการวัดได้ดีพอๆกัน

Harring et al. (2012) ได้เปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าอิทธิพลกำลังสองในโมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง 5 วิธี ได้แก่ 1) วิธี Two-Stage Moderated Regression 2) วิธี Unconstrained Product Indicator 3) วิธี Latent Moderated Structural Equations (LMS) 4) วิธี Bayesian และ 5) วิธี Marginal Maximum Likelihood โดยใช้วิธีการศึกษาสถานการณ์จำลอง และศึกษากับข้อมูลจริงของโมเดลการอ่านทางการศึกษา (Educational Reading) ผลการศึกษาปรากฏว่า โดยรวมวิธี Unconstrained Product Indicator วิธี LMS วิธี Marginal Maximum Likelihood ซึ่งใช้หลักการประมาณค่าแบบ Maximum Likelihood และวิธี Bayesian เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุด โดยพิจารณาจากค่าความลำเอียง (Bias) ค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error) ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error) ค่า Power และค่า Type I Error และศึกษากับข้อมูลจริงของโมเดลการอ่านทางการศึกษา (Educational Reading) ทั้ง 5 วิธีมีความเหมาะสมใน การประมาณค่าพารามิเตอร์

Dijkstra and Schermelleh-Engel (2014) ได้ศึกษาวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วน (Partial Least Squares) ที่ปรับแก้ สำหรับโมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยใช้วิธีการประมาณค่าแบบ Consistent and Asymptotically Normal (CAN) หรือวิธี PLS_c เปรียบเทียบกับ วิธี Latent Moderated Structural Equations (LMS) จากการศึกษาสถานการณ์จำลอง ปรากฏว่า PLS_c สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ในสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงได้โดยปราศจากความลำเอียงเหมือนกับวิธี LMS แต่ วิธี PLS_c มีความถูกต้องน้อยกว่า อย่างไรก็ตาม ถ้าโมเดลมีความซับซ้อนหรือจำนวนตัวบ่งชี้มีมากขึ้น วิธี PLS_c จะใช้ได้ดีกว่า วิธี LMS และการศึกษาเกี่ยวกับข้อมูลจริงโดยใช้โมเดลเดียวกับการศึกษาของ Chin et al. (2003) เพื่อทดสอบค่าอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ได้แก่ การรับรู้ประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยี (Perceived Usefulness) กับการใช้เทคโนโลยีเพื่อความบันเทิง (Enjoyment) เป็นตัวแปรกำกับ ส่งผลร่วมกันต่อความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยี (IT Adoption intention) ศึกษาในกลุ่มตัวอย่างจำนวน 250 คน ผลปรากฏว่า การประมาณค่าพารามิเตอร์โดยใช้วิธี PLS_c การรับรู้ประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยี กับการใช้เทคโนโลยีเพื่อความบันเทิงสามารถอธิบายความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยีได้ร้อยละ 55.1 สำหรับวิธี LMS การรับรู้ประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยี กับการใช้เทคโนโลยีเพื่อความบันเทิงสามารถอธิบายความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยีได้ ร้อยละ 54.5

จากการศึกษางานวิจัยการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงได้นำมาใช้วิเคราะห์กันมากในช่วงไม่กี่ทศวรรษที่ผ่านมาที่มีหลายวิธีที่นักวิจัยนำมาใช้กันมากดังเช่น วิธี LISREL-PI และวิธี LMS ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้หลักการของ Maximum Likelihood และวิธี PLS-PI ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้หลักการของ Least Squares เป็นการศึกษาสถานการณ์จำลองตามเงื่อนไขปัจจัยรูปแบบโมเดล ขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง และความเที่ยงของตัวแปรแฝงที่

แตกต่างกัน เพื่อศึกษาว่าเมื่อกำหนดเงื่อนไขตามสถานการณ์ต่าง ๆ แล้ว จะทำให้ทราบว่าการใดจะเหมาะสมกับสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ดีกว่ากัน แต่ละวิธีมีข้อดีและข้อด้อยภายใต้เงื่อนไขปัจจัยใด รวมถึงมีการศึกษากับข้อมูลจริงด้วย

ตอนที่ 4 การจำลองข้อมูลด้วยวิธีมอนติคาร์โล

1. ความเป็นมาของวิธีมอนติคาร์โล

วิธีมอนติคาร์โลมีการใช้มานาน ปี ค.ศ. 1753 Georges Louis Leclere and Comte De Buffon ได้พัฒนาทฤษฎีความน่าจะเป็นในการทดลองหาค่า π โดยการโยนเข็มที่มีความยาว k หน่วย อย่างสุ่มลงบนพื้นราบที่มีเส้นขนานอยู่ ให้ระยะห่างระหว่างเส้นขนานแต่ละเส้นห่างกัน d หน่วย และกำหนดให้ d มากกว่า k จะได้ความน่าจะเป็นที่เข็มจะตัดกับเส้นขนาน $p=2k/\pi d$ ซึ่งถ้าความน่าจะเป็น (p) เป็นค่าสุ่ม ก็จะหาค่า π ได้ ต่อมา ในปี ค.ศ. 1908 Gosset ได้ศึกษาการแจกแจงความถี่ของความสูงของนักโทษอาชญากรรมจำนวน 3,000 คน โดยเทียบกับการแจกแจงความถี่ของกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาครั้งละ 4 คน จำนวน 750 กลุ่มตัวอย่าง ผลการศึกษาพบว่า การแจกแจงความถี่ทั้งสองมีลักษณะเหมือนกัน Gosset ได้ตั้งชื่อการแจกแจงความถี่ที่ค้นพบนี้ว่า การแจกแจงที่ (t -Distribution) ซึ่งถือว่าเป็นจุดเริ่มต้นของวิธีมอนติคาร์โล

วิธีมอนติคาร์โลได้รับการพัฒนาอย่างจริงจังในราวปี ค.ศ. 1944 ช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 Ulam and Von Neumann เป็นผู้ตั้งชื่อ มอนติคาร์โล ซึ่งเป็นรหัสลับของงานที่ทำให้ Los Alamos ได้นำเทคนิคนี้มาหาผลของการแพร่อย่างสุ่มของนิวตรอนในวัสดุเชื้อเพลิงที่เป็นการทดลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาผลของคำตอบก่อนที่จะทำ การทดลองจริง ซึ่งเป็นการหลีกเลี่ยงอันตรายและช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายก่อนที่จะทดลองจริง หลังจากนั้น วิธีมอนติคาร์โลมีการนำมาใช้อย่างกว้างขวางทั้งทางด้านฟิสิกส์ คณิตศาสตร์ สถิติและการวิจัย นับได้ว่าวิธีมอนติคาร์โลมีประโยชน์อย่างมากในการขยายความรู้เชิงทฤษฎี

2. ความหมายของวิธีมอนติคาร์โล

วิธีมอนติคาร์โล (Monte Carlo Method) เป็นระเบียบวิธีเชิงตัวเลขบนพื้นฐานการจำลองโดยใช้ตัวแปรสุ่มและการสร้างตัวประมาณค่าเชิงสุ่ม ซึ่งใช้รูปแบบการสร้างค่าเชิงสุ่มเพื่อการศึกษาในเชิงสถิติ โดยค่าเชิงสุ่มจะถูกกำหนดสร้างมาจากคอมพิวเตอร์ และใช้เป็นเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับชุดของข้อมูลที่สร้างขึ้นมาจากหลายชุด เพื่อใช้ในการศึกษาคุณลักษณะของตัวประมาณค่า เช่น ในกรณีที่นักสถิติต้องการพัฒนาทฤษฎีใหม่ จำเป็นต้องทดสอบทฤษฎีนั้น ๆ ด้วยข้อมูลที่นักสถิติจะเก็บข้อมูลจากข้อมูลที่เกิดขึ้นในสถานการณ์จริงมาเพื่อทดสอบ และต่อมาสถานการณ์นั้น ๆ หรือสภาพแวดล้อมนั้นอาจจะเปลี่ยนไปในเวลาต่อมา นอกจากนั้น การเก็บรวบรวมข้อมูลจริงจำนวนมาก เพื่อนำมาใช้ทดสอบทฤษฎีต้องใช้ต้นทุนสูง ดังนั้น เพื่อทดสอบทฤษฎีจึงใช้วิธีการสร้างข้อมูลตามสถานการณ์นั้น ๆ โดยอาศัยวิธีมอนติคาร์โล

วิธีมอนติคาร์โลเป็นสาขาหนึ่งของคณิตศาสตร์ที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการจำลองสถานการณ์ (Simulation) โดยอาศัยตัวเลขสุ่ม (Random Number) มาสร้างตัวแปรให้เหมือนกับสถานการณ์จริงและมีการทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้ได้ค่าที่แน่นอนที่จะใช้เป็นข้อสรุปหรืออธิบาย

ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในสถานการณ์จริง หรือช่วยหาคำตอบในเรื่องราวต่าง ๆ ที่ยังไม่แน่ใจในผลที่จะเกิดขึ้น

3. ขั้นตอนของวิธีมอนติคาร์โล

หลักการที่สำคัญของวิธีมอนติคาร์โล คือ การนำตัวเลขสุ่มมาประยุกต์แก้ปัญหาต่าง ๆ มีขั้นตอนดังนี้

3.1 สร้างตัวเลขสุ่ม (Generate Random Number) ระยะเวลาทำโดยอาศัยเครื่องมือทางกายภาพ เช่น ล้อรูเล็ต ลูกเต๋า ไฟ กระจาดเขียนหมายเลข เป็นต้น แต่ได้เลขสุ่มไม่มาก ต่อมาจึงหันมาใช้เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ เช่น เครื่องสร้างตัวเลขสุ่มที่สร้างขึ้นโดยบริษัทเรนด์ (Rand) ด้วยการสร้างตัวเลขสุ่มจากเครื่องกำเนิดพัลส์ (Pulse) ที่สามารถสร้างตัวเลขสุ่มได้หนึ่งล้านตัว

การสร้างหรือเลือกตัวเลขสุ่มดังกล่าวกับคอมพิวเตอร์ยังมีปัญหา 2 ประการ คือ เป็นการยากที่จะทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถเรียกใช้ได้เมื่อมีความต้องการ และยากที่จะทำให้เครื่องมือดังกล่าวสร้างตัวเลขสุ่มชุดเดิม เมื่อต้องการเปรียบเทียบวิธีการต่าง ๆ ภายใต้เงื่อนไขของระบบเลขสุ่มชุดเดียวกัน หรือถ้าจะเก็บเลขสุ่มเหล่านี้ไว้ในหน่วยความจำหรือจานแม่เหล็กก็จะทำให้สูญเสียหน่วยความจำหรือเสียเวลาในการค้นหา ฉะนั้น การสร้างตัวเลขสุ่มในคอมพิวเตอร์จึงนิยมสร้างเลขสุ่มเทียมโดยอาศัยสูตรทางคณิตศาสตร์

ในการผลิตตัวเลขสุ่ม ชุดตัวเลขที่ผลิตขึ้นมาต้องมีคุณสมบัติ 2 ประการ คือ ความสม่ำเสมอ (Uniformity) และความเป็นอิสระซึ่งกันและกัน (Independence) ดังนั้น ตัวเลขสุ่มแต่ละตัวจะต้องถูกเลือกอย่างอิสระ และมีการแจกแจงสม่ำเสมออยู่ในช่วง 0 ถึง 1 และตัวเลขสุ่มที่สร้างนั้นควรมีคุณสมบัติดังนี้

3.1.1 ตัวเลขที่ได้มีการกระจายของความน่าจะเป็นแบบยูนิฟอร์มต่อเนื่องและเป็นอิสระต่อกัน

3.1.2 อนุกรมของตัวเลขที่ได้สามารถสร้างซ้ำได้ (Reproducible)

3.1.3 อนุกรมของตัวเลขไม่ซ้ำเติมในช่วงที่ต้องการใช้ตัวเลขสุ่ม หมายความว่าขนาดของความยาวของอนุกรมตัวเลขต้องยาวพอสำหรับการใช้งาน

3.1.4 ใช้เวลาสั้น ๆ ในการสร้างเลขสุ่ม

3.1.5 ใช้หน่วยความจำของคอมพิวเตอร์น้อยวิธีการผลิตตัวเลขสุ่ม

3.2 การประยุกต์ตัวเลขสุ่มให้สามารถใช้แก้ปัญหาที่ต้องการที่จะศึกษา

ในขั้นตอนนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหาที่ต้องการที่จะศึกษาว่าเราจะนำเลขสุ่มที่ได้นั้นนำไปใช้ได้โดยตรงได้เลยหรือไม่ เพราะบางปัญหาอาจจะไม่ใช่เลขสุ่มได้โดยตรง แต่อาจจะมีบางขั้นตอนที่ต้องการใช้เลขสุ่ม

3.3 การทดลองซ้ำ (Replication)

เมื่อมีการประยุกต์ตัวเลขสุ่มให้มีลักษณะที่ต้องการได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปจะมีการทดลองโดยใช้กระบวนการของการสุ่มมากระทำในลักษณะที่ซ้ำ ๆ กันหลายครั้งจนกว่าจะได้คำตอบของปัญหาที่เราต้องการศึกษา

4. การศึกษาสถานการณ์จำลองด้วยวิธีมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation Studies)

Muthén and Muthén (2010, pp. 357-359) อธิบายว่า การศึกษาสถานการณ์จำลองด้วยวิธีมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation Studies) เป็นวิธีการเพื่อตรวจสอบการประมาณค่าทางสถิติภายใต้เงื่อนไขที่ต่างกัน เช่น การศึกษาอำนาจการทดสอบโดยกำหนดเงื่อนไขตามขนาดกลุ่มตัวอย่าง การศึกษาด้วยวิธีมอนติคาร์โลบางครั้งเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การศึกษาสถานการณ์จำลอง (Simulation Studies) มีการใช้โปรแกรม Mplus กันอย่างแพร่หลายในการศึกษาสถานการณ์จำลองด้วยวิธีมอนติคาร์โล เนื่องจาก ช่วยอำนวยความสะดวกในเรื่องการสร้างข้อมูลจำลองและการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลมีหลายประเภทที่นำมาสร้างข้อมูลจำลอง ได้แก่ กลุ่มตัวอย่างที่มีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Samples) ข้อมูลแบบแบ่งเป็นกลุ่ม (Clustered Data) หรือ Multilevel ข้อมูลสูญหาย (Missing Data) และข้อมูลจากประชากรที่สังเกตได้ หรือแบบ Multiple Groups และแบบที่ไม่สามารถสังเกตได้ หรือแบบ Latent Classes

การสร้างข้อมูลจำลองหมายถึงรวมถึง อิทธิพลอย่างสุ่ม (Random Effects) ปฏิสัมพันธ์ของตัวแปรแฝงแบบต่อเนื่อง ปฏิสัมพันธ์ของตัวแปรแฝงแบบต่อเนื่องกับตัวแปรสังเกตได้ และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรประเภทแบ่งกลุ่ม ตัวแปรตามที่เป็นข้อมูลแบบต่อเนื่อง เป็นแบบคู่ (Binary) นามบัญญัติ (Nominal) เรียงลำดับ (Ordinal) จำนวนนับ (Counts) หรือเป็นตัวแปรที่มีลักษณะแบบกึ่งต่อเนื่อง (Semi-Continuous) สำหรับตัวแปรอิสระที่เป็นแบบคู่ (Binary) และแบบต่อเนื่องสามารถสร้างข้อมูลจำลองได้ด้วยวิธีมอนติคาร์โล

โมเดลที่วิเคราะห์จะมีความแตกต่างกับโมเดลที่มีการสร้างข้อมูลจำลอง เช่น ตัวแปรที่นำมาสร้างข้อมูลจำลองเป็นตัวแปรกลุ่ม แต่จะวิเคราะห์เป็นตัวแปรต่อเนื่อง หรือข้อมูลที่นำมาสร้างข้อมูลจำลองเป็นโมเดลสามชั้น (Three-Class Model) แต่โมเดลสำหรับวิเคราะห์เป็นโมเดลสองชั้น (Two-Class Model) ตัวแปรที่นำมาสร้างข้อมูลจำลองใช้วิธีการแบ่งกลุ่ม (Cluster) แต่การวิเคราะห์จะไม่ใช้วิธีการแบ่งกลุ่ม ซึ่งในโปรแกรม Mplus การสร้างข้อมูลจำลองด้วยวิธีมอนติคาร์โลที่มีคุณลักษณะพิเศษ ดังนี้

1. การวิเคราะห์ Single/Multiple Group ใน Non-Mixture models
2. ข้อมูลสูญหาย (Missing Data)
3. ข้อมูลการสำรวจที่มีความซับซ้อน (Complex Survey Data)
4. อิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง (Latent Variable Interactions) และการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบไม่เป็นเส้นตรง (Nonlinear Factor Analysis) โดยใช้วิธี Maximum Likelihood
5. ความชันอย่างสุ่ม (Random Slopes)
6. เวลาการสังเกตที่มีความแตกต่างกัน (Individually-Varying Times of Observations)
7. การกำหนดค่าพารามิเตอร์แบบเป็นเส้นตรงและแบบไม่เป็นเส้นตรง (Linear and Nonlinear Parameter Constraints)
8. อิทธิพลทางอ้อม (Indirect Effects)
9. การประมาณค่าแบบ Maximum Likelihood ทุกประเภท

10. การทดสอบด้วย Wald Chi-Square
11. การวิเคราะห์ตัวแปรแฝงที่มีลักษณะ Between-Level Category

ตอนที่ 5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความผาสุกทางจิตใจ บรรยากาศในการเรียน และ ผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. ความสัมพันธ์ระหว่างความผาสุกทางจิตใจกับผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

Chow (2007) ได้ศึกษาความผาสุกทางจิตใจกับผลการเรียนรู้ของนักศึกษาของนักศึกษาในเมือง Canadian Prairie ผลการศึกษาปรากฏว่า เพศ แรงบันดาลใจในการศึกษา จำนวนชั่วโมงที่ใช้ในการศึกษา ระดับการศึกษาของพ่อ สุขภาพจิต ความเครียดทางการเงิน และความเครียดในการทำงานมีความสัมพันธ์กับผลการเรียนรู้ของนักศึกษาอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ รายได้ สุขภาพจิต มีความสัมพันธ์กับครอบครัว ความสัมพันธ์กับเพื่อน การมองตนเอง และความเครียดในการเรียนมีความสัมพันธ์กับความผาสุกทางจิตใจอย่างมีนัยสำคัญ

Bordbar et al. (2011) ได้เปรียบเทียบระดับความผาสุกทางจิตใจกับผลการเรียนรู้ของนักศึกษา มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างความผาสุกทางจิตใจกับผลการเรียนรู้ของนักศึกษา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัย Shiraz Payame Noor ประเทศอิหร่าน จำนวน 500 คน ผลการศึกษาปรากฏว่า ความผาสุกทางจิตใจมีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

Turashvil and Japaridze (2012) ได้ศึกษาความผาสุกทางจิตใจกับผลการเรียนรู้ของนักศึกษาจอร์เจีย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับภาวะซึมเศร้า ความผาสุกทางจิตใจและผลการเรียนรู้ของนักศึกษา กลุ่มตัวอย่างมีจำนวน 252 คน ผลการศึกษาปรากฏว่า นักศึกษาที่มีความผาสุกทางจิตใจระดับปานกลางจะไม่มีภาวะซึมเศร้า และนักศึกษาที่มีระดับผลการเรียนรู้ระดับปานกลางจะมีความผาสุกทางจิตใจในระดับสูงด้วย

Abadi et al. (2013) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของความผาสุกทางจิตใจกับผลการเรียนรู้ของนักศึกษา กลุ่มตัวอย่างมีจำนวน 320 คน ผลการศึกษาปรากฏว่า ระดับความผาสุกทางจิตใจไม่เป็นที่น่าพึงพอใจ ความผาสุกทางจิตใจมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มนักศึกษาที่เรียนสาขาเศรษฐศาสตร์ การจัดการ และมนุษยศาสตร์ สำหรับความผาสุกทางจิตใจไม่มีความสัมพันธ์กับผลการเรียนรู้ของนักศึกษาในกลุ่มนักศึกษาที่เรียนสาขาวิศวกรรม วิทยาศาสตร์ จิตกรรม และสถาปัตยกรรม

กล่าวโดยสรุป จากการศึกษาวิจัยข้างต้นได้ยืนยันว่า ความผาสุกทางจิตใจมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

2. ความสัมพันธ์ระหว่างบรรยากาศในการเรียนกับผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

เกษตรชัย และหิม (2550) ได้ศึกษาองค์ประกอบในการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโรงเรียนเอกชนสอนศาสนาอิสลามในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์และสร้างสมการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเอกชนสอนศาสนาอิสลามในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้ ปีการศึกษา 2547 จำนวน 720 คน ผลการศึกษาปรากฏว่า มีตัวพยากรณ์ 12 ตัวที่สามารถพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 กล่าวคือ เจตคติต่อการเรียน ความมีวินัยในตนเอง คุณภาพ การสอนของครู ความวิตกกังวล แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ การปรับตัว การปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับ ครูและบรรยากาศในชั้นเรียน มีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 และ เจตคติต่อครู ระดับการศึกษาของมารดา การส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้ปกครอง และนิสัยในการเรียน มีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

วิชา จรรยาบรรณ และคณะ (2550) ได้วิเคราะห์หุ้ระดับของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีการสร้างโมเดลสมการเชิงเส้นแบบพหุระดับเพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรระดับนักเรียนกับตัวแปรระดับห้องเรียน และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เขตพื้นที่การศึกษาชลบุรีเขต 1 ปีการศึกษา 2548 จำนวน 1,680 คน ตัวแปรอิสระระดับนักเรียนมี 7 ตัวแปร ได้แก่ ความรู้พื้นฐานเดิมวิชาวิทยาศาสตร์ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ สภาพแวดล้อมที่บ้าน กลุ่มเพื่อน เวลาที่ใช้ในการเรียน และสื่อนอกห้องเรียน ส่วนตัวแปรอิสระระดับห้องเรียนมี 2 ตัวแปร ได้แก่ บรรยากาศในชั้นเรียน และคุณภาพการสอน ตัวแปรตามเป็นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เก็บจากคะแนนผลสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับชาติวิชาวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัย ปรากฏว่า โมเดลสุดท้ายสามารถอธิบายความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ได้ร้อยละ 80 ตัวแปรระดับห้องเรียนทั้งสองตัวมีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และตัวแปรระดับนักเรียน 4 ตัว ได้แก่ ความรู้พื้นฐานเดิมวิชาวิทยาศาสตร์ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และเวลาที่ใช้ในการเรียน มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ รวมทั้งมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างระดับ ได้แก่ บรรยากาศในชั้นเรียนกับความรู้พื้นฐานเดิมวิชาวิทยาศาสตร์ และคุณภาพการสอนกับเจตคติทางวิทยาศาสตร์

วินัย คำสุวรรณ (2552) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความหวังทางวิชาการ การรับรู้บรรยากาศห้องเรียน และผลการเรียนรู้งานวิจัยการวิจัยนี้มุ่งสืบค้นคำตอบเพื่อทำความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างความหวังทางวิชาการ การรับรู้บรรยากาศห้องเรียน และผลการเรียนรู้งานวิจัยของนิสิต โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากนิสิตวิชาประสบการณ์วิชาชีพศึกษาศาสตร์: การสังเกต และฝึกปฏิบัติงานครู จำนวนเก้าสิบแปดคน ด้วยการวัดตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ จากเครื่องมือวิจัยสามชุด ได้แก่ 1) แบบวัดความหวังทางวิชาการ ด้านความคิดแบบเส้นทางสี่ข้อ และด้านความคิดแบบตั้งใจแน่วแน่ห้าข้อ 2) แบบวัดการรับรู้บรรยากาศห้องเรียนชนิดมาตราวัดประมาณค่าห้าระดับ จำนวนสิบห้าข้อ และ 3) แบบวัดผลการเรียนรู้งานวิจัยในสองมิติจำนวนหกข้อ ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันปรากฏว่า ทั้งความหวังทางวิชาการและบรรยากาศห้องเรียนมีความสัมพันธ์กับผลการเรียนรู้งานวิจัยของนิสิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และผลการวิเคราะห์การถดถอย ปรากฏว่า มีปัจจัยบรรยากาศห้องเรียนเป็นตัวทำนายผลการเรียนรู้งานวิจัย

ทศพร จันทนราช และคณะ (2556) ได้ศึกษาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริหารงานของผู้บริหารโรงเรียนที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริหารงานของผู้บริหารโรงเรียนที่

มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาเป็นครูผู้สอนในโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 1,359 คน ตัวแปรที่ศึกษาประกอบด้วยตัวแปรแฝง 5 ตัว ได้แก่ ภาวะผู้นำทางวิชาการ บรรยากาศโรงเรียนที่เน้นด้านวิชาการ การเสริมสร้างพลังอำนาจให้กับครู การรับรู้ความสามารถของคณะครูในภาพรวม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถามของตัวแปรแฝงที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมกรรมการบริหารงานของผู้บริหารโรงเรียนทั้ง 4 ตัวแปร การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรม SPSS ในการหาค่าสถิติพื้นฐาน และใช้โปรแกรม LISREL 8.80 Student Edition ในการพัฒนาและตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ผลการศึกษาปรากฏว่า ปัจจัยที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมกรรมการบริหารงานของผู้บริหารโรงเรียนที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน คือ ภาวะผู้นำทางวิชาการ บรรยากาศโรงเรียนที่เน้นด้านวิชาการ การเสริมสร้างพลังอำนาจให้กับครู การรับรู้ความสามารถของคณะครูในภาพรวม โดยปัจจัยด้านภาวะผู้นำทางวิชาการมีอิทธิพลโดยรวมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมากที่สุด และโมเดลความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นของข้อมูลเชิงประจักษ์กลมกลืนระดับดี ซึ่งสามารถอธิบายความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้ ร้อยละ 83

ซันต์ล พุนเดซ (2557) ได้พัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่าง เป้าหมายแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ การรับรู้สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ในห้องเรียน สำหรับชั้นเรียนวิชาศึกษาทั่วไป วิธีการเรียนรู้ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาลักษณะทั่วไปด้านเป้าหมายแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ วิธีการเรียนรู้ การรับรู้ สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ในห้องเรียนสำหรับชั้นเรียนวิชาศึกษาทั่วไป และทักษะการเรียนรู้แบบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของผู้เรียน และ 2) ตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรเป้าหมายแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ วิธีการเรียนรู้ การรับรู้สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ในห้องเรียนสำหรับชั้นเรียนวิชาศึกษาทั่วไป และทักษะการเรียนรู้แบบการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่เรียนรายวิชาศึกษาทั่วไป จำนวน 547 คน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติบรรยาย และสถิติวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง ผลการวิจัยปรากฏว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีลักษณะการรับรู้สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ในห้องเรียนสำหรับชั้นเรียนวิชาศึกษาทั่วไปแบบร่วมมือกัน มีเป้าหมายแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์แบบมุ่งความรู้ มีวิธีการเรียนรู้แบบผิวเผิน และผู้เรียนมีทักษะการเรียนรู้แบบการคิดอย่างมีวิจารณญาณในระดับค่อนข้างมาก และโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่พัฒนาขึ้น และมีการปรับโมเดลเพิ่มเติมมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งจากโมเดลแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อทักษะการเรียนรู้แบบการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียน ผลการวิจัยนี้ให้ข้อเสนอแนะเพื่อสร้างนวัตกรรมการจัดการเรียนรู้โดยสร้างองค์ความรู้เพิ่มเติมในการจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนในรายวิชาศึกษาทั่วไป

Abd-Elmoteleb and Saha (2013) ได้ตรวจสอบบทบาทของการรับรู้ความสามารถของตนเองทางการเรียน (Academic Self-Efficacy) เป็นตัวแปรส่งผ่าน (Mediator Variable) ความสัมพันธ์ระหว่างบรรยากาศในการเรียน (Academic Climate) กับผลการเรียนรู้ของนักศึกษา (Academic Performance) นอกจากนี้ยังศึกษาอิทธิพลของตัวแปรส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ และ

คณะวิชา การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์สหสัมพันธ์และการวิเคราะห์การถดถอยพหุ ผลการศึกษาปรากฏว่า ก่อนที่จะมีการนำตัวแปรการรับรู้ความสามารถของตนเองทางการเรียนเป็นตัวแปรส่งผ่านบรรยากาศในการเรียน สามารถอธิบายผลการเรียนรู้ ได้ร้อยละ 34 หลังจากนั้นนำตัวแปรการรับรู้ความสามารถของตนเองทางการเรียนเป็นตัวแปรคั่นกลาง ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ความสามารถของตนเองทางการเรียน กับผลการเรียนรู้ของนักศึกษา ร้อยละ 6.3 นอกจากนี้ตัวแปรส่วนบุคคล ได้แก่ คณะ (ภาคทฤษฎี) ส่งผลร่วมกับการรับรู้ความสามารถของตนเองทางการเรียนอย่างเต็มรูปแบบ (Full Mediation) ต่อความสัมพันธ์ระหว่างบรรยากาศในการเรียน กับผลการเรียนรู้ของนักศึกษา สำหรับตัวแปรเพศส่งผลร่วมกับการรับรู้ความสามารถของตนเองทางการเรียนบางส่วนต่อความสัมพันธ์ระหว่างบรรยากาศในการเรียนกับผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

Peters (2013) ได้ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างบรรยากาศในห้องเรียน (Classroom Climate) การรับรู้ความสามารถของตนเอง (Self-Efficacy) กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาปริญญาตรี: การวิเคราะห์พหุระดับ กลุ่มตัวอย่างเป็นอาจารย์สอนพีชคณิตจำนวน 15 คน ลูกจ้างของมหาวิทยาลัย จำนวน 10 คน และนักศึกษาที่เรียนพีชคณิต จำนวน 326 คน ผลการศึกษาปรากฏว่า นักศึกษาที่มีการรับรู้ความสามารถตนเองสูง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงด้วย 2) การรับรู้บรรยากาศในห้องเรียนที่มีครูสูงกว่าการรับรู้ความสามารถตนเองทางคณิตศาสตร์ 3) บรรยากาศภายในห้องเรียนไม่ได้ทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และ 4) บรรยากาศในการเรียนไม่ได้เป็นตัวแปรส่งผ่านระหว่างความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ความสามารถของตนเองทางการเรียน ในรายวิชาคณิตศาสตร์กับประสิทธิภาพทางการเรียน (Academic Performance)

Rahimpour et al. (2014) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างบรรยากาศทางจิตสังคมในห้องเรียนและความเครียดของนักเรียนที่มีต่อผลการเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมปีที่ 3 ในเมืองซาบเซวาร์ ประเทศอิหร่าน จำนวน 370 คน ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่ม ผลการศึกษาปรากฏว่า บรรยากาศทางจิตสังคมในห้องเรียนและความเครียดของนักเรียนมีความสัมพันธ์เชิงลบต่อผลการเรียนรู้ของนักเรียน โดยบรรยากาศทางจิตสังคมในห้องเรียนมีบทบาทมากที่สุดในการทำนายผลการเรียนรู้ของนักเรียน

กล่าวโดยสรุป จากการศึกษางานวิจัยข้างต้นได้ยืนยันว่า บรรยากาศในการเรียนในสถาบันการศึกษามีความสัมพันธ์กับผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

3. ความสัมพันธ์ระหว่างบรรยากาศในการเรียนกับความผาสุกทางจิตใจ

เบญญา คงธนอิทธิ และคณะ (2554) ได้พัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุความผาสุกแห่งตนของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุความผาสุกแห่งตนของนักศึกษาระดับปริญญาตรีและตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุความผาสุกแห่งตนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ตัวแปรในโมเดลประกอบด้วยตัวแปรแฝง 5 ตัว ได้แก่ ความผาสุกแห่งตน แรงจูงใจในการตัดสินใจด้วยตนเอง ความภาคภูมิใจในตนเอง สภาพแวดล้อมในการเรียน และการรับรู้ข้อมูลป้อนกลับทางบวก กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยบูรพา ปีการศึกษา 2552 จำนวน 450 คน เลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ มาตรฐานวัดความผาสุกแห่งตน มาตรฐานวัดแรงจูงใจในการตัดสินใจ

ด้วยตนเอง มาตราวัดความภาคภูมิใจในตนเอง แบบสอบถามสภาพแวดล้อมในการเรียน และแบบสอบถามการรับรู้ข้อมูลป้อนกลับทางบวก วิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานด้วยโปรแกรม SPSS และใช้โปรแกรม LISREL 8.80 วิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ผลการศึกษาปรากฏว่า โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุความพึงพอใจแห่งตนของนักศึกษาระดับปริญญาตรีมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อยู่ในเกณฑ์ดี โดยตรวจสอบจากค่าสถิติไค-สแควร์ เท่ากับ 32.08 ที่องศาอิสระ (df) เท่ากับ 22 ความน่าจะเป็น (p) เท่ากับ .08 ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้อง (GFI) เท่ากับ 0.99 ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องที่ปรับแก้ (AGFI) เท่ากับ 0.95 ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องเปรียบเทียบ (CFI) เท่ากับ 1.00 ค่าดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือมาตรฐาน (SRMR) เท่ากับ 0.02 ค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์ (RMSEA) เท่ากับ 0.03 ตัวแปรทั้งหมดในโมเดลสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรความพึงพอใจแห่งตนได้ร้อยละ 37 ตัวแปรที่มีอิทธิพลทางตรงต่อความพึงพอใจแห่งตน คือ แรงจูงใจในการตัดสินใจด้วยตนเอง ความภาคภูมิใจในตนเอง และการรับรู้ข้อมูลป้อนกลับทางบวก ตัวแปรที่มีอิทธิพลทางอ้อมต่อความพึงพอใจแห่งตนผ่านทางแรงจูงใจในการตัดสินใจด้วยตนเอง ความภาคภูมิใจในตนเอง ได้แก่ สภาพแวดล้อมในการเรียน และการรับรู้ข้อมูลป้อนกลับทางบวก

Ruus et al. (2007) ได้ศึกษาความพึงพอใจทางจิตใจ การเผชิญปัญหา ความสำเร็จทางวิชาการ และบรรยากาศในโรงเรียน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม ได้แบบสอบถามที่มีความสมบูรณ์จำนวน 3,838 ฉบับ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 7, 9 และ 12 ใน 65 โรงเรียนของประเทศสาธารณรัฐเอสโตเนีย วัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อป้องกันการพักการเรียนและการเรียนซ้ำ การพัฒนาบรรยากาศทางสังคม การเผชิญปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักศึกษา การสนับสนุนจากโรงเรียน และความสำเร็จทางวิชาการของนักศึกษา ผลการศึกษาปรากฏว่าบรรยากาศในโรงเรียน ด้านระบบการให้คุณค่าของโรงเรียน และเจตคติของครูต่อนักเรียน ส่งผลต่อการได้รับการยอมรับ ความพึงพอใจทางจิตใจ และความสำเร็จทางความสำเร็จทางวิชาการของนักศึกษา

Rania et al. (2012) ได้ตรวจสอบอิทธิพลร่วมของบรรยากาศในการเรียนที่มีต่อความพึงพอใจทางจิตใจและผลการเรียนรู้ของนักศึกษาพยาบาล ผลปรากฏว่า บรรยากาศในการเรียนมีความสัมพันธ์กับความพึงพอใจทางจิตใจอย่างมาก ($r = .560; p < .001$) โดยที่บรรยากาศในการเรียนด้านการเห็นคุณค่าตนเองในการเรียน (Academic Self-Esteem) มีความสัมพันธ์กับความพึงพอใจทางจิตใจมากที่สุด ($r = .515; p < .001$) และความสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมโรงเรียน (Relationships with Schoolmates) มีความสัมพันธ์กับความพึงพอใจทางจิตใจรองลงมา ($r = .371; p < .001$) นอกจากนี้ บรรยากาศในการเรียนด้านการเห็นคุณค่าตนเองในการเรียน มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลการเรียนรู้ของนักศึกษา ($r = .156; p < .001$) ด้านความสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมโรงเรียน มีความสัมพันธ์กับผลการเรียนรู้ในลำดับรองลงมา ($r = .156; p < .001$) สำหรับด้านความคาดหวังของผู้ปกครอง (Parents' Expectations) มีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลการเรียนรู้ของนักศึกษา ($r = -.168; p < .001$) และจากการวิเคราะห์การถดถอยพหุ ปรากฏว่า บรรยากาศในการเรียนอธิบายความแปรปรวนของความพึงพอใจทางจิตใจในกลุ่มของนักศึกษาที่มีผลการเรียนรู้ระดับสูงได้ ร้อยละ 55 ($R^2 = 0.55$) โดยบรรยากาศในการเรียนด้านการเห็นคุณค่าตนเองในการเรียน วิธีการศึกษา (Method of Study) ความสนใจในการเรียน (Academic Interests) ความสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมโรงเรียน และ

ความเชื่ออำนาจภายในตน (Internal Academic Locus of Control) เป็นตัวแปรกำกับทำนาย ความผาสุกทางจิตใจในกลุ่มของนักศึกษาที่มีผลการเรียนรู้ระดับสูงได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 ตามลำดับ นอกจากนี้ บรรยากาศในการเรียนอธิบายความแปรปรวนของความผาสุกทางจิตใจ ในกลุ่มของนักศึกษาที่มีผลการเรียนรู้ระดับต่ำได้ ร้อยละ 36 ($R^2 = 0.36$) โดยบรรยากาศในการเรียน ด้านความคาดหวังของผู้ปกครองและการเห็นคุณค่าตนเองในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับทำนาย ความผาสุกทางจิตใจในกลุ่มของนักศึกษาที่มีผลการเรียนรู้ระดับต่ำได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

จากผลการวิจัยทำให้ได้ข้อสรุปว่า ความผาสุกทางจิตใจ บรรยากาศในการเรียน และ ผลการเรียนรู้ของนักศึกษา มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก และจากการศึกษาของ Rania et al. (2012) พบว่า อิทธิพลของความผาสุกทางจิตใจที่มีผลต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา จะมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงใช้แนวคิดนี้ไปใช้ในการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของ ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI ในขั้นตอนการศึกษาข้อมูลจริง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาสถานการณ์จำลองด้วยวิธีมอนติคาร์โลและการนำไปใช้ (Monte Carlo Simulation Study and Adoption Study) มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบกำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI และวิธี LMS กับวิธี PLS-PI จากการศึกษาของ Chin et al. (2003) และ Goodhue et al. (2007) ด้วยวิธีมอนติคาร์โล ในตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง และ 2) ศึกษาผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความพึงพอใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเปรียบเทียบกำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI และวิธี LMS กับวิธี PLS-PI จากการศึกษาของ Chin et al. (2003) และ Goodhue et al. (2007) ด้วยวิธีมอนติคาร์โล ในตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง มี 6 ขนาด และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 6 ค่า

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความพึงพอใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI

การศึกษาขั้นตอนที่ 1 ได้มาจากการสังเคราะห์ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการและผลการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงของนักวิจัย 3 คน ได้แก่ Chin et al. (2003) Goodhue et al. (2007) และ Schermelleh-Engel et al. (2010) และนำมากำหนดเป็นวิธีดำเนินการวิจัย ดังแสดงในตารางที่ 2 ต่อไปนี้

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบวิธีการและผลการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ของ Chin et al. (2003) Goodhue et al. (2007) และ Schermelleh-Engel et al. (2010)

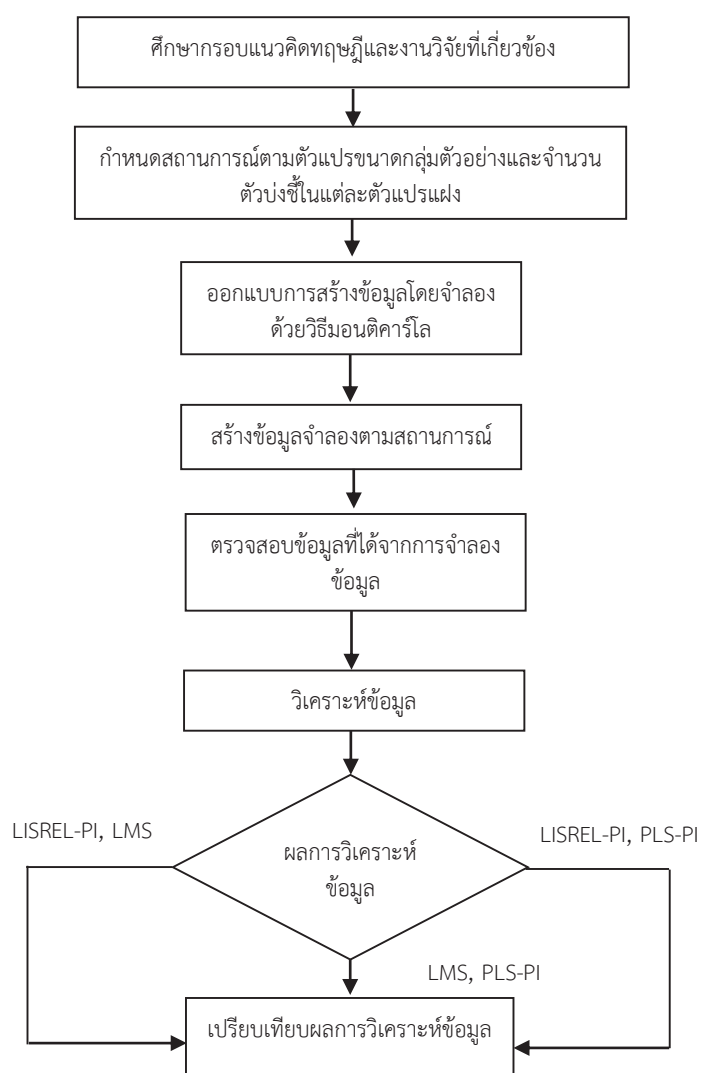
ประเด็น	Chin et al. (2003)	Goodhue et al. (2007)	Karin Schermelleh-Engel et al. (2010)	วิธีการวิจัยของผู้วิจัย
1. เทคนิคการวิเคราะห์	ใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วนของตัวบ่งชี้ผลคูณ (Partial Least Squares Product Indicator Approach: PLS-PI) ด้วยการศึกษาสถานการณ์จำลองและการศึกษาข้อมูลจริง	ใช้ 2 วิธี ได้แก่ การวิเคราะห์การถดถอยพหุ (Multiple Regression Analysis) เปรียบเทียบกับวิธี PLS-PI จากการศึกษาของ Chin et al. (2003) ด้วยการศึกษาสถานการณ์จำลอง	ใช้ 2 วิธี ได้แก่ Constrained Product Indicator (LISREL-PI) และวิธี Distribution Analytic Latent Moderated Structural Equations (LMS) เปรียบเทียบกับวิธี PLS-PI จากผลการศึกษาของ Chin et al. (2003) และ Goodhue et al. (2007) ด้วยการศึกษาสถานการณ์จำลอง	1. ใช้ 2 วิธี ได้แก่ วิธี LISREL-PI และวิธี LMS เปรียบเทียบกับวิธี PLS-PI ด้วยการศึกษาสถานการณ์จำลอง 2. ใช้ 3 วิธี ได้แก่ LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI ด้วยการศึกษาข้อมูลจริง
2. เงื่อนไขสถานการณ์จำลอง	1. ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200, 500 คน) 2. จำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง 7 ค่า (1, 2, 4, 6, 8, 10, 12)	1. ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200, 500 คน) 2. จำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง 6 ค่า (2, 4, 6, 8, 10, 12)	1. กลุ่มตัวอย่าง 100 คน 2. ตัวแปรแฝงแต่ละตัวมีตัวบ่งชี้ 6 ตัว	1. ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200, 500 คน) 2. จำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง 6 ค่า (2, 4, 6, 8, 10, 12)

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ประเด็น	Chin et al. (2003)	Goodhue et al. (2007)	Karin Schermelleh-Engel et al. (2010)	วิธีการวิจัยของผู้วิจัย
3. ผลการศึกษา	<p>1. กลุ่มตัวอย่าง 100 คน สามารถทดสอบอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 6 ตัวขึ้นไป</p> <p>2. การวิเคราะห์กรณีที่มีอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ให้ค่า R^2 มากกว่ากรณีไม่มีอิทธิพลร่วม และผลของค่าความเที่ยงของตัวแปรแฝงที่สูงขึ้น จะทำให้การทดสอบค่าอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง มีความถูกต้องมากขึ้น</p>	<p>1. ค่าอิทธิพลร่วมด้วยวิธี PLS-PI มากกว่าการวิเคราะห์การถดถอยพหุน้อยกว่าการทดสอบด้วยวิธี PLS-PI (15 จาก 36 เงื่อนไข อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05)</p>	<p>1. กำลังการทดสอบด้วยวิธี LISREL-PI มากกว่าวิธี LIS กับวิธี PLS-PI</p> <p>2. ความลำเอียงสัมพัทธ์ด้วยวิธี LISREL-PI กับวิธี LIS น้อยกว่าวิธี PLS-PI</p>	<p>1. ผลการวิเคราะห์ระหว่างวิธี LISREL-PI และวิธี LIS เปรียบเทียบกับวิธี PLS-PI จากการศึกษาของ Chin et al. (2003) กับ Goodhue et al. (2007)</p> <p>2. ผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมด้วย วิธี LISREL-PI วิธี LIS และวิธี PLS-PI</p>

ขั้นตอนที่ 1 การเปรียบเทียบกำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI และ วิธี LMS กับวิธี PLS-PI

สำหรับขั้นตอนที่ 1 เป็นการดำเนินการตามวัตถุประสงค์ข้อ 1 เปรียบเทียบกำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI และวิธี LMS กับวิธี PLS-PI จากการศึกษาของ Chin et al. (2003) และ Goodhue et al. (2007) ในตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง มี 6 ขนาด และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 6 ค่า มีขั้นตอนดังภาพที่ 12



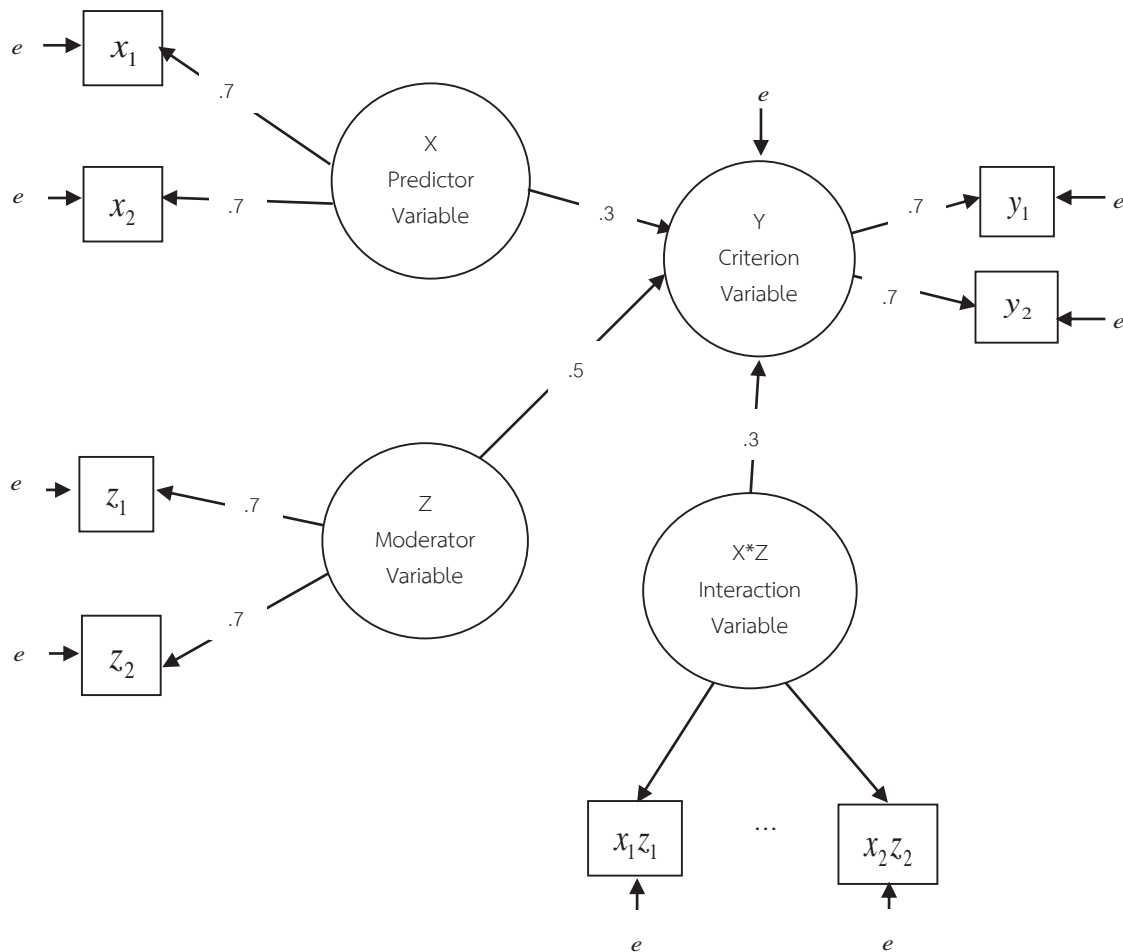
ภาพที่ 12 ขั้นตอนการศึกษาด้วยวิธีมอนติคาร์โล ตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง

จากภาพที่ 12 มีรายละเอียดของขั้นตอนการศึกษาจากสถานการณ์จำลอง ดังนี้

1. ศึกษากรอบแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI
2. กำหนดสถานการณ์ตามตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่างและจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง การสร้างข้อมูลจำลองตามสถานการณ์ โดยกำหนดเงื่อนไขโมเดลสมการโครงสร้างและโมเดลการวัดที่นำมาจากการศึกษาของ Chin et al. (2003) ดังนี้

$$Y = 0.3X + 0.5Z + 0.3XZ + e$$

จากสมการ กำหนดค่า Standardized Beta หรือค่าอิทธิพลของตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรอิสระ ($X \rightarrow Y$) เท่ากับ 0.3 ค่าอิทธิพลของตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรกำกับ ($Z \rightarrow Y$) เท่ากับ 0.5 โดยที่ตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรอิสระและตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรกำกับ (X และ Z) ไม่มีความสัมพันธ์กัน ค่าอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรอิสระกับตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรกำกับ ($XZ \rightarrow Y$) เท่ากับ 0.3 และค่า β_0 ไม่นำมาคำนวณในโมเดล กำหนดสถานการณ์ของข้อมูลตามสถานการณ์และเงื่อนไขตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงแตกต่างกัน และกำหนดให้ค่า Factor Loadings ของตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง เท่ากับ 0.70 โมเดลภายใต้สถานการณ์แจกแจงเป็นเงื่อนไข 36 เงื่อนไข ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 13 โมเดลที่ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้ 2 ตัว และมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.70

จากภาพที่ 13 ตัวแปรแฝงภายใน (X และ Z) และตัวแปรแฝงภายนอก (Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 2 ตัว และขนาดกลุ่มตัวอย่าง 20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน สามารถแจกแจงเป็นเงื่อนไขที่ 1-6 ดังนี้

เงื่อนไขที่ 1 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 20 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 2 ตัว

เงื่อนไขที่ 2 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 50 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 2 ตัว

เงื่อนไขที่ 3 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 100 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 2 ตัว

เงื่อนไขที่ 4 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 150 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 2 ตัว

เงื่อนไขที่ 5 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 200 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 2 ตัว

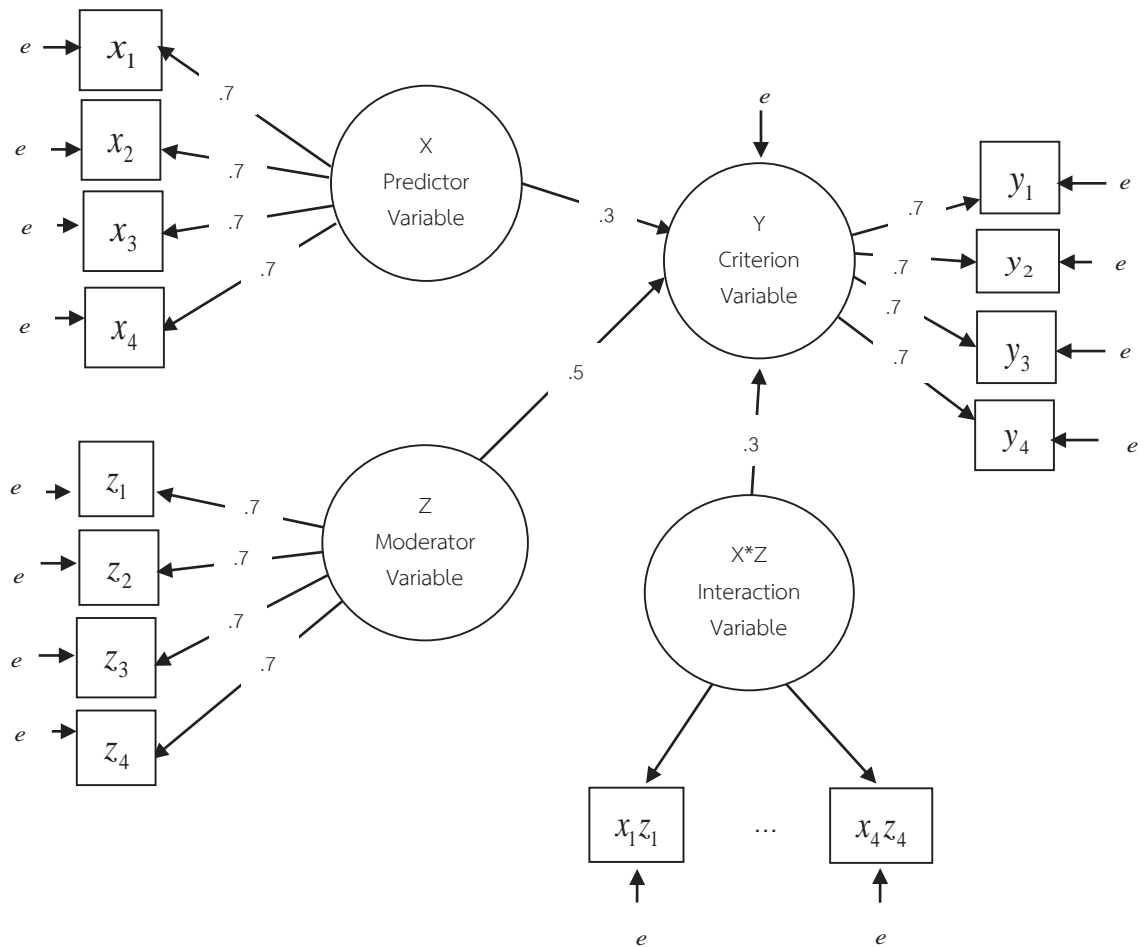
เงื่อนไขที่ 6 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 500 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 2 ตัว

การสร้างตัวบ่งชี้ผลคูณ (Product Indicators) สำหรับการวัดในเทอมของอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ($X*Z$) จากโมเดลข้างต้น ด้วยวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI มีความแตกต่างกัน ดังนี้

1) วิธี LISREL-PI นำแนวคิดของ Marsh et al. (2004) มาใช้ในการสร้างตัวบ่งชี้ผลคูณ สำหรับการวัดในเทอมของอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ($X*Z$) ยึดหลักการสร้างตัวบ่งชี้ผลคูณแบบมีตัวบ่งชี้ไม่ซ้ำ ดังนั้น ตัวบ่งชี้ผลคูณมี 2 ตัว

2) วิธี LMS นำคะแนนองค์ประกอบ (Factor Score) ของตัวแปรแฝง X กับ Z มากำหนดเป็นตัวแปรผลคูณ

3) วิธี PLS-PI นำแนวคิดของ Chin et al. (2003) มาปรับใช้ในการคำนวณได้ตัวบ่งชี้ผลคูณ สำหรับการวัดในเทอมของอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ($X*Z$) ยึดหลักการสร้างตัวบ่งชี้ผลคูณแบบมีตัวบ่งชี้ซ้ำ ดังนั้น ตัวบ่งชี้ผลคูณมี 4 ตัว



ภาพที่ 14 โมเดลที่ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้ 4 ตัว และมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.70

จากภาพที่ 14 ตัวแปรแฝงภายใน (X และ Z) และตัวแปรแฝงภายนอก (Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 4 ตัว และขนาดกลุ่มตัวอย่าง 20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน สามารถแจกแจงเป็นเงื่อนไขที่ 7-12 ดังนี้

เงื่อนไขที่ 7 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 20 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 4 ตัว

เงื่อนไขที่ 8 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 50 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 4 ตัว

เงื่อนไขที่ 9 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 100 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 4 ตัว

เงื่อนไขที่ 10 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 150 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 4 ตัว

เงื่อนไขที่ 11 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 200 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 4 ตัว

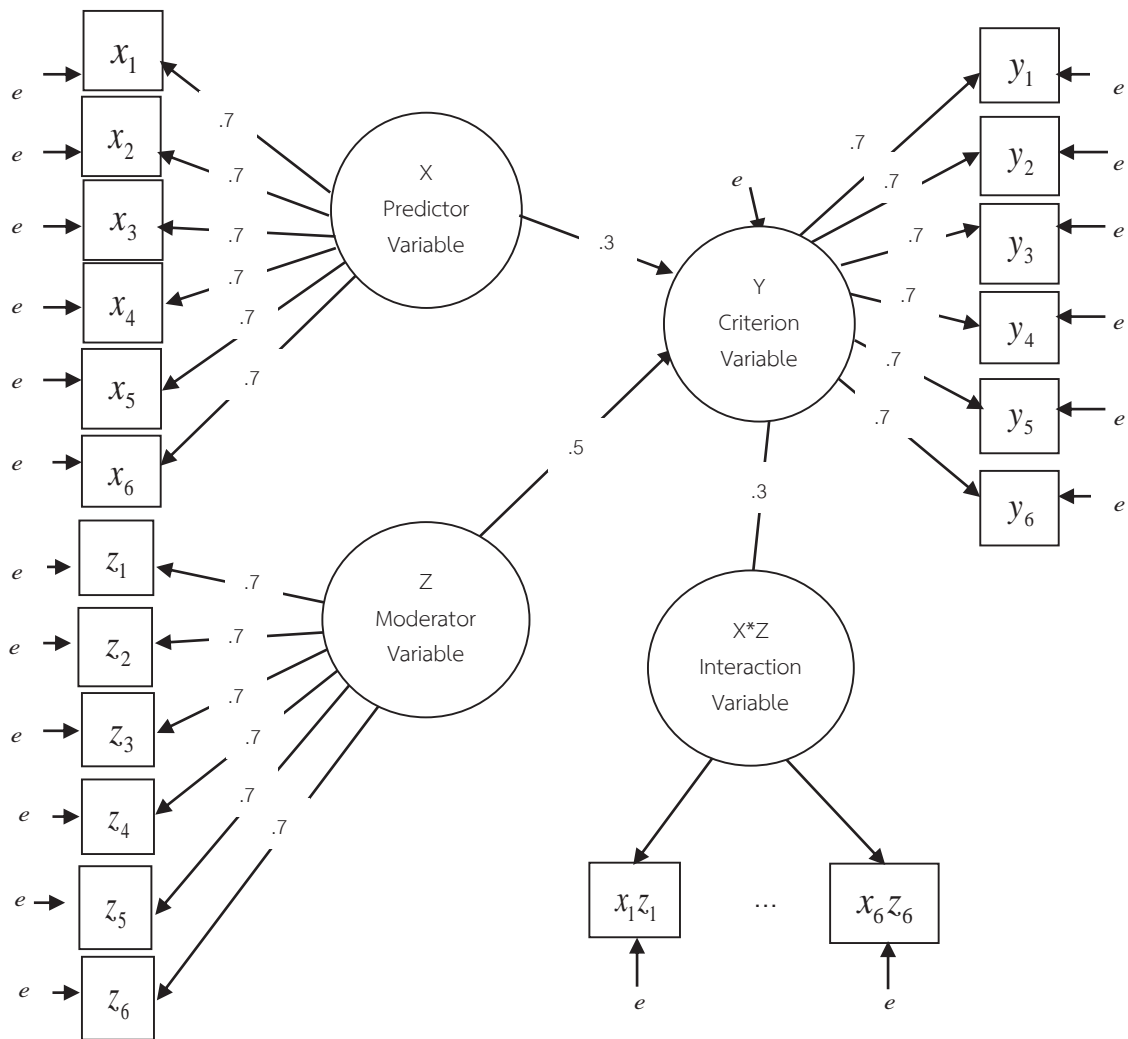
เงื่อนไขที่ 12 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 500 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 4 ตัว

การสร้างตัวบ่งชี้ผลคูณสำหรับการวัดในเทอมของอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ($X*Z$) จากโมเดลข้างต้น ด้วยวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI มีความแตกต่างกันดังนี้

1) วิธี LISREL-PI นำแนวคิดของ Marsh et al. (2004) มาใช้ในการสร้างตัวบ่งชี้ผลคูณสำหรับการวัดในเทอมของอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ($X*Z$) ยึดหลักการสร้างตัวบ่งชี้ผลคูณแบบมีตัวบ่งชี้ไม่ซ้ำ ดังนั้น ตัวบ่งชี้ผลคูณมี 4 ตัว

2) วิธี LMS นำคะแนนองค์ประกอบ (Factor Score) ของตัวแปรแฝง X กับ Z มากำหนดเป็นตัวแปรผลคูณ

3) วิธี PLS-PI นำแนวคิดของ Chin et al. (2003) มาปรับใช้ในการคำนวณได้ตัวบ่งชี้ผลคูณ สำหรับการวัดในเทอมของอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ($X*Z$) ยึดหลักการสร้างตัวบ่งชี้ผลคูณแบบมีตัวบ่งชี้ซ้ำ ดังนั้น ตัวบ่งชี้ผลคูณมี 16 ตัว



ภาพที่ 15 โมเดลที่ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้ 6 ตัว และมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.70

จากภาพที่ 15 ตัวแปรแฝงภายใน (X และ Z) และตัวแปรแฝงภายนอก (Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 6 ตัว และขนาดกลุ่มตัวอย่าง 20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน สามารถแจกแจงเป็นเงื่อนไขที่ 13-18 ดังนี้

เงื่อนไขที่ 13 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 20 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 6 ตัว

เงื่อนไขที่ 14 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 50 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 6 ตัว

เงื่อนไขที่ 15 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 100 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 6 ตัว

เงื่อนไขที่ 16 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 150 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 6 ตัว

เงื่อนไขที่ 17 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 200 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 6 ตัว

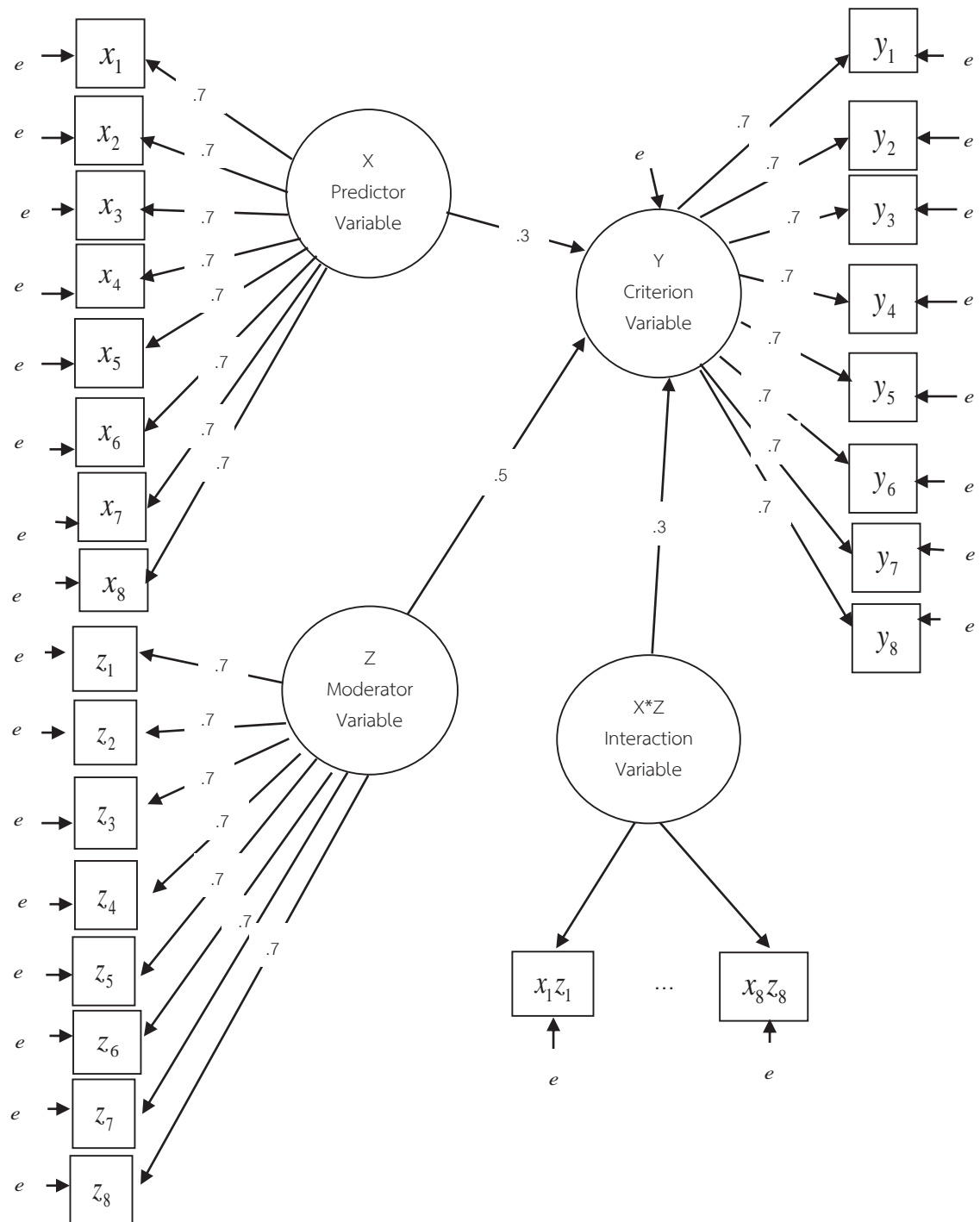
เงื่อนไขที่ 18 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 500 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 6 ตัว

การสร้างตัวบ่งชี้ผลคูณสำหรับการวัดในเทอมของอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ($X*Z$) จากโมเดลข้างต้น ด้วยวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI มีความแตกต่างกันดังนี้

1) วิธี LISREL-PI นำแนวคิดของ Marsh et al. (2004) มาใช้ในการสร้างตัวบ่งชี้ผลคูณสำหรับการวัดในเทอมของอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ($X*Z$) ยึดหลักการสร้างตัวบ่งชี้ผลคูณแบบมีตัวบ่งชี้ไม่ซ้ำ ดังนั้น ตัวบ่งชี้ผลคูณมี 6 ตัว

2) วิธี LMS นำคะแนนองค์ประกอบ (Factor Score) ของตัวแปรแฝง X กับ Z มากำหนดเป็นตัวแปรผลคูณ

3) วิธี PLS-PI นำแนวคิดของ Chin et al. (2003) มาปรับใช้ในการคำนวณได้ตัวบ่งชี้ผลคูณ สำหรับการวัดในเทอมของอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ($X*Z$) ยึดหลักการสร้างตัวบ่งชี้ผลคูณแบบมีตัวบ่งชี้ซ้ำ ดังนั้น ตัวบ่งชี้ผลคูณมี 36 ตัว



ภาพที่ 16 โมเดลที่ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้ 8 ตัว และมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.70

จากภาพที่ 16 ตัวแปรแฝงภายใน (X และ Z) และตัวแปรแฝงภายนอก (Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 8 ตัว และขนาดกลุ่มตัวอย่าง 20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน สามารถแจกแจงเป็นเงื่อนไขที่ 19-24 ดังนี้

เงื่อนไขที่ 19 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 20 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 8 ตัว

เงื่อนไขที่ 20 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 50 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 8 ตัว

เงื่อนไขที่ 21 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 100 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 8 ตัว

เงื่อนไขที่ 22 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 150 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 8 ตัว

เงื่อนไขที่ 23 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 200 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 8 ตัว

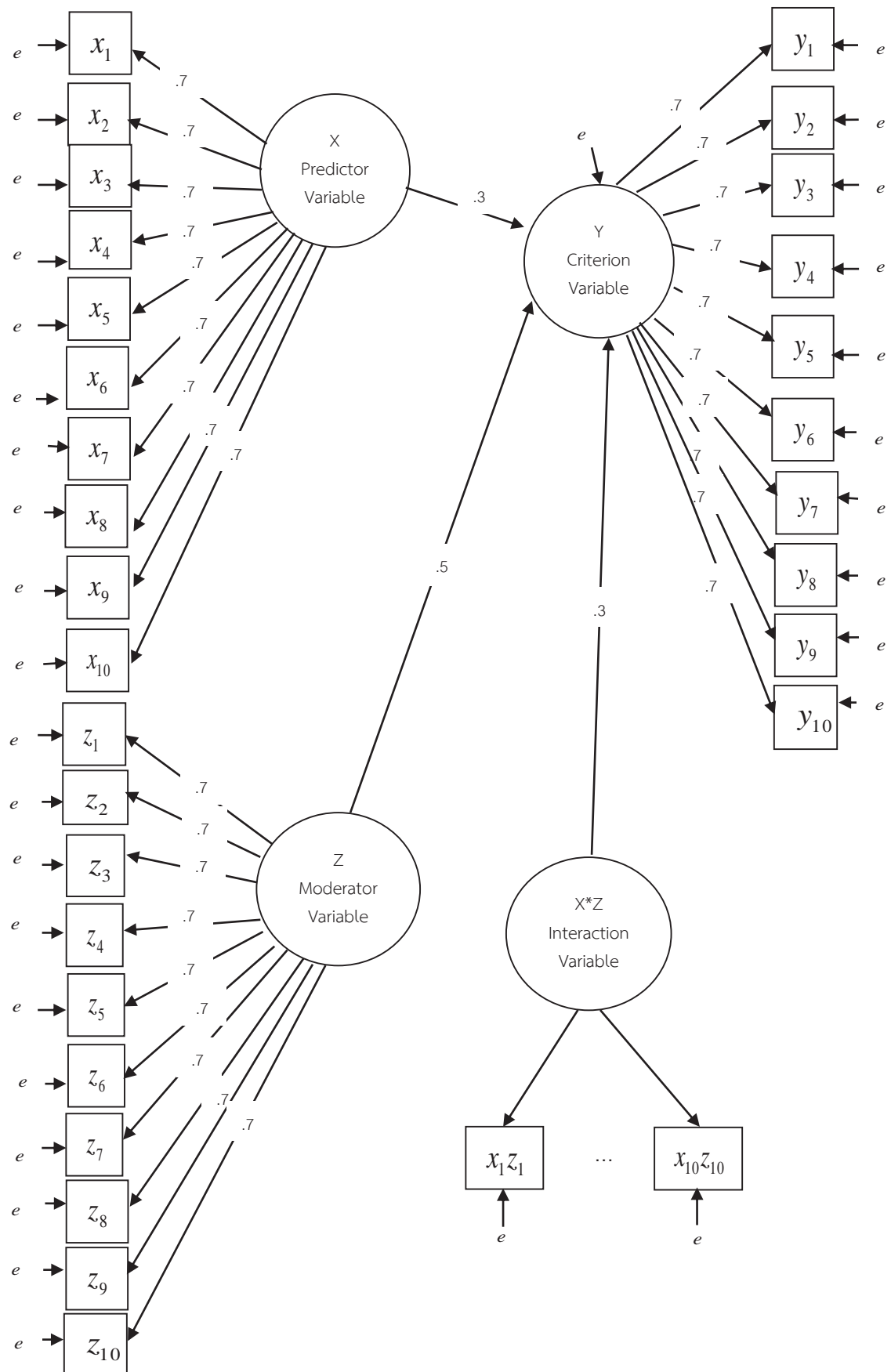
เงื่อนไขที่ 24 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 500 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 8 ตัว

การสร้างตัวบ่งชี้ผลคูณสำหรับการวัดในเทอมของอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ($X*Z$) จากโมเดลข้างต้น ด้วยวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI มีความแตกต่างกันดังนี้

1) วิธี LISREL-PI นำแนวคิดของ Marsh et al. (2004) มาใช้ในการสร้างตัวบ่งชี้ผลคูณสำหรับการวัดในเทอมของอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ($X*Z$) ยึดหลักการสร้างตัวบ่งชี้ผลคูณแบบมีตัวบ่งชี้ไม่ซ้ำ ดังนั้น ตัวบ่งชี้ผลคูณมี 8 ตัว

2) วิธี LMS นำคะแนนองค์ประกอบ (Factor Score) ของตัวแปรแฝง X กับ Z มากำหนดเป็นตัวแปรผลคูณ

3) วิธี PLS-PI นำแนวคิดของ Chin et al. (2003) มาปรับใช้ในการคำนวณได้ตัวบ่งชี้ผลคูณ สำหรับการวัดในเทอมของอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ($X*Z$) ยึดหลักการสร้างตัวบ่งชี้ผลคูณแบบมีตัวบ่งชี้ซ้ำ ดังนั้น ตัวบ่งชี้ผลคูณมี 64 ตัว



ภาพที่ 17 โมเดลที่ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้ 10 ตัว และมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.70

จากภาพที่ 17 ตัวแปรแฝงภายใน (X และ Z) และตัวแปรแฝงภายนอก (Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 10 ตัว และขนาดกลุ่มตัวอย่าง 20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน สามารถแจกแจงเป็นเงื่อนไขที่ 25-30 ดังนี้

เงื่อนไขที่ 25 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 20 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 10 ตัว

เงื่อนไขที่ 26 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 50 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 10 ตัว

เงื่อนไขที่ 27 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 100 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 10 ตัว

เงื่อนไขที่ 28 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 150 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 10 ตัว

เงื่อนไขที่ 29 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 200 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 10 ตัว

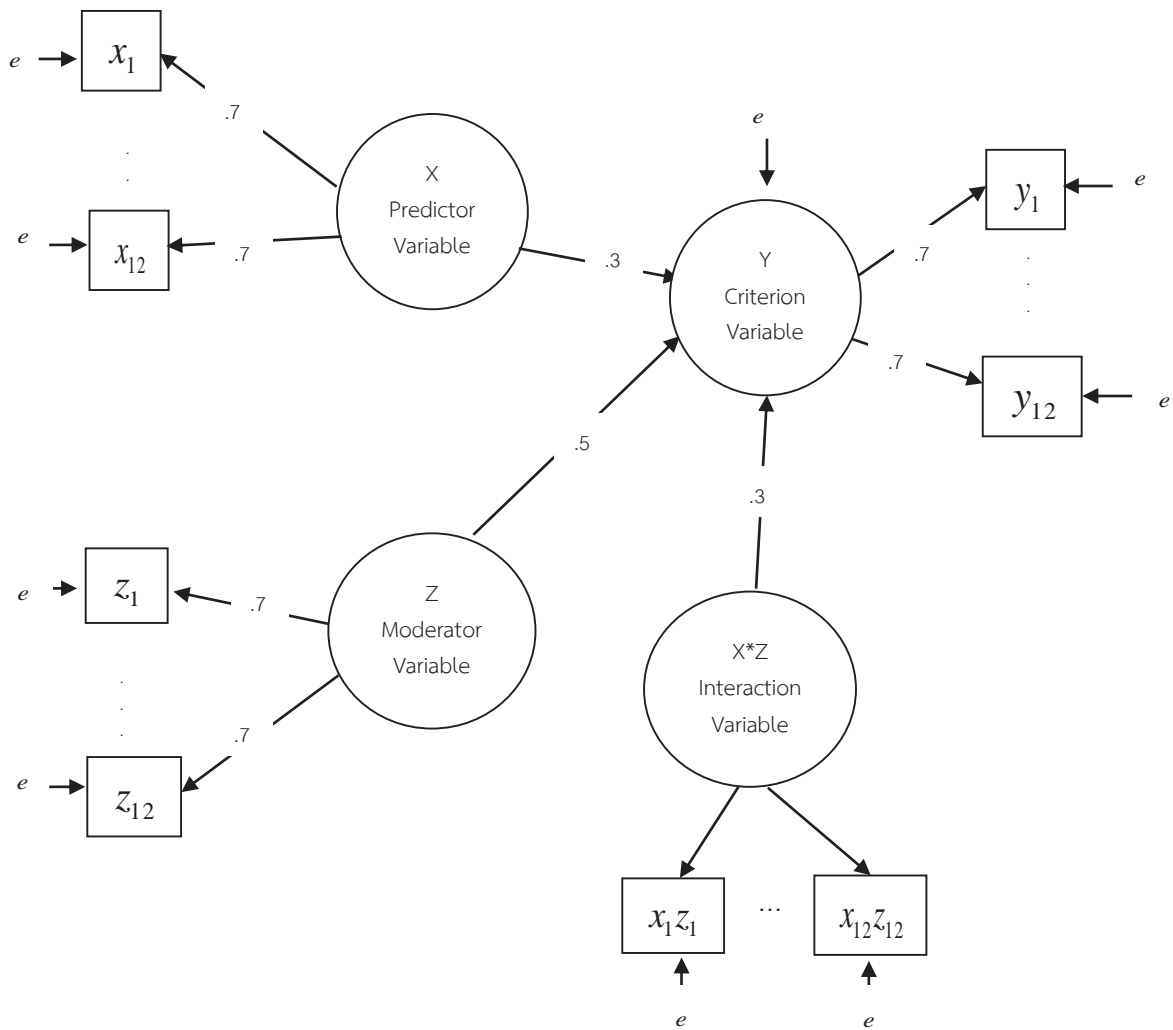
เงื่อนไขที่ 30 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 500 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 10 ตัว

การสร้างตัวบ่งชี้ผลคูณสำหรับการวัดในเทอมของอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ($X*Z$) จากโมเดลข้างต้น ด้วยวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI มีความแตกต่างกันดังนี้

1) วิธี LISREL-PI นำแนวคิดของ Marsh et al. (2004) มาใช้ในการสร้างตัวบ่งชี้ผลคูณสำหรับการวัดในเทอมของอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ($X*Z$) ยึดหลักการสร้างตัวบ่งชี้ผลคูณแบบมีตัวบ่งชี้ไม่ซ้ำ ดังนั้น ตัวบ่งชี้ผลคูณมี 10 ตัว

2) วิธี LMS นำคะแนนองค์ประกอบ (Factor Score) ของตัวแปรแฝง X กับ Z มากำหนดเป็นตัวแปรผลคูณ

3) วิธี PLS-PI นำแนวคิดของ Chin et al. (2003) มาปรับใช้ในการคำนวณได้ตัวบ่งชี้ผลคูณ สำหรับการวัดในเทอมของอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ($X*Z$) ยึดหลักการสร้างตัวบ่งชี้ผลคูณแบบมีตัวบ่งชี้ซ้ำ ดังนั้น ตัวบ่งชี้ผลคูณมี 100 ตัว



ภาพที่ 18 โมเดลที่ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้ 12 ตัว และมีค่า Factor Loadings เท่ากับ 0.70

จากภาพที่ 18 ตัวแปรแฝงภายใน (X และ Z) และตัวแปรแฝงภายนอก (Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 12 ตัว และขนาดกลุ่มตัวอย่าง 20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน สามารถแจกแจงเป็นเงื่อนไขที่ 31-36 ดังนี้

เงื่อนไขที่ 31 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 20 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 12 ตัว

เงื่อนไขที่ 32 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 50 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 12 ตัว

เงื่อนไขที่ 33 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 100 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 12 ตัว

เงื่อนไขที่ 34 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 150 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 12 ตัว

เงื่อนไขที่ 35 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 200 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 12 ตัว

เงื่อนไขที่ 36 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 500 คน ตัวแปรแฝงแต่ละตัว (X, Z และ Y) มีตัวบ่งชี้เท่ากับ 12 ตัว

การสร้างตัวบ่งชี้ผลคูณสำหรับการวัดในเทอมของอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ($X*Z$) จากโมเดลข้างต้น ด้วยวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI มีความแตกต่างกันดังนี้

1) วิธี LISREL-PI นำแนวคิดของ Marsh et al. (2004) มาใช้ในการสร้างตัวบ่งชี้ผลคูณสำหรับการวัดในเทอมของอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ($X*Z$) ยึดหลักการสร้างตัวบ่งชี้ผลคูณแบบมีตัวบ่งชี้ไม่ซ้ำ ดังนั้น ตัวบ่งชี้ผลคูณมี 12 ตัว

2) วิธี LMS นำคะแนนองค์ประกอบ (Factor Score) ของตัวแปรแฝง X กับ Z มากำหนดเป็นตัวแปรผลคูณ

3) วิธี PLS-PI นำแนวคิดของ Chin et al. (2003) มาปรับใช้ในการคำนวณได้ตัวบ่งชี้ผลคูณ สำหรับการวัดในเทอมของอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ($X*Z$) ยึดหลักการสร้างตัวบ่งชี้ผลคูณแบบมีตัวบ่งชี้ซ้ำ ดังนั้น ตัวบ่งชี้ผลคูณมี 144 ตัว

3. ออกแบบการสร้างข้อมูลโดยจำลองด้วยวิธีมอนติคาร์โลของเงื่อนไขตามตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง 6 ค่า และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง 6 ค่า จำนวน 36 เงื่อนไข ทดลองซ้ำ 500 ครั้ง ต่อ 1 เงื่อนไข

4. สร้างข้อมูลจำลองตามสถานการณ์โดยใช้คำสั่งของ PRELIS (ภาคผนวก ก) สำหรับนำไปวิเคราะห์โดยใช้วิธี LISREL-PI ในโปรแกรม LISREL (ภาคผนวก ข) และใช้คำสั่งในโปรแกรม Mplus ในการจำลองข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธี LMS (ภาคผนวก ค) การจำลองข้อมูลขั้นตอนนี้ได้ข้อมูล 18,000 ไฟล์ในแต่ละวิธี (ตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง 6 ค่า และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง 6 ค่า ทดลองซ้ำ 500 ครั้ง ต่อ 1 เงื่อนไข)

5. ตรวจสอบข้อมูลทั้งหมด 18,000 ไฟล์ ที่ได้จากการจำลองข้อมูลก่อนนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

6. วิเคราะห์ข้อมูลจากการจำลองข้อมูล ดังนี้

6.1 การวิเคราะห์ LISREL-PI ด้วยโปรแกรม LISREL 8.80

6.2 การวิเคราะห์ LMS ด้วยโปรแกรม Mplus 7

7. การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการจำลองข้อมูลด้วยวิธี LISREL-PI และวิธี LMS กับผลการศึกษาของ Chin et al. (2003) และ Goodhue et al. (2007) ที่ใช้วิธี PLS-PI เพื่อดูความแตกต่างของกำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ดังนี้

7.1 การเปรียบเทียบกำลังการทดสอบในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบมีตัวแปรกำกับ ระหว่างวิธี LISREL-PI และวิธี LMS กับวิธี PLS-PI จากการศึกษาของ Chin et al. (2003) และ Goodhue et al. (2007) ด้วยวิธีมอนติคาร์โลในตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่างและจำนวน

ตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง พิจารณาจากจำนวนเงื่อนไข (36 เงื่อนไข) ที่ให้ค่ากำลังการทดสอบมากกว่า 0.80 ของแต่ละวิธี

7.2 การเปรียบเทียบอติพจน์ร่วมในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI และวิธี LMS กับวิธี PLS-PI จากการศึกษาของ Chin et al. (2003) และ Goodhue et al. (2007) ด้วยวิธีมอนติคาร์โลในตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง พิจารณาจากจำนวนเงื่อนไข (36 เงื่อนไข) ที่ให้ค่า Mean Relative Bias: MRB หรือค่าความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย (Moosbrugger et al., 2009, p. 119) ดังนี้

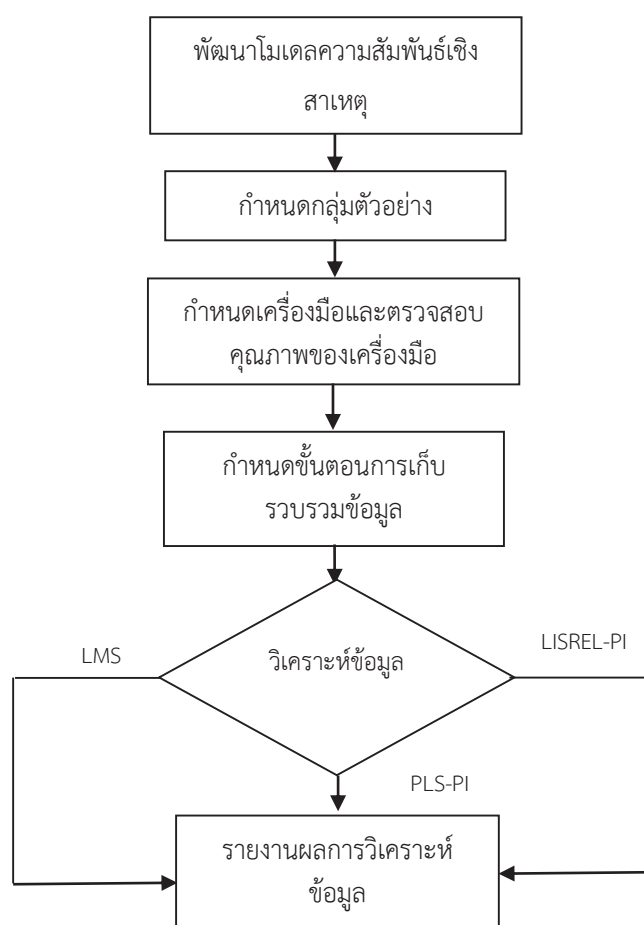
$$Bias(\hat{\pi}) = \frac{\hat{\pi} - \pi}{\pi}$$

เมื่อ $\hat{\pi}$ แทน การประมาณค่าพารามิเตอร์ (Parameter Estimate) π แทน ค่าเฉลี่ยในการประมาณค่าพารามิเตอร์ และ π แทน True Value หรือ Standardized Beta หรือ Population Parameter Value ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้กำหนดค่าอติพจน์ของตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรอิสระ (γ_{11}) เท่ากับ 0.3 ค่าอติพจน์ของตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรกำกับ (γ_{12}) เท่ากับ 0.5 และค่าอติพจน์ร่วมของตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรอิสระกับตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรกำกับ (γ_{13}) เท่ากับ 0.3 การเปรียบเทียบอติพจน์ร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบมีตัวแปรกำกับ ระหว่างวิธี LISREL-PI และวิธี LMS กับวิธี PLS-PI จากการศึกษาของ Chin et al. (2003) และ Goodhue et al. (2007) ด้วยวิธีมอนติคาร์โลในตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง พิจารณาจากจำนวนเงื่อนไข (36 เงื่อนไข) ที่ให้ค่าใกล้เคียงกับค่า True Value หรือมีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย และ Muthén and Muthén (2002, p. 605) ระบุว่าค่าความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย ควรน้อยกว่า 10%

8. การรายงานผลการวิเคราะห์ข้อมูล

**ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ
ของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียน
เป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI**

สำหรับขั้นตอนที่ 2 เป็นการดำเนินการตามวัตถุประสงค์ข้อ 2 การศึกษาผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI มีขั้นตอนดังนี้



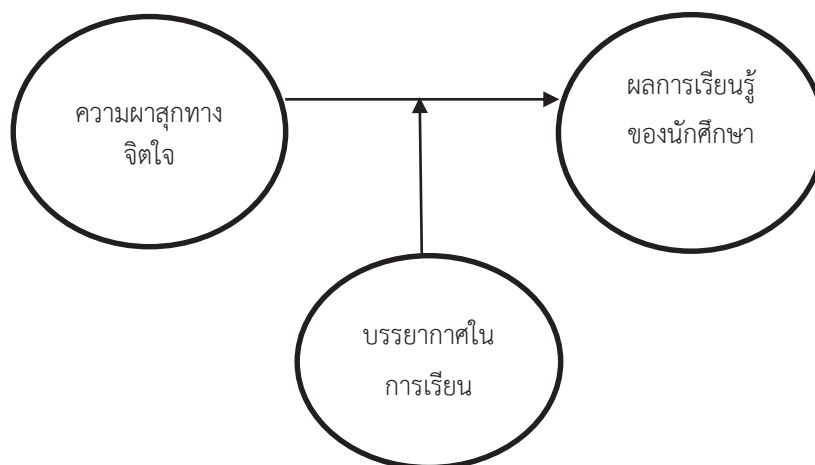
ภาพที่ 19 ขั้นตอนการศึกษาผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI

รายละเอียดของขั้นตอนดำเนินการมีดังต่อไปนี้

1. พัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ มีวิธีดำเนินการ ดังนี้

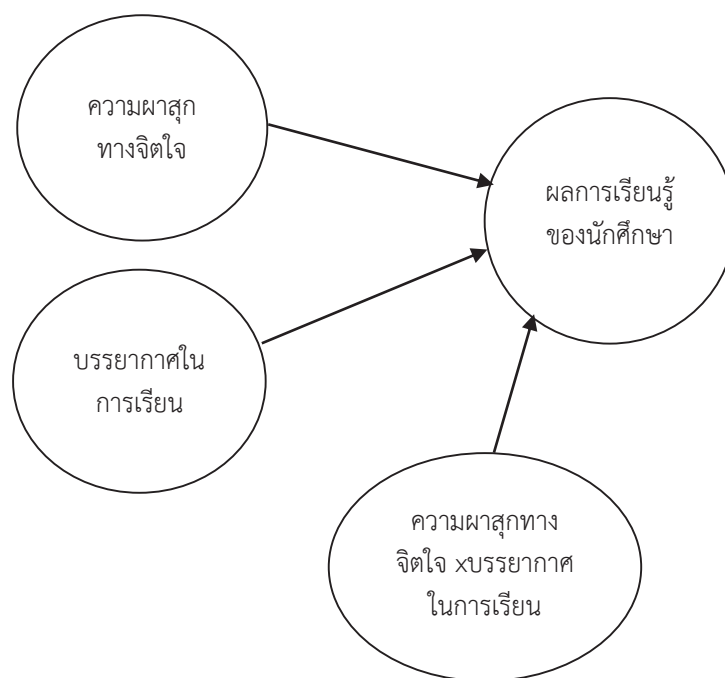
1.1 ศึกษากรอบแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธเชิงสาเหตุต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ

จากการสังเคราะห์แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความผาสุกทางจิตใจ บรรยากาศในการเรียน และผลการเรียนรู้ของนักศึกษามีความสัมพันธ์กันเชิงบวก นอกจากนี้ งานวิจัยของ Rania et al. (2012) ปรากฏว่า ความผาสุกทางจิตใจมีอิทธิพลต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษาโดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ ดังนั้น ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย 1) ตัวแปรอิสระ คือ ความผาสุกทางจิตใจ 2) ตัวแปรกำกับ คือ บรรยากาศในการเรียน และ 3) ตัวแปรตาม คือ ผลการเรียนรู้ของนักศึกษา ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแสดงได้ดังภาพที่ 18



ภาพที่ 20 โมเดลสมมติฐานความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ

1.2 สร้างตัวแปรปฏิสัมพันธ์ของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียนที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษาได้โมเดลสำหรับการวิจัย ดังภาพที่ 19



ภาพที่ 21 โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุผลการเรียนรู้ของนักศึกษาที่มีการสร้างตัวแปรอิทธิพลร่วมของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียน

ตารางที่ 3 การกำหนดตัวแปรสังเกตได้ของความผาสุกทางจิตใจ บรรยากาศในการเรียน และผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ตัวแปรแฝง	ตัวแปรสังเกตได้
1. ความผาสุกทางจิตใจ	x_1 คือ การยอมรับตนเอง x_2 คือ สัมพันธภาพที่ดีกับคนอื่น x_3 คือ อิสระแห่งตน x_4 คือ ความสามารถในการจัดการสถานการณ์ x_5 คือ เป้าหมายในชีวิต x_6 คือ ความมั่งคั่งแห่งตน
2. บรรยากาศในการเรียน	z_1 คือ ความสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมโรงเรียนและผู้สอน z_2 คือ การเห็นคุณค่าตนเองในการเรียน z_3 คือ วิธีการเรียน z_4 คือ ความคาดหวังของผู้ปกครอง z_5 คือ ด้านโครงสร้างการเรียน z_6 คือ การจ้างงานในอนาคต

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ตัวแปรแฝง	ตัวแปรสังเกตได้
	y_3 คือ ผลการเรียนรู้เฉลี่ยในภาคการศึกษาที่แล้ว
	y_4 คือ ผลการเรียนรู้วิชาศึกษาทั่วไป
	y_5 คือ ผลการเรียนรู้วิชาแกนหรือวิชาบังคับโดยรวมทุกรายวิชา
	y_6 คือ ผลการเรียนรู้วิชาเลือกเสรี

การสร้างตัวแปรสังเกตได้ผลคูณสำหรับการวัดในทอมของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียน เพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI มีความแตกต่างกันตามวิธีการที่จะนำไปวิเคราะห์ ดังนี้

1) วิธี LISREL-PI นำแนวคิดของ Marsh et al. (2004) มาใช้ในการสร้างตัวแปรสังเกตได้ผลคูณของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียน ยึดหลักการสร้างตัวแปรสังเกตได้ผลคูณแบบมีตัวแปรสังเกตได้ไม่ซ้ำ ดังนั้น ตัวบ่งชี้ผลคูณมี 6 ตัว ดังนี้ $x_1z_1, x_2z_2, x_3z_3, x_4z_4, x_5z_5, x_6z_6$

2) วิธี LMS นำคะแนนองค์ประกอบ (Factor Score) ของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียน มากำหนดเป็นตัวแปรผลคูณ

3) วิธี PLS-PI นำแนวคิดของ Chin et al. (2003) มาใช้ในการสร้างตัวแปรสังเกตได้ผลคูณของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการยึดหลักการสร้างตัวแปรสังเกตได้ผลคูณแบบมีตัวแปรสังเกตได้ซ้ำ ดังนั้น ตัวบ่งชี้ผลคูณมี 36 ตัว ดังนี้

x_1z_1	x_1z_2	x_1z_3	x_1z_4	x_1z_5	x_1z_6
x_2z_1	x_2z_2	x_2z_3	x_2z_4	x_2z_5	x_2z_6
x_3z_1	x_3z_2	x_3z_3	x_3z_4	x_3z_5	x_3z_6
x_4z_1	x_4z_2	x_4z_3	x_4z_4	x_4z_5	x_4z_6
x_5z_1	x_5z_2	x_5z_3	x_5z_4	x_5z_5	x_5z_6
x_6z_1	x_6z_2	x_6z_3	x_6z_4	x_6z_5	x_6z_6

2. กำหนดกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีของวิทยาลัยเซนต์หลุยส์ ปีการศึกษา 2558 จำนวน 500 คน ตามการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างที่มีความซับซ้อนที่เสนอแนะโดย Schumacker and Lomax (2010, p.211) จำแนกเป็น คณะพยาบาลศาสตร์ จำนวน 306 คน คณะจิตวิทยา จำนวน 87 คน และคณะกายภาพบำบัด จำนวน 107 คน

3. กำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (ภาคผนวก ง) มีดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ คณะ ชั้นปี และคะแนนเฉลี่ยสะสม ซึ่งเป็นคำถามแบบตรวจสอบรายการและให้เติมคำหรือข้อความในช่องว่าง

ตอนที่ 2 มาตรวัดความผาสุกทางจิตใจ ได้นำมาตรวัด Ryff's Psychological Well-Being Scales (PWB) ซึ่งผู้วิจัยแปลมาจาก Abbott et al. (2006, pp.5-6) มี 6 ด้าน ประกอบด้วย 1) การยอมรับตนเอง 2) สัมพันธภาพที่ดีกับคนอื่น 3) อิสระแห่งตน 4) ความสามารถในการจัดการสถานการณ์ 5) เป้าหมายในชีวิต และ 6) ความงอกงามแห่งตน แต่ละด้านมีข้อคำถาม 7 ข้อ รวมทั้งหมด 42 ข้อ

ตอนที่ 3 มาตรวัดบรรยากาศในการเรียน ที่สร้างขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรม งานวิจัยของ Rania et al. (2012) มาปรับใช้ มี 6 ด้าน ประกอบด้วย 1) ความสัมพันธ์กับเพื่อนและผู้สอน 2) การเห็นคุณค่าตนเองในการเรียน 3) วิธีการเรียน 4) ความคาดหวังของผู้ปกครอง 5) ด้านโครงสร้างการเรียน และ 6) การจ้างงานในอนาคต แต่ละด้านมีข้อคำถาม 5 ข้อ รวมทั้งหมด 30 ข้อ

ตอนที่ 4 มาตรวัดผลการเรียนรู้ของนักศึกษา ที่สร้างขึ้นจากการสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้ จำนวน 8 ข้อ ได้แก่ 1) ผลงานที่ส่งอาจารย์หลังได้รับมอบหมายให้ทำการบ้านโดยรวมของทุกรายวิชา จำนวน 1 ข้อ 2) คะแนนสอบกลางภาคโดยรวมของทุกรายวิชา จำนวน 1 ข้อ 3) ผลการเรียนเฉลี่ยในภาคการศึกษาที่แล้ว จำนวน 1 ข้อ 4) ผลการเรียนวิชาศึกษาทั่วไป จำนวน 3 ข้อ 5) ผลการเรียนวิชาแกนหรือวิชาบังคับโดยรวมทุกรายวิชา จำนวน 1 ข้อ และ 6) ผลการเรียนวิชาเลือกเสรี จำนวน 1 ข้อ

มาตรวัดตอนที่ 2 ตอนที่ 3 และตอนที่ 4 เป็นคำถามแบบมาตราประมาณค่า (Rating Scale) แบ่งระดับการวัดเป็น 5 ระดับ มีการตรวจให้คะแนน ดังนี้

ข้อความที่มีความหมายทางบวก ให้คะแนนดังนี้

- | | | |
|---|---------|--------------------------------|
| 5 | หมายถึง | มีความคิดเห็นในระดับมากที่สุด |
| 4 | หมายถึง | มีความคิดเห็นในระดับมาก |
| 3 | หมายถึง | มีความคิดเห็นในระดับปานกลาง |
| 2 | หมายถึง | มีความคิดเห็นในระดับน้อย |
| 1 | หมายถึง | มีความคิดเห็นในระดับน้อยที่สุด |

ข้อความที่มีความหมายทางลบ ให้คะแนนดังนี้

- | | | |
|---|---------|--------------------------------|
| 1 | หมายถึง | มีความคิดเห็นในระดับมากที่สุด |
| 2 | หมายถึง | มีความคิดเห็นในระดับมาก |
| 3 | หมายถึง | มีความคิดเห็นในระดับปานกลาง |
| 4 | หมายถึง | มีความคิดเห็นในระดับน้อย |
| 5 | หมายถึง | มีความคิดเห็นในระดับน้อยที่สุด |

การแปลความหมายของค่าเฉลี่ย ดังนี้

- | | | |
|-------------|---------|------------------------------|
| 4.50 – 5.00 | หมายถึง | ความเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด |
| 3.50 – 4.49 | หมายถึง | ความเห็นอยู่ในระดับมาก |
| 2.50 – 3.49 | หมายถึง | ความเห็นอยู่ในระดับปานกลาง |
| 1.50 – 2.49 | หมายถึง | ความเห็นอยู่ในระดับน้อย |

1.00 – 1.49 หมายถึง ความเห็นอยู่ในระดับน้อยที่สุด

3.2 วิธีดำเนินการสร้างเครื่องมือเพื่อใช้ในการวิจัย

ศึกษาวิธีดำเนินการสร้างเครื่องมือตอนที่ 2 มาตรฐานความผาสูกทางจิตใจตอนที่ 3 มาตรฐานบรรยากาศในการเรียน และตอนที่ 4 มาตรฐานการรับรู้ของนักศึกษาต่อผลการเรียนรู้ ดังนี้

3.2.1 กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างมาตรฐานวัด

3.2.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างมาตรฐานวัด

3.2.3 นิยามเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับความผาสูกทางจิตใจ บรรยากาศในการเรียน และผลการเรียนรู้ของนักศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างมาตรฐานวัด

3.2.4 เขียนข้อคำถามให้สอดคล้องกับนิยามที่ให้ไว้

3.2.5 นำข้อคำถามในมาตรฐานความผาสูกทางจิตใจ บรรยากาศในการเรียน และผลการเรียนรู้ของนักศึกษามาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของมาตรฐานวัด (Content Validity) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน ได้แก่ ดร.สมชาย เตียวกุล ผู้เชี่ยวชาญด้านจิตวิทยา ผศ.ดร.สุวรรณี ละออปกษิณ ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผล ร.ต.ท.หญิง ดร.เจือจันทร์ วัฒนกิจเจริญ ผู้เชี่ยวชาญด้านการบริหารการพยาบาล ดร.สุภารัตน์ สุวาริ ผู้เชี่ยวชาญด้านการบริหารการศึกษา และดร.ชัชฌพงษ์ ทองพวง ผู้เชี่ยวชาญด้านการประเมินผลคุณภาพการศึกษา (ภาคผนวก จ) เป็นผู้พิจารณาข้อคำถามแต่ละข้อว่ามีความสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการของมาตรฐานวัดหรือไม่ โดยใช้เกณฑ์การกำหนดคะแนนตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

+1 ถ้าแน่ใจว่า ข้อความที่สอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการของมาตรฐานวัด

0 ถ้าไม่แน่ใจว่า ข้อความนั้นสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการของมาตรฐานวัด

-1 ถ้าแน่ใจว่า ข้อความนั้นไม่สอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการของมาตรฐานวัด

หลังจากนั้นนำคะแนนที่ได้มาหาดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ผลการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ (ภาคผนวก ฉ) ดังนี้

1) มาตรฐานความผาสูกทางจิตใจ มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ .50 ขึ้นไป จำนวน 28 ข้อ สำหรับค่าดัชนีความสอดคล้องไม่ถึง .50 ได้ปรับปรุงภาษาตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญที่มีความเห็นว่าข้อความนั้นไม่สอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการของมาตรฐานวัด และนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาให้คะแนนใหม่อีกครั้ง จำนวน 14 ข้อ รวม 42 ข้อ

2) มาตรฐานบรรยากาศในการเรียน มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ .50 ขึ้นไป จำนวน 22 ข้อ สำหรับค่าดัชนีความสอดคล้องไม่ถึง .50 ได้ปรับปรุงภาษาตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญที่มีความเห็นว่าข้อความนั้นไม่สอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการของมาตรฐานวัด และนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาให้คะแนนใหม่อีกครั้ง จำนวน 8 ข้อ รวม 30 ข้อ

3) มาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ .50 ขึ้นไป จำนวน 8 ข้อ ทั้งนี้ มาตรฐานความผาสูกทางจิตใจ มาตรฐานบรรยากาศในการเรียน และมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา มีค่าดัชนีความสอดคล้องในช่วง 0.60 – 1.00

3.2.6 นำมาตรฐานวัดไปทดลองใช้ (Try out) กับนักศึกษาคณะพยาบาลศาสตร์ ชั้นปีที่ 3 วิทยาลัยเซนต์หลุยส์ ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ แล้วนำข้อมูลของมาตรฐานวัดวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงของความสอดคล้องภายใน

(Internal Consistency of Reliability) โดยใช้วิธีหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาด้วยสูตรของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient Method) ได้ผลการวิเคราะห์ (ภาคผนวก ข) ดังนี้

- 3.2.6.1 มาตรการวัดความผาสุกทางจิตใจ มีค่าความเที่ยงรายข้อระหว่าง 0.729 – 0.777 และรวมทั้งฉบับมีค่าความเที่ยง เท่ากับ 0.753
- 3.2.6.2 มาตรการวัดบรรยากาศในการเรียน มีค่าความเที่ยงรายข้อระหว่าง 0.724 – 0.757 และรวมทั้งฉบับมีค่าความเที่ยง เท่ากับ 0.740
- 3.2.6.3 มาตรการวัดผลการเรียนรู้ของนักศึกษา มีค่าความเที่ยงรายข้อระหว่าง 0.815– 0.857 และรวมทั้งฉบับมีค่าความเที่ยง เท่ากับ 0.850

3.2.7 จัดทำเป็นมาตรวัดฉบับที่สมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การนำมาตรวัดไปสอบถามกับกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

4.1 วางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยพิจารณาจากตารางเรียน และติดต่อไปยังกลุ่มตัวอย่างเพื่อกำหนดวัน เวลา และสถานที่

4.2 จัดเตรียมมาตรวัดไว้จำนวน 750 ชุด เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล

4.3 ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเดือนมีนาคม – เมษายน 2559 โดยผู้วิจัยได้รับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากวิทยาลัยเซนต์หลุยส์ (ภาคผนวก ข) ก่อนให้กลุ่มตัวอย่างตอบมาตรวัด ผู้วิจัยชี้แจงรายละเอียดการวิจัยและวัตถุประสงค์การวิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทราบว่า กลุ่มตัวอย่างที่สมัครใจเข้าร่วมวิจัยทุกคนสามารถออกจากการวิจัยได้ทุกเมื่อที่ต้องการ โดยไม่มีผลกระทบต่อการศึกษาหรือผลการเรียนใด ๆ ข้อมูลทั้งหมดจะถูกเก็บเป็นความลับ ผลการวิจัยจะนำเสนอในภาพรวมโดยไม่ระบุนามหรือรหัสนักศึกษา หลังจากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างลงนามเอกสารยินยอมเป็นผู้ให้ข้อมูล แล้วจึงให้กลุ่มตัวอย่างตอบมาตรวัด ซึ่งเก็บข้อมูลได้จริง 510 ชุด

4.4 คัดเลือกมาตรวัดที่กลุ่มตัวอย่างตอบครบทุกข้อหรือมีความสมบูรณ์ให้ได้ จำนวน 500 ชุด ตามจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ตั้งไว้ก่อนนำไปวิเคราะห์ข้อมูล

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลเรียบร้อยแล้ว จึงนำมาวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

5.1 วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นด้วยสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเบ้ และความโด่ง โดยใช้โปรแกรม SPSS

5.2 วิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยวิธี LISREL-PI ใช้โปรแกรม LISREL 8.80 วิธี LMS ใช้โปรแกรม Mplus7 และวิธี PLS-PI ใช้โปรแกรม Visual PLS

6. การรายงานผลการวิเคราะห์

การรายงานผลการวิเคราะห์แต่ละวิธี ดังนี้

6.1 วิธี LISREL-PI พิจารณานาถิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง (Interaction Effect of Latent Variables) การทดสอบที (t -test) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficient)

6.2 วิธี LMS พิจารณานาถิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง และการทดสอบที (t -test) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 วิธีนี้ผลการวิเคราะห์ที่ได้จะไม่ให้ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย

6.3 วิธี PLS-PI พิจารณานาตอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง และการทดสอบที (t-test) ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้เป็นเปรียบเทียบกำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI และวิธี LMS กับวิธี PLS-PI จากการศึกษาของ Chin et al. (2003) และ Goodhue et al. (2007) ด้วยวิธีมอนติคาร์โลในตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง และการศึกษาผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความพึงพอใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI เป็นการศึกษาข้อมูลจริง ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลกำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI และวิธี LMS กับวิธี PLS-PI จากการศึกษาของ Chin et al. (2003) และ Goodhue et al. (2007) ด้วยวิธีมอนติคาร์โลในตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง มี 6 ขนาด และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 6 ค่า

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความพึงพอใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI

ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล กำหนดสัญลักษณ์ทางสถิติและคำย่อ ดังนี้

LISREL-PI	แทน วิธี Constrained Product Indicator Approach
LMS	แทน วิธี Latent Moderated Structural Equations
PLS-PI	แทน วิธี Partial Least Squares Product Indicator Approach
Power	แทน กำลังการทดสอบ
n	แทน ขนาดกลุ่มตัวอย่าง
i	แทน จำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง
True Value	แทน ค่า Standardized Beta ของ $\gamma_{11}, \gamma_{12}, \gamma_{13}$
γ_{11}	แทน อิทธิพลทางตรงของตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรอิสระ
γ_{12}	แทน อิทธิพลทางตรงของตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรกำกับ
γ_{13}	แทน อิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรอิสระและตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรกำกับ
Mean Parameter Estimate	แทน ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการประมาณค่าพารามิเตอร์
SD	แทน Standard Deviation หรือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
MRB	แทน Mean Relative Bias หรือความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยเฉลี่ย

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบกำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI

การวิเคราะห์กำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI และวิธี LMS กับวิธี PLS-PI จากการศึกษาของ Chin et al. (2003) และ Goodhue et al. (2007) ด้วยวิธีมอนติคาร์โลในตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง มี 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน) และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 6 ขนาด (2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ตัว) เป็นการดำเนินการตามวัตถุประสงค์ โดยมีลำดับการนำเสนอเป็นดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI ตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง มี 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน) และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 6 ขนาด (2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ตัว) ตามตารางที่ 4
2. สรุปผลการเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI ตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง มี 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน) และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 6 ขนาด (2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ตัว) ตามตารางที่ 5
3. ผลการเปรียบเทียบอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 2 ตัว และขนาดกลุ่มตัวอย่าง มี 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน) ตามตารางที่ 6
4. ผลการเปรียบเทียบอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 4 ตัว และขนาดกลุ่มตัวอย่าง มี 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน) ตามตารางที่ 7
5. ผลการเปรียบเทียบอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 6 ตัว และขนาดกลุ่มตัวอย่าง มี 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน) ตามตารางที่ 8
6. ผลการเปรียบเทียบอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 8 ตัว และขนาดกลุ่มตัวอย่าง มี 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน) ตามตารางที่ 9

7. ผลการเปรียบเทียบอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 10 ตัว และขนาดกลุ่มตัวอย่าง มี 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน) ตามตารางที่ 10

8. ผลการเปรียบเทียบอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 12 ตัว และขนาดกลุ่มตัวอย่าง มี 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน) ตามตารางที่ 11

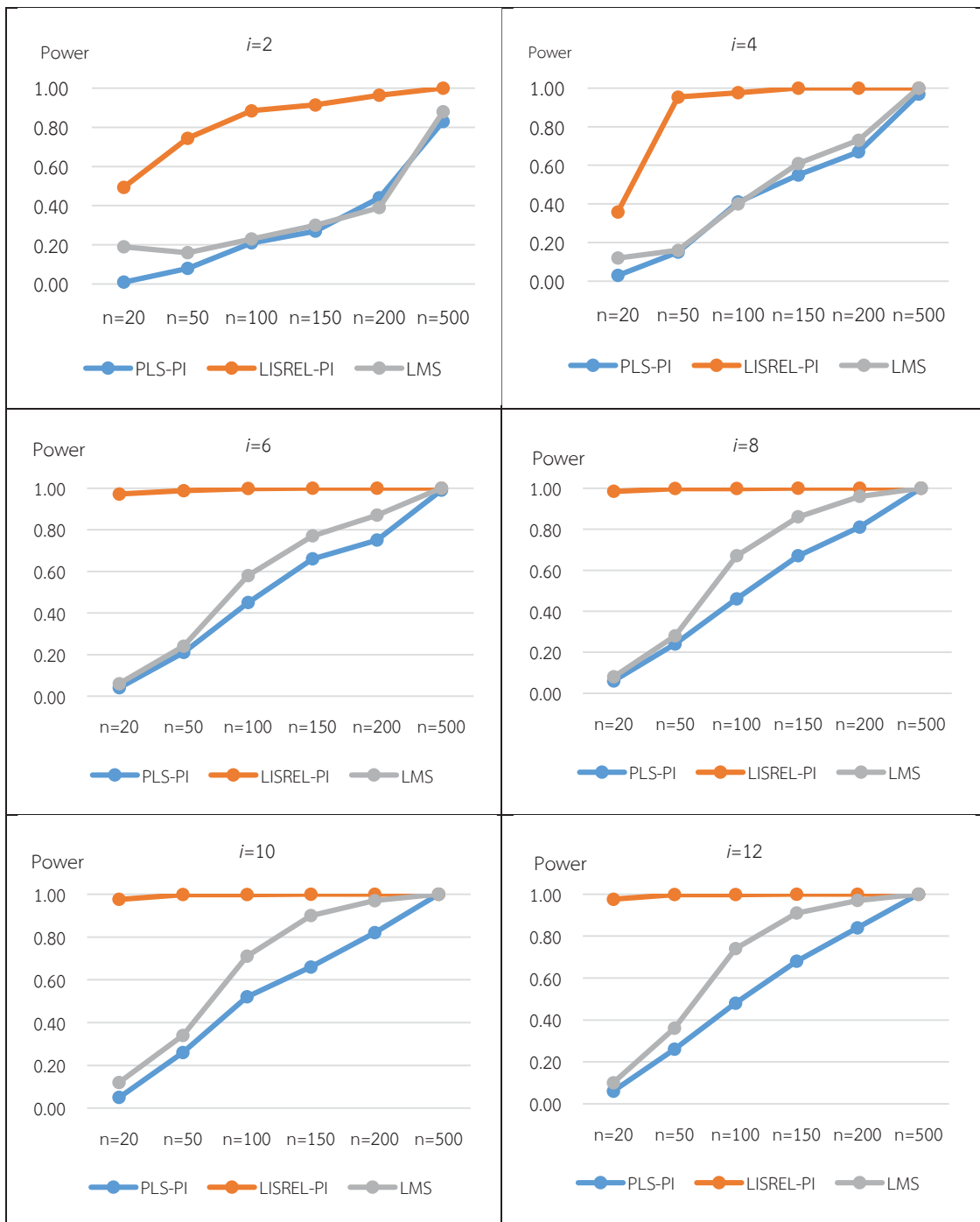
9. สรุปผลการเปรียบเทียบอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI ตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง มี 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน) และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 6 ขนาด (2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ตัว) ตามตารางที่ 12

ผลการวิเคราะห์ตามลำดับดังกล่าว เป็นดังนี้

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบกำลังการทดสอบในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI ตัวแปรขนาด กลุ่มตัวอย่าง และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง

n	i=2			i=4			i=6			i=8			i=10			i=12		
	PLS-PI	LISREL-PI	LMS	PLS-PI	LISREL-PI	LMS	PLS-PI	LISREL-PI	LMS	PLS-PI	LISREL-PI	LMS	PLS-PI	LISREL-PI	LMS	PLS-PI	LISREL-PI	LMS
20	0.01	0.49	0.19	0.03	0.36	0.12	0.04	0.97	0.06	0.06	0.98	0.08	0.05	0.98	0.12	0.06	0.98	0.10
50	0.08	0.74	0.16	0.15	0.95	0.16	0.21	0.99	0.24	0.24	1.00	0.28	0.26	1.00	0.34	0.26	1.00	0.36
100	0.21	0.88	0.23	0.41	0.98	0.40	0.45	1.00	0.58	0.58	1.00	0.67	0.52	1.00	0.71	0.48	1.00	0.74
150	0.27	0.91	0.30	0.55	1.00	0.61	0.66	1.00	0.77	0.77	1.00	0.86	0.66	1.00	0.90	0.68	1.00	0.91
200	0.44	0.96	0.39	0.67	1.00	0.73	0.75	1.00	0.87	0.87	1.00	0.96	0.82	1.00	0.97	0.84	1.00	0.97
500	0.83	1.00	0.88	0.97	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

หมายเหตุ: ตัวหนา แทน กำลังการทดสอบมากกว่า 0.80



ภาพที่ 22 ผลการเปรียบเทียบกำลังการทดสอบในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ตัว และกลุ่มตัวอย่างมี 20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน

ตารางที่ 5 สรุปผลการเปรียบเทียบกำลังการทดสอบในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และ วิธี PLS-PI ตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง

n	LISREL-PI					LMS					PLS-PI							
	i=2	i=4	i=6	i=8	i=10	i=12	i=2	i=4	i=6	i=8	i=10	i=12	i=2	i=4	i=6	i=8	i=10	i=12
20			✓	✓	✓	✓												
50		✓	✓	✓	✓	✓												
100	✓	✓	✓	✓	✓	✓												
150	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓						
200	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓
500	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ: เครื่องหมาย ✓ แทน กำลังการทดสอบมากกว่า 0.80

จากตารางที่ 4 และภาพที่ 22 การเปรียบเทียบกำลังการทดสอบในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI รายละเอียดผลการวิเคราะห์ ดังนี้

ตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 2 ตัว วิธี LISREL-PI ให้ค่ากำลังการทดสอบสูงกว่าวิธี LMS และวิธี PLS-PI ทุกขนาดกลุ่มตัวอย่างและให้ค่ามากกว่า 0.80 นอกจากนี้ วิธี LMS ให้ค่ากำลังการทดสอบสูงกว่าวิธี PLS-PI เกือบทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง ยกเว้นกลุ่มตัวอย่างขนาด 200 คน นอกจากนี้ กำลังการทดสอบของวิธี LMS และวิธี PLS-PI มีอย่างละ 1 เงื่อนไข ที่ให้ค่ามากกว่า 0.80 เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่าง 500 คน

ตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 4 ตัว วิธี LISREL-PI ให้ค่ากำลังการทดสอบสูงกว่าวิธี LMS และวิธี PLS-PI ทุกขนาดกลุ่มตัวอย่างและให้ค่ามากกว่า 0.80 นอกจากนี้ วิธี LMS ให้ค่ากำลังการทดสอบสูงกว่าวิธี PLS-PI เกือบทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง ยกเว้นกลุ่มตัวอย่างขนาด 50 คน และ 100 คน นอกจากนี้ กำลังการทดสอบของวิธี LMS และวิธี PLS-PI มีอย่างละ 1 เงื่อนไข ที่ให้ค่ามากกว่า 0.80 เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่าง 500 คน

ตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 6 ตัว วิธี LISREL-PI ให้ค่ากำลังการทดสอบสูงกว่าวิธี LMS และวิธี PLS-PI ทุกขนาดกลุ่มตัวอย่างและให้ค่ามากกว่า 0.80 นอกจากนี้ วิธี LMS ให้ค่ากำลังการทดสอบสูงกว่าวิธี PLS-PI ทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง นอกจากนี้ กำลังการทดสอบของวิธี LMS มี 2 เงื่อนไข ที่ให้ค่ามากกว่า 0.80 เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่าง 200 คน และ 500 คน สำหรับวิธี PLS-PI มี 1 เงื่อนไข ที่ให้ค่ามากกว่า 0.80 เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่าง 500 คน

ตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 8 ตัว 10 ตัว และ 12 ตัว วิธี LISREL-PI ให้ค่ากำลังการทดสอบสูงกว่าวิธี LMS และวิธี PLS-PI ทุกขนาดกลุ่มตัวอย่างและให้ค่ามากกว่า 0.80 นอกจากนี้ วิธี LMS ให้ค่ากำลังการทดสอบสูงกว่าวิธี PLS-PI ทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง นอกจากนี้ กำลังการทดสอบของวิธี LMS มี 3 เงื่อนไข ที่ให้ค่ามากกว่า 0.80 เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่าง 150 คน 200 คน และ 500 คน สำหรับวิธี PLS-PI มี 2 เงื่อนไข ที่ให้ค่ามากกว่า 0.80 เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่าง 200 คน และ 500

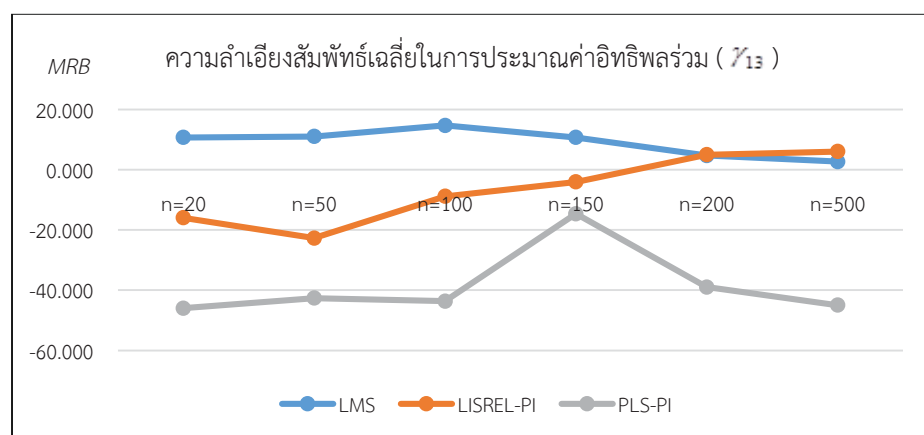
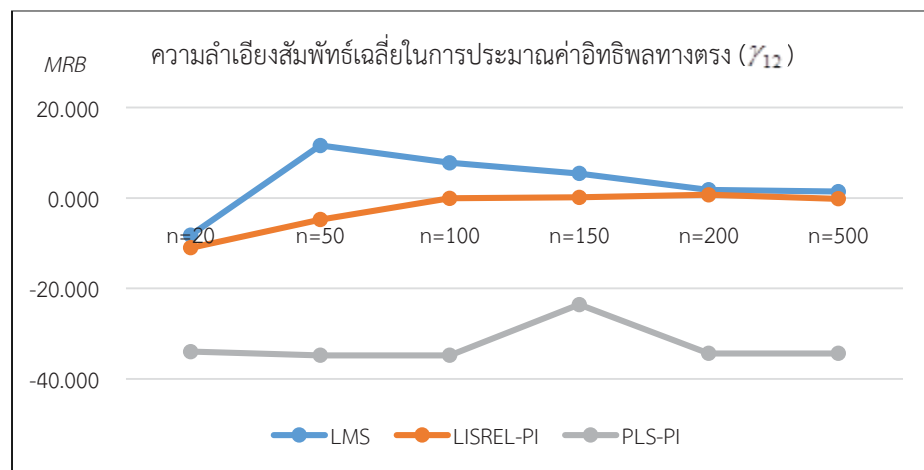
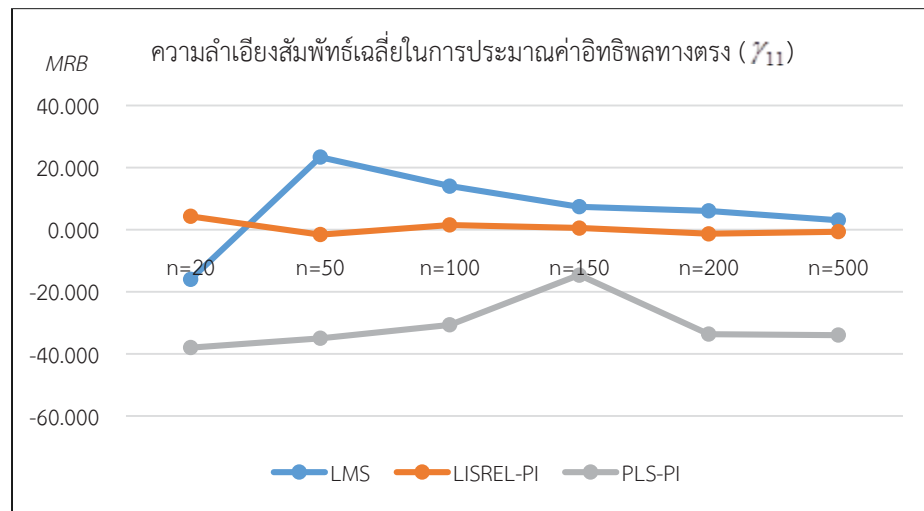
จากสรุปผลการวิเคราะห์ที่ได้ในตารางที่ 5 ใช้ตอบสมมติฐานการวิจัยข้อ 1 กำลังการทดสอบในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยใช้วิธี LISREL-PI และวิธี LMS มีจำนวนเงื่อนไข (จาก 36 เงื่อนไข) ที่กำลังการทดสอบสูงกว่าวิธี PLS-PI ปรากฏว่าวิธี LISREL-PI ให้ค่ากำลังการทดสอบมากกว่า 0.80 จำนวน 33 เงื่อนไข วิธี LMS ให้ค่ากำลังการทดสอบมากกว่า 0.80 จำนวน 13 เงื่อนไข และวิธี PLS-PI ให้ค่ากำลังการทดสอบมากกว่า 0.80 จำนวน 9 เงื่อนไข จาก 36 เงื่อนไข และเมื่อตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ตัว ทั้ง 3 วิธีให้ค่ากำลังการทดสอบมากกว่า 0.80 เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาด 500 คน ดังนั้น กำลังการทดสอบในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยใช้วิธี LISREL-PI ดีกว่าวิธี LMS และวิธี PLS-PI ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อ 1

ตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบข้อผิดพลาดทางตรงและข้อผิดพลาดรวมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 2 ตัว และขนาดกลุ่มตัวอย่าง มี 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน)

n	Parameter	True Value	LISREL-PI			LMS			PLS-PI		
			Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)	Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)	Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)
20	γ_{11}	0.300	0.313	0.273	4.247	0.252	0.380	-16.000	0.186	0.276	-38.000
	γ_{12}	0.500	0.445	0.222	-11.005	0.459	0.539	-8.200	0.330	0.286	-34.000
	γ_{13}	0.300	0.252	0.328	-16.006	0.332	1.200	10.667	0.162	0.352	-46.000
50	γ_{11}	0.300	0.295	0.243	-1.620	0.370	0.473	23.333	0.195	0.187	-35.000
	γ_{12}	0.500	0.476	0.197	-4.796	0.558	0.421	11.600	0.326	0.218	-34.800
	γ_{13}	0.300	0.232	0.312	-22.753	0.333	0.448	11.000	0.172	0.236	-42.667
100	γ_{11}	0.300	0.304	0.173	1.462	0.342	0.247	14.000	0.208	0.130	-30.667
	γ_{12}	0.500	0.500	0.161	-0.059	0.539	0.305	7.800	0.326	0.195	-34.800
	γ_{13}	0.300	0.273	0.319	-8.851	0.344	0.327	14.667	0.169	0.181	-43.667

ตารางที่ 6 (ต่อ)

n	Parameter	True Value	LISREL-PI			LMS			PLS-PI		
			Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)	Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)	Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)
150	γ_{11}	0.300	0.301	0.146	0.489	0.322	0.190	7.333	0.256	0.091	-14.667
	γ_{12}	0.500	0.501	0.133	0.155	0.527	0.212	5.400	0.382	0.143	-23.600
	γ_{13}	0.300	0.288	0.232	-4.057	0.332	0.225	10.667	0.256	0.120	-14.667
200	γ_{11}	0.300	0.296	0.117	-1.381	0.318	0.162	6.000	0.199	0.120	-33.667
	γ_{12}	0.500	0.503	0.120	0.692	0.509	0.173	1.800	0.328	0.183	-34.400
	γ_{13}	0.300	0.315	0.245	4.973	0.314	0.183	4.667	0.183	0.143	-39.000
500	γ_{11}	0.300	0.298	0.076	-0.667	0.309	0.096	3.000	0.198	0.109	-34.000
	γ_{12}	0.500	0.499	0.076	-0.179	0.507	0.104	1.400	0.328	0.176	-34.400
	γ_{13}	0.300	0.318	0.148	5.992	0.308	0.105	2.667	0.165	0.142	-45.000



ภาพที่ 23 ผลการเปรียบเทียบความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 2 ตัว และกลุ่มตัวอย่างมี 20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน

จากตารางที่ 6 และภาพที่ 23 การเปรียบเทียบอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 2 ตัว รายละเอียดผลการวิเคราะห์ดังนี้

การประมาณค่าอิทธิพลทางตรง (γ_{11}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LISREL-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 0.489% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 1.462% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 4.247% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่ามากกว่าค่า True Value (Overestimate) สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 0.667% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 1.381% และกลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 1.620% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

การประมาณค่าอิทธิพลทางตรง (γ_{11}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LMS ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 3.00% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 6.000% กลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 7.333% กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 14.000% และกลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 23.333% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่ามากกว่าค่า True Value (Overestimate) สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 16.000% โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

การประมาณค่าอิทธิพลทางตรง (γ_{11}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี PLS-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 14.667% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 30.667% กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 33.667% กลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 34.000% กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 35.000% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 38.000% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

การประมาณค่าอิทธิพลทางตรง (γ_{12}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LISREL-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 0.155% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 0.692% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่ามากกว่าค่า True Value (Overestimate) สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 0.059% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 0.179% กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียง

สัมพัทธ์เฉลี่ย 4.796% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 11.005% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

การประมาณค่าอิทธิพลทางตรง (γ_{12}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LMS ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 1.400% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 1.800% กลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 5.400% กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 7.800% และกลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 11.600% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่ามากกว่าค่า True Value (Overestimate) สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 8.200% โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

การประมาณค่าอิทธิพลทางตรง (γ_{12}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี PLS-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 23.600% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 34.000% กลุ่มตัวอย่าง 200 และ 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 34.400% และกลุ่มตัวอย่าง 50 และ 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 34.800% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

การประมาณค่าอิทธิพลร่วม (γ_{13}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LISREL-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 4.973% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 5.992% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่ามากกว่าค่า True Value (Overestimate) สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 4.057% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 8.851% กลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 16.006% และกลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 22.753% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลร่วมมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

การประมาณค่าอิทธิพลร่วม (γ_{13}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LMS ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 2.667% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 200 มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 4.667% กลุ่มตัวอย่าง 20 และ 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 10.667% กลุ่มตัวอย่าง 50 มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 11.000% และกลุ่มตัวอย่าง 100 มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 14.667% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลร่วมมีค่ามากกว่าค่า True Value (Overestimate)

การประมาณค่าอิทธิพลร่วม (γ_{13}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี PLS-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย น้อยที่สุด คือ 14.667% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 39.000% กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 42.667% กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มี

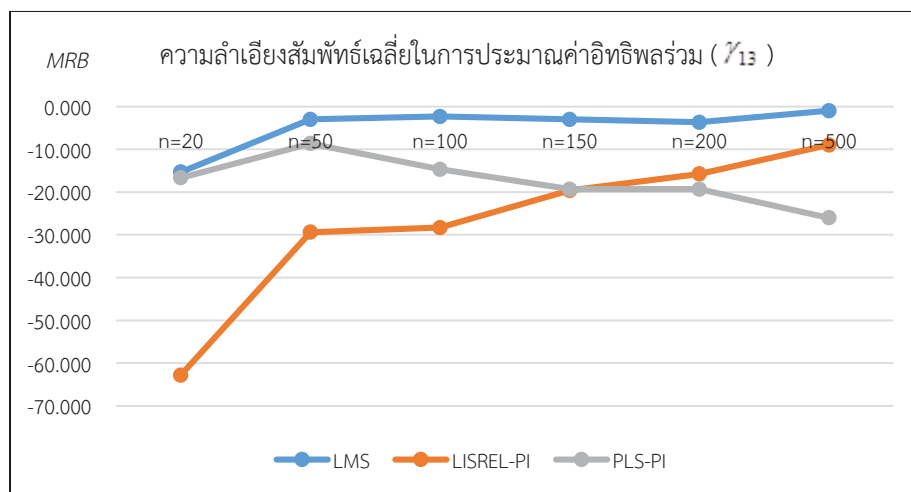
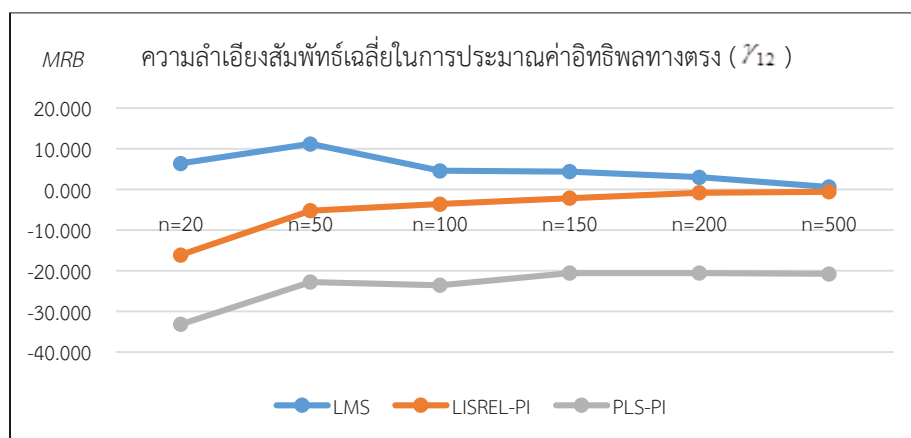
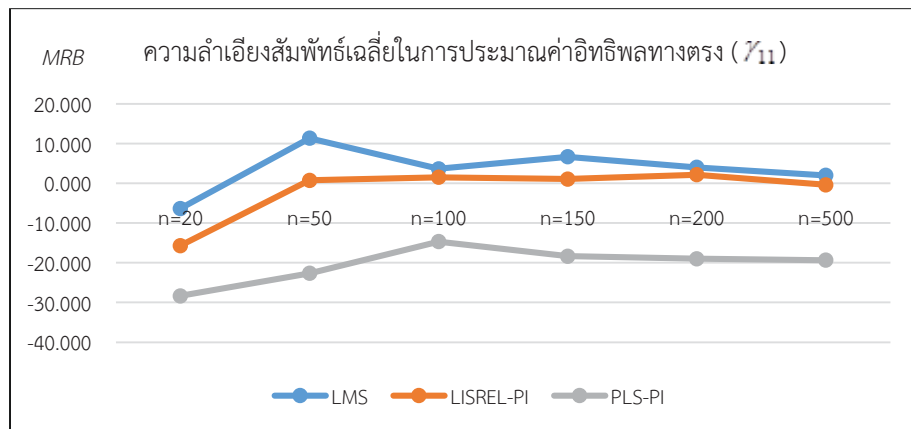
ความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 43.667% กลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 45.000% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 46.000% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่า อธิปไตยรวมมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพตรงและอ้อมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีจำนวนตัวแปรแฝงมี 4 ตัว และขนาดกลุ่มตัวอย่างมี 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน)

n	Parameter	True Value	LISREL-PI			LMS			PLS-PI		
			Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)	Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)	Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)
20	γ_{11}	0.300	0.253	0.277	-15.698	0.281	0.443	-6.333	0.215	0.250	-28.333
	γ_{12}	0.500	0.419	0.250	-16.119	0.532	0.470	6.400	0.334	0.264	-33.200
	γ_{13}	0.300	0.112	0.284	-62.789	0.254	0.518	-15.333	0.250	0.370	-16.667
50	γ_{11}	0.300	0.302	0.197	0.754	0.334	0.284	11.333	0.232	0.153	-22.667
	γ_{12}	0.500	0.474	0.186	-5.236	0.556	0.295	11.200	0.386	0.159	-22.800
	γ_{13}	0.300	0.212	0.283	-29.391	0.291	0.366	-3.000	0.274	0.186	-8.667
100	γ_{11}	0.300	0.305	0.137	1.537	0.311	0.151	3.667	0.256	0.091	-14.667
	γ_{12}	0.500	0.482	0.142	-3.608	0.523	0.164	4.600	0.382	0.143	-23.600
	γ_{13}	0.300	0.215	0.191	-28.307	0.293	0.173	-2.333	0.256	0.120	-14.667

ตารางที่ 7 (ต่อ)

n	Parameter	True Value	LISREL-PI			LMS			PLS-PI		
			Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)	Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)	Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)
150	γ_{11}	0.300	0.303	0.115	1.091	0.320	0.118	6.667	0.245	0.086	-18.333
	γ_{12}	0.500	0.489	0.119	-2.161	0.522	0.134	4.400	0.397	0.122	-20.600
	γ_{13}	0.300	0.241	0.167	-19.626	0.291	0.132	-3.000	0.242	0.100	-19.333
200	γ_{11}	0.300	0.306	0.100	2.153	0.312	0.104	4.000	0.243	0.081	-19.000
	γ_{12}	0.500	0.496	0.102	-0.789	0.515	0.108	3.000	0.397	0.118	-20.600
	γ_{13}	0.300	0.253	0.151	-15.761	0.289	0.109	-3.667	0.242	0.082	-19.333
500	γ_{11}	0.300	0.299	0.060	-0.380	0.306	0.064	2.000	0.242	0.069	-19.333
	γ_{12}	0.500	0.497	0.063	-0.582	0.503	0.070	0.600	0.396	0.110	-20.800
	γ_{13}	0.300	0.273	0.096	-8.998	0.297	0.068	-1.000	0.222	0.087	-26.000



ภาพที่ 24 ผลการเปรียบเทียบความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 4 ตัว และกลุ่มตัวอย่างมี 20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน

จากตารางที่ 7 และภาพที่ 24 การเปรียบเทียบอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 4 ตัว รายละเอียดผลการวิเคราะห์ดังนี้

การประมาณค่าอิทธิพลทางตรง (γ_{11}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LISREL-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 0.754% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 1.091% กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 1.537% และกลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 2.153% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่ามากกว่าค่า True Value (Overestimate) สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 0.380% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 15.698% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

การประมาณค่าอิทธิพลทางตรง (γ_{11}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LMS ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 2.000% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 3.667% กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 4.000% กลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 6.667 และกลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 11.333% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่ามากกว่าค่า True Value (Overestimate) สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 6.333% โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

การประมาณค่าอิทธิพลทางตรง (γ_{11}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี PLS-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 14.667% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 18.333% กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 19.000% กลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 19.333% กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 22.667% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 28.333% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

การประมาณค่าอิทธิพลทางตรง (γ_{12}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LISREL-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 0.582% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 0.789% กลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 2.161% กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 3.608% กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 5.236% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 16.119% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

การประมาณค่าอิทธิพลทางตรง (γ_{12}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LMS ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 0.600% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 3.000% กลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 4.400% กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 4.600% กลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 6.400% และกลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 11.200% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่ามากกว่าค่า True Value (Overestimate)

การประมาณค่าอิทธิพลทางตรง (γ_{12}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี PLS-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 150 และ 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 20.600% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 20.800% กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 22.800% กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 23.600% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 33.200% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

การประมาณค่าอิทธิพลร่วม (γ_{13}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LISREL-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 8.99% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 15.761% กลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 19.626% กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 28.307% กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 29.391% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 62.789% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลร่วมมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

การประมาณค่าอิทธิพลร่วม (γ_{13}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LMS ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 1.000% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 2.333% กลุ่มตัวอย่าง 50 และ 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 3.000% กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 3.667% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 15.333% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลร่วมมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

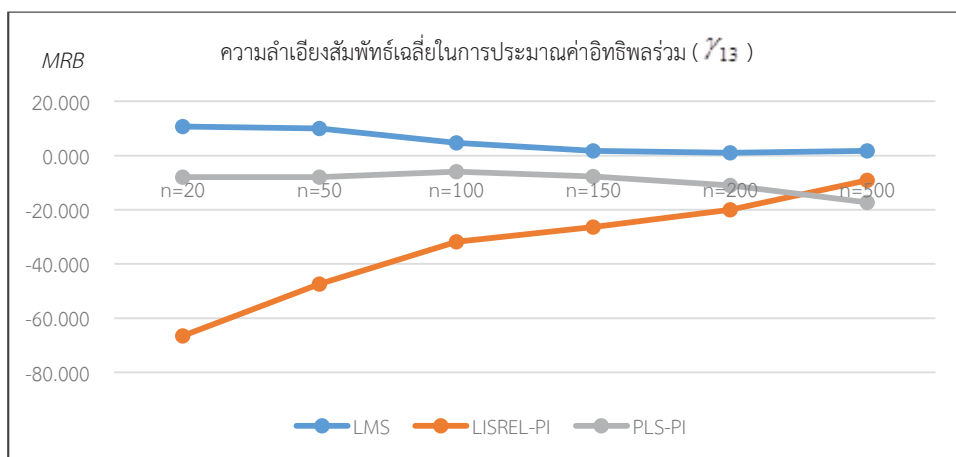
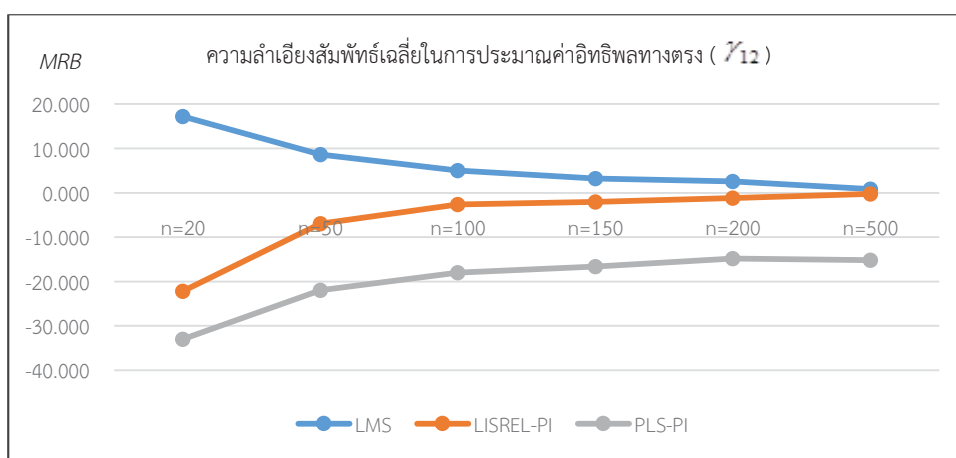
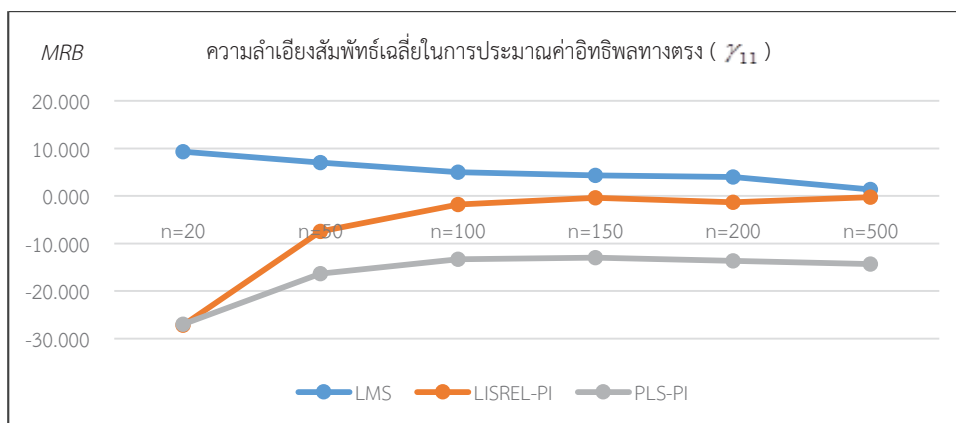
การประมาณค่าอิทธิพลร่วม (γ_{13}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี PLS-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 8.667% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 14.667% กลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 16.667% กลุ่มตัวอย่าง 150 คน และ 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 19.333% และกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 26.000% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลร่วมมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

ตารางที่ 8 ผลการเปรียบเทียบอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์ที่ไม่ลดสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีจำนวนตัวแปรแฝงมี 6 ตัว และขนาดกลุ่มตัวอย่างมี 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน)

n	Parameter	True Value	LISREL-PI			LMS			PLS-PI		
			Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)	Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)	Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)
20	γ_{11}	0.300	0.218	0.246	-27.168	0.328	0.492	9.333	0.219	0.237	-27.000
	γ_{12}	0.500	0.389	0.232	-22.207	0.586	0.494	17.200	0.335	0.251	-33.000
	γ_{13}	0.300	0.100	0.229	-66.554	0.332	0.540	10.667	0.276	0.377	-8.000
50	γ_{11}	0.300	0.278	0.165	-7.463	0.321	0.228	7.000	0.251	0.139	-16.333
	γ_{12}	0.500	0.465	0.164	-6.941	0.543	0.239	8.600	0.390	0.154	-22.000
	γ_{13}	0.300	0.158	0.171	-47.381	0.330	0.274	10.000	0.276	0.232	-8.000
100	γ_{11}	0.300	0.294	0.122	-1.835	0.315	0.138	5.000	0.260	0.100	-13.333
	γ_{12}	0.500	0.487	0.124	-2.610	0.525	0.161	5.000	0.410	0.120	-18.000
	γ_{13}	0.300	0.205	0.140	-31.773	0.314	0.169	4.667	0.282	0.119	-6.000

ตารางที่ 8 (ต่อ)

n	Parameter	True Value	LISREL-PI			LMS			PLS-PI		
			Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)	Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)	Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)
150	γ_{11}	0.300	0.299	0.103	-0.428	0.313	0.105	4.333	0.261	0.073	-13.000
	γ_{12}	0.500	0.490	0.103	-2.026	0.516	0.120	3.200	0.417	0.104	-16.600
	γ_{13}	0.300	0.221	0.123	-26.330	0.305	0.127	1.667	0.277	0.080	-7.667
200	γ_{11}	0.300	0.296	0.087	-1.310	0.312	0.091	4.000	0.259	0.068	-13.667
	γ_{12}	0.500	0.494	0.091	-1.197	0.513	0.104	2.600	0.426	0.092	-14.800
	γ_{13}	0.300	0.240	0.114	-19.956	0.303	0.110	1.000	0.267	0.063	-11.000
500	γ_{11}	0.300	0.299	0.057	-0.237	0.304	0.058	1.333	0.257	0.057	-14.333
	γ_{12}	0.500	0.499	0.061	-0.266	0.504	0.063	0.800	0.424	0.084	-15.200
	γ_{13}	0.300	0.273	0.082	-9.098	0.305	0.064	1.667	0.248	0.064	-17.333



ภาพที่ 25 ผลการเปรียบเทียบความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 6 ตัว และกลุ่มตัวอย่างมี 20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน

จากตารางที่ 8 และภาพที่ 25 การเปรียบเทียบอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 6 ตัว รายละเอียดผลการวิเคราะห์ดังนี้

การประมาณค่าอิทธิพลทางตรง (γ_{11}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LISREL-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 0.237% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 0.428% กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 1.310% กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 1.835% กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 7.463% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 27.168% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

การประมาณค่าอิทธิพลทางตรง (γ_{11}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LMS ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 1.333% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 4.000% กลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 4.333% กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 5.000% กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 7.000% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 9.333% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่ามากกว่าค่า True Value (Overestimate)

การประมาณค่าอิทธิพลทางตรง (γ_{11}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี PLS-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 13.000% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 13.333% กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 13.667% กลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 14.333% กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 16.333% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 27.000% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

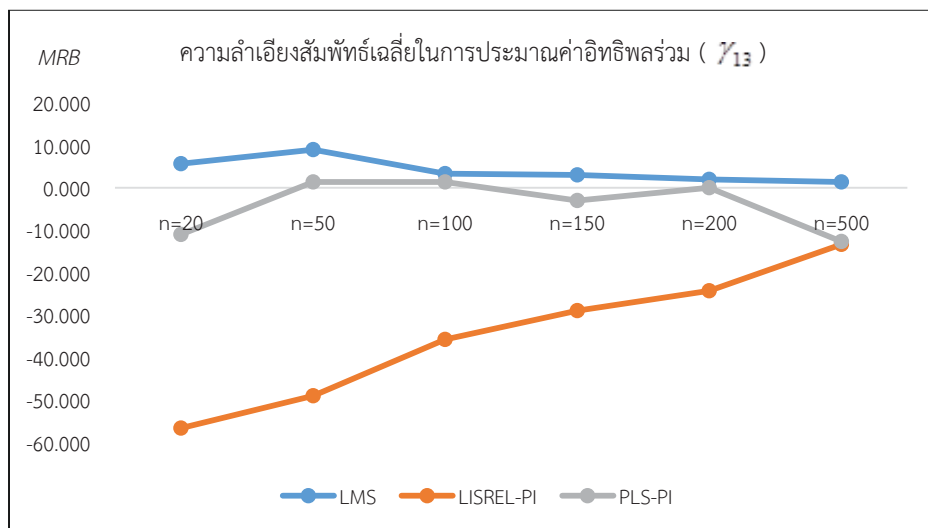
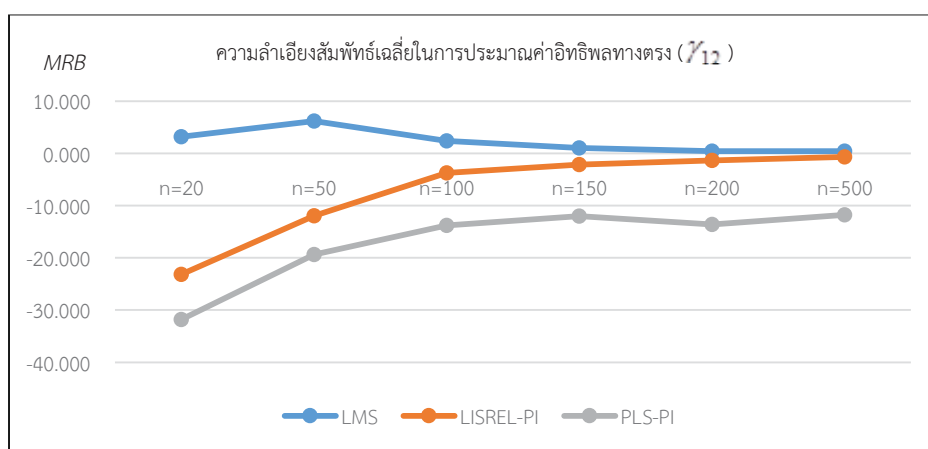
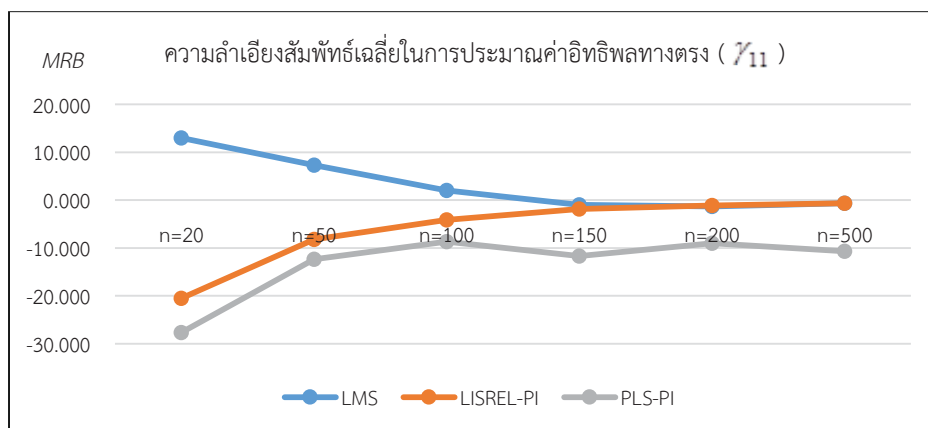
การประมาณค่าอิทธิพลทางตรง (γ_{12}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LISREL-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 0.266% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 1.197% กลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 2.026% กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 2.610% กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 6.941% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 22.207 ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรง มีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

ตารางที่ 9 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพตรงและอ้อมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีจำนวนตัวแปรแฝงมี 8 ตัว และขนาดกลุ่มตัวอย่าง มี 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน)

n	Parameter	True Value	LISREL-PI			LMS			PLS-PI		
			Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)	Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)	Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)
20	γ_{11}	0.300	0.238	0.254	-20.511	0.339	0.426	13.000	0.217	0.238	-27.667
	γ_{12}	0.500	0.384	0.252	-23.177	0.516	0.393	3.200	0.341	0.254	-31.800
	γ_{13}	0.300	0.130	0.226	-56.646	0.317	0.487	5.667	0.267	0.402	-11.000
50	γ_{11}	0.300	0.275	0.165	-8.249	0.322	0.202	7.333	0.263	0.131	-12.333
	γ_{12}	0.500	0.440	0.164	-11.955	0.531	0.218	6.200	0.403	0.142	-19.400
	γ_{13}	0.300	0.153	0.173	-49.047	0.327	0.223	9.000	0.304	0.216	1.333
100	γ_{11}	0.300	0.288	0.117	-4.105	0.306	0.129	2.000	0.274	0.078	-8.667
	γ_{12}	0.500	0.481	0.124	-3.752	0.512	0.140	2.400	0.431	0.097	-13.800
	γ_{13}	0.300	0.193	0.128	-35.791	0.310	0.133	3.333	0.304	20.110	1.333

ตารางที่ 9 (ต่อ)

n	Parameter	True Value	LISREL-PI			LMS			PLS-PI		
			Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)	Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)	Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)
150	γ_{11}	0.300	0.294	0.101	-1.847	0.297	0.100	-1.000	0.265	0.070	-11.667
	γ_{12}	0.500	0.489	0.099	-2.184	0.505	0.111	1.000	0.440	0.085	-12.000
	γ_{13}	0.300	0.213	0.111	-28.959	0.309	0.105	3.000	0.291	0.078	-3.000
200	γ_{11}	0.300	0.297	0.086	-1.133	0.296	0.086	-1.333	0.273	0.072	-9.000
	γ_{12}	0.500	0.493	0.090	-1.381	0.502	0.095	0.400	0.432	0.096	-13.600
	γ_{13}	0.300	0.227	0.107	-24.325	0.306	0.087	2.000	0.300	0.108	0.000
500	γ_{11}	0.300	0.298	0.055	-0.660	0.298	0.054	-0.667	0.268	0.047	-10.667
	γ_{12}	0.500	0.497	0.061	-0.683	0.502	0.060	0.400	0.441	0.068	-11.800
	γ_{13}	0.300	0.260	0.074	-13.364	0.304	0.056	1.333	0.262	0.051	-12.667



ภาพที่ 26 ผลการเปรียบเทียบความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 8 ตัว และกลุ่มตัวอย่างมี 20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน

จากตารางที่ 9 และภาพที่ 26 การเปรียบเทียบอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 8 ตัว รายละเอียดผลการวิเคราะห์ ดังนี้

การประมาณค่าอิทธิพลทางตรง (γ_{11}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LISREL-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 0.660% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 1.133% กลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 1.847% กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 4.105% กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 8.249% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 20.511% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

การประมาณค่าอิทธิพลทางตรง (γ_{11}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LMS ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 2.000% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 7.333% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 13.000% โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่ามากกว่าค่า True Value (Overestimate) สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย น้อยที่สุด คือ 0.667% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 1.000% และกลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 1.333% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรง มีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

การประมาณค่าอิทธิพลทางตรง (γ_{11}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี PLS-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 8.667% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 9.000% กลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 10.667% กลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 11.667% กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 12.333% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 27.667% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

การประมาณค่าอิทธิพลทางตรง (γ_{12}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LISREL-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 0.683% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 1.381% กลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 2.184% กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 3.752% กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 11.955% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 23.177 ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

การประมาณค่าอิทธิพลทางตรง (γ_{12}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LMS ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียง

สัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 1.000% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 200 และ 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 4.000% กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 2.400% กลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 3.200% และกลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 6.200% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่ามากกว่าค่า True Value (Overestimate)

การประมาณค่าอิทธิพลทางตรง (γ_{12}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี PLS-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 11.800% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 12.000% กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 13.600% กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 13.800% กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 19.400% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 31.800% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

การประมาณค่าอิทธิพลร่วม (γ_{13}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LISREL-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 13.364% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 24.352% กลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 28.959% กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 35.791% กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 49.047% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 56.646% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลร่วมมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

การประมาณค่าอิทธิพลร่วม (γ_{13}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LMS ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 1.333% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 2.000% กลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 3.000% กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 3.333% กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 9.000% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 5.667% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่ามากกว่าค่า True Value (Overestimate)

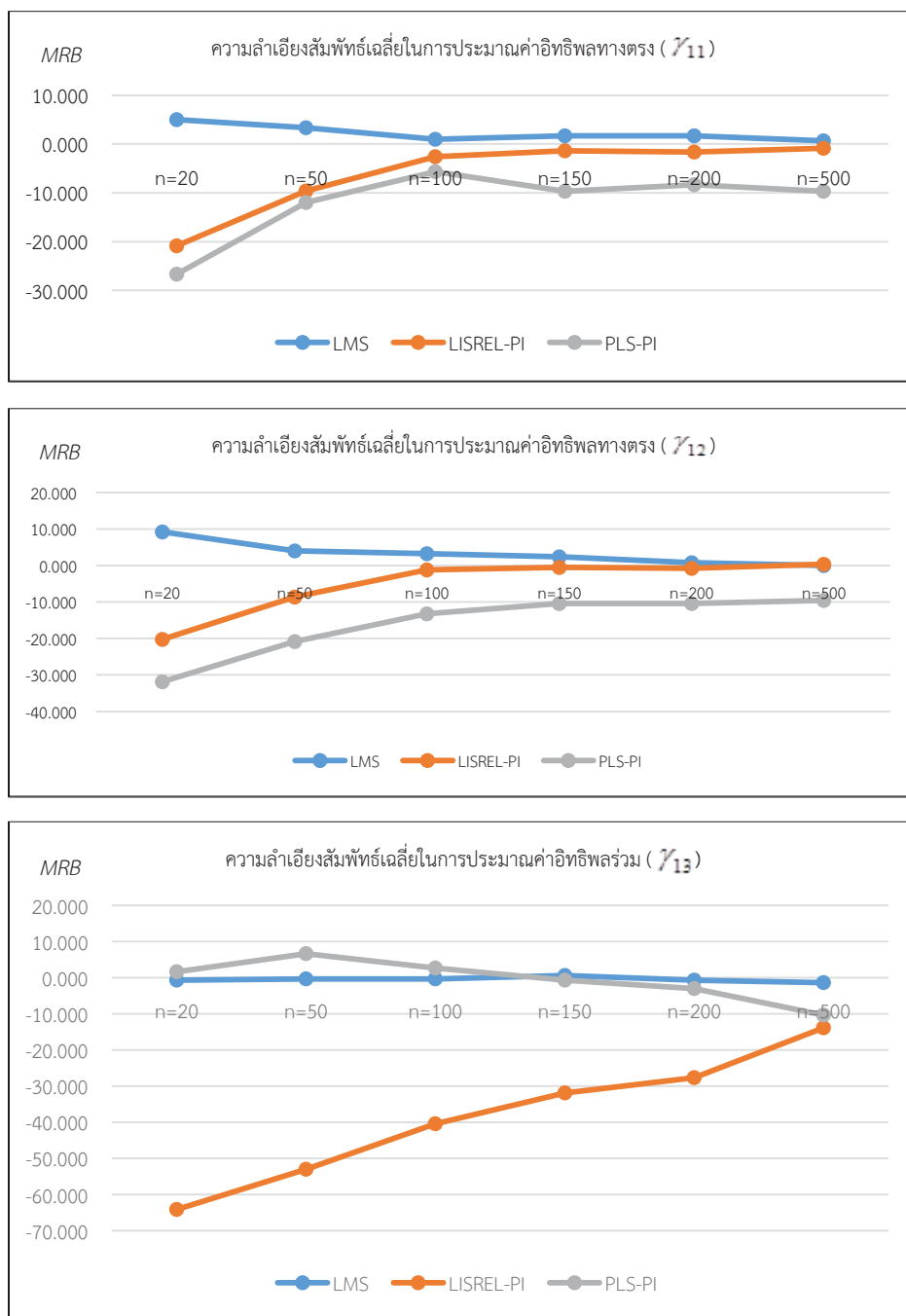
การประมาณค่าอิทธิพลร่วม (γ_{13}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี PLS-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 200 คน ไม่มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย กลุ่มตัวอย่าง 50 และ 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 1.333% กลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 3.000% กลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 11.000% และกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 12.667% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลร่วมมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

ตารางที่ 10 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพและอรรถิพธร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์การถดถอยแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 10 ตัว และขนาดกลุ่มตัวอย่าง มี 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน)

n	Parameter	True Value	LISREL-PI			LMS			PLS-PI		
			Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)	Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)	Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)
20	γ_{11}	0.300	0.237	0.234	-20.857	0.315	0.374	5.000	0.220	0.237	-26.667
	γ_{12}	0.500	0.399	0.227	-20.246	0.546	0.444	9.200	0.341	0.251	-31.800
	γ_{13}	0.300	0.108	0.242	-64.076	0.298	0.599	-0.667	0.305	0.375	1.667
50	γ_{11}	0.300	0.271	0.154	-9.620	0.310	0.183	3.333	0.264	0.124	-12.000
	γ_{12}	0.500	0.457	0.148	-8.619	0.520	0.199	4.000	0.396	0.142	-20.800
	γ_{13}	0.300	0.141	0.158	-52.953	0.299	0.206	-0.333	0.320	0.230	6.667
100	γ_{11}	0.300	0.292	0.117	-2.584	0.303	0.113	1.000	0.283	0.080	-5.667
	γ_{12}	0.500	0.494	0.112	-1.235	0.516	0.138	3.200	0.434	0.097	-13.200
	γ_{13}	0.300	0.179	0.121	-40.391	0.299	0.124	-0.333	0.308	0.117	2.667

ตารางที่ 10 (ต่อ)

n	Parameter	True Value	LISREL-PI			LMS			PLS-PI		
			Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)	Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)	Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)
150	γ_{11}	0.300	0.296	0.097	-1.385	0.305	0.089	1.667	0.271	0.070	-9.667
	γ_{12}	0.500	0.497	0.095	-0.542	0.512	0.107	2.400	0.448	0.080	-10.400
	γ_{13}	0.300	0.204	0.100	-31.834	0.302	0.096	0.667	0.298	0.065	-0.667
200	γ_{11}	0.300	0.295	0.085	-1.661	0.305	0.078	1.667	0.275	0.059	-8.333
	γ_{12}	0.500	0.496	0.086	-0.813	0.504	0.092	0.800	0.448	0.073	-10.400
	γ_{13}	0.300	0.217	0.088	-27.636	0.298	0.083	-0.667	0.291	0.058	-3.000
500	γ_{11}	0.300	0.297	0.052	-0.904	0.302	0.050	0.667	0.271	0.044	-9.667
	γ_{12}	0.500	0.502	0.058	0.310	0.500	0.060	0.000	0.452	0.058	-9.600
	γ_{13}	0.300	0.258	0.068	-13.842	0.296	0.050	-1.333	0.269	0.048	-10.333



ภาพที่ 27 ผลการเปรียบเทียบความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 10 ตัว และกลุ่มตัวอย่างมี 20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน

จากตารางที่ 10 และภาพที่ 27 การเปรียบเทียบอติพิลทางตรงและอติพิลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 10 ตัว รายละเอียดผลการวิเคราะห์ดังนี้

การประมาณค่าอติพิลทางตรง (γ_{11}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LISREL-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 0.904% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 1.385% กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 1.661% กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 2.584% กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 9.620% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 20.857% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอติพิลทางตรงมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

การประมาณค่าอติพิลทางตรง (γ_{11}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LMS ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 0.667% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 1.000% กลุ่มตัวอย่าง 150 และ 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 1.667% กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 3.333% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 5.000% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอติพิลทางตรงมีค่ามากกว่าค่า True Value (Overestimate)

การประมาณค่าอติพิลทางตรง (γ_{11}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี PLS-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 5.667% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 8.333% กลุ่มตัวอย่าง 150 และ 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 9.667% กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 12.000% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 27.667% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอติพิลทางตรงมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

การประมาณค่าอติพิลทางตรง (γ_{12}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LISREL-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 0.310% โดยที่การประมาณค่าอติพิลทางตรงมีค่ามากกว่าค่า True Value (Overestimate) กลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 0.542% กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 0.813% กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 1.235% กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 8.619% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 20.246 ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอติพิลทางตรงมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

การประมาณค่าอติพิลทางตรง (γ_{12}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LMS ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 500 คน ไม่มีความลำเอียง

สัมพัทธ์เฉลี่ย กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 0.800% กลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 2.400% กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 3.200% กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 4.000% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 9.200% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่ามากกว่าค่า True Value (Overestimate)

การประมาณค่าอิทธิพลทางตรง (γ_{12}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี PLS-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 9.600% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 150 และ 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 10.400% กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 13.200% กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 20.800% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 31.800% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

การประมาณค่าอิทธิพลร่วม (γ_{13}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LISREL-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 13.842% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 27.636% กลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 31.834% กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 40.391% กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 52.953% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 64.076% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลร่วมมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

การประมาณค่าอิทธิพลร่วม (γ_{13}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LMS ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 0.667% โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่ามากกว่าค่า True Value (Overestimate) กลุ่มตัวอย่าง 50 และ 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 0.333% กลุ่มตัวอย่าง 20 และ 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 0.667% และกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 1.333% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

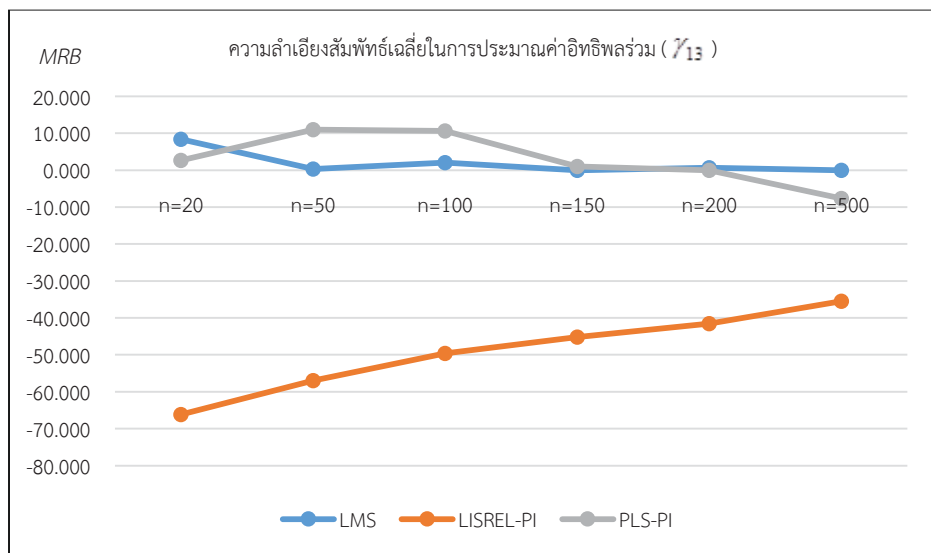
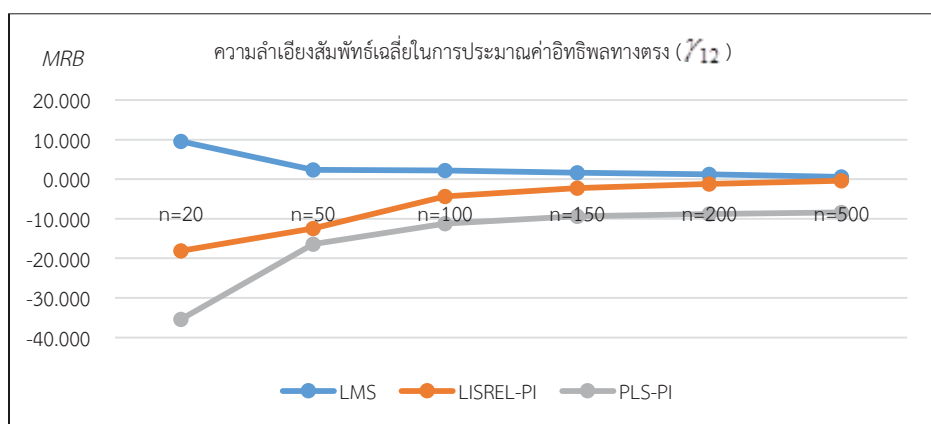
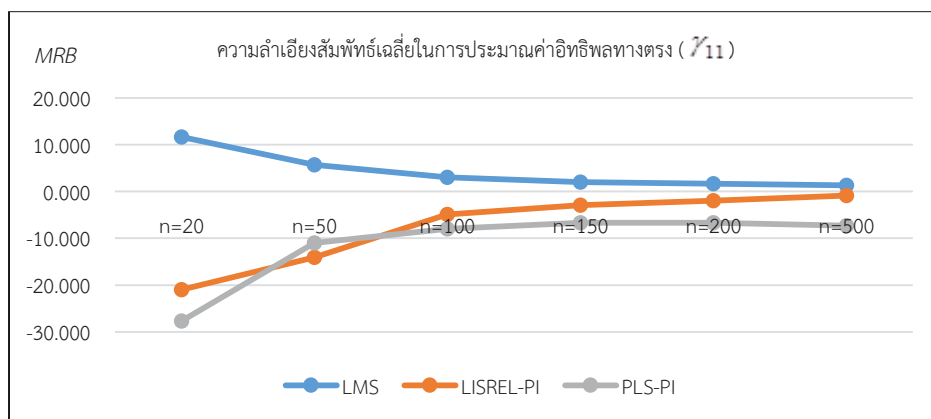
การประมาณค่าอิทธิพลร่วม (γ_{13}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี PLS-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 1.667% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 2.667% และกลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 6.667% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่ามากกว่าค่า True Value (Overestimate) สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 0.667% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 3.000% และกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 10.333% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

ตารางที่ 11 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพตรงและอ้อมที่พหุร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีจำนวนตัวแปรแฝงมี 12 ตัว และขนาดกลุ่มตัวอย่าง มี 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน)

n	Parameter	True Value	LISREL-PI			LMS			PLS-PI		
			Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)	Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)	Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)
20	γ_{11}	0.300	0.237	0.241	-21.010	0.335	0.369	11.667	0.217	0.223	-27.667
	γ_{12}	0.500	0.409	0.231	-18.140	0.548	0.364	9.600	0.323	0.259	-35.400
	γ_{13}	0.300	0.101	0.244	-66.210	0.325	0.552	8.333	0.308	0.424	2.667
50	γ_{11}	0.300	0.258	0.155	-14.083	0.317	0.178	5.667	0.267	0.126	-11.000
	γ_{12}	0.500	0.438	0.140	-12.434	0.512	0.193	2.400	0.418	0.134	-16.400
	γ_{13}	0.300	0.129	0.143	-56.994	0.301	0.190	0.333	0.333	0.221	11.000
100	γ_{11}	0.300	0.285	0.119	-4.897	0.309	0.112	3.000	0.276	0.080	-8.000
	γ_{12}	0.500	0.478	0.111	-4.323	0.511	0.127	2.200	0.444	0.092	-11.200
	γ_{13}	0.300	0.151	0.108	-49.621	0.306	0.123	2.000	0.332	0.087	10.667

ตารางที่ 11 (ต่อ)

n	Parameter	True Value	LISREL-PI			LMS			PLS-PI		
			Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)	Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)	Mean Parameter Estimate	SD	MRB (%)
150	γ_{11}	0.300	0.291	0.098	-2.955	0.306	0.088	2.000	0.280	0.062	-6.667
	γ_{12}	0.500	0.489	0.093	-2.246	0.508	0.990	1.600	0.453	0.075	-9.400
	γ_{13}	0.300	0.165	0.092	-45.164	0.300	0.970	0.000	0.303	0.070	1.000
200	γ_{11}	0.300	0.294	0.085	-1.947	0.305	0.073	1.667	0.280	0.056	-6.667
	γ_{12}	0.500	0.494	0.081	-1.194	0.506	0.088	1.200	0.456	0.067	-8.800
	γ_{13}	0.300	0.175	0.084	-41.534	0.302	0.082	0.667	0.300	0.049	0.000
500	γ_{11}	0.300	0.297	0.052	-0.900	0.304	0.046	1.333	0.278	0.041	-7.333
	γ_{12}	0.500	0.498	0.054	-0.391	0.503	0.053	0.600	0.458	0.053	-8.400
	γ_{13}	0.300	0.194	0.055	-35.499	0.300	0.053	0.000	0.277	0.043	-7.667



ภาพที่ 28 ผลการเปรียบเทียบความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลรวมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 12 ตัว และกลุ่มตัวอย่างมี 20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน

จากตารางที่ 11 และภาพที่ 28 การเปรียบเทียบอติพิลทางตรงและอติพิลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 12 ตัว รายละเอียดผลการวิเคราะห์ดังนี้

การประมาณค่าอติพิลทางตรง (γ_{11}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LISREL-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 0.900% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 1.947% กลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 2.955% กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 4.897% กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 14.083% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 21.010% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอติพิลทางตรงมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

การประมาณค่าอติพิลทางตรง (γ_{11}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LMS ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 1.333% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 1.667% กลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 2.000% กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 3.000% กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 5.667% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 11.667% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอติพิลทางตรงมีค่ามากกว่าค่า True Value (Overestimate)

การประมาณค่าอติพิลทางตรง (γ_{11}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี PLS-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 150 และ 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 6.667% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 8.000% กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 11.000% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 27.667% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอติพิลทางตรงมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

การประมาณค่าอติพิลทางตรง (γ_{12}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LISREL-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 0.391% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 1.194% กลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 2.246% กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 4.323% กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 12.434% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 18.140% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอติพิลทางตรงมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

การประมาณค่าอติพิลทางตรง (γ_{12}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LMS ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 0.600% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย

1.200% กลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 1.600% กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 2.200% กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 2.400% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 9.600% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่ามากกว่าค่า True Value (Overestimate)

การประมาณค่าอิทธิพลทางตรง (γ_{12}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี PLS-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 8.400% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 8.800% กลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 9.400% กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 11.200% กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 16.400% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 35.400% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

การประมาณค่าอิทธิพลร่วม (γ_{13}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LISREL-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 35.499% รองลงมา กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 41.534% กลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 45.164% กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 49.621% กลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 56.994% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 66.210% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลร่วมมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

การประมาณค่าอิทธิพลร่วม (γ_{13}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี LMS ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 150 และ 500 คน ไม่มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 0.333% กลุ่มตัวอย่าง 200 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 0.667% กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 2.000% และกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 11.667% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลร่วมมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

การประมาณค่าอิทธิพลร่วม (γ_{13}) ของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ด้วยวิธี PLS-PI ปรากฏว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 200 คน ไม่มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย กลุ่มตัวอย่าง 150 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 1.000% กลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 2.667% กลุ่มตัวอย่าง 100 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 10.667% และกลุ่มตัวอย่าง 50 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 10.000% ตามลำดับ โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลทางตรงมีค่ามากกว่าค่า True Value (Overestimate) สำหรับกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่าง 500 คน มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย 7.667% โดยที่การประมาณค่าอิทธิพลร่วมมีค่าน้อยกว่าค่า True Value (Underestimate)

ตารางที่ 12 สรุปผลการเปรียบเทียบอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI ตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง มี 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน) และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 6 ขนาด (2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ตัว)

1. การประมาณค่าอิทธิพลทางตรง (γ_{11})

n	LISREL-PI						LMS						PLS-PI					
	i=2	i=4	i=6	i=8	i=10	i=12	i=2	i=4	i=6	i=8	i=10	i=12	i=2	i=4	i=6	i=8	i=10	i=12
20	✓						✓				✓							
50	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓		
100	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
150	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
200	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
500	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

2. การประมาณค่าอิทธิพลทางตรง (γ_{12})

n	LISREL-PI						LMS						PLS-PI					
	i=2	i=4	i=6	i=8	i=10	i=12	i=2	i=4	i=6	i=8	i=10	i=12	i=2	i=4	i=6	i=8	i=10	i=12
20							✓					✓						
50	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
100	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
150	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
200	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
500	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

ตารางที่ 12 (ต่อ)

3. การประมาณค่าอิทธิพลรวม (γ_{13})

n	LISREL-PI						LMS						PLS-PI					
	i=2	i=4	i=6	i=8	i=10	i=12	i=2	i=4	i=6	i=8	i=10	i=12	i=2	i=4	i=6	i=8	i=10	i=12
20									✓			✓			✓			✓
50								✓	✓			✓		✓	✓			✓
100	✓							✓	✓			✓		✓	✓			✓
150	✓							✓	✓			✓		✓	✓			✓
200	✓							✓	✓			✓		✓	✓			✓
500	✓							✓	✓			✓		✓	✓			✓

หมายเหตุ: เครื่องหมาย ✓ แทน ค่าความลำเอียงสัมพัทธ์น้อยกว่า 10%

จากสรุปผลการวิเคราะห์ที่ได้ในตารางที่ 12 เพื่อตอบสนองมติฐานการวิจัยข้อ 2 ค่าอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยใช้วิธี LISREL-PI และวิธี LMS มีจำนวนเงื่อนไข (จาก 36 เงื่อนไข) ที่มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยต่ำกว่าวิธี PLS-PI ปรากฏว่า ค่าอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยกว่า 10% ดังนี้ วิธี LMS มี 30 เงื่อนไข วิธี PLS-PI มี 18 เงื่อนไข และวิธี LISREL-PI มี 6 เงื่อนไข ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อ 2 บางส่วน เพราะว่า มีวิธี LMS วิธีเดียวที่มีจำนวนเงื่อนไขที่มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยต่ำกว่าวิธี PLS-PI

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI

ผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI โดยมีตัวแปรสังเกตได้ 6 ตัวในแต่ละตัวแปรแฝง โดยกำหนดให้

$x_1 - x_6$ คือ ตัวแปรสังเกตได้ของความผาสุกทางจิตใจ

$z_1 - z_6$ คือ ตัวแปรสังเกตได้ของบรรยากาศในการเรียน

$x_1z_1 - x_6z_6$ คือ ตัวแปรผลคูณของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียน

$y_1 - y_6$ คือ ผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการวิเคราะห์หมีดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่าง ดังตารางที่ 13 – 14 ต่อไปนี้

ตารางที่ 13 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
คณะวิชา		
- พยาบาลศาสตร์	306	61.20
- จิตวิทยา	87	17.40
- กายภาพบำบัด	107	21.40
รวม	500	100.00
ชั้นปี		
- 1	172	34.40
- 2	165	33.00
- 3	145	29.00
- 4	18	3.60
รวม	500	100.00

จากตารางที่ 13 พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นนักศึกษาคณะพยาบาลศาสตร์มากที่สุด ร้อยละ 61.20 รองลงมา คณะกายภาพบำบัด ร้อยละ 21.40 และคณะจิตวิทยา ร้อยละ 17.40 ตามลำดับ และกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่กำลังศึกษาอยู่ชั้นปีที่ 1 มากที่สุด ร้อยละ 34.40 รองลงมาชั้นปีที่ 3 ร้อยละ 33.00 ชั้นปีที่ 2 ร้อยละ 29.00 และชั้นปีที่ 4 ร้อยละ 3.60 ตามลำดับ

ตารางที่ 14 คะแนนเฉลี่ยสะสมของกลุ่มตัวอย่าง

ตัวแปร	<i>n</i>	Minimum	Maximum	Mean	<i>SD</i>
คะแนนเฉลี่ยสะสม	500	1.460	3.940	2.821	0.402

จากตารางที่ 14 พบว่า คะแนนเฉลี่ยสะสมของกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของความผาสุกทางจิตใจ บรรยากาศในการเรียน ผลการเรียนรู้ของนักศึกษา และตัวแปรสังเกตได้ผลคูณของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียน โดยหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ความเบ้ (Skewness) และความโด่ง (Kurtosis) ตามตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเบ้ และความโด่งของความผาสุกทางจิตใจ บรรยากาศในการเรียน ผลการเรียนรู้ของนักศึกษา และตัวแปรสังเกตได้ผลคูณของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียน

ตัวแปร	Mean	SD	Skewness	Kurtosis
x1	3.965	0.277	0.637	0.394
x2	3.949	0.245	0.946	1.499
x3	3.919	0.366	0.487	0.423
x4	3.866	0.399	0.547	0.345
x5	3.909	0.389	0.361	-0.262
x6	3.806	0.380	0.463	0.317
X7	4.237	0.425	-0.179	-0.661
X8	4.189	0.463	-0.133	-0.479
X9	4.132	0.439	-0.157	-0.353
X10	4.278	0.474	-0.385	-0.426
X11	4.202	0.280	0.558	-0.023
X12	4.223	0.466	-0.234	-0.426
x1x7	16.836	2.347	0.310	-0.059
x2x8	16.578	2.390	0.394	-0.042
x3x9	16.235	2.588	0.469	0.359
x4x10	16.582	2.791	0.312	0.100
x5x11	16.463	2.278	0.658	0.454
x6x12	16.131	2.766	0.382	0.059
y1	4.070	0.255	3.381	9.467
y2	4.064	0.245	3.574	10.813
y3	4.100	0.300	2.675	5.175
y4	3.580	0.488	0.675	0.097
y5	3.722	0.649	0.347	-0.725
y6	3.614	0.656	0.601	-0.646

จากตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของความผาสุกทางจิตใจ บรรยากาศในการเรียน ผลการเรียนรู้ของนักศึกษา และตัวแปรสังเกตได้ผลคูณของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียน มีค่าสถิติพื้นฐาน ดังนี้ ค่าเฉลี่ย 3.806-3.965, 4.132-4.278, 3.580-4.100, 3.316-3.367 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.245-0.399, 0.280-0.474, 0.245-0.656, 0.456-0.558 ความเบ้ 0.361-0.946, (-0.385)-0.558, 0.347-3.574, 0.310-0.658 ตามลำดับ และความโด่ง 0.361-0.946, (-0.262)-1.499, (-0.661)-(-0.023), (-0.725)-(10.813), (-0.059)-(0.454) ตามลำดับ โดยรวมตัวแปรสังเกตได้ของความผาสุกทางจิตใจ บรรยากาศในการเรียน ผลการเรียนรู้ของนักศึกษา และตัวบ่งชี้ผลคูณของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียนค่อนข้างมีการแจกแจงแบบปกติ ยกเว้น x_2 ของความผาสุกทางจิตใจ และ y_1 - y_3 ของผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

3. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความผาสุกทางจิตใจ บรรยากาศในการเรียน ผลการเรียนรู้ของนักศึกษา และตัวแปรสังเกตได้ผลคูณของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียน ตามตารางที่ 16

ตารางที่ 16 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความเหมาะสมทางจิตใจ บรรยากาศในการเรียน ผลการเรียนรู้ของนักศึกษา และตัวแปรสังเกตได้ผลคูณของความเหมาะสมทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียน

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x17	x2x8	x3x9	x4x10	x5x11	x6x12	y1	y2	y3	y4	y5
x1	-																						
x2	0.613**	-																					
x3	0.463**	0.462**	-																				
x4	0.448**	0.427**	0.449**	-																			
x5	0.740**	0.458**	0.491**	0.451**	-																		
x6	0.542**	0.796**	0.465**	0.439**	0.450**	-																	
x7	0.308**	0.297**	0.299**	0.243**	0.382**	0.341**	-																
x8	0.343**	0.319**	0.329**	0.304**	0.379**	0.400**	0.820**	-															
x9	0.296**	0.277**	0.253**	0.197**	0.356**	0.335**	0.803**	0.785**	-														
x10	0.307**	0.245**	0.284**	0.232**	0.392**	0.314**	0.853**	0.813**	0.815**	-													
x11	0.291**	.263**	0.288**	0.207**	0.331**	0.328**	0.650**	0.619**	0.623**	0.624**	-												
x12	0.274**	0.268**	0.265**	0.247**	0.341**	0.317**	0.941**	0.786**	0.767**	0.829**	0.592**	-											
x17	0.734**	.532**	0.453**	0.404**	0.652**	0.526**	0.870**	0.760**	0.724**	0.762**	0.615**	0.811**	-										
x2x8	0.538**	0.690**	0.460**	0.423**	0.494**	0.659**	0.756**	0.905**	0.721**	0.728**	0.589**	0.718**	0.819**	-									
x3x9	0.479**	0.466**	0.768**	0.401**	0.532**	0.506**	0.708**	0.714**	0.811**	0.705**	0.583**	0.663**	0.753**	0.755**	-								
x4x10	0.481**	0.429**	0.470**	0.773**	0.538**	0.481**	0.706**	0.719**	0.651**	0.793**	0.539**	0.694**	0.750**	0.740**	0.712**	-							
x5x11	0.680**	0.461**	0.497**	0.428**	0.887**	0.488**	0.589**	0.572**	0.556**	0.582**	0.726**	0.532**	0.771**	0.642**	0.668**	0.650**	-						
x6x12	0.499**	0.643**	0.448**	0.417**	0.485**	0.790**	0.803**	0.739**	0.686**	0.713**	0.574**	0.828**	0.833**	0.851**	0.725**	0.728**	0.631**	-					
y1	0.160**	0.149**	0.159**	0.280**	0.224**	0.146**	0.216**	0.196**	0.225**	0.167**	0.149**	0.195**	0.240**	0.218**	0.244**	0.288**	0.240**	0.219**	-				
y2	0.114*	0.117**	0.105**	0.149**	0.130**	0.099**	0.112**	0.140**	0.137**	0.081**	0.167**	0.103**	0.141**	0.159**	0.148**	0.146**	0.181**	0.125**	0.377**	-			
y3	0.191**	0.152**	0.173**	0.189**	0.152**	0.127**	0.134**	0.190**	0.167**	0.131**	0.169**	0.112**	0.196**	0.215**	0.214**	0.208**	0.198**	0.151**	0.222**	0.621**	-		
y4	0.252**	0.240**	0.195**	0.286**	0.286**	0.256**	0.270**	0.217**	0.261**	0.244**	0.221**	0.280**	0.325**	0.277**	0.294**	0.339**	0.317**	0.336**	0.269**	0.270**	0.324**	-	
y5	0.147**	0.155**	0.130**	0.183**	0.179**	0.146**	0.203**	0.166**	0.176**	0.187**	0.138**	0.216**	0.222**	0.197**	0.199**	0.235**	0.200**	0.231**	0.214**	0.200**	0.194**	0.652**	-
y6	0.184**	0.157**	0.144**	0.210**	0.225**	0.180**	0.230**	0.202**	0.200**	0.217**	0.184**	0.242**	0.260**	0.226**	0.223**	0.271**	0.254**	0.267**	0.245**	0.216**	0.217**	0.766**	0.854**

**p<.01

จากตารางที่ 16 ปรากฏว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในของความผาสุกทางจิตใจ มีค่าระหว่าง 0.427 ถึง 0.796 บรรยากาศในการเรียน มีค่าระหว่าง 0.592 ถึง 0.941 ผลการเรียนรู้ของนักศึกษา มีค่าระหว่าง 0.194 ถึง 0.854 และตัวแปรสังเกตได้ผลคูณของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียน มีค่าระหว่าง 0.631 ถึง 0.851 และทุกค่ามีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

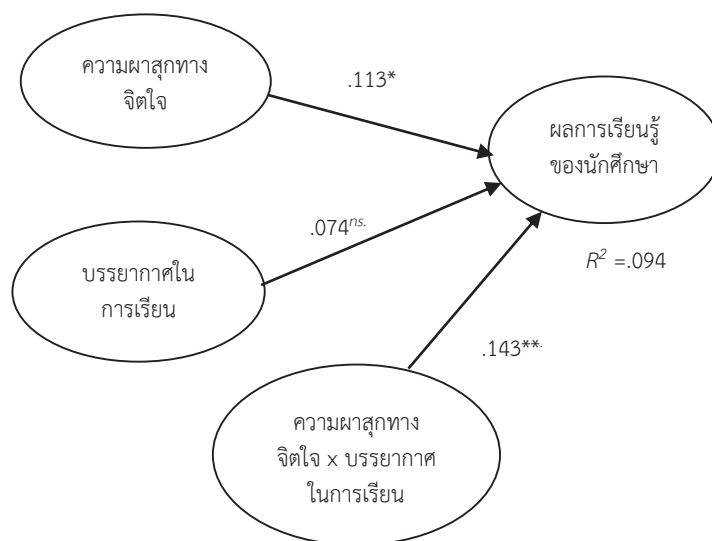
4. ผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 17 และภาพที่ 28 ต่อไปนี้ (ภาคผนวก ฉ)

ตารางที่ 17 อิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI

Parameter	Estimate	Standard Error	t-value	R ²
γ_{11}	0.113	0.044	2.544*	0.094
γ_{12}	0.074	0.062	1.204	
γ_{13}	0.143	0.045	3.174**	

** $p < .01$, * $p < .05$

จากตารางที่ 17 ปรากฏว่า ความผาสุกทางจิตใจมีอิทธิพลทางตรงต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา ($\gamma_{11}=0.113$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความผาสุกทางจิตใจมีอิทธิพลร่วมกับบรรยากาศในการเรียนส่งผลต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา ($\gamma_{13}=0.143$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สำหรับบรรยากาศในการเรียนไม่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา ($\gamma_{12}=0.074$) และความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียนร่วมกันอธิบายความแปรปรวนผลการเรียนรู้ของนักศึกษา ได้ร้อยละ 9.4



** $p < .01$, * $p < .05$

ภาพที่ 29 โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI

5. ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LMS ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 18 ต่อไปนี้ (ภาคผนวก ฉ)

ตารางที่ 18 อิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LMS

Parameter	Estimate	Standard Error	t-value	R ²
γ_{11}	0.052	0.024	2.156*	NA
γ_{12}	0.031	0.011	2.738**	
γ_{13}	0.047	0.036	1.283	

หมายเหตุ: NA แทน ไม่แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย

** $p < .01$, * $p < .05$

จากตารางที่ 18 ปรากฏว่า ความผาสุกทางจิตใจมีอิทธิพลทางตรงต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา ($\gamma_{11}=0.052$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และบรรยากาศในการเรียนมีอิทธิพลทางตรงต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา ($\gamma_{12}=0.031$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แต่อิทธิพลร่วมของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียนไม่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา ($\gamma_{13}=0.047$)

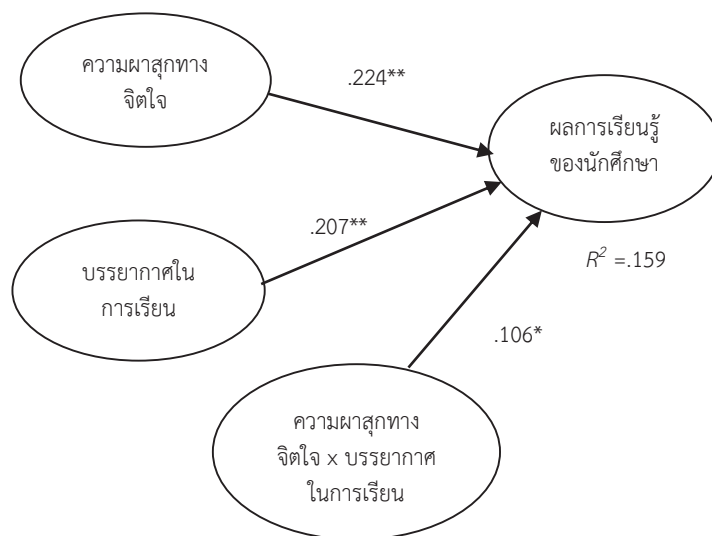
6. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี PLS-PI โดยสร้างตัวแปรสังเกตได้ผลคูณของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียน มี 36 สำหรับนำไปวิเคราะห์ข้อมูล ปรากฏว่า ค่าที่ได้จากผลการวิเคราะห์ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ จึงปรับโมเดลโดยใช้วิธีการสร้างตัวแปรสังเกตได้ผลคูณของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียนมี 6 ตัว ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 19 และภาพที่ 28 ต่อไปนี้ (ภาคผนวก ฉ)

ตารางที่ 19 อิทธิพลทางตรงและอิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี PLS-PI

Parameter	Estimate	Standard error	t-value	R ²
γ_{11}	0.224	0.063	3.535**	0.159
γ_{12}	0.207	0.051	4.102**	
γ_{13}	0.106	0.046	2.329*	

** $p < .01$, * $p < .05$

จากตารางที่ 19 ปรากฏว่า อิทธิพลทางตรงของความผาสุกทางจิตใจส่งผลต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา ($\gamma_{11}=0.224$) และอิทธิพลทางตรงของบรรยากาศในการเรียนส่งผลต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($\gamma_{12}=0.207$) สำหรับอิทธิพลร่วมของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียนส่งผลต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($\gamma_{13}=0.106$) และความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียนร่วมกันอธิบายความแปรปรวนผลการเรียนรู้ของนักศึกษาได้ร้อยละ 15.9



** $p < .01$, * $p < .05$

ภาพที่ 30 โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษาโดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี PLS-PI

7. การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI ตามตารางที่ 20 - 21 ต่อไปนี้

ตารางที่ 20 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์หัตถิพผลรวมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความเหมาะสมทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยายภาคในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI

Parameter	LISREL-PI			LMS			PLS-PI					
	Estimate	Standard Error	t-value	R ²	Estimate	Standard Error	t-value	R ²	Estimate	Standard Error	t-value	R ²
γ_{11}	0.113	0.044	2.544*	0.094	0.052	0.024	2.156*	NA	0.224	0.063	3.535**	0.159
γ_{12}	0.074	0.062	1.204		0.031	0.011	2.738*		0.207	0.051	4.102**	
γ_{13}	0.143	0.045	3.174**		0.047	0.036	1.283		0.106	0.046	2.329*	

** $p < .01$, * $p < .05$

ตารางที่ 21 สรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความพึงพอใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ ของวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI

วิธีวิเคราะห์	การมีนัยสำคัญของอิทธิพลร่วม			R ²
	Sig.05	Sig.01	Not sig.	
LISREL-PI ¹				0.094
γ_{11}	✓			
γ_{12}			✓	
γ_{13}		✓		
LMS				NA
γ_{11}	✓			
γ_{12}	✓			
γ_{13}			✓	
PLS-PI ¹				0.159
γ_{11}		✓		
γ_{12}		✓		
γ_{13}	✓			
PLS-PI ²				0.609
γ_{11}			✓	
γ_{12}			✓	
γ_{13}		✓		

หมายเหตุ: LISREL-PI¹, PLS-PI¹ คือ มีการสร้างตัวแปรสังเกตได้ผลคูณ 6 ตัวสำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธี LISREL-PI และวิธี PLS-PI
 PLS-PI² คือ มีการสร้างตัวแปรสังเกตได้ผลคูณ 36 ตัวสำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธี PLS-PI
 NA คือ ไม่มีการวิเคราะห์ เพราะ LMS ให้ผลเพียงว่า ค่าอิทธิพลร่วมมีอยู่จริงหรือไม่ในประชากรที่ศึกษา

จากสรุปผลการวิเคราะห์ที่ได้ในตารางที่ 20 – 21 เพื่อตอบสนองสมมติฐานการวิจัยข้อ 3 ค่าอิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความพึงพอใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และวิธี PLS-PI มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สำหรับวิธี LMS ค่าอิทธิพลร่วมของความพึงพอใจกับบรรยากาศในการเรียนไม่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา ดังนั้น ผลที่ได้สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อ 3 บางส่วน เพราะมี 2 วิธี ได้แก่ วิธี LISREL-PI กับวิธี LMS ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ .05 ตามลำดับ

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบกำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI ตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง มี 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน) และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 6 ขนาด (2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ตัว) เป็นการศึกษาสถานการณ์จำลองด้วยวิธีมอนติคาร์โล ทดลองซ้ำ 500 ครั้ง วิเคราะห์โดยใช้วิธี LISREL-PI และวิธี LMS นำผลมาเปรียบเทียบกับวิธี PLS-PI จากการศึกษาของ Chin et al. (2003) และ Goodhue et al. (2007) และเพื่อศึกษาผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อ ผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI เป็นการประยุกต์กับข้อมูลจริง ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี ของวิทยาลัยเซนต์หลุยส์ ปีการศึกษา 2558 จำนวน 500 คน สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

1. กำลังการทดสอบในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงที่มีค่ามากกว่า 0.80 เรียงลำดับวิธีดังนี้ วิธี LISREL-PI (33 เงื่อนไข) วิธี LMS (13 เงื่อนไข) และวิธี PLS-PI (9 เงื่อนไข) ตามลำดับ และทุกขนาดของตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง (2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ตัว) ทั้ง 3 วิธี ให้ค่ากำลังการทดสอบมากกว่า 0.80 กรณีกลุ่มตัวอย่างขนาด 500 คน ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อ 1 และค่าอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงที่มีความลำเอียงสัมพันธ์เฉลี่ยน้อยกว่า 10% เรียงลำดับวิธีดังนี้ วิธี LMS (30 เงื่อนไข) วิธี PLS-PI (18 เงื่อนไข) และวิธี LISREL-PI (6 เงื่อนไข) ตามลำดับ แสดงว่า วิธี LMS ใช้ได้ดีกรณีตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมีจำนวนมาก (8, 10 และ 12 ตัว) และทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง (20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน) วิธี PLS-PI ใช้ได้ดีกรณีตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมีจำนวนมาก (6, 10 และ 12 ตัว) และกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (20, 50, 100, 150 และ 200) และ วิธี LISREL-PI ใช้ได้ดีกรณีตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 2 ตัว และกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (100, 150, 200 และ 500 คน) ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อ 2 บางส่วน เพราะว่า มีวิธี LMS วิธีเดียวที่มีจำนวนเงื่อนไขที่มีความลำเอียงสัมพันธ์ต่ำกว่าวิธี PLS-PI

2. ค่าอิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และวิธี PLS-PI มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สำหรับวิธี LMS ค่าอิทธิพลร่วมของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียนไม่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา ดังนั้น ผลที่ได้สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อ 3 บางส่วน เพราะมี 2 วิธี ได้แก่ วิธี LISREL-PI กับวิธี LMS ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ .05 ตามลำดับ

อภิปรายผล

การวิจัยนี้ได้ข้อค้นพบซึ่งนำมาอภิปรายผลได้ดังนี้

1. กำลังการทดสอบในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงที่มีค่ามากกว่า 0.80 เรียงลำดับดังนี้ วิธี LISREL-PI (33 เงื่อนไข) วิธี LMS (13 เงื่อนไข) และวิธี PLS-PI (9 เงื่อนไข) ตามลำดับ และทุกขนาดตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง (2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ตัว) ทั้ง 3 วิธี ให้ค่ากำลังการทดสอบมากกว่า 0.80 เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาด 500 คน ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อ 1 จากสรุปผลการวิจัยอภิปรายผลได้ว่า

กำลังการทดสอบในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยใช้วิธี LISREL-PI ดีกว่าวิธี LMS และวิธี PLS-PI สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Schermelleh-Engel et al. (2010) ได้ศึกษาการใช้วิธี LISREL-PI และวิธี LMS เปรียบเทียบผลที่ได้จากการใช้วิธี PLS-PI ศึกษาในสถานการณ์จำลองตามเงื่อนไขกลุ่มตัวอย่าง 100 คน และตัวบ่งชี้มี 6 ตัวในแต่ละตัวแปรแฝงปรากฏว่า วิธี LISREL-PI และวิธี LMS ให้ค่ากำลังการทดสอบสูงกว่าวิธี PLS-PI และเมื่อตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ตัว ทั้ง 3 วิธีให้ค่ากำลังการทดสอบมากกว่า 0.80 เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาด 500 คน แสดงว่า ขนาดกลุ่มตัวอย่างมีอิทธิพลต่อกำลังการทดสอบ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Goodhue et al. (2007) ได้ใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุ (Multiple Regression Analysis) วิเคราะห์กำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง โดยศึกษาสถานการณ์จำลองด้วยวิธีมอนติคาร์โล เปรียบเทียบผลการศึกษาของ Chin et al. (2003) โดยใช้วิธี PLS-PI ปรากฏว่า เมื่อตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ตัว ทั้งวิธี การวิเคราะห์การถดถอยพหุและวิธี PLS-PI ให้ค่ากำลังการทดสอบมากกว่า 0.80 เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาด 500 คน

ค่าอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงที่มีความลำเอียงสัมพันธ์น้อยกว่า 10% เรียงลำดับวิธีดังนี้ วิธี LMS (30 เงื่อนไข) วิธี PLS-PI (18 เงื่อนไข) และวิธี LISREL-PI (6 เงื่อนไข) ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อ 2 บางส่วน จากสรุปผลการวิจัยอภิปรายผลได้ว่า วิธี LMS อิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงได้ดี มีความลำเอียงสัมพันธ์เฉลี่ยน้อยกว่า 10% เมื่อตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 2 ตัว กลุ่มตัวอย่างมีขนาด 200 และ 500 คน เมื่อตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงเพิ่มขึ้นเป็น 4 และ 6 ตัวในแต่ละตัวแปรแฝง ความลำเอียงสัมพันธ์เฉลี่ยน้อยกว่า 10% เกือบทุกขนาดของกลุ่มตัวอย่าง (50, 100, 150, 200 และ 500 คน) และเมื่อตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงเพิ่มขึ้นเป็น 8, 10 และ 12 ตัวในแต่ละตัวแปรแฝง ความลำเอียงสัมพันธ์เฉลี่ยน้อยกว่า 10% ทุกขนาดของกลุ่มตัวอย่าง (20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน) วิธี LISREL-PI อิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง มีความลำเอียงสัมพันธ์เฉลี่ยน้อยกว่า 10% เมื่อตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 2 ตัว ของ กลุ่มตัวอย่าง 100, 150, 200 และ 500 คน ถ้าตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงเพิ่มขึ้นเป็น 4 และ 6 ตัว ความลำเอียงสัมพันธ์เฉลี่ยน้อยกว่า 10% จะต้องใช้ กลุ่มตัวอย่างขนาด 500 คนเท่านั้น และถ้าตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงเพิ่มขึ้นอีกเป็น 8, 10 และ 12 ตัว จะมีความลำเอียงสัมพันธ์เฉลี่ยมากกว่า 10% สำหรับวิธี PLS-PI อิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง มีความลำเอียงสัมพันธ์เฉลี่ย

น้อยกว่า 10% ไม่ได้ขึ้นอยู่กับขนาดกลุ่มตัวอย่าง นั่นคือ เมื่อตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 6, 10 และ 12 ตัว ใช้ได้กับกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 20 คนขึ้นไป และ เมื่อตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 8 ตัว ใช้ได้กับกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 50 คนขึ้นไป

ผลการวิจัยที่ได้ทำให้ยืนยัน ได้ว่า ในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ภายใต้เงื่อนไขกรณีตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมีจำนวนมากและกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก สามารถเลือกใช้วิธี PLS-PI ในการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงได้ดี สอดคล้องกับการศึกษาของ Dijkstra and Schermelleh-Engel (2014) พบว่า วิธี LMS สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ ในสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงได้โดยปราศจากความลำเอียงเหมือนกับวิธีกำลังสอง น้อยที่สุดเชิงส่วนที่ปรับแก้ หรือวิธี PLS_c ซึ่งใช้หลัก Partial Least Square ประมาณค่า ถ้าโมเดล มีความซับซ้อนหรือจำนวนตัวบ่งชี้มีมากขึ้น วิธี PLS_c จะใช้ได้ดีกว่าวิธี LMS อีกทั้ง Harring et al. (2012) พบว่า วิธี Unconstrained Product Indicator วิธี LMS วิธี Marginal Maximum Likelihood ซึ่งใช้หลักการประมาณค่าแบบ Maximum Likelihood และวิธี Bayesian เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการประมาณค่าอิทธิพลกำลังสองในโมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง และสอดคล้องกับการศึกษาของ Schermelleh-Engel et al. (2010) ที่ระบุว่า วิธี LMS จะเป็นทางเลือกที่จะสามารถประมาณค่าอิทธิพลร่วมได้ดีและสำหรับข้อดีของ Partial Least Square เมื่อ การประมาณค่าพารามิเตอร์กรณีตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมาก จะสามารถใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ได้

สำหรับวิธี LISREL-PI มีข้อจำกัดเมื่อตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมาก ต้องเพิ่มขนาด กลุ่มตัวอย่างให้มากขึ้น สอดคล้องกับผลการศึกษาเช่น Kelava et al. (2008) และ Moosbrugger et al. (2009) พบว่า ถ้าใช้กลุ่มตัวอย่าง 200 คน สามารถใช้ตัวบ่งชี้ได้ไม่เกิน 3 ตัว ในแต่ละตัวแปรแฝง การศึกษาของ Marsh et al. (2004) พบว่า ถ้าใช้กลุ่มตัวอย่าง 100 คน สามารถ ใช้ตัวบ่งชี้ได้ไม่เกิน 3 ตัวในแต่ละตัวแปรแฝง นอกจากนี้ Chin et al. (2003) ระบุว่า การทดสอบ อิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงด้วยวิธี Maximum Likelihood ถ้ามีตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง 12 ตัว ต้องใช้กลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้นเป็น 1,820 คน

2. ค่าอิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของ นักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI มีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .01 และวิธี PLS-PI มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สำหรับวิธี LMS ค่าอิทธิพลร่วมของ ความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียนไม่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา ดังนั้น ผลที่ได้ สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อ 3 บางส่วน เพราะมี 2 วิธี ได้แก่ วิธี LISREL-PI กับวิธี LMS ที่มี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ .05 ตามลำดับ จากสรุปผลการวิจัยอภิปรายผลได้ว่า

วิธี LISREL-PI มีค่าอิทธิพลร่วมของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียนส่งผลต่อ ผลการเรียนรู้ของนักศึกษา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สามารถเลือกใช้วิธี LISREL-PI ใน การวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงได้ดี ทั้งนี้ การสร้างตัวแปรผลคูณต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไข ตัวแปรแฝงแต่ละตัวและตัวแปรสังเกตได้ จะต้องมีความสัมพันธ์ขององค์ประกอบใกล้เคียงกันหรือมี คุณสมบัติที่เหมือนกัน นอกจากนี้ ตัวแปรแฝงแต่ละตัวต้องมีจำนวนตัวแปรสังเกตได้เท่ากันด้วย จึงจะสามารถใช้หลักการใช้ตัวแปรสังเกตได้ผลคูณแบบไม่ซ้ำ

วิธี PLS-PI มีค่าอิทธิพลร่วมของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียนส่งผลต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้น ภายใต้เงื่อนไขตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมีจำนวนมาก ผลที่ได้สอดคล้องกับผลจากการศึกษาสถานการณ์จำลองในการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมในโมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ข้อ 1 ข้างต้น สำหรับการสร้างตัวแปรผลคุณก่อนนำไปวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี PLS-PI ตัวแปรแฝงแต่ละตัวและตัวแปรสังเกตได้ไม่จำเป็นต้องมีคุณลักษณะขององค์ประกอบใกล้เคียงกันหรือมีคุณลักษณะที่เหมือนกัน นอกจากนี้ ตัวแปรแฝงแต่ละตัวไม่จำเป็นต้องมีจำนวนตัวแปรสังเกตได้เท่ากัน สอดคล้องกับ Chin et al. (2003) ที่ทดสอบค่าอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ได้แก่ การรับรู้ประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยี มีตัวบ่งชี้ 6 ตัวในแต่ละตัวแปรแฝง กับการใช้เทคโนโลยีเพื่อความบันเทิง เป็นตัวแปรกำกับ มีตัวบ่งชี้ 3 ตัวในแต่ละตัวแปรแฝง ส่งผลร่วมกันต่อความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยี ผลปรากฏว่า ค่าอิทธิพลร่วมของการรับรู้ประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยี กับการใช้เทคโนโลยีเพื่อความบันเทิง ส่งผลต่อความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยี มากกว่ากรณีไม่มีอิทธิพลร่วมของการรับรู้ประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยี กับการใช้เทคโนโลยีเพื่อความบันเทิง ต่อความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยี

สำหรับวิธี LMS ให้ผลวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียนไม่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา เนื่องจากจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมีจำนวนมาก และตัวบ่งชี้หรือตัวแปรสังเกตได้บางตัวมีการแจกแจงไม่ปกติ ซึ่งอนุ เจริญวงศ์ระยัย (2554) ระบุว่า วิธี LMS มีข้อจำกัดตัวแปรสังเกตได้ทุกตัวต้องมีการแจกแจงปกติ ซึ่งข้อจำกัดดังกล่าวมีผลต่อการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียนไม่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากวิธี LMS ได้คำตอบเพียงว่า ค่าอิทธิพลมีอยู่จริงหรือไม่ในประชากรที่ศึกษา แต่จะไม่ทราบว่าอิทธิพลของตัวแปรกำกับมีผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามอย่างไร

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1. การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยใช้วิธี PLS-PI ภายใต้เงื่อนไขตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมีจำนวนมาก กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก และการสร้างตัวแปรผลคุณของตัวแปรสังเกตได้ของตัวแปรแฝงแต่ละตัวไม่จำเป็นต้องเท่ากัน แต่มีกำลังการทดสอบน้อยกว่าวิธีอื่น วิธี LISREL-PI มีข้อจำกัดใช้ตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงได้ไม่มาก และการสร้างตัวแปรผลคุณของตัวแปรสังเกตได้ของตัวแปรแฝงแต่ละตัวจำเป็นต้องเท่ากัน สำหรับวิธี LMS เป็นทางเลือกในการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมได้ดี แต่มีข้อจำกัดด้านการแปลผลการวิเคราะห์ได้คำตอบเพียงว่า ค่าอิทธิพลมีอยู่จริงหรือไม่ในประชากรที่ศึกษา ดังนั้น ผู้ที่สนใจสามารถเลือกวิธีการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงไปใช้วิเคราะห์ได้

2. การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างนำมาใช้กันมากในการวิจัยทางพฤติกรรมและสังคมศาสตร์ ถ้านักวิจัยมุ่งอธิบายความสัมพันธ์เชิงสาเหตุเฉพาะที่เกิดจากอิทธิพลทางตรงของตัวแปรอิสระส่งผลต่อตัวแปรตาม โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเพียงอย่างเดียว อาจเป็นการวิเคราะห์ที่ไม่ถูกต้อง ดังนั้น การวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในโมเดลสมการโครงสร้าง

แบบไม่เป็นเส้นตรง โดยใช้วิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI ในการศึกษาจะช่วยให้นักวิจัยเลือกสถิติไปใช้ได้อย่างเหมาะสมกับลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปร และภายใต้เงื่อนไขตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงและขนาดกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกัน

ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อไป

1. ควรมีการศึกษากำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรอิสระและตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรกำกับมีความสัมพันธ์กัน ($\phi_{12} \neq 0$) ตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่างและจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงแตกต่างกัน เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการศึกษา

2. ควรมีการศึกษาควรมีการศึกษากำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีโมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงที่มีลักษณะซับซ้อนขึ้น (Model Complexity) หรือมีจำนวนตัวแปรแฝงมากขึ้น และอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงแบบสามทาง (Three – Way Interaction Between Latent Variables)

บรรณานุกรม

- เกษตรชัย และหิเม. (2550). องค์ประกอบในการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโรงเรียนเอกชนสอนศาสนาอิสลามในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้. *วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์*, 13(3), 435-453.
- ชนันต์ พูนเดช. (2557). การพัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่าง เป้าหมายแรงจูงใจ ใฝ่สัมฤทธิ์ การรับรู้สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ในห้องเรียน สำหรับชั้นเรียนวิชาชีพศึกษาทั่วไป วิธีการเรียนรู้ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ. *วิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา*, 12(1), 1-14.
- ทศพร จันทนราช, สมุทรา ชำนาญ และไพรัตน์ วงษ์นาม. (2556). โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของ ปัจจัยที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริหารงานของผู้บริหารโรงเรียนที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. *วารสาร การบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา*, 7(2), 12-27.
- เบญญา คงธนอิทธิ, สมพร สุทัศน์ีย์ และเสรี ชัดเข้ม. (2554). โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ความผูกพันแห่งตนของนักศึกษาระดับปริญญาตรี. *วิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา*, 8(2), 30-44.
- มนตรี พิริยะกุล. (2553). ตัวแบบเส้นทางกำลังสองน้อยที่สุดบางส่วน Partial Least Square Path Modeling (PLS Path Modeling). ใน *เอกสารประกอบการประชุมวิชาการสถิติและสถิติประยุกต์ ครั้งที่ 11 ประจำปี 2553*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง. เข้าถึงได้จาก http://www3.ru.ac.th/research/30_7_53_1.pdf
- มนตรี พิริยะกุล. (2558). ตัวแปรกำกับและตัวแปรคั่นกลางในตัวแบบสมการโครงสร้าง. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, 11(3), 83-96.
- มนตรี พิริยะกุล. (2559). การทดสอบอิทธิพลของตัวแปรกำกับในตัวแบบสมการโครงสร้าง. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, 12(1), 78-91.
- วินัย ดำสุวรรณ. (2552). ความสัมพันธ์ระหว่างความหวังทางวิชาการ การรับรู้บรรยากาศห้องเรียน และผลการเรียนรู้งานวิจัย. *วารสารพฤติกรรมศาสตร์เพื่อการพัฒนา*, 1(1), 55-69.
- วัชรา จรุงผล, เสรี ชัดเข้ม และจันทร์พร พรหมมาศ. (2550). การวิเคราะห์พหุระดับของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา*, 5(1), 17-32.
- เสน่ห์ พลจันทร์, พูลพงศ์ สุขสว่าง และสุพิมพ์ ศรีพันธ์วรสกุล. (2555). โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของพฤติกรรมการป้องกันโรคอุจจาระร่วงรุนแรงจากเชื้ออีโคไล โดยมีการรับรู้ความสามารถในการควบคุมตนเองเป็นตัวแปรกำกับ. *วิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา*, 10(2), 35-44.
- อนุ เจริญวงศ์ระยัย. (2554). การวิเคราะห์อิทธิพลปฏิสัมพันธ์โดยใช้ตัวแปรแฝง. *วารสาร พฤติกรรมศาสตร์*, 17(1), 1-4.

- Abadi, M. M., Tabbodi, M., & Rahgozar, H. (2013). The relationship between spiritual well-being and academic achievement. *Journal of Natural and Social Sciences*, 2(3), 3440-3445.
- Abbott, R. A., Ploubdis, G. B., Huppert, F. A., Kuh, D., Wadsworth, M. J. & Croudace, T. J. (2006). Psychometric evaluation and predictive validity of Ryff's psychological well-being items in a UK birth cohort sample of women. *Health and Quality of Life Outcomes*, 4(76), 5-6.
- Abd-Elmotaleb, M., & Saha, S. K. (2013). The role of academic self-efficacy as a mediator variable between perceived academic climate and academic performance. *Journal of Education and Learning*, 2(3), 117-129.
- Algina, J., & Moulder, B. C. (2001). A Note on Estimating the Jöreskog-Yang Model for Latent Variable Interaction using LISREL8.3. *Structural Equation Modelling*, 8, 40-52.
- Barendse, M. T., Oort, F. J., & Garst, G. J. A. (2010). Using restricted factor analysis with latent moderated structures to detect uniform and nonuniform measurement bias: a simulation study. *Advances in Statistical Analysis*, 94, 117-127.
- Bordbar, F. T., Nikkar, M., Yazdani, F., & Alipoor, A. (2011). Comparing the psychological well-being level of the students of Shiraz Payame Noor University in view of demographic and academic performance variables. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 29, 663-669.
- Chin, W. W., Marcolin, B. L., & Newsted, P. R. (2003). A partial least squares latent variable modeling approach for measuring interaction effects: results from a Monte Carlo simulation study and an electronic-mail emotion/adoption study. *Information System Research*, 14(2), 189-217.
- Chow, H. P. H. (2007). Psychological well-being and scholastic achievement among university students in a Canadian Prairie City. *Social Psychology of Education*, 10, 483-493.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological bulletin*, 112(1), 155-159.
- Dijkstra, T. K. and Schermelleh-Engel, K. (2014). Consistent Partial Least Squares for Nonlinear Structural Equation Models. *Psychometrika*, 79(4), 585-604.
Doi: 10.1007/s11336-013-9370-0

- Geiser, C., Eid, M., Nussbeck, F. W., Courvoisier, D. S., & Cole, D. A. (2010). *Multitrait-multimethod change modeling*. *Advances in Statistical Analysis, 94*, 185-201.
- Goodhue, D., Lewis, W., & Thompson, R. (2007). Statistical power in analyzing interaction effects: questioning the advantage of PLS with product indicators. *Information System Research, 18*, 211–227.
- Harring, Jeffrey R., Weiss, Brandi A., Hsu, & Jui-Chen. (2012). A comparison of methods for estimating quadratic effects in nonlinear structural equation models. *Psychological Methods, 17*(2), 193-214.
- Jaccard, J., & Wan, C. K. (1995). Measurement Error in the Analysis of Interaction Effects between Continuous Predictors using Multiple Regression: Multiple Indicator and Structural Equation Approaches. *Psychological Bulletin, 117*, 348-357.
- Jak, S., Oort, F. J., Garst, & G. J. A. (2010). Measurement bias and multidimensionality: an illustration of bias detection in multidimensional measurement models. *Advances in Statistical Analysis, 94*, 129–137.
- Jöreskog, K. G., & Yang, F. (1996). *Nonlinear Structural Equation Models: The Kenny-Judd Model with Interaction Effects*. NJ: Erlbaum.
- Kenny, D. A., & Judd, C. M. (1984). Estimating the Nonlinear and Interactive Effects of Latent Variables. *Psychological Bulletin, 96*(1), 201-210.
- Kelava, A., Moosbrugger, H., Dimitruk, P., & Schermelleh-Engel, K. (2008). Multicollinearity and missing constraints: a comparison of three approaches for the analysis of latent nonlinear effects. *Methodology, 4*, 51–66.
- Kelava, A., & Brandt, H. (2009). Estimation of nonlinear latent structural equation models using the extended unconstrained approach. *Review of Psychology, 16*(2), 123-131.
- King-Kallimanis, B. L., Oort, F. J., & Garst, G. J. A. (2010). Using structural equation modelling to detect measurement bias and response shift in longitudinal data. *Advances in Statistical Analysis, 94*, 139–156.
- Klein, A. G., & Muthén, B. O. (2007). Quasi maximum likelihood estimation of structural equation models with multiple interaction and quadratic effects. *Multivariate Behavioral Research, 42*, 647–673.
- Kline, R. B. (1998). Principles and practice of structural equation modeling. Retrieved from <http://www.nyu.edu/classes/shrout/G89-247/Nonlinear%20Effects%20of%20Observed%20and%20Latent%20Variables.htm>

- Kline, R. B. (2011). *Principles and Practice of Structural Equation Modeling* (2nd ed.). NY: The Guilford Press.
- Marsh, H. W., & Hocevar, D. (1985). Application of confirmatory factor analysis to the study of self-concept: First- and higher order factor models and their invariance across groups. *Psychological Bulletin*, *97*(3), 562-582.
- Marsh, H. W., Wen, Z., & Hau, K. T. (2004). Structural Equation Models of Latent Interactions: Evaluation of Alternative Estimation Strategies and Indicator Construction. *Psychological Methods*, *9*(3), 275-300.
- Moosbrugger, H., Schermelleh-Engel, K., & Klein, A. G. (1998). Methodological problems of estimating latent interaction effects. *Methods of Psychological Research*, *2*(2), 95-111.
- Moosbrugger, H., Schermelleh-Engel, K., Kelava, A., & Klein, A. G. (2009). *Testing multiple nonlinear effects in structural equation modeling: a comparison of alternative estimation approaches*. NL: Sense Publishers.
- Muthén, L. K., & Muthén, B. O. (2002). How to use Monte Carlo study to decide on sample size and determine power. *Structural Equation Modeling*, *9*(4), 599-620. Doi: 10.1207/S15328007SEM0904_8
- Muthén, L. K., & Muthén, B. O. (2010). *Mplus user's guide* (6th ed.). LA: Muthén & Muthén.
- Peters, M. L. (2013). Examining the relationships among classroom climate, self-efficacy, and achievement in undergraduate mathematics: A multi-level analysis. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *11*(2), 459-480. Doi: 10.1007/s10763-012-9347-y
- Ping, R. A., Jr. (1996). Latent Variable Interaction and Quadratic Effect Estimation: A Two-Step Technique using Structural Equation Analysis. *Psychological Bulletin*, *119*, 166-175.
- Rania, N., Siri, A., Bagnasco, A., Aleo, G., & Sasso, L. (2012). Academic climate, well-being and academic performance in a university degree course. *Journal of Nursing Management*, *22*(6), 751-760. Doi: 10.1111/j.1365-2834.2012.01471.x.
- Rahimpoor, H., Khosravi, M., & Mohammadyfar, M. A. (2014). The relationship between classroom psychosocial climate and shyness with academic performance among students. *Iranian Journal of Cognition and Education*, *1*(2), 33-36.

- Ruus, V. R., Veisson, M., Leino, M., Ots, L., Pallas, L., Sarv, E. S., & Veisson, A. (2007). Students' well-being, coping, academic success, and school climate. *Social Behavior and Personality, 35*(7), 919-936.
- Schermelleh-Engel, K., Werner, C. S., Klein, A. G., & Moosbrugger, H. (2010). Nonlinear structural equation modeling: Is partial least squares an alternative?. *Advances in Statistical Analysis, 94*, 167-184.
- Schumacker, R. E., & Lomax, R. G. (2010). *A beginner's guide to structural equation Modeling* (3th ed.). NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Song, X. Y., & Lee, S. Y. (2007). Bayesian analysis of latent variable models with non-ignorable missing outcomes from exponential family. *Statistics in Medicine, 26*, 681-693.
- Turashvili, T., & Japaridze, M. (2012). Psychological well-being and its relation to academic performance of students in Georgian context. *Problems of Education in the 21st Century, 49*, 73-80.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

คำสั่ง PRELIS ในการจำลองข้อมูลด้วยวิธีมอนติคาร์โลสำหรับนำข้อมูล
ไปวิเคราะห์โดยใช้วิธี LISREL-PI

คำสั่ง PRELIS ในการจำลองข้อมูลด้วยวิธีมอนติคาร์โลสำหรับนำข้อมูลไปวิเคราะห์โดย
ใช้วิธี LISREL-PI กรณีตัวแปรแฝงแต่ละตัวมีตัวบ่งชี้เท่ากับ 2 ตัว

!interaction model

DA NO=20 RP=500

CO ALL

NE KSI1=1.000000*NRAND

NE KSI2=1.000000*NRAND

NE ETA=0.300000*KSI1+0.500000*KSI2+0.300000*KSI1*KSI2+0.754983*NRAND

NE Y1=1.000000*ETA+1.020203*NRAND

NE Y2=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE X1=1.000000*KSI1+1.020203*NRAND

NE X2=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X3=1.000000*KSI2+1.020203*NRAND

NE X4=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND

NE X1X3=X1*X3

NE X2X4=X2*X4

SD KSI1 KSI2 ETA

OU MA=KM IX=5741835 ND=6 WI=16 XM RA=2i20.DAT

คำสั่ง PRELIS ในการจำลองข้อมูลด้วยวิธีมอนติคาร์โลสำหรับนำข้อมูลไปวิเคราะห์โดย
ใช้วิธี LISREL-PI กรณีตัวแปรแฝงแต่ละตัวมีตัวบ่งชี้เท่ากับ 4 ตัว

!interaction model

DA NO=20 RP=500

CO ALL

NE KSI1=1.000000*NRAND

NE KSI2=1.000000*NRAND

NE ETA=0.300000*KSI1+0.500000*KSI2+0.300000*KSI1*KSI2+0.754983*NRAND

NE Y1=1.000000*ETA+1.020203*NRAND

NE Y2=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE Y3=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE Y4=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE X1=1.000000*KSI1+1.020203*NRAND

NE X2=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X3=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X4=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X5=1.000000*KSI2+1.020203*NRAND

NE X6=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND

NE X7=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND

NE X8=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND

NE X1X5=X1*X5

NE X2X6=X2*X6

NE X3X7=X3*X7

NE X4X8=X4*X8

SD KSI1 KSI2 ETA

OU MA=KM IX=5741835 ND=6 WI=16 XM RA=4i100.DAT

คำสั่ง PRELIS ในการจำลองข้อมูลด้วยวิธีมอนติคาร์โลสำหรับนำข้อมูลไปวิเคราะห์โดย
ใช้วิธี LISREL-PI กรณีตัวแปรแฝงแต่ละตัวมีตัวบ่งชี้เท่ากับ 6 ตัว

!interaction model

DA NO=20 RP=500

CO ALL

NE KSI1=1.000000*NRAND

NE KSI2=1.000000*NRAND

NE ETA=0.300000*KSI1+0.500000*KSI2+0.300000*KSI1*KSI2+0.754983*NRAND

NE Y1=1.000000*ETA+1.020203*NRAND

NE Y2=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE Y3=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE Y4=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE Y5=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE Y6=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE X1=1.000000*KSI1+1.020203*NRAND

NE X2=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X3=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X4=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X5=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X6=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X7=1.000000*KSI2+1.020203*NRAND

NE X8=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND

NE X9=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND

NE X10=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND

NE X11=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND

NE X12=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND

NE X1X7=X1*X7

NE X2X8=X2*X8

NE X3X9=X3*X9

NE X4X10=X4*X10

NE X5X11=X5*X11

NE X6X12=X6*X12

SD KSI1 KSI2 ETA

OU MA=KM IX=5741835 ND=6 WI=16 XM RA=6i20.DAT

คำสั่ง PRELIS ในการจำลองข้อมูลด้วยวิธีมอนติคาร์โลสำหรับนำข้อมูลไปวิเคราะห์โดย
ใช้วิธี LISREL-PI กรณีตัวแปรแฝงแต่ละตัวมีตัวบ่งชี้เท่ากับ 8 ตัว

!interaction model

DA NO=20 RP=500

CO ALL

NE KSI1=1.000000*NRAND

NE KSI2=1.000000*NRAND

NE ETA=0.300000*KSI1+0.500000*KSI2+0.300000*KSI1*KSI2+0.754983*NRAND

NE Y1=1.000000*ETA+1.020203*NRAND

NE Y2=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE Y3=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE Y4=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE Y5=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE Y6=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE Y7=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE Y8=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE X1=1.000000*KSI1+1.020203*NRAND

NE X2=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X3=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X4=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X5=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X6=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X7=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X8=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X9=1.000000*KSI2+1.020203*NRAND

NE X10=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND

NE X11=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND

NE X12=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND

NE X13=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND

NE X14=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND

NE X15=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND

NE X16=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND

NE X1X9=X1*X9

NE X2X10=X2*X10

NE X3X11=X3*X11

NE X4X12=X4*X12

NE X5X13=X5*X13

NE X6X14=X6*X14

NE X7X15=X7*X15

NE X8X16=X8*X16

SD KSI1 KSI2 ETA

OU MA=KM IX=5741835 ND=6 WI=16 XM RA=8i20.DAT

คำสั่ง PRELIS ในการจำลองข้อมูลด้วยวิธีมอนติคาร์โลสำหรับนำข้อมูลไปวิเคราะห์โดย
ใช้วิธี LISREL-PI กรณีตัวแปรแฝงแต่ละตัวมีตัวบ่งชี้เท่ากับ 10 ตัว

!interaction model

DA NO=20 RP=500

CO ALL

NE KSI1=1.000000*NRAND

NE KSI2=1.000000*NRAND

NE ETA=0.300000*KSI1+0.500000*KSI2+0.300000*KSI1*KSI2+0.754983*NRAND

NE Y1=1.000000*ETA+1.020203*NRAND

NE Y2=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE Y3=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE Y4=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE Y5=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE Y6=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE Y7=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE Y8=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE Y9=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE Y10=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE X1=1.000000*KSI1+1.020203*NRAND

NE X2=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X3=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X4=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X5=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X6=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X7=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X8=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X9=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X10=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X11=1.000000*KSI2+1.020203*NRAND

NE X12=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND

NE X13=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND

NE X14=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND
NE X15=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND
NE X16=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND
NE X17=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND
NE X18=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND
NE X19=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND
NE X20=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND

NE X1X11=X1*X11
NE X2X12=X2*X12
NE X3X13=X3*X13
NE X4X14=X4*X14
NE X5X15=X5*X15
NE X6X16=X6*X16
NE X7X17=X7*X17
NE X8X18=X8*X18
NE X9X19=X9*X19
NE X10X20=X10*X20

SD KSI1 KSI2 ETA

OU MA=KM IX=5741835 ND=6 WI=16 XM RA=10i20.DAT

คำสั่ง PRELIS ในการจำลองข้อมูลด้วยวิธีมอนติคาร์โลสำหรับนำข้อมูลไปวิเคราะห์โดย
ใช้วิธี LISREL-PI กรณีตัวแปรแฝงแต่ละตัวมีตัวบ่งชี้เท่ากับ 12 ตัว

!interaction model

DA NO=20 RP=500

CO ALL

NE KSI1=1.000000*NRAND

NE KSI2=1.000000*NRAND

NE ETA=0.300000*KSI1+0.500000*KSI2+0.300000*KSI1*KSI2+0.754983*NRAND

NE Y1=1.000000*ETA+1.020203*NRAND

NE Y2=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE Y3=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE Y4=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE Y5=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE Y6=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE Y7=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE Y8=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE Y9=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE Y10=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE Y11=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE Y12=0.700000*ETA+0.714142*NRAND

NE X1=1.000000*KSI1+1.020203*NRAND

NE X2=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X3=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X4=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X5=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X6=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X7=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X8=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X9=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X10=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X11=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X12=0.700000*KSI1+0.714142*NRAND

NE X13=1.000000*KSI2+1.020203*NRAND
NE X14=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND
NE X15=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND
NE X16=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND
NE X17=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND
NE X18=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND
NE X19=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND
NE X20=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND
NE X21=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND
NE X22=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND
NE X23=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND
NE X24=0.700000*KSI2+0.714142*NRAND

NE X1X13=X1*X13
NE X2X14=X2*X14
NE X3X15=X3*X15
NE X4X16=X4*X16
NE X5X17=X5*X17
NE X6X18=X6*X18
NE X7X19=X7*X19
NE X8X20=X8*X20
NE X9X21=X9*X21
NE X10X22=X10*X22
NE X11X23=X11*X13
NE X12X24=X12*X24

SD KSI1 KSI2 ETA

OU MA=KM IX=5741835 ND=6 WI=16 XM RA=12i20.DAT

ภาคผนวก ข

คำสั่งในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงโดยใช้วิธี LISREL-PI
(การศึกษาศาสนาการณัจำลองด้วยวิธีมอนติคาร์โล)

คำสั่งในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงโดยใช้วิธี LISREL-PI
กรณีตัวแปรแฝงแต่ละตัวมีตัวบ่งชี้เท่ากับ 2 ตัว

```

DA NI=8 NO=20 RP=500
RA FI=2i20.dat
LA
y1 y2 x1 x2 x3 x4 x1x2 x2x4
MO NY=2 NE=1 NX=6 NK=3 LY=FU,FI LX=FU,FI PH=FU,FI TE=DI,FR TD=FU,FI PS=FU,FR
LE
ETA
LK
KSI1 KSI2 KSI1KSI2
PA LY
0
1
VA 1 LY(1,1)
PA LX
0 0 0
1 0 0
0 0 0
0 1 0
0 0 0
0 0 1
VA 1 LX(1,1) LX(3,2) LX(5,3)
CO LX(6,3)=LX(2,1)*LX(4,2)
PA PH
1
0 1
0 0 1
CO PH(3,3)=PH(1,1)*PH(2,2)
FR TD(1,1) TD(2,2) TD(3,3) TD(4,4)
CO TD(5,5)=PH(1,1)*TD(3,3)+PH(2,2)*TD(1,1)+ TD(1,1)*TD(3,3)
CO TD(6,6)=LX(2,1)**2*PH(1,1)*TD(4,4)+LX(4,2)**2*PH(2,2)*TD(2,2)+TD(2,2)*TD(4,4)
OU IT=off AD=OFF ND=3 PV=LISREL_PI.pv SV=LISREL_PI.sv

```


คำสั่งในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงโดยใช้วิธี LISREL-PI
กรณีตัวแปรแฝงแต่ละตัวมีตัวบ่งชี้เท่ากับ 4 ตัว

DA NI=16 NO=20 RP=500

RA FI=4i20.dat

LA

y1 y2 y3 y4 x1 x2 x3 x4 x5 x6 x7 x8 x1x5 x2x6 x3x7 x4x8

MO NY=4 NE=1 NX=12 NK=3 LY=FU,FI LX=FU,FI PH=FU,FI TE=DI,FR TD=FU,FI

PS=FU,FR

LE

ETA

LK

KSI1 KSI2 KSI1KSI2

PA LY

0

1

1

1

VA 1 LY(1,1)

PA LX

0 0 0

1 0 0

1 0 0

1 0 0

0 0 0

0 1 0

0 1 0

0 1 0

0 0 0

0 0 1

0 0 1

0 0 1

VA 1 LX(1,1) LX(5,2) LX(9,3)

CO LX(10,3)=LX(2,1)*LX(6,2)

CO LX(11,3)=LX(3,1)*LX(7,2)

CO LX(12,3)=LX(4,1)*LX(8,2)

PA PH

1

0 1

0 0 1

CO PH(3,3)=PH(1,1)*PH(2,2)

FR TD(1,1) TD(2,2) TD(3,3) TD(4,4) TD(5,5) TD(6,6) TD(7,7) TD(8,8)

CO TD(9,9)=PH(1,1)*TD(5,5)+PH(2,2)*TD(1,1)+ TD(1,1)*TD(5,5)

CO TD(10,10)=LX(2,1)**2*PH(1,1)*TD(6,6)+LX(6,2)**2*PH(2,2)*TD(2,2)+TD(2,2)*TD(6,6)

CO TD(11,11)=LX(3,1)**2*PH(1,1)*TD(7,7)+LX(7,2)**2*PH(2,2)*TD(3,3)+TD(3,3)*TD(7,7)

CO TD(12,12)=LX(4,1)**2*PH(1,1)*TD(8,8)+LX(8,2)**2*PH(2,2)*TD(4,4)+TD(4,4)*TD(8,8)

OU IT=off AD=OFF ND=3 PV=LISREL_PI.pv SV=LISREL_PI.sv

คำสั่งในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงโดยใช้วิธี LISREL-PI
กรณีตัวแปรแฝงแต่ละตัวมีตัวบ่งชี้เท่ากับ 6 ตัว

DA NI=24 NO=20 RP=500

RA FI= 6i20.dat

LA

Y1 Y2 Y3 Y4 Y5 Y6 X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8 X9 X10 X11 X12 X1X7 X2X8 X3X9 X4X10
X5X11 X6X12

MO NY=6 NE=1 NX=18 NK=3 LY=FU,FI LX=FU,FI PH=FU,FI TE=DI,FR TD=FU,FI

PS=FU,FR

LE

ETA

LK

KSI1 KSI2 KSI1KSI2

PA LY

0

1

1

1

1

1

VA 1 LY(1,1)

PA LX

0 0 0

1 0 0

1 0 0

1 0 0

1 0 0

1 0 0

0 0 0

0 1 0

0 1 0

0 1 0

0 1 0

0 1 0

0 0 0

```

0 0 1
0 0 1
0 0 1
0 0 1
0 0 1
VA 1 LX(1,1) LX(7,2) LX(13,3)
CO LX(14,3)=LX(2,1)*LX(8,2)
CO LX(15,3)=LX(3,1)*LX(9,2)
CO LX(16,3)=LX(4,1)*LX(10,2)
CO LX(17,3)=LX(5,1)*LX(11,2)
CO LX(18,3)=LX(6,1)*LX(12,2)
PA PH
1
0 1
0 0 1
CO PH(3,3)=PH(1,1)*PH(2,2)
FR TD(1,1) TD(2,2) TD(3,3) TD(4,4) TD(5,5) TD(6,6)
FR TD(7,7) TD(8,8) TD(9,9) TD(10,10) TD(11,11) TD(12,12)
CO TD(13,13)=PH(1,1)*TD(7,7)+PH(2,2)*TD(1,1)+ TD(1,1)*TD(7,7)
CO TD(14,14)=LX(2,1)**2*PH(1,1)*TD(8,8)+LX(8,2)**2*PH(2,2)*TD(2,2)+TD(2,2)*TD(8,8)
CO TD(15,15)=LX(3,1)**2*PH(1,1)*TD(9,9)+LX(9,2)**2*PH(2,2)*TD(3,3)+TD(3,3)*TD(9,9)
CO TD(16,16)=LX(4,1)**2*PH(1,1)*TD(10,10)+LX(10,2)**2*PH(2,2)*TD(4,4)+TD(4,4)*TD(10,10)
CO TD(17,17)=LX(5,1)**2*PH(1,1)*TD(11,11)+LX(11,2)**2*PH(2,2)*TD(5,5)+TD(5,5)*TD(11,11)
CO TD(18,18)=LX(6,1)**2*PH(1,1)*TD(12,12)+LX(12,2)**2*PH(2,2)*TD(6,6)+TD(6,6)*TD(12,12)
OU IT=off AD=OFF ND=3 PV=LISREL_PI.pv SV=LISREL_PI.sv

```

คำสั่งในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงโดยใช้วิธี LISREL-PI
กรณีตัวแปรแฝงแต่ละตัวมีตัวบ่งชี้เท่ากับ 8 ตัว

DA NI=32 NO=20 RP=500

RA FI= 8i20.dat

LA

Y1 Y2 Y3 Y4 Y5 Y6 Y7 Y8 X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8 X9 X10 X11 X12 X13 X14 X15 X16
X1X9 X2X10 X3X11 X4X12 X5X13 X6X14 X7X15 X8X16

MO NY=8 NE=1 NX=24 NK=3 LY=FU,FI LX=FU,FI PH=FU,FI TE=DI,FR TD=FU,FI PS=FU,FR

LE

ETA

LK

KSI1 KSI2 KSI1KSI2

PA LY

0

1

1

1

1

1

1

1

VA 1 LY(1,1)

PA LX

0 0 0

1 0 0

1 0 0

1 0 0

1 0 0

1 0 0

1 0 0

0 0 0

0 1 0

0 1 0

0 1 0

0 1 0

0 1 0

0 1 0

0 1 0

0 1 0

0 0 0

0 0 1

0 0 1

0 0 1

0 0 1

0 0 1

0 0 1

0 0 1

VA 1 LX(1,1) LX(9,2) LX(17,3)

CO LX(18,3)=LX(2,1)*LX(10,2)

CO LX(19,3)=LX(3,1)*LX(11,2)

CO LX(20,3)=LX(4,1)*LX(12,2)

CO LX(21,3)=LX(5,1)*LX(13,2)

CO LX(22,3)=LX(6,1)*LX(14,2)

CO LX(23,3)=LX(7,1)*LX(15,2)

CO LX(24,3)=LX(8,1)*LX(16,2)

PA PH

1

0 1

0 0 1

CO PH(3,3)=PH(1,1)*PH(2,2)

FR TD(1,1) TD(2,2) TD(3,3) TD(4,4) TD(5,5) TD(6,6)

FR TD(7,7) TD(8,8) TD(9,9) TD(10,10) TD(11,11) TD(12,12)

FR TD(13,13) TD(14,14) TD(15,15) TD(16,16)

CO TD(17,17)=PH(1,1)*TD(9,9)+PH(2,2)*TD(1,1)+ TD(1,1)*TD(9,9)

CO TD(18,18)=LX(2,1)**2*PH(1,1)*TD(10,19)+LX(10,2)**2*PH(2,2)*TD(2,2)+TD(2,2)*TD(10,10)

CO TD(19,19)=LX(3,1)**2*PH(1,1)*TD(11,11)+LX(11,2)**2*PH(2,2)*TD(3,3)+TD(3,3)*TD(11,11)

CO TD(20,20)=LX(4,1)**2*PH(1,1)*TD(12,12)+LX(12,2)**2*PH(2,2)*TD(4,4)+TD(4,4)*TD(12,12)

CO TD(21,21)=LX(5,1)**2*PH(1,1)*TD(13,13)+LX(13,2)**2*PH(2,2)*TD(5,5)+TD(5,5)*TD(13,13)

CO TD(22,22)=LX(6,1)**2*PH(1,1)*TD(14,14)+LX(14,2)**2*PH(2,2)*TD(6,6)+TD(6,6)*TD(14,14)

CO TD(23,23)=LX(7,1)**2*PH(1,1)*TD(15,15)+LX(15,2)**2*PH(2,2)*TD(7,7)+TD(7,7)*TD(15,15)

CO TD(24,24)=LX(8,1)**2*PH(1,1)*TD(16,16)+LX(16,2)**2*PH(2,2)*TD(8,8)+TD(8,8)*TD(16,16)

OU IT=off AD=OFF ND=3 PV=LISREL_Pi.pv SV=LISREL_Pi.sv

คำสั่งในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงโดยใช้วิธี LISREL-PI
กรณีตัวแปรแฝงแต่ละตัวมีตัวบ่งชี้เท่ากับ 10 ตัว

DA NI=40 NO=20 RP=500

RA FI= 10i20.dat

LA

Y1 Y2 Y3 Y4 Y5 Y6 Y7 Y8 Y9 Y10 X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8 X9 X10 X11 X12 X13 X14 X15 X16

X17 X18 X19 X20 X1X11 X2X12 X3X13 X4X14 X5X15 X6X16 X7X17 X8X18 X9X19 X10X20

MO NY=10 NE=1 NX=30 NK=3 LY=FU,FI LX=FU,FI PH=FU,FI TE=DI,FR TD=FU,FI PS=FU,FR

LE

ETA

LK

KSI1 KSI2 KSI1KSI2

PA LY

0

1

1

1

1

1

1

1

1

1

VA 1 LY(1,1)

PA LX

0 0 0

1 0 0

1 0 0

1 0 0

1 0 0

1 0 0

1 0 0

1 0 0

1 0 0

0 0 0

0 1 0

0 1 0

0 1 0

0 1 0

0 1 0

0 1 0

0 1 0

0 1 0

0 1 0

0 0 0

0 0 1

0 0 1

0 0 1

0 0 1

0 0 1

0 0 1

0 0 1

0 0 1

0 0 1

VA 1 LX(1,1) LX(11,2) LX(21,3)

CO LX(22,3)=LX(2,1)*LX(12,2)

CO LX(23,3)=LX(3,1)*LX(13,2)

CO LX(24,3)=LX(4,1)*LX(14,2)

CO LX(25,3)=LX(5,1)*LX(15,2)

CO LX(26,3)=LX(6,1)*LX(16,2)

CO LX(27,3)=LX(7,1)*LX(17,2)

CO LX(28,3)=LX(8,1)*LX(18,2)

CO LX(29,3)=LX(9,1)*LX(19,2)

CO LX(30,3)=LX(10,1)*LX(20,2)

PA PH

1

0 1

0 0 1

CO PH(3,3)=PH(1,1)*PH(2,2)

FR TD(1,1) TD(2,2) TD(3,3) TD(4,4) TD(5,5) TD(6,6)

FR TD(7,7) TD(8,8) TD(9,9) TD(10,10) TD(11,11) TD(12,12)

FR TD(13,13) TD(14,14) TD(15,15) TD(16,16)

FR TD(17,17) TD(18,18) TD(19,19) TD(20,20)

CO TD(21,21)=PH(1,1)*TD(9,9)+PH(2,2)*TD(1,1)+ TD(1,1)*TD(11,11)

CO TD(22,22)=LX(2,1)**2*PH(1,1)*TD(12,12)+LX(12,2)**2*PH(2,2)*TD(2,2)+TD(2,2)*TD(12,12)

CO TD(23,23)=LX(3,1)**2*PH(1,1)*TD(13,13)+LX(13,2)**2*PH(2,2)*TD(3,3)+TD(3,3)*TD(13,13)

CO TD(24,24)=LX(4,1)**2*PH(1,1)*TD(14,14)+LX(14,2)**2*PH(2,2)*TD(4,4)+TD(4,4)*TD(14,14)

CO TD(25,25)=LX(5,1)**2*PH(1,1)*TD(15,15)+LX(15,2)**2*PH(2,2)*TD(5,5)+TD(5,5)*TD(15,15)
CO TD(26,26)=LX(6,1)**2*PH(1,1)*TD(16,16)+LX(16,2)**2*PH(2,2)*TD(6,6)+TD(6,6)*TD(16,16)
CO TD(27,27)=LX(7,1)**2*PH(1,1)*TD(17,17)+LX(17,2)**2*PH(2,2)*TD(7,7)+TD(7,7)*TD(17,17)
CO TD(28,28)=LX(8,1)**2*PH(1,1)*TD(18,18)+LX(18,2)**2*PH(2,2)*TD(8,8)+TD(8,8)*TD(18,18)
CO TD(29,29)=LX(9,1)**2*PH(1,1)*TD(19,19)+LX(19,2)**2*PH(2,2)*TD(9,9)+TD(9,9)*TD(19,19)
CO TD(30,30)=LX(10,1)**2*PH(1,1)*TD(20,20)+LX(20,2)**2*PH(2,2)*TD(10,10)+TD(10,10)*TD(20,20)
OU IT=off AD=OFF ND=3 PV=LISREL_Pi.pv SV=LISREL_Pi.sv

คำสั่งในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงโดยใช้วิธี LISREL-PI
กรณีตัวแปรแฝงแต่ละตัวมีตัวบ่งชี้เท่ากับ 12 ตัว

DA NI=48 NO=20 RP=500

RA FI= 12i20.dat

LA

Y1 Y2 Y3 Y4 Y5 Y6 Y7 Y8 Y9 Y10 Y11 Y12 X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8 X9 X10 X11 X12 X13 X14
X15 X16 X17 X18 X19 X20 X21 X22 X23 X24 X1X13 X2X14 X3X15 X4X16 X5X17 X6X18 X7X19
X8X20 X9X21 X10X22 X11X23 X12X24

MO NY=12 NE=1 NX=36 NK=3 LY=FU,FI LX=FU,FI PH=FU,FI TE=DI,FR TD=FU,FI PS=FU,FR

LE

ETA

LK

KSI1 KSI2 KSI1KSI2

PA LY

0

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

VA 1 LY(1,1)

PA LX

0 0 0

1 0 0

1 0 0

1 0 0

1 0 0

1 0 0

1 0 0

1 0 0

1 0 0

1 0 0

PA PH

1

0 1

0 0 1

CO PH(3,3)=PH(1,1)*PH(2,2)

FR TD(1,1) TD(2,2) TD(3,3) TD(4,4) TD(5,5) TD(6,6)

FR TD(7,7) TD(8,8) TD(9,9) TD(10,10) TD(11,11) TD(12,12)

FR TD(13,13) TD(14,14) TD(15,15) TD(16,16)

FR TD(17,17) TD(18,18) TD(19,19) TD(20,20)

FR TD(21,21) TD(22,22) TD(23,23) TD(24,24)

CO TD(25,25)=PH(1,1)*TD(9,9)+PH(2,2)*TD(1,1)+ TD(1,1)*TD(13,13)

CO TD(26,26)=LX(2,1)**2*PH(1,1)*TD(14,14)+LX(14,2)**2*PH(2,2)*TD(2,2)+TD(2,2)*TD(14,14)

CO TD(27,27)=LX(3,1)**2*PH(1,1)*TD(15,15)+LX(15,2)**2*PH(2,2)*TD(3,3)+TD(3,3)*TD(15,15)

CO TD(28,28)=LX(4,1)**2*PH(1,1)*TD(16,16)+LX(16,2)**2*PH(2,2)*TD(4,4)+TD(4,4)*TD(16,16)

CO TD(29,29)=LX(5,1)**2*PH(1,1)*TD(17,17)+LX(17,2)**2*PH(2,2)*TD(5,5)+TD(5,5)*TD(17,17)

CO TD(30,30)=LX(6,1)**2*PH(1,1)*TD(18,18)+LX(18,2)**2*PH(2,2)*TD(6,6)+TD(6,6)*TD(18,18)

CO TD(31,31)=LX(7,1)**2*PH(1,1)*TD(19,19)+LX(19,2)**2*PH(2,2)*TD(7,7)+TD(7,7)*TD(19,19)

CO TD(32,32)=LX(8,1)**2*PH(1,1)*TD(20,20)+LX(20,2)**2*PH(2,2)*TD(8,8)+TD(8,8)*TD(20,20)

CO TD(33,33)=LX(9,1)**2*PH(1,1)*TD(21,21)+LX(21,2)**2*PH(2,2)*TD(9,9)+TD(9,9)*TD(21,21)

CO TD(34,34)=LX(10,1)**2*PH(1,1)*TD(22,22)+LX(22,2)**2*PH(2,2)*TD(10,10)+TD(10,10)*TD(22,22)

CO TD(35,35)=LX(11,1)**2*PH(1,1)*TD(23,23)+LX(23,2)**2*PH(2,2)*TD(11,11)+TD(11,11)*TD(23,23)

CO TD(36,36)=LX(12,1)**2*PH(1,1)*TD(24,24)+LX(24,2)**2*PH(2,2)*TD(12,12)+TD(12,12)*TD(24,24)

OU IT=off AD=OFF ND=3 PV=LISREL_Pi.pv SV=LISREL_Pi.sv

ภาคผนวก ค

คำสั่งในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงโดยใช้วิธี LMS
(การศึกษาศาสนาการณัจำลองด้วยวิธีมอนติคาร์โล)

คำสั่งในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงโดยใช้วิธี LMS
กรณีตัวแปรแฝงแต่ละตัวมีตัวบ่งชี้เท่ากับ 2 ตัว

TITLE: an interaction between two latent variables

montecarlo:

```
names = y1-y6;
nobs = 20;
nreps = 500;
seed = 2345;
repsave = all;
save = N500_interact.rep*.dat;
```

analysis:

```
type = random;
algorithm = integration;
```

model montecarlo:

```
f1 by y1@1 y2*.7;
f2 by y3@1 y4*.7;
f3 by y5@1 y6*.7;
y1-y6*1;
f1-f2*1;
f3*.5;
f1xf2 | f1 XWITH f2;
f3 on f1*.3 f2*.5 f1xf2*.3
```

model:

```
f1 by y1@1 y2*.7;
f2 by y3@1 y4*.7;
f3 by y5@1 y6*.7;
y1-y6*1;
f1-f2*1;
f3*.5;
f1xf2 | f1 XWITH f2;
f3 on f1*.3 f2*.5 f1xf2*.3
```

output:

```
tech8 tech9;
```

คำสั่งในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงโดยใช้วิธี LMS
กรณีตัวแปรแฝงแต่ละตัวมีตัวบ่งชี้เท่ากับ 4 ตัว

TITLE: an interaction between two latent variables

montecarlo:

names = y1-y12;

nobs = 20;

nreps = 500; !number of replications, generate 20 data sets

seed = 2345;

repsave = all; !save all replications, i.e., save all data sets

save = N500_interact.rep*.dat;

analysis:

type = random;

algorithm = integration;

model montecarlo:

f1 by y1@1 y2-y4*.7;

f2 by y5@1 y6-y8*.7;

f3 by y9@1 y10-y12*.7;

y1-y12*1;

f1-f2*1;

f3*.5;

f1xf2 | f1 XWITH f2;

f3 on f1*.3 f2*.5 f1xf2*.3

model:

f1 by y1@1 y2-y4*.7;

f2 by y5@1 y6-y8*.7;

f3 by y9@1 y10-y12*.7;

y1-y12*1;

f1-f2*1;

f3*.5;

f1xf2 | f1 XWITH f2;

f3 on f1*.3 f2*.5 f1xf2*.3

output:

tech8 tech9;

**คำสั่งในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงโดยใช้วิธี LMS
กรณีตัวแปรแฝงแต่ละตัวมีตัวบ่งชี้เท่ากับ 6 ตัว**

TITLE: an interaction between two latent variables

montecarlo:

names = y1-y18;

nobs = 20;

nreps = 500; !number of replications, generate 20 data sets

seed = 2345;

repsave = all; !save all replications, i.e., save all data sets

save = N500_interact.rep*.dat;

analysis:

type = random;

algorithm = integration;

model montecarlo:

f1 by y1@1 y2-y6*.7;

f2 by y7@1 y8-y12*.7;

f3 by y13@1 y14-y18*.7;

y1-y18*1;

f1-f2*1;

f3*.5;

f1xf2 | f1 XWITH f2;

f3 on f1*.3 f2*.5 f1xf2*.3

model:

f1 by y1@1 y2-y6*.7;

f2 by y7@1 y8-y12*.7;

f3 by y13@1 y14-y18*.7;

y1-y18*1;

f1-f2*1;

f3*.5;

f1xf2 | f1 XWITH f2;

f3 on f1*.3 f2*.5 f1xf2*.3

output:

tech8 tech9;

**คำสั่งในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงโดยใช้วิธี LMS
กรณีตัวแปรแฝงแต่ละตัวมีตัวบ่งชี้เท่ากับ 8 ตัว**

TITLE: an interaction between two latent variables

montecarlo:

names = y1-y24;

nobs = 20;

nreps = 500;

seed = 2345;

repsave = all;

save = N500_interact.rep*.dat;

analysis:

type = random;

algorithm = integration;

model montecarlo:

f1 by y1@1 y2-y8*.7;

f2 by y9@1 y10-y16*.7;

f3 by y17@1 y18-y24*.7;

y1-y24*1;

f1-f2*1;

f3*.5;

f1xf2 | f1 XWITH f2;

f3 on f1*.3 f2*.5 f1xf2*.3

model:

f1 by y1@1 y2-y8*.7;

f2 by y9@1 y10-y16*.7;

f3 by y17@1 y18-y24*.7;

y1-y24*1;

f1-f2*1;

f3*.5;

f1xf2 | f1 XWITH f2;

f3 on f1*.3 f2*.5 f1xf2*.3

output:

tech8 tech9;

คำสั่งในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงโดยใช้วิธี LMS
กรณีตัวแปรแฝงแต่ละตัวมีตัวบ่งชี้เท่ากับ 10 ตัว

TITLE: an interaction between two latent variables

montecarlo:

names = y1-y30;

nobs = 20;

nreps = 500; !number of replications, generate 20 data sets

seed = 2345;

repsave = all; !save all replications, i.e., save all data sets

save = N500_interact.rep*.dat;

analysis:

type = random;

algorithm = integration;

model montecarlo:

f1 by y1@1 y2-y10*.7;

f2 by y11@1 y12-y20*.7;

f3 by y21@1 y22-y30*.7;

y1-y30*1;

f1-f2*1;

f3*.5;

f1xf2 | f1 XWITH f2;

f3 on f1*.3 f2*.5 f1xf2*.3

model:

f1 by y1@1 y2-y10*.7;

f2 by y11@1 y12-y20*.7;

f3 by y21@1 y22-y30*.7;

y1-y30*1;

f1-f2*1;

f3*.5;

f1xf2 | f1 XWITH f2;

f3 on f1*.3 f2*.5 f1xf2*.3

output:

tech8 tech9;

คำสั่งในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงโดยใช้วิธี LMS
กรณีตัวแปรแฝงแต่ละตัวมีตัวบ่งชี้เท่ากับ 12 ตัว

TITLE: an interaction between two latent variables

montecarlo:

names = y1-y36;

nobs = 20;

nreps = 500; !number of replications, generate 20 data sets

seed = 2345;

repsave = all; !save all replications, i.e., save all data sets

save = N500_interact.rep*.dat;

analysis:

type = random;

algorithm = integration;

model montecarlo:

f1 by y1@1 y2-y12*.7;

f2 by y13@1 y14-y24*.7;

f3 by y25@1 y26-y36*.7;

y1-y36*1;

f1-f2*1;

f3*.5;

f1xf2 | f1 XWITH f2;

f3 on f1*.3 f2*.5 f1xf2*.3

model:

f1 by y1@1 y2-y12*.7;

f2 by y13@1 y14-y24*.7;

f3 by y25@1 y26-y36*.7;

y1-y36*1;

f1-f2*1;

f3*.5;

f1xf2 | f1 XWITH f2;

f3 on f1*.3 f2*.5 f1xf2*.3

output:

tech8 tech9;

ภาคผนวก ง

มาตรวัด เรื่อง ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของ
นักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI วิธี LMS
และวิธี PLS-PI

มาตรวัด เรื่อง ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของ
นักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI วิธี LMS
และวิธี PLS-PI

คำชี้แจง

มาตรวัด เรื่อง ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของ
นักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี
PLS-PI ประกอบด้วย 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบมาตรวัด	จำนวน 3 ข้อ
ตอนที่ 2 มาตรวัดความผาสุกทางจิตใจ	จำนวน 42 ข้อ
ตอนที่ 3 มาตรวัดบรรยากาศในการเรียน	จำนวน 30 ข้อ
ตอนที่ 4 มาตรวัดผลการเรียนรู้ของนักศึกษา	จำนวน 8 ข้อ

ตอนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน หน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริงของท่าน

1. คณะ 1. พยาบาลศาสตร์ 2. จิตวิทยา 3. กายภาพบำบัด

2. กำลังศึกษาอยู่ชั้นปีที่ 1 2 3 4 อื่นๆ โปรดระบุ.....

3. คะแนนเฉลี่ยสะสม.....(ทุกภาคที่ผ่านมาจนถึงภาคต้น ปีการศึกษา 2558)

ตอนที่ 2 มาตรวัดความผาสุกทางจิตใจ

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความเป็นจริงของท่าน

ข้อคำถาม	ระดับความคิดเห็น				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
การยอมรับตนเอง					
1. ฉันทำสิ่งที่ผิดพลาดในอดีต แต่ก็ได้ทำดีที่สุดแล้ว					
2. ฉันเชื่อมั่นในตนเองและมองตนเองทางบวก					
3. ฉันชอบให้คนอื่นมองว่าฉันมีมากกว่าสิ่งที่มีอยู่จริงๆ					
4. ที่ผ่านมามีขึ้นและมีลง แต่ฉันไม่ได้ต้องการเปลี่ยนมัน					
5. ฉันรู้สึกผิดหวังกับความสำเร็จในชีวิตที่เกิดขึ้น					
6. ฉันเชื่อว่าคนส่วนใหญ่อาจจะไม่มีความรู้สึกที่ดีต่อตัวฉัน					
7. ฉันรู้สึกดีเมื่อได้เปรียบเทียบกับเพื่อนหรือคนอื่น					
อิสระแห่งตน					
1. ฉันไม่กลัวที่จะแสดงความคิดเห็น แม้จะขัดแย้งกับคนส่วนมาก					
2. ฉันตัดสินใจกระทำสิ่งต่างๆ โดยไม่ได้ขึ้นอยู่กับคนอื่น					
3. ฉันกังวลในสิ่งที่คนอื่นคิดเกี่ยวกับตัวฉัน					
4. ฉันมีความสุขได้ด้วยตัวเองโดยไม่ต้องพึ่งคนอื่น					
5. ฉันเชื่อมั่นในความคิดของตัวเอง ถึงแม้ว่าจะขัดแย้งกับคนส่วนมาก					
6. เป็นเรื่องยากสำหรับฉันที่จะแสดงความคิดเห็นขัดแย้งกับคนอื่น					
7. ฉันมักจะเปลี่ยนความคิดของตัวเอง ถ้าเพื่อนหรือครอบครัวไม่เห็นด้วย					
เป้าหมายในชีวิต					
1. ฉันวางแผนในสิ่งที่จะทำ					
2. ฉันมุ่งเน้นปัจจุบันมากกว่าอนาคต					
3. สิ่งที่ทำในชีวิตประจำวันเป็นเรื่องเล็ก					
4. ฉันไม่รู้สึกรู้สึกดีต่อสิ่งที่จะทำ					
5. ฉันวางแผนงานที่จะทำในอนาคต					
6. มันเป็นการเสียเวลา ถ้าฉันตั้งเป้าหมายในชีวิต					
7. บางครั้งฉันรู้สึกว่า ฉันได้ทำทุกอย่างที่จำเป็นต้องทำในชีวิตแล้ว					
สัมพันธภาพที่ดีกับคนอื่น					
1. ฉันเป็นที่รักใคร่ของคนส่วนมาก					
2. ฉันไม่ได้มีใครมากที่จะฟังฉันในยามที่ต้องการพูดคุย					
3. ฉันรู้สึกโดดเดี่ยวและไม่มีใครที่จะรับฟังความกังวลต่างๆ ได้					

ข้อคำถาม	ระดับความคิดเห็น				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
4. ฉันสนุกกับการสนทนากับคนอื่น					
5. คนมองฉันว่าเป็นผู้ให้ และแบ่งปันเวลาให้กับผู้อื่น					
6. ดูเหมือนว่าคนอื่น ๆ จะมีเพื่อนเพิ่มขึ้นมากกว่าฉัน					
7. ฉันสามารถไว้วางใจผู้อื่นและผู้อื่นก็ไว้วางใจฉัน					
ความงอกงามแห่งตน					
1. ฉันไม่สนใจกิจกรรมที่เป็นการพัฒนาตนเอง					
2. ฉันชอบประสบการณ์ใหม่ๆ เพราะเป็นสิ่งที่น่าท้าทาย					
3. ฉันไม่ค่อยได้ปรับปรุงตัวเองให้ดีขึ้นมานานแล้ว					
4. ฉันมีความรู้สึกที่ตนเองได้พัฒนาไปมาก					
5. ฉันคุ้นเคยกับวิธีการทำแบบเก่ามากกว่า					
6. ฉันไม่ต้องการลองวิธีการใหม่ในการทำสิ่งต่างๆ					
7. เป็นเรื่องจริงกับคำกล่าวที่ว่า “ฉันเป็นคนสอนยาก”					
ความสามารถในการจัดการสถานการณ์					
1. ฉันมักจัดการเรื่องส่วนตัวได้ดี					
2. ฉันให้เวลากับสิ่งที่ต้องการทำ					
3. ฉันไม่ค่อยรู้จักคนในชุมชนที่อาศัยอยู่					
4. ฉันสามารถบริหารจัดการหน้าที่ความรับผิดชอบในชีวิตประจำวันได้					
5. หน้าที่ความรับผิดชอบเอาเวลาของฉันไปหมด					
6. มันยากที่จะจัดการกับชีวิตเพื่อสร้างความพึงพอใจให้กับตัวเอง					
7. ฉันใช้ชีวิตตามที่ตัวเองชื่นชอบ					

ตอนที่ 3 มาตรฐานบรรยากาศในการเรียน

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความเป็นจริงของท่าน

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
ความสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมวิทยาลัยฯและผู้สอน					
1. เพื่อนและ/ผู้สอนยินดีอธิบายสิ่งที่ไม่เข้าใจในขณะที่เรียน					
2. เพื่อนและ/ผู้สอนช่วยเหลือฉันเมื่อมีปัญหาการเรียน					
3. เพื่อนและ/ผู้สอนเข้าใจปัญหาในการเรียนของฉัน					
4. ฉันรู้สึกสบายใจเมื่ออยู่กับเพื่อนและ/ผู้สอน					
5. มันเป็นเรื่องง่ายที่จะได้พูดคุยเกี่ยวกับการเรียนกับเพื่อนและ/ผู้สอน					
การเห็นคุณค่าตนเองในการเรียน					
1. ฉันรู้สึกดีต่อตนเอง ถึงแม้ผลการเรียนจะด้อยหรือดีกว่าคนอื่นก็ตาม					
2. ฉันรู้สึกว่าตนเองมีคุณค่า เพราะสามารถเรียนได้สำเร็จตามเป้าหมายแล้ว					
3. ฉันเชื่อมั่นว่าตนเองมีความสามารถ					
4. ถึงแม้ผลการเรียนฉันจะเป็นอย่างไร แต่ฉันก็สามารถทำสิ่งต่างๆ ได้ดีเหมือนกับที่คนอื่นทำได้					
5. ฉันยอมรับคำแนะนำจากผู้อื่นมาปรับปรุงผลการเรียนของตนเอง					
วิธีการเรียน					
1. ฉันใช้ตำราและการสรุปย่อในระหว่างเรียน					
2. เมื่อสงสัยบทเรียน ฉันยกมือถามผู้สอนหรือไม่ก็ถามเพื่อน					
3. ฉันพยายามทำความเข้าใจเนื้อหา มากกว่าการจดจำ					
4. เวลาที่ดีที่สุดในการเรียนรู้ คือ "เวลาในห้องเรียน"					
5. ฉันอยากอ่านบทเรียนล่วงหน้าก่อนฟังบรรยายจากผู้สอน					
ความคาดหวังของผู้ปกครอง					
1. พ่อแม่คาดหวังให้ฉันพยายามเรียนให้ดี					
2. พ่อแม่คาดหวังให้ฉันได้เรียนสาขาวิชาที่พ่อแม่เลือกไว้					
3. พ่อแม่ตัดสินใจเลือกสาขาวิชาเรียนให้ฉัน					
4. พ่อแม่อยากให้ฉันสำเร็จการศึกษาได้ตามที่คาดหวัง					

ข้อความคำถาม	ระดับความคิดเห็น				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
5. พ่อแม่ผิดหวังต่อผลการเรียนของฉัน					
ด้านโครงสร้างการเรียน					
1. ฉันพอใจต่ออาคารเรียนและห้องเรียนที่วิทยาลัยฯ จัดให้					
2. ฉันพอใจต่ออุปกรณ์ในห้องเรียน ห้องปฏิบัติการที่มีอยู่					
3. วิทยาลัยฯ มีพื้นที่สำหรับพักผ่อนหรือทำกิจกรรมอื่นๆ ได้ในตอนที่ฉันไม่มีเรียน					
4. วิทยาลัยฯ มีสถานที่ และสิ่งอำนวยความสะดวกด้านการกีฬา					
5. วิทยาลัยฯ สามารถจัดหาที่พักอาศัย/หอพักได้เพียงพอกับความต้องการของนักศึกษา					
การจ้างงานในอนาคต					
1. ฉันไม่แน่ใจว่าการศึกษาคณะนี้จะทำให้ฉันหางานทำได้					
2. สาขาวิชาที่ฉันเรียนจะทำให้ฉันหางานง่าย					
3. สาขาวิชาที่ฉันเรียนอาจจะทำให้ฉันได้ค่าตอบแทนเป็นที่น่าพอใจ					
4. เมื่อสำเร็จการศึกษาไปแล้ว ฉันจะมีความก้าวหน้าในการทำงานอย่างแน่นอน					
5. ตัวชี้วัดความสามารถของฉันคือการได้งานหลังสำเร็จการศึกษา					

ตอนที่ 3 มาตรการวัดผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

คำชี้แจง ขอให้นักศึกษาตอบตามความรู้สึกเกี่ยวผลการเรียนรู้ที่ผ่านมา โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความเป็นจริงของท่าน

1. ความพึงพอใจต่อผลงานที่ส่งอาจารย์หลังได้รับมอบหมายให้ทำการบ้านโดยรวมของทุกรายวิชา
 มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด
2. ความพึงพอใจต่อคะแนนสอบกลางภาคโดยรวมของทุกรายวิชา
 มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด
3. ความพึงพอใจต่อผลการเรียนเฉลี่ยในภาคการศึกษาที่แล้ว
 มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด
4. ความพึงพอใจต่อผลการเรียนวิชาศึกษาทั่วไป กลุ่มวิชาสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ (เช่น รายวิชาการพัฒนาตนสู่สังคม สุขภาพกับการออกกำลังกาย และวิถีชีวิตกับวัฒนธรรม เป็นต้น)
 มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด
5. ความพึงพอใจต่อผลการเรียนวิชาศึกษาทั่วไป กลุ่มวิชาภาษาศาสตร์ (เช่น รายวิชาภาษาไทยเพื่อการสื่อสาร การอ่านและการเขียนภาษาไทยเชิงวิชาการ ภาษาอังกฤษปรับพื้นฐานหรือภาษาอังกฤษเพื่อประสิทธิผลการสื่อสาร เป็นต้น)
 มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด
6. ความพึงพอใจต่อผลการเรียนวิชาศึกษาทั่วไป กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (เช่น รายวิชาวิทยาศาสตร์กับการพัฒนาคุณภาพชีวิต หลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อชีวิต คณิตศาสตร์และสถิติเบื้องต้น ฟิสิกส์พื้นฐาน ชีวเคมี เป็นต้น)
 มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด
7. ความพึงพอใจต่อผลการเรียนวิชาแกนหรือวิชาบังคับโดยรวมทุกรายวิชา (หมวดวิชาเฉพาะ/วิชาชีพ)
 ยังไม่ได้เรียน มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด
8. ความพึงพอใจต่อผลการเรียนวิชาเลือกเสรี (เช่น อาเซียนศึกษา แนวคิด SATIR กับการอภิบาล สุขภาพ การศึกษาอิสระ กฎหมายในชีวิตประจำวัน คอมพิวเตอร์และเครือข่ายอินเทอร์เน็ต วายน้ำ นันทนาการในสถานประกอบการ การบริหารความเครียด เป็นต้น)
 ยังไม่ได้เรียน มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด

ภาคผนวก จ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเครื่องมือวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเครื่องมือวิจัย

- | | |
|--|---|
| 1. ดร.สมชาย เตียวกุล | อาจารย์ประจำ คณะจิตวิทยา วิทยาลัยเซนต์หลุยส์ |
| 2. ผศ.ดร.สุวรรณี ละออปักษิณ | อาจารย์ประจำ คณะพยาบาลศาสตร์
วิทยาลัยเซนต์หลุยส์ |
| 3. ดร.สุภารัตน์ สุวารี | อาจารย์ประจำ คณะพยาบาลศาสตร์ และผู้อำนวยการ
สำนักประกันคุณภาพและควบคุมภายใน
วิทยาลัยเซนต์หลุยส์ |
| 4. ร.ต.ท.หญิง ดร.เจือจันทร์ วัฒนกิจเจริญ | อาจารย์ประจำบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยคริสเตียน |
| 5. ดร.วิชฌนพงศ์ ทองพวง | อาจารย์ประจำบัณฑิตวิทยาลัย และหัวหน้าสำนัก
ประกันคุณภาพการศึกษา มหาวิทยาลัยคริสเตียน |

ภาคผนวก ฉ

ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อความกับนิยามเชิงปฏิบัติการ

ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อความกับนิยามเชิงปฏิบัติการ

1. มาตรการวัดความผาสุกทางจิตใจ

ข้อความ	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					ผลรวม คะแนน	IOC	หมายเหตุ
	1	2	3	4	5			
การยอมรับตนเอง								
1. ฉันทำสิ่งที่ผิดพลาดในอดีต แต่ก็ได้ทำดีที่สุดแล้ว	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
2. ฉันเชื่อมั่นในตนเองและมองตนเองทางบวก	1	1	1	-1	1	3	0.60	ใช้ได้
3. ฉันชอบให้คนอื่นมองว่าฉันมีมากกว่าสิ่งที่มีอยู่จริงๆ	1	0	1	0	1	3	0.60	ใช้ได้
4. ที่ผ่านมามีสิ่งขึ้นและมีลง แต่ฉันไม่ได้ต้องการเปลี่ยน มัน	0	1	1	0	1	3	0.60	ใช้ได้
5. ฉันรู้สึกผิดหวังกับความสำเร็จในชีวิตที่เกิดขึ้น	1	1	1	1	-1	3	0.60	ใช้ได้
6. ฉันเชื่อว่าคนส่วนใหญ่อาจจะไม่มีความรู้สึกที่ดีต่อตัวฉัน	0	1	1	0	1	3	0.60	ใช้ได้
7. ฉันรู้สึกดีเมื่อได้เปรียบเทียบกับเพื่อนหรือคนอื่น	0	1	1	0	1	3	0.60	ใช้ได้
อิสระแห่งตน								
1. ฉันไม่กลัวที่จะแสดงความคิดเห็น แม้จะขัดแย้งกับคน ส่วนมาก	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
2. ฉันตัดสินใจกระทำการต่างๆ โดยไม่ได้ขึ้นอยู่กับคนอื่น	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
3. ฉันกังวลในสิ่งที่คนอื่นคิดเกี่ยวกับตัวฉัน	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
4. ฉันมีความสุขได้ด้วยตัวเองโดยไม่ต้องพึ่งคนอื่น	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
5. ฉันเชื่อมั่นในความคิดของตัวเอง ถึงแม้ว่าจะขัดแย้งกับคน ส่วนมาก	1	1	1	0	0	3	0.60	ใช้ได้
6. เป็นเรื่องยากสำหรับฉันที่จะแสดงความคิดเห็นขัดแย้งกับ คนอื่น	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
7. ฉันมักจะเปลี่ยนความคิดของตัวเอง ถ้าเพื่อนหรือ ครอบครัวไม่เห็นด้วย	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
เป้าหมายในชีวิต								
1. ฉันวางแผนในสิ่งที่จะทำ	1	1	1	1	0	4	0.80	ใช้ได้
2. ฉันมุ่งเน้นปัจจุบันมากกว่าอนาคต	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
3. สิ่งที่ฉันทำในชีวิตประจำวันเป็นเรื่องเล็ก	1	0	1	0	1	3	0.60	ใช้ได้
4. ฉันไม่รู้สึกรู้สึกดีต่อสิ่งที่จะทำ	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
5. ฉันวางแผนงานที่จะทำในอนาคต	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
6. มันเป็นการเสียเวลา ถ้าฉันตั้งเป้าหมายในชีวิต	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
7. บางครั้งฉันรู้สึกว้าว ฉันได้ทำทุกอย่างที่จำเป็นต้องทำใน ชีวิตแล้ว	1	1	1	1	0	4	0.80	ใช้ได้
สัมพันธภาพที่ดีกับคนอื่น								
1. ฉันเป็นที่รักใคร่ของคนส่วนมาก	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้

ข้อคำถาม	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					ผลรวม คะแนน	IOC	หมายเหตุ
	1	2	3	4	5			
2. ฉันไม่ได้มีใครมากที่จะฟังฉันในยามที่ต้องการพูดคุย	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
3. ฉันรู้สึกโดดเดี่ยวและไม่มีใครที่รับฟังความกังวลต่างๆ ได้	1	1	1	0	0	3	0.60	ใช้ได้
4. ฉันสนุกกับการสนทนากับคนอื่น	1	1	1	1	-1	3	0.60	ใช้ได้
5. คนมองฉันว่าเป็นผู้ให้ และแบ่งปันเวลาให้กับผู้อื่น	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
6. ดูเหมือนว่าคนอื่นๆ จะมีเพื่อนเพิ่มขึ้นมากกว่าฉัน	1	1	1	0	0	3	0.60	ใช้ได้
7. ฉันสามารถไว้วางใจผู้อื่นและผู้อื่นก็ไว้วางใจฉัน	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
ความงอกงามแห่งตน								
1. ฉันไม่สนใจกิจกรรมที่เป็นการพัฒนาตนเอง	0	1	1	0	1	3	0.60	ใช้ได้
2. ฉันชอบประสบการณ์ใหม่ๆ เพราะเป็นสิ่งที่น่าท้าทาย	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
3. ฉันไม่ค่อยได้ปรับปรุงตัวเองให้ดีขึ้นมานานแล้ว	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
4. ฉันมีความรู้สึกที่ตนเองได้พัฒนาไปมาก	1	1	1	1	0	4	0.80	ใช้ได้
5. ฉันคุ้นเคยกับวิธีการทำแบบเก่ามากกว่า	1	1	1	0	0	3	0.60	ใช้ได้
6. ฉันไม่ต้องการลองวิธีการใหม่ในการทำสิ่งต่างๆ	1	1	1	1	-1	3	0.60	ใช้ได้
7. เป็นเรื่องจริงกับคำกล่าวที่ว่า “ฉันเป็นคนสอนยาก”	1	0	1	0	1	3	0.60	ใช้ได้
ความสามารถในการจัดการสถานการณ์								
1. ฉันมักจัดการเรื่องส่วนตัวได้ดี	1	0	1	0	1	3	0.60	ใช้ได้
2. ฉันให้เวลากับสิ่งที่ต้องการทำ	0	1	1	0	1	3	0.60	ใช้ได้
3. ฉันไม่ค่อยรู้จักคนในชุมชนที่อาศัยอยู่	1	0	1	0	1	3	0.60	ใช้ได้
4. ฉันสามารถบริหารจัดการหน้าที่ความรับผิดชอบในชีวิตประจำวันได้	0	1	1	0	1	3	0.60	ใช้ได้
5. หน้าที่ความรับผิดชอบเอาเวลาของฉันไปหมด	1	0	1	0	1	3	0.60	ใช้ได้
6. มันยากที่จะจัดการกับชีวิตเพื่อสร้างความพึงพอใจให้กับ ตัวเอง	1	1	1	1	-1	3	0.60	ใช้ได้
7. ฉันใช้ชีวิตตามที่ตัวเองชื่นชอบ	1	0	1	0	1	3	0.60	ใช้ได้

2. มาตรการบรรเทาผลกระทบในการเรียน

ข้อความ	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					ผลรวม คะแนน	IOC	หมายเหตุ
	1	2	3	4	5			
ความสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมวิทยาลัยและผู้สอน								
1. เพื่อนและผู้สอนยินดีอธิบายสิ่งที่ไม่เข้าใจ ในขณะที่เรียน	1	1	1	1	-1	3	0.60	ใช้ได้
2. เพื่อนและผู้สอนช่วยเหลือฉันเมื่อมีปัญหาการเรียน	1	1	1	1	-1	3	0.60	ใช้ได้
3. เพื่อนและผู้สอนเข้าใจปัญหาในการเรียนของ ฉัน	1	1	1	1	-1	3	0.60	ใช้ได้
4. ฉันรู้สึกสบายใจเมื่ออยู่กับเพื่อนและผู้สอน	1	1	1	1	-1	3	0.60	ใช้ได้
5. มันเป็นเรื่องง่ายที่จะได้พูดคุยเกี่ยวกับการเรียน กับเพื่อนและผู้สอน	1	1	1	1	-1	3	0.60	ใช้ได้
การเห็นคุณค่าตนเองในการเรียน								
1. ฉันรู้สึกดีต่อตนเอง ถึงแม้ผลการเรียนจะด้อย หรือดีกว่าคนอื่นก็ตาม	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
2. ฉันรู้สึกว่าตนเองมีคุณค่า เพราะสามารถเรียนได้ สำเร็จตามเป้าหมายแล้ว	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
3. ฉันเชื่อมั่นว่าตนเองมีความสามารถ	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
4. ถึงแม้ผลการเรียนฉันจะเป็นอย่างไร แต่ฉันก็ สามารถทำสิ่งต่างๆ ได้ดีเหมือนกับคนอื่นทำได้	0	1	1	0	1	3	0.60	ใช้ได้
5. ฉันยอมรับคำแนะนำจากผู้อื่นมาปรับปรุงผลการ เรียนของตนเอง	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
วิธีการเรียน								
1. ฉันใช้ตำราและการสรุปย่อในระหว่างเรียน	-1	1	1	1	1	3	0.60	ใช้ได้
2. เมื่อสงสัยบทเรียน ฉันยกมือถามผู้สอนหรือไม่ก็ ถามเพื่อน	-1	1	1	1	1	3	0.60	ใช้ได้
3. ฉันพยายามทำความเข้าใจเนื้อหามากกว่าการ จดจำ	-1	1	1	1	1	3	0.60	ใช้ได้
4. เวลาที่ดีที่สุดในการเรียนรู้ คือ "เวลาใน ห้องเรียน"	-1	1	1	1	1	3	0.60	ใช้ได้
5. ฉันอยากอ่านบทเรียนล่วงหน้าก่อนฟังบรรยาย จากผู้สอน	-1	1	1	1	1	3	0.60	ใช้ได้
ความคาดหวังของผู้ปกครอง								
1. พ่อแม่คาดหวังให้ฉันพยายามเรียนให้ดี	0	1	1	1	0	3	0.60	ใช้ได้
2. พ่อแม่คาดหวังให้ฉันได้เรียนสาขาวิชาที่พ่อแม่ เลือกไว้	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
3. พ่อแม่ตัดสินใจเลือกสาขาวิชาเรียนให้ฉัน	0	1	1	0	1	3	0.60	ใช้ได้

ข้อความ	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					ผลรวม คะแนน	IOC	หมายเหตุ
	1	2	3	4	5			
4. พ่อแม่อยากให้น้องสำเร็จการศึกษาได้ตามที่ คาดหวัง	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
5. พ่อแม่ผิดหวังต่อผลการเรียนของน้อง	1	0	1	0	1	3	0.60	ใช้ได้
ด้านโครงสร้างการเรียน								
1. น้องพอใจต่ออาคารเรียนและห้องเรียนที่วิทยาลัย ฯ จัดให้	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
2. น้องพอใจต่ออุปกรณ์ในห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ ที่มีอยู่	1	1	1	1	-1	3	0.60	ใช้ได้
3. วิทยาลัยฯ มีพื้นที่สำหรับพักผ่อนหรือทำ กิจกรรมอื่นๆ ได้ในตอนนี้น้องไม่มีเรียน	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
4. วิทยาลัยฯ มีสถานที่ และสิ่งอำนวยความสะดวก ด้านการกีฬา	1	1	1	1	-1	3	0.60	ใช้ได้
5. วิทยาลัยฯ สามารถจัดหาที่พักอาศัย/หอพักได้ เพียงพอกับความต้องการของนักศึกษา	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
การจ้างงานในอนาคต								
1. น้องไม่แน่ใจว่าการศึกษาคณะนี้จะทำให้มีงานทำได้	0	1	1	1	0	3	0.60	ใช้ได้
2. สาขาวิชาที่น้องเรียนจะทำให้น้องหางานง่าย	0	1	1	1	0	3	0.60	ใช้ได้
3. สาขาวิชาที่น้องเรียนอาจจะทำให้น้องได้ ค่าตอบแทนเป็นที่น่าพอใจ	0	0	1	1	1	3	0.60	ใช้ได้
4. เมื่อสำเร็จการศึกษาไปแล้ว น้องจะมี ความก้าวหน้าในการทำงานอย่างแน่นอน	0	1	1	1	0	3	0.60	ใช้ได้
5. ตัวชี้วัดความสามารถของน้องคือการได้งานหลัง สำเร็จการศึกษา	0	1	1	0	1	3	0.60	ใช้ได้

3. มาตรฐานวัดผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ข้อคำถาม	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					ผลรวม คะแนน	IOC	หมายเหตุ
	1	2	3	4	5			
1. ความพึงพอใจต่อผลงานที่ส่งอาจารย์ หลังได้รับมอบหมายให้ทำการบ้าน	1	1	1	1	-1	3	0.60	ใช้ได้
2. ความพึงพอใจต่อผลสอบกลางภาค	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
3. ความพึงพอใจต่อผลการเรียนในภาค การศึกษาที่แล้ว	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
4. ความพึงพอใจต่อผลการเรียนวิชาศึกษา ทั่วไป กลุ่มวิชาสังคมศาสตร์และ มนุษยศาสตร์ (เช่น รายวิชาการพัฒนาตน สู่สังคม สุขภาพกับการออกกำลังกาย และ วิถีชีวิตกับวัฒนธรรม เป็นต้น)	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
5. ความพึงพอใจต่อผลการเรียนวิชาศึกษา ทั่วไป กลุ่มวิชาภาษาศาสตร์ (เช่น รายวิชา ภาษาไทยเพื่อการสื่อสาร การอ่านและ การเขียนภาษาไทยเชิงวิชาการ ภาษาอังกฤษปรับพื้นฐานหรือ ภาษาอังกฤษเพื่อประสิทธิผลการสื่อสาร เป็นต้น)	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
6. ความพึงพอใจต่อผลการเรียนวิชาศึกษา ทั่วไป กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และ คณิตศาสตร์ (เช่น รายวิชาวิทยาศาสตร์ กับการพัฒนาคุณภาพชีวิต หลักการทาง วิทยาศาสตร์เพื่อชีวิต คณิตศาสตร์และ สถิติเบื้องต้น ฟิสิกส์พื้นฐาน ชีวเคมี เป็น ต้น)	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
7. ความพึงพอใจต่อผลการเรียนวิชาแกน หรือวิชาบังคับ (หมวดวิชาเฉพาะ/วิชาชีพ)	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
8. ความพึงพอใจต่อผลการเรียนวิชาเลือก เสรี (เช่น อาเซียนศึกษา แนวคิด SATIR กับการอภิบาลสุขภาพ การศึกษาอิสระ กฎหมายในชีวิตประจำวัน คอมพิวเตอร์ และเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ว่ายน้ำ นันทนาการในสถานประกอบการ การ บริหารความเครียด เป็นต้น)	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้

ภาคผนวก ช
ค่าความเที่ยงของมาตรวัด

ค่าความเที่ยงของมาตรวัด

1. มาตรวัดความผาสุกทางจิตใจ

RELIABILITY ANALYSIS - SCALE (ALPHA)

Item-total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item- Total Correlation	Alpha if Item Deleted
A1.1	137.2750	115.0250	.3167	.7444
A1.2	137.3750	114.9071	.3399	.7436
A1.3	137.5000	112.1538	.3491	.7416
A1.4	137.5500	119.1256	.0359	.7589
A1.5	136.9250	108.8917	.6622	.7290
A1.6	137.4750	112.4609	.4376	.7387
A1.7	138.7250	126.9224	-.3136	.7723
A2.1	137.5750	114.7635	.3352	.7436
A2.2	137.7250	118.6660	.0626	.7569
A2.3	137.9250	116.4814	.2024	.7492
A2.4	137.1250	114.9840	.3012	.7448
A2.5	137.7250	117.3327	.1580	.7512
A2.6	137.7250	116.6147	.2524	.7472
A2.7	138.0250	118.2301	.1034	.7539
A3.1	136.9750	115.0506	.3381	.7438
A3.2	138.7000	125.9590	-.3122	.7680
A3.3	137.1500	107.4641	.5832	.7288
A3.4	137.2750	110.2558	.4829	.7351
A3.5	136.9000	114.6051	.2945	.7449
A3.6	136.8000	109.0872	.6329	.7298
A3.7	137.6500	127.0538	-.3008	.7738
A4.1	137.5500	118.2026	.2516	.7484
A4.2	137.7500	111.7821	.4793	.7369
A4.3	137.1250	110.1635	.3899	.7388
A4.4	136.6000	111.3231	.5750	.7344

A4.5	137.3500	119.4128	.1243	.7516
A4.6	137.8250	114.8660	.3106	.7445
A4.7	137.2500	117.7821	.1900	.7496
A5.1	136.9250	112.0199	.4985	.7368
A5.2	136.6250	113.2147	.4387	.7395
A5.3	137.4750	116.8199	.1786	.7503
A5.4	137.3250	118.4814	.1543	.7508
A5.5	137.8000	115.3436	.3843	.7431
A5.6	137.2250	115.7686	.2399	.7475
A5.7	137.5500	110.9205	.4223	.7378
A6.1	137.0750	118.4301	.1217	.7524
A6.2	136.8750	116.2660	.2888	.7460
A6.3	137.7000	115.6000	.2350	.7477
A6.4	137.1750	118.5583	.1238	.7521
A6.5	137.9750	116.1788	.1948	.7497
A6.6	137.9500	128.7667	-.3866	.7765
A6.7	138.6000	125.2205	-.2352	.7687

Reliability Coefficients

N of Cases = 40.0

N of Items = 42

Alpha = .7527

2. มาตรฐานวัดบรรยากาศในการเรียน

RELIABILITY ANALYSIS - SCALE (ALPHA)

Item-total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item- Total Correlation	Alpha if Item Deleted
B1.1	103.2250	79.2045	.2955	.7310
B1.2	103.2750	78.3071	.3482	.7281
B1.3	103.3250	79.5583	.3133	.7308
B1.4	103.2000	80.0103	.2574	.7331
B1.5	103.4250	77.8404	.3625	.7270
B2.1	103.3250	77.9173	.3017	.7299
B2.2	103.2750	77.1788	.4347	.7236
B2.3	103.3750	76.9071	.4230	.7236
B2.4	103.2500	77.5256	.4178	.7247
B2.5	103.0500	78.8692	.2868	.7311
B3.1	103.8500	77.9256	.3552	.7274
B3.2	104.0000	79.4359	.1724	.7384
B3.3	103.3500	78.0282	.3162	.7292
B3.4	103.6750	78.4301	.2401	.7338
B3.5	104.1000	82.1949	.0284	.7468
B4.1	103.0250	81.0506	.1135	.7408
B4.2	103.8750	75.3942	.2924	.7311
B4.3	104.5000	80.1026	.0457	.7568
B4.4	102.6500	77.6179	.4627	.7237
B4.5	103.1250	76.0096	.3794	.7244
B5.1	104.1500	80.6949	.1531	.7383
B5.2	104.4250	81.0712	.1403	.7387
B5.3	104.8250	81.5840	.1013	.7407
B5.4	104.8500	79.6692	.1966	.7362
B5.5	104.6000	80.2974	.1721	.7374
B6.1	103.7750	82.5891	.0086	.7476
B6.2	103.4000	77.8359	.2946	.7302
B6.3	103.4000	76.3487	.4031	.7236

B6.4	103.1750	77.5327	.3851	.7258
B6.5	103.3250	77.5071	.3153	.7289

Reliability Coefficients

N of Cases = 40.0 N of Items = 30

Alpha = .7395

3. มาตรการวัดผลการเรียนรู้ของนักศึกษาวิทยาลัยเซนต์หลุยส์

RELIABILITY ANALYSIS - SCALE (ALPHA)

Item-total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item- Total Correlation	Alpha if Item Deleted
C1	22.5750	16.6096	.3414	.8562
C2	22.8500	13.3615	.6908	.8191
C3	22.9250	12.4814	.7150	.8163
C4	22.5250	16.2045	.3462	.8569
C5	22.7250	14.5122	.7083	.8216
C6	22.7000	14.9846	.5074	.8418
C7	22.3750	13.1122	.6735	.8218
C8	22.6250	13.5224	.7304	.8145

Reliability Coefficients

N of Cases = 40.0 N of Items = 8

Alpha = .8504

ภาคผนวก ซ

เอกสารการพิจารณาจริยธรรมวิจัยในมนุษย์



วิทยาลัยเซนต์หลุยส์

SAINT LOUIS COLLEGE

19 ถนนสาทรใต้ แขวงยานนาวา เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120 โทรศัพท์ 0 2675 5304(-12) โทรสาร 0 2675 5313
19 South Sathon Rd. Yannawa Sathon Bangkok Thailand 10120 Tel. (662) 675 5304(-12) Fax. (662) 675 5313



หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัย

โครงการวิจัยเรื่อง การศึกษาความผาสุกทางจิตใจ บรรยากาศในการเรียน และผลการเรียนรู้ของ
นักศึกษาวิทยาลัยเซนต์หลุยส์

หัวหน้าโครงการวิจัย อาจารย์อัชฌา ชื่นบุญ

สังกัดหน่วยงาน สำนักวิชาศึกษาทั่วไป วิทยาลัยเซนต์หลุยส์

เลขที่รับรอง E. 003/2559

โครงการวิจัยเรื่องนี้ได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ วิทยาลัย
เซนต์หลุยส์ โดยได้ผ่านการพิจารณาการวิจัยในมนุษย์แบบเร่งรัด เรียบร้อยแล้ว

ให้ไว้ ณ วันที่ 27 มกราคม 2559

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประภา ถิมประสูตร)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

วิทยาลัยเซนต์หลุยส์

หนังสือแสดงความยินยอมการเข้าร่วมโครงการวิจัย INFORMED CONSENT FORM

การวิจัยเรื่อง การศึกษาความผาสุกทางจิตใจ บรรยากาศในการเรียน และผลการเรียนรู้ของนักศึกษา
วิทยาลัยเซนต์หลุยส์

สถานที่ทำวิจัย วิทยาลัยเซนต์หลุยส์ วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้า(นาย/นาง/นางสาว).....อายุ.....ปี.....เดือน
อยู่บ้านเลขที่.....ซอย.....ถนน.....แขวง/ตำบล.....
เขต/อำเภอ.....จังหวัด.....รหัสไปรษณีย์.....

ข้าพเจ้าลงนามในใบยินยอมให้ทำการวิจัยเรื่องนี้ โดยข้าพเจ้าได้รับทราบจากเอกสาร และคำอธิบายจาก
ผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีวิจัย ผลที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย รวมทั้งประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการวิจัยโดย
ตลอดแล้ว มีความเข้าใจดี อีกทั้งผู้วิจัยได้ตอบคำถามต่างๆ ที่ข้าพเจ้าสงสัยด้วยความเต็มใจ ไม่ปิดบัง ไม่ซ่อนเร้น
จนข้าพเจ้าพอใจ ข้าพเจ้าจึงอนุญาตให้ผู้วิจัยนำข้อมูลจากข้าพเจ้าไปใช้ได้ตามวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยนี้
ข้าพเจ้าเข้าร่วมโครงการนี้ด้วยความสมัครใจ และขอสงวนสิทธิ์ที่จะยกเลิกการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ได้ทุกเมื่อ

ผู้วิจัยได้ให้คำรับรองว่าจะเก็บข้อมูลความเป็นส่วนตัวเกี่ยวกับข้าพเจ้าไว้เป็นความลับ และจะเปิดเผย
เฉพาะในรูปที่เป็นการสรุปผลการวิจัย โดยไม่ระบุตัวบุคคลผู้เป็นเจ้าของข้อมูล

ในการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ หากเกิดอันตรายหรือความเสียหายที่มีอาจคาดการณ์ได้ ซึ่งพิสูจน์ได้ใน
ภายหลังว่าเป็นผลสืบเนื่องมาจากการวิจัย ผู้วิจัยจะจัดการรักษาพยาบาลตามที่จะตกลงกัน

ผู้วิจัยแจ้งด้วยว่าข้าพเจ้าสามารถติดต่อกับผู้วิจัย(นาย/นาง/นางสาว).....อัครมา ชื่นบุญ.....
ได้ที่.....วิทยาลัยเซนต์หลุยส์โทรศัพท์.....085-1952874.....โทรสาร.....02-6755313.....

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้ว และมีความเข้าใจดีทุกประการ จึงได้ลงนามในใบยินยอมนี้ต่อหน้า
พยาน

ลงนาม.....ผู้เข้าร่วมเป็นตัวอย่างในโครงการวิจัย
(.....)

ลงนาม.....ผู้วิจัย
(.....)

ลงนาม.....พยาน
(.....)

ลงนาม.....พยาน
(.....)

ภาคผนวก ฅ

คำสั่งและผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจ
ต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี
LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI

คำสั่งและผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทาง
จิตต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดย
ใช้วิธี LISREL-PI

L I S R E L 8.80

BY

Karl G. Jöreskog & Dag Sörbom

TI Moderator model

DA NI=24 NO=500

RA FI= raw13.psf

LA

Y1 Y2 Y3 Y4 Y5 Y6 X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8 X9 X10 X11 X12 X1X7 X2X8 X3X9
X4X10 X5X11 X6X12

MO NY=6 NE=1 NX=18 NK=3 LX=FI LY=FR GA=FR TD=SY TE=SY

FR LX(1,1) LX(2,1) LX(3,1) LX(4,1) LX(5,1) LX(6,1)

FR LX(7,2) LX(8,2) LX(9,2) LX(10,2) LX(11,2) LX(12,2)

FR LX(13,3) LX(14,3) LX(15,3) LX(16,3) LX(17,3) LX(18,3)

LK

WELL CLIMATE WL*CL

LE

PERFORM

PD

OU MI AD=OFF

TI Moderator model

Number of Input Variables 24

Number of Y - Variables 6

Number of X - Variables 18

Number of ETA - Variables 1

Number of KSI - Variables 3

Number of Observations 500

TI Moderator model

Covariance Matrix

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6
Y1	0.065					
Y2	0.024	0.060				
Y3	0.017	0.046	0.090			
Y4	0.034	0.032	0.047	0.238		
Y5	0.036	0.032	0.038	0.207	0.422	
Y6	0.041	0.035	0.043	0.245	0.363	0.430
X1	0.011	0.008	0.016	0.034	0.027	0.033
X2	0.009	0.007	0.011	0.029	0.025	0.025
X3	0.015	0.009	0.019	0.035	0.031	0.034
X4	0.029	0.015	0.023	0.056	0.048	0.055
X5	0.022	0.012	0.018	0.054	0.045	0.057
X6	0.014	0.009	0.014	0.048	0.036	0.045
X7	0.023	0.012	0.017	0.056	0.056	0.064
X8	0.023	0.016	0.026	0.049	0.050	0.061
X9	0.025	0.015	0.022	0.056	0.050	0.058
X10	0.020	0.009	0.019	0.056	0.057	0.067
X11	0.011	0.011	0.014	0.030	0.025	0.034
X12	0.023	0.012	0.016	0.064	0.065	0.074
X1X7	0.144	0.081	0.138	0.372	0.338	0.399
X2X8	0.133	0.093	0.154	0.323	0.305	0.354
X3X9	0.161	0.094	0.166	0.372	0.334	0.379
X4X10	0.205	0.100	0.175	0.462	0.426	0.495
X5X11	0.140	0.101	0.135	0.353	0.295	0.379
X6X12	0.154	0.084	0.125	0.454	0.415	0.484

Covariance Matrix

	X1	X2	X3	X4	X5	X6
X1	0.077					
X2	0.042	0.060				
X3	0.047	0.041	0.134			
X4	0.050	0.042	0.066	0.159		
X5	0.080	0.044	0.070	0.070	0.151	
X6	0.057	0.074	0.065	0.067	0.067	0.145
X7	0.036	0.031	0.046	0.041	0.063	0.055
X8	0.044	0.036	0.056	0.056	0.068	0.070
X9	0.036	0.030	0.041	0.035	0.061	0.056
X10	0.040	0.028	0.049	0.044	0.072	0.057
X11	0.023	0.018	0.030	0.023	0.036	0.035
X12	0.035	0.031	0.045	0.046	0.062	0.056
X1X7	0.477	0.305	0.389	0.379	0.595	0.469
X2X8	0.357	0.404	0.402	0.404	0.459	0.599
X3X9	0.344	0.296	0.727	0.414	0.536	0.498
X4X10	0.373	0.293	0.480	0.862	0.584	0.511
X5X11	0.430	0.257	0.414	0.390	0.786	0.422
X6X12	0.383	0.436	0.454	0.460	0.522	0.831

Covariance Matrix

	X7	X8	X9	X10	X11	X12
X7	0.181					
X8	0.161	0.214				
X9	0.150	0.159	0.193			
X10	0.172	0.178	0.170	0.225		
X11	0.077	0.080	0.077	0.083	0.079	
X12	0.186	0.169	0.157	0.183	0.077	0.217
X1X7	0.868	0.826	0.745	0.847	0.405	0.886
X2X8	0.768	1.001	0.757	0.825	0.395	0.799
X3X9	0.779	0.855	0.921	0.865	0.423	0.799

X4X10	0.838	0.928	0.797	1.048	0.421	0.902
X5X11	0.570	0.603	0.556	0.628	0.464	0.565
X6X12	0.945	0.945	0.833	0.935	0.445	1.067

Covariance Matrix

	X1X7	X2X8	X3X9	X4X10	X5X11	X6X12
X1X7	5.508					
X2X8	4.593	5.714				
X3X9	4.575	4.674	6.700			
X4X10	4.913	4.940	5.140	7.790		
X5X11	4.123	3.498	3.940	4.134	5.191	
X6X12	5.408	5.625	5.194	5.618	3.976	7.651

TI Moderator model

Parameter Specifications

LAMBDA-Y

PERFORM

Y1	0
Y2	1
Y3	2
Y4	3
Y5	4
Y6	5

LAMBDA-X

	WELL	CLIMATE	WL*CL
X1	6	0	0
X2	7	0	0

X3	8	0	0
X4	9	0	0
X5	10	0	0
X6	11	0	0
X7	0	12	0
X8	0	13	0
X9	0	14	0
X10	0	15	0
X11	0	16	0
X12	0	17	0
X1X7	0	0	18
X2X8	0	0	19
X3X9	0	0	20
X4X10	0	0	21
X5X11	0	0	22
X6X12	0	0	23

GAMMA

	WELL	CLIMATE	WL*CL
	-----	-----	-----
PERFORM	24	25	26
PHI			

	WELL	CLIMATE	WL*CL
	-----	-----	-----
WELL	0		
CLIMATE	27	0	
WL*CL	28	29	0

PSI

PERFORM

30

THETA-EPS

Y1

Y2

Y3

Y4

Y5

Y6

31

32

33

34

35

36

THETA-DELTA

X1

X2

X3

X4

X5

X6

37

38

39

40

41

42

THETA-DELTA

X7

X8

X9

X10

X11

X12

43

44

45

46

47

48

THETA-DELTA

X1X7

X2X8

X3X9

X4X10

X5X11

X6X12

49

50

51

52

53

54

TI Moderator model

Number of Iterations = 54

LISREL Estimates (Maximum Likelihood)

LAMBDA-Y

PERFORM

```

-----
Y1   0.068

Y2   0.060
      (0.015)
      4.069

Y3   0.074
      (0.018)
      4.099

Y4   0.384
      (0.065)
      5.901

Y5   0.566
      (0.095)
      5.966

Y6   0.638
      (0.106)
      5.999

```

LAMBDA-X

```

      WELL   CLIMATE   WL*CL
-----  -----  -----
X1   0.230   --       --
      (0.010)
      23.531

X2   0.176   --       --
      (0.009)
      20.031

```

X3	0.241	--	--
	(0.013)		
	18.439		
X4	0.263	--	--
	(0.014)		
	18.478		
X5	0.252	--	--
	(0.014)		
	18.198		
X6	0.292	--	--
	(0.014)		
	21.526		
X7	--	0.404	--
		(0.014)	
		28.698	
X8	--	0.422	--
		(0.016)	
		26.865	
X9	--	0.375	--
		(0.015)	
		24.370	
X10	--	0.411	--
		(0.017)	
		24.869	
X11	--	0.208	--
		(0.010)	
		20.183	

X12	--	0.427	--
		(0.016)	
		27.071	
X1X7	--	--	2.190
			(0.079)
			27.887
X2X8	--	--	2.109
			(0.082)
			25.626
X3X9	--	--	2.134
			(0.091)
			23.411
X4X10	--	--	2.328
			(0.098)
			23.746
X5X11	--	--	1.771
			(0.081)
			21.807
X6X12	--	--	2.478
			(0.095)
			26.186

GAMMA

	WELL	CLIMATE	WL*CL
	-----	-----	-----
PERFORM	0.113	0.074	0.143
	(0.044)	(0.062)	(0.045)
	2.544	1.204	3.174

Covariance Matrix of ETA and KSI

	PERFORM	WELL	CLIMATE	WL*CL
	-----	-----	-----	-----
PERFORM	1.000			
WELL	0.270	1.000		
CLIMATE	0.260	0.463	1.000	
WL*CL	0.310	0.858	0.933	1.000
PHI				

	WELL	CLIMATE	WL*CL
	-----	-----	-----
WELL	1.000		
CLIMATE	0.463	1.000	
	(0.039)		
	11.788		
WL*CL	0.858	0.933	1.000
	(0.017)	(0.008)	
	51.611	116.246	

PSI

PERFORM

 0.906
 (0.306)
 2.963

Squared Multiple Correlations for Structural Equations

PERFORM

 0.094

THETA-EPS

Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6
0.061	0.056	0.085	0.091	0.101	0.023
(0.004)	(0.004)	(0.005)	(0.007)	(0.009)	(0.008)
15.741	15.750	15.749	13.931	11.084	2.806

Squared Multiple Correlations for Y - Variables

Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6
0.071	0.060	0.061	0.619	0.761	0.946

THETA-DELTA

X1	X2	X3	X4	X5	X6
0.024	0.029	0.076	0.090	0.088	0.059
(0.001)	(0.001)	(0.004)	(0.004)	(0.004)	(0.003)
22.868	21.207	20.357	20.377	20.226	21.961

THETA-DELTA

X7	X8	X9	X10	X11	X12
0.018	0.036	0.052	0.056	0.035	0.035
(0.001)	(0.002)	(0.003)	(0.003)	(0.002)	(0.002)
23.459	22.182	20.633	20.921	18.666	22.321

THETA-DELTA

X1X7	X2X8	X3X9	X4X10	X5X11	X6X12
0.714	1.264	2.144	2.373	2.056	1.512
(0.027)	(0.051)	(0.092)	(0.100)	(0.092)	(0.059)
26.702	25.017	23.378	23.624	22.233	25.435

Squared Multiple Correlations for X - Variables

X1	X2	X3	X4	X5	X6
0.687	0.515	0.433	0.435	0.421	0.591

Squared Multiple Correlations for X - Variables

X7	X8	X9	X10	X11	X12
0.902	0.832	0.731	0.752	0.549	0.840

Squared Multiple Correlations for X - Variables

X1X7	X2X8	X3X9	X4X10	X5X11	X6X12
0.870	0.779	0.680	0.695	0.604	0.802

คำสั่งและผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทาง
จิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ
โดยใช้วิธี LMS

Mplus VERSION 7

MUTHEN & MUTHEN

12/17/2016 12:11 PM

INPUT INSTRUCTIONS

Title: Full Nonlinear Model

DATA: FILE = rawLMS13.dat;

VARIABLE: NAMES ARE Y1 - Y6 X1-X12;

ANALYSIS: TYPE = RANDOM;

ALGORITHM = INTEGRATION;

ITERATIONS = 500;

MODEL: well BY X1 X2 X3 X4 X5 X6;

climate BY X7 X8 X9 X10 X11 X12;

perform BY Y1 Y2 Y3 Y4 Y5 Y6;

weXcl | well XWITH climate;

perform on well climate weXcl;

OUTPUT: tech1 tech8 TECH9;

Full Nonlinear Model

SUMMARY OF ANALYSIS

Number of groups	1
Number of observations	500
Number of dependent variables	18
Number of independent variables	0
Number of continuous latent variables	4

Observed dependent variables

Continuous

Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6
X1	X2	X3	X4	X5	X6
X7	X8	X9	X10	X11	X12

Continuous latent variables

WELL	CLIMATE	PERFORM	WEXCL
------	---------	---------	-------

Estimator MLR

Information matrix OBSERVED

Optimization Specifications for the Quasi-Newton Algorithm for
Continuous Outcomes

Maximum number of iterations	500
Convergence criterion	0.100D-05

Optimization Specifications for the EM Algorithm

Maximum number of iterations	500
Convergence criteria	
Loglikelihood change	0.100D-02
Relative loglikelihood change	0.100D-05
Derivative	0.100D-02

Optimization Specifications for the M step of the EM Algorithm for
Categorical Latent variables

Number of M step iterations	1
M step convergence criterion	0.100D-02
Basis for M step termination	ITERATION

Optimization Specifications for the M step of the EM Algorithm for
Censored, Binary or Ordered Categorical (Ordinal), Unordered
Categorical (Nominal) and Count Outcomes

Number of M step iterations	1
M step convergence criterion	0.100D-02
Basis for M step termination	ITERATION
Maximum value for logit thresholds	15
Minimum value for logit thresholds	-15
Minimum expected cell size for chi-square	0.100D-01

Optimization algorithm	EMA
------------------------	-----

Integration Specifications

Type	STANDARD
Number of integration points	15
Dimensions of numerical integration	2
Adaptive quadrature	ON

Cholesky	OFF
----------	-----

Input data file(s)

rawLMS13.dat

THE MODEL ESTIMATION TERMINATED NORMALLY

MODEL FIT INFORMATION

Number of Free Parameters	58
---------------------------	----

Loglikelihood

H0 Value -1244.897

H0 Scaling Correction Factor 1.3900

for MLR

Information Criteria

Akaike (AIC) 2605.793

Bayesian (BIC) 2850.241

Sample-Size Adjusted BIC 2666.145

 $(n^* = (n + 2) / 24)$

MODEL RESULTS

		Two-Tailed		
		Estimate	S.E. Est./S.E.	P-Value
WELL	BY			
	X1	1.000	0.000	999.000
	X2	0.913	0.096	9.522
	X3	1.033	0.079	13.016
	X4	1.064	0.091	11.637
	X5	1.266	0.057	22.314
	X6	1.387	0.152	9.109
CLIMATE	BY			
	X7	1.000	0.000	999.000
	X8	0.956	0.030	32.317
	X9	0.890	0.029	30.289
	X10	1.018	0.027	37.263
	X11	0.454	0.024	19.265
	X12	1.069	0.016	64.882
PERFORM	BY			
	Y1	1.000	0.000	999.000
	Y2	0.880	0.208	4.230
	Y3	1.092	0.294	3.717
	Y4	5.647	1.290	4.377
	Y5	8.325	1.994	4.175
	Y6	9.370	2.295	4.083

PERFORM ON

WELL	0.052	0.024	2.156	0.031
CLIMATE	0.031	0.011	2.738	0.006
WEXCL	0.047	0.036	1.283	0.200

CLIMATE WITH

WELL	0.040	0.006	7.152	0.000
------	-------	-------	-------	-------

Intercepts

Y1	4.068	0.011	367.817	0.000
Y2	4.062	0.011	376.291	0.000
Y3	4.098	0.013	310.015	0.000
Y4	3.570	0.022	158.658	0.000
Y5	3.707	0.030	122.193	0.000
Y6	3.597	0.031	115.219	0.000
X1	3.965	0.012	320.066	0.000
X2	3.949	0.011	360.969	0.000
X3	3.919	0.016	239.828	0.000
X4	3.866	0.018	216.672	0.000
X5	3.909	0.017	224.991	0.000
X6	3.806	0.017	224.100	0.000
X7	4.237	0.019	223.154	0.000
X8	4.189	0.021	202.713	0.000
X9	4.132	0.020	210.812	0.000
X10	4.278	0.021	202.098	0.000
X11	4.202	0.013	335.623	0.000
X12	4.223	0.021	202.857	0.000

Variances

WELL	0.047	0.007	7.111	0.000
CLIMATE	0.171	0.009	18.224	0.000

Residual Variances

Y1	0.060	0.009	6.997	0.000
Y2	0.056	0.009	6.548	0.000
Y3	0.084	0.010	8.582	0.000
Y4	0.090	0.007	13.558	0.000
Y5	0.100	0.017	5.858	0.000

Y6	0.023	0.009	2.527	0.011
X1	0.030	0.004	6.799	0.000
X2	0.020	0.004	5.595	0.000
X3	0.083	0.006	14.068	0.000
X4	0.106	0.008	12.859	0.000
X5	0.075	0.011	7.020	0.000
X6	0.053	0.008	6.432	0.000
X7	0.009	0.001	6.802	0.000
X8	0.057	0.004	14.938	0.000
X9	0.057	0.004	15.202	0.000
X10	0.047	0.003	14.005	0.000
X11	0.043	0.003	13.131	0.000
X12	0.021	0.002	12.107	0.000
PERFORM	0.004	0.002	2.085	0.037

คำสั่งและผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทาง
จิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ
โดยใช้วิธี PLS-PI กรณีตัวแปรสังเกตได้มี 6 ตัวในแต่ละตัวแปรแฝง
(สร้างตัวแปรสังเกตได้ผลคูณ 36 ตัว)

=====Result of Estimate (BootStrap)=====

1.Measurement Mode (loading)

		Entire Sample estimate	Mean of subsamples	Standard error	T-Statistic
well	x1	0.225	0.222	0.047	4.762
	x2	0.426	0.470	0.045	9.517
	x3	0.473	0.463	0.047	9.978
	x4	0.496	0.472	0.037	13.340
	x5	0.489	0.488	0.029	16.805
	x6	0.512	0.505	0.029	17.867
climate	Z1	0.504	0.483	0.034	14.750
	Z2	0.430	0.460	0.037	11.700
	Z3	0.477	0.480	0.033	14.456
	Z4	0.431	0.462	0.035	12.218
	Z5	0.502	0.466	0.032	15.926
	Z6	0.421	0.438	0.038	11.111
wexcl	we1cl1	0.537	0.417	0.103	5.227
	we1cl2	0.278	0.165	0.099	2.815
	we1cl3	0.273	0.147	0.091	3.010
	we1cl4	0.229	0.148	0.083	2.758
	we1cl5	0.158	0.105	0.071	2.221
	we1cl6	0.205	0.119	0.082	2.496
	we2cl1	0.130	0.098	0.071	1.833
	we2cl2	-0.031	-0.092	0.067	-0.466

	we2cl3	0.007	0.091	0.071	0.095
	we2cl4	0.145	0.098	0.064	2.269
	we2cl5	0.374	0.296	0.137	2.730
	we2cl6	0.366	0.267	0.146	2.515
	we3cl1	0.292	0.221	0.143	2.039
	we3cl2	0.293	0.233	0.148	1.982
	we3cl3	0.279	0.204	0.129	2.157
	we3cl4	0.273	0.220	0.142	1.930
	we3cl5	0.246	0.208	0.126	1.945
	we3cl6	0.296	0.221	0.147	2.019
	we4cl1	0.236	0.141	0.088	2.671
	we4cl2	0.221	0.148	0.092	2.397
	we4cl3	-0.230	-0.439	0.165	-1.396
	we4cl4	-0.263	-0.301	0.066	-3.993
	we4cl5	-0.294	-0.320	0.063	-4.684
	we4cl6	-0.280	-0.317	0.065	-4.301
	we5cl1	-0.279	-0.320	0.068	-4.106
	we5cl2	-0.272	-0.310	0.070	-3.882
	we5cl3	-0.283	-0.330	0.067	-4.252
	we5cl4	-0.264	-0.305	0.062	-4.270
	we5cl5	-0.255	-0.298	0.064	-3.973
	we5cl6	-0.260	-0.300	0.064	-4.081
	we6cl1	-0.224	-0.267	0.064	-3.478
	we6cl2	-0.245	-0.277	0.068	-3.606
	we6cl3	0.017	0.041	0.034	0.489
	we6cl4	0.598	0.522	0.138	4.348
	we6cl5	0.585	0.519	0.127	4.614
	we6cl6	0.585	0.521	0.135	4.329
perform	y1	0.731	0.717	0.094	7.750
	y2	0.570	0.565	0.054	10.617
	y3	0.625	0.601	0.072	8.672
	y4	0.428	0.419	0.033	13.140
	y5	0.465	0.427	0.053	8.728
	y6	0.476	0.427	0.054	8.823

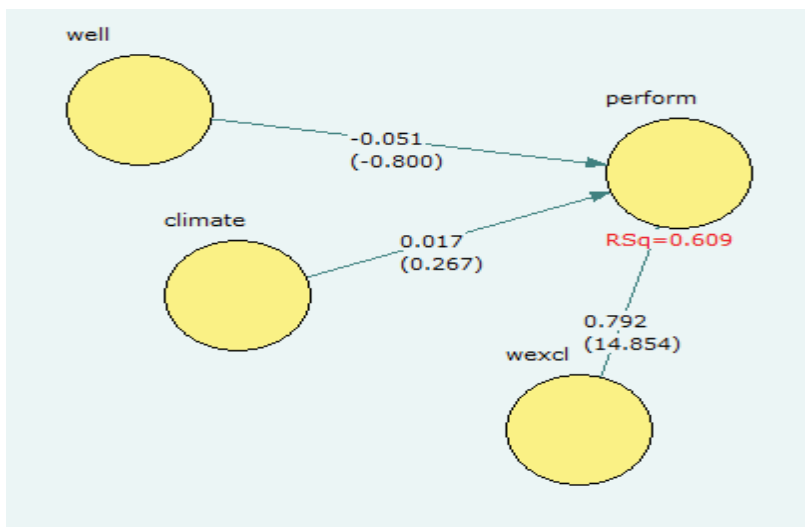
 1.Measurement Mode (weight)

		Entire ample estimate	Mean of subsamples	Standard error	T-Statistic
well	x1	0.163	0.131	0.050	3.280
	x2	0.314	0.346	0.037	8.540
	x3	0.339	0.333	0.046	7.434
	x4	0.393	0.353	0.033	11.836
	x5	0.370	0.366	0.038	9.773
	x6	0.365	0.374	0.035	10.399
climate	Z1	0.311	0.315	0.029	10.917
	Z2	0.269	0.308	0.029	9.408
	Z3	0.338	0.317	0.036	9.485
	Z4	0.280	0.304	0.030	9.262
	Z5	0.360	0.323	0.036	10.007
	Z6	0.277	0.291	0.030	9.185
wexcl	we1cl1	0.122	0.099	0.020	5.974
	we1cl2	0.038	0.024	0.015	2.593
	we1cl3	0.036	0.020	0.012	3.068
	we1cl4	0.031	0.020	0.013	2.477
	we1cl5	0.020	0.022	0.014	1.403
	we1cl6	0.024	0.017	0.015	1.616
	we2cl1	0.000	-0.019	0.015	-0.019
	we2cl2	-0.028	-0.036	0.012	-2.359
	we2cl3	-0.022	-0.037	0.012	-1.808
	we2cl4	-0.002	-0.015	0.011	-0.164
	we2cl5	0.063	0.059	0.032	1.977
	we2cl6	0.048	0.040	0.022	2.137
	we3cl1	0.024	0.023	0.015	1.605
	we3cl2	0.036	0.030	0.018	1.976
	we3cl3	0.015	0.020	0.014	1.046
we3cl4	0.011	0.019	0.013	0.897	
we3cl5	0.016	0.025	0.018	0.878	

	we3cl6	0.023	0.022	0.014	1.619
	we4cl1	0.047	0.023	0.017	2.748
	we4cl2	0.049	0.029	0.021	2.261
	we4cl3	-0.105	-0.142	0.028	-3.682
	we4cl4	-0.094	-0.096	0.014	-6.597
	we4cl5	-0.107	-0.101	0.017	-6.301
	we4cl6	-0.105	-0.102	0.015	-7.242
	we5cl1	-0.106	-0.109	0.016	-6.793
	we5cl2	-0.101	-0.100	0.016	-6.427
	we5cl3	-0.103	-0.108	0.015	-6.692
	we5cl4	-0.099	-0.104	0.014	-6.971
	we5cl5	-0.095	-0.098	0.018	-5.176
	we5cl6	-0.100	-0.102	0.015	-6.841
	we6cl1	-0.094	-0.098	0.015	-6.250
	we6cl2	-0.098	-0.101	0.015	-6.334
	we6cl3	-0.025	-0.024	0.009	-2.733
	we6cl4	0.241	0.230	0.049	4.918
	we6cl5	0.253	0.237	0.052	4.892
	we6cl6	0.239	0.228	0.051	4.698
perform	y1	0.467	0.481	0.069	6.748
	y2	0.345	0.365	0.036	9.665
	y3	0.401	0.398	0.056	7.189
	y4	0.231	0.240	0.038	6.030
	y5	0.264	0.266	0.040	6.662
	y6	0.266	0.268	0.037	7.297

 2.Structure Model

	Entire ample estimate	Mean of subsamples	Standard error	T-Statistic
well->perform	-0.051	-0.080	0.064	-0.800
climate->perform	0.017	0.075	0.064	0.267
wexcl->perform	0.792	0.820	0.053	14.854



Construct	Composite Reliability	AVE	Cronbach Alpha
well	0.589	0.200	0.849
climate	0.618	0.213	0.948
wexcl	0.266	0.092	0.971
perform	0.725	0.313	0.786
-	well	climate	wexcl
climate	0.894		
wexcl	-0.365	-0.333	
perform	-0.254	-0.236	0.780

คำสั่งและผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทาง
จิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ
โดยใช้วิธี PLS-PI กรณีตัวแปรสังเกตได้มี 6 ตัวในแต่ละตัวแปรแฝง
(สร้างตัวแปรสังเกตได้ผลคูณ 6 ตัว)

=====Result of Estimate (BootStrap)=====

1.Measurement Mode (loading)

		Entire ample estimate	Mean of subsamples	Standard error	T-Statistic
well	x1	0.622	0.637	0.051	12.142
	x2	0.791	0.788	0.027	29.780
	x3	0.714	0.705	0.032	22.336
	x4	0.735	0.723	0.031	23.837
	x5	0.775	0.768	0.025	30.693
	x6	0.789	0.781	0.024	32.346
climate	Z1	0.950	0.949	0.005	181.049
	Z2	0.901	0.899	0.010	92.685
	Z3	0.898	0.896	0.009	103.476
	Z4	0.921	0.921	0.007	131.642
	Z5	0.759	0.758	0.021	35.811
	Z6	0.923	0.923	0.007	129.280
wexcl	we1cl1	0.825	0.780	0.121	6.796
	we2cl2	0.775	0.750	0.102	7.603
	we3cl3	0.597	0.571	0.109	5.479
	we4cl4	0.582	0.553	0.131	4.453
	we5cl5	0.688	0.647	0.139	4.940
	we6cl6	0.789	0.758	0.110	7.180
perform	y1	0.560	0.549	0.060	9.384
	y2	0.569	0.549	0.075	7.619
	y3	0.566	0.557	0.074	7.636

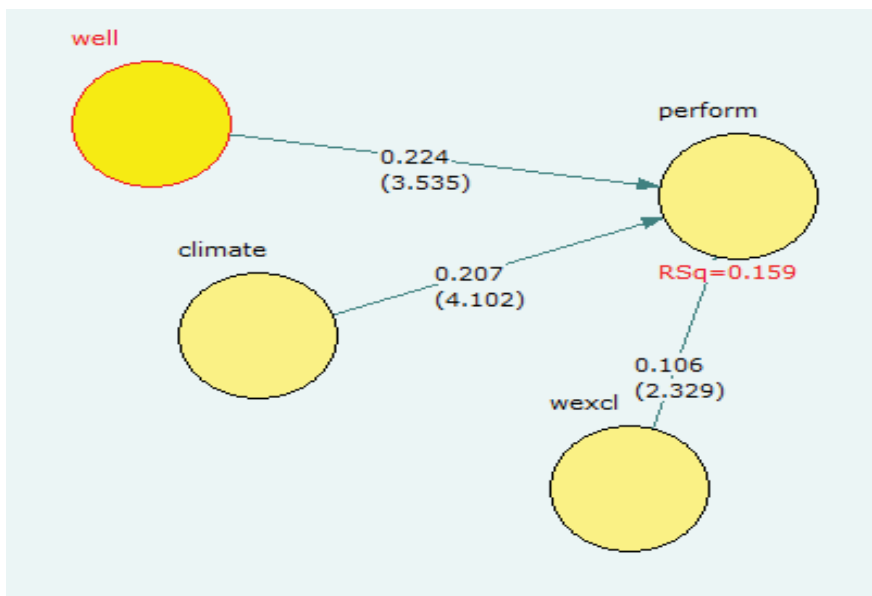
	y4	0.839	0.834	0.020	41.512
	y5	0.771	0.770	0.033	23.233
	y6	0.828	0.826	0.030	27.257

1.Measurement Mode (weight)					

		Entire ample estimate	Mean of subsamples	Standard error	T-Statistic
well	x1	0.137	0.177	0.034	4.079
	x2	0.217	0.213	0.024	9.211
	x3	0.200	0.193	0.029	7.020
	x4	0.290	0.279	0.040	7.349
	x5	0.270	0.261	0.031	8.811
	x6	0.217	0.217	0.028	7.783
climate	Z1	0.198	0.199	0.009	21.204
	Z2	0.184	0.183	0.012	15.039
	Z3	0.196	0.195	0.014	14.325
	Z4	0.175	0.177	0.011	15.862
	Z5	0.169	0.166	0.021	8.047
	Z6	0.197	0.199	0.011	17.487
wexcl	we1cl1	0.207	0.211	0.099	2.085
	we2cl2	0.265	0.283	0.125	2.124
	we3cl3	0.165	0.170	0.104	1.584
	we4cl4	0.133	0.168	0.117	1.138
	we5cl5	0.335	0.329	0.150	2.235
	we6cl6	0.276	0.274	0.086	3.219
perform	y1	0.259	0.261	0.036	7.127
	y2	0.156	0.155	0.042	3.683
	y3	0.209	0.210	0.036	5.843
	y4	0.326	0.323	0.027	12.043
	y5	0.217	0.220	0.025	8.749
	y6	0.250	0.254	0.023	10.749

2. Structure Model

	Entire ample estimate	Mean of subsamples	Standard error	T-Statistic
well->perform	0.224	0.229	0.063	3.535
climate->perform	0.207	0.203	0.051	4.102
wexcl->perform	0.106	0.127	0.046	2.329



Construct	Composite Reliability	AVE	Cronbach Alpha
well	0.878	0.548	0.849
climate	0.960	0.799	0.948
wexcl	0.861	0.512	0.809
perform	0.848	0.490	0.786
-	well	climate	wexcl
climate	0.434		
wexcl	0.267	0.031	
perform	0.342	0.307	0.172

ผลงานวิจัย

จันทร์จิรา วงษ์ชมทอง, สุภัทสรสา วิภากุล, จุฑาทิพย์ ถาวรรัตน์, ชิชณพงค์ ทองพวง, อัชฌา ชื่นบุญ, อิทธิพร ขำประเสริฐ และสุจิรา อุ่นศิริ. (2552). โครงการวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนารูปแบบ และศักยภาพในการบริการที่เป็นเลิศของอำเภอในสังกัดกรมการปกครอง. *วารสาร มหาวิทยาลัยคริสเตียน*, 15(3), 224-234.

อัชฌา ชื่นบุญ, รุ่งฤดี โลหุวิวัฒน์, ศราวุธ มั่งสูงเนิน, จิราภรณ์ โภชกปรีภรณ์ และสุนทร ช่องชนิล. (2556). ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงานของบุคลากรในโรงพยาบาลเซนต์แมรี. *วารสารปัญญาภิวัฒน์*, 4(พิเศษ), 73-85.

อัชฌา ชื่นบุญ, รุ่งฤดี โลหุวิวัฒน์, ธิปัตย์ โสตถิวรรณ และวริทธิ์นันท์ ช่วยพิทักษ์. (2557). การจัดการท่องเที่ยวบริเวณอุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา โดยการมีส่วนร่วมของชุมชน. *วารสารศรีปทุมปริทรรศน์*, 14(2), 53-63.

ภาวดี รามสิทธิ์, อชฌา ชื่นบุญ, สุทธิวรรณ พิรศักดิ์โสภณ และสุวรรณี ลออปักชัย. (2559).
การพัฒนาจิตสำนึกความเป็นพลเมือง กรณีศึกษานักศึกษาในสถาบันผลิตบัณฑิตทาง
การพยาบาล สังกัดคณะกรรมการการอุดมศึกษา. *วารสารวิจัยสถาบัน มช.*, 4(1), 59-75.