

กำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการ โครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI Power of the Test and the Interaction Effect of Latent Variables in Analyzing Nonlinear Structural Equation Modeling among LISREL-PI, LMS, and PLS-PI

อชฌา ชื่นบุญ ^{1*} เสรี ชัดเข้ม ² พูลพงศ์ สุขสว่าง ²

Athcha Chuenboon ^{1*}, Seree Chadcham ², Poonpong Suksawang ²

¹ School of General Education, Saint Louis College, Thailand

² College of Research Methodology and Cognitive Science, Burapha University, Thailand

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบกำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI ตัวแปรขนาด กลุ่มตัวอย่าง มี 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน) และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 6 ขนาด (2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ตัว) เป็นการศึกษาสถานการณ์จำลองด้วยวิธีมอนติคาร์โล ทดลองซ้ำ 500 ครั้ง วิเคราะห์โดยใช้วิธี LISREL-PI และวิธี LMS นำผลมาเปรียบเทียบกับวิธี PLS-PI และเพื่อศึกษาผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ ด้วยวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI เป็นการประยุกต์กับข้อมูลจริง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีของวิทยาลัยเซนต์หลุยส์ 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) และทุกขนาดของจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงทั้ง 3 วิธี ให้ค่ากำลังการทดสอบมากกว่า 0.80 กรณีกลุ่มตัวอย่างขนาด 500 คน และค่าอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงที่มีความลำเอียงสัมพันธ์เฉลี่ยน้อยกว่า 10% เรียงลำดับตามวิธีดังนี้ วิธี LMS (29 เงื่อนไข) วิธี PLS-PI (18 เงื่อนไข) และวิธี LISREL-PI (6 เงื่อนไข) แสดงว่า วิธี LMS ใช้ได้ดีกรณีตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมีจำนวนมาก (8, 10 และ 12 ตัว) และทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง วิธี PLS-PI ใช้ได้ดี กรณีตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมีจำนวนมาก (6, 8, 10 และ 12 ตัว) และกลุ่มตัวอย่างขนาด 20, 50, 100, 150 และ 200 คน และวิธี LISREL-PI ใช้ได้ดีกรณีตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 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

คำสำคัญ: กำลังการทดสอบ, อิทธิพลร่วม, โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง, LISREL-PI, LMS, PLS-PI

*Corresponding author. E-mail: athcha@slc.ac.th

ABSTRACT

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. 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 (29 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.

Keywords: Power of the test, Interaction effect, Nonlinear structural equation modeling, LISREL-PI, LMS, PLS-PI

ความนำ

โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling: SEM) ได้นำมาใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรแฝงทั้งแบบเป็นเส้นตรงและแบบไม่เป็นเส้นตรง (Nonlinear Relationship between Latent Variables) ซึ่งการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงแบบไม่เป็นเส้นตรงในโมเดลสมการโครงสร้างรูปแบบหนึ่งคือ มีวิธีการทดสอบอิทธิพลร่วม (Interaction Effects) Schemelleh-Engel, Werner, Klein, and Moosbrugger (2010) ได้กล่าวถึงบทความที่รวบรวมผลงานการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยมีวิธีการทดสอบอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ได้แก่ วิธี Maximum Likelihood เช่น งานวิจัยของ Marsh, Wen, and Hau (2004), Klein and Muthén (2007), Barendse, Oort, and Garst (2010) วิธี Least Squares เช่น งานวิจัยของ Chin, Marcolin, and Newsted (2003) และวิธี Bayesian เช่น งานวิจัยของ Song and Lee (2007)

วิธีการวิเคราะห์ที่อาศัยหลักการดังกล่าว มีเทคนิคสำหรับการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงหลายเทคนิค Chin et al. (2003) ได้ใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วนของตัวบ่งชี้ผลคูณ วิเคราะห์อิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง โดยศึกษาสถานการณ์จำลองด้วยวิธีมอนติคาร์โลในสองสถานการณ์ 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 Goodhue, Lewis, and Thompson (2007) ได้ใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุ (Multiple Regression Analysis) วิเคราะห์กำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง โดยศึกษาสถานการณ์จำลองด้วยวิธีมอนติคาร์โล ในตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง 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) วิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วนของตัวบ่งชี้ผลคูณให้ค่าอิทธิพลร่วมสูงกว่าวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุ และ 2) วิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุให้ค่ากำลังการทดสอบสูงกว่าวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วนของตัวบ่งชี้ผลคูณ

Schemelleh-Engel et al. (2010) ได้ศึกษาการใช้วิธี Constrained Product Indicator โดยใช้โปรแกรม LISREL (LISREL-PI) และวิธี Latent Moderated Structural Equations (LMS) เปรียบเทียบผลที่ได้จากการใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วนของตัวบ่งชี้ผลคูณ (Partial Least Squares Product Indicator Approach: PLS-PI) ของ Chin et al. (2003) และ Goodhue, Lewis, and Thompson (2007) ศึกษาในสถานการณ์จำลองตามเงื่อนไขสองสถานการณ์คือ กลุ่มตัวอย่าง 100 คน และ ตัวบ่งชี้ 6 ตัวในแต่ละตัวแปรแฝง ปรากฏว่า วิธี LISREL-PI และวิธี LMS มีความลำเอียงน้อยที่สุดในการประมาณค่าอิทธิพลหลักของตัวแปรแฝง (Main Effects of Latent Variables) และอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง (Interaction Effects of Latent Variables) และให้ค่ากำลังการทดสอบสูงกว่าวิธี PLS-PI แม้ว่าวิธี PLS-PI จะมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานน้อยที่สุดก็ตาม

จากการศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์กำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI ผู้วิจัยได้รวบรวมประเด็นปัญหาเกี่ยวกับตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง และจำนวนบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการประมาณค่าอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงแต่ละวิธี ดังนี้ 1) วิธี LISREL-PI ใช้ Maximum Likelihood ประมาณค่า มีข้อจำกัดคือใช้ตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงได้ไม่มาก เช่น งานวิจัยของ Kelava, Moosbrugger, Dimitruk, and Schemelleh-Engel (2008) และ Moosbrugger, Schemelleh-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 นอกจากนี้การสร้างตัวบ่งชี้ผลคุณทุกคู่ยึดหลักว่า ต้องใช้ตัวบ่งชี้ซ้ำก่อนนำไปวิเคราะห์อิทธิพลร่วม เช่น แนวคิดของ Jöreskog and Yang (1996) ถ้าตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมีมาก วิธีนี้วิเคราะห์ยุ่งยากและมีความลำเอียงในการประมาณค่าสูง

2) วิธี LMS ใช้ข้อมูลดิบทั้งหมดจากตัวบ่งชี้เพื่อประมาณค่าและไม่จำเป็นต้องใช้ตัวบ่งชี้ผลคุณ ใช้วิธีนำค่าเฉลี่ยของโครงสร้าง (Mean Structure) เข้าไปในโมเดล และใช้อัลกอริทึม Expectation-Maximization ประมาณค่า เนื่องจากวิธี LMS ไม่ฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงปกติเหมือนกับวิธีการอื่น ๆ เมื่อพิจารณาข้อดีโดยทั่วไปแล้ววิธีการไม่สร้างตัวบ่งชี้ผลคุณ จะเป็นวิธีการที่ให้ผลการประมาณค่าที่แม่นยำมาก ซึ่งขึ้นอยู่กับ การแจกแจงปกติและขนาดของกลุ่มตัวอย่างด้วย สำหรับ ข้อด้อยของวิธีการไม่สร้างตัวบ่งชี้ผลคุณ จะเกิดปัญหาเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงสุด เมื่อตัวบ่งชี้มีการแจกแจงไม่ปกติ และ 3) วิธี PLS-PI เป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์โดยใช้วิธี Least Square ไม่เคร่งครัดกับข้อตกลงเบื้องต้นเรื่องการแจกแจงปกติ และมีข้อดีที่สามารถใช้ตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงได้จำนวนมาก แต่มีข้อด้อยที่ต้องใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ เพื่อไม่ให้เกิดความลำเอียงในการประมาณค่าพารามิเตอร์

จากปัญหาข้างต้นผู้วิจัยเห็นว่า ยังไม่มีการศึกษา กำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงใน การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง 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 เปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ที่ใช้วิธี PLS-PI ของ Chin et al. (2003)

และ Goodhue et al. (2007) อีกทั้งใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างเพียง 100 คน และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง 6 ตัว ยังไม่ได้ศึกษากับขนาดกลุ่มตัวอย่างและจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงขนาดอื่น และ 2) ยังไม่ได้มีการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยใช้วิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กับข้อมูลจริง

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจกำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI โดยแบ่งการศึกษาออกเป็นสองระยะ ดังนี้

ระยะแรกการศึกษาด้วยวิธีมอนติคาร์โลในตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่างและจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง และระยะที่สองการประยุกต์กับข้อมูลจริง เพื่อศึกษาผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความ ผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ ซึ่งความสัมพันธ์เชิงสาเหตุได้มาจากการสังเคราะห์ผลงานวิจัย ผลปรากฏว่า ความผาสุกทางจิตใจมีอิทธิพลต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา อิทธิพลจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ ดังนั้น ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุข้างต้นจึงเป็นโมเดลสมการโครงสร้างที่สร้างตัวบ่งชี้ผลคุณของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียน มีการวิเคราะห์อิทธิพลร่วม โดยใช้ 3 วิธี ได้แก่ วิธี LISREL-PI วิธี LMS และ วิธี PLS-PI ผลที่ได้จากการศึกษาทำให้ทราบว่า วิธีการใดวิเคราะห์อิทธิพลร่วม ได้ดีกว่ากัน และนำไปใช้เลือกใช้สถิติได้อย่างเหมาะสม สำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงกับข้อมูลจริง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบกำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI และวิธี LMS กับวิธี PLS-PI ในตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่างและจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง
2. เพื่อศึกษาผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความ

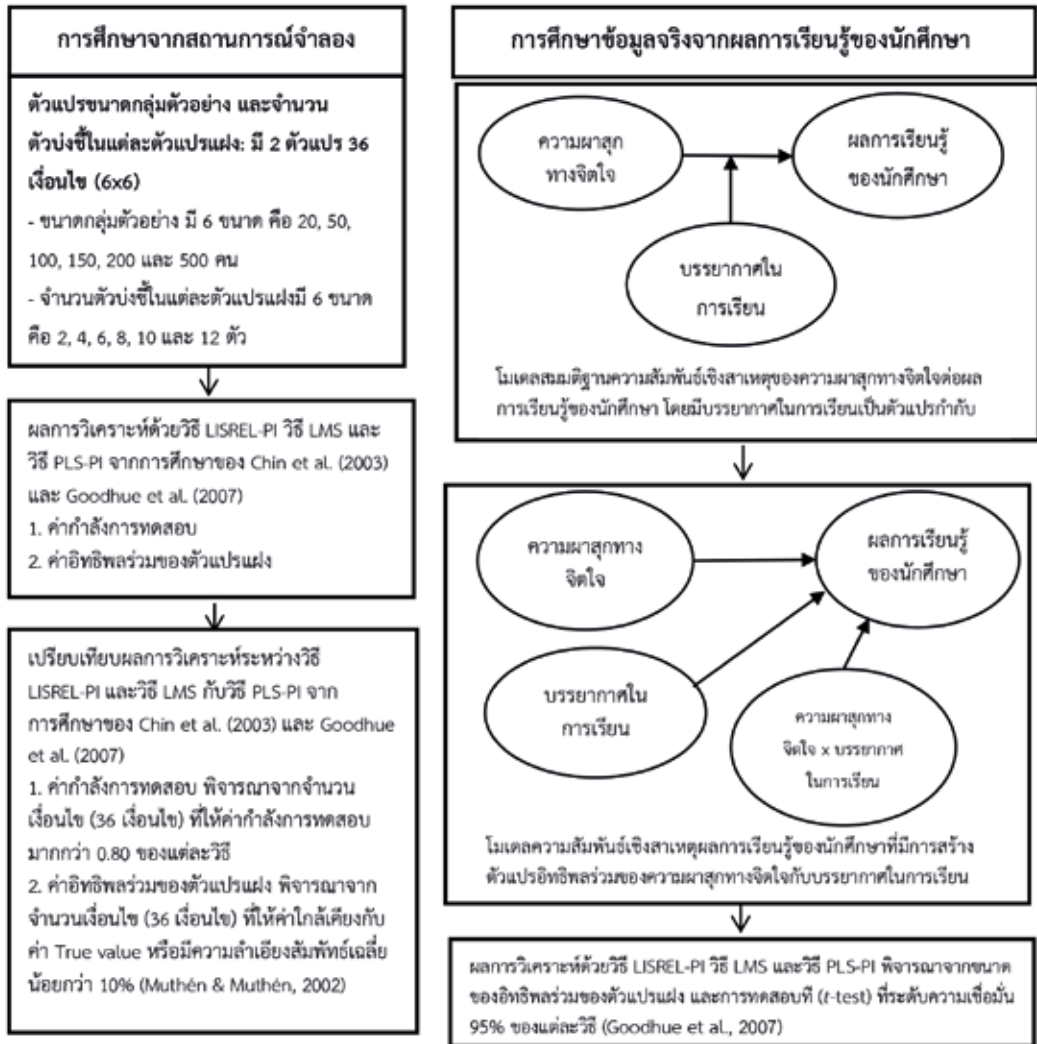
สัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI

กรอบแนวคิดการวิจัย

ผู้วิจัยได้นำผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงของนักวิจัย 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 ตรวจสอบอิทธิพลร่วมโดยใช้ตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่างและจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงและศึกษากับข้อมูลจริง แต่ยังไม่ได้มีการเปรียบเทียบผลการตรวจสอบอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงกับวิธีการอื่น จึงทำให้ไม่สามารถสรุปได้ว่า วิธี PLS-PI จะเป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการตรวจสอบอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงหรือไม่ การศึกษาของ Goodhue et al. (2007) ใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุ เปรียบเทียบผลกับวิธี PLS-PI เพื่อตรวจสอบอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงและกำลังการทดสอบในตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงแตกต่างกัน และ การศึกษาของ Schermelleh-Engel et al. (2010) ใช้ วิธี LISREL-PI และวิธี LMS เปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ที่ใช้วิธี PLS-PI ของ Chin et al. (2003) และ Goodhue et al. (2007) แต่ใช้กลุ่มตัวอย่างเพียงขนาดเดียว คือ 100 คน จำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง 6 ตัว แต่ไม่ได้มีการตรวจสอบกำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงกับขนาดกลุ่มตัวอย่างขนาดอื่น และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงขนาดอื่น และไม่ได้มีการศึกษากับข้อมูลจริง จึงยังสรุปไม่ได้ชัดเจนว่า วิธีการใดดีกว่ากัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาสถานการณ์จำลองด้วยวิธี

มอนติคาร์โลในตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง 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 วิธีการใดดีกว่ากัน ภายใต้ตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่างและจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงแตกต่างกัน และนำไปใช้กับข้อมูลจริง

โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ ได้แนวคิดมาจากงานวิจัยของ Rania, Bagnasco, Aleo, and Sasso (2012) ใช้วิธีวิเคราะห์การถดถอยพหุ ปรากฏว่า บรรยากาศในการเรียนอธิบายความแปรปรวนของความผาสุกทางจิตใจในกลุ่มของนักศึกษาที่มีผลการเรียนรู้อันดับสูงได้ร้อยละ 55 ($R^2 = 0.55$) โดยบรรยากาศในการเรียนด้านการเห็นคุณค่าตนเองในการเรียน ด้านวิธีการศึกษา ด้านความสนใจในการเรียน ด้านความสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมโรงเรียน และด้านความเชื่ออำนาจภายในตน เป็นตัวแปรกำกับทำนายความผาสุกทางจิตใจในกลุ่มของนักศึกษาที่มีผลการเรียนรู้อันดับสูงได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 นอกจากนี้ บรรยากาศในการเรียนอธิบายความแปรปรวนของความผาสุกทางจิตใจในกลุ่มของนักศึกษาที่มีผลการเรียนรู้อันดับต่ำได้ร้อยละ 36 ($R^2 = 0.36$) โดยบรรยากาศในการเรียนด้านความคาดหวังของผู้ปกครองและการเห็นคุณค่าตนเองในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับทำนายความผาสุกทางจิตใจในกลุ่มของนักศึกษาที่มีผลการเรียนรู้อันดับต่ำ ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 ดังนั้น จึงได้กำหนดการศึกษาสถานการณ์จำลองและการศึกษาข้อมูลจริงเป็นกรอบแนวคิดการวิจัย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

1. กำลังการทดสอบในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยใช้วิธี LISREL-PI และวิธี LMS มีจำนวนเงื่อนไข (จาก 36 เงื่อนไข) ที่มีกำลังการทดสอบกว่าวิธี PLS-PI จากการศึกษาของ Chin et al. (2003) และ Goodhue et al. (2007)
2. ค่าอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยใช้วิธี LISREL-PI และวิธี LMS มีจำนวนเงื่อนไข (จาก 36 เงื่อนไข) ที่มีความใกล้เคียงสัมพัทธ์เฉลี่ยต่ำกว่าวิธี PLS-PI จากการศึกษา

- ของ Chin et al. (2003) และ Goodhue et al. (2007)
3. ค่าอิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับของวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาสถานการณ์จำลองด้วยวิธีมอนติคาร์โลและการนำไปใช้ (Monte Carlo Simulation Study and Adoption Study) มีการดำเนินการวิจัย 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 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 ได้แก่ 20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 6 ขนาด ได้แก่ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ตัว มีรายละเอียดของขั้นตอนการศึกษาจากสถานการณ์จำลอง ดังนี้

1. ศึกษากรอบแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI

2. กำหนดสถานการณ์ตามตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่าง และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง

การสร้างข้อมูลจำลองตามสถานการณ์ โดยกำหนดเงื่อนไขโมเดลสมการโครงสร้างและโมเดลการวัดที่นำมาจากการศึกษาของ Chin et al. (2003) กำหนดค่าอิทธิพลของตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรอิสระ เท่ากับ 0.3 ค่าอิทธิพลของตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรกำกับ เท่ากับ 0.5 โดยตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรอิสระและตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรกำกับไม่มีความสัมพันธ์กัน ค่าอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรอิสระกับตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรกำกับ เท่ากับ 0.3 และกำหนดให้ค่า Factor loadings ของตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง เท่ากับ 0.70 โมเดลมีการสร้างตัวบ่งชี้ผลคูณสำหรับการวัดในเทอมของอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ดังนี้

2.1 วิธี LISREL-PI นำแนวคิดของ Marsh et al. (2004) มาใช้ในการสร้างตัวบ่งชี้ผลคูณสำหรับการวัดในเทอมของอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ยึดหลักการสร้างตัวบ่งชี้ผลคูณแบบมีตัวบ่งชี้ไม่ซ้ำ

2.2 วิธี LMS นำคะแนนองค์ประกอบ (Factor score) ของตัวแปรแฝงมากำหนดเป็นตัวบ่งชี้ผลคูณ

2.3 วิธี PLS-PI นำมาจากของ Chin et al. (2003) มาปรับใช้ในการคำนวณตัวบ่งชี้ผลคูณ สำหรับการวัดในเทอมของอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงยึดหลักการสร้าง

ตัวบ่งชี้ผลคูณแบบมีตัวบ่งชี้ซ้ำ

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

4. สร้างข้อมูลจำลองตามสถานการณ์โดยใช้คำสั่งในโปรแกรม PRELIS สำหรับนำไปวิเคราะห์โดยวิธี LISREL-PI ในโปรแกรม LISREL และใช้คำสั่งในโปรแกรม Mplus จำลองข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลวิธี LMS ในขั้นตอนนี้ได้ข้อมูลจำนวน 18,000 ไฟล์

5. ตรวจสอบข้อมูล 18,000 ไฟล์ ที่ได้จากการจำลองข้อมูลในแต่ละวิธีก่อนนำไปวิเคราะห์ข้อมูล

6. วิเคราะห์ข้อมูลจากการจำลองข้อมูล ดังนี้

6.1 วิเคราะห์ LISREL-PI ด้วยโปรแกรม LISREL 8.80

6.2 วิเคราะห์ LMS ด้วยโปรแกรม Mplus7

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

7.1 จำนวนเงื่อนไข (36 เงื่อนไข) ที่ให้ค่ากำลังการทดสอบมากกว่า 0.80 ของแต่ละวิธี

7.2 จำนวนเงื่อนไข (36 เงื่อนไข) ที่อิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงมีค่า ความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย (Mean Relative Bias: MRB) น้อยกว่า 10% (Muthén & Muthén, 2002)

8. รายงานผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ระยะที่ 2 การศึกษาผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI ดำเนินการดังต่อไปนี้

1. พัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ ดังนี้

1.1 ศึกษากรอบแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์เชิงสาเหตุผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ มีตัวแปรอิสระคือ ความพึงพอใจทางจิตใจ ตัวแปรกำกับคือบรรยากาศในการเรียน และตัวแปรตามคือ ผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1.2 สร้างตัวแปรสังเกตได้ผลคุณสำหรับการวัดในเทอมของความพึงพอใจทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียน เพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI ซึ่งมีความแตกต่างกันตามวิธีการที่วิเคราะห์ดังนี้

1.2.1 วิธี LISREL-PI นำแนวคิดของ Marsh et al. (2004) มาใช้สร้างตัวแปรสังเกตได้ผลคุณของความพึงพอใจทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียน ยึดหลักการสร้างตัวแปรสังเกตได้ผลคุณแบบมีตัวแปรสังเกตได้ไม่ซ้ำ

1.2.2 วิธี LMS นำคะแนนองค์ประกอบของความพึงพอใจทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียน มากำหนดเป็นตัวแปรสังเกตได้ผลคุณ

1.2.3 วิธี PLS-PI นำแนวคิดของ Chin et al. (2003) มาใช้สร้างตัวแปรสังเกตได้ผลคุณของความพึงพอใจทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียน ยึดหลักการสร้างตัวแปรสังเกตได้ผลคุณแบบมีตัวแปรสังเกตได้ซ้ำ

2. กำหนดกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีของวิทยาลัยเซนต์หลุยส์ ปีการศึกษา 2558 จำนวน 500 คน ตามแนวทางกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างที่มีความซับซ้อน (Schumacker & Lomax, 2010)

3. สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นมาตรวัดที่ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและความเที่ยงของมาตรวัด และผ่านการตรวจสอบทางด้านจริยธรรมวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยของวิทยาลัยเซนต์หลุยส์ ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับผู้ตอบมาตรวัด ได้แก่ คณะ ชั้นปี และคะแนนเฉลี่ยสะสม ซึ่งเป็นคำถามแบบตรวจสอบรายการและให้เติมคำหรือข้อความในช่องว่าง

ตอนที่ 2 มาตรวัดความพึงพอใจทางจิตใจ ได้ใช้มาตรวัด Ryff's Psychological Well-Being Scales (PWB) ซึ่งผู้วิจัยแปลมาจาก Abbott et al. (2006) มีจำนวน 42 ข้อ และมีค่าความเที่ยงทั้งฉบับเท่ากับ 0.75

ตอนที่ 3 มาตรวัดบรรยากาศในการเรียน ที่สร้างขึ้นเอง มีจำนวน 30 ข้อ และมีค่าความเที่ยงทั้งฉบับเท่ากับ 0.74

ตอนที่ 4 มาตรวัดผลการเรียนรู้ของนักศึกษา ที่สร้างขึ้นจากการสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวกับผลการเรียนรู้ มีจำนวน 8 ข้อ และมีค่าความเที่ยงทั้งฉบับเท่ากับ 0.85

เครื่องมือการวิจัยตอนที่ 2-3 เป็นคำถามแบบมาตราประมาณค่า 5 ระดับ

4. ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเดือนมีนาคม-เมษายน 2559 โดยชี้แจงรายละเอียดการวิจัยและวัตถุประสงค์การวิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทราบ หลังจากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างลงนามในหนังสือยินยอมเป็นผู้ให้ข้อมูลก่อนตอบมาตรวัด ได้มาตรวัดที่มีความสมบูรณ์ จำนวน 500 ชุด

5. วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นด้วยสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเบ้ และค่าความโด่ง โดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยวิธี LISREL-PI ใช้โปรแกรม LISREL 8.80 วิธี LMS ใช้โปรแกรม Mplus7 และวิธี PLS-PI ใช้โปรแกรม Visual PLS

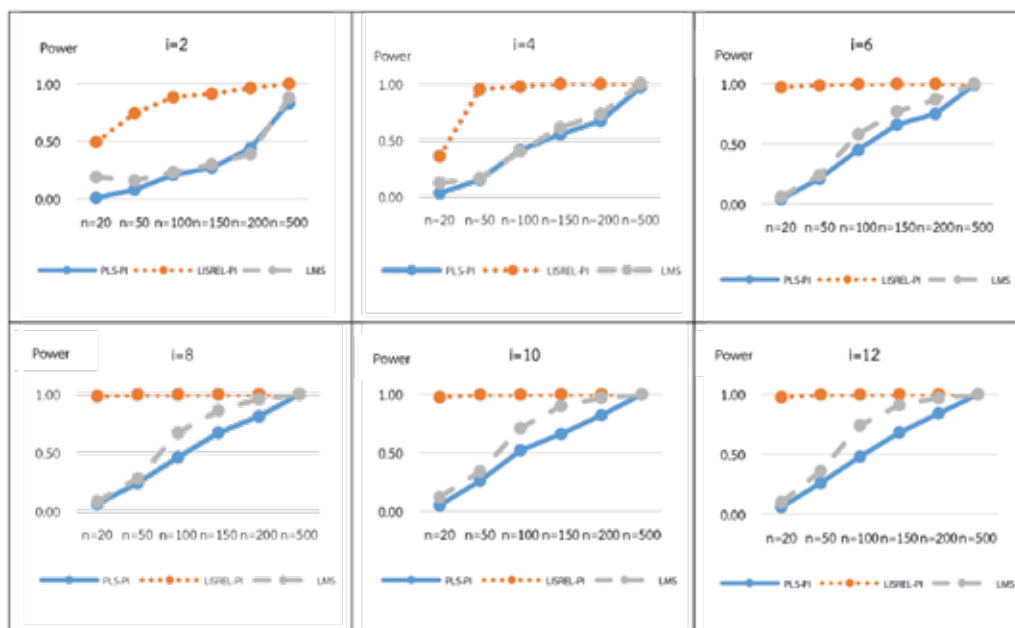
ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์กำลังการทดสอบของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง 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) แสดงดังตารางที่ 1 และภาพที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบกำลังการทดสอบในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI ตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่างและจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง

	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (คน)	จำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง					
		2	4	6	8	10	12
วิธี LISREL-PI	20	0.49	0.36	0.97	0.98	0.98	0.98
	50	0.74	0.95	0.99	1.00	1.00	1.00
	100	0.88	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00
	150	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	200	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	500	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
วิธี LMS	20	0.19	0.12	0.06	0.08	0.12	0.10
	50	0.16	0.16	0.24	0.28	0.34	0.36
	100	0.23	0.40	0.58	0.67	0.71	0.74
	150	0.30	0.61	0.77	0.86	0.90	0.91
	200	0.39	0.73	0.87	0.96	0.97	0.97
	500	0.88	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
วิธี PLS-PI	20	0.01	0.03	0.04	0.06	0.05	0.06
	50	0.08	0.15	0.21	0.24	0.26	0.26
	100	0.21	0.41	0.45	0.46	0.52	0.48
	150	0.27	0.55	0.66	0.67	0.66	0.68
	200	0.44	0.67	0.75	0.81	0.82	0.84

หมายเหตุ: ตัวเข้ม แทน กำลังการทดสอบมากกว่า 0.80



หมายเหตุ: n แทน ขนาดกลุ่มตัวอย่าง, i แทน จำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง

ภาพที่ 2 ผลการเปรียบเทียบกำลังการทดสอบในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI

จากผลการวิเคราะห์ที่ได้ในตารางที่ 1 และภาพที่ 2 กำลังการทดสอบในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยใช้วิธี LISREL-PI และวิธี LMS มีจำนวนเงื่อนไข (จาก 36 เงื่อนไข) ที่กำลังการทดสอบสูงกว่าวิธี PLS-PI ปรากฏว่า วิธี 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 และเมื่อตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ตัว ทั้ง 3 วิธีให้ค่ากำลังการทดสอบมากกว่า 0.80 ในกรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาด 500 คน ดังนั้น กำลัง

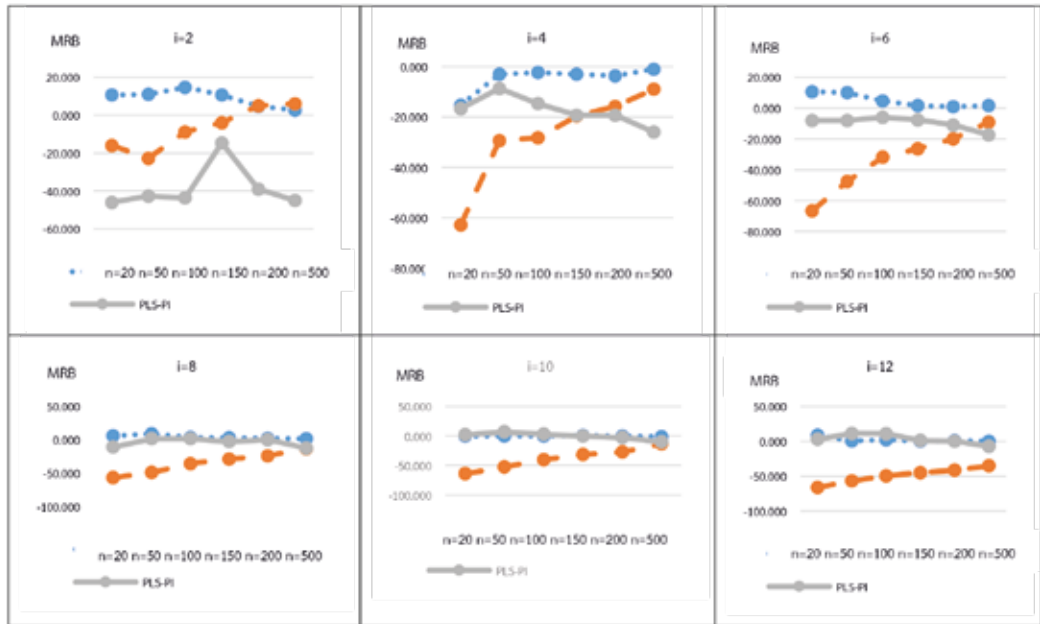
การทดสอบในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยใช้วิธี LISREL-PI สูงกว่าวิธี LMS และวิธี PLS-PI ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อ 1

2. ผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงระหว่างวิธี LISREL-PI และวิธี LMS กับวิธี PLS-PI จากการศึกษาของ Chin et al. (2003) และ Goodhue et al. (2007) ด้วยวิธีมอนติคาร์โลในตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่างมี 6 ขนาด (20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน) และจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 6 ขนาด (2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ตัว) แสดงดังตารางที่ 2 และภาพที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบอทธิพลร่วมในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI ตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่างและจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง

เงื่อนไข	LISREL-PI				LMS			PLS-PI			
	<i>i</i>	n	Mean parameter estimate	SD	MRB (%)	Mean parameter estimate	SD	MRB (%)	Mean parameter estimate	SD	MRB (%)
2		20	0.25	0.33	-16.01	0.33	1.20	10.67	0.16	0.35	-46.00
		50	0.23	0.31	-22.75	0.33	0.45	11.00	0.17	0.24	-42.67
		100	0.27	0.32	-8.85	0.34	0.33	14.67	0.17	0.18	-43.67
		150	0.29	0.23	-4.06	0.33	0.23	10.67	0.26	0.12	-14.67
		200	0.32	0.25	4.97	0.31	0.18	4.67	0.18	0.14	-39.00
		500	0.32	0.15	5.99	0.31	0.11	2.67	0.17	0.14	-45.00
4		20	0.11	0.28	-62.79	0.25	0.52	-15.33	0.25	0.37	-16.67
		50	0.21	0.28	-29.39	0.29	0.37	-3.00	0.27	0.19	-8.67
		100	0.22	0.19	-28.31	0.29	0.17	-2.33	0.26	0.12	-14.67
		150	0.24	0.17	-19.63	0.29	0.13	-3.00	0.24	0.10	-19.33
		200	0.25	0.15	-15.76	0.29	0.11	-3.67	0.24	0.08	-19.33
		500	0.27	0.10	-9.00	0.30	0.07	-1.00	0.22	0.09	-26.00
6		20	0.10	0.23	-66.55	0.33	0.54	10.67	0.28	0.38	-8.00
		50	0.16	0.17	-47.38	0.33	0.27	10.00	0.28	0.23	-8.00
		100	0.21	0.14	-31.77	0.31	0.17	4.67	0.28	0.20	-6.00
		150	0.22	0.12	-26.33	0.31	0.13	1.67	0.28	0.08	-7.67
		200	0.24	0.11	-19.96	0.30	0.11	1.00	0.27	0.06	-11.00
		500	0.27	0.08	-9.10	0.31	0.06	1.67	0.25	0.06	-17.33
8		20	0.13	0.23	-56.65	0.32	0.49	5.67	0.27	0.40	-11.00
		50	0.15	0.17	-49.05	0.33	0.22	9.00	0.30	0.22	1.33
		100	0.19	0.13	-35.79	0.31	0.13	3.33	0.304	20.11	1.33
		150	0.21	0.11	-28.96	0.31	0.11	3.00	0.29	0.08	-3.00
		200	0.23	0.11	-24.33	0.31	0.09	2.00	0.30	0.11	0.00
		500	0.26	0.07	-13.36	0.30	0.06	1.33	0.26	0.05	-12.67
10		20	0.11	0.24	-64.08	0.30	0.60	-0.67	0.31	0.38	1.67
		50	0.14	0.16	-52.95	0.30	0.21	-0.33	0.32	0.23	6.67
		100	0.18	0.12	-40.39	0.30	0.12	-0.33	0.31	0.18	2.67
		150	0.20	0.10	-31.83	0.30	0.10	0.67	0.30	0.07	-0.67
		200	0.22	0.09	-27.64	0.30	0.08	-0.67	0.29	0.06	-3.00
		500	0.26	0.07	-13.84	0.30	0.05	-1.33	0.27	0.05	-10.33
12		20	0.10	0.24	-66.21	0.33	0.55	8.33	0.31	0.42	2.67
		50	0.13	0.14	-56.99	0.30	0.19	0.33	0.33	0.22	11.00
		100	0.15	0.11	-49.62	0.31	0.12	2.00	0.33	0.09	10.67
		150	0.17	0.09	-45.16	0.30	0.97	0.00	0.30	0.07	1.00
		200	0.18	0.08	-41.53	0.30	0.08	0.67	0.30	0.050	0.00
		500	0.19	0.06	-35.50	0.30	0.05	0.00	0.28	0.04	-7.67

หมายเหตุ: ตัวเข้ม แทน ค่าความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ย (MRB) น้อยกว่า 10% โดยไม่พิจารณาเครื่องหมาย



หมายเหตุ: n แทน ขนาดกลุ่มตัวอย่าง, i แทน จำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง

ภาพที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI

จากตารางที่ 2 และภาพที่ 3 แสดงผลการเปรียบเทียบความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI ปรากฏว่า ค่าอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยกว่า 10% ดังนี้ วิธี LMS มี 29 เงื่อนไข วิธี PLS-PI มี 18 เงื่อนไข และวิธี LISREL-PI มี 6 เงื่อนไข

ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อ 2 บางส่วน เพราะว่ามีวิธี LMS วิธีเดียวที่มีจำนวนเงื่อนไขที่มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยต่ำกว่าวิธี PLS-PI

3. ผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI แสดงดังตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ ระหว่างวิธี 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*	

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

จากสรุปผลการวิเคราะห์ที่ได้ในตารางที่ 3 ค่าอิทธิพลร่วม (γ_{13}) ของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา 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

อภิปรายผลการวิจัย

1. กำลังการทดสอบในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยใช้วิธี LISREL-PI ตีค่าวิธี LMS และวิธี PLS-PI สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Schermelleh-Engel et al. (2010) ที่ได้ศึกษาการใช้วิธี LISREL-PI และวิธี LMS เปรียบเทียบผลที่ได้จากการใช้วิธี PLS-PI ศึกษาในสถานการณ์จำลองตามเงื่อนไขกลุ่มตัวอย่าง 100 คน และตัวบ่งชี้มี 6 ตัวในแต่ละตัวแปรแฝง ปรากฏว่า 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 ขนาดกลุ่มตัวอย่างมีอิทธิพลต่อการทดสอบ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Goodhue et al. (2007) ที่ใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุวิเคราะห์ กำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ปรากฏว่า เมื่อตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ตัว ทั้งวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุและวิธี PLS-PI ให้ค่ากำลังการทดสอบมากกว่า 0.80 เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาด 500 คน

ค่าอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงที่ใช้วิธี LMS มีความลำเอียงสัมพัทธ์น้อยกว่า 10% กรณีตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 2 ตัว กลุ่มตัวอย่างมีขนาด 200 และ 500 คน เมื่อตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงเพิ่มขึ้นเป็น 4 และ 6 ตัว

ความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยกว่า 10% เกือบทุกขนาดของกลุ่มตัวอย่าง (50, 100, 150, 200 และ 500 คน) และเมื่อตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงเพิ่มขึ้นเป็น 8, 10 และ 12 ตัวในแต่ละตัวแปรแฝง ความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยกว่า 10% ทุกขนาดของกลุ่มตัวอย่าง (20, 50, 100, 150, 200 และ 500 คน) อิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงที่ใช้วิธี LISREL-PI มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยกว่า 10% กรณีตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง มี 2 ตัว กลุ่มตัวอย่าง 100, 150, 200 และ 500 คน ถ้าตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงเพิ่มขึ้นเป็น 4 และ 6 ตัว ความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยกว่า 10% จะต้องใช้กลุ่มตัวอย่างขนาด 500 คนเท่านั้น และถ้าตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงเพิ่มขึ้นอีกเป็น 8, 10 และ 12 ตัว จะมีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยมากกว่า 10% สำหรับอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงที่ใช้วิธี PLS-PI มีความลำเอียงสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยกว่า 10% ไม่ได้ขึ้นอยู่กับขนาดกลุ่มตัวอย่าง นั่นคือ เมื่อตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 6, 10 และ 12 ตัว ใช้ได้กับกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 20, 50, 100 และ 150 คน และเมื่อตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมี 8 ตัว ใช้ได้กับกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 50, 100, 150 และ 200 คน

ผลการวิจัยที่ได้ชี้ให้เห็นว่า ในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ภายใต้เงื่อนไขกรณีตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมีจำนวนมากและกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก สามารถเลือกใช้วิธี PLS-PI ในการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงได้ดี สอดคล้องกับการศึกษาของ Dijkstra and Schermelleh-Engel (2014) พบว่า วิธี LMS สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ในสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงได้โดยปราศจากความลำเอียงเหมือนกับวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงส่วนที่ปรับแก้ หรือวิธี PLSc (Consistent And Asymptotically Normal Partial Least Squares) ซึ่งใช้หลัก Partial Least Square ประมาณค่า ถ้าโมเดลมีความซับซ้อนหรือจำนวนตัวบ่งชี้มีมากขึ้น วิธี PLSc 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 เป็นทางเลือกที่สามารถประมาณค่าอิทธิพลร่วมได้ดี และสำหรับข้อดีของ Partial Least Square เมื่อการประมาณค่าพารามิเตอร์กรณีตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมาก จะสามารถใช้กับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กได้

สำหรับวิธี LISREL-PI มีข้อจำกัดเมื่อตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมาก ต้องเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างให้มากขึ้น สอดคล้องกับผลการศึกษาเช่น Kelava et al. (2008) และ Moosbrugger et al. (2009) พบว่า ถ้าใช้กลุ่มตัวอย่าง 200 คน สามารถใช้ตัวบ่งชี้ได้ไม่เกิน 3 ตัวในแต่ละตัวแปรแฝง การศึกษาของ Marsh et al. (2004) พบว่า ถ้าใช้กลุ่มตัวอย่าง 100 คน สามารถใช้ตัวบ่งชี้ได้ไม่เกิน 3 ตัวในแต่ละตัวแปรแฝง นอกจากนี้ Chin et al. (2003) ระบุว่า การทดสอบอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงด้วยวิธี Maximum Likelihood ถ้ามีตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝง 12 ตัว ต้องใช้กลุ่มอย่างเพิ่มขึ้นเป็น 1,820 คน

2. ค่าอิทธิพลร่วมของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความผาสุกทางจิตใจต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีบรรยากาศในการเรียนเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้วิธี LISREL-PI มีค่าอิทธิพลร่วมของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียนส่งผลต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สามารถเลือกใช้วิธี LISREL-PI ในการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงได้ดี ทั้งนี้การสร้างตัวแปรผลคูณต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขตัวแปรแฝงแต่ละตัวและตัวแปรสังเกตได้ จะต้องมีความสัมพันธ์กันหรือมีคุณลักษณะที่เหมือนกัน นอกจากนี้ ตัวแปรแฝงแต่ละตัวต้องมีจำนวนตัวแปรสังเกตได้เท่ากันด้วย จึงจะสามารถสร้างตัวแปรผลคูณโดยไม่ใช้ตัวแปรสังเกตได้ซ้ำ

วิธี PLS-PI มีค่าอิทธิพลร่วมของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียนส่งผลต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้น ภายใต้เงื่อนไข

กรณีตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมีจำนวนมาก ผลที่ได้สอดคล้องกับผลจากการศึกษาสถานการณ์จำลองในการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมในโมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงข้างต้น สำหรับการสร้างตัวแปรผลคูณก่อนนำไปวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี PLS-PI ตัวแปรแฝงแต่ละตัวและตัวแปรสังเกตได้ไม่จำเป็นต้องมีคุณลักษณะใกล้เคียงกันหรือมีคุณลักษณะที่เหมือนกัน นอกจากนี้ ตัวแปรแฝงแต่ละตัวไม่จำเป็นต้องมีจำนวนตัวแปรสังเกตได้เท่ากัน สอดคล้องกับ Chin et al. (2003) ที่ทดสอบค่าอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝง ได้แก่ การรับรู้ประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยี มีตัวบ่งชี้ 6 ตัวในแต่ละตัวแปรแฝง กับการใช้เทคโนโลยีเพื่อความบันเทิง มีตัวบ่งชี้ 3 ตัวในแต่ละตัวแปรแฝง เป็นตัวแปรกำกับ ส่งผลร่วมกันต่อความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยี ปรากฏว่า ค่าอิทธิพลร่วมของการรับรู้ประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยี กับการใช้เทคโนโลยีเพื่อความบันเทิง ส่งผลต่อความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยีมากกว่ากรณีไม่มีอิทธิพลร่วมของการรับรู้ประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยีกับการใช้เทคโนโลยีเพื่อความบันเทิงต่อความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยี

สำหรับวิธี LMS ให้ผลวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียนไม่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา เนื่องจากจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมีจำนวนมาก และตัวบ่งชี้หรือตัวแปรสังเกตได้บางตัวมีการแจกแจงไม่ปกติ อนุ เจริญวงศ์ระยัย (2554) ระบุว่าวิธี LMS มีข้อจำกัดที่ตัวแปรสังเกตได้ทุกตัวต้องมีการแจกแจงปกติ ซึ่งข้อจำกัดดังกล่าวมีผลต่อการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของความผาสุกทางจิตใจกับบรรยากาศในการเรียนไม่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากวิธี LMS ได้คำตอบเพียงว่า ค่าอิทธิพลมีอยู่จริงหรือไม่ในประชากรที่ศึกษาเท่านั้น แต่จะไม่ทราบว่าอิทธิพลของตัวแปรกำกับมีผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามอย่างไร

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1. การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยใช้วิธี PLS-PI ภายใต้เงื่อนไขตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงมีจำนวนมาก กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก และการ

สร้างตัวแปรผลคูณตัวแปรสังเกตได้ของตัวแปรแฝงแต่ละตัวไม่จำเป็นต้องเท่ากัน แต่มีกำลังการทดสอบน้อยกว่าวิธีอื่น วิธี LISREL-PI มีข้อจำกัดที่ใช้ตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงได้ไม่มาก และการสร้างตัวแปรผลคูณ ตัวแปรสังเกตได้ของตัวแปรแฝงแต่ละตัวจำเป็นต้องเท่ากัน สำหรับวิธี LMS เป็นทางเลือกในการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมได้ดี แต่มีข้อจำกัดด้านการแปลผลการวิเคราะห์ที่ได้คำตอบเพียงว่า ค่าอิทธิพลมีอยู่จริงหรือไม่ในประชากรที่ศึกษาเท่านั้น ดังนั้นผู้ที่สนใจจึงควรเลือกรูปแบบการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรงไปใช้วิเคราะห์ให้เหมาะสมกับข้อมูล

2. การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างนำมาใช้กันมากในการวิจัยทางพฤติกรรมและสังคมศาสตร์ ถ้านักวิจัยมุ่งอธิบายความสัมพันธ์เชิงสาเหตุเฉพาะที่เกิดจากอิทธิพลทางตรงของตัวแปรอิสระส่งผลต่อตัวแปรตามโดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเพียงอย่างเดียว อาจได้ผลการวิเคราะห์ที่ไม่ถูกต้องนัก ดังนั้น การวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในโมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยใช้วิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI ในการศึกษาจะช่วยให้ นักวิจัยเลือกสถิติไป

ใช้ได้อย่างเหมาะสมกับลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปร และภายใต้เงื่อนไขตัวบ่งชี้ในแต่ละตัวแปรแฝงและขนาดกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกัน

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป

1. ควรมีการศึกษากำลังการทดสอบและอิทธิพลร่วมของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบไม่เป็นเส้นตรง ระหว่างวิธี LISREL-PI วิธี LMS และวิธี PLS-PI กรณีตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรอิสระและตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรกำกับมีความสัมพันธ์กัน ตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่างและจำนวนตัวบ่งชี้ในแต่ละ ตัวแปรแฝงแตกต่างกัน เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการศึกษา

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

เอกสารอ้างอิง

- อนุ เจริญวงศ์ระยับ. (2554). การวิเคราะห์อิทธิพลปฏิสัมพันธ์โดยใช้ตัวแปรแฝง. *วารสารพฤติกรรมศาสตร์*, 17(1), 1-4.
- 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.
- 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.
- 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.
- Dijkstra, T. K., & 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
- 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.
- Jöreskog, K. G., & Yang, F. (1996). Nonlinear structural equation models: the Kenny-Judd model with interaction effects. In G.A. Marcoulides, & R. E. Schumacker (Eds.), *Advanced structural equation modeling: Issues and techniques*. (pp. 57-88). Mahwah, New Jersey: Erlbaum.

- 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.
- 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.
- 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., Kelava, A., & Klein, A. G. (2009). Testing multiple nonlinear effects in structural equation modeling: a comparison of alternative estimation approaches. In: Teo, T., Khine, M.S. (eds.) *Structural equation modeling in educational research: Concepts and applications*, pp. 103-136.
- 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
- 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.
- 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* (3rd ed.). New Jersey: 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.