การพยากรณ์เหตุจูงใจในการเลือกเข้าศึกษาต่อ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี ด้าน IT โดยวิธีแบบจำลองสมการเชิงโครงสร้าง SEM ด้วยเทคนิค Partial Least Squares (PLS) และเทคนิค Product Indicator Approaches (PIA) Forecasting motive with SEM by Partial Least Squares (PLS) Technique and Product Indicator Approaches (PIA) Technique

อายุทธ์ เรืองทอง[1*]

[1]อาจารย์ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จังหวัดสุพรรณบุรี 72130

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะเปรียบเทียบเทคนิค และวิธีการที่ใช้แก้ปัญหาสมการไม่เชิงเส้น (Non - Linear) ภายในแบบจำลองสมการเชิงโครงสร้าง SEM ด้วยวิธีการวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Partial Least Squares : PLS) และวิธีคูณตัวชี้วัดที่มีความสัมพันธ์กัน (Product Indicator Approaches : PIA) โดยทดลองทำการทดสอบทั้ง 2 วิธี จากกรณีศึกษา คือ เหตุจูงใจในการตัดสินใจเลือกเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี ของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี ทางด้าน IT จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 221 ราย จากกรณีศึกษาพบว่าวิธีการแบบวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Partial Least Squares : PLS) สามารถให้แก้ปัญหาสมการไม่เชิงเส้นได้และมีความแม่นยำเพิ่มมากขึ้น แต่จากกรณีศึกษาเดียวกันวิธีการแบบวิธีคูณตัวชี้วัดที่มีความสัมพันธ์กัน (Product Indicator Approaches : PIA) ไม่สามารถใช้วิธีการนี้ได้ เนื่องจากค่า Error ของตัวชี้วัดตัวหนึ่งภายในแบบจำลองมีค่าติดลบ ซึ่งผิดกฎการพยากรณ์โดยการใช้แบบจำลองสมการเชิงโครงสร้าง SEM จึงไม่สามารถยอมรับโมเดลที่ได้จากการพยากรณ์โดยวิธีการดังกล่าวได้

Abstract

This research aimed to compare the techniques and method used to solve non-linear equations with SEM. By Partial Least Squares (PLS) technique and Product Indicator Approaches (PIA) technique. Were tested by the two methods of case studies is motive in the decision to study at Bachelor degree in Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi Suphanburi campus, Information Technology field. For sampling 221 found Partial Least Squares (PLS) technique to solve the problem of non-linear equation. However, the same study Product Indicator Approaches (PIA) technique do not use this method as error indicators for the model with a negative value wrong predictions by SEM. Can not be predicted by the model to them.

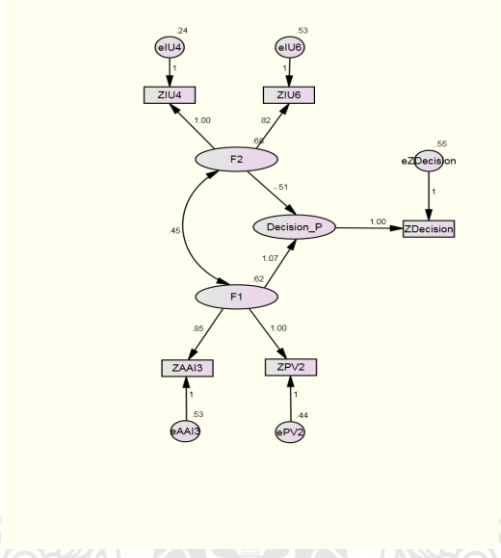
คำสำคัญ : สมการที่เหมาะสม

Keywords : Model Fit

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ aryout@hotmail.com โทร. 08 9640 7310

1. บทนำ

การนำเอาแบบจำลองสมการเชิงโครงสร้างSEM เข้ามาใช้ในการพยากรณ์การดำเนินการวิจัยนั้นเป็นที่นิยมเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีความแม่นยำและมีการนำเอาหลักการทางคณิตศาสตร์และสถิติเข้ามาใช้ เป็นการสร้างความน่าเชื่อถือให้กับผลการพยากรณ์ในงานวิจัยนั้นๆ หากแต่แบบจำลองสมการเชิงโครงสร้างนั้นเป็นการใช้แบบจำลองเพื่อสร้างเป็นสมการโมเดลออกมา สมการโมเดลนี้จะต้องถูกต้อง เป็นไปตามหลักและกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์และสถิติ จึงจะถือได้ว่าเป็นสมการโมเดลที่เหมาะสม (Model Fit) อนึ่งโดยหลักการของแบบจำลองสมการเชิงโครงสร้าง SEM เป็นสมการแบบเชิงเส้น (Linear) ปัญหาก็คือ หลายครั้งในการพยากรณ์ สมการโมเดลที่ได้จากสมการโมเดลที่เหมาะสมแล้ว (Model Fit) เป็นสมการแบบไม่เชิงเส้น (Non - Linear) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 : โมเดลที่เหมาะสม (Model Fit)

จากภาพจะเห็นได้ชัดว่าถึงแม้จะเป็นสมการที่เหมาะสมแล้ว (Model Fit) แต่จากภาพจะมีเส้นเชื่อมต่อระหว่าง Factor ที่1 และFactor ที่ 2 เพื่อทำให้ Model Fit หากแต่ในสมการเชิงโครงสร้างนั้นเป็นสมการแบบเชิงเส้น (Linear) โดยที่แบบจำลองสมการโครงสร้างที่ผ่านการวิเคราะห์ได้แสดงขนาดและทิศทางของเหตุจูงใจและปัจจัยต่างๆ แต่หากพิจารณาจากภาพของโมเดลแล้วจะพบว่าเส้นเชื่อมระหว่าง Factor2 และFactor1 เข้าหากันนั้น เป็นสมการแบบไม่เชิงเส้น (Non - Linear) จากปัญหาดังที่กล่าวมา มีเทคนิคและวิธีการที่จะแก้ปัญหานี้ คือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Partial Least Squares : PLS) และวิธีคูณตัวชี้วัดที่มีความสัมพันธ์กัน (Product Indicator Approaches : PIA)

จากการนำเสนอบทความวิจัยของตัวผู้วิจัยเองในการประชุมทางวิชาการระดับชาติ ด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และระบบสารสนเทศประยุกต์ ครั้งที่ 6 ACTIS 2013 ได้นำเสนอบทความวิจัยเรื่อง “การแก้ปัญหาสมการไม่เชิงเส้นภายในแบบจำลองสมการเชิงโครงสร้าง โดยเทคนิค Partial Least Squares พร้อมการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนเชิงสัมพัทธ์” ในการนำเสนอครั้งนั้น ผู้วิจัยได้นำเสนอเพียงวิธีการเดียวในการแก้ปัญหา

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงมีความประสงค์เพื่อที่จะทดลองทำเทคนิควิธีการทั้ง 2 วิธี เพื่อที่จะเปรียบเทียบหาประสิทธิภาพและรูปแบบเทคนิควิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาสมการไม่เชิงเส้น (Non - Linear) ในแบบจำลองสมการเชิงโครงสร้าง จากกรณีศึกษาเดียวกัน ว่าเทคนิคใดที่มีความเหมาะสมและสามารถที่จะพยากรณ์ได้แม่นยำกว่ากัน

1.1 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การสร้างแบบจำลองสมการโครงสร้าง (Structure Equation Model : SEM)

การสร้างแบบจำลองสมการเป็นเทคนิคการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆที่ได้จากการสำรวจโดยวิธีการสกัดปัจจัย ผู้วิจัยจะทำการสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ต่างๆที่ควรจะเป็นตามหลักทฤษฎี จากนั้นทำการตรวจสอบแบบจำลอง โดยการตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลองโดยพิจารณาจากค่าสถิติการวัด ได้แก่ ค่า Chi-square : (x^2) การยอมรับได้ต้องไม่มีค่านัยทางสถิติหรือต้องมีค่ามากกว่า 0.05 (P > 0.05) , ค่า GFI (Goodness Fit Index) ควรมีค่ามากกว่า 0.9 , ค่า AGFI (Adjust Goodness of Fit Index) ควรมีค่ามากกว่า 0.9 , ค่า RMSEA (Root Square Error of Approximation) ควรมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.6 และค่า HOELTER ไม่ควรน้อยกว่า 75 ที่ใช้ในการระบุว่าขนาดของตัวอย่างเพียงพอต่อการวิเคราะห์สมการโครงสร้างหรือไม่

วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Partial Least Squares : PLS)

วิธีกำลังสองน้อยที่สุด คือ วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองสมการโครงสร้างเพื่ออธิบายความสัมพันธ์กัน โดยนำข้อมูลกลุ่มทดลองมาหาความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรที่ปรากฏในกลุ่มทดสอบแล้ว การประมาณค่าฟังก์ชันด้วยวิธีกำลังสองที่น้อยที่สุดจะได้ฟังก์ชันที่ใช้เป็นตัวแทนที่ดีที่สุดของกลุ่มข้อมูล เพราะได้มาจากการเกลี่ยค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลให้เหลือน้อยที่สุด สมการจึงมีขนาดกะทัดรัดและไม่ขึ้นอยู่กับจำนวนข้อมูล ซึ่งนำมาหาอนุพันธ์หรืออินทิเกรตได้

วิธีคูณตัวชี้วัดที่มีความสัมพันธ์กัน (Product Indicator Approaches : PIA)

การคูณตัวชี้วัดที่มีความสัมพันธ์กัน คือ วิธีประมาณค่าข้อมูลของจำนวนคงตัวที่ปรากฏในสมการที่มีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรแฝง โดยสมการที่สร้างขึ้นจากตัวชี้วัดที่มีความสัมพันธ์กันมาคูณกัน แบ่งได้ 2 วิธี ได้แก่ 1) การคูณตัวชี้วัดที่มีความสัมพันธ์กันภายใต้ข้อจำกัด เป็นการสร้างปัจจัย X_iZ_j เพิ่มขึ้นมาใหม่ด้วยการนำตัวชี้วัดจากปัจจัยหลัก X_i ทีละตัวมาจับคู่คูณกันกับตัวชี้วัดทุกตัวของปัจจัยหลัก Z_j และให้ทำซ้ำจนกว่าจะครบทุกตัวชี้วัดในปัจจัยหลัก X_i 2) การคูณตัวชี้วัดที่มีความสัมพันธ์กันโดยไม่มีข้อจำกัด เป็นการสร้างปัจจัย X_iZ_j เพิ่มขึ้นมาใหม่ ด้วยการนำตัวชี้วัดจากปัจจัยหลัก X_i และปัจจัยหลัก Z_j มาจับคู่คูณกันทีละคู่แบบ 1:1 โดยไม่นำตัวชี้วัดที่ใช้ไปแล้วมาใช้งานอีก

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณรงค์ โพธิ และสมชาย ปราการเจริญ นำเสนอ การประมาณค่าสูญหายของข้อมูลคลื่นกำเนิดไฟฟ้าด้วยวิธีการสร้างแบบจำลองสมการโครงสร้าง ซึ่งมีตัวชี้วัด 21 ตัว โดยแบ่งข้อมูลเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มการเรียนรู้ 700 ชุด และกลุ่มทดสอบ 300 ชุด โดยใช้เกณฑ์เปรียบเทียบความแม่นยำจากค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ สรุปได้ว่าแบบจำลองสมการโครงสร้างมีความสามารถโดยเฉลี่ยในการประมาณค่าสูญหายของข้อมูลที่ระดับค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ 9.43% หรือมีความแม่นยำที่ระดับ 90.57%

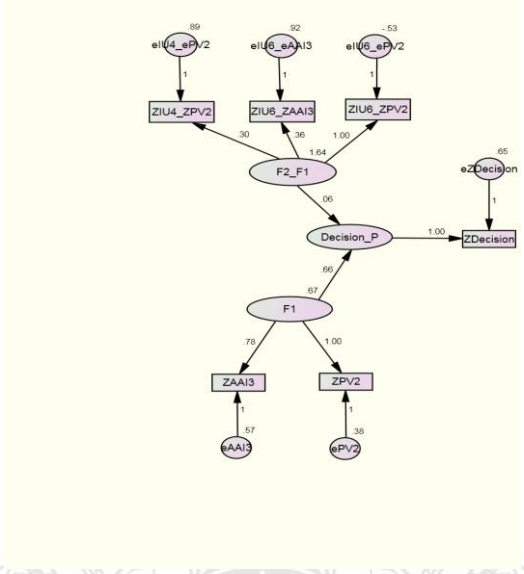
อายุทธ์ เรืองทอง นำเสนอการพยากรณ์เหตุจูงใจในการเลือกเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรีด้าน IT ของนักศึกษาในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี ด้วยวิธีการสกัดปัจจัย โดยแบบจำลองสมการโครงสร้าง แล้วทดสอบความแม่นยำของสมการโมเดลด้วยกระบวนการทำการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนเชิงสัมพัทธ์ โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาด้านเทคโนโลยีสารสนเทศชั้นปีที่1 ทั้งหมดภายในในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี จำนวน 221 ราย โดยพบว่า ค่าการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนเชิงสัมพัทธ์ MMRE 30.6% หรือมีความแม่นยำที่ระดับ 69.4%

อายุทธ์ เรืองทอง นำเสนอ “การแก้ปัญหาสมการไม่เชิงเส้นภายในแบบจำลองสมการเชิงโครงสร้าง โดยใช้เทคนิค Partial Least Squares พร้อมการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนเชิงสัมพัทธ์” โดยพบว่า สามาแก้ไขปัญหาสมการ Non – Linear ภายในสมการเชิงโครงสร้างได้ และยังส่งผลให้ค่าการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนเชิงสัมพัทธ์ MMRE 30% หรือมีความแม่นยำที่ระดับ 70% และมีความแม่นยำในการพยากรณ์เพิ่มขึ้น 0.6%

2. วิธีการทดลอง

การสร้างแบบจำลองสมการเชิงโครงสร้าง

จากการนำเสนอบทความวิจัยของตัวผู้วิจัยเองใน การประชุมนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ประจำปี 2555 ได้นำเสนอบทความวิจัยเรื่อง“การพยากรณ์เหตุจูงใจในการตัดสินใจเลือกเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี โดยแบบจำลองสมการโครงสร้าง ด้วยวิธีการวิเคราะห์ปัจจัยพร้อมการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนเชิงสัมพัทธ์” ได้สมการโมเดลดังรูปที่1 จากนั้นจึงใช้โมเดลดังกล่าว มาทำการสร้างโมเดลใหม่ ตามเทคนิค Partial Least Squares จึงได้สมการโมเดลที่เหมาะสม (Model Fit) ดังรูปที่ 2



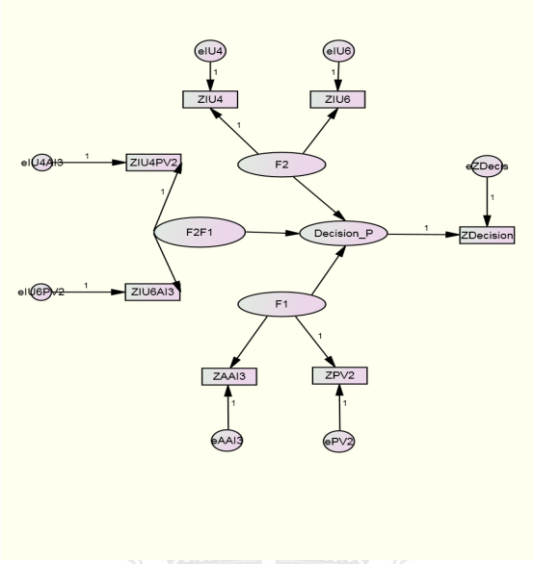
รูปที่ 2 : สมการโครงสร้างที่เหมาะสม(Model Fit) ตามเทคนิค Partial Least Squares (PLS)

และได้นำเสนอโมเดลดังกล่าวในการประชุมทางวิชาการระดับชาติ ด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และระบบสารสนเทศประยุกต์ ครั้งที่ 6 ACTIS 2013 ซึ่งได้ค่าสถิติมาตรฐานเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากแบบจำลองสมการโมเดลตามวิธีแบบ Partial Least Squares (PLS) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าสถิติมาตรฐานและค่าสถิติที่ได้จากแบบจำลองสมการโมเดลตามวิธี Partial Least Squares (PLS)

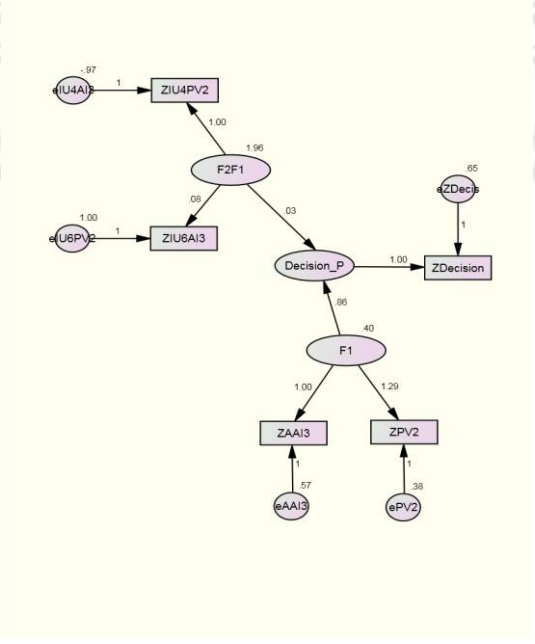
ตัวชี้วัดทางสถิติ	ค่ามาตรฐาน	ค่าที่ได้จากแบบจำลอง
Chi_square	P > 0.05	0.415
GFI	>0.9	0.986
AGFI	>0.9	0.962
RMSEA	$\leq$ 0.06	0.011
HOELTER’s N	> 75	347

จากนั้นได้นำสมการโมเดลดังรูปที่ 1 มาทำการสร้างแบบจำลองสมการโครงสร้างตามวิธี Product Indicator Approaches ได้สมการตั้งต้นดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แบบจำลองตั้งต้นสมการโครงสร้างตามวิธี Product Indicator Approaches (PIA)

ปัจจัยและตัวชี้วัดได้นำมาสร้างเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ พร้อมคำนวณหาค่าขนาดและทิศทางของความสัมพันธ์ที่เหมาะสมที่สุด โดยการตรวจสอบค่าความสอดคล้องตามสถิติในการแสดงความเข้ากันได้ของแบบจำลองต่อข้อมูลตัวอย่าง จึงได้แบบจำลองสมการเชิงโครงสร้างตามวิธีแบบ Product Indicator Approaches (PIA) ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ผลของการสร้างแบบจำลองสมการโครงสร้างตามวิธี Product Indicator Approaches (PIA)

เมื่อได้เปรียบเทียบค่าสถิติมาตรฐานกับค่าสถิติที่ได้จากแบบจำลองสมการโครงสร้างตามวิธี Product Indicator Approaches (PIA) สามารถแสดงได้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 : ค่าสถิติมาตรฐานและค่าสถิติที่ได้จากแบบ จำลองสมการโมเดลตามวิธี Product Indicator Approaches (PIA)

ตัวชี้วัดทางสถิติ	ค่ามาตรฐาน	ค่าที่ได้จากแบบจำลอง
Chi_square	P > 0.05	0.202
GFI	>0.9	0.987
AGFI	>0.9	0.952
RMSEA	$\leq$ 0.06	0.052
HOELTER's N	> 75	291

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

ตามวิธีแบบ Partial Least Squares (PLS)

จากการสร้างแบบจำลองสมการเชิงโครงสร้างเพื่อแก้ไขปัญหาสมการไม่เชิงเส้น (Non - Linear) ตามเทคนิควิธีการแบบ Partial Least Squares (PLS) พบว่า

1. สามารถที่จะแก้ไขปัญหาปัญหาสมการไม่เชิงเส้น (Non - Linear)ได้
2. ค่าที่ได้จากแบบจำลองเป็นไปตามค่าสถิติมาตรฐาน
3. สามารถนำไปทำการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนเชิงสัมพัทธ์ MMRE ได้ และเมื่อทำการคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนเชิงสัมพัทธ์แล้ว พบว่าสมการโมเดลที่ได้มีค่าความแม่นยำเพิ่มขึ้น 0.6%

ตามวิธี แบบ Product Indicator Approaches (PIA)

จากการสร้างแบบจำลองสมการเชิงโครงสร้างเพื่อแก้ไขปัญหาสมการไม่เชิงเส้น (Non - Linear) ตามเทคนิควิธีการแบบ Product Indicator Approaches (PIA) หากพิจารณาจากค่าสถิติมาตรฐานเปรียบเทียบกับแบบจำลองสมการเชิงโครงสร้างที่ได้จะพบว่า ค่าที่ได้จากแบบจำลองเป็นไปตามค่าสถิติมาตรฐานทุกค่า แต่แบบจำลองสมการโมเดลที่ได้นี้ ไม่ถือว่าเป็นสมการโมเดลที่เหมาะสม เนื่องจาก เมื่อพิจารณาจากแบบจำลองสมการโมเดลจะพบว่า มีค่า Error ตัวหนึ่งของตัวชี้วัด ZIU4PV2 ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่เกิดขึ้นใหม่ จากการคูณตัวชี้วัดที่มีความสัมพันธ์กันโดยตัวชี้วัด ZIU4*ZPV2ตามวิธีการของ Product Indicator Approaches (PIA) นั้น ค่าดังกล่าวเป็นค่าติดลบ ซึ่งผิดและไม่เป็นไปตามกฎของ SEM จึงไม่ถือว่า สมการเชิงโครงสร้างดังกล่าวเป็นสมการที่เหมาะสม (Model Fit) จึงไม่สามารถยอมรับสมการโมเดลนี้ได้ตามกฎของ SEM

4. สรุป

จากขั้นตอนการดำเนินงาน และผลการดำเนินงานสามารถสรุปได้ว่า

4.1. จากสมการโมเดลที่ได้สามารถทำให้เห็นได้ว่าปัจจัยใดที่ส่งผลเป็นเหตุจูงใจในการเลือกที่จะเข้าศึกษาต่อ

4.2. จากข้อมูล (Data Set) ของกรณีศึกษา สามารถใช้วิธีการแบบ Partial Least Squares (PLS) แก้ปัญหาสมการไม่เชิงเส้น (Non - Linear) ที่เกิดขึ้นในแบบจำลองสมการโมเดลได้

4.3. จากข้อมูล (Data Set) ของกรณีศึกษา ไม่สามารถใช้วิธีการแบบ Product Indicator Approaches (PIA) แก้ปัญหาสมการไม่เชิงเส้น (Non - Linear) ที่เกิดขึ้นในแบบจำลองสมการโมเดลได้ เนื่องจากสมการโมเดลที่ได้ไม่เป็นไปตามกฎของ SEM แม้ว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองจะเป็นไปตามค่าสถิติมาตรฐานก็ตาม

4.4. หากแบบจำลองสมการโมเดลที่ได้จากการทำการสร้างแบบจำลองสมการเชิงโครงสร้าง (SEM) เป็นรูปแบบสมการไม่เชิงเส้น (Non - Linear) ผู้วิจัยควรทดลองทำวิธีการแก้ปัญหาทั้ง 2 วิธี เพื่อค้นหารูปแบบที่เหมาะสมที่สุด และแม่นยำที่สุดในการวิจัยเพื่อพยากรณ์สมการเชิงโครงสร้างที่ได้

4.5. วิธีการนี้เหมาะกับข้อมูลเชิงปริมาณ

4.6. ข้อมูลที่ใช้กับวิธีการนี้ต้องมีการแจกแจงข้อมูลในรูปแบบปกติ Normal distribution

4.7. หากข้อมูลผิดจากข้อกำหนดดังกล่าว อาจใช้แนวทางอื่น เช่น Copula หรือ Bayesian Network

5. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้สำเร็จลุล่วงไปได้เพราะความช่วยเหลือของ รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ปราการเจริญ อาจารย์ผู้เปี่ยมไปด้วยความเมตตา ที่สละเวลาในการบ่มเพาะ เคี่ยวเข็ญและสั่งสอนลูกศิษย์ ตลอดจนให้ข้อคิดเห็นและแนวทางในการเขียนบทความ และทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ ผู้เขียนขอขอบคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

6. เอกสารอ้างอิง

R.J Rummel. 2002. **Factor Analysis** .Hawaii University : USA

Garson David. 2007. **Structure Equation Modeling** .North-Carolina state University : USA

ณรงค์ โพธิ. “การเปรียบเทียบความแม่นยำวิธีการประมาณค่าสูญหาย ระหว่างวิธีเซตอย่างหยาบและวิธีแบบจำลองสมการโครงสร้าง”.**การประชุมวิชาการ ด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และสารสนเทศประยุกต์ ระดับชาติ ครั้งที่1**. นนทบุรี : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี 2553.

ณรงค์ โพธิ. 2555**. การประมาณค่าสูญหาย ด้วยวิธีแบบจำลอง สมการโครงสร้าง**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

สมชาย ปราการเจริญ. 2551. การประมาณเวลาในการพัฒนาซอร์ฟแวร์ประยุกต์เชิงเครือข่าย โดยวิธีแบบจำลองสมการโครงสร้าง. **วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศปีที่4** (ฉบับ7) ม.ค.-มิ.ย. 51.

ภรอิสรา จิตไพศาล. การพยากรณ์โอกาสความสำเร็จในการปฏิบัติการฝนหลวงในพื้นที่ภาคกลาง โดยใช้แบบจำลองสมการโครงสร้าง. **ACTIS 2011** Sep’11 , Bangkok , Thailand. ISSN : 1906-9006

มนตรี พิริยะกุล. 2553. ตัวแบบเส้นทางกำลังสองน้อยที่สุดบางส่วน. **การประชุมวิชาการสถิติและ สถิติประยุกต์ ครั้งที่ 11 ประจำปี 2553.**

อายุทธ์ เรืองทอง. 2554. การพยากรณ์เหตุจูงใจในการ ตัดสินใจเลือกเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี โดยแบบจำลองสมการโครงสร้าง ด้วยวิธีการวิเคราะห์ปัจจัย พร้อมการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนเชิงสัมพัทธ์. **การประชุมนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ “เชิดชูภูมิปัญญา สหวิทยาสู่สากล”ระดับชาติ.** ภูเก็ต: มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต.

อายุทธ์ เรืองทอง. 2555. การแก้ปัญหาสมการไม่เชิงเส้นภายในแบบจำลองสมการเชิงโครงสร้าง โดยเทคนิค Partial Least Squares พร้อมการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนเชิงสัมพัทธ์. **การประชุมทางวิชาการระดับชาติด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และระบบสารสนเทศประยุกต์ ครั้งที่ 6 ACTIS 2013.** นนทบุรี.