

การพัฒนาเทคนิควิธีการวิเคราะห์เส้นทางสำหรับโมเดลตัวแปรแฝง โดยประยุกต์ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT)

ปกรณ์ ประจันบาน

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคนิควิธีการวิเคราะห์เส้นทางสำหรับโมเดลตัวแปรแฝงโดยประยุกต์ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (วิธี PAIRT) และเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAL (Path Analysis with LISREL) โดยใช้ข้อมูลจำลองจากคอมพิวเตอร์และข้อมูลเชิงประจักษ์

การดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นพัฒนาเทคนิค PAIRT, ขั้นการใช้ข้อมูลจำลองเพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระหว่างวิธี PAIRT กับวิธี PAL และขั้นทดลองใช้กับข้อมูลเชิงประจักษ์

ผลการเปรียบเทียบปรากฏว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า P_{ji} ของวิธี PAIRT มีจำนวนครั้งคำนวณทวนน้อยกว่าวิธี PAL ค่าเฉลี่ยของ p - value ของค่าไค-สแควร์ของวิธี PAIRT สูงกว่าวิธี PAL ค่า P_{ji} ของวิธีทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง และผลการทดลองใช้กับข้อมูลเชิงประจักษ์ชี้ให้เห็นว่าวิธี PAIRT ดีกว่าวิธี PAL

ส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2548 อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.สำราญ มีแจ้ง

THE DEVELOPMENT OF PATH ANALYSIS TECHNIQUES FOR LATENT VARIABLE MODELS USING MODIFIED ITEM RESPONSE THEORY

Pakorn Prachanban

Naresuan University, Thailand

ABSTRACT

The purpose of this research was to develop a path analysis technique for latent variable models, based on modified item response theory (the "PAIRT" approach), and to compare results with the "PAL" approach (Path Analysis with LISREL), using both simulation data and empirical data.

There were three steps to the study: development of the PAIRT technique; the use of simulation data to compare PAIRT and PAL; and a try-out with empirical data.

In comparing results, it was found that the standard error of estimation of the path coefficient of correlation, P_{ji} , using the PAIRT technique, involved fewer iterations than required by the PAL approach. The mean p -value of the chi-square goodness of fit index found by using the PAIRT approach was larger than that found via PAL. The P_{ji} estimates resulting from the two approaches were found to have a non-linear relationship. A try-out with empirical data indicated that the PAIRT model provided better fit.

Based on a doctoral dissertation in Educational Research and Evaluation, Naresuan University under the supervision of Assoc. Prof. Samran Mejang, Ph.D.

ความนำ

การวิเคราะห์เส้นทางในปัจจุบันประกอบไปด้วย 2 โมเดลสำคัญ ได้แก่ โมเดลการวัด (Measurement Model) และโมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model) โดยโมเดลการวัดเป็นโมเดลการวิเคราะห์ยืนยันองค์ประกอบ (Confirmatory Factor Analysis) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่สังเกตได้ (Observed Variable) กับตัวประกอบหรือตัวแปรแฝง (Latent Variable) ทำการประมาณค่าตัวแปรแฝง (ไม่มี Error) แล้วใช้ตัวแปรแฝงไปวิเคราะห์ข้อมูลในโมเดลสมการโครงสร้างเพื่อประมาณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (Path Coefficient) อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่สำคัญของโมเดลการวัดซึ่งใช้หลักการวิเคราะห์ยืนยันองค์ประกอบ ก็คือโมเดลดังกล่าวยังเป็นโมเดลที่อยู่บนฐานของทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory) ซึ่งการวัดตัวแปรต่าง ๆ ย่อมมีข้อจำกัดภายใต้บริบทของทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมด้วยเช่นกัน เช่น ค่าการวัดของผู้สอบที่ได้จะขึ้นอยู่กับแบบทดสอบที่นำมาใช้ กล่าวคือ เมื่อมีการเปลี่ยนแบบทดสอบที่ใช้วัดตัวแปรไปเรื่อย ๆ ค่าการวัดของกลุ่มตัวอย่างจะเปลี่ยนไปด้วย ซึ่งอาจส่งผลให้ขนาดความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรเปลี่ยนแปลงไปด้วย ทั้งนี้เพราะ โมเดลการวัดแบบดั้งเดิมจะให้ค่าการวัดหรือค่าประมาณคะแนนจริงที่ไม่ได้เป็นค่าพารามิเตอร์ที่แสดงปริมาณของคุณลักษณะที่มีอยู่ในตัวบุคคลแต่ละคนอย่างแท้จริง แต่เป็นค่าที่แสดงปริมาณของคุณลักษณะที่มีอยู่ในตัวบุคคลที่แปรเปลี่ยนไปตามคุณสมบัติของแบบสอบแต่ละฉบับ (ความยากของข้อสอบ อำนาจจำแนกของข้อสอบ ความเที่ยงของแบบทดสอบ)

จากปัญหาดังกล่าว สามารถแก้ไขได้โดยการเปลี่ยนโมเดลการวัดไปใช้ ทฤษฎีการวัดแนวใหม่ที่ให้การวัดที่มีความเที่ยงตรง และไม่แปรเปลี่ยนไปตามคุณลักษณะที่เปลี่ยนไปของแบบทดสอบและกลุ่มผู้สอบ นั่นคือ ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบหรือ IRT (Item Response Theory) เพราะเมื่อ IRT Model สอดคล้อง (Fit) กับข้อมูล จะทำให้เกิดความไม่แปรเปลี่ยนของพารามิเตอร์ของข้อสอบ (Item Parameter) และพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ (Ability Parameter) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาเทคนิควิธีการวิเคราะห์เส้นทางสำหรับโมเดลตัวแปรแฝงโดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (ผู้วิจัยเรียกชื่อว่า “การวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAIRT”) เพื่อเป็นการนำเสนอทางเลือกใหม่ของเทคนิควิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ ที่มุ่งศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรที่ปราศจากความคลาดเคลื่อนอื่นจะทำให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพสูง

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาเทคนิควิธีการวิเคราะห์เส้นทางสำหรับโมเดลตัวแปรแฝงโดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (วิธี PAIRT)
2. เพื่อตรวจสอบผลการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAIRT ซึ่งเป็นเทคนิคใหม่ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAL โดยใช้ข้อมูลจำลองจากคอมพิวเตอร์ โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า P_{ji} ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

(p - value) จากการทดสอบความตรงของโมเดล (The Goodness of Fit) ด้วยวิธีไค-สแควร์ จำนวนครั้งในการคำนวณทวนซ้ำ (Iteration) จากการประมาณค่า P_{ji} ของเทคนิควิธีโลกลีสูงสุดสูงสุด (Maximum Likelihood : ML) จำนวน โมเดลที่มีความตรง (The Goodness of Fit) ภายหลังการวิเคราะห์ซ้ำ 40 รอบ และคำนวณค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า P_{ji} จากผลการวิเคราะห์เส้นทาง 2 วิธี

3. เพื่อทดลองใช้เทคนิควิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAIRT กับข้อมูลเชิงประจักษ์

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยพัฒนาเทคนิควิธีการวิเคราะห์เส้นทางสำหรับโมเดลตัวแปรแฝงโดยประยุกต์ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (วิธี PAIRT) มีขั้นตอนการดำเนินการ 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นพัฒนาเทคนิควิธีการวิเคราะห์เส้นทางสำหรับโมเดลตัวแปรแฝงโดยประยุกต์ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (วิธี PAIRT) ใช้เทคนิคการสังเคราะห์เอกสารเกี่ยวกับเทคนิควิธีการวิเคราะห์เส้นทางสำหรับโมเดลตัวแปรแฝง และทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตรวจสอบผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เทคนิควิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAIRT ซึ่งผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับวิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAL โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการจำลองจากคอมพิวเตอร์ ผู้วิจัยดำเนินการตามลำดับ ดังนี้

1. จำลองข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS ใช้แทนผลตรวจให้คะแนนแบบทดสอบเป็นรายชื่อของกลุ่มตัวอย่างเป็นรายบุคคล โดยทำให้อยู่ 1 คะแนน ทำผิดให้ 0 คะแนน มีขนาด 800 และ 1,600 ตัวอย่าง (ขนาด 800 ตัวอย่างใช้ทดลองกับโมเดลที่ 1 และขนาด 1,600 ตัวอย่าง ใช้ทดลองกับโมเดลที่ 2) จำนวน 40 ชุด เพื่อใช้ทดลองซ้ำ 40 รอบ ข้อมูลในแต่ละตัวแปรมีลักษณะเป็นเอกมิติ (Unidimensionality) และมีขนาดความสัมพันธ์ต่อกันไม่เกิน .8
2. พัฒนาโมเดลตามสมมุติฐานบนพื้นฐานของผลการสังเคราะห์ทฤษฎีและงานวิจัยเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 2 โมเดล แต่ละโมเดลประกอบด้วยตัวแปรแฝง จำนวน 4 ตัว (เหมือนกันทั้ง 2 โมเดล) แต่ตัวแปรแฝงมีตัวบ่งชี้ (ข้อสอบ) ไม่เท่ากัน โดยในโมเดลที่ 1 ตัวแปรแฝงแต่ละตัวมีตัวบ่งชี้ จำนวน 5 ตัว และโมเดลที่ 2 ตัวแปรแฝงแต่ละตัวมีตัวบ่งชี้ จำนวน 10 ตัว
3. ดำเนินการทดลองวิเคราะห์เส้นทางสำหรับโมเดลตัวแปรแฝงทั้ง 2 โมเดล ด้วยวิธีการ 2 วิธี ได้แก่ วิธี PAL และวิธี PAIRT (ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น) โดยใช้ข้อมูลจำลองซ้ำ 40 รอบ และบันทึกผลการวิเคราะห์ในแต่ละรอบ
4. เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า P_{ji} , p - value จากการทดสอบความตรงของโมเดลด้วยวิธีไค-สแควร์ และจำนวนครั้งในการคำนวณทวนซ้ำจากการประมาณค่า P_{ji} ด้วยเทคนิควิธีโลกลีสูงสุดสูงสุด จากผลการวิเคราะห์เส้นทาง 2 วิธี โดยใช้สถิติทดสอบที (T - Test Independent Sample)
5. เปรียบเทียบจำนวนโมเดลที่มีความตรงภายหลังการวิเคราะห์ซ้ำ 40 รอบ

6. คำนวณความสัมพันธ์ระหว่างค่า P_{ji} จากผลการวิเคราะห์เส้นทาง 2 วิธี

7. กำหนดเกณฑ์เพื่อใช้ในการทดสอบ ดังนี้

7.1 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า P_{ji} ของวิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAL มีค่ามากกว่าวิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAIRT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

7.2 p - value จากการทดสอบความตรงของโมเดลด้วยวิธีไค-สแควร์ ของวิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAL มีค่าน้อยกว่าวิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAIRT

7.3 จำนวนครั้งในการคำนวณทวนซ้ำจากการประมาณค่า P_{ji} ด้วยเทคนิควิธีไล่ค่าสูงสุดสูงสุดของวิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAL มีค่ามากกว่าวิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAIRT

7.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลซ้ำ (40 ครั้ง) ด้วยวิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAL จะให้โมเดลที่มีความตรงเป็นจำนวนที่น้อยกว่าวิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAIRT

7.5 วิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAL และวิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAIRT จะให้ผลการประมาณค่า P_{ji} ที่ไม่สัมพันธ์กัน

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นการทดลองใช้เทคนิควิธีการวิเคราะห์เส้นทางสำหรับโมเดลตัวแปรแฝงโดยประยุกต์ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (วิธี PAIRT) กับข้อมูลเชิงประจักษ์ ดำเนินการโดยพัฒนาโมเดลตามสมมติฐานบนพื้นฐานของผลการสังเคราะห์ทฤษฎีและงานวิจัยเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประกอบด้วยตัวแปรแฝง จำนวน 7 ตัว จากนั้นดำเนินการวิเคราะห์เส้นทางด้วยวิธีการ 2 วิธี ได้แก่ วิธี PAL และวิธี PAIRT และนำเสนอผลการวิเคราะห์

ผลการวิจัย

1. การพัฒนาเทคนิควิธีการวิเคราะห์เส้นทางสำหรับโมเดลตัวแปรแฝงโดยประยุกต์ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (วิธี PAIRT)

PAIRT เป็นอักษรย่อที่มาจากคำภาษาอังกฤษ 2 คือ ได้แก่ “Path Analysis” หมายถึง การวิเคราะห์เส้นทาง และ “Item Response Theory” หมายถึง ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ซึ่งเป็นทฤษฎีที่ผู้วิจัยนำมาประยุกต์ร่วมกับการวิเคราะห์เส้นทาง

1.1 โมเดล (Model)

โมเดลที่ใช้ในการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAIRT เป็นโมเดลที่แสดงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรแฝง มีหลักการโดยทั่วไปคือ โครงสร้างของความเป็นสาเหตุประกอบด้วย ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรแฝง (ตัวประกอบ) ซึ่งมีทั้งตัวแปรอิสระ และตัวแปรตาม ตัวแปรแฝงเหล่านี้ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่ได้จากการประมาณค่าโดยใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบ (IRT Model) ทำการประมาณค่าจากผลการตอบสนองข้อสอบของผู้สอบว่าถูกหรือผิด (ผลการตอบข้อสอบแบบ ทำถูกได้ 1 คะแนนและทำผิดได้ 0 คะแนน) โมเดลมีลักษณะดังนี้

โมเดล PAIRT ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

1) โมเดลการวัดแบบทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT Measurement Model)

โมเดลการวัดเป็นโมเดลที่อาศัยทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) ซึ่งเป็นทฤษฎีการวัดที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถที่มีอยู่ภายในบุคคล (Latent Trait or Ability) กับผลการตอบข้อสอบหรือข้อคำถามโดยใช้ฟังก์ชันการตอบสนองข้อสอบแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบแต่ละข้อได้ถูก $P_i(\theta)$ กับระดับความสามารถของผู้สอบที่วัดโดยแบบสอบฉบับนั้น (θ) มีการกำหนดลักษณะความสัมพันธ์ด้วยพารามิเตอร์ ความยาก (b) อำนาจจำแนก (a) และโอกาสการเดาข้อสอบถูก (c) เมื่อนำมาเขียนเป็นกราฟจะได้โค้งลักษณะข้อสอบ (Item Characteristic Curve: ICC) โค้งลักษณะข้อสอบมีหลายลักษณะขึ้นอยู่กับโมเดล (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2545) จะใช้โมเดลการวัดแบบ IRT ประมาณค่าความสามารถที่แท้จริงของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคนเพื่อใช้เป็นข้อมูลที่ปราศจากความคลาดเคลื่อนในการวัดสำหรับนำไปวิเคราะห์ประมาณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (P_{ji})

2) โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model)

โมเดลสมการโครงสร้างเป็นโมเดลที่ระบุความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรแฝง (Latent Variable) ด้วยกันเอง ตัวแปรแฝง θ_E และ θ_K เป็นพารามิเตอร์ของความสามารถที่แท้จริงของผู้สอบซึ่งประมาณค่าได้จากโมเดลการวัดแบบ IRT ดังสมการที่ 1

$$\theta_E = \beta\theta_E + \gamma\theta_K + \zeta \quad \dots\dots\dots (1)$$

เมื่อ	θ_E	แทน	เวกเตอร์ของตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรตาม
	θ_K	แทน	เวกเตอร์ของตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรอิสระ
	β (Beta)	แทน	เมทริกซ์สัมประสิทธิ์การถดถอย แสดงอิทธิพลจาก θ_{Ei} ไป θ_{Ej}
	γ (Gamma)	แทน	เมทริกซ์สัมประสิทธิ์การถดถอย แสดงอิทธิพลจาก θ_{Ki} ไป θ_{Ej}
	ζ (Zeta)	แทน	เวกเตอร์ของความคลาดเคลื่อน

1.2 ข้อตกลงเบื้องต้น (Basic Assumption)

1) ตัวแปรแฝงในโมเดลเป็นตัวแปรเชิงคุณลักษณะซึ่งวัดได้โดยใช้แบบทดสอบที่มีการตรวจให้คะแนนแบบตอบถูกได้ 1 คะแนน และตอบผิดได้ 0 คะแนน เป็นตัวแปรที่ไม่สามารถวัดได้โดยตรง แต่สามารถประมาณค่าได้จากโมเดลการวัดแบบ IRT

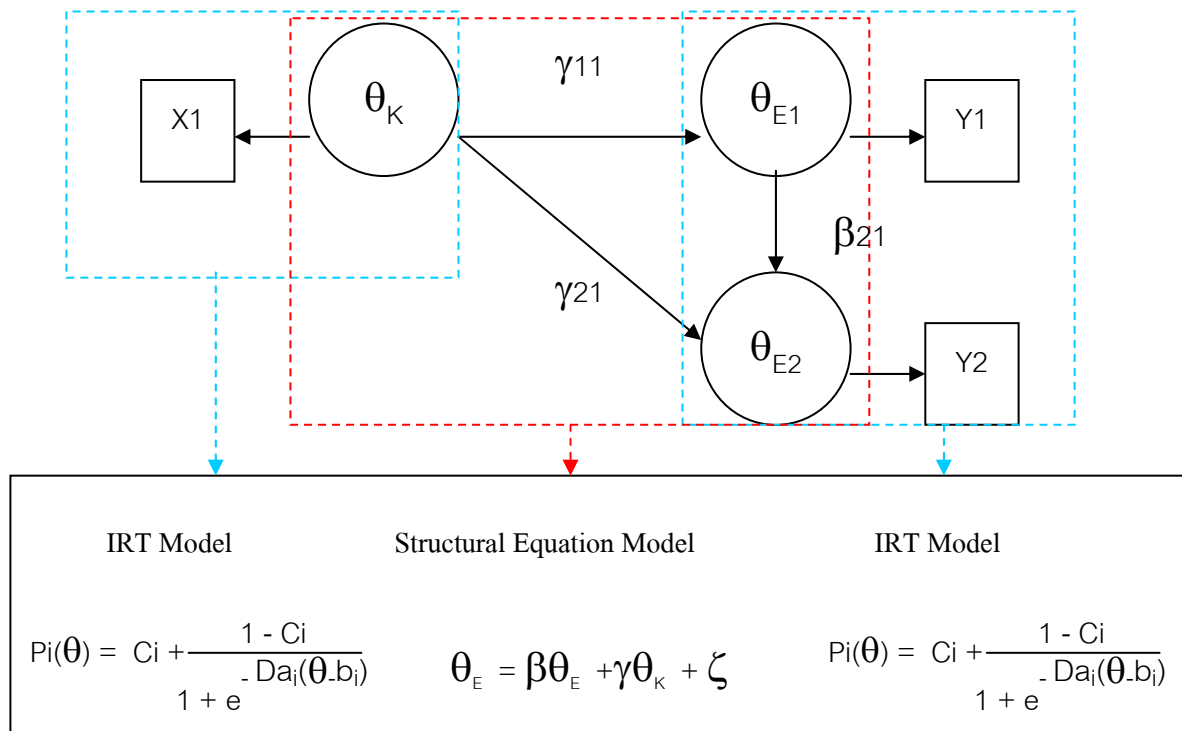
2) ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงในโมเดลเป็นความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear) เชิงบวก (Additive) และเป็นความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (Causal Relationship)

3) ตัวแปรสังเกตได้ต้องให้ข้อมูลที่เป็นเอกมิติ (Unidimensionality)

4) ข้อสอบและผู้สอบต้องเป็นอิสระระหว่างกัน

5) แบบทดสอบต้องไม่ใช่แบบทดสอบที่แข่งขันด้านเวลา (Speed Test)

โมเดล PAIRT ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โมเดลการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAIRT

2. ผลการทดลองใช้เทคนิควิธีการวิเคราะห์เส้นทางสำหรับโมเดลตัวแปรแฝงโดยประยุกต์ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (วิธี PAIRT) ซึ่งผู้วิจัยพัฒนาขึ้นกับข้อมูลที่ได้จากการจำลองจากคอมพิวเตอร์ ปรากฏว่า

2.1 ค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (P_{ji}) ที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAIRT มีค่าน้อยกว่าวิธี PAL อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 4 ค่า จากทั้งหมด 5 ค่า ทั้งในโมเดลที่ 1 (โมเดล 5 ตัวบ่งชี้) และในโมเดลที่ 2 (โมเดล 10 ตัวบ่งชี้)

2.2 ค่าเฉลี่ยของค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (p - value) จากการทดสอบความตรงของโมเดลด้วยวิธีไค-สแควร์ ที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAIRT มีค่ามากกว่าวิธี PAL อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เฉพาะในโมเดลที่ 2 (โมเดล 10 ตัวบ่งชี้) ส่วนในโมเดลที่ 1 (โมเดล 5 ตัวบ่งชี้) ไม่พบความแตกต่าง

2.3 ค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งในการคำนวณหาค่าจากการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลด้วยเทคนิควิธีโลคัลสุดสูงที่สุดที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAIRT มีค่าน้อยกว่าวิธี PAL อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งในโมเดลที่ 1 (โมเดล 5 ตัวบ่งชี้) และโมเดลที่ 2 (โมเดล 10 ตัวบ่งชี้)

2.4 เมื่อทดลองซ้ำ จำนวน 40 ครั้ง ปรากฏว่าในโมเดลที่ 1 จากการตรวจสอบความตรงของโมเดลชี้ให้เห็นว่า โมเดลที่ทดสอบด้วยวิธี PAIRT มีความตรงเพียงวิธีเดียว จำนวน 15 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 37.50 โมเดลที่ทดสอบด้วยวิธี PAL มีความตรงเพียงวิธีเดียว จำนวน 14 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 35.00 และโมเดลมีความตรงพร้อมกันทั้งสองวิธี จำนวน 6 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 15.00 และในโมเดลที่ 2 จากการตรวจสอบความตรงของโมเดล ปรากฏว่าโมเดลที่ทดสอบด้วยวิธี PAIRT มีความตรงเพียงวิธีเดียว จำนวน 35 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 87.50 โมเดลไม่มีความตรงทั้งสองวิธี จำนวน 5 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 12.50 และการทดสอบไม่พบว่าโมเดลที่ทดสอบด้วยวิธี PAL มีความตรงเพียงวิธีเดียว หรือโมเดลมีความตรงพร้อมกันทั้งสองวิธี

2.5 ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (P_{ji}) ที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAIRT และวิธี PAL ในโมเดลที่ 1 (โมเดล 5 ตัวบ่งชี้) มีความสัมพันธ์กันทางลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 2 คู่ และมีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่มีความสัมพันธ์กันทางบวก จำนวน 1 คู่ และไม่สัมพันธ์กัน 2 คู่

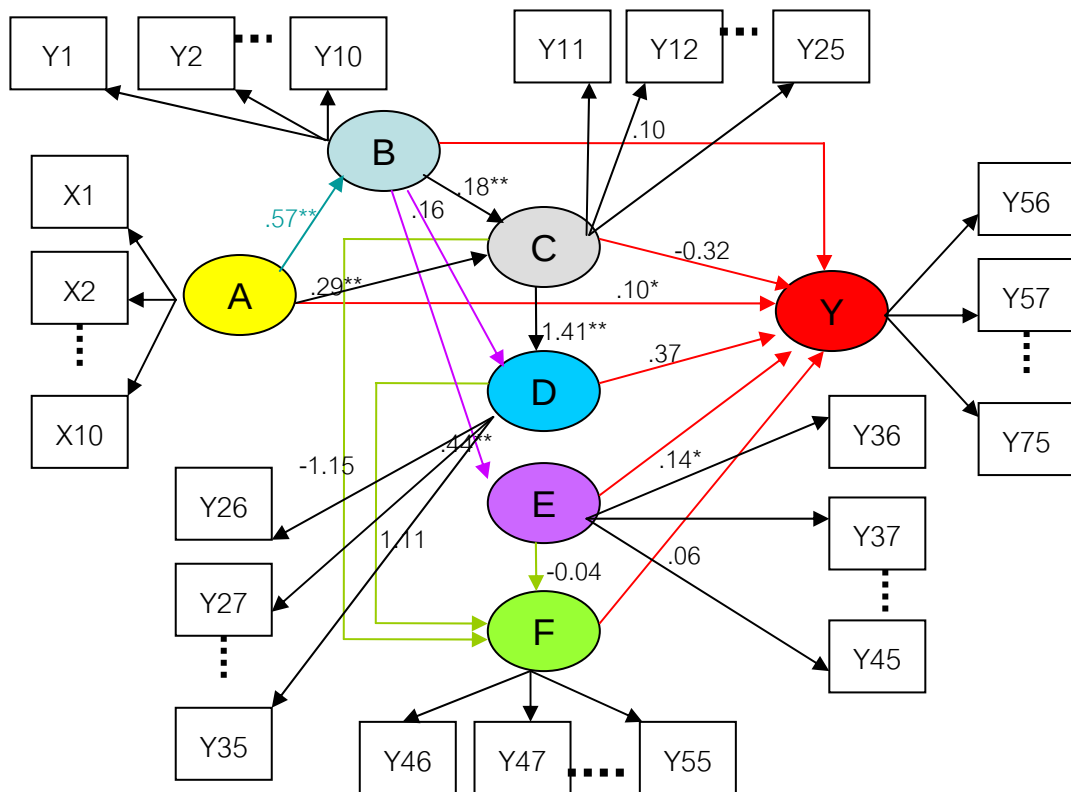
2.6 ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (P_{ji}) ที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAIRT และวิธี PAL ในโมเดลที่ 2 (โมเดล 10 ตัวบ่งชี้) ส่วนใหญ่ไม่สัมพันธ์กัน (4 คู่) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่มีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เพียง 1 คู่

3. การทดลองใช้เทคนิควิธีการวิเคราะห์เส้นทางสำหรับโมเดลตัวแปรแฝงโดยประยุกต์ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (วิธี PAIRT) กับข้อมูลเชิงประจักษ์ ปรากฏว่า

3.1 โมเดลความสัมพันธ์ระหว่างความถนัดทางการเรียนกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนสังกัดเขตพื้นที่การศึกษาพิษณุโลก เขต 2 ปีการศึกษา 2546 ซึ่งวิเคราะห์ด้วยเทคนิค PAL ภายหลังจากปรับโมเดล จำนวน 76 ครั้ง มีค่าไค-สแควร์ เท่ากับ 3,346.94 ที่ df เท่ากับ 3,394 มีนัยสำคัญที่ระดับ .71 และค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้อง (Goodness of Fit Index : GFI) มีค่าเท่ากับ .91 ซึ่งมีค่าใกล้ 1.0 แสดงว่า โมเดลสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์แล้ว จึงไม่จำเป็นต้องปรับโมเดลอีก

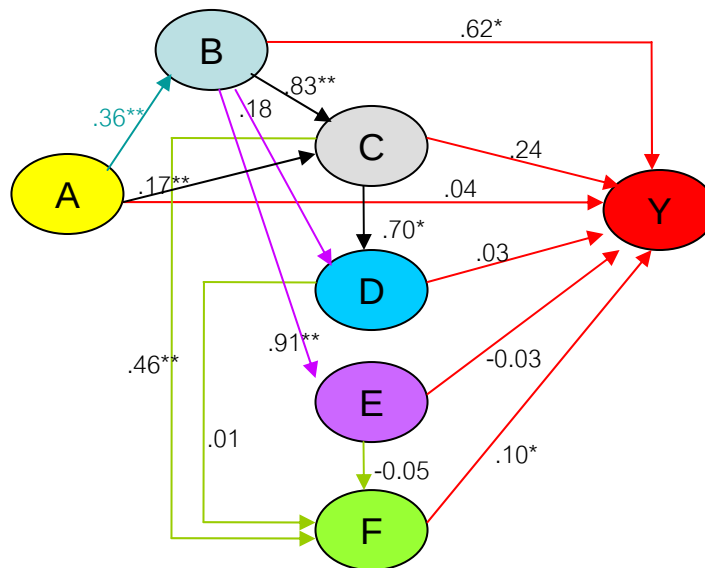
3.2 โมเดลความสัมพันธ์ระหว่างความถนัดทางการเรียนกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์โดยใช้วิธี PAIRT ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ภายหลังจากปรับโมเดล จำนวน 3 ครั้ง มีค่าไค-สแควร์ เท่ากับ 0.47 ที่ df เท่ากับ 3 มีนัยสำคัญที่ระดับ .93 ซึ่งไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้อง (Goodness of Fit Index : GFI) มีค่าเท่ากับ 1.0 แสดงว่า โมเดลสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์แล้ว จึงไม่จำเป็นต้องปรับโมเดลอีก

โมเดลทั้งสองมีลักษณะดังภาพที่ 2 และภาพที่ 3



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

ภาพที่ 2 ผลการวิเคราะห์เส้นทางโดยใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ด้วยเทคนิค PAL รอบที่ 77



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

ภาพที่ 3 ผลการวิเคราะห์เส้นทางโดยใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ด้วยเทคนิค PAIRT รอบที่ 4

การอภิปรายผลการวิจัย

1. จากผลการวิจัยที่ปรากฏว่า ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) สามารถนำมาประยุกต์ร่วมกับการวิเคราะห์เส้นทางสำหรับโมเดลตัวแปรแฝงได้ กล่าวคือ นำทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบมาใช้ในโมเดลการวัด (Measurement Model) เพื่อประมาณค่าความสามารถที่แท้จริง (True Ability Score : θ) ของกลุ่มตัวอย่างเป็นรายบุคคล จากนั้นจึงใช้ค่าความสามารถที่แท้จริง (θ) ของกลุ่มตัวอย่างเป็นรายบุคคลวิเคราะห์เพื่อประมาณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางในโมเดลสมการโครงสร้าง ทำให้ได้เทคนิควิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบใหม่ มีชื่อเรียกว่า “เทคนิควิธีการวิเคราะห์เส้นทางสำหรับโมเดลตัวแปรแฝงแบบ PAIRT” ประกอบด้วยโมเดล 2 ส่วน ได้แก่ โมเดลการวัดแบบ IRT (IRT Measurement Model) ซึ่งประยุกต์ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบประมาณค่าความสามารถที่แท้จริงของกลุ่มตัวอย่างเป็นรายบุคคล โดยใช้ฟังก์ชันการตอบสนองข้อสอบศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบแต่ละข้อได้ถูก $[P_i(\theta)]$ กับระดับความสามารถของผู้สอบ (θ) ที่วัดโดยแบบทดสอบฉบับนั้น แล้วนำมาเขียนเป็นกราฟเรียกว่า “โค้งลักษณะข้อสอบ (Item Characteristic Curve; ICC)” โค้งลักษณะข้อสอบมีหลายลักษณะ ขึ้นอยู่กับโมเดลที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ดังกล่าว ซึ่งโมเดลที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ โมเดลแบบ 3 พารามิเตอร์ จากนั้นจึงใช้โค้งลักษณะข้อสอบประมาณค่าความสามารถที่แท้จริง (θ) ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ของผู้สอบ และประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ได้แก่ ค่าความยาก (b) ค่าอำนาจจำแนก (a) และค่าการเดา (c) แล้วนำค่าความสามารถที่แท้จริง (θ) ไปใช้วิเคราะห์ประมาณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และโมเดลสมการโครงสร้าง

(Structural Equation Model) ใช้ประมาณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางด้วยวิธีประมาณค่าแบบโลคัลไลซ์สูงสุด (ML) และมีการตรวจสอบความตรงของโมเดลความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างแบบเส้นระหว่างตัวแปรตามทฤษฎีว่า มีความสอดคล้องกับข้อมูลเพียงใดได้หลายวิธี เช่น ไค-สแควร์, GFI และ RMR เป็นต้น

2. จากผลการทดลองใช้เทคนิควิธีการวิเคราะห์เส้นทางสำหรับโมเดลตัวแปรแฝงโดยประยุกต์ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (วิธี PAIRT) เปรียบเทียบกับการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAL โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ ปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (P_{ji}) ที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAIRT มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (P_{ji}) ที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAL อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 4 ค่า (ทั้งในโมเดลที่ 1 และ 2) และที่เหลืออีก 1 ค่า ไม่แตกต่างกัน แต่ค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (P_{ji}) ที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAIRT มีแนวโน้มว่าจะมีค่าน้อยกว่าหากมีการทดลองซ้ำเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยังพบว่า ค่าเฉลี่ยของค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (p - value) จากการทดสอบความตรงของโมเดลด้วยวิธีไค-สแควร์ ที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAL มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAIRT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ประกอบกับผลการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลที่ชี้ให้เห็นว่า วิธี PAIRT ให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้โมเดลที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าวิธี PAL นอกจากนั้นผลการทดลองยังพบอีกว่า จำนวนครั้งในการคำนวณวนซ้ำ จากการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลด้วยวิธีโลคัลไลซ์สูงสุดที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAIRT มีค่าน้อยกว่าวิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAL อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งในโมเดลที่ 1 และ โมเดลที่ 2 แสดงให้เห็นว่า เทคนิควิธีการวิเคราะห์เส้นทางสำหรับโมเดลตัวแปรแฝงแบบ PAIRT ให้ผลการวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพเหนือกว่าวิธีการวิเคราะห์เส้นทางสำหรับโมเดลตัวแปรแฝงแบบ PAL ทั้งนี้เพราะ วิธี PAIRT ให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (P_{ji}) ต่ำกว่า และให้โมเดลที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่า ประกอบกับ ผลการทดลองใช้เทคนิควิธี PAIRT กับข้อมูลเชิงประจักษ์ เปรียบเทียบกับวิธี PAL ปรากฏว่า วิธี PAIRT ให้โมเดลที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ได้ง่ายกว่าวิธี PAL ทั้งนี้จะเกิดจาก โมเดลการวัดแบบ IRT ที่ผู้วิจัยนำมาประยุกต์ใช้แทนโมเดลการวัดแบบการวิเคราะห์องค์ประกอบน่าจะให้ค่าตัวแปรแฝง (ค่าความสามารถที่แท้จริง) ที่มีความถูกต้อง แม่นยำ และมีความคงเส้นคงวามากกว่าค่าตัวแปรแฝงแบบเดิม (ค่า Factor Score) ซึ่งพิสูจน์ได้จากค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (P_{ji}) ที่ต่ำกว่า สอดคล้องกับผลวิจัยที่ชี้ให้เห็นว่า วิธี PAIRT ให้โมเดลที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ได้ดีกว่าวิธี PAL ทั้งนี้เพราะ โมเดลการวัดแบบ IRT เมื่อนำมาใช้วิเคราะห์กับตัวแปรสังเกตได้แบบ 0-1 (ถูกได้ 1 และผิดได้ 0) ย่อมมีความสอดคล้องเหมาะสมกว่าโมเดลการวัดแบบการวิเคราะห์องค์ประกอบ (แบบเดิม) และโมเดลการวัดแบบ IRT ใช้ฟังก์ชันโลจิสติกในการประมาณค่าตัวแปรแฝง(θ) ในขณะที่โมเดลการวัดแบบการวิเคราะห์องค์ประกอบใช้ฟังก์ชันเชิงเส้น (Linear) ในการประมาณค่าตัวแปรแฝง

(ตัวประกอบร่วม) ซึ่งอาจไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นต่อกัน กล่าวคือ กระบวนการทดสอบความสอดคล้องของโมเดลของเทคนิควิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAL จะทำการตรวจสอบพารามิเตอร์ทุกตัวในโมเดลเต็มรูป ดังนั้น หากในโมเดลการวัดมีตัวแปรสังเกตได้เป็นจำนวนมาก และตัวแปรสังเกตได้เหล่านั้นไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับตัวแปรแฝง ก็จะทำให้โมเดลทั้งโมเดลไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ทันที แม้ว่าเฉพาะโมเดลสมการโครงสร้าง (โมเดลแสดงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ) อาจมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งแตกต่างจากเทคนิควิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAIRT ที่แยกการทดสอบความสอดคล้องของโมเดลการวัดและโมเดลสมการโครงสร้างออกจากกัน ดังนั้น หากผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่า โมเดลการวัดไม่สอดคล้อง (fit) แล้ว แสดงว่า เครื่องมือการวัดอาจมีปัญหา จึงไม่ควรนำมาวิเคราะห์ในโมเดลสมการโครงสร้างต่อไป จะได้ไม่ทำให้ผลการวิเคราะห์ในโมเดลสมการโครงสร้างคลาดเคลื่อนไปจากความจริง

อย่างไรก็ตาม ผลการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (P_{ji}) ที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAIRT และวิธี PAL ทั้งในโมเดลที่ 1 และ 2 ส่วนใหญ่ไม่สัมพันธ์กัน ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานการวิจัยที่กล่าวว่า “วิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAL และวิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAIRT จะให้ผลการประมาณค่า P_{ji} ที่ไม่สัมพันธ์กัน” ทั้งนี้เพราะเมื่อพิจารณาประกอบกับผลการวิจัยที่กล่าวมาแล้วข้างต้นที่พบว่า ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี PAIRT มีความถูกต้องมากกว่า ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (P_{ji}) ที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAIRT และวิธี PAL ก็ย่อมจะไม่สัมพันธ์กัน

ข้อเสนอแนะ

การนำผลการวิจัยไปใช้

จากผลการวิจัยที่ชี้ให้เห็นว่า เทคนิควิธีการวิเคราะห์เส้นทางสำหรับโมเดลตัวแปรแฝงแบบ PAIRT ให้ผลการวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพเหนือกว่าวิธีการวิเคราะห์เส้นทางสำหรับโมเดลตัวแปรแฝงวิธีอื่น ๆ ดังนั้น จึงควรนำเทคนิควิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบใหม่นี้ไปเผยแพร่ให้แก่นักวิจัยที่ต้องการศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรเชิงคุณลักษณะที่เป็นความสามารถของบุคคลและต้องการให้ข้อมูลของตัวแปรปราศจากความคลาดเคลื่อนก็จะทำให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้อง มีประสิทธิภาพสูงในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ส่งผลต่อตัวแปรตามในโมเดลการวิจัย ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการอธิบายรูปแบบความสัมพันธ์ของตัวแปรในปรากฏการณ์ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำยิ่งขึ้น

การวิจัยต่อไป

1. ควรมีการนำเทคนิควิธีการวิเคราะห์เส้นทางสำหรับโมเดลตัวแปรแฝงแบบ PAIRT ไปประยุกต์ในการวิเคราะห์โมเดลของตัวแปรแฝงพหุระดับ

2. ควรมีการนำเทคนิควิธีการวิเคราะห์เส้นทางสำหรับโมเดลตัวแปรแฝงแบบ PAIRT ไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์โมเดลของตัวแปรที่วัดค่าได้มากกว่า 2 ค่า

เอกสารอ้างอิง

- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2545). *ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Bollen, K. A. (1989). *Structural equations with latent variables*. New York: John Wiley & Sons.
- Hambleton, R.K., & Swaminathan, H. (1985). *Item response theory: Principles and applications*. (2 nd. ed.). Boston: Kluwer Nijhoff Publishing.
- Joreskog, K.G., & Sorbom, D. (1989). *LISREL 7: User's Reference Guide*. Chicago, Il: Scientific Software International.
- Long, J.S. (1983). *Confirmatory factor analysis*. Beverly Hills: Sage Publications, Inc..