

AN ANALYSIS OF EFFICIENCY OF THE LISREL MODELS OF THE VARIABLES CORRELATED WITH LONGITUDINAL CHANGE IN MATHEMATICS ACHIEVEMENT *

Phongsri Noyprecha

ABSTRACT

The purposes of this research were to compare the efficiency of the LISREL models correlated with longitudinal change in mathematics achievement and to construct the indicators of mathematics achievement growth score. The sample consisted of 800 Mathayom Suksa three students in schools under the jurisdiction of the Department of General Education in Chachoengsao Province. The research tools were Mathematics Achievement Test, Mathematics Self-Regulated Learning Test, Mathematics Self-Efficacy Test and Mathematics Attitude Test. The Longitudinal data were collected by repeated measures four times. The data were then analyzed by descriptive statistical analyses through SPSS 10.0 for Windows and linear structural equation model through LISREL 8.50.

The results indicated that the LISREL measurement model of change using longitudinal factor analysis with two indicators was the most efficient while the LISREL measurement model of change based on the basic longitudinal factor analysis and the LISREL measurement model of change using longitudinal factor analysis with single indicator were found of being lesser efficient respectively; the measurement model of change using longitudinal factor analysis with two indicators was the most efficient while the measurement model of change using longitudinal factor analysis with single indicator and the measurement model of change based on the basic longitudinal factor analysis were found of being lesser efficient respectively. The indicator of mathematics achievement growth score was found of being .69 which was significant at .05 level.

* Master's thesis of Department of Educational Research and Measurement, Burapha University under the advice of Asist. Prof. Seree Chadcham, Ph.D. and Assoc. Prof. Ampon Dhamacharoen, Ph.D.

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพโมเดลอิสระตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลง ระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ *

ผ่องศรี น้อยปรีชา

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลอิสระตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และสร้างตัวบ่งชี้คะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดละเชิงเทรา จำนวน 800 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ แบบวัดการกำกับตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์ แบบวัดการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์ และแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ข้อมูลสำหรับการวิจัยเป็นแบบวัดซ้ำ 4 ครั้ง การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานใช้โปรแกรม SPSS 10.0 for WINDOWS และการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างเชิงเส้น ใช้โปรแกรม LISREL 8.50

ผลการวิจัยพบว่า โมเดลอิสระที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ 2 ตัว มีประสิทธิภาพสูงสุด รองลงมาคือ โมเดลอิสระที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบระยะยาว และโมเดลอิสระที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว ตามลำดับ สำหรับโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ 2 ตัว มีประสิทธิภาพสูงสุด รองลงมาคือ โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว และโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบระยะยาว ตามลำดับ ตัวบ่งชี้คะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มีค่าเท่ากับ .69 ซึ่งมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

* อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสรี ชัดแจ้ง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ ดร.อำพล ธรรมเจริญ วิทยาลัยนพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีวิทยาการศึกษ มหาวิทยาลัยบูรพา ปีการศึกษา 2545

ความนำ

การวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้หรือพัฒนาการเป็นกระบวนการวัดความแตกต่างระหว่างพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นก่อนการเรียนรู้กับพฤติกรรมหลังการเรียนรู้ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนการสอนที่เกิดขึ้นว่าส่งผลให้ผู้เรียนมีการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้มากน้อยเพียงใด นอกจากจะประเมินว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร จุดมุ่งหมายที่สำคัญในการวัดการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ 1) เพื่อวัดและวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลง 2) เพื่อศึกษาโมเดล ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตามในการวัดครั้งที่หนึ่งกับการวัดครั้งที่สองว่าแตกต่างกันหรือไม่ 3) เพื่อศึกษาขนาดของสัมประสิทธิ์การถดถอยระหว่างการวัดแต่ละครั้งว่าแปรเปลี่ยนหรือคงที่ 4) เพื่อศึกษาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงว่ามีการแปรเปลี่ยนหรือคงที่ และ 5) เพื่อตรวจสอบว่าปัจจัยที่ส่งเสริมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ในตัวผู้เรียนมีอะไรบ้าง

ในระยะแรกเรียกการวัดพัฒนาการว่า คะแนนความเปลี่ยนแปลง (change score) หรือ คะแนนเพิ่ม (gain score) การวัดคะแนนความเปลี่ยนแปลงมีการเก็บข้อมูลเพียงสองครั้งและถูกวิจารณ์ว่าเป็นวิธีการที่มีจุดอ่อนและเข้าใจคลาดเคลื่อนหลายประเด็น เช่น เข้าใจว่าการถดถอยเข้าหาค่าเฉลี่ยเป็นปัญหาที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ คะแนนเพิ่มขาดความเที่ยง เข้าใจว่าการวัดคะแนนเพิ่มตามหลักการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการวัดความเปลี่ยนแปลง การวัดซ้ำสองครั้งเพียงพอที่จะวัดการเปลี่ยนแปลง คะแนนเพิ่มกับคะแนนการวัดครั้งแรกมีความสัมพันธ์ทางลบ เป็นต้น

จากการวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาวพบว่า มี 3 ลักษณะคือ ลักษณะแรก การวัดการเปลี่ยนแปลงด้วยโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว เช่น โมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว (baseline longitudinal factor analysis model) โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว (longitudinal factor analysis with single indicator model) ของ ทิสัก และเมเรดิท (Tisak & Meredith, 1990) โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว (longitudinal factor analysis with several indicator model) ของ เรคอฟ (Raykov, 1994b) การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมในการศึกษาพัฒนาการและเปรียบเทียบโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 3 โมเดล ในการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของ วิลเลท และ เซเยอร์ (Willett & Sayer, 1994) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดลอิสระ 3 แบบ ของ ประสิทธิ์ ไชยกาล (2539) เป็นต้น ลักษณะที่สอง การวัดการเปลี่ยนแปลงโดยโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง เช่น การศึกษาพัฒนาการทางกายและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของ อธิวิพงษ์ ตั้งสกุลเรืองไฉ (2541) การศึกษาการขาดหายของข้อมูล ช่วงเวลาการวัดและจำนวนครั้งที่วัด ของ มนต์ทิศา ไชยแก้ว (2542) การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษ

ของ อัญชลี สิทธิกุลธร (2543) เป็นต้น และลักษณะที่สาม การวัดการเปลี่ยนแปลงโดยโมเดลเชิงเส้นระดับคลัสเตอร์ เช่น การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษ ของ วีระศักดิ์ คำล้าน (2540) การวิเคราะห์การเรียนรู้สิ่งแวดล้อมของสุภารัตน์ เรืองจันทิก (2542) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง โมเดลพหุระดับและโมเดลกึ่งซิมเพลกซ์ ในการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวชนิดตัวแปรเดียวและตัวแปรพหุของ สมถวิล วิจิตรวรรณ (2543) เป็นต้น

ปัจจุบันมีการพัฒนาวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ที่ได้จากการเก็บข้อมูลมากกว่าสองครั้งเรียกว่าโมเดลการวัดในรูปสมการโครงสร้างเชิงเส้นซึ่งเป็นวิธีวิทยาการวิเคราะห์ข้อมูลล่าสุดที่ได้รับการพัฒนาขึ้น เพื่อแก้ไขข้อจำกัดในเรื่องจุดอ่อนและความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่กล่าวมาแล้วผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โดยใช้โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวและโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงทั้งชนิดตัวแปรเดียวและตัวแปรพหุ โดยการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างเชิงเส้นและวัดพัฒนาการการเรียนรู้โดยการวัดซ้ำจำนวนสี่ครั้ง ตามแนวคิดของ ทิสัก และเมเรดิธ (Tisak & Meredith, 1990, p.107) เรคอฟ (Raykov, 1994a, p 63) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลลิสมร และพัฒนาตัวบ่งชี้คะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เพื่อจะได้ข้อค้นพบที่เป็นประโยชน์ ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลลิสมรที่ศึกษาตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และพัฒนาตัวบ่งชี้คะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ให้มีความถูกต้อง อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการเรียนการสอน การวัดผลและประเมินผลการศึกษา รวมทั้งการกำหนดนโยบายด้านการศึกษาต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลลิสมรที่ศึกษาตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย

1.1 โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลง 3 โมเดล คือ โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว (โมเดลการวัดที่ 1) โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว (โมเดลการวัดที่ 2) โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ 2 ตัว (โมเดลการวัดที่ 3)

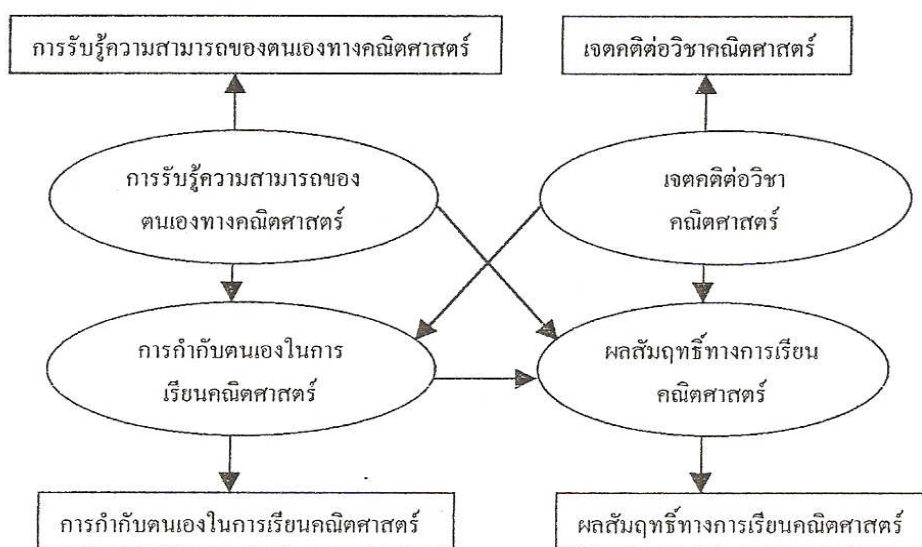
1.2 โมเดลลิสมร 3 โมเดล คือ โมเดลลิสมรที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดล

พื้นฐานการวิเคราะห์ห้องคํประกอบระยะยาว (โมเดลลิสรตที่ 1) โมเดลลิสรตที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์ห้องคํประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว (โมเดลลิสรตที่ 2) และโมเดลลิสรตที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์ห้องคํประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ 2 ตัว (โมเดลลิสรตที่ 3)

2. เพื่อสร้างตัวบ่งชี้คะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยนํามากําหนดกรอบแนวคิดในการวิจัยได้ ดังแผนภาพ 1



แผนภาพ 1 โมเดลกรอบแนวคิดตัวแปรที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

สมมติฐานการวิจัย

1. ประสิทธิภาพของโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงที่ได้จาก โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์ห้องคํประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ 2 ตัว (โมเดลการวัดที่ 3) มีประสิทธิภาพสูงสุด รองลงไปที่โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์ห้องคํประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว (โมเดลการวัดที่ 2) และโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์ห้องคํประกอบระยะยาว (โมเดลการวัดที่ 1) ตามลำดับ

2. ประสิทธิภาพของโมเดลลิสรต ที่ได้จากโมเดลลิสรตที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์ห้องคํประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ 2 ตัว (โมเดลลิสรตที่ 3) มีประสิทธิภาพสูงสุด รองลงไปที่ โมเดลลิสรตที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์

องค์ประกอบระยะยาว (โมเดลลิสเรลที่ 1) และโมเดลลิสเรลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว (โมเดลลิสเรลที่ 2) ตามลำดับ

3. ตัวบ่งชี้คะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ น่าจะมาจากโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ 2 ตัว (โมเดลการวัดที่ 3) โดยการวิเคราะห์จากตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลง 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และตัวแปรการกำกับตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดครั้งที่ 1, 2, 3, 4

ดัชนีบ่งชี้ประสิทธิภาพของโมเดล

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และเปรียบเทียบประสิทธิภาพ โมเดลลิสเรลที่ศึกษาตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาประสิทธิภาพของโมเดลในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งได้ 5 ประเภท ดังนี้

1. ดัชนีตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลง และโมเดลลิสเรล ถ้าโมเดลสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ค่าไค-สแควร์จะมีค่าต่ำและไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และใช้ดัชนีตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลอื่น ๆ ได้แก่ ค่า *GFI*, *AGFI*, *RMR* และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานสูงสุด

2. ดัชนีที่ระบุอัตราการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งหมดของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรแฝงองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์กับองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงที่วัดในช่วงเวลาต่างกัน สำหรับโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลง ถ้าค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าโมเดลมีประสิทธิภาพ

3. ดัชนีตรวจสอบความคงที่ของแบบแผนองค์ประกอบ ถ้าองค์ประกอบมีความคงที่แสดงว่าองค์ประกอบร่วมมีค่าคงที่ตลอดช่วงเวลาวัด ถ้าองค์ประกอบไม่มีความคงที่ แสดงว่า มีความเปลี่ยนแปลงหรือมีพัฒนาการระหว่างช่วงเวลาวัด ในการวิจัยครั้งนี้ คือ การเปรียบเทียบว่าโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงจะอธิบายความคงที่ของค่าพารามิเตอร์น้ำหนักองค์ประกอบแตกต่างกันหรือไม่ ค่าดัชนีตรวจสอบความคงที่ของแบบแผนองค์ประกอบ ได้แก่ ผลต่างของค่าไค-สแควร์ ที่ได้จากค่าไค-สแควร์ของโมเดลที่มีเงื่อนไขการกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์เท่ากันกับค่าไค-สแควร์ของโมเดลที่ไม่มีเงื่อนไขการกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์เท่ากัน ถ้าผลต่างของค่าไค-สแควร์ มีค่าต่ำและไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า โมเดลการวัดมีความคงที่ของคะแนนองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นจึงมีจุดมุ่งหมายที่จะปฏิเสธสมมติฐานที่ว่า ค่าพารามิเตอร์น้ำหนักองค์ประกอบที่วัดในช่วงเวลาที่แตกต่างกันมีค่าเท่ากัน

4. ดัชนีตรวจสอบความไม่แปรเปลี่ยนของรูปแบบโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงและโมเดลลิสเรล เป็นการตรวจสอบว่าโมเดลที่สร้างขึ้นตามกรอบแนวคิดสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของแต่ละกลุ่มตัวอย่างหรือไม่ ในการวิจัยครั้งนี้ใช้การวิเคราะห์กลุ่มพหุ (multiple group analysis) โดยในการวิเคราะห์ให้มีการกำหนดเงื่อนไขให้โมเดลที่สร้างขึ้นมีลักษณะเป็นแบบเดียวกันทุกกลุ่มตัวอย่าง ถ้าผลการวิเคราะห์ให้ค่า ไค-สแควร์ มีค่าต่ำและไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าโมเดลที่สร้างขึ้นตามกรอบแนวคิดสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ทุกกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเรียกว่า โมเดลไม่แปรเปลี่ยนหรือมีความยืนยงระหว่างกลุ่ม (invariance across groups) นั่นคือโมเดลมีประสิทธิภาพ

5. ดัชนีตรวจสอบความไม่แปรเปลี่ยนของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ การเปลี่ยนแปลงที่วัดในช่วงเวลาต่างกักับตัวแปรภายนอกแฝงที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบ การเปลี่ยนแปลงวัดได้จากผลต่างของค่าไค-สแควร์ที่ได้จากโมเดลลิสเรลที่มีการกำหนดเงื่อนไขให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง ตัวแปรภายนอกแฝงกับองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงมีค่าเท่ากัน กับค่าไค-สแควร์ของโมเดลลิสเรลที่ไม่มีการกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์เท่ากัน ถ้าผลต่างของค่าไค-สแควร์ มีค่าต่ำและไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า ตัวแปรภายนอกแฝงทำให้ องค์ประกอบ การเปลี่ยนแปลงไม่แปรเปลี่ยน ถ้าผลต่างของค่าไค-สแควร์ มีค่าสูงและมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า ตัวแปรภายนอกแฝงทำให้ องค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงมีความแปรเปลี่ยน

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดฉะเชิงเทรา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2544 จำนวน 5,436 คน จากโรงเรียน 32 โรง

ผู้วิจัยใช้กลุ่มตัวอย่างขนาด 800 คน สุ่มตัวอย่างโรงเรียนโดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่ายได้ 7 โรงเรียน และสุ่มนักเรียนตามสัดส่วนของแต่ละโรงเรียน จำแนกกลุ่มตัวอย่างโดยใช้คะแนนจากการวัดตัวแปรการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์เป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 400 คน โดยที่กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มสามารถเทียบเคียงกันได้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 4 ฉบับ ดังนี้

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ค 012) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีค่าความเที่ยง (reliability) เท่ากับ .814 ค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง .24 - .78 และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบอยู่ในช่วง .24 - .56

2. แบบวัดการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย แบบวัดย่อย

2 ฉบับ ได้แก่

2.1 แบบวัดการรับรู้ความสามารถของตนเองในวิชาคณิตศาสตร์ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .951

2.2 แบบวัดการรับรู้ความสามารถเฉพาะของตนเองทางคณิตศาสตร์ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .864

3. แบบวัดการกำกับตนเองในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .927

4. แบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .928

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ครั้งที่ 1 สัปดาห์ที่ 3 ของเดือนธันวาคม 2544 วัดตัวแปรการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์ ตัวแปรการกำกับตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์ และตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

2. ครั้งที่ 2 สัปดาห์ที่ 2 ของเดือนมกราคม 2545 วัดตัวแปรการกำกับตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์ และตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

3. ครั้งที่ 3 สัปดาห์ที่ 1 ของเดือนกุมภาพันธ์ 2545 วัดตัวแปรเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ตัวแปรการกำกับตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์ และตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

4. ครั้งที่ 4 สัปดาห์ที่ 4 ของเดือนกุมภาพันธ์ 2545 วัดตัวแปรการกำกับตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์ และตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 9 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน เพื่อตรวจสอบลักษณะของข้อมูล โดยแยกวิเคราะห์ตามกลุ่มนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม ประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย พิสัย ค่าต่ำสุด ความโด่ง ความเบ้ และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดครั้งที่ 1, 2, 3, 4 ตัวแปรการกำกับตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดครั้งที่ 1, 2, 3, 4 ตัวแปรการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์ที่วัด 1 ครั้ง และตัวแปรเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ที่วัด 1 ครั้ง

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความสอดคล้องของโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ความสอดคล้องของโมเดลอิสระกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์โมเดลการวิเคราะห์ห้อยคล้องประกอบระยะยาวที่มีความคงที่

ตอนที่ 5 การวิเคราะห์เพื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของรูปแบบโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มตัวอย่างต่างกลุ่ม ด้วยวิธีการวิเคราะห์กลุ่มพหุ (multiple group analysis)

ตอนที่ 6 การวิเคราะห์เพื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงสำหรับโมเดลลิสเรล

ตอนที่ 7 การวิเคราะห์เพื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของรูปแบบโมเดลลิสเรลระหว่างกลุ่มตัวอย่างต่างกลุ่ม ด้วยวิธีการวิเคราะห์กลุ่มพหุ

ตอนที่ 8 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพโมเดลลิสเรลที่ศึกษาตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ตอนที่ 9 การวิเคราะห์เพื่อสร้างตัวบ่งชี้คะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ผลการวิจัย

1. ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ 10 ตัว ของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 และกลุ่มตัวอย่างที่ 2 โดยใช้สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน แสดงไว้ในตาราง 1 เมื่อพิจารณา ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของกลุ่มตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม จำนวน 45 คู่ พบว่า มีค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) จำนวน 45 คู่ สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ 1 และ 37 คู่ สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 มีค่าตั้งแต่ .110 ถึง .667 และในกลุ่มตัวอย่างที่ 2 มีค่าตั้งแต่ .015 ถึง .620 เมื่อพิจารณาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรโดยภาพรวม พบว่า ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มสามารถเทียบเคียงกัน ได้ตัวแปรส่วนใหญ่มีการกระจายของข้อมูลน้อย

ตาราง 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของตัวแปร
ที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

กลุ่มตัวอย่างที่ 2 (n = 400)										
$\bar{X}$	8.90	8.62	8.79	9.51	114.72	118.09	120.15	124.48	9.09	111.56
SD	3.27	2.88	3.18	3.50	19.51	20.90	19.04	18.01	3.53	13.99
ตัวแปร	ACH1	ACH2	ACH3	ACH4	RGU1	RGU2	RGU3	RGU4	SEF	ATT
ACH1	-	.349**	.311**	.361**	.127*	.105*	.158**	.089	.103*	.113*
ACH2	.334**	-	.411**	.355**	.132**	.072	.131**	.129**	.186**	.117*
ACH3	.307**	.319**	-	.440**	.027	.018	.015	.074	.084	.112*
ACH4	.338**	.315**	.388**	-	.074	.107*	.140**	.161**	.175**	.138**
RGU1	.126*	.192**	.181**	.150**	-	.555**	.462**	.430**	.431**	.374**
RGU2	.171**	.196**	.169**	.141**	.483**	-	.542**	.540**	.325**	.377**
RGU3	.161**	.247**	.182**	.154**	.508**	.602**	-	.620**	.366**	.348**
RGU4	.146**	.229**	.200**	.195**	.415**	.559**	.667**	-	.349**	.252**
SEF	.242**	.317**	.220**	.207**	.431**	.293	.356**	.357**	-	.342**
ATT	.115*	.149**	.124*	.110*	.311**	.460**	.377	.407**	.250**	-
$\bar{X}$	8.93	8.87	8.56	9.82	112.33	115.26	119.30	123.02	9.08	110.53
SD	2.92	3.03	3.10	3.31	20.25	20.60	20.37	19.38	3.80	13.75
กลุ่มตัวอย่างที่ 1 (n = 400)										
* $p < .05$ ** $p < .01$										

หมายเหตุ ตัวเลขใต้แนวทแยง คือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร
ของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 และตัวเลขทึบเหนือแนวทแยง คือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
ระหว่างตัวแปรของกลุ่มตัวอย่างที่ 2

3. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ได้แก่ โมเดลการวัดที่ 1, โมเดลการวัดที่ 2 และโมเดลการวัดที่ 3 พบว่า โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงที่มีประสิทธิภาพสูงสุด คือ โมเดลการวัดที่ 3 เพราะโมเดลนี้เป็นโมเดลไค้่ง พิจารณาการวัดองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงด้วยตัวบ่งชี้ 2 ตัว คือตัวบ่งชี้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และตัวบ่งชี้ การกำกับตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์ โมเดลสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีมาก ($\chi^2 = 1.92, p = .17, df = 1$) โมเดลนี้สามารถอธิบายอัตราการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

ทั้งหมดของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (คะแนนพัฒนาการ) ในภาพรวมได้ คะแนนพัฒนาการมีนัยสำคัญทางสถิติ และเป็นโมเดลที่สามารถทดสอบได้ว่าองค์ประกอบร่วมของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลงหรือมีพัฒนาการ รวมทั้งเป็นโมเดลที่ไม่แปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่มตัวอย่าง โมเดลที่มีประสิทธิภาพรองลงไปได้แก่ โมเดลการวัดที่ 2 โมเดลนี้เป็นโมเดลโค้งพัฒนาการที่วัดองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงของ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว คือตัวบ่งชี้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โมเดลที่วัดองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียวนี้อาจมีปัญหาในเรื่องโมเดลระบุความเป็นได้ค่าเดียวไม่พอดี (under identified model) และไม่สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลได้ ผู้วิจัยต้องปรับโมเดล โดยกำหนดเงื่อนไขบังคับเพิ่มขึ้นเพื่อให้โมเดลระบุได้พอดี (วิเคราะห์ข้อมูลได้) โดยกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนในการวัดเป็นพารามิเตอร์กำหนดและให้มีค่าเท่ากับศูนย์ โมเดลจึงมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ การกำหนดเงื่อนไขดังกล่าวไม่สอดคล้องกับทฤษฎีการวัดที่ว่า คะแนนที่วัดได้ประกอบด้วยองค์ประกอบร่วมที่สะท้อนถึงคะแนนจริง และองค์ประกอบเฉพาะคือความคลาดเคลื่อนในการวัด แสดงว่าโมเดล การวัดที่ 2 เป็นโมเดลที่ไม่มีประสิทธิภาพตั้งแต่จุดเริ่มต้น จึงมี ประสิทธิภาพต่ำกว่าโมเดลการวัดที่ 3 แต่โมเดลนี้สามารถแสดงค่าคะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ได้ สำหรับผลการวิเคราะห์ครั้งนี้ได้ค่าที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่สามารถทดสอบได้ว่าองค์ประกอบร่วมของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มีพัฒนาการ และเป็นโมเดลที่ไม่แปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่มตัวอย่างเช่นกัน สำหรับโมเดลการวัดที่ 1 เป็นโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบที่วัดองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ด้วยตัวบ่งชี้ 2 ตัว คือตัวบ่งชี้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และตัวบ่งชี้การกำกับการเรียนคณิตศาสตร์ มีประสิทธิภาพต่ำสุด ทั้งนี้เพราะโมเดลการวัดที่ 1 มีลักษณะเป็นโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบอันดับที่หนึ่ง แตกต่างจากโมเดลการวัดที่ 2 และโมเดลการวัดที่ 3 ซึ่งเป็นโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบอันดับที่สองจึงสามารถวัดคะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์โดยภาพรวมได้ ดังนั้นโมเดลการวัดที่ 1 จึงไม่สามารถวัดคะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ในภาพรวมได้ แต่ก็ยังเป็นโมเดลที่สอดคล้องกับข้อมูล เชิงประจักษ์และยังสามารถทดสอบได้ว่าองค์ประกอบร่วมของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มีพัฒนาการ เป็นโมเดลที่ไม่แปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่มตัวอย่างเช่นกัน รายละเอียดผลการเปรียบเทียบโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์นำเสนอในตาราง 2

ตาราง 2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพโมเดลการวัด 1, 2 และ 3 ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาว
ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ประเด็นการเปรียบเทียบ	Goodness-of-Fit Statistic	โมเดลการวัด 1	โมเดลการวัด 2	โมเดลการวัด 3
1. ผลการวิเคราะห์ตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลการวัดกับข้อมูลเชิงประจักษ์	χ^2	2.48	2.09	1.92
	df	8	11	1
	χ^2 / df	.31	.19	1.92
	p	.96	1.00	.17
	GFI	1.00	1.00	1.00
	$AGFI$	.99	1.00	.96
	RMR	.73	.70	1.29
	Largest Standardized Residual	1.23	.55	1.39
2. ตัวบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งหมดของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์		ไม่มี	.23	13.49**
3. ผลการตรวจสอบความคงที่ของค่าพารามิเตอร์น้ำหนักองค์ประกอบ	χ^2	31.55	25.38	214.36
	df	11	14	3
	χ^2 / df	1.86	1.81	71.45
	p	.00	.03	.00
	GFI	.98	.98	.92
	RMR	21.00	16.43	166.32
	Diff - χ^2	29.07**	23.29**	212.44**
4. ผลการตรวจสอบความไม่แปรเปลี่ยนของรูปแบบโมเดลการวัดระหว่างกลุ่มตัวอย่างต่างกลุ่ม	χ^2	7.06	6.73	4.74
	df	16	20	8
	χ^2 / df	.39	.33	.59
	p	.97	1.00	.79
	GFI	1.00	1.00	1.00
	RMR	.90	1.15	.63

** $p < .01$

3. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพโมเดลอิสระที่ศึกษาตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ได้แก่ โมเดลอิสระที่ 1, โมเดลอิสระที่ 2 และโมเดลอิสระที่ 3 พบว่า โมเดลอิสระที่ 3 มีประสิทธิภาพสูงสุด เพราะโมเดลนี้ศึกษาตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ด้วยตัวบ่งชี้ 2 ตัว คือ ตัวบ่งชี้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และตัวบ่งชี้การกำกับตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์ การวัดองค์ประกอบการด้วยตัวบ่งชี้หลายตัวจะให้สารสนเทศที่คงเส้นคงวา โดยโมเดลนี้สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากที่สุด พิจารณาจาก อัตราส่วน ไค-สแควร์ต่อองศาอิสระ (χ^2/df) มีค่าต่ำที่สุด ผลการตรวจสอบตัวแปรภายนอกแฝงการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์ และตัวแปรภายนอกแฝงเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ทำให้องค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มีการแปรเปลี่ยน และโมเดลอิสระที่สร้างขึ้นตามกรอบแนวคิดสอดคล้องกับ ข้อมูลเชิงประจักษ์ทุกกลุ่มตัวอย่าง แสดงว่าโมเดลมีลักษณะเป็นแบบเดียวกัน คือ โมเดลไม่แปรเปลี่ยนหรือมีความยืดหยุ่นระหว่างกลุ่ม จึงเป็นหลักฐานยืนยันว่า โมเดลอิสระที่ 3 มีประสิทธิภาพสูงสุด โมเดลอิสระที่มีประสิทธิภาพรองลงไป ได้แก่ โมเดลอิสระที่ 1 โมเดลนี้ศึกษาตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์โดยวัดองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ด้วยตัวบ่งชี้ 2 ตัว คือ ตัวบ่งชี้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และตัวบ่งชี้การกำกับตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์ ที่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าโมเดลอิสระที่ 3 เพราะโมเดลนี้สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์น้อยกว่าโมเดลอิสระที่ 3 พิจารณาจากอัตราส่วน ไค-สแควร์ต่อองศาอิสระมีค่ามากกว่าโมเดลอิสระที่ 3 แต่ก็เป็นโมเดลที่สามารถทดสอบได้ว่าตัวแปรภายนอกแฝงการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์ และ ตัวแปรภายนอกแฝงเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ทำให้องค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มีการแปรเปลี่ยน และโมเดลอิสระที่สร้างขึ้นตามกรอบแนวคิดมีลักษณะเป็นแบบเดียวกัน คือ โมเดลไม่แปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่มตัวอย่าง และโมเดลอิสระที่ 2 มีประสิทธิภาพต่ำสุด โมเดลนี้ศึกษาตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ทำการวัดองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว คือ ตัวบ่งชี้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ที่มีประสิทธิภาพต่ำสุด เพราะโมเดลนี้ให้สารสนเทศที่ไม่คงเส้นคงวา และโมเดลนี้มีความแปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่ม คือ โมเดลที่สร้างขึ้นตามกรอบแนวคิดไม่เป็นจริงในทุกกลุ่มตัวอย่าง แสดงว่าโมเดลที่วัดองค์ประกอบด้วยตัวบ่งชี้หลายตัวมีโอกาสตรวจสอบทฤษฎีเป็นจริงมากกว่าการวัดองค์ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว แต่โมเดลอิสระที่ 2 นี้สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างน้อยหนึ่งกลุ่ม และสามารถทดสอบได้ว่าตัวแปรภายนอกแฝงการรับรู้

ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์ และตัวแปรภายนอกแฝงเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ทำให้องค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มีการแปรเปลี่ยนเช่นกัน รายละเอียดผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพโมเดลอิสระที่ศึกษาตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์นำเสนอในตาราง 3

ตาราง 3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพโมเดลอิสระ 1, 2 และ 3 ที่ศึกษาตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ประเด็นการเปรียบเทียบ	Goodness-of-Fit Statistic	โมเดลอิสระ 1	โมเดลอิสระ 2	โมเดลอิสระ 3
1. ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของ	χ^2	11.66	4.95	.020
โมเดลอิสระกับข้อมูลเชิงประจักษ์	Df	12	6	4
	χ^2 / df	.971	.825	.005
	p	.47	.55	1.00
	GFI	.99	1.00	1.00
	RMR	.91	1.36	.071
Largest Standardized Residual		2.97	2.14	.14
2. ผลการตรวจสอบความไม่แปรเปลี่ยนของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงในโมเดลอิสระ	χ^2	40.55	1151.73	52.50
	Df	15	8	5
	χ^2 / df	2.70	143.96	10.50
	p	.00	.00	.00
	GFI	.98	.76	.98
	RMR	11.58	53.56	15.86
	Diff - χ^2	28.89**	1146.78**	52.48**
3. ผลการตรวจสอบความไม่แปรเปลี่ยนของรูปแบบโมเดลอิสระระหว่างกลุ่มตัวอย่างต่างกลุ่ม	χ^2	28.74	132.73	11.30
	Df	24	13	7
	χ^2 / df	1.19	10.21	1.61
	p	.23	.00	.13
	GFI	.99	.94	.99
	RMR	10.79	15.37	3.76

** $p < .01$

4. การวิเคราะห์เพื่อสร้างตัวบ่งชี้คะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ จากการเปรียบเทียบโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลง พบว่า โมเดลการวัดที่ 3 เป็นโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ผู้วิจัยได้พัฒนาโมเดลการวัดที่ 3 สำหรับสร้างตัวบ่งชี้คะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่แท้จริง โดยกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์น้ำหนักองค์ประกอบสำหรับตัวบ่งชี้การกำกับตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์จากการวัดทั้ง 4 ช่วงเวลา ให้มีค่าเท่ากัน เพื่อนำไปคำนวณหาคะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่แท้จริง (OVERALL) ได้ผลดังนี้

$$\text{OVERALL} = (.02^{**})(\text{RGU1}) + (.01^{**})(\text{RGU2}) + (.01^{**})(\text{RGU3}) + (.01^{**})(\text{RGU4}) + (.01)(\text{ACH1}) \\ + (.01^{***})(\text{ACH2}) + (.02^{**})(\text{ACH3}) + (.02^{***})(\text{ACH4})$$

ตัวบ่งชี้คะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ พบว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (b) ของตัวแปรทั้งหมด 8 ตัว มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) จำนวน 7 ตัวแปร ยกเว้นตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดครั้งที่ 1 ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และตัวแปรทุกตัวสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีมาก โดยพิจารณาจากค่าไค-สแควร์มีค่าเท่ากับ 4.67 ค่าความน่าจะเป็นมากกว่า .05 ($p = .86$) ที่ df เท่ากับ 9 ค่าดัชนี $GFI = 1.00$ นั่นคือ ตัวแปรสังเกตได้ทุกตัวเป็นตัวแปรสำคัญ ของตัวบ่งชี้คะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ แต่มีลำดับความสำคัญต่างกัน กล่าวคือ ตัวแปรที่มีน้ำหนักความสำคัญมากที่สุดและมีค่าเท่ากัน ได้แก่ ตัวแปรการกำกับตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดครั้งที่ 1 (RGU1) ตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดครั้งที่ 3 และ 4 (ACH3, ACH4) ผลการวิเคราะห์ได้ตัวบ่งชี้คะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์โดยภาพรวมมีค่าเท่ากับ .69 และเป็นค่าที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าสัมประสิทธิ์การทำนาย (R^2) ของตัวแปรการกำกับตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์ (RGU) ที่วัดในช่วงเวลาต่างกัน มีค่าต่ำ แสดงว่าตัวแปรนี้อธิบายความแปรปรวนในโมเดลได้ต่ำ ค่าสัมประสิทธิ์การทำนายของตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ACH) ที่วัดในช่วงเวลาต่างก็มีค่าสูง แสดงว่า ตัวแปรนี้อธิบายความแปรปรวนในโมเดลได้สูง ผลการวิเคราะห์สำหรับสร้างตัวบ่งชี้คะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ นำเสนอในตาราง 4

ตาราง 4 ผลการวิเคราะห์โมเดลคะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

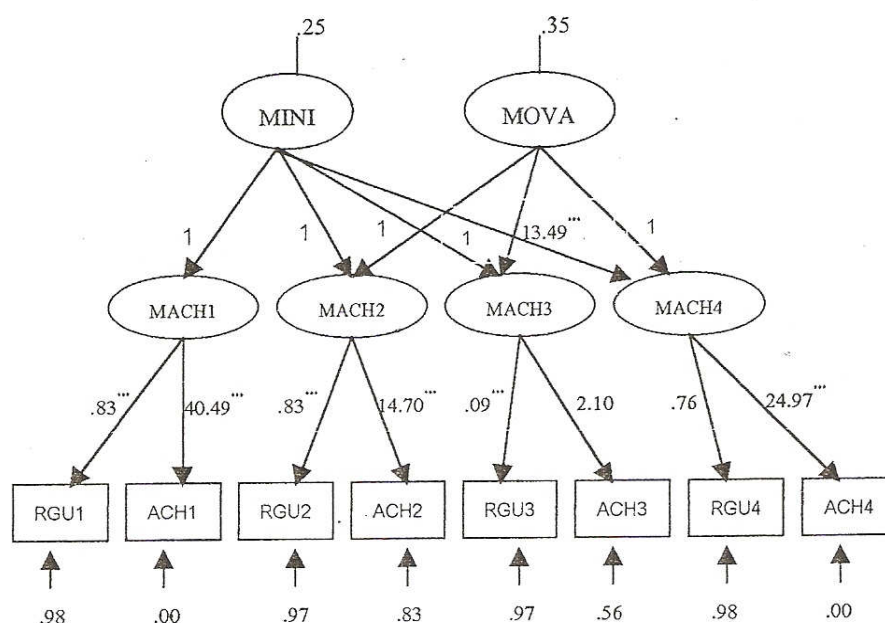
ตัวแปร	<i>b</i> (<i>SE</i>)	<i>FS</i>	<i>R</i> ²
องค์ประกอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ 1 (MACH1)			
RGU1	.85** (.28)	.02	.05
ACH1	17.73 (10.04)	.01	.46
องค์ประกอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ 2 (MACH2)			
RGU2	.85** (.28)	.01	.07
ACH2	15.06*** (3.94)	.01	.50
องค์ประกอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ 3 (MACH3)			
RGU3	.85** (.28)	.01	.06
ACH3	20.00** (7.29)	.02	.73
องค์ประกอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ 4 (MACH4)			
RGU4	.85** (.28)	.01	.06
ACH4	15.77*** (4.16)	.02	.62
ตัวบ่งชี้คะแนนพัฒนาการฯ โดยภาพรวม (OVERALL)	.69* (.33)		1.00
Chi-square	4.67, df = 9, p = .86		
GFI	1.00		
AGFI	.99		
CFI	1.00		
RMR	1.44		
Largest Standardized Residual	1.19		

** p < .01 *** p < .001

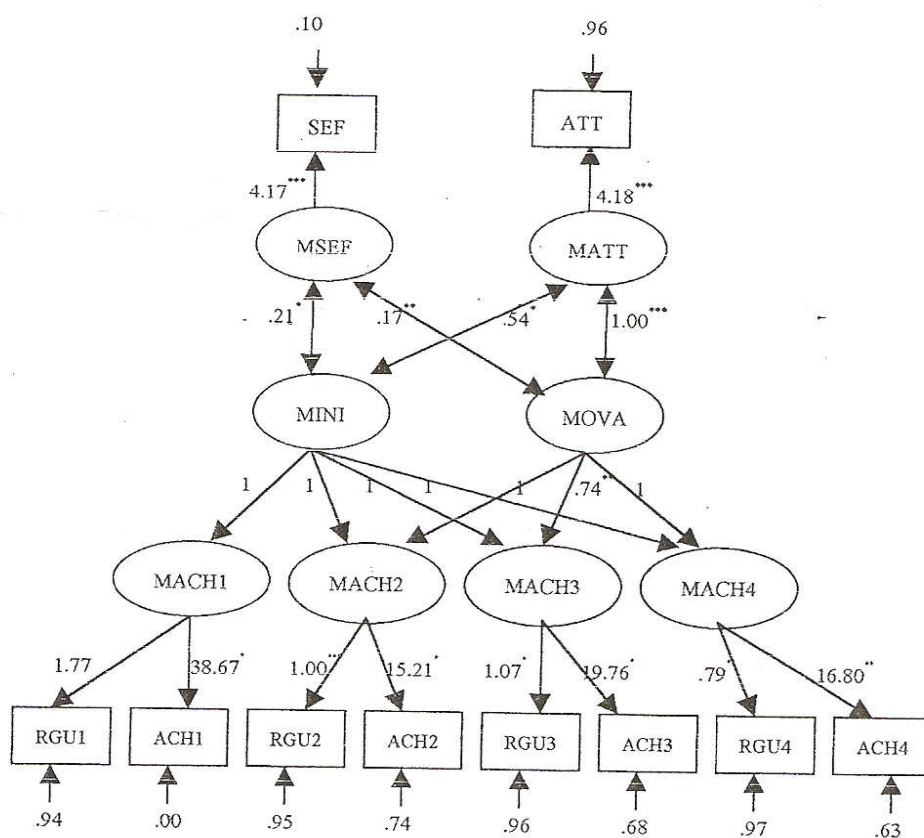
สรุปผลการวิจัยได้ว่า ในการเปรียบเทียบโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ พบว่า โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ 2 ตัว เป็นโมเดลที่มีประสิทธิภาพสูงสุด รองลงมาคือโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว และโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว ตามลำดับ สำหรับการเปรียบเทียบโมเดลอิสระที่ศึกษาตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ พบว่า โมเดลอิสระที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ 2 ตัว เป็นโมเดลที่มีประสิทธิภาพสูงสุด รองลงมาคือ โมเดลอิสระที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว

และโมเดลอิสระที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว ตามลำดับ และตัวบ่งชี้คะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มีค่าเท่ากับ .69 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

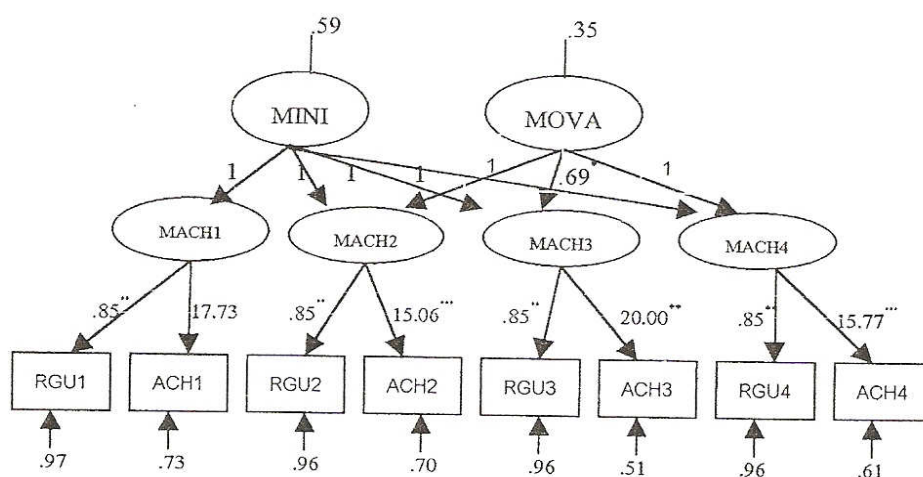
ตัวอย่างโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ 2 ตัว (โมเดลการวัดที่ 3) โมเดลอิสระที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ 2 ตัว (โมเดลอิสระที่ 3) และโมเดลคะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ แสดงดังแผนภาพ 2, 3 และ 4



แผนภาพ 2 โมเดลการวัดที่ 3



แผนภาพ 3 โมเดลอิสระที่ 3



แผนภาพ 4 โมเดลคะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

การอภิปรายผลวิจัย

ผลการวิจัยโดยภาพรวมสอดคล้องกับกรอบแนวคิดและสมมติฐานการวิจัย มีประเด็นหลักที่น่าสนใจที่ผู้วิจัยนำมาอภิปราย 3 ประเด็น ดังนี้

1. การเปรียบเทียบระดับประสิทธิภาพโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลง โดยมุ่งศึกษาคะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์โดยภาพรวม พบว่า โมเดลการวัดที่ 3 มีประสิทธิภาพสูงสุด รองลงมาคือ โมเดลการวัดที่ 2 และโมเดลการวัดที่ 1 ตามลำดับ มีสาเหตุเนื่องจากโมเดลการวัดที่ 1 และโมเดลการวัดที่ 3 วัดองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ด้วยตัวบ่งชี้สองตัว เป็นโมเดลที่ไม่มีปัญหาเรื่อง การระบุความเป็นได้ค่าเดียวของโมเดล โมเดลการวัดที่ 2 เป็นโมเดลที่วัดองค์ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว โมเดลนี้มีจำนวนสมการน้อยกว่าจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่า ไม่สามารถทำการวิเคราะห์ด้วยโมเดลสมการโครงสร้างเชิงเส้นได้ ถ้าไม่มีการกำหนดเงื่อนไขบังคับเพิ่มขึ้น ในการวิเคราะห์ครั้งนี้กำหนดเงื่อนไขบังคับให้ค่าความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของความคลาดเคลื่อนในการวัดเป็นพารามิเตอร์กำหนดให้มีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งไม่สอดคล้องกับทฤษฎีการวัด สำหรับโมเดลการวัดที่ 1 และที่ 3 กำหนดค่าความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของความคลาดเคลื่อนในการวัดเป็นพารามิเตอร์อิสระและให้มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการวัด สำหรับโมเดลการวัดที่ 1 เป็นโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบอันดับที่หนึ่ง ไม่สามารถระบุคะแนนพัฒนาการโดยภาพรวมได้ โมเดลการวัดที่ 2 และที่ 3 เป็นโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบอันดับที่สอง สามารถระบุคะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ได้มีค่าเท่ากับ .23 (SE = .22, $t = 1.02$) และ 13.49 (SE = .94, $t = 14.31$) ตามลำดับ ดังนั้นโมเดลการวัดที่ 3 มีประสิทธิภาพดีกว่าโมเดลการวัดที่ 2 เพราะให้ค่าคะแนนพัฒนาการมีนัยสำคัญ โมเดลการวัดที่ 1 มีประสิทธิภาพต่ำสุด เพราะไม่สามารถให้ค่าคะแนนพัฒนาการได้ ผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ วิลเลต และเซเยอร์ (Willett & Sayer, 1994) ที่พบว่า โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงที่ประมาณค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนในการวัดอย่างเป็นอิสระและสัมพันธ์กัน มีประสิทธิภาพดีกว่าโมเดลที่ประมาณค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนในการวัดที่กำหนดให้เท่ากัน สอดคล้องกับผลการวิจัยของ สมถวิล วิจิตรวรรณ (2543) ที่พบว่า โมเดลโค้งพัฒนาการที่ประมาณค่าของความคลาดเคลื่อนในการวัดอย่างเป็นอิสระและให้สัมพันธ์กันมีประสิทธิภาพสูงสุด และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ประสิทธิ์ ไชยกาล (2539) ที่พบว่า โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว มีประสิทธิภาพดีกว่าโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว และมีประสิทธิภาพดีกว่าโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว

2. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพโมเดลอิสระที่ศึกษาตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โดยมุ่งศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรภายนอกแฝงการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์และตัวแปรภายนอกแฝงเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์กับองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดในช่วงเวลาต่างกัน พบว่า โมเดลอิสระที่ 3 มีประสิทธิภาพสูงสุด รองลงไปได้แก่ โมเดลอิสระที่ 1 และโมเดลอิสระที่ 2 ตามลำดับ เพราะว่า โมเดลอิสระที่ 1 และ โมเดลอิสระที่ 3 วัดองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ด้วยตัวบ่งชี้ 2 ตัว ในขณะที่โมเดลอิสระที่ 2 วัดองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว จำนวนตัวบ่งชี้ต้องประกอบหลายตัวทำให้ผลการวิเคราะห์ถูกต้องมากขึ้น ตัวบ่งชี้ควรมีอย่างน้อย 3 ตัว ต้องประกอบ โมเดลที่วัดองค์ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 2 ตัว จะมีค่าสัมประสิทธิ์การทำนายที่คงเส้นคงวามากกว่าโมเดลที่วัด องค์ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว จากผลการตรวจสอบรูปแบบของโมเดลระหว่างกลุ่มตัวอย่าง พบว่า โมเดลที่วัดองค์ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 2 ตัว จะยังคงมีรูปแบบของโมเดลไม่แปรเปลี่ยน โมเดลอิสระที่ 2 ที่วัดองค์ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว พบว่า โมเดลตามกรอบแนวคิดมีความแปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่มตัวอย่าง ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า การวัดองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงด้วยตัวบ่งชี้หลายตัวจะให้สารสนเทศที่คงเส้นคงวามากกว่าการวัดองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงที่วัดจากตัวบ่งชี้ตัวเดียว และสอดคล้องกับแนวคิดของจอห์นสโตน (Johnstone, 1981) ที่กล่าวว่า องค์ประกอบ (ตัวบ่งชีรวม) ที่เกิดจากการรวมตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่มุ่งศึกษาจำนวนหนึ่งเข้าด้วยกันด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่อบ่งบอกสถานะของสิ่งนั้น องค์ประกอบประเภทนี้สามารถอธิบายสถานะหรือคุณลักษณะของสิ่งที่มุ่งศึกษาได้ดีกว่าการใช้ตัวแปรเดี่ยว ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของประสิทธิ์ ไชยกาล (2539) ที่พบว่า โมเดลอิสระที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัวมีประสิทธิภาพสูงสุด รองลงไปคือ โมเดลอิสระที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว และโมเดลอิสระที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว

3. ตัวบ่งชี้คะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ที่วัดจากองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ทั้ง 4 องค์ประกอบ คือ องค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดทั้ง 4 ช่วงเวลาโดยวิเคราะห์จากตัวแปรที่เกี่ยวข้อง 8 ตัวแปร พบว่า ตัวแปรที่สำคัญที่สุดคือ ตัวแปรการกำกับตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดครั้งที่ 1 ตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดครั้งที่ 3 และ 4 และมีนัยสำคัญทางสถิติ มีสาเหตุจากการกำกับตนเองในการเรียนเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญต่อผู้เรียนและเป็น

กระบวนการที่บุคคลวางแผนควบคุมและกำกับพฤติกรรมของตนเอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของตนเองไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ การกำกับตนเองในการเรียนเป็นกระบวนการที่สามารถปรับพฤติกรรมของบุคคลอย่างมีประสิทธิภาพและมีระบบขั้นตอนชัดเจน บุคคลจะใช้มาตรฐานภายในของตนจูงใจให้ตนเองกระทำพฤติกรรมและมีการประเมินปฏิกิริยาการกระทำด้วยตนเอง การควบคุมตนเองจากกระบวนการภายในย่อมจะช่วยให้บุคคลกระทำพฤติกรรมมีประสิทธิภาพกว่าวิธีการควบคุมจากภายนอก ผู้เรียนที่มีการกำกับตนเองในการเรียนมีแนวโน้มที่จะทำพฤติกรรมได้สำเร็จตามเป้าหมายที่วางไว้ และผลที่ควบคุมตนเองจากกระบวนการภายในจะช่วยให้เขาทำพฤติกรรมได้บรรลุผลกว่าบุคคลที่มีการกำกับตนเองต่ำ ผู้เรียนที่มีการกำกับตนเองสูง จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่า

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ผลจากการเปรียบเทียบโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ครั้งนี้ พบว่า โมเดลการวัดที่ 3 คือโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ 2 ตัว เป็นโมเดลที่มีประสิทธิภาพสูงสุดและเป็นโมเดลที่นิยมใช้ในการศึกษาพัฒนาการ ผู้วิจัยเสนอแนะให้ใช้โมเดลนี้ศึกษาพัฒนาการเรียนรู้ในภาพรวม เพราะมีข้อดีหลายประการ ประการแรก วิเคราะห์ด้วยโมเดลสมการโครงสร้างเชิงเส้นทำให้ทราบประสิทธิภาพในภาพรวมทั้งโมเดล ประการที่สอง แบบแผนพัฒนาการของแต่ละคุณลักษณะไม่จำเป็นต้องเหมือนกัน บางครั้งคุณลักษณะมีพัฒนาการเชิงเส้นตรง บางครั้งคุณลักษณะเป็นเส้นโค้ง ประการที่สาม มีความอ่อนคลายในเรื่องการประมาณค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนในการวัด และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนในการวัดซ้ำ (autocorrelated) ของช่วงเวลาที่ต่างกัน ได้ โครงสร้างความแปรปรวนร่วมของความคลาดเคลื่อนในการวัดที่ต่างกันสามารถนำมาตั้งสมมติฐานของแต่ละคุณลักษณะได้ (nested model) ประการที่สี่ สามารถทดสอบโมเดลที่ซับซ้อนเกี่ยวกับความคงที่และความไม่แปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์ โดยการเปรียบเทียบดัชนีความสอดคล้องของโมเดลที่สร้างขึ้นและโมเดลย่อย ด้วยการเลือกบังคับ (constrain) พารามิเตอร์รายตัวหรือหลายตัวให้มีค่าร่วมกันได้ในระหว่างการวิเคราะห์ ในกรณีที่ต้องการศึกษาคะแนนพัฒนาการเป็นรายบุคคล นำไปคำนวณหาองค์ประกอบร่วมโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์จากเมทริกซ์ (factor score regression) จะได้คะแนนองค์ประกอบร่วม (T_1, T_2, T_3, T_4) จากการวัดทั้ง 4 ครั้ง นำไปคำนวณหาคะแนนพัฒนาการ (คะแนนการเปลี่ยนแปลงที่แท้จริง) ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการนำผลการวิจัยไปใช้ในทางปฏิบัติได้อย่างเหมาะสม

2. ผลจากการเปรียบเทียบโมเดลอิสระที่ศึกษาตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ พบว่า โมเดลอิสระที่ 3 คือโมเดลอิสระที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์ห้อยประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ 2 ตัว มีประสิทธิภาพสูงสุด ผู้วิจัยเสนอแนะให้ใช้โมเดลนี้ ในการศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ เพราะมีข้อดีหลายประการ ประการแรก คือ ใช้ในการทดสอบทฤษฎี ที่เป็นพื้นฐานในการสร้างโมเดลอิสระ ประการที่สอง คือ อธิบายความสัมพันธ์ใน โมเดลอิสระว่า ตัวแปรสาเหตุแต่ละตัวมีขนาดความสัมพันธ์เป็นเท่าใดต่อตัวแปรตามและสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามได้ ประการที่สาม วิเคราะห์ด้วยโมเดลสมการโครงสร้างเชิงเส้น ทำให้ทราบประสิทธิภาพในภาพรวมทั้งโมเดล ประการที่สี่ มีความอ่อนคลาในเรื่องการประมาณค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนในการวัด และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนในการวัดซ้ำของช่วงเวลาที่แตกต่างกันได้ โครงสร้าง ความแปรปรวนร่วมของความคลาดเคลื่อนในการวัดที่ต่างกันสามารถนำมาตั้งสมมติฐานของแต่ละคุณลักษณะได้ ประการที่ห้า โมเดลอิสระที่ 3 นี้สามารถวิเคราะห์สำหรับกลุ่มประชากรเดี่ยวหรือหลายกลุ่มประชากรด้วยการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุที่มีรูปแบบของโมเดลไม่แปรเปลี่ยน ทำให้ได้โมเดลที่มีความประหยัด อันจะนำไปสู่การเป็นโมเดลที่มีอำนาจทางสถิติสูง ทำให้ได้สารสนเทศที่มีลักษณะเฉพาะสำหรับกลุ่มประชากรแต่ละกลุ่ม ซึ่งจะเป็ประโยชน์ในการนำผลการวิจัยไปใช้ในทางปฏิบัติได้อย่างเหมาะสม

3. ผลการวิจัยครั้งนี้ได้ข้อค้นพบที่สำคัญประการหนึ่ง คือ ค่าคะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดฉะเชิงเทรา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2544 มีค่าเท่ากับ .69 จะเป็นประโยชน์แก่ผู้เกี่ยวข้องที่สามารถใช้วางแผนและกำหนดนโยบายคุณภาพการศึกษา หรือ นำไปใช้กำหนดเป็นดัชนีบ่งชี้ทางการศึกษาได้ และเป็นการศึกษานำร่องทางด้านการวัดพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างเชิงเส้น โดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในรูปโมเดลการวิเคราะห์ห้อยประกอบระยะยาว ได้ตัวบ่งชี้ที่มีอำนาจทางสถิติสูงและเป็นตัวบ่งชี้ที่มีคุณภาพหรือมีความตรง ข้อค้นพบนี้ชี้ให้เห็นว่า ค่าตัวเลขของตัวบ่งชี้ ถ้านำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่สร้างขึ้น จะสามารถบอกได้ว่าค่าตัวเลขที่ได้สูงหรือต่ำ เพื่อบ่งบอกความพร้อมของโรงเรียนในแต่ละสังกัดได้ จึงเป็นสารสนเทศที่จะช่วยให้ผู้บริหารการศึกษาสามารถตัดสินใจ ปรับปรุง พัฒนาและกำหนดนโยบายทางการศึกษาต่อไป

ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

1. การวิจัยครั้งนี้ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

(ค 012) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งเป็นการศึกษาใน 1 ภาคเรียนเท่านั้น ดัชนีบ่งชี้คะแนนพัฒนาการที่ยังไม่ครอบคลุมระดับการศึกษา ดังนั้นควรมีการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น หรือระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย หรือทั้งระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายทั้งสองระดับพร้อมกัน โดยใช้ข้อมูลทุกชุด เป็นระดับคะแนนเฉลี่ยสะสม (GPA) จากทั้ง 6 ภาคเรียน จะทำให้ได้สารสนเทศที่เป็นประโยชน์แก่ผู้เกี่ยวข้องและสามารถนำไปใช้วางแผนและกำหนดนโยบายคุณภาพทางการศึกษาได้กว้างขวางขึ้น

2. การวิจัยครั้งนี้ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์กับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะเทียบเคียงกัน ในการวิจัยครั้งต่อไป อาจใช้กลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน เช่น กลุ่มโรงเรียนในส่วนกลาง กลุ่มโรงเรียนส่วนภูมิภาค กลุ่มโรงเรียนราษฎร์ เป็นต้น แล้วใช้การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ เพื่อเปรียบเทียบดัชนีบ่งชี้ต่างๆ ได้กว้างขวางครอบคลุมหลายกลุ่ม เพื่อจะเป็นสารสนเทศที่นำไปสู่การปรับปรุง พัฒนาและกำหนดนโยบายทางการศึกษาได้กว้างขวางขึ้น ไปอีกระดับหนึ่ง

เอกสารอ้างอิง

- ประสิทธิ์ ไชยกาล. (2539). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดลลิสม์ 3 แบบที่ใช้ในการศึกษาตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มนต์ทิศา ไชยแก้ว. (2542). การเปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลงระยะยาวโดยใช้โมเดลประยุกต์โค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง เมื่อมีอัตราการขาดหายของข้อมูลช่วงเวลาการวัด และจำนวนครั้งที่วัดต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วีระศักดิ์ คำล้าน. (2540). การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษ : การประยุกต์ใช้โมเดลเชิงเส้นพหุระดับ. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมถวิล วิจิตรวรรณ. (2543). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง โมเดลพหุระดับ และโมเดลกึ่งซิมเพลกซ์ในโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวชนิดตัวแปรเดียวและตัวแปรพหุ. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุภารัตน์ เรืองจันทิก. (2542). การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สิ่งแวดล้อม : การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ด้วย โมเดลเอชแอลเอ็ม และ โมเดลลิสมรล.
 วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- อัญชติ ติทธิกุลธร. (2543). การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคำศัพท์
 ภาษาอังกฤษของนักเรียน โรงเรียนประถมศึกษา เขตกรุงเทพมหานคร : การวิเคราะห์โมเดล
 โค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแบบพหุระดับ. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
 สาขาวิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อิทธิพงษ์ คังสกุลเรืองไธ. (2541). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดล โค้งพัฒนาการที่มี
 ตัวแปรแฝง 4 รูปแบบ ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของพัฒนาการทางกายและ
 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร
 มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Johnstone, J.N. (1981). *Indicators of educational systems*. London : UNESCO.
- Tisak, J., & Meredith, W. (1990). Latent curve analysis. *Psychometrika*, 55, 107-122.
- Raykov, T. (1994a). A structural equation model for measuring residualized change and discerning
 patterns of growth or decline. *Applied Psychological Measurement*, 17, 53-71.
- Raykov, T. (1994b). Studying correlates and predictors of longitudinal change using structural
 equation modeling. *Applied Psychological Measurement*, 18, 63-77.
- Willett, J. B., & Sayer, A. G. (1994). Using covariance structure analysis to detect correlates
 and predictors of individual change over time. *Psychological Bulletin*, 116, 363-381.