ปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คณิตศาสตร์: การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม

นางกรวรรณ แสงตระกูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

STUDENT FACTORS AFFECTING LATENT TRANSITION OF MATHEMATICS LEARNING ACHIEVEMENT: LATENT TRANSITION ANALYSIS WITH A MIXTURE ITEM RESPONSE THEORY MEASUREMENT MODEL

Mrs. Korawan Saengtrakul

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy Program in Educational Measurement and Evaluation
Department of Educational Research and Psychology
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2015
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์: การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม
โดย	นางกรวรรณ แสงตระกูล
สาขาวิชา	การวัดและประเมินผลการศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร. ศิริชัย กาญจนวาสี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร. นงลักษณ์ วิรัชชัย

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาดุษฎีบัณฑิต

.....คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. บัญชา ชลาภิรมย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริเดช สุชีวะ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ดร. ศิริชัย กาญจนวาสี)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร. นงลักษณ์ วิรัชชัย)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วรรณี แกมเกตุ)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. โชติกา ภาษีผล)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สังวรณ์ งัดกระโทก)

กรวรรณ แสงตระกูล : ปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์: การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม (STUDENT FACTORS AFFECTING LATENT TRANSITION OF MATHEMATICS LEARNING ACHIEVEMENT: LATENT TRANSITION ANALYSIS WITH A MIXTURE ITEM RESPONSE THEORY MEASUREMENT MODEL) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศ. ดร. ศิริชัย กาญจนวาสี, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ศ.กิตติคุณ ดร. นงลักษณ์ วิรัชชัย, 230 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 3 ประการ คือ 1) เพื่อศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนจากการวัดที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ด้วยการวิเคราะห์สถิติแบบดั้งเดิม 2)เพื่อศึกษากลุ่มแฝงและการเปลี่ยนกลุ่มแฝง วัดจากการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม รวมถึงความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝง (transition probability) 3) เพื่อศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนที่มีอิทธิพลต่อกลุ่มแฝงและการเปลี่ยนกลุ่มแฝงจากการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม ทั้งนี้การออกแบบการวิจัยเป็นการเก็บข้อมูลระยะยาวจากการวัด 3 ครั้ง โดยมีการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ครั้งแรกก่อน เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐาน (baseline) แล้วจัดให้นักเรียนกลุ่มทดลอง มีการเข้าร่วมกิจกรรมโดยใช้เวลาในการทำกิจกรรม มากกว่า 18 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ 1 ครั้ง (การทำกิจกรรมกีฬาสาธิตสามัคคี) และจัดให้นักเรียนกลุ่มควบคุม เข้าร่วมกิจกรรมโดยใช้เวลาน้อยกว่า 18 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (การทำกิจกรรมกีฬาสาธิตสามัคคี) หลังจากนั้นจะทำการวัดครั้งที่ 2 ต่อจากนั้นมีการจัดให้นักเรียนกลุ่มทดลอง เข้าร่วมกิจกรรมโดยใช้เวลาในการทำกิจกรรมมากกว่า 18 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ อีก 1 ครั้ง (การทำกิจกรรมเลือกตั้งสภานักเรียน) และจัดให้นักเรียนกลุ่มควบคุม เข้าร่วมกิจกรรมโดยใช้เวลาน้อยกว่า 18 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (การทำกิจกรรมเลือกตั้งสภานักเรียน) แล้วจึงทำการวัดครั้งที่ 3 โดยมีกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 217 คน จัดเข้ากลุ่มทดลอง 102 คน และกลุ่มควบคุม 115 คน โดยการสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และ แบบบันทึกการเข้าร่วมกิจกรรม วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ (Two-way repeated measure ANOVA) การวิเคราะห์กลุ่มแฝงและการเปลี่ยนกลุ่มแฝงด้วยโมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม โดยใช้โปรแกรม Mplus และโปรแกรม R

ผลการวิจัยที่สำคัญสรุปได้ดังนี้

1.ปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ คือ ประเภทของกิจกรรมและเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เนื่องจากเมื่อวัดในช่วงเวลาที่ 2 และ 3 นักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมทั้งสองครั้ง โดยค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($F = 73.907$, $p = .000$ และ $F = 97.643$, $p = .000$ ตามลำดับ)

2. สัดส่วนของรูปแบบการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของกลุ่มทดลอง ที่มีสัดส่วนการเปลี่ยนกลุ่มแฝงสูงที่สุด คือรูปแบบการเปลี่ยนกลุ่มแบบ 211 คือการเปลี่ยนกลุ่มจากกลุ่มเก่ง(กลุ่มแฝง 2) ในช่วงเวลาที่ 1 ไปยังกลุ่มอ่อน (กลุ่มแฝง 1) ในช่วงเวลาที่ 2 และยังเป็นกลุ่มอ่อนในช่วงเวลาที่ 3 (propotion = .281) และรูปแบบที่มีสัดส่วนการเปลี่ยนกลุ่มแฝงรองลงมา คือรูปแบบ 221 (propotion = .217)

3.ผลการวิเคราะห์จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม แสดงให้เห็นว่าปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนมีอิทธิพลต่อกลุ่มแฝงและการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โดยความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มที่มากที่สุด คือ การเปลี่ยนกลุ่มจากกลุ่มเก่งในช่วงเวลาที่ 1 ไปยังกลุ่มอ่อนในช่วงเวลาที่ 2 (.600) รองลงมาคือ การเปลี่ยนกลุ่มจากกลุ่มเก่งในช่วงเวลาที่ 2 ไปยังกลุ่มอ่อนในช่วงเวลาที่ 3 (.550)

ภาควิชา วิจัยและจิตวิทยาการศึกษา	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา การวัดและประเมินผลการศึกษา	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....
ปีการศึกษา 2558	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5384201327 : MAJOR EDUCATIONAL MEASUREMENT AND EVALUATION
KEYWORDS: LATENT TRANSITION ANALYSIS ; LTA-MRM

KORAWAN SAENGTRAKUL: STUDENT FACTORS AFFECTING LATENT TRANSITION OF MATHEMATICS LEARNING ACHIEVEMENT: LATENT TRANSITION ANALYSIS WITH A MIXTURE ITEM RESPONSE THEORY MEASUREMENT MODEL. ADVISOR: PROF. SIRICHAI KANJANAWASEE, Ph.D., CO-ADVISOR: PROF. NONGLAK WIRATCHAI, Ph.D., 230 pp.

This research aims to 1) study student factors derived from measurement which affect mathematical achievement using traditional statistical analysis, 2) study latent groups and their transition when measured by the latent transition analysis with a mixture Rasch (item response theory) measurement model (LTA-MRM), and in this stage the transition probability of such groups was also considered, and 3) study student factors affecting latent groups and their transition obtained from the latent transition analysis with a mixture Rasch (item response theory) measurement model (LTA-MRM). The research design involved data collection from three rounds of measurement. In the first round, the baseline was determined. Next, the experiment group was assigned to participate in one activity which lasted more than 18 hours per week (Satit Samakee Sport Event), while the control group was assigned to participate in one activity which lasted less than 18 hours per week (also Satit Samakee Sport Event). After such assignments were completed, the second round of measurement was conducted. The experiment group was then assigned to participate in another activity spanning more than 18 hours per week (student council election), while the control group was also assigned to participate in another activity spanning less than 18 hours per week (also student council election), and when these assignments were completed, the third round of measurement was conducted. The sample in this study comprised 217 Mattayomsuksa 2 (grade 8) students enrolled in the second semester of the 2013 academic year at Chulalongkorn University Demonstration Secondary School. The students were then divided at random into 2 groups: the experiment group comprising 102 students and the control group comprising 115 students respectively. The tools used in this study consisted of the mathematical achievement assessment test for Mattayomsuksa 2 (grade 8) students, and the activity participation record form. The data were then analyzed using basic statistical analysis, Two-way repeated measure ANOVA, and latent transition analysis with a mixture Rasch (item response theory) measurement model (LTA-MRM) using MPLUS and Program R.

The research findings are as follows:

(1) Student factors affecting mathematical achievement are the types and duration of activity, because in the second and third rounds of measurement the experiment group had lower mathematical achievement than the control group in both rounds of measurement. The means of mathematical achievement between both groups varied with a statistical significance of .01 ($f = 73.907$, $p = .000$ and $f = 97.643$, $p = .000$ respectively).

(2) The proportion of latent transition of the experiment group which had the highest proportion of latent transition was the high achievement group (H) in the first round of measurement which became the low achievement group (L) in the second round of measurement and remained so in the third round of measurement (proportion = .281). The proportion of latent transition of the experiment group which had the second highest proportion was the H group remaining so in the second round of measurement but becoming the L group in the third round of measurement (proportion = .281).

3. The analysis results obtained from the latent transition analysis with a mixture Rasch (item response theory) measurement model (LTA-MRM) demonstrated that the student factors affecting mathematical achievement. The first two groups with the highest transition probability were the H group in the first round of measurement becoming the L group in the second round of measurement (.600), and the H group in the second round of measurement becoming the L group in the third round of measurement (.550).

Department:	Educational Research and Psychology	Student's Signature	.....
Field of Study:	Educational Measurement and Evaluation	Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2015	Co-Advisor's Signature	.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดีด้วยความเมตตากรุณา และความเอาใจใส่อย่างดียิ่งจากท่านศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร. นงลักษณ์ วิรัชชัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ซึ่งให้คำปรึกษาแนะนำ แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ชี้แนะแนวทางพัฒนา ดูแลเอาใจใส่ ห่วงใย ให้กำลังใจและให้โอกาสผู้วิจัยได้มีประสบการณ์การเรียนรู้ที่ลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น ตลอดจนประสิทธิ์ประสาทความรู้ให้กับผู้วิจัยอย่างมากมาย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งและขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ทั้งสองเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณี แกมเกตุ รองศาสตราจารย์ ดร.โชติกา ภาษีผล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สังวรณ์ งัดกระโทก กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอกราบขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยในครั้งนี้ และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษาทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้แก่ผู้วิจัย ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ คอยห่วงใย ให้กำลังใจผู้วิจัยด้วยความเมตตากรุณาเสมอมา

บุคคลผู้ที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จในครั้งนี้ที่ผู้วิจัยต้องขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งคือ รองศาสตราจารย์ ศักดา บุญยไวโรจน์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยศักดิ์ ชั่งใจ ที่คอยให้คำแนะนำที่ดีแก่ผู้วิจัยเสมอ และต้องขอขอบคุณ คณาจารย์โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม ทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยเป็นอย่างสูงที่มอบทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช สนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณพี่อนุสรณ์ เกิดศรี ที่ให้คำแนะนำในการวิเคราะห์ข้อมูล พี่ ๆ เพื่อน ๆ ทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามที่คอยให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือต่างๆ ตลอดเวลาที่ทำวิจัยนี้

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคลผู้เป็นที่รักและเคารพยิ่งของผู้วิจัย คือ คุณพ่อไพศาล และคุณแม่สมหมาย แสงไชย ผู้ที่รักและห่วงใยผู้วิจัย คอยให้กำลังใจ และสนับสนุนผู้วิจัยตลอดมาในทุกๆ ด้าน จนสำเร็จการศึกษา ขอขอบคุณพี่สาวภัทรภร เจนสุทธิเวชกุล ที่คอยให้คำแนะนำ เป็นเพื่อนคู่คิดในการทำวิจัยครั้งนี้อย่างดียิ่ง และขอขอบคุณคู่ชีวิตนายสัตวแพทย์กุลวรรธน์ แสงตระกูล ที่คอยให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้าน และที่สำคัญคือคอยให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญภาพ ..... ฐ
บทที่ 1 บทนำ 1
1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
2. คำถามวิจัย 8
3. วัตถุประสงค์ 8
4. สมมติฐานการวิจัย 9
5. ขอบเขตการวิจัย 10
6. นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย 11
7. ประโยชน์ที่ได้รับ 12
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 14
1. วิธีการที่ใช้ประเมินการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ IRT model และ การใช้ LTA-LCM 14
1.1 ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) สำหรับการวัดการเปลี่ยนแปลง 14
1.2 โมเดลการวิเคราะห์กลุ่มแฝงและการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง 17
2. การประเมินการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงกับโมเดลราส์ซ แบบผสม (Latent Transition Analysis with Mixture Rasch Model) 28
2.1 โมเดลราส์ซแบบผสม (Mixture Rasch Model : MRM) 29
2.2 โมเดลการเปลี่ยนกลุ่มแฝงกับโมเดลราส์ซแบบผสม (Latent Transition Model with Mixture Rasch Model : LTA-MRM) 30

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

3. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางเรียนทั่วไปและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ 34
3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ 34
3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั่วไป 36
3.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ 40
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง 46
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 60
1. ประชากรและตัวอย่าง 60
2. รูปแบบการวิจัย 61
3. ขั้นตอนการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล 62
4. ตัวแปรในการวิจัย 64
5. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 65
6. การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย 65
7. การวิเคราะห์ข้อมูล 73
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 75
ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง 77
ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์เพื่อศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนจากการวัด 3 ครั้ง ที่มีอิทธิพลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ด้วยการวิเคราะห์สถิติแบบดั้งเดิม 78
ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์กลุ่มแฝงและและการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้ โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม 83
ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม เพื่อตอบคำถามวิจัย โดยใช้โปรแกรม R 95
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ 111
1. สรุปผลการวิจัย 112

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

2. อภิปรายผลการวิจัย 117
3. ข้อเสนอแนะ 120
รายการอ้างอิง 122
ภาคผนวก 123
ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 125
ภาคผนวก ข คำสั่งที่ใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มของตัวแปรแฝง โดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม โดยใช้โปรแกรม MPLUS 136
ภาคผนวก ค คำสั่งที่ใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มของตัวแปรแฝงโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนอง ข้อสอบแบบผสม โดยใช้โปรแกรม R 141
ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มของตัวแปรแฝงโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ แบบผสม โดยใช้โปรแกรม MPLUS 151
ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มของตัวแปรแฝงโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ แบบผสม โดยใช้โปรแกรม R 173
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 230

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ความแตกต่างของโมเดลการวิเคราะห์กลุ่มแฝง 4 ประเภท 19

ตารางที่ 2.2 ความแตกต่างของการวิเคราะห์กลุ่มแฝงและการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง 24

ตารางที่ 2.3 ลักษณะของการวิเคราะห์ตัวแปรแฝงโดยแบ่งตามลักษณะของตัวแปรแฝง 28

ตารางที่ 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงของตัวแปรแฝง..... 51

ตารางที่ 3.1 วิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัดรายข้อของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการ 66

ตารางที่ 3.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ฉบับทดลอง 70

ตารางที่ 3.3 ผลการทดสอบความเท่ากันระหว่างความแปรปรวนของคะแนนจากแบบวัด
ผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ฉบับทดลอง จำนวน 3 ฉบับ..... 70

ตารางที่ 3.4 ผลการทดสอบเงื่อนไข Sphericity ของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
คณิตศาสตร์ฉบับทดลองจำนวน 3 ฉบับ 71

ตารางที่ 3.5 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
คณิตศาสตร์ฉบับทดลองจำนวน 3 ฉบับ 72

ตารางที่ 4.1 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามเพศและเกรดวิชาคณิตศาสตร์..... 78

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
คณิตศาสตร์ทั้ง 3 ช่วงเวลา..... 80

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบเงื่อนไข Sphericity ของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
คณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจากการวัดซ้ำ 3 ครั้ง..... 81

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบภายในกลุ่มของการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนน
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนจากการวัดซ้ำ 3 ครั้ง 81

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
คณิตศาสตร์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจากการวัดซ้ำ 3 ครั้ง..... 82

ตารางที่ 4.6 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
คณิตศาสตร์ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมในแต่ละครั้งของการวัด..... 83

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ 4.7 ค่าพารามิเตอร์ของโมเดลกลุ่มแฝงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เมื่อกำหนดให้มีจำนวนกลุ่ม 1,2, 3 ,...,k กลุ่ม 84

ตารางที่ 4.8 จำนวนและสัดส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองจำแนกตามกลุ่มแฝง 85

ตารางที่ 4.9 จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มและค่าสัมประสิทธิ์จำแนกกลุ่มแฝงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ช่วงเวลาที่ 1 86

ตารางที่ 4.10 ความน่าจะเป็นที่นักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองอยู่กลุ่มแฝงแต่ละกลุ่ม 86

ตารางที่ 4.11 จำนวนและสัดส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองจำแนกตามกลุ่มแฝง 87

ตารางที่ 4.12 จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มและค่าสัมประสิทธิ์จำแนกกลุ่มแฝงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ช่วงเวลาที่ 2 87

ตารางที่ 4.13 ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝง 88

ตารางที่ 4.14 จำนวนและสัดส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองจำแนกตามกลุ่มแฝง 89

ตารางที่ 4.15 จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มและค่าสัมประสิทธิ์จำแนกกลุ่มแฝงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ช่วงเวลาที่ 3 89

ตารางที่ 4.16 ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝง 90

ตารางที่ 4.17 จำนวนและสัดส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองจำแนกตามกลุ่มแฝง 91

ตารางที่ 4.18 สัดส่วนและจำนวนนักเรียนในแต่ละรูปแบบการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของกลุ่มควบคุม (Proportions and counts for each transition pattern) 92

ตารางที่ 4.19 สัดส่วนและจำนวนนักเรียนในแต่ละรูปแบบการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของกลุ่มทดลอง (Proportions and counts for each transition pattern) 93

ตารางที่ 4.20 ค่าความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝง ในแต่ละกลุ่มแฝง (Latent Class) ในช่วง เวลาที่ 1 และ 2 แสดงดังตารางต่อไปนี้ 94

ตารางที่ 4.21 ความน่าจะเป็นในการตอบผิดและตอบถูกรายข้อของกลุ่มควบคุม 97

ตารางที่ 4.22 ความน่าจะเป็นในการตอบผิดและตอบถูกรายข้อของกลุ่มทดลอง 98

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ 4.23 คะแนนความสามารถเมื่อเทียบจากคะแนนดิบของการวัดทั้ง 3 ช่วงเวลา ของกลุ่มควบคุม 102

ตารางที่ 4.24 คะแนนความสามารถเมื่อเทียบจากคะแนนดิบของการวัดทั้ง 3 ช่วงเวลา ของกลุ่มทดลอง 103

ตารางที่ 4.25 คะแนนความสามารถรายบุคคลของกลุ่มควบคุมจากการวัดทั้ง 3 ช่วงเวลา 104

ตารางที่ 4.26 คะแนนความสามารถรายบุคคลของกลุ่มทดลองจากการวัดทั้ง 3 ช่วงเวลา..... 106

ตารางที่ 4.27 ค่าความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของกลุ่มทดลอง ในแต่ละกลุ่มแฝง (Latent Class) ในช่วงเวลาที่ 1 และ 2 โดยใช้โปรแกรม R แสดงดังตารางต่อไปนี้ 109

ตารางที่ 4.28 เปรียบเทียบสารสนเทศที่ได้จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัด ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม โดยใช้โปรแกรม MPLUS และ โปรแกรม R..... 110

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 ตัวแปรแฝงกับตัวแปรสังเกตได้ที่เป็นตัวบ่งชี้สามตัว 17

ภาพที่ 2.2 โมเดลจากการศึกษางานวิจัยของ Biniaminov and Glasman..... 37

ภาพที่ 2.3 โมเดลจากการศึกษางานวิจัยของ Gagne and Briggs..... 37

ภาพที่ 2.4 โมเดลจากการศึกษางานวิจัยของ Gonzalez –Pienda et al 38

ภาพที่ 2.5 โมเดลจากการศึกษางานวิจัยของ ใจทิพย์ เชื้อรัตนพงษ์ 39

ภาพที่ 2.6 โมเดลจากการศึกษางานวิจัยของศุภลักษณ์ ใจแสวงทรัพย์ 42

ภาพที่ 2.7 กรอบแนวคิดในการวิจัย 58

ภาพที่ 3.1 รูปแบบการวิจัย 61

ภาพที่ 4.1 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มและช่วงเวลาที่ทำการวัดที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 82

ภาพที่ 4.2 โค้งลักษณะข้อสอบทั้ง 25 ข้อ 100

ภาพที่ 4.3 โค้งสารสนเทศของแบบสอบรายข้อ 101

ภาพที่ 4.4 โค้งสารสนเทศของแบบสอบ 25 ข้อ 101

ภาพที่ 4.5 กราฟฮิสโตแกรมและเส้นความหนาแน่น (Histograms and density line)..... 107

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการพัฒนาประเทศให้มีความเจริญก้าวหน้านั้น ต้องมีการพัฒนากำลังคนให้มีคุณภาพผ่านกระบวนการทางการศึกษา เนื่องจากการศึกษาเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนาคนให้มีประสิทธิภาพทั้งทางด้านสติปัญญา ความรู้ ความคิด และคุณธรรม ดังนั้นในการจัดการศึกษาที่จะสามารถเอื้อให้พัฒนาประเทศได้นั้นผู้จัดการศึกษาต้องคำนึงถึงกระบวนการในการจัดการศึกษาที่จัดขึ้น และผลสัมฤทธิ์ที่เกิดขึ้นกับตัวผู้เรียนด้วย เพราะสิ่งหนึ่งที่แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนประสบความสำเร็จในการเรียนและสามารถบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนที่ตั้งไว้ คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (พร้อมพรรณ อุดมสิน , 2544) ดังนั้นการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนจึงเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งในปัจจุบันผู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาได้เห็นความสำคัญของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมากขึ้น โดยจะเห็นได้จากการจัดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อประเมินคุณภาพการจัดการศึกษาระดับชาติของสำนักทดสอบทางการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เพื่อเป็นการประเมินคุณภาพของผู้เรียนและประมวลภาพรวมของการศึกษาที่จะนำไปสู่การพัฒนาการศึกษา นอกจากนี้ผลสัมฤทธิ์ที่ได้จะไปเป็นจุดที่พัฒนาการศึกษาให้ดีขึ้นกว่าเดิม

การศึกษาเพื่อพัฒนามนุษย์เป็นสิ่งจำเป็นและเป็นสิ่งที่รัฐบาลให้ความสำคัญตลอดมา ดังจะเห็นได้จากการปลี่ยนแปลงที่มีพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 เกิดขึ้น และมีหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544 และ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551ตามมา โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาประชากรของประเทศให้มีคุณภาพสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของยุคสมัย และตรงตามความต้องการของสังคมปัจจุบัน จะสังเกตได้ว่าถึงแม้จะมีการเปลี่ยนแปลงหลักสูตรหลายครั้ง แต่คณิตศาสตร์ก็ยังเป็นวิชาที่ได้รับการบรรจุอยู่ในทุกหลักสูตร เนื่องจากคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีความสำคัญวิชาหนึ่งถือว่าเป็นวิชาที่สร้างสรรค์มนุษย์เกี่ยวกับความคิดอย่างเป็นระบบและมีเหตุผล เป็นเครื่องมือสำคัญในการปลูกฝังอบรมให้ผู้เรียนมีความละเอียดรอบคอบช่างสังเกตมีความคิดสร้างสรรค์ช่วยให้เข้าใจสิ่งต่างๆอย่างลึกซึ้งตลอดจนมีความสามารถในการวิเคราะห์ปัญหาต่างๆอย่างมีเหตุผล (วรรณี โสมประยูร, 2534) นอกจากนี้คณิตศาสตร์ช่วยพัฒนาให้แต่ละบุคคลเป็นคนที่สมบูรณ์เป็นพลเมืองดีเพราะคณิตศาสตร์ช่วยเสริมสร้างความมีเหตุผลความเป็นคนช่างคิดช่างริเริ่มสร้างสรรค์มีระบบระเบียบในการคิดมีการวางแผนในการทำงานมีความรับผิดชอบต่อกิจการงานที่ได้รับมอบหมายตลอดจนลักษณะความเป็นผู้นำในสังคม (สิริพร ทิพย์คง, 2536)

หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 กล่าวถึงความสำคัญของคณิตศาสตร์ว่า คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วน รอบคอบ ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหาและนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่นๆ คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข

แม้ว่าหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานจะมีการเปลี่ยนแปลง ปรับปรุงให้ดีขึ้น แต่การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในปัจจุบันยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร ดังจะเห็นได้จากการประเมินผล PISA ในปี 2009 (โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554) พบว่า การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนไทยยังอยู่ในระดับที่ไม่สามารถทัดเทียมกับนานาชาติได้ เนื่องจากนักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าค่าเฉลี่ยนานาชาติ คะแนนเฉลี่ยนักเรียนไทยอยู่ตำแหน่งประมาณ 48-52 จาก 65 ประเทศ เมื่อวิเคราะห์ผลการประเมินตามเกณฑ์การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ 6 ระดับ ปรากฏว่านักเรียนไทยมากกว่าครึ่ง (52.5%) รู้เรื่องคณิตศาสตร์ต่ำกว่าระดับพื้นฐานมีมากกว่าหนึ่งในสี่เพียงเล็กน้อย (27.3%) และอีกหนึ่งในห้า (20.2%) ที่รู้เรื่องคณิตศาสตร์สูงกว่าระดับพื้นฐาน และนักเรียนที่รู้คณิตศาสตร์ระดับสูง (ระดับ 5 กับระดับ6) มีเพียง 1.3% และเมื่อเปรียบเทียบผลการประเมินตามกลุ่มโรงเรียน พบว่า นักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตเพียงกลุ่มเดียวมีคะแนนเทียมทันมาตรฐานนานาชาติ กลุ่มโรงเรียนอื่นๆยังมีมาตรฐานต่ำกว่ามาก กลุ่มที่มีคะแนนรองลงไปยังมีช่องว่างห่างไปถึงหนึ่งระดับครึ่ง โดยเฉพาะกลุ่มโรงเรียนขนาดเล็กที่เป็นกลุ่มล่างสุดมีผลการประเมินที่ไม่แสดงถึงศักยภาพว่าจะสามารถใช้ประโยชน์จากคณิตศาสตร์ในชีวิต ในอนาคตทั้งชีวิตส่วนตัวและการศึกษาต่อได้

จะเห็นได้ว่านักเรียนไทยมีการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ที่ยังไม่ได้มาตรฐานตลอดจนยังมีนักเรียนไทยบางกลุ่มที่ไม่สามารถใช้คณิตศาสตร์มาช่วยอำนวยความสะดวกและใช้ประโยชน์ในชีวิตได้ในขณะที่คณิตศาสตร์มีความสำคัญต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์เป็นอย่างมาก ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุมีผล เป็นระบบ มีระเบียบ มีแบบแผน สามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ทำให้สามารถคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ และแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำรงชีวิต และช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิต (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2548) ดังนั้นระบบการศึกษาควรจะต้องเร่งยกระดับคุณภาพการเรียนรู้ของนักเรียน โดยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนไทยให้ดีขึ้น ด้วย

เหตุนี้การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จึงมีความสำคัญทั้งในการระบุระดับความรู้ขั้นต่ำที่จำเป็นต้องพัฒนาและยังต้องมีการวัดระดับการพัฒนาว่าได้ผลตามวัตถุประสงค์หรือไม่อย่างไร

อย่างไรก็ตามการวัดผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์นั้นถ้ามีการวัดเป็นเพียงคะแนนสอบหลังเรียนหรือ การทดสอบเพียงไม่กี่ครั้ง ผลการวัดที่ได้ของนักเรียนแต่ละคนอาจไม่เป็นจริงและ ได้รายละเอียดในเรื่องของผลการวัดไม่ชัดเจน เช่น ผู้เรียนบางคนเมื่อได้รับการทดสอบก่อนเรียน ได้คะแนนน้อย และหลังเรียนก็มีคะแนนลดลง หรือเท่าเดิม ซึ่งอาจเป็นผลมาจาก ในวันที่มีการสอบหลังเรียนผู้เรียนอาจมีปัญหาด้านสุขภาพ ก็เป็นได้ นักวิจัยเชื่อว่าการศึกษาข้อมูลระยะยาวที่มีการเก็บมากกว่า 2 ครั้ง หลายช่วงระยะเวลา ทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาพัฒนาการของผู้เรียน และเป็นประโยชน์ในการแบ่งกลุ่มผู้เรียนตามระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ โดยทั่วไปการแบ่งกลุ่มผู้เรียนจะมี 2 แบบ โดยใช้เกณฑ์ในการแบ่งต่างกัน ก.การแบ่งกลุ่มผู้เรียนแบบอิงเกณฑ์ เช่น ผู้เรียนสอบได้คะแนน 80-100 คะแนน อยู่ในกลุ่มเก่ง ได้คะแนน 50-79 อยู่ในกลุ่มปานกลาง และต่ำกว่า 50 คะแนน อยู่ในกลุ่มอ่อน ข. การแบ่งกลุ่มผู้เรียนแบบอิงกลุ่ม เช่น ผู้เรียนสอบได้คะแนนอยู่ในช่วง $P_{80}-P_{100}$ อยู่ในกลุ่มเก่ง ได้คะแนนอยู่ในช่วง $P_{50}-P_{79}$ อยู่ในกลุ่มปานกลาง และถ้าได้คะแนนอยู่ในช่วงต่ำกว่า P_{50} อยู่ในกลุ่มอ่อนจะเห็นว่าการแบ่งกลุ่มผู้เรียนนั้น หากผู้สอบได้คะแนนในการสอบน้อย อาจไม่ได้หมายความว่า ผู้สอบคนนั้น จะต้องอยู่ในกลุ่มอ่อน กล่าวได้ว่าผลการตอบข้อสอบมิใช่ผลการวัดความสามารถของบุคคล เพราะในข้อสอบที่ผู้สอบทำได้อาจเป็นข้อที่วัดความคิดที่ซับซ้อน ยากกว่าได้ หรือ ผู้ที่ได้คะแนนมาก ก็อาจทำข้อสอบได้เฉพาะข้อง่ายก็เป็นได้

ในช่วงปลายศตวรรษที่ 19 นักวัดผลการศึกษาได้สร้างทฤษฎีการวัดเรียกว่า การตอบสนองข้อสอบซึ่ง ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบเป็นทฤษฎีการวัดที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถที่มีอยู่ภายในบุคคล กับผลการตอบข้อสอบ หรือข้อคำถามโดยใช้โค้งลักษณะข้อสอบทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบนั้นพยายามที่จะอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะภายใน หรือความสามารถที่มีอยู่ในตัวของบุคคล กับพฤติกรรมการตอบสนองข้อสอบของบุคคลว่ามีโอกาสตอบถูกมากน้อยเพียงไร ทฤษฎีนี้มีพื้นฐานความเชื่อว่าพฤติกรรมการตอบสนองต่อข้อสอบของผู้สอบเป็นสิ่งที่สังเกตได้โดยตรงว่าถูกหรือผิด จะถูกกำหนดโดยคุณลักษณะภายใน หรือความสามารถที่มีอยู่ภายในตัวบุคคล ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง ซึ่งเป็นองค์ความรู้ที่สามารถเชื่อมโยงโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง เข้ากับ ความสามารถของผู้ตอบ และคุณลักษณะของข้อสอบในรูปของฟังก์ชัน โลจิสติกส์ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2550) ต่อมามีนักการศึกษาที่นำแนวคิดทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบไปใช้กับ การวิเคราะห์กลุ่มแฝง (Latent class analysis) ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถจำแนกลักษณะของกลุ่มคน เมื่อให้ตัวแปรกลุ่มคนนี้เป็นตัวแปรแฝงที่สัมพันธ์กับตัวแปรสังเกตได้ซึ่งเป็นตัวแปรจัดประเภท ซึ่งเป็นแนวความคิด ของโมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม (Mixture

Item Response Theory Model : MixIRTM) จากแนวคิดนี้ทำให้สามารถจำแนกผู้เรียนเป็นกลุ่มได้อย่างถูกต้อง และมีหลักฐานเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์กลุ่มแฝง (Latent Class Analysis)

การวิเคราะห์กลุ่มแฝงสำหรับข้อมูลระยะยาวนั้น มี 2 โมเดล คือ การวิเคราะห์กลุ่มแฝงแบบวัดซ้ำ (repeated-measures latent class analysis : RMLCA) และการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง (latent transition analysis : LTA) ซึ่งการวิเคราะห์กลุ่มแฝงแบบวัดซ้ำเป็นการระบุลักษณะของกลุ่มแฝงโดยการวัด 3 ครั้งหรือมากกว่านั้น แต่ใช้วิเคราะห์สำหรับข้อมูลที่มีการเก็บรวบรวมจากคำถามเดียว และการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงนั้นเป็นรูปแบบของการวิเคราะห์กลุ่มแฝงที่ถูกออกแบบมาสำหรับศึกษาการกระจายของความเป็นสมาชิกในกลุ่มแฝง และศึกษาการเปลี่ยนแปลงข้ามช่วงเวลาของความเป็นสมาชิกในกลุ่มแฝง ซึ่งแตกต่างจากการวิเคราะห์กลุ่มแฝงแบบวัดซ้ำตรงที่การวิเคราะห์กลุ่มแฝงแบบวัดซ้ำเหมาะสำหรับคำถามที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงระหว่างสถานะแฝงข้ามจุดเวลาที่ติดกัน และการวิเคราะห์กลุ่มแฝงแบบวัดซ้ำไม่สามารถใช้กับโมเดลของกลุ่มย่อยที่อยู่ในสถานะเดียวกันที่จะมีการเปลี่ยนแปลงข้ามช่วงเวลาของการวัด 2 หรือ 3 ครั้ง (Collins & Lanza, 2013)

การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง ใช้ได้ดีเมื่อไม่มีการผันแปรของตัวแปรแฝงในกลุ่ม จึงประยุกต์ใช้กับ โมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสมก็เพื่อให้ศึกษาการผันแปรของตัวแปรภายในกลุ่มและใช้กับตัวแปรแฝงที่เป็นแบบต่อเนื่องได้ และในโมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม นั้นมีการใช้โมเดลราส์ชแบบผสม ในการตรวจสอบความแตกต่างเชิงคุณภาพในลักษณะของการตอบระหว่างกลุ่มแฝงของผู้ตอบ ซึ่งเมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงจะทำให้ได้รับการยอมรับในเรื่องของการวัดความผันแปรที่เกิดขึ้นภายในกลุ่มของตัวแปรแฝง ทำให้เป็นประโยชน์สำหรับการวัดผลที่เกิดจากการจัดกระทำ (treatment) ภายในชั้นแฝง และวิธีการวิเคราะห์นี้ยังเป็นวิธีที่สามารถตรวจสอบเพื่อพิจารณาสัดส่วนของการเปลี่ยนกลุ่มของนักเรียน ผลการวิเคราะห์ช่วยทำให้เห็นว่าในช่วงเวลาใดที่นักเรียนมีการเปลี่ยนกลุ่มมากที่สุดเพราะเมื่อเราตรวจสอบพบว่าในช่วงเวลาที่มีการเปลี่ยนกลุ่มของนักเรียนมาก จะสามารถตรวจสอบเหตุการณ์หรือปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนกลุ่มที่มีมากนั้นได้ การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงกับโมเดลราส์ชแบบผสมร่วมกันนี้เรียกว่า “การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม” เป็นวิธีการตรวจสอบการผันแปรของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เกิดขึ้น คุณค่าหรือประโยชน์ของการวิเคราะห์วิธีนี้ คือ การรวบรวมข้อมูลระยะยาวนำมาวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง ผลการวิเคราะห์บอกได้ว่าระดับความสามารถของนักเรียนมีการเปลี่ยนกลุ่ม หรือมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร การเปลี่ยนกลุ่มขึ้นหรือลงเกิดขึ้นด้วยความน่าจะเป็นแตกต่างกันอย่างไร ผลการ

วิเคราะห์ข้อมูลสามารถให้สารสนเทศมากขึ้นเมื่อรู้ว่าเหตุการณ์ใดหรือปัจจัยเชิงสาเหตุอะไร ที่ทำให้นักเรียนมีการเปลี่ยนกลุ่มแฝง การศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียน ครูและโรงเรียนที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการศึกษาดังกล่าวแตกต่างจากการวิจัยเรื่องปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการรวบรวมข้อมูลครั้งเดียวอยู่ 2 ประการ ประการแรกคือ เรื่องช่วงเวลาของการรวบรวมข้อมูลในการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงสาเหตุในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งเดียวเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งจากตัวแปรต้นและตัวแปรตามในครั้งเดียว ทำให้คำตอบเกี่ยวกับความสัมพันธ์เชิงสาเหตุไม่ชัดเจน แต่การวิเคราะห์ปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนที่มีอิทธิพล ต่อการเปลี่ยนกลุ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นหรือการเปลี่ยนกลุ่มแฝงนั้น นอกจากจะมีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีการวัดตัวแปรตามหลายครั้ง ยังต้องวัดตัวแปรต้นหลายครั้งให้ตรงกับช่วงระยะเวลาที่วัดตัวแปรตามด้วยจึงตอบคำถามเกี่ยวกับความสัมพันธ์เชิงสาเหตุได้ถูกต้องชัดเจนมากขึ้น ประการที่สอง ผลการศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอาจทำได้เป็น 2 แบบ คือ วัดตัวแปรตามเพียงครั้งเดียว และวัดตัวแปรตามหลายครั้ง ทั้ง 2 แบบเป็นการวัดตัวแปรต้นจากการเก็บรวบรวมข้อมูลเพียงครั้งเดียวโดยถ้าวัดตัวแปรต้นเพียงครั้งเดียวจะถือเป็นการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แต่ถ้าวัดตัวแปรตามหลายครั้งเป็นการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อพัฒนาการผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ลักษณะดังกล่าวนี้แตกต่างจากการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีการใช้การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม เพราะการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสมต้องวัดตัวแปรต้นหลายครั้ง เช่นเดียวกับวัดตัวแปรตาม ผลการวิเคราะห์ทำให้ได้ข้อค้นพบที่เป็นจุดเด่น คือ สามารถตอบคำถามได้ว่า การเปลี่ยนกลุ่มแฝงเกิดขึ้นจากปัจจัยด้านนักเรียนแต่ละครั้งที่วัดแตกต่างกันอย่างไร แนวคิดในการวิเคราะห์นี้ถือเป็นนวัตกรรมใหม่ในวงการวัดผลการศึกษาซึ่งได้มีการนำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้ได้ผลถูกต้องชัดเจนมากขึ้น

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้สถานศึกษาที่จัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการ และในการวิจัยครั้งนี้พิจารณาเลือก โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝ่ายมัธยม ด้วยเหตุผลว่าเป็นโรงเรียนที่จัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรแกนกลางได้สมบูรณ์ตามประกาศกระทรวงศึกษาธิการ และจะช่วยให้การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ผลตามวัตถุประสงค์การวิจัยรวม 4 ประการ ดังนี้

ประการแรก หลักการสำคัญของหลักสูตรแกนกลาง ประกาศกระทรวงศึกษาธิการเรื่องการใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เป็นกลไกที่กำหนดขึ้นเพื่อให้เขตพื้นที่การศึกษาและสถานศึกษาได้นำไปใช้เป็นกรอบและทิศทางในการจัดทำหลักสูตรสถานศึกษาและจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาเด็กและเยาวชนไทยทุกคนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานให้มีคุณภาพด้านความรู้และทักษะที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลง และ

แสวงหาความรู้เพื่อพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต และในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ.2555 – 2559) ได้ชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการปรับเปลี่ยนจุดเน้นในด้านการพัฒนาคุณภาพคนในสังคมไทยให้มีคุณธรรมและมีความรอบรู้อย่างเท่าทัน ให้มีความรู้ด้านร่างกาย สติปัญญา อารมณ์ และสังคม สามารถก้าวทันการเปลี่ยนแปลงเพื่อนำไปสู่สังคมฐานความรู้ได้อย่างมั่นคง แนวการพัฒนาคนดังกล่าวมุ่งเตรียมเด็กและเยาวชนให้มีพื้นฐานทางจิตใจที่ดีงาม มีจิตสาธารณะ พร้อมทั้งมีสมรรถนะ ทักษะ และความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการดำรงชีวิตอันจะส่งผลต่อการพัฒนาประเทศแบบยั่งยืน อีกทั้งพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พุทธศักราช 2545 ได้กำหนดแนวทางการจัดการศึกษา โดยยึดหลักผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ โดยจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ฝึกทักษะกระบวนการคิด การจัดการการเผชิญสถานการณ์ ประกอบกับมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของสังคมเทคโนโลยี ก่อให้เกิดทั้งผลดีและผลเสียต่อการดำเนินชีวิตในปัจจุบันของบุคคล ทำให้เกิดความยุ่งยากซับซ้อนมากยิ่งขึ้น จำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนวิถีการดำเนินชีวิตให้สามารถดำรงอยู่ในสังคมได้อย่างมีคุณค่า มีศักดิ์ศรี มีความสุขบนพื้นฐานของเศรษฐกิจพอเพียงและยั่งยืน ซึ่งแนวทางดังกล่าวสอดคล้องกับนโยบายของกระทรวงศึกษาธิการในการพัฒนาเยาวชนของชาติเข้าสู่โลกยุคศตวรรษที่ 21 โดยมุ่งส่งเสริมผู้เรียนมีคุณธรรม รักความเป็นไทย ให้มีทักษะการคิดวิเคราะห์และคิดสร้างสรรค์ มีทักษะด้านเทคโนโลยี สามารถทำงาน และอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมโลกได้อย่างสันติ

ประการที่สอง วัตถุประสงค์ของหลักสูตรแกนกลาง หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งทางด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้งเจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษา การประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ การพัฒนาที่สำคัญ คือ การพัฒนาที่สมดุลอย่างเป็นองค์รวมทุกด้านเพื่อความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ มีพื้นฐานทางจริยศาสตร์ ความเป็นคนดีทั้งร่างกาย สติปัญญา อารมณ์ และสังคม ผู้เรียนทุกคนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานต้องสร้างองค์ความรู้ ทักษะหรือกระบวนการเรียนรู้ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ จึงจำเป็นต้องเรียนรู้ทั้ง 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้ คือ ภาษาไทย คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม สุขศึกษาและพลศึกษา ศิลปะ การงานอาชีพและเทคโนโลยี ภาษาต่างประเทศ และกิจกรรมพัฒนาผู้เรียน ซึ่งเป็นการบูรณาการองค์ความรู้ทักษะและเจตคติที่เกิดจากการเรียนรู้ทั้ง 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้ และประสบการณ์ของผู้เรียนมา

ปฏิบัติ เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะที่สำคัญและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ประการที่สาม รูปแบบของการจัดกิจกรรมตามหลักสูตรแกนกลาง การจัดกิจกรรมในโรงเรียนยังเป็นส่วนหนึ่งของการให้การศึกษา ซึ่งสถานศึกษาจะต้องจัดกิจกรรมขึ้น เพื่อช่วยให้นักเรียนได้แสดงความสนใจ ความถนัดตามธรรมชาติ กิจกรรมเป็นเครื่องมือช่วยให้นักเรียนได้รู้จักการปรับตัวเองในการทำงานร่วมกับผู้อื่น รู้จักหน้าที่ ความรับผิดชอบ และความเสียสละเพื่อส่วนรวม ฝึกการเป็นผู้นำ และผู้ตามที่ดี ในระบอบประชาธิปไตย กิจกรรมเป็นการสร้างประสบการณ์ ความแตกต่างของนักเรียน เพื่อสร้างเจตคติที่ดี และพัฒนาบุคลิกภาพอันพึงประสงค์ กิจกรรมในโรงเรียนมี 2 รูปแบบ คือรูปแบบแรกกิจกรรมที่จัดขึ้นเพื่อประกอบความเข้าใจในการสอนบทเรียนใดบทเรียนหนึ่ง การจัดกิจกรรมแบบนี้ขึ้นอยู่กับเนื้อหาการสอนในเวลาเรียน อันจำกัดตามจำนวนตามวิชานั้นๆ รูปแบบที่สองกิจกรรมเสริมที่จัดขึ้นเพื่อให้เกิดประโยชน์อันแท้จริงกับการศึกษาอบรมเพื่อสนองความต้องการของผู้เรียนอันเป็นประสบการณ์ความแตกต่างของบุคคล (จิตรา ทองเกิด, 2542)

ประการที่สี่ ผลของการจัดกิจกรรมตามหลักสูตรแกนกลาง โรงเรียนแต่ละโรงเรียนมีการจัดกิจกรรมตามกำหนดในหลักสูตรแกนกลางซึ่งต้องการพัฒนาผู้เรียนเพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้นำองค์ความรู้ทักษะจากการเรียนรู้และประสบการณ์ของผู้เรียนมาปฏิบัติกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนมาปฏิบัติกิจกรรมพัฒนาตนเองเพื่อเป็นคนดี มีคุณธรรม จริยธรรม มีวินัย และมีจิตสำนึก สาธารณะที่ดีงาม เป็นคนมีปัญญาในการใช้ทักษะชีวิต การคิด การสื่อสาร การแก้ปัญหา และการใช้เทคโนโลยี และเป็นคนมีความสุขในการดำเนินชีวิตอย่างพอเพียง โดยอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างสร้างสรรค์ ซึ่งโรงเรียนหลายๆแห่ง มักจะจัดกิจกรรม ในหลายรูปแบบ เช่น กิจกรรมกีฬาสี กิจกรรมเนื่องในพิธีวันสำคัญต่างๆเช่น กิจกรรมลอยกระทง กิจกรรมวันปีใหม่ กิจกรรมกีฬาอื่นๆ เช่น การจัดแข่งกีฬาของนักเรียนแต่ละระดับ การจัดแข่งกีฬาระหว่างโรงเรียน เป็นต้นซึ่งกิจกรรมที่โรงเรียนจัดให้ส่วนมากจะอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ของปีการศึกษา อย่างไรก็ตามการจัดกิจกรรม แต่ละกิจกรรม ย่อมมีผลที่มุ่งสร้างให้นักเรียนมีการพัฒนาตนเองในหลายๆด้าน แต่ผู้จัดกิจกรรม โรงเรียน และบุคคลที่เกี่ยวข้อง อาจไม่ได้พิจารณาในเรื่องความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรม จึงมุ่งจัดกิจกรรมเพียงแต่ให้มีผลว่า โรงเรียนได้มีการจัดกิจกรรมอะไรในแต่ละปีการศึกษาบ้าง โดยไม่ได้คำนึงถึงว่าผลที่เกิดขึ้นจากการจัดกิจกรรมในช่วงเวลาที่ไม่เหมาะสม นั้นมีผลทางลบอะไรบ้างที่เกิดขึ้น เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาต่างๆ ของนักเรียนอาจต่ำลง เนื่องจาก กิจกรรมเหล่านี้ทำให้นักเรียนเสียเวลาในการเรียนไปมาก ในแต่ละกิจกรรม แม้ว่า กิจกรรมที่จัดจะจัดเพียง 1 วัน แต่การเตรียมงานในกิจกรรมนั้นอาจต้องทำให้นักเรียนต้องเตรียมตัวนานถึง 1 เดือนได้ ยกตัวอย่าง เช่น กิจกรรมกีฬาสีที่จัดภายในโรงเรียน นักเรียนต้องมีการซ้อมทั้งกีฬา ซ้อมเชียร์ และเตรียมงาน ด้านสถานที่ ฉาก ฯลฯ ที่ใช้ใน

งาน เป็นเวลานานซึ่งแม้ว่าโรงเรียนจะสามารถให้นักเรียนใช้เวลานอกเวลาเรียนในการเตรียมงานดังกล่าว แต่นักเรียนส่วนมากก็มันใช้เวลาเรียนในการเตรียมงาน คิดงานมากมาย ทำให้ขาดสมาธิในการเรียน ซึ่งอาจมีผลทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำลง ทั้งที่จริงแล้วการจัดกิจกรรมต่างๆ มีวัตถุประสงค์ที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนในด้านต่างๆ โดยให้ใช้กิจกรรมยามว่างในการเตรียมงาน เพื่อไม่ให้เป็นการกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน

ผลจากการตัดสินใจศึกษา “ปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ จากการวัดด้วยการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม” โดยศึกษาโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝ่ายมัธยม ครั้งนี้ จะทำให้ได้ผลการวิจัยที่สำคัญ 3 ประการ คือ 1) ปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ จากการวิเคราะห์สถิติแบบดั้งเดิม และจากการวิเคราะห์อิทธิพลต่อกลุ่มแฝง และการเปลี่ยนกลุ่มแฝง โดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม ซึ่งจะช่วยให้เห็นความก้าวหน้าของวิธีวิทยาการวัดและการวิเคราะห์ที่แสดงถึงความก้าวหน้าและความสมบูรณ์ถูกต้องของการวิจัย 2) ลักษณะของกลุ่มแฝงที่แสดงถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน และผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงรวมทั้งความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของนักเรียน ที่สะท้อนให้เห็นผลของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนทั้ง 2 รูปแบบ และ 3) ลักษณะความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของกิจกรรมการเรียนการสอนที่มีอิทธิพลต่อกลุ่มแฝงที่แสดงให้เห็นถึงแนวนโยบายในการปรับปรุงกิจกรรมและให้ได้ผลตามเจตนารมย์ของกระทรวงศึกษาธิการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. คำถามวิจัย

1. ปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนจากการวัดมีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หรือไม่

2. ผลการวิเคราะห์กลุ่มแฝงและการเปลี่ยนกลุ่มแฝงมีลักษณะเป็นอย่างไรจากการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม

3. ปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนมีอิทธิพลต่อกลุ่มแฝงและการเปลี่ยนกลุ่มแฝงหรือไม่จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม

3. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนจากการวัดที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ด้วยการวิเคราะห์สถิติแบบดั้งเดิม

2. เพื่อศึกษากลุ่มแฝงและการเปลี่ยนกลุ่มแฝง วัดจากการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม รวมถึงความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝง (transition probability)

3. เพื่อศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนที่มีอิทธิพลต่อกลุ่มแฝงและการเปลี่ยนกลุ่มแฝงจากการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม

4. สมมติฐานการวิจัย

ปัจจุบันกิจกรรมที่เกิดขึ้นในโรงเรียนแต่ละแห่งนั้นมีมากมายหลายกิจกรรมไม่ว่าจะเป็นกิจกรรมที่มุ่งสร้างให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทางวิชาการ หรือ กิจกรรมที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนในด้านอื่นๆ ซึ่งกิจกรรมแต่ละกิจกรรมต้องใช้เวลาในการทำกิจกรรมมาก และเวลาในการทบทวนบทเรียน หรือทำการบ้าน มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งสอดคล้องกับ งานวิจัยของทรงสิริ วิชิรานนท์ (2550) ได้ศึกษาพบว่า ความถี่ในการทบทวนบทเรียน ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน งานวิจัยของ ศิรพร เลิศนุวัฒน์ (2538) ได้ศึกษาและรวบรวมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ข้อสรุปตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ไว้ คือ ตัวแปรด้านผู้เรียน ซึ่งประกอบด้วยเวลาในการทำงาน ระยะเวลาในการเตรียมตัวสอบ งานวิจัยของเพ็ญแข ดวงขวัญ (2548) พบว่า ระยะเวลาที่ขาดความต่อเนื่องทางการเรียน การใช้เวลาเพื่อการเรียน มีความสัมพันธ์ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน งานวิจัยของทัศนีย์ บุญเติม (2538) พบว่า การใช้เวลา บรรยากาศทางวิชาการในโรงเรียน ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และยังหลีกเลี่ยงไม่ได้ว่า องค์ประกอบที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ความพร้อม การฝึกฝน และสภาวะแวดล้อมที่เป็นสถานการณ์ต่างๆที่อยู่รอบตัวผู้เรียน เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านั้น ล้วนต้องเป็นผลมากจากการบริหารเวลาของผู้เรียน ซึ่งหากผู้เรียนมีกิจกรรมอื่นๆที่นอกเหนือการเรียนทางวิชาการ เข้ามาเกี่ยวข้อง ก็จะทำให้ผู้เรียนไม่สามารถบริหารเวลาได้ ตลอดจนไม่สามารถจัดการสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเรียนทางวิชาการ ซึ่งอาจจะเป็นผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำลง

จากสาระสำคัญที่เสนอข้างต้นผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานการวิจัยในครั้งนี้ ไว้ดังต่อไปนี้

1. ปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียน คือ กิจกรรมนอกเหนือการเรียนการสอนที่จัดภายในโรงเรียน เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนและการเปลี่ยนแปลงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

2. ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสมให้สารสนเทศ การจำแนกกลุ่มตามความสามารถแฝง ลักษณะของแต่ละกลุ่มแฝง และรูปแบบการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของนักเรียนแต่ละคน

3. ปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียน คือ กิจกรรมนอกเหนือการเรียนการสอนที่จัดภายในโรงเรียน เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม มีอิทธิพลต่อกลุ่มแฝงและการเปลี่ยนกลุ่มแฝงจากการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม

อนึ่งเนื่องจากผู้วิจัยไม่สามารถค้นหาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับสมมุติฐานวิจัยข้อ 3 ได้โดยตรง จึงกำหนดสมมุติฐานวิจัยจากงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมอื่น เช่นการสูบบุหรี่ โดยกำหนดเป็นสมมุติฐานวิจัยชั่วคราว

5. ขอบเขตการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โดยประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสมซึ่งเป็นการศึกษากับข้อมูลเชิงประจักษ์ และเนื่องจากปัจจุบันมีวิทยานิพนธ์ของนิสิต/นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ตลอดจนงานวิจัยของคณาจารย์ในสาขาครุศาสตร์ศึกษาศาสตร์จำนวนไม่น้อยที่ศึกษาในเรื่องของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน เช่น เชาว์ปัญญา เจตคติต่อวิชา แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ การกำกับตนเองในการเรียน การรับรู้ความสามารถของตนเอง รายได้ของผู้ปกครอง วุฒิการศึกษาของครู วุฒิการศึกษาของผู้ปกครอง วิธีการสอนของครู ขนาดโรงเรียน เป็นต้น แต่ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเวลา ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนยังไม่พบดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนที่มีความสัมพันธ์กับเวลา คือ การจัดกิจกรรมภายในโรงเรียน ซึ่งแต่ละปีการศึกษาจะมีการจัดกิจกรรมมากมาย

ปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียน คือ กิจกรรมนอกเหนือการเรียนการสอนที่จัดภายในโรงเรียน เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม เพื่อเป็นการสะท้อนถึงผลที่นักเรียนทำกิจกรรมนอกเหนือจากการจัดการเรียนการสอนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

2. ประชากรที่ใช้ในการศึกษาคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา (สกอ.) จำนวน 1,614 คน ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดประชากรที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักเรียนในโรงเรียนสังกัด สกอ. เนื่องจาก เป็นโรงเรียนที่มีกิจกรรมภายในโรงเรียนซึ่งเป็นกิจกรรมนอกเหนือการเรียนการสอนค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับโรงเรียนในสังกัดอื่นๆ อีกทั้งการจัดกิจกรรมของโรงเรียนแต่ละครั้งยังเป็นกิจกรรมที่จัดเป็นกิจกรรมที่โรงเรียนให้ความสำคัญและนักเรียนให้ความสำคัญมาก เพราะนักเรียนโรงเรียนสาธิตได้รับการฝึกให้มีลักษณะกล้าคิด กล้าทำ กล้าแสดงออก เมื่อมีกิจกรรมที่ต้องจัดภายในโรงเรียนนักเรียนจะทุ่มเท ลงมือปฏิบัติอย่างเต็มกำลังความสามารถ และโรงเรียนสาธิตเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความสามารถอย่างเต็มที่ ไม่ปิดกั้น ดังนั้นเมื่อมีการจัดกิจกรรมในโรงเรียน นักเรียนจะต้องใช้เวลาในการจัดเตรียมกิจกรรมมากเมื่อเทียบ

กับการจัดกิจกรรมของโรงเรียนในสังกัดอื่น ไม่ว่าจะเป็นโครงการต่างๆ กิจกรรมประจำปีการศึกษาของโรงเรียน เหตุผลในการกำหนดขอบเขตด้านประชากรเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น คือ นักเรียนวัยนี้เป็นวัยที่อยู่ในช่วงวัยรุ่นตอนต้น ซึ่งจะมีพฤติกรรมและลักษณะนิสัย ที่พยายามสร้างอัตลักษณ์ของตน ติดเพื่อน ต้องการการยอมรับ ดังนั้นเมื่อมีกิจกรรมใดที่ต้องทำร่วมกัน การทำงานกลุ่ม ก็จะทุ่มเทงานของกลุ่มนั้น และบางครั้ง การทำงานกลุ่มก็จะมีปัญหากัน ซึ่งเป็นผลที่จะทำให้นักเรียนผู้นั้นหมกมุ่น คิดมาก จนทำให้บั่นทอนเวลาในการทบทวนบทเรียน เสียสมาธิในการเรียนตามมา นอกจากนี้นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เป็นวัยที่ควรจะมีการเตรียมพร้อมสำหรับการเรียนต่อในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ต้องมีการแข่งขันกันเพื่อเข้าเรียนต่อในระดับอุดมศึกษา ซึ่งเริ่มเตรียมตัวกันตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ความรู้ที่ได้รับจากการเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นจึงต้องค่อนข้างดี เนื่องจากเนื้อหาในรายวิชานั้นจะเป็นไปในลักษณะที่สอนพื้นฐานเพื่อให้นักเรียนสามารถเรียนในเชิงลึกได้มากขึ้น และเมื่อต้องมีการแยกสายการเรียน นักเรียนสามารถตัดสินใจเลือกสายการเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้อย่างเหมาะสม ลักษณะสำคัญอีกประการหนึ่งคือ เนื้อหารายวิชามีการเปลี่ยนแปลงจากระดับประถมศึกษาค่อนข้างมาก นักเรียนจึงต้องมีการแบ่งเวลาเรียนที่ดี จึงจะทำให้ประสบความสำเร็จในการเรียนได้

6. นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มแฝง (latent classes) หมายถึง กลุ่มตัวแปรแฝงที่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งวัดจากตัวแปรสังเกตได้ และมีระดับการวัดแบบจัดประเภท

การวิเคราะห์กลุ่มแฝง (latent class analysis) หมายถึง การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่มีหลักการคล้ายคลึงกับการวิเคราะห์องค์ประกอบ (factor analysis) ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นสำหรับการวิเคราะห์จัดกลุ่มตัวแปรที่มีระดับการวัดเป็นตัวแปรจัดประเภท (categorical variables) หรือตัวแปรนันเมตริก (non-metric variables) ผลการวิเคราะห์จะได้กลุ่มแฝง (latent class) หรือ ตัวแปรแฝงที่มีระดับการวัดแบบจัดประเภท

การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง (latent transition analysis) หมายถึง การวิเคราะห์ระยะยาวเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มข้ามช่วงเวลา เช่น จากการวิเคราะห์กลุ่มแฝงในการวัดพฤติกรรมของนักเรียนครั้งแรก จัดกลุ่มแฝงนักเรียนได้เป็น 4 กลุ่ม คือ A B C D หลังจากการจัดกิจกรรม มีการวัดพฤติกรรมของนักเรียนครั้งที่สอง โดยที่นักเรียนมีการเปลี่ยนกลุ่มโดยอาจเปลี่ยนสูงขึ้นหรือต่ำลง เช่น จาก B ไป A หรือ จาก B ไป C เป็นต้น ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงจะ

ทำให้ทราบความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มของนักเรียน และวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว

โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม (mixture item response theory measurement model) หมายถึง โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบที่สามารถระบุกลุ่มของผู้ตอบกับความสัมพันธ์ของการตอบสนองที่แตกต่างกัน และนำมาใช้สำหรับตัวแปรแฝงที่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยการสังเกตได้โดยตรง กล่าวอีกอย่างหนึ่งคือ เป็นการผสมผสานระหว่าง IRT และ LCA ซึ่งเรียกว่าโมเดลแบบผสม เพราะผลจาก IRT เป็นตัวแปรต่อเนื่อง แต่ผลจาก LCA เป็นตัวแปรจัดประเภท

การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม หมายถึง วิธีการวิเคราะห์ที่เป็นการรวมกันของ โมเดลการเปลี่ยนกลุ่มของตัวแปรแฝงกับโมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม และเป็นโมเดลการวัดที่เป็นการรวมกันของรูปแบบการเปลี่ยนแปลงข้ามช่วงเวลาของแต่ละกลุ่ม รูปแบบในที่นี้เป็นลำดับของการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มแฝงข้ามช่วงเวลาของแต่ละกลุ่ม ยกเว้นกลุ่มที่ไม่เปลี่ยนแปลงหรือมีการเปลี่ยนแปลงก็ได้เมื่อเวลาเปลี่ยนไป

ปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียน หมายถึง กิจกรรมนอกเหนือจากการเรียนการสอนที่จัดภายในโรงเรียน และเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนกลุ่มของตัวแปรแฝง ได้แก่ กิจกรรมนอกเหนือการเรียนที่จัดขึ้นภายในโรงเรียนในที่นี้คือกิจกรรมกีฬาสาธิตสามัคคีกับกิจกรรมการเลือกตั้งสภานักเรียน และ เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมซึ่งวัดจากเวลาที่นักเรียนใช้ในการจัดเตรียมกิจกรรมนับเป็นจำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์

7. ประโยชน์ที่ได้รับ

ประโยชน์เชิงวิชาการ

1. ผู้บริหารสถานศึกษาและผู้สอนที่รับผิดชอบการจัดการเรียนการสอนได้รูปแบบวิธีการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม ได้ผลการวัดที่พบว่านักเรียนมีอัตราส่วนของการเปลี่ยนกลุ่มที่ช่วงเวลาใดมากที่สุด ซึ่งเป็นผลจากปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนมากน้อยเพียงไรและได้องค์ความรู้เกี่ยวกับปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอันเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงการเรียนการสอน

2. นักวิจัยการศึกษา คณาจารย์บัณฑิตศึกษา และนิสิตนักศึกษาบัณฑิตศึกษาได้ต้นแบบการวิจัยที่ประยุกต์ใช้การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงในบริบททางการศึกษาที่ใช้เป็นตัวอย่างในการเรียนการสอนด้านระเบียบวิธีวิจัย และเป็นแนวทางในการนำไปใช้ต่อยอดให้ได้องค์ความรู้ใหม่ที่กว้างขวางลุ่มลึกมากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประโยชน์เชิงปฏิบัติ

1. ผลการวิจัยช่วยให้ผู้เกี่ยวข้องกับการออกแบบการจัดกิจกรรมในโรงเรียนให้เหมาะสมมากขึ้นเพื่อให้เกิดผลกระทบทางลบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนน้อยลง

2.ผลการวิจัยช่วยให้ผู้เกี่ยวข้องกับนโยบายการกำหนดปฏิทินวิชาการของโรงเรียนให้ตระหนักถึงความสำคัญของการจัดกิจกรรมให้มีช่วงเวลาของการจัดเหมาะสม และสามารถกำหนดแนวทางในการจัดกิจกรรมให้กับนักเรียนเพื่อให้มีความเหมาะสมเรื่องช่วงเวลาของการจัดกิจกรรม

ประโยชน์เชิงนโยบาย

ผู้บริหารสถานศึกษา และผู้รับผิดชอบกำหนดนโยบาย สามารถนำรูปแบบวิธีการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสมไปใช้ในการตรวจสอบผลของการจัดกระทำตามนโยบายของโรงเรียน / สถานศึกษาว่าได้ผลตรงตามนโยบายที่กำหนดไว้หรือไม่ ควรปรับปรุง / ปรับเปลี่ยนนโยบายให้เหมาะสมต่อผู้เรียนมากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การนำเสนอสาระจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้แบ่งการนำเสนอออกเป็น 4 หัวข้อ คือ 1. วิธีการที่ใช้ประเมินการเปลี่ยนแปลง (growth or change) โดยใช้โมเดลผสมระหว่างโมเดลข้อสอบทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ(Item response theory model : IRT model) และ การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง- โมเดลการวิเคราะห์กลุ่มแฝง (Latent transition analysis - latent class analysis model : LTA-LCM) 2. การประเมินการเปลี่ยนแปลงโดยใช้การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงกับโมเดลราส์ชแบบผสม (Latent transition analysis with mixture Rasch model : LTA-MRM) 3. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางเรียนทั่วไปและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ 4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง

1. วิธีการที่ใช้ประเมินการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ IRT model และ การใช้ LTA-LCM

วิธีการที่ใช้ในการประเมินการเปลี่ยนแปลง (growth or change) โดยปกตินั้นในที่นี่ผู้ศึกษาจะนำเสนอใน 2 ประเด็น คือ ทฤษฎีการตอบสนองสำหรับการวัดการเปลี่ยนแปลง และ การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง- โมเดลการวิเคราะห์กลุ่มแฝง (LTA-LCM) ดังรายละเอียดแต่ละตอนต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.1 ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) สำหรับการวัดการเปลี่ยนแปลง

ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) เป็นโมเดลสำหรับวิเคราะห์ประเมินข้อมูลระยะยาว อยู่บนพื้นฐานของโมเดลของความสามารถที่เป็นตัวแปรแฝงซึ่งประมาณค่าได้จากผลการทดสอบ วิธีการนี้เป็นวิธีที่มีประโยชน์สำหรับการประเมินผลทั้งหมดที่เกิดจาก การจัดกระทำ (treatment) หรือ การเปลี่ยนแปลงการวัดการเปลี่ยนแปลง (growth or change) โมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแยกได้เป็น 2 แบบ คือ แบบแรก โมเดลตามแนวคิดของ Fischer ที่เสนอในปี 1973 เพื่อใช้วัดความเปลี่ยนแปลงที่ได้ระหว่างเวลาซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ของข้อคำถามมากกว่าที่จะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ของคนที่ถือว่าคงที่ และแบบที่สองโมเดลตามแนวคิดของ Anderson ที่เสนอในปี 1985 เพื่อใช้วัดความเปลี่ยนแปลงที่ได้ระหว่างเวลา ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ของคนในระหว่างเวลา โดยมีค่าพารามิเตอร์ของข้อคำถามคงที่ (Embretson, 1991) ดังสาระสำคัญแต่ละแนวคิดดังนี้

1.1.1 โมเดลตามแนวคิดของ Fischer

แนวคิดการวัดการเปลี่ยนแปลงตามแนวคิดของ Fischer ที่เสนอในปี 1973 เป็นการวัดความเปลี่ยนแปลงที่ได้ระหว่างเวลาซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ของข้อคำถามในระหว่างเวลามากกว่าที่จะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ของคนที่ถือว่าคงที่ Fischer (1976) อธิบายว่าผู้สอบที่ได้ตอบสนองข้อสอบภายหลักจากที่ได้รับการจัดกระทำ มีการเปลี่ยนแปลงคำตอบที่ได้มาจากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบมากกว่าการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของคน ซึ่งเป็นค่าคงที่ และ Fischer ได้พัฒนาโดยกำหนดให้มีพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบในรูปของผลรวมเชิงเส้นขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อค่าความยากอยู่ในโมเดลด้วย โมเดลของ Fischer ใช้ในการวัดตัวแปรเอกมิติ เรียกโมเดลนี้ว่าโมเดลลักษณะแฝงโลจิสติกส์เชิงเส้นตรง (Linear logistic latent trait model -LLTM) (อวยพร เรืองตระกูล, 2544) ซึ่งอธิบายดังสมการต่อไปนี้

$$P(+|S_v I_i) = \frac{\exp(\theta_v - \beta_i)}{1+\exp(\theta_v - \beta_i)} = \frac{\exp(\theta_v - \sum_j q_{ij}\eta_j - c)}{1+\exp(\theta_v - \sum_j q_{ij}\eta_j - c)}$$

เมื่อ + คือ คำตอบที่ถูก / ตอบว่าใช่

θ_v คือ พารามิเตอร์ของคนที่ v

β_i คือ พารามิเตอร์ของข้อสอบ (ความยาก) ของข้อที่ i

η_i แทนพารามิเตอร์พื้นฐาน

q_{ij} แทนน้ำหนัก

c แทน ค่าคงที่

การวิเคราะห์ข้อมูลดังสมการข้างต้นใช้วิธีไลค์ลิฮูดสูงสุดแบบมีเงื่อนไข (conditional maximum likelihood: CML) และวิธี marginal maximum likelihood (MML)

ต่อมา Fischer ได้ขยาย LLTM เป็นโมเดลลักษณะแฝงโลจิสติกส์เชิงเส้นตรง ที่ผ่อนผันข้อตกลงเบื้องต้น (Linear logistic latent trait model with relaxed assumption : LLTA) ซึ่ง Fischer ได้พัฒนาขึ้นในปี 1976 โดยโมเดลลักษณะแฝงโลจิสติกส์เชิงเส้นตรง ที่ผ่อนผันข้อตกลงเบื้องต้น เป็นการผ่อนผันในเรื่องของจำนวนครั้งของการวัดและการเปลี่ยนแปลงโดยตรงในโมเดล โมเดลลักษณะแฝงโลจิสติกส์เชิงเส้นตรง ที่ผ่อนผันข้อตกลงเบื้องต้น นั้นไม่จำกัดจำนวนครั้งของการวัด จำนวนข้อต่อจุดเวลา หรือ จำนวนมิติของตัวแปรแฝง (Fischer, 1976) ดังสมการต่อไปนี้

$$P(+|I_i, S_v, T_1) = \frac{\exp(\theta_{vi})}{1+\exp(\theta_{vi})}$$

$$P\left(+\left|I_i, S_v, T_2\right.\right)=\frac{\exp\left(\theta_{vi}+\delta_v\right)}{1+\exp\left(\theta_{vi}+\delta_v\right)}$$

$$\delta_v=\sum_j q_{vj}\eta_j+\sum_{j<1} q_{vi}q_{vl}\,p_{jl}+\tau$$

เมื่อ $T_1,\ T_2$ แทน การวัดครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

θ_{vi} แทน ความสามารถของคนที่ v วัดด้วยข้อสอบข้อที่i

q_{vj}, q_{vl} แทน ชุดของการจัดกระทำ (treatment) $M_j,\ M_l$ ที่ให้แก่คนที่ v ระหว่างการวัดครั้งที่ 1 , 2

η_j แทน อิทธิพลของการจัดกระทำ treatment) M_j

τ แทน อิทธิพลแนวโน้มที่เกิดขึ้นระหว่างช่วงเวลา $T_1,\ T_2$

ρ_{jl} แทน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างการจัดกระทำ (treatment) $M_j,\ M_l$

โดยที่การประมาณค่าพารามิเตอร์ η_j และ τ ใช้วิธี CML และทดสอบสมมติฐานด้วยอัตราส่วนไลค์ลิฮูดแบบมีเงื่อนไข (conditional likelihood ratio)

1.1.2 แนวคิดของ Anderson

แนวคิดการวัดการเปลี่ยนแปลงตามแนวคิดของ Anderson ที่เสนอในปี 1985 เป็นการวัดความเปลี่ยนแปลงที่ได้ระหว่างเวลา ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ของคนในระหว่างเวลา โดยมีค่าพารามิเตอร์ของข้อคำถามคงที่ Andersen อธิบายโมเดล IRT ที่พัฒนาขึ้นมาสำหรับวิเคราะห์ซ้ำของข้อเดิม

ซึ่งสามารถอธิบายได้จากสมการต่อไปนี้

$$P\left(y_{ijt}=1\middle|\theta^*_{jt}\right)=\frac{1}{1+\exp\left[-\left(\theta^*_{jt}-b_i\right)\right]}$$

เมื่อ θ^*_{jt} คือความสามารถสำหรับคนที่ j ที่แต่ละเวลา t และ

b_i เป็นความยากของข้อสอบ

θ^*_{jt} เป็นความสามารถเบื้องต้น และ θ^*_{jt} (สำหรับ t= 2,...,T) ชี้เฉพาะการเปลี่ยนแปลงภายหลังในความสามารถที่แต่ละช่วงเวลา t

ในที่นี้ความสามารถของคนที่ j ที่แต่ละช่วงเวลา เป็น θ^*_{jt} และการเปลี่ยนแปลงในความสามารถที่เวลา t เป็น θ_{jt} สำหรับจุดเวลาแรกจะเป็น $\theta^*_{jt}=\theta_{j1}$ สำหรับ t = 2,...,T ,

$\theta^*_{jt} = \theta^*_{j1} + \theta_{jt}$ วิธีนี้ไม่สามารถจัดหาการประมาณค่าการเปลี่ยนแปลงโดยตรง (Embretson, 1991) แม้ว่าในทางตรงกันข้าม T-1 สามารถเป็นการสอบพร้อมกันสำหรับการคำนวณ การเปลี่ยนแปลงความสามารถ

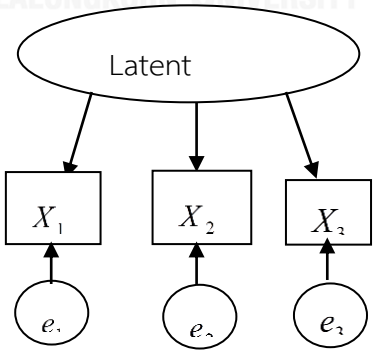
1.2 โมเดลการวิเคราะห์กลุ่มแฝงและการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง

ในส่วนนี้ผู้วิจัยจะนำเสนอสาระแยกเป็น 3 หัวข้อ คือ หลักการพื้นฐานของโมเดลการวิเคราะห์กลุ่มแฝง (LCA) การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง (LTA) และการใช้การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง- โมเดลการวิเคราะห์กลุ่มแฝง (LTA-LCM) ดังต่อไปนี้

1.2.1 การวิเคราะห์กลุ่มแฝง (Latent Class Analysis : LCA)

1.2.1.1 หลักการพื้นฐานของการวิเคราะห์กลุ่มแฝง (LCA)

การวิเคราะห์กลุ่มแฝง (LCA) นั้น มีหลักการว่า ตัวแปรแฝงไม่สามารถวัดได้โดยตรง ดังนั้นจะมีการวัดทางอ้อมโดยใช้ตัวแปรที่สังเกตได้ สองหรือ สามตัว การวิเคราะห์ทางสถิติเกือบทั้งหมดมีพื้นฐานว่าโมเดลที่มีตัวแปรแฝงจะมีการแยกตัวแปรแฝงและความคลาดเคลื่อนจากการวัดแยกจากกัน ภาพต่อไปนี้จะแสดงให้เห็นหลักการของการวิเคราะห์ โดยตัวแปรแฝงเป็นรูปวงรี และตัวแปรสังเกตได้เป็นรูปสี่เหลี่ยม คือ ตัวแปร X_1, X_2, X_3 และรูปวงกลมแทนส่วนของความคลาดเคลื่อน e_1, e_2, e_3 ซึ่งเกี่ยวข้องกับตัวแปร X_1, X_2, X_3 ตามลำดับ มีลูกศรจากตัวแปรแฝงไปที่ตัวแปรสังเกตได้ และลูกศรจากส่วนของความคลาดเคลื่อนไปที่ตัวแปรสังเกตได้ ซึ่งแต่ละลูกศรนั้นแทน ความสำคัญและหลักการของตัวแปรแฝงทั้งหมด ใน LCA โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ตัวแปรแฝงกับ ตัวแปรสังเกตได้ คือ ตัวแปรสังเกตได้ใช้วัดตัวแปรแฝง แต่ตัวแปรสังเกตได้แต่ละตัวจะไม่ใช่สาเหตุของตัวแปรแฝง ดังภาพ



ภาพที่ 2.1 ตัวแปรแฝงกับตัวแปรสังเกตได้ที่เป็นตัวบ่งชี้สามตัว

การวิเคราะห์กลุ่มแฝง มีข้อตกลงเบื้องต้นที่ต้องตรวจสอบก่อน 2 ประการ คือ ก) ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตได้ของตัวแปรแฝงแต่ละตัว คือ ตัวแปรสังเกตได้จะ

เป็นอิสระต่อกัน และ ข) ความน่าจะเป็นของการตอบสนองรายข้อ ข้ามกลุ่มแฝงทั้งหมดมีค่าเท่ากัน นอกจากนี้ยังมีข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการตอบสนองรายข้อในการวัดการเปลี่ยนแปลงด้วย

ในการวิเคราะห์กลุ่มแฝง (LCA) ตัวแปรแฝงแต่ละตัว มีระดับการวัดแบบ จัดประเภท รวมเป็นตัวแปรแฝง ที่มีระดับการวัดแบบจัดประเภทเป็นกลุ่ม เรียกว่า กลุ่มแฝง และกลุ่มแฝงนี้วัดได้โดยตัวชี้วัดที่สังเกตได้ Ruscio and Ruscio (2008) อธิบายว่าการวิเคราะห์กลุ่มแฝงคล้ายคลึงกับ การวิเคราะห์องค์ประกอบ (factor analysis) ทั้งสองโมเดลจะมีพื้นฐานอยู่ที่ตัวแปรแฝงนั้นจะได้จากตัวแปรที่สังเกตได้ จุดที่แตกต่างกัน คือ ธรรมชาติและการแจกแจงของตัวแปรแฝง ใน การวิเคราะห์กลุ่มแฝง ตัวแปรแฝงเป็นแบบจัดประเภท (categorical) และมีการแจกแจงพหุนาม (multinomial distribution) ในทางตรงกันข้าม การวิเคราะห์องค์ประกอบ ตัวแปรแฝงเป็นแบบต่อเนื่อง (continuous) บางครั้งจะเรียกว่าเป็นแบบ มิติ และมีการแจกแจงปกติ Ruscio and Ruscio (2008) ให้ความหมายของตัวแปรจัดประเภทว่าเป็นความแตกต่างเชิงคุณภาพที่มีอยู่ระหว่างกลุ่มของประชากร และให้ความหมายของตัวแปรแฝงต่อเนื่องว่าประชากรที่มีความแตกต่างเชิงปริมาณแต่ละบุคคล หรือ ที่มีโครงสร้างต่อเนื่องไป ทั้งสองโมเดลนี้ ตัวแปรสังเกตได้เป็นพฤติกรรมที่แสดงออกของตัวแปรแฝง และความคลาดเคลื่อน โมเดลกลุ่มแฝงเป็นโมเดลตัวแปรแฝงที่ใช้ทั้งตัวแปรแฝงและตัวบ่งชี้ที่เป็นแบบจัดประเภท นักวิจัยใช้วิธีการวิเคราะห์กลุ่มแฝงนั้นในการกำหนดตำแหน่งของแต่ละบุคคลในโมเดลกลุ่มแฝงนั้น การตอบสนองที่สังเกตได้ของแต่ละบุคคล เป็นการรวมกันของกลุ่มแฝงที่มีแต่ละกลุ่มและความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม

1.2.1.2 การวิเคราะห์กลุ่มแฝงกับโมเดลตัวแปรแฝงอื่นๆ

มีโมเดลการวิเคราะห์ตัวแปรแฝงจำนวนมากที่ถูกใช้ในทางสังคมศาสตร์ พฤติกรรมศาสตร์ และวิทยาศาสตร์สุขภาพ (Bollen, 1983; Bollen & Curran, 2006; Joreskog, Sorbom, & Magidson, 1979; Kline, 2004; Nagin, 2005; Skrondal & Rabe-Hesketh, 2004; von Eye & Clogg, 1994) โมเดลกลุ่มแฝงนั้นคล้ายคลึงกับโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

การวิเคราะห์กลุ่มแฝงนั้นเป็นภาพรวมของการวิเคราะห์ตัวแปรแฝงซึ่งจำแนกสามารถจำแนกตามลักษณะของตัวแปรและตัวบ่งชี้ได้โดย ลักษณะของตัวแปรแฝงแบ่งเป็นแบบจัดประเภท หรือต่อเนื่อง และตัวบ่งชี้ ซึ่งแบ่งเป็นแบบต่อเนื่อง และจัดประเภท และบางครั้งความแตกต่างระหว่างโมเดลต่างๆมีเพียงเล็กน้อย แต่มีจุดที่แตกต่างที่จะสามารถจำแนกได้ โดยจำแนกได้ ดังนี้

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบ (factor analysis) เป็นการวิเคราะห์กรณีที่ตัวแปรแฝงเป็นแบบต่อเนื่อง และตัวบ่งชี้เป็นแบบต่อเนื่อง

2. การวิเคราะห์คุณลักษณะแฝง (latent trait analysis) หรือ ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (item response theory) เป็นการวิเคราะห์กรณีที่ตัวแปรแฝงเป็นแบบต่อเนื่อง และตัวบ่งชี้เป็นแบบจัดประเภท

3. การวิเคราะห์โปรไฟล์ (latent profile analysis) เป็นการวิเคราะห์กรณีตัวแปรแฝงเป็นแบบจัดประเภท และตัวบ่งชี้เป็นแบบต่อเนื่อง

4. การวิเคราะห์กลุ่มแฝง (latent class analysis) เป็นการวิเคราะห์กรณีที่ถ้าตัวแปรแฝงเป็นแบบจัดประเภท และตัวบ่งชี้เป็นแบบจัดประเภทด้วย

ตารางที่ 2.1 ความแตกต่างของโมเดลการวิเคราะห์กลุ่มแฝง 4 ประเภท

ประเภทของตัวแปร/ตัวบ่งชี้	**ตัวแปรแฝงต่อเนื่อง (Continuous Latent Variable)**	**ตัวแปรจัดประเภท (Categorical Latent Variable)**
ตัวบ่งชี้ที่เป็นแบบต่อเนื่อง (continuous)	Factor analysis	Latent profile analysis
ตัวบ่งชี้ที่เป็น แบบจัดประเภท (categorical)	Latent trait analysis หรือ item response theory	Latent class analysis

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2.1.3 จุดประสงค์ของการวิเคราะห์กลุ่มแฝง

จุดประสงค์ของการวิเคราะห์กลุ่มแฝงนั้น คือ จำแนกความแตกต่างของตัวแปรแฝง 2 แนวทาง คือจำแนกตามตัวแปร (variable-oriented) และ ตัวบุคคล (person-oriented) ในกรณีจำแนกความแตกต่างของแต่ละตัวแปรนั้น ต้องการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรข้ามบุคคลทั้งหมด ตัวอย่างที่เป็นการวิเคราะห์ที่มีการใช้แนวทางของจุดประสงค์นี้ เหมือนกับ การวิเคราะห์องค์ประกอบ (factor analysis) เนื่องจากจุดเน้นของการวิเคราะห์องค์ประกอบนั้น คือเป็นการระบุความแตกต่างของโครงสร้างที่สร้างองค์ประกอบที่สร้างขึ้น ส่วนความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างกลุ่มของตัวแปรสังเกตได้ แนวทางที่จำแนกความแตกต่าง

ระหว่างบุคคล มีจุดเน้นอยู่ที่แต่ละบุคคล เพื่อดูว่า ลักษณะของแต่ละบุคคลที่เรากำลังศึกษาเป็นอย่างไร และจัดกลุ่มคนออกเป็นกลุ่ม และดูว่าแต่ละกลุ่มมีลักษณะอย่างไร (Bergman & Magnusson, 1997) เหมือนกับการวิเคราะห์กลุ่ม (cluster analysis)

1.2.1.4 พัฒนาการของการวิเคราะห์กลุ่มแฝง

การวิเคราะห์กลุ่มแฝงนั้นเริ่มต้นโดย Lazarsfeld and Henry (1968) มีการนำเสนอเป็นการใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์สำหรับคุณลักษณะของตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์การวัดเจตคติจากงานวิจัยเชิงสำรวจ และได้รับการยอมรับว่ามีประโยชน์ทางการวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์ อย่างไรก็ตามในระยะแรกยังไม่มีการแนะนำแนวคิดของการวิเคราะห์ตัวแปรแฝงแบบจัดประเภท ต่อมา Goodman (1974) ได้พัฒนาวิธีการวิเคราะห์กลุ่มแฝงโดยนำเทคนิค maximum likelihood มาใช้ในการวิเคราะห์ประมาณค่า วิธีการของ Goodman ที่มีการประมาณค่านี้มาใช้นั้นมีความสัมพันธ์ใกล้เคียงกับหลักการ expectation-maximization (EM) (Dempster, Laird, & Rubin, 1977) ซึ่งหลักการนี้ถูกใช้มากในการวิเคราะห์กลุ่มแฝงจนถึงปัจจุบัน

ในการวิเคราะห์กลุ่มแฝงนั้น การตอบสนองที่สังเกตได้ของแต่ละบุคคลในโมเดลกลุ่มแฝง ถูกกำหนดโดยการรวมกันของกลุ่มแฝงแต่ละกลุ่ม และความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม และอาจจะมีความแตกต่างทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ระหว่างกลุ่มแฝงการวิเคราะห์กลุ่มแฝงสามารถช่วยผู้วิจัยให้เข้าใจลักษณะที่ซับซ้อนของสิ่งที่วิเคราะห์ได้ง่ายขึ้น จุดเด่นของกลุ่มแฝงคือความน่าจะเป็นของการเป็นสมาชิกในแต่ละกลุ่มแฝง เพราะว่าแต่ละกลุ่มแฝงมีความสัมพันธ์กันมาก และมีผลรวมขององค์ประกอบของการเป็นสมาชิกในกลุ่มเป็น 1 และความน่าจะเป็นของการตอบสนองข้อสอบเป็นความน่าจะเป็นของการตอบสนองที่สังเกตได้เฉพาะบนตัวแปรที่เฉพาะเจาะจงที่มีผลต่อการเป็นสมาชิกของกลุ่มแฝง แต่ละกลุ่มแฝง ความน่าจะเป็นของการตอบสนองข้อสอบสำหรับกลุ่มของการตอบสนองที่เป็นไปได้ สำหรับข้อสอบเดี่ยวมีผลรวมเป็น 1 ความน่าจะเป็นของการตอบสนองข้อสอบนั้นเป็นการจัดหาข้อมูลพื้นฐาน (baseline data) สำหรับแสดง และระบุกลุ่มแฝง การวิเคราะห์กลุ่มแฝงสร้างข้อตกลงเบื้องต้นของความเป็นอิสระของแต่ละข้อ ซึ่งกำหนดเงื่อนไขต่อกลุ่มแฝง ตัวแปรที่สังเกตได้ที่เป็นอิสระ เพราะว่ากลุ่มข้อมูลที่รวมเป็นกลุ่มแฝงที่ดีนั้นเป็นการผสมของกลุ่มแฝงที่หลากหลาย ข้อตกลงเบื้องต้นนี้ไม่สามารถบ่งบอกถึงตัวแปรสังเกตได้ว่าเป็นอิสระในกลุ่มตัวอย่างที่สมบูรณ์

นักวิจัยใช้โมเดลการวิเคราะห์กลุ่มแฝงได้ทั่วไป ภายใต้กรอบแนวคิดของ log-linear models (Formann, 1982) ซึ่งทำให้เข้าใจในเรื่องของความน่าจะเป็นของการทำให้โมเดลมีความ

กลมกลืน (fit) กับข้อมูลเชิงประจักษ์ และเป็นสิ่งที่ทำให้ต่อยอดการพัฒนาแบบใหม่ได้ดี ตัวอย่างคือ การพัฒนาการวิเคราะห์กลุ่มแฝงที่มีตัวแปรร่วม (covariate) เข้าไปในโมเดลการวิเคราะห์กลุ่มแฝง

และมีการพัฒนาในลักษณะอื่นอีกมาก ภายหลังได้มีการพัฒนาการวิเคราะห์กลุ่มแฝงสำหรับข้อมูลระยะยาว โดยการวัดซ้ำ และถูกพัฒนาสำหรับวัดการเปลี่ยนแปลงข้ามช่วงเวลาของสมาชิกในแต่ละกลุ่มแฝงซึ่งเรียกว่า **การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง (Latent Transition Analysis)** ซึ่งจะได้กล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

1.2.2 การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง (Latent Transition Analysis : LTA)

หลักการของการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง

การวิเคราะห์กลุ่มแฝงนั้น เป็นการวิเคราะห์ที่ทำได้ทั้งการจัดกลุ่มของตัวแปรที่มีลักษณะเดียวกัน หรือ จัดกลุ่มคนที่มีลักษณะเดียวกัน เมื่อพิจารณาในส่วนที่มีเป็นการจัดกลุ่มคนนั้น ผลการวิเคราะห์กลุ่มแฝงจะสามารถบอกได้ว่าคนใดต้องอยู่กลุ่มใด หรือ แต่ละกลุ่มมีสมาชิกคือคนใดบ้าง จากจุดประสงค์นี้สามารถขยายเป็นแนวความคิดของการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงได้เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงของสมาชิกในแต่ละกลุ่มข้ามช่วงเวลาได้ โดยเก็บข้อมูลระยะยาว ซึ่งมีจำนวนครั้งของการเก็บข้อมูลมากกว่า 2 ครั้งขึ้นไป วิธีการวิเคราะห์แบ่งเป็น 2 แบบ

แบบแรกเป็นการวิเคราะห์กลุ่มแฝงโดยการวัดซ้ำ (repeated-measures Latent Class Analysis:RMLCA) RMLCA นั้นมีลักษณะคล้ายกับการวิเคราะห์ general growth mixture model โดยที่การวิเคราะห์ general growth mixture model นั้นต้องมีการระบุรูปแบบของพัฒนาการก่อนว่าเป็นลักษณะแบบใด แต่ RMLCA ไม่จำเป็นต้องมีการระบุรูปแบบของพัฒนาการ และมีประโยชน์มากกว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในการวัดแต่ละครั้ง

แบบที่สองกรณีที่ตัวแปรกลุ่มแฝงที่วิเคราะห์นั้นเปลี่ยนแปลงได้ หรือเป็น dynamic variables จะเป็นการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง (Latent Transition Analysis : LTA) LTA มีประโยชน์ที่สำคัญ 2 อย่าง คือ ระบุกลุ่มแฝง ได้ และบอกหลักฐานว่า กลุ่มแฝงมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร บอกได้ว่าสมาชิกของแต่ละกลุ่มแฝงนั้นมีการเปลี่ยนแปลงไปอยู่ในกลุ่มใดด้วยความน่าจะเป็นขนาดเท่าใด เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถหาสาเหตุของการที่สมาชิกมีการเปลี่ยนกลุ่ม เช่น ในการวัดพฤติกรรมนักเรียน แล้วมีการแบ่งกลุ่มนักเรียนเป็น A , B, C, D และ E แล้วถ้านักเรียนมีการเปลี่ยนกลุ่มจากกลุ่ม A ไปอยู่กลุ่ม B เป็นเพราะอะไร ซึ่งผู้วิจัยสามารถไปหาข้อมูลได้เพื่อเป็นการพัฒนาพฤติกรรมนักเรียน และใช้ในการประเมินการจัดกระทำ (treatment) ได้ ซึ่งบางครั้งความแตกต่างที่เกิดขึ้นจะต่างกันในแต่ละกลุ่มแฝงที่แตกต่างกันซึ่งจะช่วยให้ผู้วิจัยสามารถทดสอบได้ว่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นนั้นเกิดขึ้นตอนไหน

ความแตกต่างที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของ RMLCA และ LTA คือในการวิเคราะห์ RMLCA มีการรวบรวมข้อมูลจากการถามคำถาม 1 คำถาม แต่ถามหลายครั้ง เช่น ถามในช่วงอายุ 18 , 19 , 20 และ 21 ปี แต่ในการวิเคราะห์ LTA มีการเก็บข้อมูลจากการถามหลายคำถาม และถามในช่วงอายุแตกต่างกันหลายครั้ง

การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงเป็นรูปแบบหนึ่งของ Markov chain model (อธิบายในหัวข้อ 2.1.6) ซึ่งรู้จักกันในฐานะที่เป็น การวิเคราะห์กลุ่มแฝง (Latent Class Analysis) โมเดล Markov chain ได้มีการนำมาใช้ในการวิเคราะห์ พัฒนาการของแต่ละบุคคล ข้ามช่วงเวลา

การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง (Latent Transition Analysis) เป็นรูปแบบพิเศษของการวิเคราะห์กลุ่มแฝง (Latent Class Analysis) ที่ถูกใช้ในข้อมูลระยะยาวเป็นโมเดลการเปลี่ยนแปลงของสมาชิก ในกลุ่มของตัวแปรแฝงข้ามช่วงเวลา หรืออาจกล่าวได้ว่าการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงเป็นโมเดลการตรวจสอบเพื่อที่จะกำหนดการแก้ปัญหาสถานะของตัวแปรแฝงเพื่อให้เหมาะสมกับข้อมูลระยะยาว ความแตกต่างที่สำคัญของการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงและการวิเคราะห์กลุ่มแฝงคือ ธรรมชาติของตัวแปรที่ถูกวัด ซึ่ง ตัวแปรที่ใช้วัดในการวิเคราะห์กลุ่มแฝงจะเป็นตัวแปรแบบ ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (static variable) เพราะเป็นการวัดรั้งเดียว และตัวแปรที่ใช้วัดในการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงเป็นตัวแปรแบบเปลี่ยนกลุ่มได้ (dynamic variable) เพราะมีการวัดตั้งแต่ 2 ครั้งขึ้นไป โดยมีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา กล่าวโดยสรุปการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงเป็นรูปแบบพิเศษของการวิเคราะห์กลุ่มแฝงที่ใช้กับข้อมูลระยะยาว เพื่อที่จะวัดการเปลี่ยนแปลงของสมาชิกในกลุ่มแฝงข้ามช่วงเวลา

การวิเคราะห์กลุ่มแฝง และ การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง เป็นโมเดลที่ใช้กับตัวแปรแฝงทั้งคู่ ซึ่งหลักการจะคล้ายคลึงกับ การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) แต่ใน การวิเคราะห์องค์ประกอบเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม (covariance matrix) จะถูกวิเคราะห์ ภายใต้โครงสร้างพื้นฐานที่แฝงอยู่ (latent structure) ใน factor model ตัวแปรแฝงเป็นตัวแปรต่อเนื่อง (continuous) และรูปแบบคะแนนของตัวแปรแฝงเป็นการกระจายแบบต่อเนื่อง การวิเคราะห์กลุ่มแฝง และ การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง มีความแตกต่างกับ การวิเคราะห์องค์ประกอบในเรื่องของความแตกต่างในขั้นตอนการดำเนินการ กล่าวคือในการวิเคราะห์กลุ่มแฝง ตัวแปรแฝงเป็นตัวแปรแบบคงที่ หรือไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นโดยทั่วไปจึงวัดครั้งเดียว และหรือ อาจจะกล่าวได้ว่า ถ้าทำ cross-sectional data และสนใจ การวิเคราะห์กลุ่มแฝง จะต้องมีการระบุจำนวนกลุ่มแฝง

ส่วนการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง ตัวแปรแฝงเป็นตัวแปรแบบไม่ต่อเนื่องที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลระยะยาว ผลการวัดแต่ละครั้งจะแบ่งประชากรออกเป็นประเภทชัดเจน ตัวอย่างเช่น

คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เป็นเกณฑ์ในการวิเคราะห์กลุ่มแฝงจะเป็นการแบ่งประชากรออกเป็นกลุ่มเก่งมาก ปานกลาง และ ไม่เก่ง การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงจึงเป็นการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงกลุ่มของประชากรระหว่างการวัดแต่ละครั้ง

เมื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูลระหว่างการวิเคราะห์กลุ่มแฝงและการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง แสดงให้เห็นความเกี่ยวข้องระหว่างวิธีวิเคราะห์ทั้งสองวิธี ด้านการวิเคราะห์กลุ่มแฝง ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ จะสอดคล้องกับ ความน่าจะเป็นของสมาชิกในกลุ่มแฝง และความน่าจะเป็นเงื่อนไขการตอบรายข้อที่สอดคล้องกับสมาชิกของกลุ่มแฝง ความแตกต่างของกลุ่มแฝงเป็นคุณลักษณะที่มีรูปแบบการตอบที่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับในการวิเคราะห์องค์ประกอบ ที่ขึ้นอยู่กับผู้ตรวจที่จะใส่ชื่อ ให้กับแต่ละองค์ประกอบ เมื่อมีการดูขนาด และค่า factor loading เช่น เดียวกับในการวิเคราะห์กลุ่มแฝง ที่มีการแบ่งกลุ่ม เป็นกลุ่มประเภท เก่ง ปานกลาง และ ไม่เก่ง นั้น ผู้ที่ได้คะแนนสูง ก็จะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มแฝง เก่ง เป็นต้น

ส่วนการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงเป็นการขยายของการวิเคราะห์กลุ่มแฝง ที่ตัวแปรแฝงเป็นตัวแปรแบบพลวัตร (dynamic) หรือ เปลี่ยนแปลงได้ หรืออาจกล่าวได้ว่า มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาเปลี่ยนไป ในแต่ละประเภทของตัวแปรแฝงซึ่งต้องใช้ข้อมูลระยะยาวเพื่อที่จะใช้การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงมีการประมาณค่าพารามิเตอร์ ที่สอดคล้องกับสัดส่วนของบุคคลในสถานะที่แฝงอยู่ที่เวลา 1 และโอกาสในการตอบสนองแต่ละข้อที่เป็นไปได้ของสถานะสมาชิกที่แฝงอยู่ การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง ยังมีเมทริกซ์ความน่าจะเป็นที่มีการเปลี่ยนกลุ่ม (transition probability matrix) ซึ่งประกอบด้วยการประมาณค่าของความน่าจะเป็นของการเป็นสมาชิกสถานะแฝงที่เวลา t+1 ตามเงื่อนไขที่เกี่ยวกับสถานะแฝงของสมาชิกที่เวลา t ตัวอย่างขององค์ประกอบหนึ่งของการเมทริกซ์ความน่าจะเป็นที่มีการเปลี่ยนกลุ่ม คือ เมื่อเป็นสมาชิกในกลุ่มสูงที่เวลา t เมื่อช่วงเวลาเปลี่ยน อาจมีการเปลี่ยนไปอยู่ในกลุ่มปานกลาง ได้ ซึ่งจะมีเมทริกซ์ที่สรุปการเปลี่ยนแปลงของสมาชิกในแต่ละกลุ่มแฝงเมื่อเวลาเปลี่ยนไป

สรุปความแตกต่างของการวิเคราะห์กลุ่มแฝงและการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.2 ความแตกต่างของการวิเคราะห์กลุ่มแฝงและการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง
c

	Latent Class Analysis (LCA)	**Latent Transition Analysis (LTA)**
จุดมุ่งหมาย	หาจำนวนกลุ่มแฝงที่มีลักษณะเหมือนๆกัน	สนใจการเปลี่ยนแปลงสถานะของความเป็นสมาชิกในแต่ละกลุ่มข้ามช่วงเวลา
ลักษณะของตัวแปรแฝง	เป็นตัวแปรแบบคงที่ หรือ ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (static variable)	เป็นตัวแปรแฝงแบบพลวัต หรือ เปลี่ยนแปลงได้ (dynamic variable)
จำนวนครั้งของการวัด	1 ครั้ง (ถ้าวัดมากกว่า 1 ครั้ง จะเป็นการวิเคราะห์กลุ่มแฝงแบบวัดซ้ำ หรือ repeated-measures Latent Class Analysis	2 ครั้งขึ้นไป
การเก็บข้อมูล / วิเคราะห์ข้อมูล	หากเป็น repeated-measures Latent Class Analysis ถาม 1 คำถาม และวัดหลายครั้ง	ถาม หลายคำถาม และวัดหลายครั้ง
จำนวนกลุ่มแฝงที่ได้	ในการวิเคราะห์ทั้ง 2 แบบ ไม่จำเป็นว่าจะต้องได้จำนวนกลุ่มเท่ากัน	

Collins and Lanza (2013) ได้นำข้อมูลการสำรวจพฤติกรรมความเสี่ยงของวัยรุ่น ของนักเรียนเกรด 9 – เกรด 12 มาวิเคราะห์ LCA และ LTA โดยนำข้อมูลเรื่องพฤติกรรมความเป็นอาชญากรของวัยรุ่นมาวิเคราะห์ โดยที่มีข้อคำถาม ดังนี้ พฤติกรรมการโกหกผู้ปกครอง การทำเสียงดัง / ไม่สุภาพ การทำทรัพย์สินเสียหาย การขโมยของจากร้านค้าการนิยมการต่อสู้ ที่มีการตอบคำถามเป็น ใช่ หรือ ไม่ใช่ จากการวิเคราะห์กลุ่มแฝงพบว่า สามารถแบ่งกลุ่มของความเป็นอาชญากรได้ 4 กลุ่ม ดังนี้ มีความเป็นอาชญากรน้อย หรือ ไม่มี การเป็นปฏิปักษ์ทางภาษา การเป็นคนขโมยของตามร้าน และ การเป็นอาชญากรทั่วไป ในพฤติกรรมการเป็นอาชญากรน้อย หรือ ไม่มีนั้น

มีจำนวนสัดส่วนของความเป็นสมาชิกสูงกว่า กลุ่มอื่นๆ แต่เมื่อนำข้อมูลระยะยาวในเรื่องดังกล่าวที่มีการวัด 2 ครั้ง มาวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงพบว่า แบ่งได้ 5 กลุ่มจะเหมาะสมกว่า ซึ่งกลุ่มที่มีจำนวนสัดส่วนของความเป็นสมาชิกสูงกว่า กลุ่มอื่นๆ คือ พฤติกรรมการเป็นอาชญากรน้อย หรือ ไม่มี หลังจากวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงนั้นได้แยกเป็น 2 กลุ่ม คือ การพฤติกรรมความเป็นอาชญากรน้อย กับ ไม่มีพฤติกรรมความเป็นอาชญากร แต่ยังไม่มีการรายงานความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มซึ่งจะมีประโยชน์เชิงนโยบาย วิธีการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มจะเสนอในหัวข้อที่ 2

1.2.2.1 แบบจำลองมาร์คอฟ

ในบางครั้งการจัดกลุ่มนักเรียนนั้นอาจมีการเปลี่ยนสถานะของนักเรียนได้ ดังนั้นเพื่อทำให้การตัดสินใจในปัจจุบันเป็นไปอย่างเหมาะสมต้องมีเครื่องมือที่จะนำมาใช้ในการจัดการกับความไม่แน่นอนที่จะกล่าวในบทนี้คือ ตัวแบบเชิงปริมาณที่จะช่วยให้ข้อมูลของสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อใช้ในการตัดสินใจในด้านต่างๆ ตัวแบบที่จะช่วยในการตัดสินใจนี้คือ ตัวแบบมาร์คอฟ (Markov model) (Wang, 2001)

ตัวแบบมาร์คอฟ (Markov model) เป็นตัวแบบที่นำแนวความคิดในเรื่องความน่าจะเป็นมาใช้ในการพยากรณ์ โดยพยากรณ์โอกาสหรือความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ในอนาคต โดยใช้ข้อมูลของเหตุการณ์ในปัจจุบัน

ลักษณะและสมมติฐานของแบบจำลองมาร์คอฟ

แบบจำลองมาร์คอฟเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้วิเคราะห์พฤติกรรมของตัวแปรเพื่อพยากรณ์พฤติกรรมของตัวแปรในอนาคต

สมมติฐานที่สำคัญของตัวแปร

1. ปัญหาที่จะใช้แบบจำลองมาร์คอฟจะต้องสามารถแจกแจงสถานะ (state) ของบุคคลหรือสิ่งที่กำลังศึกษาได้

2. ต้องมีข้อมูลความน่าจะเป็นปัจจุบันเกี่ยวกับการเกิดสถานะต่างๆ (state probability)

3. ต้องมีข้อมูลความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ในอนาคตเกี่ยวกับการคงอยู่ในสถานะเดิมหรือเปลี่ยนแปลงสถานะใหม่เรียกความน่าจะเป็นนี้ว่าความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะ (transition probability)

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความน่าจะเป็น เป็นการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่ง

ความน่าจะเป็นแบบทรานเซียนท์ (transient period) เป็นการหาความน่าจะเป็นแบบมาร์คอฟวิธีการหนึ่งซึ่ง เป็นค่าความน่าจะเป็นของการอยู่ในสถานะหนึ่งของลูกโซ่มาร์คอฟในช่วงเวลาก่อนที่จะเข้าสู่สภาวะคงตัว

ลูกโซ่มาร์คอฟ เป็นลำดับของการเกิดเหตุการณ์ความน่าจะเป็นของการเกิดแต่ละเหตุการณ์ขึ้นอยู่กับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นก่อนหน้านั้น

สภาวะคงตัว (steady state probability) เป็นสภาวะของความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์โดยที่เหตุการณ์ในครั้งต่อๆไปไม่เปลี่ยนแปลง

1.2.2.2 การใช้การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง

ในการวิเคราะห์กลุ่มแฝงนั้นนักวิจัยประมาณค่าความน่าจะเป็นสำหรับรูปแบบการตอบสนองที่สังเกตได้ (*w*) ดังแนวคิดของ Collins and Wugalter (1992) ดังสมการต่อไปนี้

$$P = \sum_{g=1}^{G} \pi_g \prod_{i=1}^{g} \prod_{k=1}^{r_i} \rho_{ik|g}^{I(w_i=k)}$$

เมื่อ π_{q1} คือสัดส่วนของประชากรในกลุ่มแฝง g_1 ,

$\rho_{ik|g}^{I(w_i=k)}$ คือ ความน่าจะเป็นของการตอบ ในข้อ ที่i (เมื่อ i= 1,...,g)

โดยมีจำนวนกลุ่มจัดประเภท r_1 สำหรับกลุ่มแฝง g และ

I (.) เป็นการระบุค่าเป็น 1 ถ้า w_1 = k และ เป็น 0 ในกรณีอื่น

เมื่อกระจายผลรวมแต่ละกลุ่มตามช่วงเวลา สมการเปลี่ยนรูปเป็นดังต่อไปนี้

$$P = \sum_{g_1=1}^{G_1} \cdots \sum_{g_T=1}^{G_T} \pi_{g_1} \prod_{t=2}^{T} \tau_{g_t|g_{t-1}}^{t-1} \left(\prod_{i=1}^{g} \prod_{k=1}^{r_i} \rho_{tik|g_t}^{I(w_{ti}=k)} \right)$$

เมื่อ π_{q1} คือ สัดส่วนของประชากรในกลุ่มแฝง g_1 ที่เวลา time 1 และ

$\tau_{g_t|g_{t-1}}^{t-1}$ เป็นความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงจาก กลุ่มแฝง g_{t-1} ที่เวลา time *t*-1 ไปเป็น กลุ่มแฝง g_t ที่เวลา time 1

ความเป็นสมาชิกในกลุ่มแต่ละกลุ่มเป็นเฉพาะกลุ่มนั้นที่เวลาเฉพาะเท่านั้น $\rho_{tik|g_t}^{I(w_{ti}=k)}$ เป็นความน่าจะเป็นของการตอบ k ข้อที่ I สำหรับรูปแบบ g_t และ I(.) คือ ค่าที่กำหนดให้มีค่าเป็น 1 เมื่อ $w_1 = k$ และมีค่าเป็น 0 ในกรณีอื่น

เมื่อมีการวัด 3 ครั้งขึ้นไป เป็นไปได้ที่จะเป็นลักษณะของ โมเดลลำดับที่สอง (second order model) และในโมเดลลำดับที่สองนั้น การเปลี่ยนแปลงระหว่างสถานะแฝงเป็นเงื่อนไขที่ไม่เพียงแต่จะเปลี่ยนอย่างกะทันหันในช่วงเวลาที่ผ่านมาเท่านั้น แต่ยังเป็นการเปลี่ยนในช่วงเวลาใดก็ได้ในการวัด 3 ครั้ง กล่าวคือในครั้งที่ 3 สถานะแฝงในโมเดลลำดับที่สอง อาจจะเป็นเงื่อนไขมาจากครั้งที่ 2 และอาจเป็นเงื่อนไขมาจากสถานะแฝงในครั้งที่ 1 ได้เช่นกัน

โมเดลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงจึงเป็นโมเดลความน่าจะเป็นที่ใช้รูปแบบของการตอบสนองแบบจัดประเภทเพื่อที่จะประมาณค่าสถานะผู้สอบที่จุดเวลาต่างกัน นักวิจัยสามารถนำมาใช้ในทางอื่นๆ เช่น การตรวจสอบกลุ่มแฝงของแต่ละกลุ่มว่ามีลักษณะที่แตกต่างกันอย่างไรข้ามช่วงเวลากรณีตัวแปรแฝงเป็นแบบจัดประเภท โมเดลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง มีข้อตกลงเบื้องต้นว่าต้องไม่มีการผันแปรของตัวแปรแฝง (เช่น ความสามารถ) ภายในกลุ่ม สิ่งที่เป็นข้อปัญหาในการวิเคราะห์ คือ โมเดลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงนั้นเป็นโมเดลที่พิจารณาเฉพาะตัวแปรแบบจัดประเภท ถ้าเมทริกซ์ข้อมูลมีการเพิ่มการกระจายตัวให้มากขึ้นหรือมีจำนวนประเภทการจัดกลุ่มสูงขึ้น ความถี่แต่ละประเภทลดลง มีผลทำให้การประมาณค่าพารามิเตอร์ได้ยาก

การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง มีจุดเริ่มต้นมาจาก การใช้การประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลการวิเคราะห์กลุ่มแฝงที่ไม่เข้มงวด (unrestricted LCM) ที่สนใจสัดส่วนแฝง และเงื่อนไขความน่าจะเป็นของการตอบ ซึ่งการประมาณค่าดังกล่าวยังไม่ได้เกิดประโยชน์สูงสุด เพราะสนใจที่การวัด มากกว่าการลดทอนข้อมูล โมเดลการวิเคราะห์กลุ่มแฝงที่เข้มงวด (restricted LCM) เช่น IRT models สามารถเก็บรายละเอียดของข้อมูลได้ดีกว่าเมื่อใช้บนหลักการของ LCM ดังนั้นการผสมผสานแนวคิดของ โมเดลการวิเคราะห์กลุ่มแฝงที่เข้มงวด (restricted LCM) บนหลักการของ LCM จะนำประโยชน์ได้มากขึ้น โดยสามารถอธิบายศักยภาพของสมมติฐานที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับโครงสร้างของข้อมูลมากขึ้น และถ้าใช้ LTA อธิบายร่วมกับ MixIRTM จะเป็นการขยายของ LTA ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงที่เป็นแบบตัวแปรแฝงต่อเนื่องได้ การวิเคราะห์ LTA –LCM ถูกใช้เมื่อไม่มีการผันแปรของตัวแปรแฝงใน class เหตุที่มาประยุกต์ใช้ กับ MixIRTM ก็เพื่อให้ดูการผันแปรของตัวแปรภายในกลุ่มและใช้กับตัวแปรแฝงที่เป็นแบบต่อเนื่องได้ (Cho และคณะ, 2010) ซึ่งสามารถสรุปลักษณะของการวิเคราะห์ตัวแปรแฝงโดยแบ่งตามลักษณะของตัวแปรแฝงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.3 ลักษณะของการวิเคราะห์ตัวแปรแฝงโดยแบ่งตามลักษณะของตัวแปรแฝง

Latent variable	แบบจัดประเภท (Category Variable)	แบบต่อเนื่อง (Continuous Variable)
LTA-LCM	✓	
IRT		✓
MixIRTM	✓	✓

2. การประเมินการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงกับโมเดลราส์ช แบบผสม (Latent Transition Analysis with Mixture Rasch Model)

การนำแนวความคิดของ LCM และ IRT มาผสมกันเป็น MixIRTM ทั้ง LCM และ IRT ซึ่งสามารถตรวจสอบกลุ่มที่สังเกตได้ในพารามิเตอร์ข้อสอบ เพื่อวัดสิ่งที่แฝงอยู่ภายใน ทำให้นักวัดผล/นักวิจัยทราบได้ว่าลักษณะภายในของแต่ละคนเป็นอย่างไร และแบ่งกลุ่มเพื่อทำการวิจัยพัฒนาได้ตรงและเหมาะสมกับบุคคลแต่ละกลุ่ม ทั้งคู่มีข้อตกลงเบื้องต้นของเงื่อนไขความเป็นอิสระเหมือนกัน แต่มีเงื่อนไขในการวิเคราะห์แตกต่างกันระหว่าง LCM และ IRT ที่ทำให้ LTA-LCM มีลักษณะเฉพาะดังนี้

1. ตัวแปรแฝงใน LCM เป็นแบบจัด ประเภท และใน IRT เป็นแบบต่อเนื่อง ผลของการรวมกันเป็น MixIRTM คือ อนุญาตให้มีความผันแปรเกิดขึ้นภายในกลุ่มบนตัวแปรแฝงได้ ในอีกนัยยะหนึ่งคือ มีประสบการณ์ความโน้มเอียงสำหรับการตอบสนองในแต่ละข้อของแบบสอบ ที่แม้ว่าผู้สอบในกลุ่มเดียวกันก็จะมีความผันแปรในความสามารถแฝง เช่น สมาชิกที่ถูกจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันนั้นจะมีการตอบสนองของแต่ละข้อของแบบสอบเหมือนกัน ใน LCM จะเป็นการระบุกลุ่มเพียงว่าหากผู้สอบตอบข้อที่ a, b ,c ถูกก็จะจัดให้เป็นกลุ่มกลุ่มหนึ่ง แต่ใน MixIRTM นั้น จะสามารถจำแนกได้ชัดเจนมากขึ้น เนื่องจาก สามารถ จำแนกความแตกต่างของคุณลักษณะการตอบระหว่างกลุ่มแฝงของผู้ตอบ และใน LCM นั้น อย่างไรก็ตามผู้สอบในกลุ่มแฝงนั้นต้องเป็นเอกพันธ์ ในการตอบข้อสอบและไม่มีการผันแปรในความสามารถแฝง

2. กรณีที่มีการเพิ่มความยาวของข้อสอบในแบบสอบ เมื่อความยาวของแบบสอบเพิ่มขึ้นเมทริกซ์ของรูปแบบการตอบสนองจะเพิ่มการกระจายตัวขึ้น ซึ่งจะทำให้การประมาณค่าพารามิเตอร์ค่อนข้างยาก ใน IRT จะสามารถจัดการการกระจายตัวนั้นได้ โดยการประยุกต์ใช้โมเดลพาราเมทริกซ์ (เช่น ฟังก์ชัน โอจีฟ หรือ โลจิสติกส์) กับข้อตกลงเบื้องต้นที่แข็งแกร่งที่จะอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็นของการตอบและความสามารถแฝง

ดังนั้น การนำ MixIRTM มาประยุกต์ใช้กับ LTA จะได้รับการยอมรับในเรื่องของการวัดความผันแปรที่เกิดขึ้นภายในกลุ่มของตัวแปรแฝง ทำให้มีประโยชน์สำหรับการวัดผลที่เกิดจากการจัดกระทำ (treatment) ภายในชั้นแฝง ซึ่งก็คือการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงกับการใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม

MixIRTM นั้น เป็นโมเดลที่เหมาะสมกับข้อมูลมากกว่า LCM หรือ IRT (Muthen & Asparouhov, 2006) และ MixIRTM ประยุกต์ใช้ในการระบุความแตกต่างได้ทั้งข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ งานวิจัยที่ใช้ MixIRTM ได้แก่ งานวิจัยของ Bolt, Cohen, and Wollack (2001) ที่ศึกษาข้อมูลแบบวัดหลายตัวเลือกและ Cho, Cohen, Kim, and Bottge (2010) ที่ศึกษาข้อมูลพหุระดับ MixIRTM สามารถแบ่งออกเป็น 3 โมเดล ได้แก่ 1)โมเดลราส์ซ แบบผสม (Mixture Rasch Model : MRM) เป็น MixIRTM แบบหนึ่งที่เป็นการผสมของ IRT model แบบ Rasch model กับ LC model งานวิจัยที่ใช้ MRM ได้แก่ งานวิจัยของ Rost (1990, 1997) อธิบาย MRM ในการตรวจสอบ ความแตกต่างกันในคุณลักษณะของการตอบระหว่างกลุ่มแฝงของผู้สอบ หรือ Cho, Cohen, and Kim (2006) ที่ใช้ MRM สำหรับการวิเคราะห์ผลของข้อสอบ (analyzing testlet effects) Wilson (1989) ใช้ MRM ในการจำลองการเรียนรู้ (modeling learning)และ Cho et al. (2006) ได้นำมาตรวจสอบ DIF จากกลุ่มตัวแปรแฝงเหล่านี้ ซึ่งกลุ่มตัวแปรแฝงเป็นตัวแปรร่วมที่ศึกษาได้จากข้อสอบแต่ละข้อโดยตรงและจากความสามารถจากการทำข้อสอบแต่ละข้อ 2) โมเดลการทดสอบโลจิสติกส์เชิงเส้นตรงแบบผสม (mixture linear logistic test model) มีงานวิจัยที่ใช้โมเดลการทดสอบโลจิสติกส์เชิงเส้นตรงแบบผสม (mixture linear logistic test model) ในการตรวจสอบการเดาแบบสุ่มในข้อสอบแบบเลือกตอบ คือ งานวิจัยของ Mislevy and Verhelst (1990) และ 3) โมเดลการตอบสนองนามบัญญัติแบบผสม (mixture nominal response model) มีงานวิจัยที่ใช้โมเดลนี้หาความแตกต่างระหว่างบุคคลในการพิจารณาการจัดประเภทของการตอบสนองในข้อสอบแบบเลือกตอบ โดยจำแนกบุคคลเพื่อวินิจฉัยทางปัญญา

เพื่อให้เป็นที่เข้าใจชัดเจน การเสนอสาระต่อไปนี้ผู้วิจัยจึงนำเสนอ โมเดลราส์ซแบบผสม และการรวมกันของ โมเดลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงกับโมเดลราส์ซแบบผสม

2.1 โมเดลราส์ซแบบผสม (Mixture Rasch Model : MRM)

MRM เป็นการตอบสนองข้อสอบแบบผสม (MixIRT) วิธีการหนึ่งที่สามารถระบุกลุ่มที่สังเกตได้ของผู้ตอบกับความสัมพันธ์การตอบสนองที่แตกต่างกัน (Mislevy & Huang, 2007) เป็นโมเดลหนึ่งที่นำมาใช้สำหรับตัวแปรที่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยการสังเกตหรือมองเห็น ซึ่งเรียกว่าตัวแปรแฝง เช่น ความสามารถของบุคคล ค่าความยากของข้อสอบ เป็นต้น

ความน่าจะเป็นของการตอบสนองถูกในรูปแบบ logistic ของ MRM สามารถแสดงดังนี้

$$P(y_{ij}=1)=\sum_{g=1}^{G}\pi_g \cdot P(y_{ijg}=1|g,\theta_{jg})=\sum_{g=1}^{G}\pi_g \cdot \frac{1}{1+\exp\left[-(\theta_{jg}-b_{ig})\right]}$$

เมื่อ g เป็นดัชนีสำหรับ กลุ่มแฝง g = 1,... , G ผู้สอบ j = 1,...,N

θ_{jg} เป็นความสามารถแฝงของผู้สอบ j ภายในชั้น g

π_g เป็นสัดส่วนของผู้สอบในแต่ละชั้น

b_{ig} เป็นพารามิเตอร์ความยากของราส์ช (Rasch difficulty) ของข้อสอบ iในชั้น g

โครงสร้างของความสามารถใน MRM เขียนในรูปสมการแจกแจงเป็นโค้งปกติ ดังนี้

$$\theta_{jg} \sim N(\mu_g,\sigma_g^2)$$

เมื่อ μ_g เป็นค่าเฉลี่ยเฉพาะกลุ่มของความสามารถ และ

σ_g^2 เป็นความแปรปรวนเฉพาะกลุ่มของความสามารถ

ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ θ ในทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสมนั้นควรต้องใช้วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์โดยวิธีเบย์ (Baysian estimation) โดยทั่วไปจะถือว่าพารามิเตอร์ θ เป็นค่าคงที่ซึ่งไม่ทราบค่า แต่ตามวิธีของเบย์จะถือว่าค่า θ เป็นค่าของตัวแปรสุ่ม θ ที่มีการแจกแจงแสดงได้ในรูปการแจกแจงความน่าจะเป็น ซึ่งเรียกว่าการแจกแจงก่อน (Prior distribution) เนื่องจากเป็นการแจกแจงที่กำหนดขึ้นก่อนที่จะมีการเก็บรวบรวมข้อมูล เมื่อมีการรวบรวมข้อมูลมาแล้วความรู้ที่ได้จากข้อมูลซึ่งเป็นการแจกแจงก่อนจะช่วยปรับปรุงการแจกแจงในภายหลัง ซึ่งเรียกว่า การแจกแจงภายหลัง (Posterior distribution) (Congdon, 2014)

2.2 โมเดลการเปลี่ยนกลุ่มแฝงกับโมเดลราส์ชแบบผสม (Latent Transition Model with Mixture Rasch Model : LTA-MRM)

การรวมกันของ โมเดลการเปลี่ยนกลุ่มแฝง กับ MRM ได้เป็นโมเดลการวัด LTA-MRM ที่แสดงรูปแบบการเปลี่ยนแปลงข้ามช่วงเวลา รูปแบบในที่นี้นั้นเป็นลำดับของการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มแฝงข้ามช่วงเวลาของแต่ละกลุ่ม ซึ่งเป็นไปตามโมเดลที่ถูกอธิบายโดย Andersen (1985)

ยกเว้นกลุ่มที่ไม่เปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงก็ได้เมื่อเวลาเปลี่ยน ความน่าจะเป็นของการตอบถูกแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$P(y_{ijt=1}) = \sum_{g_1=1}^{G_1} \cdots \sum_{g_T=1}^{G_T} \pi_{g_1} \prod_{t=2}^{T} \tau_{g_t|g_{t-1}}^{(t-1)} \frac{1}{1+\exp\left[-\left(\theta_{jtg_t}^{*} - b_{t(i)g_t}\right)\right]}$$

เมื่อ g_t คือดัชนีสำหรับชั้นแฝง g=1,...G , j = 1,...,N เป็นผู้สอบ ,

$\theta_{jtg_t}^{*}$ เป็นความสามารถแฝงของผู้สอบ j ภายในรูปแบบ g_t ,

$b_{t(i)g_t}$ เป็นพารามิเตอร์ความยากของราสซ์ของข้อที่ i nested ภายในรูปแบบการจัดการของการวัดที่เวลา t สำหรับรูปแบบ g_t ,

π_{g_1} เป็นสัดส่วนของประชากรในกลุ่มแฝง g_1 ที่เวลา 1 และ

$\tau_{g_t|g_{t-1}}^{(t-1)}$ เป็นความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มจากกลุ่มแฝง g_{t-1} ที่เวลา t-1 ไปยัง กลุ่ม g_t ที่เวลา t

LTA-MRM สามารถขยายไปเป็นโมเดลลำดับที่สอง คล้ายกับของ LTA-LCM ดังนั้นจึงมีการยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหันระหว่างสถานะแฝง เพื่อที่จะเป็นเงื่อนไข ไม่เพียงแต่เป็นไปอย่างทันทีทันใดในเวลาที่ผ่านมา ในช่วงเวลาที่ผ่านมาอย่างเหมาะสม Muthén (2008) กล่าวว่า กลุ่มแฝง g_t ที่เวลา t เป็นอิทธิพลมาจากกลุ่มแฝง g_{t-1} ที่เวลา t-1 และจากความสามารถแฝง $\theta_{jtg_t}^{*}$ ที่เวลา t-1

2.2.1 สัดส่วนของการเปลี่ยนกลุ่ม

รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มแฝง ที่จุดเวลาที่เกิดการเปลี่ยนแปลง เป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสุ่มตัวอย่าง โดยชุดของตัวแปรแบบสุ่มตัวอย่าง แบบ Markov Chain ซึ่งเป็นจุดที่มีการหยุดนิ่งข้ามช่วงเวลา

สภาวะที่เกิดขึ้นที่เวลา t กำหนดให้ z_t สำหรับ t = 2,...,T กับ การเป็นสมาชิกของกลุ่มที่เป็นไปได้ G ดังนั้นความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่ม $p_{g_h h_{t-1}}$ ระหว่างสถานะ แสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$p(z_t = g_t | z_{t-1} = g_{t-1}) = p_{g_t g_{t-1}}(t) = p_{g_t g_{t-1}}(t+1) = p_{g_t g_{t-1}}$$

และ $\sum_{g_{t-1}} p_{g_t g_{t-1}} = 1$ สำหรับการเป็นสมาชิกของกลุ่มก่อนหน้า

$$g_{t-1} = 1,...,G$$

ความเป็นไปได้ของการเป็นลำดับขั้นของสภาวะ $z_1, z_2, ..., z_T$ สามารถเขียนได้ดังนี้

$$p(z_1, z_2, ..., z_T) = p(z_1) \prod_{t-2}^{T} p(z_t | z_{t-1}) = p(z_1) \prod_{t-2}^{T} p_{g_t g_{t-1}} = \pi_{g_t} \prod_{t-2}^{T} \tau_{g_t|g_{t-1}}^{(t-1)}$$

2.2.2 โครงสร้างของความสามารถ

โมเดลความสามารถข้ามช่วงเวลาที่เป็นแบบพหุมิติ ใน LTA-MRM เป็นสิ่งเดียวกันกับที่ Andersen (1985) เคยกล่าวไว้ เนื่องจาก ในแต่ละรูปแบบ ความสามารถเป็นสิ่งที่เฉพาะเจาะจงในแต่ละช่วงเวลา $\theta^{*}_{jtg_t}$ สามารถถูกตัดสินให้เป็นจุดเริ่มต้นของความสามารถ $\theta^{*}_{jtg_t}$ สำหรับ t=2,...,T เกี่ยวข้องกับความสามารถเริ่มต้น และเปลี่ยนแปลงความสามารถในแต่ละช่วงเวลา t โดยให้ความสามารถที่แต่ละช่วงเวลาเป็น $\theta^{*}_{jtg_1}$ สำหรับจุดเริ่มต้นของเวลาช่วงแรก และเปลี่ยนความสามารถที่เวลา t เป็น θ_{jtg_t} สำหรับจุดเวลาแรก $\theta^{*}_{jtg_t} = \theta_{j1g_t}$ สำหรับ t=2,...,T ,,,,, $\theta^{*}_{jtg_1}$ แม้ว่า โมเดลของ Andersen (1985) ไม่ได้เป็นการหาค่าประมาณโดยตรงของการวัดการเปลี่ยนแปลง แต่ใน LTA-MRM การเปลี่ยนแปลงความสามารถนั้นสามารถคำนวณทางอ้อมโดยใช้โปรไฟล์ความสามารถ ข้ามช่วงเวลาภายในรูปแบบที่กำหนดของความเป็นสมาชิกในกลุ่มแฝง

ผลการประมาณค่าโครงสร้างความสามารถที่เป็นแบบพหุมิติ ใน LTA-MRM มีการแจกแจงเป็นโค้งปกติพหุคูณ ดังนี้

$$\theta^{*}_{jtg_t} \sim MN\left(\mu_{g_t}, \sum g_t\right)$$

เมื่อ μ_{g_t} เป็นเวกเตอร์ค่าเฉลี่ย และ

$\sum g_t$ เป็น variance-covariance ของมิติความสามารถข้ามช่วงเวลาในการแจกแจงปกติแบบ multivariate สำหรับรูปแบบเฉพาะของแต่ละกลุ่มแฝง

เช่น รูปแบบ 121 ชี้ให้เห็นการเปลี่ยนจากกลุ่ม 1 ที่ช่วงเวลา 1 ไปกลุ่ม 2 ที่ช่วงเวลา 2 และเปลี่ยนเป็นกลุ่ม 1 ที่ช่วงเวลา 3 และ θ_{jt} เป็นค่าของ $\theta^{*}_{jtg_t}$ ตาม การแจกแจง $MN\left(\mu_{g_t}, \sum g_t\right)$ กับสัดส่วน $\pi_{g_1} \prod_{t=2}^{T} \tau^{(t-1)}_{g_t|g_{t-1}} .MN\left(\mu_{g_t}, \sum g_t\right)$ เป็นโครงสร้างสำหรับการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มแฝงที่แตกต่างกันในแต่ละรูปแบบที่เป็นรูปแบบการเปลี่ยนกลุ่มแฝง

2.2.3 โครงสร้างความยากของข้อสอบ

โมเดลความยากของข้อสอบใน LTA-MRM แตกต่างจาก LTA-LCM ที่ได้กล่าวไปแล้ว LTA-MRM สามารถให้ข้อมูลกลุ่มที่เป็นอิสระต่อกันเกี่ยวกับกลุ่มแฝงที่แต่ละช่วงเวลา ความไม่แปรเปลี่ยนของพารามิเตอร์ข้อสอบข้ามจุดเวลาในเรื่องของจำนวนและโครงสร้างของกลุ่มแฝงว่าเป็นสิ่งเดียวกันข้ามเวลาในการที่จะเพิ่มการจัดหาสิ่งที่นำมาใช้ในการตีความ ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง

2.2.4 การประมาณค่าโครงสร้างแฝงและการเปรียบเทียบมาตรวัด

เนื่องจากความน่าจะเป็นของการตอบสนองข้อสอบในโครงสร้างของความสามารถมีโครงสร้างแบบพหุมิติ สำหรับแต่ละรูปแบบของการเปลี่ยนแปลง ดังนั้น ความน่าจะเป็นของการตอบถูก $P\left(y_{ijt}=1\middle|g_t,\theta_{jtg_t}\right)$ แตกต่างกัน เมื่อตอบข้อสอบที่เหมือนกัน ซึ่งเป็นการจัดการข้ามจุดเวลามีวิธีการสองวิธีที่สามารถตัดสินได้สำหรับข้อที่มีการเทียบมาตรฐานหรือข้อที่เหมือนกัน วิธีการแรก คือ การประมาณค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบในแต่ละกลุ่มจากการใช้ข้อมูลที่วัด ณ จุดเวลาแรกเท่านั้น วิธีการนี้คล้ายกับการเทียบมาตรฐานของการประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบที่ต่อมามีการใช้กับกลุ่มตัวอย่างอื่นๆ จากประชากรเดียวกัน เช่น กรณีที่เป็นธนาคารข้อสอบ ความยากรายข้อจะเป็นสิ่งที่คงที่ข้ามช่วงเวลา วิธีการที่สอง คือ การประมาณค่าร่วม(joint estimation) ของข้อสอบรายข้อ ความสามารถ ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง และความเป็นสมาชิกของกลุ่ม เมื่อกำหนดให้พารามิเตอร์รายข้อคงที่ทุกจุดเวลาที่วัด ในกรณีนี้เมทริกซ์ได้มาโดยให้ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของความสามารถสำหรับจุดเวลาแรก และกลุ่มแฝงแรกคือ 0 และ 1 ตามลำดับ จากนั้นจะนำเมทริกซ์นี้ไปใช้ในการประมาณค่าความยากรายข้อและความสามารถ วิธีการที่ทำให้ได้เมทริกซ์ จำเป็นต้องกำหนดการประมาณค่าความยากในบางมาตรวัด ถ้าการเปรียบเทียบเป็นสิ่งที่ทำขึ้นข้ามจุดเวลา

ผลการประมาณค่าทั้งสองวิธีได้โครงสร้างแฝงที่แตกต่างกัน วิธีการแรก การใช้สารสนเทศ ณ จุดเวลาแรกทำให้ได้ค่าความยากรายข้อของแต่ละกลุ่ม ภายใต้ข้อตกลงเบื้องต้นว่าโครงสร้างจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงทุกจุดเวลา ผลการประมาณค่านี้ เรียกว่าผลการประมาณค่าแบบกำหนด (fixed estimation) ส่วนวิธีที่สอง การใช้สารสนเทศข้ามจุดเวลาทำให้ได้ผลการประมาณค่าโครงสร้างแฝง ซึ่งเรียกว่า เป็น การประมาณค่าแบบร่วม (joint estimation)

ในส่วนที่เป็นข้อกระทงที่เป็นจุดเทียบ (Anchor items) เป็นจุดยึดที่ใช้ในการเปรียบเทียบให้เกิดความแน่ใจระหว่างกลุ่มแฝง (Von Davier & Yamamoto, 2004) ถ้าผู้สอบในแต่ละกลุ่มแฝงตอบกลุ่มของข้อสอบข้อกระทงเดียวกัน ใช้ประมาณค่าผลการตอบข้อสอบทุกๆข้อกระทงในมาตรวัดได้ ข้อกระทงที่เป็นจุดเทียบจึงเป็นข้อกระทงที่มีศักยภาพในการเชื่อมโยงการประมาณค่าจากมาตรวัดต่างกันที่ดี (Embretson & Reise, 2000) คล้ายกับ common-item, internal anchor nonequivalent groups linking design แม้ว่า ใน MRM ค่าความยากรายข้อเฉพาะในแต่ละกลุ่มนั้น สมาชิกของกลุ่ม g ถูกประมาณค่าพร้อมกัน

2.2.5 การประมาณค่า

กรอบแนวคิดเริ่มต้นของ LTA-MRM เป็นโมเดลผสม ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าเป็นโมเดลที่มีปัญหาการประมาณค่า ประเด็นและการแก้ปัญหาพื้นฐาน สรุปได้ 2 ประเด็นดังนี้ (Congdon, 2014; Frühwirth-Schnatter, 2006; McLachlan & Peel, 2004; Vermunt & Magidson, 2013)

ประเด็นปัญหาแรก การประมาณค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันไม่สามารถระบุค่าประมาณได้ด้วยวิธีการ log likelihood เพราะว่า likelihood function นั้น ไม่แปรเปลี่ยนในการเรียงลำดับของพารามิเตอร์ในโมเดลแบบผสม การแก้ปัญหาคือ การจัดหาค่าสูงสุดที่เป็นกลุ่มที่มีความเข้มงวดของค่าพารามิเตอร์มากกว่าค่าที่เป็นไปได้ทั้งหมด กล่าวโดยสรุป ปัญหาของ การประมาณค่าของ likelihood ในโมเดลแบบผสม มีแนวโน้มที่จะเป็นแบบ multiple local maxima สามารถระบุทฤษฎีที่เป็นได้ และกลุ่มตัวอย่างที่แน่นอน แต่ไม่สามารถระบุค่าการเริ่มต้นที่แน่นอน

ประเด็นปัญหาที่สอง เรียกว่า label switching ซึ่งในโมเดลแบบผสมมี 2 ชนิด (Cho et al., 2006) ชนิดแรกเกิดขึ้นจากการทำซ้ำในการประมาณค่าแบบ Bayesian ชนิดที่สองสามารถเกิดขึ้นในการประมาณค่าแบบ Bayesian และ maximum likelihood ปัญหา label switching ชนิดที่สองนี้ไม่ทำให้ผลการประมาณค่าจากข้อมูลเชิงประจักษ์ตอนสุดท้ายผิดพลาด สิ่งที่นักวัดผลต้องระวัง คือ การแปลผลจากการศึกษาจำลอง ตัวอย่างที่ 1 ในกลุ่ม 1 อาจเกิดขึ้น โดยมีการอธิบายในฐานะที่เป็นกลุ่ม 2 ปัญหา label switching นี้สังเกตง่ายในการศึกษาจำลอง เพราะเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นของพารามิเตอร์ที่รู้จัก การแก้ปัญหา คือการ run โมเดลโดยการให้ค่าความแตกต่างกันแบบ multiple ตั้งแต่เริ่มต้น (McLachlan & Peel, 2004) การสังเกต log likelihood เดียวกัน จากกลุ่ม multiple ที่ให้ค่าแตกต่างกันไว้ตอนเริ่มต้นจะเป็นการทำให้ปัญหานี้ไม่มีโอกาสเกิดขึ้น

Chulalongkorn University

3. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางเรียนทั่วไปและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยนำเสนอแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ในตอนนี้ โดยแบ่งเป็น 3 หัวข้อย่อยคือ ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั่วไป และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

นักการศึกษาให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้คล้ายคลึงกัน ดังนี้

Carter (1959) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าหมายถึง ความสามารถในการแสดงออกซึ่งความรู้และทักษะที่ได้เรียนไป

เกตุสุดา นิระพงศ์ (2537) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าหมายถึง ความสามารถในการที่จะพยายามเข้าถึงความรู้ซึ่งเกิดจากการทำงานที่ประสานกันและต้องอาศัยความพยายามอย่างมาก ทั้งองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับสติปัญญา และองค์ประกอบที่ไม่ใช่สติปัญญา ที่แสดงออกในรูปของความสำเร็จ ซึ่งสามารถสังเกตและวัดได้ด้วยเครื่องมือทางจิตวิทยาหรือแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทั่วไป

สุวิทย์ หิรัญยกาณฑ์ และคณะ (2540) กล่าวถึง ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าหมายถึง ความสำเร็จที่ได้จากความสามารถ ความรู้ หรือทักษะ หรือหมายถึง ผลของการเรียนการสอนหรือผลงานที่เด็กได้จากการประกอบกิจกรรมส่วนนั้น ๆ ก็ได้

อัจฉรา สุขารมณ์ (2530) กล่าวถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ดังนี้ โดยทั่วไปผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (achievement) หมายถึง ขนาดของความสำเร็จที่ได้จากการทำงานที่ต้องอาศัยความพยายาม ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากการกระทำที่อาศัยความสามารถทางร่างกายหรือสมอง ดังนั้นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจึงเป็นขนาดของความสำเร็จที่ได้จากการเรียนโดยอาศัยความสามารถเฉพาะของตัวของแต่ละบุคคล ตัวบ่งชี้ถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอาจวัดได้เป็น 2 วิธี วิธีแรกเป็นกระบวนการวัดที่ไม่ต้องอาศัยการทดสอบ (nontesting procedures) เช่น จากการสังเกต หรือการตรวจการบ้าน หรืออาจอยู่ในรูปของเกรดที่ได้จากโรงเรียน ซึ่งต้องอาศัยกรรมวิธีที่ซับซ้อนและช่วงเวลาในการประเมินอันยาวนาน หรือวิธีที่สองเป็นกระบวนการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่พิมพ์เผยแพร่ (Published Achievement Test) การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่นิยมใช้กันทั่วไปมักอยู่ในรูปของเกรดที่ได้จากโรงเรียน เนื่องจากได้ผลที่เชื่อถือได้มากกว่าวิธีอื่น ก่อนการประเมินผลการเรียนของนักเรียนครูจะต้องพิจารณาองค์ประกอบอื่นๆอีกหลายด้านประกอบกับ ผลการวัดที่ได้มาจากการทดสอบหลายครั้ง ผลการวัดความสำเร็จทางการเรียนจากการทดสอบนักเรียนด้วยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพียงครั้งเดียว

สมสุข ศรีสุข (2542) ให้ความหมายของคำว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ความสำเร็จ ความสามารถในการกระทำใด ๆ ที่ต้องอาศัยความรอบรู้ หรือทักษะในวิชานั้น ๆ โดยมีเครื่องมือช่วยในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

โดยสรุป ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีความหมายถึง ระดับความสามารถ ระดับความสำเร็จหรือระดับความรู้ความสำเร็จและความสามารถ เมื่อเชื่อมโยงความหมายทั้ง 3 ด้าน จึงสรุปได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบทางสติปัญญา และองค์ประกอบที่ไม่ใช่สติปัญญา แสดงออกในรูปความสำเร็จ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสนในศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และให้นิยามว่าหมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียนในวิชาคณิตศาสตร์ที่แสดงออกในรูปความสำเร็จในการเรียนคณิตศาสตร์

3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั่วไป

จากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางเรียน มีจำนวนมาก ดังงานวิจัยต่อไปนี้

Harnischfeger and Wiley (1976) ได้เสนอ รูปแบบการเรียนรู้ในชั้นเรียนโดยผสมผสานแนวคิดบางส่วนจากแนวคิดพื้นฐานของ Carroll และ แนวคิดของ Bloom ทำให้ได้ตัวแปรที่สัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดังนี้

1. กลุ่มตัวแปรภูมิหลัง (Background Characteristics) แบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบคือ

1.1 ภูมิหลังของครู ประกอบด้วย ตัวแปรหรือปัจจัยทางครอบครัวและสังคม อายุ เพศ และการศึกษาของครู เป็นต้น

1.2 ภูมิหลังของนักเรียน ประกอบด้วย ตัวแปรหรือปัจจัยทางครอบครัวและสังคม อายุ เพศ ความรู้พื้นฐานเดิม ความถนัด และแรงจูงใจ เป็นต้น

1.3 องค์ประกอบของหลักสูตรและสถาบัน ประกอบด้วย คุณลักษณะของประเทศ ชุมชน ท้องถิ่น และโรงเรียนเช่นเอกสารหลักสูตรความอุดมสมบูรณ์ของท้องถิ่น ขนาดของท้องถิ่นหรือโรงเรียน เป็นต้น

2. ตัวแปรกระบวนการเรียนการสอน (Teaching-Learning Process) แบ่งออกเป็น 2 องค์ประกอบ ได้แก่

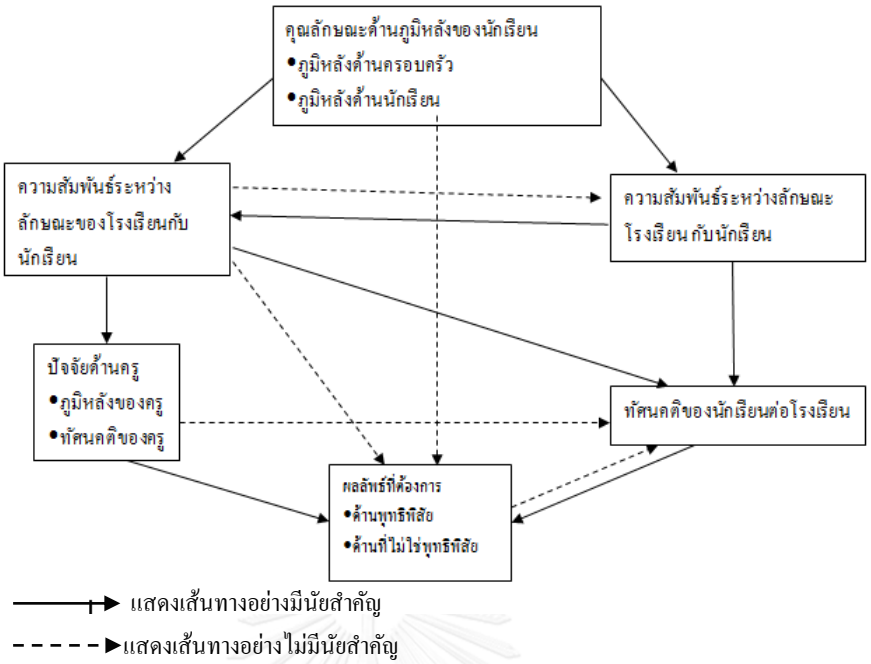
2.1 กิจกรรมการเรียนของนักเรียน หมายถึง สิ่งที่นักเรียนกระทำในกระบวนการเรียนการสอน เช่น ฟังครูอธิบาย ซักถามปัญหาตอบคำถาม เป็นต้น

2.2 กิจกรรมของครูหมายถึงสิ่งที่ครูกระทำในกระบวนการเรียนการสอนโดยมีจุดมุ่งหมายให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้

3. ตัวแปรผลลัพธ์หรือผลผลิตจากการเรียนการสอน (Outcomes) หมายถึง ผลที่เกิดกับตัวนักเรียน รวม 3 ด้าน คือ พุทธิพิสัย จิตตพิสัย ทักษะพิสัย

นอกจากนี้ Biniaminov and Glasman (1983) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าด้านต่าง ๆ กับปัจจัยผลลัพธ์คือ ปัจจัยด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ผลลัพธ์ด้านพุทธิพิสัย) และปัจจัยที่ไม่ใช่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ผลลัพธ์ด้านที่ไม่ใช่พุทธิพิสัย) สามารถสรุปความสัมพันธ์เป็นโมเดลโครงสร้างดังนี้

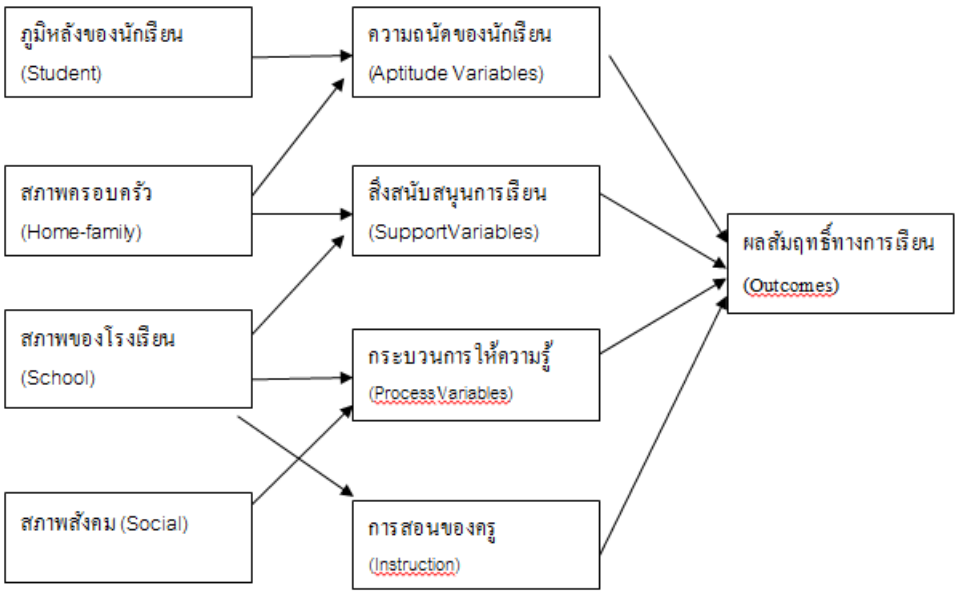
Chulalongkorn University



ภาพที่ 2.2 โมเดลจากการศึกษางานวิจัยของ Biniaminov and Glasman

ที่มา : Biniaminov and Glasman (1983)

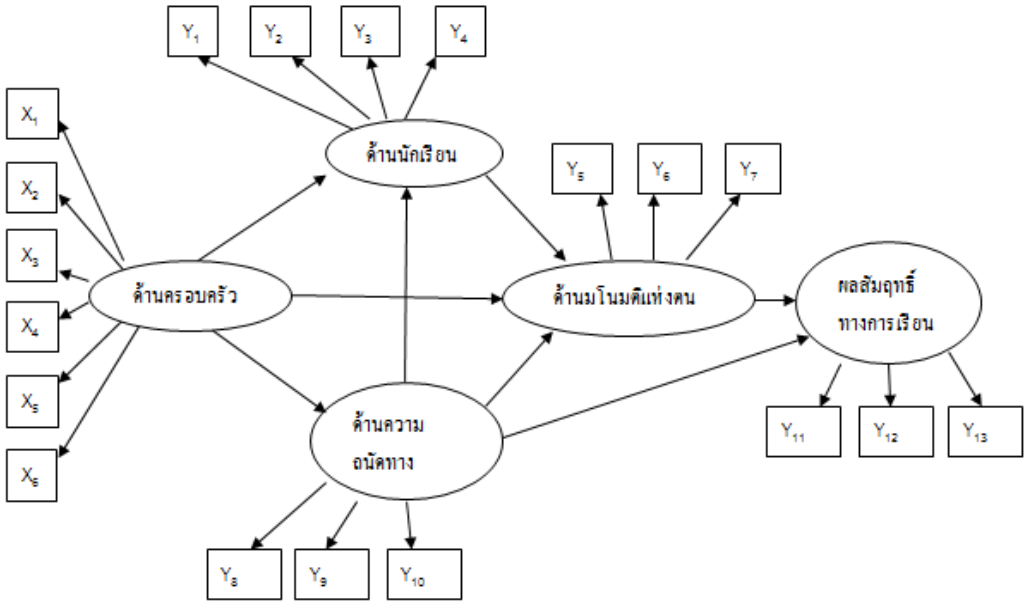
Gagne and Briggs (1979) ได้เสนอโมเดลแสดงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ระหว่างตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดังนี้



ภาพที่ 2.3 โมเดลจากการศึกษางานวิจัยของ Gagne and Briggs

ที่มา : Gagne and Briggs (1979)

Gonzalez-Pienda et al. (2002) ศึกษาโมเดลเชิงสาเหตุของปัจจัยด้านครอบครัว ด้านนักเรียน ด้านมโนมติแห่งตน และด้านความถนัดทางวิชาการที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรแฝง 5 ตัวแปร คือ (1) ด้านครอบครัว วัดจากตัวแปรสังเกตได้ 6 ตัวแปร คือ X_1 = ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง X_2= การให้ความช่วยเหลือ X_3= ความเอาใจใส่ X_4= การเสริมแรง X_5 = ความพึงพอใจ X_6= การสนับสนุนส่งเสริม (2) ด้านนักเรียน วัดจากตัวแปรสังเกตได้ 4 ตัวแปรคือ Y_1= ความคาดหวัง Y_2 = ความเอาใจใส่ Y_3= สมรรถภาพ และ Y_4= เชาวน์ปัญญา (3) ด้านมโนมติแห่งตน วัดจากตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัว คือ Y_5= แนวคิดทางคณิตศาสตร์ Y_7= ความเชื่อในความสามารถของตน Y_7= ความสามารถด้านความรู้ ความจำ (4) ด้านความถนัดทางวิชาการ วัดจากตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัวแปร คือ Y_8= ความสามารถทางภาษา Y_9= ความสามารถทางด้านเหตุผล Y_{10}= ความสามารถในการคิดขั้นสูงและ (5) ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วัดจากตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัวแปร คือ Y_{11}= ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ Y_{12}= ผลสัมฤทธิ์ทางด้านภาษา Y_{13}= ผลสัมฤทธิ์ทางด้านการเรียนอื่น ๆ ที่เหลือโดยได้สรุปในรูปแบบโมเดลเชิงสาเหตุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ดังแผนภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 2.4 โมเดลจากการศึกษางานวิจัยของ Gonzalez –Pienda et al

ที่มา : Gonzalez –Pienda et al (2002)

ใจทิพย์ เชื้อรัตนพงษ์ (2530) ศึกษางานวิจัยจำนวน 50 เรื่อง แล้วสรุปตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ 5 กลุ่มตัวแปรคือ

1. กลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับครู ได้แก่ วุฒิ และประสบการณ์ในการสอน ทัศนะของครูต่อนักเรียน การใช้เวลาของครู และเทคนิคการสอน

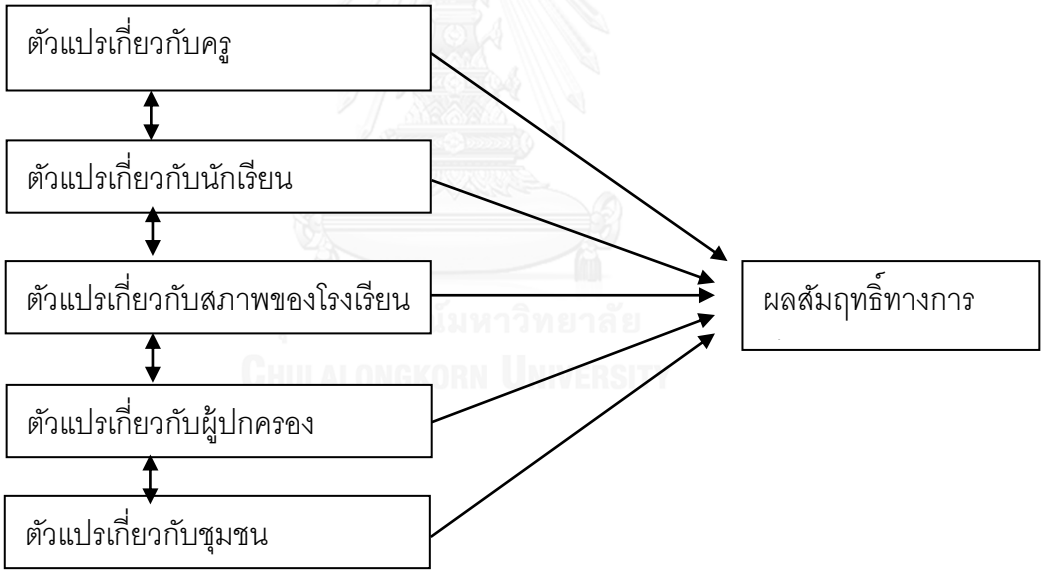
2. กลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับนักเรียน ได้แก่ เพศ การมาเรียนของนักเรียน และพื้นความรู้เดิม

3. กลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับสภาพของโรงเรียน ได้แก่ ขนาดโรงเรียน สภาพทางภูมิศาสตร์ ระยะทางจากบ้านถึงโรงเรียน อัตราส่วนนักเรียนต่อครู อัตราส่วนครูต่อห้องเรียน อุปกรณ์และสื่อการเรียนการสอน และสังกัดของโรงเรียน

4. กลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับผู้ปกครอง ได้แก่ อาชีพของผู้ปกครอง ทัศนะต่อการศึกษาและอนาคตของบุตรหลาน สภาพเศรษฐกิจทางบ้าน และคามอบอุ่นในครอบครัว

5. กลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับชุมชน ได้แก่ สาธารณูปโภค และความสัมพันธ์ระหว่างชุมชนกับโรงเรียน

อาจสรุปตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ตามความคิดของใจทิพย์ เชื้อรัตนพงษ์ ได้ตามแผนภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 2.5 โมเดลจากการศึกษางานวิจัยของ ใจทิพย์ เชื้อรัตนพงษ์

ที่มา : ใจทิพย์ เชื้อรัตนพงษ์ (2530)

ผลการทบทวนวรรณกรรมในตอนนี้ สรุปได้ว่านักวิชาการหลายท่านที่ศึกษาเกี่ยวกับตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยทั่วไป พบข้อมูลตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคล้ายกัน กล่าวคือ ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนประกอบด้วย 5 กลุ่มตัวแปร ได้แก่ กลุ่มตัวแปรด้านครู ด้านนักเรียน ด้านโรงเรียน ด้านผู้ปกครอง และ/หรือด้านครอบครัว

ด้านชุมชนและสังคม จะเห็นได้ว่าตัวแปรด้านนักเรียนส่วนใหญ่ที่มีการศึกษาวิจัย จะเป็นตัวแปร พื้นความรู้เดิม ภูมิหลัง ลักษณะประชากร โดยไม่มีการศึกษาลักษณะกิจกรรม และการใช้เวลาในการเรียน

3.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

จากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ พบว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางเรียนคณิตศาสตร์ มีจำนวนมาก หลายระดับ ดังงานวิจัยต่อไปนี้

Treffinger, Selby, Isaksen, and Crumel (2007) ศึกษาทฤษฎีทางจิตวิทยาของแต่ละบุคคล ผ่านจากโครงการวิจัยรูปแบบทางปัญญา (cognitive style project) ได้รับการสนับสนุนโดยการตรวจสอบเชิงลึกของรูปแบบการเรียนรู้ (learning style) และรูปแบบทางปัญญาหรือรูปแบบการคิด (cognitive style) รวมถึงประเภททางจิตวิทยา (psychology type) และศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของรูปแบบการแก้ปัญหา ผลการวิจัยพบว่ารูปแบบการแก้ปัญหามีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการรับรู้และเข้าใจรูปแบบการแก้ปัญหาที่แตกต่างกันของแต่ละคนมีปฏิสัมพันธ์กับการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

จิราภรณ์ กุณสิทธิ์ (2541) ศึกษาเรื่องการทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ด้วยตัวแปรด้านการกำกับตนเองในการเรียน การรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์ ทัศนคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในกรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สามารถทำนายได้จากการกำกับตนเองทางคณิตศาสตร์ และทัศนคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ โดยมีตัวทำนายที่ดีที่สุด คือ การรับรู้ความสามารถของตนเองด้านคณิตศาสตร์ รองลงมาคือ ทัศนคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และการกำกับตนเองในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ตามลำดับ

ชิสา ศาสตรี (2532) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพของครูคณิตศาสตร์ตามการรับรู้ของตนเอง เจตคติของนักเรียนต่อวิชาคณิตศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เขตการศึกษา 3 กลุ่มตัวอย่างเป็นครูคณิตศาสตร์ จำนวน 35 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1,220 คน พบว่าเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .44

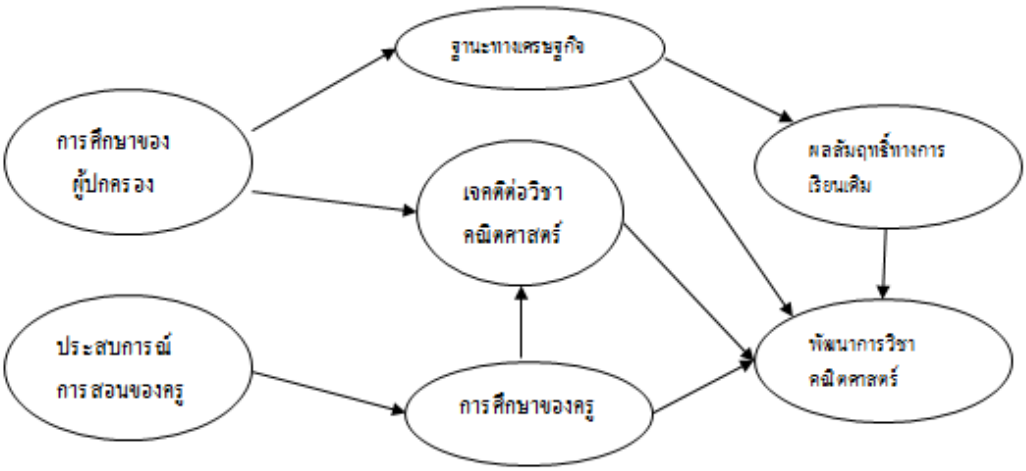
นิตยา ใจดาบ (2530) ศึกษาความสัมพันธ์เชิงคาโนนิคอลระหว่างองค์ประกอบด้านลักษณะของนักเรียน สภาพแวดล้อมทางโรงเรียน และสภาพแวดล้อมทางบ้านกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนรัฐบาล กรุงเทพมหานคร โดยศึกษากับนักเรียนจำนวน 450 คน ผลการวิจัยพบว่า ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทัศนคติต่อวิชาคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ได้แก่ ความรู้พื้นฐานเดิม ทัศนคติต่อการเรียนด้านความสนใจในชั่วโมงเรียน ความสนใจในการเรียนด้านการทบทวนบทเรียน และคุณภาพการสอน ตัวทำนายที่มีความสัมพันธ์ในระดับสูงสุดในการอธิบายความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์คือ ความรู้พื้นฐานเดิม

นริศรา อุปกูล (2538) ทำวิจัยเรื่อง องค์ประกอบเชิงสาเหตุด้านตัวนักเรียน แบบการคิด คุณภาพการสอน ที่มีผลต่อความมั่นใจในการตอบแบบสอบถามแบบเลือกตอบ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลทางตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ได้แก่ ความมั่นใจในการตอบแบบสอบถาม ส่วนตัวแปรการรับรู้คุณภาพการสอน เพศหญิง เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ มีอิทธิพลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คณิตศาสตร์ ดังนั้นตัวแปรที่มีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จึงได้แก่ ความถนัดทางการเรียนคณิตศาสตร์ แบบการคิด และความรู้พื้นฐานเดิมทางคณิตศาสตร์

ประเสริฐ เตชะนาราเกียรติ (2532) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบด้านนักเรียน องค์ประกอบด้านครู สภาพแวดล้อมทางบ้าน และสภาพแวดล้อมทางโรงเรียนกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา กรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยพบว่า ตัวแปรความรู้พื้นฐานเดิม ประสบการณ์การสอนของครู ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร เชาวน์ปัญญา รายได้ของผู้ปกครอง ขนาดของโรงเรียน อาชีพของผู้ปกครอง การใช่สื่อการสอน วุฒิการศึกษาของครู ระดับการศึกษาของผู้ปกครอง จำนวนคาบที่ครูสอนใน 1 สัปดาห์ เจคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ และการส่งเสริมการเรียนของผู้ปกครอง มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ศุภลักษณ์ ใจแสวงทรัพย์ (2547) ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อคะแนนพัฒนาการวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า พัฒนาการทางการเรียนคณิตศาสตร์ได้รับอิทธิพลทางตรงจากฐานะทางเศรษฐกิจของผู้ปกครองสูงสุด รองลงมาคือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเดิม การศึกษาของครูผู้สอน และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และได้รับอิทธิพลทางอ้อมจากการศึกษาของผู้ปกครองสูงสุด โดยส่งผ่านฐานะทางเศรษฐกิจ และเจคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ รองลงมาคือ ฐานะทางเศรษฐกิจส่งผ่านทางผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเดิม และการศึกษาของครูโดยส่งผ่านเจตคติดังแผนภาพ



ภาพที่ 2.6 โมเดลจากการศึกษางานวิจัยของศุภลักษณ์ ใจแสวงทรัพย์

ที่มา : ศุภลักษณ์ ใจแสวงทรัพย์ (2547)

วัยวุฒิ อินทวงศ์ (2544) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่องการลบที่มีการกระจายของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 โรงเรียนหัวไทร (เรือนประชาบาล) อำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการสอนและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องการลบที่มีการกระจายของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ที่สอนด้วยวิธีเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญสูงกว่าที่สอนด้วยวิธีปกติ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศุภวรรณ ตัณฑ์พูนเกียรติ (2534) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความวิตกกังวลในวิชาคณิตศาสตร์ เชาวน์ปัญญา กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในกรุงเทพมหานคร กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โปรแกรมวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2534 สังกัด กรมสามัญศึกษา ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 318 คน ผลการวิจัยพบว่า ความวิตกกังวลในวิชาคณิตศาสตร์ และเชาวน์ปัญญา มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นิตยา เหมือดไธสง (2544) วิเคราะห์อภิมานเกี่ยวกับเรื่องการส่งผ่านอิทธิพลผ่านตัวกลางเชิงสาเหตุของปัจจัยด้านนักเรียน ด้านครู และด้านโรงเรียน ไปยังผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ด้วยการวิเคราะห์ LISREL งานวิจัยที่นำมาสังเคราะห์เป็นงานวิทยานิพนธ์ระดับดุษฎีบัณฑิต และระดับมหาบัณฑิตจำนวน 197 เล่ม ซึ่งพิมพ์เผยแพร่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2525 ถึง 2541 จากห้องสมุดของมหาวิทยาลัยของรัฐในเขตกรุงเทพมหานคร และห้องสมุดสภาวิจัยแห่งชาติ ประกอบด้วยงานวิจัย

เชิงทดลองจำนวน 162 เล่ม และงานวิจัยเชิงสหสัมพันธ์ จำนวน 35 เล่ม ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จำนวน 288 ค่า ประกอบด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปัจจัยด้านนักเรียน 85 ค่า ด้านครู 188 ค่า และด้านโรงเรียน 15 ค่า ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงสุด คือ ปัจจัยด้านนักเรียน (0.376) รองลงมาได้แก่ ปัจจัยด้านโรงเรียน (0.318) และปัจจัยด้านครู (0.303) ตามลำดับ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิจัย (2545) วิจัยเรื่องข้อค้นพบจากการวิจัยและประเมินผลร่วมกับนานาชาติครั้งที่ 3 วิจัยซ้ำ (TIMSS-R) จากนักเรียนจำนวน 6,802 คน ครู 181 คน และ ผู้บริหาร 181 คน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ระดับการศึกษาของผู้ปกครองมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับคะแนนวิชาคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตาม สังกัด ขนาดโรงเรียน ภูมิภาค เขตการศึกษา และเพศของนักเรียนพบว่า สังกัด ขนาดโรงเรียน ภูมิภาค เขตการศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนนักเรียนหญิงและชายมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 การลงทุนทางการศึกษาของประเทศไทยอยู่ในระดับต่ำ เพราะลงทุนทางการศึกษามากกว่า 2 ประเทศเท่านั้น คือ สูงกว่าฟิลิปปินส์ และอินโดนีเซีย ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์กับนานาชาติ พบว่า ประเทศไทยได้คะแนนเฉลี่ยวิชา 467 คะแนน ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยระดับนานาชาติ (487 คะแนน) และจัดอยู่อันดับที่ 27 จากประเทศที่เข้าร่วมดำเนินการวิจัยทั้งหมด 38 ประเทศ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ศึกษาในต่างประเทศ สามารถสรุปได้ดังนี้

Schiefele and Csikszentmihalyi (1995) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสนใจทางคณิตศาสตร์ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ ประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 จากโรงเรียนมัธยมศึกษา 2 แห่ง ในเมืองชิคาโกจำนวน 108 คน ซึ่งเป็นนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ด้านเกรด และด้านระดับหลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 คือ ความสนใจทางคณิตศาสตร์ (r=0.32 และ 0.34) ส่วนตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ระดับหลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 คือ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ (r=0.28)

Yayan and Berberoglu (2004) ศึกษาวิเคราะห์ซ้ำข้อมูลการประเมินผลทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์นานาชาติครั้งที่ 3 (TIMSS) ปี 1999 ของนักเรียนในประเทศตุรกี โดยใช้โมเดล

โครงสร้างเชิงเส้น (linear structural model) วิเคราะห์หาองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่าตัวแปรที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ได้แก่ ความรู้สึกไม่ประสบผลสำเร็จในวิชาคณิตศาสตร์ กิจกรรมในชั้นเรียนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ การให้ความสำคัญต่อวิชาคณิตศาสตร์ ลักษณะภูมิหลังของครอบครัว กิจกรรมนอกโรงเรียน บรรยากาศในการเรียน และกิจกรรมในชั้นเรียนที่เน้นผู้สอนเป็นสำคัญ

Hagedorn, Siadat, Nora, and Pascarella (1997) ศึกษาความสำเร็จในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในวิทยาลัยเป็นการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มเก่งกับกลุ่มอ่อน ที่เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 โดยใช้กลุ่มตัวอย่างมาจากองค์กรกลางการประเมินผลของนักเรียนหลังจบมัธยมศึกษา (The National Center on Postsecondary Learning and Assessment, NCTLA) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 จาก 23 วิทยาลัย และมหาวิทยาลัยใน 16 รัฐ ของสหรัฐอเมริกา ผลการวิจัยพบว่า เมื่อกำหนดให้ r= กลุ่มอ่อน และ nr = กลุ่มเก่ง ได้ค่าความสัมพันธ์แยกตามกลุ่มอ่อนและกลุ่มเก่งรายตัวแปรดังนี้ เพศ (r= -0.073 , nr= 0.0033) เชื้อชาติ (r= -0.1536 ,nr= 0.1785) การศึกษาของผู้ปกครอง (r=0.0158, nr= 0.0188*) ฐานะทางเศรษฐกิจ (r== 0.0384 , nr=0.0427*) เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (r= 0.2597*, nr= 0.2861) การให้การสนับสนุนโรงเรียน (r= 0.0005, nr= -0.0018) นิสัยการเรียน (r= 0.0050, nr= -0.0020) ความรู้พื้นฐานเดิม (r= -0.0091, nr= 0.62) สภาพการจัดการเรียนการสอน (r= -0.0012, nr = 0.0048) ประเภทของวิชาคณิตศาสตร์ (r=0.1100*, nr= 0.1100*) และรูปแบบการเรียนการสอน (r= -0.0023, nr= -0.0023) มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ จะเห็นได้ว่าค่า r และ nr มีค่าน้อยกว่า 0.3 ซึ่งไม่มีนัยสำคัญทางปฏิบัติ

Wiesner (1978) ศึกษาแบบการคิดกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับ 3 จำนวน 199 คน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่มีแบบการคิดแบบวิเคราะห์เชิงบรรยายมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีแบบการคิดแบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Baker, Akiba, LeTendre, and Wiseman (2001) วิจัยเรื่อง การศึกษาที่จัดคู่ขนานกับการศึกษาจริง (shadow education) ทั่วโลก จากการศึกษาคุณภาพการเรียนของโรงเรียนทั่วโลกเป็นการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนานาชาติ โดยใช้ข้อมูลจากการวิจัย และประเมินผลนานาชาติวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ครั้งที่ 3 1994-1995 (TIMSS) ตัวอย่างในการวิจัยเป็นนักเรียนเกรด 7-8 จาก 41 ประเทศที่เข้าร่วม ผลการวิจัยพบว่า ตัวแปรที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ได้แก่ ชั่วโมงในการสอน (r = 0.23) กลวิธีที่ใช้สอน (r= 0.44) ความรู้พื้นฐานเดิม (r = 0.53) และความสนใจต่อวิชาคณิตศาสตร์ (r = 0.38)

Schönwetter, Clifton, and Perry (2002) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ความสัมพันธ์ของครอบครัว และความแตกต่างของนักเรียน พฤติกรรมการสอนของครูที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โดยศึกษากับนักศึกษาภายในมหาวิทยาลัยที่อยู่ตอนกลางภาคตะวันตกของสหรัฐอเมริกา จำนวน 285 คน ผลการวิจัย พบว่า ตัวแปรด้านนักเรียนที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้แก่ เพศ (0.094) ความวิตกกังวล (-0.213*) การรับรู้ภายในบุคคล (-0.022) ความรู้พื้นฐานเดิม (0.326*) ตัวแปรด้านพฤติกรรมการสอนที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้แก่ สถาบัน หรือ คณะ (0.273*) การสนับสนุนหรือการกระตุ้น (-0.019)

จากการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั่วไปและแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ แล้ว พบว่า มีตัวแปรที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลายตัวแปร ตัวแปรส่วนใหญ่ที่มีการศึกษาวิจัยล้วนเป็นตัวแปรที่มีค่าเปลี่ยนแปลงน้อยในแต่ละปี หรือแต่ละเทอม เนื่องจากนักวิจัยศึกษาตัวแปรเชิงสาเหตุหลายตัวแปรพร้อมกันและส่วนใหญ่เป็นตัวแปรที่ค่อนข้างคงที่ นอกจากนี้การวิจัยส่วนใหญ่เป็นการวิจัยภาคตัดขวาง (cross sectional study) ยังไม่มีการศึกษาวิจัยที่ใช้ตัวแปรที่มีค่าเปลี่ยนแปลงในระยะเวลาสั้นตามช่วงเวลาของการทดสอบทางคณิตศาสตร์ จึงทำให้ไม่สามารถพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ในระยะสั้นได้ ในที่นี้ ผู้วิจัยสนใจศึกษาเฉพาะตัวแปรที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ระยะสั้น ซึ่งมี 2 ตัวแปร คือกิจกรรมนอกเหนือการเรียนการสอนที่จัดภายในโรงเรียนนั้น ที่น่าจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม น่าจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และกิจกรรมนอกเหนือจากการเรียนการสอนที่จัดภายในโรงเรียนในที่นี้เป็นกิจกรรมที่นักเรียนต้องเข้าร่วม โดยในงานวิจัยนี้หมายถึง กิจกรรมกีฬาสาธิตสามัคคี และกิจกรรมเลือกตั้งสภานักเรียน ซึ่งทั้งสองกิจกรรมเป็นกิจกรรมที่นักเรียนเป็นผู้รับผิดชอบในการจัดกิจกรรมหลัก โดยมีรายละเอียดคือ กิจกรรมสาธิตสามัคคี นักเรียนจะได้รับมอบหมายให้ทำหน้าที่ต่างๆกัน และ เป็นผู้รับผิดชอบหลักทั้งการเตรียมการ กระบวนการในการทำงานทั้งหมด รวมถึงการประสานงาน การติดต่อกับฝ่ายต่างๆทั้งในโรงเรียนและนอกโรงเรียนด้วย และสำหรับกิจกรรมเลือกตั้งสภานักเรียน นักเรียนผู้สมัครทีมต่างๆจะมีการหาผู้ร่วมทีมในโรงเรียนจำนวนมาก และแต่ละทีมจะต้องคิดนโยบายเพื่อพัฒนาโรงเรียน รวมถึงเริ่มการดำเนินการพัฒนาโรงเรียนตั้งแต่ก่อนมีการเลือกตั้งสภานักเรียนประมาณ 1 เดือน ทั้งสองกิจกรรมนี้เป็นกิจกรรมที่ผู้เข้าร่วมต้องใช้เวลาในการดำเนินกิจกรรมและเตรียมการค่อนข้างมาก จึงอาจทำให้รบกวนเวลาในการเรียน และการอ่านหนังสือของตนเอง จึงน่าจะทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนลดลงได้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาตัวแปรต้น เป็นกิจกรรมที่จัดในโรงเรียน และเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม และกำหนดสมมติฐานการวิจัยข้อแรกดังนี้

สมมติฐานการวิจัยข้อ 1 จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติแบบดั้งเดิม การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เป็นการวัดครั้งเดียว และปัจจัยเชิงสาเหตุเป็นปัจจัยที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อย หากมีการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นการวัดระยะยาว ปัจจัยเชิงสาเหตุในการวิจัยจะศึกษาได้ละเอียดตามจำนวนครั้งที่วัดในการวิจัยระยะยาว

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง

Cho et al. (2010) เสนอการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงกับโมเดลการวัดตามทฤษฎีตอบสนองข้อสอบแบบผสม เป็นการขยายแนวคิดของ การวิเคราะห์กลุ่มแฝง โดยผสมกับทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ซึ่งในทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบในที่นี้ใช้ โมเดลราส์ชแบบผสม ซึ่งมีการจำลองข้อมูลและการเก็บข้อมูลจริง เพื่อประเมินผลของตัวแทรกแซง มีการเก็บข้อมูลระยะยาว 3 ครั้ง โดยการทดลองรูปแบบการสอนแบบ EAI และวัดผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งแบบสอบแบ่งเป็น 3 ด้าน คือ จำนวนและตัวเลข การวัด และการแทนค่า โดยกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ และนักเรียนปกติ จำนวน 109 คน ใช้แบบวัด 14 ข้อ และ 30 ข้อ หลักการของโมเดลนี้คือ ความสัมพันธ์กันของคุณลักษณะภายในของแต่ละบุคคลโดยสนใจความผันแปรภายในกลุ่มที่เกิดขึ้น และการเปลี่ยนกลุ่มของผู้สอบผล ที่เกิดขึ้น LTA-MRM ใช้ได้ดี ยกเว้น กับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก และ แบบสอบฉบับสั้น

Cho, Bottge, Cohen, and Kim (2009) ตรวจสอบพัฒนาการของนักเรียนในเรื่องทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ที่จะมุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงในคะแนนจากการสอบใช้การวิเคราะห์ระดับของคะแนน การวิเคราะห์นี้รวม mixture Rasch model ในการความแตกต่างระหว่างบุคคล ภายในกลุ่ม กับโมเดลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงสำหรับการหาร่องรอยการเปลี่ยนกลุ่มของความเป็นสมาชิกในกลุ่ม ตรวจสอบรูปแบบของการเปลี่ยนกลุ่มระหว่างกลุ่ม วิธีการปัจจุบันในการตรวจสอบพัฒนาการทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนทางคณิตศาสตร์ ส่วนใหญ่เป็นการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคะแนนจากการทดสอบ การวิเคราะห์ระดับคะแนน อย่างไรก็ตามอาจเป็นการสะท้อนผลที่ไม่ดีนัก ในเรื่องของการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยที่อาจเกิดขึ้น ในระดับรายข้อ บทความนี้แสดงให้เห็นถึงวิธีการสำหรับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับรายข้อโดยการใช้จากการทดลองระยะยาวแบบ multiwave ที่มีการวัดหลายครั้งกับการสอนที่เรียกว่า enhanced anchored instruction (EAI) การวิเคราะห์ในบทความนี้เป็นการรวมกันของโมเดลของราสช์ เพื่อการตรวจสอบความแตกต่างระหว่างบุคคล ภายในกลุ่ม กับโมเดลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงสำหรับติดตามการเปลี่ยนแปลงในสมาชิกของกลุ่มแฝง ผ่านการเรียนแบบ enhanced anchored instruction

(EAI) การวิเคราะห์นี้จะชี้ให้เห็นถึงผลของการเรียนการสอนแบบ enhanced anchored instruction (EAI) อย่างชัดเจน และวิธีการที่ทำให้มันแตกต่างสำหรับสมาชิกของแต่ละกลุ่มแฝง การเปรียบเทียบถูกจัดกับการวิเคราะห์มาตรฐานของการเปลี่ยนแปลงในคะแนนการทดสอบ การประยุกต์ใช้ของวิธีการใหม่นี้ถูกอภิปรายขึ้นสำหรับตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่ลึกซึ้งในการทำงานทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนข้ามช่วงของระดับความสามารถ

Bray, Lanza, and Collins (2010) ได้ใช้วิธีการทางสถิติในการพัฒนากระบวนการ ซึ่งในที่นี้จะมุ่งพัฒนากระบวนการที่มีการพัฒนาข้ามช่วงเวลา เป็นการเพิ่มโมเดลโค้งพัฒนาการ ตัวแปรร่วมที่ผันแปรได้ (เวลา) ได้เสนอ ALTA (associative latent transition analysis) ซึ่งเป็นวิธีการที่ยืดหยุ่นได้สำหรับโมเดลความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างที่ศึกษาความสัมพันธ์ในการพัฒนาซึ่งมีกระบวนการพัฒนาข้ามช่วงเวลามีการวัดจุดเน้นจะเป็นการให้การตีความอย่างมีหลักฐาน ของโมเดล ALTA ที่แตกต่างกัน และในการวิเคราะห์ ALTA ต้องใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่

Connell et al. (2008) การใช้ LTA ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์และปัญหาพฤติกรรมในเด็กอายุ 2-4 ปี ที่เป็นผลจากการมีปฏิสัมพันธ์ในครอบครัวแบบ family-centered intervention กลุ่มตัวอย่างเป็นครอบครัวที่มีปัญหาด้านการเงิน 731 ครอบครัว จากผู้เข้าร่วมโครงการ national food supplement and nutrition program เป็นการวัดจากนักเรียนในช่วง 3 อายุ คือ 2 3 และ 4 ปี ใช้การวิเคราะห์กลุ่มแฝงโดยเก็บข้อมูลจากรายงานของผู้เป็นแม่ ในเรื่องพฤติกรรมและอารมณ์ การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงทำให้เห็นว่าการมีปฏิสัมพันธ์ในครอบครัวเพิ่มความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่ม ผลการวิจัยนี้แนะนำให้ใช้ตัวแทรกแซงทางครอบครัวในเด็กที่เริ่มมีปัญหาเรื่องอารมณ์และพฤติกรรม

Humphreys and Janson (2000) ใช้การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงที่มี covariates คือการไม่ตอบสนองข้อสอบบางส่วนเพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้เป็นการสรุปทางสถิติ และการวินิจฉัย ใช้สรุปโครงสร้างของการวัด ในการพัฒนาบุคคล ซึ่งโมเดลนี้เป็นการศึกษาพัฒนาการทางการวาดภาพของเด็ก งานวิจัยนี้อธิบายถึงวิธีการที่จะนำแนวคิดไปสู่การปฏิบัติ ที่มีการผสมผสานการพัฒนาล่าสุดในโมเดลกลุ่มแฝงถดถอย (latent class regression Modelling) และยังมีการขยายการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง โดยผสมผสานการตอบสนองบางส่วนและช่วยให้ค่าของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับสมาชิก กลุ่มแฝงที่ขึ้นอยู่กับ ตัวแปรเสริมเหตุผลหนึ่งที่ การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง นั้นถูกนำมาใช้มากขึ้น เพราะ สามารถใช้ในการสรุปโครงสร้างของการวัดในการพัฒนาแต่ละบุคคล ซึ่งการ

วัดดังกล่าวมีประโยชน์ทางการแพทย์ และงานวิจัยนี้มีการอธิบายวิธีการที่นำไปใช้ในการวัดการพัฒนาการวาดภาพของเด็ก

Chung, Walls, and Park (2007) ได้เสนอโมเดลการเปลี่ยนกลุ่มแฝงกับการวิเคราะห์ โลจิสติกส์เชิงถดถอย (A latent transition model with logistic regression) ซึ่งโมเดลนี้มีการเพิ่มตัวแปรร่วมที่ใช้ทำนายจำนวนของกลุ่มแฝงที่ช่วงเวลาที่กำหนดหรืออัตราการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มข้ามช่วงเวลา ในสถานการณ์ที่หลากหลาย ตัวแปรร่วมของความสนใจอาจเป็นตัวแปรแฝง ในโมเดลการเปลี่ยนกลุ่มแฝง งานวิจัยนี้ใช้การประมาณค่า แบบ Bayesian กับ Markov chain Monte Carlo (MCMC) เพื่อทำให้การประมาณค่านั้นแกร่งขึ้น กรณีตัวอย่างนี้แสดงให้เห็นว่าโมเดลนี้ได้จัดหาการใช้ข้อมูลในความเชื่อทางวิชาการ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในกลุ่มตัวอย่างที่มีรายได้น้อยของวัยรุ่นในสหรัฐอเมริกาจำนวน 1482 ครอบครัวซึ่งเป็นครอบครัว แอฟริกัน –อเมริกัน 61% และมีช่วงห่างของสถานะทางเศรษฐานะกับครอบครัวยุโรป-อเมริกัน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้มีการสุ่มมาจากครอบครัวทั้งในเมืองและนอกเมืองเพื่อให้มีความหลากหลาย

Compton, Fuchs, Fuchs, Elleman, and Gilbert (2008) ได้ใช้โมเดลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงในการตรวจสอบเสถียรภาพของ LC กับ Reading Disability (RD) และ Typically development (TD) ข้ามช่วงเวลา ศึกษาความสัมพันธ์ของความเร็วในการจำคำ ในฐานะที่เป็นตัวบ่งชี้ของการเป็นผู้ที่มีการพัฒนาปกติ กับผู้ที่มีความบกพร่องทางการอ่าน ศึกษาตัวบ่งชี้ที่ของความเป็นไปได้ของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการอ่าน งานวิจัยชิ้นนี้มีจุดประสงค์คือ 1. ศึกษาความคงอยู่ของกลุ่มแฝงที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มที่มีความบกพร่องทางการอ่าน และกลุ่มที่มีการพัฒนาปกติข้ามช่วงเวลา 2. ความสำคัญของความเร็วของการจำคำได้ ในฐานะที่เป็นกลุ่มแฝงที่จะระบุถึงการเป็นกลุ่มที่มีความบกพร่องทางการอ่านและกลุ่มที่มีการพัฒนาปกติ 3. ความเป็นไปได้ในการชี้วัดนักเรียนกับการบกพร่องทางการอ่านใหม่ การวิเคราะห์ใช้การศึกษาระยะยาวจากกลุ่มตัวอย่าง 177 คนที่เป็นนักเรียน บางคนได้รับการสุ่มไปเป็นกลุ่มขนาดเล็กที่เรียนในช่วงภาคฤดูร้อนในเกรด 1 ตอนที่จบเกรด 1 เกรด 2 และเกรด 4 จะได้รับการประเมินการระบุคำ ประสิทธิภาพในการเข้าใจข้อความ ประสิทธิภาพในการมองเห็นคำ โมเดลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงได้ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนกลุ่มของกลุ่มจากเกรด 1 ไป 4 และจาก 2 ไป 4 ผลชี้ให้เห็นว่ากลุ่มของการบกพร่องทางการอ่าน และกลุ่มที่มีพัฒนาการปกติ นั้นมีความสัมพันธ์ข้ามช่วงเวลา อย่างไรก็ตามมีนักเรียน 5 คน ที่มีการระบุว่าเป็นผู้ที่บกพร่องทางการอ่านที่พบใหม่จากกลุ่มปกติ ข้อค้นพบชี้ให้เห็นว่า ประสิทธิภาพในการมองเห็นคำที่สามารถวัดในเกรด 2 ถูกลดจำนวนของการบกพร่องทางการอ่าน ดังนั้นจึงสำคัญสำหรับการระบุกลุ่มของการบกพร่องทางการอ่าน สรุปแม้ว่านักเรียน

เป็นกลุ่มบกพร่องทางการอ่านใหม่ มีทักษะการฟังที่ไม่ค่อยดี จะเริ่มในเกรด 1 และการอ่านคำมีความสัมพันธ์ระหว่างเกรด 1 เมื่อเปรียบเทียบกับ นักเรียนที่มีพัฒนาการปกติ ตัวชี้วัดเหล่านี้เชื่อถือไม่สามารถใช้กับนักเรียนที่มีการบกพร่องทางการอ่านใหม่จาก กลุ่มนักเรียนปกติ

Chung, Park, and Lanza (2005) เก็บรวบรวมผลกระทบของการพัฒนาในวัยแรกรุ่นด้านอายุ และอิทธิพลปฏิสัมพันธ์การใช้สารเสพติดในเพศหญิง เป็นการขยายโมเดลการเปลี่ยนกลุ่มแฝง กับตัวแปรแฝง 2 ตัว ที่ใช้เพื่อสะท้อนให้เห็นถึงการพึ่งพาการใช้สารเสพติดกับการพัฒนาในวัยแรกรุ่นและอายุ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนในเกรด 7-12 การวิเคราะห์ข้อมูลนี้ใช้การประมาณค่า maximum-likelihood ผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่าประสบการณ์ในวัยแรกรุ่น จะเกี่ยวข้องกับการใช้สารเสพติดเพิ่มขึ้นสำหรับทุกกลุ่มอายุ ระหว่างอายุ 12-15 ปี บุคคลที่มีประสบการณ์ในวัยแรกรุ่นมีแนวโน้มที่จะมีการใช้สารเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับวัยผู้ใหญ่ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในกลุ่มผู้ที่มีอายุระหว่าง 12 ปี ที่ไม่ใช้สาร กับ กลุ่มผู้ที่ใช้สาร ผู้ที่มีประสบการณ์ใช้สารในวัยแรกรุ่น 3 ครั้งขึ้นไป มีโอกาสที่จะก้าวไปสู่การใช้สารเสพติดมากกว่าคนที่ไม่ได้มีประสบการณ์การใช้สารในวัยแรกรุ่น นอกจากนี้ในกลุ่มเพศหญิงที่มีอายุมากกว่ามีแนวโน้มที่จะใช้สารมากขึ้น เมื่อเทียบกับผู้ที่อยู่ในวัยแรกรุ่นที่ไม่ได้ใช้สาร

Dishman, DeJoy, Wilson, and Vandenberg (2009) ทำวิจัยเพื่อประเมินผลของตัวแทรกแซง ซึ่งเป็นผลจากตัวแทรกแซงทาง social– ecologic คือโครงการ collaborative effort with the Building Better Health (BBH) program ที่มีผลต่อการทำงาน โดยการเพิ่มเวลาในการออกกำลังร่างกายเป็นการเก็บข้อมูลระยะยาวจากการศึกษานาน 12 สัปดาห์ กลุ่มตัวอย่างได้จากการสุ่ม บริบทของตัวแทรกแซงนั้น จะเพิ่มกิจกรรมทางร่างกายใช้การวิเคราะห์โค้งพัฒนาการ และการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง ผลการวิเคราะห์โดยสรุปคือ LTA นั้น สามารถดูผลของตัวแทรกแซงนั้นได้ละเอียดกว่า

Dembo, Wareham, Poythress, Meyers, and Schmeidler (2008) ตรวจสอบผลของการวิเคราะห์กลุ่มแฝงและการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง ของพฤติกรรมการต่อต้านสังคมในกลุ่มเยาวชน 137 คน ที่เข้าร่วมในโครงการการเรียกร้องความสนใจในวัยรุ่น การศึกษานี้ตรวจสอบการจัดประเภทกลุ่มแฝงของวัยรุ่น โดยใช้เส้นฐานและการวัดติดตามผล 1 ปี ของครอบครัว กลุ่มที่เท่าเทียมกัน การศึกษา และปัจจัยความเสี่ยงทางด้านสุขภาพจิต การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงถูกสร้างขึ้นมาในการตรวจสอบความมั่นคงเสถียรภาพของสมาชิกในกลุ่มแฝงข้ามจุดเวลา 2 ครั้ง สำหรับทั้งสองเส้นฐานและการวัดติดตามผล การวิเคราะห์กลุ่มแฝงแนะนำให้ใช้สองกลุ่มคือ กลุ่มที่เหมาะสม

สำหรับลักษณะของวัยรุ่นโดยการใช้ 4 ปัจจัยความเสี่ยง กลุ่มหนึ่งนั้นสะท้อนเยาวชนในส่วนของการรายงานปัญหาบางปัญหาในพื้นที่ของความเสี่ยง อีกกลุ่มหนึ่งสะท้อนเยาวชนในส่วนของการรายงานปัญหาในหลายๆปัจจัยความเสี่ยง การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงชี้ให้เห็นว่าประมาณสองในสามของวัยรุ่นที่มีประสบการณ์ปัญหาที่คล้ายกัน ผลที่ได้เน้นความหลากหลายของกลุ่มตัวอย่าง

Nylund, Muthén, Nishina, Bellmore, and Graham (2006) ใช้การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงในการตรวจสอบประสบการณ์การเป็นเหยื่อ ของนักเรียนจากเมืองประมาณ 1300 เมือง ซึ่งเป็นนักเรียนโรงเรียนรัฐบาล กลุ่มตัวอย่างมีจำนวน 1266 คน เป็นการวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลที่เก็บจากการวัด 3 ครั้ง เป็นการขยายโมเดลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงแบบเดิม โดยเพิ่มตัวแปรเรื่องเวลาเป็นตัวแปรแทรกซ้อน กับผลของเวลาที่มีการผันแปร งานวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์ผลอันดับสอง ซึ่งเป็นการวัดตัวแปรขณะที่มีการเปลี่ยนแปลง และผลระยะสุดท้าย มีการเสนอโมเดล 5 แบบที่สามารถใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง เป็นการวิเคราะห์เหยื่อ 3 กลุ่ม การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงชี้ให้เห็นว่านักเรียนมีการเปลี่ยนสถานะระหว่างกลุ่ม มีการเปลี่ยนสถานะจากกลุ่มที่มีโอกาสเป็นเหยื่อมากไปกลุ่มที่มีโอกาสเป็นเหยื่อน้อยกว่า ผลชี้ให้เห็นว่านักเรียนที่มีประสบการณ์ของการตกเป็นเหยื่อเมื่อเปรียบเทียบกับนักเรียนที่ไม่เคย จะรู้สึกปลอดภัยที่โรงเรียนและมีปัญหาสุขภาพ และความกังวลใจ

Guo, Aveyard, Fielding, and Sutton (2009) ใช้การวิเคราะห์กลุ่มแฝงและการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง เพื่อที่จะตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงตามลำดับขั้นข้ามช่วงเวลาในวัยรุ่นที่สูบบุหรี่ งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลที่ถูกรวบรวม ปี 1997-1999 ในกกลุ่มตัวอย่างที่เป็นวัยรุ่นที่ไม่สูบบุหรี่ และสูบบุหรี่ จากประเทศอังกฤษ ที่มีทั้งการเปลี่ยนแปลงใน 2 สองประเภท คือ การเปลี่ยนแปลงในส่วนที่เป็นการเลิกระหว่างขั้นตอนกับการเลิกในตอนท้ายความเหมาะสมของตัวแปรแฝงกำหนดโดยความผันแปรของการตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงของวัยรุ่นในการตอบคำถามแต่ละขั้นตอน ซึ่งถูกวิเคราะห์โดยการวิเคราะห์กลุ่มแฝง และโมเดลของการเปลี่ยนแปลงตามลำดับขั้นข้ามช่วงเวลาก็จะถูกทำให้เหมาะสมกับการเปลี่ยนกลุ่มที่ถูกทดสอบโดยการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง ซึ่งเป็นเหตุผลที่สนับสนุนสำหรับแต่ละขั้นตอนแต่ไม่มีหลักฐานของการเปลี่ยนกลุ่มแต่ละขั้น

ตารางที่ 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงของตัวแปรแฝง

ผู้วิจัย	สิ่งที่ศึกษาเกี่ยวกับ LTA	โมเดล	แบบสอบ /แบบวัด	software	วิธีประมาณค่า	ข้อสังเกตหรือผลการวิจัย	การพิจารณาเกณฑ์
Cho et. al. (2010)	เสนอโมเดล LTA-MRM ใหม่ ซึ่งเป็นพัฒนา LTA ให้ถูกอธิบายได้ด้วย MRM ในฐานะที่เป็นโมเดลการวัด เพื่อตรวจสอบผลที่เกิดขึ้นจาก ตัวแทรกแซง ซึ่งทำให้เข้าใจผลที่เกิดขึ้นได้มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมที่มีการวัดมากกว่า 2 ครั้ง	LTA-MRM	แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ที่มีทักษะด้านพุทธิพิสัย 3 ด้าน คือ จำนวนและการดำเนินการ การวัด การแทนที่ ทำเป็นแบบสอบ 2 ฉบับ คือ 14 ข้อและ 30 ข้อ	WINMIRA Mplus	Bayesian Highest log likelihood	ความสัมพันธ์กันของคุณลักษณะภายในของแต่ละบุคคลโดยสนใจความผันแปรภายในกลุ่มที่เกิดขึ้น และการเปลี่ยนกลุ่มของผู้สอบ ผล ที่เกิดขึ้น LTA-MRM ใช้ได้ดี ยกเว้นกับกลุ่มต.ย.ขนาดเล็ก และแบบสอบฉบับเล็ก	Baysian Information Criterion (BIC)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

ผู้วิจัย	สิ่งที่ศึกษาเกี่ยวกับ LTA	โมเดล	แบบสอบ /แบบวัด	software	วิธีประมาณค่า	ข้อสังเกตหรือผลการวิจัย	การพิจารณาเกณฑ์
Cho et al. (2009)	เป็นการตรวจสอบพัฒนาการของนักเรียนในเรื่องทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ที่จะมุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงในคะแนนจากการสอบ ใช้การวิเคราะห์ระดับของคะแนน การวิเคราะห์นี้รวม mixture Rasch model ในการความแตกต่างระหว่างบุคคลภายในกลุ่มกับโมเดลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงสำหรับการหาร่องรอยการเปลี่ยนกลุ่มของความเป็นสมาชิกในกลุ่ม ตรวจสอบรูปแบบของการเปลี่ยนกลุ่มระหว่างกลุ่ม	LTA-MRM	แบบวัด Fraction of the Cost Challenge (FOCC)	Mplus	Highest log likelihood	ผลของการทดสอบในการวิเคราะห์อาจมีอิทธิพลมาจากการจำข้อสอบเนื่องจากเป็นการวัด 3 ครั้ง และอาจมีการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบระหว่างกลุ่ม ซึ่งอย่างไรก็ตามในการทดสอบความสามารถก็อาจเกิดขึ้นได้	Baysian Information Criterion (BIC)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

ผู้วิจัย	สิ่งที่ศึกษาเกี่ยวกับ LTA	โมเดล	แบบสอบ /แบบวัด	software	วิธีประมาณค่า	ข้อสังเกตหรือผลการวิจัย	การพิจารณาเกณฑ์
Bray, Lanza & Collins. (2011)	เสนอ ALTA (associative latent transition analysis) ซึ่งเป็นวิธีการที่ยืดหยุ่นได้สำหรับโมเดลความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างที่ศึกษาความสัมพันธ์ในการพัฒนาซึ่งมีกระบวนการพัฒนาข้ามช่วงเวลามีการวัดตั้งแต่ 2 ครั้งขึ้นไป และศึกษาตัวแปรแฝงแบบหลายมิติ ที่มีการใช้ loglinear model	ALTA	แบบสอบถามเกี่ยวกับการใช้แอลกอฮอล์ในปีที่ผ่านมา ซึ่งถามว่า ดื่มแอลกอฮอล์ในเดือนที่ผ่านมาหรือไม่ (ใช่/ไม่ใช่) ดื่มแอลกอฮอล์จำนวนมากหรือไม่ (ใช่/ไม่ใช่) จำนวนครั้งในการดื่มแอลกอฮอล์มากกว่า 5 แก้วต่อวัน อีกส่วนหนึ่งถามเรื่องพฤติกรรมทางเพศในปีที่ผ่านมา คือ จำนวนครั้งในการนัดพบกับคู่รัก (0,1,2, หรือมากกว่า) จำนวนครั้งของการมีเพศสัมพันธ์ (0,1,2, หรือมากกว่า) มีเพศสัมพันธ์โดยไม่ใช้วิธีป้องกันในปีที่ผ่านมาใช่หรือไม่ (ใช่/ไม่ใช่)	ℓ_{EM} LISREL	Maximum likelihood	จุดเน้นจะเป็นการให้การตีความอย่างมีหลักฐานของโมเดล ALTA ที่แตกต่างกัน และในการวิเคราะห์ ALTA ต้องใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่	Akaike's Information Criteria (AIC) Baysian Information Criterion (BIC)

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

ผู้วิจัย	สิ่งที่ศึกษาเกี่ยวกับ LTA	โมเดล	แบบสอบ /แบบวัด	software	วิธีประมาณค่า	ข้อสังเกตหรือผลการวิจัย	การพิจารณาเกณฑ์
Connell et al. (2008)	การใช้ LTA ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์และปัญหาพฤติกรรมในเด็กอายุ 2-4 ปี ที่เป็นผลจากการมีปฏิสัมพันธ์ในครอบครัวแบบ family-centered intervention	LTA	แบบสอบถาม demographics	Mplus	Maximum likelihood	ใช้ LTA เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่เป็นผลจากตัวแทรกแซง โดยศึกษาความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มในแต่ละช่วงเวลา	Baysian Information Criterion (BIC)
Humphreys และ Janson H. (2000)	เป็นการขยายการวิเคราะห์ LTA ที่มี covariates คือการไม่ตอบสนองข้อสอบบางส่วนเพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้เป็นการสรุปทางสถิติ และการวินิจฉัย ใช้สรุปโครงสร้างของการวัด ในการพัฒนาบุคคล ซึ่งโมเดลนี้เป็นการศึกษาพัฒนาการทางการวาดภาพของเด็ก	LTA with covariate	แบบวัด IQ ที่มีการให้วาดรูปคน มีการให้คะแนนตามเกณฑ์ของ Terman-Merrill IQ Scores	Proc LTA	Maximum likelihood	พบปฏิสัมพันธ์ของ IQ และ อายุ จึงมี covariate	likelihood ratio

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

ผู้วิจัย	สิ่งที่ศึกษาเกี่ยวกับ LTA	โมเดล	แบบสอบ /แบบวัด	software	วิธีประมาณค่า	ข้อสังเกตหรือผลการวิจัย	การพิจารณาเกณฑ์
Chung Walls & Park (2007)	ศึกษา Latent transition with logistic regression ซึ่งใช้ข้อมูลความเชื่อทางวิชาการ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในกลุ่มตัวอย่างที่มีรายได้ต่ำ ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างข้อ ตัวแปรแฝง และ covariate	LTA with logistic regression	แบบวัด self - concept of academic ability 2 ข้อ โดยให้ผู้ตอบตอบเป็น 3 ระดับ	Mplus	Maximum likelihood	เป็นการขยายโมเดล LTA with logistic regression มีวิธีการซึ่งใช้วิธีการ Baysian via MCMC	Baysian Information Criterion (BIC)
Compton et al. (2008)	ใช้ LTA ในการตรวจสอบเสถียรภาพของ LC กับ Reading Disability (RD) และ Typically development (TD) ข้ามช่วงเวลาศึกษาความสัมพันธ์ของการเร็วในการจำคำ ในฐานะที่เป็นตัวบ่งชี้ของ การที่เป็นผู้ที่มีการพัฒนาปกติ กับผู้ที่มีความบกพร่องทางการอ่าน ศึกษาตัวบ่งชี้ที่ของความเป็นไปได้ของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการอ่าน	LTA	แบบวัด13 ชนิด คือ Rapid letter-main, WIF growth, Phonemic awareness, Rapid digit naming, Verbal memory, Verbal IQ, Performance IQ, Phonemic Decoding Efficiency, Listening comprehension, Oral vocabulation, Word identification skill, Sight Word Reading Efficiency, Passage comprehension	Mplus	Maximum likelihood	เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลระยะยาว โมเดลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงนั้นถูกพัฒนาเพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนกลุ่มผลคือการจัดกลุ่มนักเรียนเป็น RD และ TD	Baysian Information Criterion (BIC)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

ผู้วิจัย	สิ่งที่ศึกษาเกี่ยวกับ LTA	โมเดล	แบบสอบ /แบบวัด	software	วิธีประมาณค่า	ข้อสังเกตหรือผลการวิจัย	การพิจารณาเกณฑ์
Dishman et al (2009)	เป็นการประเมินประสิทธิภาพของการเคลื่อนที่เพื่อพัฒนา ซึ่งเป็นผลจากตัวแทรกแซงทาง social–ecologicคือโครงการ collaborative effort with the Building Better Health (BBH) program ที่มีผลต่อการทำงาน โดยการเพิ่มเวลาในการออกกำลังร่างกายเป็นการเก็บข้อมูลระยะยาวจากการศึกษานาน 12 สัปดาห์	LGM และ LTA	International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) frequency and duration of moderate (_4 METS) and vigorous (_8 METS) physical activity and walking	Mplus	full-information likelihood Bayesian probability estimates	ใช้ LTA ในการหาความน่าจะเป็นของการทดสอบที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนกลุ่มจาก ไม่ประชุม เป็นประชุม ซึ่งข้อค้นพบจากการวิเคราะห์นี้ขยายให้เห็นรายงานการอธิบายของความก้าวหน้าเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณในโมเดลของทฤษฎีการเปลี่ยนแปลง	Baysian Information Criterion (BIC) Reliability and criterion validity
Dembo et al (2008)	เป็นการวิเคราะห์พฤติกรรมต่อต้านสังคมที่เข้าร่วมโครงการ ใช้การติดตามผล 1 ปี โดยใช้ LTA ในการตรวจสอบเสถียรภาพของสมาชิกข้ามจุดเวลา 2 ครั้ง LTA ชี้ให้เห็นว่าประมาณ 2 ใน 3 ของวัยรุ่น มีประสบการณ์ว่ามีปัญหาคล้ายกันข้ามช่วงเวลา	LTA	ใน The Comprehensive Adolescent Severity Inventory มีแบบวัดของ แต่ละ module	Mplus	Lo-Mendell-Rubin likelihood ratio test	ในการแบ่งกลุ่มจากงานวิจัยนี้มีการแบ่งกลุ่มนร. เป็น 3 หรือ 4 กลุ่ม ซึ่งผู้วิจัยต้องเป็นผู้ตัดสินใจ	likelihood ratio

จากการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มของตัวแปรแฝง พบว่า ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง สามารถจำแนกกลุ่มตามคุณลักษณะภายในได้ และเป็นการวิเคราะห์ที่สนใจความผันแปรภายในกลุ่มที่เกิดขึ้นเมื่อมีการวัดหลายครั้งทำให้สามารถทราบลักษณะการเปลี่ยนกลุ่มของผู้สอบได้ และเมื่อเป็นการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสมจะทำให้สามารถใช้ศึกษากับตัวแปรที่มีความเป็นพลวัตรได้ดี ผู้วิจัยจึงกำหนดสมมติฐานการวิจัยข้อสอง ดังนี้

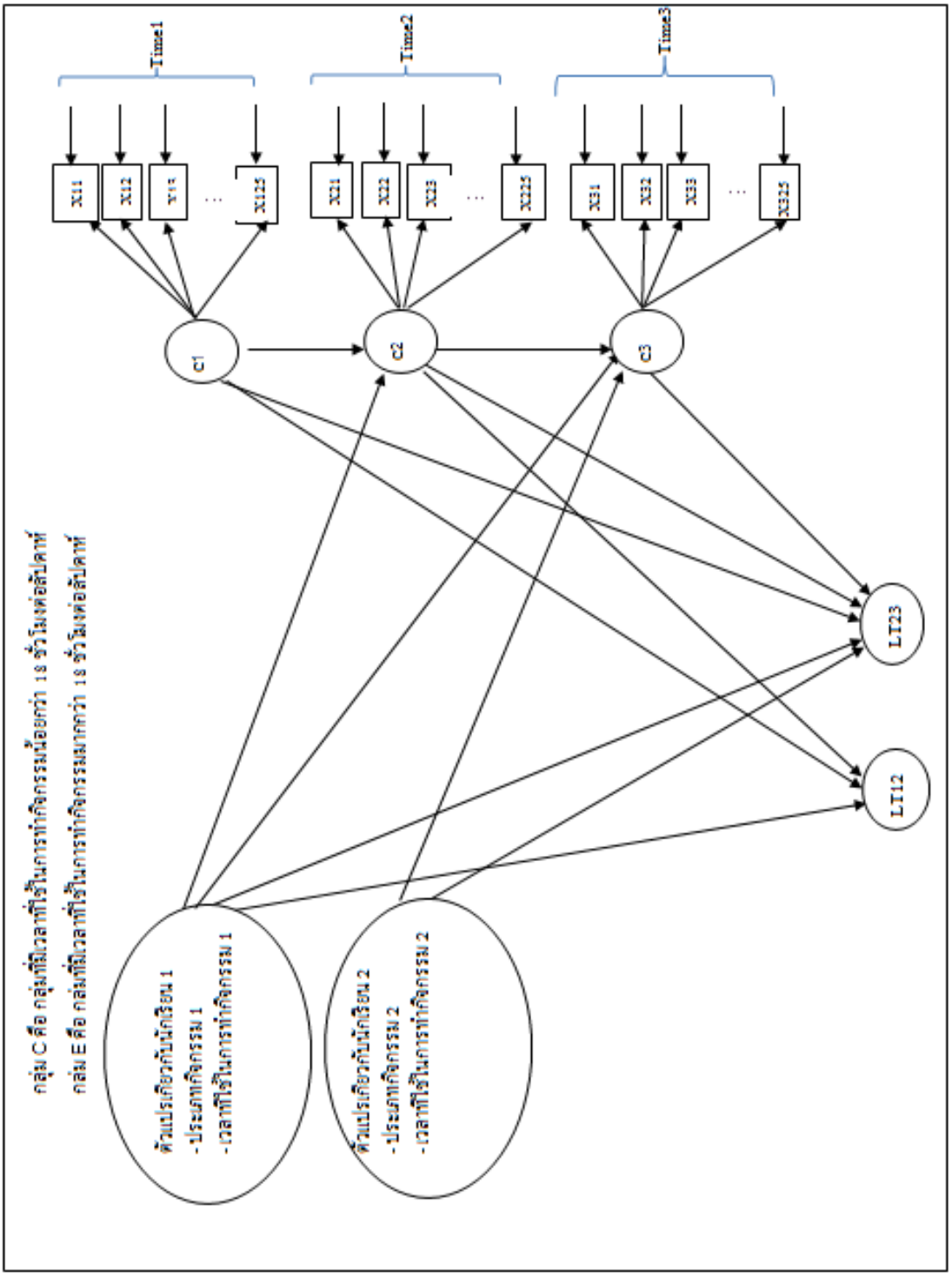
สมมติฐานการวิจัยข้อ 2 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีตอบสนองข้อสอบแบบผสมให้สารสนเทศ การจำแนกกลุ่มตามความสามารถแฝง ลักษณะของแต่ละกลุ่มแฝง และรูปแบบการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของนักเรียนแต่ละคน

อนึ่งเนื่องจากผู้วิจัยไม่สามารถค้นหาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อ 3 ได้โดยตรงจึงกำหนดสมมติฐานวิจัยจากงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมอื่น โดยกำหนดเป็นสมมติฐานวิจัยชั่วคราว ผู้วิจัยจึงกำหนดสมมติฐานการวิจัยข้อสาม ดังนี้

สมมติฐานการวิจัยข้อ 3 ปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียน คือ กิจกรรมที่จัดภายในโรงเรียน เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม มีอิทธิพลต่อกลุ่มแฝงและการเปลี่ยนกลุ่มแฝงจากการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม

อย่างไรก็ตามกระบวนการค้นหาความจริง ทฤษฎี หลักการ เทคโนโลยี หรือองค์ความรู้ใหม่ๆ โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่มุ่งเน้นการศึกษาความเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่เกี่ยวข้องภายใต้เงื่อนไขที่มีการควบคุมโดยกระบวนการวิจัยเพื่อศึกษาสถานการณ์นั้นว่าเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ โดยวิธีการเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรที่เปลี่ยนไป เพื่อสรุปผลความจริงที่ค้นพบ ซึ่งสามารถนำไปใช้อธิบายพฤติกรรมต่างๆในเชิงเหตุผลได้อย่างชัดเจน การวิจัยเชิงทดลองซึ่งเป็นการวิจัยที่หาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปรากฏการณ์ต่างๆ ได้รับการยอมรับว่าเป็นการวิจัยที่ให้ผลความเชื่อถือดีแบบหนึ่ง ผู้วิจัยจึงออกแบบวิธีดำเนินการวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง

และจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องผู้วิจัยได้กรอบแนวคิดในการวิจัยเพื่อแสดงถึงปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ดังนี้



ภาพที่ 2.7 กรอบแนวคิดในการวิจัย

กรอบแนวคิดในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจศึกษาผลของตัวแปรเกี่ยวกับนักเรียนที่เกิดขึ้นระหว่างช่วงเวลาของการวัดครั้งที่ 1 และ 2 ที่มีต่อกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการวัดครั้งที่ 2 และการวัดครั้งที่ 3 และการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการวัดในช่วงเวลาที่ 1 ไป 2 และ ช่วงเวลาที่ 2 ไป 3 และยังสนใจศึกษาผลของตัวแปรเกี่ยวกับนักเรียนที่เกิดขึ้นระหว่างช่วงเวลาของการวัดครั้งที่ 2 และ 3 ที่มีต่อกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการวัดครั้งที่ 3 และการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการวัดในช่วงเวลาที่ 2 ไป 3 สำหรับกลุ่มแฝงจากการวัดครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 เป็นกลุ่มตัวแปรแฝงที่มีความสัมพันธ์กันซึ่งสามารถจำแนกเป็นกลุ่มแฝงจากตัวแปรสังเกตได้ และมีระดับการวัดแบบจัดประเภท

หมายเหตุ : ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ – ผลการเปลี่ยนกลุ่มแฝง (LT12) กรณีกลุ่มแฝง (C1, C2) มีเพียง 2 กลุ่มแสดงผลการวิเคราะห์ในรูปอัตราการเปลี่ยนกลุ่มแฝง หรือ ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่ม (transition probabilities) สองแบบคือ 1. transition probabilities of moving latent classes และ 2. transition probabilities of staying latent classes ดังต่อไปนี้

	C21	C22
C11	0.6	0.4
C12	0.3	0.7

transition probabilities of moving latent classes

	C21	C22
C11	0.9	0.1
C12	0.05	0.95

transition probabilities of staying latent classes

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัย เรื่อง ปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จากการวัดด้วยการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม มีวัตถุประสงค์งานวิจัย 3 ประการ คือ ก) เพื่อศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ด้วยการวิเคราะห์สถิติแบบดั้งเดิม ข) เพื่อศึกษากลุ่มแฝงและการเปลี่ยนกลุ่มแฝง วัดจากการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม รวมถึงความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝง (transition probability) ค) เพื่อศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนที่มีอิทธิพลต่อกลุ่มแฝงและการเปลี่ยนกลุ่มแฝงจากการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม โดยมีรายละเอียดของงานวิจัย ดังนี้

1. ประชากรและตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา (สกอ.) ในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 1,614 คน ผู้วิจัยได้กำหนดกลุ่มประชากรเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสังกัด สกอ. ด้วยเหตุผล 4 ประการ ประการแรก การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาภายใต้บริบทของสถานศึกษาที่มีกิจกรรมภายในโรงเรียนค่อนข้างมาก และโรงเรียนในสังกัด สกอ. มีกิจกรรมในโรงเรียนค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับโรงเรียนในสังกัดอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นโครงการต่างๆ กิจกรรมประจำปีการศึกษาของโรงเรียน เป็นต้น ประการที่ 2 เหตุผลในการเลือกระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 นั้น ผู้วิจัยพิจารณาเลือกจากระดับชั้นที่นักเรียนร่วมทำกิจกรรมในโรงเรียนมาก และเป็นระดับชั้นที่มีกิจกรรมในแต่ละปีการศึกษาค่อนข้างมาก เพราะโรงเรียนกำหนดให้ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็นระดับชั้นที่ต้องรับผิดชอบกิจกรรมงานกีฬาสาธิตสามัคคี งานเลือกตั้งสภานักเรียน งานกิจกรรมของกลุ่มสาระการเรียนรู้ต่างๆ และงานวันสำคัญต่างๆ ฯลฯ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ให้ความร่วมมือ ตลอดจนทุ่มเท ในการทำกิจกรรมทุกกิจกรรมของโรงเรียนอย่างดียิ่ง เหตุผลประการที่ 3 คือ นักเรียนกลุ่มนี้มีอายุอยู่ในระยะช่วงที่เรียกว่าวัยรุ่นตอนต้น คืออายุระหว่าง 11-15 ปี ซึ่งเป็นช่วงอายุที่มีพฤติกรรมที่ต้องการการยอมรับว่าเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มเพื่อน มีปฏิกิริยาต่อการรับบทบาทหน้าที่ของความเป็นผู้ใหญ่ ที่จะต้องมีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมามอบหมาย ดังนั้น เมื่อมีงานหรือกิจกรรมอื่นๆ ที่เป็นในลักษณะต้องทำร่วมกับผู้อื่นจะทุ่มเท และให้เวลาในการทำงานนั้นอย่างเต็มที่ และประการที่ 4

ประชากรกลุ่มนี้มีลักษณะตรงตามเกณฑ์การคัดเลือกที่ผู้วิจัยกำหนด คือ ก) เป็นโรงเรียนที่มีจำนวนนักเรียนชายและนักเรียนหญิงเป็นสัดส่วนใกล้เคียงกัน และ ข) ผู้บริหารและครูให้การสนับสนุนและให้ความร่วมมือในการทำวิจัย

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 217 คน

2. รูปแบบการวิจัย

ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (quasi experiment) ตามภาพที่ 3.1 ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีกลุ่มทดลองและควบคุมอย่างละ 1 กลุ่ม มีการวัดครั้งแรก (O_1) ก่อนให้ทรีตเม้นต์ เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐาน (baseline) แล้วจัดให้นักเรียนกลุ่มทดลอง (E) มีการเข้าร่วมกิจกรรมโดยใช้เวลาในการทำกิจกรรม มากกว่า 18 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ 1 ครั้ง (การทำกิจกรรมกีฬาสาธิตสามัคคี) (X_{11}) และจัดให้นักเรียนกลุ่มควบคุม (C) เข้าร่วมกิจกรรมโดยใช้เวลาน้อยกว่า 18 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (การทำกิจกรรมกีฬาสาธิตสามัคคี) (X_1) หลังจากนั้นจะทำการวัดครั้งที่ 2 (O_2) ต่อจากนั้นมีการจัดให้นักเรียนกลุ่มทดลอง (E) เข้าร่วมกิจกรรมโดยใช้เวลาในการทำกิจกรรม มากกว่า 18 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ อีก 1 ครั้ง (การทำกิจกรรมเลือกตั้งสภานักเรียน) (X_{12}) และจัดให้นักเรียนกลุ่มควบคุม (C) เข้าร่วมกิจกรรมโดยใช้เวลาน้อยกว่า 18 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (การทำกิจกรรมเลือกตั้งสภานักเรียน) (X_2) แล้วจึงทำการวัดครั้งที่ 3 (O_3)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปแบบการวิจัยเป็นดังภาพ

E	O_1	X_{11}	O_2	X_{12}	O_3
C	O_1	X_1	O_2	X_2	O_3

ภาพที่ 3.1 รูปแบบการวิจัย

เมื่อ X_{11} คือการเข้าร่วมกิจกรรม โดยใช้เวลาในการทำกิจกรรมแรก มากกว่า 18 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (กิจกรรมกีฬาสาธิตสามัคคี)

X_{12} คือการเข้าร่วมกิจกรรม โดยใช้เวลาในการทำกิจกรรมที่สอง มากกว่า 18 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (กิจกรรมเลือกตั้งสภานักเรียน)

X_1 คือการเข้าร่วมกิจกรรมแรก โดยใช้เวลาในการทำกิจกรรม น้อยกว่า 18 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (กิจกรรมกีฬาสาธิตสามัคคี)

X_2 คือการเข้าร่วมกิจกรรมที่สอง โดยใช้เวลาในการทำกิจกรรม น้อยกว่า 18 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (กิจกรรมเลือกตั้งสภานักเรียน)

E คือกลุ่มทดลอง (experimental group) คือ กลุ่มที่ใช้เวลาในการทำกิจกรรมโดยใช้เวลาในการทำกิจกรรมมากกว่า 18 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ทั้งสองกิจกรรม

C คือกลุ่มควบคุม (control group) คือ กลุ่มที่ใช้เวลาในการทำกิจกรรมโดยใช้เวลาในการทำกิจกรรมน้อยกว่า 18 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ทั้งสองกิจกรรม

O_1 คือการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ก่อนใช้เวลาในการทำกิจกรรมแรก โดยเป็นการทดสอบครั้งที่ 1

O_2 คือการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังใช้เวลาในการทำกิจกรรมแรก โดยเป็นการทดสอบครั้งที่ 2

O_3 คือการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังใช้เวลาในการทำกิจกรรมที่สอง โดยเป็นการทดสอบครั้งที่ 3

การออกแบบการวิจัยแบบมีกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีการวัดซ้ำ 3 ครั้งเช่นนี้จะทำให้ผู้วิจัยสามารถศึกษาและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังจากที่มีการเข้าร่วมกิจกรรม โดยใช้เวลาในการทำกิจกรรม มากกว่า 18 ชั่วโมง ต่อสัปดาห์ รวม 2 กิจกรรมซึ่งเป็นกิจกรรมที่แตกต่างกันได้ โดย สามารถเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเมื่อนักเรียนมีการทำกิจกรรมขนาดใหญ่ที่ใช้เวลามากกว่า 18 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ รวม 2 กิจกรรม ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมได้

กิจกรรมที่นักเรียนกลุ่มตัวอย่างได้รับ มีรายละเอียด คือ กิจกรรมสาธิตสามัคคี นักเรียนจะได้รับมอบหมายให้ทำหน้าที่ต่างๆกัน และ เป็นผู้รับผิดชอบหลักทั้งการเตรียมการ กระบวนการในการทำงานทั้งหมด รวมถึงการประสานงาน การติดต่อกับฝ่ายต่างๆทั้งในโรงเรียนและนอกโรงเรียนด้วย และสำหรับกิจกรรมเลือกตั้งสภานักเรียน นักเรียนผู้สมัครทีมต่างๆจะมีการหาผู้ร่วมทีมในโรงเรียนจำนวนมาก และแต่ละทีมจะต้องคิดนโยบายเพื่อพัฒนาโรงเรียนรวมถึงเริ่มการดำเนินการพัฒนาโรงเรียนตั้งแต่ก่อนมีการเลือกตั้งสภานักเรียนประมาณ 1 เดือน

3. ขั้นตอนการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล แบ่งเป็น 3 ระยะ คือ ระยะเตรียมการทดลองและระยะดำเนินการทดลอง ระยะหลังการทดลอง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

1. ระยะเตรียมการทดลอง

1.1 สร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.2 คัดเลือกโรงเรียนตัวอย่าง ในการวิจัยครั้งนี้ คือ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม เขตปทุมวัน กรุงเทพ

1.3 ผู้วิจัยทำหนังสือขอความร่วมมือถึงผู้อำนวยการโรงเรียนเพื่อขอความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้

1.4 เลือกตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยเลือกนักเรียนทุกคนในระดับชั้นเป็นตัวอย่าง ซึ่งมีตัวอย่างจำนวน 217 คน

1.5 ผู้วิจัยจัดแบ่งตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม โดยใช้เกรดวิชาคณิตศาสตร์เป็นเกณฑ์ในการแบ่งคือ หาจำนวนนักเรียนที่ได้เกรดวิชาคณิตศาสตร์แต่ละระดับในแต่ละห้อง เช่น จำนวนนักเรียนที่ได้เกรด 4 วิชาคณิตศาสตร์ในห้อง 2/1 มี 4 คน ผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่ายในการจัดนักเรียนเข้ากลุ่มทดลอง 2 คนและกลุ่มควบคุม 2 คน เป็นต้น ซึ่งทำทุกห้องในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ได้กลุ่มควบคุมจำนวน 115 คน และ กลุ่มทดลองจำนวน 102 คน

1.6 ให้กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (O_1) ที่มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ใช้เวลา ประมาณ 1 คาบเรียน (50 นาที) ก่อนการจัดกระทำการทดลอง (pretest : time 1) ในเดือนพฤศจิกายน 2557 เพื่อทดสอบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนการทดลองของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. ระยะดำเนินการทดลอง

2.1 ขั้นเตรียมความพร้อมผู้เรียน

1) แนะนำวิธีการบันทึกเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมในแบบบันทึกสอบถามการเข้าร่วมกิจกรรม ซึ่งนักเรียนทุกคนต้องบันทึกเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมทุกวัน ตลอดระยะเวลาที่ทำวิจัย

2) มอบหมายหน้าที่ความรับผิดชอบงานกิจกรรมทั้งกิจกรรมสาธิตสามัคคี และกิจกรรมเลือกตั้งสภานักเรียน ให้กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มทดลอง โดยให้กลุ่มควบคุมมีหน้าที่เพียงช่วยสนับสนุนการทำกิจกรรม

2.2 ขั้นดำเนินการทดลอง

1) การดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยให้นักเรียนทุกคนบันทึกเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมทั้งหมดลงในแบบบันทึกการเข้าร่วมกิจกรรมทุกวัน เพื่อจะได้นำข้อมูลจำนวนชั่วโมงที่ใช้ทำกิจกรรมเฉลี่ยต่อสัปดาห์มายืนยันผลในการแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองก่อนการวิเคราะห์ข้อมูล

2) ให้นักเรียนทั้งสองกลุ่มทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ครั้งที่ 2 (posttest 1 : time 2 = O_2) ที่มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ใช้เวลา ประมาณ 1 คาบเรียน (50 นาที) ซึ่งเป็นแบบวัดคู่ขนานกับแบบทดสอบที่ใช้ในการวัดครั้งที่ 1 (posttest : time 1) ในช่วงกลางเดือนมกราคม 2558 เนื่องจากเป็นช่วงเวลาหลังจากที่กิจกรรมสาธิตสามัคคีเพิ่งเสร็จสิ้น

3. ให้นักเรียนทั้งสองกลุ่มทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ครั้งที่ 3 (posttest 2 : time 3 = O_3) ที่มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ใช้เวลา ประมาณ 1 คาบเรียน (50 นาที) ซึ่งเป็นแบบ วัดคู่ขนานกับแบบทดสอบที่ใช้ในการวัดครั้งที่ 1 (pretest : time 1) และครั้งที่ 2 (posttest 1 : time 2) ในช่วงต้นเดือนมีนาคม 2558 เนื่องจากเป็นช่วงเวลาหลังจากที่กิจกรรมเลือกตั้งสภานักเรียนเพิ่งเสร็จสิ้น

การวัดแต่ละครั้งจำนวนตัวอย่างไม่มีขาดหายไปเนื่องจากหากมีครั้งใดที่นักเรียนขาดหายไปในวันที่มีการวัด ผู้วิจัยใช้วิธีในการให้นักเรียนที่ขาดไปมาทำการวัดในวันถัดมา

3. ระยะหลังการทดลอง

ผู้วิจัยได้นำแบบบันทึกการเข้าร่วมกิจกรรมของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมาวิเคราะห์จำนวนชั่วโมงเฉลี่ยต่อสัปดาห์ที่นักเรียนแต่ละคนใช้เวลาในการทำกิจกรรม เพื่อยืนยันจำนวนชั่วโมงที่นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมใช้ในการทำกิจกรรม ว่ากลุ่มทดลองใช้เวลาในการทำกิจกรรมต่อสัปดาห์ต่างจากกลุ่มควบคุมตรงตามที่กำหนดหรือไม่อย่างไร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. ตัวแปรในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ มีตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยจำแนกเป็น 2 ประเภท คือ ตัวแปรต้น และตัวแปรตาม ตัวแปรแต่ละประเภท มีรายชื่อตัวแปร ดังนี้ คือ

ตัวแปรต้น ได้แก่ ตัวแปรเกี่ยวกับนักเรียน คือ กิจกรรมและเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม รวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบบันทึกการเข้าร่วมกิจกรรม

ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งมีการวัด 3 ครั้ง โดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งประมาณค่าจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ครั้ง

ผู้วิจัยออกแบบการวิจัยเพื่อให้ความแปรปรวนที่เกิดจากตัวแปรอิสระที่เป็นตัวแปรทดลอง (treatment variable) มีค่ามากที่สุด (maximization of systematic variance) โดยทำให้กลุ่มทดลองต่างจากกลุ่มควบคุมให้ได้มากที่สุด โดยใช้การมอบหมายหน้าที่ความรับผิดชอบในการทำ

กิจกรรมให้นักเรียนกลุ่มทดลอง และผู้วิจัยพยายามลดความคลาดเคลื่อนของการวัดและพยายามให้การวัดมีความเที่ยง (reliability) มากที่สุด และให้เครื่องมือที่ใช้วัดตัวแปรเป็นเครื่องมือที่มีคุณภาพ และมีการควบคุมความแปรปรวนที่เกิดจากตัวแปรแทรกซ้อน (control extraneous systematic variance) ให้ได้ โดยใช้วิธีการควบคุมใน 2 ลักษณะ คือ 1) การควบคุมความแตกต่างระหว่างกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม โดยก่อนการทดลองให้กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความเท่าเทียมกัน โดยให้จำนวนนักเรียนที่ได้เกรดวิชาคณิตศาสตร์ในแต่ละระดับไม่แตกต่างกัน และให้แต่ละกลุ่มมีจำนวนนักเรียนแต่ละเพศให้ใกล้เคียงกัน และผู้วิจัยทำการวัดก่อนการทดลอง (pretest : time 1) เพื่อดูว่าค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของทั้ง 2 กลุ่มแตกต่างกันหรือไม่ โดยพบว่าค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของทั้ง 2 กลุ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และ 2) ผู้วิจัยใช้การสุ่มนักเรียนเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยจำแนกนักเรียนที่มีเกรดวิชาคณิตศาสตร์ในระดับต่างๆแล้วสุ่มนักเรียนเพื่อเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยมีการควบคุมให้นักเรียนมีเกรดวิชาคณิตศาสตร์ในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมคล้ายคลึงกัน

5. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้มี 2 ชนิด คือ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และ แบบบันทึกการเข้าร่วมกิจกรรม

1. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 3 ฉบับ ที่เป็นแบบทดสอบคู่ขนานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะเป็นแบบสอบปรนัยจำนวน 25 ข้อ เป็นแบบสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

2. แบบบันทึกการเข้าร่วมกิจกรรม เป็นแบบบันทึกที่มีการสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล ว่าในแต่ละปีการศึกษา ได้เข้าร่วมกิจกรรมใดบ้าง และใช้เวลาในการดำเนินกิจกรรมนั้นตลอดจนการเตรียมงานมากน้อยเพียงใด

6. การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย

1. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 3 ฉบับ ที่เป็นแบบทดสอบคู่ขนานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะเป็นแบบสอบปรนัยจำนวน 25 ข้อ เป็นแบบสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ผู้วิจัยดำเนินการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ ตามขั้นตอนต่อไปนี้

1.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และเอกสารที่เกี่ยวกับการประเมินผลวิชาคณิตศาสตร์รวมทั้งศึกษาจุดประสงค์และเนื้อหาของวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 จากคู่มือครู แผนจัดการเรียนรู้และแบบเรียน

1.2 สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัดโดยให้ครอบคลุมเนื้อหาในหลักสูตรวิชาคณิตศาสตร์ในหน่วยการเรียนรู้ช่วงที่มีการวิจัยพิจารณากำหนดน้ำหนักของแบบทดสอบจากจุดประสงค์ในแผนการสอนและจุดประสงค์รายวิชาเพื่อกำหนดอัตราส่วนของแบบทดสอบที่เหมาะสม โดยวัดเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน 4 ด้านคือการรับรู้เกี่ยวกับจำนวน และการดำเนินการ การรับรู้เกี่ยวกับการวัด การรับรู้เกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และการรับรู้เกี่ยวกับการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ซึ่งแบบทดสอบแต่ละข้อ จะสร้างตามโครงสร้างการเรียนรู้ของแต่ละระดับชั้นดังนี้

ตารางที่ 3.1 วิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัดรายข้อของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ข้อที่	เนื้อหา	ระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด			
		การรับรู้เกี่ยวกับจำนวนและการดำเนินการ	การรับรู้เกี่ยวกับการวัด	การรับรู้เกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	การรับรู้เกี่ยวกับการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
1	หาความยาวด้านที่เหลือของสามเหลี่ยมมุมฉาก	0	1	0	0
2	หาความยาวด้านที่เหลือของรูปเรขาคณิตอื่นๆที่มีสามเหลี่ยมมุมฉาก	0	1	0	0
3	การหาความยาวรอบรูปโดยใช้ความรู้เรื่องทฤษฎีบทปีทาโกรัส	0	0	1	0
4	การหาความยาวรอบรูปโดยใช้ความรู้เรื่องทฤษฎีบทปีทาโกรัส	0	1	1	0
5	การหาพื้นที่โดยใช้ความรู้เรื่องทฤษฎีบทปีทาโกรัส	0	0	1	0
6	โจทย์ปัญหาที่ใช้ความรู้เรื่องทฤษฎีบทปีทาโกรัส	0	0	1	1
7-8	โจทย์ปัญหาที่ใช้ความรู้เรื่องทฤษฎีบทปีทาโกรัส	0	1	1	1
9-10	ตรวจสอบรูปสามเหลี่ยมมุมฉากโดยใช้ทฤษฎีบทกลับของปีทาโกรัส	0	0	1	1

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ข้อที่	เนื้อหา	ระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด			
		การรับรู้เกี่ยวกับจำนวนและการดำเนินการ	การรับรู้เกี่ยวกับการวัด	การรับรู้เกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	การรับรู้เกี่ยวกับการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
11	นิยามและสมบัติของจำนวนตรรกยะ	1	0	0	0
12	เขียนเศษส่วนในรูปทศนิยมและทศนิยมในรูปเศษส่วน	1	0	0	0
13	จำแนกจำนวนตรรกยะ	1	0	0	0
14	นิยามและสมบัติของจำนวนอตรรกยะ	1	0	0	0
15	จำแนกจำนวนอตรรกยะ	1	0	0	0
16	หาค่าของจำนวนตรรกยะและจำนวนอตรรกยะบนเส้นจำนวน	0	1	0	0
17	หาค่าของจำนวนตรรกยะและจำนวนอตรรกยะบนเส้นจำนวน	0	1	1	0
18	นิยามและสมบัติของรากที่สอง	1	0	0	0
19	การหารากที่สองหรือกรณฑ์ที่สองของจำนวนต่างๆ	1	0	0	0
20	การหารากที่สองโดยการแยกตัวประกอบ	1	0	0	0
21	โจทย์ปัญหาที่ใช้รากที่สอง	0	0	1	1
22	โจทย์ปัญหาที่ใช้รากที่สอง	0	1	1	1
23	การหารากที่สามโดยใช้การแยกตัวประกอบ	0	0	1	0
24	โจทย์ปัญหาที่ใช้รากที่สาม	0	0	0	1
25	คำนวณหารากที่สองและรากที่สามโดยใช้สมบัติ	0	0	0	1

หมายเหตุ : 0 หมายถึง ไม่มีระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัดด้านนั้น ,

1 หมายถึง มีระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัดด้านนั้น

1.3 สร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์แต่ละชนิดให้สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมการเรียนรู้โดยสร้างเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 25 ข้อ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อคือถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนนถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบหรือตอบมากกว่า 1 ข้อ ให้ 0 คะแนนและแบบวัดผลสัมฤทธิ์ที่สร้างขึ้นเป็นแบบวัดที่มี 3 ลักษณะ คือ วัดระดับ

พฤติกรรมเพียงด้านเดียว จำนวน 16 ข้อ วัดระดับพฤติกรรม 2 ด้าน จำนวน 6 ข้อ และวัดระดับพฤติกรรม 3 ด้าน จำนวน 3 ข้อ

1.4 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ไปหาคุณภาพเครื่องมือไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน ซึ่งเป็นผู้มีประสบการณ์การสอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นไม่ต่ำกว่า 10 ปี พิจารณาตรวจสอบข้อคำถาม และตรวจสอบว่าตรงตามระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัดหรือไม่ รวมทั้งตรวจสอบตัวเลือกเพื่อแก้ไขภาษาและปรับปรุงแบบทดสอบให้ดียิ่งขึ้น การตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา (content validity) ของแบบวัดใช้ดัชนี IOC (item objective congruence) โดยมีเงื่อนไขให้ผู้เชี่ยวชาญตัดสินอย่างเป็นระบบ ซึ่งมีลักษณะการให้คะแนนคือ

1 หมายถึง ข้อคำถามสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการที่ต้องการวัด

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการที่ต้องการวัด

-1 หมายถึง ข้อคำถามไม่สอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการที่ต้องการวัด

หลังจากให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติการของแบบวัดทั้ง 7 ฉบับ แล้วจึงนำผลการตรวจสอบมาคำนวณหาดัชนี IOC ตามสูตรดังนี้

$$\text{IOC} = \frac{\sum R}{N}$$

IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติการ

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนผลการตัดสินข้อคำถามของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

โดยผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินความตรงเชิงเนื้อหา คือ ข้อคำถามต้องมีค่าดัชนี IOC มากกว่า 0.5 จึงจะถือว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับโครงสร้างและนิยามเชิงปฏิบัติการ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2548)

หลังจากที่ผู้วิจัยได้นำผลการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน มาคำนวณหาค่าดัชนี IOC เป็นรายข้อและคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนี IOC ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ พบว่า ข้อคำถามทุกข้อมีค่าดัชนี IOC≥ 0.5 ทั้ง 3 ฉบับ ผู้วิจัยจึงคัดเลือกข้อสอบไว้ทั้งหมด นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขข้อสอบเป็นรายข้อ ผู้วิจัยจึงปรับปรุงแบบวัดที่สมบูรณ์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.5 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นทั้งหมดไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน จำนวน 30 คน ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มนี้ เนื่องจากมีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากเป็นโรงเรียนที่นักเรียนแต่ละห้องที่มีการคละความสามารถเหมือนกับกลุ่มตัวอย่าง และเป็นโรงเรียนที่มีลักษณะการเรียนการสอนคล้ายกัน เพราะเป็นโรงเรียนในสังกัด สกอ.เหมือนกัน จากนั้นผู้วิจัยนำผลการทดสอบมาทำการวิเคราะห์รายข้อ (item analysis) เพื่อหาค่าความยาก และอำนาจจำแนก โดยเลือกข้อสอบที่มีค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.2 – 0.8 และ ค่าอำนาจจำแนก (r) ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2548) และนำมาหาค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยง (α) โดยใช้โปรแกรม SPSS ผลการวิเคราะห์พบว่า แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับ มีค่าความยาก อยู่ระหว่าง 0.12-0.85 และค่าอำนาจจำแนก 0.10-0.78 ซึ่งข้อสอบที่มีค่าความยากอยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ได้ตามที่กำหนด มี จำนวน 24 ข้อ และข้อสอบที่มีค่าความยาก และอำนาจจำแนก ไม่อยู่ในเกณฑ์ จำนวน 1 ข้อ ได้แก่ ในแบบวัดฉบับที่ 1 ข้อที่ 8 มีค่าความยาก เท่ากับ 0.12 และอำนาจจำแนก เท่ากับ 0.10 แบบวัดฉบับที่ 2 ข้อที่ 6 มีค่าความยาก เท่ากับ 0.20 และอำนาจจำแนก เท่ากับ 0.18 และแบบวัดฉบับที่ 3 ข้อที่ 7 มีค่าความยาก เท่ากับ 0.15 และอำนาจจำแนก เท่ากับ 0.22 เมื่อผู้วิจัยมาตรวจสอบพบว่า แบบวัดข้อที่มีค่าความยากและอำนาจจำแนกไม่ตรงตามเกณฑ์ ทั้ง 3 ฉบับเป็นข้อที่คู่ขนานกัน ข้อที่ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบในข้อนั้นๆแล้วนำไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน จำนวน 20 คน ซึ่งเป็นคนละกลุ่มกับกลุ่มที่ผู้วิจัยนำแบบทดสอบไปทดลองในครั้งแรก จากนั้นจึงนำผลการทดสอบมาหาค่าความยาก และอำนาจจำแนก อีกครั้ง ผลการวิเคราะห์ พบว่า ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าความเที่ยง เท่ากับ 0.881 0.817 และ 0.795 ตามลำดับ

1.6 ทำการวิเคราะห์หาค่าสถิติของแบบวัดและตรวจสอบความเป็นคู่ขนานของแบบวัดทั้ง 3 ฉบับ จากการทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน จำนวน 30 คน ซึ่งเป็นนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง พบว่าแบบวัดมีค่าเฉลี่ย อยู่ระหว่าง 11.533 – 11.667 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ระหว่าง 3.481-3.763 ค่าความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 12.120-14.161 ค่าความยากเฉลี่ยทั้งฉบับของแบบวัดฉบับที่ 1 -3 มีค่าใกล้เคียงกันคือมีค่าอยู่ระหว่าง 0.524 – 0.546 ค่าอำนาจจำแนกแบบ Point-Biserial เฉลี่ยทั้งฉบับมีค่าอยู่ระหว่าง 0.512 – 0.531ค่าความเที่ยงของแบบวัด KR20 มีค่าระหว่าง 0.823 – 0.834 (รายละเอียดในตาราง)

ตารางที่ 3.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ฉบับทดลอง จำนวน 3 ฉบับจากการทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน

ค่าสถิติ	แบบวัดชุดที่ 1	แบบวัดชุดที่ 2	แบบวัดชุดที่ 3
ค่าเฉลี่ย	11.633	11.533	11.667
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	3.700	3.481	3.763
ความแปรปรวน	13.689	12.120	14.161
ความยากเฉลี่ย	0.524	0.532	0.546
อำนาจจำแนก Point- Biserial เฉลี่ย	0.512	0.531	0.520
ความเที่ยงของแบบวัด KR20	0.823	0.825	0.834

และผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความเป็นคู่ขนานของแบบวัดทั้ง 3 ฉบับ ที่ทดลองใช้ เป็นการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยคะแนนจากแบบวัดทั้ง 3 ฉบับสำหรับการตรวจสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยคะแนนจากแบบวัดทั้ง 3 ฉบับ ใช้การทดสอบด้วย Levene's test of equality of population variance ส่วนการตรวจสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยคะแนนจากแบบวัด 3 ฉบับ ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One-way repeated measure ANOVA) ผลการตรวจสอบความเท่ากันระหว่างความแปรปรวนของคะแนนจากแบบวัด จำนวน 3 ฉบับ ด้วยการทดสอบ Levene' s test of equality of population variance พบว่า ค่าความแปรปรวนของแบบวัดทั้ง 3 ฉบับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจาก p มีค่าเท่ากับ 0.246 ซึ่งมีค่ามากกว่า .05 (รายละเอียดในตาราง)

ตารางที่ 3.3 ผลการทดสอบความเท่ากันระหว่างความแปรปรวนของคะแนนจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ฉบับทดลอง จำนวน 3 ฉบับ

Levene Statistic	df1	df2	p
1.403	1	28	0.246

สำหรับผลการตรวจสอบความเท่ากันระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ จำนวน 3 ฉบับ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One-way

repeated measure ANOVA) พบว่า ความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของแบบวัดทั้ง 3 ฉบับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สำหรับผลการตรวจสอบความเท่ากันระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ จำนวน 3 ฉบับด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One-way repeated measure ANOVA) ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบ Sphericity ของเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของคะแนนที่ได้จากแบบวัดฉบับทดลองจำนวน 3 ฉบับ เพื่อดูว่าเมื่อมีการแปลงเป็นตัวแปรการวัดซ้ำแล้วจะมีเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมเป็นเมทริกซ์เอกลักษณ์หรือไม่ เพื่อที่จะเลือกใช้สถิติทดสอบได้ถูกต้อง เมื่อทำการทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (repeated measure) ซึ่งจากการทดสอบ Sphericity ของคะแนนจากแบบวัดฉบับทดลองจำนวน 3 ฉบับโดยใช้การทดสอบ Mauchly พบว่า เมื่อแปลงคะแนนเป็นตัวแปรการวัดซ้ำ จะมีเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมเป็นเมทริกซ์เอกลักษณ์ (p มีค่าเท่ากับ 0.116 ซึ่งมากกว่า 0.05) ดังนั้นในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ฉบับทดลองจำนวน 3 ฉบับ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้การประมาณค่าแบบSphericity Assumed (รายละเอียดในตาราง)

ตารางที่ 3.4 ผลการทดสอบเงื่อนไข Sphericity ของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ฉบับทดลองจำนวน 3 ฉบับ

Within Subjects Effect	Mauchly's W	Approx. Chi-Square	df	p	Epsilon		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Lower-bound
Tryout	0.853	4.306	2	0.116	0.872	0.924	0.500

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ฉบับทดลองจำนวน 3 ฉบับพบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ค่า p = 0.933 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05) รายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.5 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ฉบับทดลองจำนวน 3 ฉบับ

Source		SS	df	MS	F	P
Tryout	Sphericity Assumed	0.161	2	0.080	0.070	0.933
	Greenhouse -Geisser	0.161	1.743	0.092	0.070	0.911
	Huynh-Feldt	0.161	1.849	0.087	0.070	0.921
	Lower-boumd	0.161	1.000	0.161	0.070	0.793
Error-Tryout	Sphericity Assumed	64.506	56	1.152		
	Greenhouse -Geisser	64.506	48.805	1.322		
	Huynh-Feldt	64.506	51.771	1.246		
	Lower-boumd	64.506	28.000	2.304		

จากการทดสอบความแปรปรวนของคะแนนจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ฉบับทดลองจำนวน 3 ฉบับด้วยการทดสอบ Levene' s test of equality of population variance และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One-way repeated measure ANOVA) พบว่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของแบบวัดทั้ง 3 ฉบับแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าแบบวัดทั้ง 3 ฉบับเป็นแบบวัดคู่ขนาน

2. แบบบันทึกการเข้าร่วมกิจกรรม 2 ตอน ตอนที่ 1 เป็นการสอบถามข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบตอนที่ 2 เป็นแบบบันทึกเวลาในการดำเนินกิจกรรม ตลอดจนการเตรียมงานว่าใช้เวลาเท่าใดในแต่ละสัปดาห์ ผู้วิจัยใช้เกณฑ์เวลาในการดำเนินกิจกรรมนั้นตลอดจนการเตรียมงานในการแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง โดยมีรายละเอียดคือ นักเรียนที่ใช้เวลาในการดำเนินกิจกรรมตลอดจนการเตรียมงานแต่ละกิจกรรม ต่ำกว่า 18 ชั่วโมง จะเป็นกลุ่มควบคุม และนักเรียนที่ใช้เวลาในการดำเนินกิจกรรมตลอดจนการเตรียมงาน มากกว่า 18 ชั่วโมง เป็นกลุ่มทดลอง ผู้วิจัยใช้เกณฑ์ 18 ชั่วโมงเนื่องจาก เมื่อผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลการเข้าร่วมกิจกรรม พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มนักเรียนที่ใช้เวลาในการดำเนินกิจกรรมตลอดจนการเตรียมงาน เป็น กลุ่มที่ใช้เวลา 0-16 ชั่วโมง จำนวน 115 คน และ กลุ่มที่ใช้เวลา 18- 35 ชั่วโมงจำนวน 102 คน โดยไม่มีนักเรียนที่ใช้เวลา 16-17 ชั่วโมง เลย การเก็บข้อมูลโดยใช้แบบบันทึกการเข้าร่วมกิจกรรม ผู้วิจัยได้ดำเนินการแจกแบบบันทึกการเข้าร่วมกิจกรรมในช่วงเวลาเดียวกับที่นักเรียนดำเนินการทำการทดสอบครั้งที่ 1 และนำมาวิเคราะห์เมื่อเก็บข้อมูลจนถึงช่วงเวลาเดียวกับการทดสอบครั้งที่ 3

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยกำหนดแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล และการใช้ค่าสถิติต่างๆดังนี้

1. บรรณาธิกรณ์ (editing) แบบวัดที่รวบรวมได้ เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบวัด ซึ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ไม่มีการขาดหายของข้อมูล เนื่องจากหากการวัดครั้งใดมีนักเรียนที่ไม่ได้มาทำการทดสอบในวันที่กำหนดผู้วิจัยได้ให้นักเรียนผู้นั้นมาทำการทดสอบในวันถัดมาทันที

2. การวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบคุณภาพข้อมูล สำหรับแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ผู้วิจัยตรวจสอบคุณภาพข้อมูลจากความเที่ยง (reliability) และความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) โดยการวิเคราะห์ความเที่ยงจากข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง และ ตรวจสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยคะแนนจากแบบวัดทั้ง 3 ฉบับ โดยใช้การทดสอบด้วย Levene's test of equality of population variance ส่วนการตรวจสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยคะแนนจากแบบวัด 3 ฉบับ ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One-way repeated measure ANOVA) ผลการตรวจสอบความเท่ากันระหว่างความแปรปรวนของคะแนนจากแบบวัด จำนวน 3 ฉบับ ด้วยการทดสอบ Levene' s test of equality of population variance ตรวจสอบความเท่ากันระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ จำนวน 3 ฉบับ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One-way repeated measure ANOVA)

3. การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น เพื่อศึกษาลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง และการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้นของตัวแปรในโมเดล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์การกระจาย ความเบ้ ความโด่ง เพื่อศึกษาลักษณะการกระจาย และการแจกแจงของตัวแปรในแบบสอบถามเชิงปริมาณที่พัฒนาขึ้น

4. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามการวิจัย ผู้วิจัยจะใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจากการวัดซ้ำ 3 ครั้ง และการวิเคราะห์การเปลี่ยนค่าของตัวแปรแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม (latent transition analysis with mixture rasch model) โดยใช้ตัวแปรต้นเป็นตัวแปรด้านนักเรียน คือ ประเภทกิจกรรม และเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม และตัวแปรตามเป็นกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม MPLUS และ ใช้โปรแกรม R เพื่อเปรียบเทียบสารสนเทศที่ได้จากการวิเคราะห์

4.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โปรแกรม MPLUS (Muthén & Muthén, 2010)

1) ตรวจสอบจำนวนกลุ่มแฝงที่เหมาะสมโดยใช้การวิเคราะห์กลุ่มแฝง

2) วิเคราะห์กลุ่มแฝงของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมในทุกช่วงเวลาที่ทำการวัด

3) วิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

4) วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำเพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจากการวัดซ้ำ 3 ครั้ง

4.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม R

ผู้วิจัยประยุกต์ใช้แพคเกจ CAT_LVM version 0.90 alpha จาก www.kustatlab.korea.ac.th/home/software โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) นำเข้าข้อมูลสู่โปรแกรม R
2) กำหนดค่าโมเดล (Model Config) ให้ตรงกับงานวิจัย เช่น กำหนดจำนวนตัวอย่างของแต่ละกลุ่ม จำนวนครั้งที่วัด จำนวน categories ของข้อสอบ
3) เขียนคำสั่งเพื่อจัดกระทำข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบชุดข้อมูลแบบ 3 มิติ โดยมิติที่ 1 คือ จำนวนคน มิติที่ 2 คือ จำนวนข้อ มิติที่ 3 คือ จำนวนครั้งของการวัด
4) ทำการวิเคราะห์โดยประยุกต์ใช้แพคเกจ CAT_LVM version 0.90 alpha
5) run คำสั่ง lta.gnr.data เพื่อให้ได้โมเดล ค่าพารามิเตอร์ ค่า covariance
6) run คำสั่ง cal.lvm โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากข้อ 4.1 เป็นค่าตั้งต้น เพื่อให้ได้ผลการประมาณค่าการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง
7) วิเคราะห์ข้อสอบโดยประยุกต์ใช้แพคเกจ Extended Rasch Modeling (eRm version 0.15-6) วิเคราะห์ให้ได้ผล 2 ส่วน คือ item parameter และ person parameter

Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยเรื่อง ปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จากการวัดด้วยการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสมเป็นงานวิจัยที่มุ่งศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็นงานวิจัยที่เก็บข้อมูลระยะยาวจากการวัด 3 ครั้ง โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้มี 3 ประการ คือ 1) เพื่อศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนจากการวัด 3 ครั้ง ที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ด้วยการวิเคราะห์สถิติแบบดั้งเดิม 2) เพื่อศึกษากลุ่มแฝงและการเปลี่ยนกลุ่มแฝง วัดจากการวิเคราะห์การการเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม รวมถึงความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝง (transition probability) และ 3) เพื่อศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนที่มีอิทธิพลต่อกลุ่มแฝงและการเปลี่ยนกลุ่มแฝงจากการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบการวิจัยเป็นการเก็บข้อมูลระยะยาวจากการวัด 3 ครั้ง โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในช่วงเดือนมีนาคม 2557 ถึงกุมภาพันธ์ 2558 และได้วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัย ในบทนี้ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์แยกเป็น 4 ตอนตามการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นและการวิเคราะห์ตามวัตถุประสงค์การวิจัย คือ ผลการวิเคราะห์ตอนที่ 1 เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อพิจารณาว่าลักษณะของกลุ่มตัวอย่างเป็นอย่างไร ผลการวิเคราะห์ตอนที่ 2 เป็นการวิเคราะห์เพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 1 โดยเสนอผลการวิเคราะห์สถิติเชิงบรรยายและผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจากการวัดซ้ำ 3 ครั้ง โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ (Two-way repeated measure ANOVA) และผลการวิเคราะห์ตอนที่ 3 เป็นการวิเคราะห์เพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 2 และ 3 โดยใช้การวิเคราะห์การวิเคราะห์กลุ่มแฝงและการเปลี่ยนกลุ่มแฝงด้วยโมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม โดยใช้โปรแกรม MPLUS ส่วนผลการวิเคราะห์ตอนที่ 4 เป็นการวิเคราะห์เช่นเดียวกับตอนที่ 3 ต่างกันตรงที่เป็นการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม R เพื่อเป็นการยืนยันผลการวิเคราะห์ข้อมูลและให้ได้สารสนเทศเพิ่มเติมมากขึ้น รายละเอียดการนำเสนอเป็นดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับลักษณะตัวอย่าง

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์เพื่อศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนจากการวัด 3 ครั้ง ที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ด้วยการวิเคราะห์สถิติแบบดั้งเดิม

ตอนที่ 2.1 ผลการตรวจสอบเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ระหว่างผลการวัด 3 ช่วงเวลา

ตอนที่ 2.2 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจากการวัดซ้ำ 3 ครั้ง

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์กลุ่มแฝงและผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม MPLUS แยกเสนอเป็น 3 ตอน

ตอนที่ 3.1 ผลการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบจำนวนกลุ่มแฝงที่เหมาะสมของข้อมูลกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองโดยภาพรวม

ตอนที่ 3.2 ผลการวิเคราะห์กลุ่มแฝง (LCA) แต่ละช่วงเวลาของข้อมูลกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

ตอนที่ 3.3 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง (LTA) ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์กลุ่มแฝงและผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม R แยกเสนอเป็น 5 ตอน

ตอนที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการตอบผิดและตอบถูกรายข้อของกลุ่ม ทดลองและกลุ่มควบคุม

ตอนที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบทั้ง 25 ข้อ

ตอนที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถเมื่อเทียบจากคะแนนดิบของการวัดทั้ง 3 ช่วงเวลา

ตอนที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถรายบุคคลของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองจากการวัดทั้ง 3 ช่วงเวลา

ตอนที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง

ในตอนนี้ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลของตัวแปรจัดประเภทของกลุ่มตัวอย่าง 2 ตัวแปร คือ เพศ และเกรดวิชาคณิตศาสตร์ ของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม จากข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 217 คน โดยนำเสนอผลการวิเคราะห์ไว้ในตารางที่ 10

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าตัวอย่างในกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนเพศชายมากกว่าเพศหญิง และสัดส่วนของนักเรียนเพศชายและเพศหญิงต่อจำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (chi-square = .638 , p = .681) และสัดส่วนของนักเรียนเพศชายและเพศหญิงต่อจำนวนนักเรียนทั้งหมดในตัวอย่างมีค่าใกล้เคียงกับสัดส่วนของนักเรียนเพศชายและนักเรียนเพศหญิงในประชากรซึ่งกลุ่มทดลองมีจำนวนนักเรียนเพศชาย 60 คน (ร้อยละ 58.82) เพศหญิง 42 คน (ร้อยละ 41.18) กลุ่มควบคุม มีจำนวนนักเรียนเพศชาย 64 คน (ร้อยละ 55.65) เพศหญิง 51 คน (ร้อยละ 44.35) และจำนวนประชากรทั้งหมดมีนักเรียนเพศชาย 825 คน (ร้อยละ 51.12) เพศหญิง 789 คน (ร้อยละ 48.88) และตัวอย่างมีเกรดวิชาคณิตศาสตร์ตั้งแต่ระดับ 1.5 ถึง 4.0 ในระบบ 8 เกรด คือ 0 , 1.0 , 1.5 , 2.0 , 2.5 , 3.0 , 3.5 , 4.0 พบว่า ค่าร้อยละของนักเรียนที่ได้เกรดวิชาคณิตศาสตร์ต่างๆต่อจำนวนนักเรียนทั้งหมด ในกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (chi-square = .483 , p = .993) โดยกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนนักเรียนที่ได้เกรดวิชาคณิตศาสตร์ 4.0 เป็นจำนวนมากที่สุด จำนวน 66 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 30 คน (ร้อยละ 29.41) และกลุ่มควบคุม 36 คน (ร้อยละ 31.30)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.1 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามเพศและเกรดวิชาคณิตศาสตร์

จำแนกตาม		กลุ่มตัวอย่างกลุ่มทดลอง		กลุ่มตัวอย่างกลุ่มควบคุม		ประชากร	
		จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
เพศ	ชาย	60	58.82	64	55.65	825	51.12
	หญิง	42	41.18	51	44.35	789	48.88
	รวม	102	100	115	100	1,614	100
เกรดวิชาคณิตศาสตร์	1.5	5	4.90	4	3.48		
	2.0	9	8.82	11	9.57		
	2.5	16	15.69	16	13.91		
	3.0	19	18.63	22	19.13		
	3.5	23	22.55	26	22.61		
	4.0	30	29.41	36	31.30		
	รวม	102	100	115	100		

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์เพื่อศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนจากการวัด 3 ครั้ง ที่มีอิทธิพลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ด้วยการวิเคราะห์สถิติแบบดั้งเดิม

การวิเคราะห์เพื่อตอบวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SPSS โดยใช้การตรวจสอบเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่แต่ละช่วงเวลารวม 3 ครั้ง โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) แยกวิเคราะห์ข้อมูลรวม 3 ครั้ง และผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจากการวัดซ้ำ 3 ครั้ง โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ (Two-way repeated measure ANOVA) โดยผลการวิเคราะห์จำแนกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ผลการตรวจสอบเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ 3 ช่วงเวลา และ 2) ผลการตรวจสอบเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ช่วงเวลา โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตอนที่ 2.1 ผลการตรวจสอบเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์แต่ละช่วงเวลารวม 3 ครั้ง

การวิเคราะห์ในเบื้องต้นผู้วิจัยใช้โปรแกรม SPSS เพื่อตรวจสอบผลที่เกิดจากปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียน ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ พบว่าการวัดในช่วงเวลาที่ 1 ค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองแตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (F = .025 , p = .876) แสดงว่าประชากรนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกัน และการวัดในช่วงเวลาที่ 2 ค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (F = 73.907 , p = .000) โดยกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่ากลุ่มควบคุม แสดงว่าประชากรนักเรียนกลุ่มที่มีการใช้เวลาในการทำกิจกรรมมากกว่า 18 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่ากลุ่มที่มีการใช้เวลาในการทำกิจกรรมน้อยกว่า 18 ชั่วโมง ต่อสัปดาห์ ซึ่งกิจกรรมที่จัดก่อนการวัดในช่วงเวลาที่ 2 คือ กิจกรรมสาธิตสามัคคี สำหรับช่วงเวลาที่ 3 ค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (F = 97.643 , p = .000) โดยกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่ากลุ่มควบคุม แสดงว่าประชากรนักเรียนกลุ่มที่มีการใช้เวลาในการทำกิจกรรมมากกว่า 18 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่ากลุ่มที่มีการใช้เวลาในการทำกิจกรรมน้อยกว่า 18 ชั่วโมง ต่อสัปดาห์ ซึ่งกิจกรรมที่จัดก่อนการวัดในช่วงเวลาที่ 2 คือ กิจกรรมเลือกตั้งสภานักเรียน จะเห็นได้ว่าปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ คือ ประเภทของกิจกรรมและเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เนื่องจากเมื่อวัดในช่วงเวลาที่ 2 และ 3 ประชากรนักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมทั้งสองครั้ง โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ช่วงเวลา

	กลุ่มทดลอง			กลุ่มควบคุม			F	Sig
	N	MEAN	SD	N	MEAN	SD		
Pretest (ช่วงเวลาที่ 1)	102	15.83	4.16	115	15.93	4.89	.025	.876
Posttest ครั้งที่ 1 (ช่วงเวลาที่ 2)	102	11.78**	2.15	115	17.77**	4.54	73.907**	.000
Posttest ครั้งที่ 2 (ช่วงเวลาที่ 3)	102	11.68*	4.93	115	18.04*	4.02	97.643**	.000

*p<.05

**p<.01

ตอนที่ 2.2 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจากการวัดซ้ำ 3 ครั้ง

การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจากการวัดซ้ำ 3 ครั้งโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ (Two-way repeated measure ANOVA) ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบ Sphericity ของเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของคะแนนที่ได้จากการวัด 3 ครั้งเพื่อตรวจสอบว่าเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมเป็นเมทริกซ์เอกลักษณ์หรือไม่เพื่อที่จะเลือกใช้สูตรสถิติได้ถูกต้องเมื่อทำการทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (repeated measure) ซึ่งจากการทดสอบ Sphericity ของคะแนนจากการวัด 3 ครั้งโดยใช้การทดสอบ Mauchly พบว่าเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมเป็นเมทริกซ์เอกลักษณ์เนื่องจากค่า p เท่ากับ 0.353 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ผู้วิจัยจะใช้การประมาณค่าแบบ Sphericity Assumed ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมที่ได้รับการวัดซ้ำ 3 ครั้ง พบว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มและช่วงเวลาการวัดมีผลกระทบต่อคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เนื่องจาก p = 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าประเภทกิจกรรมและเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมมีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันตามช่วงเวลาในการวัด และผลจากการวัดต่างครั้งกันจะมีค่าต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ (เนื่องจาก p=0.002 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05) และค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (เนื่องจาก p = 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05) (รายละเอียดดังตารางที่ 4.3 ถึง 4.5 และภาพที่ 4.1)

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบเงื่อนไข Sphericity ของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจากการวัดซ้ำ 3 ครั้ง

Within Subjects Effect	Mauchly's W	Approx. Chi-Square	df	Sig.	Epsilon Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Lower-bound
time	0.99	2.085	2	0.353	0.99	1	0.5

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบภายในกลุ่มของการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนจากการวัดซ้ำ 3 ครั้ง

Source		SS	df	MS	F	p
time	Sphericity Assumed	163.387	2	81.693	6.539*	.002
	Greenhouse-Geisser	163.387	1.981	82.486	6.539	.002
	Huynh-Feldt	163.387	2.000	81.693	6.539	.002
	Lower-bound	163.387	1.000	163.387	6.539	.011
time * group	Sphericity Assumed	1336.530	2	668.265	53.493*	.000
	Greenhouse-Geisser	1336.530	1.981	674.745	53.493	.000
	Huynh-Feldt	1336.530	2.000	668.265	53.493	.000
	Lower-bound	1336.530	1.000	1336.530	53.493	.000
Error(time)	Sphericity Assumed	5371.805	430	12.493		
	Greenhouse-Geisser	5371.805	425.870	12.614		
	Huynh-Feldt	5371.805	430.000	12.493		
	Lower-bound	5371.805	215.000	24.985		

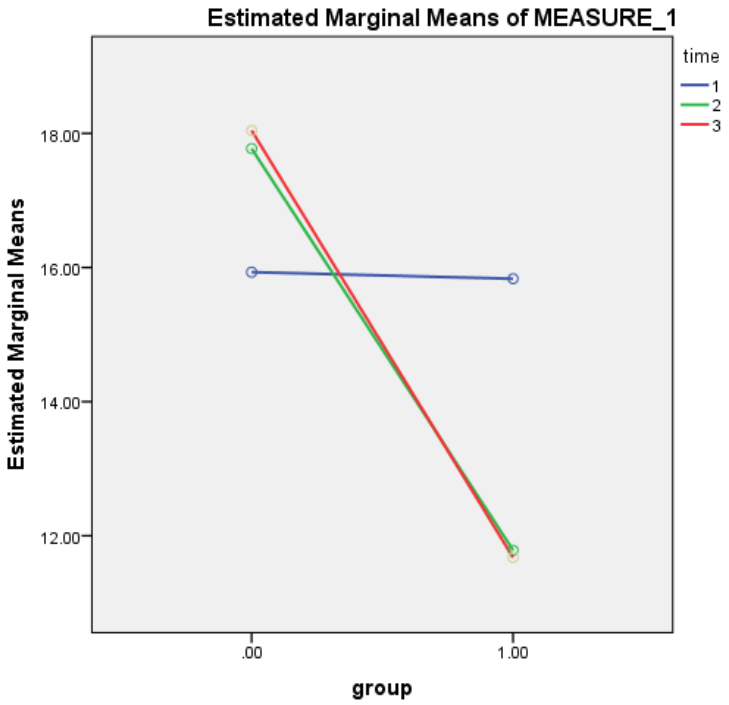
*p<.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจากการวัดซ้ำ 3 ครั้ง

Source	SS	df	MS	F	p
Intercept	149348.225	1	149348.225	3357.267	0.000
group	2794.566	1	2794.566	62.820*	0.000
Error	9564.288	215	44.485		

*p<.05



หมายเหตุ : group 1 หมายถึง กลุ่มทดลอง group 0 หมายถึง กลุ่ม

ภาพที่ 4.1 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มและช่วงเวลาที่ทำการวัดที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เมื่อวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมในแต่ละครั้งของการวัดพบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจากการวัดครั้งที่ 1 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากค่า p เท่ากับ 0.876ซึ่งมากกว่า 0.05 ส่วนค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจากการวัดครั้งที่ 2 และ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากค่า p เท่ากับ 0.000, และ0.000 ตามลำดับซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 รายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.6 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมในแต่ละครั้งของการวัด

ครั้งที่วัด	Parameter	B	SE	T	p	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
ครั้งที่ 1 (Pre1)	Intercept	6.478	0.456	15.585	0.000	14.943	16.723
	กลุ่มทดลอง	0.345	0.451	0.377	0.876	15.092	16.768
	กลุ่มควบคุม	0.000	0.425				
ครั้งที่ 2 (Post2)	Intercept	6.774	0.478	12.812	0.000	10.785	12.784
	กลุ่มทดลอง	-3.456	0.507	-11.690*	0.000	16.832	18.715
	กลุ่มควบคุม	0.000					
ครั้งที่ 3 (Post3)	Intercept	0.207	0.442	13.323	0.000	10.752	12.601
	กลุ่มทดลอง	-3.968	0.469	-10.206*	0.000	17.173	18.914
	กลุ่มควบคุม	0.000					

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์กลุ่มแฝงและและการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม

สำหรับการวิเคราะห์เพื่อศึกษากลุ่มแฝงและการเปลี่ยนกลุ่มแฝง ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝง รูปแบบการเปลี่ยนกลุ่ม จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่ม สัดส่วนของการเปลี่ยนกลุ่มของนักเรียน และความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝงสำหรับแต่ละรูปแบบของการเปลี่ยนกลุ่มระหว่าง 2 กลุ่มแฝง รวมถึงการศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนที่มีอิทธิพลต่อกลุ่มแฝงและการเปลี่ยน

กลุ่มแฝง ซึ่งวัดจากการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม Muthen (2013) ผู้วิจัยได้สรุปขั้นตอนของการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสมโดยใช้โปรแกรม MPLUS ไว้ดังนี้

1) ตรวจสอบจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมโดยใช้การวิเคราะห์กลุ่มแฝง (Latent Class Analysis)
2) วิเคราะห์กลุ่มแฝง (Latent Class Analysis) ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมในทุกช่วงเวลาที่ทำการวัด
3) วิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง (Latent Transition Analysis) ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
4) วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำเพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจากการวัดซ้ำ 3 ครั้ง ซึ่งในการวิเคราะห์ในส่วนนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์และนำเสนอผลการวิเคราะห์ไว้ในตอนที่ 2 แล้ว

ดังนั้นการวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามวิจัยในส่วนนี้ผู้วิจัยจะนำเสนอในตอนที่ 3.1-3.4

ตอนที่ 3.1 ผลการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมของข้อมูลกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองโดยภาพรวม

การวิเคราะห์โดยใช้ LTA-MRM เพื่อตรวจสอบจำนวนกลุ่มแฝงที่เหมาะสมนั้นได้ผลการวิเคราะห์กลุ่มแฝงรวม 3 โมเดล มีจำนวนกลุ่มในแต่ละโมเดลเป็น 1 2 และ 3 กลุ่มตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่า AIC BIC และ Adj.BIC พบว่าโมเดลที่มี 2 กลุ่ม มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์และเป็นโมเดลที่ประหยัดที่สุด (AIC = 5585.205, BIC = 5757.580) เมื่อพิจารณาค่าความน่าจะเป็นที่จำแนกผลได้ถูกต้องชัดเจนของโมเดลที่มีจำนวน 2 กลุ่ม มีค่าเท่ากับ 0.893 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้หนึ่งแสดงว่าการจำแนกกลุ่มได้ผลถูกต้องชัดเจน รายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.7 ค่าพารามิเตอร์ของโมเดลกลุ่มแฝงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เมื่อกำหนดให้มีจำนวนกลุ่ม 1,2, 3 ,...,k กลุ่ม

Class	Log Likelihood	AIC	BIC	Adj.BIC	Entropy
1	-2834.231	6100.935	6185.433	6106.211	0.687
2	-2741.603	5585.205	5757.580	5595.967	0.893
3	-2702.621	5555.304	5815.556	5571.552	0.803

ตอนที่ 3.2 ผลการวิเคราะห์กลุ่มแฝง (LCA) แต่ละช่วงเวลา

ผลการวิเคราะห์กลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผู้วิจัยจะนำเสนอเป็น 3 ส่วน จำแนกตามช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ ผลการวิเคราะห์กลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนช่วงเวลาที่ 1 ช่วงเวลาที่ 2 และ ช่วงเวลาที่ 3 ตามลำดับ

ตอนที่ 3.2.1 ผลการวิเคราะห์กลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนช่วงเวลาที่ 1

ผลการวิเคราะห์กลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ช่วงเวลาที่ 1 พบว่า นักเรียนกลุ่มควบคุมมีจำนวน 115 คน ซึ่งคิดเป็น 53.00% กลุ่มทดลองมีจำนวน 102 คนคิดเป็น 47.00% ในการวิเคราะห์กลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์พบว่ามีจำนวนนักเรียนในกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) คิดเป็น 51.6% นักเรียนในกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) คิดเป็น 48.4% ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.8 จำนวนและสัดส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองจำแนกตามกลุ่มแฝง

	จำนวน	สัดส่วน
กลุ่มควบคุม	115	0.530
กลุ่มทดลอง	102	0.470
กลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน)	112	0.516
กลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง)	105	0.484

ผลการวิเคราะห์สัดส่วนและค่าสัมประสิทธิ์จำแนกกลุ่มแฝงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ช่วงเวลาที่ 1 พบว่า มีจำนวนนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ถูกระบุให้อยู่ในกลุ่มแฝง 1(กลุ่มอ่อน) คิดเป็น 28.6% นักเรียนกลุ่มควบคุมที่ถูกระบุให้อยู่ในกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) คิดเป็น 24.4% นักเรียนกลุ่มทดลองที่ถูกระบุให้อยู่ในกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) คิดเป็น 23.0% นักเรียนกลุ่มทดลองที่ถูกระบุให้อยู่ในกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) คิดเป็น 24.0% คุณภาพของการจัดเข้ากลุ่มมีคุณภาพระดับสูง (ค่า entropy มีค่าเท่ากับ 0.947) ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มและค่าสัมประสิทธิ์จำแนกกลุ่มแฝงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ช่วงเวลาที่ 1

	กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง	รวม
กลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน)	62	50	112
กลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง)	53	52	105
รวม	115	102	217
ค่า Entropy = 0.947			

จะเห็นว่าจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มแฝงของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีค่าไม่แตกต่างกัน

เมื่อวิเคราะห์ความน่าจะเป็นที่นักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองในการระบุให้อยู่กลุ่มแฝงแต่ละกลุ่ม พบว่า ความน่าจะเป็นที่นักเรียนกลุ่มควบคุมอยู่กลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) คิดเป็น 53.9% อยู่กลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) คิดเป็น 46.1% และนักเรียนกลุ่มทดลองที่อยู่กลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) คิดเป็น 49.0 % และกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) คิดเป็น 51.0% รายละเอียดดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ความน่าจะเป็นที่นักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองอยู่กลุ่มแฝงแต่ละกลุ่ม

	กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง
กลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน)	0.539	0.490
กลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง)	0.461	0.510
	1.000	1.000

ตอนที่ 3.2.2 ผลการวิเคราะห์กลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนช่วงเวลาที่ 2

ผลการวิเคราะห์กลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ช่วงเวลาที่ 1 พบว่า นักเรียนกลุ่มควบคุมมีจำนวน 115 คน ซึ่งคิดเป็น 53.00% กลุ่มทดลองมีจำนวน 102 คน คิดเป็น 47.00% ในการวิเคราะห์กลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ พบว่ามีจำนวนนักเรียนใน

กลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) คิดเป็น 57.1% นักเรียนในกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) คิดเป็น 42.9% รายละเอียดดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 จำนวนและสัดส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองจำแนกตามกลุ่มแฝง

	จำนวน	สัดส่วน
กลุ่มควบคุม	115	0.530
กลุ่มทดลอง	102	0.470
กลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน)	124	0.571
กลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง)	93	0.429

ผลการวิเคราะห์สัดส่วนและค่าสัมประสิทธิ์จำแนกกลุ่มแฝงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ช่วงเวลาที่ 2 พบว่า มีจำนวนนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ถูกระบุให้อยู่ในกลุ่มแฝง 1(กลุ่มอ่อน) คิดเป็น 23.5% นักเรียนกลุ่มควบคุมที่ถูกระบุให้อยู่ในกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) คิดเป็น 29.9% นักเรียนกลุ่มทดลองที่ถูกระบุให้อยู่ในกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) คิดเป็น 33.6% นักเรียนกลุ่มทดลองที่ถูกระบุให้อยู่ในกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) คิดเป็น 13.4%คุณภาพของการจัดเข้ากลุ่มมีคุณภาพระดับสูง (ค่า entropy มีค่าเท่ากับ 0.954) รายละเอียดดังตารางที่ 4.12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.12 จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มและค่าสัมประสิทธิ์จำแนกกลุ่มแฝงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ช่วงเวลาที่ 2

	กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง	รวม
กลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน)	51	73	124
กลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง)	64	29	93
รวม	115	102	217
ค่า Entropy = 0.954			

จะเห็นว่าจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มแฝงของกลุ่มควบคุมมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีค่าไม่แตกต่างกัน แต่นักเรียนในแต่ละกลุ่มแฝงของกลุ่มทดลองมีค่าแตกต่างกัน

เมื่อวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝง พบว่า นักเรียนกลุ่มควบคุมที่ถูกระบุให้เป็นกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) มีความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝงคิดเป็น 48.5 % และนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ถูกระบุให้เป็นกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) คิดเป็น 51.5 % นักเรียนกลุ่มทดลองที่ถูกระบุให้เป็นกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) มีความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝงคิดเป็น 78.7% และนักเรียนกลุ่มทดลองที่ถูกระบุให้เป็นกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) คิดเป็น 21.3% รายละเอียดดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝง

	กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง
กลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน)	0.485	0.787
กลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง)	0.515	0.213
	1.000	1.000

จะเห็นว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ถูกระบุให้เป็นกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) และกลุ่มแฝง 2 มีความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝงไม่แตกต่างกัน ซึ่งหมายถึงนักเรียนแต่ละคนของกลุ่มควบคุมมีโอกาสในการเปลี่ยนกลุ่มไม่แตกต่างกัน และสำหรับนักเรียนกลุ่มทดลองที่ถูกระบุให้เป็นกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) และกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) มีความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝงแตกต่างกัน โดยความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของนักเรียนกลุ่ม 2 (กลุ่มเก่ง) มาเป็นกลุ่มที่ 1 (กลุ่มอ่อน) (0.787) สูงกว่าความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝงมาเป็นกลุ่มที่ 1 (กลุ่มอ่อน) มาเป็นกลุ่มที่ 2 (กลุ่มเก่ง) (0.213)

ตอนที่ 3.2.3 ผลการวิเคราะห์กลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนช่วงเวลาที่ 3

ผลการวิเคราะห์กลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ช่วงเวลาที่ 1 พบว่า นักเรียนกลุ่มควบคุมมีจำนวน 115 คน ซึ่งคิดเป็น 53.00% กลุ่มทดลองมีจำนวน 102 คน คิดเป็น 47.00% ในการวิเคราะห์กลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ พบว่ามีจำนวนนักเรียนในกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) คิดเป็น 59.9% นักเรียนในกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) คิดเป็น 40.1% รายละเอียดดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 จำนวนและสัดส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองจำแนกตามกลุ่มแฝง

	จำนวน	สัดส่วน
กลุ่มควบคุม	115	0.530
กลุ่มทดลอง	102	0.470
กลุ่มแฝง 1	130	0.599
กลุ่มแฝง 2	87	0.401

ผลการวิเคราะห์สัดส่วนและค่าสัมประสิทธิ์จำแนกกลุ่มแฝงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ช่วงเวลาที่ 3 พบว่า มีจำนวนนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ถูกระบุให้อยู่ในกลุ่มแฝง 1(กลุ่มอ่อน) คิดเป็น 28.6% นักเรียนกลุ่มควบคุมที่ถูกระบุให้อยู่ในกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) คิดเป็น 24.4% นักเรียนกลุ่มทดลองที่ถูกระบุให้อยู่ในกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) คิดเป็น 31.3% นักเรียนกลุ่มทดลองที่ถูกระบุให้อยู่ในกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) คิดเป็น 15.7% คุณภาพของการจัดเข้ากลุ่มมีคุณภาพระดับสูง (ค่า entropy มีค่าเท่ากับ 0.962) รายละเอียดดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มและค่าสัมประสิทธิ์จำแนกกลุ่มแฝงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ช่วงเวลาที่ 3

	กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง	รวม
กลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน)	62	68	130
กลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง)	53	34	87
รวม	115	102	217
ค่า Entropy = 0.962			

จะเห็นว่าจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มแฝงของกลุ่มควบคุมมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีค่าไม่แตกต่างกัน แต่นักเรียนในแต่ละกลุ่มแฝงของกลุ่มทดลองมีค่าแตกต่างกัน

เมื่อวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝง พบว่า นักเรียนกลุ่มควบคุมที่ถูกระบุให้เป็นกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) มีความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝงคิดเป็น 54.0% และนักเรียน

กลุ่มควบคุมที่ถูกระบุให้เป็นกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) คิดเป็น 46.0% นักเรียนกลุ่มทดลองที่ถูกระบุให้เป็นกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) มีความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝงคิดเป็น 71.5% และนักเรียนกลุ่มทดลองที่ถูกระบุให้เป็นกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) คิดเป็น 28.5% รายละเอียดดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝง

	กลุ่มแฝง1(กลุ่มอ่อน)	กลุ่มแฝง2(กลุ่มเก่ง)
กลุ่มควบคุม	0.540	0.460
กลุ่มทดลอง	0.715	0.285

จะเห็นว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ถูกระบุให้เป็นกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) และกลุ่มแฝง 2 มีความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝงไม่แตกต่างกัน ซึ่งหมายถึงนักเรียนแต่ละคนของกลุ่มควบคุมมีโอกาสในการเปลี่ยนกลุ่มไม่แตกต่างกัน และสำหรับนักเรียนกลุ่มทดลองที่ถูกระบุให้เป็นกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) และกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) มีความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝงแตกต่างกัน โดยความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของนักเรียนกลุ่ม 2 (กลุ่มเก่ง) มาเป็นกลุ่มที่ 1(กลุ่มอ่อน) (0.715) สูงกว่าความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝงมาเป็นกลุ่มที่ 1 (กลุ่มอ่อน) มาเป็นกลุ่มที่ 2 (กลุ่มเก่ง) (0.285)

ตอนที่ 3.3 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลการวิเคราะห์กลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ในการวัดทั้ง 3 ช่วงเวลา พบว่า การวิเคราะห์กลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ในการวัดครั้งที่ 1 พบว่ามีจำนวนนักเรียนในกลุ่มแฝง 1(กลุ่มอ่อน) คิดเป็น 51.6% นักเรียนในกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) คิดเป็น 48.4%การวิเคราะห์กลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในการวัดครั้งที่ 2 พบว่ามีจำนวนนักเรียนในกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) คิดเป็น 57.1% นักเรียนในกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) คิดเป็น 42.9% ในการวัดครั้งที่ 3 พบว่ามีจำนวนนักเรียนในกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) คิดเป็น 59.9% นักเรียนในกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) คิดเป็น 40.1% ดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 จำนวนและสัดส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองจำแนกตามกลุ่มแฝง

		จำนวน	สัดส่วน
วัดครั้งที่1	กลุ่มแฝง 1	112	0.516
	กลุ่มแฝง 2	105	0.484
วัดครั้งที่ 2	กลุ่มแฝง 1	124	0.571
	กลุ่มแฝง 2	93	0.429
วัดครั้งที่ 3	กลุ่มแฝง 1	130	0.599
	กลุ่มแฝง 2	87	0.401

ตอนที่ 3.3.1 ผลการวิเคราะห์สัดส่วนและจำนวนของรูปแบบการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของกลุ่มควบคุม

ผลการวิเคราะห์สัดส่วนและจำนวนของรูปแบบการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของกลุ่มควบคุม พบว่ากลุ่มควบคุมมีรูปแบบการเปลี่ยนกลุ่มแบบ 112 และ 122 เป็นรูปแบบที่ผู้วิจัยจัดให้เป็นกลุ่ม A แป็นรูปแบบที่มีการเปลี่ยนกลุ่มข้ามช่วงเวลา พบว่ามีสัดส่วนการเปลี่ยนกลุ่มค่อนข้างน้อย คือ .096 และ .034 และรูปแบบ 121 และ 212 ผู้วิจัยจัดให้เป็นกลุ่ม B เป็นกลุ่มที่มีการเปลี่ยนกลุ่มแบบที่มีความผันแปร พบว่ามีสัดส่วนการเปลี่ยนกลุ่มค่อนข้างน้อยเช่นเดียวกัน คือ 0 และ .097 สำหรับรูปแบบ 211 และ 221 เป็นรูปแบบที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนลดลงเมื่อผ่านช่วงเวลาไป ผู้วิจัยจัดให้เป็นกลุ่ม พบว่าสัดส่วนการเปลี่ยนกลุ่มนี้เป็นสัดส่วนที่น้อยคือ .087 และ .017 ตามลำดับ และสำหรับรูปแบบ 111 และ 222 แทนรูปแบบที่ไม่มีการเปลี่ยนกลุ่ม ซึ่งผู้วิจัยจัดให้เป็นกลุ่ม C พบว่ามีสัดส่วนการเปลี่ยนกลุ่มมากคือ .356 และ .313 คุณภาพของการจัดเข้ากลุ่มมีคุณภาพระดับสูง (ค่า entropy มีค่าเท่ากับ 0.935) ดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 สัดส่วนและจำนวนนักเรียนในแต่ละรูปแบบการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของกลุ่มควบคุม (Proportions and counts for each transition pattern)

Pattern	Count	Proportion	Group
111	41	0.356	C
112	11	0.096	A
121	0	0	B
122	4	0.034	A
211	10	0.087	D
212	11	0.097	B
221	2	0.017	D
222	36	0.313	C
ค่า Entropy = 0.935			

หมายเหตุ : 1) 1 หมายถึงกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน)
2 หมายถึงกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง)

2) ตัวอย่างการแปลความ รูปแบบ 121 หมายถึง กลุ่มตัวอย่างถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) ในการวัดครั้งที่ 1 ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) ในการวัดครั้งที่ 2 และถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) ในการวัดครั้งที่ 3

จะเห็นว่าสัดส่วนการเปลี่ยนกลุ่มของรูปแบบ 112 121 122 211 212 221 ค่อนข้างน้อย และสัดส่วนการเปลี่ยนกลุ่มของรูปแบบ 111 และ 222 มาก หมายความว่ากลุ่มควบคุมมีการเปลี่ยนกลุ่มของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนน้อย ซึ่งกลุ่มควบคุมเป็นกลุ่มที่มีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมของโรงเรียนน้อย ทำให้นักเรียนมีการเปลี่ยนกลุ่มของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนน้อยนั่นเอง จึงทำให้ค่าความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝง ในแต่ละกลุ่มแฝง (Latent Class) ในช่วงเวลาที่ 1 และ 2 ของกลุ่มควบคุมไม่มีความหมาย

ตอนที่ 3.3.2 ผลการวิเคราะห์สัดส่วนและจำนวนของรูปแบบการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของกลุ่มทดลอง

ผลการวิเคราะห์สัดส่วนและจำนวนของรูปแบบการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของกลุ่มทดลอง พบว่ากลุ่มทดลองมีรูปแบบการเปลี่ยนกลุ่มแบบ 112 และ 122 เป็นรูปแบบที่ผู้วิจัยจัดให้เป็นกลุ่ม A เป็นรูปแบบที่มีการเปลี่ยนกลุ่มข้ามช่วงเวลา พบว่ามีสัดส่วนการเปลี่ยนกลุ่มค่อนข้างน้อย คือ .051 และ .032 และรูปแบบ 121 และ 212 ผู้วิจัยจัดให้เป็นกลุ่ม B เป็นกลุ่มที่มีการเปลี่ยนกลุ่มแบบที่มี

ความผันแปร ทั้งนี้สัดส่วนของการเปลี่ยนกลุ่มของกลุ่ม B จะสูงกว่ากลุ่ม A คือ .171 และ .129 สำหรับรูปแบบ 111 และ 222 แทนรูปแบบที่ไม่มีการเปลี่ยนกลุ่ม ผู้วิจัยจัดให้เป็นกลุ่ม C พบว่ามีสัดส่วนการเปลี่ยนกลุ่มน้อยคือ .041 และ .078 รูปแบบสุดท้ายรูปแบบ D คือรูปแบบ 211 และ 221 เป็นรูปแบบที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนลดลงเมื่อผ่านช่วงเวลาไป ซึ่งสัดส่วนการเปลี่ยนกลุ่มนี้เป็นสัดส่วนที่สูงที่สุดคือ .281 และ .217 ตามลำดับ คุณภาพของการจัดเข้ากลุ่มมีคุณภาพระดับสูง (ค่า entropy มีค่าเท่ากับ 0.935) ดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 สัดส่วนและจำนวนนักเรียนในแต่ละรูปแบบการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของกลุ่มทดลอง (Proportions and counts for each transition pattern)

Pattern	Count	Proportion	Group
111	4	0.041	C
112	5	0.051	A
121	18	0.171	B
122	3	0.032	A
211	29	0.281	D
212	13	0.129	B
221	22	0.217	D
222	8	0.078	C
ค่า Entropy = 0.935			

จะเห็นว่าสัดส่วนการเปลี่ยนกลุ่มของรูปแบบ 111 112 211 และ 222 ค่อนข้างน้อย ผู้วิจัยจึงได้มีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (repeated measures analysis of variance) พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาและกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (แสดงผลการวิเคราะห์ในตอนต่อไป) แสดงให้เห็นว่าการทำกิจกรรมของนักเรียนส่งผลต่อการเปลี่ยนกลุ่มของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และในรูปแบบ 211 มีสัดส่วนการเปลี่ยนกลุ่มแฝงสูงที่สุด คือ .281 แสดงให้เห็นว่าการทำกิจกรรมของนักเรียนในช่วงเวลา ที่มีการวัดครั้งที่ 1 และครั้ง ที่ 2 ส่งผลต่อการเปลี่ยนกลุ่มแฝงมากที่สุด ซึ่งกิจกรรมที่นักเรียนทำในช่วงเวลานั้นคือ กิจกรรมสาธิตสามัคคี อย่างไรก็ตามรูปแบบ 221 เป็นรูปแบบที่มีสัดส่วนการเปลี่ยนกลุ่มแฝงรองลงมา คือ .217 แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมที่นักเรียนทำในช่วงเวลานั้นส่งผลต่อการเปลี่ยนกลุ่มของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนลดลงเช่นเดียวกัน ซึ่งกิจกรรมนั้นคือ การเลือกตั้งสภานักเรียน

ตอนที่ 3.3.3 ผลการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝงในแต่ละกลุ่มแฝงของกลุ่มทดลอง

ผลการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝงในแต่ละกลุ่มแฝง พบว่า จากการวัดในช่วงเวลาที่ 1 ไปช่วงเวลาที่ 2 ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) ไปยังกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) มีค่า 1.000 ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) ไปยังกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) มีค่า .000 ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) ไปยังกลุ่มแฝง1(กลุ่มอ่อน) มีค่า .600 และความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) ไปกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) มีค่า .400 แสดงว่ามีนักเรียนกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) มีความสามารถคงที่ทั้งหมด และนักเรียนกลุ่มแฝง 2(กลุ่มเก่ง) มีความสามารถลดลงมากกว่าที่จะมีความสามารถคงที่ เนื่องจาก มีความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มมากกว่า และจากการวัดในช่วงเวลาที่ 2 ไปช่วงเวลาที่ 3 ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) ไปยังกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) มีค่า 1.000 ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) ไปยังกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มอ่อน) (กลุ่มเก่ง) มีค่า .000 ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) ไปยังกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) มีค่า .550 และความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) ไปกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) มีค่า .450 แสดงว่ามีนักเรียนกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) มีความสามารถคงที่ทั้งหมด และนักเรียนกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) มีความสามารถลดลงมากกว่าที่จะมีความสามารถคงที่ เนื่องจาก มีความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มมากกว่า ดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ค่าความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝง ในแต่ละกลุ่มแฝง (Latent Class) ในช่วงเวลาที่ 1 และ 2 แสดงดังตารางต่อไปนี้

	ช่วงเวลาที่ 2	
ช่วงเวลาที่ 1	กลุ่มแฝง	
กลุ่มแฝง	1	2
1	1.000	.000
2	.600	.400
	ช่วงเวลาที่ 3	
ช่วงเวลาที่ 2	กลุ่มแฝง	
กลุ่มแฝง	1	2
1	1.000	.000
2	.550	.450

จะเห็นว่ารูปแบบที่มีความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มมากที่สุด 2 อันดับแรกคือ การเปลี่ยนกลุ่มจากกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) ในช่วงเวลาที่ 1 ไปยังกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) ในช่วงเวลาที่ 2 (.600) และจากกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) ในช่วงเวลาที่ 2 ไปยังกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) ในช่วงเวลาที่ 3 (.550) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความน่าจะเป็นมีการลดลง และจากตารางยังชี้ให้เห็นสาระสำคัญอีก 2 ประเด็น ดังนี้ ประเด็นแรกกิจกรรมของโรงเรียนที่เกิดขึ้นระหว่างช่วงเวลา ส่งผลให้นักเรียนกลุ่มเก่งมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนลดลงซึ่งอาจเป็นผลมาจากการบริหารจัดการเวลาไม่ดีในการเข้าร่วมและทำกิจกรรมของโรงเรียน อีกประเด็นหนึ่งคือ กิจกรรมของโรงเรียนที่จัดขึ้นระหว่างช่วงเวลาที่ 2 และ 3 อาจต้องการเวลาในการเข้าร่วมและทำกิจกรรมน้อยกว่า หรือ นักเรียนกลุ่มเก่งรู้วิธีในการบริหารจัดการเวลาได้ดีขึ้น ผลการวิเคราะห์นี้แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมที่มีการบริหารกิจกรรมโดยนักเรียนส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เป็นที่น่าสังเกตว่าถ้าสามารถระบุได้ว่านักเรียนคนใดที่มีการเปลี่ยนกลุ่มในช่วงเวลาเดียว หรือนักเรียนคนใดมีการเปลี่ยนกลุ่มทั้ง 2 ช่วงเวลา จะทำให้ได้สารสนเทศที่มากขึ้น

จากการวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามโดยใช้โปรแกรม MPLUS ผู้วิจัยได้สารสนเทศของการตอบคำถามวิจัยครบถ้วนแล้วแต่เพื่อให้ได้สารสนเทศเพิ่มเติมและเป็นการยืนยันผลการวิเคราะห์ผู้วิจัยได้วิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มของตัวแปรแฝงโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสมโดยใช้โปรแกรม R ซึ่งสารสนเทศที่ได้จากการวิเคราะห์โดยผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มของตัวแปรแฝงโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสมโดยใช้โปรแกรม R ได้สารสนเทศที่เพิ่มเติมจากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม MPLUS ซึ่งผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ในตอนที่ 4

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม เพื่อตอบคำถามวิจัย โดยใช้โปรแกรม R

ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม โดยใช้โปรแกรม R ได้สารสนเทศซึ่งผู้วิจัยขอนำเสนอเป็นตอนดังนี้ ตอนที่ 4.1 ความน่าจะเป็นในการตอบผิดและตอบถูกรายข้อของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ซึ่งรายละเอียดในตอนนี้จะไม่มีผลการวิเคราะห์ทั้ง 3 ช่วงเวลาเนื่องจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยใช้เป็นแบบวัดที่เป็นแบบวัดคู่ขนานกันทั้ง 3 ช่วงเวลาที่ทำการวัด ดังนั้นความน่าจะเป็นในการตอบผิดและการตอบถูกรายข้อจึงมีค่าไม่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาที่ทำการวัด

ตอนที่ 4.1 ความน่าจะเป็นในการตอบผิดและตอบถูกรายข้อของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของโมเดลการตอบสนองข้อสอบ ซึ่งเป็นระบบความสัมพันธ์ระหว่างโอกาสตอบข้อสอบถูก กับความสามารถที่มีอยู่ภายในผู้ตอบ ในรูปโค้งลักษณะข้อสอบ ซึ่งมีลักษณะเป็นฟังก์ชันโลจิสติกส์ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555) ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อสอบทั้ง 25 ข้อ โดยเลือกผลการตอบมาวิเคราะห์เพียงช่วงเวลาเดียวที่ทำการวัด เนื่องจาก แบบวัดที่ผู้วิจัยใช้ทั้ง 3 ช่วงเวลาเป็นแบบวัดคู่ขนานกัน ซึ่งการคำนวณหาความน่าจะเป็นที่แต่ละคนที่มีรูปแบบการตอบเหมือนกันจะตอบถูกตอบผิด ในแต่ละข้อของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง แสดงผลในตารางที่ 4.21 - 4.22 และโค้งลักษณะข้อสอบที่เขียนด้วยฟังก์ชันโลจิสติกส์ แสดงผลในภาพที่ 4.2-4.3

นักเรียนกลุ่มควบคุมที่มีความสามารถตรงกับรูปแบบการตอบของกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) มีความน่าจะเป็นในการตอบข้อที่ 1 – 25 ถูก มีค่าตั้งแต่ 0.111-0.793 และนักเรียนที่มีความสามารถตรงกับรูปแบบการตอบของกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) มีความน่าจะเป็นในการตอบข้อ 1-25 ถูก มีค่าตั้งแต่ 0.300 – 0.927 ข้อสอบข้อที่มีค่าความน่าจะเป็นของการตอบถูกของกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) ที่น้อยที่สุด 3 อันดับแรก คือ ข้อที่ 7 (0.300) ข้อที่ 8 (0.313) และ ข้อที่ 22 (0.385) ตามลำดับ ซึ่งหมายถึง ข้อที่ 7 ข้อที่ 8 และ ข้อที่ 22 เป็นข้อสอบข้อที่กลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) ทำได้น้อยที่สุด กล่าวคือเป็นข้อที่มีความยากมากที่สุด 3 อันดับแรก และข้อที่มีค่าความน่าจะเป็นของการตอบถูกของกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) ที่มากที่สุด 3 อันดับแรก คือ ข้อที่ 14 (0.794) ข้อที่ 11 (0.793) และข้อที่ 19 (0.746) ตามลำดับ ซึ่งหมายถึง ข้อที่ 14 ข้อที่ 11 และ ข้อที่ 19 เป็นข้อสอบข้อที่กลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) ทำได้ กล่าวคือเป็นข้อที่มีความยากน้อยที่สุด 3 อันดับแรก ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.21

Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.21 ความน่าจะเป็นในการตอบผิดและตอบถูกรายข้อของกลุ่มควบคุม

ข้อ	ความน่าจะเป็นของการตอบผิด		ความน่าจะเป็นของการตอบถูก	
	กลุ่มแฝง 1	กลุ่มแฝง2	กลุ่มแฝง 1	กลุ่มแฝง 2
1	0.558	0.442	0.442	0.558
2	0.528	0.480	0.472	0.520
3	0.575	0.445	0.425	0.555
4	0.580	0.506	0.420	0.494
5	0.450	0.400	0.550	0.600
6	0.889	0.609	0.111	0.391
7	0.848	0.700	0.152	0.300
8	0.800	0.687	0.200	0.313
9	0.785	0.645	0.215	0.355
10	0.767	0.636	0.233	0.364
11	0.207	0.058	0.793	0.942
12	0.260	0.096	0.740	0.904
13	0.380	0.198	0.620	0.802
14	0.206	0.130	0.794	0.870
15	0.266	0.085	0.734	0.915
16	0.471	0.411	0.529	0.589
17	0.568	0.480	0.432	0.520
18	0.353	0.252	0.647	0.748
19	0.254	0.073	0.746	0.927
20	0.277	0.140	0.723	0.860
21	0.520	0.425	0.480	0.521
22	0.881	0.615	0.119	0.385
23	0.503	0.425	0.497	0.575
24	0.437	0.318	0.563	0.682
25	0.464	0.388	0.536	0.612

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นักเรียนกลุ่มทดลองที่มีความสามารถตรงกับรูปแบบการตอบของกลุ่มแฝง 1(กลุ่มอ่อน) มีความน่าจะเป็นในการตอบข้อที่ 1 – 25 ถูก มีค่าตั้งแต่ 0.120-0.826 และนักเรียนที่มีความสามารถตรงกับรูปแบบการตอบของกลุ่มแฝง 2(กลุ่มเก่ง) มีความน่าจะเป็นในการตอบข้อ 1-25 ถูก มีค่าตั้งแต่ 0.300 – 0.957 ข้อสอบข้อที่มีค่าความน่าจะเป็นของการตอบถูกของกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) ที่น้อยที่สุด 3 อันดับแรก คือ ข้อที่ 8 (0.300) ข้อที่ 22 (0.305) และ ข้อที่ 7 (0.305) ตามลำดับ ซึ่งหมายถึง ข้อที่ 8 ข้อที่ 22 และ ข้อที่ 7 เป็นข้อสอบข้อที่กลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) ทำได้น้อยที่สุด กล่าวคือเป็นข้อที่มีความยากมากที่สุด 3 อันดับแรก และข้อที่มีค่าความน่าจะเป็นของการตอบถูกของกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) ที่มากที่สุด 3 อันดับแรก คือ ข้อที่ 15 (0.826) ข้อที่ 11 (0.787) และข้อที่ 18 (0.787) ตามลำดับ ซึ่งหมายถึง ข้อที่ 15 ข้อที่ 11 และ ข้อที่ 18 เป็นข้อสอบข้อที่กลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) ทำได้ กล่าวคือเป็นข้อที่มีความยากน้อยที่สุด 3 อันดับแรก ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 ความน่าจะเป็นในการตอบผิดและตอบถูกรายข้อของกลุ่มทดลอง

ข้อ	ความน่าจะเป็นของการตอบผิด		ความน่าจะเป็นของการตอบถูก	
	กลุ่มแฝง 1	กลุ่มแฝง 2	กลุ่มแฝง 1	กลุ่มแฝง 2
1	0.556	0.450	0.444	0.550
2	0.449	0.400	0.551	0.600
3	0.600	0.509	0.400	0.491
4	0.535	0.500	0.465	0.500
5	0.518	0.488	0.482	0.512
6	0.800	0.654	0.200	0.346
7	0.880	0.695	0.120	0.305
8	0.875	0.700	0.125	0.300
9	0.797	0.650	0.203	0.350
10	0.767	0.606	0.233	0.394
11	0.213	0.141	0.787	0.859
12	0.298	0.043	0.702	0.957
13	0.520	0.143	0.480	0.857
14	0.331	0.050	0.669	0.950

ตารางที่ 4.22 (ต่อ)

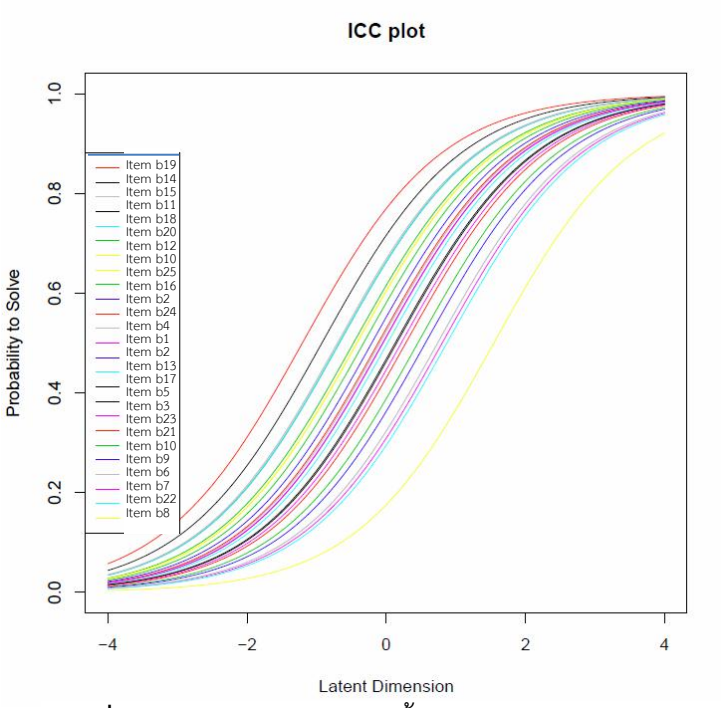
ข้อ	ความน่าจะเป็นของการตอบผิด		ความน่าจะเป็นของการตอบถูก	
	กลุ่มแฝง 1	กลุ่มแฝง 2	กลุ่มแฝง 1	กลุ่มแฝง 2
15	0.174	0.061	0.826	0.939
16	0.371	0.308	0.629	0.692
17	0.520	0.456	0.480	0.544
18	0.213	0.096	0.787	0.904
19	0.265	0.138	0.735	0.862
20	0.282	0.108	0.718	0.892
21	0.560	0.482	0.440	0.518
22	0.886	0.695	0.114	0.305
23	0.598	0.445	0.402	0.555
24	0.478	0.334	0.522	0.666
25	0.507	0.395	0.493	0.605

สรุปจากการเปรียบเทียบกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองพบว่าข้อที่มีความยากมากที่สุด 3 อันดับแรก ทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองเป็นข้อที่ 8 ข้อที่ 22 และข้อที่ 7 ตรงกัน แต่ข้อที่มีความยากน้อยที่สุด 3 อันดับแรก ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีข้อที่ 11 ตรงกัน และกลุ่มควบคุมมีข้อที่ 14 และ ข้อที่ 19 แต่กลุ่มทดลองมีข้อที่ 15 และข้อที่ 18 เมื่อพิจารณา ค่าความน่าจะเป็นของการตอบถูกของกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) พบว่า ข้อที่ 14 ข้อที่ 19 ข้อที่ 15 และข้อที่ 18 มีค่าใกล้เคียงกัน

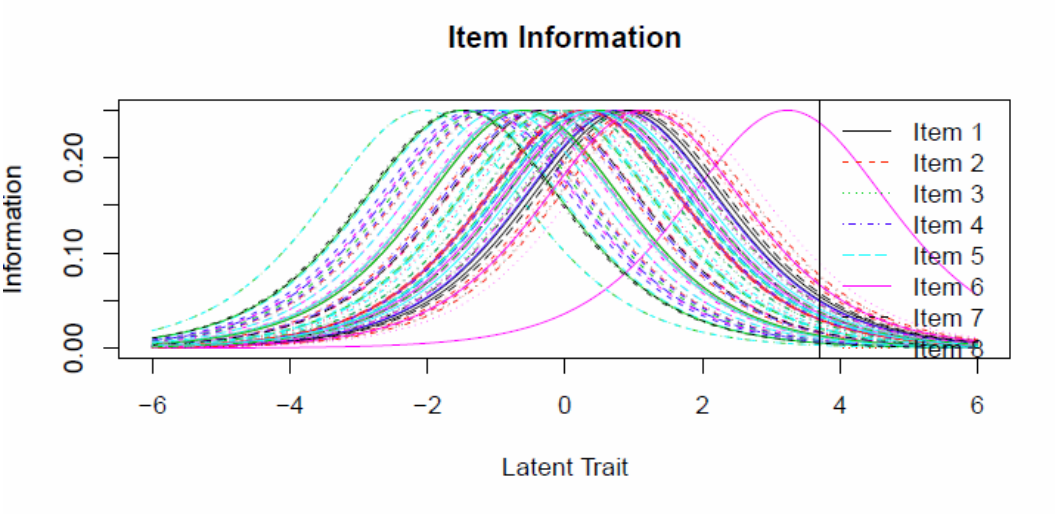
ตอนที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบทั้ง 25 ข้อ

ผู้วิจัยวิเคราะห์ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบทั้ง 25 ข้อ และแสดงผลการวิเคราะห์ของแบบวัด 1 ฉบับ เนื่องจาก แบบวัดทั้ง 3 ฉบับที่ใช้ในทั้ง 3 ช่วงเวลาเป็นแบบวัดคู่ขนานกัน ผลการวิเคราะห์ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบทั้ง 25 ข้อ ที่ได้จะแสดงให้เห็นค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบแต่ละข้อ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากกราฟค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบเป็นค่าที่แสดง

ตำแหน่งของ ICC ณ จุดที่มีโอกาสตอบข้อสอบถูก 0.50 ทั้งนี้เมื่อพิจารณาโค้งลักษณะข้อสอบ θ รายข้อที่เขียนด้วยฟังก์ชันโลจิสติกส์แบบ 1 พารามิเตอร์ หรือ Rasch Model สามารถเขียนโค้งลักษณะข้อสอบดังภาพที่ 4.2 พบว่าข้อที่มีความยากมากที่สุด 3 อันดับแรกคือข้อที่ 6 ข้อที่ 22 และข้อที่ 8 เมื่อพิจารณาโครงสร้างของข้อสอบพบว่า แบบวัดทั้ง 3 ข้อเป็นข้อที่วัดองค์ประกอบ 3 ด้าน คือ ด้านการรับรู้เกี่ยวกับการวัดการรับรู้เกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และการรับรู้เกี่ยวกับการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และข้อที่มีความยากน้อยที่สุด 3 อันดับแรก คือ ข้อที่ 15 ข้อที่ 12 และ ข้อที่ 14 เมื่อพิจารณาโครงสร้างของข้อสอบพบว่า แบบวัดทั้ง 3 ข้อเป็นข้อที่วัดองค์ประกอบเพียง 1 ด้านและเป็นองค์ประกอบด้านการรับรู้เกี่ยวกับจำนวนและการดำเนินการ

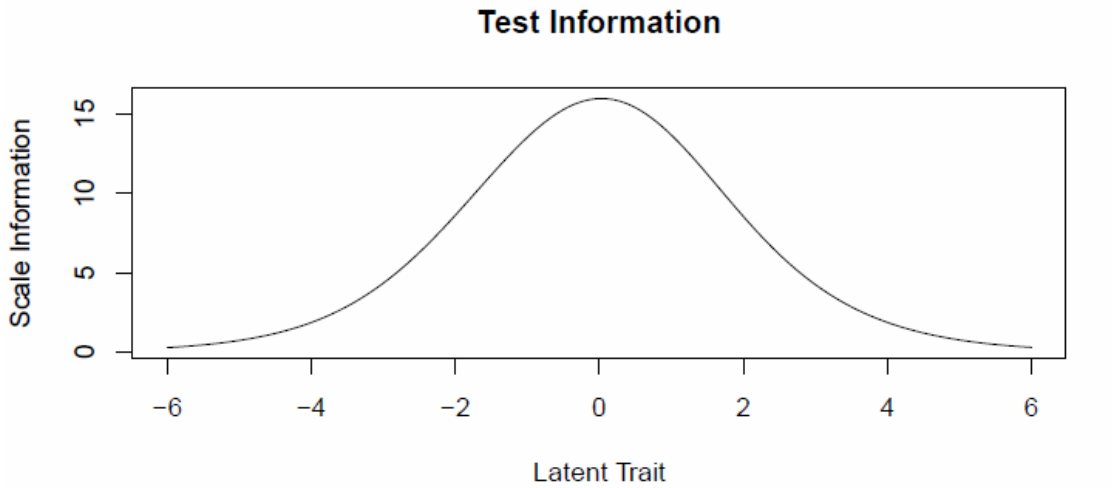


ภาพที่ 4.2 โค้งลักษณะข้อสอบทั้ง 25 ข้อ



ภาพที่ 4.3 โค้งสารสนเทศของแบบสอบรายข้อ

เมื่อนำโค้งสารสนเทศแบบสอบรายข้อมาเขียนเป็นโค้งสารสนเทศของแบบสอบจะได้ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 โค้งสารสนเทศของแบบสอบ 25 ข้อ

ตอนที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถเมื่อเทียบจากคะแนนดิบของการวัดทั้ง 3 ช่วงเวลา

จากการวิเคราะห์คะแนนความสามารถเมื่อเทียบจากคะแนนดิบของการวัดทั้ง 3 ช่วงเวลาของกลุ่มควบคุม พบว่าการแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มแฝง 1(กลุ่มอ่อน) และกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) ตัดที่คะแนนดิบ 12 คะแนนทั้ง 3 ช่วงเวลา และจากการวัดครั้งที่ 1 คะแนนความสามารถของนักเรียนมีค่าระหว่าง -1.542 ถึง 4.035 การวัดครั้งที่ 2 คะแนนความสามารถของนักเรียนมีค่าระหว่าง -

1.826 ถึง 3.447 การวัดครั้งที่ 3 คะแนนความสามารถของนักเรียนมีค่าระหว่าง -1.600 ถึง 3.471 รายละเอียดดังตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 คะแนนความสามารถเมื่อเทียบจากคะแนนดิบของการวัดทั้ง 3 ช่วงเวลา ของกลุ่มควบคุม

วัดครั้งที่ 1			**วัดครั้งที่ 2**			**วัดครั้งที่ 3**		
Raw Score	Estimate	SE.	Raw Score	Estimate	SE.	Raw Score	Estimate	SE.
6	-1.542	0.520	4	-1.826	0.561	5	-1.600	0.535
7	-1.281	0.501	5	-1.537	0.517	6	-1.331	0.504
8	-1.038	0.486	6	-1.286	0.486	7	-1.089	0.482
9	-0.807	0.476	8	-0.853	0.449	8	-0.865	0.465
10	-0.583	0.470	9	-0.656	0.438	9	-0.654	0.453
11	-0.365	0.466	10	-0.468	0.430	10	-0.454	0.444
12	-0.149	0.464	11	-0.285	0.426	11	-0.260	0.438
13	0.066	0.464	12	-0.105	0.424	12	-0.070	0.434
14	0.283	0.467	13	0.074	0.424	13	0.118	0.433
15	0.504	0.473	14	0.256	0.427	14	0.306	0.434
16	0.731	0.481	15	0.441	0.433	15	0.497	0.438
17	0.968	0.494	16	0.632	0.442	16	0.692	0.445
18	1.220	0.511	17	0.832	0.454	17	0.894	0.456
19	1.493	0.535	18	1.046	0.471	18	1.109	0.471
20	1.796	0.569	19	1.279	0.494	19	1.340	0.492
21	2.146	0.618	20	1.538	0.525	20	1.596	0.522
22	2.573	0.694	21	1.836	0.570	21	1.890	0.565
23	3.140	0.824	22	2.199	0.639	22	2.245	0.632
24	4.035	1.108	23	2.679	0.758	23	2.716	0.751
			24	3.447	1.037	24	3.471	1.030

จากการวิเคราะห์คะแนนความสามารถเมื่อเทียบจากคะแนนดิบของการวัดทั้ง 3 ช่วงเวลาของกลุ่มควบคุม พบว่าการแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) และกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) ตัดที่คะแนนดิบ 12 คะแนนทั้ง 3 ช่วงเวลา และจากการวัดครั้งที่ 1 คะแนนความสามารถของนักเรียนมีค่าระหว่าง -1.760 ถึง 3.906 การวัดครั้งที่ 2 คะแนนความสามารถของนักเรียนมีค่าระหว่าง -2.639 ถึง 3.417 การวัดครั้งที่ 3 คะแนนความสามารถของนักเรียนมีค่าระหว่าง -2.210 ถึง 4.235 รายละเอียดดังตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 คะแนนความสามารถเมื่อเทียบจากคะแนนดิบของการวัดทั้ง 3 ช่วงเวลาของกลุ่มทดลอง

Raw Score	Estimate	SE.	Raw Score	Estimate	SE.	Raw Score	Estimate	SE.
5	-1.760	0.540	2	-2.639	0.750	3	-2.210	0.640
6	-1.485	0.512	3	-2.170	0.631	4	-1.846	0.571
7	-1.233	0.492	4	-1.817	0.562	5	-1.546	0.527
8	-0.999	0.478	5	-1.526	0.518	6	-1.286	0.495
9	-0.776	0.468	6	-1.274	0.487	7	-1.053	0.472
10	-0.560	0.461	7	-1.048	0.465	8	-0.838	0.456
11	-0.350	0.457	8	-0.840	0.449	9	-0.636	0.443
12	-0.142	0.455	9	-0.643	0.437	10	-0.444	0.434
13	0.065	0.456	10	-0.456	0.429	11	-0.258	0.429
14	0.274	0.459	11	-0.274	0.424	12	-0.075	0.425
15	0.487	0.464	12	-0.095	0.422	13	0.105	0.425
16	0.706	0.473	13	0.083	0.422	14	0.286	0.427
17	0.935	0.485	14	0.262	0.425	15	0.470	0.431
18	1.178	0.502	15	0.445	0.430	16	0.659	0.439
19	1.441	0.526	16	0.634	0.439	17	0.857	0.450
20	1.734	0.559	17	0.831	0.451	18	1.066	0.466
21	2.073	0.608	18	1.041	0.467	19	1.293	0.488
22	2.487	0.683	19	1.270	0.490	20	1.545	0.518

ตารางที่ 4.24 (ต่อ)

Raw Score	Estimate	SE.	Raw Score	Estimate	SE.	Raw Score	Estimate	SE.
23	3.036	0.811	20	1.525	0.521	21	1.836	0.562
24	3.906	1.095	21	1.819	0.566	22	2.188	0.630
			22	2.178	0.635	23	2.657	0.750
			23	2.653	0.755	24	3.411	1.030
			24	3.417	1.035	25	4.235	1.036
			25	4.251	1.036			

ตอนที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถรายบุคคลของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองจากการวัดทั้ง 3 ช่วงเวลา

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการวัดโดยใช้ทฤษฎีตอบสนองข้อสอบแบบผสมโดยใช้โปรแกรม R ให้สารสนเทศที่เป็นคะแนนความสามารถรายบุคคลจากการวัดทั้ง 3 ช่วงเวลา โดยคะแนนความสามารถรายบุคคลของกลุ่มควบคุม มีรายละเอียดดังตารางที่ 4.25 และคะแนนความสามารถรายบุคคลของกลุ่มทดลอง มีรายละเอียดดังตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.25 คะแนนความสามารถรายบุคคลของกลุ่มควบคุมจากการวัดทั้ง 3 ช่วงเวลา

คนที่	Time 1				Time 2				Time 3			
	Estimate	SE.	2.50%	97.50%	Estimate	SE.	2.50%	97.50%	Estimate	SE.	2.50%	97.50%
P1	0.066	0.464	-0.844	0.977	-0.853	0.449	-1.732	0.027	-0.853	0.449	-1.732	0.027
P2	-1.038	0.486	-1.992	-0.085	-1.537	0.517	-2.549	-0.524	-1.537	0.517	-2.549	-0.524
P3	0.283	0.467	-0.633	1.199	0.441	0.433	-0.409	1.290	0.441	0.433	-0.409	1.290
P4	1.220	0.511	0.219	2.221	1.836	0.570	0.719	2.954	1.836	0.570	0.719	2.954
P5	1.220	0.511	0.219	2.221	-1.286	0.486	-2.239	-0.333	-1.286	0.486	-2.239	-0.333
P6	0.731	0.481	-0.212	1.675	1.046	0.471	0.123	1.970	1.046	0.471	0.123	1.970
P7	0.504	0.473	-0.423	1.431	-1.826	0.561	-2.924	-0.727	-1.826	0.561	-2.924	-0.727
P8	1.493	0.535	0.445	2.541	0.256	0.427	-0.582	1.093	0.256	0.427	-0.582	1.093
P9	-1.542	0.520	-2.562	-0.521	-1.826	0.561	-2.924	-0.727	-1.826	0.561	-2.924	-0.727
P10	-0.583	0.470	-1.504	0.337	0.832	0.454	-0.058	1.723	0.832	0.454	-0.058	1.723
P11	0.066	0.464	-0.844	0.977	-0.468	0.430	-1.311	0.375	-0.468	0.430	-1.311	0.375
P12	1.493	0.535	0.445	2.541	1.046	0.471	0.123	1.970	1.046	0.471	0.123	1.970
P13	4.035	1.108	1.864	6.205	3.447	1.037	1.414	5.479	3.447	1.037	1.414	5.479

ตารางที่ 4.25 (ต่อ)

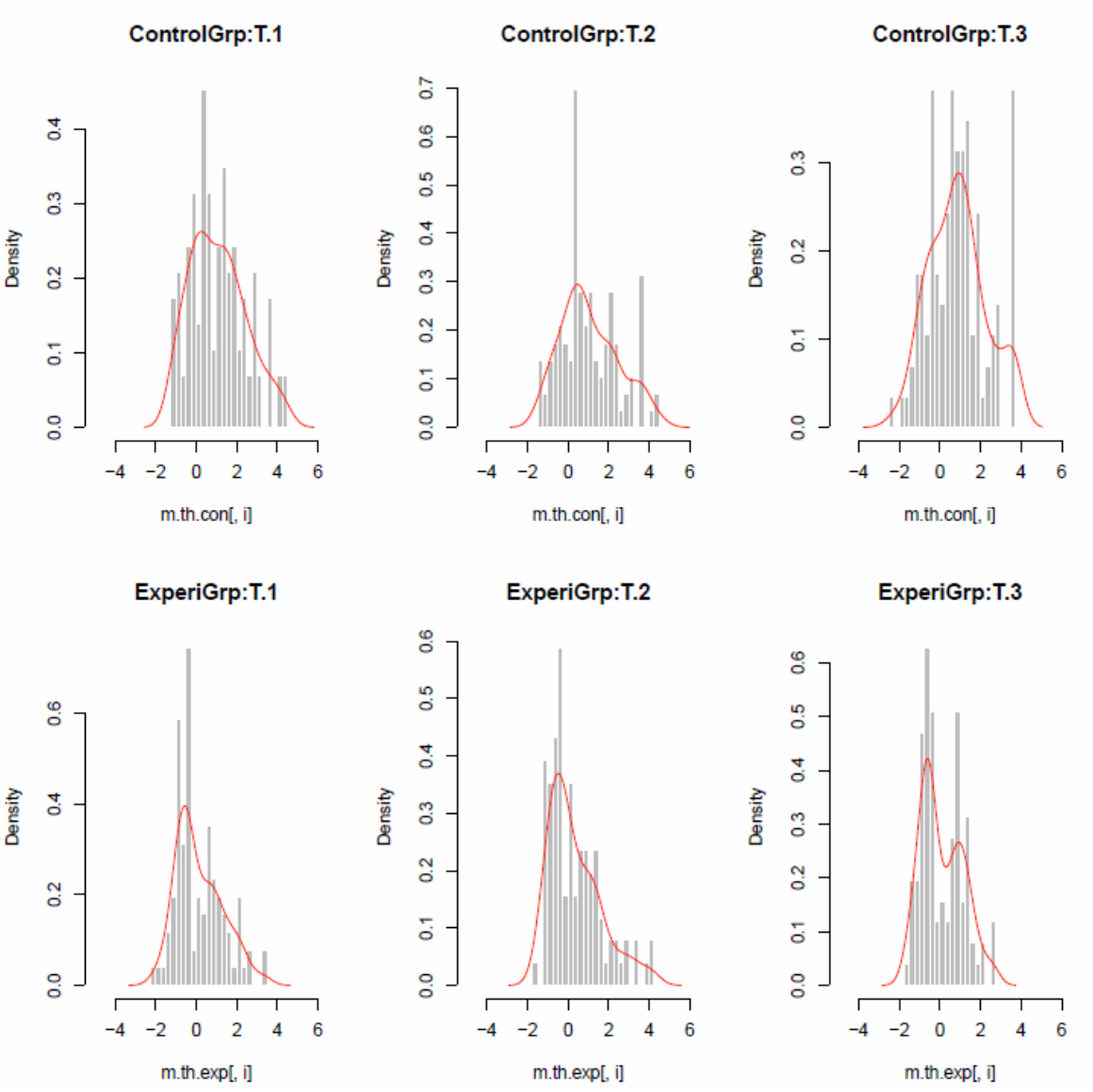
คนที่	Time 1				Time 2				Time 3			
	Estimate	SE.	2.50%	97.50%	Estimate	SE.	2.50%	97.50%	Estimate	SE.	2.50%	97.50%
P14	1.220	0.511	0.219	2.221	0.632	0.442	-0.235	1.498	0.632	0.442	-0.235	1.498
P15	1.220	0.511	0.219	2.221	1.538	0.525	0.508	2.567	1.538	0.525	0.508	2.567
P16	1.220	0.511	0.219	2.221	2.199	0.639	0.947	3.451	2.199	0.639	0.947	3.451
P17	0.283	0.467	-0.633	1.199	0.632	0.442	-0.235	1.498	0.632	0.442	-0.235	1.498
P18	1.493	0.535	0.445	2.541	0.832	0.454	-0.058	1.723	0.832	0.454	-0.058	1.723
P19	2.146	0.618	0.935	3.357	1.046	0.471	0.123	1.970	1.046	0.471	0.123	1.970
P20	0.968	0.494	0.001	1.936	1.046	0.471	0.123	1.970	1.046	0.471	0.123	1.970
P21	-0.149	0.464	-1.058	0.760	-0.285	0.426	-1.119	0.549	-0.285	0.426	-1.119	0.549
P22	0.968	0.494	0.001	1.936	0.632	0.442	-0.235	1.498	0.632	0.442	-0.235	1.498
P23	-0.149	0.464	-1.058	0.760	-0.853	0.449	-1.732	0.027	-0.853	0.449	-1.732	0.027
P24	-0.149	0.464	-1.058	0.760	-0.853	0.449	-1.732	0.027	-0.853	0.449	-1.732	0.027
P25	2.146	0.618	0.935	3.357	2.679	0.758	1.193	4.165	2.679	0.758	1.193	4.165
P26	-0.149	0.464	-1.058	0.760	1.279	0.494	0.310	2.247	1.279	0.494	0.310	2.247
P27	2.573	0.694	1.213	3.933	2.199	0.639	0.947	3.451	2.199	0.639	0.947	3.451
P28	1.493	0.535	0.445	2.541	1.046	0.471	0.123	1.970	1.046	0.471	0.123	1.970
P29	0.066	0.464	-0.844	0.977	-0.853	0.449	-1.732	0.027	-0.853	0.449	-1.732	0.027
P30	0.066	0.464	-0.844	0.977	-1.286	0.486	-2.239	-0.333	-1.286	0.486	-2.239	-0.333
P31	3.140	0.824	1.526	4.755	1.836	0.570	0.719	2.954	1.836	0.570	0.719	2.954
. . .												
P113	-0.583	0.470	-1.504	0.337	1.538	0.525	0.508	2.567	1.538	0.525	0.508	2.567
P114	3.140	0.824	1.526	4.755	-0.853	0.449	-1.732	0.027	-0.853	0.449	-1.732	0.027
P115	1.493	0.535	0.445	2.541	1.836	0.570	0.719	2.954	1.836	0.570	0.719	2.954

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.26 คะแนนความสามารถรายบุคคลของกลุ่มทดลองจากการวัดทั้ง 3 ช่วงเวลา

	Time 1				Time 2				Time 3			
คนที่	Estimate	SE.	2.50%	97.50%	Estimate	SE.	2.50%	97.50%	Estimate	SE.	2.50%	97.50%
P1	-0.999	0.478	-1.935	-0.062	-1.817	0.562	-2.919	-0.715	-1.286	0.495	-2.257	-0.316
P2	-0.350	0.457	-1.245	0.546	1.041	0.467	0.125	1.957	-0.838	0.456	-1.731	0.055
P3	1.441	0.526	0.411	2.471	-1.048	0.465	-1.960	-0.137	-0.444	0.434	-1.295	0.408
P4	3.906	1.095	1.761	6.052	3.417	1.035	1.388	5.446	-1.286	0.495	-2.257	-0.316
P5	-1.233	0.492	-2.197	-0.269	-1.274	0.487	-2.229	-0.320	-0.075	0.425	-0.909	0.758
P6	0.065	0.456	-0.828	0.959	-1.274	0.487	-2.229	-0.320	-0.258	0.429	-1.098	0.582
P7	-1.485	0.512	-2.488	-0.481	-0.643	0.437	-1.501	0.214	-0.444	0.434	-1.295	0.408
P8	-0.142	0.455	-1.034	0.750	0.262	0.425	-0.570	1.095	-0.258	0.429	-1.098	0.582
P9	0.935	0.485	-0.015	1.885	-0.274	0.424	-1.106	0.558	-1.053	0.472	-1.978	-0.127
P10	-0.142	0.455	-1.034	0.750	-0.095	0.422	-0.922	0.732	-0.075	0.425	-0.909	0.758
P11	-0.350	0.457	-1.245	0.546	0.634	0.439	-0.226	1.493	-0.444	0.434	-1.295	0.408
P12	-0.999	0.478	-1.935	-0.062	1.041	0.467	0.125	1.957	-1.053	0.472	-1.978	-0.127
P13	2.487	0.683	1.148	3.825	-0.274	0.424	-1.106	0.558	0.659	0.439	-0.201	1.520
P14	2.073	0.608	0.882	3.265	3.417	1.035	1.388	5.446	-0.636	0.443	-1.505	0.233
P15	-0.999	0.478	-1.935	-0.062	1.270	0.490	0.310	2.230	-0.444	0.434	-1.295	0.408
P16	0.487	0.464	-0.423	1.397	-2.639	0.750	-4.109	-1.168	3.411	1.030	1.392	5.429
P17	2.073	0.608	0.882	3.265	-0.274	0.424	-1.106	0.558	-0.075	0.425	-0.909	0.758
P18	-0.142	0.455	-1.034	0.750	2.653	0.755	1.173	4.134	0.470	0.431	-0.375	1.316
P19	0.487	0.464	-0.423	1.397	0.445	0.430	-0.398	1.288	3.411	1.030	1.392	5.429
P20	1.178	0.502	0.194	2.162	2.653	0.755	1.173	4.134	0.286	0.427	-0.550	1.123
P21	-0.142	0.455	-1.034	0.750	3.417	1.035	1.388	5.446	-0.838	0.456	-1.731	0.055
P22	-1.233	0.492	-2.197	-0.269	0.634	0.439	-0.226	1.493	-0.444	0.434	-1.295	0.408
P23	1.178	0.502	0.194	2.162	0.262	0.425	-0.570	1.095	1.836	0.562	0.734	2.938
P24	1.178	0.502	0.194	2.162	1.525	0.521	0.503	2.547	1.293	0.488	0.337	2.249
P25	1.734	0.559	0.639	2.830	2.653	0.755	1.173	4.134	-1.286	0.495	-2.257	-0.316
P26	0.065	0.456	-0.828	0.959	-1.048	0.465	-1.960	-0.137	-0.075	0.425	-0.909	0.758
P27	-0.142	0.455	-1.034	0.750	0.445	0.430	-0.398	1.288	-1.053	0.472	-1.978	-0.127
P28	-0.999	0.478	-1.935	-0.062	-0.840	0.449	-1.720	0.040	-0.838	0.456	-1.731	0.055
P29	-0.560	0.461	-1.464	0.343	-1.048	0.465	-1.960	-0.137	0.659	0.439	-0.201	1.520
P30	-0.999	0.478	-1.935	-0.062	-1.274	0.487	-2.229	-0.320	-1.546	0.527	-2.578	-0.514
P31	1.178	0.502	0.194	2.162	1.270	0.490	0.310	2.230	0.105	0.425	-0.728	0.938
. . .												
P100	0.487	0.464	-0.423	1.397	-0.274	0.424	-1.106	0.558	-0.444	0.434	-1.295	0.408
P101	0.487	0.464	-0.423	1.397	0.445	0.430	-0.398	1.288	-2.210	0.640	-3.463	-0.956
P102	0.274	0.459	-0.625	1.173	2.178	0.635	0.932	3.423	-0.075	0.425	-0.909	0.758

จากผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสมมีสารสนเทศเป็นคะแนนความสามารถดังตารางข้างต้น ซึ่งสามารถเขียนกราฟฮิสโตแกรมและเส้นความหนาแน่น (Histograms and density line) ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองดังนี้



ภาพที่ 4.5 กราฟฮิสโตแกรมและเส้นความหนาแน่น (Histograms and density line)

จากกราฟฮิสโตแกรมและเส้นความหนาแน่นทำให้เห็นความแตกต่างของความสามารถของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองชัดเจนขึ้นว่าในการวัดครั้งที่ 1 เส้นความหนาแน่นเป็นลักษณะใกล้เคียงกับโค้งปกติมาก และในการวัดครั้งที่ 2 เส้นความหนาแน่นของกลุ่มทดลองมีลักษณะเบ้ขวา แสดงให้

เห็นว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนลดลง และในการวัดครั้งที่ 3 เส้นความหนาแน่นของกลุ่มทดลองยังมีความเบ้ขวามากกว่าของกลุ่มควบคุม แต่เมื่อเปรียบเทียบลักษณะความเบ้ของกลุ่มทดลองในการวัดครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 พบว่ากราฟที่ได้จากการวัดครั้งที่ 2 มีความเบ้ขวามากกว่าจากการวัดครั้งที่ 3

ตอนที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม R

ผลการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้โปรแกรม R พบว่า ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.27

ผลการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้โปรแกรม R ในแต่ละกลุ่มแฝง พบว่า จากการวัดในช่วงเวลาที่ 1 ไปช่วงเวลาที่ 2 ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝง1(กลุ่มอ่อน) ไปยังกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) มีค่า 1.000 ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝง1 (กลุ่มอ่อน) ไปยังกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) มีค่า .000 ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝง2(กลุ่มเก่ง) ไปยังกลุ่มแฝง1(กลุ่มอ่อน) มีค่า .600 และความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝง2(กลุ่มเก่ง) ไปกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) มีค่า .400 แสดงว่ามีนักเรียนกลุ่มแฝง1 (กลุ่มอ่อน) มีความสามารถคงที่ทั้งหมด และนักเรียนกลุ่มแฝง2 (กลุ่มเก่ง) มีความสามารถลดลงมากกว่าที่จะมีความสามารถคงที่ เนื่องจาก มีความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มมากกว่า และจากการวัดในช่วงเวลาที่ 2 ไปช่วงเวลาที่ 3 ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝง1(กลุ่มอ่อน) ไปยังกลุ่มแฝง 1(กลุ่มอ่อน) มีค่า 1.000 ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝง1 (กลุ่มอ่อน) ไปยังกลุ่มแฝง 2 มีค่า .000 ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝง2 ไปยังกลุ่มแฝง1(กลุ่มอ่อน) มีค่า .550 และความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝง2 (กลุ่มเก่ง) ไปกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) มีค่า .450 แสดงว่ามีนักเรียนกลุ่มแฝง1 (กลุ่มอ่อน) มีความสามารถคงที่ทั้งหมด และนักเรียนกลุ่มแฝง2 มีความสามารถลดลงมากกว่าที่จะมีความสามารถคงที่ เนื่องจาก มีความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มมากกว่า

ตารางที่ 4.27 ค่าความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของกลุ่มทดลอง ในแต่ละกลุ่มแฝง (Latent Class) ในช่วงเวลาที่ 1 และ 2 โดยใช้โปรแกรม R แสดงดังตารางต่อไปนี้

	ช่วงเวลาที่ 2	
ช่วงเวลาที่ 1	กลุ่มแฝง	
กลุ่มแฝง	1	2
1	1.000	.000
2	.600	.400

	ช่วงเวลาที่ 3	
ช่วงเวลาที่ 2	กลุ่มแฝง	
กลุ่มแฝง	1	2
1	1.000	.000
2	.550	.450

จะเห็นว่ารูปแบบที่มีความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มมากที่สุด 2 อันดับแรกคือ การเปลี่ยนกลุ่มจากกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) ในช่วงเวลาที่ 1 ไปยังกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) ในช่วงเวลาที่ 2 (.600) และจากกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) ในช่วงเวลาที่ 2 ไปยังกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) ในช่วงเวลาที่ 3 (.550) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความน่าจะเป็นมีการลดลง และจากตารางยังชี้ให้เห็นอีก 2 ประเด็น ดังนี้ กิจกรรมของโรงเรียนที่เกิดขึ้นระหว่างนั้นส่งผลให้นักเรียนกลุ่มเก่งมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนลดลงซึ่งอาจเป็นผลมาจากการบริหารจัดการเวลาไม่ดีในการเข้าร่วมและทำกิจกรรมของโรงเรียน อีกประเด็นหนึ่งคือ กิจกรรมของโรงเรียนที่จัดขึ้นระหว่างช่วงเวลาที่ 2 และ 3 อาจต้องการเวลาในการเข้าร่วมและทำกิจกรรมน้อยกว่า หรือ นักเรียนกลุ่มเก่งรู้วิธีในการบริหารจัดการเวลาได้ดีขึ้น ผลการวิเคราะห์นี้แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมที่มีการบริหารกิจกรรมโดยนักเรียนส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ซึ่งผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝง วัดจากการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม มีผลการวิเคราะห์ที่สอดคล้องกับการวิเคราะห์กับการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม MPLUS และการวิเคราะห์ผลในงานวิจัยนี้ยังพบว่าสารสนเทศที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม R ต่างจาก สารสนเทศที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม MPLUS

ในบางส่วน ดังนั้นหากต้องการสารสนเทศเพียงแค่ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝง สามารถใช้โปรแกรมทั้งสองในการวิเคราะห์ได้ แต่หากต้องการสารสนเทศอื่นๆ ด้วย ควรมีการพิจารณาว่าต้องการสารสนเทศใด แล้วเลือกใช้โปรแกรมนั้นๆ ในการวิเคราะห์ได้ อย่างไรก็ตามสำหรับการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม R สามารถเพิ่มสารสนเทศที่ต้องการได้โดยต้องมีการเขียน code เพื่อทำการวิเคราะห์เพิ่มเติมด้วย ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ทั้งสองโปรแกรมในการวิเคราะห์ และการนำเสนอผลในการวิเคราะห์ครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอเฉพาะสารสนเทศที่จำเป็น อย่างไรก็ตามผู้วิจัยจะขอเปรียบเทียบสารสนเทศเบื้องต้นที่ได้จากการวิเคราะห์ในครั้งนี้ไว้ดังตารางที่ 4.28

ตารางที่ 4.28 เปรียบเทียบสารสนเทศที่ได้จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม โดยใช้โปรแกรม MPLUS และ โปรแกรม R

สารสนเทศที่ได้	**MPLUS**	**โปรแกรม R**
1. จำนวนและสัดส่วนนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จำแนกตามกลุ่มแฝง ทั้ง 3 ช่วงเวลาที่ทำการวัด	✓	-
2. สัดส่วนและค่าสัมประสิทธิ์ของการจำแนกกลุ่มแฝงทั้ง 3 ช่วงเวลาที่ทำการวัด	✓	-
3. ความน่าจะเป็นที่นักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองถูกจำแนกให้อยู่ในกลุ่มแฝงแต่ละกลุ่ม ทั้ง 3 ช่วงเวลาที่ทำการวัด	✓	-
4. ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝงทั้ง 3 ช่วงเวลาที่ทำการวัด	✓	-
5. คะแนนความสามารถรายบุคคลของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ทั้ง 3 ช่วงเวลาที่ทำการวัด	✓	✓
6. คะแนนความสามารถเมื่อเทียบจากคะแนนดิบของการวัดทั้ง 3 ช่วงเวลาที่ทำการวัด	-	✓
7. สัดส่วนและจำนวนของรูปแบบการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	✓	-
8. ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของแต่ละกลุ่มแฝง	✓	✓
9. ความน่าจะเป็นในการตอบผิดและตอบถูกของนักเรียนในแต่ละกลุ่มแฝง	✓	✓
10. ผลการวิเคราะห์ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบทั้ง 25 ข้อ	-	✓
11. กราฟฮิสโตแกรมและเส้นความหนาแน่นวาดจากความสามารถ	-	✓

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยเรื่อง ปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จากการวัดด้วยการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสมเป็นงานวิจัยที่มุ่งศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็นงานวิจัยที่เก็บข้อมูลระยะยาว โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้มี 3 ประการ คือ 1) เพื่อศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนจากการวัด 3 ครั้ง ที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ด้วยการวิเคราะห์สถิติแบบดั้งเดิม 2) เพื่อศึกษากลุ่มแฝงและการเปลี่ยนกลุ่มแฝง วัดจากการวิเคราะห์การการเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม รวมถึงความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝง (transition probability) และ 3) เพื่อศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนที่มีอิทธิพลต่อกลุ่มแฝงและการเปลี่ยนกลุ่มแฝงจากการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม

รูปแบบการวิจัยเป็นการวิจัยเชิงทดลองภาคสนาม (field experiment) โดยมีกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม และมีการทดสอบ 3 ช่วงเวลา ซึ่งใช้เวลาตั้งแต่พฤศจิกายน 2557 – มีนาคม 2558 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยมจังหวัดกรุงเทพมหานครจำนวนทั้งหมด 217คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 102 คนและกลุ่มควบคุม 115 คน

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีตัวแปรการวิจัยแยกเป็น 3 ประเภท คือ ตัวแปรต้น ตัวแปรตามและ ตัวแปรควบคุม ตัวแปรแต่ละประเภท มีรายชื่อตัวแปร และนิยามตัวแปรดังนี้ คือ

ตัวแปรต้น ได้แก่ ตัวแปรเกี่ยวกับนักเรียน คือประเภทกิจกรรมและเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม

ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ การเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ตัวแปรควบคุม ได้แก่ ผู้สอน เนื้อหาในการจัดการเรียนการสอน จำนวนคาบที่ใช้ในการเรียนการสอน

เครื่องมือที่ใช้ในวิจัยได้แก่ประกอบด้วย

1. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
2. แบบบันทึกการเข้าร่วมกิจกรรม

1. สรุปผลการวิจัย

การสรุปผลการวิจัยผู้วิจัยจะนำเสนอสรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์การวิจัยทั้ง 3 ข้อ ดังนี้

สรุปผลการวิจัยเพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัย ข้อที่ 1

การวิเคราะห์เพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 1 ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SPSS โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และได้ทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจากการวัดซ้ำ 3 ครั้งโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ (Two-way repeated measure ANOVA) โดยผลการวิเคราะห์เพื่อศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนจากการวัดแต่ละช่วงเวลาทั้ง 3 ครั้ง ที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ด้วยการวิเคราะห์ดังกล่าว คือ การวัดในช่วงเวลาที่ 1 ค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองแตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($F = .025$, $p = .876$) แสดงว่ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ผลการวัดในช่วงเวลาที่ 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($F = 73.907$, $p = .000$ และ $F = 97.643$, $p = .000$ ตามลำดับ) โดยกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ทั้งในการวัดครั้งที่ 2 และ 3 แสดงว่ากลุ่มที่มีการใช้เวลาในการทำกิจกรรมมากกว่า 18 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ทั้งกิจกรรมสาธิตสามัคคี และกิจกรรมเลือกตั้งสภานักเรียน มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่ากลุ่มที่มีการใช้เวลาในการทำกิจกรรมเดียวกันน้อยกว่า 18 ชั่วโมง ต่อสัปดาห์ กล่าวโดยสรุปปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ คือ ประเภทของกิจกรรมและเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมที่แตกต่างกันในช่วงเวลาที่ 2 และ 3 ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เมื่อวัดในช่วงเวลาที่ 2 และ 3 โดยกลุ่มทดลองซึ่งใช้เวลาในการทำกิจกรรมมากกว่ากลุ่มควบคุมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมในการวัดทั้งสองครั้ง

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมที่ได้รับการวัดซ้ำ 3 ครั้ง พบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มและช่วงเวลาของการวัดมีผลกระทบต่อคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ด้วย แสดงว่าประเภทกิจกรรมและเวลาที่นักเรียนใช้ในการทำกิจกรรมมีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์แตกต่างกันตามช่วงเวลาในการวัด ผลสรุปการวิจัยในประเด็นนี้สะท้อนให้เห็นว่า การออกแบบการวิจัยเชิงทดลองแบบระยะยาวช่วยให้นักวิจัยสามารถใช้สถิติวิเคราะห์แบบดั้งเดิมศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ในมุมมองที่ละเอียดลึกซึ้งกว่างานวิจัยในอดีต

สรุปผลการวิจัยเพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัย ข้อที่ 2 และ 3

การวิเคราะห์เพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 2 และ 3 ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสมโดยใช้โปรแกรม MPLUS และเพื่อเป็นการยืนยันผลการวิเคราะห์ข้อมูลและให้ได้สารสนเทศเพิ่มเติมมากขึ้น ผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสมโดยใช้โปรแกรม R ด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจะนำเสนอสรุปผลการวิจัยจำแนกตามโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ ดังนี้

2.1 สรุปผลการวิจัยจากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม MPLUS

2.1.1 ผลการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมของข้อมูลกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองและการวิเคราะห์แบบวัดรายข้อ

การวิเคราะห์โดยใช้ LTA-MRM เพื่อตรวจสอบจำนวนกลุ่มแฝงที่เหมาะสมนั้นได้ผลการวิเคราะห์กลุ่มแฝงรวม 3 โมเดล มีจำนวนกลุ่มในแต่ละโมเดลเป็น 1 2 และ 3 กลุ่มตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่า AIC BIC และ Adj.BICพบว่าโมเดลที่มี 2 กลุ่ม มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์และเป็นโมเดลที่ประหยัดที่สุด (AIC = 5585.205, BIC = 5757.580) เมื่อพิจารณาค่าความน่าจะเป็นที่จำแนกผลได้ถูกต้องชัดเจนของโมเดลที่มีจำนวน 2 กลุ่ม มีค่าเท่ากับ 0.893 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้หนึ่งแสดงว่าการจำแนกกลุ่มได้ผลถูกต้องชัดเจน

2.1.2 ผลการวิเคราะห์กลุ่มแฝง (LCA) ที่แต่ละช่วงเวลาของข้อมูลกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

นักเรียนกลุ่มควบคุมมีจำนวน 115 คน ซึ่งคิดเป็น 53.00% กลุ่มทดลองมีจำนวน 102 คน คิดเป็น 47.00%

ช่วงเวลาที่ 1 ในการวิเคราะห์กลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์พบว่ามีจำนวนนักเรียนในกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) คิดเป็น 51.6% นักเรียนในกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) คิดเป็น 48.4%และมีจำนวนนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ถูกระบุให้อยู่ในกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) คิดเป็น 28.6% นักเรียนกลุ่มควบคุมที่ถูกระบุให้อยู่ในกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) คิดเป็น 24.4% นักเรียนกลุ่มทดลองที่ถูกระบุให้อยู่ในกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) คิดเป็น 23.0% นักเรียนกลุ่มทดลองที่ถูกระบุให้อยู่ใน กลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) คิดเป็น 24.0%คุณภาพของการจัดเข้ากลุ่มมีคุณภาพระดับสูง (ค่า entropy มีค่าเท่ากับ 0.947) จะเห็นว่าจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มแฝงของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีค่าไม่แตกต่างกัน ความน่าจะเป็นที่นักเรียนกลุ่มควบคุมอยู่กลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) คิดเป็น 53.9% อยู่กลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) คิดเป็น

46.1% และนักเรียนกลุ่มทดลองที่อยู่กลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน)คิดเป็น 49.0 % และกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) คิดเป็น 51.0%

*ช่วงเวลาที่ 2 พบว่า*การวิเคราะห์กลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์พบว่ามีจำนวนนักเรียนในกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) คิดเป็น 57.1% นักเรียนในกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) คิดเป็น 42.9% จะมีจำนวนนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ถูกระบุให้อยู่ในกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) คิดเป็น 23.5% นักเรียนกลุ่มควบคุมที่ถูกระบุให้อยู่ในกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) คิดเป็น 29.9% นักเรียนกลุ่มทดลองที่ถูกระบุให้อยู่ในกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) คิดเป็น 33.6% นักเรียนกลุ่มทดลองที่ถูกระบุให้อยู่ในกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง)คิดเป็น 13.4% คุณภาพของการจัดเข้ากลุ่มมีคุณภาพระดับสูง (ค่า entropy มีค่าเท่ากับ 0.954) จะเห็นว่าจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มแฝงของกลุ่มควบคุมมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีค่าไม่แตกต่างกัน แต่นักเรียนในแต่ละกลุ่มแฝงของกลุ่มทดลองมีค่าแตกต่างกัน นักเรียนกลุ่มควบคุมที่ถูกระบุให้เป็นกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) มีความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝงคิดเป็น 48.5 % และนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ถูกระบุให้เป็นกลุ่มแฝง 2 คิดเป็น 51.5 % นักเรียนกลุ่มทดลองที่ถูกระบุให้เป็นกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) มีความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝงคิดเป็น 78.7% และนักเรียนกลุ่มทดลองที่ถูกระบุให้เป็นกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) คิดเป็น 21.3% จะเห็นว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ถูกระบุให้เป็นกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) และกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) มีความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝงไม่แตกต่างกัน ซึ่งหมายถึงนักเรียนแต่ละคนของกลุ่มควบคุมมีโอกาสในการเปลี่ยนกลุ่มไม่แตกต่างกัน และสำหรับนักเรียนกลุ่มทดลองที่ถูกระบุให้เป็นกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) และกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง)มีความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝงแตกต่างกัน โดยความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของนักเรียนกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) มาเป็นกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) (0.787) สูงกว่าความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝงมาเป็นกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) มาเป็นกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) (0.213)

ช่วงเวลาที่ 3 ในการวิเคราะห์กลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์พบว่ามีจำนวนนักเรียนในกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) คิดเป็น 59.9% นักเรียนในกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง)คิดเป็น 40.1%และมีจำนวนนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ถูกระบุให้อยู่ในกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) คิดเป็น 28.6% นักเรียนกลุ่มควบคุมที่ถูกระบุให้อยู่ในกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) คิดเป็น 24.4% นักเรียนกลุ่มทดลองที่ถูกระบุให้อยู่ในกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) คิดเป็น 31.3% นักเรียนกลุ่มทดลองที่ถูกระบุให้อยู่ในกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง)คิดเป็น 15.7% คุณภาพของการจัดเข้ากลุ่มมีคุณภาพระดับสูง (ค่า entropy มีค่าเท่ากับ 0.962)จะเห็นว่าจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มแฝงของกลุ่มควบคุมมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีค่าไม่แตกต่างกัน แต่นักเรียนในแต่ละกลุ่มแฝงของกลุ่มทดลองมีค่าแตกต่างกัน นักเรียนกลุ่มควบคุมที่ถูกระบุให้เป็นกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) มีความน่าจะเป็นของ

การเปลี่ยนกลุ่มแฝงคิดเป็น 54.0% และนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ถูกระบุให้เป็นกลุ่มแฝง 2 คิดเป็น 46.0% นักเรียนกลุ่มทดลองที่ถูกระบุให้เป็นกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) มีความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝงคิดเป็น 71.5% และนักเรียนกลุ่มทดลองที่ถูกระบุให้เป็นกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง)คิดเป็น 28.5% และนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ถูกระบุให้เป็นกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) และกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) มีความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝงไม่แตกต่างกัน ซึ่งหมายถึงนักเรียนแต่ละคนของกลุ่มควบคุมมีโอกาสในการเปลี่ยนกลุ่มไม่แตกต่างกัน และสำหรับนักเรียนกลุ่มทดลองที่ถูกระบุให้เป็นกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) และกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง)มีความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝงแตกต่างกัน โดยความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของนักเรียนกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) มาเป็นกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) (0.715) สูงกว่าความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝงมาเป็นกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) มาเป็นกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) (0.285)

2.1.3 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (LTA) ของข้อมูลกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

พบว่าการวิเคราะห์กลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ในการวัดครั้งที่ 1 พบว่ามีจำนวนนักเรียนในกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) คิดเป็น 51.6% นักเรียนในกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) คิดเป็น 48.4%การวิเคราะห์กลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในการวัดครั้งที่ 2 พบว่ามีจำนวนนักเรียนในกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) คิดเป็น 57.1% นักเรียนในกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) คิดเป็น 42.9% ในการวัดครั้งที่ 3 พบว่ามีจำนวนนักเรียนในกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) คิดเป็น 59.9% นักเรียนในกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) คิดเป็น 40.1% กลุ่มทดลองมีรูปแบบการเปลี่ยนกลุ่มแบบ 112 และ 122 มีสัดส่วนการเปลี่ยนกลุ่มค่อนข้างน้อย คือ .051 และ .032 ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีการเปลี่ยนกลุ่มข้ามช่วงเวลา และรูปแบบ 121 และ 212 มีสัดส่วนการเปลี่ยนกลุ่ม คือ .171 และ .129 ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีการเปลี่ยนกลุ่มแบบที่มีความผันแปร ทั้งนี้สัดส่วนของการเปลี่ยนกลุ่มสำหรับรูปแบบ 121 และ 212 จะสูงกว่ากลุ่มรูปแบบ 112 และ 122สำหรับรูปแบบ 111 และ 222 แทนรูปแบบที่ไม่มีการเปลี่ยนกลุ่ม พบว่ามีสัดส่วนการเปลี่ยนกลุ่มน้อยคือ .041 และ .078 และรูปแบบสุดท้าย คือรูปแบบ 211 และ 221 เป็นรูปแบบที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนลดลงเมื่อผ่านช่วงเวลาไป สัดส่วนการเปลี่ยนกลุ่มนี้เป็นสัดส่วนที่สูงที่สุดคือ .281 และ .217 ตามลำดับ

แสดงให้เห็นว่าการทำกิจกรรมของนักเรียนส่งผลต่อการเปลี่ยนกลุ่มของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และในรูปแบบ 211 มีสัดส่วนการเปลี่ยนกลุ่มแฝงสูงที่สุด คือ .281 แสดงให้เห็นว่าการทำกิจกรรมของนักเรียนในช่วงเวลา ที่มีการวัดครั้งที่ 1 และครั้ง ที่ 2 ส่งผลต่อการเปลี่ยนกลุ่มแฝงมากที่สุด ซึ่งกิจกรรมที่นักเรียนทำในช่วงเวลานั้นคือ กิจกรรมสาธิตสามัคคี อย่างไรก็ตามรูปแบบ 221 เป็นรูปแบบที่มีสัดส่วนการเปลี่ยนกลุ่มแฝงรองลงมา คือ .217 แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมที่

นักเรียนทำในช่วงเวลานั้นส่งผลต่อการเปลี่ยนกลุ่มของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนลดลงเช่นเดียวกัน ซึ่งกิจกรรมนั้นคือ การเลือกตั้งสภานักเรียน และทั้งสองกิจกรรมเป็นกิจกรรมที่นักเรียนให้ความสำคัญเพราะเป็นกิจกรรมที่มีปีละหนึ่งครั้ง ทำให้นักเรียนกลุ่มทดลองจะให้เวลาในการทำกิจกรรมเหล่านี้ค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับนักเรียนกลุ่มควบคุม เพราะเนื่องจากพิจารณาแบบสอบถามการเข้าร่วมกิจกรรม พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองให้เวลาในการเข้าร่วมกิจกรรมทั้งหมด 18 - 35 ชั่วโมง และนักเรียนกลุ่มควบคุม ให้เวลาในการเข้าร่วมกิจกรรม ทั้งหมด 0 - 16 ชั่วโมง โดยการเข้าร่วมกิจกรรมในที่นี้ หมายถึง การใช้เวลาสำหรับการเตรียมงานด้วย

นักเรียนที่อยู่ในกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) เมื่อวัด ณ ช่วงเวลาที่ 1 และอยู่ในกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) เมื่อวัด ณ ช่วงเวลาที่ 2 มี 60% และ นักเรียนที่อยู่ในกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) เมื่อวัด ณ ช่วงเวลาที่ 2 และอยู่ในกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) เมื่อวัด ณ ช่วงเวลาที่ 3 มี 55% ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากิจกรรมที่จัดขึ้นมีผลต่อการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

รูปแบบที่มีความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มมากที่สุด 2 อันดับแรกคือ การเปลี่ยนกลุ่มจากกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) ในช่วงเวลาที่ 1 ไปยังกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) ในช่วงเวลาที่ 2 (.600) และจากกลุ่มแฝง 2 (กลุ่มเก่ง) ในช่วงเวลาที่ 2 ไปยังกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) ในช่วงเวลาที่ 3 (.550) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความน่าจะเป็นมีการลดลง และจากตารางยังชี้ให้เห็นอีก 2 ประเด็น ดังนี้ กิจกรรมของโรงเรียนที่เกิดขึ้นระหว่างนั้นส่งผลให้นักเรียนกลุ่มเก่งมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนลดลงซึ่งอาจเป็นผลมาจากการบริหารจัดการเวลาไม่ดีในการเข้าร่วมและทำกิจกรรมของโรงเรียน

อีกประเด็นหนึ่งคือ กิจกรรมของโรงเรียนที่จัดขึ้นระหว่างช่วงเวลาที่ 2 และ 3 อาจต้องการเวลาในการเข้าร่วมและทำกิจกรรมน้อยกว่า หรือ นักเรียนกลุ่มเก่งรู้วิธีในการบริหารจัดการเวลาได้ดีขึ้น ผลการวิเคราะห์นี้แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมที่มีการบริหารกิจกรรมโดยนักเรียนส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เป็นที่น่าสังเกตว่าถ้าเราสามารถระบุได้ว่านักเรียนคนใดที่มีการเปลี่ยนกลุ่มในช่วงเวลาเดียว หรือนักเรียนคนใดมีการเปลี่ยนกลุ่มทั้ง 2 ช่วงเวลา จะทำให้ได้สารสนเทศที่มากขึ้น

2.2 สรุปผลการวิจัยจากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม R

ผลการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม R สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม MPLUS แต่มีสารสนเทศบางประการที่ได้แตกต่างจากผลการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม MPLUS คือ ได้ สารสนเทศในเรื่องของ คะแนนความสามารถเมื่อเทียบจากคะแนนดิบของการวัดทั้ง 3 ช่วงเวลาที่ทำการวัด ผลการวิเคราะห์ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบทั้ง 25 ข้อซึ่งแสดงผลโดยใช้กราฟ และยังได้กราฟฮิสโตแกรมและเส้นความหนาแน่น

2. อภิปรายผลการวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสรุปประเด็นอภิปรายโดยยึดวัตถุประสงค์ของการวิจัยเป็นหลัก ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์แต่ละข้อมีประเด็นที่น่าอภิปรายดังนี้

1. ปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนจากการวัดมีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ด้วยการวิเคราะห์สถิติแบบดั้งเดิม มีประเด็นที่น่าสนใจ คือ ปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนในการวิจัยนี้ หมายถึง กิจกรรมนอกเหนือการเรียนการสอน และเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม นั้นมีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เป็นผลมาจากการที่นักเรียนใช้เวลาในการทำกิจกรรม เตรียมกิจกรรมนอกเหนือการเรียนการสอนมาก จนอาจทำให้นักเรียนไม่มีสมาธิในการเรียนวิชาต่างๆ กล่าวคือ นักเรียนจะจดจ่ออยู่กับการเตรียมจัดกิจกรรม คิดว่าควรจัดกิจกรรมเตรียมกิจกรรมอย่างไรให้ดีที่สุด และการเตรียมกิจกรรมเหล่านั้น ก็มีความจำเป็นที่ต้องปรึกษางานกับเพื่อนผู้รับผิดชอบหลายๆคน ซึ่งเวลาในการพบเพื่อนเหล่านั้นคือเวลาที่อยู่ในโรงเรียนและอยู่ในห้องเรียน ทำให้บางครั้งต้องคุยกันในเวลาเรียน ซึ่งเป็นการรบกวนสมาธิในการเรียนของตนนั่นเอง ดังนั้นนักเรียนจะใช้เวลาในการเรียนไม่เพียงพอ ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำลง ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของ กรรณิการ์ ภิรมย์รัตน์ (2554) และทัศนีย์ บุญเติม (2538) ที่พบว่าการใช้เวลาในการเรียนส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองภาคสนาม ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลระยะยาว ช่วยให้ผู้วิจัยศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ได้อย่างละเอียดตามจำนวนครั้งที่วัดในการวิจัยระยะยาว ซึ่งทำให้ผลการวิจัยละเอียดลึกซึ้งมากขึ้น

2. เมื่อผู้วิจัยทำการศึกษากลุ่มแฝง วัดจากการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม รวมถึงความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝง มีประเด็นที่น่าอภิปรายคือ จากการวิจัยครั้งนี้พบว่า ผลจากการศึกษากลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสมนั้นได้สารสนเทศการจำแนกกลุ่มตามความสามารถแฝง ลักษณะแต่ละกลุ่มแฝง และรูปแบบการเปลี่ยนกลุ่มแฝงรวมถึงได้สารสนเทศความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝง จากการวัดครั้งที่ 1 ไป 2 และจากการวัดครั้งที่ 2 ไป 3 ด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cho และคณะ (2010)

3. เมื่อทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม เพื่อศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนที่มีอิทธิพลต่อกลุ่มแฝงและการเปลี่ยนกลุ่มแฝง นั้นมีประเด็นที่น่าอภิปรายคือ นอกจากสารสนเทศที่ได้ว่าปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนมีอิทธิพลต่อกลุ่มแฝงและการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหรือไม่ สารสนเทศที่ได้จากการวิเคราะห์ยังสามารถตอบได้ว่า ทรีตเม้นต์ใดหรือกิจกรรมนอกเหนือการเรียนการสอนใดที่ส่งผลต่อกลุ่มแฝงและการเปลี่ยนกลุ่มแฝงมากกว่ากัน ซึ่งได้สารสนเทศจากสัดส่วนของกลุ่มแฝงในแต่ละช่วงเวลาและความ

น่าจะเป็นในการเปลี่ยนกลุ่มแฝงที่แต่ละช่วงเวลานั่นเอง ซึ่งสารสนเทศที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Connell et al. (2008) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์และปัญหาพฤติกรรมเด็ก ที่เป็นผลจากการมีปฏิสัมพันธ์ในครอบครัวแบบ family-centered intervention และงานวิจัยของ Guo et al. (2009) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงตามลำดับขั้นข้ามช่วงเวลาในวัยรุ่นที่สูบบุหรี่ ซึ่งงานวิจัยทั้ง 2 งานวิจัยนี้ได้สารสนเทศในลักษณะเดียวกันกับงานวิจัยครั้งนี้ คือ ศึกษาได้ว่าทรีตเม้นต์ใด หรือ ปัจจัยที่เกิดขึ้นระหว่างการวัดครั้งใดที่ส่งผลต่อกลุ่มแฝงและการเปลี่ยนกลุ่มแฝงมากกว่ากัน

จะเห็นได้ว่างานวิจัยนี้ยืนยันสมมติฐานที่ตั้งไว้ทั้ง 3 ประการ และผลจากการวิเคราะห์โดยใช้ LTA-MRM ไม่เพียงแต่แสดงให้เห็นรูปแบบของการเปลี่ยนกลุ่มแต่ยังแสดงให้เห็นผลที่เกิดจากการศึกษาเรื่องการใช้เวลาในการทำกิจกรรมของนักเรียนว่ากิจกรรมใดที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มากที่สุดอีกด้วยซึ่งผลนี้แสดงออกมาให้เห็นช่วงเวลาที่มีการเปลี่ยนกลุ่มของตัวแปรแฝง ทำให้ทราบได้ว่ากิจกรรมที่จัดในช่วงเวลาใดที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมากที่สุด และในการอภิปรายผลการวิจัยในครั้งนี้ยังมีประเด็นที่น่าสนใจ 3 ประเด็น คือ ลักษณะเด่นของงานวิจัยนี้ การประยุกต์ใช้ ข้อจำกัด

ในการวิจัยครั้งนี้มีลักษณะเด่นประการแรกคือเป็นการเก็บข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบระยะยาว และเป็นการจัดกลุ่มแฝงเพื่อระบุความสามารถของนักเรียนและศึกษาได้ว่ามีการเปลี่ยนกลุ่มแฝงเมื่อเวลาเปลี่ยนไปหรือไม่ การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มของตัวแปรแฝงหากมีการระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะทำให้ได้สารสนเทศที่มีประโยชน์มากกว่า ดังนั้นจึงคุ้มค่าที่จะศึกษาปัจจัยที่ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ผลการวิจัยในครั้งนี้มีความแตกต่างจากการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในเรื่องของการเก็บข้อมูลระยะยาวซึ่งมีการวัดซ้ำ ทำให้สามารถศึกษาตัวแปรเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ดีกว่าการเก็บข้อมูลที่มีการวัดเพียงครั้งเดียวและสามารถศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุที่แตกต่างกันตามช่วงเวลาได้ดีกว่าการวิจัยในอดีต

ลักษณะเด่นประการที่สอง คือ การออกแบบการวิจัย เป็นการวิจัยเชิงทดลองภาคสนามที่มีการควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนได้สมบูรณ์มากกว่าการวิจัยเชิงสำรวจ และผู้วิจัยศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนซึ่งประกอบด้วยประเภทกิจกรรม และการใช้เวลาในการทำกิจกรรม ในการออกแบบการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้มีการทำให้กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความเท่าเทียมกันโดยให้สัดส่วนจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มจำแนกตามเพศ และระดับผลการเรียนคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกัน เพื่อให้ศึกษาผลของตัวแปรต้นที่ผู้วิจัยออกแบบไว้ในการวิจัยให้ชัดมากขึ้น ซึ่งงานวิจัยนี้สามารถใช้สถิติวิเคราะห์ได้ทั้งสถิติวิเคราะห์แบบดั้งเดิมและสถิติวิเคราะห์แนวใหม่ที่มีการนำความคลาดเคลื่อนในการวัดตัวแปรเข้ามาวิเคราะห์ด้วย ทำให้ได้ผลการวิจัยถูกต้องมากกว่าเดิม (Joreskog et al., 1979; Muthén &

Muthén, 2010) และสามารถศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุที่ใช้เรื่องช่วงเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง ทำให้ผลการวิจัยได้สาระที่เป็นรายละเอียดชัดเจนมากยิ่งขึ้นกว่าการวิจัยในอดีต

เมื่อพิจารณาที่ลักษณะการออกแบบงานวิจัยในเรื่องของผลของปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในอดีต พบว่า มีการออกแบบในหลายลักษณะคือ ก) การวัดเพียงตัวแปรต้นและตัวแปรตามครั้งเดียว ข) การวัดตัวแปรต้นครั้งเดียว และวัดตัวแปรตามหลายครั้ง ในกรณีนี้เป็นกรณีที่ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม และ ค) การวัดตัวแปรต้นและตัวแปรตามหลายครั้ง ซึ่งในกรณีนี้เป็นกรณีที่ ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต้นที่มีต่อตัวแปรตามและการเปลี่ยนกลุ่มของตัวแปรตาม ซึ่งรูปแบบการออกแบบงานวิจัยใน 2 กรณีแรกนั้นสามารถวิเคราะห์โดยใช้ SEM หรือ LCA ได้ แต่ในกรณีสุดท้ายเป็นกรณีที่ต้องมีการวิเคราะห์โดยใช้ LTA-mixIRT หรือ LTA-MRM

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่ประยุกต์จาก งานวิจัยของ Cho และ คณะ (2010) ที่มีการศึกษาผลของวิธีสอนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของการจัดกิจกรรมที่แตกต่างกัน 2 กิจกรรม ซึ่งจะแสดงให้ การวิเคราะห์ LTA-MRM ได้ผลอย่างชัดเจน และทำให้ผลที่แสดงออกมานั้นอธิบายได้อย่างชัดเจนและรัดกุม อย่างไรก็ตามยังมีวิธีอื่น ๆ ในการปรับปรุงการวิเคราะห์ LTA-MRM ต่อไปได้ ดังงานวิจัยของ Humphry& Johnson (2000) ที่เป็นการศึกษาโดยมีการรวมตัวแปรร่วม รวมถึงการศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุ โดยใช้การวิเคราะห์ SEM ซึ่งต่อไปสามารถขยายไปถึงการวัดผลของตัวแปรตาม 3 ครั้ง ซึ่งอาจมีการเพิ่มรูปแบบวิธีสอนเข้าไปด้วย เพื่อจะสามารถทำให้ได้สารสนเทศในแง่ของรูปแบบพฤติกรรมการเรียนรู้ได้

ผลการวิเคราะห์โดยใช้ LTA –MRM ทำให้เห็นรูปแบบการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของนักเรียน และสามารถศึกษาได้ว่า ผลของการจัดกิจกรรมส่งผลต่อการเปลี่ยนกลุ่มแฝง ณ การวัดที่ช่วงเวลาใดมากที่สุด ทำให้ได้สารสนเทศถึงปัจจัยด้านนักเรียน กล่าวคือ ลักษณะกิจกรรมที่จัดที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มากที่สุด ทั้งนี้ผู้ที่นำผลการวิจัยไปใช้จะได้ออกแบบกิจกรรมที่เหมาะสมกับนักเรียนเพื่อไม่ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนต่ำลง ถ้าการวิเคราะห์นี้มีการเก็บข้อมูลมากกว่า 3 ช่วงเวลา จะทำให้ได้สารสนเทศมากขึ้น กล่าวคือจะสามารถเห็นรูปแบบการเปลี่ยนกลุ่มแฝงอย่างละเอียดมากขึ้น ว่าช่วงเวลาใดที่มีการเปลี่ยนกลุ่มแฝงมากที่สุด ซึ่งครูอาจจะได้ออกแบบกิจกรรมให้ใช้เวลาในการจัดกิจกรรมน้อยลง หรือ การวิเคราะห์นี้ เหมาะสมกับการใช้ในการตรวจสอบผลของการจัดกระทำที่ต้องการทราบว่าการจัดกระทำนั้นส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนกลุ่มแฝงที่ช่วงเวลาใด (Cho และคณะ ,2010)

และในงานวิจัยนี้ทำให้ได้สารสนเทศในเรื่องของการศึกษาได้ว่านักเรียนกลุ่มอ่อนไม่สามารถทำข้อสอบข้อใดได้ หรือ นักเรียนกลุ่มเก่งไม่สามารถทำข้อใดได้ ซึ่งแบบวัดที่ใช้ในครั้งนี้จะมีส่วนที่วัด

องค์ประกอบทางคณิตศาสตร์มากกว่า 1 องค์ประกอบ จึงทำให้ได้สารสนเทศมากขึ้น ว่า ข้อที่นักเรียนกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) ทำไม่ได้เป็นข้อที่วัดองค์ประกอบ 3 องค์ประกอบเป็นส่วนมาก นักเรียนกลุ่มแฝง 1 (กลุ่มอ่อน) ส่วนมากทำได้ในข้อที่เป็นการวัดองค์ประกอบเดียว คือ องค์ประกอบ คือ องค์ประกอบการรับรู้เกี่ยวกับการรับรู้เกี่ยวกับจำนวนและการดำเนินการ และการรับรู้เกี่ยวกับการวัด ส่วนข้อที่วัดองค์ประกอบเดียวแต่เป็นองค์ประกอบการรับรู้เกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และข้อที่วัดองค์ประกอบ 2 องค์ประกอบ นักเรียนทั้ง 2 กลุ่มแฝง ทำได้ไม่แตกต่างกัน หากจะเป็นการพัฒนากระบวนการจัดการเรียนการสอน จึงมีความจำเป็นที่ผู้ออกข้อสอบต้องมีความสามารถในการออกข้อสอบได้ดี จึงควรมีการพัฒนาครูให้มีความรู้ความสามารถ และมีทักษะในการสร้างข้อสอบที่มีคุณภาพเพื่อจะสามารถทำให้จำแนกนักเรียนเป็นกลุ่มได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบการจัดการเรียนรู้ต่อไป

ในส่วนของข้อจำกัดของงานวิจัยนี้ มี 3 ประการ คือ 1) เนื่องจากเป็นการเก็บข้อมูลระยะยาว จึงอาจมีการขาดหายของกลุ่มตัวอย่าง หรือการขาดหายของข้อมูล ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงใช้การระมัดระวัง และป้องกันไม่ให้เกิดปัญหานั้น 2) ในการเลือกจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมนั้น ในงานวิจัยนี้ใช้ BIC เพื่อช่วยในการกำหนดจำนวนกลุ่มแฝง อย่างไรก็ตามยังมีวิธีอื่นในการกำหนดกลุ่มแฝงได้ 3) ในงานวิจัยนี้มีความเสี่ยงที่จะเกิดการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้น ของการสุ่มตัวอย่าง

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ผู้บริหารสถานศึกษาและผู้สอนที่รับผิดชอบการจัดการเรียนการสอนได้ทราบว่าปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนส่งผลต่อกลุ่มแฝงและการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของนักเรียนมากน้อยเพียงไร กล่าวคือ จากการวิจัยครั้งนี้ สามารถทราบได้ว่ากิจกรรมนอกเหนือการเรียนการสอนที่มีลักษณะแบบใดและใช้เวลาในการทำกิจกรรมมากเพียงไรที่ส่งผลต่อกลุ่มแฝงและการเปลี่ยนกลุ่มแฝง ซึ่งทำให้เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงการเรียนการสอน ดังนั้นหากผู้บริหารหรือผู้สอนที่รับผิดชอบการจัดการเรียนการสอนได้ทราบจะได้ปรับปรุงการเรียนการสอนโดยอาจให้มีการจัดกิจกรรมที่มีการใช้เวลาในการเตรียมกิจกรรมอย่างเหมาะสม ตลอดจนมีการให้คำแนะนำต่อนักเรียนในการแบ่งเวลาให้ดีขึ้นในการจัดเตรียมกิจกรรมและการเรียน

2. ผู้เกี่ยวข้องกับการออกแบบการจัดกิจกรรมในโรงเรียนจะได้ออกแบบกิจกรรมให้เหมาะสมมากขึ้น เพื่อให้เกิดผลกระทบทางลบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนน้อยลง โดยอาจจัดกิจกรรมที่นักเรียนไม่ต้องใช้เวลาในการจัดเตรียมกิจกรรมมาก

3. ผู้เกี่ยวข้องกับนโยบายการกำหนดปฏิทินวิชาการของโรงเรียนให้ตระหนักถึงความสำคัญของการจัดกิจกรรมให้มีช่วงเวลาของการจัดเหมาะสม และสามารถกำหนดแนวทางในการจัดกิจกรรมให้กับนักเรียนเพื่อให้มีความเหมาะสมเรื่องช่วงเวลาของการจัดกิจกรรม กล่าวคือ กิจกรรมนอกเหนือการเรียนการสอนไม่ควรจัดกระชั้นชิดกันจะทำให้นักเรียนไม่สามารถแบ่งเวลาในการเรียนได้ดีพอ

3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. งานวิจัยนี้เป็นต้นแบบการวิจัยที่ประยุกต์ใช้การวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงในบริบททางการศึกษาที่ใช้เป็นตัวอย่างในการเรียนการสอนด้านระเบียบวิธีวิจัย ดังนั้นในการทำวิจัยครั้งต่อไปนักวิจัยทางการศึกษาที่สนใจอาจศึกษาปัจจัยอื่นๆที่ส่งผลต่อกลุ่มแฝงและการเปลี่ยนกลุ่มแฝงได้ เพื่อนำไปใช้ต่อยอดให้ได้องค์ความรู้ใหม่ที่กว้างขวางลุ่มลึกมากขึ้น

2. งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยกึ่งทดลองที่ศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนกลุ่มแฝงจากการวัดด้วยการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม ดังนั้นผลที่ได้จะแสดงถึงปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนตามที่ผู้วิจัยออกแบบให้เป็นตัวแปรต้นที่มีต่อตัวแปรตามเท่านั้น แต่นักวิจัยสามารถนำวิธีวิเคราะห์นี้ไปศึกษาว่าปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนใดบ้างที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนกลุ่มแฝงได้ โดยอาจออกแบบเป็นการวิจัยเชิงสำรวจเพื่อให้สามารถหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนกลุ่มแฝงได้

3. งานวิจัยนี้ศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนกลุ่มแฝงเท่านั้น ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียน หมายถึง ประเภทกิจกรรม และเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม ซึ่งผลการวิจัยพบว่าส่งผลทางลบต่อการเปลี่ยนกลุ่มแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แต่อย่างไรก็ตามปัจจัยเกี่ยวกับนักเรียนนี้อาจส่งผลทางบวกต่อตัวแปรตามอื่นๆได้ ดังนั้นในการทำวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาตัวแปรตามที่เป็นตัวแปรในลักษณะที่ไม่ใช่ตัวแปรทางวิชาการ

4. ผู้บริหารสถานศึกษา และผู้รับผิดชอบกำหนดนโยบาย สามารถนำรูปแบบวิธีการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้โมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสมไปใช้ในการวิจัยเพื่อตรวจสอบผลของการจัดกระทำตามนโยบายของโรงเรียน / สถานศึกษาว่าได้ผลตรงตามนโยบายที่กำหนดไว้หรือไม่ ควรปรับปรุง / ปรับเปลี่ยนนโยบายให้เหมาะสมต่อผู้เรียนมากขึ้น

5. ผลการวิจัยในครั้งนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งเป็นวิธีวิเคราะห์แนวใหม่และเป็นการเก็บข้อมูลระยะยาว ผลที่ได้จะมีความละเอียดลึกซึ้ง ในการวิจัยครั้งต่อไปหากต้องการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอาจใช้วิธีในการวิเคราะห์นี้เพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่ละเอียดลึกซึ้งมากขึ้นกว่าการใช้วิธีวิเคราะห์แบบดั้งเดิม

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรรณิการ์ ภิรมย์รัตน์. (2554). *ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา*: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

เกตุสุดา นิระพงศ์. (2537). *แบบจำลองเชิงสาเหตุของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). *รายงานผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น : โครงการ PISA 2009*. กรุงเทพมหานคร: อรุณการพิมพ์.

จิตรา ทองเกิด. (2542). กิจกรรมที่จัดในโรงเรียน. *วารสารวิชาการ*. 2(กุมภาพันธ์), 27-30.

จิราภรณ์ กุณสิทธิ์. (2541). *การทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้วยตัวแปรด้านการกำกับตนเองในการเรียน การรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์ ทัศนคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในกรุงเทพมหานคร*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ใจทิพย์ เชื้อรัตนพงษ์. (2530). บทสังเคราะห์องค์กำหนดประสิทธิผลของโรงเรียน. *ข่าวสารวิจัยการศึกษา*. 10 (กุมภาพันธ์-มีนาคม), 3-9.

ชิสา ศาสตรี. (2532). *ความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพของครูคณิตศาสตร์ตามการรับรู้ของตนเอง เจตคติของนักเรียนต่อวิชาคณิตศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทรงสิริ วิชิรานนท์. (2550). *ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาระเบียบวิธีวิจัยของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตโชติเวช*. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

ทัศนีย์ บุญเติม. (2538). *ปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 : การวิเคราะห์เส้นทางตามโมเดลลิสเรลที่มีตัวแปรแฝง*. กรุงเทพมหานคร: ฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์ไทย.

นริศรา อุปกูล. (2538). *องค์ประกอบเชิงสาเหตุด้านตัวนักเรียน แบบการคิด คุณภาพการสอนที่มีผลต่อความมั่นใจในการตอบแบบสอบถามแบบเลือกตอบ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิตยา ใจดาบ. (2530). *ความสัมพันธ์เชิงคาโนนิคอลระหว่างองค์ประกอบด้านลักษณะนักเรียน สภาพแวดล้อมทางบ้าน กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนรัฐบาล กรุงเทพมหานคร*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิตยา เหมือดไธสง. (2544). *การส่งอิทธิพลผ่านตัวกลางเชิงสาเหตุของปัจจัยด้านนักเรียนด้านครูและด้านโรงเรียนไปยังผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์: การวิเคราะห์อภิมานงานวิจัย*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประเสริฐ เตชะนาราเกียรติ. (2532). *ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบด้านนักเรียน องค์ประกอบด้านครู สภาพแวดล้อมทางบ้าน และสภาพแวดล้อมทางโรงเรียนกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กรุงเทพมหานคร*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เพ็ญแข ดวงขวัญ. (2548). *ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มหมวดวิชาพื้นฐานของนักศึกษานอกโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ศูนย์การศึกษานอกโรงเรียนกรุงเทพมหานคร*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาหลักสูตรการสอน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรรณี โสมประยูร. (2534). *เทคนิคการสอนคณิตศาสตร์สำเร็จรูปสำหรับครูประถม*. ภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

วัยวุฒิ อินทวงศ์. (2544). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องการแก้โจทย์ปัญหา ของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนด้วยวิธีสอนตามรูปแบบของโจทย์ปัญหากับวิธีสอนตามปกติ*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาหลักสูตรและการนิเทศ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ศิรพร เลิศนุวัฒน์. (2538). *ปัจจัยที่ทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาการศึกษานอกโรงเรียน สายสามัญ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย วิธีเรียนด้วยตัวเองในเขตกรุงเทพมหานคร*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสารัตถศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2548). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2550). *ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ (พิมพ์ครั้งที่ 5)*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2555). *การเลือกใช้สถิติที่เหมาะสมสำหรับการวิจัย (พิมพ์ครั้งที่ 6)*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภลักษณ์ ใจแสวงทรัพย์. (2547). *ปัจจัยที่ส่งผลต่อคะแนนพัฒนาการวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภวรรณ ตัณฑ์พูนเกียรติ. (2534). *ความสัมพันธ์ระหว่างความวิตกกังวลในวิชาคณิตศาสตร์ เชาวน์ปัญญา กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในกรุงเทพมหานคร*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิจัย. (2545). *คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ชั้น ม.2 ข้อค้นพบจากการวิจัยและประเมินผลร่วมกับนานาชาติครั้งที่ 3 (วิจัยซ้ำ)*. กรุงเทพหานคร: สาขาวิจัย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2548). *รายงานการวิจัยการใช้หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานตามทัศนะของผู้สอน*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

สิริพร ทิพย์คง. (2536). *การศึกษาความสามารถของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในการแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวที่อยู่ในรูปแบบต่างๆ : โครงการวิจัยและพัฒนาสมรรถภาพวิสัยของครูโดยใช้สมรรถฐาน*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวิทย์ หิรัญยกาณฑ์ และคณะ. (2540). *พจนานุกรมศัพท์การศึกษา*. กรุงเทพมหานคร: บริษัทไอคิวบุคเซนเตอร์.

อวยพร เรืองตระกูล. (2544). *การพัฒนาและวิเคราะห์คุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัจฉรา สุขารมณ์. (2530). *เอกสารประกอบคำสอนวิชาพื้นฐานทางจิตวิทยาการศึกษา*. สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร

ภาษาอังกฤษ

Andersen, E. B. (1985). Estimating latent correlations between repeated testings. *Psychometrika*. 50(1), 3-16.

Baker, D. P., Akiba, M., LeTendre, G. K., & Wiseman, A. W. (2001). Worldwide shadow education: Outside-school learning, institutional quality of schooling, and cross-national mathematics achievement. *Educational Evaluation and Policy Analysis*. 23(1), 1-17

Bergman, L. R., & Magnusson, D. (1997). A person-oriented approach in research on developmental psychopathology. *Development and psychopathology*. 9(02), 291-319.

Biniaminov, I., & Glasman, N. S. (1983). School determinants of student achievement in secondary education. *American Educational Research Journal*, 20(2): 251-268.

Bollen, K. A. (1989). *Structural equations with latent variables*. New York: John Wiley.

Bollen, K. A., & Curran, P. J. (2006). *Latent curve models: A structural equation perspective*: John Wiley & Sons.

Bolt, D. M., Cohen, A. S., & Wollack, J. A. (2001). A mixture item response model for multiple-choice data. *Journal of Educational and Behavioral Statistic*. 26(4), 381-409.

Bray, B. C., Lanza, S. T., & Collins, L. M. (2010). Modeling relations among discrete developmental processes: A general approach to associative latent transition analysis. *Structural Equation Modeling*. 17(4), 541-569.

Carter, V. (1959). Good, *Dictionary of Education: New York*. New York: McGraw-Hill Book Company.

Cho, S.-J., Bottge, B. A., Cohen, A. S., & Kim, S.-H. (2009). Detecting cognitive change in the math skills of low-achieving adolescents. *The Journal of Special Education*. 45(2), 67-76.

Cho, S.-J., Cohen, A. S., Kim, S.-H., & Bottge, B. (2010). Latent transition analysis with a mixture item response theory measurement model. *Applied Psychological Measurement*. 34(7), 483-504.

Cho, S., Cohen, A., & Kim, S. (2006). *An investigation of priors on the probabilities of mixtures in the mixture Rasch model.* Paper presented at the International Meeting of the Psychometric Society: The 71st annual meeting of the Psychometric Society, Montreal, Canada.

Chung, H., Park, Y., & Lanza, S. T. (2005). Latent transition analysis with covariates: Pubertal timing and substance use behaviours in adolescent females. *Statistics in Medicine*. 24(18), 2895-2910.

Chung, H., Walls, T. A., & Park, Y. (2007). A latent transition model with logistic regression. *Psychometrika.* 72(3), 413-435.

Collins, L. M., & Lanza, S. T. (2013). *Latent class and latent transition analysis: With applications in the social, behavioral, and health sciences*. New Jersey: John Wiley & Sons.

Collins, L. M., & Wugalter, S. E. (1992). Latent class models for stage-sequential dynamic latent variables. *Multivariate Behavioral Research.* 27(1), 131-157.

Compton, D. L., Fuchs, D., Fuchs, L. S., Elleman, A. M., & Gilbert, J. K. (2008). Tracking children who fly below the radar: Latent transition modeling of students with late-emerging reading disability. *Learning and Individual Differences.* 18(3), 329-337.

Congdon, P. (2014). *Applied bayesian modelling*. New York: John Wiley & Sons.

Connell, A., Bullock, B. M., Dishion, T. J., Shaw, D., Wilson, M., & Gardner, F. (2008). Family intervention effects on co-occurring early childhood behavioral and emotional problems: A latent transition analysis approach. *Journal of abnormal child psychology*. 36(8), 1211-1225.

Dembo, R., Wareham, J., Poythress, N., Meyers, K., & Schmeidler, J. (2008). Psychosocial Functioning Problems Over Time Among High-Risk Youths A Latent Class Transition Analysis. *Crime & Delinquency*. 54(4), 644-670.

Dempster, A. P., Laird, N. M., & Rubin, D. B. (1977). Maximum likelihood from incomplete data via the EM algorithm. *Journal of the royal statistical society. Series B (methodological)*, 1-38.

Dishman, R. K., DeJoy, D. M., Wilson, M. G., & Vandenberg, R. J. (2009). Move to improve: a randomized workplace trial to increase physical activity. *American journal of preventive medicine.* 36(2), 133-141.

Embretson, S. E. (1991). A multidimensional latent trait model for measuring learning and change. *Psychometrika*. 56(3), 495-515.

Fischer, G. H. (1976). Some probabilistic models for measuring change. *Advances in psychological and educational measurement*, 97-110.

Formann, A. K. (1982). Linear logistic latent class analysis. *Biometrical Journal.* 24(2), 171-190.

Frühwirth-Schnatter, S. (2006). *Finite mixture and Markov switching models:* Springer Science & Business Media.

Gagne, R. M., & Briggs, L. J. (1979). *Principles of lnstructional Design*. New York: Holt, Reinhard and Winston.

Gonzalez-Pienda, J. A., Nunez, J. C., Gonzalez-Pumariega, S., Alvarez, L., Roces, C., & Garcia, M. (2002). A structural equation model of parental involvement, motivational and aptitudinal characteristics, and academic achievement. *The Journal of Experimental Education*. 70(3), 257-287.

Goodman, L. A. (1974). Exploratory latent structure analysis using both identifiable and unidentifiable models. *Biometrika.* 61(2), 215-231.

Guo, B., Aveyard, P., Fielding, A., & Sutton, S. (2009). Using latent class and latent transition analysis to examine the transtheoretical model staging algorithm and sequential stage transition in adolescent smoking. *Substance use & misuse.* 44(14), 2028-2042.

Hagedorn, L. S., Siadat, M. V., Nora, A., & Pascarella, E. T. (1997). Factors leading to gains in mathematics during the first year of college: An analysis by gender and ethnicity. *Journal of Women and Minorities in Science and Engineering,* 3(3).

Harnischfeger, A., & Wiley, D. E. (1976). The teaching—learning process in elementary schools: A synoptic view. *Curriculum inquiry.* 6(1), 5-43.

Humphreys, K., & Janson, H. (2000). Latent transition analysis with covariates, nonresponse, summary statistics and diagnostics: Modelling children's drawing development. *Multivariate Behavioral Research*. 35(1), 89-118.

Joreskog, K. G., Sorbom, D., & Magidson, J. (1979). Advances in factor analysis and structural equation models. Abt Books. Cambridge. Massuchusetts.

Kline, R. B. (2004). *Principles and Practice of Structural Equation Modeling*. New York: Guilford Press.

Lazarsfeld, P. F., & Henry, N. W. (1968). *Latent structure analysi*s. Houghton Mifflin, Boston.

McLachlan, G., & Peel, D. (2004). *Finite mixture models. New York:* John Wiley & Sons.

Mislevy, R., & Huang, C.-W. (2007). Measurement models as narrative structures. *Multivariate and Mixture Distribution Rasch Models,* 15-35.

Mislevy, R. J., & Verhelst, N. (1990). Modeling item responses when different subjects employ different solution strategies. *Psychometrika*. 55(2), 195-215.

Muthén, B. (2008). Latent variable hybrids: Overview of old and new models. *Advances in latent variable mixture models.* 1, 1-24.

Muthen, B., & Asparouhov, T. (2006). Item response mixture modeling: Application to tobacco dependence criteria. *Addictive behaviors*. 31(6), 1050-1066.

Muthén, L. K., & Muthén, B. O. (2010). *Mplus User's Guide: Statistical Analysis with Latent Variables: User'ss Guide:* Muthén & Muthén.

Nagin, D. (2005). *Group-based modeling of development.* Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

Nylund, K. L., Muthén, B., Nishina, A., Bellmore, A., & Graham, S. (2006). Stability and instability of peer victimization during middle school: Using latent transition analysis with covariates, distal outcomes, and modeling extensions. Dissertation. University of California.

Ruscio, J., & Ruscio, A. M. (2008). Categories and dimensions advancing psychological science through the study of latent structure. *Current Directions in Psychological Science*. 17(3), 203-207.

Schiefele, U., & Csikszentmihalyi, M. (1995). Motivation and ability as factors in mathematics experience and achievement. *Journal for research in mathematics education*. 26(2), 163-181.

Schönwetter, D. J., Clifton, R. A., & Perry, R. P. (2002). Content familiarity: Differential impact of effective teaching on student achievement outcomes. *Research in Higher Education*. 43(6), 625-655.

Skrondal, A., & Rabe-Hesketh, S. (2004). *Generalized latent variable modeling: Multilevel, longitudinal, and structural equation models. Chapman & Hall, Boca Raton,FL.*

Treffinger, D. J., Selby, E. C., Isaksen, S. G., & Crumel, J. H. (2007). *An introduction to problem-solving style*. Center for Creative Learning.

Vermunt, J. K., & Magidson, J. (2013). *Technical guide for Latent GOLD 5.0: Basic, advanced, and syntax.* Belmont, MA: Statistical Innovations Inc. MA.

Von Davier, M., & Yamamoto, K. (2004). Partially observed mixtures of IRT models: An extension of the generalized partial-credit model. *Applied Psychological Measurement*. 28(6), 389-406.

von Eye, A. E., & Clogg, C. C. (1994). *Latent variables analysis: Applications for developmental research*. Sage: Thousand Oaks. CA.

Wang, A.-L. (2001). How much can be taught about stochastic processes and to whom. *Training researchers in the use of statistics*, 73-85.

Wiesner, D. S. (1978). *Cognitive styles of information processing as related to academic achievement of third grade pupils*. ProQuest Information & Learning.

Wilson, M. (1989). Saltus: A psychometric model of discontinuity in cognitive development. *Psychological Bulletin*. 105(2), 276.

Yayan, B., & Berberoglu, G. (2004). A re-analysis of the TIMSS 1999 mathematics assessment data of the Turkish students. *Studies in Educational Evaluation*. 30(1), 87-104.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ภาคผนวก ข คำสั่งที่ใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มของตัวแปรแฝงโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม โดยใช้โปรแกรม MPLUS

ภาคผนวก ค คำสั่งที่ใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มของตัวแปรแฝงโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม โดยใช้โปรแกรม R

ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มของตัวแปรแฝงโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม โดยใช้โปรแกรม MPLUS

ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มของตัวแปรแฝงโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม โดยใช้โปรแกรม R

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตัวอย่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทปีทาโกรัส และจำนวนจริง

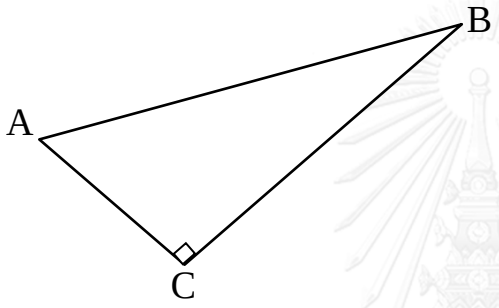
****

คำชี้แจง ข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ 25 ข้อ ทำลงในกระดาษคำตอบคอมพิวเตอร์

***** ให้นักเรียนทดลงในกระดาษข้อสอบ จะไม่มีกระดาษทดให้ *****

****

1.



กำหนดให้ ABC เป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก ดังรูป เมื่อ AB : BC = 61 : 60 และ AC = 55 หน่วย จงหาความยาวของด้าน AB + BC

121 หน่วย

405 หน่วย

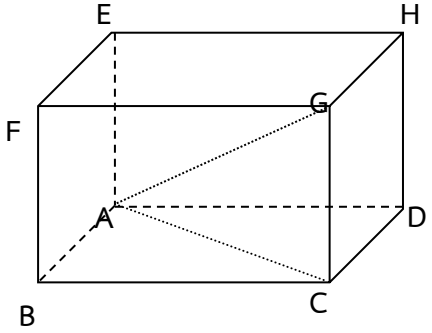
605 หน่วย

615 หน่วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. ABCDEFGH เป็นทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก มีด้าน FB ยาว 9 เซนติเมตร ด้าน CD ยาว 8 เซนติเมตร และด้าน BC ยาว 12 เซนติเมตร จงหาความยาวของด้าน AG

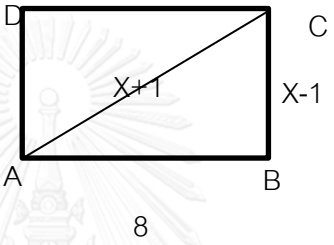
1. 10 เซนติเมตร
2. 15 เซนติเมตร
3. 17 เซนติเมตร
4. 20 เซนติเมตร



3. สามเหลี่ยมด้านเท่ารูปหนึ่งมีความสูง $\sqrt{27}$ เซนติเมตร จงหาความยาวเส้นรอบรูปของสามเหลี่ยมรูปนี้

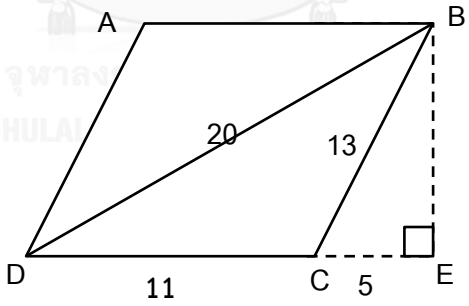
1. 9
2. 18
3. 24
4. 54

4. กำหนดให้ รูปสี่เหลี่ยม ABCD เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ดังรูป ความยาวของเส้นรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม ABCD เท่ากับข้อใด



1. 23 หน่วย
2. 24 หน่วย
3. 46 หน่วย
4. 48 หน่วย

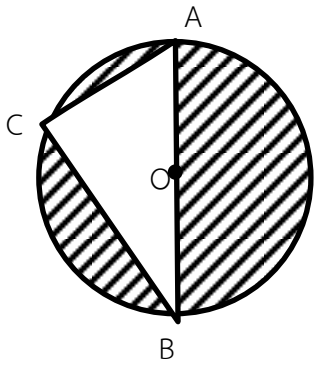
5.



จากรูป กำหนดให้ $\overline{DC}$ เป็นฐานของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน ABCD จงหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน ABCD

1. 110 ตารางหน่วย
2. 132 ตารางหน่วย
3. 160 ตารางหน่วย
4. 192 ตารางหน่วย

6. จากรูปวงกลม O มีรัศมี 7.5 หน่วย ถ้ารูปสามเหลี่ยม ABC เป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉากมีมุม C เป็นมุมฉากที่อยู่แนบในวงกลม O โดย $\overline{AB}$ ผ่านจุดศูนย์กลางของวงกลม O และ $\overline{AC}$ ยาว 9 หน่วย แล้วพื้นที่ส่วนที่แรเงาตรงกับข้อใด (กำหนด $\pi \approx 3.14$)



1. 122.625 ตารางหน่วย
2. 108.75 ตารางหน่วย
3. 98.225 ตารางหน่วย
4. 80.25 ตารางหน่วย

7. ไอรินสังเกตเห็นต้นมะม่วงหน้าบ้านเอียง จึงบอกให้คุณพ่อนำเชือกที่ยาว 15 เมตรมาผูกลำต้นไว้กับหลักซึ่งหลักอยู่ห่างจากต้นมะม่วง 12 เมตร เพื่อให้ต้นมะม่วงมีลำต้นที่ตั้งฉากกับพื้น โดยคุณพ่อผูกเชือกที่ระยะห่างจากยอด ลงมา 3 เมตร ไอรินอยากทราบว่าต้นมะม่วงสูงกี่เมตร

1. 6 เมตร
2. 9 เมตร
3. 12 เมตร
4. 17 เมตร

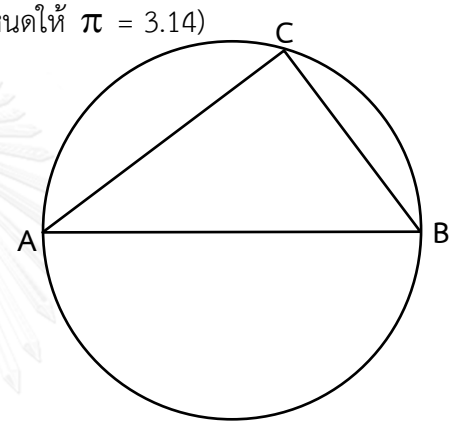
8. ไผ่เดินทางจากบ้านมุ่งหน้าไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือจนถึงบ้านผ่องแล้วเดินทางต่อไปยังทิศตะวันออกเฉียงใต้จนถึงบ้านเผือก ปรากฏว่าอัตราส่วนของระยะทางที่เดินทั้งสองช่วงนี้เป็น 3: 4 ถ้าระยะทางระหว่างบ้านเผือกถึงบ้านผ่องเป็น 120 เมตร ระยะทางระหว่างบ้านไผ่ ถึงบ้านเผือกเป็นระยะทางกี่เมตร

1. 90 เมตร
2. 105 เมตร
3. 150 เมตร
4. 210 เมตร

9. เบ็นเท็นต้องการตรวจสอบว่าผนังของบ้านตั้งฉากกับพื้นดินหรือไม่ เขาจึงทำเครื่องหมายที่ผนังซึ่งสูงจากพื้น 16 ฟุต แล้วใช้ปลายข้างหนึ่งของเชือกซึ่งยาว 20 ฟุต ผูกที่จุดซึ่งทำเครื่องหมายไว้นั้น ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งผูกไว้กลับหลักซึ่งปักไว้บนพื้นดิน ระยะระหว่างหลักกับผนังบ้านควรเป็นเท่าไร จึงจะบอกได้ว่าผนังบ้านตั้งฉากกับพื้นดิน

1. 6 ฟุต 2. 12 ฟุต 3. 18 ฟุต 4. 24 ฟุต

10. ABC เป็นรูปสามเหลี่ยมแนบในวงกลม โดย $\overline{AB}$ มีขนาดเท่ากับความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม AC = 16 หน่วย และ BC = 12 หน่วย ถ้าวงกลมมีพื้นที่เท่ากับ 314ตารางหน่วย รูปสามเหลี่ยม ABC จะมีพื้นที่น้อยกว่าวงกลมเท่าไร (กำหนดให้ π = 3.14)



1. 96 ตารางหน่วย
2. 214 ตารางหน่วย
3. 218 ตารางหน่วย
4. 420 ตารางหน่วย

11. ข้อใดต่อไปนี้กล่าว**ถูกต้อง**

1. จำนวนอตรรกยะ คือ จำนวนที่สามารถเขียนในรูปเศษส่วนได้
2. จำนวนที่ไม่ใช่จำนวนตรรกยะ ย่อมไม่เป็นจำนวนจริง
3. ถ้า a เป็นจำนวนตรรกยะ แล้ว a จะไม่เป็นจำนวนอตรรกยะ
4. จำนวน $\frac{12}{191}\times\left(-12.006\dot{9}\right)$ เป็นจำนวนอตรรกยะ

12. พิจารณาข้อความต่อไปนี้

$$\frac{70}{11} = 6.363636$$
$$-\frac{55}{6} = -9.16\dot{6}$$
$$254.63\dot{8}\dot{8} = 254\frac{632}{990}$$
$$139.276\dot{0}\dot{0} = 139\frac{2484}{9000}$$

ข้อความดังกล่าวมีข้อที่ถูกต้องกี่ข้อ

1 ข้อ 2. 2 ข้อ 3. 3 ข้อ 4. 4 ข้อ

13. จำนวนใดเป็น**จำนวนตรรกยะ**

1. π
2. 3.1415926535...
3. $\frac{22}{7}$
4. $\sqrt{2}$

14. ข้อใดต่อไปนี้**ถูกต้องที่สุด**

1. จำนวนที่สามารถเขียนให้อยู่ในรูปทศนิยมไม่ซ้ำได้เรียกว่าจำนวนตรรกยะ
2. จำนวนอตรรกยะสามารถเขียนให้อยู่ในรูปเศษส่วนได้เช่น $\frac{\pi}{2}$ เป็นต้น
3. ถ้านำจำนวนตรรกยะมาหารด้วยจำนวนอตรรกยะแล้วจะได้ผลลัพธ์เป็นจำนวนตรรกยะ
4. 0 เป็นได้ทั้งจำนวนตรรกยะและจำนวนอตรรกยะ

15. จงพิจารณาว่าจำนวนต่อไปนี้

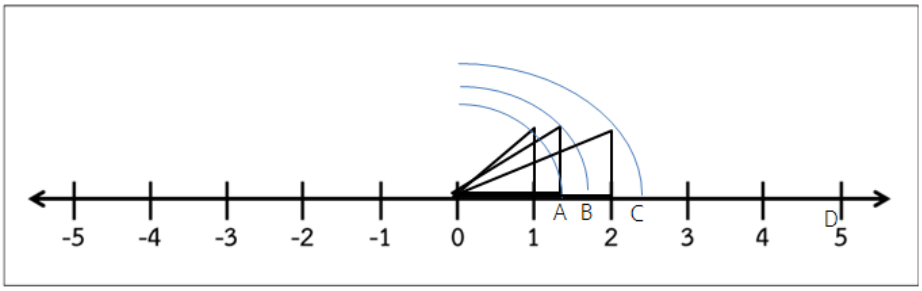
$$\frac{2}{\pi}\ ,\ \frac{22}{7}\ ,\ \frac{\sqrt{3}}{2}\ ,\ \pi\times\frac{22}{7}$$

มีจำนวนที่เป็นจำนวนอตรรกยะกี่จำนวน

1. 1 จำนวน
2. 2 จำนวน
3. 3 จำนวน
4. 4 จำนวน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จงใช้ภาพต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 16



16. จุดบนเส้นจำนวนที่แทน $1+\sqrt{5}$ คือจุดใด

1. จุด A
2. จุด B
3. จุด C
4. จุด D

17. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

ก. ไม่สามารถเขียนจำนวน $-1-\sqrt{5}$ บนเส้นจำนวนได้ เนื่องจากเป็นจำนวนอตรรกยะลบ

ข. หากต้องการเขียน $\sqrt{7}$ บนเส้นจำนวน ต้องสร้างสามเหลี่ยมมุมฉากที่มีความยาวด้านประกอบมุมฉากเป็น $\sqrt{6}$ และ 1 หน่วย เนื่องจากต้องสร้างสามเหลี่ยมมุมฉากที่มีความยาวด้านเป็น

ข้อใดกล่าวถูกต้อง

1.ข้อ ก. ถูก ข้อ ข. ผิด

2.ข้อ ก. ผิด ข้อ ข. ถูก

3.ถูกทั้งข้อ ก. และข้อ ข.

4.ผิดทั้งข้อ ก. และข้อ ข.

18. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

ก. $\sqrt{x} \geq 0$ เสมอ

ข. $\sqrt{x^6y^3} = x^3y$

ค. ถ้า $\sqrt{s}$ เป็นรากที่สองที่เป็นบวกของ s แสดงว่า $\left(\sqrt{s}\right)^2 = s$

ง. รากที่สองของจำนวนจริงบวกใดๆ มีสองรากเสมอ

จากข้อ ก. ถึง ง. มีข้อความกล่าวถูกต้องกี่ข้อ

1. 1 ข้อ
2. 2 ข้อ
3. 3 ข้อ
4. 4 ข้อ

19. จงหาผลบวกของ $-\sqrt{12}+\sqrt{32}$ ให้ตอบเป็นทศนิยม 2 ตำแหน่ง

1. 2.191
2. 2.192
3. 9.121
4. 9.132

20. กำหนดให้ $P = 2^2 \times 3^3 \times 5$ และ $Q = 2^4 \times 3 \times 5^3$

แล้ว ค่าของ $\sqrt{PQ}$ ตรงกับข้อใด

1. 30
2. 90
3. 900
4. 1,800

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

21. ถ้าสี่เหลี่ยมจัตุรัส 2 รูปมีพื้นที่ 2,601 ตารางเซนติเมตร และ 1,089 ตารางเซนติเมตร แล้ว รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสสองรูปนี้ความยาวต่างกันกี่เซนติเมตร

1. 17
2. 18
3. 19
4. 20

22. ลุงชมมีที่ดินแปลงหนึ่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยมีด้านยาวยาวเป็นสามเท่าของด้านกว้าง เมื่อ x แทนความยาวของด้านกว้าง ถ้าที่ดินแปลงนี้มีพื้นที่ $x^2 + 224$ ตารางเมตร หากลุงชมต้องการขุดบ่อเลี้ยงปลาเป็นวงกลมกลางที่ดินแปลงนี้ให้รัศมีบ่อเลี้ยงปลาเป็นครึ่งหนึ่งของความกว้างของที่ดิน แล้วพื้นที่ที่เหลือจากการขุดบ่อเลี้ยงปลาตรงกับข้อใด

1. 182 ตารางเมตร
2. 248 ตารางเมตร
3. 294 ตารางเมตร
4. 336 ตารางเมตร

23. ข้อใดต่อไปนี้ไม่ถูกต้อง

1. $\sqrt[3]{x^3y^6z^9} = \sqrt[3]{x^3 \cdot y^3 \cdot y^3 \cdot z^3 \cdot z^3 \cdot z^3} = xy^2z^3$
2. $\sqrt[3]{216} = \sqrt[3]{2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3} = 6$
3. $\sqrt[3]{1331a^3b^3c^3} = \sqrt[3]{11 \cdot 11 \cdot 11 \cdot a \cdot a \cdot a \cdot b \cdot b \cdot b \cdot c \cdot c \cdot c} = 11abc$
4. $\sqrt[3]{-64} = \sqrt[3]{(-2) \cdot (-2) \cdot (-2) \cdot (-2) \cdot (-2) \cdot (-2)} = 4$

24. แม่แบ่งเงินให้ลูกสามคนเท่าๆกัน โดยที่จำนวนเงินของลูกทั้งสามคนคูณกันเป็น 389,017 บาท ถ้าพี่คนโตแบ่งเงินให้น้องคนเล็ก 15 บาท อยากทราบว่าน้องคนเล็กจะได้เงินทั้งหมดเท่าไร

1. 63 บาท
2. 68 บาท
3. 73 บาท
4. 88 บาท

25. ข้อความใดกล่าวถูกต้อง

1. $\sqrt[3]{-8} > -\sqrt{4}$
2. $\sqrt{(-2)^2} = \sqrt[3]{(-2)^3}$
3. $\sqrt{4a^2} = \sqrt[3]{8a^3}$
4. $-\sqrt[3]{8} < \sqrt{(-2)^2}$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบบันทึกการเข้าร่วมกิจกรรม

ชื่อ – นามสกุล.....ชั้น ..... เลขที่.....รหัสกลุ่มที่ได้รับ.....

<u>คำชี้แจง</u>

1. ข้อมูลที่ผู้วิจัยได้รับผู้วิจัยขอรับรองว่าคำตอบของนักเรียนจะเป็นความลับ และใช้เพื่อการศึกษาวิจัยเท่านั้น ผลการวิจัยจะไม่มีการนำเสนอเป็นรายบุคคล แต่จะเป็นภาพรวมของนักเรียนทั้งระดับชั้น ไม่มีผลต่อคะแนนสอบใดๆ ดังนั้นขอให้ตอบคำถามตามความเป็นจริง

2. แบบบันทึกการเข้าร่วมกิจกรรมมี 2 ตอน คือ

2.1 กิจกรรมที่เข้าร่วมและหน้าที่ที่รับผิดชอบ

2.2 แบบบันทึกเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม

3. ขอให้บันทึกข้อมูลเป็นประจำทุกวัน และส่งแบบบันทึกการเข้าร่วมกิจกรรมทุกๆ สัปดาห์ที่หัวหน้าห้อง

ตอนที่ 1 กิจกรรมที่เข้าร่วมและหน้าที่ที่รับผิดชอบ

1.กิจกรรมที่เข้าร่วม

☐ 1.1 กิจกรรมกีฬาสาธิตสามัคคี

☐ 1.2 กิจกรรมเลือกตั้งสภานักเรียน

2. หน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย (สามารถตอบมากกว่า 1 ข้อได้)

กิจกรรมกีฬาสาธิตสามัคคี

☐ 2.1 ฝ่ายกีฬา / สนับสนุนฝ่ายกีฬา ☐ 2.2 ฝ่ายการเชียร์ /สนับสนุนฝ่ายเชียร์

☐ 2.3 ฝ่ายผู้นำเชียร์ /สนับสนุนฝ่ายผู้นำเชียร์

☐ 2.4 ฝ่ายสวัสดิการ / สนับสนุนฝ่ายสวัสดิการ

☐ 2.5 ฝ่ายการเงิน / สนับสนุนฝ่ายการเงิน ☐ 2.6 ฝ่ายวินัย / สนับสนุนฝ่ายวินัย

กิจกรรมเลือกตั้งสภานักเรียน

☐ 2.1 ฝ่ายประชาสัมพันธ์ / สนับสนุนฝ่ายประชาสัมพันธ์

☐ 2.2 ฝ่ายนโยบาย / สนับสนุนฝ่ายนโยบาย

☐ 2.3 ฝ่ายสายสัมพันธ์รุ่นพี่รุ่นน้อง / สนับสนุนฝ่ายสายสัมพันธ์รุ่นพี่รุ่นน้อง

☐ 2.4 ฝ่ายทำคุณประโยชน์ / สนับสนุนฝ่ายทำคุณประโยชน์

☐ 2.5 ฝ่ายการเงิน / สนับสนุนฝ่ายการเงิน

☐ 2.6 ฝ่ายวินัย / สนับสนุนฝ่ายวินัย

ตอนที่ 2 แบบบันทึกเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม

คำชี้แจง ขอให้บันทึกงานที่ทำและเวลาที่ใช้ในการเตรียมงานทำกิจกรรมลงในตารางด้านล่างนี้

ข้อมูลตั้งแต่ วันที่ .....เดือน.....ปี.....ถึง วันที่.....เดือน.....ปี.....

วันที่	หน้าที่/ความรับผิดชอบ/สิ่งที่ทำ	จำนวนชั่วโมงที่ใช้ในการเตรียมงาน	รวมจำนวนชั่วโมง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วันที่	หน้าที่/ความรับผิดชอบ/สิ่งที่ทำ	จำนวนชั่วโมงที่ใช้ในการเตรียมงาน	รวมจำนวนชั่วโมง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข
คำสั่งที่ใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มของตัวแปรแฝง
โดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม โดยใช้โปรแกรม MPLUS

คำสั่งที่ใช้ในการวิเคราะห์กลุ่มแฝง ช่วงเวลาที่ 1

```
title: LCA t1

data:
    file = dataprepare.dat;

variable:
    names = key a1-a25 b1-b25 d1-d25;
    usevariable = a1-a25;

    classes = c(2);
    categorical = a1-a25;

analysis:
    type = mixture;
```

คำสั่งที่ใช้ในการวิเคราะห์กลุ่มแฝง ช่วงเวลาที่ 2

```
title: LCA t2

data:
    file = dataprepare.dat;
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

variable:

names = key a1-a25 b1-b25 d1-d25;

usevariable = b1-b25;

classes = c(2);

categorical = b1-b25;

analysis:

type = mixture;

คำสั่งที่ใช้ในการวิเคราะห์กลุ่มแฝง ช่วงเวลาที่ 3

title: LCA t3

data:

file = dataprepare.dat;

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

variable:

names = key a1-a25 b1-b25 d1-d25;

usevariable = d1-d25;

classes = c(2);

categorical = d1-d25;

analysis:

type = mixture;

คำสั่งที่ใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มแฝงโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม

```
title: LTA

data:
    file = datapreparetreatment.dat;

variable:
    names = key t a1-a25 b1-b25 d1-d25;
    usevariable = t a1-a25 b1-b25 d1-d25;

    classes = ct(2) c1(2) c2(2) c3(2);
    knownclass = ct(t=0 t=1);
    categorical = a1-a25 b1-b25 d1-d25;

analysis:
    type = mixture;

model:
    %overall%
    c1 c2 c3 on ct;

Model ct:
    %ct#1%
    c2 on c1;
    c3 on c2;
    %ct#2%
    c2 on c1;
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

c3 on c2;

!%ct#3%

!c2 on c1;

!c3 on c2;

Model c1:

%c1#1%

[a1$1-a25$1];

%c1#2%

[a1$1-a25$1];

!%c1#3%

![a1$1-a25$1];

Model c2:

%c2#1%

[b1$1-b25$1];

%c2#2%

[b1$1-b25$1];

!%c2#3%

![b1$1-b25$1];

Model c3:

%c3#1%

[d1$1-d25$1];

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

%c3#2%

[d1$1-d25$1];

!%c3#3%

![d1$1-d25$1];

Output: tech1 tech8 tech15

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค

คำสั่งที่ใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มของตัวแปรแฝงโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม โดยใช้โปรแกรม R

```
ToTal2Grp <- read.xlsx('Dataprepare200516.xlsx', 3,header=TRUE)  # read first sheet
nkase=217
nsi=25
nt=3
ssi <- array(99, c(nkase, nsi, nt))
#t=1
#item=1
#person=1
for(t in 1:nt){
  for(item in 1:nsi){
    for(person in 1:nkase) {
      items=item
      if (t==2) items=5*t+item
      if (t==3) items=5*t+item
      ssi[person,item,t]<-res[person,items]
      person
      item
    }
  }
}
LTA.sItem <-ssi
LTA.group <- c(rep(1,102),rep(2,115))
group <- rep( 1 , nrow(dat))
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
model$lta$nstr=2
data$nstr = 2
data$is.grp = TRUE
gnr.LTA.1$data$group <-c(rep(1,115),rep(2,102))
group[ 1:150 ] <- 2
mod5 <- rasch.mirtlc( dat , Nclasses = 3 , group = group )
summary(mod5)
```

คำสั่งนำเข้าข้อมูล load data

```
ToTal2Grp <- read.xlsx('Dataprepare200516.xlsx', 3,header=TRUE)  # read first sheet
```

คำสั่งกำหนดค่าของโมเดล Model configuration

```
nkase <- 217
nstr <- 2
ns <- 2
nc <- 2
nt <- 3
nsi <- 25
data$is.grp <- TRUE
data$i group <-  c(rep(1,102),rep(2,115))
```

คำสั่งการจัดรูปแบบของข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบอาร์เรย์สามมิติ

```
ssi <- array(99, c(nkase, nsi, nt))
#t,nt=จำนวนครั้งที่วัด
#item,nsi=จำนวนข้อสอบ
#person,nkase=จำนวนผู้สอบ
for(t in 1:nt){
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
  for(item in 1:nsi){
    for(person in 1:nkase) {
      items=item
      if (t==2) items=5*t+item
      if (t==3) items=5*t+item
      ssi[person,item,t]<-res[person,items]
      person
      item
    }
  }
}
LTA.sItem <-ssi
```

คำสั่งสำหรับการตรียมข้อมูล และคำนวนค่าcovariate เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ LTA

```
source("CATLVM_Data_Gnr/Example/GNR_DATA_LTA_1_ctrl.r")
LTA.group <- gnr.LTA.1$data$group
LTA.sItem <- gnr.LTA.1$data$lta$si
##LTA.sItem <- ssi.total
LTA.covariate <- gnr.LTA.1$data$lta$cov
rm(gnr.LTA.1)
```

คำสั่งสำหรับการวิเคราะห์ LTA เพื่อหาค่าตั้งต้น

```
#####################
## RUNNING PROGRAM ##
#####################
LTA.1 <- cat.lvm(data=data, model=model, starval=starval, constraint=constraint)
"Show Group fo Data"
LTA.group
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
"Summary Model"
summary(LTA.1)

##########################
## ESTIMATED PRAMETERS ##
##########################
"ESTIMATED PRAMETERS"
LTA.1$param
################################
## INFO ABOUT EM ITERATIONS ##
################################
"INFO ABOUT EM ITERATIONS"
LTA.1$iteration

#################################
## INFO ABOUT FITTED LTA MODEL ##
#################################
"INFO ABOUT FITTED LTA MODEL"
LTA.1$model

#######################################
## INFO ABOUT PARAMETER CONSTRAINTS ##
#######################################
"INFO ABOUT PARAMETER CONSTRAINTS"
LTA.1$constraint
LTA.1$prior
sink()
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
sink("OUTPUT_RUNNING_PROGRAM_add_Delta_COV_TotalGrp.txt")

#####################################
## ADD DELTA COVARIATES TO THE LTA ##
#####################################
data$lta$cov$delta <- LTA.covariate$delta
source("CATLVM_ML/LOAD_FUNCTIONS_ML.r")

######################
## RUNNING PROGRAM ##
######################
LTA.REG.1 <- cat.lvm(data=data, model=model, starval=starval,
                     constraint=constraint)

#########################
## ESTIMATED PRAMETERS ##
#########################
"Show Group fo Data"
LTA.group

"Summary Model"
summary(LTA.REG.1)

"ESTIMATED PRAMETERS"
LTA.REG.1$param

"INFO ABOUT EM ITERATIONS"
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
LTA.REG.1$iteration

"INFO ABOUT FITTED LTA MODEL"
LTA.REG.1$model

"INFO ABOUT PARAMETER CONSTRAINTS"
LTA.REG.1$constraint
LTA.REG.1$prior
sink()



####################################
## ADD TAU COVARIATES TO THE LTA ##
####################################
data$lta$cov$tau <- LTA.covariate$tau

#########################################################
## FIX SOME TAUs AS ZERO TO AVOID BOUNDARY SOLUTION ##
#########################################################
constraint$lta$TAU <- LTA.REG.1$constraint$lta$TAU
w <- LTA.REG.1$param$lta$tau < 0.1
constraint$lta$TAU[w] <- 0
source("CATLVM_ML/LOAD_FUNCTIONS_ML.r")

sink("OUTPUT_RUNNING PROGRAM_LTA2_Total.txt")
```

คำสั่งสำหรับการวิเคราะห์ LTA เพื่อนำค่าตั้งต้นมาวิเคราะห์หาความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนกลุ่มแฝง

```
######################
## RUNNING PROGRAM ##
######################
LTA.REG.2 <- cat.lvm(data=data, model=model, starval=starval,
                     constraint=constraint)
#########################
## ESTIMATED PRAMETERS ##
#########################
LTA.REG.2$param
```

 # คำสั่งสำหรับวิเคราะห์ข้อสอบ

```
############ rasch model ############
res<- read.xlsx('Dataprepare200516.xlsx', 3,header=TRUE)  # read first sheet
rm.conGrp <- RM(conGrp, se = TRUE)
rm.expGrp <- RM(expGrp, se = TRUE)
rm.res <- RM(res, se = TRUE)
conGrp.t1<-conGrp[1:25]
conGrp.t2<-conGrp[26:50]
conGrp.t3<-conGrp[51:75]
expGrp.t1<-expGrp[1:25]
expGrp.t2<-expGrp[26:50]
expGrp.t3<-expGrp[51:75]
rm.conGrp.t1 <- RM(conGrp.t1)
rm.conGrp.t2 <- RM(conGrp.t2)
rm.conGrp.t3 <- RM(conGrp.t3)
rm.expGrp.t1 <- RM(expGrp.t1)
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
rm.expGrp.t2 <- RM(expGrp.t2)
rm.expGrp.t3 <- RM(expGrp.t3)

pres.conGrp.t1 <- person.parameter(rm.conGrp.t1)
pres.conGrp.t2 <- person.parameter(rm.conGrp.t2)
pres.conGrp.t3 <- person.parameter(rm.conGrp.t3)
pres.expGrp.t1 <- person.parameter(rm.expGrp.t1)
pres.expGrp.t2 <- person.parameter(rm.expGrp.t2)
pres.expGrp.t3 <- person.parameter(rm.expGrp.t3)
sink("paraneterEstimate.txt")
pres.conGrp.t1
pres.conGrp.t2
pres.conGrp.t3
pres.expGrp.t1
pres.expGrp.t2
pres.expGrp.t3
summary(pres.conGrp.t1)
summary(pres.conGrp.t2)
summary(pres.conGrp.t2)
summary(pres.expGrp.t1)
summary(pres.expGrp.t2)
summary(pres.expGrp.t3)
```

คำสั่งในการสร้างกราฟโค้งคุณลักษณะข้อสอบ และกราฟสารสนเทศข้อสอบ

```
plot(pres.conGrp)
plot(pres.expGrp)
plotINFO(rm.res,type="item")
info <- item_info(rm.res)
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
plotINFO(rm.res)
plotICC(rm.res, item.subset=c(1:25),
empICC=list("tukey",type="b",col="blue",lty="dotted"),mplot=TRUE)
plotICC(rm.res, item.subset=c(26:50),
empICC=list("tukey",type="b",col="blue",lty="dotted"),mplot=TRUE)
plotICC(rm.res, item.subset=c(51:75),
empICC=list("tukey",type="b",col="blue",lty="dotted"),mplot=TRUE)
plotjointICC(rm.res, item.subset = c(1:25), legpos = "left")
plotjointICC(rm.res, item.subset = c(26:50), legpos = "left")
plotjointICC(rm.res, item.subset = c(51:75), legpos = "left")
dev.off()
```

 # คำสั่งสร้างกราฟHistogramsและ Density Line

```
th.con<-
cbind(pres.conGrp.t1$theta.table[,1],pres.conGrp.t2$theta.table[,1],pres.conGrp.t3$the
ta.table[,1])
m.th.con <- matrix(th.con, nrow = NROW(th.con), ncol = NCOL(th.con), byrow = TRUE,
            dimnames = list(c(1:NROW(th.con)),
                            c("ControlGrp:T.1", "ControlGrp:T.2", "ControlGrp:T.3")))

th.exp<-
cbind(pres.expGrp.t1$theta.table[,1],pres.expGrp.t2$theta.table[,1],pres.expGrp.t3$thet
a.table[,1])
m.th.exp <- matrix(th.exp, nrow = NROW(th.exp), ncol = NCOL(th.exp), byrow = TRUE,
                dimnames = list(c(1:NROW(th.exp)),
                                c("ExperiGrp:T.1", "ExperiGrp:T.2", "ExperiGrp:T.3")))
# Histograms and density lines
par(mfrow=c(2, 3))
```

```
colnames <- dimnames(m.th.con)[[2]]
for (i in 1:3) {
  hist(m.th.con[,i], xlim=c(-5, 6), breaks=seq(-6, 6, 0.5), main=colnames[i],
probability=TRUE, col="gray", border="white")
  d <- density(m.th.con[,i])
  lines(d, col="red")
}
colnames <- dimnames(m.th.exp)[[2]]
for (i in 1:3) {
  hist(m.th.exp[,i], xlim=c(-5, 6), breaks=seq(-6, 6, 0.5), main=colnames[i],
probability=TRUE, col="gray", border="white")
  d <- density(m.th.exp[,i])
  lines(d, col="red")
}
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มของตัวแปรแฝงโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม โดยใช้โปรแกรม MPLUS

```
Mplus VERSION 6.12
MUTHEN & MUTHEN
23/03/2016   9:53 PM

INPUT INSTRUCTIONS

  title: LCA

  data:
     file = datapreparetreatment.dat;

  variable:
     names = key t a1-a25 b1-b25 d1-d25;
     usevariable = t a1-a25 b1-b25 d1-d25;

     classes = ct(2) c1(2) c2(2) c3(2);
     knownclass = ct(t=0 t=1);
     categorical = a1-a25 b1-b25 d1-d25;

  analysis:
     type = mixture;

  model:
     %overall%
```

c1 c2 c3 on ct;

Model ct:

%ct#1%

c2 on c1;

c3 on c2;

%ct#2%

c2 on c1;

c3 on c2;

!%ct#3%

!c2 on c1;

!c3 on c2;

Model c1:

%c1#1%

[a1$1-a25$1];

%c1#2%

[a1$1-a25$1];

!%c1#3%

![a1$1-a25$1];

Model c2:

%c2#1%

[b1$1-b25$1];

%c2#2%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

[b1$1-b25$1];

!%c2#3%

![b1$1-b25$1];

Model c3:

%c3#1%

[d1$1-d25$1];

%c3#2%

[d1$1-d25$1];

!%c3#3%

![d1$1-d25$1];

Output: tech1 tech8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

*** WARNING in VARIABLE command

Variable T, used in KNOWNCLASS specification.

LCA

SUMMARY OF ANALYSIS

Number of groups 1

Number of observations 217

Number of dependent variables 75
Number of independent variables 0
Number of continuous latent variables 0
Number of categorical latent variables 4

Observed dependent variables

Binary and ordered categorical (ordinal)

A1 A2 A3 A4 A5 A6
A7 A8 A9 A10 A11 A12
A13 A14 A15 A16 A17 A18
A19 A20 A21 A22 A23 A24
A25 B1 B2 B3 B4 B5
B6 B7 B8 B9 B10 B11
B12 B13 B14 B15 B16 B17
B18 B19 B20 B21 B22 B23
B24 B25 D1 D2 D3 D4
D5 D6 D7 D8 D9 D10
D11 D12 D13 D14 D15 D16
D17 D18 D19 D20 D21 D22
D23 D24 D25

Categorical latent variables

CT C1 C2 C3

Knownclass CT

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Estimator	MLR
Information matrix	OBSERVED
Optimization Specifications for the Quasi-Newton Algorithm for Continuous Outcomes	
Maximum number of iterations	100
Convergence criterion	0.100D-05
Optimization Specifications for the EM Algorithm	
Maximum number of iterations	500
Convergence criteria	
Loglikelihood change	0.100D-06
Relative loglikelihood change	0.100D-06
Derivative	0.100D-05
Optimization Specifications for the M step of the EM Algorithm for Categorical Latent variables	
Number of M step iterations	1
M step convergence criterion	0.100D-05
Basis for M step termination	ITERATION
Optimization Specifications for the M step of the EM Algorithm for Censored, Binary or Ordered Categorical (Ordinal), Unordered Categorical (Nominal) and Count Outcomes	
Number of M step iterations	1
M step convergence criterion	0.100D-05
Basis for M step termination	ITERATION
Maximum value for logit thresholds	15
Minimum value for logit thresholds	-15
Minimum expected cell size for chi-square	0.100D-01

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Optimization algorithm EMA

Random Starts Specifications

Number of initial stage random starts 10

Number of final stage optimizations 2

Number of initial stage iterations 10

Initial stage convergence criterion 0.100D+01

Random starts scale 0.500D+01

Random seed for generating random starts 0

Parameterization LOGIT

Link LOGIT

Input data file(s)

datapreparetreatment.dat

Input data format FREE

UNIVARIATE PROPORTIONS AND COUNTS FOR CATEGORICAL VARIABLES

A1

Category 1 0.286 62.000

Category 2 0.714 155.000

A2

Category 1 0.212 46.000

Category 2 0.788 171.000

A3

Category 1 0.429 93.000

Category 2 0.571 124.000

A4

Category 1 0.512 111.000

Category 2 0.488 106.000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A5

Category 1	0.152	33.000
Category 2	0.848	184.000

A6

Category 1	0.912	198.000
Category 2	0.088	19.000

A7

Category 1	0.641	139.000
Category 2	0.359	78.000

A8

Category 1	0.553	120.000
Category 2	0.447	97.000

A9

Category 1	0.092	20.000
Category 2	0.908	197.000

A10

Category 1	0.175	38.000
Category 2	0.825	179.000

A11

Category 1	0.516	112.000
Category 2	0.484	105.000

A12

Category 1	0.180	39.000
Category 2	0.820	178.000

A13

Category 1	0.221	48.000
Category 2	0.779	169.000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A14		
Category 1	0.622	135.000
Category 2	0.378	82.000
A15		
Category 1	0.475	103.000
Category 2	0.525	114.000
A16		
Category 1	0.447	97.000
Category 2	0.553	120.000
A17		
Category 1	0.092	20.000
Category 2	0.908	197.000
A18		
Category 1	0.396	86.000
Category 2	0.604	131.000
A19		
Category 1	0.147	32.000
Category 2	0.853	185.000
A20		
Category 1	0.378	82.000
Category 2	0.622	135.000
A21		
Category 1	0.152	33.000
Category 2	0.848	184.000
A22		
Category 1	0.175	38.000
Category 2	0.825	179.000
A23		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Category 1	0.493	107.000
Category 2	0.507	110.000
A24		
Category 1	0.258	56.000
Category 2	0.742	161.000
A25		
Category 1	0.613	133.000
Category 2	0.387	84.000
B1		
Category 1	0.267	58.000
Category 2	0.733	159.000
B2		
Category 1	0.184	40.000
Category 2	0.816	177.000
B3		
Category 1	0.304	66.000
Category 2	0.696	151.000
B4		
Category 1	0.387	84.000
Category 2	0.613	133.000
B5		
Category 1	0.267	58.000
Category 2	0.733	159.000
B6		
Category 1	0.567	123.000
Category 2	0.433	94.000
B7		
Category 1	0.313	68.000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Category 2	0.687	149.000
B8		
Category 1	0.378	82.000
Category 2	0.622	135.000
B9		
Category 1	0.429	93.000
Category 2	0.571	124.000
B10		
Category 1	0.373	81.000
Category 2	0.627	136.000
B11		
Category 1	0.493	107.000
Category 2	0.507	110.000
B12		
Category 1	0.516	112.000
Category 2	0.484	105.000
B13		
Category 1	0.401	87.000
Category 2	0.599	130.000
B14		
Category 1	0.442	96.000
Category 2	0.558	121.000
B15		
Category 1	0.313	68.000
Category 2	0.687	149.000
B16		
Category 1	0.263	57.000
Category 2	0.737	160.000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

B17		
Category 1	0.226	49.000
Category 2	0.774	168.000
B18		
Category 1	0.456	99.000
Category 2	0.544	118.000
B19		
Category 1	0.332	72.000
Category 2	0.668	145.000
B20		
Category 1	0.355	77.000
Category 2	0.645	140.000
B21		
Category 1	0.581	126.000
Category 2	0.419	91.000
B22		
Category 1	0.387	84.000
Category 2	0.613	133.000
B23		
Category 1	0.710	154.000
Category 2	0.290	63.000
B24		
Category 1	0.553	120.000
Category 2	0.447	97.000
B25		
Category 1	0.424	92.000
Category 2	0.576	125.000
D1		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Category 1	0.276	60.000
Category 2	0.724	157.000
D2		
Category 1	0.207	45.000
Category 2	0.793	172.000
D3		
Category 1	0.479	104.000
Category 2	0.521	113.000
D4		
Category 1	0.336	73.000
Category 2	0.664	144.000
D5		
Category 1	0.332	72.000
Category 2	0.668	145.000
D6		
Category 1	0.461	100.000
Category 2	0.539	117.000
D7		
Category 1	0.548	119.000
Category 2	0.452	98.000
D8		
Category 1	0.535	116.000
Category 2	0.465	101.000
D9		
Category 1	0.355	77.000
Category 2	0.645	140.000
D10		
Category 1	0.507	110.000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Category 2	0.493	107.000
D11		
Category 1	0.590	128.000
Category 2	0.410	89.000
D12		
Category 1	0.641	139.000
Category 2	0.359	78.000
D13		
Category 1	0.272	59.000
Category 2	0.728	158.000
D14		
Category 1	0.456	99.000
Category 2	0.544	118.000
D15		
Category 1	0.235	51.000
Category 2	0.765	166.000
D16		
Category 1	0.631	137.000
Category 2	0.369	80.000
D17		
Category 1	0.143	31.000
Category 2	0.857	186.000
D18		
Category 1	0.622	135.000
Category 2	0.378	82.000
D19		
Category 1	0.484	105.000
Category 2	0.516	112.000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

D20		
Category 1	0.493	107.000
Category 2	0.507	110.000
D21		
Category 1	0.488	106.000
Category 2	0.512	111.000
D22		
Category 1	0.558	121.000
Category 2	0.442	96.000
D23		
Category 1	0.677	147.000
Category 2	0.323	70.000
D24		
Category 1	0.673	146.000
Category 2	0.327	71.000
D25		
Category 1	0.498	108.000
Category 2	0.502	109.000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

RANDOM STARTS RESULTS RANKED FROM THE BEST TO THE WORST LOGLIKELIHOOD VALUES

Final stage loglikelihood values at local maxima, seeds, and initial stage start numbers:

-8955.999	unperturbed	0
-8955.999	415931	10

THE MODEL ESTIMATION TERMINATED NORMALLY

THE CHI-SQUARE TEST CANNOT BE COMPUTED BECAUSE THE FREQUENCY TABLE FOR THE

LATENT CLASS INDICATOR MODEL PART IS TOO LARGE.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

MODEL FIT INFORMATION

Number of Free Parameters 161

Loglikelihood

H0 Value -8955.999

H0 Scaling Correction Factor 1.061
for MLR

Information Criteria

Akaike (AIC) 18233.999

Bayesian (BIC) 18778.162

Sample-Size Adjusted BIC 18267.973
(n* = (n + 2) / 24)

MODEL RESULTS USE THE LATENT CLASS VARIABLE ORDER

CT C1 C2 C3

Latent Class Variable Patterns

CT Class	C1 Class	C2 Class	C3 Class
1	1	1	1
1	1	1	2
1	1	2	1
1	1	2	2
1	2	1	1
1	2	1	2
1	2	2	1
1	2	2	2
2	1	1	1
2	1	1	2
2	1	2	1
2	1	2	2
2	2	1	1
2	2	1	2
2	2	2	1
2	2	2	2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

FINAL CLASS COUNTS AND PROPORTIONS FOR THE LATENT CLASS PATTERNS BASED ON THE ESTIMATED MODEL

Latent Class Pattern		
1 1 1 1	34.30622	0.15809
1 1 1 2	28.96089	0.13346
1 1 2 1	0.46139	0.00213
1 1 2 2	3.79232	0.01748
1 2 1 1	16.29437	0.07509
1 2 1 2	13.75551	0.06339
1 2 2 1	1.89052	0.00871
1 2 2 2	15.53878	0.07161
2 1 1 1	7.43563	0.03427
2 1 1 2	16.55201	0.07628
2 1 2 1	5.87699	0.02708
2 1 2 2	27.64424	0.12739
2 2 1 1	1.40261	0.00646
2 2 1 2	3.12227	0.01439
2 2 2 1	7.00694	0.03229
2 2 2 2	32.95930	0.15189

FINAL CLASS COUNTS AND PROPORTIONS FOR EACH LATENT CLASS VARIABLE BASED ON THE ESTIMATED MODEL

Latent Class

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Variable	Class		
CT	1	115.00000	0.52995
	2	102.00000	0.47005
C1	1	125.02969	0.57617
	2	91.97031	0.42383
C2	1	121.82951	0.56143
	2	95.17049	0.43857
C3	1	74.67467	0.34412
	2	142.32533	0.65588

LATENT TRANSITION PROBABILITIES BASED ON THE ESTIMATED MODEL

CT Classes (Rows) by C1 Classes (Columns)

	1	2
1	0.587	0.413
2	0.564	0.436

Class Rows by Class Columns CT1

	1	2
1	0.176	0.824
2	0.579	0.421

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	1	2
1	0.376	0.624
2	0.090	0.910

Class Rows by Class Columns CT2

	1	2
1	1.000	0.000
2	0.600	0.400

	1	2
1	1.000	0.000
2	0.550	0.450

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Class Rows by Class Columns

FINAL CLASS COUNTS AND PROPORTIONS FOR THE LATENT CLASSES

BASED ON ESTIMATED POSTERIOR PROBABILITIES

Latent Class

Pattern

1 1 1 1	41.26486	0.35645
1 1 1 2	11.00230	0.09677
1 1 2 1	0.34712	0.00160
1 1 2 2	3.90654	0.03443
1 2 1 1	10.33576	0.08708
1 2 1 2	10.71417	0.09677
1 2 2 1	2.00478	0.01710
1 2 2 2	36.42447	0.31333
2 1 1 1	3.78153	0.04147
2 1 1 2	5.20614	0.05100
2 1 2 1	17.78257	0.17110
2 1 2 2	2.73865	0.03202
2 2 1 1	29.05671	0.28111
2 2 1 2	13.46819	0.12901
2 2 2 1	12.10137	0.21712
2 2 2 2	7.86485	0.07804

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

FINAL CLASS COUNTS AND PROPORTIONS FOR EACH LATENT CLASS VARIABLE BASED ON ESTIMATED POSTERIOR PROBABILITIES

Latent Class Variable	Class		
CT	1	115.00000	0.52995
	2	102.00000	0.47005
C1	1	112.02970	0.51617
	2	104.97030	0.48383

C2	1	124.82967	0.57143
	2	93.17034	0.42857
C3	1	130.67470	0.59912
	2	87.32530	0.40188

CLASSIFICATION QUALITY

Entropy	0.935

CLASSIFICATION OF INDIVIDUALS BASED ON THEIR MOST LIKELY LATENT CLASS PATTERN

Class Counts and Proportions

Latent Class Pattern		
1 1 1 1	41	0.35645
1 1 1 2	11	0.09677
1 1 2 1	0	0.00000
1 1 2 2	4	0.03443
1 2 1 1	10	0.08708
1 2 1 2	11	0.09677
1 2 2 1	2	0.01710
1 2 2 2	36	0.31333
2 1 1 1	4	0.04147

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2 1 1 2	5	0.05100
2 1 2 1	18	0.17110
2 1 2 2	3	0.03202
2 2 1 1	29	0.28111
2 2 1 2	13	0.12901
2 2 2 1	22	0.21712
2 2 2 2	8	0.07804

Beginning Time: 21:53:20

Ending Time: 21:53:23

Elapsed Time: 00:00:03

MUTHEN & MUTHEN

3463 Stoner Ave.

Los Angeles, CA 90066

Tel: (310) 391-9971

Fax: (310) 391-8971

Web: www.StatModel.com

Support: Support@StatModel.com

Copyright (c) 1998-2011 Muthen & Muthen

หมายเหตุ : ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มของตัวแปรแฝงโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสมข้างต้นผู้วิจัยคัดเลือกมานำเสนอเฉพาะบางส่วนเท่านั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนกลุ่มของตัวแปรแฝงโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบผสม โดยใช้โปรแกรม R

Trying to find the best set of starting values...

SET: 1 ... -9262.643

SET: 2 ... -9266.61

SET: 3 ... -9366.54

SET: 4 ... -9313.795

SET: 5 ... -9262.642

SET: 6 ... -9262.64

SET: 7 ... -9262.673

SET: 8 ... -9262.652

SET: 9 ... -9262.645

SET: 10 ... -9284.505

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Done. SET 6 selected.

Starting main iteration...

1 ... -9262.64 8.02973e-06

2 ... -9262.64 5.55005e-06

3 ... -9262.64 4.057242e-06

4 ... -9262.64 3.080876e-06

5 ... -9262.64 2.347595e-06

6 ... -9262.64 1.793964e-06

7 ... -9262.64 1.37413e-06

8 ... -9262.64 1.054595e-06

```
     9 ...  -9262.64      8.106598e-07
   OK, converged at 9
[1] "Show Group fo Data"
  [1] 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1
 [50] 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1
 [99] 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
2 2 2 2 2 2 2
[148] 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
2 2 2 2 2 2 2
[197] 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
[1] "Summary Model"
           Length Class  Mode
model       3      -none- list
iteration  7      -none- list
param       1      -none- list
constraint 1      -none- list
prior       1      -none- list
[1] "ESTIMATED PRAMETERS"
$lta
$lta$big.rho

, , Stage.1, Group.1

                [,1]      [,2]
sItem.1  0.4419979 0.5580021
sItem.2  0.4796339 0.5203661
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

sItem.3 0.4449634 0.5550366

sItem.4 0.5059900 0.4940610

sItem.5 0.3996261 0.6003739

sItem.6 0.60883406 0.3911659

sItem.7 0.6996208 0.3003792

sItem.8 0.6865342 0.3134658

sItem.9 0.6447951 0.3552049

sItem.10 0.6355573 0.3644427

<NA> 0.0577773 0.9422227

<NA> 0.0956800 0.9043200

<NA> 0.19830954 0.8016905

<NA> 0.38016927 0.6198307

<NA> 0.35567849 0.6443215

<NA> 0.31097222 0.6890278

<NA> 0.04054561 0.9594544

<NA> 0.25236773 0.7476323

<NA> 0.07275117 0.9272488

<NA> 0.24015131 0.7598487

<NA> 0.17859895 0.8214011

<NA> 0.16724538 0.8327546

<NA> 0.32505552 0.6749445

<NA> 0.21838446 0.7816155

<NA> 0.38762098 0.6123790

, , Stage.2, Group.1

[,1] [,2]

sItem.1 0.5579742 0.4420258

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

sItem.2 0.5277551 0.4722449

sItem.3 0.5747141 0.4252859

sItem.4 0.5798593 0.4201407

sItem.5 0.4497040 0.5502960

sItem.6 0.8889494 0.1110506

sItem.7 0.8478582 0.1521418

sItem.8 0.7995763 0.2004237

sItem.9 0.7845235 0.2154765

sItem.10 0.7668127 0.2331873

<NA> 0.2068312 0.7931688

<NA> 0.2598001 0.7401999

<NA> 0.3797719 0.6202281

<NA> 0.2058703 0.7941297

<NA> 0.2658855 0.7341145

<NA> 0.4707677 0.5292323

<NA> 0.5679712 0.4320288

<NA> 0.3527673 0.6472327

<NA> 0.2537513 0.7462487

<NA> 0.2766589 0.7233411

<NA> 0.5199754 0.4800246

<NA> 0.8809555 0.1190445

<NA> 0.5027845 0.4972155

<NA> 0.4369210 0.5630790

<NA> 0.3878868 0.6121132

, , Stage.1, Group.2

[,1] [,2]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

sItem.1 0.4499561 0.5500439

sItem.2 0.3995923 0.6004077

sItem.3 0.5089448 0.4910552

sItem.4 0.4997061 0.5002939

sItem.5 0.4877995 0.5122005

sItem.6 0.6538496 0.3461504

sItem.7 0.6948623 0.3051377

sItem.8 0.6997410 0.3002590

sItem.9 0.6497197 0.3502803

sItem.10 0.6058601 0.3941399

<NA> 0.14125104 0.8587490

<NA> 0.04259780 0.9574022

<NA> 0.14295032 0.8570497

<NA> 0.0498635 0.9501365

<NA> 0.0609231 0.9390769

<NA> 0.3075205 0.6924795

<NA> 0.4555725 0.5444275

<NA> 0.09563321 0.9043668

<NA> 0.13765797 0.8623420

<NA> 0.10771097 0.8922890

<NA> 0.4819979 0.5180021

<NA> 0.6947982 0.3052018

<NA> 0.4449282 0.5550718

<NA> 0.3338853 0.6661147

<NA> 0.3948627 0.6051373

, , Stage.2, Group.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	[,1]	[,2]
sItem.1	0.5556468	0.4443532
sItem.2	0.4480329	0.5519671
sItem.3	0.5991707	0.4008293
sItem.4	0.5349088	0.4650912
sItem.5	0.5181585	0.4818415
sItem.6	0.7993426	0.2006574
sItem.7	0.8796290	0.1203710
sItem.8	0.8745896	0.1254104
sItem.9	0.7968599	0.2031401
sItem.10	0.7667359	0.2332641
<NA>	0.2128807	0.7871193
<NA>	0.2979790	0.7020210
<NA>	0.5197172	0.4802828
<NA>	0.3305176	0.6694824
<NA>	0.1738186	0.8261814
<NA>	0.3708377	0.6291623
<NA>	0.5199030	0.4800970
<NA>	0.2127034	0.7872966
<NA>	0.2648354	0.7351646
<NA>	0.2810448	0.7189552
<NA>	0.5598650	0.4401350
<NA>	0.8856215	0.1143785
<NA>	0.5983575	0.4016425
<NA>	0.4778441	0.5221559
<NA>	0.5067894	0.4932106

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Status prevalence for each latent class and subgroup

ltadelta

, , , Group.1

	Stage.1	Stage.2
Time.1	0.8299354	0.1700646
Time.2	0.3588047	0.7053496
Time.3	0.2946504	0.6411953

, , , Group.2

	Stage.1	Stage.2
Time.1	0.5806565	0.4193435
Time.2	0.6481466	0.3518534
Time.3	0.6976360	0.3023640

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Transitional probability of status membership

ltatau

, , Time.2, , Group.1

	Stage.1	Stage.2
Stage.1	0.9097939	0.0902061
Stage.2	0.6238514	0.3761486

, , Time.3, , Group.1

	Stage.1	Stage.2
Stage.1	1.0000000	8.542437e-33
Stage.2	0.2788002	7.211998e-01

, , Time.2, , Group.2

	Stage.1	Stage.2
Stage.1	0.3998776	0.6001224
Stage.2	2.830845e-43	1.0000000

, , Time.3, , Group.2

	Stage.1	Stage.2
Stage.1	0.449987	0.550013
Stage.2	1.170749e-20	1.0000000

ltabeta

Logistic regression coefficients to predict status membership at the initial time

ltabeta$delta

, , , Group.1

	Stage.1	Stage.2
Int.	0	-1.4138847
cov.delta.1	0	-0.1753616

, , , Group.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
              Stage.1     Stage.2
Int.                0 -0.4584915
cov.delta.1         0   0.1691479



[1] "INFO ABOUT EM ITERATIONS"
$maxits
[1] 2500

$eps
[1] 1e-06

$niter
[1] 9

$maxdiff
[1] 8.106598e-07

$converged
[1] TRUE

$llvec
[1] -9262.64

$lta
$lta$singular
$lta$singular$delta
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

[1] FALSE

ltamax.score

ltamax.score$delta

[1] 2.08047e-05

[1] "INFO ABOUT FITTED LTA MODEL"

$lta

$lta$is.lta

[1] TRUE

ltans

[1] 2

ltanc

[1] 1

ltanrs

[1] 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2

ltanstr

[1] 2

ltankase

[1] 217

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
$lta$nsi
[1] 25

$lta$nt
[1] 3

$lta$ncov
$lta$ncov$delta
[1] 1

$lta$ncov$tau
[1] 0

$lta$baseline
$lta$baseline$delta
[1] 1
$lca
$lca$is.lca
[1] FALSE

$lca$nc
[1] 1

$lcpa
$lcpa$is.lcpa
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

[1] FALSE

[1] "INFO ABOUT PARAMETER CONSTRAINTS"

$lta

ltaEQUAL

ltaEQUAL$BIG.RHO

ltaEQUAL$BIG.RHO$TIME

[1] TRUE

ltaEQUAL$BIG.RHO$GROUP

[1] FALSE

ltaEQUAL$BIG.RHO$CLASS

[1] FALSE

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ltaBIG.RHO

, , Stage.1, Time.1, , Group.1

	[,1]	[,2]
sItem.1	1	1
sItem.2	1	1
sItem.3	1	1
sItem.4	1	1
sItem.5	1	1
sItem.6	1	1
sItem.7	1	1

sItem.8	1	1
sItem.9	1	1
sItem.10	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

, , Stage.2, Time.1, , Group.1

	[,1]	[,2]
sItem.1	1	1
sItem.2	1	1
sItem.3	1	1
sItem.4	1	1
sItem.5	1	1
sItem.6	1	1

sItem.7 1 1

sItem.8 1 1

sItem.9 1 1

sItem.10 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

, , Stage.1, Time.2, , Group.1

[,1] [,2]

sItem.1 1 1

sItem.2 1 1

sItem.3 1 1

sItem.4 1 1

sItem.5 1 1

sItem.6 1 1

sItem.7 1 1

sItem.8 1 1

sItem.9 1 1

sItem.10 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

, , Stage.2, Time.2, , Group.1

[,1] [,2]

sItem.1 1 1

sItem.2 1 1

sItem.3 1 1

sItem.4 1 1

sItem.5	1	1
sItem.6	1	1
sItem.7	1	1
sItem.8	1	1
sItem.9	1	1
sItem.10	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1

, , Stage.1, Time.3, , Group.1

	[,1]	[,2]
sItem.1	1	1
sItem.2	1	1
sItem.3	1	1

sItem.4 1 1

sItem.5 1 1

sItem.6 1 1

sItem.7 1 1

sItem.8 1 1

sItem.9 1 1

sItem.10 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

, , Stage.2, Time.3, , Group.1

[,1] [,2]

sItem.1 1 1

sItem.2 1 1

sItem.3 1 1

sItem.4 1 1

sItem.5 1 1

sItem.6 1 1

sItem.7 1 1

sItem.8 1 1

sItem.9 1 1

sItem.10 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

, , Stage.1, Time.1, , Group.2

[,1] [,2]

sItem.1 1 1

sItem.2 1 1

sItem.3 1 1

sItem.4 1 1

sItem.5 1 1

sItem.6 1 1

sItem.7 1 1

sItem.8 1 1

sItem.9 1 1

sItem.10 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

, , Stage.2, Time.1, , Group.2

[,1] [,2]

sItem.1 1 1

sItem.2 1 1

sItem.3 1 1

sItem.4 1 1

sItem.5 1 1

sItem.6 1 1

sItem.7 1 1

sItem.8 1 1

sItem.9 1 1

sItem.10 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

<NA> 1 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

, , Stage.1, Time.2, , Group.2

```
          [,1] [,2]
sItem.1      1    1
sItem.2      1    1
sItem.3      1    1
sItem.4      1    1
sItem.5      1    1
sItem.6      1    1
sItem.7      1    1
sItem.8      1    1
sItem.9      1    1
sItem.10     1    1
<NA>         1    1
<NA>         1    1
<NA>         1    1
<NA>         1    1
<NA>         1    1
<NA>         1    1
<NA>         1    1
<NA>         1    1
<NA>         1    1
<NA>         1    1
<NA>         1    1
<NA>         1    1
<NA>         1    1
<NA>         1    1
<NA>         1    1
<NA>         1    1
```


, , Stage.2, Time.2, , Group.2

	[,1]	[,2]
sItem.1	1	1
sItem.2	1	1
sItem.3	1	1
sItem.4	1	1
sItem.5	1	1
sItem.6	1	1
sItem.7	1	1
sItem.8	1	1
sItem.9	1	1
sItem.10	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1

, , Stage.1, Time.3, , Group.2

	[,1]	[,2]
sItem.1	1	1
sItem.2	1	1
sItem.3	1	1
sItem.4	1	1
sItem.5	1	1
sItem.6	1	1
sItem.7	1	1
sItem.8	1	1
sItem.9	1	1
sItem.10	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

, , Stage.2, Time.3, , Group.2

	[,1]	[,2]
sItem.1	1	1
sItem.2	1	1
sItem.3	1	1
sItem.4	1	1
sItem.5	1	1
sItem.6	1	1
sItem.7	1	1
sItem.8	1	1
sItem.9	1	1
sItem.10	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1
<NA>	1	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<NA> 1 1

ltaDELTA

, , Group.1

Stage.1 1

Stage.2 1

, , Group.2

Stage.1 1

Stage.2 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ltaTAU

, , Time.2, , Group.1

	Stage.1	Stage.2
Stage.1	1	1
Stage.2	1	1

, , Time.3, , Group.1

	Stage.1	Stage.2
Stage.1	1	1

Stage.2 1 1

, , Time.2, , Group.2

Stage.1 Stage.2

Stage.1 1 1

Stage.2 1 1

, , Time.3, , Group.2

Stage.1 Stage.2

Stage.1 1 1

Stage.2 1 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$lta

ltacov

ltacov$beta

ltacov$beta$delta

, , 1, 1

[,1] [,2]

[1,] 0.11576257 -0.05847916

[2,] -0.05847916 0.06345877

, , 1, 2

```
             [,1]        [,2]
[1,]  0.06059189 -0.02481913
[2,] -0.02481913  0.03086805
```

Person Parameters:pres.conGrp.t1

Raw Score	Estimate	Std.Error
6	-1.54152333	0.5204837
7	-1.28141046	0.5005835
8	-1.03824156	0.4864034
9	-0.80677587	0.4764083
10	-0.58323964	0.4696619
11	-0.36474175	0.4655943
12	-0.14892640	0.4638973
13	0.06634981	0.4644584
14	0.28322686	0.4673401
15	0.50397994	0.4727946
16	0.73127275	0.4812748
17	0.96849375	0.4935275
18	1.22016365	0.5107136
19	1.49271729	0.5346903
20	1.79597857	0.5685693
21	2.14614871	0.6179428
22	2.57302289	0.6940117

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

23	3.14033332	0.8236659
24	4.03450587	1.1076677

Person Parameters:pres.conGrp.t2

Raw Score	Estimate	Std.Error
4	-1.82556952	0.5606336
5	-1.53683699	0.5166116
6	-1.28620783	0.4862191
8	-0.85253351	0.4488655
9	-0.65630656	0.4377172
10	-0.46825738	0.4301420
11	-0.28537508	0.4255697
12	-0.10524307	0.4236716
13	0.07432821	0.4242953
14	0.25552195	0.4274393
15	0.44052190	0.4332524
16	0.63181405	0.4420546
17	0.83244366	0.4544091
18	1.04626956	0.4712291
19	1.27866827	0.4940244
20	1.53765742	0.5253955
21	1.83631385	0.5701973
22	2.19877902	0.6387315
23	2.67879345	0.7580515
24	3.44661493	1.0369287

Person Parameters:pres.conGrp.t3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Raw Score	Estimate	Std.Error
5	-1.60020591	0.5348303
6	-1.33113153	0.5041344
7	-1.08863657	0.4817654
8	-0.86482540	0.4651477
9	-0.65443211	0.4528055
10	-0.45366355	0.4438534
11	-0.25954394	0.4377580
12	-0.06962248	0.4342246
13	0.11826916	0.4331283
14	0.30628010	0.4344878
15	0.49661275	0.4384745
16	0.69168608	0.4454264
17	0.89449247	0.4559239
18	1.10887361	0.4709071
19	1.34009197	0.4919162
20	1.59606117	0.5215997
21	1.88973334	0.5648951
22	2.24510300	0.6322491
23	2.71565104	0.7509686
24	3.47145390	1.0304560

Person Parameters:pres.expGrp.t1

Raw Score	Estimate	Std.Error
5	-1.76047785	0.5401776
6	-1.48462802	0.5118157

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7	-1.23330878	0.4918632
8	-0.99867442	0.4776666
9	-0.77553992	0.4676776
10	-0.56017522	0.4609487
11	-0.34972980	0.4569100
12	-0.14189331	0.4552453
13	0.06543913	0.4558337
14	0.27436854	0.4587345
15	0.48711115	0.4641830
16	0.70625366	0.4726295
17	0.93509167	0.4848009
18	1.17801958	0.5018484
19	1.44129239	0.5256072
20	1.73446050	0.5591432
21	2.07325641	0.6079489
22	2.48660562	0.6830423
23	3.03643285	0.8111869
24	3.90618233	1.0946083

Person Parameters:pres.expGrp.t2

Raw Score	Estimate	Std.Error
2	-2.63861234	0.7501271
3	-2.16960244	0.6305877
4	-1.81669833	0.5622922
5	-1.52632671	0.5179780
6	-1.27449362	0.4872294
7	-1.04826258	0.4651320

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

8	-0.83968984	0.4490491
9	-0.64348602	0.4374519
10	-0.45586799	0.4294178
11	-0.27381084	0.4243806
12	-0.09487659	0.4220207
13	0.08310606	0.4221915
14	0.26232900	0.4248992
15	0.44497426	0.4303032
16	0.63352693	0.4387376
17	0.83105847	0.4507808
18	1.04142603	0.4673684
19	1.27004151	0.4900359
20	1.52498718	0.5214192
21	1.81940375	0.5664122
22	2.17755960	0.6353619
23	2.65333977	0.7553546
24	3.41733789	1.0352155
25	4.25117216	NA

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Person Parameters:pres.expGrp.t3

Raw Score	Estimate	Std.Error
3	-2.20986195	0.6396097
4	-1.84616256	0.5712344
5	-1.54627279	0.5265239
6	-1.28607922	0.4951953
7	-1.05252274	0.4724118
8	-0.83758061	0.4555843

```
 9 -0.63589441 0.4432141
10 -0.44359850 0.4343971
11 -0.25760689 0.4285765
12 -0.07543401 0.4254339
13  0.10510092 0.4248244
14  0.28622817 0.4267527
15  0.47015057 0.4313710
16  0.65927331 0.4390052
17  0.85665350 0.4502231
18  1.06613895 0.4659567
19  1.29298568 0.4877317
20  1.54513584 0.5181893
21  1.83554859 0.5622521
22  2.18820241 0.6303422
23  2.65666260 0.7497618
24  3.41095456 1.0298686
25  4.23455007         NA
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
summary(pres.conGrp.t1)
Estimation of Ability Parameters
Collapsed log-likelihood: -207.7955
Number of iterations: 12
Number of parameters: 19

ML estimated ability parameters (without spline interpolated values):
              Estimate Std. Err.         2.5 %       97.5 %
theta P1     0.06634981 0.4644584 -0.843972001   0.97667162
theta P2    -1.03824156 0.4864034 -1.991574783 -0.08490833
```

theta P3	0.28322686	0.4673401	-0.632742936	1.19919666
theta P4	1.22016365	0.5107136	0.219183455	2.22114384
theta P5	1.22016365	0.5107136	0.219183455	2.22114384
theta P6	0.73127275	0.4812748	-0.212008603	1.67455409
theta P7	0.50397994	0.4727946	-0.422680512	1.43064040
theta P8	1.49271729	0.5346903	0.444743648	2.54069094
theta P9	-1.54152333	0.5204837	-2.561652571	-0.52139408
theta P10	-0.58323964	0.4696619	-1.503759987	0.33728071
theta P11	0.06634981	0.4644584	-0.843972001	0.97667162
theta P12	1.49271729	0.5346903	0.444743648	2.54069094
theta P13	4.03450587	1.1076677	1.863516999	6.20549475
theta P14	1.22016365	0.5107136	0.219183455	2.22114384
theta P15	1.22016365	0.5107136	0.219183455	2.22114384
theta P16	1.22016365	0.5107136	0.219183455	2.22114384
theta P17	0.28322686	0.4673401	-0.632742936	1.19919666
theta P18	1.49271729	0.5346903	0.444743648	2.54069094
theta P19	2.14614871	0.6179428	0.935003138	3.35729428
theta P20	0.96849375	0.4935275	0.001197713	1.93578979
theta P21	-0.14892640	0.4638973	-1.058148448	0.76029565
theta P22	0.96849375	0.4935275	0.001197713	1.93578979
theta P23	-0.14892640	0.4638973	-1.058148448	0.76029565
theta P24	-0.14892640	0.4638973	-1.058148448	0.76029565
theta P25	2.14614871	0.6179428	0.935003138	3.35729428
theta P26	-0.14892640	0.4638973	-1.058148448	0.76029565
theta P27	2.57302289	0.6940117	1.212784975	3.93326081
theta P28	1.49271729	0.5346903	0.444743648	2.54069094
theta P29	0.06634981	0.4644584	-0.843972001	0.97667162
theta P30	0.06634981	0.4644584	-0.843972001	0.97667162

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

theta P31	3.14033332	0.8236659	1.525977787	4.75468886
theta P32	0.50397994	0.4727946	-0.422680512	1.43064040
theta P33	1.22016365	0.5107136	0.219183455	2.22114384
theta P34	-0.36474175	0.4655943	-1.277289730	0.54780622
theta P35	0.73127275	0.4812748	-0.212008603	1.67455409
theta P36	0.96849375	0.4935275	0.001197713	1.93578979
theta P37	-0.36474175	0.4655943	-1.277289730	0.54780622
theta P38	0.50397994	0.4727946	-0.422680512	1.43064040
theta P39	1.49271729	0.5346903	0.444743648	2.54069094
theta P40	2.14614871	0.6179428	0.935003138	3.35729428
theta P41	0.73127275	0.4812748	-0.212008603	1.67455409
theta P42	0.73127275	0.4812748	-0.212008603	1.67455409
theta P43	1.49271729	0.5346903	0.444743648	2.54069094
theta P44	1.22016365	0.5107136	0.219183455	2.22114384
theta P45	-0.36474175	0.4655943	-1.277289730	0.54780622
theta P46	1.79597857	0.5685693	0.681603238	2.91035391
theta P47	-1.03824156	0.4864034	-1.991574783	-0.08490833
theta P48	2.14614871	0.6179428	0.935003138	3.35729428
theta P49	0.50397994	0.4727946	-0.422680512	1.43064040
theta P50	0.50397994	0.4727946	-0.422680512	1.43064040
theta P51	-1.03824156	0.4864034	-1.991574783	-0.08490833
theta P52	2.57302289	0.6940117	1.212784975	3.93326081
theta P53	1.49271729	0.5346903	0.444743648	2.54069094
theta P54	0.06634981	0.4644584	-0.843972001	0.97667162
theta P55	2.14614871	0.6179428	0.935003138	3.35729428
theta P56	-0.14892640	0.4638973	-1.058148448	0.76029565
theta P57	-0.14892640	0.4638973	-1.058148448	0.76029565
theta P58	1.22016365	0.5107136	0.219183455	2.22114384

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

theta P59	2.57302289	0.6940117	1.212784975	3.93326081
theta P60	4.03450587	1.1076677	1.863516999	6.20549475
theta P61	0.28322686	0.4673401	-0.632742936	1.19919666
theta P62	0.73127275	0.4812748	-0.212008603	1.67455409
theta P63	2.14614871	0.6179428	0.935003138	3.35729428
theta P64	0.50397994	0.4727946	-0.422680512	1.43064040
theta P65	0.96849375	0.4935275	0.001197713	1.93578979
theta P66	0.73127275	0.4812748	-0.212008603	1.67455409
theta P67	1.79597857	0.5685693	0.681603238	2.91035391
theta P68	0.06634981	0.4644584	-0.843972001	0.97667162
theta P69	-0.14892640	0.4638973	-1.058148448	0.76029565
theta P70	-0.80677587	0.4764083	-1.740519061	0.12696731
theta P71	-0.14892640	0.4638973	-1.058148448	0.76029565
theta P72	0.06634981	0.4644584	-0.843972001	0.97667162
theta P73	1.22016365	0.5107136	0.219183455	2.22114384
theta P74	0.28322686	0.4673401	-0.632742936	1.19919666
theta P75	0.50397994	0.4727946	-0.422680512	1.43064040
theta P76	1.22016365	0.5107136	0.219183455	2.22114384
theta P77	0.73127275	0.4812748	-0.212008603	1.67455409
theta P78	1.49271729	0.5346903	0.444743648	2.54069094
theta P79	1.49271729	0.5346903	0.444743648	2.54069094
theta P80	1.79597857	0.5685693	0.681603238	2.91035391
theta P81	0.96849375	0.4935275	0.001197713	1.93578979
theta P82	1.49271729	0.5346903	0.444743648	2.54069094
theta P83	0.73127275	0.4812748	-0.212008603	1.67455409
theta P84	1.79597857	0.5685693	0.681603238	2.91035391
theta P85	-0.80677587	0.4764083	-1.740519061	0.12696731
theta P86	-0.36474175	0.4655943	-1.277289730	0.54780622

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

theta P87	1.49271729	0.5346903	0.444743648	2.54069094
theta P88	1.22016365	0.5107136	0.219183455	2.22114384
theta P89	0.50397994	0.4727946	-0.422680512	1.43064040
theta P90	0.73127275	0.4812748	-0.212008603	1.67455409
theta P91	0.96849375	0.4935275	0.001197713	1.93578979
theta P92	1.22016365	0.5107136	0.219183455	2.22114384
theta P93	0.96849375	0.4935275	0.001197713	1.93578979
theta P94	0.50397994	0.4727946	-0.422680512	1.43064040
theta P95	-0.80677587	0.4764083	-1.740519061	0.12696731
theta P96	1.49271729	0.5346903	0.444743648	2.54069094
theta P97	0.50397994	0.4727946	-0.422680512	1.43064040
theta P98	2.14614871	0.6179428	0.935003138	3.35729428
theta P99	0.73127275	0.4812748	-0.212008603	1.67455409
theta P100	-0.80677587	0.4764083	-1.740519061	0.12696731
theta P101	0.96849375	0.4935275	0.001197713	1.93578979
theta P102	2.57302289	0.6940117	1.212784975	3.93326081
theta P103	1.79597857	0.5685693	0.681603238	2.91035391
theta P104	3.14033332	0.8236659	1.525977787	4.75468886
theta P105	-0.36474175	0.4655943	-1.277289730	0.54780622
theta P106	0.96849375	0.4935275	0.001197713	1.93578979
theta P107	-0.80677587	0.4764083	-1.740519061	0.12696731
theta P108	1.79597857	0.5685693	0.681603238	2.91035391
theta P109	0.96849375	0.4935275	0.001197713	1.93578979
theta P110	0.96849375	0.4935275	0.001197713	1.93578979
theta P111	-1.28141046	0.5005835	-2.262536026	-0.30028490
theta P112	1.49271729	0.5346903	0.444743648	2.54069094
theta P113	-0.58323964	0.4696619	-1.503759987	0.33728071
theta P114	3.14033332	0.8236659	1.525977787	4.75468886

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

theta P115 1.49271729 0.5346903 0.444743648 2.54069094

summary(pres.conGrp.t2)

Estimation of Ability Parameters

Collapsed log-likelihood: -240.7618

Number of iterations: 12

Number of parameters: 20

ML estimated ability parameters (without spline interpolated values):

	Estimate	Std. Err.	2.5 %	97.5 %
theta P1	-0.85253351	0.4488655	-1.73229372	0.02722669
theta P2	-1.53683699	0.5166116	-2.54937712	-0.52429686
theta P3	0.44052190	0.4332524	-0.40863721	1.28968102
theta P4	1.83631385	0.5701973	0.71874777	2.95387994
theta P5	-1.28620783	0.4862191	-2.23917972	-0.33323595
theta P6	1.04626956	0.4712291	0.12267752	1.96986161
theta P7	-1.82556952	0.5606336	-2.92439125	-0.72674779
theta P8	0.25552195	0.4274393	-0.58224378	1.09328767
theta P9	-1.82556952	0.5606336	-2.92439125	-0.72674779
theta P10	0.83244366	0.4544091	-0.05818174	1.72306907
theta P11	-0.46825738	0.4301420	-1.31132029	0.37480553
theta P12	1.04626956	0.4712291	0.12267752	1.96986161
theta P13	3.44661493	1.0369287	1.41427205	5.47895782
theta P14	0.63181405	0.4420546	-0.23459707	1.49822517
theta P15	1.53765742	0.5253955	0.50790115	2.56741370
theta P16	2.19877902	0.6387315	0.94688823	3.45066980
theta P17	0.63181405	0.4420546	-0.23459707	1.49822517
theta P18	0.83244366	0.4544091	-0.05818174	1.72306907

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

theta P19	1.04626956	0.4712291	0.12267752	1.96986161
theta P20	1.04626956	0.4712291	0.12267752	1.96986161
theta P21	-0.28537508	0.4255697	-1.11947635	0.54872619
theta P22	0.63181405	0.4420546	-0.23459707	1.49822517
theta P23	-0.85253351	0.4488655	-1.73229372	0.02722669
theta P24	-0.85253351	0.4488655	-1.73229372	0.02722669
theta P25	2.67879345	0.7580515	1.19303974	4.16454717
theta P26	1.27866827	0.4940244	0.31039825	2.24693829
theta P27	2.19877902	0.6387315	0.94688823	3.45066980
theta P28	1.04626956	0.4712291	0.12267752	1.96986161
theta P29	-0.85253351	0.4488655	-1.73229372	0.02722669
theta P30	-1.28620783	0.4862191	-2.23917972	-0.33323595
theta P31	1.83631385	0.5701973	0.71874777	2.95387994
theta P32	0.63181405	0.4420546	-0.23459707	1.49822517
theta P33	0.83244366	0.4544091	-0.05818174	1.72306907
theta P34	-0.85253351	0.4488655	-1.73229372	0.02722669
theta P35	-0.28537508	0.4255697	-1.11947635	0.54872619
theta P36	-0.85253351	0.4488655	-1.73229372	0.02722669
theta P37	1.53765742	0.5253955	0.50790115	2.56741370
theta P38	-0.46825738	0.4301420	-1.31132029	0.37480553
theta P39	0.25552195	0.4274393	-0.58224378	1.09328767
theta P40	0.83244366	0.4544091	-0.05818174	1.72306907
theta P41	2.19877902	0.6387315	0.94688823	3.45066980
theta P42	0.44052190	0.4332524	-0.40863721	1.28968102
theta P43	-0.65630656	0.4377172	-1.51421654	0.20160341
theta P44	3.44661493	1.0369287	1.41427205	5.47895782
theta P45	1.83631385	0.5701973	0.71874777	2.95387994
theta P46	-1.53683699	0.5166116	-2.54937712	-0.52429686

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

theta P47	3.44661493	1.0369287	1.41427205	5.47895782
theta P48	-0.65630656	0.4377172	-1.51421654	0.20160341
theta P49	1.04626956	0.4712291	0.12267752	1.96986161
theta P50	0.63181405	0.4420546	-0.23459707	1.49822517
theta P51	-0.85253351	0.4488655	-1.73229372	0.02722669
theta P52	-1.53683699	0.5166116	-2.54937712	-0.52429686
theta P53	2.19877902	0.6387315	0.94688823	3.45066980
theta P54	2.67879345	0.7580515	1.19303974	4.16454717
theta P55	0.07432821	0.4242953	-0.75727521	0.90593163
theta P56	2.67879345	0.7580515	1.19303974	4.16454717
theta P57	0.83244366	0.4544091	-0.05818174	1.72306907
theta P58	-0.28537508	0.4255697	-1.11947635	0.54872619
theta P59	0.44052190	0.4332524	-0.40863721	1.28968102
theta P60	1.04626956	0.4712291	0.12267752	1.96986161
theta P61	3.44661493	1.0369287	1.41427205	5.47895782
theta P62	1.04626956	0.4712291	0.12267752	1.96986161
theta P63	1.04626956	0.4712291	0.12267752	1.96986161
theta P64	-0.28537508	0.4255697	-1.11947635	0.54872619
theta P65	3.44661493	1.0369287	1.41427205	5.47895782
theta P66	0.63181405	0.4420546	-0.23459707	1.49822517
theta P67	2.67879345	0.7580515	1.19303974	4.16454717
theta P68	3.44661493	1.0369287	1.41427205	5.47895782
theta P69	1.04626956	0.4712291	0.12267752	1.96986161
theta P70	0.25552195	0.4274393	-0.58224378	1.09328767
theta P71	1.27866827	0.4940244	0.31039825	2.24693829
theta P72	-1.82556952	0.5606336	-2.92439125	-0.72674779
theta P73	-1.53683699	0.5166116	-2.54937712	-0.52429686
theta P74	0.44052190	0.4332524	-0.40863721	1.28968102

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

theta P75	0.07432821	0.4242953	-0.75727521	0.90593163
theta P76	0.25552195	0.4274393	-0.58224378	1.09328767
theta P77	0.83244366	0.4544091	-0.05818174	1.72306907
theta P78	3.44661493	1.0369287	1.41427205	5.47895782
theta P79	-0.65630656	0.4377172	-1.51421654	0.20160341
theta P80	-0.65630656	0.4377172	-1.51421654	0.20160341
theta P81	3.44661493	1.0369287	1.41427205	5.47895782
theta P82	0.63181405	0.4420546	-0.23459707	1.49822517
theta P83	3.44661493	1.0369287	1.41427205	5.47895782
theta P84	-0.10524307	0.4236716	-0.93562416	0.72513803
theta P85	0.83244366	0.4544091	-0.05818174	1.72306907
theta P86	-0.10524307	0.4236716	-0.93562416	0.72513803
theta P87	1.04626956	0.4712291	0.12267752	1.96986161
theta P88	3.44661493	1.0369287	1.41427205	5.47895782
theta P89	0.83244366	0.4544091	-0.05818174	1.72306907
theta P90	-0.10524307	0.4236716	-0.93562416	0.72513803
theta P91	0.44052190	0.4332524	-0.40863721	1.28968102
theta P92	-0.10524307	0.4236716	-0.93562416	0.72513803
theta P93	0.83244366	0.4544091	-0.05818174	1.72306907
theta P94	0.07432821	0.4242953	-0.75727521	0.90593163
theta P95	-0.46825738	0.4301420	-1.31132029	0.37480553
theta P96	-0.65630656	0.4377172	-1.51421654	0.20160341
theta P97	3.44661493	1.0369287	1.41427205	5.47895782
theta P98	0.07432821	0.4242953	-0.75727521	0.90593163
theta P99	-0.65630656	0.4377172	-1.51421654	0.20160341
theta P100	0.44052190	0.4332524	-0.40863721	1.28968102
theta P101	-0.85253351	0.4488655	-1.73229372	0.02722669
theta P102	0.83244366	0.4544091	-0.05818174	1.72306907

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

theta P103 3.44661493 1.0369287 1.41427205 5.47895782

theta P104 1.53765742 0.5253955 0.50790115 2.56741370

theta P105 2.19877902 0.6387315 0.94688823 3.45066980

theta P106 -1.53683699 0.5166116 -2.54937712 -0.52429686

theta P107 2.19877902 0.6387315 0.94688823 3.45066980

theta P108 -1.28620783 0.4862191 -2.23917972 -0.33323595

theta P109 1.04626956 0.4712291 0.12267752 1.96986161

theta P110 -0.10524307 0.4236716 -0.93562416 0.72513803

theta P111 0.83244366 0.4544091 -0.05818174 1.72306907

theta P112 -0.65630656 0.4377172 -1.51421654 0.20160341

theta P113 1.53765742 0.5253955 0.50790115 2.56741370

theta P114 -0.85253351 0.4488655 -1.73229372 0.02722669

theta P115 1.83631385 0.5701973 0.71874777 2.95387994

summary(pres.conGrp.t3)

Estimation of Ability Parameters

Collapsed log-likelihood: -240.7618

Number of iterations: 12

Number of parameters: 20

ML estimated ability parameters (without spline interpolated values):

Estimate Std. Err. 2.5 % 97.5 %

theta P1 -0.85253351 0.4488655 -1.73229372 0.02722669

theta P2 -1.53683699 0.5166116 -2.54937712 -0.52429686

theta P3 0.44052190 0.4332524 -0.40863721 1.28968102

theta P4 1.83631385 0.5701973 0.71874777 2.95387994

theta P5 -1.28620783 0.4862191 -2.23917972 -0.33323595

theta P6 1.04626956 0.4712291 0.12267752 1.96986161

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

theta P7	-1.82556952	0.5606336	-2.92439125	-0.72674779
theta P8	0.25552195	0.4274393	-0.58224378	1.09328767
theta P9	-1.82556952	0.5606336	-2.92439125	-0.72674779
theta P10	0.83244366	0.4544091	-0.05818174	1.72306907
theta P11	-0.46825738	0.4301420	-1.31132029	0.37480553
theta P12	1.04626956	0.4712291	0.12267752	1.96986161
theta P13	3.44661493	1.0369287	1.41427205	5.47895782
theta P14	0.63181405	0.4420546	-0.23459707	1.49822517
theta P15	1.53765742	0.5253955	0.50790115	2.56741370
theta P16	2.19877902	0.6387315	0.94688823	3.45066980
theta P17	0.63181405	0.4420546	-0.23459707	1.49822517
theta P18	0.83244366	0.4544091	-0.05818174	1.72306907
theta P19	1.04626956	0.4712291	0.12267752	1.96986161
theta P20	1.04626956	0.4712291	0.12267752	1.96986161
theta P21	-0.28537508	0.4255697	-1.11947635	0.54872619
theta P22	0.63181405	0.4420546	-0.23459707	1.49822517
theta P23	-0.85253351	0.4488655	-1.73229372	0.02722669
theta P24	-0.85253351	0.4488655	-1.73229372	0.02722669
theta P25	2.67879345	0.7580515	1.19303974	4.16454717
theta P26	1.27866827	0.4940244	0.31039825	2.24693829
theta P27	2.19877902	0.6387315	0.94688823	3.45066980
theta P28	1.04626956	0.4712291	0.12267752	1.96986161
theta P29	-0.85253351	0.4488655	-1.73229372	0.02722669
theta P30	-1.28620783	0.4862191	-2.23917972	-0.33323595
theta P31	1.83631385	0.5701973	0.71874777	2.95387994
theta P32	0.63181405	0.4420546	-0.23459707	1.49822517
theta P33	0.83244366	0.4544091	-0.05818174	1.72306907
theta P34	-0.85253351	0.4488655	-1.73229372	0.02722669

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

theta P35	-0.28537508	0.4255697	-1.11947635	0.54872619
theta P36	-0.85253351	0.4488655	-1.73229372	0.02722669
theta P37	1.53765742	0.5253955	0.50790115	2.56741370
theta P38	-0.46825738	0.4301420	-1.31132029	0.37480553
theta P39	0.25552195	0.4274393	-0.58224378	1.09328767
theta P40	0.83244366	0.4544091	-0.05818174	1.72306907
theta P41	2.19877902	0.6387315	0.94688823	3.45066980
theta P42	0.44052190	0.4332524	-0.40863721	1.28968102
theta P43	-0.65630656	0.4377172	-1.51421654	0.20160341
theta P44	3.44661493	1.0369287	1.41427205	5.47895782
theta P45	1.83631385	0.5701973	0.71874777	2.95387994
theta P46	-1.53683699	0.5166116	-2.54937712	-0.52429686
theta P47	3.44661493	1.0369287	1.41427205	5.47895782
theta P48	-0.65630656	0.4377172	-1.51421654	0.20160341
theta P49	1.04626956	0.4712291	0.12267752	1.96986161
theta P50	0.63181405	0.4420546	-0.23459707	1.49822517
theta P51	-0.85253351	0.4488655	-1.73229372	0.02722669
theta P52	-1.53683699	0.5166116	-2.54937712	-0.52429686
theta P53	2.19877902	0.6387315	0.94688823	3.45066980
theta P54	2.67879345	0.7580515	1.19303974	4.16454717
theta P55	0.07432821	0.4242953	-0.75727521	0.90593163
theta P56	2.67879345	0.7580515	1.19303974	4.16454717
theta P57	0.83244366	0.4544091	-0.05818174	1.72306907
theta P58	-0.28537508	0.4255697	-1.11947635	0.54872619
theta P59	0.44052190	0.4332524	-0.40863721	1.28968102
theta P60	1.04626956	0.4712291	0.12267752	1.96986161
theta P61	3.44661493	1.0369287	1.41427205	5.47895782
theta P62	1.04626956	0.4712291	0.12267752	1.96986161

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

theta P63	1.04626956	0.4712291	0.12267752	1.96986161
theta P64	-0.28537508	0.4255697	-1.11947635	0.54872619
theta P65	3.44661493	1.0369287	1.41427205	5.47895782
theta P66	0.63181405	0.4420546	-0.23459707	1.49822517
theta P67	2.67879345	0.7580515	1.19303974	4.16454717
theta P68	3.44661493	1.0369287	1.41427205	5.47895782
theta P69	1.04626956	0.4712291	0.12267752	1.96986161
theta P70	0.25552195	0.4274393	-0.58224378	1.09328767
theta P71	1.27866827	0.4940244	0.31039825	2.24693829
theta P72	-1.82556952	0.5606336	-2.92439125	-0.72674779
theta P73	-1.53683699	0.5166116	-2.54937712	-0.52429686
theta P74	0.44052190	0.4332524	-0.40863721	1.28968102
theta P75	0.07432821	0.4242953	-0.75727521	0.90593163
theta P76	0.25552195	0.4274393	-0.58224378	1.09328767
theta P77	0.83244366	0.4544091	-0.05818174	1.72306907
theta P78	3.44661493	1.0369287	1.41427205	5.47895782
theta P79	-0.65630656	0.4377172	-1.51421654	0.20160341
theta P80	-0.65630656	0.4377172	-1.51421654	0.20160341
theta P81	3.44661493	1.0369287	1.41427205	5.47895782
theta P82	0.63181405	0.4420546	-0.23459707	1.49822517
theta P83	3.44661493	1.0369287	1.41427205	5.47895782
theta P84	-0.10524307	0.4236716	-0.93562416	0.72513803
theta P85	0.83244366	0.4544091	-0.05818174	1.72306907
theta P86	-0.10524307	0.4236716	-0.93562416	0.72513803
theta P87	1.04626956	0.4712291	0.12267752	1.96986161
theta P88	3.44661493	1.0369287	1.41427205	5.47895782
theta P89	0.83244366	0.4544091	-0.05818174	1.72306907
theta P90	-0.10524307	0.4236716	-0.93562416	0.72513803

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

theta P91 0.44052190 0.4332524 -0.40863721 1.28968102

theta P92 -0.10524307 0.4236716 -0.93562416 0.72513803

theta P93 0.83244366 0.4544091 -0.05818174 1.72306907

theta P94 0.07432821 0.4242953 -0.75727521 0.90593163

theta P95 -0.46825738 0.4301420 -1.31132029 0.37480553

theta P96 -0.65630656 0.4377172 -1.51421654 0.20160341

theta P97 3.44661493 1.0369287 1.41427205 5.47895782

theta P98 0.07432821 0.4242953 -0.75727521 0.90593163

theta P99 -0.65630656 0.4377172 -1.51421654 0.20160341

theta P100 0.44052190 0.4332524 -0.40863721 1.28968102

theta P101 -0.85253351 0.4488655 -1.73229372 0.02722669

theta P102 0.83244366 0.4544091 -0.05818174 1.72306907

theta P103 3.44661493 1.0369287 1.41427205 5.47895782

theta P104 1.53765742 0.5253955 0.50790115 2.56741370

theta P105 2.19877902 0.6387315 0.94688823 3.45066980

theta P106 -1.53683699 0.5166116 -2.54937712 -0.52429686

theta P107 2.19877902 0.6387315 0.94688823 3.45066980

theta P108 -1.28620783 0.4862191 -2.23917972 -0.33323595

theta P109 1.04626956 0.4712291 0.12267752 1.96986161

theta P110 -0.10524307 0.4236716 -0.93562416 0.72513803

theta P111 0.83244366 0.4544091 -0.05818174 1.72306907

theta P112 -0.65630656 0.4377172 -1.51421654 0.20160341

theta P113 1.53765742 0.5253955 0.50790115 2.56741370

theta P114 -0.85253351 0.4488655 -1.73229372 0.02722669

theta P115 1.83631385 0.5701973 0.71874777 2.95387994

summary(pres.expGrp.t1)

Estimation of Ability Parameters

Collapsed log-likelihood: -237.0206

Number of iterations: 12

Number of parameters: 20

ML estimated ability parameters (without spline interpolated values):

	Estimate	Std. Err.	2.5 %	97.5 %
theta P1	-0.99867442	0.4776666	-1.93488366	-0.06246519
theta P2	-0.34972980	0.4569100	-1.24525686	0.54579726
theta P3	1.44129239	0.5256072	0.41112124	2.47146354
theta P4	3.90618233	1.0946083	1.76078945	6.05157522
theta P5	-1.23330878	0.4918632	-2.19734290	-0.26927465
theta P6	0.06543913	0.4558337	-0.82797847	0.95885672
theta P7	-1.48462802	0.5118157	-2.48776839	-0.48148766
theta P8	-0.14189331	0.4552453	-1.03415766	0.75037104
theta P9	0.93509167	0.4848009	-0.01510064	1.88528399
theta P10	-0.14189331	0.4552453	-1.03415766	0.75037104
theta P11	-0.34972980	0.4569100	-1.24525686	0.54579726
theta P12	-0.99867442	0.4776666	-1.93488366	-0.06246519
theta P13	2.48660562	0.6830423	1.14786726	3.82534397
theta P14	2.07325641	0.6079489	0.88169837	3.26481446
theta P15	-0.99867442	0.4776666	-1.93488366	-0.06246519
theta P16	0.48711115	0.4641830	-0.42267087	1.39689317
theta P17	2.07325641	0.6079489	0.88169837	3.26481446
theta P18	-0.14189331	0.4552453	-1.03415766	0.75037104
theta P19	0.48711115	0.4641830	-0.42267087	1.39689317
theta P20	1.17801958	0.5018484	0.19441477	2.16162440
theta P21	-0.14189331	0.4552453	-1.03415766	0.75037104
theta P22	-1.23330878	0.4918632	-2.19734290	-0.26927465

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

theta P23	1.17801958	0.5018484	0.19441477	2.16162440
theta P24	1.17801958	0.5018484	0.19441477	2.16162440
theta P25	1.73446050	0.5591432	0.63856000	2.83036100
theta P26	0.06543913	0.4558337	-0.82797847	0.95885672
theta P27	-0.14189331	0.4552453	-1.03415766	0.75037104
theta P28	-0.99867442	0.4776666	-1.93488366	-0.06246519
theta P29	-0.56017522	0.4609487	-1.46361809	0.34326765
theta P30	-0.99867442	0.4776666	-1.93488366	-0.06246519
theta P31	1.17801958	0.5018484	0.19441477	2.16162440
theta P32	0.06543913	0.4558337	-0.82797847	0.95885672
theta P33	1.17801958	0.5018484	0.19441477	2.16162440
theta P34	0.06543913	0.4558337	-0.82797847	0.95885672
theta P35	1.73446050	0.5591432	0.63856000	2.83036100
theta P36	3.03643285	0.8111869	1.44653571	4.62632999
theta P37	1.17801958	0.5018484	0.19441477	2.16162440
theta P38	1.73446050	0.5591432	0.63856000	2.83036100
theta P39	-0.77553992	0.4676776	-1.69217114	0.14109129
theta P40	0.06543913	0.4558337	-0.82797847	0.95885672
theta P41	-1.23330878	0.4918632	-2.19734290	-0.26927465
theta P42	1.44129239	0.5256072	0.41112124	2.47146354
theta P43	-0.14189331	0.4552453	-1.03415766	0.75037104
theta P44	0.06543913	0.4558337	-0.82797847	0.95885672
theta P45	-0.77553992	0.4676776	-1.69217114	0.14109129
theta P46	1.44129239	0.5256072	0.41112124	2.47146354
theta P47	0.70625366	0.4726295	-0.22008317	1.63259048
theta P48	1.44129239	0.5256072	0.41112124	2.47146354
theta P49	2.07325641	0.6079489	0.88169837	3.26481446
theta P50	2.48660562	0.6830423	1.14786726	3.82534397

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

theta P51	0.93509167	0.4848009	-0.01510064	1.88528399
theta P52	0.06543913	0.4558337	-0.82797847	0.95885672
theta P53	-0.34972980	0.4569100	-1.24525686	0.54579726
theta P54	2.07325641	0.6079489	0.88169837	3.26481446
theta P55	0.93509167	0.4848009	-0.01510064	1.88528399
theta P56	-1.76047785	0.5401776	-2.81920642	-0.70174928
theta P57	2.48660562	0.6830423	1.14786726	3.82534397
theta P58	3.03643285	0.8111869	1.44653571	4.62632999
theta P59	-0.34972980	0.4569100	-1.24525686	0.54579726
theta P60	1.73446050	0.5591432	0.63856000	2.83036100
theta P61	0.93509167	0.4848009	-0.01510064	1.88528399
theta P62	2.48660562	0.6830423	1.14786726	3.82534397
theta P63	0.27436854	0.4587345	-0.62473464	1.17347172
theta P64	-0.14189331	0.4552453	-1.03415766	0.75037104
theta P65	2.07325641	0.6079489	0.88169837	3.26481446
theta P66	1.44129239	0.5256072	0.41112124	2.47146354
theta P67	3.03643285	0.8111869	1.44653571	4.62632999
theta P68	3.03643285	0.8111869	1.44653571	4.62632999
theta P69	1.44129239	0.5256072	0.41112124	2.47146354
theta P70	2.07325641	0.6079489	0.88169837	3.26481446
theta P71	-0.77553992	0.4676776	-1.69217114	0.14109129
theta P72	1.44129239	0.5256072	0.41112124	2.47146354
theta P73	1.44129239	0.5256072	0.41112124	2.47146354
theta P74	2.07325641	0.6079489	0.88169837	3.26481446
theta P75	-1.23330878	0.4918632	-2.19734290	-0.26927465
theta P76	-1.48462802	0.5118157	-2.48776839	-0.48148766
theta P77	1.17801958	0.5018484	0.19441477	2.16162440
theta P78	-0.99867442	0.4776666	-1.93488366	-0.06246519

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

theta P79	1.44129239	0.5256072	0.41112124	2.47146354
theta P80	-0.99867442	0.4776666	-1.93488366	-0.06246519
theta P81	1.44129239	0.5256072	0.41112124	2.47146354
theta P82	1.17801958	0.5018484	0.19441477	2.16162440
theta P83	2.48660562	0.6830423	1.14786726	3.82534397
theta P84	-0.34972980	0.4569100	-1.24525686	0.54579726
theta P85	3.90618233	1.0946083	1.76078945	6.05157522
theta P86	0.93509167	0.4848009	-0.01510064	1.88528399
theta P87	2.48660562	0.6830423	1.14786726	3.82534397
theta P88	0.06543913	0.4558337	-0.82797847	0.95885672
theta P89	1.73446050	0.5591432	0.63856000	2.83036100
theta P90	1.17801958	0.5018484	0.19441477	2.16162440
theta P91	2.07325641	0.6079489	0.88169837	3.26481446
theta P92	1.44129239	0.5256072	0.41112124	2.47146354
theta P93	-0.14189331	0.4552453	-1.03415766	0.75037104
theta P94	2.07325641	0.6079489	0.88169837	3.26481446
theta P95	0.48711115	0.4641830	-0.42267087	1.39689317
theta P96	0.48711115	0.4641830	-0.42267087	1.39689317
theta P97	1.44129239	0.5256072	0.41112124	2.47146354
theta P98	0.06543913	0.4558337	-0.82797847	0.95885672
theta P99	0.93509167	0.4848009	-0.01510064	1.88528399
theta P100	0.48711115	0.4641830	-0.42267087	1.39689317
theta P101	0.48711115	0.4641830	-0.42267087	1.39689317
theta P102	0.27436854	0.4587345	-0.62473464	1.17347172

summary(pres.expGrp.t2)

Estimation of Ability Parameters

Collapsed log-likelihood: -288.9295

Number of iterations: 12

Number of parameters: 23

ML estimated ability parameters (without spline interpolated values):

	Estimate	Std. Err.	2.5 %	97.5 %
theta P1	-1.81669833	0.5622922	-2.91877077	-0.71462589
theta P2	1.04142603	0.4673684	0.12540076	1.95745130
theta P3	-1.04826258	0.4651320	-1.95990446	-0.13662071
theta P4	3.41733789	1.0352155	1.38835279	5.44632299
theta P5	-1.27449362	0.4872294	-2.22944575	-0.31954149
theta P6	-1.27449362	0.4872294	-2.22944575	-0.31954149
theta P7	-0.64348602	0.4374519	-1.50087603	0.21390400
theta P8	0.26232900	0.4248992	-0.57045814	1.09511614
theta P9	-0.27381084	0.4243806	-1.10558153	0.55795986
theta P10	-0.09487659	0.4220207	-0.92202195	0.73226877
theta P11	0.63352693	0.4387376	-0.22638298	1.49343684
theta P12	1.04142603	0.4673684	0.12540076	1.95745130
theta P13	-0.27381084	0.4243806	-1.10558153	0.55795986
theta P14	3.41733789	1.0352155	1.38835279	5.44632299
theta P15	1.27004151	0.4900359	0.30958884	2.23049418
theta P16	-2.63861234	0.7501271	-4.10883444	-1.16839024
theta P17	-0.27381084	0.4243806	-1.10558153	0.55795986
theta P18	2.65333977	0.7553546	1.17287199	4.13380754
theta P19	0.44497426	0.4303032	-0.39840448	1.28835301
theta P20	2.65333977	0.7553546	1.17287199	4.13380754
theta P21	3.41733789	1.0352155	1.38835279	5.44632299
theta P22	0.63352693	0.4387376	-0.22638298	1.49343684
theta P23	0.26232900	0.4248992	-0.57045814	1.09511614

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

theta P24	1.52498718	0.5214192	0.50302438	2.54694997
theta P25	2.65333977	0.7553546	1.17287199	4.13380754
theta P26	-1.04826258	0.4651320	-1.95990446	-0.13662071
theta P27	0.44497426	0.4303032	-0.39840448	1.28835301
theta P28	-0.83968984	0.4490491	-1.71980996	0.04043029
theta P29	-1.04826258	0.4651320	-1.95990446	-0.13662071
theta P30	-1.27449362	0.4872294	-2.22944575	-0.31954149
theta P31	1.27004151	0.4900359	0.30958884	2.23049418
theta P32	-1.27449362	0.4872294	-2.22944575	-0.31954149
theta P33	0.44497426	0.4303032	-0.39840448	1.28835301
theta P34	-0.64348602	0.4374519	-1.50087603	0.21390400
theta P35	-0.64348602	0.4374519	-1.50087603	0.21390400
theta P36	1.04142603	0.4673684	0.12540076	1.95745130
theta P37	1.81940375	0.5664122	0.70925621	2.92955130
theta P38	2.17755960	0.6353619	0.93227312	3.42284608
theta P39	-1.04826258	0.4651320	-1.95990446	-0.13662071
theta P40	-0.64348602	0.4374519	-1.50087603	0.21390400
theta P41	-0.27381084	0.4243806	-1.10558153	0.55795986
theta P42	0.08310606	0.4221915	-0.74437404	0.91058617
theta P43	0.08310606	0.4221915	-0.74437404	0.91058617
theta P44	-1.27449362	0.4872294	-2.22944575	-0.31954149
theta P45	-1.27449362	0.4872294	-2.22944575	-0.31954149
theta P46	2.17755960	0.6353619	0.93227312	3.42284608
theta P47	-0.27381084	0.4243806	-1.10558153	0.55795986
theta P48	0.83105847	0.4507808	-0.05245567	1.71457260
theta P49	0.83105847	0.4507808	-0.05245567	1.71457260
theta P50	1.81940375	0.5664122	0.70925621	2.92955130
theta P51	1.81940375	0.5664122	0.70925621	2.92955130

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

theta P52	0.08310606	0.4221915	-0.74437404	0.91058617
theta P53	-1.52632671	0.5179780	-2.54154487	-0.51110855
theta P54	3.41733789	1.0352155	1.38835279	5.44632299
theta P55	0.26232900	0.4248992	-0.57045814	1.09511614
theta P56	-2.16960244	0.6305877	-3.40553156	-0.93367332
theta P58	3.41733789	1.0352155	1.38835279	5.44632299
theta P59	0.26232900	0.4248992	-0.57045814	1.09511614
theta P60	0.63352693	0.4387376	-0.22638298	1.49343684
theta P61	2.17755960	0.6353619	0.93227312	3.42284608
theta P62	3.41733789	1.0352155	1.38835279	5.44632299
theta P63	0.26232900	0.4248992	-0.57045814	1.09511614
theta P64	-1.27449362	0.4872294	-2.22944575	-0.31954149
theta P65	3.41733789	1.0352155	1.38835279	5.44632299
theta P66	0.63352693	0.4387376	-0.22638298	1.49343684
theta P67	3.41733789	1.0352155	1.38835279	5.44632299
theta P68	2.65333977	0.7553546	1.17287199	4.13380754
theta P69	0.44497426	0.4303032	-0.39840448	1.28835301
theta P70	3.41733789	1.0352155	1.38835279	5.44632299
theta P71	-0.27381084	0.4243806	-1.10558153	0.55795986
theta P72	3.41733789	1.0352155	1.38835279	5.44632299
theta P73	0.44497426	0.4303032	-0.39840448	1.28835301
theta P74	-0.45586799	0.4294178	-1.29751138	0.38577541
theta P75	-0.64348602	0.4374519	-1.50087603	0.21390400
theta P76	-0.64348602	0.4374519	-1.50087603	0.21390400
theta P77	0.63352693	0.4387376	-0.22638298	1.49343684
theta P78	-1.27449362	0.4872294	-2.22944575	-0.31954149
theta P79	0.44497426	0.4303032	-0.39840448	1.28835301
theta P80	-0.64348602	0.4374519	-1.50087603	0.21390400

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

theta P81	1.27004151	0.4900359	0.30958884	2.23049418
theta P82	-0.64348602	0.4374519	-1.50087603	0.21390400
theta P83	3.41733789	1.0352155	1.38835279	5.44632299
theta P84	0.83105847	0.4507808	-0.05245567	1.71457260
theta P86	1.04142603	0.4673684	0.12540076	1.95745130
theta P87	2.17755960	0.6353619	0.93227312	3.42284608
theta P88	-0.83968984	0.4490491	-1.71980996	0.04043029
theta P89	2.17755960	0.6353619	0.93227312	3.42284608
theta P90	0.63352693	0.4387376	-0.22638298	1.49343684
theta P91	3.41733789	1.0352155	1.38835279	5.44632299
theta P92	1.27004151	0.4900359	0.30958884	2.23049418
theta P93	-0.64348602	0.4374519	-1.50087603	0.21390400
theta P94	0.44497426	0.4303032	-0.39840448	1.28835301
theta P95	0.08310606	0.4221915	-0.74437404	0.91058617
theta P96	-0.09487659	0.4220207	-0.92202195	0.73226877
theta P97	3.41733789	1.0352155	1.38835279	5.44632299
theta P98	0.44497426	0.4303032	-0.39840448	1.28835301
theta P99	0.44497426	0.4303032	-0.39840448	1.28835301
theta P100	0.26232900	0.4248992	-0.57045814	1.09511614
theta P101	-0.45586799	0.4294178	-1.29751138	0.38577541
theta P102	-0.27381084	0.4243806	-1.10558153	0.55795986

summary(pres.expGrp.t3)

Estimation of Ability Parameters

Collapsed log-likelihood: -273.7715

Number of iterations: 12

Number of parameters: 22

ML estimated ability parameters (without spline interpolated values):

	Estimate	Std. Err.	2.5 %	97.5 %
theta P1	-1.28607922	0.4951953	-2.25664412	-0.31551431
theta P2	-0.83758061	0.4555843	-1.73050950	0.05534829
theta P3	-0.44359850	0.4343971	-1.29500125	0.40780424
theta P5	-1.28607922	0.4951953	-2.25664412	-0.31551431
theta P6	-0.07543401	0.4254339	-0.90926921	0.75840119
theta P7	-0.25760689	0.4285765	-1.09760145	0.58238767
theta P8	-0.44359850	0.4343971	-1.29500125	0.40780424
theta P9	-0.25760689	0.4285765	-1.09760145	0.58238767
theta P10	-1.05252274	0.4724118	-1.97843289	-0.12661260
theta P11	-0.07543401	0.4254339	-0.90926921	0.75840119
theta P12	-0.44359850	0.4343971	-1.29500125	0.40780424
theta P13	-1.05252274	0.4724118	-1.97843289	-0.12661260
theta P15	0.65927331	0.4390052	-0.20116116	1.51970778
theta P16	-0.63589441	0.4432141	-1.50457801	0.23278919
theta P17	-0.44359850	0.4343971	-1.29500125	0.40780424
theta P18	3.41095456	1.0298686	1.39244916	5.42945996
theta P19	-0.07543401	0.4254339	-0.90926921	0.75840119
theta P20	0.47015057	0.4313710	-0.37532108	1.31562221
theta P21	3.41095456	1.0298686	1.39244916	5.42945996
theta P22	0.28622817	0.4267527	-0.55019177	1.12264811
theta P23	-0.83758061	0.4555843	-1.73050950	0.05534829
theta P24	-0.44359850	0.4343971	-1.29500125	0.40780424
theta P25	1.83554859	0.5622521	0.73355479	2.93754240
theta P26	1.29298568	0.4877317	0.33704914	2.24892222
theta P27	-1.28607922	0.4951953	-2.25664412	-0.31551431
theta P28	-0.07543401	0.4254339	-0.90926921	0.75840119

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

theta P29	-1.05252274	0.4724118	-1.97843289	-0.12661260
theta P30	-0.83758061	0.4555843	-1.73050950	0.05534829
theta P31	0.65927331	0.4390052	-0.20116116	1.51970778
theta P32	-1.54627279	0.5265239	-2.57824065	-0.51430492
theta P33	0.10510092	0.4248244	-0.72753968	0.93774153
theta P34	-0.25760689	0.4285765	-1.09760145	0.58238767
theta P35	-0.63589441	0.4432141	-1.50457801	0.23278919
theta P36	1.54513584	0.5181893	0.52950338	2.56076830
theta P37	1.06613895	0.4659567	0.15288062	1.97939727
theta P38	1.06613895	0.4659567	0.15288062	1.97939727
theta P39	-1.05252274	0.4724118	-1.97843289	-0.12661260
theta P40	0.10510092	0.4248244	-0.72753968	0.93774153
theta P41	-0.83758061	0.4555843	-1.73050950	0.05534829
theta P42	0.47015057	0.4313710	-0.37532108	1.31562221
theta P43	-1.84616256	0.5712344	-2.96576144	-0.72656369
theta P44	-0.63589441	0.4432141	-1.50457801	0.23278919
theta P45	-0.83758061	0.4555843	-1.73050950	0.05534829
theta P46	0.10510092	0.4248244	-0.72753968	0.93774153
theta P47	-0.07543401	0.4254339	-0.90926921	0.75840119
theta P48	1.06613895	0.4659567	0.15288062	1.97939727
theta P49	0.65927331	0.4390052	-0.20116116	1.51970778
theta P50	1.06613895	0.4659567	0.15288062	1.97939727
theta P51	0.28622817	0.4267527	-0.55019177	1.12264811
theta P52	-1.54627279	0.5265239	-2.57824065	-0.51430492
theta P53	-0.25760689	0.4285765	-1.09760145	0.58238767
theta P54	3.41095456	1.0298686	1.39244916	5.42945996
theta P55	0.28622817	0.4267527	-0.55019177	1.12264811
theta P56	-0.83758061	0.4555843	-1.73050950	0.05534829

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

theta P57	2.65666260	0.7497618	1.18715644	4.12616877
theta P58	2.18820241	0.6303422	0.95275437	3.42365044
theta P59	-0.83758061	0.4555843	-1.73050950	0.05534829
theta P60	0.85665350	0.4502231	-0.02576764	1.73907464
theta P61	1.29298568	0.4877317	0.33704914	2.24892222
theta P62	3.41095456	1.0298686	1.39244916	5.42945996
theta P63	-0.07543401	0.4254339	-0.90926921	0.75840119
theta P64	-0.83758061	0.4555843	-1.73050950	0.05534829
theta P65	1.54513584	0.5181893	0.52950338	2.56076830
theta P66	0.65927331	0.4390052	-0.20116116	1.51970778
theta P67	2.65666260	0.7497618	1.18715644	4.12616877
theta P68	2.65666260	0.7497618	1.18715644	4.12616877
theta P69	-0.25760689	0.4285765	-1.09760145	0.58238767
theta P70	1.29298568	0.4877317	0.33704914	2.24892222
theta P71	-1.05252274	0.4724118	-1.97843289	-0.12661260
theta P72	2.65666260	0.7497618	1.18715644	4.12616877
theta P73	-0.63589441	0.4432141	-1.50457801	0.23278919
theta P74	-0.07543401	0.4254339	-0.90926921	0.75840119
theta P75	-0.44359850	0.4343971	-1.29500125	0.40780424
theta P76	-0.63589441	0.4432141	-1.50457801	0.23278919
theta P77	0.65927331	0.4390052	-0.20116116	1.51970778
theta P78	-2.20986195	0.6396097	-3.46347401	-0.95624988
theta P79	-0.63589441	0.4432141	-1.50457801	0.23278919
theta P80	-0.63589441	0.4432141	-1.50457801	0.23278919
theta P81	0.47015057	0.4313710	-0.37532108	1.31562221
theta P82	-0.83758061	0.4555843	-1.73050950	0.05534829
theta P84	-0.44359850	0.4343971	-1.29500125	0.40780424
theta P86	-0.63589441	0.4432141	-1.50457801	0.23278919

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

theta P87	2.65666260	0.7497618	1.18715644	4.12616877
theta P88	-1.05252274	0.4724118	-1.97843289	-0.12661260
theta P89	1.29298568	0.4877317	0.33704914	2.24892222
theta P90	-0.07543401	0.4254339	-0.90926921	0.75840119
theta P91	2.65666260	0.7497618	1.18715644	4.12616877
theta P92	3.41095456	1.0298686	1.39244916	5.42945996
theta P93	-0.44359850	0.4343971	-1.29500125	0.40780424
theta P94	0.65927331	0.4390052	-0.20116116	1.51970778
theta P95	-1.05252274	0.4724118	-1.97843289	-0.12661260
theta P96	-0.07543401	0.4254339	-0.90926921	0.75840119
theta P97	0.28622817	0.4267527	-0.55019177	1.12264811
theta P98	0.10510092	0.4248244	-0.72753968	0.93774153
theta P99	0.28622817	0.4267527	-0.55019177	1.12264811
theta P100	-0.44359850	0.4343971	-1.29500125	0.40780424
theta P101	-1.05252274	0.4724118	-1.97843289	-0.12661260
theta P102	0.47015057	0.4313710	-0.37532108	1.31562221

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางกรวรรณ แสงตระกูล เกิดเมื่อวันที่ 4 มิถุนายน พ.ศ. 2527 สำเร็จการศึกษาปริญญาครุศาสตรบัณฑิต (คบ.) วิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป-คณิตศาสตร์ สาขาวิชามัธยมศึกษา วิทยาศาสตร์ภาควิชาหลักสูตรการสอนและเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2548 และสำเร็จการศึกษาปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยการศึกษา ภาควิชาวิจัยการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2551 เข้าศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต สาขาวัดและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยลาเรียนบางเวลา เมื่อปีการศึกษา 2553 ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายแผน งบประมาณและประกันคุณภาพการศึกษา โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University